

特集：新型ロードスター

25

新型ロードスターのアルミニウム適用拡大による 軽量化（ボデーシェル領域）

Light Weight Development by Using Aluminum for New Roadster (Body Shell)

内堀 佳*¹ 橋本 学*² 池田 敬*³
Kei Uchibori Manabu Hashimoto Kei Ikeda

山内 一樹*⁴
Kazuki Yamauchi

要 約

新型ロードスターは過去の歴代モデルが構築したライトウエイトスポーツカーというジャンルを引き継ぎ、「人馬一体」感の進化を、軽量化を一つのキーとして目指した商品である。今回、ボデーシェル領域では前モデルからの更なる軽量化を、材料置換（鉄からアルミニウム）を一つ的手段として用い実現した。またアルミニウムは軽量化効果が大きい反面、一般的な自動車用鋼板と比較し剛性、強度が低下する特徴がある。アルミニウム適用拡大の考え方と併せ、断面形状、構造に工夫を加えることで「人馬一体」感を高める高剛性ボデーシェルの獲得と、社会的ニーズの強い衝突安全性能を高いレベルで実現した手段を中心に紹介する。

Summary

New Roadster is a product which is taken over light weight sports constructed by past models and aimed to improve “Jinba-Ittai” performance by reducing body weight. This time, body weight reduction is accomplished by using aluminum instead of steel. Aluminum has a great deal of light weight effect, but stiffness and strength is lower than steel for automobiles. This paper outlines development activities for improving “Jinba-Ittai” performance and high crash safety by designing cross-section shapes and structures.

1. はじめに

1989年に登場した初代ロードスターは、当時ではほぼ壊滅的であったオープン2シータ、ライトウエイトスポーツというジャンルを、軽量ボデーを一つの武器とし、自動車を操る楽しさを世界中に広め、再定義したモデルである。その後、社会的に高まる衝突安全性能の要求に合わせ、同ジャンルの競合他車の車両重量は増加の一途をたどったが、ロードスターは操る楽しさ＝「人馬一体」感は失わず進化し続けた。

今回の新型ロードスターはライトウエイトスポーツの原点に立ち戻るべく、高い社会ニーズに十分に答えながらも、前モデルから更なる軽量化を目標とし開発した。本稿ではボデーシェル領域へのアルミニウムの適用拡大の考え方、構造上の工夫、達成手段などを中心に紹介する。

2. アルミニウム適用拡大の考え方

新型ロードスターではボデーシェル領域で前モデル比23.0kgの軽量化、そのうち材料置換（鉄→アルミニウム）による軽量化は12.1kgを占める（Fig. 1）。

これを実現したアルミニウム適用拡大の考え方について述べる。

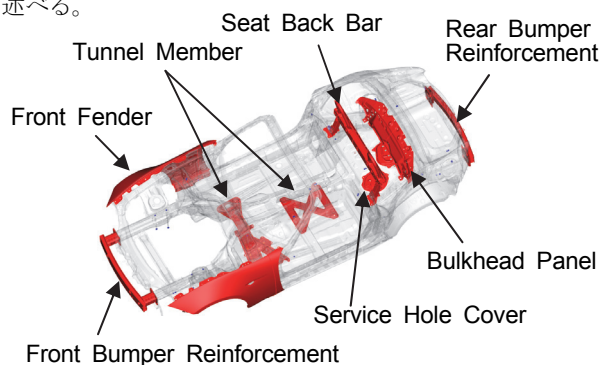


Fig. 1 Applied Parts of Aluminum

*1～4 ボデー開発部
Body development Div.

2.1 「人馬一体」感の進化への寄与

新型ロードスターは「人馬一体」感の進化として軽快感の作り込みに注力した。軽快感とはドライバーの意思とブレのない軽快な操舵が実現された状態を指し、運動性能の代用特性指標であるYWR (Yaw Weight Ratio) (Fig. 2) の低減, SSF (Static Stability Factor) (Fig. 3) の向上が必要となる。

YWR, SSFは下記式で表される。

$$YWR = \text{Yaw Moment} / \text{Vehicle Weight}$$

$$SSF = \text{Width of Tread} / \text{Height of Gravity Center} / 2$$

(1) YWRの低減

YWRを低減するには車両前後端の軽量化を行いヨー慣性モーメントを低減する必要がある。新型ロードスターでは車両前後端に設定しているフロント/リヤバンパレインフォースメント (以下, バンパレインと略す), フロントフェンダのアルミニウム化に着目し6.6kgの軽量化を達成することでYWRの低減を実現した。

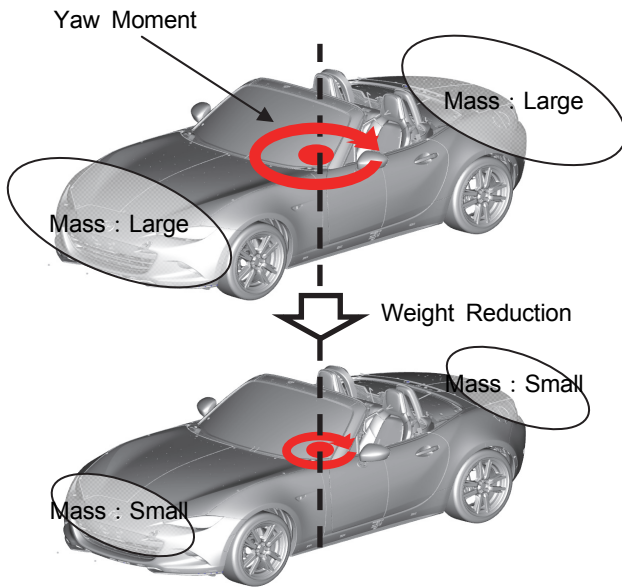


Fig. 2 Yaw Weight Ratio

(2) SSFの向上

SSFの向上には①車両トレッド幅の拡大, ②車両重心高の低下, という二つのアプローチの仕方があるが, コンパクトな車幅を実現するため, ②車両重心高を下げる (車両重心位置より上の重量物の軽量化) 手段を検討した。ボデー領域では重心位置上方にある衝突安全対策部材のシートバックバー, 車室内前後の隔壁となるバルクヘッドパネルのアルミニウム化を検討し3.7kgの軽量化を達成, SSFの向上を実現した。

YWRの低減, SSFの向上をベストインクラスのレベルにするとともに歴代ロードスターの実力から進化させるこ

とで「人馬一体」感の進化を達成した (Fig. 4)。

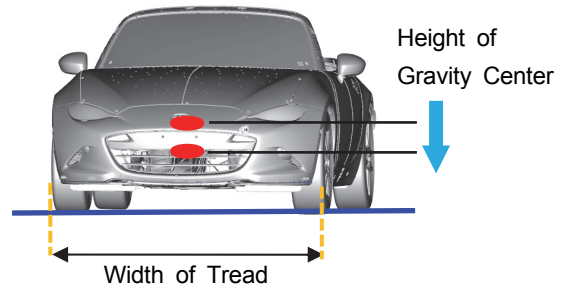
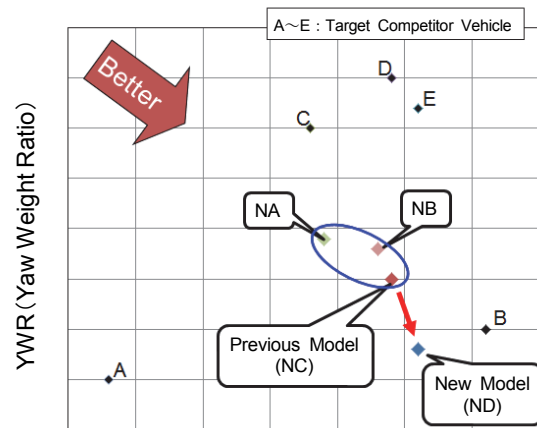


Fig. 3 Static Stability Factor



SSF (Static Stability Factor)

Fig. 4 Performance Target

3. 技術ブレイクスルー

新型ロードスターでは最高レベルの衝突安全性能と軽量化を高次元で両立させるため, 衝突安全レインフォースメントにアルミニウム押し出し工法を採用した。押し出し工法の最大の特徴は断面上の部分的な板厚変化と, 断面内へのリブ設定の自由度が高いことである。これを重量効率に主眼をおくことで性能上必要な強度を確保しつつ, 強度が不要な個所については限界まで贅肉を削ぎ落とし大幅な軽量化を行った。前/後面衝突時のエネルギー吸収を行うバンパレインと, 側面衝突時にドア開口後方の車両左右間を支え乗員傷害値を抑えるシートバックバーにアルミニウム押し出し工法を採用し重量の軽量化を達成した。次節ではその具体的事例を紹介する。

3.1 バンパレイン

最高レベルの安全性能を確保しながら鉄材使用比4.1kgの軽量化を実現した。強度を求められるバンパレインでは, 7000系高強度アルミニウムに単純置換したとしても, SKYACTIV-BODYで採用しているホットスタンプ材に対

し材料強度は30%程度であり、大幅な軽量化の達成は困難である。アルミニウムの優位性を最大限活用するため、工法も含めゼロベースで見直しを行った結果、プレス工法から押し出し工法に変更した。押し出し工法は、各構成面の厚さを変化させることが可能であり、強度上必要な部位を厚くし、不要な部位は逆に限界まで薄くすることで、大幅な質量低減を達成できた (Fig. 5)。

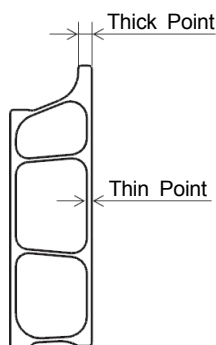


Fig. 5 Section of Front Bumper Reinforcement

押し出し工法は断面形状が一定という制約がある。バンパレインは、両端支持ばりと同様に中央部の曲げモーメントが最大となる構造であり、断面形状も、その構造に合わせて設計を行う必要がある。新型ロードスターは車両外側が絞り込まれたバレルシェイプデザインを採用しており、押し出したままの単純形状ではバンパフェイス内に収まらない。他社で採用されている外端プレスや単純曲げでは形状変化が顕著となり応力集中が発生するため、バンパレインの加工では採用例の少ないストレッチバンド工法を採用した。これにより、デザイン内に収める形状を達成し、かつ断面形状を保ち応力集中を回避することで、質量増加を防止した (Fig. 6)。

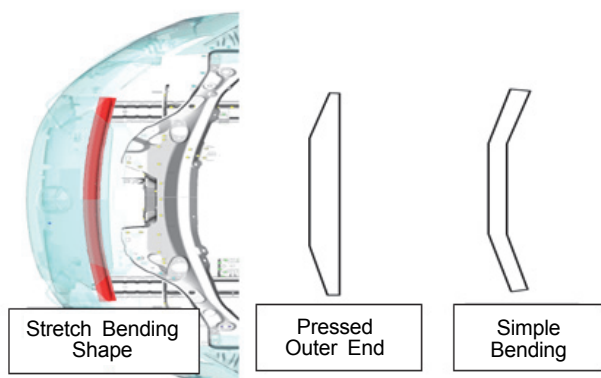


Fig. 6 Stretch Bending Method

また、アルミニウムは鉄材に対し許容伸び率が低く、衝撃で割れ破断を起こす性質がある。開発当初、この現象が発生し、メカニズムを分析した結果、単純な衝突荷重に対

する入力の原因ではなく、曲げ伸びが原因で割れ破断が発生していた。断面の中立軸を非衝突面側に寄せることでこの問題を解決し、質量増加を防止した (Fig. 7, 8)。

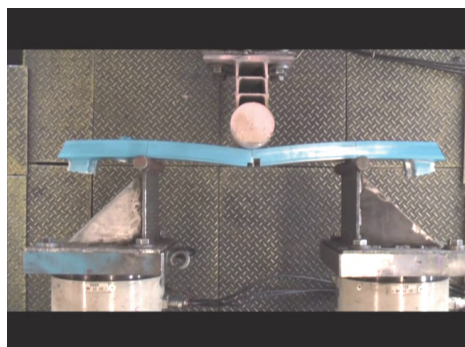


Fig. 7 Static Strength Test

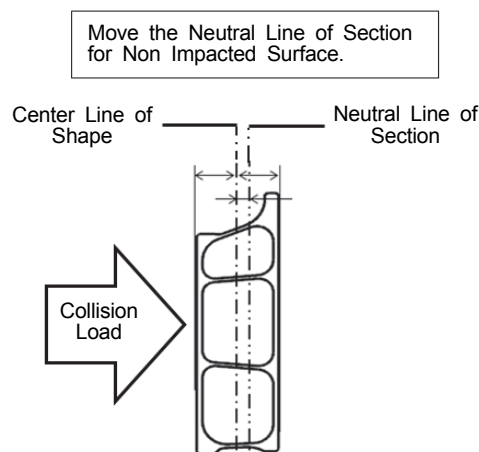


Fig. 8 Section of Front Bumper Reinforcement

3.2 シートバックバー

シートバックバーの機能は側面衝突時にフロントドア、Bピラーに入力される荷重を車室内側から受け止め、Bピラーとドアの車室内侵入量を抑え乗員傷害値を低減させることにある (Fig. 9)。

前モデルのシートバックバーは780MPa級ハイテン材のプレス構成部品であったが、新型ロードスターは高強度アルミニウムを用いた押し出し部品とすることで衝突安全などの必要性能が上がっている中、前モデル比1.9kgの軽量化を実現した (Fig. 10)。

荷重分担が最も多いメインバーにはアルミニウム合金の中で最も高い強度を持つ7000系アルミニウム材を、その他の押し出し材にも高強度が得られる6000系アルミニウム材を採用した。また押し出し断面は上部には閉断面を、下部には片持ちのリブを設定することで荷重入力時に局所的に発生する変形を抑え、側面衝突において最高レベルの衝突安全性能を達成した (Fig.11)。

バンパレインと同様、押し出し工法の特徴を活かし各構成面の厚さを変化させ unnecessaryな部分は薄くすることで重量低減した。

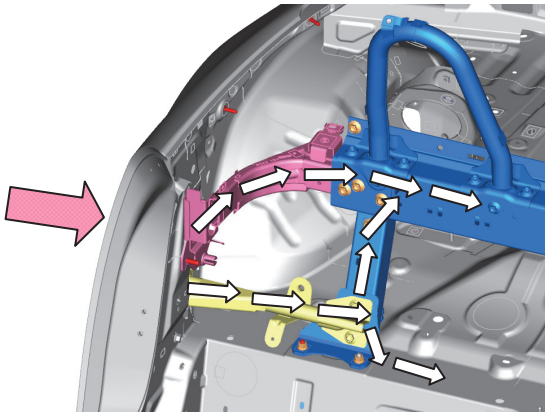


Fig. 9 Side Crash Load Path

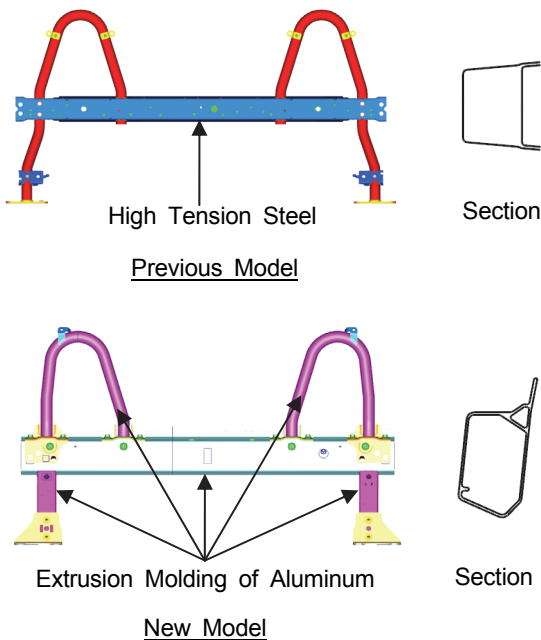


Fig. 10 Structure of Seat Back Bar

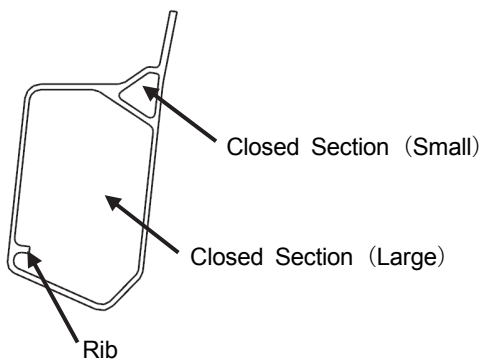


Fig. 11 Section of Seat Back Bar

4. パネル部品アルミニウム適用事例

アルミニウム押し出し部品以外にもプレス構成部品へのアルミニウム適用を拡大し軽量化を行った。

4.1 フロントフェンダ

フロントフェンダパネルをアルミニウム材化することで、鉄材仕様比2.8kgの軽量化を実現した。

アルミニウム材は鉄材に対し許容伸び率が低く、プレス成形時に割れが発生しやすい。マツダではスポーツカーのボンネットフード (RX-7, RX-8, 前ロードスター) やトランクリッド等、プレス成形時の絞り深さが浅い部品にアルミニウム材を適用してきた。今回更なる軽量化を実行するため、フロントフェンダへのアルミニウム適用を実施した。

新型ロードスターのデザインは眼を低く構え、ボンネットの見切りラインを内側に切り込むことで立体的な造形に見せる意図がある (Fig. 12)。そのため、パネルの絞り深さが大きく成形が不利な条件が重なり、アルミニウムによるプレス成形性とデザインを両立させることが困難であった。この課題を解決するため、デザインと見切りの位置をmm単位で調整しながら成形シミュレーションを繰り返して実施することでアルミニウム材化の実現ができた。

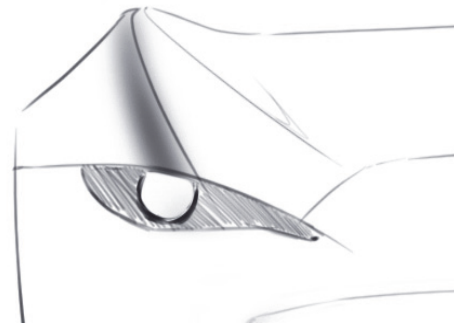


Fig. 12 Initial Sketching

4.2 その他部材

サービス性や生産効率化のためボルトアップ化しているバルクヘッドパネル、トンネルクロスメンバ、サービスホールカバーについてもアルミニウム化を行った。これらは板材を成形加工し、その材質はボンネット、フェンダと共用することでコスト増加を抑えながら材料置換を行うことができた。また、バルクヘッドパネルは両サイドと中央上下の4部品構成、車両前側のトンネルクロスメンバは閉断面の2部品構成としている。両者のパネルの接合には、RX-8のアルミショックコーンボンネットでも採用した摩擦点接合 (Spot Friction Welding) を適用した (Fig. 13)。この技術を採用することで高接合品質を実現しつつ、部位ごとに求められる強度、剛性に応じた板厚で部材

を構成することが可能となり、軽量化やコスト低減に貢献した。

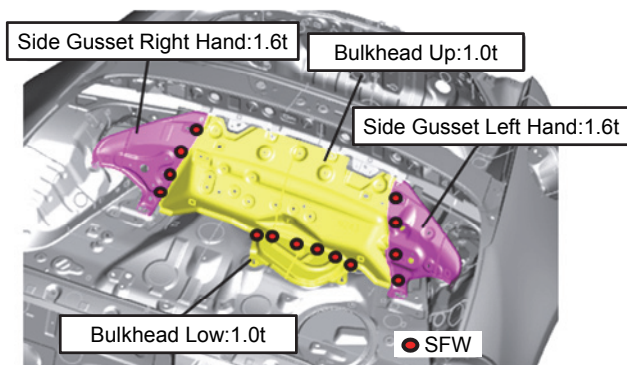


Fig. 13 Applied Point of Spot Friction Welding

5. おわりに

新型ロードスターの開発においては、一層の軽量化による「人馬一体」感の進化を実現するため、アルミニウム材の適用を積極的に進めた。しかしその開発過程では精度、接合品質の問題、そしてなにより性能目標達成の壁に何度もぶち当たり、そのたびに関連部門や協力メーカー殿の協力を経て課題を克服し、お客様に胸を張って提供できる商品を作り上げることができた。

今回培った技術を今後の開発車種にも適用し、マツダの目指す「走る歓び」を多くのお客様に体感していただけるよう、引き続き全社一体となって開発を進めていく所存である。

■ 著 者 ■



内堀 佳



橋本 学



山内 一樹