

論文・解説

26

## 歩行者頭部保護性能の開発 Development of Pedestrian Head Protection Technology

古本 有洋\*1

Arihiro Furumoto

平田 頼光\*3

Yorimitsu Hirata

畠中 威\*4 胡木 隆\*5

Takeshi Hatakenaka

Takashi Ebisugi

### 要約

近年、日本では法制化や乗員保護性能の向上により自動車乗員の死亡者数は低下している。しかし、歩行者の死亡者数は大幅に低下することなく全交通事故死亡者数の約3割を占め、乗員の死亡について多い。ISOやIHRAなど国際調和を目的とした試験法の研究が開始され、欧州、日本では歩行者救済のため、法規制化が予定されている。また、安全性能の市場評価であるNCAP (New Car Assessment Program) 試験も欧州、豪州で既に実施され、歩行者保護性能向上は今後の注目技術の1つとなっている。このような市場環境の変化に対応するためマツダでは、事故統計を基に実際の事故時の傷害が可能な限り低減できるように技術開発を進め、商品化に取り組んでいる。

本報告では、実際の市場事故で重傷以上の傷害の多い頭部の傷害を軽減するボンネットとカウル周辺の対応技術と構造を紹介する。

### Summary

In recent years, the number of traffic accident fatalities during driving is on the decrease because of the establishment of safety regulations and enhanced occupant protection. Pedestrians fatalities make up approx. 30% of all traffic fatalities. For international harmonization, a study on pedestrian protection test methods has been started, and European and Japanese governments are scheduled to establish pedestrian protection regulations and public domain tested for pedestrian protections. To promptly comply with these regulations and public domain tests, Mazda has focused on research and development based on accident analysis to reduce injury as much as possible.

This paper introduces new technologies and measures for decreasing serious pedestrian head injury.

### 1. はじめに

平成14年の日本国内の交通死亡事故統計<sup>(1)</sup>によると全交通事故死亡者は8,326人となった。その中に占める歩行者は、2,384人で全体の約29%と高い割合を占めている (Fig.1)

自動車の安全に対する規制強化や乗員に対する保護性能の向上により、乗員の死亡は減少しつつある<sup>(2)</sup> (Fig.2)。一方で歩行者の死亡割合はここ数年間ほぼ一定であり歩行者保護性能の向上は今後の重点安全取組み事項となってお

り、歩行者の死亡者削減のため日本や欧州で法規制の検討が進められている。また、近年、欧州NCAPや豪州NCAPなどの市場評価試験においても歩行者保護性能評価試験が採用され、日本でも市場評価試験の検討がされている。

マツダでも、事故統計などの市場事故調査結果をもとに歩行者傷害低減のため、死亡や死亡につながる頭部傷害低減のため、加害性を緩和する技術の開発を進めている。

歩行者の死亡原因の受傷部位は頭部が全体の約2/3を占め、重傷では20%を超えている (Fig.3)

また、加害部位はボンネット、カウル、フロントウイン

\* 1, 2 衝突性能開発部  
Crash Safety Development Dept.

\* 3, 4 ボデー開発部  
Body Development Dept.

\* 5 CAE部  
CAE Dept.

ドおよびAピラーとなっており、重傷事故での加害部位はボンネット、Aピラーとなっている (Fig.4)。本報告では死亡傷害救済のための車両対策のうちボンネット、カウル周りの対応について述べる。

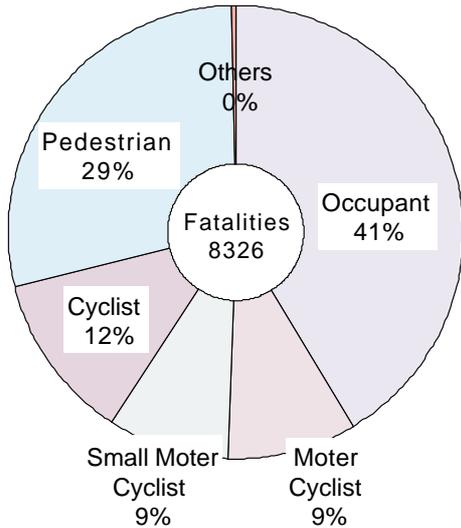


Fig.1 Accident Fatalities Data

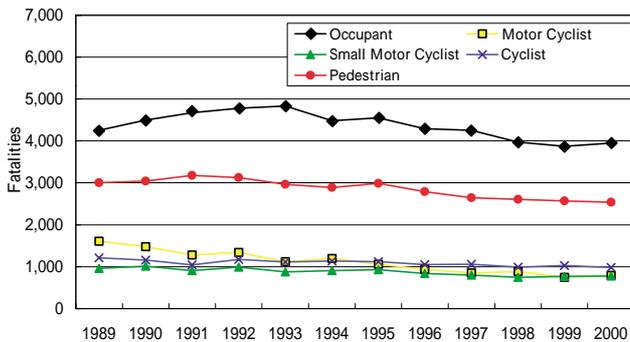


Fig.2 Fatalities Make-up Data

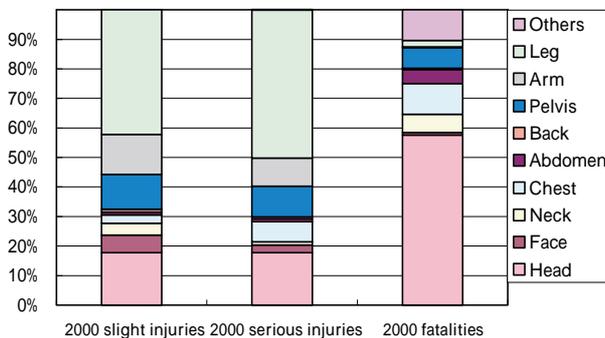


Fig.3 Injury Make-up



Fig.4 Head Contact Location

## 2. 開発の狙い

### 2.1 市場動向と課題

歩行者保護は、法規制化に先立ち欧州、豪州NCAP試験で性能評価が実施され公表されている。頭部傷害は死亡につながりやすいため、この傷害低減技術は死亡救済のために必要な技術であり、NCAP評価でも年々性能向上している (Fig.5)。頭部傷害低減には十分なエネルギー吸収ストロークが必要となる。対応構造はボンネット高アップなど空間確保のため車両の基本骨格に大きく影響する。その結果、パッケージや空力性能や燃費に大きく影響し、また、車両の前部デザインに制約が大きくなりやすい。歩行者への加害性を小さくし、かつこれらへの影響を最小にした頭部保護車両前部構造の開発が重要となる。

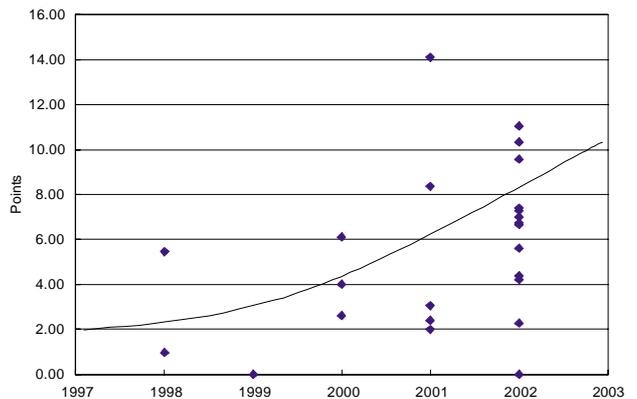


Fig.5 Head Impact Score Select Euro-NCAP

### 2.2 開発の基本方針

頭部保護を検討するには、車両との衝突を模擬した試験法として実際の車両にフルスケールダミーを衝突させる試験や、EEVC EG17で提案されている頭部を模擬した球形のインパクトを車両の前部に衝突させる試験法とコンピュータシミュレーションがある。我々は、車体形状ごと、試験ごとのばらつきが小さいインパクトによる頭部試験法を用い、傷害値は衝突で一般的に用いられるHIC (head

Injury Criteria) を指標として用いた。重傷であるAIS (Abbreviated Injury Scale) 4 の発生確率が約20%以下 (HIC 1000) を目標とし開発を進めた。

### 3. 歩行者頭部対応構造

従来車でのHICの分布を見ると、Fig.6に示すようにボンネット上で大ききばらつきがある。ばらつきを抑えるためボンネットやカウルなどの対応する部品の剛性の均一化を図っていくことが必要となる。

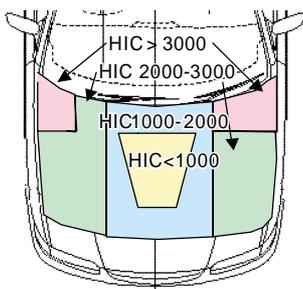


Fig.6 Current Vehicle HIC Distribution

#### 3.1 ボンネット

従来車のボンネット試験結果では、Fig.7の実線で示すように点線のばねマス計算より求めた目標に対して初期荷重、後半荷重とも高くなっている。また、Fig.6に示すように衝撃点間のHICのばらつきが大きい。これらを解決するためFEM解析を行い、頭部衝撃時の衝撃エネルギーを効率よく吸収できるように、(1)エネルギー吸収特性の改善(2)衝撃点間の剛性の均一化に注力して構造の検討を行った。それ

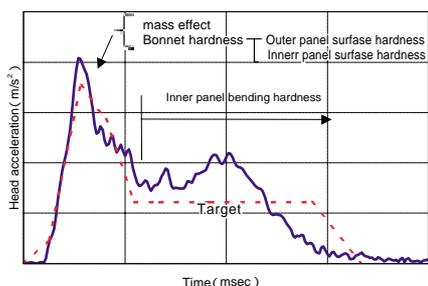


Fig.7 Current Vehicle Result

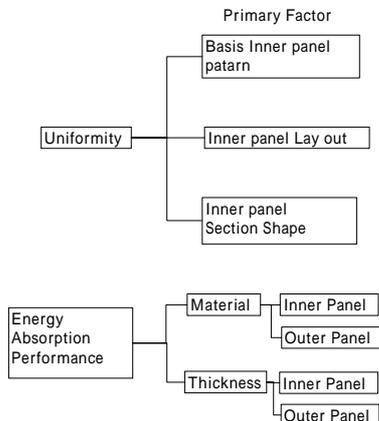


Fig.8 Study of Hood Countermeasure

ぞれの着目点の概略をFig.8に示す。

#### (1) エネルギー吸収特性の改善

##### (a) フレーム断面形状

頭部傷害値低減のためのボンネット張り剛性低減と従来からボンネットに要求されているねじり剛性や衝突エネルギー吸収特性の確保という相反する性能のバランスを取るためにFEM解析を用いながらメインフレームおよびサブフレーム断面の最適化を行った(Fig.9)。

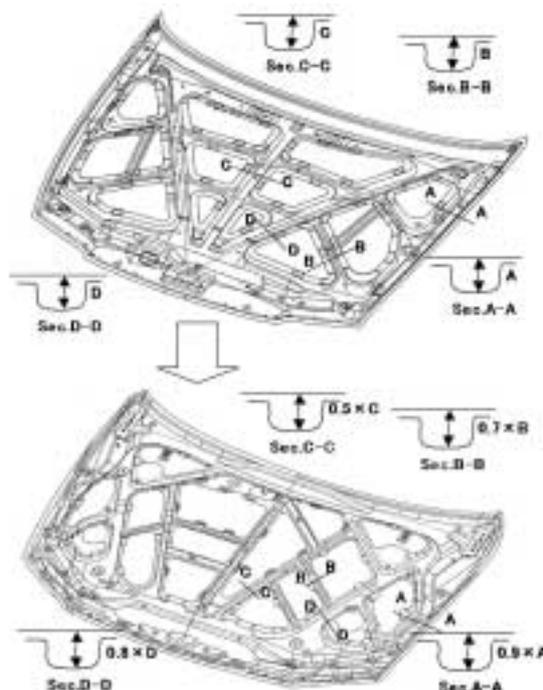


Fig.9 Inner Panel Countermeasure

##### (b) パネル板厚

ワックス掛け時に問題となる外板張り剛性や耐デント性を低下させることなく、歩行者保護性能向上を実現させるためにFEM解析を用いて、衝撃時の各パネルのエネルギー吸収寄与度を求めた (Fig.10)。その結

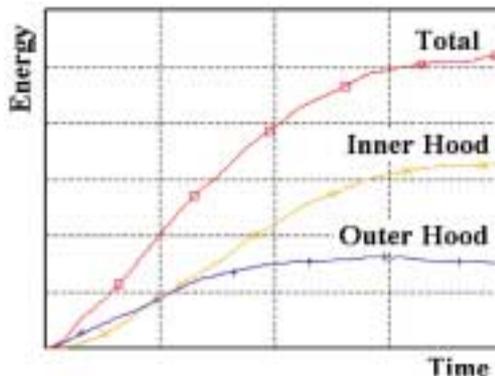


Fig.10 Compare Energy Absorption

果、アウターパネルの板厚は従来車両と同等とし、HIC低減効果の大きいインナーパネル板厚の10%低減を行った。

## (2) 剛性の均一化

### (a) インナーパネルのメインフレーム基本パターン

ねじれ剛性や衝突エネルギー吸収特性を悪化させることなくボンネット張り剛性の均一化を図るために、ボンネット外周にフレームを設定し、ボンネットラッチと両ボンネットヒンジを繋ぐフレームを逆八の字型とした。逆八の字型のフレームパターンは従来のV型フレーム構造で剛性の高かったボンネットラッチ噛み合い部周りの剛性低減を図ることができ、ボンネット前端周りの剛性の均一化を実現できた。

### (b) インナーパネルのサブフレーム基本パターン

従来車両の十字接合タイプのフレーム交差部を打撃すると周辺に比べ剛性が高く、ピーク加速度が高くなり問題となっていた。これに対しフレーム接合部の荷重低減を図るために従来の十字接合タイプから三又接合タイプとした。また、ボンネットの張り剛性が極力均一になるようにサブフレームの間隔と数を決定した。

スタイリングや車両構造への影響を最小にして適用したこれらボンネットの歩行者保護対応構造は、アテンザに採用した。その結果、アテンザでは従来車と比較しHICを1/3に低減させることができた。更に、RX-8ではこのコンセプトを更に進めた「ショックコーンボンネット」を採用し、従来車比70%改善した。

## 3.2 カウル周辺対応技術

カウル周りはFig.11に示すようにボンネット、ダッシュアップ、ワイパなどの部品の剛性が絡み合い、ピボットの影響しない位置に比べワイパピボット周辺部ではHICが約3倍と大きなバラツキがある。このため、各々の剛性の最適化が必要となる。

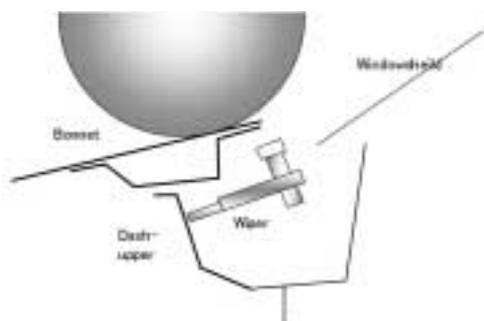


Fig.11 Cowl Section

カウル内に設定されるワイパ周りの対応構造について検討した。この部位では、カウルとボンネットを合わせた剛性で基本となるエネルギー吸収特性を決定し、ワイパへ荷重が入力した時点で変形を起こし、基本となるエネルギー吸収特性に影響させないことに注力した (Fig.12)。カウル周

りのエネルギー吸収特性は、ボンネットと同様ばねマス計算で目標を決定し、FEM解析を用い、ダッシュアップ、ワイパの構造化を検討した。

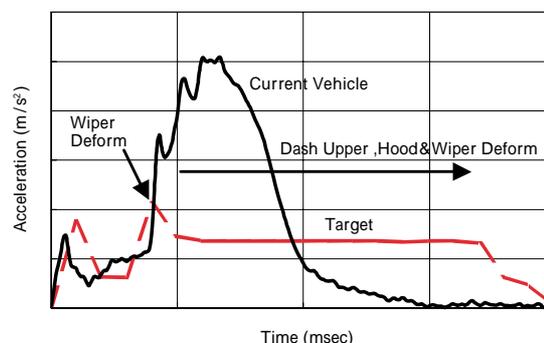


Fig.12 Wiper Target

### (1) エネルギー吸収特性の改善

ボンネットは前述のように剛性の均一化を図り、更にボンネットを支えているダッシュアップ、ワイパのエネルギー吸収特性の改善を検討した。

#### (a) ダッシュアップの改善

ダッシュアップは車体剛性への寄与があるため、従来の構造を踏襲し、上方からの衝撃で変形しやすい折れのある構造とした (Fig.13)。衝撃でエネルギー吸収を行いながら変形する折れ角をFEM解析で求め、エネルギー吸収特性の改善を行った。

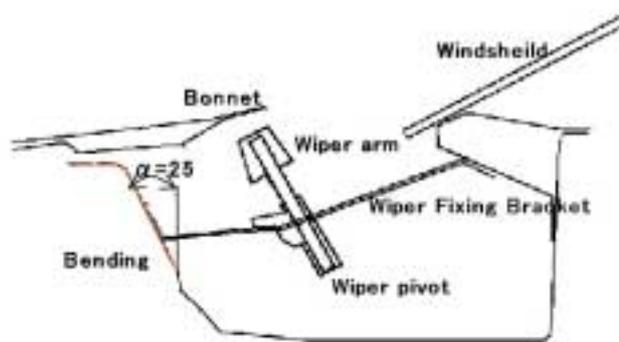


Fig.13 Dash-upper Structure

#### (b) ワイパの改善

実際の市場事故では体格の違いや衝突速度の違いにより上方からの頭部の衝撃方向や衝突位置が一定とならない。我々は、ワイパの基本性能である払拭性能を悪化させることなく、指向性が少なくロバスト性が高く、衝撃吸収性能の向上を図ることの可能な構造を検討した。

- ① ピボットの軸方向に上から荷重が入力されるとワッシャのToothと呼ばれる部分が下方に変形し、ピボットをかじる変形を起こし、衝撃エネルギーを吸収するスライドピボット構造 (Fig.14)。

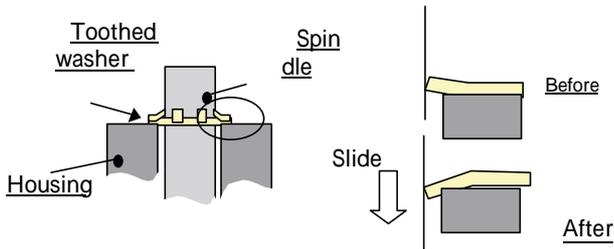


Fig.14 Sliding Wiper Pivot

② ピボットに衝撃荷重が入力されると、ピボットハウジングを介して荷重は車体取り付け部に入力される。ピボットハウジングと車体取り付け部間の脆弱部で破断し、ワイパは車体から離脱するワイパ離脱構造 (Fig.15)

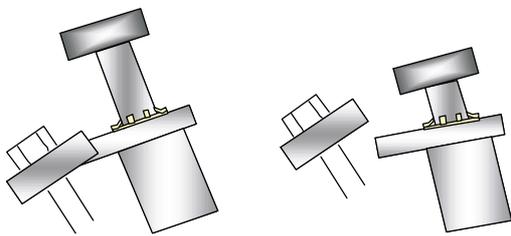


Fig.15 Break away Bracket

これら2つの構造を組合せ、ピボットのスライド荷重とワイパのピボットハウジングと車体取り付け部破損荷重を近接させ、ワイパピボット付近に衝撃力が入力することでスライドや離脱が確実に行われ、HICは従来車の1/3程度へ低下させることが可能となった (Fig.16)

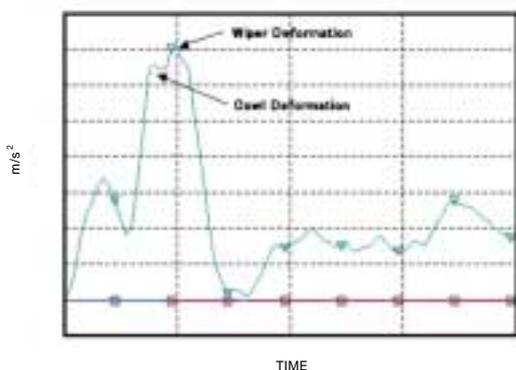


Fig.16 Wiper Countermeasure Result

また、安定してスライドや離脱を起こすためには、ワイパピボットをボンネットの下に入れるコンシールド化でボンネットを介して確実にピボットへ荷重が伝達されるようにすることが重要となる。

#### 4. おわりに

本報告では、歩行者の死亡や重傷につながる傷害軽減のための頭部対応技術の中でも歩行者との衝突頻度や確率の高いボンネットを中心に述べた。

今後は、運転者の回避行動により接触が増えると予測されるフェンダや後遺傷害が残る脚部傷害にも注力し、お客様に喜ばれる安全技術開発と商品化を目指していきたい。

#### 参考文献

- (1) 交通事故総合分析センター：交通事故例調査・分析報告書 - 平成13年度報告書 - (2002)
- (2) 警察庁交通局：平成14年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締状況について (2003)

#### 著者



古本有洋



平田頼光



畠中 威



胡木 隆