

論文・解説

15

## 歩行者保護の頭部傷害低減構造の開発 Development of Structure to Reduce Pedestrian Head Injury

西田 靖彦\*<sup>1</sup> 横山 暢彦\*<sup>2</sup> 上野 正樹\*<sup>3</sup>  
Yasuhiko Nishida Nobuhiko Yokoyama Masaki Ueno  
尾川 茂\*<sup>4</sup>  
Shigeru Ogawa

### 要約

市場事故での死者数低減の観点から、歩行者死者数の低減は重要課題である。本稿では、歩行者頭部傷害HIC (Head Injury Criterion) の高いフロントガラス取付部に着目し、これを低減する手法を紹介する。まず、フロントガラス取付部の設計変数と設計自由空間を決定した。次にCAE解析を活用したパラメータ分析により、構造とHIC発生の関係を明確にした。その結果、HICを現状より50%低減できる構造を導き出した。

### Summary

For reducing traffic accident fatalities, it is important to lower the pedestrian fatalities in collision accidents. This paper elaborates the method we developed in order to minimize pedestrian's HIC (Head Injury Criterion) intensified at the windshield mount. First, the design variables and design freedom space in the windshield mount were determined. Then, the relation between structure and HIC was clarified through parametric analysis utilizing CAE. As a result, a structure that reduces HIC by 50% was established.

### 1. はじめに

近年、法規の強化や、各社メーカーによる車両安全対策の取り組みにより、交通事故死者数は減少傾向にあり、2009年の交通事故死者数は5,000人を下回り、4,914人となった。しかし、Fig.1の状態別死者数の推移<sup>(1)</sup>を見ると、2000年から2010年の減少率は、自動車乗車中は10年前の63%に対して、歩行中は37%に留まっており、歩行中は自動車乗車中に比べて減少率が低い傾向にある。またFig.2に示す2010年の状態別死者数の割合<sup>(1)</sup>では、自動車乗車中が33.0%、歩行中が34.5%という結果となっており、歩行中の死者数の改善が重要な課題となっている。

また歩行者事故分析データから、Fig.3に示すように、歩行中の死者の損傷部位は頭部の割合<sup>(2)</sup>が高い。Fig.4からは、歩行中死者の傷害を発生させる主要な車両部位はフロントガラス取付部<sup>(3)</sup>であることが読み取れる。しかし、頭部傷害と車両構造を関連付けた研究は少ない。

本研究では、歩行者頭部の傷害値低減のため、傷害発生の高いフロントガラス取付部に対して、CAE解析を活用したパラメータ分析を実施し、歩行者保護性能を高めた車両構造を明らかにしたので報告する。

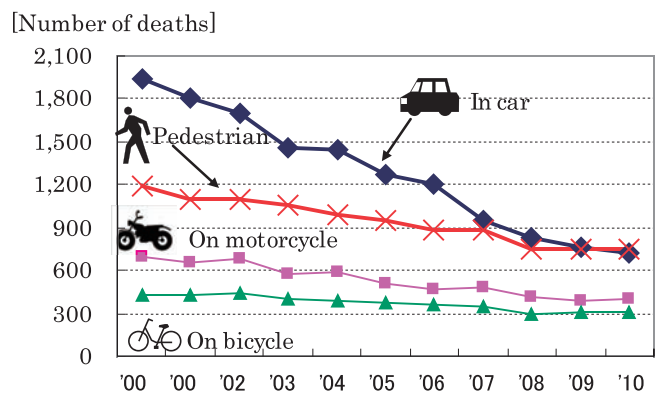


Fig.1 Change in Death Toll<sup>(1)</sup>

\*1~4 衝突性能開発部  
Crash Safety Development Dept.

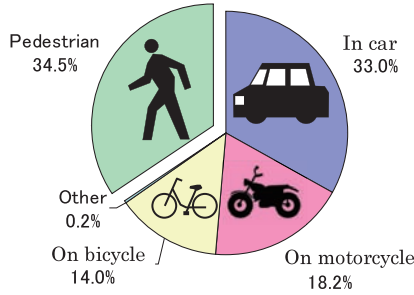


Fig.2 Death Toll in 2010<sup>(1)</sup>

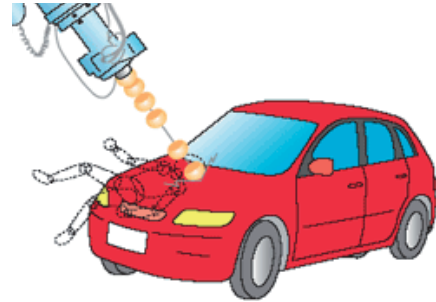


Fig.5 Test Image<sup>(4)</sup>

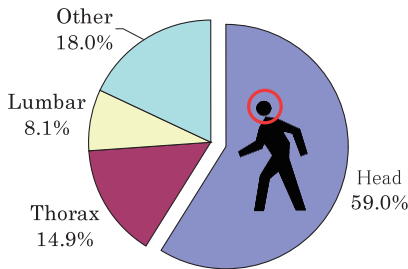


Fig.3 Body Regions Damaged in Pedestrian Fatal Accidents<sup>(2)</sup>

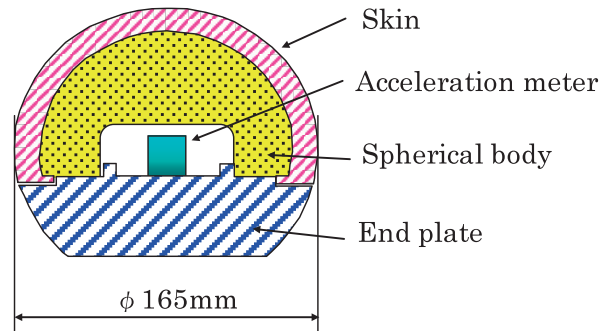


Fig.6 Head Impactor

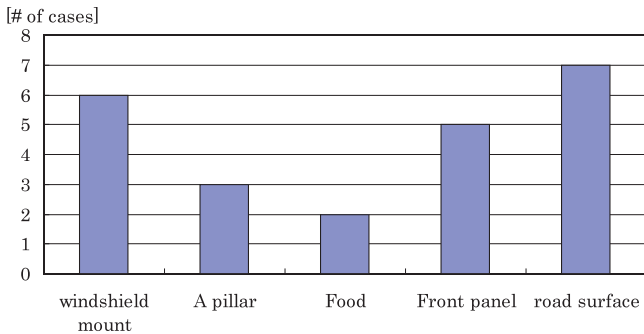


Fig.4 Vehicle Areas Causing Damage in Pedestrian Fatal Accidents<sup>(3)</sup> (Over AIS 3)

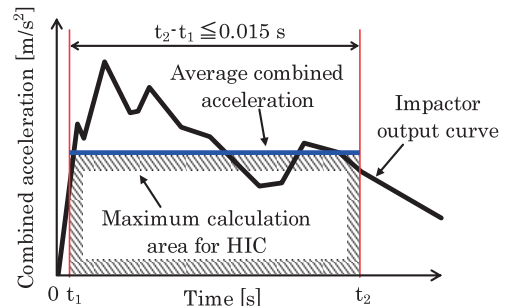


Fig.7 HIC Calculation

## 2. 歩行者保護性能評価

法規や市場評価で使用されている頭部傷害の評価方法は Fig.5のイメージ<sup>(4)</sup>のように、自動車が時速44km相当で歩行者をはね、歩行者の頭部が自動車に衝突したことを想定しており、頭部を模擬した頭部インパクトを発射して実施する。性能評価は、その際の頭部インパクトの衝撃を Fig.6の頭部インパクト内部に設置した加速度計（3軸）を用いて合成加速度を測定し、式(1)を用いて傷害値のHIC（Head Injury Criterion）を計算して判定する。

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} A_R dt \right]^{2.5} \right\}_{\max} \quad (1)$$

ここで、 $t$ ：時間(s)， $A_R$ ：合成加速度(g)， $\max$ ：HICが最大となる時間幅 ( $t_2 - t_1 \leq 0.015s$ ) である。Fig.7にはHIC計算波形の一例を示す。

HICの値が低ければ頭部に受ける傷害の程度は低くなる。HIC1000程度であれば、頭部外傷分類のAIS（Abbreviated Injury Scale；略式傷害尺度）はレベル4の重篤発生確率が20%以下となる。

## 3. 目標設定

本研究では、フロントガラス取付部を対象としており、大人頭部インパクトを用いて構造化を行った。このフロントガラス取付部は、Fig.8のような部品で構成されるが、主にカウルパネルとダッシュアップパーの2部品によりフロントガラスは支えられている。歩行者のHICが高くなるのは車両剛性の高い箇所であるため、衝撃位置はフロントガ

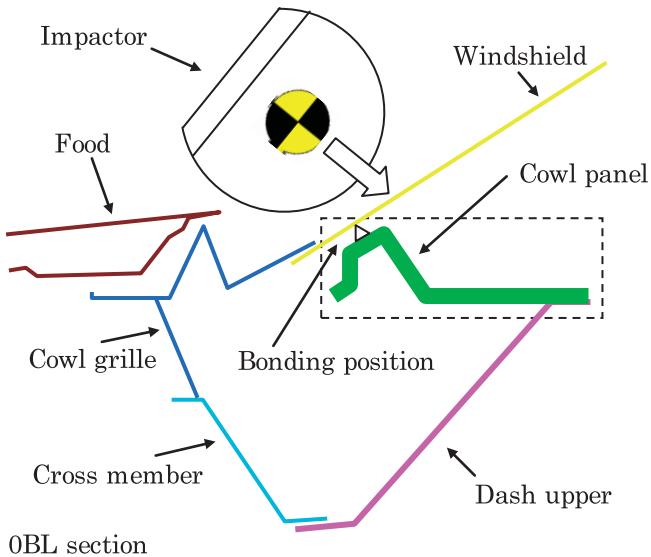


Fig.8 Windshield Mount & Impact Point

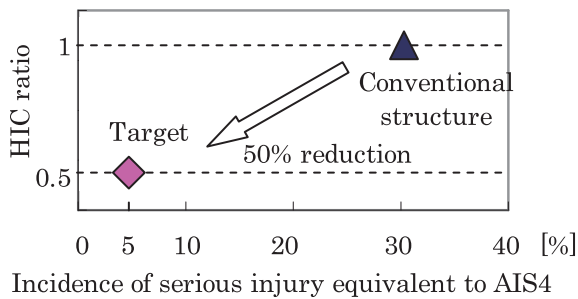


Fig.9 Development Target

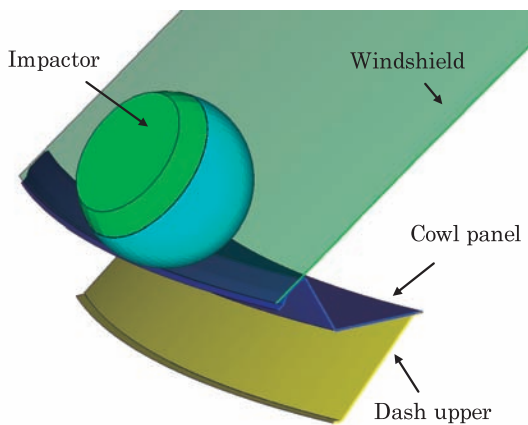


Fig.10 CAE Analysis Model

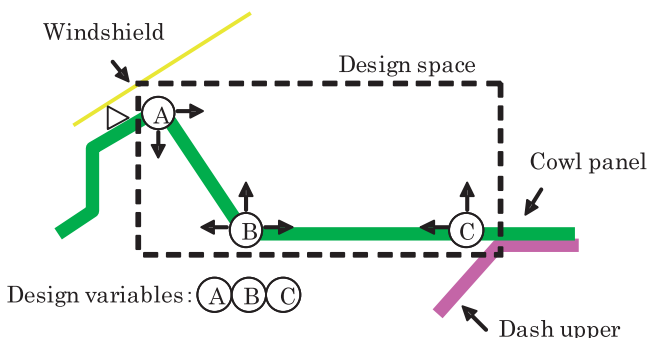


Fig.11 Design Space & Design Variables for Cowl Panel

ラスとカウルパネルの接着位置を選定した。

HIC目標は、Fig.9のように従来構造からHIC比で50%低減とし、頭部外傷分類のAIS4の重篤発生確率が約5%以下とした。

## 4. パラメータ設計

### 4.1 CAE解析モデル

Fig.10にHIC評価を再現したCAE解析モデルを示す。CAE解析モデルは、フロントガラス、カウルパネルとダッシュアッパーおよび頭部インパクトにて構成されている。解析ソルバーは非線形構造解析ソフトであるLS-DYNA (Ver.971) を用いた。モデルの要素数は3万程度で、計算時間は1モデル当たり約20分である。

### 4.2 設計変数の選定

目標のHICを目指すには、一般にエネルギー吸収量の高い構造が求められ、剛性の低い構造となってしまう。しかしフロントガラス取付部は、フロントガラスを支える機能が必要であり、振動・騒音等からも車両にとって重要な部分である。したがって、単純に剛性を低くするだけでは、車両として成り立たない。また本研究では、車両のデザイン性や補機類設置のためレイアウト上の制約があり、変更できる部品がカウルパネルだけに限られている。そこでFig.11のように、カウルパネルに制約条件から与えられる自由空間を定め、フロントガラス取付位置からダッシュアッパーまでのフランジ位置の経路に3つの設計変数を設定し、直交表を用いて、カウルパネルの構造を検討した。

## 5. 結果および考察

目標達成のカウルパネル構造を見出すまでに、パラメータ分析を数回繰り返した。

1回目は、Fig.11のカウルパネル構造をベースとし、直交表は設計変数の数からTable 1のL4を採用した。設計変数の点A、点B、点Cに移動方向と移動量を与えて、直交表に合わせて、Fig.12のようにNo2からNo4までのカウルパネルの断面を作成した。これらの断面を用いて、Fig.10の解析モデルをそれぞれ作成し、大人頭部インパクトの衝撃解析を実施した。そのHIC結果から、Fig.13の要因効果図を作成し、各設計変数の移動方向と量がHICに与える影響を分析した。

Table 1 Orthogonal Table

|     | 1 | 2 | 3 | 1     | 2     | 3     |
|-----|---|---|---|-------|-------|-------|
| No. | A | B | C | A     | B     | C     |
| 1   | 1 | 1 | 1 | Base  | Base  | Base  |
| 2   | 1 | 2 | 2 | Base  | Above | Above |
| 3   | 2 | 1 | 2 | Right | Base  | Above |
| 4   | 2 | 2 | 1 | Right | Above | Base  |

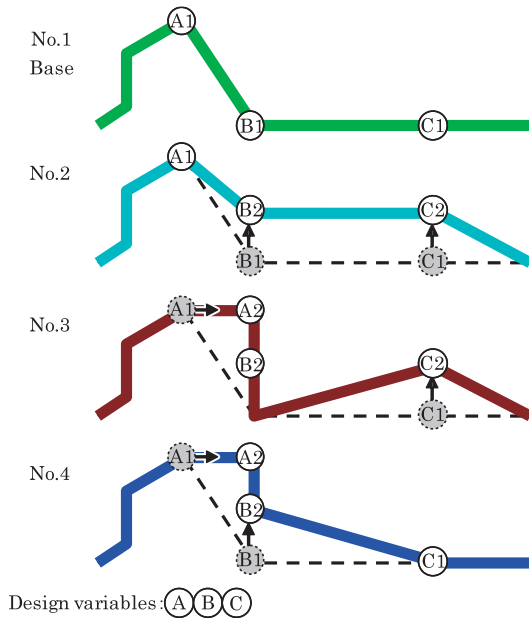


Fig.12 Cowl Panel Structures Studied (1st Iteration)

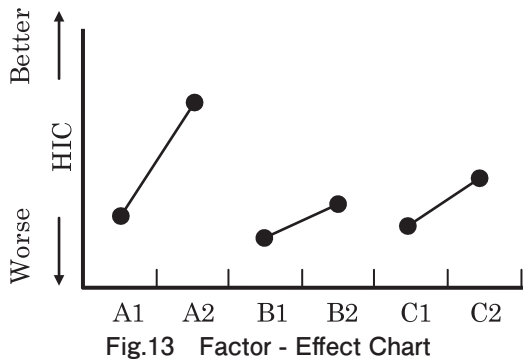


Fig.13 Factor - Effect Chart

要因効果図は値が大きい方が、HICを低減させる効果があることを示しており、点AはA1よりもA2の方がHIC低減の効果があることがわかる。また点BはB1よりもB2が、点CはC1よりもC2が低減の効果があることがわかる。

したがって、1回目では、点A、点B、点Cともにベースの位置から移動させた構造がもっともHICを低減させる効果が高い。特に点Aは他の2点比べて効果が大きい。これはカウルパネルの構造が、点Aは頭部インパクトの衝撃位置から離れた位置で、点Cがベースの位置よりも高い方が目標を達成する可能性があることを示している。また点Aと点Bは近接した方がより効果が高い。

しかし1回目だけでは目標HICを達成できなかったため、更に2回目の検証を実施した。2回目以降はFig.14のように、最も効果の高い設計変数位置をベース構造として新たに設計変数を稜線と経路に設定し、移動方向と移動量を与えて、直交表に合わせてカウルパネルの断面を作成した。この作業を繰り返して目標達成構造を導き出した。

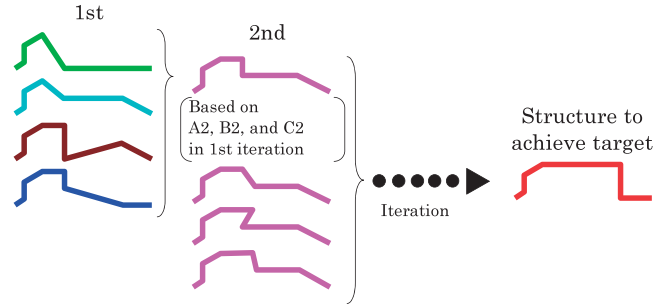


Fig.14 Study for Structure to Achieve Target

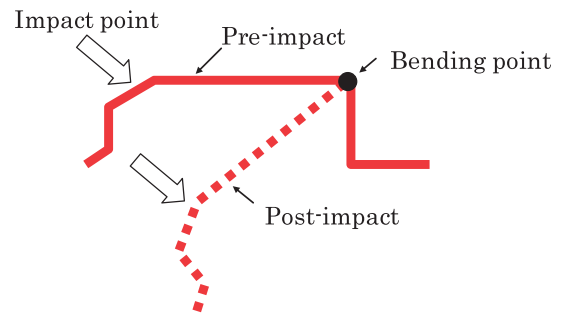


Fig.15 Deformation of Cowl Panel that Achieves Target

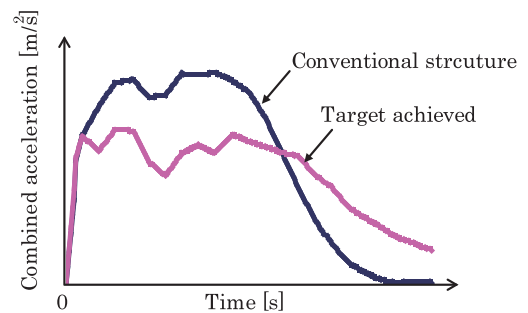


Fig.16 Curve that Achieves Target

目標達成構造のポイントは、Fig.15に示すように衝撃位置とカウルパネル折り曲げの基点位置を離すことにより、Fig.16の波形のように従来構造よりも低い荷重でカウルパネルを変形させることができたことである。その結果、インパクトの進入量をFig.17に示すように15%増加させることができ、HICを従来構造から50%低減することができた。

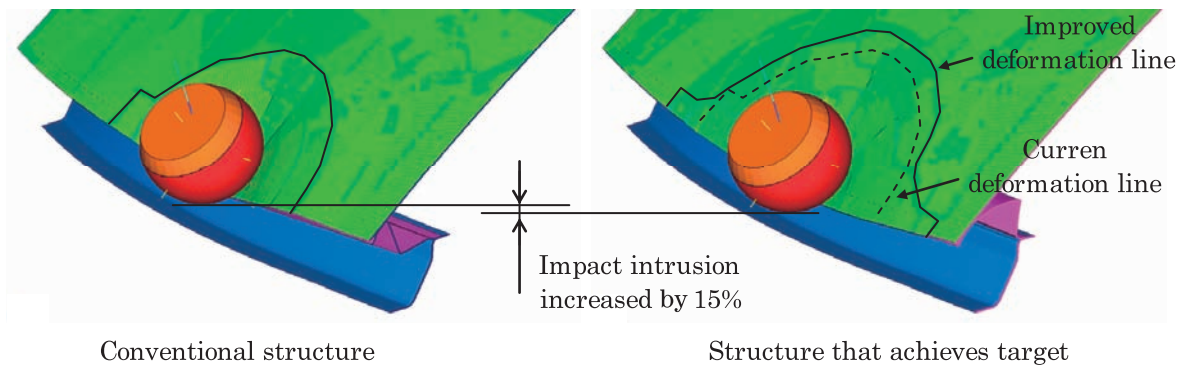


Fig.17 Comparison of Windshield Deformation

## 6. 結言

本論文ではフロントガラス取付部での歩行者頭部傷害低減構造を検討した。構造化アプローチにパラメータ設計を用いて、カウルパネルの衝撃位置と折り曲げの基点位置の関係を明確にした。更に、カウルパネル構造を改善し、従来構造のHICから50%の低減を達成した。

## 7. おわりに

本研究によりフロントガラス取付部のHICの大幅な低減が達成できた。今後も車両各部位においても研究を進め、歩行者の死者数低減に貢献できる車両開発を実現し、より安全な車をお客様の元へ届けたい。

## 参考文献

- (1) 警察庁交通局：平成22年上半期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，2010年7月22日
- (2) 交通統計：状態別・損傷主部位別30日以内死者数，2008年度版，p.130-131
- (3) 交通安全環境研究所：歩行者の頭部傷害に関する研究，2001年度
- (4) 国土交通省：歩行者頭部保護性能試験方法

## ■ 著 者 ■



西田靖彦



横山暢彦



上野正樹



尾川 茂