

特集：新型マツダアクセラ

4

新型アクセラのシャシーダイナミクス性能

Chassis Dynamics Performance of All-New Axela

吉村 匡史*1

Tadashi Yoshimura

坂口 欣也*4

Kinya Sakaguchi

寺田 武史*2

Takeshi Terada

青木 智朗*3

Toshiaki Aoki

要約

SKYACTIV-シャシーは、走る歓びの更なる進化と環境性能に貢献する大幅な軽量化を実現した上で、「人馬一体のドライビングプレジャー」と、快適性や安心感改善による「走りの質」の向上を実現した。新型アクセラは、CX-5/アテンザに採用した SKYACTIV-シャシーと基本構造を同じとすることで、CX-5/アテンザで実現したダイナミクス性能を継承しながら、各部品の最適化や細かな改良を行うことにより、セグメントをリードする「軽快感」と「人馬一体感」を実現した。

Summary

With further evolved fun-to-drive and significant weight reduction that supports environmental friendliness, Mazda SKYACTIV-chassis has achieved "enhanced Jinba-Ittai (oneness between a driver and a car) driving pleasure" and realized higher "driving quality" that provides enhanced comfort and a sense of security. While New AXELA inherited dynamics performance from CX-5/ATENZA by applying the same base-structure of SKYACTIV-Chassis, it has achieved the segment-leading "agility" and "a sense of Jinba-Ittai" by optimizing each component and making improvements in details.

1. はじめに

SKYACTIV-シャシーは走る歓びの更なる進化と環境性能に貢献する大幅な軽量化を実現し「人馬一体のドライビングプレジャー」の向上、安心感や快適性の改善による「走りの質」の向上を狙い、サスペンション・ステアリングの機能を根本から見直し、一体感・安心感・快適性の間にある背反性能を高次元で両立するための技術開発に取り組みブレークスルーを実現した。

本稿では、SKYACTIV-シャシー採用商品の第三弾である新型アクセラについて、SKYACTIV-シャシーと基本構造を同じとしながら、このセグメントに訴求する性能をどのように具現化したか、その手段と達成性能を紹介する。

2. 開発の狙い

SKYACTIV-シャシーは、以下の背反性能の両立に取り

組み実現した。

- ・中低速域の軽快感と高速安定性の両立
- ・中低速域の軽快感と乗り心地の両立
- ・軽量化とダイナミクス性能、NVH性能の両立

これに加え、「走る・曲がる・止まる」という基本的な運転行動で感じられるダイナミクスフィール（Gのつながり）の「統一感」を実現した。

新型アクセラは、この SKYACTIV-シャシーの採用により向上したダイナミクス性能をベースにセグメントをリードする「軽快感」と「人馬一体感」の実現を目指した。具体的にはドライバが操作し、その期待どおりに車が動くこと、それはドライバが予期しやすい車両挙動をつくり、車から期待どおりのフィードバックがドライバに返ってくることであり、ドライバが車と対話している感覚を持てることである。快適性においては単に入力を小さくすることではなく、ドライバが予期

*1, 2 シャシー開発部
Chassis Development Dept.

*4 NVH性能・CAE技術開発部
NVH & CAE Technology Development Dept.

*3 操安性能開発部
Chassis Dynamics Development Dept.

するフィードバックは残しながら、予期しにくい不快な振動と騒音を低減することで上質な乗り心地と静粛性を目指した。

3. 達成手段

3.1 構造と特徴

新型アクセラでは、フロントにマクファーソンストラット式サスペンションを、リヤにE型マルチリンク式サスペンションを採用した (Fig. 1, 2)。CX-5/アテンザと基本構造を同じとしながら全幅、車高、タイヤサイズなどの車両諸元の違いに適合させた。具体的には、全幅要件に適合させるためにアームやリンクの長さを変更し、最適なジオメトリ変化とするためハードポイントの変更を行った。また、各構成部品は使用する材料の材質・板厚を最適化することで軽量化を行った。

ステアリングは、ECU とステアリングモータを一体とした機電一体型のコラムアシスト式電動パワーステアリングを採用し、軽量化を実現した。また、モータの多極化により滑らかさを向上させた。



Fig. 1 Front Suspension and Steering



Fig. 2 Rear Suspension

3.2 軽快感

新型アクセラは、SKYACTIV-シャシーが実現したダイナミクス性能を継承しながら、ヨーレイトゲインを増加させることで、セグメントをリードする「軽快感」を実現した。ヨーレイトゲインは次式で示され、その増加手段はスタビリティファクタの最適化とステアリングのトータルギアレシオの高速化である。

$$G_0 = \frac{V}{L(1 + KV^2)} \times \varepsilon$$

$$K = \frac{-m(l_f K_f - l_r K_r)}{2K_f K_r L^2}$$

V: 車速

L: ホイールベース

K: スタビリティファクタ

ε: ステアリングギアレシオ

m: 車両の質量

K_f: フロント等価コーナリングパワー

K_r: リヤ等価コーナリングパワー

新型アクセラは、車両全体で軽量化に取り組んだ結果、ロール/ヨー慣性モーメントを小さくすることができた。その上でフロントとリヤの最適なバランスとする等価コーナリングパワーを引き出すことでスタビリティファクタを最適化した。

等価コーナリングパワーは、フロントとリヤサスペンションのコンプライアンスステア量とロールステア量で調整した。現行モデルに対し新型アクセラは、フロント及びリヤサスペンション共に、必要なステア変化量に対しロールステア分を減少させ、横力コンプライアンスステア分を増加させた (Fig. 3)。

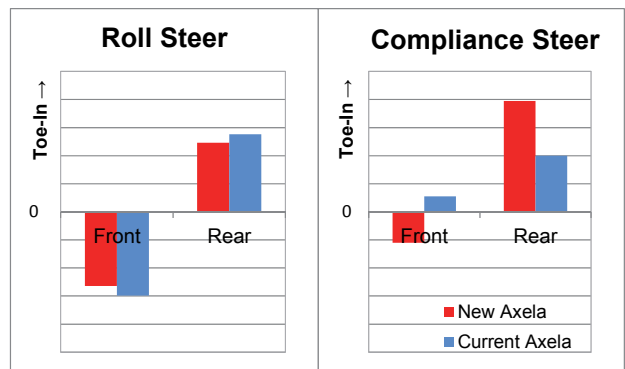


Fig. 3 Roll Steer and Compliance Steer Comparison

この変更により後輪のコーナリングパワーを大幅に増加させ安定性を高め、前輪のコーナリングパワーは必要十分な量とすることでスタビリティファクタを最適化した (Fig. 4)。

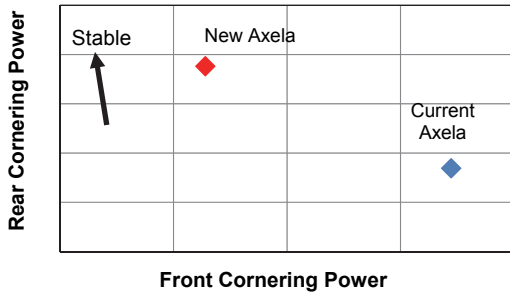


Fig. 4 Cornering Power Comparison

ステアリングのトータルギアレシオは、現行モデルの 16.2, CX-5 の 15.5, アテンザの 14.2 に対して新型アクセラは 14.1 とし最も高速化した。

これらから得られるヨーレイトゲインとヨー慣性モーメントの関係を Fig. 5 に示す。このグラフから新型アクセラは、現行モデル, CX-5, アテンザと比較してヨーレイトゲインが大きく、より軽快であることが分かる。

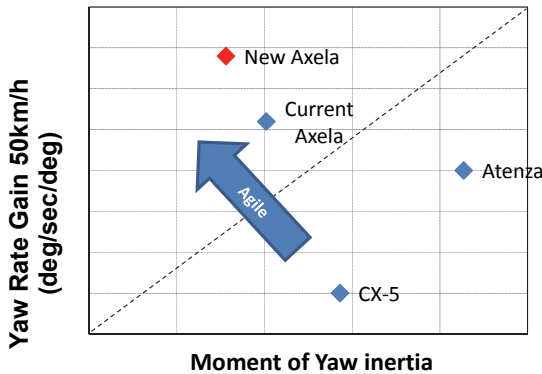


Fig. 5 Yaw Rate Gain - Moment of Inertia

3.3 人馬一体感

SKYACTIV-シャシーで実現した「人馬一体のドライビングプレジャー」は、ドライバの操舵と車両のヨーレイト、横 G 及びロール応答が旋回初期から高 G 領域までリニアにつながることを重視し開発した。

車両が旋回するときには、ロール方向に荷重が移動することによって、サスペンションがストロークする。この荷重移動が大きい、すなわち重い車ほどサスペンションをスムーズにストロークさせやすい。新型アクセラは、軽量化に取り組んだ結果として、車両のヨーレイト、横 G 及びロール応答のリニアなつながりに対しては、ハンディキャップを負うこととなる。特に旋回 G の低い領域では、旋回初期にストロークせずに、その後急にストロークを始める現象が生じ、初期の動きのリニアリティが悪くなる。この車両質量が軽いことと応答のリニアリティの背反事象のブレークスルー

に取り組んだ。以下に具体例を紹介する。

a. コイルスプリング

ストラット式のサスペンションにおいて、サスペンションジオメトリからダンパに発生する横力に対して、コイルスプリングでその反対方向に打ち消す力を発生させ、この合力を低減することでダンパのフリクション低減を行い、サスペンションをスムーズにストロークさせる技術は一般的に知られている。この技術を使って、コイルスプリングのジオメトリやダンパのスプリングシート、スプリングシートラバー各部品の形状を大幅に見直し、車両が軽いことによるハンディキャップを克服するコイルスプリングの横力を発生させた (Fig. 6)。

サスペンションがストロークする過程でダンパに発生する上述の合力は刻々と変化する。この力の変化を小さくしてスムーズなサスペンションストロークを実現することにも注力した。

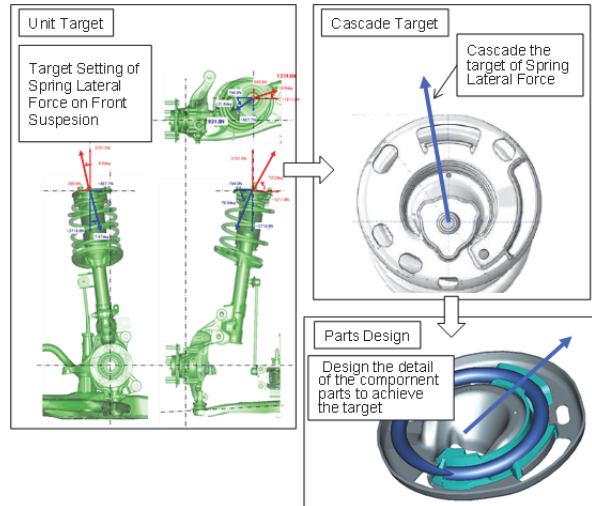


Fig. 6 Study of Coil Spring Lateral Force

b. フロントロアアームブッシュ

フロントサスペンションには、操舵初期にタイヤに微小なスリップアングルが付くことで発生するドラッグや横力が大きく変化しながら作用しており、フロントロアアームの後ろ側ブッシュは常にこの入力によって、ブッシュに入る荷重の方向や大きさが刻々と変化している。この荷重によるブッシュの変位の方向と量が操舵初期のリニアリティに影響していることを見出した。直進状態から旋回に移行する時の荷重変化によるブッシュの荷重たわみ特性がよりリニアになるように改良し、同時にヒステリシスの低減も行った。

3.4 快適性

(1) 乗り心地

SKYACTIV-シャシーでは乗り心地向上の手段として、サスペンションのジオメトリとコンプライアンスをタイヤ特性も含めて最適化している。小さな路面入力に

対してはタイヤやブッシュのたわみを使い、大きな路面入力に対してはダンパをより積極的にストロークさせるように減衰力特性を設定した。新型アクセラではこれに加えて、リヤダンパのボトム側バルブに応答性の向上した改良タイプを採用し、大きな路面入力の領域だけでなく小さな路面入力による微振幅領域においてもダンパの追従性を向上させた。

(2) ロードノイズ性能

ロードノイズ性能では、CAE 解析を用いてタイヤからボデーまでの伝達経路のからくり解明を行い、サスペンションブッシュ特性の最適化とリンク&アーム剛性の最適化を行った。ブッシュ特性については、まず詳細な経路分析を行うことで車内音に対して寄与の高い部位を明らかにした。その上で、パラメータスタディを繰り返して、操縦安定性とロードノイズ性能を高次元で両立する特性を決定した。加えてブッシュのラバー材料の工夫を行い動的ばね定数の低減を行った。リンク&アーム剛性については、サスペンション部品ごとの共振点配置を明確化し、共振点が重なり合わないよう、各部品の剛性を最適化した。具体的には、CAE を用いてサスペンションの振動モードを可視化することで、ロードノイズに寄与の高い部品を特定した。この結果、リヤロアアームのアーム軸方向の剛性低減がロードノイズの低減に効果が高いことを見出した。更なるブッシュの剛性低減で対応すると、ヒステリシス増加など操縦安定性への影響が大きいため、アーム本体の剛性低減の検討を行い、強度・信頼性と剛性が両立できる構造・形状・板厚を決定した (Fig. 7, 8)。

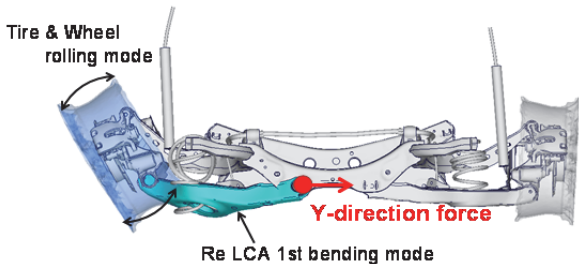


Fig. 7 Rear Suspension Deformation Mode

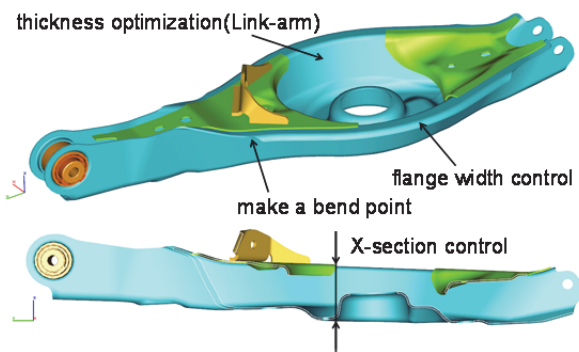


Fig. 8 Shape of Rear Lower Control Arm

4. 達成性能

新型アクセラで実現した達成性能の代表例を紹介する。

4.1 軽快感

Fig. 9 は車速によるヨーレイトゲインの変化を示す。サスペンション特性とステアリングギアレシオの見直しにより、中低速でのヨーレイトゲインを増加させ、現行モデル、欧州競合車、アテンザと比較しより軽快に、高速では SKYACTIV-シャシーで実現した後輪のコーナリングパワーを高めてヨーレイトゲインを低くする手法を継承し、アテンザとほぼ同等の安定感を実現した。

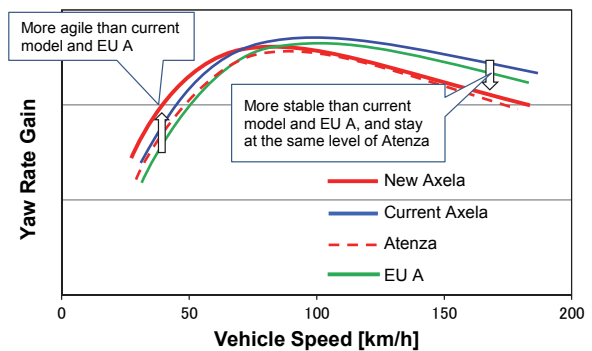


Fig. 9 Improvement of Yaw Rate Gain

4.2 人馬一体感

Fig. 10 は、操舵力とヨーレイトの関係を示す。操舵力の小さい操舵初期の領域においてヨーレイトの立ち上がりがリニアになっており、旋回初期の応答のリニアリティを実現した。

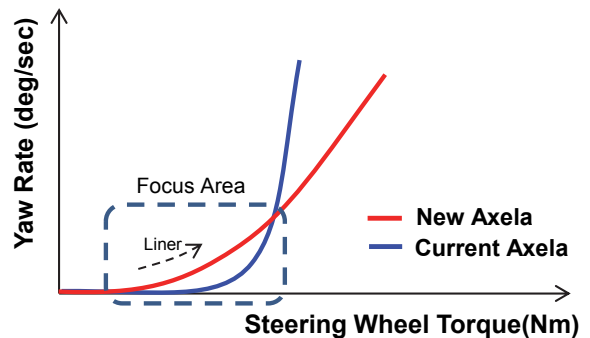


Fig. 10 Steering Torque – Yaw rate

サスペンションの初期からの動きのつながりの良さから感じられる応答性の良さに加えて、しっかりとフィードバックが得られている (Fig. 11)。これらによって新型アクセラで目指した「人馬一体感」を実現した。

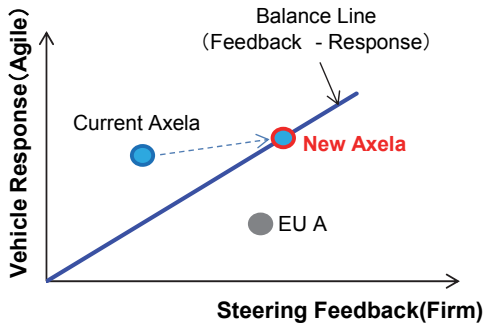


Fig. 11 New Axela Dynamics Result

4.3 快適性

(1) 乗り心地

Fig. 12 は横軸に路面の起伏の大きさを縦軸に車両の上下方向の加速度レベルを示したものである。路面入力の小さな領域での加速度レベルが低減できており、路面起伏の大きさに対してリニアな変化を実現した。

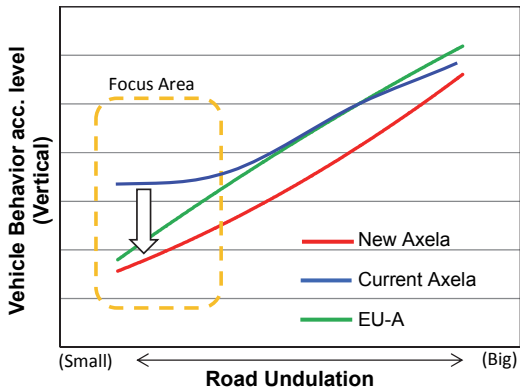


Fig. 12 Vehicle Behavior Due to Road Undulation

また、路面入力に対して人体共振に近く人が不快と感じやすい周波数帯の入力を減らすことで、しっかりとしたボデーコントロール性と荒れた路面でのブルブル、ゴツゴツとした振動低減との両立を実現した (Fig. 13)。

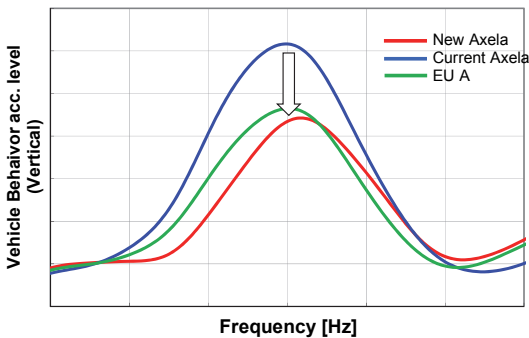


Fig. 13 Result of Choppy Ride Measurement

(2) ロードノイズ性能

Fig. 14 は粗粒路ロードノイズの音圧レベルを示す。前述のロードノイズ低減の開発技術、部品構造の採用により現行モデルからの低減と、欧州競合車と同等レベルのロードノイズ性能を実現した。

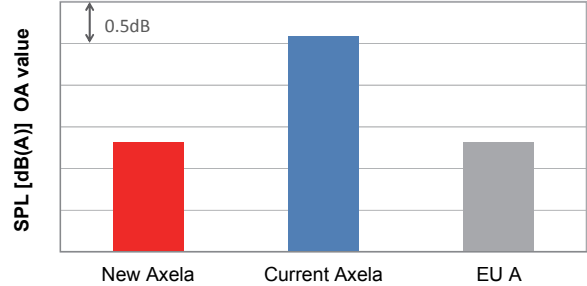


Fig. 14 Result of Road Noise Level

5. おわりに

新型アクセラのシャシーダイナミクス性能について簡単に紹介した。SKYACTIV-シャシーの採用と各部品の最適化と改良に取り組み、現行モデルに対してダイナミクス性能を大きく向上することができたと自負している。今後もマツダのシャシーダイナミクス性能の向上に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 山本忠信ほか:SKYACTIV-シャシー, マツダ技報, No.29, pp.53-60 (2011)
- (2) 村田親ほか:SKYACTIV-シャシーのダイナミクス性能, マツダ技報, No.30, pp.32-36 (2012)

■ 著 者 ■



吉村 匡史



寺田 武史



青木 智朗



坂口 欣也