

特集：新型マツダアテンザ

10

新型マツダアテンザのパワートレイン

Introduction of All-New Mazda Atenza Powertrain

高戸 剛^{*1} 井上 康^{*2} 春森 俊宏^{*3} 岡田 光平^{*4}
 Tsuyoshi Takato Yasushi Inoue Toshihiro Harumori Kouhei Okada
 遠藤 孝次^{*5} 東尾 理克^{*6} 岩田 陽明^{*7}
 Kouji Endou Masayoshi Higashio Kiyooki Iwata

要約

新型アテンザのコンセプトの一つである「エモーショナル&スポーティ」を際立たせ、「ドライバの感性に訴えるマツダらしいスポーティさ」の実現に向け、「リニアなレスポンスと加速感」を目標に開発を進めた。この実現手段として、実用領域である中速トルクアップを図る新開発MZR 2.5Lエンジン、このエンジン性能をサポートする制御システムの育成に注力した。このような走る喜びと、環境・安全性能との調和を目指すクルマ造り「サステイナブル“Zoom-Zoom”」実現へ取り組んだ。

Summary

In achieving the development goal of “Linear response and acceleration feel”, an element of the New Atenza concept, “Emotional & Sporty” is emphasized, and “Mazda’s characteristic sporty feel that touches the driver’s senses” is pursued. The enabler was the development of new MZR 2.5 engine to improve more practical low end torque and also establishment of the control system to support performance of this engine. We pursued development of a vehicle that harmonizes joy of driving and environmental, safety performance, the “Sustainable Zoom-Zoom”.

1. はじめに

新型アテンザのパワートレインは、従来型から踏襲したMZR 2.0Lエンジン、新開発MZR 2.5Lエンジンに6速MT（一部機種のみ）、5速AT、6速AT（4WDのみ）を採用した。ここでは、新開発MZR 2.5Lエンジン、その性能を生かした車両性能（Performance Feel）、環境性能への取り組みを紹介する。

2. パワートレイン概要

新開発MZR 2.5Lエンジンは、「ドライバの感性に訴えるマツダらしいスポーティさ」を「リニアなレスポンスと加速感」、「上質な心地よいフィーリング」の2つの目標に落とし込み、その実現手段として「中速域のトルク向上」、環境性能との調和として「ワールドワイドクリーンエミッション」、「燃費向上」を目標に開発した。また、経済的な「レギュラーガソリン使用」を前提に、スペック選

定、育成を図った。

2.1 「ドライバの感性に訴えるマツダらしいスポーティさ」「リニアなレスポンスと加速感」を実現すべく、従来型の2.3Lから2.5Lへ排気量拡大し、エンジン特性は中低速トルク重視とした。更に、高速域についても、軽快感を持たせる技術、スペックを織り込んでいる。また排気量拡大しつつNVH向上技術を織り込み、軽快なフィーリングを確保している。

(1) 低速域

心地よい発進フィールを狙い、耳障りな排気音の低減、1st 2nd 3rdへのシフトアップ時の軽快感を向上し、発進時の「スポーティさ、上質感」を実現した。

(2) 中速域

排気量アップ（2.5L化）を生かし、全閉性能、パーシャル性能ともに充実させ、「リニアなレスポンスと加速感」を実現している。

*1 PT開発推進部
Powertrain Development Promotion Dept.
*3~7 エンジン実研部
Engine Testing & Research Dept.

*2 エンジン設計部
Engine Engineering Dept.

(3) 高速域

エンジン/吸排気系スペック, エンジン制御の最適化を図り, マツダらしい軽快なフィーリングを踏襲した。

(4) アクティブアダプティブシフト (以下AAS)

「リニアなレスポンスと加速感」をサポートする技術として, AASを採用。RX-8, ロードスターで既に導入済であるが, 更に改良を加え, 車両の性格も考慮し, 「上質なAAS」を実現している。

2.2 環境性能への取り組み

次期排気ガス規制にも適合できる排気エミッションシステムを採用し, これを「ワールドワイドな環境スペック」とした。また排気量拡大しながらも軽量コンパクトなエンジンとし, 燃焼改善はもとより, 抵抗低減, 省電力化などを図り, 燃費は従来2.3L同等以上を実現できている。

3. MZR 2.5Lエンジン

高出力, 低燃費, 静粛性で定評のあった2.3Lエンジンを更に進化させるため, 排気量を2.3Lから2.5Lに拡大することにより, 低中速トルクを高め, 十分な加速性能と良好なレスポンスの両立を実現させた。以下に, 2.5Lエンジンの開発の注力ポイントを実現するための主要技術を示す。

3.1 エンジン諸元

Fig.1に新開発の2.5Lエンジン外観図, Table 1にエンジンの主要諸元を示す。



Fig.1 MZR 2.5L Engine Appearance

Table 1 Engine Major Specification

Engine	MZR 2.3L	MZR 2.5L
Cylinder	In-Line 4-Cylinder	In-Line 4-Cylinder
Bore × Stroke (mm)	87.5 × 94	89.0 × 100
Displacement (cm ³)	2260	2490
Compression Ratio	10.6	9.7
Valvetrain	DOHC 4 Valves	DOHC 4 Valves
Recommended Fuel	Premium gasoline	Regular gasoline
Max. Power (kW/rpm)	131kW/6500rpm	125kW/6000rpm
Max. Torque (Nm/rpm)	215N-m/4000rpm	226N-m/4000rpm

3.2 エンジン出力特性の改善

先代アテンザで定評を得ているMZR 2.3Lエンジンに対し, 更なるレスポンスと加速感で1段上のスポーティな走りを実現させるため, 高出力と低中速トルクの両立を図った。Fig.2にエンジントルク特性を示す。また, 2.5Lエンジンでは, 経済性を考慮しレギュラーガソリン仕様とした上で, 2.3Lエンジンに対しトルク特性を向上させている。以下にトルク向上織り込み技術の紹介を行う。

(1) インテークポートの流動向上

VIS (パリアブル・インダクション・システム) のセカンダリポートの吸気抵抗を低減するために, Fig.3に示すようにセカンダリポート入口をロードスター等で採用しているサージタンク開口型へ変更し, VIS周りのポート形状, フラッパー形状を最適化している。また, 吸気の体積効率を最大限に引き出すために, シリンダヘッドのインテークポートとインテークマニホールドの最適設計を行った。CAE解析の活用により, 吸気抵抗の低減と吸気効率の高いインテークポートを実現させた。特に, TSCV (タンブル・スワール・コントロール・バルブ) 周りの吸気抵抗を低減するために, ポート径, TSCVフラッパーの形状, シリンダヘッドとインテークマニホールドとの合わせ面形状を変更した (Fig.4)。

— MZR 2.5L (Regular gasoline) — MZR 2.3L (Premium gasoline)

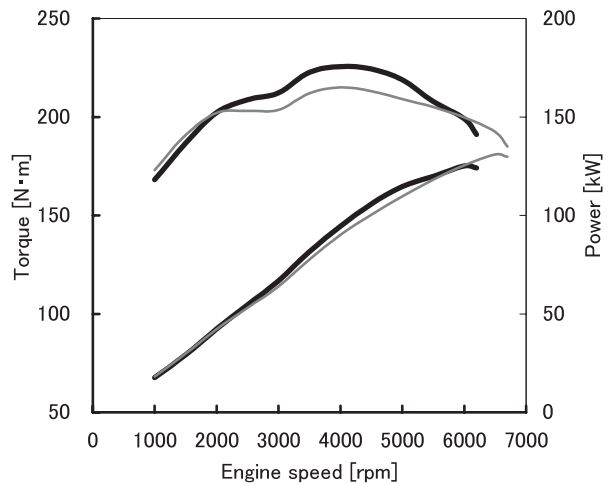


Fig.2 Engine Output Performance

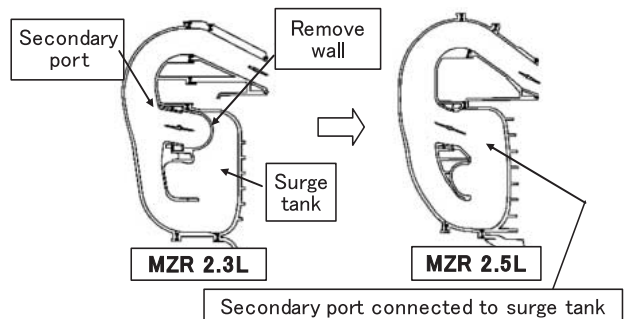


Fig.3 Variable Induction System Structure

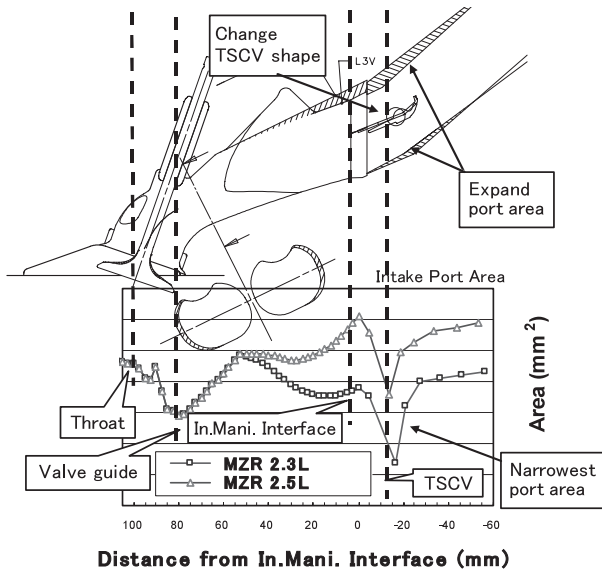


Fig.4 Intake Port Flow Improvement

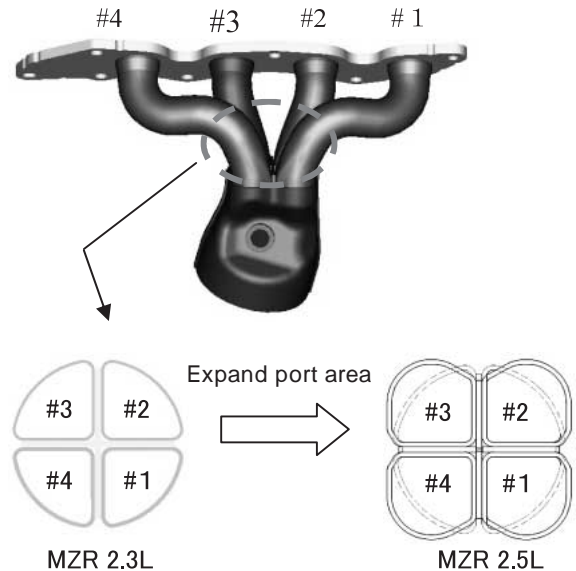


Fig.5 Exhaust Port Shape Refinement

- (2) バルブタイミングとインレットポート長のマッチング
2.3Lエンジンにも採用しているVISにより、吸気マニホールドの実質的な長さを変えることによって、低中速回転域と高回転域それぞれで吸気効率を最適化（4,400rpm以上でプライマリポート経路からセカンダリポート経路へ切り替え、中速回転域での高トルク化のためにプライマリポートを約440mmに延長）し、バルブタイミングとマッチングさせることにより、2.3Lエンジンに対し、2,000～5,500rpmの広範囲のトルクを向上した。

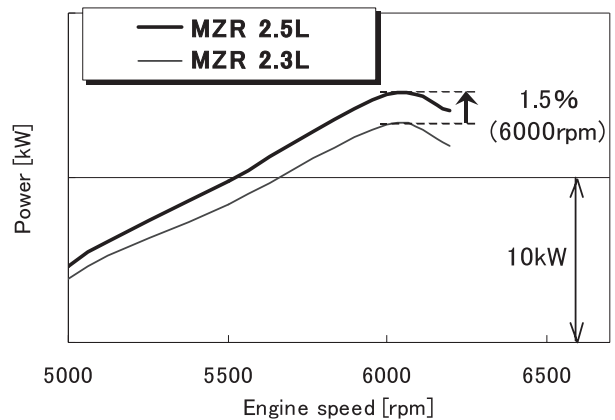


Fig.6 Exhaust Port Improvement Effect

- (3) 排気マニホールドの排気抵抗低減
排気ガス浄化性能の更なる向上のため、従来採用していた4-2-1集合タイプの排気マニホールドから4-1集合タイプに変更し、排気管からの放熱を低減することで、始動後の3元触媒の活性時間を早めた。そのため、4-1集合タイプで4-2-1集合タイプと遜色のない出力性能を実現するべく、集合部の各ポートの開口面積を拡大し掃気効率の向上を図った（Fig.5）。これにより、従来採用している4-1集合形状に対し、開口面積拡大により最大出力回転速度である6,000rpmにおいて1.5%の出力改善効果を得ている（Fig.6）。

3.3 エンジンNVH性能の改善

排気量拡大に伴う、トルクアップによる燃焼加振力の増大、ストロークアップによるクランクシャフト剛性の低下に対して、低NVHを図るために、フレキシブルフライホイールと、デュアルマスダンパを折り込み、加速時におけるエンジン音の大幅な低減を図った。

(1) フレキシブルフライホイール

フレキシブルフライホイールは、クランクシャフトとフライホイールを柔結合させることで、従来フライホイールの持つ共振周波数の低減を狙い、回転全域にわたり振動レベルを低減させた。Fig.7に、フレキシブルフライホイールの効果を示す。

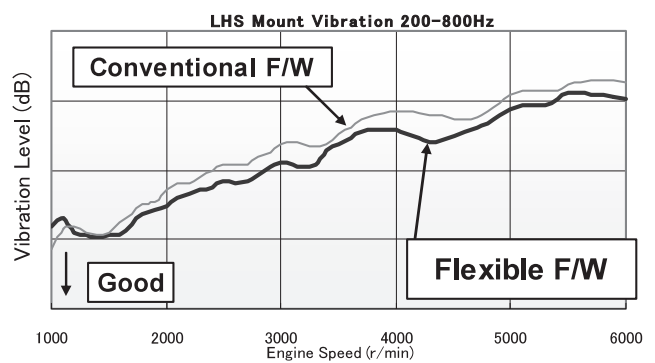


Fig.7 MZR 2.5L Flexible Flywheel Effect

(2) デュアルマスダンパ

クランクシャフト剛性低下による、クランクのねじり振動や曲げ振動抑制のため、今回の新開発2.5Lエンジンより、2種類の共振周波数を狙ったダンパを設定し、2,000～5,000rpmといった広範囲の回転域でクランク系の振動を抑えた。Fig.8, 9に、デュアルマスダンパの構造図と、その効果を示す。

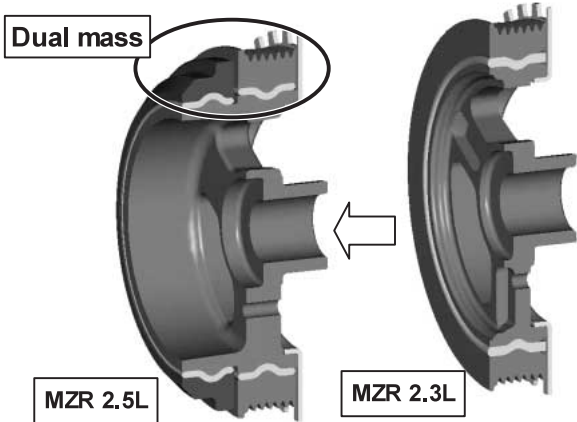


Fig.8 Dual Mass Damper

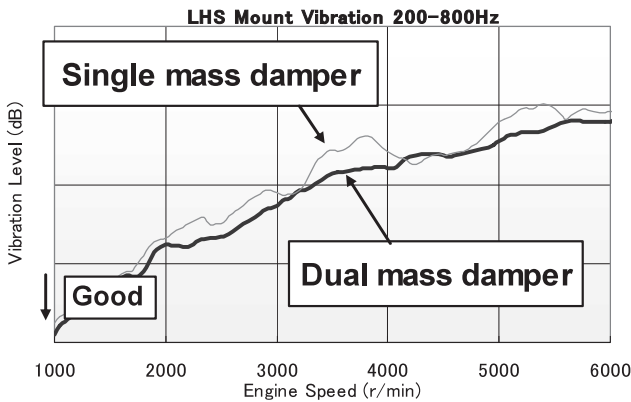


Fig.9 Dual Mass Damper Effect

3.4 軽量/コンパクトなエンジン

2.3Lから2.5Lへの排気量拡大を行いつつ、MZR 2.3Lと同じエンジンサイズ(長さ×幅×高さ)を保つことで、「搭載性/高い衝突性能/軽量化」を実現した。以下にボア、ストロークアップの対応技術を述べる

(1) アルミ製シリンダブロック

MZR 2.3Lシリーズで採用されたコスワース鋳造法をベースに、工法の最適化(アルミ溶湯の充填時間と凝固冷却速度を最適にコントロール)を行うことでボア間アルミ強度を向上させた。更に薄肉鋳鉄ライナの材質にモリブデンを固溶させることで基地の強さを改善し、強度/剛性を30%向上した。シリンダボア変形を抑制し、ブローパイガス、オイル消費性能を確保しつつ、ボア間寸法縮小を実現した。シリンダピッチ、ブロック高さを変更することなく、軽量、コンパクト化を図った。

(2) ピストン/コンロッド

ボアアップに伴い、ピストン径を 87.5から 89.0に拡大した。ピストンピン支持構造をフルフロートタイプに変更し、ピン径を 21から 20に低減した。ピストン及びピンを最適設計することで、従来2.3L比で約6%軽量化を実現した。通常、排気量拡大に伴い音振動に影響を及ぼす2

次慣性力が大幅に上昇するが、2次慣性力は、ピストン系/コンロッドの軽量化を行うことによりベストインクラスを達成している (Fig.10)。

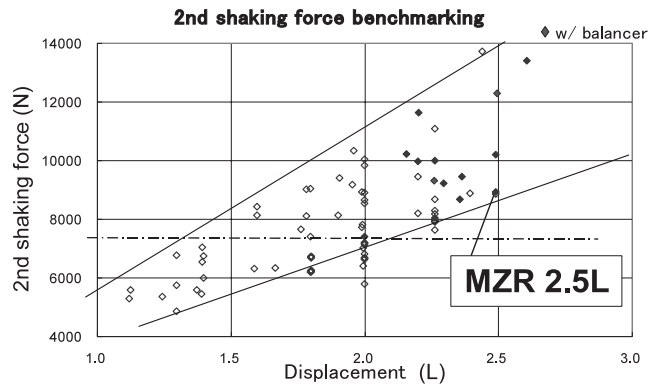


Fig.10 Bench Mark of 2nd Shaking

4 . Performance Feel

4.1 Performance Feelとは

Performance Feelとは、お客様が車全体から感じ取る加速度、エンジン・吸排気Sound、操作系の扱いやすさ(シフト・ペダルフィールなど)の性能因子を元に、Linear・Lively・Powerful・Torqueful・Smoothの5軸で表現する走りの管理指標であり、各軸は以下のように定義される。マツダプロダクトDNAからブレークダウンされる走りの方向は「意のままに操れる軽やかな走り」であり、Performance Feel 5軸ではLinearでLivelyな方向となる (Fig.11)。

- Linear : リニアな
- Lively : 軽快な
- Powerful : 爆発力のある
- Torqueful : 余裕のある
- Smooth : 滑らかな

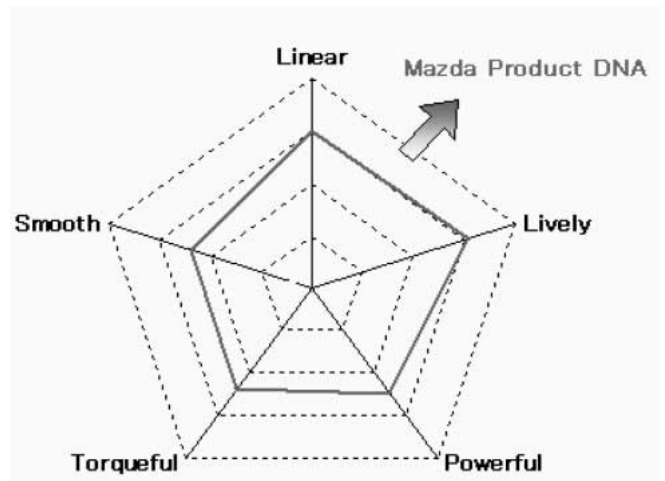


Fig.11 Performance Feel DNA

4.2 新型アテンザのPerformance Feelの方向性

マツダプロダクトDNAでも訴求するLivelyとLinear『Sporty』を初代モデル比損なわず、Linear・Smooth・Torquefulを更に特化させ、Sportyかつ、上質で心地よいフィーリングを目指した (Fig.12)。

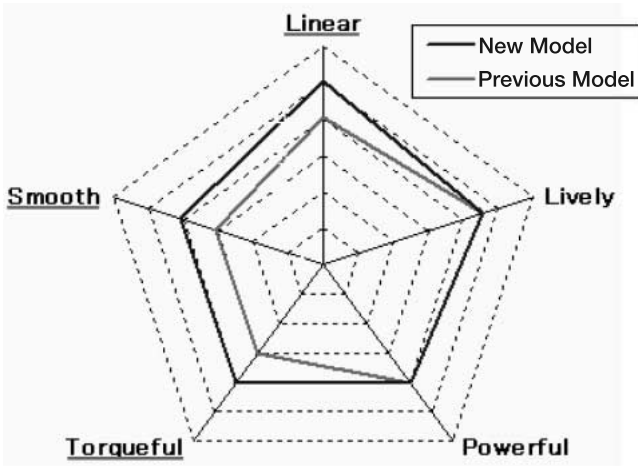


Fig.12 Performance Feel Radar Chart

4.3 パワートレイン制御

アクセルを踏んだ瞬間、いかにストレスなくエンジントルクを発生させ、ドライバーの意思を的確に車両挙動としてフィードバックさせるかに注力してチューニングを行った。エンジン制御、及びデバイス類の制御を協調させながら最適にセッティングすることで、ドライバーの運転状況に応じ、軽快さ (Sporty) と扱いやすさ (上質で心地よい) を兼ね備えた、セッティングに仕上げている。

4.4 Linear & Smoothフィール

新型アテンザでは、初代アテンザの軽快な走行フィール (Lively・Linear) をそのままに、一クラス上の質感 (Linear・Smooth) を更に特化させることを目標に開発を行った。特に、『発進から一般道の交通流にのる』までのシーンを『光るシーン』として設定し、低中速領域におけるLinearでSmoothな加速度特性の作りこみにこだわった。スロットル開度特性・ATとの協調制御・サスペンション特性とのマッチングまで緻密な制御を行うことにより、ドライバーの意思 (アクセル操作) に対し思い通りで心地よい発進フィールを得られる特性に仕上げている。

4.5 Livelyフィール

レスポンスとは、『アクセルを踏み込んだ瞬間発生する、加速度の応答性の良さ』と定義している。但し、瞬間的なトルクの発生が大きすぎると、反応が過敏過ぎてショックを感じる。新型アテンザでは、パワートレイン・サスペンション・エンジンマウント・ドライブシャフトといった、部品を伝達して路面に伝わるまでの一連の流れを解析し、アクセルの踏み込み量や踏み込みスピードに応じた最適なチューニングを行うことで、ショックを伴わない最適な加

速フィールを実現している。

4.6 Active Adaptive Shift (AAS)

(1) Lively & Linearな走りの実現

新型アテンザではLivelyなレスポンスとLinearな加速感を提供するため、ドライバーの要求駆動力に見合った最適シフト段位を選択する、Active Adaptive Shift (以下AAS) を採用した。AASは車両の加速度/加速度積算、減速度/減速度積算、アクセル開度/変化量、ステアリング舵角等の情報を用いることにより、ドライバーのSports走行意図を判定し、シーンに見合ったATシフト制御を行うシステムである。上記情報からドライバーの意図を判別することで、通常走行時は燃費重視のSmoothな走り、Sports走行時は通常走行時よりもLivelyかつLinearな走りを楽しむことができる (Fig.13)。新型アテンザでは、RX-8やロードスターなどのスポーツカーのみで採用していた、減速度に応じたシフトダウンを導入し、スポーティなテイストに仕上げている。

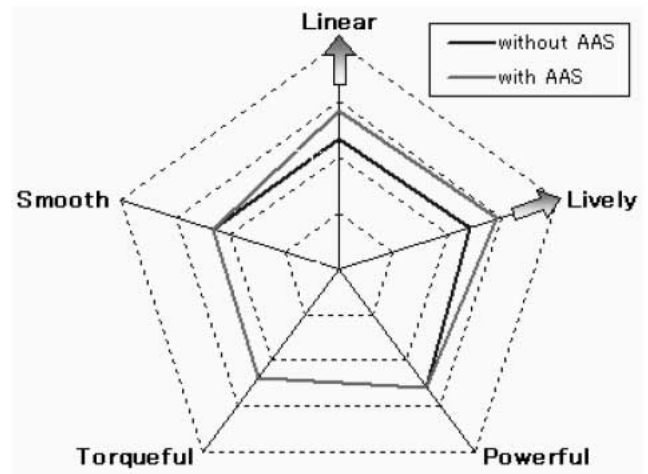


Fig.13 Performance Feel Radar Chart

(2) AAS作動シーンと効果

AASはFig.14のように1~4のモードに分かれており、各モードを判別してシフト段位のホールド、及びダウン制御を行っている。

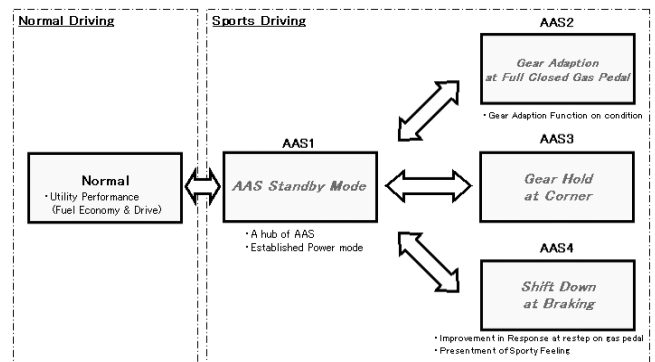


Fig.14 Type of AAS Mode

AASの効果が表れる代表的なシーンである、「山岳路での走行」、及び「高速道路への進入」でのAAS作動/非作動時のシフト段位の違いをFig.15, 16に示す。

コーナの多い山岳路の走行では、減速 コーナ中の車速コントロール 加速を繰り返す。今までのAT制御では減速、またはコーナ中の車速コントロール中にシフトアップしてしまい、コーナ後の加速時にシフトダウンせざるを得なかった。しかし、AASを採用することで不要なシフトアップ&ダウンを抑制し、シフトビジー感を回避するとともに、減速時のエンブレ感の向上と、Livelyな加速フィールを得ることができる。

また、高速道路への進入時は、ランプウェイからの合流 車速コントロール 追抜き車線への移行という流れが多々ある。通常は車速コントロール時にアクセルを戻すこ

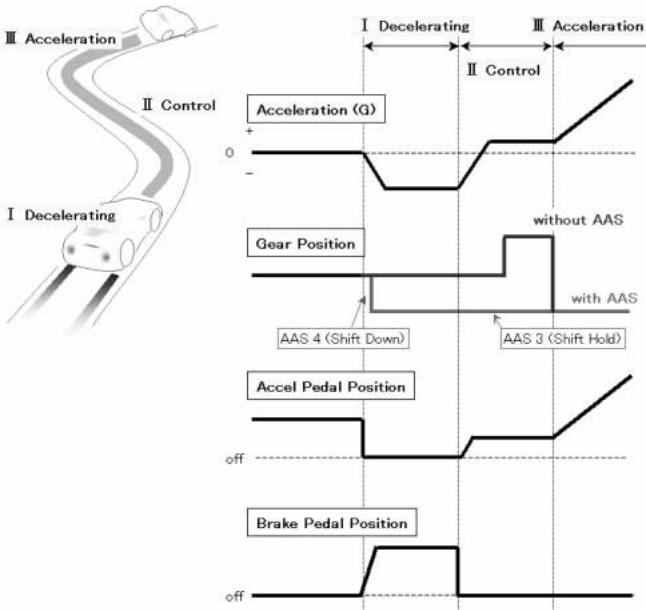


Fig.15 Improvement of Cornering Scene

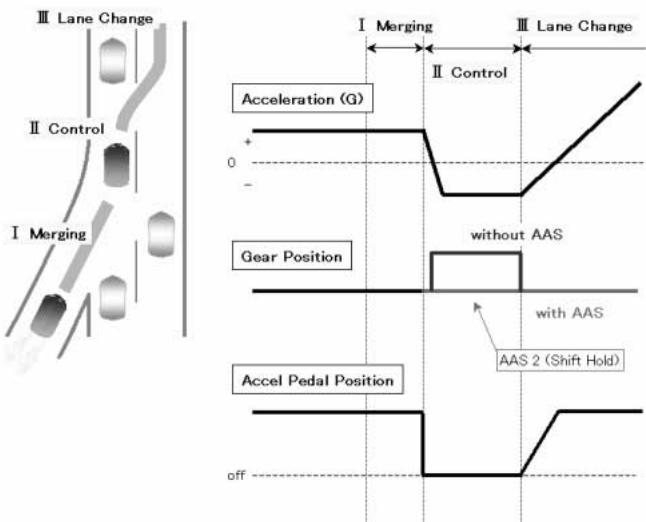


Fig.16 Improvement of Merging Scene

とでシフトアップしてしまうが、新型アテンザではAAS制御によりシフトをホールドし、再加速時のレスポンスを向上させている。

新型アテンザでは、「上質なAAS」を目指してチューニングを行っており、AASによるSportyなテイストを維持しつつも、その作動を感じさせない(加速度や音質・音量変化)さりげない仕上がりとしている。

5. 環境性能への取り組み

5.1 クリーン排気ガスシステムの構築

MZR 2.5Lエンジンの排気ガス浄化システムは、Fig.17に示すアテンザ初の2Bed CCC (Closed Coupled Catalyst) とU/F CAT (Under Foot Catalyst) 併用システムを採用し、冷間始動後のキャタリスト早期活性と浄化性能向上により排気ガスのクリーン化を図った (Fig.18)

また、白金レス化とロジウム、パラジウム配合の最適化による貴金属量低減を合わせた新開発キャタリストモノリ

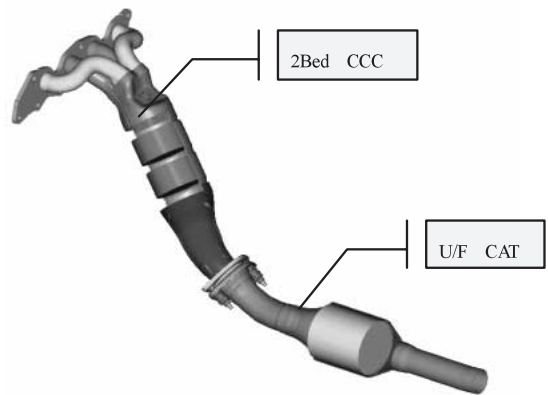


Fig.17 MZR 2.5L 2Bed CCC

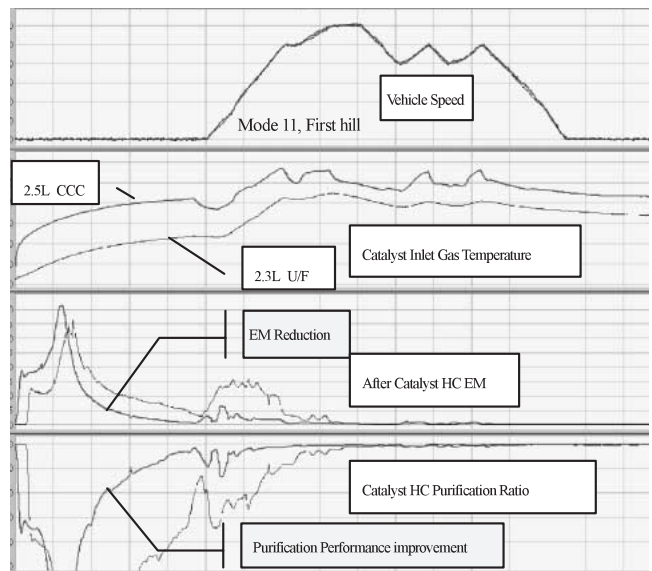


Fig.18 2.5L CCC vs 2.3L U/F 11Mode Catalyst Purification Performance Mparison

スを採用し、コスト低減に大きく貢献した。

このキャタリストシステムにより、国内ポスト新長期規制及び、米国 P-ZEV規制、欧州 Stage- 規制にも対応可能なワールドワイドクリーンエミッションを確保した。

5.2 モード燃費性能の改善

新型アテンザMZR 2.5Lエンジンでは、基本となる「空気抵抗の低減」と「燃焼性能の改善」に加えて、アテンザでは初採用となる「オルタネータ発電制御」「電動パワーステアリング」「ブレーキ・ストップランプLED化」を採用することで、5.5%の燃費改善効果を得ている (Fig.19)。詳細をTable 2に示す。

レギュラーガソリン対応でありながら、前モデルMZR 2.3Lに対しては1.6%の燃費改善を図っており、走る喜びと環境性能との調和、経済性に貢献している。

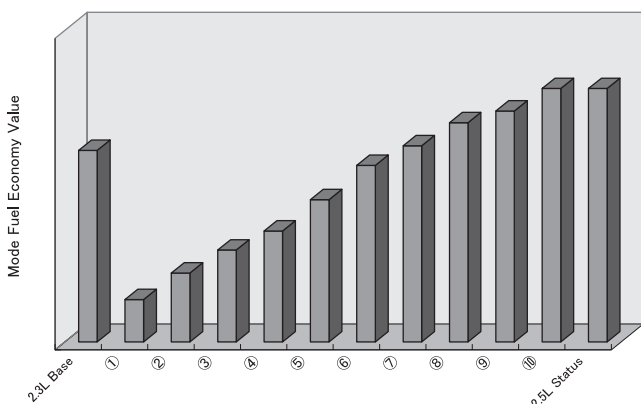


Fig.19 10-15 Mode Fuel Economy

Table 2 Fuel Economy Menu

①	Degradation from displacement increase
②	EGR optimization
③	Idle spark advance optimization
④	Idle Ne RPM Reduction
⑤	ALT Power Generation Control
⑥	Electric Power Steering
⑦	Power Saving LED
⑧	Tire Effective Radius Increase
⑨	Air Restriction Improvement
⑩	Engine Oil Improvement

6. おわりに

新型アテンザは、新開発MZR 2.5Lエンジンの搭載とその育成により、「ドライバーの感性に訴えるマツダらしいスポーティさ」に加え、「上質さ」、「環境性能」を達成できたことを確信しています。これも、生産部門/購買部門、関係サプライヤの方々の強力なサポートのおかげです。

この誌面をお借りして、厚くお礼申し上げます。

著者



高戸 剛



井上 康



春森俊宏



岡田光平



遠藤孝次



東尾理克



岩田陽明