

特集：新型MAZDA3

18

## 新型MAZDA3の衝突安全性能 Passive Safety of All-New Mazda3

竹村 征樹*1 Masaki Takemura	木戸 啓人*2 Hiroto Kido	石川 靖*3 Yasushi Ishikawa	川本 篤史*4 Atsushi Kawamoto
井上 伸生*5 Nobuo Inoue	田口 征吾*6 Seigo Taguchi	鬼頭 応時*7 Masatoki Kito	丸山 勉*8 Tsutomu Maruyama

### 要約

マツダでは「走る歓び」と「優れた環境・安全性能」を目標に、安全・安心なクルマと社会の実現を目指した商品開発を実施している。その中で、衝突安全性能開発は、安全性能と軽量化という背反する課題を両立させるために、MBD (Model Based Development) を駆使して車両構造を開発している。SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREに代表される車体開発では、高精度CAE 技術を用いて、衝突荷重を効率的に分散させるマルチロードパスを進化させた新しい構造を作り上げた。

新型MAZDA3では、各国の衝突安全法規制をクリアするだけでなく、更に高いレベルの衝突安全性能を目指し、衝突安全アセスメント (New Car Assessment Program : NCAP) で世界トップレベルの性能評価を得ることに加え、市場におけるさまざまな事故・傷害形態の分析と人間研究を軸として、万一の事故の際に乗員や歩行者をしっかりと保護することを目標として開発した。

### Summary

Aiming at safe and secure cars and society, Mazda is striving to realize “excellent environmental and safety vehicle performance” and “driving pleasure”. For crash safety, Mazda uses MBD (Model Based Development) in vehicle structure development to achieve the two conflicting properties that are light weight and safety performance at a high level. In vehicle body development featured by Skyactiv-Vehicle Architecture, a new body structure was developed by using high-accuracy CAE Technology, which is an evolution of a multi-load path structure that efficiently disperses collision loads.

All-New Mazda3 aims to achieve higher level crash safety performance while meeting each market's safety regulations. The car aims to get the world-top rating in the New Car Assessment Program (NCAP) and securely protect vehicle occupants and pedestrians at an accident based on human studies and analyses on various accidents/injuries occurred in the markets.

**Key words** : Safety, Passive Safety, Energy-Absorbance, Injury Mechanism, Vehicle Development, Platform, Body Structure, Weight Reduction, CAE

### 1. はじめに

交通事故による死者数は、日本では減少傾向にあるが世界的にも依然として大きな社会問題であり、更なる衝突安全性能の向上が求められている。そのため、新世代商品群では、万一の事故の際に乗員や歩行者をしっかりと保護するため、市場におけるさまざまな事故・傷害形態の分析と人体における傷害発生メカニズム (人間研究)

を軸として開発した。

また、深化した魂動デザイン、意のままに操る楽しさを実現するために、最少の潰れストロークを、最軽量で達成するための進化に取り組んだ。進化のポイントは、理想の車体潰れパルス (減速度) と内装パルスを実現するために、MBD (Model Based Development) モデルによって、荷重と変位をマルチロードパスで自在にコントロールする技術にも取り組んだ。

\*1~8 衝突性能開発部  
Crash Safety Development Dept.

新型MAZDA3では、車体モデルは元より、ダミー（人体を模擬した計測用人形）モデル、内装・乗員保護装置（エアバッグやシートベルトなど）モデルを組み合わせ、車体変形挙動から乗員傷害値まで予測可能なCAE技術によって、世界トップレベルの衝突安全性能の実現を目指した。そのために、強固な超高張力鋼板を採用しつつエネルギー吸収効率を高めたボディー構造や、傷害を減らすために人間の特性に基づいて開発した乗員保護及び歩行者保護構造などを取り入れ、衝突安全性能を大きく進化させた新世代車両構造技術SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREを採用した。

本稿では、衝突安全性能と軽量化を高次元で両立させたSKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREと高い乗員保護性能及び歩行者保護性能を備えた安全装備を、代表的な衝突形態である前面衝突、側面衝突、後面衝突、歩行者保護衝突について紹介する。

## 2. 前面衝突性能開発

### 2.1 前面衝突時の車体骨格構造

新型 MAZDA3 では、前面衝突への対応として、車体は、Fig. 1 に示すエリアで、(1) 高効率エネルギー吸収構造と(2) 高強度キャビンを実現した。さまざまな衝突形態に対応するため、先代モデルでも採用していたマルチロードパス構造を更に進化させた。

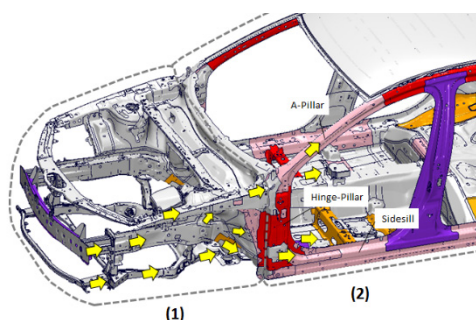


Fig. 1 Multi-Load-Path Structure for Frontal Crash

#### (1) 高効率エネルギー吸収構造

Fig. 2 に示す左右端を延長したバンパービームとペリメータービームで、相手車の骨格部品とのすれ違う事故での衝撃の軽減を目指した。そのために、ペリメーターメンバーの左右端には、オフセットした相手車のような衝突物とのラップ量の少ない衝突時に、ロードパスを効率的に導くエクステンション構造を採用した。また、衝撃をしっかりと受け止めてからゆるやかに減速させるフロントフレームのエネルギー吸収レイフォースメント構造<sup>1)</sup>により、高いエネルギー吸収効率を実現した (Fig. 3)。

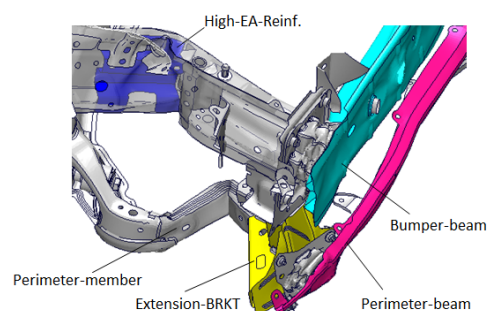


Fig. 2 Energy Absorption Structure of Frontal Crash

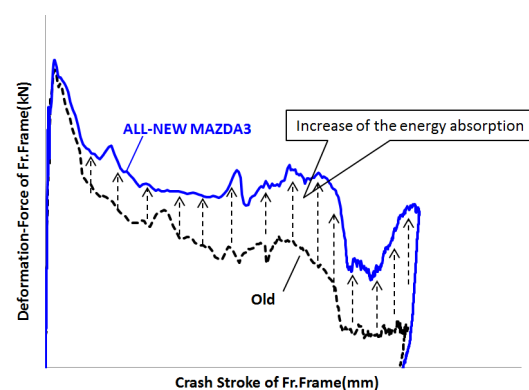


Fig. 3 Performance of High-Energy Absorbing Frame

#### (2) 高強度キャビン

Fig. 4 に示すように高強度キャビンは、フロントフレームとヒンジピラー、ヒンジピラーとサイドシル、エプロンリアとヒンジピラーのロードパスを新たに設定して強化し、ボルト結合や SW 点数の最適化によって、接合も強化した。また、超高張力鋼板の採用比率を高め、980MPa 以上の超高張力鋼板の使用比率は、先代モデルの約 9% から約 30% へとアップさせた。中でも、A ピラーやヒンジピラーには、1,310MPa 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で初めて採用し、サイドシルなどの 1,180MPa 級と合わせて、軽量かつ高強度なボディーを造り上げた。これらを実現するために、新たに開発した超高強度鋼板の特性や SW、ボルト部の破断リスクを高精度で評価できる CAE 技術を確立した。

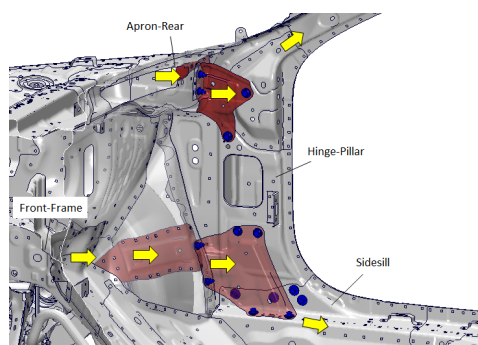


Fig. 4 Cabin Structure for Frontal Crash

## 2.2 前面衝突時の乗員保護装置

### (1) SRSエアバッグシステム、シートベルト

新型MAZDA3では、運転席&助手席エアバッグ、カーテン&フロントサイドエアバッグを標準装備した上で、膝前周りに展開する運転席ニーエアバッグをマツダで初めて採用した (Fig. 5)。ニーエアバッグにより、衝突時に乗員の前方移動を抑えることで腰ベルトにかかる力を低減し、胸部や腹部の傷害軽減を実現し、同時に脚部の傷害も軽減した。

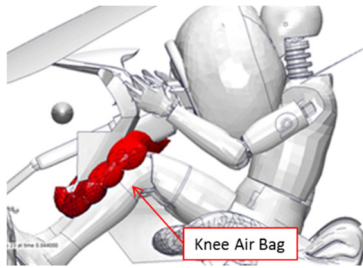


Fig. 5 Driver Knee Air Bag

### (2) ラップアンカー付き新型サブマリン抑制シート

新型MAZDA3では、前席シートベルトのラップアンカー部をシートに取り付ける構造とした。これにより、シートを前後に動かしたどの位置の乗員に対しても、腰に掛かるベルト角度を最適にできるため (Fig. 6)、ベルトのたるみが最少となり、衝突時のより素早い乗員保護を可能とした。また、人間研究<sup>②</sup>を元に骨盤を前傾させ、自然なS字アライメントを作り出せるシート構造を、シートクッションとシートバック形状の工夫で実現した (Fig. 7)。これら2つにより、シートベルトが自然に骨盤にかかり易くなり、サブマリン抑制の効果を向上させるとともに、正しい姿勢で着座でき、より「人馬一体」を感じられるシートを実現できた。

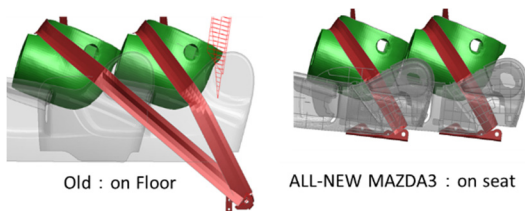


Fig. 6 Seatbelt Lap Anchor



Fig. 7 New Seat Structure & S-Shaped Alignment of Spine

## 3. 側面衝突性能開発

### 3.1 側面衝突時の車体骨格構造

マルチロードパスを進化させ、側面衝突のさまざまな方向や位置からの衝突エネルギーをしっかりと受け止めながら、キャビンの変形を最小限に抑える車体構造を軽量化と両立させた。従来の考え方で側面衝突時の車体変形の抑制を追求すると、Bピラーやルーフ、サイドシルの強化の必要があり、軽量化にも限界があった。そこで新型MAZDA3では、車両前後方向への荷重伝達比率を高め、従来は側面衝突時に大きく機能していなかった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 (Fig. 8)、側面衝突の安全性能向上と軽量化の両立を実現した。

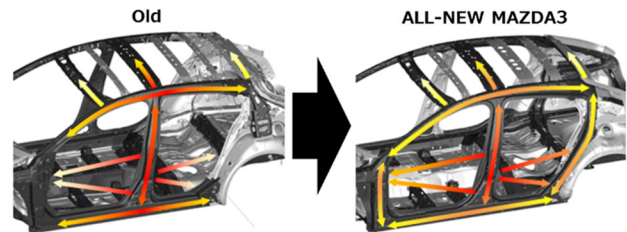


Fig. 8 Load-Path for Side Crash

Fig. 9に示すドアからボディー前方側への荷重伝達に重要なドアインパクトバーの締結部は、従来の1面接合から2面接合構造とし、更に、ドアヒンジも高張力鋼板に変更して強固にした。また、Cピラー部のリアボディー内部には、ボディー後方側へ伝達させた荷重をしっかりと受け止め、ルーフやサイドシルへ荷重伝達させるために、レインフォースメントを設定した。

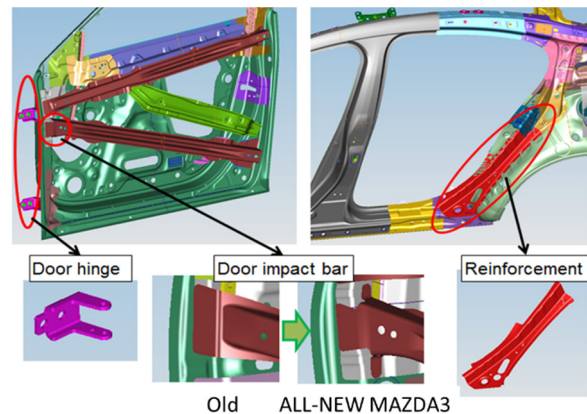


Fig. 9 Front Door and Rear Body Structures

また、Bピラーやルーフ、サイドシルの断面は、座屈変形しやすい部分に稜線を設定し (Fig. 10)、追加の補強部品なしで、素材そのものの強さを最大限引き出す断面形状の工夫により、強度と軽量化を両立した。

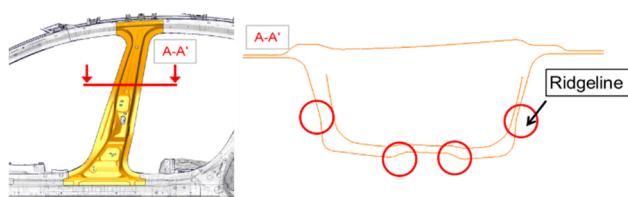


Fig. 10 Structure Concept

### 3.2 側面衝突時の乗員保護装置

新型MAZDA3では、高齢者の人体特性の研究を基に、特に骨折傷害を受けやすい肋骨部を保護するために、サイドエアバッグの内圧の最適化をはかった。バッグ前部は内圧を低くして硬度を下げ、バッグ後部は内圧を高めにして硬度を上げることにより、肋骨への負荷を減らしつつ、比較的耐性の高い背骨を主体にしっかりと体を保護できる構造とした (Fig. 11)。

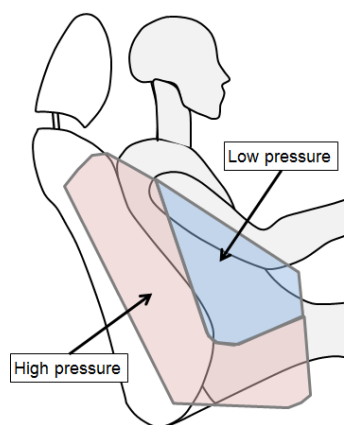


Fig. 11 Side Air Bag Concept

## 4. 後面衝突性能開発

### 4.1 後面衝突時の車体骨格構造

新型MAZDA3では、時速80km/hで車両の70%に可動バリアが追突する衝突モードでも、衝突後に後席のドアが開扉できるようにキャビンは強固な骨格で構成し、荷室空間は高効率に衝突エネルギーを吸収できるフレーム構造を新たに採用した。

衝突後のキャビンの確保のために、ドア開口部を中心に連続化されたフレームワークと超高張力鋼板の多用化により、従来よりも客室の強度を向上しつつ質量増加を抑制した。

一方で、荷室空間を高効率にエネルギー吸収させるために新型MAZDA3では、衝突時のリアフレームを従来の曲げ変形から蛇腹変形にコントロールした (Fig. 12)。

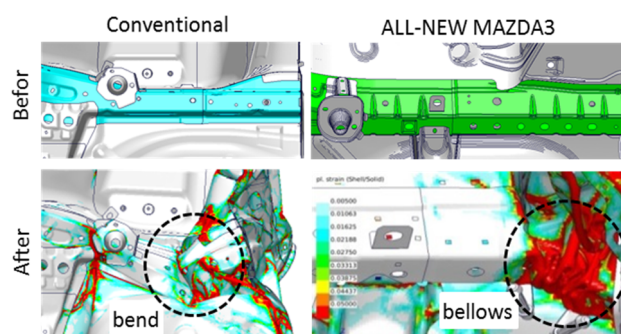


Fig. 12 Rear Frame Deformation

この蛇腹変形を実現するため、長いリアフレーム断面の長辺と短辺、板厚から蛇腹変形させる周期を計算し、それに逆らわない様に、フレームの側面と下面に起点となるビードや穴を配置すると同時に、フレームに締結される周辺部品のレイアウトや締結位置を見直した。更に、ねらひの蛇腹変形実現のため、リアフレームの部品成型過程で生じる板厚変化や加工効果を考慮した高精度CAE技術で最適なフレーム形状を決定した。これにより、車体変形の単位長さ当たりの吸収エネルギー効率率は、約2倍を実現している (Fig. 13)。

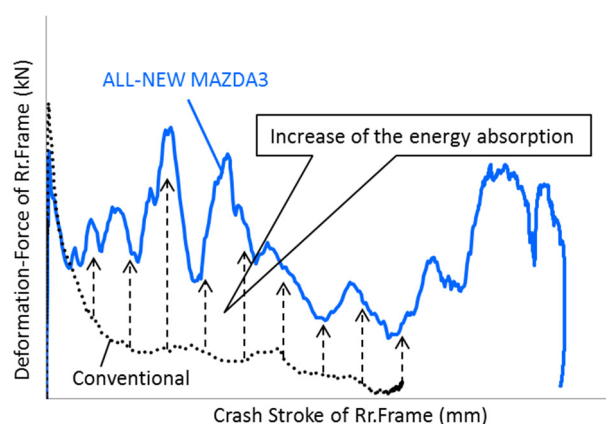


Fig. 13 Performance of Rear Frame-Energy Absorbing

### 4.2 低速時の後突頸部傷害緩和フロントシート

新型MAZDA3では、頸部傷害を抑制するために、フロントシートを進化させた。後突された際には、シートバックの後傾によるヘッドレストの後退量を抑制し、ヘッドレストによる頭部の保護性能を高めるとともに、シートバックが後傾してから元に戻る反発時の頭部の振られ挙動を抑えることが重要である。

そのため、シートバックの後傾特性をFig. 14に示すように、前半はより強度を高め、後半は反発量を抑制した。ヘッドレストの後退量抑制は、スライダの支持構造やリフターブラケットの支持位置変更などで全体剛性を高めるとともに、シートスライダー内の部品間隙を最



小化し、反発抑制は、クッションサイドフレームの変形をコントロールするビードを設定するなどを実現した。

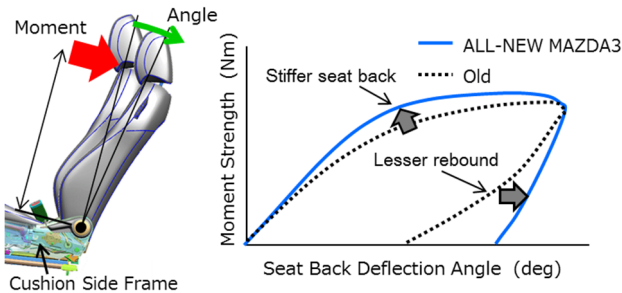


Fig. 14 Seat Back Moment Strength

## 5. 歩行者保護性能開発

### 5.1 頭部保護

歩行者の頭部の傷害を低減するには、フードからエンジンなどの硬い部品までの空間を確保する必要がある。新型MAZDA3では低フードデザインを実現するため、フードインナーのフレームワークを一から見直し、頭部保護に必要な空間を最小にした。

具体的には、Fig. 15に示すフードインナー形状とすることで、走行時のフードの浮き振れや張り剛性などの基本剛性は確保しつつ、頭部がフードに衝突する初期のエネルギー吸収を高め、衝突後半では頭部を柔らかく均一に受け止める構造を実現した。

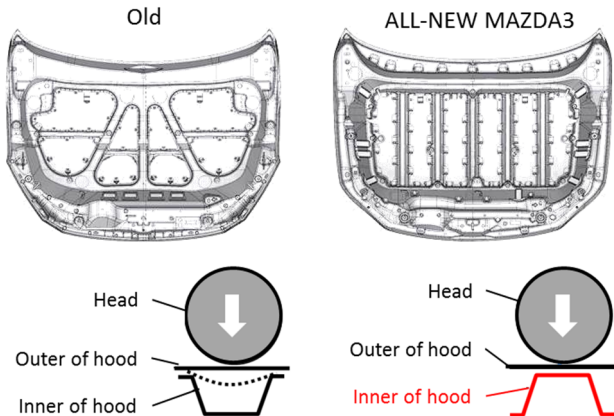


Fig. 15 Hood Structure

### 5.2 脚部保護

歩行者脚部の傷害を低減するためには、フロントバンパーからバンパービームまでの間にエネルギー吸収する空間を確保する必要があるが、新型MAZDA3ではショートオーバーハングのデザインを実現するため、バンパーの上部と下部のロードパスを軽衝突との整合を含めて見直した。

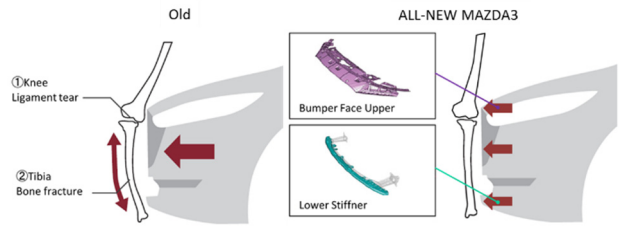


Fig. 16 Lower Leg Concept

具体的には、Fig. 16に示すように、脚部の膝を中心に上脚と下脚が「弓なり」になると、膝じん帯に大きな傷害を与えてしまうため、上脚はフェイスアッパー、下脚はロアスティフナーで受け止めることで脚部が弓なりになることを防ぐとともに、初期のエネルギー吸収効率を高めることによって、脚部保護に必要な空間を最小で、歩行者保護性能向上を実現した。

## 6. おわりに

本稿では、新型MAZDA3の衝突安全性能の開発概略について紹介した。デザインや環境性能など車に求められるニーズが更に多様化する中、市場におけるさまざまな事故・傷害形態の分析と人間研究を軸として、新型MAZDA3の成果を基に、より高い衝突安全性能開発を進めていき、今後もお客様により良い商品を提供できるように努力する所存である。

## 参考文献

- (1) 河村ほか：曲げ変形における高エネルギー吸収フレームの開発, [マツダ技報, No.33, pp.118-123 \(2016\)](#)
- (2) Izumiyama, T. et al., The Analysis of an Individual Difference in Human Skeletal Alignment in Seated Posture and Occupant Behavior Using HBM, IRCOBI conference, 2018

■ 著 者 ■



竹村 征樹



木戸 啓人



石川 靖



川本 篤史



井上 伸生



田口 征吾



鬼頭 応時



丸山 勉