

特集：新型マツダCX-9

7

新型CX-9のシャシーダイナミクス性能 Chassis Dynamics Performance of New CX-9

小沼 真一*1 大久保 悟*2 中村 聡*3
Shinichi Konuma Satoru Ohkubo Akira Nakamura
大久保 英崇*4 中山 博資*5
Hidetaka Ohkubo Hiroshi Nakayama

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CX-9はこのブレークスルー技術を継承した上で更なる進化を織り込むことにより、ハイエンドモデルとしてマツダブランドを牽引する「走りの質」と「人馬一体感」を実現した。

Summary

Mazda SKYACTIV-chassis improved driving quality by enhancing “Jinba-Ittai” driving pleasure (oneness feel between a car and a driver), comfort and safety feeling, in addition to evolved fun-to-drive and significant weight reduction that supports environmental friendliness. Inheriting this breakthrough technology and introducing additional innovations, the New CX-9 further upgrades the driving quality and Jinba-Ittai feeling to lead the Mazda brand as a high end model.

1. はじめに

SKYACTIV-シャシーは「人馬一体のドライビングプレジャー」の向上、安心感や快適性の向上による「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したブレークスルー技術で、一体感・安心感・快適性の間にある背反性能を高次元で成立させ、走る喜びの進化を実現するとともに、環境性能に貢献する大幅な軽量化も達成した⁽¹⁾。

本稿では、SKYACTIV-シャシー採用商品のハイエンドモデルである新型CX-9について、SKYACTIV-シャシーのブレークスルー技術を継承・進化させながら、操縦安定性に加えて乗り心地とNV (Noise & Vibration) 性能を融合させた人馬一体感を、ミッドサイズSUVの車両でどのように具現化したか、その手段と達成性能を報告する。

2. 開発のねらい

SKYACTIV-シャシーは以下の背反性能の両立に取り組み実現してきた。

- ・ 中低速域の軽快感と高速域での安心感の両立
- ・ 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、NV性能の両立

新型CX-9は、このSKYACTIV-シャシーを採用したCX-5・アテンザ・アクセラのダイナミクス性能を継承しながら、「マツダらしい価値を作り込み、クルマとヒトの関係をより強固なものにする」ために、人馬一体感を更なる高みへ引き上げる上質な乗り心地とNV性能の劇的な進化を目指した。乗り心地においては、人が不快と感じる周波数の振動を徹底して排除及び減衰させることで上質な乗り心地を提供し、ドライビングに必要な路面情報を伝える振動は適度に透過させ、人（ドライバー、同乗者）が常にリラックスした状態で、人と車が一体となれる性能を目指した。NV性能は「突き抜けた静粛性」をコンセプトとし、シャシー領域ではUSA市場におけるフリーウエー走行や厳し

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

*5 NVH性能開発部
NVH Performance Development Dept.

*3~4 操安性能開発部
Chassis Dynamics Development Dept.

い路面が多い環境下においても、あらゆる速度域で快適に会話ができるロードノイズ性能の実現に注力した。特にフリーウエーの良路静粛性性能とともに、乗員へ不快感を与える粗粒路ロードノイズ性能に対しては、コンセプトを実現するための理想音圧（人が不快と感しないレベル）を設定し、開発を進めた。

3. 達成手段

3.1 サスペンション、ステアリングの構造

新型CX-9ではCX-5・アテンザ・アクセラと同形式となるフロントがマクファーソンストラット式サスペンション、リヤはE型マルチリンク式サスペンション、ステアリングにはコラムアシストタイプの電動パワーステアリングを採用した(Fig. 1, 2)。



Fig. 1 Front Suspension and Steering



Fig. 2 Rear Suspension

3.2 人馬一体感

SKYACTIV-シャシーのフロントサスペンションは「人馬一体感」に必要な「手応えと車両応答のバランス」と「直進安定性」を得るために、キャスター角とキャスタートレールを増加することでセルフライニングトルクを増やしてステアリングホイールの手応えを増加し、外乱に動じない安定性を確保した。新型CX-9においてもこの技術を継承し、前モデルからキャスター角を約3度、キャスタ

ートレールを約20mm増加した(Fig. 3)。

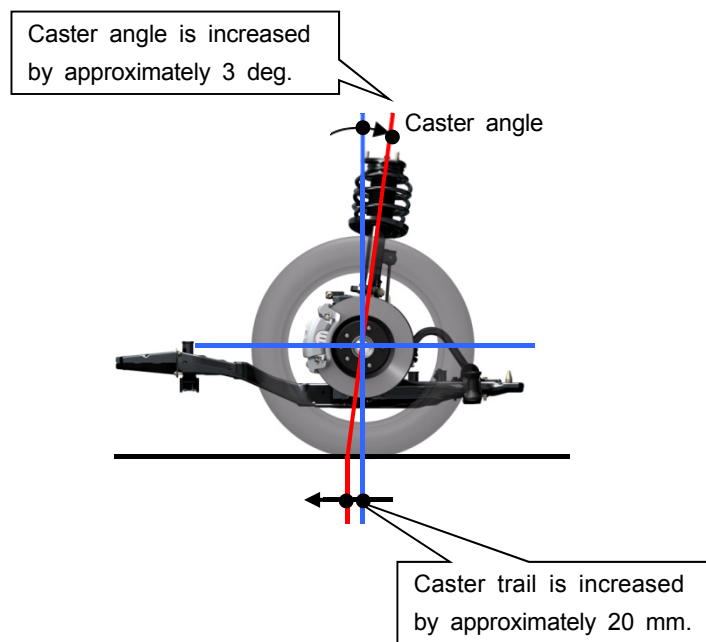


Fig. 3 Caster Angle and Trail

リヤサスペンションは旋回時の安心感や操舵の正確性を得るため、各リンクのブッシュの剛性やアクスル側の取り付け位置を見直すことにより、サスペンションストローク時のトーの変化を最適化した(Fig. 4)。

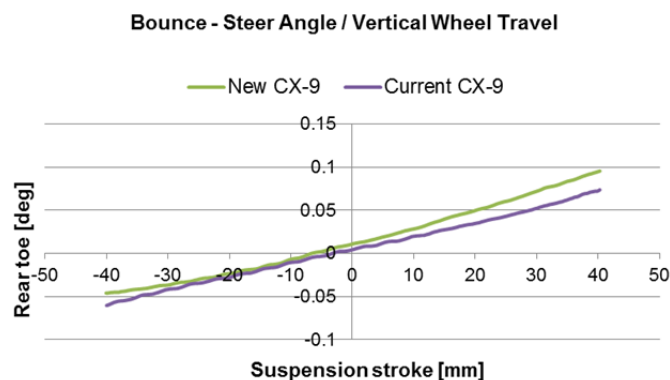


Fig. 4 Suspension Stroke vs. Rear Toe

ステアリングギアは、ステアリングホイールの回転角とタイヤの舵角(トー角)の関係をドライバーの期待値に近づけるために、ステアリング系の支持剛性を見直すことでステアリング操舵時の剛性感を向上させた。

3.3 快適性

(1) 乗り心地

SKYACTIV-シャシーではリヤサスペンションのトレリングアームのブッシュの取り付け位置を上げることによ

り、突起乗り越え時のショックの低減と制動時の姿勢変化の低減を実現した。新型CX-9においてもこの技術を継承し、トレーリングアームブッシュの取り付け位置を前モデル比で約35mm上方移動し、上記性能の向上を実現した(Fig. 5)。

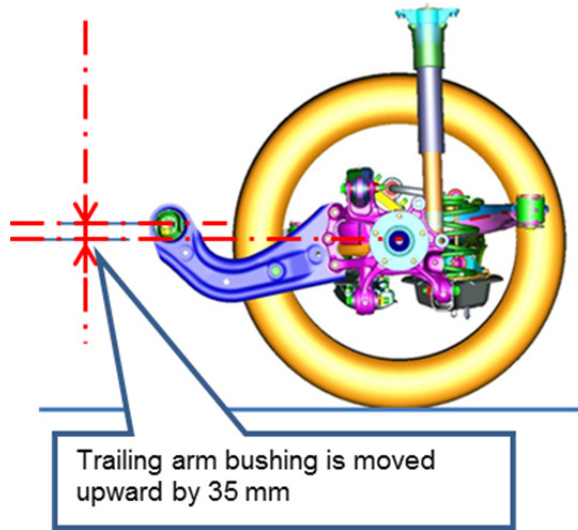


Fig. 5 Position of Trailing Arm Bushing

また、リヤダンパーの取り付け角度をより直立に近づけ、サスペンションの稼働軌跡の接線方向に近づく方向にすることにより、特に微小ストローク領域の動きやすさを確保した(Fig. 6)。

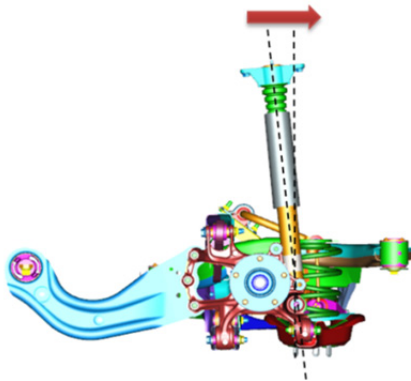


Fig. 6 Angle of Rear Damper

その他、新型CX-9の進化として、①フロントのロアアームには液封ブッシュを採用し、「低動バネ化」と「高減衰特性」を両立させて大入力時のショックの低減と不快な振動を抑え、②フロントダンパーには摩擦特性を向上させた構造を採用し、スムーズなサスペンションの動きを更に向上させている。

(2) ロードノイズ性能

新型CX-9のロードノイズ性能は、今までにない「突き抜けた静粛性」をお客様に提供することを目指し、高いレベルを目標として設定した(別稿“新型CX-9の静粛性開発について”を参照)。

その達成に向け、開発の初期段階でCAE技術を駆使し、各サスペンション部品の共振周波数を適切に管理し、車室内空洞共鳴とも離間すること(=モーダルアライメント)によりロードノイズを低減した。モーダルアライメント管理にあたっては、CX-5以降の商品開発で確立した寄与の高い主要モードの管理に加え、新たに複数のモードを管理指標として追加することにより、CAE解析によるサスペンション部品構造の最適化をより精度高く行うことができた。

また、経路寄与が高く変位量も大きいフロントロアアーム後側ブッシュについて、走行時には走行抵抗による変位発生とそれに伴う動特性上昇が起きることに着目し、走行時の動特性が最適な値になるように、ブッシュメーカーと協働で特性計測方法を新規に設定した。これにより、走行時のブッシュ動特性を最適化することでロードノイズ性能を改善した。

また、他性能とのバランスや重量効率を考慮し、サスペンション共振と車室内空洞共鳴の離間が困難と判断した箇所については、重量対効果で効果が最大となるアイテムとしてダイナミックダンパーを設定した。このダイナミックダンパーは、共振を二方向で管理することにより、異なる二つのサスペンション共振を一つのダイナミックダンパーで低減するように設定し、重量効率を最大化した。

4. 達成性能

新型CX-9で実現した達成性能の代表例を紹介する。

4.1 人馬一体感

SKYACTIV-シャシーで実現してきた軽快感と安心感の両立について、ミッドサイズSUVでの達成性能を説明する。

新型CX-9では、まずメイン市場である米国の現地において、車両応答と手応えの最適なバランスを検討し、そのバランスを実現すべくサスペンションの特性を見直し、及び電動パワーステアリングの制御パラメータの最適化を実施した。

Fig. 7は車両の応答と手応えの変化を表している。ステアリングホイール上の操舵トルクとヨー運動をよりニアにすることで、人が最も自然に感じ、人馬一体感を感じられる車両応答と手応えのバランスを実現した。

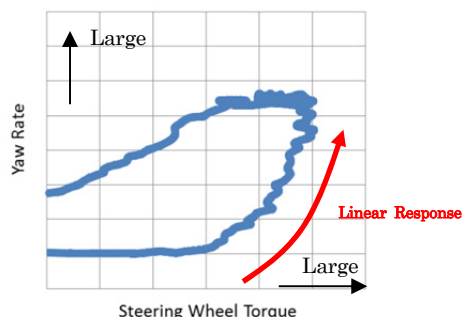


Fig. 7 Steering Wheel Torque vs. Vehicle Yaw Rate

Fig. 8は、ステアリング操作に対する車両のヨー運動と横G発生までの位相遅れを表している。それぞれの位相遅れを理想のバランス（グラフ上の赤枠の範囲）にすることを實現するため、ステアリング系の支持剛性を向上させることでヨー運動の遅れを低減し、リヤサスペンションのジオメトリーや各剛性の最適化によって理想のトー変化を持たせ、横G発生の位相遅れを低減させることで、軽快さと安定感の両立を實現した。

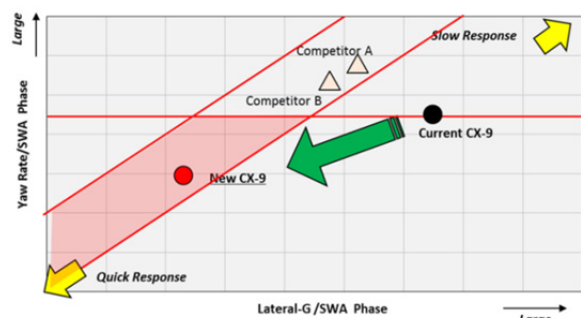


Fig. 8 Phase Lag of Lateral Acceleration / Yaw

4.2 快適性

(1) 乗り心地

Fig. 9は、人がブルブルとした振動を感じる周波数のエネルギー総和（シェイク性能）を表している。車両トータルでの振動について、フロントロアアームブッシュの液封化、リヤトレーリングブッシュの特性見直し、エンジンマウントの配置および特性見直しによる振動モーダルアライメントを行うことで大幅な振動低減を實現した。

Fig. 10は、段差を乗り越えた時の入力レベル（インパクトショック）と上記で示したシェイク性能のバランスを表している。一般的にこの二つの性能は背反しており、シェイク性能をひき上げるためサスペンションの振動減衰を上げると路面からの入力が増加しインパクトショック性能が悪化する。この背反する二つの性能について、車両全体での振動モーダルアライメントとリヤダンパー傾角の最適

化およびダンパー内部構造の見直しによりブレークスルーし、性能向上を實現した。

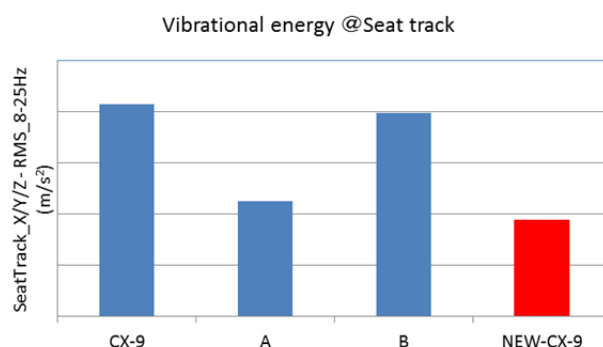


Fig. 9 Result of Shake Measurement

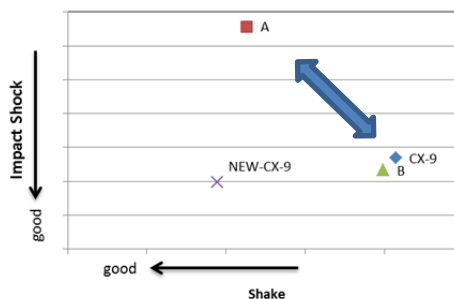


Fig. 10 Impact Shock vs. Shake

(2) ロードノイズ性能

Fig. 11は荒れた路面を走行時のロードノイズの音圧を表している。新型CX-9では、達成手段の項で述べたモーダルアライメント、走行時のブッシュ動特性最適化、重量効率を最大化したダイナミックダンパーの設定などにより、同セグメント競合車群の中でTopの性能を實現しつつ、一般的に相反する軽量化やダイナミクス性能とも両立することができた。

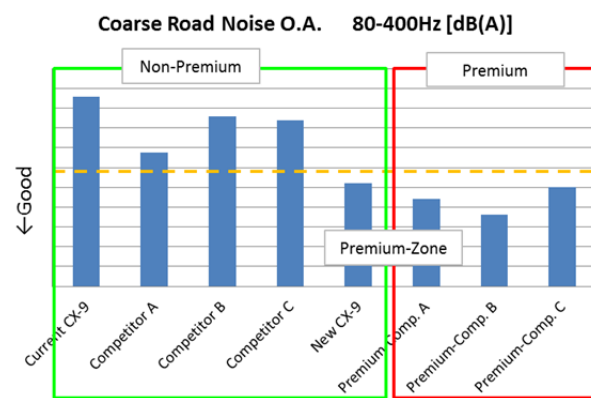


Fig. 11 New CX-9 Result of Road Noise Level

5. おわりに

新型CX-9のシャシーダイナミクス性能について紹介した。SKYACTIV-シャシーの技術をCX-5・アテンザ・アクセラの開発により得られた経験をもとに更に進化させ、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、ハイエンドモデルとしてふさわしい性能を達成することができた。今後もSKYACTIV-シャシーが進化し続けることを目指して取り組んでいく。

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)

■著者■



小沼 真一



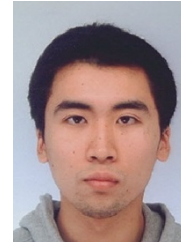
大久保 悟



中村 聡



大久保 英崇



中山 博資