

特集：新型ロードスター

28

## 高効率衝撃吸収ボンネットレインフォースメント構造とアクティブボンネットの開発

### Development of Highly Efficient Shock Absorbing Reinforcement Structure and Active Bonnet

藤田 賢治\*1 曾我部 洋\*2 藤井 照雅\*3  
Kenji Fujita Hiroshi Sogabe Terumasa Fujii

#### 要約

市場事故での死亡者低減の観点から、歩行者死亡者の低減（歩行者頭部保護）は重要課題である。一般的に歩行者頭部保護のためには、ボンネットとその下のエンジン部品との隙（ストローク）を多く取ることで頭部傷害基準値（Head Injury Criterion : HIC）の低減を図るが、その結果としてボンネット面上昇を招き、スタイリングへの影響が大きい。特にライトウエイトスポーツを標榜する新型ロードスターにおいては、旧来からの軽量でスポーツカーらしいスタイリング（低重心ボンネット）を継承したうえで、最高レベルの歩行者頭部保護性能を達成するという相反性能の両立が課題である。その課題を解決した2つの技術、高効率衝撃吸収ボンネットレインフォースメント構造とアクティブボンネット技術について紹介する。

#### Summary

To reduce traffic fatalities, decrease in pedestrian death toll (protecting their heads) is an important task. Generally, the larger the clearance between a hood and the below engine parts is, the safer pedestrians' heads become, but it will raise the hood top, which ruins the vehicle overall styling. Especially, for the All-new roadster which leading the Light Weight Sports, achievement of both opposing performances, the sports-car-typical styling (low hood position) and the top level pedestrians' head protection performance, was a big challenge. This was solved by the development and application of the highly efficient Shock Absorbing Reinforcement Structure and Active Bonnet as shown below.

#### 1. はじめに

Fig. 1に示す平成25年の警察庁事故統計データ<sup>(1)</sup>によると、日本国内で発生した交通事故死亡者数は減少傾向にある。これを状態別に見ると、現在では歩行中の死亡者数が最多であり、更に状態別死亡者数の減少率では、自動車乗車中は平成15年に比べて53.7%であるのに対し、歩行中は32.8%に留まっている。このことから、歩行中の死亡者数の更なる低減が重要な課題となっている。

また、Fig. 2に示す歩行中死亡者の損傷部位別で見ると、頭部の損傷が全体の55%を占めている。このことから、頭部保護への対応が上述の重要課題解決には不可欠である。

一般的には、頭部の受傷を低減させるためには、自動車に衝突した際の衝撃エネルギーを多くのストロークで吸収させる必要がある。一方、マツダのライトウエイトスポーツの方向性は軽量かつ低重心ボンネットであるため、非常

に限られたスペースしかない。本稿では、この相反する2つの要件を解決するための手法について紹介する。

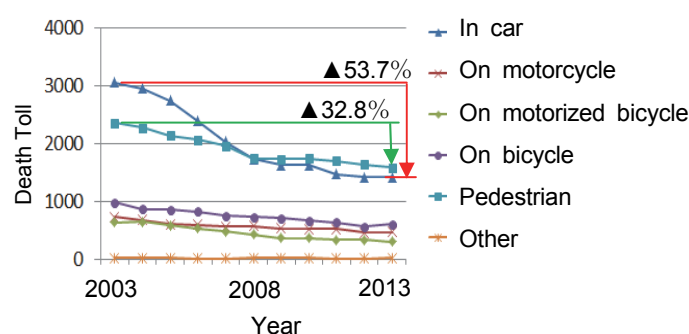


Fig. 1 Change in Death Toll

\*1, 3 ボデー開発部  
Body Development Dept.

\*2 衝突性能開発部  
Crash Safety Development Dept.

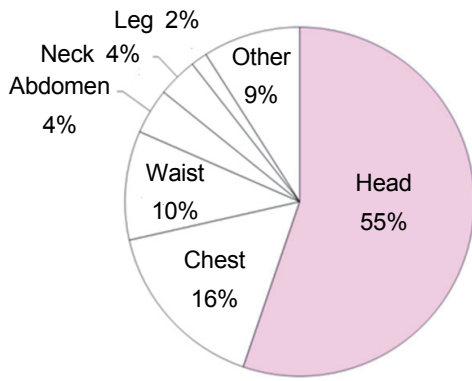


Fig. 2 The Damaged Area of the Deceased During a Walk

## 2. 課題

### 2.1 軽量化と頭部衝撃吸収性能の両立

人馬一体のライトウエイトスポーツでありながら、高い歩行者保護性能を達成するためには、次の2つが課題であった。1つ目は、軽量化目的で採用するアルミボンネットで、鋼板ボンネットと同等の衝撃吸収量を確保すること。2つ目は低重心ボンネットスタイリングを守りつつ、十分な衝撃吸収ストロークを確保することである。

歩行者の頭部がボンネットに衝突した際に、少ないストロークで効率良く衝撃を吸収するためには、衝突初期から適正な減速度を得ることが重要である。この減速度を決定する要素の1つがボンネットの質量であり、質量が増加すると減速度も増加する関係にある。この関係を鉄とアルミニウムの比重に置き換えて考えると、アルミニウムの比重は低いため、減速度も低くなり、結果としてストロークが多く必要になる。同じボンネットで、材料特性のみを変えて歩行者頭部衝突をCAE検証した結果、質量低減により減速度が低下し、アルミニウム採用による軽量化と適正な衝撃吸収の確保は相反することが確認できた (Fig. 3)。

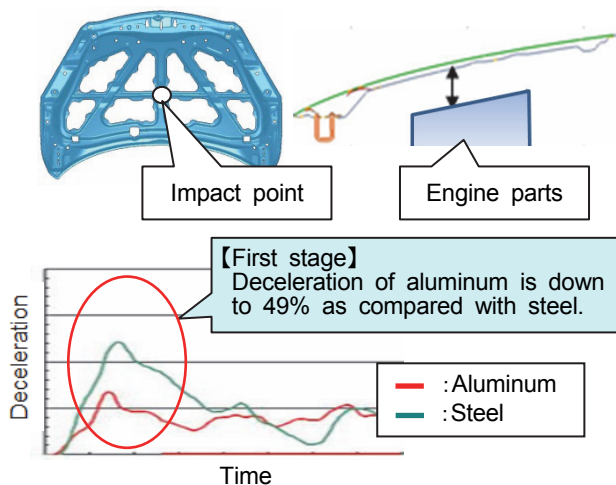


Fig. 3 Effect of Deceleration Wave Form by Each Material Characteristic

新型ロードスターにふさわしい低重心ボンネットスタイリング実現のため、上記課題の解決が必要であった。

## 3. 対策

### 3.1 高効率衝撃吸収ボンネットレインフォースメント

軽量化による衝撃吸収量の低下を改善するためには、質量の有効活用が課題解決の鍵である。すなわち、ボンネットを広範囲に変形させることで衝突初期の減速度を多く得て、衝撃吸収量を多くすることが重要である。このコンセプトに基づき、荷重伝達効率に優れたレインフォースパターンを検証した。下記、Fig. 4として、ボンネットの広範囲に荷重伝達させるねらいと予測を、Fig. 5として、レインフォースパターンの検証結果を示す。

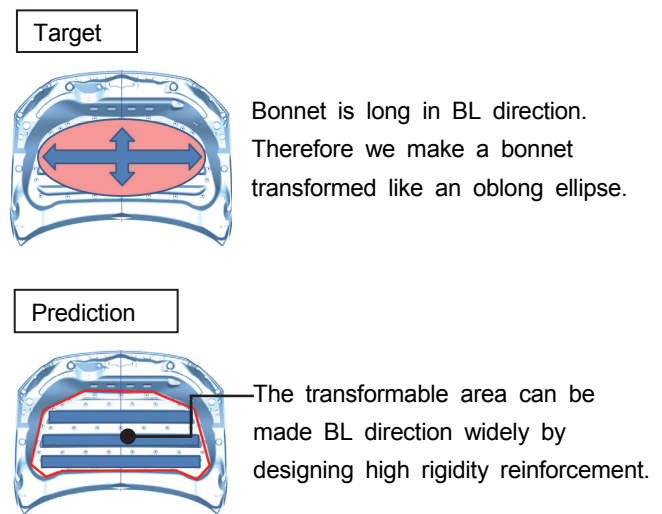


Fig. 4 Target and Prediction of Load Transfer

Fig. 5に代表されるさまざまなレインフォース形状を検討した結果、①横骨タイプの構造にすることで初期減速度のピーク値を鋼板ボンネット相当にできることが分かった。

荷重伝達状態を見ると、上述のねらいどおりボンネット左右方向の広いスペースに荷重伝達ができていることが分かる。本構造により、アルミで鋼板と同等の衝突初期衝撃吸収が可能になり、1つ目の課題を解決できた。

### 3.2 アクティブボンネット

一方、目標の低重心スタイリングを達成するためには、更に50%程度のストローク拡大が必要であり、このためには質量増加または、ボンネット高を上げるデザイン変更を伴うことから、ライトウエイトスポーツのコンセプトを実現できなくなる。

そこで、歩行者との衝突時のみボンネットを持ち上げるアクティブボンネットを採用することとした (Fig. 6)。本機能により、通常時のボンネット高をスタイリング目標に抑えつつ、歩行者保護ストロークを確保することが可能になり、2つ目の課題が解決できた。

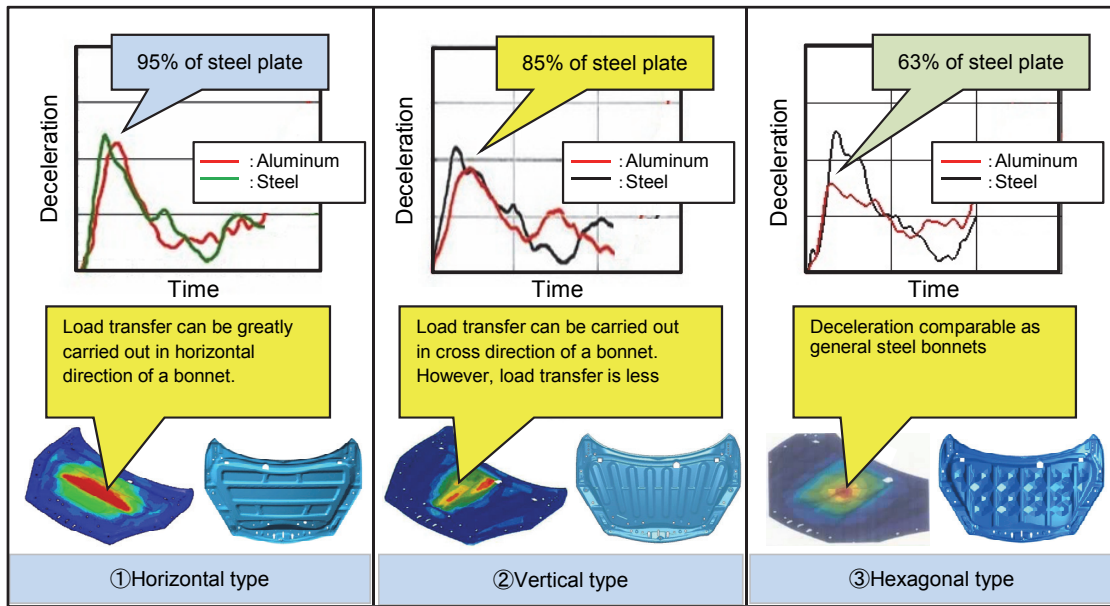


Fig. 5 Influence Comparison to Deceleration by the Difference in Reinforcement Form

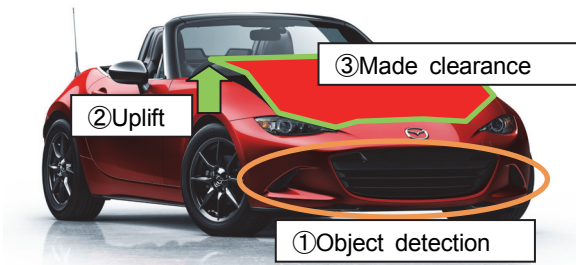


Fig. 6 Image of Active Bonnet

(1) アクティブボンネットの概要

アクティブボンネットとは、歩行者との万一の衝突の際に、①歩行者との衝突を検知し、②アクチュエータでボンネットを押し上げ、③エンジンルーム部品との間の空間を拡大し、歩行者頭部が受ける衝撃を緩和する機構である。

(2) 各システムの機能分担

アクティブボンネットを開発するにあたり、歩行者との衝突開始から頭部がボンネットに衝突するまでの全体像のカラクリを描き、システム構成と各システムに求められる性能の可視化を行った。その結果、次のように機能を分担した (Fig. 7, 8)。

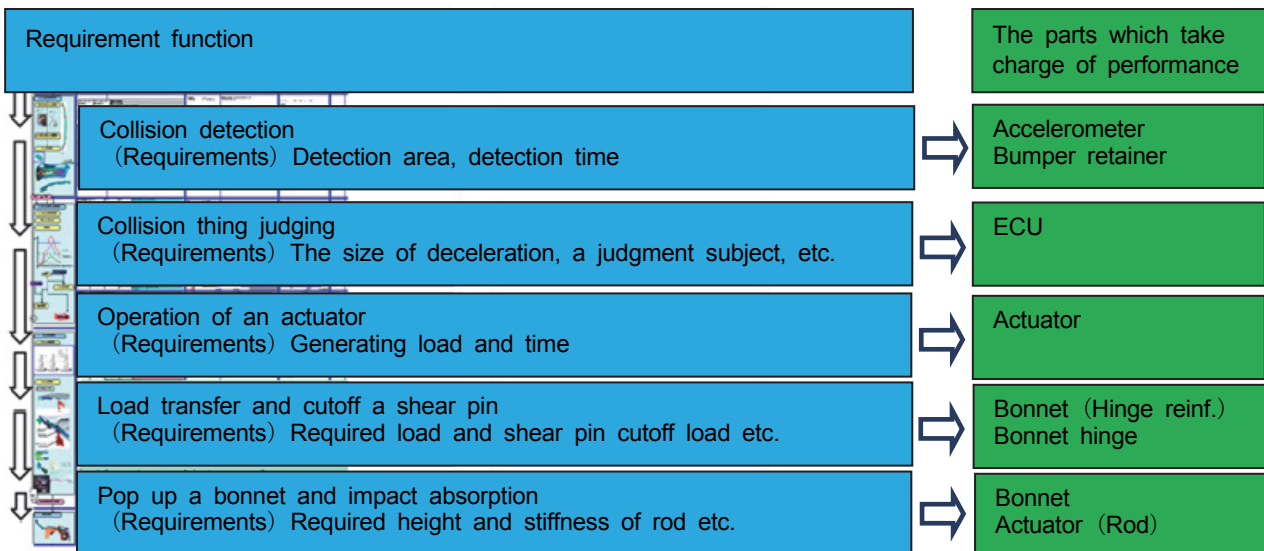


Fig. 7 The KARAKURI Outline of Active Bonnet  
Requirement Function from Collision of a Pedestrian and a Vehicle to Impact Absorption

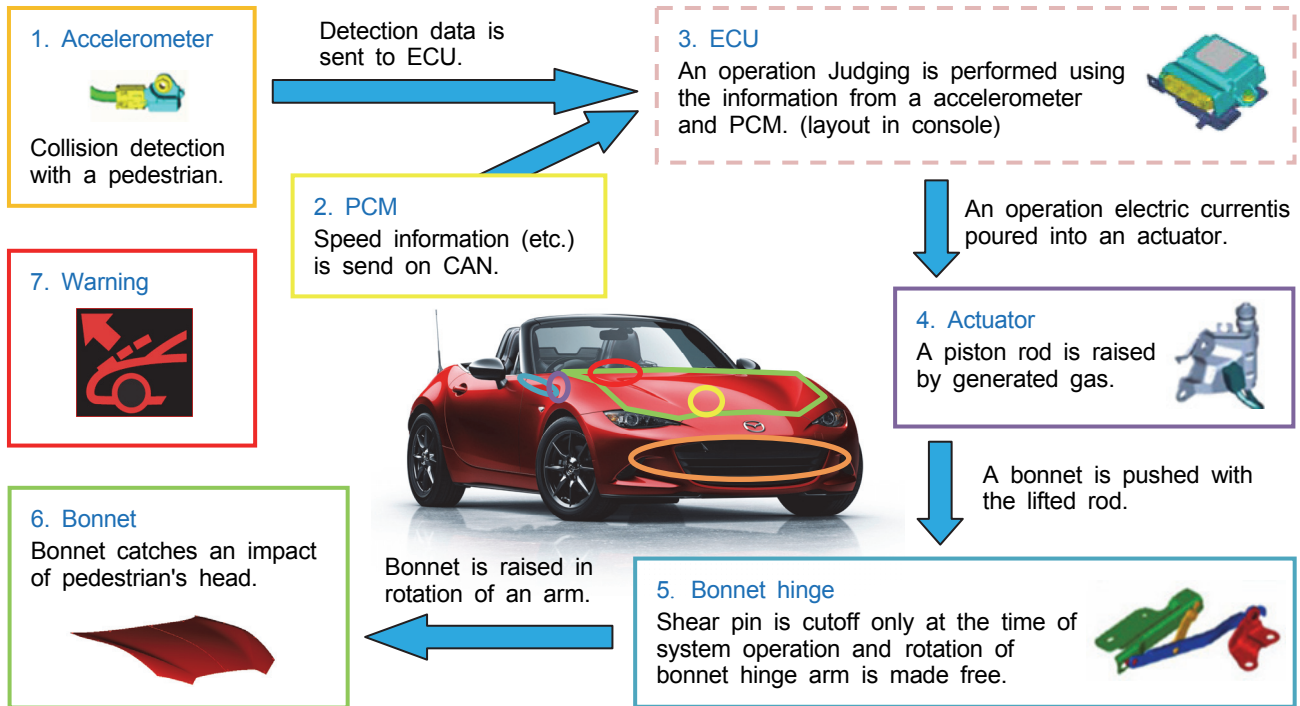


Fig. 8 Scheme of a Component and the Function

衝突検知…バンパ, バンパリテーナ, 加速度センサ  
 衝突物判定…ECU  
 起爆・ボンネット持ち上げ…アクチュエータ,  
 ボンネットヒンジ  
 衝撃吸収…アクチュエータ(ロッド), ボンネット

(3) 要求性能の具体化例

・ボンネットの展開機構

ECUが衝突物を歩行者だと判定した場合、アクチュエータに起爆信号が送られ、MGG（マイクロガスジェネレータ）に着火、発生するガス圧によりアクチュエータ内のロッドが突出する。

ロッドからの荷重は、ボンネット内のヒンジレインフォースメントによりヒンジ部に伝達されシアピンを切断、ボンネットを上昇させる。シアピンは、通常想定される荷重（ボンネット開閉、悪路走行、耐久走行等）では破断することなく、アクチュエータからの荷重が伝達された場合のみ破断するように、材質・寸法を設定している（Fig. 9）。

・ボンネットの展開動作

衝突時、最も早く頭部がボンネットに衝撃するタイミング以降、いかなる時間においてもHICが目標レベルに収まることを保証するという思想に基づいて、ボンネット上昇から制振（目標振幅の達成）に至るまでの高さおよび時間を決定した（Fig. 10）。

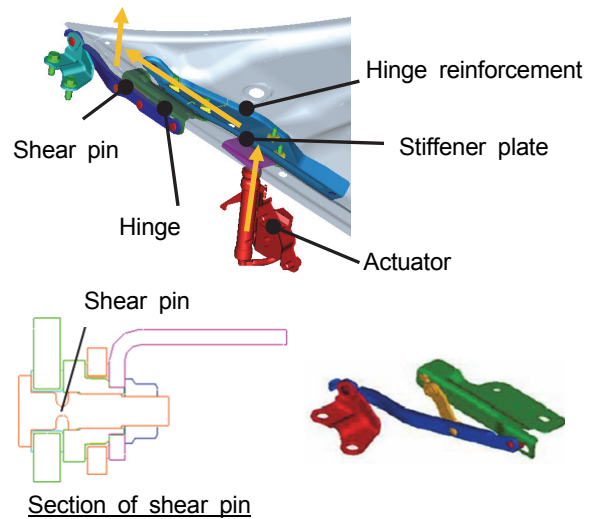


Fig. 9 Load Transfer of Active Bonnet and Detail of Shear Pin

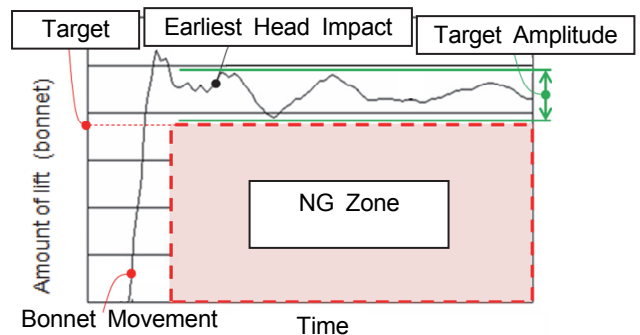


Fig. 10 Diagram of Bonnet Deployment

代表的な注力点として以下を挙げる。

- ・最も早く頭部がボンネットに衝突する時点で、目標高さにボンネットを上昇させ、その後も常に目標高さを維持すること。
- ・上昇後のボンネット振動によりHICが目標レベルを超えてしまわないように、適正な振幅とすること。

#### 4. 成果

(1) 高効率衝撃吸収レインフォースメント構造の開発  
衝撃吸収のメカニズムを解明し、重要な因子を適正化することで、軽量でありながら高い衝撃吸収性能をもつボンネットレインフォースメントを開発できた。

(2) アクティブボンネットの開発

ボンネット展開機構のカラクリ、それぞれの部品の機能を明確にして設計を行うことで、衝突時に迅速かつ確実に展開するアクティブボンネットを開発できた。

上記の技術を開発することで、最高レベルの安全性能とライトウェイトスポーツにふさわしいスタイリングおよび質量を実現した。

#### 5. おわりに

本開発により、困難な相反事象を両立して高い目標を達成することができた。スポーツカーらしいスタイリングを実現しつつ、最高レベルの安全性を確保しており、自信をもってお客様にお届けできる。今後も、相反する要件に対して真摯に開発を行い、安全でマツダらしい車をお客様にお届けしたい。

#### 参考文献

- (1) 警察庁ホームページ 平成25年データ

#### ■ 著 者 ■



藤田 賢治



曾我部 洋



藤井 照雅