

目 次

巻頭言

ジヤトコ・トランステクノロジーレビューの創刊にあたって……………佐々木健一……………	1
--	---

寄稿

品質による経営 --- 新しい発足をお祝いして……………久米 均……………	4
---------------------------------------	---

あゆみ

1. 当社自動変速機(AT)開発のあゆみ……………榎本航二・山森隆宏……………	8
2. 当社無段変速機(CVT)開発のあゆみ……………池田孝一・藤川 匡・竹内 徹……………	14
3. 当社AT・CVTを支える生産技術のあゆみ……………押田眞克……………	20

論文・解説

1. クラッチ直接電子制御の開発……………森 泰志・村杉 卓・斉藤祐司……………	26
2. ATのロックアップ領域拡大技術……………高取和宏・若原龍雄……………	30
3. 日産 NEO Hybridシステム用CVTの開発……………天野 宏・菅野 拓・榊原 賢……………	34
4. 中型FF車用スチールベルト式CVTの変速比サーボ制御系……………山本雅弘・若原龍雄……………	39
5. Heat Generation Analysis of a Metal V-belt for CVTs……………安保佳寿・高原秀明・山下 弘……………	44
6. CVTベルトノイズ評価技術について……………横山嘉昭・有賀浩一……………	50
7. ダイカストにおけるシミュレーション技術の適用……………奥村俊彦・那谷卯一・大深光洋・杉本雅道……………	54
8. JEDRISによる技術情報の共有化について……………長谷川仁……………	59

商品ラインナップ……………	65
---------------	----

新商品紹介

1. FF車用5速AT JF506E(FPO)……………竹内恵子……………	66
2. FR車用4速AT JR405E(RZO)……………山田敏治・石川公洋……………	68
3. FF車用4速AT JF405E-H(FRO)……………田澤 貢・渋谷昌希……………	74
4. FF車用4速AT JF404E-W(FDO)……………佐野圭一郎……………	78
5. FF車用スチールベルト式CVT(CK2)……………藤川 匡・室岡 実……………	83
6. FR車用トroidal CVT JR006E(RUO)……………川口明生・丸山 昇・竹内 徹・横山 昇……………	87
7. デジタルバード(ハンディ・ナビ)……………青山明宏・松岡義雄……………	93

トピックス

‘99フランクフルト・東京モーターショーへの出展……………小野田 司……………	95
---	----

特許紹介……………	99
-----------	----

Foreword



In the publication of “JATCO TransTechnology Review”

CHAIRMAN & CEO Kenichi Sasaki

AT technology evolves at a rapid pace,

The automatic transmission (AT), the main product of JATCO TransTechnology, is recognized as a high technology product by everybody in the world. Compared with most automotive components, the AT has a complicated structure that incorporates extraordinarily precise parts for accurate control and function.

It is not unrealistic to say that new applications of transmission rarely involve existing production transmission products. Many times a new transmission is still a concept drawing or just at the CAD solid model status at the point that the customer makes a decision to utilize our products.

The customers make up their mind to source products from JATCO TransTechnology by expecting that our new technologies are being developed in line with their future requirements, including all aspects of performance, reliability, quality and cost.

Approach new Technology with a “skilled business mind-set”,

We like to say “technology is our product”. This JATCO TransTechnology review covers the history & current status of technologies so our customers can understand and contribute to further technology progress. We hope this will give customers some insight as well as actually unveiling new technology pioneered by JATCO TransTechnology.

I want our readers not to be confined to the meaning of the technology in the narrow sense (of the scientific word), but to think of technology as “waza” (a very high level of skill) for delivering our final products to the customers. If we consider technology as “waza”, then there are many times “waza” occurs in the daily activity of every function from sales through manufacturing. For example, the “waza” to achieve a high performance in a simple structure, or the “waza” to process micron level accuracy (exactly same as the engineering demands), or the “waza” to build thousands of the ATs without any defects and even the “waza” to understand our customer’s needs as soon as he describes.

Expanding the “waza” at each level of our business and transferring this to the next generation will ensure that customers are pleased with our next generation products.

Our desire is to be somewhat careful in the presentations of new technologies. Engineers do not want to get into the trap of becoming a “technology maniac” who is criticized for developing “an excellent technology that cannot make money” or “a sophisticated technology that does not contribute enough to performance during daily usage”. Therefore, JATCO TransTechnology will aim to introduce our thoughts and ideas on technology as professionals with a “business mind-set”.

To widen the scope of Technology contributors,

We encourage feedback and guidance from our customers and other transmission experts on the contents of this review. I sincerely hope this JATCO TransTechnology Review will grow to eventually include participation from all members of JATCO TransTechnology.

品質による経営...新しい発足をお祝いして

Management by Quality



久米 均*

Prof. Hitoshi KUME

1. 歴史は流れる

当社の前身である日本自動変速機株式会社(1989年にジャトコ株式会社と改名)は1970年にフォード(50%),日産自動車(25%),東洋工業(現在マツダ)(25%)の3社の合併により自動車用自動変速機(以下ATという)の製造・販売会社として設立されました。

当時の日本の車のATの装着率は僅か3%で、米国の90%に比べると大きな差があり、技術面でも遅れていたため、フォードの技術を導入して、生産を行うことになったのです。1971年4月、日産自動車、東洋工業への納入が開始され、設立後しばらくは順調に推移しましたが、1979年頃から色々な問題が起こって来ましたが、新製品の日米3社による共同開発の計画が崩れ、日産は内製化を決意しました。利益の全額配当などにより内部留保が涸渇する中で81年フォードは撤退し、ジャトコ社は日産、マツダの日本の競争メーカー同志の合併会社となりました。しかも日産の内製、やがてはマツダの内製化も始まり、親でもお客でもあった2社が競争相手ともなったのです。

そういう中で、ジャトコ社が将来の発展のために、より独立した専門メーカーを志向したのは当然でありました。芹沢社長(当時)はTQCを本格的に導入し、それを土台にジャトコを一流のATの専門メーカーに育てあげること、そして可能ならばデミング賞の受賞にまで持っていくことを考えられました。1982年に私は芹沢社長の要請を受けてその推進のお手伝いをさせて頂くことになりました。ATは高度な技術的製品であり、日本の自動車工業の発展に伴って大きく発展する可能性を秘めており、ジャトコ社は極めて有望な企業であるように思いました。

デミング賞への挑戦について、芹沢社長に次のような主旨の意見を申し上げます。

「製造を主体とした現在の状況では、デミング賞をとることはそれほど難しいとは思いません。しかしそれでは製造部門の改善だけで終わってしまいそうで、賞をとることがあまりプラスにならない。ATの専門メーカーを目指して当社は自社開発ができるようにならなければなりません。新製品の品質確保のためにはTQCがきわめて有効な手段ですから、これを中心にTQC活動を行うのが良いと思います。新製品開発といっても、日産、東洋工業向けのものだけではなく、日産、東洋工業以外の外部の需要家に競合他社を排して売り込める新製品開発を行うべきです。デミング賞はそのあとで良いでしょう」

当社は当初、フォードの設計図面によって、親会社の分工場的にATを製造するだけの会社として設立されたため商品開発は親会社まかせでした。芹沢社長は自社開発のできる専門メーカーを目指して開発体制の拡充を最重点に位置づけ、設計部門を中心に品質管理活動を開始、人員と設備の増強、技術の習得に多くの経営資源が投下されました。

それまで親会社以外の外部とはあまり接触のなかった当社でしたが、芹沢社長は「秘密より交流、競争より協調」という言葉をかかげ、この掛け声のもとに積極的に外部との交流を推進されました。営業部門も強化され、外部からの情報を入手しました。

1983年三菱自動車へ納入を開始、1984年にはいすゞ自動車、1988年には鈴木自動車、1991年にはドイツのBMW社との取引が始まりました。これまで親会社の庭の中で育ってきたジャトコ社が、外界の風にあたってその厳しさを実感したことは同社の開発体制の整備に大きなインパクトを与えることになりました。

これらの経験を通してジャトコ社は一步一步ATの専

* 中央大学 理工学部 教授 工学博士

門メーカーへの発展を遂げてきたのでありますが、今回、日産の AT 部門と合併し、名実ともに世界の AT メーカーを目指すことになりました。20 年前の当社の状況を思い起す時、歴史の流れを痛感せずにはおれません。今後のますますの発展を祈る気持ちで一杯です。

2. 品質管理の難しさ

TPM 活動は分りやすい、これに比べて品質管理は分りにくいということが聞かれます。品質管理活動が精緻化され、体系・システムという形で取り扱われることが多く、往年の現場中心の素朴さを失ってきているのではないかとされています。これはある程度正しいと思いますが、本来品質管理というものは難しいものだと思えます。この難しさを克服することによって初めて高度の技術を基盤とする商品を生み出すことが可能となり、懐の深い企業の経営が実現するのです。

品質管理の難しさのいくつかを述べてみたいと思えます。

2.1. 品質の規準

品質の規準は「顧客の要求に対する合致度、あるいは顧客の満足度」であり、品質の良し悪しを自分で定めることができません。しかも顧客の要求の多くは相対的で絶対的なものではありません。顧客の要求は多様であるとともに、競争製品によりその評価規準が違ってきます。これまで評判の良かった商品でも競争製品の出現により急速にシェアを失う例が少なくありません。これが品質管理活動を複雑なものにしている第一の要素です。これを克服する手段としてデミングは 1950 年の日科技連の講義で「The New Way」と称していわゆるデミング・サイクルを紹介しました。デミング・サイクルを回すことは現実にはあまり簡単なことではありませんが、われわれの商品をより的確に顧客の要求に合致させるためにはこのフィードバック・ループが必要なのです。

2.2. 品質の評価

品質管理の効果は直接的ではありません。良い品質で先ず利益を得るのは購入者であり、購入者が利益を得ることを通じて供給者が利益を得ることになります。しか

も顧客に品質の良し悪しが分るのはその製品を使ってみてのことであり、商品にもよりますが、その価値が評価されるまでにはある程度の期間が必要です。1950 年代からスタートした日本の品質管理活動の効果が世界的に広く認められ始めたのは 1970 年代になってからのことです。これに対してコストダウン活動では効果が直接供給者の利益になり、その効果も短期的に確認することができます。この点でコストダウンは品質より先分りやすく、このために人々はややもすると品質を忘れてコストダウンに走り勝ちになります。品質管理を行う人は自分が利益を得る前に先ず顧客に得をしてもらうという心の広さと時間的余裕が必要です。品質重視という言葉には倫理的な響きがありますが、品質管理は顧客に奉仕することを目的としているではありません。品質管理で品質を重視するのは品質が長期的に企業に利益をもたらす、その発展をもたらすものであることを純粋に経営的な観点から主張しているのです。

2.3. 守りの品質

高度の商品の品質は多くの要素の機能の集積として表れます。商品がその品質を全うするためにはすべての要素の機能が間違いなく発揮されなければなりません。千丈の堤も蟻の一孔で壊滅します。品質が破綻するのは構成要素の最も弱い部分からです。品質管理は先ずこの弱い要素を明かにし補強する守りの活動から出発しなければなりません。攻めの面白さに対し、守りは忍耐のいる難しい仕事です。攻めは自分のペースで行うことが出来るのに対し、守りは相手の出方に合せなければなりません。1 万人の軍勢でも 10 人のゲリラを防ぐことは容易ではありません。守りの難しさ、これは品質管理の難しさでもあります。

2.4. 統計的品質

量産製品の製造においては大量の製品を均一に作る必要があります。すなわち大量生産の品質管理は統計的品質に関して行なわれます。多くの製品を均一に作るためには品質の管理において平均値だけでなく「ばらつき」に対する考察が必要で、統計的には 2 次のモーメントまで考慮しなければなりません。データを用いて統計的分布を推測し、層別その他の統計的解析の適用が

必須となります。さらに繰り返し行われる活動に関しては、結果に対する対策は問題の解決になりません。これは問題の解決を将来に延ばすだけのことです。繰り返される活動に対しては、結果としての製品のみならず、原因の解析を行い、その原因をもたらし工程に対する処置をとらなければなりません。これは単純に結果の是正処置だけで済ますことのできる作業に比べると複雑であり、この問題を処理するには統計的な考え方が必要です。

以上述べたように品質にかかわる問題は量やコストの問題に比べて多様で複雑であります。品質管理は商品企画から設計、調達、生産、販売、アフタサ-ビスまで、企業の構成員の大部分に関係する問題です。これを確実なものにするためには品質システムが必要となり、総合的品質管理体制を構築しなければなりません。

品質管理は企業の構成員の多くに関わる問題ですから、これを分りやすくすることは大切なことですが、品質管理が分りにくいということで品質管理への取組みを避け、量やコストの中の分りやすい問題だけに携わろうとするのは近視眼的単純さともいべきで、経営の発展を考えた時には決して十分ではありません。いかに生産が能率よく行なわれても、売れないものを作っているのではどうにもなりません。企業における最も大きなロスは欠陥商品を作ること、売れないものを作ることです。品質問題は今後ますます重要になることはあっても、これが軽減されることはありません。品質の問題を避けて通らずに真正面から受け止めていくことが大切です。学問に王道がないのと同様に品質管理を簡単に行うことはできません。一つ一つ必要な事項を丹念に積み上げていくこと、それを維持していくことによって品質が獲得されるのです。

3. 「玉成」について

設計部門で品質管理活動を行うときに先ず取上げられる問題として設計変更があります。設計変更を行うと資材、外注、設備・治工具、生産、検査など多くの下流の部門が影響を受け、設計変更を減らすことができれば設計部門のみならず、他の部門においても作業が減少し、開発作業が確実になり、その効率が改善されます。

しかし、私は設計部門の技術レベルの向上のためにこそ設計変更を減らす努力が必要であると考えています。

設計変更を削減しようとする活動に対して設計のライン部門が反発することがあります。

「変更は悪い所を直して良くする改善活動である。改善して何が悪い」と開き直ることがあり、設計変更「玉成」という言葉が使われることがあります。確かに悪いところは直さなければなりません。また最初から一発で目的を達成することは容易なことではありません。特に技術的に新しい要素がある部分では、試行錯誤を繰り返してようやく初期の目的を達成することができます。品質管理というPDCAのループを回して改善していくことは最初から正しく作業を行うことの難しさを認めていることに他なりません。

しかし、多少の改善があるとはいえ、何十年も同じものを設計しているのに、新しい設計を行う度に玉成しなければならぬのはどんなものかと思えます。設計変更は改善であるとする主張には、主張者のプロ意識の低さ、考え方の甘さ、が感じられるのです。勝負の世界では設計変更はありません。囲碁・将棋のトップ・プロの勝負では一手一手をゆるがせにすることはできません。一手でも甘い手が出ればそれが敗着になり勝負を失うこととなります。素人の勝負ではともかく、プロの勝負では「待った」すなわち設計変更はありません。へがな設計をすればそれで勝負は終了です。失った勝負について自分の未熟さを感じ、将来に向けて一層の精進を行う決意に結びついて始めて進歩・上達があるのです。自分の未熟さを棚に上げて、設計変更は改善だとする意識に未熟さ、身勝手さを感じられるのです。

予測には、予測をすることによって予測対象が影響を受けるものがあります。道路情報で空いている道順が示されると、皆がそこに殺到するために混んでしまうと云った例がそれです。このような現象に対処するのは極めて難しく、予測の影響までを考えて行動をとらなければなりません。これに対して天気予報では、予報によって天気は変化することはありません。天気予報の当たり外れは100%予報官の腕によります。我々の設計もこれと同じであると思います。下手な設計をやればそれに従って下手なものができるだけです。設計の内容が良くても悪くても

その責任は 100% こちらにあります。設計変更を行う場合は、自分の至らなさを謙虚に認めて、自己の充実を図っていくことが大切です。これによってレベルの向上がはかられます。

「自己を進めて方法修証するは迷いなり、方法進みて自己を修証するは悟りなり」とは道元の言葉ですが、ある経営者が私に教えてくれました。

現代の特徴はスピードです。開発期間の短縮は時代の流れです。頭を使わず、実験におんぶし、悪ければ直すというやり方では、開発期間を短縮することができないばかりか、技術の進歩を遅らせることになってしまいます。玉成するのではなく、始めから玉にするのにはどうすれば良いかを考えなければなりません。

設計変更は技術の未熟さから起ることもありますが、関連部門の連携の悪さ、情報伝達の不足から発生することも少なくありません。ジャコ社では今から 10 年ほど前に情報の共有化、開発期間の短縮を目指してサイマルテニナス・エンジニアリングを開発し、完全とは云えないまでもかなりの成果を上げたことがあります。現在それがどの様な状態にあるか、心配しています。「新しいことに取組むのは好きだが、徹底しない、すぐに飽きてしまう」ということがないように頑張してほしいものです。しっかりした方針もないままに、状況対応に追われ、その日暮らしに終始するところには進歩はありません。先輩が苦労して作りだしたシステムをしっかり受け継ぎ、これを練磨して世界的な開発システムにしてほしいものだと思います。頑張してほしいと思います。

少し辛口になってしまったかもしれませんが、当社の発展を心から願っている者の言葉としてご容赦頂ければ幸いです。

4. 視野を広く持って PDCA

PDCA のループはマネジメントの基礎であり、これが各種の業務に適用されることにより、仕事は確実に成り、改善が進みます。日本の品質管理は PDCA のループと統計的方法を軸に発展してきました。PDCA のループ

による方法があまりにも強力であるが故に PDCA のループを回して改善が積み重ねられれば究極的には理想の状態に到達すると考えている人がいます。しかし、実際はそうではありません。そうならない理由は PDCA は改善の原理を与えるものであり、何をどのレベルで改善すべきであるかを積極的に示すものではないからです。PDCA のループを回せばその事柄についての改善が行なわれます。しかし、問題はそこで行なわれている改善がその時点でその企業において最も重要な問題であるかどうかです。

競合相手がより適切な事柄に資源の投下を行なっているときに、二次的、三次的な企業内部の問題に経営資源が投下されることは、競争に遅れることを意味します。技術レベルも極めて高く我が国有数の計装メカであった某社は競合他社に吸収されました。専ら国内の鉄鋼、石油化学関係の計装を専門にしていたためです。市場の構造が変化し、重化学工業の設備投資が頭打ちになってきているにも関わらず、これまでの製品の改良に経営資源を投入し、大局的な視点を欠いて、得べきビジネスチャンスを掴むことができなかったのです。

ビジネスの機会を掴むには常に目を外部に向けていることが必要です。一般に事業の機会は組織の外、そして変化のあるところにあります。組織の中にあるのはコストです。経営におけるコストダウン活動の重要性は否定できませんが、この活動はややもすると自分のペースで独善的になりがちです。新しい商品開発が必要なときに、従来の製品のコストダウン活動を展開しても経営はうまくいきません。

我が国の自動車ビジネスは第二次のグローバル化時代を迎えております。この先の進展には予断を許さないものがありますが、この不透明さの中に大きなビジネス・チャンスが潜んでいるかもしれません。視野を広く世界に向けて当社の活動が敏速に展開され、世界的規模の一流の企業に発展していくことを期待しています。

当社自動変速機(AT)開発のあゆみ

The History of Automatic Transmission Development by JATCO TransTechnology

榎本 航二*

山森 隆宏*

Kouji ENOMOTO

Takahiro YAMAMORI

抄録 本稿では、JATCO TransTechnology の自動変速機(AT)の開発のあゆみを記述する。

3速ATの3N71型から始まったATの開発は、1970年のJATCO設立以降は、鶴見(その後厚木に移転)と富士の2カ所で行ってきた。その後ロックアップの追加、4速化、5速化、FF化等を行い、多くの新開発ユニットを生み出してきた。JATCO TransTechnology となった現在は、CVTも加えた強力なラインナップを持つに到ったが、ここでは、その中のATの開発のあゆみについて述べる。

Summary The history of automatic transmission development by JATCO TransTechnology is described.

The 3 speed AT 3N71 type was the first transmission developed by ourselves. After JATCO was established, AT has been developed at both Tsurumi (now ATSUGI) and FUJI technical center. Then lockup AT, 4 speed AT, 5 speed AT and automatic transaxles were developed.

Now Jatco TransTechnology has many attractive ATs including CVT. In this paper, the history of AT development is described.

1. はじめに

当社は99年10月1日からジャトコ・トランステクノロジーという新会社になった。それまで開発部門は日産(トランステクノロジー)の厚木地区とジャトコの富士地区に分かれていた。日産は自社のための開発が目的であり、ジャトコはカーメカに売ることが目的であったから、おのずと開発の仕方や考え方が違っていた。いまこうして一体化した開発部門は規模だけでなく両者の長所を取り入れ、大きく成長しようとしている。商品体系も旧ジャトコになかったCVTを加えてさらに充実した。今日に至るまでには長い歴史があり、「当社開発のあゆみ」(Table 1)を語るのもふたつの会社の歴史を抜きには語れない。

2. 厚木のあゆみ

厚木のあゆみとは、日産のATの開発のあゆみそのものであり、正確に言えば、厚木に移る以前の鶴見のあゆみ、あるいは追浜のあゆみの時から見る必要がある。

2.1. 自前のATの開発

1948年GMのDynaflowが発表された2年後から、鶴見でATの研究が開始された。その後、研究所が追浜に移り、鶴見、追浜で種々の開発が行われたが、初の純日産製の完全自動変速機が商品化されたのは、1966年に採用した3N71型(シンプソン歯車列を使用した3速AT)であった。しかし、この3N71型もAT分野の

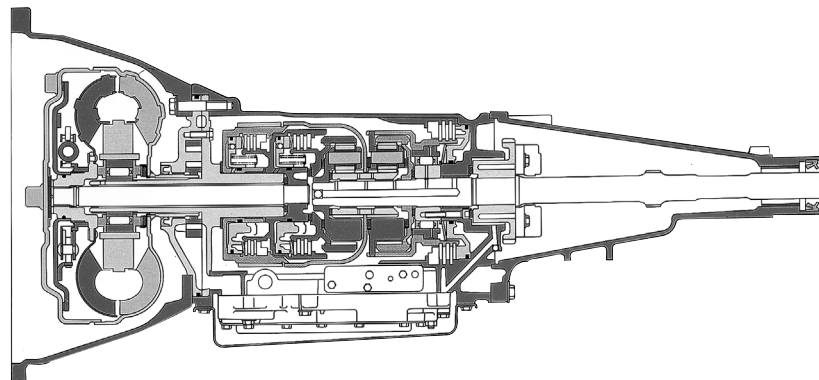


Fig.1 Section view of 3N71B

* 商品開発本部
Product Development Division

** 第一商品設計部
Product Engineering Department No.1

当時の BIG3 (GM , FORD , ボーグ・ワーナ) のパテント問題を払拭しきれず , JATCO (日産 , 東洋工業 , FORD の合併会社) を設立し , 3N71B 型 (Fig.1) を生産することになった .

JATCO 設立後 , 開発部門は厚木 (当時はまだ鶴見) と富士に分かれ , 相互に協力しながら独自の道をあゆむことになる . 以降の富士のあゆみは後に詳述する .

2.2. 車環境の変化

70 年代に入ると , マスキー法に代表される米国 , 及び日本の排気ガス規制強化への対応及び 73 年の石油ショックに端を発した燃費向上競争を余儀なくされ , 80 年に , トルクコンバータにロックアップを追加した L3N71B 型を生み出した . 82 年には遊星歯車を一組追加して 4 速型とした 4N71B が開発された . この頃は , 排気ガス対策によって , エンジンの特性が大きく変化してしまい , 特にエンジンのトルク特性の信号として , 吸気管負圧を使用していたため , エンジン性能が変わるたびに大変な苦勞をしたものである .

2.3. FF 化の流れ

世界的な燃費向上の流れは , 乗用車の FF 化を促進し , 日産でも小型車クラス以下の FF 化が行われることになった . このため , FF 車用の AT が必要となり , F01A 型横置 FF 車用 3 速 AT (Fig. 2) の開発が開始された . この F01A 型の開発に当っては , パテントフリーを目指し , 徹底的に特許対策を行って BIG3 のパテント回避を実現した . この F01A は , 81 年に富士地区に新設された蒲原工場生産された . F01A の開発当初の頃は , エンジンダイナモが FR 車用しかなく , 手狭な鶴見ではエンジンベンチの増設もままならず , ギヤボックスを組み合わせる FF 用 AT の実験を行う状況であった . その不便さも設計部門の厚木移転が行われた 81 年以降は , 設備の増設が可能となり , 順次解消されていった .

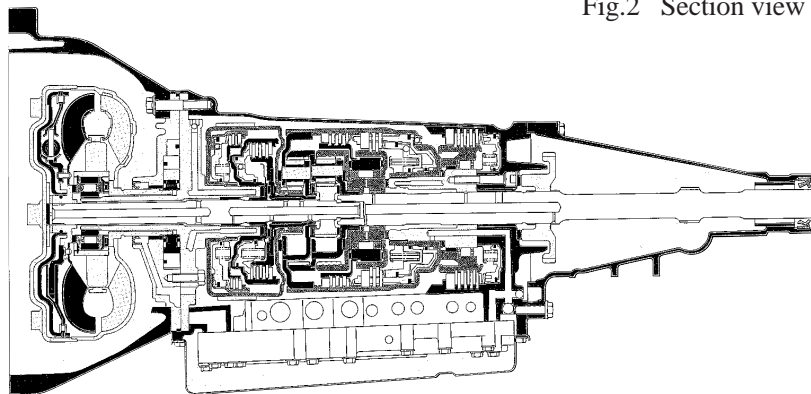


Fig. 3 Section view of JR402E

更に 2 年遅れて , F02A 型 4 速 AT の開発が始まった . F02A は , 搭載スペースの厳しい FF 車に 4 速 AT を搭載するため , 歯車列を徹底的に検討し , 単純遊星歯車列 2 組で , 前進 4 速を実現したり , バルブボディをトランスミッションの上方に配置する等の工夫をした上で , 83 年に生産開始となった . この歯車列は , その後の日産の 4 速 AT の基本となっていた .

厚木と富士の関係で言うと , 81 年頃から , 日産の AT 設計部隊は FF 車用の開発がメインとなり , FR 車用の AT の開発については , 基本設計及び車両とのインターフェース部分の役割に移っていき , 開発の実務は , ジヤトコに委託されていった .

2.4. 第 2 世代の AT の開発

82 年に採用した FR 車用の 4N71B は , 基本設計時点から相当な年月が経っていたこともあり , 改良が必要な時期に来ていた . ちょうど FF 車用 F02A を開発していた時期であった事もあり , 歯車等の一部の部品を共用として , FR 車用の新型 AT の開発が始まった .

この新 AT は , R01A (JR402E) (Fig.3) と呼ばれ , フル電子制御化等最新技術を盛り込んだ物とした .

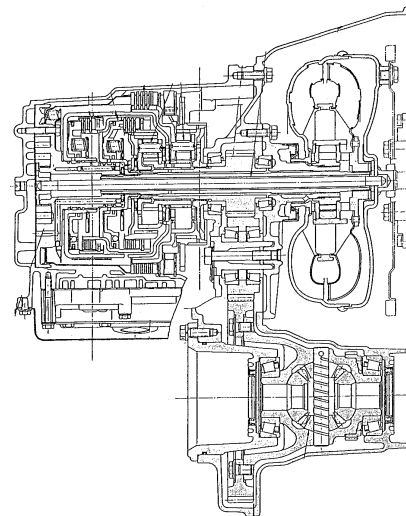


Fig.2 Section view of F01A

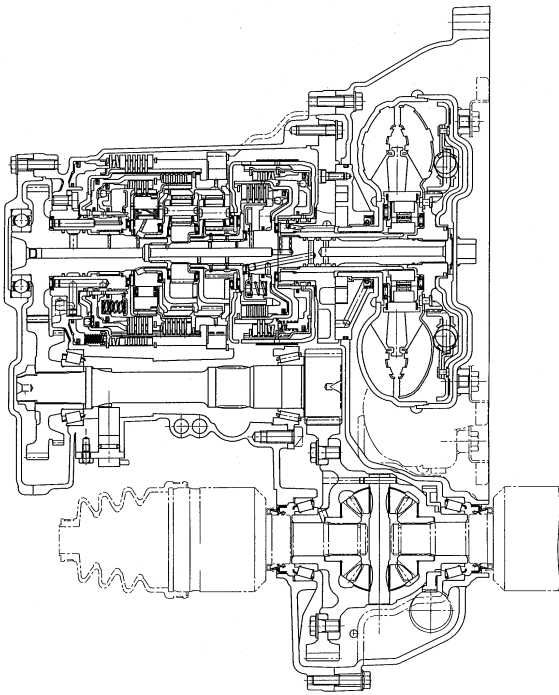


Fig. 4 Section view of F03A

FF 車用については、一応 AT は揃ったが、F01A は 3 速 AT であつたり、F02A にも改良すべき点もあつたため、FF 車用 AT の新シリーズの必要性が出てきた。新シリーズは、1L ~ 2L 車までの F03A (Fig.4) と 2L ~ 3L 車までの F04A (Fig.5) の 2 機種である。この 2 機種は、相似設計の 4 速 AT であり、先に開発の進んでいた R01A (JR402E) と基本構成を合せて信頼度の高いものとした。

これらの AT は、R01A (JR402E) がジヤトコで 86 年に、F03A が 89 年に、F04A が 91 年に生産開始となった。この中で、F03A 型は、軽くコンパクトな構成となつており、長い間、他社に優る特長であつた。

その後、R01A (JR402E) 型は、商用車用の R02A (JR403E) 型、トルク容量を強化した R03A (JR404E)

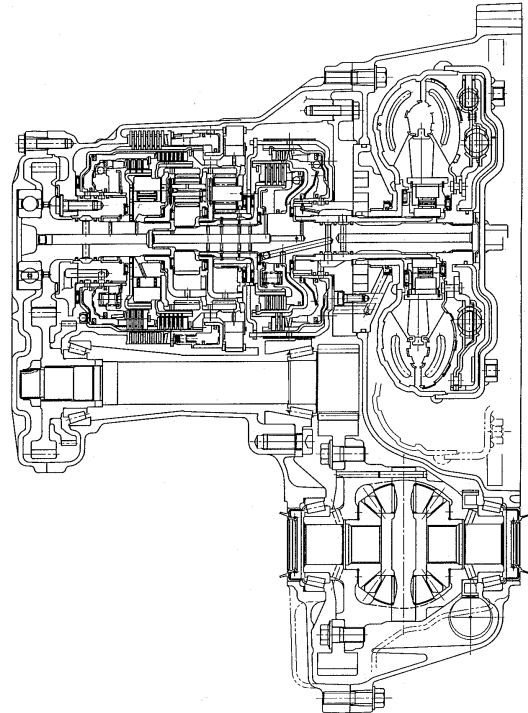


Fig.5 Section view of F04A

型、遊星歯車を一組追加して 5 速 AT 化した 5R01A (JR502E) 型 (Fig.6) 等バリエーションを拡大していった。5R01A (JR502E) 型は、世界初の 5 速 AT で、89 年にセドリックの 2L ターボ車に搭載され好評を博した。5R01A (JR502E) 型の開発では、4 速型に比べて変速の種類が倍近く増えるため、変速性能を仕上げるのに大変な苦勞をしたものである。

2.5. CVT との住み分け

日産車は 92 年から、CVT の採用が始まっているが、現時点でも、まだ有段 AT の方が量的に勝っている状況に有る。地球温暖化等の観点からも、一層の燃費向上が必要となつてきており、前記の第 2 世代 AT も更なる改良が必要となり、98 年に F03A、F04A の両機種を口

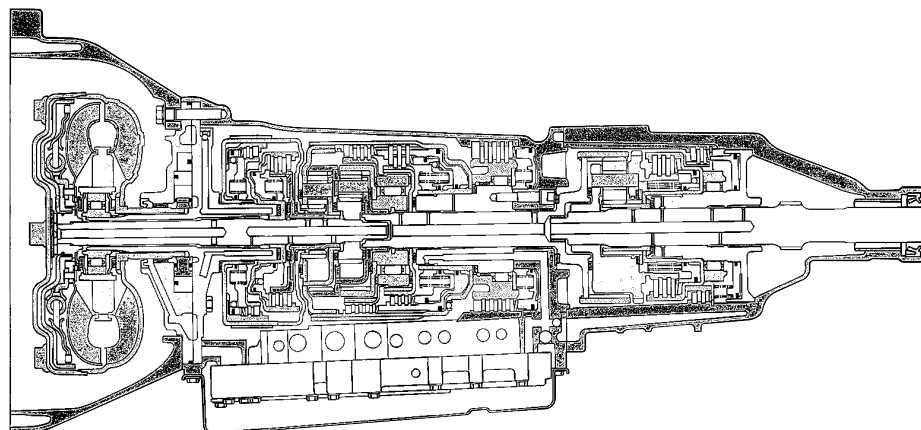


Fig. 6 Section view of JR502E

ックアップ性能向上等の改良を行った。

今後も当分の間は、ATとCVTは併存して使われていくことになると思うが、それぞれの良さを活かして使っていくことが重要と思われる。

3. 富士のあゆみ

3.1. 創業期

1970年 FORD、日産、マツダ(東洋工業)の合併会社として発足したジャトコは、製造会社であるから開発部門は不要との主張もあったが、結局副社長(FORD出身)直属の設計課が設置された。しかしながら開発業務は日産とマツダの分担になっており、日産設計やマツダ設計のことを「設計源」と言ったものである。仕事は設計源からの図面を社内展開することと、工場の図面に係わる問題の処理をすることが主体であった。

課長を含め日産から3名、マツダから2名の技術員でスタートした。その後少しずつ強化され3年後には20数名になっていた。

実験設備もエンジンダイナモ2台とバルブテスト他単体試験機を導入した。これらは本社工場西側の実験室で現在も稼働している。

3.2. 部品開発

体制が整い開発力をもつに従い、当社も設計開発を行い技術力の向上をはかり独自のノウハウで商品力の強化を行う必要がある。当時の設計エンジニアたちはそう思いVAや部品開発を目的に設計を始めた。プレスキャリア、フェノールステータ、ロックアップトルコン、ワイドギア比、などが主なテーマであった。

3.3. 環境の変化

おりからATを取り巻く環境が大きく変化しはじめた。それは

- ・車のFF化がはじまりFF用ATの開発が必要になった
- ・4速AT(OD付きATと呼んだ)、ロックアップトルコン、電子制御ATとATの技術革新がはじまった。
- ・国内でATの装着率が急速にのびた。

ATの多様化と商品力向上のため、カーメーカーには開発プロジェクトが山積みアウトソーシングを志向するようになった。

3.4. 委託開発、ASSY 適用開発

81年 FORD が株式を日産、マツダへ譲渡し当社経営から撤退した。これを機に会社の性格も大きく変わり、親会社向け製品を製造するだけでなく、親会社以外へも販路を広げ業容を拡大することを志向しはじめた。

「普通会社」になろうということである。

そして始まったのが親会社からの委託開発と親会社以外への適用開発である。日産からJR402E(R01A)、マツダからJR401Eの委託を受け開発を開始した。いずれも基本設計は親会社で行われており、その一部を委されるといった形であった。

また三菱向けFR用4速AT(4N71B)およびいすゞ向けFF用3速AT(JF301H)の適用開発を始めた。

3.5. 開発部門の強化

内外のこのような変化とともに当社も“開発力が勝負”ということをはっきりと認識した。82年2月設計課が設計部に昇格し、開発部門の強化が始まった。人材、実験設備は急速に強化され、85年には開発棟が完成した。数機種の開発が並行で行われ、三菱向け4速ATは83年、いすゞ向け3速ATは84年、ビッグプロジェクトであったJR402E(R01A)は86年8月にめでたくオフラインした。

3.6. 初めての独自ユニット開発

いすゞ向けには従来の3速ATに代わってFF用4速AT(JF403E)開発の要望があり、これに着手した。ベース機種があったとはいえ、はじめての独力ユニット開発であった。

軽自動車にも3速ATが必要となり、スズキから新規開発の打診があった。開発期間は1年半、開発は強化されたとは言えまだまだ非力で、新ATをこんなに短期で開発する力はないと思われた。一方、将来のためにはまたとないチャンスでもあった。考えに考えた末、これを受けることにした。派遣エンジニアの増強と関連会社への委託でなんとか仕上げ88年はじめての自主開発AT(JF302E)(Fig.7)の生産が立ち上がった。それから10年、当社経営を支える重要商品の誕生である。また先述のいすゞ向けFF用4速ATも89年に生産を始めた。

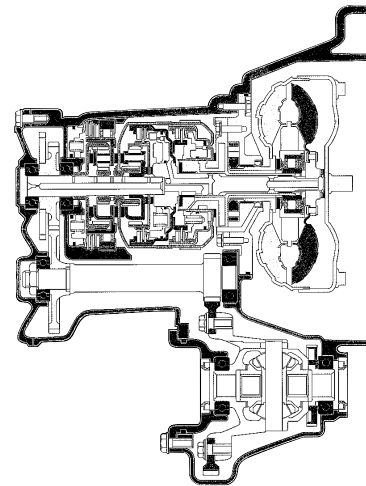


Fig.7 Section view of JF302E

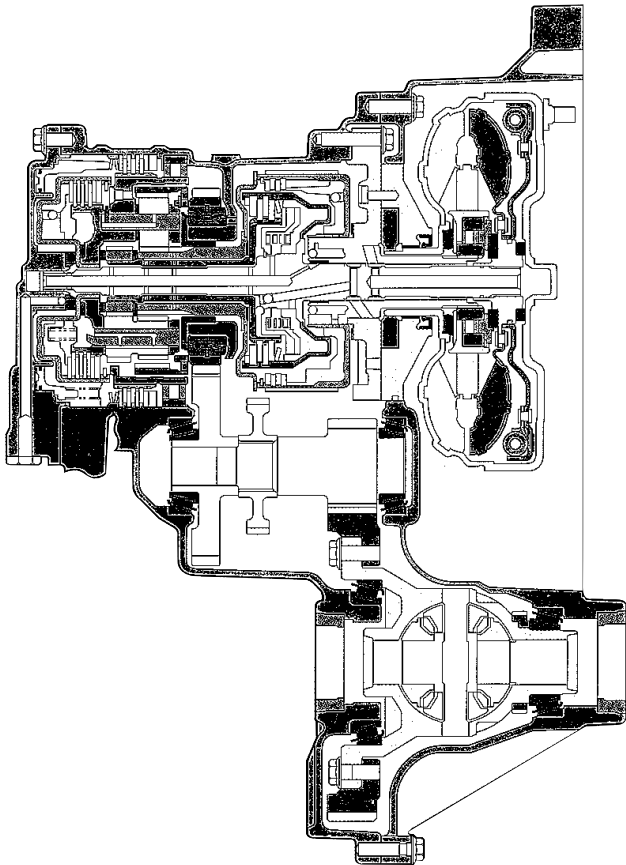


Fig.8 Section view of JF404E

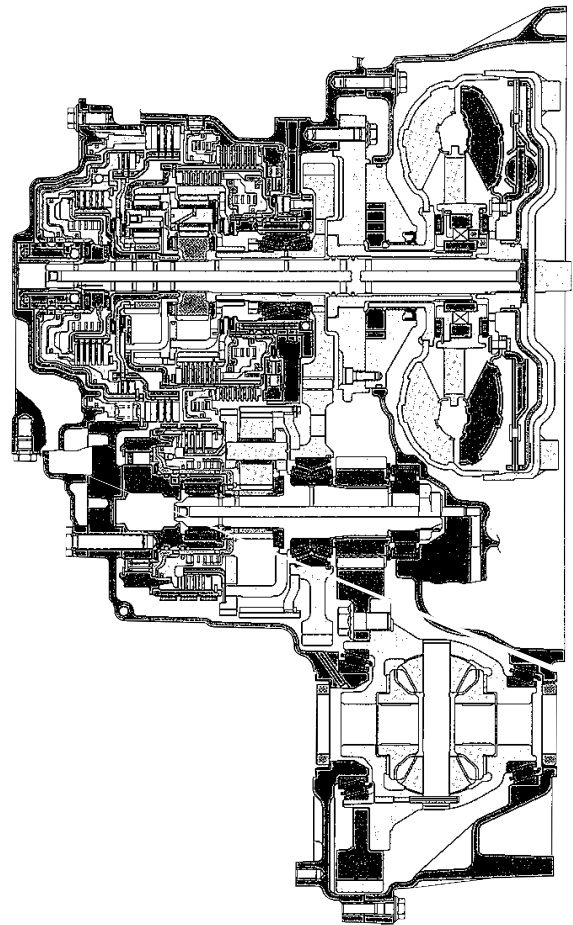


Fig.9 Section view of JF506E

3.7. 海外顧客の獲得

FR 用 5 速 AT (5R01A) は日産が他社にさきがけて開発していた。この商品力に BMW が着目し数回の折衝と箱根試乗等を経てうまく商談が成立した。良い商品、先進的商品をもつことが商談獲得の最大要因であることを示す実例である。

初めての海外顧客なので戸惑いも多く言語や基準のちがいが、現地駐在と苦勞の連続であったが 91 年 JR502E として外車に初めて搭載されることになる。BMW 車への搭載は JATCO の知名度を上げ欧州各社から引き合いが来るようになった。なかでも ROVER と VW は今後ともビジネスを続ける大切な顧客になった。

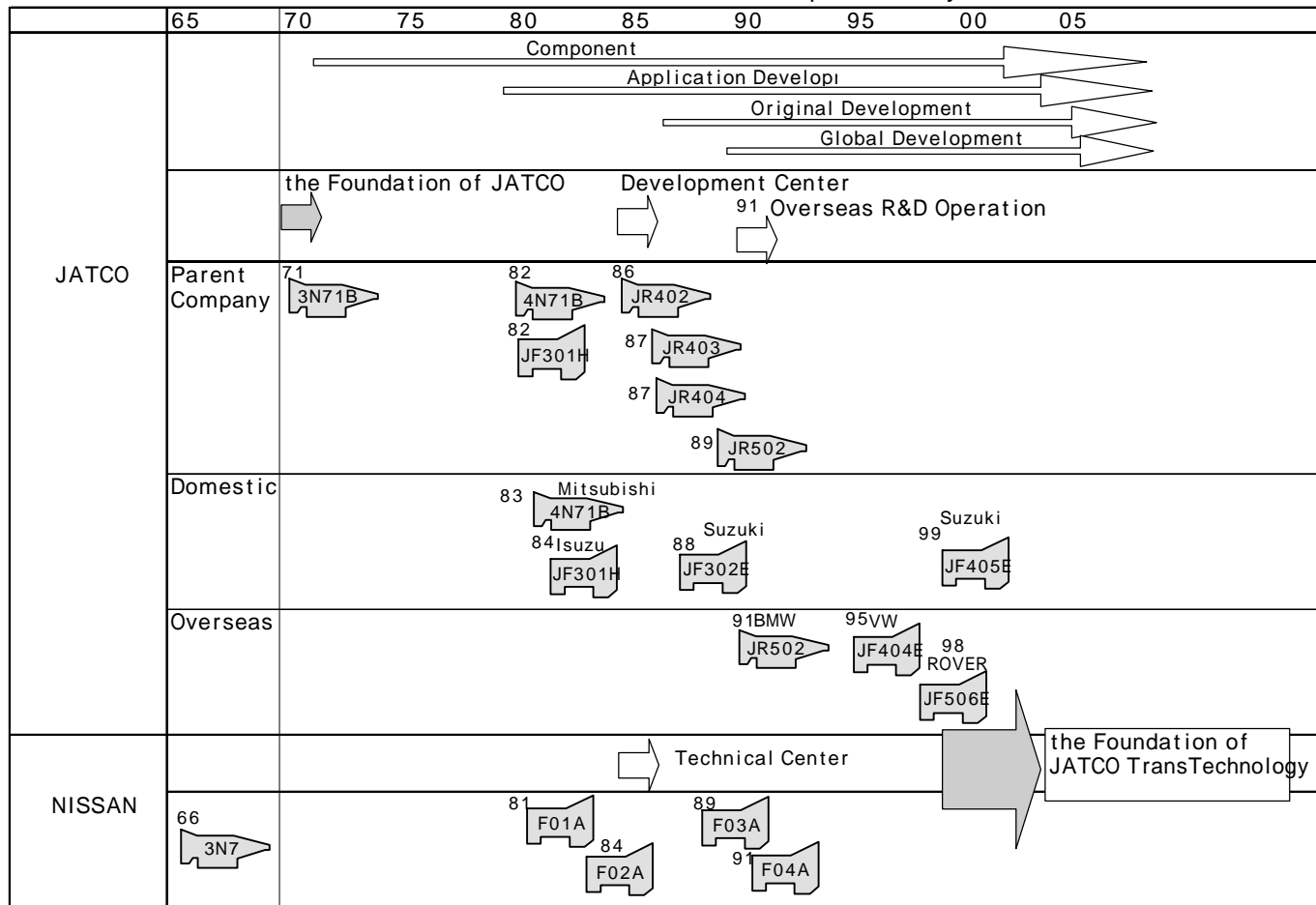
VW 向けには小型 4 速 AT (JF404E) (Fig. 8) を新しく開発した。このときの当社の誠実な対応、たゆまぬ努力と基礎になる技術力は客先の絶大な信頼を得、現在まで

良好な関係がつづいている。最近では世界に通用する FF 用 5 速 AT (JF506E) (Fig. 9) を開発し、ROVER75 に搭載した。

3.8. さらになる拡販に向けて

外販をはじめてみると、世界中に旺盛な需要があることが実感された。一方お客さま商売は甘くないことも身をもって体験した。既存の商品をそのまま売ろうとか、製造能力の範囲内で売ろうとか、そんな都合なビジネスは存在しない。顧客のニーズに合わせる事が基本である。そのためには時として大変更も新規投資も余儀なくされる。きめ細かな対応も必要である。一方では顧客の欲しいものを開発すれば簡単に売れる。要は“お客様志向”と“開発力”である。この考え方に従って開発力、技術力の強化は 10 数年来心がけ、実践してきた。89 年開発棟増設、90 年電子技術センタ完成、98 年第二実験棟完成と着々と成長を続けている。また 95 年以降ドイツ、イギリス、USA にも開発拠点をもった。98 年には韓国にも開発拠点を設立し、今日に至っている。

Table 1 Automatic transmission development history



4. 新しいスタートに当って

いま、我々は新しいスタートを切った。ジヤトコ及びトランステクノロジーそれぞれが培ってきた技術、経験を合せ、新たな技術に変えて、お客様の要求に答えるATを開発し続ける事が出来る筈です。力を合せて、これからの‘あゆみ’を作っていきましょう。

著者



榎本 航二



山森 隆宏

当社無段変速機(CVT)開発のあゆみ

The History of the Development of CVTs by JATCO TransTechnology

池田 孝一*

藤川 匡*

竹内 徹*

Kouichi IKEDA

Tadashi FUJIKAWA

Tohru TAKEUCHI

抄 録 有段 AT が開発された 20 年後の 1958 年に初めて量産された CVT はベルト CVT であり、現在も FF 車向けとしてはベルト CVT が主流となっている。各社でトルク容量を増加させる開発が行われ、1997 年には 2000cc クラスエンジン車に対応したベルト CVT の量産がトランステクノロジー社の前身である日産自動車(株)富士工場が始まった。

一方、トロイダル CVT の開発も日産自動車での研究着手から 27 年の歴史を持つ FF 用のシングルキャビティタイプで研究を開始し、車両実験も行ったが、より特徴の生かせる FR 用ダブルキャビティタイプの開発に移行し、世界で初めて 1999 年に実用化し当社より量産を開始した。

Summary Belt Drive CVTs were first mass-produced in 1958, and now they are gaining popularity for FWD vehicles. TransTechnology (our former company) was the first to develop a Belt Drive CVT with increased torque capacity for the 2000cc vehicle class, which started mass production in 1997.

We have started the development of torodial CVTs 27 years ago. We first researched a single cavity concept for FWD vehicles, then a double cavity concept for RWD vehicles. JATCO TransTechnology is the first company in the world to market the double cavity toroidal CVT for Nissan RWD vehicles.

1. ベルト CVT 開発の歩み

1.1. ベルト CVT の歴史

1958 年オランダ DAF 社は初の量産ベルト CVT である Variomatic を生産開始した。1938 年、Thompson 式 有段 AT が米国で開発されてから 20 年後であった Variomatic は、2 本のゴム材 V ベルトで 800cc のエンジン出力を伝達し、Variomatic を搭載した DAF 社 Daffodil は 100 万台以上生産された。

その後、ベルト CVT のトルク容量増加ニーズは高まり、DAF 社の創業者である Doorne 兄弟は、金属 V ベルトの開発と実用化のため、現 VDT 社を設立し、1987 年に

1000cc クラスの金属ベルト CVT が富士重工業、欧州 Ford より量産開始された。トルク容量増大の開発は更に進み、1995 年に本田技研工業より 1500cc クラス CVT が実用化され、1997 年にはトルクコンバータ式 2000cc クラスの CVT が量産開始され、当社がトルク容量で世界のトップを走っている。

CVT 用 V チェインとして、米 Borg Warner 社、独 PIV 社でも開発は進められ、Borg Warner 社の V チェインはスズキ自動車カルタス用 CVT で採用された。独 LuK 社は現在も PIV チェインを使用した CVT を開発中である。また、ゴムベースのフープ材に樹脂ブロックを組み合わせたバンドー化学製の合成ベルトを使用した CVT は、

Table 1 Belt-CVT R&D history

Year	1979	1980	1985	1990 ~
R&D Phase	Investigation	Research		Development for Production
R&D Main Theme		Mechanism Analysis of Metal Belt Drive Mechanism Analysis of Ratio Change	Metal Belt Development	
R&D CVT Unit		T/C-CVT for 1500cc Engine Multi Wet Plate Clutch-CVT for 1500cc Engine	F/C-CVT for 1500cc Engine	1st-Gear Drive, T/C-CVT for 2000cc Engine

* 商品開発本部
Product Development Division

1998年 愛知機械工業により軽自動車用に販売された。

変速制御方式は、1958年では金属ウェイトの遠心力を利用したシンプルな機械式変速制御であったが、1987年には遠心油圧を信号圧として利用した油圧制御式となる。1995年以降は、電子油圧制御に進化していった。

2000ccクラスのCVTの実用化以降、さらなる燃費向上のため、CVTは直噴エンジンと組み合わせられた。現在では車両減速エネルギー回生機構として、HEV用にも適用開発は広がり、ベルトCVTは環境対応のための重要なユニットとなっており、一貫して当社が技術開発のリーダーシップを取っている。

1.2. 先行開発での経緯

1.2.1. 先行開発のあゆみ

ベルトCVTの先行開発は、1980年代の研究までさかのぼる(Table 1)。1979年にCVTの技術調査をすすめる、1980年にはトルコン式電子変速CVTのユニットが産声を上げた。「初のCVTを搭載したサニー(1500cc)を追浜テストコースで試乗した時の感動は、今でも脳裏に焼き付いている」と、当時の開発者は語っている。その後電子変速制御ユニットが実現でき、現 Hyper CVT-M6のマニュアルシフト制御の基盤技術がこの頃生まれていた。

1.2.2. 金属ベルトの基盤研究

ベルトCVTの心臓部である「PUSH BELT」のメカニズム解析の基礎研究を推進した。1980年代前半、金属ベルト専門メーカーとの繋がりは薄く、CVTユニット開発のためにベルトを試行錯誤でつくり、動力伝達のメカニズム解明をすすめた。この頃のベルト基礎研究の成果は、1997年に生産開始した2000ccクラスCVTの実用化に大きく貢献している。

1.2.3. 変速制御の基盤研究

1979年の技術調査の結果、ベルト本体のメカニズム解明と変速制御の研究が精力的に行われた。1980年代前半、世の中の変速方式は、油圧制御式であったため、CVTの利点である「無段階変速を自由に制御できる」変速制御の研究は急務であった。当時、変速方式は、変速比フィードバックリンク方式とソレノイド油圧制御式に大別でき、ステップモータを電制したリンク方式を選択研究した。

プーリ受圧面積、オイルポンプ吐出容量、変速速度、ベルトトルク容量の相関など、ベルトCVT基礎設計のためのノウハウが解明できたのはこの頃である。

1.2.4. CVTの発進要素

1980年に試作した初のCVTを含めて、実用化開発フェーズへの移行までに、4種のCVTを研究開発することとなる。振り返ると、CVT用発進要素の先行開発でもあった。

- 1)トルコンバータ式 CVT (1500ccクラス)
- 2)湿式多板発進クラッチ式 CVT (1500ccクラス)
- 3)フルードカップリング式 CVT (1500ccクラス)
- 4)1速ギヤ駆動トルコンバータ式 CVT (2000ccクラス)

各々のCVTユニット先行開発を通して、発進要素をトルコンバータに絞り込み、実用化開発へと進んでいった。

1.2.5. 実用化開発への橋渡し

1985年より、先行開発から実用化開発のフェーズに移行した。実用化開発部門へ橋渡しされた主要技術は、「ベルト伝動メカニズム」と「変速制御」である。先行開発で積み上げた基盤技術を、開発部門へ橋渡しするため、先行開発に携わった研究者を派遣し、実用化へ向けての開発は加速していった。

1.3. 商品開発(中型FF車用スチールベルト式CVT)

1.3.1. 背景

開発当初より自動車技術において、地球環境保護に向けて燃費向上技術が注目されている一方、お客様の走りに対するニーズも強まってきていた。そこで「走り」と燃費の両立をめざし、変速機の多段化の最終の姿で

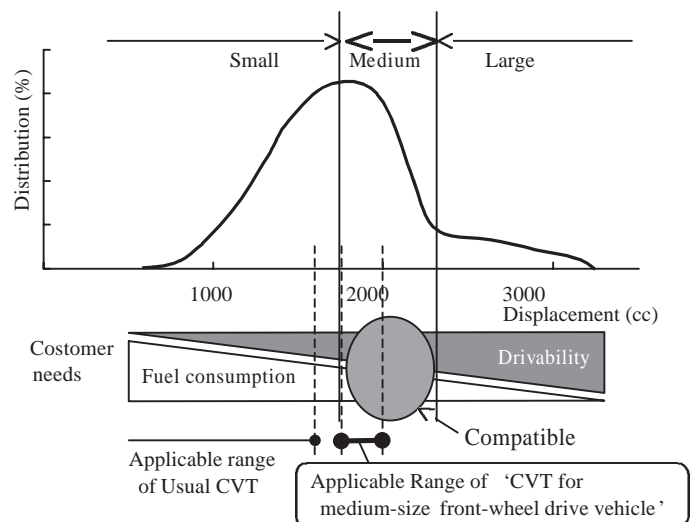


Fig.1 Distribution of number of ownership by displacement

ある CVT を商品化して燃費および走り)を大幅に改善することにした。

更なる FF 上級車への適用拡大を図るため、中心的なエンジンである 2000cc クラスエンジンのトルク伝達を可能とする CVT の開発が行われた。(Fig.1)これが世界で初めて量産化に成功した「中型 FF 車用スチールベルト式 CVT」(以下 中型 FF 車用 CVT)である。

1.3.2. 開発の狙い

中型 FF 車用 CVT は、高度なトルク伝達技術を織り込むとともに、CVT の魅力を最大限に引き出すために下記をコンセプトとして開発を推進した。

- 1) 同じクラスの変速機において、世界トップクラスの燃費性能および走りの性能を実現すること (Fig.2)
- 2) 従来の有段 AT に代えて FF 車に搭載するため、CVT でも従来 4 速 AT 同等サイズにコンパクト化を図ること
- 3) CVT は変速比を自由に選択できるメリットを生かし、CVT の魅力を最大限に引き出すための付加価値を備えていること

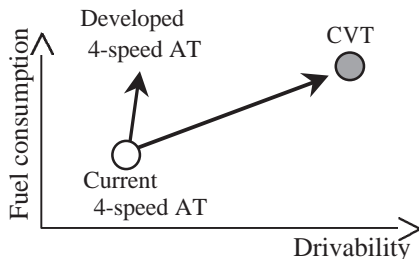


Fig.2 Aim at fuel consumption and drivability in CVT

1.3.3. 技術的課題の克服

2000cc クラスの CVT 開発において、上記背景と狙いを達成するため、下記に示す今までにない高度な技術開発が必要となった。

- 1) 高強度スチールベルト、高油圧制御システムの開発
- 2) フル電子制御技術の開発
- 3) 低速ロックアップ付トルクコンバータの開発
- 4) 6 速マニュアルモードの開発

中でもベルトの高トルク伝達に関わる 1), 2), 3) の技術については、新機構、新技術であり、先行開発から商品開発のフェーズへ移行した時点で、今までにない技術的課題があることが明確になった。また、世界初の技術ということで難易度の非常に高い開発であった。

上記課題を達成させるための技術アイテムとして、従来 AT の 3 倍強の油圧、電子制御に対する正確な油圧、高油圧ゆへの油のリーク(油量収支)等の問題を克服する 3 段階の階層式高油圧制御システムを開発し、コンパクトで高品質なものを確保することができた。

また、CVT 特有の無段変速制御を開発するにあたり、ロバスト制御を適用することによって CVT の特徴を大きく引き出すことができた。

1.3.4. 技術的課題に対する仕事の進め方

限られた開発資源の中で上記技術課題を克服し、スムーズに立ち上げるための仕事の進め方として TQM 手法を活用した。従来 AT の新規開発時の問題振り返しを行い、根本的に直すための開発プロセスを取り入れて早期課題設定型の開発を行った。また、目標コストを達成すべく、企画、設計に重点をおいた開発とした。これにより、Q(品質)、C(原価)、D(日程)を達成しスムーズに立ち上げることができた。

2. トロイダル CVT 開発の歩み

2.1. トロイダル CVT 研究の曙

トロイダル CVT の歴史を振り返ると¹⁾、古くは 1877 年の米国でのトロイダル CVT 形状変速機構の発明に始まる。自動車用としては 1920 年代の GM による Toric トランスミッションの開発に始まるが、これは 17 台のユニットで計 30 万マイルの走行試験にもかかわらず市販には至らず、有段 AT の開発に移行していくことになる。

今回、当社が実用化したハーフトロイダル CVT は、1959 年からの米国クラウス氏による長年の開発の流れを汲むものである。1973 年に Tractor 社は Ford/Pinto にクラウス氏の開発したトロイダル CVT を搭載しデモを行っている。

これと前後する 1973 年頃、日産自動車はハーフトロイダル CVT の机上検討を行い、燃費、排気性能の向上に十分貢献しうることが分かった。そこで Fig.3 に示す原理モデルでその機能の理解は深めた。しかし、当時自動車業界では数年後に迫った昭和 51 年排気規制に対応するために総力を上げざるを得ない状況にあり、検討は性能のシミュレーションに留まった。

1999 年の東京モーターショーでジャトコ・トランステクノロジー社の展示ブースで来場者に人気を博した、トロイダル CVT の作動原理を手回しで確認できる模型の原型は、この古色蒼然たる 24 年前の原理モデルである。

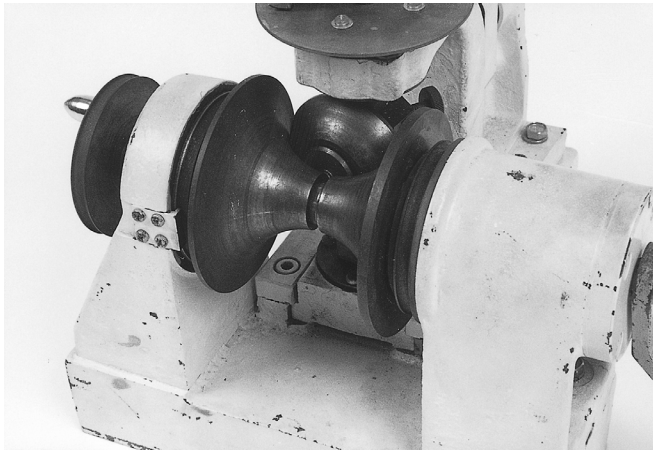


Fig 3 The first prototype of the principle model

2.2. トロイダル CVT 研究開発の本格化

トロイダル CVT 開発が急速に進歩し始めたのは、1987 年からである。関連メーカーの協力により、心臓部の部品や、優秀なトラクション油が容易に入手できるようになった。ここで最初に作ったのは、1.5 リットルエンジンのサニーに積んだ Fig.4 に示すシングルキャビティトロイダル CVT で、つい最近までこのユニットを搭載した車両が走行していた。

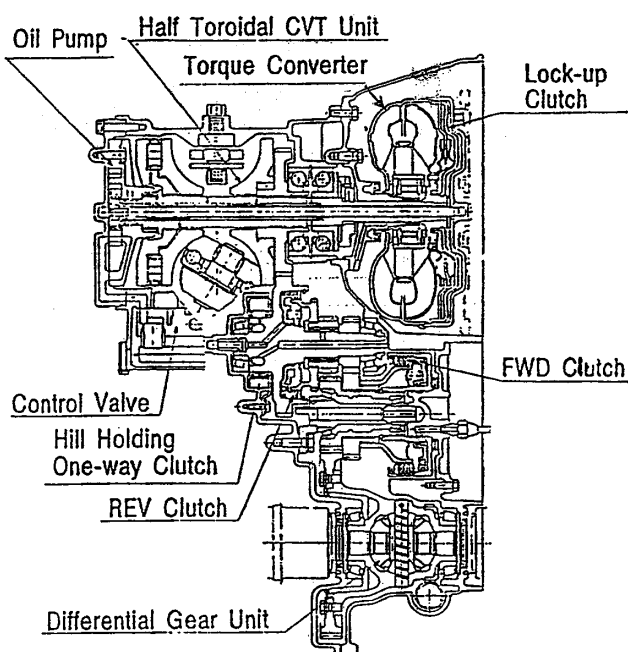


Fig 4 Single cavity unit cross section for FF Car

2.3. FR 用ダブルキャビティトロイダル CVT の研究開発

この頃、将来のトランスミッションは長期的には CVT が主流となってくるであろうとの見方が強まっていた。1 章に有るようにベルト CVT の開発にも力を入れており、FF 用としてはベルト CVT が技術的にも完成域に達しつつあった。

また、シングルキャビティ構造はローディング力(伝達面での滑り)を防止し、動力を伝えるために必要な力)による摩擦損失の大きさが、CVT による燃費のゲインを損なうことが分かっていたので、この損失を最小限に出来る Fig.5 に示すダブルキャビティタイプの開発、更にその形状からユニットの断面形状は小さく、軸方向長さが大きくなる FR 用のユニットの研究開発に移行していった。

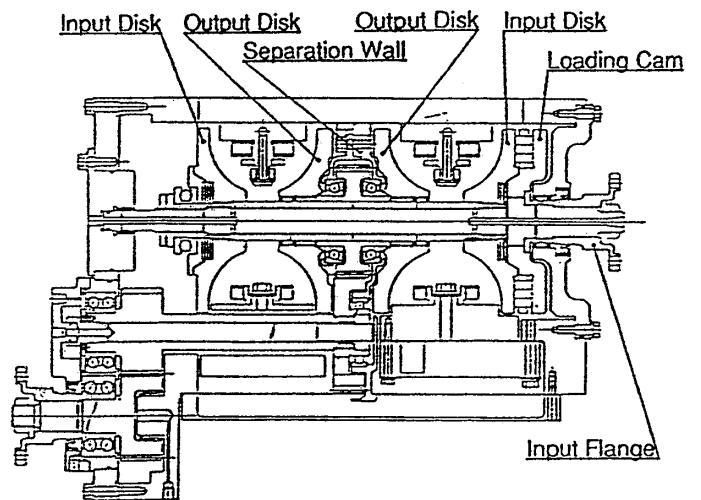


Fig 5 Experimental double cavity CVT

2.4. フルトロイダル CVT の研究開発

日産自動車ではハーフトロイダル CVT の開発が順調に進む中で、英トロトラック社はフルトロイダル CVT の売り込みを自動車メーカーに対して精力的に行っていた。ジャトコでは日産自動車とは全く別にフルトロイダル CVT の研究開発²⁾に着手していた。

技術的なポテンシャルを確認する意味でまず、ハーフトロイダル CVT とフルトロイダル CVT の効率計算を行い、さらに Fig.6 に示すフルトロイダル CVT のテストリグで実験的に効率測定を行った。この結果、フルトロイダル CVT のスピンロスが過大なことによる発熱が原因で実質トラクション係数の低下が大きく、大きなトルクを伝達するには適当していないとの見解を得た。

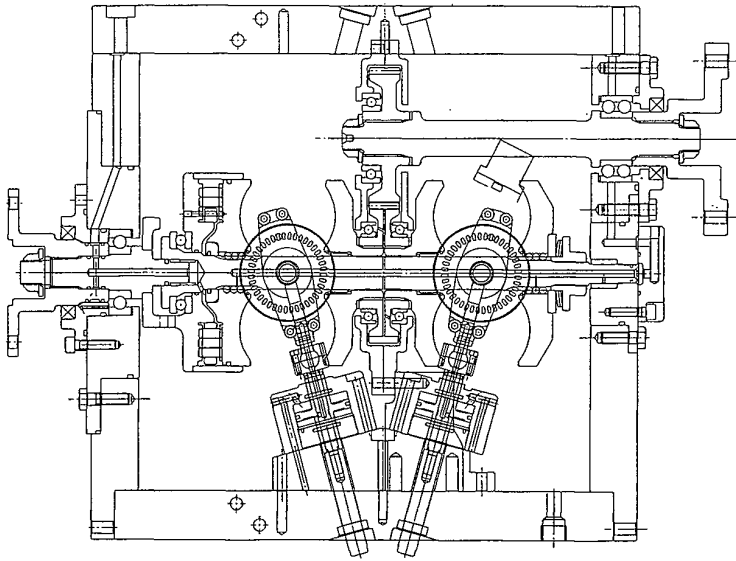


Fig 6 Experimental full toroidal CVT

2.5. トロイダル CVT プロジェクトの一本化

1994年、開発を促進するため、日産自動車は開発の一部をジャトコに委託し、ここから本格的にハーフトロイダル CVT の開発に着手することとなった。

実際に商品とするには、技術的にしっかりとまとめていく一方、どの様にして市場に投入していくかに付いてもたくさんの議論があった。トロイダル CVT は素性が良く多くの長所を持つため、燃費が良くなること以外に

- ・高級車には滑らかでアクセルへの応答の極めて良い高級感あふれる走り
- ・スポーツタイプの車には、マニュアルシフトを用いたダイレクト感あふれるスポーツ走行
- ・ディーゼル車には運転点選択の自由度が大幅に増えたために得られる排気改善の効果

等があり、どのタイプに搭載しても、その魅力が十二分に発揮できることが分かっていたため、車種の選考には苦労した。

そして 1999 年新生ジャトコ・トランステクノロジーの最初のユニットが世界初のトロイダル CVT となったのである。(Fig.7) 詳細はトロイダル CVT 商品紹介の項をご覧ください)

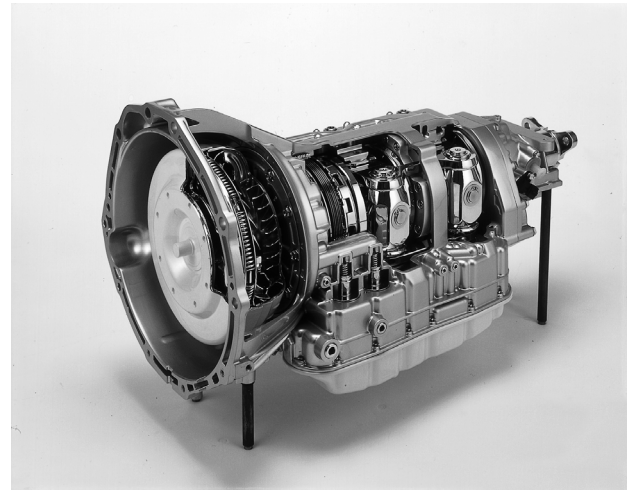


Fig 7 Half toroidal unit cut model for FR car

3. 今後の展開

3.1. ベルト CVT の将来

3.1.1. 次世代型ベルト CVT に対する要望

自動車の省燃費化や低エミッション化などの環境面から、従来に増して CVT に対する期待は高まっており、これまで以上に低燃費、軽量化が要求されている。

一方では、車両の衝突安全性、およびエクステリアデザインの自由度を増すため、エンジンルームのスペースが非常に小さくなる傾向がある。その結果、お客様からはユニットの小型化が強く要求されている。

動力性能面においても、変速比幅を従来のものより広くとる事により、Low 側ギヤ比の低速化による発進加速性の向上や、High 側のギヤ比の高速化による、高速走行時の燃費低減や騒音低減を図る必要がある。

3.1.2. 次世代型ベルト CVT の方向性

次世代型 CVT として、より多くのお客様のニーズに応えられるように、小排気量車から大排気量車に対応すべく、各車両クラス別に最適なユニットの開発を行なっている。

上記の CVT ラインナップにおいては、機種数の増加に伴う部品種類の増加を低減するため、部品の共用化を推進している。

以上の次世代型 CVT への要求、すなわちあるべき姿をまとめると、以下の 3 点となる。

- 1) 低燃費化 低フリクション, 大変速比幅化
- 2) コンパクト化, 軽量化
- 3) 大トルク容量化
- 4) 部品共用化

3.2. トロイダル CVT の将来

トロイダル CVT は、未だ発展途上の技術である。この 10 年でも大幅に技術レベルが上がってきている。今後、設計的にも製造技術の面でも改善の余地はあり、それらの改良を経たユニットは、今以上に、お客さまにとって魅力的なユニットになっていくのは間違いない。

また、IVT(無限大変速比変速機)、エネルギー回収装置など更なる性能向上型との相性も良く、様々な発展形が検討されている。

3.3. CVT の将来

以上述べてきたように、ジヤトコ・トランステクノロジーは、前身の日産自動車駆動部門及びジヤトコ両社を合わせて考えると、ベルト CVT・トロイダル CVT の商品化について世界の先頭を走ってきた。

現在、AT・CVT の分野では新商品が目白押しとなっているが、10 年、20 年を経て振り返ると、恐らく淘汰されてしまうコンセプトも多いのではないかと思う。CVT は、エネルギー回収装置などとの組み合わせにも相性が良く、

CVT を用いた様々な発展形も考えられて将来が楽しみなユニットである。

当社は自動車メーカーが、より魅力有る車を創り上げる為に様々なご要望が有る中で、どの様なご要求にも応えられるよう、商品ラインナップを整えると共に、CVT が、環境保護に貢献しつつ、車のユーザに車の楽しさと快適さを与え続けられるよう技術開発に今後も精一杯努力していきたい。

最後になりましたが、本編を書くに当たり、日産自動車総合研究所、久村主任研究員他の皆様に多大な協力を頂き、謝辞を申し上げます。

参考文献

- 1) S. H. Loewenthal & others: SAE Paper 831304
Advances in Traction Drive Technology
- 2) 山本他：トロイダル式無段変速機についての研究，
AT World No.5(1993)

著 者



池田 孝一



藤川 匡



竹内 徹

当社AT・CVTを支える生産技術のあゆみ

The History of Manufacturing Technology of AT・CVT by JATCO TransTechnology

押田 眞克*

Masayoshi OSHIDA

抄 録 本稿では、ジャトコ・トランステクノロジー社のAT・CVTの生産技術を振り返り、その技術の一部を紹介すると共に、工場における体質改善活動とその成果の一部についても紹介します。

Summary I look back toward Production Engineering of AT・CVT of JATCO TransTechnology Ltd. and introduce the technical one part, and this report introduces one part of constitutional improvement activity and its result in a factory.

1. はじめに

ジャトコ・トランステクノロジー(株)は、1999年(平成11年)10月に、ジャトコ(株)とトランステクノロジー(株)旧日産自動車(株)富士工場)が合併し設立されたAT・CVTの開発製造会社である。

ジャトコ(株)は1970年(昭和45年)に日本自動変速機(株)の社名でフォード社、東洋工業(現マツダ(株))、日産自動車(株)の3社合併によるAT製造会社として設立された会社である。従って、その生産技術は設立当初、AT先進国アメリカのフォード社の影響を大きく受けていたと言える。当時設置された主要設備がアメリカ製の工作機械であったことがその一例である。その後、フォード社の資本撤退や出資会社以外へATの生産供給開始等の変遷を経て、1989年に生産供給を開始したFR用5速ATはその後のAT多段化の先陣を切るユニットとして、海外車両メーカーへの供給も行い、AT供給会社としてジャトコ(株)は世界に確固たる地位を築いてきた。

一方、トランステクノロジー(株)は日産自動車(株)の吉原工場(1994年富士工場に改称)として1943年(昭和18年)にスタートし、車両工場として生産を行っていたが、1962年車両製造を他へ移管し、トランスミッション・ステアリング等のユニット専門工場となった。1970年代まではまだマニュアルトランスミッションが主流であったが、日本の自動車市場でのATの普及拡大と車両のFF化に伴い、1981年FF車用3速ATを生産開始した。その後3機種 of FF車用ATを生産してきており、18年間で生産累計は約15,000万台となり、その間、大量生産に対応する生産技術、生産ラインが展開された。そして、1997年には2リッタークラス世界初のベルト式

CVTの生産供給を開始した。更に、1999年7月には日産自動車(株)より独立し、トランステクノロジー(株)として発足した。

ジャトコ(株)とトランステクノロジー(株)は地理的に近いことや、ジャトコ(株)設立当初から人的交流も多く、また鋳造・鍛造等のトランステクノロジー(株)からジャトコ(株)への供給や、機械加工完成品のジャトコ(株)からトランステクノロジー(株)への供給等部品の相互乗り入れも多く、兄弟会社ともいえる関係が長く続いていた。

1999年10月生産供給を開始した世界初のトロイダルCVTは、ジャトコ・トランステクノロジー(株)となって初めてのニューユニットであるが、このユニットも合併前より両社が素材・加工・組立をそれぞれ分担し共同で生産準備をしてきたユニットであることを付け加えておく。

以下に、ジャトコ・トランステクノロジー(株)の生産技術の一部を鋳造、鍛造、焼結、プレス、機械加工、組立、そして工場における体質改善活動の順に紹介する。

2. 鋳造

当社の鋳造技術はアルミ鋳造技術に特化できる。その技術は古く、戦中の航空機用部品のアルミ砂型鋳造にまで遡ることができる。戦後、自動車用アルミ部品の専門となってからは砂型鋳造から砂型GDC、シェル型GDC、金型GDCへと移り、さらに高い生産性や品質確保をはかるため、PDCへ移行してきた。M/T用ケース、リヤ・エクステンションをPDCにて生産を開始した当時は、国内で最大のアルミダイカスト製品であり、また我国初のPDC製トランスミッションケースであったといわれている。その後、1970年代以降はAT化とその普及に伴い、より複雑な形状と高い品質が求められるようになった。その一つの解決法として、アルミ溶湯の充填や凝固のシミュレーション技術が開発されている。その例については、本誌の別稿に「ダイカストにおけるシミュレーション技術の適用」に詳細を述べる。ここでは、強度確保

* 常務取締役
Senior vice president

の必要から CVT のケースに採用している耐摩耗性アルミ合金の鑄ぐるみ工法について少し述べる。

通常のアルミダイカスト材(ADC12)以上の耐摩耗性を有する合金によるベアリング支持部形成が必要となり、製造コスト的に最も有利な耐摩耗性アルミ合金部材での鑄ぐるみ工法の開発を行った。耐摩耗材の材質としては、過共晶 Al - Si 合金(Si15%)を採用している。

鑄ぐるみ工法開発における課題として

鑄造時の熱軟化による耐摩耗性の低下

鑄ぐるみ時の圧力による変形

鑄ぐるみ材と母体の密着不良による抜け

などがあったが、型の対策等により上記諸課題を解決し、所期の目標を達成する事ができた。

鑄ぐるみ材の挿入にロボットを使用した PDC マシンの例を Fig.1 に示す。

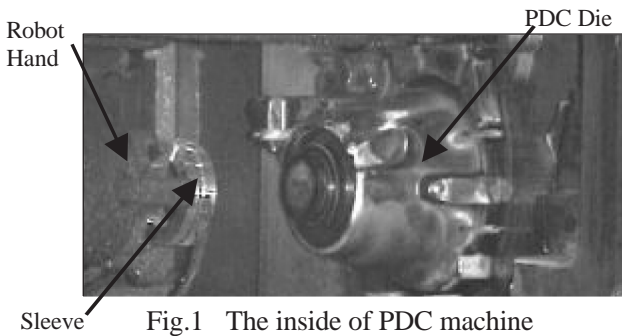


Fig.1 The inside of PDC machine

3. 鍛造

当社の鍛造技術は、1969 年に本格操業に入ったが、このとき、鍛造工場にはトランスミッション部品用として 1600 トンフォーシングプレスや熱間高速精密自動鍛造機(ハテバ)、冷間鍛造機(エリー)等の最新鋭機が導入されていた。その後トランスミッション生産増に伴い設備の拡充を行ってきたが、その中でも材料歩留りの向上を目的としてクロスロール、回転鍛造、密閉鍛造等の新技術に取り組んできた。また高精度化や品質の向上を目的として冷鍛歯形成形やアルミ鍛造法などを開発してきた。しかし、世の中の更なる低コスト、高精度化の要求の中でチップレス化はその一つの方向性であるが、その取り組みの一例として歯車部品への精密歯形鍛造の取り組み事例を紹介する。

当社では、CVT の構成部品である遊星歯車機構のピニオンプラネットギヤ製造工程においては、従来ホブ盤で加工していた歯切り工程をやめ、鍛造によりねじれた外歯を成形する精密鍛造(Fig.2)に取り組み、1997 年より生産している。当初、課題となっていた歯形金型の寿命も大幅に向上することができ、成果として大きな材料費低減と、工程数削減による物流・在庫の削減及び設備投資削減等により、従来の歯切り加工品に対し 10% のコストダウンを図ることができた。



Fig.2 Planetary pinion gear by precision gear forging

4. 焼結

当社の焼結技術は、ジャトコ(株)創立時に生産していた AT がフォード社の特許及び技術情報に基づき、日産自動車(株)が設計したもので、その構成部品の図面に『焼結』と書かれていたため、これを受けて設備を導入し生産を始めたのが最初である。

その後、マニュアルトランスミッションのシンクロ部品などに多くその技術が使われるようになり、設備の拡充を行ってきた。

焼結部品の一例としては、CVT を含む全てのオートマチックトランスミッションに搭載されているオイルポンプギヤを紹介する。これはインナーギヤ・アウターギヤ(Fig.3)の 2 点から構成されており、AT・CVT ミッション内の油圧制御を担う部品である。非常に複雑な歯形形状・精度が要求される部品であるが、歯形面は機械加工なしで生産されている。

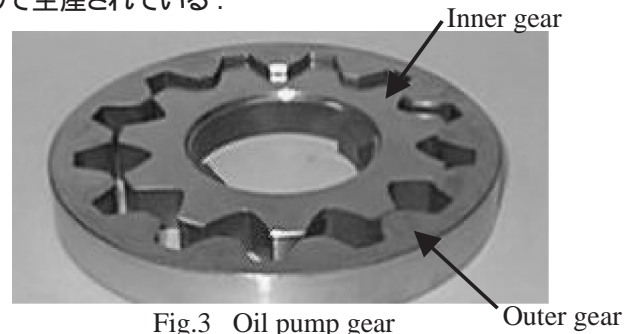


Fig.3 Oil pump gear

現在、更なる低コスト、高精度化の要求の中で、チップレス化が注目されているが、焼結工法はその代表的な工法であり、それらの要求を満足すべく下記課題にも取り組んでいる。

温間成形法及び新材料開発による高強度化(後工程熱処理廃止)

他工法部品(プラネタリーキャリア等)の焼結化による工程削減・材料歩留り向上

5. プレス

当社のプレスの歴史は浅く、1994 年にプレスの内製化検討に取り組み始め、1996 年より一部内製化を開始した。生産部品はトルクコンバータの基幹部品の流体継手プレス品と、パワートレインにおけるクラッチのドラムプレス品など、AT の重要プレス品を行っている。

この中で、特筆すべき工法としては、「フローフォーミン

ング工法」とコイル材から高スピードで生産する「順送プレス工法」である。

「フローフォーミング工法」は従来 2 部品を一体化でき、さらにチップレス化できる等の利点があり、部品仕様によっては大幅な原価低減が図れる新しい技術である。(Fig.4)

又、「順送プレス工法」では、トルクコンバータのブレード(羽根)、シェル、コアの 3 部品共コイル材からの一貫生産を、高スピードで行っている。中でもシェルの順送プレス化は世界でも初めての高速生産(38ヶ/分)である。ちなみにブレードは 110ヶ/分、コアは 55ヶ/分の生産スピードである。順送プレス品の 1 例を下図に示す。(Fig.5)

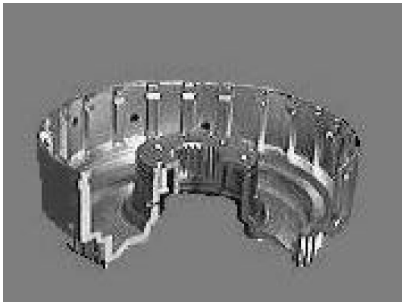


Fig.4 Clutch drum by flow forming

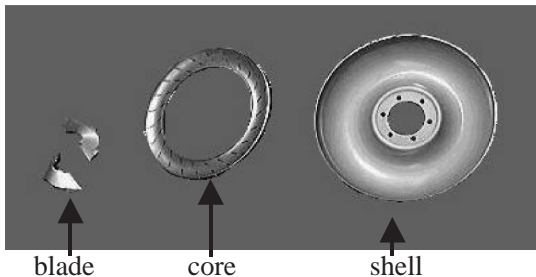


Fig.5 Parts by progressive press

6. 機械加工

6.1. 歯車製造

当社が生産する FF, FR オートマチックトランスミッションは主にパワートレインギヤと遊星歯車機構で構成されており、いずれも平行軸インボリュート歯車である。

歯車の生産技術は、軽量化に伴う強度向上と音振の性能向上と共にその技術は大きく変化してきている。例えば、従来歯車の仕上げ工法はシェービング加工が主流であったが歯面強度の向上や音振対策のため、ハードフィニッシュ(歯研)やファインフィニッシュ(ホーニング)を取り入れる歯車が多くなってきている。また、歯元強度の向上の為、ショットピーニング工法や歯面強度向上の為、固体潤滑膜工法を採用したり表面処理法の進歩も目を見張るものがある。

従って、歯車製造の順序に従い、諸元設計、材料開発、鍛造、機械加工、熱処理、表面処理、性能評価の

順にその内容(除く鍛造)について述べる。

6.1.1. 諸元設計

歯車精度の高精度化と共にギヤノイズを低減させる手法も進歩している。複雑な構造を持つトランスミッションでは、軸受け剛性、ケースの膜振動等が複雑に絡みあい複雑な振動系を解析する事は従来では困難であったが、長年のデータベースの蓄積とコンピュータの発達で、振動解析のシミュレーションソフトが作製され、音振設計に適用できる様になってきた。現在では歯車単品設計と並び重要な設計業務となっている。

6.1.2. 材料開発

歯車材料には強度、性能、生産性(被削性)を確保するため多くの要件が必要とされる。例えば、歯車の繰り返し衝撃強度を高めるための合金元素の調整による熱処理時の表面粒界酸化の抑制、歯面強度向上のための、Cr 等の合金成分の増量による焼戻軟化抵抗の向上等があげられる。

6.1.3. 機械加工

歯車の製造工法は、従来と変わらぬホブ、転造、シェーパ、シェービングが使われているが、NC 化や切削工具の発達によりその精度は大きく向上している。

従来、仕上げ工程において歯面の仕上げは行わなかったが、現在では歯面仕上げを採用するトランスミッションが増えている。当社においては熱処理後の歯面仕上げ工法の一つであるギヤファインフィニッシュ(ホーニング)を、いち早く採用しており、現在約 50 台が稼働している。

現在では砥石、ドレスギヤの内製化を行ない、性能向上と併せて、コストダウンをはかっている。

また、特に欧州自動車メーカーで採用されている工法であるギヤハードフィニッシュ(歯研) (Fig.6)も車両の音振目標値、熱処理歪みの度合いに応じて採用をしている。最近では新開発の CVT 等でも採用している。



Fig.6 External view of gear grinding machine

6.1.4. 熱処理及び表面処理

AT・CVT を構成する部品の多くは、必要とされる強度を確保する為、機械加工の中間又は最後に熱処理を実施している。しかし、近年の高精度化及び高強度化の要求に対応する為、一部の部品に下記のような表

面処理を採用している。

1) 浸炭熱処理

浸炭熱処理では、低(定)歪化を目的として、焼入冷却時の歪発生を抑える高温油焼入れ及び恒温塩浴2段焼入を採用している。

また、薄肉の内歯歯車には、浸炭+内径及び端面の矯正焼入(プレスクエンチ)を採用し、真円の確保等の低(定)歪化を行っている。

2) 浸炭窒化

高い歯面強度が必要な部品には、浸炭窒化を採用している。浸炭窒化により高サイクル時の歯面温度上昇に耐えうる特性が確保できる。

また、後述するショットピーニングとの組み合わせにより残留オーステナイトの加工誘起マルテンサイトにより、強度向上もはかっている。

3) 表面処理

ショットピーニングを採用している歯車は歯表面直下に残留圧縮応力を確保し、疲労強度向上をはかっている。また、ショットピーニングの投射圧・粒径を変化させ残留応力値のピーク値・深さを変化させることで、小モジュール歯車から軸物までの疲労強度を向上させる工法も採用している。

4) デブリックコート

高い歯面強度を要求される部品には、固体皮膜潤滑法であるデブリックコートを採用し、歯面疲労及び摩耗寿命の飛躍的向上に繋げている。

6.1.5. 性能評価

トランスミッションはエンジンと結合され自動車の車台にマウントを介して取り付けられている。すなわち車室内で問題となるギヤノイズはこの伝達経路又は空気伝播によって車室内に入り増幅される。一方、AT需要の伸びと共に、お客様の高級化志向から乗用車の車室内騒音に対する要求が強くなっている。

当社では、AT・CVTのサプライヤとして、車両での最終品質目標を達成するため、十数年前よりギヤの噛合い振動を管理しており、ギヤノイズの品質を保証し出荷している。

また、開発当初からギヤノイズの品質目標を明確にしているお客様が多いが、最近では小さな音でも指摘を受ける場合が増え、先に紹介した解析技術等を活用して複雑な歯面形状を創成する新たな取り組みも開始している。

6.2. 箱物加工

量産の箱物加工については、トランスファーマシンを採用することが主流であるが、旧トランステクノロジー(株)では、1956年にはマニュアルミッションのケースにトランスファーマシンが初めて採用されている。また、旧ジャコ(株)においても、1970年の創立時より、ケース

にはアメリカのラム社製、コントロールバルブには同じくキングスベリー社製のトランスファーマシン(Fig.7)が設置されていた。



Fig.7 View of the old transfer machine by Kingsbury company, that are now working.

その後は車の需要拡大と共に、トランスファーマシンはその生産性の高さから、その台数を増やしてきた。しかし、1990年代以降は、お客様の好みの多様化に伴う多品種少量生産の時代の到来とNC制御の進歩により、その形態もマシニングセンタを連結した形態、あるいはマシニングセンタを単体で持ち回るライン形態へと大きく変化してきている。

そして近年では多品種変量生産とスペースの効率化を望まれるようになり、設備の小型化と高速切削加工技術の進歩により、小型マシニングセンタで構成されたラインが目されるようになってきた。BT30のマシニングセンタで構成された最近のコントロールバルブ加工ラインの例をFig.8に示す。

箱物ラインは設備投資額も多く、今後も最適なライン形態を求めて大きく変化する可能性があると思われる。

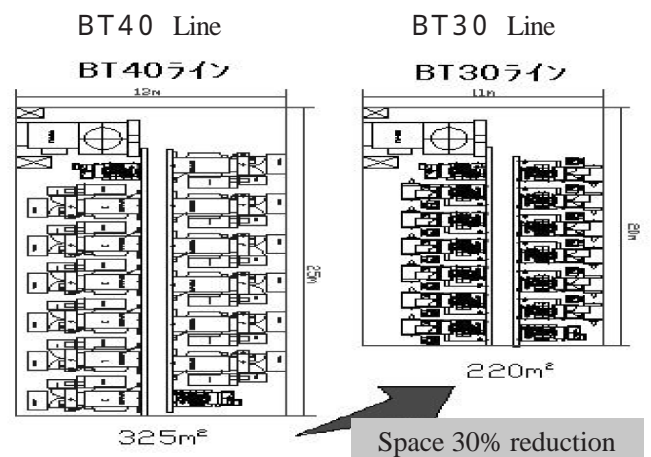


Fig.8 Example of saving the space by small size machine

6.3. プレス部品加工

プレス部品の加工はトルクコンバータの加工とドラム、キャリア等の加工に大別される。

トルクコンバータの加工はその構成部品であるインペラとタービンのブレードとシェルの固定方法に特徴を持つ。この固定方法は車両の高出力化に伴いその固

定強度や剛性向上の為、従来カシメ工法が主流であったが、ロー付け工法が主流になって来ている。

ただ、ロー付け工法はコストがかかるため、ロー付けに変わる工法の開発は今後の技術開発の大きなテーマと考えられる。

一方、ドラムやキャリヤ部品は AT の普及しはじめた頃は、鋳鉄あるいはアルミ鋳造からの削り出しが主流であったが、1970 年代後半より、軽量化とコストダウンの為、鉄板をプレスしそれを電子ビーム溶接で溶接する工法が主流となって来た。

電子ビーム溶接は、その機構的な問題として真空系に大きな弱点があり、1980 年代より他社では、同じくプレス部品をレーザ溶接で溶接する工法が採用されて来た。しかしレーザ溶接にも光学系の弱点があり、その普及は足踏み状態と言って良いと思われる。

元々、電子ビーム溶接もレーザ溶接もエネルギー密度を高め、溶接時の低歪みを目的とした高精度溶接として普及した工法であるが、設備投資としても高価なため、最近では生産設計段階より溶接歪みに鈍感な設計を行い、プロジェクション溶接等の抵抗溶接を使い接合させる部品も見られるようになってきている。また、5. プレス工法のところでも記述したような、フローフォーミング工法も電子ビーム溶接やレーザ溶接に変わる工法として、一つの解決法であるといえる。Fig.9 に CVT の部品で採用しているプロジェクション溶接の事例を示す。



Fig.9 Example of projection welding in CVT parts

7. 組立

小種大量生産から多種少量生産へと移り変わり、また生産変動に対して柔軟に対応できるラインを求められる時代になって、組立ラインも少しずつ変化してきている。ここでは、項目別に今までの組立ラインのあり方と今後について紹介する。

7.1. 組立ライン形態

組立ラインは少種大量生産時代、JBAR 方式を主流としてきたが、組立の自動化が推進される中でフリーフローコンベア方式が主流になり、更にその中でもメインラインの両側、又は片側からサブラインが直結する串刺し型レイアウトとなった。その後 JIT の考え方を反映しサブラインを集合化してメインラインと平行に並べる二の字型レイアウトへと変化してきている。これは生産台数の

変動に対して作業編成の自由度を上げることを目的としているが、当社では CVT 組立ラインに採用している。

また、多種少量生産ラインに於いて多品種を作業者の回りに並べられ、作業者の行き来に自由度があり、経路変更も容易であるという事で AGV (無人運搬車: 以下 AGV) をメインラインに使用した例もあるが、位置決め精度に問題があり自動化が難しいことや、搬送時間ロス等の理由により、現在では機能別に搬送は AGV、組立はフリーフローコンベアという組合せにする場合が多くなっている。



Fig.10 Assembly line constructed by AGV

7.2. 生産指示

昔はアクチャルスケジュール(生産順序指示)に基づき機種の変更時に、ライントップの作業者が仕様表と呼ばれる紙をワークベースと一緒に付けて流し、後工程の作業者はその仕様表を見ながら、段取りや組付け確認を行っていた。

しかし、今日では生産機種の増大や段取り回数の増加に対応するため、生産指示システムを採用し、生産指示を直接ラインに出し、作業者はその指示によって組付けを行うことで確認作業を無くしている。これにより仕様ミス防止を図るとともに、新しい作業者でもすぐに組付け作業が出来るようになっている。

しかし、従来の生産指示システムはライン立上り時に一括でシステムを構築する為、ライン改造時やユニット仕様増加の発生費用が大きく、また突発的な生産変動への融通性が乏しかったため、最近ではサブライン単位指示方式や指示システムの標準パッケージ化を図ることにより、低コストでどんなラインにも適用できるシステムを開発し採用している。

また、このシステムは設備や品質上のデータの履歴管理も実施しており、設備、品質管理の面でも大きく貢献している。

7.3. 設備の内製化

当社では、早くからファイナル工程の内製化を進め、特にユニットの最終機能テストを行うファイナルテストや起振力テスト(ノイズテスト)は内製化を推進してきた。

Table 1 History of constitutional improvement activity

	A chronological table			
	1960 'S	1970 'S	1980 'S	1990 'S
JATCO		The company establishment	TPM prize Deming prize	The ISO14001certification The ISO9001certification TPM special prize
Trans Technology		NISSAN MOTOR CO.,LTD. yoshiwara plant An ookouchi memory production prize	TPM excellent prize	The ISO14001certification The ISO9002 certification TPM special prize



Fig.11 External view of final tester for toroidal CVT

例えば、最近発表したトロイダル CVT のファイナルテスタ Fig.11 先当社の内製設備である。

このようにテスタを内製化することによりノウハウを蓄積し、高い技術力を持つ事で、信頼性の高いテスタをより安く取得することができている。また、内製のメリットである不具合対応やテスト項目の変更等の対応に素早く対処出来ることにより、テスタの検出力向上に貢献している。

7.4. その他

バブル時の組立ラインは、労働力不足の懸念から、高い自動化率を目指していたが、自動化率の高いラインほど融通性が無く、生産変動に対して柔軟な生産運営が難しかった。その為、現在では測定や締付け、テスト等品質確保に重要な工程及び、圧入作業のある工程などに絞って自動化し、自動化率を上げることを必ずしも指向していない。従って、既存技術の延長線上の技術を組み合わせた設備が多い。

ただ、ここ数年の新技術としては、CVT 組立ラインに導入したボール選択装置(fix プーリと slide プーリの間)に圧入するスチールボール選択)や FR の AT 組立ラインで導入したサーボ制御圧入機による圧入カシメの最適化などをあげることができる。

8. 工場における体質改善活動

以上各技術分野毎にそれぞれの技術の歩みと最新の技術を紹介してきたが、製造会社の別の一面として、工

場運営上でのその体質改善活動は重要な取り組みである。そのために諸活動を実施してきており、それらの結果として外部より多くの評価を受けてきたので、その一部を紹介する。

まず、ジャトコ(株)は 1980 年代中頃より HSQ 運動「人(H)」「清潔(S)」「品質(Q)」を表すを展開し、TPM や TQC をその活動の柱として推進してきた。その結果、1992 年にデミング賞、そして 1996 年には TPM 特別賞を受賞し、その活動の評価をいただいていた。また、トランステクノロジー(株)は日産自動車(株)吉原工場時代より自動化の進んだ工場として知られ、1975 年に大河内記念生産賞を受賞している。1989 年 SQB(S-SUN Q BEST)活動を展開し、その柱の一つとして TPM を推進して来た。その結果、1997 年に TPM 特別賞を受賞している。

更に、両社共 1995 年頃より JIT の考え方を取り入れた活動を展開し、現在は主に同期生産を柱にした考え方で改善(JEPS 活動)を推進している。

また、ジャトコ(株)、トランステクノロジー(株)共、ISO9000、ISO14000 の取得に取り組み、ジャトコ(株)は 1998 年に ISO9001、ISO14001 の認証取得し、トランステクノロジー(株)も 1998 年に ISO9002、1999 年に ISO14001 の認証を取得していることを付け加えておきたい。(Table.1 参照)

9. まとめ

以上、AT・CVT の生産技術について述べてきたが、ジャトコ(株)とトランステクノロジー(株)が合併した今、私たちは新会社ジャトコ・トランステクノロジー(株)の企業理念である「For a better tomorrow for people and cars(人とクルマの未来のために)」を具現化し、世界の「お客様に最高の満足を提供する」ために、開発や生産の仲間と力を合せ、時代のニーズをしっかりと捉えて、我々の技術を一步一步、着実に進歩させて行きたい。



押田 眞克

クラッチ直接電子制御の開発

Development of Direct Electronic Shift Control System

森 泰志*

Yasushi MORI

村杉 卓*

Takashi MURASUGI

斉藤 祐司*

Yuji SAITOH

抄録 新開発 JR405E 型 FR 用自動変速機¹⁾では、変速性能の向上と自動変速機の小型・軽量化を目的として、当社初のクラッチ直接電子制御(Direct Electronic Shift Control; 以下 DESC)を採用した。本稿では、クラッチ直接電子制御の概要と効果について紹介する。

Summary Our new automatic transmission JR405E for a "Front engine, Rear-drive" vehicle has been first adopted with "Direct Electronic Shift Control(DESC)" system to achieve excellent shift quality and to make its size and weight small. This paper explains the DESC system and shows the achievement of its purpose.

1. はじめに

自動変速機の普及も進み、各社が AT 車の開発に力を入れたこともあって、変速ショック向上技術はかなり進歩した。自動車技術会の講演会でも変速ショックに関する発表はほとんど見られなくなっている。だからと言って、変速ショックが十分満足できるレベルとは言いきれる訳ではなく、さらなる変速ショックの向上が求められ、さらに低コスト化や環境問題への対応、MT 車ライクなマニュアルシフトなどの付加価値を求められている。環境問題への対応として、小型・軽量化が 1 つのキーワードである。パソコンの普及や家電へのコンピュータ組み込みなどに見られるように、電子機器の性能向上と価格の低下は目覚ましいものがある。電子部品は、自動変速機の機構部品に比べ集積度が高く、また、まだまだ今後の性能向上が見込まれる。そのため、付加価値を向上させるデバイスとして、今後ますます電子制御の比重が増していくことと思われる。

DESC システムは、ハードの簡略化による小型・軽量化を図りつつ電子制御により変速性能を維持・向上させ、さらには油圧制御のフレキシビリティが要求されるマニュアルシフトなどの付加価値を提供する手段であり、「ハードはシンプルに、電子制御は緻密に」という考えの下に開発されたものである。

本稿では、当社として初めて市販自動変速機 JR405E¹⁾に採用したクラッチ直接電子制御システム(以下 DESC)について紹介する。

2. クラッチ直接電子制御(DESC)とは

2.1. 変速とは

ギヤ段 A からギヤ段 B への変速は、ギヤ段 A で締結しているクラッチ X を解放し、ギヤ段 B でトルク伝達するクラッチ Y を締結する。よい変速ショックを実現するためには、

- (1) クラッチ X からクラッチ Y へのトルクの受け渡しをスムーズに行うこと
- (2) トルクがクラッチ Y へ受け渡されたのち、クラッチ Y の発生トルクが適切であること

が要求される。

2.2. 従来の変速油圧制御システム

従来の自動変速機では、クラッチ油圧を、アクキュレータの背圧制御で行うことが一般的であった(Fig.1) 変速制御システムに要求される要件に対するアクキュ

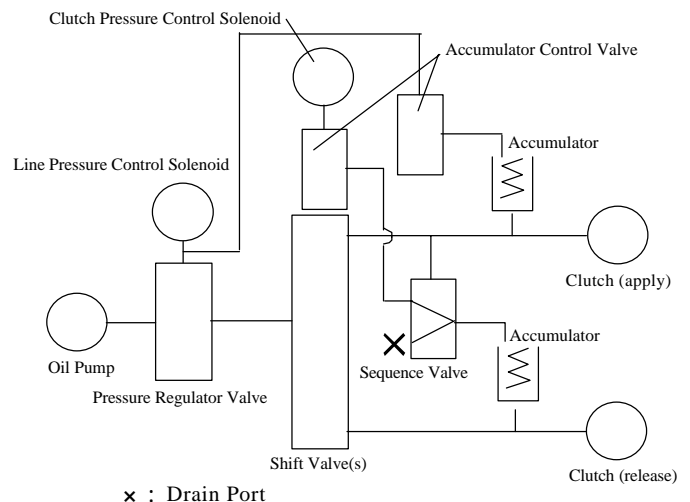


Fig.1 Conventional system(No One Way Clutch)

* 部品設計部
Component Engineering Department

レータの背圧制御の適合性を Table 1 に示す。

2.3. DESC システム

一方，DESC システムにはいくつか方式がある²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾が，当社では，デューティソレノイドと調圧バルブの組合せを選択した。このシステムでは，クラッチへ導く油圧を，ソレノイド油圧を指令値とする調圧バルブで調圧している。(Fig.2)

変速制御システムの要件に対する DESC システムの適合性を，Table 1 に付加した。アキュムレータ背圧制御と比較して，デューティソレノイド数は増加するものの，部品点数の低減とシンプルな油圧回路を実現できる。

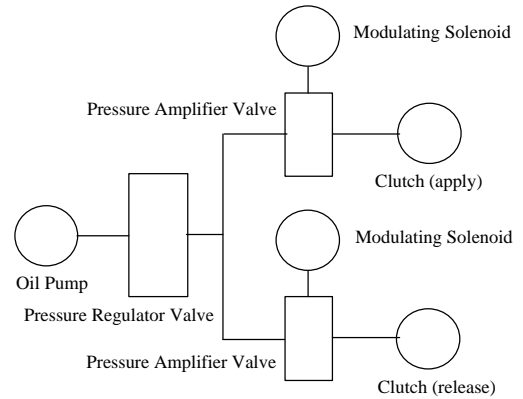


Fig. 2 DESC System

Table 1 Comparison between conventional system and DESC system

	Conventional System (accumulator)		DESC System
	One Way Clutch applied	No One Way Clutch applied	
Pressure control performance	See Table 2,3		
Pressure control device	<ul style="list-style-type: none"> pressure control solenoid accumulator × N orifice × N shift valves shift solenoids 	<ul style="list-style-type: none"> pressure control solenoid × 2 accumulator × N orifice × N shift valves shift solenoids 	<ul style="list-style-type: none"> pressure control solenoid × N pressure amplifier valve × N
Device for proper combination of apply and release clutches	One Way Clutch coast clutch and control device needed	sequence valves solenoid to inhibit sequence valve needed	software
Layout and Part number		Needs larger space <ul style="list-style-type: none"> accumulator sequence valve with inhibit solenoid 	Needs less space <ul style="list-style-type: none"> modifier solenoid pressure amplifier valve

3. 本システムの構成と変速制御

今回開発した DESC 制御システムの構成を Fig.3 に示す。また，油圧制御の考え方を Fig.4,5 に示す。

3.1. 油圧制御の考え方

3.1.1 ドライブアップシフト

ピストンストローク制御

ピストンストローク時間とピストンストローク後の油

圧の立ち上がり勾配とのバランスを考慮して制御する。ピストンストローク時間が長くなると，変速点のずれとなり，特にアクセルを戻したときのアップシフトのラグ感につながる。ピストンストローク完了後の油圧の立ち上がり勾配は，トルクフェーズの引きのフィーリングを左右するので，スロットル開度に応じて勾配を設定する。

締結側掛け換え制御

スロットル開度(エンジントルク)によって，締結側の立ち上げ勾配を適切に設定した。次の の制御とともに従来のアキュムレータ背圧制御では，コント

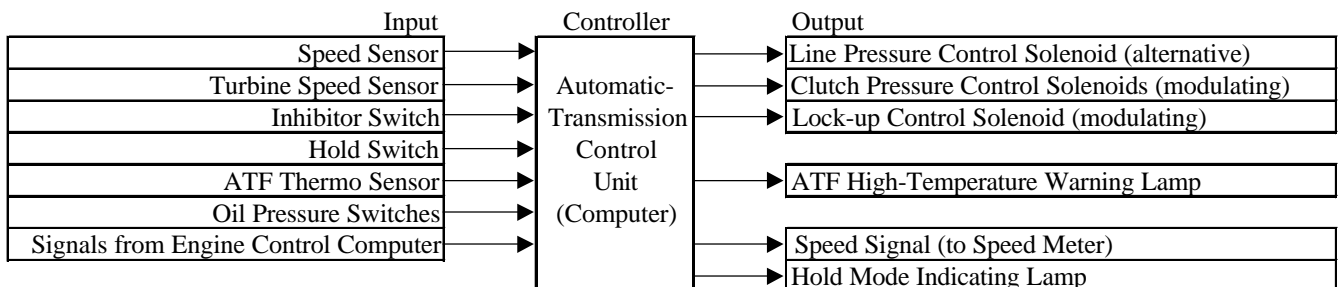


Fig. 3 DESC system diagram

ロールできなかった制御である。

トルクフェーズからイナーシャフェーズへの移行

イナーシャフェーズへの移行が滑らかに行われるように制御する。

イナーシャフェーズ制御

変速ショックが最適となるよう油圧制御する。

変速終了時制御

パワートレインの入出力回転比により変速終了を判定すると、直ちに変速終了制御に移行する。従来のアクムレータ背圧制御では、アクムレータのピストンストロークが完了するまでは変速が完了したとは言えず、次の変速へ移れないが、DESCシステムではすぐに次の変速へ移ることができる。

解放側掛け換え準備制御

締結側のピストンストローク完了後の掛け換え制御に備える。

解放側掛け換え制御

締結側のトルク容量が十分になったのち、解放側のトルクの変化を考慮して油圧を抜く。これは、解放側の油圧を一気に抜くことによる出力トルクの急激な増大を回避するためである。

掛け換え制御

締結側の油圧立ち上げと、解放側の油圧抜きのタイミングは、コンピュータである相関を持たせて行い、エンジンの吹け上がりや出力トルクの引き(減少)過多とならないよう制御する。さらにばらつきに対応するために、タイミングが最適となるよう学習制御を取り入れている。

3.1.2. ドライブダウンスフト

ピストンストローク制御

ドライブアップと同様である。

スタンバイ制御

パワートレインの入出力回転比が変速終了回転比に関連した所定の回転比に到達するまで、締結側の発生トルクを最小に保つ。これは、締結側のトルク発生による出力トルクの減少を回避するためである。

従来のアクムレータ背圧制御では、スタンバイ状態と締結状態との切換にシーケンス弁(タイミング弁)を設置していたが、DESCシステムでは不要である。

同期締結制御

パワートレインの入出力回転比が変速終了回転比に到達した時点で、タービン回転数が吹け上がり過ぎないように締結側油圧を立ち上げる。

解放側抜き制御

可能な限り早く滑り出すように制御する。

イナーシャフェーズ制御

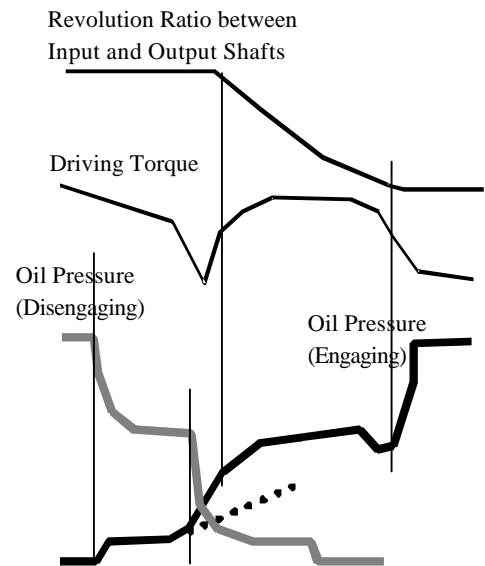


Fig.4 Control Strategy for Up-shifting (Driving)

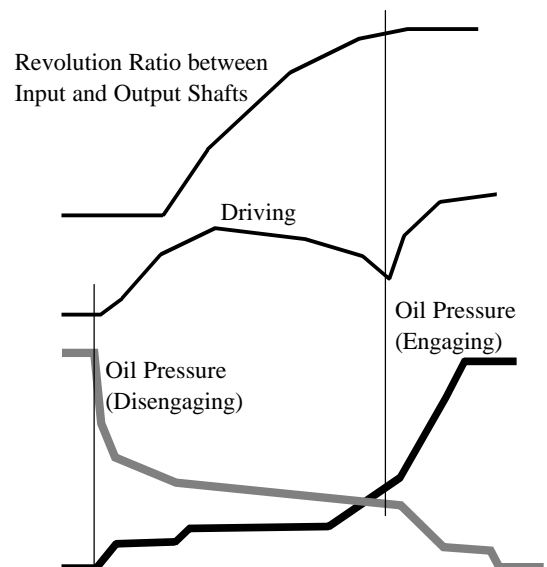


Fig.5 Control Strategy for Down-shifting (Driving)

イナーシャフェーズ中は、変速の種類や車速に応じて、出力トルクや変速時間が最適となるよう制御する。

変速終了時掛け換え制御

パワートレインの入出力回転比が、変速終了時の値に確定した時点で残っている解放側油圧は、締結側の油圧上昇と連携させて滑らかに抜く。これは、タービン回転数の吹け上がり防止と、出力トルクの急激な増加の回避のためである。

従来のアクムレータ背圧制御では、解放側抜き勾配を任意に制御することが不可能であったため、エンジントルクダウンを行っている。

3.2. 制御プログラム

油圧制御部品を簡素化し、その機能をコンピュータ

制御に転嫁したため、制御自由度が増した。そのため、従来に比べてプログラムの量が増大している。そこで、変速をパターン化したり、自動変速機への入力トルクに相当する情報の活用により、予期せぬ動作を発生させないよう配慮した。その検証として、500パターンを越える複合操作(通称 意地悪モード)の評価を行い、予期せぬ変速ショックの発生や、無制御状態へ陥ることのないよう万全を期した。

3.3. 本システムを支える部品技術

また、今回の DESC システムの開発においては、課題解決のために、次のような開発も併せて行っている。

1) 高精度小型デューティソレノイドの開発

本システムを量産可能とするために、油圧ばらつきを従来の 1/3 に低減した、ソレノイドを新規開発した。(Fig. 6)さらに、ソレノイド出入口口の流量係数を最適にすることにより小型化したにも関わらず低温下でも良好なデューティ油圧特性を得ることができた。また、作動音低減のため、ソレノイド本体の構造やコントロールバルブへの取り付け方法の改善を行った。

2) アルミスプールの採用

クラッチ直動システムでは、低温においても調圧弁のスプールが滑らかに動き、制御性応答性ならびに油圧制御精度を損なわないことが求められるため、アルミスプールを多用した。このことは、高油温時のバルブからの作動油のリークを減少させることにも寄与している。

4. DESC システムの効果

今回開発した DESC システムでは、当初のねらいに対し Table 2 の効果を得た。

さらに、直動制御により、変速時にライン圧を緻密に制御する必要がなくなったため、ライン圧制御用ソレノイドをデューティ型からオンオフ型とし、コストダウンを図った。これは、通常の運転モードでは、ほとんどミニマムライン圧で走行可能であるためである。

5. まとめ

本 DESC システムの開発には、種々の課題があったが、開発を通してこれらの課題を解決していくことで多くの技術的成果を得た。そのひとつが、油圧制御の自由度がありすぎるがために、ありとあらゆる状態を想定して作成したソフトウェアであり、また、小型・高精度のデューティソレノイドの開発である。これらの技術により、お客様により商品を提供できたとともに、今後、新しいお客様へよりよい商品を提供していくための技術的基盤が培われたと思う。

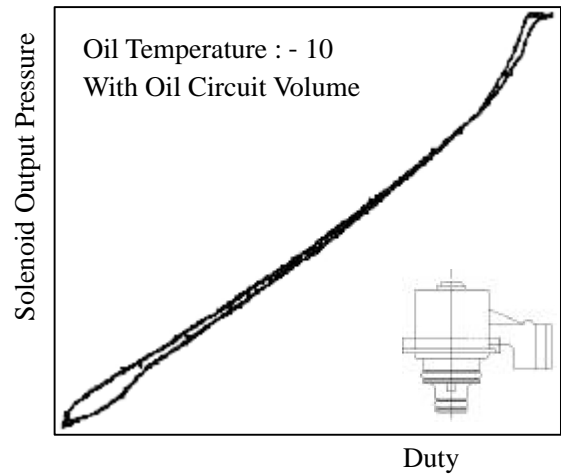


Fig.6 Pressure characteristics at low temperature of our new high accurate duty solenoid

Table 2 Achievements of DESC

<p>High shift quality Reduction* of Unit weight : about 10 kg Reduction* of Control valve weight : about 0.6 kg No control valve variations for 6 engine adoption *comparison with our previous transmisson</p>

最後に、本制御システムの開発にあたり、多大なご協力をいただいた車両メーカーの方々、実験・設計各部の方々にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 本書 直接電子制御採用の自動変速機(JR405E) 紹介
- 2) 藤田ら, 新型オートマチックトランスミッション(A/T)の先進制御の開発, 自動車技術会学術講演会前刷集 951,p.125 ~ 128, (1995-5)
- 3) Mercedes-BENZ, Functional description of automatic transmission 772.6, p.27 ~ 49, (1995-3)
- 4) ZFS, Dept. MKTD, Functional description - 5HP19FL, (1995-8)
- 5) 大橋らワンウェイクラッチレス 4 速自動変速機の開発, HONDA R&D Technical Review, p.61 ~ 69, Vol.9(1997)
- 6) マツダ, FAMILIA 新型車の紹介(1998-4)

著者



森 泰志

村杉 卓

斉藤祐司

AT のロックアップ領域拡大技術

Automatic Transmission Technology for Wide Range lock up

高取 和宏*

Kazuhiro TAKATORI

若原 龍雄*

Tatsuo WAKAHARA

抄 録 地球の環境保護のため、AT の燃費向上が重要となっている。本稿では AT の特徴である滑らかさを犠牲にすることなく、大幅な燃費向上を達成する技術の一つとして挙げられる『ロックアップ領域拡大に関する技術』を紹介する。

Summary It is getting more important to improve fuel efficiency of the vehicles with an automatic transmission for protecting the environment. This paper presents one of the technologies for this purpose, to make lock-up clutch engage at low speeds without spoiling driving smoothness.

1. はじめに

AT(自動変速機)は、MT(手動変速機)に比べ運転が容易、非常に滑らかななどのメリットによって、北米では急速に普及し、1965年頃にはすでにATの装着率が90%にも達していた¹⁾。日本でも1990年ごろの「シーマ現象」に象徴される高級車ブーム²⁾を経てATの装着率は徐々に高まり、現在では北米に匹敵するようになってきている。

一方、ATは、滑らかな反面、トルクコンバータのスリップロスも大きく燃費ではMTに劣っている。近年、地球環境保護への関心が高まり、燃費向上に対する要求が強くなっている。各メーカーでは「環境に優しい」を合言葉に電気自動車、ハイブリッドカーといった、大幅な燃費向上と排出ガス削減が期待できる車を開発し、市場にも登場しつつある。

しかし、先に述べたようにガソリンやディーゼルエンジンとATを組み合わせたクルマの比率はたいへん大きく、今後もしばらくはこのような状態が続くと予想される。したがって、こうした量販車の燃費を向上させることは必要不可欠である。

本稿では、このような時代を背景に開発された最新ATの燃費向上技術「ロックアップ領域の拡大」について紹介する。

2. ロックアップ領域の拡大

2.2. ロックアップ領域拡大の狙いと効果

燃費向上の手段としてトルクコンバータにロックアップ機構を組み込み、トルクコンバータのスリップロスを低減させる技術は1978年ごろから使われていた。

しかし高級車ブームの時代には、特に滑らかさが重視されたため、ロックアップ領域は高車速かつ低スロットルの狭い範囲となっていた。また、ロックアップ領域になった場合でも、滑らかさをそこなわないようにロックアップクラッチを非常にゆっくり締結していた。このため、燃費への効果は、高速道路を安定したスピードでドライブするような場面では期待できなかった。

今回の開発では、市街地での緩加速、減速など日常的な走行での燃費の大幅な向上を狙った。具体的な方策は下記に示す。(Fig.1)

ロックアップ領域の低車速領域への拡大

ロックアップ領域のスロットル全閉領域への拡大

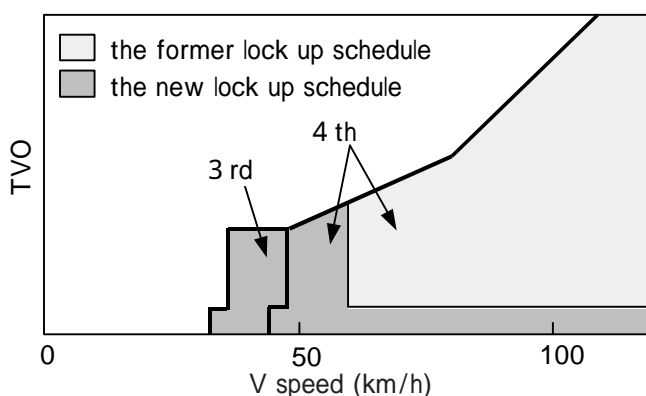


Fig.1 Lock up schedule

* 第一油圧制御設計課

Hydraulic Control Engineering Section No.1

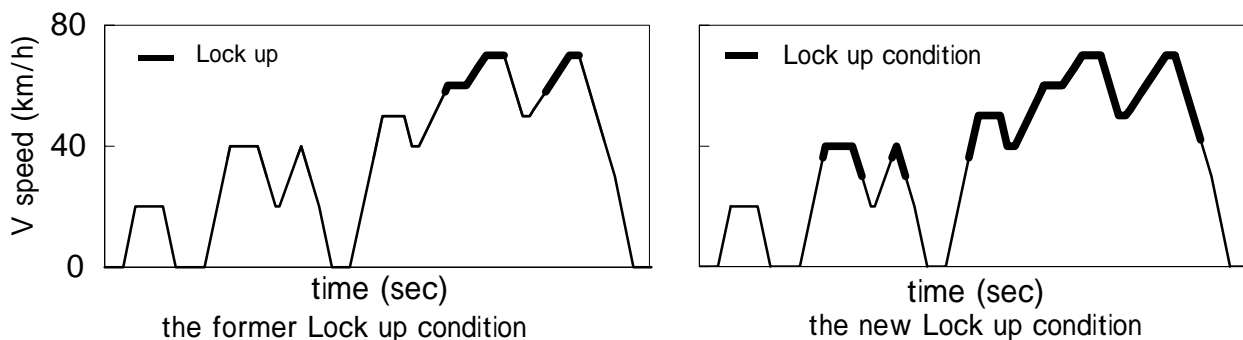


Fig.2 Lock up condition on 10-15 mode

ロックアップ締結時間の大幅な短縮

次に、これら方策の狙いについて説明する。まず、ロックアップ領域の低車速領域への拡大に関しては、特にトルクコンバータのスリップロスが大きい『加速』場面でのスリップロスをなくすことによる燃費効果を狙っている。

次に、ロックアップ領域のスロットル全閉領域への拡大では、減速時のエンジンのフューエルカット状態での走行時間を長くすることを狙っている。スロットル全閉時にエンジンがフューエルカットすることで、燃料消費を低減する技術は以前より取り入れられているが、ロックアップをしていない状態の場合には、エンジン回転はすぐに低下し、燃料は再噴射(フューエルカットリカバ)する。これに対し、スロットル全閉時にロックアップをすることで、エンジン回転は車速の低下とともに緩やかに低下する。このためロックアップ無しに比べ、フューエルカット状態での走行時間が長くなり燃費が向上する。

また、ロックアップ締結時間の大幅な短縮でも、ロックアップでの走行時間が長くでき、燃費は向上する。

いずれの対策も市街地などの走行では緩加速、減速が頻繁に繰り返されるため燃費効果も大きい。例として Fig.1 に示すロックアップ領域を 10 - 15 モードにあてはめると、ロックアップで走行する時間が大幅に増えていることがわかる。(Fig.2)

2.2. ロックアップ領域の課題

ロックアップ領域を拡大し燃費の向上ができて、それにより AT がもつ滑らかさを損なうことはできない。そのためには下記などの解決すべき課題があった。

ロックアップ領域の低車速化によるオイルポンプ吐出流量低下に起因するロックアップ締結油圧の低下。
 ロックアップ領域の低車速化による「こもり音」の悪化。

ロックアップ領域のスロットル全閉領域への拡大による「ガクガク振動」発生。

これらの課題について説明をする。

まず、ロックアップ領域の低車速化によるロックアップ締結油圧の低下であるが、AT のオイルポンプはエンジンで直接駆動するため、エンジン低回転領域では吐出流量が低下する。このような状況ではロックアップ締結油圧も低下しロックアップの締結に必要な油圧が確保できなくなる懸念があった。

次に、ロックアップ領域の低車速化による「こもり音」の悪化であるが、ロックアップによりエンジンと駆動系が直結する。このため、エンジンのトルク変動を加振源とするパワートレインの振り振動に起因する「こもり音」が発生する。エンジンの低回転ではエンジンのトルク変動も大きい。そのためこのような領域でロックアップを行なうと「こもり音」の悪化が懸念された。

また、ロックアップ領域のスロットル全閉領域への拡大による「ガクガク振動」発生であるが、先に述べたようにスロットル全閉時にはエンジンがフューエルカット状態となる。この状態からスロットルの踏み操作によりフューエルカットリカバする時には、トルクが正負逆転するのでギヤのガタ打ちなどによる「ガクガク振動」が懸念された。

ここでは、これらの課題を解決するための技術の一部を紹介する。

(1) ロックアップ締結油圧の低下防止技術

エンジンの低回転領域での油圧低下を防止するためにオイルポンプを大型化することは、オイルポンプロスを増加させ、また、AT ユニット全体の大幅な見直しとなる。今回はオイルポンプを大型化せずに消費流量を削減して油圧を確保できるシステムを開発した。

(a) ロックアップ締結圧用のレギュレータ弁の追加

ロックアップするとトルクコンバータ部での流体ロスによる発熱がなくなるため、クーラに供給する流量を大幅に削減できる。そこで Fig.3 構成図に示すようにロックアップ締結圧用のレギュレータ弁を追加し、エンジンの低回転領域でのロックアップ時には、クーラへの流量を必要最小限にした。これによりライン圧の圧力低下を防ぎロックアップ締結圧を確保した。

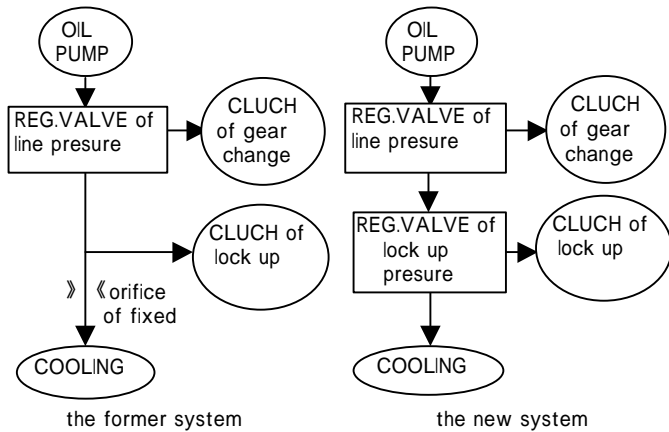


Fig.3 Hydraulic system of lock up

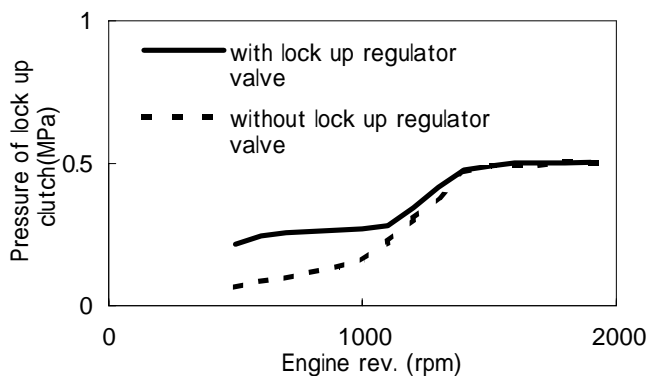


Fig.4 Effect of lock up regulator

(b) 3 方向電磁ソレノイドの採用

コントロールバルブからのリーク量を低減するため、3 方向電磁ソレノイドを採用した。

(c) ロックアップ状態での締結油圧見直し

ロックアップ状態ではトルクコンバータのトルク増大作用がなくなり各締結要素の伝達トルクが小さくなる。ロックアップ時の締結油圧を低下させることにより、コントロールバルブからのリーク量を低減した。

これらの技術によりエンジン回転が低い領域でも必要なロックアップ締結圧を確保した。(Fig.4)

(2) 「こもり音」防止技術

「こもり音」防止技術としては「ロングトラベルダンパ」などの技術³⁾があるが、詳細説明は割愛する。

(3) 「ガクガク振動」防止技術

「ガクガク振動」防止技術としては「インバースフィルタ制御」、「パターンドシーケンシャルリカバ (PSR) 制御」、「点火時期リタード制御」などのエンジンの技術が主となる。ここでは一例として「パターンドシーケンシャルリカバ (PSR) 制御」を紹介する。

本制御では、エンジントルクに直接対応している燃料噴射を操作することで、駆動系ねじり振動の共振周波数を励起するようなエンジン出力トルク (駆動系への入力) をカットすることにより振動を緩和することができる。

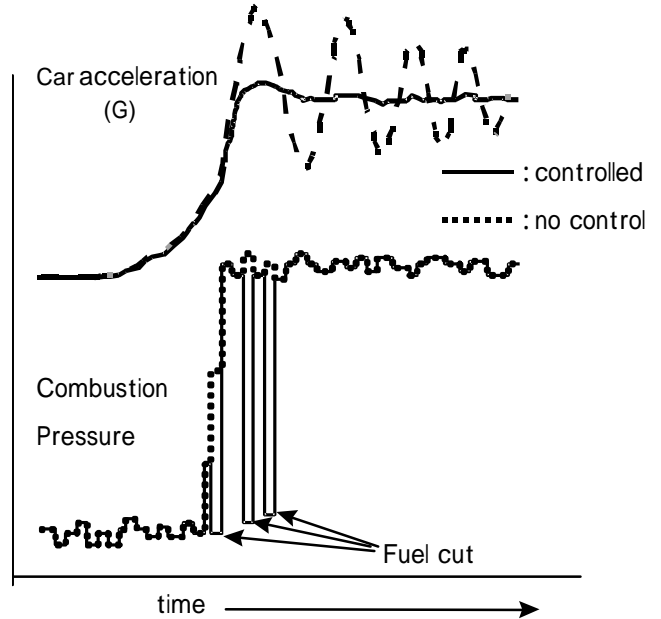


Fig.5 Effect of patterned sequential recover

各気筒毎に制御される燃料噴射を、上記共振周波数タイミングでエンジン出力を低減するように、燃料噴射と非噴射を制御する事により、振動を抑制する。

(Fig.5)

2.3. ロックアップ締結時間短縮

ロックアップ締結時間の短縮には下記などの方法がある。

ロックアップ締結開始時の初期油圧を高くし、ロックアップ締結力が発生するまでの時間を短縮する。

ロックアップ締結油圧の上昇速度を早くし、ロックアップ締結力が発生するまでと、さらに締結完了までの全体の時間を短縮する。

しかし、ロックアップ締結時間の短縮においても、ロックアップショックなどで滑らかさを損なうことはできない。これらの方法では下記課題があった。

(a) ロックアップ締結開始時の初期油圧がばらつきで高すぎることによりショックが発生する懸念がある。

(b) ロックアップ締結油圧の上昇速度を早くすると、ロックアップピストンの作動応答遅れによるショックの懸念がある。

ここでは、これらの課題を解決するための技術の一部を紹介する。

(1) ロックアップ締結油圧のばらつき低減

ロックアップ初期油圧のばらつきによるショックを防止するためには、通常次のようにする。すなわち、ロックアップクラッチの締結力が発生する油圧より先ばらつきの分だけ低い初期油圧に設定する。したがって、ばらつきが小さければ高めの初期油圧に設定ができるため、

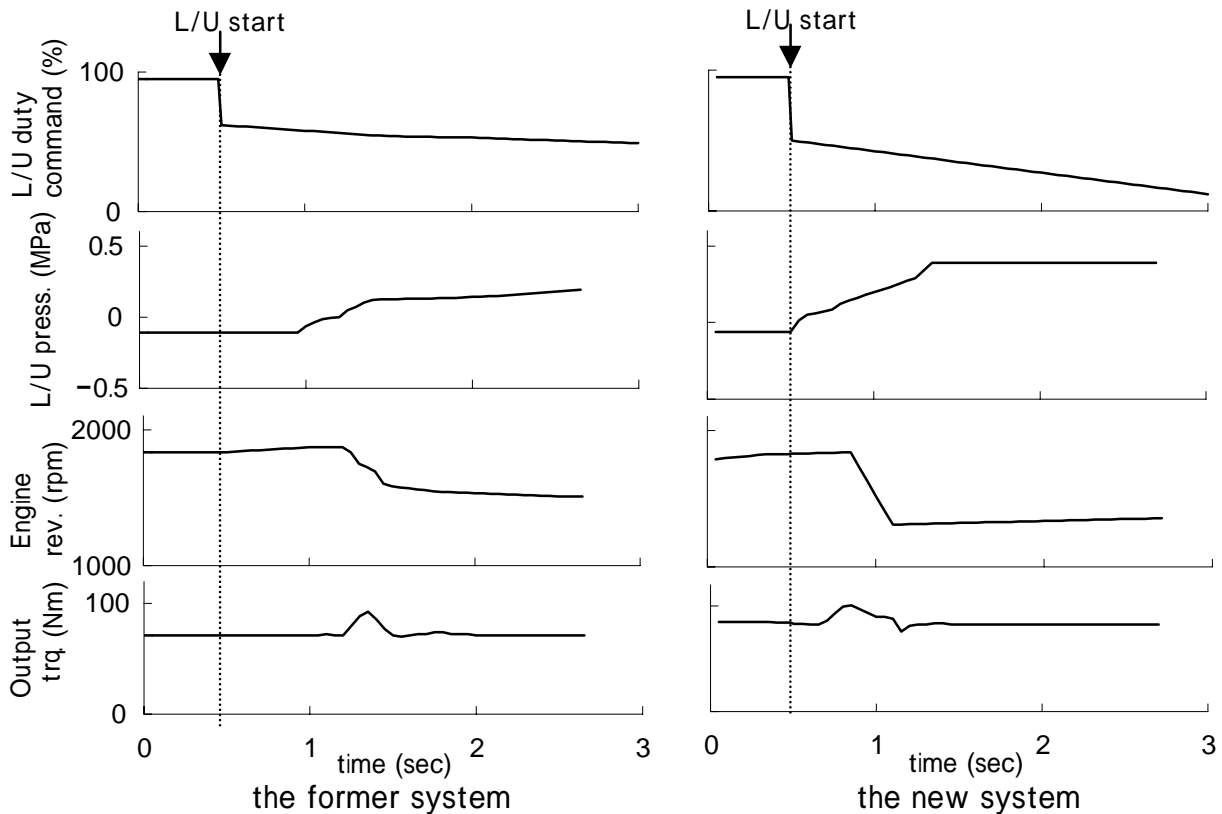


Fig.6 Smoothness on lock up engagement

ロックアップ締結力が発生するまでの時間が短縮できる。
 今回の開発では、ロックアップ締結圧の制御弁と制御圧(ソレノイド信号圧)の精度を大幅に向上させた。

(2) ロックアップピストンの作動応答性の向上。

ロックアップ締結油圧を徐々に上昇させても、ロックアップピストンの応答遅れがあると、遅れの間にも締結油圧は上昇する。このため実際の締結時油圧は本来締結に必要な油圧より大きくなってしまふ。ロックアップピストンの応答遅れが大きいと油圧もより過大となりショックが発生する。従来このような場合には、締結油圧をさらにゆっくりと上昇させていた。

今回の開発では、トルクコンバータ内部のロックアップ締結圧分布最適化などにより、ロックアップピストンの作動応答性を向上させた。

これらの技術によりスムーズ性を悪化させることなく、ロックアップ締結時間を大幅に短縮することができた。すなわち Fig.6 に示すようにロックアップショック(アウトプットトルクの段差)が大きくなることなく、ロックアップ開始から終了(エンジン回転変化の終了)までの時間が大幅に短縮している。

4. まとめ

これらのロックアップ領域拡大技術の他に、トルクコンバータ、ギヤトレイン部品の高効率化などの技術も組み合わせ採用した。これにより、滑らかな運転性をそこなう

ことなく日本、北米の約 9 割を占める AT 車の燃費を約 10%(10 - 15 モード)向上することで、排出ガスを大幅に削減し、地球環境保護に寄与した。

最後に本開発に多大なご協力を頂いた部品実験部 ATCU・制御実験課をはじめ関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 坂本研一：オートマチックトランスミッション入門，グラフィック出版(1995)
- 2) 藤田松一郎ほか：自動車工業振興会 35 年史，自動車工業振興会(1994)
- 3) 高取和宏ほか：自動車技術 Vol.52，No.9，pp.43 - 49，(社)自動車技術会(1999)



高取 和宏



若原 龍雄

日産 NEO Hybrid システム 用 CVT の開発

The Development of CVT for the NISSAN NEO Hybrid System

天野 宏* 菅野 拓* 榊原 賢*
Hiroshi AMANO Taku SUGANO Satoshi SAKAKIBARA

抄 録 「環境に優しく」、「快適で力強い走り」の両立、というテーマを実現するために開発された CVT (日産プリメーラなどに搭載) をベースに、日産 NEO Hybrid システム車用として駆動モータを内蔵した CVT (以下、本 CVT) を新たに開発した。

電磁クラッチ及び電動式オイルポンプなどの採用により、さらなる燃費向上を実現した。また、CVT の変速比を車両の状態によりきめ細かく制御することにより走りを犠牲にすることなく、燃費向上を実現できた。

本報では、このユニットについて解説する。

Summary A CVT, containing a traction motor, was developed for the NISSAN NEO Hybrid system vehicles, on the basis of the conventional CVT, that was installed in the PRIMERA and other models, considering both “environmental concerns” and “smooth and powerful driving”. The CVT, has further advantages of having much better fuel consumption by adopting a powder clutch, an electric hydraulic pump and so forth. It also has better driving performance by controlling pulley ratio, according to driving conditions and has much better fuel consumption.

This paper describes the technical features of the CVT.

1. はじめに

1997 年に京都で「地球温暖化防止枠組み条約締結国第 3 回会議」(COP3)が行われ、その中で二酸化炭素 (CO₂) の削減が世界的な規模で要求されている。この流れの中で、自動車用パワートレインにおいて要求されている技術の一つとして燃費向上技術がある。自動変速機としては燃費向上技術として、ロックアップ追加・多段化・トルクコンバータ性能の改良・無段変速化 等を実現し燃費の向上に寄与してきた。

しかしながら従来技術の改良だけでは現状のレベルから大幅に燃費を向上させる事は難しくなっている。

燃料電池等を用いた電気自動車は、自動車としての CO₂ 削減に大幅に寄与できるが、コスト・重量・インフラ整備等に課題がありすぐには現在主流の内燃機関に取って変わる事は難しいと言われている。

そこでハイブリッドシステムが最近注目されて来ており 1999 年の東京モーターショーでの各社展示を見ても分かるように各自動車メーカーにおいてハイブリッドシステム

の開発を進めている。ハイブリッドシステムとは内燃機関と電気モータを組み合わせたパワートレインシステムで有り、変速機としてもこのシステムに適応した CVT を開発する必要がある。

今回日産自動車と共同開発を行い、ハイブリッドシステム用 CVT を新たに開発した。

日産 NEO Hybrid システム用 CVT としては、「連続的に変速できるため、エンジンの最良効率領域で運転できる、エンジンとモータの出力特性を考慮した極め細かな制御に対応できる」、「連続的に変速できるため極めて滑らかな走り、さらに変速時の駆動力ロスが少ないため、エンジン、モータの特性を活かした出力を連続的に引き出した力強い走りができる」という CVT の良さを最大限に活かせる仕様とした。

また、構成部品のレイアウトを工夫し既存の車両に搭載可能なレイアウトとした。

本報では、本 CVT の開発の狙い、基本構造、特徴について解説する。

*第一商品設計部
Product Engineering Department NO.1

2. 開発の狙い

本 CVT 開発はハイブリッドシステムに適応した CVT を開発する事を前提条件として大きく以下の 3 つの狙いがある。

燃費向上 (CO₂ の削減) と走りの両立
 2L クラスの車両への CVT (ハイブリッドシステム) の適用
 車両搭載性を考慮した既存 CVT と同等のパッケージングの実現

についての本 CVT での対応は Table 1 に示すが電磁クラッチ・電動式オイルポンプ・オイルポンプの回転数制御・内蔵式駆動(回生)モータ・ベルトとプーリによる変速機構の採用, 前後進クラッチの廃止により燃費向上 (CO₂ の削減) と走りの両立を実現した。

Table 1 Items and Methods to improve fuel consumption and methods in this CVT

Items	Methods
1) Reduction of friction.	<ul style="list-style-type: none"> Remove forward/reverse changeover. Adoption of motor-driven hydraulic pump. Remove torque converter and adoption of powder clutch.
2) Optimization of electric power consumption for hydraulic pump.	<ul style="list-style-type: none"> Minimize pump revolution speed, according to driving conditions and environment. Optimization of fluid flow rate for transmission and lubricating cooling systems using tandem pump.
3) Improve the engine operation point, by belt-drive CVT	<ul style="list-style-type: none"> Adjust pulley ratio to enable best efficient engine operation Adjust pulley ratio according to appropriate torque when throttle is highly opened.
4) Energy regeneration.	<ul style="list-style-type: none"> Maximum regeneration of deceleration energy by cutting off engine friction with powder clutch.

については, 燃費が比較的不利な排気量の大きいエンジンへ CVT (ハイブリッドシステム) を適用することにより, 元々燃費の良い小排気量のエンジンに適用するよりも CO₂ 削減の面積効果が期待できる。しかし, 排気量の大きいエンジンはトルクが高くなるのでこのトルクに CVT を適用するにはベルトの高トルク伝達技術が必要である。本 CVT は実績のあるトルク伝達技術を受け継ぐ事により 2L クラス車への CVT (ハイブリッドシステム) 適用を実現した。

Table 2 Specifications

Engine	4Cylinder 1.8L engine for gasoline
Pulley ratio	2.326 ~ 0.434
Starting element	Powder clutch
Forward/reverse changeover	Motor
Transmission system	Steal belt&Pulley
Hydraulic Pump type	Motor-driven hydraulic pump
Final gear ratio	5.473
Fluid	Nissan CVT fluid NS-1

のパッケージングについてはほぼ現行の CVT 並みを実現した。詳細は次の 3・1 システム構造の中で説明する。

3. 構造と特徴

3.1. システム構造

本 CVT は, 現行 CVT で培われた 2L クラス車への適用を可能とした高トルク伝達技術を受け継いだ。基本構造で特徴的なのは, 内蔵式駆動用モータで発進機能と後進切り換え機能を代替することにより, トルクコンバータ, 遊星ギヤ, 前後進切り換え用湿式クラッチを廃止していることである。(Fig.2)

また, 電動式オイルポンプの採用により, エンジン駆動式のオイルポンプは廃止した。変速機構(ベルトとプーリ)は現行 CVT をベースに開発。油圧制御系, ファイナル系は極力現行 CVT と部品を共用化する方向で進めた。

パッケージングはユニット内の基本構造配置を現行 CVT に合せ, 先に述べたように, 廃止した前後進切り換え機構の部分には駆動用モータを, トルクコンバータの代わりに電磁クラッチを配置した。また, 電動式オイルポ

ンプはユニット側面に縦置きで取り付けることにより、全体として現行 CVT とほぼ同等なパッケージングを実現させた。

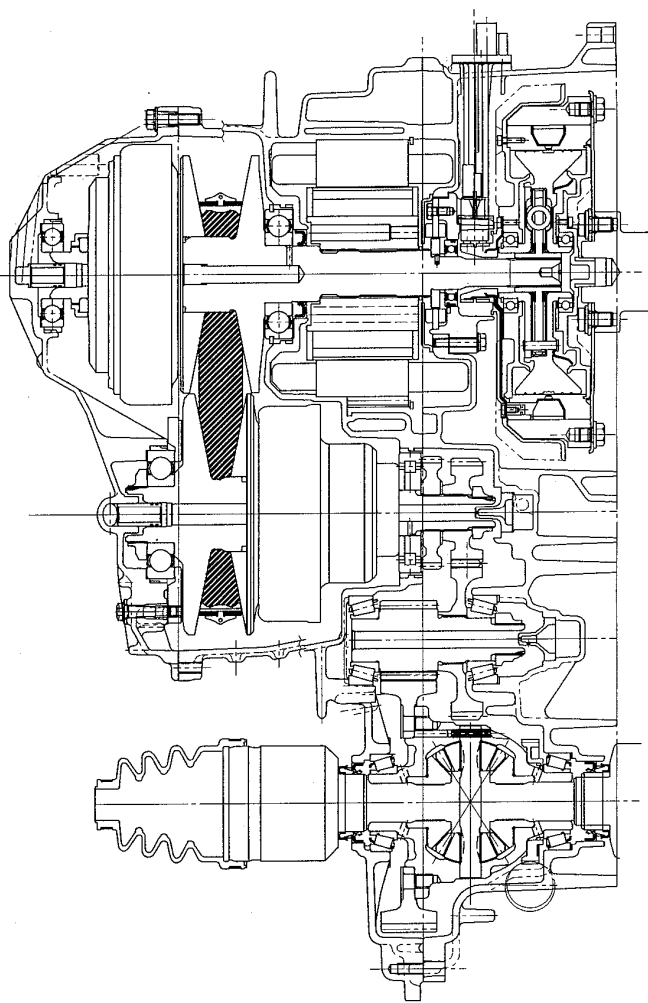


Fig.1 Sectional view

3.2. ベルト式無段変速機構

ベルトとプリーによる変速機構については、現行 CVT をベースに、オイルポンプ変更、駆動用モータ内蔵等に伴う変更を行い、燃費向上 (CO₂ の削減)、滑らかでパワフルな走りを実現させた。

3.3. 内蔵式駆動用モータ

Fig.1 の主断面に示される様に駆動用モータはベルト & プリー変速機構の上流に配置しており、プリーシャフト上にモータのロータアッセンブリ (回転子) を、またトランスミッションケース内にモータステータアッセンブリ (固定子) を取り付けした構造としている。ステータアッセンブリ外側には、モータ冷却用のウォータージャケット構造を採用しており、外部ラジエタからの冷却水を循環させる。また、モータの最適制御を行うために、回転角度検出装置をケース内に付加している。

3.4. 電磁クラッチ

電磁クラッチは現行 CVT において、トルクコンバータのあった位置に配置しており、その外輪部は、エンジンクランクエンドに締結している。電磁クラッチの軸中心付近に、スリップリングを配置しクラッチハウジングに固定されたブラシアッセンブリと回転接触することにより電磁クラッチのコントローラと電氣的に接続している。回転中心には出力用のハブ (内輪部) があり、ここからプリーシャフト先端のスプラインを介してエンジントルクをプリー部へ伝える。

3.5. 電動式オイルポンプ

機能上の観点と燃費向上の観点から電動式オイルポンプを採用した。機能上の理由としては、モータ走行時で、エンジンが停止している場合の CVT 用油圧確保のため、独立の油圧源が必要であったこと。また、燃費向上のため、種々の条件に合せ CVT が必要とする油量を確保するために必要最低限のオイルポンプ回転数にきめ細かく制御できるように電動式とした。ポンプのレイアウトとしては、ポンプの同軸上に電動モータが接続された状態で本 CVT の側面に縦置きで取り付けられている。

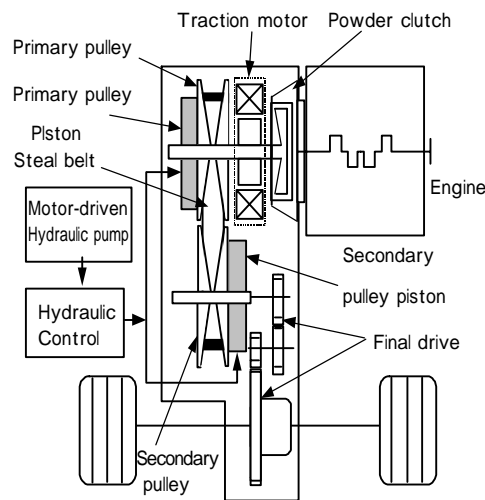


Fig.2 Basic construction

4. 作動説明

エンジンからの入力トルクは電磁クラッチにより断接できるので、電磁クラッチ開放時は、モータトルクのみがプライマリープリー スチールベルト セカンダリープリー ファイナル系 駆動輪と伝達される。(Fig.3)

また電磁クラッチ締結時は、エンジントルクがモータトルクに加えられて上記と同じ伝達となる。またクラッチを締結する時には滑らかにつないでショックを低減させてい

る。(Fig.4)

後進は、電磁クラッチを開放してモータにて逆転トルクを発生させて行う。いずれの場合も、プーリ機構によるトルク増幅が行われるため、比較的小さなトルクでも目標の駆動力を得ることができる。なお、減速時にエネルギー回生を行う場合は、電磁クラッチを開放し、エンジンフリクションをカットするとともに、変速比を調整し車両の減速エネルギーを最大限に回生する。(Fig.5)また、クリーブによる微速走行を可能とした。

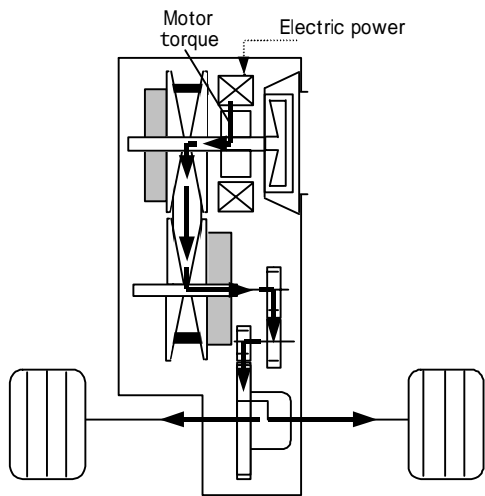


Fig.3 Motor drive

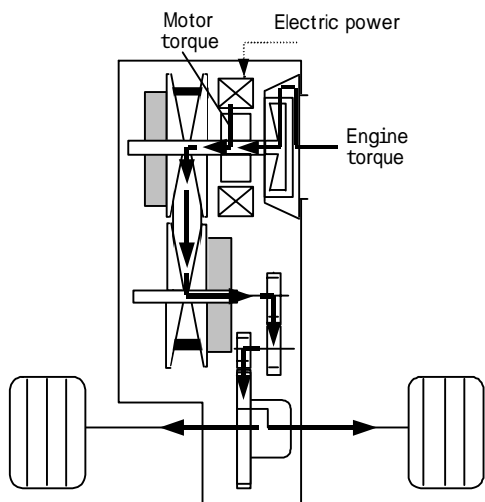


Fig.4 Motor and engine drive

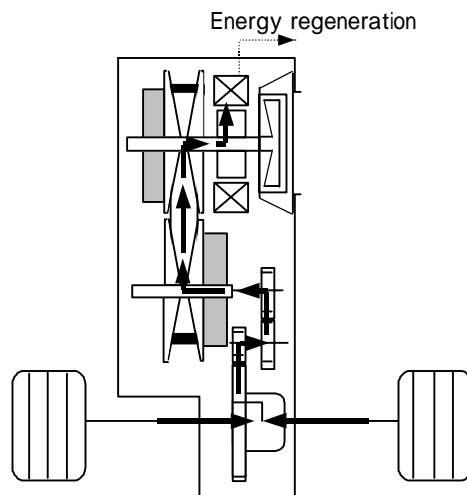


Fig.5 Energy regeneration

5. まとめ

現行 CVT の長所を受け継ぎながら、既存の車へ搭載可能な日産 NEO Hybrid システム用本 CVT を完成させることができた。

燃費は内蔵式モータ・電磁クラッチ・電動オイルポンプ等の採用により大幅に向上し、その結果として CO₂ を削減できた。また CVT の変速比を運転状況に応じて制御する事により走り犠牲にすることなく燃費向上を実現できた。現行 CVT の高トルク伝達技術を受け継ぐ事により 2L クラス車へ本 CVT を適用できた。ユニット構成部品の基本配置構造を工夫する事により既存 CVT とほぼ同等のパッケージングを実現できた。

6. あとがき

以上、日産 NEO Hybrid システム 用 CVT について紹介してきた。

本 CVT は現行 CVT の技術を使ってハイブリッドの要求に応えることとしたため短期間で開発でき、当初のコンセプトである「環境に優しく」「快適で力強い走り」の両立というテーマを実現させたと自負している。

最後に、本 CVT の開発及び生産に関係して御協力を頂いた社内外の方々へ厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 安沢ほか：NEO Hybrid システム用 HYPER CVT の開発, 日産技報第 45 号 P57-60(1999)
- 2) 室岡ほか：新型ベルト CVT 「HYPER CVT」, 「HYPER CVT-M6 の開発, 日産技報第 42 号 P43 - 46(1997)

著 者

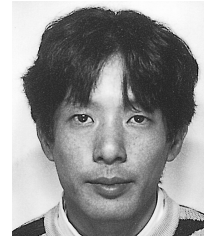
- 3) S. Kitada, et al., :Development of a Parallel HEV System Incorporating a CVT, Proc. EVS-15 symposium ,1998
- 4) N. Hattori, et al., :Functional Design of a Motor Integrated CVT for a Parallel HEV, SAE Paper 1999-01-0753



天野 宏



菅野 拓



榭原 賢

中型 FF 車用スチールベルト式 CVT の変速比サーボ制御系

A Servo System of Pulley Ratio of the Steel Belt CVT for Medium-Size Front-Wheel Drive Vehicles

山本 雅弘*

Masahiro YAMAMOTO

若原 龍雄*

Tatsuo WAKAHARA

抄録 当社中型 FF 乗用車用 CVT では、変速制御を目標変速波形生成部と変速比サーボ制御部に分離して構成し、変速比サーボ制御部にロバスト・モデルマッチング制御を適用している。これにより、外乱に影響されずに所望の変速特性を実現できた。本稿では、ロバスト・モデルマッチング制御を用いた変速比サーボ制御系の設計法、およびその有効性を説明する。

Summary The electronic shifting controller of our steel belt CVT for medium-size front-wheel drive vehicles consists of two parts; a desired pulley ratio generator and a servo controller of the pulley ratio. Robust model matching control technique that is introduced in the servo control system keeps desired shift characteristics from the effect of various external disturbances, such as fluctuation of the hydraulic pressure or dimensional error of hydraulic control elements. This article describes the design of the servo control system of pulley ratio of the CVT and its performance.

1. はじめに

無段変速機(Continuously Variable Transmission, 以下 CVT)は、要求負荷に見合った最適燃費点付近でエンジンを運転できることや、低車速からロックアップしても滑らかな走りを得られることなどから、車両の燃費低減と運転性を両立させる手段として広く普及しつつある。

当社の中型 FF 車用スチールベルト式 CVT¹⁾では、変速比を運転状況に応じて自由に制御できるよう変速制御を電子制御化し、更に変速比を目標値に追従させる変速比サーボ制御器にはロバスト・モデルマッチング制御²⁾を導入することで各種外乱の影響を防止し変速比精度の向上を可能にした³⁾。

本稿では、ロバスト・モデルマッチング制御を用いた変速比サーボ制御系の設計法、およびその有効性を説明する。

2. 変速機構の構成とその特性

2.1. 変速機構の構成

ベルト式 CVT においては、変速比はプライマリプーリとセカンダリプーリのベルト巻き付け半径の比となる。各プーリはそれぞれ固定プーリと可動プーリで構成され、可動プーリを軸方向に移動して固定プーリとの間隔を調整することで、ベルト巻き付け半径を変えて変速を行う。例えば、プライマリプーリ側で間隔が最も広がってベルト巻き付け半径が最小となるとき、変速比は最ローとなる。以上のように、変速比は可動プーリのストローク量に応じて幾何学的に決まる。

CVT の変速機構は、Fig.1 に示す通り、送りネジ機構で伸縮するロッドを持つステップモータ、プライマリプーリ、および変速制御弁をリンクでつないだ油圧サーボ機構として構成されている。この機構は次のように作動する。

* 部品設計部

Component Engineering Department

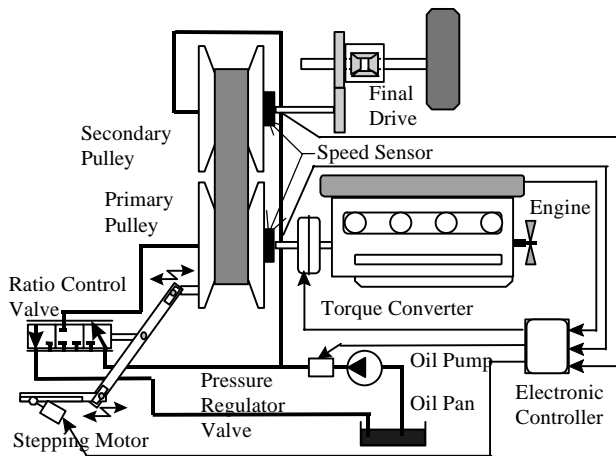


Fig.1 Configuration of the CVT shifting mechanism

- (1) ステップモータの回転によってロッドを伸縮し、リンクを介して変速制御弁を開閉する。
- (2) 変速制御弁はプライマリプーリの作動油を給排し、可動プーリをストロークさせる。
- (3) 可動プーリが所定のストロークになると変速制御弁は中立位置に戻り、変速が終了する。

電子制御系は、Fig.2 に示すように、燃費や運転性能に関わる定常的・過渡的な変速比指令値の決定を司る目標波形生成部と、その指令値に対して所定の応答で追従するよう変速機構を操作する変速比サーボ制御部、とに分離した構成をとる。これにより、変速速度など運転性能上の要求から決まる制御パラメータと、フィードバックゲインなど変速機構の制御のための制御パラメータとを独立して設計することが可能になる。

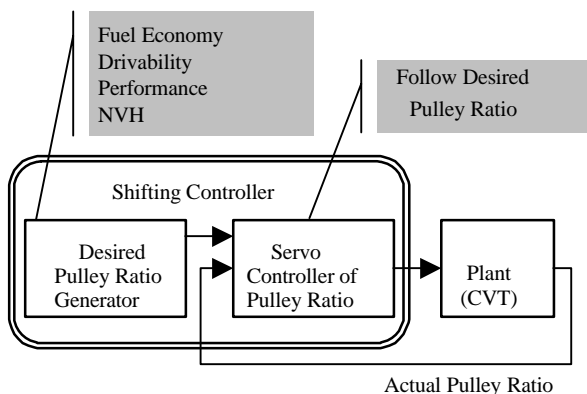


Fig.2 Shifting Control System of the CVT

2.2. 定常特性

前述のように、変速機構は油圧サーボ機構として構成しているため、理論上定常的な変速比はステップモ

ータの角位置に応じてほぼ一意に決まると考えられる。ステップモータ角位置に対する変速比の定常特性を実測したところ、Fig.3 に示すように理論値と実測値がよく一致することが確認できた。

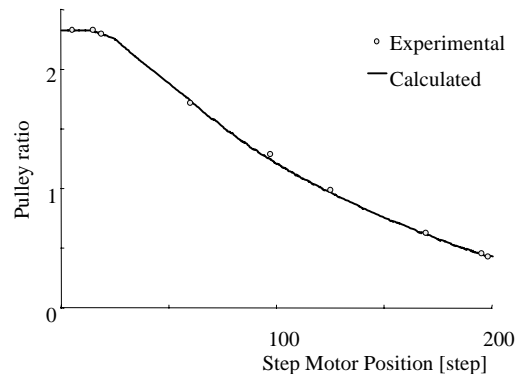


Fig.3 Steady-state pulley ratio against stepping motor position input

2.3. 動特性

プーリの推力はライン圧によって決まるが、これに応じてベルトのトルク伝達容量が定まると共に、変速応答性も大きな影響を受ける。そこで、ライン圧設定値の最大および最小における、アップシフトとダウンシフトのステップ応答を実測した。測定結果から、制御対象の伝達特性 $G_P(s)$ は式(1)の「一次遅れ+無駄時間系」として近似できること、一次遅れ時定数 T_P は Fig.4 に示すように、変速比 i_P (ステップモータ角位置)、変速シフト方向 s_D 、ライン圧 p_L によって変化することがわかった。なお、無駄時間 L_P は、ほぼ一定であった。

$$G_P(s) = \frac{K_P}{T_P(i_P, s_D, p_L)s + 1} e^{-L_P s} \quad \text{-----(1)}$$

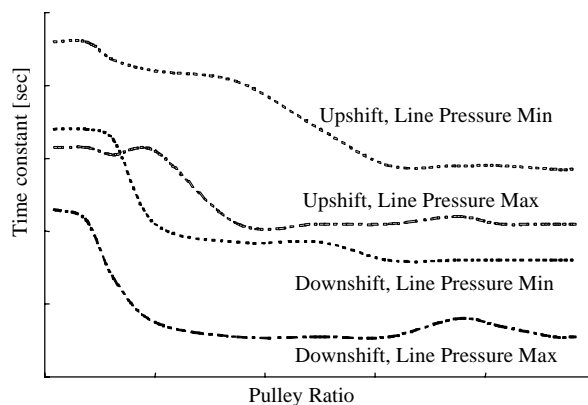


Fig.4 Identified time constant of the shifting response of the CVT

3. 変速比サーボ制御系の設計

目標波形生成部からみた変速比サーボ制御系への要求として、以下の2項目を考慮する必要がある。

所定の定常特性および過渡特性が得られること。

ライン圧や組み付けばらつきなどの外乱に対し、変速比の応答が影響されにくいこと。

変速比サーボ制御系は、上記要求を満足させるため、応答性と外乱安定性を独立に設計できるロバスト・モデルマッチング手法を用い、Fig.5 に示すように構成した。

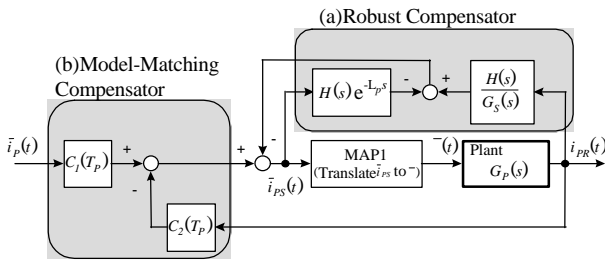


Fig. 5 Robust model-matching control system

3.1. 制御対象のモデル化

制御対象の既知の非線形特性等については、サーボ系に依存せずに補償することが系の安定性確保の観点から重要である。そこで、次のように線形化を行った。

(1) ゲインの線形化

ステップモータ角位置に対する変速比の定常特性は非線形性を持っているため、その補償が必要になる。ここでは、変速比からステップモータ角位置に変換するマップを用い、制御対象のゲイン K_P を恒常的に 1 として取り扱う。

(2) 動特性の線形化

変速比 i_P 、変速方向 s_D から一次遅れ時定数 T_P を求めるマップを用い、動特性の変化を処理する。なお、ライン圧による時定数の変化は外乱とみなしてロバスト補償器で補償することとし、制御系を単純化する。

以上の線形化補償により、制御系設計で扱う制御対象の伝達特性 $G'_P(s)$ は式 (2) のように簡略化される。

$$G'_P(s) = G_S(s)e^{-Lp s} = \frac{e^{-Lp s}}{T_P(i_P, s_D)s + 1} \quad (2)$$

3.2. ロバスト補償器

ロバスト補償器は、近似ゼロイング手法により Fig.5 (a) 部のようにフィードバック系を構成し、制御対象の応答の非線形性や外乱の影響を除去するものである。この

部分の伝達特性は、操作量 $\bar{i}_{PS}(s)$ 、実応答 $i_{PR}(s)$ 、制御対象の入力に入る外乱 $d(s)$ を用いて下式のように表わされる。

$$i_{PR}(s) = G_S(s)e^{-Lp s}\bar{i}_{PS}(s) + G_S(s)e^{-Lp s}\{1 - H(s)e^{-Lp s}\}d(s) \quad (3)$$

ここで、 $H(s)$ は定常ゲイン 1 のローパスフィルタであり、時間を十分大きくとれば、式 (3) の外乱 $d(s)$ による項は 0 に収束し、式 (3) は式 (2) と等しくなる。

外乱に対する影響を小さくするためには、サーボ系のゲイン余裕、位相余裕が十分確保できる範囲で $H(s)$ のカットオフ周波数を高く設定することが望ましい。

3.3. モデルマッチング補償器

変速比指令値 $\bar{i}_P(t)$ から変速比応答 $i_{PR}(t)$ への目標伝達特性を $G'_T(s)$ とし、これを実現する制御系をモデルマッチング補償器として設計する。 $G'_T(s)$ は、式 (4) で表される。

$$G'_T(s) = \frac{1}{T_T s + 1} \quad (4)$$

Fig.5 において、制御系の無駄時間を無視 ($L_P=0$) し、外乱が存在しないとすると、変速比指令値 $i_P(t)$ から変速比応答 $i_{PR}(t)$ への伝達特性 $G_M(s)$ は下式ようになる。

$$G_M(s) = \frac{\frac{C_1}{C_2 + 1}}{\frac{T_P(i_P, s_D)}{C_2 + 1}s + 1} \quad (5)$$

式 (4) と式 (5) は一致しなければならないので、 C_1 、 C_2 は下式のように一意に定まる。

$$C_1 = C_2 + 1, \quad C_2 = \frac{T_P(i_P, s_D)}{T_T} - 1 \quad (6)$$

実際には無駄時間 L_P が存在するため、変速比指令値に対する実変速比の閉ループ伝達特性 $G_C(s)$ は、次式のようになる。

$$G_C(s) = \frac{1}{T_T s + \frac{C_2 e^{-Lp s} + 1}{C_2 + 1}} e^{-Lp s} \quad (7)$$

無駄時間 L_P は十分小さいので、式 (7) は次式のように近似可能である。

$$G_C(s) = \frac{1}{T_T s + 1} e^{-Lp s} \quad (8)$$

目標波形生成部についての詳細説明は本稿では割愛するが、変速比サーボ制御系全体が式 (8) の伝達特性になることを想定し、様々な運転状況に応じて目標とする変速波形が実現できるように変速比指令値を出力するものである。

4. 実システムへの適用とその評価

4.1. 制御仕様

実システム適用にあたり、目標特性およびロバスト補償周波数帯域は、各々以下に示すように設定した。

(1) 制御対象の動特性の同定

前述した動特性実測結果および変速比の応答波形を考慮し、制御対象の動特性はライン圧設定値が高い、応答性の速い状態に同定した。

(2) 目標伝達特性

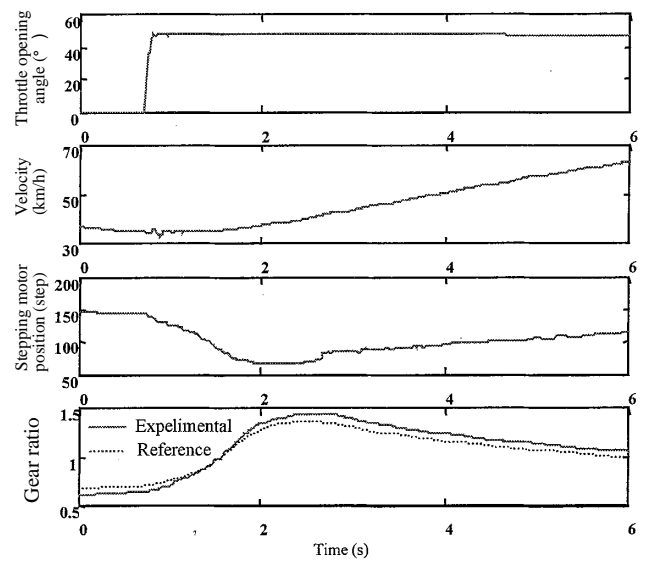
目標伝達特性 $G_T(s)$ は、車両の運転性能を満足させる応答性と、変速機構部の能力を考慮して設定した。

(3) ロバスト補償周波数帯域

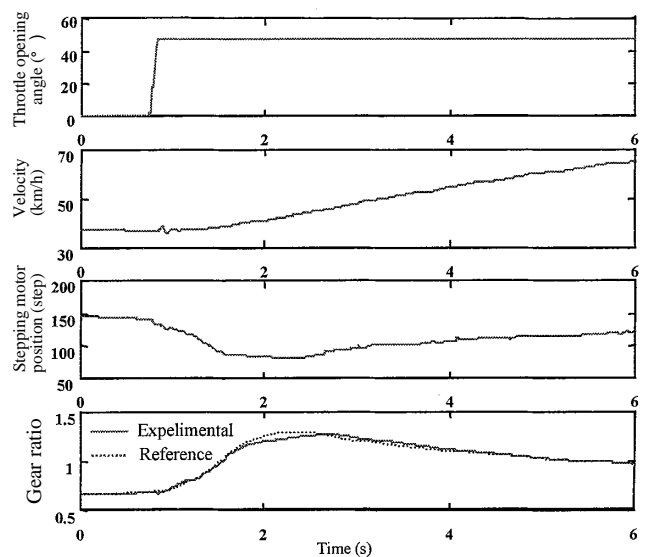
ロバスト補償器を構成するローパスフィルタのカットオフ周波数は、閉ループ系の安定性を考慮し、ゲイン余裕 18dB 以上を目安として設定した。

4.2. 性能評価

モデルマッチング補償器のみで一般的な 2 自由度制御系を構成した場合と、本稿で説明したロバスト・モデルマッチング制御を導入した場合とでそれぞれ実機実験を行い、変速比サーボ制御系へのロバスト・モデルマッチング制御の導入の有効性を確認した。両者を比較した例を Fig.6 に示す。ロバスト・モデルマッチング制御では、変速比応答が過渡・定常ともに目標値に追従している。モデルマッチング制御のみの場合では、過渡の追従性は目立って悪化していないが、定常領域で大きなずれが発生していることがわかる。



(a) Model-matching control (without robust compensator)



(b) Robust model-matching control

Fig.6 Effect of robust model-matching control

変速制御全体としての性能確認にあたっては、以下のような手法をとって、実際の運転条件での制御結果が各種ばらつき範囲内で目標性能を満足することを確認した。

(1) 変速機構のばらつきによる制御対象の応答特性の変化を再現可能なシミュレーションを構築する。構築したシミュレーション結果の一例として、ステップ応答特性を実機実験結果と比較したプロットを Fig.7 に示す。

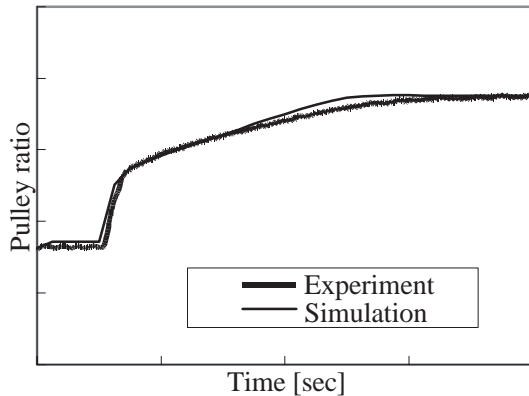


Fig.7 Step response of the CVT shifting simulation and experimental one

(2) 上記シミュレーションを使って各種ばらつきによる応答性の変動代と等価となる仕様を求め、応答性の変動の上下限仕様品として設定する。実際の運転条件での性能が目標を満足しているかをシミュレーションにて検証し、ばらつき幅の管理値を設定する。

(3) 上記上下限仕様品を用いて実際の運転条件で実験を実施し、実機の性能が所定の目標性能を満足することを確認する。

実機性能確認結果の一例として、変速応答上下限相当の制御対象に対して本制御を適用し、スロットルペダル踏み込みに伴うダウンシフトを行った場合に、エンジン回転数の時系列波形がどのようにばらつくかをプロットしたものを Fig.8 に示す。これより、制御対象のばらつきによらず安定した応答が得られることがわかる。

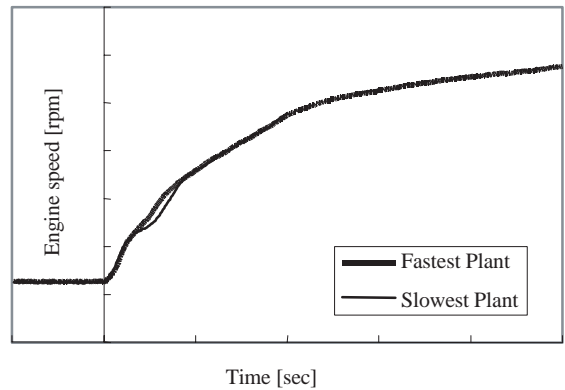


Fig.8 Downshift performance

5. まとめ

当社の中型 FF 車用スチールベルト式 CVT では、変速比サーボ制御系にロバスト・モデルマッチング制御を採用し、以下の特徴を有する実用的なサーボ制御系を実現した。

設計者の希望する定常特性および過渡特性が容易に得られる。

変速比の応答が、ライン圧変化等の外乱や物のばらつきなどに影響されにくい。

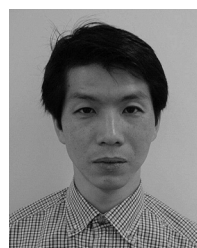
謝辞

本制御系の開発にあたっては、日産自動車株式会社電子制御技術部主査安達和孝様をはじめ、社内外の多数の皆様にご多大のご指導・ご協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 黒沢他：トルクコンバータ付き大容量型ベルト CVT の開発, 自動車技術, Vol.51, No.9, pp.36-41 (1997)
- 2) 田川：モデルマッチングとロバスト制御, コンピュータロール, Vol.13, pp.53-58 (1986)
- 3) 若原他：ロバスト制御を適用した無段変速機の変速比制御系の開発, 日産技報, No.42, pp.54-56 (1997)

著者



山本 雅弘



若原 龍雄

Heat Generation Analysis of a Metal V-belt for CVTs

Keiju Abo*

Hideaki Takahara**

Hiroshi Yamashita***

A belt-drive CVT for use with 2.0-liter class engines has been developed based on several fundamental technologies including a metal V-belt and pulley sets⁽¹⁾. In this development, heat management of the metal V-belt was a key technical issue that had to be addressed to increase torque capacity of this belt-drive CVT. Calculations and bench-test measurements were therefore performed on belt heat generation for various combinations of automatic transmission fluid quantity and temperature. The calculated belt heat generation showed good quantitative agreement with experimental data. Based on these results, a simulation procedure was developed for predicting heat generation under any constant and balanced operating conditions.

1. Introduction

A belt-drive continuously variable transmission (CVT) has been developed as an ideal transmission mechanism and it was succeeded in producing the world's first commercial CVT for 2.0-liter class passenger cars⁽¹⁾. It has been also combined with a direct-injection gasoline and exploited the features of both to achieve a powerful but smooth drive with improved fuel consumption in the power train.

In response to the worldwide call for better automobile fuel consumption to prevent global warming and preserve natural resources, automotive companies have taken up such CVTs for their application study.

Due to the geometrical structure of the VDT-type metal V-belt (heretofore referred to as "metal belt") used in belt-drive CVTs, relative slipping between the metal belt and pulleys will generate frictional heat. It is known that this frictional heat increases as transmitted torque becomes larger. To therefore achieve high torque conversion, heat management of the metal belt becomes an important issue. This paper reports on the results of heat generation analyses that we performed during the course of developing our 2.0-liter class CVT.

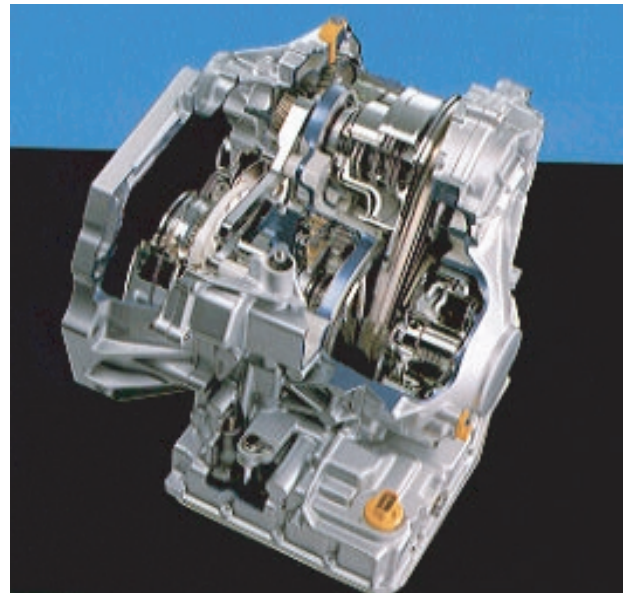


Fig.1 Display model of 2.0-liter class CVT

2. Structure of a Belt-drive CVT

The main cross-sectional view of a belt-drive CVT is shown in Fig. 2. Here, the torque generated by the engine is transmitted to the tires through the torque converter, forward/reverse actuation mechanism, ratio change mechanism, final reduction gear, and differential mechanism. The ratio change mechanism consists of one metal belt and two sets of pulleys.

*Product Engineering Department No.1

**Component Engineering Department

***Component Experiment Department

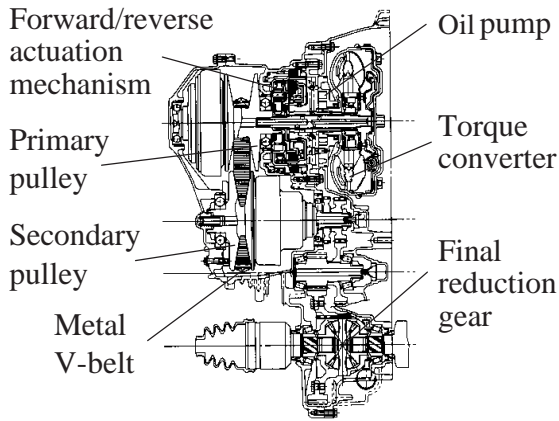


Fig.2 Main cross-sectional view of a belt-drive CVT

3. Main Symbols

- $V_{e,p}$: Relative slipping speed between element and pulley face
 $V_{e,b}$: Relative slipping speed between element and innermost band layer
 V_{bb} : Relative slipping speed between band layers
 $Q_{e,p}$: Generated heat between element and pulley face
 $Q_{e,b}$: Generated heat between element shoulder and innermost band layer
 Q_{bb} : Generated heat between band layers
 R_s : Slip ratio
 N_1 : Number of input-pulley revolutions
 N_2 : Number of output-pulley revolutions
 N_{2nl} : Number of output-pulley revolutions at zero input torque
 m : Average gap between elements
 l_e : Element thickness
 V_e : Rotational speed of element's rotating-pitch radius part
 R_1 : Rotating-pitch radius of elements on input side
 R_2 : Rotating-pitch radius of elements on output side
 ω_1 : Rotational angular speed of elements on input side
 ω_2 : Rotational angular speed of elements on output side
 V_b : Rotational speed of inner surface of innermost band layer
 I_p : Pulley ratio ($I_p = N_1/N_2$)
 dR : Difference between rotating-pitch radius of element and innermost band layer
 t : Thickness of one band layer
 $F_{e,p}$: Contact load between element and pulley face
 $F_{e,b}$: Contact load between element shoulder and innermost band layer
 F_{bb} : Contact load between band layers

- $\mu_{e,p}$: Friction coefficient between element and pulley face
 $\mu_{e,b}$: Friction coefficient between element shoulder and innermost band layer
 μ_{bb} : Friction coefficient between band layers
 PL_1 : Input pulley hydraulic pressure
 PL_2 : Output pulley hydraulic pressure
 Q_{box} : Generated heat within test equipment
 Q_{belt} : Generated heat of metal belt
 Q_{BRG} : Generated heat of pulley-support bearing
 $Q_{box-lub}$: Heat exchanged with lubricating oil
 $Q_{box-cond}$: Heat conducted into the laboratory
 $Q_{box-conv}$: Heat exchanged by convection in the laboratory
 $Q_{box-rad}$: Heat radiated into the laboratory
 C_{lub} : Specific heat capacity of lubricating oil
 M_{lub} : Amount of lubricating oil per a second
 T_{lub} : Temperature difference of lubricating oil at inlet and outlet

4. Heat Generation Mechanism of Metal Belt

4.1 Structure of the metal belt

The structure of the metal belt is shown in Fig. 3. The metal belt consists of about 400 steel elements of about 30 mm in width arranged continuously along a pair of laminated steel bands. Each laminated band consists of nine 0.2-mm-thick edgeless layers.

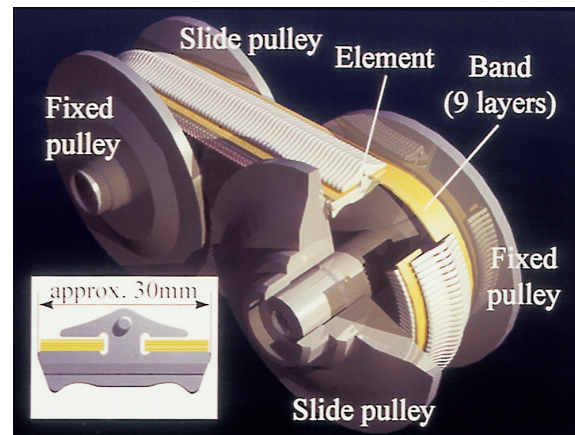


Fig.3 Metal V-belt and pulley construction

4.2 Heat generation points of the metal belt

Due to the geometrical structure of the metal belt, relative slipping occurs between elements and bands, elements and pulleys, and bands and pulleys, as well as between adjacent elements and between band layers. In all, frictional heat due to relative slipping can be considered to originate at the following points.

- 1: Heat $Q_{e,p}$ between element and pulley face
- 2: Heat $Q_{e,b}$ between element shoulder and innermost band layer
- 3: Heat Q_{bb} between band layers
- 4: Heat $Q_{e,n,b}$ between element neck and band
- 5: Heat $Q_{e,e,b}$ between element ear and innermost band layer
- 6: Heat Q_{bp} between band and pulley face
- 7: Heat Q_{ee} between adjacent elements

In the following discussions, we theoretically calculate heat generation for points 1 to 3, which make up most of the generated heat due to their relatively large contact load and high relative slipping speed.

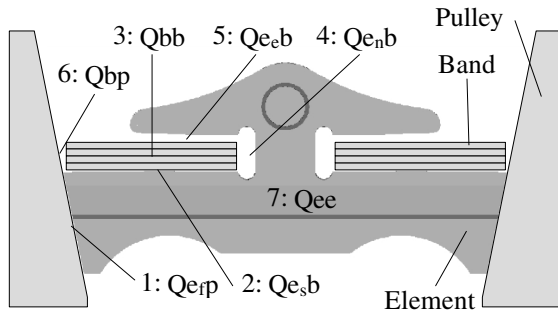


Fig.4 Heat generation points of the metal V-belt

4.3 Calculation of relative slipping speed between element and pulley face

In contrast to rubber belts and chain belts that transmit torque by tension, a metal belt transmits torque mainly by compression acting between the elements. During torque transmission, however, a very small amount of slippage occurs between the element and pulley face resulting in a relative slipping speed⁽²⁾. The generation ratio of this slippage (slip ratio) is defined as follows in Eq. (1).

$$Rs = (1 - N_2/N_{2n}) \times 100 (\%) \quad (1)$$

Using previously reported Eq. (2) below to calculate the slip ratio, the relative slipping speed between the element and pulley face can be calculated by Eq. (3) given the average gap between elements and element thickness.

$$Rs = |m / (Le + m)| \times 100 (\%) \quad (2)$$

$$V_{e,p} = |V_e \times Rs / 100|$$

$$= |V_e \times m / (Le + m)| \quad (3)$$

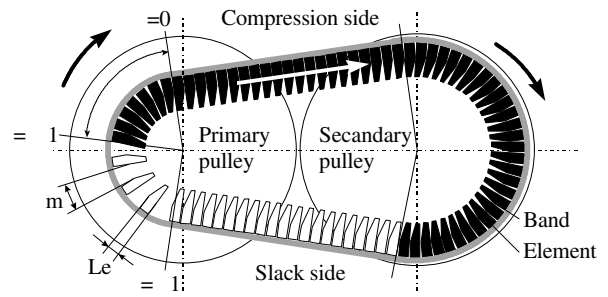


Fig.5 Slip mechanism of the metal V-belt

4.4 Calculation of relative slipping speed between element shoulder and innermost band layer

In Fig.6, point A, the element rotating-pitch radius, and point B, the contact point between the element shoulder and innermost band layer, are separated by about 1.0 mm in the radial direction. As a result, a relative slipping speed occurs between the element shoulder and innermost band layer on the pulley of smaller radius. Equations (4), (5), and (6) can be established for the rotational speed of the element pitch-radius part and the rotational speed of the innermost band layer's inner surface based on element rotating-pitch radius and rotational angular speed on the input and output sides.

$$V_e = R_1 \times \omega_1 = R_2 \times \omega_2 \quad (4)$$

$$V_b = (R_2 + dR) \times \omega_2 \quad (I_p > 1) \quad (5)$$

$$V_b = (R_1 + dR) \times \omega_1 \quad (I_p < 1) \quad (6)$$

Rearranging the above equations, the relative slipping speed between element shoulder and innermost band layer can be calculated by Eq. (7).

$$V_{s,b} = |V_e \times dR \times (1/R_2 - 1/R_1)| \quad (7)$$

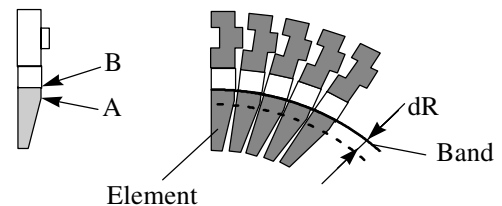


Fig.6 Side view of element

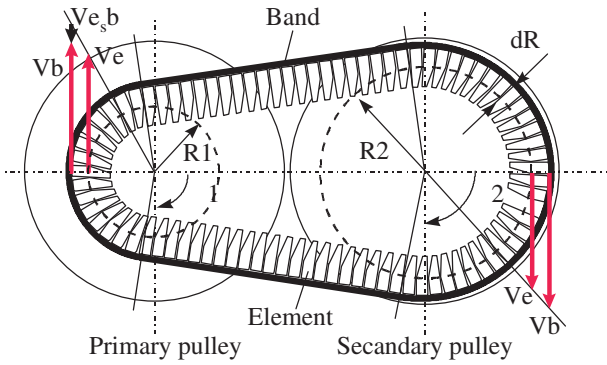


Fig.7 Metal V-belt geometry

4.5 Calculation of relative slipping speed between band layers

In Eq. (7) above, we substitute the difference dR between the rotating-pitch radius of an element and the innermost band layer (1.0 mm) with the thickness of one band layer (0.2 mm). This enables us to approximately calculate the relative slipping speed between band layer i and band layer $i-1$, as shown by Eq. (8).

$$V_{bb} = |V_e \times t \times (1/R_2 - 1/R_1)| \quad (8)$$

5. Calculation Method for Heat Generation of Metal Belt

5.1 Calculation of heat generation between element and pulley face

Frictional heat is generated between element and pulley face due to relative slipping and contact load. Noise and vibration energy loss was assumed to be sufficiently small compared to frictional heat energy. Given the contact load and frictional coefficient between the element and pulley face, heat generation here can be calculated by Eq. (9).

$$Q_{e,p} = 2 \times \mu_{e,p} \times F_{e,p} \times V_{e,p} \quad (9)$$

5.2 Calculation of heat generation between element shoulder and innermost band layer

The innermost band layer resists the friction force generated by the contact load with the element shoulder and undergoes relative slipping with the element generating frictional heat. Given the contact load and frictional coefficient between the element shoulder and innermost band layer, heat generation here can be calculated by Eq. (10).

$$Q_{e,b} = \mu_{e,b} \times F_{e,b} \times V_{e,b} \quad (10)$$

5.3 Calculation of heat generation between band layers

Given the contact load acting on band layer i (Eq. (9)) and the frictional coefficient between each pair of bands, total frictional heat generated between band layers can be calculated by Eq. (11).

$$Q_{bb} = \sum_{i=2}^9 \mu_{bb} \times F_{bb}(i) \times V_{bb} \quad (11)$$

5.4 Calculation of heat generation of metal belt

Using Eqs. (9), (10), and (11) above, the heat generated by the metal belt can be expressed by Eq. (12).

$$Q_{belt} = Q_{e,p} + Q_{e,b} + Q_{bb} \quad (12)$$

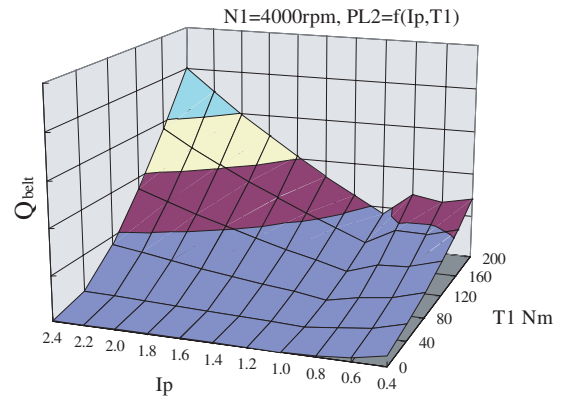


Fig.8 Calculated heat generation of a metal V-belt

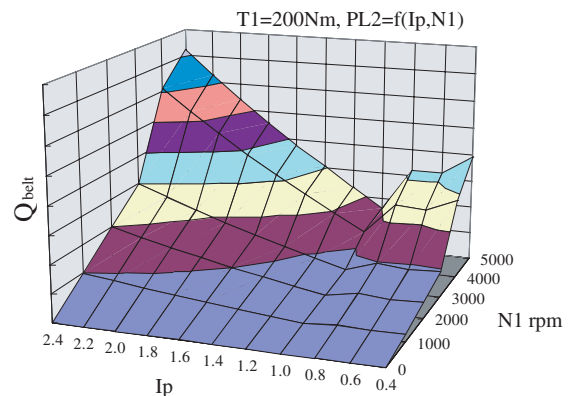


Fig.9 Calculated heat generation of a metal V-belt

6. Experimental Verification of Metal Belt Heat Generation

6.1 Test equipment

To verify the validity of the calculation method, we measured the heat generation of a metal belt in a balanced state using the test equipment shown in Fig. 10. The heat generated within the test equipment can be expressed as the sum of the heat generated by the metal belt and that by the pulley-supporting bearing, as shown by Eq. (13).

$$Q_{\text{box}} = Q_{\text{belt}} + Q_{\text{BRG}} \quad (13)$$

The heat generated within the test equipment can also be expressed in terms of heat exchanged with lubricating oil, heat conducted into the laboratory, heat exchanged by convection in the laboratory, and heat radiated into the laboratory, as shown by Eq. (14).

$$Q_{\text{box}} = Q_{\text{box-lub}} + Q_{\text{box-cond}} + Q_{\text{box-conv}} + Q_{\text{box-rad}} \quad (14)$$

Here, because test equipment interior and laboratory interior are essentially kept in insulated states, we consider that heat conducted into the laboratory, heat exchanged by convection in the laboratory, and heat radiated into the laboratory are sufficiently small compared to heat generated within the test equipment. Heat generated by the metal belt can therefore be expressed by Eq. (15).

$$Q_{\text{belt}} = Q_{\text{box-lub}} - Q_{\text{BRG}} \quad (15)$$

$$Q_{\text{box-lub}} = C_{\text{lub}} \times M_{\text{lub}} \times T_{\text{lub}} \quad (16)$$

Measuring, therefore, the amount of lubricating oil per a second and its temperature difference at inlet and outlet using the test equipment, and given the specific heat capacity of lubricating oil and bearing heat generation, we determined heat generation of the metal belt according to Eqs. (15) and (16), and compared these results with those obtained by calculation.

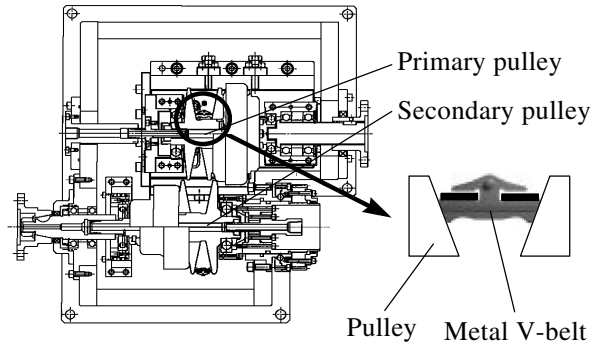


Fig.10 Test equipment

6.2 Comparison of calculated and measured results of metal-belt heat generation

Results of calculating metal-belt heat generation for a low pulley ratio ($I_p > 1$) are compared with measured results in Fig. 11. Calculated and measured results show good quantitative agreement demonstrating that the method introduced here to calculate heat generation of a metal belt is valid.

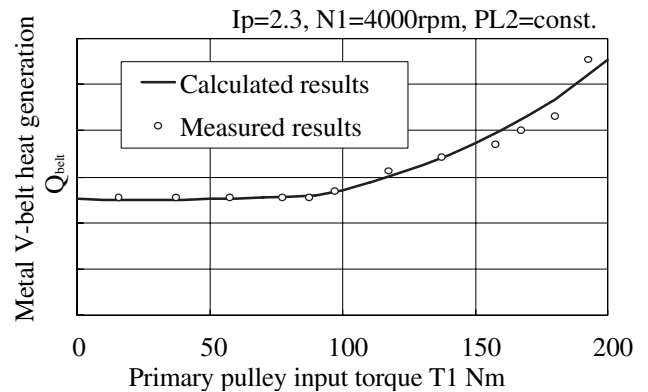


Fig.11 Calculated and measured results of a metal V-belt heat generation

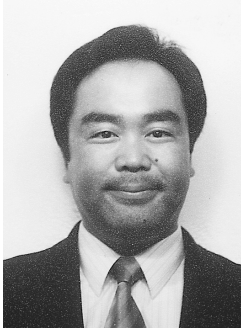
7. Conclusion

- (1) The heat-generation points on a CVT metal V-belt have been clarified and the amount of heat generated at each point has been quantified.
- (2) A simulation method has been developed that can predict the amount of heat generated by a CVT metal V-belt for arbitrary conditions like high input rotation and high input torque that are relatively difficult to measure experimentally.
- (3) Calculations of the heat generated by a CVT metal V-belt showed good quantitative agreement with measured results demonstrating the validity of the simulation method.

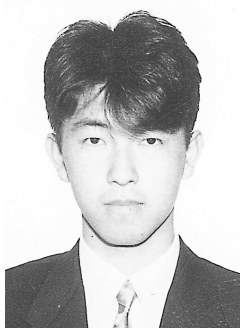
References

- (1) Keiju Abo, et al: "Development of a Metal Belt-Drive CVT Incorporating a Torque Converter for Use with 2-Liter Class Engines", SAE Paper 980823 (1998)
- (2) Daisuke Kobayashi, et al: "Torque Transmission Mechanism of a Metal CVT Belt", Society of Automotive Engineers of Japan, Conference Preprints 142 (1997)

Authors



Keiju Abo



Hideaki Takahara



Hiroshi Yamashita

CVT ベルトノイズ評価技術について

Development of Measurement Technology on CVT Belt Noise

横山 嘉昭*

有賀 浩一*

Yoshiaki YOKOYAMA

Kouichi ARIGA

抄 録 中型 FF 車用スチールベルト式 CVT (CK2) の開発に際して、新機構の中心的な部品である CVT ベルトについては、騒音振動性能を開発初期段階で精度良く見極めることが必要であった。この課題を克服するために、ベルト振動性能を単体で評価する計測技術を新たに開発し、その結果、ベルト単体の品質を定量的に把握することが可能になった。ここでは、その試験装置、計測方法について紹介する。

Summary In development early day's stage of a steel belt CVT for medium-size front-wheel drive vehicles, it was necessary to make a correct judgment about noise and vibration performance of the CVT belt, which was important portions of CVT. Therefore we developed measurement technology to evaluate belt vibration performance accurately without assembly afresh and as a result get possible to grasp quality of belt being simple quantitatively. We introduce the experimental apparatus and measurement method here.

1. まえがき

中型 FF 車用スチールベルト式 CVT (CK2) は、世界初トルクコンバータ付き FF 2L クラス車用 CVT として開発したものである。この CVT 開発にあたり、最も力を注いだのは、新機構の中心的な部品の CVT ベルトにかかわる新たな技術開発である。

ここでは、その技術開発を通して得た振動解析に関する、新たな評価手法や計測技術について紹介する。

振動解析は、CVT の滑らかな走りにつながる優れた性能を確保するため、CVT ベルトに起因する騒音問題を解決するために必要な技術である。ここでは、噛合いに起因するベルトノイズを評価するための解析技術、計測手法について述べる。

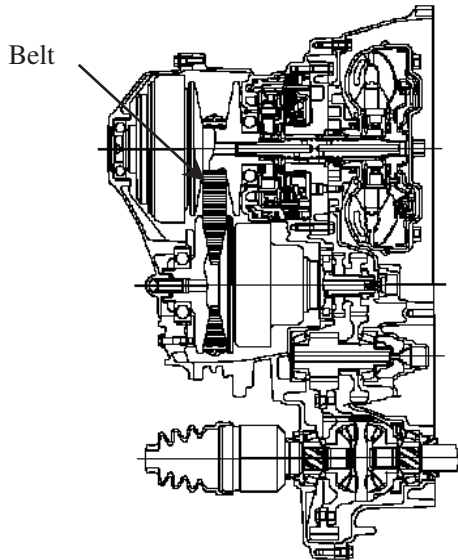


Fig.1 Cross-sectional view of CVT

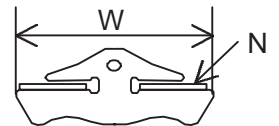
2. CVT ベルトノイズ評価技術

2.1. 中型 FF 車用スチールベルト式 CVT 用ベルト

中型 FF 車用スチールベルト式 CVT のベルトは、VDT 社 (Van Doorne & Transmissie b.v.) 製であり約 400 枚のエレメントと片側 9 層 × 2 列のリングで構成されている。Table 1 に仕様を示す。

Table 1 Specification of a belt for CVT

W:Element Width	N:Ring Number of sheets
About 30mm	9



* ユニット実験部
Unit Experiment Department

2.2. CVT ベルト単体評価の必要性

CVT ベルトの噛合いによって生じるベルトノイズは、前述した様にエレメント枚数が多いことから噛合い次数が高く、20 ~ 30km/h でも約 4kHz の高周波ノイズとなり、車室内の騒音問題になり易い。

この様な場合、車室内の暗騒音レベルを考慮した目標性能を設定し、これと相関の取れるトランスミッション(以下 T/M)近傍の放射音の目標性能を設定する手法が良く用いられる⁽¹⁰²⁾

この T/M 放射音については、主に T/M の感度平均値を改善することと併せ、各 부품の寄与とそのバラツキを把握することが、ユニット開発上も、品質管理上も重要である。

特にベルトノイズについては、CVT ベルト単品の寄与を正確に把握する必要がある。従来、Fig.2 に示す試験装置(ベルトテスタ)の軸受け部振動を用いて、CVT ベルト単体の起振力を代用値として定量的に把握することを試みていたが、この方法では再現性の高い評価ができなかった。

2.3. 評価点と評価条件

評価点として、従来用いていた軸受け部振動以外に、ギヤノイズ計測に用いている手法³⁾を応用し、プーリ本体の曲げ/回転/軸の3方向振動を計測することを試みた。具体的には、Fig.2 に示す様に、プーリのシーブ内に回転方向に二つ、軸方向に一つ埋め込んだ加速度ピックアップの振動を、軸中間タイプのスリップリングを介し、加減算の可能な演算器出力を経て、上記振動成分を算出する手法を採った。

そして、信号因子として T/M 放射音が小さいユニットに組み込まれていたベルト(A Belt)と T/M 放射音が大きいユニットに組み込まれていたベルト(B Belt)計2本を、制御因子としてプーリ比、プーリ推力(油圧)、伝達トルク等を、誤差因子として各々のベルトについて再組みつけ時の繰り返し測定結果を取り上げ、回転数を運転条件としてスイープし、T/M 放射音が問題となり易い周波数付近の振動レベルを計測した。

2.4. T/M 放射音と相関の高い測定点について

上記実験結果より T/M 放射音と各振動測定点の相関係数を求めた結果を Table 2 に示す。ここで、ベルトノイズに関して T/M 放射音と最も相関の高い測定点は、従来評価していたセカンダリプーリ軸受け部振動ではなく、セカンダリプーリ本体の回転方向振動であることを明確にできた。

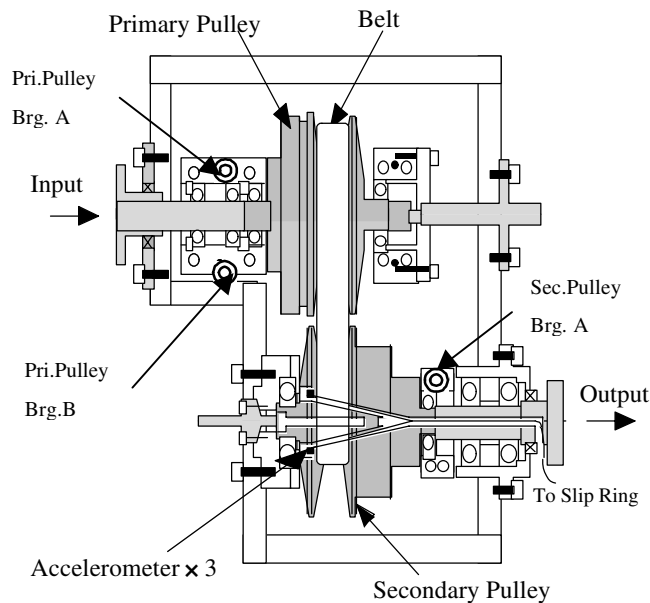


Fig.2 Experimental apparatus for measuring pulley vibration

そこで、T/M 放射音との相関が高く、かつ、安定性(再現性)と感度の極めて高い評価点および評価条件を検討することとした。

Table 2 Coefficient of correlation between the measurement points

Data: N=168

Belt Box Measurement Points	Pulley Vibration	Brg. Vibration		
		Sec. Pulley Rotational	Pri. Pulley Brg. A	Pri. Pulley Brg. B
T/M Measurement Point	Sec. Pulley Rotational	0.800	0.481	0.618
Radiation Noise				0.624

2.5. 安定性と感度の評価

次に、先に取り上げた各々の因子について多元配置実験を行い、測定結果のばらつき大小を評価する為に S/N 比を、A belt と B belt の起振力差、すなわち起振力大小をどれだけはっきりと分離できているかを評価する為に感度 S(M) を求めた。S/N 比と感度の概念は Fig.5 に示す。ここで感度 S(M) は A belt と B belt の測定結果の平均値を結んだ線の傾きの差で代用される。

T/M 放射音と最も相関が高いセカンダリプーリ本体の回転方向振動について S/N 比を求めると、油圧(PL)

については Hi. 側 , 伝達トルク (T) についてはドライブ側という条件で S/N 比が高いことがわかった . 更に横軸をプーリ比として整理すると , Fig.3 に示す様にプーリ比を Hi. 側にすることで従来評価してきた評価点 , 評価条件より高い安定性が得られることがわかった .

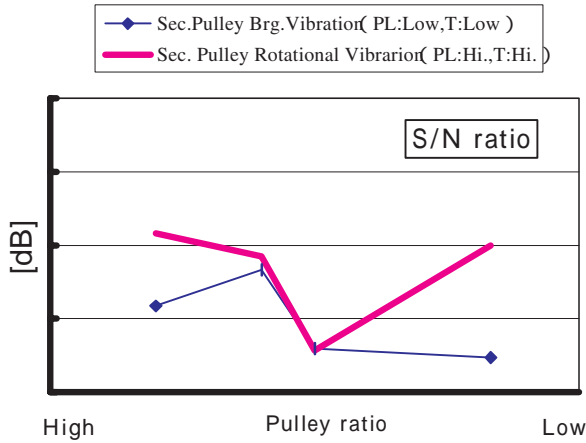


Fig.3 S/N Ratio

また , 感度についても同様な整理をすると , プーリ比 , 油圧 (PL) は Hi. 側 , 伝達トルク (T) はドライブ側という条件で Fig.4 に示す様に従来評価してきた評価点 , 評価条件より高い安定性が得られることがわかった .

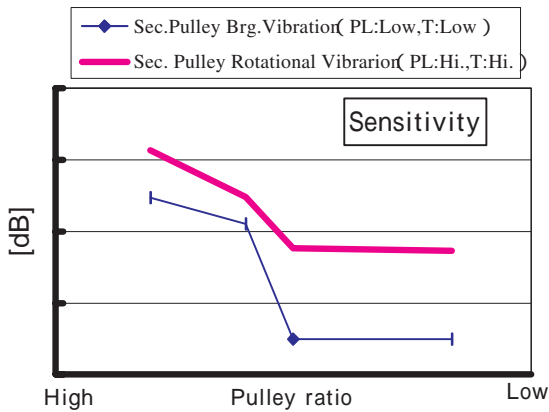


Fig.4 Sensitivity

上記結果より得られた評価条件にてプーリ本体回転方向振動と軸受け部振動を同一ベルト再組み付けにより繰り返し測定した結果を Fig.5 に示す . この様に従来の評価条件 , 評価点に比べて安定性 , 感度とも向上しており充分な再現性があることがわかる .

更に , この最適条件でベルト本数を増やして T/M 放射音と相関をとった結果を Fig.6 に示す .

この様に , T/M 放射音とプーリ本体回転方向振動は十分相関が高く , T/M 放射音に対するベルト単体の寄

与を正確に把握することが可能になった .

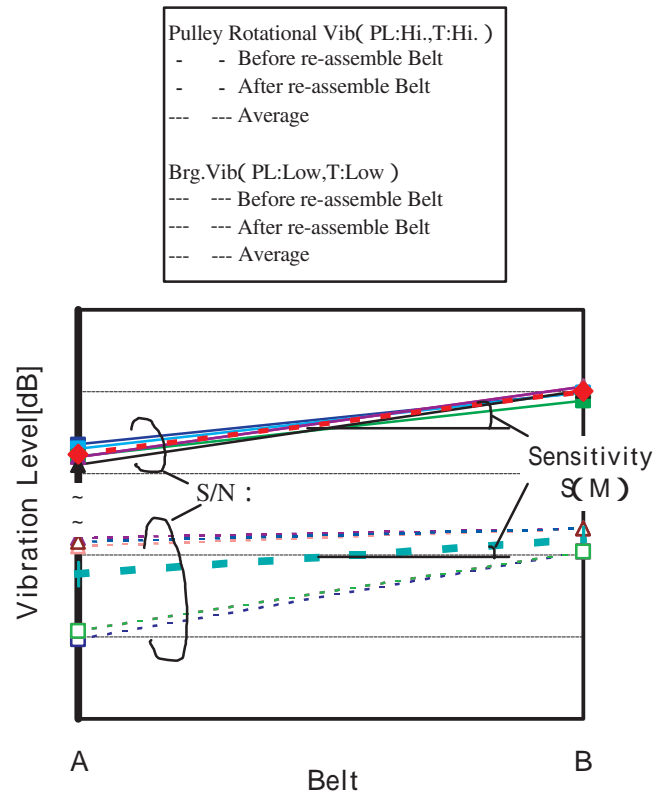


Fig.5 Repeatability

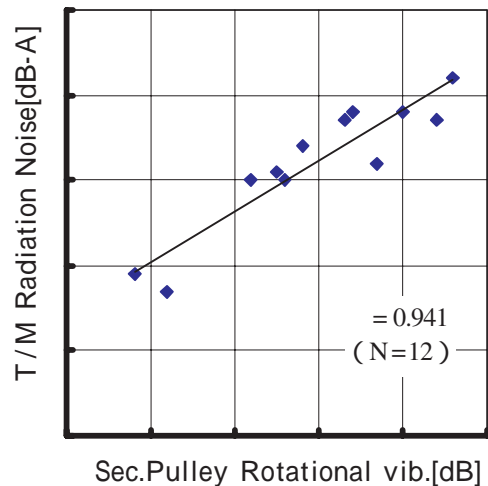


Fig.6 Cross-Correlation Result

3.まとめ

CVT ベルトの振動性能について , 測定点や運転条件を最適化することにより , 再現性の高いベルト単体振動特性評価が可能になった . この結果 , ベルト単体の

品質を定量的に把握することができるようになった。

最後に、ベルトテストの導入に際しては日産自動車(株)総合研究所 動力環境研究所、ベルトノイズ評価技術については日産自動車(株)車両評価・実験部 信頼性グループをはじめ、長期間の技術開発を多方面から支えて頂いた方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金沢 一男 : CVT の振動騒音について ,
自技会 「動力伝達系の先端技術 No.93113」 ,
9307948,(1993) .
- 2) 小林 昌之 : N・CVT の開発 ,
自技会 「動力伝達系の先端技術 No.93113」 ,
9307957,(1993) .
- 3) K.Arigo, T.Abe, Y.Yokoyama, and Y.Enomoto :
Reduction of Transaxle Gear Noise by GearTrain
Modification, SAE Paper 922108,(1992) .

著 者



横山 嘉昭



有賀 浩一

ダイカストにおけるシミュレーション技術の適用

The Application of Simulation for Die Casting Process

奥村 俊彦*

Toshihiko OKUMURA

那谷 卯一*

Uichi NATA

大深 光洋*

Mitsuhiro OOFUKA

杉本 雅道*

Masamichi SUGIMOTO

抄 録 新規開発したアルミダイカストの湯流れシミュレーション技術を適用することにより、鑄造金型方案の決定を行った。これにより、これまでトライアンドエラーに頼っていた品質対策の効率化が図れ、新部品立上げ時の品質対策回数削減が可能となった。

Summary In case of die designing of aluminum die casting, we applied original flow simulation system. And that enabled to reduce the times of modifying which needs to launch a new parts comparing with traditional countermeasure.

1. 背景

当社のオートマチックトランスミッションに使用されているミッションケース・コンバータハウジング等は大型複雑形状の部品であるため、プレッシャーダイカスト (PDC) 工法により生産されている。PDC は金型内へ高速、高压で溶湯を充填する工法であり、これにより大型かつ薄肉の鑄物成形を可能としている。鑄物品質の大部分はアルミ溶湯の金型充填過程で決定してしまうが、その充填はわずか数百ミリ sec という短時間で完了するため、これまで定量的な解析に乏しく品質対策も経験やトライアンドエラーにたよるものであった。特に、金型設計段階で最適な鑄造方案(製品のどこからどこへ溶湯を充填するか)を決定することは非常に困難であり、一旦金型を製作してしまうと、その後の金型改造には時間もコストもかかり、ひいては生産ラインにも支障をきたす恐れがある。

このような問題を解決するため、溶湯の充填挙動を予測するシミュレーション技術の開発と、この結果を検証する計測技術の適用を行った。(Fig.1)

結果として、新部品立上げ時の品質対策金型改造回数を削減することができたので報告する。

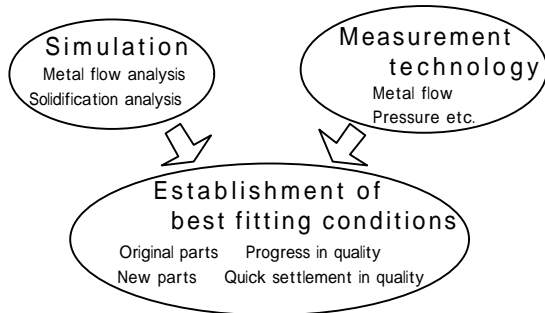


Fig 1 Activity for best fit die design and conditions

2. 充填挙動計測技術

2.1. 装置構成

Fig.2 に当社が開発した充填挙動計測装置の構成を示す。金型内には溶湯の到達を検知する溶湯検知センサ、キャビティ内湿度センサ、が数 10 本設置可能で、これらのセンサからの信号を増幅器を介してパソコンで処理し 1 ショット毎に各測定データを表示、記憶できるようになっている。使用センサについては、溶湯検知は窒化珪素系セラミックスと熱間ダイス鋼の組み合わせ、鑄造圧力はイジェクターピンに設置した歪みゲージ、湿度測定にはジルコニア固体電解質を利用して耐久性を第一に考え選定した。

2.2. 測定データ

本装置を現行生産品(AT CASE)に適用し、充填挙動の計測を行った。Fig.3 に製品形状とセンサの配置例を示す。金型内に 19 箇所の溶湯検知センサ、12 箇所

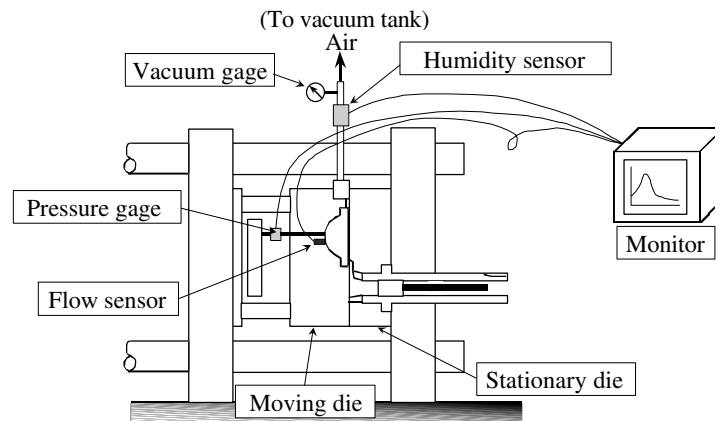


Fig 2 Instruments for measurement of metal behavior

* 技術部
Production Engineering Department

の圧力センサが設置されている。また、Table 1 は計測にあたり採用した鑄造条件で、通常の生産条件に対し、 \dots の 4 水準にて各条件を変更した。Fig.4 には計測結果の代表例として②、③、⑧の圧力センサの測定値を 62 ショット分示している。本製品に於いては、②センサ付近に鑄物内部巣の発生が確認されている。

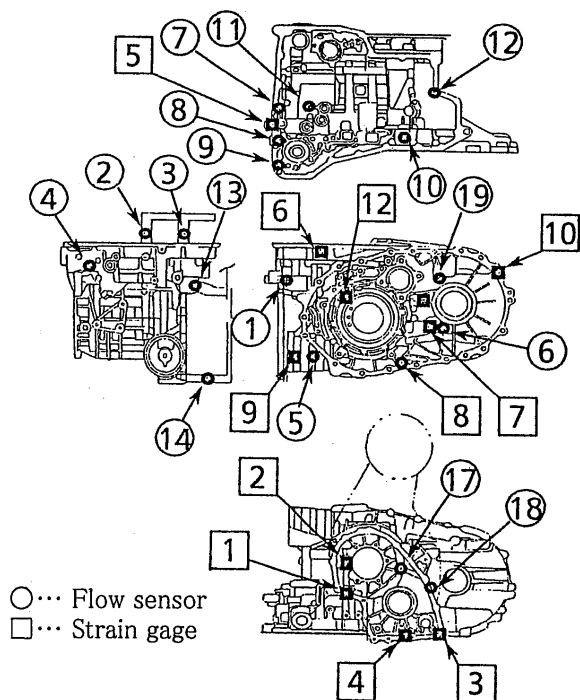


Fig. 3 Sensor layout

Table 1 Tested casting conditions

Casting Conditions	Common				
Casting Pressure [MPa]	78.5	63.0	63.0	63.0	70.5
Injection Speed of Second Stage [m/sec]	2.0	2.0	2.2	2.4	2.0
Injection Speed of First Stage [m/sec]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Injection Stroke of Second Stage [mm]	330	330	330	330	330
Accelerating Time [10^{-3} sec]	60	60	60	60	60

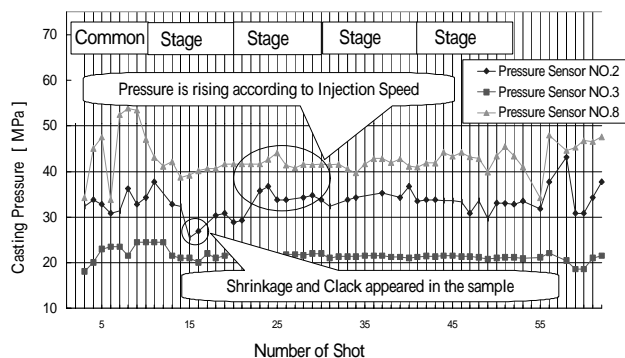


Fig.4 Data of pressure measurement

この製品は当初設定圧力 78.5MPa で生産していたが、実際に製品部にかかる真の圧力は 20 ~ 60MPa 程度に低下していることが確認できる。しかも、ゲートからの距離が長い部位ほど低下量が大きい。また部位 2 では、鑄造圧力の低下により巣発生量の増加が懸念されるが、設定圧力を 63MPa に低下させても、高速射出速度を 2.0m/s から 2.2m/s に上げることで鑄造圧力の低下を防止できることがわかる。

この測定結果に基づき現在は設定圧力 63MPa、高速射出速度 2.2m/s で生産中であり、金型故障件数の低減やバリ発生の抑制によるチョコ停低減に大きく貢献している。

3. シミュレーションソフトの開発

Fig.5 にシミュレーションソフトの開発範囲を示す。製品形状の 3 次元 CAD データを基に、要素解析用の格子分割、湯流れ・凝固解析計算、計算結果の表示、という連の工程の中で各ソフトの開発を行った。Table 2 には各ソフトの開発内容を示す。

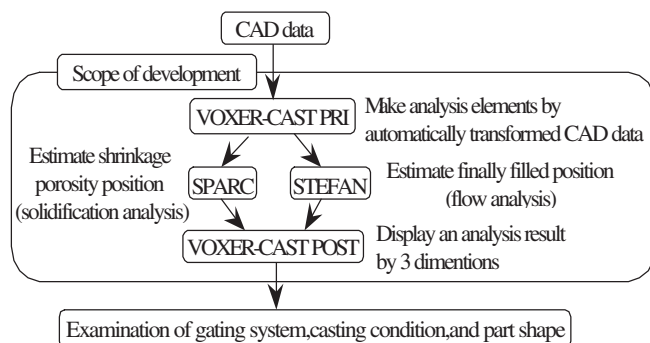


Fig.5 Scope of simulation development

Table 2 Contents of development

Software	Developed items	Analyzed contents
Fluidity STEFAN	<ul style="list-style-type: none"> Improve STEFAN (developed by TOHOKU university) for the large-sized complicated part Develop the data interface to use FCAD data for the model of simulation Improve the way of displaying an analysis Improve an analysis condition input program suitable for JATCO T.T. Improve some defect in case of the large-scale computation 	<ul style="list-style-type: none"> Process of filling by 3D Each time to fill by 3D Each speed of fluid by 3D Each temperature by 3D Each pressure by 3D
Solidification SPARC	<ul style="list-style-type: none"> Developed newly for the large-sized complicated parts Make a model automatically from FCAD data Make a cooling condition that the individual setting is possible Abolition of analysis element number limitation Incorporate eutectic solidification model 	<ul style="list-style-type: none"> Break out point of shrinkage porosity Quantity of shrinkage porosity Each temperature by 3D Each time to be solidified by 3D Each rate of solid by 3D

開発したソフトは、製品設計や金型製作時に使用される CAD データから自動的に解析要素を生成する「VOXER - CAST プリ」、解析を行う「SPARC(凝固解析)」、解析結果を表示する「VOXER - CAST ポスト」である。また湯流れ解析ソフトについては、東北大学で開発された「STEFAN」を大型複雑部品に対応できるように改良を行った。

4. 新部品への適用例

以上のようなシミュレーション技術と充填挙動計測技術を併用して新部品の生産準備を行った例について紹介する。

4.1. CVT CASE への適用

(1) 凝固シミュレーション

新開発 FF 無段変速トランスミッション用 CASE (C-VTCASE) の金型設計にあたり、内部冷却方案について、凝固シミュレーションを適用し決定している。Fig.6 に金型冷却配管のモデルを示す。また、この時の金型表面温度分布を Fig.7 に示す。

本冷却配管を設置することにより、金型表面温度のホットスポット部は減少し、温度分布の均一化が図れた。これによりダイカスト製品の凝固も均質化し、引け巣・引け割れ・焼付き等の発生を抑制することができる。

(2) 湯流れシミュレーション

同様の部品において、ハウジングコンバータ取付面にゲートを設置する案(A案)とサイドカバー取付面にゲ

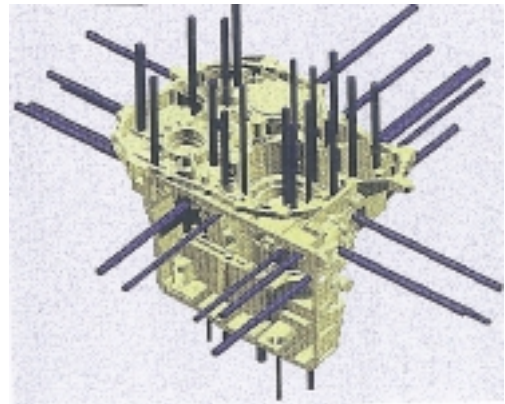


Fig. 6 A model of cooling pipe layout

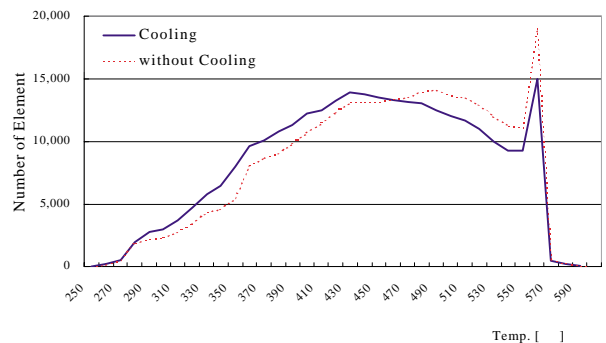
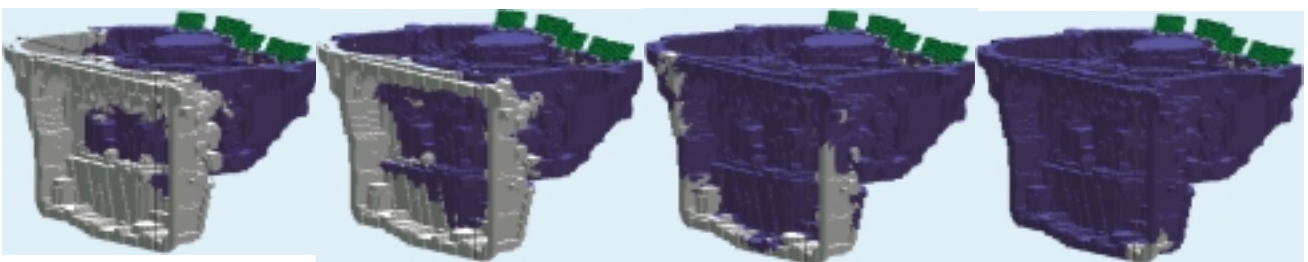


Fig. 7 Distribution of surface temperature of die

A案



B案

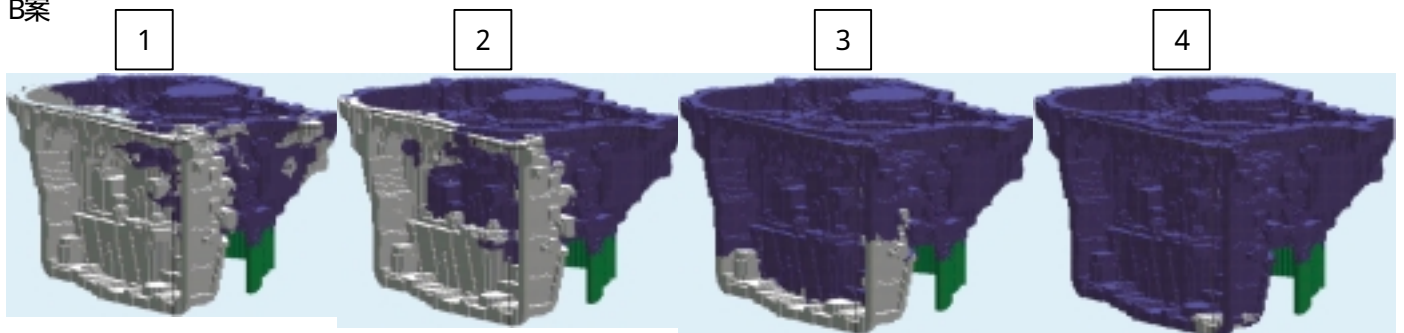


Fig. 8 Flow simulation result about CVT CASE T/M

ートを設置する案(B案)の湯流れシミュレーションを行った。その結果を Fig.8 に示す。各案について充填完了までの湯流れ状況を4段階に分けて表示してあるが、それぞれと同じ番号写真は同一タイミングの充填状態を示している。この湯流れシミュレーション結果によると、A案、B案とも最終充填部は同じ部位になり (Fig.8 , 4), 一般的に最終充填部に設置される真空ランナーの位置は容易に決定できた。しかし、充填過程を見てもとA案の場合は、充填完了に至るまでに複数の部位で閉塞されているのに対し (Fig.8), B案はスムーズに充填が進行していることがわかる。以上の結果から、真空ランナー設置位置を1箇所限定できるB案を採用することとした。

(3) 充填挙動計測

上記結果に基づいて基本的鑄造方案を決定し金型を製作後、充填挙動を計測し図示化したものを Fig.9 に示す。これは CVT CASE 製品形状部の13箇所を設置した各溶湯検知センサ (Fig.9 には9箇所のみ図示) への溶湯到達時間をそれぞれ測定し、得られた結果から湯流れ順序を模式化したものであるが、基本的な湯流れ、最終充填部ともシミュレーション予測と一致していることが確認できる。

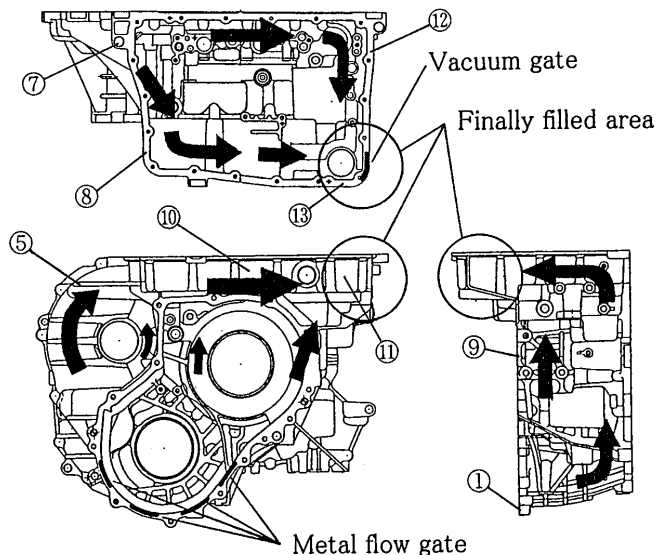


Fig. 9 Measurement data of metal flow about CVT CASE T/M

また、最適鑄造条件を設定するための計測データの一部を Fig.10 に示す。これは2箇所の代表センサ No.13 (製品最終充填部), No.5 (製品中間部) への充填時間と高速射出距離、高速射出速度の関係性を測定したデータである。

この計測結果では高速射出距離については、距離の

延長に従い充填時間が短縮傾向にあるが、距離360mmを過ぎたあたりからは安定化してくるのが認められる。また高速射出速度との関係性は2.7m/sまでほぼリニアに充填時間が短縮されていくことが確認できるが、2.8m/s以降は充填時間のバラツキが大きくなっている。従って、生産条件として高速射出距離360mm、高速射出速度2.7m/sに設定した。

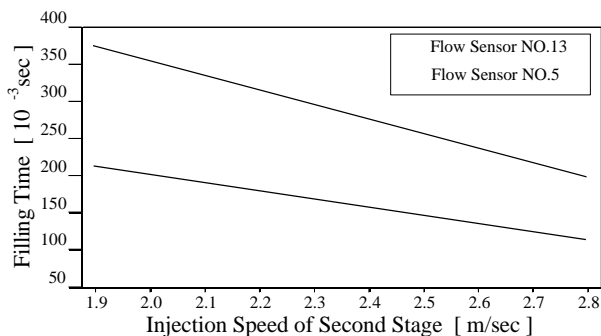
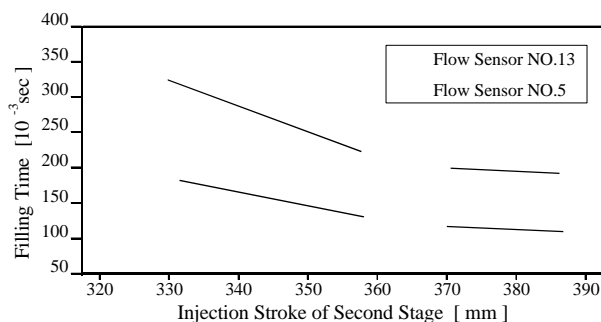


Fig. 10 Measurement data of filling time about CVT CASE T/M

5. 取り組みの効果

以上の検討を実施した結果、部品の立上げに際し行ったトライアンドエラーの実績を Fig.11 に示す。従来製品に比べ、金型の改造回数は大幅に低減している。

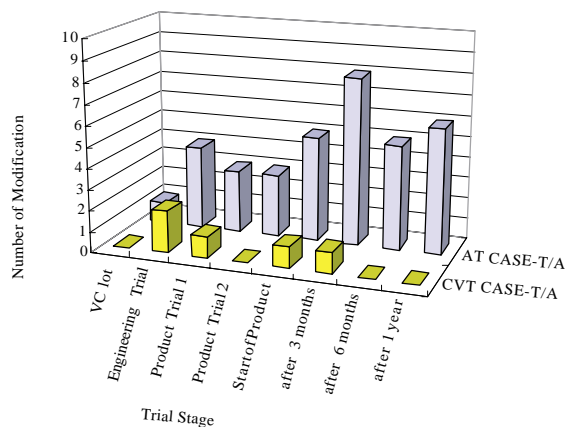


Fig. 11 Number of die modification

6. 今後の課題

今回の取り組みで、シミュレーションの有効性が確認できた。既に新部品立上げの際には、シミュレーションの適用により金型方案を決定することが不可欠となっており、定常業務の中でシミュレーションが活用されている。

今後更なる品質向上，コスト削減，納期短縮を達成するために、「データ衝活動」を行っている。(Fig12)

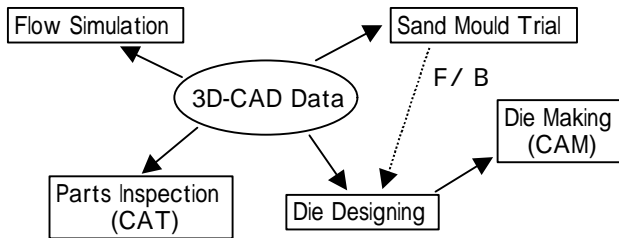


Fig . 12 Development of working system based on 3D data

「データ衝活動」とは即ち、部品設計時に作成される3D CAD データを直接使用して、砂型試作，金型設計，金型製作，品質改善の全てを実施するものであり大幅な効果が期待されている。この取り組みでは3D CAD データの作成時間や各制御システムとのデータ一元化が必要であり，設計・試作・生産関連メーカー等各グループの連携によりシステムの開発及び構築を行ってきたい。

著 者



奥村俊彦



那谷卯一



大深光洋



杉本雅道

JEDRIS による技術情報の共有化について

The sharing of technology information by JEDRIS

長谷川 仁*

Hitoshi HASEGAWA

抄 録 JEDRIS (JATCO TransTechnology Engineering Data Retrieval Improvement Share)は、企画から生産に至る商品ライフサイクル全般にわたって発生する技術情報を、信頼性のある“真の情報”として一元管理し、各部門 / 作業工程間で共有して活用できるようにする統合エンジニアリング情報管理システムである。本システムの特長は、「手配番号」をキーワードとして、あらゆる業務の中心である図面、手配情報、部品情報とを関連づけて管理し、1つの情報から関連する情報を、社内であればどこからでも容易かつ迅速に入手できるようにしたことである。

Summary JEDRIS (JATCO TransTechnology Engineering Data Retrieval Improvement Share) is the integrated engineering information control system. It manages technology information, which is generated through the product life cycle overall, as real information. And it also made it possible to share this information between each division / work process.

Having its key word as "arrangement number", the characteristics of the system is to manage the drawing and both arrangement and part information in relation manner. Consequently, it became possible to obtain any of the related information from a specific source easily and quickly.

1. はじめに

1.1. 背景

製造業が現在の厳しい状況の中で勝ち残っていくためには、「市場ニーズを先取りした新商品開発」「開発・設計リードタイムの短縮」「顧客サービスの向上と品質保証」「高効率・軽量化設計体制の確立」などといった課題に早急に対応し、お客様の信頼確立・満足度向上に向けて最大限の努力で取り組んでいくことが必要不可欠となっている。そこで、こうした課題への対応手段としてサイマルエンジニアリング(コンカレントエンジニアリング)の実現を支援するための情報インフラ構築を目的に、PDM(Product Data Management)を導入することとした。PDMとは、'80年代に米国で誕生したQCD(品質・コスト・納期)向上のためのソリューションであり、近年では、市場が本当に求める商品を最適に投入するための企業全域を対象とした情報インフラとして位置づけられ、

国内 / 海外の多くの企業で取り組みが開始されている。

一般的なPDMの定義は、「商品を生産するためのあらゆる技術情報を一元管理し、全社で共有化すること」「業務の流れ・プロセスを管理し、各部門 / 作業工程間で進捗状況を把握できるようにすること」であり、最終的には、部分最適型業務から全体最適型業務への業務革新を図るものである。そこで、当社におけるPDM実現に向けた第1ステップとして、設計・技術情報の共有化システム(JEDRIS)を構築することとした。

1.2. システム化の経緯

本システムは、「'95 ~ '97年情報化計画」の重要課題のひとつとして、'95年10月よりPDM推進部会を発足させ、システム化計画の作成を開始した。他社事例の調査、各技術情報毎の課題抽出、方策検討等を行い、'96年10月には、「4点ギヤサブシステム計画図」

* 情報システム部

Management Information Systems Department

題のひとつとして、'95年10月よりPDM推進部会を発足させ、システム化計画の作成を開始した。他社事例の調査、各技術情報毎の課題抽出、方策検討等を行い、'96年10月には、「4点ギヤサブシステム計画図」作成業務をモデルとしたプロトタイピングを作成するなど、ユーザと共にPDMの実現イメージの検討を進めた。

第1ステップであるJEDRISについては、具体的なシステム検討を'97年3月より開始し、同年11月には本番運用を開始した。(Table 1)

Table 1 Circumstances of the activity

	'95	'96	'97
Main activity	<ul style="list-style-type: none"> Subject collection / analysis for each data Survey of information technology Examination of the system plan 	<ul style="list-style-type: none"> Examination of the realization image Construction of the pilot system Examination of way of advancing based on the result 	<ul style="list-style-type: none"> User hearing Examination of the function of the pilot system Construction of the pilot system Development / test of the function Preparation of application Confirmation of the leader
Report /event	'95/10 kickoff	'96/3 Interim report	'97/3 Report of JEDRIS kickoff
		'96/12 Report of Pilot system	'97/11 JEDRIS Application start
	<ul style="list-style-type: none"> Outside survey Mitsubishi Electric Co.Ltd Aisin AW Co.Ltd ... etc 		

1.3. ねらいと推進方法

1.3.1. RDM 導入のねらい

- (1) 商品のライフサイクル全般に亘って、必要なエンジニアリングデータを、必要な人が、必要な場所で、必要な時に、必要な形で利用できるようにすること。
- (2) 即ち、AT(Automatic Transmission 以下 AT と略)のライフサイクル全般に亘り、エンジニアリングに関するデータの管理や業務検討を、全てコンピュータシステム内で行い、関連業務の進捗状況を何時でも、誰もが把握できるようなサイマルエンジニアリングのインフラを実現すること。
- (3) 更にエンジニアリングプロセスの統合管理や従来の部分最適型業務から全体最適型業務へのリエンジニアリングへつなげていくこと。

1.3.2. 当社における PDM の定義

「図面情報(CAD)」と「製品仕様情報」を核にそれに関連する文書情報も含めた、商品に関わる技術

情報を、お互い関連づけ、データベース化し、誰もが常に最新の正しい状態で自由に参照し、互いにやり取りできる仕組み。

1.3.3. 推進方法

“ねらい”を達成するために、ステップを3つに分けて推進した。(Fig.1)

(STEP1) JEDRIS 構築

- ・技術情報取得環境の基本整備
- ・図面、手配情報、部品情報の検索環境向上
- ・ワークステーション CAD の図面管理機能の向上

(STEP2) JEDRIS 機能の拡充

- ・品質、コスト、生産情報との連携
- ・3次元 CAD の有効利用
- ・端末上での手配 / 進捗管理
- ・モデル業務でのプロセス改革

(STEP3) 業務革新

- ・サイマル体系にのっとった企画～生産に至る業務革新の実現

Promotion method to “Concurrent Engineering” realization

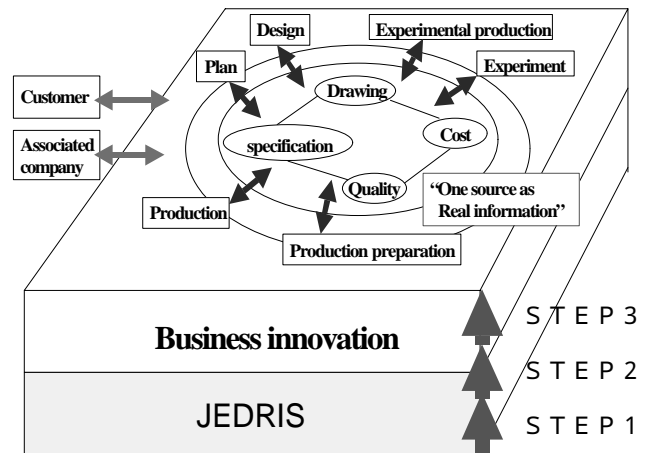


Fig.1 Future realization image

2. 機能概要

JEDRIS は、技術情報の共有化を目的としたシステムであり、業務革新への基盤として位置づけられる。そこで、基盤を確かなものとするためにも、早期に実現でき、広範囲で利用できるもの。また、利用者にとって受け入れ易く、誰もが「便利な機能だ」と実感できる仕組みを構築することが必要だと考え、最

初に色々ある技術情報の中から、全社で広範囲に利用できる技術情報(図面,手配,部品情報中心)を対象に機能を構築した。

2.1. 技術情報取得環境の基本整備

2.1.1. 新たな技術情報管理ツールの適用

ねらい

各部門/作業工程間で共有される技術情報を、過去のものから最新のものまで全て一元管理し、ネットワーク上の PC / EWS でレスポンス良く検索・参照・印刷できるようにする。

〔'99 / 12 時点での管理対象〕

正規図面, 試作図面, 設計通知, 試作通知, 正規手配メモ, 試作手配メモ, 設計報告書, 設
変チェックリスト, 実験報告書, テクニカルメモ,
テクニカルレポート, 技術基準書, 業務処理基
準書, 仕様提示書, FMEA, FTA

総計 約 20 万件

施策

従来, 専用端末でしか利用できず, 使い勝手や
応答性の悪い光ディスクを利用していたが, 今回,
新たな技術情報管理ツール(EDMICS)を導入する
ことにより, ネットワーク上の PC / EWS から迅速
に技術情報を検索・参照・印刷することを可能に
した。(Fig.2)

利用端末台数: 約 1300 台 11 台

取得要時間: 5 秒 / 枚(A4) 60 秒 / 枚(A4)

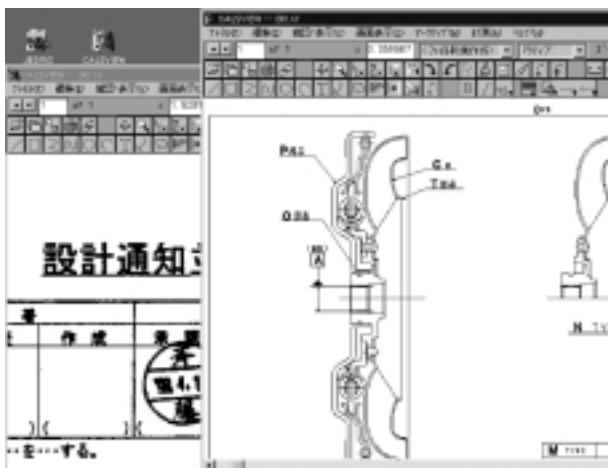


Fig. 2 Reference image

2.1.2. 出力機能の向上

ねらい

各部門への技術情報のコピー配布枚数を削減する。

施策

JEDRIS 専用プリンタを各部門間で共有して利用できるように設置し, CAD 出力用として使用しているプロッタからの出力も可能としたことにより, 従来, 開発管理部にコピー依頼し時間がかかっていたのが, “好きなサイズで好きな場所” に出力できるようにした。

2.1.3. 秘匿管理機能

ねらい

当社の資産ともいえる技術情報の取得に関するセキュリティ機能を徹底する。

施策

JEDRIS で管理している各々の技術情報に対して, 部門(認証 ID)毎に検索権限を設定できる機能を作成した。

2.2. 図面, 手配情報, 部品情報の検索環境向上

2.2.1. 「手配番号」をキーとした関連づけ検索機能

ねらい

各々のシステムで管理されている図面, 手配情報, 部品情報を, 同一端末上で容易かつ迅速に入手できるようにする。

施策

あらゆる業務の中心ともいえる図面, 手配情報, 部品情報は, 「手配」という行為により, 新規作成 / 変更される。本システムでは, そこに着目し, PDM ソフトである Metaphase を導入し, 業務の核とも言える “手配番号” をキーワードとして, それぞれのアイテムを関連づけてデータ管理することにした。これにより, 一つの情報(キーワード)を知っていれば, 関連する図面, 手配情報, 部品情報が容易かつ迅速に入手できるようになった。

(Fig.3 Fig.4)

なお, Metaphase は, PDM ソフトとして最も実績があり, 日産, マツダ, トヨタ, フォード, ルノー, ダイムラークライスラー等の OEM にて導入されている。

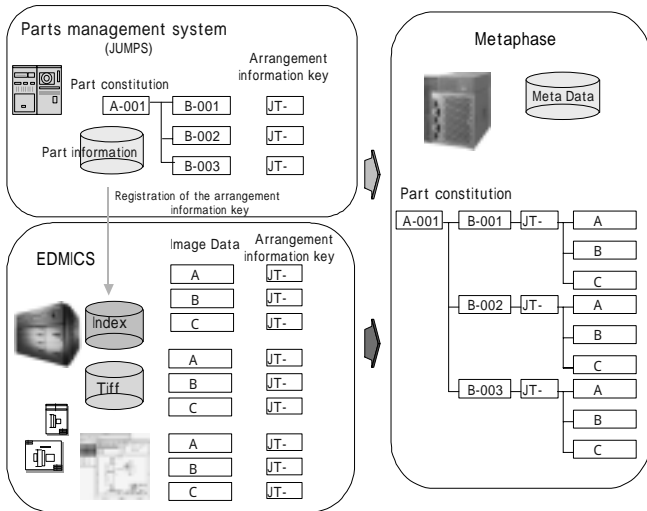


Fig.3 Mechanism of the relation

アイテム名	データ種別	手配番号	リリース日	発行会社
27-225	工場手配フォルダ	25-4111	2002/06	三菱電機株式会社
27-225	工場手配イメージ	25-4111	--	--
27-225	図面フォルダ	25-4111	--	--
27-225	図面イメージ	25-4111	--	--
27-225	CAD-3Dファイル	--	--	--
27-225	図面フォルダ	25-4111	--	--
27-225	図面イメージ	25-4111	--	--
27-225	図面手配イメージ	25-4111	2002/06	三菱電機株式会社
部品名	部品	--	--	--
27-225	部品	25-4111	2002/01	--

Fig.4 Image as a result of searching

2.2.2. 部品表検索可能時間帯の拡大

ねらい

24 時まで部品情報を検索可能とする環境を整備し、インターオペラビリティの向上を図る。

施策

JUMPS から本システムへと部品構成 / 諸元情報の変更データを日次で転送し、常に両システムが同じデータを保持できる仕組みとすることにより、図面、手配情報などと同様に、24 時まで部品情報も検索利用できるようにした。

2.2.3. 図面、部品情報の履歴管理機能

ねらい

図面の角番 / 部品構成変更の履歴を管理できるようにし、過去のものから最新のものまで全

ての情報を簡単な操作で取得できるようにする。
施策

図面、部品情報が登録される都度、Metaphase で履歴を管理する機能を作成し、上記 2.2.1 の機能を利用して、最新のものから過去のものまで全ての図面、手配情報、部品情報の関連づけ検索を可能とした。(Fig.5)



Fig.5 Record controlling image

2.2.4. AT 構成部品の図面一括印刷機能

ねらい

AT / サブアッセンブリを構成する全ての部品の図面を印刷し、お客様や取引先に提出する業務の効率向上

施策

JEDRIS では、図面イメージと部品情報とを関連づけて管理している。そこで、ボタン一つ押すだけで、ある AT を構成する全ての部品の図面一式を、一括して印刷する機能を作成した。また、既存の大型コピー機(Braintech)を利用し、全て紙折りしたかたちでの出力を可能とし、業務効率向上を図った。 20 日間 / 件 即日

2.3. ワークステーション CAD の図面管理機能

ねらい

1 台のワークステーション上で図面の検索 ~ 貸出 ~ 図面修正が効率よくできる環境を整備する。

施策

ワークステーション CAD の貸出管理機能を作成し、JUMPS の稼働時間を意識することなく、容易

にワークステーション上で図面管理が行えるようにした。上記 2.2.1 の機能を利用し、手配番号 / 部品番号からの図面検索～貸出～編集を 1 台のワークステーション上から行えるようにし、図面作成業務の効率向上を図った。

2.4. Web 技術の適用

ねらい

遠隔地において、ネットワークへの負荷を少なく、レスポンス良く技術情報を検索できる環境を整備する。

施策

Web 技術を利用した検索ツール「ED-Web」を導入することにより、物理的に離れた地区でも容易に技術情報を検索・参照・印刷することを可能にした。（'99/10 月）厚木地区に適用開始）

2.5. データ登録～取得までの流れ

あるデータがリリースされると、JUMPS ではその旨の部品情報が更新され、本システムに変更情報が日次で転送される。CAD 図面についても、リリースと同時にイメージデータが登録される。手書き図面・文書は、開発管理部にてスキャナ入力する。

タイミング的には、検索利用できるデータは、その日より 2 日以前にリリースされたものとなる。（Fig.6）

Flow of image data & meta data preparation

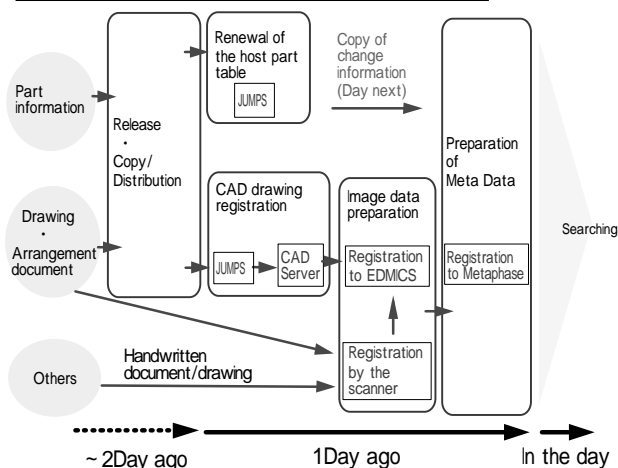


Fig.6 Flow of data

2.6. システム構成 (Fig. 7)

2.6.1. ハードウェア

- ・ データ登録サーバ「SUN Enterprise3500」
- ・ データ検索サーバ「SUN Enterprise4000」
- ・ Metaphase サーバ「SUN Enterprise450」
- ・ プリントサーバ「SUN Ultra1」「SUN Ultra2」
- ・ データ登録用 PC・スキャナ
- ・ 専用プリンタ
- ・ CAD 兼用プロッタ

2.6.2. ソフトウェア

- ・ 技術情報管理ツール「EDMICS4000」
- ・ PDM ツール「Metaphase3.0J」
- ・ イメージデータ表示ソフト「CALSVIEW3.0」
- ・ WEB ツール「ED - Web」

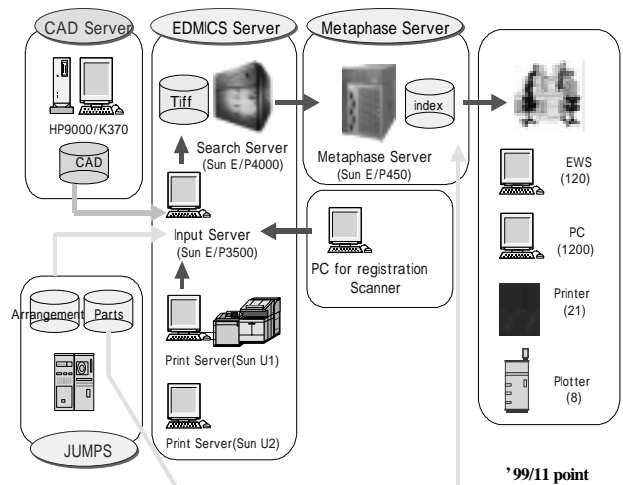


Fig.7 System constitution

3. 開発における工夫点

従来より光ディスクで行っていたデータ登録作業を EDMICS に置き換えることにより、新たな工数負荷の増加なく、より便利な機能を実現できるようにした。

また、広範囲で利用され、業務の中心ともいえる図面、手配情報、部品情報から適用を開始したことにより、本システムの利用部門 / 利用者数を拡大することができた。このことにより、利用者からの要望が抽出し易くなり、今後の発展が期待できるものとなった。

4. 評価

4.1. 社内

本システム立ち上げ後、利用者に対してヒアリング / アンケートを行ったところ、以下のような評価を得た。

- ・ 設計～生産部門間で技術情報を共有して活用できるようになった。
- ・ データに対する信頼性が向上した。
- ・ 情報の取得が容易になり、他の業務に割り当てる時間が増えた。
- ・ 個人持ちの紙資料を削減することができた。
- ・ 今後、本システムを上手に利用していけば、情報収集業務の半減が期待できる。

4.2. 社外

本システムは、PDM 適用事例として社外でも大きな評価を得ており、他社からの訪問見学、セミナーでの事例発表、情報誌への掲載等の依頼が多い。

(他社からの訪問見学)

- ・ ヤマハ株式会社('98 / 2)
- ・ アラコ株式会社('98 / 11)
- ・ 株式会社ユニシアジェックス('98 / 11)
- ・ プラザー工業株式会社('99 / 11)
- ・ 株式会社電業社製作所('99 / 11)

(社外発表)

- ・ 「エンジニアリング情報管理セミナー」('99 / 2・3)
- ・ 「エンジニアリングイノベーション」('99 / 12)

以上 富士ゼロックス主催

- ・ 「SDRC ユーザコンファレンス '99」('99 / 10)

日本 SDRC 主催

(情報誌への掲載)

- ・ 「日経デジタルエンジニアリング」('99 / 10)
- ・ 「エンタープライズ PDM によるエンジニアリングイノベーション」('99 / 10)

以上 日経 BP 社

5. 今後の計画

5.1. データ / 機能の拡充

- ・ 共有化すべき、新たな技術情報の適用
- ・ 品質、コスト、生産情報との連携

- ・ 3次元 CAD との連携
- ・ 端末上での手配 / 進捗管理

5.2. 利用環境の拡大

- ・ 富士宮事業所、沼津事業所、掛川事業所、蒲原事業所への適用拡大
- ・ 海外拠点への適用拡大
Web 技術を活用し、より利用し易い環境を整備する。

5.3. 業務革新へ

- ・ JEDRIS の機能を拡充し、STEP2、STEP3 への基盤を整備する。
- ・ 部分最適型業務から全体最適型業務への業務革新を実現する。

6. おわりに

PDM という新たな概念を取り入れ、全社を対象とした本システムの構築は、活動の進め方が非常に難しいものであった。しかし、他社事例調査、プロトタイプینگの作成など助走期間を長く設けた結果、現在では、PDM の先進的な事例として取り上げられている。

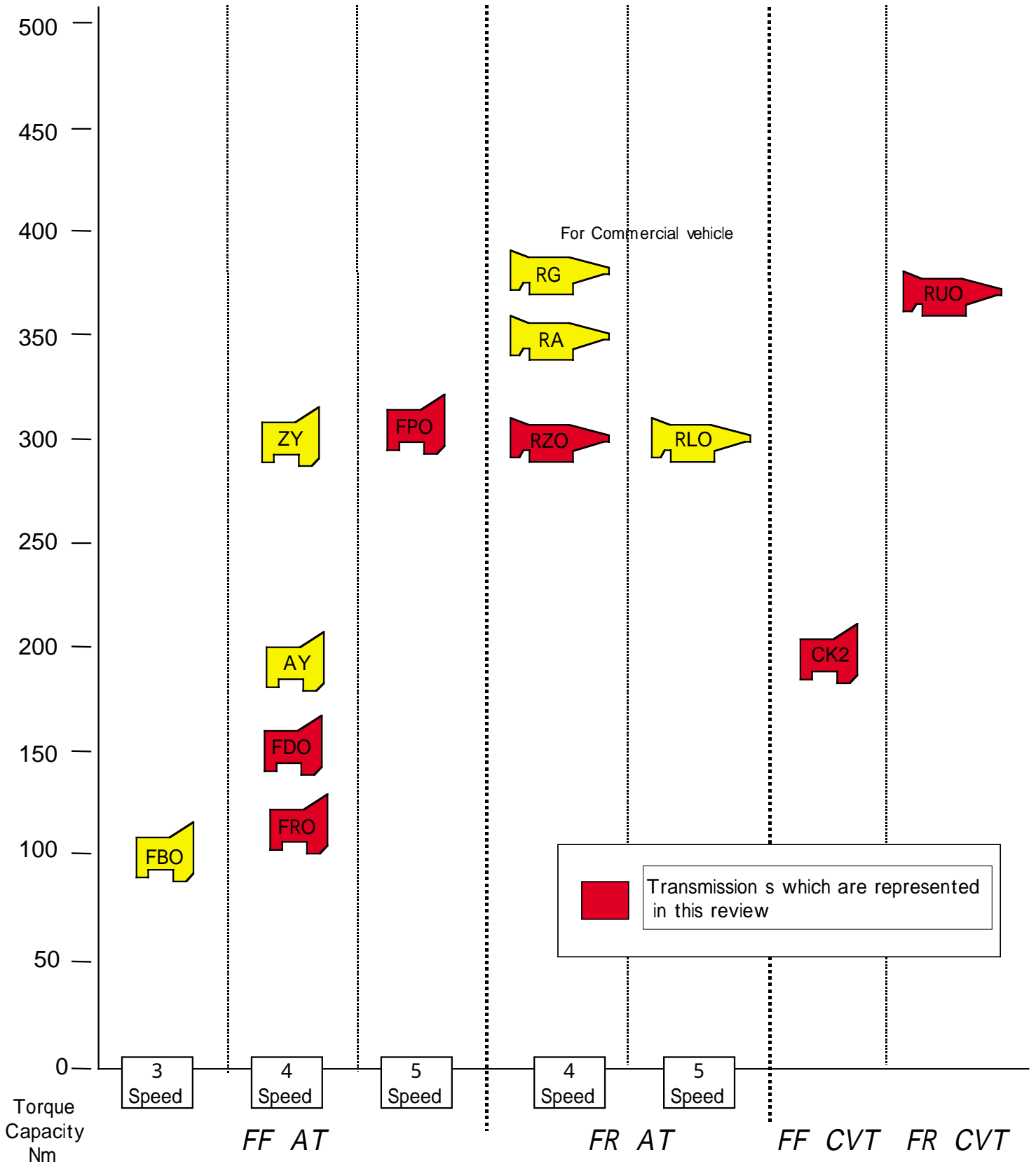
今後、業務革新に向けた本格的な活動を推進していくためには、設計 / 生産技術部門の方々の協力なしでは実現不可能である。是非、関連部門の方々にご協力を頂き、ねらいを実現化していきたい。

最後になりましたが、今回のシステム開発を進めるに当たり、多くの方々に多大なる協力、援助を頂き心から謝意を表します。

著者



長谷川 仁



FF 車用 5 速 AT JF506E (FPO) の紹介

Introduction of JF506E

竹内 恵子*

Keiko TAKEUCHI

抄 録 JF506E 型自動変速機は、当社初の前輪駆動乗用車用の 5 速 AT で、海外のカーメーカー用に新規に開発された。本 AT は、高トルク容量でありながら、搭載性の良いコンパクトな外觀形状を持ち、その搭載車両は欧州、及び日本などで発売された。

Summary The JF506E model automatic transmission, five speed automatic transmission(5AT), for front wheel drive vehicles is bigger torque capacity and compact configuration for easy installation had been newly developed for overseas car makers. The vehicles installed by the AT were for sale in Europe and Japan.

1. はじめに

JF506E 型と称するこの自動変速機(以下 AT と略す)は、前輪駆動(以下 FF と略す)乗用車用 5 速 AT である。エンジンの高トルク化、高性能化に対応しながら、環境安全性にも考慮した搭載性の良い軽量コンパクトな設計となっている。又、燃費、動力性能等の車両性能を最大限に引き出す為の最適ギア比を選択した、クラス最高水準の FF 車 5 速 AT であり、当社の世界戦略として、AT 装着率の低い欧州市場では、AT 普及の担い手になるべき AT である。本報では、AT の特徴、狙いなどについて紹介する。

2. 開発の狙い

以下の 4 項目を主な開発の狙いとした。

- 1) 高トルク容量 AT の実現と軽量コンパクト設計による搭載性の確保
- 2) ワールドワイドに適用
- 3) クラスで最高水準の性能を実現
- 4) 高い品質と信頼性

3. 構造と特徴

JF506E 型 AT の構造を Fig. 1 に、主要諸元を Table 1 に示す。

3.1. 高トルク容量 AT の実現と軽量コンパクト設計による搭載性の確保

エンジンのパワーアップに対応し、最大入力トルク

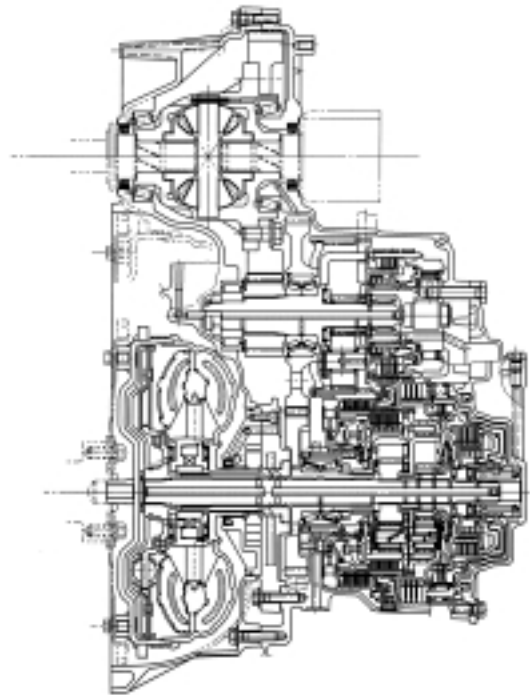


Fig.1 Cross-sectional view of JF506E

Table 1 Specification of JF506E

TORQUE CONVERTER	2 5 0		
LOCK-UP	PROVIDED		
GEAR RATIOS	1st	3 .4 7 4	3 .8 0 1
	2nd	1 .9 4 8	2 .1 3 1
	3rd	1 .2 4 7	1 .3 6 4
	4th	0 .8 5 4	0 .9 3 5
	5th	0 .6 8 5	0 .6 8 5
	R e v .	2 .7 1 4	2 .9 7 0
FINAL GEAR RATIO	2 .9 ~ 4 .1		
TORQUE CAPACITY	3 5 0Nm TORQUE LIMITATION OF E/G OUTPUT IS REQUESTED. CONDITION : STALL AND NEARLY STALL LIMITATION 2 9 0 Nm		
MAX INPUT REVOLUTION	7 ,0 0 0 rpm		
CONTROL SYSTEM	ELECTRONIC CONTROL		
WEIGHT(DRY)	9 5 k g		
MAX. GROSS VEHICLE WEIGHT	1 ,9 0 0 kg		

量 350Nm を実現させた。その為に、高強度合金鋼を採用し、浸炭窒化処理やショットピーニング加工などの強化法を用いた。

又、クラス最短、最軽量の AT を実現する為、ワンウェイクラッチを廃止すると共に、コンパクトなギア設計を採用してフリクションロスを軽減した。その結果、Fig.2(重量)、Fig.3(全長)に表される通り、軽量コンパクトな AT として、FF 車の限られたエンジンペース内に適応できる搭載性を確保する事ができた。

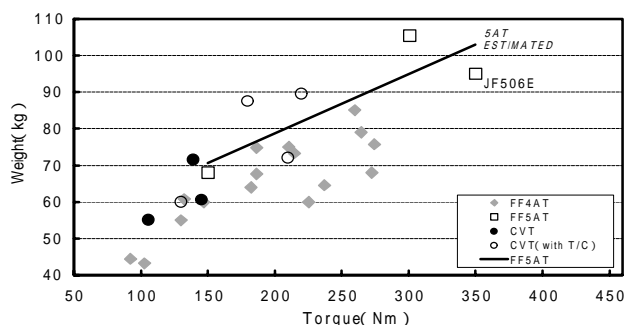


Fig.2 Weight vs Torque Capacity

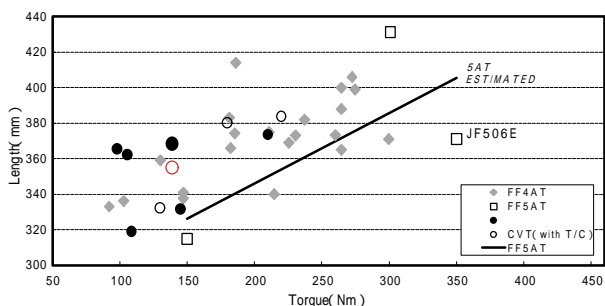


Fig.3 Length vs Torque Capacity

更に燃費向上の為、多段ロックアップ制御を採用した超偏平トルクコンバータも新設した。多段化による効果としては Fig.4 に表される通り、特に 60km/h 以上の中高速度における燃費の改善が挙げられる。

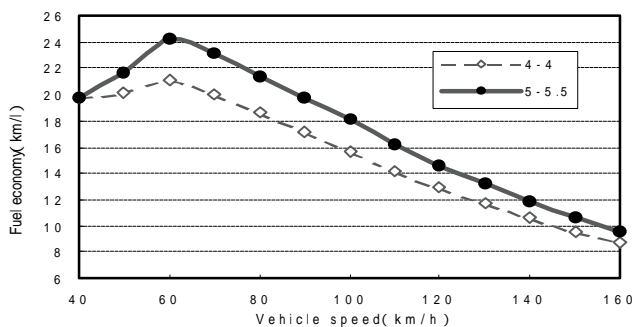


Fig.4 Fuel Economy

3.2. ワールドワイドに適用

顧客のニーズに合った商品を世界中のカーメーカーに提供する為、最新の電子制御技術を用い、フレキシブルに各種制御データを変更できる ATCU を採用した。ギア比の選択幅を広げる事で、小型車両にはワイドレシオ、大型車両にはクロスレシオなど使い分けが可能。

又、大容量のオイルクーラを装備する事で、熱地などの過酷な環境への対応も可能である。

3.3. クラスで最高水準の性能を実現

変速時のトルクダウン制御、ロックアップタイミング制御、学習制御は勿論の事、CAN 通信による総合的な制御の採用により、あらゆる場面での変速性能の向上をはかった。

又、熱処理条件の調整やホーニング加工により高精度のギア歯型に仕上げる技術や、トランスミッションケースの軸方向を短縮する事で剛性を高めて、音振性能の向上をはかった。

3.4. 高い品質と信頼性

開発初期段階より、設計計画と製造計画を同時進行させながら、品質、原価、営業、購買などの他部門についてもサイマル開発を積極的に実施し、開発の前倒しをはかったことにより、品質、原価の作り込みがはかられ、高い品質と信頼性を持つ商品が開発された。

又、搭載車両の仕向地は全世界に及び、環境、使用条件を考慮に入れ、AT の耐久品質目標は 15 万 km とした。

4. 今後への課題

車の進化に合わせ、顧客のニーズに応える 5 速 AT が開発された。当社の世界戦略ユニットとして、世界中のカーメーカーへ販売を拡大し量産ボリュームを上げると共に、原価低減を促進したい。

今後も快適で効率の良いお客様に喜ばれる世界一の商品を世界に供給してゆきたい。

著者



竹内 恵子

直接電子制御採用のJR405E型自動変速機(RZO)の紹介

Introduction of Direct Electronic Shift Controlled Automatic Transmission (JR405E)

山田 敏治*

Toshiharu YAMADA

石川 公洋**

Kimihiro ISHIKAWA

抄 録 新開発 JR405E 型自動変速機は、従来機種 JR402E 型と基本仕様は同じでありながら、クラッチ圧の直接電子制御及び遠心バランスクラッチ室採用などの新技術織り込みにより、卓越したシフトクオリティを実現している。

本報では、この自動変速機の狙い・特徴を紹介する。

Summary A new developed JR405E automatic transmission realizes the excellent shift quality with the adoption of the direct electronic shift control and the centrifugal balance clutch room in spite of having the same basic specifications as the JA402E.

The features and benefits of this new JR405E will be introduced.

1. はじめに

今回新開発された JR405E 型自動変速機は、従来機種である JR402E 型自動変速機の基本仕様をベースとし、小型軽量化を実現しつつ、自動変速機の商品力である変速性能を高いレベルで実現させている。本報では、この自動変速機の狙い・特徴などについて紹介する。

2. 主要諸元

主な諸元は、Table 1 諸元比較表の通りである。

Table 1 Comparison of major specification

Item	Specification	
	JR405E	JR402E
Torque capacity	294N·m	294N·m
Revolution capacity	7000rpm	7000rpm
Torque converter	Size	235/250
	Stall torque ratio	2.0
Oil pump	Trochoid gear	Vane
Weight(Dry)	63kg·f	73.6kg·f
Gear ratios	1st gear	2.785
	2nd gear	1.545
	3rd gear	1.000
	4th gear(Overdrive)	0.694
	Reverse	2.272
Clutches & Brakes	LOW / C	FWD / C
	H / C	H / C
	REV / C	REV / C
	2 - 4 / B	2 - 4 / B
	-	FWB / OWC
	LOW / OWC	LOW / OWC

* 第二商品設計部
Proguet Engineering Department No.2

** 第三商品設計部
Proguet Engineering Department No.3

3. 開発の狙い

JR405E 型自動変速機は、開発にあたり次のことを狙いとしている。

(1) 低原価実現のため、小型・軽量化を図る。

- ・フォワードワンウェイクラッチ、オーバークラッチ(OVR / C)の廃止
- ・ハイクラッチ(H / C)、リバースクラッチドラム共有化
- ・クラッチ圧アク્યームレータの廃止
- ・油圧回路の簡素化

(2) 変速性能は、クラストップのシフトクオリティを実現させる。

- ・油圧応答性向上・制御性向上の為、クラッチ圧直接電子制御を採用
- ・変速品質向上の為、2 & 4 ブレーキに多板式機構を採用
- ・遠心油圧排除の為、遠心バランスクラッチ室を採用
- ・変速品質安定化の為、学習制御を採用

4. 基本構造

JR405E 型自動変速機の基本構造は、パワートレイン機構、油圧制御装置、制御装置の3種類に分類される。Fig.1 に基本構成を示す。

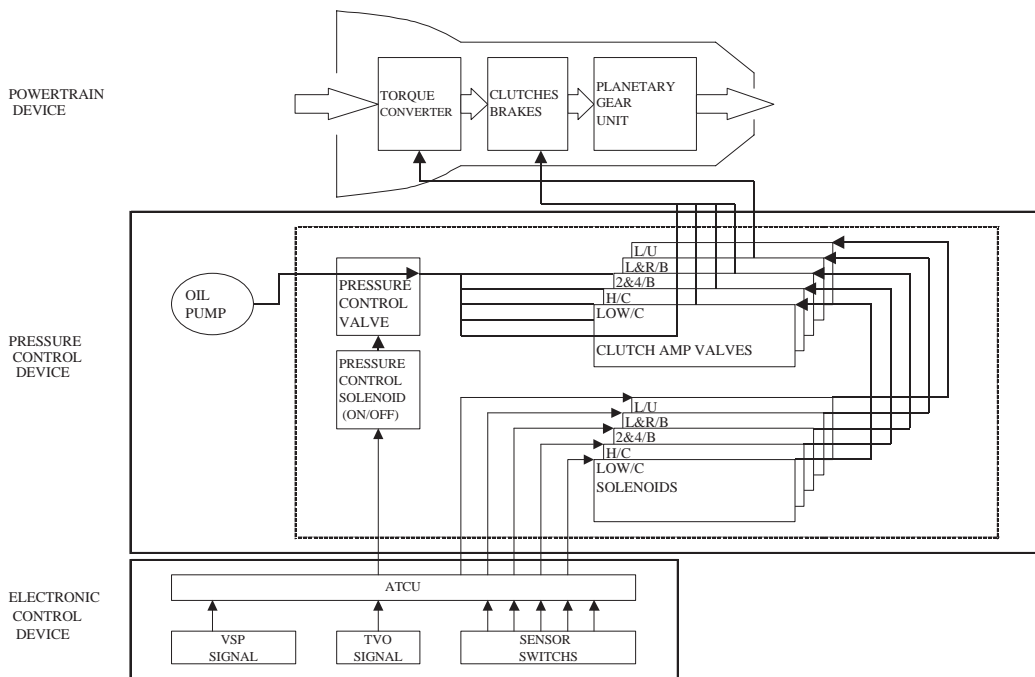


Fig. 1 Basic constitution

(1) パワートレイン機構

エンジンからの駆動力は、トルクコンバータを介してパワートレインに入力され、各クラッチ・ブレーキの締結・解放により最適なギヤ比(駆動力)に変換され、車両駆動系へ伝達される。

本機構は、3組の多板式クラッチ、2組の多板式ブレーキ1組のワンウェイクラッチ及び2組のシングル型 planetary・ギヤユニットから構成される。断面レイアウトを Fig.2 に示す。

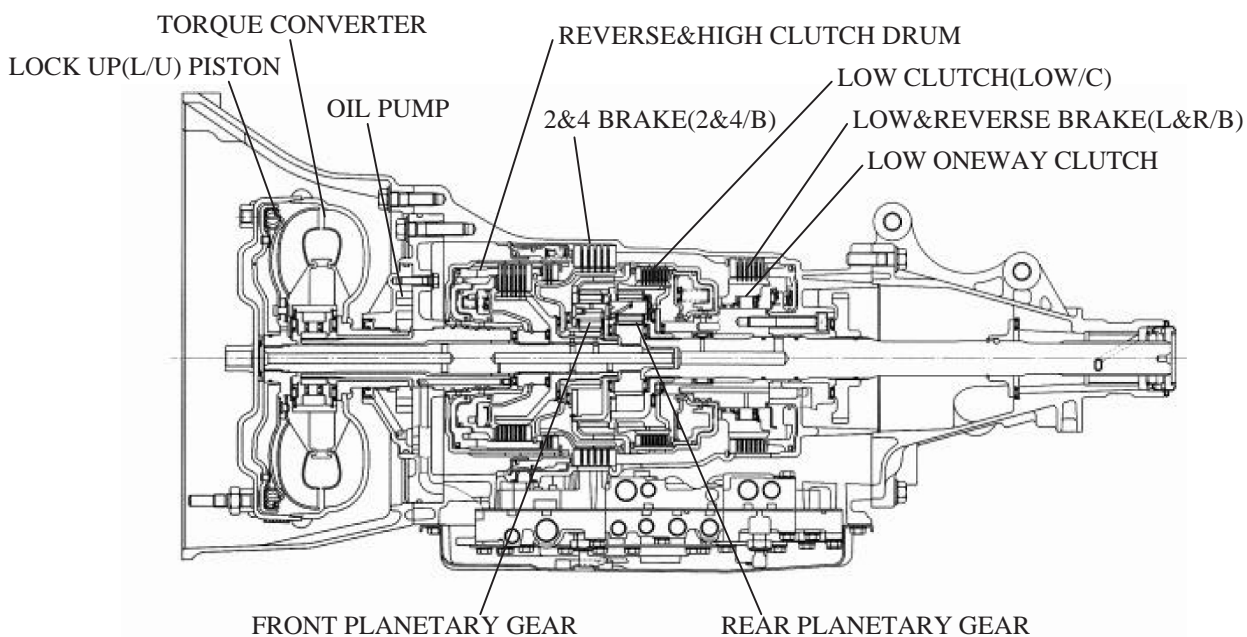


Fig. 2 Section view of JR405E

(2) 油圧制御装置

ATCU からの信号により、各ソレノイドが作動して、直接ライン圧の切り替えクラッチ圧の調圧を行なう。クラッチ圧直接電子制御採用により油圧回路を簡素化すると同時に、機能構成部品点数を削減し、コントロールバルブボディを小型化している。従来機種との油圧制御デバイス比較を Table 2 に記す。

Table 2 Comparison of pressure control device

Item	JR405E	JR402E
Duty solenoid	LOW / C H / C 2&4 / B L&R / B L / U	Line pressure L / U
ON / OFF solenoid	Line pressure	Shift solenoid A Shift solenoid B OVR / C
Pressure SW	H / C 2&4 / B L&R / B	
Accumulator		N - D 1 - 2 2 - 3 3 - 4

(3) 制御装置

各センサ、スイッチからの信号により、車両走行状態にマッチした制御信号を ATCU から各ソレノイドへ出力し、変速経過をコントロールしている。また、エンジンコンピュータとの間では、全二重通信方式のシリアル通信により情報伝送を行っている。

5. 技術的特徴

本自動変速機は最重要課題として、以下 2 項目へ重点的に取り組んでいる。

(1) 小型・軽量化への対応

主変速機として、従来型 JR402E 型自動変速機のパートレイン部品構成を踏襲し、最適クラッチレイアウトによりハイクラッチとリバースクラッチのドラムを共用化した。(Fig.2 の断面レイアウト参照)

また、クラッチ締結圧・解放圧の直接電子制御 (DESC 制御) を採用することで、従来機種で採用していたフォワード・ワンウェイクラッチ、オーバーランクラッチ及び制御性向上の為にアキュムレータを廃止することができた。

また、トランスミッションケースを腹巻き構造とすることにより、従来機種と同等以上の剛性を保ちながらトランスミ

ッションケースの薄肉化を採用することができた。

以上により、ほぼ世界最軽量の FR 車用 AT が実現できた。Fig. 3 に FR 車用重量 / トルク容量相場を表す。

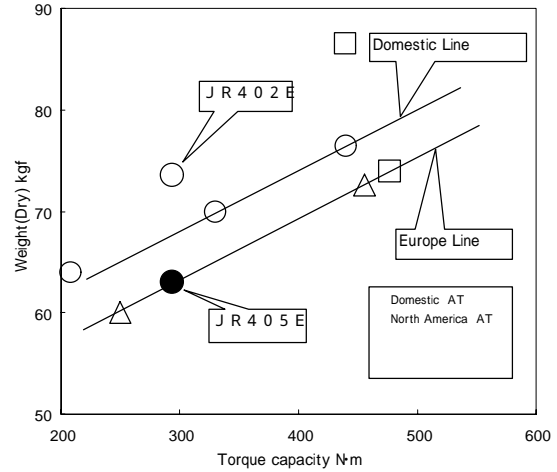


Fig. 3 Weight vs torque

(2) 変速性能向上への対応

クラッチ圧直接電子制御の採用

各ソレノイドを直接電子制御 (Fig.1 参照) することで、クラッチ圧をきめ細かく制御でき、変速制御が意のままにコントロールできるようになっている。システムとしては、ロックアップソレノイドを含む計 5 ヶのデューティソレノイドをコントロールバルブ内に配置し、各変速に関わるクラッチの締結圧・解放圧を独立して調圧できるようにしている。調圧弁に常時調圧する予圧機能を持たせてあるので、クラッチ内に常に作動油を充填してあり、従来機種に比べ変速制御に不可欠な油圧応答性を改善した。

また、フェールセーフ機構としては 2 & 4 ブレーキとローアンドリバースブレーキにインターロックを防止するバルブを設定しており、安全面に配慮している。

2 & 4 ブレーキに多板式機構を採用

従来機種で採用していたハンドブレーキに対し、ATF 低油温時の制御性及び経年変化の影響の少ない多板式ブレーキを採用し、変速制御は、1 項の直接電子制御で行うことでシフトクオリティを向上させている。

遠心バランスクラッチ室の採用

従来機種で採用していたピストン・チェックボールに代えて、遠心油圧を相殺させる新機構を採用しており、クラッチドラム回転時に発生する遠心油圧

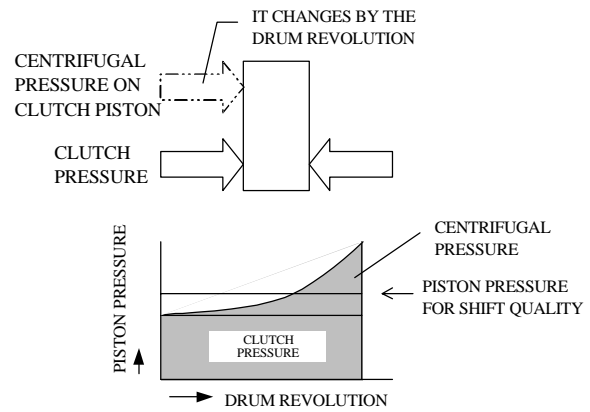
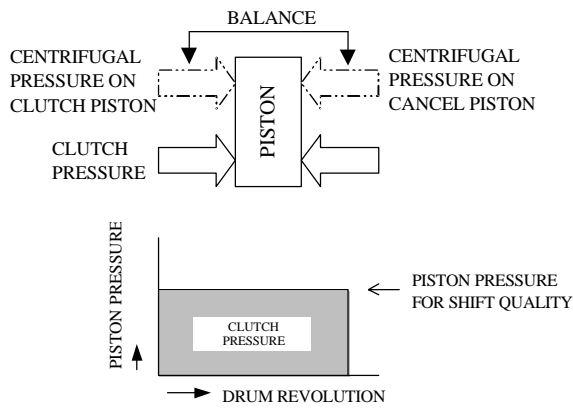
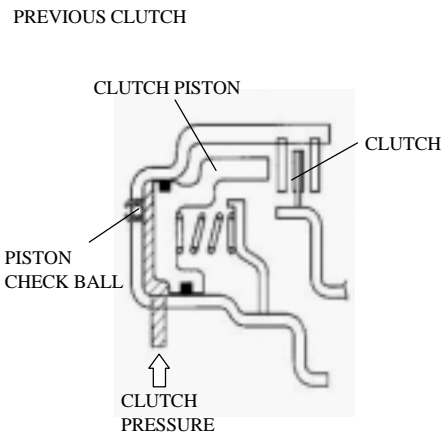
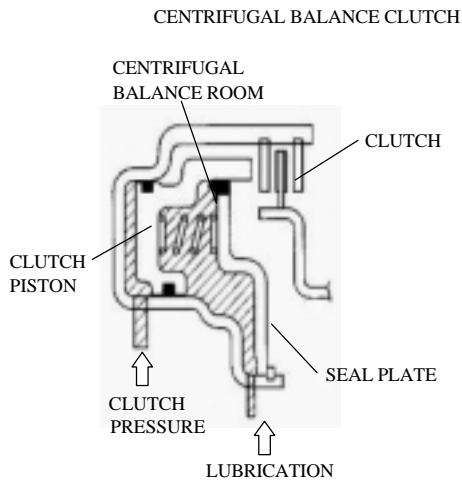


Fig. 4 Model of centrifugal balance clutch room

を打ち消し、クラッチの引きずりを防止及び全回転域で安定したピストン押し力を確保することができる。

Fig.4 に従来のクラッチとの構造差を表す。

学習制御の採用

エンジンの性能変化、自動変速機内の部品バラツキ・経時変化を吸収し、常に安定したシフトクオリティが得られるようクラッチの締結側及び解放側の油圧制御タイミングを最適な状態へ常に補正するようにしている。従来機種に比べホール素子式のタービンセンサ(32パルス/1回転)を採用したことで変速の開始タイミングや終了タイミングを精度よく検出でき、きめ細かく制御することでシフトクオリティを向上させている。

6. 終わりに

今回の自動変速機は、直接電子制御を採用して

おり、シフトクオリティ味付けの潜在能力は高いと確信している。更なる商品力UPのため今後下記課題に取り組んでいく。

- (1) キャリブレーション工数削減の為、シフトクオリティの机上設計の充実
- (2) 直接電子制御システムを有効利用した新制御の商品化

最後に、本自動変速機の開発にご協力頂いた車両メーカーほか社内外関係者の方々には、紙面を借りて厚くお礼申し上げます。



山田 敏治



石川 公洋

FF車用4速AT JF405E-H(FRO)の紹介

Introduction of JF405E-H

田澤 貢*, 渋谷 昌希*

Mitsugi TAZAWA, Masaki SHIBUYA

抄 録 軽自動車専用を開発した従来の JF402E-H は、ギヤトレーン、トルクコンバータ、油圧および電子制御系を進化させ、伝達効率、変速性能を向上させた JF405E-H として生まれ変わった。

JF405E-H は JF402E-H を大きく、重くせずにトルク容量を上げ、小型乗用車にも適用できるように設計されている。さらに、アイドルニュートラル制御、スリップロックアップ制御が可能で、1998 年 10 月に発表されたスズキ株式会社の新規格軽自動車に適用されている。1999 年 6 月には、同社 1L エンジンを搭載した小型乗用車にも適用されている。

Summary JF402E-H for 0.66L mini cars evolves into new JF405E-H. JF405E-H has high efficiency and excellent shift performance by compact gear train, high-performance torque converter, and new hydraulic-electronic controls. Further, the transmission was planned for small-sized cars, and uses a neutral-idle control and slipping torque converter lock-up control. Since October 1998, the transmission has been installed on the 0.66L mini-car produced by Suzuki Motor Corporation. The transmission has also been installed on other 1.0L small-sized cars since June 1999.

1. まえがき

本報では、世界トップレベルの小型・軽量で、小型乗用車にジャストフィットした JF405E-H (FRO) の開発の狙いと採用した技術について紹介する。

2. 開発の狙い

2.1. 小型・軽量化の実現

- (1) 部品点数を削減する。
- (2) 小型なトルクコンバータで高性能を達成する。

2.2. 伝達効率の向上

- (1) 簡素で小型な油圧制御装置を使って、最適な油圧で変速機を制御する。
- (2) さらに、アイドルニュートラル制御とスリップロックアップ制御を可能にする。

3. 構造の主な仕様

Fig.1 に変速機の断面を示す。Table1 に示す通り、変速機の全長は 360mm、センタディスタンス（エンジン - デフ）は 172mm、質量はドライで 45.7kg（ビルトインクーラーを含む）である。入力トルクで 122Nm まで適用できる。

遊星歯車 2 列のギヤトレーンと、6 つの係合要素からなる。アウトプットギヤとアイドルギヤで 1 次減速し、リダクションギヤとファイナルギヤで 2 次減速する。Table 2 にギヤ比を示す。Fig.2 と Table 3 にスケルトンと係合要素の作動を示す。

3.1. 小型・軽量な変速機

小型軽量化の主要アイテムは以下の通り。

- (1) ワンウェイクラッチの少ない1パワートレーンを使って、変速機の全長を短縮した。
- (2) ロッククラッチは遠心キャンセラ機構をもつ。
- (3) フローフォーミングでリバースクラッチのドラムを成形し、インナドラムを削減した。冷間鍛造でハイクラッチハブとキャリアスリーブを一体化している。

3.2. 高性能・小型なトルクコンバータ

流路は直径 186mm で、変速機を軽量化している。

- (1) インペラ、タービン、ステータの翼角の最適な選択、タービンの翼姿勢の最適化、ステータの薄翼化により、ストールの容量係数が $s=11.2(\text{Nm}/\text{rpm}^2)$ で、最高効率 85.4% を達成している。
- (2) 1 段目のねじり剛性が 5.49Nm/deg と、非常に低剛性である。

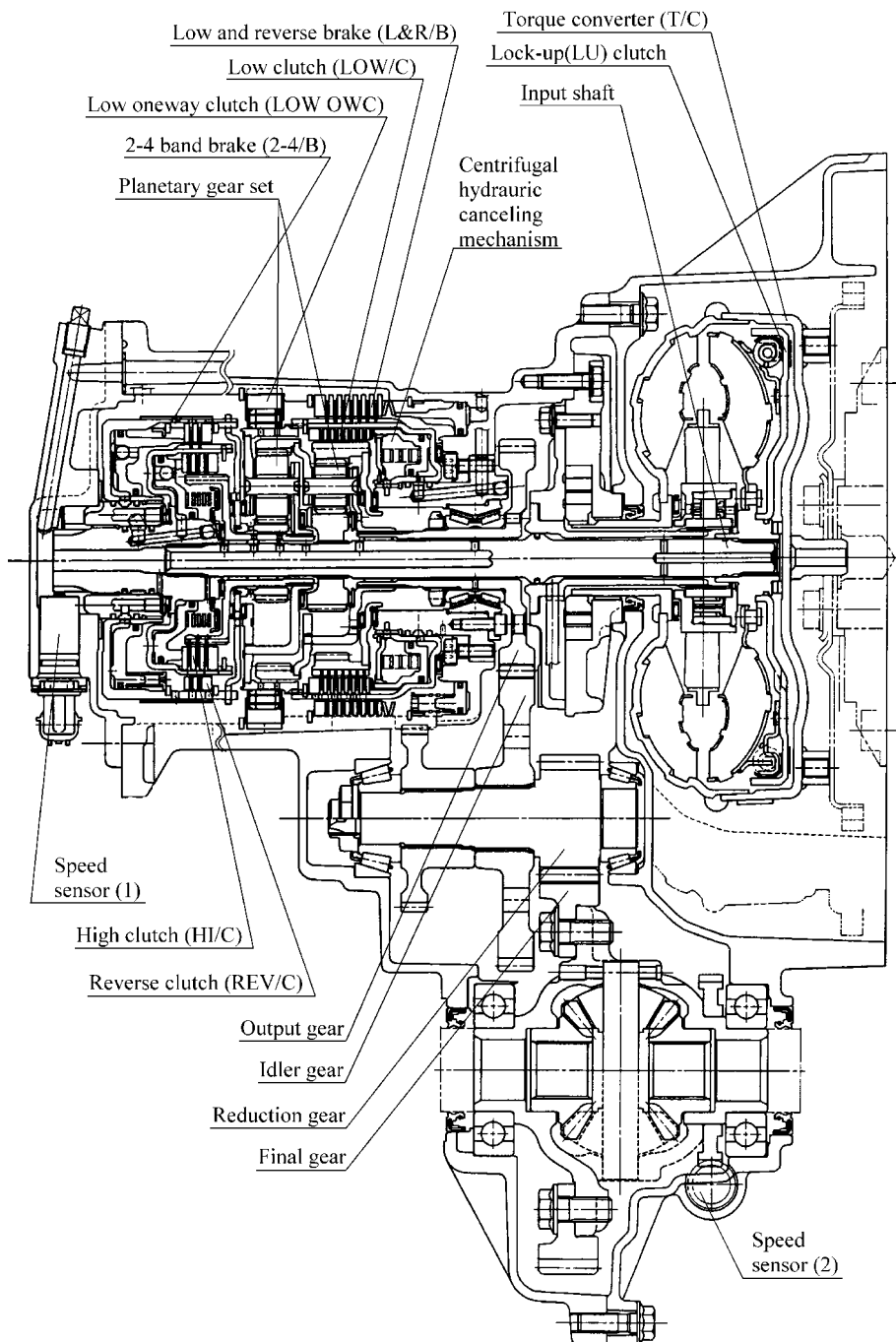


Fig.1 Sectional view of JF405E-H (FRO)

Table 1 Main specification

Over length	360mm
Center distance (Eng-Diff)	172mm
Mass(dry)	45.7kg
Max torque capacity	122Nm

Table 2 Gear ratio

First	2.914
Second	1.525
Third	1.000
Fourth	0.725
Reverse	2.642
Final	4.0-5.8

Table 3 Operations of the interacting elements

Position	REV/C	HI/C	LOW/C	L&R/B	LOW OWC	2-4/B
P						
R						
D	1					
	2					
	3					
	4					
2						
1						

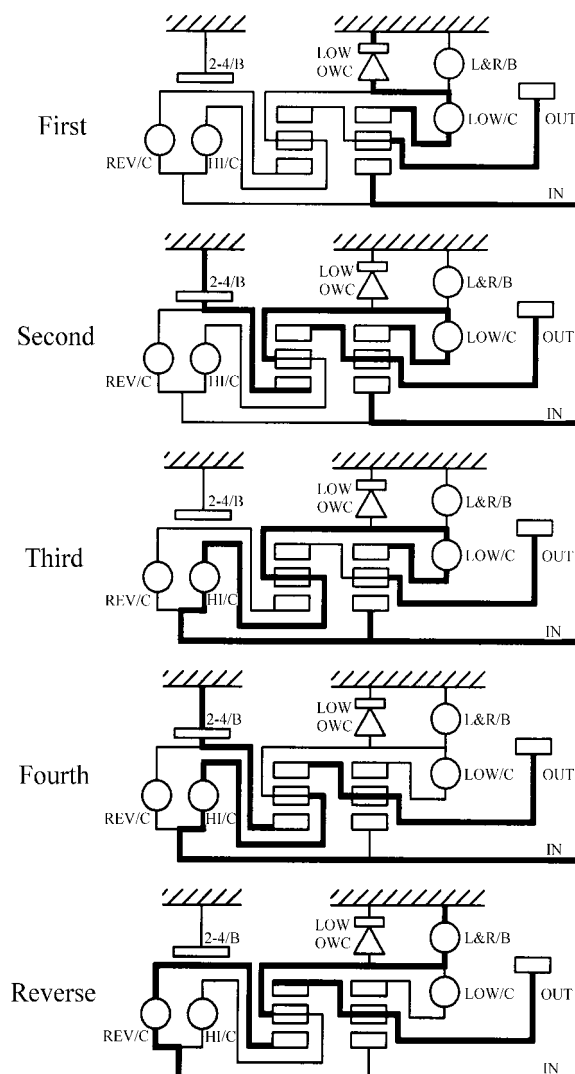


Fig.2 Stick diagram

3.3簡素で小型な油圧制御装置

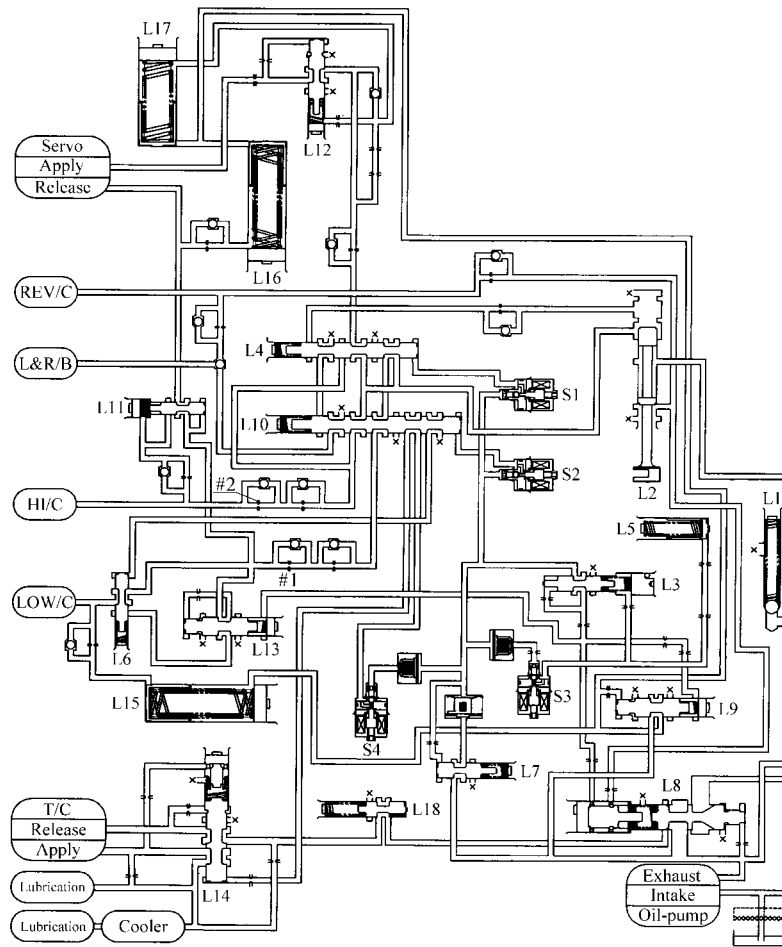
Fig.3 に装置全体の油圧回路を示す。

- (1) 2つのデューティソレノイド弁, 2つの ON/OFF ソレノイド弁, 3つのアキュムレータなどから成る。PL デューティソレノイド弁 (S3) を使ってライン圧を作り, アキュムレータの作る油圧を制御する。LU デューティソレノイド弁 (S4) はロックアップの制御と, アイドルニュートラル制御の作動・非作動の切り替えを制御する。マニュアル弁 (L2), 2つの ON/OFF ソ

レノイド弁 (S1, S2) と, 2つのシフト弁を使って, 前進4段, 後退の切り替えを行う。

- (2) 油圧で切り替わるタイミング弁がひとつある。このタイミング弁を使って, ワンウェイクラッチを削減したパワートレーンにおける変速を制御する。

- (3) 他に, 油温センサをコントロールバルブボディに取り付けて, ATFの温度を検出する。更に, 2つのセンサを変速機のケースに取り付けて, 入力軸とファイナルギヤの回転数を検出して電子制御に使う。



L2	Manual valve	L11	Timing valve	S1	Shift A solenoid valve
L4	Shift A valve	L13	Neutral control valve	S2	Shift B solenoid valve
L6	Neutral shift valve	L14	Lock-up control valve	S3	PL duty solenoid valve
L9	Accumulator control valve	L15	LOW/C accumulator	S4	LU duty solenoid valve
L10	Shift B valve	L16	Servo release accumulator	#1,#2	Orifice

Fig 3. Hydraulic circuits

4. 油圧および電子制御

4.1 変速制御と油圧の最適化

(1) 油圧制御装置に、ロークラッチ圧とハイクラッチ圧のバランスで切り替わるタイミング弁(L11)を追加した。このタイミング弁の作動によって、3-4 変速の時にバンドブレーキのサーボピストンの解放圧の抜けを、ロークラッチ圧の抜けと同期させる。2-3 変速の

時には、ハイクラッチ圧の入り、サーボピストンの解放圧の入りと同期させることができる。共通な回路上に設けたオリフィスでタイミングを制御し、PL デューティソレノイド弁(S3)によるアキュムレータの制御で伝達トルクを調整する。

(2) レンジ別にそれぞれ最適なライン圧を設定した。3 速と 4 速でライン圧を低くして、伝達効率を高めた。

4.2 アイドルニュートラル制御

Dレンジに選択したままアクセルを放して、ブレーキを踏んでいる時にロークラッチをスリップ状態にする。ロークラッチのトルク伝達が減少するので、登り坂でブレーキを放すと、車が後退しやすくなる。ニュートラル制御に入っている時、バンドブレーキを締結して、2列目の遊星サンギヤの回転を固定することで、登り坂での車の後退を防止できる。

(1) ロークラッチの制御

ニュートラル制御に入る条件を満足していることをコンピュータが判断すると、Fig.3の油圧回路図におけるLUデューティソレノイド弁(S4)を作動させて、ニュートラル制御に入れる。ロークラッチへの油圧回路は、ニュートラルシフト弁(L6)の前で分岐している。LUデューティソレノイド弁(S4)を作動させると、ニュートラルシフト弁が動き、ニュートラルコントロール弁でロークラッチ圧を制御できるようになる。ニュートラルコントロール弁は、PLデューティソレノイド弁(S3)で制御できる。エンジン回転数と入力回転数を検知して、その回転数の差が目標回転数になるように、PLデューティソレノイド弁(S3)のデューティ値をフィードバック制御する。Fig.4にアイドルニュートラル制御のシステムを示す。

ブレーキを放す、又はアクセルを踏んで、ニュートラル制御を許可する条件を満足しなくなった時に、スリップ状態にあるロークラッチを再び完全締結に戻す。ロークラッ

チアキュムレータを使って、ロークラッチが再締結するときのショックを小さくする。ロークラッチアキュムレータ(L15)は、NレンジからDレンジに選択した時にアキュムコントロール弁に制御されて作動し、ニュートラル制御に入る前はバネが縮んだ状態に固定されている。アキュムコントロール弁(L9)とニュートラルコントロール弁(L13)は、完全に同じ特性を持つので、ニュートラル制御に入ると、1度作動したピストンが再びバネが伸びている状態にまで自動的に戻る。LUデューティソレノイド弁(S4)を非作動にして、ニュートラルシフト弁を戻すと、N-D選択の時と同じようにアキュムレータを使って、ロークラッチをなめらかに締結することができる。

(2) ヒルホールドのためのバンドブレーキの制御

バンドブレーキの締結圧も、PLデューティソレノイド弁(S3)によって、ロークラッチ圧と共通に制御される。但し、ロークラッチ圧と異なり、ニュートラルコントロール弁で減圧されないため、十分なトルク容量を確保できる。

ニュートラル制御から戻る時には、1-2アキュムレータが戻って、バンドブレーキをなめらかに解放する。

4.3 スリップロックアップ制御

ロックアップコントロール弁(L14)を使って、トルクコンバータの中にあるロックアップクラッチの締結圧と解放圧の差圧を調整して、ロックアップクラッチをスリップ状態に制御する。ロックアップコントロール弁は、LUデューティ

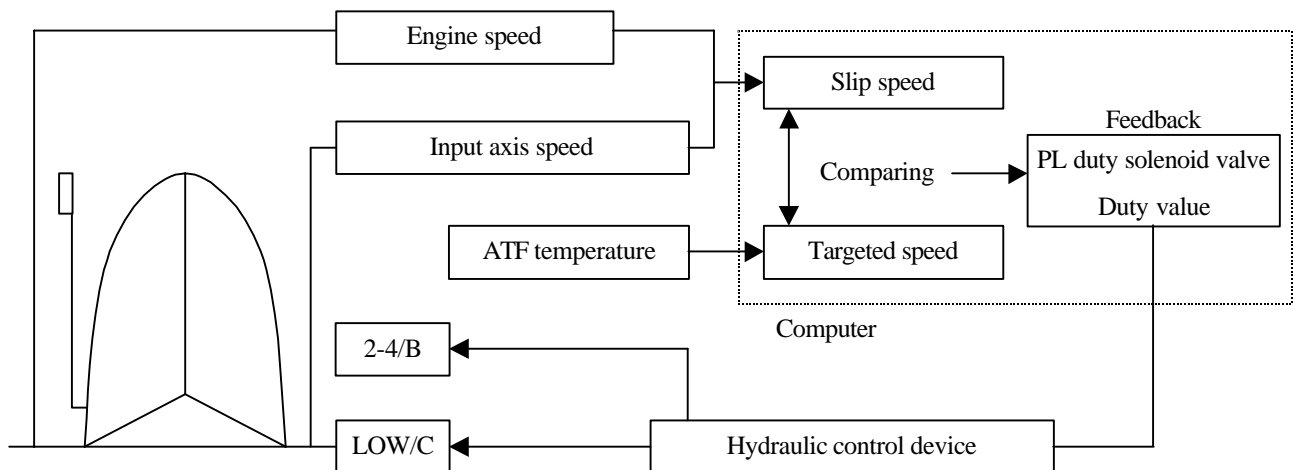


Fig 4. Neutral-idle control system

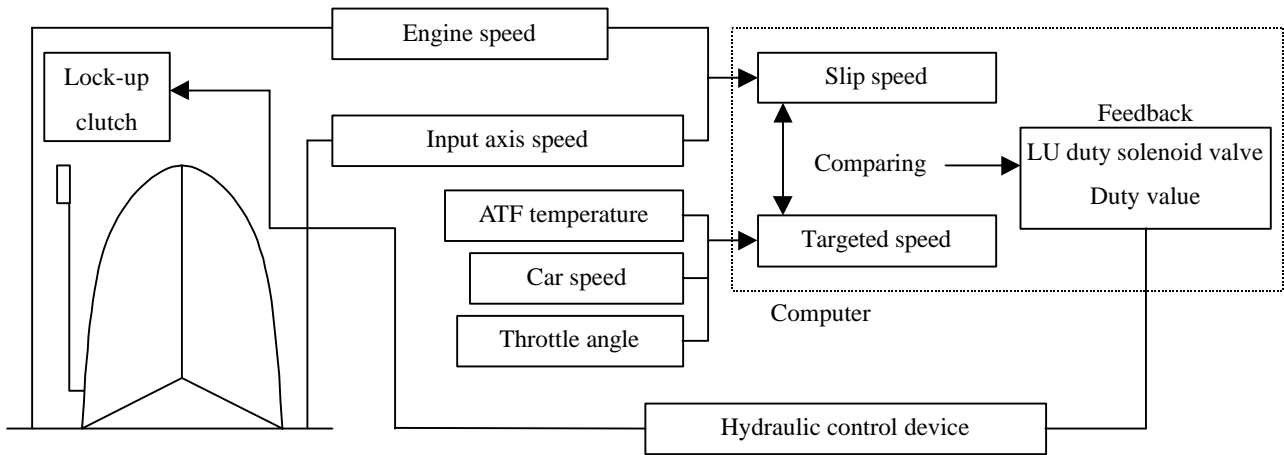


Fig 5. Slipping torque converter lock-up control system

ソレノイド弁 (S4) で制御できる。エンジン回転数と入力軸回転数を検出して、その回転数の差が目標回転数になるように、LU デューティソレノイド弁 (S3) のデューティ値をフィードバック制御する。Fig.5 にスリップロックアップ制御のシステムを示す。

LU デューティソレノイド弁 (S3) の出力圧回路は、シフト B 弁によって、ロックアップコントロール弁 (L14) とニュートラルシフト弁 (L6) への回路に切り換えができる。シフト B 弁は 3 速と 4 速でバネが伸びた状態にあり、1 速と 2 速でバネが縮んだ状態まで動いている。ひとつのソレノイドで、3 速と 4 速でロックアップ制御が、1 速と 2 速でアイドルニュートラル制御ができる。

5. 車両適用と強化型の開発

- (1) JF405E-H は 1998 年 10 月からスズキ株式会社の新規格軽自動車に適用されていて、軽自動車では初めて、アイドルニュートラル制御とスリップロックアップ制御を採用した。さらに 1999 年 6 月からは 1L エンジンを搭載したワゴン R プラスにも拡大適用された。ワゴン R プラスでは、3 速と 4 速の完全ロックアップ制御をしていて、アイドルニュートラル制御とスリップロックアップ制御は採用していない。
- (2) 1.5L クラスのエンジンにも適用ができるように、JF405E-H の強化型の検討を始めている。

6. まとめ

- (1) 世界トップレベルの小型・軽量で、小型乗用車にジ

ャストフィットした FF4 速自動変速機を開発することができた。

- (a) 遠心キャンセラ機構をもつロークラッチと油圧タイミング弁を使ってワンウェイクラッチを削減し、変速機の全長を短縮した。
 - (b) さらに、フローフォーミングと冷間鍛造技術を使って、パワートレーンの部品点数を削減した。
 - (c) 小型なトルクコンバータで高性能を達成することによって、変速機を軽量化した。
- (2) ひとつのデューティソレノイド弁 (S4) と 3 本のバルブスプール (L6, L13, L14) の追加だけで、アイドルニュートラル制御とスリップロックアップ制御ができる、簡素で小型な油圧制御装置を開発することができた。
- (3) この新しい変速機を 1998 年 10 月から生産している。現在、強化型の変速機も検討中である。

謝辞

本開発にあたりご協力を頂いた日産自動車株式会社、スズキ株式会社の方々に深く感謝の意を表します。



田澤 貢



渋谷 昌希

FF 車用 4 速 AT JF404E-W(FDO)マイナーチェンジ仕様の紹介

Introduction of JF404E-W(FDO)minor change specification

佐野 圭一郎

Keiichiro SAN0

抄 録 近年, 上級車に限らずユーザの要求として自動変速機(以下 AT と略す)の新機能(制御)が重要視されている。

このたび, JF404E-W 型(FDO) Fig.1, Table 1)のマイナーチェンジで新機能を可能にしたので, 本報にてその対応策について紹介する。

Summary Recently it is important that automatic transmission have the new function not only a high-class car.

I introduce the way to add the new function for JE404E-W(FDO) Fig.1, Table 1)minor change.

1. 新機能概要

今回のマイナーチェンジで可能にした新機能の概要を以下に紹介する。

1.1. アイドルニュートラル制御 (以下 N 制御と略す)

D レンジで車両停止時に, AT 内をニュートラル状態にすることにより, アイドル振動の低減及び, 燃費の向上を狙うことができる。

1.2. マニュアル変速制御

ドライバーからの変速命令に従い, 適切なギア段を選択可能にする。

また, 1 速走行時のエンジンブレーキ(以下 1 速エンブレと略す)を可能にする。

Table 1 Specification of JF404E-W

Max. input torque	150Nm	
Max. input speed	7,000rpm	
Max. vehicle weight (G.V.W)	1,550kg	
Control system	Electronic	
Torque converter	215mm dia.	
Gear ratio	1st	2.875
	2nd	1.512
	3rd	1.000
	4th	0.726
	Rev.	2.656
Final drive gear ratio	3.47 ~ 4.38	
No. of select positions	7(P,R,N,D,3,2,1)	
Dry weight	60kg	

1.3. スリップロックアップ制御

今までの完全ロックアップ領域より先低い車速でスリップロックアップさせることにより, 燃費の向上を狙うことができる。

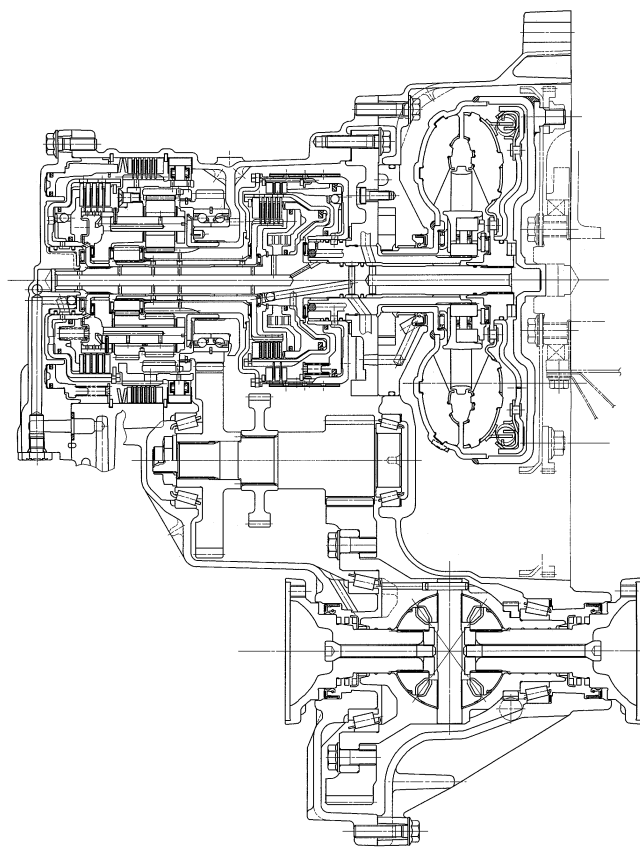


Fig.1 Cross-sectional view of JF404E-W

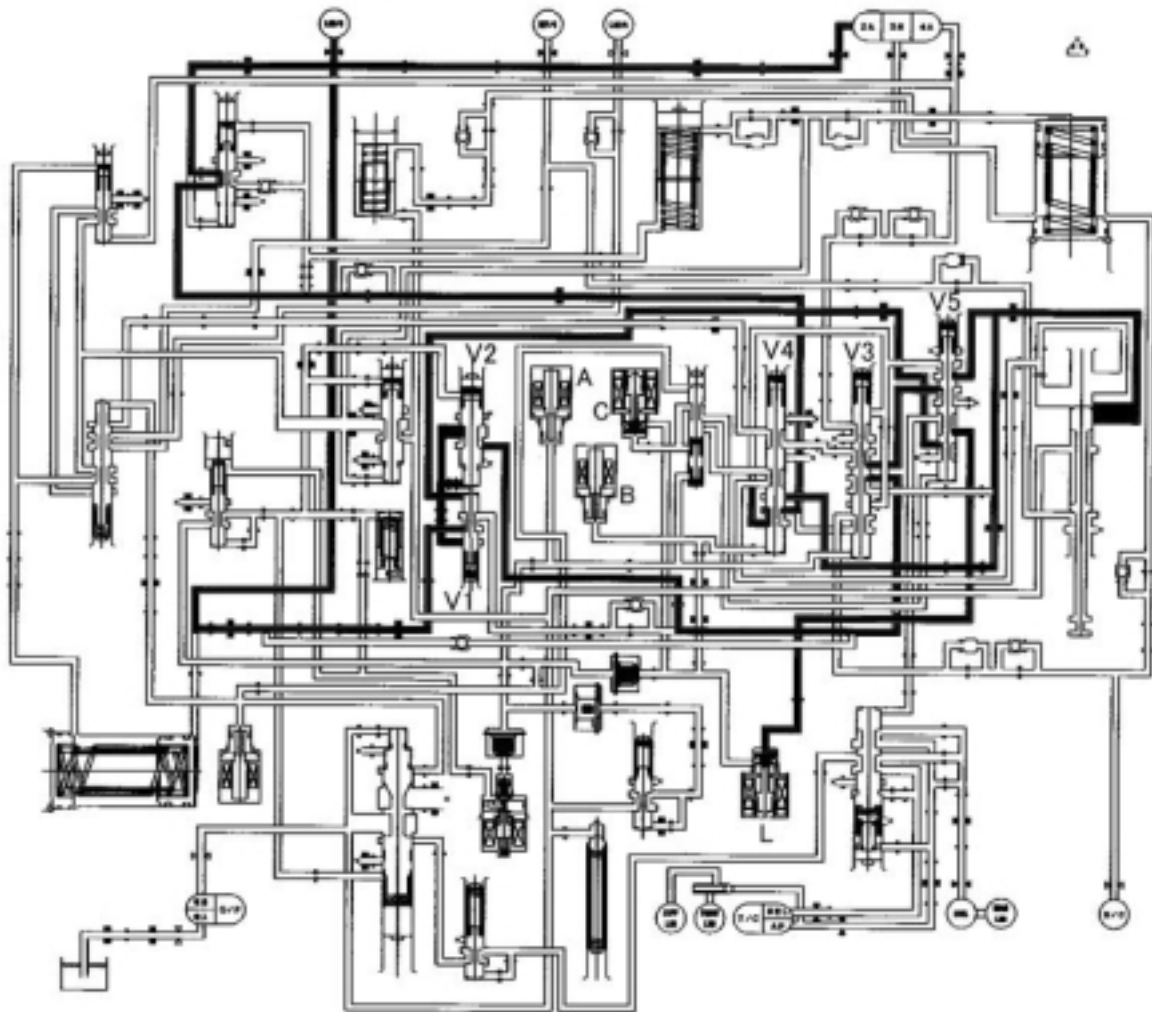


Fig.2 Oil circuit in neutral control

1.4. フェール時 1 レンジ 1 速制御

AT コントロールユニットがフェール時、今まではどのレンジでもギア段は 3 速に固定されていたが、ドライバーが 1 レンジを選択することにより、1 速での走行を可能にする。

これにより、フェールの状態でも発進時の加速性が確保できる。

2. 新機能への対応策

前述の新機能を可能にするための対応策について以下に紹介する。

2.1. N 制御

車両停止時に AT 内をニュートラル状態にするには、LOW クラッチ圧を減圧して、AT の伝達トルクをゼロにする必要がある。

そのために、コントロールバルブハード側では Fig.2 に示すように、N 制御用の DUTY ソレノイド (L) とシフト弁 (V1)、さらに、LOW クラッチ圧の減圧のための調

圧弁 (V2) を設定した。

ソフト側では毎回スムーズにトルクの解放と伝達ができるように、Fig.3 のような LOW クラッチ圧を過渡的にコントロール可能なロジックを追加した。

これにより、N 制御開始と終了時に感じるショックの緩和を狙っている。

また、上り坂などでの車両後退を防止するため、N 制御中にブレーキバンドを締結させるヒルホールド機能を持たせている。

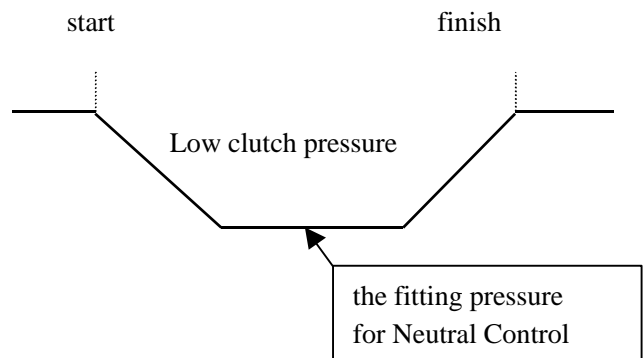


Fig.3 The control of low clutch pressure

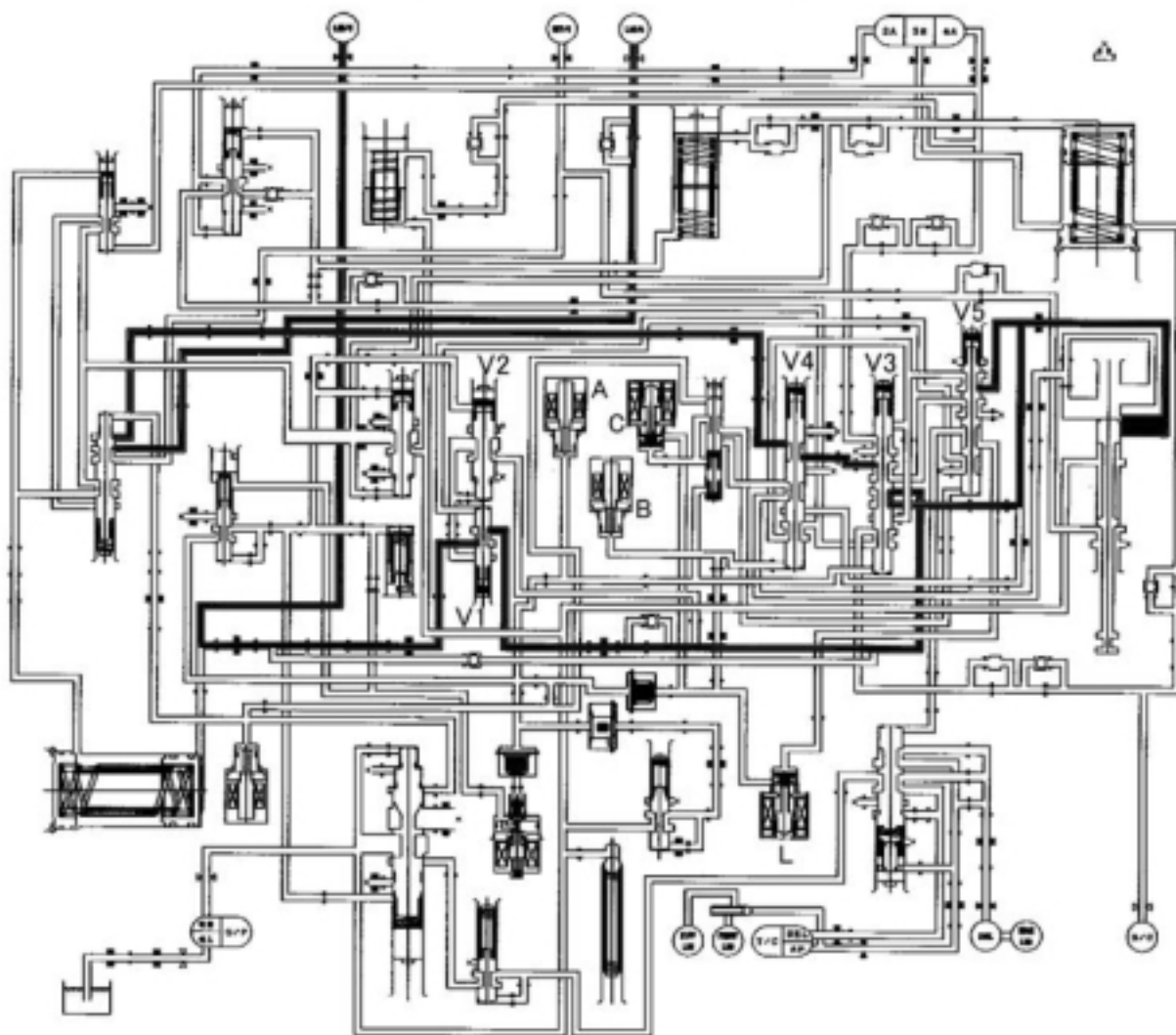


Fig. 4 Oil circuit at 1st engine brake in D range

2.2. マニュアル制御

マニュアル変速対応のため、コントロールバルブハードでは Fig.4 に示すように、シフト弁 3 本 (V3, V4, V5) とシフトソレノイド 3 個 (A, B, C) を設定し、Table 2 のような、これらの組み合わせにより、1 速、2 速、3 速、4 速、1 速エンブレを切り替えられるようにした。

これにより、AT コントロールユニットからの指示に従い、1st エンブレを含む全ての変速に対応可能となった。

ただし、各ギア段が車速とスロットルの全領域で対応可能ではないため、ソフト側ではエンジンが過回転となる領域や、クラッチ類のトルク容量が不足する領域にはエンジンとクラッチ類を保護するためのロジックを追加した。

Table 2 the combination of SOLENOID in each gear

GEAR	SOLENOID A	SOLENOID B	SOLENOID C
1 st	ON	OFF	ON
2 nd	ON	ON	ON
3 rd	OFF	ON	OFF
4 th	ON	ON	OFF
1st engine brake	OFF	OFF	ON

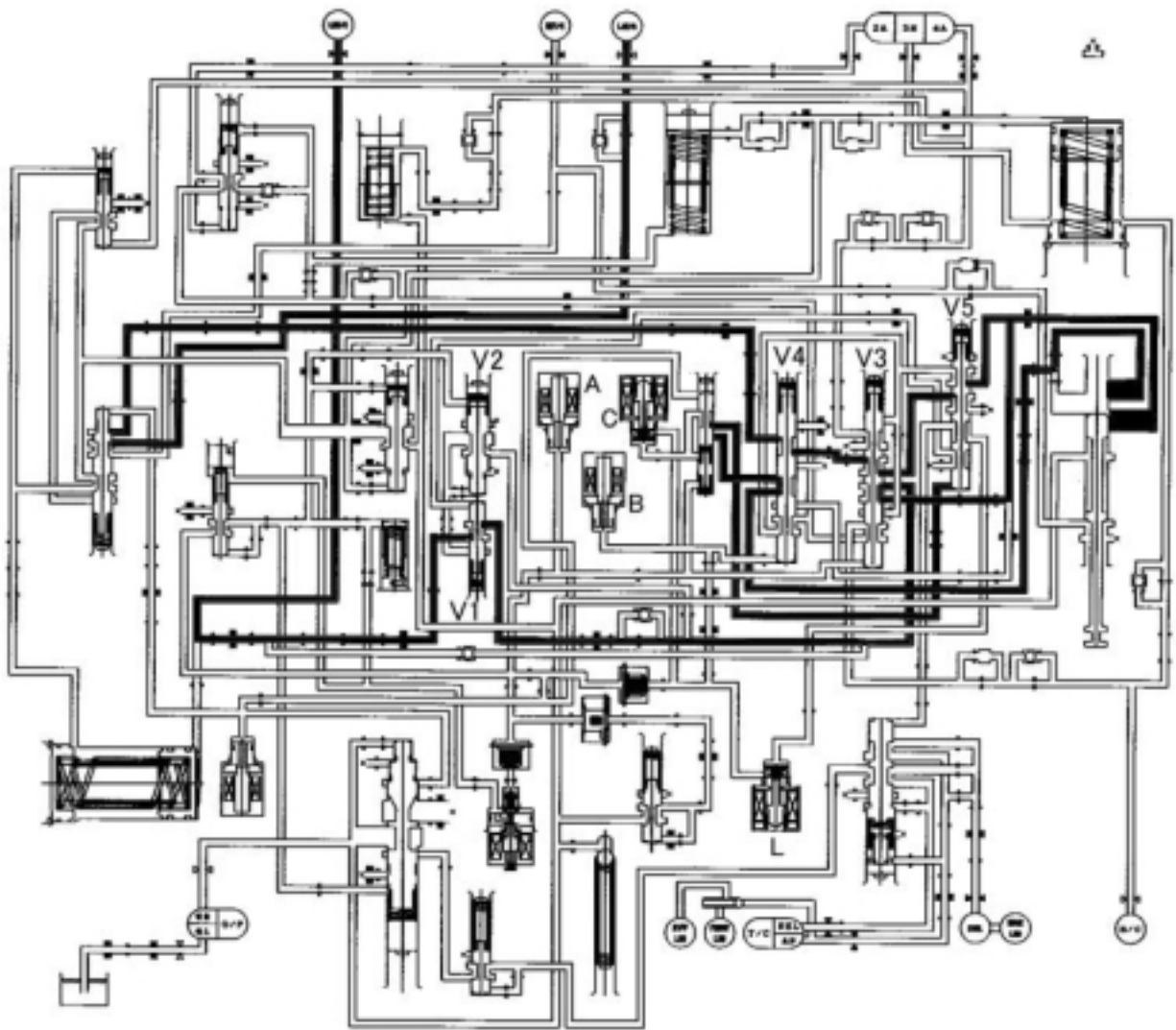


Fig.5 Oil circuit in 1st gear control in 1 range at transmission control unit failure

2.3. スリップロックアップ制御

スリップロックアップに対応するため、コントロールバルブでは、ロックアップコントロール弁をトルコンアプライ圧とトルコンリリース圧の差圧調圧方式にすることにより、ロックアップ状態をコントロールできるようにした。

ロックアップの油圧特性については、ロックアップ容量の確保とストール時の引きずり余裕を考慮して決めている。

2.4. フェール時 1 レンジ 1 速制御

AT コントロールユニットがフェール時の 1 レンジ 1 速に対応するため、コントロールバルブハードは Fig.4

に示すように、シフト弁 3 本 (V3, V4, V5) とシフトソレノイド 3 個 (A, B, C) とフェールセーフ弁を設定し、これらの組み合わせで、ソレノイドが全て OFF の時に 1 レンジ圧を使って、1 速エンブレ状態を作れる回路とした。

また、AT コントロールユニットが正常時には、エンジンの過回転を防止するため、1 レンジでも、全ギア段に対応できるように考慮している。

3. まとめ

最近、特に燃費と運転性についてのトレンドはます

ます上がってきており、前述の N 制御，マニュアル変速制御，スリップロックアップ制御は AT にとって必要不可欠のデバイスとなってきた。

このような状況の中で、性能，耐久性を犠牲にすることなく、さらに、コントロールバルブの小型化および、

コスト低減を考慮しながら、今回の新機能を追加できたことは、JF404E-W 型(FDO)AT の商品力をかなり向上できたと思っている。

最後に、新機能の開発に際し、協力していただいた関係各位に感謝の意を表します。

著 者



佐野 圭一郎

FF 車用スチールベルト式 CVT CK2 の紹介

Introduction of a Steel Belt CVT for Medium-Size Front-Wheel Drive Vehicles

藤川 匡*

Tadashi FUJIKAWA

室岡 実*

Minoru MUROOKA

抄 録 「中型 FF 車用スチールベルト式 CVT」(以下中型 FF 車用 CVT)は、高トルクを伝達するための高強度スチールベルトの採用と高油圧制御システムの開発により、世界で初めて 2L クラス車への適用を可能にしたトルクコンバータ付き大容量ベルト CVT である。

本 CVT は、低速ロックアップ付きトルクコンバータの採用及びフル電子制御化により、「環境に優しく」、「快適で力強い走り」の両立を実現した。

また、手動変速走行による運転の楽しさを演出する、6 速マニュアルモード機能も選択可能とすることにより、CVT の魅力を引き出した。

Summary Steel belt CVT(Continuously Variable Transmission) for Medium-Size Front-Wheel Drive Vehicles (hereafter "CVT") is a great capacity belt-CVT with a torque converter. It was installed on 2L-class vehicles for the first time in the world because of the adoption of a high intensity steel belt and development of a hydraulic control system. This CVT considers both "environmental concerns" and "smooth and powerful driving" by adoption of the torque converter having low speed lockup and full electronic control. And the " CVT" has added 6-speed manual shift mode, it promotes driving pleasure by 6-speed manual shift mode.

1. はじめに

最近、地球環境保護からの要求である燃費低減と、車に常に要求されている走りの向上を両立できる技術として、CVT が注目されている。

そこで、今回の CVT は世界初の新技术を織り込み中型 FF 乗用車に搭載した。

その世界初とは下記の 3 点である。

2L クラス車への適用を可能にした高トルク伝達技術の開発。

低速ロックアップ付きトルクコンバータの採用。

自動エンジンブレーキ制御の設定。

現在、日産プリメーラワゴンをはじめ 10 車種に搭載、更に 4WD 車への搭載も加わり好評を得ている。

2. 開発の狙い

動力性能・運転性・燃費向上を狙いに、従来の CVT に対して、下記の 4 項目について大幅に改良した。

(1)高トルク伝達技術の開発により、2L クラス車への適用を可能にした。

(2)低速ロックアップ付きトルクコンバータの採用により、発進加速性能を向上し、前進・後進におけるアイドル時の「適正なクリーブ力」を設定した。

(3)フル電子制御化により、運転条件に応じた最適な

走りを可能にし、きめ細かな運転性及び燃費向上を図った。

(4)6 速マニュアルモード機能を設定することにより、手動変速走行による運転の楽しさを実現した。

3. 構造と特徴

3.1. システム構造

4WD 車への適用を含め 2L クラス車への適用を可能にした。変速比幅も従来の AT より約 30% 拡大し 5 以上を達成できた。これにより、一般走行に用いられる変速比を High 側に設定できるので、燃費向上に貢献している。(Table 1 参照)

基本構造は、発進要素(トルクコンバータ)、前後進切り換え機構、変速機構(ベルト&プーリ)、油圧系・制御系、ファイナル系の五つの部位から構成されている。

パッケージングは、ユニット内の基本構造配置を従来 AT と同等とし、変速機構部をベルト&プーリ機構に変えること、その際入出力軸に対し、プーリの配置を工夫することにより、従来の 2L クラス AT と同様のサイズ(入力軸センター~デフ軸間及び全長)を実現させた。

変速メカニズムは従来の CVT と同様に、溝巾を軸方向に自由に变化できる一對のプーリとスチールベルトに

* 商品開発本部

Product Development Division

より構成されている。

エンジンからの入力トルクは、トルクコンバータ オイルポンプ 前後進切り換え機構 プライマリプーリー スチールベルト セカンダリプーリー ファイナル系 前輪へと伝達される。(Fig.1 参照)

Table 1 Technical Specification

Capacity	Torque Capacity (Nm)	180
	Max. Engine Speed (rpm)	6400 (Over)
Specification	Torque Ratio	1.86, 2.09
	Variator Ratio	5.36
	Pulley Ratio	2.326 ~ 0.434
	Final Ratio	5.473, 5.743
	Fwd/Rev Ratio	1.00/0.683
	Manual Mode	Available
Package	Total Length (mm)	396, 401
	ENG ~ DIFF Center Distance (mm)	186
	4WD Application	Available

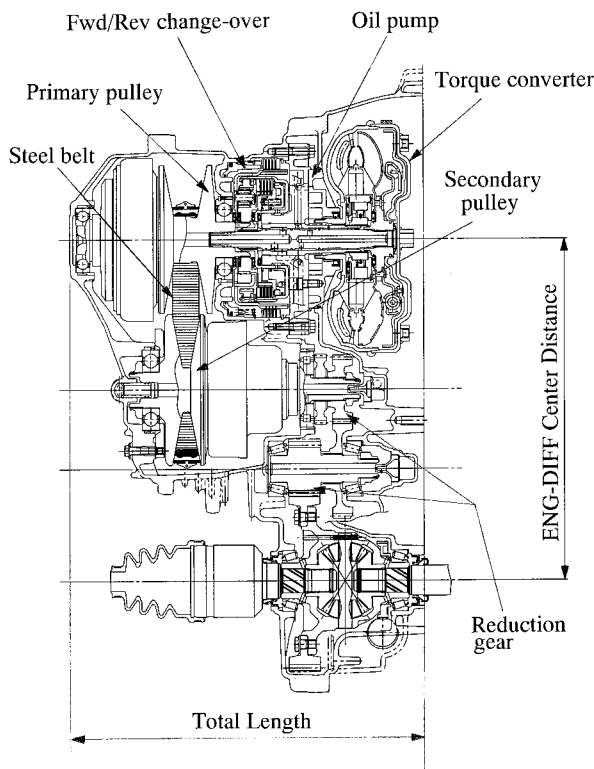


Fig.1 Main cross section

3.2. 高トルク伝達技術

高トルクを伝達するには、プーリーでスチールベルトを挟みこむ力を高くする高油圧制御システムと高トルクを伝えられる高強度スチールベルトが必要となる。

(1) 高油圧制御システム

高油圧を発生するオイルポンプと油圧制御システムを開発した。

オイルポンプは、「流量制御弁付きオイルポンプ」を採用することにより、低回転から高回転まで効率よく最適な油圧と油量を確保できるようにした。また、プーリー、前後進クラッチ及びブロックアップを制御するそれぞれの油圧を段階的に三つの系に分けた制御システムを開発し、高油圧でありながら高い信頼性を確保した。

(2) 高強度スチールベルト

スチールベルトは、圧縮により動力伝達を行う約 400 個のスチールのエレメントと、それに必要な摩擦力を維持する 9 枚重ねのスチールリング 2 本で構成されるファンダーネ社開発のスチールベルトを採用した。

新採用の高強度スチールベルトは、ベルト幅を従来の CVT の 24 mm から 30 mm に拡大し、リングの断面積を大きくして強度耐久性の向上を実現した。(Fig. 2 参照)

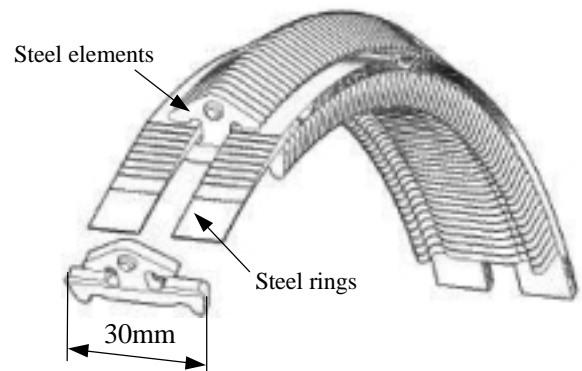


Fig.2 Structure of steel belt

(3) ベルト CVT 用オイル

スチールベルトの安定した高トルク伝達を得るために、新しいオイルを開発した。このオイル中の添加剤の働きにより、高摩擦係数が確保でき、かつスチールベルト及びプーリー面の摩擦も抑制できる。

3.3. 低速ロックアップ付きトルクコンバータ

発進加速性能及びアイドル時のクリープ力設定のために、今回世界で初めて CVT にトルクコンバータを採用した。また、トルクコンバータのロックアップを低車速から行うことにより、大幅に燃費を改善した。

(1) 発進加速性能

従来の CVT では、トルク増大作用のない電磁クラッチ等の発進要素を採用しているため、発進時の力強さに欠けるところがあったが、今回トルクコンバータの採用により、そのトルク増大作用によって発進性能を大幅に向上させた。

これにより、発進時の車両前後加速度 [G] が従来 AT と同様に高くなり、時間の経過による [G] の落ち込みが AT に対し少なく、力強い加速が維持できる。(Fig . 3 参照)

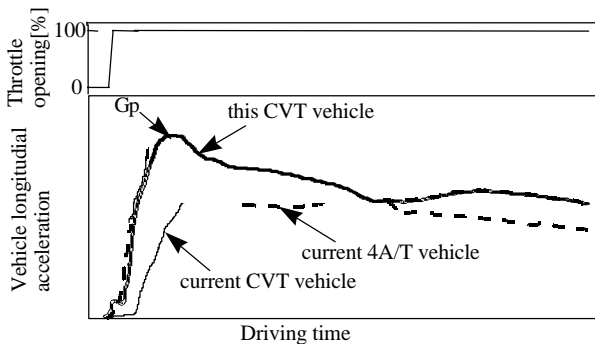


Fig.3 Starting performance of this CVT with torque converter

(2) クリープ力

トルクコンバータのクリープ力により、従来の CVT が苦手としていた坂道発進や車庫入れ時の運転性を向上させた。

(3) 低速ロックアップ

CVT は変速比を連続的に変えられるため、従来の AT とは異なり、ロックアップ状態での変速ができるので、低車速からのロックアップが可能であること、及び耐久性に優れたロックアップフェーシング材の採用(耐力 2 倍以上向上)により、ロックアップ車速を従来 AT の 50 km / h から 20 km / h に低車速化し、大幅な燃費向上とダイレクト感のある走りを実現した。

3.4. フル電子制御技術

「中型 FF 車用 CVT」は、変速・ライン圧・ロックアップの各制御を全て電子制御化することにより、運転条件に応じた最適な走り、燃費、運転性の向上を実現した。フィードバック制御による精度の良い変速制御ができるようになり、きめ細かい変速スケジュールの設定が可能となった。

燃費を重視したい運転条件では、燃料消費率が最適となる変速スケジュールを設定した。また、エンジンからの入力トルクに応じ、プーリがベルトを挟む力を常に最

適にコントロールすることで、ベルトの伝達効率を高め燃費を向上させた。

4. 性能

(1) 動力性能

動力性能としては、一般的によく行われる走行シーンの一つとして、中車速からのアクセル中開度での加速シーンが考えられるが、この場合における時間内の平均加速度を代表特性として比較を行った結果、従来 AT に対し約 30% CVT の方が優れていることがわかる。(Fig . 4 参照)

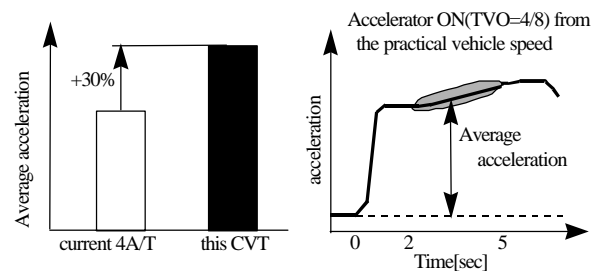


Fig.4 Acceleration performance from 60km/h

(2) 燃費性能

燃費については、本 CVT 搭載車ではトルクコンバータ付で、かつ大容量（高油圧）でありながら、ロックアップ車速の大幅な低速化や入力トルクに応じたライン圧の最適化を行っているため、従来 AT 車に対し、10-15 モード燃費で約 20% の向上を実現した。(Fig . 5 参照)

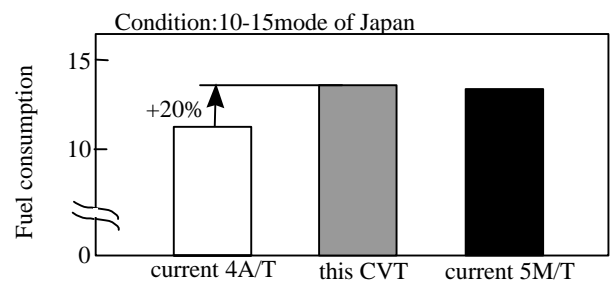


Fig.5 Fuel consumption

(3) 運転性

従来 AT では緩加速時に、アップシフトの度に変速ショックが発生しているが、CVT の場合は、変速ショックが無く、滑らかであることがわかる。(Fig . 6 参照)

スポーティドライブ「Sレンジ」の設定

エンジン回転の高回転域を使用することで、アクセル ON-OFF 時に加減速度がドライバーにダイレクトに伝わるため、山岳路等でスポーティ走行を可能にした。

ドライブ感覚を高めるため、新制御としてアクセルの

踏み込み速さに応じて、パワフルな加速とスムーズな加速が得られる、加速意図検知制御及び下り坂等で、坂の程度に合わせ最適なブレーキ力が得られる、世界初の自動エンジンブレーキ制御の設定を行い、運転者の意図に応じた運転性を実現した。

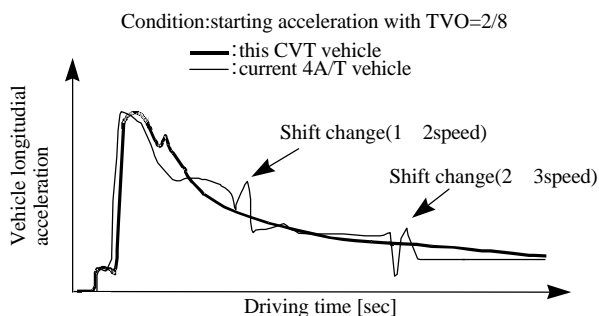


Fig.6 Driving performance

(4) 6速マニュアルモード

CVTの自動無段変速によるスムーズな走りに加え、手動によりシケンシャルに固定変速比が選べる6速マニュアルモード機能を加え、アクセルを踏んだままシフト操作を可能にしたことで、プロのドライバー並みのレスポンスで運転する楽しさを実現した。また、CVTの変速比を自由に設定できる特徴を活かし、スポーティなドライビングにおいて、マニュアルモードの楽しさが際立つような変速比設定とすることで、山岳路等で思い通りのドライビングが楽しめるようにした。

5.まとめ

(1)本 CVT により、2L クラス車へのトルク伝達技術の適用が可能となったことで、CVT の更なる高トルク伝達技術開発の可能性が出てきた。

(2)フル電子制御技術により、燃費向上及び多段マニュアルモードの設定など、CVT の魅力を大幅に引き出すことができた。

6.あしがき

以上、「中型 FF 車用スチールベルト式 CVT」について紹介してきた。

CVT は非常に高いポテンシャルを持った自動変速機である。今後、このポテンシャルを生かし、本 CVT で培ってきた技術をさらに発展させ、お客様に一層ご満足頂ける製品をタイムリーに提供できるよう努めていきたい。

著者



藤川 匡



室岡 実

FR車用トロイダルCVT JR006E(RUO)の紹介

Introduction of " JR006E " Toroidal CVT(RUO)

川口 明生*

Akio KWAGUCHI

丸山 昇*

Noboru MARUYAMA

竹内 徹*

Tohru TAKEUCHI

横山 昇**

Noboru YOKOYAMA

抄 録 日産の新型セドリック、グロリアに搭載した JR006E 型 CVT は、世界で初めて 3L を超えるクラスの車への搭載を可能にしたトロイダル CVT である。本 JR006E 型は、「環境に対する配慮」と「際立つ走りの性能」の両立を図る CVT として、オートマチックトランスミッション(以下 AT)の機能を究極まで高めたシステムとして開発した。本稿では、JR006E 型 CVT の特長について解説する。

Summary A new toroidal continuously variable transmission(CVT), the JR006E model, that has been installed in the new NISSAN-CEDRIC/GLORIA, was developed for the first time anywhere in the world for application to 3L-over-class passenger cars. This model considers both "environmental concerns" and "extraordinary driving performance" by enhance the function of automatic transmission. This paper describes the technical features of the JR006E model.

1. はじめに

近年、地球環境意識の高まりによる「燃料消費削減」と、車に常に要求される「走りの性能」を両立させ得る技術として CVT への関心が急激に高まっている。今回開発した JR006E 型 CVT は、トロイダル型 CVT を実用化する事で、CVT の良さを継承したまま、燃費と走りに更に磨きをかけ、FR 車に搭載可能な CVT とする事ができた。

本稿では、JR006E 型 CVT の開発の狙い、基本構成、特長と原理、そして効果について解説する。

2. 開発の狙い

2.1. 燃費の向上

- 1) 無段変速による変速ロス低減、及びエンジン効率の良い所での走行を可能とする変速制御の採用
- 2) CVT のメリットを生かした、ロックアップ領域の拡大
- 3) 変速比幅の拡大による、定常走行時の燃費向上

2.2. 走りの性能向上

- 1) CVT ならではのショックの無い滑らかでスムーズな走りの実現
- 2) トロイダル CVT の変速応答性の良さを生かした、アクセルの踏み込みに対してレスポンスの良いリニアな加速の確保

- 3) マニュアルモードの採用による、運転する楽しさの向上

2.3. 静粛性の向上

ワイドレンジ化と変速制御の活用により、エンジン回転数を抑え静粛性の向上を図った。

2.4. 大排気量エンジン搭載 FR 車への適用

ダブルキャピティ方式によりスリム化を図ることで、FR 車への搭載を可能とし、また大トルクにも耐えられる仕様とした。

3. 基本構成

JR006E 型 CVT の主断面図を Fig.1 に、ユニットの主な諸元を Table1 に示す。

全長は従来 AT と同等に設定し、車載性を容易としている。

全体構成は、トルクコンバータ、オイルポンプ、前後進切換え機構、無段変速機構部、出力部という構成となっている(Fig.2)。以下で各要素毎に概説する。

3.1. トルクコンバータ

発進要素はトルクコンバータを用いた。ロックアップクラッチは、ロックアップ領域を拡大し燃費を向上させるために、伝達容量の大きい 2 面タイプのものを新開発した。また、ロックアップクラッチのフェーシングには摩擦特性、耐久性に優れた新開発材を採用した。

* 第一商品設計部
Product Engineering Department No.1

** ユニット実験部
Unit Experiment Department

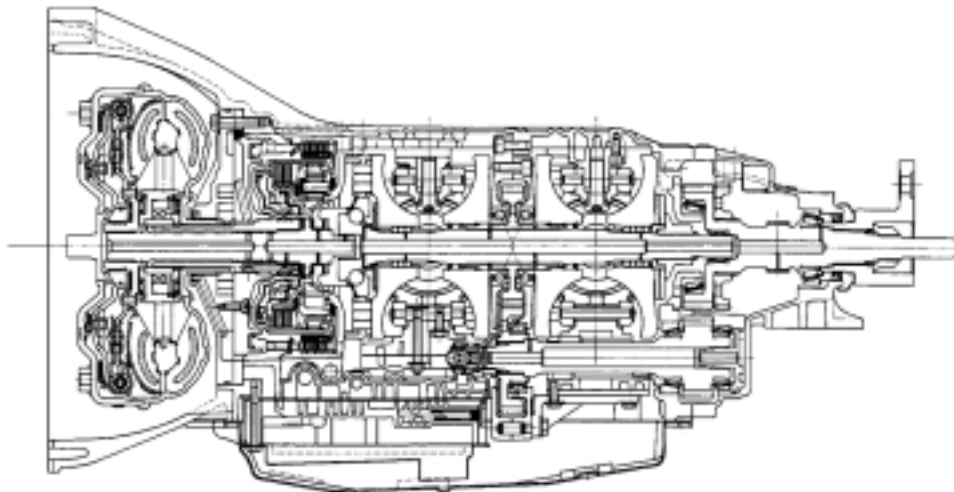


Fig.1 JR006E(RUO) model main cross section

Table1 Specifications and components

Specifications	
Item	Contents
Maximum input torque	370N・m
Maximum engine speed	7000rpm
Forward ratio (Reverse)	2.86 ~ 0.66 (1.96)
Components	
Item	Contents
Starting system	Torque converter +Twin-face lockup clutch
Fwd/Rev change-over mechanism	Planetary gear +Wet multiple disk clutch
Shift mechanism	Double-cavity half-toroidal system
Oil pump type	Internal trochoid gear pump
Oil type	Nissan CVT fluid KTF-1

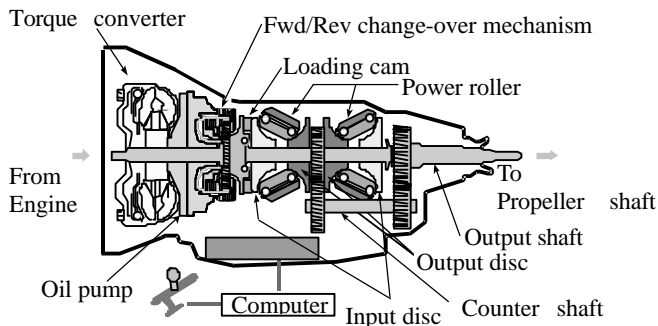


Fig. 2 Components

3.2. 開発の狙い

オイルポンプは、容積効率の高い内接型のトロコイドギアポンプを採用した。

3.3. 前後進切換え機構

前後進切換え機構は、遊星歯車と湿式多板クラッチとブレーキで構成している。クラッチフェーシングは、ロックアップクラッチフェーシングと同様、摩擦特性、耐久性に優れた新開発材を採用した。

3.4. 無段変速機構部

入力ディスクとパワーローラ(2個)、そして出力ディスクの組み合わせを、出力ディスクを対称に2組組み合わせたダブルキャビティ方式を採用した。

更に、入出力ディスクとパワーローラ間を押し付ける力を入力トルクに応じて発生させるローディングカムから構成されている。

3.5. 出力部

無段変速機構部からの出力は2つの出力ディスクの間にあるギアから、カウンターシャフトを介して、アウトプットシャフトに伝達される。

4. 特長と原理

本章ではJR006E型CVTの特長と原理について解説する。

4.1. 無段変速機構部

1 動力伝達原理

ディスクとパワーローラ間の動力伝達は、両者の間に

介在する油膜のせん断力により行われる .Fig.3 に示すように 2 つの転がり接触面間に生じるトラクション力 : T と押し付け荷重 : N の間には, $T = \mu N$ の関係がある . μ (トラクション係数) は油の組成により決まる特性であり, 一般に分子の剛直さ (分子同士の引っかかり易さ) が影響すると言われている .

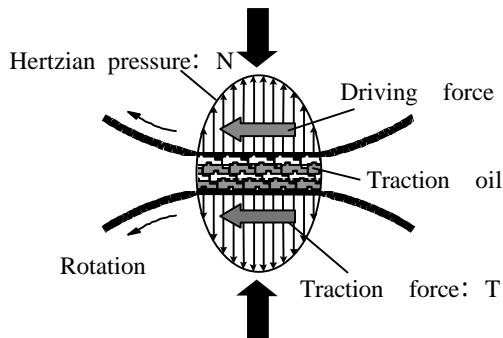


Fig. 3 Power transmission principle

JR006E 型 CVT は高いトラクション係数を有する特殊な合成油(トラクションオイル)を使用しており, この高いトラクション係数と N に相当するローディングカムによる押付力 (Fig.4) により, 大きなトルクまで動力伝達を可能としている .

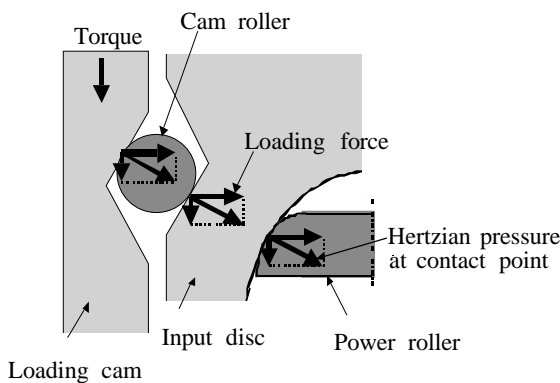


Fig.4 Loading cam mechanism

2) 変速原理

変速比は, パワーローラがトランニオンの回転軸を中心に傾転し, パワーローラと入出力ディスクとの接触点の回転半径比を変化させることで得られる (Fig.5). パワーローラを傾転させる力は, 油圧力によりパワーローラの回転軸をディスクの回転軸からオフセットさせることで生じる, あたかもハンドルを切ると車の向きが変わるような, ステアリング現象を利用している (Fig.6). そのため,

ディスクが数回転する間にオーバードライブからローレシオまで変速できるほどの非常に速い変速速度を有し, きびきびした走りの実現が可能である .

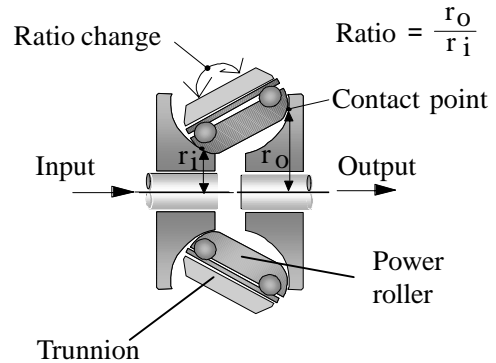


Fig.5 Ratio change principle

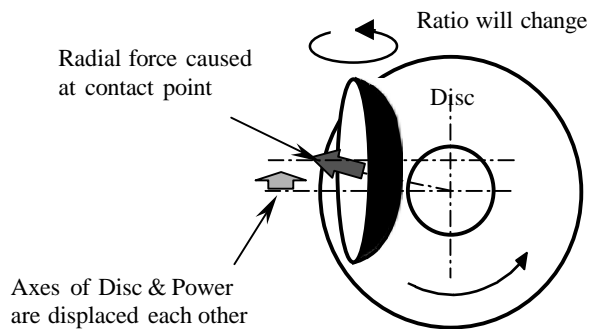


Fig.6 Ratio change

3) 耐久性

無段変速機構部の耐久信頼性を確保するために, ディスクとパワーローラには新開発した高純度鋼を採用した . この材料は, 介在物が少ないため優れた転動疲労寿命特性を示し, 十分な信頼性を確保する事ができた . また, ダブルキャビティ方式とする事で, トルク伝達を 2 組のパワーローラとディスクの組み合わせで行うため, 許容トルクを大幅に引き上げる事ができるばかりか, 4 つのパワーローラの動きが対称になりバランスの良い構造にできた .

4.2. 油圧制御系

Fig.7 に油圧回路図を示す . 油圧回路は, 従来の AT の基本システムに, トロイダル CVT を制御するために必要な機能を追加したものである .

ライン圧とロックアップ制御油圧は, 従来 AT と同様にソレノイドで制御され, クラッチ圧系には前進用, 後

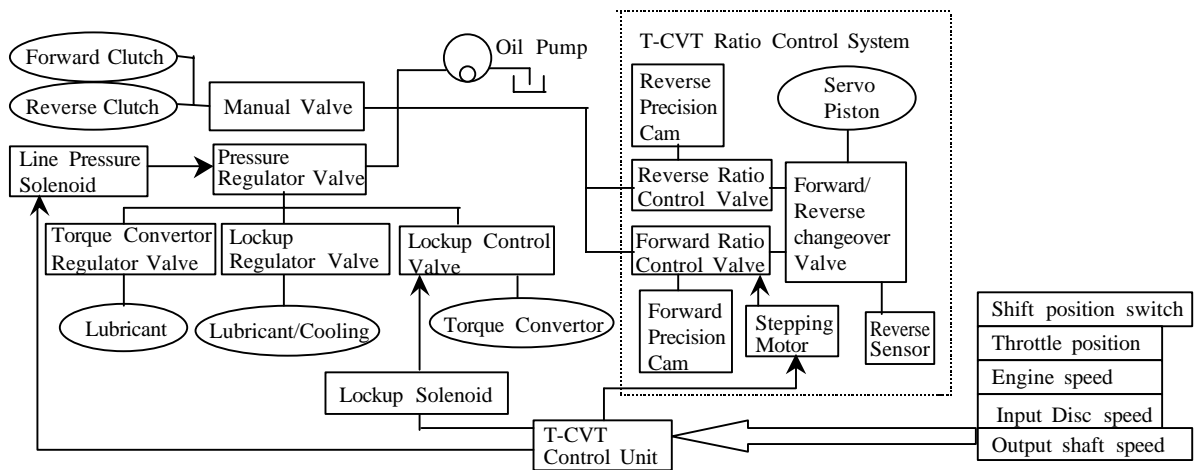


Fig.7 Hydraulic control circuit

退用ともアクムレータを設定している。

トロイダル CVT 特有の制御バルブは、前進用のフォワード変速制御バルブ、後退を検知するリバースセンサ部、その作動に応じて後退で制御系を反転させるフォワード/リバース変速制御切換えバルブ、後退用のリバース変速制御バルブである。フォワードとリバースそれぞれの変速制御バルブはメカニカルリンクを介して、プリセスカムと呼ばれるトランニオンの傾転角と上下方向変位量を検出する機構につながっている。前進側のフォワード変速制御バルブは、同じリンクを介してステップモータに結合されており、その位置に応じた変速比を実現する制御となっている (Fig.8)。後退側は最大変速比一定になるようなシステムとしている。

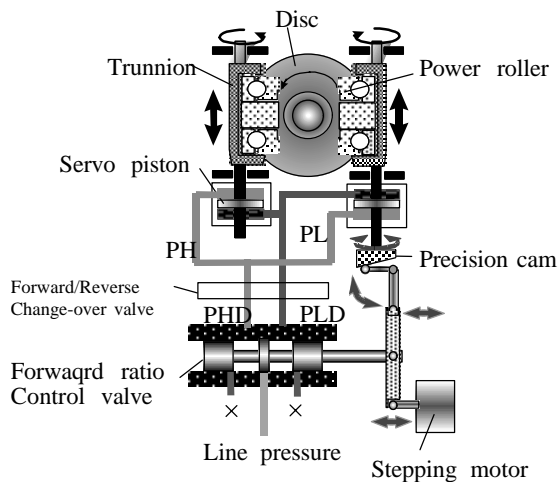


Fig.8 Forward ratio control system

5. 効果

5.1. 燃費の向上

変速比を無段階にコントロールできるため従来 AT に比べ断続ロスが無いエンジン燃焼効率の良いところで使える効果 (Fig.9)、及びロックアップ領域の拡大により、従来の 4 速 AT と比較して約 10% 程度の燃費向上 (10 - 15 モード) を実現する事ができた。また、変速比幅をワイドレンジ化することにより、エンジン回転を抑えた走りができるため定常走行時の燃費の向上も図れた。

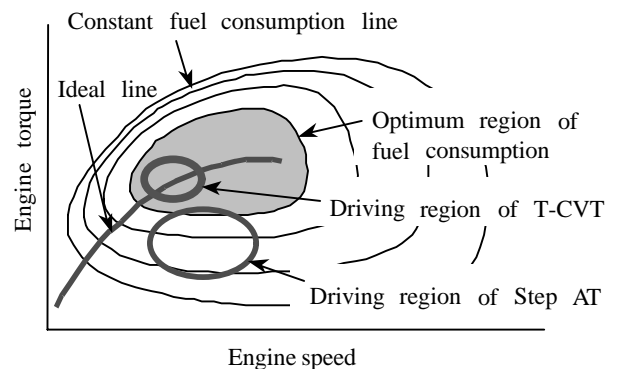


Fig.9 Driving region comparison on fuel consumption map

5.2. 走りの性能向上

1) スムースさの追求

従来 AT のように発進加速時に変速の段付きが無いので、ショックの無い滑らかな走りを実現した (Fig.10)。また、再加速時には、アクセルの踏み込みに対して変速比が素早く応答するので、アクセルペダルと

同化したリニアな力強い走りを実現できた(Fig.11).

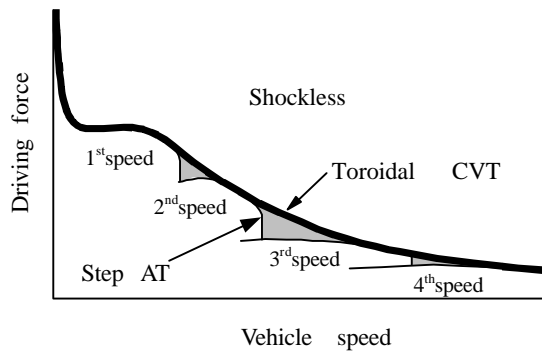


Fig.10 Driving force comparison

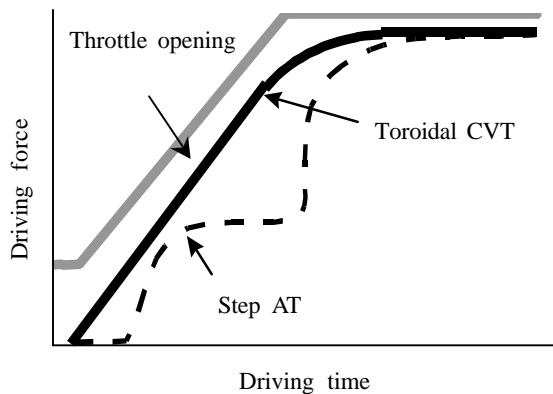


Fig.11 Driving force linearity

2) 運転性向上

POWER モードと SNOW モードの選択が可能のように、モード SW を設定した。変速特性線の切換えだけでなく、エンジンとの総合制御により理想的な駆動力が得られる制御とした。

更に、下り坂等で勾配の程度に合わせ最適なブレーキ力を連続的に変化できる自動エンジンブレーキ制御を採用した(Fig.12)。その結果、下り坂で安全に、かつスムーズな運転が可能となった。

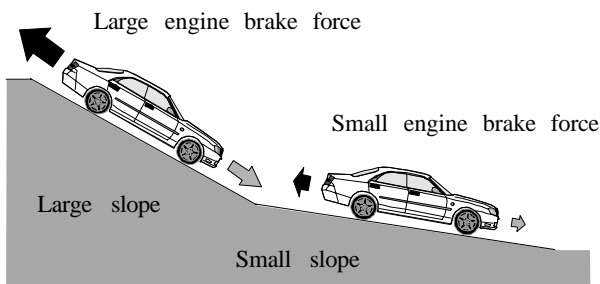


Fig.12 Engine brake control

3) マニュアルモード制御による運転する楽しさの向上

運転者の意図に応じてコントロール可能な、6 速マニュアルモードを採用した。トロイダル CVT ならではの变速レスポンスの良さにより、ドライバーの操作に対し即座に車が反応するストレスの無い走りを実現とした。

5.3. 静粛性の向上

変速比幅を大きく取ったことと、エンジン回転数を低く抑える変速特性を与えたことで、走行中のエンジン回転を低く抑え静粛性を向上させた(Fig.13)。

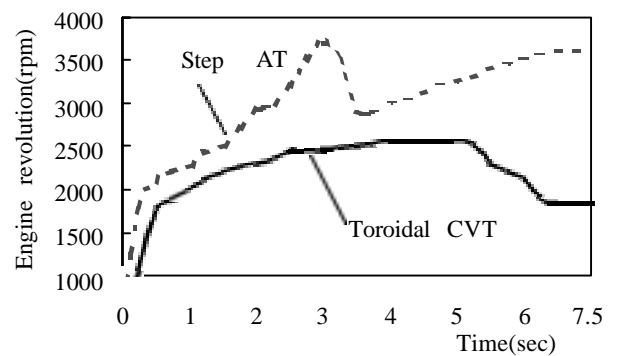


Fig.13 Engine revolution comparison

5.4. 大排気量エンジン搭載 FR 車への適用

ダブルキャピティ方式の採用により、バランスの良いスリムな形状とすることができ、FR 車への搭載を可能とする一方、パワーローラとディスクの組み合わせを 2 組用いることで、大容量エンジンへの適用を可能とした。

6. まとめ

JR006E 型トロイダル CVT は前述のように、「環境に対する配慮」と、「際立つ走りの性能」を高い次元でまとめ上げることができた。以下にポイントをまとめる。

1) 環境に対する配慮

- ・ CVT ならではの魅力である高い燃費性能の確保。

2) 際立つ走りの性能

- ・ ショックの無い滑らかでスムーズな発進性能。
- ・ ひとたび踏み込むと、クイックに応える無駄のない加速感。
- ・ 下り坂での必要十分な減速感。
- ・ 操作が楽しい 6 速マニュアルモード。

3) 大排気量 FR 車への適用

- ・ ダブルキャピティ方式によるスリムな高トルク対応ユニット。

以上、今回開発したトロイダル CVT は、車の性能を究極まで飛躍させ、21 世紀の走りを実現できるトランスミッションである。

7. さいごに

トロイダル CVT の原理は約 120 年前から有るが、車での実用化は世界初である。大排気量エンジンに耐えられる材料開発に始まり、オイルの開発、そして 4 つのパワーローラを同期させる部品の精度と制御の開発など、実用化するまでには幾多の難関があった。まさにカーメーカー、部品メーカー及び社内関係部署の英知の結晶として実現したトランスミッションである。

最後に、本 CVT の実用化に向け多大なご協力を頂いた、日産自動車株式会社、日本精工株式会社、出光興産株式会社、横浜国立大学田中裕久教授をはじめ、関係会社、及び社内関連部署の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中野他：大容量高効率ハーフトロイダル CVT の研究，自動車技術会学術講演会前刷集(1991)
- 2) 前田他：自動車用トロイダル CVT 油および適合摩擦材の開発，自動車技術会学術講演会前刷集(1999)
- 3) Masaki Nakano et al: "Dynamic Characteristics of Speed Ratio Control of the Half Toroidal CVT for Passenger Cars" , SAE Paper 901761 (1990)
- 4) Masaki Nakano et al: "Dual-Cavity Half Toroidal CVT for Passenger Cars" , SAE Paper922105 (1992)
- 5) Yoshie Arakawa et al: "Development and Testing of CVT Fluid for Nissan Toroidal CVT" , Proc. of CVT99 Eindhoven (1999)

著 者



川口 明生



丸山 昇



竹内 徹



横山 昇

デジタルバード（ハンディ・ナビ）の紹介

Introduction of "DIGITALBIRD hand-held navigator"

青山 明宏*

Akihiro AOYAMA

松岡 義雄**

Yoshio MATSUOKA

抄 録 当社が推進している新規事業の一環として、開発・工場技術を通じて培った制御技術やセンサ技術を用いてハンディ・ナビゲーション機器「デジタルバード」を開発し商品化した。98年末から業務用としてJTB（日本交通公社）旅行パッケージにて貸し出しを開始し、99年6月から一般ユーザ用製品も量販している。

Summary JATCO TransTechnology Ltd. has developed and marketed a portable navigation terminal "DIGITALBIRD" as a new project product. It applied the company's control and sensor technologies. Japan Travel Bureau has started lending its business models to JTB's tourists from 98 the end of year. Then we have started selling customer models from June, 99.

1. 商品コンセプト

歩行者等が携帯可能で、本格的地図搭載したGPSハンディ・ナビゲーション機器を目標とした。利用分野としては、国内外旅行のほかフィッシング・トレッキング・ハンティングなどのアウトドア・スポーツのほか、2輪車・RV車、マリーンなど歩行時以外でも幅広く活用できる。なお、コンセプトに照らし、キャッチフレーズは「人間ナビだ!」としている。



Fig.1 DIGITALBIRD

2. 機能の紹介

商品コンセプトで述べたように、アウトドアにおいて人間が歩いて使うナビゲーション機器であることから、機能はこれらに対する利便性に集約し設定した。

(1) GPS について

GPS(グローバル・ポジショニング・システム)とは、米国防総省で開発された人工衛星を用いた全世界的

な高精度位置測定システムである。昨今はカーナビでよく知られているが、他にも精密な測量性能を利用した地震観測など多方面で活用されている。

(2) 地図搭載

この種の携帯端末は情報コンテンツをいかに選択し活用するかが利用分野での適否を決定する。その中でも情報コンテンツについては、特に利用分野に合った地図、使用者にとって活用しやすい地図を提供することに主眼を置いた。携帯端末なので、CD-ROMドライブ内蔵では大きすぎ、また日本全国の広域・詳細地図をメモリするには携帯端末のメモリ容量が不足するなど制約条件が厳しい。そこで、本携帯端末では広域、詳細を含めできるだけ多くの地図を記憶でき、必要に応じて地図を入れ替え可能とするため、地図用メモリーにフラッシュメモリー(10Mバイト分)を使用し、以下のようにパソコンから携帯端末に必要な地図を簡単にインストールできるようにした。

(a) 簡易インストール用地図データ

国立国定公園、有名観光地、政令指定都市の広域から詳細までの地図をCD-ROM内にセットしたもので、パソコン上で地域を指定すれば自動的に指定地域の地図がデジタルバードへ転送、誰でも容易にインストールできる。

(b) 電子地図としては昭文社「マッフルライフプロ98」全国版CD-ROMを商品に同梱包している。また、昭文社が販売している他のデジタル地図CD-ROM(MappleLifePROリンク商品に限る)でも同様の機能を得ることができる。

*新規事業部

New Business Development Department

**開発管理部

R&D Administration Department

(c) 紙地図をスキャンし、これを正規化(地図上の2点の緯度経度指定によりデジタルマップ化すること)して、デジタルカードに転送できる。

(d) さらに山登りや海外旅行用として、山岳地図(昭文社:「山と高原地図」、山と渓谷社:「登山地図帳」)や海外主要都市地図のCD-ROMを当社で別売りしている。

(3) テキストデータの搭載

情報コンテンツとして、地図に加えて、観光スポット等の場所(位置データ)と観光案内情報等(テキストデータ)のリンク搭載を可能としている。この機能はJTB日本交通公社が旅行用に貸し出している機器にて採用しており、観光地、ショッピング店を地図による位置情報と文章・写真による案内情報で表現できるようにしている。

(4) 機能の詳細

携帯端末搭載のメニュー表示に従って説明する。

(a) 現在地の表示: 地図画面上での現在地を地図上に表示。地図画面は北上方表示と、自動的に地図を地形と同方向へ向ける表示とに切り替え可能。

(b) 羅針盤: 方位のデジタル表示(1度表示)とアナログ表示。さらに高度を表示。

(c) 登録地点の案内: 予め登録した場所の地図表示と現在地からの方位・直線距離を表示。

(d) 地図の選択: 表示地図の選択を容易にするため、本機へ搭載した地図一覧表形式にて表示。

(e) 中間の位置: 携帯電話に接続することで携帯端末同士の位置を表示。また、パソコン上でも同様に携帯端末の位置を表示、管理可能(発売に向けて準備中)。

(f) 機能設定: 画面表示制御、省エネ制御などの設定が可能。

3. 特許について

使いやすい地図選択モードの設定、複数のインストール地図の自動合成機能、絶対方位に合うよう地図を回転させる機能などにつき、特許出願中。

4. ハード・ソフト構成

CPU: AMD社製 "ElanTMSC400 33MHz"

OS: Datalight社製 "ROM-DOSTM, VERSION6.22"

BIOS: SystemSoft社製 "SystemSoft Mobile PROTM for AMD Elan TM 400, Rease 18"

外形寸法: (W)78 x (H)164 x (D)25.5mm

重量: 267g(バッテリー除く)

ディスプレイ: 3.8インチ・クォータVGA反射型16階調モノクロLCD(ELバックライト付き)

GPS: 11チャンネル複合デジタル方式

電源: Liイオン2次バッテリー又はACアダプタ

5. 競合他社との比較

GPS搭載の携帯端末は、'99年11月現在、セイコーエプソン「ロカティオ」があるほか数社が開発中であり、'00年にはカシオ計算機「カシオペアGPS」、NTTドコモ「ナビユーン」、シャープ「ザウルスGPSキット」の発売計画がある。これらは携帯電話から地図情報、多種情報を取得するもので、取得可能な地図の種類が限定され、地図用のメモリ容量も2Mバイト程度とかなり小さい。これらは多機能のモバイル端末としての使用が主でGPSも利用可能といった製品である。当社製品はCD-ROMだけでなく紙地図などいろんな種類の地図を取り込むことが可能でアウトドアや登山等にも威力を発揮する。

6. 今後の課題

(1) コンテンツの充実

地図ソフトのラインアップに加え、利用分野別に最適なデータ、機能を充実させること。例えば、JTB出版「るるぶ」の観光情報、釣り情報など。

(2) 次期型開発

・販売先(流通、販売店舗、消費者)からの要望をフィードバックし、使い易さに徹した商品へのブラッシュアップ。

・「買い易く・売り易い」量販を目指した次期型の販売。

参考文献

1) JETRO: "Portable Navigation System", NEW TECHNOLOGY JAPAN, Vol.27, NO1, pp.24-25 (April, 1999)



青山 明宏



松岡 義雄

'99フランクフルト・東京モーターショーへの出展

The Exhibition at the Frankfurt and Tokyo Motorshows

小野田 司*

Tsukasa(Terry) ONODA

抄録 '99年開催のフランクフルト及び東京モーターショーに新会社『ジヤトコ・トランステクノロジー株式会社』設立の披露,並びに新技術・新商品のPRを狙いとして出展した。両展示会に於ける駆動系技術の動向及び当社の展示内容について解説する。

Summary JATCO TransTechnology Ltd. exhibited at '99 Frankfurt and Tokyo International Motorshow for publishing the new company's establishment, the advanced technology and the new productions. This paper describes the trend of Powertrain Technology, and our exhibition content.

1. はじめに

'99年9月欧州最大の国際的な自動車展示会であるIAA フランクフルト・モーターショー(注1),同年10月東京モーターショー(注2)が開催され,当社も駆動システム分野の専門メーカーとして出展した。

(注1) 出展企業数約1100社。内,日系企業8社。当社は前回'97年に続き,2回目の参加。

入場者数は約80万人。(Fig.1)

(注2) 今回より商用車とは隔年開催となり,乗用車単独のショーとなる。

約330社出展,約150万人入場。

2. トレンド

今回は安全対応技術・ITS等に加え,特に,98年の京都環境国際会議以降加速する環境規制強化への対応として低燃費・低公害技術に関する取り組みをメインにした出展の増加が目立った。

欧州市場では新車の二酸化炭素(CO₂)排出量を2008年までに30%程度削減することが求められており,フォルクスワーゲン社が軽油3リッターで100キロメートル走れる“3リッターカー”の“ルポ”を発表するなど環境対応をアピールする新車が目立った。(Fig.2)



Fig.1 The entrance view of Frankfurt Messe.



Fig.2 The exhibition of the new 3 Litter car

* 営業本部第一営業部
Sales & Marketing Div.

東京ではダイムラー・クライスラー等の欧州メーカ及び日本のカーメーカ各社が独自の FCEV(燃料電池電気自動車)のコンセプトカー、HEV(ハイブリッド・エレクトリック・ビークル)、直噴エンジン、CVT等を搭載した車両並びに先進ユニットを前面に押し出していた。(Fig.3)

又、駆動系部品メーカは当社をはじめ、ステップ式自動変速機(AT)の多段化・CVT化・マニュアルトランスミッションの自動シフト化(自動MT等)・マニュアルモード採用化等、自動変速機の多様な進化を展示のテーマとしていた。



Fig.3 The CVT exhibition by the automobile company

3. 当社展示のコンセプト

3.1. テーマ

地球環境の創出、安全で快適な走りの提供、お客さまの車の最新制御との適合等の相反する要件を高次元で実現させる当社の目指す『インテリジェント・パワートレイン・システム』思想について提唱した。

特に、今回のモーターショーではグローバルに発展する総合駆動システムの先進的トップ・ブランドメーカとして、『市場のニーズに幅広く応え(GLOBAL MARKET)快適な地球環境の創出を基本とし(ENVIRONMENTALLY FRIENDLY)最先端の技術を駆使し(ADVANCED TECHNOLOGY)世界中の人々の暮らしに喜びを提供できるクルマづくりに貢献することを目指す』ことをテーマとした。

環境にやさしく低燃費な駆動システムへの期待が高まり、さらに、各カーメーカが前述の低公害・低燃費車の開発競争に勝ち残るために、車全体として巨額の投資に迫られ、先進技術が必要なコア部品であるATでも、従来の内製から専門メーカに委託するニーズが高まる中で、当社のコンセプトは時代の要請にジャスト・フィットするものであった。

3.2. ブース・デザイン

ブース全体はスペース・コロニーを連想させるデザインを採用した。日本・欧州・アジアを中心とした全世界の自動車メーカと一般の来場者の方々にATの最先端技術を前面に押し出した21世紀に向けたメッセージを発信すると共に、来場者と当社との双方向でのライブ・コミュニケーションを計りやすいよう設計した。

社名ロゴマーク以外はシルバー色に統一し、派手な演出・華美な装飾を極力押さえた。新商品・新技術を前面に押し出した当社のブースに予想を遙かに超えた多くの方々が来られ、真剣に視察頂き、意見交換できたことが他社に類を見ない先進技術に対する期待の高さを物語っている。(Fig.4)

4. プレスブリーフィング

フランクフルトショーでの個別インタビュー、東京モーターショーでのプレス発表に約100名を越す報道関係者の方々が来られた。ブリーフィングでは、新会社の設立、並びにATやベルトCVTのフルラインナップの説明を行った。特に、東京では世界で初めて量産に成功したトロイダルCVTを紹介し、好評を博した。

独で最も権威のある経済紙『Handelsblatt』、英国自動車業界誌『European Automotive Design』、『日刊自動車』、『日経産業』等の一流新聞、『日経ビジネス』、『週間朝日』、『DRIVER(カー専門誌)』等の経済からカー雑誌に至る幅広い分野に取り上げられ、『世界的に技術を認められ、飛躍的に発展する新会社ジャトコ・トランステクノロジー社』との評価を頂いた。



Fig.4 The memorial picture after Press briefing

5. 当社の展示品

6. まとめ

5.1. 商品

世界中のお客様の多様なニーズに対応できるフルラインナップのご提供

1) ステップ式 AT

軽及び 1 リッタークラス FF 車用新型超小型

4 速 AT(カットモデル) JF405E

小型 FF 車用 4 速 AT

(カット作動モデル) JF404E

FF 車用大トルク容量新型 5 速 AT

(カットモデル) JF506E

FR 車用大トルク容量新型 5 速 AT

(カットモデル) 開発中

2) ベルト式 CVT

小型 FF 車用 CVT

(外觀モデル) 開発中

中型 FF 車用 CVT

(カット作動モデル) CK2

大型 FF 車用 CVT

(外觀モデル) 開発中

3) トロイダル CVT

(カットモデル, 及びパワーローラー部
動力伝達手回し作動モデル) JR006E

5.2. 先行開発技術

ハイブリッド自動車用 AT, CVT

FF ハイブリッド・システム(CVT 活用)

(外觀モデル) 開発中

FR ハイブリッド・システム(AT 活用)

(カットモデル) 先行開発中

5.3. 自動変速機以外の商品

携帯ナビゲーション ; DIGITAL BIRD

グローバルな環境規制強化の中で当社の AT/CVT/HEV 用変速機システムの先進技術とフルラインナップに対するニーズは高く,この期待に応えたい。

1) 各市場での走行条件,ユーザの意識等の相異により,市場毎に AT へのニーズ(多段 AT, CVT 化等)は若干異なる。

2) ギヤ式 AT の多段化は大トルクを中心に進みつつある。4 速から当社 JF506 等の 5 速,更に 6 速化の時代に移行する傾向にある。

また,軽・1 リッタークラス用 AT JF405E は極軽量・コンパクトな設計に対する評価が高い。

3) 当社は 2 リッタークラスのベルト式 CVT,及び世界で初めてトロイダル CVT の実用化に成功した唯一の専門メーカーであり,技術レベルの高さを示すことができた。

4) AT の普及率が高まると共に,多種多様な機構が開発され,各カーメーカーも車両拡販の PR ポイントとして積極的な宣伝をされている。又, CVT を中心とした報道が増えており,一般のカーユーザの興味・知識も高まった。ユーザ自身が AT の種類により,車を選ぶ時代となりつつある。

5) 新技術・新商品の展示により,日常見ることのできない AT のメカニズムを一般来場者の方々に興味を持って頂けた。特に,来場者自身がレバーを回す作動機構モデルは集客効果が高い。



Fig.5 The view of JATCO・TT booth at the Frankfurt MS



Fig.6 The view of JATCO・TT booth at the Tokyo MS

7. 最後に

新会社設立の時期に開催された欧州・アジアを代表する2大モーターショーで各カーメーカ・報道機関等の方々に当社ブースにお立ち寄り頂き、また1年間に渡る企画構想・諸準備に参画頂いた展示企画会社、展示品制作会社、日本精工株式会社、欧州ジャトコ、及び社内

関連部門のご協力により、高い評価を受けるに至った。ご尽力頂きました皆様に感謝の意を表します。

今回の出展で得られたお客様さまからの当社へのご期待とご要望、各市場のニーズ等を貴重な情報として活用し、次の時代へのスタートとしていきたい。

著 者



小野田 司

特許紹介

1. 自動変速機用歯車変速装置 (Fig.1, Table1)

出願：出願日 1996.7.16 特願平 8 - 186068
 公開：公開日 1998.2.3 特開平 10 - 30688
 名称：自動変速機用歯車変速装置
 発明者：先行開発部 住 泰夫

【目的】

この発明は、自動変速機用歯車装置の、特にスケルトンに関するものであり、強度上有利なリングギヤ入力による3組のシングルピニオン型の遊星ギヤと少ないクラッチ・ブレーキ数による軽量・小型化と、変速時に同時に3つのクラッチ・ブレーキの締結又は解放、いわゆる2重掛け替えのない容易な変速制御と、前進5速と4速の互換性や3個の遊星ギヤの統一化が可能なギヤ比の高設定自由度とを併せて達成することを目的としている。

【発明の構成】

Fig.1 に示すように、本発明の自動変速機用歯車変速装置は、

- (1) 第1キャリア PC1 と第3リングギヤ R3 とを一体的に連結する第1連結メンバ M1 と、
- (2) 第2リングギヤ R2 と第3キャリア PC3 とを一体的に連結する第2連結メンバ M2 と、第1リングギヤ R1 と第2リングギヤ R2 とを選択的に断接する第1クラッチ C1 と、
- (3) 第2サンギヤ S2 と第3サンギヤ S3 とを選択的に断接する第2クラッチ C2 と、
- (4) 第3キャリア PC3 と第3サンギヤ S3 とを選択的に拘束する第3クラッチ C3 と、
- (5) 第2連結メンバ M2 の回転を選択的に停止させる第1ブレーキ B1 と、

- (6) 第1サンギヤ S1 の回転を選択的に停止させる第2ブレーキ B2 と、
- (7) 第2サンギヤ S2 の回転を選択的に停止させる第3ブレーキ B3 と、
- (8) 入力軸 IN と、
- (9) 出力軸 OUT と、

を設け、各クラッチ及びブレーキを選択的に、図1-2に示すような関係で締結・解放を行い、前進5速後進1速とを達成する。(は加速状態での作動、 はコーステイング状態での作動を表す。)

【効果】

そして、最小限必要な締結要素の数を6個(第3ブレーキ B3 とワンウェイクラッチ F3 に直列に設けられている第4ブレーキ B4 とを1個とカウント)し、3組の遊星ギヤを部品点数が少なく、製造原価が安いシングルピニオンとし、第1クラッチ C1 の締結・解放にかかわらず、常にリングギヤ入力構成として、軽量・小型化を図ることができる。

また、変速制御に関しては、隣接する変速段へのアップシフトやダウンシフトにおいて、締結や解放のタイミングが難しい、3個以上のクラッチやブレーキを締結状態から解放状態もしくは解放状態から締結状態へ切り替える2重掛け替えのない変速制御としているため、変速ショックが抑えられた高品質の変速制御を複雑な制御を要することなく容易に達成することができる。

また、前進4速としても、例えば第1～第3遊星ギヤのギヤ比をそれぞれ0.6、0.35、0.35とすることにより、各変速段でのギヤ比間隔が適切で、実用に供し得るギヤ比を得ることができる。

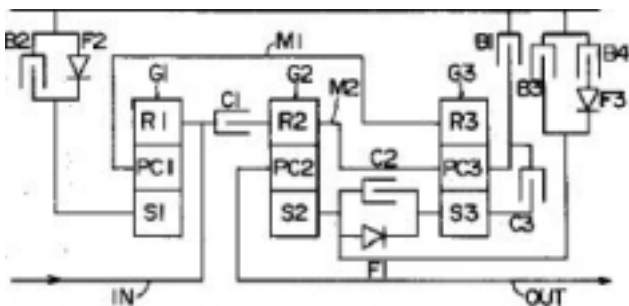


Fig.1

Table1

	G1	G2	G3	B1	B2	B3	B4	F1	F2	F3	
1st	●				●	●	○	○	○	○	3.720 (3.547)
2nd		○			●	●	○		○	○	2.480 (2.325)
3rd	○	○			●		○		○		1.600 (1.525)
4th	○	○	○				○				1.000 (1.000)
5th	○	○			○						0.815 (0.815)
Rev	●		○	●				○	○		2.640 (2.325)

2. アップシフト、ダウンシフトのタイミング制御

(Fig.2 , Fig.3)

出願：出願日 1995.6.29 特願平 7 - 164033

公開：公開日 1997.1.14 特開平 9 - 014422

名称：自動変速機の油圧制御装置

発明者：第三商品設計部 広瀬 郁夫

【目的】

本発明は、低速段、高速段で互いに締結、解放する締結要素の掛け換え変速する際に生ずる変速ショックを緩和するものである。手段は、アキュムレータ背圧を制御することでダウンシフトタイミングを最適にする油圧制御装置である。

【発明構成・作用】

Fig.22, Fig.3において、LOW / C はロークラッチ (N 段締結要素) , L11 はシフトバルブ B , L14 はロークラッチアキュムレータ , L8 はロークラッチタイミングバルブ , L10 はロークラッチシーケンスバルブ , 34 はタイミングソレノイド , 41 ATコントロールユニットである。ロークラッチ LOW / C は、シフトバルブ B (L11) からのロークラッチ圧油路 51 の途中にロークラッチアキュムレータ L14 が配置され、変速位置が D レンジ 1 速 , 2 速 , 3 速の時に締結され 4 速の時に解放される締結作動である。

ロークラッチタイミングバルブとロークラッチシーケンスバルブで構成する切替制御手段の作動信号圧として、

- (1) N 段の時には、出力フィードバック圧によりアキュムレータコントロール圧油路 55 との連通を維持する。
- (2) N 段から N + 1 段へのアップシフト時には、N + 1 圧 を作動信号圧として用いてドレーン油路 56 に切り替える。
- (3) N + 1 段の時には、N + 1 圧以外の作用力によりドレーン油路との連通を維持する。
- (4) N + 1 段から N 段へのダウンシフト時には、ソレノイド 圧のみを作動信号圧としてアキュムレータコントロール圧油路に切り替える。

【効果】

(1) N 段から N + 1 段へのアップシフト時

アップシフトは、N + 1 圧によりタイミングをとるようにしている。これはアップシフトの場合、ロークラッチの抜け棚の低下をアキュムと N + 1 圧締結容量の上昇によりややインターロック気味で掛け換え、N + 1 圧締結容量が所定の締結容量となったときすばやくロークラッチの背圧を抜くことで最適なタイミングをとることで変速ショックを緩和できる。

(2) N + 1 段から N 段へのダウンシフト時

ダウンシフトは、変速時に低速段 (N 段) 高速段 (N + 1 段) の締結、解放状態を一時的にニュートラル状態にしてインターバルをとりエンジン回転の上昇を促す。

そして変速比が所定変速比となった時に信号圧を出し得るソレノイド圧を用いロークラッチの背圧を入れることで最適なタイミングをとることができ変速ショックを緩和できる。

加えてこのように、切替制御手段 (L8 , L10 相当) に対し、ダウンシフト前の N + 1 段では N + 1 圧以外の作用力を用い、ダウンシフト時には、ソレノイド圧のみを作動信号圧として用い、ダウンシフト後の N 段では出力フィードバック圧を作動信号圧として用いるというように、アップシフト時以外は N + 1 圧を用いない装置にしているため、N + 1 圧とは全く無関係に最適なダウンシフトタイミングを得ることができると共に、N + 1 圧に影響されないことから、N + 1 段締結要素のアキュムレータの廃止あるいは小型化も達成することができる。

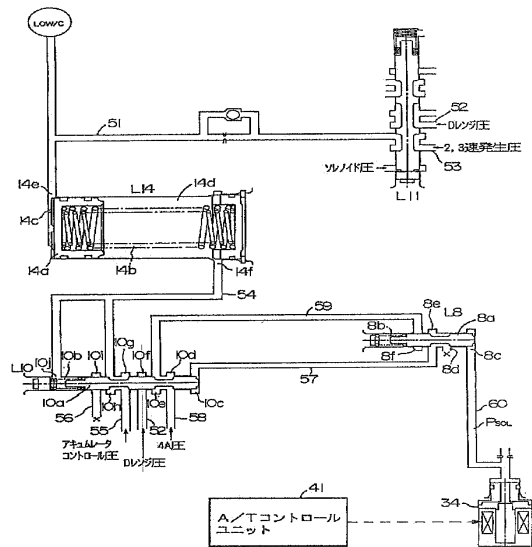


Fig.2

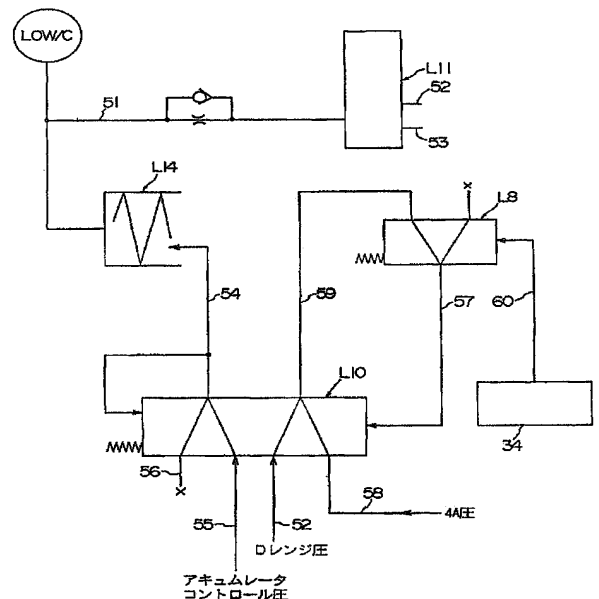


Fig.3

編集後記

当社は、グローバルな自動変速機メーカーを目指して、昨年10月にジャトコ・トランステクノロジー株式会社として新たなスタートをきりました。新会社発足の記念行事の一環として、新会社発足と同時にレビュー誌創刊号の発行を目指して準備してまいりました。テーマは、創刊号にふさわしく「当社の商品開発の変遷と、最新商品の紹介ならびに、最新商品を支える技術の特集号」としました。執筆者の方々には、非常に限られた時間の中で原稿を作成していただき感謝しております。とりわけ、寄稿を書いていただきました久米先生には、正月返上で作成していただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

今後、本レビュー誌が、社長の巻頭言の中に述べられているように、それぞれの仕事の中で積み上げられた“わざ”の継承や、“わざ”に関する内外コミュニケーションのツールとして、また、それら“わざ”の集大成である商品の紹介として広く活用され、お客さまに当社をご理解していただく一助となれば幸いです。

—ジャトコトランステクノロジーレビュー事務局 加藤芳章—

1999年度編集委員会 (Editorial Committee)

委員長 (Chairman)		藤岡和好	部品設計部
池田孝一	商品開発本部	横山嘉昭	ユニット実験部
		北雄二	部品実験部
委員		今村博司	技術部
井上博	情報システム部	高山隆志	生産管理部
高野勲	品質管理部		
坂本重信	第二営業部	事務局	
田代綾夫	開発管理部	加藤芳章	先行開発部
木下謙一	開発管理部	増田茂樹	開発管理部
竹内徹	第一商品設計部	佐藤真琴	開発管理部

ジャトコ トランステクノロジー レビュー 創刊号

JATCO TransTechnology Review No.1

©禁無断転載

February, 2000

発行 2000年2月
発行・編集人 ジャトコ・トランステクノロジー
レビュー編集委員会
発行所 ジャトコ・トランステクノロジー株式会社
開発管理部
静岡県富士市今泉700-1
〒417-8585 0545(51)0734
印刷所 スルガ印刷
静岡県富士市今泉3丁目6-20

Publisher JATCO TransTechnology Review
(Editor) Editorial Committee
Distributor R & D Administration Department
JATCO TransTechnology Ltd.
700-1, Imaizumi, Fuji City
Shizuoka, 417-8585, Japan

Copyrights of all articles described in this Review have been preserved by JATCO TransTechnology Ltd. For permission to reproduce articles in quantity or for use in other print material, contact the chairman of the editorial committee.