



目 次

巻頭言

ジヤトコ・トランステクノロジーレビュー第二号発刊にあたって	小林正典	1
-------------------------------------	------------	---

寄 稿

自動車の未来	井口雅一	2
--------------	------------	---

特 集

1. QS9000品質システム構築の考え方と認証取得活動の紹介	石原 明	6
2. 当社の中期経営計画と方針管理	鈴木邦彦・佐野 勉	10
3. 全社節目管理	渡辺久夫	15
4. エンジニアリング評価基準による計画段階における工程の造り込み	鈴木 茂・宮入信雄	18
5. 商品開発におけるプロセスと帳票の標準化	西村 勲・伊豆川芳基	21
6. 重要特性の設計から製造への一貫した伝達による品質造り込み	渡辺久夫	25
7. コンピュータデータベースによる文書管理	加藤賢一	27
8. GAUGE R&Rによる測定システム解析	小林信二	29

論文・解説

1. MATLABを用いた5速AT変速性能解析	松村利夫・勝 生水	34
2. 高周波焼入れを行ったシャフト部品の高強度化技術について	吉田 誠	38
3. ロックアップクラッチのスリップシャダー発生機構解析	加藤芳章	44
4. ATの遊星歯車機構の騒音・振動に関する研究	陳 勇	50
5. CVTを用いた車間自動制御システムの紹介	日野 顕・落合辰男・芦沢裕之	56
6. トロイダルCVTを支える新技術	島中茂樹・岡田克彦・日比利文・河村泰孝・古閑雅人	60
7. 最新ATと革新的CVTを支える油剤技術	荒川慶江・矢内原梨花・前田 誠・茂木靖裕・村上靖宏	66
8. ハイブリッドユニット用トランスミッションケースの開発	内藤智之・遠藤淳一・菅野 拓・中村重敏	72
9. イン트라ネットを使った特許情報の提供について	市川隆義・遠藤和洋	76

商品ラインナップ	80
----------	----

新商品紹介

1. FF車用5速AT JF506E-W(FPB)	土屋信博	81
2. FF車用4速AT JF405E-Q(FRA)	高橋 真	84
3. FR車用5速AT JR507E(RXO)	加藤達也・早崎康市	88
4. FF車用スチールベルト式CVT(ADO)	江村大輔・萩原善親・山本祥久	94
5. FF車用4速AT F04B(ZY)	山浦忠男・室田和哉・新明正弘・青田和明・塩見 淳	98

商品紹介

1. FF車用4速AT JF404E-W(FDO)	103
2. FF車用4速AT JF405E-H(FRO)	105
3. FF車用5速AT JF506E(FPO)	107
4. FR車用4速AT JR405E(RZO)	109
5. 縦置きFF型4WD車用4速AT(RAM)	111

特許紹介	113
------	-----



ジヤトコ・トランステクノロジーレビュー 第二号発刊にあたって

代表取締役副社長 小林 正典
Masanori Kobayashi

ジヤトコ・トランステクノロジーが発足してから、早いもので一年あまりが経過しました。以前は二つの会社に分かれていたAT技術を新会社を集約して高度化し、世界中のお客様によるこばれる優れたATを生み出そうという当初の構想は、関係先の皆様の暖い御支援と全社員6千名の懸命の努力の結果、着実に現実のものとなりつつあります。当社の有するATの開発・生産技術のスタッフの層の厚みと、新興の意気に燃えるエネルギーは世界的にもユニークなもので、その中から、この一年余の間に、FF車用AT、FR車用AT、CVT、HEV等各分野で多数の技術が開花し、世界中のお客様の御期待に答えつつあります。この方向をさらに伸ばしていくためには、将来のお客様の期待される方向を正しく見きわめていくことが必要となります。

IT化とともに世界中で技術進歩が加速化するに伴い、カーメーカー間の競争は世界的規模で激化の一途をたどっています。それはとりも直さず、カーメーカーから部品メーカーに対する要求水準が加速度的に高まることを意味します。我々としては、品質向上に貢献できる技術、コストダウンに貢献できる技術、カーメーカー毎にテラーメードの新製品をタイムリーに開発する技術など、多方面にわたる技術を幅広く打出していかなばなりません。それは言うべくしてきわめて困難なことではありますが、しかし、単にカーメーカーの要求に受身で応じていくだけでは、会社としての成長に限界があります。変化の時代こそビジネスチャンスの時代と把握、ATの専門家ならではの新しい技術を積極的に提言していくことが、成長のためのキーとなるのではないのでしょうか。

我々のお客様は直接的にはカーメーカーですが、最終的なお客様は、世界中で車を購入し運転する消費者の皆様です。そういう消費者の皆様新しい価値を認めていただけるような商品を生み出す技術を、カーメーカーに対して我々が積極的に提言することこそ、最大のビジネスチャンスを作り出すことになります。日本のATの普及期に、MTに比べてATの便利さ、楽しさに対して、消費者の皆様数万円の価値を認めていただきました。今後そのようなわかりやすい価値を我々の技術で作りに出していけるのでしょうか。たとえば、トロイダルCVT車を初めて運転した皆様が一様に、これはちがうと、従来のAT車とは比較にならない運転の楽しさを指摘されますが、我々にはこのような商品価値を生み出す大きな技術上のポテンシャルが十分にあります。20世紀とはちがう、21世紀にふさわしい高い商品価値を生み出す技術ポテンシャルこそジヤトコ・トランステクノロジーの成長の原動力となるものと確信しております。

自動車の未来



井口 雅一*

Prof.Masakazu IGUCHI

1. 社交手段としての自動車

自動車は人が離れた距離を移動して交流する手段、電話は離れた距離を電気通信による会話で交流する手段である。どちらも現代の主要なコミュニケーション（交流）の手段である。電話は1876年にグラハム・ベルにより発明された。自動車は10年後の1886年にカール・ベンツにより初めて製作された。どちらもほぼ同時期にこの世に生まれたことになる。「電話するアメリカ」（クロードS・フィッシャー、吉見他訳、NTT出版）を読むと、電話よりも自動車の方が数倍も値段が高いにもかかわらず自動車の方が普及が速かったと書かれている。1929年に始まった不況期には、自動車よりも電話の利用を止める方が多かったことも明らかにしている。

初期の電話は伝送容量が少なく、長い時間のおしゃべりは社会ルールに反するとの認識であった。電話はビジネスはじめ日常の必要欠くべからざる情報伝達に使うもので、通話は簡潔に済ませるものであった。日本の電話も10年程前までは同じで、家庭でも長電話は慎むべきものであった。それに対して自動車で社交に出かけることは社会的に認められていた。そのために電話よりも自動車の方が値段が高いにもかかわらず大衆に好まれたようである。つまり人の社交のための潜在交流需要は、ビジネスよりもずっと大きいものと推定される。

2. 楽しみを売る自動車

今世紀初頭の1908年に、ヘンリー・フォードが自動車の大量生産方式を開発して、安価なフォードTタイプを販売し始めたことによって自動車は大衆化した。通算1,500万台を売り、フォードを追い越してもその前にまたフォードが走っているから、フォードは永遠に追い越せないと言われたという。

自動車会社フォードは世界一の自動車メーカーとなった。

ところが1923年につぶれかけていたジェネラルモーターズGMにアルフレッドP.スローンが社長になり、快適な乗り心地、美しいデザイン、毎年のニューモデル、高い車から安い車までのフルライン生産、割賦販売など現在の自動車メーカーが採用する方式で魅力的な車を販売し始めると、GMは瞬く間にフォードを追い越して世界最大の自動車メーカーとなった。現在でも規模では世界一のメーカーである。

フォードTタイプは今から考えると自動車ではなく運搬機械であった。黒一色、丈夫一点張り、高い信頼性、自分で容易に修理できる構造、後輪を外してプーリーをつけると動力源としても使えるなどの有用性など、いわば実用に徹したエントリーカーであった。現在のいわゆる車はGMのスローンによって造られた。

所得も増え、エントリーカーでは物足らなくなったユーザーはGMの夢を形にした自動車に飛びついた。つまり、現在の自動車には、移動手段としての性格ばかりでなく、ホビー、ペットの性格、あるいは運転を楽しむエンターテインメントの性格とを備えている。

3. 人間と機械

機械は人の手足の作業を代行したり増幅したりする機能を果たしてきた。手作業を代行するはた織機械や工作機械などから、動力機械が発明されるとパワーを増幅する交通機械が生まれ、さらに家庭の仕事を代行してくれる家庭電化器具まで現れて20世紀は機械文明の時代となった。

最近の大きな変化は人の知能作業を代行するコンピュータの出現である。多くの単純事務作業はコンピュータが代行してくれる。人造人間は単に物語りの世界の住人であったが、機械が知能を持ち始めると実世界に人造人間（ロボット）が出現

*（財）日本自動車研究所所長 東大名誉教授

するのではないかと予想されるようになった。今のところ実用化しているのは手作業を代行する産業用ロボットである。教えたとおりの手作業を繰り返す。ロボットとは云っても一本の手でしかない。ようやくホンダP3ロボットが二本足で歩けるようになった。

人の夢を先取りするアニメの世界では、手塚治虫の鉄腕アトムに始まり、横山光輝のリモコン操縦の鉄人28号、次いで永井豪の搭乗操縦型のマシンガーZが現れた。今はトランスフォーマー、カーロボットが放映されている。ここでは、自動車や新幹線が巨大ロボットに変身する。大人用のアニメや映画の世界では、アーサー・クラークとスタンリー・キューブリックが2001年宇宙の旅の中でスーパーコンピュータ、ハルを登場させたように、意思や感情を備えたアンドロイドが活躍している。

自動車は人が搭乗して操縦する足ロボットではないだろうか。マシンガーZのように戦闘はしないが、大きなパワーのある機械を自在に操る快感はロボット操縦に通じる。アニメの世界が現実の世界に展開する。

コンピュータの知能レベルは急速に向上している。言葉を話し出したのはかなり以前だし、手書き文字もかなりのところまで認識する。今では音声認識技術も向上してVIA VOICEのようにパソコンの音声入力も実用化した。機械翻訳も専門用語を覚えさせれば、正しく書かれた科学論文だと理解可能なレベルに翻訳する。コンピュータとの対話が可能になりつつある。外国語間の同時通訳機械も近い将来実現が予想されている。

対話能力はまだ弱い。ソニーのアイボのようなペットロボットが売り出され、人気を集めている。アイボは振る舞い動作による人とのコミュニケーションが主だが、対話を主としたペットロボットもある。ペットロボットがビジネスとして成り立つとなれば、その性能は急速に発達する可能性がある。

4. 自動車の副作用

先進国の自動車保有台数は所帯数よりも多くなり、複数所有が常態化した。文字通りマイカーの時代になりつつある。世界全体を見ても人口60億人に7億台の所有となり、1台あたりの人口は10人以下となった。毎年の保有台数の伸びは人口の伸びを上回っている。

自動車の社会的課題は地球温暖化、交通事故、

交通渋滞などどれ一つをとっても難問が山積している。自動車交通に情報技術ITを導入することによって難問に対処しようとするITS（高度道路交通システム）開発に期待が集まっている。

自動車事故による世界の死者数は毎年数十万人に上るといわれている。世界で自動車戦争が行われているといわれても反論できない。他の交通機関、航空や鉄道に比べても死傷者割合が圧倒的に多い。

人間工学では、「人はミスをする」と教える。したがってマン・マシン・システムには人のミスが直接事故につながらないような保安システムを組み込むことを必要条件にしている。

交通システムでは、航空機、列車、自動車のどれも人が直接移動体を操縦する典型的なマン・マシン・システムである。新幹線は開業以来列車事故による乗客の死傷者ゼロという輝かしい記録を積みかさねている。新幹線には最大の鉄道事故原因である踏切が無いことも安全性を高めている理由の一つであるが、自動列車制御装置ATCという保安システムが組み込まれているためでもある。一言でいえば、新幹線の運転士はATCが安全と認める範囲内では運転の自由が許されていない。航空機にも自動操縦装置はじめ保安装置が組み込まれており、操縦士は保安装置が許容する範囲で操縦する。

これに対して自動車は、ドライバーがすべての責任を負うという社会論理の下で自由な運転が許されてきた。交通事故の増加とともに運転免許制度が敷かれ、交通規則が制定され、車両検査が義務付けられるようになった。しかし、技術的に困難なこともあって、新幹線、航空機に組み込まれているような、人のミスに対する保安装置はまだ十分には組み込まれていない。ちょっとしたわき見、居眠りが悲惨な事故を起こしている。ITSはITを活用することによって、自動車に保安システムを組み込もうとしている。

5. 進化する自動車

今の自動車の基本構造は今世紀はじめのフォードT型とそう大きくは変わらない。四つの車輪を持ち、内燃機関エンジン、サスペンション、ステアリングなど性能は進歩したが、基本は同じである。格段に進歩したものは制御系、情報系あるいは神経系である。動物も進化するにしたがって、神経系、とくに中枢神経系が発達する。その頂点に立つのが大きな脳を備えた人間である。

筆者が学生時代に初めて触れた自動車では、エンジンのタイミング調整、キャブレターのチョークとスロットルの調整から、冬季にはラジエーターに覆いを掛けてエンジン冷却水の冷えすぎを防ぐことまでした。変速機の操作には歯車の回転を合わせるのにダブルクラッチを踏んだ。初心者には苦勞の種であった。上手く回転を合わせないと歯車が悲鳴をあげた。ジャトコ・トランステクノロジーが開発した無段変速機CVTにはその必要が無い。もっと速く開発されていたら、ダブルクラッチが踏めないために免許取得をあきらめた多くのドライバーを救えたであろう。

今ではステアリング、アクセル、ブレーキ操作以外はすべて自動化された。変速機制御、パワーステアリングのフィーリング制御、エアコンなどのアクセサリ制御など自動車の持つ自律神経系によって、すべてが最適とはいかないまでもそれに近い状態に自動調整される。

最近では反射神経系が導入された。アンチ・ロック・ブレーキ・システム、トラクション・コントロール・システム、スタビリティ・コントロール・システム、エアバッグ、シートベルト・プリテンショナーなど緊急時に反射的に作動して危険に対処する。

さらに小脳機能を備え、空いた道路であればアクセル操作もオートクルーズ装置を使って自動制御に任せることもできる。すでにオプションで販売されているアダプティブ・クルーズ・コントロールを使えば車間距離も制御してくれる。

感覚器官も電波、レーザー、赤外線、超音波など各種のレーダー、TVカメラ、画像の自動認識、暗視装置などの視覚機能、電波、光を使った移動通信機能（耳、口の機能）など多様な技術が開発されており、一部はすでに実用化している。一昔前までは、車の中の空間は世間の情報からは隔絶されていたが、携帯電話で外界と通話できるし、VICSで最新の交通情報を即時に得ることもできる。

最近では自動車が脳を持ち始めた。カーナビ用のデジタル・ビデオ・ディスクDVDは1枚で日本全国の地図を記憶できる。記憶の正確さという点では脳の持つ能力を超えている。道に迷ったとき小さな字で書かれた地図帳を読むのは老眼には一大苦勞であったが、カーナビのスクリーンには常時自分の居る位置を大きな図や字で表示してくれる。老眼鏡の必要が無い。初めての道でも安心して走れる。

ITS傘下の技術開発プロジェクトである先進安全

自動車ASVや走行支援システムAHSでは、脳に判断機能を持たせようとしている。車線を逸脱しそうになると注意してくれる、急カーブでの速度の出しすぎを注意したり前方の障害物を教えてくれる、交差点での飛び出しを知らせてくれる、前方の事故発生を早めに後方車に伝えてくれるなど、脳ならではの情報支援をドライバーに与えてくれようとしている。

パソコンの世界ではコンピュータと人との対話が始まろうとしている。自動車でもカーナビは前から言葉を話すし、最新型ではまだ限られているがドライバーの音声指示を理解するようになっている。パソコン技術が自動車に導入されるのは間違いない。

6. ドライバー・パートナー

これまで述べてきたように、自動車は走るための機械であると同時に、いろいろな性格を備えている。機械が脳を備え知能を持てばロボットに近づくように、自動車も自然の成り行きでロボットの性格も備えるようになる。つまりドライバーのパートナーとなる。

自動車は趣味の対象として、クラシックカーのように知能を持たないいわゆる単純なメカが好きなドライバーもいるだろうし、話し相手になってくれる車が欲しいドライバーもいるだろう。実現はまだまだ先となろうが、疲れたときや飲酒後に家まで連れて行ってくれる車が欲しいと望む人は多い。したがって車に求めるパートナーの性格と能力レベルは多様であろう。

情報技術の分野で開発中の「エージェント」がある。これについてニール・ガーシェンフェルドの「考えるものたち」(中俣訳、毎日新聞社)によると、エージェントはユーザーの好みを学び、ユーザーの代わりに自主的に働くコンピュータ・プログラムである。伝統的な英国人の執事が、お気に入りのペットなど、いずれも主人が自らの願望を外に表していることに気づかなくても、それに応えるすべを学ぶとしている。

主人の願望を察知できなくとも、ドライバーの指示どおりに働くエージェントであれば実現にそれほど時間は掛からないであろう。これから行く先の天候、催事情報、混雑状況を調べて教えてくれたり、緊急時の支援などは有料情報サービスとしてすでに始まっている。やがてこれらはエージェント・ソフトで置き換えられるのであろう。ま

た、ホテルや切符の予約、電話の他交通機関の運行状況調査、電話の受け答えなども車のエージェントがドライバーの留守中にすましてくれるようになるだろう。

コンピュータの知能が感情や意識、さらに心を持つかはその方面の専門家の議論にゆだねるにしても、エージェントが主人の願望を察知することには快不快の両面を感じる。忠実な執事は良いが、外に出したくない感情や願望まで読み取られるのは不気味である。機械が主人に対して絶対的な忠誠心を持つようにするにはどのようにすればよいのか。主人の操縦に忠実に反応する単純なメカ車の方が良いと言う人も居るだろう。

7. パートナーの役割

パートナーの能力が一般道路でさえドライバーに代わって安全運転ができるようになるまでには数十年の時間が掛かると予想されている。しかしパートナーはわき見や居眠りをするかもしれないとか、とっさの危険にたいしてブレーキを踏むなどの反応が早いなどの長所を活用すれば、多くの事故を回避できると予想されている。

前述のASVやAHS開発では、パートナーの役割の多くをドライバーのミスに対する保安システムにしようとしている。しかし現在のITSでは、パートナーはドライバーへの単なる情報提供者である。パートナーの助言に従うか無視するかはドライバーの意思に任されている。もし、パートナーの危険回避能力を優先するようになると、新幹線のATCと似てくる。ATCがそうであるように、ドライバーに与えられる運転の自由はパートナーが許容する範囲内に限ることにもなりうる。

北欧では冬季の安全運転向上のために、自動車の速度を強制的に制限するISA (Intelligent Speed Adaptation) が議論されている。住宅街でもそれを適用するという議論もある。一般道を有料化して自動車需要を制限する課金制度や、特定地域への乗り入れ制限をする交通需要マネジメントが計画されている。このような規制をパートナーにやらせることは技術的には可能である。

自動車は生まれてこの方、ドライバーの自己責任の下に運転の自由が広く認められてきたが、安全で公害の無い未来の自動車社会を築くには、運転の自由を今以上に制限せざるを得ないかもしれない。今でも混雑した道路を前車に追従して走るだけの車に運転の大きな自由があるとも思えない。

空いた道ではパートナーの許容範囲で安全運転を楽しむ、完全に自由な運転を楽しみたければ、レース場のような場所で自己の責任の下に走るようになるのかもしれない。

前述のように、自動車は走るだけが能ではない。情報拠点として、カー・オフィスとして、エンターテインメントの相手として他に多くの機能を持っている。そこではパートナーは執事、助手、友人あるいはペットとしてドライバーに仕えることになる。

8. 責任者は誰か

何度も繰り返すことになるが、自動車運転の最終責任者はドライバーにあるという条件で現在の自動車交通は成り立っている。一方、ゴムタイヤを履いた車両が自動運転されている新交通システムにはすでに20年の安全運転の実績を持っている。ここではドライバーは居ないので責任者になりようがない。

自動車の自動運転は日米欧でデモンストレーションが行われ、技術的にはほぼ完成している。しかし、現在のところ社会展開はかなり先になると言う認識で国際的に意見が一致している。したがって、当分責任問題を考える必要はない。

完全な自動運転にまでは行かなくとも、限られた場所のみで、一時、一部の操作を自動化することによって危険を回避することは考えられる。たとえば、前方の危険にドライバーが気づくのが遅れた場合、パートナーが代わりにブレーキを操作するなどである。

パートナーの強制介入部分が大きくなると、その部分にまでドライバーに責任を負わせることに異議が出てくる可能性がある。ドライバーとパートナーとの間で責任を分担することはありうるのか。パートナーの責任は最終的には誰の責任になるのか。コンピュータ・ゲームの世界と違って、自動車は社会に大きな影響をもつだけに、社会的な課題を投げかける。

以上、述べてきたように自動車は足の機能を拡大する機械として生まれたその時から、その使用目的は情報の伝達が多かったが、今後は更に人の頭脳や5感を兼ね備えて進歩していこう。車はその操作責任が一般の人に任せられている特殊な交通機関であり、今後人と車の関係がより濃密且つ複雑になるに連れ、新たに準備をしておくべきことも多くなっていくだろう。

QS9000品質システム構築の考え方と認証取得活動の紹介

The Introduction of policy of Quality system Restructuring and activities for Certification

石原 明*

Akira ISHIHARA

抄 録 当社は、2000年4月25日付けでJIA - QAセンターからQS9000認証を取得した。ジャトコ・トランステクノロジー（株）として発足した新会社として、QS9000認証取得方針を決定してから半年間の短期の活動で成果につなげた。

本稿では、冒頭で当社のマネジメントシステムの特徴点を述べ、次に早期認証取得につなげた取り組み活動の概要について紹介する。

Summary JATCO TransTechnology Ltd was established on 1st Oct.,1999. After that in 6 month we have awarded the Certificate of Registration under date of 25th Apr. 2000 in accordance with QS9000 by the registrar JIA-QA Center.

In this paper first of all we would like to give an outline of features of our Management Systems and activities for QS9000 Certification.

1. はじめに

当社は、1999年10月1日、日産自動車（株）から分離独立したトランステクノロジー（株）と日産自動車の子会社のジャトコ（株）が合併して、新しく自動車用オートマチックトランスミッションの専門メーカーとしてジャトコ・トランステクノロジー（株）が誕生した。合併の目的からして当然、システムを統合して一つのシステムにすることが大きな課題であった。

一方、新会社設立の営業目的の一つである海外自動車メーカーへの販路拡大につなげるためにはQS9000認証取得が必須要件であるという気運が高まっていた。

以上の背景から、合併両社の異なるシステムを統合して行く手段としてQS9000品質システムの導入が有効かつ必須事項であると判断し、QS9000認証取得目標が決定された。

本稿では、合併新会社としての品質システムの構築の考え方及び活動の結果としてできあがった品質システムの特徴点ならびに極めて短期間で認証取得につなげた活動内容について紹介する。

2. 当社のマネジメントシステムの特徴点について

品質システムの再構築に当たっては、ISO9000 / QS9000の基軸であるトップダウンの考え方を会社運営の幹とし、「方針管理」と「商品プロジェクト

進捗管理」を業務フローのベースとすることを基本に据え、さらに各段階での仕事の質を指向した相互の連携活動を重視した。

このねらいに基づいて、合併両社の品質システムの融合と統合を進めてきた結果、概ねねらいどおりのシステムを構築することができた。できあがった品質システムは以下に述べる3つの特徴点をもつ。

本稿では、それぞれの特徴の概要説明にとどめて、後に稿を改めて具体的なシステムの事例を詳細に紹介する。

2.1. 経営層による事業計画の進捗管理

当社は、経営層による事業計画の進捗管理のしくみとして大きく2つのシステムを持っている。

その一つは、経営者の方針を事業計画として具体化、展開する「方針管理」システムである。これは会社経営の基本システムで、中期経営計画と年度方針とで構成され、毎年度見直しを行う。

2つ目は、プロジェクト計画遂行の進捗管理で予め設定された節目でプロセスと成果についてレビューを行い、要すれば計画修正するもので「全社節目管理」と称する全社レベルでの商品プロジェクトレビューである。

これらは、当社の品質マネジメントシステム運営のベースのシステムであり、これらを通して全社レベルの課題の共有化が図られ、課題解決に成果が上がっている。

* 品質管理部
Quality Administration Division

2.2. アウトプットの質の向上のためのシステム

当社は、品質基本方針に掲げるように世界一の商品とサービスをお客様にお届けするために、常に仕事の質を重視した活動を行っている。各機能部署のアウトプットの質を高めてゆくことがねらいであるため、業務のしくみの中にいろいろな工夫が織り込まれている。特に不具合の未然防止につながる事前検討、事前準備のしくみは各機能の貴重な経験の対策結果といえるものが多い。

ここでは種々の機能システムの中で、もの造りに直接的に関係するアウトプットの質の向上として成果のあがっている「図面の質の向上に関するシステム作り」及び「工程管理内容の質の向上に関するシステム作り」について活動事例を次稿にて紹介する。

2.3. 全社共通業務の合理化

全社に渡る共通業務は、各部署毎で実行されるので全社として集計すると業務量は膨大であり、そのために簡素化、効率化が必要となる。従って共通業務のしくみを検討するに当たって、コンピュータ導入などによる一元管理、紙配付の廃止などの効率化・合理化を取り入れる方針でシステム造りに取り組んできた。

これらを考慮した例として、膨大な基準書を扱う「文書管理システム」及び製造工程で使用される膨大な点数の計測器、試験器の「測定システム解析」について次稿にて紹介する。

3. 取り組み活動について

この章では、QS9000認証の取得活動について紹介する。前述のとおり、当社は2社が合併して新会社となったので、旧2社が持つそれぞれのマネジメントシステムを1日も早く融合させてひとつに統合する必要があった。

統合を早急に実現させるには、各部署の役割を明確にして早く末端のひとり一人の取り組み活動にしなければならない。そのために、たたき台レベルの統合版品質マニュアルを早く作成して、指針を示すことが重要である。全社の品質システムでの各部署の関わりが品質マニュアルに表されると各部署の課題が明確になり、活動が急進することになると考え計画を進めた。

認証取得時期については、認証取得の条件として必要な運用実績の積み上げ期間（半年程度）を

考慮して、合併後半年で認証を取得する最短の目標を設定した。

以上の方針をもとに下記の課題を設定して活動を進めた。

3.1. 合併1年前からの両社の活動体制の組織化

合併計画の発表後、合併1年前の時点で両社のシステム統合化の推進組織が結成され、総務、人事、業務システム、品質等9つの分野について両社からなる専門部会の検討活動が開始された。QS9000認証取得活動は、品質部会に組み入れられて活動を開始した。このQS9000認証取得活動組織をFig.1に示す。

図中の両社の推進事務局は、合同推進事務局のメンバーを兼ねており、実質的に両社一体化した運営事務局が結成され、計画策定、運営、展開等遅滞なく進められる体制ができあがった。

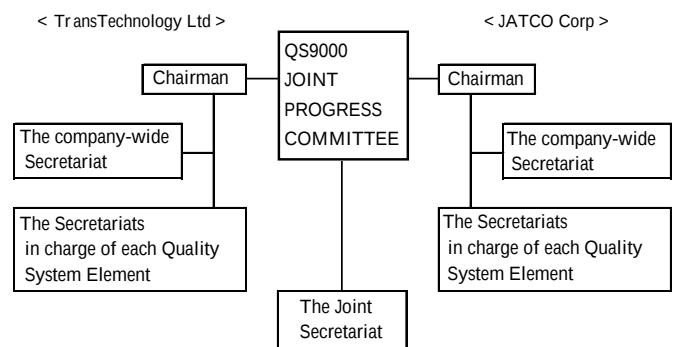


Fig.1 The Organization for QS9000-Registration

3.2. 全社のシステム課題の明確化と整備実行計画

活動の主要課題と取り組み日程をFig.2に示す。特に品質システム構築に関わる各部署の課題を明確にするため、実質的に統合版原案となる「品質マニュアル0次案」を合併半年前の4月末日までにまとめることを第1の目標とした。この作業は全社事務局レベルで進めてきた。でき上がった0次案を基に、各機能主管部署は、整備計画を策定し両社連携を取りながら実行した。

こうした活動により、各機能主管部署の検討結果を織り込んだ「新会社版」品質マニュアルの暫定1版を6月に発行し、同時に基準書体系を固めることができた。

この時点で新会社の品質システムの骨格はほぼでき上がったわけであるが、それから10月の新会社発足までの3ヶ月間で基準書の整備を行い、品質マニュアル正規第1版を発行することができた。

description	'98			1999												2000							
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6		
company events	"JATCO TransTechnology" established QS9000 registration																						
basic schedule	system study education kick off internal audit #1 internal audit #2 lead audit #1 lead audit #2 audit internal audit #3																						
progress control	company-wide progress meeting																						
quality manual	study version issued temporary version issued 1st. Edition issued																						

Fig.2 The Master Schedule QS9000-Registration

3.3. 活動推進のポイント

前述のとおり，新会社発足後半年で認証を取得するためには活動の停滞は許されず，そのための方策として次の手を打った．

3.3.1 全社推進会議 (1回/月)による全体進捗の確認
システム整備を担う「各機能主管部署」と"実行部隊"として全社各部門に設置した「部門推進事務局」とが参加する「全社推進委員会」を運営することにより，新たに実行するシステムの展開や説明又は問題点の調整などを行い，全社レベルの活動を計画通りに推進することができた．

3.3.2 内部品質監査システムの活用によるチェックと改善のサイクル活動

構築のステップアップ毎に，規格要求事項に対する品質マニュアルの適合度チェック，実行手順（基準書）の適合度チェック，さらには実行度のチェックと3段階の内部品質監査を実施することにより，玉成度の確認を行った．

3.3.3 予備審査の活用

審査機関が実施する2回の予備審査時期を当社内で行う上述の内部品質監査の後に設定し，自らの評価と外部機関の評価が比較できるように考えた．この効果としてシステムへのQS9000要求事項の織り込み状況，実行状況の把握と対応の事前評価が行き届きシステム全体の対応度の向上につながった．

以上の諸施策は，全社的求心力を引き出して推進を加速し，不適合点の是正・改善（玉成度向上）

に非常に効果的であった．

4. 成果とまとめ

合併前の両社はそれぞれISO9001，ISO9002を取得しており，今回の再構築の土台はできていたもののそれぞれシステムは異なり，一つに統合することは大きなエネルギーのいる活動であった．しかし 両社の"よいとこ取り"でさらに発展したシステムができたことや大きな活動を短期間で成し遂げた総合力は全員の自信につながり，以下の大きな成果となった．

(1) 合併の融合への寄与

QS9000認証取得活動を通じて，合併前両社のシステムの摺り合わせを進める中で互いの風土・気風の理解ができ，仕事を進める上での基本的スタンスの融合が進んだ．

(2) 品質システムの統合効果

同一機能で多種多様の基準類/帳票類の"よいとこ取り"により，システムの統合・充実が図られた．

(3) 認証の取得

当社は，前身であるジャトコ（株）の時代からBMW，VW，ローバーほかの欧州を中心とした海外顧客と積極的な取引を行っているが，現在さらに米国ビッグ3との商談が活発化しており，品質面での条件の一つを整えることができた．

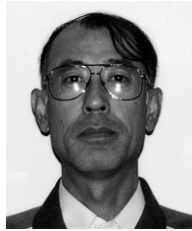
5. 今後の課題

品質マネジメントシステムを構築できたが、徹底度の充実を図ることは勿論、システムのにもより合理的なものへの改善のために、内部品質監査

による品質システムの維持・向上に地道に活動して行く

終わりに当たり、QS9000認証取得に一丸となつて取り組んだ全社員に対して、活動の成果を讃え、感謝の意を表します。

■ 著 者 ■



石原 明

当社の中期経営計画と方針管理

Middle period management plan and policy management of our company

鈴木 邦彦*

Kunihiko SUZUKI

佐野 勉**

Tsutomu SANO

抄 録 QS9000の4.1章「経営者の責任」における要求事項は、当社が顧客ニーズに対応する品質方針を設定し、責任と権限を明確とし、これを展開・実施・維持管理することである。

当社は、品質方針を実現するため、中期経営計画の中で品質計画を具体化し、方針管理を手段として方針を達成するための役割の明確化、実行、維持管理を図る仕組みとしている。

本稿では、QS9000の要求事項に照らし合わせて整備した中期経営計画の策定及び方針管理のシステム概要・改善点等について述べる。

Summary Our company clarifies the responsibility and authority of each division to set up the quality policy corresponding to the needs of the clients and accomplishes its achievement, enforcement, management and maintenance. This is the demand item in 4.1 chapter "the responsibility of the manager" of QS9000 systems.

Our company has been setting up the quality policy as a part of the middle period management plan. Also, our company is using "policy management" in order to achieve the policy.

I express with this paper about the outline /improvement point, etc. of the middle period management plan and policy management system that fits the demand of the QS9000 system.

1. はじめに

当社の中期経営計画及び方針管理は、昨年度の新会社設立に伴い、ジャトコ（株）とトランステクノロジー（株）が過去実践してきた管理の仕組みを念頭に置き、新しく構築したものである。トランステクノロジー（株）は、日産自動車（株）からAT開発部門、富士工場が分社した会社であるため、その管理の仕組みは日産自動車（株）全体の中の部門中期計画、部門方針管理の位置づけである。

新会社における中期経営計画、年度方針管理システムはジャトコ方式をベースとし、両社の良い点を出来るだけ取り入れたが、QS9000の要求事項、文書化、管理の徹底といった面では不十分な点があった。

昨年度のQS9000の認証取得活動は、その見直しの好機であり、新会社設立に合わせシステムの見直しを行った。

本稿では、当社のシステムの改善点を紹介すると共に、今後の課題について紹介する。

2. システムの概要

Fig.1に中期経営計画、年度方針管理の流れを示す。

中期経営計画（以下「中計」という）は、長期的視点を明確とした事業ビジョンを、より具体化し毎年5年先までの事業計画として目標と具体的方策、実施時期等を定めている。

中計は中期事業目標を実現するため、中期経営方針を中心とし、具体化した品質等の個別の機能別中期計画及び部門別中期計画からなり、具体化を図っている。

年度方針は、中計の初年度の位置づけとして年度始めに中期方針を基にした年度社長方針を策定し、各部・課の年度方針にブレイクダウンし、活動を展開している。

* 経営企画部
Corporate Planning Department

** TQM 推進部
TQM Promotion Department

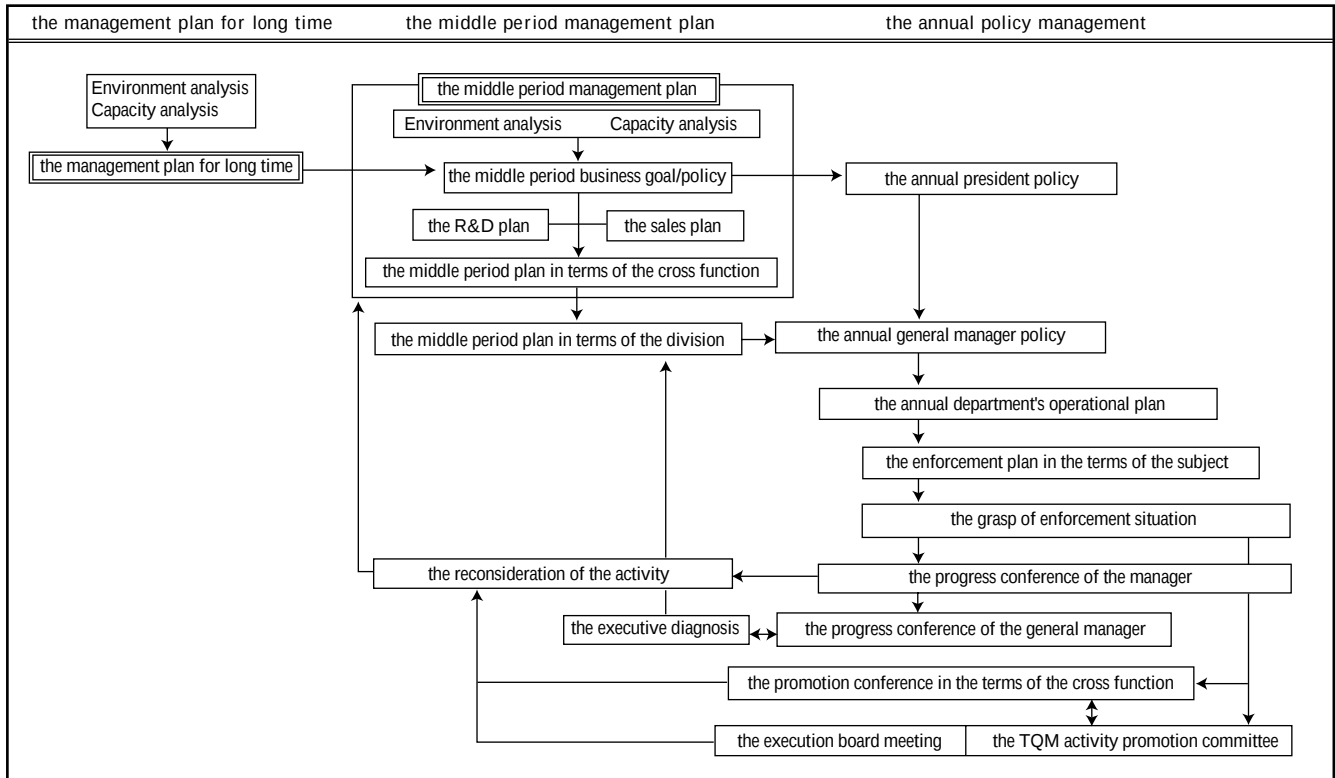


Fig.1 The flow of the policy management

進捗管理は、部門独自の管理を縦系、品質・原価等の機能別会議を横系として実施し、その総合進捗管理や主要課題の調整等をTQM推進委員会にて実施している。

3. QS9000の観点から見た中計・方針管理上の課題

従来の中計及び方針管理において、QS9000の要求事項等から見て以下の課題があった。

- 1) QS9000要求事項1：顧客の期待・ニーズに対応する品質方針の策定
 - (1) 顧客ニーズへの対応が不鮮明
 - (2) ベンチマーキングの活用が不十分
- 2) QS9000要求事項2：方針の伝達
 - (1) 中計の具体化が不足し、年度に繋がらない
 - (2) 中計と年度計画(方針・予算)との整合性不足
- 3) QS9000要求事項3：方針の実行・維持管理
 - (1) 各部門における方針管理の状況把握が不十分
 - (2) 全社的な横断的課題に対する調整・方向付けの機能が不十分
- 4) その他
 - (1) 方針達成に関する評価システムが未整備

4. 課題に対する今回の対応

00 - 04中計の策定・00年度方針の策定及び管理にあたっては、前述の不足点を考慮し、以下の改善を織り込み取り組んだ。

4.1. 顧客の期待・ニーズに対応する方針の策定

4.1.1. 顧客満足度（CS）評価の活用

顧客満足度（CS）の向上は当社の企業理念にも明示しており、従来は特別な活動としてではなく、結果としてCSに繋がる品質方針・目標の設定を行ってきた。

今回の中計では、ジャトコ（株）で2年前より実施してきたCS調査結果（顧客満足度指数）を基に中期事業目標と並行して「お客様総合満足度目標」を企業体質の一つのパロメータとして掲げ、よりCS経営を目指すことを鮮明とした。また、お客様総合満足度をブレイクダウンした個別目標（例：品質満足、商品満足等）を、後述する業績評価制度の一つの評価項目としても活用することとした。（Fig.2）

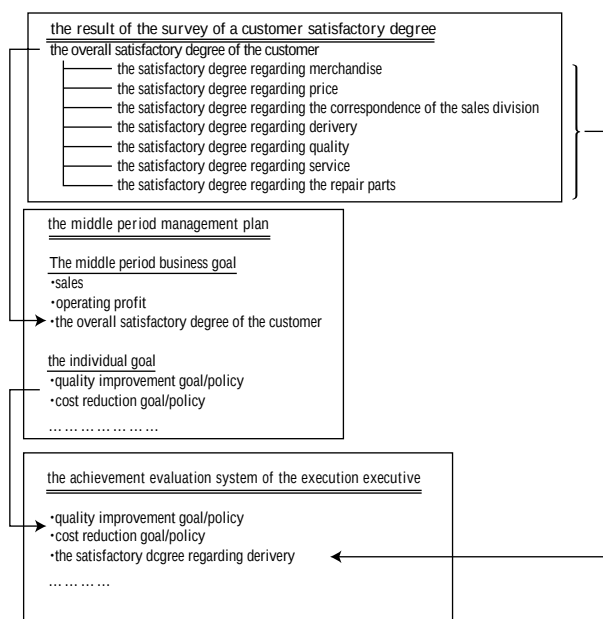


Fig. 2 The reflection of the result of the CS survey

4.1.2. ベンチマーキング（BM）の活用

QS9000では、経営・商品企画・原価・品質等の目標設定や方策の検討に、ベンチマーキングしたデータ等を、活用することが要求されている。ベンチマーキングは成功事例を調査・活用する非常に有効な手法であるため、全部署に「ベンチマーキング活用のガイドライン」を発行するとともに、中計策定時のツールとして活用を開始した。

4.2. 方針の伝達

過去または他社における中計の欠点のひとつとして、“中計と年度管理は別物”と言われるように、中計と年度方針（あるいは予算）管理との乖離があげられる。これは、中計の事業目標を達成する具体的計画（方策、役割等）が不十分であり、このため年度方針策定時、中計が十分織り込まれていなかったことが一因である。

今回の中計策定にあたっては、達成を目指した計画の具体化と年度管理への連動を意識した。

具体的な改善点を以下に述べる。

4.2.1. 機能別中期計画・部門別中期計画の策定

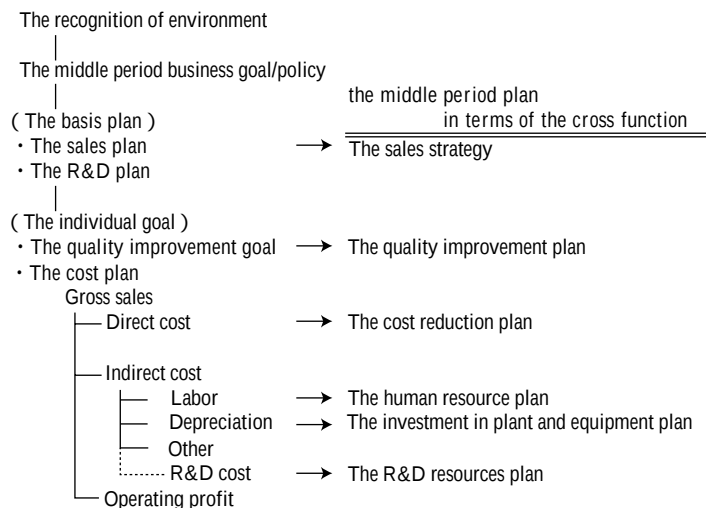
従来の中計は、事業目標の設定と主要な経営課題（方針）の“あるべき姿”中心であり、目標達成に向けての具体的な方策・資源との連動が十分なされていなかった。

このため、今回の中計では中期事業目標達成の具体的計画として、営業・開発・品質の機能別中期計画を中心に、原価計画はさらに比例費・設備投資（償却費）・人的資源（労務費）・開発費といった費目別中期計画に区分し、現状の分析および達成に向けての方策を織り込んだ中期計画を策定した。さらに、これらの機能別中期計画をブレイクダウンした部門別中期計画を策定した。（Fig. 3）

年度方針の策定にあたっては、中計の初年度として方針を策定すると共に、年度部門方針策定時、部門別中期計画の整合性を確認している。

以上のような仕組みで、各部門の役割を明確とし、実行計画に反映出来るようにした。

the basis constitution of the middle period management plan



the middle period plan in terms of the division

division	R&D	quality assurance	production engineering	production	etc.
sales & marketing					

There is a role:

Fig.3 The penetration of the policy

4.2.2 中期事業目標と年度予算との整合性

中計策定期間と年度予算期間がずれるため、初年度売上高予測に差異が生じ年度の活動に入った時、中計は別物という意識が生じやすい。

中計検討後、年度予算を中計の考え方をガイドに策定、予算を基に中計の初年度目標を微修正し、最終パッケージとすることで、中計と年度予算を一致させた。

4.3. 方針の実行・維持管理

中期経営計画とその初年度としての年度方針の管理にあたり、全社横断的な課題に対する機能別会議と、部門系列による部門別方針管理により縦横から管理を行っているが、これらの活動が有機的に連動し、迅速な対応が取れることを目指した。

4.3.1. ノーツDBによる各部門方針の一元管理

各部門の方針及び目標に対する進捗状況が把握できるように、ノーツデータベースを活用し、全部門の方針及び課題別進捗を一元管理できる仕組みとした。(Fig. 4)

具体的には、部毎に部長方針 - 課業務計画 - 課題別実施計画&フォローシートがツリー状に構成され、各自が本システム上で進捗管理することになっている。

これにより、全社の進捗度や実施内容が把握できる。

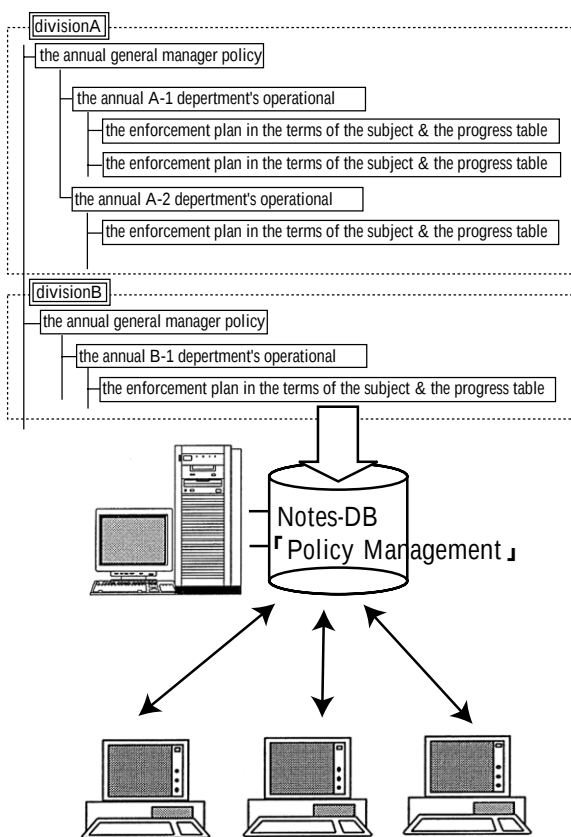


Fig.4 Notes-DB 「Policy Management」

4.3.2. 機能別会議体における進捗管理

品質会議・総合原価会議を中心に、各部門の年度方針に課題をブレイクダウンし、年度の達成活動を推進する。各機能の舵取り役として機能別会議体主導の活動を重視し、責任所在、担当割り当て等の明確化と迅速なアクションを図ることを目指した。

4.3.3 TQM推進委員会

機能別会議・各部門の方針管理を束ねる会議として、Fig.5に示すように全役員出席のTQM推進委員会を設定した。

中期方針、年度方針の機能別会議体・各部門の方針展開状況の解析及び機能別会議体・部門における進捗状況を確認・解析し、中期・年度目標達成に向けての整合性・管理体制の不備や課題を明確化し、是正処置を取っている。

また、中期的な仕組み上の課題や企業体質の強化を図るための全社横断的な課題等は、テーマを決め、先回り解決を図る様にしている。

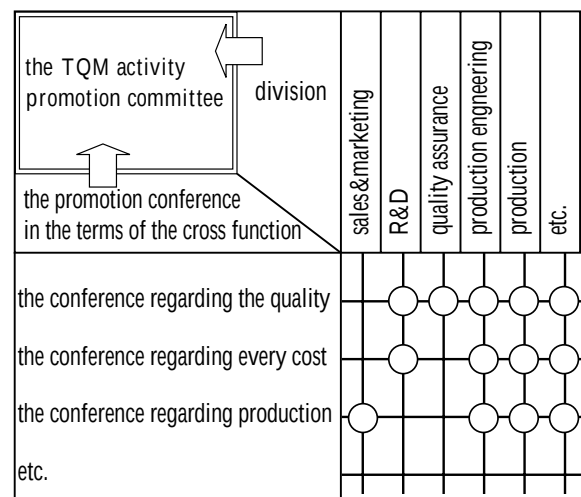


Fig.5 The TQM activity promotion committee

4.4. その他

4.4.1 方針管理と業績評価との連動

各部門の方針は、各係・担当者の計画にブレイクダウンされ、各自の達成の積み上げが全社目標の達成となるが、達成したことに対する人事考課等の評価に結びつかねば管理システムの効力を発揮しにくい。方針管理項目の達成に対し、評価システムを整備していく必要がある。また、未然防止より不具合処置したものが評価されやすい等の不適正な評価がないように評価方法についても内容を充実させていくことが重要である。

当社では、本年度から執行役員に対する業績評価制度を導入した。

この制度の基本的な考え方として業務効率（OUTPUT / INPUT）の概念を導入した。これは、成果を出しても資源を大幅に使用しては意味がない。また、資源の裏付けのない計画は達成度が低い等の理由による。

具体的には、定量的な方針管理項目目標値と仕組み構築等の定性的目標値をOUTPUT、各執行役員の担当部門の使用資源（労務費、償却費、その他経費）をINPUTとし、総合評価する制度である。（Table 1）この評点を成績に反映することとしている。これにより、責任所在の明確化と達成に向けての意識高揚を図っている。

本制度は、今後部長レベル等への拡大を検討している。

Table 1 The example of the achievement evaluation table of the execution executive

		classification	the example of the control item	distribution
countable goal	output	sales	the goal of the sale by new sales	5
		cost	the amount of the variable cost reduction	15
			the amount of investment in plant and equipment	5
			JEPS activity's goal	5
		quality	the rate of the claim in the market the rate of the claim in the shipping	10 5
	new product	the rate that achieved the goal of the quality the rate that achieved the goal of the cost	5 10	
	other	the satisfactory degree regarding quality	5	
input	the fixed charge the labor charge that is using it in the division	the fixed charge the labor expense the depreciation expense other expenses	10	
	uncountable goal	output	uncountable goal	the introduction of a new method the establishment of the new order
total point			100	

5. 今後の課題

以上、幾つかのシステム上の改善を行い、運用を図って来たが内容的には緒についたばかりの仕組み或いはさらなるレベルアップが必要な仕組み等であり、今後の主な課題について以下に述べたい。

（1）基本戦略の充実

スピードが求められている現在、顧客ニーズをさらに先取りする商品開発が必要となっており、長期経営計画を含めた基本戦略の策定プロセスを充実させていくことが必要である。

（2）業績評価方法の確立

業績評価に付随する内容として、業務に対するINPUT（使用資源）とOUTPUT（成果）を整備し明確化する必要がある。業務内容を反映した評価項目、貢献・責任所在の精度向上を図り、より適切な評価システムとしていくことにある。

（3）TQM推進委員会の強化

機能別会議・部門方針管理の進め方、あるいは抜け落ちている課題等につき、顕在化し、全社横断的に調整をとる機能の充実を図る機能としてTQM推進委員会を有効に活用していく。

（4）全社的な管理項目の系統展開の推進

達成度の向上に向けては、的確な方策の立案が不可欠であるが、現在、実績に対する解析が十分でない場合が散見される。解析レベルの向上を図っていくことが重要だが、急激なレベルアップは難しい。まずは、実績に対する層別されたデータが把握できる層別管理項目を系統的に整備し、弱点が把握出来る体制にしていく。

6. 終わりに

QS9000の要求事項は、当社のシステムの不足点を一部補完するものであるが、今後の課題で述べてきたようにシステム的にも、徹底度においてもまだまだ不備の点は多い。各種のシステム等と有機的に連動した一貫したシステム構築を目指して努力していきたい。

■ 著 者 ■



鈴木 邦彦



佐野 勉

全社節目管理

Company-wide knot management

渡辺 久夫*

Hisao WATANABE

抄 録 企業にとって、『仕事は結果良ければ全てよし』ではすまされない。仕事の途中途中で狙い通りの結果が得られるように、仕事の仕組みを作り、実行して問題点があれば常に改善を行い、より良い結果が出せるようにしてゆく必要がある。

ここでは失敗のゆるされない新製品プロジェクトで、商品企画から販売後のフォローまで10節目を設定して、それぞれの節目で5W1Hを明確化し、その実行をフォローしている節目管理について紹介する。

Summary For the enterprise, the phrase of " the work does all good if it is good for the result" cannot be acceptable. In order to obtain the target result through the work, it is necessary to build up the work mechanism, execute it, and improve it for the better results if there are any problems after the execution. Here, for the new product project which failure isn't permitted, we introduce the 10 knots we have set from product planning to service after sales with clarifying "5W1H" at each not and its management.

1. 全社節目管理の必要性

商品開発をする上で各部署責任の基にそれぞれが仕事をしているが、いつまでに、どの部署が、何をするかについて全社的な仕組みがなく、従来は担当グループ（部署）任せになって第三者の目が入らない状況であった。場合によっては、立ち上がり間に問題が明確になり、多くの工数をかけ改善せざるを得ない状況になる。

各部署が果たすべき役割を明確にし、確実に実施できるような手だて（舞台まわし）を準備・実行することが必要である。

そこで「プロジェクトの進捗状況把握」「全社的課題の共有化とアクションの決定」を狙いとして節目管理を導入した。

更に、商品開発過程で発生した問題を次の仕事で繰り返さない為の振り返りを含め、PDCAを回す仕組みとした。

この仕組みを全社節目管理として品質管理部署が主催している。

2. 全社節目管理の特徴

2.1. 10節目の設定

商品開発段階を10の節目に分け、情報の共有化や問題点の確認を行い次のステップへの移行判断

を行う。特に最後の節目では商品開発結果の振り返りを行う。以下に商品開発段階と10節目を示す。

《10節目》	
市場戦略・企画段階	#1. 商品企画判断会
	#2. 商品化計画判断会
	#3. 試作開始判断会
設計試作段階	#4. 正規手配実施判断会
生産準備段階	#5. 工試実施判断会
	#6. 1生試実施判断会
	#7. 2生試実施判断会
量産段階	#8. 量産移行判断会
	#9. 出荷可否判断会
	#10. 販売10ヶ月評価会

2.2. 主要確認項目の設定

主要確認項目を節目毎に設定し、仕事の途中、途中で狙い通りの結果が得られるようにする。それは品質的観点はもちろんQS9000での要求事項を織り込む事で客先の要求に対応し、合わせてコスト、デリバリも含めQ.C.D.全体を節目の中で確認していく。

但し、コスト、デリバリ共、専門部署があるので結果のみ（目標に対する進捗）を確認し、達成方法や課題の対応については専門部署に任せることになる。以下に10節目での主要確認項目を示す。

*品質管理部

Quality Administration Department

- 《主要確認項目》
- #1.商品企画判断会
商品コンセプトの明確化
客先要件の提示
基本仕様の提示
要求品質と目標品質の関連を明確化
重要課題の明確化
投資資源の確保見通し
開発日程の提示
利益・原価の達成見通し
- #2.商品化計画判断会
レイアウト図（構造，機構）の決定
目標品質の具体化と達成，構想の明確化
重要課題対応方法決定
品質課題の明確化
製造要望と採用判断
工順の具体化
投資資源の確保決定（原価達成見込み（計画）明確化
- #3.試作開始判断会
設計課題と対策検討（目標・達成見込み）
評価項目，条件明確化
工程設定に対する課題の明確化
- #4.正規手配実施判断会
設計試作の評価結果，課題の明確化
設計試作残課題の挽回計画と達成見込み
正規図面発行状況
工程設計の達成見込み
製品の実現可能性確認
- #5.工試実施判断会
工程設計課題の明確化と達成見込み
生産準備計画の完了確認
- #6.1 生試実施判断会
最終仕様の確認（開発終了状況）
開発品質達成状況の確認
生産準備状況の確認
オールツーリングの達成状況確認
新技術・新工法課題の達成状況確認
- #7.2 生試実施判断会
開発品質達成完了確認
生産準備完了見込み確認
オールツーリングの達成完了確認
新技術・新工法課題の達成完了確認
- #8.量産移行判断会
荷姿，輸送方法を含めた生産準備完了確認

- #9.出荷可否判断会
初期流動管理計画の確認
量産品質の確認
PPAP申請に対する承認された事の確認
- #10.販売10ヶ月評価会
品質，コストなどの開発目標達成確認
初期品質課題完了確認
品質システムの問題点と改善確認

主要確認項目に関するアウトプット帳票を各部署がいつまでに完了させるか一目で見えるように一覧表化した．Fig.1に例を示す．

節目管理で確認するアウトプット一覧表

部署	アウトプット	節目管理での確認対象									
		商品企画判断会	商品化計画判断会	試作開始判断会	正規手配判断会	工試判断会	1生試判断会	2生試判断会	量産移行判断会	出荷可否判断会	販売10ヶ月評価会
開発	品名決定事項、生産準備優先度決定事項確認リスト										
	品質特性計画、客先シキット要否会議										
	商品企画方針書										
	設計基本構想										
	商品化計画書										
	設計計画										
	車種数/A/T含む材料書										
	部品標準書										
	レイアウト図										
	性能計画書										
	サブシステム計画書										
	マスタースケジュール										

Fig.1 Output list【example】

2.3. 次ステップへの移行判断要件の設定

各節目で次ステップへ移行する為にどの部署が、どの節目時期に、どのようなことが出来ていないかはいいないかを明確にし、部署間の認識を統一する目的で節目時期，部署，要件を具体化した．Fig.2に例を示す．

節目管理の要件と判断項目

NO	節目	部門	要件
1	商品企画判断会	開発	全体日程の確認 開発背景 車両諸元（車種、適用トルク、計画台数、仕向地、全長、重量など） 要求品質と目標品質の明確化と整合性 基本使用（現行A/T&ATCUとの比較 新規、変更） 変速性能、音振性、耐久性信頼性概要（他社優位性比較） システム及び使用方では従来との違いとその対応概要計画の明確化 新技術、変更内容の対策明確化 新工法、工法変更の対応明確化

Fig.2 Judgment item of company-wide knot management【example】

2.4. 次ステップへの移行判断者の設定

各節目で、次ステップへの移行ができるかの判断を行い確認項目が達成しているかを見る．

節目毎に設定した判断者が移行可否の最終判断を行う．

また、特に重要な節目である4節目（#1商品企画判断会 #4正規手配実施判断会 #8量産移行判断会 #10販売10ヶ月評価会）は社長が参加しマネージメント診断として、プロジェクトが円滑に運営されているかを確認する．以下に各節目の判断者を示す．

- 《判断者》
- #1.商品企画判断会
品質保証本部担当役員
- #2.商品化計画判断会
品質管理部長
- #3.試作開始判断会
品質管理部長
- #4.正規手配実施判断会
品質保証本部担当役員
- #5.工試実施判断会
品質管理部長

#6. 1生試実施判断会	品質管理部長
#7. 2生試実施判断会	品質管理部長
#8. 量産移行判断会	品質保証本部担当役員
#9. 出荷可否判断会	品質管理部長
#10. 販売10ヶ月評価会	品質保証本部担当役員

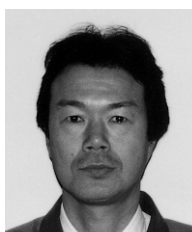
経過したが、全社的に課題の共有化が図れ、求心力を持った取り組みが出来るようになって来た。

しかし、もう一つの狙いである次ステップへの移行については、判断要件（仕事の結果）の出来具合を仕事の質として定量化（点数化等）し合格水準を明確にするような工夫が必要である。

3.おわりに

全社節目管理基準を設定し、活動を初めて約1年

■ 著 者 ■



渡辺 久夫

エンジニアリング評価基準による計画段階における工程の造り込み

Process Development by the Engineering Rating Implementation Standard in the Process Planning

鈴木 茂*
Shigeru SUZUKI

宮入 信雄*
Nobuo MIYAIRI

抄 録 QS9000の4.2.5項では全顧客の利益のために、品質、価格、納期において継続的改善を実施することを要求している。当社では、この要求に応える一つとして生産準備の計画段階で多くの知恵を集めて改善する仕組みを基準化した。本稿では、その内容と適用事例を紹介する。

Summary In accordance with the requirements of QS9000 4.2.5, suppliers shall continuously improve their products in quality, service (including timing and delivery) and price aspects. In Our Company, Engineering Rating Implementation Standard prescribes Continuous Implements that collect many member's knowledge at design and development stage. This paper introduces the position and the sample of it.

1. 導入の経過

QS9000の認証取得活動スタートに際して、ISOとQSの要求事項の比較をしたところ、QS9000の特徴として生産性やコスト面においても顧客の満足が得られるよう、その改善手法の確立と適用が要求されていることが分かった。当社では'98/9頃からJEPS活動（JTT流ものづくり）を開始しており、その中で生産工程の造り込み評価指標として使われ始めていた「エンジニアリング評価」を、その改善手法に位置づけて基準化し活用することにした。

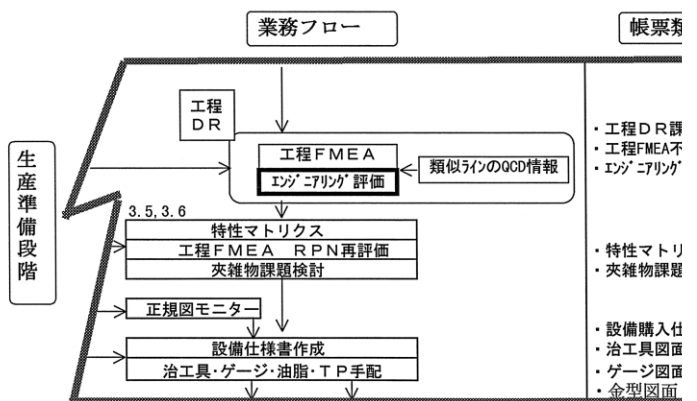


Fig.1 Process Flow

2. 生産準備体系での位置づけ

APQPに対応して生産準備段階で客観的な知識を集めて評価、改善し、次の段階に進みうる状況にあることを確認する組織的活動は「工程DR」である。この中で、このエンジニアリング評価基準を適用して工程の造り込みを行うことを新商品の生産準備体系（Fig.1）に位置づけた。

3. エンジニアリング評価基準の紹介

「節目管理」の対象になったユニットの新設ライン計画に対し技術部が中心になり、事業所技術、製造、生産管理、事業所品質、保全の各担当者の部門協業でFig.2を用いてムダ排除、設備仕様、柔軟性等について21項目の評価を行う。

* 技術部
Production Engineering Department

エンジニアリング評価基準による計画段階における行程の造り込み

評 価				
要素	No	評価指標	計算式	5
要 因 系 評	1	目標原価達成率	目標原価/計画原価	110%以上
	2	工程間タクトバランス	Σ工程タクト/(Σ工程タクト+工程数)	90%以上
	3	1部品当り組立工数	WS/部品点数	0.09分/個以下
	4	付加価値作業比率	付加価値作業/総作業	90%以上
	5	工順配置	—	70%以上
	6	工程間平均距離	ライン長さ/工程数	80cm以下
	7	配員ロス	作業時間/要求タクト	端数配員0.95人以上0.05人以下
	8	部品の持ち上げ高さ	最高FLー最低FL	100mm未満
	9	難作業比率	難作業時間/付加価値作業時間	10%以下
	10	設備間口の比	Σ設備の間口/(総設備台数×部品の最大寸法)	4倍未満
	11	ラインの長さ	計画ライン長さ/設備間口合計	1.0~1.5未満
	12	面積効率	(正味設備面積+部品置き場)/V(外)計画面積	90%以上
	13	取り出し自動化率	取出自動化工程数/総工程数	100%
	14	設備転用率	転用設備台数/総設備台数	50%以上
	15	汎用設備比率	汎用設備台数/総設備台数	90%以上
	16	生産ロットサイズ	—	1個流し

Fig.2 Rating Standrd (Sample)

まず、評価に先立ち以下の資料を準備する。

<技術部事前準備資料>

- 「工程計画書」
- 「加工・組立工程図」
- 「工程DR課題リスト」
- 「ラインレイアウト図」
- 「工程FMEA不具合抽出シート」

<参加者よりの情報例>

- ・生産及び物流ロットの大きさ
- ・過去の類似ラインのQ.C.D.情報

実施の手順は次の ～ で行い、ライン毎に評点をつける。

技術部の計画したラインを、準備資料及び参加者より提供される情報を基にし、評価基準に沿って評価する。

評価の低い箇所に着目して改善案を抽出する。

改善案を実施した場合の再評価を行う。
目標未達の場合は、を繰り返す、目標に近づける。

尚項目別の評点がばらつかないように「解説書」(Fig.3) に評点のつけ方の詳細を定義している。又このライン毎の集計結果をFig.4に示す。

評価要素		治具部品箱仕様	
評価基準	評価指標	狙い	基準内容
	1 モーション取り出し率	5	50%以上
	1 モーション取出し部品点数 総取出し部品点数	4	40%以上
		3	30%以上
		2	20%以上
		1	20%未満
言葉の定義及び解説			
定義	* 1 モーションで取り出せる部品箱の置き方、位置等の工夫がされているかを評価する。		・ 工順毎の評価でなく、各 ・ 評価は、納入荷姿・搬送 ・ 評価データは「事前調査
	* 総取出し部品点数: 作業工程で加工の為に部品を部品箱(供給荷姿)から取出す点数。 (NES、バルク部品除く)		
	* 1 モーション取出し部品点数: 荷姿の中から一つの部品を取出す時に、単純な組みの 1動作で可能な点数。		
	☆ 1 モーション取出しの範囲		
	・ 定点取出し: 常に一定の場所から 1動作で 1つだけ取出せる。 ・ 整列供給 : 定点ではないが、整列されていて 1動作で 1つだけ取出せる。 ・ 抱合せ整列: 整列されているが交互に抱合せの為、取出しの後90°以下の姿勢変更要する。		
	供給荷姿 → ポリボックス		

Fig.3 Detail of Rating Standard (Sample)

対象機種: JR507E												
【評価目的】												
ライン名称	評価項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	組立 (4分)	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3
2	ケース加工	4	3	—	3	2	3	3	2	2	2	2
3	バルブ・アッパ・&アウ加工	2	5	—	2	3	3	4	2	3	2	5
4	エキステーション7ダブ加工	3	4	—	1	3	3	4	3	4	1	5
5	カバー・オイルノブ加工	2	3	—	4	4	4	3	3	3	2	4
6	ワジンダ・オイルノブ加工	4	4	—	4	3	4	4	2	3	1	3
7	キャリア・ワジン加工	4	4	—	4	2	3	3	4	2	1	5
8	キャリア・ワジン加工	3	4	—	4	3	3	4	3	2	1	5

Fig.4 Rating Result (Sample)

この「エンジニアリング評価」を使うことで

- ・評価項目毎に活動することで活動項目の漏れが防止できる。
- ・改善案発掘の視点が明確になり案が出易い。
- ・参加メンバーが共通のものさしを持つことで、改善案の選択時、合意が得られ易い。
- ・新人メンバーの改善能力向上に役立つ。

の様なメリットが得られている。

4. プロジェクトでの適用例と効果

JR507Eに適用した事例をFig.4に紹介する。量産はこれからで実効果は見えていないものの、初期計画のままの全ラインの平均評点が、2.99点であったのに対し、参加者の知恵を結集した改善活動の結果3.40点まで向上ができ、次の成果 (Fig.5) をあげることができた。

また、併せてQS9000の要求事項である顧客の利益につなげる品質・生産性の改善手法の一つとして、当社のしくみに位置づけることができた。

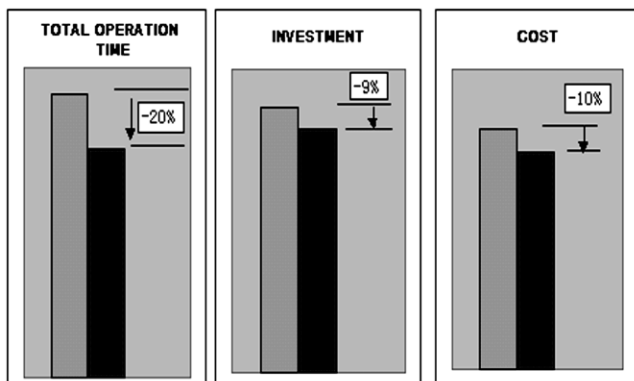


Fig.5 Result of implementation

5.今後の課題

- * この「エンジニアリング評価基準」を今後の新商品に適用拡大すると共に、より使いやすい基準に見直していく。
- * 今回適用したプロジェクトの量産に伴い、計画段階との相違を評価し改善を継続していくこと。

■ 著 者 ■



鈴木 茂



宮入 信雄

商品開発におけるプロセスと帳票の標準化

The Standardization of The Development Process and Papers

西村 勲*

Isao NISHIMURA

伊豆川 芳基**

Yoshiki IZUKAWA

抄 録 開発部門のQS9000認証取得活動は、『手戻りが無く、効率的な開発』を目指して、“開発プロセスの標準化”、“各プロセスで使用する帳票の標準化”を進めた。

プロセスの標準化の取り組みでは、企画・構想フェーズの活動も開発プロセスの一部として明確にし、開発初期の活動の充実を図った。プロジェクト活動の節目として行っているデザイン・レビュー（以下DRとする）についても、役割毎の責任者の明確化や、課題フォロー方法の明確化を行った。また、「実験による妥当性確認」のプロセスを規定することにより、製品がユーザーニーズを満たしていることを確実にした。

帳票の標準化の取り組みでは、課題を明確にする「計画図」、活動を明確にする「マスタースケジュール」、ユニットの完成状況を明確にする「目標品質達成表」をそれぞれ開発の初期段階で作成し、プロジェクト活動を通して活用することとした。

また、同一不具合の再発予防をより徹底するため、他のプロジェクトや日常の活動で得られた情報を共有する仕組みを体系化し、運用を開始した。

本稿では、認証取得で構築してきたこれらの仕組みを紹介する。

Summary Aiming at "No Re-design" and "Efficient Development", the working of R&D Division to get QS9000 certification consists of these two themes:

"Standardize the Developing Process." "Standardize the Papers used in each Process."

In "Standardize the Developing Process", the activities of Planning & Conception stage are clearly defined as a part of Development Process and it enriches those of early stages. Regarding DR, which is held as the terminal of Project works, those are also defined that the Person responsible per each role and the Methods to follow-up the subjects. It is also made sound that the Products satisfy the users' need by providing the experimental verifying process.

In "Standardize the papers", those are released at the early stage of the Development and are used throughout the Project's activities; which are: Technical Diagram defining subjects, Master Schedule defining the activities and Quality Target Table defining the completion status of the Unit.

Furthermore, in order to make sound Prevent Same Recurrence, new method is systematized and employed to share the information obtained through the daily activities and other Projects.

These points will be mainly introduced in this paper.

1. はじめに

開発部門におけるQS9000認証取得活動は、合併前の両社の、仕事のやり方の良いとこどりをして、品質システムの改善、統合をする。作り上げた品質システムを日常業務で使いこなす、業務の改善およびシステムの改善を図る。を基本的考え方とし、『取得活動を通じての当社の品質向上』を目的として取り組んだ。

推進組織としては、富士、厚木両地区の設計、実験より選出されたメンバーにより、QS9000ワーキンググループとして活動した。また、その活動経過やアウトプットの説明および審査は開発部長会または開発品質部会等で行った。

取り組みを具体的に進める中で、4.4「設計管理」の要求事項のつながりと取り組みの推進ポイントを「基本要素フローと推進ポイント」(Fig.1)としてあらわし、“設計FMEA・計画図”、“再発防止”、“DRの改善”に重点をおいて取り組むことを明示した。

これらのポイントの他、4.2.3.1「製品品質先行計画」の「多機能チーム」による活動（＝プランニングセンタ）、および4.4.2「設計および開発の計画」で作成を要求されている「計画書」（＝マスタースケジュール）についても商品開発上の重要ポイントとして、取り組み内容に追加した。

* 開発管理部
R & D Administration Department

System / Component		Design Responsible		DFMEA No.		Part No. (5 Characters)		Project		Rsp.		Section Issued:	
Vehicle Applied		1st Due Date		Prepared by		Issued Date		Comment		Vehicle Applied P/L		Approved/Checked/Written	
Core Team (Members)		Date		Original		Ret-No		Filling Necessity if Not Returned		Nec- No			
(Abandoned if not necessary)													
Item/Spec. / Function / Spn. / If Chg.	Potential Failure Mode	Effects of Failure	Severity	Potential Mechanism of Failure	Occurrence	Current Design Control	Effect	RPN	Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Taken	Sav	Occ
No												Det	RPN

Fig.4 Design FMEA

3. マスタースケジュール

プロジェクトでの活動項目および実行計画は、プラセンで作成する「マスタースケジュール」により明確にし、関連部署に展開することにより、「出図日程」、「試作～量産立ち上がりに関する日程」、「設計DR等の節目会議の日程」などの計画を共有化する。常に最新の計画を共有するため、マスタースケジュールはプロジェクトの進展に応じてメンテナンスし、発行・配布している。

また、マスタースケジュールは、客先車両開発日程等の情報が含まれており、その機密維持のため極秘扱いの帳票とした。

4. 水平展開、再発予防、標準化

不具合が発生した場合、その原因を究明し、対策を行うが、その情報（現象、原因、対策等）を当該プロジェクト内にとどめたままだと、将来他のユニットで再発する可能性が非常に高い。

それを防止するため、不具合対策手配後に、「原因追求フローチャート」(Fig.5)を用いた振り返りを行い、不具合を起こした真の原因を把握した上で、生産中や開発中のユニットに対しては直ちにその情報を「開発水平展開書」により水平展開し、不具合の拡大を抑える。

今後開発に着手するユニットに対しては、「再発予防チェックリスト」への登録による再発予防を行い、また

得られた設計技術の標準化を行うことで不具合の再発を抑止する。

等の対応を、不具合対策責任部署が中心となって最後まで行うこととした。

振り返りで用いる「原因追求フローチャート」は、「作り込み原因」、「見逃し原因」を、各々のフ

ローチャート上の設問（実行手順書との照合）に沿って真の原因（工程）を明らかにするように作成されたワークシートである。

「再発予防チェックリスト」は、計画図作成時や1次試作手配時、および正規手配時に過去不具合情報の確認、対策仕様の織り込みチェックをするために用いているが、これまで不具合対策情報を登録してきた結果、チェック項目が非常に多くなってきており、チェック作業の効率が悪くなってきている。これを改善するため、今後は、

技術的に改善されており、技術標準化された項目の削除

チェック項目の整理・統合

等を行い、チェックリストの密度を濃くし、より有効なツールとしていく。

「水平展開」、「再発予防」、「標準化」個々の業務手順はこれまでもあったが、相互の関連性について業務フロー (Fig.6) で示し、明確にした。

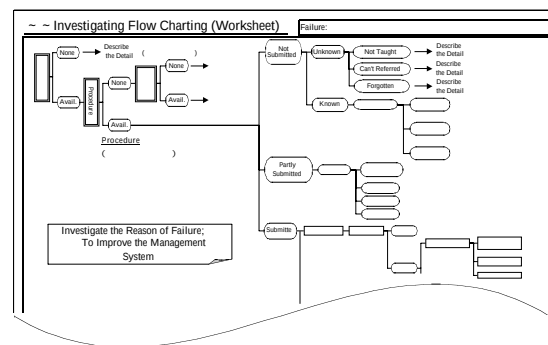


Fig.5 Investigating Flow Charting

5. DR、妥当性確認

(設計審査・検証、設計の妥当性確認)

DRについては、QS9000の要求事項においても「4.4.6設計審査」として規定されており、その実施と記録が要求されている。QS9000の活動においては、

開発の規模によるDR実施フェーズとその審査責任者、被審査責任者、実施責任者の明確化 (Fig.7) DR指摘事項フォロー表 (Fig.8) によるDR課題クローズの徹底

DR議事録およびDR資料（目標品質達成表または計画図、説明資料）の品質記録としての保管を基準書で明確にした。

また、Fig.3で示す「目標品質達成表」をDRで用いることにより、ユニット全体としてみた審議のポイントを参加者全員で確認できるようにした。

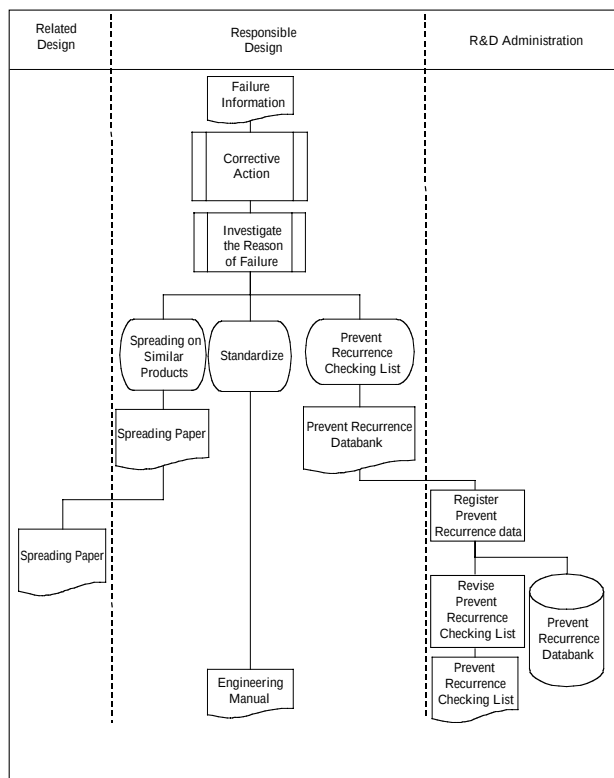


Fig.6 Flow of Apeading Prevent Recurrence and Standardization

Fig.2で示す「計画図」は、プロジェクトの初期の段階で作成し、以降継続して用いる。「計画図」は要求事項を展開して課題として明確にし、その課題に対する設計対応、実験確認の方法、時期、結果を記入する様式であり、設計のプロセスが進むにつれ「計画図」が矛盾なく埋められていくことにより、ユニット全体の設計検証を行っている。当然、実験確認も有効な設計検証手段の一つである。

「設計の妥当性確認」については、設計検証との違いを明確にするために多くの議論を重ねた結果、「台上駆動負荷実験」、「実車官能評価実験」を「妥当性確認実験」と位置づけた。これにより製品が使用者のニーズに適合していることを確認している。

6.最後に

これまで紹介してきたプロセスやツールの整備により商品開発の仕組みは整い、開発部門として大きな問題もなくQS9000の認証を取得できた。今後はこの仕組みをベースとして仕事を行い、その中で発生してくる問題点を対策し、その内容を仕組みにフィードバックする事により仕組みを改善するというサイクルを回して行く。まさにQS9000の要求事項である「継続的改善」に取り組み、開発アウトプットのQ.C.D.の更なる向上に挑戦していくことが我々の使命であると考えている。

• Development Phase and Terminal Meeting to be Arranged

Development Phase	Unit Development Size					
	A		B		C	
	D. Review	Exp. Review	D. Review	Exp. Review	D. Review	Exp. Review
Planing Center		x		x	x	x
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
1st Prototyping		o	o	o	o	x
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
2nd Pre-launch	o	o	o	(o)	x	x
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

: Inspector Responsible - XXX, Inspected Responsible - . . .

o : Inspector Responsible - . . .

• Unit Development Size and Criteria

Development Size	Criteria
A : Completely New	None Base Unit
B : Improved, Applied	Improved based on the Available Unit
C : Carried Over	. . .

Fig.7 Extraction of Design Review Standard

Distributed To: 3
2
1

Follow-up Sheet of Items Indicated at DR ST1

Date: Product Mng. Mng. Rep. Approved Written

Attendance: Due Date:

NO	Items Indicated	Mng. Rep.	Due Date	Comment / Action Required	By Section Rep.	By Product Mng.
01					Done	Cont. OK NG
02					Done	Cont. OK NG
03					Done	Cont. OK NG
04					Done	Cont. OK NG
05						
06					Done	Cont. OK NG
07					Done	Cont. OK NG
08					Done	Cont. OK NG
09					Done	Cont. OK NG
10					Done	Cont. OK NG
Numbers Judged						
Numbers Not Answered						

Fig.8 Follow-up Sheet of Items Indicated at DR

■ 著 者 ■



西村 勲



伊豆川 芳基

重要特性の設計から製造への一貫した伝達による品質造り込み

Quality making by the consistent communication of the important characteristic to the manufacturing department from the designing department

渡辺 久夫*

Hisao WATANABE

抄 録 物作りの基本は当然のことながら図面と製品が常に一致していることである。

その為には設計意図を生産技術者、製造作業者が十分理解した上で仕事をする事が重要な要素の一つと考える。

ここではQA表をツールとして設計意図を伝達する仕組みと結果として工程能力を達成する仕組みについて紹介する。

Summary Fundamental of making a thing is that drawing and product are necessarily matched. For the above purpose, one of the important elements is that both production engineer and manufacturing engineer work with their understanding fully met a design intention. In this paper, we introduce the achieving mechanism of process capability followed by the transferring mechanism of design intent using QA table as a tool.

1. 設計の意図を下流工程に伝えるQA表の必要性

設計の意図を下流工程に伝える手段として図面があるが、記載寸法の重要性などは表現しきれない部分を補足する目的で設計が図面とは別に、機能的に重要な特性（寸法）について、その理由を明確にしたものをQA表として発行し、これを受け下流工程は機能的に重要な寸法にかかわる設備精度や作業、管理方法を強化する等で「不具合を作らない、流さない」ための工程保証につなげることができる。Fig.1に各部署役割と流れを示す。

2. 重要な特性の選定

重要な特性とは、設計が図面指示特性の中で以下に該当する特性から選定する。

- 1) 守らないと市場でお客様にご迷惑を掛ける特性
- 2) 新機構、新材料、新機能となる部位・部品にかかわる特性
- 3) 開発段階で問題となった特性
- 4) 客先が指定した特性（S特性）

3. QA表の発行

設計はQA表に記載する特性についてその重要性を技術、製造、作業者に伝える為、特性、特性値、達成が必要な理由、達成できない場合に起こる問題を記入し、発行する。

Designing department

• Selection of a functionally important characteristic
(Reason why it is necessary to achieve a characteristic)
(Faulty phenomenon that can happen when it is not able to achieve)



Production engineering department

• Control method of an important characteristic is reflected in "Process Control Table" etc.



Factory department

• Important characteristic that was entered in "Process Control Table" etc is reflected in "Standard Operation Sheet" etc
↓
• Having the worker understand an important characteristic, and evaluate the degree of their understandings
↓
• It confirms process capability about an important characteristic

Fig.1 Flow of a functionally important characteristic to the worker

4. QA表の一貫した管理フォーム

QA表は重要な特性が作業員まで確実に伝わっているかについて第三者でもわかるように電子情報化し、進捗が誰にでもわかるフォームにすることで確実な運営を図る。

このために、各部署の記載項目を明確にした一枚の帳票で管理できるものとした。

このことで帳票への未記入が明確になり、未記入部署のフォローが確実にできる仕組みとなっている。Fig.2に帳票の例を示す。

* 品質管理部
Quality Administration Department

No.	対象部品 部品番号	生産品質管理特性	特性値	図示化	重要度	機能 区分	発行 区分	<A> 特性値の達成が必要な理由	 達成できない場合におこる 不具合現象 (車として何が起ってお客様が 迷惑するのか)

製造場所	工程管理表・作業表への記載内容		基準・帳票類との 整合性確認				作業者の 納得度		工程能力					
									Ppk			Cpk		
	管理特性値	工程管理上のポイント	工程管理表	作業表	検査規格	標準作業書	記録紙	aの 納得度	bの 納得度	工試	1生	2生	量産 立ち上がり	量産 タクト

Fig.2 Form (sample)

5. QA表に記載された特性の管理

品質保証の確立を図るための取り組みとして、選定された重要な特性について技術、製造、作業者は工程品質保証の確立を図るために次の取り組みをする。

これが全部記録され工程能力Ppkを満足しないと量産移行しない。

- 1) 工程管理ポイントの明確化
 - ・重要な特性の保証を確実にを行うために、工程管理特性値との整合確認と、工程管理上のポイント（測定箇所、方法）を明確化
- 2) 基準類への表示
 - ・実務で使用する基準類（工程管理表、標準作業書等）に重要な特性の表示を行い、作業員への意識付けを図る
- 3) 作業員への教育と納得度評価
 - ・重要な特性の「達成が必要な理由」「達成できない場合に起こりうる不具合現象」に基づく機能、重要度や工程管理上のポイントについて教育を十分行い、作業員に納得してもらうことで異常に対する感度を高める
- 4) 工程能力の確保と維持
 - ・重要な特性の工程能力指数は、Ppk, Cpk 1.33(一部1.67)を確保

6. 帳票の主な記載項目

6.1. 設計

- 1) 対象部品、部品番号
- 2) 生産品質管理特性
- 3) 特性値
- 4) 図示化の完了有無
- 5) 達成できない場合の問題重要度

- 6) 機能特性が保安特性かの区分
- 7) 発行理由の区分
- 8) 特性値の達成が必要な理由
- 9) 達成できない場合の不具合現象
 - ・車としてなにが起って、お客様が迷惑するのか

6.2. 技術

- 1) 製造場所
 - ・部署コード、組、工程No.
- 2) 工程管理表、作業表への記載
 - ・管理特性値、工程管理上のポイント
- 3) 基準、帳票類との整合性確認
 - ・工程管理表、作業表への反映確認

6.3. 製造

- 1) 基準、帳票類との整合確認
 - ・標準作業書、チェックシートへの反映確認
- 2) 作業員の理解度（納得度）
 - ・達成が必要な理由を理解しているか
 - ・達成できない場合の不具合現象を理解しているか
- 3) 工程能力の確認
 - ・工試、1生試、2生試、量産立上時（Ppk）
 - ・量産タクト時（Cpk）

7. おわりに

設計の意図を下流工程に伝えるだけでなく、下流工程から設計へのフィードバックや、今回の帳票を基に設計、技術、製造それぞれの間で確認の場を持つなど相互の交流を図るツールの一つとして活用され、製造の作業員も、自分が作っているものが製品としての機能や、どの程度重要なものを理解でき、作業への接し方が意識づけられるという波及効果が得られるよう定着を図っていく。

■ 著 者 ■



渡辺 久夫

コンピュータデータベースによる文書管理

The Document and Data Control by the Computer Database

加藤 賢一*

Kenichi KATO

抄 録 当社はQS9000の文書管理にコンピュータのデータベースを利用している。QS9000における文書管理の対象は膨大であり、紙ベースでの管理では多くの工数がかかる。この工数を削減する切り札としてデータベースを利用した文書管理システムを導入し、電子上での管理を可能とした。これにより、QS9000の要求事項を満たしながら、管理工数の削減が可能となった。

Summary There are a lot of Document and Data that we would spend much manpower cost if we used paper-based method. For reducing that cost, we introduce the system of Document and Data Control by the computer database. We are not only able to satisfy QS9000's demands but also succeed in reducing a number of manpower cost by them.

1. 背 景

当社は、1999年10月1日にトランステクノロジー株式会社（以下「トランステクノロジー」という）とジャトコ株式会社（以下「ジャトコ」という）が合併し、ジャトコ・トランステクノロジー株式会社としてスタートした。

トランステクノロジーは、その前身である日産自動車株式会社富士工場時代の1998年5月にISO9002を、ジャトコは、1997年4月にISO9001の認証を取得していた。合併にあたり、両社の品質システムの融合をはかることを目的にQS9000の認証取得活動をスタートさせた。

QS9000における文書管理の対象は膨大であり、紙ベースの管理では多くの工数がかかる。ジャトコではこの工数を削減するため、データベースを利用した文書管理システムを導入し、ISO9001ばかりでなくISO14001にも利用し、実績を積んでいた。その実績と評価を基に、QS9000認証取得活動の始めから導入することにより、要求事項を満たしながら、管理工数の削減をはかることとした。

また、本システムのアプリケーションが、既に電子メールのツールとして使用しているものであったことも、本システムを採用した大きな理由の一つである。

2. システムの概要

本システムは、ノーツのデータベース機能を利用し、文書の審査・承認から発行・配布・受取までの一連の流れをコンピュータデータベース上で行うものである。システムの全体イメージをFig.1に示す。

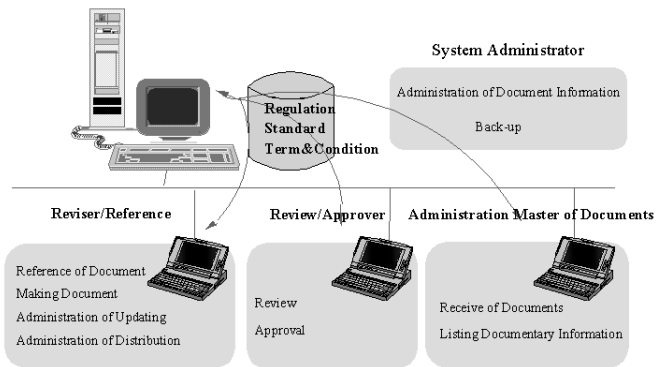


Fig.1 Outline of the whole system

ここで、簡単なシステムの特徴、機能を紹介する。
(1) 参照

本システムを開くと、必ず文書参照画面が表示される（Fig.2）。自動的に最新版文書のみが表示されるため、最新版管理を確実に行うことができる。

文書番号	文書名	版	発行日
SQ1-QS-01-001	品質保証体系図	3版	2000/02/
SQ1-QS-01-004	品質マネジメントシステム運営基準	2版	1999/12/
SQ1-QS-01-005	品質会議運営基準	3版	1999/12/
SQ1-QS-01-008	全社節目管理基準	4版	2000/03/
SQ1-QS-02-001	品質マニュアル	4版	2000/08/
SQ1-QS-02-002	品質文書体系表	6版	2000/09/
SQ1-QS-02-003	S特性管理基準	3版	2000/02/
SQ1-QS-02-023	製造部品承認手順実施基準	3版	2000/02/

Fig.2 Refer-to-Document window

*総務部

General Administration Department

さらに旧版を参照する場合は、旧版文書ボタンをクリックして初めて表示される。旧版文書を参照しようとする、自動的に注意書きが表示される (Fig.3)。このように意図して旧版を参照しようとしないと旧版を見ることができない仕掛けとなっている。

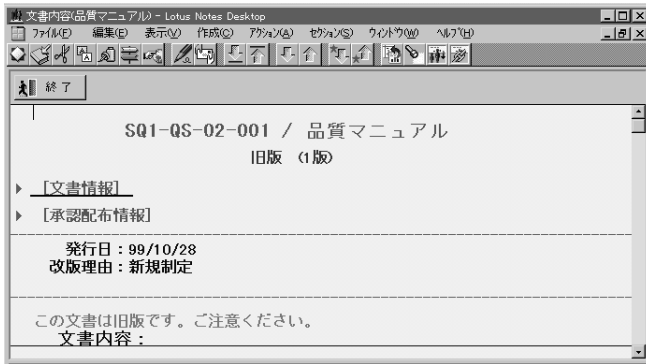


Fig.3 Indication of the former Document

また、必要な文書を様々な切り口から容易に検索・参照することができる。まずQS9000文書とISO14001文書を分けて参照することができる。キーワード別で「QS」を選択すると、QS9000に関する文書が表示される。この他に配布先別、発行部門別、ISO項目別などの切り口から検索することができる。配布先別は、自部署に配布されている文書を検索するのに便利な機能である。このいずれの検索方法をとっても表示されるのは、最新文書のみである。

(2) 履歴

次に、本システムでは、改版履歴、配布履歴等がシステム上で自動的に記録される。「配布履歴」については、文書が改版されると文書発行通知が各部署の文書管理責任者に電子メールにて送信される。文書管理責任者がその文書を受領すると、受領日として自動的に記録される (Fig.4)。

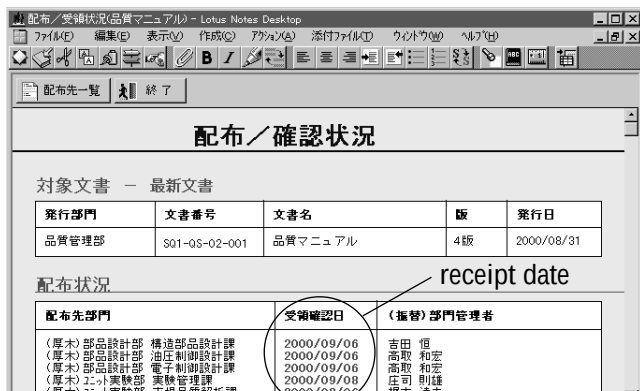


Fig.4 The state of Document distribution

(3) 改版

改版についても全て電子上で行われ、審査者・承認者が承認することによって文書が改版される。審査者・承認者への審査・承認依頼は、電子メールで自動的に送信され、メールのパスワードにより本人以外は審査・承認できない仕組みとなっている。

3. 効果

当社におけるQS9000の文書管理の対象は、品質マニュアル、基準書・要領書といった2次文書、それらから派生する3次文書まで含めると膨大な量である。今回は、比較的電子化が容易な2次文書までを対象とした。その対象文書数は、約250文書にも及ぶ。これを紙ベースで管理したとすると管理工数は相当なものとなる。

本システム導入により、文書の発行・改版から配布・受領までの一連の手続きの簡略化とペーパーレス化を図ることができた。また、最新版管理の一元化・ネットワーク化による確実性の保証も図ることができた。さらに、誰もがいつでも容易に文書を参照することができるため、紙にプリントアウトして保管する必要もなく、保管スペースや工数の削減も図ることができた。

4. 今後の課題

現在、本システムで管理している文書は、2次文書までである。この2次文書に定められたシステムから発生する3次文書の量はさらに膨大である。この3次文書の管理工数をどのように削減していくのかが大きな課題である。特に3次文書は生産現場で使用する場合が多いため、制約が多く難題であるが、QS9000のシステムを継続的に発展させていくために実現に向けて努力していきたい。

■ 著 者 ■



加藤 賢一

GAUGE R&Rによる測定システム解析

Measurement Systems Analysis by Gauge Repeatability and Reproducibility

小林 信二*

Shinji KOBAYASHI

抄 録 本QS9000の4.11章「検査、測定及び試験装置の管理」で新たな要求事項として測定システムの評価（Measurement Systems Analysis；以下MSAとする）がある。このMSA実施対象は、「コントロールプランに記述されている測定システム」となっており、当社の対象計測システムは約5,000点になる。加えてMSAは、実際の使用環境下で複数の計測者が計測しても、製品バラツキに対する計測誤差が適合レベルに保持されることが要求されている。これを短期間で、効率的に実施するために採用した手法「Gauge R&R」と取組みについて紹介する。

Summary Measurement Systems Analysis, hereinafter referred to as "MAS", is in the QS9000 Chapter 4.11, Inspection, Measurement and Maintenance of Test Equipment as a new requirement item. Enforcement target of the MSA to be the "measurement system which is specified in the control plan". There are Approximately 5,000 of target measurement systems in our company. Furthermore, MSA requires that measurement errors be limited to a comfortable level against the variation of the products, even if various operators perform measurements in the actual usage environment. I would like to introduce the technique which introduced in order to do the measurement methods mentioned above effectively in short time of period.

1. はじめに

MSAは、QS9000の「4.11章 検査、測定及び試験装置の管理」で新たに要求された測定システムの信頼性を評価する手法である。

ISO9000'sでは、計測機器の校正（国家標準とのトレーサビリティ）の実施と記録が要求されていた。

QS9000ではさらに実際の計測作業条件下で、計測作業全般を測定システムとして位置付け、総合的な計測誤差を評価することが要求されており、これをMSAという。

2. MSAの評価特性

MSA手法は、QSマニュアル「Measurement Systems Analysis」（GM，Ford，Chrysler編纂）により規定されている。この中にMSAで評価する特性は、次の5種類の計測誤差及びバラツキに分類されている。

- (1) Repeatability（繰り返し性）
- (2) Reproducibility（再現性）
- (3) Bias（偏り）
- (4) Stability（安定性）

(5) Linearity（直線性）

但し、当社の対象計測システムは全てGaugeであり、この場合は上記（1）、（2）が適用される。

この評価手法をGauge R&R（Gauge Repeatability & Reproducibility：ゲージの繰り返し性と再現性）という。以下、Gauge R&Rについて紹介する。

3. Gauge R&R手法の紹介

Gauge R&R（ゲージの繰り返し性と再現性）は、3通りの評価手法がMSAで提案されている。

(1) 平均＆範囲法（Average and Range Method）

特徴：簡単な解析で測定装置と計測者の影響を分離でき、計測システムの繰り返し性及び再現性の両方を推定可能な数学的方法。

(2) 範囲法（Range Method）

特徴：計測システム全体を明らかにするのみであり、測定装置の影響と計測者の影響を分離することができない。

(3) アノバ法（ANOVA（Analysis of Variance）Method）

特徴：測定誤差やデータの変動要因を分散分析し解析を行う高度な手法。

* 品質保証部
Quality Assurance Department

4. Gauge R&R 平均&範囲法の導入

Gauge R&Rで選定した手法は、最も実効性のある平均&範囲法とした。またこの運用基準として「MSA（測定システム解析）評価実施基準」を制定した。以下この内容及び取り組みについて紹介する。

4.1. 対象範囲の選定

Gauge R&Rの対象は、次の3項に該当する計測システムとする。

- (1) 工程管理表または作業表に記載される検査項目のうち、製品の判定に使用する計測システム。
- (2) 有度（数値が読み取れるもの）の計測機器・検査工具を使用した計測システム。
- (3) 繰り返し測定が可能な計測システム。
繰り返し測定のできない締付トルク、硬度測定等は対象外とする。

4.2. 平均&範囲法の評価方法

平均&範囲法の評価は以下の条件及び方法で実施する。

4.2.1. 評価条件

- (a) 評価者
評価者は、当該測定システムの使用部署工長または校正検査員とする。
- (b) 計測者
計測者は、実際に測定システムを使用し計測する者3名とする。
- (c) 計測方法
当該測定システムを使用し、実際に使用する環境下で、実際の部品を計測する。
- (d) 部品のサンプリングと識別
部品のサンプリングは工程バラツキ範囲内から10個を任意に選び、番号表示により識別する。
- (e) Gauge R&Rの実施頻度と時期
1つの測定システムについて1回以上実施する。但し、この条件として測定システムが定期校正され、精度維持されていること。また、実施時期は既設品を除き量産開始前とする。

4.2.2. 評価方法

前項の条件でサンプリングした10個の部品を計測者3人が2回ずつ計測し、計測データを^{*1}Table 1 Gauge R&R データシートに記入し、集計値を^{*2}Table 2 Gauge R&R評価表に代入し判定を行う。

(^{*1}Table 1, ^{*2}Table 2は、付表参照願います。)

(1) Gauge R&Rデータシートによる集計

- (a) 測定値に対する誤差の全体平均 $\bar{R}$ を算出する。

- (b) 部品バラツキの差 $\bar{X}_{DIFF}$ を算出する。

- (c) 10個のデータ平均値の最大 - 最小 R_p を算出する。

(2) Gauge R&R 評価表による集計

Table 2 Gauge repeatability and reproducibility Report を使用し以下の計算を行なう。

- (a) 繰り返し性 (Repeatability) (EV)
EV ; Equipment Variation (計測機器のバラツキ)
- (b) 再現性 (Reproducibility) (AV)
AV ; Appraiser Variation (計測方法のバラツキ)
- (c) 繰り返し性&再現性 (R&R)
 $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$
- (d) 部品のバラツキ (PV)
PV ; Part Variation (部品のバラツキ)
- (e) 総合のバラツキ (TV)
TV ; Total Variation ; (総合のバラツキ)
- (f) 以上の計算結果により、総合バラツキ (TV) に対するEV, AV, R&Rの占有率を算出する。
 $\%EV = 100 (EV / TV)$
 $\%AV = 100 (AV / TV)$
 $\%R\&R = 100 (R\&R / TV)$

(3) 評価値の判定基準

前項で算出した%EV（繰り返し性）、%AV（再現性）、及び%R&R（繰り返し性&再現性）のそれぞれの判定基準は以下とする。

- | | |
|-------------|-----------------------|
| 10%以下 | : 問題無し |
| 10% ~ 30%以下 | : 工程の重要度に応じ使用可否を判断する。 |
| 30%以上 | : 測定システム改善が必要 |

(4) 測定システムの改善方策

- a. 再現性 (AV) と比較して、繰り返し性 (EV) が大きい場合の方策。
 - ・測定器のメンテナンスを行う。
 - ・剛性向上のために測定器の再設計を行う。
 - ・測定器の固定方法、固定場所を変更する。
 - ・部品内のバラツキを少なくする。
 等の改善を実施する。
- b. 繰り返し性 (EV) と比較して、再現性 (AV) が大きい場合の方策。
 - ・測定者に対して、測定器の使用方法及び読取り方法の教育を行う。
 - ・ゲージ部の表示部を明瞭にする。
 - ・測定者が、ゲージをむらなく一様に使用できるような治具を設定する。
 等の改善事項を実施する。

Table 1 Gauge Repeatability and Reproducibility Data Sheet

Gauge Repeatability and Reproducibility Data Sheet

Performer : 山口 利裕

Measurer : A 勝地 直樹 , B 実沢 富士生 , C 樋口 次男

No.	APPRAISER / TRIAL #		PART										AVERAGE
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1	61.991	61.985	61.990	61.994	61.993	61.991	61.990	61.990	61.988	61.987	61.98990
2	A	2	61.992	61.986	61.990	61.993	61.993	61.991	61.991	61.991	61.989	61.987	61.99030
3	A	3											
4	Average		61.992	61.986	61.990	61.994	61.993	61.991	61.991	61.991	61.989	61.987	$\bar{X}_a =$ 61.99010
5	Range		0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	$\bar{R}_a =$ 0.00060
6	B	1	61.992	61.986	61.989	61.993	61.993	61.991	61.990	61.991	61.987	61.988	61.99000
7	B	2	61.993	61.985	61.990	61.993	61.994	61.991	61.991	61.990	61.988	61.987	61.99020
8	B	3											
9	Average		61.993	61.986	61.990	61.993	61.994	61.991	61.991	61.991	61.988	61.988	$\bar{X}_b =$ 61.99010
10	Range		0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	$\bar{R}_b =$ 0.00080
11	C	1	61.991	61.986	61.988	61.994	61.994	61.992	61.991	61.990	61.988	61.988	61.99020
12	C	2	61.992	61.986	61.989	61.993	61.994	61.991	61.991	61.991	61.987	61.989	61.99030
13	C	3											
14	Average		61.992	61.986	61.989	61.994	61.994	61.992	61.991	61.991	61.988	61.989	$\bar{X}_c =$ 61.99025
15	Range		0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	$\bar{R}_c =$ 0.00070
16	Part												$\bar{X} =$ 61.99015
	Average($\bar{X}_p$)		61.992	61.986	61.989	61.993	61.994	61.991	61.991	61.991	61.988	61.988	$R_p =$ 0.00783
17	$(\bar{R}_a = 0.00060 + \bar{R}_b = 0.00080 + \bar{R}_c = 0.00070) / \# \text{ OF APPRAISER} = 3 = \bar{\bar{R}}$												$\bar{\bar{R}} =$ 0.00070
18	$[\text{Max}\bar{X} = 61.9903 - \text{Min}\bar{X} = 61.9901] = \bar{X}_{DIFF}$												$\bar{X}_{DIFF} =$ 0.00015
19*	$[\bar{\bar{R}} = 0.00070] \times [D_4 = 3.27] = UCL_R$												$UCL_R =$ 0.00229
20*	$[\bar{\bar{R}} = 0.00070] \times [D_3 = 0] = LCL_R$												$LCL_R =$ 0.00000
21	Dispersion of measurement		0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	MAX 0.002

* $D_4 = 3.27$ for 2 trials and 2.58 for 3 trials; $D_3 = 0$ for up to 7 trials, UCL_R represents the limit of individual R's. Circle those that are beyond this limit. identify the cause and correct. Repeat these readings using the same appraiser and unit as originally used or discard values and re-average and recompute R and the limiting value from the remaining observations.

Table 2 Gauge Repeatability and Reproducibility Report

Gauge Repeatability and Reproducibility Report

PART No. 32101 07G67		Gauge NAME		Electronic Micrometer			
PART NAME 71BC T/M CASE		Gauge No.		G10150FD05			
UPPER LEVEL		61.995	LOWER LEVEL	61.976	TOLERANCE	0.019	
RESULT : (OK) , NG			PURPOSE : (First Evaluation , Re'try				
From data sheet		$\bar{R} =$	0.00070	$\bar{X}_{DIFF} =$	0.00015	$R_p =$	0.00783

Date : 20/09/'00

SECTION CORD: SQ2Q01		
APPROVAL	CHECKED	PERFORMER
栗原 00.09.21	後藤 00.09.21	山口 00.09.20

Measurement Unit Analysis			% Total Variation(TV)	
Repeatability—Equipment Variation(EV) $EV = \bar{R} \times K_1$ $= 0.00070 \times 4.56$ $= 0.00319$			$\%EV = 100[EV / TV]$ $= 100[0.00319 / 0.01310]$ $= 24.4 \%$	
	Trials	K_1		
	2	4.56		
	3	3.05		
Reproducibility—Appraiser Variation(AV) $AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / n \times r)}$ $= \sqrt{(0.00015 \times 2.70)^2 - (0.00001 / 10 \times 2)}$ $= 0.00059$ n=Parts , r=Trials			$\%AV = 100[AV / TV]$ $= 100[0.00059 / 0.01310]$ $= 4.5 \%$	
	APPRAISERS			
	2	3		
	K_2	3.65 2.70		
Repeatability & Reproducibility:(R&R) $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $= \sqrt{0.00001 + 0.00000}$ $= 0.00325$			$\%R\&R = 100[R\&R / TV]$ $= 100[0.00325 / 0.01310]$ $= 24.8 \%$	
	Parts	K_3		
	2	3.65		
	3	2.70		
Part Variation(PV) $PV = (R_p \times K_3)$ $= (0.00783 \times 1.62)$ $= 0.01269$			$\%PV = 100[PV / TV]$ $= 100[0.01269 / 0.01310]$ $= 96.9 \%$	
	4	2.30		
	5	2.08		
	6	1.93		
	7	1.82		
Total Variation(TV) $TV = \sqrt{R\&R^2 + PV^2}$ $= \sqrt{0.00001 + 0.00016}$ $= 0.01310$				
	8	1.74		
	9	1.67		
	10	1.62		
Dispersion of measurement / Tolerance = 10.5 %				

5. Gauge R&Rのトライアル実施

Gauge R&R運用開始前に、制定した手法の実効性を検証するため、7事業所にて25日間、延べ174名でトライアルを実施した。

5.1. トライアル結果と判ったこと

各事業所にて任意の計測システムを選定し、計58件のGauge R&R評価を実施した。

結果、これらの計測システムの90%が改善を必要とする不適合と判定された。

(判ったこと)

(1) 判定基準の矛盾

判定基準は、(測定のバラツキ / (測定のバラツキ + 部品のバラツキ)) が30%以下をOKとする判定基準である。この結果、計測システムは問題無くても部品寸法のバラツキが小さい場合は限りなく100%に近くなり判定NGとなる。本トライアル品はこの状況と一致しており、サンプリング部品の寸法バラツキが小さいため、判定NGとなっているものが殆どである。

(2) 計測器選択での保証精度不適合

外径をノギスで測定するよう設定されていたが評価結果、測定器の誤差が大きいため不適合となり、計測システムの仕様変更が必要となるなどの計測器の選定にも問題がある。

(3) 評価時の計算ミス発生

評価表の計算が複雑であり、有効桁数の設定等で計算ミスが発生し易く工数が掛かる。

6. 評価方法の再検討

6.1. 判定基準の見直し設定

トライアル結果、サンプリング部品のバラツキ

が小さい場合の判定は矛盾することが判ったため、判定項目として、測定バラツキが部品公差の25%以下の場合はOKとすることを追加設定した。

6.2. Gauge R&R評価業務の効率化

Gauge R&R評価の計算式は、パソコンのData Sheetにデータを入力するだけで自動計算処理するようにマクロを組み込み計算ミスの防止と工数低減を図った。

7. 結論と今後の課題

7.1. Gauge R&Rの有効性

本評価法の構築はQS9000の要求を満足させることが第一義であるが、評価結果から計測作業の誤差を把握し、要因分析により正確な計測作業の構築に寄与するものである。また、本評価は使用部署が定量化して判断できるため、計測管理、計測作業についての意識の高揚がはかれる。

7.2. 今後の課題

Gauge R&Rの評価結果を踏まえて、

- ・計測機器の選定基準への織り込み
- ・計測作業の教育計画と実施
- ・再発防止として計測作業の標準化

等に反映させ、計測機器の適正化と計測作業の玉成に向け推進していく。

参考文献

- 1) Chrysler, Ford, General Motors : Measurement Systems Analysis Reference Manual 1995

■ 著 者 ■



小林 信二

MATLABを用いた5速AT変速性能解析

A Shifting Performance Analysis for a 5 Speed AT using the MATLAB

松村 利夫*

Toshio MATSUMURA

勝 生水*

Fuyuku KATSU

抄 録 自動変速機のさらなる性能向上と開発効率向上を図るため、弊社では制御技術開発をシステムティックに行うシームレスな制御開発体制の整備を進めている。特に、その中核として、自動変速機の動的な挙動予測を精度良く行うために、MATLABを用いた自動変速機の変速性能シミュレーションシステムの構築を行っている。

本報告では、その考え方とシステム概要を解説し、弊社5速自動変速機での幾つかの計算結果例を紹介する。

Summary To more advance the performance for automatic transmissions, reduce the development time and increase the development amounts in our company, the control system development structure is building recently, which develops the control system systematically as seamless. Especially the simulation system to calculate the shifting performance using the MATLAB is built as the core part of its structure. In this paper, the structure concept and the simulation system outline are described. Some simulation results of our five speed automatic transmission are demonstrated.

1. はじめに

近年、自動変速機（以下ATという）の性能向上に対する要求が益々高まっており、燃費や運転性、レスポンスの向上などの性能向上に加え、更なる変速ショック低減など変速性能向上も求められている。一方、開発規模の拡大や開発期間短縮など開発効率向上も不可欠である。

弊社では制御技術開発をシステムティックに行うため、電子制御システム開発ツールにMATLABを中心としたシームレスな開発体制の整備を進めている。特に、ATの変速性能を計算するATのモデル化は、既に多くの報告^{1)~9)}もあるが、弊社でも基本項目として進めている。

本報告では、弊社で整備を進めているシームレスな開発体制の考え方と具体的なツール例、弊社5速ATでの変速シミュレーションシステム概要、および幾つかのシミュレーション結果例を解説する。

2. シームレスな制御開発体制

電子制御システム開発の手順は、一般的に、システム設計、ロジック設計、ソフト&ハード試作、機能検査、評価実験という順番で進められる。また、量産品開発では設計や製造のバラツキを許容

するチューニングのため、評価実験の前に制御パラメータのキャリブレーションを行う工程が入る。

これらの開発工程が円滑に進むように、各工程で開発を支援するツールを用いている（Fig.1）。

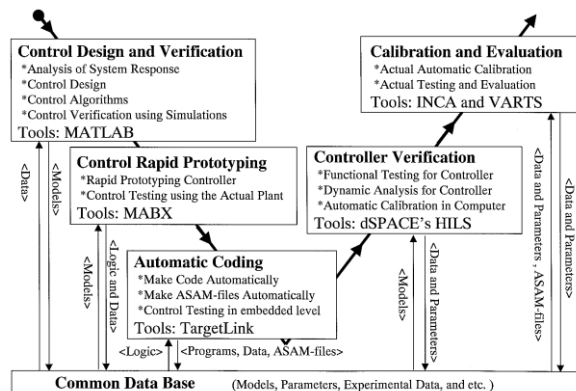


Fig.1 Development process and support tools

これらのツール開発には多大な開発資源を要するが、近年ではデファクトスタンダードとなってきたツールを用いることができるようになった。

これらのツールの有機的なリンクを図り、開発全体がシームレスに行えるように構成し、システムティックな開発を実現する。シームレス化の要はデータの連続性であり、全ての技術情報を効率よく保有、活用できるように、ロジック側とソフトウェア側

*先行開発部

Advance Development Department

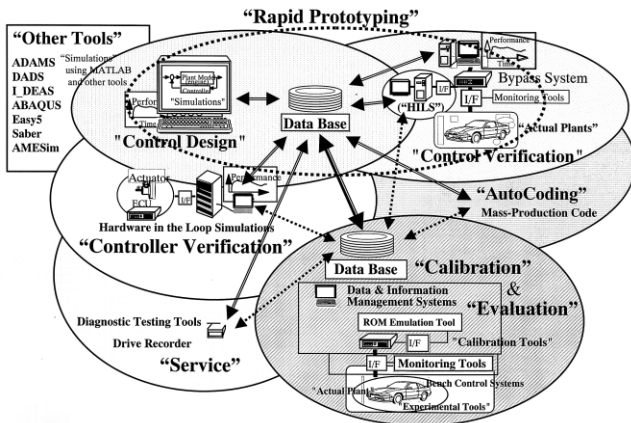


Fig.2 The seamless development tool chain

とにデータベースの2階層化を行っている (Fig.2)。

最近の特徴としては、量産品開発でも自動コード生成が利用されるようになってきていることである。今では、下流工程であるキャリブレーション用に制御プログラム上の変数の定義ファイル等も自動的に生成でき、キャリブレーションの自動化も進められるようになってきている。

また、制御ロジックの開発効率化のラピッドプロトではますます大規模なロジックの実行もできるようになった。制御装置の機能検証では入出力信号の欠陥模擬や検査の自動実行も可能となっている。

3. ATの変速性能シミュレーションシステム

Fig.3に示すように、ATの変速性能はATのみならず車両全体の性能として考える必要があり、影響する部位や部品も多いなど、その予測計算は容易でないが、近年制御系設計CADソフトであるMATLAB等を用いたシミュレーション等が可能になってきている^{1)~9)}。

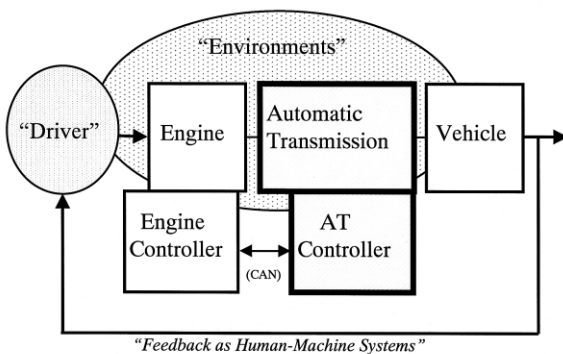


Fig.3 Conceptual diagram for vehicle systems

弊社では、前述のシームレスな制御システム開発体制の考え方に沿って、基本項目としてMATLABを用いたAT変速性能予測シミュレーションシステムを構築、活用している。

3.1. 弊社5速AT (JF506E) 概要

以下では、同シミュレーションシステム概要として弊社のFF車用5速AT (JF506E等) での例を解説する¹⁰⁾。

まず、JF506Eの概観図をFig.4に、スケルトン図をFig.5に示す。これは5速のステップ型ATであり、Fig.5に示す各クラッチやブレーキを締結したり放したりする事で変速動作を行うものである。

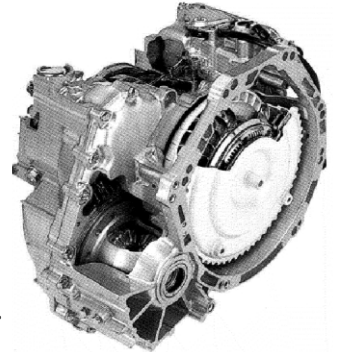


Fig.4 the JF506E

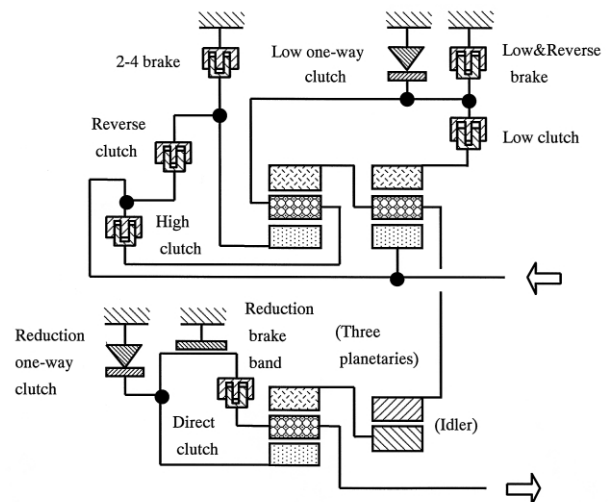


Fig.5 Schematic drawing for the JF506E

Table 1 Clutch schedule of the JF506E

Shift positions	Reverse clutch	High clutch	Low clutch	Direct clutch	Low&Rev. brake	2-4 brake	Reduction brake band	Low one-way clutch	Reduction one-way clutch
P							○		
R	○				○		○		
N							○		
D	1st		○		△		○	●	●
	2nd		○			○	○		●
	3rd		○				○		●
	4th		○			○	○		●
	5th		○	○		○			●

○ : Operative
△ : Operative in 2 or 1 range
● : Operative during "progressive" acceleration

3.2. 5速AT変速性能シミュレーションモデル

変速性能シミュレーションモデルは実際の物の物理的なメカニズムを表現することを基本としてい

る．ATモデルの特徴は電気油圧システム部分を含むことである．また，動力伝達系はバネとマスの共振型の系で表現している（Fig.6）．

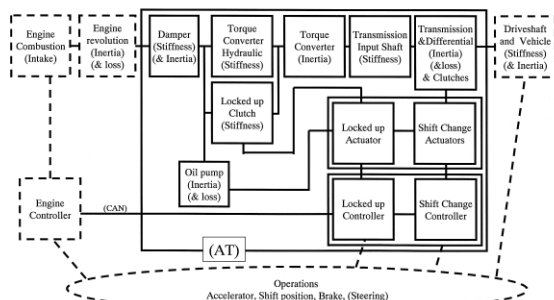


Fig.6 Configuration of the simulation model

具体的には、AT部分はユニットハード部分として、トルコン、遊星ギヤ、オイルポンプ、油圧制御バルブ系、および電子制御装置であるATコントローラ系で階層的に構成している。

ギヤトレイン系のモデルは良く知られているように、そのスケルトン構成から運動方程式を得て、数値積分することで各メンバの回転数や伝達トルク等を計算している。ここで、クラッチモデルには滑りモデル⁵⁾を用いている。

電気油圧系では、各要素の物理的メカニズムを忠実にモデル化し、各バルブの動作、アキュムレータのストローク量や各部の油圧は流体と運動の方程式に基づいている。

油圧特性では、高精度、高計算時間の圧縮性流体の扱い⁶⁾と、計算精度はそこそこで計算が速い非圧縮性流体の扱い⁵⁾の混在系でのモデル化を試みている。

ATコントローラ部では、制御ロジックをSimulinkのブロック図で表現するものと、制御プログラムをリンクしたモデル化とが可能である。制御プログラムをリンクして用いるには、MATLABの新機能であるC-MEX型のS-Functionブロックを用いることで実現できる (Fig.7)。

C言語で書かれた制御プログラムをリンクファイルでSimulinkの一つのブロックにできるため、この例では、ブロック図に比べて計算実行速度が約5倍位に高速化でき、記憶に必要な容量も約1/5程に低減できている。

トルコンのモデルは滑り速度に対するトルク比とトルク容量係数マップをもって表引き計算するものとしている。ダンパはその捻れ特性をモデル化している。ロックアップクラッチは制御信号に応じてその伝達トルクを発生するクラッチ滑りモデルやその

線形近似の伝達関数モデル³⁾を用いている。

エンジンは表引き型のトルク発生部と各種のイナーシャやフリクションを含む回転機械系としている。車両系は、イナーシャ型の簡易版やタイヤの滑り特性を用いた簡易なモデルを用いている。アクスルシャフトの剛性による捻り系のモデルを用いることで、アクスルシャフト共振の振動現象も計算することが可能である。

各モデルに用いているパラメータの設定には，m-Fileを用いており，パラメータのデータベース化を容易にしている．

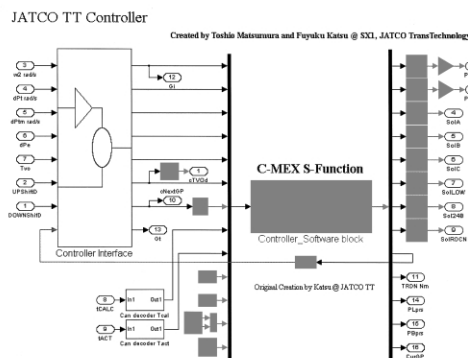


Fig.7 Controller using C-MEX S-Function

以上，全体ブロック図の例をFig.8に示す．

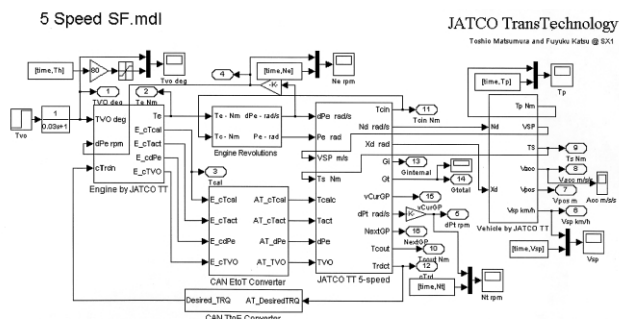


Fig.8 Simulation block diagram in top level

4.5速AT変速性能シミュレーション結果

前述のように、弊社の5速ATシミュレーションシステムでは、搭載車両走行状態での挙動計算が可能である。即ち、運転者がアクセル操作をするスロットル開度信号を与えることで、実車走行状態をシミュレートできる。

計算結果の一例をFig.9に示す．これはトルクダウン制御なしの定スロットル開度加速応答の例で，ATはオートアップシフト動作を行っている．ここで，トルコンは非ロックアップ，油圧系は非圧縮性モデル，エンジンは表引きモデル，車両はタイヤ滑りモデルとした．同条件での実測値に極めて良く一致する計算ができていることが分かる．

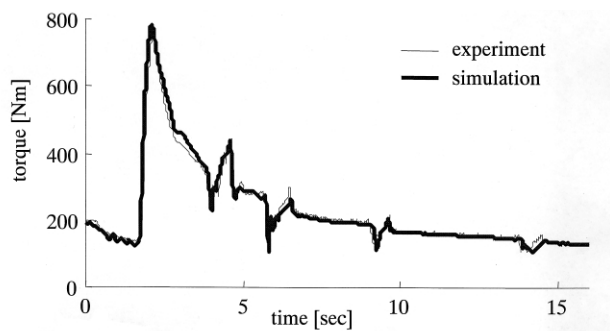


Fig.9 Simulation vs. experiment results

アップシフト変速時のより詳細な比較結果例をFig.10に示す．これは変速ショックが問題となりやすい1-2のアップシフト時の結果例（トルクダウン制御なし）で，軸振動も含めて極めて精度良く計算できていることが分かる．ただし，クラッチを握む油圧の値には実測値と計算とで若干の開きがあるが形状は非常に良く一致している．

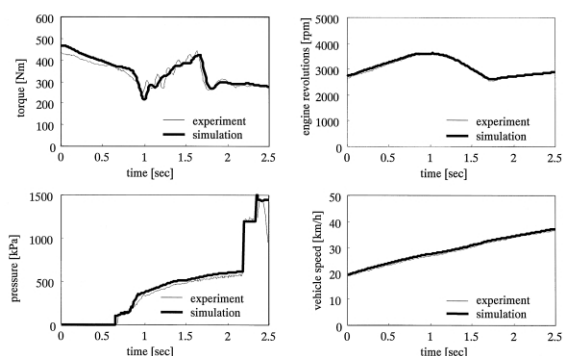


Fig.10 Results in 1-2 up shifting

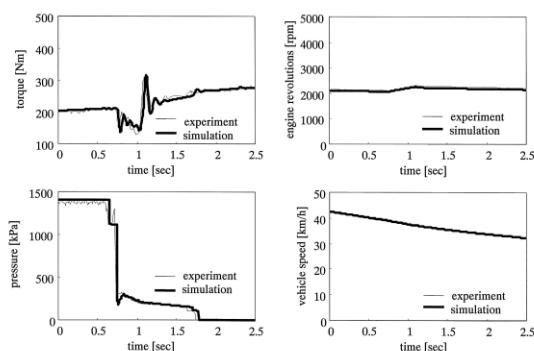


Fig.11 Results in 4-3 down shifting

車両が減速するような場合でも同様に計算することができる．Fig.11にダウンシフト時の変速挙動計算の結果例を示す．これは4-3ダウンシフト時の結果例であり，この場合も同条件の実測値と良く一定する結果が得られていることが分かる．ただし，示していない締結側のロークラッチ油圧は先の例と同程度の油圧値の開きがでている．

5. おわりに

弊社で進めている新しい制御開発体制の考え方とその中核をなす変速性能シミュレーションシステムの概要について解説した．今後も本開発体制の早期完成を進める．

本システム構築にご協力いただいた方々に感謝します．

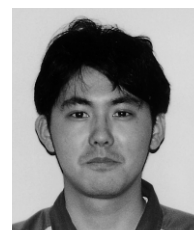
参考文献

- 1) H.Oba, N.Asahara, et al.: Development of Synchronous Shift Control for Five-Speed Automatic Transmission, AVEC'94,041,pp.236-241 (1994.10)
- 2) C.H.Pan and J.J.Moskwa: Dynamic Modeling and Simulation of the Ford AOD Automobile Transmission, SAE950899,pp.153-162 (1995.3).
- 3) Q.Zheng,K.Srinivasan and G.Rizzoni:Dynamic Modeling and Characterization of Transmission Response for Controller Design, SAE981094, pp.193-203 (1998.3).
- 1) 石川, 吉村, ほか: ATの変速ショックシミュレーションの開発と応用, 自技会シンポ, 9415, pp.32-37 (1994.11).
- 5) 山下, 森, ほか: 自動変速機の開発支援システム, 自技会学術前刷集, 951, pp.141-144 (1995.5).
- 6) 鎌田, 中山, 中野: 新型ファミリア用ATの電子制御開発について, 自技会シンポ, 9806, pp.8-12 (1998.11).
- 7) 山田, 坂井: 車両運動シミュレータの構築と活用, 自技会シンポ, 9909, pp.27-32 (1999.11).
- 8) 山田, 澤田, 宮川: 油圧アクチュエータシミュレーションツールの開発と活用, 自技会学術前刷集, 57-00, (255), pp.9-12 (2000.5).
- 9) 萩原, 寺山, ほか: 自動変速機制御システム開発へのHILSの適用, 自技会学術前刷集, 97-00, pp.9-12 (2000.10).
- 10) 竹内: FF車用5速AT JF506E (FPO) の紹介, JATCO TransTechnology Review, No. 1, pp.66-67 (2000.2).

■ 著 者 ■



松村 利夫



勝 生水

高周波焼入れを行ったシャフト部品の高強度化技術について

The Strengthening Method of Induction Hardened Shafts for Transmissions

吉田 誠*

Makoto YOSHIDA

抄 録 自動変速機の軽量化，及び小型化による車両搭載性向上を図るにあたり，シャフト部品の高強度化は重要な課題となっている．本稿では高周波焼入れを行ったFR車用ATのインプットシャフトを例にとりその熱処理深さ，ショットピーニング条件などの材質的観点から，高強度化達成のための最適手法について考察を行った．

Summary The strengthening of shaft components is especially important because of the adverse effect of resuming the weight and downsizing the transmissions. This paper describes the strengthening method of induction hardened input-shaft of AT for FR vehicle, in relation to the depth of case-hardening heat treatment and the conditions of shot peening.

1. まえがき

近年の車両の燃費改善，居住性向上のニーズから自動変速機も小型・軽量化の要求が高まっている．その中で，構成部品の中央に位置し，動力を伝達するインプットシャフト，アウトプットシャフトなどのシャフト部品の細軸化は重要な技術課題であり，高強度化手法の開発が急がれている．しかしながら，これらシャフト部品は高周波焼入れ，または浸炭焼入れなどの表面硬化処理を施す場合が一般的であり，その条件に応じて硬さ，組織，および残留応力が変化する．更に形状的にも，半径方向に穿孔された潤滑用の円孔やスプライン，シールリング溝といった応力集中部を有するため，強度解析が複雑であることから，最適設計手法が確立されていないのが現状である．また，このような応力集中部を有する表面硬化処理材のねじり強度に関する研究も従来あまりなされていないようである³⁾．そこで，本研究では，高周波焼入れを行ったFR車用自動変速機のインプットシャフトを例にとり，主な最弱部位となる，中心軸に垂直な円孔部に着目して，熱処理・工法の観点から高強度化に有効な要因の明確化と効果の定量化を試みた．更に疲労強度向上に対して最も有効な手法であるショットピーニングについて材質との関係から，効果を最大限に発揮する条件の見極めと，そのメカニズムについて考察を行った．

2. 供試品および実験方法

2.1. 供試品

本研究にはJIS・SCM440H，S40C，および焼入れ性の異なる2種類のボロン鋼を含む計4鋼種の材料を用いた．その化学成分をTable 1に示す．いずれの鋼種もφ26～30mmに圧延後，A鋼については，内部硬さの影響を調査するため，Table 3に示す焼ならし（179HB），または調質（223HBおよび285HB）により3種類の芯部硬さとした．以上の粗材を用いてFig. 1のインプットシャフト形状に加工した．なお，φ4mm円孔（以下「φ4円孔」と言う）については内面の面粗度向上を目的として，ドリルによる下穴加工後にリーマ仕上げを行うことにより，面粗度をRzで3～10μmとした．

Table1 Chemical compositions (wt%)

Materials	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	B
SCM440H	0.41	0.26	0.74	0.012	0.020	1.01	0.15	—
S40C	0.42	0.25	0.73	0.014	0.014	—	—	—
A	0.39	0.07	0.99	0.011	0.021	—	—	0.0020
B	0.41	0.22	0.83	0.020	0.013	0.60	—	0.0016

機械加工後に移動式の高周波焼入れ機を用いて，特にSCM440H材については，φ4円孔部の有効硬化層深さが2.2～7.0mmの4水準となるように高周波焼入れ焼戻しを行った．他の鋼種については1水準とした．焼戻し条件は160℃×1時間である．表面硬さはいずれの供試シャフトも600～650HVの範囲

*部品実験部

Component Experiment Department

であった．硬化層深さはφ4円孔よりシャフトの長手方向に1mm離れた位置で測定しており，ここで，有効硬化層深さが7.0mmの仕様は全断面が硬化していることを示している．また，有効硬化層深さは硬さが45HRC以上の深さとした．

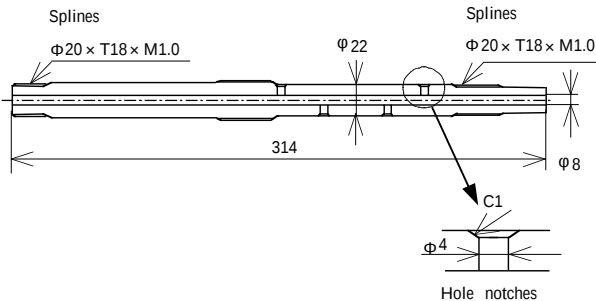


Fig.1 Shape and dimension of input shaft

Table2 Conditions of shot peening

Condition	1 (Double shot peening)	2 (Single shot peening)	3 (Single shot peening)
Shot diameter	0.8mm, 0.2mm	0.2mm	0.05mm
Material	Steel ($\geq 700\text{HV}$)		
Air pressure	0.5MPa		
Peening time	30sec		
Arc height	0.675mmA, 0.370mmA	0.344mmA	0.034mmA

Table3 Test samples and results

Specimen	Materials	Heat treatment (Core hardness,HB)	Effective case depth (mm)	Conditions of shot peening	Static fracture torque (Nm)	10 ⁵ cycles fracture torque (Nm)
S2	SCM 440H	QT(223)	2.2	—	1715	874
S2D				1	—	867
S3			2.8	—	1744	837
S3D				1	—	879
S4			4.0	—	2127	813
S4D				1	—	999
S7			7.0	—	1764	720
S7D				1	—	894
S7B				2	—	877
S7W				3	—	932
C3	S40C	QT(215)	2.9	—	1911	831
A3S	A	N(179)	3.3		2019	717
A3M		QT(223)	2.8		2029	795
A3H		QT(285)	3.2		2391	835
B3	B	QT(312)	2.9		2274	808

QT: Quenched and tempered, N: Normalized

ショットピーニングは空気式ショットピーニング機を用いて，円孔部，およびスプライン部に対してそれぞれ専用の投射ノズルによりTable2に示す3種類の条件で処理を行った．ここで，φ4円孔部に対しては供試シャフトを固定し，その中心を狙って投射する一方，スプライン部に対しては供試シャフトを回転させながら処理を行った．条件1は2段ショット，条件2，3は1段ショットとした．

2.2. 静ねじり試験方法

静ねじり試験では油圧式ねじり試験機により，供試シャフト両端のスプラインにトルクを与えて，破断に至るまでの最大トルクを求めた．また，各仕様につき試験は3本行い，その平均値を破断トルクとした．

2.3. 疲労試験方法

疲労試験は油圧式ねじり疲労試験機を用いて，静ねじり試験と同様に，両端のスプライン部にトルクを加えることにより行った．周波数は試験トルクに応じて5～10Hzとし，負荷形式は片振りとした．ここで，最小トルクは全ての条件で19.6Nmとした．また，き裂の進展により，ねじれ角が1.5°増加した時点で試験を終了し，破損寿命とした．試験は異なる数水準の最大トルクで行い，両対数線上で破損回数が10万回に相当する試験トルクを最小自乗法により求め，10万回強度とした．なお，繰返し数200万回にて破損のない場合は試験を打ち切った．

2.4. 残留応力測定方法

円孔内面の残留応力を測定する場合，簡便なX線法では測定前に供試シャフトの切断が必要となるため，残留応力の解放が懸念される．そこで，供試品のφ4円孔に対してねじりトルクが作用する場合の主応力方向（供試品中心軸に対して45°傾いた方向）の残留応力を以下の切出し法，およびX線法によりそれぞれ測定し比較を行った．切出し法では円孔内面に測定長さ0.2mmの歪ゲージを主応力方向に，外径側より中心に向かって複数枚貼り付けた後，円孔部を含む小片を切り出すことにより，解放される応力を求めた．更に切出し後に残留応力の解放がほぼ完全に行われているかを後述するX線法にて確認した．一方，X線法では，円孔部を含む断面に切断した後，円孔内面の主応力方向の残留応力をX線微小応力測定機（PSPC）を使用して側傾法により測定した．測定時のスリット径は0.5mmとした．

硬化層深さの異なるS3およびS7の供試シャフトに対して前述の2種類の方法による測定結果をFig.2a), b) に示す．図より，従来より報告されているように¹⁾，硬化層の浅いS3は深めに焼き入れたS7に比較して，外径側の圧縮残留応力が高くなる傾向が認められる．

本結果より前述のいずれの方法においても得られた残留応力値の傾向はほぼ等しいこと，および従来の報告と矛盾しないことから，簡便なX線法を用いても実用上の問題はないといえる．よって以後は全てX線法による測定結果を用いた．

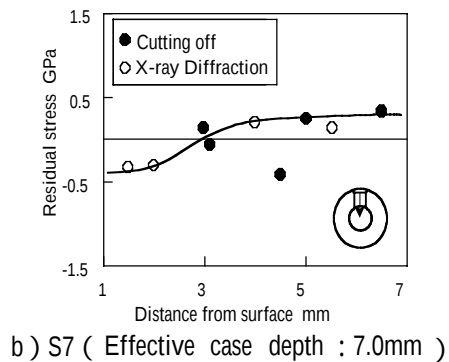
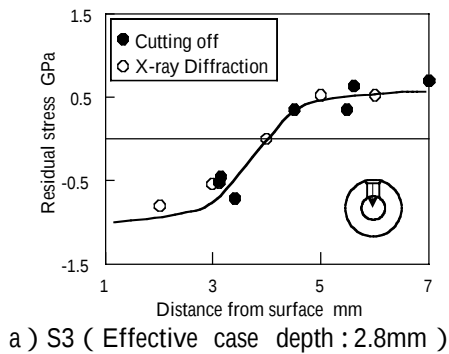


Fig.2 Residual stress distribution of holnotches

3. 実験結果および考察

3.1. 静ねじり試験結果

破断トルクをTable3に示す．破損部位はスプラインで破損した深め焼入れのS7を除き，いずれもφ4円孔であった．次にφ4円孔で破損した場合の有効硬化層深さ，および内部硬さと破断トルクの関係それぞれFig.3，4に示す．いずれも平滑丸棒における従来の研究^{1),2)}において報告されているように，破断トルクとの相関性が認められることから，その関係を一次回帰により求め，(1)式に示す．

$$Tf = 358.5 \cdot ECD + 3.08 \cdot Hc + 208.8 \quad (1)$$

(相関係数：0.98)

ここで，

Tf：破断トルク (Nm)

ECD：有効硬化層深さ (mm)

Hc：内部硬さ (HB)

Fig.5に示すように，(1)式より求めた推定破断トルクは実験値と良い相関性を示すことから，鋼種にかかわらず有効硬化層深さ，内部硬さにより，破断トルクは精度良く予測できることがわかった．以上より，円孔切欠きを有するシャフト部品においても平滑丸棒と同様に，静ねじり強度の向上には有効硬化層深さを深く，且つ内部硬さを高くすることが有効であることがわかった．

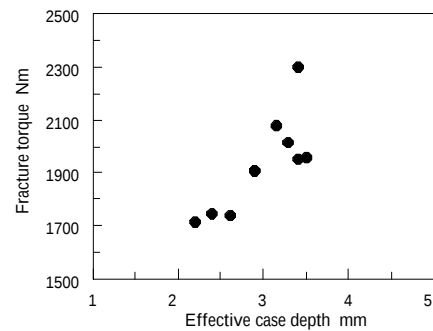


Fig.3 Influence of effective case depth

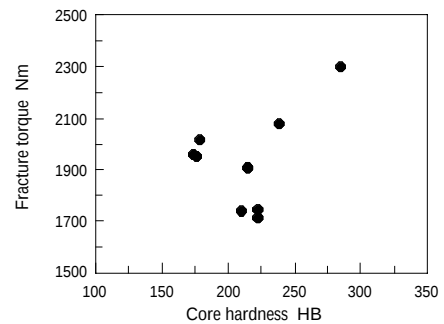


Fig.4 Influence of core hardness

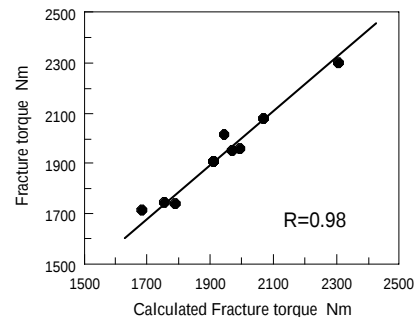


Fig.5 Comparison of calculated and experimental fracture torque

3.2. 疲労試験結果

10万回疲労強度をTable3に，また，破損状況をFig.6に示す．供試品の破損部位はφ4円孔またはスプラインであり，いずれの場合もき裂は主応力方向に進展していた．以下に各要因ごとにその影響を述べる．

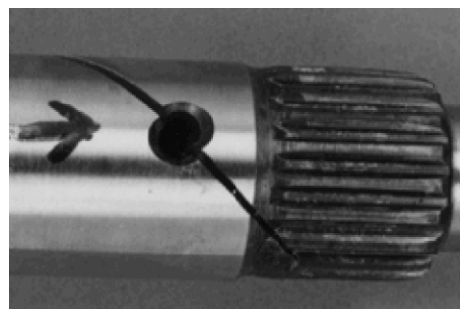


Fig.6 The view of input shaft failed at hole notch

3.2.1. 硬化層深さの影響

硬化層深さの異なるS2～S7の供試シャフトについて、有効硬化層深さと10万回強度の関係をFig.7に示す。前述の静ねじり強度とは対称的に、ショットピーニングを行わない場合は硬化層が浅い程、疲労強度は高くなることがわかった。また、Fig.8a)、b)に示すように、有効硬化層深さが4mm未満の場合では破損起点が硬化層と母材の境界の未硬化部（以下「境界部起点」と呼ぶ）であるのに対して、4mmを超える供試シャフトでは外径側に遷移し、硬化層内（以下「硬化層内起点」と呼ぶ）からき裂が発生していた。このような破損起点位置の遷移は従来の研究においても同様の傾向となることが報告されている^{3), 4)}。

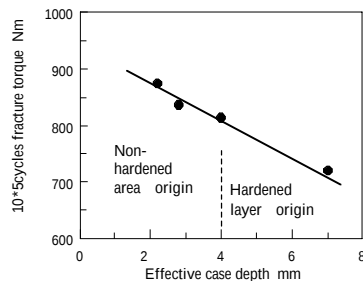
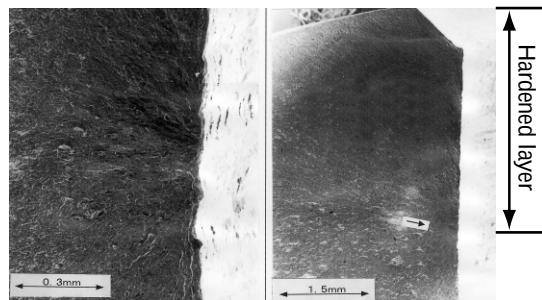


Fig.7 Relation between effective case depth and 10^5 cycles fracture torque (not peened)



a) The crack grew from non-hardened area (Effective case depth : 2.8mm)



b) The crack grew from hardened layer (Effective case depth : 4.0mm)

Fig.8 Macroscopic and microscopic view of fracture surface

3.2.2. 内部硬さの影響

Table3の内部硬さの異なるA鋼の試験結果（A3S～A3H）より、硬化層境界部を破損起点とする場合の内部硬さと10万回強度の関係をFig.9に示す。図より、破壊起点位置となる内部硬さの増加により10万回強度も向上することがわかる。

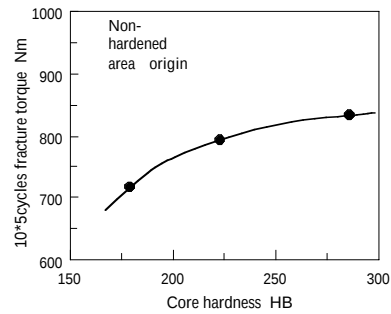


Fig.9 Influence of core hardness on 10^5 fracture torque

3.2.3. ショットピーニングの影響

φ4円孔にTable2の条件1に示す2段ショットピーニングを施した硬化層深さの異なるS2D～S7Dの供試シャフトにおいて、硬化層深さと、ショットによる10万回強度向上率の関係をFig.10に示す。ここで、破損起点はショットなしの場合と同様に、有効硬化層深さが4mm未満では境界部起点、4mm以上では硬化層内起点であった。Fig.7との比較からショットピーニングによる疲労強度向上効果は境界部起点の場合では僅かであるのに対して、硬化層内起点の場合に特に顕著であることが明らかとなった。なお、図中の矢印（↑）はスプライン破損を示している。Fig.11にS7Dのφ4円孔内面に沿った残留応力測定結果を示す。ショットの到達が容易であり、且つ高硬度である外径側に高い圧縮残留応力が生じているのに対して、芯部に近づくにつれてそれは大幅に低下することがわかる。

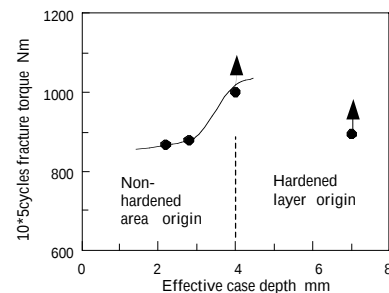


Fig.10 Relation between effective case depth and 10^5 cycles fracture torque (shot peened)

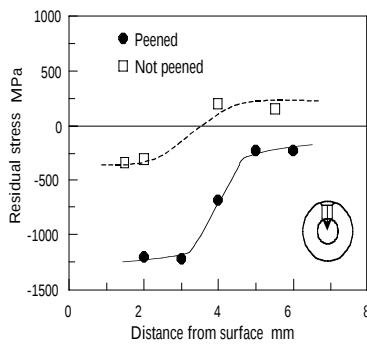
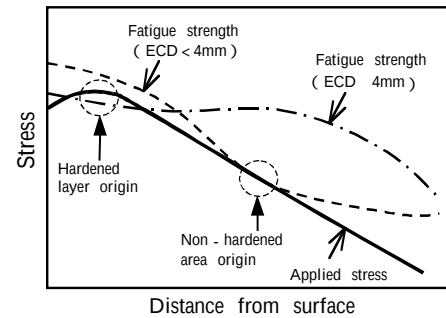


Fig.11 Residual stress of hole notch

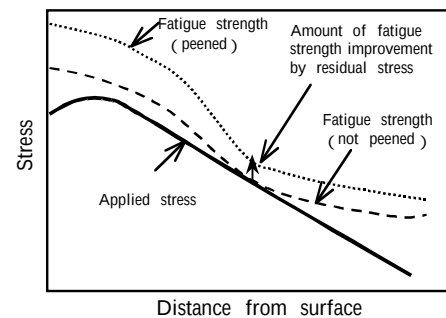
3.2.4. 疲労強度に関する考察

以上の現象を定性的に説明するため、円孔部のシャフト外径から中心に至る断面の作用応力分布と疲労強度分布の関係をFig.12のa) ~ c) に模式的に示す。ここで、ねじりトルクを付加することにより円孔内面に生じる主応力方向の応力分布はシャフトの最外径からわずかに内部に入った位置で最大となり、中心側に近づくにつれて低下していく⁵⁾。一方、材料の疲労強度分布は主に硬さ分布に依存し、且つ残留応力の影響も受けると考えられる。一般的に残留応力の作用は圧縮側ではき裂進展を抑制し、引張り側では助長すること、および、それと同じ大きさの平均応力が作用する状態と同様であるとみなせることから⁶⁾、その影響を加味すると、ショットを行わない場合では硬化層深さの違いに応じてFig.12a) に示すような疲労強度分布となると考えられる。次に疲労き裂は作用応力が材料の疲労強度を上回る位置で発生するため、硬化層が浅い(図中のECD < 4mm)場合には、図中の矢印に示す境界部起点となるのに対して、硬化層の深い(図中のECD = 4mm)場合には、硬化層境界部がシャフト中心側に移動するため、起点位置が外径側に遷移した硬化層内起点となることがわかる。以上より境界部起点の場合には内部硬さの増加に伴って疲労強度が向上する一方で、硬化層内起点となる場合では、2.4.で述べたように硬化層が深くなるに従い、起点部の圧縮残留応力が低下するため、疲労強度もそれにつれて低下することから、硬化層を深くしても疲労強度の向上が得られないものと考えられる。

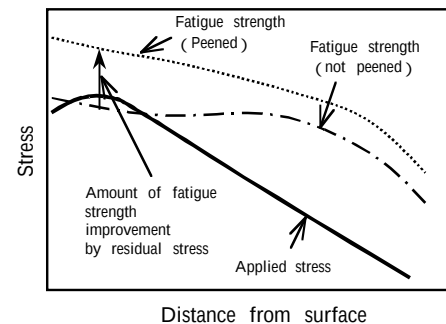
一方、Fig.11よりショットピーニングを行うと芯部側に対してシャフト外径側における圧縮残留応力の増加が顕著となるため、Fig.12b) に示す、境界部起点の場合に比較して、Fig.12c) の硬化層内起点の方が、圧縮残留応力による高い疲労強度向上効果を得られるものと推定する。



a) Fatigue strength distribution (not peened)



b) Effect of shot peening (the case of non-hardened area origin)



c) Effect of shot peening (the case of hardened layer origin)

Fig.12 Relation between applied stress and fatigue strength distribution

4. ショットピーニングの最適化

以上の結果より、円孔部の疲労強度向上にはショットピーニングの適用が最も有効であり、その効果は硬化層内起点となる場合に特に顕著であることが明らかとなった。そこで、ショット条件の最適化を目的として以下の検討を行った。

4.1. ショット粒径の影響

従来の研究より、疲労き裂伝播寿命を向上させるには最表面に高い圧縮残留応力を付与することが最も有効であり、また、ショット粒径は小径である程、表面の圧縮残留応力は高くなるといわれている⁷⁾。

更に破損起点近傍の面粗度が疲労寿命に影響を及ぼすことも予測されることから、ショットピーニング後の面粗度は良好としておく必要がある。そこで、円孔部においてこれらを満足する最適なショット粒径を見出すため平均粒径が0.05mm, 0.10mm, 0.20mm, 0.25mmの4種類の粒子を用いて、ショット粒径と残留応力、および面粗度の関係を調査した。結果をFig.13に示す。ここで面粗度は電子線三次元解析装置を用いて、油穴内面を測定長さ0.6mmの条件で十点平均粗さ(Rz)を測定した。図より0.05mmのショットにて最も高い圧縮残留応力が得られた。一方、面粗度に関しては、今回のショット粒径の範囲では明確な差は認められなかった。以上の結果より、最も小径な0.05mmの粒子を用いることが疲労強度に対して有利であることがわかった。

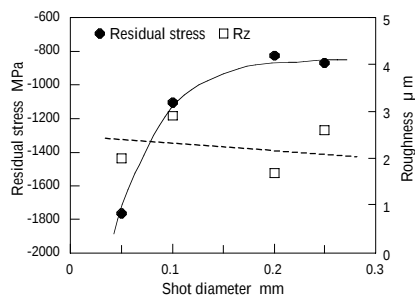


Fig.13 Influence of shot diameter on residual stress and roughness of the hole notch

4.2. 効果の確認

上記の最適仕様について、その効果を確認するためTable2における条件3のショットピーニングを施した硬化層深さの異なる供試シャフトの疲労試験を実施し、結果を量産部品に相当する有効硬化層深さ3mmのショットなし品との比較によりFig.14に示す。図より、硬化層を深目とした供試シャフトの疲労強度が最も高く、量産品に対して10万回強度で約26%の大幅な向上が得られた。その理由として、前述のように、円孔部の硬化層深さを大とすることにより、ショットピーニングの有効である硬化層内起点とした上で、小径ショットを用いてピーニングを行うことにより、高い圧縮残留応力が付与されたためと考える。

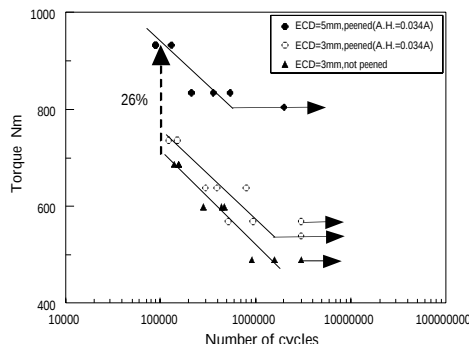


Fig.14 Results of fatigue tests

5. 結論

高周波焼入れを行った、自動変速機用インプットシャフトを用いて、主に円孔部の強度に対する材質的要因の影響を調査した結果、以下の結論を得た。

- (1) 静ねじり強度の向上には硬化層深さ、芯部硬さを増加することが有効であり、両者を用いることにより、破断強度は精度良く予測できる。
- (2) 円孔部のねじり疲労強度に対する硬化層深さの影響としては、ショットピーニング有無により傾向が異なる。すなわち、ショットを行う場合には深く、逆にショットを行わない場合は浅めとすることが疲労強度向上には有効である。
- (3) 硬化層内起点となる深め焼入れと小径ショットの組み合わせにより、円孔部の10万回強度にて約26%の大幅な向上が可能となる。

最後に、本研究を進めるにあたり、多大なご協力を頂いた大同特殊鋼(株)、浜松熱処理工業(株)、(株)フジユニバースをはじめとする、社内外の関係各部署の皆様へ紙面を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 岡田他：高周波焼入れ材の強度特性，自動車技術会学術講演会前刷集，851，5，pp211-214 (1985)。
- 2) T. Ochi et al：Strengthening of Surface Induction Hardened Parts for Automotive Shafts Subject to Torsional Load，SAE technical paper，940786，(1994)。
- 3) 松村他：切欠き材のねじり疲れ特性に及ぼす高周波焼入れ深さの影響，電気製鋼，67，1，pp.12-18 (1996)。
- 4) 内藤他：高周波焼入れ材のねじり疲労強度，材料，32，361，pp.64-68 (1982)。
- 5) 西田：応力集中，pp.326，森北出版 (1981)。
- 6) 日本材料学会：材料強度学，pp106，日本材料学会 (1986)。
- 7) ショットピーニング技術協会：ショットピーニング技術，7，2，pp.132 (1995)。

■ 著 者 ■



吉田 誠

ロックアップクラッチのスリップシャダー発生機構解析

Study on Origin of Shudder under Slip Control of a Lock-Up Clutch in an Automatic

加藤 芳章*

Yoshiaki KATO

抄 録 実機の自動変速機を用いたエンジン台上試験により、ロックアップクラッチのスリップ制御時にシャダーが発生しやすい条件を調べた。その結果、ロックアップ状態からスリップ状態への移行時と、定常スリップ中に負荷変動などの外乱が加わったときにシャダーが発生しやすいことがわかった。また実機サイズのダンパ付ロックアップクラッチを用いた単体試験装置により、上記2条件のシャダーを再現し、シャダー開始直後の μ -V特性を計測し、シャダー発生のかきかけを推定した。さらに、スリップ制御専用ATFを用いて、シャダーが収れんする過程の μ -V特性を計測した。

Summary Conditions of shudder generation under slip control in clutch were determined by engine bench tests using a real automatic transmission. The results obtained showed that shudder originated easily when a disturbance, for example, a change of applied load, occurred during the steady slip movement and during the transition from the state to the slip state. The application of a single testing device provided with a clutch with a life-size damper attached allowed the reproduction of two of the above shudder generation conditions, and the measurement of μ -V characteristics at the start and immediately after the shudder appearance. Besides μ -V characteristics in the process of shudder convergence were measured by introducing slip controlling ATF.

1. はじめに

近年の自動変速機の発達要素は、ロックアップクラッチ付トルクコンバータが主流である。ロックアップクラッチの機能としては、トルクコンバータを介さず直接、動力をこのロックアップクラッチで伝えることにあり、大幅な燃費向上を狙いとするものである。しかしながら、通常の市街地走行モードのような低車速走行時に完全ロックアップを行うと、エンジン爆発起振力による駆動系のねじり振動（低速こもり音）が発生するため、このような走行条件ではロックアップクラッチを50rpm程度わずかに滑らせながら、動力を伝達するロックアップクラッチのスリップ制御により、燃費と騒音低減の両立を図っている。しかしながらこのようなスリップ制御においては、ロックアップクラッチに使われている湿式摩擦材の摩擦-速度特性（以後 μ -V特性と称す）の負勾配に起因したシャダーという自励振動が発生しやすい⁽¹⁾⁽²⁾。

本研究においては、実機サイズのダンパ付ロックアップクラッチを用いてシャダーを発生させ、シャダー開始直後の振動中の μ -V特性（以後、実

μ -V特性と称す）を計測した。また自動変速機油（ATF）の違いにより、この実 μ -V特性がどのように変化するかを調べた。

2. 実機スリップシャダーの再現

2.1. 実験方法

実験装置は、2リッターエンジン用の自動変速機を駆動し、自動変速機の出力軸は、150kWダイナモメータに接続したものをを用いている。自動変速機は3速直結状態とし、ロックアップピストン前後の油圧をコントロールし、スリップシャダーが再現しやすい条件を調査した。Table1は、供試ロックアップピストンの主要諸元をまとめたものである。なお、供試作動油としては市販ATFを用いた。Fig 1は供

Table 1 Specification of clutch supplied for testing

Friction material	Paper material, inside diameter ϕ 208, outside diameter ϕ 234
Counterpart material	Material: JIS SAPH440
Operation oil	ATF on market
Inertial moment of piston	0.0126 kgm ²
Damper spring constant	445 Nm/rad

* 先行開発部
Advance Development Department

試ロックアップクラッチと、供試作動油を組み合わせた場合の μ -V特性を定常連続すべり摩擦試験法であるLVFA法により測定した代表値である。ここで供試摩擦材は実機サイズのものをを用いている。また測定しゅう動速度範囲は、0.012m/s～1.5m/sの範囲で行い、0.012m/sにおける μ を μ_0 と定義した。

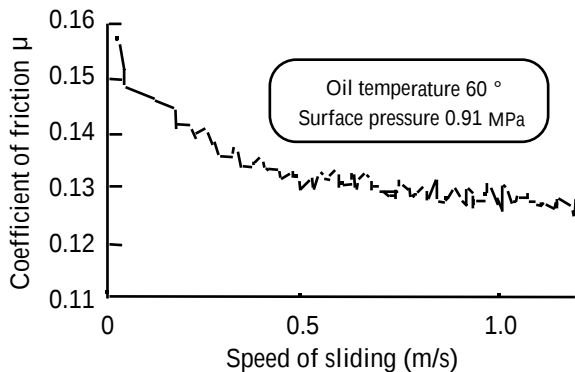


Fig.1 Friction characteristics of products supplied for testing (LVFA method)

2.2. 実験結果

実機での実験の結果、スリップシャダーが再現しやすい条件として、以下の2モードがあることがわかった。

a) ロックアップ状態からスリップ状態への移行開始時

完全ロックアップ状態から所定のスリップ回転速度に設定するため、ロックアップピストン前後の油圧をコントロールし始めた時点をクリックとしてシャダーは発生しやすい。(Fig.2)

b) 定常スリップ中に外乱が加わった場合

一定スリップ制御を行っていても、なんらかの外乱がきっかけとなりスリップシャダーが開始する。外乱要因としてはエンジン回転変動、負荷トルク変動、ロックアップピストンと相手金属面との当たり不均一などである。Fig. 3は回転変動による外乱の例である。

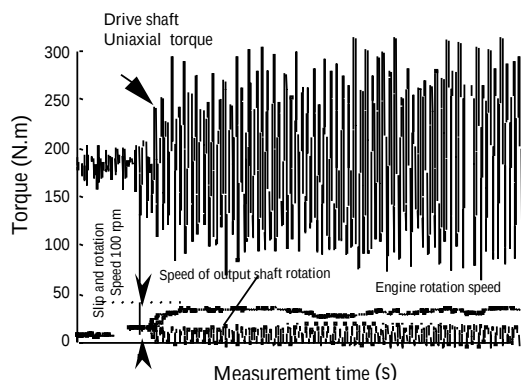


Fig. 2 Shudder during slip motion

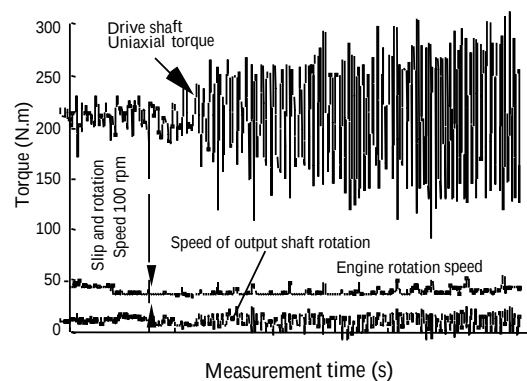


Fig. 3 Shudder in the case when disturbance occurs during steady slip motion

3. スリップシャダー開始時実 μ -V特性測定

2章で、スリップシャダー発生モードとして、スリップ移行時に発生するモードと、定常スリップ中に外乱が加わって発生するモード（以後、外乱入力モードと称す）があることを述べた。そこで、実 μ -V特性についても、それぞれのモードに応じた実験方法により測定した。なお、使用ATFについては、市販ATFとスリップ制御専用ATFの2種類で実験を行った。

3.1. スリップ移行時モード

3.1.1. 実験方法

単体試験装置の概要をFig.4に示す。テスト部の内部には、実機サイズのダンパ付ロックアップクラッチが収納されている。ダンパはスプライン嵌合により回転軸と一体で回転する部材と、湿式摩擦材を貼ったロックアップピストンとの間に取り付けられているため、モータ回転速度を上昇させると、ロックアップピストンは、ダンパのばね力を介して固定カバー面をしゅう動する。ロックアップピストンのカバー面押し付け力は、温度管理された供給油圧を調整して与えている。ロックアップピストンを一定加圧状態に設定後、モータ側回転軸を一定加速度（1.88rad/s²）で、回転速度を静止状態から180rpmまで上昇させる。回転軸よりダンパを介して駆動されるロックアップピストンは、静摩擦力により一定時間静止状態を保った後、スティックスリップシャダーに移行する。Table2に実験条件を示す。

次にシャダー中の実 μ -V測定方法について述べる。実 μ についてはカバーと直結するトルクメータ出力値 T と、ロックアップピストン加圧力 F 、フェーシング有効半径 R より、 $\mu = T/RF$ により求める。ロックアップピストンとカバー面との相対速度 V については、Fig.4に示すように回転軸に取り付けた抵

抗板と、それに接触するブラシ接点をロックアップピストンに取り付け、ダンパねじり角度を出力抵抗値で読み取る。ここで回転軸の回転角度を θ_0 、ロックアップピストンの回転角度を θ_1 とすると、ロックアップピストンの回転軸に対する相対角度($\theta_1 - \theta_0$)は、ダンパねじり角度と等価であるため、出力抵抗値を時間微分すれば、ロックアップピストンの回転軸に対する相対回転速度がもとまる。一方、回転軸は回転加速度 $\alpha = 1.88 \text{ rad/s}^2$ で加速しているため、ロックアップピストンのカバー面に対するしゅう動速度は、 $V = 2\pi R (d\theta/dt + \alpha t)$ でもとまる。

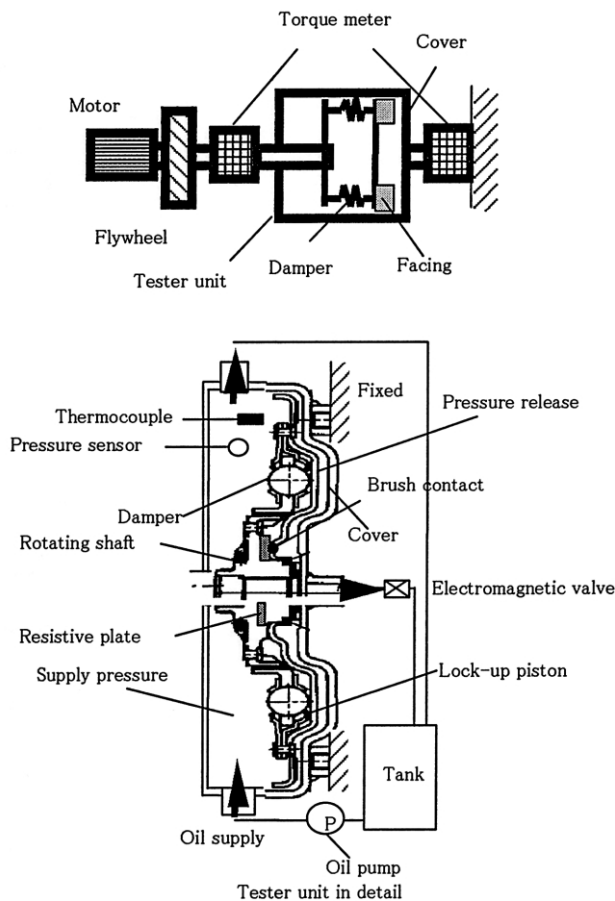


Fig. 4 Device for testing slip shudder

Table 2 Test conditions

Inertial moment of flywheel	0.588 kgm ²
Surface pressure	0.91 MPa
Speed of rotation	0 → 180 rpm
Acceleration of rotation	1.88 rad/s ²
Oil temperature	20

3.1.2. 実験結果

a) 市販ATFの場合

Fig.5, Fig.6は市販ATFを用いた場合のスリップ移行時の各物理量計測結果であり、スリップ移行とともにシャダーが発生している。Fig.7はシャダー発生3サイクル目までの実 μ -V特性を各サイクルごとにまとめたものであり、参考のため供試ロックアップクラッチのLVFA法で測定した μ -V特性を並記した。Fig.7の0サイクル目の実 μ -V特性を見るとロックアップピストン静止状態における μ は、0.17から0.177まで上昇した後、1サイクル目の振動に移行している。ここで、滑り出す直前の最大摩擦係数を μ_s と定義する。1サイクル目の実 μ -V特性は、しゅう動速度が0.3m/sまで上昇する間 μ -V負勾配となり、しゅう動速度が再び減速し静止状態になるまでの間は μ -V正勾配となっている。そして静止状態に戻った瞬間の μ は約0.14程度である。2サイクル目以降の実 μ -V特性は、 μ_s が再び0.17ないし0.18まで上昇した後、1サイクル目の μ -V特性と同様の形になっている。また、実 μ -V特性における μ_s は、LVFA法による μ -V特性における μ_0 より高いことがわかる。

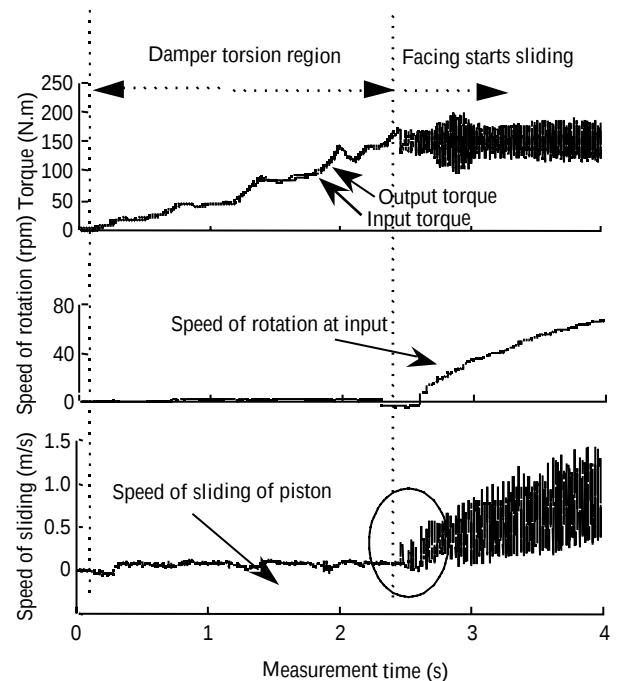


Fig.5 Time series data at slip movement

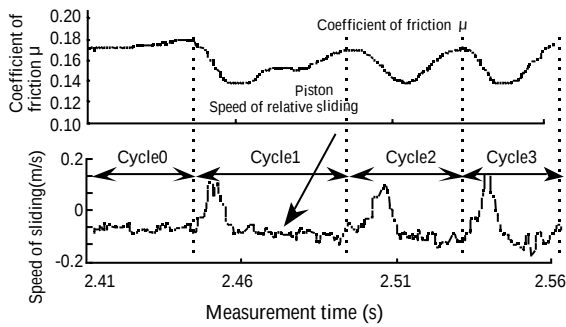


Fig. 6 Speed of relative sliding at slip motion and time series of coefficient of friction (enlarged)

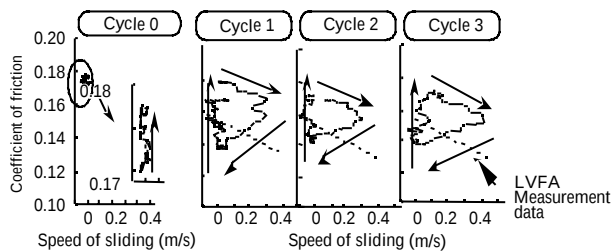


Fig. 7 Actual μ -V characteristics at shudder during slip motion

b) スリップ制御専用ATFの場合

実機ロックアップクラッチとスリップ制御専用ATFを組み合わせた場合の μ -V特性を、LVFA法により測定した代表値をFig.8に示す。 μ -V特性が正勾配になっていることがわかる。Fig.9下段は、スリップ制御専用ATFを用いた場合のスリップ移行時の入力トルク変化である。ロックアップピストンが滑り出し始めた直後の3サイクルは、約26Hzのスティックスリップ振動をしている。しかもこの3サイクルのいずれの振動状態においても、ロックアップピストン回転速度は静止状態が存在するため、各サイクルごとに μ_s をもとめることができる。各サイクルごとの μ_s をFig.9の上段に示す。Fig.9の中段は振動の開始直前から収れんする間の μ_s/μ_d の推移をプロットしたものである。ここで μ_d は、振動収れん後の安定した μ を用いている。滑り出し直後の μ_s はLVFA法で測定した μ_0 より大幅に高く、スティックスリップ振動を繰り返すごとに μ_s が下がることがわかる。しかも μ_s の低下の傾向は振動3サイクル以降急激に低下し、LVFAで計測した μ_0 とほぼ同等の0.14程度になっている。また μ_s/μ_d についても、滑り出し直後は1.2程度であるが、振動3サイクル以降、ほぼ1.0となり振動は収れんしている。

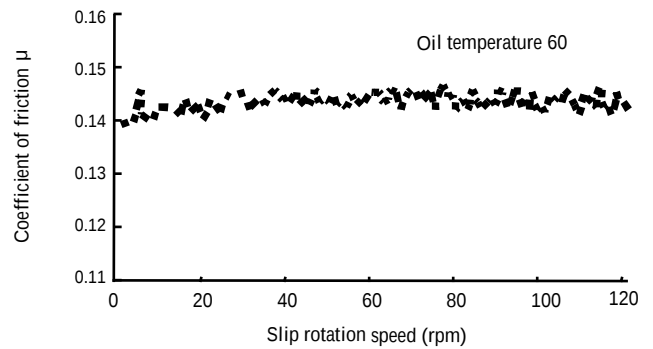


Fig. 8 Friction characteristics of slip controlling ATF (LVFA)

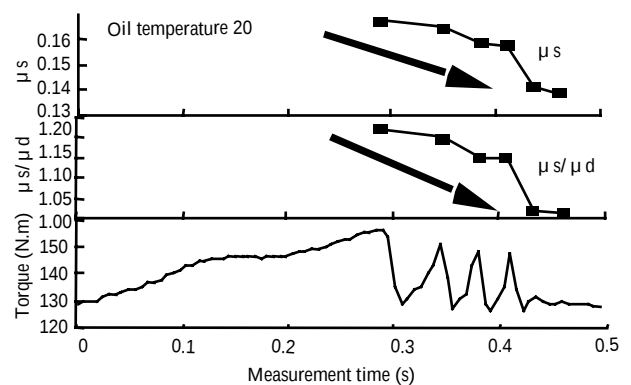


Fig. 9 System characteristics at stick-slip shudder

3.1.3. スリップ移行時シャダーのまとめ

ロックアップクラッチが滑り出す直前の μ_s は、LVFA法で測定する μ_0 より高く、かつ滑り出した直後に大きな μ -V負勾配となることがシャダー発生のかきかけになっている。

スリップ制御専用ATFを用いてもこの傾向は変わらない。ただし、振動を繰り返すことにより μ_s が低下するとともに、 μ -V正勾配となりシャダーは収れんする。これは添加剤の作用と思われる。

3.2. 定常スリップ中の外乱入力モード

3.2.1. 実験方法

単体試験装置としては、Fig.4と同様であるが、出力側トルクメータは使用せずカバー面を直接固定している。実験手順は、ロックアップピストン回転速度を100rpm一定状態となるように駆動モータを速度一定制御し、ロックアップピストン前後油圧差を0.15MPaから0.25MPaにステップ的に変化させた。そして、その直後から発生するシャダー中の実 μ -V特性を計測した。Table3に実験条件を示す。

Table 3 Test conditions

Inertial moment of flywheel	0.588 kgm ²
Surface pressure	0.68 → 1.14 MPa
Speed of rotation	100 rpm
Oil temperature	100

3.2.2. 実験結果

a) 市販ATFの場合

Fig.10は定常スリップ状態から、ロックアップピストン前後の油圧力差を変化させた場合の入力トルク、ロックアップピストン回転速度の計測結果を示したものであり、Fig.11はシャダー発生開始直後の各3サイクルの実 μ -V特性をLVFA法による μ -V特性と比較したものである。シャダー開始1サイクル目の実 μ -V特性は、定常スリップ状態のロックアップピストンしゅう動速度1.12m/sを起点Aとして、ロックアップピストン前後油圧力差の増加により、しゅう動面負荷トルクが増え、しゅう動速度は減速する。それとともに、ダンパばね変位も減少し、ピストンの減速度が0となる点Bに至る。この間の実 μ -V特性の負勾配は、LVFA法で計測した μ -V特性の負勾配より大きい。その後ロックアップピストンは、最大しゅう動速度約1.4m/sの点Dまで加速された後、減速状態となり、点Aに戻る。2サイクル、3サイクル目も同様の振動をくりかえす。そして、実 μ -V特性はピストンが減速状態では μ が高く、加速状態で低くなる傾向があることがわかった。

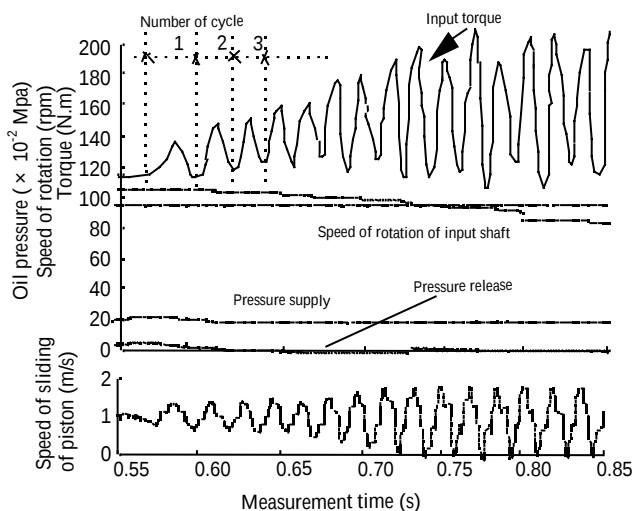


Fig. 10 Time series data of shudder at disturbance during steady slip

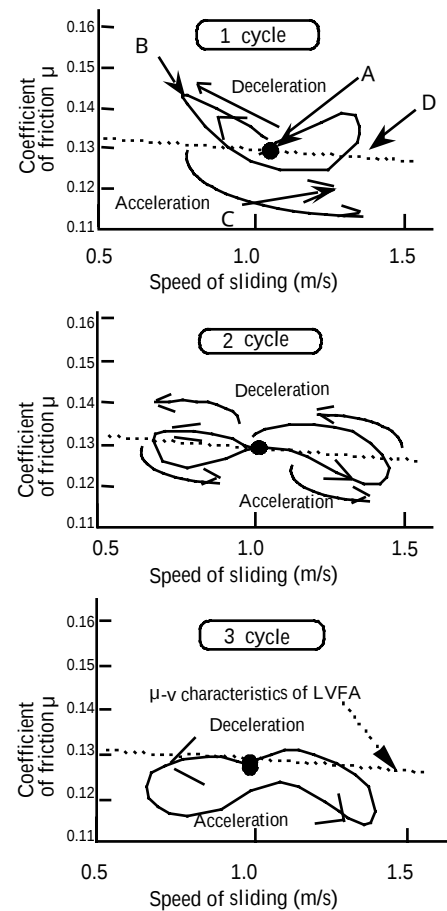


Fig.11 Actual μ -V at shudder appearing at input disturbance during steady slip movement

b) スリップ制御専用ATFの場合

Fig.12はスリップ制御専用ATFを用いて、定常スリップ回転速度100rpmの状態で、ロックアップピストン解放圧を低下させた直後の振動の時系列変化を示したものであり、振動3サイクル以降、トルク振動の振幅は急激に減少していることがわかる。Fig.13は振動開始から6サイクルまでの振動中の実 μ -V特性を各サイクルごとに整理したものである。振動1~2サイクルの μ は、LVFA法による測定値よりかなり高く、 μ -V負勾配も見られる。一方、振動2サイクル目の終了付近では μ -V特性は正勾配となり、3サイクル以降は μ 自体もLVFA法による測定値より低くなっている。

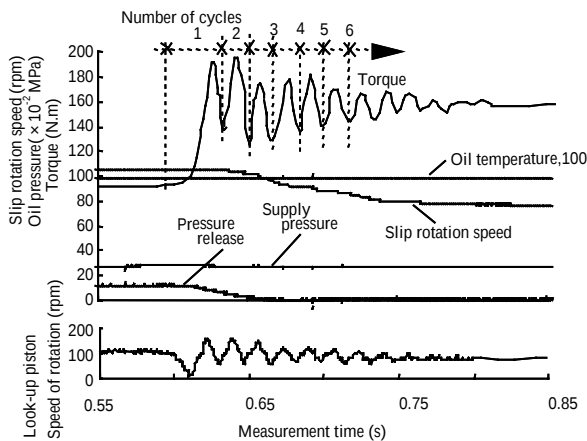


Fig.12 System characteristics at disturbance input shudder under steady slip conditions

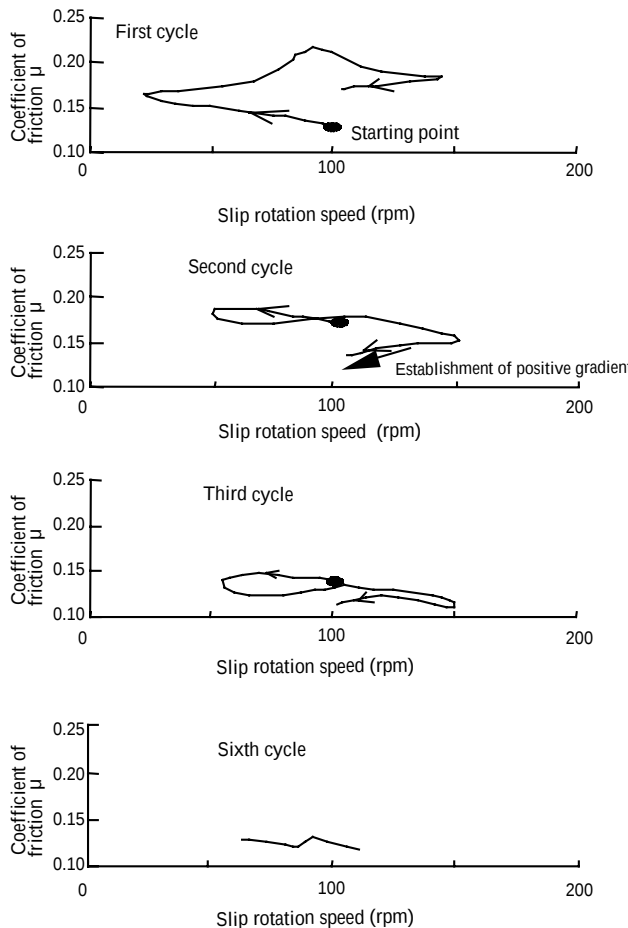


Fig. 13 μ -V characteristics at different shudder cycles

3.2.3. 外乱入力モードシャダーのまとめ

外乱入力直後の μ -V特性は、LVFA測定値より大きな負勾配になることと、しゅう動速度が加速状態になると μ が低く、減速状態では μ が高くなること、外乱入力モードシャダー発生のきっかけになっている。

スリップ制御専用ATFを用いても、外乱入力直後の μ -V特性は負勾配となりシャダーは発生するが、振動を繰り返すことにより μ -V特性は正勾配となり、 μ も低くなりシャダーは減衰する。

4. まとめ

- (1) スリップシャダーが発生しやすい運転条件としては、ロックアップ状態からスリップ移行時と、定常スリップ中の外乱入力時である。
- (2) シャダー発生のきっかけは、 μ -V特性の負勾配以外に滑り出す直前の μ sが高いことと、 μ -V特性がしゅう動面の加速度変化に対して、減速時に高く加速時に低いヒステリシス特性を有することが影響する。
- (3) スリップ制御専用ATFに含まれる添加剤の作用は、振動初期では効果が少なく、振動を繰り返すことにより活性化されると推定される。

謝辞

本研究は、日産自動車株式会社総合研究所研究実験試作部 赤坂量康様をはじめ多数の皆様に多大のご指導・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) M.C.Tsangaidis, et al.: Dynamic Behavior of a Torque Converter with Centrifugal Bypass Clutch, SAE Paper 850461(1985).
- 2) T.Hiramatsu, et al.: Control Technology of Minimal Slip-Type Torque Converter Clutch, SAE Paper 850460 (1985) .

■ 著 者 ■



加藤 芳章

ATの遊星歯車機構の騒音・振動に関する研究

Studies on Noise and Vibration of Planetary Gear Drives for Automatic Transmission

陳 勇*

Yong CHEN

抄 録 ATの遊星歯車騒音の原因となる振動の起振源は、かみあいの進行に伴う歯のばねこわさの周期的変動と歯車の形状誤差と考えられる。本研究は、遊星歯車のかみあい回転周期の観点から遊星歯車のかみあい位相差と遊星歯車のねじり振動の関係を求め、位相差を与えた遊星歯車機構と位相差を与えない遊星歯車機構を用いて、試験歯車の仕上げ法、かみあい率などを変え、回転数や歯面荷重を変化させて、遊星歯車機構の騒音・振動を測定し、比較考察を行った。

Summary In order to reduce the running noise and vibration of planetary gear drives to be used for automatic transmission of cars, the phase difference in gear tooth meshing is given to the planet gears which make contact with the sun and internal gears. As component gears, shaved and hardened helical gears with and without grinding were used, and the rotational speed and the tooth load were changed. The experimental results clearly showed that a reduction in running noise and vibration was surely obtained when the phase difference in tooth meshing was introduced.

1. 緒 言

近年、自動変速機を装着した乗用車の飛躍的な普及と共に、自動車の快適性を左右する要因の一つとして車室内の静粛性への要求がますます高まるなかで、歯車騒音に対する要求も一段と厳しくなっている。自動変速機の低騒音化の要求から、遊星歯車の騒音低減が重要な課題となっている。自動変速機の変速機部を構成する遊星歯車機構において、歯車のかみあいによって発生するギヤノイズは、低車速から高車速の広い運転条件で発生するが、比較的軽負荷の領域で問題となることが多い。また、騒音は感覚的に判断されるものなので、水準向上の限界が決めがたく、これからも絶えず技術開発が要求されるであろう⁽¹⁾。

本研究では、遊星歯車のかみあい回転周期の観点から遊星歯車のかみあい位相差と遊星歯車のねじり振動の関係を求め、位相差を与えた遊星歯車機構と位相差を与えない遊星歯車機構を用いて、歯車の仕上げ法、かみあい率などを変えて、種々の運転条件において、遊星歯車機構の騒音と振動加速度を測定し、比較考察を行った。

2. かみあい位相差とねじり振動に関する考察

2.1. 遊星歯車機構のねじり振動

遊星歯車機構の振動を考察する場合は、回転方向で変動する力（ねじり振動）とラジアル方向に変動する力（曲げ振動）を考える必要がある。数個の遊星歯車はキャリア上に同じピッチで配置す

るのが一般である。遊星歯車の歯数とキャリア上の各遊星歯車の配置によって、各遊星歯車の歯が同時にかみあい始めるか、あるいは異なる時期にかみあい始めるかが決まる。従来の遊星歯車の歯数設定は、設計も容易となることから、ラジアル方向変動力が均り合うように設定されていたように推定できる。すなわち各遊星歯車の歯が同時にかみあい始めるようになっている。実車の車室内騒音の測定結果より、自動変速機用遊星歯車機構の歯車対のかみあい起振力は主に回転方向のねじり振動の影響と考えられる⁽²⁾。但し、一般には自動変速機用遊星歯車機構の内歯車のリム厚は薄く、リムのたわみが大きいため、内歯車と遊星歯車間のかみあい起振力は、太陽歯車と遊星歯車間のかみあい起振力に比べて、相対的に小さい⁽³⁾。太陽歯車と遊星歯車の間には、同じような性質の動荷重が生じるが、歯のかみあい位相差がある場合には、各かみあい起振力は、各遊星歯車のかみあい始める時期の差だけずれている。Fig.1は歯車機構の太陽歯車と遊星歯車のかみあい位相差の概念図を示す。遊星歯車(1)の歯元と太陽歯車の歯先がかみあい始めた時(図の Q_1)、遊星歯車(2)の歯元と太陽歯車の歯先がかみあい始める点 Q_2 において、かみあい位相差がないと仮定する。従って遊星歯車(2)との実際のかみあい位置 Q_3 点から位相差なしの Q_2 点位置までの太陽歯車のころがり角 θ がかみあい位相差角度となる。ここでは太陽歯車の歯数を遊星歯車の個数 n で割ったときの余りを Z' とすると、 j 番目の遊星歯車の歯が太陽歯車の歯とかみあい始めるときの位相差 θ はかみあい周波数成分の k 次の項に対し式(1)で示される。

$$\Delta \theta = k j (2\pi Z' / n) \cdots \cdots (1)$$

* 技術部
Production Engineering Department

各遊星歯車の歯がかみあい始めてから終わるまでの動荷重変動の経過が完全に等しいと仮定して、 j 番目の遊星歯車とかみあって太陽歯車に加わるかみあい起振力を k 次の項に関する正弦波で表すと次式ようになる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$F_{kj} = F_{nkj} \sin k [\omega t + j (2\pi Z' / n)] \cdots (2)$$

ただし、 F_{nkj} は振幅である。したがって各遊星歯車から太陽歯車に加わる k 次の動荷重に基づくモメントは、歯の1ピッチを周期とする単純な正弦波状の変化成分で、かつその振幅が等しいならば、次式で示される。

$$\begin{aligned} \Sigma M_k &= \sum_{j=1}^n F_{kj} R_o \cos \alpha_n \\ &= F_{nk} R_o \cos \alpha_n \sum_{j=1}^n \sin k [\omega t + j (2\pi Z' / n)] \cdots (3) \end{aligned}$$

ただし、 F_{kj} ：遊星歯車かみあい起振力、 R_o ：太陽歯車のピッチ円半径、 α_n ：歯直角圧力角、 k ：かみあい周波数成分次数である。一般に $(K \cdot Z_A / n)$ が整数でない場合は $\Sigma M_k = 0$ となる。ただし、 Z_A は太陽歯車の歯数である。

2.2. 遊星歯車機構の位相差設計

遊星歯車機構において太陽歯車の歯数と遊星歯車の配置角の選択によって各遊星歯車と同時にかみあう複数の歯のかみあい関係の位相が異なるようにすることことができる。これは、遊星歯車の個数 n に関連して、各歯車の歯数を適当に選択することである。かみあい位相差設計をする場合には、遊星歯車対の歯数設定条件は次式で示される。

$$(Z_c + Z_A) / n = m \cdots (4)$$

$$Z_A / n \neq m \cdots (5)$$

ここに、 Z_A は太陽歯車の歯数、 Z_c は内歯車の歯数、 n は遊星歯車の個数、 m は整数である。

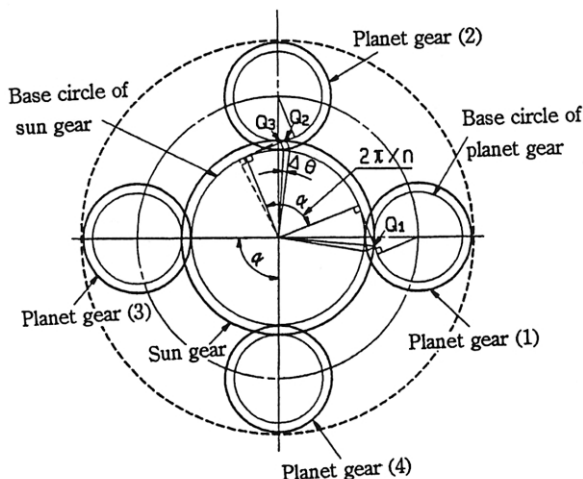


Fig.1 Schematic drawing of meshing phase difference in planetary gear drives with four planet gears

これより遊星歯車を等間隔に配置しても、各遊星歯車と太陽歯車のかみあい位置は $1/n$ ピッチのかみあい位相差を持たせることができる。式(4)と(5)の条件に従って歯数を選択すれば、太陽歯車と遊星歯車、遊星歯車と内歯車の各々のかみあいにおいて、かみあい位相が異なるようになる。従って、かみあい周期に基づく振動の一要因となる回転方向でのかみあいによる回転変動は、歯対の総合ばねこわさの変動成分が同位相で互いにずれて完全に釣合うため、理論上は0となる⁽²⁾。このため、遊星歯車と太陽歯車がかみあうときに回転方向の振動を著しく減少させると考えられる。また、回転方向にかみあい位相差を付けた遊星歯車機構における、各遊星歯車により太陽歯車に対してラジアル方向の力の変動は、かなり小さいが、必要に応じて回転方向とラジアル方向ともかみあい位相差を付ける設計をすることができる。

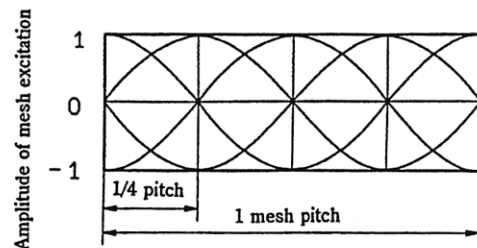


Fig.2 Elimination of exciting forces caused by four planet gears

Fig.2はかみあい位相差の作用を分かり易く説明するために、本研究において位相差を付けた遊星歯車機構における起振力の変化を示す。各遊星歯車から加わるかみあい起振力は歯の1ピッチを周期として単純な正弦状に変化すると仮定した成分で、また各遊星歯車間での振幅と周期が同じとした場合であるので、かみあい位相差によって起振力が完全に相殺される様子を示している。また、鈴木らの式⁽⁶⁾を利用して遊星歯車の個数を3または4にした場合、位相差のある遊星歯車機構と位相差のない遊星歯車機構の回転伝達誤差を計算した。遊星歯車の個数が3個の場合でも4個の場合でも、位相差を与えれば、各歯車の精度を同じとした場合、回転伝達計算誤差は30分の1以下になっている(計算結果の詳細は省略)。遊星歯車の個数が振動と騒音に及ぼす影響は位相差設計の影響よりもかなり小さいと考えられる。

3. 実験装置と実験方法

3.1. 遊星歯車試験機

Fig.3は、本研究において、実用されている乗用車の自動変速機の遊星歯車機構を各変速段の騒音と振動

が個別に測定できるように設計，試作した遊星歯車試験機の軸断面図を示す．固定部や連結部には内スプライン継手を設けているので，負荷トルクが作用すれば，連結部などが均等にかみあう位置に動き，負荷が均等に作用するようになっている．固定部や自動変速機用遊星歯車変速機構の各変速段を別々に試験できるようにになっている．この試験機では，遊星歯車列の連結の仕方，基本軸の固定の仕方，歯車の駆動と従動の入れ替えなどによって，実用されている乗用車のように変速比を4種類変えることができる．Fig.4は2列遊星歯車変速機構を用いて，位相差を与えた遊星歯車機構（Ⅱ）と位相差のない遊星歯車機構（Ⅰ）の組合せを模型図で示している．

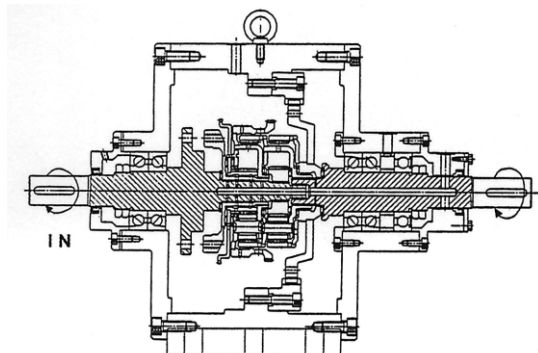


Fig.3 Axial section of planetary gear train testing machine

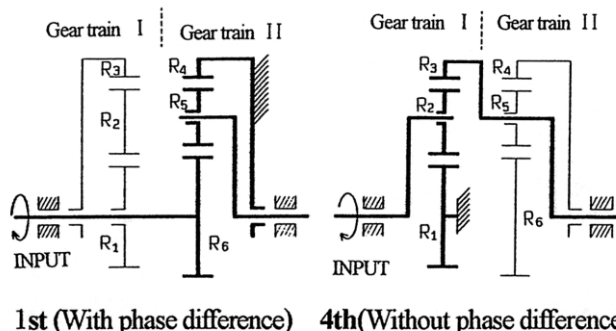


Fig.4 Axial section model charts of the planetary gear drive

3.2. 実験装置

実験に使用した動力吸収式歯車負荷実験装置の測定機器など配置の概略をFig.5に示す．負荷運転中における回転数と入力軸と出力軸のトルクは，電子式回転計とひずみゲージで測定する．また，Fig.5の破線で示すように駆動モータ，無段変速機，遊星歯車試験機を防音箱で覆った．これによって暗騒音が約6dB下った．

3.3. 試験歯車

実験に用いた遊星歯車の諸元はTable1に示す．Planetary gear train（Ⅰ）は位相差を与えない遊星歯

車機構，Planetary gear train（Ⅱ）は位相差を与えた遊星歯車機構である．太陽歯車及び遊星歯車はシェーピング加工後浸炭焼入れ処理のみをしたものと，焼入れ後MAAG歯車研削盤で研削したものをを用いた．前者の精度はJIS3～4級，歯面粗さは最大高さ（ R_y ）で約 $6\mu\text{m}$ である．研削した歯車の精度はJIS0～1級，歯面粗さは最大高さ（ R_y ）で約 $2\mu\text{m}$ である．また，

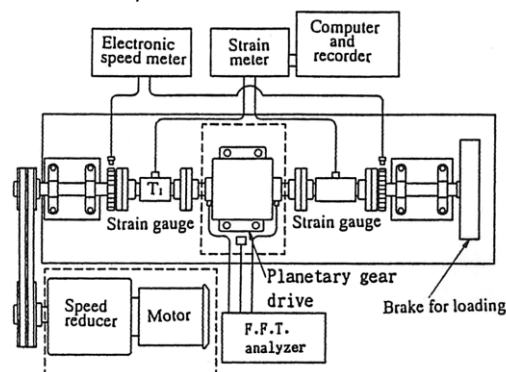


Fig.5 Gear train testing system

Table1 Specification of gears used for planetary gear trains

	Planetary gear train I			Planetary gear train II		
	Sun	Planet	Internal	Sun	Planet	Internal
Number of teeth	33	21	75	37	19	75
Normal module (mm)	1.23			1.23		
Normal pressure angle (°)	20°			20°		
Number of planet pinion	3			4		
Helix angle (°)	23.3°			23.3°		
Profile contact ratio (A)	1.65		1.84	1.65		1.81
Profile contact ratio (B)	1.31		1.69	1.30		1.66

Table1に示すように，正面かみあい率を変えるために歯先円直径の異なる遊星歯車と太陽歯車を2種類使用した．実験に用いた試験歯車対は量産歯車と同じ製造ロットのものを使用して各歯の歯面形状ができるだけ一樣になるようにした．全部の試験歯車の歯形，歯筋の精度及び遊星歯車組み付け用キャリアの遊星歯車シャフト穴位置精度と配置精度などを測定して実験条件が同じになるように注意した．

3.4. 実験方法

上記の2種類の歯形かみあい率と異なる加工法で仕上げた遊星歯車，太陽歯車をそれぞれ遊星歯車試験機に組み付け，潤滑油温度は 32 ± 2 になるように設定して運転した．潤滑油は流量を $1.5\text{L}/\text{min}$ で，油ポンプによる循環給油である．用いた潤滑油は実用されている自動変速機用油である．入力トルクは $0\sim 80\text{Nm}$ の範囲とし，入力軸回転数は $500\sim 2400\text{rpm}$ の範囲内で， 100rpm ずつ変化させて遊星歯車機構の振動加速度と騒音を測定した．2個の加速度ピックアップを出力軸および入力軸を支持する軸受の近傍に取り付けた．騒音計は防音箱に囲われた遊星歯車試験機上面より 60mm の位置に固定して，A特性で測定した．

4. 実験結果及び考察

4.1. 振動・騒音に及ぼす位相差の影響

Fig.6とFig.7は歯車接線荷重を200Nとした場合における遊星歯車機構の振動・騒音に及ぼす位相差の影響を示す。試験歯車は高歯遊星歯車対 (Table1の Profile contact ratio (A) 参照) を利用した。□は位相差を与えた遊星歯車機構 (Ⅱ), ▲は位相差のない配置の遊星歯車機構 (Ⅰ) を用いた場合の騒音・振動の変化を示す。図に示すように位相差のある遊星歯車機構は, 位相差のない遊星歯車機構より騒音レベルが3~7dB, 振動レベル2~4dBだけ低くなっている。Fig.8とFig.9は上記と同じ試験歯車を用いた場合において歯車接線荷重を400Nとした場合の振動・騒音の測定結果である。接線荷重200Nの場合の測定結果と比較すれば, 曲線の傾きはほぼ同じであるが, 負荷トルクの増加に伴って位相差の影響が更に明瞭になっている。これは, 負荷が大きくなると歯のたわみが大きくなり, 相対的に歯形誤差の影響が小さくなるためと考えられる。

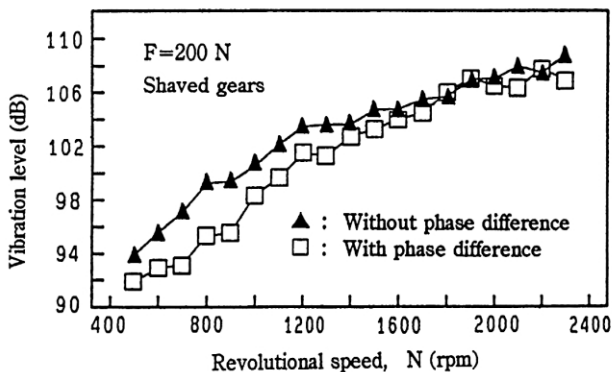


Fig.6 Effect of mesh phase difference on vibration

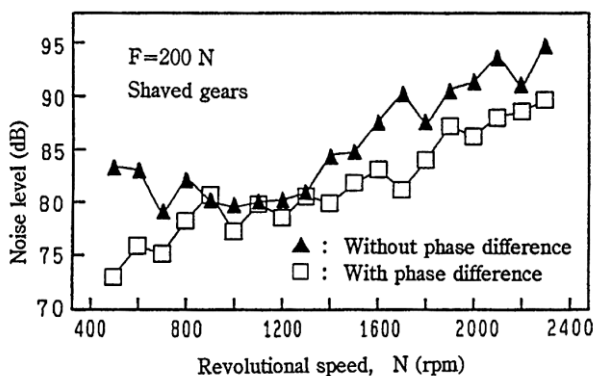


Fig.7 Effect of mesh phase difference on noise

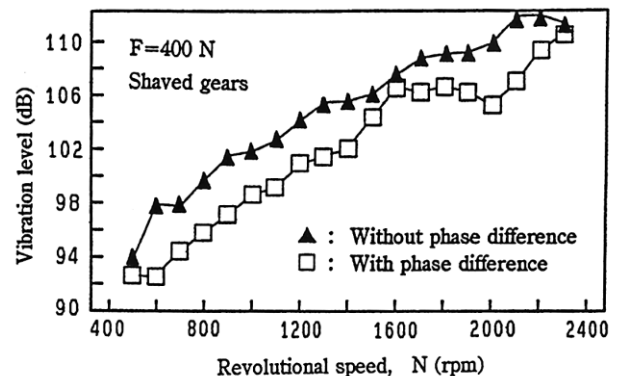


Fig.8 Effect of mesh phase difference on vibration

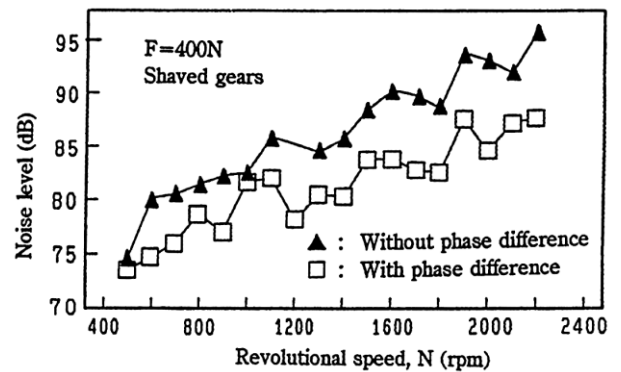


Fig.9 Effect of mesh phase difference on noise

Fig.10とFig.11は, 試験遊星歯車機構の遊星歯車と太陽歯車をMAAG歯車研削盤で研削した歯車を用いた場合の振動・騒音測定結果である。ほぼ全測定回転数の範囲において, 位相差を持つ遊星歯車機構は位相差なしの遊星歯車機構よりも騒音レベルが6~9dBだけ低い。また, 振動レベルも3~4dB程度低くなっていることを示している。研削した歯車を用いたため歯車精度の影響が相対的に少なくなり, 位相差の効果がなお一層明らかになったものと考えられる。Fig.12は負荷トルクの変化が振動に及ぼす影響を示す。低トルクから高トルク負荷領域まで位相差のある遊星歯車機構の振動レベルは負荷トルクの変化に対して鈍感である。位相差なしの遊星歯車機構はトルクが増加すれば, 振動が3~4dB程度増加することを示している。

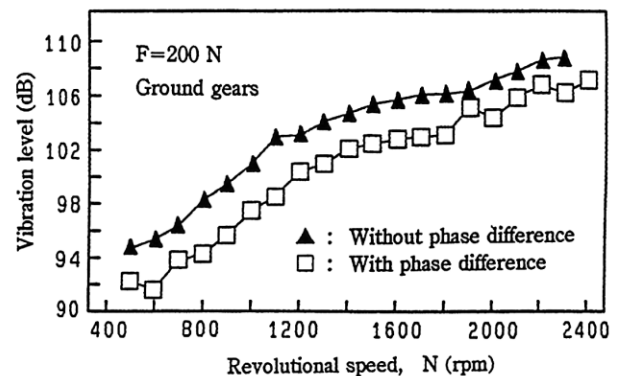


Fig.10 Effect of mesh phase difference on vibration

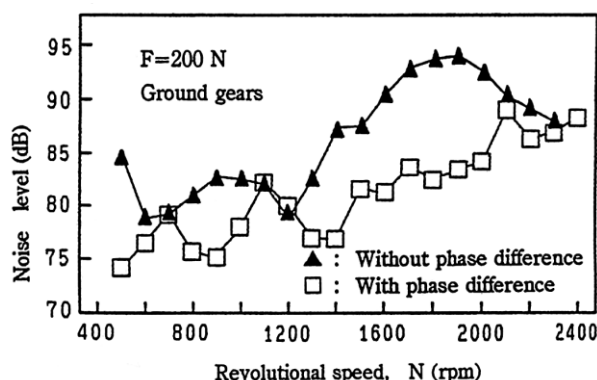


Fig.11 Effect of mesh phase difference on noise

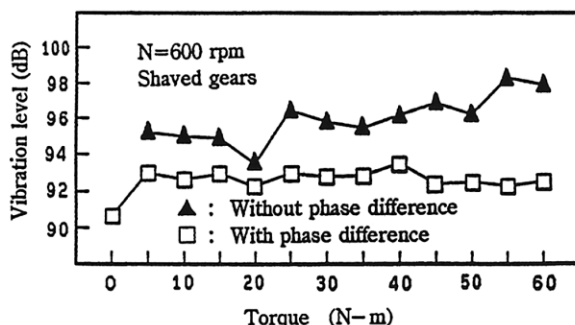


Fig.12 Effect of mesh phase difference on vibration

4.2. 振動・騒音に及ぼす歯形噛合率、精度の影響

Fig.13は位相差を持つ遊星歯車機構において正面向きあい率の大きな遊星歯車対 (Table1のProfile contact ratio (A) 参照) と正面向きあい率の小さい歯車対 (Table1のProfile contact ratio (B)) を使用した場合の騒音レベルである。正面向きあい率の異なる遊星歯車機構 (高歯並歯) の振動・騒音レベルに差ははっきり表れていない。これは、かみあい率が異なると、かみあいの歯のばねこわさの変化の周期が異なるためである。位相差を持つ遊星歯車機構は、歯車対のばねこわさの変化によって現れるかみあい起振力の変化が打ち消されるため、高歯にすることによってかみあい率を大きくしてもギヤノイズレベルへの影響が少なくなっているものと考えられる。

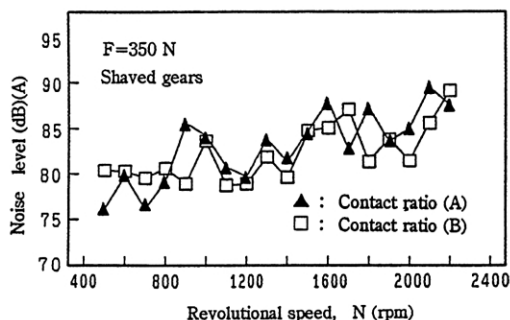


Fig.13 Effect of mesh phase difference on noise

Fig.14は位相差のある遊星歯車機構の振動に及ぼ

す試験歯車精度の影響を示す。太陽歯車及び遊星歯車はシェービング仕上げ後、浸炭焼入れのまま使用した場合と浸炭焼入れ後歯面を研削して使用した場合の振動レベルの測定結果を示している。歯面を研削した歯車を用いた遊星歯車機構は振動レベルが1~4dBだけ低い。これは、歯車の加工精度の向上と歯面粗さの減少のためと考えられる。特に回転数が高い場合 (1800rpm以上) にはこの傾向が強く表われるようである。

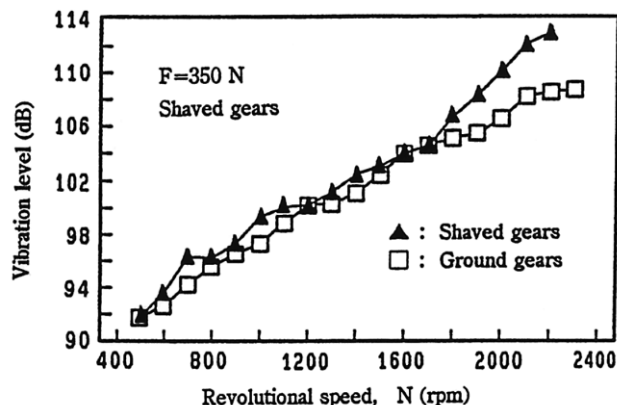


Fig.14 Effect of grinding on vibration

4.3. 振動に及ぼす回転次数の影響

高速フーリエ変換分析器 (FFT) を用いて振動数成分を測定した。Fig.15とFig.16は測定された振動の中の1次と2次かみあい成分に及ぼす位相差の影響を示す。

遊星歯車機構動荷重の変動成分の中で、振幅の最も大きいものは一般に1次であるが⁽⁴⁾、乗用車用自動変速機の遊星ギヤノイズでは、車室内の静粛性 (騒音振動性能) に対して主な影響を及ぼすものはかみあいの1次と2次の振動成分であると考えられる。本実験では位相差のある遊星歯車機構の1次と2次の振動レベルはかなり低くなっている (Fig.15, Fig.16)。すなわち、位相差設計でかみあいの1次と2次成分を小さくできることが実験的に明らかにできたと思う。

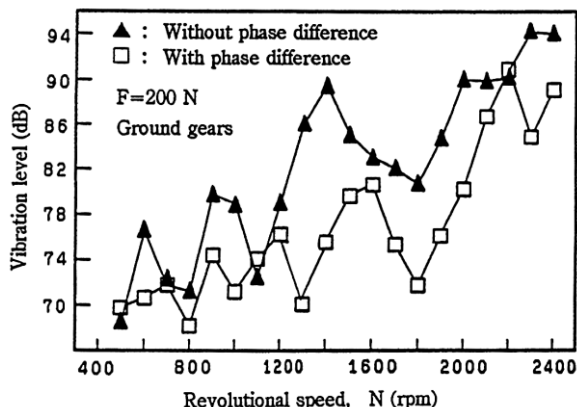


Fig.15 Effect of first mesh frequency of mesh phase difference on vibration

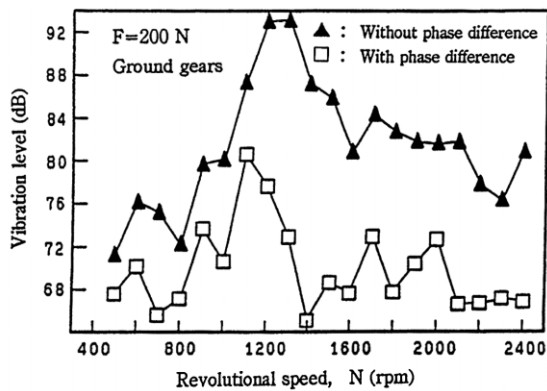


Fig.16 Effect of second mesh frequency of mesh phase difference on vibration

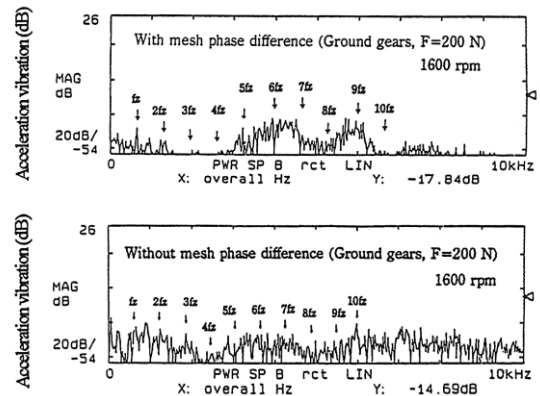


Fig.18 Acceleration spectrum of planetary gear drive

5. 結論

4.4. 振動加速度と騒音の周波数分析

Fig.17とFig.18は、かみあい位相差を与えた遊星歯車機構と位相差を与えない遊星歯車機構において、歯面を研削した太陽歯車と遊星歯車を用いて運転した場合の騒音レベルと振動加速度の周波数成分を示す。位相差なしの遊星歯車機構は、騒音レベルと振動加速度レベルが約3～9dBだけ高い。遊星歯車のかみあい周波数 F_2 の1～3次の成分を示す山の高さも位相差のある遊星歯車機構よりも大きく、高周波数領域にも周波数成分のあることがわかる。これは位相差のある遊星歯車機構の場合、各遊星歯車が太陽歯車とかみあうとき、それぞれ歯のかみあいの位相がずれる構成となるため、歯対のかみあい状態の変化に伴う歯のばねこわさの変化などから誘起されるねじり振動のかみあい位相がずれて合成されるので干渉効果で騒音や振動が弱められたものと考えられる。

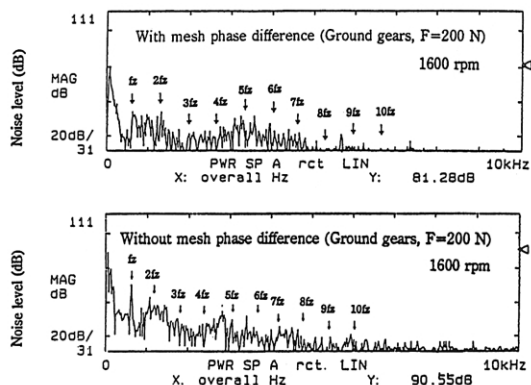


Fig.17 Noise spectrum of planetary gear drive

実用されている乗用車の自動変速機（4段変速）に使用されている遊星歯車変速機の各変速段の遊星歯車機構を別々に試験できる遊星歯車試験機を独自に設計製作して、試験歯車の仕上げ法、かみあい率などを変え、回転数や歯面荷重を変化させて実験を行ない、次の結果を得た。

- (1) 遊星歯車のかみあい位相差を与えれば、遊星歯車機構の振動と騒音が小さくなることを明らかにした。
- (2) 歯のかみあい位相差を与えれば遊星歯車機構の騒音・振動がかみあい率の影響を受けにくくなることを明らかにした。
- (3) かみあい位相差を与えた遊星歯車機構は、歯車の精度及び歯面粗さを向上させることによって騒音と振動を更に小さくできることを明らかにした。

終わりに、常々御指導頂く崇城大学機械工学科教授石橋彰工学博士、同助教授園田計二工学博士に深謝の謝意を表します。

参考文献

- 1) 大野, 自動車技術, Vol.54, No.3, 2000.
- 2) T.Katoh, et al., Proc. MPT '91, (1991), p530
- 3) 森川, 丸山, 日産技報, 第31号 (1992-6), p85
- 4) W.E.Palmer et al. SAE Paper, (1977), No770561.
- 5) 仙波「歯車」第10巻, 日刊工業新聞社 (昭42), p.3637.
- 6) 鈴木, 清野ほか, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.862, (1986), p.52

■ 著 者 ■



陳 勇

CVTを用いた車間自動制御システムの紹介

Introduction of "Adaptive Cruise Control System with CVT"

日野 顕*
Akira HINO

落合 辰男**
Tatsuo OCHIAI

芦沢 裕之***
Hiroyuki ASHIZAWA

抄 録 本稿では、CVTを使った車間制御システムについて紹介する。本システムはCVTの強みである無段変速機能と組み合わせる事により加速時、減速時に滑らかで応答性がよいという特徴があり、日産セレナ、アベニールより採用された。

Summary The Adaptive Cruise Control system with CVT is described in this paper. This system has the characteristic of smooth and good response. This system was adopted to Nissan "SERENA" and "AVENIR".

1. はじめに

運転者の疲労軽減を目的として、車間自動制御システム(以下ACC)の開発が各社で行われている。ACCシステムは、運転者の設定した速度範囲内で車速を制御することにより車間距離を自動的に調整するシステムであり、ブレーキやアクセル操作の頻度を減らすことで運転者の疲労軽減に寄与する事が出来る。

今回はトランスミッションに無段変速機(以下CVT)を使用することで高性能でかつ安価なシステムを構築した。CVTは変速比を無段階で制御できるため、自動ブレーキを用いずに減速時には滑らかで且つしっかりと減速感と、広い車速域でのエンジンブレーキの活用が可能である。また、加速時にはレスポンスの良い加速感を達成することができた。

2. 開発のねらい

今回のシステムは現在注目されている、ITSのエントリー商品としての普及を期待し高性能で安価なシステムを開発することを狙いとした。Fig.1に他のACCシステムとコストと性能を比較した図を示す。自動有段変速機を用いたACCは比較的安価であるが、性能がブレーキ付きACCに劣る。しかし、ブレーキ付きACCは現状では高価であり、小中排気量への適用は難しい。今回、CVTとの組み合わせにより高性能で且つ安価なシステムの開発を目指した。

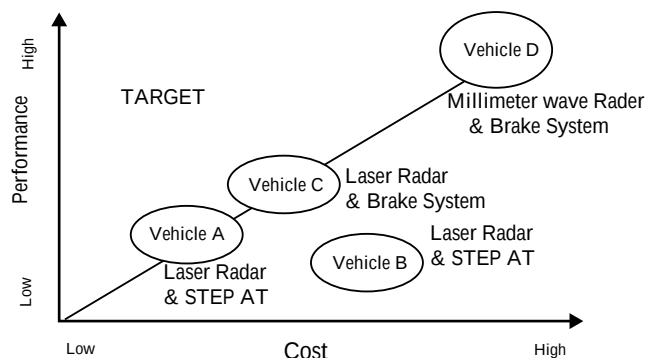


Fig.1 Comparison with other ACC system (Cost and Performance)

3. システム構成

Fig.2にシステム構成図を示す。

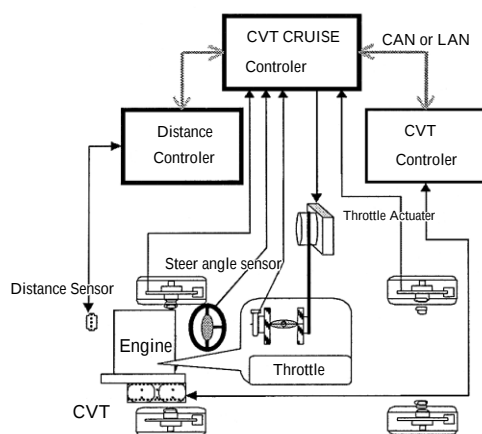


Fig.2 Construction of ACC system

* ユニット実験部
Unit Experiment Department

** 第1商品設計部
Product Engineering Department No.1

*** 日産自動車(株)
Nissan Motor Co.Ltd.

前車との距離を測定する測距センサ（今回、レーザーレーダを使用）と測距センサコントローラ、車間距離制御及び車速制御を行うCVTクルーズコントローラ、スロットル開度を制御するスロットルアクチュエータ、CVTの変速制御を行うCVTコントローラで構成される。

4. 制御系システム構成

Fig.3に制御系構成図を示す。

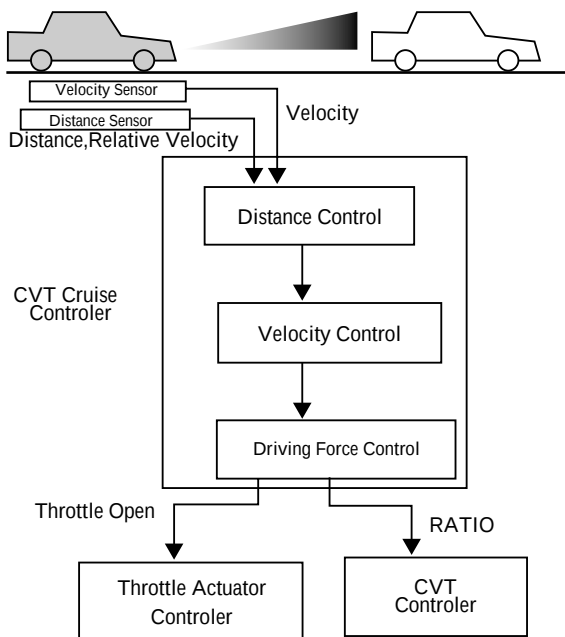


Fig.3 Construction of ACC system

今回のシステムは先行車両と自車両の走行状態から目標とする車間距離を演算する車間距離制御部、目標車間距離を達成するための車速指令値を演算する車速制御部、実車速が車速指令値になるために必要な駆動トルク指令値をエンジントルクと変速比に配分する駆動力制御部、CVTクルーズコントローラから出力されたスロットル開度を達成するエンジンスロットル開度制御部（従来のオートクルーズシステムの流用）、CVTクルーズコントローラから出力された変速比を制御するCVTコントローラ（通常走行時のコントローラと共用）の変速制御で構成される。

5. 代表的な作動シーン

Fig.5に代表的な作動シーンを示す。前車が遅く、追いついた場合は前車との車間距離を調整しながら、前車に追従する。速い車の後について追い越し

車線に車線変更し追い越す場合は、前車に追従しながら、追い越しを行う。

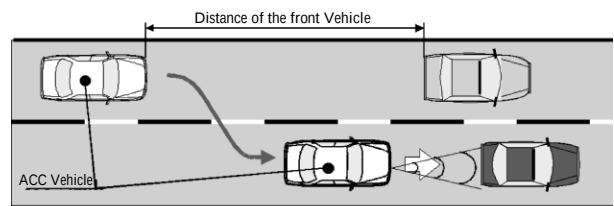
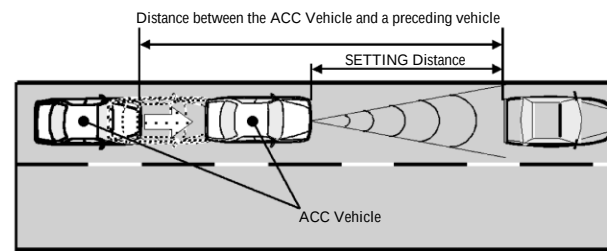


Fig.5 The representative scene

6. CVTの特徴

Fig.4にCVTの特徴をまとめた図を示す。

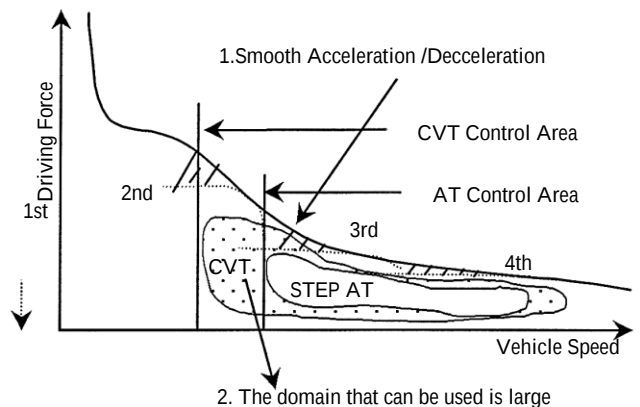


Fig.4 A characteristic of ACC with CVT

Fig.4に示すように従来の5AT、4ATでは変速ショックやトルク段差を懸念し3速までの範囲を制御に使ってきた。今回のCVTでは変速比が無段階で調整でき、滑らかに変速できる利点を生かし、2速相当まで使用可能にした。また、加速時にもCVTのダウンシフトを使用することで、応答性の良いシステムを開発できた。

7. CVTの変更点

今回、ACCシステムにCVTを組み合わせるため、以下の変更を実施した。

車間距離の制御性を高めるため、ACC専用の変速速度マップを追加し、最適な変速速度を得るために専用のライン圧マップを追加し、適合を行った。また、フェールセーフ機能として変速速度リミッタを追加した。

8. 実験結果

8.1. 目標応答性能確認

CVTによる無段変速比制御の効果を確認する目的で変速比固定制御との比較実験を行った。

(実験条件)

- ・加速制御:16m/s→27m/s (加速度:0.6m/s²)
- ・減速制御:27m/s→16m/s (減速度:1.0m/s²)

(実験結果)

Fig.6 (a) に変速比を固定した結果を、また Fig.6 (b) に変速制御を行なった結果を示す。変速比を固定すると加速・減速共にエンジントルク指令値が飽和してしまい、必要な駆動力が得られず目標とする車速応答を達成することができない。一方、変速制御を用いた場合、駆動力制御により変速比とエンジントルクを制御すると、エンジントルク指令値が飽和することなく必要な駆動力が得られ、目標とする車速応答が達成されている。小排気量車ほど変速制御を行うことのメリットは大きいと思われる。

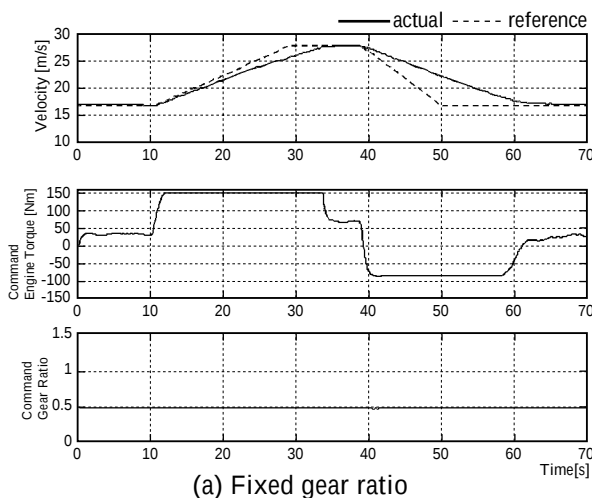
8.2. 対外乱性能確認

(実験条件)

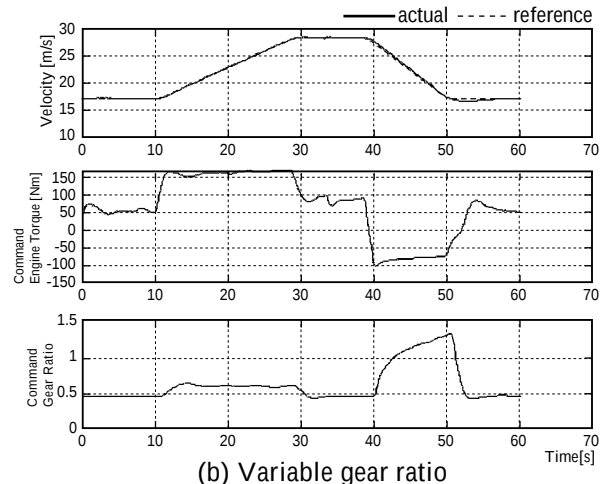
下り坂を16m/s一定で走行(下り勾配0%→5%) 変速の有効性を確認するため、変速比を有段A/Tの4速相当に固定した場合についても同条件で実験を行なった。

(実験結果)

Fig.7 (a) に変速比固定、Fig.7 (b) に変速制御を行なった結果を示す。変速比を固定すると、勾配変化による外乱の影響を除去するために必要な駆動力が得られず、車速偏差が生じてしまう。変速制御を行うと、勾配の影響を除去する駆動力を得るためにエンジントルクと変速比が適切に制御され、下り坂においても一定速度を維持することができている。



(a) Fixed gear ratio



(b) Variable gear ratio

Fig.6 Experimental result of acceleration response

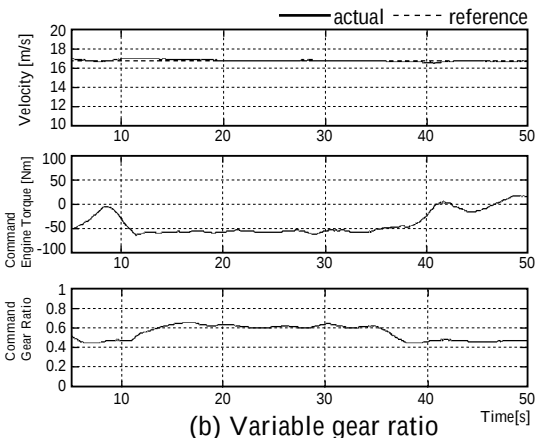
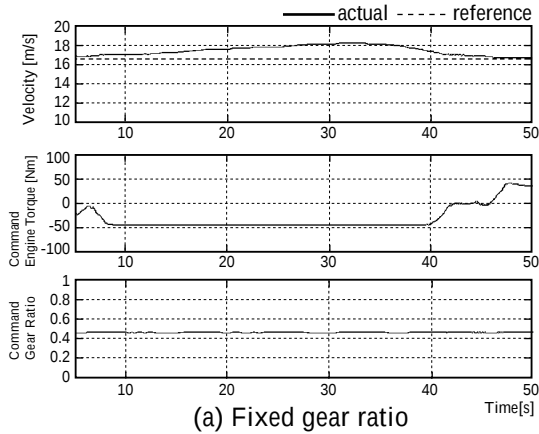


Fig.7 Experimental result of disturbance stability

8.3. ACC性能確認

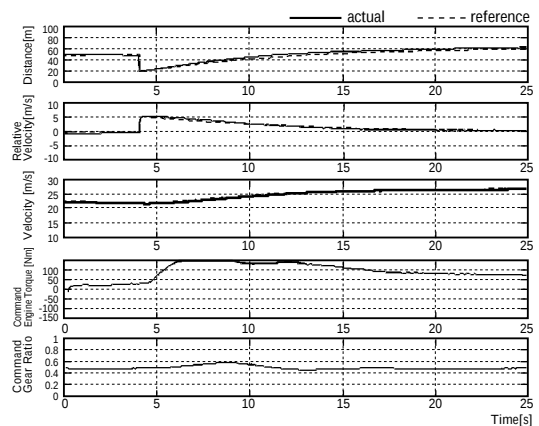
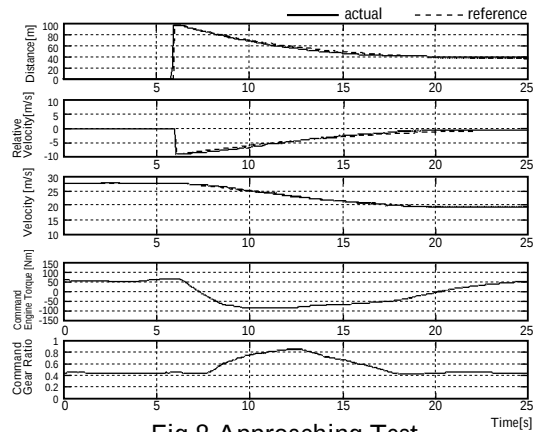
ACCシステムとしての性能を確認するため、代表的な走行シーンについて車両実験を行なった。

(条件1) 接近：車速19m/sの先行車両（自車:27m/s）を100m前方で認識し、目標車間距離に至るまでの応答性。

(条件2) 追い抜き車両への追従：車速22m/sで追従中、右レーンからの追い抜き車両(27m/s)の20m後方に車線変更し、追従する際の目標車間距離になるまでの応答性。

(実験結果) Fig.8, およびFig.9に実験結果を示す。

加速・減速シーン共に車間距離ならびに相対速度目標値と良く一致しており、ACCシステムとして十分な性能であることが確認できる。



9. まとめ

今回、CVTの特徴である無段変速機能をACC制御に組み合わせることにより、高性能で安価なシステムを開発することができた。また、今回の開発を通じ、CVTは単なる変速機の枠を超えて、多くの可能性を有していることが再認識できた。今後、CVTがITS制御の技術発展を支える、高度な駆動力制御のキー技術として貢献できるよう、今回を出発点として、より魅力的な技術の提案を実施していく。

10. 謝辞

本稿執筆にあたり、ご協力頂いた日産自動車の関係者のみなさまのご協力に感謝致します。

■ 著 者 ■



日野 顕



落合 辰男



芦沢 裕之

トロイダルCVTを支える新技術

The New Technology of Toroidal CVT

島中 茂樹*

Shigeki SHIMANAKA

岡田 克彦**

katsuhiko OKADA

日比 利文***

Toshifumi HIBI

河村 泰孝***

Yasutaka KAWAMURA

古閑 雅人****

Masato KOGA

抄 録 JR006E型ハーフトロイダルCVTは、世界に先駆けて3Lターボ乗用車への搭載用に開発された。

今回開発したCVTの主な特徴は、大きなエンジントルクにも適用可能で、変速速度が速く、伝達効率が高いことなどがあげられる。

本稿では、JR006E型CVTに採用されている新技術の一部として、ロックアップクラッチ、バリエータ、動力伝達の原理、変速の機構、電子制御に関して紹介する。

Summary This report introduces variator, lock up clutch, principle of power transmission, mechanism of gearing, and electronic control as one part of new technology adopted in JR006E type CVT.

1. はじめに

2Lクラス以下のFF車に適用範囲が限定されていたCVTをFR車の大型エンジンにも適用可能なCVTとして、ダブルキャピティ方式のハーフトロイダルCVTの開発を行った。

今回開発したトロイダルCVTの主な特徴は、3Lターボエンジンなどの高トルクエンジンにも適用可能なことや、アクセルの踏み込み時やマニュアルモード変速時などの鋭い変速レスポンスが実現できることや、ハーフトロイダル方式の特徴である伝達効率の高さなどがあげられる。

2. 基本構成

JR006E型CVTの構成図をFig.1に、ユニットの主な諸元をTable 1に示す。

全長は従来ATと同等にすることで、車両搭載性に優れている。

Table 1 Specification

Item	Contents
Maximum input torque	370N・m
Maximum engine speed	7000rpm
Forward Ratio	2.86 ~ 0.66
Reverse Ratio	1.96

* ユニット実験部
Unit Experiment Department

** 部品設計部
Component Engineering Department

*** 第一商品設計部
Puroduct Engineering department No.1

**** 日産自動車株式会社
NISSAN MOTOR CO.,LTD

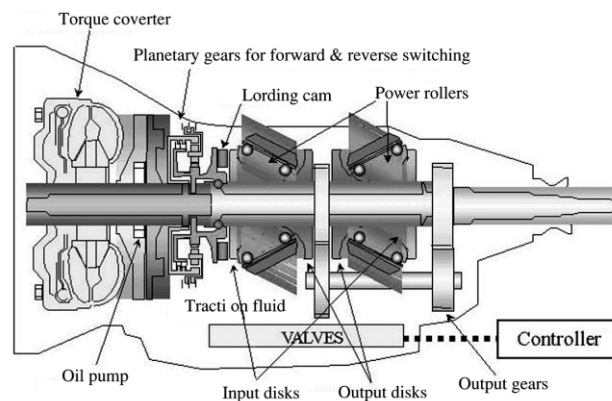


Fig.1 Components

2.1. 主要構成要素

2.1.1. 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に関しては、3章で詳しく紹介する。

2.1.2. オイルポンプ

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。

2.1.3. 前後進切換え機構

遊星ギアと湿式多板クラッチとブレーキで構成した。フェーシングは新開発材を採用した。

2.1.4. バリエータ部

ダブルキャピティ方式のハーフトロイダルとした。バリエータ部に関しては、4章で詳しく紹介する。

2.1.5. 変速制御・電子制御部

動力伝達及び変速原理については5章で、電子制御部については、6章で詳しく紹介する。

3. ロックアップクラッチ

ロックアップ（以下LUとする）クラッチはLU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面タイプの物を新開発し搭載した。

3.1. 構造

従来と同様の2way油圧方式における、LUシステムとした。カバーとLUピストンが、フェーシングを両面に貼ったドリブンプレートを挟み込む構造である。

LUピストンはパイロットにてカバーとセンタリングされると共に、カバーからドライビングシステムを介しストラップ（板バネ）により軸方向に摺動可能にトルク伝達される。

ドリブンプレートは、外周嵌合によりダンパヘトルクを伝える。（Fig.2, Fig.3）

3.2. ロックアップ性能

LU性能には、相反するLU引きずり性とLU作動応答性がある。

これらのLU性能は、共にLUピストンの油圧バランスにより発生するピストン推力に依存している。

3.2.1. ロックアップ引きずり性

速度比の低い側では、インペラとタービンの回転数差が大きいためピストン推力が大きい。このピストン推力にうち勝つためにリリース圧を与え、LUが引きずらないようにしている。

LU引きずり性を従来の単板LU並とするためには、ピストン推力を従来並とする必要がある。

ドリブンプレートはタービンと同一回転のため、LUピストンにとっては遠心力キャンセル機構となる。

ピストン内外径及びドリブンプレート内径を最適化することによりピストン推力が従来単板LU以下となり、結果として従来の単板LUに優るLU引きずり性を達成した。

3.2.2. ロックアップ作動応答性

LUを作動させる速度比域では、インペラとタービンの回転数差が小さいためピストン推力が小さい。

従来の単板LUはピストンを軸方向に拘束しないが、今回の2面タイプのLUはピストンに入力トルクを伝えるためにストラップを用いており、このストラップにより軸方向に拘束される。

従来の単板LUにてピストンに作用する力は、ピストン推力とOリングの摺動抵抗のみであるが、2面LUではそれにストラップによるバネ荷重が加わる。

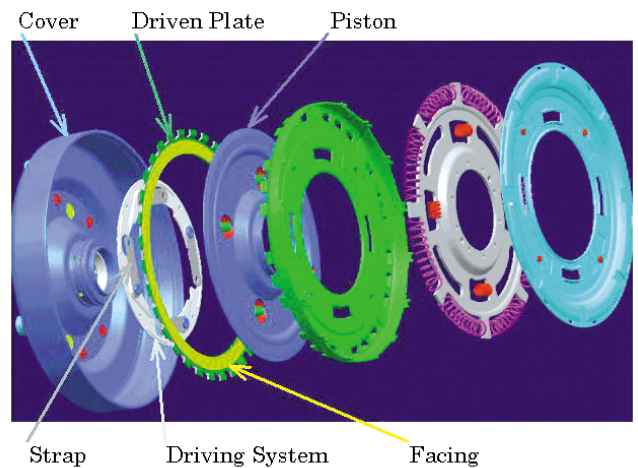


Fig.2 Structure of Cover, LU & Damper

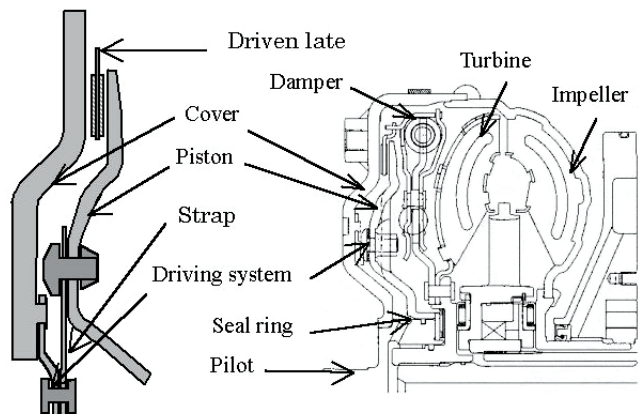


Fig.3 Sectional View of Torque Converter

ストラップに荷重が作用していない状態におけるピストンの位置にて生じるドリブンプレートのクリアランスをインシャルクリアランスとする。インシャルクリアランスからの移動量に比例したバネ荷重がピストンに作用する。

LUを作動させる速度比域では、ピストン推力とOリングの摺動抵抗がほぼ同じくらいである。

そこで、Oリングをシールリング化し、摺動抵抗をほとんど無くした上で、インシャルクリアランスを極力小さくすると共にストラップのバネ常数も極力小さくするようにした。具体的には、インシャルクリアランスは最悪を考えても接触しない程度に小さく設定し、ストラップはトルク伝達強度を保ち剛性を上げないように薄くすると共に枚数を増やした。

上記の設定により、ストラップのバネ荷重をOリングの摺動抵抗以下にすることができ、結果として従来の単板LUに優るLU作動応答性を達成した。

以上より、従来と同様の油圧システムにて2面LUを採用することにより、伝達トルク容量を大幅に向上させると共に従来と同等以上のLU性能すなわちLU引きずり性とLU作動応答性を両立させたLUクラッチを開発することができた。

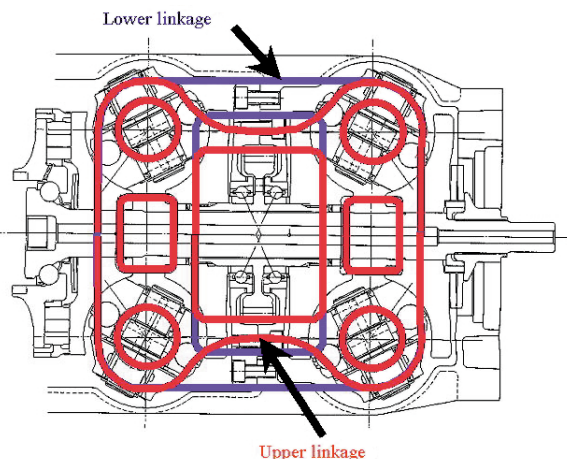


Fig.4 Plane view of linkage layout

4. バリエータ部の構成と特徴

今回開発したトロイダルCVTでは、入力、出力ディスクと2つのパワーローラの組み合わせで構成されるバリエータユニットを2組用い、計4つのパワーローラで並列に動力伝達をおこなうダブルキャビティタイプとすることでより大きなトルクの伝達を可能とし、ディスク径を車載可能な大きさに抑えた。

しかし、4つのパワーローラがトルクを均等に分担しないと伝達容量を狙い通り増大させることはできない。したがって、4つのパワーローラを同期させることが重要となる。

4つのパワーローラを同期させるためには、

- 2つの入力ディスク同士、出力ディスク同士の回転位相を同一にすること
- 4つのパワーローラへの押し付け力を均一にすること
- 4つのパワーローラに加わるトラクション力が均一であること

が重要である。

以下に、これらの課題を達成するための方策を示す。

4.1. 回転位相の同一化

2つの入力ディスクは、シャフトに対してボールスプラインで結合され、回転位相を同期させている。また2つの出力ディスクも、中央部の出力ギヤにスプライン結合され回転位相を同期できるような構成とした。

4.2. 押し付け力の均一化

2つの入力ディスクをバリエータ部の前部と後部に、2つの出力ディスクを中央部に対称に配置している。軸方向の押し付け力を発生するローディングカムは前側入力ディスク背面のみに設け、後側入力ディスクにはシャフトを介して軸方向押し付

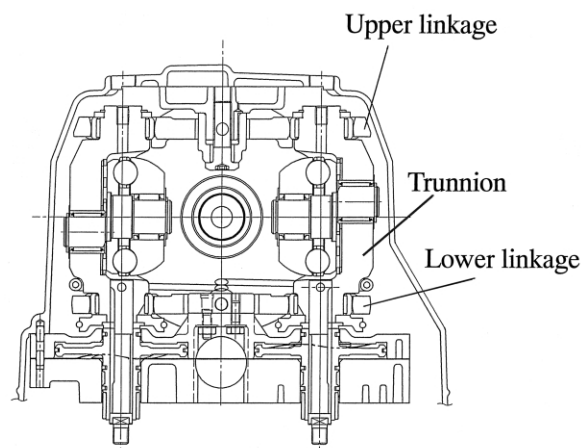


Fig.5 Front view of linkage layout

け力を伝達、また2つの出力ディスクを、出力ギヤを中心に向かい合わせに配置することで両入力ディスクに等しい押し付け力を与え、出力ディスクにかかる軸方向押し付け力を打ち消し合い、ケーシングには押し付け力が作用しない構造とした。

4.3. トラクション力の均一化

Fig.4, Fig.5にバリエータ部の水平断面と軸直角断面を示す。パワーローラを支持するトラニオンは、その上下をアッパーリンクおよびロアリンクにより傾転自在に位置決めされている。そのアッパーリンク、ロアリンクともに前後キャビティ間を結合し、トラニオンの上側、下側それぞれを1つの部材で支持できる構造とした。これにより、パワーローラにかかるスラスト力を連結部材により打ち消し合うことが可能となり、トラニオンの位置決め剛性が向上するとともに、トラニオンが上下方向に変位する際のフリクションを低減し、4つのパワーローラにかかるトラクション力を均等にすることが可能となる。

5. 動力伝達及び変速原理

5.1. 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。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 (Fig.6)。

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、トロイダル型CVTには高面圧条件下では分子の剛直さ (分子同士の引っかかり易さ) が高い特殊な合成油 (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 (Fig.7) と皿ばねによる押し付け力により大きなトルクまで金属接触することなく動力伝達を可能としている。

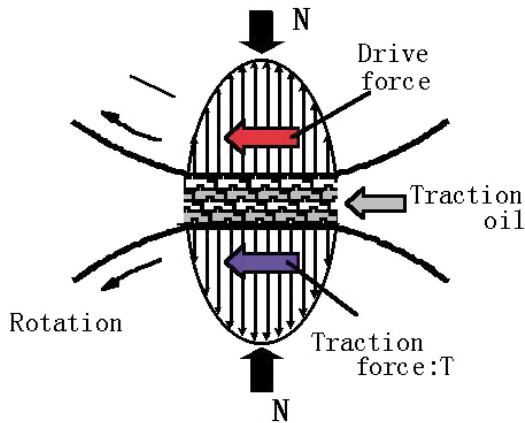


Fig. 6 Power transmission principle

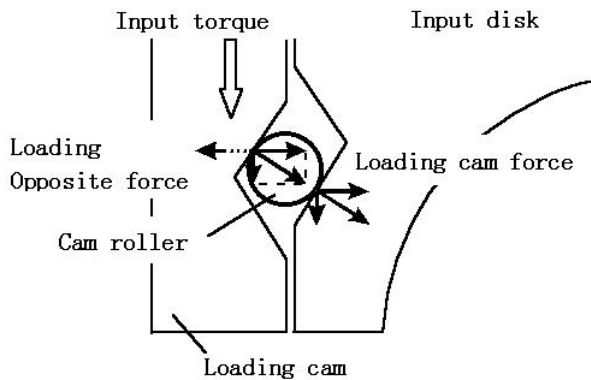


Fig.7 Loading cam

5.2. トラクション力

滑らずに動力伝達を行うには入力トルクに対して必要なトラクション力が確保できるかどうかにかかっている。

トラクション力はローディングカムとフロント皿ばね，リヤ皿ばねの合力によるパワーローラの押付け力とオイルの μ により発生する (Fig.8)。リヤ皿ばねはローディングカムの低ローディング力領域のローディング力を向上する役割を持ち (Fig.9)，フロント皿ばねはリヤ皿ばね領域からローディングカム領域に切り替る所のトラクション力不足を補う役割を持っている (Fig.10)。

必要ローディング力は入力トルクと4つのパワーローラが受持つトルク伝達量のばらつき，傾転力，傾転フリクション，油温，パワーローラの周速，面圧，スピンロス等により決まっている。

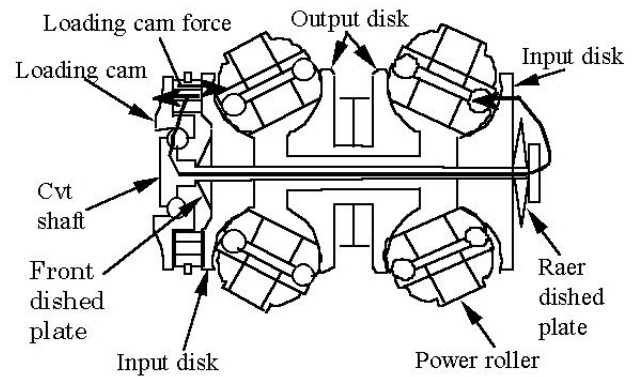


Fig.8 Loading-cam & Front dish plate & Rear dish plate

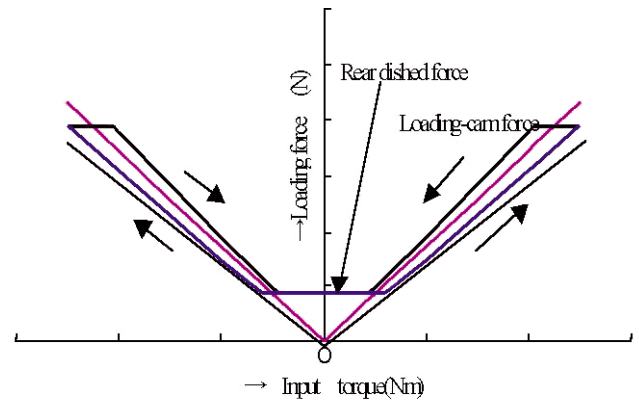


Fig.9 Loading-cam force & Rear dish plate force

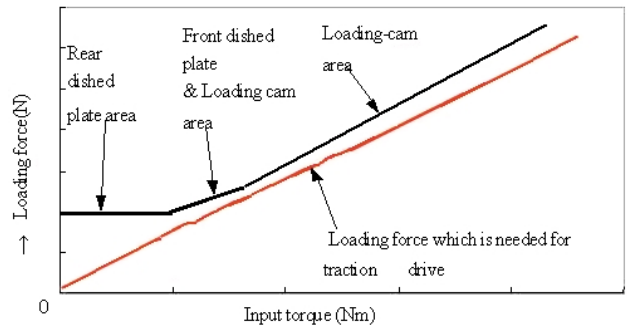


Fig.10 Loading force

5.3. 変速原理

変速比は，パワーローラがトラ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.11)。

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れることで生じる，ハンドルを切ると車の向きが変わる様なステアリング現象を利用している。その為，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。

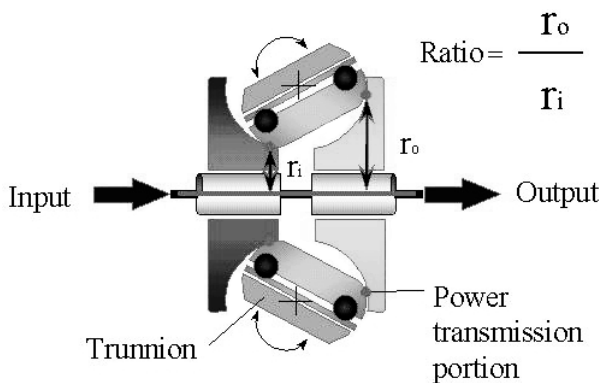


Fig.11 Ratio change principle

6. 電子制御

本章ではCVTコントローラにて行っている主な制御について解説する。

6.1. 変速制御

6.1.1. 変速モード

変速モードは通常変速モード（Dレンジ）、エンブレモード（Dsレンジ）、マニュアルモード（Mモード）を設定した。マニュアルモードについては変速比を固定することにより、1速～6速の手動変速を可能にしMTライクな変速を実現した。またマニュアルモードの変速はシフトレバー部のSWの他にステアリングホイール部のSWでも可能にし、ステアリングホイールから手を離すことなく軽快なシフト操作を可能とした。

6.1.2. モードSW

モードSWのPOWERを選択することにより、Dレンジ、Dsレンジ状態ではFig.13のように変速比を通常よりロー側に設定し、併せて電制スロットルをFig.12の様な開き側の設定とし、スポーティな運転を可能とした。

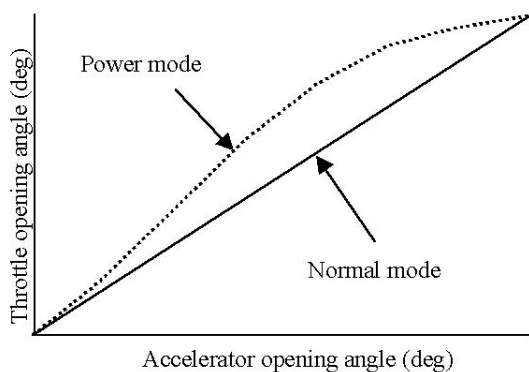


Fig.12 Characteristics of throttle opening angle

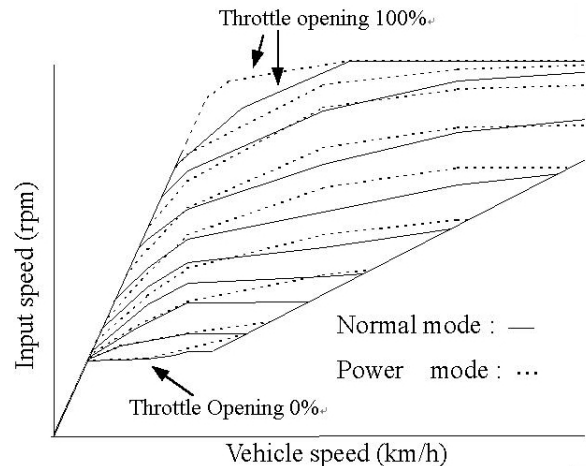


Fig.13 Shift schedule

6.1.3. 変速速度制御

変速速度を、各レンジ状態、モードSW状態、レンジ切り替え有無、マニュアル変速時、及び変速アップ方向、ダウン方向、変速比変化量により個別に設定可能としたため、各モードのフィーリングや、レンジ切り替え時のスムーズさを向上することができた。

6.2. ロックアップ制御

6.2.1. ロックアップ領域

Fig.14のように従来ATより低い車速でトルクコンバータをロックアップさせ、燃費向上を図った。

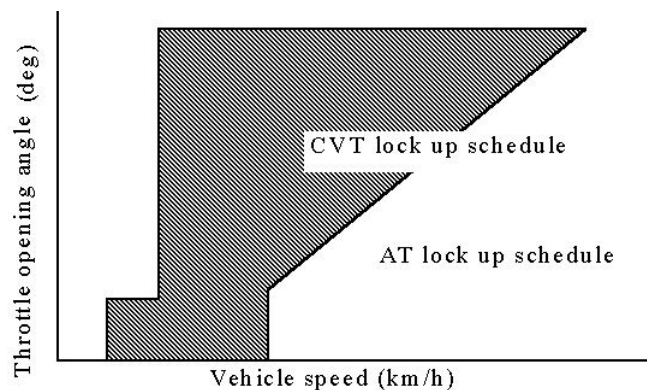


Fig.14 Lock up schedule

6.2.2. アクセル急踏み時ロックアップ解除制御

アクセル急踏み時ロックアップ解除制御を織り込むことにより、運転者の要求に応えた加速性能が実現可能とした。また、エンジン出力特性とのマッチングにより、Fig.15の様に各車速毎にロックアップ解除するアクセル開度変化量を設定可能とし、最適な加速性能を実現し、また不要なロックアップ解除による燃費悪化を防止した。

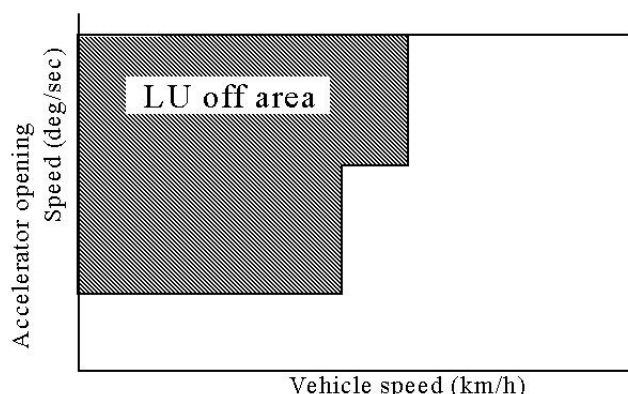


Fig.15 Lock up off control by accelerator opening speed

6.3. ライン圧制御

ライン圧の決定をCVT必要油圧，潤滑必要油圧，クラッチ必要油圧から求めることにより，最適な油圧設定値を求める事を可能とした．また，ライン圧フィードバック制御を織り込み油圧制御の精度を向上させることにより，油圧設定の安全率を下げる事が可能になり，燃費，音振の向上を実現した．

6.4. フェールセーフ制御

車速センサで計測した車速値と推定車体速との比較を追加し，車速センサ異常の誤判定を防止した．また，各センサなどに異常が発生した場合には，どのような状態で不具合が発生したかを故障履歴に記憶し，万が一の不具合時にも適確な修理ができるように役立てている．

6.5. 総合制御

6.5.1. CVTフリクションを考慮したアイドル制御

アイドリング時のCVTの負荷（フリクショントルク）をエンジンコントローラ（以下ECMとする）に送信しアイドリング制御に考慮することにより，アイドリング安定性の向上を図った．

6.5.2. 変速イナーシャトルク補償制御

変速に伴うCVT内部のイナーシャトルク変化量の算出を行っている．エンジンの目標出力トルク算出

に補正を加える事によりイナーシャ分を補正した目標トルクを算出することが可能になり，変速をよりスムーズに行い滑らかな運転性を実現した．

6.5.3. トルク信号

電制スロットルの採用に伴い，従来のアクセル開度からのエンジントルク推定ができなくなるため，ECMから直接実エンジントルク相当信号入手し，その信号をライン圧制御，ロックアップ制御，変速制御などで用いている．実際のエンジントルク相当信号を用いることで，ライン圧算出，LU差圧算出等のエンジントルクに同期させる必要のある制御がより適確に行えるようになった．

6.5.4. シャシ挙動システムとの協調制御

ABS，TCS等の挙動制御と協調制御を行うことにより，それらの制御性能向上に貢献し，操安性能をより高いレベルに引き上げている．

7.まとめ

JR006E型トロイダルCVTは，今回紹介した新技術以外にも多くの新技術を用いる事により，従来誰も為し得る事が出来なかった3LターボエンジンFR乗用車にCVTを搭載する事が出来た．

同時に，無段変速機の利点を生かしエンジンの燃料消費率の良いところを積極的に使用したり，伝達効率の改善やロックアップ領域の拡大などで「走りの性能」と「環境への配慮」を両立させる事が出来た．

8.謝辞

最後にJR006E型トロイダルCVTの研究，開発，生産ならびに日産 セドリック，グロリアへの搭載に際し，多大な御協力を頂いた，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，関連会社，及び社内関連部署の皆様深く感謝の意を表します．

■ 著 者 ■



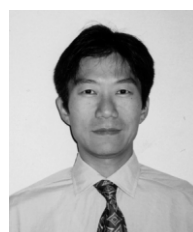
島中 茂樹



岡田 克彦



日比 利文



河村 泰孝



古閑 雅人

最新ATと革新的CVTを支える油剤技術

Development of New Fluids Supporting the Design of Advanced AT and Innovative CVTs

荒川 慶江* 矢内原 梨花** 前田 誠** 茂木 靖裕** 村上 靖宏**
Yoshie ARAKAWA Rika YAUCHIBARA Makoto MAEDA Yasuhiro MOGI Yasuhiro MURAKAMI

抄 録 自動変速機油（以下ATF）には、潤滑油および作動油に求められる性能に加え、クラッチにおいて締結時の摩擦を調節する特性が求められる。さらに、ベルトならびにトロイダルCVT等の無段変速機油（以下CVTF）には、CVT部での動力伝達を行う機能も要求されるようになった。本稿では、ATFとCVTFに求められる性能について解説し、ジャトコ・トランステクノロジー(株)(以下JTT)の最新ATならびに革新的なCVTで使用される油剤の性能について紹介する。

Summary Automatic transmission fluids (ATFs) must be capable of adjusting friction characteristics when clutches engage, in addition to possessing the properties required for lubricants and hydraulic fluids. Moreover, the fluids used in belt-drive and toroidal continuously variable transmissions (CVTs) must also serve to transmit power in the CVT unit. This paper first describes the general performance requirements of ATFs and CVTFs, and then explains the performance provided by the fluids used in our latest automatic transmissions and innovative CVT.

1. はじめに

近年、地球環境に対する配慮から、燃費向上への取り組みが自動車関連メーカーにおける技術開発の中心となっており、自動変速機については、低速ロックアップによるロックアップ領域の拡大、スリップロックアップ（以下スリップL/U）の実施による省燃費性能の向上と、それらの適用ユニットの拡大が行われている。一方、燃費向上に加え、乗り心地性能の著しい向上が期待できる無段変速機の採用も増えており、各社、高出力エンジンと組み合わせるための技術開発が盛んに行われている。

今後、変速機メーカーとして、さらなる燃費向上を行い、地球環境保護に貢献していくには、AT、CVTとも新技術を搭載したユニット開発と並行して、それらの性能を最大限に引き出す最適な油剤の開発が不可欠となる。特にCVTの場合、油剤が動力伝達に直接寄与するため、高出力エンジンとの組み合わせを可能とするCVTFの開発が、CVTの拡大と普及に重要な鍵となる。

ここでは、ATおよびCVTが油剤に求める性能について解説し、2001年1月に発表したスリップL/U対応ATFおよび当社CVTFの性能について紹介する。

2. 自動変速機油（ATF）

2.1. 要求性能

ATFに求められる性能をTable1に示す。ATFには、ギアやベアリングの潤滑、クラッチ締結時の摩擦調整、コントロールバルブ内での油圧伝達等 数多くの性能が要求される。

近年、環境対応の観点から、特にスリップL/U制御を可能とするシャダー防止性能、およびFill for Lifeを可能とする性能に対する要求が強くなっている。

Table 1 Requirements for ATFs and CVTFs

Unit	Requirement		Characteristics	
CVTF	Transmission of torque		High M/M friction coefficient	
			High traction coefficient	
ATF	Fuel efficiency	Friction reduction	Lower viscosity	
		Weight reduction	High friction coefficient	
	Fill for life		Oxidation stability	
			Thermal stability	
			Shear stability	
			Anti-shudder	
			Anti-foaming	
	Component durability		Anti-wear	
			Anti-seizure property	
			Rolling fatigue protection	
			Anti-corrosion	
			Materials compatibility	
	Satisfaction/Comfort	Noise and vibration suppression		Low-temperature fluidity
				Friction characteristics

: metal to metal

* 部品設計部
Component Engineering Department
** 部品実験部
Component Experiment Department

2.2. スリップロックアップ対応ATFの性能

2000年度,スリップL/U制御を行うユニットとして,FF用4速AT (F04FA) およびFR用5速AT (JR507E) の2機種を商品化した. 当社ではスリップL/U対応ユニットの開発に先立ち,優れたシャダー防止性能を有するATFを開発し上記ユニットに採用した. ここでは,その性能を紹介する.

2.2.1. 摩擦特性

スリップL/Uはロックアップクラッチを徐々に滑らせエンジン振動を吸収することにより,低速域からのロックアップを可能としたものである. ロックアップ部の摩擦特性(以下 μ - v 特性)が負勾配になると自励振動を発生し,不快な音や振動の原因となる. このため,スリップL/U用ATFには μ - v 特性を長期間にわたり正勾配に保つこと,すなわち優れたシャダー防止性能が求められる.

当社スリップL/U対応ATFのシャダー防止性能は,低速滑り試験機(以下LVFA)を用いて調査した. Fig.1に実機サイクリック試験による μ - v 特性の変化を示す. 比較のため,従来ATFについても併記する. 従来ATFでは,実機耐久終了油の μ - v 特性が負勾配になるのに対し,当社スリップL/U対応ATFの摩擦特性に殆ど変化は認められない.

Fig.2に国内で市販されているATFのシャダー寿命をLVFAにより評価した結果を示す. 横軸のシャダー寿命比は当社従来ATFのシャダー寿命を1とした場合の値であり,縦軸は耐久時間内における静摩擦係数(μ_1)の最低値である. シャダー寿命が長くなるに従い静摩擦係数が低下する傾向が認められるが,これはシャダー防止性能を向上させる為に添加した摩擦調整剤の副作用によるものと考えられる. 当社スリップL/U対応ATFは,シャダー防止性能として従来ATFの約10倍の寿命を有し,かつ高い静摩擦係数を維持している. この様に,当社スリップL/U対応ATFは,シャダー寿命と高い静摩擦係数を両立させることにより,ユニットの小型化をも可能としている.

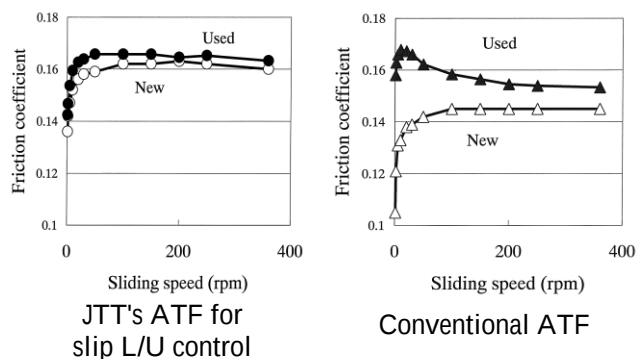


Fig.1 μ - v characteristics with friction materials for L/U clutch

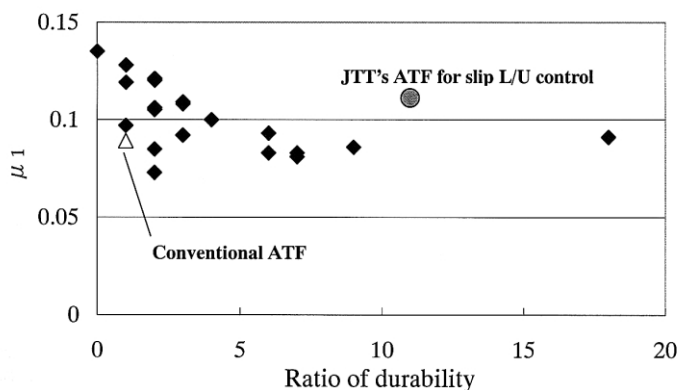


Fig.2 Compatibility of static friction coefficient with anti-shudder properties

2.2.2. Fill for lifeへの対応

地球環境保護のため,ATFのFill for life化の技術開発が行われている. 当社スリップL/U対応ATFもFill for lifeへの対応を考慮して開発されたATFであり,各種の優れた耐久性を有する.

2.2.2. (1) せん断安定性の向上

ATFは,ギアやベアリング等による機械的せん断により,走行に伴い粘度が低下する. 粘度低下が著しい場合,バルブ部等からATFがリークし,適正な圧力の伝達ができなくなるため,ATFには良好なせん断安定性が求められる.

Fig.3に当社スリップL/U ATFと国内市販ATFのせん断安定性を, JASO M347-95により測定した結果を示す. 当社スリップL/U対応ATFの粘度低下率は最も小さく,長距離走行後も必要な粘度を確保できる.

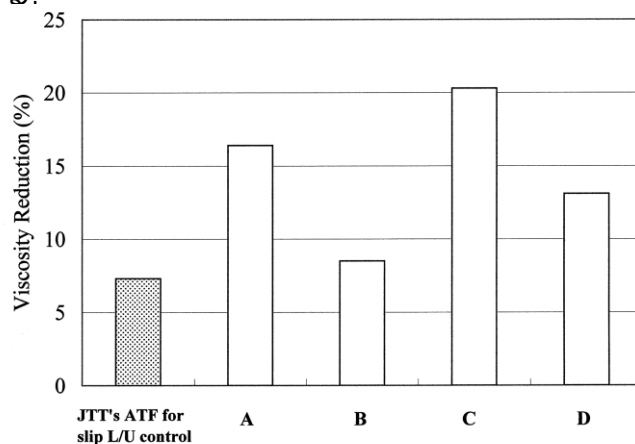


Fig.3 Shear stability of various ATF

2.2.2. (2) 清浄分散性の向上

ATFは摩擦材摺動部において高温に曝されると、添加剤の分解生成物や基油の重合物からなるスラッジを生成し、このスラッジが摩擦材の気孔を閉塞させることにより摩擦係数が低下する。清浄分散性は、スラッジの生成に関する性能を表す指標であり、清浄分散性と摩擦特性の寿命の間には高い相関があることが知られている。¹⁾

Fig.4にホットチューブ試験²⁾によりATFの清浄分散性を評価した結果を示す。ホットチューブ試験はスラッジの付着によるガラス管の色相変化を目視判断するものであり、当社スリップL/U対応ATFの清浄分散性は、従来ATFに比べ飛躍的に向上していることがわかる。

Fig.5にATFの清浄分散性と摩擦材寿命比の関係について市販のATFを用いて調査した結果を示す。ここで、縦軸はホットチューブ試験において評点6となる温度、横軸の摩擦材寿命比は、SAE#2試験機を用いた摩擦特性の耐久試験において動摩擦係数が10%低下するサイクル数の従来ATF比で示している。当社スリップL/U対応ATFは、清浄分散性の向上により、摩擦特性の寿命を従来ATFの2.2倍に伸ばしている。

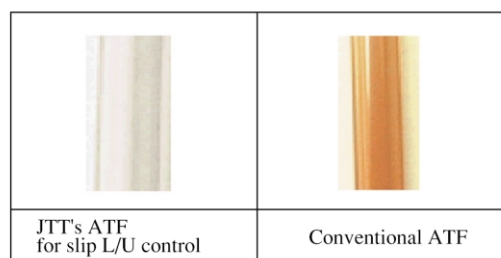


Fig.4 Appearance of test tube after Hot tube test
(Test temperature:260)

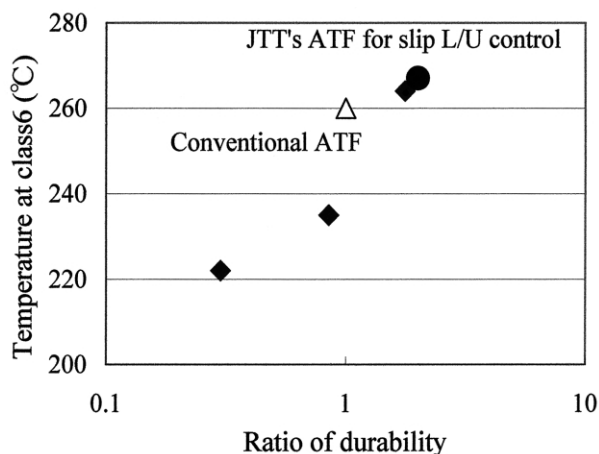


Fig.5 Durability of friction characteristics

2.2.2. (3) 材料適合性

Fig.6にポリアミド樹脂 (PA) のATF浸漬試験結果を示す。当社スリップL/U対応ATFに浸漬したポリアミド樹脂の引っ張り強度低下は、従来ATFに浸漬した場合と比べ小さく、有機材料への攻撃性が低いことがわかる。このため、当社スリップL/U対応ATFは、長期間の使用においてもユニット系内の有機材料の物性低下を小さく保つことが可能である。

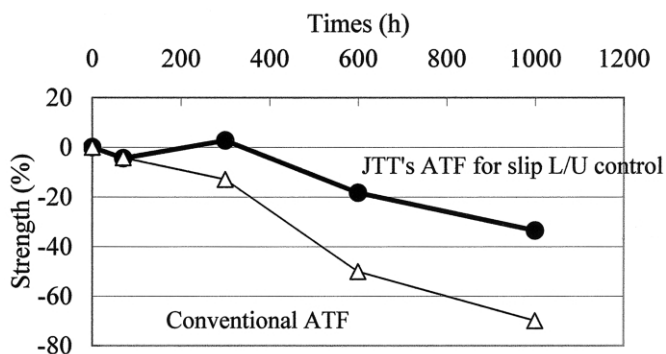


Fig.6 Strength reduction of PA
(Test temperature:160)

3. 無段変速機油 (CVTF)

CVTFがATFと違う点は、動力伝達に直接油が寄与する点である。容量の小さな車両においては従来ATFをCVTFとして兼用することができたが、ユニットの大容量化に伴い、動力伝達性能確保を目的としたCVTFが開発、採用されている。

3.1. CVTの動力伝達に油剤が果たす役割

ベルト式CVTとトロイダル式CVTは、動力伝達に油が影響する点に関しては同じであるが、その機構は大きく異なる。ベルト式CVTでは、ベルト - プーリ間の動力伝達が両者の表面に生成するCVTFの添加剤被膜を介して行われる。このため、効率良く動力を伝達し続けるには、高い金属間摩擦係数とその持続性が必要である。

一方、トロイダル式CVTではパワーローラ - ディスク間の動力伝達は、両者間の油膜がせん断される時に発生するせん断力 (以下 トラクション力) により行われる。このため、トロイダル式CVTには高いトラクション係数とその持続性が必要である。(Fig. 7)

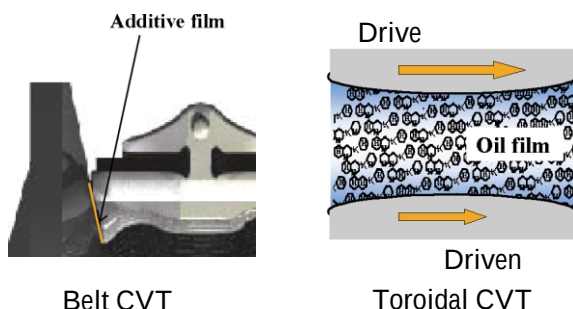


Fig.7 Mechanism of power transmitting

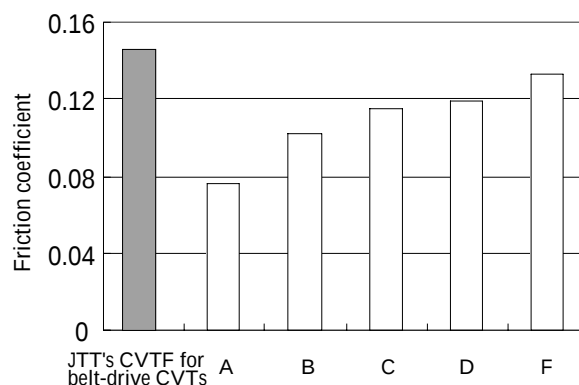


Fig.8 Metal to metal friction coefficient of various CVTFs

3.2. CVTFに求められる性能

Table1にCVTFへの要求性能を示す。CVTFへの要求性能は、2.1.で述べたATFへの要求性能にCVT部での動力伝達に必要な特性を加えたものである。すなわち、ベルト式CVTにおいては高い金属間摩擦係数が、トロイダル式CVTにおいては高いトラクション係数が要求性能に加わる。

3.3. ベルトCVTFに求められる性能

ベルト式CVTは、1987年小型車両への搭載以降徐々に広まり、特に1997年当社F06Aユニットでの2Lクラスの車両への適用が可能となってから、急速に市場が拡大している。ベルトCVTFに関しても、伝達効率の向上、良好な動力伝達性能を求めて開発が行われている。以下に、F06Aに採用している当社ベルトCVTFの性能について紹介する。

3.2.1. 金属間摩擦係数と伝達トルク容量

ベルトCVTにおいて効率良くトルクを伝達するには、高い金属間摩擦係数が必要である。また、大きなトルクを伝達する場合、金属間摩擦係数が低いとベルト-プーリ間で滑りを生じ、トルクが伝達できない。このため、適用ユニットの伝達トルク容量が大きくなるに従い、金属間摩擦係数の大きなCVTFが必要とされ、開発・採用されている。

Fig.8に各社ベルトCVTFの金属間摩擦係数を示す。金属間摩擦係数は、ASTMD2714-68に記載されるFalex Model1摩擦摩耗試験機（以下LFW-1）を用いて測定した。当社ベルトCVTFは市販CVTFの中で金属間摩擦係数が最も高く、優れたトルク伝達性能を有している。

3.2.2. 金属間摩擦係数と摩耗

Fig.9に金属間摩擦係数と摩耗量の関係を示す。金属間摩擦係数は、前述のLFW-1試験機により測定したものであり、摩耗量は試験後のブロックの摩耗量を測定している。

金属間摩擦係数が高い程、摩耗量が大きくなる傾向があるが、当社CVTFは摩擦係数が高いにもかかわらず摩耗防止性能が良好である。これは、当社ベルトCVTFに添加しているZnDTPが高い金属間摩擦係数の確保と共に、摩耗防止剤としての役割も果たしているためと考える。

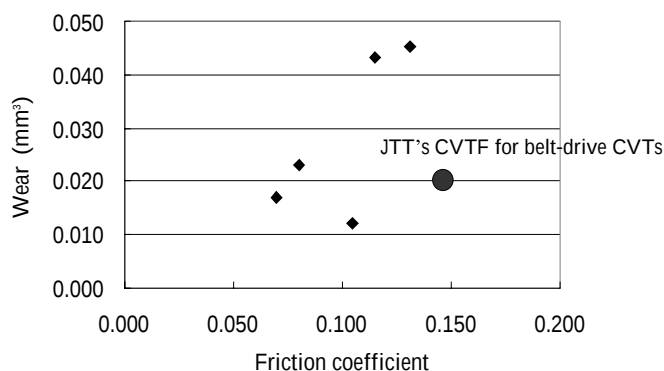


Fig.9 Anti-wear properties of various CVTFs

3.4. トロイダルCVTFに求められる性能

トラクションフルードは工業用としては古くから使われていたが、自動車用として完成するまでに長い年月を要した。実用化に時間がかかった理由は自動車の変速機として使用するために、広い温度範囲でのトラクション係数と流動性の両立、ATF性能の付与が必要であったためである。

当社は、1999年トラクションドライブ式CVTを世界で初めて自動車に適用した。ここでは、当社が採用しているトラクションフルードの性能について紹介する。

3.4.1. トラクション係数と低温流動性の両立

トラクション力は油膜のせん断抵抗であり、油の大半をしめる基油の分子構造が支配的である。高いトラクション力を得るには高压下で分子同士のひっかかりの良い分子構造であることが必要であり、通常トラクションフルードとしてはナフテン系合成油が用いられている。³⁾

Fig.10に各種油の流動点とトラクション係数の関係を示す。トラクション係数は2円筒試験機を用いて測定した。⁴⁾

良好な低温流動性と高いトラクション係数は相反する性能であるが、当社トラクションフルードは特殊な基油を使用することによりトラクション係数と低温流動性を両立し、自動車への採用を可能としている。

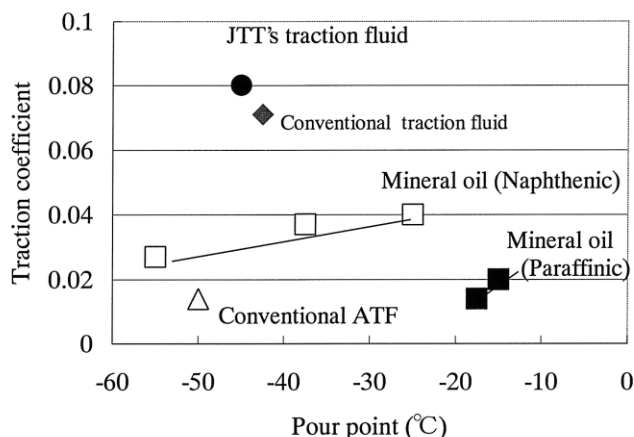


Fig.10 Compatibility of traction coefficient with pour point

3.4.2. 摩擦特性

トラクションドライブ式CVTはL/Uクラッチと前後進クラッチに湿式摩擦材を使用している。このため、従来ATFと同様にクラッチ部での良好な摩擦特性が要求される。当社トラクションフルードは、基

油および湿式摩擦材と適合する摩擦調整剤を処方することにより、自動車用変速機に使用可能な摩擦特性を実現している。

Fig.11に前後進クラッチ摩擦材との摩擦特性をSAE#2試験により評価した結果を示す。当社トラクションフルードは新規に開発された摩擦材との組み合わせにおいて、現行ATFと同等の摩擦特性を有することがわかる。

Fig.12に新規に開発したロックアップクラッチ摩擦材との摩擦特性をLVFAにて評価した結果を示す。摩擦係数の値は異なるが、 μ - v 特性はロックアップクラッチにおいてもATFと同等の性能を有している。

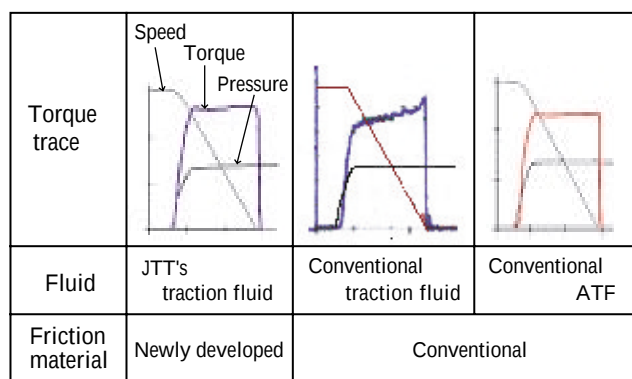


Fig.11 Friction characteristics with friction materials for forward/reverse clutches

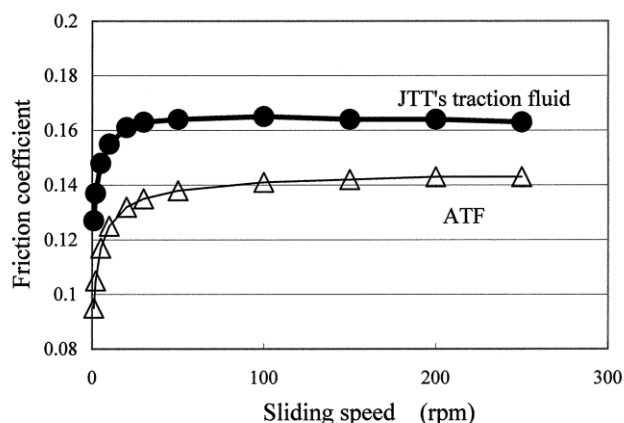


Fig.12 μ - v characteristics with friction materials for lock-up clutch

4.おわりに

変速機内において油剤は血液の様な役割を果たしており,適正な油剤の使用により,ユニットの性能を最大限に引き出すことができる. また,優れた性能を持つ油の出現がユニットの可能性を広げていく. 油剤は形のない機能部品であり21世紀の自動車産業を支える技術の一つと自負し,新規油剤開発に精進していきたい.

最後に,ご協力頂いた関係者の方々に御礼申し上げます.

参考文献

- 1) 前田 誠ほか: 湿式摩擦材の μ 低下にATFが及ぼす影響, トライボロジー会議予稿集, 名古屋 1998-11, pp.457-459(社)日本トライボロジー学会
- 2) KES 07.803
- 3) 坪内 俊之ほか: トラクションフルードの分子構造とトラクション特性の定量的把握, トライボロジスト, 38.3, pp.268, 1993
- 4) Yasuhiro Murakami et all : Development and Testing of CVT Fluid for Nissan Toroidal CVT, SAE Paper 013613, 1999

■ 著 者 ■



荒川 慶江



矢内原 梨花



前田 誠



茂木 靖裕



村上 靖宏

ハイブリッドユニット用トランスミッションケースの開発

The Development of Transmission-Case for Hybrid System

内藤 智之*
Tomoyuki Naitou

遠藤 淳一*
Junichi Endou

菅野 拓**
Taku Sugano

中村 重敏**
Shigetoshi Nakamura

抄 録 NEO Hybridシステム用HYPER CVTのミッションケース（以下T/Mケース）は、駆動用モータと、冷却用のウォータージャケット（以下W/Jとする）を設けるという技術課題があった。ここでは、その技術課題をいかにして早く解決し、非常に短期間で生産に結び付けたかを紹介する。

Summary We have developed the transmission-case for NEO Hybrid System to achieve mass-production in very short term, by solving technical subjects, in order to contain the drive-motor and the water-jacket for cooling. This document describes how we have solved the technically designed subjects and the productive subjects at the same time in very short term.

1.はじめに

NEO Hybridシステム用HYPER CVTユニットは、「エンジン燃費の最も効率の良い条件で運転できる、エンジンとモータの出力特性を考慮してきめ細かな制御に対応できる」「エンジン、モータの特性を活かした出力を連続的に引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である。

しかし、その性能を十分に発揮させるため、いくつかの大きな技術課題を克服し、量産に向けて玉成する必要があった。

本報では、本CVTユニットのT/Mケースに焦点を絞り、もの造りの観点からの技術的な特徴と、開発、試作、生産各部署のサイマルテニアスエンジ

ニアリングによる開発過程の紹介と解説をする。

2.小回りの効く体制作り

本ユニットは、現行HYPER CVTユニットをベースとし、ハイブリッドユニットとして構造変更を行なった、全く新しいユニットである。

しかも、98年1月開発着手～00年2月量産立ち上がりという、超短縮プロセスでの開発となった。

そのため、開発と生産準備リードタイムの短縮を図るべく、社内に小回りの効く体制をつくり、継続的にPDCAサイクルを回すことにより、ユニット開発と生産課題の決着を同時進行で行うことができた。（Fig.1参照）

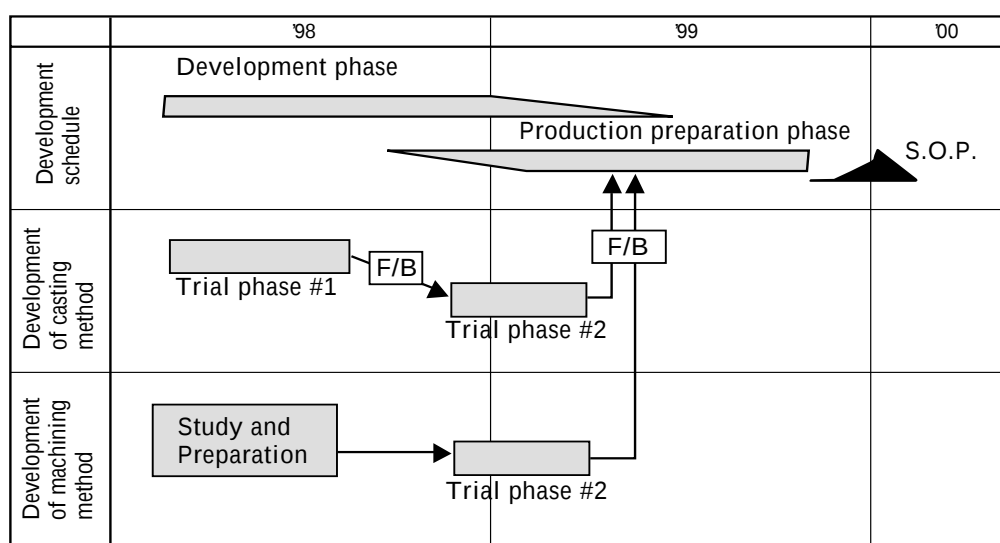


Fig.1 Schedule of development

* 試作部
Prototype Manufacturing Department
** 第一商品設計部
Product Engineering Department No.1
*** 技術部
Production Engineering Department

3. 構造と特徴

3.1. システム構造

現行HYPER CVTをベースとし、ハイブリッドユニットとしての機能を有するための、以下の主要な構造変更を行なった。

- ・駆動用モータを内蔵した。
- ・電磁クラッチを採用した。
- ・電動式オイルポンプを採用した。

3.2. T/Mケースの特徴

現行の「HYPER CVT」では遊星ギヤユニットが収まるT/Mケース内の空間に、駆動用のモータ、およびモータ冷却用のW/Jをもつという世界初の構造をとることとした。

そのため、下記に示すような技術課題を克服する必要があった。

- ・T/Mケース内のW/J成立性の確認。
- ・W/Jへの熱伝導効率の確保。

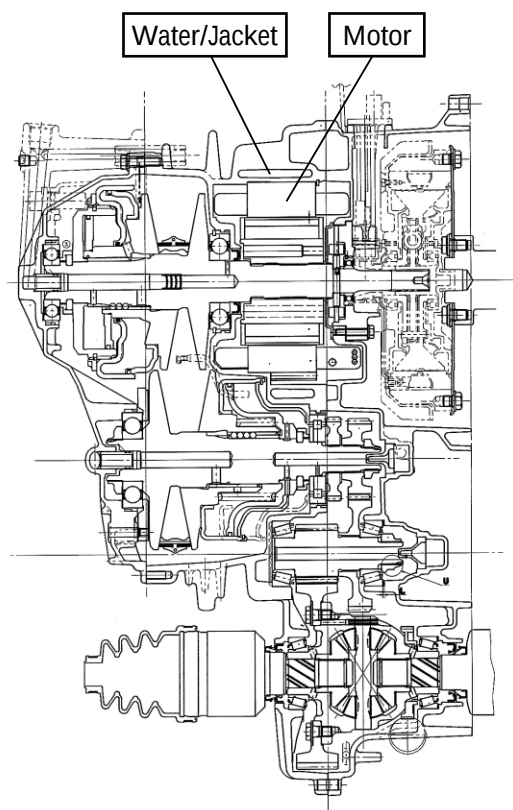


Fig.2 Main section

4. 技術課題の克服 #1

4.1. T/Mケース内のW/Jの成立性

T/Mケース内に、駆動用モータ冷却用のW/Jを設けるための工法を検討した。(Table 1)

Table 1 Investigation of casting method

Method of Casting	Structure of W/J	Judgment	Result of study and trial
HPDC*	Sand core	×	Broken while casting
	Nonmetal-lic pipe		Require no-crush development
	Metallic pipe		Require no-crush development
LPDC**	Sand core		
	Nonmetal-lic pipe	×	Melt down while casting
	Metallic pipe		Require improv-ment of heat conduction
LPC***	Sand core		Unsuitable for Mass production

* High Pressure Die Cast

** Low Pressure Die Cast

*** Low Pressure Cast (sand casting)

以上の検討結果より、量産工法として、金型LPDC + 砂中子を採用することとした。

W/Jは、冷却水の通るドーナツ状の通路に、水の吸入、吐出通路、主型への位置決め用の巾木などを設定する必要があり、中子型の割り位置、型構成などを量産に向け玉成するという課題があった。

また、W/Jとモータ間の肉厚を確保するために、中子の位置決め精度を向上させる必要があった。

このため、試作ロットを通じて、中子、中子型形状の最適化を図り、量産立ち上り期間短縮に寄与することができた。(Table 2)

Table 2 Development of casting core

	Before development	After development
Constitution of mould	2 moulds (upper, lower)	2 moulds (upper, lower) + 5 moulds (inside)
Position of parting line	Center of W/J	Move the parting line fitting to the shape
Shape of support	Cylinder shape	Add the slant shape to the tip for easy position fixing

4.2. モータの抜熱性能の確保

モータの発熱に伴う性能の低下を押さえるためにT/Mケース内のW/Jにモータの熱を効率よく伝える必要があるが、そのためには、T/Mケースとモータをいかに密着させるかが課題となる。

当初T/Mケースとモータの嵌合は、隙間ばめであったが、熱伝導効率確保のため、いくつかの案を検討した。(Table 3)

以上の結果より、抜熱性能確保のためにT/Mケースとモータを焼きばめする工法を採用することとした。

そのため、「焼きばめ後のT/Mケースの精度確保」という新たな技術課題の克服に取り組むこととした。

Table 3 Investigation of heat exchange method between Motor and W/J

Method	Performance of heat exchange	Result of study and trial
Fill Thermal grease		- Worse productivity - Difficulty about quality assurance
Fill Thermal wax		↑
Mould of resin	-	- Expensive - Require long term development
Shrink fit by heating		Worse accuracy of T/M case by strain

5.技術課題の克服#2

“焼きばめ”とは、常温ではモータ外径>T/Mケース内径と設定し、T/Mケースを暖めて膨張させた状態でモータをはめ込む工法であり、焼きばめ後、常温に戻ると、T/Mケースに歪みが生じ、精度が悪化する事より、焼きばめ後のT/Mケースプーリ支持軸穴精度他の重要寸法の確保が必要となる。

5.1. T/Mケースの精度確保

モータ焼きばめ後、T/Mケース精度確保するための方策として、次の3つの工法の検証を行った。

単品高精度加工

工法

T/Mケース単品加工時に、通常よりも高精度に仕上げ、焼きばめによってT/Mケースに歪みが生じて

も要求精度以内に納まるようにする。

課題

焼きばめ後に図示精度を100%満足できる保証がないこと、また現在の量産精度よりも高精度が要求されるため、工程能力の確保が課題となる。

オフセット加工

工法

焼きばめによってT/Mケース軸受け穴は、真円度、位置度などが悪化するが、位置度の悪化量、穴中心の移動方向等を把握し、あらかじめ逆の方向に加工座標をオフセットさせる方法。

課題

よりも、焼きばめ後に図示精度を満足できる確立が高くなる一方、加工座標の狙い値に対し、高精度が要求されるため、工程能力の確保が課題となる。

後仕上げ加工

工法

T/Mケース単品加工時は、モータ嵌合部のみ仕上げ、軸受け穴等高精度部位は仕上げ代を残しておき、モータ焼きばめ後に高精度穴のみ仕上げ加工を行う。

課題

仕上げ加工時のモータ部の切り屑、切削油からのシール性が課題。

以上のことより、量産工法として焼きばめ後仕上げ加工を採用することとした。

このため試作時に後仕上げ加工の工法、モータシール治具の開発などを行って検証し、実際に加工精度が改善されることを確認した。(Fig.3)

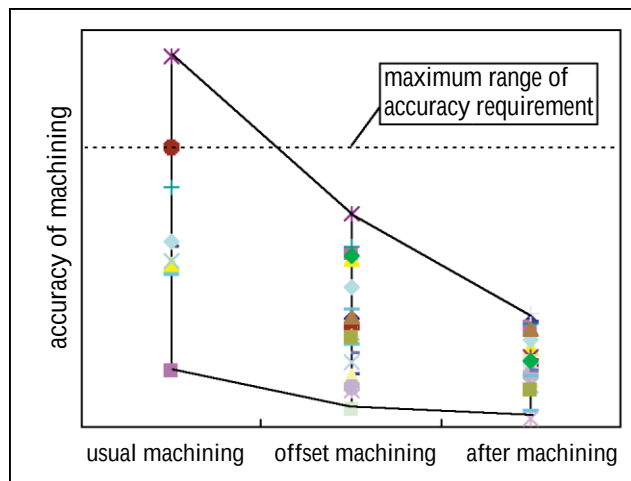


Fig.3 Accuracy transition of pulley axis location on T/M Case by this development

5.2 分割する工程間での品質保証

以上のことから、T/Mケースの加工、およびモータの嵌合方法を、“モータ焼きばめ後の仕上げ加工”としたため、粗材投入から、加工完成までの工程が、前加工→モータ焼きばめ→後仕上げ加工、と分割されることとなった。

このため、各工程間での品質保証内容を明確にする必要があり、加工完成図面を各工程毎に作成、展開した。

6. まとめ

以上のように、本ユニットは超短期プロセスにおける、早期量産立ち上がりを達成することができたが、その理由は次の2点である。

社内に小回りの効く体制を構築し、ユニットの開発と生産課題の決着を同時進行で図る方策をとったこと。

試作段階より量産を想定した工法をとる事により、試作時の鑄造、加工結果の多くを量産に生かすことができたこと。

7. あとがき

以上、NEO Hybridシステム用HYPER CVTのT/Mケースの開発について紹介してきた。

本ユニットは、これまでになく短期間での新規ユニット開発ということで、今までの固定観念にとらわれない構造、工法、開発プロセス等多くのノウハウの蓄積となった。

また、それらの玉成のステップは当社にとって非常に大きな財産となったと思っている。

最後に、本CVTユニットの開発および生産に係ってご協力を頂いた、社内外の方々に厚く感謝の意を表します。

8. 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）

■ 著 者 ■



内藤 智之



遠藤 淳一



菅野 拓



中村 重敏

イントラネットを使った特許情報の提供について

Selective Dissemination of Patent Information Service in Intranet

市川 隆義*

Takayoshi ICHIKAWA

遠藤 和洋**

Kazuhiro ENDOU

抄 録 開発技術者が必要とする各種特許情報のみを技術テーマ毎にイントラネット上に一定期間公開する、通称「ネットSDPIサービス」を開始した。これにより、開発技術者は地理的な条件に関わらず、いつでも手元のパソコンから自分の業務に関係する特許情報のみを閲覧することができるようになり、他社開発動向の把握や他社重要特許の発見などを容易にかつスピーディにおこなうことができる。

Summary We have started a system called "Net SDPI Service" carried by intranet which, for a certain period of time, provides patent information to R&D engineers. With this system, R&D engineers can use their own computers to get patent information whenever required, so that they can easily and quickly grasp technical movements or conflicting patents of other companies.

1.はじめに

自動変速機業界は、トロイダルCVT、ベルトCVTをはじめとする新技術や新商品が続々と発表されており、知財部門では、他社特許を回避したり他社開発動向などを知るため、毎週発行される各種特許情報（公開・登録）を以前にも増してスピーディに開発技術者に提供することが求められている。

このような環境の中で、合併により地理的条件と開発技術者人員とが変化したため、公報を紙にプリントアウトして全ての部署で順番に回覧する従来のやり方では、

- (1) 厚木と富士に設計開発部署が分かれているため、回覧に時間がかかりスピーディさに欠ける。
- (2) 開発技術者が自分の好きな時に自由に見ることができず、一度読み終えてしまうと、過去の情報を入手することができないなどフレキシビリティに欠ける。
- (3) 実際に内容が読まれているのか利用状況を確認できない。

といった問題が懸念された。

そこで、こうした欠点を解決するために、特許情報、具体的には公開特許情報と登録特許情報とをイントラネット上に積極的に公開し提供する、通称「ネットSDPIサービス」を導入したので、システム概要、特徴及び課題について述べる。

2.本サービスのねらい

次の点をねらいとして、ネットSDPIサービスを開始した。

- (1) 地理的条件に関わらず、誰でも利用できること。
- (2) 必要な情報のみを迅速にかつ簡単に提供、入手できること。
- (3) 一定期間内は過去の情報が閲覧可能であること。
- (4) 実際に内容が読まれているのか利用状況を確認できること。

3.システム概要

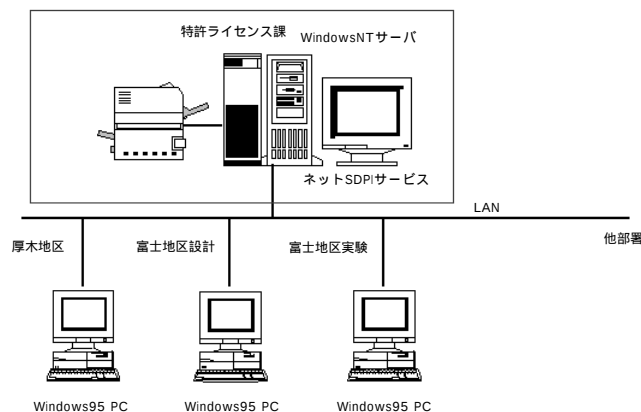


Fig.1 System layout

* 開発管理部

R & D Administration Department

** 情報システム部

Management Information Systems Department

手元のパソコンからインターネットエクスプローラを使って社内ネットワークを介して特許専用NTサーバ（イントラネット）にアクセスする。（Fig. 1）特許情報のWeb上での公開には、ピー・エイ・エス社のオンライン回覧システムを使用。

4. ネットSDPIサービスの特徴点

4.1. 利用部署及び利用者

本サービスを開始するにあたり、本サービスを必須とする技術系部署を中心に、利用者毎にIDを与え、ログイン時にIDを入力するようにしている。（Fig.2）



Fig.2 Login screen

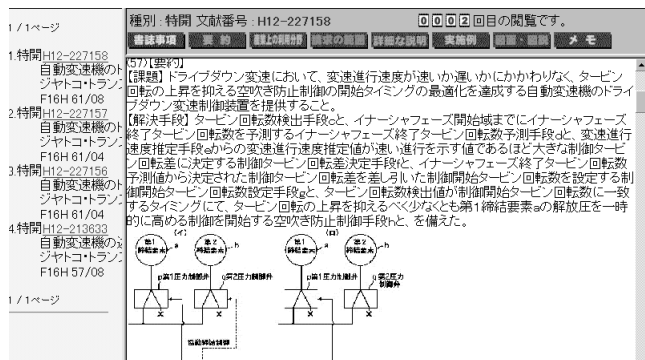


Fig.3 Patent information screen

4.2. 掲載内容

利用目的及び利用者の使い易さを考慮して、公開特許情報と登録特許情報とにグループ分けし、それぞれのグループでWebブラウザ上での公開内容を変えている。

4.2.1. 公開特許情報

他社開発動向の把握をメインの目的としていることから、書誌事項、要約、特許請求の範囲及び全図面を掲載し公開している。（Fig.3）

4.2.2. 登録特許情報

他社重要特許の発見を目的としていることから、特許請求の範囲を含む全文及び全図面を掲載し公開

している。

4.2.3. 表示順

また、利用者の使い易さ、見やすさを考え、「出願人・権利者順」にソートし掲載することを標準としている。もちろん、番号順に表示させることも可能である。

4.3. 技術テーマ

公開する特許情報は、専門技術分野毎の束が月単位に蓄積されている。（Fig.4）

現在、この技術テーマは、設計・先行開発内容と部署のニーズとから、ATメカ、AT制御、ベルトCVTメカ、トロイダルCVTメカ、CVT制御、トルクコンバータ、オイルポンプ、GPSの9テーマを選定している。（Fig.5）なお、この技術テーマは、開発技術者からの要望に応じて適宜増減する予定である。

現在、回覧テーマ名称:ATメカ 閲覧中

オプションの指定

ソート指定: [出願人・権利者]

閲覧 クリア

選択	No	発行月	件数
☒	1	2000年08月発行分	26件
☐	2	2000年08月発行分	25件
☐	3	2000年07月発行分	22件
☐	4	2000年06月発行分	43件
☐	5	2000年05月発行分	21件
☐	6	2000年04月発行分	32件

Fig.4 Screen of Patent Gazette month by month

現在、回覧グループ番号:0001 回覧グループ名称:公開特許情報 閲覧中

閲覧したい回覧のテーマ名を指定してください。

No	テーマ名	説明
1	ATメカ	有段ATメカ、有段AT及びCVT共通メカ
2	AT制御	有段AT制御、有段AT及びCVT共通制御
3	B-CVTメカ	ベルトCVTメカ関連
4	T-CVTメカ	トロイダルCVTメカ関連
5	CVT制御	ベルトCVT、トロイダルCVT制御
6	電気自動車	電気自動車（ハイブリッドを含む）
7	オイルポンプ	オイルポンプ関連
8	トルクコンバータ	トルクコンバータ（ダンパーを含む）
9	GPS	グローバル・ポジショニング・システム

Fig.5 Screen of technical theme

4.4. データ更新時期

社内特許公報のデータベースのデータ更新にあわせて、1回/月行っている。

4.5. その他

4.5.1. 利用状況調査

利用状況は、利用者毎にアカウントされるため、部署毎の利用率を調査し各部署にフィードバックすることが可能である。

4.5.2. 秘匿管理

利用者毎に権限レベルを設定できるので、秘匿性の高いテーマやコメントの記入や閲覧なども利用者毎に設定ができる。

5. ネットSDPIサービスにおける公開までの流れ

5.1. 技術テーマ毎の荒抽出

特許庁発行のCD-ROM化された公報データをNTサーバに更新した後、各技術テーマ毎に登録された検索式で検索を行い、関連特許の荒抽出を行う。上記検索式は、IPC（国際特許分類）、全文検索等などを複数組み合わせた論理式となっており、後述するノイズカット作業を行う特許ライセンス課担当者の負荷軽減のため、ノイズは少なくかつ漏れのない検索式が構築されている。

5.2. ノイズカット

上記検索式により荒抽出された上記特許公報の束から、特許ライセンス課担当者が各技術テーマ毎にパソコンの画面を見ながら基準に合うものを抽出する。この抽出は、特許請求の範囲の記載だけではなく、実施例及び全図面とを含めて総合的に判断している。また、各技術テーマの抽出基準は、特許ライセンス課のどの担当者がノイズカットを行っても一定となるよう明文化されており、これは開発技術者が自分のチェックすべき技術テーマを検索できるよう社内データベースの掲示板上の操作マニュアル内でも公開している。

5.3. データ更新

各技術テーマ毎の番号リストに基づいて、ソフト「オンライン回覧システム」を使い、データの追加を行う。

5.4. 各部署への展開

所属長及び特許管理主任宛にデータ追加のお知らせを電子メールで送付する。データ追加のお知らせと一緒に、アドレス、操作マニュアル、各技術テーマの更新件数情報等を添付している。また、社内データベースの掲示板にも追加した旨告知している。

5.5. サービス提供後

ネットSDPIサービスで6ヶ月間公開した後、データを削除しているが、技術テーマ毎に番号リストを電子データとして別途蓄積しているため、この蓄積されたデータを使って先行技術調査やパテントマップなどの2次使用が可能である。

6. 評価

本サービスを積極的に利用して、他社特許のウォッチングをおこなっている部署においては、「利用し易い構成となっており非常に使いやすくできている。」等概ね好評であり、一部の部署では、独自に番号リストにランク付与を実施している。

7. 今後の課題

本サービスは開始したばかりであり、全ての部署で本サービスを十分に利用しているとは言い難い。そこで、今後は、本サービスの利用の定着と利用率の向上に向けて取り組んでいく予定である。

具体的には、

- (1) 社内の特許研修のカリキュラムに本サービスの紹介、操作説明などをおり込む。
 - (2) 各部署毎に関連する特許番号リストを電子データで送付し、各部署にて本サービスでチェック後ランク付与し、特許ライセンス課が部署毎かつ商品毎に管理する。
 - (3) アンケートを実施し、技術テーマを追加したり、利用者が使い易いよう画面レイアウトや機能などを改善する。
- などを現在検討中である。

8. あとがき

最後に、本サービスを開始するにあたりご協力頂いた有限会社ピー・アイ・エス及び社内関係者の方々に、紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

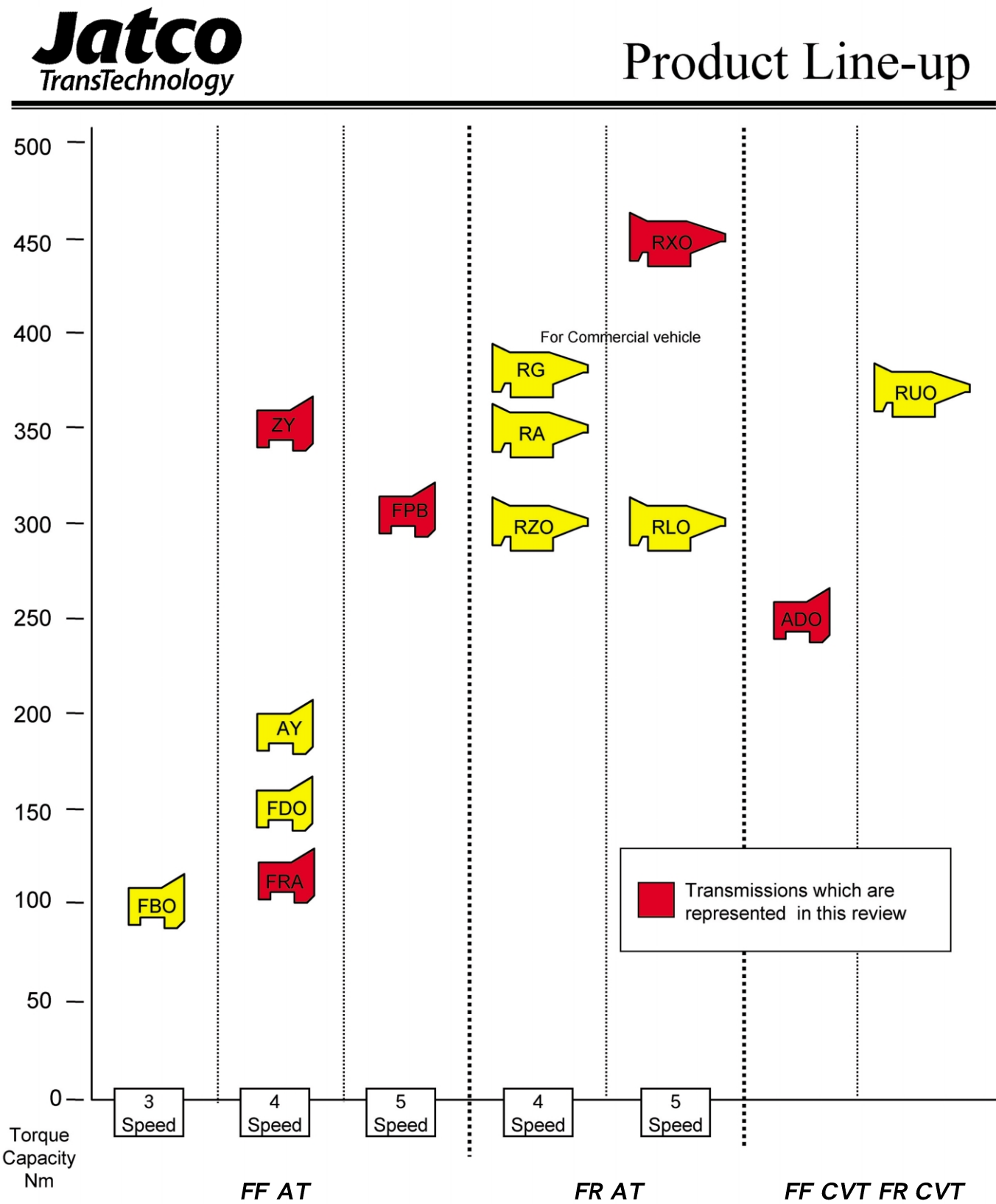
■ 著 者 ■



市川 隆義



遠藤 和洋



FF 車用5速AT JF506E-W (FPB) の紹介

Introduction of JF506E-W

土屋 信博*

Nobuhiro TSUCHIYA

抄 録 JF506E-W型自動変速機は昨年発売されたローバー様向JF506E型自動変速機をベースにフォルクスワーゲン様の車両に搭載するべく、各種変更を加えたFF5速ATである。本報ではこの変更内容について紹介する。

Summary The JF506E-W model automatic transmission, five speed automatic transmission for front wheel drive vehicles, has been developed for vehicles of Volkswagen.

This automatic transmission has been improved in some aspects based on the JF506E model automatic transmission for Rover.

I introduce the improved performance of JF506E-W in this paper.

1. はじめに

JF506E-Wと称するこの自動変速機（以下 A T と略す）はJATCO TransTechnology Review創刊号で紹介したJF506E（FPO）をベースに、フォルクスワーゲン様のゴルフ、シャラン、アウディA3等に搭載するべく変更を加えたFF5速ATである。適用エンジンは1.9Lディーゼルトーボ、1.8Lガソリントーボ、2.3L 5気筒ガソリン、2.8L 6気筒ガソリンの4種類である。本報ではJF506Eに対する主な変更内容について以下に紹介する。

2. JF506E-WのJF506Eに対する主な変更内容

JF506Eに対する主な変更内容は以下に示す5項目に大きく分けられる。

- (1) 車両搭載性確保のための変更
- (2) 強度・耐久性確保のための対応
- (3) 変速性能最適化のための対応
- (4) 音振性能最適化のための対応
- (5) 動力性能最適化のための対応

2.1. 車両搭載性確保のための変更

客先の車両へATを搭載するために以下の仕様変更を実施している。

- (1) 車両メンバーとの隙間確保のためにCASE全長を13mm短縮
- (2) ATオイルクーラのAT本体への組み込み化のためのATオイルクーラの新設及びコンバータハウジング（以下C/Hと略す）の形状変更
- (3) エンジンとのドッキングのためのC/Hの形状変更
- (4) トルクコンバータ外周部にスタータモータのためのリングギヤの設置

2.2. 強度・耐久性確保のための対応

客先の耐久評価モードは従来の当社評価モードに対して、総じて倍以上厳しくこの評価モードをクリアするために以下の仕様変更を実施している。

- (1) インプットシャフト（以下I.P.Sと略す）にショットピーニングを追加
- (2) フロント遊星歯車のピニオンギヤ数UP
- (3) リア遊星歯車のピニオンギヤ数UP
- (4) 2軸リダクション遊星歯車のサンギヤのフロント側のスラストベアリングのサイズUPによる容量UP
- (5) 2軸リダクション遊星歯車のサンギヤ及びピニオンギヤの熱処理仕様変更
（浸炭窒化処理←浸炭焼き入れ焼き戻し処理）

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

- (6) 2軸アイドルギヤ部テーパーベアリングの熱処理変更
- (7) 2軸リダクションピニオンギヤの熱処理変更
(浸炭窒化処理←浸炭焼き入れ焼き戻し処理)
- (8) 2.8Lガソリンエンジン適用のために4ピニオンギヤDIFF ASSYの新設
- (9) 最高速走行時のATオイル油温上昇防止のための仕様変更
 - ・オイルストレーナのオイル吸い口位置の最適化とセットでのオイルレベルの低減
 - ・MPV(シャラン)適用のためにATケース下面にオイルパンを追加
- (10) クラッチの耐久性確保のためのストール時トルクダウン制御の採用

Fig.1にATの断面図と変更箇所を示す．主要諸元をTable1に示す．

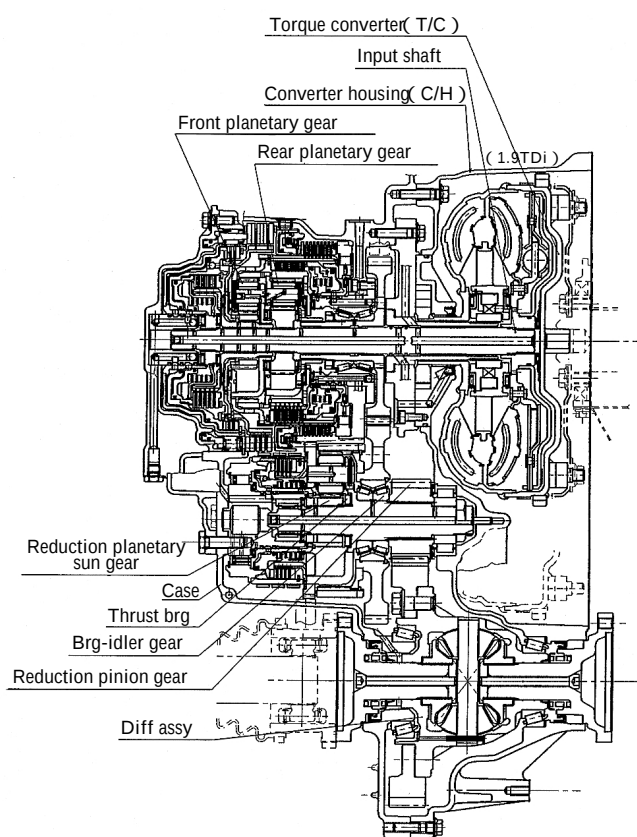


Fig.1 Sectional view of JF506E-W(FPB)

2.3. 変速性能最適化のための対応

客先が要求する変速性能を実現するため下記に示す制御ロジックをJF506Eの制御に対して追加している．

- (1) 変速中ロックアップスリップ制御の採用
- (2) Dレンジアイドルニュートラル制御の採用
- (3) リアルタイムフィードバック制御の採用
- (4) DSP対応制御の採用

DSP (Dynamic Shift Program) とは客先の設計によるギヤ位置選択プログラムである

- (5) マニュアルシフト制御の採用

以下に各制御の特徴を紹介する．

- (1) 変速中ロックアップスリップ制御

客先要求により3,4&5速の広範囲でロックアップ(以下L/Uと略す)を締結する為, 3速L/U→4速L/Uと4速L/U→5速L/Uという変速が頻繁に発生する．この変速はL/Uを締結したままではショックの向上をはかるのが難しく, また変速中のみL/Uを解放するとエンジン回転が空吹いたような違和感を伴うのでいづれも許容できない．そこで変速中のみわずかにL/Uを安定して滑らせる制御を採用した．

- (2) Dレンジアイドルニュートラル制御

N-Dセレクト時のショック向上及び, Dレンジ停車時のアイドル振動低減と燃費の向上を目的として, 車両停車時のブレーキON状態では, 前進クラッチ締結容量を非常に低く制限してクリープの駆動力が出力軸に伝達されないような制御を採用した．(1.9TDiのみ)

Table 1 Technical Specification

TORQUE CONVERTER	φ250(1.9TDi, VR6)		φ236(1.8, VR5)
LOCK-UP	PROVIDED		
GEAR RATIO	1st		3.801
	2nd		2.131
	3rd		1.364
	4th		0.935
	5th		0.685
	Rev.		2.970
FINAL GEAR RATIO	3.5 ~ 4.7		
TORQUE CAPACITY	310 Nm	TORQUE LIMITATION OF E/G OUTPUT IS REQUESTED. CONDITION : STALL AND NEARLY STALL LIMITATION : 290Nm	
MAX INPUT REVOLUTION	7,000 rpm		
CONTROL SYSTEM	ELECTRONIC CONTROL		
WEIGHT(DRY)	95kg (φ250)	93kg (φ236)	
MAX.GROSS VEHICLE WEIGHT	1,900kg		

(3) リアルタイムフィードバック制御

変速終了時のショック軽減の目的で、変速の進行状況を検出しながらクラッチ油圧を調整するリアルタイムフィードバック制御を採用した。

(4) DSP対応制御

客先の設計によるギア位置選択プログラム (Dynamic Shift Program) に対応する為、下記の新制御を採用した。

変速可能領域判断、ロックアップ可能領域判断、学習制御改善

また、さまざまな変速点において良好な変速性能を実現する為、CAN信号中のエンジントルク信号に基づいた変速時油圧制御を採用した。

(5) マニュアルシフト制御

マニュアルシフト制御を採用することでプロのドライバ並のレスポンスで運転する楽しさを実現した。

マニュアルシフトモードの時はレスポンスの良い変速を求められるので、Dレンジとは別の変速時データを設定できるようにした。

2.4. 音振性能最適化のための対応

AT音振性能は、ATが搭載される車両の遮音性と密接な関係があるが、客先の車両での音振性能を確保するためにAT側で下記仕様を織り込んでいる。

(1) 4点ギヤ (アウトプットギヤ、アイドラーギヤ、リダクションピニオンギヤ、ファイナルギヤ) に歯面研削を追加

(2) 歯車精度の適正化

2.5. 動力性能最適化のための対応

適用エンジンとの組み合わせにおいて、車両動力性能の最適化をはかるためにATとしてJF506Eに対して下記仕様を追加している。

(1) FINAL GEAR RATIOの設定追加

JF506E-W if = 3.5 ~ 4.7 ← JF506E if = 2.9 ~ 4.1

この内アウトプットギヤ-アイドラーギヤ間のGEAR RATIOを下記のように変更した。

JF506E-W 1.288 ← JF506E 1.204

3. 終わりに

本ATの開発により世界有数のカーメーカであるフォルクスワーゲン様に、FF4速AT JF404E-W (FDO)に続けて当社の世界戦略ユニットであるFF5速ATを提供することができ、世界中のカーメーカへの販売拡大の橋頭堡を築くことができたと考えている。

最後に本自動変速機の開発にご協力を頂いた関係者の方々には、本紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

■ 著 者 ■



土屋 信博

FF車用4速AT JF405E-Q(FRA)の紹介

Introduction of JF405E-Q(FRA)

高橋 真*

Makoto TAKAHASHI

抄 録 現代自動車様向けに当社小型高性能FF車用自動変速機JF405E-H(FRO)をベースに、JF405E-Q(FRA)を新規適用開発した。

特に韓国は燃費に対し厳しく、販売され市場に出る全ての車に国の基準で決められた燃費グレードのステッカーが貼られている。今回の開発にあたっては、燃費改善・動力性能の最適化について

- 最適燃費線を配慮したシフトスケジュール
- ロックアップ領域の拡大
- 制御油圧の最適化

を検討した。また、この結果のシミュレーションと実車による測定データを得た。

Summary We have developed JF405E-Q(FRA) for Hyundai Motor Company on the basis of JF405E-H(FRO), our miniaturized and high performing automatic transmission for the FF type.

The Republic of Korea has the severe standard of fuel economy generally, and stickers that show the fuel consumption grades are placed on the rear door windows of all vehicles in the market. In this development, we have considered the followings to optimize fuel economy and driving performance.

- The shift schedule considers the optimized fuel economy line
- The expansion of the Lock Up area
- Optimization of the hydraulic controlled pressure

We also obtained data of the simulation of these results and measurements with the vehicle.

1. はじめに

JF405E-Q(FRA)自動変速機は当社小型高性能FF車用自動変速機JF405E-H(FRO)をベースに、韓国現代自動車様向けに開発、同社の小型乗用車ATOZ、VISTOに搭載された(Fig.1)。

今回商品紹介するとともに、開発の狙いとした燃費改善・動力性能最適化への取り組みと韓国市場への適用性検討を中心に述べる。



Fig.1 ATOZ

2. 韓国の燃費事情

韓国では「韓国乗用車燃費等級分類」というものが設定されている。排気量別に8群まで分かれており、それぞれの群で燃費のレベルに応じて1等級から5等級に分類されている。そして、LA4-MODEでの燃費により、その車両の級が決定される。級が決定されると販売される全ての車両に級を示したステッカーが貼られる(Fig.2)。



Fig.2 Example of a sticker on the rear door window

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

3. 主要適用仕様と課題

適用した車両と自動変速機(AT)の仕様をTable1に示す。

800ccNA, 800ccLPG, 800ccターボ, 1000ccNAの4つのエンジンに適用した。

適用にあたっては, Gross vehicle weightが比較的大きい為, 強度・信頼性の確保と燃費・動力性能の最適化を主要課題として検討した。また, 開発期間が14ヶ月と短かった為, シミュレーション, FEM他事前検討を重点的に実施し, 対応した。

Table1 Specification

Vehicle	Model	ATOZ,VISTO	
	Drive type	FF 2WD	
	Engine	800ccNA 800ccLPG 800ccTurbo 1000ccNA	
	Gross vehicle weight	1280kg	
AT	Torque converter	φ 186Lock-up	
	Gear ratios	1st	2.914
		2nd	1.525
		3rd	1.000
		4th	0.725
		Rev	2.642
	Final gear ratio	4.017 ~ 4.880	
	Control system	Full electronic	
	Over length	360mm	
	Center distance (Eng-Diff)	172mm	
	Weight(dry)	45.7kg	

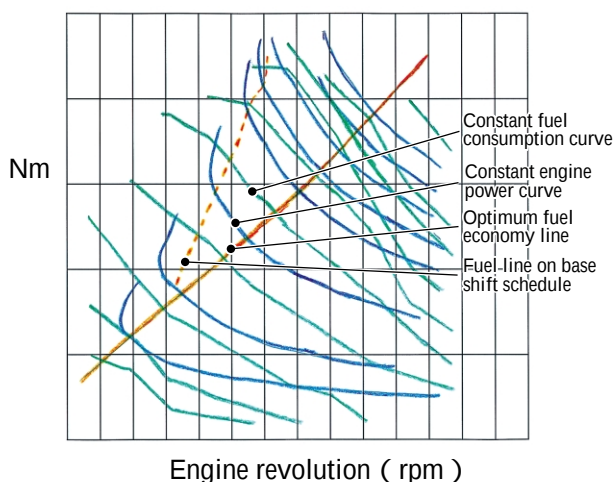


Fig.4 Engine fuel consumption map

4. 技術的概要と特徴

4.1. 部品設計最適化

車体やエンジンとの各インターフェース部品につき, 強度解析や振動解析にFEMを活用し, 合理的に形状の決定をしたことで開発期間が短縮出来た。Fig.3にCABLE-BRAKETの最適形状検討例を示す。

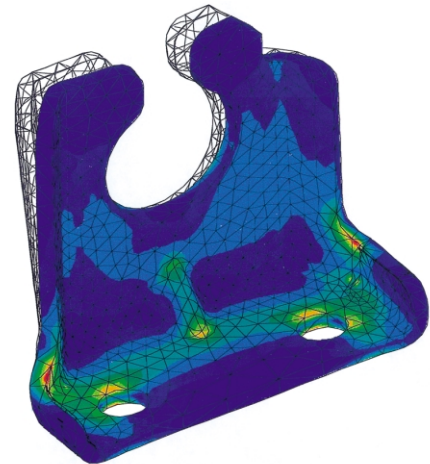


Fig.3 Example of FEM

4.2 燃費・動力性能最適化

主に以下の3つを検討した。

4.2.1. シフトスケジュールの最適化

Fig.4はエンジンの等燃費線(緑), 等出力線(青), 他を表している。等出力線上の燃費が最小となる点を結んだ線が燃費最適線(オレンジ)である。

ベースのシフトスケジュールをFig.4のグラフの中で表すと点線(オレンジ)の様に最適燃費線から離れたところに位置し, 燃費に対し有利な条件となっていないことが分かった。この為, 最適燃費線により近づけることで, 燃費に対する効果をねらうことにした。

この結果を反映したシフトスケジュールをFig.5に示す。シフトスケジュールはベースより高速側となり, LA4-MODEをより低いスロットルで走行出来るようにし, 燃費改善効果に寄与するかたちとした。

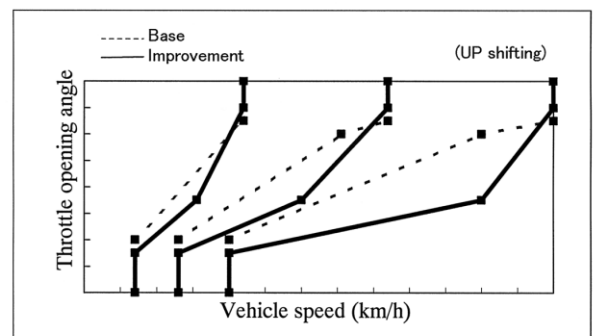


Fig.5 Shift schedule

4.2.2. ロックアップ条件の拡大

ロックアップ領域の低速化及びスロットル域の拡大によるトルクコンバータ・スリップロス時間の削減。

コーストロックアップ追加によるフューエルカット時間の拡大。

ロックアップ締結時間の短縮によるロックアップ状態での走行時間の拡大。

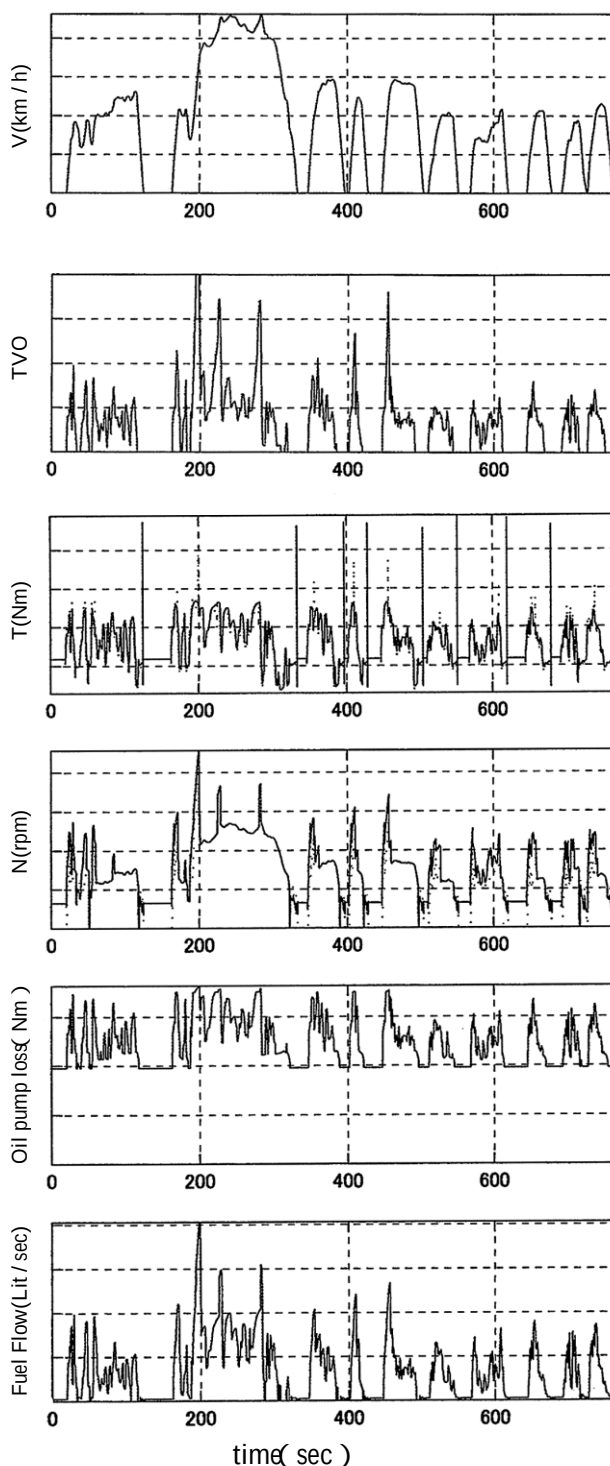


Fig.6 Example of the simulation

をねらい、検討した。

更にロックアップ領域の温度による切換え等のきめ細かな制御も追加した。

4.2.3. ライン圧最適化

変速位置他運転条件に応じたライン圧の見直しを全般的にわたって検討した。

4.2.4. シミュレーションによる最適化

- 上記シフトスケジュール、ロックアップ、ライン圧の各条件を変えシミュレーション検討を繰り返すことで燃費と動力性能の最適化を実施した。Fig.6に今回の燃費シミュレーションの例を示す。シミュレーションはLA4-MODEで実施した。
- シミュレーション最終結果と実車による測定結果の一例をTable 2に示す。各改善アイテムで効果がみられている。

シミュレーション結果は燃費に対し、燃費最適線活用シフトスケジュールで0.8%の改善、ロックアップ条件拡大で8.5%の改善、ライン圧最適化で2.2%の改善、TOTALで11.7%の改善効果がみられた。また動力性能(0→100km/h所要時間)は4.4%の改善効果がみられた。

シミュレーション結果11.7%に対し、実車計測は13.6%の改善となり、各条件の最適化による改善が実証された。

4.3. 強度・信頼性への適合

- 強度・耐久性に注目したFMEA・各種DR及び評価の実施
- お客様評価基準と弊社基準の事前比較・分析
- 市場品質情報による韓国特長(市場負荷、使われ方等)の分析等を実施し、韓国市場への適合性を検討した。また、これら検討結果に基づく各種強度・信頼性試験を実施した。

Table 2 Result of the Evaluation

(1.0L NA)		Simulation		Vehicle
		Fuel Consumption (km/h)	Driving Performance (0→100km/h:sec)	Fuel Consumption (km/h)
Shift schedule	• optimum fuel consumption	+0.8%	—	—
Lock up	• Expansion of the area • Working as coast • Reduction of enzagement time • etc	+8.5%	—	—
Line Pressure	• optimization	+2.2%	-4.4%	—
TOTAL		+11.7%	-4.4%	+13.6%

5.あとがき

以上，JF405-Qの開発について商品紹介と開発概要について紹介した．

最後に現代自動車様，JATCO Korea Engineeringをはじめ社内関連部署の皆様に多大な協力を頂き，短期間開発を成し遂げることが出来ました．紙面をお借りし，お礼申し上げます．

■ 著 者 ■



高橋 真

“JR507E” 型大容量5速自動変速機 (RXO) の開発

Development of "JR507E" Type Large Capacity 5-speed Automatic Transmissions(RXO)

加藤 達也*

Tatsuya KATO

早崎 康市**

Koichi HAYASAKI

抄 録 日産自動車(株)様が21世紀の始まりとともに投入した新型シマに搭載したJR507E型5速自動変速機は、従来の4速自動変速機にとらわれることなく、市場ニーズにマッチした性能とするべく徹底的に分析を重ね、その構造からリニューアルしたトランスミッションである。昨今叫ばれている「環境問題への配慮」はもちろん、「走り」に対するユーザーニーズに応えるため、高い目標を掲げ開発されたJR507Eは、21世紀を担う次世代ATに相応しいトランスミッションとすることができた。本稿では、JR507E型5速自動変速機の特徴について解説する。

Summary The JR507E type 5-speed automatic transmission (herein after referred to as "AT") which was installed to the new model CIMA has been released from the beginning of the 21st century. Without being attached with the conventional 4-speed AT, the transmission was renewed from its components after a number of analyses targeting the performance that meets the market demands. JR507E was successfully developed as appropriate to the next generation AT with regard to the consideration to the "environmental concerns" of course, and the "running" of users' needs. This paper describes the characteristics of above JR507E type 5-speed AT.

1. はじめに

自動変速機搭載車両の普及が高まる中、自動車本来の「走り」に対するお客様の要求も高まってきている。滑らかで快適な走り・加速性能・運転する楽しみ・あるいは易しい操作等、嗜好は様々である。一方で社会に受け入れられる商品として、省資源・地球温暖化防止が求められている。この「際立つ走り」と「環境への配慮」を高い次元で達成すべく、自動変速機を原点から見直し、かつ、魅力品質も付加した新世代自動変速機として検討を重ねてきた。結果、従来型4速自動変速機に比べ、トルク容量で約20%の増大をしながらも、5速にして約23%の小型・軽量化、並びに30%のフリクションの低減を実現することができた。

ここでは、新型大容量5速自動変速機、JR507E型の開発の狙い、基本構成、特徴、および効果について解説する。

2. 開発の狙い

2.1. 燃費性能の向上

1) ワイドレンジ5速化

トランスミッションのギヤ比を見直し、動力性能と燃費をより高い次元でバランスさせる

為、全体としてはワイドレンジをとりながら、4～5速間はクロスレシオの設定とする。

2) トランスミッション効率の向上

トルクコンバータの更なる高効率化。

オイルポンプサイズの小型化。

パワートレインの徹底的なフリクション低減。

スリップロックアップの採用。

ロックアップ領域の拡大。

等により、燃費性能を向上させる。

2.2. クラストップの小型・軽量化

1) トルクコンバータの小型化

従来型トルクコンバータに対し、更なる小型・高効率化を図る。

2) 構造のリニューアル

遊星歯車式自動変速機では、そのつなぎ方により天文学的数字の数だけスケルトンが存在する。小型・軽量化を実現するために様々な視点から最適であろうスケルトンを選定する。

3) 構成部品材料の一新

時代とともに材料技術も発展してきているので、高強度アルミ材料の積極的な採用による軽量化を図る。

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

** 商品企画統括部
Product Planning Administration Department

2.3. 運転性の向上

1) クロスギヤ比の採用

5速化によるワイドレンジ・クロスギヤ比の採用により，変速前後の段差を低減し滑らかな走りを実現する．

2) 変速性能の向上

クラッチ油圧直接電子制御システムを採用することにより，変速時の油圧精度を向上させ変速時のショックを大幅に改善する．

3) 魅力ある走り

マニュアルモードにも対応できるようにすることにより，運転する楽しさを演出する．

3. 基本構成および特徴

JR507E型5速自動変速機の主断面図をFig.1に，ユニットの主な諸元をTable1に示す．ユニットの外観形状は，車両搭載性を考慮し従来型4速自動変速機と同等とした．以下，各要素について解説する．

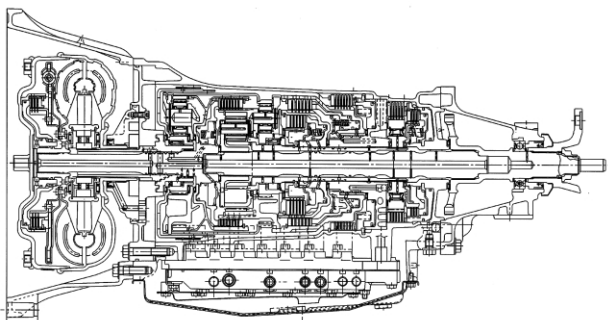


Fig.1 Main cross sectional view

Table 1 Technical specification

Item		Contents
Maximum input torque		450N・m
Maximum engine speed		7000rpm
Starting system		Torque converter + Multi plate lock-up clutch
Gear ratio	1st	3.540
	2nd	2.264
	3rd	1.471
	4th	1.000
	5th	0.834
Rev.		2.370
Oil type		Nissan ATF fluid J

3.1. トルクコンバータ

大容量に対応するためには従来の考え方ではトルクコンバータも大型化する必要があった．しかしながら，軽量・小型化を達成するために，流路面積比を見直した結果，トルクコンバータのサイ

ズを10%小型化し，流体性能を確保することができた．トルクコンバータの流体性能確保とともに，ロックアップ性能も確保する必要がある．従来単板ロックアップ方式を採用してきたが，トルクコンバータの小型化に伴い単板ではロックアップ容量が不足する．このロックアップ容量を確保するために，JR507E型では多板ロックアップ機構を採用した．燃費向上を目的としたスリップロックアップの採用に際しては，ロックアップ油圧室を別室構造とし（Fig.2），摩擦材の潤滑・冷却を強化して耐久耐熱性を向上し，広い範囲でのスリップロックアップを可能にした．図中の矢印は油の流れを示す．また，エンジンとの総合制御により，コーストロックアップ領域を拡げることができた（Fig.3）．

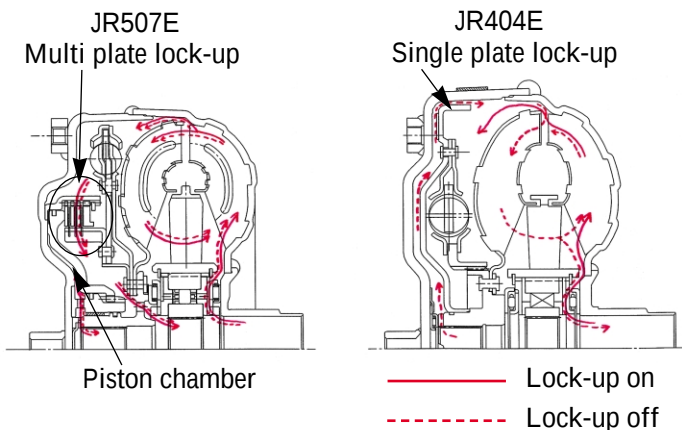


Fig.2 Torque converter

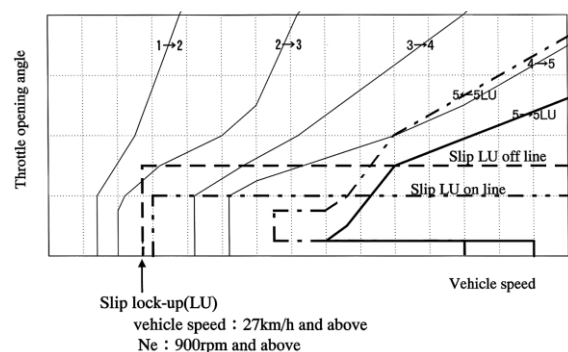


Fig.3 Lock up (LU) schedule

3.2. ATF

燃費向上に貢献するために，スリップロックアップの採用，ロックアップ領域の拡大等を実現するために新開発ATF（オートマチックトランスミッションフルード）を採用した．ATFの主な性状はTable 2の通りである．摩擦材との組み合わせで μ - v 特性を安定化し，シャダーに対する寿命性能を向上させている（Fig.4）． μ -ratioは，すべり速度1rpmと50rpmの摩擦係数の比である．

Table 2 ATF Properties

		New ATF	Conventional ATF
Density	g/cm ³	0.867	0.869
Flash Point	°C	186	188
Kinematic Viscosity	mm ² /s		
	@40°C	33.0	33.0
Viscosity Index	@100°C	7.38	7.46
		200	204

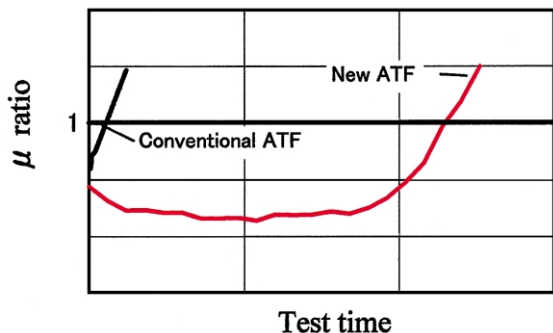


Fig.4 Anti-shudder durability of New ATF

3.3. オイルポンプ

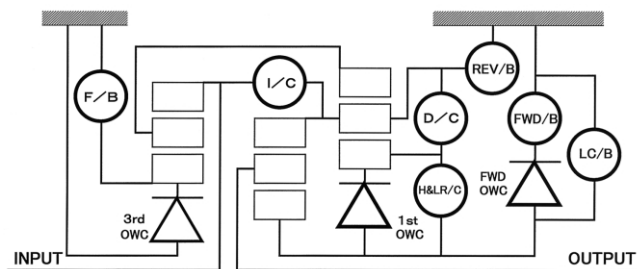
オイルポンプは内接型ギヤポンプを採用した。ユニット各部位の消費流量を最小化して最適な固有吐出量とし、また、機械効率も向上させ、オイルポンプによる動力消費を最小化した。

3.4. パワートレーン

JR507E型自動変速機は小型・軽量化に最も適しているであろうスケルトンを選択している (Fig.5)。要素設計に際しては、市場走行モードを確定し、実際に車両で負荷頻度を測定しその結果を設計検討に反映、小型・軽量化を実現した。また、軸・ギヤ以外のほとんどの部品のアルミ化や、鉄製部品に関するフローフォーミング等も小型軽量化に寄与している。3組の遊星歯車により高いギヤトレーン効率を得ることができ、さらに「走り」を追求するに相応しいギヤ比を選択することができた。また、各要素の配置の工夫により、3つのワンウェイクラッチを効率よく配置でき、変速性能向上との両立も図れた。

3.5. ケーシング

トランスミッションケースの断面を丸型にしたことにより高強度・高剛性を確保した。さらに、コンバータハウジング~ケース~エクステンションの結合部の径を拡大し、かつコンバータハウジング~ケースの結合方式を改善することによりトランスミッション全体の結合剛性を向上させることができた。これにより、ケーシング部品の薄肉化が実現できた。



Shift positions	I/C	H&LR/C	D/C	Rev/B	F/B	LC/B	Fwd/B	1st OWC	Fwd OWC	3rd OWC	Remarks
P		△			△			⊙		⊙	Park
R		○		○	○						Reverse
N		△*			△						Neutral
1st					△	△*	○	⊙	⊙	⊙	Automatic Shifting 1↔2↔3 ↔4↔5
2nd			○		△	△*	○		⊙	⊙	
3rd		○	○		○		△	◇		⊙	
4th	○	○	○				△	◇			
5th	○	○			○		△	◇		◇	

○ Operates.
⊙ Operates during acceleration.
◇ Operates while vehicle is coasting.
△* Operates only when Manual mode is selected.
△ Operates but does not affect power transmission.
△* Operates in appropriate vehicle speed range.
Remark: Manual mode derivative is available.

I/C	: Input clutch	LC/B	: Low coast brake
H&LR/C	: High & low reverse clutch	Fwd/B	: Forward brake
D/C	: Direct clutch	1st OWC	: 1st one-way clutch
R/B	: Reverse brake	Fwd OWC	: Forward one-way clutch
F/B	: Front brake	3rd OWC	: 3rd one-way clutch

Fig.5 Gear train schematic of JR507E

3.6. 制御系

1) 油圧制御

変速性能を大幅に向上させるため、油圧制御は油圧を摩擦要素ごとに直接制御するクラッチ圧直接電子制御システムを採用した。摩擦要素締結時の油圧精度を常にきめ細かく制御できるため、変速時の油圧を適正に作り出すことができる。ソレノイドは、低温制御性に優れ、小型・低コストな2方リニアソレノイドを採用した。これにより油圧制御性能を向上させ、コントロールバルブの小型化が実現できた。

さらに、CAN通信によりエンジントルク信号を受け必要ライン圧を作り出している。実際のエンジントルクにあわせライン圧を作り出すので、高低・寒暖などの環境の変化に対しても変速ショックのばらつきを抑えることができる。適正なライン圧制御とすることで余剰圧を作り出すことがなく、燃費向上に寄与している。

2) クラッチ圧制御

クラッチ容量切り換えピストン

ダイレクトクラッチピストンには油圧室を2個設け、必要に応じてクラッチ容量を切り替えられる構造を採用した（Fig.6）。これにより変速時容量と保持容量のバランスを改善し、変速性能を向上させた。

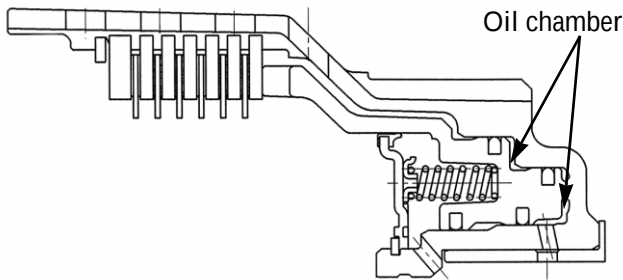


Fig.6 Direct clutch piston

遠心キャンセルピストン

変速時に作用する回転クラッチには遠心力による油圧の影響を排除するために、遠心キャンセルピストンを採用した。回転数によるピストン押し力のばらつきを改善し、変速性能を向上させている。

リアルタイムフィードバック制御及び学習

変速のフルフェーズ（トルクフェーズ＋イナーシャフェーズ）で、フィードバック制御をかけるとともに、その初期値を学習することで、変速ショックを飛躍的に向上させることができ、かつ、固体差や温度等の環境差に対するばらつきを押さえることができた。

エンジンとの総合制御の拡大

変速時のエンジントルク制御に関しては、変速毎・トルク別等条件を詳細にする事に加え、電制スロットルによる駆動力制御を実施する事により、たとえば、オートアップ変速ではイナーシャフェーズをほとんどなくすと同時に変速前後での駆動力段差も減少させ、よりスムーズな変速を実現した（Fig.7）。

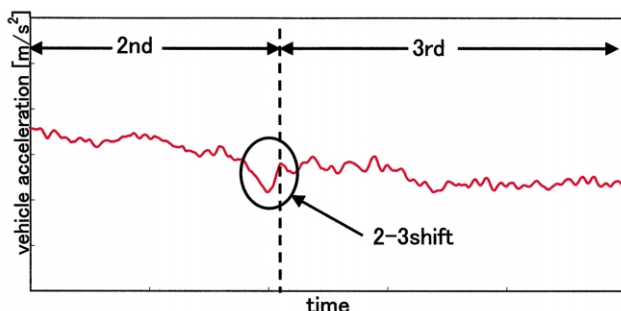


Fig.7 Driving characteristics (Auto up 2-3 shift)

3.7. 小型・軽量化

JR507E型自動変速機は、新スケルトンの採用、設計基準の見直し等により、従来型4速自動変速機に比べ

トルク容量で約20%の増大をしながらも、5速にして約23%の軽量化を実現することができた。ユニットサイズも従来型4速AT並みに抑えている。特にトルク容量における重量は世界トップレベルを実現した（Fig.8）。以下、軽量化技術であるアルミ材使用部位について紹介する。

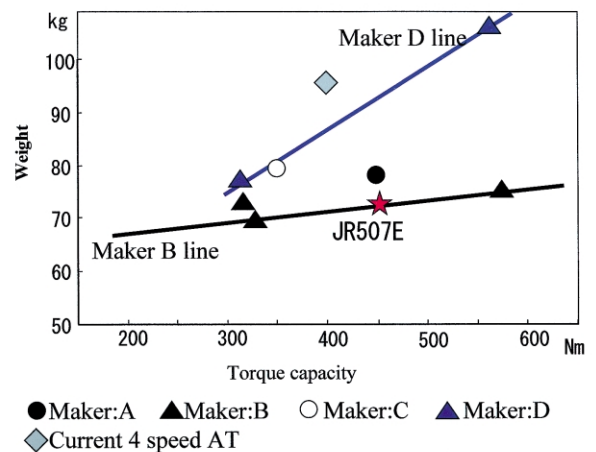


Fig.8 Weight vs Torque Capacity (5 speed AT)

アルミ製遊星キャリア

フロントとリヤの遊星キャリアには、耐強度性アルミ材を採用し軽量化を図っている。解析により最適なキャリア形状とすることができた。また、アルミ材を採用することにより、ピニオンニードル潤滑油量を確保するためのオイルキャッチプレートを一体型とし、部品点数を削減している（Fig.9）。

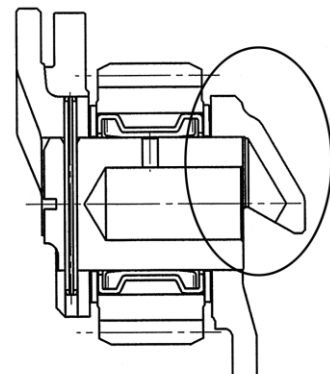


Fig.9 Planetary carrier

アルミ製クラッチドラム

遊星キャリアに採用したアルミ材をクラッチドラムにも採用した。キャリア同様解析により強度・剛性を確保しながら数多くの油穴を設け、徹底的な軽量化を図った (Fig.10)。

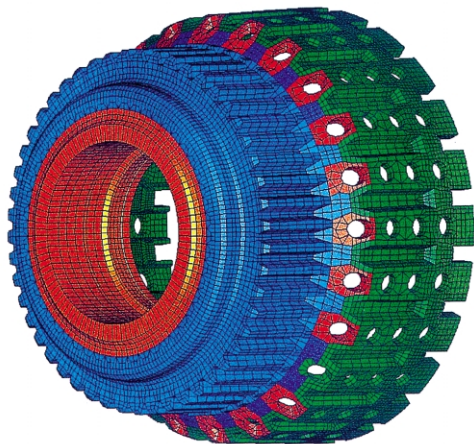


Fig.10 FEM model of clutch drum

新スケルトンの採用によりこの他にも積極的にアルミ材を採用している。パワートレーンにおけるアルミ材採用部位をFig.11に黄色で示す。また、鉄製部品を使用した部位では、フローフォーミングによって形状を合理化し、レイアウトの効率を上げ小型化に貢献している。フローフォーミング工法によるインプットクラッチドラムをFig.12に示す。

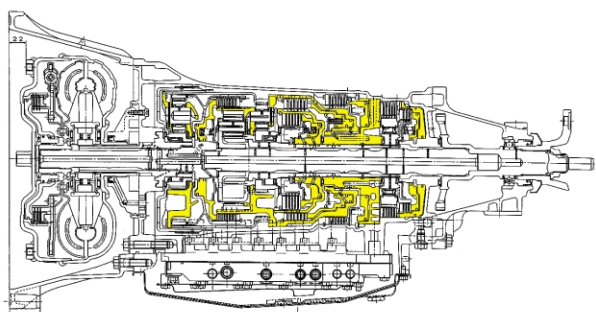


Fig.11 Aluminum material used

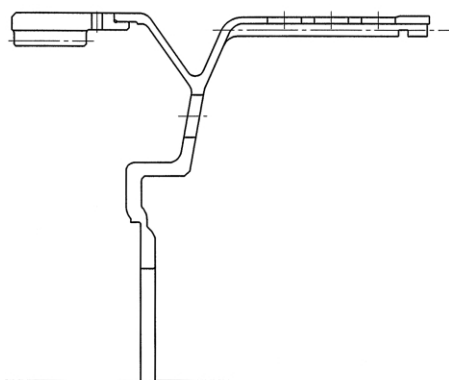


Fig.12 Input clutch drum

3.8. フリクションの低減

「環境問題への配慮」から燃費向上に貢献するため、トランスミッションのフリクション低減にはこだわった。以下にフリクション低減アイテムとして取り組んだ例を紹介する。

パワートレーン部分をケースで包み込む構造とし、オイル攪拌抵抗を減らし、かつオイル抜けのための穴を設けてせん断抵抗を低減した。

油圧をシールするシールリングには摺動面（側面）に溝を設け、摺動抵抗を低減した。

摩擦材表面の溝工法を工夫し、摩擦材引きずり抵抗を低減した。

ワンウェイクラッチのエンドベアリング摺動面にオイル掻きだし用の溝を設け摺動抵抗を低減した。オールアルミスプールの採用によりコントロールバルブのリークを低減し、各部位への潤滑配分を工夫することなどにより、オイルポンプサイズを極小化しポンプ駆動トルクを下げた。

フリクションに対しポテンシャルの高い新スケルトンの採用、クラッチ容量の適正化により、フリクションを低減した。

上記のようなフリクション低減アイテムを採用することにより、従来型4速自動変速機に対し約30%ものフリクション低減を実現した。

4. 効果

自動変速機を原点から見直し、開発されたJR507E型5速自動変速機によって得られる効果について解説する。

4.1. 燃費の向上

5速化によるワイドレンジ化、ロックアップ領域の拡大、最適スケルトンの選択、アルミ材採用による軽量化、徹底したフリクション低減により、大幅な燃費向上を達成することができた。JR507E型ATは、車両としての燃費向上分のうち、実に30%に貢献している。

4.2. 運転性向上

5速化によるワイドレンジ、クロスレシオ化で快適な走り、加速性能を実現している。また、クラッチ圧直接電子制御システム、個体差を排除する油圧キャリアレーションの採用などにより変速性能を向上し、よりいっそうの快適性をもたらせることができた。従来のAT同様、易しい操作はそのままに、マニュアルモードにも対応可能としたことで、運転する楽しみを演出することができた。

4.3. 静粛性の向上

5速化による変速比幅の拡大で走行中のエンジン回転を低く抑えることができ、静粛性を向上させることができた。トランスミッション本体においても、軸支持方式・遊星ギヤの歯数の見直しにより起振力を低減することができた。

4.4. 高トルクエンジン搭載車への適用

新スケルトンの採用と、市場負荷頻度を考慮した要素設計により、従来型4速ATのサイズを確保しつつ高トルクエンジンへの適用を可能とすることができた。

5. さいごに

21世紀を担う自動変速機に相応しい、CVTにも劣らない性能を持ったトランスミッションを開発することができた。様々な場面で適切なバックアップをいただいた日産自動車のエンジニアならびに関連メーカーの方々、そして社内関係各部署のご協力に深く感謝致します。特に、駆動力制御・変速ショック制御の玉成とフローフォーミング工法の開発にあたっては、日産自動車の関連部署の方々にご尽力いただき、また、立ち上げに際しては日産自動車 栃木工場の皆様に多大なるご支援・ご協力をいただきました。紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

JR507Eは、更なる品質向上に向けて活動を進めて参ります。今後とも皆様方のご支援・ご協力をよろしくお願い致します。

■ 著 者 ■



加藤 達也



早崎 康市

2.5Lクラス中型FF車用スチールベルト式CVT(ADO)の開発

Development of a Steel Belt CVT for 2.5 L Class Medium-Size Front-Wheel Drive Vehicles (ADO)

江村 大輔*
Daisuke EMURA

萩原 善親*
Yoshichika HAGIWARA

山本 祥久**
Yoshihisa YAMAMOTO

抄 録 低速ロックアップトルクコンバータ付き「2.5Lクラス中型FF車用スチールベルト式CVT」(以下2.5Lクラス中型FF車用CVT)を、開発したので紹介する。

本CVTでは高トルク対応技術を向上させることにより、これまでスチールベルト式CVTでは対応不可能であった2.5Lクラス車両の高トルクに対応を可能としている。

また、従来の2Lクラス中型FF車用スチールベルト式CVT(以下2Lクラス中型FF車用CVT)の変速制御、ロックアップ制御を見直すことにより更なる燃費向上、変速性能向上を実現している。

Summary Here we are pleased to present you steel belt CVT(Continuously Variable Transmission) for 2.5L class Medium-Size Front Wheel Drive Vehicle (hereinafter referred to as "CVT"). Our developed technique of high torque application made this CVT adaptable for high torque of 2.5L class vehicle, that former steel belt CVT could not apply before. This CVT achieved to higher fuel economy and shift performance by reviewing and modifying the shift control and lock-up control of steel belt CVT for 2L class Medium-Size Front Wheel Drive vehicle using same spec as the above 2.5L one.

1.はじめに

近年、地球環境保護の観点から、限りある地球の石油燃料消費量の削減が叫ばれており、自動車関連メーカーに対しても、自動車の燃費低減が要求されている。

一方で、世が変わっても常に自動車に要求されるのは走りの良さである。これらの相反する二つの要求を両立でき、運転性能も向上させることができる技術として、CVTが注目されている。

国内外の車両メーカー数社からも、スチールベルト式CVT搭載の中型FF乗用車が発売され、車両の運転性向上、燃費向上に技術が注がれている。

弊社製CVTでは、1997年に量産開始され、世界で初めて2Lクラス中型FF乗用車に搭載され話題を集めた、2Lクラス中型FF車用CVTが、日産自動車の10数車種の車両に搭載され好評を得ている。

今回、自動車メーカーからの更なる高トルクFF車両へのCVT搭載のニーズに応えるべく、更なる高トルク対応技術を織り込み2.5Lクラス中型FF車に搭載が可能なスチールベルト式CVTを開発したので紹介する。

2.開発の狙い

世界で初めて2LクラスFF中型車両に搭載を可能とした2Lクラス中型FF車用CVT開発のノウハウを基に、更なる高トルク車両への搭載対応を可能とし、同時に従来ATに対するCVTのメリットである動力性能・燃費・運転性を更に向上させる事を狙い、従来の2Lクラス中型FF車用CVTに対して、下記の3項目について大幅に改良を行なった。

- (1) 部品強度向上等による高トルク対応。
- (2) ロックアップ領域拡大等による燃費向上。
- (3) 変速線、変速制御変更による変速レスポンス向上。

3.構造と特徴

3.1. システム構造

ユニット基本構造は、従来の2LクラスFF車用CVTの構造と同様としている。動力伝達部位に、入力側から発進要素としてクリープ力の確保及び発進性向上を目的に2Lクラス中型FF車用CVTで設定しているトルクコンバータをまず最初に配し、その後ろの伝達要素として、前後進切換え要素、変速機構(ベルト&プーリ)、最終減速要素の4部位で構成している。(Fig.1参照)その他にユニット制御部位として、油圧制御要素、変速制御要素の2部位を備える。

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

** ユニット実験部
Unit Experiment Department

Table 1 Technical specification

Capacity	Torque Capacity (Nm)	250
	Max. Engine Speed (rpm)	5500 (Over)
Specification	Torque Ratio	1.90
	Variator Ratio	4.84
	Pulley Ratio	2.100 ~ 0.434
	Final Ratio	5.473
	Fwd/Rev Ratio	1.00/0.683
	Manual Mode	Available
Package	Total Length (mm)	401
	ENG ~ DIFF Center Distance (mm)	186

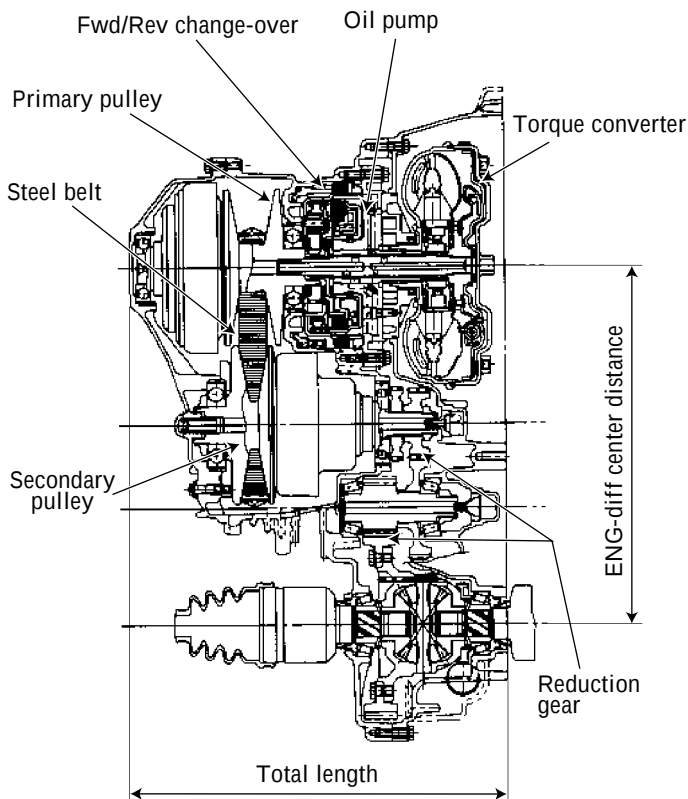


Fig.1 Main cross section

また、パッケージングは、AT及び2LクラスFF車用CVTの基本構造配置と同じとし、内部構成部品の強度を向上させることにより、2LクラスAT、CVTと同サイズを実現している。

変速メカニズムについては、従来の2Lクラス中型FF車用CVTと同機構を踏襲し、変速制御内容に改良をくわえることにより、変速レスポンスの向上を達成している。

3.2. 高トルク伝達技術

従来の2Lクラス中型FF車用ベルトCVTのパッケージングを確保しつつ、CVTユニット各部位を高トルク対応させ、2.5Lクラス車両のエンジントルクへの対応を可能とした。

(1) ロックアップ容量の確保

まず、入力エンジントルク増加に伴い、200Nm～250Nmのロックアップ容量を確保する為、油圧制御部位を改良した。高トルク伝達の為に必要なロックアップ作動油圧の設定可能油圧を上げ、ロックアップ時トルク容量の向上を行なった。

(2) 高トルク容量トルクコンバータ採用

次に、最初のトルク伝達要素であるトルクコンバータでは、ロックアップ作動油圧UPに伴うトルクコンバータ膨張を低減させる為、トルクコンバータカバーの板厚を上げ強度UPを行なった。

また、2.5Lクラスのトルクに合わせたトルクコンバータ性能選定を行ない車両発進時のエンジン吹き上がり過ぎによる違和感の防止を行なっている。

(3) 前後進切換え部強化

最大入力トルク増大に伴うクラッチ、ブレーキ必要締結容量増加対応として後進用ブレーキのプレート枚数を増やしている。

(4) 高強度スチールベルト採用

従来の2Lクラス中型FF車用ベルトCVTがスチールリング枚数9枚(ファンダーネ社製)の30mm幅ベルトを使用していたのに対し、世界で初めてスチールリング枚数が12枚のベルト(同じくファンダーネ社製)を使用することにより、高トルク伝達により増大するベルトリング応力を低減させ、ベルト強度をUPした。

(Fig.2参照)

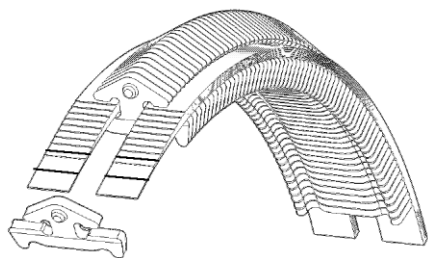


Fig.2 Structure of steel belt

(5) プーリ強度向上

ベルト容量向上に対応し、ベルトの相手部品であるプーリのベルト当たり面摩耗対策として、ベルト当たり面の表面処理技術を向上させ、表面硬度アップ等を行なった。

(6) 最終減速歯車列 耐ピッチング性向上

リダクションギヤ、アウトプットギヤに、弊社ATで市場実績のある高クロム鋼ギヤを使用することにより、耐ピッチング性を向上させている。

3.3. 燃費性能向上

燃費については、従来の2Lクラス中型FF車用CVTでも従来AT車に対し10・15モード燃費で約20%向上しているが更なる向上を狙い変速制御、ロックアップ制御の改良を行ない約3~4%の向上を達成した。(Fig.3参照)

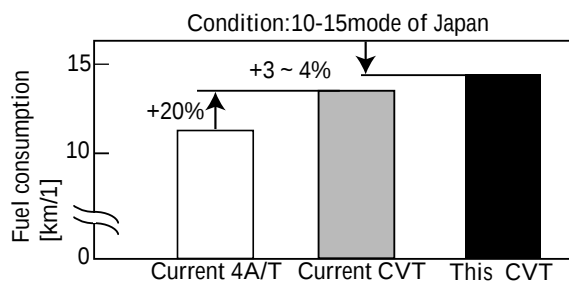


Fig.3 Fuel consumption

(1) ロックアップ領域の拡大

従来のCVTでも従来ATに対し、ロックアップ作動車速域の低速化を行ないロックアップ領域を拡大しているが、今回更なる低車速域へのロックアップ領域拡大を可能とした。これにより、アンロックアップ状態でのトルクコンバータスリップロスによりエネルギーロスが多くなる領域を減少させている。

また、低油温時のロックアップ許可油温の見直しを行ない、より低油温時からロックアップを可能とすることにより、ロックアップ使用頻度を向上させている。

(2) 設定油圧見直し

ベルトによるトルク伝達に必要な油圧設定値の見直しにより、より最適な油圧設定を実現し、余剰油圧を発生させる為に使用されていた損失トルクを低減した。

3.4. 運転性向上

従来の2LクラスFF車用CVTに対し、変速制御とロックアップ制御内容に以下の改良を加えることにより、人間の感性にあった変速性能と加速及び変速レスポンスを実現した。

(1) 中高パーシャルスロットル開度 変速点変更

中高パーシャルスロットル開度の変速線を低回転側に設定することにより、よりリニアな吹き上がり感を追求した。(Fig.4参照)

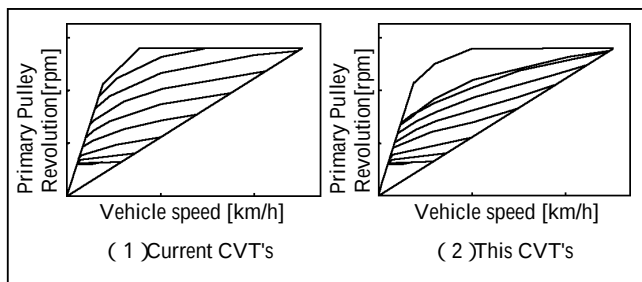


Fig.4 Shift schedule

(2) スロットル踏み込み時ロックアップ解除制御採用

低車速域、低スロットル開度ドライブ状態からの中高スロットル開度への踏み込み時、一時ロックアップを解除する制御を採用した。これにより、踏み込み初期のエンジン回転上昇を早くし、トルクコンバータ領域でのトルク増幅作用による初動時加速レスポンスを早め、加速感の向上を実現した。(Fig.5参照)

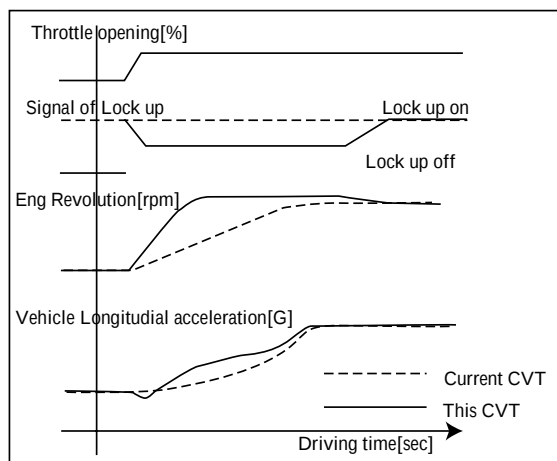


Fig.5 Throttle on with unlock up

（3）Dレンジプーリ変速速度見直し

中車速域からのスロットル踏み込み時のプーリ比Low側への変速速度を早めることにより中車速域での変速レスポンスの向上を実現している。

変速速度が早くなるとベルトノイズが発生し易くなるが、変速制御精度を向上させ、ベルトノイズ発生限界ぎりぎりまで変速速度を早めることを可能とした。

4. まとめ

- （1）本CVTにより、2.5L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の蓄積ができた。
- （2）従来技術を見直すことにより燃費向上、変速性能の向上など、CVTの更なる可能性を引き出すことができた。

5. あとがき

以上、「2.5Lクラス中型FF車用スチールベルト式CVT」について紹介してきた。

従来の2LクラスFF車用CVT、今回の2.5LクラスFF車用CVT開発により高トルク対応技術、性能向上技術が更に向上した。

今回培った技術を生かし、年々、高トルク化していく今後の車両に対応し、動力性能・燃費・運転性・制御性の面で、まだまだ可能性を持ったユニットであるCVTの魅力をもっと引き出した商品開発及び供給を行なっていきたい。

■ 著 者 ■



江村 大輔



萩原 善親



山本 祥久

FF車用4速AT F04B (ZY) トルクアップ対応の紹介

Introduction of F04B torque-up

山浦 忠男*

Tadao YAMAURA

室田 和哉**

Kazuya MUROTA

新明 正弘**

Masahiro SHINMYOU

青田 和明**

Kazuaki AOTA

塩見 淳***

Jun SHIOMI

抄 録 車両動力性能の向上のため、高出力エンジンの搭載が進められている。この高出力エンジン搭載に対応し、ATのトルク容量アップが必要となっている。車両搭載に影響する基本寸法諸元を変更せず、このトルク容量アップを必要最小限の変更で実現することを狙いとして、本ATの開発を行った。本稿では、この内容について紹介する。

Summary The installation of the high performance engine has been studied in order to improve the vehicle performance. Based on this situation, the torque capacity up of AT should be required. In order to achieve it without the dimension changes that may impact on the AT installation layout on the vehicle, this AT was designed and developed. This paper describes the some methods of the torque capacity up.

1. 開発の狙い

現量産AT(F04B)をベースとして、トルク容量アップを行う。変更部位を必要最小限に押さえ、かつ車両搭載に影響する基本寸法は現行を踏襲することを狙いとした。

本ATの断面図をFig.1に、主要諸元をTable1に示す。

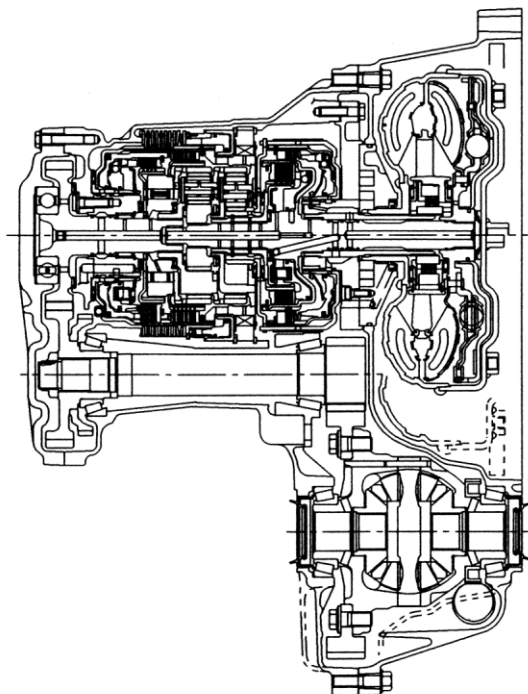


Fig.1 F04B torque up model main cross section

Table 1 Specification

Item		Specification	
		F04B Torque up	F04B Current
Torque capacity		350Nm	295Nm
Revolution capacity		7,000rpm	7,000rpm
Torque converter		250	250
Gear ratios	1st gear	2.785	2.785
	2nd gear	1.545	1.545
	3rd gear	1.000	1.000
	4th gear	0.694	0.694
	Reverse	2.272	2.272
Weight (DRY)		85kg	82kg
Unit Length		415.5mm	409.5mm
Axis Distance	① Ax. - ② Ax.	115mm	115mm
	② - ③	125mm	125mm
	① - ③	205mm	205mm

2. パワートレイン部品のトルクアップ対応

2.1. 目標達成に向けた設計の考え方及び対応手法

軸部については、軸径アップがトルクアップ対応に有効な手段である。しかし本ATの開発では、現行基本寸法を維持するという考え方から、応力集中部位の表面処理追加等により耐力の向上を図った。

遊星ギア、クラッチについては基本寸法を変更しない範囲で仕様及びレイアウトを見直し、必要なトルク容量を確保した。レイアウト制約上、強度が不足する部品については、材料変更、熱処理追加等を行った。また、応力が集中する溶接部位については仕様及び形状の見直しを行った。

* 第二商品設計部
Product Engineering Department No.2
** 部品設計部
Component Engineering Department
*** 部品実験部
Component Experiment Department

主な強化部位の変更内容を以下に示す．

- ・軸部：マイクロショットピーニング追加及び条件の最適化
- ・遊星ギア：キャリアのピニオン数量アップ，ベアリング複列化による耐力アップ，キャリアプレート材料，工法変更及びボス部熱処理追加，溶接方法変更
- ・クラッチ：クラッチフェーシング枚数アップ，コアプレート材質変更，ドラム熱処理追加
- ・アウトプットギア対：歯幅アップ，ウェブ厚アップ
- ・その他：テーパベアリングの特殊熱処理による寿命向上

2.2. 主要部品の具体的変更内容と効果確認結果

2.2.1 軸物部品

インプットシャフト

インプットシャフト形状をFig.2に示す．現行仕様は，SCM材に浸炭焼入れ焼戻し及びショットピーニング（以下SPとする）処理を行ったものである．

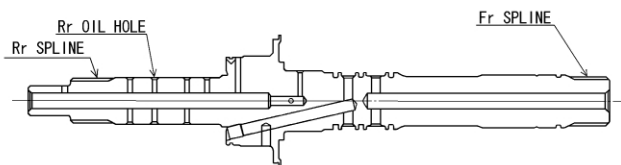


Fig.2 Input shaft (INPUT SFT)

インプットシャフトのトルクアップ対応においては，応力が集中する油穴部及びスプライン部にSPに加え，マイクロショットピーニング（以下MSPとする）処理を追加した．SP及びMSP処理後の残留圧縮応力の分布をFig.3に示す．

この図より，MSPにより表層付近の残留圧縮応力が高くなり，SPにより材料内部の残留圧縮応力が高くなる事が分かる．この2つの表面処理を合わせることで，表層から内部まで残留圧縮応力を高めることが可能となる．Fig.4にSP + MSP処理の耐久強度に対する効果を示す．

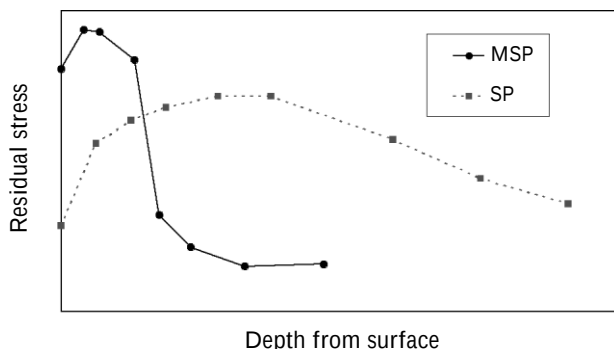


Fig.3 Residual stress distribution

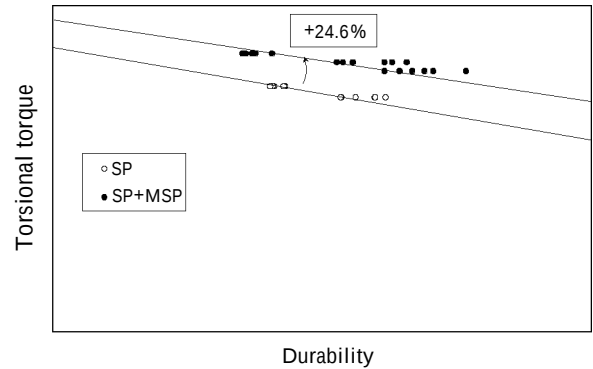


Fig.4 Effect of MSP (INPUT SFT)

Fig.4は横軸に耐久サイクル，縦軸に適用トルクを示している．この図より，表面処理の最適化によって適用トルクを約25%向上させることができ，インプットシャフトのトルクアップ対応が可能となった．

フロントキャリアスリーブ

フロントキャリアスリーブの形状をFig.5に示す．現行仕様は，材質がSNCM材であり，熱処理として浸炭焼入れ焼戻しを施したものである．

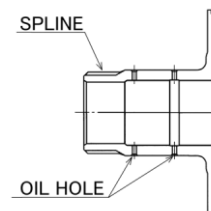


Fig.5 Front carrier sleeve (FR CARR SLEEVE)

フロントキャリアスリーブのトルクアップ対応としては，インプットシャフトの場合と同様，MSP処理を追加した．Fig.6にMSP処理の耐久強度に対する効果を示す．

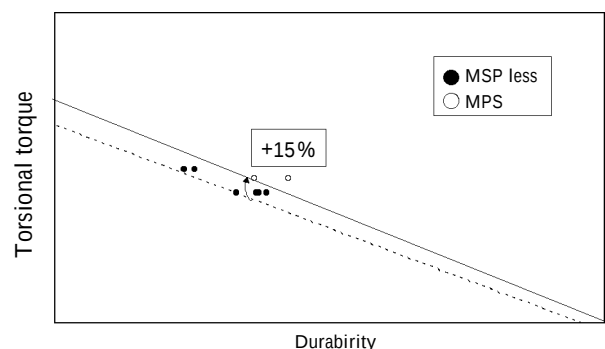


Fig.6 Effect of MSP (FR CARR SLEEVE)

フロントキャリアスリーブにおいては，MSP処理により適用トルクを15%以上向上させることができた．

2.2.2 遊星ギヤ部品

フロント及びリアプラネタリーキャリアの形状をFig.7及びFig.8に示す．

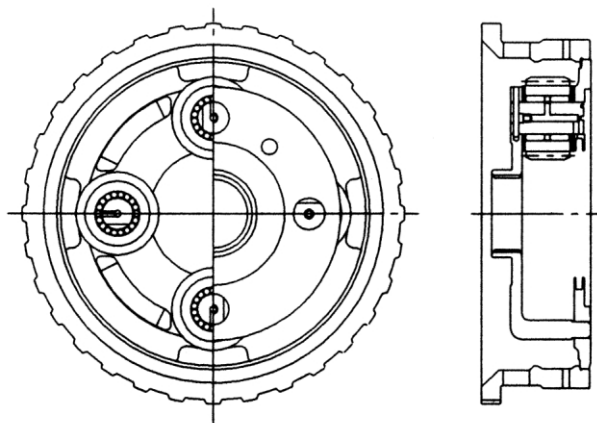


Fig.7 Front planetary gear set (FR CARR)

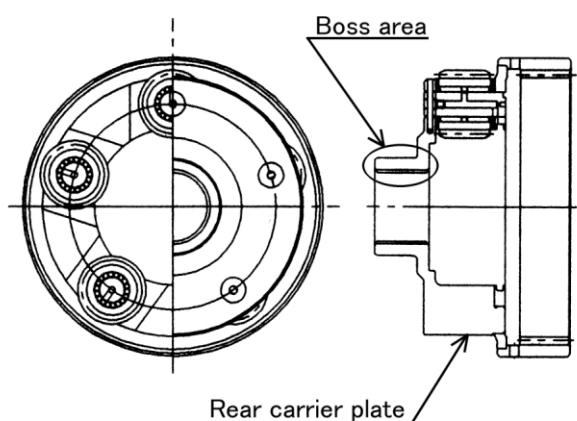


Fig.8 Rear planetary gear set (RR CARR)

遊星ギヤ部のトルクアップに対する主要課題としては下記3項目が挙げられる．

- ピニオンギアの軸受部強度
- 出力軸との嵌合部強度
- 溶接部強度

基本寸法（主に外径寸法）を変更せずに，これらの強度を向上させた具体例について紹介する．

ピニオンギアの軸受部強度

リアキャリアピニオンギヤ部の断面形状をFig.9に示す．ピニオンギヤの軸受部強度を向上させる手段としては，ピニオンシャフトの軸径アップ，ニードルベアリングの本数増による軸受けトルク容量の増加があるが，外径がアップするため，本ATではピニオン数を4から5に増加して入力トルク

を低減し，さらにニードルベアリングを複列タイプに変更することでスキュー力の低減を図った．

またピニオン数アップによる副作用としてキャリアの剛性低下が挙げられるが，特に条件の厳しいリアキャリアについては，キャリアプレートの鍛造化により大幅に剛性を向上させた（Fig.8参照）

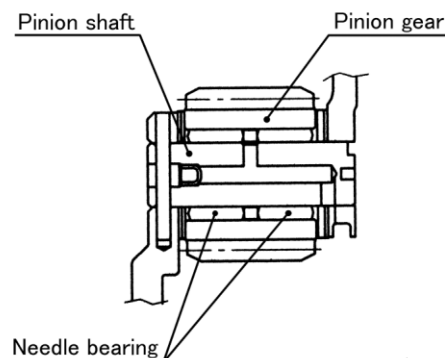


Fig.9 Sectional view of Front pinion gear

Fig.10，11，12に示すように，ニードルベアリングの複列化によりスキュー力を低減し，更にピニオン数アップによりピニオンシャフトのフレーキング寿命を向上させることができた．

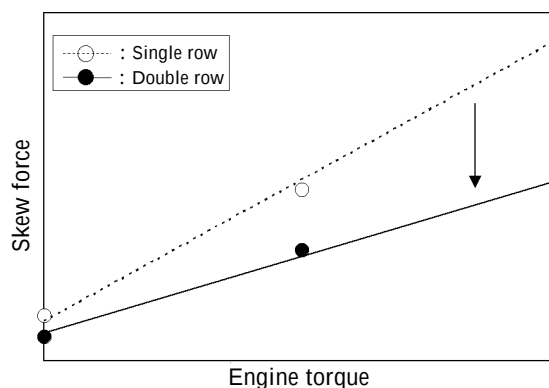


Fig.10 Effect of double row (needle bearing)

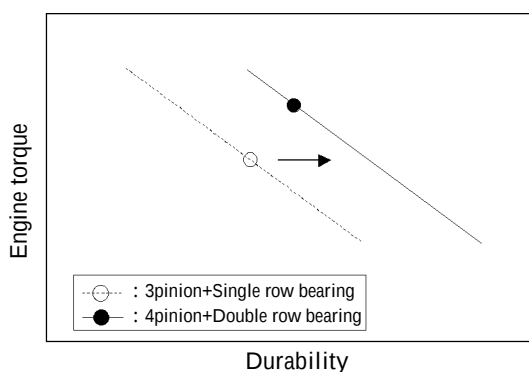


Fig.11 Durability of FR CARR pinion shaft

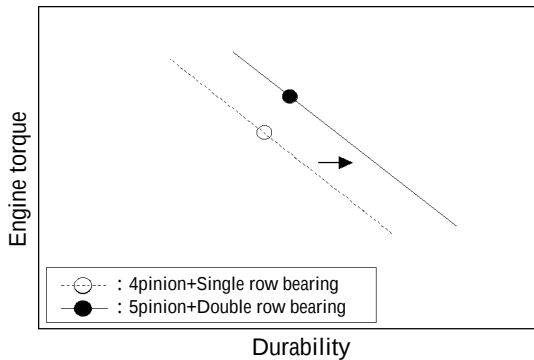


Fig.12 Durability of RR CARR pinion shaft

出力軸との嵌合部強度

出力軸とスプライン嵌合しているリアキャリアのボス部(Fig.8参照)については、根元部の捩り強度及びスプライン部の耐摩耗性の向上が必要となる。

これを達成する手段として、中炭素鋼鍛造材を使用し、これに高周波焼き入れ(以下HFQとする)を施して、ボス部の肉厚アップ及び硬度アップを図った。HFQについては、ボス根元部とスプライン部を同時に焼き入れるため、全硬化を避け、歪を低減できるように熱処理方法の改善及び条件の適正化を行った。この結果、Fig.13及びFig.14に示すように、根元部の捩り強度及びスプライン部の耐摩耗性を大幅に向上させることができた。

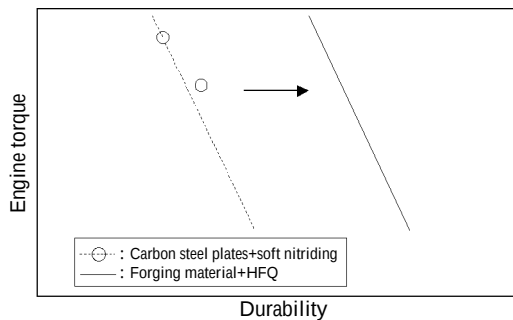


Fig.13 Effect of HFQ (RR CARR)

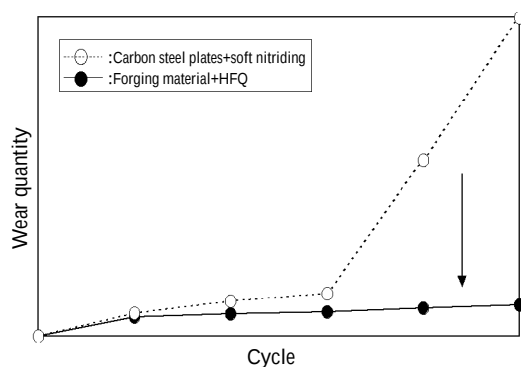


Fig.14 Effect of HFQ (RR CARR)

溶接部強度

リアプラネタリキャリア及びフロントプラネタリサンギアの溶接部形状をFig.15及びFig.16に示す。

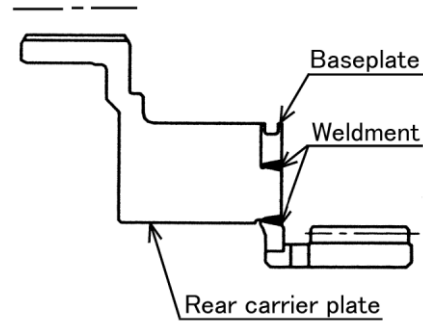


Fig.15 Rear planetary carrier weldment

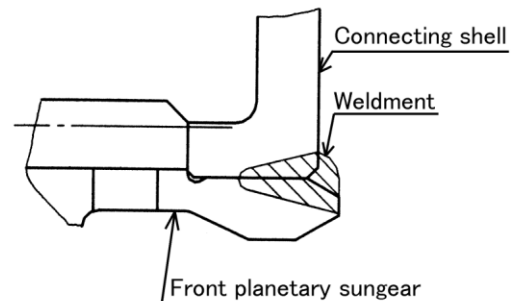


Fig.16 Front planetary sun gear weldment

プラネタリキャリア溶接部は、トルクアップに加え、前述したピニオン数アップでピニオンギヤ同士の円周方向間隔が狭くなり、大幅に強度が低下するため、従来の強化手段である電子ビーム溶接の溶け込み深さ及び溶接ピッチ径のアップだけではリカバリーできなかった。このため本ATでは、さらなる高トルク化への対応として、プラネタリキャリアのキャリアプレートとベースプレート接合部の外周側溶接に加え、内周側溶接を追加した。

また、フロントプラネタリサンギア溶接部はFig.16に示すように、コネクティングシェルをフランジ形状にすることにより、溶接溶け込み深さをアップした。Fig.17に示すように、溶接部強度が大幅に向上した。

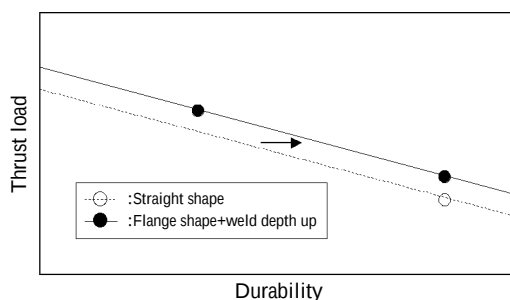


Fig.17 Durability of front planetary sun gear weldment

2.2.3. クラッチ部品

クラッチ部のトルクアップに対する主要課題としては、トルク容量の確保、プレート嵌合部耐摩耗性向上、溶接部接合強度向上等が挙げられる。この中で、特にレイアウトの制約により条件が厳しくなるプレート嵌合部について、耐摩耗性を向上させた具体例を紹介する。ロー＆リバースブレーキ（L&R/B）ドライブプレート及びフォワードクラッチ（FWD/C）ドラムの嵌合部形状をFig.18に示す。

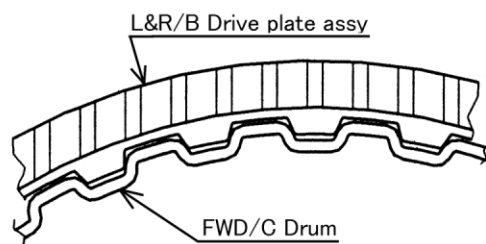


Fig.18 L&R/B Drive plate assy & FWD/C Drum

プレート嵌合部耐摩耗性を向上する手段としては、クラッチ枚数、プレート径、スプライン歯数、プレート板厚アップ等が挙げられるが、本開発では基本寸法の現行流用が前提となるため、材料変更及び熱処理の追加を行った。

ドライブプレートは平坦なプレートをプレスで打抜くシンプルな形状のため、高硬度材料のプレス化が可能である。そのため材料を冷間圧延鋼板からバネ用炭素鋼板に変更することで、嵌合部の硬度をアップさせた。

また相手部品となるフォワードクラッチドラムについては、複雑な形状をプレスで成形しているため、材料硬度アップを行なうとプレス成形性が低下する。そのため、プレス成形性を維持しつつ、硬度アップを図れる軟窒化処理を採用した。

これにより、嵌合部品同士の硬度バランスを適正に保ちつつ、嵌合部の硬度アップを図ることができた。この結果、Fig.19に示すように、ドライブプレート及びフォワードクラッチドラムそれぞれのプレート嵌合部摩耗量を低減することができ、高トルク化対応が可能となった。

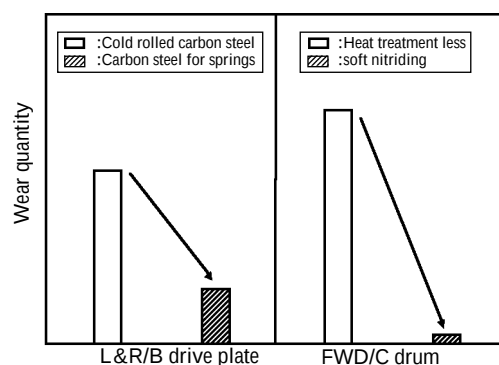


Fig.19 Measured results of abrasion resistance test

3. まとめ

以上述べてきた個々の要素強化の組み合わせにより、当初の狙いである、

- (1) 車両搭載に影響するAT基本寸法を維持すること
- (2) 同時に組立ライン、加工ラインの設備変更規模を最小限に押さえること

を達成しつつ、本来の目標であるトルク容量アップ達成が出来た。

■ 著 者 ■



山浦 忠男



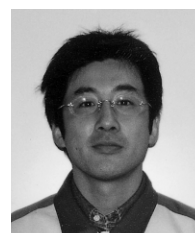
室田 和哉



新明 正弘



青田 和明



塩見 淳

FF車用4速AT JF404E-W (FDO) の紹介

Introduction of JF404E-W(FDO)

JF404E-W (FDO) 型自動変速機は、従来2個使っていたシンプソンタイプのプラネタリギアをラビニョウタイプにすることで1個とし、ワンウェイクラッチも2個から1個にすることで、軽量、コンパクトを実現した、小型の前輪駆動乗用車のための4速自動変速機です。95年にVolkswagen Poloに初めて採用され、2000年12月にはSKODA FABIAにも拡大採用されています。

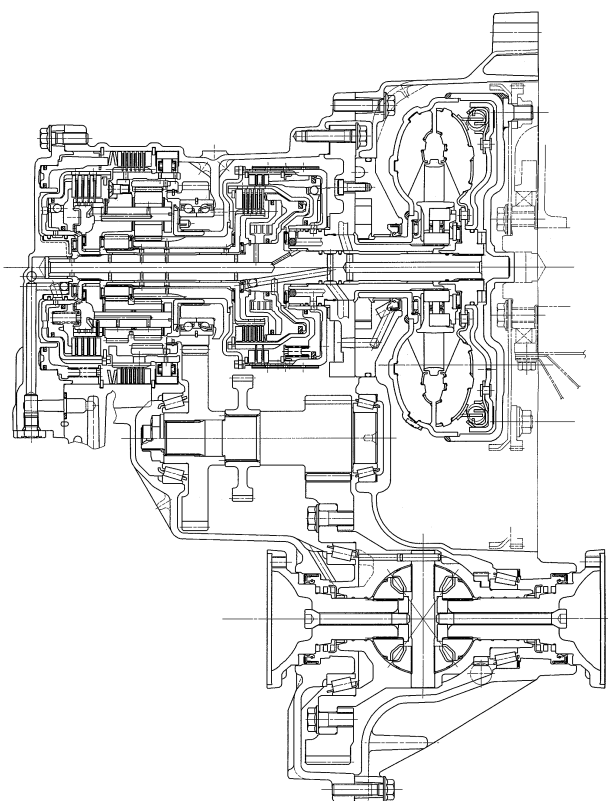


Fig.1 Main cross sectional view

Table 1 Specification of JF404E-W

Max. input torque		150Nm
Max. input speed		7000rpm
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)
Overall Length		360.8mm
Center distance between engine and differential		174mm
Dry weight		60kg

■ 特 徴 ■

SKODA FABIAと現行Poloとの最大の違いがプラットフォームでした。このプラットフォームの違いに対応するため、ATとして次の変更を行いました。

(1) ATの搭載性の向上

ケースとコンバータハウジングの結合ボルト用ボス位置変更、スイングサポート用ボスの面取りを追加する等の変更を行い、車両搭載性向上を図りました。

(2) ノイズの低減

車両暗騒音の低減に対応できるよう、オイルポンプ、アウトプットギアに工夫をし、ノイズ低減を図りました。

(3) セレクトショック向上

- ・ Low / Cディッシュプレート荷重を下げて、D-Rセレクト時のLow / C圧の抜け棚を確保することで、D-Rセレクトショックを改善しました。

- ・ R-Dセレクト時の油圧制御に改良を加えることで、R-Dショックを改善しました。

■ お使いいただいている代表車種 ■



FABIA

FF車用4速AT JF405E-H (FRO) の紹介

Introduction of JF405E-H(FRO)

'98年10月にスズキ（株）様のワゴンR RRに初めて搭載されたJF405E-H（FRO）型自動変速機は、電子制御をさらに進化させてワゴンRシリーズ（ソリオ 1.3を除く）全車に搭載されています。

Table 1 Specification of JF405E-H

Max. input torque		110Nm
Max. input speed		7800rpm
Max. vehicle weight (G.V.W)		1,235kg
Control system		Electronic
Torque converter		186mm dia
Gear ratio	1st	2.914
	2nd	1.525
	3rd	1.000
	4th	0.725
	Rev.	2.642
Final drive gear ratio		4.017 ~ 5.804
No. of select positions		6(P,R,N,D,2,1)
Overall Length		359.9mm
Center distance between engine and differential		172 mm
Dry weight		45.7kg

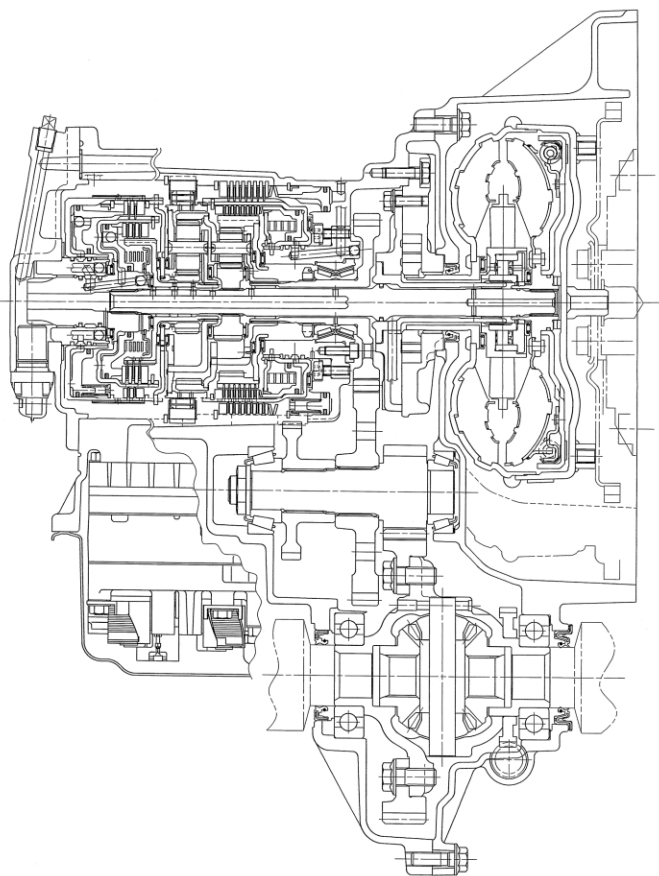


Fig.1 Main cross sectional view

■ 特 徴 ■

1. オールアルミ軽量エンジンの高性能をフルに伝達する，世界トップレベルのコンパクトなトランスミッションです．
2. 燃費と運転性の向上のため、スズキ株式会社様と共同で開発した新電子制御を採用しています．
 - (1) 全車にトルク信号制御を採用，より最適な油圧に制御することで，燃費と滑らかな変速を実現しました．
 - (2) ワゴンRソリオ 1.0では，ワゴンR RRのスリップロックアップ制御を進化させ，燃費を向上しました．さらに登降坂制御によって運転性が向上しています．

車両	エンジン	燃費の向上				運転性の向上
		10・15モード燃費 (l/km)	トルク信号制御	ニュートラル アイドル制御	スリップ ロックアップ制御	登降坂制御
ワゴンR ソリオ 1.0	オールアルミ1L 可変バルブタイミング機構	19.6	○	○	3，4 速	○
ワゴンR RR	オールアルミ0.66L インタークーラー付きDOHCターボ	18.0	○	○	4 速	×
ワゴンR	オールアルミ0.66L 可変バルブタイミング機構	19.0	○	×	×	○

■ お使いいただいている代表車種 ■



ワゴンR ソリオ

FF車用5速AT JF506E (FPO) の紹介

Introduction of JF506E (FPO)

JF506E型自動変速機は、'99年7月にRover MG Group Rover75とLand Rover Group Freelanderに初めて搭載されました。'00年8月にはRover MG Group Rover45にも採用されました。

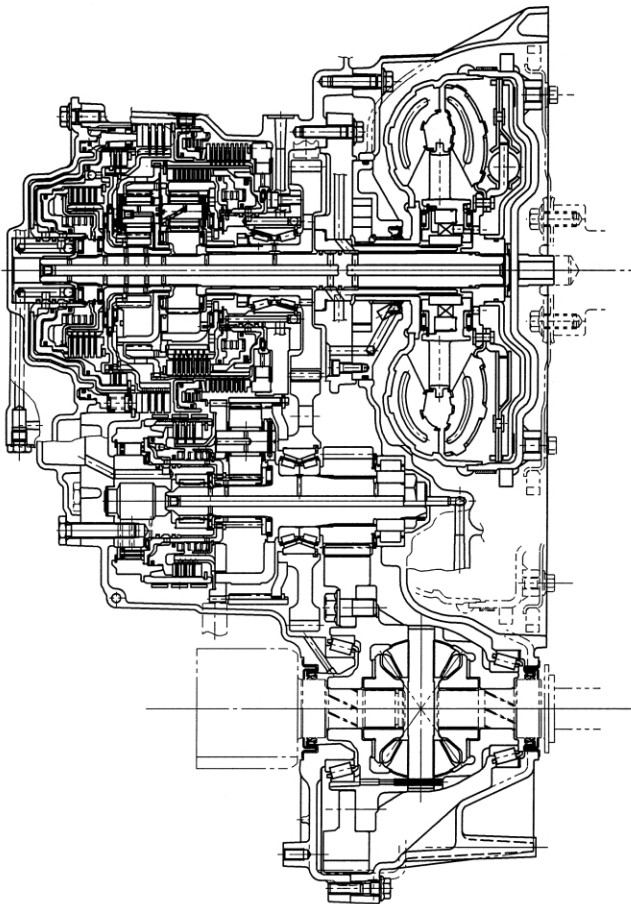


Fig.1 Main cross sectional view

Table 1 Specification of JF506E

Max. input torque		310Nm	
Max. input speed		7,000rpm	
Max. vehicle weight (G.V.W)		1,900kg	
Control system		Electronic	
Torque converter		250mm dia	
Gear ratio	1st	3.474	3.801
	2nd	1.948	2.131
	3rd	1.247	1.364
	4th	0.854	0.935
	5th	0.685	0.685
	Rev.	2.714	2.970
Final drive gear ratio		2.9 ~ 4.1	
No. of select positions		7(P,R,N,D,4,3,2)	
Dry weight		95kg	

■ 特 徴 ■

- 1) 1個のワンウェイクラッチ，超扁平トルクコンバータの採用により，車両への搭載性を良くしています．
- 2) ワイドな5速ギアの採用により，高い燃費性能とパワフルな加速性能を両立しています．
- 3) 4WD用のトランスファーと結合され，本格的なオフロード走行に耐えるよう，高剛性な箱物構造を採用しています．
- 4) ATFを精度良く注入でき，レベルゲージが不要な，フローチューブ方式を採用しています．
- 5) マニュアルシフト"Steptronic"を採用して，スポーティなドライブやオフロードでの確実なコントロールを実現しています．
- 6) 登坂道での頻繁な変速を抑えたり，降坂路で最適なエンジンブレーキを与えるAdaptive shift制御を採用しています．
- 7) その他にも次の制御を採用しています．
 - ・ Normal, Sport, Snowの3種類の走行モードが選択できるモードスイッチ
 - ・ 変速ショックの経時変化を抑える変速時間学習制御
 - ・ 変速ショックのばらつきを抑える変速時油圧のリアルタイムフィードバック制御

■ お使いいただいている代表車種 ■



Rover 75



Freelander

FR車用4速AT JR405E (RZO) の紹介

Introduction of JR405E (RZO)

1999年6月にマツダ（株）様のボンゴに初めて採用された，JR405E（RZO）型自動変速機は，クラッチ圧の直接電子制御を特徴とするFR車用4速自動変速機です．2000年10月には，マツダ（株）様の小型トラック，タイタンダッシュにも採用されました．

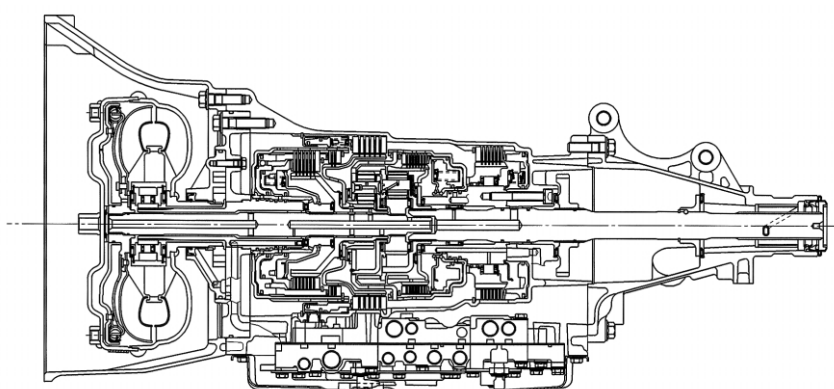


Fig.1 Main cross section

Table 1 Specification of JR405E

Max. input torque	294Nm	
Max. input speed	7000rpm	
Max. vehicle weight (G.V.W)	3250kg	
Control system	Electronic	
Torque converter	236/250 mm dia	
Gear ratio	1st	2.785
	2nd	1.545
	3rd	1.000
	4th	0.694
	Rev.	2.272
Final drive gear ratio	3.9	
No. of select positions	6(P,R,N,D,2,1)	
Overall Length	778mm	
Dry weight	63kg	

タイタンダッシュへの適用にあたっては

- (1) 部品の共通化をはかり、信頼性安定化、コスト低減を図る。
- (2) クラッチ圧直接電子制御の特長を生かし、机上設計を充実させて、キャリブレーション負担を削減するとともに、開発の短期化を図る。

ことを基本的な考え方としました。

■ 特 徴 ■

- (1) 遠心バランスクラッチ室を採用することで、安定したクラッチピストン押力を確保でき、卓越したシフトクオリティを実現しました。
- (2) クラッチ圧直接電子制御を採用しているので、ATCUを交換するだけで他の車への適用が可能です。
- (3) 2&4ブレーキに多板式を採用したこと、学習制御を採用したことで、安定した変速性能を発揮しています。

■ お使いいただいている代表車種 ■



タイタンダッシュ

最大積載量 1.0～1.5トン

エンジン排気量 2.5リッターディーゼル(2WD,4WD), 2.0リッター(2WD)

縦置きFF型4WD車用4速AT（RAM）の紹介

Introduction of RAM

富士重工業（株）様のフォレスターには，1997年から当社のパワートレイン部品を採用していただいています．その後インプレッサ，レガシワゴン，B4にも順次拡大採用いただき，現在は富士重工業（株）様の普通乗用車すべてに採用されています．

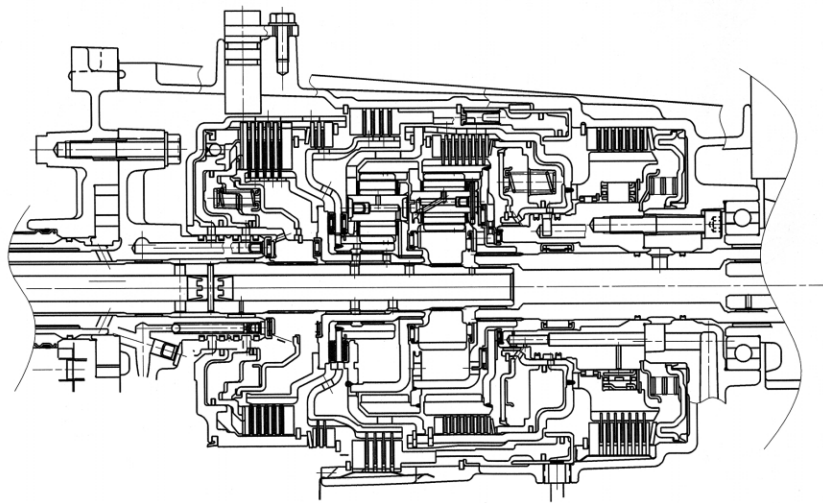


Fig.1 Main cross sectional view

Table 1 Specification

Max.input torque		312 N·m
Max.input speed		7000 rpm
Max.vehicle weight(G.V.W)		1570kg
Control system		Electronic
Gear ratio	1st	2.785
	2nd	1.545
	3rd	1.000
	4th	0.694
	Rev.	2.272
No.of select positions		7(P,R,N,D,3,2,1)

■ 特 徴 ■

- 1) オーバーランニングクラッチ, 3-4ワンウェイクラッチを廃止しコンパクトな構造としています.
- 2) バンドブレーキを廃止し, 多板ブレーキの採用に加え, タービン回転をダイレクトに検出することにより, 変速制御機能の向上を図っています.
- 3) スリップロックアップ制御の採用により, 燃費の向上と振動伝達の軽減を図っています.
- 4) クイックな変速レスポンスとスポーティな走りが楽しめる, マニュアルシフト “ Sports SHIFT ” を採用しています.
- 5) 水平対向3L搭載のランカスターではコントロールバルブ, 2-4ブレーキの精度向上により, 高級車に相応しいシフトクオリティを実現しています.

■ お使いいただいている代表車種 ■



レガシィワゴン

特 許 紹 介

1. 自動変速機のコントロールバルブ取付構造 (Fig.1)

出願：出願日 1988.3.14 実願昭63-32582
登録：登録日 1998.5.15 実用新案登録第2149692号
名称：自動変速機のコントロールバルブ取付構造
発明者：第三商品設計部 山田 敏治

【目的】

この発明は、特に積み重ねたバルブボディを必要とする自動変速機を対象とするものであり、バルブボディ全体を小型化しながら、油路やバルブの配置の自由度を確保することができるコントロールバルブ取付構造を提供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、本発明のコントロールバルブ取付構造は、

- (1) 自動変速機ケーシング10の中心線と直交する方向の壁内に、コントロールバルブ12の油路41と接続する油路40を形成し、
- (2) ケーシングの油路40とコントロールバルブの油路41との接続をケーシングに近い側のバルブボディとの密着面20,22で行うようにして、
- (3) 更に、上記密着面20,22を同一平面上に配置した、ことを特徴としている。

【効果】

従来のように、ロワーバルブボディを密着させて油路を接続したものは、内部に油路を有するケーシング部分とこれに隣接するアッパーバルブボディとの間の所定隙間や、このケーシング部分及びアッパーバルブボディの壁の厚さ分だけスペースが必要だったのに対し、本発明のように、アッパーバルブボディを自動変速機に密着させて油路を接続させたため、これらのスペースが不要となり、小型化することができる。

また、アッパーバルブボディに貫通穴を設けてロワーバルブボディとケーシングの一部とを接続する必要もないので、コントロールバルブが外周方向に大型化することもない。

しかも、アッパーバルブボディとロワーバルブボディとの密着面を広くとれるので、コントロールバルブ全体をコンパクトに収めつつバルブや油路の配置の自由度を確保できる。

そして、ケーシングとの密着面を同一平面上としたため、段差をもって密着させかつ各々に油路接続部を設けた場合に比べて、密着面に複数の油路接続部をどの位置に設けても加工誤差の影響で油圧のシール性を損なうこともないので、シール部材を設ける必要がなく、また油路接続部のレイアウトの自由度も向上する。

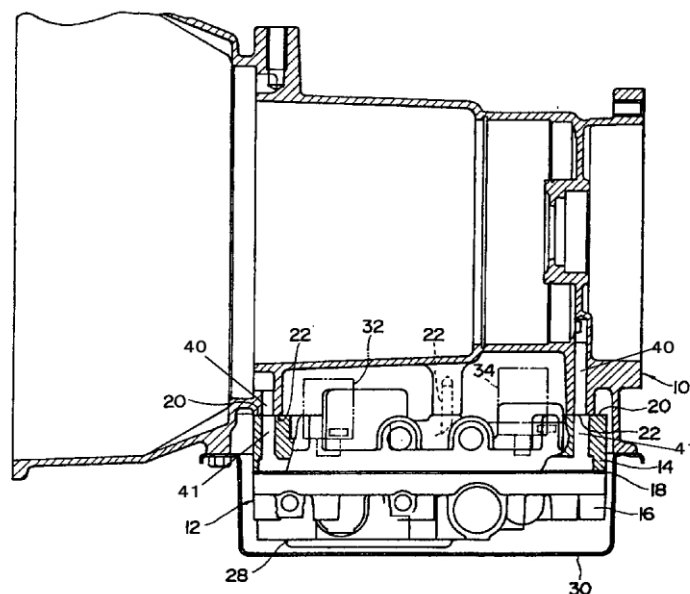


Fig.1

2. ロックアップクラッチの作動制御装置

(Fig.2 & Fig.3)

出願：出願日 1989.9.9 特願平1 - 234425

登録：登録日 1998.10.23 特許第2843609号

名称：ロックアップクラッチの作動制御装置

発明者：部品設計部 飯塚 尚典

ユニット実験部 倉田 貴文

【目的】

この発明は、トルクコンバータの入出力要素の回転差を一定量で保持するスリップロックアップ制御中にアクセルを踏み込んだ場合には、アクセル操作に呼応した加速性を得ると共に、スリップロックアップ制御解除中にスロットル開度の低下や車速の上昇があった場合に、直接完全ロックアップ状態に移行しないようにすることを目的としている。

【発明の構成】

スリップロックアップ制御中にアクセル操作速度が所定踏込操作速度以上となった時、スリップロックアップ制御を所定時間解除するスリップロックアップ一時解除制御手段と、スリップロックアップ制御の解除時間が経過する前に、スロットル開度検出値が設定開度以下になった場合や車速検出値が設定車速以上になった場合には、解除時間の経過を待つことなくスリップロックアップ制御を再開するスリップロックアップ制御再開手段とを備えているロックアップクラッチの作動制御装置。

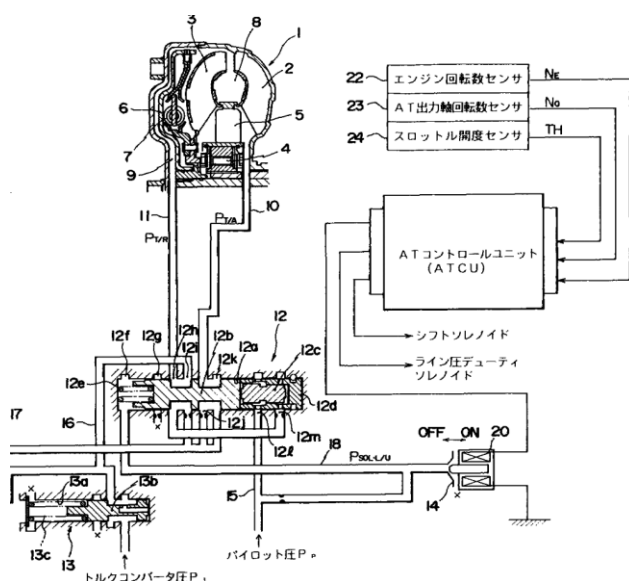


Fig.2

【作用・効果】

入出力要素の回転差を一定量で保持するスリップロックアップ制御中に、ドライバーがアクセルの急激な踏み込み操作を行なった時、アクセル操作速度を検出してアクセル操作速度が所定踏込操作速度以上の場合には、スリップロックアップ制御を所定時間解除しトルクコンバータ状態とする。

従って、スリップロックアップ制御中にアクセルを踏み込んだ時、スリップロックアップ制御が解除されることで、エンジン負荷が軽減され、アクセル操作に対応するエンジンの吹き上げが実現されると共にトルク増幅が行われ、アクセル操作に呼応した加速性を得ることができる。

また、スリップロックアップ制御の解除時間が経過する前に、スロットル開度検出値が設定開度以下になった場合や車速検出値が設定車速以上になった場合には、解除時間の経過を待つことなくスリップロックアップ制御を再開することで、スリップロックアップ解除中に完全ロックアップ状態に入り易い、例えばスロットル開度の低下や車速の上昇があると早期にスリップロックアップ制御を再開することになるので、スリップロックアップ制御の再開が遅れてトルクコンバータ状態から完全ロックアップ状態に直接移行する事態の発生が回避される。

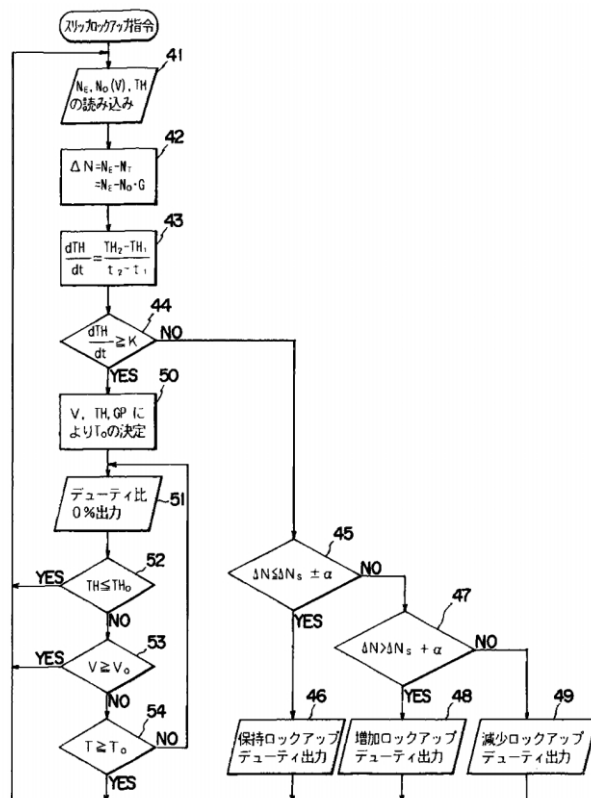


Fig.3

編集後記

当社は、QS 9000認証取得活動を仕事の「質」の向上と、業務「効率化」実現のための手段として捉え、全社一丸となって活動に取り組んで参りました。そこで、第2号においては、QS 9000認証取得活動の特集として取り上げ、活動内容と、代表的な品質マネジメントの仕組みについて紹介することにしました。

21世紀を迎え、我々を取り巻くビジネス環境は大きく変化しようとしています。このような中で、勝ち残っていくためには、「先進技術」、「高い品質」、「競争力ある価格」、「お客様の信頼」の実現が不可欠です。そして、これら4つを継続してアウトプットし続けるためには、QS 9000認証取得活動を通じて構築してきた管理ツールを全員が、日常業務の中で使いこなし、さらにより良い形にリファインしていくことが重要と考えます。本号を通じて、当社のQS 9000取得活動の概要を理解していただき、いろいろなご意見やご示唆を頂ければ幸いです。

- 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 -

2000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 No.2

JATCO TransTechnology Review No.2

発行 2001年3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)0431
印刷所 スルガ印刷
静岡県富士市今泉3丁目6-20

March, 2001
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.