

特集：MAZDA CX-60

28

生産工法の変革による魂動デザインと働きやすさの追求 Innovation of Production Method for “KODO Design” and “Workability”

高田 有弘^{*1} 川合 敏之^{*2} 崎田 亮^{*3}
Kunihiro Takata Toshiyuki Kawai Ryo Sakita
王 強^{*4} 川野 晃寛^{*5}
Kyo Ou Akihiro Kawano

要 約

マツダの生産技術部門では、お客様の期待を超えるレベルで走る喜びを実現するために、独自価値の具現化を目指している。その一つとして、魂動デザインの忠実な造り込みに取り組んでおり、隣り合う意匠面が一枚の面であるかのように感じられる「面の連続感」の造り込みを行ってきた。また、グローバルで多様な人材にいきいきと働いてもらえる環境を目指し、働きやすい製造ラインへの変革に向けて活動しており、どんなクルマでも作業がしやすい生産工法の開発を行っている。本稿では、CX-60 で実施した「魂動デザイン」と「働きやすさ」をともに向上させた取り組みについて紹介する。

Abstract

Production engineering department of Mazda tries to supply unique value in order to realize the “Driving pleasure” that exceeds customer expectations, so, we are working on to meticulously develop the “KODO design” and have been building “Continuity in Surfaces” that makes the adjacent design surfaces feel as if they were a single surface. In addition, the company is working to transform its manufacturing lines to make them easier to work with, aiming to create an environment where a global and diverse workforce can work with vigor and enthusiasm, and is developing production methods that make it easier to work with any cars. This article introduces the efforts implemented in the CX-60 to achieve both “KODO design” and “Workability”.

Key words : Production ・ Manufacture, Assembly, Quality, KODO design, Workability, Front end

1. はじめに

マツダのクルマは、運転する楽しさを提供するために進化を続けている。中でも魂動デザインはマツダの重要な提供価値で、生産技術部門では、魂動デザインの忠実な造り込みに取り組んでおり、CX-60 では外観品質をこれまで以上に向上させる取り組みを実施した。

また、グローバルで多様な人材にいきいきと働いてもらえる環境を目指し、働きやすい製造ラインの変革に向けて活動しており、車両のフロントエンドにおいて、どんなクルマでも作業がしやすい、フロントオープンエンド工法（Front Open End 以下、FOE）を採用し、CX-60 の量産から実施した。

本稿では、CX-60 で取り組んだFOEを活用した魂動デザインの造り込みと作業性向上についての内容を紹介する。

2. フロントオープンエンド工法とは

従来のマツダの工程は、車体組立工程でボディー前端の左右を連結するバンパーレインを組み付け、ボディーを塗装後、車両組立工程へと移る。車両組立工程では、エンジンルームの中に作業が入れないため、部品組み付け時にフェンダー越しからの腰曲げ作業になっていた（Fig. 1）。そこで、どんな魂動デザインのクルマでも生産を可能にし、作業がしやすい製造ラインにするため、バンパーレインがない状態で、エンジンルーム内への作業

*1～3 車両技術部
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

*5 ボデー開発部
Body Development Dept.

*4 車体技術部
Body Production Engineering Dept.

者の立ち入りが可能になる FOE の採用を決定し、マツダでは初めて CX-60 の量産から実施した。

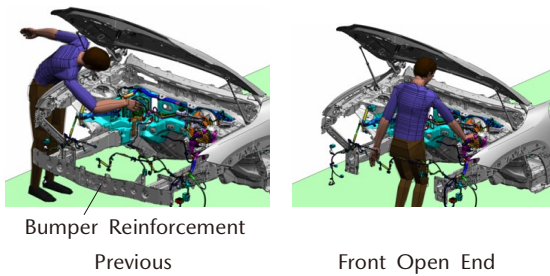


Fig. 1 Working Posture for Assembling Engine Room Parts

3. 魂動デザインの造り込み

マツダの生産技術部門では、お客様への提供価値をものづくりの技術で更に向上させる取り組みを行っている。その一つとして、魂動デザインのねらいである生物のもつ生命感や躍動感の表現、金属から削りだしたかのような塊感を量産車で実現し、これをお客様への提供価値としたクルマづくりを行っている。

魂動デザインの塊感は、バンパーとボンネットなど、隣り合う部品の意匠面に映り込む風景が滑らかに連続し、一枚の面であるかのように感じられる「面の連続感」(Fig. 2) と、部品間に存在する分割線に視線が留まった際に、作り方が想像できないほど細部の精緻さを感じさせる「精緻感」(Fig. 3) で表現できると考えている。従来車種では「面の連続感」を向上させるため、光の反射方向を左右する“法線ベクトル”を管理指標として、造り込みを行ってきた⁽¹⁾。



Fig. 2 Continuity in Surfaces

Gaps Between Parts Are Uniform and Narrow



Conventional Product Ultimate Product
Fig. 3 Exquisiteness

CX-60 では、「面の連続感」に加えて「精緻感」の取り組みを行い、魂動デザインの塊感の更なる向上をねらった。そのためには、バンパー等外装部品の組み付け精度向上とともに外装部品の位置決め基準となるボディー部品の位置精度を向上する必要がある。

従来のボディー構造は、バンパーレインを基準として部品を介して外装部品の位置決め機能を設定していたが (Fig. 4)、位置決め基準を一点集中させる構造にし、その基準部品の位置精度を高めるアプローチに変更した (Fig. 5)。CX-60 では、シュラウド UP メンバーに位置決め機能を集中させ、フロントボディー左右を連結するキーパーツとして、FOE 化に対応しつつボディー精度の向上を図った。また、シュラウド UP メンバーを高い精度で位置決めするため、シンプルなストレート断面にし、ボディーへの接合時にばらつきを抑制できるようにした (Fig. 6)。

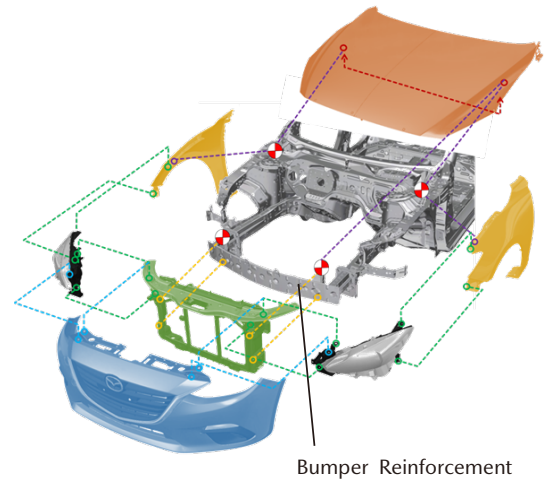


Fig. 4 Previous Concept of Assembly

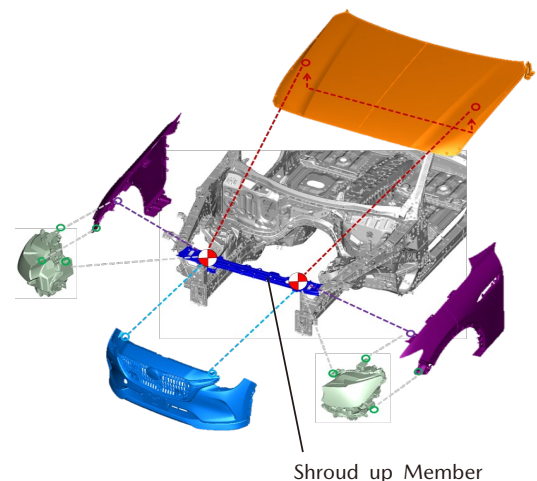
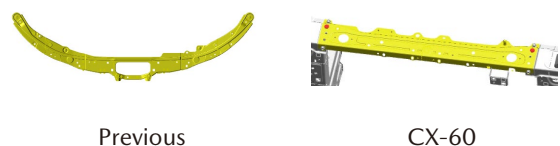


Fig. 5 New Concept of Assembly



Previous CX-60
Fig. 6 Structure of Shroud up Member

4. FOE における課題

FOE 化に向け、バンパーレインは車体組立工程から車両組立工程での組み付けに変更し、シュラウド UP メンバーは、車両組立工程のエンジンルーム内作業の前に一度外し、作業完了後に再組み付けする工法にした (Fig. 7)。ただし、シュラウド UP メンバーを一度外す際に応力が解放されることでフロントフレーム間のピッチが変化する懸念があり、車両組立工程ではシュラウド UP メンバー取り外しから再組み付けの前後でいかにピッチ変化を抑えるか、そして車体組立工程では FOE 状態でピッチ変化を抑制する構造、工法の開発が課題となった。

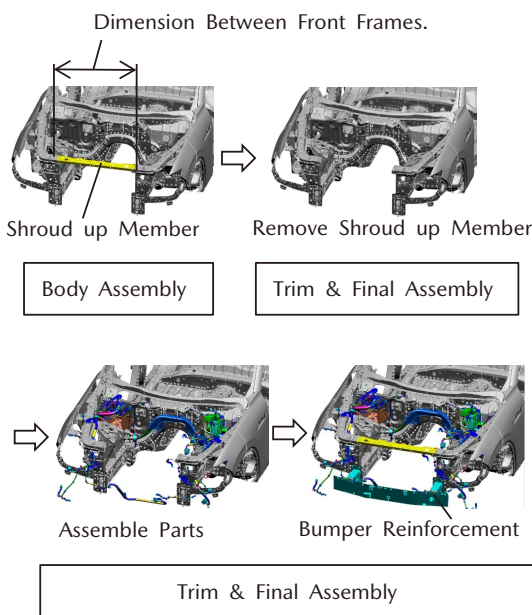


Fig. 7 CX-60 Front Open End

5. 課題解決の取り組み

5.1 構造面での取り組み

車両組立工程でシュラウド UP メンバーを再組み付けする際、取り外す前の寸法を再現するため、シュラウド UP メンバーの左右端に位置決めピンを設定した。位置決めピン先端には斜めのガイド形状を設定してシュラウド UP メンバーを組み付ける下方向の荷重を横方向の荷重に変換し、変化したピッチを元に戻す構造とした (Fig. 8)。

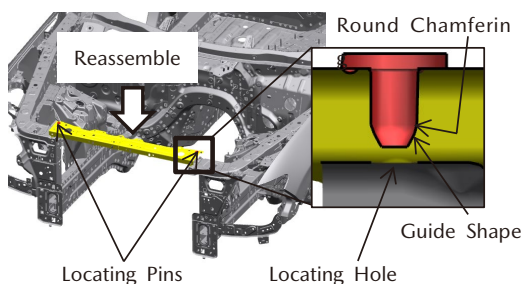


Fig. 8 Locating Pins of Shroud up Member

この構造では、ボディーが変化しようとする荷重を受けても、位置決めピンやシュラウド UP メンバーが変形しないような強度に設計する必要がある。そこで、左右の位置決めピン同士をストレート断面でつなぎ、1 部品で必要な強度を確保できるようにした上で、CAE 解析にて確認を行った (Fig. 9)。ストレート断面でつなぐ考え方は、車体剛性を高めることにも貢献している。加えて、シュラウド UP メンバー再組み付け時の挿入力を考慮し、位置決めピンのガイド形状や R の大きさを試作品にて検証し、最適な形状を織り込んだ。これらを実機で検証し、シュラウド UP メンバーの再組み付けにより、取り外す前の寸法を再現できることを確認した。

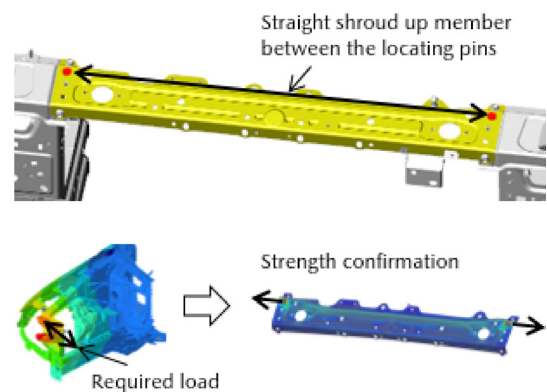


Fig. 9 Strength of Shroud up Member

5.2 フロントフレーム間ピッチの寸法精度保証の取り組み

量産の組み付け作業において、シュラウド UP メンバーを再組み付けするためには、左右端の位置決めピン挿入力を 50N 以下に抑制する必要がある。机上シミュレーションにより、目標とした位置決めピン挿入力を達成するためには、シュラウド UP メンバー取り外し前後のフロントフレーム間ピッチ変化を 0.9mm 以下に抑制する必要があることを導き、ボディーの寸法精度目標として設定した。

ボディーを製作する車体組立工程では、300 点以上の部品を基準ピンや基準面といった位置決め治具で拘束し、4000 点以上の溶接打点でつなぎ、ボディーを組み立てる。部品間の接合面に干渉や隙間があると、溶接による接合時に内部応力が発生し、位置決め治具の拘束を解いた際に応力解放により元位置を保てず、寸法精度の変化を生じる。フロントフレーム間のピッチ変化を抑制するためには、部品間の干渉や隙間による寸法精度変化を最小化できる溶接打点順番、位置決め治具の基準ピンや基準面 (以下、加工基準) 位置などの良品条件の検討が必要となった。

フロントフレーム間のピッチが決まるフロントボディー工程において、溶接打点 a と b は Part-A と Part-B の相対位置関係を決める溶接打点であるため、接合面の隙間を想定し、溶接打点順番の検討を行った (Fig. 10, 11)。Fig. 12 がその一例として溶接打点順番の差異によ

る結果を CAE 解析で比較し接合前後の寸法精度変化をカラーマップに表したものである。溶接打点後のフレーム後端（赤枠 1）の寸法精度変化量に 0.5mm の差があり、それによって、フレーム先端のシュラウド UP メンバー接合部（赤枠 2）で 0.3mm 寸法精度変化することが分かった (Fig. 12 (2))。そのためにフロントフレーム間ピッチ変化に影響の少ない溶接打点順番 (1) a→b を採用した。

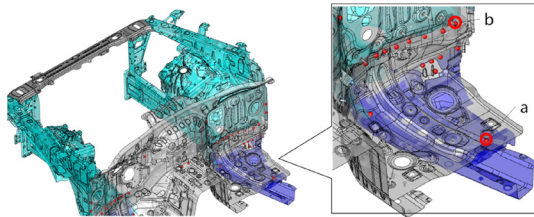


Fig. 10 Parts Condition and Spot-Welding Point

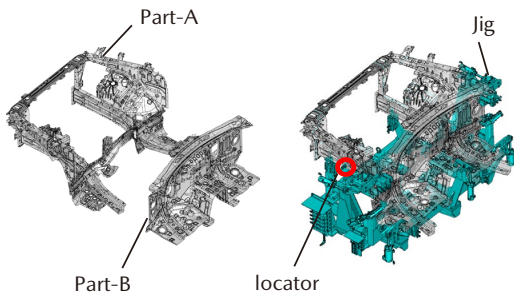


Fig. 11 Example of the Underbody Process

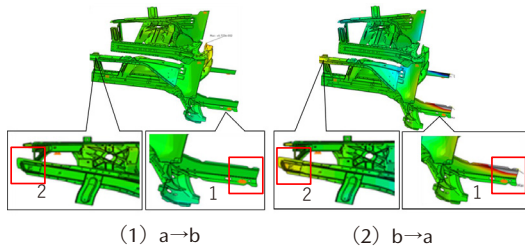


Fig. 12 Verification Result of Welding Sequence

また、加工基準について、フロントフレームの重心位置の影響で、従来設定した加工基準では部品が外側へ傾き、フロントフレーム間ピッチを変化させることが CAE 解析から分かった (Fig. 13 左図の赤枠)。そこで、フレームの傾き補正を考慮した加工基準を設定することにより、接合前後で寸法精度の変化が 0.1mm 以下となることが確認できた。その結果に基づき、決めた加工基準を工程設計に織り込んだ (Fig. 13)。

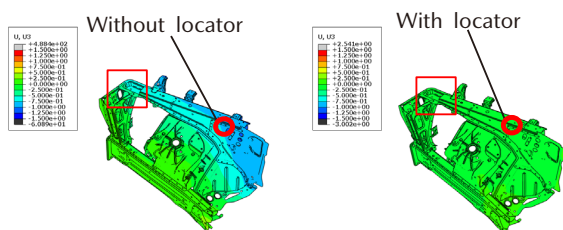


Fig. 13 Verification Result of Locating Concept

このように、FOE 化に向けたボディー精度保証の課題について、机上段階で対策・検証を実施した良品条件を設定し、実機確認によりその確からしさを確認することができた。その結果フレーム先端左右ピッチの変化を抑制し、シュラウド UP メンバー再組み付け時の位置決めピン挿入力の目標を達成できた。

以上、構造面の取り組み及び、ボディー寸法精度の造り込みにより、FOE の精度保証が可能となった。FOE の実現により、以下 3 点の効果を得られた。

- ①腰曲げ作業廃止による作業性向上
- ②作業性向上により可能となった部品一体化によるコスト低減
- ③作業効率向上

6. 外観品質向上の取り組み

CX-60 では、FOE 化によるボディー構造の進化を活用し、クルマの顔ともいえるフロントエンドのボンネットとバンパー合わせ部の隙を従来よりも狭くし、精緻な外観品質を目標とした。

従来のボンネットとバンパーの合わせ部では、部品の固定基準から外観の合わせ部までの寸法公差を積み上げると部品公差の集合体となるため、部品合わせ部の隙については製造上、大きくせざるを得なかった。そこで、バンパーの位置決め機能を集約させた部品を使い、車両組立工程でばらつきをキャンセルする工法を開発することで、従来よりも隙を 15% 縮小し、外観品質向上を図った。

具体的な手法は、バンパー位置決め機能を集約した鉄板部品（以下、バンパーブラケット）をボンネット先端基準で位置決めする治具を新規開発し、ボンネットとバンパーの隙をコントロール可能とした (Fig. 14)。治具の構想は、Fig. 15 に示すバンパーの上下方向の基準となるバンパーブラケット_A を治具_1 で取り付け後、Fig. 16 に示すバンパーの前後方向の基準となるバンパーブラケット_B を治具_2 により、ボンネット先端基準で位置決めすることとした。

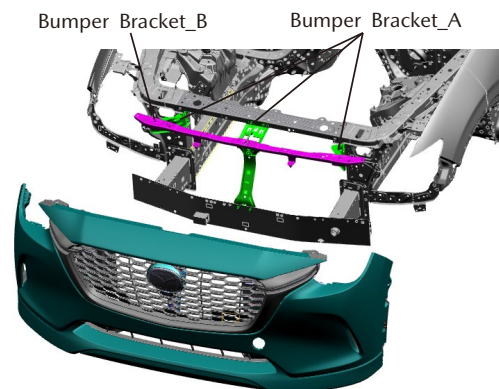


Fig. 14 Structure Around Bumper

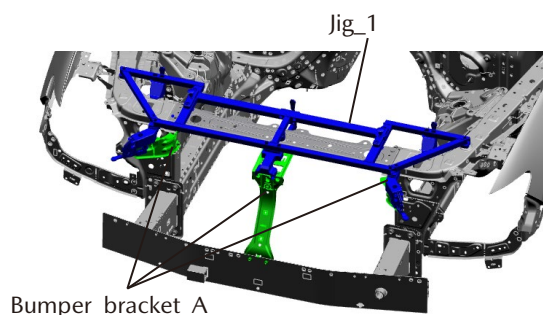
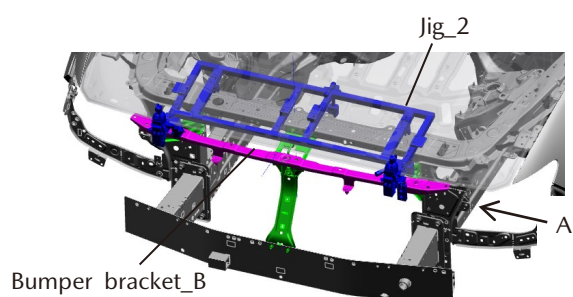
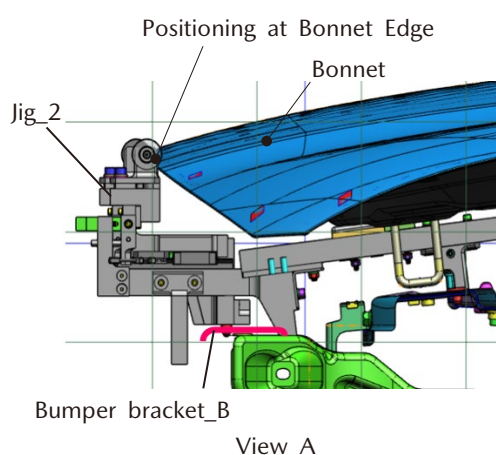


Fig. 15 Structure of Jig_A



Bumper bracket_B



Bumper bracket_B

View_A

Fig. 16 Structure of Jig_B

前述した治具の位置決め精度に対しては、剛性や治具の組み付け再現性が非常に重要となる。そこで治具の着脱作業プロセスに沿ってCAE解析を行い、取り扱いや治具セットに起因する変形がないことを確認した。

中でも、特に重要なポイントは治具の姿勢であった。僅かな治具の回転により、バンパーブラケットの組み付け位置がねらいからずれるため、治具をセットするボディー面のばらつきが治具姿勢に与える影響の検証や、治具のセット位置が安定するクランプ位置の検証を行った。重心、基準点数及び、位置を考え、さまざまな治具形状を検討して最適な形状に決定した。また、ボンネット先端基準でバンパーブラケット_Bを位置決めする際、バンパーブラケット_B、ボンネット開度及び、治具のセット方向を合わせることで、角度差をなくして位置決め精度を出せる設計とした (Fig. 17)。

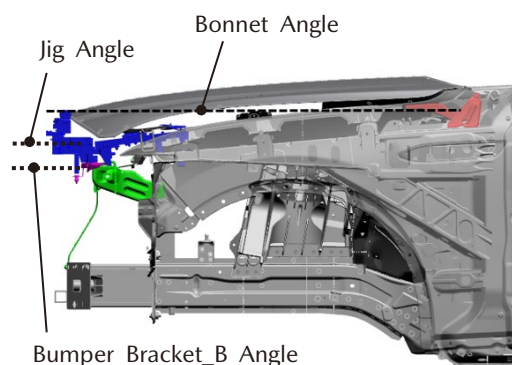


Fig. 17

以上の取り組みにより開発した治具をCX-60の量産に導入し、ねらいどおりの位置にバンパーブラケットを組み付けることが可能となった。

7. 結果

CX-60ではボンネットとバンパーの合わせ部の隙について、前モデルの隙より15%縮小することを達成でき、より精緻な外観品質を実現できた。また今回FOEの導入によりエンジンルーム内の部品組み付け時に発生する腰曲げ作業が従来は74作業あったが、CX-60では廃止でき、作業時間も部品一体化が可能になった8部品について24%向上した。これにより生産現場の働きやすさと作業効率の向上を実現できた。

8. おわりに

魂動デザインの更なる向上と、生産現場での働きやすさについて、開発、生産技術及び、製造の部門横断で総力を挙げて取り組むことで、成果を上げることができた。今後も更なる魂動デザインの深化を工程・工法の変革で具現化し、お客様へ感動を提供し続けるための技術開発を継続していく。

参考文献

- (1) 田中慶和ほか：「魂動」デザインを際立たせる“面の連続感”実現の取り組み、[マツダ技報, No.34, pp.93-98 \(2017\)](#)

■著者■



高田 有弘



川合 敏之



崎田 亮



王 強



川野 晃寛