

CONTENTS

巻頭言 / Preface

「技術開発，技術革新の昨日・今日・明日」

Technological Development and Innovation Yesterday, Today and Tomorrow

石田 繁夫 1
Shigeo ISHIDA

寄稿 / Contribution

同期生産と部品納入方式：ジヤトコにおける順序納入への取り組み

藤本 隆宏 3
Takahiro FUJIMOTO 吳 在 烜 3
Je-Wheon OH

特集 The Jatco Way V-3P特集 ～世界一のオペレーション～

Specially featured : The Jatco way & V-3P - For the Best operation in the World -

－ The Jatco Way と V-3P の概要 －

「The Jatco Way」～企業活動における企業理念の果たす役割～

The Jatco Way - The Role of the Corporate Philosophy in Corporate Activities -

永倉 均 8
Hitoshi NAGAKURA

V-3Pの概要

Concept of V-3P

三好 幸次郎 12
Koujirou MIYOSHI

1. 開発のベストプラクティス

Best Practice in Product Development

熊田 治郎 黒川 秀二 杉内 仁 中曽根 利之 野口 幸弘 18
Haruo KUMADA Shuuji KUROKAWA Masashi SUGIUCHI Toshiyuki NAKASONE Yukihiro NOGUCHI

2. D-CADICSをはじめとした実験プロセスの改革

Innovation of Experimental Process including D-CADICS

熊田 治郎 菅原 英之 武河 史朗 野口 幸弘 武者 喜夫 片山 佳津男 22
Haruo KUMADA Hideyuki SUGAWARA Shirou TAKEKAWA Yukihiro NOGUCHI Yoshio MUSA Kazuo KATAYAMA

3. 製造にとってのV-3Pと生産ナレッジの活用

Operations of V-3P in Product-Factory & Use of "The Production-Knowledge"

平山 智明 金子 忠司 松永 武文 26
Tomoaki HIRAYAMA Tadashi KANEKO Takefumi MATSUNAGA

4. グローバル最適調達拡大とV-3Pの活用による商品競争力の強化

Expansion of Optimal Global Sourcing and Strengthening Product Competitiveness Through V-3P

秋場 徹 32
Toru AKIBA

5. V-3Pと品質マネジメントシステムの融合

Merging of the Quality Management System with V-3P

松澤 利昭 瀬上 智昭 36
Toshiaki MATSUZAWA Tomoaki SEGAMI

－ 支える固有の技術 －

1. 自動変速機制御開発におけるモデルベース開発手法

Method of Model-Based Development of Electronic Control Systems for Automatic

中島 健治 40
Kenji NAKASHIMA

2. 箱物設計NAVIシステムの構築

Construction of a Case/Housing Design NAVI System

渡辺 巖 田口 博美 45
Iwao WATANABE Hiromi TAGUCHI

3. 同席設計

Simultaneous Design with Related Sections

高木 茂 伊藤 宏尚 牧野 哲也 50
Shigeru TAKAGI Hironao ITO Tetsuya MAKINO

4. サイマル計画図とU-NAVI-(Q)

Simultaneous activity planning form and U-NAVI-(Q)

大友 幸夫 曾根 隆一 鈴木 一栄 伊藤 博 55
Yukio OTOMO Ryuichi SONE Kazuei SUZUKI Hiroshi ITO

5. CAEによる自動変速機開発の効率化について

Using CAE to Promote More Efficient Development of Automatic Transmissions

矢部 康志 鈴木 利和 千葉 康雄 安井 義男 60
Yasushi YABE Toshikazu SUZUKI Yasuo CHIBA Yoshio YASUI

6. 新型低慣性トランジェント・ダイナモの開発

Development of a New-generation Low-inertia Transient Dynamometer

後藤 隆 山口 友行 66

Takashi GOTO Tomoyuki YAMAGUCHI

7. ラピッド・プロト・タイピング適用技術紹介

Examples of the Application of Rapid Prototyping Technologies

遠藤 淳一 高橋 正和 豊森 宏 竹本 伸治 71
Junichi ENDO Masakazu TAKAHASHI Hiroshi TOYOMORI Shinji TAKEMOTO

一般論文 / Technical Papers

1. CVT2用オイルポンプに採用した新技術紹介

Introducing the New Technologies Incorporated in the CVT2 Oil Pump

西山 裕之 77

Hiroyuki NISHIYAMA

2. 新鍛造一貫ラインの立上げ

Establishment of a New Integrated Forging Line at JATCO

加藤 直樹 丸本 和宏 82

Naoki KATO Kazuhiro MARUMOTO

3. CVTプーリへの熱処理シミュレーション適用

Application of Quenching Simulation for CVT Pulleys

谷口 光一 梅垣 俊造 上野 完治 88

Koichi TANIGUCHI Shunzou UMEGAKI Kanji UENO

4. 省燃費ATF EJ-1の開発

Development of Fuel-efficient EJ-1 Automatic Transmission Fluid

杉山 貴広 前田 誠 荒川 慶江 95

Takahiro SUGIYAMA Makoto MAEDA Yoshie ARAKAWA

新商品 / Introduction of New Products

1. 前輪駆動用新型6速自動変速機の紹介

New 6-speed Automatic Transmission for Front-wheel-drive Vehicles

池田 揚一 多賀 正一 望月 旭 田中 清和 望月 真一 100

Yoichi IKEDA Shoichi TAGA Akira MOCHIZUKI Kiyokazu TANAKA Shinichi MOCHIZUKI

2. 高性能・低燃費なスポーツCVTの開発

Development of a High-performance, Fuel-efficient Sporty CVT

天野 宏 木村 優典 梶濱 聖純 田中 緑 渋谷 寿幸 神戸 徳一郎 106

Hiroshi AMANO Yusuke KIMURA Kiyosumi KAJIHAMA Midori TANAKA Toshiyuki SHIBUYA Tokuichiro KAMBE

3. 150Nm FF車用スチールベルト式CVTの開発

Introducing the 150Nm Steel-belt CVT for Front-drive Cars

杉本 裕章 112

Hiroaki SUGIMOTO

商品紹介 / Introduction of Products

商品ラインナップ Product Line-up	116
1. FF車用ベルトCVT JF009Eの紹介 Introducing the JF009E Steel-belt CVT for Front-drive Cars	117
2. FF車用ベルトCVT JF011E-Nの紹介 Introducing the JF011E-N Steel-belt CVT for Front-drive Cars	118
3. FF車用ベルトCVT JF011E-Sの紹介 Introducing the JF011E-S Steel-belt CVT for Front-drive Cars	119
4. FF車用ベルトCVT JF011E-Pの紹介 Introducing the JF011E-P Steel-belt CVT for Front-drive Cars	120
5. FF車用ベルトCVT JF010Eの紹介 Introducing the JF010E Steel-belt CVT for Front-drive Cars	121
6. FF車用6速AT JF613E-Xの紹介 Introducing the JF613E-X 6-speed AT for Front-drive Cars	122
7. FF車用6速AT JF613E-Sの紹介 Introducing the JF613E-S 6-speed AT for Front-drive Cars	123
8. FF車用ベルトCVT JF012Eの紹介 Introducing the JF012E Steel-belt CVT for Front-drive Cars	124
9. FR車用5速AT JR508Eの紹介 Introducing the JR508E 5-speed AT for Rear-drive Cars	125
10. FF車用4速AT F03Bの紹介 Introducing the F03B 4-speed AT for Front-drive Cars	126
11. FF車用4速AT JF405E-Gの紹介 Introducing the JF405E-G 4-speed AT for Front-drive Cars	127

トピックス / Topics 128

事業所紹介 / Introduction of Business Operation Office

1. 京都工場水島地区の紹介 Introducing the Kyoto Manufacturing Department (Mizushima Area)	荒井 和則 Kazunori ARAI	134
2. Jatco Mexicoの紹介 The Introduction of Jatco Mexico, S.A. de C.V.	ベラスケス マウリシオ Velazquez Mauricio	136

特許紹介 / Patents 139

社外技術発表一覧 / List of Released Reports for Public 141



技術開発、技術革新の昨日・今日・明日

Technological Development and Innovation

Yesterday, Today and Tomorrow

取締役 社長
President

石 田 繁 夫
Shigeo ISHIDA

07年3月末、蒲原工場で生産している小型車用4速オートマチックトランスミッション(製品呼称F03A)の累計生産台数が1千万台を突破しました。89年に生産開始してから18年で達成です。

また、三菱自動車最初のオートマチックトランスミッションで、当社で生産していた3,4速オートマチックトランスミッション(製品呼称F4A2, F3A2)が、07年6月に生産を終了しました。

一方、96年度から生産を開始したベルト式CVTの年間生産台数は年々増産され、06年度114万台と年間100万台を突破しました。当社の06年度生産台数がジャトコメキシコを合わせて390万台ですので、その1/4を超える存在になって来ました。

この様に永年、当社の主力商品として多くのお客様さまに愛用されてきたトランスミッションから、CVTとか6速など多段の新たなオートマチックトランスミッションに主役を交代しつつあります。

そして、これまで4速オートマチックトランスミッションでも日々の改良を続けてきたように、CVT、6速オートマチックトランスミッションも現時点の商品で良いということではなく、日々の改良が必要であることは言うまでもありません。比較的永いといわれたトランスミッションのモデルライフも短くなる兆しがあります。それは同時に次の主力商品を創り出す準備も忘れてはならないということです。

「昨日の続きに今日はなく、今日の延長線上に明日があるかどうか分かりません。」

仕事も同様ではないでしょうか。

私たちの仕事のやり方は先輩から指導されたものと自分の改善、改良の複合ですね。これまで、いわ

The 4-speed automatic transmission (F03A model) produced at the Kambara Plant for use on small cars reached cumulative production of 10 million units at the end of March 2007. That milestone was attained in eighteen years since production was launched in 1989. On the other hand, production of Mitsubishi Motor Corporation's first automatic transmissions, which we were producing as our 3- and 4-speed gearboxes (F3A2 and F4A2 models), ended in June 2007.

Meanwhile, the production volume of belt-type continuously variable transmissions (CVTs), which we began building in fiscal 1996, has continued to expand every year. Annual production in fiscal 2006 totaled 1.14 million units, surpassing the one-million mark for the first time. Including the transmission production of JATCO Mexico, our annual production volume totaled 3.9 million units in fiscal 2006, over one-fourth of which were CVTs.

As these figures illustrate, the transmissions that have been our mainstay products over the years and have been favored by many customers are giving up their leading role to CVTs and new automatic transmissions such as 6-speed gearboxes.

It goes without saying that the current CVTs and 6-speed automatic transmissions are not perfect products at this point, but need further continuous improvement, just as was the case for our 4-speed automatic transmissions previously. There are signs that the relatively long model life of transmissions is also being shortened. This means that we must not forget the need to simultaneously prepare for the creation of our next generation of mainstay products.

"Today does not represent a continuation of yesterday, and there is no way of knowing whether tomorrow will be an extension of today." The same thing also applies to our work.

The way we do our jobs is a combination of what we were taught by our seniors and our own improvements and "kaizens". Through advances in

ゆるコンピュータテクノロジーやネットワーク技術の発達によって、我々のようなモノづくりの現場でも技術開発の現場でも、仕事のやり方は大きく変わってきました。こんな中で、我々のモノづくりに関わる商品企画、原価管理、設計、試作、実験、生産準備、生産、検査、品質管理という仕事の流れ・プロセスを“グローバル且つクロスファンクショナルに同時並行で進めていく”という大きな変革を、【V-3P】と呼び推進しています。

分かり易くいうと、これまではどちらかというと機能中心の仕事の進め方であったものが、ITテクノロジーの上で、機能部門を越えた部門間の協力で仕事を進めるやり方、グローバルに関係する社内外の人たちとの協業を進めるやり方へ変革して、新たな価値を生み出していこうとしているのです。

即ち「今日の仕事のやり方に固執しては、明日の変化に対応し、新たな創造をすることはできません。」

この様な変化の中で、私たち自身と企業の成長にとって、最も重要なことは何でしょうか？

技術開発？勿論、技術的な革新も必要です。でもそれだけではないと思います。経営戦略？それも重要ですね。生産現場の改善？勿論必須です。でもそれらは手段です。

最も重要なのは、何のためにという最終的な目的です。

それはお客さまの利便性、経済性、快適性、満足度など、何かプラスアルファの価値をお客さまに提供できるか？その価値作りに自分は寄与できるか？ということではないでしょうか。

当社としてもそこを見据えて、お客さま、クルマ文化、社会への価値を創り出し、提供することこそ、私たちジャトコの使命と位置づけ、2005年に【The Jatco Way】と名付けた企業理念を再設定しました。

お客さまへの価値を把握して、その価値作りのために仕事をするということに考え方を換えれば仕事のやり方も自ずと変革していけるのではないのでしょうか。技術開発しかり、現場の改善しかりです。皆さんが今直面している課題をお客さまの価値をつくるための技術開発、技術革新と、言い換えると何か違った取り組み、攻め方が見えてきませんか？それこそが明日を創る源泉です。

computer technology and network technology, our work methods have changed profoundly, both in our monozukuri (manufacturing) workplaces and in our R&D workplaces.

Against this backdrop, we are now promoting what we call "V-3P" to radically reform our work flow and processes so that "they are concurrently carried out globally and cross-functionally". This includes product planning, cost control, design, prototyping, testing, production preparations, manufacturing, inspection and quality control related to our monozukuri.

Put simply, our previous work methods that tended to be functionally oriented are changing under the impact of information technology (IT). We now do our work in collaboration with other departments in ways that transcend functional divisions or through cooperative endeavors with related people inside and outside the company on a global basis. And in the process of this reform, we are seeking to create new value.

In short, "if we stick to our current work procedures, we cannot expect to cope with tomorrow's changes or to create new value."

In the course of such changes, what is most important for the future growth of ourselves and of the company?

Is it technological development? Naturally, technological innovation is also essential. But that is not the only important thing. Is it management strategy? That too is vital. Is it improvement of our production workplaces? Of course, that is absolutely necessary. However, all of these things are simply tools.

The most important thing is the ultimate objective of our work. And that is to provide our customers with extra value in some form such as greater convenience, economy, comfort or satisfaction, among other things. I believe it involves the question of how each of us can contribute to the creation of such value.

Keeping this in mind, we redefined our corporate philosophy in 2005 in what we call "The Jatco Way". And we set as JATCO's mission the creation and provision of value for our customers, automotive culture and society.

If we change our way of thinking so that we identify value for our customers and do our work to create that value, I think our work methods will be reformed as a matter of course. That means exactly technological development and "kaizens" in the workplace. Take the problems you are now facing and consider them in the context of technological development and innovation for the sake of creating value for our customers. In doing so, I believe you will come to see different approaches and solutions to those problems. And that will be the very source for creating tomorrow.

同期生産と部品納入方式：

ジャトコにおける順序納入への取り組み



藤本 隆宏
Takahiro FUJIMOTO



呉在煥**
Je-Wheon OH

1. ものづくりと整流化

「ものづくり」とは、人工物の設計・開発・生産・購買・販売を通じて顧客満足を生み出す、企業全体・産業全体の取り組みを指す広義の概念であり、少子高齢化に直面する日本経済の推進力として近年とくに注目されるようになった。「ものづくり技術」とは顧客へと向かう「製品設計情報の流れ」を司る汎用技術であり、生産〔設計情報の素材への転写〕のみならず製品開発〔設計情報の創造〕も含む。「ものづくりの組織能力」とは、他社よりも良い「設計情報の流れ」を作る組織ルーチンの体系だと言える(藤本2007)。

このように、「ものづくり」とは顧客へ向かう設計情報(付加価値)の良い流れを作ることである。良い流れとは、顧客が求める製品すなわち製品設計情報を、正確に(高品質)、迅速に(短リードタイム)、効率よく(高生産性)、顧客にまで届けることを意味する。佐武[2005]はこれを「整流」と呼ぶ。トヨタ方式は、高品質を前提条件として、リードタイム改善(工程管理)を生産性改善(作業管理)に対して先行させるところに特徴がある(新郷1980, 門田1991)。日産プロダクションウェイ(NPW)も、この点では同様の方向を目指す。

2. ストレスフリーBTOとNPW

多くの顧客が多様な設計の製品を買う状況(自動車にこれに該当)においては、リードタイムは単に短いだけではなく、できるだけ「ばらつき」なく、顧客の指定する納入日時に正確に納入される必要がある。

一つの理想を言うなら、顧客が注文した順に、生産を行い、その順に納入ができれば、各顧客に対する納入リードタイムは同一になり、受注から納車までの流れが完全に整流化する。

しかし、受注日時のばらつき、受注内容のカスタム度の違い、顧客の指定納入期日の違い、製品間の工数差、タクト一定・平準化など生産側の制約条件、サプライヤ能力の制約、立地による物流リードタイ

ムの違いなど、多くの条件が加わるので、以上の「受注から納車までの完全整流化」は現実的でない。そこで、企業は、以上の制約を勘案しながら、オーダーを最小限プールし、最適の車体着工順序計画を策定し(ロット、平準化など)、最適の方法(大ロット納入、小ロット納入、順序納入など)で各部品を調達し、それらを最適のポイントで順立てし(サプライヤ、中間倉庫、構内の順立て場、ライン上など)、ライン上の直行率を高め、計画順序と生産時刻をできるだけ遵守し、顧客間の納期のばらつきを抑え、かつ、納期を短縮する。

究極的には、顧客にストレスをかけない車両の完全受注生産、つまり「ストレスフリーなBTO」が、国内向け生産における「あるべき姿」であろう。それを達成した企業はなく、各社完成途上である。しかし、一部の日本企業は、ゴールに比較的近いところにいると考えられる。

NPWは、以上の「あるべき姿」に対して、「着工順序計画の遵守」「完成時間の遵守」を主たる管理ポイントとして、トヨタ流(平準化組立と後補充の小ロット部品納入)とは一味違う同期生産方式を試行している(まず工程改善により整流化し、それから正味作業時間比率の向上など生産性改善を行う、という手順は両者共通である)。

3. 部品納入方式の選択: ロット・順序・キット

それでは、このNPW方式に対して、部品の納入システムはどのような対応をしているのか。部品の大きさ、価格、荷姿、生産技術、品種数、共通化の度合い、サプライヤの立地などにより判断は分かれるが、大まかに言えば、(1)どんなロットサイズで搬送するか、(2)どこで順立てを行うか、(3)何工程分の部品を順立てするか、によってタイプが3つに分かれる。

すなわち、ラインサイドでの部品の受け入れ方でロット納入(同一品番の部品箱が品種分だけ並ぶ)、順序納入(1工程分の部品が車両順序と同期化して部品がその順序で組立ラインに供給される)、キット納入(複数工程分の部品キットが箱詰めされて車両順序で供給される)の3つがある。また、組立工場での部品の受け入れ方は(a)ロット納入と(b)順序納

¹ この意味での広義の「ものづくり技術」は、2006年に開始された第3次科学技術基本計画における8本の柱の一つに挙げられた。

* 東京大学大学院経済学研究科教授

** 東京大学大学院経済学研究科特任准教授

入の2つがある。この2つの納入部品は組立工場において、直納、小分け、ピッキング・キッティング、順立ての方法で、上記の3タイプに分けられ、組立ラインに供給される(図1)。

仮に、あるライン(複数工程直列)で、N点の部品を付け、部品がそれぞれM品種あるとしよう。すると、トータルの部品の品番数はNM種類となる。工程密度を、単純化のため「1部品1工程」とするなら、このラインの長さはN工程である。

このとき、ロット納入なら、品番ごとに部品箱がラインサイドに並ぶので、仮に部品箱の間口が1メートルで、全ての部品が組立ラインに接しているとすれば、部品箱の間口は延べNMメートル、1工程あたりM箱、Mメートルとなる。順序納入なら、部品箱の間口は延べNメートル、1工程あたり1箱、1メートルとなる。そしてキット納入なら、部品箱の間口は延べ1メートル、1工程あたり1/N箱、1/Nメートルとなる。つまり、作業者の工程密度の制約を別とすれば、より、より のほうが、組立ラインは短くしやすい。

4.各方式の比較

上記の3タイプのそれぞれについて、さらに工程設計が分かれる。

部品選択作業：まず、車両順序に応じた部品選択作業を行うポイントはどこにするか。ロット納入ではラインサイドの組立作業員自身が行うが、順序納入では、選択作業(キッティング、ピッキング)をどこで行うか(組立ラインの近く、構内の受け入れ検査場、中間倉庫、サプライヤ側)で分かれる。サプライヤ側が順序を作る場合、サプライヤの出荷倉庫でおこなうのか、組立ラインで行うのか、もっと深い地点、例えば加工や成形工程で行うのか、といった判断がサプライヤによって行われる。部品の特

性とサプライヤのものづくり組織能力が判断のポイントとなる(後述のジャトコの場合)。

多能工化：部品の選択作業は、ロット生産では組立作業員が行う。多能工として当然ともいえるが、製品が複雑化すれば選択ミスも出やすくなる。とでは、選択作業はライン外で行われるので、選択ミスは減りやすいが、選択作業を専門に行う作業員のやりがい、人材形成などに問題を残す。キット場の工数アップを組立てラインの工数ダウンで補えるかどうか、工程により微妙なバランスである。

ライン上の作業：歩行距離を見ると、ロット納入では部品取り出し口が一定しないので歩行距離が長くなり、また部品取り出し口が一定化しないので、標準作業を組みにくい。場合によっては部品取り出しの姿勢が悪くなる。しかし、歩行時間が作業のリズムを作るのに役立っているとの声もある。順序納入なら、部品取り出し口が一定となり、作業姿勢も良くなる(ストライクゾーン)。歩行距離も減る。しかしそれだけ、組み付け作業の密度は上がる。キット供給の場合も、キット台車が車体と同期化して動くなら歩行距離が短くなり、さらに車室内にキット箱を持ち込んで手元化できれば、歩行そのものがなくなり、正味作業時間比率が上がる。しかし、歩行が減ると、順序納入以上に組み付け作業の連続となり、それだけ組み付け作業の密度が増えるので、長時間これ続けると事実上の労働強化になりかねない、との声も聞かれる。

キット場の作業：さらに言うなら、の場合、キット場の部品選択作業における歩行距離は膨大になる。したがって、キット供給が仮に増えたとしても、キット場の歩行距離や選択ミスを低減するためには、キット場への部品順序供給も考えたほうがいいのかも。つまり、順序納入と、キット納

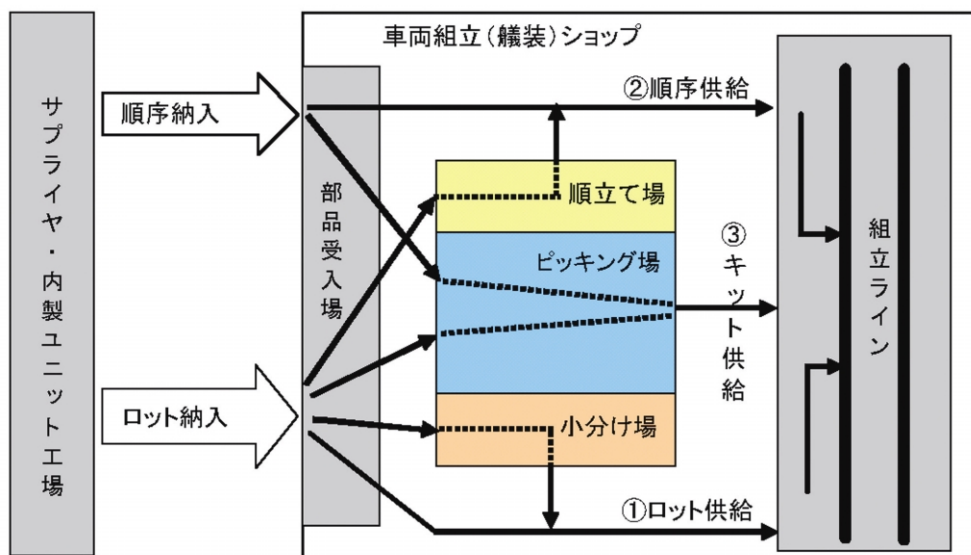


図1 部品納入システムの概念図

入は、両立する可能性がある。

ラインの短縮化： ロット供給の場合、動線の錯綜により工程密度の制約があり、部品箱の間口の長さも制約になるため、組立てライン短縮が難しい。

順序納入なら、間口は1工程に1部品箱となり、動線も安定するので、工程密度を高めてラインを短縮化しやすい。キット供給の場合はその傾向はさらに強い。部品の投入口はN工程あたり1箇所でもいいわけだから。また、ラインサイドから部品箱がなくなるので、キット供給の場合、リーダーがラインを一望でき、「見える化」とっては効果的である。

このように、どの方法にも長所と短所がある。適材適所で方式を選択し、それぞれについて長所を伸ばし、短所を消す努力が必要である。これは、自動車の組立ラインも、モジュール供給企業の組立てラインも、基本は一緒であろう。

5.NPW方式における順序納入

NPW方式では、順序納入をシンクロ生産(実際の組立順序に対応)とアクチュアル順序生産(車体着工順序計画に対応)の2つに分けている。どの方式も車両の組立順序に合わせて、ロットサイズ1で生産、納入するという点では同様であるが、許容リードタイムの長さが違うところに特徴がある(図2)。

シンクロ生産：この方式では、車両工場の組立ラインにおける実際の組立順序が配信され、サプライヤはその順序に合わせて生産、納入する。この実際の組立順序が最終的に確定されるのは、ボディが塗装と組立ラインの間にある塗装完了ボディストレージ(PBS)を出庫した地点である。この地点から順序納入部品が組み付けられる工程までの時間が、シンクロ生産の許容リードタイムとなる。

仮に、この工程をX工程とすれば、PBS出庫からX工程までの時間は、PBS出庫から組立ラインまでのボディ搬送時間、組立ラインにおけるX工程の順番、組立ラインのボディバッファ量、組立ラインのタクトタイムによって異なるが、せいぜい2-3時間以内

というのが一般的である。このため、シンクロ生産は2-3時間という許容リードタイム内で生産、納入しなければならない、車両工場の近くに立地することが条件となる。日産の場合、シンクロ生産のサプライヤはオンサイト(組立ライン隣接)か、インサイト(組立工場敷地内)、あるいは組立工場周辺など、車両工場に近い場所に立地しているのはこのためである。

アクチュアル順序生産：この方式は順序生産という点ではシンクロ生産と同様であるが、許容リードタイムが2-3日程度と、シンクロ生産に比べて長い。この理由は、アクチュアル順序生産は、サプライヤが車両完成4日前までに確定される車体着工順序計画を受け取った時期を起点にして生産に着手できるからである。リードタイムに余裕があるので、納入先の組立工場と数十kmから数百kmは離れていてもアクチュアル順序生産は成立する。シンクロ生産のほど、立地の制約が厳しくないのである。

無論、アクチュアル順序生産は、その前提として、車両工場における車体着工順序・時間計画の高い遵守能力が必要である。具体的にこれは、車両完了4日前の車体着工順序・時間計画とPBS出庫時の実際組立順序・時間との格差が十分に低いことが求められる。この格差が大きければ、4日前の順序時間計画に合わせて生産、納入する部品がどこかで停滞し部品在庫の増加になるか、逆に、ある仕様の部品が間に合わないという事態が起こりうる。

この前提条件に対して、少なくとも国内の日産車両工場は満たしているようである。日産は1997年から順序時間の遵守を重視した同期生産に取り込んできて、今や国内車両工程における計画順序と実際順序との乖離は低く(5%以内)、納入部品の投入順番を入れ換えるだけで対応できるレベルに達している。

以上のような順序納入のねらいは、ものの流れを一個流して整流化して、リードタイムの短縮を図ることである。また、車両工場との間で順序の同期化が進むと、順立て・ピッキング工数の削減もできる。ただ、段取り替え回数増加などのようなコスト増加の要因もあり、順序納入の選択はサプライヤの実力が問われる。

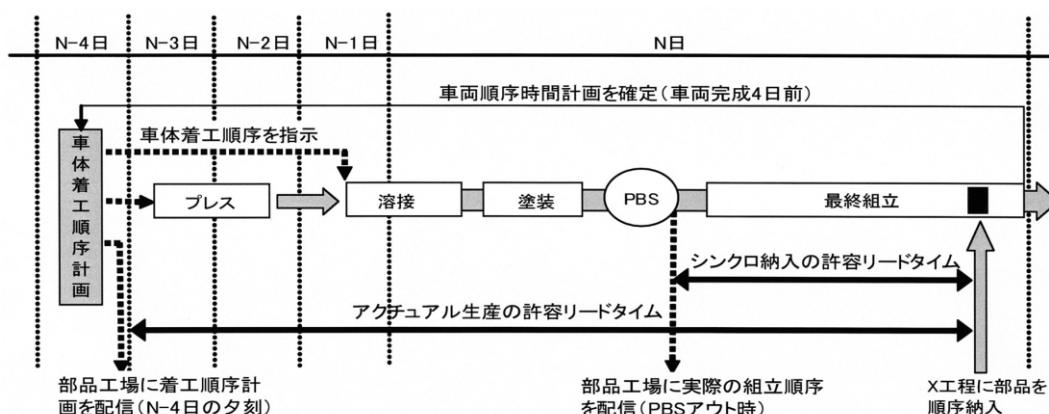


図2 シンクロ生産とアクチュアル順序生産

6. ジヤトコにおける順序納入への取り組み

ジヤトコは1998年に「同期生産」を導入し、それを「ジヤトコ生産方式(JEPS)」として体系化して、生産プロセスの整流化に取り込んできた。日産が1994年にNPW方式の実験を始め、それを「同期生産」として定式化して、関係会社を含むグローバルな生産拠点に導入すると宣言したのは1997年である。かくして、ジヤトコは日産系サプライヤの中では同期生産の先発組である。

JEPSのめざす姿は「受注確定生産」であり、これを徹底して追求して、スピード、柔軟性、高付加価値、全体最適を達成することである。そして、同期生産を意味する「受注確定生産」については、「お客様から頂いた注文どおりに、上流工程から下流工程までが一貫して、時間どおり、順番どおり、短い納期で、高品質な製品を納入するという状態」と定義している(海老原, 2006年)。すなわち、JEPSは、車両工場の着工順序・時間に合わせた同期生産と、それによるリードタイムの短縮、そしてそこから顕在化する問題の改善を通じた生産性の向上をめざすという生産方式であり、この意味でNPW方式(同期生産)と同様の方向にある。

JEPS方式の特徴としては、車両の着工順序に合わせたアクチュアル順序生産を目指していること、一本のラインで複数のモデルを混流生産するフレキシブルラインの構築、節目のない一貫ラインの構築、簡単な設備等の活用によるローコスト自動化、ストライクゾーン、キット供給、多工程持ち、多能工化などの推進などが挙げられる。これらのうち、ここでは順序生産を中心に考察し、からの取り組みについては順序生産との関連で若干ふれることにとどめる。

ジヤトコの幾つかの国内生産拠点のうち、ここで対象とする工場は富士地区にあるCVT生産工場である。この工場は中型乗用車用のCVTを生産して、多くの国内や海外の自動車メーカーに供給している。最も多いのは日産向けであり、追浜や九州工場と日産車体などに供給している。

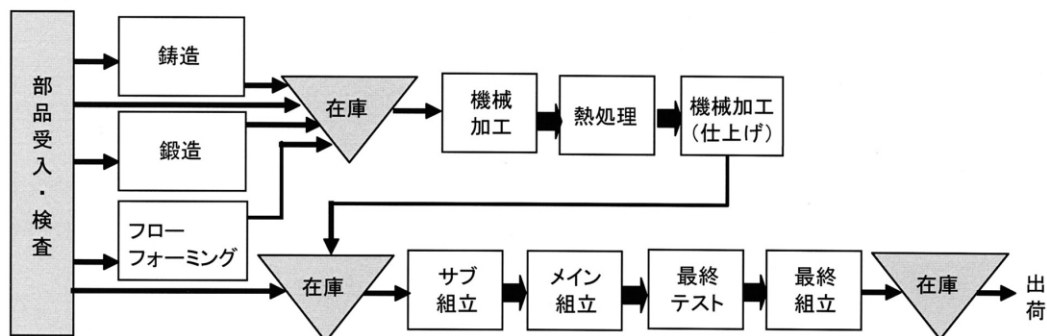
富士地区のCVT生産ラインは大別して、機械加工と組立ラインの二つに分かれている。機械加工の前工程に当たる成型(鋳造・鍛造)ラインは、近くにあるジヤトコの別工場にある。機械加工ラインは成型(鋳

造・鍛造)されたブリーやギヤ、ケースといった粗材を機械で粗加工(旋削・穴あけ、みぞ入れ)して、熱処理を施した後、仕上げ加工(研削)を行うというプロセスである。組立ラインは5つのサブ組立ラインが1本のメイン組立ラインにつながったライン(「この字」)で、サブラインではブリーやバルブなどのサブ組立が行われる。メインラインで組立が終わったCVTは最終テスト(全数検査)と最終組立の後、出荷待ちのエリアに搬送される(図3)。

このCVT工場で生産しているCVTの品種は、2モデル(2.0リットル、2.5リットル)、36種類(メーカー別、二輪駆動/四輪駆動別など)である。このような多品種のCVTは基本的に同じ生産ラインで混流生産している。組立ラインは日産工場の車体着工順序計画に連動してアクチュアル順序生産を行っているので、ほぼ一個流し順序生産を実現しているが、機械加工ラインと成型ラインは同一仕様をまとめて流すロット生産の形態をとっている。より細かくいえば、組立ラインは完全一個流しではなく、同一仕様のCVTを4個ずつまとめて流しており、機械加工ラインと成型ラインはやや多めのロット(4時間分)で生産している。仕掛在庫は成型と機械加工、機械加工と組立との間に存在する(約4時間分)。完成品在庫レベル(国内向け)は、組立ラインオフ後の出荷待機エリアに4時間分、日産の車両組立に4時間分の完成品在庫がある。

機械加工ラインや成型ラインにおいても、一個流し順序生産への取り組みも行われている。鍛造工場における全自動一貫ラインの構築はこの例である。切断、成型、完成のプロセスを一貫ライン化し、節目(在庫による工程間の切れ目)を無くし、すべて一個流し化することで、リードタイムを従来の3日から1日に短縮した。また、この一貫ラインを一つのユニットとして多能工化を進めると同時に、投入作業を無くすなどの無駄の削減活動も展開している。ただ、事例工場の場合、全ラインが一貫ライン化されてはいない。今は一貫ライン化に向け、取り込んでいる途中にある。

生産リードタイムについては、組立時間が約3時間、機械加工(粗加工から熱処理、仕上げ)は部品によって異なるが、熱処理が必要なブリーやギヤなどの部品は約12時間かかる。ケースなど蓋ものは熱処理を必要としないので、その分リードタイムは短い(1.5時間)。熱処理に多くの時間が取られる一つの理由は、この工程が粗加工と



出所: www.jatco.co.jp/TEC/at.htmlにより修正作成

図3 ジヤトコの生産プロセス

仕上げと連続しておらず、離れた別の場所(同じ敷地内の)にあることも影響している。成型ラインでのリードタイムは不明だが、仕掛在庫と運搬時間等を入れたリードタイムは少なくとも1日はかかると推測される。

7. 事例の考察

理想的な整流生産とは、全生産ラインから一切のロット生産およびロット運搬を排除し、一個流しの順序納入を実現することである。しかし、既存の設備やラインによる制約、工場の立地によるリードタイムの問題、受注量の変動、取引先の納入方式の違いなどの要因により、全生産ラインにおける完全同期順序納入の実現は容易ではない。

ジャトコの事例工場においては、一個流しの順序納入に最も近い状態にあるのは組立ラインである。車体着工順序計画に合わせて同期順序生産が進んだことにより、納入リードタイムが短縮され、受注変動に対して即時に対応できるようになった。

特徴的なのは、順序生産への取り込みが「一貫ラインの構築」や「作業無駄の削減」と一体化して行われていることである。これは、良いものの流れをつくって、リードタイムの短縮と生産性の向上につながるという考え方を示す良い事例である。

リードタイムの面から見れば、近い距離にある車両工場なら、機械加工工程の先頭から一個流し順序生産でも間に合う。たとえば、日産自動車の追浜工場はトラックで2・3時間の距離にあり、機械加工先頭から工場出荷までのリードタイムは現状の在庫水準を前提しても1.5日程度(3シフト)なので、着工順序計画の受け取りから3日程度の許容リードタイムに十分対応できる。

ただ、順序生産かロット生産かという生産方式の選択はリードタイムだけで決められるものではない。一個流しのために既存設備やライン改造に追加費用がかかる場合、コスト面での考慮が必要である。ジャトコの事例工場においては、熱処理工程の問題がこの例に当る。また、機械加工ラインにおける段取り替え回数の増加の要因も考慮する必要があるだろう。組立ラインにおいても、完全一個流し順序生産のためには、一部の分枝ラインを一本化することが必要である。これもコストの問題が絡む。

在庫水準についていうと、仕上げ加工と組立ラインの間の仕掛在庫、出荷待ちエリアの完成品在庫はそれぞれ4時間分とやや多い。組立ライン前の仕掛在庫は前工程がロット生産なので、ロット待ちの在庫は必然的に発生するが、それを上回る在庫水準を維持している理由の一つは、取引先からの受注量の変動が大きいことである。すなわち、ここの中間在庫が受注変動に対するバッファ(在庫)としての機能をもっている。

この問題はサプライヤ側の努力だけでは解決できない。トヨタなど一部のメーカーは内示と確定の間の発注量の乖離を一定の範囲内(たとえば、トヨタはプラスマイナス10%以内)にするルールを設けているが、最終ユーザーの仕様選択を優先する自動車メ

ーカーの場合、日々の発注量の振れが大きいこともある。短期間で受注量の変動が大きいと、サプライヤはどこかにその変動を吸収するためのバッファを持たざるを得なくなる。

無論、稼働率の低さ、直行率の悪さにより、仕掛在庫や完成品在庫が膨らむなら、その改善努力は当然必要である。

また、一本のラインで複数の取引先に対応することも順序同期生産の難点の一つである。納入方式、納入リードタイムといった違いに対応して、一個流し化による順序納入を行うことは複雑な工程管理が必要である。

このように、順序納入(アクチュアル順序生産)のためには乗り越えるべき制約が多い。順序生産への取り込みは、自動車メーカーとサプライヤ双方の実力が問われると言える。

8. 結論

近年、部品の納入システムに大きな変化が起こっている。ロット納入のキット納入化への動きである。キット納入方式は、組立ラインの効率化(正味作業時間比率の向上など)に寄与していることは実証済みである。しかし、ピッキング工数の増大といった新たな問題も出ている。この問題は、車両ラインやキット場よりもっと深い地点にある部品の成型や加工工程から順序納入ができるかどうかの一つのポイントとなる。

このような問題関心から見て、ジャトコの順序納入への事例は興味深い。限られた情報に基づいた考察ではあるが、メリットがある反面、さまざまな課題も明らかである。サプライヤによる順序納入は、自動車メーカーにとってのメリットは明確である(ピッキング工数の削減など)。一方、サプライヤにとってのメリットは複雑な要因が絡み、その評価は単純ではない。たとえば、ロット納入の順序納入への切り替えは、コストの増加要因と削減要因があり、自動的にコスト低減につながると見ることはないだろう。いかにしてコスト増加の要因を抑え込み、メリットを伸ばすかという点においてサプライヤのものづくり能力が問われているのである。順序納入への取り込みを、ものづくり能力を鍛えるきっかけとして活用するという、動的な視点が必要であろう。

参考文献

- 海老原靖弘[2006]『JEPSジャトコ生産方式の概要』JATCO Technical Review No.6
- 佐武弘章編著[2005]『「整流」によるもの造り：トヨタ生産方式を導く八つの原則』東洋経済新報社。
- 新郷重夫[1980]『トヨタ生産方式のIE的考察』、日刊工業新聞社。
- 日産自動車 株 NPW推進部編[2005]
- 『実践日産生産方式キーワード25』日刊工業新聞社。
- 藤本隆宏・東京大学ものづくり経営研究センター[2007]
- 『ものづくり経営学：製造業を超える生産思想』光文社新書
- 門田安弘[1991]『新トヨタシステム』講談社。

「The Jatco Way」 ～企業活動における企業理念の果たす役割～

The Jatco Way
- The Role of the Corporate Philosophy in Corporate Activities -

V P 永倉 均
Vice President Hitoshi NAGAKURA



1. 企業理念は経営の重要なファクター

企業活動における企業理念の果たす役割とは何であろうか。エクセレントカンパニー(超優良企業)、あるいはビジョナリーカンパニーと呼ばれる業績の良い未来志向の企業、先見的な企業は、企業理念を経営のコアに据え、意思決定やマネジメントの規範としていることはよく知られている。¹⁾²⁾

業績、価値観、モラル等において他社の範として永続的に尊敬されている会社は、いずれも企業理念を経営の重要なファクターとして位置付け、現実のビジネスの現場でその精神を活かしている。企業理念に基づく経営は、企業体の永続的成功のための価値創出をもたらす。

2. 当社の企業理念 The Jatco Way

当社では、社員全員が共有できるように解りやすく表現され、使命・ビジョン・基本的な価値観・行動原則の4要素から構成される企業理念「The Jatco Way」を 05年に制定した。

2.1. 使命(Mission)

私たちは、自動車メーカーにトランスミッションを提供するという「企業活動を通じて、お客さま・クルマ文化・社会へ価値を提供」することを使命(Mission)とし、それが当社の存在意義でもある。私たちの「提供する価値」とは何か？商品そのものの高い信頼性・革新性・安全性はもちろんのこと、企業活動を通じて納税の義務を遂行し、雇用の維持・拡大を図り、地球環境保護に努めるなどということが想起される。このような価値を提供し続けることによって、「お客さま・クルマ文化・社会」にとって、なくてはならない存在になることが当社の使命である。

2.2. ビジョン(Vision)

私たちの使命(Mission)を実現するための中長期的な会社の目指す方向や具体的な姿がビジョン(Vision)である。

お客さまに世界一の価値を提供するために「よい仕事でよい商品(世界一のオペレーションで世界一の商品)」をビジョンにしている。お客さまの期待を超える価値を生み出し、自動車市場のニーズを創出することができれば、当社のトランスミッションがお客さまのクルマ選びにおける選択肢の一つになりうる。

1. Corporate Philosophy as a Key Management Factor

What role does a company's corporate philosophy play in its corporate activities? Future-oriented or farsighted companies that produce outstanding results are often called excellent companies or visionary companies. It is well known that such companies have their corporate philosophy at the core of their management policy as a norm for decision-making and management strategy.⁽¹⁻²⁾

Companies that have long been admired as a model for others in terms of results, values, ethics and other aspects all position their corporate philosophy as a key management factor, making full use of its spirit in their actual business workplaces. Management based on the corporate philosophy creates value for the lasting success of the organization.

2. JATCO's Corporate Philosophy : The Jatco Way

At JATCO, we established The Jatco Way as our corporate philosophy in 2005. The Jatco Way comprises the four elements of mission, vision, value and principles, which are expressed in easy-to-understand language so that they can be shared by all the employees.

2.1. Mission

Our mission is "to provide value to our customers, automotive culture and society through our corporate activities," which involve the provision of transmissions to automakers. Fulfilling this mission also constitutes the raison d'être of our company. What is the value that we provide? Naturally, it means the high reliability, innovativeness and safety of our products. It also calls to mind the proper discharge of our duty to pay taxes, efforts to maintain and expand employment, protection of the global environment, and other things that we do through the execution of our corporate activities. Our mission is to continue to provide such value so that our existence becomes indispensable to our customers, automotive culture and society.

2.2. Vision

Vision constitutes the direction and specific objectives the company aims to achieve over the medium to long term for the purpose of accomplishing our mission. We have defined our vision in terms of "fine products

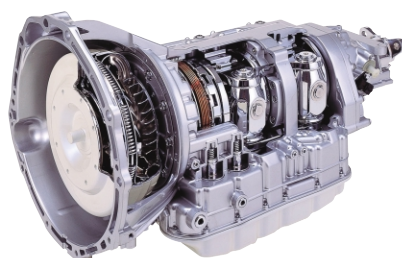
「お客さま・クルマ文化・社会」に誇れる仕事，商品が実現できたとき，私たちは会社に対して，商品に対して，そして自分自身に対して強い誇りを持つことができる。

2.3. 基本となる価値観(Value)

価値観 (Value) とは，ビジョン実現のために一番大切にしなくてはならない基本的な考え方であり，それが「ジャトコのよいモノづくりと人づくり」である。当社はモノづくりの会社である。お客さま・クルマ文化・社会へ価値を提供し続けるために，社員誰もが今まさにモノづくりの現場にいて，ジャトコのモノづくりを担っているのだという自覚を持ちたい。「よいモノづくり」とは，価値を生み出すモノづくりと，全ての部門が協力して作り上げるモノづくりを指す。私たちは，自動車市場や技術動向について，情報を正しく把握し，よいモノづくりを実現するための努力を続けなくてはならない。そのためには，改革の情熱と豊富な知識，経験を併せ持つ「よい人づくり」が不可欠である。「一人ひとりが自分を磨き，価値を高め，クロスファンクショナルに行動できる」人づくりを目指すことを，社員全員が常に心に留めておかななくてはならない。

2.4. 行動原則(Principles)

基本となる価値観を共有した上で，私たち一人ひとりがどのように行動すればよいのかが行動原則 (Principle) である。The Jatco Wayの行動原則は，「3つの改革(意識・仕事・文化)」とし，10個のキーワードから構成されている。より高い目標に向かって日々改善を積み重ねることを惜しまず，広い視野を持ち，常に新しいことに挑戦していくことが一人ひとりの自己実現につながっていく。



JR006E

by fine operations (providing the best products in the world by the smoothest operations)" in order to provide our customers with the highest value in the world.

By producing value that exceeds customers' expectations and creating products that meet the needs of the automotive market, our transmissions will be one decisive factor in users' selection of a vehicle. When we can proudly offer our work and products to customers, automotive culture and society, we can take great pride in our company, products and ourselves personally.

2.3. Value

Value refers to the basic ideas that we should be most mindful of in order to accomplish our vision, specifically, "JATCO's fine monozukuri (i.e., the art and spirit of making things) and human resources development." JATCO is a monozukuri company. In order for us to continue to provide value to our customers, automotive culture and society, all employees should be personally aware that they are right now responsible for Jatco's monozukuri in the company's monozukuri workplaces. Fine monozukuri means monozukuri that creates value and monozukuri that results from cooperation by all departments. We must continue our efforts to accomplish fine monozukuri by striving to collect accurate information about the automotive market and technological trends. Toward that end, it is essential to develop people who combine a passion for innovation with ample knowledge and experience. All employees should always bear in mind that every individual must personally strive to hone their abilities, enhance value and be able to act effectively in a cross-functional manner.

Principles



How do we behave?

Not being satisfied with the current conditions, and making further progress in the areas of consciousness, operations, and culture.

1. Innovations of consciousness

- 1) Challenge
- 2) Profit focus
- 3) Customer focus

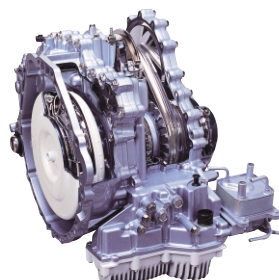
2. Innovation of operations

- 1) Skill (Outstanding technologies and capabilities)
- 2) Flexibility
- 3) Speed
- 4) Front-loading

3. Innovation of culture

- 1) Open and fair
- 2) Teamwork
- 3) Engaged (on-site, hands-on, and practicality)

Principles



JF010E

3. The Jatco Way 誕生の経緯

当社は、これまで「走る・曲がる・止まる」というクルマの基本性能に直接的に貢献するトランスミッションを、お客さまの声を聞いて共に開発し、タイムリーに提供してきた。また、理論としては以前からあったが、実現が難しかった革新的な変速機であるトロイダルCVT、大容量ベルトCVTの開発・量産に世界に先駆けて成功し、いずれも当社の技術力とその信頼性の高さを立証した。

他にも先進の環境技術に注力しており、ゼロ・エミッションに向けた取り組みや3R(Reduce・Reuse・Recycle)を意識したモノづくりを志向し、素形材部門におけるアルミ再利用、切削油の脱脂化、熱エネルギーの使用量低減などの活動は枚挙にいとまがない。

以上のように、当社におけるこれまでの「モノづくりの歴史」を振り返る時、そこには常にモノづくりのDNAが組織の中に蓄積されてきたことがわかる。お客さまの視点を大切にしたいモノづくりを生命線と考える当社が、改めてそのことを認識し、これからも大事にしていくためにThe Jatco Wayは形作られたのである。

4. ビジョン実現に向かって

4.1. ビジョン実現へのアプローチ

前述のエクセレントカンパニーの記述にもあったように、当社においても、企業理念を経営のファクターに据え、「世界一のオペレーションで世界一の商品」というビジョンを実現するために、中期経営計画、年度計画、商品計画、新技術開発計画などの全社レベルの計画から、機能部門、それぞれの部や課レベルでの業務計画を方針管理に基づいて展開し、日々の業務を推進している。これら全ての計画立案や日常業務実行の際に、企業理念はその目指すべき方向や判断基準を提供している。

4.2. モノづくりに求められる変化

東京大学の藤本隆宏教授が指摘している³⁾ように、自動車関連産業は、「すりあわせ型産業」の典型であり、日本企業は、そのモノづくりにおける開発スピードや製品の信頼性・品質の高さにおいて、高い国際競争力を維持している。しかし近年、市場ニーズや環境の変化に伴い、モノづくりに対する期待も大きく変貌を遂げようとしている。具体的には顧客のソフトやサービスの付加価値に対するニーズの高まりや中国やインドに代表されるコスト競争力に優れた国や地域の台頭などに対応するため、私たちのモノづくり技術も大きくパラダイム変換を迫られている。本号で取り上げたV-3Pの取り組みもその一環である。

2.4. Principles

The principles indicate how every employee should act on the basis of our shared fundamental value. The principles set forth in The Jatco Way consist of **"innovations in the three areas of consciousness, operations and culture"** and ten key related terms. Constantly challenging ourselves to undertake new endeavors, with a broad perspective and without sparing efforts to make continuous improvements for attaining ever higher goals, will lead to the self-fulfillment of every individual employee

3. Background Behind the Establishment of The Jatco Way

At JATCO, we have traditionally listened to the needs and wants of our customers and worked together with them to develop and deliver transmissions in a timely manner. Our transmissions contribute directly to the fundamental performance of vehicles in terms of going, turning and stopping abilities. The toroidal continuously variable transmission (CVT) is a highly innovative gearbox that existed in theory for a long time but was difficult to translate into reality. JATCO was the first in the world to successfully develop and mass produce toroidal CVTs and large-capacity belt-type CVTs. Both of these accomplishments attest to JATCO's technological capabilities and high reliability.

Additionally, we have also focused concerted efforts on developing advanced environmental technologies. We consciously aim to achieve zero-emission monozukuri operations by promoting the 3R's of reduce, reuse and recycle. In this regard, we are reusing aluminum in our materials processing departments, using oil-free cutting fluids and reducing the amount of thermal energy consumed, among other measures too numerous to enumerate.

As the foregoing discussion illustrates, in looking back on the history of monozukuri at JATCO to date, it is clear that the DNA of monozukuri has always been solidly accumulated within the organization. The Jatco Way was given concrete form in recognition once again of the fact that monozukuri valued the viewpoint of the customer is JATCO's lifeblood and also to cherish it as such in the years ahead.

4. Toward the Attainment of JATCO's Vision

4.1. Approach to accomplishing our vision

Like the excellent companies mentioned above, at JATCO we also position our corporate philosophy as a key management factor. The corporate philosophy illuminates the direction we should take and provides judgment criteria when formulating all of our various plans and in carrying out our daily tasks. This extends from company-wide plans, such as our medium-term business plan, annual business plan, product plan and new technology development plan, to the respective operational plans of the functional divisions and those at the department and section level. Such plans are executed on the basis of management by objectives in proceeding with our daily operations in order to accomplish

5. まとめ

ドラッカーは「企業の競争力の本質はイノベーションとマーケティングにある」⁴⁾としている。モノづくり企業としての当社にとって、イノベーションの重要性は論を待たない。イノベーション創造の基盤は技術力であるが、それを生み出すものは人である。その人へのメッセージであり、よりどころとなるものが「The Jatco Way」である。本号で特集しているV-3Pが、当社の人財の育成を通じてビジョン実現につながるものと信ずる。

【参考文献】

- 1) ジェームズ・C・コリンズ, ジェリー・I・ポラス
『ビジョナリー・カンパニー - 時代を超える生存の原則』
日経BP社(1995/09)
- 2) トーマス・J. ピーターズ, ロバート・H. ウォータマン
『エクセレントカンパニー』
講談社(1986/02)
- 3) 藤本隆宏
『能力構築競争 日本の自動車産業はなぜ強いのか』
中央公論新社(2003/6/24)
- 4) ピーター・F・ドラッカー
『イノベーションと企業家精神 実践と原理』
ダイヤモンド社(1985/05)

JATCO's vision of providing "the best products in the world by the smoothest operations."

4.2. Changes demanded of monozukuri

As Takahiro Fujimoto, professor of Tokyo University,⁽³⁾ has pointed out, industries involved in automobile manufacturing are typical examples of "fitting-type industries." Japanese companies continue to maintain strong international competitiveness with respect to the speed of new product development and high levels of product reliability and quality. However, expectations of monozukuri have also changed considerably in nature in recent years as a result of changes in market needs and the environment. Specifically, there are heightened requirements with respect to the added value of customers' software and services. Additionally, countries like China and India have emerged which have superior cost competitiveness. In order to cope with these changed circumstances, we are being pressed to greatly change the paradigm of our monozukuri technologies. The V-3P program that is the focus of a special feature in this issue is one example of our response to such challenges.

5. Concluding Remarks

Peter Drucker⁽⁴⁾ wrote that the essence of a company's competitiveness lies in innovation and marketing. For a monozukuri company like JATCO, there is no question about the importance of innovation. While technological capabilities underlie the creation of innovations, people are the ones who actually create them. The Jatco Way is the company's message to the employees and also a source for innovation. We are confident that the V-3P program described in the special feature in this issue will lead to the attainment of the company's vision through the development of our human resources.

References

- (1) James C. Collins and Jerry I. Porras, *Built to Last: Successful Habits of Visionary Companies*, HarperBusiness, 1994.
- (2) Thomas J. Peters and Robert H. Waterman, *In Search of Excellence*, HarperBusiness, 1982.
- (3) Takahiro Fujimoto, *Competition Fosters Ability-- Why is the Japanese Automotive Industry so Strong?*, CHUOKORON - SHINSHA, 2003.
- (4) Peter F. Drucker, *Innovation and Entrepreneurship*, Butterworth-Heinemann, 1985.

V-3Pの概要

Concept of V-3P

V P
Vice President三好 幸次郎
Koujiro MIYOSHI

抄 録 ジャトコは革新的なモノづくりプロセスV-3Pを導入しモノづくり期間短縮と開発途上の不具合による手戻りの防止を図っている。このV-3Pプロセスのポイントはクロスファンクショナルな仕事の取り組みとフロントローディング型仕事の進め方である。そのツールとしてナレッジの充実とCAEを駆使したバーチャル開発の推進が挙げられる。このV-3Pプロセス導入により各人の仕事に取り組む意識が変わり、お互いの仕事を理解し合えるようになった結果、部門間連携が飛躍的に良くなった。

Summary JATCO has implemented an innovative monozukuri (i.e., the art and spirit of making things) program called V-3P, aimed at shortening the development period and preventing any rework due to problems that arise in the development process. The key points of the V-3P program are cross-functional teamwork and a front-loading approach to work. The tools of V-3P include a wealth of accumulated knowledge and virtual product development supported by effective use of CAE techniques. The initiation of the V-3P program has changed the employees' mindset regarding their work and has promoted a better understanding of each other's jobs. As a result, it has dramatically improved interdepartmental communication and cooperation.

1. V-3Pとは・・・

「Value up innovation of Product Process Program」
開発・生産・調達・品証にまたがり、IT技術や標準化手法を活用して仕事のやり方を改善し、革新的なモノづくりのプロセスを構築を目指す活動をV-3P活動と称している。

2. ジャトコがV-3Pを導入した経緯

「モノづくり期間短縮と商品企画から立ち上げまでの手戻り防止」を主たる狙いとしてこのV-3Pプロセスを導入した。その背景には、ユーザーニーズ、社会情勢の変化はどんどんと速くなっており、企画をまとめてから製品開発、立ち上げまでの期間を短縮することが商品力を上げる上で非常に重要になってきている。また、そのようなタイトなスケジュールを時間遅れなしに進めるためには開発途中の失敗は許されない。そのために革新的なモノづくり手法であるV-3P導入を2002年に決めた。

3. The Jatco WayとV-3Pの関係

V-3Pの大きな目標は開発力を向上して、より顧客ニーズに合った製品を開発することにある。そのためには蓄積したノウハウを最大限活用して、開発効率を向上させ、技術者が純粋な技術開発に

1. What is V-3P?

It stands for Value Up Innovation of Product Process Program. The aim of this program is to build innovative monozukuri processes by using information technology (IT) and standardized methods to improve the ways in which work is done. The V-3P program extends across product development, manufacturing, procurement and quality assurance.

2. Background Behind JATCO's Introduction of V-3P

The V-3P program was initiated with the principal objectives of shortening the development period and preventing any rework from the product planning stage to the launch of production. Behind this program lies the ever quicker pace of change in user needs and social circumstances. That makes it vitally important for the enhancement of marketability to shorten the time from the finalization of product planning through development to the launch of mass production. Moreover, since the extremely tight schedule must be carried out without any delays, mistakes are not allowed in the middle of the development process. Therefore, it was decided to implement V-3P in 2002 as an innovative monozukuri program.

3. Relationship between The Jatco Way and V-3P

One of the major objectives of V-3P is to develop products that better fit customer needs by improving our development capabilities. Toward that end, it is essential to make maximum use of our accumulated expertise and to boost development work

費やす時間を増やすことが重要になってきている。仕事をできる限り標準化することで、技術者が本当に価値ある仕事に集中して取り組み、生産性の向上を図ることができる。

ジャトコの企業理念である「The Jatco Way」を「世界一のオペレーション」と「世界一の商品」で具現化するために、このV-3Pを推進している。

4.V-3Pの目指すところは

「大幅なモノづくり期間短縮」、「効率化(工数・開発費・設備投資の削減)」、「手戻り削減」、ひいては「お客様の要求品質」実現を容易に図れるようになることである。

そのために中期の重点目標として以下の3つを掲げた。

- A. 正規手配以降、設計変更“ゼロ”
- B. 型・設備準備期間短縮
- C. 量産試作(PT)一発良品化

5.V-3Pへの取り組み方

商品企画の段階から設計、試作実験、生産技術、生産現場、購入部品、そして市場のサービスまでのことを、それぞれの関係部署と一緒にかつ同時に考えて、すべてを一度に決めて、手戻りがないようにするやり方を取り入れた。つまり、従来のように各部署が仕事を切り分けて進めるのではなく、クロスファンクショナルなチームワークの下で、効率的な仕事の進め方を取り入れたものである。

具体的には、

商品企画時にはユニットまとめ、原価企画、調達、営業のメンバーが集まって仕様固めを実施。部品設計は設計者と工場技術者あるいは部品メーカーの設計担当が同じ場所で設計を進める「同席設計」を実施。

小回りを利かせた部門間、地域間の連携を強化し、継続的なクロスファンクショナルな仕事の進め方を重視。

これらは、コンピュータを始めとするIT技術の進歩と低廉化、そして各部署の仕事の標準化が進み、ノウハウや手順が関係部署間でナレッジとして共有されるようになり、このような改革が可能になる。

efficiency so that engineers can spend more time on pure research and development activities. By standardizing work procedures as much as possible, engineers can focus solely on work that truly has value and strive to improve productivity.

We are pushing ahead with V-3P in order to translate The Jatco Way, representing the company's corporate philosophy, into concrete realities in the form of "the best operations in the world" and "the best products in the world."

4. Aims of V-3P

The program's fundamental aims are to shorten the development period substantially, to improve efficiency by reducing man-hours, development costs and capital investment in facilities, to reduce rework and, in turn, to make it easier to achieve the quality required by our customers. To accomplish these aims, the following three goals have been set as priority targets for the medium term.

- A. To reduce design changes to zero following the official design release
- B. To shorten the time for preparing dies, molds and facilities
- C. To achieve the desired product quality in just one production trial

5. Approach to V-3P

Under this program, we adopted a method whereby all the departments involved, from the product planning stage through design, prototyping and testing, production engineering, manufacturing, parts procurement and after-sales service, consider and determine the requirements together and simultaneously so as to avoid any rework later. In other words, we instituted ways of doing our work efficiently under a system of cross-functional teamwork, which is completely different from the previous approach where each department proceeded with its own work separately.

Specifically,

The people involved in product planning, cost planning, procurement and sales meet to determine the specifications at the product planning stage.

Part designs are executed by designers and process engineers, or designers from parts suppliers, working at the same drawing boards.

Emphasis is put on continuous cross-functional teamwork by strengthening flexible cooperation among departments and among people at different locations.

Such work process innovations are possible by sharing know-how and methods as common knowledge among related departments, thanks to more advanced and lower cost IT systems, typified by computers, and further progress in standardizing work procedures in each department.

Reducing the development period and allowing time for development of elemental technologies and product plans facilitate:

- ☑ Embodying as many new technologies as possible
- ☑ Following changes in surrounding conditions and compliance with regulations.
- ☑ Meeting customers needs

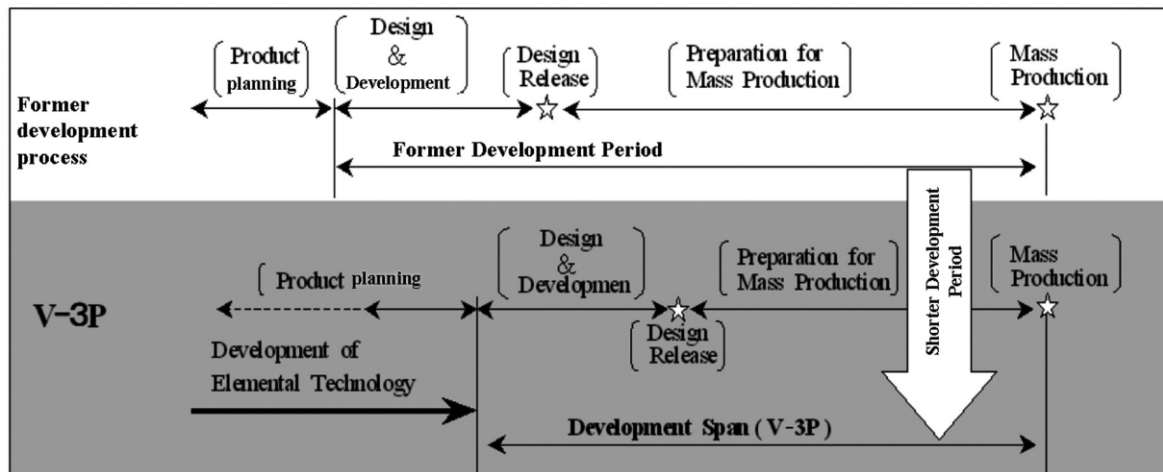


Fig. 1 Why V-3P is necessary

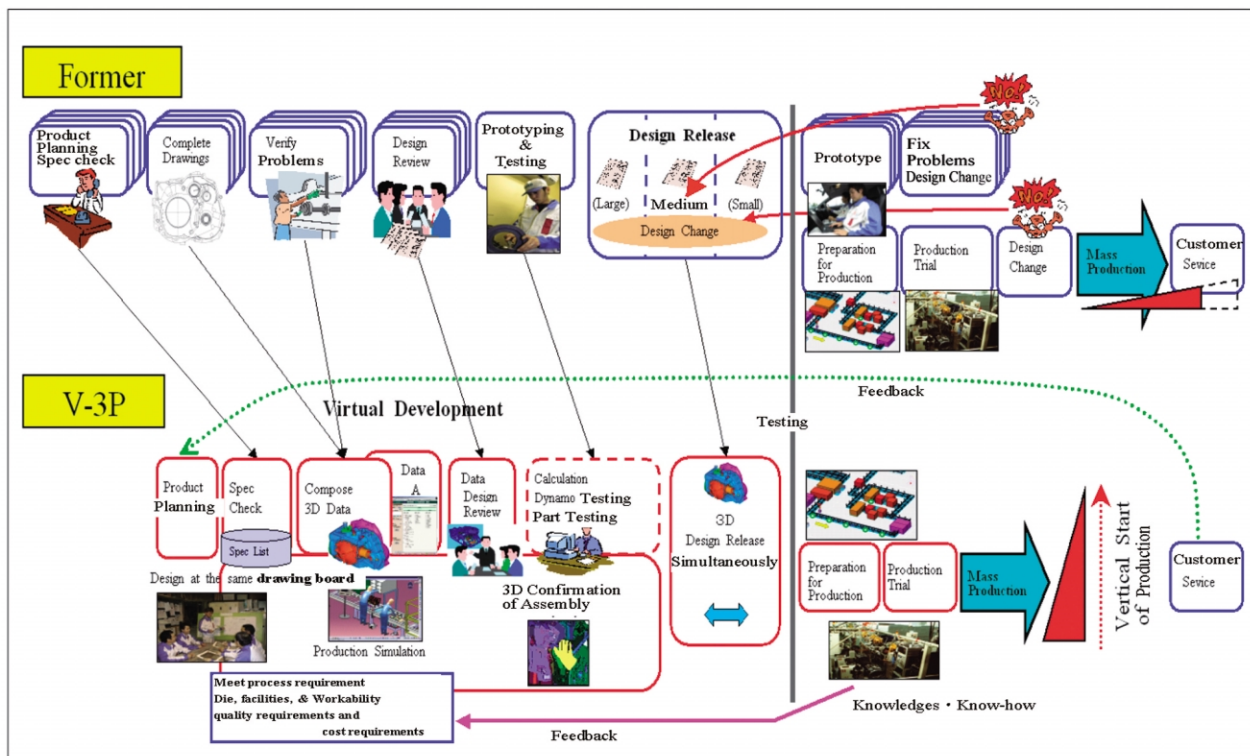


Fig. 2 V-3P changes development process and work style

6.どのように仕事をしていくのか、 どのように仕事が変わったか

《フィードバック型の仕事からフロントローディング型へ》

モノができてから悪い点をフィードバックするのではなく、造る前に各部署が知恵やナレッジを充分出し合って、一気に良いものを作り上げるようにした。

生産準備も3Dツールを活用して早期にラインレイアウトを固め、設備が入ってから不具合をフィードバックするのではなく、事前に問題点を見つけ出し部品、治工具設計にフィードバックするようにしている。

《フィジカルからバーチャルへ》

CAEを駆使して究極的にはモノを作らずに仕様を決めることを目標としている。仕様の確認においては、実験のバーチャル化を促進して最小限の現物確認で済ませることを目指している。

そのために、現時点では現物を作って確認するフィジカルロットに先立ち、3Dデータで検証するデジタルロットを設定し、開発を進めている。このプロセスをきちっと踏まえることにより1回のユニット試作で仕様決定するようにしている。

《シリーズ型仕事から仕事の同時化へ》

関係する各部署が情報やナレッジを共有し、仕様、コスト、サプライヤなどを同時決定する仕事の同時化により手戻りを防止する仕組みは運用段階に入ってきている。例えば設計仕様に始めから生産要件を取り入れる、過去の作りにくさを設計段階で考慮する、開発から量産まで一貫して同じ部品メーカーに取り組んでいただくなどが例に挙げられる。

6. How to Perform Jobs? How Have Jobs Changed?

Changing the work style from feeding back to front loading

Under V-3P, we strive to build good products right from the beginning by fully eliciting the wisdom and knowledge of every department beforehand, instead of feeding back problems after something has been built.

In gearing up for production, 3D tools are used to determine the production line layout early on. This makes it possible to discover problems in advance and to feed that information back to the part design or tool design process, rather than feeding back problems after the production facilities are in place.

Changing from physical to virtual models

One of the ultimate goals of V-3P is to determine specifications by using CAE tools and without building physical models. We aim to confirm the specifications by promoting virtual testing and minimizing the use of physical models for confirmation. Toward that end, we are now proceeding with development work in which a digital lot is defined for validation using 3D data, prior to the physical lot involving confirmation by building an actual model. By executing this process properly, we can determine the specifications with just one prototype unit.

Changing from sequential to concurrent work

A system for preventing rework through a concurrent work process has now reached the operational stage. Under this system, all the related departments share their information and knowledge in common so that the specifications, costs, suppliers and other matters are decided simultaneously. Examples of its application include incorporating production requirements in design specifications from the

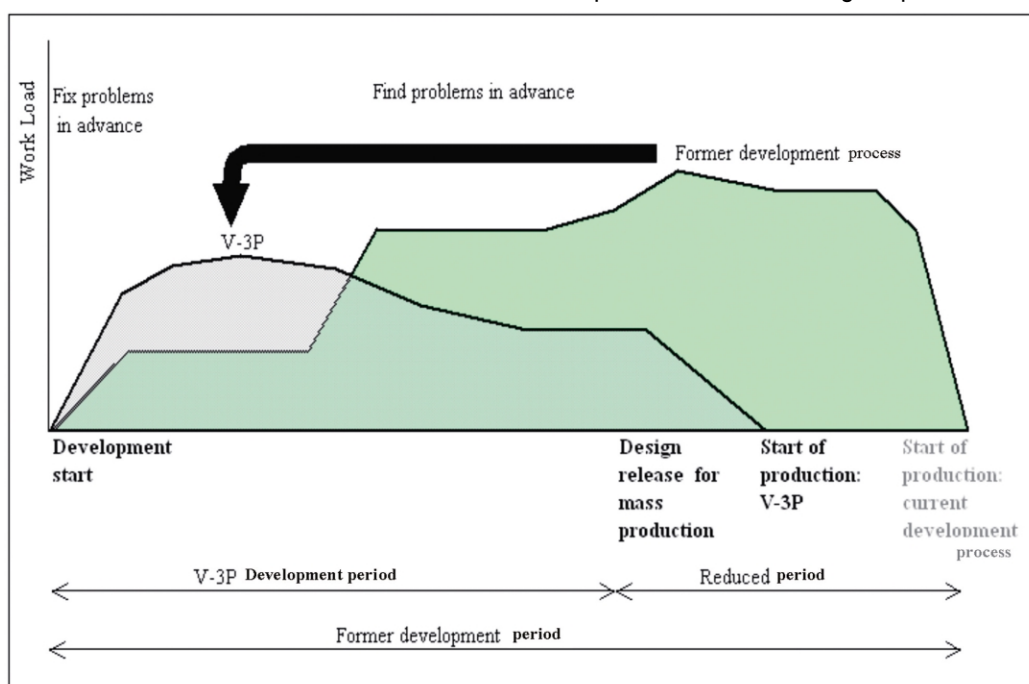


Fig. 3 Product development approach to Frontloading

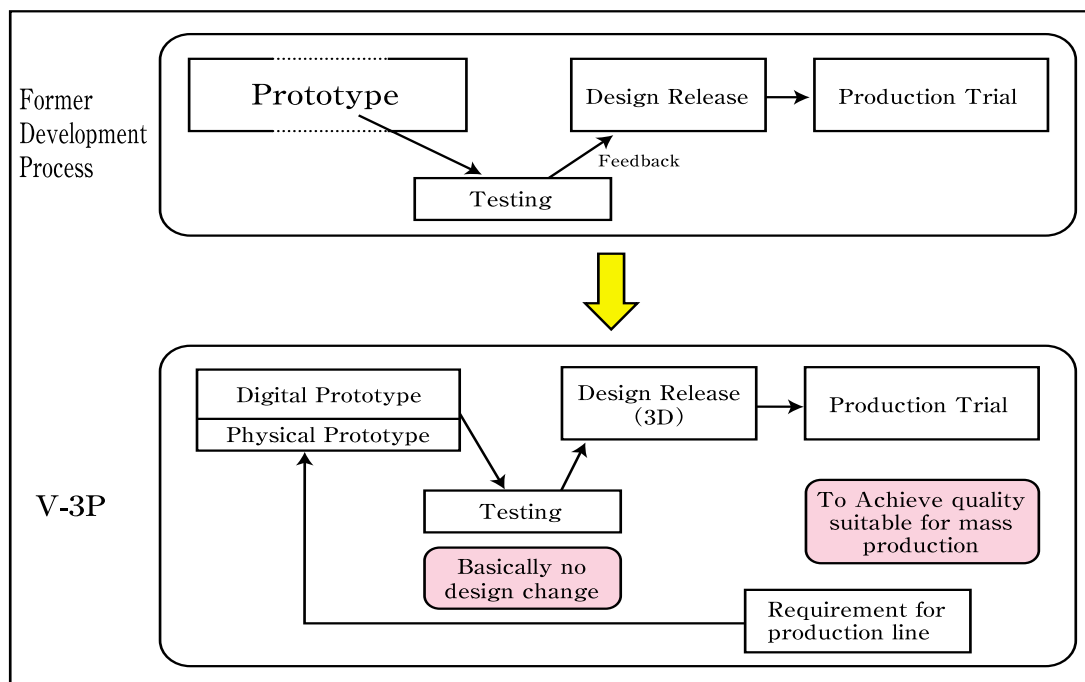


Fig. 4 Production of virtual development

7. 成果はどうか

V-3Pを導入した成果として何より大きかったのは一人一人の仕事に取り組む意識の変化である。具体的には、

従来のような、仕事の上流工程、下流工程という意識がなくなってきた。それに伴い待ちの姿勢がなくなり、仕様決定の場面に積極的に参画するようになってきている。

自部署の仕事だけをしていれば良いという意識が消えて、風通しが良くなり、部門間連携が飛躍的に良くなった。つまり開発、生産技術、生産現場など各部署がお互いの仕事を理解し合うようになり、どうすればお互いの仕事がやりやすくなるのかを考えるようになってきている。

グローバル調達に対応して生産管理部門が最初からサプライヤの管理や品質情報を先取りするよう検討が始まってきている。

もちろん意識の変化だけでなく、眼に見える成果も上がっており、具体的な効果を見ると、

- ・開発費、設備投資の大幅削減を実現しつつある。
- ・大規模改造ATプロジェクトの正規手配以降の設計変更件数を1桁違いで減少させた。
- ・工場立ち上がり前の準備費用大幅削減の見込みなどが挙げられる。

beginning, taking into account at the design stage past experience with hard-to-build designs, and working together with the same parts supplier from the start of development through mass production.

7. Results to Date

The biggest effect stemming from the implementation of V-3P is the change in the mindset of the employees regarding their work. Some specific examples are given below.

The previous notion of upstream and downstream work processes has disappeared. As a result, employees now actively participate in the process of determining specifications, rather than just waiting passively.

The idea that just doing the work in one's own department is sufficient has disappeared, resulting in a better flow of information and a dramatic improvement in interdepartmental cooperation. In short, product development, production engineering, manufacturing and other departments try to understand each other's work. They now think about ways in which each other's work can be made easier. In line with global procurement today, the production control department has begun to examine ways of obtaining quality information in advance and of managing parts suppliers from the beginning of a project.

Naturally, this change in the employees' mindset is not the only result.

The following are some specific examples of tangible results.

Development costs and capital investment in

8. 今後の課題

仕事の仕組みが変わり，各自の意識も変わってきていることを実感している．しかしこのV-3Pをさらに大きな動きにするために，ナレッジを使った開発から生産現場まで一気通貫の仕事を推進しなくてはならない．これこそが，The Jatco Wayで示す「モノづくりを核とした世界一のオペレーション推進」に他ならない．

facilities are beginning to be reduced significantly. It is expected that preparation costs before launching production can be substantially reduced.

8. Future Issues

There is a solid sense that work procedures and also the employees' mindset are definitely changing. However, in order to strengthen the momentum of V-3P, it is necessary to draw upon our accumulated knowledge to promote a more direct, breakthrough work style that encompasses every process from product development through production on the shop floor. That effort is precisely what will promote "the world's best operations based on JATCO's fine monozukuri" as spelled out in The Jatco Way.

開発のベストプラクティス

Best Practice in Product Development

熊田 治郎 *

Haruo KUMADA

黒川 秀二 **

Shuuji KUOKAWA

杉内 仁 ***

Masashi SUGIUCHI

中曽根 利之 ****

Toshiyuki NAKASONE

野口 幸弘 *****

Yukihiro NOGUCHI

1. 自動車業界を取り巻く環境

地球を取り巻く環境の変化からカーメーカーへの要求は大きく分けると、地球温暖化などの環境問題への貢献、衝突時の安全性向上、品質の信頼性向上、リーズナブルなコスト、顧客ニーズへの対応などがある。これらをグローバルな視点で競合他社との競争に勝ち残らなければ、メーカーとしての存在は難しい。ジャトコもトランスミッションメーカーとして、それらに貢献しなければ生き残ることはできない。これらを当社の課題に置き換えると、低燃費化、小型軽量化、品質向上、低コスト化、開発期間の短縮に取り組む必要がある。

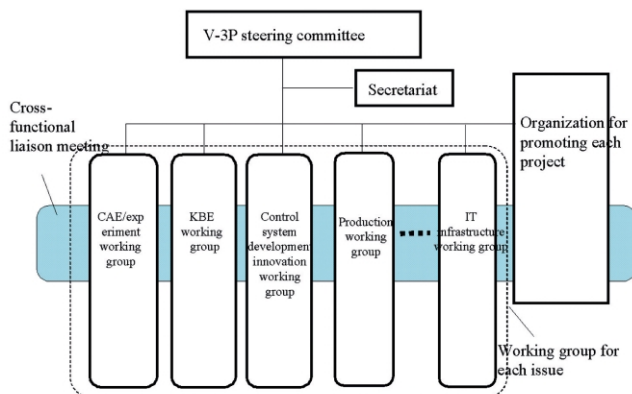


Fig. 1 Company-wide framework for promoting V-3P

2. 開発部門の取り組み

2.1. 取り組みの概要

このような状況において、全社で同時進行的に製品の開発を進める(コンカレント・エンジニアリングと呼ばれる)ことで、開発～生産の期間短縮と品質向上を図り、上記5つの課題を具現化すべく、革新的な改善活動を実行中である。

具体的には 正規手配以降、設計変更“ゼロ”、型・設備準備期間短縮、量産試作(Production Trials: 以下PT)PT一発良品化を目標として業績評価指標(Key-Performance-Indicator: 以下KPI)を設定し、日々具体的な数値に置き換えた管理活動をしている。

上記目標を達成するため、V-3P「Value up

1. Environment Surrounding the Automotive Industry

Owing to recent changes in the global environment, the requirements being placed on the automakers today can be broadly categorized as: (1) contributions to addressing global warming and other environmental issues, (2) enhancement of safety in collisions, (3) improvement of reliable quality, (4) reasonable cost and (5) satisfaction of customer needs. The continued existence of an automaker may be jeopardized unless it successfully addresses these requirements in global competition with rival companies. Nor can JATCO survive as a transmission manufacturer unless we contribute to meeting these requirements. If we replace them with our challenges, we must (1) achieve lower fuel consumption, (2) downsize and lighten our transmissions, (3) improve quality, (4) reduce costs and (5) shorten the development period.

2. Activities of the R&D Division

2.1. Overview of activities

Against this backdrop, we have initiated a concurrent engineering program in which product development work proceeds simultaneously throughout the company. This program is aimed at shortening the development period from engineering to production and at improving quality. We are implementing innovative improvement activities to address the five challenges mentioned above in concrete terms.

Specifically, our goals are (1) to achieve zero design changes after the official design release, (2) to shorten the time for preparing dies, molds and facilities and (3) to attain the desired product quality in just one production trial at the plant. Key performance indicators (KPIs) have been defined for evaluating the results of our work, and concrete numerical values are substituted for use in managing our everyday activities.

To accomplish these three goals, we are moving ahead with an activity called Value up innovation of Product Process Program (V-3P). This program extends across product development, manufacturing, purchasing and quality assurance. It is aimed at building innovative monozukuri processes by using information technology (IT) and standardized methods to improve the ways in which work is done. As a result, we intend to shorten development lead time, improve efficiency and reduce rework substantially through V-3P activities.

* 機能システム開発部
Functional Component System
Development Department

** 制御・システム開発部
Control & System Development
Department

*** 電子技術開発室
Electronics Technology
Development

**** 構造システム設計部
Structural Component
System Design Department

***** 実験部
Experiment Department

innovation of Product Process Program」という活動に取り組み中である。V-3Pとは開発・生産・調達・品証にまたがり、情報技術(Information Technology:以下IT)や標準化手法を活用して仕事のやり方を改善し、革新的なモノづくりのプロセス構築を目指す活動で、その結果大幅な期間短縮、効率化、手戻りの削減などの実現を図る活動である。

ともすると開発部門は、図面手配するまでが自分の仕事と考え、開発部門以外は図面が出てから仕事をするという傾向にありがちであった。そのため図面が出た後に製造性を確認し、作れない・作りにくいと言う問題が発生し、開発にフィードバックされ設計変更を行うというサイクルが少なからず発生していた。これは技術部門の製造性というナレッジが開発部門に共有されていない為に起こった。

当社はV-3Pに取り組むにあたり、全社横断活動とともに各専門分野に特化した組織的な活動を分科会活動として実施している。その中で開発部門に関係の深い、Computer Assisted Engineering(CAE)/実験分科会、制御開発革新分科会、Knowledge Based Engineering(以下KBE)分科会、について活動を紹介する。

2.2. CAE/実験分科会の取り組み

CAE/実験分科会としてはいわゆるバーチャルデータ(3次元 Three dimension:3D形状データ)とメカニズム解明のための実験データを組み合わせ、専門家によるチームが解析及び構造化を図る事で、従来主流であった実物による検証実験をコンピューター上のシミュレーション検証に置き換えるべく活動を推進中である。これにより実験では困難であった、複雑なパラメータの操作、モデルの変更が容易になり、併せて検討の大幅なスピードアップと自動化が実現できるため、開発の精度向上と高効率化に大きく貢献できる。

一方、それに呼応して、実験は従来の確認型のスタイルから、理論化や数値化が困難だった領域を解明する解析型のスタイルに変革しつつあり、高度な計測技術、可視化技術の開発にチャレンジ中である。そして、商品開発に於いて大切なお客様視点での目標値、お客様の使われ方に基づいた最適な基準値の設定にも、より広い視点で取り組み中である。CAEと実験は対極の両輪として、今後も新しい開発スタイルの創造に向け果敢に挑戦している。

2.3. 制御開発革新分科会の取り組み

制御開発革新分科会ではその名の通り、AT/CVTの制御ソフトウェアの開発スタイルを革新するための、様々な活動を行っているが、特に近年盛んに行われているモデルベース開発(Model-Based-Development:以下MBD)の取り組みを中心に仕事のやり方を変えていくこと、またそのために

In the past, the R&D division tended to think that product development was their job until the design drawings were released, and other departments were apt to think that their work began after the official design release. As a result, manufacturability was not confirmed until after the drawings became available, giving rise to the problem that some aspects of a design could not be built or were difficult to build, so information had to be fed back for changing the design. The reason why this cycle often occurred is that the knowledge of the production engineering division regarding manufacturability was not shared with the R&D division.

In carrying out the V-3P program at JATCO, we are proceeding with company-wide cross-functional activities as well as systematic working group activities concentrated in each specialized field (Fig. 1). The following sections describe the activities of the computer-aided engineering (CAE)/experiment group, the working group for innovation in control system development and the working group for promoting knowledge-based engineering (KBE).

2.2. Activities of the CAE/experiment working group

This working group is promoting activities to substitute design validation by computer simulation for validation by physical prototype testing, which has traditionally been the mainstream approach. This involves combining so-called virtual data, i.e., three-dimensional (3D) shape data, with experimental data for explicating the related mechanisms. Teams of specialists then perform simulations and develop the structures. This facilitates easy manipulation of complex parameters as well as model changes, things that are difficult to do experimentally, enabling studies to be automated and completed much faster. As a result, it greatly helps to improve development work accuracy and efficiency.

In tandem with this progress, the nature of experiments is changing from the conventional confirmation type to a more analytical style for explicating areas that have been hard to treat theoretically or numerically. Accordingly, we are challenging ourselves to develop more sophisticated measurement and visualization technologies. In the area of product development, efforts are being made from broader perspectives to set targets from the standpoint of our valued customers and optimal standards based on their ways of using our products. We are undertaking bold challenges to create a new product development style, propelled by the dual drive wheels of CAE and experiments.

2.3. Activities of the working group for innovation in control system development

As its name implies, this working group is moving forward with various initiatives to promote innovations in the way in which control software for ATs and CVTs is developed. One notable example here is to change the work procedures centering on model-based development (MBD) activities, as this approach has been extensively pursued in recent years. Another specific example concerns activities for improving the educational program for effectively acquiring the skills needed for MBD.

必要なスキルを効果的に学習するための教育プログラムの充実を図ること，などを中心に取り組み中である。

従来の開発スタイルの場合，制御構想検討段階での検討精度不足を検出するプロセスが開発サイクル後半の実車検証プロセスとなる場合があり，多くの工程に跨る手戻り発生による開発工数の増加が顕在化していた．そこでMBD方式の採用により，各プロセスでの検証をタイムリーに細かく回すことで，フィードバックサイクルを短くし，設計初期段階における構想検討の精度を向上させ，サイクル全般に跨る手戻りを少なくする事で開発効率を上げることに取り組み中である。

教育プログラムとしては，開発のプロセス毎に必要なスキル・ツール使用方法の明確化を行った上で，体系的にプログラムを整備して，毎年の教育効果を高める工夫を行っている。

2.4.KBE分科会の取り組み

KBE分科会は，ITを活用して既知のナレッジをNAVI化(Navigation的に活用できるようにする：以下NAVI化)して体系的に活用できるようにし，効率的にモノづくりをするための活動を推進中である。

ナレッジとは文字通り「知」ということであるが，仕事に関係するノウハウ，知識，情報など幅広くさまざまな内容が含まれた言葉である．NAVI化とは，設計プロセスと設計手法をIT化することで，誰でも正しいプロセスと手法で設計出来るようにすることである．ナレッジをNAVI化するためには，皆で互いにナレッジが共有されること，そのために文字や図など見える情報にされていること，体系的に整理されて使う人にとって使い易い状態であることが必要になる。

KBE分科会では上記の様に各部品設計や性能設計の知識をNAVI化推進することにより，開発期間短縮，効率向上を強力に推進中である。

3.取り組み後の効果

全社横断的「V-3P」活動により，以上述べてきた開発初期の段階から製造性を織り込んで設計を進めるようになり，また解析精度向上とそのデータベースを示す解析マップ，それを活用して実験計画を立てるツール(Digital CADICS：以下D-CADICS)ができ，品質の高い効率的な開発を進めることが出来るようになってきた。

CAE / 実験分科会ではコスト削減と開発期間の短縮を目指して，活動を推進中である。

また制御開発革新分科会では，一昨年からMBD開発の制御ソフトウェアの実用化も進み，量産車への部分実装による制御開発のスピードアップ実現や，実車を使わないバーチャル制御実験の推進による，検証の効率化を実現しており，制御の部

In the conventional development style, there were many times when insufficient study accuracy at the stage of examining the control concept was not detected until the process of in-vehicle validation in the latter half of the development cycle. As a result, that caused an increase in product development man-hours due to rework that extended across many operations. To avoid that, the MBD approach has been adopted in an effort to facilitate a detailed validation in every process in a timely manner so as to shorten the feedback cycle. Consequently, the control concept is now being examined more accurately at the initial design stage, which reduces the amount of rework extending across the entire cycle and thereby boosts development work efficiency.

As for the educational program, the skills needed in every development process and the methods of using the necessary tools were made clear. The program was then systematically organized on that basis, and steps are taken every year to enhance the results of the educational program.

2.4. Activities of the KBE working group

This working group is engaged in activities to promote efficient monozukuri operations through the systematic utilization of known knowledge. Toward that end, the group is using IT to create a wizard-like NAVI system that serves as a navigation tool for using accumulated knowledge effectively.

The term knowledge encompasses a wide range of things such as wisdom, expertise, know-how and information related to work procedures. The creation of a wizard-like NAVI system involves the incorporation of IT into the design process and design methods so that anyone can do design work using the correct process and technique. Several conditions are necessary for accumulating knowledge in such a system database. The knowledge must be shared mutually by everyone. That means it must be expressed in text, figures or other forms of visible information. Further, it must be systematically organized in a way that is easy for everyone to use.

The KBE working group is vigorously promoting the construction of such a wizard-like NAVI system containing knowledge about each part design and performance design so as to shorten the development period and improve efficiency.

3. Activity Results

As a result of promoting the company-wide cross-functional V-3P program, consideration of manufacturability is now being factored into product designs from the initial development stage, as indicated above. Simulation accuracy has been improved and simulation maps have been developed for navigating the database. A Digital CADICS (D-CADICS) program has been created as a tool for using such maps in making plans for experiments. As a result, it has now become possible to carry out high-quality development work efficiently. The CAE/experiment working group is

品化による再利用性，標準化が進み開発効率の向上とスピードアップを実現しつつある．

KBE分科会では，06年度より箱物，歯車部品にて技術部門と開発部門のエンジニアが同時にノウハウを共有化し，同席設計を開始した．これによりサイマル計画図という製造ナレッジを詰め込んだ図面が整備され，今まで個々人が頭の中に持っていたナレッジの，見える化と共有化が実現できた．また検討工数も約30%削減され，業務の効率化も進み，より一層新技術に・人材育成に・創造的な業務に取り組むことが出来るようになってきている．

4.終わりに

これらの活動を盛り込んだ新規開発プロジェクトに於いては，我々の目標である，低燃費化，小型軽量化，品質向上，低コスト化，開発期間の短縮の実現に向けて，大きな手応えと成果を感じられ，本活動を全社的な活動として推進していく所存である．

pursuing activities aimed at reducing costs and shortening the development period.

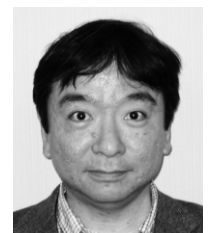
The working group for innovation in control system development began implementing control software for MBD activities in 2005. Partial implementation for production vehicles has speeded up control system development, and the promotion of virtual control system testing without using actual vehicles has improved validation work efficiency. Control system components are being standardized and reused in new system development projects, thereby improving the speed and efficiency of development work.

In fiscal 2006, the KBE working group initiated a simultaneous design activity for cases/housings and gears in which engineers of the production engineering and R&D divisions share know-how simultaneously. This has resulted in the preparation of drawings that incorporate manufacturing knowledge in simultaneous activity planning forms. The knowledge that individuals previously possessed in their heads has now been made visible for everyone to share. Man-hours spent on studies have also been reduced by approximately 30%, and work efficiency has been boosted further. As a result, it has now become possible to pursue the acquisition of new technologies, human resources development and creative endeavors more efficiently than ever before.

4. Conclusion

The activities described here are being incorporated in our new development projects and we feel that substantial progress and results are being achieved toward the attainment of our goals. These are to (1) achieve lower fuel consumption, (2) downsize and lighten our transmissions, (3) improve quality, (4) reduce costs and (5) shorten the development period. In the future, we want to promote these activities as company-wide efforts.

Authors



Haruo KUMADA Shuuji KUROMAKA Masashi SUGIUCHI Toshiyuki NAKASONE Yukihiko NOGUCHI

D-CADICSをはじめとした実験プロセスの改革

Innovation of Experimental Process including D-CADICS

熊田 治郎 *

Haruo KUMADA

菅原 英之 *

Hideyuki SUGAWARA

武河 史朗 **

Shirou TAKEKAWA

野口 幸弘 ***

Yukihiro NOGUCHI

武者 喜夫 ***

Yoshio MUSHA

片山 佳津男 ***

Kazuo KATAYAMA

抄 録 実験部門の将来像を描きながらV-3Pプロセスによる開発を達成すべく方策を検討し、その活動を推進してきたので、ここでは、その一部を紹介する。

Summary Schemes of V-3P process have been studied and promoted to execute new developing style imaging the future of Experimental department. Some of those are introduced.

1.はじめに

06年度の途中まで、実験部門のV-3Pに対する取り組みは「実験評価分科会」を中心として活動してきたが、更なる業務の革新を目指して、06年11月より「CAE/実験分科会」としてスタートした。ここでは、実験プロセスの変化とその変化に対応する活動について説明する。

1. Introduction

Activities for V-3P at Experimental department had been promoted mainly by "Experimental Evaluation Section Committee" until Oct. 2006. Since Nov. 2006, it re-started after named as "CAE / Experimental Section Committee" to achieve furthermore innovation of development process. Changes of Experimental process via V-3P and how to correspond to them will be explained.

2. 実験プロセスの変化

V-3P導入以前のM級クラスでの新規ユニット立上げのプロセスと、V-3P導入後のプロセスをFig. 1に示す。

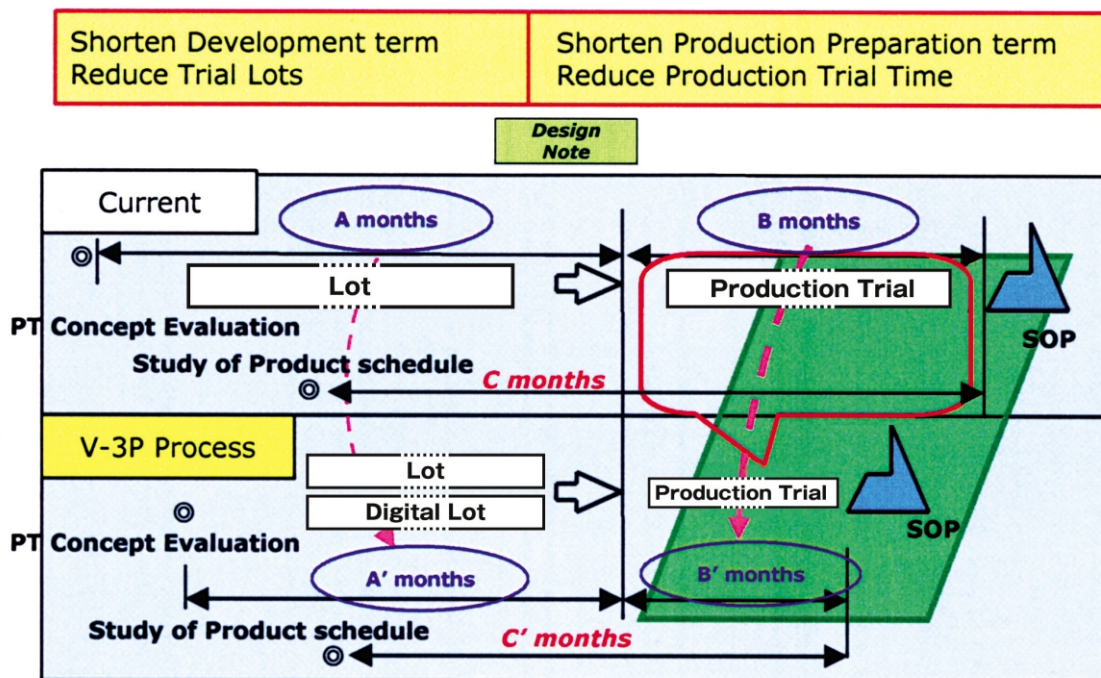


Fig. 1 Unit V-3P (-M class) VS. Previous Process

* 機能システム開発部
Functional Component System Development Department

*** 実験部
Experimental Department

** モノづくり革新推進室
Manufacturing & Development Innovation Promotion Department

プロセス全体では、

- 1) 開発期間の短縮
- 2) 試作ロットの削減
- 3) 生産準備期間短縮
- 4) 生試回数削減

の変化となるが、実験側から見ると以下の課題をクリアする必要がある。

- A. 少ない試作ロットで開発を完了させる。
- B. 短い期間で開発を完了させる。
 - ・ 短い期間で実験して判断する。
 - ・ 少ない数で実験して判断する。
 - ・ 実験しないで判断する。

3. 実験プロセス変化への対応

2.で述べた変化に対応するために、CAE/実験分科会では、以下のような活動を推進してきた。

- 1) 実験期間短縮
 - a) 駆動負荷耐久の期間短縮
 - b) 耐久ベンチのスタンバイ外段取り化
 - c) 耐久n数の削減
 - d) 箱物試作(接着によるリブ追加)実験期間短縮
 - e) 試作-実験連携強化
 - f) 長時間実験の短縮
- 2) 実験の台上化、部品化
 - a) 実車実験の台上化(セレクト時異音評価、等)
 - b) ASSY実験の部品化(BUSH, スラストBRG等)
 - c) トランジェントダイナモの性能実験への活用拡大
- 3) 設計予測精度向上による現物実験の廃止
 - a) CAE予測精度向上
 - b) D-CADICS活用による実験の実施
 - c) 部品信頼性データベースの運用拡大
 - d) 計測技術開発の促進

その中でも、現物実験を削減するために重要なツールであるD-CADICSについて次に詳しく説明する。

4. D-CADICSの活用

4.1. D-CADICSとは

D-CADICS(Digital CADICS)とは、これまで別々に存在していたシステム計画図の項目と実験項目の関係を一つの表にしたマトリックスを用いて、現物実験を削減するためのツールである。その例をTable 1に示す。

2. Change of Experimental Process

Both processes before and after V-3P was introduced, at M-class new transmission development, are shown in Fig. 1. Changes of whole process are as follows :

- 1) Shorten Development term
- 2) Reduce Trial lots
- 3) Shorten Production Preparation term
- 4) Reduce Production Trial time

However, from viewpoint of Experimental, following subjects should be resolved :

- A. Complete development with fewer trial lots
- B. Complete development in shorter term

Experiment and evaluate in shorter term

Experiment and evaluate in fewer testing parts

Judge without experimental

3. Correspondence to changes of Experimental process

Following activities have been promoted by CAE/Experimental Section Committee in order to correspond to changes mentioned in Chapter 2.

- 1) Shorten experimental term
 - a) Shorten term of drive-load durability test
 - b) Separate stand-by time from durability test
 - c) Reduce sample number of durability test
 - d) Reduce experimental term using adhered Case-rib
 - e) Reinforced cooperation of Prototype Manufacturing department and Experimental department
 - f) Shorten long-term experimental hours
- 2) Replaced with unit assembly/ Replaced with parts
 - a) Replace vehicle test with unit assembly test
 - b) Replace unit assembly test with part test
 - c) Expand use of "Tran gent-Dynamo" for performance test
- 3) Eliminate physical test by improvement of design capability
 - a) Improve design prediction accuracy with CAE
 - b) Experiments based on D-CADICS
 - c) Expand use of "Parts reliability data-base"
 - d) Promotion of new measuring technique

In the next section, D-CADICS will be explained in detail as important tool to eliminate physical experiments.

Table 1 Elimination of physical experiments with D-CADICS

Design Item Experimental Item		Part A										Part B			
		Design Item A-#1	Design Item A-#2	Design Item A-#3	Design Item A-#4	Design Item A-#5	Design Item A-#6	Design Item A-#7	Design Item A-#8	Design Item A-#9	Design Item A-#10	Design Item B-#1	Design Item B-#2	Design Item B-#3	Design Item B-#4
List of New Parts		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Level of Change (a-e)		(a)	a	a	a	b	b	b	a	a	b	b	b	b	b
Design Accuracy (see attached table)		(b)	x	x	△	x	x	○	○	○	△	○	○	x	x
Experimental Items															
Experimental #0001		○	○												
Experimental #0002				○											
Experimental #0003					○										
Experimental #0004		←			○	○									
Experimental #0005		←				○									
Experimental #0006		←					○	○							
Experimental #0007		←						○	○	○					
Experimental #0008		←							○	○					
Experimental #0009		←								○	○				
Experimental #0010											○				

Need Discussion :
1 testing with 2 change levels

No Experiment :
Small design change

Need Experiment :
Low design accuracy

Design Accuracy:
 ◎ (Designed - Experimental) < 5%
 ○ (Designed - Experimental) < 10%
 △ (Designed - Experimental) < 20%
 × (Designed - Experimental) > 20%

4.2. D-CADICSを用いた現物実験削減の考え方

先に述べたようにV-3Pプロセスでは、「実験せずに判断する」ことも必要であるため、D-CADICSを用いることにより実験要否を判断する。以下にその手順を紹介する。

1) 設計項目と実験項目の関係を明確にする

計画図における設計項目と実験項目(CADICS-M)の関連を明確にする。(マトリックスに付けすることで表す。)

2) 設計項目を抽出し評価する。

プロジェクト開発をする時の設計部位における検討すべき設計項目を抽出する。また、既存部品との変更内容と技術的な難易度より「新規性」Table 1(a)を評価し、各設計項目に対する過去の実績からの「設計予測精度」Table 1(b)を評価する。

3) 現物実験項目を抽出する。

2)で評価した「新規性」と「設計予測精度」より、現物実験が必要なものを抽出する。例えば、新規性が高く、設計予測精度が低いものは、現物実験は削除出来ないが、新規性が低く、設計予測精度が高いものは、現物実験を削除可能と判断する。

他方、「設計予測精度」を向上させる取り組みとしては、「ATFの流れ」を可視化し、そのコリレーション結果をもとに解析手法を修正したり、部品が破損する前に異常を検知して機器を停止させ、破損メカニズムの解析を精度よくできるようにしている。また、その活動を推進させるために大学等の外部解析機関と連携を取り進めているものもある。

4. Practical use of D-CADICS

4.1. D-CADICS is ...

D-CADICS, Digital CADICS, is the tool with which physical experiments can be eliminated, showing the relation of design items in technical diagram and experimental items in one diagram that had separately existed. Example is shown in Table 1.

4.2. Elimination of physical experiments

As mentioned before, necessity of experiments is judged with D-CADICS in V-3P process to achieve "Judge without experiment". The scheme is explained as follows.

1) Define the relation of design items and experimental items

Define the relation of design items, which are mentioned in technical diagram, and experimental items, which are mentioned in CADICS-M.

2) Extract and evaluate design item to be studied

Extract design items to be studied in project development. Secondary, evaluate "level of change", Tab.1 (a) based on changed points and technical difficulty. After that, evaluate "design predicting accuracy", shown in Tab. 1 (b), based on past design experience.

3) Select physical experiments

Per "level of change" and "design predicting accuracy" which are evaluated in 2), the needed experiments are selected.

5. 実験プロセスの将来像について

世界一の開発をするためには、更なる「現物実験」の削減が必要であると考えている。その対応として、例えば、性能実験では実験者が「バーチャル実験」としての性能シミュレーションを既に実施している。

また、市場におけるAT, CVTの使われ方を把握するための負荷調査や、市場の使用過程品の回収調査により開発基準の妥当性を評価し、市場の求める「開発基準」を構築し世界一の品質、商品力のあるモノづくりをV-3Pプロセスで実施している。

自らを変革させていく実験部門の将来像に期待していただきたい。

It means : Physical experiment is not eliminated if "level of change" is high and "design predicting accuracy" is low : Physical experiment can be eliminated if "level of change" is low and "design predicting accuracy" is high.

On the other hand, following are carried out to improve "design predicting accuracy" : Visualize ATF flow and modify analysis method based on the result of visualization : Analyze fractural mechanism to detect the small change of specimen and stop the machine before breakage : Acquire new design methods by carrying out with out-house analysis agencies or universities.

5. Future image of experimental process

To reach "World NO.1 development process", further elimination of physical experiments should be necessary. To achieve this, for example, simulation of transmission performance has been conducted by experimental engineer as "Virtual experiment".

Also, following are executed in V-3P process: Load survey to study how AT or CVT are used in consumer market: Collect the parts, which are actually being used to evaluate design standard, from the markets: Establish new design standard to achieve "World No.1 quality/ Mono-Zukuri for fascinating products".

Please expect the future of Experimental department which innovates on its own figure.

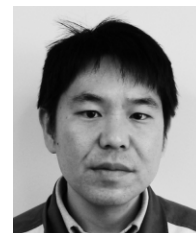
Authors



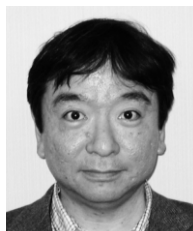
Haruo KUMADA



Hideyuki SUGAWARA



Shirou TAKEKAWA



Yukihiro NOGUCHI



Yoshio MUSA



Kazuo KATAYAMA

製造にとってのV-3Pと生産ナレッジの活用

Operations of V-3P in Product-Factory & Use of "The Production-Knowledge"

平山 智明*

Tomoaki HIRAYAMA

金子 忠司**

Tadashi KANEKO

松永 武文***

Takefumi MATSUNAGA

抄 録 “V-3P活動”では新商品の開発期間短縮に対応し、設計から製造にいたる様々な業務を同時並行的に処理することで、量産までの開発プロセス全てを短期化することに取組んでいる。

その中で、『新商品や現行品の継続的な質の向上を図る』ために、“現場からフロントへ伝える(=フロントローディング)”取組みについて紹介する。

Summary Under the V-3P program, wide-ranging activities from design to manufacturing are concurrently carried out in parallel so as to shorten the overall development process and put new products into mass production with shorter lead times. This article describes the front-loading process of conveying production requirements from manufacturing workplaces to design and production engineering for the purpose of continuously improving the quality of both current and new products.

1. 背景

1. Background

1.1. V-3Pプロセスでの製造の問題点

いうまでもないが製造の役割とは「技能により『モノ』を加工すること(形を変えること)」、言い換えると『モノ』を『商品』に変えること”であり、これが“付加価値を生み出すのは現場である”といわれる所以である。

新型ユニットでV-3Pを実行する場合、具体的には生試が減るなかで、製品性能や品質を確保すること。

量産準備期間も短く、且つ立ち上がり以降の垂直な増産カーブへの追従すること。

が求められ、その為には『手戻りなく1発で仕事をクローズすること』が必要条件であるといえる。

この様に、やり直しのきかない状況下で且つ生試即立ち上げというスケジュールでは、生試自体も「最終確認の場」でしかなく、実際の成否はそれ以前に決まってしまう。

よって設計や生技同様、製造の活動もフロントローディングする必要性に迫られることとなる。

ここで製造としては大きなジレンマに陥る。

製造の存在意義の根幹である技能は現場・現物・現実の三現主義を基に構築されている。

そこで“実際の設備や治具で現物確認ができるチャンスや時間が減る”という環境下で量産準備活動のフロントローディングを行うということは、“現物の無い中で活動を行うことであり、その活動に技能をどう生かしていくか”というのが大きな課題となった。

1.2. 製造のサイクル活動について

次に、製造としての量産移行活動つまりサイクル活動の意義を改めて考えてみると“製造の意見をキッチンと反映し、作りやすく品質の確保が容易なモノ・設備を実現させる”ことであるといえる。(Fig. 1)

1.1. Manufacturing problems under the V-3P program

It goes without saying that the role of manufacturing is to process materials, i.e., to change their form, through the application of specialized knowledge and skills. In other words, it is to turn materials into products. That is why the shop floor is said to be the place where added value is created.

In executing the V-3P program for a new transmission, there are the following specific requirements:

- (1) To assure the performance and quality of the product even though production trials are reduced in number from two to one.
- (2) To shorten the preparation period for mass production and also to cope with the production volume increase that follows a vertical curve after the production launch.

An essential condition for meeting these requirements is to complete the job with the desired quality without any rework.

The development schedule thus proceeds under this condition where rework is not allowed and production is launched immediately after just one production trial. The production trial itself is merely the final confirmation process; in actuality, the success or failure of a project has already been determined before that. Accordingly, similar to design and production engineering, manufacturing activities must also be front-loaded.

* ユニット技術部
Unit Production Engineering Department

** ものづくり推進部
Manufacturing & Development-Innovation
Promotion Department

*** 工務部
Production Administration Department

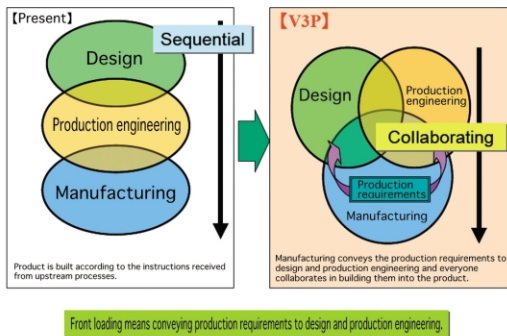


Fig.1 Change in the development process

一方、「技能」には、「知識に裏付けられた作業」, “知識を応用した作業”と“作業を正確に行い, その中で新たな知識を蓄積していく部分”がある。

これらの“知の技能”を設計や生技にフィードバックし, モノ・設備に製造の意見を反映させてこそが, 製造サイマル活動のフロントローディング化であり, 現物の無いバーチャルでの検討時に大きな武器になる。

1.3. サイマル活動の現状

しかしながら, サイマル活動は過去にも行われており, “知の技能”の反映といっても今更感, 否めない。が, 振り返ってみると従来のサイマル活動においては, その機能が十分に発揮できているとは言えない。

確かに設計や設備の不具合対応・変更対応が多く, 製造の意見を反映することがなかなかできていないというのが実情ではあるが, それらも各部門で進められているシミュレーション技術の確立などにより, 今後は劇的に減少することが予想される。

現在, 製造の“知の技能”を生かせる環境が整いつつあるといえる。

それではすぐにその“知の技能”を生かすことができるかといえは疑問が残る。

前述のとおり, 設計や生技の責任による変更が多いことには間違いはないが, そのうち数パーセントは製造側がキチンと“生産要件”を伝えていない事例が隠れている側面がある。

では, なぜ今までは“知の技能”が十分に生かされなかったのか?

それは“モノづくりのデータを残すしくみ”, “知識を伝えるしくみ”, “一緒になって考えるしくみ”が十分に機能されておらず, 部分的又は一部の人だけの活動となっており, “ひと”に依存している活動から抜け出せていないからだと考えられる。(Fig. 2)

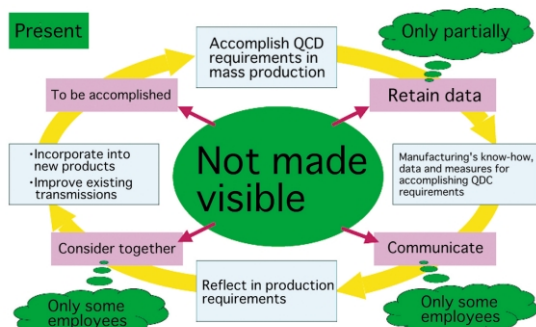


Fig.2 Schematic diagram of present work procedures

This is where manufacturing faces a huge dilemma. The skills that constitute the basis of manufacturing's raison d'être are formed on the foundations of the "Sangen principle" of engagement, which means going to the actual site, finding out what has actually happened and identifying the actual problem. The front-loading of mass production preparations is done in an environment of decreasing opportunities and time for confirming physical models using the actual production facilities and jigs. This means making preparations without having the actual objects on hand. The question of how to make the most of accumulated skills in carrying out the preparations under that condition poses a serious issue.

1.2. Simultaneous activities in manufacturing

Next, let us consider once again the significance to manufacturing of the simultaneous activities undertaken for moving to mass production. It is safe to say that properly reflecting the views of the manufacturing group will result in the attainment of easy-to-build products and facilities that allow ready confirmation of quality. Skills, on the other hand, include work procedures backed by knowledge, work procedures in which knowledge is applied and the accumulation of new knowledge in the process of doing a job correctly.

Feeding back such "knowledge-based skills" to design and production engineering so that the views of manufacturing are duly reflected in products and production facilities represents the front-loading of manufacturing's simultaneous activities. This constitutes a powerful tool for conducting virtual studies without having any physical models.

1.3. Current situation for simultaneous activities

Simultaneous activities were also carried out in the past. Talking about reflecting knowledge-based skills at this point has an undeniable feeling of being too late. Looking back on it, however, it would be hard to claim that the simultaneous activities conducted previously functioned fully as intended.

To be sure, it was not easy to reflect the views of the manufacturing group on account of various shortcomings in the design and facilities and the numerous changes that needed to be made. It is predicted that such problems will be dramatically reduced in the future as each group proceeds to establish the simulation techniques now being developed. An environment appears to be taking shape that will give full play to manufacturing's knowledge-based skills.

Doubt still remains, though, as to whether those knowledge-based skills can be utilized immediately. As noted above, there is no question that design and production engineering are responsible for making many of the desired changes. Yet, in several percent of the previous cases, there are examples of times when manufacturing did not convey the production requirements to them properly.

“ひと”に依存しているということは、当然ながらひとりひとりの経験や知識によるバラツキに加え、生産拠点の分散・経歴によってもデータにバラツキが生じ、製造全体で共有することができず、結果として“知の技能”自体を“おもて化”することができなかった。つまり個の単位である“ひと”に依存するほかなかったのである。

製造サイクル活動をフロントローディングし、モノ・設備に“製造の知見”を反映させるためには、“知の技能”のおもて化と製造全体としての共有化が必要不可欠な活動である。

1.4. 既存ユニット生産のV-3P促進

ここでもうひとつ製造部門としては考えなければならないことがある。

V-3Pを推進するうえで、ともすれば新製品の立上げプロセスの改革に目が奪われがちであるが、生産拠点毎にみれば、該当する工場・ラインはごく一部にすぎない。

V-3Pの対象を新商品のラインだけを考えるのは片手落ちであり、既存ユニットを巻き込んで初めて製造のV-3Pは推進できたといえる。

既存ユニットにおいても、目指すものはサイクル活動と同様“製造の意見をキチンと反映し、作りやすく品質の確保が容易なモノ・設備を実現させる”ことである。

それには、サイクル活動と同様“知の技能”のおもて化と共有化が必要不可欠であり、製造全体が（新ラインも既存ラインも）活動の対象である。（Fig. 3）

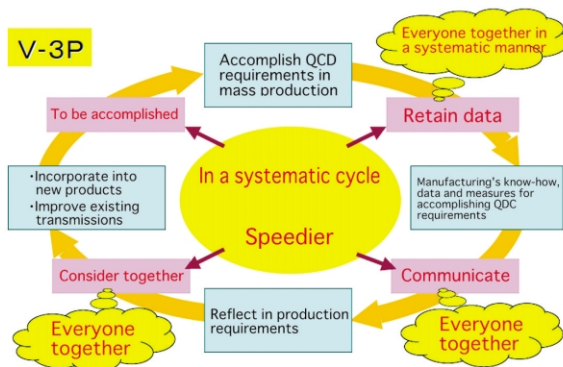


Fig. 3 Schematic diagram of work procedures under V-3P

特に既存ラインには経験知の基になる“失敗事例”や“NGデータ”がリアルタイムで蓄積されており工場間で共有化されれば、日常の“あともどろしい仕事”や“ひとづくり”に役立つことも期待できる。

2. 「生産ナレッジ」の構築

2.1. システムの構築

以上のような経緯により、“知の技能”のおもて化・共有化を図るため、“生産ナレッジの入り口”を構築した（Fig. 4）

Why haven't knowledge-based skills been fully utilized before? One reason is that the structures for retaining monozukuri data, for conveying knowledge and for considering things jointly did not function fully. In some cases, only a portion of the employees took part in an activity or an activity was only partially carried out. In other words, we have not broken loose from activities that depend on people. Dependence on people naturally means there is considerable variation owing to differences in experience or knowledge among individuals. Additionally, data vary due to the scattered locations and particular circumstances of production centers, making it impossible for the manufacturing group as a whole to share the data. As a result, knowledge-based skills themselves did not become clearly visible. In short, there was no alternative but to reply on people as individuals.

In order to front-load manufacturing's simultaneous activities and reflect the wisdom of the manufacturing group in products and production facilities, it is absolutely essential to make knowledge-based skills plainly visible so that they can be shared by everyone involved in manufacturing.

1.4. Promotion of V-3P in producing existing transmissions

There is another point that the manufacturing group should consider. In promoting V-3P, there is a tendency for attention to be focused on reforming the production launch process for new products. From the standpoint of each production center, such reforms only pertain to just a few plants and lines.

The idea that V-3P is targeted only at the lines for new products is distorted. The V-3P program in manufacturing can only be accomplished by including existing transmissions now in production. The objective for existing transmissions is the same as for simultaneous activities; that is, to reflect the views of the manufacturing group properly so as to achieve easy-to-build products and facilities that allow ready confirmation of quality. To do that, knowledge-based skills must be made visible and shared by everyone, just as in the case of simultaneous activities. The focus of V-3P activities is manufacturing as a whole, including both new and existing lines.

Existing lines in particular accumulate in real time examples of failure and data on problems that become the basis of empirical wisdom. If such wisdom can be shared among the plants, it can be expected to be helpful in developing our human resources and in achieving rework-free daily operations.

2. Construction of Production Knowledge Database

2.1. System implementation

Based on the foregoing experience, we built a portal to a production knowledge database in order to make knowledge-based skills clearly visible so that everyone can share them. The objective was to accomplish the following three aims by having the entire manufacturing group use this shared knowledge.

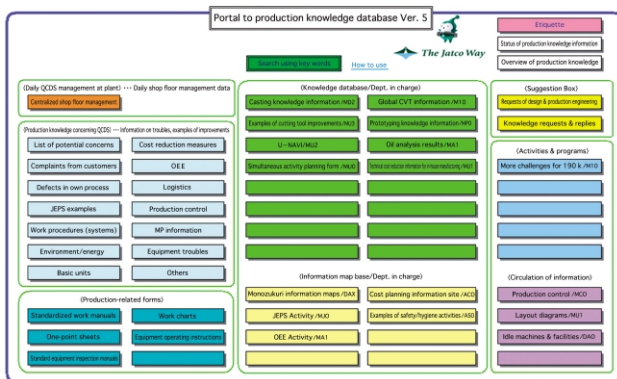


Fig.4 Portal to production knowledge database

このナレッジは、生産部門全体が利用することにより、既存ラインと新製品の相互フィードバック、各新製品プロジェクトでのサイマル活動のスパイラルアップ、ナレッジの維持、管理と更なる蓄積を狙い、ナレッジ自体が成長する“生きたナレッジ”を目指すこととした。(Fig.5)

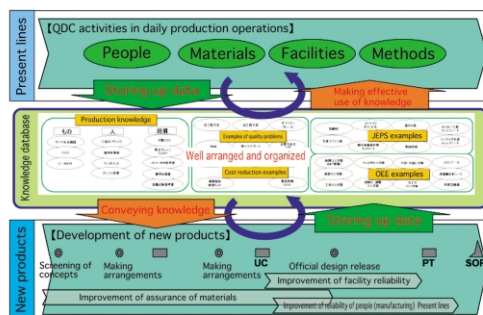


Fig.5 Conceptual diagram of V-3P activities in manufacturing

2.2. システム機能

ナレッジ全体に見える化

“モノづくり”で使用されている様々な情報を見易くするために目的別MAPによる構成とした。

情報のコラボレーション

日常の現場データから技術情報や関連情報までを
配置することで生産に関わる情報の一元化を図る。

必要な情報を探す機能

大量で散在する情報の横断的な検索機能として、内容まで即時に検索できる‘検索エンジン’を導入し、ナレッジ格納時に分類の煩わしさを無くし、且つ洩れの無い検索が可能となる。

情報共有エリアの確保

ナレッジのおもて化による共有情報の増大に対し、共通サーバの専用エリアを確保した。

3. 活動の成果

製造V-3P活動の効果は、現時点では定量的には測定できないが、活動の浸透が着実に進んでいるといえる。

3.1. ナレッジの活用

ここで“生産ナレッジ”を活用した具体的な活動

- (1) Mutual feedback between existing lines and new products
- (2) Upward spiral of simultaneous activities in new product projects
- (3) Maintenance, management and further accumulation of knowledge

Emphasis was put on real knowledge that would grow by itself.

2.2. System functions

- (1) Visualization of all knowledge

The diverse knowledge used in our monozukuri operations was organized into separate maps by purpose so as to make it easy to see.

- (2) Collaboration concerning information

An effort was made to centralize all data pertaining to production by arranging information into categories, from daily workplace data to engineering information and other related data.

- (3) Function for finding necessary information

A search engine was implemented as a cross-functional tool for finding information stored in large volumes at different places, including immediate retrieval of the details. This engine eliminates the troublesome task of organizing knowledge information at the time it is stored and facilitates omission-free searches.

- (4) Assurance of information-sharing areas

Dedicated areas were secured on common servers to handle the increase in shared information as a result of making production knowledge visible to everyone.

3. Activity Results

The results of V-3P activities in manufacturing still cannot be measured quantitatively at this point, but these efforts appear to be steadily penetrating manufacturing operations.

3.1. Utilization of production knowledge database

The following are some examples of specific activities in which the production knowledge database was effectively utilized.

- ### 1) Preventing the recurrence of previous troubles

- Difficult-to-do tasks with existing transmissions are being eliminated for new products.
- Measures to prevent process defects are being incorporated in new processes.
- Measures against concerns in past launches are being incorporated in new lines.
- Feedback of troubles in daily operations to design

- ## 2) Effective utilization of information

- Centralized management of shop floor data
- Sharing of one-point information
- Sharing of examples of improvements
- Sharing of analysis data
- Sharing of simultaneous activity planning forms

としては下記の様な事例がある。

1)過去のトラブルの再発防止

- ・既存ユニット難作業の新商品への消し込み
- ・過去の工程不良の対策織込み
- ・過去の立上り不懸項目の新ラインへの織込み
- ・日常の不具合の設計へのF/B

2)情報の有効活用

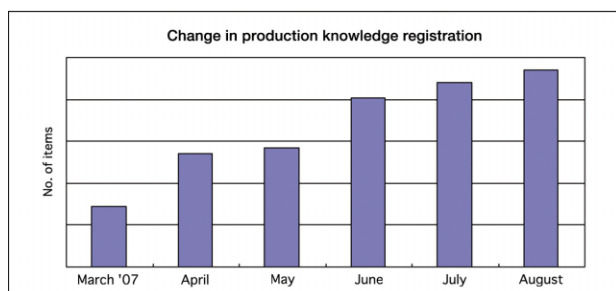
- ・現場管理データの一元管理
- ・ワンポイント情報の共有
- ・改善事例の共有
- ・分析情報の共有
- ・サイマル計画図の共有 等

3.2. ナレッジの改善と成長

“生産ナレッジ”の展開以降、“項目の追加”や“機能の要望”等の各部署からの反響を受け、ナレッジを改善してきた。

また、ナレッジの登録件数も、この6ヶ月間増大し続けており、見える化の定着が伺える。これは、ナレッジが成長しているといえる。(Table 1)

Table 1 Accumulation of production knowledge



ここで、生産部門のナレッジ浸透度を測ると、“ナレッジの重要性”と“生産ナレッジの入り口の関心度”が高いことに表れている。(Table 2)

Table 2 Questionnaire results concerning penetration of production knowledge database

Item	Total no. of respondents (446)	Managers/foremen (162)
Think that knowledge database activity is important	95%	95%
Accessed the production knowledge database portal	62%	70%
Searched for required information	66%	62%
Found required information	73%	64%

以上のことより、活動の成果として“仕事の改革”、“意識の改革”が進んできたと判断する。

3.2. Improvement and growth of knowledge database

After circulating the production knowledge database, there were requests from various departments for the addition of other items and functions, so the database was further improved. The number of items registered in the knowledge database has continued to increase during the past six months (Table 1), which suggests that the idea of making things visible has taken root. This indicates that the knowledge database is continuing to grow.

Measurements of the degree of penetration of the knowledge database in the manufacturing group show that its importance is highly recognized and that there is strong interest in the portal to the production knowledge database (Table 2). Accordingly, it is concluded that work reforms and changes in awareness can be cited as specific activity results.

4. Future Deployment

To reiterate once again, the final objective of V-3P in manufacturing is to reflect the views (data) of the manufacturing group in easy-to-build products and facilities that allow ready assurance of quality. To accomplish that, it is not sufficient merely to feed back information concerning people, materials and facilities through the medium of activities that depend on people, representing a typical example of simultaneous activities.

It will be ideal in the future if production knowledge can be aggressively incorporated in the development process or directly linked to it, as requisite data of the NAVI system and IT tools that design and production engineering are currently implementing.

We want to move ahead vigorously with new activities for contributing to our monozukuri operations. One example is to use raw data, especially data concerning problems, in cross-functional teamwork activities with the testing group with which manufacturing has had little exchange to date and in the construction of quality charts.

In connection with the construction of this knowledge database, we went around to each plant and secured its approval. Currently, we are in the process of gathering the enormous volumes of data accumulated in the past at the plant, department, section, team and individual levels. Because the content extends over such a wide range of areas, we are not able to keep up with the task of organizing the data. Additionally, the methods of entering data and the vocabulary used in the descriptions are not unified. The content of the data also varies from one department to another. Given this situation, it will take quite some time before the data can be shared.

Furthermore, the database is not in a state that can readily be used by design, production engineering and other departments. Efforts are under way to improve the content and also to examine a database design that will allow data to be retrieved easily.

4. 今後の展開

製造V-3Pの最終的な目的は繰り返すが、“製造の意見(データ)をキチンと反映し、作りやすく品質の確保が容易なモノ・設備を実現させる”ことである。

そのためには、サイマル活動に代表されるような“ひとに頼った活動”を媒介にして、“ひと・モノ・設備”にフィードバックするだけでは不十分である。

今後は設計・生技が現在導入しているNAVI-sysやITツールの要件データとして、生産ナレッジを積極的にあるいは直接リンクして開発プロセスに組み込まれることが理想である。(Fig.6)

また、特に生データを用いて、今まで交流の少なかった実験部門とのCFT活動や“品質表構築”への貢献など、“モノづくり”に貢献する新たな活動を積極的に進めていきたい。

今回のナレッジ構築に際し、各工場を巡回、賛同をいただき現在は工場、課係組、個人ベースで蓄積されていた過去の莫大なデータを集積している最中である。

内容が多岐にわたり、加えて表記方法、記述されている語彙などが統一されていないため、データの整理がまだ追いついていない。またデータの中身についても部署毎にばらつきがあり、共有化までにはしばらく時間がかかるのが実態である。

あわせて、設計・生技などが利用しやすいデータベースになっているとは言えないため、現在、コンテンツの充実を図ると同時に、データを引き出しやすいデータベースデザインも検討している最中である。

【最後に】

V-3Pを定着・加速していくには“知の技能”や“工場データ”のナレッジ化は必要不可欠であると考え、製造全体で愚直にナレッジの充実に取り組んでいきたい。

関係部門の方々には、生産ナレッジの活用とユーザーとしての意見・要望・提案を積極的に上げて頂ける様、今後ともご協力をお願いしたい。

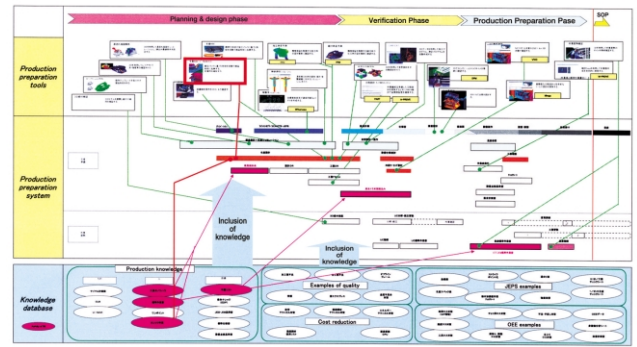


Fig.6 Systematic diagram of V-3P in manufacturing

Concluding Remarks

In order to instill and accelerate the V-3P program, it is absolutely necessary to incorporate manufacturing's knowledge-based skills and plant data into the knowledge database. It is hoped the entire manufacturing group will work steadfastly to improve the knowledge database. We hope that everyone in related departments will continue to cooperate in this regard by actively using the production knowledge database and feeding back their opinions, requests and suggestions as users.

Authors



Tomoaki HIRAYAMA



Tadashi KANEKO



Takefumi MATSUNAGA

グローバル最適調達拡大とV-3Pの活用による 商品競争力の強化

Expansion of Optimal Global Sourcing and Strengthening Product Competitiveness Through V-3P

常務 秋場 徹
Senior Vice President Toru AKIBA



1.はじめに

近年の自動車市場は、高級車(高価格車)と低価格車の二極化傾向が明確になってきている。欧米・日本の高級車市場は販売の安定した成長が続いており、この傾向は今後も持続すると考えられる。その一方で、BRICsに代表される新興諸国の経済成長は著しく、今後10年以上にわたり新興諸国の購買力の高まりとともに、自動車の需要の高まりが予想されている。この高い成長が見込まれる市場に受け入れられるには、法規・規格基準を満足しつつも、いわゆる3,000ドルカーに代表される格安な価格を実現したベーシックな車であることが要件になると考えられる。

さらに、市場投入のスピードも大事な要素である。性能、品質、価格の市場要求水準を満たす良いモノであっても市場投入の機会を逃しては、成功はおぼつかない。

こうした市場環境の中で、高級車でも低価格車でもトランスミッションは、駆動力を確実に伝達する装置であるため、自動車への市場要求は、トランスミッションそのものの性能・品質、価格、開発期間の諸要求につながっている。(Table 1)

Table 1 Future evolution desired for transmissions

	Luxury-car transmissions	Low-priced car transmissions
Performance & quality	↗	→
Cost	→ ~ ↘	↘
Development period	↘ Shorter	↘ Shorter

これらの諸要求に応えるために、調達部門が果たすべき役割と、V-3P手法をどのように活用していくかについて述べる。

2. ジャトコが置かれている環境と課題

トランスミッションには多種類の構成部品が必要である。その構成部品の多くをサプライヤ(部品取引先)から調達しているため、トランスミッションに要求される性能、品質、価格、開発期間の諸要件は、サプライヤにも求められる。

1. Introduction

The automotive market has tended to be clearly polarized in recent years between luxury (high-priced) cars and low-priced cars. Sales in the luxury car markets in Europe, America and Japan have continued to show stable growth, and this tendency is projected to continue in the years ahead. Meanwhile, newly rising countries typified by Brazil, Russia, India and China (BRICs) are recording remarkable economic growth. Vehicle demand in these countries is expected to expand in the coming decade together with a continued increase in buying power. An essential condition for acceptance by the car-buying public in these high-growth markets is that the product must be a basic vehicle with a low price, typically around \$3,000, while at the same time meeting legal and regulatory standards.

Furthermore, the speed at which products are put on the market is also a critical factor. Even excellent vehicles that satisfy market requirements for performance, quality and cost cannot be assured of success if they miss being launched at the right time.

In this market environment, the market requirements for vehicles put the same demands on transmissions with respect to performance, quality, price and development lead time (Table. 1). This is true for both luxury cars and low-priced vehicles, inasmuch as the transmission is the mechanism that serves to transmit

昨今の厳しいコスト要求に応えるには、近年めざましい勢いで国際競争力を得つつあるアジアをはじめとする新興諸国の新規サプライヤへの調達先拡大を図る必要がある。

一方、トランスミッションは自動車の走行安全性を担う基幹部品であるため、まず品質が最優先である。このために新規サプライヤへの調達先拡大は、長い品質確認期間を必要となるが、その品質確認期間の短縮にも取り組む必要がある。

ジャトコ調達部門にとっての最大の課題は、全世界のサプライヤから、これらの要件にベストマッチする部品を選定すること、すなわち「世界最適調達」を、タイムリーに実施できることである。(Fig. 1)

driving force reliably.

This article describes the role that the Purchasing Division should play in meeting these requirements and the ways in which V-3P methods are used for that purpose.

2. JATCO's Operating Environment and Challenges

A transmission requires many different types of components. Since most of the components are purchased from parts suppliers, the requirements imposed on transmissions for performance, quality, price and development lead time are conditions that our suppliers must satisfy as well.

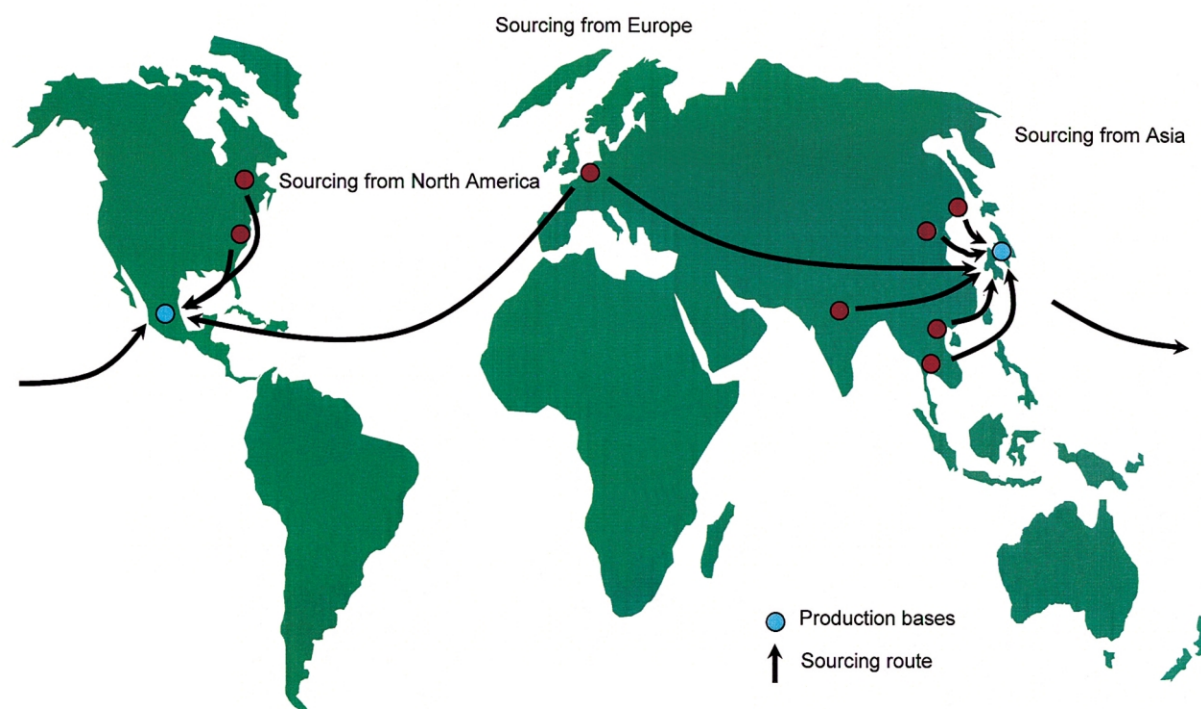


Fig. 1 Future parts sourcing

3. グローバル調達方針

ジャトコは、新商品プロジェクトのサプライヤ選定(ソーシング)に際し、オープンかつフェアな選定プロセスを実施している。

具体的には新規、既存の区別なく、候補サプライヤの品質、コスト、納期、開発、マネージメントを数値化したデータで比較を行うことで公平なサプライヤ選定を期している。このオープンネットワーク型のソーシングを経てプロジェクト毎に選定したサプライヤについては、ビジネスパートナーとして、ジャトコとWin-Winの関係を築きたいと期待している。互いにWin-Winの関係とは、V-3Pの精神であるフロントローディングを実行することで、ジャトコに提案でき、取り引きする部品を増やすことで、ジャトコとともに成長することを意図している。

ここで言うフロントローディングとは、具体的な新商品のソーシングより前の段階で、近い将来

In order to meet tough cost requirements in recent years, it has been necessary to expand our procurement sources to include new suppliers in newly rising countries, especially Asian manufacturers that have been acquiring international competitiveness at a remarkable pace in recent years.

On the other hand, quality is the foremost priority for a transmission because of its crucial role in supporting the operational safety of a vehicle. For that reason, a long period of time is needed to confirm product quality before new suppliers are added to our procurement sources. However, it is also necessary to take steps to shorten the period needed for confirming quality.

One of the biggest challenges for the Purchasing Division is to select the components that best match the foregoing requirements from among the products of suppliers around the world. In other words, we must be able to accomplish "optimal global sourcing" in a timely manner (Fig. 1).

望まれる技術，何がキーポイントなのかをジヤトコから示し，サプライヤがこれに応じて，将来をにらんだ独自の「技術の棚」開発を行い，ジヤトコに提案して頂き，両者で部品技術に磨きをかけることを意図している。(Fig. 2)

こうした提案型のサプライヤへ互いに切磋琢磨して育って頂いた結果，競争力のある部品調達ができる．これがジヤトコが追求する姿である．

3. Global Sourcing Policy

At JATCO, we follow an open and fair sourcing process in selecting suppliers for our new product projects. Specifically, we ensure that suppliers are chosen fairly by quantifying the quality, cost, delivery performance, engineering capabilities and management performance of candidate companies and comparing the data. No distinctions are made between new and existing suppliers. We expect to build a win-win relationship with the suppliers selected for each project as JATCO's business partners through this open network type of sourcing. A mutual win-win relationship means that the suppliers grow along with JATCO as a result of making proposals to us and increasing the volumes of parts they sell to us. This is accomplished through front-loading, which is the underlying spirit of V-3P.

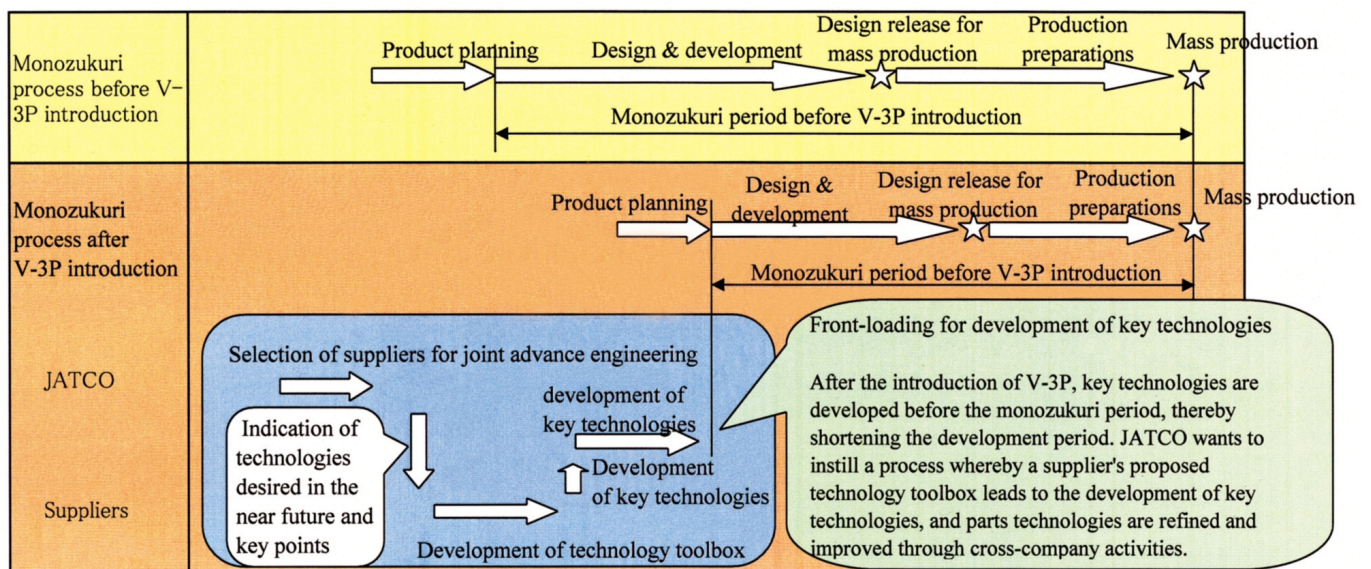


Fig. 2 Front-loading for development of key technologies

4. 調達方針を具体化するためのV-3Pの役割

提案型サプライヤとは，IT技術や，クロスカンパニー活動といったV-3P手法を活用して，早期の生産，品質造り込み活動を行い，プロジェクト納期を守ることである．一方，現実的にはV-3P導入初期のサプライヤ(含む海外サプライヤ)がある．これらのサプライヤについては，まずはV-3P手法を活用してジヤトコの開発プロセスを達成するよう育成を図っている．

V-3P手法の改善事例として，トランスミッションの組立課題の早期抽出&解決事例がある．これは，開発初期段階から開発，試作，技術，製造の有識者が集まり3Dによる組立シミュレーションを含むサイマル活動の中で組立難作業の抽出をし，関係者の課題共有のもと，創意工夫で余分な設備投資をせずに，課題をクリアした例である．(Fig. 3)

Front-loading refers to the refining and improving of parts technologies by both JATCO and the suppliers (Fig. 2). At the stage prior to the concrete sourcing for a new product, JATCO indicates the technologies desired in the near future and what the key points are. In response, the suppliers undertake the development of their own toolbox of technologies focused on future needs and make proposals to JATCO, thereby accomplishing front-loading. Through this process of working closely together with suppliers on the basis of proposals, we are able to procure parts that are competitive. This is the type of sourcing that we pursue at JATCO.

4. Role of V-3P in Accomplishing JATCO's Sourcing Policy

A proposal-based supplier relationship is one in which V-3P methods such as IT and cross-company activities are utilized to build quality into products and to ready

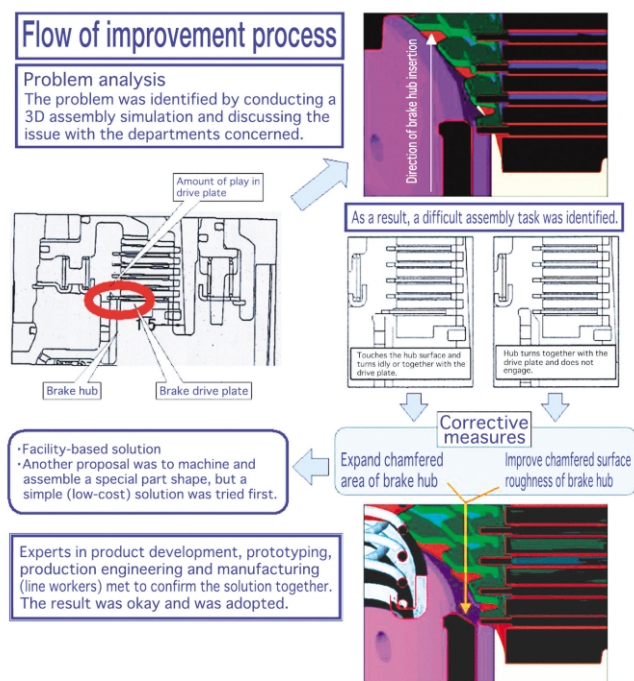


Fig. 3 Example of improvement of difficult assembly work

この事例は、ジャトコ内製組立の改善であるが、その精神は外製部品の早期課題つぶし込みにも適用できる。3Dデータの活用、サプライヤとジャトコ開発、製造、品質保証、調達関係者のクロスカンパニー活動による課題抽出と解決早期化を実現できる。既に、主要な部品ではサプライヤと共同活動を実施しており、その成果、手法を他の部品にも活用しつつある。

5. おわりに

ジャトコ調達の目指す姿は、V-3Pを活用して開発期間の短縮を図り、平行して提案型サプライヤと共に要素技術開発のフロントローディングのイニシアチブをとることである。

これが、高性能・高品質、低コスト、開発期間短縮、ひいては商品競争力の強化につながることを確信している。

production processes at an early stage so as to meet the project deadline. In actuality, there are suppliers, including overseas ones, that are in the initial phase of implementing V-3P. Our first task regarding such suppliers is to develop their capabilities, through the use of V-3P methods, to the level where they can accomplish JATCO's development process.

The early detection and resolution of issues in transmission assembly processes can be cited as examples of improvements made by applying V-3P methods. From the initial stage of development, experts in product development, prototyping, production engineering and manufacturing come together and identify difficult assembly tasks on the basis of simultaneous activities, including conducting 3D assembly simulations. The people involved share the identified issues and apply their creative ingenuity to find solutions to the problems without making excessive capital investments in facilities. An example of such an improvement is shown in Fig. 3.

This example concerns improvement of JATCO's in-house manufacturing and assembly processes, but the spirit of this improvement is also applicable to the early resolution of issues for outsourced parts. The use of 3D data and cross-company activities involving suppliers and people from JATCO's product development, manufacturing, quality assurance and purchasing departments facilitate the detection of issues and their early resolution. We are already conducting joint activities with suppliers for major parts and are beginning to apply the results and methods to other parts as well.

5. Conclusion

The Purchasing Division aims to shorten the development period through the use of V-3P and, in parallel with that, to take the initiative in promoting front-loading for the development of key technologies together with suppliers on basis of mutual proposals. We are confident that this will lead to higher performance, better quality, lower costs and shorter development period, and in turn, to stronger product competitiveness.

V-3Pと品質マネジメントシステムの融合

Merging of the Quality Management System with V-3P

松澤 利昭*

Toshiaki MATSUZAWA

瀬上 智昭*

Tomoaki SEGAMI

抄 録 当社は2000年にQS9000を取得(JATCO TransTechnology Review 2001 No.2参照)し、その後のTS16949:2002への規格移行に伴い、2005年2月にTS16949の認証を取得した。取得後3年目の更新審査時期と、V-3Pの立ち上げにあわせ、TS16949の更なる活用と全社顧客指向への変革に向けて、大幅な見直しを実施し、更新審査に臨んだので、その概要について紹介する。

Summary JATCO was certified to QS-9000 in 2000, as explained in the JATCO Technical Review 2001 No. 2 issue. Subsequently, the standard transitioned to TS 16949:2002 and JATCO obtained certification to TS 16949 in February 2005. In conjunction with the renewal audit in the third year following certification and the launching of the V-3P program, a sweeping review was made in order to utilize TS 16949 more extensively and promote a company-wide reform toward greater customer focus. This article outlines the efforts made in preparation for the renewal audit.

1.はじめに

TS16949:2002の認証は有効期限3年の期限付認証であり、3年経過後には更新審査を改めて受審する必要がある。当社は、2005年2月、初めてTS16949を受審し、登録認証を取得した。

この時点では、従来から取得していたQS9000をベースに、TS16949の要求事項の章立て変更への対応、新たに追加された要求事項への準拠、社内諸基準の整合と追加等に絞って対応を行い、自力で認証取得を果たしたが、QS9000の影響を色濃く残すものとなった。

その結果、TS16949で緩和された要求事項に対するシステムのスリム化や、TS16949の特長であるプロセスに焦点を当てた監視・測定、継続的改善に対しては、対応が希薄なままの品質マネジメントシステム立ち上げになってしまった。

2007年1月に受審した定期審査に於いて、審査員より「ジャトコの各部門のプロセスは明確になっているが、ジャトコ全体のプロセスとして、各部門のプロセスの位置づけ、関連性が明確でない」との指摘を受け、対応の希薄さを改めて認識するとともに、V-3Pの立ち上げも重なってTS再構築に向けての活動が本格化した。

2. TS16949:2002の特長

TS16949:2002には、以下に示すようなQS9000とは異なる特長が備わっている。

- 自動車業界プロセスアプローチに従って、顧客満足に焦点をあわせた品質マネジメントシステムを構築し、効果的に運用することが求められている。
- 全社のシステムをプロセスで捉え、その段階や相互の関係を明確にする。其々のプロセスの有効性、効率を常に監視・測定しP-D-C-Aを回す事でシステム全体の継続的改善が期待できる。

1. Introduction

Certification to TS 16949:2002 is limited to an effective period of three years. After three years have passed, it is necessary to undergo a renewal audit again. JATCO received its initial TS 16949 audit in February 2005 and obtained registration and certification.

At that point, we acquired certification through our own efforts, based on prior compliance with the QS-9000 standard. That was done by focusing our efforts primarily on complying with the requirements in the changed chapters of TS 16949, on conforming to the newly added requirements and on harmonizing our internal standards and adding new ones as necessary. Yet, the influence of QS-9000 still remained strong.

As a result, our quality management system was launched without fully dealing with certain aspects of the TS 16949 standard. That included slimming down our system with respect to the requirements that were relaxed under TS 16949 and promoting process-focused monitoring, measurement and continuous improvement, which is a distinct feature of TS 16949.

When we received the regular audit in January 2007, the auditors pointed out that, while the processes in each division were clearly defined, the positioning of each division's processes and links between processes were not clear in the company's overall processes. That made us aware once again of our lack of thoroughness. Together with the launching of the V-3P program, we initiated full-fledged efforts to rebuild our technical specifications (TS).

2. Features of TS 16949:2002

The TS 16949:2002 standard has the following features that differ from QS-9000.

- (1) It requires the construction and efficient operation of

* 品質管理部
Quality Administration Department

顧客固有要求事項 (CSR = Customer Specific Requirement) をTS16949規格要求事項の上位と位置づけ、審査に於いても具体的運用状況が審査される。

- CSRを組織の品質マネジメントシステムに組み込む必要となり、COR (Customer Oriented Process) を中心としたシステム構築が必須となる。

QS9000が各国ISO認証監督機関に管理を委託していたのに対し、地域毎の自動車業界監督機関(アジア・パシフィックはIAOB = International Automotive Oversight Body)が審査実務管理をしている。

- 自動車業界の意図が直接反映される仕組みとなり組織活動の方向性が容易に見極められる。

3. TSプロセス再構築プロジェクト

このような顧客重視の特長を持つTS16949:2002を有効に活用し、より顧客指向でV-3Pを効果的に運用するために、現状の当社のTS16949を再構築するプロジェクトチームを、2007年4月に編成した。

3.1. 全社プロセス体系の見える化

これまで当社のプロセスは部署単位で構築されており、プロセス間の連携が見えにくいものであった。

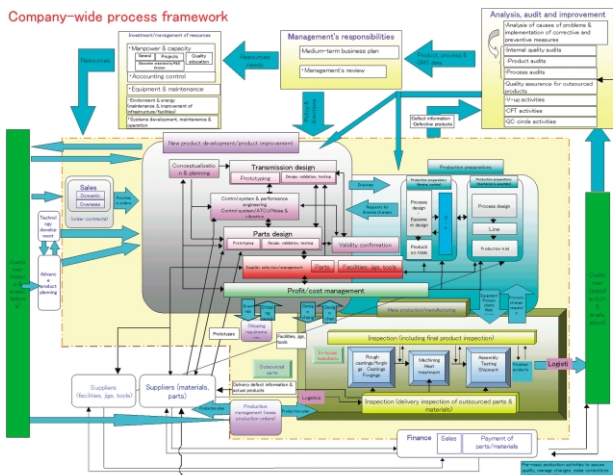


Fig. 1 All companies Process System

これを業務体系図に即し、TS16949の要求である各プロセスの段階と相互関係の明確化を図り、更に顧客満足に関わるキープロセスとそれを支援するプロセスを選別して、全社プロセス体系を作成した。

3.2. 全社プロセス体系の特徴

Fig. 1に全社プロセス体系を示す。従来の部署毎の業務体系をV-3Pで部門連携を踏まえた業務体系図としたことを受け、会社全体のプロセスの関連の見える化を目指した。まず当社はものづくりの会社であることより、最重要プロセスを「量産製造プロセス」とした。次に量産製造を成立させる「新製品開発・製品改善」「生産準備」関連プロセスを選定し、3者の連携関係を表現した。更に、顧客と直接対応する「営業」「生産管理・物流」、当社製品の構成部品の70%を占める外製部品に関わる「サプライヤ選定・管理」「購入品品質保証」の各プロセスを加え、これらのプロセスをキープロセスと定義した。

顧客と製品実現の各プロセスとの関係が明確に

a quality management system focused on customer satisfaction in accordance with the process approach of the automotive industry.

The company-wide system is regarded as a process, and every stage and the interrelationships between stages must be clearly defined. It is expected that the effectiveness and efficiency of every process will be constantly monitored and measured and that continuous improvements will be made to the overall system through execution of the PDCA (plan-do-check-act) cycle.

(2) Customer-specific requirements (CSRs) are positioned at the head of the items required by the TS 16949 standard. The extent to which those requirements are being met is also audited.

It is necessary to incorporate CSRs into the organization's quality management system, which requires the construction of a system centered on customer-oriented processes (COPs).

(3) Whereas QS-9000 leaves the management of the standard to the ISO certification administrator in each country, a regional office called an International Automotive Oversight Body (IAOB) manages TS 16949 audit services. Asia Pacific is the IAOB in this region.

The intentions of the automotive industry are directly reflected in the system, making it easy to assess the direction of an organization's activities.

3. Project to Reconstruct JATCO's TS Process

A project team was formed in April 2007 to reconstruct JATCO's present TS 16949 compliance system. The aim is to utilize the distinct customer emphasis of the TS 16949:2002 standard to implement the V-3P program effectively and strengthen the company's customer focus.

3.1. Visualizing a company-wide process framework

The company's processes have so far been constructed on the basis of individual departments, making it difficult to see the links between processes.

A company-wide process framework has been constructed that matches the organizational chart of JATCO's operations. This was done to make clear the stage of every process and the interrelationships as required by the TS 16949 standard. Furthermore, a distinction is made between the key processes involved in customer satisfaction and those supporting it.

3.2. Features of company-wide process framework

Figure 1 shows the company-wide process framework that was constructed. The aim was to visualize the links between JATCO's overall processes in line with the V-3P organizational chart of the company's operations. In this chart, the previous organization of operations according to each department has been reconfigured in terms of cooperation between divisions.

なるよう、顧客のニーズと期待を体系の左側に、満足と評価を右側に置いてプロセスの流れを分かりやすく表現し、製品実現と顧客満足を支える「トップマネジメント」「資源運用」「分析・監査・改善」の各プロセスを配賦し、体系化した。

3.3. 詳細プロセスフローの作成

全社プロセス体系を構築した上で、其々のプロセスのオーナーを選、各プロセスオーナーに依頼して個々のプロセスの詳細なフローを作成した。詳細フローは最終的に103プロセスとなり、その完成には2ヵ月半を要するものとなった。

3.4. 詳細プロセスフローの特徴

Fig. 2に詳細プロセスフローの例を示す。統一フォームを採用し、TS16949の要求事項を網羅できるよう工夫した。前後のプロセスとの関連を明確化するためのインプット、アウトプット欄、及び関連プロセス記入欄、有効性、効率の指標記入欄、資源欄、関連基準書欄等を設けた。

Because JATCO is a monozukuri company, the "mass production/manufacturing process" was selected as the top priority process. The processes for "new product development/product improvement" and "production preparations," which make mass production/manufacturing feasible, were then selected and the cooperative relations among these three processes were clearly expressed. We then added the processes of "sales" and "production management/logistics," which interface directly with customers, and the processes of "supplier selection/management" and "purchased parts quality assurance," which are involved with outsourced parts that account for 70% of the components of our transmissions. The foregoing processes were defined as the key processes.

Customer needs and expectations are indicated on the left side of the framework and satisfaction and evaluation on the right side. This easy-to-understand representation of the flow of processes clearly shows how each process is related to the customer and the development/production of our products.

The framework was completed by positioning the processes of "top management," "investment of resources," and "analysis, audit and improvement" as ones that support product development/production and customer satisfaction.

3.3. Creation of detailed process flows

After constructing the company-wide process framework, an owner was selected for each process and each process owner was asked to prepare a detailed flow of the process. Ultimately, 103 detailed process flows were prepared, which took two and a half months to complete.

3.4. Features of detailed process flows

Figure 2 shows an example of a detailed process flow chart. A standardized format was adopted and designed to cover all the items required by the TS 16949 standard. To make the links with preceding and following processes clear, input and output columns are provided along with a column for indicating related processes. Other columns include one for indicating indices of effectiveness and efficiency, a resources column and a related standards column.

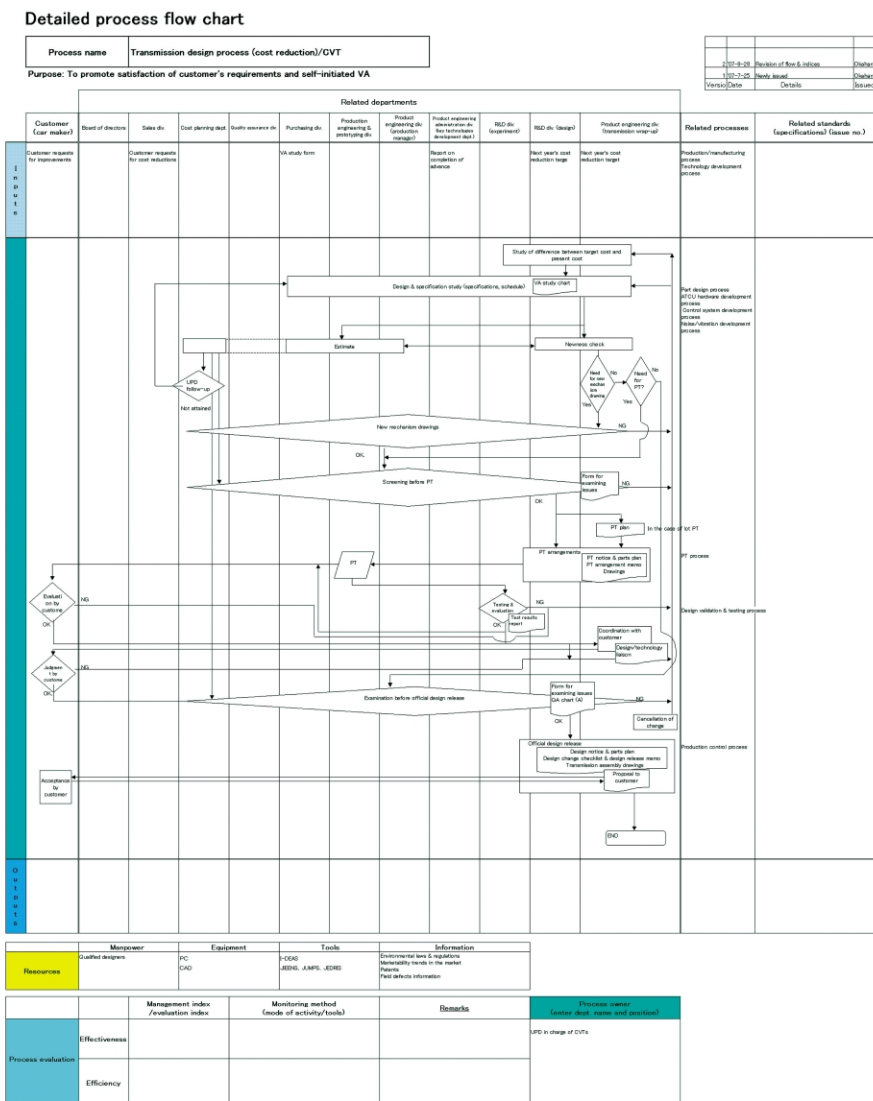


Fig. 2 Process Flow

4.更新審査受審と今後の課題

上記の如くプロセスアプローチ審査に耐え得る対応を実施し、更新審査に臨んだ。結果は登録推薦を受けることとなったが、いくつかのマイナーな不適合指摘を受けた。指摘内容はどれもTS16949の運用の根幹に関わるものであり、真に活用するには更に課題があることを認識できた。これを踏まえ、TS再構築プロジェクトを拡大充実し、スリム化、体系化を推進、TS16949のツールとしての利点を確実に活用できる体制を構築し、V-3Pの効果を最大限引き出せるよう改善していきたい。

4. Renewal Audit and Future Tasks

As explained here, we prepared to receive a renewal audit by taking steps to comply with a process approach audit. As a result, the company was recommended for registration, although several minor nonconformities were pointed out. Since all the items mentioned pertain to the fundamental operation of TS 16949:2002, we realized that these issues must be further addressed in order to make effective use of the standard. Based on that recognition, we are expanding and improving the TS reconstruction project so as to slim down our system and organize it more systematically. We aim to construct a system for utilizing the advantages of the TS 16949 tool reliably and make further improvements so as to maximize the benefits of the V-3P program.

Authors



Toshiaki MATSUZAWA



Tomoaki SEGAMI

自動変速機制御開発におけるモデルベース開発手法

Method of Model-Based Development of Electronic Control Systems for Automatic

中島 健治*

Kenji NAKASHIMA

抄 録 自動変速機電子制御の開発プロセスを改善するため、弊社ではモデルベース開発手法の適用を進めている。本稿ではこの手法の概要とそのメリットについて述べ、さらに、弊社における活用事例と今後の取り組み内容について説明する。

Summary At JATCO we are implementing a model-based development (MBD) method to improve the development process for electronic control systems of automatic transmissions. This article outlines the MBD method and described its benefits. It also gives examples of its use at JATCO and discusses plans for future activities.

1.はじめに

1. Introduction

1.1. 背景

自動変速機の電子制御は、環境性能や性能向上などを実現するために複雑化・高度化し、開発工数や検証工数は爆発的に増加している。

一方、V-3Pプロセス適用に伴い、大幅な開発期間短縮・効率化・手戻り削減・品質向上も求められている。

これらの課題を解決する手段として、モデルベース開発 (Model-Based-Development: 以下MBD) が提唱され、弊社でも適用を進めている。^(1), 2)

1.2. モデルベース開発手法とは

ソフト及びハードの機能をシミュレーション可能なモデルで表現し、開発プロセスの上流から下流までモデルを活用し、上流の設計工程から検証・評価を繰り返すことで、品質・開発効率の向上を目指す開発手法のことである。

1.1. Background

Electronic control systems for automatic transmissions have become much more complex and sophisticated in order to improve the environmental performance and other performance attributes of vehicles. This has led to an enormous increase in the number of man-hours required for system development and validation.

As a result of adopting the V-3P program at JATCO, there are strong demands for a substantial shortening of the development period, improvement of efficiency, reduction of rework and enhancement of quality. Model-based development (MBD) has been proposed as a means of resolving these issues, and we are proceeding with the application of this method at JATCO.⁽¹⁾⁻⁽²⁾

1.2. MBD overview

With the MBD method, software and hardware functions are expressed in models that facilitate simulations. The models are used throughout the development process from upstream to downstream activities in conducting repeated validations and evaluations, beginning with the upstream design work. This method is aimed at improving quality and development work efficiency.

2. モデルベース開発手法とメリット

2.1. 従来の電子制御システム設計の課題

従来の電子制御システム設計手順をFig. 1に示す。システム要求定義や制御設計に起因する問題は評価実験で発見されることが多く、設計をやり直す大きなループでの手戻りが発生する可能性があった。手戻りの要因：

- ・制御方法自体 構想)の間違い / 性能検討不足
- ・他の制御との干渉・影響の検討漏れ
- ・上流工程での検査の抜け・漏れ
- ・節目毎の次工程へ送る仕様書のフォームが異なる

2. Method and Benefits of MBD

2.1. Issues in conventional electronic control system design process

The conventional procedure for designing an electronic control system is shown in Fig. 1. Problems originating in the definition of the system requirements or in the control system design were often not discovered until system evaluation tests were conducted. That could result in rework involving a large cycle for redesigning the system. The causes of rework included:

- ・ Mistakes in the control method (concept) itself or insufficient examination of performance
- ・ Failure to examine thoroughly possible interference with or effect on other control systems

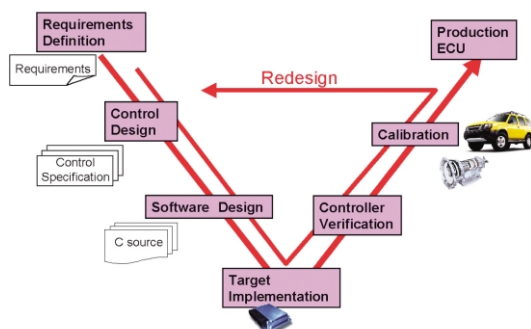


Fig. 1 Former Development Process

* 制御・システム開発部
Control & System Development

2.2. MBDによる電子制御システム設計

MBDプロセスを適用した場合に特徴的な工程を，Fig. 2 に従って説明する．

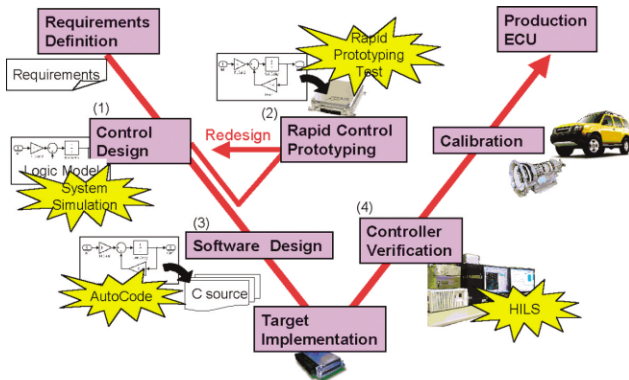


Fig. 2 Development Process for MBD

(1) 制御設計”では，Fig. 3に示すように，ロジックモデルをとハードモデルと組み合わせたシステムモデルでシミュレーションや性能設計する．早い段階で検証・評価でき，手戻りを防止できる．

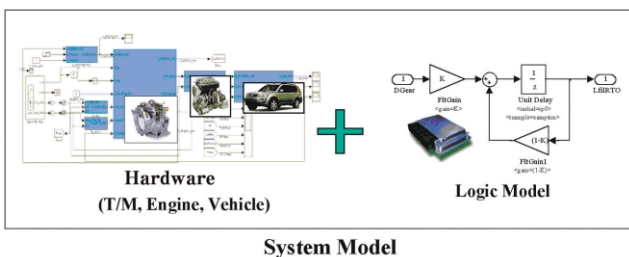


Fig. 3 Control Design with Logic and Hardware Models

- (2) 制御のラピッドプロトタイピング”では，ラピッドプロトタイピングコントローラにロジックモデルを実装し，実機に接続して実験を実施する．(Fig. 4 参照) 実機を用いないと評価・確認できない項目の先行確認が可能である．
- (3) ソフトウェア設計”では，ツールを用いてロジックモデルから量産コードを自動生成し，ロジックモデルと一致することを確認後，コントローラに実装する．
- (4) ソフトウェア検証”ではシミュレーション (Hardware In the Loop Simulation : 以下HILS) システムに，量産コントローラを接続し試験する．

MBDのメリット

- ・ 早い段階で検証・評価でき，手戻りを防止できる
- ・ 実際のハードができる以前に検討・評価できる
- ・ 各段階で検証・評価するため良い品質にできる
- ・ 様々なツールが準備され，自動化・省力化できる
- ・ ブロック線図で記述されるので，理解しやすい

- ・ Omission of an inspection in an upstream process
- ・ Use of different specification formats at each juncture when transferring a control system to the next process

2.2. Electronic control system design using MBD

In reference to Fig. 2, this section describes the distinctive stages of the development process when MBD is applied.

- (1) In the "control design" stage, simulations are conducted and the performance design is executed using a system model that combines a logic model and a hardware model as shown in Fig. 3. This enables control system validation and evaluation at an early stage, thereby preventing rework.
- (2) In the "rapid control prototyping" stage, the logic model is implemented in a rapid prototyping controller and connected to an actual transmission for conducting tests (Fig. 4). This facilitates advance verification of items that cannot be evaluated and confirmed unless the actual hardware is used.
- (3) In the "software design" stage, tools are used to automatically generate the production control code from the logic model. After verifying that the code is consistent with the logic model, it is implemented in the production controller.
- (4) In the "controller verification" stage, the production controller is connected to a hardware in the loop simulation (HILS) system for testing.

The benefits of MBD include:

- ・ System validation and evaluation can be done at an early stage to prevent rework.
- ・ Validation and evaluation can be done before the actual hardware exists.
- ・ Excellent quality is obtained because validation and evaluation can be done at every stage.
- ・ Automation and labor savings can be achieved using various prepared tools.
- ・ Description in block diagrams makes it easy to understand, resulting in fewer mistakes when transmitting information between processes.

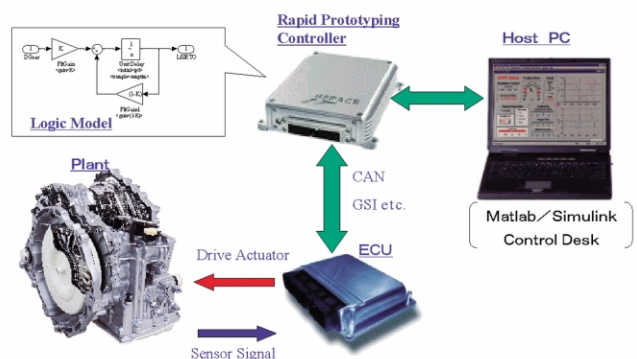


Fig. 4 Rapid Prototyping using Bypassing

3. MBD開発支援ツールを用いた活用例

3.1. ラピッドプロトタイピングコントローラ活用例
量産コントローラの制御を一部置き換える場合、その置き換える部分のみをラピッドプロトタイピングコントローラで実行するバイパス方式を活用している。ロジックモデルの作成や量産コントローラのプログラム変更を最小限としながら、手軽に実機を使った動作確認・性能評価ができる。さらに、既存の制御と組み合わせた時の相互干渉・影響も確認できる。

3.2. HILS活用例

エンジン、AT、車両という個々のリアルタイムシミュレーションモデルを組み込んだHILSシステムを開発し、コントローラの制御を確認するのに活用している。そのモデル構成例をFig. 5に示す。³⁾

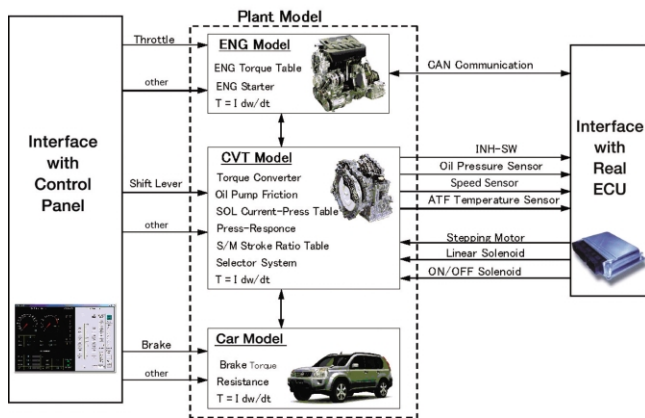


Fig. 5 Logical schematic of HILS models

3.2.1. 自動化の適用と拡大

HILS試験においては、車両・ベンチ実験と同様のテスト信号を発生させ、自動計測・自動データ処理している。これにより、ソフトウェアの大規模化と複雑化の結果として膨大になっている試験を効率化している。Fig. 6にテスト仕様とチェックシートの例を示す。³⁾

3.2.2. 自動計測結果の共有

実機実験する前にHILSで自動計測した結果を制御設計担当と実験担当が同席で確認している。これにより、実機実験からの手戻りを削減できている。問題がある場合にも、その問題の共有化が早期に可能となっている。

3. Application Examples using MBD Support Tools

3.1. Use of a rapid prototyping controller

A bypass method is used when replacing part of the control program of an existing production controller. Only the portion being replaced is executed using a rapid prototyping controller. This allows easy confirmation of operation and evaluation of performance using an actual hardware unit, while minimizing the creation of the logic model and changes to the production controller program. In addition, checks can be made for mutual interference or influence when the new portion is combined with the existing control program.

3.2. Use of a HILS system

A HILS system was developed and is used in verifying the control performance of AT controllers. This system includes real-time simulation models of the engine, AT and vehicle. An example of the model configuration is shown in Fig. 5.⁽³⁾

3.2.1. Application and expansion of automation

In conducting a HILS test, the same test signals are generated as in driving and bench tests, automatic measurements are made and the data are processed automatically. This facilitates more efficient testing, which has increased enormously as a result of the larger scale and greater complexity of the control software. Figure 6 shows an example of a test specification and a check sheet.⁽³⁾

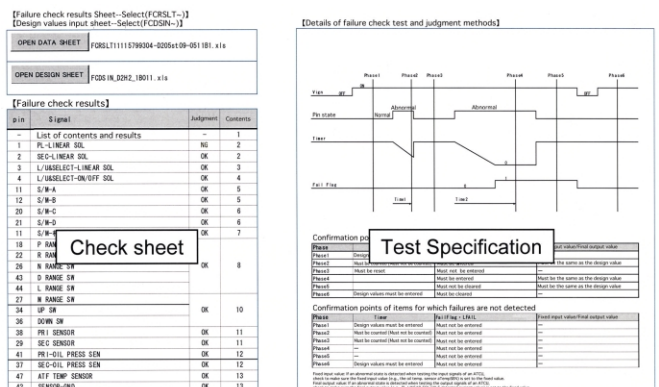


Fig. 6 Test Specification and Check Sheet

3.2.2. Sharing of automatic measurement results

Prior to conducting tests with an actual transmission, the results measured automatically in the HILS tests are checked simultaneously by the control system designers and testing engineers. This is effective in reducing rework after the actual transmission tests. If there are any problems, they can be shared at an early stage.

4. MBDの今後の取り組み

4.1. シームレスなツールチェーンの構築

現在、Fig.2に示したMBDによる開発プロセスの各工程において、開発支援ツールを活用して効率化している。さらに、よりシームレスな開発を目指して、これらツールの連携やデータの相互利用が可能となるツールチェーン構築に取り組んでいる。(Fig.7参照)³⁾

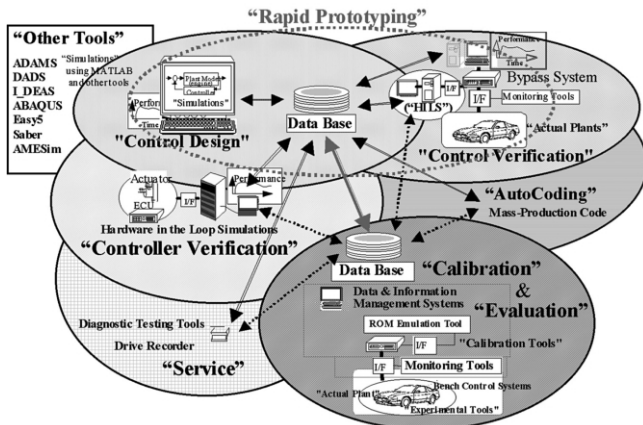


Fig. 7 Seamless Development Tool Chain.

4.2. MBDとハードCAE連携によるバーチャル開発

ハードCAEと連携して試作・実験を最小限とするバーチャル開発を進めていきたい。特に、先行開発段階においては、ハードを作成する前にハードの3D設計諸元等からハードモデルを構築し、システム全体での成立性評価や性能予測ができるようにしていきたい。(Fig.8参照)⁴⁾

4. Future MBD Efforts

4.1. Construction of a seamless development tool chain

Development support tools are currently being used to boost work efficiency in every stage of the MBD process shown in Fig. 2. A development tool chain (Fig. 7)⁽³⁾ is also being constructed to link the support tools and facilitate mutual use of data in order to promote seamless development work.

4.2. Virtual development combining MBD and CAE hardware models

We want to promote virtual control system development that minimizes prototyping and testing man-hours by linking MBD with CAE hardware models. Specifically, this will involve the construction of hardware models from 3D design specifications of the hardware prior to its fabrication. That will make it possible to evaluate the feasibility of the entire system and predict its performance at the advance engineering stage, as illustrated in Fig. 8.⁽⁴⁾

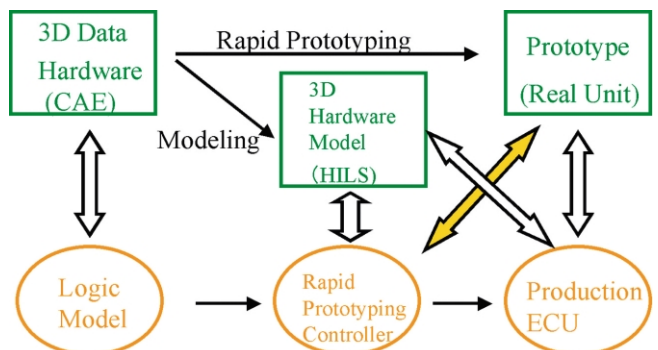


Fig. 8 Virtual Development with MBD and Hardware Models CAE.

5. まとめ

現在、弊社で進めているモデルベース開発手法のプロセスとそのメリットを述べ、さらに、MBD開発支援ツールを用いた活用例について述べた。

今後も未完成な領域のツール整備も積極的に進め、ハード・制御・実験のシームレスでコンカレントな開発を実現し、制御開発へのV-3Pプロセス適用を促進したい。

最後に、本報告に関して、多大なご協力をいただいた方々に感謝の意を表する。

5. Conclusion

This article has described the process and benefits of the model-based development (MBD) method that we are currently implementing at JATCO. Examples of activities using MBD support tools were also presented.

In future work, we will continue our vigorous efforts to create development support tools in the areas where they are incomplete at present. We intend to promote the application of the V-3P program to control system development so as to accomplish seamless, concurrent development and testing of the hardware and control system.

Finally, we would like to express our appreciation to various people for their invaluable cooperation with the preparation of this article.

参考文献

- 1) 勝, 松村: 自動変速機の変速性能シミュレーションシステムに関する考察, 自動車技術会秋季大会 No.59(2001)
- 2) T. Matsumura, S. Ichikawa, F. Katsu, M. Sato, The Development of a Controller Confirmation System for Automatic Transmissions and Its Applications, 2004 IEEE CCA, and CCA pp.1415-1419
- 3) 勝, 黒地, 松田, 藤塚, 守田, 金, AT・CVT開発におけるHILSを活用したMBCSDの取り組み, 自動車技術会秋季大会No.009(2005)
- 4) 中島, 勝, 松村: 自動変速機制御開発におけるモデルベース開発手法, 第7回 計測自動制御学会 制御部門大会 (2007)

References

- (1) F. Katsu and T. Matsumura, "A Study of a Shift Performance Simulation System for Automatic Transmissions," JSAE Autumn Conference, No. 59 (2001) (in Japanese).
- (3) Katsu, Kurochi, Matsuda, Fujizuka, Morita and Kim, "Model-Based Control System Development (MBSCD) using HILS for AT/CVT Development," JSAE Autumn Conference, No. 009 (2005) (in Japanese).
- (4) K. Nakashima, F. Katsu and T. Matsumura, "Model-Based Development Method for Automatic Transmission Control Systems," The 7th Control Division Conference of The Society of Instrument and Control Engineers (2007) (in Japanese).

Author



Kenji NAKASHIMA

箱物設計NAVIシステムの構築

Construction of a Case/Housing Design NAVI System

渡辺 巖*

Iwao WATANABE

田口 博美*

Hiromi TAGUCHI

抄 録 箱物設計NAVI(= 仕事の手順, 基準を提供するツール)は, V-3Pプロセスへの対応, 車種適用毎に部品バリエーション対応の多い箱物設計工数の効率化を目指したシステムである。

本稿では, このシステムの考え方・概要を紹介する。

Summary This article explains the concept and features of the wizard-like NAVI system used in designing transmission cases and torque converter housings. This system is a tool that provides the design procedures and standards. The aim is to improve the efficiency of case/housing design work that requires many man-hours owing to the numerous part variations involved in applying transmissions to different car models. The system was constructed to accomplish the objectives of the V-3P program.

1. システム構築の背景

箱物設計では, 下記課題への対応の為NAVIシステムの構築を進める事とした。

背景

- ・ V-3Pプロセスに対応する為の開発スピードアップ, 設計精度アップが必要。
- ・ 車種適用毎に部品バリエーションが多く, CVTを中心とした今後の適用開発工数の増大対応の為効率化が必要。
- ・ ベテラン設計者への業務負荷集中 平準化を行うと共に, 新規機種開発/要素技術開発への工数シフトが必要。

2. システムの概要

2.1. システムの考え方

システム構築に先立ち現状の実務担当者が感じている課題を改めて確認した。

- ・ 標準化が遅れている。
 - ・ 経験の浅い設計者であっても, ベテラン設計者のノウハウを活用した効率的で精度の高い業務遂行が望まれている。
- 前記課題の対応として, 求められる仕組みを以下と考えた。
- ・ 設計手順を提供する。
 - ・ 作業内容, 注意事項を提供する。
 - ・ 基準, ノウハウ等の情報提供 及び 検索を容易にする。
 - ・ 開発実績を蓄積し, 次の開発にフィードバックする。
- 又, 開発頻度 及び システムの開発規模を考慮し, 箱物開発規模 M級⁽¹⁾以下の適用開発を対象とし, ベテラン設計者の経験, ノウハウをフィードバックしシステム構築を進める事とした。
- 注) ¹; 既存機種・部品に対して, 主断面・基本構造(コントロールバルブの配置等)が変更とならない範囲で, 改造により車種適用開発を行なう規模。

1. Motivation

We decided to construct this NAVI system in order to deal with the following issues in case/housing design.

Background

- ・ Accomplishing the V-3P program objectives requires speedier product development and improved design accuracy.
- ・ Applying transmissions to various car models involves many different part variations. Higher efficiency will be needed to cope with the increase in application engineering man-hours in the future, especially for CVTs.
- ・ The design load imposed mainly on veteran designers must be leveled, and also more man-hours must be shifted to the development of new transmission models and key technologies.

2. System Overview

2.1. System concept

Before beginning to construct the system, we confirmed once again the current issues felt by those responsible for actual design work.

- ・ Standardization is lagging behind.
- ・ Inexperienced designers also want to execute highly accurate designs efficiently by utilizing the know-how of veteran designers.

The following system was conceived for dealing with these issues.

- ・ The system provides design procedures.
- ・ It provides work details and important points requiring attention.
- ・ It provides standards, know-how and other information and allows easy searches for desired information.
- ・ It stores the results of development projects so that the information can be fed back to subsequent projects.

* 成形技術部

Material Process Engineering Department

2.2. システムの役割

箱物適用開発は、既存部品をベースとして 車種適用上必要な部分の変更(顧客要求, 他部品要求等)を行なう事で通常進められるが, 本システムはその変更部位・内容に対する設計検討業務範囲(除く CAD作業)をサポートするものである。

具体的には, 実際の仕事の流れの中で下記を可能とするシステムを目指した。

- ・変更部位に対する検討課題抽出をサポートする。
- ・検討課題に対する検討手順・注意事項を半自動で抽出し, 検討の進捗に合せ 順次表示する。
- ・予め登録された基準, 過去実績・相場, ノウハウを, 前記手順に沿って順次表示する。
- ・検討結果をシステムデータベース上に登録・蓄積する。

箱物適用開発の仕事の流れとシステムでカバーする範囲 及び 役割を Fig. 1 に示す。

Considering the frequency of development projects and the scale of the system to be developed, it was decided to focus the system on application engineering for case/housing development projects of the M-class¹⁾ or below. We proceeded to develop the system by feeding back and storing the accumulated experience and know-how of veteran designers.

¹⁾This class refers to engineering in which existing transmission models and parts are modified for application to other car models. The scope does not involve changes to the main cross section or the basic structure, such as the positions of the control valves.

2.2. System's role

Application engineering for cases/housings usually involves changing only those aspects of the existing parts as needed for application to the vehicle concerned.

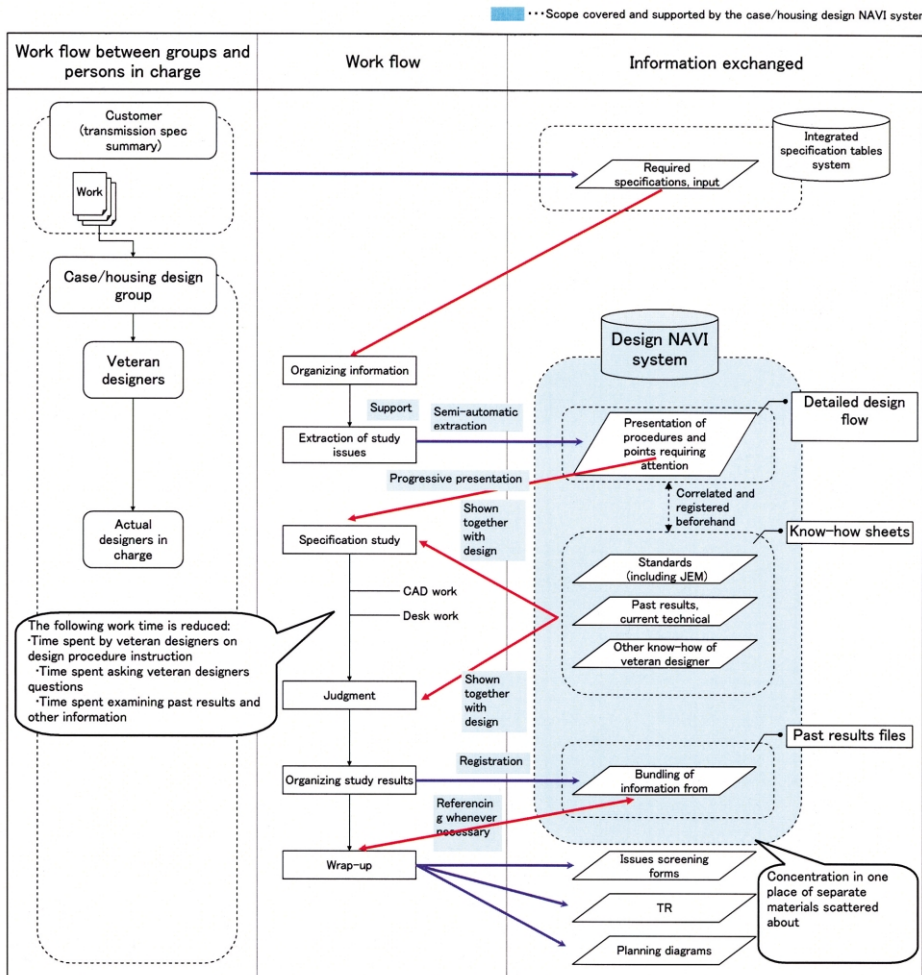


Fig. 1 Flow of development work for cases/housings and the scope/role covered by the design NAVI system

Changes are made, for example, to meet the customer's requests or the requirements of other parts. The NAVI system supports the tasks involved in conducting design studies for the parts or specifications to be changed, excluding CAD activities. Specifically, it is aimed at facilitating the following tasks in the flow of the actual design work.

- Support for identifying issues to be studied in connection with the modifications.
- Semi-automatic extraction of the procedures for studying the issues and the important points requiring attention. The information is presented progressively as a study proceeds.
- Progressive presentation of previously registered standards, past results, current technical data and know-how according to the study procedures above.
- Entry and storage of the study results in the system's database.

The work flow in application engineering for cases/housings is shown in Fig. 1 along with the areas covered by the NAVI system and its support role.

2.3. システムの構成

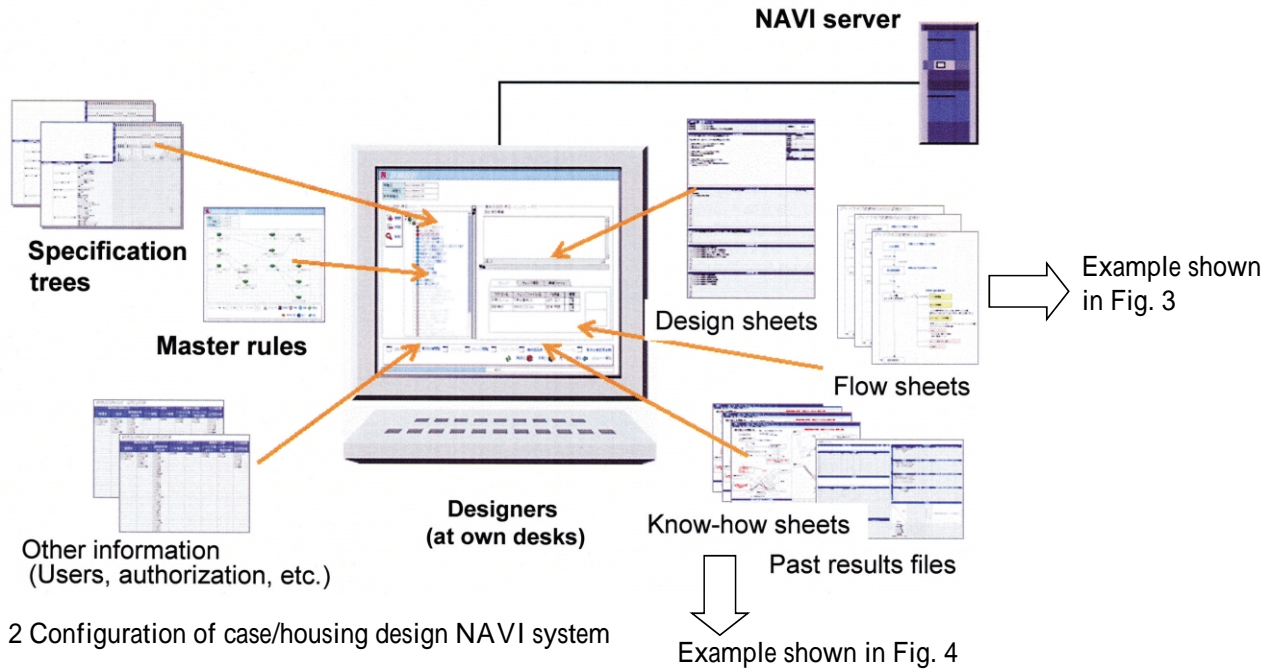
本社に設計NAVIサーバーを設置し, ベテラン設計者の経験, ノウハウをフィードバックし作成されたコンテンツを登録した。

設計者は各自のPCよりシステムにアクセスし, 自席でシステムのサポートを得ながら作業を進める事が可能となる。

システムの構成イメージを Fig. 2 に示す。

2.3. System configuration

Veteran designers feed back their experience and know-how that is organized as content and registered in the design NAVI server installed at the head office. Designers can access the system from their own PCs and proceed with their work at their own desks while receiving support from the system. The configuration of the system is shown schematically in Fig. 2.



又，代表的なコンテンツであるフローシート，
ノウハウシートの例をFig. 3 ,4に示す．

Typical content includes flow sheets and
know-how sheets, an example of which is shown in Figs.
3 and 4, respectively.

Flow of breather chamber study for a final gear design change

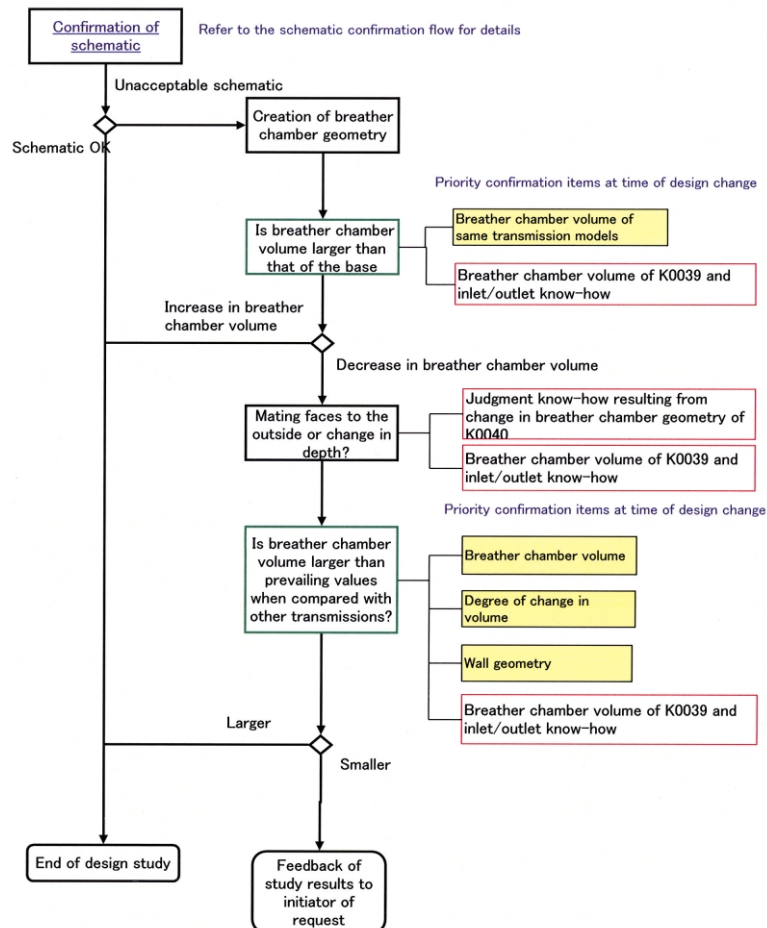


Fig. 3 Flow sheets (Example)

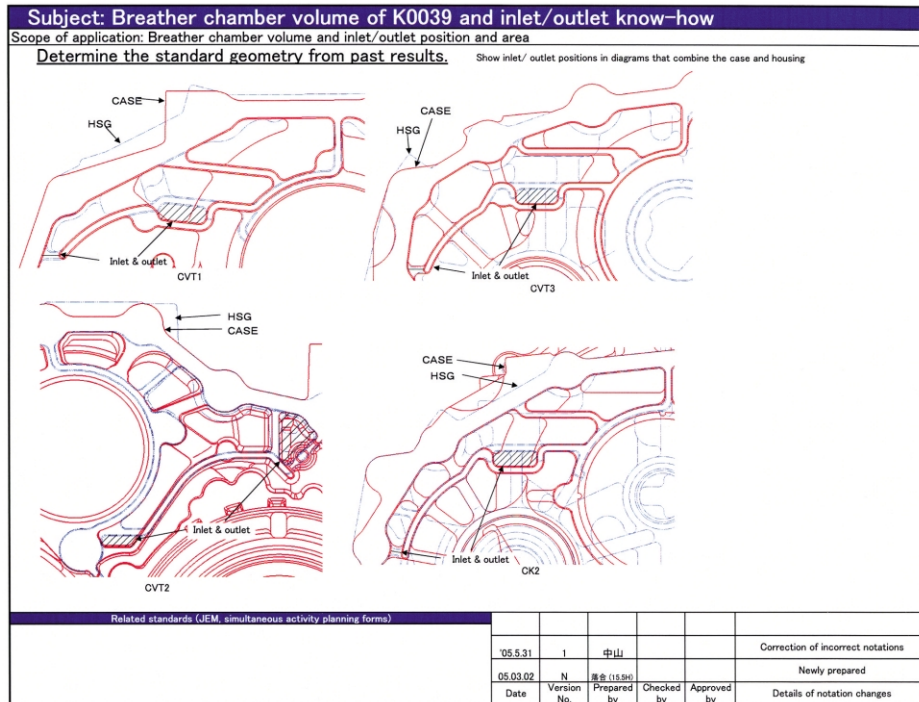


Fig. 4 Example of a know-how sheet

2.4. システムの実務適用による効果

本システムを適用する事で、以下効果をもたらす。
 設計品質向上

- ・経験の浅い設計者の設計品質がベテラン設計者に近づく

- ・検討課題、チェック洩れの削減

工数削減

- ・基準・ノウハウ検索時間の削減

- ・ベテラン設計者への問い合わせ・滞留時間の削減

- ・設計変更の削減

開発実績の蓄積と次期開発への活用

以上の効果から、新規機種開発/要素技術開発にベテラン設計者の工数をシフトする事が可能となる。

Fig. 5に効率化による開発体制変化のイメージを示す。

2.4. Benefits of the system for design work

The application of the system to design work has produced the following benefits.

Improvement of design quality

- ・Inexperienced designers can create designs that approach the quality of veteran designers.
- ・The number of issues missed in design studies or checks has been reduced.

Reduction of man-hours

- ・The time needed to search for design standards or know-how has been reduced.
- ・The number of inquiries to veteran designers and their time spent answering them have been reduced.
- ・The number of design changes has been reduced.

Accumulation of development work results and use in subsequent projects

Improvement of application engineering efficiency allows more man-hours to be shifted to new product development projects

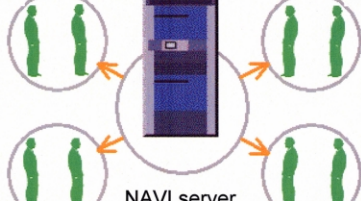
- Case/housing application engineering of M-class or lower
→Even inexperienced designers can execute designs efficiently.

Provision of design procedure

Accumulation of results

Model A

Model B



Model D

Model C

Provision of standard work details and effective design know-how

- Development of new transmissions and key technologies
→Man-hours of veteran designers can be shifted to new projects.



The system provides the accumulated know-how of veteran designers, enabling even inexperienced designers to achieve stable design quality.

As a result of the foregoing benefits, it is possible to shift more man-hours of veteran designers to the development of new transmissions and key technologies. Figure 5 illustrates the change in the product development system due to improved efficiency.

Fig. 5 Change in product development system due to improved efficiency

3. 今後の課題

本システム使用者からVOCを取得し以下確認されている。

- ・ベテラン設計者の経験・ノウハウをフィードバックして作成されたコンテンツ(フローシート, ノウハウシート等)が大変有効である。
- ・ベース部品からの変更部位名称から入るシステムの入口部分が分かり難い, 対象部位の不足がある等 扱い難い面がある... *2

今後は, 上記問題点(*2部分)及び 更なる効率化を目指した改善を行っていく。

4. 終わりに

最後に, 本システム構築にあたり ご協力頂きましたインクス(株)及び 社内関係者の方々に心より御礼申し上げます。

3. Future Tasks

The following points were confirmed by obtaining the voice of the customer from users of the system.

- The flow sheets, know-how sheets and other content constituting the experience and know-how fed back to the system from veteran designers are extremely effective.
- It is difficult to access the system using the names of the components of the base parts that are to be changed. The system does not sufficiently cover the parts that are changed. These are examples of aspects that make the system hard to use.

We plan to make further improvements to resolve these problems and to improve efficiency further.

4. Concluding remarks

We would like to thank INCS Inc. and various people concerned at JATCO for their invaluable cooperation in connection with the construction of this system.

Authors



Iwao WATANABE



Hiromi TAGUCHI

同席設計

Simultaneous Design with Related Sections

高 木 茂*
Shigeru TAKAGI

伊 藤 宏尚*
Hironao ITO

牧 野 哲也*
Tetsuya MAKINO

抄 録 本稿では、箱物設計課の同席設計活動とそれを支えるITツール構築について具体的に記述する。

Summary This article describes the simultaneous design activity in the Casing Design Section and the construction of IT tools to support it.

1. 緒言

近年の新部品立上げプロセスでは、生産準備リードタイム短縮・高品質の達成・低コストが要求されている。その実現には「生まれの良い部品設計」が必要不可欠である。

長年蓄積してきたナレッジを漏れなく形状に織り込むために、設計時点で関連部署が集まり、それぞれの生産要件を早期に具体的形状に落とし込むことが出来る活動が必要になる。

この活動を箱物部品で推し進めるために、開発部門と生産部門が一体となった箱物設計課を新設したので、その活動内容について紹介する。

2. 同席設計とは

その部品の生産部署・開発部署が1ヶ所に集まって、お互いの業務・責任を共有し、プロセスの無理・無駄を排除し高いQC/QD目標を達成するための設計を行うことを、「同席設計」と言う。

これにより、業務全体の効率化及びフロントローディングを図り、V-3P活動の3本柱である「PTー発良品化」「型・設備準備リードタイム短縮」「正規手配以降の設変ゼロ」を実現するということである。

従来図面は、発行時には設計要件の織り込みが主体であり、後追いで生産要件を織り込むというスタイルをとっていたため、出図後の設計変更が当たり前のよう発生していた。また、変更規模にも制約があり生産要件の織り込み率は非常に低いのが現実であった。

「同席設計」では、設計要件・生産要件のすべての要件を同時検討後に出図を行うため、次のような効果を出す事が出来る。

- ・ 開発要件・生産要件を同時検討することにより、図面や3Dデータの質が向上し、CU& Come up Sheets 並口化。
 - ・ 開発 - 生産の距離が縮まり課題解決までのスピードがアップ。
 - ・ 開発部署が生産部署のDR (Design Review) に参加、または生産部署が開発部署DRに参加するといったクロスファンクショナルな業務形態となり、各スタッフの業務幅が広がることによる、コミュニケーション向上。
 - ・ 検討の早期化による、検討の深堀化。
- これらの変化により「開発with生産」から「開発and生産」という本当の意味のサイマル活動がスタートできる。(Fig. 1)

1. Introduction

The process for launching production of new parts these days requires a shortening of production preparation lead time and the attainment of higher quality and lower cost. In order to accomplish that, it is absolutely necessary to have well-conceived part designs.

When a part design is developed, the related sections get together to reflect their respective production requirements in the specific part geometry at an early stage. This type of activity is necessary if the knowledge accumulated over many years is to be incorporated into the part geometry without any omissions.

A new Casing Design Section was jointly established by the R&D and production divisions so as to advance this simultaneous design activity for transmission cases and torque converter housings. This article describes the details of the activity.

2. Overview of Simultaneous Design

Simultaneous design refers to the execution of a part design for eliminating overburdening of processes and waste so as to achieve high quality, cost and delivery performance (QDC) goals. This involves getting the sections responsible for the engineering and production of the part together one place, enabling them to share information on their respective tasks and responsibilities.

This activity is intended to accomplish front-loading and improve the efficiency of all operations. The aim is to achieve the three principal objectives of the V-3P program: (1) to achieve the desired product quality in just one production trial, (2) to shorten the lead time for preparing dies, molds and facilities and (3) to reduce design changes to zero following the official design release.

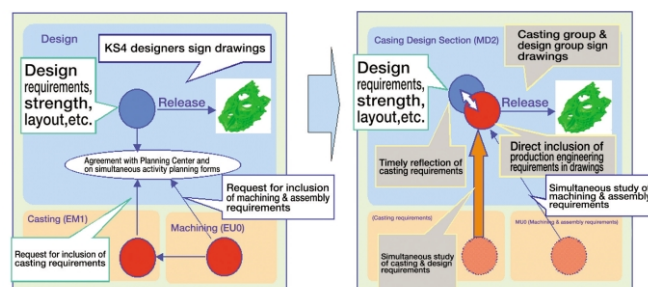


Fig. 1 Change in design development process

* 成型技術部
Material Process Engineering Section

3. 同席設計の効果

開発・生産の課題を共有するための「同席設計課題一覧表」で見える化及びフォローを行い、課題解決の管理を行った。更に、06年4月に開発及び生産が一体となった箱物設計課を設立した結果、FRトランスミッションでは課題決着のスピードを飛躍的に向上することが出来た。

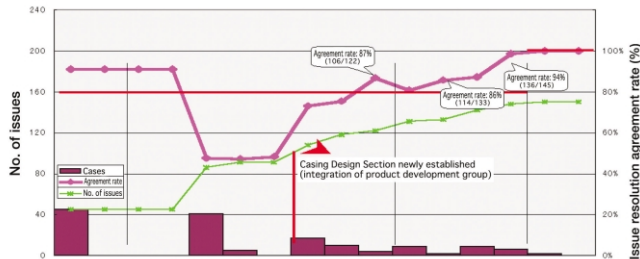


Fig. 2 Change in resolution of issues

Fig. 2に示す通り、FR CASE - TRANSを例に取ると正規手配時点では、課題合意率が100%であり、正規手配以降CUSはゼロ見込みである。

更に、品質作りこみ活動として、Fig. 3に示すユニットレイアウトの変更やFig.4に示す様な鋳造シミュレーションの実施によるリスク回避及び対策検討を行った。

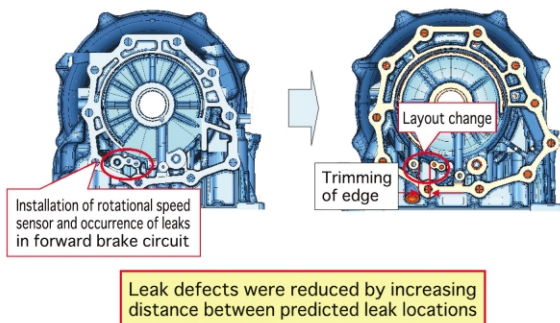


Fig. 3 Change of hydraulic circuit layout

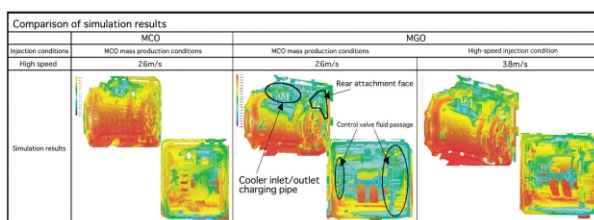


Fig. 4 Simulation of casting flow

また、同席設計のアウトプットである同席設計課題一覧表の事例を設計基準へ落とし込むと共に、サイマル計画図のアップデートへ繋げ、設計品質の向上を図ることが出来た (Fig. 5)

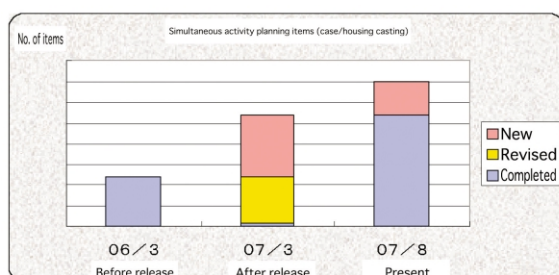


Fig. 5 Number of simultaneous design items

Previously, drawings mainly indicated the design requirements at the time they were issued and the production requirements were input in a follow-up process. As a result, it was taken for granted that design changes would be made after the drawings were released. In addition, the scope allowed for making changes was limited and the percentage of the production requirements that were included in the drawings was actually rather low.

In the simultaneous design activity, drawings are issued after all the design and production requirements have been examined together, which produces the following benefits.

- Because design and production requirements are both examined together, the quality of the drawings and 3D data is improved to achieve zero Come Up Sheets (CUS), which are reports for feeding back production requirements and assembly problems from the shop floor.
- Engineering and production departments work more closely together to resolve issues faster.
- There is cross-functional teamwork, with engineering departments participating in design reviews by the production department and vice-versa. Communication is also improved because everyone is involved in a wider range of tasks.
- Because studies are undertaken earlier, issues can be examined in greater depth.

Thanks to these changes, simultaneous activities in the true sense of the meaning have begun in which engineering and production departments are working more closely together (Fig. 1).

3. Benefits of Simultaneous Design

A simultaneous design issues list is prepared so that issues can be shared by both engineering and production departments. This makes issues visible and allows easier follow-up for managing their resolution. In April 2006, the R&D and production divisions joined hands in newly establishing the Casing Design Section. As a result, that has dramatically speeded up the resolution of issues in new rear-drive transmissions.

An example for new front-drive transmission cases is shown in Fig. 2. At the time of the official design release, there is 100% agreement on the resolution of issues, and there are expected to be zero CUS after the design release.

As examples of activities to build in quality, Fig. 3 shows a change made to the hydraulic circuit layout in the transmission, and Fig. 4 outlines the casting flow simulation that was conducted to avoid potential problems and examine corrective measures.

The simultaneous design issues list is one output of the simultaneous design activity. This list is reflected in the design standards and is also used to update the simultaneous activity planning forms, thereby leading to improved design quality (Fig. 5).

4. ITツールの構築

生産技術での検討に於いて、課題を十分解決せずに金型設計を行うと無理が発生し、変更が必要になる。また、暗黙知のノウハウが織り込まれていないため、不具合が発生し、製品設計へフィードバックすることが発生していた。

そのため、製品設計変更や金型設計変更が発生しコスト及び工数を増大させているといった問題があった。

従って、いかに生産要件を洩れなく確実に製品設計に織り込むかが重要である。これらの不具合を解消するために、ITツールの構築を行った。

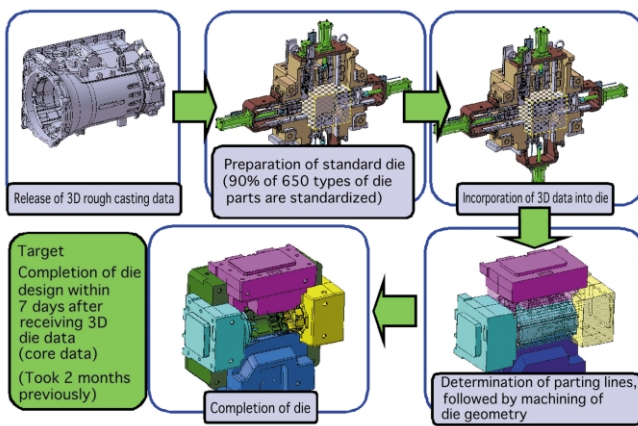


Fig. 6 Semi-automatic die design

1) 半自動金型設計 (Fig. 6)

製品設計及び生産設計からアウトプットされる情報を基に金型設計・形状作成を詳細に行うためのツール。

650種類の金型部品の内、90%標準化した標準金型内に製品形状3Dデータを入れ込み、形状分割位置を決定し、金型設計を完成させるシステムである。

この導入により、2ヶ月かかっていた金型設計が、3Dデータ入手後7日で可能となった。

2) SEツール (Simultaneous Engineering Tool) (Fig. 7)

鋳造方案設計・製品設計に必要な鋳造生産要件及びリスクを早い段階で検討し、製品設計へフィードバックを素早く繰り返すツール。

- ・湯道・ランナー設計
- ・コアピン設計
- ・金型内部冷却方案設計
- ・押し出しピン設計
- ・油圧回路リーク予測

4. Construction of IT Tools

Previously, dies were designed before the issues in production engineering studies were fully resolved, causing overburdening that necessitated subsequent changes. In other cases, implicit knowledge and know-how were not incorporated in the drawings, resulting in problems that required feedback to the product design departments. As a result, the die design or product design had to be changed, giving rise to a problem of higher cost and increased man-hours.

Accordingly, it is crucial to ensure that the production requirements are reliably reflected in the product design without any omissions. We have constructed IT tools for the purpose of resolving such problems.

1) Semi-automatic die design

This tool is used to generate the details of a die design and geometry based on the information output from the product design and production design. Of the 650 types of die parts, 90% are standardized. This system inputs the 3D part shape data into a standardized die and determines the shape parting positions so as to complete the die design.

The introduction of this system now enables a die design to be executed in seven days after obtaining the 3D data, whereas previously it took two months (Fig. 6).

2) Simultaneous engineering (SE) tool

With this tool, studies can be done at an early stage to examine the casting production conditions and potential risks that must be known for executing the casting plan design and product design. It thus enables quick and repeated feedback to the product design (Fig. 7).

- ・Sprue/runner design
- ・Core pin design
- ・Die cooling plan design
- ・Ejector pin design
- ・Prediction of hydraulic circuit leaks

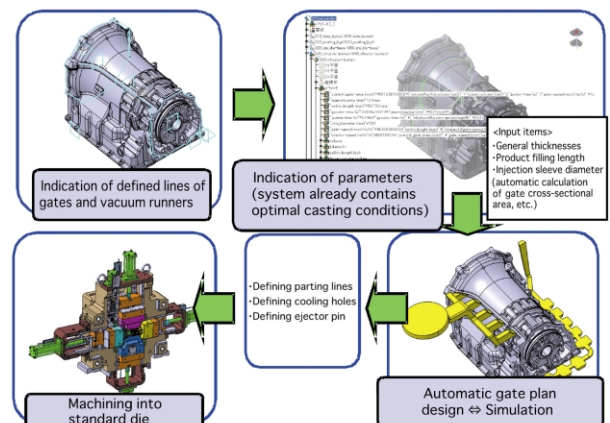


Fig. 7 SE tool

5. Activities of V-3P Case/Housing Working Group

A V-3P case/housing working group was formed to promote V-3P activities based on simultaneous design and the IT tools. This section describes the nature of these activities. The following

5. V-3P箱物分科会活動

「同席設計」やITツールを軸としたV-3P活動を推進するため、「V-3P箱物分科会」を組織し活動したので、ここでその活動内容について述べる。

06年度の取り組みは下記。

- (1) 3Dデータへの生産要件織り込みのための、SEツール構築。
- (2) 金型設計期間短縮のための、半自動金型設計システム構築。
- (3) 鋳造設備準備期間短縮のための、ロボット動作シミュレーションの導入。
- (4) 寸法測定期間短縮のための、非接触測定・CAT測定の構築。
- (5) 品質玉成期間短縮のための、鋳造ノウハウのデータベース化。

また、これらのITツール構築と共に、デジタル連携プロセスの構築(Fig. 8)及び基準化を行った。

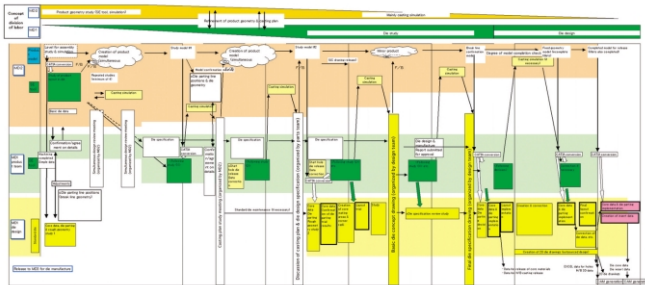


Fig. 8 Digital process flow

07年度については、下記5項目の活動を実施中である。

- (1) FRトランスミッションにおける品質目標の達成。
- (2) 半自動金型設計の新FFトランスミッションへの適用。
- (3) 直彫り加工の拡大による、金型製作期間の大幅短縮。
- (4) 半自動金型設計システムのバルブボディへの拡大。
- (5) 鋳造ナレッジマネジメントの継続的運用及びFFトランスミッションへの適用。

6. ナレッジ構築活動

先に述べたように、ITツールは生産要件織り込みの重要なツールですが、そのベースには生産技術ノウハウの見える化、共有化が不可欠である。

直接部門、準直接部門、間接部門全ての関係者の持つ暗黙知の形式知化及び共有化が必要であり、その活動が「ナレッジ構築活動」である。

Fig. 9に示す通り、各部門から鋳造ナレッジ集約表、金型不具合フィードバックシート、同席設計課題一覧表などから集約されたナレッジは登録審査を経て「サイマル計画図」「ダイカスト金型設計基準」「設備仕様書」へ登録され、共有化される。

更に、V-3Pホームページから鋳造ナレッジへアクセス可能とし、全社での情報共有化も図った。(Fig. 10, 11)

activities were carried out in fiscal 2006.

- (1) Construction of an SE tool for incorporating production requirements in 3D data
- (2) Construction of the semi-automatic die design system for shortening the die design period
- (3) Introduction of a robot motion simulation program for shortening the casting equipment preparation period
- (4) Construction of noncontact measurement and CAT measurement tools for shortening the time needed to measure dimensions
- (5) Construction of a casting know-how database to shorten the time needed for quality perfection

In addition to constructing these IT tools, a digitally linked process was developed (Fig. 8) and standardized.

The following five activities are being carried out in fiscal 2007.

- (1) Efforts to attain the quality goals set for new rear-drive transmissions
- (2) Application of the semi-automatic die design system to new front-drive transmissions
- (3) Expansion of direct machining to shorten die fabrication time substantially
- (4) Expansion of the semi-automatic die design system to valve bodies
- (5) Continuous use of casting knowledge management and application to new front-drive transmissions

6. Knowledge Integration Activity

As mentioned earlier, IT tools are a valuable means of incorporating production requirements into design drawings. To accomplish that, however, it is necessary to visualize and share production engineering know-how.

That requires transforming the implicit knowledge of everyone concerned in direct, semi-direct and indirect departments into formal knowledge so it can be shared. That is being done through a knowledge integration activity.

As illustrated in Fig. 9, knowledge is concentrated from casting knowledge summaries, feedback sheets for die problems, simultaneous design issues lists and other information received from each department. The collected knowledge is examined at a registration screening meeting and then registered in the simultaneous activity planning forms, die casting die design standards (die production design check sheet), facility specifications.

Casting knowledge can also be accessed from the V-3P website, making it possible to share this information throughout the company (Figs 10 and 11).

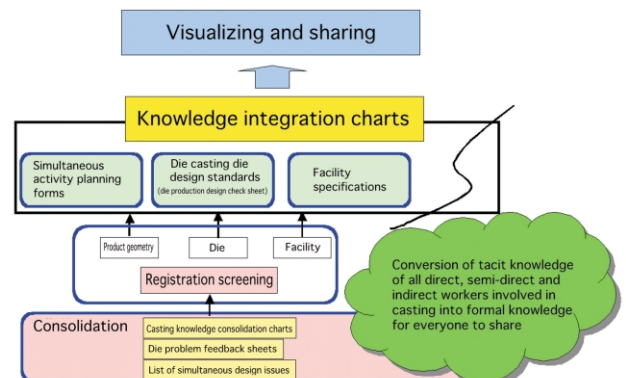


Fig. 9 Integration of knowledge

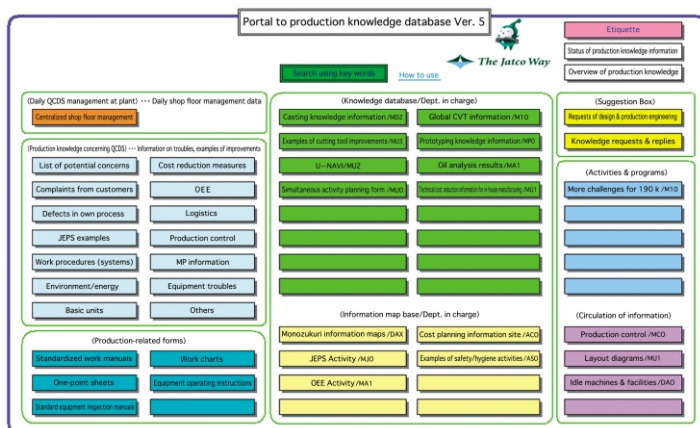


Fig. 10 V-3P Home page

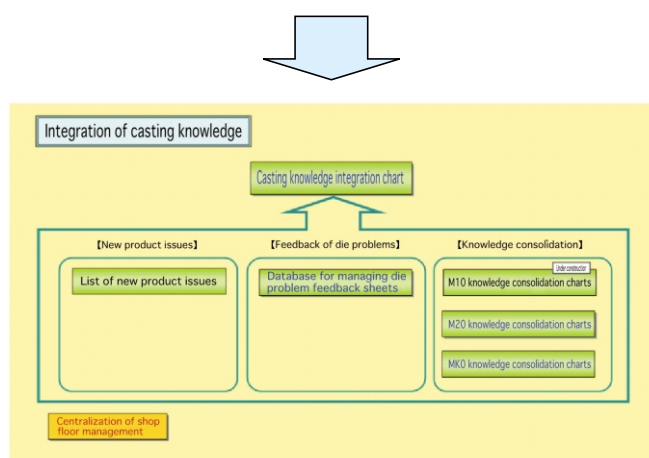


Fig. 11 Entrance to casting knowledge

7. Conclusion

The simultaneous design activity enables the R&D and production divisions to work together in undertaking simultaneous activities to accomplish front-loading, thereby building better quality into our transmissions.

In addition, the IT tools and integrated knowledge database developed in this activity are beginning to be applied to new front-drive transmissions.

In the future, we want to promote activities that will enable every employee to do work that is one level higher in quality by utilizing these tools and knowledge.

7. まとめ

同席設計活動により、開発部門・生産部門が一丸となりサイマル活動をフロントローディングすることが出来、品質の作り込みを実現できた。

更に、構築したITツール・ナレッジ等をFFトランスミッションで運用を開始することが出来た。

今後は、これらを活用しながら一人一人がワンランク上の仕事を実行出来るように進める。

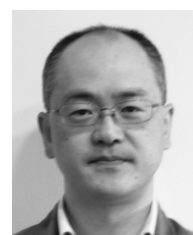
Authors



Shigeru TAKAGI



Hironao ITO



Tetsuya MAKINO

サイマル計画図とU-NAVI-(Q)

Simultaneous Activity Planning Form and U-NAVI-(Q)

大友 幸夫*
Yukio OTOMO

曽根 隆一*
Ryuichi SONE

鈴木 一栄*
Kazuei SUZUKI

伊藤 博*
Hiroshi ITO

抄 録 サイマル計画図は、品質不具合防止及びコスト低減といった生産設計を開発部署と合意のもとに新規の図面へ織り込んで生産準備段階に移行することにより、手戻りなく、生まれのよいユニットを実現することを目的とするものである。

U-NAVI-(Q)(Unit-Navigation-(Quality))は、生産情報のナレッジ化の中で、品質確保のために守るべき工法、作業、ルール等をまとめたものである。

Summary The purpose of the simultaneous activity planning form is to achieve well engineered transmissions without any rework in proceeding to the stage of mass production preparations. This form is incorporated in new design drawings based on the production design agreed upon with the product development department concerning measures for preventing quality problems and achieving cost reductions. U-NAVI-(Q) (Unit Navigation-(Quality)) summarizes the engineering methods, work procedures, rules and other aspects that should be observed to ensure quality. It forms part of the knowledge database for production information.

1.はじめに

サイマル計画図は、すでに運用済みの帳票であるが、十分に活用されているとは言い難い状況であった。そこで、開発担当者に使いやすいように、構成等を改良した。また、工程設計の際に、手本となるような帳票が無かったため、過去の品質対策等を確実に網羅できるようにするための教科書としてU-NAVI-(Q)を作成した。そして、これらをうまく関連させることで、開発と生産技術で使えるツールとしたので、本文にて紹介する。

2.ねらい

サイマル計画図およびU-NAVI-(Q)は、ともに過去の品質トラブルを未然に防ぎ、V-3Pの基本構想である「PTー発良品化」「正規手配以降の設変ゼロ化」の達成を目的するためのツールである。(Fig. 1)

1. Introduction

The simultaneous activity planning form was already in use previously, but it was hardly being used effectively. Therefore, the composition and other aspects of the form were improved to make it easier for development people to use. Furthermore, there was no form that could serve as a model for executing a process design. Accordingly, U-NAVI-(Q) was created as a text for reliably compiling all previous measures taken to deal with quality problems. This article describes the simultaneous activity planning form and U-NAVI-(Q) which have been skillfully linked to provide a powerful tool for use by the product development and production engineering departments.

2. Objective

The simultaneous activity planning form and U-NAVI-(Q) are tools for preventing the recurrence of previous quality troubles. The objectives here are to achieve the desired quality in one production trial and zero design changes after the official design release, as set out in the basic concept of the V-3P program (Fig. 1). In terms of their positioning in the overall framework of V-3P, the simultaneous activity planning form is agreed upon with the product development group in the middle of the Unit Trial Production Technical Meeting (UNITEC). It facilitates feedback of production simulation data to the design drawings of the Unit Confirmation (UC) lot, representing the first trial production lot. However, agreement is usually not reached on all items until the final stage of the UNITEC data, at which point it is difficult to change the design drawings.

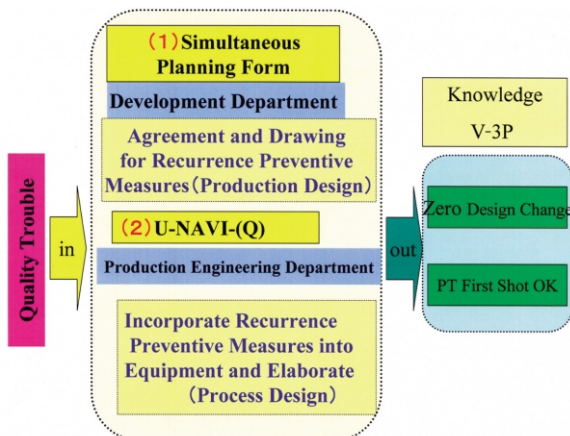


Fig.1 Positioning of Simultaneous Planning Form and U-NAVI-(Q)

* ユニット技術部
Unit Production Engineering Department

V-3P体系図での位置づけとして、サイマル計画図は、最初の試作ロットであるUCロット手配図面へのフィードバック可能な、生産シミュレーションのデータUNITEC(Unit Trial Production Technical Meeting)の中盤で、開発部門と合意するものである。しかしながら、現在はすべての項目において合意されているのは、データUNITECの終盤になっており、そこからの図面変更は困難となっている。

U-NAVI-(Q)は、工程設計時の工程FMEA作成時に、品質対策に漏れがないかどうか確認するために使用するものである。(Fig. 2)

U-NAVI-(Q) is used to confirm that there are no omissions of quality assurance measures when the process failure mode and effect analysis (FMEA) is conducted in executing the process design (Fig. 2).

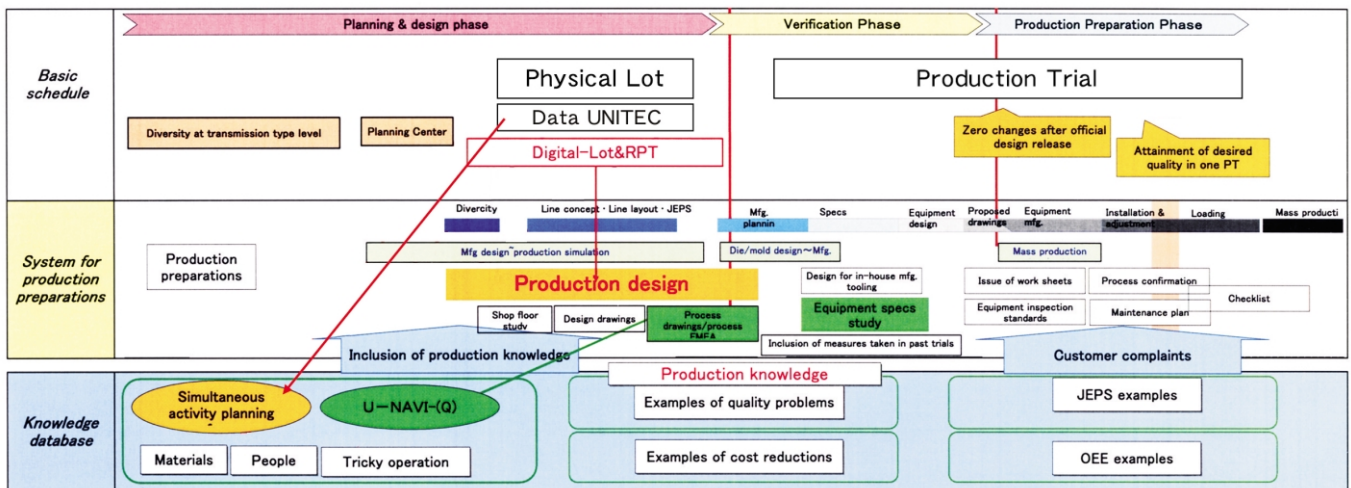


Fig. 2 Framework of V-3P in Manufacturing Operations

3. サイマル計画図の紹介

3.1. サイマル計画図とは

サイマル計画図とは、品質対策及びコスト低減につながる生産技術からの要求を図面にフィードバックするためのツールで、新商品立ち上げ時に使用するものである。内容は、後述するU-NAVI-(Q)の“ Production Design ”の項目及び工程FMEA着眼点の“ 設計対策 ”項目等の中味をもとに記述されており、生産要件一覧表 兼 合意フォロー表となっている。構成は、大きくショップ別(加工、組立、素材、夾雑物)で分かれており、その中で、部品ごとでファイル構成している。またCVT、ステップAT共通の内容となっている。記載項目は以下のとおり。(Fig. 3参照)

- (1) 部品名・・・項目は部品ごと記載する
- (2) 内容・・・図面にフィードバックしたい内容
- (3) 略図または参照図番号
- (4) 目的・・・Q, D, C, S
- (5) 理由・・・図面変更したい理由
- (6) 重要度・・・MUST, HIGH WANT
- (7) 適用・・・新商品において、変更を採用できるか
- (8) 不適用理由と対応
- (9) その他

3. Introduction of Simultaneous Activity Planning Form

3.1. Overview

The simultaneous activity planning form refers to a tool for feeding back to the design drawings the requests of production engineering concerning quality assurance measures and cost reductions. It is used at the time of launching production of a new product. The contents of the form are described on the basis of the production design items in U-NAVI-(Q), which will be described later, and the design measures that are the focus of process FMEA. It consists of a production requirements list that also doubles as an agreed on follow-up chart. It is broadly organized according to the individual shops (machining, assembly, materials, contamination treatment). Separate files are organized for each part. The same details are shared for CVTs and stepped ATs. Information is entered on the form for the following items (Fig. 3).

- (1) Part name : Items are entered for each part individually.
- (2) Details : Details for which feedback to the drawings is desired
- (3) Sketch or reference drawing number
- (4) Purpose : Q, D, C or S
- (5) Reason : Reason for wanting to change a drawing
- (6) Importance : Must or High Want
- (7) Suitability : Can the change be applied to new products?
- (8) Reason for non-suitability and corrective measure
- (9) Others

Standard format of production simultaneous activity planning form (for study use)										Dev. []		Prod. Eng. []			
Project name :															
Part name : Valve				Drawing No				Issue No.							
Part group: UT: Unit TG: Torque converter CA: Case OP: Oil pump VB: Valve G1: 4-point gear G2: Planetary gear PU: Pulley CL: Clutch CR: Carrier SF: Shaft RO: Race PK: Parking ED: Harness OT: Other Shop: A: Assembly M: Machining O: Casting F: Forging S: Sintering P: Pressing H: Hardening Q: Other Methods/Elements: Press fitting, tightening, caulking, inserting, installing, measuring, transferring, stamping, sorting, repairing, turning, grinding, PD (pressure die casting), hot forging, cold forging, pressing, shot peening, carburizing, nitriding, etc.										Importance M: Must. Needed for mass prod. May cause a quality complaint without it. W: High Want item Purpose Enter Q, C, D, S, etc.				N '02.3.29 Newly prepared Suzuki Issued date Description Approved (Dev.) Approved (Dev.)	
Part group	Shop	Ref. No.	Methods/Elements	Part name	Details	Sketch or reference drawing No.	Purpose	Reason	Importance	Suitability	Reason for non-suitability and corrective measure	Dept. in charge	Cost ('000 yen)	Man-hours (min)	Confirmation of solution
VB	A	1	1	Spool (hole configuration)	Discontinuation of hole through spool. Do not use retainer or plug.	TCC80001	QGD	Reduction of part count, reduction of man-hours and improvement of quality	●						
VB	A	3	3	Spool plug (hole shape)	Provide a chamfered face for inserting plug and spool at time of assembly.	TCC80007	QGD	Reduction of man-hours and improvement of assembly ease	●						
VB		7	7	Give consideration to centering of parts	To prevent deflection for improvement				●						

Fig. 3 Standard Format of Simultaneous Activity Planning Form

3.2. 今回の改良点

今まで、サイマル計画図を使っている中で出てきた問題点等の対策のため、以下のような改良をした。

(1) 記載内容の追加と修正

- ・採用目的を修正 例: 自動化推進 作業性向上)
- ・U-NAVI-(Q) のProduction Designの項目を追加した

(2) 参照図の充実

- ・文章だけでは分かりづらいところを、参照図を用意して、リンクで見に行けるようにした
- ・図面だけでなく、関係する報告書等も参照図欄にリンクを貼り付けた。

(3) ファイル構成の見直し

- ・設計担当者にとって分かりづらい構成だったため、部品ごとに変更した。

4. U-NAVI-(Q)の紹介

4.1. 作成の背景

モノづくりにおいて、品質確保の為に、守られるべき技術標準・作業・ルール等を包含した“グローバル標準”とすべく作成した。

また、U-NAVI-(Q)は、組立から作成を開始している。おもな目的は以下のとおり

- (1) 生産技術のノウハウ一元化による技術員スキルの向上
- (2) 新ユニットの立ち上がり品質向上 & 現行ユニットへの水平展開
- (3) “ダイバーシティ工程表”とセットで教育に活用

4.2. 構成及び記載内容

4.2.1. 構成

U-NAVI-(Q)は、CVT, FF-AT, FR-ATの3種類となっている。それぞれの構成は以下のとおり。

・U-NAVI-(Q)シート

ダイバーシティ工程表(標準工程表)と該当工程のU-NAVI-(Q)とリンクしている。(Fig. 4)

3.2. Latest improvements

The following improvements were made this time to deal with problems that have occurred to date in using the simultaneous activity planning form.

(1) Addition and revision of entered information

- ・Revision of purpose of adoption (Ex: Promotion of automation improvement of operating ease)
- ・Added more production design items to U-NAVI-(Q)

(2) Improvement of reference drawings

- ・Reference drawings were prepared for things that are hard to understand with just text explanations alone; links were provided for accessing and viewing the drawings.
- ・Links to related information were also added to the reference drawings column to provide more information than just the drawings.

(3) Revision of file organization

- ・Files are now organized according to each part, because the previous arrangement was hard for designers to understand.

4. Introduction of U-NAVI-(Q)

4.1. Motivation for creation

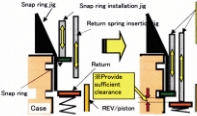
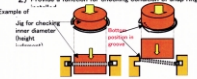
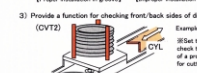
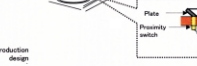

U-NAVI-(Q) was created as a global standard that encompasses all the engineering standards, work procedures, rules and other aspects that should be observed in order to assure the desired quality in monozukuri operations. The task of preparing U-NAVI-(Q) begins with assembly. The major objectives of U-NAVI-(Q) are:

- (1) To improve the skills of the engineering staff by centralizing the know-how of production engineering.
- (2) To improve the launch quality of new transmissions and to apply the same measures in parallel to current transmissions.
- (3) To utilize it in educational activities in combination with the diversity process sheet.

- ・作業方法についての注意すべき点が述べられている

This list shows the specification differences of each part and is used in making a horizontal specification comparison (scheduled to be created in the future).

- Important information concerning the assembly method is described.
- Examples of previous measures are also listed.

Issued date '06.03.31			
Section	Approved	Checked	Issued date '06.03.31
EUT	TSUCHIYA	NAGASAWA	ITO
Process			
Installation of RV/snag ring and return spring			
CVT Dish plate			
Instruction			
Assembly method		Assort	
<p>1) Equipment for installing the snag ring should be selected as shown in the diagram below.</p>  <p>2) Provide a function for checking condition of snag ring after it is installed.</p>  <p>3) Provide a function for checking front/back side of dish plate (CVT2).</p> 		<p>-To prevent incorrect insertion of the snag ring</p> <p>- Using separate cylinders for installation and insertion jig shows each cylinder to be adjusted individually.</p> <p>- Providing sufficient clearance as shown in the diagram at the left establishes the snag ring installation position and avoids improper installation. (Without sufficient clearance, return spring may interfere with snag ring owing to the part tolerances. Spring may press on snag ring, causing the installation position to vary and resulting in improper snag ring installation.)</p> <p>- If the snag ring installation is more than two feet, it may as beyond the position of the gears. (Use of a two-foot speed mechanism is effective.)</p> <p>- *When spring too much force when installing the snag ring.</p> <p>- *To prevent incorrectly installed snag ring from being passed on</p> <p>- Press ring once more at multiple points or around entire circumference.</p>	
<p>Production design</p> <p>1) Towed dish plate is asymmetrical in shape to prevent backwards installation.</p>  <p>2) To prevent the guide from surface shearing due to its direction of</p>		<p>-Preventing backwards installation</p>  <p>-To prevent backwards installation</p> <p>-To prevent backwards installation</p>	
Jig and Tool		Assort	
<p>1) The shape of the guide must be too open in order to prevent deformation of the snag ring shape due to excessive opening.</p> <p>2) To prevent the guide from surface shearing due to its direction of</p>		<p>-To prevent expansion of the snag ring</p> <p>-To prevent damage to the plate</p>	
Operation		Assort	
<p>1) Install *</p> <p>with</p> <p>2)</p>		<p>-To prevent expansion of the snag ring</p> <p>-To prevent damage to the plate</p>	

- 58 -

4. 目指す姿と今後の課題

(1) しくみづくり

- ・生産準備プロセスに織り込むことにより，定着化させる
- ・内容のポリッシュアップさせるルールを作る（生産技術，工場技術，製造等）

(2) 教育

- ・生産技術，工場技術，開発の理解度向上を図る（新入社員教育等に使用予定）

(3) 標準化

- JES(Jatco Engineering Standard), JEM(Jatco Engineering Manual)基準へ落とし込む
- ・U-NAVI-(Q)については，ライン毎の仕様差異一覧表の作成に着手する
- ・グローバルスタンダードとして使えるよう内容を見直していく（自動化率，スキルレベル）

(2) Production design

- ・Details to be fed back to the part design are entered.
- ・Must and High Want items are reflected in the (2) Production design
- ・Details to be fed back to the part design are entered.
- ・Must and High Want items are reflected in the simultaneous activity planning form.

(3) Equipment

- ・Important information concerning the equipment to be assembled is described.
- ・Examples of previous measures are also listed.

(4) Jigs and tools

- ・Important information concerning the shapes of jigs and how to use them is described.

(5) Operation

- ・Important information concerning work procedures is described.

5. Future Aims and Issues

(1) Creation of systems

- ・Put measures firmly in place by incorporating them in the production preparation process.
- ・Create rules to polish up the details (production engineering, plant engineering, manufacturing, etc.).

(2) Education

- ・Strive to improve the level of understanding by production engineering, plant engineering and product development (scheduled to be used in new employee education).

(3) Standardization

- ・Incorporate new improvements into Jatco Engineering Standards (JES) and Jatco Engineering Manuals (JEM).
- ・Begin to create lists of specification differences for each line with respect to U-NAVI-(Q).
- ・Revise the details for use as a global standard (rate of automation, skill level).

Authors



Yukio OTOMO



Ryuichi SONE



Kazuei SUZUKI



Hiroshi ITO

CAEによる自動変速機開発の効率化について

Using CAE to Promote More Efficient Development of Automatic Transmissions

矢部 康志*
Yasushi YABE

鈴木 利和**
Toshikazu SUZUKI

千葉 康雄***
Yasuo CHIBA

安井 義男*
Yoshio YASUI

抄 録 近年、自動車メーカーからの開発期間短縮の要望が益々高まっている。このようななか、当社は、積極的にCAEを活用し、設計業務の効率化及び実験工数の削減に取り組んでいる。

本稿では、CAEによる業務効率化について、事例を紹介する。

Summary The automakers' demands for shorter development lead times have grown increasingly stronger in recent years. Against this backdrop, JATCO has vigorously promoted the use of CAE tools to improve design work efficiency and reduce testing man-hours. This article presents examples of the use of CAE to boost development work efficiency.

1.はじめに

自動変速機の開発における課題として
(Q)品質向上
(C)開発コストの削減
(D)開発期間の短縮

があり、特に(D)開発期間の短縮では、従来の開発期間に比べ大幅な短縮となるように目標が掲げられている。また、CAEにより、実験結果の予測精度を向上させ、実験工数の削減に取り組んでいる。

2. CAEの現状

当社は古くから構造解析、流体解析、機構解析などに着手してきた。当時は解析専任者向けのソフトウェアが多かった。最近では、ライブラリを標準装備し、コピー＆ペースト方法を取り入れた設計者向けの使い易いソフトウェアが登場している。また、流体解析のなかでも、粒子法のような新しい考え方の解析方法が登場している。

本稿では、以下の2つの事例について紹介する。
(Fig. 1, 赤字)

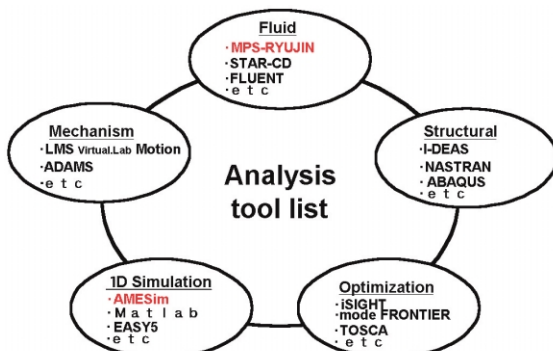


Fig. 1 Analysis tool list

1. Introduction

The major issues in the development of automatic transmissions (ATs) are (Q) to enhance quality, (C) to reduce development costs and (D) to shorten the development period. The targets set for reducing the development period in particular call for a dramatic shortening of development lead times compared with the previous situation. Efforts are also being made to reduce testing man-hours by using CAE to improve prediction accuracy with respect to test results.

2. Current Status of CAE

JATCO began early on to use structural analysis, fluid analysis and mechanism analysis, among other tools. Initially, much of the software was targeted at specialists in such analysis methods. In more recent years, easy-to-use software targeted at designers has come out that incorporates standard libraries and copy & paste capabilities. Additionally, fluid analysis has seen the emergence of analysis methods based on new concepts such as the particle method.

This article describes the following two examples (indicated in red in Fig. 1):

- 1) Fluid analysis using the particle method (MPS-RYUJIN)
- 2) Hydraulic performance analysis and vehicle performance analysis using the LMS Imagine.Lab AMESim Suite (AMESim), a 1-D physics-based simulation program

A website for introducing examples of CAE activities has been created on JATCO's intranet as part of the efforts being made to promote widespread use of CAE. An explanation is also given here of this site called Digital In-house.

* 機能システム開発部
Function Component System Development Department

** 成形技術部
Material Process Engineering Department

*** 実験部
Experiment Department

- 1) 粒子法 MPS-RYUJIN)を用いた流体解析
 - 2) 一次元物理解析プログラム LMS Imagine.Lab AMESim(以下, AMESimと略す)を用いた油圧性能解析と車両性能解析
- 更に, CAEの普及活動の一環として, 社内イントラネットにCAE活動を紹介するホームページを開設している「デジノハウス」について紹介する。

3. 粒子法による流体解析について

3.1. 現状

まず, 粒子法による流体解析について紹介する。スロッシング現象(液面変動)などの油の挙動について, 以前から流体解析プログラムのVOF(Volume Of Fluid)法を用いて計算してきた。VOF法は格子を切って計算する方法である。しかし, パワートレイン, 特に, 歯車による油の掻あげ・飛沫現象については解析精度が低く, プリーザ室の設計は, 手戻りが発生する事が多かった。

粒子法には, 数々の種類があり, MPS(Moving Particle Semi-implicit)法などが市販されている⁽¹⁾。MPS法⁽²⁾は, 流体を粒子とみなし, 粒子間の運動方程式を解く方法であり, 掻あげ・飛沫現象の解析精度が高い。

本解析ではMPS-RYUJINを用い, 主に歯車による油の掻あげ・飛沫現象に注目して計算した。

3.2. シミュレーションの概要

油と歯車は粒子とし, 油については密度, 動粘度等の物理特性を与えた。粒子径は歯車で掻きあげることができる大きさとした。ケースなどの回転しない構造物はポリゴン要素を用い壁境界とした。Fig. 2は計算が始まり, 定常状態になったときの油の挙動である。

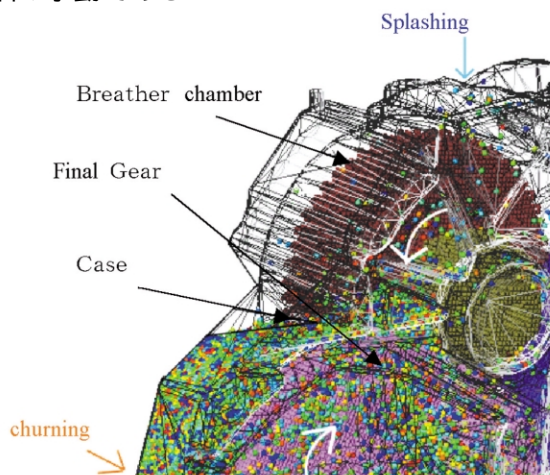


Fig. 2 Calculation results obtained with the particle method

3.3. 効果

Fig. 3に, ファイナルギア周辺において, 油の流れについて実験と計算結果を比較したものを示す。代表的な粒子の挙動を白丸で示す。油の流れる方向を赤い矢印で表す。Fig. 3から油の挙動は実験結果とその傾向があっていることがわかる。

以前, 手戻りが発生していた場合, 型の変更,

3. Fluid Analysis using the Particle Method

3.1. Current situation

The first example is for fluid analysis based on the particle method. Transmission fluid behavior, including the phenomenon of sloshing, has previously been calculated using the Volume of Fluid (VOF) program for performing fluid analyses. With the VOF method, calculations are performed using a cut grid. However, in the case of powertrains, especially with respect to fluid churning and splashing due to gear rotation, analysis accuracy is poor. Often, the design of the breather chamber has to be reworked.

There are many different types of particle methods on the market,⁽¹⁾ including the Moving Particle Semi-implicit (MPS) method.⁽²⁾ The MPS method regards a fluid as particles and solves the equations of motion between the particles. It provides high analysis accuracy for fluid churning and splashing.

MPS-RYUJIN software was used in this study to calculate fluid churning and splashing caused mainly by the gears.

3.2. Simulation overview

The gears and fluid were regarded as particles and physical properties such as density and kinetic viscosity were given for the fluid. The particle diameter was made large enough to be churned by the gears. Non-rotational structural components like the case were given as a boundary condition using polygon elements. Figure 2 shows the behavior of the fluid once it reaches a steady state following the onset of the calculation.

3.3. Effects

Figure 3 compares the experimental and calculated results for the flow of the fluid around the final gear. The white circles indicate typical particle behavior. The red arrow indicates the flow direction of the fluid. It is seen in the figure that the calculated fluid behavior agrees with the tendencies of the experimental results.

Previously, the occurrence of rework required enormous man-hours and cost to examine corrective measures and to change the dies involved. However, the simulation program based on the particle method makes it possible to calculate gear-induced churning and splashing of the fluid at the design stage, thereby facilitating a prediction of breather chamber performance. This has resulted in a substantial reduction of man-hours and cost.

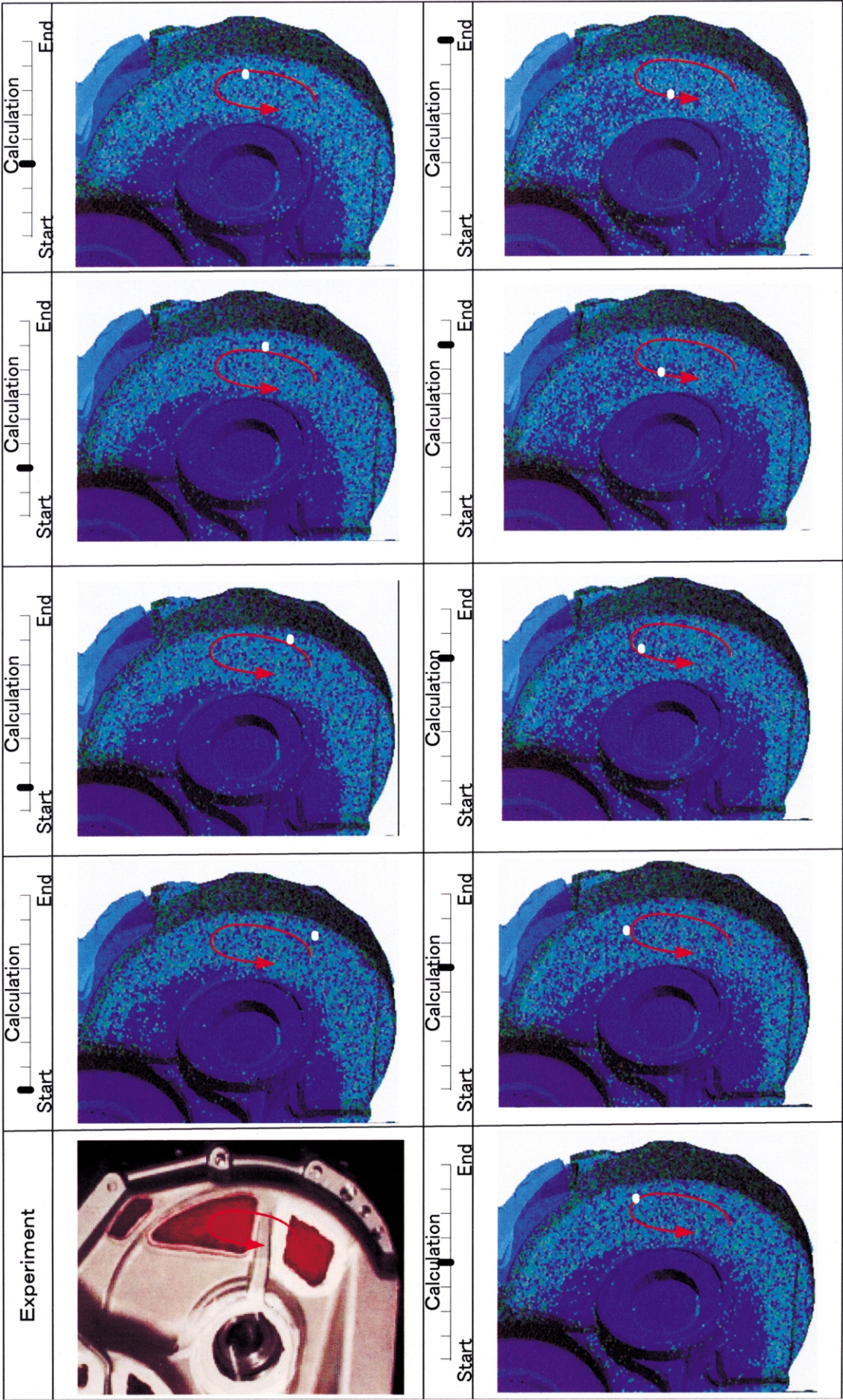


Fig. 3 The comparison of an experiment and the calculation around the final gear

対策案検討で膨大な工数及び費用を要していたが、粒子法計算プログラムによって、歯車による油の揺あげ・飛沫現象が設計段階で計算でき、ブリーザ性能を予測できるようになり、大幅な工数及び費用の削減が出来るようになった。

3.4. 今後の課題

今回は実験施設内のダイナモに固定された状態で、歯車による油の揺あげ・飛沫現象に注目して解析を行った。今後は、前後左右の揺れ、回転変化の条件を織り込み車両走行状態での解析に繋げていきたい。

4. 油圧性能と車両性能解析について

4.1. 現状

次に、コントロールバルブ(以下、CVと略す)モデル構築と車両モデル構築の事例を示す。従来は、数値解析ソフトウェアで油圧系と車両系をモデル化していた。

しかし、数値解析ソフトウェアは式をベースとしたツールであり、油圧系や車両系を方程式に置き換える場合、式をたてるのに時間が、かかっていた。

そこで、油圧系、車両系をモデル化するにあたり、数値解析ソフトウェアに替わるツールとして、一次元物理解析プログラムAMESimを選んだ。

4.2. シミュレーションの概要

AMESimはあらかじめベースとなるバルブなどのライブラリが用意され、コピー＆ペーストでモデリングすることができる。(Fig. 4)

CVの油圧回路は部位で油圧が異なり、また、部位によって空気の混入率が異なるため、油の体積弾性係数やエア混入率が異なる。AMESimは部分的に油の体積弾性係数を変えることが可能である。また、移動量と開口面積をマップとして与えることにより、ノッチ(スプールの先の切りかき)もモデル化できる。更に、スプールと相手側部品とのクリアランスを設定することによって、リークの計算もできる。

車両系のモデリングにおいては、トルクコンバータ、ベルト&プーリ、クラッチなどのライブラリが標準で用意されており、パラメータを変更するだけで、CVTを搭載した車両も容易にモデル化できる。(Fig. 5)

3.4. Future issues

In this study, the analysis focused on gear-induced churning and splashing of the fluid in a state where a test transmission was attached to a dynamometer in the test laboratory. In future work, we want to conduct analyses under a state simulating vehicle operation that incorporates such conditions as longitudinal/lateral vibration and changes in rotational speed.

4. Analyses of Hydraulic Performance and Vehicle Performance

4.1. Current situation

This section presents examples of the construction of a control valve model and a vehicle model. Previously, the hydraulic pressure system and vehicle system were modeled using numerical analysis software. However, the numerical analysis software was an equation-based tool. It took considerable time to formulate the equations that were substituted for the hydraulic system and vehicle system. Therefore, the AMESim program for 1-D physics-based simulation was selected to replace the numerical analysis software as the tool for modeling the hydraulic system and vehicle system.

4.2. Simulation overview

The AMESim program already contains libraries for the control valve and other basic parts, making it possible to generate a model with copy & paste operations (Fig. 4). The pressure in the hydraulic circuit of the control valve differs depending on the location. The degree of fluid aeration also differs depending on the location. As a result, the volumetric elastic coefficient of the fluid and aeration rate differ. With AMESim, the volumetric elastic coefficient of the fluid can be varied in places. The notch in the spool can also be modeled by applying a map of the flow volume and opening area. Additionally, leakage can also be calculated by defining the clearance between the spool and its mating components.

Standard libraries for the torque converter, belt and pulleys, clutch and other components have already been created for use in modeling the vehicle system. A model of a CVT-equipped vehicle can easily be created by simply changing the parameters (Fig. 5).

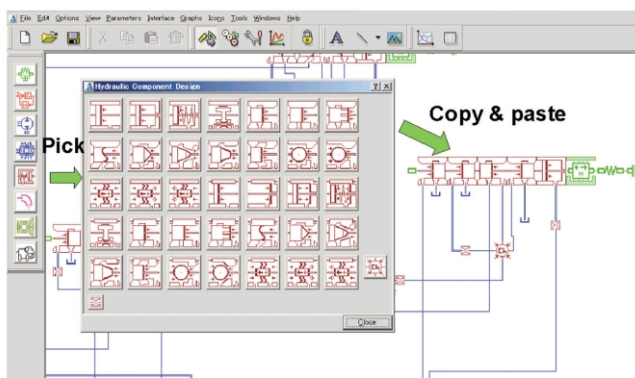


Fig. 4 Modeling of the control valve

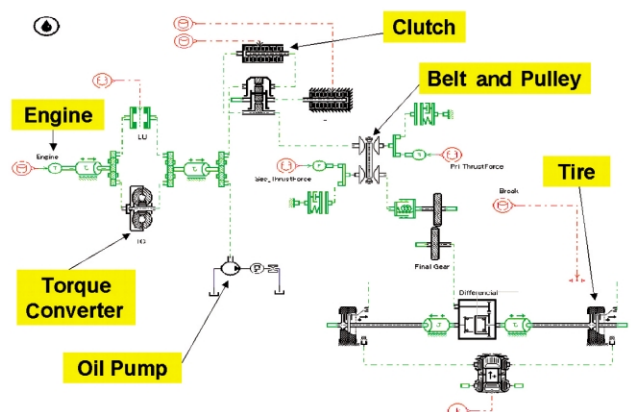


Fig. 5 Modeling of the vehicle

4.3. 効果

Fig. 6は、大排気量用CVTのライン圧、セカンダリ圧について計算結果と実験結果を比較したものである。シミュレーション条件はAutoUpである。赤が計算結果、緑が実験結果で、かなりの精度で整合がとれている。

Fig. 7は、同じく大排気量用CVTの全開加速時のプライマリプールのトルクと車速について、実験と計算結果を比較したものである。これについても良い整合性がある。

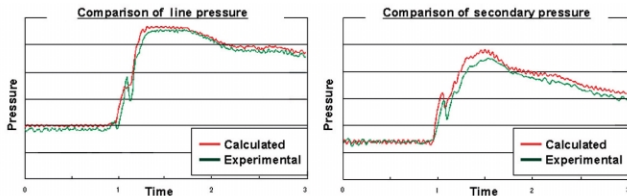


Fig. 6 Line pressure and Secondary pressure

AMESimは、あらかじめ用意されたコンポーネントモデルをコピー＆ペーストできるので、従来のように式をベースとした数値解析ソフトウェアにくらべ、計算式を考える必要がなくなりモデリングの工数が、1/3から1/6程度に削減できた。また、式をたてるうえでケアレスミスが発生せず、モデル自体の精度の向上にも繋がった。

4.4. 今後の課題

今後は、C/V内の油の挙動を進展させ、油圧振動の計算や、車両挙動を進展させ、シャダーの解析などに繋げていきたい。

5. イン트라ネットへの解析事例の掲載

最後に、CAEの普及活動について紹介する。

CAEの精度を向上し、更なる効率化を目指し、CAEを全社的に普及させるために、社内イントラネットにホームページを立ち上げた。ホームページ名は、「デジノハウス」である。

目的は、1) CAE活動の推進

2) CAE活動の情報の共有化

3) 設計、解析担当者のスキルアップ である。

各部署ごと、テーマごとにわけて解析事例の情報をのせている。皆さんに興味をもってもらうために、極力、アニメーションを掲載することとした。「デジノハウス」には、タイトル、担当者名、解析ツール、簡単な内容紹介、苦労した点、連絡先を記入している。

Fig. 8とFig. 9に一例を示す。

Fig. 8はオイルパン内のストレーナから吸い込まれる夾雑物の挙動を計算したものである。赤いものが夾雑物である。分かり易くするため数を極端に増やし、かなり大きく表現している。

Fig. 9はクラッチを縦断面方向に切り、クラッチ締結時の温度分布を表したものである。赤くなるにつれ温度が高く、青くなるにつれ温度が低くなっている。

「デジノハウス」は、現在一方向の情報提供であるが、近い将来アンケート機能を追加し、双方向の情報のやり取りができるように検討中である。

4.3. Effects

Figure 6 compares the calculated and experimental line pressure and secondary pressure of a CVT for use with a large-displacement engine. The simulation conditions were defined with AutoUp software. The red lines are the calculated results and the green lines are the experimental data. Reasonably good agreement is seen between the two.

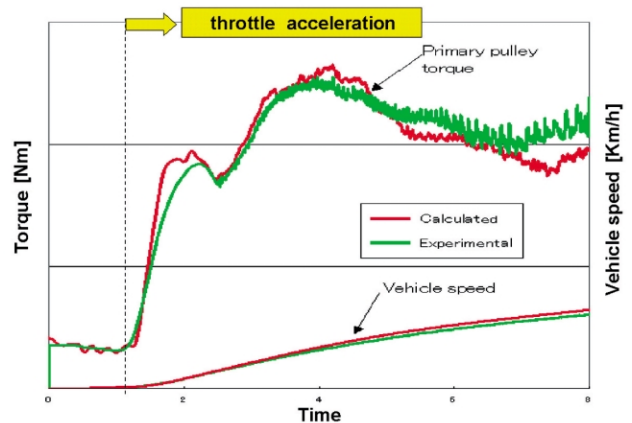


Fig. 7 Primary pulley torque and Vehicle speed

Similarly, Fig. 7 shows the calculated and experimental primary pulley torque and vehicle speed found under a condition of full-throttle acceleration for a CVT used with a large-displacement engine. These results also show good agreement.

With the AMESim program, it is possible to use copy & paste operations for the already prepared component models, so there is no need to think about formulating calculation equations. As a result, the number of modeling man-hours can be reduced to around 1/3 to 1/6 of the time needed with the equation-based numerical analysis software used previously. The use of this program also leads to improved accuracy of the models themselves because there are no errors due to careless mistakes in formulating equations.

4.4. Future issues

In future work, we want to extend the analysis of fluid behavior in the control valve to include the calculation of hydraulic pressure fluctuations and also extend the analysis of vehicle behavior to include a consideration of judder and other phenomena.

5. Posting of Analysis Examples on JATCO's Intranet

As a final topic, this section describes efforts being made to expand the use of CAE. We have created a CAE website on JATCO's intranet with the aim of promoting company-wide use of CAE tools by improving their accuracy and efficiency. This site is called Digital In-house. The objectives are to:

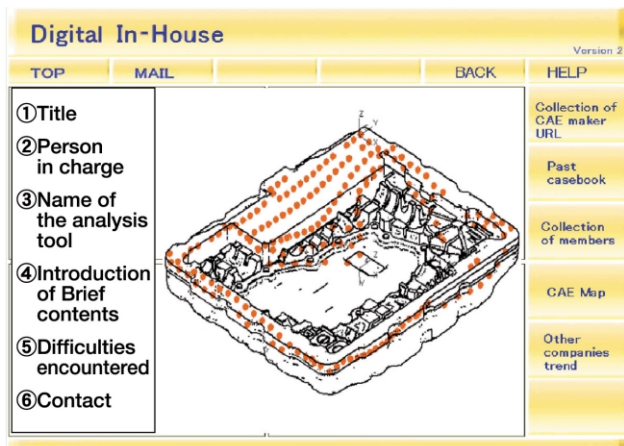


Fig. 8 Example of analysis at website (1)

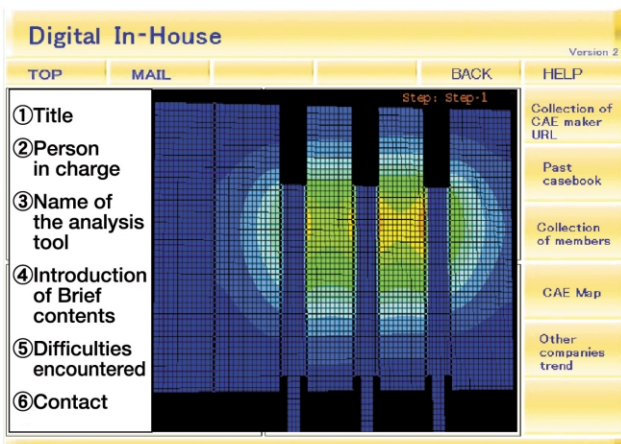


Fig. 9 Example of analysis at website (2)

6. おわりに

以上、CAEによる業務効率化の事例について簡単に紹介した。当社は、今後も、新しい解析手法の開発にチャレンジしていき、更なるCAEによる業務効率化や実験工数の削減を目指していく。

また、「デジノハウス」のようなCAEの普及活動・支援活動も継続して行っていく。

参考文献

- (1) 株式会社富士テクニカルリサーチ, MPS-RYUJIN製品カタログ(粒子法計算プログラム)
- (2) 越塚誠一: 計算力学レクチャーシリーズ5 粒子法, 日本計算工学会編(2005)

- 1) Promote CAE-based activities
- 2) Share information resulting from CAE-based activities
- 3) Improve the skills of employees responsible for design and analysis

Analysis examples and information are categorized by department and by topic. Animations are used wherever possible to stimulate everyone's interest in CAE. The following information is entered for each example: (1) Title, (2) Person in charge, (3) Name of the analysis tool, (4) Brief introduction of the contents, (5) Difficulties encountered and (6) Contact information. Examples of analyses shown at the Digital In-house site are given in Figs. 8 and 9.

Figure 8 shows a calculation of the behavior of contaminants sucked in from the strainer in the oil pan. The contaminants are shown in red. For greater ease of understanding, the number has been dramatically increased and they are shown in a rather large size.

Figure 9 is a vertical cross-sectional slice of the clutch showing the temperature distribution during clutch engagement. The temperature increases toward the red side and decreases toward the blue side.

The Digital In-house site provides information only in one direction at present. A study is now under way, however, to add a questionnaire function in the near future to facilitate two-way exchanges of information.

6. Conclusion

This article has presented simple examples of the use of CAE to boost work efficiency. We will continue to undertake the challenge of developing new analysis methods in the future so as to enhance work efficiency and reduce testing man-hours further through the application of CAE. Initiatives like the Digital In-house site will also be continued to promote the spread of CAE and support its use.

References

- (1) Fuji Technical Research, *MPS-RYUJIN Product Catalog* (Particle method-based calculation program) (in Japanese).
- (2) S. Koshizuka, Computational Dynamics Lecture Series No. 5, *Particle Method*, Ed. by The Japan Society for Computational Engineering and Science (2005) (in Japanese).

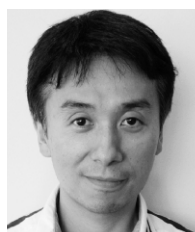
Authors



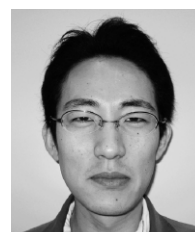
Yasushi YABE



Toshikazu SUZUKI



Yasuo CHIBA



Yoshio YASUI

新型低慣性トランジェント・ダイナモの開発

Development of a New-generation Low-inertia Transient Dynamometer

後藤 隆*

Takashi GOTO

山口 友行*

Tomoyuki YAMAGUCHI

抄 録 自動変速機の台上性能試験用として新世代のトランジェント・ダイナモメータを開発した。新開発の非常に低慣性のPMモーターを入力モータとして、より実車に近い過渡的な出力トルク波形を再現させることを可能にした。このトランジェント・ダイナモにより自動変速機の高精度な性能試験を実現することができた。

Summary A new-generation low-inertia transient dynamometer has been developed for use in automatic transmission performance testing. A newly developed PM motor with very low inertia was adopted to reproduce transient torque waveforms accurately when shifting. This transient dynamometer facilitates highly accurate performance testing of automatic transmissions.

1.はじめに

1.1. 試験機の経緯

自動変速機(以下ATと略す)の開発実験では、実際のエンジンを用いたダイナモ実験を数多く実施している。実際のエンジンを用いることで次のような問題点がある。

- 1) 出力特性が環境条件(特に気象条件)により変化する。
- 2) 出力特性にバラツキがある。
- 3) エンジンと同時開発の場合エンジンの入手が困難
- 4) 入力トルクの測定が困難

上記問題点を解決するために、実際のエンジンに近い慣性モーメントを持つAT用モータダイナモ試験装置機(以下トランジェント・ダイナモと称する)を開発し1991年より稼働、運用してきている。¹⁾

1.2. 新世代試験機開発の背景と目的

近年、ATは、ステップATの多段化、CVT、ハイブリット等多様化してきており、制御も高度化してきている。更に開発期間の短縮化がますます求められている。これらに対応するために既存の台上ダイナモ試験の効率化を進めているが、更に下記のような対応が必要となっている。

- 1) エンジンバーチャル開発に対する対応(エンジンレス)
- 2) 車両バーチャル開発に対する対応(カーレス)

今回これらの問題を解決し、更に実験の高度化を図るべく「新世代の低慣性トランジェント・ダイ

1. Introduction

1.1. Motivation

Many dynamometer tests are conducted using an actual engine in the process of developing a new automatic transmission (AT). The use of an actual engine gives rise to the following problems.

- (1) The power output curve varies depending on the environmental conditions, especially the weather conditions.
- (2) The power output curve may vary from test to test.
- (3) Obtaining an engine may be difficult, if it is being developed concurrently with the AT.
- (4) It is difficult to measure the input torque.

With the aim of resolving these problems, we developed a motor-powered dynamometer test rig (referred to here as a transient dynamometer) specifically for AT performance testing. It has moments of inertia similar to those of an actual engine and has been used in conducting AT performance tests since 1991.¹⁾

Table 1 Specifications of New Transient Dynamometer

	TYPE I	TYPE II	TYPE III
Consecutive rating output	94 kW	145 kW	235 kW
One minute rating output	126 kW 20% ED	283 kW 10% ED	393 kW 50% ED
Base / rotational speed	6000/8000 rpm	6000/8000 rpm	5000/8000 rpm
Consecutive rating torque	150 Nm	230 Nm	450 Nm
One minute rating torque	200 Nm	450 Nm	750 Nm
Dynamo moment of inertia	0.012 kg·m ²	0.033 kg·m ²	0.053 kg·m ²
Simple substance angular acceleration (Consecutive rating)	12500 rad/sec ²	6970 rad/sec ²	8490 rad/sec ²
Simple substance angular acceleration (One minute rating)	16666 rad/sec ²	13636 rad/sec ²	14150 rad/sec ²

* 実験部

Experiment Department

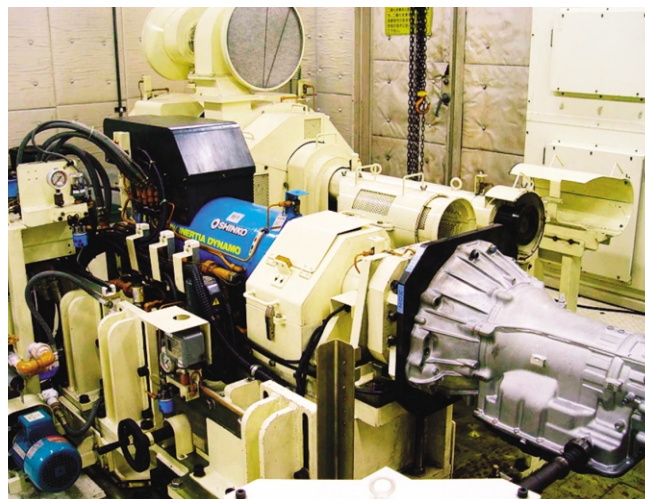


Fig. 1 Appearance of New Transient Dynamometer

ナモ」をジャトコ，神鋼電機(株)で共同開発し，稼働させているので紹介する．

Fig. 1にトランジェント・ダイナモメータの外観図およびTable 1に諸元ラインナップを示す．

2. 新型トランジェント・ダイナモの狙い

2.1. 従来試験機の問題点

既存のトランジェント・ダイナモでは以下の事項が問題点として顕在化している．

- 1) エンジン出力の増大で実際のエンジンと入力モータの慣性モーメントの乖離が拡大してきている．
Fig.2 に実際のエンジンとトランジェント・ダイナモの慣性モーメントの比較を示す．
- 2) AT制御へのシミュレーション制御応答が遅い．
- 3) エンジン～AT制御が実車相当の動作を出来ない．

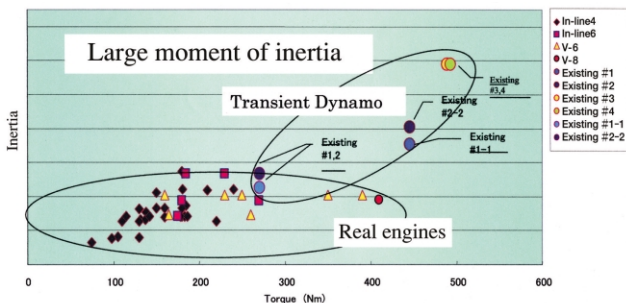


Fig. 2 Comparison of Moment of Inertia

2.2. 要求される機能要件

次のような狙いとした．

- 1) モータの小径化による低慣性化
- 2) AT取付け性の向上，機械システム構成を簡素化
- 3) シミュレーション機能の向上，AT～エンジン制御システムとの通信機能の強化

3. 新規開発機能

3.1. 入力ダイナモの低慣性化

新型トランジェントダイナモは，PMモータを採用することにより，従来比1/10の低慣性モーメントと1/2の小径化を実現した．Fig. 3 ,4に開発過程におけるモータ寸法比較および外観写真を示す．

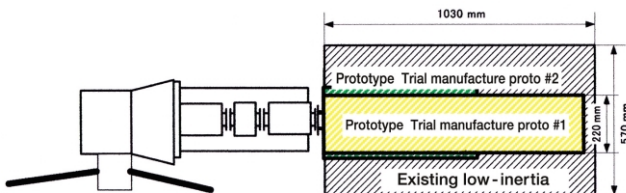


Fig. 3 Comparison of Motor Size

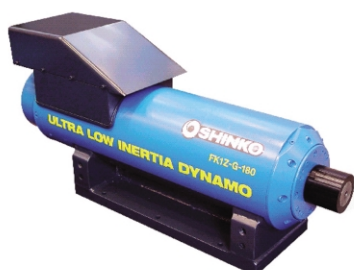


Fig. 4 Appearance of New Low - Inertia Motor

1.2. Background and objectives for development of a new-generation dynamometer

Automatic transmissions have diversified considerably in recent years, including the addition of more speeds to stepped ATs and the development of continuously variable transmissions (CVTs) and hybrid drivetrains. Control systems have also become much more sophisticated. Additionally, there are increasingly stronger demands today to shorten the development lead time. To cope with this situation, efforts have been made to improve the efficiency of conventional dynamometer tests, but the following capabilities are now necessary:

- (1) To be able to conduct engine-less tests in line with virtual engine development
- (2) To be able to conduct vehicle-less tests in line with virtual vehicle development

In cooperation with Shinko Electric Co., Ltd., we developed and installed a new-generation low-inertia transient dynamometer which is described here.

Fig. 1 shows the appearance of the new transient dynamometer, and Table 1 lists the specifications of the dynamometer lineup.

2. Aims of New-generation Transient Dynamometer

2.1. Problems with previous dynamometers

The following problems surfaced with the previous dynamometers that were used in AT performance testing.

- (1) The increase in engine power expanded the divergence between the moment of inertia of an actual engine and that of the input motor.
Fig. 2 compares the moments of inertia of actual engines and the transient dynamometer.
- (2) The simulation control response for AT control was slow.
- (3) The test equipment could not provide engine-AT control equivalent to that of an actual vehicle.

2.2. Required functions

The following aims were set for the new transient dynamometer.

- (1) To lower inertia by reducing the motor diameter.
- (2) To improve the mountability of ATs and to simplify the configuration of the mechanical system.
- (3) To improve the simulation function and to enhance the communication capability with the engine-transmission control system.

3. Newly Developed Functions

3.1. Reduction of input dynamometer inertia

A permanent magnet (PM) motor was adopted for the new transient dynamometer, achieving a smaller diameter that was reduced by half and a low moment of inertia that is only 1/10 of the previous level. Fig. 3 compares the motor dimensions during the development process, and Fig. 4 shows the appearance of the new low-inertia motor.

3.2. リアルレスポンス電気慣性制御

入力側・出力側ダイナモには新規開発の電気慣性制御であるリアルレスポンス電気慣性を適用している．本方式では実慣性の0.3～400倍の模擬が可能であり，応答時定数も100ms 5msと非常に高速となった．Fig. 5にAT負荷側の台上ベンチにおける機械慣性と電気慣性補償制御の比較を示す．

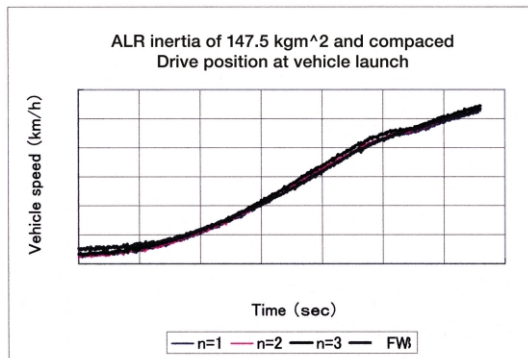


Fig. 5 Electric Inertia Compensation Vehicle Launch

3.3. 機械構成の簡素化

Fig. 6, 7に既存の，Fig. 8に新世代トランジェントダイナモの機械構成を示す．PMモータ，リアルレスポンス電気慣性制御を採用することで機械構成を大幅に簡素化した．

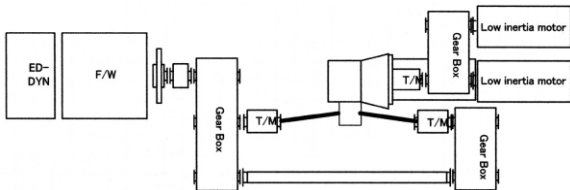


Fig. 6 First - Generation Transient Dynamometer

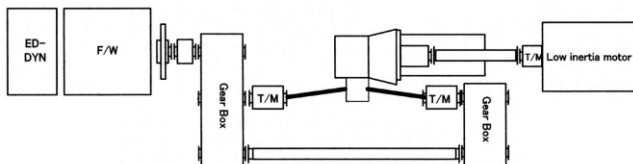


Fig. 7 Second - Generation Transient Dynamometer

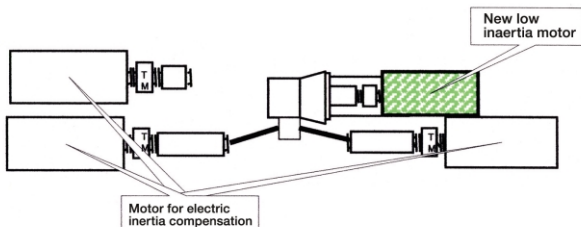


Fig. 8 New - Generation Transient Dynamometer

3.4. シミュレーション機能の拡張

エンジンの疑似制御信号シミュレーション生成システムとして，ATCU開発で使用しているHILSを流用し，実際のATCUを使用できるようにした．その結果，本体の機能向上と併せ，通信機能，シミュレーション機能を格段に向上させた．

Fig. 9に疑似信号生成システム概略図を示す．

3.2. Electric inertia control with real-time response

A newly developed electric inertia control system that provides real-time response was adopted on both the input and output sides of the dynamometer. The system can simulate inertia in a range from 0.3 to 400 times the actual value and provides exceptionally fast response, as the time constant of the response was shortened from 100 ms to 5 ms. Fig. 5 compares the electric inertia compensation of the control system with the mechanical inertia on the AT load side of the bench test rig.

3.3. Simplification of mechanical configuration

Fig. 6 and 7 show the mechanical configuration of the previous dynamometers, and Fig. 8 shows that of the new-generation transient dynamometer. The mechanical configuration was substantially simplified by adopting a PM motor and the electric inertia control system with real-time response.

3.4. Extension of simulation function

A hardware in the loop system (HILS), which is used in developing AT control units (ATCUs), was diverted to generate pseudo engine control signals for use in conducting simulations. This made it possible to use an actual ATCU. As a result, in addition to improving the functionality of the dynamometer itself, the communication and simulation functions were also dramatically enhanced. Fig. 9 is a schematic diagram of the system for generating pseudo engine control signals.

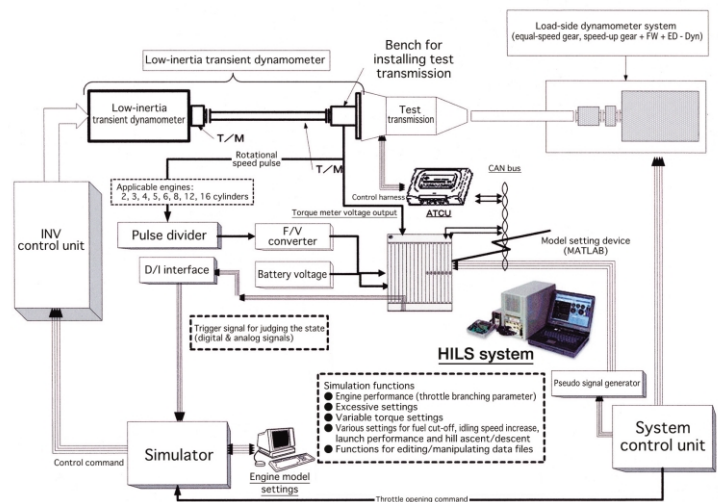


Fig. 9 Pseudo engine Signal Generation System

4. 変速性能実験への適用

同一ATユニットを用い新世代トランジェント・ダイナモとエンジンダイナモで変速性能実験を実施した。

Fig.10にAUTO UP変速の結果を示す。(図中の(ENG)がエンジンダイナモ,(TR)がトランジェント・ダイナモの結果を示す。)

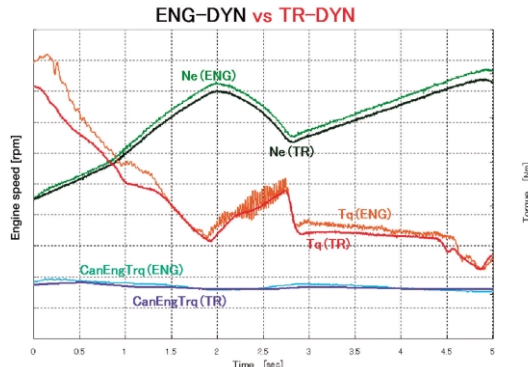


Fig. 10 Comparison of Driveshaft Torque between Engine Bench Test and Transient Dynamometer

測定した出力軸トルクの挙動は良く一致している。
同じく、同一ATを用い実車と出力トルクを比較した結果をFig. 11に示す。

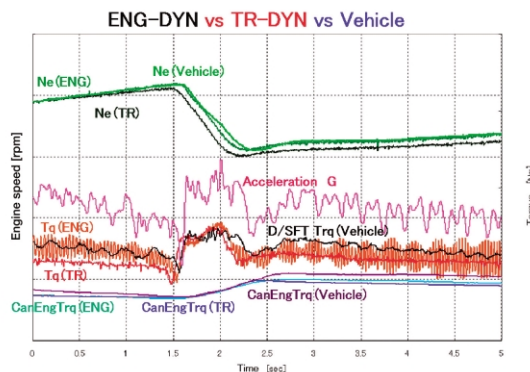


Fig. 11 Comparison of Driveshaft Torque Between Car, Engine Bench Test and Transient Dynamometer

トランジェント・ダイナモと実車、エンジンダイナモで略同等の出力トルク波形が得られている。この結果、新世代トランジェント・ダイナモは変速性能試験に充分適用できることが検証できた。

5. まとめ

新世代低慣性トランジェントダイナモの開発により最新のATに対する変速性能評価が出来るようになった。

この試験機の利点として、

- 1) ATの入出力特性が一定であり、再現性がよい。
 - 2) 試作エンジンなど用いず検証実験が容易に行える。
 - 3) エンジン過渡出力特性の変更が容易に変更でき、変速性能適合試験の効率が大幅に向上する。
- 等の効果が得られている。

4. Application to Shift Performance Tests

Shift performance tests were conducted on the same AT using the new-generation transient dynamometer and an engine dynamometer. Fig. 10 compares the test results for an automatic upshift. The abbreviations ENG and TR in the figure indicate the results for the engine dynamometer and the new transient dynamometer, respectively. The measured driveshaft torque behavior shows good agreement between the two.

Similarly, Fig. 11 compares the driveshaft torque measured with an actual vehicle and with the two dynamometers for the same AT. Nearly identical output torque waveforms were obtained in all three tests. This good agreement verified that the new-generation transient dynamometer provides sufficient accuracy for use in shift performance testing.

5. Conclusions

The development of this new-generation low-inertia transient dynamometer has made it possible to conduct shift performance evaluations of the latest types of AT. The advantages of this dynamometer include the following benefits:

- (1) It achieves steady AT input/output characteristics to provide good reproducibility.
- (2) Validation tests can easily be conducted without using a prototype engine.
- (3) It greatly improves the efficiency of shift performance/conformance testing because transient engine output characteristics can be readily varied.

6. Future Prospect for New-generation Transient Dynamometer

Work is currently under way to further expand the scope of use of the new-generation transient dynamometer in shift performance testing and to apply it to reverse engineering for engines and other units.

The numerous technologies obtained through the development of this transient dynamometer will also be used effectively in various ways, including application to a bench test load simulator.

Lastly, the authors would like to thank everyone concerned for their tremendous cooperation with the development of the new-generation low-inertia transient dynamometer.

6. 新世代トランジェント・ダイナモの今後の展望

現在の取り組みとして、変速性能実験における更なる利用拡大、エンジンなどに対するリバースエンジニアリングへの適用に取り組んでいる。

また今回の開発で得られた技術の数々は、「台上ロード・シミュレータ試験機」などに生かしていくことを考えている。

最後に新型低慣性トランジェント・ダイナモの実現にあたり、ご協力を頂いた関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 水科文男：トランジェントダイナモ試験機の開発，JATCO技報，Vol. 3(1991)
- (2) 山口友行 他：新型低慣性トランジェント・ダイナモ・メータの開発，自動車技術会 秋季大会 学術講演会(2006)

References

- (1) Fumio Mizushina, "Development of a Transient Dynamometer Test Rig," JATCO Technical Review, Vol. 3 (1991).
- (2) Tomoyuki Yamaguchi, et al., "Development of a New-generation Low-inertia Transient Dynamometer," JSAE Autumn Scientific Lecture Series (2006) (in Japanese).

Authors



Takashi GOTO



Tomoyuki YAMAGUCHI

ラピッド・プロト・タイピング適用技術紹介

Examples of the Application of Rapid Prototyping Technologies

遠藤 淳一 *

Junichi ENDO

高橋 正和 **

Masakazu TAKAHASHI

豊森 宏 **

Hiroshi TOYOMORI

竹本 伸治 ***

Shinji TAKEMOTO

抄 録 試作部門ではV-3Pの実現に向け、様々な活動を行なっているが、その中でも開発の効率化に寄与する取り組みとして、試作期間を大幅に短縮する活動にフォーカスして、それらの活動概要及び、適用事例等を紹介する。

Summary The Prototype Manufacturing Group is proceeding with various activities to accomplish the goals of V-3P. Efforts are focused in particular on substantially shortening the prototyping period as a way of improving development work efficiency. This article outlines typical activities under way in this regard and describes examples of the application of rapid prototyping technologies.

1.はじめに

トランスミッションの開発において、CAE解析等によるVirtual開発を拡大する中で、スピーディなReal検証をうまく融合させる事で、シミュレーション精度の格段の向上や開発期間短縮に寄与すべく、試作期間の短縮に向けた取り組みを進めている。

CVTやATは、多種の機能を組み合わせたユニットであるため、試作期間短縮の実現には多種の材料、工法へのアプローチが必要である。これを効率的に進めるため、ポイントを以下と捉え、活動を進めている。

- 1)最新のデジタル・ツールの活用
- 2)試作モノ造り技能との融合

2.フェーズに応じた短期試作プロセス

2.1. 活用概要

V-3Pでは、開発プロセスを従来のシリーズ型から同時進行型への変革を進めている。このためフィジカル試作形態を3種に分類し、それぞれに最適なプロセスや技術を玉成している。(Fig. 1)

- (A) 企画段階 図面レス試作の導入
- (B) 開発初期 超短期部品試作(RPT)の適用
- (C) 開発後期 フィジカルユニットの試作期間短縮

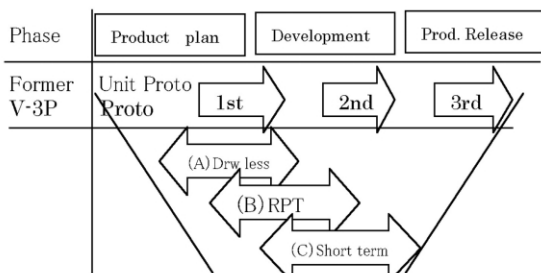


Fig. 1 Prototyping Process Comparison

1. Introduction

Virtual product development using CAE simulation and other tools is expanding today in the transmission development process. We are proceeding with efforts to shorten the prototyping period by merging various measures with speedy validation using real parts so as to contribute to improved simulation accuracy and shorter overall development lead time.

Because continuously variable transmissions (CVTs) and automatic transmissions (ATs) incorporate a wide variety of functions, it is necessary to approach the task of reducing the prototyping period from various perspectives involving the materials and engineering methods. The key points in promoting these activities efficiently include:

- (1) Effective utilization of the latest digital tools
- (2) Merging of prototyping and manufacturing skills

2. Short Prototyping Process Matching Each Phase

2.1. Scope of activities

Under the V-3P program, we are transforming the product development process from the previous sequential flow to a concurrent work process. To accomplish that, the physical prototyping process has been divided into three stages, and the optimum process and technologies are being refined for each one (Fig. 1).

- (A) Product planning stage: Introduction of drawing-less prototyping
- (B) Initial development stage: Application of rapid prototyping for parts
- (C) Final development stage: Shortening of the physical prototyping period

* モノづくり革新推進室
Manufacturing & Development Innovation
Promotion Department

** 試作部
Prototype Manufacturing Department

*** 実験部
Experiment Department

2.2. 企画段階への図面レス試作プロセスの導入

先行企画段階で構想案を迅速に現物化し、ポテンシャルを先行確認する事を可能とするため、設計の部品検討モデルを直接加工プログラム化し、現物化する活動を進めており、実プロジェクトで適用を開始している。

2.3. 超短期部品試作(RPT)の適用

開発初期段階の超短期試作工法として、3Dモデル・データからの積層造形(Rapid・Prototyping以下RPT)の導入を進めている。RPTは一般的に、光造形法、薄板積層法、溶解物堆積法、粉末固着法等に大別されるが、トランスミッション部品の超短期試作工法として現時点では、主に粉末固着法(粉末焼結又は粉末固着)が実用的である。また、高い精度を要求される部品の超短期試作化には、製作リードタイムを要する専用工具をレス化する削り出し工法も有効であり、本稿では、トランスミッションの試作においてリードタイム・ネックとなる箱物鑄造部品とギヤ部品への、積層造形法と削り出し工法の適用事例を中心に、3項で紹介する。

2.4. フィジカル・ユニット試作期間の短縮

開発後期段階では、フィジカル・ユニットAssyによる最終確認が必要となる。CVTやATは数多くの部品群で構成されるため、ユニット試作期間の短縮には、3Dモデルの適用を含むITの上手い組み合わせや、管理ロスの排除によるリードタイム短縮方策として、下記4項目を主要方策として取組んでいる。

- (A) 3Dデータ・モデリングと型製作の同期化
- (B) ネック部品へのRP工法の適用
- (C) ITの活用による手配ロスのゼロ化
- (D) 外製ネック部品の取引先との連携強化

これらの方策の組み合わせにより、従来に対し約30%の試作期間短縮を達成し、業界トップレベルの実績を得るに至っている。

2.5. デジタル・ツール活用によるリードタイム短縮

試作工程にはNC加工用のプログラミングと検査工程のリードタイムが必要であるが、それらに3Dモデル・データを活かして工程時間の短縮を図った事例を、4項と5項で紹介する。

3. RPT工法適用事例

3.1. 箱物のRPT化

3.1.1. 鑄造のRPT

従来、箱物部品の試作リードタイム(LT)の6割は粗材製作期間で、更に粗材製作期間の9割を基型の製作期間が占

2.2. Introduction of a drawing-less prototyping process at the product planning stage

Design study models of parts are being turned directly into machining programs for producing actual physical models. This makes it possible to produce a physical model of a concept quickly at the advance planning stage, thereby allowing prior confirmation of its potential. We have already started to apply this approach to actual development projects.

2.3. Application of rapid prototyping

Rapid prototyping (RP) from 3D model data is being introduced as an ultra-fast prototyping method at the initial development stage. In general, RP techniques are broadly classified as stereolithography, laminated object manufacturing (LOM), fused deposition modeling and selective laser sintering, among other methods. Currently, selective laser sintering (either powder sintering or powder deposition) is the main RP technique that is practical for transmission parts. In addition, a pre-cutting method is also effective in shortening the prototyping time for parts requiring high accuracy because it eliminates the need for specialized tools that take considerable lead time to fabricate.

Section 3 of this article mainly describes examples of the application of LOM and pre-cutting to castings of transmission cases/torque converter housings and gears, which present lead time bottlenecks in the transmission prototyping process.

2.4. Shortening of physical model prototyping period

In the final development stage, a final confirmation must be made by assembling a physical transmission model. Because CVTs and ATs are composed of many part assemblies, the unit prototyping period is shortened through various lead time reduction measures that involve skillful combinations with information technology (IT), including the use of 3D models, and the elimination of process management losses. The four major measures used to reduce lead time are noted below:

- A) Manufacturing dies/molds concurrently with 3D data generation/modeling
- B) Application of RP methods to bottleneck parts
- C) Complete elimination of procurement time losses through effective use of IT
- D) Closer cooperation with the suppliers of bottleneck parts manufactured outside

The combined use of these measures has shortened the prototyping period by approximately 30% compared with the previous level, enabling us to achieve one of the shortest prototyping lead times in the industry.

2.5. Lead time reduction through effective use of digital tools

The generation of programs for NC machining operations and measurement programs for the inspection

Table 1 Lead-Time Comparison of RPT for T/M CASE

Process	1	2	3	4	5	6
RP schedules (Before New RP approach)	Rough casting production period			Machining period		
	Master model production			Cast	Inspection	Test Cutting
					Cutting	Inspection
RP schedules (+Machining period)	Rough casting production period			Machining period		
	Master model production			Cast	Inspection	Test Cutting
					Cutting	Inspection
RP schedule (+casting RP)	Raw material production			Machining period		
	Mold production			Cast	Inspection	Test Cutting
					Cutting	Inspection

めるため、鋳造のRPT工法はこの基型をレス化することで、大幅な試作期間短縮を図るものである。(Table 1)

3.1.2. 砂積層鋳型RPT鋳造工法

砂を積層し、必要な部分に接着剤を塗布し、基型を用いず鋳型を直接製作する方法である(Fig. 2 , 3 , 4 , 5参照)

長短所の詳細をTable 2に示す。通常の鋳砂を鋳型材として使用できることから、従来より蓄積している鋳造技術が活用できるため、品質、納期面で有利である。

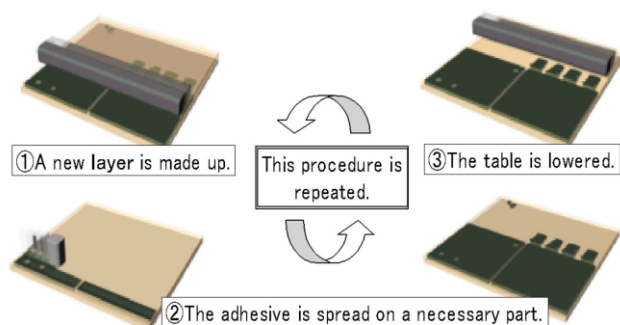


Fig. 2 Sand cast by laminated molding mode



Fig. 3 Sand Mold Example



Fig. 4 Lead Time of RP for Gears



Fig. 5 Cast Example

process requires considerable lead time in the prototyping process. Examples of the use of 3D model data to shorten the respective process time are described in Sections 4 and 5, respectively.

3. Examples of the Application of RP Methods

3.1. RP of cases/housings

3.1.1. RP of castings

Previously, the production of rough castings accounted for 60% of the lead time needed for cases/housings, and approximately 90% of it was devoted to the fabrication of a master model. The application of RP to the casting process eliminates the need for a master model, resulting in a substantially shorter prototyping period (Table 1).

3.1.2. LOM-based RP sand casting process

As illustrated in Figs. 2-5, a casting mold can be fabricated directly by laminating layers of sand and applying an adhesive only where it is necessary. The advantage and disadvantage of this approach are detailed in Table 2. Because ordinary casting sand can be used as the mold material, previously accumulated casting expertise can be applied, which is advantageous for both quality and delivery lead time.

3.1.3. RP lost-form casting using a laminated mold model

A model made of laminated layers of plastic is placed in a frame and gypsum is poured in around the frame and hardened. The gypsum is then heated and the plastic model is evaporated to complete the formation of the gypsum casting mold (Figs. 6 and 7).

The advantages and disadvantage of this process are detailed in Table 3. The main advantage is that very accurate dimensions are obtained because the casting mold is one integrated piece without any parting

Table 2 Advantage and Disadvantage

Advantage	Accumulated casting knowledge can be applied because the same casting process is used.
Disadvantage	Micro sand cannot be used, so the process is a little unsuitable for precision casting.

3.1.3. 積層モデルの消失RPT鋳造工法

樹脂を積層し製作したモデルを枠に入れ、石膏を流し込んで包んで固めた後、石膏を熱し樹脂モデルを蒸発させ石膏の鋳型を完成させる（Fig. 6, 7参照）

長短所の詳細をTable 3に示すが、最大の利点は鋳型が型割りの無い一体品で更に転写性のよい石膏を用いている為、寸法精度が非常に高いことにある。但し、現時点では製作可能サイズに制約がある。

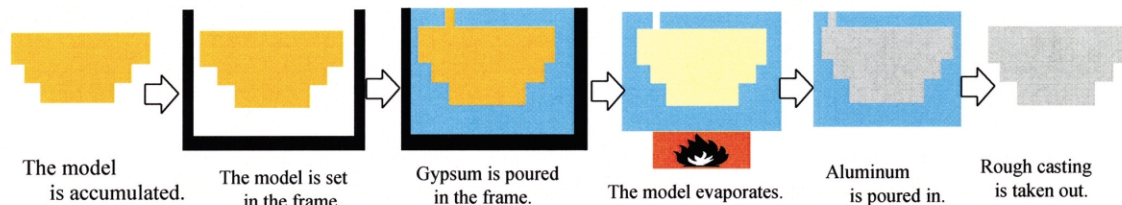


Fig. 6 RP Lost - form Casting using a Laminated Mold Model

Table 3 Advantage and Disadvantage

Advantages	<ul style="list-style-type: none"> Transcript accuracy is high because gypsum is used. There are few casting defects because vacuum casting is used.
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> Because of the facility size, large-cases cannot be produced.



Fig. 7 Casting Example

3.2. 歯車部品のRPT化

3.2.1. 歯車部品のRPT工法

歯車部品の試作では、歯切り工具（ホブ・カッタ）の製作がリードタイム・ネックとなる。（Table 4）

その為、ホブ・カッタを使用せず歯切り加工を行うRPT工法を検討し、ギア部品の試作適用を行っている。

本章では、ワイヤーカット放電加工機（以下WEDM）と歯車研削盤を用いた、歯車部品のRPT工法について紹介する。

Table 4 Lead Time of RP for Gears

Process	1	2	3	4	5	6	7
Current RP schedule	Tool design	Production period of hob cutter			Hobbing		
	Forging & furning	Inspection	Tool delivery deadline is a		Heat treatment	Shot peening	Finish machining
							Inspection
New RP schedule		NC program creation for wire EDM	Machining by wire EDM	RP solves various problems in tool production period.			
	Forging & furning	Inspection		Heat treatment	Shot peening	Finish machining	Inspection

3.2.2. 工法の説明

WEDMは、ガイドで張った導線に電流を流し、イオン水中で放電させ金属分子を破壊しながら切断していく工法である。設備機能として上下ガイドを個別かつ広角の駆動が行なえるため、この機能を応用しはすば歯車の近似形状を加工した。

加工プログラムは、はすば歯車の上下円周角度差を算出し、近似ネジレ形状を3Dモデル化し、WEDM用CAMを用いて作成した。また、ワイヤは広角テー

line and also because of the excellent transfer characteristic of gypsum. However, the size of the case that can be fabricated is limited at present.

3.2. RP of gears

3.2.1. RP process for gears

The fabrication of the hob cutter used to cut gear teeth is the lead time bottleneck in the prototyping of gears (Table 4). Therefore, a study was made of a RP process for gears without using a hob cutter, and the process was applied to the production of a prototype helical gear.

The following section explains the RP process developed for gears using a wire electrical discharge machine (WEDM) and a gear grinder. Therefore, a study was made of a RP process for gears without using a hob cutter, and the process was applied to the production of a prototype helical gear.

The following section explains the RP process developed for gears using a wire electrical discharge machine (WEDM) and a gear grinder.



Fig. 8 WEDM Machine & Machining Scene

3.2.2. Process explanation

With the WEDM process, an electric current is passed through a conductive wire held tight by wire

パ加工用の特殊なものを使用した。(Fig. 8参照)

ネジレ形状が直線的な近似形状となるが(Fig. 9), 次工程の成形式歯車研削盤でネジレ角・歯車精度の修正等を行い完成する。(Fig. 10参照)

本工法により, ホブ・カッタと同等の精度で, 試作リードタイムを約20%短縮した。

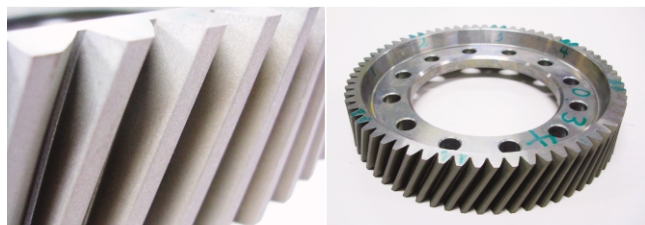


Fig. 9 Gear made by WEDM



Fig. 10 Gear Grinder & Grinding Process

4. デジタル・ツール活用による加工リードタイム短縮

4.1. 箱物部品加工へのCAM適用

従来, 試作箱物部品の加工プログラムはプログラマーが2D補足図より作成していたが, 金型加工用自動プログラミング・ソフト(以下CAM)をカスタマイズして箱物部品加工への適用を図り, 3Dモデル・データから直接加工プログラムを自動作成する事で, 試作リードタイムを短縮した。

加工プログラムを作成するには, 3Dデータ(Fig. 11-1)から加工面を抽出し(Fig. 11-2), シミュレーション時の視認性を上げると共に, 部品3Dデータのサイズを小さくすることで作業効率を向上させた。

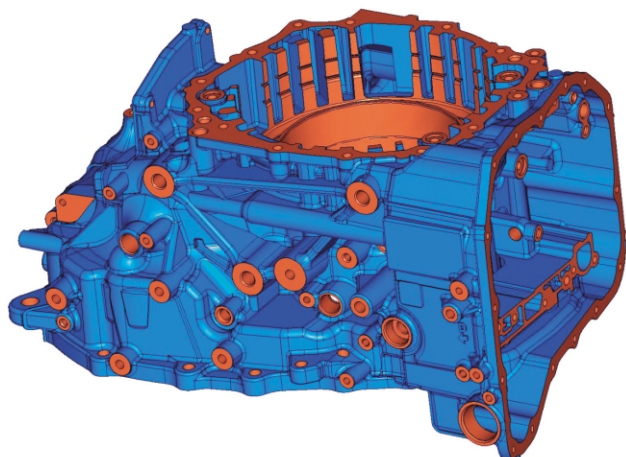


Fig. 11-1 3D Model of Finished Product

guides. Spark discharges are generated in ionized water to cut the workpiece by destroying its metallic molecules. In terms of the machine capabilities, the upper and lower wire guides can be driven separately and also over a wide range of angles. Those capabilities were used to machine the helical gear to near net shape.

The machining program for the helical gear was generated by first calculating the difference between its upper and lower circumferential angles. A 3D model of its approximate helical shape was then created and CAM software for WEDM was used to generate the machining program. The wire used was a special type for machining wide-angle tapers (Fig. 8).

The helical geometry was directly executed in near net shape (Fig. 9), and the helical angle and gear accuracy were corrected in the next process using a forming gear grinder to complete the gear (Fig. 10).

This RP process reduces the lead time by approximately 20% while providing accuracy equal to that of a hob cutter.

4. Lead Time Reduction Through Effective Use of Digital Tools

4.1. Application of CAM to the machining of cases/housings

Previously, the machining programs for cases/housings were prepared by programmers from 2D supplementary drawings. We customized automatic programming software for machining molds/dies and applied it to the machining of cases/housings. This CAM software automatically generates a machining program directly from 3D model data to shorten the prototyping lead time.

In generating a machining program, the surfaces to be machined are extracted from the 3D data (Figs. 11-1 and 11-2). This enhances visibility when conducting a machining simulation and also allows the volume of the 3D part data to be reduced, thereby improving work efficiency.

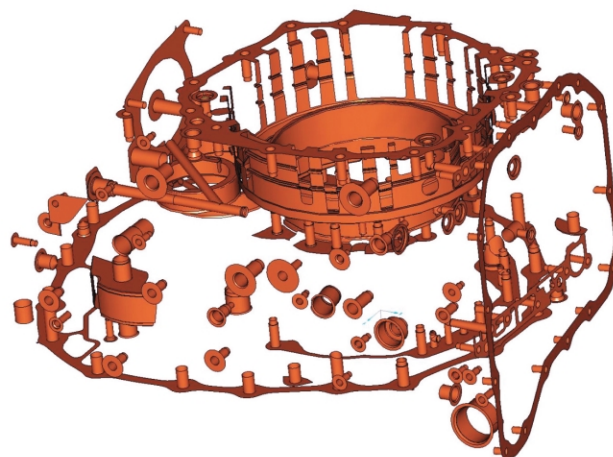


Fig. 11-2 3D Model Showing Surfaces to be Machined

5. デジタル・ツール活用による品質保証期間短縮

5.1. 箱物部品加工検査へのCATの適用

CAT(Computer Aided Testing)を用いて実際のワークがない状態で事前に測定プログラムを作成することで、検査時間を大幅に短縮した。

CATとは、3Dモデル化された三次元測定機本体・ワークモデルを使用し、バーチャル空間上で三次元測定機のCNCプログラムを作成するソフトウェアである。

また、作成した測定プログラムをシミュレーションにより可視化できるため、干渉等の不具合を事前に確認することができ、実際のワーク測定を座標系を合わせるだけで開始することができる。(Fig. 12)

更に、三次元測定プログラム作成を別段取り化する等の方策と組み合わせ、大幅なリードタイムの短縮を図った。

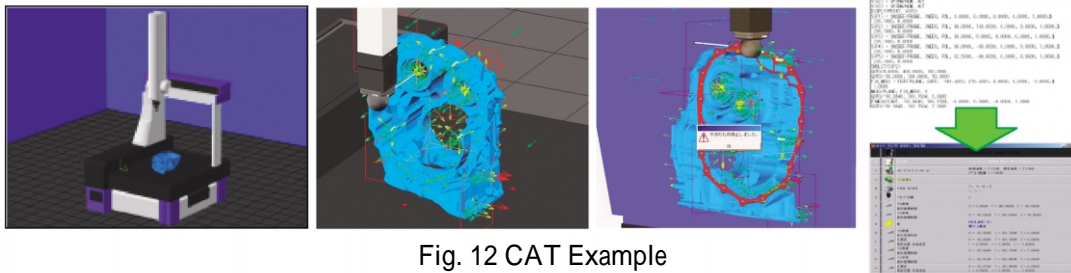


Fig. 12 CAT Example

6. 今後の取り組み

V-3PにおけるVirtual開発を拡大する中で、スピーディなReal検証を上手く組み合わせて、開発効率を一段と高めるための多様な試作期間短縮の取り組みを紹介したが、例えば最近の傾向としてRPT装置技術、特に3Dモデル・データからダイレクトに多様な金属部品を成形する装置技術の開発が著しく、このRPT技術により更なる期間短縮が可能となる。従って最新動向のウォッチングとスピーディな導入の取り組みを進める一方、実プロジェクトに迅速に適用するためのシステムの構築を、関連部署共に推進して行く。

5. Reduction of Quality Assurance Time Through Effective Use of Digital Tools

5.1. Application of CAT to inspection of machined cases/housings

Computer-Aided Testing (CAT) software is used to create a measurement program in advance before actual workpieces exist, which greatly shortens the inspection time.

CAT software uses 3D models of the 3D measuring system and workpiece to create a CNC program for the measuring system in virtual space. The measurement program can be visualized by running a simulation, making it possible to confirm any interference or other problems in advance. As a result, measurement of the actual workpiece can be initiated by simply adjusting the coordinate system (Fig. 12).

Moreover, in combination with other measures such as doing the setup work separately for the creation of the 3D measurement program, the lead time for the quality assurance process has been substantially shortened.

6. Future Efforts

This article has described various measures being taken to shorten the prototyping period in order to improve development work efficiency further. These measures are being skillfully combined with speedy, real-time validation, amidst the ongoing expansion of virtual development activities under the V-3P program. A recent trend in RP equipment technologies, for example, is the notable development of capabilities for forming a variety of metal parts directly from 3D model data. The use of such RP technologies can shorten the prototyping period even further. Accordingly, we plan to follow the latest trends in this field and speedily implement useful methods, while at the same time working together with related departments to build suitable systems for applying such technologies quickly to actual development projects.

Authors



Junichi ENDO



Masakazu TAKAHASHI



Hiroshi TOYOMORI



Shinji TAKEMOTO

CVT2用オイルポンプに採用した新技術紹介

Introducing the New Technologies Incorporated in the CVT2 Oil Pump

西山 裕之*

Hiroyuki NISHIYAMA

抄 録 ジヤトコは、2004年11月に2～2.5Lクラスの新型ベルトCVTの生産を開始した。このCVTは、従来のHyper-CVTに変わる新しい機種CVT2として、日本を皮切りに、全世界で2L～2.5LのFF車へ展開している。

本論文は、このCVT2用に開発したオイルポンプの技術開発内容について紹介する。

Summary In November 2004, JATCO launched production of the new steel belt CVT2 for use on 2.0-2.5L class vehicles. The CVT2 was developed as a new model to succeed the previous Hyper-CVT. Following its initial introduction in the Japanese market, the CVT2 has been steadily applied to 2.0-2.5L front-wheel-drive vehicles worldwide.

This article describes the new technologies developed for the oil pump of the CVT2.

1.はじめに

CVTは他の燃費向上技術である燃料電池車やハイブリッド車に比較して車両システムを大幅に変更することなく比較的容易に搭載出来る為、今日では一般技術としてその規模を拡大することで、環境への貢献が望まれている。

また、従来からの「安全」「快適」への取り組み競争は益々激しさを増しており、従来以上にTMに求められる性能は厳しいものとなっており、CVTの魅力をより一層引き出すことが求められている。

ジヤトコは早くからCVTに着目し、常にCVTをリードしてきた。

今回、Hyper-CVTに対し、燃費性能向上、変速性能向上、小型軽量化をはかり250Nm対応のCVT2として刷新することで、既に02年に展開された、大容量CVT3、小型車用CVT1と合わせて、新世代CVTのフルラインナップを実現した。

ここではCVT2のこれら各性能を向上させるために開発したオイルポンプの技術解説を行う。

2. オイルポンプ主要諸元

オイルポンプの主要諸元をHyper-CVTとの比較でTable 1に示す。

オイルポンプは、効率の良いベーンタイプを採用し、それ自体の小型化とユニット全長短縮の為、ユニット下方に配置され、エンジンと直結するトルクコンバータからチェーン・スプロケットを介して駆動する事とした。

1. Introduction

Continuously variable transmissions (CVT), fuel cell vehicles and hybrid vehicles are all seen as effective technologies for improving vehicle fuel economy. Compared with the other technologies, CVTs are relatively easy to implement in vehicles without making major changes to the overall vehicle system. For that reason, it is expected that CVTs can readily contribute to the environment today by expanding their scope of application as a general-use technology.

Competition among the automakers in the traditional areas of safety and comfort is continually intensifying more than before. In this regard, the performance demanded of automotive transmissions today is severer than ever. There are strong needs to elicit more fully the attractive performance attributes of CVTs.

JATCO was one of the first to focus attention on CVTs and has consistently been at the forefront of CVT technology. Featuring a torque capacity of 250 Nm, the CVT2 was newly developed to provide enhanced fuel economy, improved shift performance and a smaller, lighter package compared with the previous Hyper-CVT. Together with the large-capacity CVT3 and the CVT1 for use on small cars, both of which were launched earlier in 2002, the CVT2 gives JATCO a full lineup of new-generation CVTs.

The following sections describe the new technologies developed for the CVT2 oil pump in order to achieve the performance improvements noted above.

* 機能システム開発部
Functional Component System Development Department

Table 1 Oil pump major specification

	CVT2	Hyper-CVT
Torque capacity (Nm)	250	200
Installation configuration	External	Independent shaft
Speed increasing ratio	1.129	—
Basic displacement (cc/rev)	18.7	19.6
Tooth type	Vane	TCP
Volume (cm ³)	1086	1379
Weight (g)	1556	5891

3. 採用した技術的特徴

3.1. 燃費性能向上

CVTの燃費性能向上の為に、オイルポンプの駆動トルクを低減した。

3.1.1. ベーンポンプ採用

従来Hyper-CVTで採用していた内接型ギヤポンプをベーンポンプへと変更した。

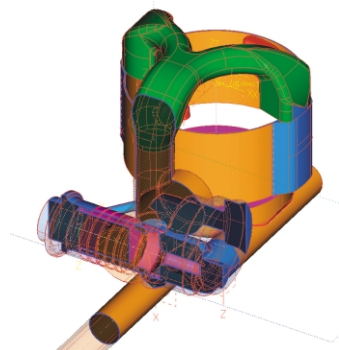
ベーンポンプは、内接型ギヤポンプに比べ摺動抵抗が小さく、かつ容積効率が高く、理論吐出量を小さくする事ができるのでポンプ駆動トルクを大幅に低減できる。

反面、一般的にギヤポンプよりその構造上高価となるが、パワーステアリング用ベーンポンプとの部品共用化により大幅にコストダウンを計った。

3.1.2. フローコントロールバルブ採用

オイルポンプの駆動トルクを下げるには、ローターの小径化が有効である。しかしながら一定の吐出量を確保する為には小径化した分ローター幅を厚くする必要があり、これによりベーン室への油の充填性が低下しキャビテーションが発生し易くなる。

効率向上とキャビテーション発生の相反する性能を成立させる為に、オイルポンプにフローコントロールバルブを内蔵させた。流体解析により、フローコントロールバルブからの余剰流量をオイルポンプの吸い込み部へうまく押し込む事ができる流路形状にして、ベーン室への油の充填性・スーパーチャージ性を向上させ、キャビテーション発生を防止する事が出来た。特に、高回転時にパワートレイン攪拌により発生したエアを混入した油がスーパーチャージ性を大きく低下させる為、ユニット環境でのエア含有量を把握して、エア混入下でのスーパーチャージ性を向上する事ができる適正な流路形状を決定した。(Fig. 1, 2)



2. Major Oil Pump Specifications

The major specifications of the oil pump are given in Table 1 in comparison with those for the Hyper-CVT.

A high-efficiency vane pump was adopted for the CVT2. Because the oil pump itself is more compact and the overall length of the CVT2 has been shortened, the pump is installed underneath the transmission. The oil pump is driven by means of a chain and sprockets from the torque converter coupled directly to the engine.

3. Features of the Technologies Adopted

3.1. Improvement of fuel economy

The drive torque of the oil pump was reduced to improve the fuel economy obtained with the CVT2.

3.1.1. Adoption of a vane pump

The internal gear pump used with the previous Hyper-CVT was changed to a vane pump. Compared with an internal gear pump, a vane pump has less sliding resistance and also higher volumetric efficiency, making it possible to lower its theoretical discharge rate, which allows the pump drive torque to be substantially reduced.

On the negative side, a vane pump is generally more expensive than a gear pump because of its structure. The cost was greatly reduced, however, by sharing parts with the vane pump of the power steering system.

3.1.2. Adoption of a flow control valve

Reducing the rotor diameter is one effective way of lowering the torque needed to drive the oil pump. However, in order to secure a certain discharge rate, it is necessary to increase the rotor width to the extent that the diameter is reduced. A thicker rotor, however, reduces the supercharged pressure of the oil flowing into the vane chamber, which tends to cause cavitation.

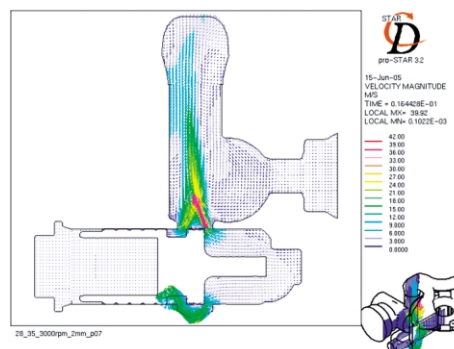


Fig. 1 Flow

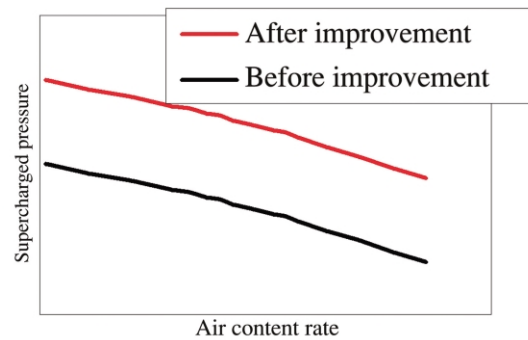
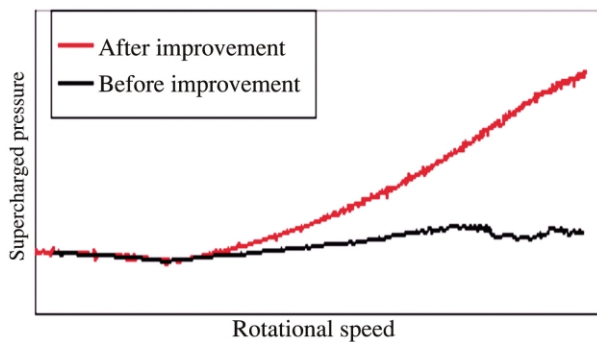


Fig. 2 Supercharged pressure

結果として、ポンプ摺動径を50%縮小し、ポンプ駆動トルクを約15%低減することができた。

3.2. 変速性能向上

あらゆる運転条件でスムーズな変速を実現させるために、油圧供給源であるオイルポンプの高圧、高油温時の容積効率を更に高め、吐出性能を向上させた。

3.2.1. サイドプレート採用

CVTはベルトクランプ力確保のため高圧(4～6MPa)で使用するので、油圧による内部クリアランスの増加を抑制しなければならない。本開発では、ローター側面にサイドプレートを採用し高圧状態でもクリアランスを維持し、内部リークを低減する事で吐出性能の安定、向上を実現した。

3.2.2. サイドクリアランス最適化

サイドプレートに要求される機能はコンタミ介在による焼け防止もある。このためCVTユニット内で発生するコンタミ径及び量でもサイド面の焼けが発生せず、吐出性能を確保できるようなサイドプレートの剛性解析を行い、最適サイドクリアランスの設定を行った。更に、高圧、高回転時においてもサイドクリアランスを最適に維持する為には、ローターサイド面の焼き付き性を向上させる必要がある。ローター及びベーンの挙動解析を行い、ローターに設けた背圧溝のボリュームを調整する事でローター及びベーンがサイドプレート～カバー間で中立位置を保てるようにして、焼き付き性を向上させた。(Fig. 3, 4)

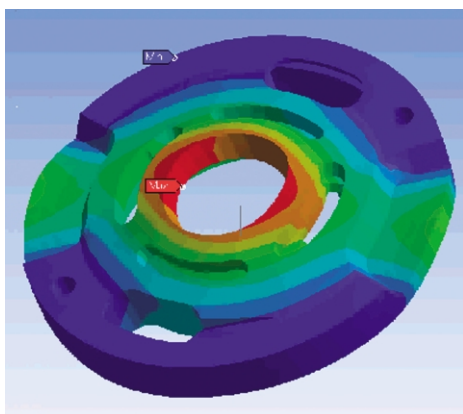


Fig. 3 Rigidity analysis

A flow control valve was built into the oil pump to improve efficiency and prevent cavitation, which are conflicting performance requirements. The flow passage geometry was designed on the basis of a flow analysis so that the excess oil flow from the flow control valve is effectively forced into the suction side of the pump. That improves the supercharged pressure of the oil flowing into the vane chamber, thereby preventing cavitation from occurring. At high operating speeds in particular, the supercharged pressure of the oil is greatly reduced by the presence of air produced by oil agitation in the powertrain. Therefore, the amount of air contained in the oil under actual operating conditions was made clear, and the optimal flow passage geometry was determined so as to improve supercharging performance even in the presence of air in the oil (Figs. 1 and 2). As a result, the diameter of the sliding members was reduced by 50%, enabling the pump drive torque to be reduced by approximately 15%.

3.2. Improvement of shift performance

The discharge performance of the oil pump, which serves as the hydraulic pressure source, was improved to provide smooth shift performance under all sorts of driving conditions. That was accomplished by further improving the volumetric efficiency of the oil pump under high-pressure and high oil temperature conditions.

3.2.1. Adoption of a side plate

To secure sufficient belt clamping pressure, a CVT operates under high hydraulic pressure of 4-6 MPa. This makes it necessary to constrain the increase in internal clearance due to the hydraulic pressure. For the CVT2, a side plate was added to the side wall of the rotor to maintain suitable clearance even under high-pressure operation. This works to reduce internal leakage, thereby stabilizing and improving the discharge performance of the oil pump.

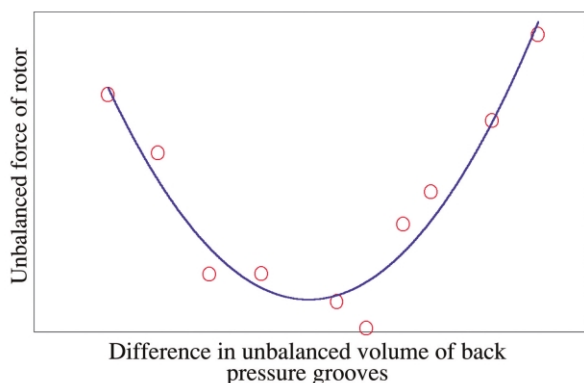


Fig. 4 Rotor analysis

結果として、高圧、高油温時の容積効率を90%以上とすることができた。

3.3. 小型軽量化

CVTの小型軽量化の為に、オイルポンプのレイアウトを大幅に変更した。

3.3.1. オイルポンプ別軸化

従来エンジン軸上に有ったオイルポンプをチェーン駆動の別軸化した。チェーン駆動の別軸化することで、ユニットの全長短縮に貢献した。トルコンステータSFTをポンプ内に貫通させる必要がなくなることで、ポンプ本体も小型化できた。(Fig. 5)

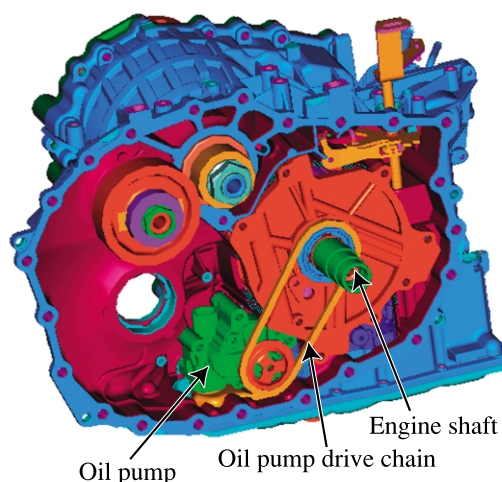


Fig. 5 Oil pump layout

結果として、CVT2は従来機種に比べて全長で約41mmの短縮、重量で約4kgの軽量化を実現した。

4. 結言

ベーンポンプ開発により、新世代2.0-2.5LクラスFF用ベルト式CVTの燃費性能向上、変速性能向上、小型軽量化を実現した。

(1) 燃費性能向上

ベーンポンプの採用、フローコントロールバ

3.2.2. Optimization of side clearance

Another function required of the side plate is to prevent seizure due to contamination. The rigidity of the side plate was analyzed in order to set the optimal side clearance so as to ensure the desired discharge performance without side surface seizure developing, regardless of the diameter and volume of contamination occurring inside the CVT. It was also necessary to further improve the seizure resistance of the rotor side surface in order to maintain the optimal side clearance even under high-pressure, high-speed operation. Based on an analysis of rotor and vane behavior, it was found that adjusting the volume of the back pressure grooves provided on the rotor enabled the rotor and vanes to maintain a neutral position between the side plate and the cover, thereby improving seizure resistance (Figs. 3 and 4). As a result, volumetric efficiency under high-pressure, high oil temperature operation was improved to more than 90%.

3.3. Smaller and lighter package

The layout of the oil pump was substantially modified to reduce the size and weight of the CVT2.

3.3.1. Independent oil pump shaft

Instead of positioning the oil pump on the engine shaft as was done previously, it now has an independent shaft and is driven by a chain. This change contributed to shortening the overall length of the CVT2. In addition, the pump itself was also reduced in size because the shaft of the torque converter stator no longer has to pass through the pump interior (Fig. 5). As a result, the overall length of the CVT2 was shortened by approximately 41 mm compared with the Hyper-CVT and its weight was reduced by about 4 kg.

4. Conclusions

The development of a new vane pump made it possible to improve the fuel economy obtained with the CVT2, enhance its shift performance and reduce its size and weight. This new-generation CVT is designed for use on 2.0-2.5L class front-wheel-drive cars.

(1) Improvement of fuel economy

The adoption of the vane pump and a flow control valve allowed a smaller rotor diameter, resulting in a smaller oil pump size and a reduction of the pump drive torque by approximately 15%. That has a large effect on improving vehicle fuel economy.

ルプの採用により、ポンプサイズ(ローター径)を小さくして、オイルポンプの駆動トルクを約15%低減し、車両の燃費性能向上に大きな効果を得る事ができた。

(2)変速性能向上

サイドプレートの採用、サイドクリアランスの最適化により、高圧、高油温時の容積効率を90%以上に向上し、車両としての加速性能及びフィーリングを共に改善させる事ができた。

(3)小型軽量化

オイルポンプの別軸化等により、全長で約41mmの小型化、重量で約4kgの軽量化を実現した。結果、新開発プラットフォームに対応し、車両の衝突安全性向上に貢献できた。また、最小回転半径の縮小にも貢献している。

最後に本オイルポンプの開発にあたり、多大なご協力を頂いたKYB(株)の関係者ならびに社内外の多くの方々に深く感謝する。

参考文献

- (1) Kurosawa, M. "High Torque Belt CVT with Torque Converter"; 98TVT symposium, Yokohama(1998)
- (2) Abo, K. "Development of New-Generation Belt CVTs with High Torque Capacity for Front Drive Cars"; SAE(2003)

(2) Improvement of shift performance

The adoption of a side plate and optimization of the side clearance improved volumetric efficiency to more than 90% under high-pressure and high oil temperature operation. That makes it possible to improve both the acceleration performance and acceleration feel at the vehicle level.

(3) Smaller and lighter package

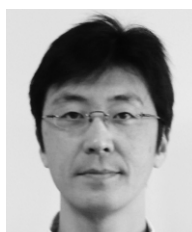
Positioning the oil pump on an independent shaft reduced the overall length of the CVT2 by approximately 41 mm and its weight by about 4 kg in comparison with the Hyper-CVT. As a result, the CVT2 is compatible with newly developed vehicle platforms and contributes to improving vehicle crashworthiness. It also helps to reduce the vehicle's minimum turning radius.

Finally, the author would like to thank various individuals at KYB Co., Ltd. and also many people at JATCO for their invaluable cooperation with the development of the new oil pump.

References

- (1) Kurosawa, M., "High Torque Belt CVT with Torque Converter," '98 TVT Symposium, Yokohama (1998).
- (2) Abo, K., "Development of New-generation Belt CVTs with High Torque Capacity for Front-drive Cars," SAE Technical Paper (2003).

Author



Hiroyuki NISHIYAMA

新鍛造一貫ラインの立上げ

Establishment of a New Integrated Forging Line at JATCO

加藤 直樹*
Naoki KATO

丸本 和宏*
Kazuhiro MARUMOTO

抄 録 本稿では、ジヤトコ生産方式に則ったCVT PULLEY- FIXED生産設備である新4000トン鍛造一貫ラインについての特徴を具体的に記述する。また、型製作の面でもリードタイム短縮や大幅コスト削減に寄与した5軸マシニングセンタ導入についても併せて記述する。

Summary This article describes the specific features of a new 4,000-ton integrated forging line that was established in accordance with JATCO's production system as the facilities for producing fixed pulley halves for the CVT2. It also describes a newly installed 5-axis machining center that greatly shortens the lead time and reduces the cost of manufacturing dies for the new line.

1. 緒 言

近年、地球の規模で環境保護がクローズアップされている中で自動車業界でも、ハイブリッド化やトランスミッションの多段化・無段変速機化、及び軽量コンパクト化で更なる高効率低燃費化が急がれている。

その中でも、ATやCVTの主要構成部品は、機能と作りやすさを両立させた設計となりつつある一方で、製造コスト低減・環境対策の為に軽量化・ユニットのサイズダウン等により形状が複雑化している。また、環境対策の一環として生産部門においても、省エネ・材料歩留率向上が求められており、更なる部品の一体化や複雑形状製品に対応した高精度製品のネットシェイプ化が重要な技術課題となっている。

本報は、上記の様な種々の問題解決にいち早く取り組んだ事例として、CVT2に適用された主要構成部品である複雑形状を有したプーリの量産化に成功した新4000トン一貫ラインについて紹介すると共に、パークギヤ成形に必要な歯形金型を低コストで供給する為に導入した5軸マシニングセンタについても併せて紹介する。

2. 鍛造部門への課題

今回のCVT2は、従来のCK2に比べて小型軽量化し車両搭載性や燃費を向上させる為に全長を10%短縮(併せて重量低減)という開発課題が与えられた。それらを解決する為にプーリ部品には主要部品の一体化が必要となった。Fig. 1にCVT2の断面と鍛造部品を示し、Fig. 2に一体化事例の詳細を示す。

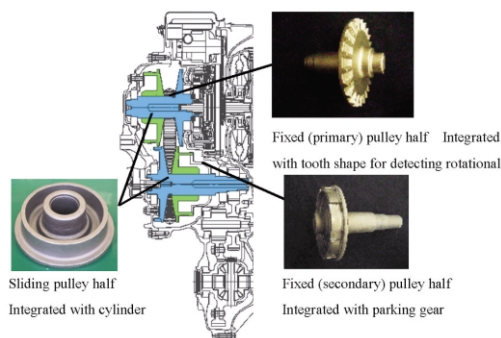


Fig. 1 Forged pulley parts for CVT2

1. Introduction

With greater attention being focused on global environmental protection in recent years, the automotive industry has moved quickly to achieve higher fuel efficiency and reduce fuel consumption further. The steps being taken include the development of hybrid powertrains, addition of more speed ranges to automatic transmissions (ATs), adoption of continuously variable transmissions (CVTs) and the use of lighter, more compact systems.

Against this backdrop, the main components of ATs and CVTs are becoming increasingly more complex in shape owing to efforts made to lighten and downsize transmissions so as to reduce manufacturing costs and improve environmental performance. At the same, these components are being designed to satisfy the requirements for both functionality and ease of manufacture. The Production Division is also being called upon to save energy and improve material yields as part of JATCO's environmental protection efforts. Netshaping of high-accuracy components that facilitate the further integration of parts and allow more complex product shapes has become an important technical issue.

This article describes a new 4,000-ton integrated forging line that successfully mass produces the intricately shaped fixed pulley halves that are key components of the CVT2. The installation of this line is one example of the efforts made to resolve the various issues mentioned above as early as possible. It also describes a 5-axis machining center that was installed to facilitate low-cost production of the toothed die needed for forming the parking gear.

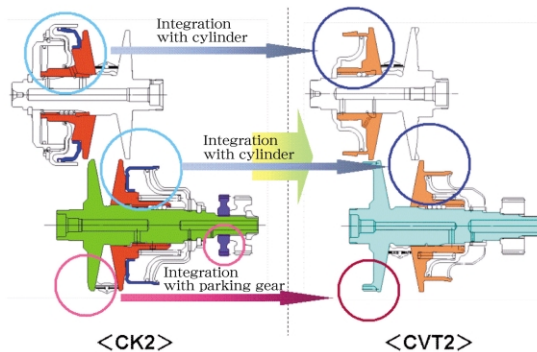


Fig. 2 Integration of pulley parts

* 成形技術部
Material Process Engineering Department

3. 鍛造新ライン構想

当社では従来から軸付 (FIX) プーリを生産できるラインが限られており、CVT2計画が提示された際に、鍛造設備の増強が必要となった。

特に対象部品は、シーブ面の最外形部裏に精度を要するパーキング歯形形状があり、熱間 - 冷間のコンビネーション鍛造成形が必要である。また、対象部品は精密かつ重量物の為、通常の取扱いでは鍛造後及び工程間搬送時の打痕や重筋作業が問題となることが予想された。

一方、当社では素形材～加工～組立まで一貫してジャトコ生産方式を採用しており、鍛造工程でも生加工工程等の次工程と同期で生産運営している。従来の鍛造工程は各設備単独で生産する為、どうしても中間在庫の無駄が存在した。競争力を確保する為には在庫を極力少なくする事を目指したライン構成が必要である。

それらを解決する為にFig. 3の様に切断から鍛造後の最終仕上げ工程まで、ライン全体を一貫化することを目指した。

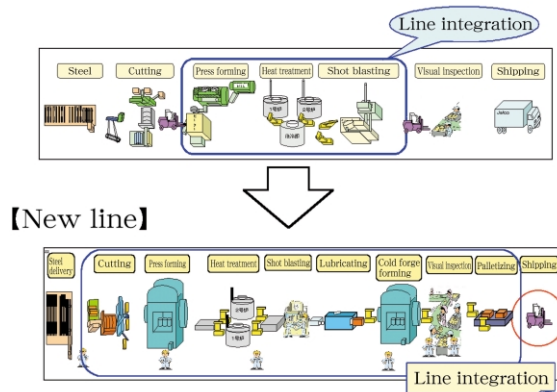


Fig. 3 New integrated forging line

4. ライン新設時の新技術

熱間鍛造成形後、恒温焼鈍炉を経てショットブラストまでの一貫化は既に当社では標準のライン構成であるが、新設ラインは、

『熱間鍛造部』

- ・重量自動測定機能を有した無人切断機採用
- ・長軸押し出し成形に無黒鉛潤滑剤採用
- ・熱間鍛造後製品1ヶ送り装置設置
軸付 (FIX) ・軸無 (SLIDE) プーリの双方
生産対応可能

- ・恒温焼鈍工程に回転式熱風循環方式を採用

『冷間鍛造部』

- ・冷間成形前の表面皮膜処理工程に一液潤滑方式採用
- ・冷間鍛造後に全数目視検査ライン直結
- ・目視後にロボットパレタイズ装置を直結
(人が運搬に介在しないライン)

切断機から熱間鍛造機 + 自熱焼鈍炉を介し、更にその後冷間成形まで直結する一貫工程は、世界で唯一のラインである。

2. Challenges for the Forging Group

The development challenges set for the CVT2 were to reduce the size and weight compared with the previous CK2 unit. Along with reducing the weight, the overall length was to be shortened by 10% to improve vehicle mountability and fuel economy. To meet those challenges, it was necessary to integrate principal pulley parts. Figure 1 shows a cross-sectional view of the CVT along with several forged pulley parts. Figure 2 shows the details of typical examples of the integration of pulley parts.

3. Concept of New Forging Line

Previously, our forging lines capable of producing fixed, shafted pulley halves at JATCO were limited. When the plan for producing the CVT2 was presented, it became necessary to increase our forging facilities.

The fixed pulley halves to be produced require a forge forming process combining hot and cold forging operations. That process is especially needed to form the parking gear tooth shape, which requires high accuracy, on the backside of the outermost part of the sheave face. It was also predicted that the precision nature and heavy weight of the fixed pulley halves might cause problems if they were handled in the conventional manner. The pulley halves might suffer bruises after forging and during transport between processes, and handling them would be a tough job.

JATCO has an integrated production system in the processes from casting/forging to machining and assembly. Production in the forging process is managed in synchronization with the following processes, including the machining operations. Traditionally, each machine in the forging process produced parts independently, which necessitated the wasteful practice of storing forgings temporarily. In order to ensure competitiveness, it was necessary to configure the forging line so as to reduce such stocks as much as possible.

As illustrated in Fig. 3, the new forging line has been entirely integrated from cutting to the final finishing process after forging, with the aim of resolving the issues mentioned above.

4. New Technologies for New Forging Line

Previously, the standard configuration of the company's forging lines was integrated from the hot forge forming process through the constant-temperature annealing furnace to the shot blasting process. The steps taken for the new line include:

(Hot forging section)

- ・ Installation of an unmanned cutting machine with an automatic gravity-based measurement function
- ・ Adoption of an unleaded lubricant for long-shaft extrusion forming
- ・ Installation of a feed device for transferring individual pulley halves following hot forging; this device supports production of both fixed and sliding pulley halves
- ・ Adoption of a rotary hot-air circulating system for the constant-temperature annealing process

5.新技術の一例 ～熱間鍛造用離型剤～

今回のFIXプーリの様なシーブを有した軸付形状は、鍛造加工においては押し出し成形と称され難成形部品に相当する。また、鍛造時の成形条件の中でも潤滑剤は最も重要な存在であり、形状に適した潤滑条件の設定が必要である。特に押し出し成形においては、潤滑条件(種類・塗布条件)が生産性に大きく寄与する為、最適化が重要である。

一方で近年、現場から作業環境改善要望が多く寄せられ、当社で長年軸押し出し成形に使用してきた黒鉛系離型剤等の採用が難しい状況であった。

そこで、スパイクテストと呼ばれる学術的に確立された潤滑剤の評価法を用い、ライン投入前に離型剤の性能評価を検討し、上記2)の様にある程度、型形状を固定した状態で最適な離型剤を選定した。更にニーズが高い無黒鉛系潤滑剤(白色系)の潤滑条件の最適化を試みた。

Fig. 4にスパイクテストの概要を示すが、簡単に言えば金型で成形された材料のスパイク高さで成形荷重で潤滑性の良否を判断するものである。

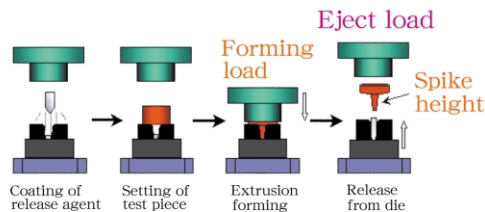


Fig. 4 Outline of spike test

実験条件として従来から軸押し出し成形に使用されている黒鉛系潤滑剤2種類(水溶性黒鉛A、黒鉛系エマルジョンB)及び、水溶性無黒鉛系2種類(従来品C、テスト剤D)を用いてスパイクテストを実施した。細かな試験条件は割愛するが、金型温度は一般的に無黒鉛系潤滑剤の付着量が多いとされている220℃と設定し、希釈には水を使用した。

前方押し出し性の評価結果として、スパイク高さで荷重の関係性をFig. 5に示す。図中の数値は希釈倍率を表し、データはn=3の平均値であるが、水溶性黒鉛Aは黒鉛系エマルジョンBより濃度の違いによるバラツキが小さく、安定した潤滑性を有することがわかった。このことより水溶性黒鉛の方が、濃度のバラツキによる影響が小さく潤滑性が優れているということがいえ、固形状の被膜の方が液状被膜より潤滑性が優れていると考えられる。テスト剤Dは、水溶性黒鉛A・黒鉛エマルジョンBと比べ荷重は大きくなるが、同等のスパイク高さを示す結果となった。従来品Cとテスト剤Dを比較すると、テスト剤Dの方が低荷重でかつスパイク高さも高く潤滑性能が高いことが確認できた。

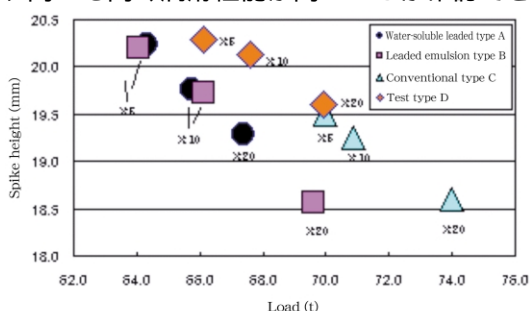


Fig. 5 Relationship between load and spike height in spike tests

(Cold forging section)

- Adoption for a single-fluid lubricant system for the surface coating process before cold forming
- Direct connection to the visual inspection line of all products following cold forging
- Direct connection to a robot palletizer following visual inspection (transport on the line without human intervention)

This line with integrated and directly connected processes from the cutting machine through the hot forge and incandescent annealing furnace to the subsequent cold forge forming process is the only one of its kind anywhere in the world.

5. Example of New Technology : Release Agent for Hot Forging

The fixed, shafted pulley halves with a sheave face are difficult parts to form by extrusion in the forging process. In addition, the lubricating agent used is one of the most important aspects of the forming conditions during forging. It is necessary to set the lubricating conditions to match the shape being formed. In extrusion forming, it is especially important to optimize the lubrication conditions (type and coating condition) because they have a large impact on productivity.

In recent years, there have been strong requests from the shop floor for the improvement of the working environment. That situation made it difficult to adopt the leaded release agent that had been used for many years at JATCO in the extrusion forming process for shafted pulley halves.

Therefore, a spike test, which is a scientifically established method of testing lubricants, was used to evaluate the performance of various release agents before adopting one for the new forging line. The optimum release agent was tested and selected under a condition where the die shape was fixed to a certain extent. Moreover, an attempt was made to optimize the lubrication conditions of an unleaded lubricant (white colored) for which there is a strong need.

Figure 4 shows an outline of the spike test. In simple terms, the lubrication performance of a release agent is judged to be acceptable or unacceptable on the basis of the forming load and the spike height of the material formed by the die.

Spike tests were conducted on two types of leaded lubricants (water-soluble leaded type A and leaded emulsion type B) conventionally used in shafted pulley half extrusion forming and two types of water-soluble unleaded lubricants (conventionally used type C and test lubricant type D). A detailed explanation of the test conditions will be omitted here. The die temperature was set at 220℃, the temperature at which a large quantity of leaded release agent tends to stick to the die, and water was used to dilute the lubricant.

従来から新ラインや新形状部品での鍛造条件出しには何回もの試作を繰り返してきたが、上記の様に事前のラボ実験の結果のみで離型剤選定がスムーズに実施できたのも大きな収穫であった。

6. 事業所と一体となったOEE向上への取り組み

粗形材の設備はもともと単体機自体が大きく、汎用性が高い為、一貫ラインにする為に設備間をつなぐコンベヤやマニプレータは、特定の形状を想定して設置しなければならなかった。また、場所の制約上専用設計となり、特殊な構造を有するものも多かった。更に、各設備の大きさゆえに製造メーカー内での一貫ライントライアルが実施できず、現地での一発立ち上げという方法しか選択肢が無かった。その為、立ち上がり時に搬送関係のトラブルが多発した。

そこで、事業所技術課や型製作課の協力を得てOEE向上プロジェクトを立ち上げた。トップダウンで方策を決定する為に工場長を最高責任者とし、専属スタッフの配置することにより週2回の進捗報告会、及び毎朝のスタッフ会議で生産状況確認を実施し、設備故障対応・チョコ停分析・金型寿命向上・段取り短縮等の改善を実施した。更に工務課の協力によりJatco Mexico立上げ経験者にも会議に同席して頂き、知見を生かした改善方法も積極的に取り入れた。その結果立上げ当初30%台と低迷していたOEEも07年3月末には60%を超えるまでになり、現在も最終目標である75%に向けて活動中である。

7. 金型製作の取り組み

本ラインへの金型供給は型製作課で行っているが、その中で、特にパークギヤー一体ブーリのギヤ部を成形する4工程歯付金型について、5軸マシニングセンタによる高速加工により大幅のコスト削減と製作リードタイムを短縮したため、その事例について紹介する。

8. 5軸マシニングセンタによる高速加工の背景

高速加工は近年によりアルミ合金のような軟質の金属の切削では、以前より広く活用されている。近年の高速加工機械の開発や工具の技術革新により、従来、放電加工で行われていた金型材(焼入鋼)の加工にも適用できるようになった。最近では3軸加工による高速加工は当然のごとく、5軸加工、複合加工により、高付加価値加工が主流になりつつある。本加工では多軸加工による工程集約ではなく、連続した面の仕上レスを目指した高能率多軸加工である。

9. 5軸マシニングセンタによる加工事例

対象となる歯付金型をFig. 6に示す。この金型の特徴は、(i)金型材料がマトリックスハイスを採用しているため高硬度である。(ii)パーク歯形成形の為、非常に高精度である。(iii)ギヤ形状が深彫りである。その三つの理由により金型加工において通常放電加工を用いる。



Fig. 6 Die with a tooth profile

Figure 5 shows the relationship between the spike height and load as one example of the evaluation results for forward extrudability. The numbers in the figure indicate the dilution ratio, and the data are the average values for $n=3$. The water-soluble leaded type A showed stable lubrication performance with less variation due to concentration differences than the leaded emulsion type B. The results indicate that the water-soluble leaded type provided excellent lubrication performance that was little affected by differences in concentration. It is thought that solid film lubricants have better lubrication properties than fluid film lubricants. Test lubricant type D showed a higher load than the water-soluble leaded type A and the leaded emulsion type B, but the spike height was identical. A comparison of the conventionally used type C and the test lubricant type D reveals better lubrication performance for the latter, characterized by a lower load and a higher spike height.

In the past, many tests were conducted repeatedly in determining the forging conditions for a new line or a new product shape. The successful selection of the release agent on the basis of the results of advance laboratory tests alone, as described above, represents a significant accomplishment.

6. Joint Efforts with Manufacturing Department to Improve OEE

The facilities for forgings/castings were originally large stand-alone machines with high universality. To incorporate them into one integrated line, it was necessary to install conveyors or manipulators, designed to handle specific shapes, in order to link the machines. Because of space limitations, dedicated facilities with a special structure were often used. In addition, owing to the size of the facilities, it was not possible to conduct integrated line trials at the equipment manufacturer. The only option available was to conduct a single trial launch on the shop floor. As a result, there were often many problems with the material handling equipment at the time of the launch.

To avoid those problems, a project was initiated to improve overall equipment effectiveness (OEE) in cooperation with the Process Engineering Section of the Manufacturing Department and the Die Making Section. The general manager was made the project leader in order to have a top-down decision-making process, and a specialized project team was formed. Meetings were held twice a week to report on progress, and the production status was confirmed at morning staff meetings every day. Measures were implemented to deal with equipment breakdowns, analyze the causes of brief line stoppages, improve die life and shorten setup time, among other improvements. In addition, persons with experience in the production launch at JATCO Mexico also attended the meetings through the cooperation of the Plant Engineering Section. Their knowledge was also actively utilized in making various improvements. As a result of these activities, OEE was boosted to more than 60% by the end of March 2007, compared with a low level of around 30% initially at the time production was launched. Efforts are still under way at present to attain our ultimate goal of 75% OEE.

10.5軸マシニングセンタの採用理由

このプリー歯付金型を放電加工から直彫加工(切削加工)に変更するにあたり、大きな課題がある。直彫加工で重要になってくる条件の一つとして、切削工具の突き出し量があげられる。切削工具の突き出し量が多い場合、加工時に曲げ応力が掛かり、ビブリの発生原因となり、更には工具破損に至る。切削工具のたわみ量の式をFig. 7に示す。

$$\text{Tool deflection } \delta = \frac{64 \times P \times L^3}{3 \times E \times \pi \times D^4} \quad E = \text{Young's modulus}$$

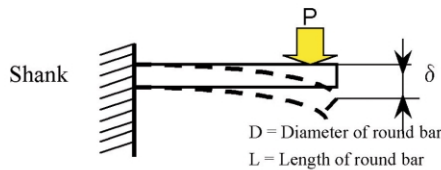


Fig. 7 Tool deflection

たわみ量を小さくする為の重要な要素は、工具径Dと工具長Lである。工具径Dはできるだけ大きく、工具の突き出し量Lは小さくする。つまり突き出し量比率(L/D)を小さくすることである。このL/Dを小さくすることが高速直彫加工のポイントである。また、工具径Dは金型形状で制限される為、最終的には突き出し量Lを最小限にすることが重要である。

この突き出し量の課題を解決する為に、5軸マシニングセンタを採用した (Fig. 8)



Fig. 8 Scene of 5-axis machining

5軸加工を採用することで工具保持具の干渉を避け、工具突き出し量を減らすことができた。Fig. 9の通り、3軸加工の場合、L/D=24であったのが、5軸加工の場合L/D=7となり、切削送りを落とさず高速加工が可能となった。

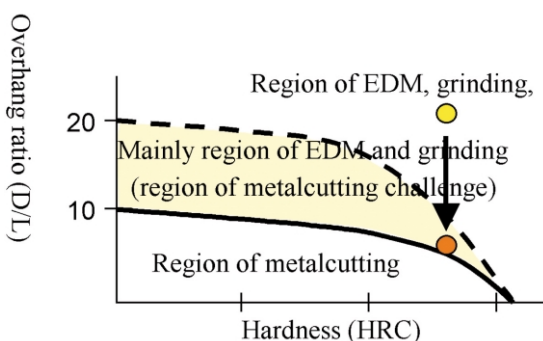


Fig. 9 Regions of metalcutting and EDM

7. Die Making Activities

The Die Making Section supplies the dies for the new forging line. A 5-axis machining center was installed to perform the four operations for producing the toothed die that forms the gear portion of the integrated parking gear and fixed pulley half. The following sections describe the substantial cost reductions and shorter lead time obtained with this machining center thanks to its high-speed machining performance.

8. Background Behind High-speed Machining with the 5-axis Machining Center

High-speed machining has been used more widely in recent years for cutting soft metals such as aluminum alloys. As a result of the development of high-speed machining centers and technological innovations in cutting tools in recent years, high-speed machining is also being applied to die materials such as hardened steel, which was previously processed by electrical discharge machining (EDM). Just as high-speed 3-axis machining is taken for granted today, high added-value machining using 5-axis or combined machining processes is becoming the mainstream these days. This type of machining is aimed at achieving high-efficiency, multiple-axis machining of continuous surfaces without any finishing process, rather than simply concentrating operations through multiple-axis machining.

9. Machining Example using the 5-axis Machining Center

Figure 6 shows the toothed die that is machined on the 5-axis machining center. This die has the following characteristics: (1) the die material has a high level of hardness because of its high-speed steel matrix; (2) it requires exceptionally high accuracy for forming the parking gear teeth; (3) the gear shape has deep cavities. For these three reasons, the die is generally machined by EDM.

10. Adoption reason of a 5-axis Machining Center

A major challenge had to be met in changing the machining process of this toothed pulley die from EDM to direct machining in a metalcutting process. An important condition of direct machining is tool overhang (i.e., the length a tool extends from its holder). Long tool overhang can give rise to chatter vibration when bending stress is applied to the tool during machining. It can also lead to tool breakage. Figure 7 shows the equation for calculating the amount of tool deflection.

The key elements for reducing tool deflection are the tool diameter D and tool length L. The tool diameter D should be made as large as possible and the tool overhang length L should be made as short as possible so as to reduce the tool overhang ratio (D/L). Reducing this D/L ratio is the key to high-speed direct machining. Since the tool diameter D is restricted by the die shape, minimizing the overhang length L is ultimately the key point.

The 5-axis machining center (Fig. 8) was adopted to resolve this tool overhang issue. Using 5-axis machining avoids interference with the tool holder and makes it possible to reduce the amount of tool overhang. As shown in Fig. 9, the L/D ratio was 24 with the previous 3-axis machining process, but it was reduced to 7 by adopting 5-axis machining. That facilitates high-speed 5-axis machining without reducing the feed rate.

11. 高精度5軸マシニングセンタの開発

この歯付金型は高精度な加工が必要なため、従来の横型5軸機では精度が確保できない。そのため工作機械メーカーとB・C軸の立型高精度機を開発した。この機械により $\pm 10\mu\text{m}$ 以下の高精度を維持することを可能にした。その他、CBN工具の採用による寸法の安定化、機内自動測定による検査工数の削減も取り入れた。

その結果、5軸マシニングセンタによる高速直彫加工により、従来より金型コスト 56%、金型リードタイムは放電加工と比較して 67%となった。

12. おわりに

最後に、本一貫ラインの計画から設備導入に至るまで多大な尽力を頂いた成形技術部や第2技術課の新4000トンプロジェクトメンバーならびに鍛造課に深く感謝の意を表すると共に、5軸加工の立上げに際して、5軸NCプログラム、切削加工条件、圧入条件等の確立の為に、知恵と努力を結集して頂いた型製作課技能者・スタッフへも厚くお礼を申し上げます。

なお、本稿のCVT2プーリラインは、熱間成形時に必要な潤滑剤を無鉛化にし環境改善に努め、一貫ライン化を実現したことが評価され、日本塑性加工学会東海支部より 06年度の技術賞を受賞した。

11. Development of a High-accuracy 5-axis Machining Center

The previous 5-axis horizontal machining center could not provide the high-accuracy machining required for the toothed die. Therefore, a high-accuracy vertical machining center with B and C axes was developed together with the machine tool manufacturer. This new machine maintains high accuracy to within $\pm 10\mu\text{m}$. In addition, the use of CBN tools ensures dimensional stability, and the incorporation of automatic measurement capability in the machining center also reduces inspection man-hours.

As a result of the high-speed direct machining achieved with this 5-axis machining center, the die cost has been reduced by 56% compared with the previous level, and the die manufacturing lead time has been shortened by 67% compared with the EDM process.

12. Concluding remarks

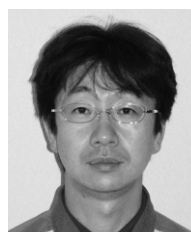
Finally, the authors would like to thank the members of the new 4,000-ton forging line project in the Material Processing Engineering Department and Engineering Section No. 2 as well as the Forging Section for their tremendous cooperation from the planning stage to the installation of the new integrated forging line. Thanks are also due the engineers and staff of the Die Making Section for their valuable advice and efforts in connection with the establishment of the NC 5-axis machining program, machining conditions and press-fitting conditions at the time 5-axis machining was launched.

It should be noted that the CVT2 pulley forging line described here received a Technology Award in fiscal 2006 given by the Tokai Chapter of the Japan Society of Technology for Plasticity. The award was given in recognition of the establishment of this integrated forging line and the efforts made to improve the environment by adopting an unleaded lubricant in the hot forge forming process.

Authors



Naoki KATO



Kazuhiro MARUMOTO

CVTプーリへの熱処理シミュレーション適用

Application of Quenching Simulation for CVT Pulleys

谷口 光一*
Koichi TANIGUCHI

梅垣 俊造*
Shunzou UMEGAKI

上野 完治*
Kanji UENO

抄 録 CVTの重要構成部品であるプーリの熱処理変形に対して、熱処理シミュレーションの適用に取り組んでいる。今回熱処理実験により確認した温度測定結果と焼入れ油の挙動から、軸曲がり予測モデルを作成し、軸曲がりの視点からプーリの熱処理条件を事前に検討できるようにした。

Summary A quenching simulation is applied to predict the heat-treatment (HT) distortion induced in the pulleys that are key components of CVTs. A simulation model for predicting pulley shaft bending was created from measured temperature results and quenching oil behavior confirmed in HT experiments conducted in this study. This simulation model now enables advance studies of HT conditions from the standpoint of shaft bending distortion.

1. 緒言

近年CO₂排出量の削減や燃費改善の要求が高まり、自動変速機においても従来の有段変速機からCVTへの移行が進んでいる。

このCVTの主要構成部品であるプーリは軸部と傘部からなり、浸炭熱処理工程における軸部の曲がりが課題となっている。

他方、近年のIT技術の進歩に伴い、有限要素法（以下FEMと記す）による熱処理変形の予測が可能となり、従来の試作・実験から、シミュレーションによるバーチャル試作への置き換えを図るべく、開発が進められている。

今回は、熱処理シミュレーションによる軸曲がりの予測について、これまで進めてきた内容を報告する。

2. 熱処理シミュレーション

CVTプーリや歯車等、浸炭焼入れ部品の生産工程は、鍛造 機械加工 浸炭焼入れ 仕上げ加工となっている。この浸炭焼入れ工程での変形が今回のシミュレーションの対象となる。

熱処理シミュレーションによる変形計算のステップを簡単に説明すると以下ようになる⁽¹⁾。

Step1：鋼材、熱処理油の熱伝導率と部品形状から焼入れ過程の冷却速度を計算する。

Step2：冷却速度から組織変態と硬さを計算する。

Step3：冷却速度から熱収縮量を、組織変態から膨張量を計算して全体の変形を計算する。

このように熱処理シミュレーションにおいては、焼入れ過程における熱収縮と、組織変態に伴う膨張から熱処理変形を計算しているので、組織変態による膨張率等の鋼材物性値と、冷却速度を決定する焼入れ媒体と鋼材間の熱伝達率、焼入れ過程を正しく再現できるFEMモデルの領域分割、この3項目の設定が必須となる。

1. Introduction

Automatic transmissions are changing from conventional stepped gearboxes to continuously variable transmissions (CVTs), as a result of the heightened demands in recent years for the reduction of CO₂ emissions and improvement of fuel economy.

The pulleys that are key components of CVTs consist of a shaft and two hubs. Bending of the pulley shaft is an issue that occurs in the carburizing HT process.

As a result of advances in information technology (IT) in recent years, it is now possible to predict HT distortion by the finite element method (FEM). Development work has been under way to replace conventional prototyping and testing processes with virtual prototyping based on the use of simulations.

This article describes the progress made to date in using HT simulations to predict pulley shaft bending.

2. HT simulations

The production process for carburized and quenched parts, such as CVT pulleys and gears, comprises the operations of forging, machining, carburizing, quenching and finish machining. Distortion that occurs in the carburizing and quenching process is the target of the simulation described here.

The steps involved in a HT simulation for calculating distortion can be briefly explained as follows⁽¹⁾:

Step 1 : Calculate the cooling rate in the quenching process based on the part geometry and the thermal conductivity of the steel material and quenching oil.

Step 2 : Calculate the structural transformation and hardness from the cooling rate.

Step 3 : Calculate the overall distortion by calculating the amount of thermal contraction from the cooling rate and the amount of expansion from the structural transformation.

* 要素技術開発室
Advanced Technology Development Department

2.1. 鋼材物性値

Table1に、熱処理シミュレーションに必要な鋼材物性に関する項目を示す。

これらの物性値に関しては、近年官民共同で熱処理シミュレーションの実用化を目的として行なわれたVHTプロジェクト(Virtual Heat Treatment tool for monitoring and optimizing HT processes)にて、鋼軸焼入れ時の歪を計算した際の鋼材物性値⁽²⁾を用いている。VHTプロジェクトでは、SCr420Hの鋼材物性値、熱伝達率、境界条件、実験結果、計算結果など、計算に必要な最新の値が全て公開されているので、プーリの計算に利用する。

Table 1 Material properties

Strain/Stress	<ul style="list-style-type: none"> • Young's modulus • Poisson's ratio • Stress-strain curve • Transformation dilatation • Transformation plasticity coefficient • Linear thermal expansion coefficient
Temperature	<ul style="list-style-type: none"> • Heat conductivity • Specific heat • Density
Metallic structures	<ul style="list-style-type: none"> • TTT curve • CCT curve

2.2. 熱伝達率

一般的に焼入れ油の熱伝達率は、熱電対を用いて測定した温度変化曲線から得られるものであり、本研究ではプーリの焼入れ実験を実施して温度変化曲線を測定し、熱伝達率を算出した。

Fig.1に油の温度変化曲線の測定例を示す⁽³⁾。高温側から蒸気膜段階(A) 沸騰段階(B) 対流段階(C)の3段階の過程を持ち、点Dの蒸気膜段階 沸騰段階の移行に伴い曲線の傾きが大きく変化している。

なお、この点Dの温度は焼入れ油の性能を表す数値の一つで、焼入れ油の特性温度と呼ばれている。

この特性温度を境として沸騰段階に移行し、沸騰段階では部品が急冷されることで、熱収縮や変態膨張の進行が早まり、部品の変寸も増大する。沸騰段階への移行が焼入れ部品内で不均一になると、冷却に部品内で差が生じ、変寸量の差は軸物部品の場合は曲がりに繋がる。

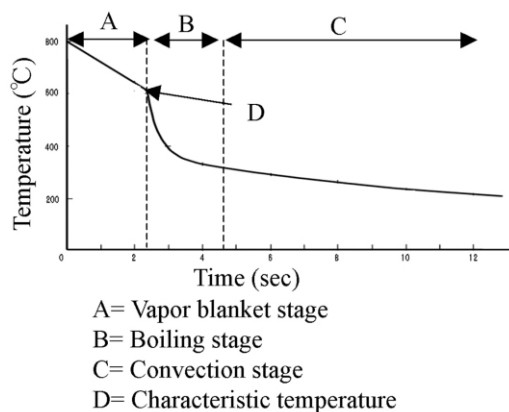


Fig. 1 Cooling Curve of Quenching Oil

As this explanation indicates, HT distortion is calculated in a HT simulation from the thermal contraction that occurs in the quenching process and from the expansion that occurs accompanying structural transformation. Therefore, it is necessary to define suitable values with respect to three aspects: (1) the material properties of steel, including the expansion rate due to structural transformation, (2) the thermal conductivity between the quenching medium and steel, which determines the cooling rate, and (3) the domain divisions of the FEM model for reproducing the quenching process accurately.

2.1. Material properties of steel

Table 1 lists the material properties of steel that are needed for conducting a HT simulation. The values applied for these material properties in this study were the ones used in the VHT project⁽²⁾ to calculate the distortion induced in a steel shaft by the quenching process. The VHT (Virtual Heat Treatment tool for monitoring and optimizing HT processes) project was a joint effort by the public and private sectors to develop HT simulations. Since the latest values needed for the calculations were all made public by the VHT project, those values were used in this study to calculate pulley shaft distortion. The values included the material properties of SCr420H steel, thermal conductivity, boundary conditions and the experimental and calculated results, among other data.

2.2. Thermal conductivity

The thermal conductivity of the quenching oil is generally obtained from a cooling curve showing the change in oil temperature measured with a thermocouple. In this study, the thermal conductivity was calculated from the cooling curve that was measured in a pulley quenching experiment.

Figure 1 shows a typical example of a cooling curve measured for the quenching oil.⁽³⁾ The process has a series of three sequential stages from the high temperature side: (A) the vapor blanket stage, (B) boiling stage and (3) convection stage. The slope of the cooling curve changes sharply at point D, accompanying the transition from the vapor blanket stage to the boiling stage.

The temperature at point D is called the characteristic temperature of the quenching oil and is one value that expresses the oil's performance. This characteristic temperature marks the transition to the boiling stage, in which the part cools rapidly, thermal contraction and transformational expansion take place faster, and the part undergoes greater dimensional changes. If the transition to the boiling stage occurs nonuniformly in a quenched part, differences will develop in the part during cooling. In the case of pulley shafts, differences in dimensional changes can lead to shaft bending.

2.3. FEMモデル領域分割

FEMモデルの設定においては、焼入れ時の冷却状況を詳細に把握する必要がある。今回はプーリ各部に熱電対を取り付けて焼入れ実験を行い、外部からの撮影が可能な油槽を用いて、蒸気膜崩壊の観察と温度変化の測定を行なった。

熱伝達率の項で述べたように、CVTプーリ軸部で沸騰段階への移行にバラツキが生じることが、焼入れ時の曲がりの原因と予想される。

そこで今回は焼入れ実験の状況をビデオ撮影し、画像から部品表面の沸騰段階への移行状況を把握し、FEMモデルの領域分割を決定する事とした。

2.4. 計算手法について

今回のシミュレーションに当たり、FEMメッシュ形状は軸対象とし、鋼材の膨張収縮条件や変態特性は部品内ですべて均一として計算する。

なお、焼入れ過程で生じる熱応力と相変態により生じる応力は考慮しているが、塑性加工時の残留応力による変形や、高温保持時のクリープ変形の計算は、熱処理ソフトウェアに計算機能が無い為、今回は考慮しない。

3. 焼入れ実験

3.1. 実験内容

焼入れ時の蒸気膜崩壊と温度変化を観察するため、焼入れ実験を行った。実験においては、通常のプーリでは実験装置での加熱・焼入れが困難なので、実験・測定用に加工したプーリを用いる。

Fig. 2にプーリの形状と熱電対の取り付け位置(◇)を示す。プーリは長さ130mmに切断した。温度変化を測定する為に、プーリには直径1.6mmの熱電対をShaft Top, Shaft Bottom, Sheave各部に2箇所、計6箇所、左右対称に取り付ける。

実験炉(直径=100mm 長さ=200mm, Ar雰囲気)にて1143Kで1H加熱後、油温313KのJIS1号1種焼入れ油(出光興産製)の入った油槽(200mm立方体)にて焼入れを行なう。油槽の1面は耐熱ガラス製で内部の観察を可能とし、焼入れ時の蒸気膜崩壊挙動をデジタルビデオカメラで撮影する。焼入れ実験の際、油槽内の焼入れ油は静止状態とし、焼入れ中に攪拌は行わず、熱対流による油槽内の流れが外部からの影響で乱れないよう考慮する。

実験プーリの油槽内への投入・保持に当たっては、Sheave側を上にしてプーリの軸を垂直に保ち、熱対流によるプーリ周りの流れが、軸が傾いた影響で乱れないよう考慮する。

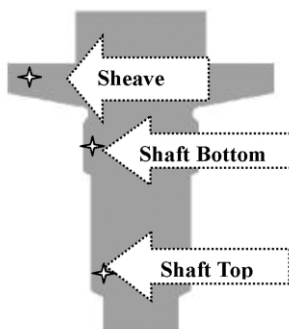


Fig. 2 Test Pulley

2.3. Domain divisions of FEM model

In order to define the FEM model, it is necessary to ascertain the cooling condition in detail during the quenching process. In this study, we conducted quenching experiments in which thermocouples were attached to different parts of the pulley in order to measure the change in temperature. An oil bath that allowed photographing from the outside was used to observe the collapse of the vapor blanket.

As mentioned in the preceding section, variation within the CVT pulley shaft in the transition to the boiling stage is assumed to be the cause of bending during the quenching process. Therefore, we used a video camera to photograph the conditions during the quenching experiments. From the images, we ascertained the surface conditions of the test part at the time of the transition to the boiling stage. That information was used to determine the domain divisions of the FEM model.

2.4. Calculation method

The configuration of the FEM mesh used in the simulations was targeted at the pulley shaft. In the calculations, the expansion/contraction conditions and transformation characteristics of the steel material were all assumed to be uniform in the test pulley.

The thermal stress that occurs in the quenching process and the stress induced by phase transformations were considered in the calculations. However, deformation due to residual stress in the plastic forming process and creep deformation induced during holding at high temperature were not calculated because the HT software used did not have a function for performing such calculations.

3. Quenching Experiments

3.1. Description of experiments

Quenching experiments were performed to observe the collapse of the vapor blanket and to measure temperature changes during the quenching process. Pulleys that had been specifically machined for measurement purposes were used in the experiments because it would have been difficult to heat and quench ordinary CVT pulleys in the experimental apparatus.

Figure 2 shows the shape of a test pulley and the locations (◇) of the thermocouples. Test pulleys were cut to a length of 130 mm. To measure temperature changes, thermocouples 1.6 mm in diameter were attached at six locations, two each at the shaft top, shaft bottom and sheave, and with lateral symmetry.

A test pulley was heated at 1143 K for 1 hr. in an Ar atmosphere in a test furnace that measured 100 mm in diameter and 200 mm in length. The pulley was then quenched in a cubical oil bath (measuring 200 mm on one side) containing JIS1 No. 1 quenching oil (Idemitsu Kosan Co., Ltd.) at a temperature of 313 K. One side of the oil bath was made of heat-resistant glass to enable observation of the interior. The collapse behavior of the vapor blanket during quenching was photographed with a digital video camera. The quenching oil in the oil bath was in a quiescent condition during the quenching experiment. The

3.2. 実験結果

Fig.3に今回の実験により得られた冷却曲線を示す。Shaft Top(赤線), Shaft Bottom(黒線), Sheave(青線)いずれの測定点でも温度差が生じている。特に顕著な温度差が確認されるで囲った部分は、蒸気膜段階から沸騰段階への移行点(Fig.1におけるD)と推測される。

また, Shaft Top部と, Sheave部やShaft Bottom部を比較すると, Shaft Top部の方が沸騰段階への移行温度(特性温度)が高い。

Fig.4に焼入れ実験により確認した, 試験用プーリの蒸気膜崩壊状況を示す。

図中の点線は蒸気膜段階と沸騰段階の境界を示し, 矢印の向きは崩壊の進行方向を, は崩壊の起点を示す。画像は焼入れ開始から30秒後のShaft Bottom部の拡大図であり, 焼入れ開始から28秒後に左下の起点()から崩壊が斜め上方向に生じ, 32秒後に終了する。Fig.3でShaft Bottom部の冷却曲線を見ると, 画像を撮影した時点(焼入れ開始30秒後)での, 冷却曲線の傾きが変化しており, 冷却曲線からも沸騰段階への移行が確認される。

このように, 焼入れ実験の結果, プーリの左右に温度差が生じる事, 特性温度の近傍で左右の温度差が拡大する事, この2点が確認された。

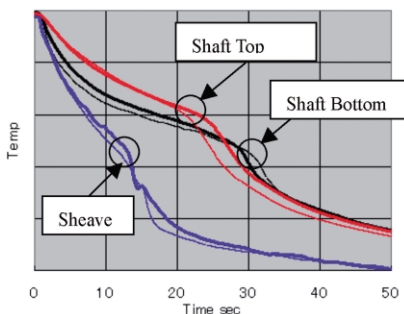


Fig. 3 Pulley Cooling Curve

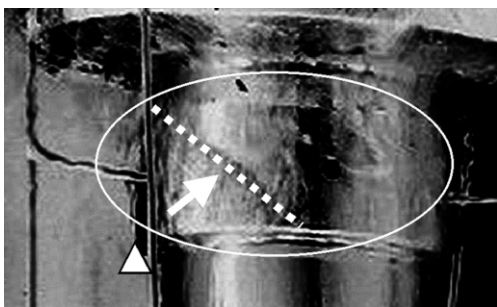


Fig. 4 Pulley Shaft Vapor Blanket Collapse after of 30 Seconds

4. シミュレーション入力条件

Fig. 4の楕円で囲った実験でのプーリ軸部蒸気膜崩壊状況を, 模式図で簡素化して示すとFig. 5となる。

Fig. 5においても, Fig. 4と同様に矢印の向きは崩壊の進行方向を, は崩壊の起点を示す事とし, Fig. 5の白や灰色の部分は沸騰段階が早く始まる領域, 黒は蒸気膜段階が長く維持される領域を表している。

oil was not agitated during the quenching process and care was taken to prevent external effects from disturbing the in-bath flow produced by thermal convection.

A test pulley was put into the oil bath and held so that the sheave side was at the top and the pulley shaft was kept perpendicular. Care was taken to prevent the tilting of the shaft from disturbing the flow around the pulley due to thermal convection.

3.2. Experimental results

Figure 3 shows typical cooling curves obtained in the experiments. The measurement points of the shaft top (red curve), shaft bottom (black curve) and sheave (blue curve) all show temperature differences. The circled regions where especially pronounced temperature differences are seen are estimated to be the transition point (point D in Fig. 1) from the vapor blanket stage to the boiling stage. A comparison of the shaft top, sheave and shaft bottom portions indicates that the characteristic temperature of the shaft top at the transition to the boiling stage was higher.

Figure 4 shows the condition of the vapor blanket collapse observed for a test pulley in a quenching experiment. The dashed line in the figure is the boundary between the vapor blanket stage and the boiling stage. The direction of the arrow shows the progression of the collapse and the open triangle () is the origin of the collapse. The image is an enlarged view of the shaft bottom portion 30 sec. after the onset of quenching. The collapse began in an oblique upward direction from the origin () at the bottom left at 28 sec. after the onset of quenching and was completed at 32 sec.

In Fig. 3, the slope of the cooling curve of the shaft bottom changes at the photographed point (i.e., 30 sec. after the onset of quenching), which is also an indication of the transition to the boiling stage.

The foregoing quenching experiment results thus confirmed two points: (1) lateral temperature differences occur in CVT pulleys and (2) the lateral temperature differences become larger in the vicinity of the characteristic temperature.

4. Simulation Input Conditions

Figure 5 is a simple schematic diagram of the vapor blanket collapse condition at the portion of the pulley shaft enclosed in the oval in the experimental results shown in Fig. 4. As in Fig. 4, the direction of the arrow in Fig. 5 indicates the progression of the collapse and the is the collapse origin. The white and gray portions in Fig. 5 are the regions where the boiling stage begins earlier, and the black portion is the region where the vapor blanket stage is maintained longer.

The experimental results indicated that the vapor blanket collapse proceeded in an oblique upward direction. It would be difficult to input that phenomenon directly into the software as a calculation condition. It was necessary to replace that phenomenon with a shape that could be calculated by the simulation software.

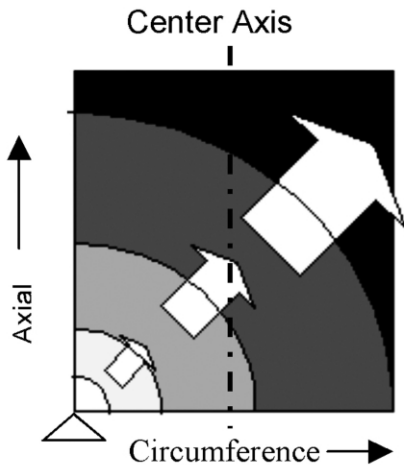


Fig. 5 Pulley Shaft Vapor Blanket Collapse

実験では起点から斜め上方向に崩壊が進行するが、この現象を直接ソフトウェアに計算条件として入力する事は困難であり、シミュレーションソフトが計算可能な形に現象を置き換える必要がある。

Fig. 6に蒸気膜崩壊を計算する為に、Fig. 4と5で示した斜め上方向の蒸気膜崩壊現象を、計算のために置き換えたモデルを示す。斜め上方向への蒸気膜崩壊現象を左右2分割に置き換え、灰色の部分で先行崩壊域 (First collapse side)、黒の部分で後崩壊域 (Late collapse side) とする。矢印と はFig. 5と同じく崩壊方向と起点を示す。

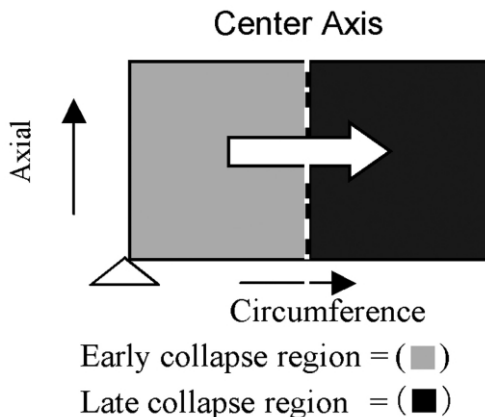


Fig. 6 Boundary Condition

Fig. 7にCVTプーリー全体のシミュレーションモデルを示す。実験結果から焼入れ中の蒸気膜崩壊は段差部分を起点として発生する事が確認された為、Shaft Top、とShaft Bottomは段差部分で分割し、Sheaveを含めてモデルは6分割とした。さらに実験結果から確認した、左右の崩壊差が少ない領域4箇所 () と合わせて、全体では10分割となる。蒸気膜崩壊は灰色 () から黒 () の向きに進行する形となる。

Fig. 7のモデルは、Shaft Top, Shaft Bottom, Sheaveのいずれも左から右の向きに崩壊が進む場合を想定している。このモデルをモデルAとする。

Fig. 8に崩壊のばらつきを考慮したモデルを示す。右側をモデルBとし、左側はモデルCとする。

Figure 6 shows the calculation model that was substituted for the oblique upward progression of the vapor blanket collapse shown in Figs. 4 and 5 in order to calculate the collapse phenomenon. The oblique upward progression of the vapor blanket collapse was replaced with a model divided into two parts laterally. The gray portion represents the early collapse region and the black portion is the late collapse region. The arrow and the show the direction and origin of the collapse, the same as in Fig. 5.

The simulation model for the entire CVT pulley is shown in Fig. 7. It was observed in the experimental results that the vapor blanket collapse in the quenching process originated at a level difference in the shaft. Therefore, the shaft top and shaft bottom were divided at the level difference, and the model was divided into six parts, including the sheave. The experimental results also showed that there were four regions () of little difference in the collapse condition laterally, making a total of ten divisions altogether. The collapse of the vapor blanket proceeds from the gray area () in the direction of the black area ().

The model in Fig. 7 assumes that the collapse proceeds from left to right for the shaft top, shaft bottom and sheave. This model is designated as model A.

Figure 8 shows two models that take into account variation in the vapor blanket collapse. The right-hand model is designated as model B and left-hand model as model C.

As one example, Fig. 9 shows the cooling conditions applied to the shaft top in models A, B and C. The boiling stage began from 923 K for the early collapse region and from 903 K for the late collapse region. The onset temperature of the boiling stage (i.e., characteristic temperature) was found from the experimental results and input into the simulation models.

Table 2 shows the characteristic temperatures of the quenching oil used in the simulations. The characteristic temperatures set for the top, bottom, right and left sides of the pulley were determined from the quenching experiment results.

For the regions of uniform collapse laterally, the average temperature (888 K) of the shaft top, shaft bottom and sheave was used in the simulations.

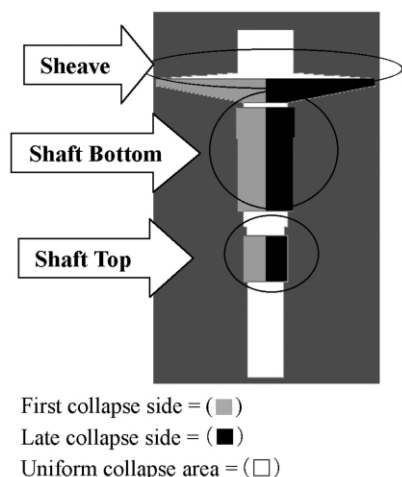


Fig. 7 Simulation boundary condition (Model-A)



Right = ModelB Left = ModelC
Fig. 8 Boundary Condition

Fig. 9に例としてモデルA,B,CのShaft Top部に適用した冷却条件を示す．先行崩壊域は923Kから沸騰段階が始まり，後崩壊域は903Kから沸騰段階が始まる．

沸騰段階の開始温度（＝特性温度）は実験結果から求めた値を入力する．

Table 2に今回入力する焼入れ油の特性温度を示す．焼入れ実験結果より，プーリの上下左右の特性温度を設定する．

なお，左右均等に崩壊する部分は，Shaft Top部とShaft Bottom& Sheave部の平均値 888Kを入力する．

Table 2 Quenching Oil Input Data

	Characteristic temperature
Shaft Top	923K & 903K
Shaft Bottom & Sheave	873K & 853K
Average	888K

5. 解析結果

Fig. 10にプーリ軸曲がりを示す．生産工程の実測の平均を黒，測定値の上下限を灰色，今回の計算はモデルA，B，Cをそれぞれ青，赤，黄で示す．

曲がり量で比較すると，実測の平均値と計算値はモデルAが最も良い一致を示している．また，変形パターンの比較でも，実測の平均値と計算値はともに，Shaft TopとShaft Bottom および Shaft BottomとSheaveの境界で曲がりが生じており，曲がり量と同様に良い一致を示している．

この結果から，今回焼入れ時の変態応力と熱応力を計算できるソフトを用い，計算モデルを10分割し，各分割面に適切な冷却条件を与えることで，軸曲がりを再現させる手法は，プーリの軸曲がり予測においては適切と考えられる．

またモデルBとCの結果と比較して，モデルAは実際の変形を再現しており，実際の量産工程においてもモデルAに近い形で崩壊する場合が多いと考えられる．

焼入れ槽の攪拌等，量産炉による焼入れとは異なる点があるが，今回の解析手法と測定データが，プーリ軸曲がりの計算を行なう上で，有効に活用できる事と示していると考えられる．

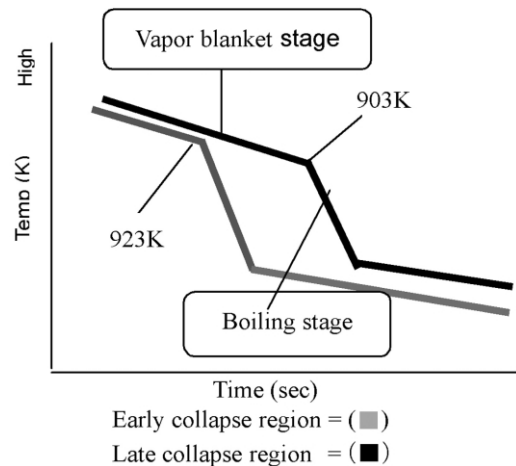


Fig. 9 Cooling Curves for shaft Top

5. Simulation Results

Figure 10 shows the calculated and experimental results for pulley shaft bending. The black curve is the average shaft bending measured in the production process, and the gray area indicates the measured upper and lower limits. The blue, red and yellow curves are the results calculated with models A, B and C, respectively.

A comparison of the amount of shaft bending shows that the values calculated with model A agree the best with the average experimental data. Additionally, a comparison of the bending distortion pattern indicates that both the average experimental results and the calculated values show the occurrence of bending at the interface between the shaft top and shaft bottom and at the interface between the shaft bottom and the sheave. Similar to the results for the amount of bending, the experimental and calculated values are in good agreement.

These results suggest that the method used in this study to reproduce shaft bending is applicable to predictions of CVT pulley shaft bending. This method involves the use of software capable of calculating the transformational stress and thermal stress that occur during quenching. The calculation model used is divided into ten domains, and an appropriate cooling condition is given at each domain face.

Furthermore a comparison with the results calculated with models B and C show that model A best reproduces the actual shaft bending distortion. It is inferred that the vapor blanket often collapses in a form similar to that of model A in the actual mass production process.

Some points in the simulations differed from the actual quenching process using a mass-production furnace, such as the absence of agitation in the quenching oil bath. Nonetheless, the results suggest that the simulation method described here and measured data can be used effectively in performing calculations of pulley shaft bending.

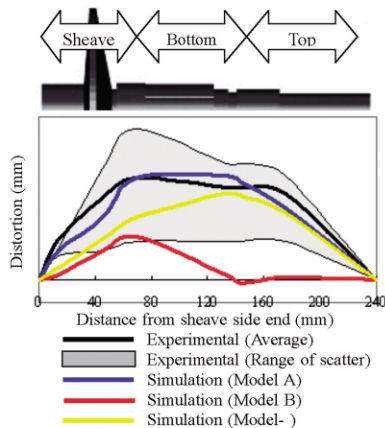


Fig. 10 Pulley bending distortion

6. 結言

CVTプーリの焼入れ過程で生じる軸曲がりに対し、シミュレーションによる再現に取り組んだ結果を示す。

- ・実炉の焼入れ過程を直接調査できない状況でも、実験炉を用いて得られた試験データの活用により、実際の曲がりと同等の結果をシミュレーションにより再現できるようになった。
- ・熱処理シミュレーションの条件入力にあたっては、部品の温度測定結果に加えて、蒸気膜崩壊の観察結果が焼入れ時の状況を把握する上で有効とわかった。今後は歪み・変形を低減できる熱処理条件や形状の提案にシミュレーションを活用し、プーリ熱処理変形の抑制を図っていきたい。また、歯車等他の熱処理部品への適用拡大を図りたい。

謝辞

プーリ焼入れ実験の実施にあたっては宇都宮大学・奈良崎准教授、小河原技官に多大なご協力をいただいた。また、実験用プーリの加工においては型製作課、熱処理全般についてユニット技術部の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- (1) 井上達雄，熱処理，pp304-311，(2002)。
- (2) 井上達雄，第60回日本熱処理協会講演概要集，pp59-68，(2004)。
- (3) 市谷克美，熱処理，pp341-345，(2002)。
- (4) 谷口光一，梅垣俊造，上野完治，第62回日本熱処理協会講演概要集，pp41-42，(2006)。
- (5) K. TANIGUCHI, K. UENO and T. SATO, Application of Quenching Simulation for Automatic Transmission Parts, Proceedings of International Conference Heat Treatment & Surface Engineering in Automotive Applications, Italy (2005)。

6. Conclusion

This article has presented the results of a study to reproduce by simulation the shaft bending that occurs in the CVT pulley quenching process.

- Even though the quenching process in an actual mass-production furnace cannot be investigated directly, it is now possible to use experimental data obtained with an actual furnace in performing simulations that accurately replicate real shaft bending.
- It was found that that observations of vapor blanket collapse, in addition to the temperature data measured for test pulleys, are effective in ascertaining the quenching circumstances. That information is important when inputting the conditions into the simulation model.

In future work, we intend to use simulations to propose HT conditions and part shapes for reducing strain and distortion, in an effort to suppress pulley shaft HT distortion. We also want to expand the application of HT simulations to other heat-treated parts such as gears.

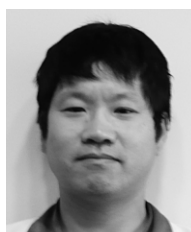
Acknowledgments

The authors would like to thank Associate Professor Michiharu Narasaki and Technical officer Minoru Okawahara of Utsunomiya University for their valuable cooperation with the pulley quenching experiments. We also acknowledge with gratitude the help of the Die Making Section in machining the test pulleys and the cooperation of the Unit Production Engineering Department with regard to the quenching process in general.

References

- (1) T. Inoue, *Journal of the Japan Society for Heat Treatment*, pp. 304-311 (2002) (in Japanese).
- (2) T. Inoue, *Abstracts of the 60th Lecture Series of the Japan Society for Heat Treatment*, pp. 59-68 (2004) (in Japanese).
- (3) K. Ichitani, *Journal of the Japan Society for Heat Treatment*, pp. 341-345 (2002) (in Japanese).
- (4) K. Taniguchi, S. Umegaki and K. Ueno, *Abstracts of the 62nd Lecture Series of the Japan Society for Heat Treatment*, pp. 41-42 (2006) (in Japanese).

Authors



Koichi TANIGUCHI



Shunzou UMEGAKI



Kanji UENO

省燃費ATF EJ-1の開発

Development of Fuel-efficient EJ-1 Automatic Transmission Fluid

杉山 貴広*
Takahiro SUGIYAMA

前田 誠**
Makoto MAEDA

荒川 慶江**
Yoshie ARAKAWA

抄 録 攪拌抵抗や引き摺り抵抗の低減による燃費向上を目的とした省燃費ATFを開発した。開発した省燃費ATFは、低粘度でありながら基油、粘度指数向上剤を工夫することにより従来スリップロックアップ対応ATFとの互換性を持たせたことを特徴としている。ここでは、本油の開発の狙い、性能について報告する。

Summary A new fuel-efficient ATF (EJ-1) has been developed with the aim of improving fuel economy by reducing fluid churning resistance and drag resistance. One feature of the fuel-efficient EJ-1 is that it is compatible with conventional ATFs designed for slip lock-up operation, even though it has reduced viscosity. That was achieved by innovatively blending the base oil and viscosity index improver. This article explains the development objectives set for the new ATF and its performance.

1.はじめに

近年、省エネルギー・省資源、地球温暖化防止等の地球環境問題への対応が必須になってきている。

このような状況において、自動車用潤滑油としては、燃費改善による二酸化炭素の排出量削減、ロングドレイン化による廃油量低減、環境負荷物質使用の中止等様々な取り組みが行われている。⁽¹⁾特に、燃費改善に対しては、スリップロックアップ領域の拡大やベルト式無段変速機の採用等新機構の導入等が行われており、これに伴い、変速機油としてもこれらの機構の性能を最大限に発揮させるための油剤が開発され、燃費向上に貢献してきた。

今回、更なる燃費改善アイテムとして自動変速機(以下AT)内部でのフリクション低減を目的とした省燃費ATF EJ-1(以下 EJ-1)を開発し、FR5ATのJR507Eから採用を開始した。ここでは本油について報告する。

2.開発の狙い

ATにおけるエネルギー損失の1つに、クラッチ等におけるATFの攪拌抵抗や引き摺り抵抗がある。Fig. 1にATFの粘度とクラッチ間のATFの引き摺り抵抗によるフリクションの関係を示す。粘度、フリクションとも、従来ATFの40における動粘度およびフリクションに対する低減率で示している。フリクション低減に対する粘度の効果は、粘度低減率25%までは顕著に認められるが、それ以上は大きくならないことがわかる。

一方、ATFは油圧の伝達という作動油としての役割も担っているため、ギアやベアリング等による機械的なせん断を受けて粘度が低下した後においても、ある一定レベルの粘度を確保する必要がある。

上記より、省燃費ATFの粘度特性としては、粘度の25%低減および従来ATFと同等のせん断後粘度を目標とした。

1. Introduction

Measures to promote energy and resource savings, prevent global warming and address other environmental issues have become increasingly necessary in recent years. Against this backdrop, various steps have been taken to improve automotive lubricating oils.⁽¹⁾ These include efforts to improve their fuel-saving performance so as to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions, longer drain intervals for reducing waste oil volumes and discontinuation of the use of environment-impacting substances. With regard to the improvement of fuel economy in particular, the slip lock-up region of ATs has been expanded and new mechanisms such as belt-type continuously variable transmissions (CVTs) have been adopted. Accompanying these moves, new automatic transmission fluids (ATFs) have been developed to elicit the maximum performance of these new mechanisms, thereby helping to improve fuel economy.

A new fuel-efficient ATF, called EJ-1, has been developed for the purpose of reducing internal AT friction as one measure for further improving fuel economy. This article describes EJ-1, which was first adopted in the rear-drive JR507E 5-speed AT.

2. Development Objectives

Causes of energy losses in an AT include fluid churning resistance and drag resistance at clutches and other parts. Fig. 1 shows the relationship between ATF viscosity and friction induced by fluid drag resistance between the clutches. The graph shows the rate of reduction in friction in relation to the rate of reduction in kinetic viscosity of JATCO's previous ATF at 40℃. Up to a level of 25%, the rate of reduction in ATF viscosity has a marked effect on reducing friction. Above that level,

* 第三技術課
Production Engineering Section No.3

** 要素技術開発室
Product Engineering Division

さらに、既販ATへの採用を可能にするため、低粘度化による影響が考えられる疲労防止性能等の潤滑性能についても従来ATFと同等性能を維持することを目標とした。

以下にEJ-1の開発の狙いをまとめる。

- (1) 低粘度化によるフリクションの低減
- (2) せん断後粘度の維持による油量収支の確保
- (3) 潤滑性能の確保

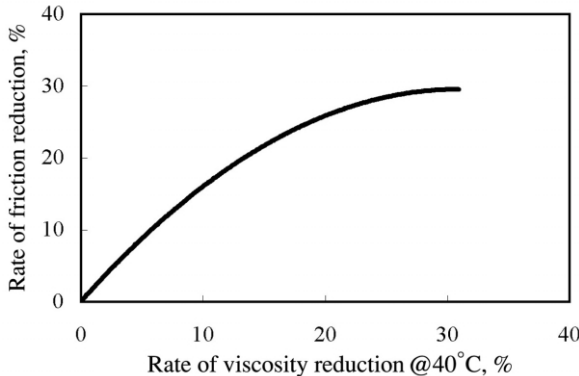


Fig. 1 Friction measurement results

3. 方策

省燃費ATF EJ-1は、せん断安定性および油膜形成を考慮して基油、粘度指数向上剤(以下 VII)を選定し組み合わせることにより目標性能を満足させた。(Table 1)

Table 1 Development issues and strategy

Issues	Strategy
1. Friction reduction	VII: Change molecular weight; reduce additive quantities
2. Assurance of volume balance	Base oil: Increase viscosity
3. Assurance of lubrication performance	VII: Change molecular weight
	Same as above

4. 開発油の性能

今回開発したEJ-1の性能について以下にまとめる。

4.1. 粘度特性

EJ-1、従来ATFおよび市販されているATFの粘度特性をFig. 2に示す。A～D油は、近年市場導入されている低粘度ATFである。EJ-1は、従来ATFに対し約25%粘度を低減している。

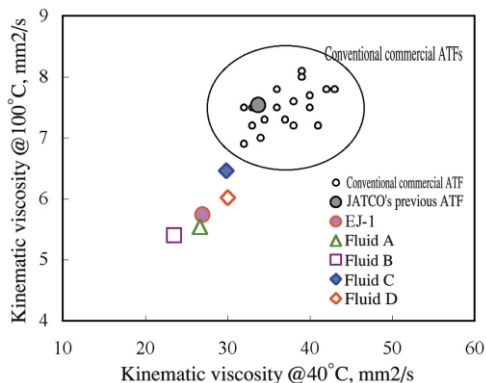


Fig. 2 Comparison of viscosity characteristics

however, there is very little increase in friction reduction.

Because the ATF serves as the working fluid for transmitting hydraulic pressure, it must maintain a certain level of viscosity even after its viscosity drops due to mechanical shearing by the gears, bearings and other components. Accordingly, the target set for the viscosity characteristic of the fuel-efficient EJ-1 was to reduce the viscosity by 25% and still maintain the same level of post-shear viscosity as that of the previous ATF.

Another target set for EJ-1 was that it should maintain the same level of lubrication performance as the previous ATF, including anti-fatigue properties that might be affected by the reduced viscosity. This was intended to facilitate its use in place of conventional ATFs on the market.

The following development objectives were set for EJ-1.

- (1) To reduce friction by lowering the viscosity
- (2) To ensure the oil volume balance by maintaining post-shear viscosity
- (3) To ensure lubrication performance

3. Development Strategy

The fuel-efficient EJ-1 ATF attained the performance targets as a result of selecting and combining the base oil and viscosity index improver (VII) in consideration of shear stability and oil film formation (Table 1).

4. Performance of EJ-1

This section describes the performance of the newly developed EJ-1 ATF.

4.1. Viscosity characteristic

The viscosity characteristics of EJ-1, JATCO's previous ATF and various commercial ATFs on the market are shown in Fig. 2. Fluids A through D are low-viscosity ATFs that were put on the market in recent years. EJ-1's viscosity was reduced by approximately 25% compared with the previous ATF.

4.2. Shear stability

Shear stability was evaluated by conducting ultrasonic shear stability tests according to the procedure specified in JASO M347-95.⁽²⁾ In order to ascertain the change in viscosity with elapsed time, the evaluation was made using shear time as the parameter. Figure 3 shows the test results for EJ-1 and the previous ATF. Although EJ-1's initial viscosity is lower than that of the previous ATF, it maintains the same level of post-shear viscosity as the latter fluid. That is attributed to the higher viscosity of the base oil and also to the use of a VII that resists a reduction in molecular weight under the effect of shear. As a result, EJ-1 is able to maintain a high level of permanent viscosity (Fig. 4).

Figure 5 compares the shear stability of EJ-1 with that of two low-viscosity ATFs. The results indicate that EJ-1's shear stability is superior to that of the other companies' ATFs.

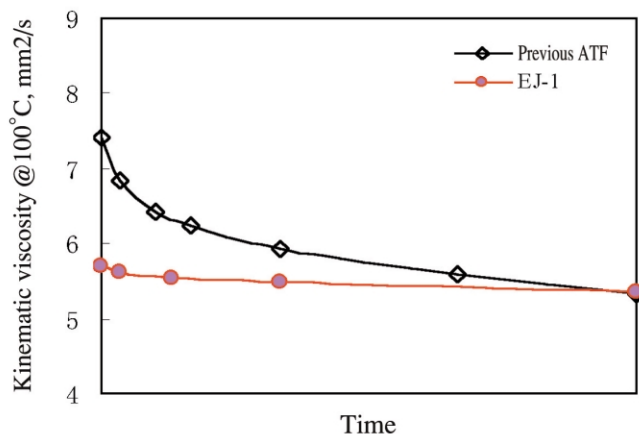


Fig. 3 Results of shear stability tests

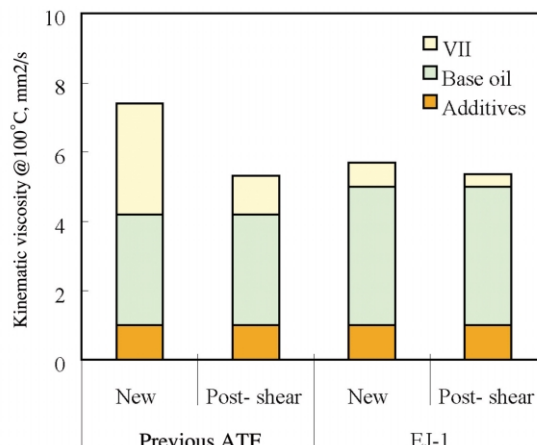


Fig. 4 Methods of improving shear stability

4.2. せん断安定性

せん断安定性はJASO M347-95²⁾で定められている超音波せん断試験により評価した。粘度の経時変化を把握するため、せん断時間を振って評価している。Fig. 3に EJ-1と従来ATFの試験結果を示す。EJ-1の初期粘度は従来ATFに比べて低いが、せん断後粘度は従来ATFと同レベルを維持している。これはEJ-1の基油粘度を高くし、かつせん断を受けても分子量が低下しにくいVIIを用いることにより高い永久せん断粘度をもたせたことによる (Fig. 4)

Fig. 5にEJ-1のせん断安定性を他社低粘度ATFと比較して示す。EJ-1のせん断安定性は、他社低粘度ATFに比べ優れていることがわかる。

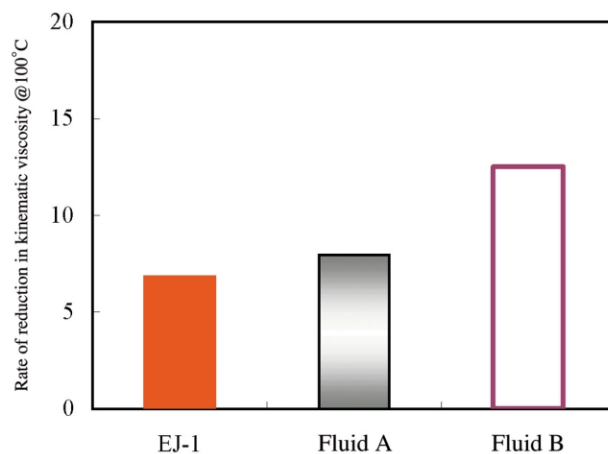


Fig. 5 Comparison of shear stability

4.3. 潤滑性能

4.3.1. 油膜の形成

ATFの低粘度化による影響を受ける性能として、しゅう動部での油膜形成不足による潤滑性能の低下が考えられる。そこでEJ-1は、基油粘度を上げ、且つ低分子のVIIを用いることにより、常温～高温域での粘度を低減させながらも、従来ATF同等以上の油膜を確保できる様に設計した。油膜形成率を測定した結果をFig. 6に示す。油膜形成率は、往復動試験機を用い油膜を介した試験片間の導電率を測定して求めた。EJ-1は従来ATFの約1.3倍の油膜形成率を有している。これは、VIIが低分子化することによりしゅう動面間に入りこみ (Fig. 7), また基油粘度を高くすることにより、しゅう動部間に従来ATFと比較して厚い油膜を形成したものと考えられる。

4.3. Lubrication performance

4.3.1. Oil film formation

One performance attribute that might be influenced by reduced viscosity is a decline in lubrication performance due to insufficient oil film formation at sliding surfaces. To avoid that problem, EJ-1 was designed to provide oil film formation equal to or better than that of the previous ATF, while having lower viscosity from room temperature to the high temperature region. That was achieved by increasing the base oil viscosity and also by adopting a low-molecular-weight VII.

The oil film formation rate measured for EJ-1 is compared with that of the previous ATF in Fig. 6. The oil film formation rate was found by measuring the electric conductivity of a test piece through the oil film, using a reciprocating test rig. The results show that the oil film formation rate of EJ-1 is approximately 1.3 times that of the previous ATF. That is partly attributed to the penetration of the fluid between the sliding surfaces owing to its lower molecular weight (Fig. 7). Another reason is assumed to be the higher viscosity of the base oil, which enables EJ-1 to form a thicker oil film in comparison with the previous ATF.

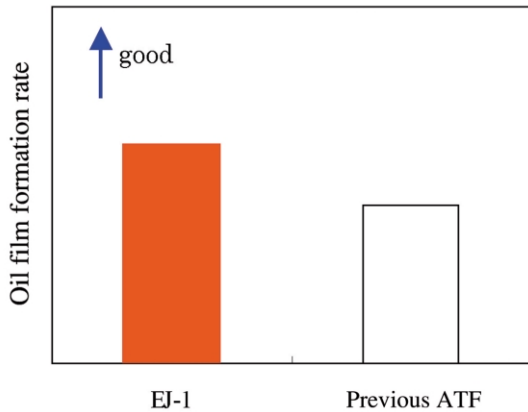


Fig. 6 Measured results for oil film formation rate

4.3.2. 疲労防止性

疲労防止性は実機ATを用いたギヤ試験により評価した。その結果をFig. 8に示す。EJ-1は従来ATFよりピッチング発生サイクルが長く優れた疲労防止性能を有している。一般に油の粘度が低くなると油膜は薄くなり疲労防止性能に対しても不利な方向になると言われているが、EJ-1は4.3.1.で述べた様にしゅう動部において従来ATFより厚い油膜を形成するため疲労防止性能が向上したと考える。

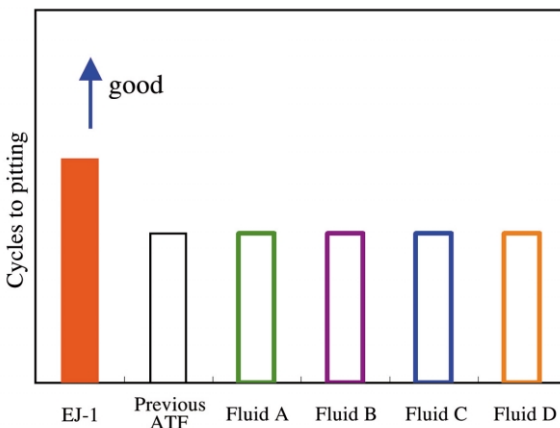


Fig. 8 Test results for anti-fatigue performance

4.3.3. 焼付き防止性および摩耗防止性

焼付き防止性はシェル4球焼付き試験 (ASTM D 2763-88³⁾)、摩耗防止性はシェル4球摩耗試験 (JPI-5S-32-90⁴⁾)により評価した。結果をFig. 9に示す。EJ-1は各々の特性において従来ATF同等の性能を有しており低粘度化による影響は認められない。

4.4. 実機使用時の性能

EJ-1を実機に使用した時の性能を実機耐久試験により確認した。

Fig. 10に耐久試験における粘度の経時変化を示す。EJ-1は実機で機械的なせん断を受けた条件においても粘度低下が小さく、15万km走行後も従来ATFと同レベルの粘度を維持している。

耐久試験中の油中铁分の経時変化をFig. 11に示す。Fig. 11よりEJ-1は油中铁分の増加が少なく実機に使用された場合においても良好な摩耗防止性を有していることがうかがえる。

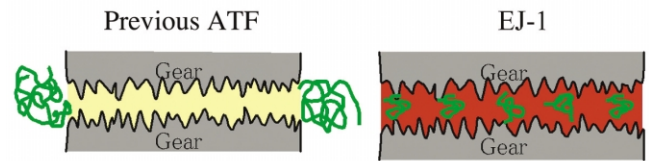


Fig. 7 State of oil film formation on sliding surfaces(conceptual image)

4.3.2. Anti-fatigue performance

Anti-fatigue performance was evaluated by conducting gear tests in an actual AT. The results are shown in Fig. 8. EJ-1 shows a larger number of cycles to pitting, indicating its superior anti-fatigue performance compared with the previous ATF. It is generally said that reducing the oil viscosity is disadvantageous for anti-fatigue performance because the oil film becomes thinner. As mentioned in section 4.3.1, EJ-1 forms a thicker oil film at sliding surfaces than the previous ATF, which presumably improves its anti-fatigue performance.

4.3.3. Anti-seizure and anti-wear properties

Anti-seizure properties were evaluated by conducting 4-ball anti-seizure tests (ASTM D 2763-88⁽³⁾) and anti-wear properties were evaluated by conducting 4-ball anti-wear tests (JPI-5S-32-90⁽⁴⁾). The results are shown in Fig. 9. EJ-1 provides performance equal to that of the previous ATF with respect to both characteristics, which confirms that these properties were not affected by reducing the viscosity.

4.4. In-transmission performance

The performance of EJ-1 when used in an actual AT was confirmed by conducting durability tests with a test transmission. Figure 10 shows the change in viscosity with elapsed time in the durability test. EJ-1 showed little decline in viscosity even after undergoing mechanical shearing in the test transmission. It maintained the same level of viscosity as the previous ATF after 150,000 km of driving.

The change in the iron content of the fluid with elapsed time during the durability test is shown in Fig. 11. The results show that there was little increase in the iron content of EJ-1, suggesting that this ATF displays excellent anti-wear properties when used in actual transmissions.

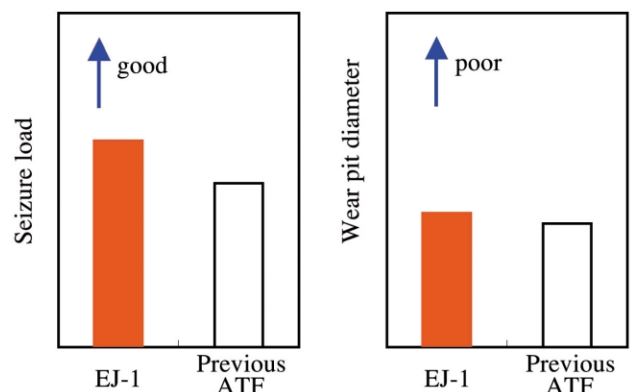


Fig. 9 Evaluation results for anti-seizure and anti-wear properties

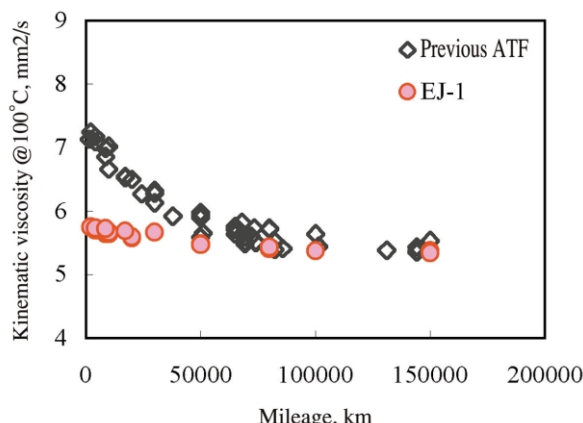


Fig. 10 Change in kinematic viscosity with elapsed time

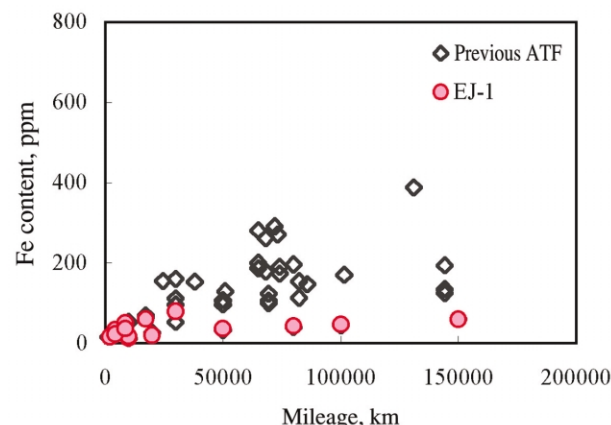


Fig. 11 Change in iron content of ATF with elapsed time

4.5. 燃費向上効果

今回開発したEJ-1を用いて実車で燃費測定を行い、市街地走行において0.7%の燃費向上効果があることを確認した。

5. まとめ

従来ATFに比べて粘度を約25%低減させた省燃費ATF EJ-1を開発した。本油を採用することにより、市街地走行時の燃費を0.7%向上させることができた。

また、油膜形成を考慮した基油、粘度指数向上剤を用いることにより、せん断後粘度および潤滑性能に低粘度化の影響を受けず従来ATFと互換性を有する省燃費ATFを開発できた。

6. 謝辞

今回の省燃費ATF EJ-1を開発するにあたり、新日本石油(株)をはじめ、ご協力いただいた社内外の関係各位に深く感謝の意を表する。

7. 参考文献

- 1) 森里裕：自動車用駆動系油添加剤の動向，トライボロジスト，Vol.48/No.11/2003
- 2) JASO M347-95：Test Method for Shear Stability of Automatic Transmission Fluids
- 3) ASTM D2783-88：Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids(Four-Ball Method) .
- 4) JPI-5S-32-90：Standard Test Method for Measurement of Wear Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method) .

4.5. Effect on improving fuel economy

The fuel economy of a test vehicle was measured when the newly developed EJ-1 ATF was used in the AT. The results indicated that fuel economy was improved by 0.7% in city driving.

5. Conclusion

A fuel-efficient ATF (EJ-1) has been developed which has approximately 25% lower viscosity than the previous ATF. The use of EJ-1 improves fuel economy in city driving by 0.7%.

It was shown that the reduced viscosity does not affect post-shear viscosity and lubrication performance. That is the result of designing the base oil and viscosity improver index in consideration of oil film formation. Consequently, this fuel-efficient EJ-1 ATF has good compatibility with conventional ATFs.

6. Acknowledgments

The authors would like to thank everyone concerned within and outside the company, especially Nippon Oil Corporation, for their cooperation in connection with the development of the fuel-efficient EJ-1 ATF.

7. References

- (1) Y. Morisato, "Trends in Additives for Automatic Transmission Fluids," *Journal of Japanese Society of Tribologists*, Vol. 48, No. 11, 2003 (in Japanese).

Authors



Takahiro SUGIYAMA



Makoto MAEDA



Yoshie ARAKAWA

前輪駆動用新型6速自動変速機の紹介

New 6-speed Automatic Transmission for Front-wheel-drive Vehicles

池田 揚一*

Yoichi IKEDA

多賀 正一**

Shoichi TAGA

望月 旭*

Akira MOCHIZUKI

田中 清和*

Kiyokazu TANAKA

望月 真一*

Shinichi MOCHIZUKI

抄 録 ジャトコは2006年10月、省燃費に貢献する前輪駆動用新型6速自動変速機(以下FF6AT)を開発、商品化した。

本稿ではこのFF6ATの主要構造、織込まれた技術について紹介する。

Summary In October 2006, JATCO developed and commercialized a new 6-speed automatic transmission (FF6AT) for use on front-wheel-drive vehicles with the aim of improving fuel economy. This article describes the main structure of the FF6AT and its principal technologies.

1. はじめに

近年、地球環境問題がクローズアップされ車輛の省燃費化に対するニーズが高まってきている。

省燃費に対しては、無段変速機が大きなメリットを有しているが、近年の直噴化技術の向上によりエンジンの高トルク化が進んできており、無段変速機ではまだ適応できない高トルクにも適応可能なFF6ATを開発した。

ここでは、ルノー(株)、三菱自動車工業(株)、日産自動車(株)に採用されたFF6ATの基本構造、諸元と特徴点について紹介する。

2. 開発の狙い

FF6ATは以下の主要コンセプトを掲げ開発した。

- 1) 低フリクション(省燃費)
- 2) ワイドレシオカバレッジ、クロスギヤレシオ(動力性能、運転性能向上)
- 3) 軽量、コンパクト(搭載性向上)
- 4) 変速性能向上

運転性と省燃費を考慮して最適なギヤ比の選定を行い、常に適正な駆動力を伝達することを狙った。

省燃費化のために徹底したフリクション低減とロックアップ領域の拡大を図った。

3. 構造・主要諸元

Fig. 1に断面図を示す。ギヤトレインは3つの遊星ギヤで構成されている。Front planetary gearはシングルタイプ、Rear planetary gearはダブルサンギヤタイプ、Reduction planetary gearはダブルピニオンタイプを採用した。

Rear planetary gearをダブルサンギヤとすることによ

1. Introduction

The need to improve vehicle fuel economy has been rising in recent years along with the closer attention paid to global environmental issues. Although continuously variable transmissions (CVTs) offer large advantages for enhancing fuel economy, the progress of direct-injection technology in recent years has further boosted the torque output of automotive engines. We have developed a new 6-speed front-drive automatic transmission (FF6AT) that is applicable to high-torque engines which CVTs still cannot accommodate.

This article describes the basic structure, specifications and features of the FF6AT that has been adopted on vehicles made by Renault S.A., Mitsubishi Motors Corp. and Nissan Motor Co., Ltd.

2. Development Aims

The FF6AT was developed around the following principal concepts.

- (1) Lower friction (for improving fuel economy)
- (2) Wider ratio coverage and closer gear ratios (for improving power performance and driveability)
- (3) Lighter and more compact (for improving vehicle mountability)
- (4) Improved shift performance

The aim was to deliver optimal driving force at all times by selecting the best gear ratio in consideration of driveability and fuel economy. To improve fuel economy, thoroughgoing efforts were made to reduce friction and to expand the range of lock-up operation to lower vehicle speeds.

* 第二商品開発室
Product Development Department No.2

** 第一商品開発室
Product Development Department No.1

リキャリアに2系統入力が可能となり4, 5, 6速時に High Clutchを介し, 入力をキャリアに伝達することが可能となる。またReduction planetary gearにて増幅されたトルクを低速段にてFront planetary gearのインターナルギヤ入力とすることで接線力をサンギヤ入力より減少させることが出来, コンパクト化を図っている。

クラッチはエンジン側から35R Clutch, Low Clutch, High Clutchを配し, ブレーキはエンジン側からL&R Brake, 2-6 Brakeを配している。

Table 1に従来のFF5速自動変速機(以下FF5AT)との構成要素の比較を示す。Table 2に従来のFF5ATとの諸元の比較表を示す。従来のFF5ATに比べ遊星ギヤの数は変わらず, クラッチ&ブレーキは2セット, ワンウェイクラッチは1セット減らすことで, 部品点数の削減, 軽量化, コンパクト化を実現した。

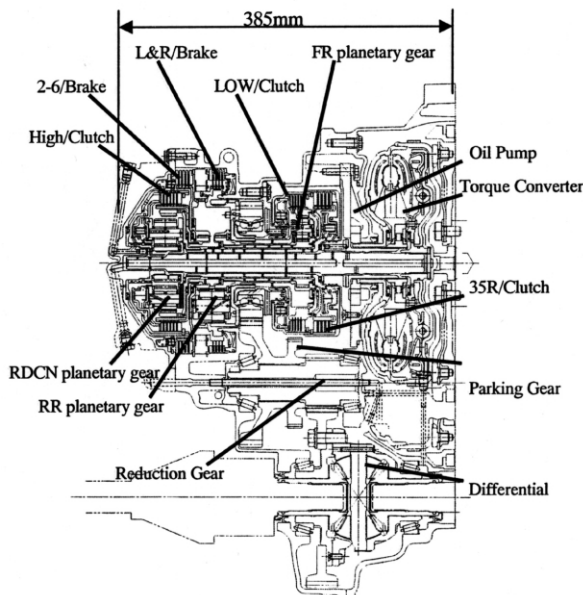


Fig. 1 Cross - sectional view

Table 1 Comparison between 6-speed and 5-speed units

Number of components	6-Speed	5-Speed
Planetary gears	3	3
Clutches & Brakes	5	7
One - Way Clutches	1	2

4. 制御システム

Fig. 2に電子制御システムのブロックダイアグラムを示す。車輛とエンジンの情報はCANによってATコントロールユニット(ATCU)に伝達され, ATユニットの情報と合わせて, 車両の状態に応じた制御を行う。

3. Structure and Major Specifications

Figure 1 shows a cross-sectional view of the FF6AT. The gear train consists of three planetary gearsets. The front planetary gearset is the single sun gear type and the rear planetary gearset is the double sun gear type. The reduction planetary gearset is the double pinion type.

Using double sun gears in the rear planetary gearset allows two input systems to the carrier. That enables inputs to be transferred to the carrier via the high clutch in 4th, 5th and 6th gears. In addition, the torque amplified by the reduction planetary gearset can be used as the input to the internal gear of the front planetary gearset in the low speed ranges. This results in lower tangential force compared with a sun gear input, thus allowing a more compact package.

From the engine side the clutches are arranged in the order of the 35R clutch, low clutch and high clutch. Similarly, the brakes are arranged in the order of the low & reverse brake and the 2-6 brake.

Table 1 compares the number of components of the FF6AT and the previous 5-speed front-drive automatic transmission (FF5AT). Table 2 compares the specifications of the two transmissions. Compared with the previous FF5AT, the FF6AT has the same number of planetary gears, but two fewer clutches and brakes and one less one-way clutch. The reduced part count results in a lighter, more compact package.

Table 2 General specifications

		6-speed *	5-speed
Torque capacity		360 Nm	310 Nm
Planetary gear ratios	1st	4.199	3.802
	2nd	2.405	2.132
	3rd	1.583	1.365
	4th	1.161	0.935
	5th	0.856	0.685
	6th	0.686	---
	REV	3.457	2.970
Ratio coverage		6.12	5.55
Final gear ratio		2.679~3.804	2.916~4.747
Overall length		385 mm	390 mm
Weight		98 kg	104 kg
Distance between 1st and 3rd shafts		197 mm	200 mm

* based on Lepelletier System

ATCUは6個の3方リニアソレノイドと2個のON/OFFソレノイドをコントロールする。

Table 3に各クラッチ、ブレーキとソレノイドの作動表を示す。

Fig. 3に油圧制御システムダイアグラムを示す。3個のクラッチと2個のブレーキはそれぞれの3方リニアソレノイドにより、直接コントロールされ、適切な変速と最適な運転性能を実現している。3方リニアソレノイドと油圧スイッチとの組合せによりバルブ本数を削減し、コンパクトなコントロールバルブを実現することが出来た。またバルブ本数の削減は、油圧回路の複雑さを取り除き、3方リニアソレノイドによる油圧制御を適切に行うことが可能となった。これらにより、従来の制御に対して、設定油圧の自由度を大幅に拡大でき、スムーズな変速に必要な油圧制御を行えるように改善した。

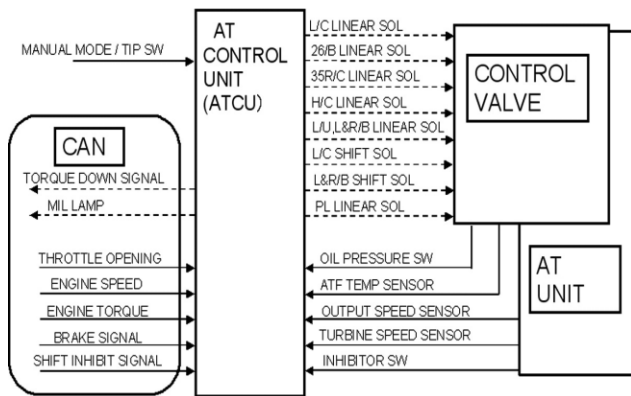


Fig. 2 Block diagram of electronic control system

Table 3 Friction element and solenoid applications

	CLUTCH		BRAKE		O.W.C	SOLENOID							
						LINEAR				ON-OFF			
Position	L/C	35/R/C	H/C	26/B	L&R/B	LOW	L/C SOL	26/B SOL	35/R/C SOL	H/C SOL	L/U, L&R/B SOL	L/C SHIFT SOL	L&R/B SHIFT SOL
D1	○					○	○						○
D2	○			○			○	○				○	
D3	○	○					○		○			○	
D4	○		○				○			○	○		
D5		○	○						○	○	○	○	
D6			○	○				○		○	○	○	
1st (E/G brake)	○				○		○				○		○
P					○								○
R		○			○				○		○		○
N													○

○: operates

5. 省燃費化

5.1. ワイドレシオカバレッジ

Fig. 4 にFF6ATとFF5ATのギヤ比の比較を示す。FF6ATのギヤスプレッドは6.12とFF5ATの5.55に対し10.4%ワイド化されている。適切なファイナルギヤレシオとの組合せにより、低速段での発進性能、加速性能の向上、高速段でのエンジン回転数低下による燃費向上を

4. Control System

Figure 2 is a block diagram of the electronic control system. Vehicle and engine information is transmitted via a controller area network (CAN) to the AT control unit (ATCU). The system performs control operations according to the vehicle status and AT information. The ATCU controls six 3-way linear solenoids and two On/Off solenoids.

Table 3 is an operation chart showing when the clutches, brakes and solenoids operate.

Figure 3 shows a diagram of the hydraulic control system. The three clutches and two brakes are controlled directly by their respective 3-way linear solenoid to provide suitable shifting and optimal driveability. The combination of the 3-way linear solenoids and an oil pressure switch reduces the number of valves to create a more compact control valve. Fewer valves also reduce the complexity of the hydraulic circuit, enabling the 3-way linear solenoids to provide suitable hydraulic pressure control. As a result, this allows substantially more freedom for setting the hydraulic pressure compared with the previous control system. This improvement achieves the hydraulic pressure control needed for smooth shifting.

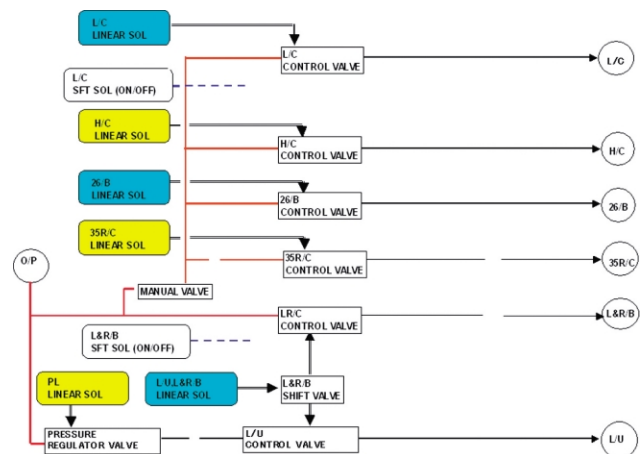


Fig. 3 Hydraulic control system diagram

5. Improvement of Fuel Economy

5.1. Wider ratio coverage

Figure 4 compares the gear ratios and spreads of the FF6AT and FF5AT. The FF6AT has a gear spread of 6.12, which is 10.4% wider than the 5.55 value of the FF5AT. Together with the optimal final gear ratio, this wider gear spread improves start-off performance and acceleration in the low speed ranges and also enhances fuel economy by reducing the engine speed in the high speed ranges.

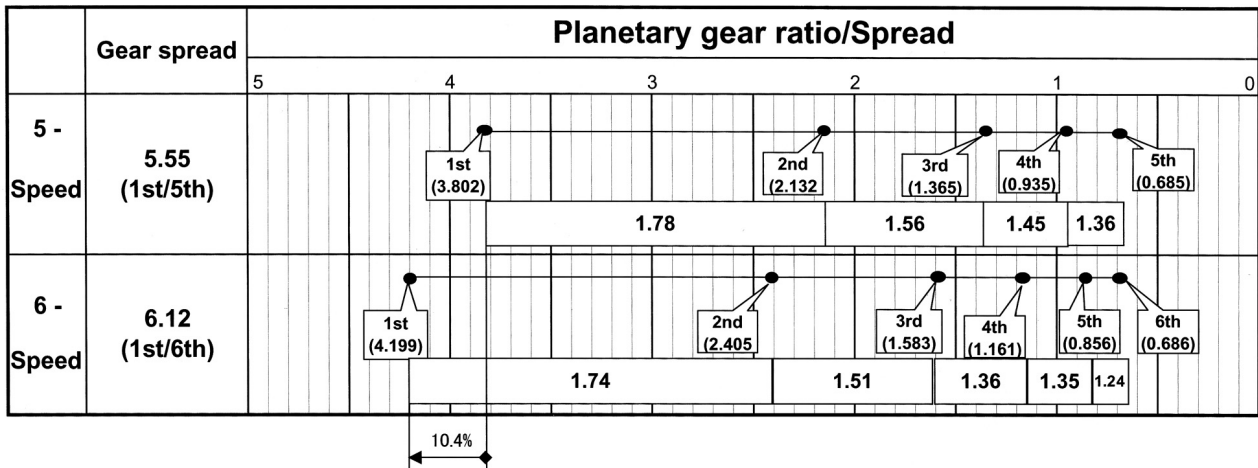


Fig. 4 Gear ratio comparison between 6-speed and 5-speed units

高次元で実現した。

またレシオカバレッジはワイド化されたが、各変速段ごとの段間比はFF5ATより小さくなっているため、変速ショックを低減し滑らかな運転性能を実現している。

5.2. 低フリクション化

FF6ATでは低フリクション化を実現するために、構成部品の細部に渡って検討した。フリクション低減のために採用した主な項目を以下に説明する。

5.2.1. オイルポンプ容量の適正化

3方リニアソレノイドの採用、コントロールバルブのスプール数削減により、コントロールバルブからのリーク量を低減することでオイルポンプ容量をFF5ATより小さくすることができ、オイルポンプ駆動力の低減を行った。Fig. 5に適用エンジントルクにオイルポンプ容量のFF5ATとの比較グラフを示す。

5.2.2. ベアリング容量の適正化

アウトプットギヤを支持するベアリングをボールベアリング化、2、3軸支持テーパベアリングのコロ数適正化、滑り軸受けのニードルベアリング化により、軸受け部のフリクションを低減した。

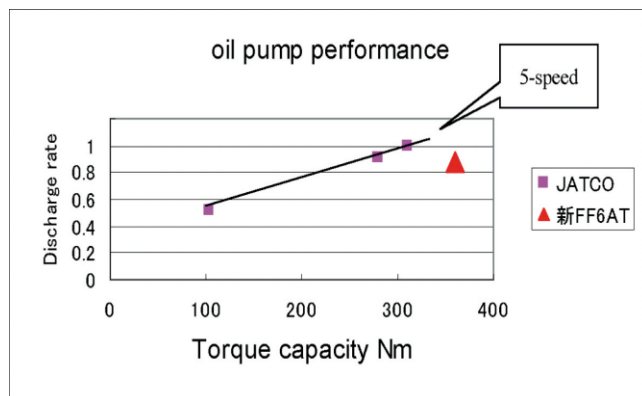


Fig. 5 Oil pump performance

Although FF6AT has wider ratio coverage, its individual gear ratios and ratios between gears are smaller than the corresponding values for the FF5AT. The closer gear ratios reduce shift shock and deliver smooth driveability.

5.2. Lower friction

The components of the FF6AT were examined in detail for the purpose of reducing friction. The major measures taken to reduce friction are explained below.

5.2.1. Optimization of oil pump capacity

The adoption of 3-way linear solenoids and the reduction of the number of control valve spools reduced the amount of leakage from the control valve, thereby allowing a smaller oil pump capacity than that of the FF5AT. That improvement enabled the oil pump drive torque to be reduced. Figure 5 compares the oil pump capacity with that of the FF5AT in relation to the torque of the mated engine.

5.2.2. Optimization of bearing capacity

Bearing friction was reduced by adopting a ball bearing to support the output gear, optimizing the number of rollers in the tapered roller bearings supporting the second and third shafts, and adopting needle bearings for the sliding bearings.

5.2.3. ウェーブドライブプレートの採用

各ギヤ段で締結に関与しないドライブプレートの引き摺りによるフリクションを低減するため2個のブレーキと1個のクラッチにウェーブドライブプレートを採用した。

Fig. 6にウェーブドライブプレートのフリクション低減メカニズムを示す。ドライブプレートとドリブンプレート間に油の流れによる圧力差が発生し、ドライブプレートをドリブンプレート間にフローティングする動きとなり引き摺りトルクを低減させる。ドライブプレートをフローティングさせる力はFig. 6に示す角度(θ)によって決定される。この角度を大きくすることで、よりフリクションを低減させることが出来るが、逆に変速性能の悪化を招き、最適な角度を選択することで両性能を成立させた。また、クラッチクリアランスにより引き摺りトルクは変化するため、最適なクラッチクリアランスを設定した。Fig. 7にクラッチクリアランスと引き摺りトルクの関係を示す。

5.2.4. ワンウェイクラッチのコロ数適正化

適用するエンジントルクに適正のコロ数を選定し、ワンウェイクラッチの空転時のフリクションを低減した。

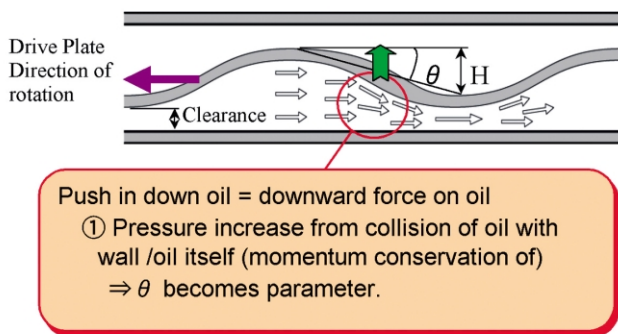


Fig. 6 Mechanism of friction reduction with a wave drive plate

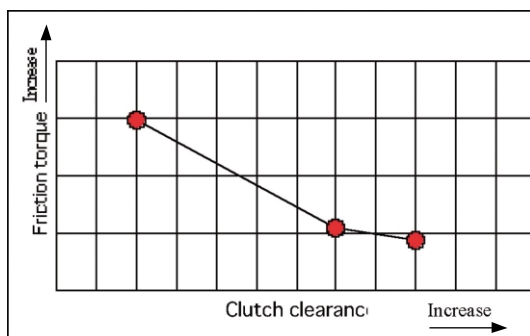


Fig. 7 Relationship between clutch clearance and friction torque

5.3. ニュートラル制御の採用

車輛停止時、走行レンジ(D)にあっても、締結クラッチを開放することでトルクコンバータのトルク伝達によるクリープ状態をニュートラル状態に近づけることが出来る。これによりアイドリング状態でのエンジン負荷を軽減し、車輛停止中の燃費を向上できる。

FF6ATでは、このニュートラル制御を採用し、各種回転、温度、操作信号等をインプットとして締結クラッチの油圧を調整し、目標スリップ回転に制御している。こ

5.2.3. Adoption of wave drive plates

Wave drive plates were adopted for two brakes and one of the clutches in order to reduce the friction caused by the drag of the drive plates not involved in the engagement of the individual gears.

Figure 6 illustrates the friction reduction mechanism of a wave drive plate. The flow of oil between the drive plate and the driven plate produces a pressure difference, causing the drive plate to float between the driven plates and thereby reducing drag torque. The force causing the drive plate to float is determined by the angle shown in the figure. Increasing this angle achieves a larger friction reduction, but on the negative side, it degrades shift performance. Both performance requirements were met by selecting the optimum angle. The clutch clearance was also set at the optimum level because this clearance can cause drag torque to vary. Figure 7 shows the relationship between the clutch clearance and drag torque.

5.2.4. Optimization of number of one-way clutch rollers

The optimum number of rollers is selected to match the torque of the mated engine, which reduces friction during free-wheeling of the one-way clutch.

5.3. Adoption of neutral control

When a vehicle is stopped, a creep state by torque transferred from the torque converter can be brought close to a neutral condition, even if the shift lever is in the Drive position, by releasing the engaged clutch. This reduces the engine idling load to improve fuel economy while the vehicle is at rest.

This neutral control was adopted for the FF6AT. Based on inputs of various rotational speeds, temperature and operation signals, it adjusts the pressure on the engaged clutch to control the target slip speed. This fine-tuned control procedure facilitates control from low temperatures, thereby contributing to improved fuel economy. Activation control ensures a smooth clutch release after vehicle stopping. Feedback control serves to reduce the standby clearance in order to minimize the re-engagement delay when the vehicle starts off. Deactivation control facilitates immediate and shock-free re-engagement simultaneous with vehicle launch. These measures achieve smooth driveability without the driver being aware of neutral control.

While ensuring seamless driveability, the slipping speed of the clutch is also optimized to minimize the transfer of torque from the torque converter. This has the maximum effect on improving fuel economy.

Simultaneously, neutral control also reduces the torque transferred to the drive wheels so as to lessen body vibration and improve noise and vibration performance as well.

のきめ細かな制御により、低温からの制御を可能とし、燃費向上に貢献する。また車輛停止後のスムーズな開放（開始制御）、発進時の再締結時間を最小限にするためのクリアランス詰め待機 フィードバック制御）、発進と同時に瞬時かつショックの無い再締結 解除制御）により、運転者に制御を感じさせないスムーズな運転性も確保した。

これらの運転性を確保しながらも、トルクコンバータの伝達トルクを極力減少させるようスリップ回転速度を適正化し、最大限の燃費効果を実現した。

またこの制御は同時に、駆動輪へのトルク伝達を減少することによって車体振動を軽減し、音振性能も向上した。

5.4. ロックアップ制御

燃費と静粛性を向上させるためにロックアップ制御を採用した。2速から6速までロックアップ制御を機能させ、かつ暖気後の低い温度から制御を作動させることで燃費を向上させた。

5.5. スリップロックアップ制御

音・振動問題でロックアップを採用できない低回転、高トルク領域にて低温域からスリップロックアップ制御を採用することで音振性能を改善し、かつ燃費を向上させた。

コースト状態でもスリップロックアップ制御とロックアップ制御を採用し、運転性の改善と燃費向上を狙った。

6. まとめ

省燃費と運転性向上の両立を目標にFF6ATを開発した。

- 1) 数々のフリクション低減アイテムの採用とロックアップ領域の拡大により、燃費性能向上を実現した。
- 2) レシオカバレッジの拡大により、動力性能の向上と高速段での燃費向上を実現した。
- 3) 部品点数の削減により軽量、コンパクト化を実現した。
- 4) リニアソレノイドによるクラッチ、ブレーキ圧の直動制御により、変速性能の向上を実現した。

最後にFF6ATの開発並びに製品化にあたり、多大なご協力をいただいた社内外の多くの方々に深く感謝する。

参考文献

- (1) Shoichi Taga: New 6-speed automatic transmission for FWD by JATCO : 5th International CTI symposium(2006)
- (2) 池田揚一：自動車技術会2007春季学術講演会前刷集No.66-07 P.33-36

5.4. Lock-up control

The FF6AT incorporates lock-up control to improve fuel economy and quietness. Lock-up control is functional from 2nd to 6th gear. Control is also activated from low temperatures following engine warm-up so as to improve fuel economy.

5.5. Slip lock-up control

Slip lock-up control was adopted to improve noise and vibration performance and also enhance fuel economy. This control is activated from the low-temperature region in the low-speed and high-torque range where ordinary lock-up operation cannot be used to address noise and vibration problems.

Both slip lock-up control and lock-up control are applied during coasting to improve driveability and fuel economy.

6. Conclusions

The FF6AT was developed to provide better fuel economy combined with and improved driveability.

- (1) Fuel economy has been improved by adopting numerous measures for reducing friction and expanding the range of lock-up operation.
- (2) The expanded ratio coverage range of the FF6AT improves power performance and also enhances fuel economy in the high speed ranges.
- (3) A lighter, more compact packaged was achieved by reducing the part count.
- (4) Shift performance has been improved by using linear solenoids to control clutch and brake pressures directly.

The authors would like to thank many people within and outside the company for their tremendous cooperation with the development and commercialization of the FF6AT.

References

- (1) Shoichi Taga, "JATCO's New 6-speed Automatic Transmission for FWD Vehicles," 5th International CTI Symposium (2006).
- (2) Yoichi Ikeda, "JATCO's New 6-speed Automatic Transmission for FWD Vehicles," Pre-print of the JSAE 2007 Spring Scientific Lecture Series, No. 66-07, pp. 33-36 (in Japanese).

Authors



Yoichi IKEDA



Shoichi TAGA



Akira MOCHIZUKI



Kiyokazu TANAKA



Shinichi MOCHIZUKI

高性能・低燃費なスポーツCVTの開発

Development of a High-performance, Fuel-efficient Sporty CVT

天野 宏* 木村 優典** 梶濱 聖純** 田中 緑*** 渋谷 寿幸*** 神戸 徳一郎****
Hiroshi AMANO Yusuke KIMURA Kiyosumi KAJIHAMA Midori TANAKA Toshiyuki SHIBUYA Tokuichiro KAMBE

抄 録 当社では、2002年に世界初となる350Nmへの適用を可能にしたFF車用CVTを実用化した。(以下既存CVT3)

本稿では、この既存CVT3をベースに、燃費・変速性能を向上させ、コンパクトなエンジンルームに搭載可能な新型の高性能・低燃費を実現できるスポーツCVT(以下改良型CVT3)を開発したので、その主要仕様、性能について紹介する。

Summary In 2002, JATCO was the first in the world to develop a front-drive CVT capable of handling 350 N-m of engine torque. Based on that previous CVT3, we developed an improved CVT3 that achieves higher performance, lower fuel consumption and sportier shift performance and can be mounted in a more compact engine compartment. This article describes the major specifications and performance of this new sporty CVT that improves vehicle fuel economy and shift performance.

1.はじめに

地球環境保護の観点から燃費向上技術は必須となっている。一方でCVTの変速性能向上も求められている。又衝突時の歩行者保護技術としてエンジンルーム内上部に隙間を設け、人と衝突したボンネットの変形領域を大きくして衝撃吸収能力を向上させることも求められており、CVTにはコンパクト化も求められている。本稿ではこれらの要求を満足する改良型CVT3の主要仕様・性能について紹介する。

この改良型CVT3は、2006年に日産自動車(株)より北米向けに発売されたマキシマ、新型アルティマの3.5L車に搭載されている。

2.開発の狙い

改良型CVT3は、上述のように下記の3点を開発の狙いとした。

- (1)燃費向上
- (2)変速性能向上
- (3)コンパクト化

3.主要仕様・性能

3.1.改良型CVT3の外観をFig. 1に示す。



Fig. 1 Appearance of new CVT3

1. Introduction

Technologies for improving vehicle fuel economy are necessary from the standpoint of global environmental protection. At the same time, it is also necessary to improve the shift performance of CVTs. There are also demands for more compact CVTs in connection with a pedestrian protection technology that provides more space between the engine and the hood. This allows a greater area for the hood to deform and absorb more impact energy when a pedestrian strikes the hood in a collision.⁽¹⁾

This article describes the main specifications and performance of the improved CVT3 that satisfies the above-mentioned requirements. The improved CVT3 is used on the 3.5-liter models of the Maxima and the new Altima that Nissan Motor Co. rolled out in the North American market in 2006.

2. Development Objectives

The following three development objectives were set for the improved CVT3 in order to meet the requirements mentioned above.

- (1) To improve fuel economy
- (2) To improve shift performance
- (3) To achieve a more compact package

3. Major Specifications and Performance

The appearance of the improved CVT3 is shown in Fig. 1, and a main cross-sectional view is shown in Fig. 2. The area of the primary pulley face that receives piston pressure was increased by 14% compared with the previous CVT3.

* 第一商品開発室
Product Development Department No.1

** 制御システム開発部
Control System Development Department

*** 機能システム開発部
Functional Component System Development Department

**** 実験部
Experiment Department

改良型CVT3の主断面をFig. 2に示す。
Primary Pulleyのピストン受圧面積を既存CVTに対して14%拡大した。

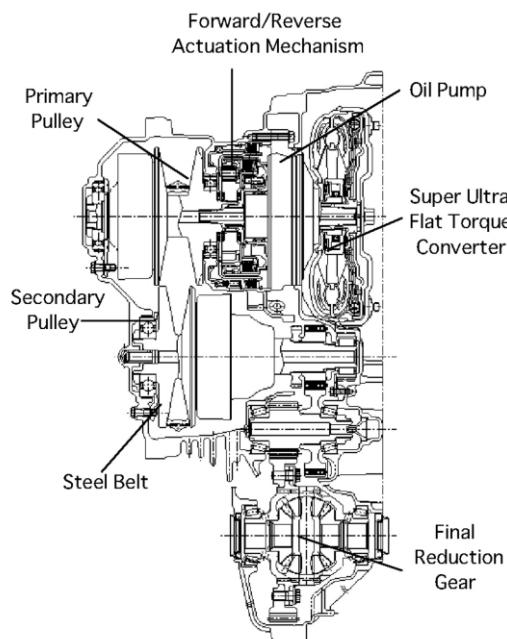


Fig. 2 Main cross-sectional view

4. 性能向上のための要素技術

4.1. 燃費向上について

改良型CVT3では、部品・油圧・制御などの点で改良を行い、既存CVT3に対してユニットロストルクを全域で10～20%低減した。(Fig. 3)

4.1.1. ピストン受圧面積拡大によるPri油圧低減

改良型CVT3では、Priプーリピストン受圧面積を既存CVT3に対して14%拡大し、ライン圧を下げることでオイルポンプの駆動トルクの低減を行った。

4.1.2. 油攪拌抵抗の低減

改良型CVT3では、既存CVT3に対して約2割の油量低減を行い、ファイナルギヤなどによる油攪拌抵抗を低減させた。

4.1.3. 低フリクションベアリングの採用

改良型CVT3では、3軸及び4軸支持ベアリングに低フリクションベアリングを採用し、転がり抵抗を低減させた。

4.1.4. 低フリクションシールリングの採用

改良型CVT3では、シールリングの材質を既存CVT3で使用しているものから摩擦係数の低いものに変更し、摩擦による損失を低減させた。

4.1.5. 車両燃費向上代

フリクション低減及び、変速線の工夫(Eng. 運転点の最適化)により、EPA Comb. モードでの車両燃費を約2%向上させた。

4.2. 変速性能向上について

従来よりもスポーツ志向な変速(スポーツCVT)に

4. Key Technologies for Improving Performance

4.1. Improvement of fuel economy

The components, hydraulic circuit, control system and other aspects of the improved CVT3 were enhanced. The overall torque loss of the improved CVT3 was reduced by 10-20% in all speed ranges compared with the previous CVT3 (Fig. 3).

4.1.1. Reduction of primary pulley pressure by increasing the area receiving piston pressure

The area of the primary pulley face that receives piston pressure was increased by 14% for the improved CVT3 compared with the previous CVT3. The line pressure was thus lowered to reduce the drive torque of the oil pump.

4.1.2. Reduction of fluid churning resistance

The volume of fluid used in the improved CVT3 was reduced by approximately 20% compared with the previous CVT3. As a result, fluid churning resistance caused by the final gear and other components was reduced.

4.1.3. Adoption of low-friction bearings

The improved CVT3 adopts low-friction bearings to support the third and fourth shafts, thereby reducing rolling resistance.

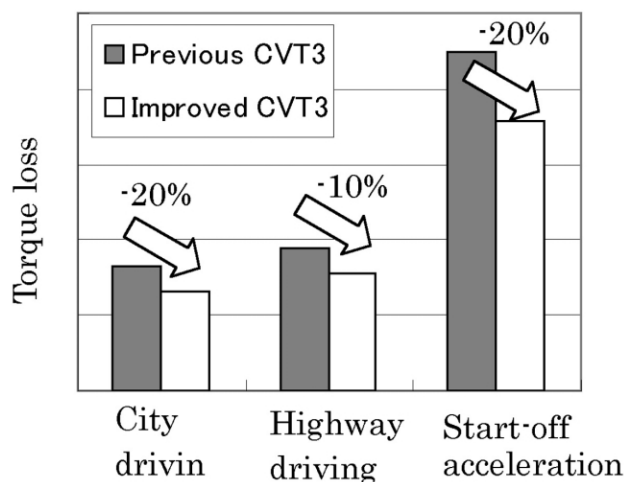


Fig. 3 Torque loss reduction

4.1.4. Adoption of low-friction sealing rings

The material of the sealing rings in the improved CVT3 was changed to one with a lower friction coefficient than that of the material used in the previous CVT3. That improvement reduces losses due to friction.

4.1.5. Contribution to improved vehicle fuel economy

The reduced friction and improved shift lines for optimizing the engine operating point contribute to improving vehicle fuel economy under the U.S. EPA combined city/highway test mode by approximately 2%.

するためには踏み込みダウン時の変速速度を向上させなければならない。

そこでベルト・プーリー系の変速速度特性と油圧特性からCVTのもつ変速速度限界を算出し(Fig. 4), 目標の変速速度を実現できるハードウェアを新設計した。

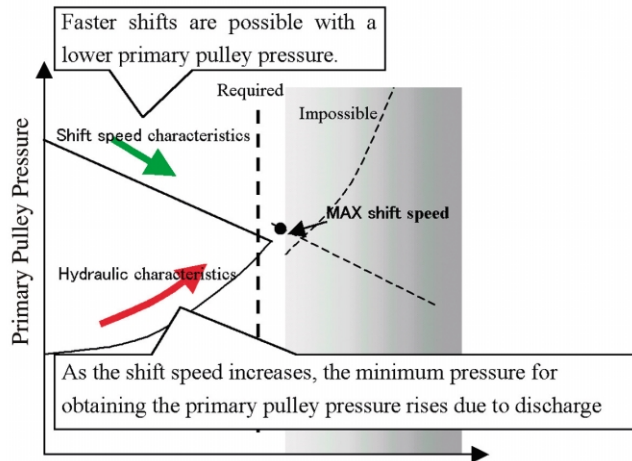


Fig. 4 Schematic diagram of shift speed characteristics

しかしハード限界領域の速い変速は非線形であるため変速特性の線形性を前提とした従来の変速制御では、目標値通りに変速できずに変速オーバーシュートが発生する。そのため速いダウンシフトが必要な条件に限定して電子制御によるF/Bを一旦停止させ、OPEN制御に切り替えることにより(Fig. 5), ハードウェアが持つ変速ポテンシャルを最大限生かした。これにより従来より速い変速が可能になり、スポーティーな変速性能が実現できた。(Fig. 6)

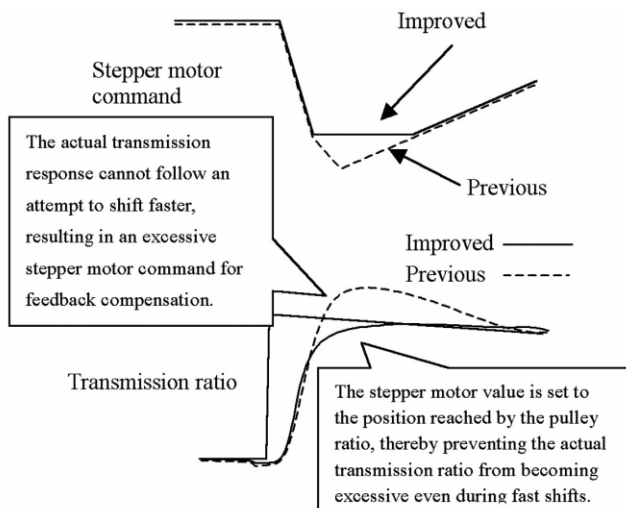


Fig. 5 S-CVT shift control(time chart)

4.2. Improvement of shift performance

In order to provide a sportier shift feel than that of the previous unit, it was necessary to improve the shift speed for executing downshifts. To achieve such a sporty CVT, the inherent shift speed limits of a CVT were calculated from the shift speed characteristics of the belt and pulley system and the hydraulic characteristics (Fig. 4). Hardware was then newly designed for attaining the target shift speed.

However, with the previous shift control premised on linear shift characteristics the target shift speed was not obtained and shift overshoot occurred. The reason was that a fast shift in the region of the hardware limits has nonlinear behavior. Therefore, the shift control was designed to suspend momentarily feedback by the electronic control system and to switch to open control so as to elicit the full shift potential of the hardware (Fig. 5). This procedure is limited to a condition where a fast downshift is necessary. This revised shift control facilitates faster shifts than before, making it possible to provide sporty shift performance (Fig. 6).

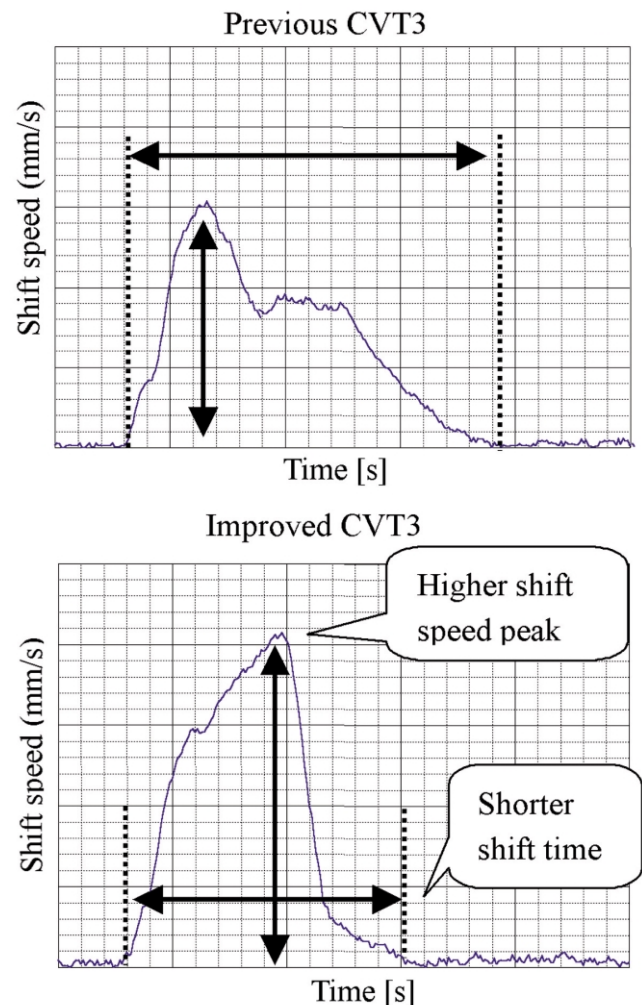


Fig. 6 Comparison of shift performance

ダウンシフト後の変速プロフィールにおいても、従来よりラバーバンドフィールを払拭するために、車速と回転の上昇をリニアに行う変速を演出してきた（以降この変速をリニアモードとする）。(Fig. 7)

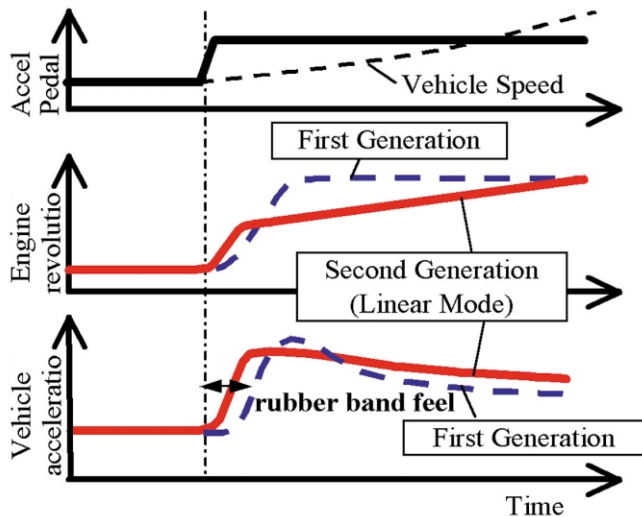


Fig. 7 Improvement of rubber band feel (Conventional linear mode)

従来のリニアモードでは様々なアクセル操作に対して変速プロフィールは3パターンでしか実現できなかった。その為、ある踏み込み量では変速比が変わらない領域が存在していた。従って、リニアモード中の再踏みにおいて、アクセルを踏み込んでも変速せず、ある開度以上になって初めてダウンシフトするため、アクセル開度に対する駆動力に段差が生じていた。

今回、どの車速・どのアクセル開度からの踏み込みにおいても、その条件に応じた変速線を算出できるようにし、これにより再踏み時の駆動力段差を解消し、また適合の自由度を向上させた。(Fig. 8)

The shift profile following a downshift is designed to enable the vehicle speed to rise linearly with the increase in the engine speed (Fig. 7). This linear mode works to eliminate the rubber band feel of previous CVTs.

The previous linear mode allowed only three patterns in the shift speed profile in relation to the driver's various accelerator inputs. Consequently, there was a region where the transmission ratio did not change when the accelerator pedal was depressed a certain amount. For that reason, the transmission did not shift during re-acceleration in the linear mode even though the driver depressed the accelerator pedal. Because the transmission did not downshift until the accelerator pedal reached a certain threshold angle, there was a discontinuity in the drive torque curve in relation to the accelerator pedal angle.

The shift control of the improved CVT3 has been designed to calculate the shift line relative to the amount of accelerator pedal depression regardless of the vehicle speed or the accelerator pedal angle. This eliminates any discontinuity in drive torque when the driver depresses the accelerator pedal and allows more degrees of freedom for responding to the driver's accelerator inputs (Fig. 8).

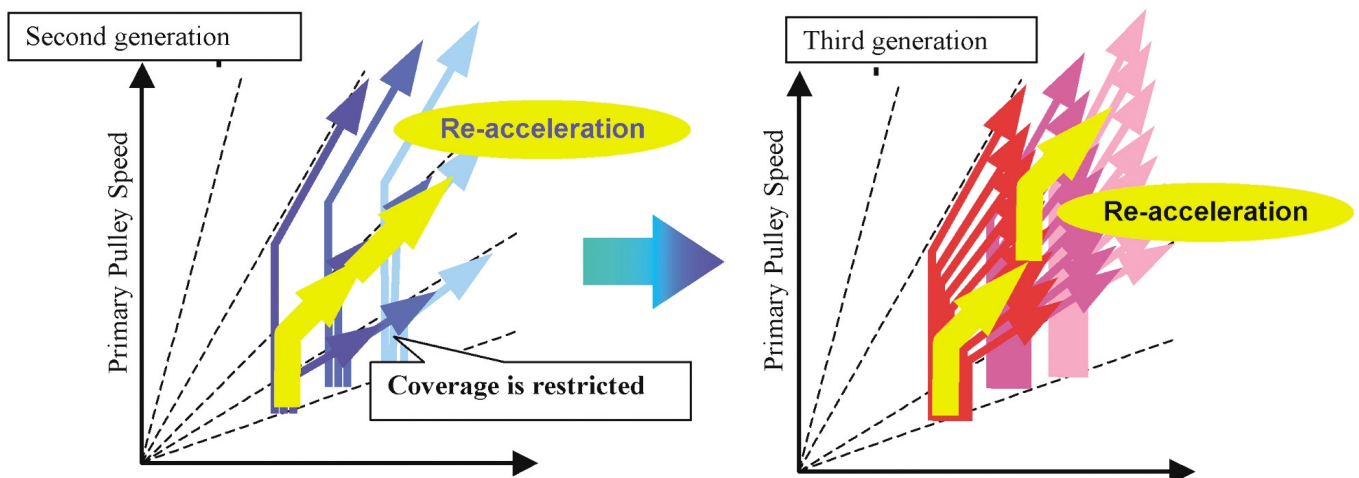


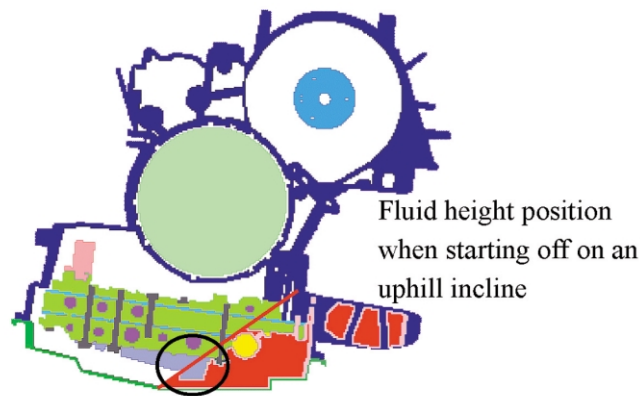
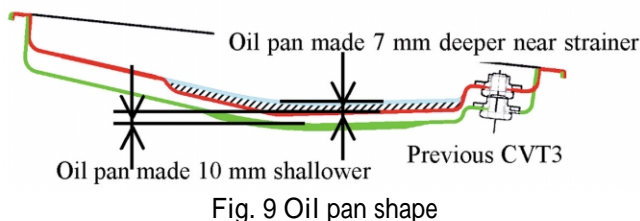
Fig. 8 Evolution of the linear mode (New linear mode)

4.3. コンパクト化について

衝突時の歩行者保護の観点から、ユニット搭載位置を下げた新プラットフォームに対応する為、既存のCVT3に対して以下の2つの変更を行うことで、エア吸い性能とコンパクト化の両立を実現した。

- (1) ストレーナ吸い口部のオイルパンを一部深底化
Fig. 9斜線部に示すように、ストレーナ吸い口部付近のオイルパンを7mm深底にする事で、ストレーナからの安定的な油の吸入を実現した。
- (2) Voxelを用いた油面シミュレーションによるストレーナ吸い口位置の最適化
Fig. 10に示すように3Dモデルから体積計算手法であるVoxelを用いて、各走行条件(登降坂・左右旋回)で油面予測シミュレーションを実施した。

油面予測シミュレーションより、最適なストレーナ吸い口位置を設定する事で、既存CVT3に対して10mmオイルパン高さ(Fig. 9)を短縮し新プラットフォームへの搭載を可能とした。



Position of strainer suction port
Fig. 10 Results of Voxel simulation of fluid height

5. まとめ

燃費向上、変速性能向上、コンパクト化を開発の狙いとする3.5LクラスFFベルト式CVTとして改良型CVT3を開発した。

- (1) 部品改良、油圧低減、制御により燃費性能を向上させた。
- (2) 変速制御システムの改良により踏み込みダウン時のレスポンスを向上させた。又新リニアモードの採用により、様々なシーンにおけるドライバーのアクセル操作に対応できるようにした。
- (3) Voxelを用いた油面シミュレーションによるストレーナ吸い口の最適化を行い、オイルパン高さ

4.3. More compact package

In relation to the previous CVT3, the two changes explained below were made to the improved CVT3 to comply with new vehicle platforms that lower the installation height of the powertrain so as to improve pedestrian protection in a collision. These changes reconcile a more compact package with reduced air entrainment.

- (1) Partial deepening of oil pan at strainer suction port
As shown by the hatched portion in Fig. 9, the oil pan was made 7 mm deeper in the vicinity of the strainer suction port to ensure stable fluid intake from the strainer.
- (2) Optimization of strainer suction port position based on voxel simulation of fluid height
The voxel method of computing volume from a 3D model was used to conduct a simulation for predicting the fluid height under various driving conditions, including hill ascent/descent and right/left-hand cornering. The simulation results are shown in Fig. 10.
The optimal position of the strainer suction port was determined from the fluid height predicted in the simulation. As a result, the oil pan was made 10 mm shallower (Fig. 9) from that of the previous CVT3, making it possible to mount the improved CVT3 on the new platform.

5. Conclusion

Based on the previous belt-type CVT for use on 3.5-liter front-drive cars, the improved CVT3 was developed with the aims of improving fuel economy and shift performance and achieving a more compact package.

- (1) Fuel economy has been enhanced by improving the CVT components, reducing the hydraulic pressure and improving shift control.
- (2) Downshift response has been enhanced by improving the shift control system. A new linear mode was adopted for better shift response to the driver's accelerator inputs in various driving situations.
- (3) The position of the strainer intake port was optimized by conducting a fluid height simulation using the voxel method. As a result, the oil pan was made shallower to allow the CVT3 to be mounted on more compact vehicle platforms.

Improved shift performance provides greater driving pleasure and contributes to improved fuel economy. The improved CVT3 can also be mounted on new vehicle platforms designed for enhanced safety. Therefore, it is expected that the application of this unit will be expanded to more Nissan car models in the future.

短縮を実現してコンパクトな車両プラットフォームへの搭載が可能となった。

変速性能向上による走る楽しさを演出し燃費向上にも貢献し、安全性にも考慮したプラットフォームに搭載可能としたこの改良型CVT3は日産自動車(株)の今後の車種に拡大採用予定である。

最後に本改良型CVT3の開発及び製品化にあたり多大なご協力をいただいた社内外の多くの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) S. Terauchi: 高トルク容量新型Xtronic CVTの開発 自動車技術会『動力伝達系の最新技術2006シンポジウム』

Improved shift performance provides greater driving pleasure and contributes to improved fuel economy. The improved CVT3 can also be mounted on new vehicle platforms designed for enhanced safety. Therefore, it is expected that the application of this unit will be expanded to more Nissan car models in the future.

Finally, the authors would like to thank everyone concerned inside and outside the company for their valuable cooperation in connection with the development and commercialization of the improved CVT3.

References

- (1) S. Terauchi, "Development of the New Xtronic CVT with High Torque Capacity," presentation at JSAE 2006 Symposium on the Latest Powertrain System Technologies (in Japanese).

Authors



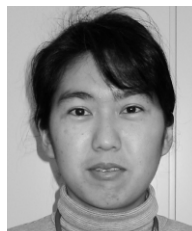
Hiroshi AMANO



Yusuke KIMURA



Kiyosumi KAJIHAMA



Midori TANAKA



Toshiyuki SHIBUYA



Tokuichiro KAMBE

150Nm FF車用スチールベルト式CVTの開発

Introducing the 150-Nm Steel-belt CVT for Front-drive Cars

杉本 裕章*

Hiroaki SUGIMOTO

抄 録 日産自動車(株)様から発売されているティーダ、キューブ、ノート、マーチ、ウイングロードに搭載されたFF車用CVT(以下「前CVT」とする)をベースに新開発したCVTが、日産自動車(株)様から発売されたティーダ、キューブ、ノート、ウイングロードに搭載されたので紹介する。

Summary This article describes a newly developed 150-Nm CVT that is fitted on the Nissan Tiida, Cube, Note and Wingroad models. This new unit was developed on the basis of the previous CVT that was used on these same front-drive Nissan cars.

1.はじめに

前CVTが立ち上がった2004年8月から、2年3ヶ月の短期間で開発した。

CVTは2006年12月にマイナーチェンジされた、ティーダ、ノート、キューブ(Fig. 1)、ウイングロードから搭載されている。



Fig. 1 Nissan Cube

2. 開発のねらい

前CVTに対して、燃費規制対応のための燃費改善技術の織り込み、及び徹底的な原価低減を柱として開発した。

結果、CVT搭載車両は「平成22年度燃費規制+20%」と「平成17年基準排出ガス75%低減レベル(SU-LEV)」を達成し、グリーン税制において最高の優遇措置を受けることが出来た。

CVTの外観図をFig. 2に示す。

1. Introduction

The new CVT was developed in a short period of 27 months from the production launch of the previous CVT in August 2004. This new CVT was adopted on the Nissan Tiida, Note, Cube (Fig. 1) and Wingroad when these models underwent a minor model change in December 2006.

2. Development Objectives

In comparison with the previous CVT, the new CVT was developed with major emphasis on thoroughgoing cost reductions and the incorporation of technologies for improving fuel economy so as to comply with tougher fuel economy standards. As a result, the car models fitted with this CVT achieve a fuel economy level 20% higher than Japan's 2010 fuel economy standards and exhaust emission levels 75% lower than the 2005 exhaust emission regulations, thus qualifying as super ultra-low emission vehicles (SU-LEVs). As a result, they receive the highest level of tax reductions under Japan's Green Tax system.

The appearance of the new CVT is shown in Fig. 2.

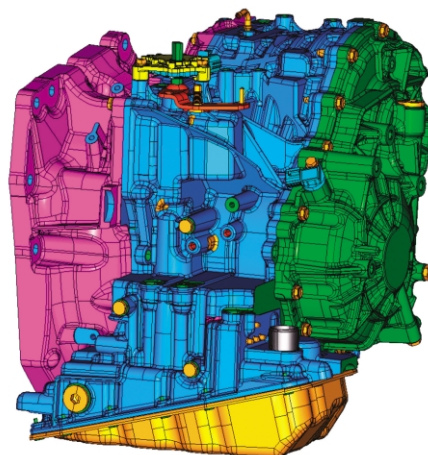


Fig. 2 Appearance of new 150-Nm CVT

* 第一商品開発本部
Product Development Center No.1

3. 構造と仕様

3.1. 構造

CVTの断面図をFig. 3に示す．徹底的な原価低減・フリクション低減の為に約100点に及ぶ前CVTに対する変更点を織り込んだ．

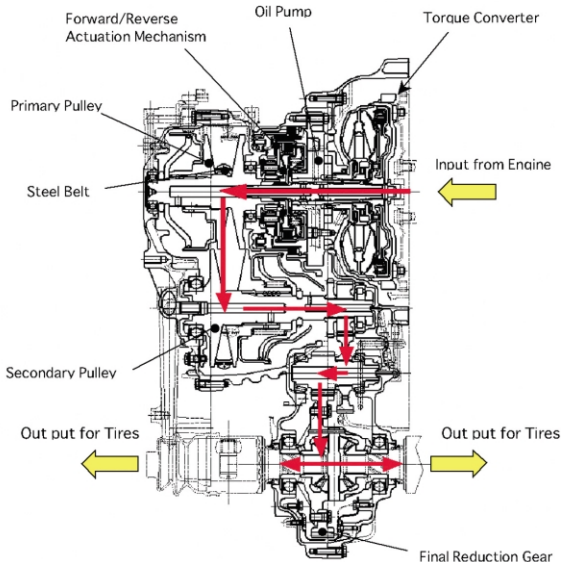


Fig. 3 Cross-sectional view of CVT

3.2. 主要諸元

CVTの主要諸元をTable 1に示す．

4. 開発項目1【燃費/フリクション改善】

4.1. ニュートラルアイドル制御

燃費向上達成の重要な方策として，ニュートラルアイドル制御を開発しDレンジ停車中のエンジン負荷を低減した．

【ニュートラルアイドル制御：車両停車時にDレンジであっても，CVT内部をニュートラルレンジ状態に制御し燃料消費を低減する．】

原価低減の為，タービン回転センサ，クラッチ油圧センサ等の追加のデバイス無しで，既存のプライマリプリー回転センサを利用し，クラッチミートポイントに達した時に発生するドライブトレイン系のねじりを検出することで，ニュートラルアイドル制御を可能とした．[一般のニュートラルアイドル制御ではタービン回転センサでクラッチ滑り速度を検出し，クラッチを軽く引きずっている状態に保っている．]

ユニットのバラツキには油圧，クラッチクリアランス，リターンスプリング荷重，フェーシング摩耗がある為，センサ無しでクラッチミートポイントを調整する事ができない．クラッチ指示油圧が低いと燃費性能は満足するが，発進性能が満足できず，クラッチ指示油圧が高いと，発進性能は満足するが，エンジン負荷が発生し燃費が悪くなる．

対策として，通常学習制御(ユニット個体バラツキ，劣化を吸収)と毎回学習制御(クラッチ容量がゼ

3. Structure and Specifications

3.1. Structure

A cross-sectional view of the new CVT is shown in Fig. 3. It incorporates approximately 100 changes compared with the previous CVT in order to cut costs thoroughly and reduce friction.

3.2. Major specifications

The major specifications of the new CVT are given in Table 1.

Table 1 Technical specifications

Vehicle	Model	ALO
	Drive System	TJIDA 1.5L
	Weight (dry)	2WD
		H/B:1155
		SED:1131
	Engine type	HR15DE
CVT	Max. Power	80/6000
	Max. Torque	148/4400
	Torque Converter	AAC
	Pulley Ratio	2.561~0.427
	Final Gear Ratio	5.473
	Overall length	354.7
	Distance between pulley shafts	156
	Weight(WET)	74.7

4. First Development Objective: Improvement of Fuel Economy and Reduction of Friction

4.1. Neutral idle control

One important measure for attaining better fuel economy is a newly developed neutral idle control that reduces the engine load when a vehicle is stopped with the engine idling and the shift lever in Drive. Neutral idle control achieves a state inside the CVT that resembles Neutral, even though the shift lever of the stopped vehicle is in Drive, thereby reducing fuel consumption.

In order to reduce the cost of this control technology, the existing primary pulley speed sensor is used instead of adding a turbine speed sensor, clutch pressure sensor or other additional devices. The sensor facilitates neutral idle control by detecting the torsional moment that occurs in the drivetrain system at the moment the forward clutch engages. Generally, a neutral idle control system uses a turbine speed sensor to detect the slipping speed of the clutch so as to keep the clutch in a state of light drag.

Without a sensor it is impossible to adjust the clutch engagement point owing to certain variabilities in the transmission such as the hydraulic pressure, clutch clearance, return spring load and clutch facing wear. With a low indicated clutch pressure, the desired fuel economy is satisfied, but acceleration performance is not. Conversely, if the indicated clutch pressure is high, the desired acceleration performance is satisfied, but fuel economy deteriorates owing to the resultant engine load.

As a measure for dealing with this issue, we developed a control method that precisely adjusts the clutch engagement point by combining two levels of adaptive learning control. Ordinary adaptive learning control is used to absorb intrinsic transmission variabilities and wear, and a second level of adaptive learning control is applied to fine-tune the clutch capacity to zero every time the clutch engages. This control procedure achieves both excellent fuel economy and acceleration performance.

口になるよう微調整)の2段構えの学習制御で組合せミートポイントを精密に調整する制御を開発した。本制御により燃費性能、発進性能の両立を図る事が可能となった。

4.2. 油圧最適化

4.2.1. ライン圧最適化

加速後 40km/h以上の一定車速時において、ライン圧過剰の状態があり改善の余地があった。過剰な油圧を狙いの油圧へ低減する制御を開発することで、ライン圧を最適化(低減化)した。結果としてオイルポンプロスを低減し燃費を向上する事が出来た。

4.2.2. セカンダリプリー圧最適化

定常走行時セカンダリプリー最低圧の狙いを0.25 MPaとした。しかし一律に最低圧を下げると、セカンダリプリー圧を調圧できない領域に入るコントロールバルブがあり、その領域に入ると再踏込み・急減速時に油圧応答が遅れ、ベルト機能不良・変速遅れの可能性がある。

セカンダリプリー圧学習制御を開発することで、セカンダリプリー圧調圧不能領域に入らないセカンダリプリー最低圧をレンジにて学習し、その最低圧までセカンダリプリー圧を下げて燃費の向上を図った。

4.3. ロックアップ車速低速化

燃費改善目的のため、コーストロックアップOFF車速を低速化(12～19km/h)し、燃料カット領域を拡大する事で、減速中の燃料消費を低減した。

4.4. 変速線最適化

プライマリ回転数を、ドライブ1000rpm/コースト1025rpmまで使う変速線を使用し燃料消費の少ない回転領域で走行することで燃料消費を低減した。

また、こもり音対策として、トルコンダンパー特性の低剛性化、イナーシャリング追加(前CVTに対して+0.02kgm²)を実施した。Table 2にダンパー特性を示す。

Table 2 Comparison of torque converter damper characteristics

	K1 (kN・m/rad)	T1 (N・m)
Previous CVT	0.562	147
New CVT	0.5	137

4.5. バッフルプレート形状最適化

前CVTよりファイナルギヤにより掻き上げられたオイルが再びデフ室に流れ込むのを防ぐ為にファイナルギヤ廻りにセパレータを設定した。

セパレータから排出される時の油の流れ、油面の高さ等に着目し実験・解析を繰り返す事で、更なるフリクション低減仕様を織り込めた。

4.6. 油量低減

極低温エア吸いなどの確認実験を行なうことでオイルレベルを下げが可能になり、パワートレインの攪拌抵抗を減らす事が出来た。

またオイルレベル下げに伴い、約900mlの油量低減ができ、重量/原価低減に貢献した。

4.2. Optimization of hydraulic pressure

4.2.1. Line pressure optimization

With the previous CVT there was room to improve the line pressure further, as it tended to be excessive once a vehicle reached a steady speed above 40 km/h following acceleration. We developed a control procedure for reducing excessive line pressure to the target level, thereby optimizing the line pressure. As a result, this reduces the oil pump loss to improve fuel economy.

4.2.2. Optimization of secondary pulley pressure

The minimum secondary pulley pressure during steady-speed driving was reduced from a target level of 0.35 MPa to 0.25 MPa. However, reducing the minimum pressure uniformly under all conditions would put the control valve in a region where it could not regulate the secondary pulley pressure. In that region, a pressure response lag at the time of re-acceleration or quick deceleration could result in a belt malfunction or a shift delay.

An adaptive learning control was developed for the secondary pulley pressure that avoids the region where the pressure cannot be regulated. This control learns the minimum secondary pulley pressure when the shift lever is in Park and reduces the pressure to that minimum level so as to improve fuel economy.

4.3. Reduction of vehicle speed for lock-up operation

With the aim of improving fuel economy, the vehicle speed for deactivating lock-up control during coasting was reduced from 19 km/h to 12 km/h and the fuel-cut off region was further expanded. This measure works to reduce fuel consumption during deceleration.

4.4. Optimization of shift lines

Shift lines have been adopted that use the primary pulley speed up to 1000 rpm and 1025 rpm in the drive and coasting modes, respectively. This reduces fuel consumption by enabling the vehicle to operate in a speed range where less fuel is consumed.

As measures against booming noise, the damper characteristic of the torque converter was reduced to a lower level of stiffness, and an inertial ring was added to increase the moment of inertia by 0.02 kgm² compared with the previous CVT. Table 2 compares the damper characteristics of the two units.

4.5. Optimization of baffle plate shape

Beginning with the previous CVT, a separator was provided around the final gear to prevent fluid churned up by the gear from flowing back into the differential chamber. Repeated tests and analyses were conducted that focused on the flow, height and other aspects of the fluid discharged from the separator. As a result, a specification was achieved that reduces friction further.

4.6. Reduction of fluid volume

Tests conducted to confirm that entrainment of very low temperature air would not occur showed that the fluid level could be lowered, thereby reducing fluid churning resistance in the powertrain.

The reduction of the fluid level allowed the fluid volume to be reduced by approximately 900 ml, thereby contributing to weight and cost reductions.

4.7. ギヤ、ベアリング(3軸)

ファイナル-リダクション対のギヤ幅を4.5mm短縮することでフリクション/原価低減を実施した。また低フリクションベアリングの採用及び、Rr側のベアリングを小型化(Fr側に統一)することでフリクション低減を図った。

150Nm以下CVT専用部品とする事でギヤ幅減、ベアリング小型化が可能となった。

前CVTは150Nm,180NmCVTが同一仕様であった。

5. 新規開発項目2【原価低減】

5.1. 電装部品

プライマリ圧センサの廃止、プライマリ回転センサ、インヒビタスイッチの取り付け場所をユニット内から外付けへ変更、上記変更に伴うユニット内部配電盤の簡素化で原価低減を実施した。プライマリ圧センサの廃止は、制御で・ユニット保護機能・故障検知機能を置き換えることで可能となった。

5.2. 平行リンク

シフトケーブル(車両部品)、ユニット操作系のレイアウトを大幅に見直し、シフトケーブルを斜め引きする事で、複雑な平行リンク部品を廃止する事が出来た。平行リンク部品を廃止することで原価低減を図った。

6. まとめ

新開発 CVTを搭載した車両はエンジンの改良も合わせて以下の燃費性能の効果が得られた。

前CVT+前 ENG(HR15DE)を搭載した車両と比較して10-15モードで6.6%~7.9%向上した。

各車の10-15モード燃費をTable.3に示す。

Table 3 Improvement of fuel economy under Japan's 10-15 test mode

Model	New CVT (km/L)	Previous CVT (km/L)	Improvement
Tiida	19.4	18.2	6.6%
Note	19.4	18.2	6.6%
Cube	19.4	18.0	7.8%
Cube Cubic	19.2	17.8	7.9%
Wingroad	19.2	18.0	6.7%

また同車両、前エンジン+AT車と比較した結果は、16%向上している。(ティーダ：19.4 16.8km/L)

参考として、前CVT搭載車での同車両、同エンジンAT車と比較した結果は8.3%向上であった。(18.2 16.8km/L)

最後に、開発途中での大きな仕様変更に関わらず、短期間での、2工場(1地区、4地区)同時立ち上げ、各目標達成に協力して頂いた、日産自動車(株)様、社内関連部署の方々に感謝する。

4.7. Gears and bearing (third shaft)

The width of the final reduction gear pair was reduced by 4.5 mm to achieve lower friction and cost levels. A low-friction bearing was adopted for the third shaft, and the diameter of the rear bearing was reduced to the same dimension as the front bearing. These measures also reduce friction.

Dedicated parts were adopted for the new 150-Nm CVT, making it possible to reduce the gear width and the bearing size.

The previous CVT had the same specifications for both the 150-Nm and 180-Nm versions.

5. Second Development Objective: Cost Reductions

5.1. Electrical parts

The primary pulley pressure sensor was discontinued and the primary pulley speed sensor and inhibitor switch are now externally attached instead of being installed inside the unit. These changes allowed the circuit board inside the new CVT to be simplified, thereby reducing the cost. Discontinuation of the primary pulley pressure sensor was made possible by incorporating a transmission protection function and a failure detection function into the control system.

5.2. Parallel rings

The shifter cable (vehicle part) and layout of the shift lever system were substantially revised, and the shifter cable is now pulled in obliquely, allowing the complicated parallel rings to be discontinued. The discontinuation of these parts reduces the cost.

6. Conclusion

Together with further improvements made to the engine, the adoption of the newly developed CVT enables the car models to obtain improved fuel economy. Compared with the models fitted with the previous CVT and previous engine (HR15DE), fuel economy is improved by 6.6-7.9% under Japan's 10-15 test mode. Table 3 compares the fuel economy of each car model under the 10-15 test mode.

In addition, compared with the Tiida model fitted with the previous engine and an AT, fuel economy is improved by 16%, up from 16.8 to 19.4 km/L. By way of reference, the Tiida fitted with the previous CVT improved fuel economy by 8.3% (from 16.8 to 18.1 km/L) when compared with the same model fitted with the same engine and an AT.

Finally, the author would like to thank everyone concerned at Nissan Motor Co., Ltd. and in the related departments at JATCO for their cooperation in launching production simultaneously in two manufacturing departments (areas No. 1 and No. 4) and in attaining the development objectives. The new CVT was successfully developed in a short period of time even though major specification changes were made midway through the development process.

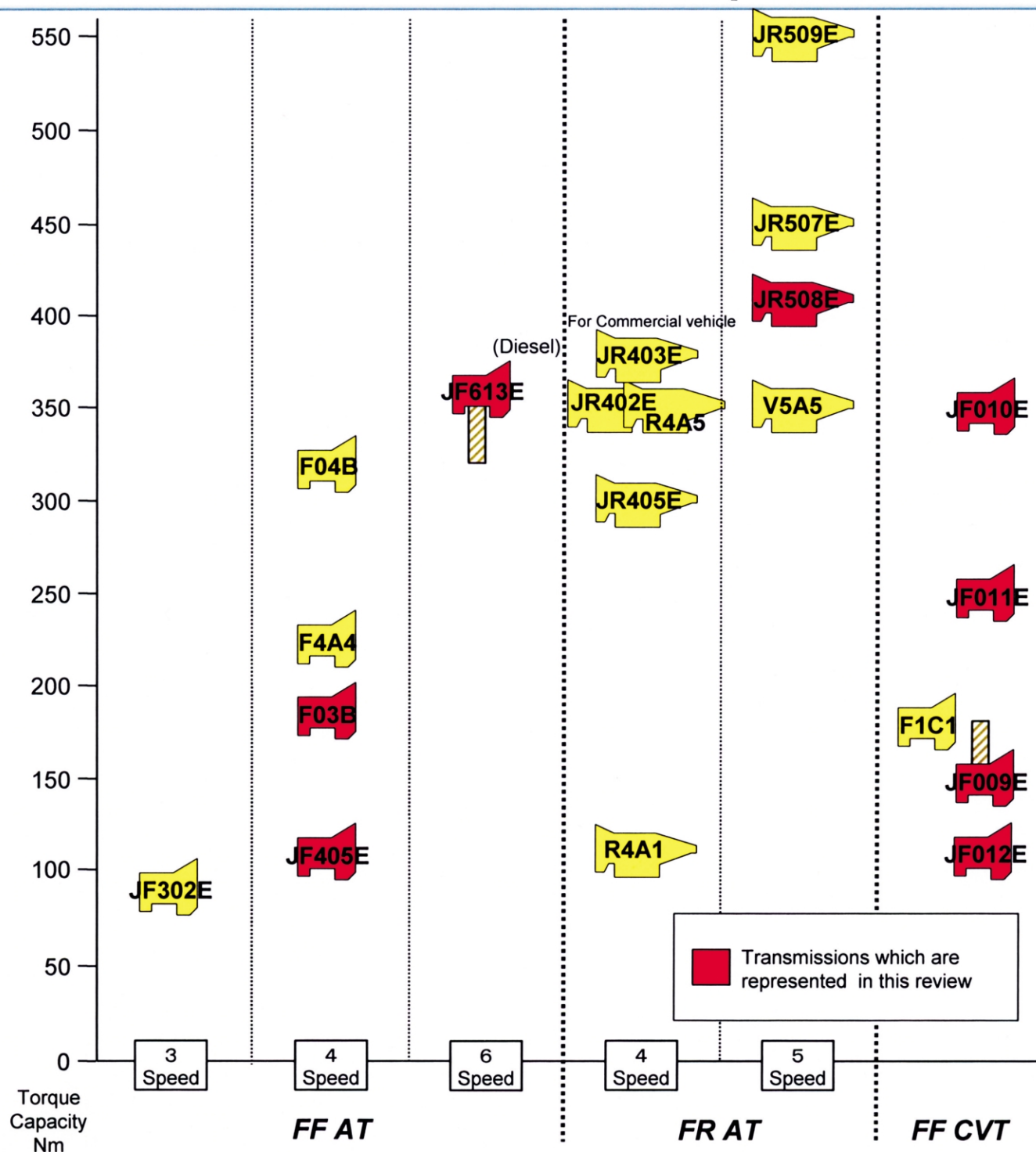
Author



Hiroaki SUGIMOTO

Product Line-up

Jatco



FF車用ベルトCVT JF009Eの紹介

Introducing the JF009E Steel-belt CVT for Front-drive Cars

JF009E型ベルトCVTは、04年8月に日産自動車(株)の1.5Lティイダに初めて採用されました。

低車速までロックアップ領域を拡大し、フリクション低減を実施して、燃費と走りの両立を実現させました。

04年12月に1.8Lティイダに展開後、小型車クラスに順次拡大採用されています。

The JF009E steel-belt CVT was first adopted on the 1.5-liter Nissan TIIDA released in August 2004. The lock-up operation range was extended further to lower vehicle speeds and measures were taken to reduce friction, resulting in both improved fuel economy and driving performance. Application of the JF009E was expanded to the 1.8-liter TIIDA in December 2004 and has been steadily extended to other models in the small car class.

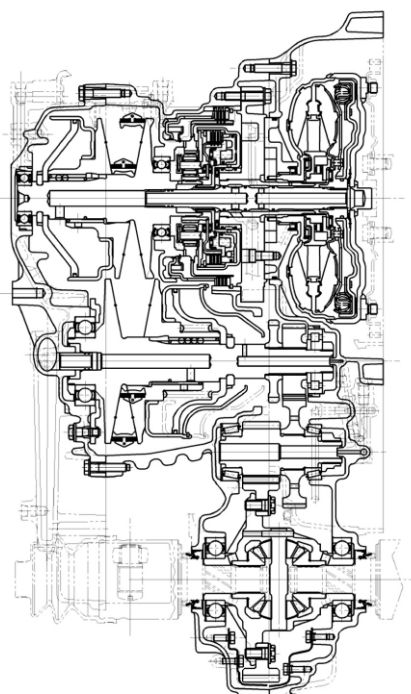


Fig. 1 Main cross - sectional view

Typical model fitted with the JF009E Steel - belt CVT



TIIDA

Table 1 Specifications of JF009E

Vehicle	Model	TIIDA (1.5L)	TIIDA (1.8L)
	Drive system	2WD	←
	Weight	kg	H/B: 1147
			SED: 1117
	Engine type	HR15DE	MR18DE
	Max. power	kw/rpm	80/6000
	Max. torque	Nm/rpm	93/5600
CVT			148/4400
	Torque converter	AAC	←
	Pulley ratio	2.561~0.427	←
	Final gear ratio	5.473	←
	Overall length	mm	354.7
	Distance between pulley shafts	mm	156
	Weight (wet)	kg	73.6
			74.2

FF 車用CVT JF011E-Nの紹介

Introducing the JF011E - N Steel-belt CVT for Front-drive Cars

04年12月発売の日産自動車(株)のラフェスタより搭載されたJF011E-Nは、優れた燃費性能とスムーズな走りで好評を得ております。

さらに 07年5月に発売された日産自動車(株)のデュアリスからはASC(アダプティブシフトコントロール)機能を追加。ドライバーの運転スタイルや走行環境に応じた変速を行い、燃費性能と動力性能の双方のさらなる最適化を実現しました。

The JF011E-N CVT is highly acclaimed for its outstanding fuel economy and smooth driving performance. This CVT debuted on the Nissan Lafesta released in December 2004. Moreover, since its adoption on the Nissan Dualis launched in May 2007, it has incorporated Adaptive Shift Control (ASC). This function controls the shift pattern according to the driver's individual driving style and the driving environment to further optimize both fuel economy and power performance.

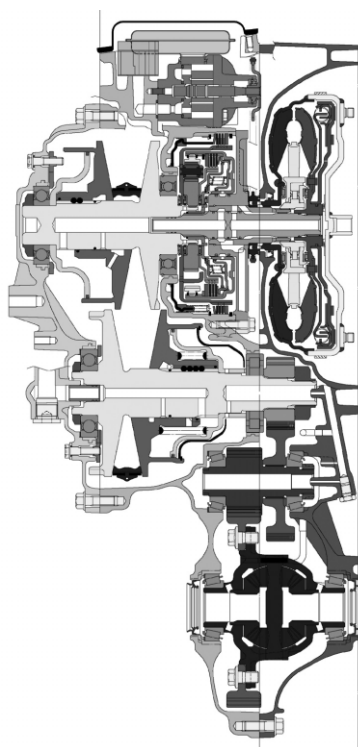


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF011E - N

Max. input torque		250 Nm
Max. input speed		6400 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		2140 kg
Control system		Electronic
Torque converter		236 mm dia.
Gear ratios	Pully ratio	2.349~0.394
	Rev.	1.750
Final drive gear ratio		5.407~6.466
No. of selector positions		6
Overall length		354.7 mm
Center distance between engine and differential		197 mm
Dry weight		84 kg

Typical models fitted with the JF011E-N CVT



Dualis



X-TRAIL

FF車用ベルトCVT JF011E-Sの紹介

Introducing the JF011E-S Steel-belt CVT for Front-drive Cars

JF011E-S型CVTは、05年10月に三菱自動車工業(株)のアウトランダーに初めて搭載され、軽量・コンパクトな設計、優れた燃費性能、変速レスポンスの速さで好評を得ています。

07年1月には三菱自動車工業(株)デリカD:5にも拡大採用されました。

The JF011E-S steel-belt CVT was first adopted on the Mitsubishi Outlander released in October 2005. It has been highly praised for its lightweight, compact design, excellent fuel economy benefits and quick shift response. Application was further expanded to the Mitsubishi DelicaD:5 in January 2007.

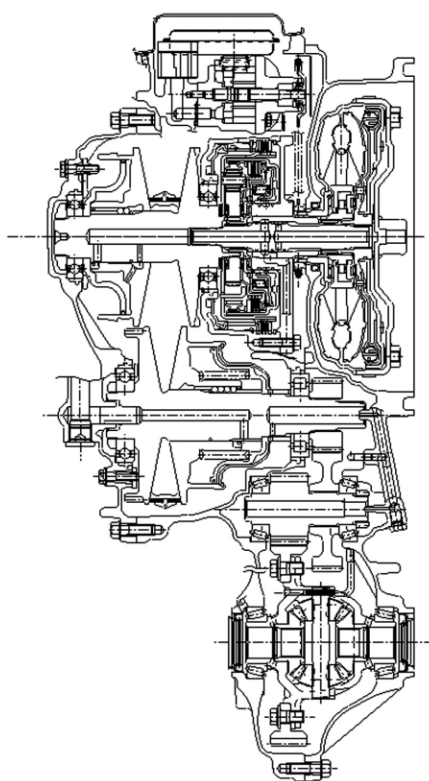


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications

Engine		For 2.4L engine	
2WD/4WD		2WD	4WD
Max. input torque		226 Nm	←
Max. input speed		6400 rpm	←
Max. vehicle weight (GVW)		2390 kg	2470 kg
Control system		Electronic	←
Torque converter		236 mm dia.	←
Ratios	FWD	2.349 ~ 0.394	←
	REV	1.750	←
Final gear ratio		6.120	6.466
No. of selector positions		5 (P, R, N, D, Ds)	←
Weight (wet)		91 kg	93 kg

Model fitted with the JF011E-S CVT



Derica D:5

FF車用ベルトCVT JF011E-Pの紹介

Introducing the JF011E-P Steel – belt CVT for Front-drive Cars

JF011E-P型CVTは、05年10月より、Chrysler LLCの“DODGE Caliber”に採用されている中型(2.0～2.5Lクラス)CVTです。

JF011E型シリーズは、04年11月の日産自動車(株)のラフェスタに初採用されて以降、三菱自動車工業(株)のアウトルンダー、ChryslerのJeep COMPASS、Jeep PATRIOTなど、幅広く多くの車両に採用され、世界各地に出荷されている、ジヤトコのCVTを代表する機種の一つです。

The JF011E-P is a medium-capacity (2.0-2.5-liter class) steel-belt CVT that was adopted on the Dodge Caliber launched by the Chrysler Group in October 2005. Following initial adoption on the Nissan Lafesta in November 2004, the JF011E-P series has been fitted on a wide range of models, including the Mitsubishi Outlander and the Jeep Compass and Jeep Patriot made by the Chrysler Group. It is one of the representative models in JATCO's lineup of CVTs that are shipped all over the world.

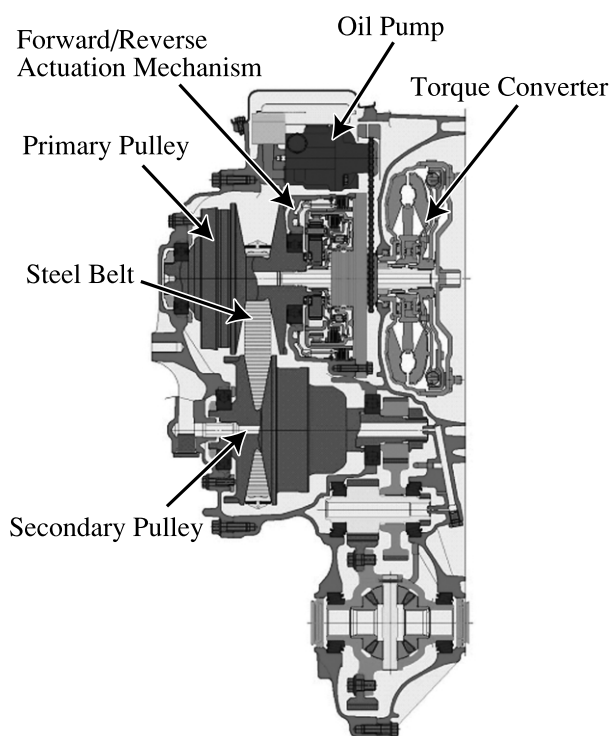


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF011E-P

Torque capacity (Nm)		250
Gear ratios	Pulley ratio	2.349~0.394
	Ratio coverage	6.0
	Reverse gear ratio	1.750
	Final gear ratio	6.120
Weight (wet)(kg)		92 (FWD)~93 (AWD)
Overall length (mm)		359.3
Distance between 1st and 2nd shafts (mm)		171
Distance between 1st and 4th shafts (mm)		198
Manual mode		6 speeds

Typical model fitted with the JF011E-P CVT



DODGE Caliber

FF車用CVT JF010Eの紹介

Introducing the JF010E Steel-belt CVT for Front-drive Cars

JF010E型ベルトCVTは、最大トルク350Nmまで対応する、世界初の高トルク容量ベルトCVTです。

02年11月に日産自動車(株)の北米向けムラーノに初めて採用されました。パワフルでリニアな発進性能、滑らかな加速性能により好評を博しております。

ムラーノの他にティアナ、プレサージュにも採用されています。

The front-drive JF010E CVT is the world's first high torque capacity CVT capable of accommodating maximum torque of 350 N-m. It was first adopted on the Nissan Murano for export to North America in November 2002. It is highly acclaimed for its powerful, linear launch performance and smooth acceleration. In addition to the Murano, it is also used on the Nissan Teana and Presage models.

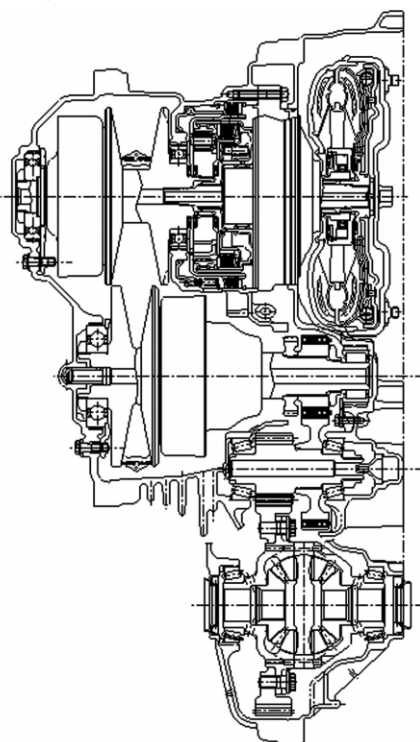


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF010E

Max. input torque		350 Nm
Max. input speed		6400 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		2280 kg
Control system		Electronic
Torque converter		250 mm dia.
Gear ratios	LOW~HI	2.371~0.439
	Rev.	0.745
Final drive gear ratio		5.173
No. of selector positions		4 (P, R, N, D) +Manual mode shift
Dry weight		93 kg

Typical model fitted with the JF010E CVT



Murano

FF車用6速AT JF613E-Xの紹介

Introducing the JF613E-X 6-speed AT for Front-drive Cars

当社初の小型FF6速自動変速機であるJF613E-Xは、06年10月に欧州で人気のRenault社製小型ミニバンScenicに、そして07年5月にやはり本格ミニバンクラスで人気を博しているEspaceに搭載されました。同変速機の特徴である低フリクションおよびワイドレシオカバレッジにより、これら2車種は欧州市場にて燃費および運転性において非常に高い評価を得ています。

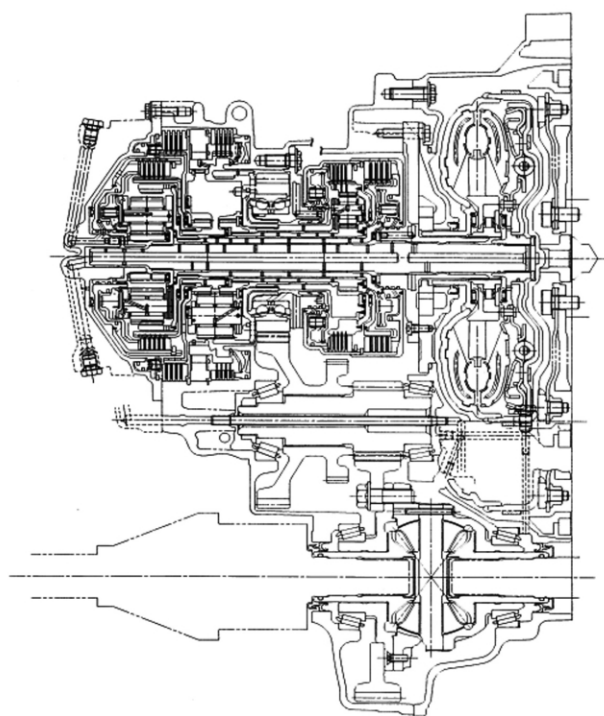


Fig. 1 Main cross-sectional view

The JF613E-X is JATCO's first 6-speed AT for use on small front-drive cars. It was adopted on the Renault Scenic minivan, a popular model in Europe that was rolled out in October 2006. It was also fitted on the large Renault Espace, another popular minivan released in May 2007. Thanks to the low friction and wide ratio coverage that characterize this AT, these two Renault models enjoy immense popularity in the European market for their excellent fuel economy and driveability.

Table 1 Specifications of JF613E-X

Max. input torque		360 Nm
Max. input speed		4000 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		2665 kg
Control system		Electronic with linear solenoids
Torque converter		250 mm dia.
Gear ratios	1st	4.199
	2nd	2.405
	3rd	1.583
	4th	1.161
	5th	0.856
	6th	0.686
	Rev.	3.457
Final drive gear ratio		3.360
No. of selector positions		4 (P, R, N, D)
Overall length		385 mm
Center distance between engine and differential		197 mm
Weight (wet)		98 kg

Typical models fitted with the JF613E-X AT



Scenic



Espace

FF車用6速AT JF613E-Sの紹介

Introducing the JF613E-S 6-speed AT for Front-drive Cars

FF車用6速自動変速機JF613E-Sは三菱自動車工業(株)のアウトランダーに搭載されました。06年9月に北米向けに採用され、その後、日本向けを含め世界各地向けに採用拡大され好評を博しております。低フリクション、ワイドギヤレンジを実現させた優れたATとして燃費及び動力性能とも高い評価を得ています。さらにパドルシフト、INVECS-IIを採用、運転の楽しさを提供しています。

The front-drive JF613E-S 6-speed AT was initially adopted on the Mitsubishi Outlander for export to North America in September 2006. Subsequently, it was also fitted on models for the Japanese market, and its application has been expanded to cars sold in various markets around the world owing to its popularity. Noted for its low friction and wide gear ratio range, this outstanding AT has won high acclaim for its excellent fuel economy and power performance. Furthermore, paddle shifters and the INVECS-II shift schedule control system have been adopted to provide improved driving pleasure.

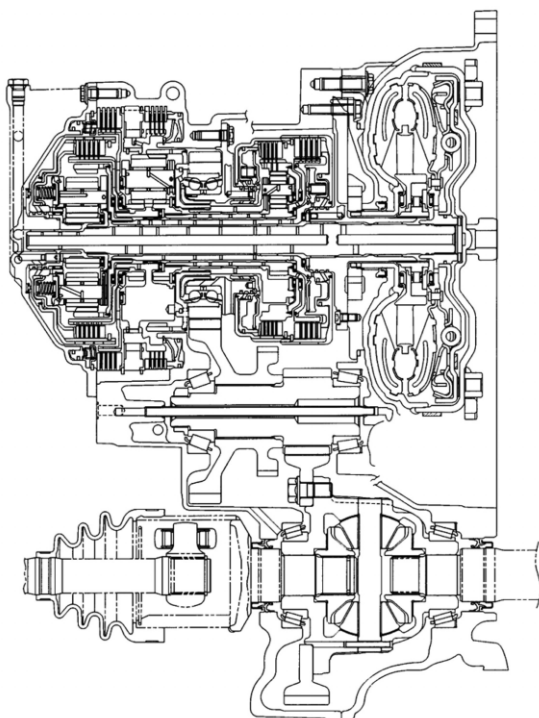


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF613E-S

Max. input torque		276 Nm
Max. input speed		6500 rpm
Control system		Electroic with linear solenoids
Torque converter		250 mm dia.
Gear ratios	1st	4.199
	2nd	2.405
	3rd	1.583
	4th	1.161
	5th	0.856
	6th	0.686
	Rev.	3.457
Gear range (1 st /6 th)		6.12
Final drive gear ratio		3.571
No. of selector positions		4 (P, R, N, D) with manual shift mode
Overall length		396.8 mm
Center distance between engine and differential		205 mm
Weight (wet)		101.4 kg

Typical model fitted with the JF613E-S



Outlander

FF車用ベルトCVT JF012Eの紹介

Introducing the JF012E Steel-belt CVT for Front-drive Cars

06年9月にスズキ(株)のワゴンR(FX-S Limited)に初めて搭載されたJF012E型CVTは、世界トップレベルの低フリクションで、軽乗用車にジャストフィットしたFFCVTです。

06年5月に発売になった新型スパルステラにも搭載されています。

The JF012E CVT was first adopted on the Suzuki Wagon (FX-S Limited) in September 2006. As one of the world's lowest friction transmissions, this front-drive CVT is just the right size for minicars. It was also adopted on the new Subaru Stella model that was put on the market in May 2006.

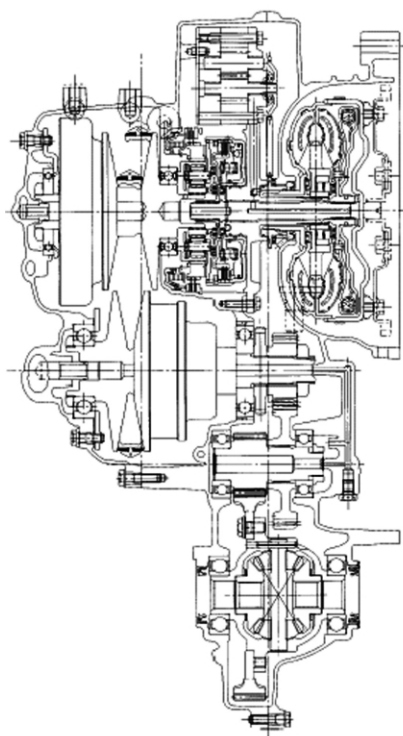


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF012E

Max. input torque		110 Nm
Max. input speed		6500 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		1,380 kg
Control system		Electronic
Torque converter		185 mm dia.
Gear ratios	Pulley ratio	2.432~0.423
	Ratio coverage	5.75
	Reverse gear ratio	2.487
Final drive gear ratio		8.034~5.264
No. of selector positions		5(P, R, N, D, S)
Overall length		353.7 mm
Center distance between engine and differential		172 mm
Dry weight		57.8 kg

Typical model fitted with the JF012E



WAGON R

FR車用 5速AT JR508Eの紹介

Introducing the JR508E 5-speed AT for Rear-drive Cars

JR507E型自動変速機は、07年1月に日産自動車のシーマに採用以来、その後のJR508E型含めFR車のメインユニットとして多くの車両に採用されて来ました。

07年10月より、50周年を迎えたSKYLINE Coupeに採用され、新型 VQ37VHR ENG(VVEL付き)と併せてJR508E型ATの改良により、高い動力性能、ダイレクトでハイレスポンスな走りと低燃費を両立しました。

更に新型シャシとサスペンションの組合せによる、快適な乗り心地と卓越した走行性能を実現し登場しました。

【 SKYLINE CoupeのJR508E型 AT の特徴 】

動力性能

JR508E型 ATは、最高回数を7500rpmに向上させ、更にATの最適制御を行うことで、高い動力性能を確保しました。

レスポンスの向上とダイレクト感

トルコン容量の変更、ロックアップの多段化(3, 4, 5速 完全ロックアップ 初採用), ロックアップ領域の拡大と、新型 VVEL付きエンジンとの組合せにより、アクセル開度との追従性を向上させることでダイレクト感とレスポンスの向上を図りました。

また、パドルシフト付きMモードを採用することでよりスポーティなシフトフィールを演出することに成功しました。

燃費向上

ドライブ及びコーストでのロックアップの多段化と、ロックアップ領域を拡大し、新エンジンとの組合せにより、現行車(VQ35DE)に対し、約8%の燃費を向上させました。

Following its adoption on the Nissan Cima in January 2007, the JR507E AT, including the JR508E version, has been fitted on many models as one of JATCO's main transmissions for rear-drive cars.

In October 2007, the JR508E AT was adopted on the Nissan SKYLINE Coupe, which marked the 50th anniversary of that model's debut. The improved JR508E was mated to Nissan's new VQ37VHR engine incorporating a variable valve event and lift (VVEL) system. This hardware pair achieves high power performance with quick, direct throttle response combined with low fuel consumption.

In addition, the combination of a new chassis and suspension system provides supple ride comfort together with superb vehicle dynamic performance.

【 Features of the JR508E AT fitted on the SKYLINE Coupe 】

(1) Power performance

The JR508E has been improved to handle a maximum input speed of 7500 rpm, and it also incorporates an optimal control system, ensuring the delivery of powerful driving force to the rear wheels.

(2) Improved response with direct, linear feeling

The torque capacity of the AT was changed, lock-up operation was extended to more speed ranges (first application of complete lock-up operation to 3rd, 4th and 5th gears) and the range of lock-up operation was further expanded. These improvements combined with the new VVEL system-equipped engine enable better tracking of the accelerator valve opening to provide enhanced response with a direct, linear feeling. Moreover, the adoption of a manual shift mode operated via paddle shifters successfully delivers a sportier shift feeling.

(3) Improved fuel economy

The fuel economy of the new Skyline Coupe was improved by about 8% over that of the previous model fitted with the VQ35DE engine. That improvement is attributed to the extension of lock-up operation to more speed ranges in both the driving and coasting modes, the expanded range of lock-up operation and the mating of the JR508E to the new engine.

Typical model fitted with the JR508E



SKYLINE Coupe

Table 1 Specifications of JR508E
Specifications

Max input torque		400 Nm
Max input speed		7500 rpm
Engine		VQ37VHR
Torque converter		Φ 250 mm dia
Gear ratios	1st	3. 841
	2nd	2. 352
	3rd	1. 529
	4th	1
	5th	0. 839
	Rev	2. 764
Final drive gear ratio		3. 692

FF車用4速AT F03B の紹介

Introducing the F03B 4-speed AT for Front-drive Cars

F03Bは、軽量、コンパクトな設計で好評を得ている、FF車用4速ATです。

今回、韓国Renault Samsung MotorsのSM3へ搭載されるにあたり、各仕向けに合わせハードの適用見直し、また変速時油圧、変速タイミングの更なる最適化を行ったことで、お客様要求を満足する性能を達成しました。

The front-drive F03B 4-speed AT has been highly acclaimed for its compact, lightweight design. This AT has been adopted on the Renault Samsung SM3. For this application, the AT hardware was carefully selected to match the export destinations. The shift timing and shift oil pressure were also optimized to achieve the customer's requested performance.

Table 1 Specifications

Max. input torque		147 Nm
Max. input speed		7500 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		1625 kg
Control system		Electronic
Torque converter		236 mm dia.
Gear ratios	1st	2.861
	2nd	1.562
	3rd	1.000
	4th	0.697
	Rev.	2.310
Final drive gear ratio		4.342
No. of selector positions		6 (P, R, N, D, 2, 1)
Overall length		397.6 mm
Center distance between engine and differential		186 mm
Dry weight		63.0 kg

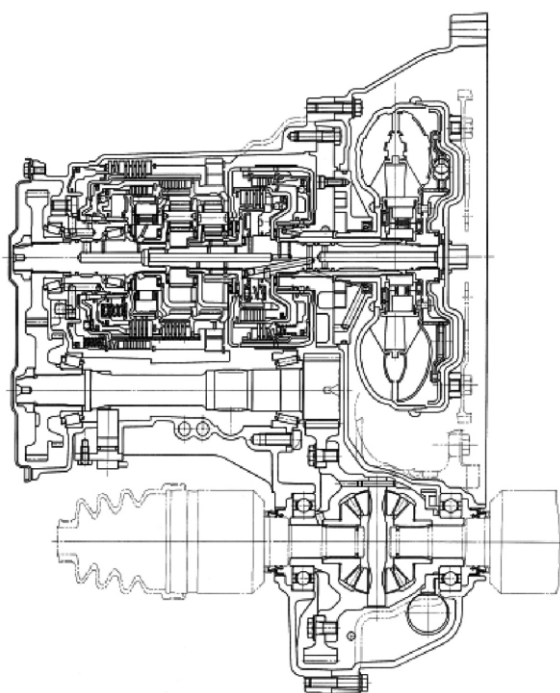


Fig. 1 Main cross-sectional view

Typical model fitted with the F03B AT



Renault Samsung SM3

FF車用4速AT JF405E-Gの紹介

Introducing the JF405E-G 4-speed AT for Front-drive Cars

FF4速自動変速機JF405E-Gは、02年7月にGM大宇オート&テクノロジー社のMatizに初めて搭載されました。

05年3月にモデルチェンジしたNew Matizにはスリップロックアップ採用による燃費性能の向上と、電子制御の高度化による変速性能の向上及び環境法規K-OBD (Korea-On Board Diagnostics) に対応したATとして韓国市場と欧州、その他の地域に輸出されています。

The front-drive JF405E-G 4-speed AT was adopted on the Matiz, produced by GM Daewoo & Technology Co., in July 2002. This AT was also fitted on the new generation of the Matiz released in March 2005. Slip lock-up control was incorporated to improve fuel efficiency and the electronic control system was upgraded to match the Korea Onboard Diagnostics (K-OBD) system required by environmental regulations. This AT is exported to the South Korean market, Europe and other regions.

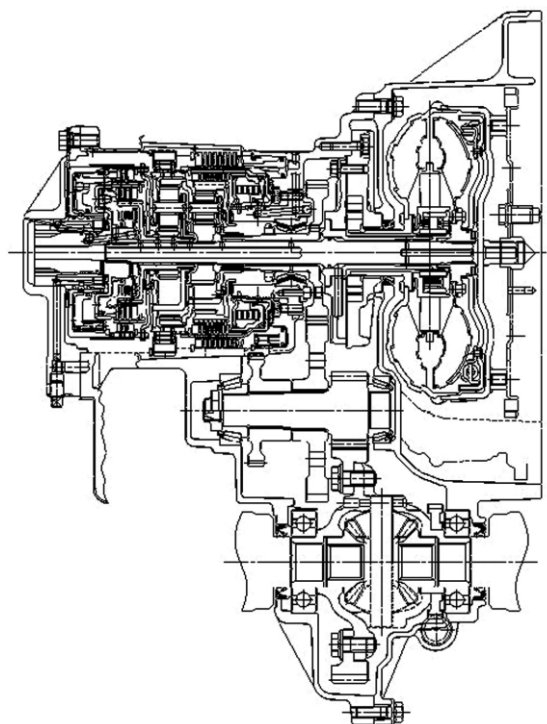


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF405E-G

Max. input torque		71.5 Nm
Max. input speed		6500 rpm
Max. vehicle weight (GVW)		1,217 kg
Control system		Electronic
Torque converter		186 mm dia.
Gear ratios	1st	2.914
	2nd	1.525
	3rd	1.000
	4th	0.725
	Rev.	2.642
Final drive gear ratio		4.709
No. of selector positions		6 (P, R, N, D, 2, L)
Overall length		359.9 mm
Center distance between engine and differential		172 mm
Dry weight		45.7 kg

Typical models fitted with the JF405E-G AT



New Matiz

Jatco 一年間のトピックス

Topics

1. 文部科学大臣表彰:創意工夫功労者賞及び 職域創意工夫功労者表彰受賞

2006年4月20日(金), 2006年度科学分野の文部科学大臣表彰の創意工夫功労者賞受賞者, 及び発明協会静岡県支部の第47回職域創意工夫功労者表彰受賞者への表彰式が行われ, ジヤトコからは9名が受賞した。

創意工夫功労者賞は, 優れた創意工夫により職域における技術の改善向上に貢献した人に対して送られるものである。



2. 高度熟練技能認定者による工業高校生への指導実施

2006年7月18日(火) 静岡県職業能力開発協会の依頼を受け, 高度熟練技能認定者が近隣工業高校生に対し, 普通旋盤の技能指導を行った。

プロの技に接することのない生徒たちは, 熟練技能の匠の技を食い入るように見入っていた。

日頃はあまり接点のない学校と企業の, 技能を通してのコミュニケーションの場としても大いに意味のある活動である。

1. Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology Awards: Commendation for Originality and Invention and Commendation for Originality and Invention in Occupational Fields

A ceremony was held on Friday, April 20, 2006 to present awards to the recipients of the fiscal 2006 Minister of Education Culture, Sports, Science and Technology Awards--Commendation for Originality and Invention and the 47th Commendation for Originality and Invention in Occupational Fields given by the Shizuoka Branch of the Japan Institute of Invention and Innovation. Nine JATCO employees received these awards. The Commendation for Originality and Invention is awarded to persons who have contributed to the improvement of technology in occupational fields through the exercise of their outstanding originality and ingenuity.

2. Certified high-proficiency skilled workers give instruction to industrial high school students

JATCO employees who are certified high-proficiency skilled workers gave technical instruction on ordinary lathes to students of a nearby industrial high school on Tuesday, July 18, 2006. They were invited to do so by the Shizuoka Branch of the Japan Vocational Ability Development Association. Having no regular firsthand contact with the techniques of professionals, the students watched intently as if they were devouring the masterful skills demonstrated by the experienced JATCO employees. This activity was also very significant as a forum for communication through the medium of technical skill, as normally there is little contact between schools and companies.



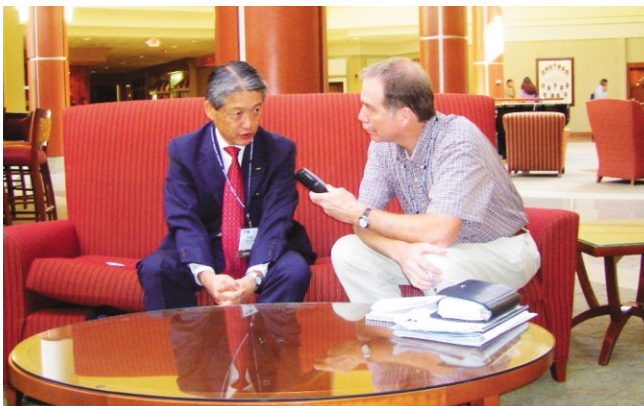
3. 石田社長“2006 Management Briefing Seminars”で講演

8月7日(月)～11日(金)、ミシガンにおいて“2006 Management Briefing Seminars”が開催された。

これは、ミシガン大学の外郭研究機関であるCAR(The Center for Automotive Research)主催のセミナーで、40年もの歴史を有し、期間中の参加者総数は1,000名超を数える自動車業界の経営トップ層が集まる最大規模のイベント。

初日(7日)に行われた“World Class Manufacturing”のセッションで、石田社長がCVTのメリットや、グローバルネットワークを活用したモノづくりJEPSの紹介等を、ビデオも交えて講演し、参加者から大いに好評を博した。

また、“Automotive News”や“automotive engineering (SAE会報誌)”からも取材を受けて大きく取り上げられ、北米市場におけるジャトコブランドの浸透、CVTメリットの啓蒙を行うことができた。



3. President Shigeo Ishida addresses the 2006 Management Briefing Seminars

The 2006 Management Briefing Seminars were held from Monday-Friday, August 7-11 in Traverse City, Michigan. These seminars are sponsored by the Center for Automotive Research (CAR), an external research institute of the University of Michigan, and have a long tradition dating back more than 40 years. This is one of the largest conferences attended by the top executives of the automotive industry, typically attracting over 1,000 attendees during the event.

JATCO President & CEO Shigeo Ishida addressed the World Class Manufacturing session held on the opening day, August 7. Among other subjects, he explained the advantages of CVTs and the Jatco Excellent Production System (JEPS), representing JATCO's approach to manufacturing based on the use of a global network. His remarks included related video clips and were enthusiastically received by the audience.

Mr. Ishida was also interviewed by Automotive News and Automotive Engineering, an SAE publication. Both carried extensive articles that served to penetrate the JATCO brand name further in the North American market and to educate readers on the many benefits of CVTs.

4. Ceremony held to celebrate cumulative production of three million units of the 4-speed JF405E-H AT for front-drive cars

A ceremony was held in the Kakegawa area on Tuesday, September 12, 2006 to celebrate cumulative production of the three millionth unit of the 4-speed JF405E-H automatic transmission for front-drive cars. Designed for use on minicars of the 1-liter class, the JF405E-H went into production in 1998 for delivery to Suzuki Motor Corporation. The three-million milestone was reached in approximately eight years.

4. FF車用4速AT JF405E-H 生産累計300万台達成記念式典開催

2006年9月12日(火)、掛川地区において「FF車用4速AT JF405E-H 生産累計300万台達成記念式典」が開催された。

軽・1リッタークラスFF車用4速AT JF405E-Hは、'98年にスズキ(株)向けに生産を開始し、足掛け8年で生産累計300万台を達成している。



5. QCサークル全国大会神戸大会感動賞受賞

2006年9月21日～22日第4840回QCサークル全国大会(神戸)に当社スポンサークルが出場し、見事に感動賞を受賞した。

テーマ「オイルポンプアウター端面黒皮残りの撲滅」

6. オーストリア ウィーンで行われた、第15回国際熱処理表面処理連盟総会で講演

2006年9月25日～29日まで、オーストリア・ウィーンのMesse Wienにおいて「第15回国際熱処理表面処理連盟総会」(The 15th Congress of IFHTSE)が開催され、ジヤトコは「CVTプーリに対する焼き入れシミュレーションの適用」についての論文を発表した。



7. 八木地区 新工場完成記念式典開催

2006年10月11日(水)、八木地区において「新工場完成記念式典」を実施し、新工場を披露した。

京都府 山田知事、南丹市 佐々木市長ほか地元自治体、地元関係者、日産自動車 小枝共同会長等、関係者約70名の方々がご臨席下さり、また、日本経済新聞や地元京都新聞やKBS京都等、新聞社やテレビ局も取材に訪れた。



5. Turtle Circle wins Inspiring Award at the National QC Circle Congress in Kobe

JATCO's Turtle Circle attended the 4840th National QC Circle Congress held in Kobe on September 21-22, 2006 and skillfully won the Inspiring Award. Their theme was "Complete elimination of the residual black scale on the outer end face of the oil pump."

6. Paper presented at the 15th Congress of the IFHTSE in Vienna, Austria

JATCO employees presented a paper at the 15th Congress of the International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering and Surface Modification Technologies (IFHTSE) held at the Messe Wien in Vienna, Austria from September 25-29, 2006. The paper was titled "Application of a quenching simulation to CVT pulleys."



7. Ceremony held to unveil new plant in the Yagi area

JATCO's new plant in the Yagi area was unveiled at a ceremony held on Wednesday, October 11, 2006 to celebrate the completion of the facility. Approximately 70 special guests were in attendance, including Kyoto Prefectural Governor Keiji Yamada, Nantan City Major Toshinori Sasaki, other local government representatives, Nissan Motor Co. Co-Chairman Itaru Koeda and other related persons. The event was extensively covered by the media, including the Nihon Keizai Shimbun, Kyoto Shimbun, KBS Kyoto Television and other newspapers and television stations.

8. “5th International CTI - Symposium”で講演

2006年12月4日(月)～7日(木), ドイツのベルリンにおいて“5th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions”が開催され, トランスミッションのシンポジウムに全世界から900人以上の専門家が集まった。

ジャトコからは2件の発表が行われた。

「Future innovations in transmission」～CVTの将来について。

「New 6-speed automatic transmission for FWD vehicles」～JF613Eの紹介。



8. Two papers presented at the 5th International CTI-Symposium

JATCO employees presented two papers at the 5th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions held in Berlin, Germany from Monday-Thursday, December 4-7, 2006. More than 900 specialists from around the world attended this transmission symposium. The papers were titled "Future innovations in transmissions" and "New 6-speed automatic transmission for FWD vehicles--JF613E."



9. QCサークル全国大会沖縄大会感動賞受賞

2006年12月7日～8日QCサークル全国大会(沖縄)で, 当社“闘魂サークル”が出場し, 見事に感動賞を受賞した。

・テーマ「バルブボディASSYライン内不具合ゼロへの挑戦」

9. Fighting Spirit Circle wins Inspiring Award at the National QC Circle Congress in Okinawa

JATCO's Fighting Spirit Circle took part in the National QC Circle Congress held in Okinawa on December 7-8, 2006 and splendidly won the Inspiring Award. Their theme was the "Challenge to achieve zero defects on the valve body assembly line."

10. 茂木 P.G(プルビング・グラウンド)完成

茂木PGとして不足していた・30%基準勾配路・極低μ路・高速周回路追加・低温槽・ジャトコ棟が完成した。これらの施設が竣工したことにより, 走行キャパシティが750時間走行/月と従来の3倍に増え, ジャトコPGとしての本格運用を開始した。



10. Completion of facilities at Motegi Proving Ground

A 30% basic grade course, low-μ course, additional high-speed circuit course, low-temperature bath and a JATCO building were completed at the Motegi Proving Ground. The completion of these facilities, which had previously been lacking, increased the test driving capacity to 750 hours per month, a threefold increase over the previous capacity, and marked the start of the full-scale operation of JATCO's proving ground.

11. QCサークル全国大会別府大会感動賞受賞

2007年2月15日～16日QCサークル全国大会(別府)で、当社“救いのヒーローサークル”が出演し、見事に感動賞を受賞した。

・テーマ「FP系ビニール片混入によるL8リバースインヒビットバルブスティック作動せず」

12. 中国への工場進出について

2007年2月28日、ジヤトコは中国広州市に新会社を設立し(100%出資)、約60億円を投資して、ベルト式CVTの生産拠点を建設することを決定した。

海外生産拠点は、メキシコ現地法人であるJATCO Mexico, S.A. de C.V.(社長：伊藤 克文、本社：アグアスカリエンテス市)に続き2拠点目。新中国工場は2009年にベルト式CVTの生産を開始する予定。年間生産能力は約14万台を計画しているが、今後の需要の拡大に応じて、将来的には生産能力をさらに拡充させることを見込んでいる。

当社は、今回の新中国工場建設により、中国での生産拠点の基礎を確立し、今回の中国への工場進出によって、今後も大きな成長が期待できる中国市場及び、周辺地域でのAT・CVTの一層の拡販を目指し、当社のより一層の成長と、さらなるグローバル化を進めていく。



13. 「技能塾」開校式開催

2007年3月2日、技能塾の開校式が開催された。

「技能塾」は生産に直接携わる人だけではなく、保全系や検査系の人たちが、ナレッジをフル活用してスキルアップを図る目的で開校された。

今回の開校式には、日本経済新聞を含むマスコミ6社が取材に訪れている。

11. Saving Hero Circle wins Inspiring Award at the National QC Circle Congress in Beppu

JATCO's Saving Hero Circle attended the National QC Circle Congress held in Beppu on February 15-16, 2007 and successfully won the Inspiring Award. Their theme was "Sticking failure of the L8 reverse inhibitor valve due to contamination by fine-particle vinyl fragments."

12. Establishment of a plant in China

JATCO announced on February 28, 2007 that the company has established a new wholly owned subsidiary in Guangzhou, China and will invest approximately six billion yen to build a new steel-belt CVT production plant there.

This will be JATCO's second overseas production facility after JATCO Mexico, S.A. de C.V., the company's local subsidiary headed by President Katsufumi Ito in Aguascalientes, Mexico. Production of steel-belt CVTs at the new plant in China is expected to begin in 2009. Initial production capacity of around 140,000 units is planned, but it is anticipated that production capacity will be further expanded in the future as CVT demand grows.

The construction of this new plant in China will establish a manufacturing base for JATCO in that market. JATCO aims to further expand sales of ATs and CVTs in China and the surrounding region where large growth is expected in the future, and thereby promote the company's continued growth and globalization.

13. Opening ceremony held for Technical Skills Academy

An opening ceremony was held for the Technical Skills Academy on March 2, 2007. This academy was established for the purpose of enabling not only the people directly involved in production but also maintenance and inspection people to enhance their skills by making full use of their knowledge. Six mass media companies, including the Nihon Keizai Shimbun, covered the opening ceremony.



14. 【蒲原地区】FF車用4速AT F03A 累計生産 1000万台達成記念式典開催

3月29日(木), 蒲原地区においてFF車用4速AT F03A累計生産1000万台達成記念式典が行われた。

F03Aは1989年3月に生産を開始したジャトコの主力ユニットで, 3年後の1992年2月には生産累計100万台を達成。更に1998年9月には累計500万台を達成するなど, 着実に生産を伸ばし, トータル18年間で1000万台を達成した。



15. SAE米国自動車技術展で講演

4月16日(月)~19日(木)にかけて, 米国デトロイトのコボ・センターで開催された「SAE 2007 世界大会」で「CVT2用オイルポンプに採用した新技術紹介」を発表しました。



16. 自動車技術会フェロー称号取得

2007年6月1日(金), 自動車技術会関東支部創立60周年記念総会において, 同会の定めるフェロー称号の授与が行われ, ジャトコからは石田社長はじめ2名が授与された。(これにより当社の授受者はのべ6名となった。)

自動車技術会は会員数4万人を超える, 工学系としては国内最大の学会であり, その中で当社関係者の幅広い活躍が認められたもの。

フェロー制度とは, 自動車技術会の目的達成及び自動車に係る科学技術に関し, 多大の貢献をなしている正会員に与えられる称号で, 2004年度から制定されている。

14. Ceremony held in the Kambara area to celebrate cumulative production of ten million units of the 4-speed F03A AT for front-drive vehicles

A ceremony was held in the Kambara area on Thursday, March 29, 2007 to celebrate cumulative production of the ten millionth unit of the 4-speed F03A automatic transmission for front-drive vehicles. The F03A went into production in March 1989 and has been one of JATCO's mainstay transmissions. Cumulative production reached the one-million milestone three years later in February 1992. In September 1998, cumulative production reached five million units and has continued to expand steadily since then to attain a total production volume of ten million units over a period of 18 years.

15. Paper presented at the 2007 SAE World Congress & Exhibition

JATCO employees presented a paper at the 2007 SAE World Congress held at the Cobo Center in Detroit in the U.S. from Monday-Thursday, April 16-19. The paper was titled "Introduction of the new technologies adopted for the oil pump of the CVT2."

16. JSAE grants Fellow Member status

The Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) granted Fellow Member status at a ceremony held on Friday, June 1, 2007 to celebrate the 60th anniversary of the establishment of JSAE's Kanto Branch. Two JATCO employees, including President & CEO Shigeo Ishida, were honored with this membership grade, bringing the total number of JATCO recipients to six at present. The granting of this membership class is in recognition of the wide-ranging activities of the JATCO recipients.

With over 40,000 members, JSAE is one of the largest engineering academic societies in Japan. The Fellow Member system was inaugurated in fiscal 2004 to grant this membership designation to regular members who have made significant contributions to the accomplishment of JSAE's objectives and to automotive science and technology.

京都工場水島地区の紹介

Introducing the Kyoto Manufacturing Department (Mizushima Area)

荒井 和則*

Kazunori ARAI

1. 概要

ジャトコ株式会社 第三事業所 京都工場 水島地区を紹介する。

所在地：岡山県倉敷市水島海岸通1丁目
従業員数：187名

水島地区は2002年4月に三菱自動車工業(株)から、トランスミッション関連部門が分社して設立されたダイヤモンドマチック(株)を経てジャトコ(株)と合併し現在に至っており、三菱自動車工業(株)水島製作所内に工場を構え、軽四輪用トランスミッションの生産を行っている。

2006年より京都地区と組織統合を行い京都工場水島地区となった。



Fig. 1 Office building

生産車種はFF車ではEKワゴン用3速AT、4速AT、MR車であるアイ用4速ATおよびFR車であるTOWNBOX、パジェロミニ用4速ATといったバリエーションを部品加工からユニット組立・検査までを行い、タイムリーかつ高品質な製品を供給している。

水島地区の特徴として、三菱自動車工業(株)内の一貫生産ラインの一部として機能しており、完成したユニットは即三菱自動車工業(株)内の生産ラインへ供給されるため常に高品質で安定した生産を維持していけるよう品質向上、生産性向上、コスト低減等にむけた改善に取り組んでいる。

1. Overview

JATCO's Kyoto Manufacturing Department in Manufacturing Division No. 3 is located at 1, Mizushima Kaigan Doori in the city of Kurashiki in Okayama Prefecture. This department in the Mizushima area has a workforce of 187 employees.

The Kyoto Manufacturing Department joined JATCO's organization as a result of the merger with Diamondmatic Co., Ltd., which had been formed in April 2002 when Mitsubishi Motors Corporation (MMC) spun off its transmission division as an independent company. Located on the premises of MMC's Mizushima Plant, the department produces transmissions for minicars. The department's present organization in the Mizushima area resulted from consolidation with that of the Kyoto area in 2006.

The production lineup includes 3- and 4-speed ATs for Mitsubishi's front-drive eK wagon, 4-speed ATs for Mitsubishi's rear midship i minicar and 4-speed ATs for Mitsubishi's rear-drive Townbox and Pajero MINI. Operations extend from parts machining to transmission assembly and inspection, and high-quality products are supplied in a timely manner.

One unique feature of the Kyoto Manufacturing Department is that it functions as one part of MMC's integrated production lines. Fully assembled transmissions are immediately supplied to MMC's vehicle assembly line. For that reason, continuous improvements are made to enhance quality, boost productivity and reduce costs so as to maintain stable, high-quality production at all times.



Fig. 2 Map of the Mizushima area

* 第三事業所 京都工場
Manufacturing Division No.3
Kyoto Manufacturing Department

2. 歴史

水島地区のおいたちは、1943年に三菱重工業水島航空機製作所として設立し当時は一式陸攻、紫電改を生産。終戦後の1946年より航空機製造の技術を生かし小型三輪トラックの生産を開始したのが始まりである。

ATの生産はミニカがFF駆動に変更となった1984年より2速ATの生産を開始その後3気筒エンジン化となった1987年より3速AT(F3A1)の生産への移行した。1993年からはFF4速AT(F4A1)の生産を開始した。FR系ではパジェロミニのヒットで4速AT内製化への期待が高まり1998年よりFF系と内臓部品を共用化した4速AT(R4A1)の生産を開始、F3A1,F4A1,R4A1共に現在も生産を継続している。

3. 地域の紹介

水島地区は、瀬戸内の穏やかな気候・風土と高梁川がもたらした豊かな台地に恵まれた倉敷市南部の水島臨海工業地帯に位置している。

水島臨海工業地帯の周辺には、瀬戸内海国立公園の代表的な観光名所である鷺羽山や王子が岳を始め雄大な瀬戸大橋など、景勝地をせん望することができる。



Fig. 3 Scenic view from Washuzan Highland



Fig. 4 Oohara Museum of Art in the cultural area

倉敷市内中心部には、江戸時代からの伝統を引き継いだ白壁の古い町並みを残した美観地区があり、大原美術館や倉敷考古館・倉敷民芸館などが立ち並び文化の香り高い地域として親しまれている。また、倉敷駅の北側には倉敷チボリ公園が隣接し、四季折々の樹々や花々が生い茂る中、さまざまなエンターテインメントが催され大人から子供まで楽しめる場所となっている。

2. History

The history of this manufacturing department dates back to 1943 when the Mizushima Aircraft Works of Mitsubishi Heavy Industries was established. In those days, it manufactured the Army's Type 1 attack bomber and the Navy's remodeled Shiun reconnaissance plane. After World War II, it drew upon its aircraft manufacturing technologies to launch production of small three-wheeled trucks in 1946.

Production of ATs began with 2-speed units in 1984 when the Mitsubishi Minica was changed to a front-drive layout. Subsequently, production was changed to a 3-speed AT (F3A1) in 1987 when a 3-cylinder engine was adopted. Production of a front-drive 4-speed AT (F4A1) began in 1993. The sales success of the Pajero MINI heightened expectations for in-house production of rear-drive 4-speed ATs. Production of a rear-drive 4-speed AT (R4A1) that shared core components with the front-drive units started in 1998. At present, the F3A1, F4A1 and R4A1 are all still being produced here.

3. Introduction of Local Area

The Mizushima area is located in the Mizushima Coastal Industrial Zone in the southern part of the city of Kurashiki. This area is blessed with the Inland Sea's moderate climate and the rich plateau formed by the Takahashi River.

Located near the Mizushima Coastal Industrial Zone are vistas overlooking various scenic spots such as the majestic Seto Ohashi bridge. Other nearby tourist spots include Washuzan Highland and Ojigadake Hill that are representative of the Setonaikai National Park.

In the center of Kurashiki is a beautiful area that preserves the old white-walled warehouses that continue the traditions from the Edo Period. This area is well-known for its rich cultural atmosphere, where the Ohara Museum of Art, Kurashiki Archeological Museum, Kurashiki Museum of Folk Art and other facilities are located. On the north side of Kurashiki Station is the nearby Kurashiki Chibori Park where various entertainment events enjoyed by everyone from children to adults are held amid a profusion of different blossoms and flowers depending on the season.

Author



Kazunori ARAI

Jatco Mexicoの紹介

The Introduction of Jatco Mexico, S. A. de C. V.

ベラスケス マウリシオ

Velazquez Mauricio

1. Outline

所在地 : Carretera Panamericana Km. 75,
Col Los Arellano C. P. : 20340
Aguascalientes, Ags, Mexico
会社設立 : 2003年4月30日
従業員数 : 1043人
事業内容 : 自動変速機及び自動変速機関連部品の
開発・製造・販売



Fig. 1 Jatco Mexico, S. A. de C. V.

2. Current main business

ここJMEXでは、JF011Eを生産しており、主な納入先は、日産のテネシー州スマーナ工場、ミシシッピ州カントン工場及びクライスラーであり、2.0-2.4リッター車を対象に納入している。車両としては、日産のアルティマ、クライスラーのキャリバー、ジープパトリオット、コンパスに搭載されている。

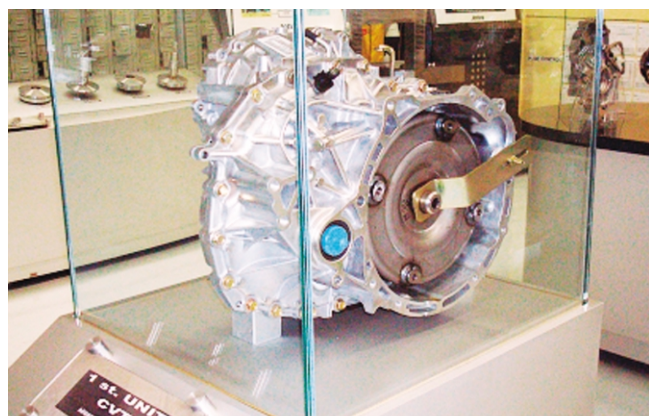


Fig. 2 First production

1. Outline

Address : Carretera Panamericana Km.75,
Col Los Arellano C.P. : 20340
City of Mfg. Location : Aguascalientes, Ags, Mexico
Establishment Date : April 30th.2003
Total No. Employees : 1043
Jatco Mexico, S. A. de C.V. (JMEX) main business activities are related to development, manufacturing and sales of transmissions and automobile components

2. Current main business

JMEX actual main customers are two Nissan North America locations, in Smyrna, Tenn., and Canton, Miss, and Chrysler. JMEX supplies the JF011E (Continuously Variable Transmission) - there are four models in all - which is a transmission for 2.0-2.4 liter engine, front wheel and four -wheel drive vehicles, such as the Nissan Altima, the Jeep Patriot and Compass, and the Dodge Caliber.

The JMEX plant produces 35,000 units per month. Once the second phase of the launch is complete, JMEX will have an additional manufacturing capability of 23,000 CVTs per month and JF010E to answer the expected higher market demand to Europe and providing more units for the nearby Nissan Mexicana plant.

Due to nature of the CVT transmission, most of the components were supplied by Japanese suppliers when we started production at 2005, however, JMEX is working on the localization of main components into the NAFTA area in order to take advantage of the benefits that NAFTA program offers to manufacturing companies. So, JMEX will mainly start receiving more components from suppliers located in USA and Mexico.

現段階では35,000台/月の生産量だが、現在、第二期工事を着工中で完成すると、23,000台/月の能力が増強され、新たにJF010Eがラインアップとして加わる予定で、ヨーロッパや隣接する日産メキシコ工場への供給が開始される。

また、2005年立ち上がり当初、CVTには日本からの供給部品が沢山使われていたが、弊社ではNAFTAプログラムに基づいて、NAFTA圏からの現地調達計画を進めており、アメリカやメキシコ国内からの部品調達が増えていく。

3. Environments

JMEXのこれまでの成功は、高い教育レベルの従業員に支えられたと言える。自動車産業にあった優秀な労働力が、高い教育レベルの地域の学校から当社へ入社してきている。加えて、弊社はメキシコでは数少ないISO/TS 16949:2002を取得した会社であり、将来の従業員確保に(第二期工事完了後1300名規模に拡大予定)有利な状況にある。同様に弊社は、この平和で活気のあるアグアス市に住む彼らのライフスタイルの改善に貢献していると言える。

4. Aguascalientes



Fig. 4 Park of San Marcos

アグアスカリエンテスは、メキシコの中心に位置し、もともと沢山の温泉が出ることから、アグアス(スペイン語で水)、カリエンテス(スペイン語で熱い)と、都市の名前の由来となっている。首都メキシコシティから500Km北に位置し、人口は100万人、面積はメキシコで最も小さな州の一つである。しかしながら地理的な条件により、メキシコ湾、太平洋湾岸、アメリカ国境からのアクセスが良く、海外からの輸出入が多く行われている都市でもある。



Fig. 3 Introduction for CVT assembly

3. Environments

JMEX manufacturing success is due to good education level of our employees. So, High level schools located in the area has allowed to JMEX to ensure an excellent skilled labor force which is very much related to automotive manufacturing. In addition, JMEX has been awarded with the Quality Certification on ISO/TS 16949 : 2002 so, our company has taken a big advantage to increase (JMEX to grow up to 1300 overall employees after expansion) the number of jobs and keeps a continuous improvement of the life style of their employees living in a very peaceful and active city .

4. Aguascalientes

Aguascalientes city origin is due to the great number of the natural hot springs in this area and where Aguas - calientes name is coming from. Aguascalientes City is located in the center of Mexico : it is the capital city of the same name of the state. It is located at 500 kms Northwest of Mexico city. Aguascalientes city population is 1 Million people and this is one of the smallest states in Mexico, but it is very well located from US Border, Pacific Coast and Gulf of Mexico for exports and imports to promote foreign commerce activity .



Fig. 5 Aguas clientes

5.Future of Jatco Mexico

JMEXは、ジャトコの初めての海外工場として、NAFTA圏の生産拠点として、北米圏のお客様の要求にこたえるべく、世界一の競争力を身に付けようと日夜努力している。

5. Future of Jatco Mexico

JMEX, we are taking big effort to get competitiveness of world No.1 in order to come through customer request in North America, as manufacturing plant of NAFTA and first overseas plant of Jatco .

Author



Velazquez Mauricio

特 許 紹 介

Patents

1. ドラム支持構造

(Fig. 1)

出 願：出願日 1999.10.19 特願平11-296458
登 録：登録日 2005.12.2 特許第3744748号
名 称：ドラム支持構造
発明者：構造システム設計部 山口 俊男

【目的】

部品点数の増加を招くことなく、摺動面を十分に潤滑可能なドラム支持構造を提供することを目的とする。

【発明の構成】

ドラム支持構造において、ドラム3をドラムサポート2に2点で支持し、一方の支持点にはドラムサポート2側にスチール製軸受5が圧入される事で支持点が形成され、他方の支持点はスチール製摺動部材4a及び第2のスチール製軸受4bが一体として構成され、この一体部材がドラム3側に圧入される事で支持点が形成されている。

【作用・効果】

2つの軸受部材及びシールリングの摺動面を保護するための摺動部材の3つの部材を2つの部品で構成することが可能となり、部品点数の減少によるコストダウンを図ることができる。

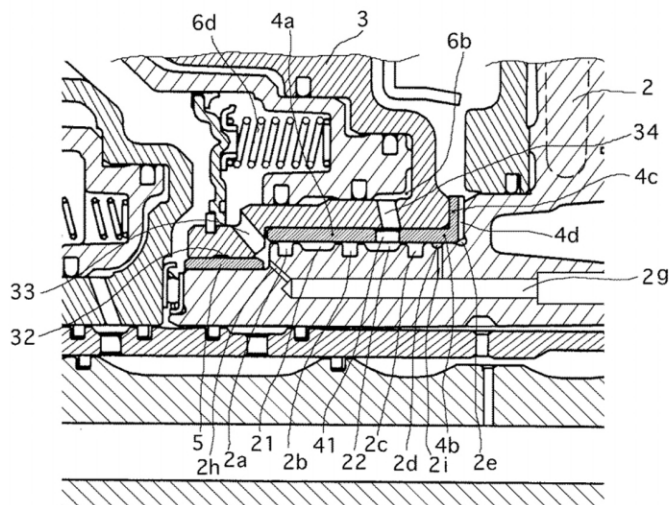


Fig. 1

1. Drum supporting structure for automotive automatic transmission

(Fig. 1)

Application Number : 11-296458

Application Date : 10.19,1999

Patent Number : 3744748

Registration Date : 12.2,2005

Title : Drum supporting structure for automotive automatic transmission

Inventor : Toshio Yamaguchi

【SUMMARY OF THE INVENTION】

The drum supporting structure comprises larger and smaller diameter portions and a radially raised wall portion which are defined by the aluminum drum support, the radially raised wall portion being arranged at an axially base end of the larger diameter portion, the larger diameter portion having the seal rings concentrically mounted thereon; a first steel sleeve coaxially fitted to a cylindrical inner wall of the larger diameter bore, the first steel sleeve including a cylindrical major portion which is slidably put on the seal rings and a cylindrical end portion which is slidably and directly supported on the larger diameter portion of the aluminum drum support, the cylindrical major portion and the cylindrical end portion being integrally connected to constitute a single unit; and a second steel sleeve coaxially fitted to a cylindrical outer wall of the smaller diameter portion of the drum support to bear a cylindrical inner wall of the smaller diameter bore of said drum.

2. 車両用変速機の油圧制御装置

(Fig. 2)

出 願：出願日 2002.8.28 特願2002-248702

登 録：登録日 2006.3.24 特許第3784353号

名称：車両用変速機の油圧制御装置

発明者： 退 職 井上 直也

制御・システム開発部 城崎 建機

制御・システム開発部 落合 辰夫

【目的】

ドライバーのシフトレバー操作にかかわらず、締結ショックがなく、滑らかな発進を可能にする。

【発明の構成】

一旦、前進レンジが選択された後、中立レンジ又は後退レンジが選択され、再度、前進レンジが選択された場合に、中立レンジ又は後退レンジを選択していた時間及び作動油の油温に基づいて、クラッチピストン室から排出された作動油の割合を示す空隙率を設定し、その空隙率から作動油を充填するプリチャージ時間を算出し、そのプリチャージ時間に基づいてプリチャージ手段を制御する。

【作用・効果】

クラッチピストン室に残存する作動油を考慮して、適切なプリチャージを行うことができる。

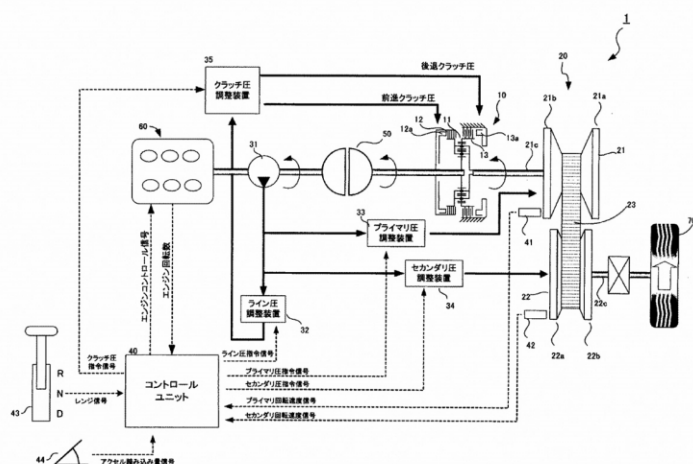


Fig. 2

2. Hydraulic clutch control of vehicle power train

(Fig. 2)

Application Number : 10/648,826

Application Date : 8.27,2003

Registration Date : 5.9,2006

Title : Hydraulic clutch control of vehicle power train

Inventor : Naoya Inoue

Tateki Jozaki

Tatsuo Ochiai

【SUMMARY OF THE INVENTION】

It is an object of this invention to maintain the precharge pressure of a hydraulic clutch which performs precharging at a preferred level even when a shift lever is operated repeatedly.

In order to achieve the above object, this invention provides a control device for a hydraulic clutch which is provided in a power train of a vehicle to transmit a drive torque. The device comprises an oil pressure supply unit which supplies oil pressure to engage the clutch, and a programmable controller programmed to count an elapsed time following a release of the clutch, and cause the oil pressure supply unit, when the clutch is engaged from a state of release, to precharge the interior of the clutch in accordance with the counted time to fill the interior of the clutch with hydraulic fluid prior to engage the clutch.

This invention also provides a control method of a hydraulic clutch which is provided in a power train of a vehicle to transmit a drive torque and is engaged by oil pressure. The method comprises counting an elapsed time following a release of the clutch, and precharging the interior of the clutch in accordance with the counted time to fill the interior of the clutch with hydraulic fluid prior to engage the clutch.

社外技術発表一覧 (2005年7月1日～2007年12月31日)

発表日	発表先	表題	発表者
2005.09.15	2005年度 精密工学会 秋季大会学術講演会(京都)	圧縮残応力を生成する平面加工 用複合加工工具の開発(第2報)	東京農工大学 笹原 弘之 東京農工大学 村瀬 寛恭 東京農工大学 石川 達郎 東京農工大学 矢田 智彦 材料工法開発室 瀬川 俊明 住友電工 東海 林斉 旭日ダイヤモンド工業 千屋 宏幸 東京農工大学 堤 正臣
2005.09.17	2005年度 精密工学会 秋季大会学術講演会(京都)	浸炭熱処理後の穴加工による 穴内面近傍への圧縮残留応力 生成とその制御	材料工法開発室 瀬川 俊明 材料工法開発室 松原 正巳 東京農工大学 笹原 弘之
2005.09.17	2005年度 精密工学会 秋季大会学術講演会 (京都)	摩擦攪拌形パニシング工具に よる表面改質	東京農工大学 笹原 弘之 東京農工大学 矢田 智彦 東京農工大学 村瀬 寛恭 材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 堤 正臣
2005.09	日本自動車技術会 (SAE of JAPAN) (福岡)	ベルト式CVT油の金属間摩擦 特性試験方法の標準化	第四機能部品開発グループ 茂木 靖裕 アイシン・エイ・ダブリュ(株) 山田 克人 出光興産(株) 渡部 暢明 アフトンケミカル・ジャパン(株) 関 雅夫 オートマックス(株) 上川 浩 昭和シェル石油(株) 光井 秀明 神鋼造機(株) 浅野 悦一 新日本石油(株) 和田 寿之 スズキ(株) 岩本 倫卓 東燃ゼネラル石油(株) 金子 博之 ビー・ビー・カストロール(株) 佐々木 清信 富士重工業(株) 野城 陽子 (株)本田技術研究所 加藤 維識 日本ルーブリゾール(株) 栗原 幸雄 (株)ジャパンエナジー 伊藤 文高 コスモ石油ルブリカンツ(株) 田谷 隆裕 インフィニウムジャパン(株) 斎藤 宏和 (株)エス・ブイ・シー東京 銅屋 公一 シェブロンテキサコジャパン(株) 城居 知次 トヨタ自動車(株) 山守 一雄 NSKワーナー(株) 竹澤 勝己 (社)潤滑油協会 大塚 正和
2005.09	日本自動車技術会 (SAE of JAPAN) (福岡)	AT・CVT開発におけるHILSを 活用したMBCSDの取り組み	制御・システム開発部 勝 生水 制御・システム開発部 黒地 英樹 制御・システム開発部 松田 祐樹 制御・システム開発部 藤塚 亮平 制御・システム開発部 守田 暁智 制御・システム開発部 金 哉昊
2005.10.19 ～22	LEM21(日本機械学会) International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century (名古屋)	Machining characteristics of Low-frequency Vibration Drilling	東京農工大学 岡村 清志 東京農工大学 笹原 弘之 材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 堤 正臣
2005.10.19 ～22	LEM21(日本機械学会) International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century (名古屋)	Surface Enhancement by Friction Stir Burinishing	東京農工大学 矢田 智彦 東京農工大学 笹原 弘之 材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 堤 正臣
2005.11.19	第56回 塑性加工連合講演会 (沖縄)	自動変速機用部品における熱 間鍛造技術適用事例	成形技術部 加藤 直樹 第一FRA/T工場 斎藤 巖 第一FRA/T工場 永井 竜一 成形技術部 砂崎 貴人 成形技術部 廣藤 雅俊 第一FRA/T工場 本村 哲生 材料工法開発室 村上 敏明

発表日	発表先	表題	発表者
2005.12.04	4th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions (Detroit, U.S.A)	New CVT Unit For 250 Nm Class By Jatco	機能システム開発部 高取 和宏 第一商品開発室 清水 健次 制御・システム開発部 落合 辰夫 第一商品開発室 澤山 稔 ジャトコ株式会社 黒沢 実
2005.12.07	日本熱処理技術協会 第61回大会(名古屋)	浸炭焼入れ後硬質被膜を成膜したSCr420の面疲労特性	材料工法開発室 矢ヶ部 文哉 材料工法開発室 神保 嘉雄 材料工法開発室 上野 完治 神奈川県産総研 熊谷 正夫 神奈川県産総研 高木 眞一
2005.12.07	日本熱処理技術協会 第61回大会(名古屋)	自動変速機部品における熱処理シミュレーションとその検証(その2)	材料工法開発室 谷口 光一 材料工法開発室 上野 完治 材料工法開発室 外園 保治
2005	日本鉄鋼協会 第12回ヤングサイエンティストフォーラム(広島)	浸炭熱処理後の穴加工による穴内面近傍への圧縮残留応力生成とその制御	材料工法開発室 瀬川 俊明 材料工法開発室 松原 正巳 東京農工大学 笹原 弘之
2005	(社)日本トライボロジー学会	浸炭焼入れした歯車用鋼の耐ピッチング性能に及ぼす硬質被膜の影響	材料工法開発室 矢ヶ部 文哉 材料工法開発室 神保 嘉雄 材料工法開発室 上野 完治 神奈川県産総研 熊谷 正夫 神奈川県産総研 高木 眞一
2006.03.03	日本自動車技術会 (SAE of JAPAN)(京都)	自動車用変速機の動向とジャトコの戦略	第二商品開発室 有松 正夫
2006.04.01	SAE(Detroit, U.S.A)	Development of a New-Generation CVT with Medium Torque Capacity for Front-Drive Cars	第一商品開発室 清水 健次 第二商品開発室 脇 博宣 第一商品開発室 齊藤 勤 第一商品開発室 澤山 稔 機能システム開発部 西山 裕之 ユニット技術部 黒田 正二郎
2006.05.24 ~26	日本自動車技術会 (SAE of JAPAN)(横浜)	中型車用ベルトCVTの制御適用開発	制御・システム開発部 今地 昇平 実験部 星 尚洋 三菱自動車工業 矢口 信之 三菱自動車工業 平岡 忠士
2006.06.12	日本熱処理技術協会春季講演会 (東工大)	自動変速機部品における熱処理シミュレーションとその検証(その3)	材料工法開発室 谷口 光一 材料工法開発室 上野 完治 材料工法開発室 外園 保治
2006.09.27	第15回国際熱処理連盟総会 (Vienna)	Application of Quenching Simulation for automatic transmission parts	材料工法開発室 谷口 光一 材料工法開発室 梅垣 俊造 材料工法開発室 上野 完治
2006.09.27 ~29	日本自動車技術会 (SAE of JAPAN)(札幌)	AT・CVT台上評価用新型エンジン・ダイナモの開発	実験部 後藤 隆 実験部 山口 友行 神鋼電機 東山 勇志
2006.09.29	ICMT'2006 (International conference on Mechanical transmissions) (重慶市, 中国)	Consideration of Correlation Between Basic Lubrication Performance of Lubricants and Surface Durability of gears	水産大学校海洋機械工学科 江副 寛 教授 構造システム設計部 陳 勇
2006.10.04 ~06	2006 CCA/ISIC/CACSD IEEE Conference (Munich)	Practical use of HILS and an approach to MBCSD for AT and CVT development	制御・システム開発部 勝 生水 制御・システム開発部 黒地 英樹 制御・システム開発部 松田 祐樹 制御・システム開発部 藤塚 亮平 制御・システム開発部 金 哉昊
2006.10.31	日本塑性加工学会 (高岡)	歯形部品の歯形パンチレス精密冷間鍛造	沼津高専 大賀 喬一 沼津高専 村越 文夫 材料工法開発室 山崎 卓矢 材料工法開発室 上野 完治 材料工法開発室 外園 保治 成形技術部 加藤 直樹
2006.11.01	日本塑性加工学会 (高岡)	超高張力鋼板の局部加熱せん断加工における通電加熱特性	豊橋技科大 斉藤 翔一 豊橋技科大 牧 清二郎 豊橋技科大 森 謙一郎 材料工法開発室 山崎 卓矢 材料工法開発室 上野 完治 材料工法開発室 外園 保治

発表日	発表先	表 題	発表者
2006.11.24	日本機械学会 生産加工 工作機械部門講演会 (葉山)	チタン合金の低周波振動穴あけにおける切削温度と工具摩耗抑制機構	東京農工大学 岡村 清志 東京農工大学 笹原 弘之 材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 堤 正臣
2006.12.04 ～07	5th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions (Berlin)	Future Innovations in Transmission	ジヤトコ株式会社 黒沢 実
2006.12.04 ～07	5th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions (Berlin)	New 6-speed automatic transmission for FWD by JATCO	第一商品開発室 多賀 正一 第二商品開発室 池田 揚一 第二商品開発室 望月 旭 第二商品開発室 田中 清和 第二商品開発室 望月 真一
2006.12.05	(自技会) 動力伝達系シンポジウム 2006年 12月 no.15-06	軽自動車用CVTの開発	第二商品開発室 岡田 高志 富士重工業(株) 江里口 磨 第二商品開発室 藤川 匡 第二商品開発室 河村 泰孝 第二商品開発室 西村 邦彦
2006.12.08	日本熱処理技術協会秋季講演会 (九州大学)	自動変速機部品における熱処理シミュレーションとその検証(その4)	材料工法開発室 谷口 光一 材料工法開発室 梅垣 俊造 材料工法開発室 上野 完治
2006	表面技術	DLC被膜による転動疲労寿命の延長	神奈川県産業技術センター 熊谷 正夫 神奈川県産業技術センター 高木 眞一 材料工法開発室 矢ヶ部 文哉 材料工法開発室 神保 嘉雄 (株)オンワード技研 長谷川 祐史
2006	自動車技術会誌	ギャノイズ対策の現状と今後の方向性	材料工法開発室 松原 正巳
2006	精密工学会誌 Vol.72 No.7 2006	切削－バニシング複合加工工具の開発とその基本特性	材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 笹原 弘 富士重工業(株) 石川 達郎 東京農工大学 村瀬 寛恭 東京農工大学 堤 正臣
2006	JSME International Journal, Series C,49,1 (2006)	Low-Frequency Vibration Drilling of Titanium Alloy	東京農工大学 岡村 清志 東京農工大学 笹原 弘之 材料工法開発室 瀬川 俊明 東京農工大学 堤 正臣
2007.03.06 ～03.08	制御部門大会	自動変速機制御開発におけるモデルベース開発手法	制御・システム開発部 中島 健治
2007.03.28	2007年 日本鉄鋼協会春季講演大会(千葉工業大学)	自動車向け構造用鋼の切屑破砕性に及ぼす組織の影響	材料工法開発室 内田 和成 材料工法開発室 瀬川 俊明 大同特殊鋼 中村 剛 大同特殊鋼 加藤 進一郎
2007.3	日産技報 第60号	ニュートラルアイドル制御システムによる燃費向上	機能システム開発部 若山 英史 日産自動車(株) 和久田 浩司 日産自動車(株) 久保 麻巳 日産自動車(株) 小林 淳文 制御・システム開発部 金田 武
2007.04.16 ～19	SAE (Detroit, U.S.A)	Vane Pump for New Generation CVT	機能システム開発部 西山 裕之 機能システム開発部 室田 和哉 機能システム開発部 弘津 新吾 機能システム開発部 天野 勝年
2007.04	三菱自動車 テクニカルレビュー2007 no.19	新開発6速オートマチックトランスミッション	第二商品開発室 大原 俊樹 実験部 東根 章浩
2007.05	日本自動車技術会(SAE of JAPAN) (横浜)	前輪駆動用新型6速自動変速機の紹介	第二商品開発室 池田 揚一 第二商品開発室 多賀 正一 第二商品開発室 望月 旭 第二商品開発室 田中 清和 第二商品開発室 望月 真一

発表日	発表先	表 題	発表者
2007.05.28	日本機械学会 第16回分科会 (福岡)	自動変速機用歯車のピッチング強度に及ぼす歯面改質処理について	構造システム設計部 陳 勇
2007.6.12	2nd CTI Symposium & Exhibition Automotive Transmissions North America (Detroit, U.S.A)	CVT Technology Innovation for Customer Satisfaction	第一商品開発室 杉山 浩貴
2007.06.16 ～06.23	IFTOMM2007(The 12th World Congress in Mechanism and Machine Science(Besancon, France))	Improvement of Contact Fatigue Strength of Gears by Tooth surface	構造システム設計部 陳 勇 構造システム設計部 大森 克之 実験部 山本 明弘
2007.07.01 ～6	13th International Conference on Surface Science (Stockholm, Swedish)	Excellent durability of DLC film on carburized steel (JIS-SCr420) under a stress of 3.0GPa	要素技術開発室 矢ヶ部文哉
2007.09.12	CVT-HYBRIDE2007 (横浜)	Application of quenching simulation for CVT Pulley	要素技術開発室 谷口 光一 要素技術開発室 梅垣 俊造 要素技術開発室 上野 完治
2007.09.12 ～14	2007年度精密工学会秋季大会学術 講演会(旭川)	浸炭熱処理後穴加工による部 品の高強度化	要素技術開発室 瀬川 俊明 要素技術開発室 松原 正巳
2007.09.19 ～21	溶接学会平成19年度秋季全国大会 (信州大学)	歪み矯正治具を用いたギアの プロジェクション溶接	要素技術開発室 藤本 哲哉 松原 正巳
2007.09.26 ～28	トライボロジー会議 2007秋 (佐賀)	ベルトCVTの金属間摩擦係数 向上メカニズム解析	要素技術開発室 伊藤 靖朗 要素技術開発室 吉田 誠 要素技術開発室 瀬川 俊明 構造システム設計部 加藤 芳章
2007.10.29 ～11.01	国際熱処理連盟第16回総会 (Bliss Ben , Australia)	Application of quenching simulation for CVT Pulley	要素技術開発室 谷口 光一 要素技術開発室 梅垣 俊造 要素技術開発室 上野 完治
2007.10.17 ～19	日本自動車技術会(SAE of JAPAN) (京都)	エレメント・プリー間 μ 向上に よるベルトCVTの伝達効率向上	構造システム設計部 山崎 正典 構造システム設計部 加藤 芳章 東京工業大学 中原 綱光 出光興産 市橋 俊彦
2007.10.26 ～28	第58回塑性加工連合講演会 (札幌)	ハブを有するクラッチドラムの スピニング成形 ー開発から量産までー	要素技術開発室 山崎 卓矢 構造システム開発 水野 成晴
2007.10.26 ～28	第58回塑性加工連合講演会 (札幌)	歯形部品の歯形パンチレス精密 冷間鍛造 (第4報 はすば歯車のねじれ角 と円形パンチ直径の影響)	要素技術開発室 外園 保治 要素技術開発室 山崎 卓矢 要素技術開発室 隈本 幸雄 成形技術課 加藤 直樹
2007.11.01	JMAAB オープンカンファレンス (東京)	JATCOにおけるモデルベース 開発のとりくみ	制御・システム開発部 勝 生水
2007.11.30	日本機械学会、MPT2007 シンポジ ウム<伝動装置>(鳥取)	自動変速機用遊星歯車機構の伝 達効率に関する研究	構造システム設計部 陳 勇
2007.12.05	6th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions (Berlin)	The Innovative Development Process of Automatic Transmissions	ジャトロ株式会社 柴山 尚士
2007.12.05	6th International CTI-Symposium Innovative Automotive Transmissions (Berlin)	Development of CVT control technology	制御・システム開発部 黒川 秀二 日産自動車(株) 内田 正明
2007.12	「自動車技術」 2007年 12月 vol.61 no.12	軽自動車に適したCVTの開発 Development of CVT for Small Cars	第一商品開発室 中野 晴久

編集委員会 (Editorial Committee)

委員長 (Chairman)

土 井 利 政 取締役 専務
Toshimasa Doi Executive Vice President & Member of the Board

委 員 (Members)

鈴 木 義 友 プロジェクトセンター
Yoshitomo Suzuki Project Centert

横 山 昇 実験部
Noboru Yokoyama Experiment Department

森 田 美 樹 法務知財部
Haruki Morita Legal & Intellectual Property Department

竹 内 徹 構造システム設計部
Toru Takeuchi Component System Design Department

金 丸 裕 二 情報システム部
Yuuji Kanamaru Management Information Systems Department

上 野 完 治 要素技術開発室
Kanji Ueno Advanced Technology Development Department

新 藤 敬 一 品質管理部
Keiichi Shindo Quality Administration Department

石 見 健 工務部
Takeshi Iwami Production Administration Department

内 藤 泰 介 営業業務部
Taisuke Naito Sales Planning & Administration Department

中 川 幸 一 調達管理部
Koichi Nakagawa Purchasing Administration Department

三 浦 美 利 第二商品開発室
Mitoshi Miura Product Development Department No.2

事務局 (Secretariats)

加 藤 芳 章 構造システム設計部
Yoshiaki Kato Structural Component System Design Department

増 田 茂 樹 エンジニアリング管理部
Shigeki Masuda Engineering Administration Department

村 上 靖 宏 第一商品開発室
Yasuhiro Murakami Product Development Department No.1

山 田 敏 治 エンジニアリング管理部
Toshiharu Yamada Engineering Administration Department

横 山 嘉 昭 実験部
Yoshiaki Yokoyama Experiment Department

杉 山 美 香 エンジニアリング管理部
Mika Sugiyama Engineering Administration Department

JATCO Technical Review No.7

発 行 ©禁無断転載
発行・編集人 2008年1月
 JATCO Technical Review No.7
 編集委員会
発 行 所 ジャトコ株式会社
 エンジニアリング管理部
 静岡県富士市今泉700-1
 〒417-8585 0545(52)661
印 刷 所 スルガ印刷
 静岡県富士市今泉3丁目6-20

JATCO Technical Review No.7

 January, 2008
Publisher JATCO Technical Review
(Editor) Editorial Committee
Distributor Engineering Administration Department
 JATCO Ltd
 700-1, Imaizumi, Fuji City
 Shizuoka, 417-8585, Japan

Copyrights of all articles described in this Review have been preserved by JATCO Ltd. For permission to reproduce articles in quantity or for use in other print material, contact the chairman of the editorial committee.
