

新型 FIT 用トルクコンバータ付き CVT の開発

Development of CVT for 2008 Model Year FIT

山 口 正 明*

Masaaki YAMAGUCHI

葦 澤 英 夫*

Hideo NIRASAWA

大 瀧 光 郎*

Mitsurou OOTAKI

戸 塚 博 彦*

Hirohiko TOTSUKA

伊 藤 敬 介*

Keisuke ITO

要 旨

低燃費と爽快な走りの両立を目指した二代目 FIT に新開発の 1.3L, 1.5L クラスのトルクコンバータ付き CVT を搭載した。この CVT での主な技術として、発進方式を従来の発進クラッチからトルクコンバータに変更、プーリ軸間を 143mm から 156mm に拡大、ファイナルレシオのハイレシオ化、別軸配置の小径オイルポンプ、クリープ制御システム、発進ロックアップクラッチ(L/C)制御システム等を採用した。

これらの技術により前モデル FIT CVT に対して伝達効率を 1.7% 向上すると共に、トルクコンバータの発進時トルク増幅効果により、低燃費と爽快な走りを達成した。

ABSTRACT

A newly developed 1.3 L, 1.5 L class CVT with a torque converter was mounted in the second generation FIT, which is aimed at realizing both higher fuel economy and exhilarating acceleration performance. The main technologies used in the new CVT are the changeover of the start-off method from the conventional start-off clutch to a torque converter, the increase of the pulley distance from 143 mm to 156 mm, the adoption of a high gear ratio, and the adoption of an oil pump driven with a small radius rotor via a chain, a creep control system, and a start-off lockup clutch (L/C) control system.

As a result of these technologies, the transmission efficiency was 1.7% higher than that of the previous FIT CVT, and the torque amplification effect of the torque converter during launch enabled the achievement of higher fuel economy and exhilarating acceleration performance.

1. まえがき

近年、地球規模の環境問題に対する対策が注目される中 CO₂削減に向けた燃費向上が重要となってくる。その上で、車の持っている魅力である走る楽しさも求められている。このようなニーズに対して、燃費効率に優れた CVT^{(1), (2)}を 1996 年モデル以降採用してきた。FIT のフルモデルチェンジにあたり、低燃費と発進性能を両立させる FIT 用トルクコンバータ付き CVT を開発したので、この技術について紹介する。

*四輪開発センター

2. 開発のねらい

トップレベルの低燃費と発進性能を両立させるため、下記 3 項目を開発のねらいと定めた。

- (1)フリクション低減、ハイレシオ化、クリープ制御、L/C 制御による高い伝達効率
- (2)トルクコンバータによるスムーズかつ力強い発進性能
- (3)FIT クラスに適したコンパクト CVT

3. 基本レイアウトと主要諸元

新型 FIT 用トルクコンバータ付き CVT(以下、本 CVT)の主断面図を Fig. 1 に示す。

2002 年モデル「Fit」(以下、旧モデル)からの主な変更点は、発進機構にトルクコンバータを採用、高容量かつ高効率な小径オイルポンプを別軸配置、プーリベアリング配置の変更、金属ベルトフリクション低減のためプーリ軸間拡大などが挙げられる。外観図を Fig. 2 に、主要諸元を Table 1 に示す。

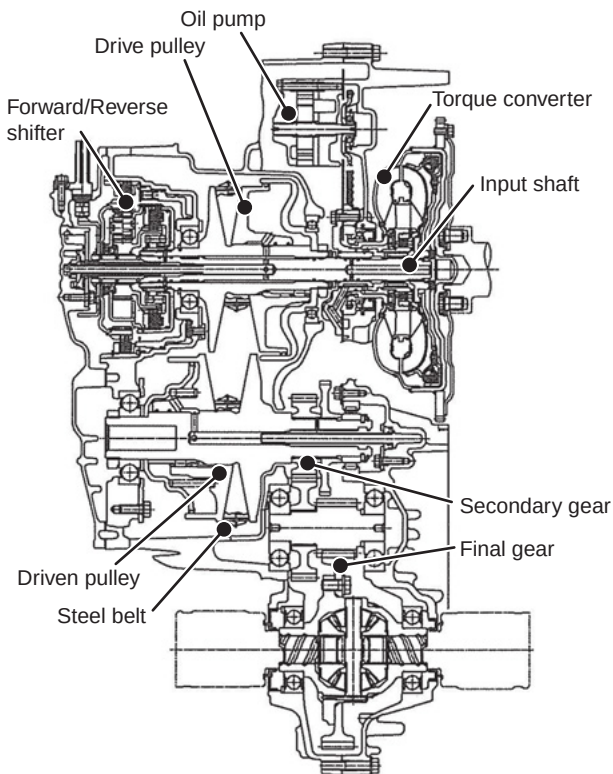


Fig. 1 Main section of CVT

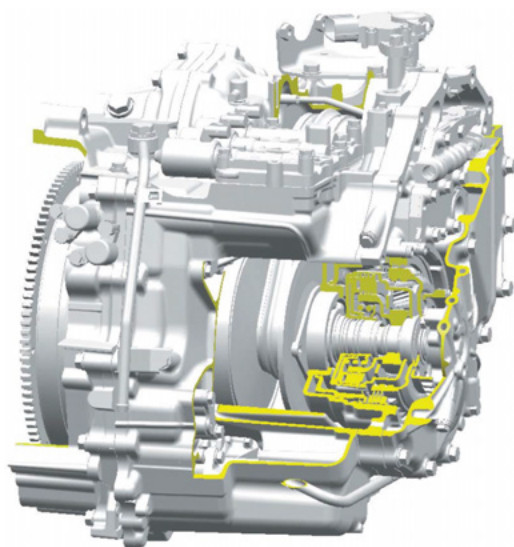


Fig. 2 Image of CVT for new FIT

Table 1 CVT specifications

		2008 model FIT	2002 model Fit
Engine specifications	Type	1.3L i-VTEC	1.3L i-DSI
	Max. power [kW/rpm]	73/6000	63/5700
	Max. torque [N·m/rpm]	127/4800	119/2800
Ratio	LOW OD	2.419 0.421	2.367 0.407
	Secondary	1.266	1.333
	Final	3.875	4.333
	RVS planetary	1.024	1.785
Dimension	Overall length [mm]	361	349
	Pulley axis length [mm]	156	143
Weight (Wet) [kg]		77.6	74.5

4. 主要構造

4.1. パッケージングの考え方

本 CVT では旧モデルのケース構成と軸配置および制御系配置⁽¹⁾を踏襲した上でトルクコンバータを配置した。

トルクコンバータ配置による全長増加分を、小径オイルポンプの別軸配置化、ドライブプーリカバーベアリング支持構造等の技術により補い、コンパクト化をおこなった。

4.2. トルクコンバータ

4.2.1. トルクコンバータ採用のねらい

旧モデルでは、発進方式に湿式多板式クラッチを採用していた。トルク増幅機構がないため、発進時の必要駆動力を確保できる低いギヤレシオを設定する必要があった。そのためクルーズ走行時のギヤレシオも低くなり、エンジン回転が上がり燃費向上の余地が残されていた。

本 CVT では、トルクコンバータを採用することでギヤレシオを旧モデルに対し14%ハイレシオ化し、発進駆動力とクルーズ走行時のエンジン回転低下による燃費向上の両立を図った。

4.2.2. トルクコンバータ径の小径化

本 CVT では、1.3L 用に搭載されている従来 AT 用トルクコンバータに対して、ポンプ、タービン、ステータ、ブレードを最適化設計することで、流路径を15%縮小(φ190)し重量を18%低減した。

またロックアップクラッチは、極低速領域からロックアップを可能とするため、ロックアップクラッチサイズを

φ 208 に拡大した。

トルクコンバータ断面図を Fig. 3 に示す。

4.3. 別軸配置小径オイルポンプ

4.3.1. オイルポンプ基本レイアウト

旧モデルではオイルポンプをインプットシャフトで直接駆動するレイアウトであったが⁽¹⁾、本 CVT では、スプロケットとサイレントチェーンを介して駆動する別軸配置のレイアウトを採用した。Fig. 4 に構造を示す。

別軸配置することで、全長短縮となり、かつオイルポンプロータを小径化できフリクション低減を達成した。

4.3.2. 高圧対応

トルクコンバータを採用したことによりオイルポンプに要求される吐出流量および吐出圧が増大する。

必要油圧は旧モデルの 3.5MPa から 5.5MPa に増加し、そのために生じるハウジングの変形による吐出性能の低下を防止するため、FEM解析によりアルミダイカスト製ポンプカバーの剛性を最適化することで、高圧での吐出性能確保を図った。

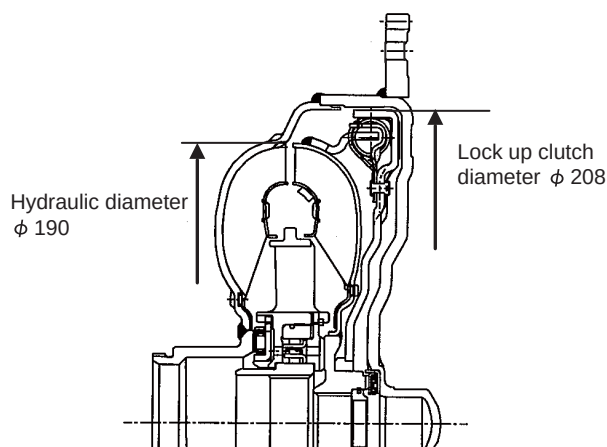


Fig. 3 Structure of torque converter

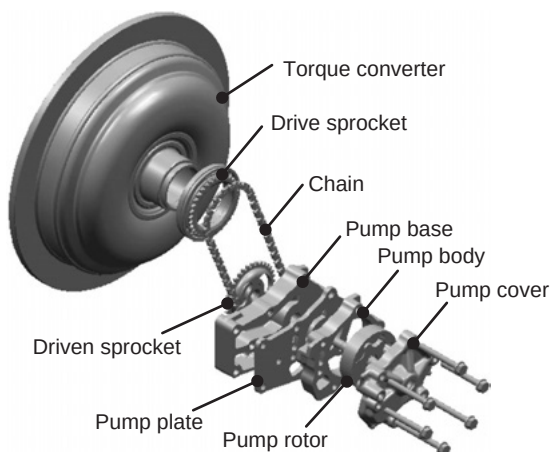


Fig. 4 Structure of oil pump

4.4. ドライブプーリカバーベアリング支持構造

ドライブプーリを支持するベアリングを軸に直接勘合せずプーリカバーに配置することにより、ドライブプーリ全長を 18mm 短縮した。Fig. 5 に構造を示す。

旧モデルのプーリカバーは油圧反力分の荷重のみを受けるのに対して、本 CVT のプーリカバーはベアリング支持荷重も受けることになる。ベアリング支持荷重分も考慮したプーリカバー形状とすることでプーリカバーにベアリング配置することが可能となった。

4.5. プーリ強度

プーリについては、ドライブ、ドリブン各々組み付け状態での FEM による応力解析、変形量解析をおこない形状の最適化を図った。

ドリブンプーリ支持部は、従来ドリブンプーリとセカンダリギヤの間に配置していた。本 CVT では、ドリブンプーリの強度と変形量の最適化を図るため、セカンダリギヤの外側にベアリングを配置し、ドリブンプーリシャフト V 面根元応力を 15% 低減した。Fig. 6 にベアリング配置と応力解析結果を示す。

4.6. 金属ベルト強度

トルクコンバータ適用による高トルク化に 24mm ベルトにて対応するために、本 CVT ではインギヤ過渡時等においてベルトに過大な入力が入らないように電子制御スロットル (DBW) によるトルク協調制御を適用した。

これにより従来制御に対して、ベルト負荷を 50% 低減することができ、24mm ベルトにて耐久性を確保することが可能となった。

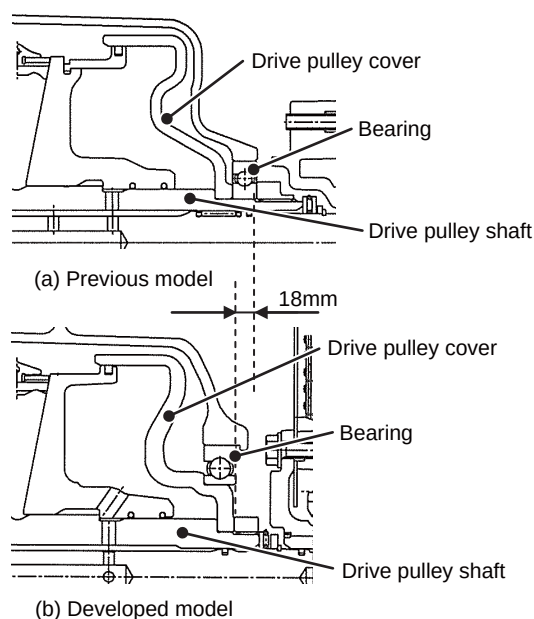


Fig. 5 Comparison of drive pulley bearing layout

4.7. ケース強度

高トルク対応をおこなうため、FEMによる応力解析、合わせ面シール解析をおこない、各部ケース形状の最適化を図った。

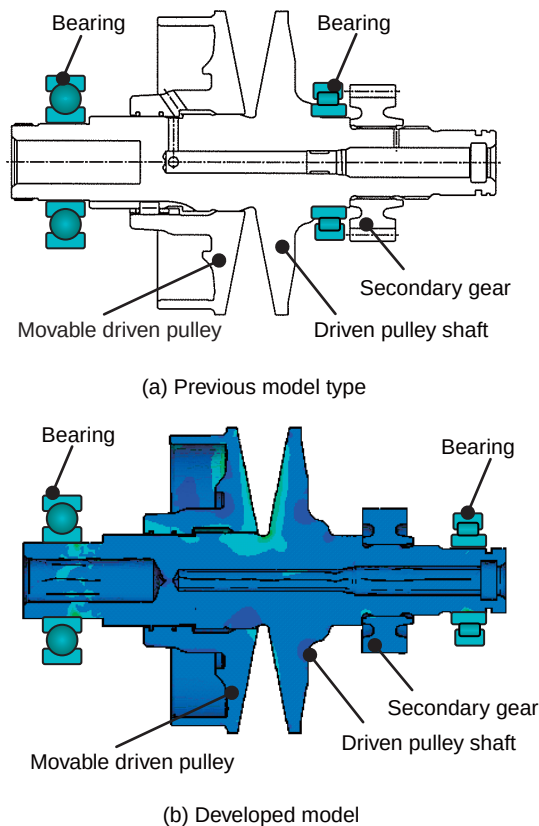


Fig. 6 Comparison of driven pulley bearing layout

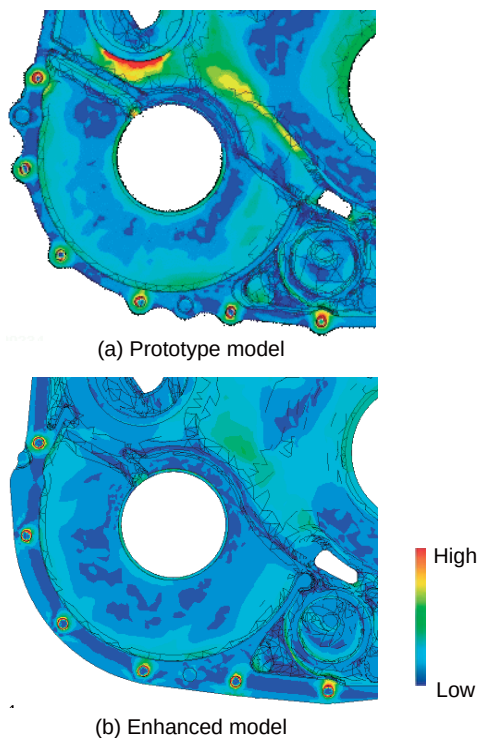


Fig. 7 Transmission case stress distribution

Fig. 7にファイナルギヤ周りの応力解析結果を示す。ファイナルギヤ周りのケース肉厚増加とリブの最適配置により、ケース強度を確保した。

5. 伝達効率向上技術

5.1. フリクション低減技術

CVTフリクションの3大要素は、金属ベルト、オイルポンプ、オイル攪拌である。それぞれのフリクション低減技術について説明する。

5.1.1. 金属ベルト

ベルトフリクションは、プリー軸間を大きくすると低減する傾向にある。Fig. 8にプリー軸間に対するフリクション変化を示す。しかし軸間を大きくするとトランスミッションのサイズも大きくなってしまふ。本CVTのプリー軸間は、フリクション低減量とトランスミッションサイズの最適設定として、156mmと設定した。その結果、旧モデルに対して8%のフリクション低減を達成した。

5.1.2. オイルポンプ

旧モデルと比較してアウターロータ外径で13%の小型化を図り、エンジン1回転当たりの吐出量を26%増加させながら、旧モデル同等の駆動トルクを達成した。

5.1.3. オイル攪拌

トランスミッション総油量を低減し油面を下げることでオイル攪拌抵抗を減らすために有効であるが、潤滑性能が課題となる。本CVTでは、デファレンシャル部の潤滑性能確保のため、Fig. 9に示すようにギヤでかき上げられたオイル(A部)をリブと溝にてデファレンシャルギヤへ効率よく流し込む構造とした。この構造により、油面を下げて潤滑性能が確保でき、フリクション低減が可能となった。

5.2. トランスミッションフリクション

前項で述べた各要素の改良技術により、旧モデルに対して、金属ベルトは8%のフリクション低減、オイルポンプは同等のフリクションとした。その他オイル攪拌などによるフリクションは、トルクコンバータ採用によるトルク増加

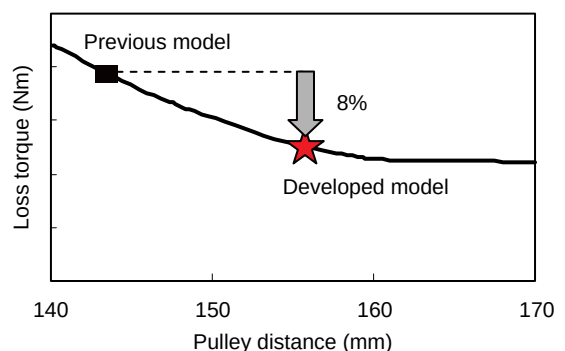


Fig. 8 Loss torque of CVT belt

に伴い各ギヤが大きくなったが、攪拌抵抗の低減によりフリクション増加を最小限とした。

トランスミッションフリクションは、旧モデルに対し、5%の低減を達成した。そのフリクション内訳を Fig. 10 に示す。

5.3. ECU 制御技術

5.3.1. クリープ制御

アイドリング中にフォワードクラッチ容量を低下させ、クリープトルクを低減させることにより、アイドリング時のフリクションを低減した。Fig. 11 にクリープの動力伝達状態を示す。クリープが発生するアイドリング状態ではタービン以降の回転要素は完全に停止しているが、クリープ制御状態になるとフォワードクラッチ容量を低下させることによりタービンが回転し始め、トルクコンバータのポンプとタービンの相対回転数が減少しフリクションが低下する。これによりアイドリング中のフリクションを70%低減させた。

登坂路では傾斜センサにより勾配を検出しクリープ制御を停止し、通常クリープ力とすることで従来 AT 同等の登坂商品性を確保した。

5.3.2. 発進 LC 制御

本 CVT では極低速領域のロックアップ領域を拡大する

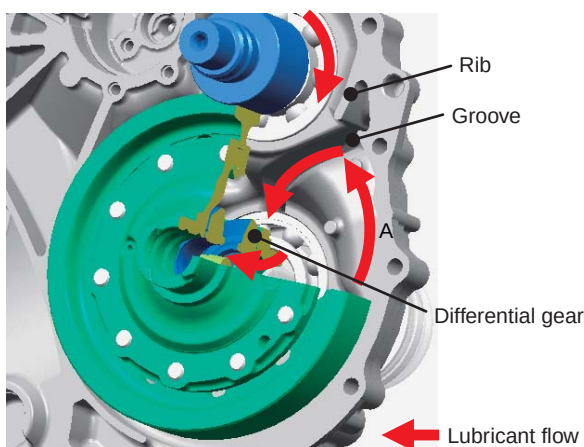


Fig. 9 Lubricant flow at differential gear

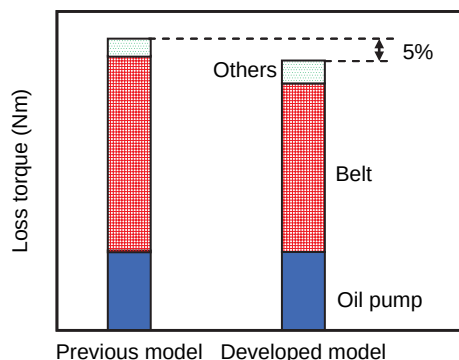


Fig. 10 Comparison of loss torque

ことにより発進時の効率向上をおこなった。

ロックアップクラッチ径のサイズアップとロックアップ領域の拡大により、発進時のトルクコンバータのスリップロスを改善し、エンジン回転の吹け上がりを約 300 rpm 低減した。Fig. 12 に低速ロックアップ発進時のエンジン回転特性を示す。

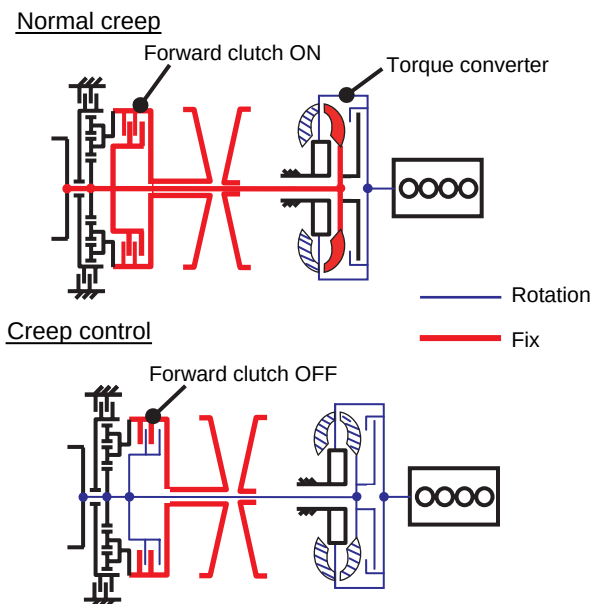


Fig. 11 Power transfer at creep control

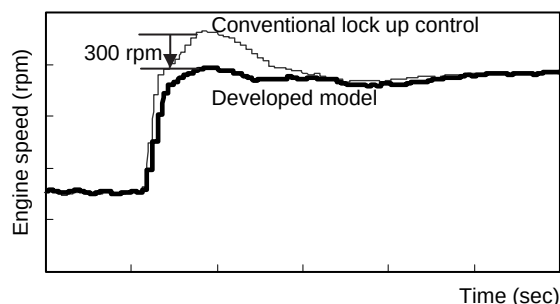


Fig. 12 Comparison of engine speed at launch

6. まとめ

FIT 用のトルクコンバータ付き CVT を開発し下記の結果が得られた。

- (1)フリクション低減、ハイレシオ化などにより旧モデルに対し 1.7%の効率向上(Fig. 13)を達成した。
- (2)トルクコンバータの採用により旧モデルに対してピークGの立ち上がり時間を短縮し(Fig. 14)、力強い発進性能を達成した。
- (3)コンパクト化技術により、トルクコンバータを採用しつつ、サイズ拡大を最小限に抑えた搭載性の良い CVT を開発できた。

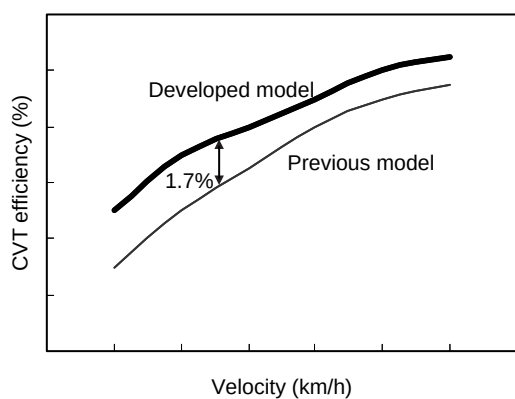


Fig. 13 Comparison of CVT efficiency

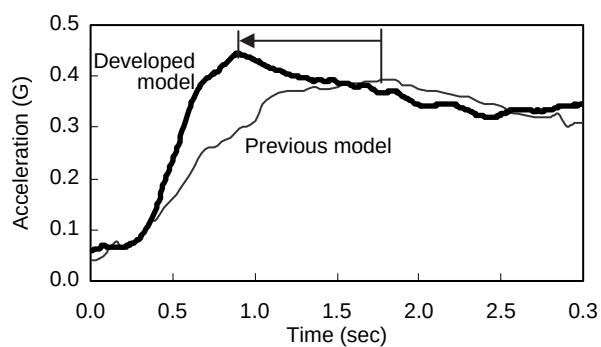


Fig. 14 Comparison of launch acceleration characteristics

参考文献

- (1) 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
- (2) 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

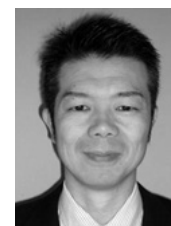
■ 著 者 ■



山口正明



大瀧光郎



伊藤敬介



塀澤英夫



戸塚博彦