

特集：MAZDA CX-60

15

## CX-60 の軽量・高剛性ボディー開発

## Development of Light Weight and High-Rigidity Body Structure for CX-60

梶 裕貴\*<sup>1</sup>      山崎 忠\*<sup>2</sup>      影山 和宏\*<sup>3</sup>  
 Hiroataka Natsume      Tadashi Yamazaki      Kazuhiro Kageyama  
 川野 晃寛\*<sup>4</sup>      後藤 英貴\*<sup>5</sup>  
 Akihiro Kawano      Hidetaka Goto

## 要 約

CX-60 は、MAZDA3 で採用した SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE<sup>(1)</sup> を進化させ、エンジン縦置き方式を採用したラージ商品群の第一弾モデルである。本稿では、ボディーの機能をエネルギー視点で開発する「エネルギーコントロールボディー」という新たな取り組みについて紹介する。エネルギーの伝達・吸収・流入抑制・減衰について理想を掲げ、それを実現するための3つのコンセプト「軸で受け途切れないロードパス」、「入力点剛性アップ」、「高歪部位への減衰特性付与」に基づき、環状構造や結合部の強化と材料・工法の進化を取り込み、具体構造化した。これらにより、ラージ商品群でボディーが目指す価値を実現できた。

## Abstract

Mazda CX-60 is evolved Skyactiv-Vehicle Architecture which has been adopted in Mazda3, and is first model of Large product group to adopt longitudinal engine. This article introduces new initiative 「Energy Control Body Structure」 which we develop body shell function from energy perspective. We decided an ideal about energy transfer, reflection, absorption, damping. We enhanced ring structure and joint stiffness, and evolved material and construction method, based on three concept 「axial and continuous load path」 「rigidity improvement on load input point」 「damping at high strain part」. We realized aim value of body structure by these activities.

**Key words** : Vehicle development, Platform, Body structure/body Design

## 1. はじめに

初代CX-5 から採用したSKYACTIV-BODYは、MAZDA3においてSKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTUREに進化し、飛躍的な性能向上を実現した。CX-60では、それを更に凌駕するボディーの開発を行った。

CX-60のボディーはエンジン縦置き、後輪駆動を前提とし、2列シート／3列シートや車幅違いといった幅広い商品スコープに対応可能としている。また、PHEVバッテリーの床下配置を可能とする構造とした上で、電駆方式（PHEV、Mild Hybrid、Hybrid 非搭載）によらず基本構造を共通とし、開発効率を向上させた。

## 2. 開発のコンセプト

## 2.1 ラージ商品群／CX-60のボディーが目指す価値

CX-60の開発において、マツダは以下3つの価値を軽

量なボディーで実現することを目指した（Fig. 1）。

- ・身体拡張能力を引き出す骨格剛性値の連続性
- ・快適な乗り心地と上質な静粛性
- ・世界最高レベルの衝突安全性能

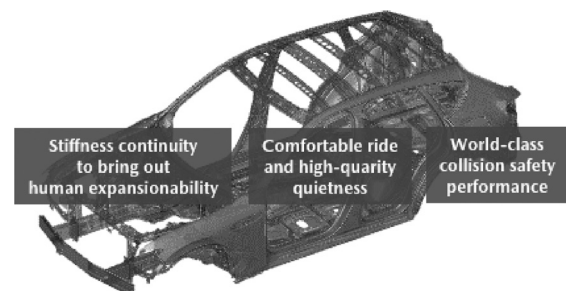


Fig. 1 Values of Body Structure

「身体拡張能力」とは、人間が道具を使う際に、道具を身体の一部のように使いこなす能力のことであり、大き

\*1～5 ボデー開発部  
Body Development Dept.

なパワーとサイズをもった車を、神経の通った手足のように自在に操れる状態が理想である。ボディー領域では、

- ・骨格各部位の剛性値に連続性をもたせることにより、操舵に対して遅れなくボディーを反応させること。
- ・車体微振動の抑制により、人間がボディーの反応を感じ取る際のノイズを小さくすること。すなわちクルマの挙動をクリアに感じ取れるようにすること。

が必要である。

また今後展開されるラージ商品群においても、同じコンセプトに基づく車体骨格の基本構造を「固定要素」、車格やデザインにより変えるべき領域を「変動要素」とすることで、共通の価値を提供することをねらいとし、開発を行った。

## 2.2 エネルギー視点での開発

2.1 節の3つの価値を実現するためにマツダが考えたキーワードは、ボディーがもつさまざまな機能をエネルギー視点で全体統合する「エネルギーコントロールボディー」である。クルマが使われるさまざまなシーンについて、エネルギーの状態（伝達・流入・吸収・減衰）がどのようになっているか明らかにした。それぞれの価値をエネルギー視点で考えると、

- ・骨格各部位の剛性値の連続性：走行時の弾性エネルギー
- ・衝突安全性能：衝突時の運動エネルギー
- ・乗り心地・静粛性：走行時の振動／音エネルギーをいかにコントロールするのが重要である。

## 2.3 構造決定へのアプローチ

クルマ全体でそれぞれのエネルギーをコントロールする上で、以下3つのポイントに注力した (Fig. 2)。

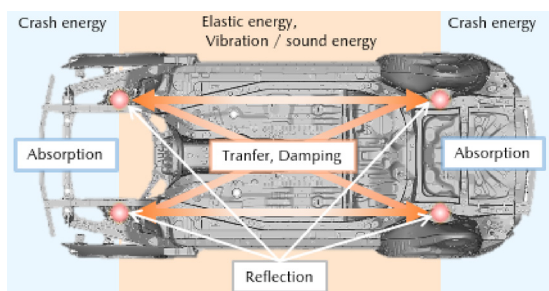


Fig. 2 Energy Flows of Body Shell

- ・走行時の弾性エネルギー：フロントサスペンションとリアサスペンションの間を伝わる骨格における剛性値の不連続部を作らず、ロスなく伝達する。
- ・衝突時の運動エネルギー：車両のもつ運動エネルギーを、ボディー骨格部材で吸収する際の効率を追求する。
- ・走行時の振動／音エネルギー：サスペンションから

のエネルギー流入を入力点で抑制させてボディーに伝えない。伝わってきた振動／音エネルギーを減衰（熱に変換）させる。

それらを実現するための構造化コンセプトの1つ目は「軸で受け途切れないロードパス」である。例えば、ボディーフレームを模擬したケーススタディにおいて、軸方向に荷重を加えた場合、曲げ方向に荷重を加えた場合に比べ、フレームに発生する歪エネルギーが約50分の1となる。エネルギーを効率よく軸で受け、かつそれを途切れさせないことを、構造検討する上でのコンセプトとした (Fig. 3)。

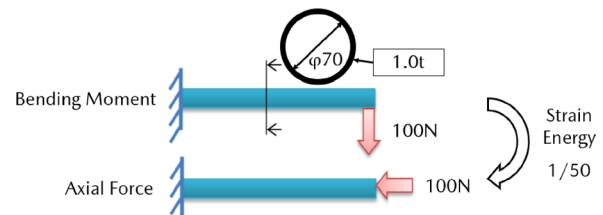


Fig. 3 Difference of Axial Force and Bending Moment

2つ目は「入力点剛性アップ」である。ボディー全体の剛性を高めるよりも、入力点の剛性を高める方が、エネルギー流入を抑制させる上で効率的であることが分かった。最適な剛性バランスによりエネルギー流入を抑制させるコンセプトとした。

3つ目は「高歪部位への減衰特性付与」である。ボディーに伝わってきた振動／音を発生させる歪みエネルギーをコントロールし、歪みエネルギーが集中した部位に減衰接着剤を設定することで効率的にエネルギーを減衰させるコンセプトとした。

これらのコンセプトにより、まず、「軸で受け途切れないロードパス」に基づき、エネルギーの流れを見ながら全体のフレームワークを決め、骨格が過剰になりすぎないように入力点剛性を高めてエネルギー流入を抑制させ、歪エネルギー分布に基づき減衰接着剤を設定した。

## 3. ボディーの進化

### 3.1 構造化コンセプトに基づいて設計した構造・材料

2.3 節で述べた3つの構造化コンセプトに基づいて設計した構造について述べる。

(1) 軸で受け途切れないロードパス（弾性、衝突、振動／音）

「軸で受けるコンセプト」を車体構造で実現するため、CX-60ではさまざまな入力に対して軸で受けるパスを配置した。更に「途切れないロードパス」実現のためにパス同士をスムーズに繋ぎ、多方向の環状構造配置<sup>(1)</sup>とした。これにより、あらゆる方向からの入力に対してロバストに受け止める構造の下地を作った。

しかし、パス同士の結合部でエネルギーロスが生じる。

今回、CX-60 では結合部剛性を改善するため、外板のボディーアッセンブリー工程を変更することで、質量を低減しながら CX-5 比同等以上の結合部剛性を確保した (Fig. 4)。

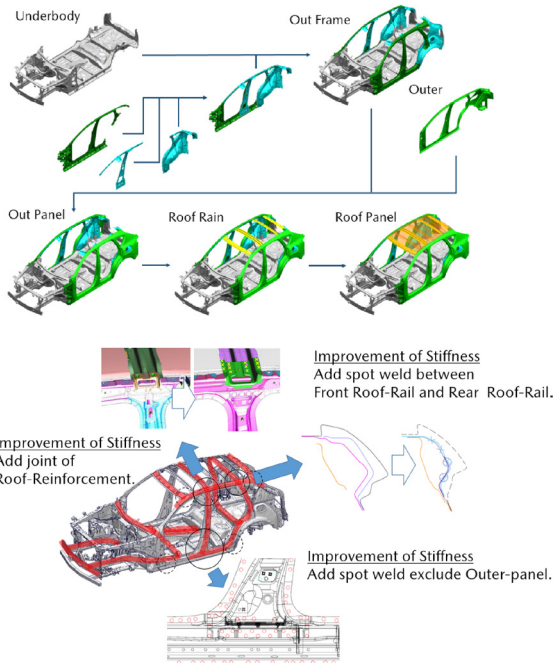


Fig. 4 Improvement of BOP & Joint Stiffness

同じく骨格剛性値の連続性を妨げているトンネル部について、高剛性部材であるトランスミッションメンバーを効率よく活用し、車体骨格であるフロアメンバー位置と一致するように配置することで、入力を軸方向に支える連続的なアーキテクチャーを実現した (Fig. 5)。

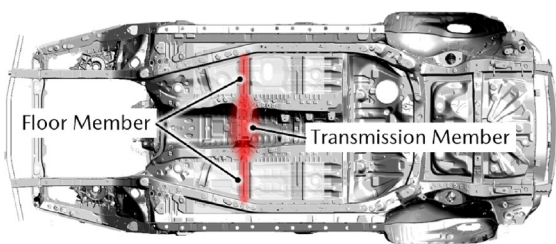


Fig. 5 Transmission Member & Floor Member Structure

軸方向に配置した各パスの具体的な仕様を決めるにあたり、複数の衝突モードに対して機能をもつ部品を中心に高強度材料を採用し、軽量化を図った。

また CX-60 に適用する材料強度自体も進化させるべく、技術開発テーマとして取り上げ、鋼材メーカーや生産部門を含めた共創活動で材料開発に取り組んだ。一般的に材料強度を高めた際の重要課題となる遅れ破壊への対応や、スポット溶接部の強度予測精度向上など、数多くの課題を開発日程内で解決し、1.8GPa 級ホットスタンプ材及び 1470MPa 級の冷間ハイテン材の車体適用を実現した。これらを含むドア開口周りの衝突骨格部品の材

料強度アップにより、32%の質量低減と乗員生存空間確保のブレークスルーを達成した (Fig. 6)。

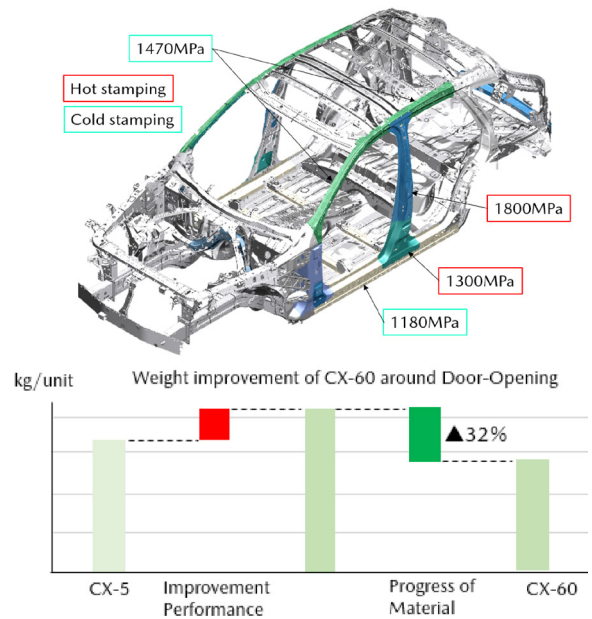


Fig. 6 Adaptation of High Tensile Strength Steel

(2) 入力点剛性アップ (振動/音)

サスペンションからの入力点であるダンパートップ部において、サスペンションブッシュ (車両) -ダンパートップ (車体) 間の剛性比を大きくすることで、エネルギー流入を抑制した。入力点剛性アップのため、マツダのボディー領域に初採用となるアルミダイカストを前後ダンパートップ部に採用した (Fig. 7)。従来の鉄構造では、形状/板厚/接合の制約から剛性アップに限界があり、形状自由度の高いアルミダイカストを採用し、新開発の高耐食性剛性接着剤<sup>(2)</sup>と併用することで、ねらいの剛性比を確保した。

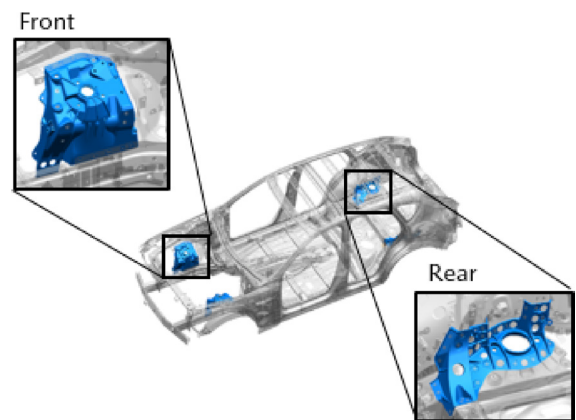


Fig. 7 Aluminum Die Casting

また、ダンパートップの支持剛性自体も CX-5 から大きく進化し、フロントが 52%，リアが 31%改善した (Fig. 8)。

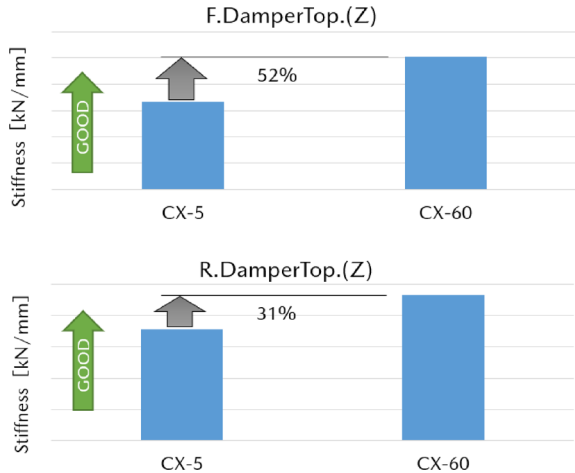


Fig. 8 Suspension Mounting Rigidity

(3) 高歪部位への減衰特性付与 (振動/音)

ボディに伝わった振動/音エネルギーを熱エネルギーに変換して減衰させるため、減衰節、減衰接着剤を適切に配置した。減衰接着剤の塗布長は、初めて適用した MAZDA3 の塗布長 7m から大幅に拡大させ、19m とした (Fig. 9)。

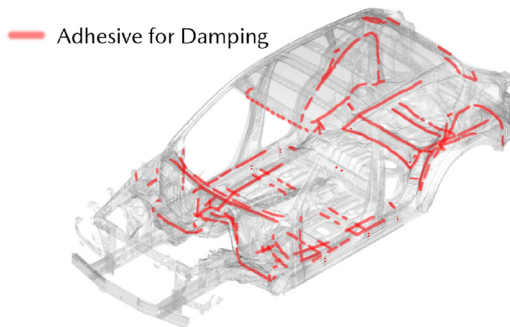


Fig. 9 Adaption of Adhesive for Damping

3.2 構造化コンセプトに基づいたエネルギーコントロール

(1) 走行時の弾性エネルギー

SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE の多環状骨格構造をベースに、ボディの結合部の進化を取り込むことで、剛性の連続性を強化した。これにより弾性エネルギーの伝達ロスを 24% 低減させた (Fig. 10)。

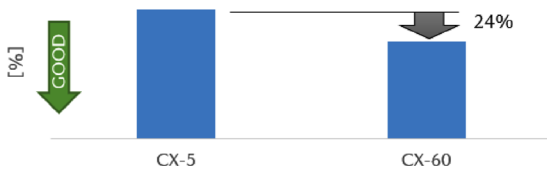


Fig. 10 Loss of the Energy Transmission

(2) 衝突時の運動エネルギー

衝突エネルギー制御の一例として、フロントフレームの事例を挙げる。フレームを軸圧縮させることにより、効率的にエネルギー吸収する構造とした。縦置きエンジンによ

る幅方向のスペースを活用し、フロントフレームをストレートに通し、かつ幅方向の断面を確保することでねらいの軸圧縮を実現した。これによりフロントフレームのエネルギー吸収量を CX-5 比で 2 倍に高めた (Fig. 11)。

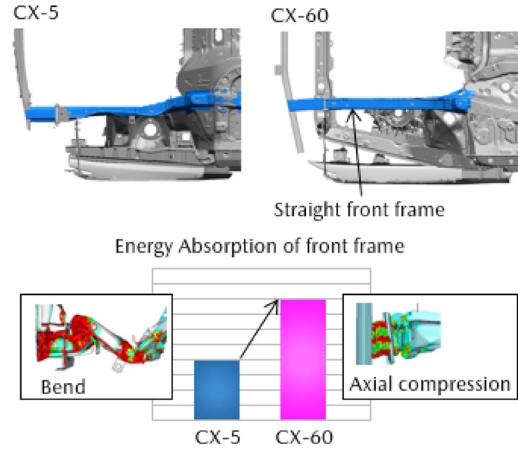


Fig. 11 Energy Absorption of Front Frame

(3) 走行時の振動/音エネルギー

ダンパートップのアルミダイキャスト化により、サスペンションブッシュとダンパートップの剛性比をねらいの値とすることで、振動/音エネルギー流入量を 50% 削減した。

減衰節、減衰接着剤の適用により、振動/音エネルギーから熱エネルギーへの変換率を 12% 向上した (Fig. 12)。

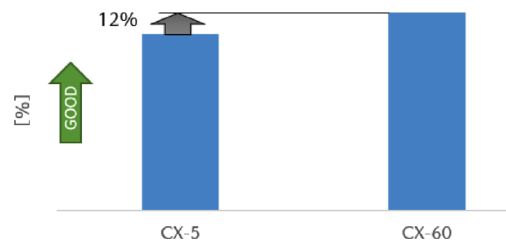


Fig. 12 Conversion Rate to Thermal Energy

3.3 エネルギーコントロールにより実現した性能

(1) 身体拡張能力を引き出す骨格剛性値の連続性 (操縦安定性能)

先述のエネルギー伝達のコントロールにより、人間がボディの反応を感じ取る際のノイズを小さくした。そして、クルマの挙動をより把握しやすく、身体拡張能力を高めることができた。

また、骨格剛性値の連続性を向上させたことで、ボディ骨格の 1 次振り共振を約 20% 改善した (Fig. 13)。

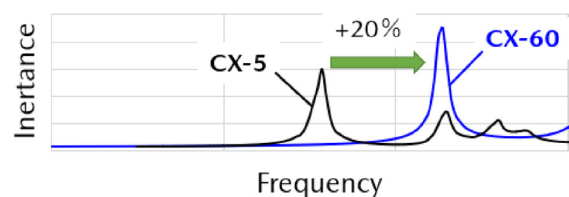


Fig. 13 Improvement of 1<sup>st</sup> Torsion-Resonance

(2) 世界最高レベルの衝突安全性

エネルギー吸収のコントロールにより、衝突時の運動エネルギーを効率的にボディー骨格で吸収し、乗員や歩行者を保護する構造とした。さまざまな状況を想定した安全性評価を実施し、世界最高レベルの衝突安全性を実現した（欧州の衝突安全アセスメントである EuroNCAP で、2022 年に最高ランクの 5★を獲得）。

また、フロントフロア下に配置した PHEV 用バッテリー保護においては、衝撃を効率よく吸収するエリアと軸で受け耐えるエリアを明確化し、側突時の車体の変形挙動をコントロールすることで、バッテリー筐体保護構造を確立した。これにより質量増を抑制しながらバッテリーの生存空間を確保し、衝突時の安全性を確保することができた。

エネルギー吸収効率を高めたことと高強度材料の適用により、CX-5 よりも大きな車体でありながら、質量は同等とすることができた (Fig. 14)。

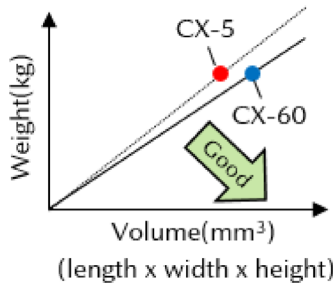


Fig. 14 Body Shell Weight per Volume

(3) 快適な乗り心地と上質な静粛性

振動／音エネルギーのコントロールにより、20-100Hz 帯のフロア振動は 25%低減、100-160Hz 帯の音圧レベルは 5%低減し、快適な乗り心地と上質な静粛性を実現した (Fig. 15)。

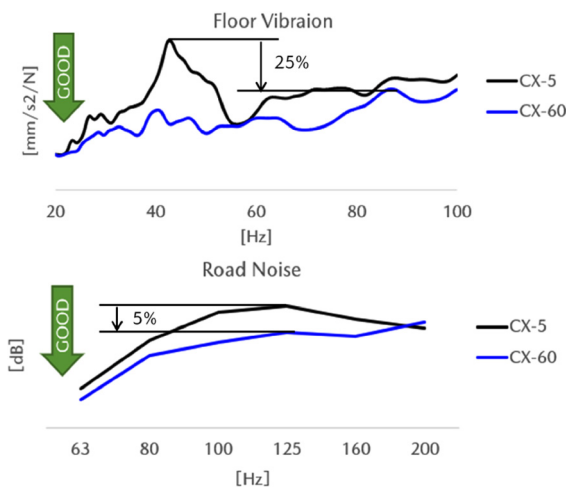


Fig. 15 Floor Vibration and Road Noise

また、CX-60 では SKYACTIV-X の開発で構築したコンセプト「カプセル構造によるエネルギーの統合制御」を基に、更なる効率アップと遮熱・臭気／雨水遮断・部品

保持の機能をねらいとしたエンジンルームカプセル構造を採用した (Fig. 16)。

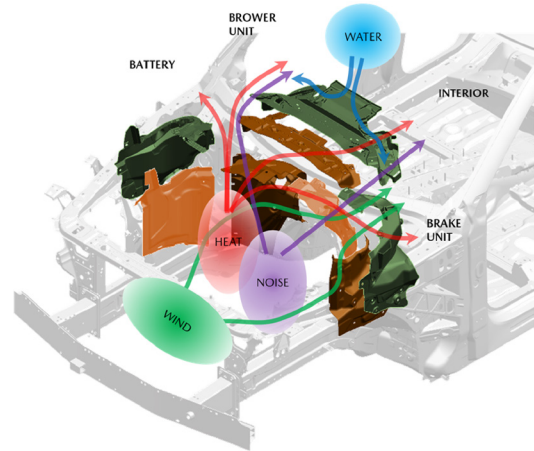


Fig. 16 Capsule Structure of Engine Room

これにより、エンジンノイズの吸遮音性向上による上質な車内静粛性の達成に加え、

- ・優れた実用燃費の達成
- ・高効率な熱エネルギーマネジメント
- ・フロア下の風流れ制御による Cd 値改善

など、1 ユニットでマルチな性能向上を担う多機能型構造を確立した。

4. おわりに

新型 CX-60 は、SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE をベースに、新世代ラージ商品群に相応しい機能進化を実現し、CX-5 から商品力を飛躍的に進化させることができた。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、六位一体（開発・生産・購買・品質・物流・サプライヤー様）で活動を進めた結果である。今後もお客様の期待を上回り、喜んでいただけるよう、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 \(2019\)](#)
- (2) 麻川元康ほか：耐食性に優れた構造用接着剤の開発, 自技会 2022 年春季大会前刷集, No.68-22 (2022)

■著者■



栢 裕貴



山崎 忠



影山 和宏



川野 晃寛



後藤 英貴