

中型車用 新型 CVT の開発

Development of New CVT for Midsize Vehicle

犬飼 浩一郎*
Koichiro INUKAI
内野 雄之*
Takeshi UCHINO

柴原 章宏*
Akihiro SHIBAHARA
小島 三千夫*
Michio KOJIMA

村上 康則*
Yasunori MURAKAMI
西山 恵以地*
Keiichi NISHIYAMA

要 旨

省燃費性能と走る楽しさ、全世界市場への展開可能な信頼性と商品性、高出力直噴エンジン対応を高次元で達成した中型車用 CVT を開発した。国内で発売している 2.4L クラスの CVT を改良し、レシオレンジの拡大、高効率と高伝達容量を両立した高摩擦係数 CVTF、クラッチ圧常時制御などの保護制御を採用した。これらにより全長 386.5 mm、総重量 96.1 kg、最大伝達トルク 270 Nm を達成するとともに、2008 年モデル Accord 5AT 比約 10% (CAFE Comb.)、2010 年モデル STEP WGN CVT 比においても約 5% (JC08) の燃費向上を達成し、省燃費と走る楽しさを高次元で両立できる CVT 性能が得られた。本 CVT は、2012 年モデル STEP WGN、2013 年モデル Accord より適用されている。

ABSTRACT

A CVT for midsize vehicles was developed that simultaneously achieves high levels of fuel efficiency performance and driving enjoyment, reliability and marketability enabling deployment to global markets, and support for high-power direct injection engines. This was done by modifying the CVT for 2.4 L-class vehicles sold in Japan, expanding the ratio range, using CVTF with a high friction coefficient that simultaneously realizes both high efficiency and a high transmission capacity, and adopting protective control such as constant control of the clutch pressure. This enabled achievement of an overall length of 386.5 mm, total weight of 96.1 kg, and maximum transmission torque of 270 Nm, and also enhanced fuel efficiency by approximately 10% (CAFE Comb.) compared to the 2008 model year Accord 5AT and approximately 5% (JC08) compared to the 2010 model year STEP WGN CVT. Thus, CVT performance was obtained that can simultaneously realize high levels of both fuel efficiency and driving enjoyment. This CVT is applied from the 2012 model year STEP WGN and the 2013 model year Accord.

1. まえがき

昨今の自動車に求められる高い環境性能において、トランスミッション（以下 T/M）の役割は非常に重要となっている。世界的にも従来の 4AT、5AT を上回る多段 AT、デュアルクラッチトランスミッションや CVT の採用が増えてきている。Honda は 1996 年モデル CIVIC より発進クラッチ式 CVT を採用し⁽¹⁾、小型車やハイブリッド車を中心に適用を拡大してきた^{(2), (3)}。中型車用としては 2004 年モデル Odyssey にトルコン付き CVT を採用し⁽⁴⁾、国内向けミニバンへ適用してきた。このクラスの中型車用 CVT は、世界的な今後のさらなる燃費向上要求に対応するため、国内向けミニバンだけでなく全世界のセダンや SUV 車へも適用が求められてきた。このような背景により今回開発した新型 CVT は、中型車に求められる走りと燃費性能を高次元で両立させることを目的として、トルク容量と

レシオレンジを拡大しながら伝達効率を向上させた。また、全世界の AT ユーザに違和感なく乗り換えていただけるよう、爽快でスポーティな変速フィーリングを実現した。本稿では、この新型 CVT の開発のねらい、基本構造、主要技術について述べる。

2. 開発のねらい

世界トップ性能の中型車用 CVT を開発するにあたり、下記 3 項目を開発のねらいとして設定した。

- (1) 米国での 2020 年燃費規制を達成するための高い燃費性能
- (2) 次世代高出力直噴エンジンへの対応と、全世界のあらゆる使われ方に対応する信頼性
- (3) 全世界展開可能な走りの商品性

*四輪 R&D センター

Table 1 CVT specifications

		2013 model year Accord	2012 model year STEP WGN	2008 model year Accord (5AT)	2004 model year Odyssey
Engine specification	Type	2.4L DOHC DI	2.0L SOHC i-VTEC Idle Stop	2.4L SOHC i-VTEC	2.4L SOHC i-VTEC
	Max power (kW/rpm)	137/6400	110/6200	150/7000 135/6500	118/5500
	Max torque (Nm/rpm)	243/4000	193/4200	230/4500 225/4500	218/4500
Ratio	Low OD	2.645 0.405	2.645 0.405	1 st : 2.651 5 th : 0.566	2.470 0.450
	Ratio range	6.54	6.54	4.68	5.48
	Secondary	1.558	1.558	-	1.514
	Final	3.238	3.238	4.437	3.350
	Reverse	0.703	0.703	2.000	1.735
	Transfer (4WD)	-	0.279/1.411	-	-
Dimensions	Overall length (mm)	386.5	386.5	379	385
	Pulley axis distance (mm)	180	180	-	170
	Weight (kg)	96.1 (Wet)	97.3 (Wet)	92.6 (Wet)	95.3 (Wet)

3. 主断面と主要諸元

中型車用新型 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以下のとおりである。

- (1) 燃費と走りの高次元での両立を目的として、レシオレンジを 6.54 に拡大した。

- (2) 半吐出切替え機構付きバーン式オイルポンプの制御を進化させ、半吐出領域の拡大をおこなった。

- (3) 電動オイルポンプを採用することで、アイドリングストップ機構に対応した。

- (4) 高効率と高金属摩擦係数を両立させる、CVT フルード (以下 CVTF) を採用した。

- (5) プーリ V 面の面性状の最適化をおこなった。

- (6) クラッチ圧を専用リニアソレノイドで常時制御できる油圧回路とし、スロットルなどと効果的に協調させる保護制御を採用した。

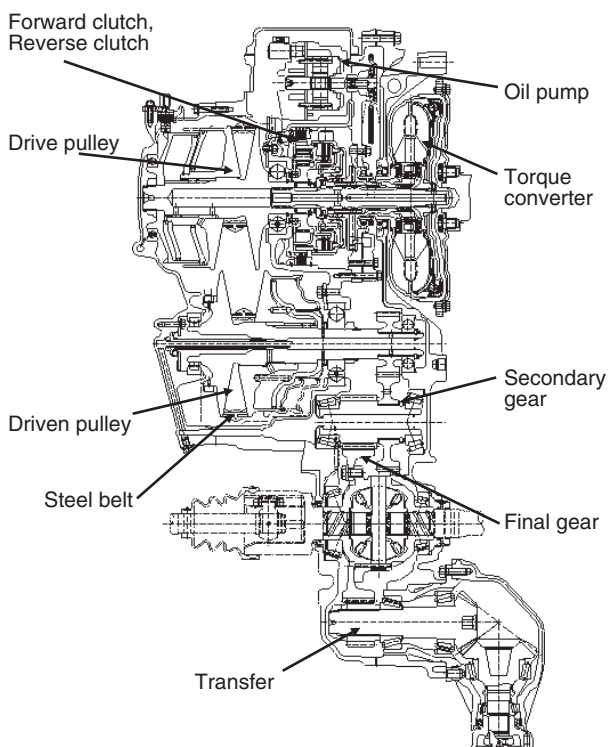


Fig. 1 Main section of CVT

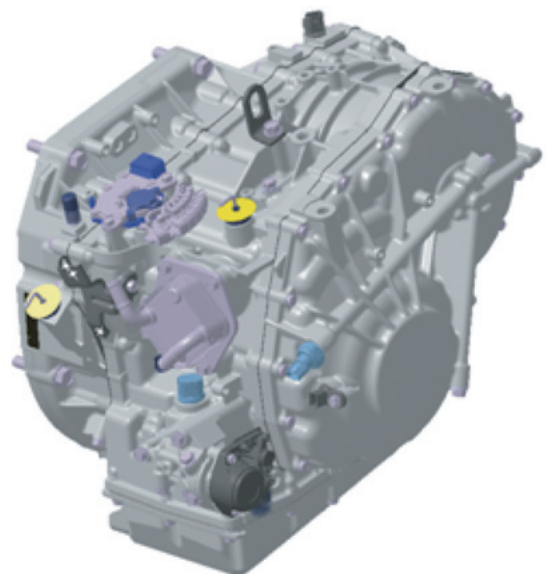


Fig. 2 External view of CVT for STEP WGN

4. 主要技術

4.1. レシオレンジ拡大

レシオレンジに関しては、低燃費性能および駆動力確保という、相反する内容を高次元で両立できるように、ドライブ（以下 Dr）プーリとドリブン（以下 Dn）プーリの軸間を従来型 CVT の 170 mm から 180 mm とし、レシオレンジを拡大した（Fig. 3）。

4.1.1. 燃費性能

全運転域で燃費を最良にするため、エンジンの使用領域の、燃費率の良い領域を積極的に使えるように High レシオを確保した。

4.1.2. 動力確保

各搭載想定機種および、各仕向けでの運転条件を考慮し、必要十分な駆動力を得るため、Low レシオを確保した。

上記 2 項目を主眼に、かつ従来実績のある 30 mm 幅金属ベルトの採用を前提とし、軸間距離、軸径、プーリ径およびドライブとドリブン間のベルトラインアライメント設定等の最適化をおこなった。これにより、レシオレンジは 6.54 と 2008 年モデル Accord 用 5AT の 4.68、従来型 CVT の 5.48 に対し大幅なレシオレンジの拡大を実現した。

そして良好な燃費性能と力強い加速性能、加えてスムーズな走りを実現する基本骨格を構築した。

4.2. オイルポンプ半吐出領域の拡大

本 CVT で採用しているベーンポンプのような容積型ポンプでは吐出流量が回転数に比例するため、エンジン回転数が低い領域で T/M の駆動に必要な吐出流量を確保しようとすると、エンジン回転数が高い領域で吐出流量が過剰になり、ポンプを駆動する動力が無駄に消費されて燃費が低下するという課題がある。

そこで本制御は、現在の運転状態における推定半吐出運転流量と T/M 駆動に必要な流量（変速流量、油圧回路からのリーク流量、潤滑流量の総和）の差分である余裕流量（Fig. 4）を常時算出し、その値が所定値未満の領域では可

変容量ポンプを全吐出運転状態にし、所定値以上の領域では半吐出運転状態に切り替えることで走行中の燃費の向上を図っている。本制御を採用した結果、従来型 CVT に対し半吐出運転状態で走行できる領域の拡大が可能になった（Fig. 5）。

一方で半吐出運転状態への切り替え判断に使用する余裕流量は、設計諸元や試験結果に対してばらつき影響を考慮した種々のパラメータから算出しているが、必ずしも個々の運転状態と一致するものではない。そのため、計算結果と実機との間にズレが発生した場合に半吐出運転状態から全吐出運転状態へ戻すための制御も同時に適用することで制御の信頼性を確保している。

4.3. アイドリングストップ機構

軽自動車用 CVT にも採用された高効率小型電動オイルポンプを基本流用し、D レンジ停車時にエンジンをストップさせ、燃費性能の向上を図った。また、スタータモータにて駆動されるリングギヤにヘリカルリングギヤを採用し、エンジン再始動時の NV 性能向上（リングギヤ噛み合い音の低減）を図った。電動オイルポンプの配置に関しては、被水環境を考慮し、エンジン停止時の静油面より高い位置に配置する場合、サクション回路に空気が溜り、起動時のエア噛みによる応答遅れや異音が課題となる場合が有

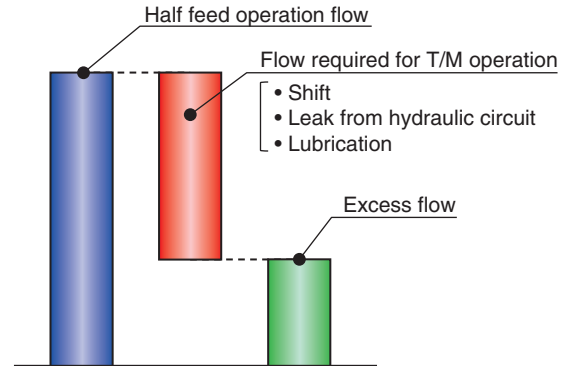


Fig. 4 Detail of half feed operation

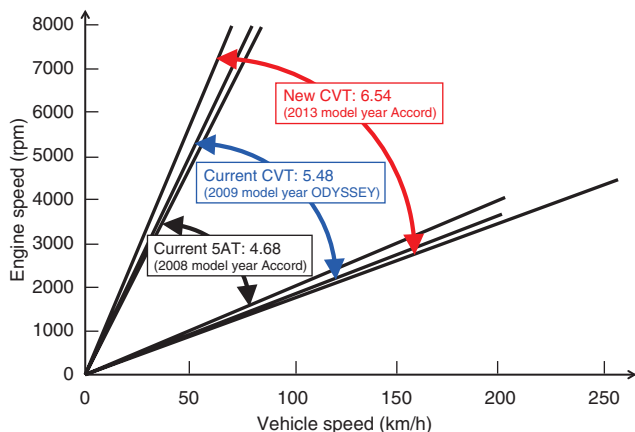


Fig. 3 Ratio coverage comparison

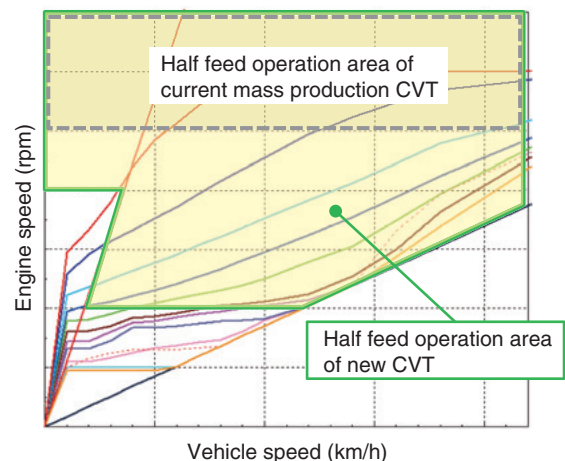


Fig. 5 Expanded half feed operation area

る。この課題を解決するために、サクション回路に油圧回路のドレンを導入して常時 CVTF で満たす構造とした。これにより、電動ポンプを油面よりも高い位置に配置することを可能とした (Fig. 6)。

4.4. 高金属摩擦係数 CVTF

CVTF に求められる性能として機械効率の向上がある。この特性を CVTF にて高める手法としては、

- (1) 低粘度化による CVTF 攪拌抵抗の低減
- (2) 金属ベルトとプーリ間の摩擦係数の向上による、必要プーリ油圧の低減

が挙げられる。本開発 CVTF (名称 HCF2) は、粘度調整剤の複数配合と最適添加により、優れた常用域粘度と、せん断安定性を確保した (Fig. 7)。

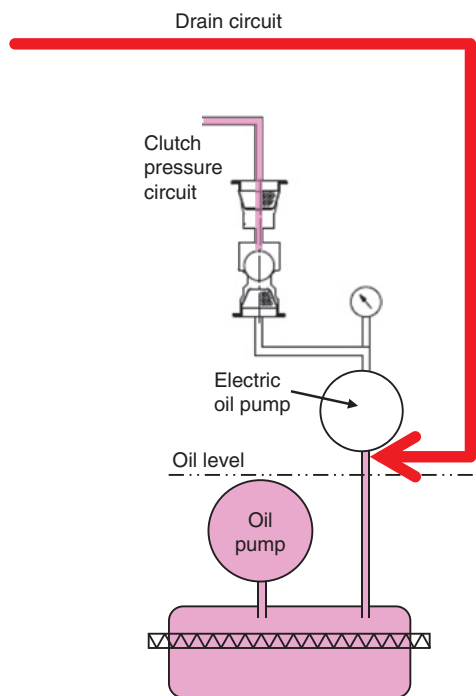


Fig. 6 Hydraulic circuit of electric oil pump

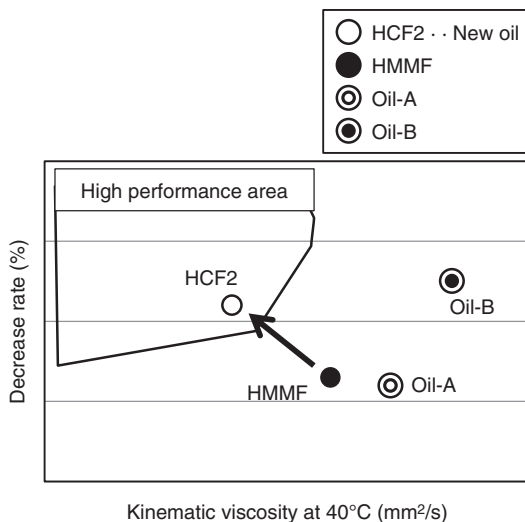


Fig. 7 New CVTF viscosity characteristics

また金属ベルト摩擦係数に関しては、新配合の摩擦調整剤と Ca 系添加剤により、量産 CVTF (名称 HMMF) に対し 10% 以上向上させた。同時に相反する特性である耐摩耗性についても新規 S 系極圧剤を用いることで、摩耗の低減を達成した (Fig. 8)。

以上より、HCF2 は業界トップレベルの高性能化を達成し、CVT 機構の高伝達容量化と低燃費化に大きく貢献した。

以上の燃費向上技術により、2008 年モデル Accord 5AT 比約 10% (CAFE Comb.), 2010 年モデル STEP WGN CVT 比においても 5% (JC08) の燃費向上を達成した。

4.5. プーリ V 表面のラッピング仕上げ

ベルト式 CVT は、ベルトとプーリ間の摩擦力によって動力を伝達するため、それらの間に一定値以上の摩擦係数が必要となる。また本構造の CVT は、ベルトとプーリ間に微小すべりが常に生じており、そのすべりを起因とした一定量の摩耗がベルトとプーリに発生する。

これらの摩耗が進展すると摩擦係数は低下傾向になることがわかっており、全世界展開を考えた場合、長距離走行しても一定以上の摩擦係数を維持する技術が必要となった。その摩耗低減策として、その対策効果が大きいプーリ V 面の面性状最適化を図った。

従来からおこなわれている、プーリ V 面の研摩仕上げ工程に対し、ラッピングフィルム粒度と加工条件のパラメータを組み合わせたラップ工程を追加した。具体的には、面性状の山高さを小さくしてベルトに対する攻撃性を低下させると同時に、谷深さを深くすることにより油膜保持性能を向上させた。これら面性状の作りこみをおこなうことで、ベルト摩耗の低減および摩擦係数低下の抑制の両立を図った (Fig. 9)。

4.6. 保護制御

本 CVT では、世界中のあらゆる車の使い方に対応するための過剰な強度アップによる重量増を避けるため、各

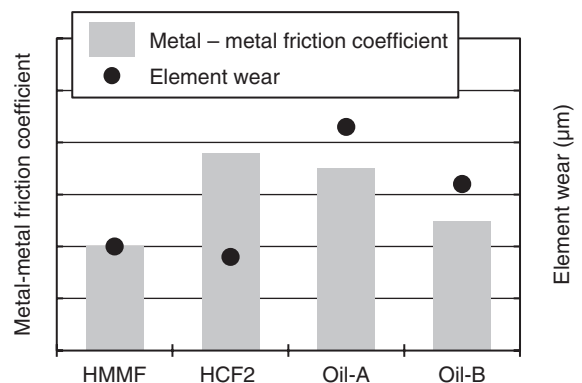


Fig. 8 HCF2 friction coefficient

部品の信頼性に応じて保護制御をおこなった。保護制御の対象一覧を Fig. 10 に示す。

4.6.1. エンジン回転数の制御

オイルポンプは、CVTF の油温に応じてエンジン最高回転数を規制し、信頼性の向上を図った。

デファレンシャルは、片輪スリップ発生時の左右差回転を規制制御し、デファレンシャルギヤの信頼性の向上を図った。

4.6.2. エンジントルクの協調制御

クラッチは、締結時のエンジントルクを協調制御することにより発熱量を低減させ、摩擦材の長寿命化を図った。

Dr、Dn プーリは、必要駆動力から入力トルクの上限を求め、プーリ入力トルク特性に応じた発進トルク協調制御を採用した。これにより、スムーズで力強い発進特性を実現しつつ、プーリ油圧を適正に制御し、信頼性向上を両立させた。

金属ベルトについては、クラッチ油圧を制御する専用のリニアソレノイドを設け、クラッチ容量をベルト伝達容量以下となるように常時制御することで、回転急変時のベルトスリップタフネスを向上させた (Fig. 11)。

4.6.3. CVTF の温度制御

CVTF は、常時油温を監視し、油温が一定値以下となる

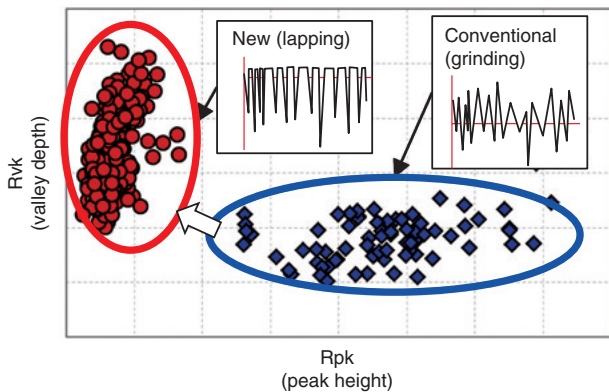


Fig. 9 Surface properties of the V-surface

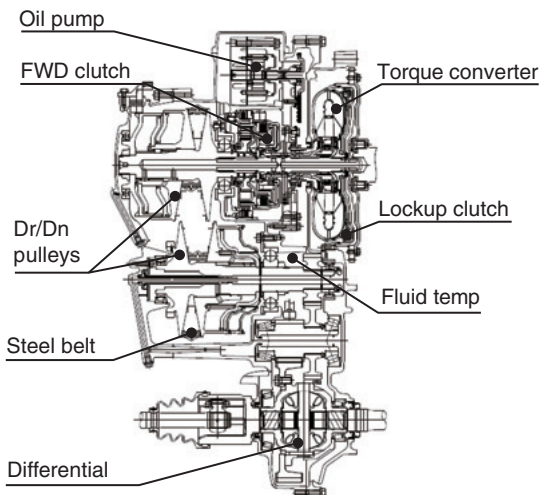


Fig. 10 Protective control subjects

ようにエンジンの上限回転数を制御することで、長寿命化を図った。

トルクコンバータは、ストール時のエンジントルクを協調制御し、内部の CVTF 温度を許容値以下に抑えることで、信頼性向上を図った。

ロックアップクラッチは、摩擦材の温度を推定し、摩擦材の許容温度以下で使用するよう、ロックアップクラッチ保護制御を採用し、長寿命化を図った。

これらの信頼性向上技術により、全長、重量とも従来の CVT と同等を維持しつつ、最大伝達トルク 270 Nm の達成と、4WD 対応、そして世界中での使われ方に対応した信頼性確保を両立した。

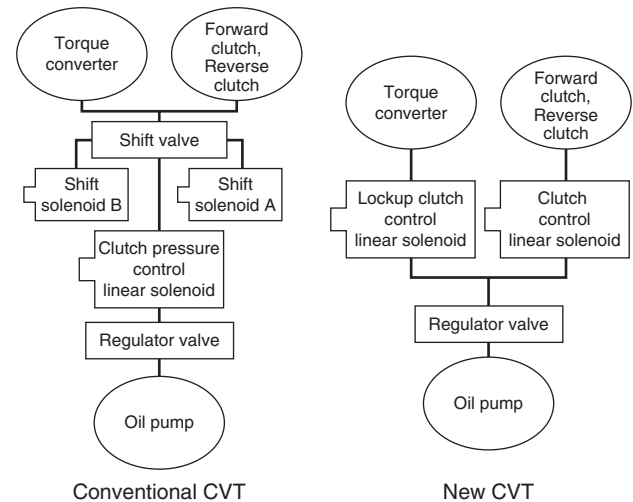


Fig. 11 Hydraulic circuit of new CVT

5. 走り

CVT のスムーズな特性を生かしながらも、従来の AT ユーザに違和感なく乗り換えていただくために、ドライバの要求に素早く反応し、高く伸びのある加速感を維持して、爽快でスポーティなドライブフィールを実現した。

5.1. 発進特性

発進制御を改良し直線的でレスポンスの良いエンジン回転の吹け上がりとした。これにより、高い加速度を持続し伸び感の向上とエンジン回転上昇のリニア感向上を図った (Fig. 12, Fig. 13)。

5.2. キックダウン

ステップ変速量を大きくし、さらにステップ変速用変速ゲインを設定し変速応答を速めた。ステップ変速後は素早くリニアなエンジン回転上昇とし、さらに目標エンジン回転を高め補正する制御とした。これにより加速力増加、レスポンス向上、加速応答の明確化、そして伸び感向上を図った (Fig. 14, Fig. 15)。

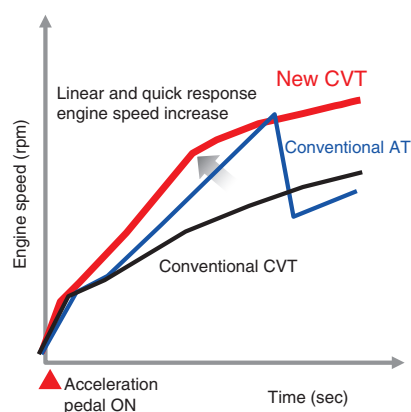


Fig. 12 Launch engine speed characteristics

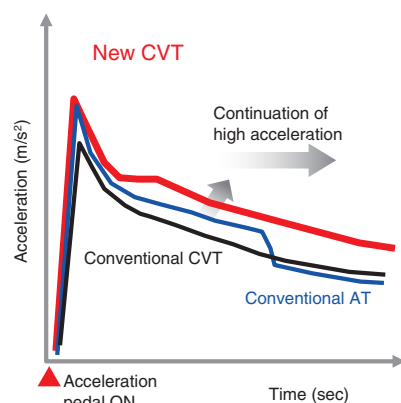


Fig. 13 Acceleration characteristics

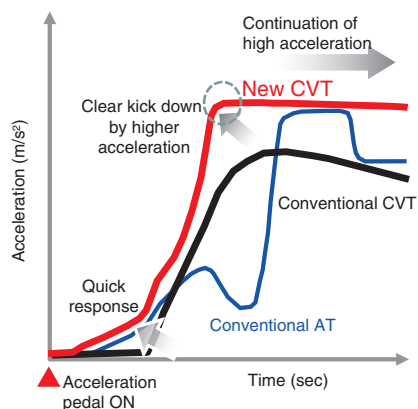


Fig. 14 Kick down characteristics

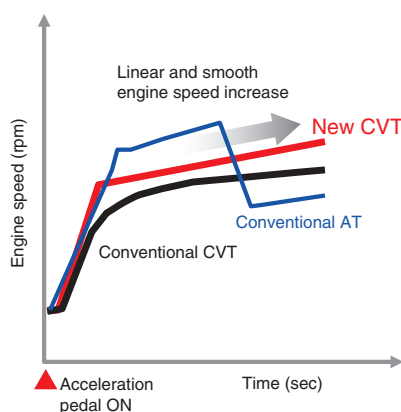


Fig. 15 Linear acceleration characteristics

6. まとめ

中型車用新型 CVT を開発し、そのねらいを達成した。

US の CAFE Comb. 燃費モードにおいて、従来の 5AT と比べ約 10%, 国内の JC08 モード燃費においても、従来の CVT と比べ、約 5% 向上させる CVT 伝達効率向上を達成した。

次世代高トルク直噴エンジンや、全世界でのあらゆる使われ方に対応した信頼性を達成した。

駆動力を適正に制御し、爽快でスポーティなドライブフィーリングを提供する発進特性と変速制御技術を構築した。

参考文献

- (1) 大藺耕平, 青木隆: 全電子制御金属ベルト CVT の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.8, p.21-33
- (2) 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
- (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) 佐藤洋一, 浦野純司, 大橋章人, 左久間信次, 山口正明: 新型 Odyssey 用 CVT の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.2, p.87-94

著者



犬飼浩一郎



柴原章宏



村上康則



内野雄之



小島三千夫



西山恵以地