

新型 Odyssey 用 CVT の開発

Development of CVT for 2004 Model Odyssey

佐藤 洋一*
Yoichi SATO
左久間 信次*
Shinji SAKUMA

浦野 純司*
Junji URANO
山口 正明*
Masaaki YAMAGUCHI

大橋 章人*
Akihito OHASHI

要 旨

省燃費性能と走る楽しさを高品位に実現できる 2.4L クラス CVT を Odyssey 用として新規に開発した。Honda CVT として初めてのトルクコンバータ、発進直後からのロックアップ制御、容量切換え式高効率オイルポンプ、全長短縮化技術、プーリ油圧を最適化できるシンプルな油圧制御回路、高品位な走り商品性を実現する ECU 制御システム、ケース 3 点構成、等を採用した。これにより、全長 385mm、総重量 95.3kg、最大伝達容量 218Nm で、伝達効率を他社同クラス CVT に対し 7.5 - 11% 向上し、最適な変速制御が可能となり、省燃費走行とスポーティ走行を両立できる CVT 性能が得られた。

ABSTRACT

A 2.4L class CVT has been newly developed for the 2004 Odyssey to provide superior automotive fuel economy and a high level of driving pleasure. In addition to a torque converter, a first for a Honda CVT, the new CVT includes among its features lock-up control operating from immediately after start-off, a high-efficiency oil pump with a delivery switching mechanism, technologies enabling overall length to be reduced, a simple hydraulic circuit capable of optimizing pulley pressure, an ECU to realize excellent driving performance and a three-part case. With a maximum transmitted torque of 218 Nm at 385 mm in length and weighing 95.3 kg, the new CVT records 7.5-11% higher transmission efficiency than competitors' CVTs in the same class. The new CVT has enabled optimization of shift control, balancing fuel economy with sporty driving performance.

1. まえがき

近年、エネルギー環境問題に対する関心が世界的に高まって来ている中であって、自動車に求められる省燃費性能は極めて重要である。その一方で、車本来の商品性である走る楽しさもさらに求められている。この様な普遍的な社会需要に対して、Honda は 1996 年モデル以降燃費効率に優れた CVT を採用し、Civic, Logo, Insight と改良を続け、2002 年モデル Fit 用 CVT として大幅改良をおこない、省燃費性能と走る楽しさを満足できる 1.5L クラス新 CVT を開発している。

今回、Odyssey のフルモデルチェンジにあたり、省燃費性能と走る楽しさを高品位に実現できる 2.4L クラス新 CVT を開発したので、この技術について紹介する。

* 栃木研究所

2. 開発のねらい

2.4L クラス CVT としてトップレベルの燃費と走りを両立するため、下記をねらいとした。

- (1) トルクコンバータ採用によるスムーズで力強い発進
- (2) 発進直後からのロックアップ制御によるスリップロスの最小化
- (3) トランスミッション伝達効率の大幅改善
- (4) 省燃費走行とスポーティ走行を両立できる最適な変速制御

3. 基本レイアウトと主要諸元

新型 Odyssey 用 CVT (以下、本 CVT) の主断面図と外観

図を Fig. 1, Fig. 2 に、主要諸元を Table 1 に示す。

本 CVT の基本レイアウトの特徴は、発進機構に Honda CVT として初のトルクコンバータの採用、駆動系の効率を重視した容量切換え機構を持つベンポンプの採用、全長短縮のために油路の受け渡し構造を持つステータシャフトの採用、効率向上のためにドリブンプーリー油圧を常時センシングする油圧センサの採用、効率の良い制御回路を構成するためのリニアソレノイドの共用化、ケース構成としては最もシンプルな3点構成の採用などが挙げられる。

これらの技術により、本 CVT は全長 385mm, 総重量 95.3kg, 最大伝達容量218Nmで要求スペックを満足した。

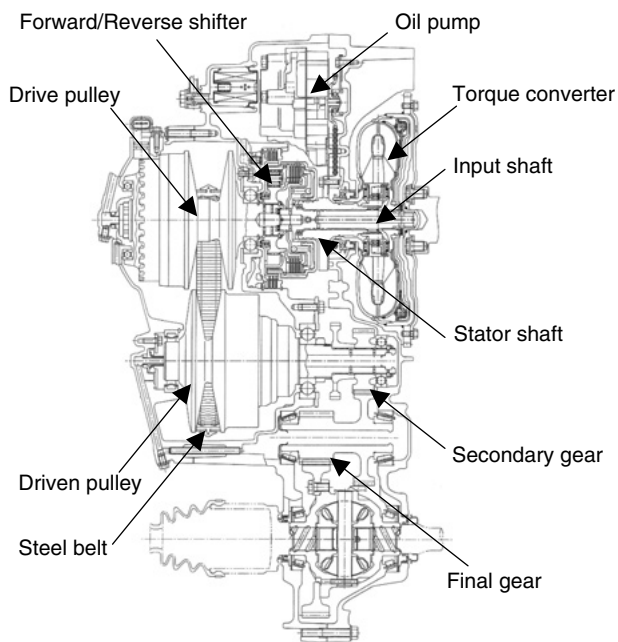


Fig. 1 Main section of CVT

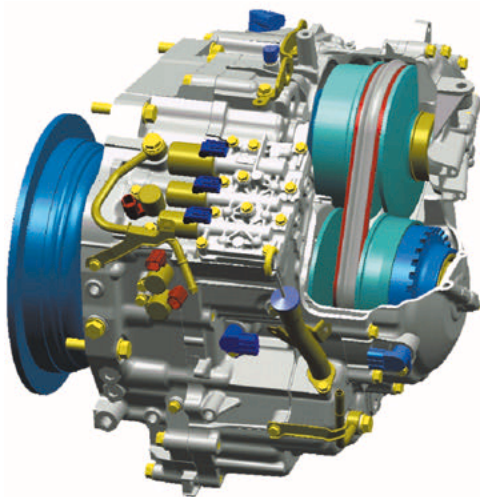


Fig. 2 View of CVT for Odyssey

Table 1 CVT specifications

		2004 Model Odyssey
Engine specifications	Type	2.4L 4VLV
	Max. power (kW/rpm)	118/5500
	Max. torque (Nm/rpm)	218/4500
Ratio	LOW	2.470
	OD	0.450
	Secondary	1.514
	Final	3.350
	Reverse	1.735
Dimension	Overall length (mm)	385
	Pulley axis length (mm)	170
	Weight (kg)	95.3 (Wet)

4. 主要技術

4.1. トルクコンバータ

発進方式にトルクコンバータを採用し、Fig. 3 に示す様に発進時ピーク加速度と持続加速度を兼ね備えたスムーズな加速感を得た。

4.2. 容量切換え式ベンオイルポンプ

2.4Lエンジンのトルクに対応する高油圧と、低回転時の必要吐出流量を確保しつつ、容量切換え機能を備えることにより、オイルポンプの駆動トルクを低減できる高効率オイルポンプを開発した。

4.2.1. 基本構造

CVT 用オイルポンプとして、低温から高温環境まで安定した高油圧と十分な吐出流量を得るため、基本構造を従来のギヤオイルポンプから、平衡型ベンオイルポンプとした。

また、ポンプ本体を形成するオイルポンプボデーとオイルポンプベースに、油圧制御バルブを内蔵し、コンパクト化

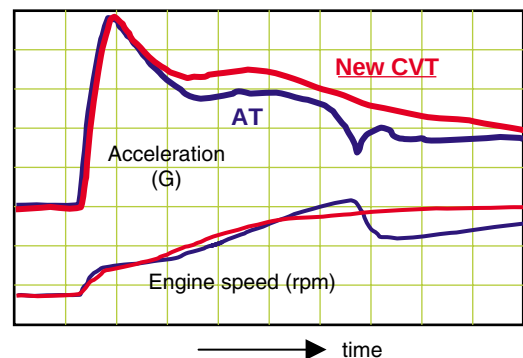


Fig. 3 Start-off acceleration characteristic

を図った。

ベーンポンプ本体の基本構造とバルブ配置を Fig. 4 に示す。

4.2.2. 容量切換え機構

本 CVT 用オイルポンプには、1 回転あたり 2 室の吸入・吐出をおこなう平衡型ベーンポンプの特徴を生かした容量切換え機構を設けた。

オイルポンプが過剰流量を吐出する運転領域では、2 室の吐出(以下、全吐出)から 1 室のみの吐出(以下、半吐出)に切換える。容量の切換えは、別設置の ON/OFF ソレノイドでコントロールされた信号油圧により、ポンプシフトバルブを作動させておこなう。

Fig. 5 に全吐出及び半吐出時のオイル流路状態を示す。

これにより、ポンプ駆動トルクが低減でき CVT 伝達効率が向上した。

Fig. 6 に全吐出及び半吐出時のオイルポンプ駆動トルクの差を示す。

4.2.3. ベーンガイド機構

CVT 用オイルポンプには、エンジン始動と同時に制御に必要な油圧を発生することが要求される。

一般的にベーンポンプは、低温環境下での始動時にロー

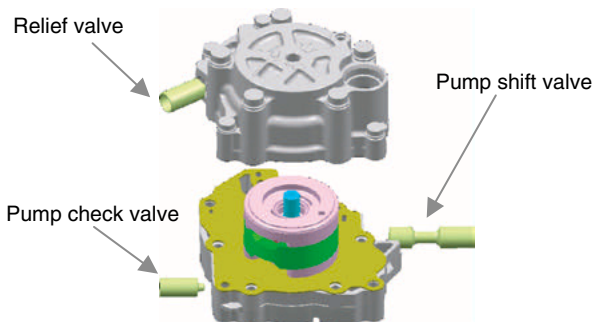


Fig. 4 Layout of pump and valves

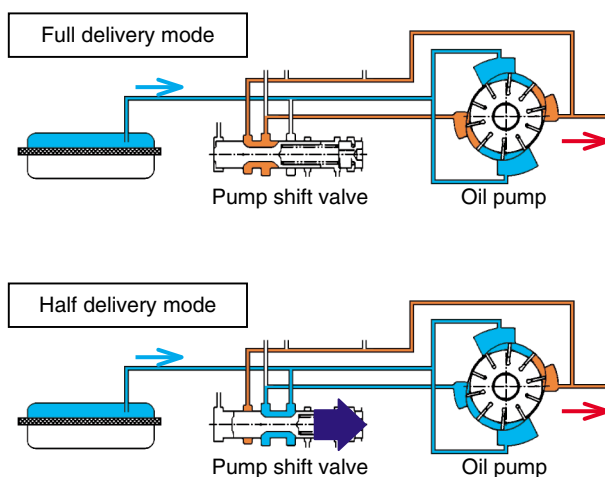


Fig. 5 Delivery modes of pump

タとベーン間のオイル粘性によりベーンの飛び出し抵抗が増加するため、油圧の応答性が低下する。この現象を回避するために、Fig. 7 に示すベーンガイドを設置することにより、低温環境下でのエンジン始動時状態においても、CVT 機能を満足する油圧応答性が得られた。

4.3. 高トルク対応

4.3.1. 金属ベルト

伝達容量 218Nm を確保するため、Van Doorne's Transmissie b.v. 製 30mm 金属ベルトを採用した。ベルトによる変速レシオレンジはおおよそ 5.5 とした。Fig. 8 に Civic 系に用いている 24mm ベルトと今回採用した 30mm ベルトのベルトサイズ比較を示す。

4.3.2. 制御油圧の高油圧化対応

高トルク化にあたり、従来 CVT のプーリ最高油圧 3.5MPa に対し、本 CVT ではプーリ最高油圧 5.4MPa と高油圧になる。高油圧化に伴い制御バルブボデーの強度・変形が課題となるため、FEM 解析を用いて各バルブボデーの高油圧部油路形状及びボルトピッチの最適化をおこなった。

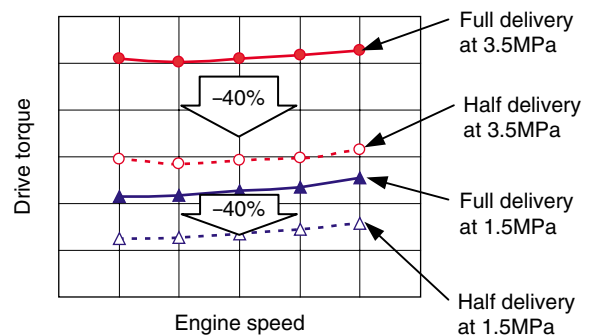


Fig. 6 Drive torque of pump

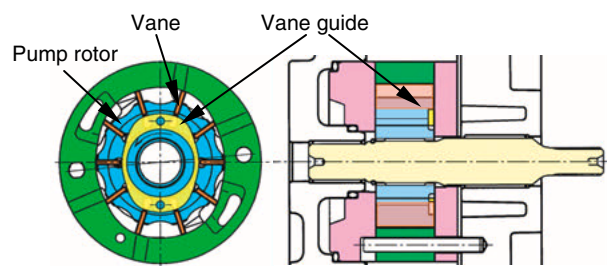


Fig. 7 Vane guide

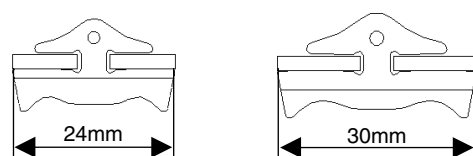


Fig. 8 Comparison of CVT belt size

Fig. 9 に FEM 解析結果を示す。

4.3.3. ケース強度

高容量対応を可能とするために、ケースについてもFEMによる応力解析、合せ面面圧分布解析をおこない、各部形状の最適化を図った。

Fig. 10 に応力解析結果、Fig. 11 に合せ面面圧解析結果の一例を示す。

各部形状の最適化で特に留意しているのは、ファイナルギヤ系回りのベアリング支持部の強度確保、エンジンとの締結の関係でボルト間の形状を直線的にすることができない部分の合せ面の面圧確保などが挙げられる。

4.3.4. プーリ剛性

プーリについては、ドライブ、ドリブン各々の固定側、可動側 4 面の V 面について FEM による応力及び変形量解析

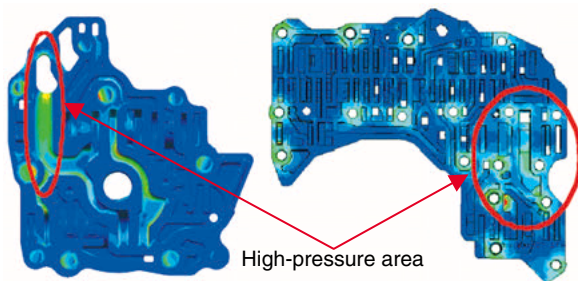


Fig. 9 Valve body stress analysis with FEM

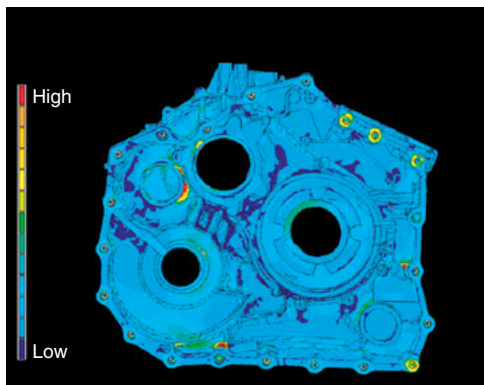


Fig. 10 Stress contour

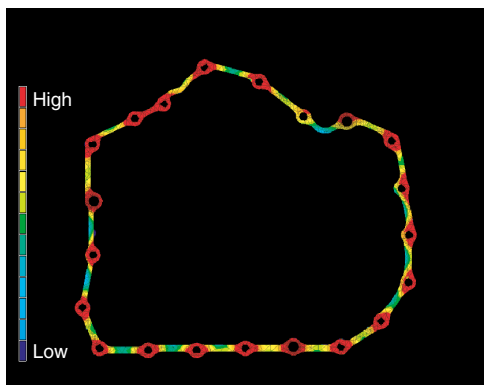


Fig. 11 Contact pressure

をおこない、上記 4 点の剛性バランスに配慮しながら形状の最適化を図った。剛性バランスを考慮する理由は、ドライブ側とドリブン側のプーリ間で発生するベルトミスアライメント量を少なくし、特に高回転、高負荷時の金属ベルトのリングとプーリ V 面の接触を回避するためである。

Fig. 12 にプーリの変形量解析結果を示す。この変形量を用いて、ベルトの軌跡を考慮したリングとプーリ V 面やリングとエレメントの隙間における運転中のリング接触発生頻度を解析した。

4.4. 全長短縮技術

ドライブプーリ軸上の要素について全長短縮を図った。ここでは、本 CVT に適用した代表的な要素について図示するとともに、各要素の効果を示す。

4.4.1. ステータシャフト

オイルポンプからの油圧をインプットシャフトの軸内に受け渡し、トルクコンバータなどの各部に油圧を供給するための油路を兼ね備えたステータシャフトを採用することにより、従来オートマチックトランスミッションに対して約 25mm(社内比)の全長短縮が可能となった。

4.4.2. ベアリング

ドライブプーリ軸を支持するベアリングを軸に対して直接嵌合しないことで全長短縮を図った。ドライブプーリ軸にプーリカバーを締結するためのナットとベアリングを Fig. 13 に示す様に、同位相に配置することにより、ベアリング幅と同等の約 10mm の全長短縮となった。

4.4.3. インプットシャフト

インプットシャフトとフォワードクラッチはスプライン嵌合などにより締結される場合があるが、本 CVT レイアウト

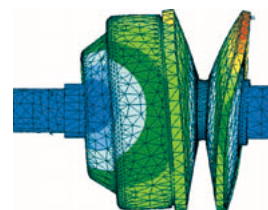


Fig. 12 FEM pulley deformation

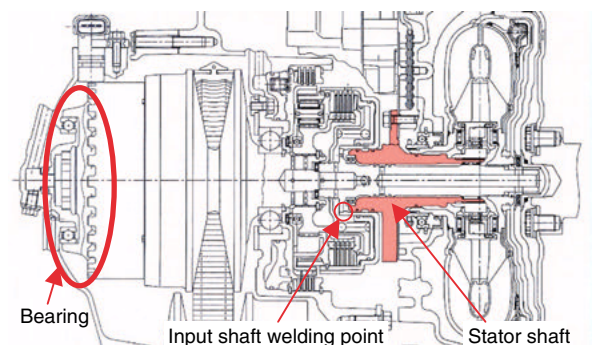


Fig. 13 Layout of drive pulley shaft

トでは全長短縮のために溶接により一体化した。溶接部位を Fig. 13 に示す。これによりスプライン嵌合と比較した場合、約 10mm の全長を短縮することができた。また、一体化により部品点数の削減も可能となった。

4.5. 高効率化

4.5.1. 油圧センサ

油圧制御システム内に油圧センサを設置し、運転状態により ECU が決定した油圧と CVT の作動油圧を、常時センシングしてフィードバックする学習制御を採用した。これにより従来機種に比べ余剰油圧が低減でき、オイルポンプ駆動トルク及びベルトのフリクションが低減できた。

Fig. 14 に油圧センサの制御ロジックを示す。

4.5.2. ドライブプーリダブルピストン

ドライブプーリを従来のピストン室 1 室に対して 2 室とし、同一ピストン外径で受圧面積拡大をおこなった。これにより、クルーズ時のプーリ制御油圧を低減し、クルーズ走行時のオイルポンプ駆動トルクが低減できた。

Fig. 15 にダブルピストンによるプーリ油圧の作用面積の模式図とピストンの構成をカットモデルにより示す。

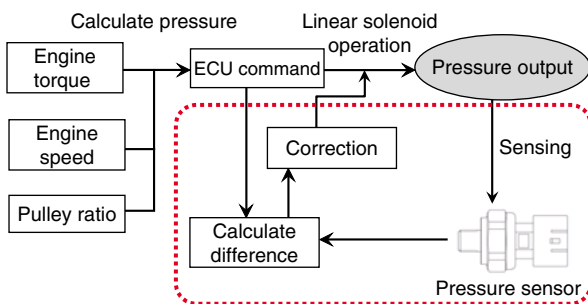


Fig. 14 Control program of pressure sensor

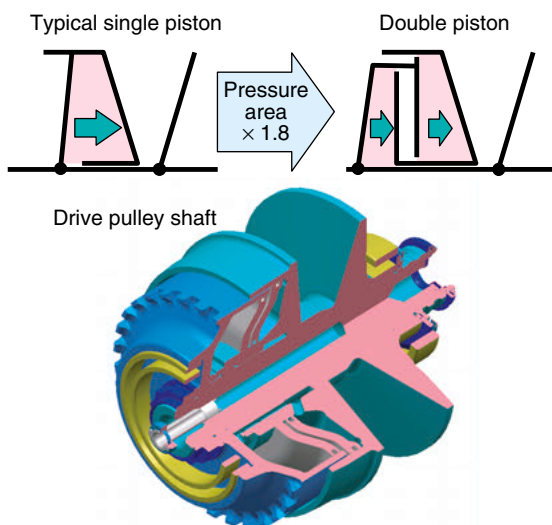


Fig. 15 Double piston mechanism

4.5.3. リバースブレーキ引き摺り抵抗の削減

前進走行時には、リバースブレーキのディスクからプレート間のオイルが常時粘性引き摺り抵抗となるため、円周上数ヶ所にわずかなうねりを持たせたウェーブディスクを採用し、引き摺り抵抗の低減を図った。

Fig. 16 にエンジン回転数に対する引き摺り抵抗の変化を示す。

4.5.4. オイル攪拌抵抗の低減

ドライブプーリが下方に位置するため、オイルがベルト室内に滞留すると攪拌抵抗が著しく増加する。そのため、ベルト室に滞留するベルト潤滑及びベアリング潤滑後のオイルを効率よく排出できる排出穴の設定をおこなった。

また、発進・停止・旋回時のエアレーションを防止するための油面高さを、より少ないオイル量で確保できる様に各ギヤとベアリングの潤滑及び、制御系から排出されたオイルを効率良くオイルパンに戻せるリップ配置とした。

Fig. 17 にトランスミッション内のオイルの流れを示す。以上の項目を適用することにより、フリクショントルク

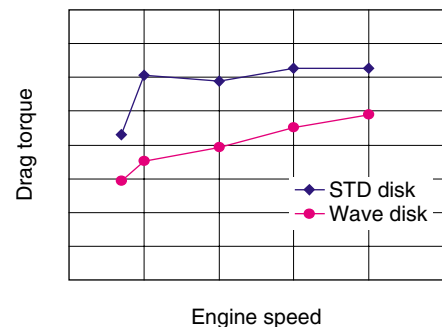


Fig. 16 Drag torque of reverse brake

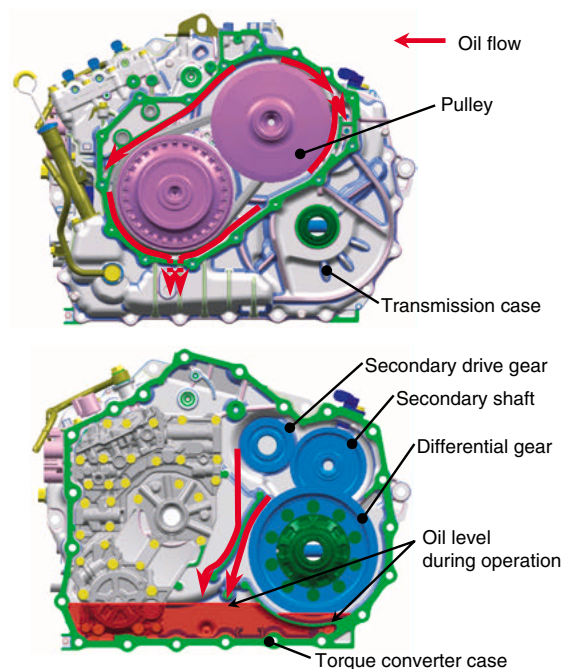


Fig. 17 Oil flow inside case

が低減され、Fig. 18 に示す様に伝達効率が6%向上した。他社同クラス CVT と比べ 7.5 - 11%の優位性を持つ。

4.6. 油圧制御システム

プーリ油圧制御回路はダイレクト制御方式を採用し、二つのリニアソレノイドバルブでドライブとドリブンのプーリ圧を個別に制御している。本 CVT ではさらにドライブプーリにダブルピストンを採用することにより、ドライブプーリ圧を大幅に低減できた。このためプーライン圧コントロール用バルブが不要となり、プーリ油圧制御回路の簡素化が可能となった。

また、本 CVT ではインギヤ時に前後進クラッチ制御をおこなうリニアソレノイドバルブと、ロックアップ制御をおこなうリニアソレノイドバルブの共用化を図った。前後進クラッチとロックアップの制御を四つの制御モードに分け、インギヤモード、発進モード、走行モード、減速モードを二つの ON/OFF ソレノイドで切換える回路構成とした。これにより、インギヤ時のショックの緩和、発進時と走行中のロックアップ制御性の確保及び、減速時のベルト保護が一つのリニアソレノイドバルブで制御可能となり、コスト

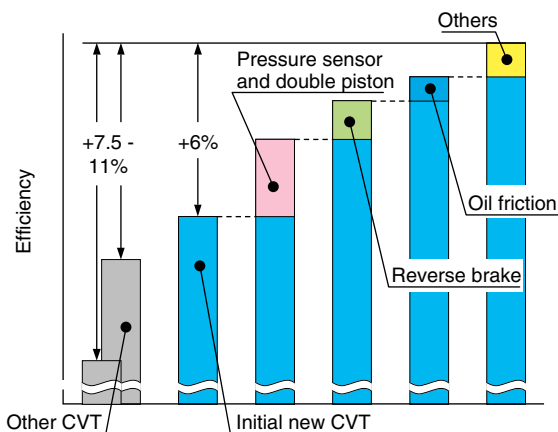


Fig. 18 Transmission efficiency at 60km/h cruise

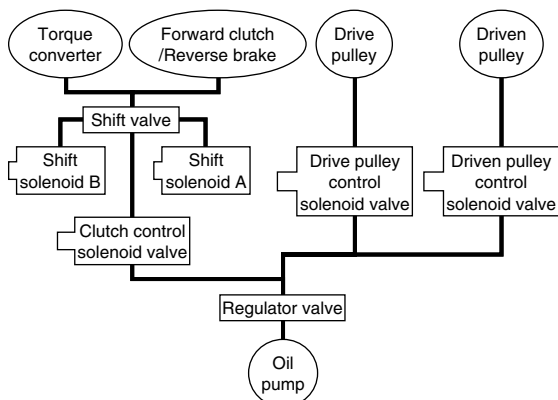


Fig. 19 Hydraulic circuit

ダウンとスペースレイアウトの効率化が可能となった。

Fig. 19 に油圧制御システムを示す。

4.7. ECU 制御システム

4.7.1. ロックアップ制御

CVTの発進デバイスとしてロックアップクラッチ付トルクコンバータを採用することで、従来の発進クラッチに対し発進駆動力の増加による発進商品性の向上が図れるが、発進時のスリップロスによる効率低下が課題となる。

本 CVT では、ロックアップクラッチの作動を発進領域まで拡大し、トルクコンバータのスリップロスを最小限にして効率向上をおこなった。

Fig. 20 にロックアップクラッチの作動領域を示す。

車速0付近は、ロックアップクラッチを非継合とし、トルクコンバータのトルク増幅を最大限利用し発進商品性を向上させている。トルクコンバータのトルク増幅比が減少する領域に入った時点で、ロックアップクラッチの継合を開始し、スロットル開度に応じた制御をおこなう。低スロットル領域は、スリップロスを最小限にするためにクラッチ容量をすばやく上昇させ、高スロットル領域は、動力性能を優先させるためにクラッチ容量をゆっくり上昇させる。Fig. 21に発進時におけるスロットル開度別の車速に対するロックアップクラッチの継合特性を示す。

以上の様に、トルクコンバータの特性を活かして発進商品性を確保し、さらにロックアップ制御の最適化により発進時の効率向上が可能となった。

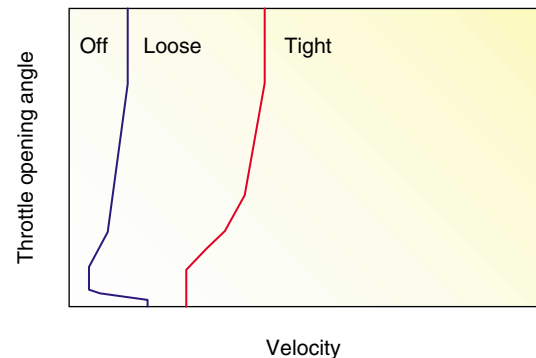


Fig. 20 Lock-up clutch map

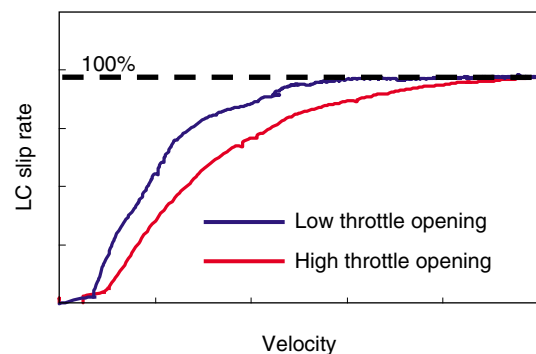


Fig. 21 Lock-up clutch slip rate characteristic

4.7.2. 変速制御

CVT 変速制御のさらなる進化として各走行モードに合わせた適切な変速制御を実現した。

走行モードの選択判断条件として、下記を用いている。

- ・車速
- ・アクセル開度履歴
- ・コーナリング G (横方向加速度)履歴

これらの判断条件を元にシフトスケジュールを3段階に切替える制御(D1/D2/S シフトスケジュール)とコーナリング G シフト制御をおこなっている。

(1) D1 シフトスケジュール

燃費に重点をおいた変速スケジュールで、アクセルの低開度領域でエンジン回転数を抑えエンジントルク主体で走行する設定としている。

(2) D2 シフトスケジュール

アクセルの中開度領域の走行頻度が高くなった時、D1 に対しエンジン回転数を高めに設定し、より良い加速性能が得られる設定としている。

(3) S (スポーツ)シフトスケジュール

アクセルの高開度領域の走行頻度が高くなった時、D2 に対しさらにエンジン回転数を高めに設定し、スポーツ走行に適した加速性能とエンジンブレーキ性能が得られる設定としている。Fig. 22 に変速スケジュールの切換えイメージを示す。また、Fig. 23 に D1 と D2 と S の変速スケジュー

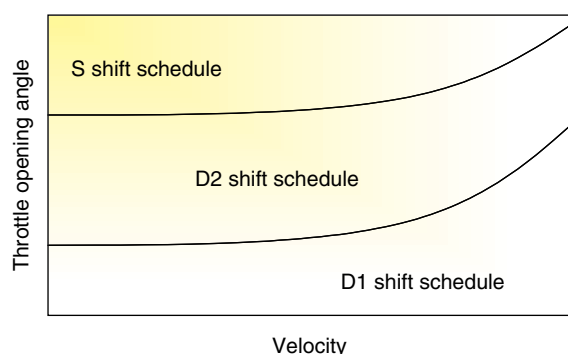


Fig. 22 Switching between shift schedules

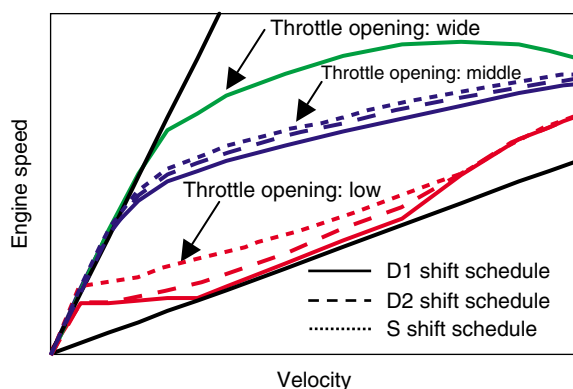


Fig. 23 D1, D2 and S shift schedules

ルの比較を示す。同じアクセル開度に対して異なる変速特性としている。

(4) コーナリング G シフト制御

走行中のコーナリング G 履歴によりワインディング判断をおこない、ワインディング判断中は、高回転を効果的に保持する様に設定する。

(5) 各シフトスケジュールの切換え効果

Fig. 24 - 26 は、各走行モードでの車速とエンジン回転数との関係を実測したものである。

Fig. 24 は、市街地とハイウェイ走行中の実測結果を示す。この走行モードでは、D1シフトスケジュールでの走行となり、低エンジン回転数領域を使用して走行していることがわかる。

Fig. 25 は、登降坂走行の実測結果を示す。この走行モードでは、D2 シフトスケジュール及び登降坂のシフトスケジュールでの走行となる。この領域では市街地走行に対し高いエンジン回転数を使用しており、登降坂走行でも十分な走行フィーリングが得られている。

Fig. 26 は、ワインディング及びサーキット走行の実測結果を示す。この走行モードでは、Sシフトスケジュール及びコーナリング G シフトスケジュールでの走行となり、さらに高回転領域を保持することが可能となっている。このシ

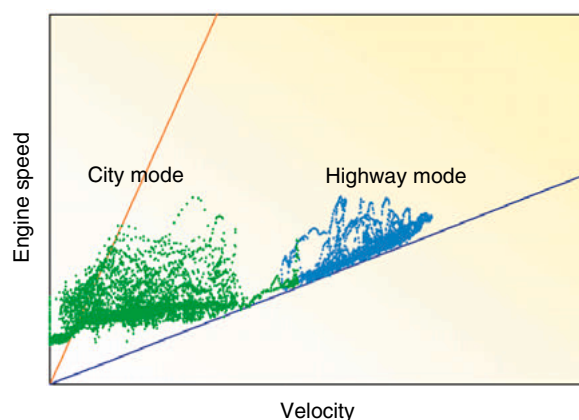


Fig. 24 City and highway mode

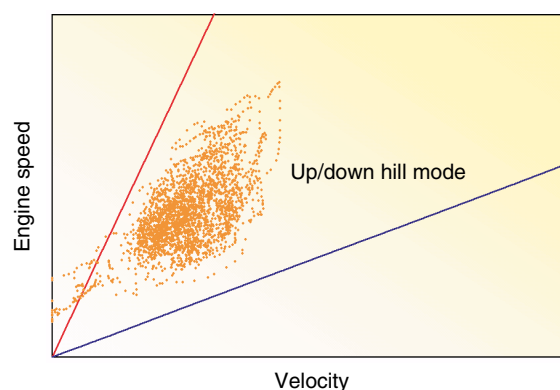


Fig. 25 Uphill and downhill

フトスケジュールによって、よりハードな走りでも良好な走行フィーリングが得られている。

以上の様に、走行モードに応じてシフトスケジュールを自動で切換えることにより、シフトレバーを切換えることなく、Dレンジ走行で省燃費走行と走りを両立することができる様になった。

4.8. ケース3点構成

従来 CVT のケースは5点構成であったが、本 CVT においては Fit で採用したオイルパンレス構造をさらに発展させ、インタミディエートプレートをも廃止し、ケース3点構成としケース構造の簡素化をおこなった。

Fig. 27 は従来 CVT との比較であるが、ドリブン発進クラッチを用いた従来CVTでは前後進切換機構の配置及びプーリ軸支持のためにインタミディエートプレートが必要であったのに対し、本CVTはトルクコンバータを採用することにより前後進切換機構及びプーリ油室の配置を見直し、ケース3点構成のレイアウトが達成できた。

この変更により、ケース合せ面数が削減でき CVT 全体の剛性 UP が可能となった。また、ボルト本数の削減及びボルト長さの短縮により、軽量化も達成できた。

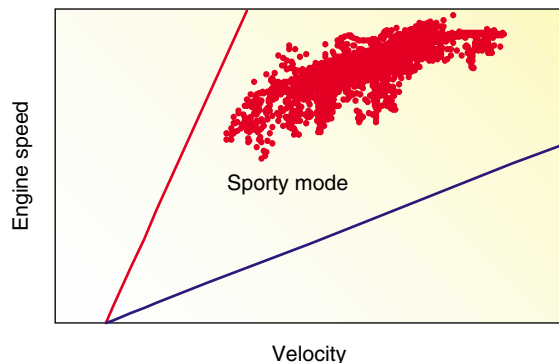


Fig. 26 Sporty mode

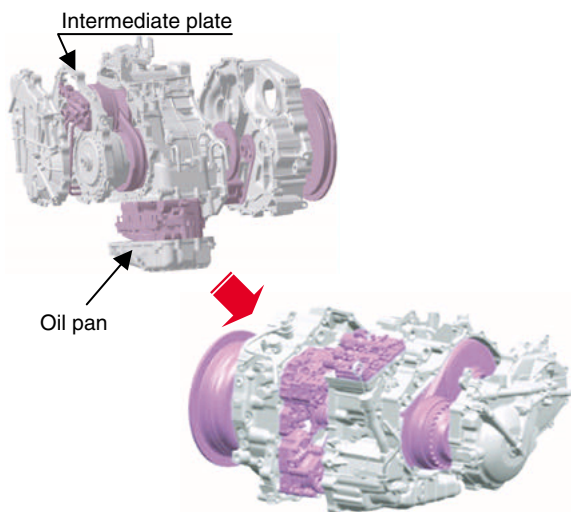


Fig. 27 Transmission consists of three cases

5. まとめ

2.4Lクラス新CVTの開発を通し、下記の技術を確認した。

- (1) トルクコンバータの特性を活かした発進商品性を確保しつつスリップロスを最小化し効率向上が可能な、発進直後からのロックアップ制御最適化技術
- (2) トランスミッション伝達効率を大幅に改善する(他社 CVT に対し 7.5 -11% VVT 効率向上技術)
- (3) 省燃費走行とスポーティ走行を両立できるシフトスケジュール自動切換え制御

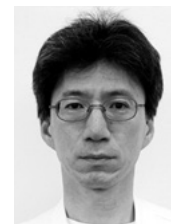
参考文献

- (1) 太田庄次, 國井久史, 角誠, 藤本修一, 山口徹朗: ハイブリッドカーインサイト用コンパクト CVT の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.61-70
- (2) 角誠, 藤本修一: ハイブリッド自動車用コンパクト CVT の開発, 自動車技術, Vol.54, No.4, p.48-54(2000)
- (3) 角誠, 國井久史, 藤本修一, 一條秀治, 長谷川隆, 福島幸彦: フィット用新 CVT の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.67-76
- (4) 斉藤俊博, 岡野武政: CVT プーリ剛性を考慮した金属ベルト応力シミュレーションの適用, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.191-196

■ 著 者 ■



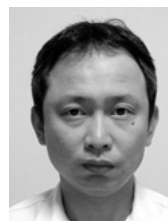
佐藤 洋一



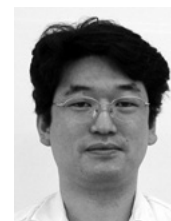
浦野 純司



大橋 章人



左久間 信次



山口 正明