

特集：新型デミオ

23

IAFEM ( Integrated Air Fuel Electrical Modules ) の開発  
Development of IAFEM ( Integrated Air Fuel Electrical Modules )松浦浩治\*<sup>1</sup> 高橋博志\*<sup>2</sup> 横倉恒利\*<sup>3</sup>

Koji Matsuura Hiroshi Takahashi Tsunetoshi Yokokura

西田智宣\*<sup>4</sup> 山田秀樹\*<sup>5</sup> 江角圭太郎\*<sup>6</sup>

Tomonori Nishida Hideki Yamada Keitaro Ezumi

## 要約

デザイン要求, 居住性向上, 衝突安全性向上より, コンパクトなエンジンが要求されている。一方商品性向上より, 吸気騒音低減, 出力性能向上を目的に, エアクリーナの大容量化, インテークマニホールドのロングポート化が必要である。また, 大幅なコスト低減を行おうとすると現状のコンポーネントレベルの低減活動では限界があり, 新たな発想が必要である。これらを高次元で成立させるため, 高密度な吸気モジュールであるIAFEM ( Integrated Air Fuel Electrical Modules ) を開発した。本稿では新型デミオに搭載されたMZR 1.3/1.5エンジンに採用しているIAFEM技術について紹介する。

## Summary

Nowadays, there are two conflicting requests placed on an engine. One is request for a compact engine to expand the possibility of car design and improve interior comfort and crash safety. The other one is for such technologies as increasing the volume of an air cleaner to reduce intake noise and increasing the length of an intake manifold port to enhance engine output, which can enhance vehicle marketability. Also, a significant cost reduction cannot be achieved by usual C/R activities in component level, therefore a completely new idea is needed. IAFEM ( Integrated Air Fuel Electrical Modules ), a high-integrated intake module, has been developed to respond to these requests at a time and employed for MZR 1.3/1.5 engines which are mounted on new Demio. This paper describes the technological features of IAFEM.

## 1. はじめに

マツダでは, 1999年にインテークマニホールドの樹脂化技術を完成させ, 前モデルのデミオにて採用している。この技術をベースに更なるコスト/質量低減, 商品性向上を目指し, 吸気系, 燃料系, PCM ( Powertrain Control Module ) を含む制御系部品を機能統合したモジュール構造の検討を行ってきた。Fig.1に示すように, 1995年頃より欧州を中心に吸気系・燃料系部品のモジュール化が進んでおり, 1998年にはMercedes-Benz A-Classにおいて, PCMまでインテグレート化したモジュールが発表されている。今回このA-Classレベルのインテグレート化に加え, 更に可変吸気, ロングポート化を行うことで商品性を向上

させたIAFEMを実現化したので, 以下にその技術内容について述べる。

## 2. IAFEMの構造

IAFEMは, フレッシュエアダクトと, エアクリーナ・PCM・エアフロセンサ・エアホースで構成されるエアクリーナサブモジュールと, インテークマニホールド・スロットルボデー・フューエルディスペイブ・インジェクタで構成されるインテークマニホールドサブモジュールからなる ( Fig.2 )。

エアクリーナサブモジュールは, インテークマニホールドの上部にレイアウトされており, 扁平化することで, ボンネットとのクリアランスを確保している。また, 吸気の

\* 1, 2 第1エンジン開発部  
Engine Development Dept. No.1

\* 3 ~ 6 パワートレインシステム開発部  
Powertrain System Development Dept.

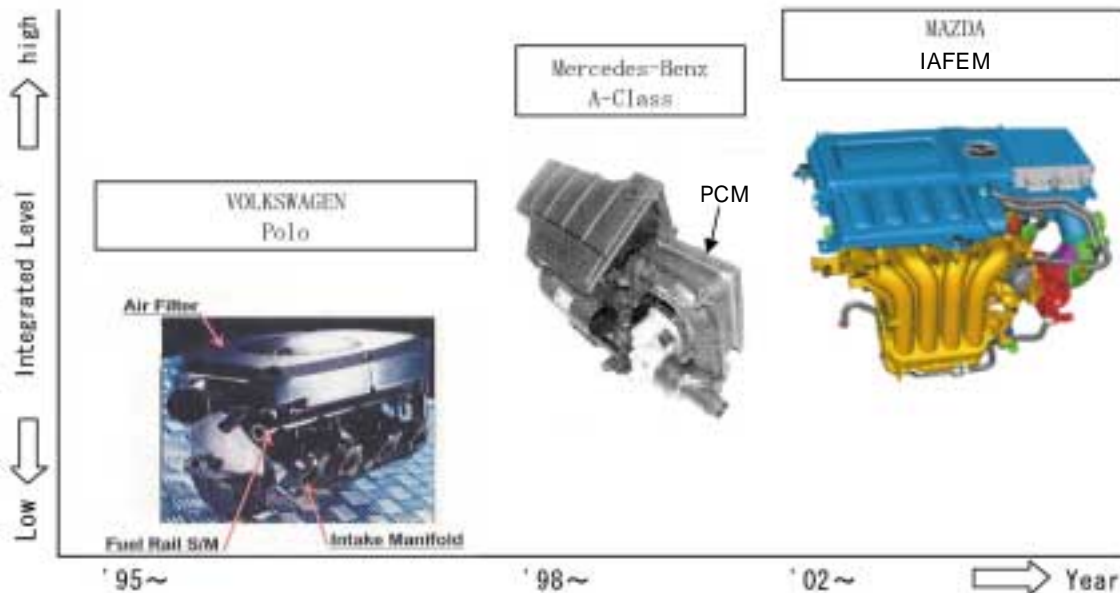


Fig.1 Trend of Integrated Modules

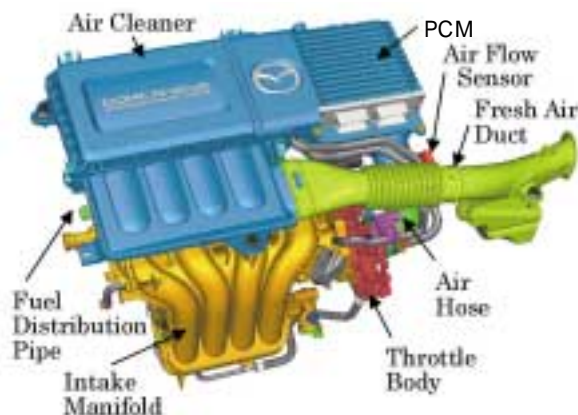


Fig.2 IAFEM

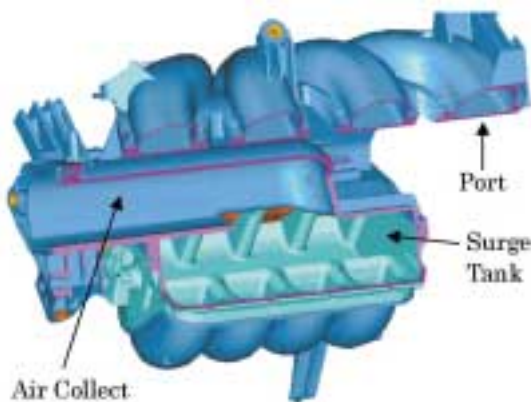


Fig.3 Intake Manifold

流れをスムーズにすることで、通気抵抗を大幅に低減している。

インテークマニホールドサブモジュールは、サージタンク部を独立ポートの内側に巻き込み、ポート内側の空間を効率良く利用することで、600mmのロングポート化を実現している。更に、スロットルボデーと、サージタンク中央部間にエアコレクト部を設け、各気筒までの吸気管長を等長化している (Fig.3)。

### 3. 機能統合

3.1 PCMボックスのエアクリーナケースとの一体化  
PCMをエアクリーナに内蔵し、PCMボックスとエアクリーナケースの機能統合を行っている。従来、車室内に搭載されていたPCMをエンジンルーム内のエアクリーナに内蔵することで、①PCMボックスを樹脂製のケースと一体化構造としてPCMボックスを廃止、②ワイヤーハーネスの線長短縮化およびコネクタ数削減、③エンジン吸気によりPCMを冷却 (Fig.4) し、冷却構造の簡素化等、効率の良いパッケージングを実現した。

また、耐振性についてもエアクリーナを最適な硬度のラバーでフローティングマウントすることで耐振性基準をクリアした (Fig.5)。

以上の技術で、エアクリーナとPCMを機能統合することで、既存の基板構造を踏襲しながら、エンジン搭載時の耐熱・耐振性を確保することができた。

### 3.2 モジュール納入による生産性向上

構成部品をマツダエンジン工場近郊の最適拠点でアッセンブリし、モジュール単位で納入することで、従来比約

95%の納入部品点数を削減した。

PCMについては、通常、車種・排気量・トランスミッション・出荷国の組合せにより、種類数が膨大となるが、車両工場で車両の仕様に応じたPCMのプログラムを書き込むことで、従来比約70%のPCM種類数を削減できた。

また、エンジン工場での着火テストをこのPCMで実施することで、テスト作業が簡素化すると共に、自動診断機能の追加により品質検査精度が向上した。更に着火ベンチ用PCM / ハーネスの廃止により設備投資も削減している。

### 3.3 コスト/質量/部品点数削減

構成部品を機能統合することで、部品間の締結部品を小型化、または廃止している。具体例として、エアクリーナ

をインテークマニホールド直上に搭載することで、エアホースを短縮小型化しており、また、インテークマニホールドにおいて、樹脂製品である特徴を生かし、ステー類を一体成型することで、締結部品を廃止している。これらの効果として、コスト/質量/部品点数を従来より大幅に削減できた ( Fig.6 )。

### 3.4 見栄え向上

エアクリーナをエンジン上部に搭載し、化粧カバーの機能を持たせた。上面デザインは、エアクリーナの基本機能である通気抵抗低減、放射音低減およびPCMの放熱から面剛性の向上を包含した機能美形状を追求した ( Fig.7 )。

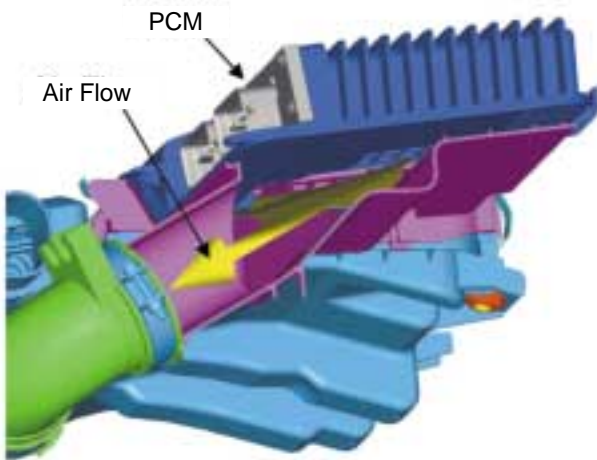


Fig.4 Structure for Cooling PCM

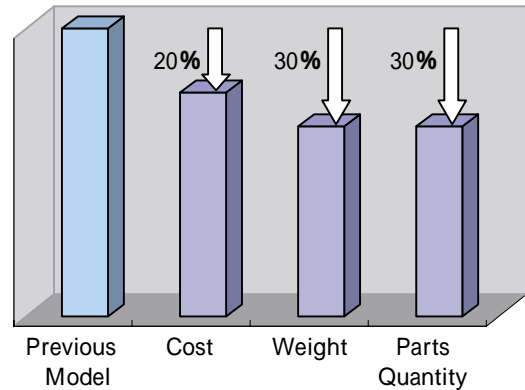


Fig.6 Effect of IAFEM

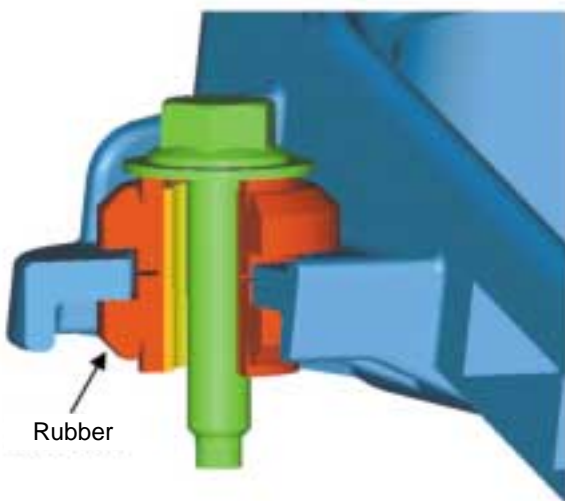


Fig.5 Floating Mount Structure



Fig.7 Engine Room

### 4 . 性能向上

#### 4.1 出力・エミッション向上

##### (1) 出力向上

エアクリーナの通気抵抗は、ファミリアクラスへの搭載を考慮して、Bカー&Cカークラスでベンチマークを実施し、BIC（ベストインクラス）性能を目標とした（Fig.8）。

エアクリーナはエンジン搭載により扁平形状となったが、CAEを駆使し流速調整・形状の最適化を行い目標の通気抵抗を達成した。

通気抵抗の低減改善の一例として、Fig.9に示す形状の改善を実施し、エアクリーナ内の流速を均一化した結果を示す。

インテークマニホールドは、排気量1.3L向けには600mmの等長管、排気量1.5L向けには、可変慣性過給システムであるVIS（Variable Induction System）を内蔵し600mmおよび450mmの等長管を切り替えることにより低回転からの広い回転域で最大トルクの90%を発生させており、実用域での大幅なトルクアップを果たした（Fig.10）。

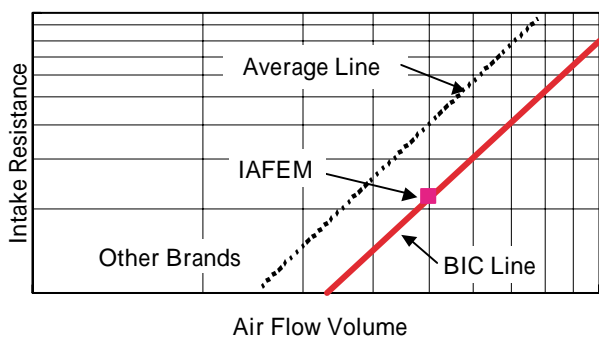


Fig.8 Air Flow Resistance

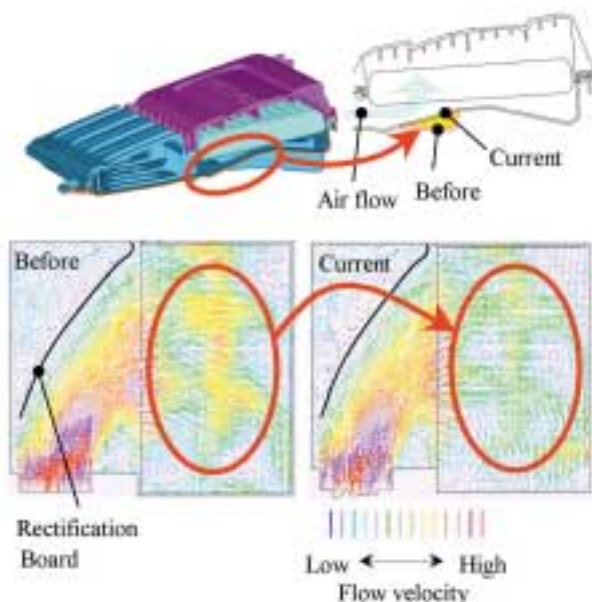


Fig.9 Reduction of Intake Resistance

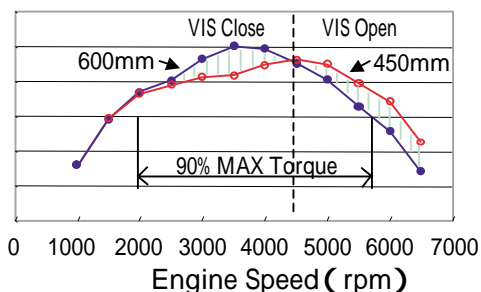
樹脂製インテークマニホールドへのVIS内蔵の構造をFig.11に示す。

バルブ一体の軸部とガイドブッシュと呼ばれる軸受け部は、同材質の樹脂で作られている。この樹脂同士の組合せでは、一般的にPV値より、摩擦による表面磨耗が進みやすく、ガラス繊維が表面化すると更に磨耗が加速する。この対応として、異材質である金属材料とナイロンとの組合せが、PV値より、耐磨耗性に効果があるため、アルミ材を軸受けとした。この際、固定端であるギア部の他端にあたる部分の振れが最も大きくなり磨耗が進行するため、この部分にアルミカラーを設定した。更に、振れによる衝撃エネルギーを吸収するため、ラバーマウントにしている。

これらの技術により、Fig.12のトルクカーブを実現し、他社比BICとしている。



(a)VIS Action



(b)Torque Curve

Fig.10 Effect of Torque by VIS

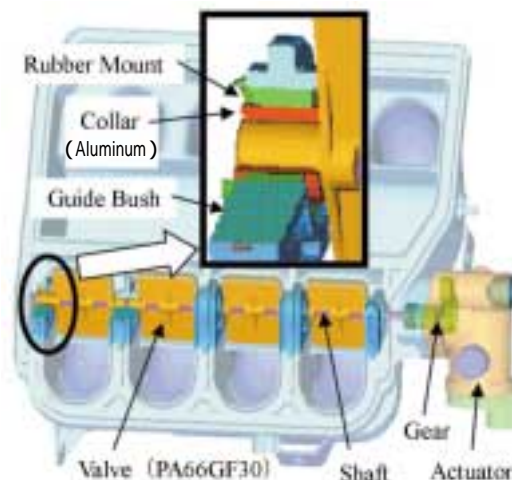


Fig.11 VIS Structure

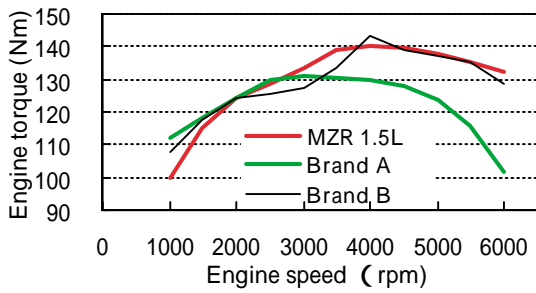


Fig.12 1.5L Engine Performance

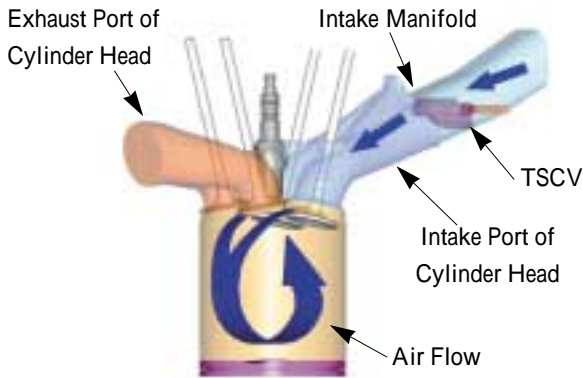


Fig.13 TSCV

(2) エミッション向上

冷間での排気ガス浄化性能を向上させるため、インテークマニホールドにTSCV (Tumble Swirl Control Valve) を内蔵している。

冷間時のエンジン始動の際には、TSCVを閉じ、燃焼室内のタンブル流 (縦渦) を強く発生させ、点火進角リタード時の燃焼改善を図っている (Fig.13)。この結果、11モード始動時に、点火進角のリタードが可能となり、排気ガス温度がアップして触媒の早期活性化を図り、コールド領域の浄化効率を向上させることで、エミッションの改善を実現している。

4.2 NVH改善

(1) 吸気源音低減

MZR 1.3/1.5エンジンは、前モデルに対しトルクアップしており、これにより増加した吸気源音については、フレッシュエアダクト径、レゾナンスチャンバの最適化、エアクリーナ容量を確保することで低減を図った。

吸気源音の改善データとして、2次で8dB(A)低減、4次で15dB(A)低減した結果をFig.14に示す。

モジュール化されたエアクリーナは、エンジン直上搭載でレイアウトスペースが少なく、容量拡大が困難である。そのため、音圧分布の測定・シミュレーションにより、フレッシュエアダクト長さ・内径とレゾナンスチャンバを最適化し、低減を図った。

(2) 高周波騒音低減

エアクリーナ表面の球面デザイン形状により、基本面の面剛性を確保することで、高周波騒音低減を図った。更に、

エアクリーナをエンジン直上に搭載することにより、エンジン本体からの高周波騒音低減に寄与している (Fig.15)。

検討時にはCAEを用い、面の振れモード (変位) の可視化を行い、低剛性部位を割り出し、リップ形状の最適化による面剛性の確保を図った。このCAE結果を、実機での振れモード解析と比較することで、妥当性確認を行い、机上検証の精度を上げた (Fig.16)。更に、モーダル解析による共振周波数の数値化により、低減効果の確認を行った。

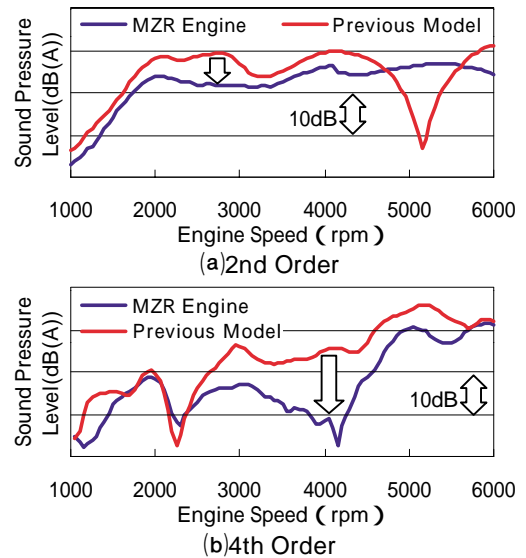


Fig.14 Intake Noise

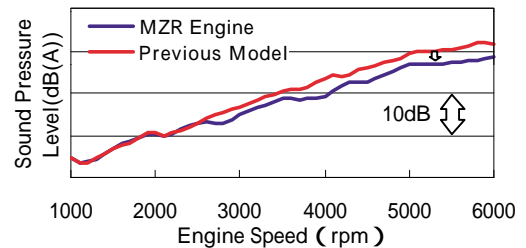
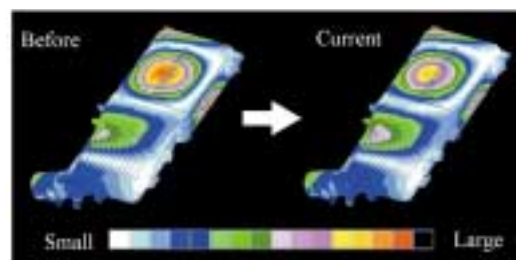
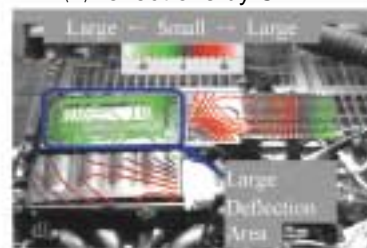


Fig.15 High Frequency Noise



(a) Deflections by CAE



(b) Deflections by Actual Engine

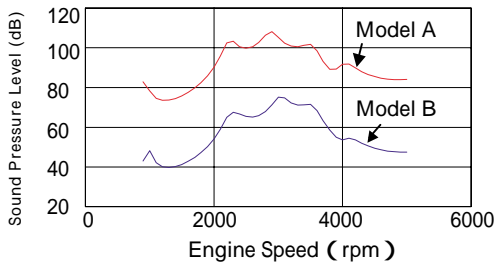
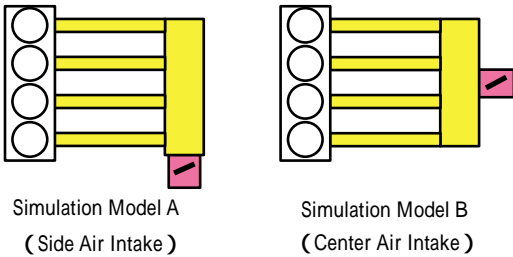
Fig.16 Surface Stiffness Analysis with Actual Engine

(3) 音質の向上

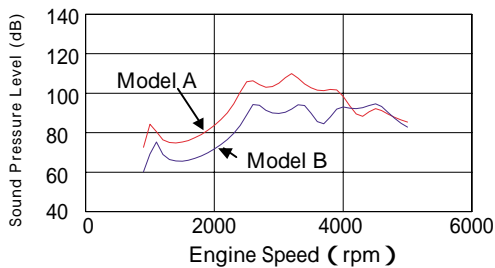
インテークマニホールドに等長吸気管を採用することにより、奇数次数およびハーフ次数の音圧を低減することでランプリングノイズを低減し、音質を改善している。

サイド吸気による不等長吸気との差についてシミュレーション結果をFig.17に示す。

奇数次数で30dB、ハーフ次数では10dBほど、音圧レベルが改善される。



(a)Odd Number Degree



(b)Half Degree

Fig.17 Result of Rumbling Noise Simulation

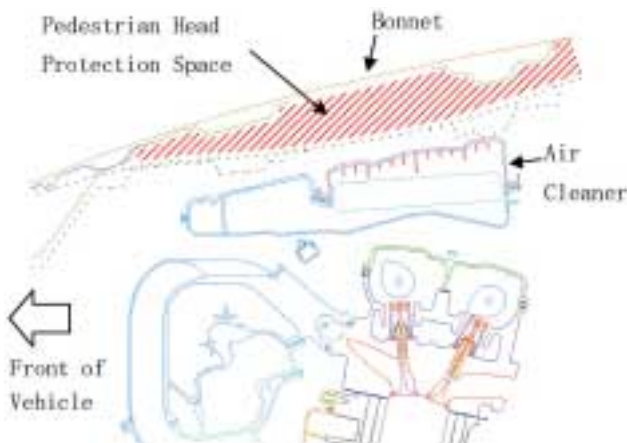


Fig.18 Layout for Pedestrian Protection

4.3 衝突安全性向上

(1) 歩行者保護構造

エアクリーナ部レイアウトにおいて、要求ボリュームと吸気通路を確保しながら、エアクリーナ上面とボンネット間の歩行者頭部衝撃緩和スペースのレイアウトを成立させた (Fig.18)。

(2) 燃料系保護構造

車両前方に吸気系を配置した前方吸気レイアウトにおいては、前面衝突時の燃料系保護のためのレイアウトへの配慮が重要となる。

この対応として、剛性の高いスロットルボデーの取り付け付近を一体成型することにより高剛性な構造とし、このスロットルボデー付近と高剛性のオルタネータでシュラウドの進入を防ぎ、また、衝突時、インテークマニホールドが効果的に衝撃を吸収するよう、形状を最適化し燃料系を保護している。

5 . おわりに

世界的に自動車部品のモジュール化が進められる中で、マツダとして初めてのエンジン部品による機能統合モジュール化を世界トップレベルの技術で実現できた。

本開発にご協力いただいたお取引先様はじめ関係各位にお礼を申し上げます。

著者



松浦浩治



横倉恒利



西田智宣



山田秀樹



江角圭太郎