

特集：新型プレマシー

6

新型プレマシーのダイナミクス性能 Dynamics of New Premacy

和田 仁 法^{*1} 渡 邊 雅 哉^{*2} 熊 田 拓 佳^{*3}
 Hitonori Wada Masaya Watanabe Hiroyoshi Kumada
 塚 越 均^{*4} 伊 藤 肇^{*5} 小 倉 正 直^{*6}
 Hitoshi Tsukagoshi Hajime Ito Masanao Ogura

要 約

マツダが目指すDNAを具現化した、卓越したダイナミクスを実現するシャシー（サスペンション、ステアリング、ブレーキ）とボデーを開発した。

サスペンションは、フロントをマクファーソンストラット式、リヤをE型マルチリンク式とし、クラスの基準を超える仕様を採用した。更に、フロントクロスメンバの4点ラバーマウント化、液体封入式ブッシュの採用など、操縦安定性と乗り心地、振動・騒音を高度にバランスさせた。ステアリングには、優れたステアフィールと低燃費を両立する電動ポンプ式油圧パワーステアリングを採用している。ブレーキでは大径ブレーキの採用やブレーキペダルの低ペダル比化とマスタシリンダの小径化によるペダルロストラベルの低減などにより、クラストップレベルの制動距離と優れたフィーリングを実現した。

ボデーは、フレームやクロスメンバの大断面化、ストレート化などにより、ボデー全体の静的な曲げ剛性やねじり剛性を高めるとともに、局部剛性の向上にも取り組んだ。走行中の局部的なボデーの変形を抑える工夫を随所に取り入れることで、クラスを超えた高剛性ボデーを実現した。

Summary

We developed chassis (suspension, steering, brake) and body of new Premacy incarnating preeminent dynamics defined in the Mazda's DNA.

In order to strike a balance among "handling," "ride comfort," "vibration," and "noise" in a high level, Premacy's suspension adopted upmarket specifications, namely MacPherson Strut for the front, E-type Multi-link suspension for the rear, four-point rubber mount for front-crossmember, and liquid-filled bushings, etc. Steering adopted power assist-steering system complete with an electric motor pump to achieve excellent steering feel and the high fuel efficiency. Brake achieved the best-in-class braking distance and the superior brake feeling by reducing travel-loss of brake-pedal. This was enabled by the adoption of diameter-increased ventilated disc, the lowered pedal ratio, and the diameter-reduced master cylinder.

Body achieved the beyond-the-class rigidity. The static bending and torsional rigidity was increased by widening cross-sections and straightening the architecture of crossmember. The local body rigidity was also beefed up by incorporating a set of twists to hinder local body deformations during the driving.

*1, 2 操安性能開発部
Chassis Dynamics Development Dept.
*6 ボデー開発部
Body Development Dept.

*3, 4 シャシー開発部
Chassis Development Dept.

*5 NVH性能開発部
NVH Development Dept.

1. はじめに

新型プレマシーでは、コンパクトユーティリティの常識を超える「運転する楽しみ」を提供するため、次のターゲットに取り組んだ。

① 操縦安定性

- ・リニアで俊敏な操縦性
- ・高速までドライバが安心して運転できる安定性

② 乗り心地

- ・剛性感のある、不快なゴツゴツ感を抑えた乗り心地

③ 制動性能

- ・応答性が良く、リニアなブレーキ
- ・抜群の安心感とコントロール性を持つブレーキ

④ 静粛性

- ・ロードノイズの大幅な低減

これらを実現するため、クラスを超えたプラットフォームを開発した。

本稿では開発したシャシーとボデーに関する、開発の狙い、構造と特徴、達成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・ステアリングについては、ハンドル操作に対するリニアで俊敏な車両の応答を達成しつつ、快適で優れた安定性を実現するため、次の項目に注力した。

- ① ジオメトリ/コンプライアンス特性の最適化
- ② サスペンション取付部の高剛性化
- ③ ボデーへの振動入力低減

(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、マクファーソンストラット式サスペンションを採用した (Fig.1)。ラバーブッシュを介してクロスメンバをボデーに締結することで、高いサスペンション支持剛性と、騒音・振動の抑制を両立した。更に、サスペンションからの振動入力をより効果的に遮断するため、ロアアームの後側には1クラス上の車で使用される液体封入式ブッシュを採用した (Fig.2)。このブッシュでは、二つの油室の間を低抵抗の長い流路でつなぐことにより、安定した振動吸収性を確保するとともに、油室間に設置したラバー弁が高周波・大振幅の入力の際にオイルを逃がすことにより、過大な荷重がボデーに伝わらないようにした。これにより、操縦安定性と乗り心地、騒音・振動を高次元でバランスさせた。

個々の部品の特性、構造、配置にも気を配った。まず、サスペンションマウントを入力分離式にしてダンパの効きを上げたほか、ダンパとスプリングをオフセットして配置することでダンパにかかる横力を減らし、ダンパのフリク

ションを抑えた。また、フロント・リヤダンパともにリバウンドスプリングを内蔵させ、接地感のある安定したロールとフラットな車体の動きを実現した。更に、スタビライザのクロスメンバへの取付スパンも可能な限り広げ、スタビライザの効きを上げた。そして、ステアリングギアを通常よりも100mm程度低い位置に配置してタイロッド長を長く取ることで、ロール時のタイヤの接地性を維持しながら、タイヤのトー角がリニアに変化するようにした。これらにより、乗り心地や安定性を向上させながら、微小なハンドル操作に対する車両応答を大きく改善した。

ステアリングには、油圧システムと電動システムの長所を兼ね合わせた電動ポンプ式油圧パワーステアリングシステムを採用している (Fig.3)。油圧ポンプを従来のエンジン駆動式から電動ポンプに変更することにより、車速と操舵速度に応じて適切に油圧をコントロールできるようになった。これにより、正確でしっかりとしたステアリングフ



Fig.1 Front Suspension

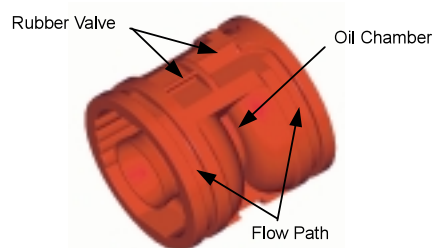


Fig.2 Liquid-filled Bushing

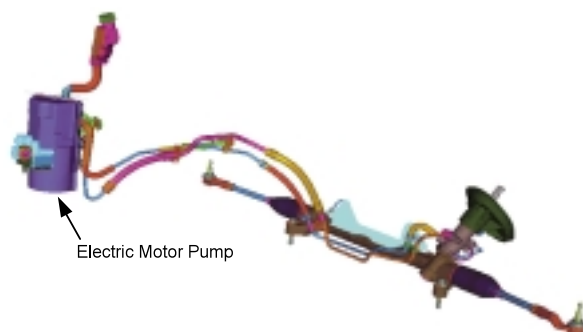


Fig.3 Electric Hydraulic Power Steering System

イールを実現するとともに、車両が直進している時には電動ポンプの回転を下げてエネルギー消費を抑えることにより1 - 1.5%程度の低燃費化にも貢献している。

② リヤサスペンション

リヤサスペンションには、E型マルチリンク式サスペンションを採用した (Fig.4)。これは、1クラス上のアテンザと同じ形式のサスペンションであり、次の4つの特徴を備えている。



Fig.4 Rear Suspension

1) ジオメトリ特性の最適化

このクラスで使われる他のサスペンション形式とは異なり、本サスペンションは走行時の車体姿勢や、外力変化に対するタイヤの動きを適切に設定できる。たとえば、タイヤと車体を前後につなぐトレーリングリンクの車体側取付点をタイヤ中心よりも18mm高い位置に置くことで、制動時の車体のノーズダイブを小さく抑えている。また、サスペンションの前後剛性を抑えながら、キャンパ・トー方向の剛性を高め、ロールセンター軸を最適化することで、優れた乗り心地と直進安定性・ロードホールディングを実現した。

2) サスペンション部品の高剛性化

走行中の荷重入力方向と大きさを考慮してクロスメンバ各部の剛性を引き上げた。また、トレーリングリンクのダンパ取付部もダンパ入力に合わせて高剛性化し、ハブベアリングには高剛性の第3世代ハブを採用した。このように、サスペンション各部に必要な剛性を持たせることで、ポテンシャルの高いサスペンションを実現した。

3) プッシュ容量の拡大

フロント・リヤサスペンションのプッシュ容量をクラス最大級とすることで、プッシュが余裕を持って各リンクからの入力を吸収できるようにした。これにより、底つき感のないスムーズなサスペンションの動きが実現でき、リニアな車両応答に貢献した。

4) ダンパとコイルスプリングの分離

スプリングをダンパと分離して床下に置いた。これにより、荷室の横幅の拡大に加え、ダンパのフリクションが減り、よりスムーズに減衰力が発生するようになった。

(3) 達成性能

① 操縦安定性

評価結果をFig.5に示す。全体として新型プレマシーのポテンシャルの高さがわかる。特に開発の目標である、正確で剛性感のある、安定性に優れた車両応答が実現できている。

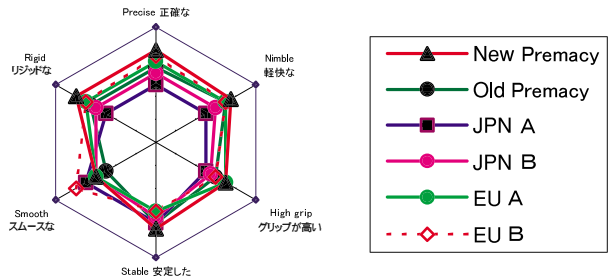


Fig.5 Steering & Handling Evaluation

ヨー共振周波数とヨーレイトゲインを比較した結果をFig.6に示す。新型プレマシーは競合車と比べてヨー共振周波数、ヨーレイトゲインがともに大きく、高いリヤグリップによる優れた安定性と俊敏な応答を両立できた。

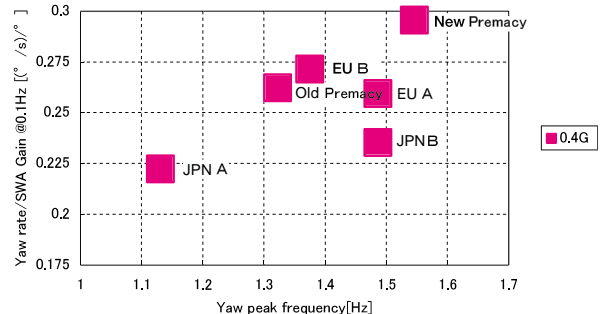


Fig.6 Comparison of Yaw Rate Response

② 乗り心地

評価結果をFig.7に示す。路面からの突き上げなどに対する車体の動きが小さく抑えられ、減衰に優れた特性であることがわかる。開発の目標である、剛性感があり、不快なゴツゴツ感を抑えた乗り心地が実現できている。

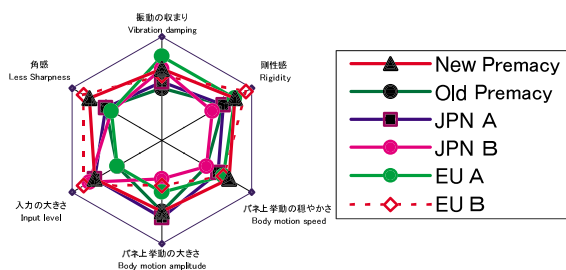


Fig.7 Ride Comfort Evaluation

荒れた路面を走行中の車体振動の大きさを比較した結果をFig.8に示す。新型プレマシーは人間が特に感じやすい10-30Hzの周波数帯域での振動レベルが競合車よりも小さく、しっかりとした質感の高い乗り心地となった。

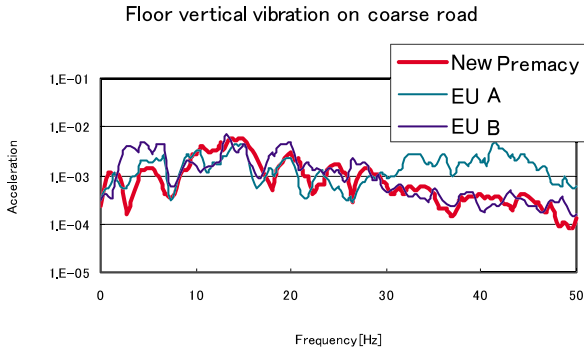


Fig.8 Comparison of Vibration Level

③ ロードノイズ

時速100kmで荒れた路面を走行した際の運転席でのロードノイズの比較結果をFig.9に示す。新型プレマシーが優れた静粛性を備えていることがわかる。

フロントクロスメンバの高剛性化、タイヤの低ロードノイズ化やボデーパネルの工夫により、路面からの振動が音になりにくい構造を実現した。これにより、荒れた路面を走行した際の、低周波の“ゴー”という音が減り、路面変化による車室内の音の変化を抑えることに成功した。

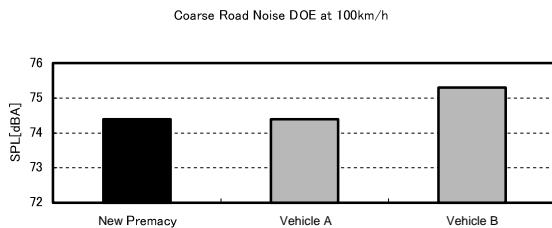


Fig.9 Comparison of Road Noise OA

2.2 ブレーキ

(1) 開発の狙い

ブレーキについては、「応答性が良くリニアなブレーキ」、「抜群の安心感とコントロール性を持つブレーキ」を実現するため、次の項目に注力した。

- ① ペダル踏力とストローク・減速度のバランスの最適化
- ② しっかりしたブレーキの効きと高いペダル剛性感
- (2) 構造と特徴

① ブレーキペダルの低ペダル比化

ペダルストロークの短縮化のため、ペダル比を2.8とし、ボデーパネルへの入力を小さくすることで、ボデーパネル

の変形量を抑えた。また、マスタシリンダ内径を22.2mmとした。これらにより、ペダルの剛性感を高め、コントロールしやすいブレーキ特性を実現した。更に、ペダル配置を最適化し、踏みやすさを向上させた。

② ブースタ

ブースタは、大径シングル10インチサイズのバキュームブースタを採用し、高いサーボ限界を確保した。

③ フロントブレーキ

ロータを大径化し、2.3Lエンジン搭載車はクラストップの300mm、その他の車両も278mmのロータを採用した。

④ リヤブレーキ

全車リヤディスクブレーキを採用し、ロータ径は、2.3Lエンジン搭載車は302mm、その他の車両は265mmの大径ロータを採用した。

⑤ DSC・EBD・ABS・BA

新型プレマシーではDSC（横滑り防止機構）をオプション設定した。またEBD（電子制御制動力配分システム）、ABS（4輪アンチロックブレーキシステム）とBA（ブレーキアシスト）を全車標準装備とし、制動停止距離の短縮と車両安定性を両立させた。特にBAはペダルの踏み込み速度と踏力に応じたアシストを可能にする機構を備えた機械式BAを採用し、信頼性が高く、スポーツ走行を妨げないアシストシステムを実現した（Fig.10）。

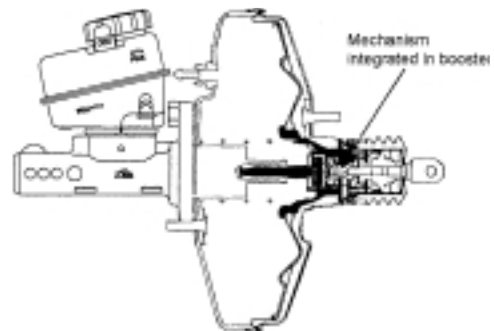


Fig.10 Example of Mechanical Brake Assist

(3) 達成性能

① ブレーキフィーリング

評価結果をFig.11に示す。開発の目標である、リニアで応答性に優れたブレーキが実現できている。

踏力と減速度、ペダルストロークと減速度の比較結果をFig.12に示す。新型プレマシーは踏力に対して減速度がリニアに立ち上がるほか、微小なペダルストロークに対してもしっかりと減速度が立ち上がり、コントロールしやすいブレーキ特性となっている。

② 制動停止距離

日本国内で行われている自動車事故対策機構によるJ-NCAP制動停止距離評価での比較結果をFig.13に示す（新

型プレマシーは、開発期間中に社内で測定した値)。新型プレマシーが、比較車両中トップクラスの制動停止距離であることがわかる。

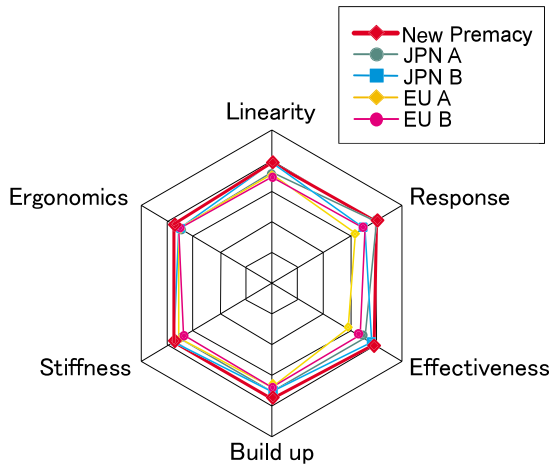


Fig.11 Brake Evaluation

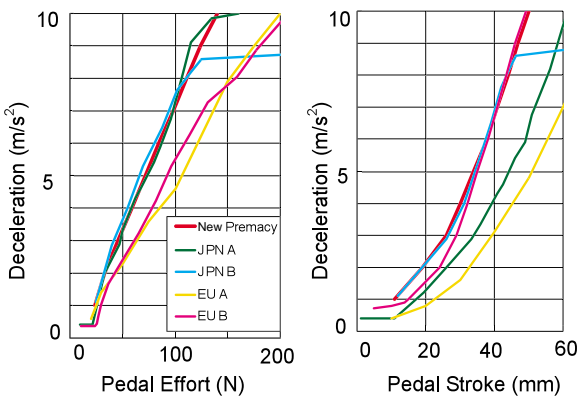


Fig.12 Comparisons of Brake Performance

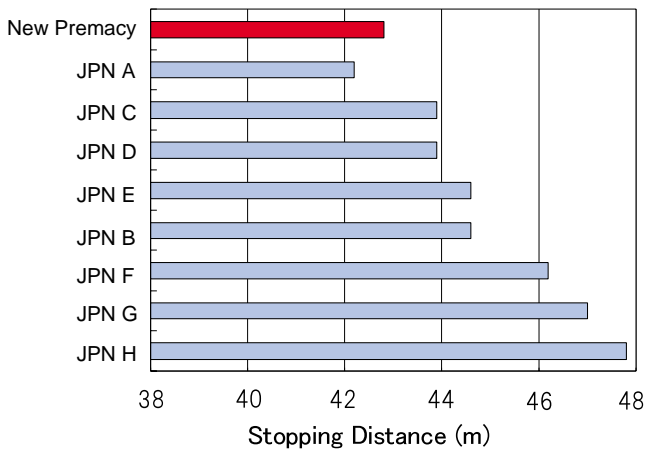


Fig.13 Comparison of Stopping Distance

3. ボデー

(1) 開発の狙い

新型プレマシーのキーバリューである「操る楽しさを感じさせるドライビング性能」と「家族や友人と快適に過ごせる使い勝手のよいパッケージと機能」とを実現できるしっかりとしたボデーを造りあげること、これを目標に開発に取り組んだ。その中でも特に、操縦安定性能に有効な局部剛性の向上、NVH性能に有効な動剛性の向上、剛性面で不利なスライドドア構造におけるねじり剛性の確保の3点に注力し、CAE解析等を駆使して取り組んだ。

(2) 構造と特徴

① ボデーフレームワーク

アンダーボデーのフレームワークをFig.14に示す。

フロントサイドフレーム、サイドシル、リヤサイドフレームといった前後方向の各主要フレームや、これら左右のフレームを結合する各クロスメンバの大型化、ストレート化により車体全体の曲げ、及びねじれ剛性を向上することができた。

フロントフロアトンネル部は縦壁立上がり部にフレームを設定、更にトンネル部フロア下には3本のクロスメンバを設定し、操舵時のトンネル廻りの局所的なねじれ変形を抑制することで、特に操安フィーリングや応答性を向上させた。また、リヤサイドフレームとサイドシルとの結合部はラップ代の拡大、かつ大断面で結合することで結合部剛性を高めるとともに、後突時の車体潰れを軽減し後席乗員の安全性を確保している。

更に、#3クロスメンバと#4クロスメンバとをつなぐフロアメンバを設定し、後席フラットフロア化で起こりやすくなる車体の上下振動による後席乗り心地の悪化を改善した。

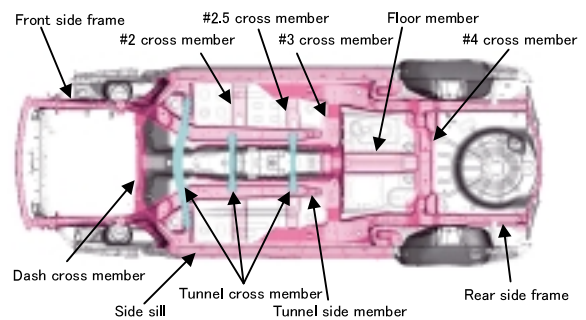


Fig.14 Body Frame Work

② フロントボデー構造

フロントボデー構造をFig.15に示す。

一体型のサスペンションタワーハウジングを、ダッシュクロスメンバで左右を結合されたフロントサイドフレーム及び閉断面のエプロンレインへ結合した。このサスペンションハウジングには、より優れたダンパの減衰特性を得るため、カウルガセットとカウルクロスメンバを設定し、前後・左右・上下方向の局部剛性を高めた。

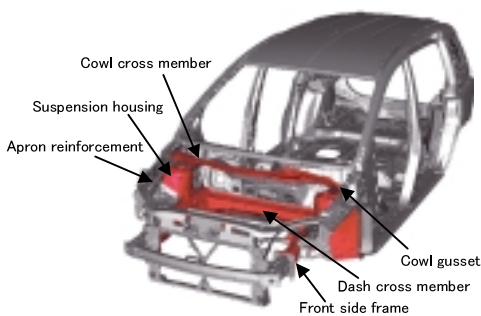


Fig.15 Front Body Structure

③ キャブサイド構造

後席乗降性向上のため大開口スライドドアを採用し、更にロアレールをサイドシル内へ格納することにより、サイドシル高さを低減させた。また、これらによるねじり剛性の低下をリカバーするため、スライドドア開口の各コーナー部やスライドレール廻りの補強を施した。

④ リヤボデー構造

リヤボデー構造をFig.16に示す。

ワゴン系の車においてはリヤボデーの剛性は最も重要であり、特にその開発に注力した。

リヤサイドフレームからリヤサスペンショントップにかけては厚板の補強部材で結合し、更にダンパ取付部は車室内よりガセットを重ねるとともに、リヤサスペンションタワーとフロア間にフロアガセットを追加することにより局部剛性を高めた。また、リフトゲート開口部には閉断面構造を通し開口部剛性を高めるとともに、この開口部とリヤ

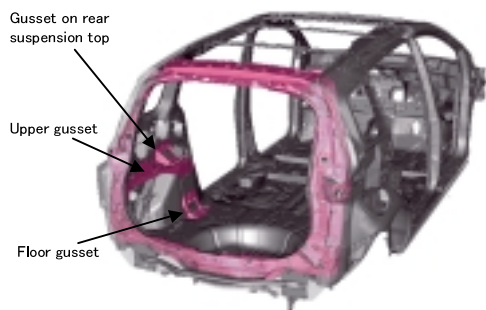


Fig.16 Rear Body Structure (5Door)

サスペンションタワーとを結合するアッパーガセットを設けることによりボデー剛性を向上させた。

(3) 達成性能

上記構造を採用することで、高い局部剛性と、スライドドア車でありながらヒンジドア車並みのねじり剛性を達成することができた (Fig.17)。そしてこれらにより、新型プレマシーは、Zoom-Zoomなダイナミクス性能を達成できる高剛性ボデーを実現できている。

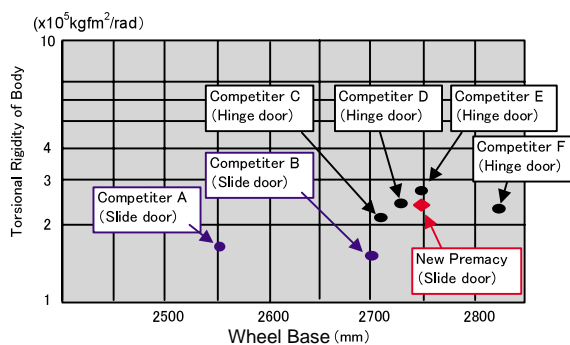


Fig.17 Torsional Rigidity

4. おわりに

以上、新型プレマシーのダイナミクス性能を支えるシャーシとボデーについて、開発の狙い、構造と特徴、達成性能を簡単に紹介した。

アテンザ、RX-8、デミオ、アクセラの開発を通じて培った技術と知見をもとに、マツダのDNAをコンパクトカーで実現すべく、基本を押さえながら細部へのこだわりを追求した。その結果、クラスを超えた操縦安定性、乗り心地、制動性能と静粛性を持つプラットフォームを実現できた。

著者



和田仁法



渡邊雅哉



熊田 拓佳



塚越 均



伊藤 肇



小倉 正直