

## 講演 5. 自動車の新たな歩行者頭部保護に関する研究

自動車安全研究部 ※田中 良知 細川 成之 松井 靖浩  
名古屋大学 水野 幸治（客員研究員）

### 1. はじめに

近年、日本の交通事故死亡者は減少傾向にあり、2018年の交通事故死亡者数は3,532人であった。図1に、2018年の状態別交通事故死亡者数とその割合を示す。歩行中死亡者数が最も多く、1,258人（36%）であり、交通事故死亡者数のさらなる低減のためには、歩行中死亡者数の低減が重要であると考えられる。

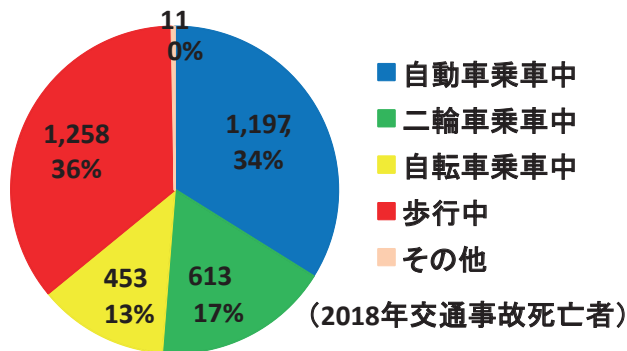


図1 状態別交通事故の死亡者割合（2018年）

日本においては、2005年に歩行者頭部保護基準が導入され、これにより、歩行中死亡者数が低減していることが報告されている<sup>1)</sup>。一方マイクロ事故調査では、車両の歩行者保護基準の試験範囲外の領域に頭部が衝突している事例が多いことも報告されている<sup>2)</sup>。この報告によると、1993年から2012年の間に発生した歩行者頭部がAIS2以上の受傷をした71件の事故のうち、歩行者頭部が歩行者保護試験範囲であるボンネット部に衝突した事例は15件（21%）であり、その範囲外の部位であるAピラー付近は23件（32%）、カウル付近は24件（34%）と試験範囲内への衝突より多かった。また、過去の交通研のマクロ事故調査<sup>3)</sup>から、歩行者保護基準で想定している衝突速度以下での歩行者死亡事故において、損傷主部位が頭部の場合が51%であり、そのうち55%は頭部が車両と衝突した際に受傷していた。これらの事故調査結果から、歩行者死亡事故において、歩行者頭部保護試験で想定

されている範囲外に頭部が衝突している事例も多く、交通事故での歩行中死亡者数低減のためには、歩行者保護基準における頭部保護試験範囲拡大の検討が必要と考えられる。

今回、歩行者保護基準の頭部保護試験範囲拡大の検討のため、現行の歩行者保護基準に適合した車両を用いて、衝突時の客室空間確保のため歩行者への加害性が高くなるAピラー付近を衝突領域として歩行者頭部保護試験を行い、Aピラー付近の歩行者頭部保護性能を調査した。

さらに、Aピラーからウィンドシールドの内側方向に衝突位置を10mmずつ変更して歩行者頭部保護試験のコンピューターシミュレーションを行い、Aピラーから衝突位置までの距離と歩行者頭部保護性能の関係を調査した。

また、近年、予防安全装置の普及が進んでおり、予防安全装置により歩行者事故において衝突速度が低下することが考えられる。そこで、Aピラー部を対象とし、衝突速度を変更して歩行者頭部保護試験を行い、Aピラー部に頭部が衝突した場合の衝突速度の低下による被害軽減効果について調査した。

### 2. Aピラー部の頭部保護性能調査

現行の歩行者保護基準に適合した車両を用いて、Aピラー付近を対象として歩行者頭部保護試験を実施した。

試験車両は、歩行者保護基準に適合し、かつ販売台数が多い車種の中から前面形状の異なる普通乗用車セダン（以下セダンとする）3車種、普通乗用車ミニバン（以下ミニバンとする）2車種及び軽乗用車（以下軽乗用とする）2車種とした。図2に、試験に使用した車両を示す。

歩行者頭部保護試験は、歩行者保護基準であるUN Regulation No.127（以下UN R127とする）に定められた試験方法に準じて実施した。頭部インパクトの

衝突速度は 35 km/h である。衝突位置は、車両の前後方向位置については、軽乗用以外は歩行者保護基準の最後端位置となるラップ・アラウンド・ディスタンス (Wrap around distance、以下 WAD とする) 2,100mm の位置とした。軽乗用の場合は、WAD 2,100mm の位置が天井部もしくは天井部に近い位置となり、天井部の剛性が影響することが考えられるため、WAD1,900mm の位置とした。左右方向位置について、UN R127 のボンネット部での左右方向最外端位置の決め方に準じ、側面基準線から 82.5mm 内側の位置とした。



図 2 試験車両

図 3 に試験後の車両の状況を示す。すべての試験で、頭部インパクト中心が衝突した位置はフロントウィンドシールドであり、ウィンドシールドは割れていた。また、頭部インパクトは A ピラーとも衝突し、A ピラー部が変形した。軽乗用 B の場合は、衝突位置がルーフ部に近く、ルーフパネルも変形した。頭部インパクト中心が車両と衝突した位置は、車両形状により異なっていた。

図 4 に、それぞれの実験での頭部傷害値 (Head Injury Criteria、頭部加速度から算出する傷害値で以下 HIC という) の値を示す。軽乗用 A と軽乗用 B の HIC は、歩行者保護基準の頭部傷害値のしきい値である 1,700 より小さかったが、それ以外の車両の HIC は 1,700 を超えていた。

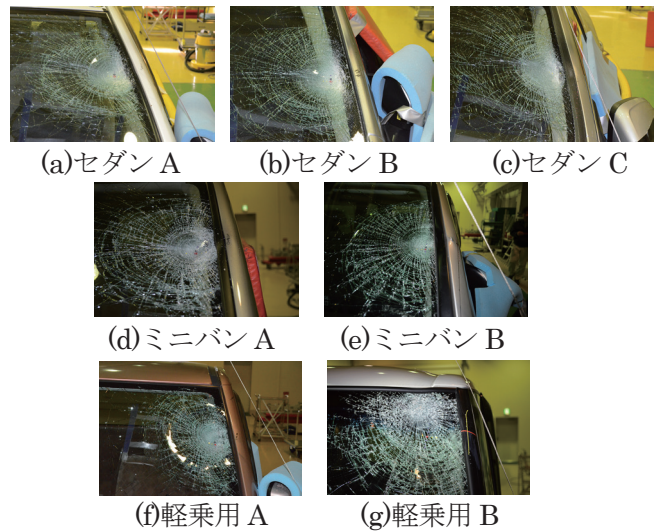


図 3 試験後の車両の状況

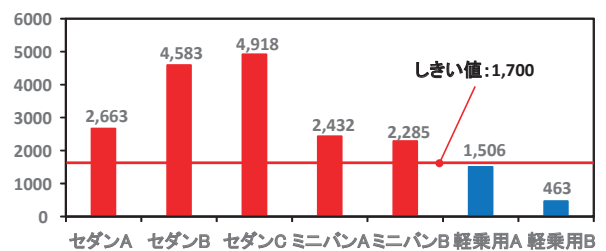


図 4 HIC 値

図 5 に、軽乗用 A の助手席側 A ピラーの断面を示す。一般に A ピラー部は、前面衝突時の客室変形を抑制するために補強部材が設定されている。しかし、軽乗用 A の助手席側 A ピラーには補強部材は設定されていなかった。このため、A ピラーの強度が他の車両に比べて小さくなり、HIC が 1,700 を下回ったものと考えられる。

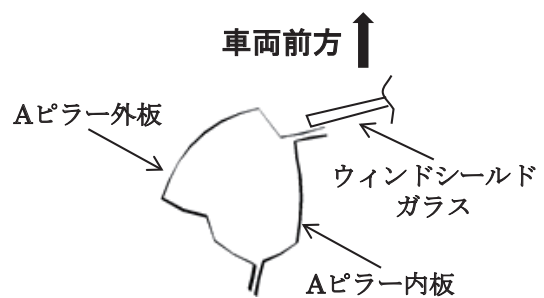


図 5 軽乗用 A の A ピラー断面

図 6 に、軽乗用 B の A ピラーの写真を示す。A ピラーが前後に 2 本あり、前側の A ピラーが細くなっている。このため、前側の A ピラーの強度が他の車両に比べて小さくなり、HIC が 1,700 を下回ったものと考えられる。



図6 軽乗用車 B の A ピラー部

### 3. A ピラーからの距離と頭部保護性能の関係調査

現在の基準で定められた横方向の最外端位置は、車両形状により A ピラーとの距離が異なる。そのため、A ピラーから衝突位置までの距離と頭部傷害値の関係について把握することが必要となる。頭部インパクトを衝突させる位置を A ピラーからウィンドシールドの内側方向に、10 mm 間隔で変更して歩行者頭部保護試験のコンピューターシミュレーションを実施し、A ピラーから衝突位置までの距離と歩行者頭部保護性能の関係を調査した。車両モデルは、2 章の試験で使用したセダン A のものを使用した。図 7 に、頭部インパクトの衝突位置の一例を示す。A ピラー中心を原点として、車両内側方向に 10 mm 間隔で、0～150mm まで頭部インパクト中心の衝突位置を設定してシミュレーションを実施した。今回のシミュレーションにおいて、A ピラーの中心から内側端部までの距離は 38.5mm であった。頭部インパクトの半径は 82.5mm であることから、頭部インパクト中心と A ピラー中心との距離が 121mm 以上の場合に、頭部インパクトは A ピラーとラップしなくなる。実施したシミュレーションでは衝突位置が 130mm 以上の場合に、頭部インパクトが A ピラーとラップしていない。

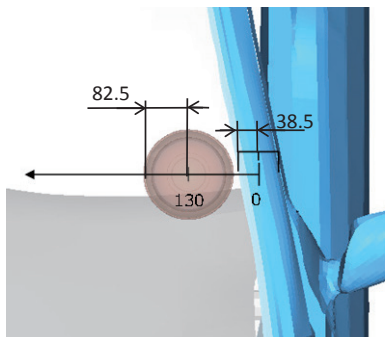


図7 頭部インパクト衝突位置の一例

図 8 に、シミュレーションでの HIC と衝突位置との関係を示す。頭部インパクト中心の衝突位置が A ピ

ラー中心から 30mm の場合に HIC が最大となり、30mm より大きくなるに従い HIC が小さくなった。距離が 90mm と 100mm の間で、HIC が 1,700 を下回った。頭部インパクト中心が 100mm の位置での頭部インパクトと A ピラーのラップ量は 21mm であり、頭部インパクト直径 165mm に対して約 13%と小さかった。このことから、歩行者事故時に頭部が A ピラーと衝突した場合、歩行者が死亡もしくは重傷となる可能性が高く、歩行者頭部が A ピラーと全く衝突しない場合はその可能性が低いことが確認できた。

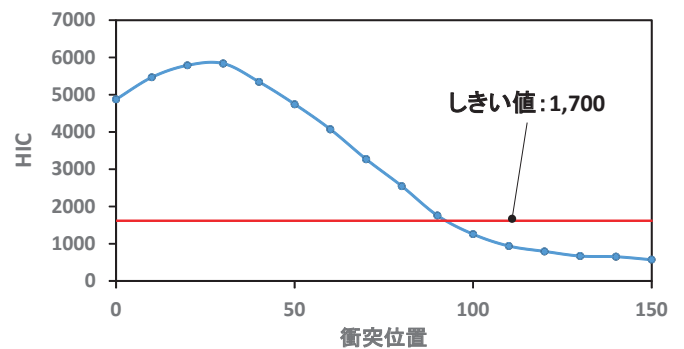


図8 HIC とインパクト衝突位置との関係

### 4. 衝突速度が低下した場合の効果について

近年、予防安全装置を装備した車両の普及が進んでいる。予防安全装置により、事故時の車両の衝突速度が低下して、歩行者傷害が低減することが期待される。そこで、A ピラー部を対象として、衝突速度を変更して歩行者頭部保護試験を行い、予防安全装置により衝突速度が低下した場合の A ピラー部の頭部保護性能について調査した。

試験には、2 章の試験で使用したセダン A、ミニバン A 及び軽乗用 A の 3 種類の車両を使用した。衝突位置は、前後方向は、セダン A とミニバン A は歩行者保護基準において頭部保護試験範囲で最後端となる WAD2,100mm の位置とした。軽乗用 A の場合は、WAD2,100mm の位置が A ピラー上端付近となり、ルーフの剛性が影響すると考えられることから、A ピラー中央付近となる WAD1,800mm の位置とした。左右方向は、A ピラー部に直接衝突させた。歩行者頭部保護試験は、衝突位置と速度以外は UN R127 に定められた試験方法に準じて実施した。頭部インパクトの衝突速度は 35 km/h、25km/h、15km/h の 3 条件とした。



図 12 に試験後の車両の状況を示す。全ての車種で、衝突速度 35 km/h の場合が最も変形が大きく、衝突速度 15 km/h の場合が最も変形が小さかった。衝突速度 15km/h のミニバンとセダンの場合は、フロントウィンドシールドが割れなかった。

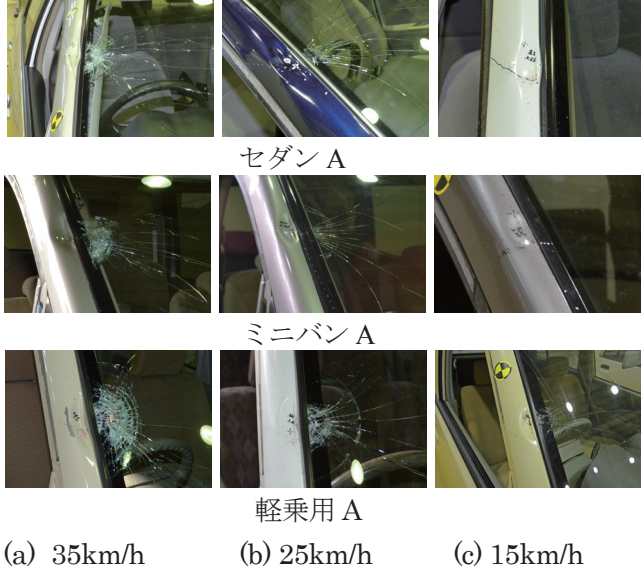


図 12 試験後の車両の状況

図 13 に、それぞれの実験での HIC の値を示す。衝突速度が速いほど、HIC の値が大きかった。衝突速度が 35km/h と 25km/h の場合は全ての車両で HIC が 1,700 を上回っていた。衝突速度が 15km/h の場合は全ての車両で HIC が 1,700 を下回っていた。今回の調査では、衝突速度が 35 km/h から 25 km/h になると、HIC はおよそ 1/2 となった。さらに衝突速度が 25 km/h から 15 km/h となると、HIC はおよそ 1/3 となった。頭部インパクトのエネルギー量は、衝突速度が 25km/h の場合は 35km/h の場合の約 51% であり、衝突速度が 15km/h の場合は 25km/h の場合の約 36% である。このため、HIC の変化は頭部インパクトのエネルギー量の変化により概算できることが考えられる。

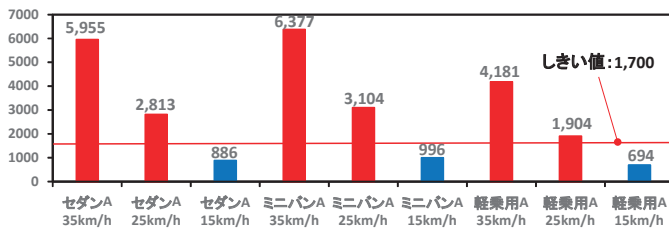


図 13 HIC 値

## 5. まとめ

今回の調査から、A ピラーに最も近い位置で歩行者保護試験を実施した場合、多くの車両で HIC が 1,700 を下回ることが難しいことが確認できた。また、A ピラーを前後 2 本に分割して設置し、前方の A ピラー強度を弱くすることで A ピラー部付近の歩行者保護基準を満足できることが確認できた。車両構造の変更により、A ピラー部の歩行者保護性能を向上させることが可能であると考えられる。

シミュレーションの結果から、歩行者頭部が A ピラーと衝突する場合は死亡重傷事故となる可能性が高く、A ピラーと衝突しない場合は死亡重傷事故となる可能性が低いことが確認できた。歩行者の死亡事故を減らすうえで、頭部が A ピラーと直接衝突することを防止することが重要であると考えられる。このため、歩行者頭部が A ピラーと直接衝突することを防止する歩行者エアバッグを装備することは、歩行者保護に有効であると考えられる。

歩行者事故時の衝突速度が低下すると、歩行者傷害の低減に有効であることが確認できた。歩行者事故での頭部の衝突速度が、35km/h から 10km/h 低下した場合、HIC が約 1/2 になり、20km/h 低下した場合は、HIC が約 1/6 になった。歩行者事故において頭部の衝突速度が 15km/h まで低下すれば、死亡重傷事故となる可能性が低くなると考えられる。このことから、歩行者に対応した予防安全装置の普及は、歩行者死亡事故の低減に有効である可能性が考えられる。

今後、A ピラー部を試験範囲に含める歩行者保護基準改正の提案が必要と考えられる。その際に、予防安全装置により衝突速度が低下した場合を想定して、衝突速度を変更する検討も必要と考えられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省，“平成 26 年度車両安全対策検討会資料”，(2015)
- 2) (一財)日本自動車研究所，(公財)交通事故総合分析センター，国土交通省，“平成 25 年度車両安全に資するための医工連携による交通事故の詳細調査分析結果報告書”，(2014)
- 3) 田中、他，“自動車の歩行者頭部保護に関する調査”，交通安全環境研究所フォーラム 2016 講演概要，pp.77-80 (2016)