

7

新型CX-8の軽量・高剛性ボディーシェル Light-Weight・High-Rigidity Body Structure of New CX-8

高橋 礼倫*1 檜原 隆志*2
Yoshitomo Takahashi Takashi Narahara

要 約

新型CX-8は国内市場におけるマツダの最上位SUVであり、SKYACTIV-BODY⁽¹⁾を採用した商品群の集大成ともいえる商品である。多人数乗車と、スタイリッシュなデザイン、市場に適したボディーサイズを並立させるパッケージングの実現とともに、高い衝突安全性と操縦安定性、NVH性能を確保することを目指した。SKYACTIV-BODYのコンセプトを踏襲しつつ、各性能の寄与度の高い部位を再度見つめ直し、構造の最適化を図ることで、基本性能の進化を果たした。

その結果、1列目から3列目まで全ての乗員が、安全を感じながら、安心して快適なロングドライブを楽しめる車を実現した。本稿では快適な車内空間を作る上でベースとなる軽量・高剛性ボディーシェル開発について、その実現手段を紹介する。

Summary

The All-New CX-8 is Mazda's top level SUV in the domestic market and is a compilation of the products which employ SKYACTIV-BODY. The CX-8 was designed to offer high collision safety, handling stability, and ensuring NVH performance as well as the packaging with the boarding of a large number of occupants, stylish design, and the body size suited to the market. We achieved further improvements in the basic performance by looking more deeply into highly contributed parts for each performance for optimization of the structure as following the concept of SKYACTIV-BODY.

Consequently, we realized the cabin that offers comfortable and enjoyable long drive with safety and security to all passengers in all rows. This report introduces how we developed the light/high-rigidity body shell on which production of comfortable cabin space is based.

1. はじめに

新型CX-8は多人数乗用車として、国内市場へ向けて新たな価値を提案するため、開発した商品である。従来の「多人数乗車＝ミニバン」の常識から脱却し、走りもデザインも妥協しない、「マツダらしさ」をお客様に十分に感じていただける車を目指した。そのためには、初代CX-5で採用してからこれまで進化を続けてきたSKYACTIV-BODYを更にブラッシュアップさせる必要があった。

構造の「ストレート化」「連続化」と荷重を分散させる「マルチロードパス」というSKYACTIV-BODYの肝のコンセプトを堅持しながら、原理原則に基づいた検証を行うことにより、構造を最適化した。これにより、高性能かつ

軽量ボディーシェルを実現した。

2. 新型CX-8のボディーサイズ

マツダにとってSKYACTIV-BODYを採用した3列シート車は初めてではない。2016年に発売した2代目CX-9に続き2車種目となる。北米・オーストラリアを中心に販売しているCX-9の全幅1969mm、全長5065mmに対し、CX-8は全幅1840mm、全長4900mmとよりコンパクトなサイズにしている(Fig. 1)。これは日本をはじめとした市場環境に適したボディーサイズを考え抜いた結果である。スタイリッシュなデザイン、CX-9同等の室内空間の確保、衝突安全性能等、商品としての魅力を一切妥協することな

*1, 2 ボデー開発部
Body Development Dept.

く、盛り込むことに挑戦した。具体的に各性能を実現する上での考え方及び手段については次項より紹介する。

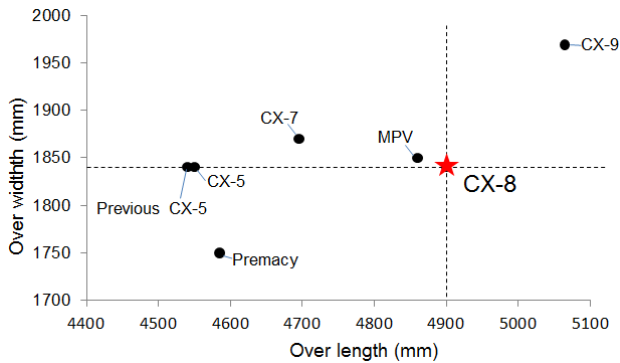


Fig. 1 Body Size of New CX-8

3. 衝突安全性

新型CX-8は、全てのお客様に安心・安全をお届けすべく開発を行った。3列シート車は車両重量が重いため、衝突時のエネルギーは増大する。このエネルギーを効率良く吸収できる構造を考え、SKYACTIV-BODYを進化させた。その開発事例として、フロント及びリア周りの開発事例について紹介する。

3.1 前面衝突性能

CX-8のフロントボディーは、SKYACTIV-BODY コモンアーキテクチャ構想に則り、基本骨格をCX-9と共有しつつ、最低限のユニーク部品で実現している。CX-8のフロントオーバーハングは、CX-9に比べ短くCX-5同等である。しかし、CX-5に比べて車両は重くその差は約260kg/台ある。車両重量が増えるほど衝突時のエネルギーは増大する。この増大したエネルギーをCX-5並みのクラッシュスペースで吸収するため、骨格内に最適な補強を施した。補強例として、フロントフレームにレイnfォースメントを追加した事例を示す(Fig. 2)。この補強にあたっては、衝突時に乗員にかかる加速度を増やさないため、最大発生荷重を維持しながら、エネルギー吸収量を上昇させることをねらい検証を重ねた。変形過渡の座屈を制御することにより、最大発生荷重が上がらないようコントロールし、エネルギー吸収量向上を実現した(Fig. 3)。

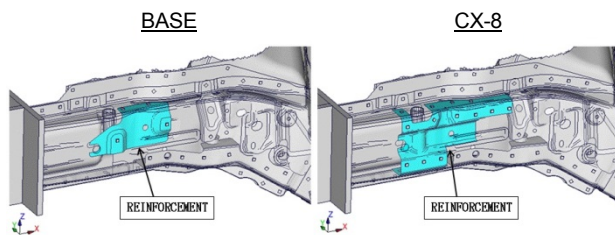


Fig. 2 Add Reinforcement of Front-Frame

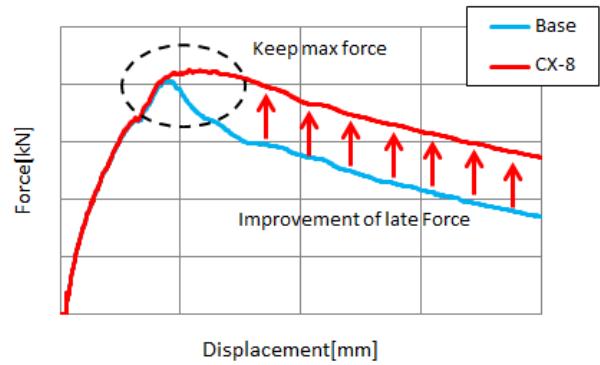


Fig. 3 Improvement Energy Absorption of Front-Frame

3.2 後面衝突時の3rdシート安全性

CX-5をベースとしたフロントボディーに対し、リアボディーは同じ3列シートをもつCX-9と基本骨格を共有している。新型CX-8はCX-9比で、全幅は130mm、リアオーバーハングは84mm短い。3rdシートの安全性においては同等レベルを目指した。リアオーバーハングの短縮によってクラッシュスペースが減少し、リアフレームに伝達するエネルギーは増大する。これを効率よく吸収するための構造として、Cピラー下のアウターレイnfォースメントに二股構造を採用した。二股に分かれたレイnfォースメントに荷重を分散させることにより、衝突時にリアフレームを上方から支え、持ち上がり挙動を抑制し、衝突エネルギーをリアフレームで安定して吸収することでバリアの侵入量を抑制している(Fig. 4)。これにより、国内保安基準の50km/hフルラップ衝突試験はもちろん、より高速なマツダ社内基準においても十分な生存空間を確保した。

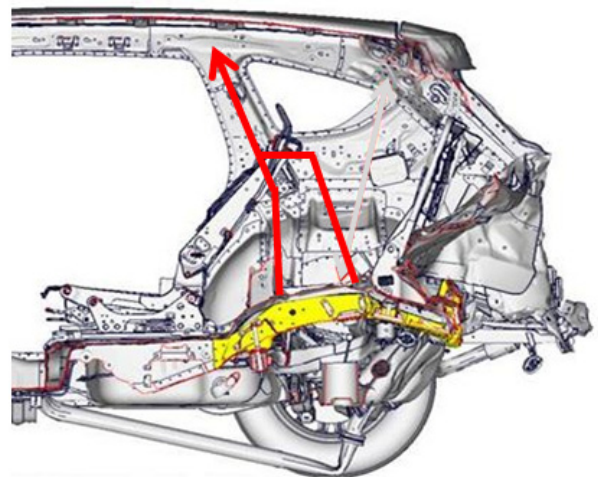


Fig. 4 Dual Structure for Rear-End Collision

4. 操縦安定性

新型CX-8は、多人数乗車が可能な3列シートをもつ車

であっても、マツダのフィロソフィーである「ドライバーの意のままに操れる」人間中心の車を目指し、開発を行った。一般的にボディが長くなればなるほど、車体のねじれは発生しやすい。ねじれが大きいほど、操舵時にドライバーへ車体挙動のフィードバックが遅れ、ドライバーの「意」を車へ十分に伝えられる応答性がなくなる。CX-5比で230mmホイールベースを長くした新型CX-8は、ドライバーのヒップポイントはCX-5そのままに、Bピラー後ろでストレッチした構造にしたため、入力点のリアタイヤがドライバーからは遠くなり、リアボディの挙動が伝わりにくくなる。それゆえに、リアボディ構造の剛性向上に注力し、全体として車体の大きさを感じさせないボディ剛性の実現をねらった。

4.1 Cピラー環状構造

リアボディのボックス変形を抑制する基本骨格構造の多くはCX-9の思想を踏襲し開発したが、新型CX-8では全幅の縮小や車内部品レイアウト制限等から全く同じ構造という訳にはいかず、SKYACTIV-BODYの特長であるCピラー環状構造の機能配分を見直し、更に進化をさせる必要があった。後面衝突性能にも寄与しているCピラー下アウターレインフォースメントの二股構造がそれである。ダンパートップからの入力とリアフレームからデュアル・ブレース沿いに入る力を、二股に分かれたアウターレインフォースメントで効果的に受け止め、リアダンパートップの支持剛性を高めた (Fig. 5)。また、アウターレインフォースメント内にガセットを設定。No.4クロスから続く断面のインナー側からCピラーに向けた荷重伝達をスムーズにした (Fig. 6 ①)。更に、Cピラー上部及びデュアル・ブレース前側の断面内に高剛性発泡充填材を配置し、断面崩れによる荷重の伝達ロスも抑制した (Fig. 6 ②)。以上の3点により、Cピラー環状構造の剛性向上を図った。

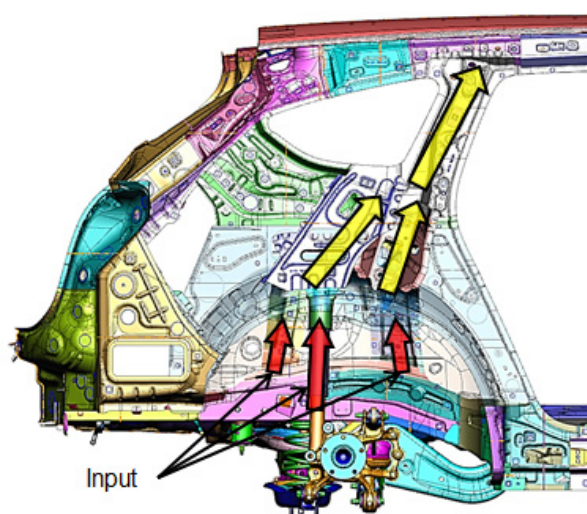


Fig. 5 Dual Structure of C Pillar Reinforcement

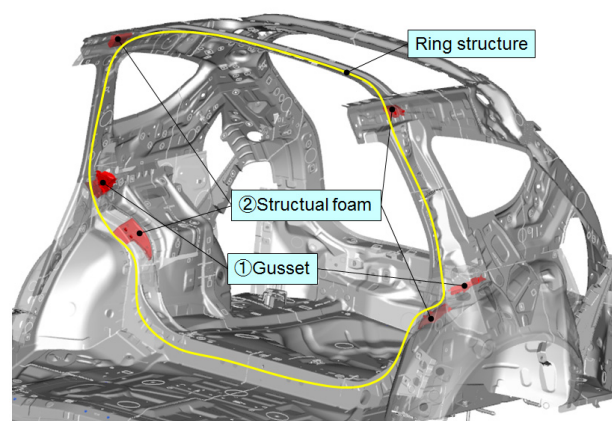


Fig. 6 Ring Structure of C Pillar

4.2 リフトゲート開口の構造

Cピラーだけでなく、リフトゲート開口部の断面の連続化や開口下部結合部に高剛性発泡充填材の配置等のCX-5/CX-9で得られた知見も盛り込むことで、リフトゲート開口部のボックス変形も抑制し、リアボディ回りの剛性を高めた (Fig. 7)。

結果として、ボディのねじり剛性をCX-5比7.0%向上させ、車を意のままに操る楽しさを感じられる車両性能を実現した。

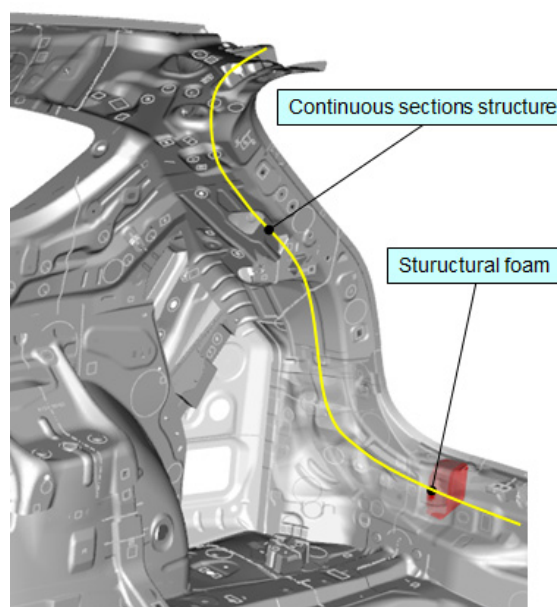


Fig. 7 Continuous Structure of Lift Gate Opening

5. NVH性能 (静粛性)

新型CX-8は、1列目から3列目まで全ての乗員が普段どおりの声量でストレスなく会話できる静粛性を目指した。特に、各座席間の静粛性の差を小さくすることに注力した (Fig. 8)。静粛性指標は、CX-9の開発から採用している

「高速走行時の静粛性」と「荒れた路面での静粛性」を用いた。ここではボディー領域での貢献事例を2つ紹介する。

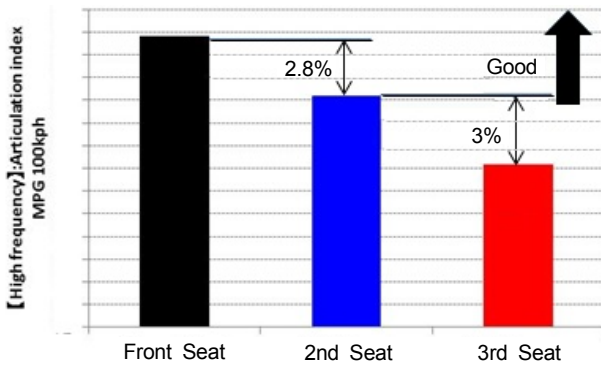


Fig. 8 Articulation Index of Each Seat

5.1 高速走行時の静粛性の向上

高速走行域の「会話のしやすさ」のためには、音源から車室内へ至るまでの遮音性能向上が必要である。一方で、主要部品をCX-5やCX-9と共有することで、開発ユニーク要素を限定し、開発効率向上にも取り組んだ。これらの両立のために、音源であるエンジンやタイヤに応じて適切な板厚を明確にするとともに、他モデルとの共通部品とCX-8のユニーク部品を適切に配置することで開発要素の最小化を実現した。更に、共通部品を増やすことで投資最小としながらも遮音性を高め、静粛性の目標を達成した (Fig. 9)。

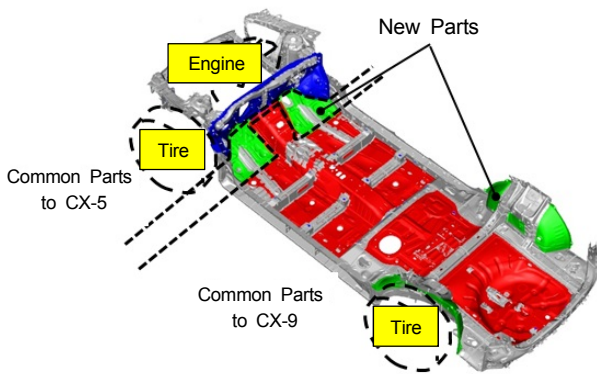


Fig. 9 Optimization of Panel Thickness

5.2 3列目乗員の静粛性の向上

荒れた路面でのロードノイズは、タイヤを起振源にサスペンションや車体骨格を介してキャビンに面したパネルが振動し、音となって放射される。3列目乗員の静粛性を向上させるため、CX-9以降の開発で用いているパネル等価放射パワー (Equivalent Radiated Power) の評価指標⁽²⁾を適用し、寄与の高い部位と、その振動現象を分析することで最適構造を実現した。例えば、性能への寄与が高いリアフェンダーパネルに対しては、振動を抑制すべきエリアを詳細に分析し、的確に制振材を付与することで、効果的

に音の低減を実現した (Fig. 10)。

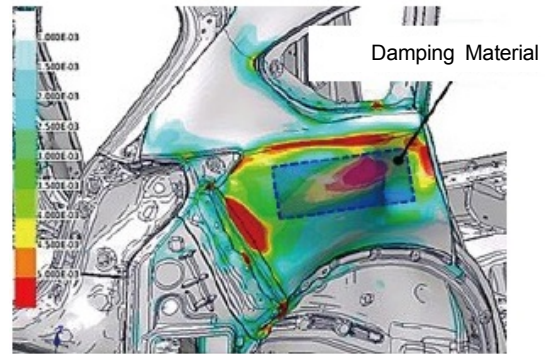


Fig. 10 Optimization of Body Panel

6. 複数性能最適化技術の適用

新型CX-8の開発では、複数性能(衝突、強度、剛性)間の同時最適化技術 (Multi-Disciplinary Design Optimization, 以降MDO)⁽³⁾を適用し質量改善に取り組んだ。具体的には、各性能目標を満足する指標を制約条件とし、質量最小化を目的関数とするMDOをアッパーボディー開発段階で実施した。性能・生産性から板厚を変更できる可能性がある部品を設計変数として設定し、板厚変化による性能寄与度を部品ごとに明らかにした。まず、剛性に対する寄与度を分析し、形状による剛性改善が可能な範囲で板厚を下げる部品を選定した。その上で衝突性能から強度が要求される部品には、ロードパス上の部品ごとの寄与度を参考に機能量を再配分した。この結果、対象部品は56部品、質量にすると40.5kg/台で実施し、1.14kgの軽量化を実現した (Fig. 11)。

56 Parts Primarily at MDO

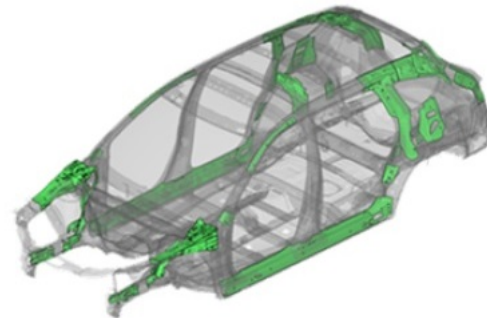


Fig. 11 MDO Application

上記のうちの0.314kg軽量化した取り組みの事例を紹介する。MDO結果から剛性への寄与度が高い部品を選び、形状による工夫を加えることで剛性を改善し、板厚低減を行った。また、後面衝突性能への寄与が高い部品であったことから板厚低減による強度低下対応として、MDO結果

からロードパス上で寄与度が高い部品を抽出し、材質グレードを上げることで機能量を増やした(Fig. 12)。

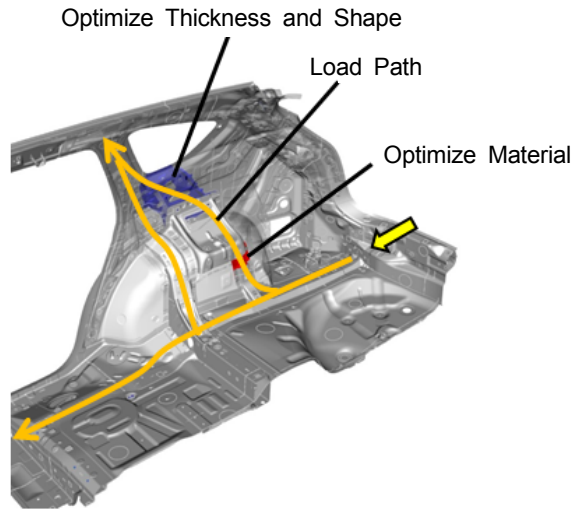


Fig. 12 Optimize Example

7. おわりに

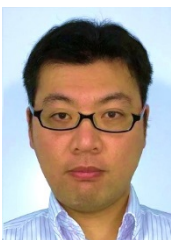
新型CX-8は、直近モデルまでに蓄積してきたマツダの技術・知見を総動員し作りあげた商品である。お客様が心から運転と会話を楽しみ、安全と安心を感じながら、疲れずどこまでも行ける、そんな車を実現することができたと確信している。これらの成果は企画・デザイン・設計・実研・生産技術及び製造部門、そしてサプライヤー様がONE MAZDAで活動した結果、成し遂げることができたものとする。

今後も更に技術を進化させ、お客様に選び続けていただける商品の開発に邁進する所存である。

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)
- (2) 吉武晃司ほか：新型CX-9の軽量・高剛性ボディーシェル，マツダ技報，No.33, pp.44-49 (2016)
- (3) 小平剛央ほか：複数性能を扱う車体構造最適化手法の開発，マツダ技報，No.29, pp.104-109 (2011)

■ 著 者 ■



高橋 礼倫



榎原 隆志