

論文・解説

27

# “ Performance Feel ” (走り感) 育成 Nurturing of “ Performance Feel ”

黒田 真也\*<sup>1</sup> 渡辺 洋史\*<sup>2</sup> 中浦 大樹\*<sup>3</sup>  
 Masanari Kuroda Youji Watanabe Hiroki Nakaura  
 福原 千絵\*<sup>4</sup> 佐々木 和夫\*<sup>5</sup>  
 Chie Fukuhara Kazuo Sasaki

## 要約

お客さまは加速度の絶対値だけでなく、エンジンの応答性や音、オートマチックトランスミッション（以下AT）の変速性能などを複合的に感じながら、車の走りの良し悪しを判断している。“Zoom-Zoom”（車を操る楽しさやわくわくした気持ち）を具現化し、マツダのブランドDNA「反応の優れたハンドリングと性能」を織り込んだ商品を開発すべく、我々は走り感を五つの軸からなる“Performance Feel”として定義し、各軸の構成要素を明確にする活動に取り組んでいる。今回、RX-8にその成果を織り込んだ。特にマツダが訴求している「Lively」、「Linear」については詳細に解説する。

## Summary

Customers judge the road performance of a car by feeling not only an absolute value of acceleration but also combined factors including the response and sound of an engine, automatic transmission shifting performance and so on. In order to realize our concept called “Zoom-Zoom” (a feel described as “the childlike love of motion”) and develop products with Mazda’s brand DNA “Responsive Handling and Performance” incorporated, we defined the “Performance Feel” consisting of five axes and have been proceeding with activities to clarify elements of each axis. We have incorporated the outcome into RX-8. The terms “Lively” and “Linear”, which Mazda has been pushing as appeal points, are detailed below.

## 1. はじめに

走り感の良し悪しについて、従来は加速度の絶対値や応答性などの加速性能に関する要素のみで、その多くを説明することができた。しかしながら、近年の車の性能向上により、市場の交通の流れに乗るなど絶対必要条件である“加速性能に関する要素”だけではなく、音や操作系のフィールを含めた走りの味についてお客さまが評価をされるようになってきた。例えばFig.1のD車のように、加速度で劣っているにもかかわらず、APEALなど顧客満足度ではその順位が逆転する現象が生じている。これらの現象を解明するため、我々は走りに対するお客さまの評価コメントを調査し、整理した。その結果、さまざまな評価視点が存在することが判明した。そこでお客さまの走りに対する

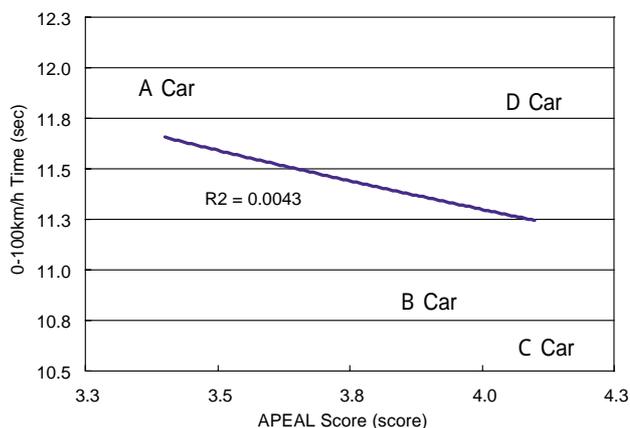


Fig.1 0-100km/h Time vs APEAL Score

\* 1 ~ 3 車両実研部  
 Vehicle Testing & Research Dept.  
 \* 5 ドライブトレイン開発部  
 Drivetrain Development Dept.

\* 4 技術研究所  
 Technical Research Center

評価点を計47個の因子(加速度や音)を用いて統計解析したところ、加速度、音、AT変速性の3要素の寄与が高いことが分かった。

以上のことから、マツダとしての走り感を育成し、実現するためのツールとして、加速度、音、AT変速性を加味したPerformance Feel評価指標を定義した。

## 2. “Performance Feel” とは

### 2.1 5軸の成り立ち

我々は、市場から寄せられる走り感を表現する言葉や、各種試乗会でのコメントなどから、走りの味を表現する形容詞約200個を収集した。それらの包含関係を因子分析して約10個まで絞り込み、日本、USA、欧州および各国での使いやすさ、表現のしやすさを考慮して最終的に下記五つの軸に絞り込んだ。

各軸の定義を以下に示す。

「Lively」：軽快な

アクセル操作に対する車の挙動が、機敏で快活なこと

「Linear」：リニアな

アクセル操作に対する車の挙動がリニアなこと

「Torqueful」：余裕のある

アクセル操作に対して、走りの余裕を感じる

「Powerful」：爆発力のある

アグレッシブな走行で、躍動感、爆発力を感じる

「Smooth」：滑らかな

アクセル操作に対する車の挙動が、滑らかなこと

次に、各軸の方向性を明確に表現するため、加速度、音およびAT変速性のそれぞれについて、軸の方向性を特定できる評価視点を設定した。それらのプロセスを経て、マツダとして“Zoom-Zoom”(車を操る楽しさ、わくわくした気持ち)を感じさせ、また、RX-7、ロードスターといったマツダを代表する車の走り感をDNAとして継承するためには、「Lively」、「Linear」の軸に注力する必要があると考えた (Fig.2)。

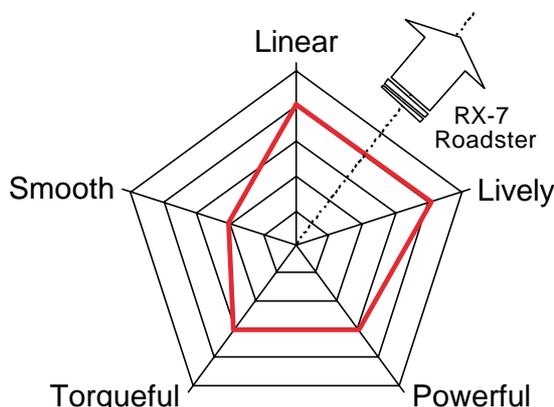


Fig.2 “Performance Feel” 5 Axes

## 3. ドライビングシミュレータでの実験

ロータリエンジン(以下RE)を搭載したRX-8のAT車において“Performance Feel”各軸に対する加速度や音などの影響を定量的に調査するために、これらの因子を独立に設定できるドライビングシミュレータ (Fig.3)を用いて実験を行った。ここでは、特に音との関連についての我々の研究成果を紹介する。

### 3.1 実験条件

#### (1) 5軸の評価シーン

市場での走行シーンに近いモードで評価するために市場調査を実施し、重要な走行シーンに絞り込み、評価モードとして設定した (Table 1)。

#### (2) 因子と水準

加速度、音およびAT変速性の影響を調査するために次の9つの因子についてその影響を調査した。加速度に関する因子として3,000、5,500rpmでのトルク特性、スロットル特性、コンバータ特性、音に関する因子として音圧レベル、音色、高周波成分、音変動、AT変速性に関する因子としてAT変速ショックとした。各因子の基準はある試作段階での数値とした。

- ① 3,000rpmのトルク：基準，基準に対し + 3 % , - 3 %
- ② 5,500rpmのトルク：基準，基準に対し + 5 % , - 5 %

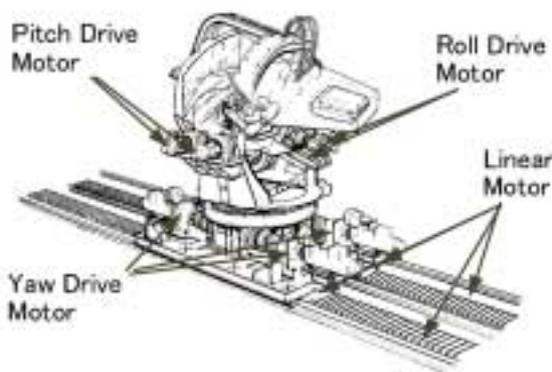


Fig.3 Picture Image of Driving Simulator

Table 1 Evaluation Mode

Driving scene	Speed Range
Standing Start	0-60km/h
Turning at Intersection	20-60km/h
Merging at FWY	0-100km/h
Keeping up at FWY	100-120km/h
Passing at FWY	100-120km/h

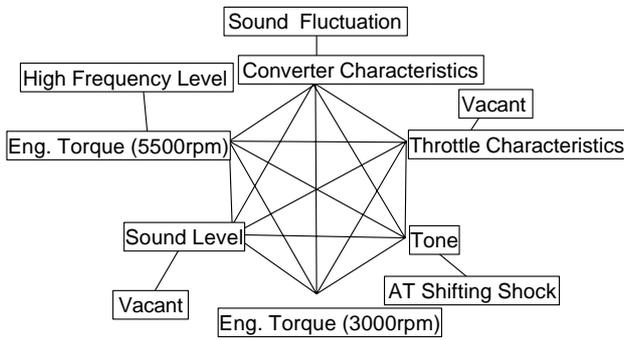


Fig.4 Interaction Map

- ③ スロットル特性：基準，基準に対しペダルストロークに対しスロットルの開き方が抑えられているもの，開き方が急なもの
- ④ コンバータ特性（容量係数）：基準，基準に対し +30%，-30%
- ⑤ AT変速ショック：基準，基準に対し+40%，-40%
- ⑥ 音圧レベル：基準，基準に対し+3dB，-3dB
- ⑦ 音色：基準，基準に対し2次成分強調，ハーフ次成分強調
- ⑧ 高周波成分：基準，基準に対し1~5kHzの周波数成分が+2dB，-2dB
- ⑨ 音変動：基準，基準に対し4,000rpm付近でのこもり音発生，発生なし
- (3) 交互作用（因子同士の組み合わせ）

加速度や音の因子同士の組み合わせによる効果を確認するために、各因子を実験計画法のL32直交表に基づき、割り付けた。線で結んでいる因子同士の交互作用を解析可能である (Fig.4)。

3.2 結果

(1) “Performance Feel”各軸における各因子の寄与率  
各軸に対する各因子の寄与率をFig.5に示す。各軸とも加速度だけでなく音やAT変速性それらの交互作用によって評価されていること、各軸において重要視している因子が異なることが分かった。

この5軸のうち、マツダが訴求する「Lively」と「Linear」について述べる。まず「Lively」においては、Fig.5のように加速度に関する因子が約60%と大きな割合で占めており、スポーツカーの特徴と考えられる。その内訳は、スロットル特性が約40%となっており、トルクの絶対値もさることながら、踏み込んだ瞬間の駆動力の大きさ=レスポンスが重要と考えられる。レスポンスを改善するためには、路面に伝えられる最終的な駆動力を発生しているタイヤが、アクセル操作に対して機敏に反応する必要がある。

「Linear」においては、加速度と音についての交互作用

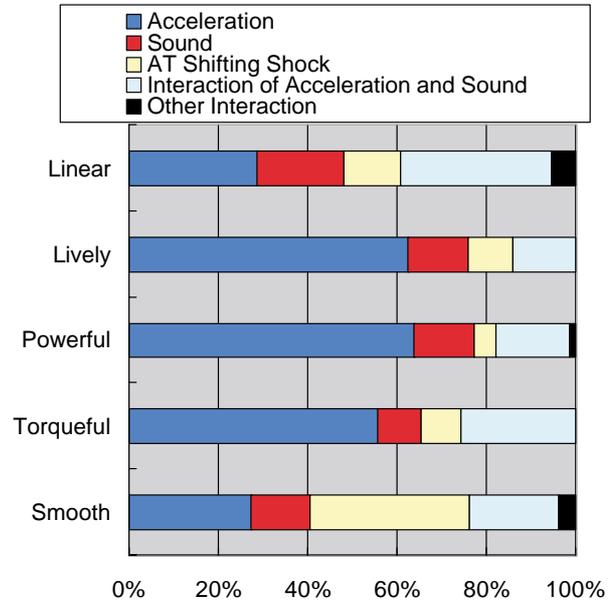


Fig.5 Proportion of Factors Calculated from Results of Evaluation Experiment with DS

が約30%と最も大きい。ロータリ・フィーリングを演出すべく、音と加速度のバランスに注力した。

(2) 各因子に対する官能評価の変化予測

解析結果を元にRX-8における因子の変化に対する、“Performance Feel”の官能評価の変化について推定した。特徴的な結果として音圧レベル、高周波成分での結果を示す。音圧レベルが大きい、また高周波成分が大きい方が、

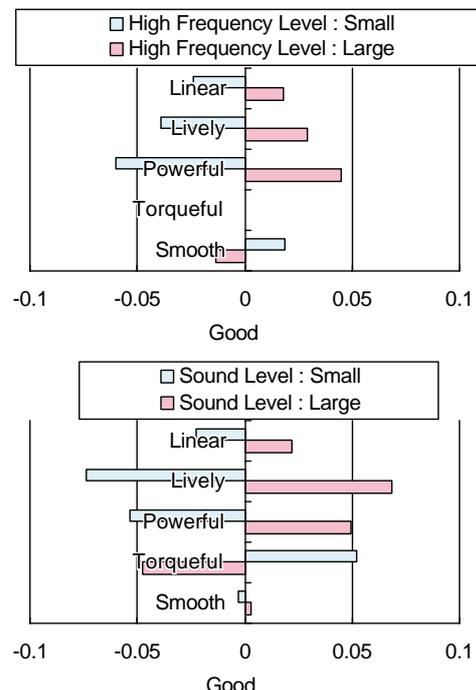


Fig.6 Calculation Results by Sound

「Lively」、「Linear」および「Powerful」の軸に対する評価点が良くなると予測された。音圧レベルは“スポーツ”として、高周波成分は“RE”としての特徴を表していると考えられる (Fig.6)

音を代表例として挙げた上記事例のように、車両の特性を変化させることによって、“Performance Feel”各軸に与える影響を定性的にみることは可能である。現在のところ、実車での最終性能については、やはり人間の官能評価に頼らざるをえず、特に寄与率の大きかった加速度について、以下にRX-8で取り組んだ事例を紹介する。

#### 4 . RX-8での取り組み事例の紹介

マツダが訴求する「Lively」、「Linear」における加速度の領域についての取り組み事例を紹介する。

##### 4.1 「Lively」の向上

###### (1) ダイレクト感の定義

「Lively」を構成する一要素の中で重要なダイレクト感についてRX-8での取り組みを述べる。

ダイレクト感とは、「アクセルを踏み込んで車両挙動が発生するまでの加速応答の良さ」と定義している。ダイレクト感は、加速応答時間、加速度の大きさ、加速振動収束の3つの要素に分類される (Fig.7)

###### (2) 狙い

ダイレクト感を向上させる上で最も効果の高い要素は加速応答時間の短縮化である。加速応答時間を短縮するためには、できるだけ速くエンジンのトルクを上昇させることが必要である。しかし、エンジントルクを速く上昇させると加速ショックや加速振動の悪化を招きがちである。それらの問題に対処するために従来はエンジントルク制御により加速ショック、加速振動を抑制していた。ところが、エ

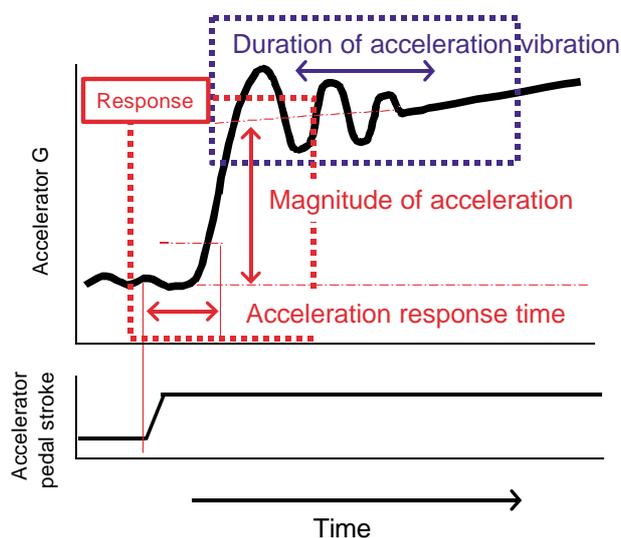


Fig.7 Definition of “ Direct Feel ”

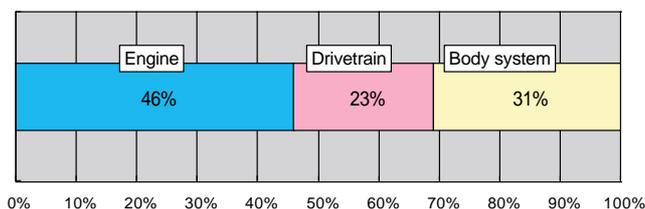


Fig.8 Breakdown Response Time

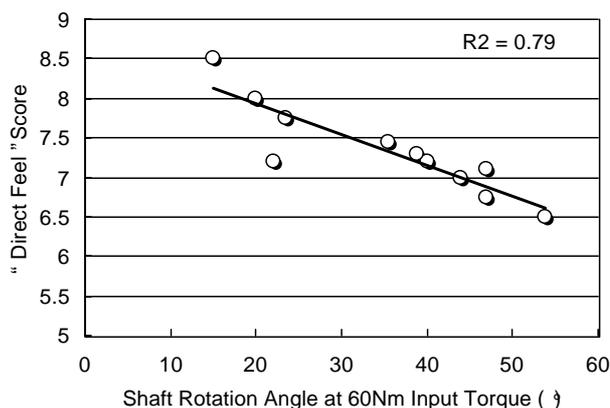


Fig.9 “ Direct Feel ” vs Shaft Rotation Angle

ンジン制御による向上策はトルクを抑える方向の制御方式になるため、RX-8が目指す高いレベルのダイレクト感を創り込むためには、応答性や加速の切れ味に弊害となって現れる。従って、エンジンや伝達系など、ハードによるポテンシャルアップを第一の狙いとして定めた。

###### (3) 達成手段の検討

加速応答時間を分析するために、エンジン系、伝達系および車体系の領域に分けて、アクセルを踏み込んでから車体が反応するまでの所要時間の切り分けを実施した (Fig.8)。その結果、エンジン系だけでなく、伝達系、車体系も同様に所要時間が長くなることが分かる。エンジン系の応答時間を短くするには吸気ボリュームの低減など様々な手法が存在するが、他性能への悪影響も大きく、加速振動収束にも大きく貢献する伝達系に焦点を絞りダイレクト感の向上を図ることにした。

この伝達系の応答遅れは伝達系の剛性と関連が深いと考え、競合車を含め、実車でクランクシャフトに一定トルクを与えた時の総ねじれ角を計測した。この総ねじれ角とダイレクト感の官能評価結果を統計的に分析したところ、相関関係にあることが分かった (Fig.9)。この結果を元に、車体振動への弊害をにらみながら、RX-8では伝達系の剛性アップの最適化を行った。

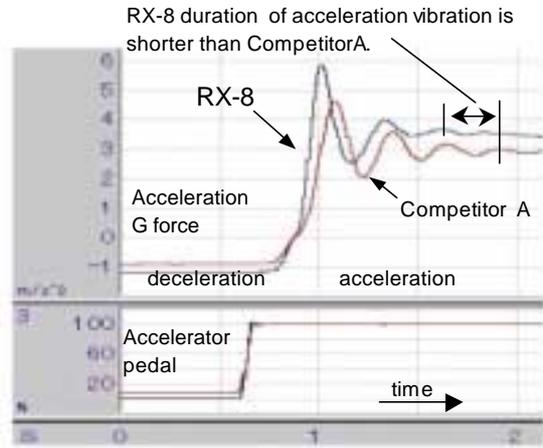


Fig.10 “ Direct Feel ” of RX-8

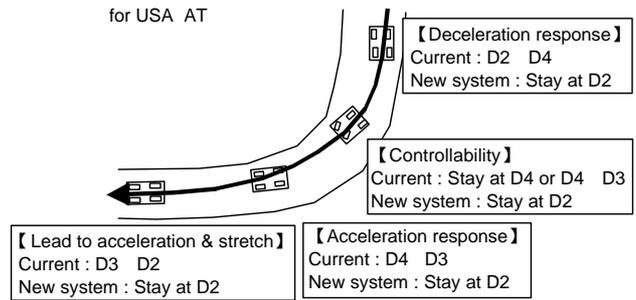


Fig.12 Representative Example of Improvement

(4) 達成性能

先に述べた伝達系の剛性アップとエンジン制御による最適化を実施した結果、RX-8のダイレクト感は競合他車と比べてもTopレベルの性能に仕上がった ( Fig.10 )

4.2 「Linear」の向上

(1) 加速度のリニアさ

「Linear」を構成する一要素の中で重要な加速度のリニアさについてRX-8での取り組みを述べる。

加速度のリニアさは、時間経過やアクセル操作等に対する加速度変化の心地良さを表現する指標である。具体的には時間経過と、アクセルの踏み込み量に対する加速度のコントロール性がドライバの意図にマッチした特性であることを示す ( Fig.11 )

(2) 狙い

加速度のリニアさを向上させるためには、エレキスロットル等によるトルクマネジメントの最適化が必要である。加えて、自動変速により駆動力変化が生じるAT車についてはギヤ段選択の最適化が必要とされる。

一般的にAT車の自動変速時期は、ドライバに自然な変

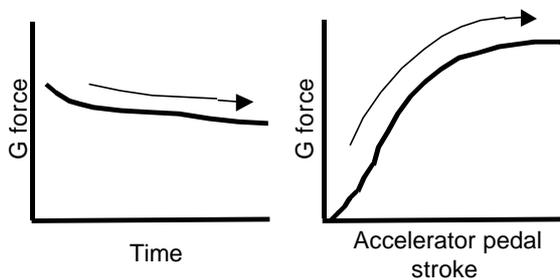


Fig.11 G force vs Time, Accelerator Pedal Stroke

速タイミングを感じさせることを基本としている。MT車の变速操作を例に挙げると、低ギヤ段から加速し定常走行に移行する場合、その多くはシフトアップする。ところが同じ定常走行へ移行する場合でも、コーナに差しかったり、前の車との距離が狭まるなど、ギヤ段をそのままにキープしたくなるシーンも存在している。一般的なAT車の制御は、アクセル開度と車速で変速時期が決定されるため、これらのシーンの両立を図ることが難しかった。

(3) 達成手段の検討

RX-8では、加速度のリニアさを従来より向上させるために、これらの両立が難しいシーンに狙いを定めた。そのために達成すべき変速制御は、次の2点と考えた。

- ① ギヤをキープしたいシーンの検知
- ② ギヤをシフトアップさせたいシーンの検知

次に当社新AT制御システムであるActive Shift制御を用いて、必要とされるセンシングシステム、制御方法の策定を実施した。

このAT Active Shift制御を用いてRX-8では次のシーンで、ドライバの意図にマッチするように変速時期の方向性を明確にしている。

- ① コーナリングシーン ( Fig.12 )
- ② 高速道等での進入シーン

(4) 達成性能

Fig.13は、同一コース走行 ( 一般山岳ワインディング道路 ) でのAT Active Shift有無によるエンジン回転、アクセル開度および車速の挙動を示す。従来制御よりも、アクセルの動きに対して変速段位の変動が小さく、エンジン回転変化も小さいことが分かる。また、回転変化が小さいということは、急激な音変化も抑制することができ、ロータリ・フィーリングの向上へ貢献している。

### 6. おわりに

マツダは走り感を五つの軸からなる新たな指標“Performance Feel”として定義し、加速度だけでなく音やAT変速性等含めて育成することで、車を操る楽しさ、わくわくした気持ちである、“Zoom-Zoom”を具現化し、マツダのブランドDNA「反応の優れたハンドリングと性能」をお客さまに体感していただける車創りを新型MPV以降実施している。ここに集大成ともいべきRX-8を紹介することができた。今後、操作系やAT応答性とショックとの関係などについて研究を進め、更に発展させたい。

著者



黒田真也



渡辺洋史



福原千絵



佐々木和夫

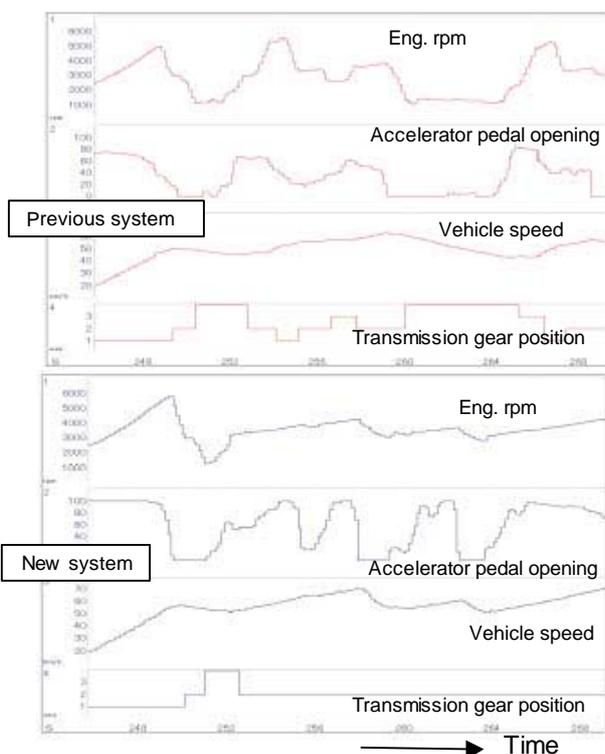


Fig.13 Effect of AT Active Shift Control

### 5. RX-8の“Performance Feel”

これら“Performance Feel”の創り込み作業を通して競合比較で明確な走り感の差、即ち“Zoom-Zoom”を感じていただける性能に上げることができた。社内評価による“Performance Feel”レーダーチャートをFig.14に記載する。このように、マツダが訴求する「Lively」で「Linear」な走り感を実現している。

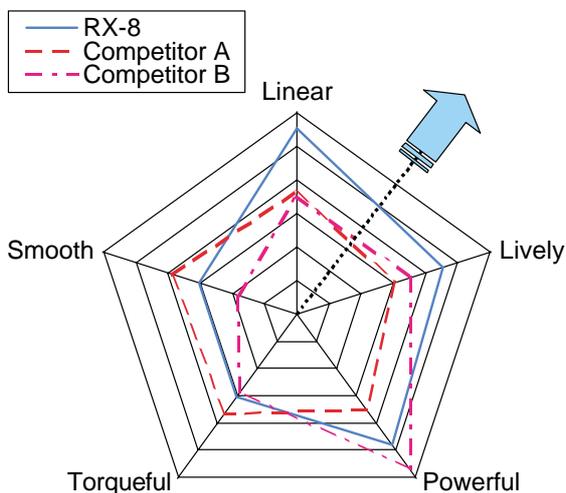


Fig.14 “Performance Feel” Radar Chart of RX-8