

特集：新型MAZDA3

12

新型MAZDA3の軽量・高剛性ボディー開発

Development of Light Weight and High-Rigidity Body Structure for All-New Mazda3

佐藤 健一*1	川野 晃寛*2	中内 繁*3
Kenichi Sato	Akihiro Kawano	Shigeru Nakauchi
後藤 英貴*4	亀井 丈広*5	田中 潤一*6
Hidetaka Goto	Takehiro Kamei	Junichi Tanaka

要 約

新型MAZDA3は人間中心を突き詰めて生み出した次世代車両構造技術SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREを初めて採用したモデルである。先代モデルで採用した基本骨格の「ストレート化」, 「連続化」, 「マルチロードパス」のコンセプトを進化させ, 更なる高剛性化と, 振動エネルギーを集めて減衰させるという新しいアイデアを取り入れたボディーを新規開発した。本稿では, 人間中心の考え方を突き詰め, 高い操縦安定性, 乗り心地性能及び静粛性を達成するための軽量・高剛性ボディー開発について紹介する。

Summary

The All-New Mazda3 is Mazda's first production model to adopt next-generation structural technology called Skyactiv-Vehicle Architecture produced by pursuing Mazda's human-centered design philosophy. Advancing concepts of the basic structures such as 1) "Straight structure", 2) "Continuous structure", and 3) "multi load path" which had been adopted in previous models, Mazda developed a new body structure by introducing higher rigidity, and a new perspective on damping, which is to accumulate vibration energy.

This article introduces development activities for a light-weight and high-rigidity body structure, to achieve good handling and stability, ride comfort, and quietness based on human-centered design philosophy.

Key words : Vehicle Development, Platform, Body Structure/Body Design

1. はじめに

初代CX-5に始まるSKYACTIV-BODYは今日まで進化を続け, 高性能と軽量化を両立させることに成功した。

新たに次世代車両構造技術SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREを採用する新型MAZDA3は「走る歓び」を突き詰め, 飛躍的な性能向上を実現するべく開発に着手した。ボディーはシートやシャシー及びその他部品を支える骨格であり, 車両のダイナミクス性能を決定する重要な役割を担っている。

新型MAZDA3の開発にあたり, 従来の部品ユニットやシステムの概念を超えて, クルマ全体で最適化や理想の考えを進化させ, 今後の派生車種展開を睨んだ高いポテ

ンシャルと, 全ての車種においてマツダが追求する「走る歓び」を同じように体感できる同体質の特性をもつ新世代ボディーの開発をスタートした。

2. 開発のねらい

2.1 開発アプローチ

新型MAZDA3を始めとする新世代商品群の開発において, 特にダイナミクス性能と衝突安全性能を大幅に進化させるため, シャシーやシートを含めた車両全体で構造を最適化すべく, ボディー基本骨格の検討に着手した。

従来から採用しているSKYACTIV-BODYのコンセプトである骨格の「ストレート化」「連続化」「マルチロードパス」を更に進化させ, より効率的に入力を受け止め

*1~5 ボデー開発部
Body Development Dept.

*6 (株)マツダE&T
Mazda Engineering & Technology CO.,LTD.

られる骨格を追求した。初めに車体が担うべき機能の進化とそれを支える技術進化を一から構築しなおした上で、車両走行時や衝突時における骨格への入力及びエネルギーの流れ方をトポロジー最適化によって分析した (Fig. 1)。

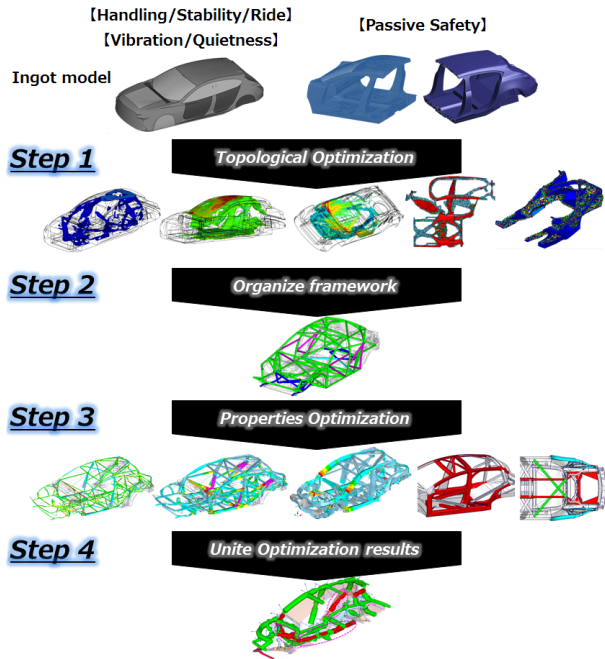


Fig. 1 Process of Structural Optimization

2.2 全体最適視点での機能配分量適正化

上記の結果から、新しいボディーの基本構造を決定した。基本構造の開発にあたり、車体だけでなくシャシーやシートを含めて一つの部品に多くの機能をもたせることで、物理量のミニマム化にも注力した (Table 1)。

Table 1 Multifunctional Table of Front Floor

Function	The way to achieve purpose	Category						
		Body Shell	Trim	Body Shell	Attachment	Trim	Seat	Suspension
A	✓	-	✓	-	-	✓	✓
B	-	✓	-	-	-	-	✓
C	✓	-	✓	-	-	-	✓
D	-	-	✓	-	-	✓	✓
E	✓	-	✓	-	-	-	✓
F	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
G	✓	✓	✓	✓	✓	-	-

2.3 スチールの性質を活かした構造最適化

自動車のボディーに採用する材料はスチール以外にアルミニウム合金を含む軽合金や繊維強化プラスチック等

樹脂材料が一般的であるが、新世代ボディーにおいては加工性に優れ、比較的容易にグローバル調達が可能であることから、スチールで開発を進めた。

前述の基本骨格の検討と機能配分量適正化によって各骨格部材が担うべき機能目標、例えば操縦安定性能や衝突安全性能目標を達成するために、各骨格部材がどのような役割を果たすべきかを明らかにした。

この目標を達成するため、走行時における骨格への入力の大きさや方向だけでなく、衝突時の変形を考慮してエネルギー吸収効率を最大限高めるため、材質、断面形状、他の骨格部材との繋ぎ構造を工夫した (Fig. 2)。

これにより質量増を伴わずに骨格部材の曲げ／ねじり剛性／強度を向上させた。

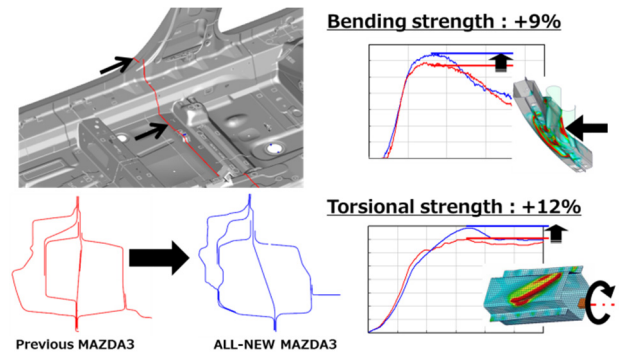


Fig. 2 Example of Optimized Section Shape (Rocker)

2.4 新世代ボディーの位置づけ

新型MAZDA3で採用した新しいボディーはCセグメント以下クラスのラインナップ展開を想定し、幅広い質量レンジに対応可能なものとした。ボディーの根幹となる基本骨格を固定要素とし、車格や商品コンセプトに合わせて対応すべき部品は変動要素とした (Fig. 3)。

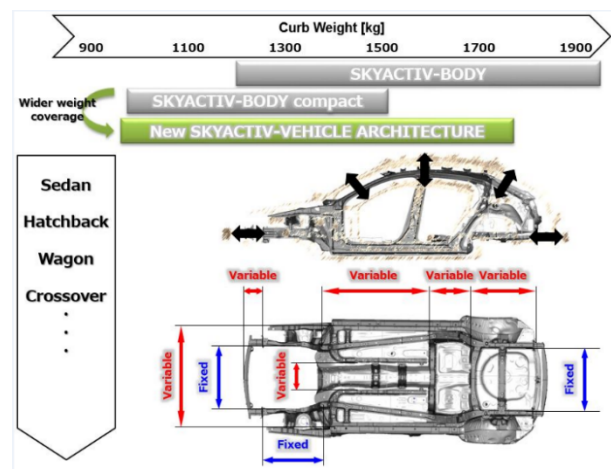


Fig. 3 Concept of New Body Structure

3. ボディーの進化

新型MAZDA3は自分の足で歩いているときのように、バランス保持能力をクルマに乗っている状態でも発揮できるように、路面からの入力があるように乗員に伝わるかを考え、シート、ボディー、シャシーの全てを包括して機能を最適化した。

例えば、人の歩行時のように頭の動きが安定する乗り心地を実現させるには、路面からの入力をサスペンションで滑らかな入力に変換し、そしてボディーは滑らかな入力を遅れなく、ドライバーに伝えなければならない。

また意のままの操縦安定性を実現させるには、ドライバーの操作に対して車両が遅れなく応答する必要があり、そのためには4輪サスペンション間でエネルギーを遅れなく伝達しなければならない。

これに対してボディーは、入力の伝達ロスを減らし、骨格全体で入力を受け止め、更に路面から入ってくる振動エネルギーを減衰し、快適な室内空間を確保することを目指した。新しいアイデアを取り入れ、高剛性でありながら振動エネルギーを減衰する機能をもつボディーを実現した。

3.1 操縦安定性・乗り心地

車両が運動する時、力を出すのは唯一路面と接しているタイヤである。タイヤ力は路面との接地荷重や角度で変動し、それをコントロールするのがサスペンションの役割である。そしてタイヤ力を、サスペンションを通して受け止め、人間の骨盤に滑らかに伝えるのがボディーの役割である。そのために、サスペンション支持部の強化や、ボディーの骨格を上下左右だけでなく前後方向にもつないで、多方向に環状構造を配置した (Fig. 4)。

これにより、ねじり剛性では先代比11% (5HB) の剛性向上を実現した。

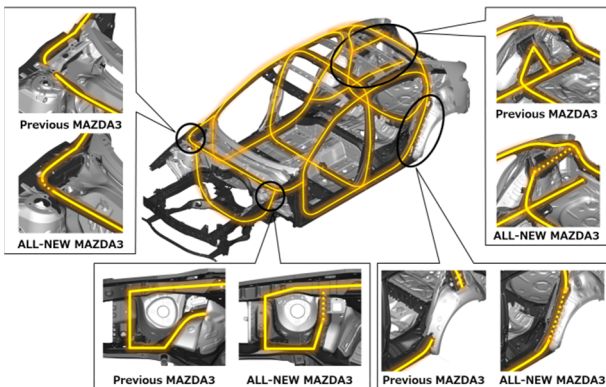


Fig. 4 Comparison of New and Previous Ring Structures

また、路面入力に起因する振動はタイヤからサスペンションをとおして車体の骨格を伝達し、周辺の骨格やパネルを振動させる。サスペンション支持部の強化によって骨格に伝わる振動を抑制するだけでなく、サスペンションからの入力がある周辺の骨格やパネルに伝達し、乗り心地や静粛性に関連する振動モードを励起させないように、部分的に剛性をコントロールし、振動を伝達させない考え方を取り入れた。剛性値のみを追求するのではなく、骨格の“剛”と“柔”をバランスよく配置することで剛性感と減衰感を向上させた。

更に、従来から剛性感向上を目的として採用していた構造用接着剤に振動減衰の機能を付与した新開発の『減衰接着剤』を採用した。従来は振動抑制に対して質量と剛性をコントロールすることが一般的な手段であったが、新開発の構造減衰技術の採用により、質量に頼らず振動エネルギーを減衰することを可能にした。

この『減衰接着剤』による振動減衰効果を発揮するため、前述の“柔”に該当する箇所に振動によって生じた歪エネルギーを集中させ、この部位に対して『減衰接着剤』を積極的に採用することで、振動を効率的に減衰させるとともに質量増加を抑制した (Fig. 5)。

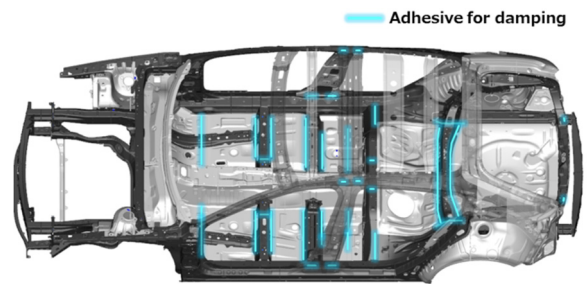


Fig. 5 Adaptation of Adhesive for Damping

これら新技術採用による効果の一例を下図に示す。路面入力に対する乗員付近の振動レベル低減や静粛性向上を実現した (Fig. 6)。

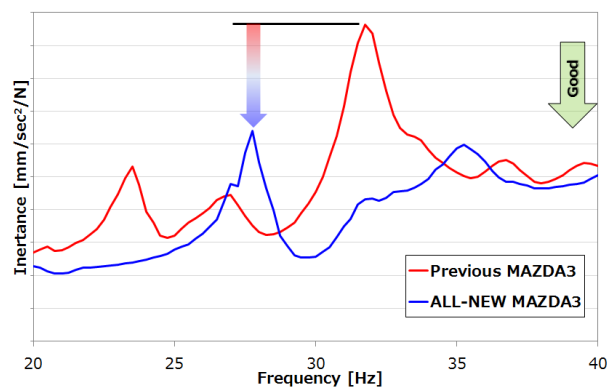


Fig. 6 Body Damping Feeling

3.2 衝突安全性能 (安心・安全)

新型MAZDA3では、980MPa以上の超高張力鋼板の使用比率を先代モデルの約9%から約30%へと飛躍的にアップさせ衝突安全性能の向上と軽量化を両立した。

例えば、1310MPa級の超高張力鋼板は車体構造用冷間プレス部品として世界初採用であり、この材料を適用した箇所において前モデル比で15.7%の軽量化を実現した (Fig. 7)。

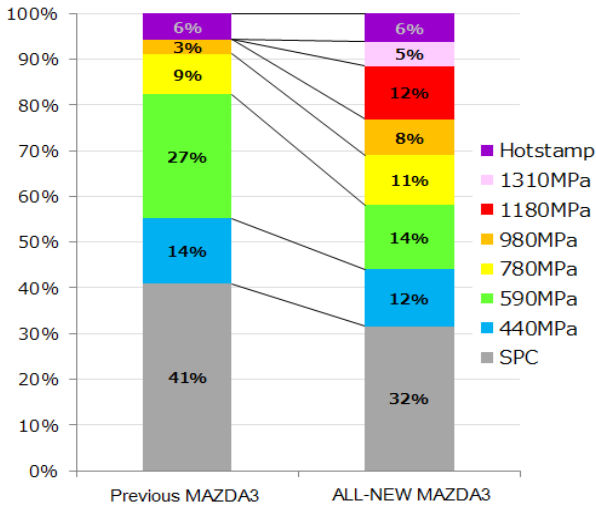


Fig. 7 Material Strength of Sheet Metal

1) 前面衝突性能

前述の超高張力鋼板の積極的採用に加え、高エネルギー吸収フレーム構造を採用することで、前面衝突時のエネルギー吸収効率を上げ、エネルギー吸収に必要なスペースを低減することを可能にした。これにより従来と同じスペースでより大きな衝突エネルギーを吸収でき、衝突安全性能を向上させた (Fig. 8)。

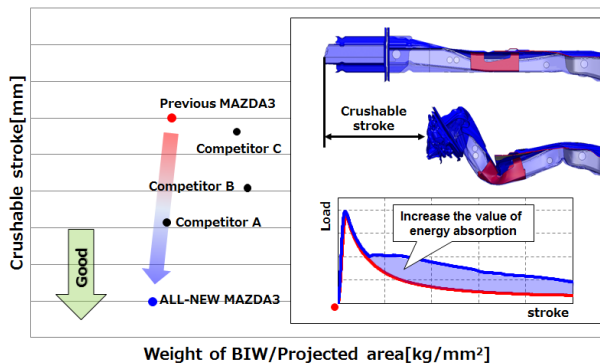


Fig. 8 Effect of High Energy Absorption Concept

2) 側面衝突性能

前モデルより更にリアルワールドに近づけ、かつ物理量ミニマム化を実現するために、エネルギー吸収量分担、すなわちマルチロードパスを進化させることで、より強固なキャビンを実現した。従来の考え方では側面衝突性能を追求するとルーフへの機能配分量を高める必要があるが、車両前後方向への荷重伝達比率を高め、AピラーとCピラーに荷重を分散する考えを新たに採用した。側面からの衝突荷重を効率的に分散させることで、衝突時における乗員生存空間を確保した (Fig. 9)。

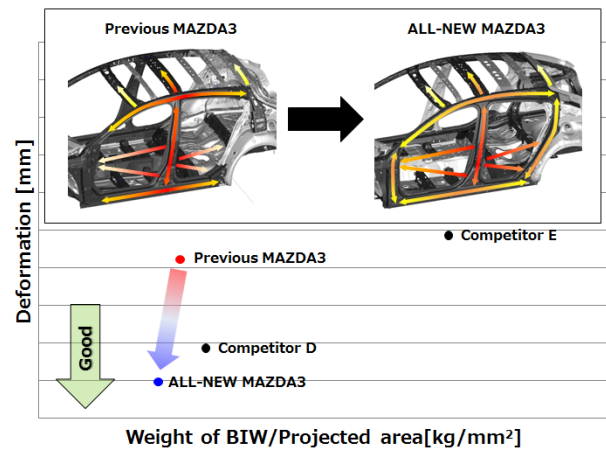


Fig. 9 Load Path for Side Crash

3) 後面衝突性能

前述のマルチロードパスの進化、具体的にはリアドア開口部に骨格を配置し、衝突時における乗員生存空間を確保した。

またキャビン以外の荷室空間でエネルギー吸収を向上させるために、衝突時のリアフレーム変形挙動を曲げから蛇腹変形による軸圧縮にすることで効率的かつ持続的なエネルギー吸収を実現した。

この蛇腹変形を実現するため、周辺部品のレイアウトを工夫し、効率よく荷重を受け止められるフレーム断面の高さ・幅及び形状を決定し、断面を真っ直ぐ通すとともに、フレームの変形挙動を分析し、変形周期に逆らわないようにフレームの側面・下面に変形の起点となるビードを配置した。

これによりフレームを安定して潰すことを可能にし、従来構造と比較してエネルギー吸収効率を約2倍に向上させた (Fig. 10)。

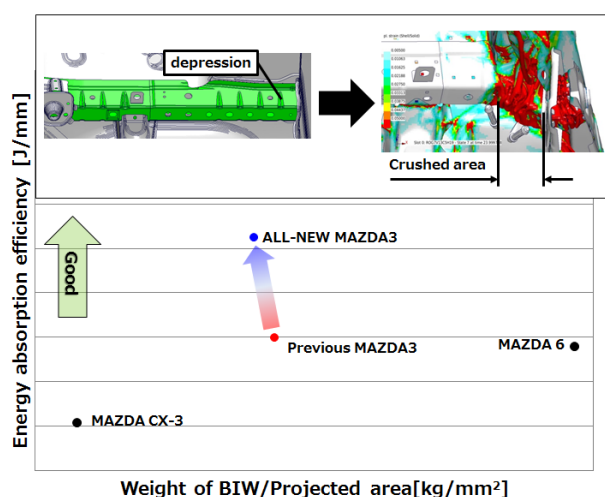


Fig. 10 Rear Frame Structure

3.3 軽量化

新型MAZDA3のボディーは、ダイナミクス性能や衝突安全性能を大幅に向上させながら、さきに述べた構造適正化や減衰機能をもたせた接着剤の採用、また超高張力鋼板の使用比率アップによって、先代モデルと質量同等で大きな機能進化を実現した。

4. おわりに

新型MAZDA3はこれまでのSKYACTIV-BODYの技術進化を取り入れながら機能進化を実現し、先代モデルから商品力を飛躍的に進化させることに成功した。この成果は企画やデザインをはじめ、関連部門と高い志を共有し、六位一体（開発・生産・購買・品質・物流・サプライヤー）で活動しモノ造り革新を進めた結果である。今後もお客様の期待を上回り、喜んで頂けるようSKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREを更に進化させ、魅力ある商品開発に尽力していく所存である。

参考文献

- (1) 木村隆之ほか：SKYACTIV-ボディ，[マツダ技報](#)，[No.29, pp.61-67 \(2011\)](#)

■ 著 者 ■



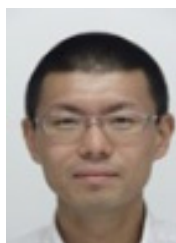
佐藤 健一



川野 晃寛



中内 繁



後藤 英貴



亀井 丈広



田中 潤一