

ACCORD Hybrid 用 新 5 速自動変速機の開発

Development of V6 ACCORD Hybrid 5 Speed Automatic Transmission System

吉 田 俊 輔*
Shunsuke YOSHIDA
伏 見 宏 一*
Koichi FUSHIMI

今 井 利 隆*
Toshitaka IMAI
前 田 敏 明*
Toshiaki MAEDA

要 旨

V6セダンとして力強くかつ洗練された走行性能と、4気筒コンパクトセダン同等の燃費性能の両立を目標に V6 ACCORD Hybrid 用の 5 速自動変速機(オートマチックトランスミッション:AT)を開発した。

ACCORD Hybrid は IMA システムとトルクコンバータ付有段 AT との初の組合せであり、V6 3.0 Litter i-VTEC エンジンと IMA モータの高トルクに対応しながら全長短縮をはかった。

気筒休止運転領域拡大および減速エネルギーの有効回生に対応した新設計のロングトーションダンパと高応答型のロックアップクラッチ機構、アイドルストップ復帰からのスムーズな発進を可能とするための電動オイルポンプ、全変速段のリニアソレノイドによるダイレクト制御油圧回路を開発し、燃費と走行性能の両立を達成した。

ABSTRACT

The 5-speed automatic transmission employed in the 2005 model year V6 Accord Hybrid was developed to enable the vehicle to display the powerful and refined driving performance of a V6 sedan, while achieving the fuel economy of a 4-cylinder compact sedan.

The Accord Hybrid represents the first combination of an IMA system and a stepped AT employing a torque converter. While its overall length has been reduced, the new AT has been designed with consideration of the high torque generated by the V6 3.0L i-VTEC engine and the IMA motor.

Expansion of the cylinder idling operating range and more effective regeneration of deceleration energy required a redesigned long torsion damper and a highly responsive lock-up clutch mechanism. The system has also been equipped with an electronic oil pump to enable smooth takeoff after idle stop, and a hydraulic system that employs a linear solenoid for direct control of all shift stages. The use of these new technologies has enabled the achievement of a superb balance of fuel economy and driving performance.

1. まえがき

地球環境の改善や化石燃料節約の観点より、自動車の低燃費化および低エミッション化の要求は年々高まり、2001年9月11日事件以来のアメリカでのエネルギー政策の転換でガソリン価格の高騰がつのってハイブリッドシステムを搭載した低燃費・低公害車への注目は、ますます強くなっている。

Honda ではこれらの市場要求に応えるべく 2004 年 12 月 10 日に、V6 ACCORD Hybrid を発売した。

この ACCORD Hybrid の IMA システムは、CIVIC Hybrid に搭載した IMA システムをベースにモータ/ジェネレータ性能を向上させるとともに、V6 3.0 Litter 気筒休止機構

*栃木研究所

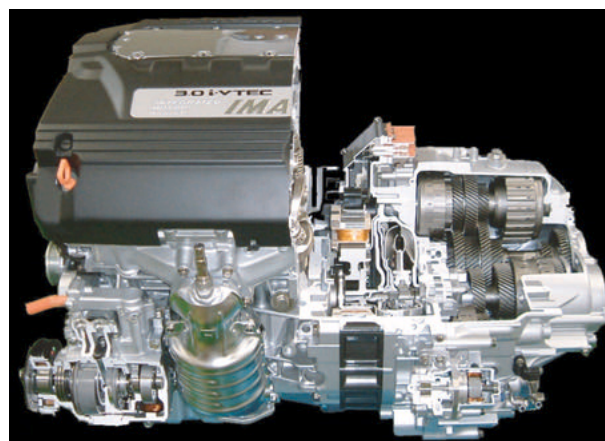


Fig. 1 ACCORD Hybrid powerplant cut model

「VCM」(Variable Cylinder Management)「i-VTEC」エンジンを組み合わせ統合制御をおこなっている。本稿ではこのシステムに適合させた、新 5 速 AT の構造、特徴、性能について紹介する^{(1), (2)}。

Fig. 1 にパワープラントのカットモデル写真を示す。

2. ACCORD Hybrid 用 5AT の構造

2.1. 基本レイアウトおよび主要諸元

ACCORD Hybrid はエンジン、モータ、トランスミッションからなる IMA システムのパワープラントを横直列配置で搭載している。本開発では、従来の 5AT から大幅な全長短縮をはかることにより、IMA モータ追加によるパワープラント全長増を最小化した。

偏平率 65% の薄型トルクコンバータの採用と 3 速駆動用のサードシャフトを追加し 4 軸化することにより、トランスミッションは 2003 年モデル ACCORD V6 5AT と比較して 60mm の全長短縮をはかっている。Fig. 2, Table 1 に 5AT の断面図と主要諸元を示す。

サードシャフトには 3 速クラッチ、3 速ギヤ、4 速ギヤが配置され 3 速駆動時にはサードシャフトを経由してトルク伝達がおこなわれる。このシャフトの追加により他のシャフト長の短縮が可能となり、トランスミッション全長の短縮に大きく寄与している。

また、アイドルギヤ列配置をトランスミッション後端から支持ベアリングの中央に変更することにより、シャフトたわみによるギヤ音発生を抑制している。

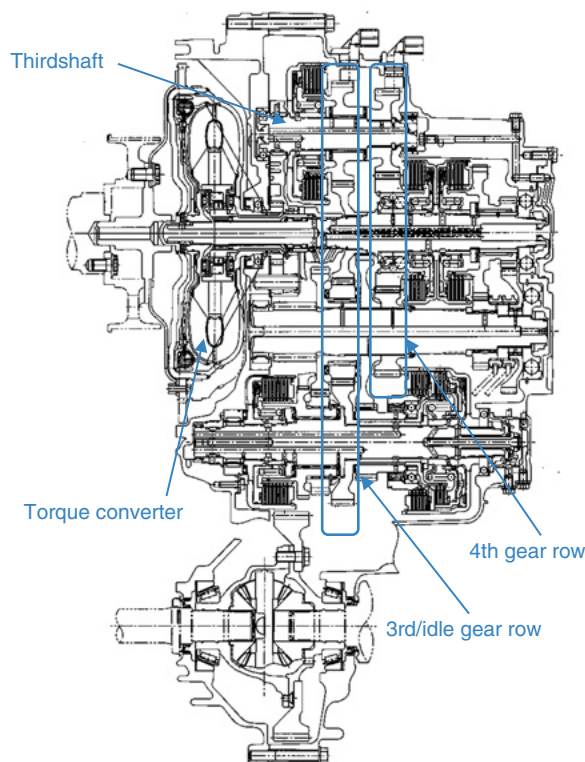


Fig. 2 Main section of ACCORD Hybrid 5AT

Table 1 Main specifications of ACCORD Hybrid 5AT

Type	4-Axis 5speed AT	
Ratio		O/A
1ST	2.685	11.747
2ND	1.565	6.849
3RD	1.023	4.476
4TH	0.729	3.190
5TH	0.530	2.321
RVS	1.888	8.263
Final	4.375	
Torque converter	$\tau_0=5.4$ $k_0=1.7$ (Long-torsion damper, Highly-responsive lock up clutch)	
Hydraulic system	All shift stage direct control Idle stop control	
Electric oil pump	Type: Trochoid rotor 3cc/rev Rating: 7.4L/min @ 343kPa	

2.2. ギヤレシオ

一般にギヤレシオがハイレシオになるほど Highway 燃費性能は向上するが、ACCORD Hybrid の VCM + IMA システムでは気筒休止運転領域との兼ね合いから、システムの長所を引き出すために、最適なギヤレシオを選定することにより走行性能と燃費性能の両立をはかった。

Fig. 3 に加速性能とモード燃費を、Fig. 4 にファイナルギヤレシオとモード燃費の関係を示す。

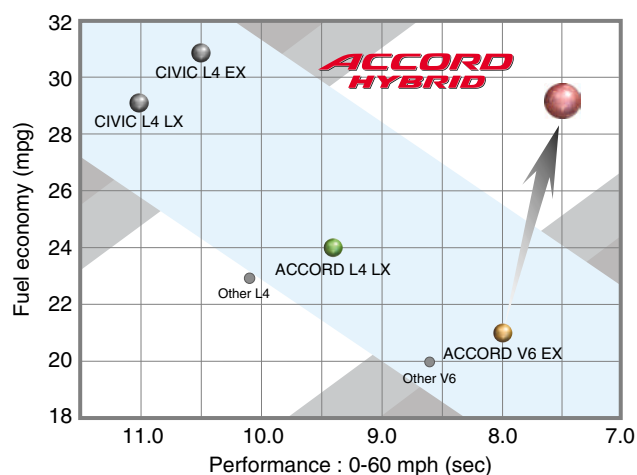


Fig. 3 Performance vs. fuel economy

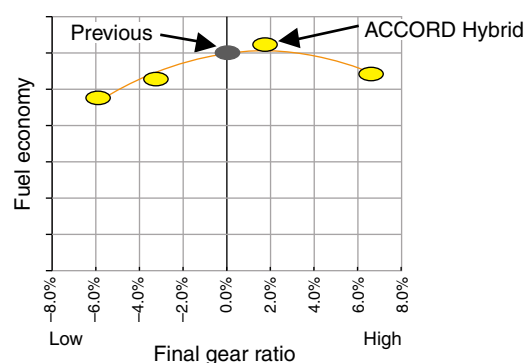


Fig. 4 Final gear ratio vs. fuel economy

2.3. トランスミッションケースの軽量化

ハイブリッド化にともない、従来の車両に対し IMA システムの追加により重量が増加する。

5ATシステムでは重量の増加を最小限に抑えるためCAE技術を活用し、従来タイプ同等以上の剛性を確保しながらトルクコンバータケース・トランスミッションケースを6%軽量化した。Fig. 5にケース応力のシミュレーション結果の一例を示す。

2.4. 電動オイルポンプ

IMAシステムのアイドルストップに対応するべく、アイドルストップ中に起動するトロコイド式の電動オイルポンプを新たに開発した。

エンジンにより駆動されるオイルポンプしか持たない既存のATでアイドルストップをおこなうと、エンジンにより駆動されるオイルポンプが停止するため、回路内の油圧が無くなり、再発進時のエンジン始動と共に急激に油圧が立ち上がり、クラッチの急係合から発進時のショックが起きる。そこで、アイドルストップ時にもクラッチ係合に必要な油圧を保持するために、電動オイルポンプを設置することにより、スムーズな発進性能を確保した(Fig. 6)。

2.4.1. 電動オイルポンプシステム構成

電動オイルポンプシステムは、トランスミッション前部に取付けられる電動オイルポンプ ASSY と電動オイルポン

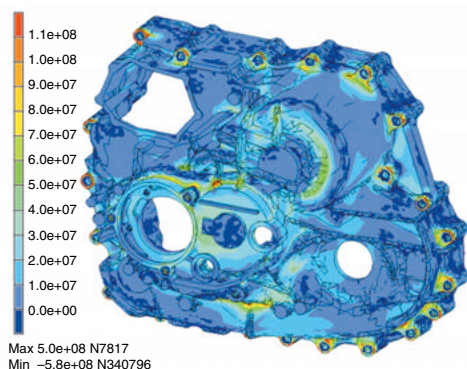


Fig. 5 Simulation of case stress

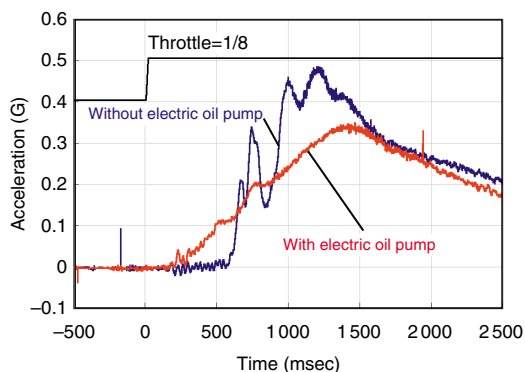


Fig. 6 IMA start characteristics

プ ASSY を制御する電動オイルポンプドライバとで構成される。

電動オイルポンプドライバはECUとの双方向通信により出力トルク要求指令受信や、オイルポンプ運転状態などの情報送信をおこない、電動オイルポンプ ASSY のブラシレスモータを回転センサレス、電流センサレス方式で制御している。Fig. 7に電動オイルポンプシステム構成図を示す。

アイドル運転中や走行中にはエンジンにより駆動されるオイルポンプより油圧供給し、アイドルストップ時には電動オイルポンプより供給するために、油圧回路構成はエンジンにより駆動されるオイルポンプと吸入・吐出油路を平行に配置し、クラッチ供給油路へ合流させた。また、エンジンにより駆動されるオイルポンプの吐出油路との合流部にはチェックバルブを設置することで、アイドル運転中や走行中と、アイドルストップ時の油圧供給源の切替を簡便な構造でおこなうことを可能とした。Fig. 8にはAT油圧回路の概念図を示す。

電動オイルポンプ ASSY は、トロコイド式オイルポンプ部とブラシレスモータ部とで構成され、モータの駆動力

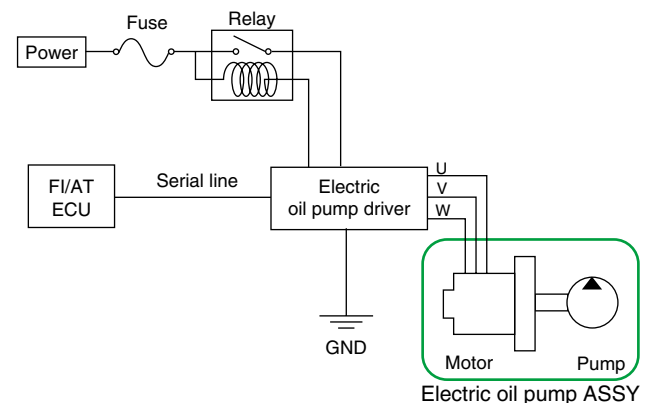


Fig. 7 Electric oil pump system

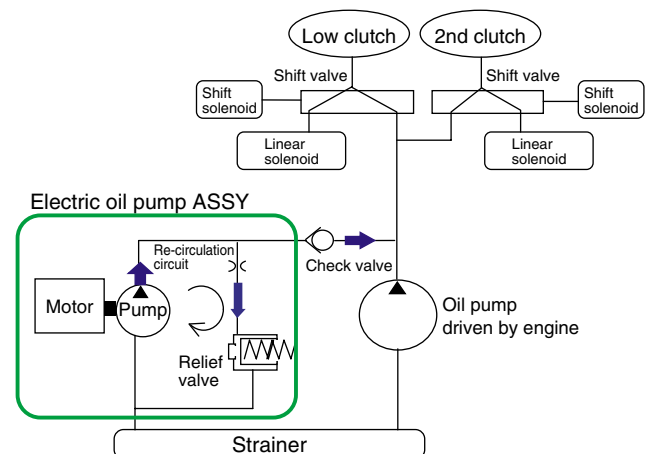


Fig. 8 Hydraulic circuit

はオルダム継ぎ手を介しポンプに伝達される構造とした (Fig. 9)。

2.4.2. オイルポンプ

フリクション低減のため、トロコイドロータ部は小径、幅広ロータを採用しサイド面の摺動抵抗を押えた。

また、粘性の低い高油温域での体積効率低下を抑えるため、ロータハウジングをロータと同一材質とし、高油温域でもポンプサイドクリアランスを最小のまま一定に保つことで、高油温域の高効率を実現し、小型化、軽量化も達成している。

電動オイルポンプの起動時には、エンジンにより駆動されるオイルポンプの吐出圧によりチェックバルブが閉じている。そのためオイルを吐出できず、回転、電流センサレスモータが安定して回転できる限界回転数を下回ってしまうという課題があった。また電動オイルポンプの停止中にポンプ内に溜まった気泡の影響で起動時モータ負荷が急激に軽くなり、モータ回転数が安定するまで時間がかかるという課題があった。

これに対応するため内部循環油路構造を設け、アイドルストップ開始前から電動オイルポンプは加圧吐出状態を作り、最低回転数以上で待機させた。また、一定時間作動させることで電動オイルポンプ内に溜まった気泡を拡散させ、チェック弁開放時の負荷変動を抑えた。以上により、余裕をもった運転開始停止と、滑らかなアイドルストップ油圧移行が可能となった。

2.4.3. ポンプモータ

ブラシレスモータを採用したことで、同出力の DC ブラシモータと比較し、約 20% の効率向上を図った。

エンジンや、他のデバイス騒音が無いアイドルストップ中にポンプモータを駆動するため、低騒音モータを開発した。モータからのノイズ発生源であった、ベアリングの騒音を低減するため、嵌め合い寸法の適正化と、予圧スプリングの設置により、ベアリングガタを縮小した。

これにより、電動オイルポンプ ASSY 駆動時の車室内音

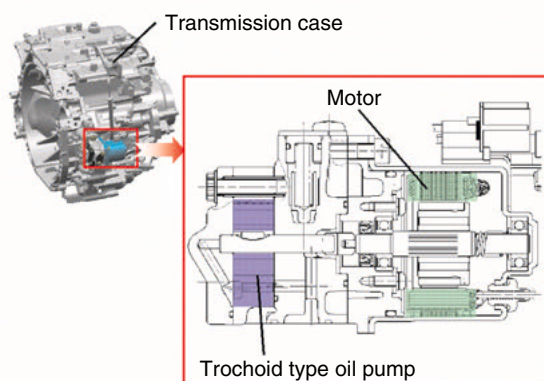


Fig. 9 Electric oil pump

圧を、エンジン停止時の車室内騒音圧である 30dB 以下に低減した。

2.4.4. 電動オイルポンプドライバ

電線電圧降下による電力ロスを最小限に抑えるためにエンジンルーム内に電動オイルポンプドライバを設置した。設置場所は被水環境の良いホイールハウス上に設置した上、防水構造とした (Fig. 10)。

また、ドライバから発生する騒音は駆動周波数を可聴域外の周波数とし高周波ノイズもカットしている。

2.5. ロングトーションダンパ

気筒休止運転の領域拡大に対応するため、新設計のロングトーションダンパを開発した (Fig. 11)。気筒休止時のトルク変動を減衰させるためトーションダンパのバネ定数を従来比 -17% とし、共振周波数を気筒運転下限回転数以下に設計し、駆動系振動を抑制して充分な商品性を確保しながら燃費の向上に貢献している。

また、ロックアップクラッチ ON からのスロットル踏み時のショックを緩和するためにトーションダンパの作動角を従来に対し 5 倍に拡大している (Fig. 12)。



Fig. 10 Electric oil pump driver layout

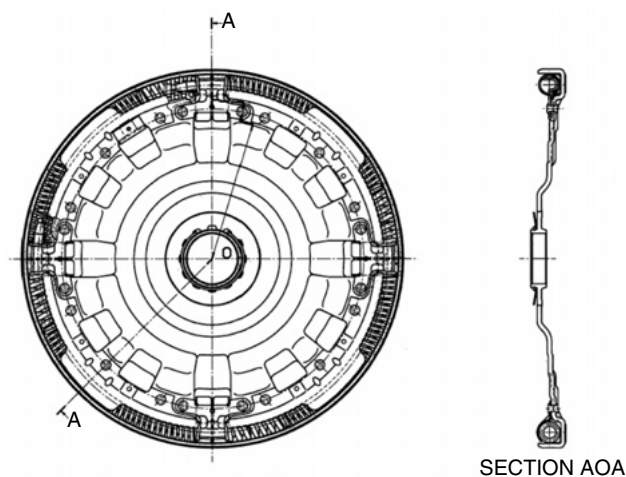


Fig. 11 Optimization of torsion damper characteristic for lock-up clutch

2.6. 高応答ロックアップクラッチ

クルーズ走行や減速回生時の燃費向上の対応として、Fig. 13 に示す高応答のロックアップクラッチを採用した。

ロックアップクラッチの背圧室側にダイヤフラムスプリングによるアシスト機構を追加して従来ロックアップクラッチに対する応答時間を 1/3 - 1/4 とした。これにより約 1.9%の燃費向上を達成している (Fig. 13, 14)。

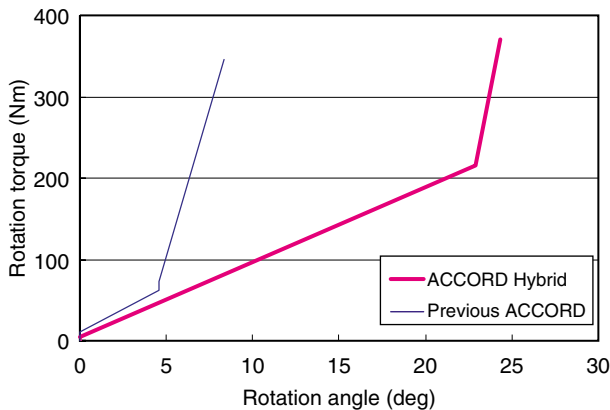


Fig. 12 Damper characteristics

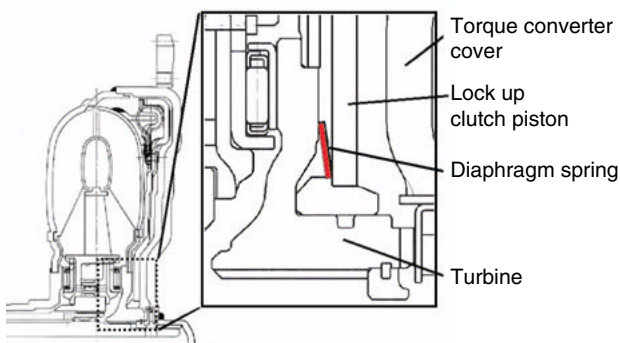


Fig. 13 Highly-responsive lock-up clutch

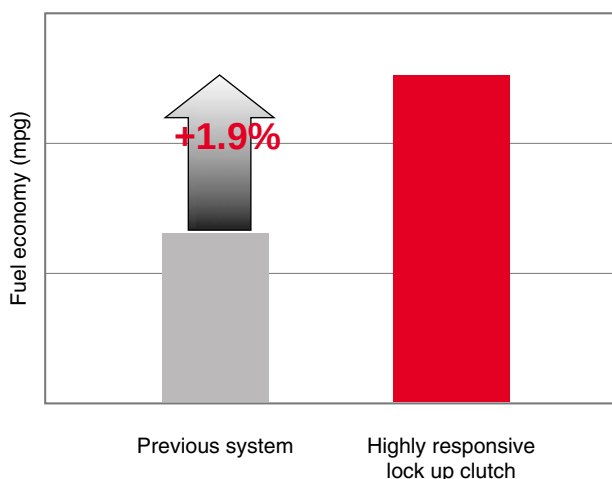


Fig. 14 Ratio of contribution to fuel economy

3. ACCORD Hybrid 用 5AT の制御

IMA システム全体としては、CIVIC Hybrid で採用しているアイドルストップ・アシスト・回生に加え、Drive By Wire (DBW) 及び気筒休止と協調したトルクマネージメント型制御を導入し燃費向上を図っている。

トランスミッションとして、省燃費と高い変速商品性の実現を両立させるために、1速クラッチを含む全変速段ダイレクト制御を採用した。

3.1. 2速発進制御

発進時のエンジン回転上昇にともなう無駄な加速エネルギーを抑制するため、通常発進のアクセルペダル開度では、2速発進をおこなっている。これにより 0.1Mpg の燃費向上効果が得られた。このとき DBW 協調制御を利用してアクセルペダル開度に応じた十分な発進加速性能も確保している。

またそれ以上の加速要求に対しては、ダイレクト制御のメリットを生かした滑らかな Low 発進を可能としており、発進時モータアシストの効果をスポイルすることなく 60マイル 7.5sec の加速性能を達成している。

3.2. 減速回生制御

減速中の燃費を抑えるためには、電力回生エネルギーを増加させることと、燃料噴射量を抑える必要がある。

この間の回生エネルギーを増加させるために、3気筒運転状態にしてエンジンのポンピングロス低減させると同時に、アイドルストップの直前までロックアップクラッチの締結状態を維持した。さらに、エンジン回転が燃料カット維持回転数以下とならないようダウンシフトをおこない、そのままエンジン始動することなく、アイドルストップモードに移行させた。これによりアイドルストップまでの減速中のほぼ全域でエネルギー回生をおこなうことが可能となり、燃料消費を抑えることができた。Fig. 15に減速時の動作を示す。

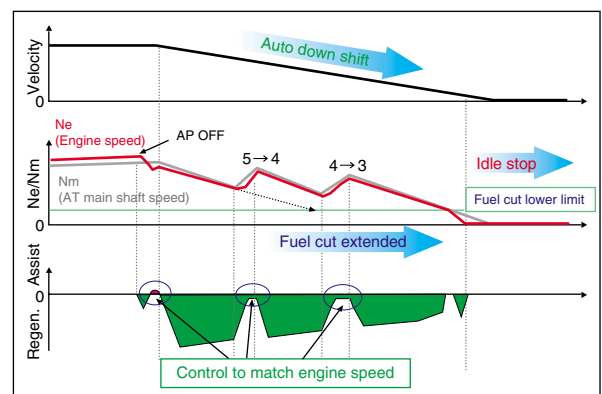


Fig. 15 Chart of deceleration regeneration operation

商品性面では、シフトダウンの瞬間、モータ回生量を一瞬弱めることで、変速時にクラッチが負担するエネルギーを減少させ、ダウンシフトショックを低減させた。また、エンジン停止前後にクラッチ締結力をコントロールすることで、エンジン停止エネルギーを車体へ伝達しないようにし、「滑らかな停止感」を達成した。

4. まとめ

ACCORD Hybrid 用の 5AT は、モータアシストによる気筒休止領域の拡大という燃費向上の柱として、IMA システムの出力性能向上、ATアイドルストップ対応、および減速エネルギーを最大限回生するという課題に対し、商品性を損なうことなく達成することができた。

その結果、V6セダンとして力強くかつ洗練された現行モデルをしのぐ動力性能と、4気筒コンパクトセダン同等の燃費性能である US City 29 mpg, US Highway 37 mpg の両立を達成することができた。

参考文献

- (1) 貝塚正明, 今井利隆, 石川 享, 仁木 学, 安達浩光:
ACCORD Hybrid システムの開発, Honda R&D
Technical Review, Vol.17, No.1, p. 18-24
- (2) 野口勝三, 藤原幹夫, 瀬川 誠, 澤村和同, 鈴木 茂:V6
i-VTEC可変シリンダシステムエンジンの開発, Honda
R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p. 85-92

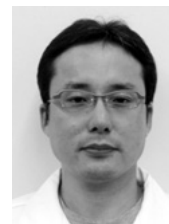
■著 者■



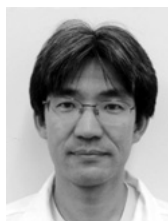
吉田 俊 輔



今井 利 隆



伏見 宏 一



前田 敏 明