

広島県における正面衝突時の安全運転サポート車の乗員傷害低減効果の推定

関根 康史*

An Estimation of Occupants' Injury Reduction Effect of Safe Driving Support Vehicles in Head on Collisions Occurred in Hiroshima Prefecture

Yasufumi Sekine *

ABSTRACT

In order to promote Safe Driving Support Vehicles, it is important to indicate the effect on safety. In this study, the author found an approximation equation on the relationship between collision velocity and occupants' injuries from the occupant injury data by collision vehicle type and velocity published by ITARDA. And the author estimated the occupants' injury reduction effect of Safe Driving Support Vehicles by applying above approximate equation to the head-on collision accident in Hiroshima Prefecture that occurred in 2017..

キーワード：安全，交通事故事例，事故統計分析，人体傷害.

Keywords: Safety, Traffic Accident, Statistical Accident analysis, Human body injury.

1. まえがき

内閣府の中央交通安全対策会議において，2016年に決定された第10次交通安全基本計画では，2020年までに交通事故による24時間以内の死者数を2,500人以下，死傷者数を50万人以下とすることが示されている[1]. 国内の交通事故死者数は，1996年の11,227人をピークに減少を続け，2017年には3,694人まで下がったが[2]，第10次交通安全基本計画が目標とする死者数2,500人以下を達成するためには，より一層の交通安全対策が望まれる．また，内閣府の平成29年版高齢社会白書によると，我が国の総人口に占める65歳以上人口の割合（高齢化率）は増え続け，2065年には高齢化率は38.4%に達すると予測されており，高齢ドライバーによる交通事故の増加が予想されている[3]. このような社会的背景により，高齢運転者の安全を目指した様々な研究が行われている[4-7]. 広島県警においても，高齢運転者に安全運転サポート車を体

験試乗していただく安全運転講習会を実施，安全運転サポート車を普及啓発させることによって，県内の交通事故発生件数の低減を図っている．安全運転サポート車のより一層の普及促進のためには，その効果を示すことも重要である．本報では，交通事故総合分析センター（以下 ITARDA と略記する）が保有する交通事故データのうち，一般公開が認められている衝突車種別・速度別の乗員傷害データ[8]を使用，衝突速度と乗員傷害の関係についての近似式を求め，これを2017年に発生した広島県内の正面衝突死亡事故に適用することによって，安全運転サポート車の乗員傷害低減効果について推定を行った．

2. 本報における乗員傷害低減効果の推定方法

安全運転サポート車とは，衝突被害軽減ブレーキ等の運転支援装置を装備することにより，衝突事故の回避もしくは衝突時の被害軽減が図られている自動車のことである．広島県警では県内の高齢者を対象とし

て安全運転サポート車に体験試乗する安全運転講習会を実施、その普及啓発を図ることで、高齢運転者事故の低減を進めていく活動に取り組んでいる。

高齢者に対し、安全運転サポート車のより一層の普及啓発を図っていくためには、例えば、衝突事故における乗員傷害の軽減等といった効果を明らかにすることが重要である。本報では、2017年に広島県内に発生した四輪自動車による事故のうち、正面衝突事故について全国統計的な視点からの位置付けを明らかにし、衝突被害軽減ブレーキ等の運転支援装置が作動して衝突速度が下がった状況を想定、この状況での死亡重傷者率を求めることによって、安全運転サポート車の乗員傷害低減効果の推定を試みた。

表1に本報の分析対象とした正面衝突事故例9件の概要を示す。なお表中に示した自動車の車種名については、国内の道路を走行する自動車の実態に合わせて、クラス分類した名称を用いた。例えば、セダン型乗用車については、

- 小型セダン：車両総重量 1.4t 以下クラス
 - 中型セダン：車両総重量 1.4t 超 1.7t 以下クラス
 - 大型セダン：車両総重量 1.7t 超クラス
- と分類[9]、トラックについても、

- 小型トラック：車両総重量 3t 以上 7t 以下クラス
 - 中型トラック：車両総重量 7t 超 15t 以下クラス
 - 大型トラック：車両総重量 15t 超 25t 以下クラス
- と分類[10]することにより、ITARDAの交通事故統合データから抽出した衝突車種別・速度別の運転者の傷害データ[8]から導出した近似式と照合、全国統計的視点からの死亡重傷者率と比較することとした。なお、本報における近似式の基とした上記の運転者傷害データ[8]は、1995年から1999年の死傷事故の統計であり、決して新しいデータと言えるものではない。

近年、自動車の衝突安全技術は著しく進歩し、乗員保護性能も向上しているが、本報においては、安全サポート車の乗員傷害低減効果の推定を主な目的とすることから、このデータを使用する方が厳格な評価ができるかと判断した。また、このデータは、軽自動車から大型トラックまでの各車種それぞれについて衝突車種別・速度別の乗員傷害を扱った唯一の全国統計的な事故統計データであり、かつ公開することが認可されている事故データでもあることも、このデータを用いた理由である。

自動車の衝突現象(図1)については、衝突エネルギーEが質量mと速度vの二乗によるものとして扱われることが少なくない(式(1))。

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

したがって、本報における近似式については、乗員傷害は衝突エネルギーと同様に速度の二乗に影響されるものと仮定し、(式(2))のような式で表現することとした。

$$F_s = \alpha v^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

表1 広島県で発生した正面衝突事故死亡事故
Table 1 Front to front fatal collision in Hiroshima pref.

事故例 No.	第1当事者			第2当事者		
	車種	乗員	速度①	車種	乗員	速度②
1	軽1box	64歳、死亡(ドライバー)	50km/h	中型トラック	69歳(ドライバー)	50km/h
2	小型セダン	22歳、死亡(ドライバー)	60-80km/h	大型トラック	44歳(ドライバー)	30-40km/h
3	小型セダン	82歳、死亡(ドライバー)	30-40km/h	大型トラック	65歳(ドライバー)	0km/h
4	中型セダン	66歳、死亡(同乗者)	30km/h	中型トラック	45歳(ドライバー)	40km/h
5	大型セダン	19歳(ドライバー)	60km/h	軽1box	80歳、死亡(ドライバー)	60km/h
6	軽1box	63歳、死亡(ドライバー)	70km/h	1box	48歳(ドライバー)	50km/h
7	軽1box	94歳、死亡(同乗者)	50km/h	大型セダン	38歳(ドライバー)	50km/h
8	小型セダン	43歳、死亡(ドライバー)	60km/h	軽1box	47歳(ドライバー)	50km/h
9	大型セダン	18歳(ドライバー)	70km/h	軽1box	75歳、死亡(ドライバー)	50km/h

表2 衝突種別・速度別死傷者数
Table 2 Number of injuries by collision type

衝突種別	衝突速度											
	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h
軽1BOX 対 中型トラック	5	16	30	43	78	69	68	43	52	13	24	3
軽1BOX 対 大型セダン	31	85	288	351	420	269	268	120	102	39	35	16
軽1BOX 対 1BOX	23	106	241	380	480	279	319	136	142	38	26	8
小型セダン 対 大型トラック	18	48	82	142	259	249	320	230	324	154	214	79
小型セダン 対 軽1BOX	99	256	687	1014	1346	839	863	295	303	102	81	17
中型セダン 対 中型トラック	14	33	78	138	243	202	214	158	168	82	94	30

表3 衝突種別・速度別死亡重傷者数
Table 3 Number of fatal or serious by collision type

衝突種別	衝突速度											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
軽1BOX 対 中型トラック	0	0	1	3	12	5	27	13	28	7	20	2
軽1BOX 対 大型セダン	0	2	4	18	21	30	45	26	22	22	14	9
軽1BOX 対 1BOX	1	4	6	18	33	36	39	33	49	19	13	5
小型セダン 対 大型トラック	0	0	2	9	18	17	43	49	127	65	119	53
小型セダン 対 軽1BOX	2	0	2	2	10	5	14	6	15	6	6	1
中型セダン 対 中型トラック	0	0	0	5	10	10	17	20	37	26	37	11

なお、式(2)の F_s は死亡重傷者率、 α は傷害定数である（衝突相手により変化する定数）。本報では、表1に示した9件の正面衝突事故例のうち、乗員が死亡した側の車両について、近似式を求めた。また、近似式の基にした衝突車種別・速度別の死傷者数を表2に、死亡・重傷者数を表3に示す。

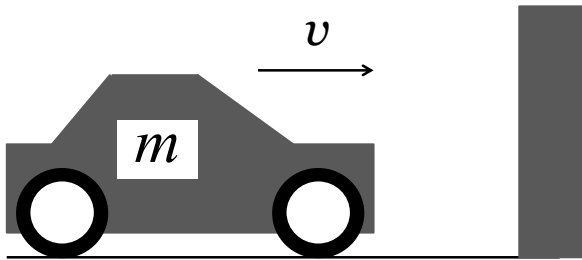


図1 自動車の前面衝突のイメージ
Fig.1 Image of vehicle collision

3. 車種別・速度別傷害データから導出した近似式

3. 1 軽1BOX が関与した正面衝突

軽1BOX と中型トラックの正面衝突、軽1BOX と大型セダンの正面衝突、軽1BOX と1BOX の正面衝突、それぞれの衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を図2から図4に示す。なお、図2は表1中のNo.1の衝突、図3はNo.5, No.7, No.9の衝突、図4はNo.6の衝突、それぞれにおける死亡者が乗車していた車種の衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を示したものである。

どの衝突相手との衝突についても、衝突速度の増加に従い、死亡重傷者率は増加する。また、前章で仮定した通り、死亡重傷者率が速度の二乗に影響されるものとして、近似式（便宜上、時速 $v(\text{km/h})$ の二乗に傷害定数 α を掛け算する近似式として表現した。）を求め、それぞれの図中に記載した。幾らかのばらつきはあるものの、近似式は事故統計データにおける衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係に類似した関係を再現出来ていることがわかる。それぞれの決定係数 R^2 値も図中に示す。どの図においても、 R^2 値は 0.9 と、1.0 に近い値となっており、近似式の精度は良いとみなすことができる。近似式における傷害定数 α については、中型トラックとの衝突が 0.0057 と最も大きく（図2）、次いで1BOX との衝突で 0.0043（図3）、大型セダンとの衝突で 0.0039 となっており、衝突相手車両が大きくなる程、衝突速度に対する死亡重傷者率の増加の割合が大きくなることが確認できる。

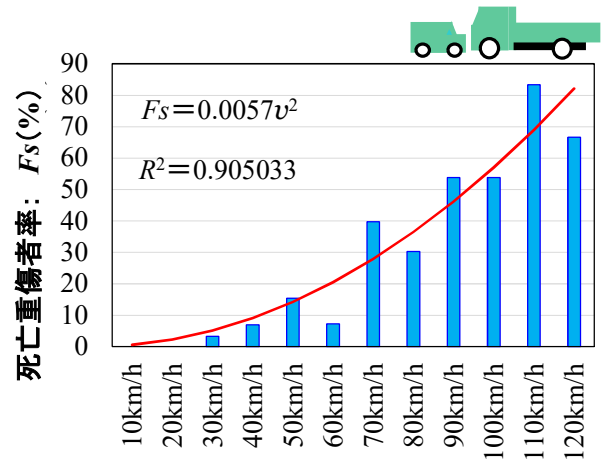


図2 軽1BOX と中型トラックの正面衝突
Fig.2 Light motor 1BOX to Middle duty truck collision

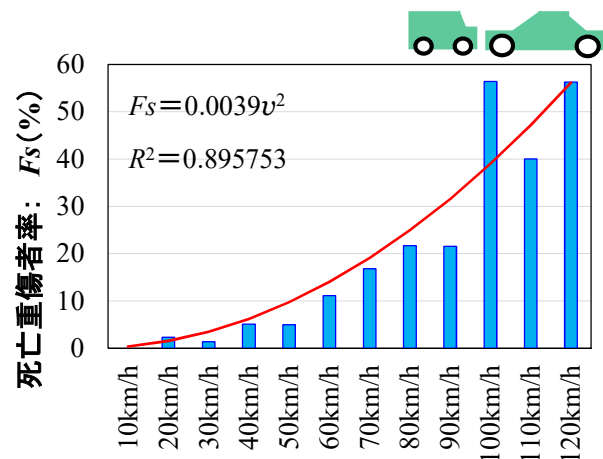


図3 軽1BOX と大型セダンの正面衝突
Fig.3 Light motor 1BOX to Sedan, (Large) collision

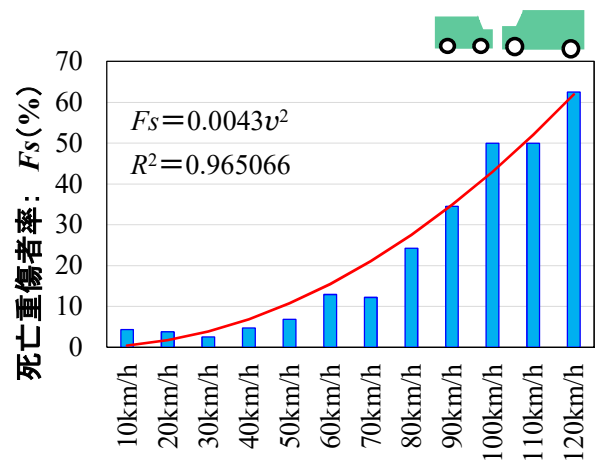


図4 軽1BOX と1BOX の正面衝突
Fig.4 Light motor 1BOX to 1BOX collision

表1中のNo. 1, No. 5, No. 6, No. 7, No. 9, それぞれの事故例での死亡者が乗車していた側の車種について、近似式から運転者の死亡重傷者率を算出した。表1に示した軽BOXが関与した衝突においては、No. 1, No. 5, No. 6, No. 7, No. 9は、死亡事故であるが、全国統計的な視点から求めた近似式においては、表4に示した通り、同じような衝突速度での衝突では必ずしも死亡、もしくは重傷には至っていないことも見えてくる(表4中の相対速度は表1の第1当事車両と第2当事車両の速度の和)。中型トラックとの衝突(No. 1)や大型セダンとの高速度域(相対速度120 km/h)での衝突(No. 5, No. 9)、1BOXとの衝突(No. 6)のように、車体サイズや質量が自車両に比べて大きい車両との衝突においては、死亡重傷者率は、60%と高い。なお、大型セダンとの衝突においても、衝突時の相対速度がやや低い事例(No. 7)の死亡重傷者率は、40%弱と同じクラスの衝突相手との衝突事例(No. 5, No. 9)に比べると低い。

3. 2 小型セダンが関与した正面衝突

小型セダンと大型トラックの正面衝突、小型セダンと軽1BOXの正面衝突、それぞれの衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を図5および図6に示す。なお、図5は表1中のNo. 2, No. 3の衝突、図6はNo. 8の衝突、それぞれにおける死亡者が乗車していた車種の衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を示したものである。

小型セダンが関与した衝突についても、軽1BOXの衝突と同様に、衝突速度の増加に従い、死亡重傷者率は増加している。図5、図6共に決定係数 R^2 値は1.0に近い値であり、近似式の精度は良いとみなすことができる。近似式における傷害定数 α については、大型トラックとの衝突が0.0047となっており(図5)、前節の軽1BOXと中型トラックの衝突より、やや小さい値となっている。軽1BOXの衝突との衝突での傷害定数 α は0.0005と(図6)、かなり小さい値である。小型セダンにおいても、自転車に比べて大きい車両との衝突では運転者の死亡重傷者率は高く、自転車よりも小さい車両との衝突では運転者の死亡重傷者率は低くなることを確認できる。

表1中のNo. 2, No. 3, No. 8, それぞれの事故例での死亡者が乗車していた側の車種について、近似式から算出した運転者の死亡重傷者率を表4に示す。前節と同様に、表1に示された小型セダンが関与した死亡事故も、全国統計的な視点からみれば必ずしも、死亡や重傷には至らないことがわかるNo. 2の死亡重傷者率は40%弱から70%弱までの高い値であるが、No. 3やNo. 8の死亡重傷者率は低い。

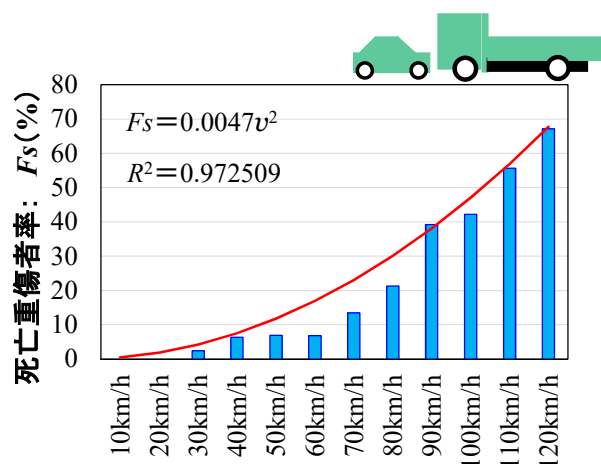


図5 小型セダンと大型トラックの正面衝突
Fig.5 Sedan (Small) to Heavy duty truck collision

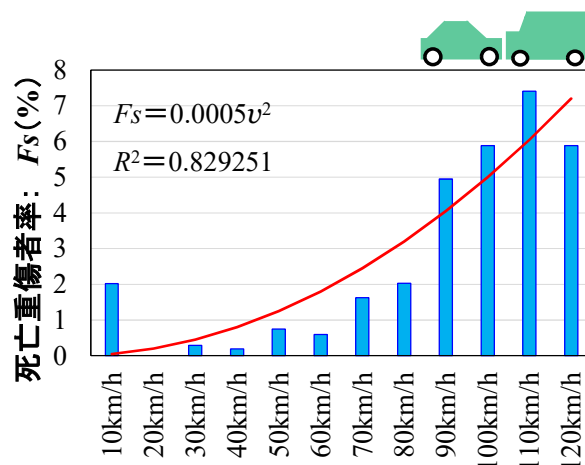


図6 小型セダンと軽1BOXの正面衝突
Fig.6 Sedan (Small) to Light motor 1box collision

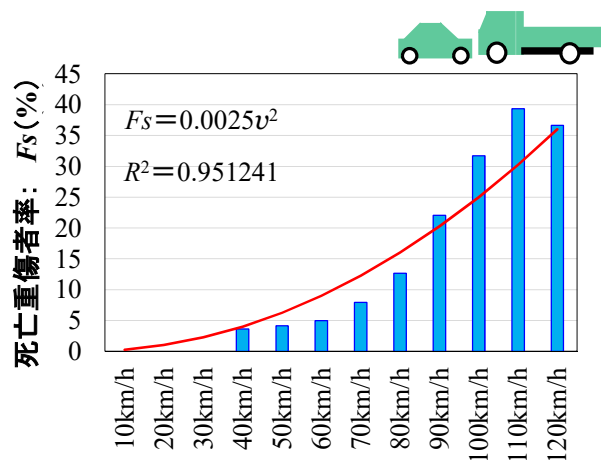


図7 中型セダンと中型トラックの正面衝突
Fig.7 Sedan (Middle) to Middle duty truck collision

3. 3 中型セダンが関与した正面衝突

中型セダンと中型トラックの正面衝突の衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を図7に示す. 図7は表1中のNo.4の衝突における死亡者が乗車していた車種の衝突速度と運転者の死亡重傷者率の関係を示したものである.

図7に記載の決定係数 R^2 値は 1.0 に近いので, 近似式の精度は良いとみなすことができる. 近似式における傷害定数 α は 0.0025 と, 軽1BOX と中型トラックの衝突に比べると, 低い値となっている. また, No.4の近似式から算出した死亡重傷者率は 12.25%と, あまり高いとは言えない値となった.

表4 近似式から求めた各事故例の死亡重傷者率
Table 4 Fatal or serious rate (Estimated)

Collision No.	第1当事者			第2当事者			相対速度 速度①+速度②	近似式から求めた 死亡重傷者率
	車種	乗員	速度①	車種	乗員	速度②		
1	軽1box	64歳 死亡(ドライバー)	50km/h	中型トラック	69歳 (ドライバー)	50km/h	100km/h	57.00 (%)
2	小型セダン	22歳 死亡(ドライバー)	60-80km/h	大型トラック	44歳 (ドライバー)	30-40km/h	90-120km/h	38.08 - 67.08 (%)
3	小型セダン	82歳 死亡(ドライバー)	30-40km/h	大型トラック	65歳 (ドライバー)	0km/h	30-40km/h	4.23 - 7.52 (%)
4	中型セダン	64歳 死亡(同乗者)	30km/h	中型トラック	45歳 (ドライバー)	40km/h	70km/h	12.25 (%)
5	大型セダン	19歳 (ドライバー)	60km/h	軽1box	80歳 死亡(ドライバー)	60km/h	120km/h	56.16 (%)
6	軽1box	63歳 死亡(ドライバー)	70km/h	1box	48歳 (ドライバー)	50km/h	120km/h	61.92 (%)
7	軽1box	94歳 死亡(同乗者)	50km/h	大型セダン	38歳 (ドライバー)	50km/h	100km/h	39.00 (%)
8	小型セダン	43歳 死亡(ドライバー)	60km/h	軽1box	47歳 (ドライバー)	50km/h	110km/h	6.05 (%)
9	大型セダン	18歳 (ドライバー)	70km/h	軽1box	75歳 死亡(ドライバー)	50km/h	120km/h	56.16 (%)

表5 衝突速度を 10km/h 下げた場合の死亡重傷者率
Table 5 Reduction effect of fatal or serious rate

Collision No.	第1当事者			第2当事者			相対速度 速度①+速度②	近似式から求めた 死亡重傷者率	衝突速度を10km/h下げた場合の死亡重傷者率
	車種	乗員	速度①	車種	乗員	速度②			
1	軽1box	64歳 死亡(ドライバー)	50km/h	中型トラック	69歳 (ドライバー)	50km/h	100km/h	57.00 (%)	46.17 (%)
2	小型セダン	22歳 死亡(ドライバー)	60-80km/h	大型トラック	44歳 (ドライバー)	30-40km/h	90-120km/h	38.08 - 67.08 (%)	30.08 - 56.87 (%)
3	小型セダン	82歳 死亡(ドライバー)	30-40km/h	大型トラック	65歳 (ドライバー)	0km/h	30-40km/h	4.23 - 7.52 (%)	1.88 - 4.23 (%)
4	中型セダン	64歳 死亡(同乗者)	30km/h	中型トラック	45歳 (ドライバー)	40km/h	70km/h	12.25 (%)	9.00 (%)
5	大型セダン	19歳 (ドライバー)	60km/h	軽1box	80歳 死亡(ドライバー)	60km/h	120km/h	56.16 (%)	47.19 (%)
6	軽1box	63歳 死亡(ドライバー)	70km/h	1box	48歳 (ドライバー)	50km/h	120km/h	61.92 (%)	52.03 (%)
7	軽1box	94歳 死亡(同乗者)	50km/h	大型セダン	38歳 (ドライバー)	50km/h	100km/h	39.00 (%)	31.59 (%)
8	小型セダン	43歳 死亡(ドライバー)	60km/h	軽1box	47歳 (ドライバー)	50km/h	110km/h	6.05 (%)	5.00 (%)
9	大型セダン	18歳 (ドライバー)	70km/h	軽1box	75歳 死亡(ドライバー)	50km/h	120km/h	56.16 (%)	47.19 (%)

3. 4 乗員傷害低減効果の推定

図2から図7に示した近似式より, 衝突速度を 10km/h 減少させた場合の死亡重傷者率の低減効果について推定を行った(表5). 正面衝突事故による乗員傷害の軽減については, 既に衝突被害軽減ブレーキのような安全装置が実用化されており, このような安全装置が機能した場合, 衝突速度が低くなることで乗員傷害を低減することが期待されている. 車種によって車体構造が異なるため, 死亡重傷者率の低減効果を

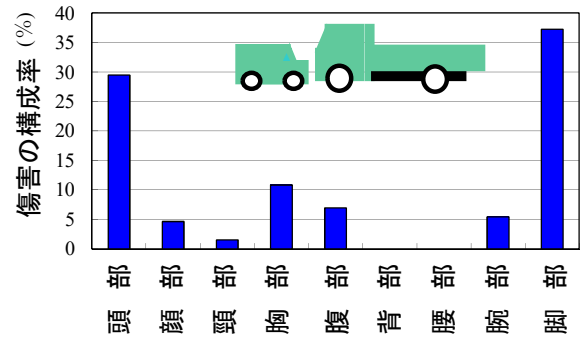


図8 軽1BOX と中型トラック衝突での傷害内容
Fig.8 Light motor 1BOX to Middle duty truck collision

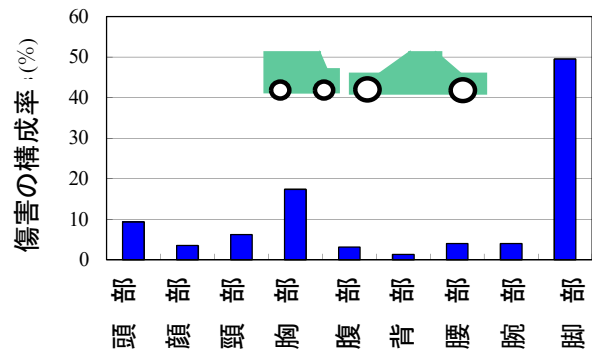


図9 軽1BOX と大型セダン衝突での傷害内容
Fig.9 Light motor 1BOX to Sedan, (Large) collision

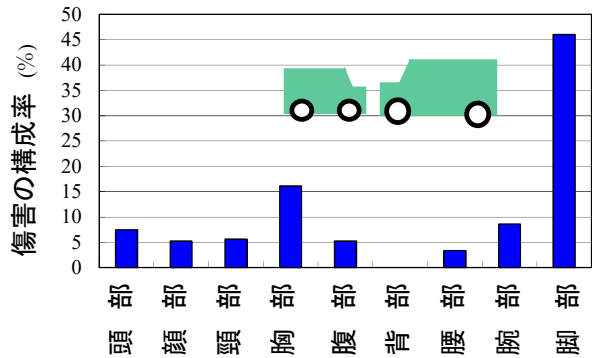


図10 軽1BOX と1BOX 衝突での傷害内容
Fig.10 Light motor 1BOX to 1BOX collision

一律に述べることは難しいが, 本報の事故例についても 15%以上の死亡重傷者率の低減効果を期待することができる.

4. 傷害内容の分析

前章において, 衝突車種別・速度別の傷害データから死亡重傷者率等の近似式を導出することにより, 例えば, 衝突被害軽減ブレーキのような安全装置が機能

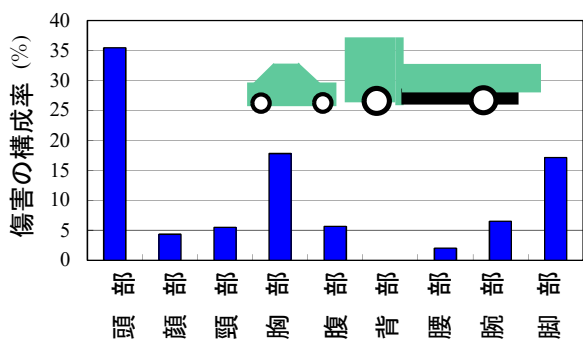


図 1 1 小型セダンと大型トラック衝突の傷害内容
Fig.11 Sedan (Small) to Heavy duty truck collision

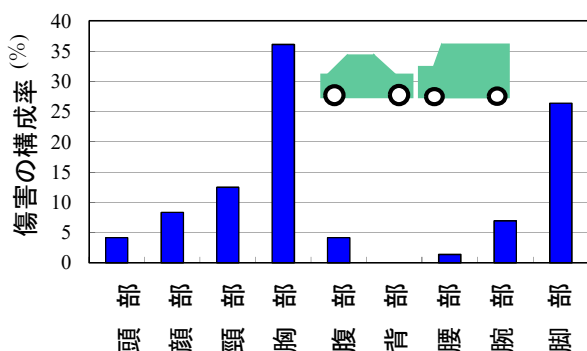


図 1 2 小型セダンと軽 1BOX 衝突の傷害内容
Fig.12 Sedan (Small) to Light motor 1BOX collision

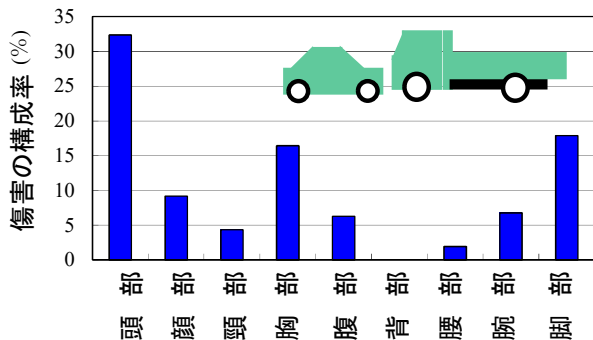


図 1 3 中型セダンと大型トラック衝突の傷害内容
Fig.13 Sedan (Small) to Middle duty truck collision

した場合での乗員傷害低減効果を推定した。しかしながら、安全運転サポート車の乗員傷害低減効果を論ずるためには、死亡重傷者率だけでなく、具体的な傷害内容を把握しておくことも大切である。本章では、表 1 に示した正面衝突事故例 9 件での死亡者側の車種の運転者傷害内容について論じる。

軽 1BOX と中型トラックの衝突では、脚部と頭部の傷害が多く（図 8）、軽 1BOX と大型セダンの衝突

（図 9）、軽 1BOX と 1BOX の衝突（図 10）では脚部傷害が突出して多い。小型セダンと大型トラックの衝突（図 11）では脚部傷害が多く、小型セダンと軽 1BOX の衝突（図 12）では胸部傷害と脚部傷害が多い。また、中型セダンと中型トラックの衝突（図 13）では頭部傷害が多い等、衝突事故を起こした車種の車体構造によって、発生頻度が多くなる損傷主部位は異なってくる。すなわち、衝突時における車体の損壊状況や乗員の運転姿勢の違い等により損傷主部位は変化し、乗員の死亡重傷率と衝突速度の関係に影響を及ぼすと考えることができる。なお、分析に用いた運転者傷害データは、近似式の基としたデータと同じく 1995 年から 1998 年の死傷事故の統計データ(8)を分析したものである（衝突車種別・傷害内容別の死亡重傷運転者数は表 6 に示した通り）。

表 6 各衝突での損傷主部位別死亡重傷者数

Table 6 Number of fatal or seriously by main injury region

	軽1BOX 対 中型 トラック	軽1BOX 対 大型 セダン	軽1BOX 対 1BOX	小型セダン 対 大型トラック	小型セダン 対 軽1BOX	中型セダン 対 中型トラック
頭部	38	21	20	213	3	67
顔部	6	8	14	26	6	19
頸部	2	14	15	33	9	9
胸部	14	39	43	107	26	34
腹部	9	7	14	34	3	13
背部	0	3	0	0	0	0
腰部	0	9	9	12	1	4
腕部	7	9	23	39	5	14
脚部	48	111	123	103	19	37
全損	5	3	6	34	0	10

5. まとめ

- 1) 広島県内で 2017 年に発生した正面衝突死亡事故について、衝突車種別・速度別の運転者の傷害データから導出した衝突速度と死亡重傷者率の関係を示す近似式と照合、全国統計的な視点からみた位置付け、すなわち事故例と同様な条件での衝突における死亡重傷者率を確認した。
- 2) さらに、上記の近似式を用いることにより、例えば、衝突被害軽減ブレーキのような安全装置等が機能することにより、衝突速度が 10km/h 遅くなった場合の死亡重傷者率の低減効果を試算。衝突車種の車体構造の違い等件により効果を一律に述べることは難しいが、本報の事故例については、15%以上の低減効果が期待できる。
- 3) 衝突事故を起こした車種の車体構造によって、発生頻度が多くなる損傷主部位は異なってくる。衝突時における車体の損壊状況や乗員の姿勢等といった要因により、乗員の損傷主部位は変化し、

その傷害度の衝突速度による変化が、衝突速度と死亡重傷率の関係に表れる。

謝 辞

本研究の実施に当たり、広島県警より、正面衝突の事故例データのご提供等、様々なご協力をいただきました。広島県警察本部 石井宏樹様をはじめ、広島県警の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 内閣府：道路交通安全の安全についての目標，第10次交通安全基本計画，p. 9-13 (2016).
- [2] 警察庁交通局：交通事故の発生状況，平成29年中の交通事故の発生状況，p.1-2 (2018).
- [3] 内閣府：高齢化の現状と将来像，高齢社会白書（全体版），平成29年版，p. 2-6 (2017).
- [4] 関根康史：交通事故統計分析から推定する高齢ドライバーへの運転支援，日本機械学会2017年度年次大会講演論文集，J1810201 (2017).
- [5] 中野倫明，杉浦崇也，宮部慎太郎，山田宗男：自動車運転を含む高齢者の日常生活に不可欠な認知機能の評価方法，自動車技術会2017年春季大会学術講演会講演予稿集，20175493，p. 2694-2697 (2017).
- [6] 岡本勉：高齢運転者対策の現状と課題 ～認知機能検査から見える高齢運転者の課題～，自動車技術会2017年春季大会 [GIA フォーラム] 高齢者が関与する交通事故の現状分析と対策，17FORAM-Y5，p. 8-15 (2017).
- [7] 高石秀明：自動ブレーキ等の高齢者向け安全システムについて，自動車技術会2017年春季大会 [GIA フォーラム] 高齢者が関与する交通事故の現状分析と対策，17FORAM-Y5，p. 24-29 (2017).
- [8] 関根康史：大きさの異なる車両相互事故の分析（平成13年度自主研究報告書），東京，交通事故総合分析センター，2001，426p.
- [9] 関根康史：中型セダン型乗用車の衝突時における乗員の傷害内容の分析，自動車技術会2015年秋季大会学術講演会講演予稿集，No.27-15，S118，No. 20156118，p.612-617 (2015).
- [10] 関根康史：大型トラック同士の衝突における乗員傷害の分析 —前対前衝突および前対後衝突における運転者の傷害内容—，自動車技術会論文集，Vol. 48，No. 6，p.1309-1314 (2017) .

