

特集：MAZDA MX-30

12

MX-30 の衝突安全性能 Passive Safety of MX-30

濱田 隆志^{*1} 廣田 和起^{*2} 河野 勝人^{*3}
Takashi Hamada Kazuki Hirota Katsuhito Kouno
古賀 俊之^{*4} 石倉 一孝^{*5} 川船 良祐^{*6}
Toshiyuki Koga Kazutaka Ishikura Ryosuke Kawafune

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、高い安全性能と軽量化という背反傾向にあ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、衝突時の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。

Mazda MX-30 は、EV モデルとフリースタイルドアという 2 つのユニークな特徴をもっており、これらの特徴と高い衝突安全性能を高次元で両立させる構造を織込んで、欧州の衝突安全アセスメント (New Car Assessment Program: NCAP) である EuroNCAP で、2020 年に最高ランクの 5★を獲得した。本稿では、代表的な衝突モードである前面衝突、側面衝突、後面衝突、歩行者保護について織り込んだ技術を紹介する。

Abstract

Aiming at realizing safe and secure cars and society, Mazda is striving to achieve “excellent environmental and safety performance” and “driving pleasure”. In crash safety development, Mazda uses MBD (Model Based Development) to develop vehicle structures with the aim to achieve the two conflicting properties, light weight and safety performance, at a high level. In vehicle body development characterized by Mazda’s Skyactiv-Vehicle Architecture, a new body structure was developed by using high-accuracy CAE Technology. This is a structure evolved from the multi-load path structure that efficiently disperses collision loads.

The ALL-New Mazda MX-30 has two unique features: EV model and freestyle door. Coming with the structure that makes these features compatible with high crash safety performance, the Mazda MX-30 got EuroNCAP’s best rating 5★ in 2020. This report introduces the technologies incorporated in typical crash modes of vehicles: frontal impact, side impact, rear impact and pedestrian protection.

Key words : Safety, Passive Safety, Vehicle Development, CAE, EV model, Freestyle door

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、世界的には依然として大きな社会問題であり、更なる安全性能の向上が求められている。そのため、MAZDA3 以降の新型車では、万一の衝突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も取り組んだ。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 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である。

新型 MX-30 では、新型 MAZDA3⁽¹⁾ で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 をベースとしながら、EV モデルの特徴である大容量のリチウムイオン電池をバッテリーパックとして床下に配置して、衝突時の保護と搭載

*1~6 衝突性能開発部
Crash Safety Development Dept.

空間を両立させる構造、及び特徴的な構造であるフリースタイルドア採用によるBピラーレスでのマルチロードパスの実現に取り組んだ。

本稿では、衝突安全性能と新型MX-30の特徴を高次元で両立させたSKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREについて、代表的な衝突形態である前面衝突、側面衝突、後面衝突、歩行者保護から紹介する。

2. 前面衝突性能開発

2.1 前突時のバックアップストラクチャ構造

MAZDA3⁽¹⁾では衝突時の大荷重を複数の方向に分散させることで効率よく吸収するマルチロードパス構造を採用している。MX-30ではフロア下にバッテリーパックを搭載するため、側面衝突からのバッテリーパックの保護性能と前面衝突時のロードパス構造、バッテリーパックの搭載空間の確保の両立が必要となった。そのために、前面衝突と側面衝突のロードパスを両立させるトンネル構造と、バッテリーパックの土台であるロアケースを活用した前突マルチロードパス構造の開発に取り組んだ。

(1) 前面衝突と側面衝突を両立するトンネル構造

MAZDA3ではトンネルをダッシュパネルから#3クロスメンバーまで通すことで、前面衝突時のフロア変形を抑える機能を持たせていた (Fig. 1)。MX-30では3.2節で述べるように側面衝突からバッテリーパックを保護するために、トンネル構造を前側だけ残して廃止しフロア上のクロスメンバーを車両横通しでストレートに通したため、前面衝突時のフロアのピッチ方向のモーメント強度が低下した (Fig. 2)。このモーメント強度を補うため、クロスメンバー

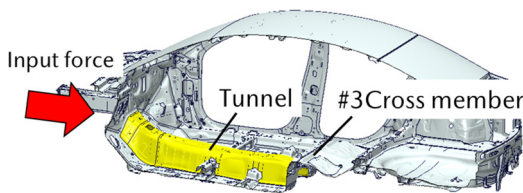


Fig. 1 Tunnel Load Path of MAZDA3

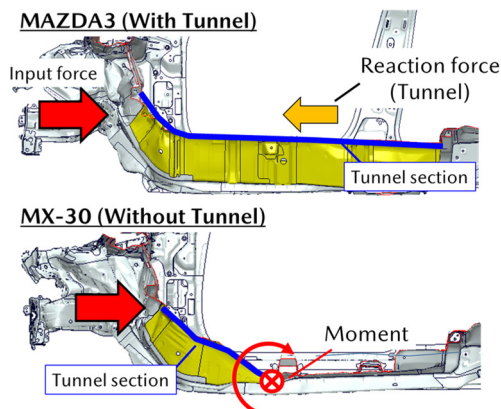


Fig. 2 Comparison of Load Path with Tunnel and without

をかわしながら、トンネル前側と #3 クロスをレインで前後方向に繋ぐ構造を採用した (Fig. 3)。これにより、前面衝突と側面衝突で必要となる車体強度の確保を実現した。

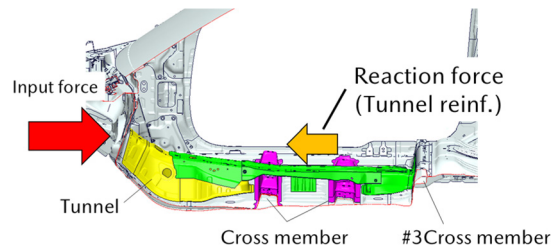


Fig. 3 Structure of Tunnel of MX-30

(2) バッテリーのロアケースを活用したロードパス構造

MAZDA3では前面衝突時にキックアップが車体中心側に倒れる変形を抑制するために、トンネル下面レインで前後方向の力で支える構造を採用している (Fig. 4)。MX-30ではバッテリーパックを搭載するために、トンネル下面レインを廃止した。そのため、ロアケースを活用して左右のキックアップ同士をつなげ、トンネル下面レインの前後方向強度と同等の強度を左右方向で支える構造とすることで、衝突性能とバッテリーパックの搭載性を両立した (Fig. 5, 6)。

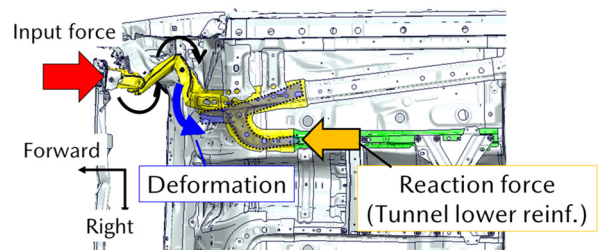


Fig. 4 Tunnel Lower Reinf. of MAZDA3

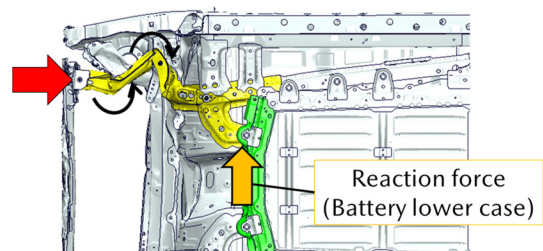


Fig. 5 Battery Lower Case of MX-30

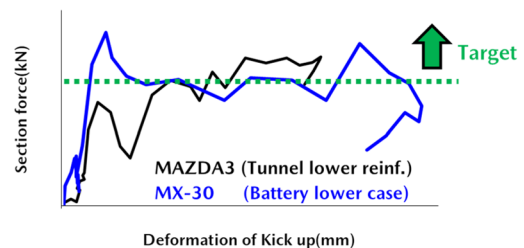


Fig. 6 Comparison of Force-Stroke Curve

2.2 フリースタイルドアと前面衝突性能の両立

スモールオーバーラップ前面衝突では、Aピラーが上方に持ち上げられる方向に大荷重が入り、通常はAピラーの曲げ強度とBピラーによる下方向への引張力で、この変形を抑制している (Fig. 7)。MX-30ではBピラーがないフリースタイルドアを採用しているため、Aピラーに1500MPa級のホットスタンプ鋼板を採用し曲げ強度を上げた (Fig. 8)。更に、リアドアラッチをドア開口部の上下に設定し、ラッチレインに590MPa級や440MPa級のハイテン材を採用して結合強度を上げ、リアドア内には高強度のレインを設定し、Aピラーを下方へ引っ張る機能をもたせた (Fig. 8, 9)。

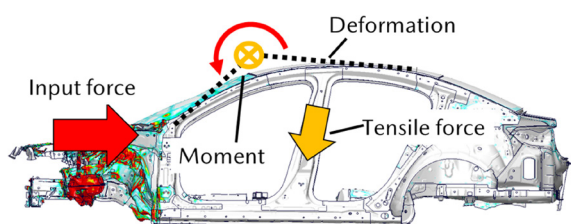


Fig. 7 Load Path for Small Overlap Frontal Crash of MAZDA3

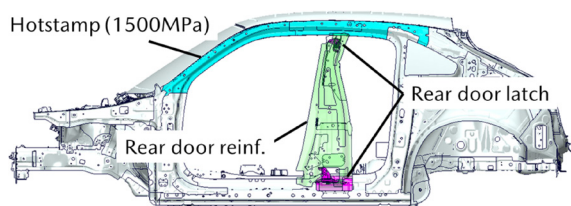


Fig. 8 A-pillar and Rear Door Latch of MX-30

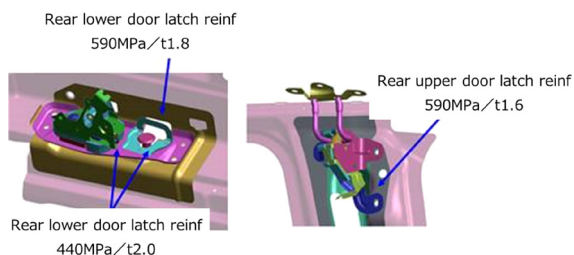


Fig. 9 Door Strikers and Latches Spec

3. 側突衝突性能開発

3.1 フリースタイルドアと側面衝突性能の両立

MX-30が採用したフリースタイルドアは、側面衝突時の衝突エネルギーを受け止める最重要骨格であるBピラーが存在せず、リアドアを上下のラッチで締結する構造になる (Fig. 8, 9)。このような条件下で従来車と同様に乗員を守るためには、ドア変形を最小限に抑えて、ラッチの破断を防止することが必要となる。その対応として、リアドアにBピラー相当の機能をもたせ、リアドアと車体をラップさせることでラッチへの入力を抑

えつつBピラーをもつ車両と同じように車体に広く荷重を分散させることができる構造の開発に取り組んだ (Fig. 10)。

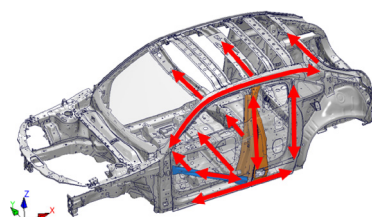


Fig. 10 Load-Path for Side Crash

まず、衝突荷重をドアから車体へ伝達させるために1500MPa級のホットスタンプ材の骨格をリアドア内部に設定した。稜線部に追加レインを設定することで、応力集中部を効率的に補強した (Fig. 11)。そしてこの骨格を支持するラッチ&ストライカーには従来車より高い強度レベルをもつ構造を採用することで、ラッチ入力の許容量を上げる対応を取った (Fig. 9)。

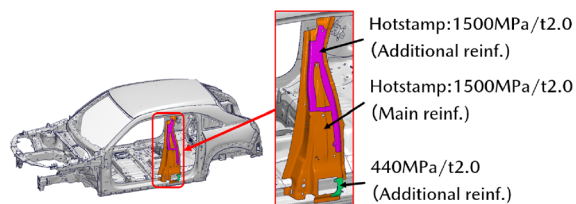


Fig. 11 Vertical Reinforcement

また、ラッチのみに入力が集まるのを避けるため、3つの構造を採用した。1つ目にドアからサイドシルへ上下方向の荷重を伝達するロアラッチ横のキャッチャーピン構造を採用、2つ目にリアドアを受け止め、室内側に荷重を伝達させるためサイドシル上部に補強構造を設定、最後にリアドアへの荷重を抑制するためフロントドアの荷重をサイドシルへ直接荷重伝達できる位置にインパクトバーを設置した (Fig. 12)。

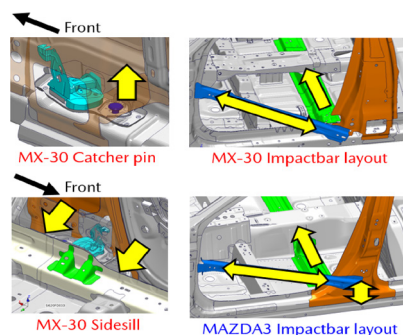


Fig. 12 Sidesill Structure

これらの構造でドアと車体の広範囲で衝突エネルギーを受け止められる車両構造を実現した (Fig. 13)。

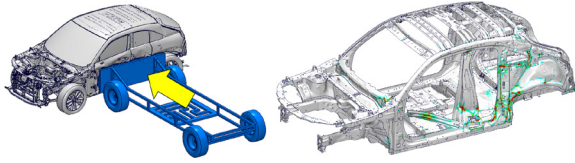


Fig. 13 Side Crash

3.2 EV化に伴う火災防止対応

MX-30ではフロア下にバッテリーパックを配置しており、ポール側面衝突のような大荷重が車両に加わる衝突において、バッテリーパックに加わる衝撃力で火災に至らないようにする必要があります。その対応としてマルチロードパスの考えを元に荷重分散させ、ショートストロークで衝突エネルギーを吸収することでバッテリー搭載空間への入力を最小限に抑えバッテリーパックを保護する構造の開発に取り組んだ (Fig. 14)。

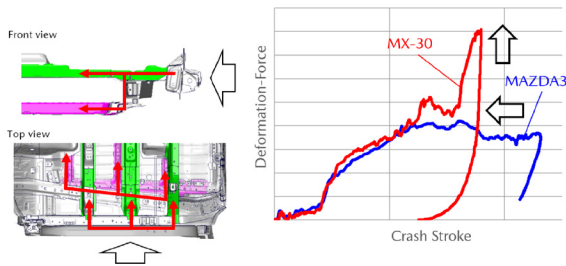


Fig. 14 Load-Path for Side Pole Crash

具体的な構造としてはバッテリーのエリアを守るためストレートなクロスメンバーをフロアに並列に配置し、かつバッテリーパックの土台であるロアケース内にも側面からの入力に耐えるためメンバー構造を織り込んだ (Fig. 15)。

これらの対応により側面衝突に対しても車体とバッテリーケースで前後・上下に荷重を分散させる車体構造を実現させた (Fig. 16)。

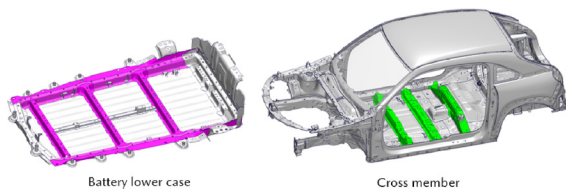


Fig. 15 Battery Protection Structure

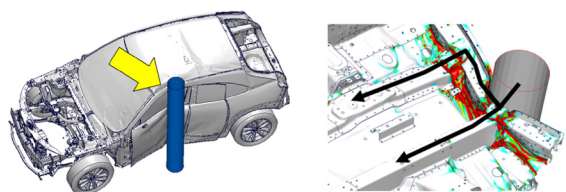


Fig. 16 Side Pole Crash

4. 後面衝突性能開発

MX-30では、フリースタイルドアであっても従来車と同様に、時速80km/hで車幅の70%に可動バリアが追突する衝突モードでもキャビンの変形を抑え、衝突後もドアを開扉できるようにする必要があります。そのために、MAZDA3で採用した高効率に衝突エネルギーを吸収させるリアフレーム構造を踏襲しつつ、EVモデルにのみ搭載されるバッテリーパックの土台であるロアケースを活用して、荷室空間で高効率に衝突エネルギーを吸収できる構造の開発に取り組んだ。

MAZDA3を踏襲したリアフレームは、衝突時に蛇腹変形させることで高効率にエネルギーを吸収させるが、意図した変形挙動とするため、MX-30に合わせて変形の起点となるビードや穴の位置、リア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。見直しに際しては、リアフレームの成型過程で生じる板厚変化や加工硬化を考慮した高精度CAE技術を用いた。

またリアフレームは、衝突後半のキックアップの持ち上がり挙動により潰れ荷重が低下する傾向がある。そこで、バッテリーパックを保護するため頑丈に作られたロアケースの後ろ側支持構造をNo.4クロスメンバーに取り付けることで、この持ち上がり挙動を抑制し (Fig. 17)、潰れ荷重の低下を抑えた。これにより専用の部品を追加すること無く、エネルギー吸収量をMAZDA3比約10%向上させている (Fig. 18)。

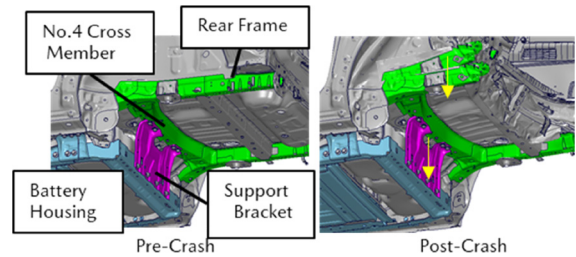


Fig. 17 Crash Behavior of Rear Frame

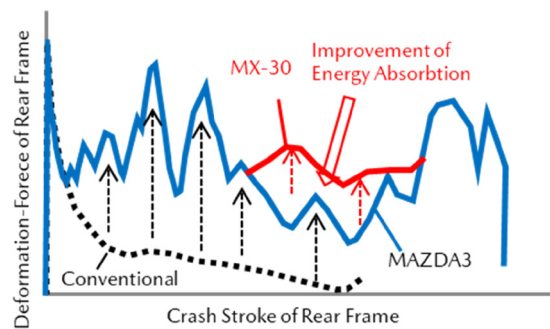


Fig. 18 Energy Absorbing Performance of Rear Frame

5. 歩行者保護性能開発

MX-30は、ボンネットフードが高い車両で、歩行者との衝突事故の際には、頭部がボンネットフード前側上部

に当たる可能性が高くなることから、ボンネットフードの前方に配置されるフロントグリルアッパー部（以下、グリルUP）の頭部傷害低減構造の開発に取り組んだ（Fig. 20）。

歩行者の傷害を低減するためには、ボンネットやバンパーフェースなどの構造部材の強度を低くして、歩行者を柔らかく受け止める必要がある。しかし、強度を低くした場合、必要なエネルギーを吸収するのに必要となるクラッシュスペースを長く確保しなければならず、デザインやパッケージを成立させるためには最小限のクラッシュスペースでエネルギー吸収することができるような構造が必要となる（Fig. 19）。

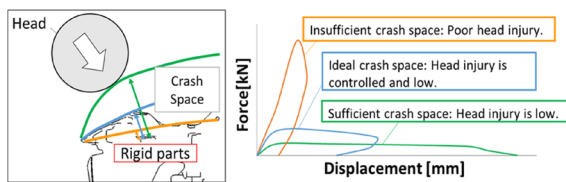


Fig. 19 Head Injury Level in the Crash Space

グリルUPの機能は、①バンパーフェース全体を保持すること、②お客様が手で押した時や走行時の風圧などで塑性変形しないこと、③エンジンルームと外気との遮断の3点があり、①と②の観点から一定の剛性・強度をもたせる必要がある。一方、歩行者の傷害を低減するには、前述のとおりグリルUPの剛性を低くしてクラッシュスペースを確保する必要があり、商品性と傷害低減を両立することが必要となる。

外気遮断（前述③）の要求からは、頭部が衝突する領域の剛性は低くてもよいこと、逆にバンパーフェースの保持（前述①）と手や風圧に対する強度（前述②）に対応した支持構造は、頭部が衝突する領域には必要ないが、面として剛性・強度は必要なことに着目し、これらの構造体を2つに分けることとした。具体的にはFig. 20のように、グリルUPの構造部材の上側、すなわち、頭部が衝突する部位は、剛性の低い樹脂（以下、PP）を用いた構造体とし、その下側に剛性の高いグラスファイバー入り樹脂（以下、PP-GF）を用いた構造部材を配置した。

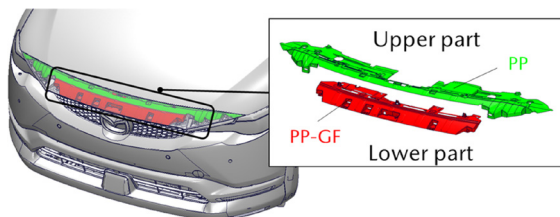


Fig. 20 Front Bumper Grille Upper Structure

これにより前述①、②に必要な剛性・強度を損なうことなく、歩行者頭部を剛性の低いPP部に衝撃させ、ク

ラッシュスペースを確保し（Fig. 21）、商品性と傷害低減を両立することができた。

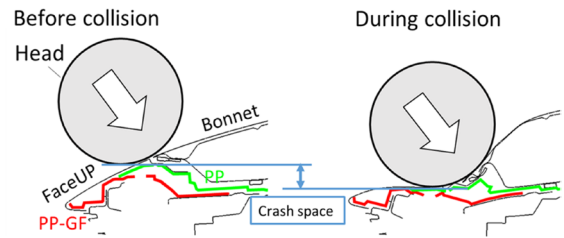


Fig. 21 Deformation of the Grille Upper

6. おわりに

本稿では、新型MX-30の衝突安全性能の開発概略について紹介した。昨今の急速な環境規制強化に代表されるように車に対するニーズが多様化する中でも、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MX-30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よ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) 竹村ほか：新型MAZDA3の衝突安全性能，[マツダ技報](#)，No.36，pp.113-118（2019）

■ 著 者 ■



濱田 隆志



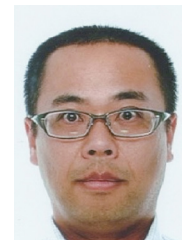
廣田 和起



河野 勝人



古賀 俊之



石倉 一孝



川船 良祐