

ACCORD Hybrid システムの開発

Development of 2005 Model Year ACCORD Hybrid System

貝 塚 正 明*
Masaaki KAIZUKA
仁 木 学*
Manabu NIKI

今 井 利 隆*
Toshitaka IMAI
安 達 浩 光*
Hiromitsu ADACHI

石 川 享*
Susumu ISHIKAWA

要 旨

V6上級セダンとして走行性能の向上と4気筒コンパクト CIVIC セダン同等の燃費性能を目標に設定して ACCORD Hybrid を開発した。エンジンは V6 3.0 Litter をベースに回生エネルギーの向上のため可変シリンダ機構を採用し、モータアシストにより3気筒運転領域を拡大することで燃費向上を図った。IMAシステムはインバータチップの微細化など高圧電装部品の新技術採用と DC ブラシレスモータロータ部の Interior Permanent Magnet (IPM) 方式の採用により最大出力で 20%、最大トルクで 26%の向上を図った。更に、アイドリング停止時の商品性向上のため高電圧駆動によるハイブリッドコンプレッサを採用し、IMA システム分の重量増加に対応するためバンパビームなどのアルミ化により軽量化を図った。これら燃費向上技術の採用により、4気筒コンパクトクラスである CIVIC セダン同等の燃費 US City 29 mpg, US Highway 37 mpg を達成した。

ABSTRACT

The 2005 model year ACCORD Hybrid was developed to enhance the driving performance of a V6 luxury sedan while retaining the fuel economy of a compact class, four-cylinder CIVIC sedan. The base 3.0L V6 engine has been equipped with Variable Cylinder Management (VCM) to decrease parasitic pumping losses in the engine, while motor assist has been employed to extend the operating range of the three-cylinder operation mode. Both these factors have contributed to improved fuel economy. The Integrated Motor Assist (IMA) system applies new technologies to the high-voltage electrical equipment, including fine patterning of the inverter chips, as well as the use of an Interior Permanent Magnet (IPM) rotor. The result has been a 20% increase in maximum power and a 26% increase in maximum torque.

A hybrid compressor fitted with a high-voltage drive has been employed to increase the commercial appeal of idle stop. In order to offset the increase in weight from the IMA system, aluminum has been employed in the bumper beams and certain other parts to reduce weight. All of these fuel saving technologies have resulted in a level of fuel economy, equal to that of the compact class, four-cylinder CIVIC sedan, achieving 29 mpg in US City mode and 37 mpg in US Highway mode.

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の高まりから、ハイブリッドシステムを搭載した低燃費車への注目は、更に強くなってきている。Honda ではこれらの要求に応えるべく 1999 年に超低燃費車 Insight^{(1)・(2)}を発売し、更に 2001 年には小型乗用車ハイブリッド自動車 CIVIC Hybrid⁽³⁾を販売した。今回、V6 3.0 Litter エンジンベースとして気筒休止機構である Variable Cylinder Management (VCM)⁽⁴⁾を採用

*栃木研究所

するとともに、北米での使い勝手を考慮し、クルーズ走行時の効率が良い 5 速オートマチックトランスミッションを組み合わせた。IMA システムは CIVIC Hybrid に搭載したシステムをベースに更に性能を向上させた新 IMA システムを開発した。

2. 低燃費化の課題と開発の狙い

CIVIC Hybrid では低燃費化のために主動力源であるエンジンの排気量をベース車の 1.5 Litter から 1.3 Litter へ低減

し、モータアシストによる出力向上は動力性能向上への寄与ということではなく、低排気量化による出力低減分を補うという考え方でモータアシスト活用されていた。ACCORD Hybrid では V6 3.0 Litter エンジンに VCM を採用しているため、片側気筒が休止状態では 1.5 Litter 相当のエンジン排気量での運転が可能であり、CIVIC Hybrid でおこなった燃費向上のための低排気量化と同様の効果が VCM により得られるため、モータアシスト分を動力性能向上に活用することが可能となった。

この考え方に基づいて低排気量化を VCM にて実現させることで現行 V6 3.0 Litter モデルをしのぐ動力性能とコンパクトカテゴリである 4 気筒コンパクト CIVIC セダン同等の燃費性能の両立を実現するミッドサイズハイブリッド車を開発の狙いとした (Fig. 1)。本稿では開発目標である燃費と走りの両立を実現させるための柱となる低燃費化技術と IMA システムそして車両技術について紹介する。

3. ハイブリッドシステムと低燃費化技術

ハイブリッドシステムは Fig. 2 に示す通り、CIVIC Hybrid の IMA システムと同様にエンジンとトランスミッションの間にモータを挟み込んだパワートレインを車両前部に、高電圧 144 Volt バッテリと Power Control Unit (PCU) を高圧ワンパッケージとした Intelligent Power Unit (IPU) を車両後部に搭載し、車両前後を 3 相の高圧線にて電氣的に接続する構成とした。Fig. 3 にパワープラントの外観を示す。

従来のアイドルストップ・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た。また、動力性能をベース車以上とするために、モータと高圧電装部品の出力向上を図っている。ベース車に対する各システムの燃費向上への寄与度を Fig. 4 に示す。今回、VCM の採用により、従来のエンジントルクをアシストするという考え方に加え、気筒休止領域を拡大するためにアシストをおこない、燃料消費量を低減する事を考えた。

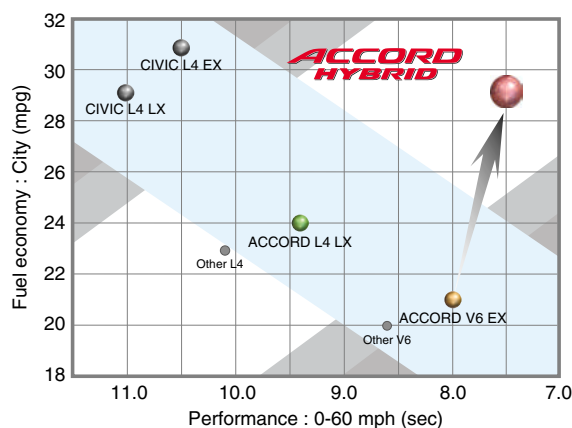


Fig. 1 Fuel economy vs. performance

電力の有効活用という観点から Fig. 5 に示す最も燃料消費量が低くなる車両運転パターンを基本制御パターンとして採用した。気筒休止作動頻度を拡大するために電力を使い、従来の気筒休止パターンでは 3 気筒から 6 気筒へと復帰してしまう緩加速時もモータでアシストすることにより 3 気筒休止状態を維持することが出来るように制御をおこなっている。また、減速時はブレーキ圧力を監視しモータ回生力を増大させ、かつ気筒休止をおこない、回生エネルギーを増加させている。

Fig. 6 に加速時のパワープラント配分トルクに対するエンジントルクとモータトルクの持ちわけ概念図を示す。エ

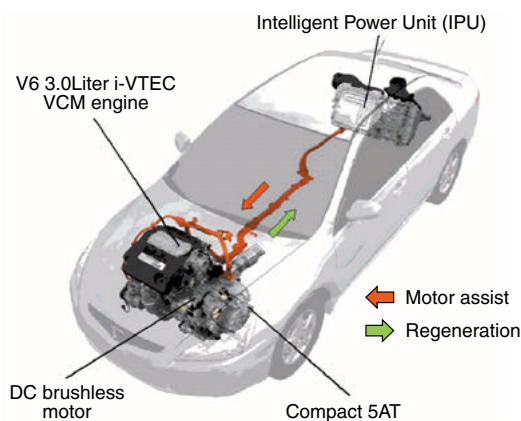


Fig. 2 IMA system configuration

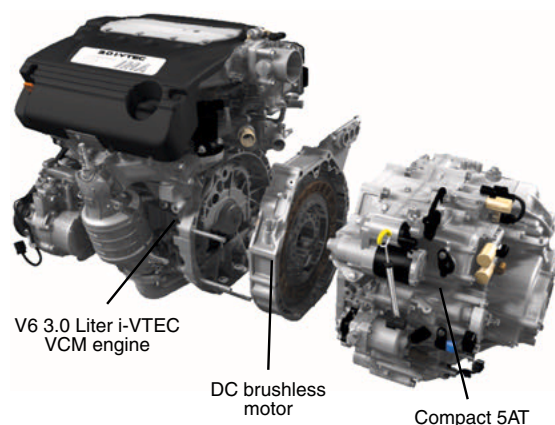


Fig. 3 Layout of IMA power plant

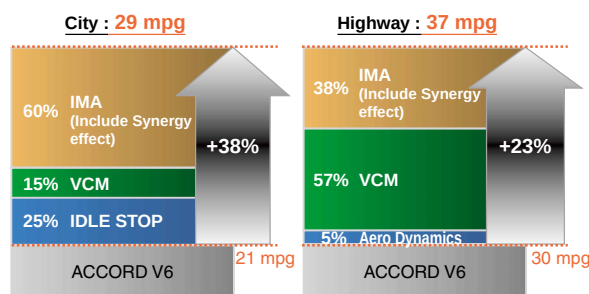


Fig. 4 Ratio of contribution of various systems of US LA4 mode fuel economy

エンジンとモータのトルク配分はクランク軸の目標トルクからエネルギーマネジメントに応じて決定される。前述の気筒休止領域の拡大に加え、アクセルペダル低開度時には燃料をカットしモータトルクにて走行することで消費燃料削減を図っている。本システムでの3気筒、6気筒運転の領域をFig. 7に示す。モータアシストによって従来は6気筒で走行する領域についても3気筒での運転が可能になっている。

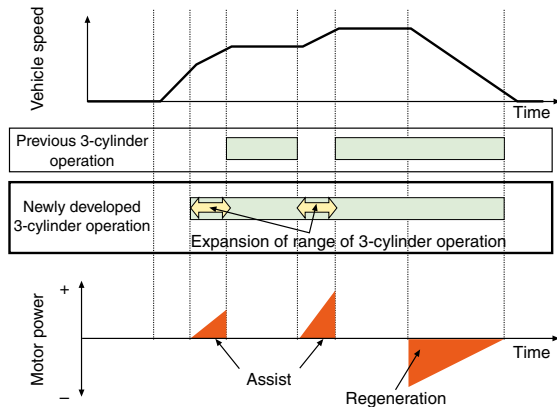


Fig. 5 Characteristics of 3-cylinder operation

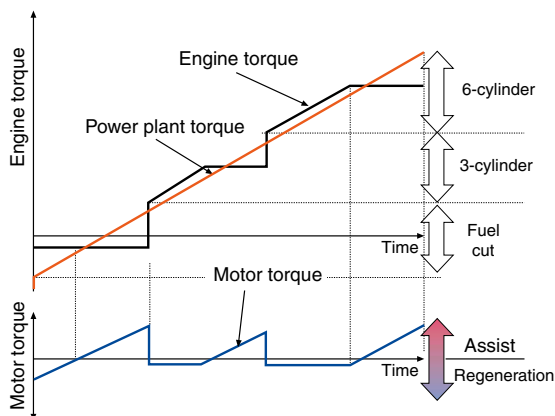


Fig. 6 Characteristics of torque output

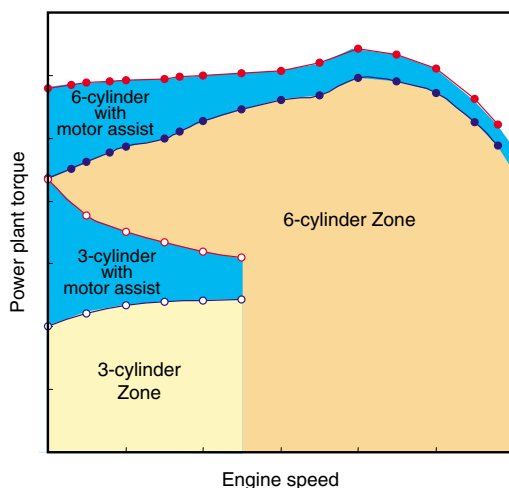


Fig. 7 Ranges of 3- and 6-cylinder operation

4. パワープラント構成と IMA システム

4.1. エンジン、トランスミッション

主動力源のエンジンは V6 3.0 Litter をベースに国内インスパイア及び北米オデッセイにて採用した VCM 機構を搭載し、片側バンクのバルブ駆動を瞬時に停止することでポンピングロス低減と負荷領域変更により3気筒運転を実現している。

トランスミッションは北米での使い勝手を考慮し、クルーズ時の効率が良い5速オートマチックトランスミッションを採用し、アイドル停止に対応するべく Fig. 8 に示すトロコイド式の電動オイルポンプを新たに開発した。電動オイルポンプはアイドルストップ中に停止している油圧回路内部に油圧を供給し、発進ギア用のクラッチを確実に締結することでスムーズな発進性能を確保している (Fig. 9)。

燃費向上の対応としては Fig. 10 に示す高応答のロックアップクラッチを採用し、クラッチの応答時間を約1/3とし、従来型に比べ約 1.9% の燃費向上を達成している (Fig. 11)。

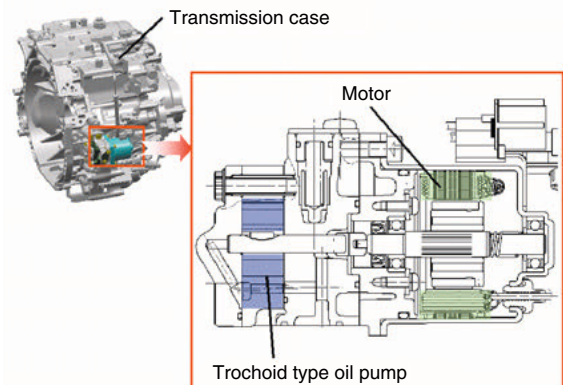


Fig. 8 Electric oil pump

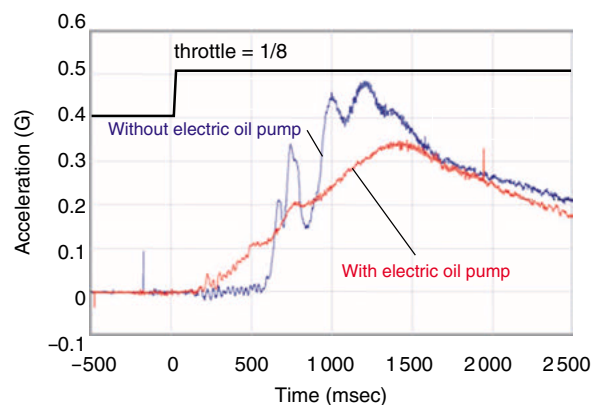


Fig. 9 Difference in acceleration with and without electric oil pump

4.2. IMAシステム

IMA システムは CIVIC Hybrid に搭載したシステムを更に進化させると同時に V6 エンジン及び ACCORD ボディに対応するべくモータと高圧電装部品、更にバッテリーにて高出力化と小型化を図っている。

4.2.1. モータ

モータはリラクタンストルクを有効に活用するため、従来の Surface Permanent Magnet (SPM) ロータ形式から Interior Permanent Magnet (IPM) 方式を採用した (Fig. 12)。また、ロータに内蔵している希土類マグネットは耐熱性を

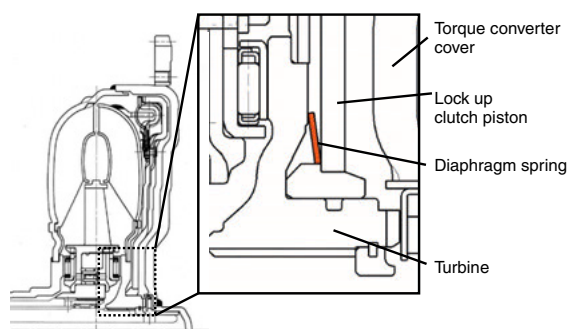


Fig. 10 High-speed lock-up clutch

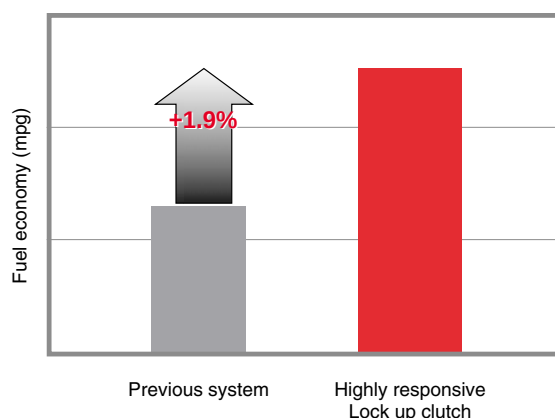


Fig. 11 Optimization of torsion damper for lock-up clutch

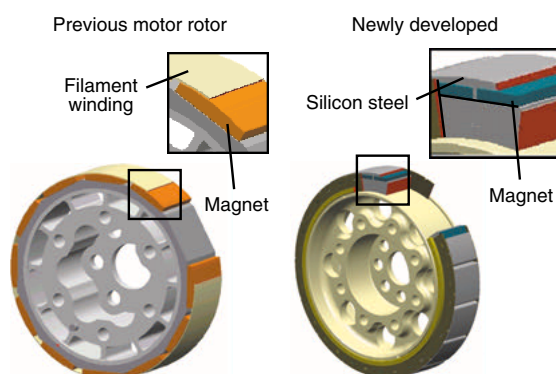


Fig. 12 Electric motor rotor

向上させるとともに最大エネルギー積を約 15%向上させた。

回転センサ方式は磁気ピックアップ方式からレゾルバ方式センサに変更し、回転位置検出精度の向上とベクトル制御の採用により高効率化を実現している。これらの改良によって CIVIC Hybrid に搭載しているモータに対して最大トルクで 26%、最大駆動出力で 20%、駆動効率では全域 1% - 3% の向上が図れた (Fig. 13)。

4.2.2. 高電圧ユニット

高出力化対応と後述するハイブリッドコンプレッサ用インバータを高圧ワンパッケージ化するために IPU の小型化を図った。IPU の構造を Fig. 14 に示す。

IPU 内に搭載しているインバータは Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) チップの微細化による損失低減とフィルムコンデンサを内蔵化するとともに部品点数削減により 50% の小型化を達成した (Fig. 15)。

DC-DC コンバータは Digital Signal Processor (DSP) を採用し、制御方式をアナログ制御方式からデジタル制御方式に変更し、出力電流の 60% 向上を図りつつ 17% の小型化を達成している (Fig. 16)。

以上の技術開発の結果、IMA システムとして出力を向上させつつハイブリッドコンプレッサ用インバータを搭載した上で IPU ユニット全体で 5% の小型化を達成した。

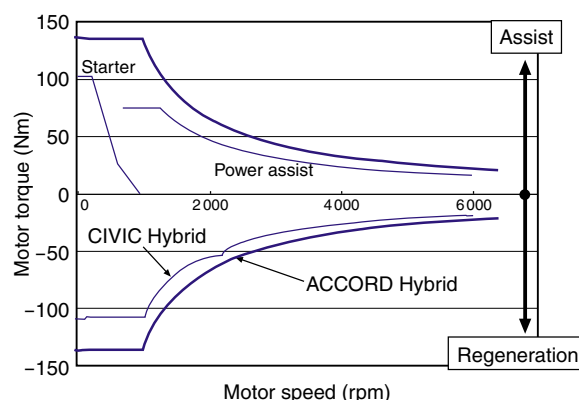


Fig. 13 Electric motor performance curve

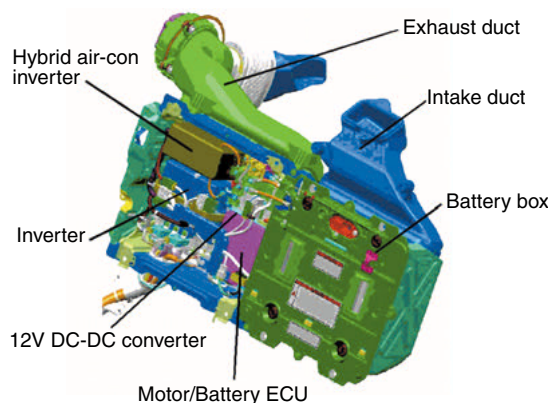


Fig. 14 IPU system

4.2.3. 高圧バッテリーとバッテリーボックス

バッテリーモジュールは CIVIC Hybrid と同様ニッケル水素(以下 NiMH)電池を採用した。Ni-MH 電池は鉛蓄電池に比べ単位重量あたりの出力密度が高く、エネルギー密度が高いことや長寿命であるという特徴がある⁽⁵⁾。今回、ACCORD Hybrid として必要な回生出力とアシスト出力向上のための改良をおこなった。高出力化のために、集電板の形状を変更することで内部抵抗を低減した。Fig. 17 に集電板の形状比較を示す。集電板の形状を変更することにより、溶接点数を増加し集電板電流密度の平準化を図り内部抵抗は 39%の低減が図れた。

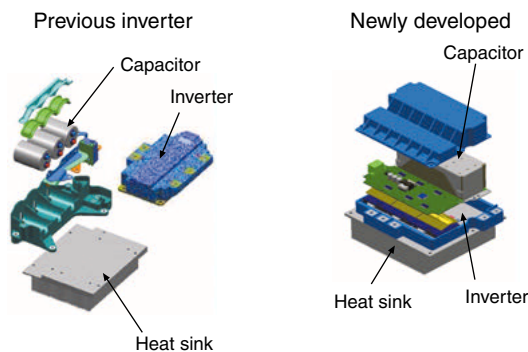


Fig. 15 View of inverter system

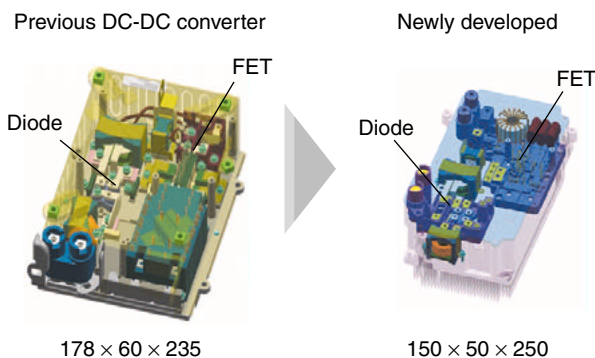


Fig. 16 Reduction in size of DC-DC Converter

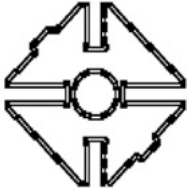
	Previous battery	Newly developed
Current collector		
Number of welding points	56	104
Internal resistance	19.6 mΩ	12 mΩ

Fig. 17 Current collecting plate

バッテリーボックスは小型化に寄与するために、従来、大型一体成形樹脂にて構成されていたボックス構造⁽⁶⁾を組立て方式とし構成部品全体の小型化と統合化をおこない組立て性を向上させるとともに10%の小型化を実現している (Fig. 18)。

4.2.4. IPU 冷却システム

冷却システムは CIVIC Hybrid 同様にトランク内に配置し、車室内のリヤトレイに設けた吸気口より冷却風を取り込み、IPU 内の高圧バッテリーと高圧デバイスの冷却をおこなう。冷却経路として Fig. 19 に示す通り、排気の一部をリヤアウトレットから車外へ排出する方式とした。これにより Fig. 20 に示す通り、高温下放置後から走行した際の冷却風

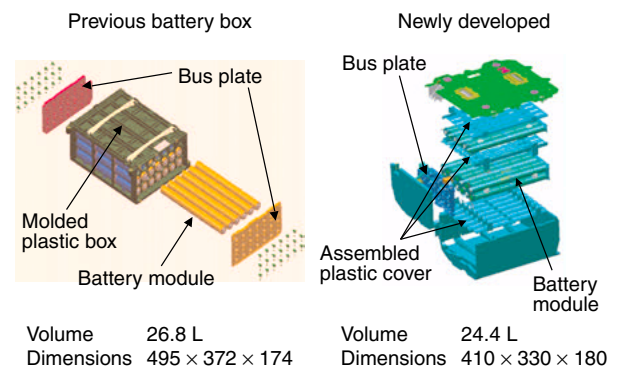


Fig. 18 Comparison of battery boxes

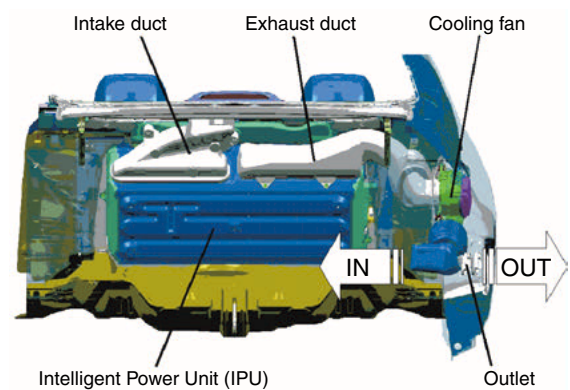


Fig. 19 Cooling system for IPU

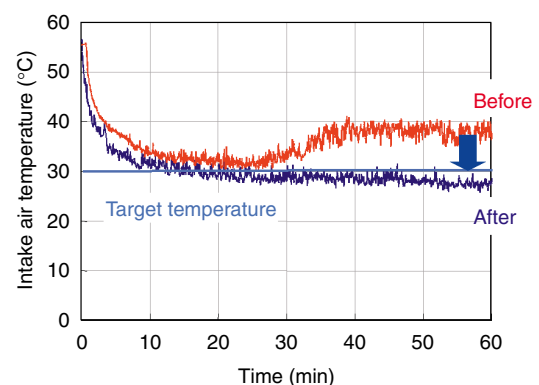


Fig. 20 Intake temperature

温度として約 10℃の低減を達成した。この結果、高圧系の温度上昇による IMA システム出力制限の抑制が図れた。

以上、モータと高圧デバイスの出力向上によりモータとエンジンを組み合わせたパワープラントとしての最大出力は190 kW(255 hp)の出力を発生する。トルク特性は低速度域で発生するモータの高トルクが顕著でありベースアコードに対して低回転から高いトルク特性を得ることが出来た (Fig. 21)。

5. 車体技術

5.1. ハイブリッドコンプレッサ

商品性向上のためにアイドリング停止時(エンジン停止時)でもエアコンディショナが稼働できる、すなわち、コンプレッサが駆動できるハイブリッドコンプレッサを開発した。その構造は、従来のスクロール型ベルト駆動コンプレッサ

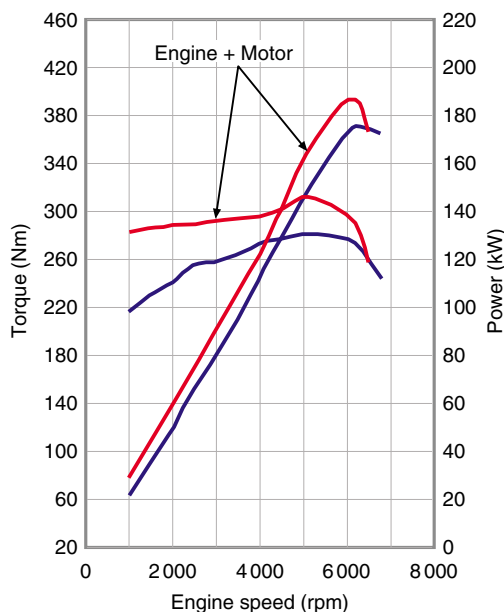


Fig. 21 Output performance of ACCORD Hybrid power plant

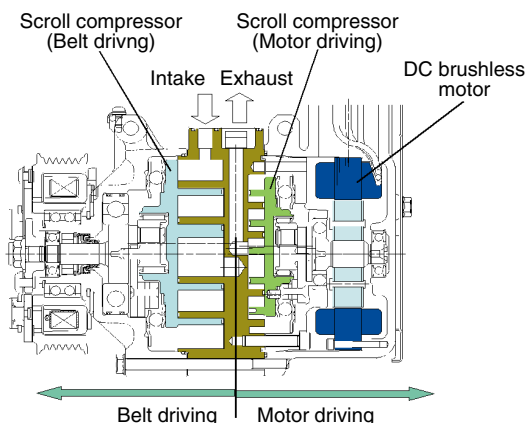


Fig. 22 Structure of hybrid compressor

サのエンド部に別軸のスクロール型モータ駆動コンプレッサを追加し一体化したものである (Fig. 22)。

モータ側スクロールコンプレッサはアイドル停止時にベルト側コンプレッサが作動出来ない状況で作動し、冷房性能を確保する (Fig. 23)。

また、エンジン駆動時はベルト側とモータ側のコンプレッサの消費動力を推定比較し、省動力となる方の駆動モードを選択する事により実用燃費向上にも貢献している。

5.2. ACM

気筒休止時に増大するエンジン振動に対応するため、Active Contorl engine Mount(ACM)を採用した (Fig. 24)。

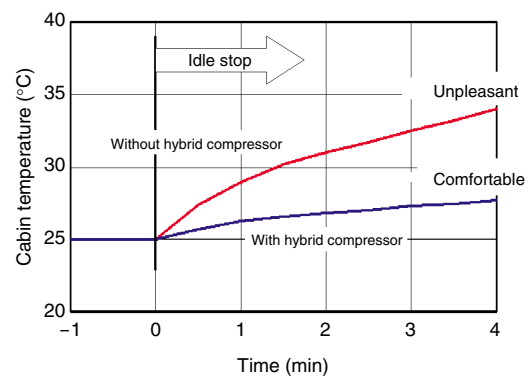


Fig. 23 Effect of hybrid compressor

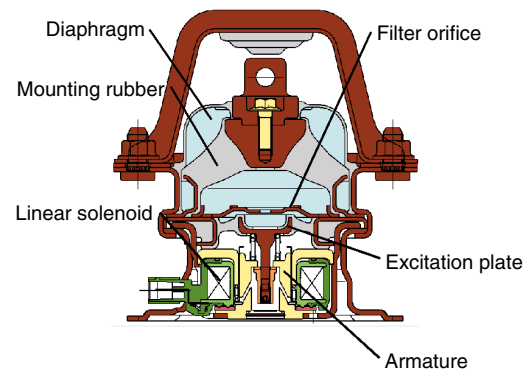


Fig. 24 Structure of ACM

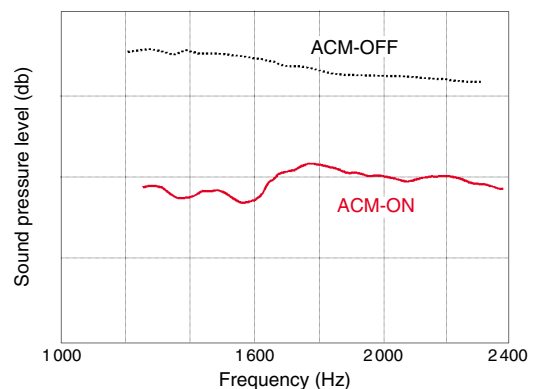


Fig. 25 Comparison of vibration level with ACM operation

ACCORD Hybridでは気筒休止領域を拡大し燃費に寄与するため従来のACMに対して電磁部磁気回路の大型化により高出力化を図り、振動低減レベルを約 10 dB 向上させ、気筒休止時のこもり音や車体振動低減に寄与している (Fig. 25)。

6. 軽量化

IMAシステムを搭載しつつ走行性能を向上するためにエンジンと車体各部に約 80 kg の軽量化対策をおこなった。

車体としてリヤナックル、ボンネットフード、フロントバンパビーム、リヤバンパビームのアルミニウム化を図り約 40 kg の軽量化を達成した。エンジンはインテークマニホールドとヘッドカバーのマグネシウム化によって約20 kg の軽量化をおこなっている。

更にテンパタイヤに変えリペアキット Instant Mobility System (IMS) の採用により軽量化を図っている (Fig. 26)。

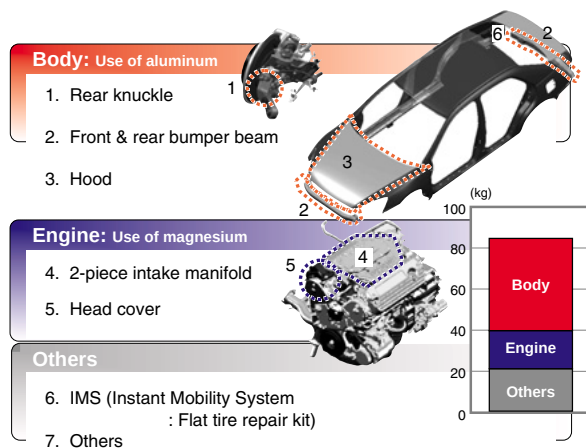


Fig. 26 Weight reduction

7. まとめ

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IMAシステムの出力性能向上、車体軽量化により現行モデルをしのぐ動力性能と4気筒コンパクト CIVIC セダン同等の燃費性能である US City 29 mpg, US HWY 37 mpg を ACCORD Hybrid システムとして達成することが出来た。

参考文献

- (1) 青木ほか：モータ式ハイブリッドパワートレインの開発，自動車技術会学術講演会前刷集，No.98-99(1999)
- (2) 落合志信，内堀憲治，原一広，鶴見隆史，鈴木実：ハイブリッドカー「インサイト」用モータアシストシステムの開発，Honda R&D Technical Review, Vol.12, No.1, p.7-14

- (3) 松木正人，若城輝男，神山敏広，佐藤利行，賀来嘉昭，神田正浩：ハイブリッドカー「Civic Hybrid」用パワートレインの開発，Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.39-48
- (4) 野口勝三，藤原幹夫，瀬川誠，澤村和同，鈴木茂：V6 i-VTEC 可変シリンダーシステムエンジンの開発，Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p.85-92
- (5) 電池応用製品開発動向，電池と構成材料の市場 1999，～一次電池，二次電池，燃料電池，太陽電池，キャパシタおよび電池構成材料の市場動向～，東京，株式会社シーエムシー，1999, P.180
- (6) 相高和彦，細田正晴，野村拓哉：Civic Hybrid 用小型インテリジェントパワーユニットの開発，Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.2, p.83-90

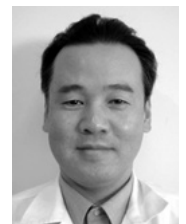
■ 著 者 ■



貝塚 正明



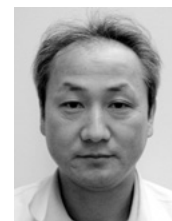
今井 利隆



石川 享



仁木 学



安達 浩光