

特集：新型マツダアクセラ

12

新型マツダアクセラのパワートレインの紹介 Introduction of All-New Mazda Axela Powertrain

猿 渡 健一郎^{*1} 白 石 大 作^{*2} 宮 崎 亜希夫^{*3}
Kenichiro Saruwatari Daisaku Shiraishi Akio Miyazaki
森 工^{*4} 倉 増 拓^{*5} 西 尾 貴 史^{*6}
Takumi Mori Taku Kuramashi Takashi Nishio

要 約

新型アクセラのパワートレインは、マツダの技術開発の長期ビジョンである「サステイナブル “Zoom-Zoom” 宣言」に基づいて開発された新世代商品である。狙いとして「意のままに操れ 爽快感を感じる」Performance Feelと、環境問題に積極的に対応した「低燃費・低CO₂・クリーン排気ガス」の実現に特に注力をして開発を進めた。

具体的には、新開発のアイドルリングストップシステム「i-stop (アイ・ストップ)」・クリーンディーゼルやデミオで好評のCVTを採用し、走りと環境性能実現を図っている。更に吸排気系の改善によるエンジンサウンドの造りこみやキャリブレーションの適正化による走り感の向上、トランスミッションへの機能の追加等を実施し、マツダのDNAである「走る喜び」を熟成させた。

Summary

The power train of new Axela is a new generation product developed based on “Sustainable Zoom-Zoom” which is the long-term vision of Mazda’s technological development. We advanced the development aiming to achieve “Performance Feel which enables drivers to control the vehicle at their will and to experience exhilaration” and “Low fuel consumption, low CO₂ emissions and clean exhaust gas” which positively responds to environmental issues.

Specifically, we have realized compatibility between enjoyable driving and environmental performance by adopting the newly-developed idle stop system (i-stop), clean diesel engine, and CVT well reputed in “Demio.” In addition, we have matured “driving fun” which is Mazda’s DNA, by elaborating engine sound through improvement in the intake & exhaust system, enhancing “Performance Feel” with optimized calibration, and adding new functions to the transmission.

1. はじめに

アクセラは、マツダの主力商品であるとともに世界戦略車でもある。先代アクセラは、その位置づけにふさわしい性能を実現し、多くのお客様に喜んでいただける自信作となった。

新型アクセラのパワートレインでは、先代から多くの好評をいただいているPerformance Feelを更に進化させるとともに、環境性能と高い次元で両立させた。本稿では、新

型アクセラが目指した「走る喜び」を感じるPerformance Feelと優れた環境性能を達成するための主要改善技術を紹介する。

2. パワートレイン開発について

新型アクセラでは、幅広いカスタマー層にご満足していただくために、よりユーザ視点でのPerformance Feelの熟成と、燃費/CO₂性能の大幅な改善を狙いに関係を進めた。

*1 パワートレイン開発推進部
Powertrain Development Promotion Dept.

*2, 4 ドライブトレイン開発部
Drivetrain Development Dept.

*3, 5, 6 パワートレインシステム開発部
Powertrain System Development Dept.

(1) Performance Feel

ガソリンエンジン・ディーゼルエンジンともに、実際のユーザの使用条件下での走り感を熟成するために、主要地域での大規模な市場実走評価とユーザ調査を行いアクセルの踏み方に対する発生車両G目標の見直しを行った。更に、吸排気系の設計を見直したことによるエンジンサウンドの造りこみ、トランスミッションの操作系の見直しもを行い“Zoom-Zoom”感の向上を図っている。

(2) 環境性能

マツダ初であるスマートアイドルストップシステム、クリーンディーゼルやエコランプを採用し、商品性を大きく向上させるとともに、シングルナノテクノロジーを応用した自動車用触媒を採用することで、浄化性能を維持しながら、使用貴金属量を大幅に低減した。

3. ガソリンエンジン

基本的には、旧モデルで好評であるエンジンを継続採用しているが、Performance Feelと環境性能を大きく向上させるために、CVTやアイドルストップシステムなどの新技術を積極的に採用、合わせて吸排気系や制御系の見直しを図るなど基本性能の熟成も図っている。

3.1 Performance Feelの向上

(1) Performance Feel開発の革新

走り感を大幅に改善するために技術的なアプローチとともに、開発のプロセスの変革も実施した。具体的には一例をFig.1に示すように各地域を各拠点開発メンバ、ユーザ及び本社開発メンバと一緒に長期間走り込み、実際のユーザのコメントを細かく分析し定量的な目標に落とし込むことを実施してきた。特に注力したのは、アクセルペダルの踏み込みに対する発生車両Gのあり方であり、新型アクセラでは1回のアクセル操作でユーザが期待する車両Gを発生できるようキャリブレーションの見直しを行っている。



Fig.1 Driving Area for Development

(2) 新型アクセラのPerformance Feel改善

基本的にはエンジン、トランスミッションは旧モデル・他モデルで搭載済みの実績のあるユニットを採用し、吸排気系の最適設計及びエンジン・トランスミッションの制御

系を大幅に変更することであらゆる条件下で狙いの走り感を実現可能なものとしている。

(3) 吸排気系最適化

① ガソリン車吸気システム

吸気システムはシュラウド吸気システムを採用した。構造的には、吸気口位置を車両前右方に配し、導入ダクト経路をシュラウド上部に沿わせる配置とした(Fig.2)。これにより、外気温度に近い位置からの空気導入とダクト途中の温度上昇を最小限に抑えることを可能とし、エンジン吸入空気温度の抑制と高外気温下でのエンジン制御性向上に寄与している。

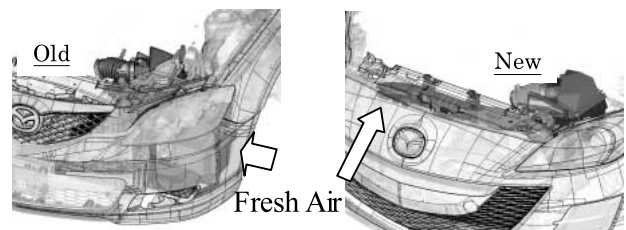


Fig.2 Air Intake System

② インタークーラ冷却ダクト

ターボモデルの走りのパフォーマンスを訴求するため、インタークーラの冷却にはボンネットバルジタイプ(Fig.3)を採用した。バルジ開口面積は $22,800\text{mm}^2$ (W: 558.3mm, H: 49.3mm)とし、同一セグメント内でトップクラスの開口を確保した。これによりエンジン直上搭載のインタークーラを効果的に冷却し、最適なエンジン出力とレスポンスを提供している。また、本来の冷却風導入機能の他、車両の揚力係数を最小限に止める締結構造、導風時の剛性を確保しつつ、歩行者保護に対する対衝撃緩和構造をCAEにより最適設計している。



Fig.3 Intercooler Cooling Duct

③ 吸気サウンドのチューニング

吸気サウンドは、旧モデル並みの静粛性を維持しつつ、システム簡素化による軽量化を実現した。具体的にはロングダクトにより100~200Hzの低周波数領域の音圧を低減した。これにより、実用運転域(2,000~3,000rpm)の静粛性と、高回転まで伸びるリニアな吸気サウンドを実現している。

2.0L, 2.5Lは、吸気サウンドを高回転域までリニアに上昇させ、かつ低騒音を図るため、基本次数音である2次成分に対してはエアリーナ容量を旧モデル比で約1Lアップし、約2dB低減させた。開発構想段階からレゾナンスチャンバを綿密にチューニングすることにより、エンジン回転速度にリニアな吸気サウンドを実現した。Fig.4に新旧モデルの吸気音の比較を示す。

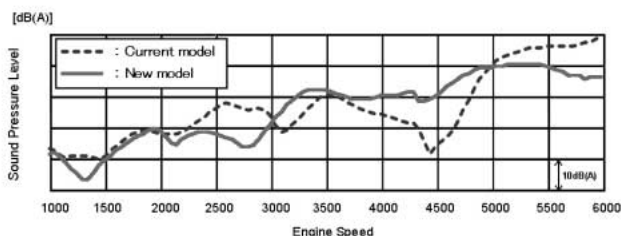


Fig.4 Sound Pressure Level

④ 排気系最適化設計

2.0L, 2.5Lの排気系は、抵抗低減と排気音低減を目的に、旧モデル比、メインサイレンサのVolumeアップ、パイプ径アップを織り込んだ。また、2.5LにはDualテールパイプを採用し、静粛性と抵抗低減を両立するとともに、スポーティな走り、アピランスに貢献している。

2.3Lターボモデルのメインサイレンサも同じく、旧モデル比、Volumeをアップするとともに、Dualテールパイプを採用し、高周波音を低減した排気サウンドにチューニングした。Fig.5に2.3Lターボモデルの排気系を示す。

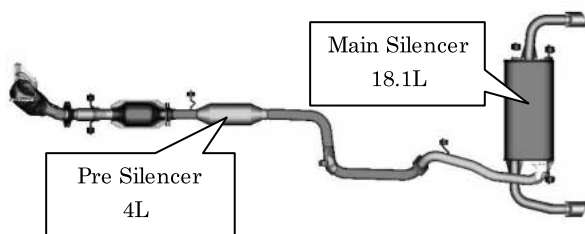


Fig.5 Exhaust System of 2.3L Turbo Engine

(4) 制御系、駆動系 最適化設計

① トルクベース制御 (2.5L)

Performance Feelの向上のために、トップグレードの2.5Lのエンジンには、北米向けMazda6で採用した新しいエレキスロットル制御(トルクベース制御)を展開した。本制御は、従来よりも高い精度でドライバが要求するトルクが実現できるトルク演算モデルを採用しており、あらゆる走行シーンにおいてPerformance Feel構築の自由度がアップした。また、AT・TCS (Traction Control System) 等のエンジントルクの抑制が必要な制御(トルクダウン制御)に対しては、各要求トルクを調整するための共通インターフェースとしてエンジントルクを採用した。これによってトルクダウン制御時の要求トルクのつながりが大幅に改善した。

i) 新トルク演算モデルの採用

従来よりも精度の高いトルク演算モデルを採用すること

でドライバの要求するトルク量に応じた燃料制御・点火制御・エレキスロットル制御が可能となった。また、環境変化(外気温・気圧・ノック限界等)や吸排気系デバイス(可変バルブタイミング等)の作動に関わらず、ドライバが要求するトルク感をより高い精度で実現できるようになり、Performance FeelのLinear・Lively感の向上につながった。

ii) エンジントルクを共通インターフェースに採用

エンジントルクを共通インターフェースとすることで、従来では個別に作動していたAT・TCS等のトルクダウン制御時の要求トルクの調整が容易にできるようになり、各要求トルク間のつながりが格段にスムーズになった。

② 5速AT

新型アクセラ用5速ATは、先代アクセラに採用した小型軽量FS5A-ELをベースに、新規車体に合わせたチューニングを施したものである。ベースATで確立した小型軽量でかつ高トルクに対応したギヤトレイン部を継承し小気味良い変速応答性と、高品質なシフトクオリティを両立させることで、高品質な走り感を実現した。更にAAS(後述)及びダイレクトモード(後述)を新規採用することでスポーティな走行性能も実現し、商品性を大きく向上させている。

③ AT車 アクティブ・アダプティブ・シフト(AAS)

マツダのスポーティイメージの象徴でもある、RX-8から順次採用し、ジャーナリスト試乗レポート等でも、好評を得ているAASを新型アクセラでも採用し、スポーツカーのDNAを受け継いでいる。AASは道路環境(上り坂、下り坂)を判別し、最適なシフト段位を自動的に選択する既知のスロープ制御に加え、屈曲路の判別、及び、ドライバの意思を反映した、走行シーン判別を行い、より最適なシフト段位を自動的に選択することで、Linear・Lively感を具現化している。

④ AT車 ダイレクトモード

新型アクセラではクルマを積極的に制御する新しい機能として、ダイレクトモードをステアリングシフトスイッチ付きのモデルに標準採用した。ダイレクトモードはDレンジでの自動変速走行中でも、Mレンジに切り替えることなくステアリングシフト操作によって素早く一時的なシフトダウンを可能にするシステムである。下り坂でのエンジンブレーキによる減速シーン、コーナリングでの減速から再加速までのシーン、一度シフトダウンしてからの追い越し加速シーンという、一般のドライバが頻繁に遭遇すると考えられるシーンを想定して開発している。この機能は、ステアリングシフトスイッチの操作だけでドライバが要求するシフト段に素早く移行し、シーンが続く間はそのシフト段を継続させ保持を必要とするシーンが終了したとシステムが判断した時点で自動的にDレンジのオペレーションへ戻すものである。この機能により、ドライバが望む思い通りのタイミングでエンジンブレーキや素早い加速を簡単に行うことができ、運転のしやすさと楽しさをいっそう高め

ている。Fig.6にダイレクトモード使用時のイメージを示す。

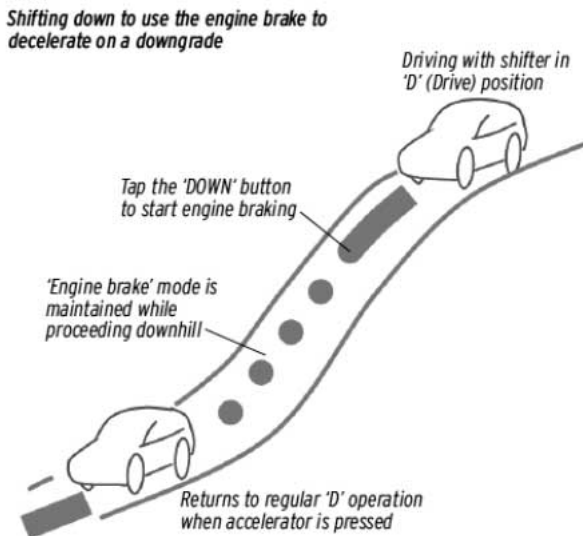


Fig.6 Typical Scene where Direct Mode Excels

⑤ MT車 シフトフィールの改善

ドライバ (Human) が、クルマ (Machine) との一体感を感じながら安心 / 快適に運転に集中できるシフトフィールを実現するため、種々の改善に取り組んだ。その技術的内容について、以下に述べる。

i) ハイマウントシフトの実現

最適なドライビングポジションを実現するため、ノブ位置を60mmUPさせた。そのため、操作時のモーメントが20%増加したが、チェンジレバーハウジングの高剛性化、ポデーパネルの形状、板厚変更、マウント構造の変更等の施策により、旧モデルと同等以上の強度、剛性を実現した。

ii) 機械特性 (静的シフト特性) の改善

チェンジレバー上へのハードストッパーの採用により、オーバストローク量を大幅に縮小し、高いストッパー剛性感を実現するとともに、実効シフトストロークの短縮と合わせて、前後で約20mm縮小し、コンパクトなシフト操作エリアを実現した (Fig.7)。

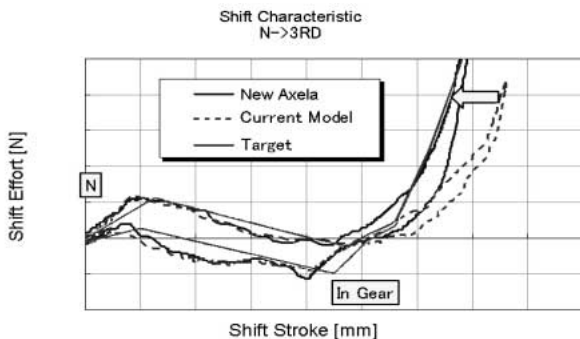


Fig.7 Static Shift Characteristic (N 3rd)

iii) MT車 操作力 (動的シフト特性) の改善

高速走行時のイーゼードライブを実現するため、5速、6速ギヤのシンクロナイザリングをサイズアップし、仕事

量で10~15%の低減を実現した。

また、低粘度のトランスミッションオイルを採用することにより、低温時の操作力を改善した。同時に内部の回転抵抗を低減することができ、省燃費化にも貢献できた。

3.2 環境性能の向上

世界的なCO₂排出量削減、ガソリン代高騰に積極的に対応するために、マツダが保有する最新の技術を惜しみなく投入することで、大幅な燃費・CO₂改善を図っている。

(1) 燃費性能の改善

日本においては 2010年燃費基準に対し1.5L/CVTは+15%、及び2.0L i-stop車が+25%を、2.0L (FF) が+15%を達成。

欧州においては各国で細かく分類されているCO₂税制を考慮して大幅な燃費改善を実施している。この実現のため、i-stopやCVTの採用に加え、補機駆動ベルトの見直しや冷却ファン制御の見直し及びマニュアルトランスミッションに低粘度オイルを採用している。また、実用燃費の向上を目的に、お客様のエコドライブをサポートする「エコランプ」を新規採用した。

① i-stop

新型アクセラは、マツダ独自開発のアイドリングストップシステムである「i-stop」を2.0L直噴エンジンに採用した。i-stopは、約10%の燃費向上 (国内10・15モード) に加え、エンジン停止・再始動時にドライバに違和感を与えない自然なドライビングフィールを提供する。常に0.35秒 (AT車) というすばやい再始動を実現するため、エンジン停止時のピストン位置制御と、直噴エンジン技術を活用した「燃焼始動方式」を採用した。詳細は、本技報の「マツダi-stop (アイ・ストップ)」を参照のこと。

② CVTの採用

新型アクセラ用CVTはデミオで採用したCVTをベースに新規車体に合わせて、以下のチューニングを施したものである。

- i) 高車速安定性適合：アクセル操作に対する車速コントロール性、応答性他適合
- ii) 燃費適合：燃料流量特性をもとに燃費が最適になるようにシフトパターンを適合
- iii) 登降坂適合：車両諸元変更によるエンブレ感、再加速性確保のための適合

参考にギヤトレイン部の断面図をFig.8に示す。



Fig.8 CVT Cross Section

③ 補機駆動ベルトの張力低減による燃費改善(1.5L, 1.6L)
 補機駆動ベルトの張力を低減することで、各補機への軸荷重が低下し、機械抵抗が減少することによって燃費が向上した。オルタネータにワンウェイクラッチ付きプーリーを採用することで、補機駆動ベルトのスリップ抑制とベルト張力低減との両立を可能とした。

④ 冷却系ファン制御
 冷却システムにはPWM(無段階)制御電動ファンを旧モデルから踏襲した。従来Cセグメントではリレー(多段)制御が広く普及しているが、この制御システムにより、よりきめ細かな電力供給が可能となり消費電力の低減と低燃費化に貢献している。加えて商品性面でも日常コースのファン作動音の低減が実現でき、1ランク上の上質な音質を提供している。

⑤ エコランプの採用

i) 採用背景

「サステナブル“Zoom-Zoom”」の取り組みの一環として、お客様のエコドライブをサポートする『エコランプ(Fig.9)』を新型アクセラのAT車に採用した。本装備はランプの点灯により、無理や無駄の少ない運転操作をしていること、車両が燃費効率の良い走行状態であることを伝えることで、ドライバーの判断・操作・学習を喚起、エコドライブへの継続的な取り組みを促し、実用燃費の向上に寄与することを目的としている。



Fig.9 ECO Lamp

ii) 制御ロジック

エコドライブ普及連絡会が提唱する「エコドライブ10のすすめ」に対し、「ふんわりアクセルスタート」、「加減速の少ない運転」、「早めのアクセルオフ」といったドライバーの操作に関わる推奨行動を、よりドライバーが実現しやすくするためのガイド情報となる。基本的には、アクセル開度と車速によりあらかじめ設定したエコゾーン(Fig.10)の枠内で運転できているかどうかを示す機能であるが、車両前後の加減速度を検出することにより、例えば急発進や急ブレーキといった状況でエコランプを消灯させ、ドライバーにスムーズなアクセル、ブレーキ操作を促すことも考慮している。本機能はDレンジだけでなく、Mモードや、S/Lレンジといった走行レンジで機能する(Rレンジは除外)。また本機能は、ドライバーの運転操作技量向上のための機能

でもあり、ドライバーの操作を伴わないアイドル停車ではエコランプを消灯させている。

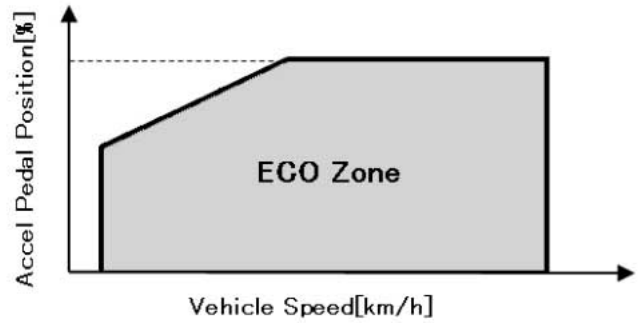


Fig.10 ECO Zone

(2) エミッション性能の改善

エミッション性能では、各国の厳しい排気ガス規制をクリアすることを目標に、エンジン制御の見直し及び新開発の触媒を採用している。特に新しく開発した「シングルナノ触媒」は使用貴金属量を大幅に低減しつつも、優れた浄化性能を維持させることができている。新型アクセラでは、排出ガス低減技術の一つとして「シングルナノ触媒(Fig.11)」を採用した。

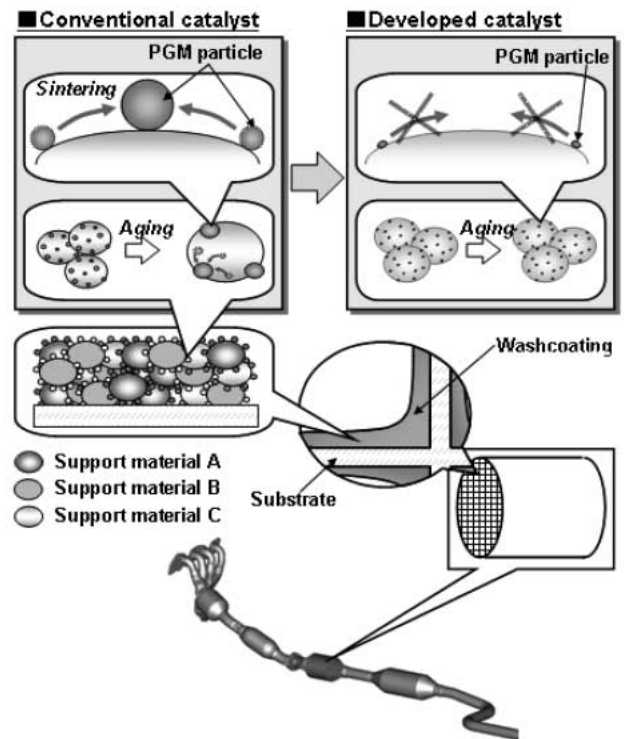


Fig.11 Single Nano Catalyst

自動車用触媒には、希少で高価な貴金属を使用しており、その使用量低減が重要な課題である。自動車用触媒では、貴金属はその表面で排出ガスの浄化反応を促進するという役割を果たしている。従来は走行距離の増加に伴って、排出ガスによる熱で貴金属の表面積が減り、触媒性能が低下するため、あらかじめ多くの貴金属を使用する必要があった。

今回採用した触媒では、貴金属の表面積を増やすために5nm以下という、より小さいサイズの貴金属の粒子を開発するとともに、触媒材料構造を独自開発し、貴金属を触媒材料に埋め込みシングルナノサイズのまま固定する世界初の触媒構造を実現することで、貴金属の使用量を大幅に低減することを可能にした。本技術により、新型アクセラは床下触媒の貴金属の使用量を0.15g/Lと大幅に低減しながら、国内JC08C + JC08Hモードで平成17年基準排出ガス75%低減レベル (SU-LEV) を達成し、ヨーロッパのエミッション規制である「Stage5」にも適合している。

4. ディーゼルエンジン

新型アクセラでは、旧モデルから採用している1.6Lと新開発のMZR-CD2.2Lの2種のディーゼルエンジンをラインアップした。

(1) MZR-CD2.2L

新型アテンザで搭載している新開発のMZR-CD2.2Lエンジンを搭載。このエンジンは、200MPaの高圧コモンレールシステム、可変ノズルターボチャージャーなどの新技術により、クラストップレベルの運動性能を実現した。また、新型アクセラでは150ps仕様において、小型ターボを採用することでアクセルレスポンスを高めるとともに、ギヤ比を高速化することで燃費性能を向上させた。更に独自開発の触媒活性メカニズムを利用したディーゼルパティキュレートフィルタにより、ディーゼルエンジン特有の煤の燃焼速度を高め、欧州の排気ガス規制であるStage5に対応している。詳細は、本技報の「新型MZR-CD2.2エンジンの紹介」を参照のこと。

(2) 1.6Lディーゼルエンジン搭載車の冷却システム

新型アクセラの1.6Lディーゼルエンジン搭載車では、冷却性能を向上させるために新規開発した冷却システムを採用した。具体的には、エンジン冷却用ラジエータと、吸入空気冷却用インタークーラを車両前方にモジュール化搭載した (Fig.12)。これは、冷却に必要な車両全面風速を最大限に活用するとともに、パッケージ効率を最大限に引き出すことを目的としている。更に、インタークーラには専用の電動ファンを装着し、低速域での冷却効率を補助することで、低速時の加速・発進応答性向上に加え、冷房性能にも寄与している。

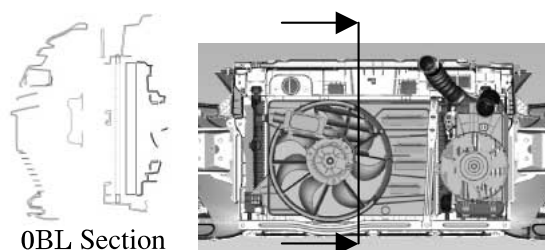


Fig.12 Cooling System of 1.6L Diesel Engine

5. おわりに

新型アクセラのパワートレインは、先代よりも更に、世界中のお客様に喜んでいただけるよう、ベースモデルの熟成だけでなく、多くの新技術を採用することで、一歩進んだ「サステイナブル“Zoom-Zoom”」を具現化した自信作となった。今後も更なる喜びをお客様に提供できるよう、革新的な商品開発を進めていきたい。

著者



猿渡健一郎



白石大作



宮崎亜希夫



森工



倉増拓



西尾貴史