

特集：新型ロードスター

23

新型ロードスターのシャシーダイナミクス Chassis Dynamics Performance of New Roadster

友貞 賢二*¹
Kenji Tomosada野田 曜一*²
Yoichi Noda戸田 良二*³
Ryoutji Toda

要 約

SKYACTIV-シャシーは走る喜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うえで「人馬一体のドライビングプレジャー」と快適性と安心感改善による「走りの質」の向上を実現した。新型ロードスターは歴代のロードスターの人馬一体を更に突き詰め、人の感覚を大切にした“感”にこだわり、究極の人馬一体を目指した。フロントサスペンションにはダブルウィッシュボーン式、リヤサスペンションにはマルチリンク式というサスペンション形式とし、前モデルを継承しながら、新たにFR用SKYACTIV-シャシーを開発した。ステアリングギアには、マツダとしては初のデュアルピニオン式電動パワーステアリングを採用した。これらにより軽量化を実現しながら、究極の人馬一体を体現する軽快感と意のまま感を実現した。

Summary

With further evolved “Fun to Drive” and significant weight reduction, which supports environmental friendliness, Mazda SKYACTIV chassis has achieved “enhanced Jinba-Ittai (Oneness between driver and car) driving pleasure” and realized higher “driving quality” that provides enhanced comfort and a sense of security. The New ROADSTER is aimed at achieving an ultimate level of Jinba-Ittai with the focus placed on human senses. While adopting the double-wishbone front suspension and multi-link rear suspension systems, we have developed the new SKYACTIV chassis to use for front-engine, rear-drive (FR) vehicles. For steering gear, we have applied the dual-pinion electric power assist steering system, which is first application in Mazda cars. By so doing, we have been able to realize a sense of briskness and responsive drive as an ultimate level of Jinba-Ittai, while achieving a weight reduction at the same time.

1. はじめに

SKYACTIV-シャシーは走る喜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」の向上をねらい、サスペンション・ステアリング機能を根本から見直すことで、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、技術開発によるブレークスルーを実現した。

本稿では、後輪駆動方式（FR方式）としては初のSKYACTIV-シャシー、及びその達成性能について紹介する。

2. 開発のねらい

人馬一体とは、人の操作に対するクルマの反応が人の感覚に合っていて、クルマと一体と感ずること。つまり意図どおりにクルマが動くこと、と定義している。歴代のロードスターはダイナミクス性能の方向性として、“人馬一体”を目指してきた。

この方向性は、スカイアクティブ技術を搭載した商品群CX-5、アテンザ、アクセラ、デミオの流れにつながっており、新型ロードスターでは、究極の人馬一体をねらった。その中で、新型ロードスターは特に人の感覚を大切にしたい“感”にこだわり、人を中心とした開発に取り組んだ。究極の人馬一体を実現するために、軽快感と意のまま感をキーワードとして開発に取り組んだ。軽快感は、単に軽い

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

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

車でキビキビ動くのではなく、操作に対する反応の気持ち良さ、車両運動をドライバーに気持ち良く伝えることを目指した。意のまま感は、どのような状況でもドライバーがハンドル操舵した時に思ったとおりに車両挙動が発生し、安定してコントロールできることを目指した。

3. 達成手段

3.1 構造と特徴

(1) フロントサスペンション

新型ロードスターのフロントサスペンションには、従来のロードスターと同様、コンパクトでジオメトリの設定自由度の高いインホイールタイプのダブルウィッシュボーン式サスペンション (Fig. 1) を採用し、アライメント、ジオメトリの最適化をねらいハードポイントを一新した。クロスメンバはリジッド結合として剛性を確保した。また、高張力鋼板を採用し、板厚の最適化を行い、軽量化を実現した。クロスメンバ下面には補強部材としてアルミ製アンダカバーを配した。このアンダカバーは平面視のクロスメンバを面で支え、効率的にクロスメンバ全体剛性を向上させ、後端にはメンバとしての断面を形成しトランスバースメンバとしての機能も付与した。これらによりフロントサスペンションの剛性を効率的に向上させ、同時に軽量化を実現した。ロアアーム、アッパアーム、ナックルにはアルミを、またハブは4本のハブボルトを採用し、軽量化した。

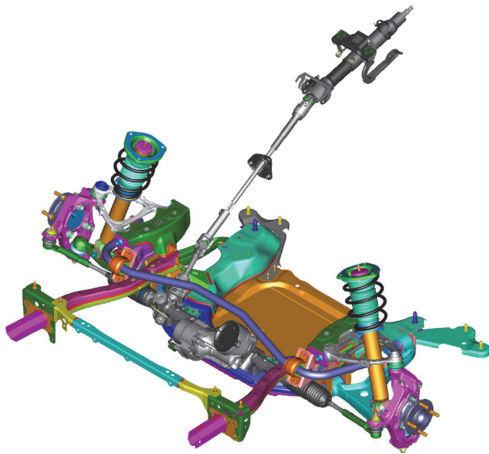


Fig. 1 Front Suspension and Steering

(2) リヤサスペンション

新型ロードスターのリヤサスペンションには、従来のロードスターを更に進化させたマルチリンク式サスペンション (Fig. 2) を採用した。リヤクロスメンバはボデーフレームと一体となって車体剛性を高める構造とした。具体的には前後のクロスメンバとそれらをつなぐ縦メンバで構成され、前側のクロスメンバはデフの下に配置し、前後をつなぐメンバもメンバ下面で結合し、ボデーのフレームと合

わせて立体的なボデー構造を構成し、高いボデー剛性を実現した。全てのリンクはストレートなパイプで構成し、軽量かつ高剛性なリンクとした。

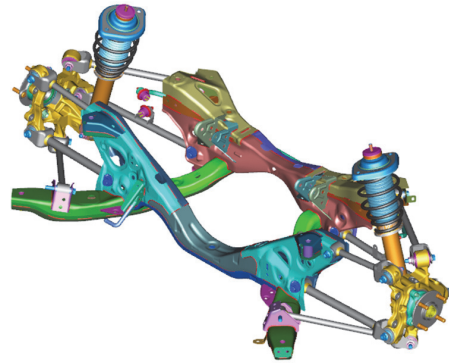


Fig. 2 Rear Suspension

(3) ステアリングギア

新型ロードスターのステアリングギアは燃費性能に優れた電動パワーステアリングとした。更にデュアルピニオン式をマツダとして初めて採用した。ハード面ではブラシレスモータ採用によりイナーシャ感及びフリクション感を低減、またソフト面では前モデルが操舵トルク及び車速情報でのアシスト量調整だったのに対し、新型ロードスターでは絶対舵角及びハンドル操舵方向を情報に加え、より緻密でフレキシビリティの高いアシスト量の調整を可能にした。

3.2 軽快感

新型ロードスターの軽快感は、単に軽い車でキビキビと動くだけでなく、爽快な運転感覚、操作に対する反応の気持ち良さをねらった。

(1) 制動時のピッチング挙動

車両が制動する際には、制動力と重心の高さによって、回転モーメントが発生する。このモーメントにより、前輪は沈み込み、後輪は持ち上げられる挙動を示す。新型ロードスターはフロントのアンチノーゾダイブ特性を見直し、また、リヤサスペンションのアンチリフト特性を強めた。具体的にはリヤサスペンションのリンク配置を見直し、リーディングリンクを設定することによりキャビンのパッケージを確保しながらアンチリフトジオメトリ特性を強くすることを可能とした。これにより、乗員の視点が制動時に持ち上げられる挙動を抑制し、制動すると、安定するように沈み込むような気持ちの良い挙動を実現した。

(2) 操舵特性

新型ロードスターはステアリングを切り込む際の、操舵トルクの変動が少なく、正確に操舵できることを目指した。ステアリングギアはデュアルピニオン式を採用することにより、ラック軸上でアシストしているため、接地点からパワーユニットまでの経路が短くでき、その間の剛性が高く

できる。また、ステアリングギアをクロスメンバにリジッドでマウントすることにより更なる高剛性を実現した。この高剛性により、操舵角を正確に再現させた。

(3) ヨー慣性モーメント

車両の前端、後端に位置するサスペンションの軽量化や車両全体で軽量化に取り組んだ結果、ヨー慣性モーメントの低減を実現した。車両寸法によって決定されるヨー慣性モーメントに対し、新型ロードスターは同等の車両寸法、車両重量の他銘柄車と比較して、より小さいヨー慣性を実現した。この小さいヨー慣性は基本的な運動性能の向上に寄与し、軽快感を実現した (Fig. 3)。

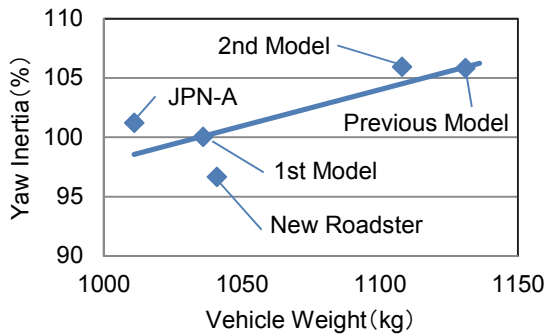


Fig. 3 Yaw Inertia

3.3 意のまま感

新型ロードスターでは、ハンドル等を操作した際に、ドライバーが意図したとおりに動くことを目指した。また路面との接地状況が掴め、手足のように動かせることを目指した。

(1) コーナリング時のコントロール性

中高G域のコーナリング時において、車両の実舵角はタイヤからの反力により、パワーユニットまでの剛性に依りて減少していく。新型ロードスターはステアリングギアのパワーユニットをラック軸上に配置することでタイヤからパワーユニットまでの剛性を向上させ、操舵角と実舵角をリニアにすることにより、ドライバーのねらったとおりの操舵角に応じた正確な実舵角を実現している。また、フロントキャスタ角を前モデル比較で増加させ、操舵時のネガティブキャンバ角を増加させ、アンダステア特性を抑制し、意のままのコーナリングコントロール性を実現した。

また、リヤサスペンションのダンパを微小でも効率良く減衰力を発生するよう、ホイールストロークに対するダンパストロークの比率 (ダンパレバール比) を1:1とするようダンパをハブサポートに直付けとした。更に、ダンパの取り付け位置を見直してダンパレバール比がどのストローク位置においても変化が少ない配置とした。これらによりいかなる状況で走行しても期待どおりの減衰力を得ることを可能とした (Fig. 4)。

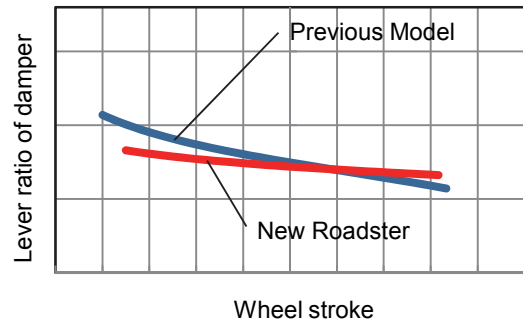


Fig. 4 Lever Ratio Change of Rear Damper

(2) コーナリング時の安定性

新型ロードスターはリヤサスペンションの横力コンプライアンスステア特性を見直した。SKYACTIV-シャシーと同様な考え方に基づき、リンクの配置を最適化して、リヤタイヤの横力が入った場合の弾性軸を前傾とすることで、安定して横力カーターインとなる特性を実現した (Fig. 5)。これにより横力が大きくなるに従い、適切なトーイン特性を与え、コーナリング時の安定性を向上させた。またフロントサスペンションには接地点のネガティブキングピンオフセットを採用した。これにより、コーナリング中含め、制動時の安定性を高めた。

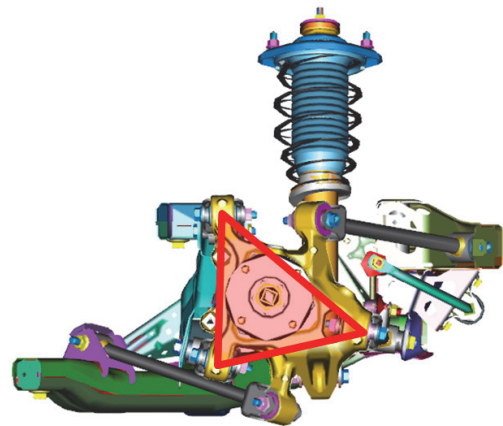


Fig. 5 Rear Suspension

(3) 接地感

常に適切な路面情報をドライバーに伝えることにより、接地感の向上を目指した。具体的には、不要な振動を除き、路面の状況をハンドルにフィードバックした。また、デュアルピニオン式採用により、路面からの入力をラック軸上のピニオンで減衰させ、必要量の情報をステアリングシャフトに伝えた。更に、タイヤからパワーユニットまでの剛性が高いことにより、タイヤが外乱によって勝手に舵角を変化させることなく、路面の情報を適切に伝達することにより、接地感を向上させた。

4. 達成性能

4.1 軽快感

新型ロードスターは、前述のように単に軽い車でキビキビと動くだけでなく、操作に対する反応の気持ち良さで、軽快感を実現することに取り組んだ。その実現した性能について、紹介する。

気持ち良さは、ドライバーの微小な入力から、リニアに期待どおりに微小にかつスムーズに車両が反応することで実現させた。Fig. 6に操舵力とヨーレートの関係を示す。操舵の初期から小さな操舵力でリニアにヨーレートが立ち上がっており、操舵初期の車両応答のリニアリティを実現している。

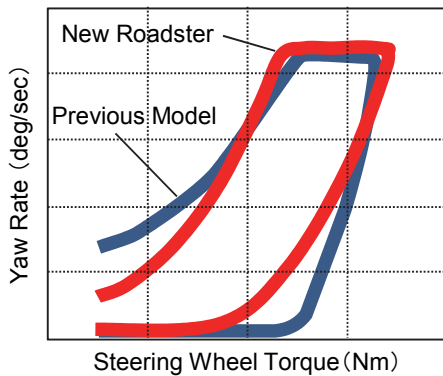


Fig. 6 Steering Wheel Torque vs Yaw Rate

また、レーンチェンジ時の切り込み始めの操舵トルクのグラフを示す。新型ロードスターは前モデルに比較して切り込み時のトルク変動が少なくできており、操舵初期の操舵力のリニアリティを実現している (Fig. 7)。

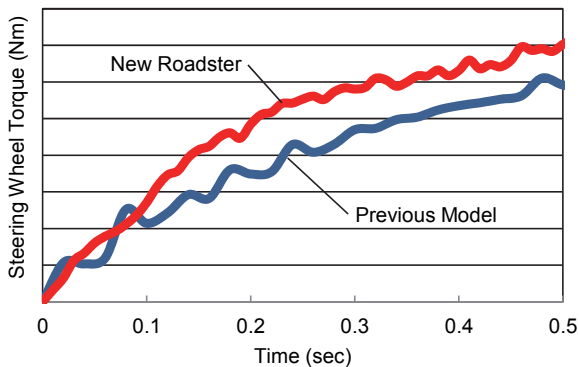


Fig. 7 Steering Wheel Torque at Lane-change

操舵初期のヨー運動に加え、サスペンションが小さな入力にも反応するように、サスペンションの上下動のフリクションを適正化した。Fig. 8にフロントサスペンションの上下動のフリクションの比較を示す。

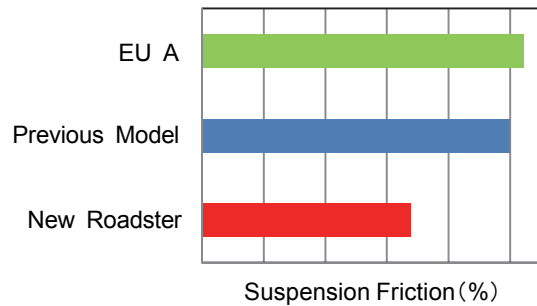


Fig. 8 Front Suspension Friction

これにより、操舵初期の小さな入力に対し、ヨー運動と同時にフロントサスペンションがストロークすることでダイアゴナルロールを始め、自然なロール特性を実現した。これらの微小な入力に対し、ドライバーの期待どおりの微小でリニアな車両挙動を示すことにより、気持ち良さ、つまり軽快感を実現している。

Fig. 9, 10に新型ロードスターと前モデルのブレーキング時のフロントサスペンションとリヤサスペンションの上下動を比較した。新型ロードスターはねらいどおり、リヤサスペンションの浮き上がりを抑制し、フロントサスペンションの沈み込み量は少し大きめにして、制動時のドライバーの視点が沈み込むような動きを実現し、気持ち良いブレーキング挙動を実現した。

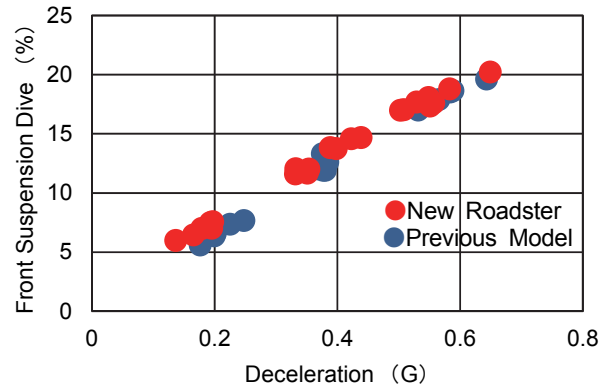


Fig. 9 Front Suspension Dive at Braking

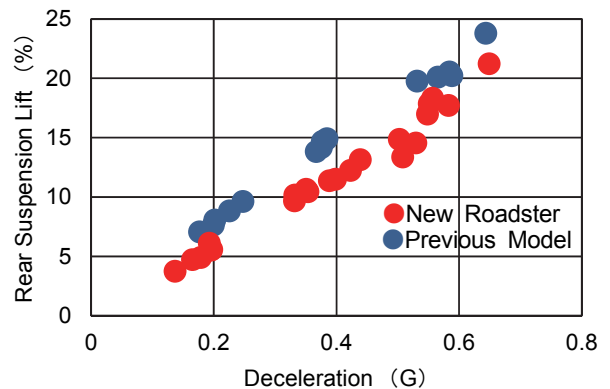


Fig. 10 Rear Suspension Lift at Braking

4.2 意のまま感

新型ロードスターはドライバーの意図どおりに車両が挙動することを、また意図しない挙動を抑え込むことに取り組んだ。Fig. 11, 12に緩加速旋回時の横Gと操舵角度、及びリヤスリップアングルの関係を示す。

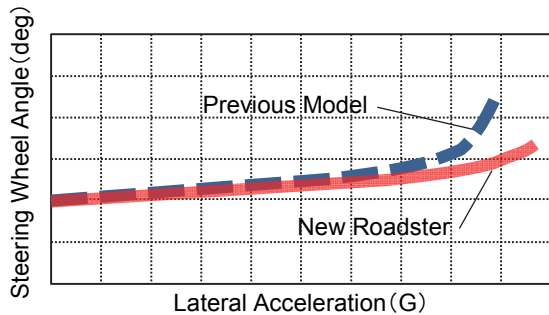


Fig. 11 Constant Cornering Radius Test

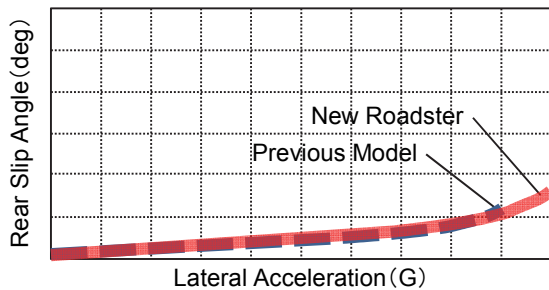


Fig. 12 Constant Cornering Radius Test

限界時にはアンダステア傾向を示しているが、新型ロードスターは前モデルに比較してアンダステア傾向を抑制しており、ニュートラルステア方向の特性を有していることが分かる。同時に、新型ロードスターは前モデル比較、高いコーナリング限界を有している。これらによりドライバーの意図どおりの挙動を示し、意図しない挙動を抑制することに成功している。

また、意のまま感を実現するためには、路面の状況が手に取るように分かることが重要である。Fig. 13に緩加速旋回時の操舵角のグラフを示す。保舵時に舵角の変動がなく、路面からの適切なフィードバックを感じ、安定した保舵ができていることを示している。

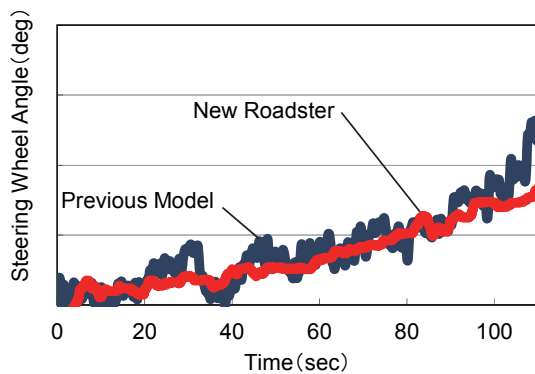


Fig. 13 Constant Cornering Test

5. おわりに

新型ロードスターのシャシーダイナミクス性能について簡単に説明した。FR用SKYACTIV-シャシーを新規開発し、前モデルに対して大きくダイナミクス性能を向上できたと確信している。今後も更なる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)
- (3) 吉村匡史ほか：新型アクセラのシャシーダイナミクス性能，マツダ技報，No.31, pp.19-23 (2013)

■ 著 者 ■



友貞 賢二



野田 曜一



戸田 良二