

特集：新型デミオ

8

新型デミオのパフォーマンスフィール Performance Feel for New DEMIO

渡辺 洋史*1 田中 健治*2 藤岡 陽一*3
Yoji Watanabe Kenji Tanaka Yoichi Fujioka
國分 弥則*4 山口 俊行*5
Hironori Kokubu Toshiyuki Yamaguchi

要 約

“人馬一体”とは「ドライバが車との一体感を感じること」、「意図どおりにクルマが動くこと」とマツダで定義しており、ダイナミック性能共通の狙いとして一貫した取り組みを行っている。人馬一体を体現させる一要素であるパフォーマンスフィールはアクセル操作に伴う操作感、前後加速度などに対する人間の感じ方を示す。

新型デミオでは、CX-5、アテンザ、アクセラからのSKYACTIV TECHNOLOGYの進化の流れを引き継ぎ、サステナブル“Zoom-Zoom”を体現する商品として、セグメントの概念を超え、パフォーマンスフィールの一層の進化をさせることを狙いとした。本稿では、マツダが目指すパフォーマンスフィールの考え方と、ガソリンエンジン、ディーゼルエンジンにおいて、新型デミオで実現させたパフォーマンスフィール性能について定量データを交えながら解説する。

Summary

“Jimba Ittai” is defined as “a special bond between driver and vehicle” and “vehicle runs as driver’s intent” and is our common goal to improve dynamic performance. One of the elements constituting Jimba Ittai is performance feel, which represents driver’s perception of accelerator operation feel and vehicle dynamic response.

The development goal of New Demio is to inherit SKYACTIV TECHNOLOGY from CX-5, Atenza and Axela, embody Sustainable “Zoom-Zoom” concept and achieve further evolution of performance feel in all segments. This paper describes the concept and quantified data of performance feel of new Demio’s SKYACTIV-G 1.3 and SKYACTIV-D 1.5.

1. はじめに

パフォーマンスフィールはドライビングポジション、操安性能、制動性能等とともに“人馬一体”を体現するための一要素として研究を積み重ね、これまでの量産車に織り込みを継続してきた。マツダの新世代技術である「SKYACTIV TECHNOLOGY」は、狙いのパフォーマンスフィールを実現させる技術進化と位置づけ、新型デミオではCX-5、アテンザ、アクセラのベース技術を継承し、性別や世代層を問わず、扱いやすく、人馬一体を共感していただけるように技術進化を織り込んだ。

本稿では新型デミオの各エンジンにおけるパフォーマンスフィールの技術と性能について紹介する。

2. マツダの目指すパフォーマンスフィール

2.1 パフォーマンスフィールの考え方

人馬一体をお客様に共感していただくためには、ヒトとクルマで最高の走行状況を作り出せ、ヒトとクルマが心まで通じ合うまでの高みをドライバに感じさせたい。

パフォーマンスフィールはクルマの前後加速度をコントロールする場面で人馬一体を感じさせることを狙いとしており、理にかなった自然な反応、正確で素直なフィードバックができることが重要である。Fig. 1はドライバの加減速に対する意図をアクセルペダルを通じてインプットし、クルマはエンジン、トランスミッションを使って動きや音

*1~5 走行・環境性能開発部
Driveability & Environmental Performance Development Dept.

に変換し、ドライバにフィードバックするサイクルを示す。このインプット⇄フィードバックするサイクルで、アクセルを踏み加えた力やその勢いが、そのまま加速度やエンジンサウンドとして感じ取れることが必要であり、これが理にかなった自然な反応であると考えられる。

それでは、理にかなった自然な反応とはどのような特性なのか、その考え方を少し掘り下げてみる。

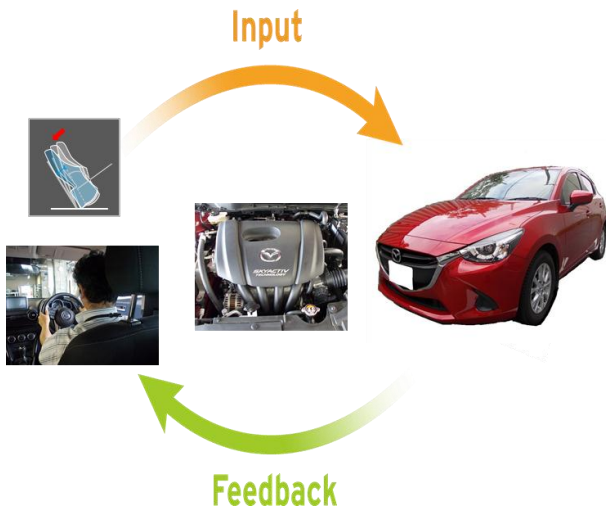


Fig. 1 Driver's Expectation and Reaction

2.2 理にかなった自然な反応とは

クルマを運転するときには交通環境（交通の流れ、登降坂、交差点など）を認知するとともに、その中でクルマをどのように運転したいのか（急いでいる、丁寧になど）のドライバの欲求にあわせてドライバは「これくらい」というイメージで操作を始める。本稿では加速度の大きさと、加速度の勢いへの「これくらい」を取り上げる。ドライバは足裏でアクセルペダルの感触を感じながら、「これくらい」をアクセル操作に反映し、操作に応じた加速度を発生させる。その加速度を自然でかつ、心地よく感じさせることが狙いの性能特性である。

Fig. 2 上段のイメージ図は、ドライバが大きな加速度を急いで要求するときの狙いを示し、アクセル操作にあわせて大きな加速度を遅れなく発生させる。Fig. 2 下段のイメージ図は、ドライバが丁寧に加速度をあわせたいときの狙いを示し、ゆっくりとアクセルが踏み込まれ、踏み込み量にあわせて遅れなく加速度を発生させる。

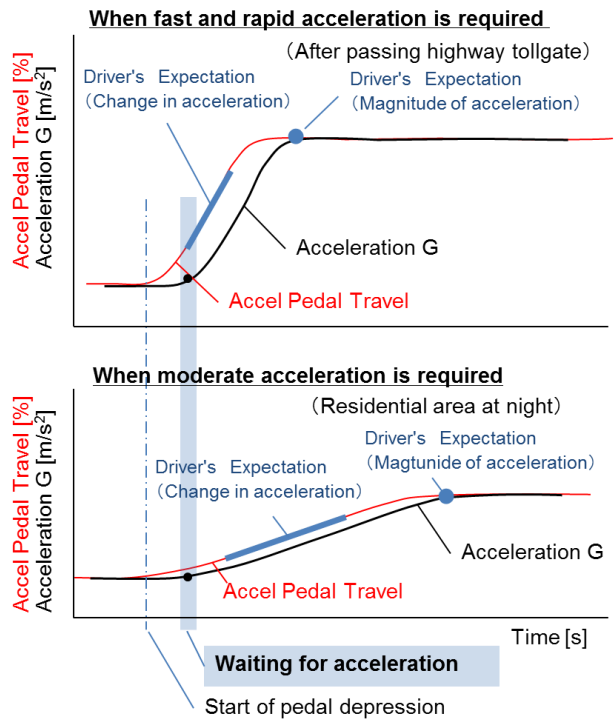


Fig. 2 Aim of Driver's Expectation and Reaction

Fig. 2の中にWaiting for accelerationと記載してあり“構えのタイミング”と称す。ドライバはクルマの運転経験から、アクセルを踏むと背中がシートバックに押され、頭部が後ろに持っていかれることを既に体得している。Fig. 3にイメージ図を示す。この既知の感覚からドライバはアクセルを踏む行為に無意識のうちに身構える。その身構えとは、頭部を支えるための首筋の緊張でありマツダでは“構え”と呼称している。アクセルを動かし始めて、首筋の緊張が始まるまでの時間は0.2~0.3秒で一定であり、その“構えのタイミング”に合わせて加速度を発生させることが、理にかなった自然な反応を実現する第一の必要条件である。



Fig. 3 Acceleration Timing Expected by Driver ⁽¹⁾

第二の必要条件は、ドライバの期待に応じた加速度の大きさを実現することである。ドライバがアクセルを踏むときにはさまざまな理由がある。ほんの少し前車との距離を縮めたいのか、交差点の停車で前の車にあわせて加速度を出したいのか、自分が先頭で停車していて勢いよく発進したいなど、停車場面からの加速だけでもその加速度への期待はさまざまである。ドライバが期待する加速度はアクセルの操作量に反映され、その操作量に応じて加速度の大きさを実現させることである (Fig. 4)。

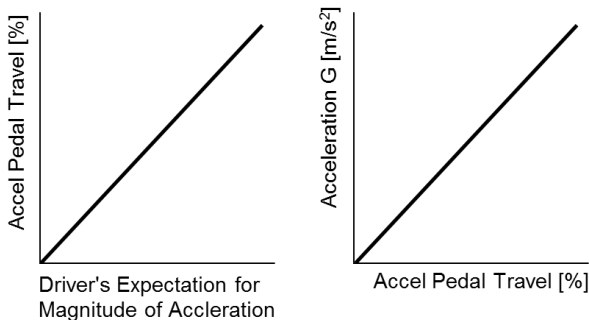


Fig. 4 Magnitude of Acceleration Expected by Driver vs. Actual Acceleration G

第三の必要条件は、ドライバの期待に応じた勢いを実現することである。大切な人が同乗しておりゆっくりと丁寧な加速をしたいのか、自分が進入したい道路でここぞというタイミングで一気に加速したいのかなど、ドライバが期待するクルマの勢いはアクセル操作速度に反映され、その踏み込み速度に応じて加速度が変化する速度を実現させることである (Fig. 5)。

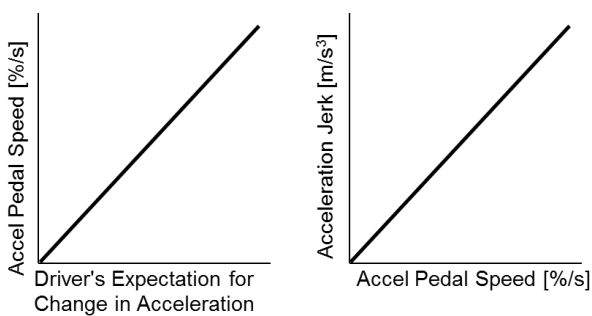


Fig. 5 Expected vs. Actual Jerk

これらのことから、どのようなアクセル操作でも一定の構えのタイミングを実現させ、更に早い踏み込み、ゆっくりした踏み込み、それぞれで操作量や操作速度に応じた加速度を発生させる。更にアクセルペダル操作に応じて安定した加速挙動を再現させることで、ドライバは加速度の出方を自然に体得し、理にかなった自然な反応として感じさせることができる。

3. 新型デミオのパフォーマンスフィール

3.1 理にかなった自然な反応の実現 (SKYACTIV-G 1.3)

Fig. 6は、新型デミオで一定開度のアクセル開度条件下でアクセル操作速度を3水準変動させた計測データを示す。グラフ上段に示すアクセル操作速度にかかわらず、グラフ中段に示す新型デミオは一定の構えのタイミングが実現でき、踏み込み速度や踏み込み量にあわせて加速度発生勾配や発生量が変化することが分かる。一方でグラフ下段のケースでは、アクセル操作速度が遅くなるに従って加速度の発生が遅れ、加速度の発生勾配も変化しないことからドライバは自分のアクセル操作に対する加速度の反応が予測しにくく、加速度のコントロールが難しい。

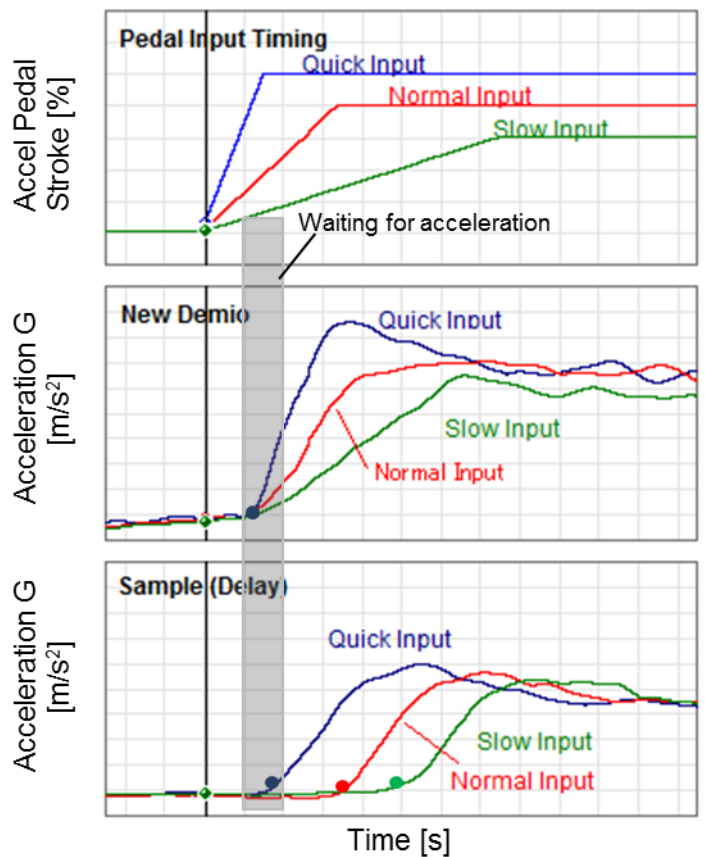


Fig. 6 Time vs. Acceleration of New DEMIO

(1) 構えのタイミング

Fig. 7は停車状態から加速のためにアクセルを踏み込んだ時の加速度発生時間を横軸アクセル操作速度縦軸応答時間で散布図にしたものである (母数80個)。新型デミオはどのアクセル操作からも同じタイミングでの加速度発生を実現させており、比較車と比べてもバラツキ幅が小さく、安定して構えのタイミングが実現できている。

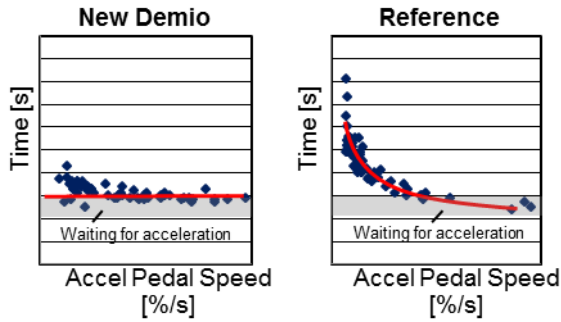


Fig. 7 Pedal Speed vs. Response Time of New DEMIO

(2) 加速度の大きさ

Fig. 8は同データに対して横軸アクセル操作量、縦軸加速度大きさを散布図にしたものである。国内市場で使用頻度の高い加速度の領域で、新型デミオは操作量に応じて加速度をリニアに変化させている。中開度以上の領域は加速度発生を緩やかに抑えていき、加速度上限が近いことをドライバーが自然に認知できるように設定している。

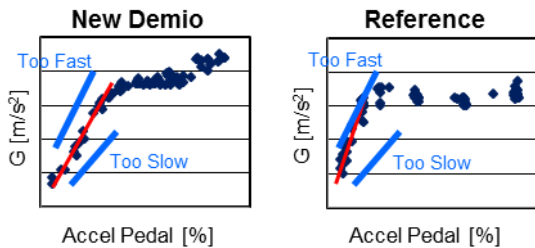


Fig. 8 Pedal Travel vs. Acceleration of New DEMIO

(3) 勢い

加速度の勢いは、加速度が単位時間当たりに変化する量としてとらえており、すなわち加速度を時間で微分した躍度を代用特性として用いることができる。Fig. 9は同データに対して横軸アクセル操作速度、縦軸躍度の散布図にしたものである。新型デミオはアクセル操作速度に応じて躍度のコントロールができていていることが分かる。

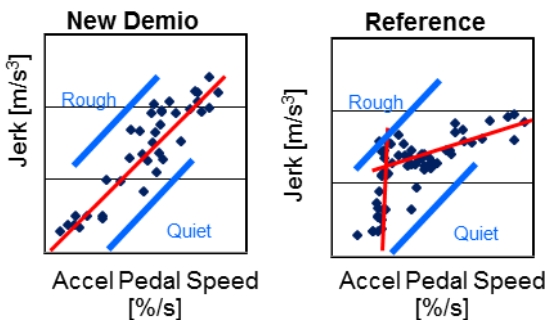


Fig. 9 Pedal Speed vs. Jerk of New DEMIO

3.2 一層の自然さを感じさせるために (SKYACTIV-G 1.3)

(1) 一体性を感じる発進加速

クルマの挙動とドライバーの走行感覚をできるだけマッチさせるには、その挙動の様が加速度や聴覚、視覚などを通じてドライバーが感じ取れることが重要である。加速度の視点からは前述のとおりで操作に対して自然な反応をすること、聴覚の視点からは視覚から得られる車速上昇感覚にあわせてエンジン音が上昇変化していくことが必要とされる。また加速度、音ともに変化方向に対して連続的な変化が必要である。

新型デミオ搭載のSKYACTIV-DRIVEは発進直後からリニアな駆動力伝達を行うため、ロックアップクラッチを精度よくコントロールしている⁽²⁾。

Fig. 9に発進時のアクセル開度、エンジン回転数、車速の時間軸チャートを示すが、車速上昇に対するエンジン回転数変化がCVT搭載車よりも相似していることが分かる。車速上昇とエンジン音（エンジン回転数）の同期、アクセル操作に応じた加速度変化などが自然であり、ドライバーとクルマが一体となる感覚を生み出している (Fig. 10)。

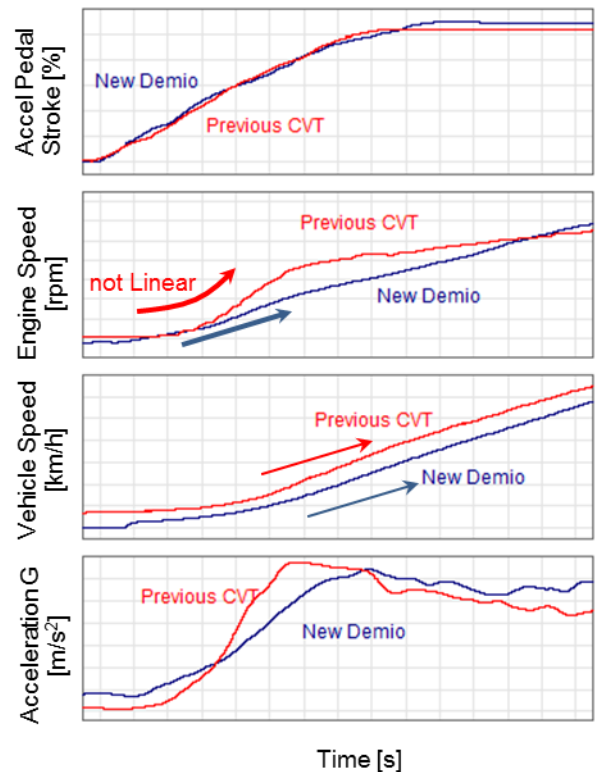


Fig. 10 New DEMIO's Direct Feel at Startup

(2) 一体性を感じる再加速（ドライブセレクション）

高速道路進入に代表される、交通の流れに入り込んでいくシーンでは、速度や車間距離を正確に調整することが求められる。本線後方から車両がある場合は、追突されな

いように大きな加速度で進入したく、混雑した高速道路進入では本線の車両の前後車間を気にしながら正確に車間距離が保てる位置に進入したい。

小さな加速度から大きな加速度まで正確にコントロールするには、アクセル操作に対して遅れなく加速度を発生させることと、アクセル操作量に対して連続的に加速度の大きさを変化させることが必要である。ところが、AT搭載車ではアクセルを踏み込んでいくとダウンシフトし、シフト動作の間の時間遅れが発生する。弊社ではこれまでもAAS (Auto Adaptive Shift) を採用して過去の走行状況判断により同場面のギヤ段位の適正化を行っているが、新型デミオではドライブセレクションの採用により、多種多様な走行状況がある中でもフィードフォワードによる走行ギヤ段位選択が実現できた。

Fig. 11は高速道路進入シーンでのモード選択の“Standard” “Sport” を押した時の時間経過軸のデータを示す。“Standard” ではダウンシフトによる加速度の発生遅れがあり、またダウンシフト後に期待よりも高い加速度が発生している。“Sport” では、遅れなく期待する加速度が発生でき、より安心安全に、気持ち良く交通の流れに入ることができる。

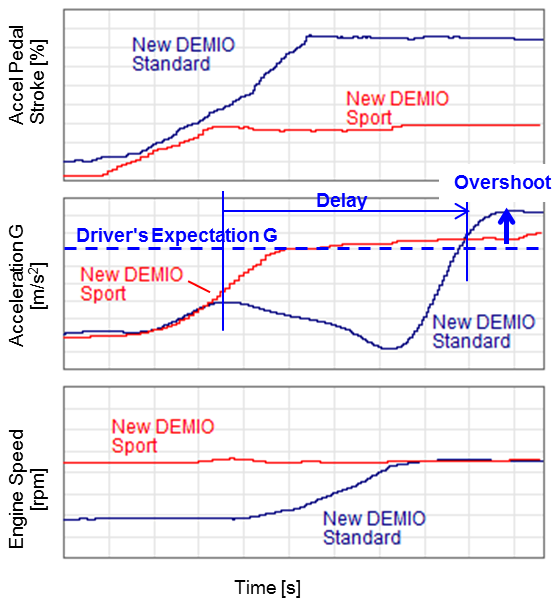


Fig. 11 New DEMIO's Direct Feel when Entering HWY

3.3 クラス概念を打ち破る (SKYACTIV-D 1.5)

新型デミオでは「クラス概念を打ち破る」ことにチャレンジした。パフォーマンスフィールドとしては、クラス概念を打ち破る余裕を感じる走りを狙いとしている。たとえば、高速道路で登坂に差し掛かった時にシフトダウンを必要としないため静粛性が保たれ、更なるその状態から加速もできる。これらのことはクラス概念を打ち破るほどの余裕を感

じさせる。そのためには、ダウンシフトをさせずに加速ができるトルク性能と、高いトルクを遅れなく使える応答性能を実現させ、新型デミオのSKYACTIV-Dに織り込んでいる。

(1) ダウンシフトをさせずに走れる加速度の大きさ

Fig. 12のAのラインは高速道路車速域での登坂勾配条件値を示す。SKYACTIV-DではD6段位のまま登坂巡航させるだけでなく、更なる登坂や加速までも可能とする余裕のある加速をさせるために、250Nmという2.5Lガソリン車に匹敵する高いエンジントルク特性を実現させた。

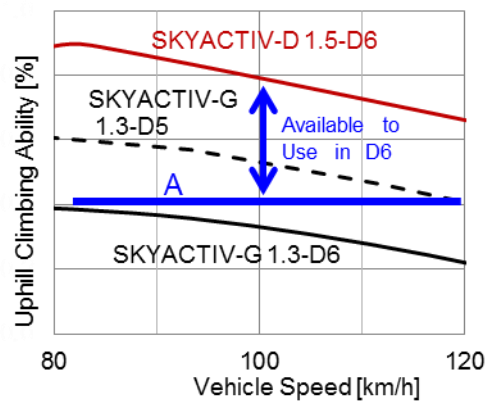


Fig. 12 Max. Uphill Grade for New DEMIO

Fig. 13は高速道路での追い抜き加速における時間経過軸の加速度データで、HEV車やガソリンターボチャージャー車と比較している。グラフ中の加速度高さ (B) は高速道路の加速時に必要とされる加速度を示す。一般的には加速時にダウンシフトが発生し回転上昇を伴うが、SKYACTIV-Dでは低い回転数を保ち加速をさせる。また最大トルク前後のエンジン回転数を使用できるようにさせており、静粛性を保ったままで強い加速感を継続でき、余裕を感じさせている。

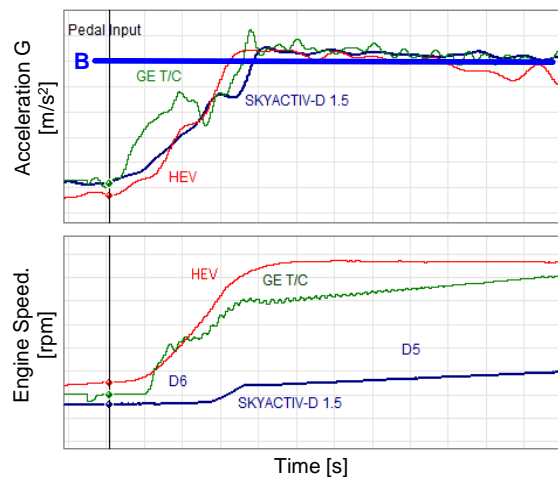


Fig. 13 New DEMIO's Improved Acceleration on HWY

(2) 遅れのない応答性能

ターボチャージャ付のエンジンで大排気量並みの余裕を感じさせるには、低回転域から期待される加速度を遅れなく発生させる必要がある。

Fig. 14に市街地走行でよく使われる加速度高さ (C) を示すが、この加速度を所定時間内 (D) で発生できれば遅れを感じることなく加速応答性が確保できる。また表中の破線は同一モードでの他銘柄車を含めたターボチャージャ付車の加速度上昇レンジを示す。新型デミオでは超小型VG (Variable Geometry) ターボチャージャの搭載による過給トルク応答性の向上を図った。加えて、加速応答性の要求レベルに応じた過渡トルク制御により、過給付車群の中で上位レベルの応答性能を実現させ、市街地でも余裕を感じながらの加速ができる。

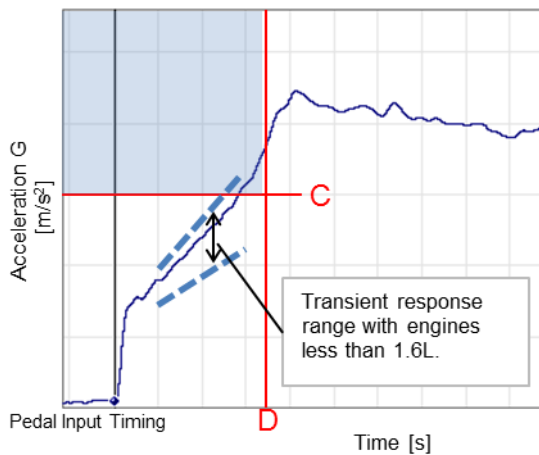


Fig. 14 New DEMIO's Acceleration Response at Startup

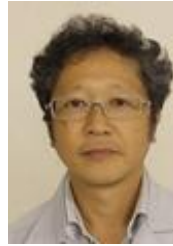
4. おわりに

ヒトがクルマのように高速で走りたいと願っても、ヒトの運動能力には限界がある。またクルマもヒトの期待にどこまでも応じてくれるわけではなく、新幹線のように高速で移動はできない。マツダの一貫した狙いである人馬一体を実現するには加速度高さなどの最大性能が高いクルマというよりも、必要とされる加速度高さの範囲で手足のように自然に扱えるクルマが重要で、本稿で記載しているクルマの応答性の狙いとその実現ユニットを新型デミオに織り込み実現させ、クラス概念を打ち破る性能にすることができた。この狙いのパフォーマンスフィールは、感覚的なことであるがゆえに、皆様にできるだけ分かりやすく狙いが伝えられるように、感覚的な言葉を織り交ぜながら執筆した。新型デミオを運転されるときに、クラス概念を打ち破るパフォーマンスフィールとして皆様に共感していただけると幸いである。

参考文献

- (1) 井上, 増井ほか: ドライバの構えと車の動きを一致させる (社外説明資料 2013)
- (2) 岡山ほか: 新型デミオ用 小型SKYACTIV-DRIVEの開発, マツダ技報, No.32, pp.28-32 (2015)

■ 著 者 ■



渡辺 洋史



田中 健治



藤岡 陽一



國分 弥則



山口 俊行