

グローバル小型車用新 CVT の開発

Development of New CVT for Global Compact Car

神 田 知 幸*
Tomoyuki KANDA
首 藤 憲 正*
Norimasa SHUDO

戸 塚 博 彦*
Hirohiko TOTSUKA
平 田 智 宏*
Tomohiro HIRATA

大 沼 正 志*
Masashi OONUMA
小 形 卯 京*
Ukyo OGATA

要 旨

従来の小型車用 CVT に対して軽量、高効率な新 CVT を開発し、2014 年モデル FIT に搭載した。許容トルク容量を 1.8 L エンジンクラスまで拡大し、より多くの機種へ適用可能とした。またレシオレンジの拡大および伝達効率の向上により、燃費とドライバビリティを改善した。

油圧制御機能部品の集約とケース構成部品点数の削減を構造変更としておこなった。さらに新 CVT フルードによるプーリー側圧低減により、プーリーの小型軽量化をおこなった。これらにより約 10% の軽量化を実現した。

またパワートレイン協調制御の改良と CVT 変速制御の改善をおこない、従来モデルよりリニアな加速フィーリングが得られた。

ABSTRACT

A new CVT that is lighter in weight and more highly efficient than the previous CVT for use in compact vehicles has been developed and used in the 2014 model year FIT. The allowable torque capacity was expanded to that of the 1.8-L engine class, making this CVT usable in a greater number of vehicle models. The ratio coverage was also expanded and the transfer efficiency was increased to enhance fuel economy and drivability.

Integration of hydraulic control system functional parts and reduction in the number of case component parts were carried out as structural modifications. Pulley side pressures were also reduced by the use of new CVT fluid so that the pulley could be made more compact and lighter in weight. These measures achieved a weight reduction of approximately 10%.

Enhancements were made in cooperative control of the power train and in CVT shift control, providing a more linear acceleration feeling than in previous models.

1. まえがき

近年、地球規模での環境問題が叫ばれており、CO₂ 排出については自動車からの排出ガスの影響が大きいと言われている。自動車の環境性能を向上させる技術として、多方面からの取り組みがなされており、内燃機関の技術進化とともにトランスミッションの環境性能向上が重要となっている。

内燃機関を効率よく運転できる CVT は環境性能向上装備として、国内においては軽自動車から中型車まで採用を広げている。一方、海外においてはその地域の使用環境において最適な駆動方式としてステップ AT や Dual Clutch Transmission (DCT) が採用されているが、近年の CO₂ 排出量低減に向けた取り組みの中で CVT の採用を進める動きもある。CVT の適用拡大においては、環境性能の向上に加

えて、車両搭載性を高めるための小型軽量化、ドライバビリティの向上が必要である。

Honda は 1995 年より CVT を採用⁽¹⁾し、ハイブリッド車⁽²⁾、小型車⁽³⁾、中型車⁽⁴⁾へと適用を広げてきた。さらに国内の軽自動車への適用⁽⁵⁾および 2013 年より北米向け中型車⁽⁶⁾から海外での CVT の搭載車種を拡大し、小型車グローバル機種に本 CVT を適用して全世界での環境性能の向上をおこなっていく。本稿では、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

本 CVT は、従来の小型車用 CVT から構造を変更し、グローバル機種への搭載のための性能を備えた骨格として、環境性能向上技術と小型軽量化、走り性能の改善をおこ

*四輪 R&D センター

なった。開発のねらいは以下である。

- (1) ユーザ使用環境に適合する燃費と走りの性能を両立させるため、レシオレンジの拡大と伝達効率の向上
- (2) グローバル展開される多機種への搭載を可能にする軽量化とトルク容量の拡大
- (3) パワートレイン協調制御と CVT 変速制御の進化による CVT 車のドライバビリティ向上

3. 基本諸元と性能

新 CVT の外観図を Fig. 1、主断面を Fig. 2 に示す。また主要諸元を Table 1 に示す。

軽量化のため骨格構造は従来の小型車用 CVT から変更し、中型車用 CVT の骨格と同一構造を採用した。プーリ軸支持構成の変更と油圧制御系、油圧供給部の集約をおこなっている。



Fig. 1 Appearance of new CVT

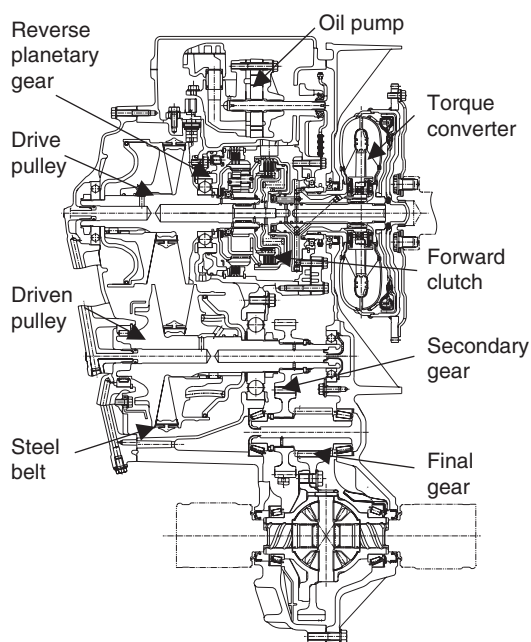


Fig. 2 Main section

Table 1 Main specifications

		2014 model year FIT	2008 model year FIT
Engine	Type	1.3 L/1.5 L	1.3 L/1.5L
	Max. power [kW/rpm]	97/6600 (1.5 L)	88/6600 (1.5 L)
	Max. torque [Nm/rpm]	155/4600 (1.5 L)	146/4800 (1.5 L)
Ratio	Low OD	2.526 0.408	2.419 0.421
	Secondary	1.266	1.266
	Final	3.941	3.875
	Reverse	1.119	1.024
	Overall	12.60 2.036	11.86 2.065
Dimension	Overall length [mm]	368.5	368.5
	Pulley axis distance [mm]	156	156
	Weight [kg]	69.4 (1.3 L)	77.6 (1.3 L)

基本諸元寸法は従来と同等とし、レシオレンジの拡大およびファイナルギヤをローレシオ化している。基本骨格部品は幅広いエンジン排気量の車両に搭載可能とするため、1.8 L クラスエンジンまで対応する設計とした。重量については従来比約 10% の軽量化を達成した。

4. 主要技術

4.1. レシオレンジ拡大

発進加速性能と燃費性能を搭載車両の特性に応じてより高次元で両立させるため、レシオレンジを 6.2 とし当社の従来 CVT と比較して約 8% の拡大をおこなった。Fig. 3 にレシオ設定の比較を示す。レシオ設定は OD 側レシオを従来同等とし、Low 側を拡大した。すなわち、発進性能の向上をおこない、変速制御技術と合わせてレスポンスの良い加速性能を達成している。小型軽量化のため、駆動プーリと従動プーリ間の軸間距離は従来同等の 156 mm とし、シャフト軸径の小径化とプーリの外径を拡大した。2013 年モデル⁽⁶⁾にて開発した新 CVT フルードを採用した。その高い金属摩擦係数の効果でベルト保持に必要な荷重を低減することにより、シャフト剛性を低くすることが可能となった。シャフト径を小径化することにより、ベルトの巻き付き径を小さくできるためレシオを広くとることが可能となった。

4.2. 効率向上

Fig. 4 にクルーズ走行時の伝達効率の比較を示す。従来比約 1.0% から 1.5% の向上を達成し、高車速度域の性能が向上した。高効率化のため、以下の対応をおこなった。

4.2.1. オイルポンプ容量低減

新 CVT フルードの摩擦係数向上により推力低減が可能となり、プーリピストン面積の縮小およびピストン形状の改良をおこないピストン室のデッドボリュームを低減した。これにより例えば急変速時にプーリ内への充填に必要なオイル量の低減が可能となり約 10% のオイルポンプ容量低減をおこなった。

4.2.2. オイルかくはん抵抗の低減

内部回転体がオイルをかくはんする際のフリクション低減をねらって、各部の潤滑量およびオイル流れ経路をレイアウトした。特に、ファイナルギヤはトランスミッショ

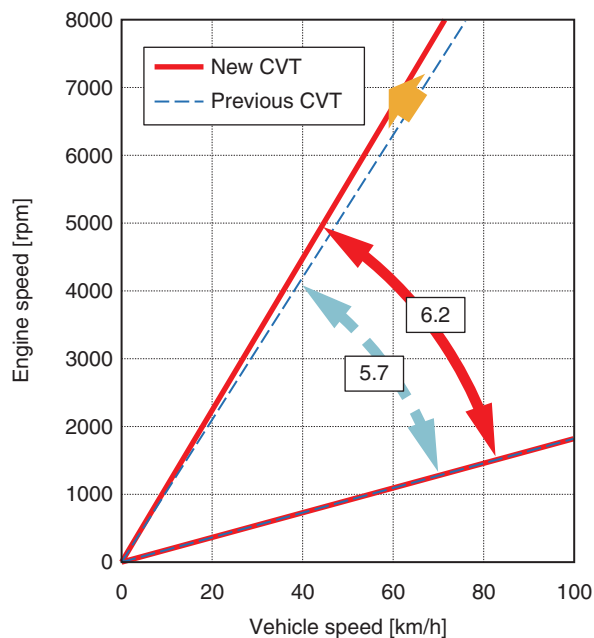


Fig. 3 Comparison of ratio coverage

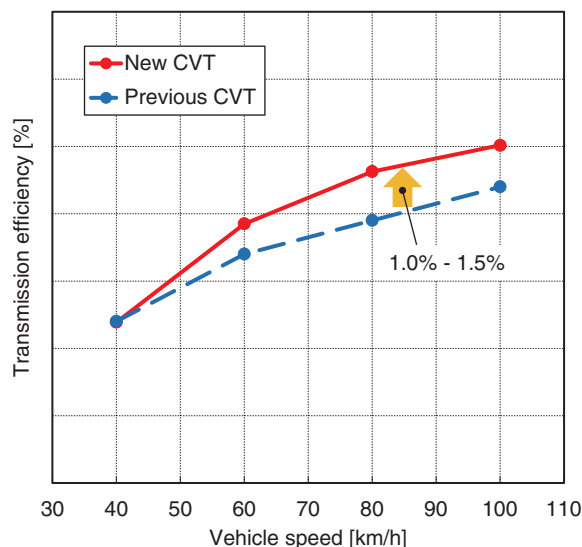


Fig. 4 Comparison of transmission efficiency

ン下部に配置されるため、そのかくはん抵抗の影響が大きい。そのため、ファイナルギヤ部へのオイル流入量を制限するバッフルプレートを設置した。ファイナルギヤ部のオイル流れの概略図を Fig. 5 に示す。ファイナルギヤ部へのオイル流入を下部の開口面積により調節し、かき上げられたオイルをバッフルプレート背面に導入し、潤滑油として利用する。さらにバッフルプレート背面をスローブ形状として上部からの潤滑オイルをオイルパン室へスムーズに戻すようにした。

4.2.3. 低フリクション化

その他回転しゅう動部となるシールリング、オイルシール等の低フリクション化、低フリクションベアリング (BRG) の採用、リバース (RVS) ブレーキディスクのドラグトルクの低減をおこなった。

4.3. 軽量化

基本骨格のトルク容量の向上を図りながら、車両の走行性能と燃費性能向上のため、従来 CVT 比約 10% の軽量化をおこなった。

4.3.1. プーリの小型軽量化

新 CVT フルードのベルト、プーリ間の摩擦係数向上効果⁽⁶⁾によるプーリ側圧の低減効果により、シャフト、V 面部への負荷荷重が低減できた。これにより、従来同等の強度と剛性を確保しつつ軽量化が可能となった。Low レシオ時の従動プーリに発生する応力比較を Fig. 6, その時の V 面部の変位を Fig. 7 に示す。V 面部の薄肉化とシャフト部の小径化に伴い、高応力となる V 面根元部の発生応力および V 面部の変位量が従来と同等とした。

4.3.2. 機能集約構造

従来はケースに油圧制御系部品が点在していたが、新 CVT では油圧供給部をバルブボデー ASSY として機能集

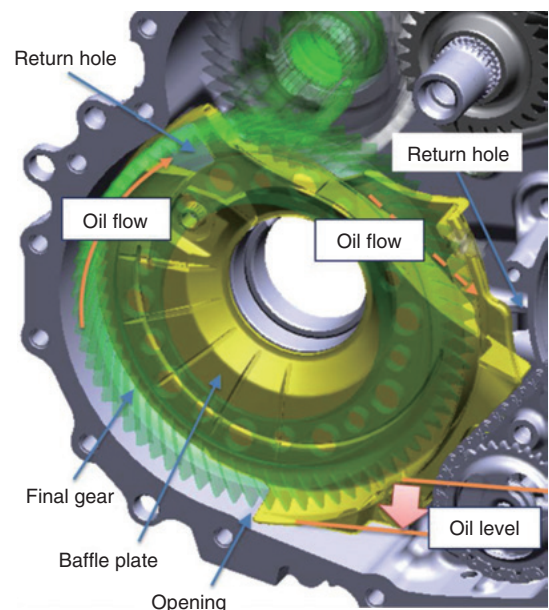


Fig. 5 Oil flow image around final gear

約し、また供給油路をオイルパッセージボデーに集約することで部品を簡素化した。それによって、約 1.2 kg の軽量化を達成した。

油圧制御系部品の構成を Fig. 8 に示す。

4.3.3. ケースの小型軽量化

トランスミッションケースとレフトサイドカバーによるドライブ、ドリブンプーリシャフトの両端支持構造を採用し、従来構造のインタミディエイトプレート廃止によってケース部品全体で約 3.1 kg の軽量化を実現した。ケース部品の構成を Fig. 9 に示す。

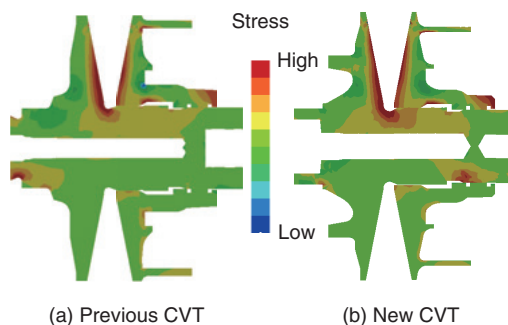


Fig. 6 Comparison of generating stress map

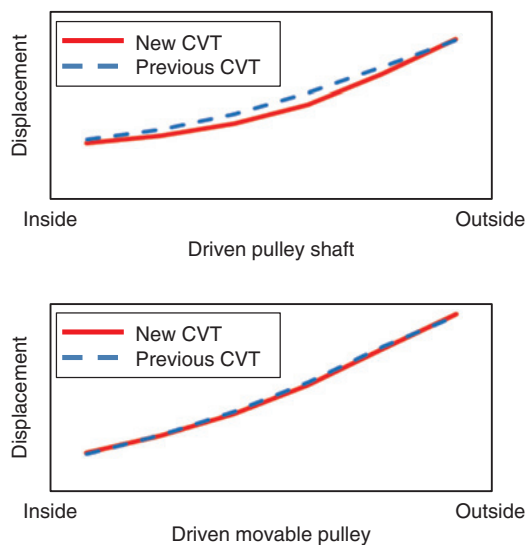


Fig. 7 Comparison of generated displacement

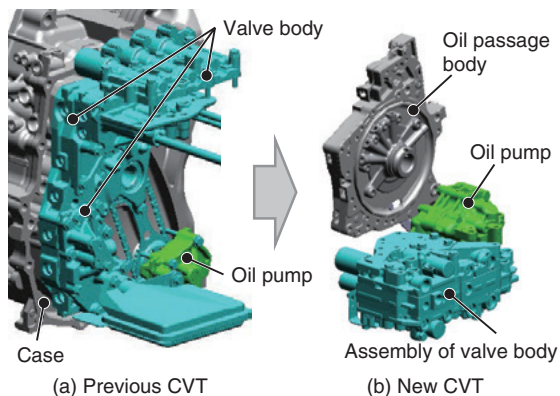


Fig. 8 Configuration of hydraulic control unit

また、従来の紙パッキンによるシールに変えて、液体パッキンを採用した。これによりケース合わせ面の相対変位に対するパッキンの追従が可能となった。その結果、締結剛性の最適化が図れ、締結ボス高さおよびボルト長さを 10 mm 短縮ができたことでケースの軽量化を達成した。

液体パッキンの適用部位の概略図を Fig. 10、ボルト締結部の詳細形状を Fig. 11 に示す。

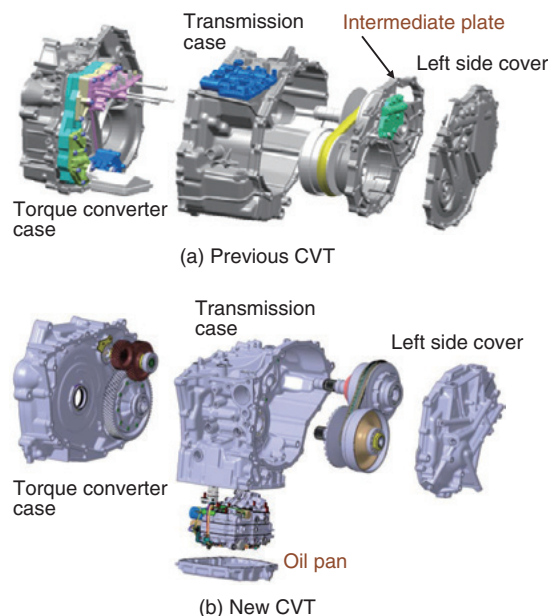


Fig. 9 Case parts composition

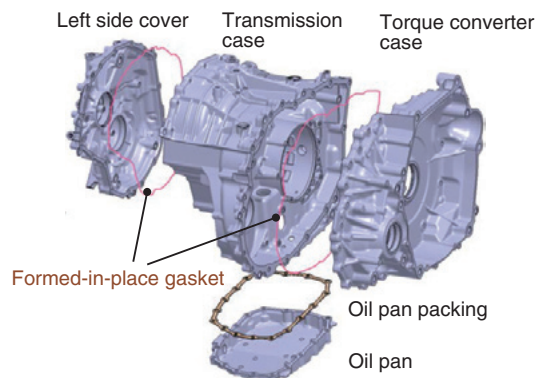


Fig. 10 Formed-in-place gasket

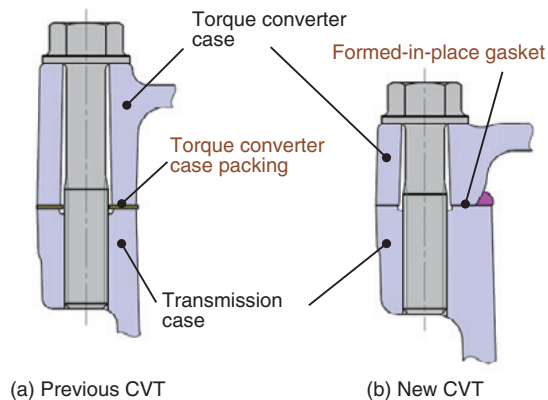


Fig. 11 Detail of bolt tightening

4.3.4. RVS 機構小型化

RVS プラネタリリングギヤに高強度を実現する新窒化材料を適用した。また新 CVT フルードの摩擦係数向上により RVS ブレーキディスクフェーシング面圧を確保しながら RVS ブレーキディスク小型化が可能となった。これにより RVS 機構を約 12% 小型化した。Fig. 12 に RVS 機構の断面比較を示す。

4.3.5. BRG 軽量化

新 CVT フルードを用いた低推力化によりプーリ支持部荷重を低減しプーリ支持 BRG を小型軽量化した。セカンダリ、ファイナル軸はテーパ BRG により必要容量を確保しながら小型軽量化をおこなった。その結果、BRG は従来 CVT 比約 23% の軽量化を達成した。Fig. 13 にセカンダリ軸、ファイナル軸の断面形状比較を示す。テーパ BRG については低フリクション仕様を採用し、効率への影響にも配慮した。

4.4. 走行性能向上技術

CVT 車両のドライバビリティ向上技術として駆動力を目標値とするパワートレイン協調制御を採用した。CVT 車両ではドライバの加速要求に対して CVT の無段階なダウンシフトが加速度レスポンスを遅らせる原因となりやすい。従来のドライブバイワイヤ (DBW) 協調制御においては、アクセルペダル開度に応じたスロットル開度となるた

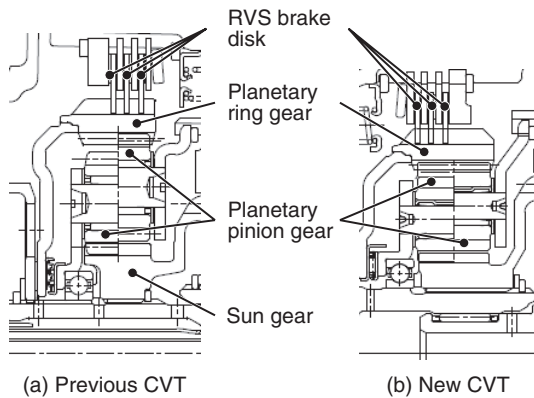


Fig. 12 Comparison of RVS system

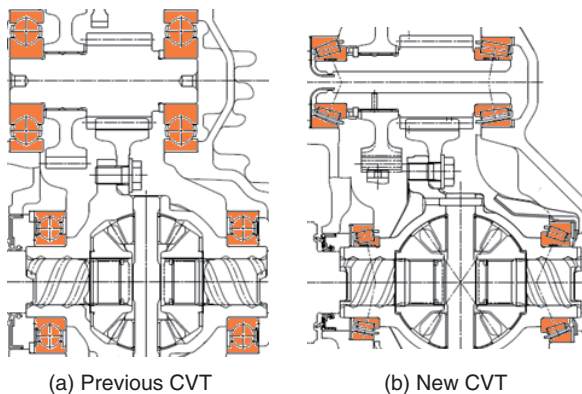


Fig. 13 BRG shape at secondary and final shaft

め、レシオ変化により回転が上昇すると、エンジン負荷が下がりトルクが低下していた。本 CVT では Fig. 14 に示すような駆動力を目標値とするパワートレイン協調制御を実施することにより CVT のレシオ変化に応じてエンジントルク出力が決定されるため、回転上昇によるエンジントルク低下の抑制が可能となり、加速レスポンスの安定的な向上を実現した。Fig. 15 に従来制御と新制御による加速時のエンジントルクの時系列変化を示す。

ドライバの急激な加速要求に対しては、加速フィーリングの改善としてキックダウン時における変速制御の改善をおこなった。Fig. 16 にキックダウン時の加速度とエンジン回転数の時系列波形を示す。ステップ変速量を増加させることによってキックダウン初期の加速度を向上させ、ま

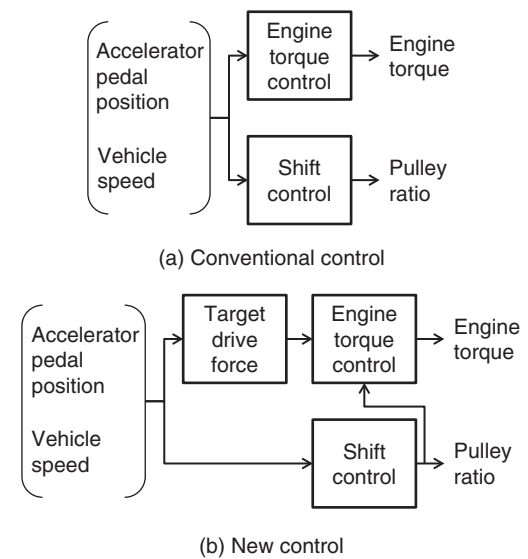


Fig. 14 Schematic diagram of cooperative control

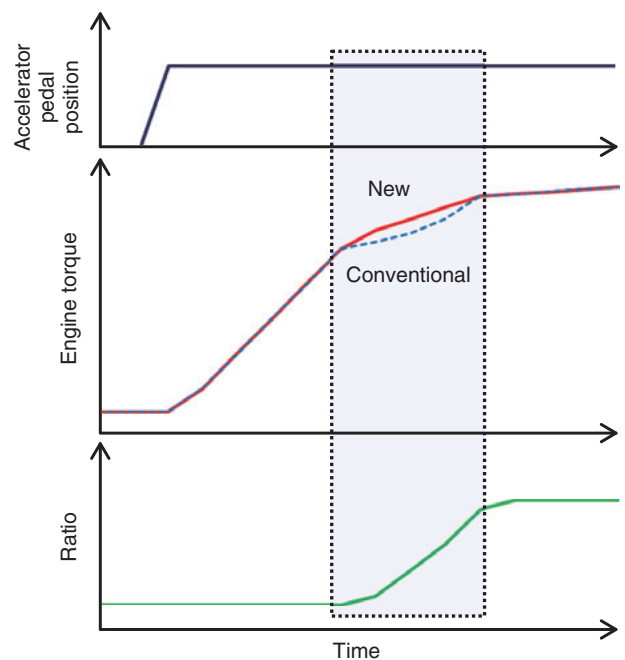


Fig. 15 Schematic diagram of torque response

た、ステップ変速後の回転上昇を維持することによりキックダウン後の加速度の維持を実現した。

4.5. 燃費向上制御技術

燃費向上制御技術として CVT 制御システムへの入力トルク情報の精度を向上した。

従来はエンジン回転やインテークマニホールド負圧、点火時期などの情報からエンジントルクを推定し、CVT 側圧を決定していた。本 CVT においては前述のパワートレイン協調制御にて算出されたエンジン制御状態に応じた精度の高いエンジントルク情報を用いることで、CVT 側圧を適正化した。また、目標駆動力からレシオ設定することにより駆動力のコントロール性を確保しながら、燃料消費率を抑制した。

トランスミッションの効率向上と新協調制御により JC08 モードにおいて燃費を約 7 % 向上した。

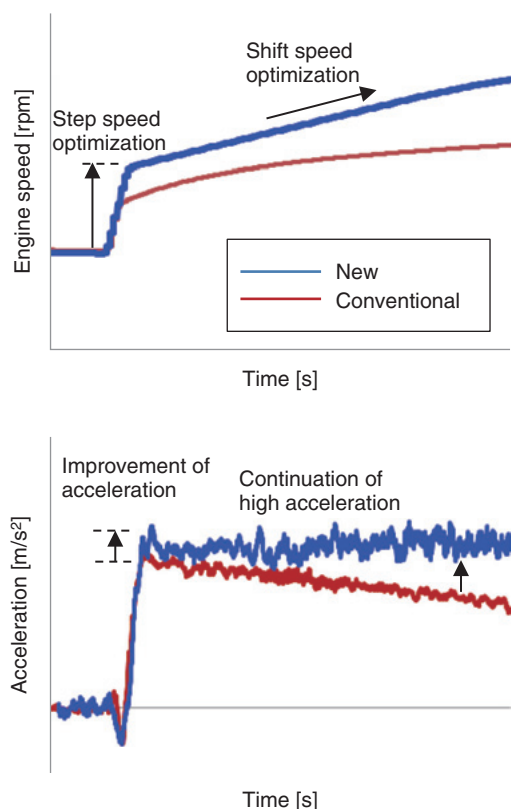


Fig. 16 Comparison of kick-down characteristics

5. まとめ

グローバル小型車用新 CVT を開発し、下記の技術確立した。

- (1) レシオレンジの約 8 % の拡大、および約 1.0 % から 1.5 % の伝達効率の向上により走りと燃費性能を両立した。

- (2) 骨格構造の変更と新 CVT フルードの適用により従来比約 10 % の軽量化を達成した。
- (3) パワートレイン協調制御と変速特性の改良によりドライバビリティと向上させ、加速フィーリングを改善した。

参考文献

- (1) 大園耕平, 青木隆: 全電子制御金属 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.2, p.67-76
- (4) 佐藤洋一, 浦野純司, 大橋章人, 佐久間信次, 山口正明: 新型 Odyssey 用 CVT の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.2, p.87-94
- (5) 鹿子木健, 小西康一: 軽自動車用新型 CVT の開発及び制御概要, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.146-12, p.1-4(2012)
- (6) 犬飼浩一郎, 柴原章宏, 村上康則, 内野雄之, 小島三千夫: 中型車用新型 CVT の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 24, No.2, p.47-52

■著者■



神田知幸



戸塚博彦



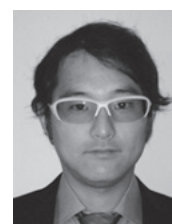
大沼正志



首藤憲正



平田智宏



小形卯京