

普及を目指した GLOBAL ハイブリッドカーの開発

Development of GLOBAL Hybrid Car Aimed at Popularization

大 窪 毅*
Tsuyoshi OHKUBO
中 村 芳 則*
Yoshinori NAKAMURA

米 口 宏*
Hiroshi YONEGUCHI
岡 田 拓*
Taku OKADA

藤 木 有 司*
Yuuji FUJIKI
黒 瀧 浩 文*
Hirofumi KUROTAKE

要 旨

世界的な環境そして省エネニーズの高まりの中、普及を目指したハイブリッド専用モデルを開発した。

新開発の実用燃費向上支援システムを搭載し、空力を考慮した先進的なエクステリアデザインに、エモーショナルなインテリアデザインとハイブリッドシステムを軽量小型化することにより得られた使い勝手の良いパッケージを特徴としている。

実用燃費の向上、日常の爽快な走行性能、全世界対応の安全性能を高いレベルで実現し、世界中のお客様に喜んでいただける車に仕上げる事ができた。

ABSTRACT

Amidst rising worldwide concern for the environment and the need to conserve energy, a special hybrid model, aimed at popularization, has been developed.

This model features a newly developed Ecological Drive Assist System that enhances fuel economy, an advanced exterior design that takes into account aerodynamics, an emotional interior design, and a package with greater utility achieved by a lightweight and compact hybrid system.

This hybrid car enhances fuel economy, provides refreshing everyday driving performance, and realizes a top level of safety performance, making it a car that can delight customers around the world.

1. はじめに

世界的な温暖化および原油高騰の問題を抱えた現在、特に「CO₂削減」が課題となっている。したがってより燃費のよい車、CO₂排出量の少ない車が求められている。しかしながら電気自動車や燃料電池車はまだ高価でインフラの課題を抱えているため、しばらくの間はハイブリッドカーの時代が続くと予測される。CO₂削減のためには、お求めやすい価格のハイブリッドカーをより多くのお客様に乘っていただくことが必要となる。

そこで地球環境「CO₂削減」に貢献できるよう、普及を目指した GLOBAL ハイブリッドカー新型インサイトの開発に取り組んだ。

また、少しでも燃費をよくすることができるよう、新たに実用燃費向上を支援するシステムも併せて開発したので紹介する。

*四輪開発センター

2. 開発のコンセプト

開発のコンセプトを策定するにあたり、10年間はベンチマークとなる次世代ハイブリッドカーとなる思いを込め、グランドコンセプトを「新時代コンパクトスタンダード (NEXT ERA TRANSPORTATION)」と定めた。

その実現のために次の4項目を柱とし開発を進めた。

(1) 環境に優しい Clean and Green

省燃費、低排出ガス

(2) 使える Usable

コンパクトクラスの広い室内

& ラゲージスペース

(3) FUN

日常爽快性能、ハイブリッド専用ボデー

(4) 廉価 Affordable

3. 環境に優しい技術

3.1. 実用燃費向上支援システム開発のねらい

市場における実走行時の燃費(以下、実用燃費)は、走行条件および各ユーザの運転操作によって影響を受ける。この走行条件およびユーザの運転操作による燃費への影響を低減し、燃費の良い運転についてユーザの理解を深めることができるよう、実用燃費向上支援システム(Ecological Drive Assist System)を開発した。

3.2. システム概要

実用燃費向上支援システムであるエコロジカル・ドライブ・アシスト・システム(エコアシスト)は、パワートレインおよび空調システムの制御を自動的に燃費優先とするECON(Effective Control)制御と、ユーザに燃費の良い運転状態を知らせ、実用燃費を向上させる運転についての理解を深めて頂くためのコーチングシステムの二つの要素から構成されている。

ハードウェア構成概要を Fig. 1 に示す。

(1)ECON スイッチ (2)アンビエントメータ

(3)ECOガイド(マルチインフォメーションディスプレイに表示)

(4)ECO ガイド(NAVI 画面に表示)

3.3. ECON 制御

ECON スイッチ ON によりエンジン、モータ、CVT および空調システムの制御を燃費優先モードに切替え、走行条件およびユーザの運転操作による燃費への影響を低減する。

ECON スイッチ ON 時の制御概要は以下のとおり。

(1)アクセル開度—要求駆動力アクセル開度特性切り替え

(2)スロットル制限制御

(3)CVT 変速応答特性切り替え

(4)減速回生制御

(5)エアコン制御

3.4. コーチングシステム

コーチングシステムは、ユーザに燃費状態をリアルタイムに知らせるコーチング、結果としてのエコ運転度を知ら

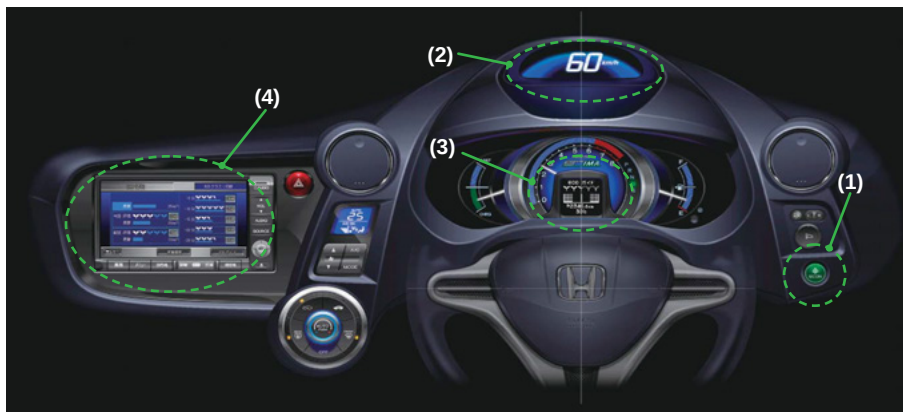


Fig. 1 Overview of ecological drive assist system

Driving condition	Coaching display	
	eco GUIDE (in multi-info. display)	Ambient meter
Efficient cruising Optimal environmental driving		
Optimal environmental deceleration		
Moderate acceleration		
Moderate deceleration		
Aggressive acceleration		
Quick deceleration		

Fig. 2 Ambient meter

せるフィードバック、各ユーザの燃費改善のポイントをアドバイスするティーチングの3段階の構成としている。

(1) コーチング

アクセルおよびブレーキ操作のエコ運転度に応じて速度計背景色(アンビエントメータ)を3段階(青、青緑、緑)に変化させ、ユーザに対しその時点での燃費効率を直感的に伝えとともに、マルチインフォメーションディスプレイ表示の1画面として ECO ガイド画面を設け、エコドライブバーによりアクセルおよびブレーキ操作のエコ運転度を表示する(Fig. 2)。

(2) ティーチング

アクセルおよびブレーキ操作を中心にユーザのエコ運転度を採点し、結果を上記 ECO ガイド画面中の植物の葉をモチーフとした「リーフ」の数により表示する(Fig. 3)。

またユーザのエコ運転習熟レベルに応じてリーフが3段

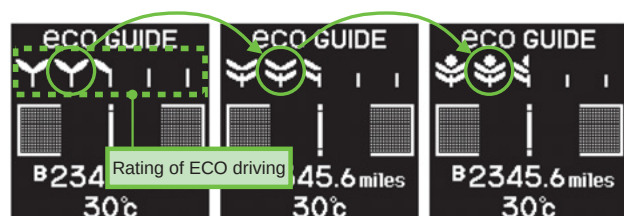


Fig. 3 ECO guide display

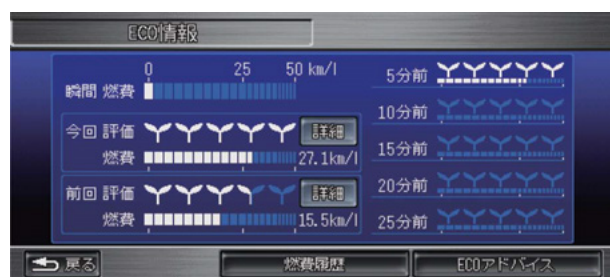


Fig. 4 NAVI display

Table 1 Mode fuel economy

Destination		Mode FE	Remarks
US	CITY	40 mpg	EPA label FE
	HWY	43 mpg	EPA label FE
EU		4.4 L/100km CO ₂ 101 g/km	
J	10・15	30 km/L	
	JC08	26 km/L	

階に成長するシステムとして、エコ運転に対するモチベーションの維持および向上を図っている。

(3) ティーチング(NAVI仕様)

実用燃費を向上させる運転についてのユーザの理解を深めるため、工場装着オプションのNAVI画面を利用して、燃費情報詳細と上記エコ運転度採点の内訳、および燃費をさらに向上させるための運転方法アドバイス等の表示をおこなう(Fig. 4)。

また、HDS(Honda Diagnostic System)端末と PC とのリンクを利用して、NAVI未装着のユーザに対しても上記と同様の情報を提供できるシステムの構築をおこなった。

さらにインターナビシステムとの連携により、ホームページ上で燃費ランキング、エコ運転度の習熟履歴、燃費向上運転のより詳細なアドバイス等の情報を提供し、楽しみながらエコ運転に取り組める環境を構築した。

3.5. モード燃費向上技術

本機種にはHondaの他のハイブリッド機種と同様に、シナプスでコンパクトかつ高効率の IMA(Integrated Motor Assist)システムを搭載し、ガソリンエンジン車に対し燃費改善を図っている。

各仕向けに対するモード燃費を Table 1 に示す。

本機種に搭載する 1.3L i-VTEC エンジンには、従来型 IMA 用エンジンに対し以下に挙げる燃焼改善、フリクション低減、ノッキング改善の各技術を投入し、単体燃費性能を 2% 改善している。

(1) 燃焼改善技術

- ・エキゾーストバルブタイミング遅角
- ・高着火性両針プラグ

これらの燃焼改善技術により安定した燃焼が得られ、大量 EGR(Exhaust Gas Recirculation)の導入を実現し BSFC(Brake Specific Fuel Consumption)を低減した。

(2) フリクション低減技術

- ・ピストンスカート MoS₂ パターンコーティング
- ・ピストンスカート形状最適化
- ・ピストンリング低張力化
- ・メインベアリング MoS₂ ショットピーニング
- ・シリンダライナプラトーホーニング
- ・カムチェーン細幅化

- ・カムジャーナル表面粗さ低減
- ・カムジャーナル接触面積縮小

これらフリクション低減技術により、従来型 IMA エンジンに対し 2% のフリクション低減を達成している。

(3) ノッキング改善技術

従来型 IMA エンジンに対し、冷却水主流の循環経路をまずシリンダブロックを取り巻くように一方向に流した後、シリンダヘッド内を一方向に流す方式とし、燃焼室まわりの冷却水流速を上げて熱伝達率を向上することによりノッキングの抑制を図った。

3.6. 空力

環境にやさしい車(省燃費、低排出ガス)を目指して、空力性能の向上に取り組み乗用車世界トップクラスの空力性能を達成した(Fig. 5)。

3.6.1. エクステリアデザイン

グラウンドコンセプトである環境にやさしい車(省燃費、低排出ガス)を目指して、エクステリアデザインのコンセプトを「AERO ATHLETE」とした。風洞実験により生み出された空力性能と、塊感あるスポーツカー骨格とを、高次元で融

合させた先進感あるスタイルを目指した(Fig. 6)。

フロントは、キャビンから繋がるフードの突出感を強調し、バンパからロアへの流れでHonda独自の先進感ある顔廻りを表現した。

サイドは、フードからリヤまで一気に流れる、しなやかで張りのある MONO - FORM とソリッドでスピード感ある下半身により、力強い塊感のあるスポーツカー骨格を表現した。

リヤは、絞り込んだキャビンとワイドな下半身によりスポーツカー骨格を表現するとともに、キャビン後端、ドアミラー、バンパ下端の風洞実験での適正化により、高い空力性能をも実現している。

3.6.2. 空力デバイス

空力デバイスとして車体下側の整流効果を上げるため、フロントチンスポイラ、フロントとリヤのストレーキを採用した。さらにエンジンルーム下側から、フロア、燃料タンク下、リヤバンパまではほぼフルカバーとし、フラット化をおこなった。また、フロントバンパ開口からラジエータへの整流効果向上のため、導風板を設定した(Fig. 7)。

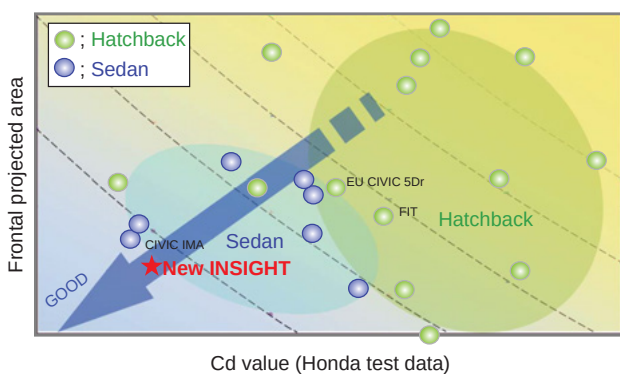


Fig. 5 Aerodynamic performance



Fig. 6 Exterior design concept

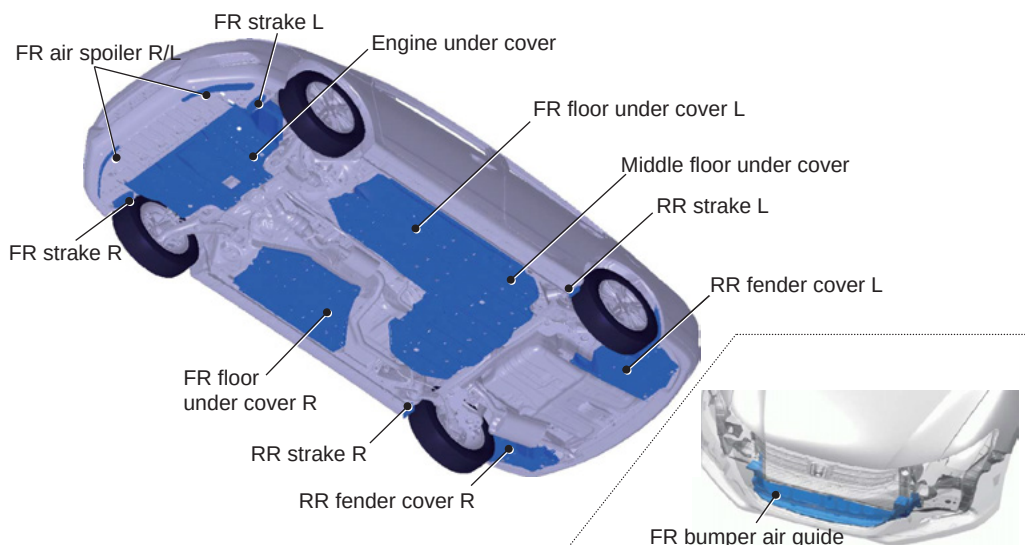


Fig. 7 Aerodynamic parts

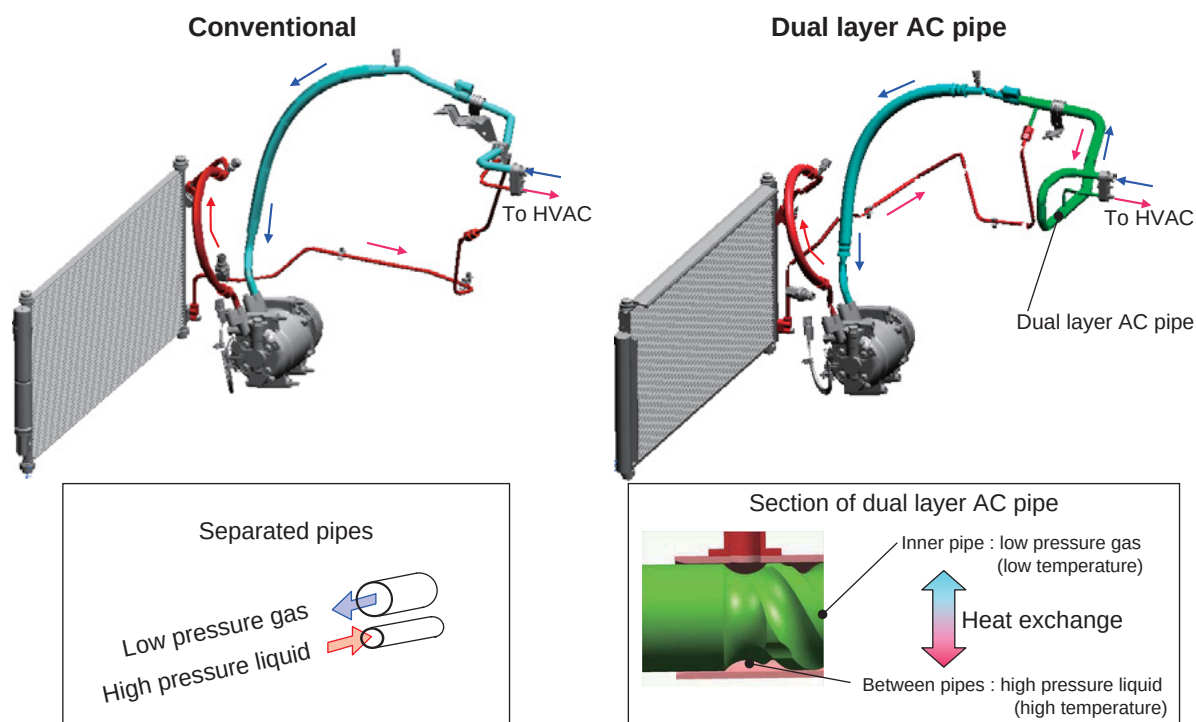


Fig. 8 Dual layer AC pipe

3.7. 空調システム

実用燃費を向上するため、エンジンルーム内二重配管を Honda としては初めて採用した。内管を螺旋溝付きの二重構造とし高圧液と低圧ガス間で熱交換することにより、サイクル効率を4%向上させた(Fig. 8)。

3.8. 低エミッション技術

エキゾーストマニホールド一体型シリンダヘッド、直下触媒採用による触媒早期活性化、直下触媒前に配置した UEGO (Universal Exhaust Gas Oxygen) センサと床下触媒前

Table 2 Mode emission

Destination		EM rating
US	KL	AT-PZEV
	KA	US BIN 3
EU		EURO 5
J		75% lower than 2005 standards

に配置した HEGO (Heated Exhaust Gas Oxygen) センサ、DBW (Drive By Wire) および AFM (Air Flow Meter) の採用による空燃比の高精度適応制御などの技術により、各仕向け高レベルのエミッション性能を実現した (Table 2)。

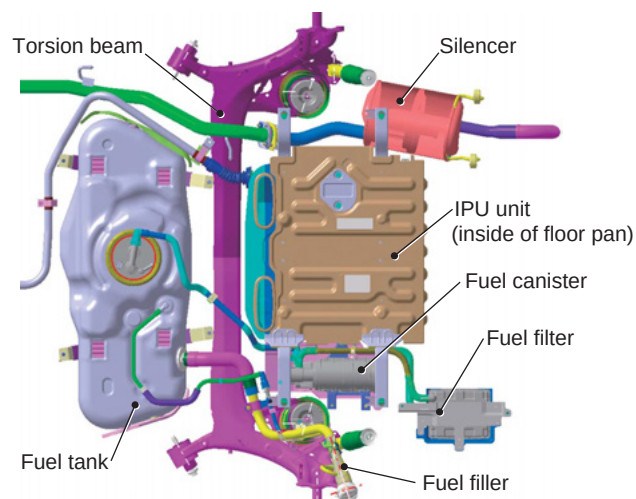


Fig. 9 Layout of fuel system

3.9. ZERO-EVAP フューエルシステム

フューエルタンクは、形状自由度が高く軽量化にも寄与する樹脂タンクを採用し、リヤシート下に搭載することにより低全高化を実現させた。また、容量は 40L を確保し、良好な燃費性能とあいまって、ハイブリッド車の優位性を実現する航続距離を確保した。

フューエルシステムは US 法規の AT-PZEV に対応するため、大型キャニスタを開発した。タンク、キャニスタおよびフィルをコンパクトに配置し、後突性能を満足する仕様とした。また同時に IPU (Intelligent Power Unit) をフロアパン内に、サイレンサ、キャニスタを床下に平行配置させることにより、荷室のフラット化が可能となり、荷室商品性向上にも貢献することができた (Fig. 9)。

4. より良い使い勝手を目指して

4.1. パッケージ

省燃費のため前面投影面積を抑える低全高としながら、大人がしっかり座れる広い室内との両立を目指した。

プラットフォームは 2008 年モデル FIT をベースに新規設計しており FIT 同様に低床構造としたが、フューエルタンクはフロントシート下ではなくリヤシート下に配置することによりシート位置を下げ、頭上空間を確保するとともにスポーティなドライビングポジションとした(Fig. 10)。

4.2. IPU パッケージ

バッテリーと PCU(Power Control Unit)からなる IPU を、全体で従来より 19%小型化、28%軽量化した。それにより IPU を荷室床下に搭載することができ、ハイブリッドカーでありながら一般的な乗用車と同等の荷室広さと低重心を達成した。

IPU の小型化のために、ニッケル水素バッテリー⁽¹⁾の性能向上により必要な出力を確保しつつ、バッテリー本数を削減することでバッテリーボックスを小型化した。PCU はインバータと DC-DC コンバータを直近配置とし、ECU を含めてひとつのケース内に収め小型化した(Fig. 11)。

4.3. インテリア

4.3.1. デザイン

開発コンセプトである使い勝手と新時代スモールスタンダードとしての先進感を表現するため、インテリアは、「EMOTIONAL HYBRID INTERIOR」をコンセプトとした(Fig. 12)。

運転する楽しさを演出するためヒーターコントロール等の操作系をドライバ中心に配置した。

先進感を表現するため、メータは 2006 年モデル CIVIC と同様に上下 2 層分けの構成とした。運転中に特に優先する情報(スピード)とそれ以外をエリア分けすることにより視認性を良くしている。CIVIC では 2 個に分けていたメータ基板とケースを一体化することによりコスト削減を実現した。

インストルメントパネルはセンタが手前に膨らんだ逆ラウンド形状とし、先進感に加え広さと爽快感を持たせている。

インテリアカラーは環境をイメージし、明るくクリーンな 2 トーンとした。

4.3.2. シート

フロントシートは形状と異硬度パッドにより高いホールド性を持たせながら、伸びのよい表皮と表皮固定位置を奥にしてたわみ代を多くすることによりソフトな座り心地を

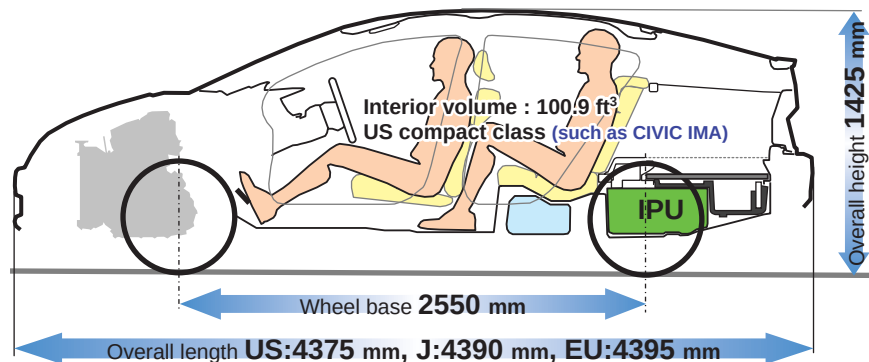


Fig. 10 Package design

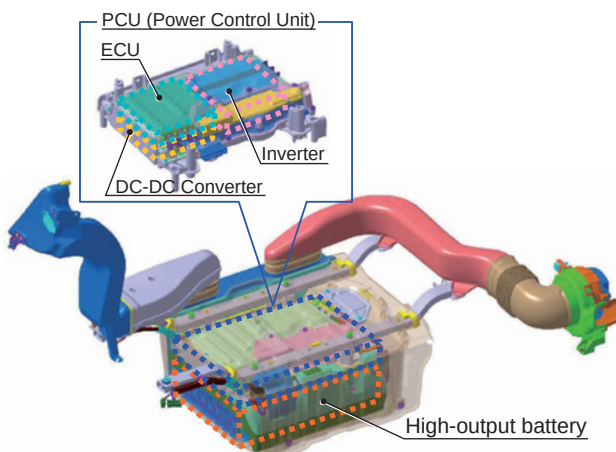


Fig. 11 Overview of IPU assy



Fig. 12 Interior design concept

両立させた。

リヤシートはシートバックを倒すだけの簡単な操作で荷室と段差の無いフロアとすることができ、またヘッドレストを埋め込みとし、センタ3点ベルトを内蔵としたことにより、後方視界を最大限に確保した(Fig. 13)。

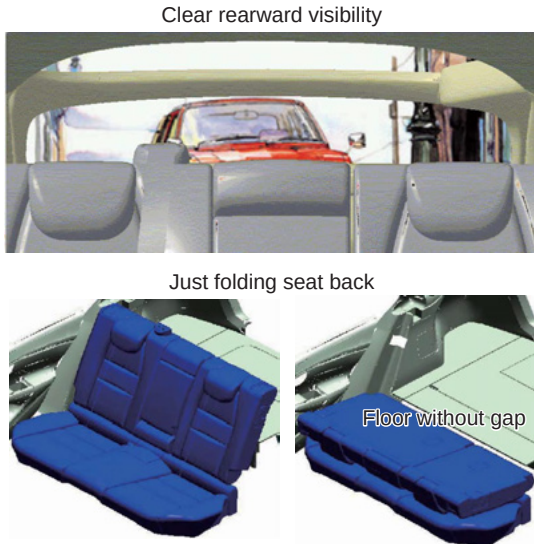


Fig. 13 Rear seat

4.3.3. 荷室

開発コンセプトである「使える」広い荷室をさらに際立たせるため、Instant mobility flat tire repair system (IMS)仕様には可変性を持たせた。ヨーロッパ CIVIC で好評の上下2段に動かせるトランクフロアとし、高さを広げることを可能とした。さらにふた付きボックスを設け、小さい物が転がらないように工夫を加えた(Fig. 14)。

スペアタイヤ有り仕様は、床下を小物収納場所とした(Fig. 15)。

5. FUN

5.1. パワートレインドライブビリティ

本機種のパワートレインはIMA システムの特徴である高レスポンスと発進クラッチ式 CVT のダイレクト感を活かし、さらにエンジン、IMA モーター、CVT の協調による発進クラッチコンタクトタイミング制御のリファインをおこない、省燃費ときびきびした加速性能の両立を実現している。

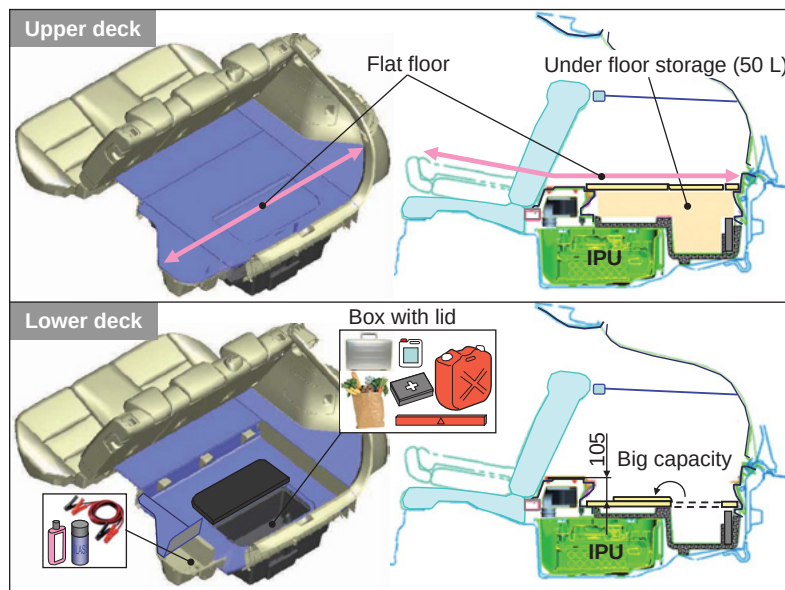


Fig. 14 Trunk with IMS

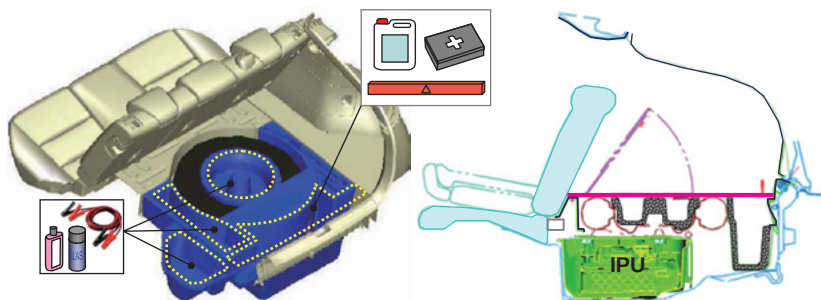


Fig. 15 Trunk with spare tire

5.2. シャシ

5.2.1. 乗り心地

フロントサスペンション形式はストラット、リヤサスペンション形式はH型トーションビームとし、フロントとリヤともスタビライザーを採用した。スプリング、ダンパ特性の専用セッティングを施しステアリングは高効率EPSを採用し専用セッティングとした。これらにより軽快かつ安定感の高いハンドリングとしなやかな乗り心地、すっきりとしたステアリングフィールを高次元でバランスさせ、日常走行での爽快な気持ちの良い乗り味を実現した。

パワートレインを支えるマウントシステムにはトルクロッドを配した3点慣性主軸方式を採用した。IMA化による搭載バランスを最適化するため、エンジンマウントおよびトルクロッド特性を専用設定とした。特にトランスマウントは液封タイプを開発し、乗り心地向上に貢献している。

5.2.2. ブレーキ

ブレーキは負圧式ブースタを採用し、ペダルストロークおよび踏力を最適化し、気持ちの良いリニアな制動フィールを実現させた。またCAS(Creep Aid System)システムは従来の別体CASユニットから、VSAにソフトを追加することによりCAS機能を付加し、コストとウェイトの低減を図った(Fig. 16)。

5.3. ボデー

5.3.1. ボデー剛性

FUNな走りを支える重要ファクターであるボデー剛性については、シミュレーションを活用し、結合剛性を高めることで、軽量かつ高剛性構造を実現した。この中で、大断面テールゲート開口部に関しては、リヤパネルを拡大した上で、フレームエンドと結合し、前倒しテールゲート開口デザインとねじり剛性の両立を図った。リヤダンパ取付部に関しては、リヤピラーダンパスティフナとリヤエンドガセット大型化により、開口断面とリヤフレームの結合効率の

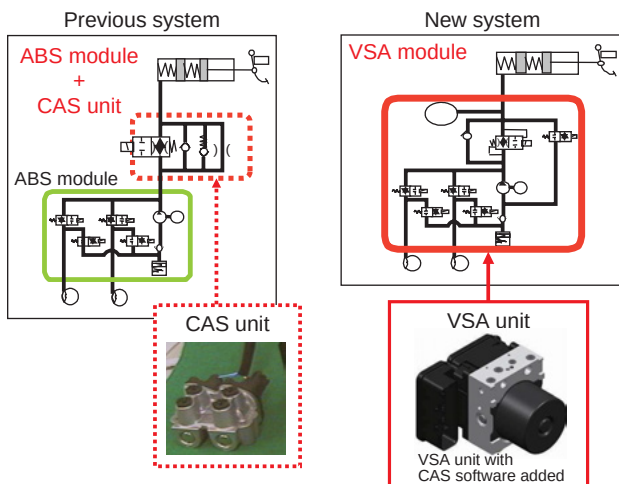


Fig. 16 CAS system

アップを図った。また、リヤコンブラブッシュ取付部に関しては、V字ブレースを適用し、コンブラブッシュ取付点横剛性アップとタンクレイアウトの両立を図った(Fig. 17)。以上、主要な項目を記したが、これらの結果、Fig. 18に示す取付点剛性を実現した。

5.3.2. 遮音 IR カット

コンパクト車としては、組み合わせが世界初となる遮音IR(Infrared Rays)カットガラスを採用した(Fig. 19)。フロントウインドシールド合わせガラスの中間膜に、遮音と遮熱の機能を付加することにより、遮音効果としては1kHz以上の高周波音を約3.0dB低減している。また、遮熱効果としては昼間のエアコン使用時約0.3km/L燃費向上

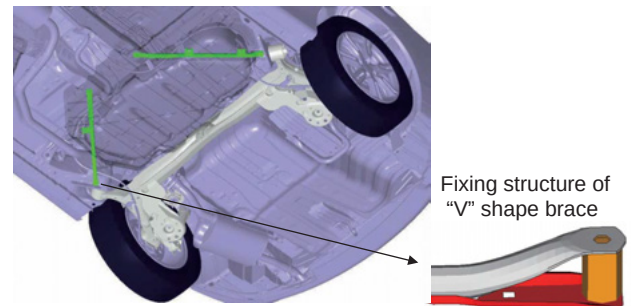


Fig. 17 Reinforcement of rear compliance

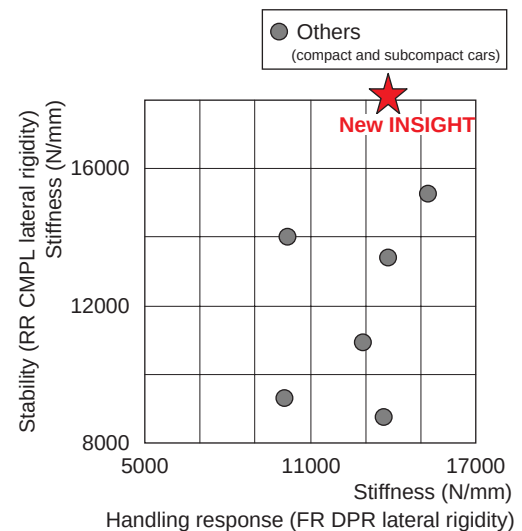


Fig. 18 Body rigidity for rear suspension

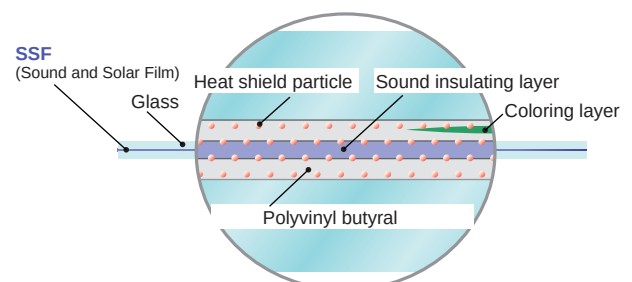


Fig. 19 Sound insulation and IR cut glass

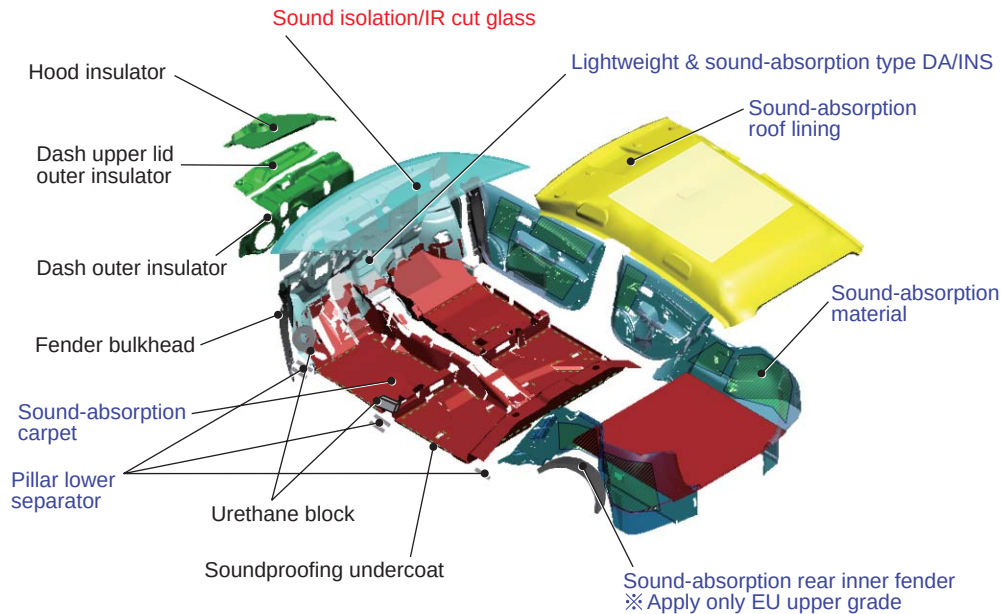


Fig. 20 Sound insulation materials

(10・15 モード走行, 外気温 40℃, 日射条件 930W/m²)の効果を得た。

5.3.3. 軽量防音パッケージ

従来の遮音材から材料の層構造を見直し、吸音性能に優れた材料を適用することにより、軽量化しつつ車体の静粛性を向上させた。車体下部各ピラー根元に発泡充填材入りのセパレータを設け、音の侵入を防いだ(Fig. 20)。

5.3.4. 衝突安全性能

J-NCAP をはじめとする各国の衝突アセスメント評価に対し、前面オフセットバリア衝突64km/h, フラットバリア衝突 55km/h, 側面衝突 55km/h において、クラストップレベルの衝突安全性能を達成した。

フロント廻りには、コンパティビリティ対応ボデー⁽²⁾を採用し、車対車衝突で構造上のすれ違い防止を図った。

後面衝突においては、燃料系の保護に加えIPU保護のために、大断面のリヤフレーム、断面構造を追加したリヤパネル等により、短いクラッシュストロークで効率的に衝突エネルギーを吸収させる構造を採用している。

また、アクティブヘッドレストをフロント席に標準設定し、後面衝突時における頭部の後方への動きを抑え、頸部への衝撃を緩和した。

6. 廉価

6.1. ハイブリッドシステム

6.1.1. IPU コストダウン技術

IPU については上述の小型化技術に加え、インバータパワーモジュールのビームリードボンディング化、DC-DCコンバータ回路の保護構造最適化によるフューズの削減、三

相線と DC-DC コンバータ出力線の通線一体化等によりコスト削減をおこない、従来機種に対し約42%のコストダウンを達成した。

6.1.2. 薄型モータ

モータは従来型 IMA 用モータと同様の基本構造としながら、車体重量に対する出力の最適化により電磁部の厚さを22%低減、重量を15%軽量化し、製造プロセスの合理化と併せて従来機種に対し約35%のコストダウンを達成した。

6.2. シャシコモナリティ

市場で好評を博している 2008 年モデル FIT のシャシプラットフォームを最大限に活用し、コモナリティを図りながらも、低全高化を実現するため、フューエルタンクとエキゾーストを専用設計とした(Fig. 21)。

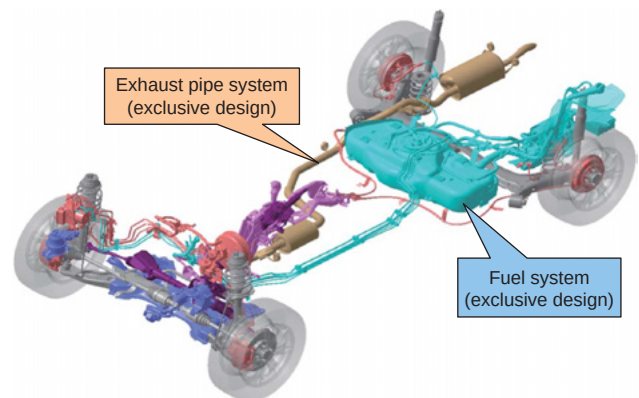


Fig. 21 Chassis platform

7. むすび

ネーミングは、欧米におけるハイブリッド技術の開拓車であり、新しい時代の到来を洞察するクルマという意味が込められていた初代インサイトの名を受け継ぎ「インサイト」と定めた。

新型インサイトはより多くのお客様に乗っていただけるお求めやすい普及型というコンセプトの基に、ハイブリッドカーの本格的な普及という新しい時代の到来を洞察するクルマという意味を込めた。

「普及を目指した GLOBAL ハイブリッドカー」としての自信作であり、より多くのお客様に乗っていただけると確信している。

参考文献

- (1) 南達郎：ハイブリッド電気自動車用ニッケル水素電池の寿命推定，自動車技術会論文集，Vol. 36, No.1, p.181-186(2005)
- (2) 吉本毅，田口義徳：コンパティビリティ対応ボディ，自動車技術会学術講演会前刷集，No.45-04, p.11-14(2004)

■ 著 者 ■



大窪 毅



米口 宏



藤木有司



中村 芳則



岡田 拓



黒瀧 浩文