

中型車用トルクコンバータ付8速DCTの開発

Development of 8-Speed DCT with Torque Converter for Midsize Vehicles

町田 昭二*

Shoji MACHIDA

貞 清雅行*

Masayuki SADAKIYO

八木 紀幸*

Noriyuki YAGI

尾 梶 智哉*

Tomoya OKAJI

宮田 和典*

Kazunori MIYATA

山根 伴紀**

Tomonori YAMANE

要 旨

低燃費性能を達成しつつ、走る楽しさを際立たせた世界初のトルクコンバータ付8速デュアルクラッチトランスミッションを開発した。トルクコンバータの採用による力強くスムーズな発進、ドライブラインの低慣性化による素早い変速、多段クロスレシオ化によるリズムカルで途切れない加速などスポーティな走り感の創出をおこなった。また、ワイドレンジ化やフリクション低減などにより従来の5速オートマチックトランスミッションに対し、15%の動力性能向上と8%の燃費性能向上を達成した。全段共用ギヤ列、独自の2重管構造、超偏平トルクコンバータなどの採用で、サイズや重量を従来の同クラス用5速オートマチックトランスミッションと同等に抑えると同時に、多段化を実現した。

ABSTRACT

Honda has developed the world's first 8-speed dual-clutch transmission equipped with a torque converter that achieves greater fuel economy performance while highlighting the pleasure of driving. The torque converter was adopted to provide smooth, powerful initial acceleration, together with quick shifting enabled by reduced inertia in the driveline; rhythmical, seamless acceleration by multi-staging with close ratios; and other such elements that create a sporty driving feel. Wider range, lower friction, and other such measures have achieved a 15% increase in power performance and an 8% increase in fuel economy performance relative to a conventional 5-speed automatic transmission. The use of common gears across the entire gear train, a unique dual shaft structure, an ultra-flat torque converter, and other such techniques enabled the size and weight to be kept down to the level of a conventional 5-speed automatic transmission for the same vehicle class while simultaneously increasing the number of gear stages.

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(T/M)の役割は重要となっている。世界的にもT/Mのワイドレンジ化、および多段化やContinuously Variable Transmission(CVT)の採用が拡大している。環境性能と走りのFUN要素を両立させる多段化T/Mとしてデュアルクラッチトランスミッション(DCT)があり、スロットル操作に対してリニアでダイレクトな変速フィーリングを得ることができる。一方、発進をクラッチ操作でおこなう場合、ギクシャク感⁽¹⁾など商品性に課題があった。

このような背景により、今回中型車向けに発進の商品性

とスポーティな変速フィーリングを両立した世界初となるトルクコンバータ付8速DCTを開発した。本稿では、このDCT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

本DCTの開発においては以下の項目をねらいとした。

- (1) スポーティな走り感の創出
- (2) クラストップレベルの低燃費性能の達成
- (3) 従来の5速オートマチックトランスミッション(AT)同等の搭載性の確保

* 四輪 R&D センター

** 本田技研工業株式会社

3. 基本構造と主要諸元

DCTの主断面図をFig. 1に、車速線図をFig. 2に、主要諸元をTable 1に示す。

1速と2速とリバース、3速と4速、5速と6速、7速と8速のドリブンギヤを共用化したギヤ列構造とした。また、クラッチと直結するインナシャフトとギヤ段選択のシ

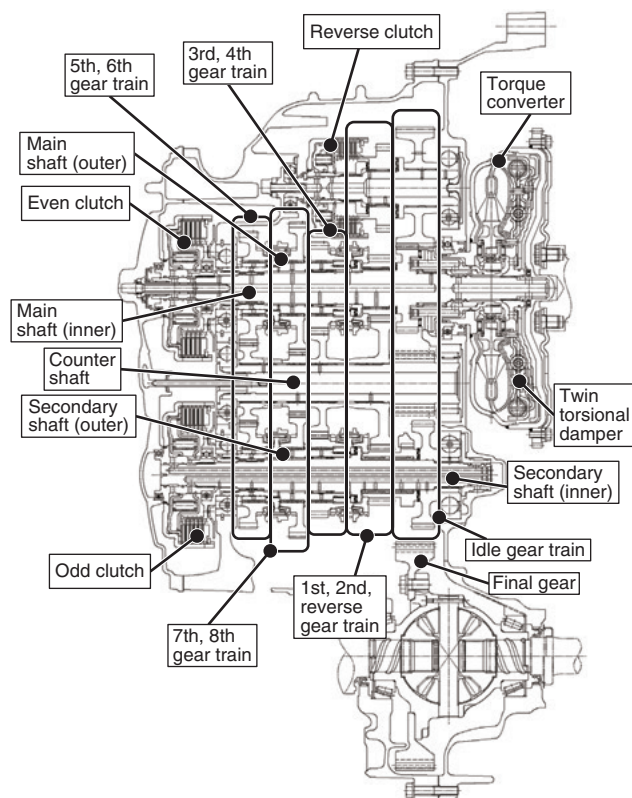


Fig. 1 Main section of 8-speed DCT

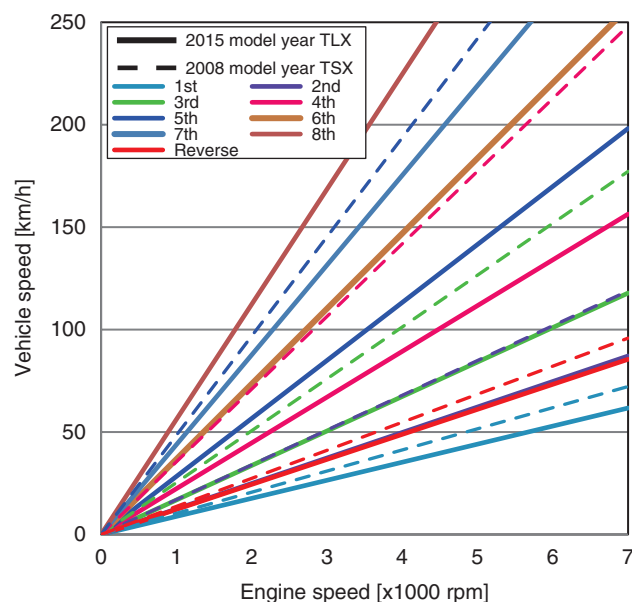


Fig. 2 Vehicle speed map

Table 1 Transmission specifications

Model		2015 model year TLX 2.4 L	2008 model year TSX 2.4 L
Torque capacity [Nm]		270	230
Overall gear ratio	1st	14.084	11.768
	2nd	9.974	7.160
	3rd	7.379	4.801
	4th	5.560	3.429
	5th	4.389	2.512
	6th	3.383	-
	7th	2.835	-
	8th	2.212	-
	Reverse	10.169	8.875
Ratio range		6.367	4.687
Overall length [mm]		388	379
Weight [kg]		95.0	92.6

フト機構を配したアウトシャフトを重ねた2重管構造、高減衰ダンパを搭載した超偏平トルクコンバータを採用した。上記3点の採用により、8速化を図りつつ5速AT同等の全長に抑えた。

トルクコンバータの採用により、力強くスムーズな発進性能を実現した。また、回転部品の小径化、従来DCTで一般的なタンデムクラッチ⁽²⁾ではなく小径シングルクラッチを各軸に配置することにより低慣性化をおこない、素早い変速を実現した。

変速段の8速化に伴い、ギヤレシオのローレシオ化およびクロスレシオ化が可能となった。2008年モデルTSXに対し、1速を20%ローレシオ化、最上段(8速)を12%ハイレシオ化することにより、スポーティな走りと低燃費性能を両立した。またワイドレシオ化については、レシオレンジ7.0まで設定可能とした。

4. 主要技術

4.1. 高減衰ダンパ搭載トルクコンバータ

トルクコンバータ採用の効果として、全開発進時における車体加速度の他車比較を示す(Fig. 3)。他社DCTに対し、ピーク車体加速度への到達時間を約1秒短縮した。

本DCTは低慣性と低フリクションを図ったことにより、ロックアップクラッチ(LC)締結中のエンジン回転変動によるギヤの歯打ち音が発生するという課題があった。その回転変動を抑制するために、ツイントーションダンパの開発をおこなった(Fig. 4)。従来のシングルトーションダ

ンパに対して、中間イナーシャと2次ダンパを追加し、イナーシャの配置やスプリングの配列、荷重分担を最適化することで、ダンパパネレート^①を40%低減、ダンパ作動時のフリクションを30%低減した。その結果、歯打ち音の起振となるメインシャフト回転変動を58%低減し、LC直結領域拡大によるダイレクト感の実現と歯打ち音の解消を両立した (Fig. 5)。

また、ツイントーションダンパ採用によるトルクコンバータの全長寸法増加については、トルクコンバータ流路を超偏平流路とすることで従来以下の寸法に収めた。数値流体力学 (CFD) 解析を活用した新ブレード設計により、従来の5速ATと同等のトルクコンバータ特性を維持しつつも、流路幅を33%縮小することができた。

4.2. デュアルクラッチ

DCTは二つのクラッチで全ての変速をおこなうため、連続変速時の蓄熱と作動回数増加によるクラッチ耐久性が課題となる。

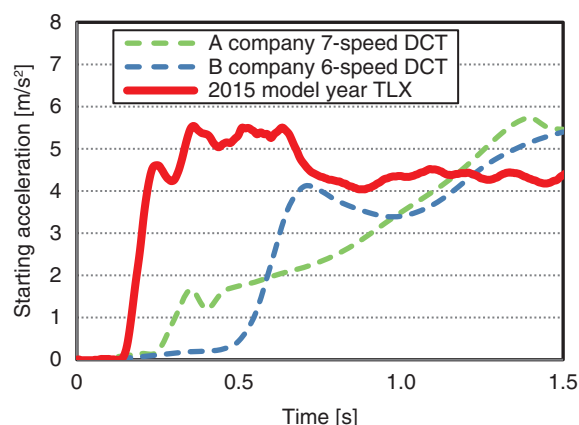


Fig. 3 Comparison of starting acceleration

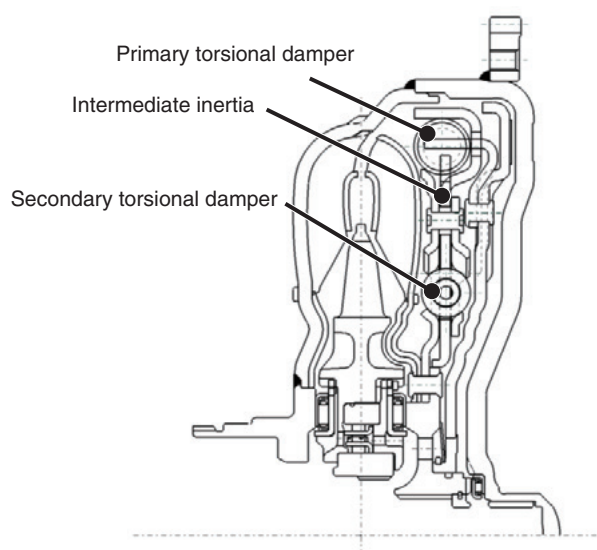


Fig. 4 Structure of twin torsional damper

シングル構造のクラッチの採用により、各クラッチごとに適正な潤滑油量配分が可能となった。新摩擦材の開発、新フルードの適用により、従来のATに対して、約30%静摩擦係数が向上し、ディスク枚数の削減が可能となった。また、ヒートマス設定の最適化をおこなうことにより、クラッチの耐久性を確保しながら、従来のATクラッチと同等サイズに収めることが可能となった。

4.3. シフト機構

シフト機構は、マニュアルトランスミッション (MT) 構造をベースに、シフトフォーク作動に油圧サーボピストンを用いた (Fig. 6)。本DCTはシフト段を選択する際の同期部品を低慣性とした構造であり、同期に必要な荷重が低いことから、油圧サーボピストンの小径化が可能である。その結果、応答性が向上し、素早いシフト段選択が可能となった。

ただし、DCT特有の課題としてシフト機構からの作動

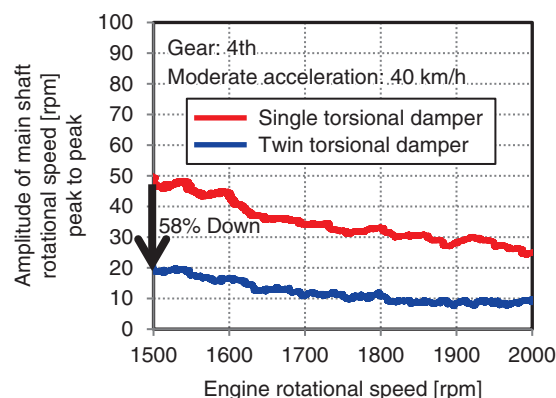


Fig. 5 Comparison of damping effect

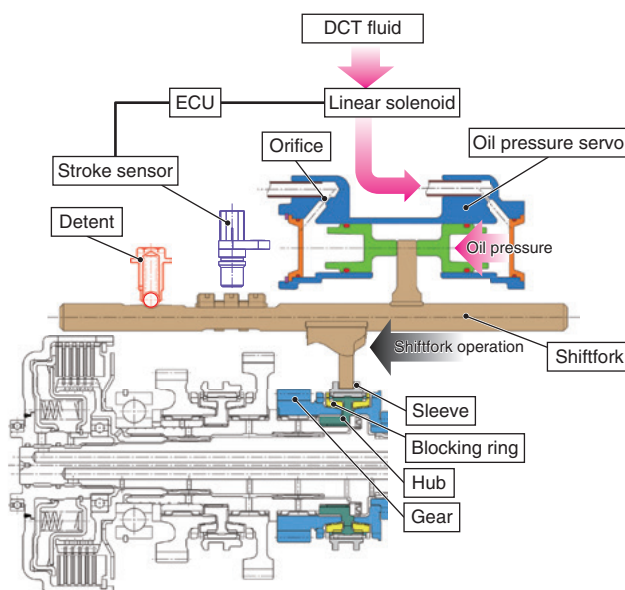


Fig. 6 Gear shift system

音がある。MT では、シフト作動音がドライバのシフト操作と同時に発生するため課題とならないが、DCT では変速とは異なるタイミングでシフト作動音が発生する。原因はシフト作動中のギヤ歯打ち音であり、シフト作動過程においてボーク開始時、スリーブのギヤドグ接触時、スリーブがギヤドグに噛み込む時の3ヶ所で発生する (Fig. 7)。

シフト作動過程におけるスリーブのストローク速度とシフト作動音には相関がある (Fig. 8)。この結果よりストローク速度を下げることで、シフト作動音の課題を解決した。

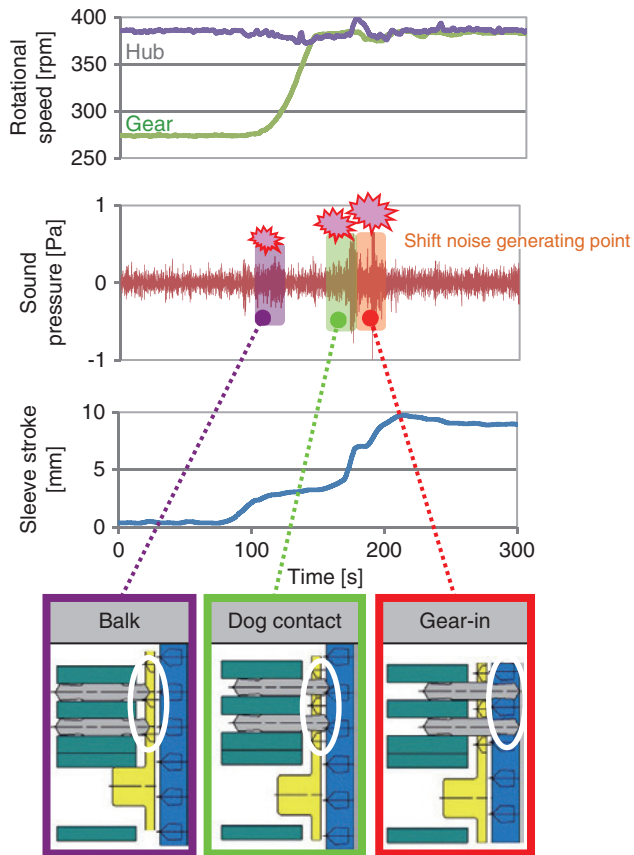


Fig. 7 Shift noise generating point

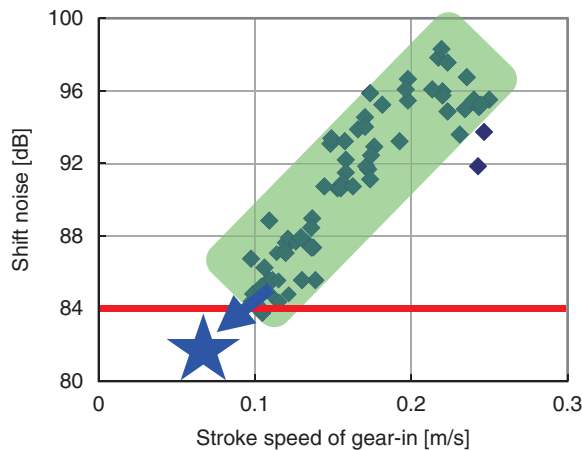


Fig. 8 Relationship between shift noise and stroke speed

ストローク速度低減の手法として、ストロークに応じた油圧制御、ディテント形状の変更、および油圧サーボピストン室にオリフィスを追加した。ただし、ストローク速度を下げるによりボークからドグ接触までの間に同期が崩れてしまう場合があるため、同期崩れを起こすトルクに対し、適正なブレーキ荷重を生じるディテントプロフィールにすることで対策した。

4.4. 油圧制御システム

従来 AT はクラッチのつかみ替えで変速が完了することに対し、DCT はクラッチのつかみ替え前に、シフト機構によるギヤ段選択が必要となることから、変速応答性が課題となる。この課題に対して、シフト機構とクラッチを同時に制御できるよう、各軸のクラッチ用リニアソレノイドに加え各軸2セットあるシフト機構を動作させるリニアソレノイド、および ON, OFF ソレノイドを配した油圧回路構成とした。

また、変速時のクラッチ制御時間短縮のため、クラッチ用アキュムレータを小容量化した。その際、クラッチ制御圧ばらつきによる変速ショックが課題となる。油圧センサの適用、およびリニアソレノイドの油圧補正学習をおこなうことで、目標の油圧指令値と実油圧値の差を小さくし、変速における応答性と商品性を両立した。

4.5. DCT 制御

DCT として目指す爽快な変速フィーリングを実現するために、シフトビジー感の解消と変速応答性の両立を以下の手法により実現した。

シフトビジー感の解消のために、シフトマップ上の各ギヤ段領域をアクセルペダル (AP) 開度で 10% 以上確保し、ドライバが変速段を選択しやすい設定とした (Fig. 9)。

変速応答性については、ドライバのアクセル踏み込み速度からドライバの要求駆動力を予測し、飛び越しキック

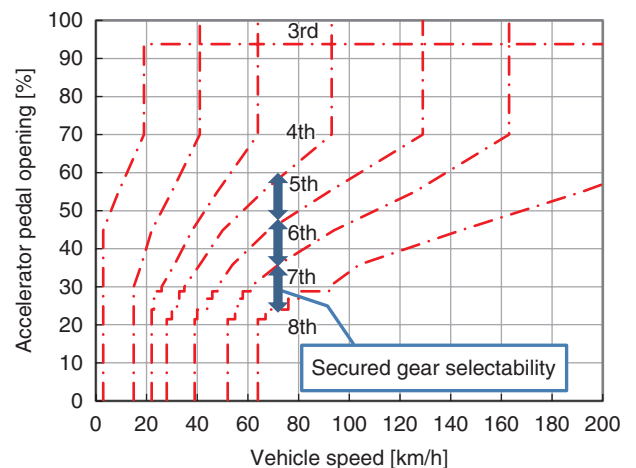


Fig. 9 Shift map (only KD line)

ダウン (KD) させる制御 (ファストシフト制御) を採用した (Fig. 10). アクセルペダルの踏み込み速度および踏み込み量が判定値を超えた時 (ファストシフト判定), 予測される到達APに基づき変速段を選択することで, ドライバが要求する駆動力を速やかに実現させることが可能となった。

4.6. DCTフルード

湿式クラッチ等のATの構成要素と, シフト機構等のMTの構成要素を併せ持つDCT構造に対して, その両方の構成要素から成る要求特性を満足するフルードを新規に開発した。

性能添加剤の一つである摩擦調整剤の種類および配合量の調整により, 湿式クラッチ摩擦特性を最適化した。また, ギヤ部およびシフト機構部に対して必要な信頼性を, 硫黄系極圧添加剤の増量により確保した。

また, 燃費向上に対し, かくはん抵抗を低減する目的のため, 常用温度域の低粘度化を図った。低分子量タイプの粘度指数向上剤の採用と, それに合わせた最適なベースオイルの粘度設定により, DCT構造に対応したフルードとしてトップレベルとなる, 100℃における動粘度 5.5 mm²/s を達成した (Fig. 11)。

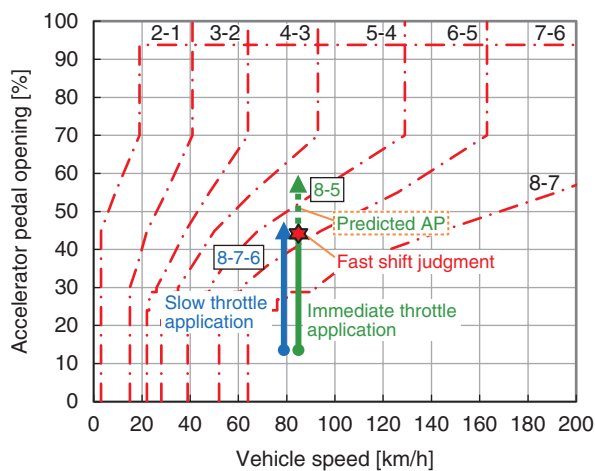


Fig. 10 Fast shift

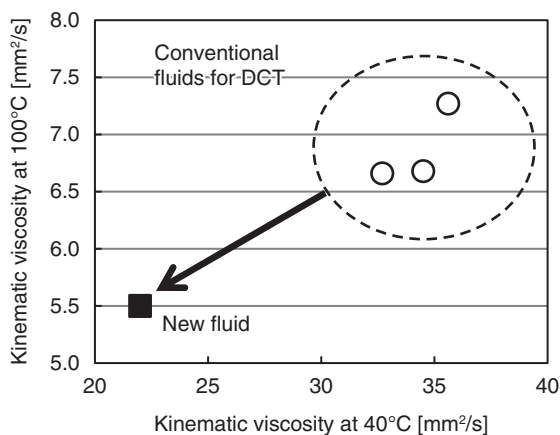


Fig. 11 Viscosity characteristics of new fluid

5. 動力性能と燃費

5.1. 走り感

スポーティな走り感を創出するため, リズミカルな変速とダイレクト感について, 2008年モデルTSX, 他社DCTを上まわる性能を達成した。

リズミカルな変速は, 変速時のエンジン回転数変化率と, 変速間隔の2項目で評価した。本DCTではレシオ比率 (以下, 公比) を2008年モデルTSXおよび他社DCTに対し, 1速から5速までの公比を低く, リニアな設定とした (Fig. 12)。これにより, 全開変速時のエンジン回転数変化を2008年モデルTSXに対して, 平均で7.2%低減した (Fig. 13)。また, 変速間隔も同様に短くすることに

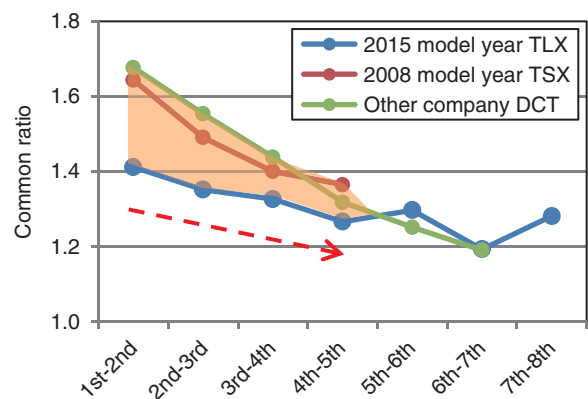


Fig. 12 Common ratio

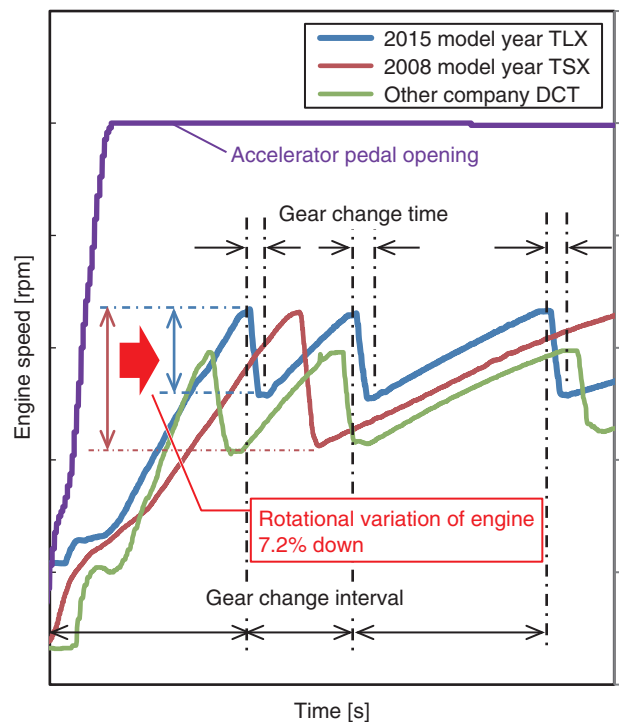


Fig. 13 Engine rotational variation

より (Fig. 14), リズミカルな変速を実現した。

ダイレクト感は、変速時間と LC 直結領域の 2 項目で評価した。低慣性構造などハードでの優位性に加え、エンジンのトルクオンデマンド制御による推定トルク精度の向上、および予測プリシフトの採用により、2008 年モデル TSX に対し、1-2, 2-3, 3-4 アップシフト平均で、37% 変速時間を短縮した (Fig. 15)。

LC 制御ではスリップ率を低減し、直結領域を拡大することにより、優れたダイレクト感を達成した。LC スリップ率の比較を Fig. 16 に示す。

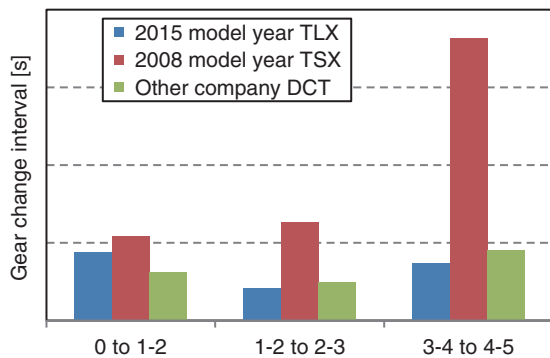


Fig. 14 Gear change interval

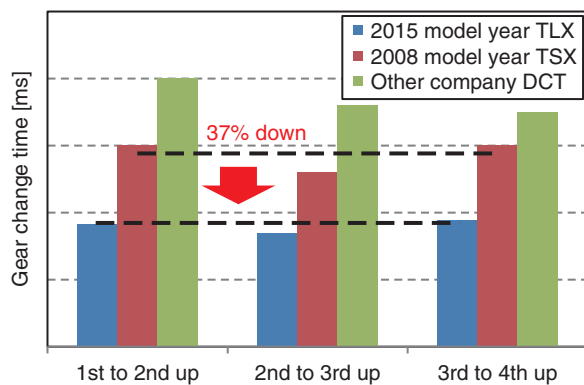


Fig. 15 Gear change time

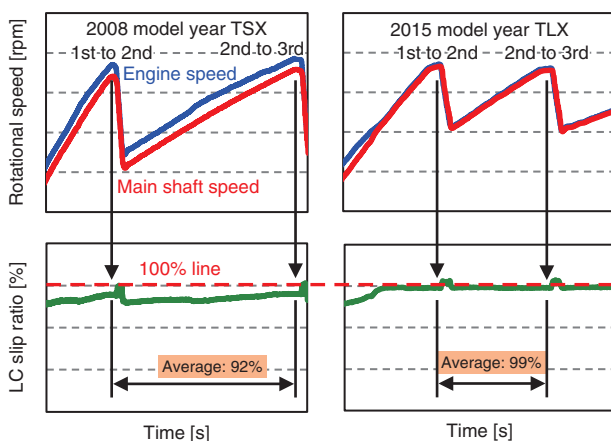


Fig. 16 LC slip ratio

5.2. 動力性能

低速ギヤ段のローレシオ化による駆動力向上および変速時間の短縮により、2015 年モデル TLX で、2008 年モデル TSX に対し、全開加速時の 0 mph から 60 mph に達するまでの時間を 1.3 秒短縮し、15% の動力性能向上を達成した。全開加速時の前後加速度の比較を Fig. 17 に示す。

5.3. フリクショントルク

各クラッチの必要伝達トルクに応じたライン圧制御、クラッチ室を別室とした構造によるかくはん抵抗の低減、駆動しているギヤ以外をニュートラル状態で待機させる制御の採用により、従来の 5 速 AT と比べフリクショントルクを 28% 低減した (Fig. 18)。

5.4. 燃費

多段ワイドレンジ化、LC 直結領域の拡大、フリクショントルクの低減、およびトルク伝達効率の向上により、従来の 5 速 AT に対し、US コンバインモードで 8% の燃費向上を達成した。

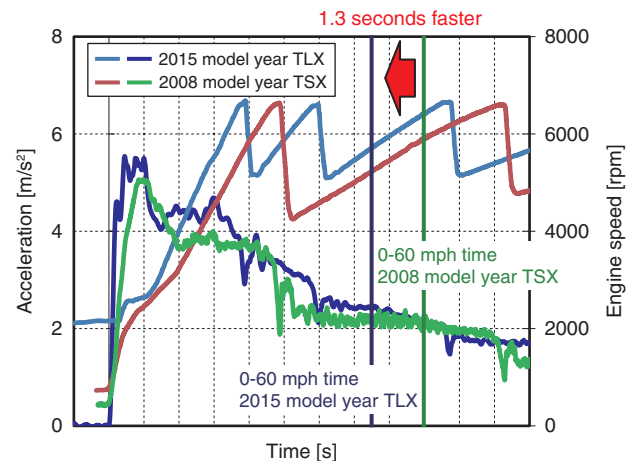


Fig. 17 Wide open throttle acceleration

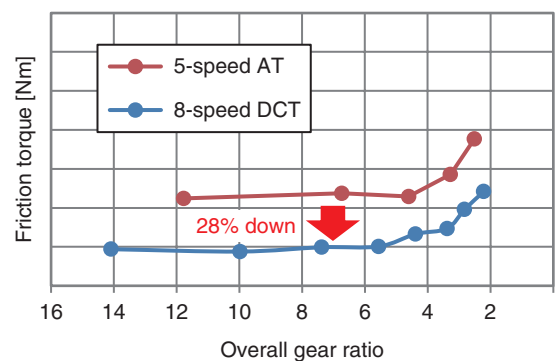


Fig. 18 Friction torque

6. まとめ

スポーティな走り感、低燃費、コンパクトをねらいとした、トルクコンバータ付8速DCTを開発し、以下の結果を得た。

- (1) トルクコンバータ採用による力強くスムーズな発進と、リズムカルな変速かつダイレクト感のあるスポーティな走りを実現した。
2008年モデルTSXに対し、0 mphから60 mphに達するまでの時間を1.3秒短縮し、15%の動力性能向上を達成した。
- (2) 従来の5速ATに対し、USコンバインモードで8%の燃費向上を達成した。
- (3) 全変速段共用ギヤ列構造、2重管構造、超偏平トルクコンバータの採用により、8速化と同時に5速AT同等の全長に抑えた。

参考文献

- (1) 岡本雅之, 寺山哲, 森本茂: 安定性と応答性を両立させたCVT発進クラッチの油圧制御技術, Honda R&D Technical Review, Vol.19, No.1, p.79-85
- (2) 河合則和, 太田浩司, 政岡泰行, 小西弘順, 小林平典: SPORTS HYBRID i-DCD用7速デュアルクラッチトランスミッションの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.26, No.1, p.27-32

■ 著 者 ■



町田 昭二



八木 紀幸



宮田 和典



貞 清雅行



尾 梶 智哉



山根 伴紀