

衝突時の歩行者の挙動に及ぼす 車両前部特性の影響

The Effect of the Vehicle's Frontal Configurations on the Struck Pedestrian's Behavior

樋口 和雄*

Kazuo Higuchi

秋山 朗彦**

Akihiko Akiyama

要 旨

交通事故死亡者の中で、歩行者の占める数は各国とも非常に多く、今後改善していかなければならない大きな問題となっている。歩行者の死亡原因の多くは、頭部が車体に衝突する衝撃によるものであり、歩行者対策に当っては頭部の保護を考える必要がある。

頭部の保護を検討するためには、頭部が車体に衝突する位置および速度を知る必要がある。

本稿では、衝突時の歩行者の姿勢やバンパー、フードエッジ等の車体前部の形状および潰れ特性が成人および子供の歩行者の頭部の衝突位置と衝突速度に与える影響について、台車によるフルスケールテストによって研究した。

また一部のケースについてはコンピューターシミュレーションを行い結果の確認を行った。

これらの結果、バンパーリードとフードエッジ高さの影響が従来言われていた様な単純なものではなく、相互に影響を及ぼしあうこと、等が確認された。

ABSTRACT

The number of pedestrians killed due to traffic accidents is a serious problem and demands attention. Most pedestrian fatalities are due to the impact on the head from contact with vehicle bodies. To investigate ways to protect the head, the locations of the vehicle body in contact with and velocities of the head need to be studied.

This paper describes tests carried out using a full scale sled to determine how the orientation of pedestrians, shape of the front bumper and hood edge, and energy absorbing characteristics of those parts of the vehicle body affect the head injuries of adult and child pedestrians. Computer simulation was also used in some cases to check the results of the actual tests.

Prior to our study, it was thought that bumper lead and hood height had individual effects on pedestrian injuries, but the study revealed that these two conditions interactively affect head impact speed.

1. ま え が き

1990 年中に日本において発生した、歩行者を巻き込んだ事故は 79,634 件、負傷者は 83,059 人であり、このうち死亡者は 3,042 人と非常に多く、交通事故死亡者の 27.1% を占めており、改善して行くべき大きな問題となっている。(平成 2 年版交通統計より)

歩行者の死亡原因の多くは、頭部が車体に衝突する衝撃によるものであり、歩行者対策を立案するに当っては頭部の保護を考える必要がある。そのためには、頭部が

車体に衝突する位置および速度を知る必要がある。

本稿では、衝突時の歩行者の姿勢やバンパー・フードエッジ等の車体前部の形状および潰れ特性が成人および子供の歩行者の頭部の衝突位置と衝突速度に与える影響について、台車によるフルスケールテストによって研究した。

また一部のケースについてはコンピューターシミュレーションを行い結果の検討を行った。

* HONDA North America

** 栃木研究所

2. テスト条件

① ダミー

テストに用いたダミーは、HYBRID-ⅡP(歩行者タイプ)ダミー、および子供のダミーとして、C6YおよびC3Yダミーを使用した。なお、一部のテストに於て、首の荷重およびモーメントの計測を行ったため、HYBRID-ⅡPの頭部および首はHYBRID-Ⅲの物を用いた。

② 車両

テストに用いた車両は、Fig. 1に示す様な台車で、バンパーおよびボンネット部分にはフォーム材を用いた。各部の標準寸法は以下に示す。

バンパー高さ(Hb) : 530mm

ボンネット高さ(Hh) : 680mm

バンパーリード(B/L) : 140mm

ボンネット傾斜角度 : 10度

3. テスト方法

テスト方法は以下のとおり。

① テスト速度

歩行者と車両の衝突速度は40km/hとした。

② ダミーのセットアップ

Fig. 2に示すように、ダミーの向きは車両進行方向に対し垂直な方向から車両側に30°向いた姿勢を標準とする。腕は前腕を背面に回し手首を粘着テープで固定した。ダミーはロープにて頭頂部を吊り下げ、中間にマグネット式の切り放し装置を取り付けた。マグネットは衝突の500ms前に切り放されたようにセットした。

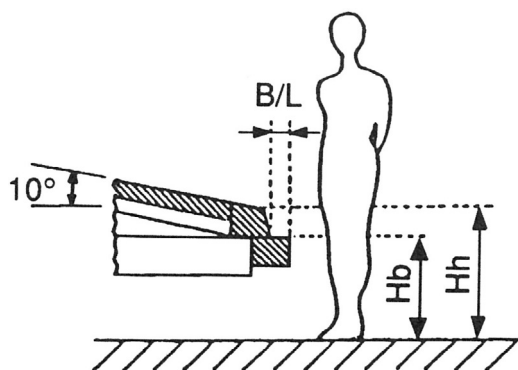


Fig. 1 Test Configuration

③ ブレーキ

車両のブレーキは、衝突後200ms以降にかかるようにセットし、歩行者の挙動に影響を及ぼさないように配慮した。

4. パラメーター

変化させたパラメーターは以下のとおり。

① 歩行者の向き

標準の30°の向きのほかに0°、60°、90°についてテストを行った。

② ボンネット高さ(Hh)

地上から680mmを標準とし、他に755mmと830mmについてテストを行った。

③ バンパーリード(B/L)

140mmを標準とし40mmについてもテストを行った。

④ バンパー剛性

Fig. 3に示す3種類の特性で、Bの特性を標準とした。

⑤ フードエッジ剛性

Fig. 4に示す3種類の特性で、Cの特性を標準とした。

5. コンピュータシミュレーション

コンピュータシミュレーションには三次元乗員数学モデルCAL-3D(CVS)を使用した。歩行者モデルは、AM50ダミーをもとに、15セグメント、14ジョイントのモデルとした。

コンピュータシミュレーションは、上記の台車テストのうち、バンパーリードとボンネット高さの組み合わせ効果についての検討に用いた。

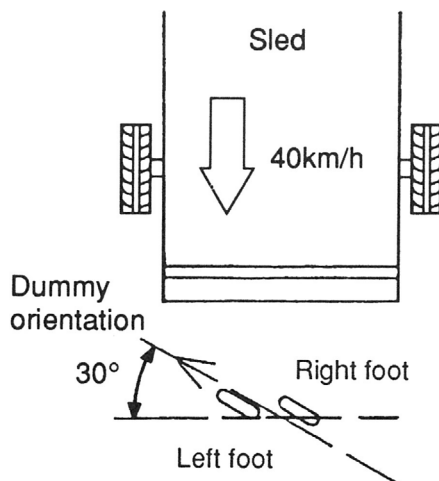


Fig. 2 Dummy set-up

Table 1 Test Conditions and Results

No.	Specification	HIC	Head impact speed m/s	WAD mm
01	Base condition	1590	11.8	1940
02	Base condition	1449	11.5	1830
03	Hood edge 755mm	1303	11.0	1850
04	Hood edge 830mm	464	8.0	1840
05	Hood edge stiffness A	1305	11.4	1830
06	Hood edge stiffness B	—	12.7	1900
07	Bumper stiffness A	1788	12.3	1770
08	Bumper stiffness A	1438	12.2	1830
09	Bumper stiffness C	1549	12.3	1970
10	Bumper lead 40mm	698	9.2	1820
11	Hood edge height 830mm. Bumper lead 40mm	1002	9.9	1650
12	Hood edge height 830mm. Bumper lead 40mm	947	9.5	1690
13	Dummy angle 20°	1305	9.5	2040
14	Dummy angle 60°	2248	13.0	1820
15	Dummy angle 90°	2912	13.3	1840
16	Dummy size C3Y	2122	—	780
17	Dummy size C6Y (Base condition)	925	7.3	1110
18	Dummy size C6Y, Hood edge stiffness B	1174	7.7	1080
19	Dummy size C6Y, Bumper stiffness A	1614	9.3	1120
20	Dummy size C6Y, Bumper stiffness C	2303	9.5	1060

6. テスト結果

Table 1 に、全てのテストの条件および結果を示す。

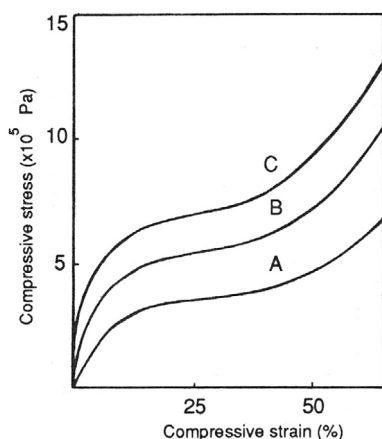


Fig. 3 Crush characteristics of the bumper

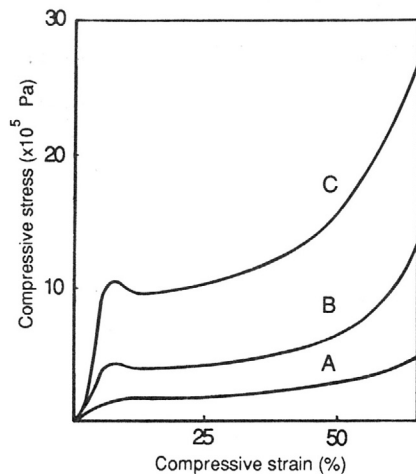


Fig. 4 Crush characteristics of the hood edge

なお、WADはWrap Around Distanceの略で、地面から頭部衝突位置までを車体前面に添って測った距離である。

6.1. 再現性

このテスト法の再現性を確認するため、標準の仕様とバンパー剛性を落した仕様について2回ずつテストを実施した。その結果、頭部傷害値および頭部衝突速度については概ね信頼できると判断した。

6.2. 頭部衝突速度とHIC

Fig. 5 にボンネットに対する頭部衝突速度と、HICの関係を示す。これからわかるように、両者の間には相関関係がある。言い替えれば、頭部傷害を評価するには、頭部衝突速度を評価すれば良い事がわかる。

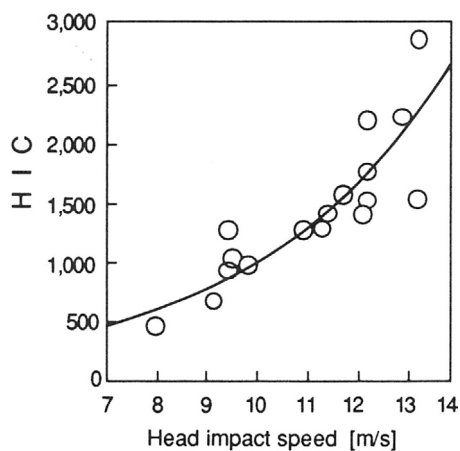


Fig. 5 Head impact speed vs HIC

6.3. 歩行者の向き

Fig. 6、7 に歩行者の車両進行方向に対する角度が歩行者頭部の傷害値 (HIC) および衝突速度に与える影響を示す。これらの結果から言えることは、歩行者の車両に対する角度と、HIC、頭部衝突速度との関係にはほぼ直線的な比例関係がある。すなわち、歩行者が車両に対して横を向くほど HIC は減少する。これは、頭部が衝突する前に肩がボンネットに衝突して頭部速度が減速されるからである。このため、頭部衝突速度は大きく変動し 35% の違いが歩行者の姿勢によって発生することとなる。

6.4. フードエッジ高さおよびバンパーリード

Fig. 8、9 にフードエッジ高さおよびバンパーリードが頭部傷害に与える影響を示す。これに示すように、バンパーリードが大きいときはフードエッジ高さが低いほど頭部衝突速度が下がるが、バンパーリードが小さい場合は頭部衝突速度はフードエッジ高さの影響が少ない。

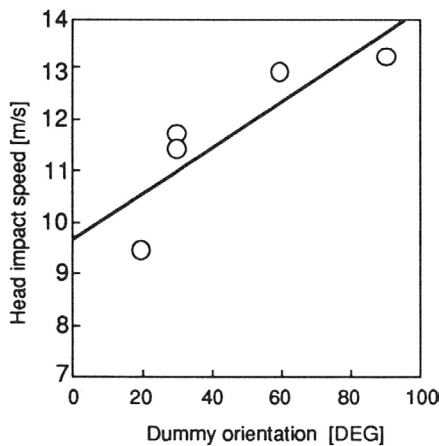


Fig. 6 Influence of Dummy orientation on head impact speed

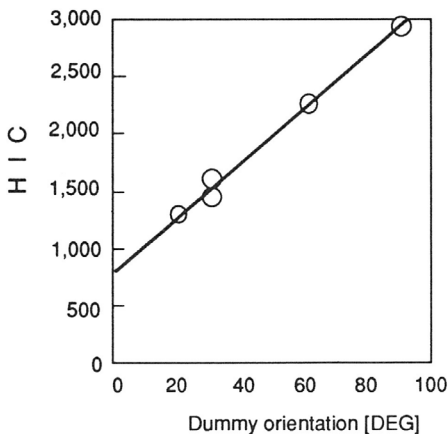


Fig. 7 Influence of Dummy orientation on HIC

この結果については、CVS を用いたシミュレーションを行い検討を行った。その結果を Fig. 10, 11 に示す。前記のフルスケールテストでの傾向はシミュレーション結果にも見られる。

これらより解るようにボンネットエッジ高さとバンパーリードは相関関係があり、単独で変化させると予想外の影響が発生する可能性がある。

6.5. フードエッジおよびバンパーの剛性

Fig. 12 から Fig. 15 にフードエッジとバンパーの剛性を变化させたテスト結果を、大人と 6 才児について示す。

ここに示すように、バンパー剛性の変化は大人に対しては顕著な影響が表れなかったが、6 才児の場合には標準の場合がもっとも低く、剛性を上げても下げても頭部傷害値は悪化している。この原因は明らかではないが、先に述べたフードエッジとバンパーリードの組み合わせのように、変化の効果が単調に増減するのではなく、途

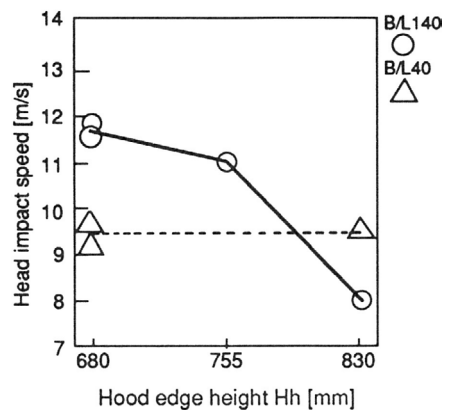


Fig. 8 Influence of hood edge height (Hh) and bumper lead (B/L) on head impact speed

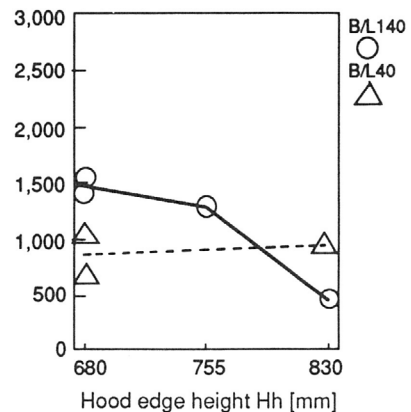


Fig. 9 Influence of hood edge height (Hh) and bumper lead (B/L) on HIC

中に最小値を持つ可能性もある。

フードエッジ剛性の大人に対する影響も、6才児に対

するバンパー剛性の変化の場合と同様に、単調な増減ではなく途中に最大値を持つ可能性がある。

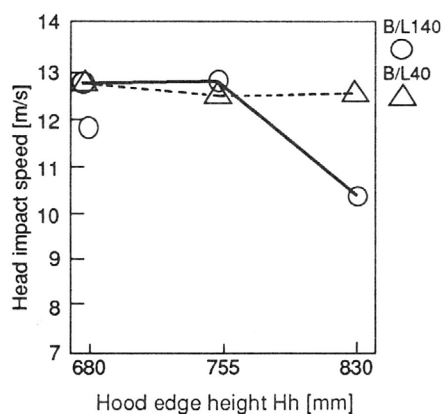


Fig. 10 Influence of hood edge height (Hh) and bumper lead (B/L) on head impact speed

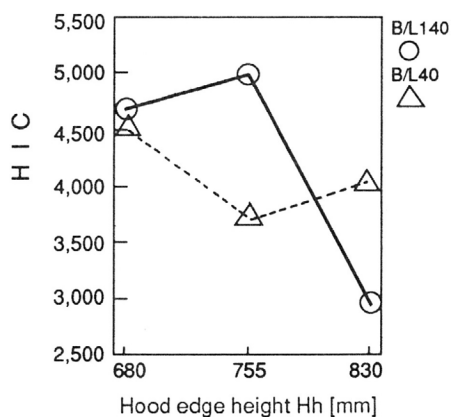


Fig. 11 Influence of hood edge height (Hh) and bumper lead (B/L) on HIC

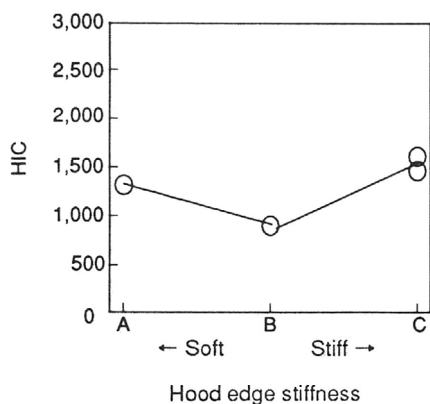


Fig. 12 Influence of hood edge stiffness on HIC

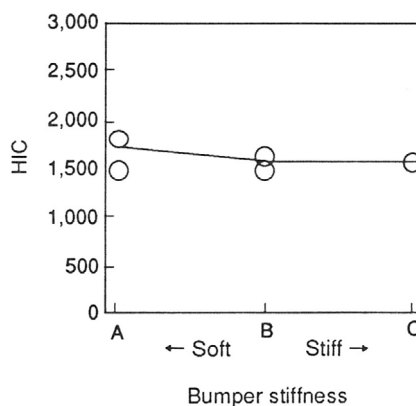


Fig. 13 Influence of bumper stiffness on HIC

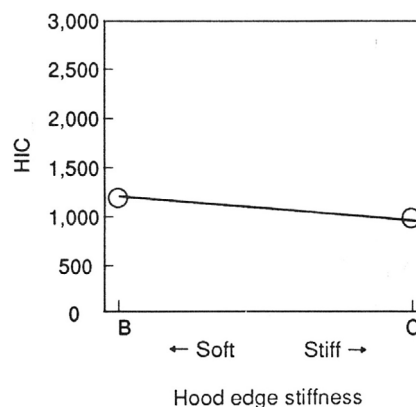


Fig. 14 Influence of hood edge stiffness on HIC with 6 year old child

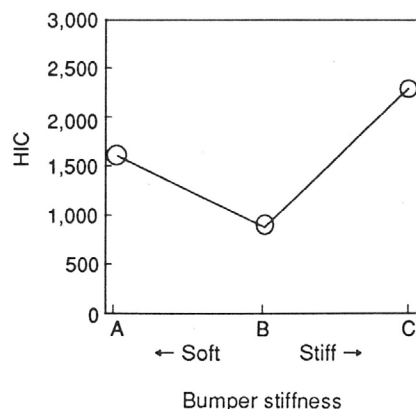


Fig. 15 Influence of bumper stiffness on HIC with 6 year old child

6.6. 子供

子供については、Table 1 から分かるように、6才児ではHICは大人に比べて低いバンパーが腰部を直撃するため腰部の加速度は大人に比べて大幅に悪い。また、3才児では、車体前面が身体全体を直撃するため、HIC、胸Gとも大人に比べて大幅に悪化している。

身長に対するWADの比率を比べると、Fig. 16に示すように、大人では約1.1なのに対し、6才児の場合約1、3才児では約0.8となっており子供の方が身長に対するWADの比率が小さくなっている。

6.7. WAD

大人の場合、WADはいずれの仕様の場合も、約1800mm～1900mmで、仕様の違いとの明確な相関関係は見られなかった。

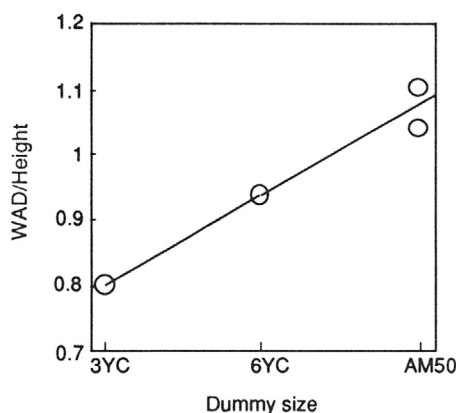


Fig. 16 Dummy size vs WAD/Height

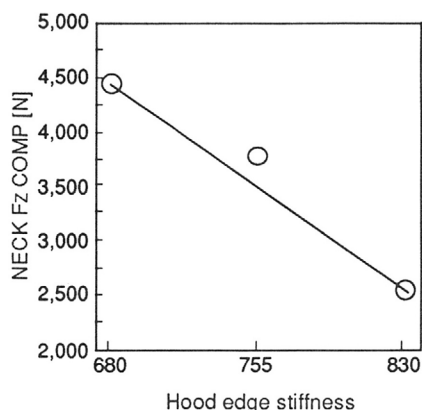


Fig. 17 Influence of hood edge height (Hh) on load to neck

6.8. 首荷重

フードエッジ高さの変化については、首の荷重およびモーメントについての計測も行った。その結果、Fig. 17に示すように、フードエッジが高いほど首を押し締めようとする力(Fz)が少なくなっている。これは、頭部がボンネットと衝突した際に、首にかかる身体の有効質量が、ボンネットが高くなるほど減少するためと考えられる。本実験ではボンネット部分にフォーム材を使用しており、実車の場合とは摩擦係数が異なるため荷重レベルも必ずしも一致しないと考えられるが、傾向としては同様のことが予想され、さらに頭部保護の目的でボンネットの剛性を下げた場合には、実車においても顕著に表われてくる可能性がある。

7. 結 論

歩行者対策を考えるに当たって、歩行者の前後軸が車両の進行方向となす角度、バンパー・フードエッジ等の車体前部の形状および剛性が歩行者の頭部衝突位置および衝突速度、頭部傷害に与える影響について、実車をシミュレートした台車を用いて衝突テストを行った結果、次のような結論を得た。

1. 歩行者の車両進行方向に対する角度と、頭部傷害値およびWADの間には、ほぼ直線的な比例関係があり、歩行者が車両進行方向に対して横を向くほど頭部傷害値は小さくなる。これは、頭部が車体と衝突する前に肩が衝突するためと考えられる。このことからフルスケールテストを実施する場合のテスト条件の選び方がテスト結果に大きな影響を与えることがわかる。従って、テスト条件の決定には十分な注意を要する。
2. フードエッジ高さとバンパーリードは互いに影響を与えることがわかった。つまり、一つの条件を変化させた場合の効果は、他の条件によって変化する。また、他の研究によると、バンパーの高さもこれらに対して同様の影響を与えることが考えられる。これらのことから、歩行者の頭部保護対策を考える場合、これらのパラメータの相互作用を明らかにし、最適の条件を見つけ出して行く必要がある。そうしないと、傷害値軽減の目的で行った対策により、逆に傷害値が悪化するといった事態も予想される。
3. フードエッジおよびバンパーの剛性については、頭部傷害値との明確な関係を見いだすには到らなかった。しかし、テスト結果を見ると、その効果は単純ではな

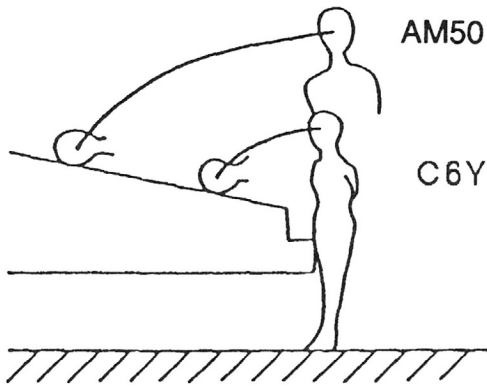


Fig. 18 Head trajectory

く、極小値または極大値を持つような性質を持っている可能性があるとも考えられる。

4. 歩行者の大きさの違いの影響については、車両前面が歩行者の頭部を直撃しない6才児の場合は大人に比べ頭部傷害値は低い。これは Fig. 18 に示すように頭部の軌跡の半径が小さいので頭部の衝突速度が遅くなるためと考えられる。しかし3才児では、車体前面と頭部が直接ぶつかるようになるので、傷害値は大幅に悪化する。また3才児では胸部の傷害値も大幅に悪化している。これは、車体前部の直撃を受けることと、身体の小さいため体の受ける加速度が大きいためと考えられる。

■著 者■



樋口 和雄



秋山 朗彦