

特集：新型デミオ

19

新型デミオのダイナミクス Dynamics of New DEMIO

友 貞 賢 二*¹ 高 尾 亨*² 小 林 茂*³
Kenji Tomosada Tooru Takao Shigeru Kobayashi
今 田 隆 夫*⁴
Takao Imada

要 約

新型デミオはマツダのDNAの一つである「反応の優れたハンドリングと性能」を実現するため、特に正確で剛性感のあるハンドリング性能の開発に注力し、シャシーを一新した。

サスペンション形式としてはフロントにはマクファーソンストラット式、リアにはトーションビームアクスル式を踏襲しているが、フロントはサスクロスメンバを、ロアコントロールアームにはA型ロアアームを採用し、またリアのトーションビームのサイズを大型化するなどして、ジオメトリの最適化や剛性を向上させた。

ブレーキはマツダのブレーキDNAである反応の優れたブレーキを実現すべく、「ペダル操作に対して素早く、期待通りに反応するブレーキ」を狙いとして開発を行った。このため、ブレーキサイズの大型化やマスタシリンダサイズ大径化などを実施し、剛性感、応答のリニアリティを向上させ、コントロール性の向上を実現した。

Summary

New Demio is equipped with a new chassis which has been developed focusing on, especially, precise and stable handling performance in order to realize "Highly Responsive Handling and Performance", which is one of Mazda DNA.

A Macpherson strut type has been adopted for front suspension, and a torsion beam axle type has been followed for rear suspension. A front cross member, an A-type lower control arm, and a large-sized rear torsion beam have realized optimization of geometry and improvement of rigidity.

A brake has been developed, aimed at "a brake which responds to pedal operation as expected and quickly" in order to realize a highly responsive brake, which is Mazda Brake DNA. The brake and a master cylinder have been upsized to improve rigidity, linearity, and controllability.

1. はじめに

新型デミオはマツダDNAの一つである「反応の優れたハンドリングと性能」を実現するため、誰もが思い通りに運転できる、クラス概念を超えた運動性能を目標に掲げ、シャシーを一新した。具体的には下記項目に注力して開発した。

- ・ 正確で剛性感のあるステアリングフィール
- ・ 安心感を与える高い安定性
- ・ 剛性感と、角感のないマイルドな乗り心地

本稿では新たに開発した新型デミオのシャシーの特徴と、それらによって実現した性能について紹介する。

2. シャシー

2.1 サスペンション・ステアリング

(1) 開発の狙い

サスペンション、ステアリングは基本となるジオメトリの最適化や、その良さを引き出すために十分な剛性を確保することに注力し、柔らかいブッシュの特性を使用することにより、操縦安定性と乗り心地の高いレベルでの両立を狙った。

具体的には、ドライバーのハンドル操作または操作力に対して車両がリニアに運動するよう、各部の剛性を上げ、また、ガタやフリクションを少なくすることにより、操作に

* 1 ~ 4 シャシー開発部
Chassis Development Dept.

よる入力に対して、応答の遅れや非線形性を抑制し、ハンドル操作による正確さや剛性感を追求した。

また安定性は、いかなる路面でもスムーズなホイールストロークで接地性を高めることにより、安定感を向上させた。特にリヤサスペンションの剛性や減衰力の応答性を上げることにより、後輪の追従性を向上させ安定感の向上を図ると同時に絶対的なグリップ力を向上させた。

乗り心地はサスペンションの取付け部の剛性を上げ、全体としての剛性は下げることなく、取付け部のマウントを柔らかくした。またダンパを効果的に作動させ、ポデーへの入力を穏やかにした。

(2) 構造と特徴

① フロントサスペンション・ステアリング

フロントサスペンションにはマクファーソン式ストラット形式を採用した (Fig.1)。



Fig.1 Front Suspension & Steering

ロアアームにはA型ロアアームを採用し、サスペンションのコンプライアンスによるアライメントやジオメトリの精度の向上を図った。また、サスペンション剛性を確保するため、サスペンションの入力を効率良く受けとめるフラットなクロスメンバを採用し、充分な断面を持たせた。

この高剛性のクロスメンバの採用により、サスペンションとしての剛性は維持しつつ、ロアアームブッシュは約1/4の特性まで柔らかく設定し (従来車比較)、マイルドな乗り心地の実現に寄与した。

ストラットはスムーズなストロークを実現すべく、ダンパに入る横力をキャンセルするスプリングを採用し、ダンパの作動フリクションを低減した。また、ストラットマウントは入力分離タイプのマウントを採用し、ダンパ減衰力の応答性を向上させた。これによりダンパ単体の減衰力を高めることなく (従来車比較)、しっかりと乗り心地とマイルドな乗り心地の両立を実現した。

またストラットベアリングはスプリングシートを一体化したボールベアリング式を採用し、操舵時のフリクション低減を図った。

ステアリングはエンジン回転感応式のパワーステアリングを採用した。ステアリングギアはラックハウジングとピニオンハウジングをアルミ一体成形とし剛性を向上させた。また、ギアはブッシュでクロスメンバにマウントし、従来のクランプタイプに比較して入力に対してヒステリシスのないリニアなブッシュ特性を実現した。その配置は低い位置とし、リニアなトー変化を実現した。

② リヤサスペンション

リヤサスペンションにはトーションビームアクスル式を採用した。荷室を広くするため、ダンパとスプリングは別々に配置し、特にスプリングは床下に配置することで荷室の拡大に寄与した (Fig.2)。



Fig.2 Rear Suspension

トーションビームは安定性や応答性を向上させるため、各種の剛性向上に注力した。サイドのトレーリングアームはキャンバ剛性を向上させるためパイプを用いた。また、トーションビームは大型の逆U字型のビームを採用し、キャンバ剛性、トー剛性の向上を果たした。

ダンパはモノチューブ式を使用し、減衰力の応答性の向上を図った。ダンパは単独のブッシュでポデーにマウントする入力分離タイプのマウントを採用した。これにより、フロント同様、低い減衰力 (従来車比較) でダンパの応答性の向上を図り、しっかりと減衰の効いた乗り心地とマイルドな乗り心地を実現した。

(3) 達成性能

① 操縦安定性

Fig.3は車速100km/h、操舵周波数0.3Hzでレーンチェンジした時の操舵力と操舵角のリサージュ波形を示す。そしてFig.4には中央値の勾配をグラフにまとめている。このリサージュ波形のヒステリシスの巾でステアリングフィールの正確さを、またこの勾配で剛性感を代表している。新型デミオは操舵角と操舵力のヒステリシスの巾

が小さく、フリクション感が少なく、操舵の切り返し等で急激な操舵力変化がなく、スムーズで正確なステアリングフィールが実現できている。またこの勾配は高いほど剛性感としては向上するが、オフセンタの操舵力とのつながりが悪化しステアリングフィールを損ねる。新型デミオはオフセンタの操舵力との繋がりをスムーズにして、ステアリングフィールを損ねることなく、競合車と比較してセンター付近の操舵に対する操舵力(手応え)の勾配が大きく、剛性感の高いステアリングフィールを実現している。

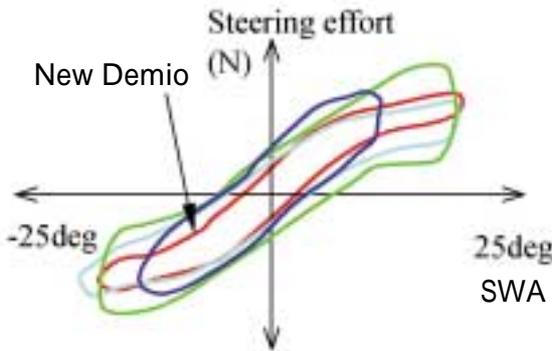


Fig.3 Steering Torque Characteristics (On center)

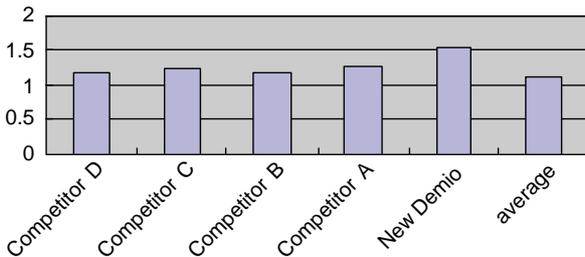


Fig.4 Steering Stiffness

Fig.5, 6に車速100km/hで0.4g相当の操舵をした際の周波数応答評価結果をまとめたものである。

Fig.5は0.6Hz時点のヨーレートと横Gの立ち上りの応答遅れをグラフ化している。新型デミオはヨーレート、横G遅れともにバランス良く、かつ小さな応答遅れを実現しており、操舵による、レスポンス良く、安定感の高い運動特性を実現している。

Fig.6はヨーレートの定常ゲインとヨーレートのピーク周波数をまとめたものである。定常ゲインは高いほど応答性が高く軽快感を実現できる。一方、ヨーのピーク周波数は高いほど、素早い操舵に対して的確に回答する能力を示している。新型デミオは高い定常ゲインで軽快感を出しつつ、かつ高いヨーレートのピーク周波数を

実現しており、素早い操舵にも追従し高い安定性を確保している。

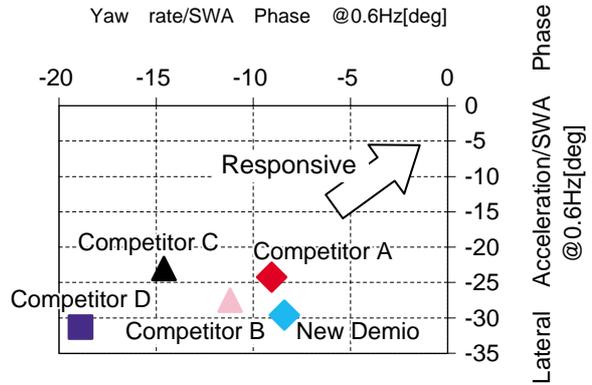


Fig.5 Delay of Yawing and Lateral Acc.

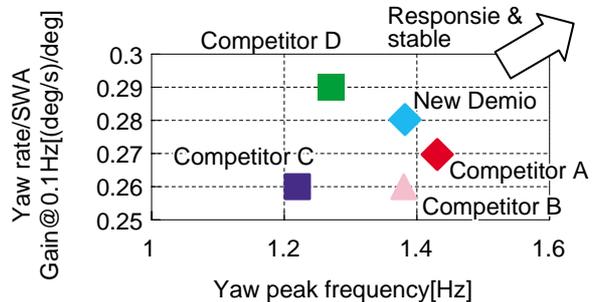


Fig.6 Yaw Gain and Peak Yawing Frequency

② 乗り心地

Fig.7, 8にコンクリートひび割れ路を50km/hでの走行時のフロア前後・上下方向振動のパワースペクトラム分析 (Power Spectrum Density, PSD) 結果を示す。上下方向5Hz付近の振動を抑え、突き上げ感で競合車を凌ぎ、また前後方向20Hz付近の振動を低く抑えることにより、ゴツゴツ感でも凌いでいる。

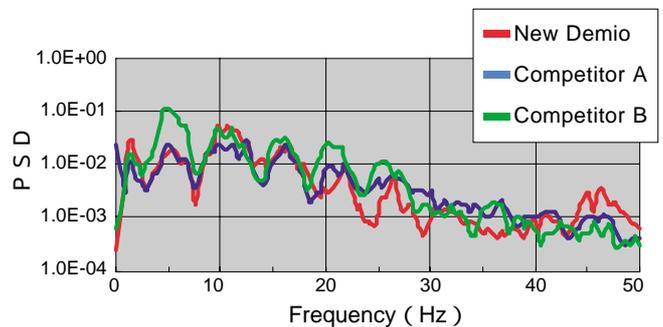


Fig.7 Floor PSD in Vertical Dir.

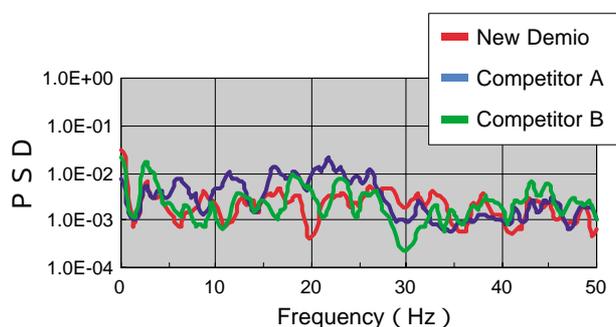


Fig.8 Floor PSD in Longitudinal Dir.

Fig.9は高速走行での突き上げ評価用の凹凸路を車速100km/hで走行した際の上下加速度を示す。

これから分かるように、新型デミオは高速でも上下加速度変化の少ない、フラットな乗り心地を実現している。

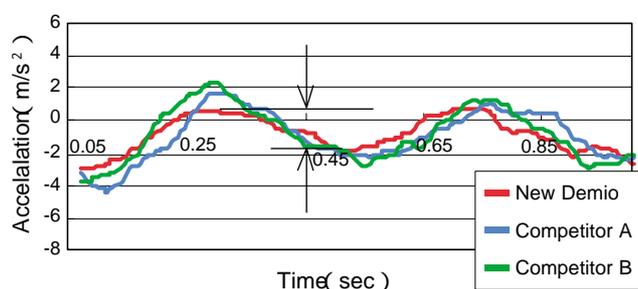


Fig.9 Floor Acceleration

2.2 ブレーキ

(1) 開発の狙い

新型デミオのブレーキは、マツダのブレーキDNA、すなわち「ペダル操作に対して素早く期待通りに反応するブレーキ」を具現化し、クラストップレベルの制動フィーリングと制動停止距離を実現することを目標とした。コントロール性の高い制動フィーリングを実現させるため、特に、ペダル剛性感の向上、リニアリティ感の確保に注力する車両特性目標を設定した。

(2) 構造と特徴

① マスタシリンダ/ブレーキブースタ

マスタシリンダ内径を 23.8に大径化させ、ペダル剛性感を向上させるとともに、リニアな制動フィーリングを得ることができるようブースタ特性をチューニングした。

② フロント・ブレーキ

フロントディスクブレーキは、ディスクプレート外径を 258に、ディスクプレート厚を22mmと大型化した。これにより、ブレーキの効き、効きの安定性、剛性感が

改善した。

③ リヤ・ブレーキ

リヤ・ブレーキのサイズは9インチであるが、シュー幅を36mmに広げ、効きの安定性を向上させている。

④ ABS/EBD (Electronic Brake force Distribution)

ABSは先に述べたベースブレーキ性能をフルに活かせるよう制御ロジックをチューニングし、滑りやすい路面等での、急ブレーキ時の車両姿勢変化とブレーキの効きをバランスさせ高い安定性とブレーキの効きを実現している。

ABS装着車にはEBDを標準装備とした。このEBDによりリヤ・ブレーキの配分を最適化し積載状態によらない高い効きを確保した。

⑤ DSC (Dynamic Stability Control System)

DSCをAT車にオプションで設定している。最適性能が得られるようチューニングを施したこのDSCは、エンジンとブレーキを同時に制御し滑りやすい路面や限界走行において車両の方向安定性を高めると同時に、発進時の車輪スリップをコントロールするトラクション機能によりドライバの運転を支援する。

⑥ BA (ブレーキアシスト)

ABS, DSC装着車には、緊急ブレーキ時にブレーキペダルを踏み込む力を補助するBAを標準装備した。このBAは、緊急ブレーキ時に、ドライバによるブレーキペダルの踏み込み速度と踏み込み力の2つのパラメータを感知し、ブレーキペダルの踏み込み位置によらず素早くシステムが作動する (Fig.10)。

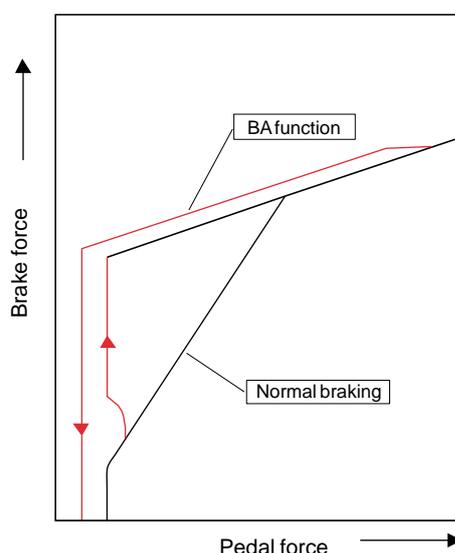


Fig.10 BA-Function

また、BA機構は、ブレーキブースタに内蔵されており、シンプルな構造とすることにより高い信頼性を確保している (Fig.11)。

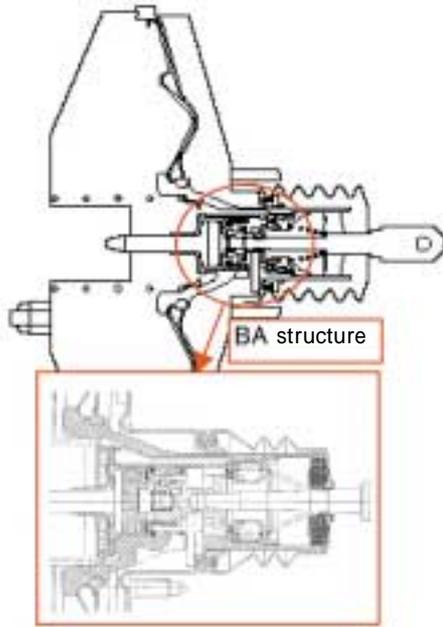


Fig.11 Vacuum Booster with BA

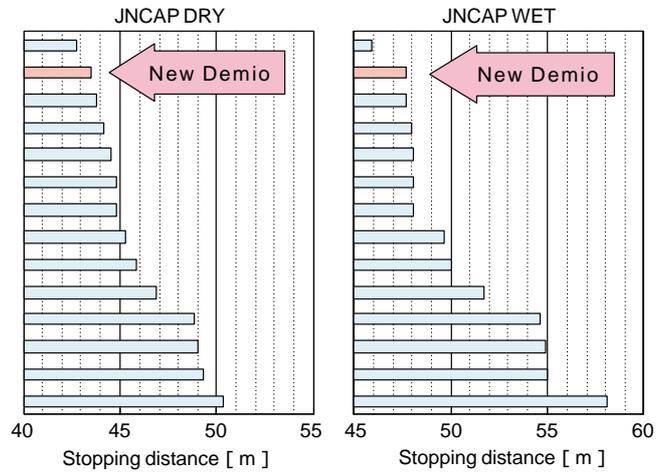


Fig.13 Stopping Distance

3. おわりに

以上、新型デミオのダイナミクス性能について紹介した。基礎技術の熟成により、ユーザの期待に応えるダイナミクス性能を実現できたと確信している。

最後に開発、生産に際してご協力並びにご支援頂いた社内外の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

著者



友貞賢二



高尾 亨



小林 茂

(3) 達成性能

① フィーリング性能

Fig.12は、ペダル踏力と減速度の関係、およびペダルストロークと減速度の関係を示す。新型デミオは、競合車よりも優れた効きとストローク特性を実現していることがわかる。また、当初の狙い通り、ペダル剛性感の向上とリニアリティが確保できた、コントロール性の高いブレーキとなっている。

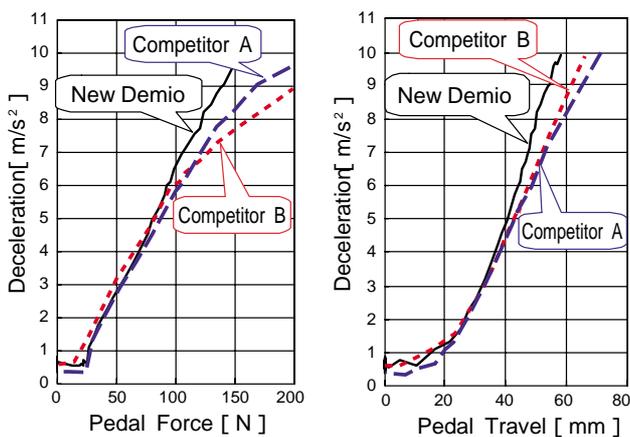


Fig.12 Feeling Performance

② 制動停止距離

Fig.13は、自動車事故対策センターで実施された制動停止距離試験結果を示し、新型デミオは、競合車中トップクラスの停止距離性能を実現している。