

特集：MAZDA CX-90

06

## CX-90 の衝突安全性能 Passive Safety of CX-90

木戸 啓人<sup>\*1</sup> 本地 宏昌<sup>\*2</sup> 澤田 庸介<sup>\*3</sup> 古賀 俊之<sup>\*4</sup>  
Hiroto Kido Hiromasa Honji Yosuke Sawada Toshiyuki Koga  
中桐 涼平<sup>\*5</sup> 松下 幸治<sup>\*6</sup> 安藤 亮<sup>\*7</sup> 芦浦 礼子<sup>\*8</sup>  
Ryohei Nakagiri Kouji Matsushita Ryo Ando Reiko Yoshiura

### 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に取り組んでいる。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の関係を高次元で両立させるために、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吸収し、分散して支えるマルチロードパスを進化させた新しいアーキテクチャーを作り上げた。

CX-90 では、新しい後輪駆動方式をベースとしたラージ商品群で最大サイズのプラットフォームに、実際の事故・傷害形態の分析からバックキャストした衝突安全技術として、高いエネルギー吸収効率を備えた車体構造、相手車保護性能及び歩行者保護性能を進化させ、米国の衝突安全アセスメントである US NCAP や IIHS でもトップレベルの性能評価を得ることを目標として開発した。本稿では、代表的な衝突形態である前面衝突、側面衝突、後面衝突及び歩行者保護について織り込んだ車両構造技術を紹介する。

### Abstract

Mazda has been developing products to realize safe and secure cars and society, aiming to achieve “outstanding 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 combine conflicting relationship, light weight and safety performance, at a high level. In vehicle body development characterized by Mazda Skyactiv-Vehicle Architecture, the new architecture was developed by using high-accuracy CAE technology. This is a structure evolved from the multi-load path structure with which a collision load is efficiently absorbed and dispersed to endure it.

The CX-90 combines a new rear-wheel drive-based maximum-sized platform (in Large line-up) with the crash safety technology that is back-cast from the analysis of real-world accident/injury forms, at a high level. It has achieved evolution of a body structure equipped with high energy absorption rate, protection of the other vehicle and protection of pedestrians. The car aims to get the top rating in the Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) and New Car Assessment Program (NCAP). This report introduces the technologies incorporated in typical crash modes: frontal, side, and rear collision, and pedestrian protection.

**Key words** : Passive safety, MBD, Skyactiv-Vehicle Architecture, Multi-load path, Energy absorption, Light weight, IIHS, NCAP

### 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ものの、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、万が一の衝突事故における乗員や歩行者の保護性能を向上するため、市場でのさまざまな事故・傷害形態の分析と人体における傷害発生メカニズムの研究を重ね、その成果を開発の軸としている。

CX-90 では、進化した魂動デザインや意のままに操る

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

楽しさの実現、特徴である後輪駆動やエンジン縦置き方式、PHEVの大容量リチウムイオンバッテリーの床下配置などの技術と車両大型化による重量の増加に対応するため、高強度材料への置換に加え、車体骨格の結合部強化、断面形状工夫、フレームのストレート化による軸方向への荷重の伝達率向上により、軽量化と高い衝突安全性能の両立に取り組んだ。

## 2. 前面衝突性能開発

### 2.1 ラージ商品群における前面衝突対応車体技術の進化

前面衝突は、エンジンルームを潰して衝突エネルギーを吸収し、乗員の傷害軽減を図るのが一般的だが、CX-90は、6気筒エンジンの縦置きパワートレインとショートオーバーハングデザインにおけるクラッシュャブルゾーンの確保や、PHEVによる重量増加、高電圧保護などに、多くの課題があった。CX-90はこれらの課題に対し、マルチロードパスによる荷重分散、高エネルギー吸収構造及び骨格部材の高強度化という3つのブレークスルー技術によって、軽量かつ優れた前面衝突安全性能を達成した。その結果、CX-90は3列シートの設定、ボディの全長、全幅、全高の拡大によりCX-60から200kg以上の車両重量の増加にもかかわらず、CX-60と同じショートオーバーハングデザイン(852mm)を達成した。

#### (1) マルチロードパス (Multi- Load Pass) による荷重分散

CX-90はあらゆる方向の入力に対して乗員に加わる衝撃を和らげ、客室の変形を最小限にとどめるため、前面衝突時の入力をメイン系列(フロントフレーム)・アップー系列(エプロン)・ローア系列(サスクロス部品)の3つのロードパスで効率的にエネルギーを吸収する構造を採用した(Fig. 1)。更にフロントフレームからの入力は、従来のBフレームに加え、トンネルサイドやトルクボックス、アップーロードパスに伝達するなど、各系列の入力を客室の各部材に分散させることで、客室変形を抑え乗員への直接的な被害の軽減を図った。

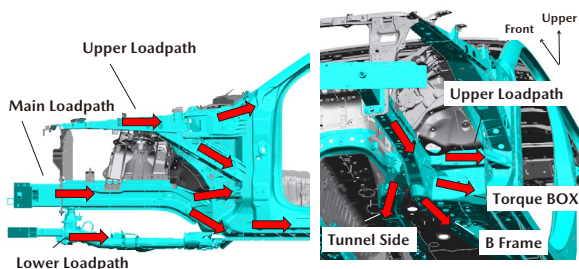


Fig. 1 Multi-Load-Path Structure for Frontal Crash

#### (2) 高エネルギー吸収構造

CX-90は限られたスペースの中でより効率的に衝突エネルギーを吸収するために、縦置きエンジンのメリット

を生かし、メインロードパスのクラッシュボックスからBフレーム、ローアロードパスのクラッシュボックスからサスクロスなど、骨格部材を最大限ストレート化することで荷重の伝達率を上げ、質量効率の良い骨格を実現した(Fig. 2)。

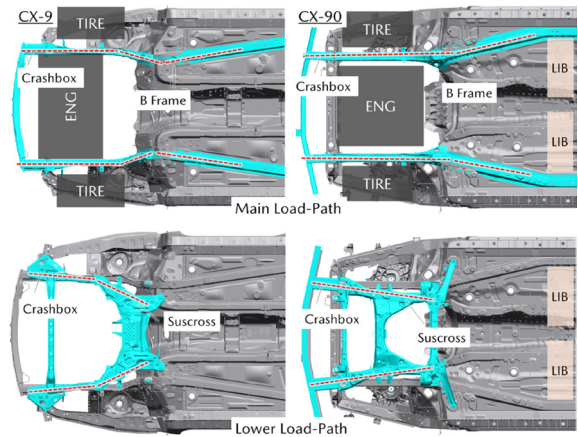


Fig. 2 Comparison of Body Structure & Suscross

特に、フロントフレーム部では長軸を安定的に軸圧縮変形させる課題に対し、断面中心のストレート化や変形周期コントロールの節、フレーム前部と後部で断面構造を変える稜線徐変構造を織り込むこと(Fig. 3)で達成し、エネルギー吸収効率を倍増させながら省スペースでのエネルギー吸収効率と軽量化を両立させた。これらの技術により、CX-90はひとつのボディでICEとPHEVを搭載可能な構造としつつ、高い前面衝突安全性能と軽量化を実現した。

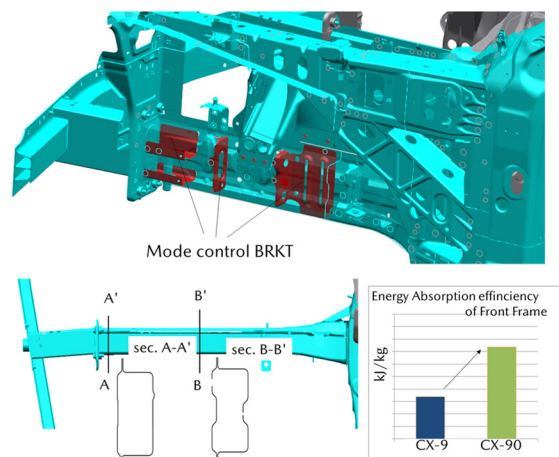


Fig. 3 Structure of Straight Frame

また、CX-90はCX-60からの車両重量の増加によりエネルギー吸収量を更に高める必要があるが、CAEによる最適化スタディにより、フロントフレームやサスクロスの必要最小限の強化で対応し、フロントフロア、サイドシルなどにおいて、CX-60と部品共通化を最大化してコスト低減にも貢献した。

(3) 骨格部材の高強度化

前面衝突時の客室エリアの変形抑制と軽量化のため、Aピラーに冷延1470MPa級の超高強度鋼板を、ヒンジピラーとダッシュクロスメンバーにはホットスタンプ材をマツダ車として初めて採用し、高強度化を図った (Fig. 4)。

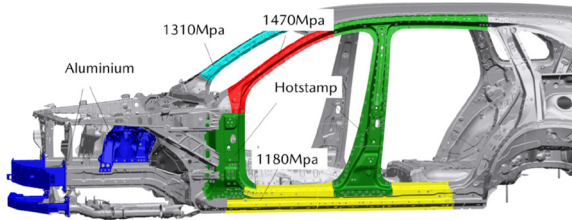


Fig. 4 Body Material of High Tensile

2.2 スモールオーバーラップ前面衝突モードにおけるグランスオフ挙動の実現

スモールオーバーラップ前面衝突とは、相手車もしくは障害物と少ないラップ量で衝突するモードであり、アメリカの市場事故の約20%<sup>(1)</sup>の割合を占めている。このモードはフレームなどの骨格部材で効果的に衝突エネルギーを吸収できず、客室が大変形する傾向にあり、乗員死亡重傷者軽減のためにはこのモードへの対応が重要であり、IIHSはこのスモールオーバーラップ前面衝突を模した評価を採用している。

CX-90では、スモールオーバーラップ前面衝突と軽量化との両立化のために、以下のように車両挙動に注目して構造化を図った。Fig. 5に示すように、キャビンへの入力が大きくキャビン強度を高くする必要のあるエンゲージ挙動 (バリアに車両が引っ掛かる挙動) に対して、車両を横方向に動かしキャビンへの前後方向入力が抑えられ車体減速度が小さくできる傾向のあるグランスオフ挙動 (バリアに対して車両がすれ違う挙動) を実現して安全性の向上と軽量化の両立を図った。

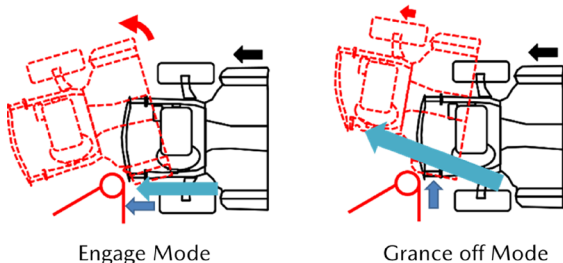


Fig. 5 Engage and Granceoff Mode

具体的には衝突初期から左右方向に荷重を発生、持続させるため、①ペリメータビームを左右方向に延長し、衝突時の荷重をペリメータビームからサスクロスメンバー経由で左右方向へ伝達 (Fig. 6 Part1) と、②サスクロスメンバー後方の左右間をトランスバースメンバーで

つなぎ、アルミ鍛造ロアーアームからサスクロスメンバー経由で左右方向へ荷重伝達 (Fig. 6 Part2) を行い、衝突初期から車両を横にずらす入力を継続的に与えてグランスオフ挙動を実現した。

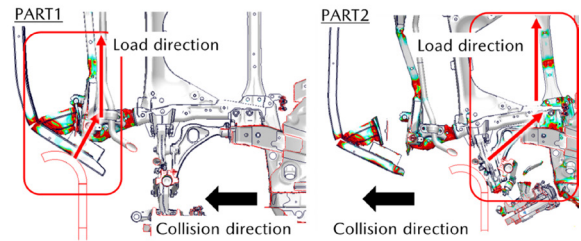
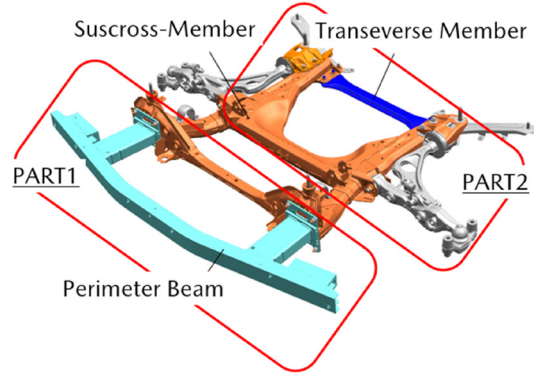


Fig. 6 Suspension Deformation Mode of Smalloverlap

3. 側面衝突性能開発

側面衝突は、客室の変形を抑えつつ、ドア外板から乗員までの狭い空間で、衝突エネルギーを吸収する必要がある。CX-90では、条件が強化されたIIHSの新しい側面衝突に対応することが課題となった (Fig. 7)。新プロトコルは、衝突エネルギーが従来比約80%増となり、車体変形を抑える中心的な役割を果たしてきたBピラーの高強度化に加え、ドア内のインパクトバーによるマルチロードパス構造を採用することで、高い側面衝突安全性能を実現した。

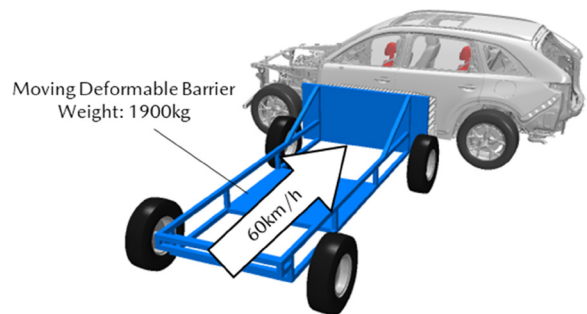


Fig. 7 Side Impact Moving Deformable Barrier for IIHS

Bピラーは、Fig. 8に示すように乗員の生存空間よりも下部に屈曲点を設定しており、これより下側を変形させることで、衝突エネルギーを吸収し、乗員生存空間を確



保する役割をもっている。CX-90では、Bピラーに材質や板厚が異なる鋼板をテーラードブランクで組み合わせたホットスタンプ材を採用することで、高強度化と衝突エネルギーの吸収を最適化した (Fig. 9)。更に、Bピラー上部は、応力集中する稜線部分を隙間なくレインフォースメントで補強することにより、効率的に曲げ耐力を向上させた (Fig. 10)。これらの構造により、単位質量当たりのエネルギー吸収量を従来比で 50%向上させることができた (Fig. 11)。

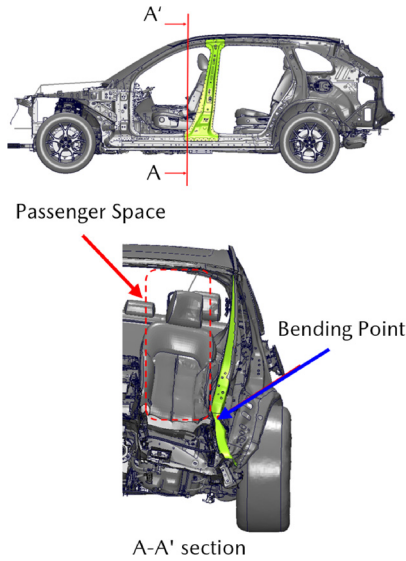


Fig. 8 B-pillar Deformation Mode

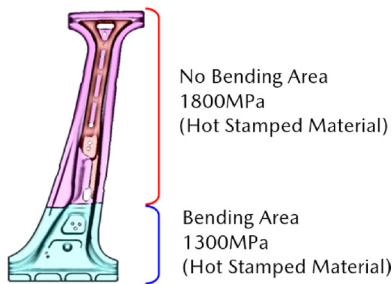


Fig. 9 B-pillar Material

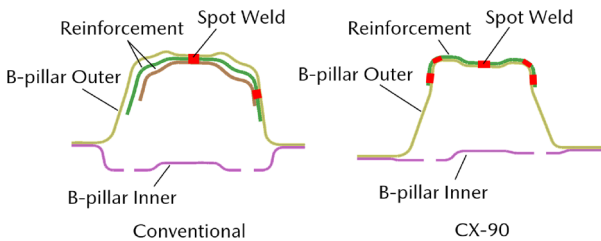


Fig. 10 Cross Section of B-pillar

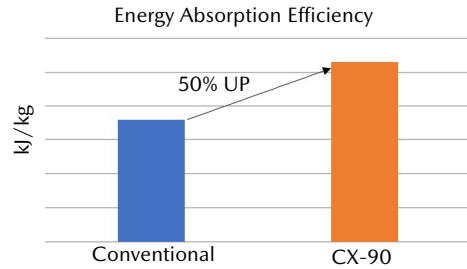
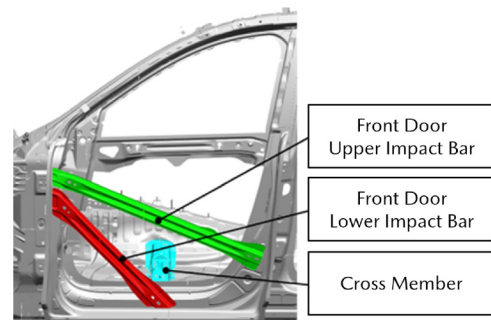


Fig. 11 Energy Absorption Efficiency of B-pillar

ドア内部のインパクトバーは、ドアの変形を抑制し、ドアから車体へのロードパスとしての役割がある。CX-90では、フロントドアに従来から設置している上部に加え、下部にもインパクトバーを設置した (Fig. 12)。下部のインパクトバーは、衝撃荷重をドアから強固なヒンジピラーやクロスメンバーへ直接伝達するロードパスとなるので、ドアの変形抑制と B ピラーの負担を軽減することができた。



Vehicle Side View

Fig. 12 Front Door Impact Bar

#### 4. 後面衝突性能開発

後面衝突では、従来車と同様に時速 80km/h で車幅 70%に可動バリアが追突する衝突モードにおいて、客室の変形を抑え、衝突後もドアの開閉を可能とし、フロア下に配置した燃料タンクやバッテリーパックも保護することを目指した。そのために、荷室エリアで高効率に衝突エネルギーを吸収するリアフレーム構造を採用した。

従来は、リアフレームの曲げ変形を主体にエネルギー吸収させていたが、CX-90ではCX-60で採用した軸圧縮により高いエネルギー吸収をするテーパ形状リアフレーム構造を踏襲した。また、CX-60に対してリアフレームが 108mm 長くなることでモーメントによる曲げ変形が起りやすくなる変化に対し、リアフレームの板厚と材質を調整して耐モーメント性を上げている。これにより、CX-60と同様にリアフレームをエネルギー吸収効率が低い軸圧縮を実現させ、従来車からリアフレームの板厚を下げながら、約 2 倍のエネルギー吸収を可能とした (Fig. 13, 14)。

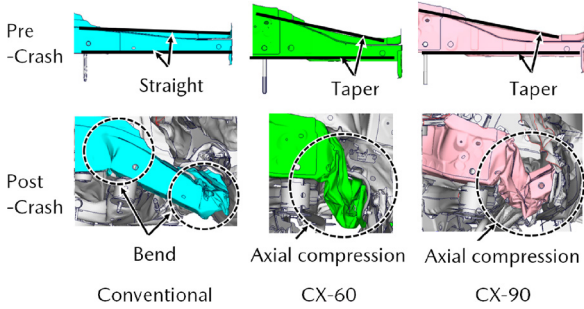


Fig. 13 Crash Behavior of Rear Frame

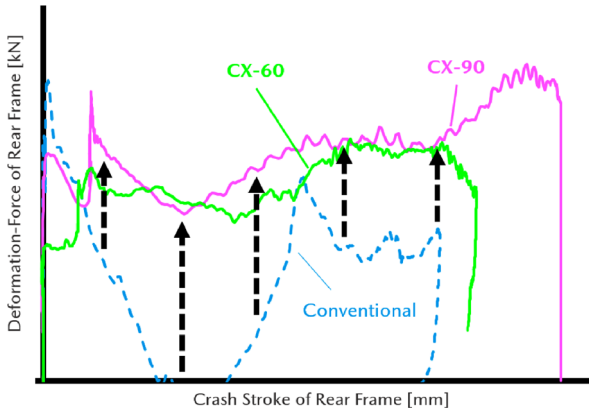


Fig. 14 Energy Absorption Performance of Rear Frame

## 5. 歩行者保護性能開発

NHTSA公表データ<sup>(2)</sup>によれば、米国では2021年で年間7388件の歩行者死亡事故が発生している。CX-90は、各国法規やNCAPの基準を基に、歩行者の頭部・腰部・脚部を保護するボンネット・サポートブラケット・グリルブラケット<sup>(3)</sup>などCX-60と共通の傷害軽減構造を採用しつつ、更に車幅の拡幅に伴う衝突リスク範囲の拡大に対応する傷害軽減構造を採用した。

### 5.1 頭部保護のためのフェンダー内部構造

CX-90は、CX-60からフェンダーを拡幅したデザインのため、その上面に頭部が衝突するケースまで想定し、フェンダーをクラッシュャブル化するS字型フェンダーブラケットを採用した。

フェンダーは、洗車やワックスがけシーンでの手押し・手つきによる変形を防止するために、従来構造では高強度のフェンダーブラケットを介してボディに締結しているが、歩行者が衝突した場合は、フェンダーブラケットが突っ張り、変形が不十分なため、頭部への衝撃が大きく、背反特性である (Fig. 15)。

そこで、手押し・手つき荷重には耐え、頭部衝突時の一定値を超える荷重でのみ変形するS字断面を、フェンダーブラケット形状に織り込むことで両立を実現した。具体的には、角部を設けず大きな曲率半径からなる湾曲断面とし、湾曲部を複数設定した。これにより、手押

し・手つきの入力では、応力集中を回避し変形を抑制できる一方で、一定以上の荷重が加わると、湾曲部が変形を誘発して潰れ、頭部の傷害軽減も可能とした (Fig. 16)。

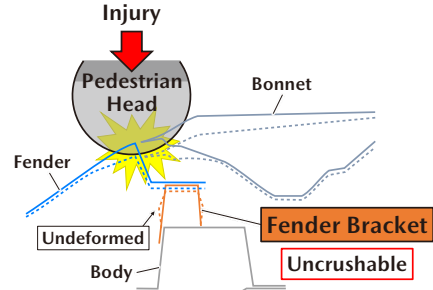


Fig. 15 Head Impact at Conventional Fender Bracket

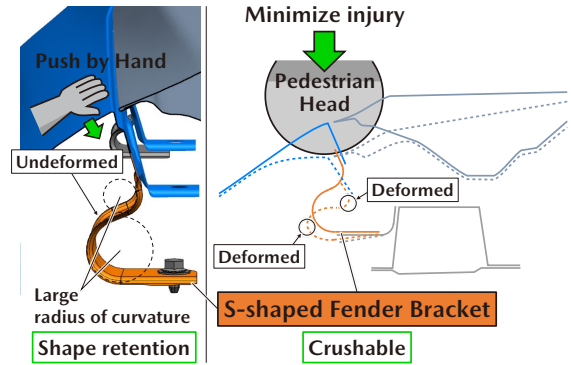


Fig. 16 S-shaped Fender Bracket of CX-90

### 5.2 腰部保護のためのヘッドランプ周辺構造

CX-90は、腰部とヘッドランプの衝突回避のために、先当たりで衝突エネルギーを吸収するクラッシュボックスを採用した。

一般にヘッドランプは、多機能で重く、その支持に高い取り付け強度を要するため、歩行者に衝突した場合に腰部の傷害リスクが高い。傷害軽減には、腰部と接触しない車両後方へのヘッドランプ配置が有効だが、SUVらしい力強さとシグネチャーウイング発光部との連続性を表現するデザイン思想と背反する。

そこで、デザイン思想との両立のために、ヘッドランプ前方の短いスペースの中で衝突エネルギー吸収を完了させることをねらいとして、従来構造のバンパーフェイスのみでは不足するエネルギー吸収量を補完するために、バンパーフェイスの内部にクラッシュボックスを設定した (Fig. 17, 18)。これにより、Fig. 19に示すように、腰部に傷害を与えない荷重以下かつエネルギー吸収効率の高い矩形波特性を得ることができ、デザイン思想のヘッドランプ配置で腰部の傷害軽減を実現できた。

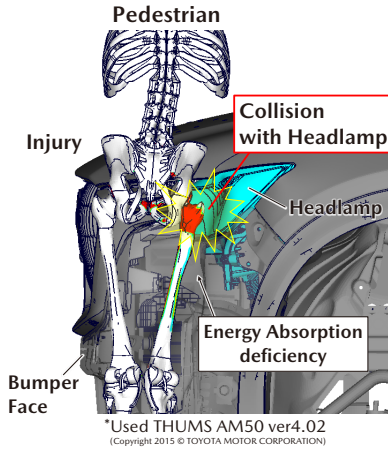


Fig. 17 Pelvis Injury by Headlamp Load

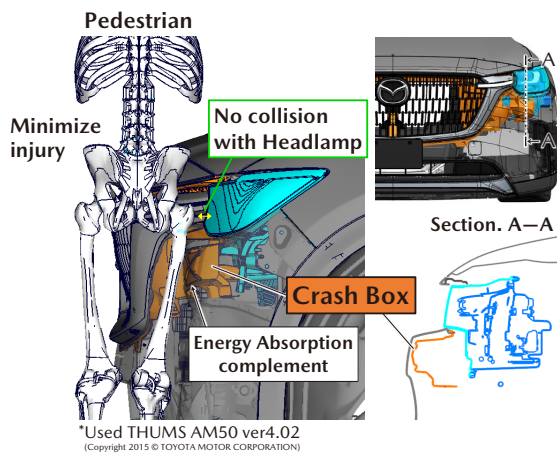


Fig. 18 Crash Box for Pelvis Load Alleviation of CX-90

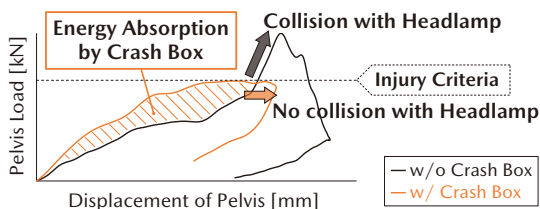


Fig. 19 Energy Absorption Load Performance and Pelvis Load

DOT HS 813458, pp.1-16 (2023)

(3) 辻大介ほか：CX-60の衝突安全性能，[マツダ技報](#)，[No.39, pp.96-101 \(2022\)](#)

■ 著 者 ■



木戸 啓人



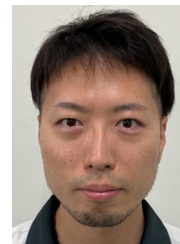
本地 宏昌



澤田 庸介



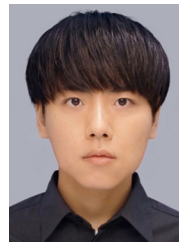
古賀 俊之



中桐 涼平



松下 幸治



安藤 亮



芦浦 礼子

## 6. おわりに

本稿では、CX-90の衝突安全性能について紹介した。カーボンニュートラルやCASEなど、車に対するニーズが多様化する中で、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た取り組みに基づき、今後も、より高い衝突安全性能を実現する技術開発とより良い商品をお客様に提供していく所存である。

## 参考文献

- (1) NASS-CDS (National Automotive Sampling System-Crashworthiness Data System), (2017-2021)
- (2) NHTSA: Pedestrians Traffic Safety Facts 2021 Data,