

特集：新型ロードスター

19

人馬一体 新型ロードスターのパフォーマンスフィール
New Roadster Performance Feel兼為 正義*1 八木 淳*2 佐々木 貴洋*3
Masayoshi Kanei Atsushi Yagi Takahiro Sasaki

要 約

パフォーマンスフィールとは、人馬一体を体現させるダイナミック性能の一つの要素である、アクセル操作に対する加速度やサウンドの反応、操作や実際の車の動きに対する人間の感じ方を示す指標のことをいう。

25周年を迎えたロードスターの4代目となる新型モデルでは、ロードスター伝統の“人馬一体”感と“Fun to Drive”といった、お客様が“乗って楽しいと感じる”感性の訴えるパフォーマンスフィール（走り感）の更なる進化に取り組んだ。本稿では、パフォーマンスフィールの核となる加速度の作り込みについて、新型ロードスターが実現できた性能を、定量データを交えながら解説する。

Summary

Performance feel is one of the elements of the dynamic performance that embodies “Jimba Ittai” and the indicator of human perception to acceleration/sound response and car operation/movement.

In the 4th generation Roadster, we worked on further evolution of performance feel that provides our customers with driving pleasure and Jimba Ittai. This paper introduces the acceleration performance and the core of performance feel achieved by new Roadster with qualitative data.

1. はじめに

新型ロードスターは、初代ロードスターから脈々と受け継いできた軽快感あふれる走りをドライバが感じられるよう、理想のエンジン特性を描き、高回転まで軽快に吹き上がるエンジン特性と、軽量化ボデーを達成し、前モデルをしのぐ走る喜び・楽しさを実現した。

パフォーマンスフィールは、加速フィール、ペダル操作フィール、エンジンサウンドフィールなどの感性を刺激する各特性が絡み合う性能であり、本稿ではその核と考えている加速度特性の技術と性能について紹介する。

2. 新型ロードスターが目指したもの

2.1 新型ロードスターのころざし

ロードスターは一貫して軽快さを感じる走りを中心とし、初代モデルの1.6Lから、1代目1.8L、2代目2.0Lへと排気量アップして一層の軽快さと、高い加速能力を支える安心感が得られるようパフォーマンスフィール性能を進

化させてきた。

新型ロードスターは、3代目で進化させた、より安心して運転できる軽快さの感覚を残しながらも、初代で築いたまさにヒトとクルマが完全一体となった軽快さ（軽さ）が感じられることを目指した。たとえば、アクセルを踏んで車を動かし始める瞬間に漠然と「軽い」とか「重い」といったフィーリングを感じることはないだろうか。それは自分が車から降りて車を押してみた時に分かる車の軽さと同じようなものである。車を押した時に力をいれて押さないと動かない車ではなく、力を入れなくても簡単に車が動き出す感覚を指す。新型モデルでは、原点に戻り、アクセルやステアリング操作に対し、遅れなく車両の動きに伝わり、反応することの気持ち良さをドライバに感じてもらいたい。その思いを実現するためにロードスター用に新開発したSKYACTIV-G 1.5エンジンを搭載し、車両の軽量化と組み合わせ、環境性能も大幅に向上しつつ、現行モデルをしのぐ軽快感あふれるパフォーマンスフィール性能を目指した。

*1～3 走行・環境性能開発部
Drivability & Environmental Performance Development Dept.

2.2 軽快感あふれるパフォーマンスフィールとは

実現したい軽快感は、アクセル操作に対して、エンジンの反応が遅れることなく車両に伝わり、動き出しからイナーシャを感じることなくドライバの意図どおりに車が動くこと、次にアクセルを踏み続けることでエンジンが軽く回り、最高回転数までを気持ち良く使いきれる加速性能である。

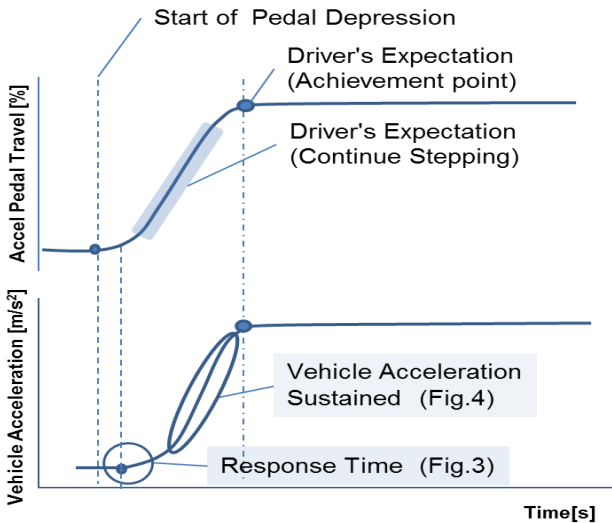


Fig. 1 Basic Concept of Driver's Expectation and Reaction

Fig. 1のイメージ図は、ドライバが加速度を要求する時の狙いを示し、アクセル操作と同じタイミングに感じる応答時間と、遅れなく思ったとおりと感じられる加速度の強さ、そして反応した後の加速度がスムーズに狙いどおり扱える、3つの要素が重要である。イナーシャを感じさせない応答目標を実現するには、日常的なアクセル操作場面でこの反応の最適最早タイミングを実現させ、更に最早で反応させながらも加速度反応の強さを自在に操れる応答性能が必要になる。

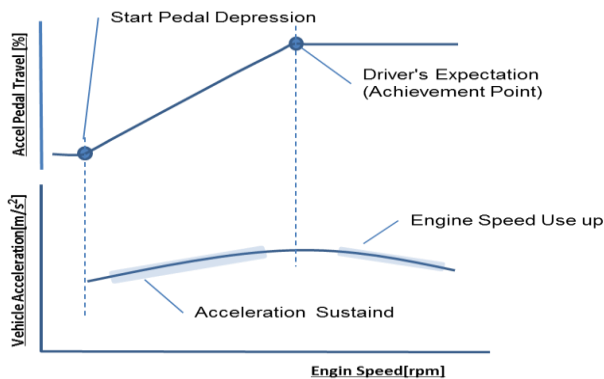


Fig. 2 Acceleration and High Engine Speed Use up

Fig. 2のイメージ図は、アクセルを踏み続けることでエンジンが軽く回り、エンジン回転数を最後まで使いきる時の狙いを示す。ドライバのアクセル操作に合わせて遅れなく加速度が発生し一気にエンジン回転数が上昇、そのまま加速度が大きく低下することなく、最高回転数までエンジンを回して走れることが重要である。

2.3 軽快感を実現するための車両性能目標

最適最早で反応しそれを自在に操るには、機敏に感じ取れる加速度応答感を実現できていることが前提となる。Fig. 3は最速でアクセルペダルを動かした時の応答の強さ最大値と応答の強さピークの発生時間を横軸に配置したグラフを示す。応答の強さは加速度を微分したヤクド (m/s^3) を用いている。

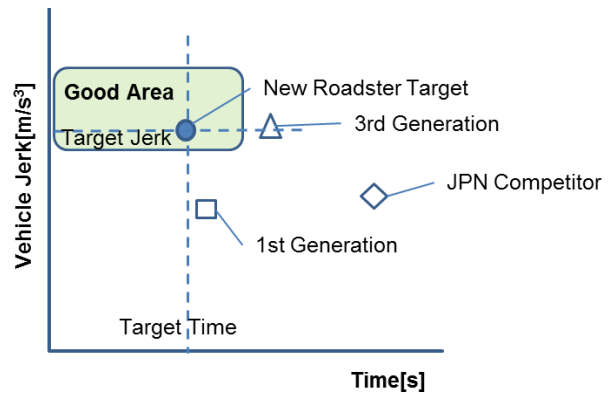


Fig. 3 Vehicle Response Target of New Roadster

新型ロードスターでは、最大ヤクド高さまでの応答時間と、最大ヤクド高さの目標を実現させ、最速最大ヤクドまでをアクセルペダル操作に応じてリニアにコントロールさせることで、軽快に感じる応答を実現させた。

次に、最高回転数までを気持ち良く使いきることが出来る加速性能(伸び感)については、ドライバがアクセルを踏んで高回転域まで加速してゆく中での加速度の変化のさせ方が重要と考えている。アクセルを踏み込み前述の応答を感じたさせたのちに、シートに体が押し付けられ車と一体に感じられるだけのしっかりした加速度高さで高回転域まで気持ち良く加速できること、そしてレッドゾーンまでを安心して使いきることが出来ることが必要と考えている。

Fig. 4では、ドライバがアクセルを踏み込み、前述の応答を感じたさせた後の加速度変化のさせ方を示す。ドライバは周囲の交通環境を確認しながら注意深くアクセルを踏み増していく操作をするが、その踏み込み期間を通して同レベルのヤクド高さを継続させることでシートに押し付けられる感覚を持続させることができる。

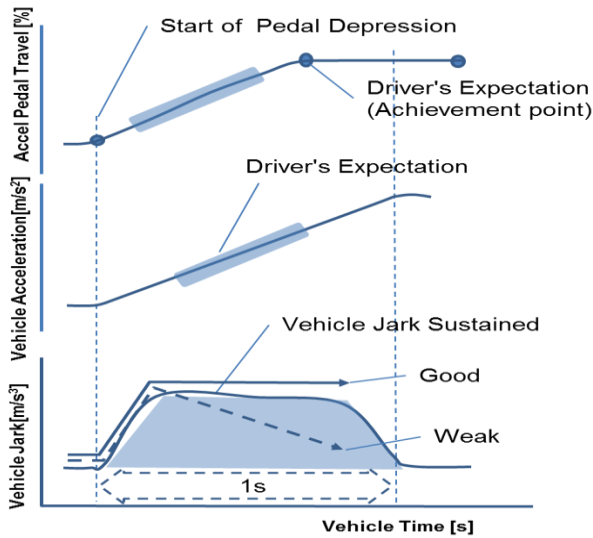


Fig. 4 Development Target of Vehicle Jerk Duration

その後、最大トルク発生回転数から最高馬力発生点に向けてスムーズな回転上昇を感じさせるように車速に対する加速度を変化させ (Fig. 5), そのままレッドゾーンまで使いきれぬ感覚が得られるようにさせた。そして、最高回転数まで使いきる時の主要ギヤ段の最高車速を、2ndギヤ90km/h以上、3rdギヤ140km/h以上にすることで、高速道路への進入シーンだけでなく、サーキット走行までも気持ち良く扱えるようなギヤ比の配置を織り込んでいる。

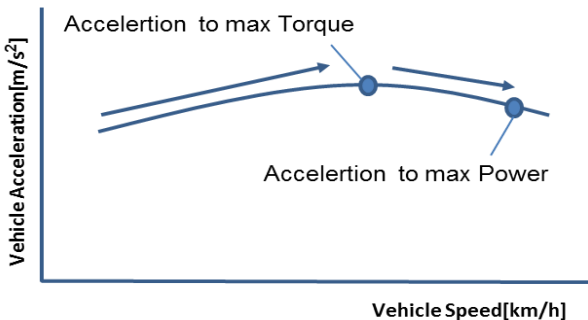


Fig. 5 Vehicle Acceleration Curvature

3. 軽快感の実現に向けての取り組み

新型ロードスターで目指す車両性能の狙いを実現させるための車両特性やパワートレイン特性までの取り組みについて紹介する。

3.1 車両のイナーシャを感じさせない応答性能

(1) 車両の軽量化

ドライバーがアクセル操作したときに車が重く感じる要因は、アクセル操作から車が動き始めるまでの時間や加速度の発生波形、音や筋負担量などさまざまな要素の必要条

件が併行して存在する。中でも主要な要素は車両重量の軽量化である。Fig. 6は、スポーツカーにおける車両重量の分布を示し、初代からのロードスターの車両重量の変遷を示す。初代ロードスターと同等の1000kgを下回ることができると、ドライバーが操作する、アクセル、ステアリング、ブレーキなどの操作時の車の動き出しが合致し、短時間で必要な操作が完了でき、ヒトとクルマが完全一体となった動きを感じるようになると考えている。新型ロードスターでは、部品レベルまでの軽量化への取り組みができ、クラストップに匹敵する車両重量にある。

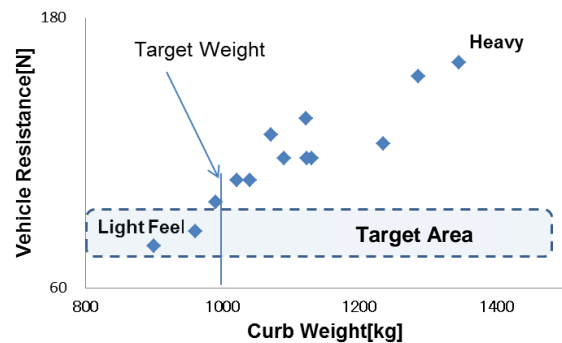


Fig. 6 Curb Weight and Vehicle Resistance

(2) パワートレイン伝達系剛性の改善

狙いの応答時間を実現させるためにはエンジンのトルク変化を無駄なく車両の挙動へと変換させるために車両イナーシャを低減させることと同時にPT伝達系の剛性向上が必要になる。

マツダスポーツカーDNAを支えるパワープラントフレーム (PPF) Fig. 7は、軽量化と応答時間短縮化を実現するために重要な部品であり、新型ロードスターでも継続して使用した。また、デファレンシャルユニットからタイヤへつなげる、ドライブシャフトの剛性やパワートレインユニットと車体をつなぐ、エンジンマウント、デフマウントについても、よりダイレクトに出力を伝えることを目的に、歴代ロードスター同様にねじり剛性の検討を行い、狙いの織り込みを行った。

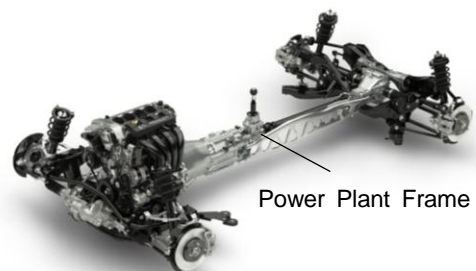


Fig. 7 Powertrain Unit (Power Plant Frame, Driveshaft, and Mount)

Fig. 8は、ドライブシャフトのねじり剛性に対する応答時間や振動収束性の良さに対する官能評価点を予測したものを示す。要求特性とドライブシャフトの中空構造を採用するなどの軽量化との両立をはかり、体感レベルで性能差を感じとれる性能織り込みをした。

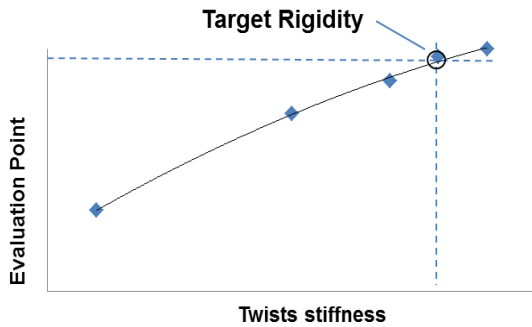


Fig. 8 Torsion Rigidity of Driveshaft Contribution Rate

Fig. 9に示す3代目ロードスターとの実際の比較データでも分かるように、応答性と収束性について同等の性能を確認できた。

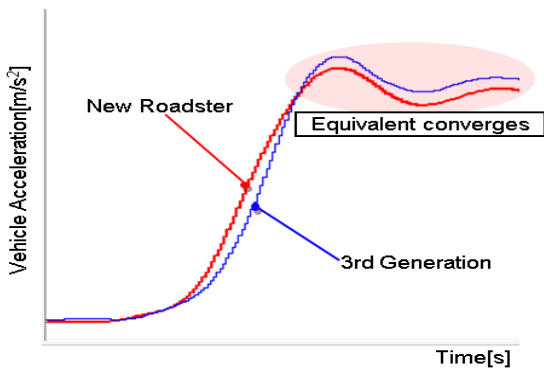


Fig. 9 Vehicle Acceleration of Previous and New Roadster

(3) エンジンイナーシャの最適化

応答時間を実現させるための一要素として、エンジンイナーシャ低減のフライホイールの軽量化 (Fig. 10) も行った。慣性モーメントで17%、重量で9%低減し、アクセルを操作してから加速度が反応するまでの応答時間で3代目ロードスターより約5%の応答時間短縮ができた。

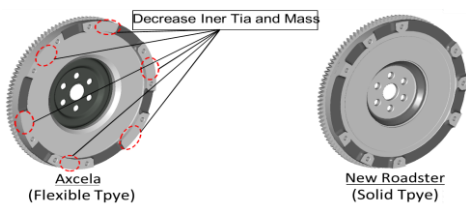


Fig. 10 Flywheel Comparison between Axcela and New Roadster

Fig. 11にフライホイールイナーシャ軽減時の加速データを記載する。フライホイールイナーシャ軽減により、アクセル操作から0.1G加速度の立ち上がりポイントでみて、約10msec応答時間を短縮できていることが分かる。

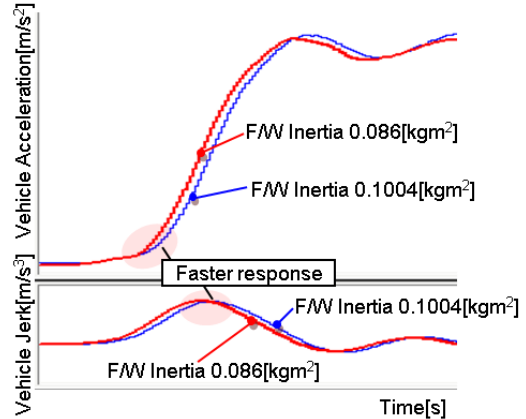


Fig. 11 Effect of Flywheel Inertia Reduction on Vehicle Acceleration and Jerk

(4) 車両性能の改善

部品単位では数値的に小さな性能効果になるが、その積み上げをしていくことで、ドライバが性能変化を感じることができる、狙いの性能ができた。

Fig. 12に新型ロードスターでアクセルを踏み込んだ時の応答性能の時間軸チャートを示す。

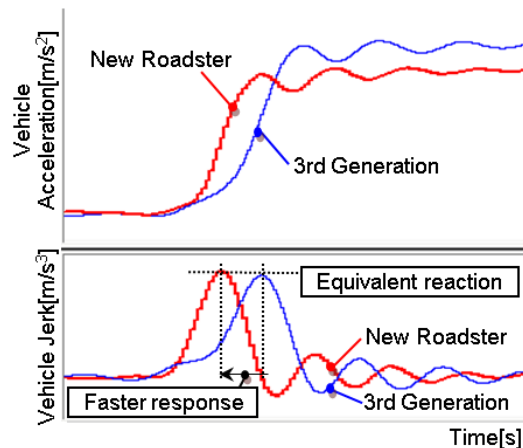


Fig. 12 Vehicle Acceleration and Jerk

3.2 気持ち良い加速性能

(1) シートに体が押し付けられる加速度

シートに体が心地良く押し付けられるヤクド高さと、その押し付けられた感覚が最大トルク回転数まで頭に残るような加速特性を狙いに描いた。

Fig. 13にアクセルを踏み込んでからの加速度高さとヤクドの時間軸チャートを示す。

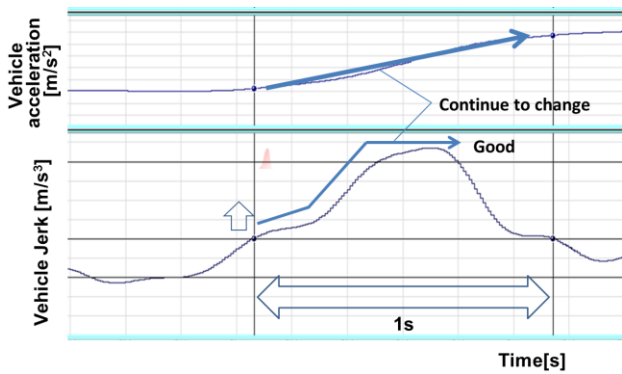


Fig. 13 Development Result of Jerk Duration

シートに押し付けられるしっかりとした加速度にするために、一定のヤクド高さを所定時間持続させることと、そのドライバの印象を残像のように記憶できるだけの高さを発生し継続させていくことで、Fig. 4で述べた狙いのどおりの特性を発生させることができている。

(2) レッドゾーンまでしっかり使いきれ加速性能

最大トルク発生回転数からレッドゾーンまでをスムーズに使いきれ加速性能を実現するためには、高回転域のエンジンの最大トルク特性が重要である。

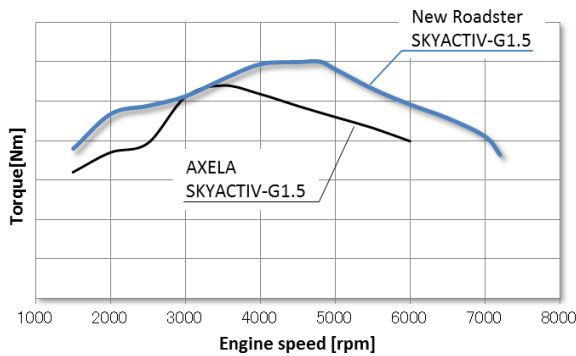


Fig. 14 Engine Torque Curvature

新型ロードスターでは、SKYACTIV-G 1.5をFR専用設計し、クランクシャフト周りの高剛性化、高バランス化、吸排気系など細部にわたりこだわっていくことで、7500rpmまでスムーズに回転上昇していくトルク特性を実現させた (Fig. 14)。

(3) 達成できた車両性能

Fig. 15に、横軸車速 (km/h) , 縦軸加速度 (G) で2ndギヤでの加速特性を示す。新型ロードスターはレッドゾーンまでの使用可能車速が旧型比で5km/h以上高くし、高速道路進入のような場面でも2ndで95km/hまで使用できる。車速が上昇していくときに加速度は徐々に低下していくが、高回転域まで連続した軽やかなエンジンサウンドが実現できていることと加速度の低下の仕方を緩やかにすることで、ドライバは限界回転数に向けてスムーズに変化してゆく気持ち良さを感じることができる。

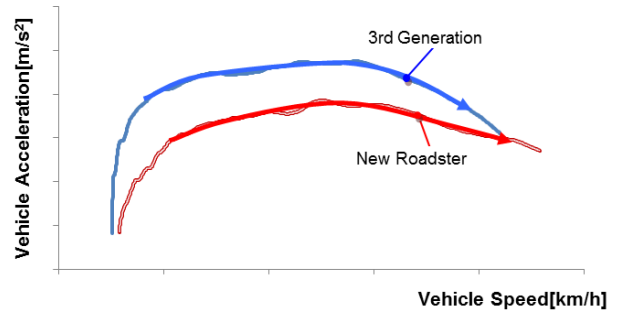


Fig. 15 Acceleration Comparison in 2nd Gear

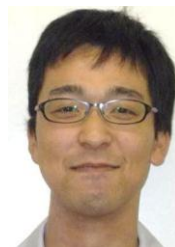
4. おわりに

新型ロードスターでは、軽快感あふれる“Fun to Drive”を実現するため、研究成果を織り込むことができた。本稿では、加速度特性を中心とした開発の一部を紹介したが、パフォーマンスフィールと関係の深い、サウンドや操作フィーリングなど、加速度とフィーリングの相互作用との関係など、人間が感じる感性領域も含めて、軽快感を実現している。

参考文献

- (1) 星野ほか：新型ロードスターのエンジン技術, マツダ技報, No.32, pp.124-127 (2015)

■ 著 者 ■



兼為 正義



八木 淳



佐々木 貴洋