

特集：MAZDA MX-30

11

MX-30 BEV & B ピラーレスボディ開発

Development of BEV Model and B Pillarless Body Structure for All-New Mazda MX-30

山田 守英 ^{*1} Morihide Yamada	松田 大和 ^{*2} Yamato Matsuda	久保田 陽満 ^{*3} Harumitsu Kubota	銭谷 恒明 ^{*4} Tsuneaki Zenitani
森本 誠 ^{*5} Makoto Morimoto	三石 直人 ^{*6} Naoto Mitsuishi	後藤 英貴 ^{*7} Hidetaka Goto	

要 約

新型 MX-30 EV MODEL は、MAZDA3・CX-30 に続き、車両構造技術 SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE をベースに、フロア下にバッテリーを搭載し、RX-8 以降、約 20 年振りとなるフリースタイルドアを採用したマツダ初の量産電気自動車（BEV）である。バッテリー搭載による従来モデルからの大幅重量増並びに B ピラーのないボディ構造において、他のマツダ車同等の高い車両性能を実現した。本稿では、バッテリー筐体をボディの一部にとらえ、ボディとともに強度・剛性を向上させる工夫、B ピラーのないアッパーボディにおける強度・剛性を向上させる工夫、バッテリー・フリースタイルドアを含めたボディの振動伝達特性の開発など、MX-30 BEV のボディシェル開発について紹介する。

Abstract

The All-New Mazda MX-30 BEV is the first BEV mass-produced by Mazda Motor Corporation. Following the Mazda3 and the Mazda CX-30, this model is based on Mazda's vehicle structure technique Skyactiv-Vehicle Architecture and carries a battery under the floor. And the freestyle door has been adopted for the first time in about 20 years since the Mazda RX-8.

With the body structure without a B pillar or a large weight increase from the conventional model due to battery deployment, the Mazda MX-30 realizes vehicle performance equal to other Mazda models.

This report introduces body shell development for the Mazda MX-30, including the way of improving the body strength and rigidity by utilizing the battery case as a part of the body shell structure, the way of improving the upper body performance without B pillar structure, and the development of vibration transmission characteristics in the body shell including the battery and the freestyle door.

Key words : Vehicle development, Platform, Body structure/body design

1. はじめに

新型 MAZDA3 に始まる車両構造技術 SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE⁽¹⁾ は、従来の部品ユニットやシステムの概念を超えて車全体で最適化や理想の考えを進化させ、飛躍的な性能向上を実現した。MAZDA3 と同じ small-PF をベースにする MX-30 においても、マツダが追求する「走る歓び」を同じように体感できるよう開発した。エンジンやモーター、異なるパワーソースにおいても、大型バッテリーの搭載有無により生まれる大幅な車両重量差においても、同体質の特性をもつボディを

現すべく、Mild Hybrid と BEV のプラットフォームは同時に開発した。

また、開放的な空間と流麗なスタイリングを B ピラーレスボディの採用で実現し、BEV ではバッテリーパックを車両性能へ最大活用した。本稿ではそれらの取り組みについて紹介する。

2. BEV 対応ボディ

2.1 バッテリーパック搭載構造

BEV のプラットフォームは、MAZDA3・CX-30・MX-30 Mild Hybrid で多くの部品を共用するベースモデルの

*1～7 ボデー開発部
Body Development Div.

プラットフォームから派生させている。フロントフロア部は、バッテリーパックをレイアウトすることから、ベースとの構造の違いに大きな特徴をもつ。高電圧部品であるバッテリーパックは、キャビンの外側にレイアウトしている。これは衝突時に乗員が高電圧部品に直接接触し感電するのを防ぐことを目的としている。また、フロントフレームやサイドシル、フロアフレームといった骨格部材よりボディー内側に配置し、衝突時の変形が及びにくい部位にレイアウトし保護する考え方である。

また、側面からの衝突に対しバッテリーパックをレイアウトするボディー中央部の変形を抑制するため、従来車のトンネル部にあたる湾曲形状を廃止し、フロア上のクロスメンバーは左右サイドシルをストレートにつなぐ構造とした (Fig. 1)。

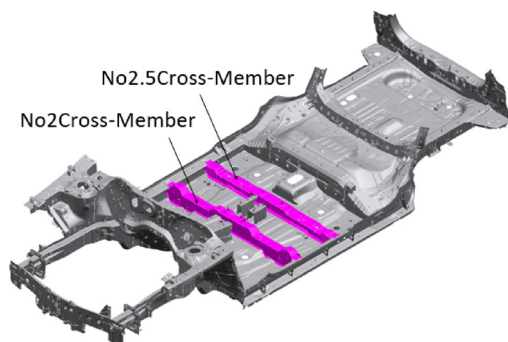


Fig. 1 Straight Cross Member

トンネル形状の廃止によりフロア中央部の上下剛性が低下する。その機能を補うべく、フロア前後をつなぐセンターレインをボルトアップ結合する構造を採用した。更にセンターレインとシートの土台となる各クロスメンバーとの結合部を強化することで、従来車同等のシート取り付け部剛性を確保した (Fig. 2)。

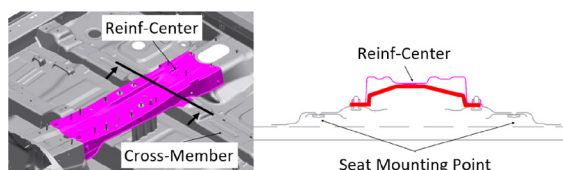


Fig. 2 Reinf-Center

2.2 バッテリーパック結合部構造

BEVのプラットフォームで最も重要視した機能の1つに、重量物であるバッテリーパックの保持がある。300kgを超えるバッテリーパックを保持する構造について紹介する。

バッテリーパックはフロア中央部を囲うように、主に左右のフロアフレーム、No.4 クロスメンバーに計20か所で締結する。そのうち14か所は、フロントとリアの前後を連結するフロアフレームへの締結であり、バッテリーパックのサイド部を締結している。これらの部位に

は、主に車両上下方向の荷重と車両前後方向軸まわりのモーメント荷重が負荷される。締結部に必要な強度・剛性をより効果的に確保するため、パイプ材を骨格とするフロアフレームの断面全体で支える構造とした。こうすることで、締結面の局部変形や応力集中を抑制しつつ、ボディーとバッテリーパックを強固に結合した (Fig. 3)。

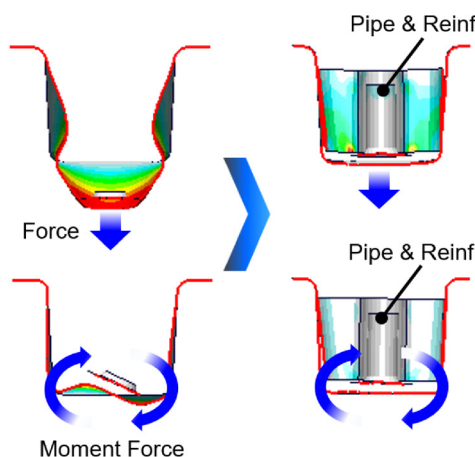
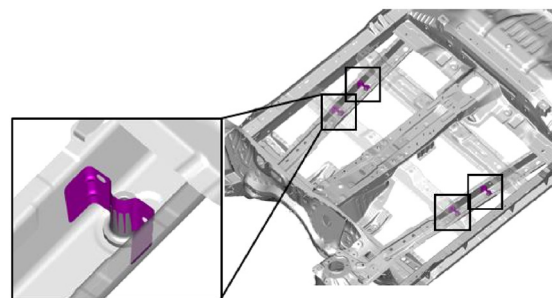


Fig. 3 Battery Pack Mounting Structure

2.3 バッテリーパック活用によるボディー剛性向上

ボディーはドライバーの操舵によって生じるサスペンションからの入力に遅れなく応答し、ドライバーに伝えなければならない。BEVはベースモデルより車両重量が約200kg重く、サスペンション支持部をはじめボディー全体にかかる入力もベースモデルより大きくなる。BEVではバッテリーパックをボディー骨格の一部として活かし、四輪対角剛性に代表されるボディー剛性を向上させた。

バッテリーパックの土台であるロアケースは、内部に3本のクロスメンバーを配置する。クロスメンバーの延長線をパイプ材と高強度ボルトでボディーと結合する。

これらとフロントフロアに配置した2本のクロスメンバーから環状構造を形成し四輪対角剛性を向上させた (Fig. 4)。

また、リヤサスペンション固定部前方を補強しつつロアケースと結合し、後方のリヤフロア部クロスメンバーとロアケース後部を結合、環状構造とすることでリヤサスペンションの支持剛性を高めている (Fig. 5)。

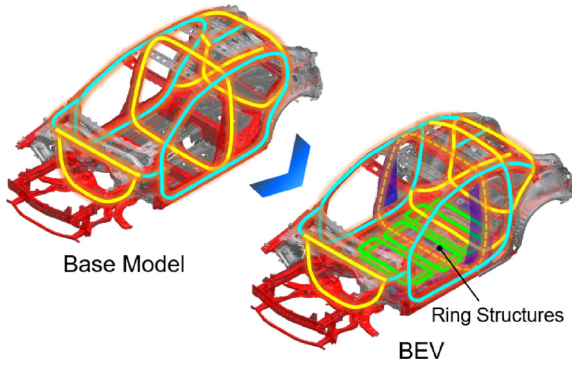


Fig. 4 Ring Structures

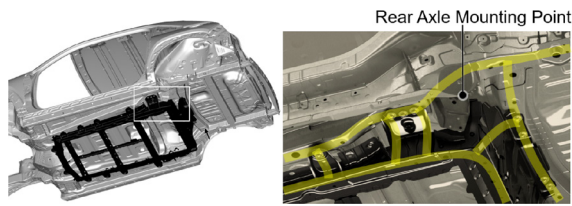


Fig. 5 Rear Axle Mounting Structure

2.4 入力点剛性の同体質化

ベース車からの重量増に伴い、サスペンションのばねは固くしている。これに対し、ボディはサスペンションがしっかり機能するよう支持部剛性を向上させ車両へのスムーズな入力伝達を実現した。

リヤサスペンション支持部を形成する構造において、入力方向に対して変位を抑制するビードや座面形状の造りこみを行い、入力点剛性（車両左右方向）を向上させた（Fig. 6-a）。

リヤスプリングを支持する構造においても、同様の造りこみを行い、入力点剛性（車両上下方向）を向上させた（Fig. 6-b）。

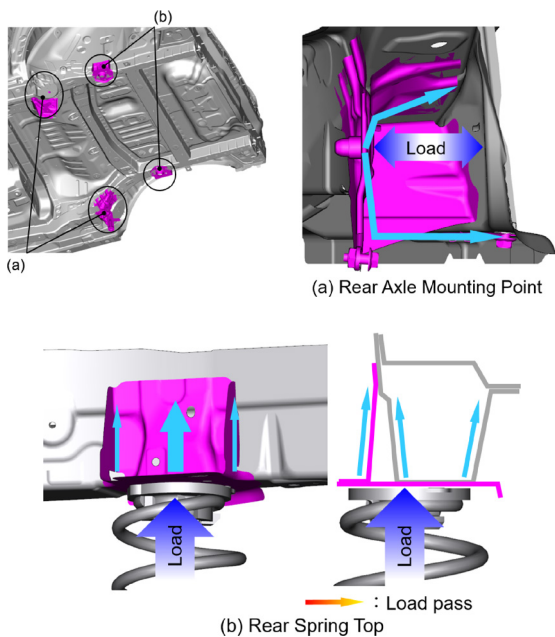


Fig. 6 Rear Suspension Mounting Structure

3. Bピラーレスボディ

MX-30の大きな特徴であるフリースタイルドアに対応したボディ構造の工夫について紹介する。

フリースタイルドアの採用、すなわちBピラーのないボディでは、一般的に、強度・剛性の低下が心配される。しかし、MX-30では、通常ドア構造であるベースモデルと同じマルチロードパス、多重環状構造の考えを用いて機能配分を行い安全性、剛性を確保した。

3.1 ハイテン材、ホットスタンプ使用による機能強化

安全性能において、フリースタイルドアにBピラーの機能を持たせることに加え、ドア開口部を強化している。Aピラーからルーフサイド部につながるアウターレインに1500MPa級のホットスタンプ材、インナー側に1310MPa級の超ハイテン材を採用した。更に、衝突時の弱点部位となるAピラーコーナー部を分割することなく一体で設定することで剛性変化を無くし、ドア開口部の環状構造強化と合わせて、必要な強度を確保した（Fig. 7）。

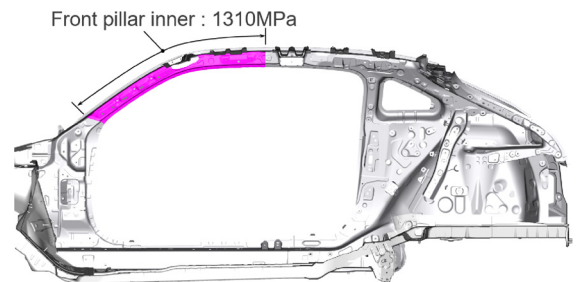


Fig. 7 Cab Side Body Structure

ボディにおけるBピラー部の機能量が減った分、Cピラーを機能強化した。直立するCピラーの連続断面化を行い、ドア開口部の剛性を向上した（Fig. 8）。

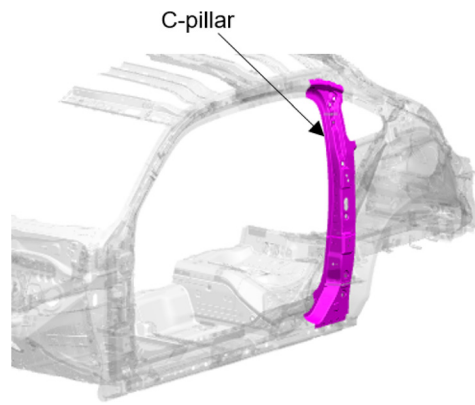


Fig. 8 C-pillar Structure

3.2 ルーフパネル振動抑制

Cピラー強化に伴い、リヤサスペンション入力点からルーフパネルに伝達される振動エネルギーが増加する。

これにより中周波帯域のロードノイズが増幅する。ルーフレインの中央部に集中した振動エネルギーに対し、W型断面のルーフレインを閉断面化することで、振動エネルギーを減衰させロードノイズの悪化を抑制した (Fig. 9)。

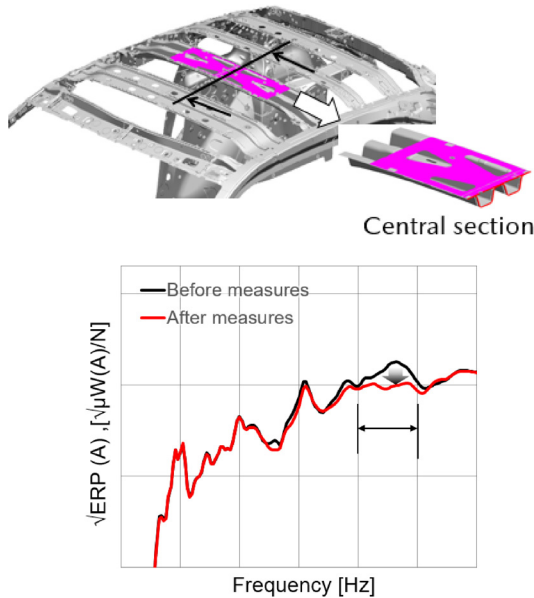


Fig. 9 Road Noise Analysis Results

4. 振動伝達制御ボディー

大重量のバッテリーパックをフロア下に搭載する BEV が抱える問題点として、路面の突起等乗り越えた時に、耳を圧迫するドラミングノイズ悪化が挙げられる。

また、トンネル構造のない BEV のフロアは、ベースモデルに対し、左右のフロアフレーム間のパネル面が広く、フロア振動が大きくなる特徴がある。

これらに対して、単純な剛性 UP で対応する従来の手法では、重量が増加してしまうため、バネマスの細分化を行い、振動エネルギーを段階的に分散させることで、問題を解決した。

4.1 振動伝達制御コンセプト

従来は一つのパネマスの関係にあるバッテリーモジュールの振動エネルギーはボディーに直接伝わる。そのため、バネとなつているロアケースの剛性を上げないとエネルギーが低減できず、重量アップにつながる。

これに対し、バネマスの細分化を行い、ボディーへ直結する部分への反力を段階的に分散させることを考えた。

ばね K1 がばね K2 より一定量低くなることで、振動レベルが低減していく特性をたしかめ、これをコンセプトに車両性能から目標とする剛性比を決定し、ボディーとロアケース、ロアケースとバッテリーモジュールの結合部構造を決定した (Fig. 10)。

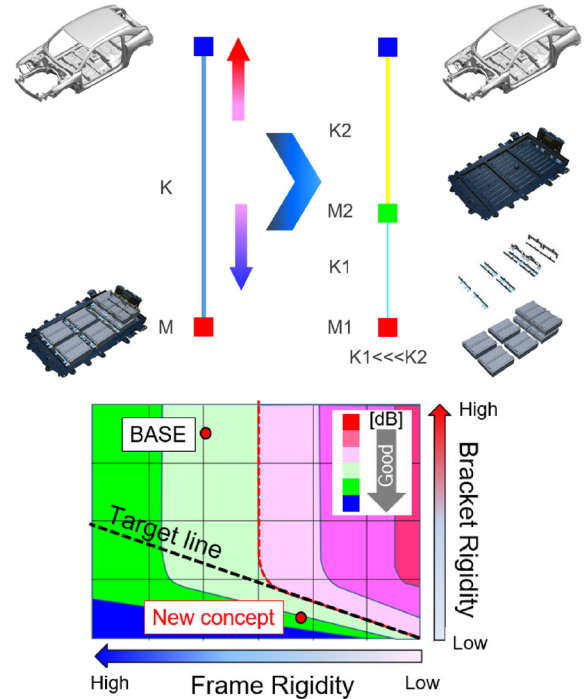


Fig. 10 New Concept of Spring Mass Model

4.2 ボディーとロアケースの結合部構造

重量物であるバッテリーパックは、ボディーの振動抑制に効果的に活用した。

ボディーフレームを介してフロアに伝わる路面振動に対し、伝達経路である左右フロアフレーム、それにつながるロアケースの剛性比をコントロールすることで振動を抑制した。ボディー側の取付け点剛性 (k1) に対するロアケース側剛性 (k2) の比率を一定値以上大きくすることで、音圧レベルをねらいのターゲットに収めた (Fig. 11)。

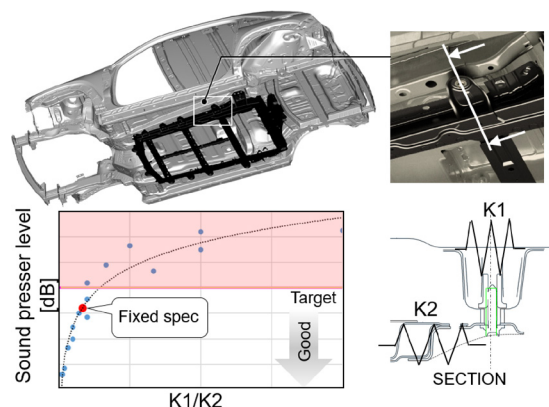


Fig. 11 Control the Rigidity of K1 and K2

構造事例を紹介する。ロアケースは内部クロスメンバーの延長線上にボディーと結合する外部 Bracket を設け、Bracket は連続性に留意して形状の造りこみを行った。このように、エネルギー伝達効率を高めることで、フロア振動を抑制しロードノイズを低減した (Fig. 12)。

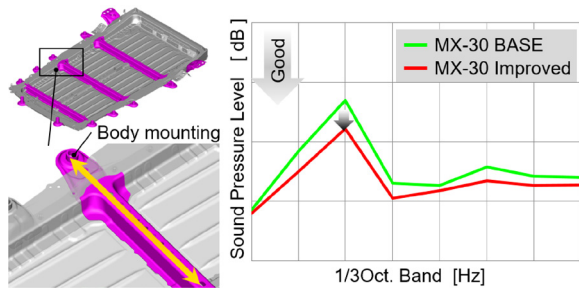


Fig. 12 Coarse Road Noise Comparison

4.3 ロアケースとバッテリーモジュールの結合部構造

バッテリーパック内部に16個あるバッテリーモジュールは2個を1セットにするBracketを介してロアケースに固定する。

同様の構造で固定することで、バッテリーモジュールの振動特性コントロールと組付性の向上を行った。

一方で、8セットを同じ振動特性のまま配置すると、共振により大きくなる一部の周波数帯域の振動が、フロア振動も悪化させる。そのため、配置する位置により、このBracketの形状、板厚、固定点数を変え、共振周波数と振動モードをコントロールした。

こうすることで、フロア振動低減を実現した (Fig. 13)。

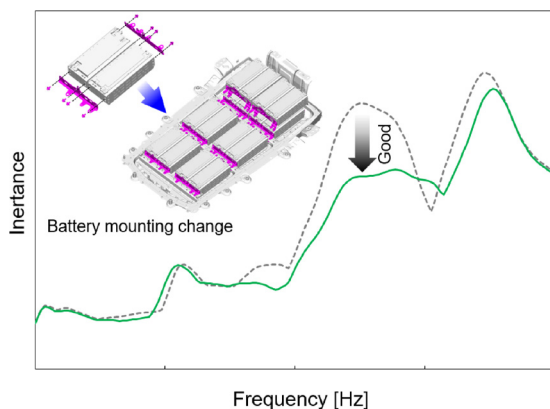


Fig. 13 Floor Vibration

4. おわりに

新型MX-30は、車両構造化技術SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREをベースに、Mild Hybrid・BEVの両方で上質な乗り心地や自然な操作性をはじめとする高い運動性能を実現した。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、五位一体（開発・生産・購買・品質・物流）で活動しモノ作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) 佐藤 健一ほか：新型MAZDA3の軽量・高剛性ボディー開発、[マツダ技報, No.36, pp.78-82 \(2019\)](#)

■著者■



山田 守英



松田 大和



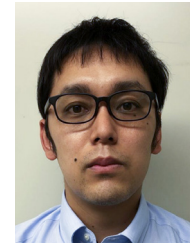
久保田 陽満



銭谷 恒明



森本 誠



三石 直人



後藤 英貴