

7. 歩行者の傷害からみた将来の自動運転技術への期待

自動車安全研究領域

※松井 靖浩

及川 昌子

安藤 憲一

1. はじめに

日本の交通事故における負傷者数 781,494 人 (2013 年) の中で歩行者の占める割合は 8% である⁽¹⁾。一方、死亡者数 4,373 人 (2013 年) の中で歩行者の占める割合は、約 36% と最も高い⁽¹⁾。死傷者 (軽傷・重傷・死亡) 数の中で死亡者数の占める割合を死亡率とすると、歩行者は車両乗車中を含む他の状態と比べて最も死亡率が高い⁽¹⁾。政府は 2018 年までに交通事故死亡者数を年間 2,500 人以下とする目標⁽²⁾をかかげている。その目標達成のためには、交通弱者である歩行者事故への対策が極めて重要な課題となる。

歩行者が車両に衝突すると、車両のボンネットを含む加害部位に歩行者の頭部が衝突し死亡に至る場合が多い。歩行者の死亡低減を目指した車両側の衝突安全対策として、日本では 2005 年に車両のボンネットを対象とした歩行者頭部保護基準が世界に先駆け施行された。

一方、車両の衝突速度を低くすることで、歩行者の傷害程度を軽減できると考えられる。最近では車両に搭載されたセンサが前方の歩行者を検知し、警報やブレーキ制御をかける歩行者検知型被害軽減装置の普及も歩行者事故対策として有望視されている。

近年、ステレオカメラによる歩行者検知型被害軽減装置が開発され、既に一部実用化^{(3) (4)}されている。同装置は、歩行者を検知し自動ブレーキが正しく作動した場合、衝突速度を減少させるシステムとなる。さらに日本では 2020 年を目標として、センサ等を利用した車両制御による自動運転技術の試用開始を目指している⁽⁵⁾。自動運転技術が確立した場合、歩行者との衝突を回避することが可能であると考えられる。しかし、実際の車両と歩行者との接触環境の中で、衝突までの時間が極端に短い場合 (例えば歩行者の物陰からの飛び出し)、悪天候により制動制御が不十分な場合など、歩行者との衝突を完全に回避することが困難な場面も存在することが考えられる。本研究では、歩行者検知型被害軽減装置や自動運転技術により車両の衝突速度が低下したときの歩行者

の被害軽減度合いを明確にすることで、同装置の技術要件を導出するための基礎資料を作成することを目的とし、歩行者の重傷率・死亡率に着目し、車両衝突速度と歩行者被害の関係を我が国の交通事故実態に基づき調査した。ここでは、公益財団法人交通事故総合分析センター (ITARDA) が所有するマクロデータ及びマイクロデータを使用した。車両の速度情報は、マクロデータでは車両走行速度のみが登録されている。一方、マイクロデータでは、車両走行速度に加え衝突速度が推定されている。そこで、本研究では 1. マクロデータを用いた車両走行速度による重傷率・死亡率の算出、2. ミクロデータを用いた車両の走行速度と衝突速度の関係式の算出、3. 車両衝突速度毎の重傷率・死亡率の算出、の手順を経て分析した。

2. マクロデータを用いた車両走行速度による重傷率・死亡率の算出

2009 年のマクロ事故データを使用した。歩行者交通事故における車両の各走行速度帯の重傷率・死亡率を次式より求めた。

$$\text{重傷率 (\%)} = \frac{\text{重傷者数}}{\text{軽傷者数} + \text{重傷者数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{死亡率 (\%)} = \frac{\text{死亡者数}}{\text{軽傷者数} + \text{重傷者数} + \text{死亡者数}} \times 100 \quad (2)$$

なお、各速度帯における重傷率・死亡率を算出する際の分母に相当する数が 10 件未満の場合、解析から除外することとした。車両種類についてはセダン、ミニバン、1Box (Box van)、軽乗用車、軽貨物の 5 車種を対象とした。

マクロデータを用いて求めた車両走行速度と重傷率・死亡率の関係をそれぞれ図1に示す。車両走行速度の増加に伴い、歩行者の重傷率・死亡率は増加する傾向であった。特に、重傷率は車種に係わらずほぼ一致した。一方、走行速度 60 km/h のときの 1Box の値を除き、死亡率は車種に係わらずほぼ一致した。文献⁽⁶⁾では、1Box が歩行者に衝突する衝撃シミュレーションが実施され、歩行者が高速度で衝突するとカウルトップが胸部へ衝撃し、胸郭骨折の可能性は高くなることが示されている。胸郭内には内臓器もあることから、実際の事故では 1Box が高速度で歩行者へ衝突すると死亡率が上昇してしまう可能性が示唆された。

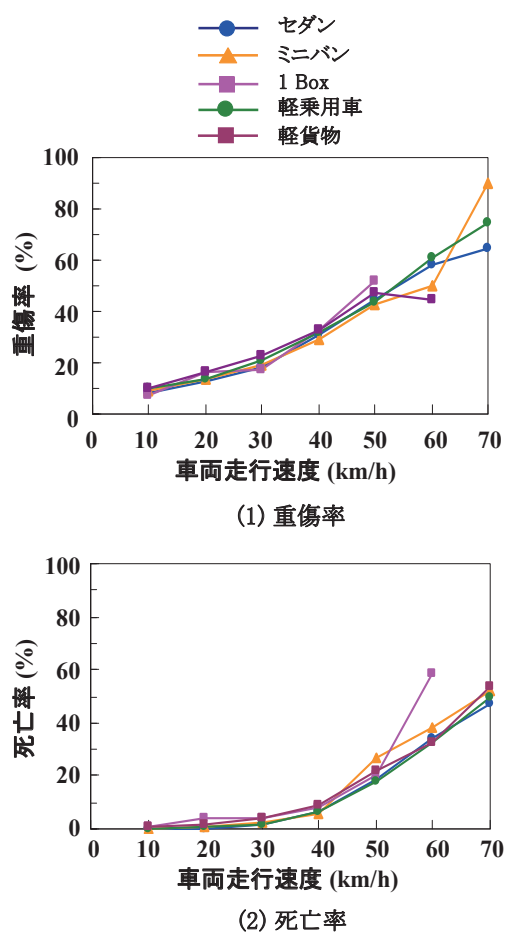


図1 車両走行速度と重傷率、死亡率の関係

3. ミクロデータを用いた車両の走行速度と衝突速度の関係式の算出

ミクロデータはデータ数が限定されるため 1993 年から 2010 年までの全歩行者事故データを使用し、セダンのみを解析対象とした。ミニバン、1Box、軽乗用車、軽貨物のデータ数は少なく、解析から除外することとした。

ミクロデータを用いて求めた走行速度と衝突速度の関係を傷害程度毎に図2に示す。走行速度と衝突速度の分布を直線近似 ($y=ax$) したときの近似直線式を図中に表示した。本近似直線式では、走行速度が 0 km/h のとき衝突速度は 0 km/h となるように y 切片は 0 としている。死亡 (0.95) の回帰係数は大きいことから、車両はほとんど減速せずに歩行者へ衝突し、その結果歩行者が死亡に至ったことが推察される。軽傷と重傷、重傷と死亡の回帰係数の差の検定を行った結果を表1に示す。軽傷 (0.75) と重傷 (0.89) の回帰係数は有意に異なる ($P=0.004$) が、重傷 (0.89) と死亡 (0.95) の回帰係数に有意な差はない ($P=0.180$) ことが判明した。

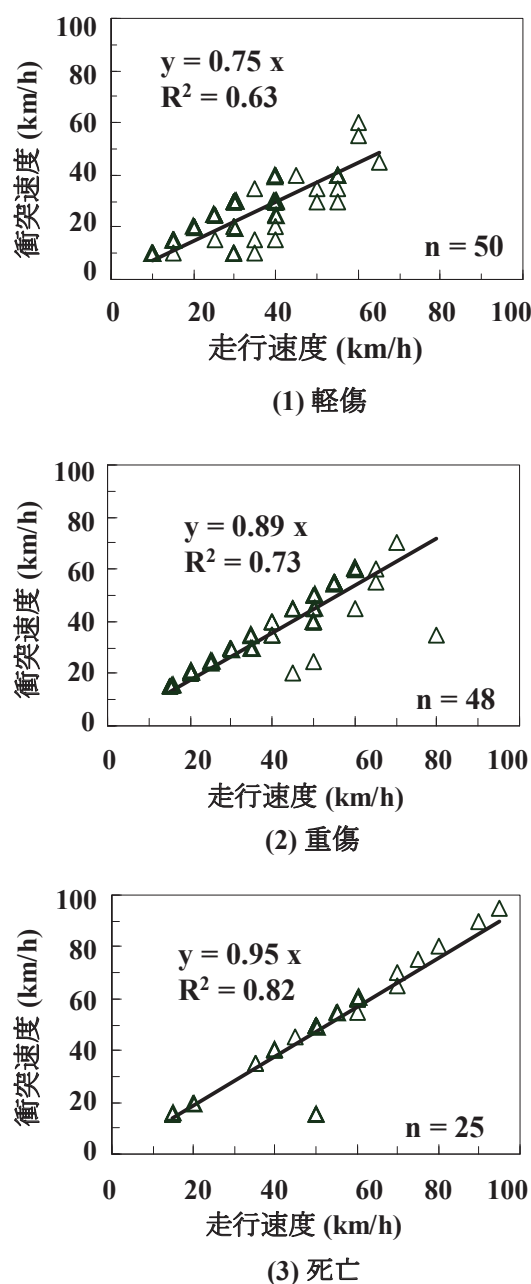


図2 セダンにおける走行速度と衝突速度の関係

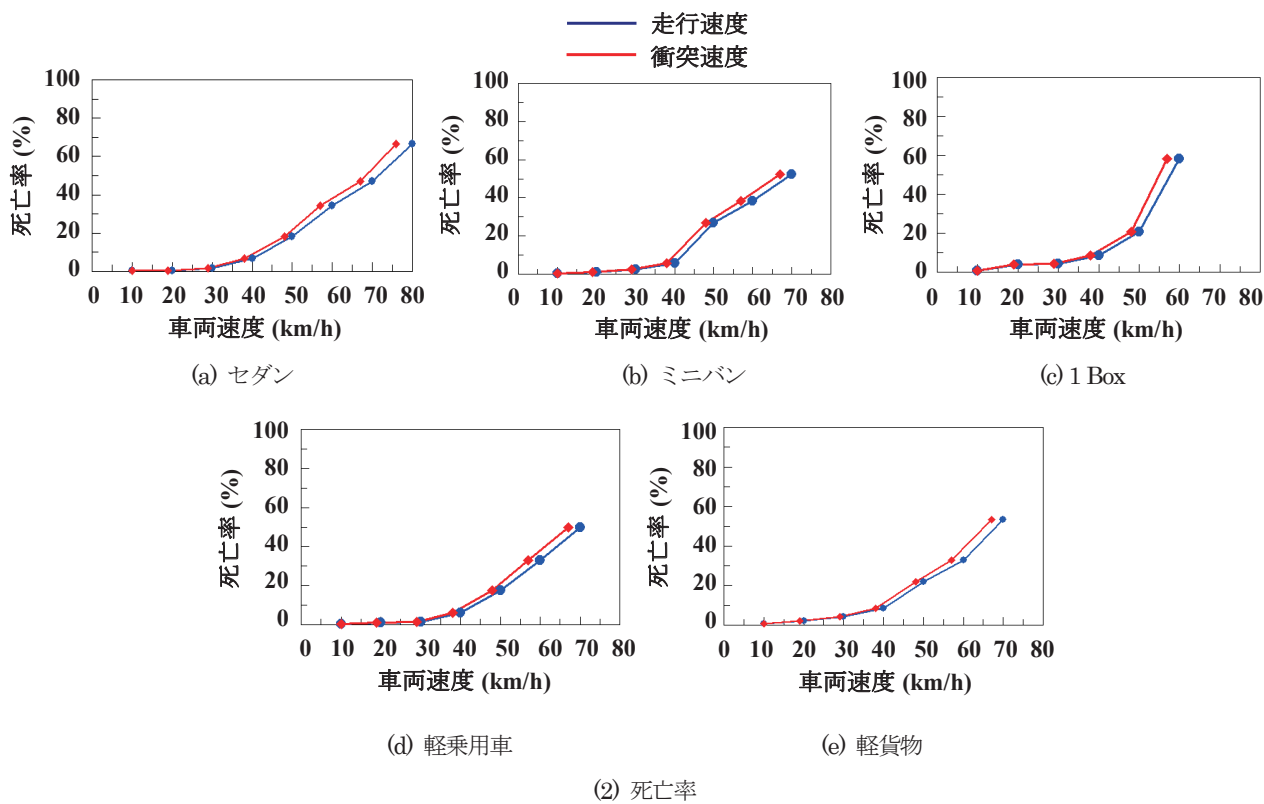
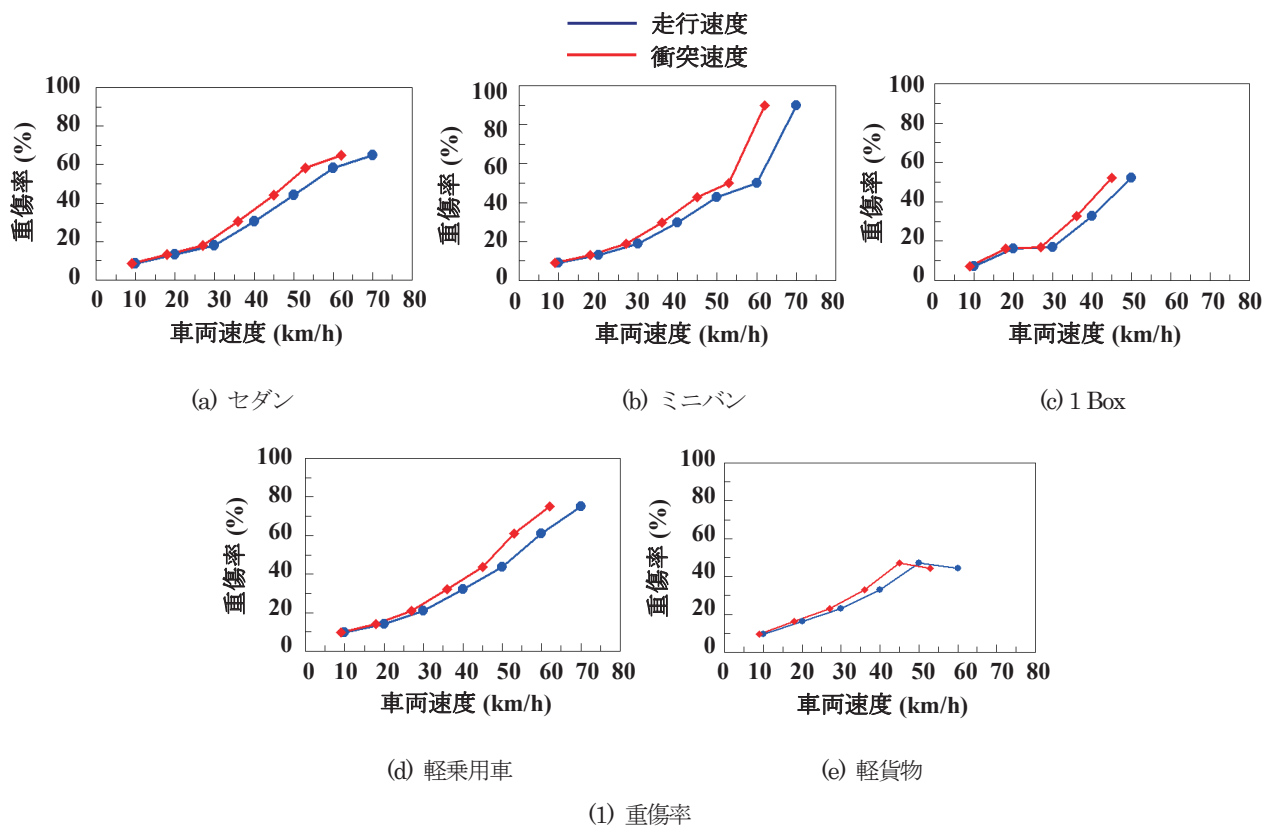


図3 車両速度と重傷率、死亡率の関係

表1 傷害間（軽傷と重傷、重傷と死亡）の回帰係数の差の検定結果

検定対象となる2群	軽傷と重傷の差		重傷と死亡の差	
	軽傷	重傷	重傷	死亡
平均直線回帰係数	0.7496	0.8929	0.8929	0.9484
直線回帰係数の標準偏差	0.0274	0.0251	0.0251	0.0344
事例数	50	48	48	25
p値	0.004**		0.180	

** 1%有意

表2 衝突速度毎の重傷率

車両衝突速度 (km/h)	重傷率 (%)				
	セダン	ミニバン	1 Box	軽乗用車	軽貨物
10	9	9	8	10	11
20	14	14	16	16	18
30	23	23	23	25	27
40	37	36	42	38	40
50	53	47	57	55	45
60	63	80	-	71	-

表3 衝突速度毎の死亡率

車両衝突速度 (km/h)	死亡率 (%)				
	セダン	ミニバン	1 Box	軽乗用車	軽貨物
10	0	0	1	0	1
20	0	1	4	1	2
30	3	3	5	2	5
40	9	10	11	9	12
50	22	30	31	22	25
60	38	42	-	38	-

4. 車両衝突速度毎の重傷率・死亡率の算出

3章の結果であるセダンの車両走行速度と衝突速度の近似式を2章の走行速度に適用し、セダン、ミニバン、1Box、軽乗用車、軽貨物の5車種について衝突速度毎の歩行者の重傷率・死亡率を算出した。算出した衝突速度と歩行者の重傷率・死亡率の関係をそれぞれ図3、表2及び表3に示す。5車種の重傷率に着目すると、衝突速度40 km/hでは36%~42%となるが、衝突速度が30 km/hの場合には23%~27%へと低下することが判明した。死亡率に着目すると、衝突速度40 km/hでは9%~12%であるが、衝突速度が30 km/hの場合には2%~5%へと低

下することが判明した。この結果より、衝突速度を10 km/h低減させただけでも重傷率・死亡率が大幅に低下可能なことが示された。また、衝突速度を30 km/h以下にすると、死亡率は5%以下に抑えられることが実際の交通事故の状況より明確になった。

5. おわりに

本研究では実際の交通事故状況を基にセダン、ミニバン、1Box、軽乗用車、軽貨物の5車種を対象として、衝突速度が減少した場合の歩行者被害状況を分析した。その結果、いずれの車種についても40 km/h以上の衝突速度を10 km/h低減させただけでも重傷率・死亡率が大幅に低下することが判明した。さらに、衝突速度が30 km/h以下になると、重傷率は27%以下、死亡率は5%以下であった。本研究結果より、歩行者を検知し衝突速度を下げる歩行者検知型被害軽減装置及び自動運転技術が様々な車種に装着され、実際の交通状況下において適切に作動した場合、歩行者の傷害レベルは衝突速度の低下に伴い大幅に軽減され、死亡事故件数の減少に大きく貢献できることが明確となった。

なお、本研究は公益財団法人交通事故総合分析センターの人体傷害分科会の活動として遂行したものである。本研究をまとめるにあたり、茨城キリスト教大学土井努先生、元公益財団法人交通事故総合分析センター伊藤正廣氏、公益社団法人自動車技術会の歩行者事故予防安全システムのあり方に関する研究会よりそれぞれ助言を得た。記して関係者に謝意を表する。

参考文献

1. 公益財団法人交通事故総合分析センター：交通統計 平成25年版 (2014)
2. 内閣府：平成21年交通安全白書 (2009)
3. 柴田英司：新開発ステレオカメラによる運転支援システム「EyeSight」の開発 自動車技術 Vol.63、No.2 pp.93-98 (2009)
4. 葛巻清吾：安全への取り組み 自動車技術、Vol.63 No.12 pp.11-16 (2009)
4. <http://www.ncac.gwu.edu/vml/models.html>
5. 内閣府：SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）自動走行システム研究開発計画 (2014)
6. 松井靖浩、高橋国夫、西本雄俊、水野幸治、一杉正仁、中根大祐、和波真吾：有限要素解析を用いた歩行者事故における車体前面形状が胸部傷害に及ぼす影響 自動車技術会論文集、Vol. 41、No. 5、pp. 1017-1022 (2010)