

車両単独衝突時の乗員保護に関する研究

自動車安全研究領域 細川 成之 米澤 英樹 谷口 哲夫
元自動車安全研究領域 長谷川 博子

A Study on Occupant Protection in Single-Vehicle Collisions

by

Naruyuki HOSOKAWA , Hideki YONEZAWA , Tetsuo TANIGUCHI , Hiroko HASEGAWA

Abstract

In response to a sharp increase in the number of traffic accident fatalities since 1990, the Japanese government has implemented various traffic measures, such as maintaining the road infrastructure, improving vehicle structures, providing driver education programs, and strengthening traffic controls. As a result, the number of fatalities declined to 8,000 in 2003.

Nevertheless, the numbers of traffic accidents and injuries have not fallen much due to the increasing number of vehicles on the roads, and so more comprehensive traffic measures are needed from the standpoint of vehicles, humans, and roads.

Currently, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport is conducting various studies to reduce the number of fatalities to around 5,000 by 2010 through measures for vehicles, including the development of a method for testing pedestrian protection and use of front under-run protectors on heavy-duty vehicles.

With a view to preventing the death of vehicle occupants in accidents, this study analyzed the actual conditions of single-vehicle accidents, which is one of the major causes of traffic deaths, by using the traffic accident data collected in Japan. In addition, a typical single-vehicle accident was simulated by crashing a test vehicle sideways into a pole to simulate a tree or utility pole, and the injury criteria were obtained for the dummy.

原稿受付：平成 17 年 7 月 29 日

* 自動車安全研究領域

1. はじめに

1990年からの交通事故死亡者急増を受けて、政府は道路環境整備、車両構造の強化、運転者の教育、交通取締りの強化等の人、車、道路の多方面からの諸対策を実施し、その結果として死亡者数が平成15年に8000人を割るところまで改善された。しかし、車両保有台数の増加傾向は変わらないこともあり、交通事故発生件数及び負傷者数は大きく減少しておらず、今後車両、人、道路の総合的な視点からの更なる諸対策が求められている。国土交通省は、歩行者保護試験法、大型車のフロントアンダーラン・プロテクター等の種々の方策を車両に対して実施することにより、2010年までに死亡者数を5000人程度に軽減させることを目標に種々の研究を進めている。

本研究では、国土交通省の研究の一環として交通事故時の車室内乗員の死亡者数軽減を目的に死亡者率の高い単独事故の現状について日本の事故データを元に分析を行った。また、事故分析に加え単独事故の一つである立木、電柱を模擬したポールへの実車衝突実験を実施、乗員各部に与える傷害度について求めた。

2. 交通事故の現状

日本の交通事故は、図1に示すように1970年（昭和45年）に死亡者がピーク（16,765人）に達し、その後、1979年（昭和54年）に8,466人に減少した。その後、再び増加に転じ平成4年に11,451人に達した。この状況を踏まえ政府を中心に、官民共同で種々の対策を行い、2003年（平成15年）に8,000人を割るに至っている。

状態別交通事故死亡者の推移は図2に示すように自動二輪車及び原付乗車中、自転車乗用中に比べ、自動車乗車中、歩行中の死亡者数の割合が1993年（平成5年）より減少傾向にはあるものの依然としてその数は、非常に高い。

事故類型別事故件数の推移は図3に示すように車両相互事故が人对車両、単独事故に比べその比率は高い。事故類型別故あたりの死亡事故件数の推移も図4に示すように同様な傾向を示している。しかし、危険倍率（死亡事故件数と事故件数の比：車両相互事故を1としたときの倍率で表示

している）の推移で見ると、図5に示すように事故件数が少ないにもかかわらず車両単独事故が非常に高い状況となっている。そのため、本報告では、この車両単独事故の内容について事故データをもとに詳細な分析を行った。

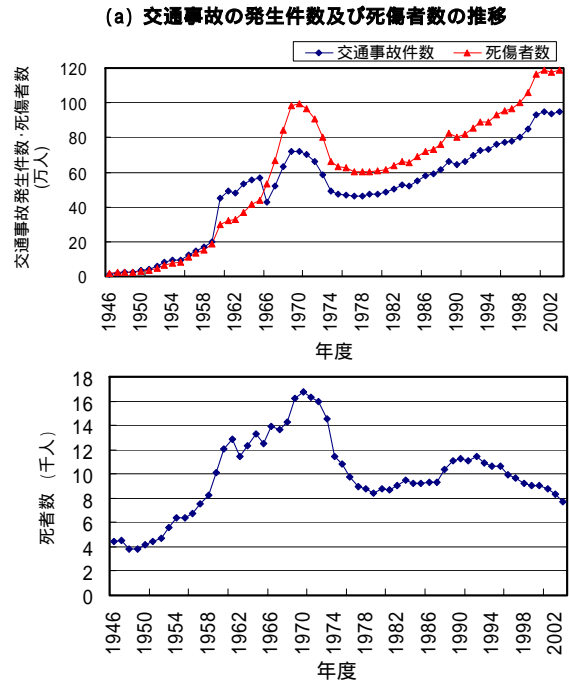


図1 交通事故の推移

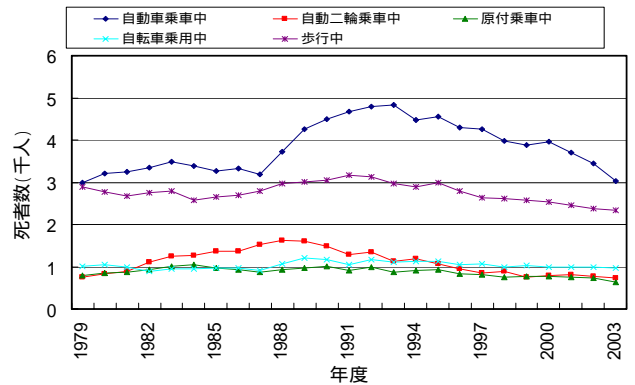


図2 状態別交通事故死亡者の推移

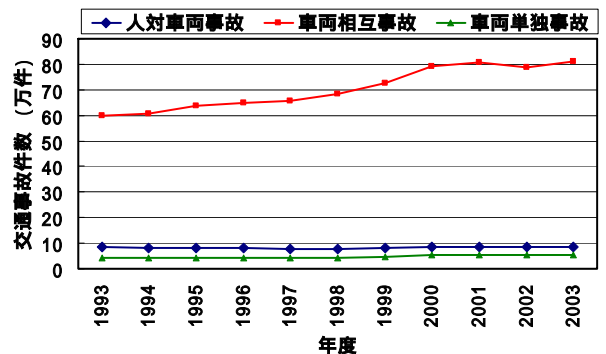


図3 事故類型別事故件数の推移

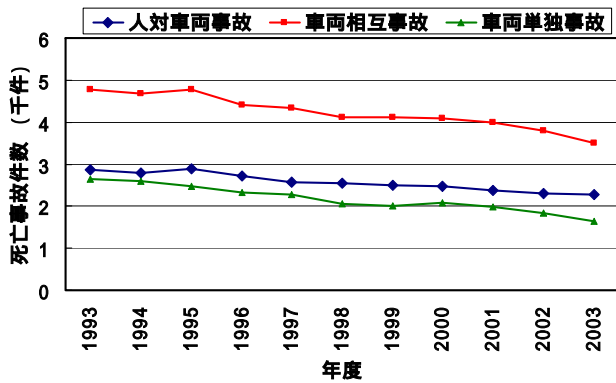


図4 事故類型別の死亡事故件数の推移

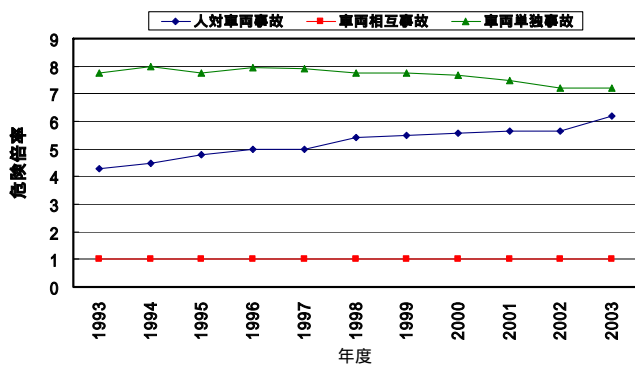


図5 危険倍率 (死亡事故件数 / 交通事故件数 : 車両相互事故基準に対する割合) の推移

車両単独事故の内容は図6に示すように、事故件数では、転倒、その他工作物、防護柵への衝突が多い。

死亡事故は、衝突する相手側のエネルギー吸収の少ないコンクリートブロック (防護壁、分離帯等) 及び電柱、看板等の柱状構造物との衝突が多く含まれている。図7は、単独事故の内容について死亡事故件数と死亡事故率で比較し示したものである。死亡事故率 (死亡事故件数 / 事故件数 ; %) は、電柱、標識、分離帯等、橋梁・橋脚等が非常に高い傾向を示している。これは、衝突する相手側が剛体に近いものであるため、車両のダメージが大きくなるためである。次に車両前面が衝突した事故と車両側面が衝突した事故に分けて分析を進める。

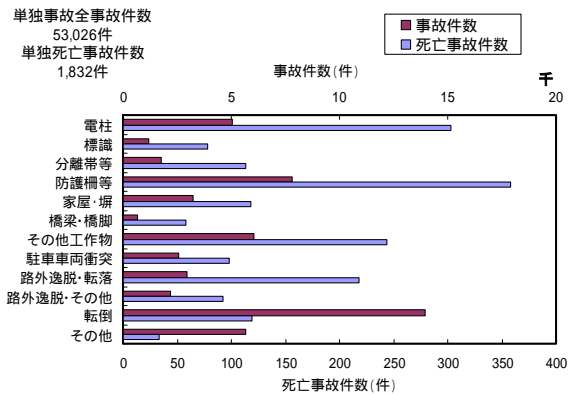


図6 単独事故の内容別事故件数と死亡事故件数

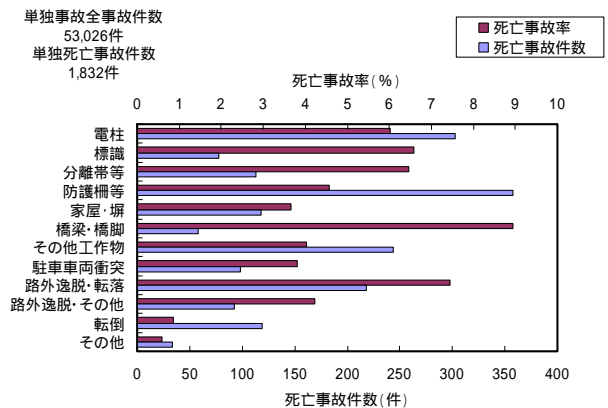


図7 単独事故の内容別死亡事故と死亡事故率

3. 車両の前面が衝突した事故

3.1. 事故時の速度

車両前面が衝突した事故の危険認知速度と衝突方向について整理し、図8に示す。事故方向は前面が非常に多く、左前角、右前角の順となっている。累積構成率で見ると前面が累積50パーセントで約50km/h、右前角、左前角は累積50パーセントで約45km/hとほぼ同様な傾向を示している。

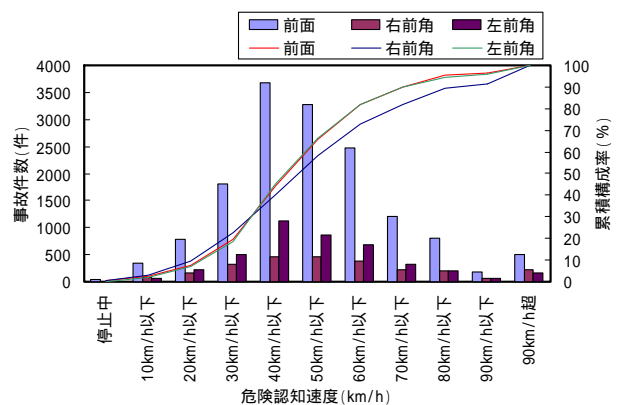


図8 危険認知速度と事故件数

3.2. 人体傷害部位

運転席乗員のバリア換算速度と傷害程度についてシートベルト有無別で比較し図9に示す。

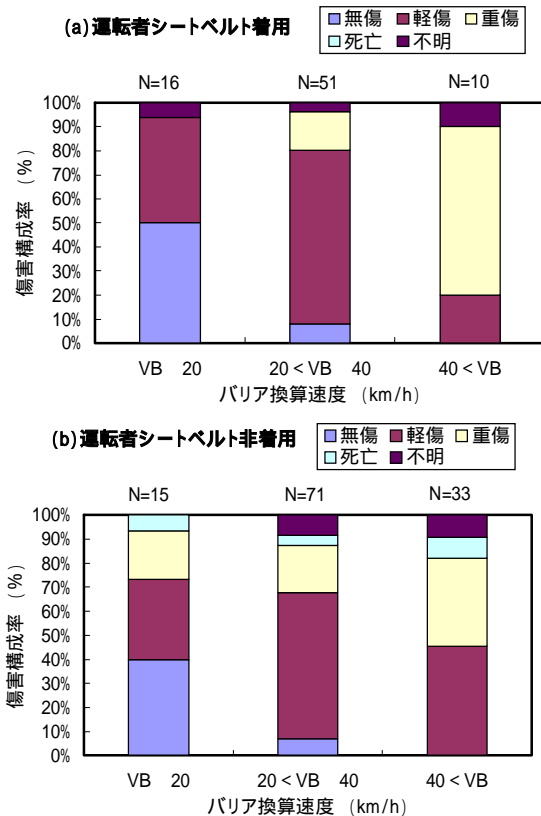


図9 バリア換算速度と傷害構成率

バリア換算速度の増加と共に衝突エネルギーが大きくなるため傷害が激しくなるのは当然であるが、シートベルト非着用者はバリア換算速度が低くても大きな傷害となった割合がシートベルト着用者にくらべ高い。

シートベルト非着用者では、車室内移動による傷害だけでなく車外放出による傷害も多くシートベルト着用の有効性が単独事故でも表われている。運転席乗員の傷害部位をシートベルト着用の有無別で整理し、図10に示す。シートベルト着用者では、VB 20km/hで頭部(顔面含)が多い。また、40km/h < VBで胸部の傷害が多く、さらに下肢の傷害が増加するが、逆に頭部傷害は大幅に減少している。シートベルト非着用者では、全速度域で頭部傷害が多く、40km/h < VBで胸部と腰部の傷害が増えている。40km/h < VBでの胸部、下肢傷害の割合がシートベルト着用有無で差異を生じている。

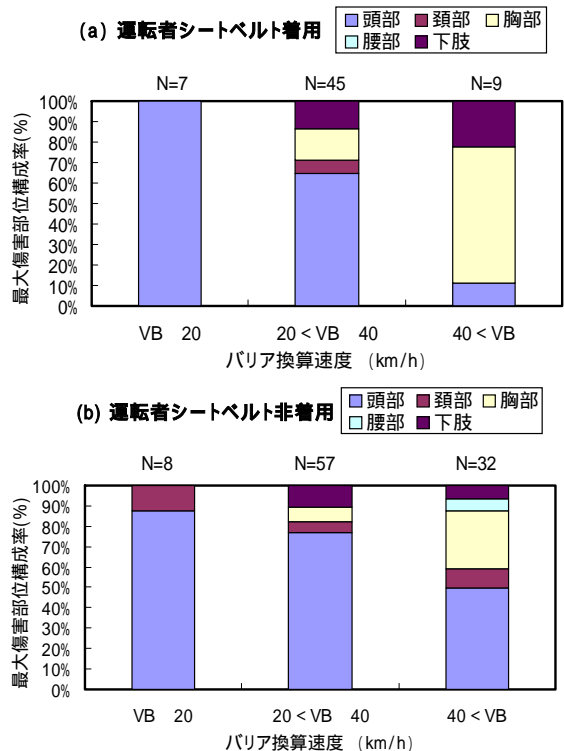


図10 バリア換算速度と最大傷害部位構成率

人体損傷主部位と負傷者数の関係をシートベルト有無で整理し図11に示す。但し、負傷者は運転者である。負傷者はシートベルト着用者のほうがシートベルト非着用者より多い。この理由は、事故時にシートベルト着用者乗員が非着用者乗員よりはるかに多いためである(着用率80%)。シートベルト着用者では、頸部、頭部、胸部、脚部が多く、シートベルト非着用者は、頭部、顔面、胸部が多くなっている。当然のことながら、損傷なしは、明らかにシートベルト着用者が多い。全体的な傾向は、シートベルト着用有無で同様な傾向を示している。しかし、頸部に関してはシートベルト着用者の方が非着用者より著しく多い傾向を示しているのが特徴的である。

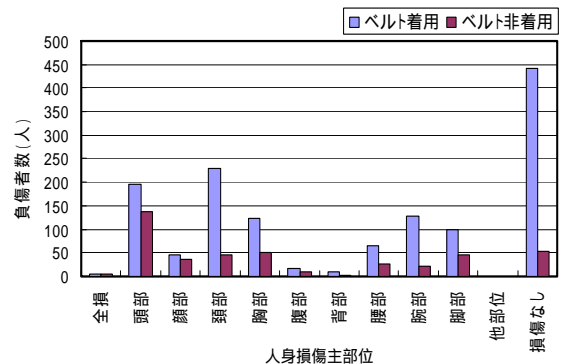


図11 人体損傷主部位の発生割合

4. 車両側面が衝突した事故

ここでは、柱状構造物である電柱、立木、標識柱等のポール状固定物に車両側面が衝突した事故を主に整理した。

4.1. 衝突速度

危険認知速度と事故件数について衝突方向別に整理し図 12 に示す。30km/h 以下では、左側面が多く、60km/h 以上では右側面が多くなっている。

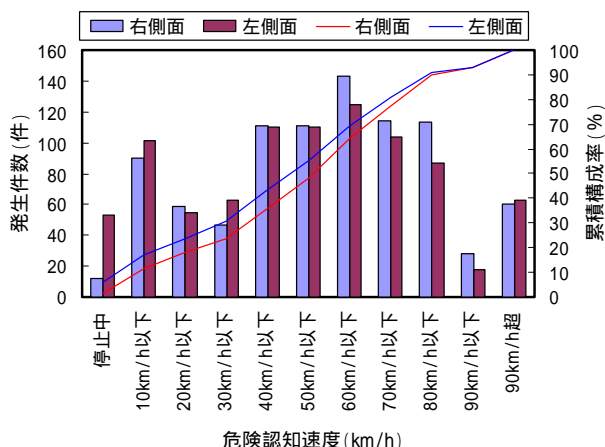


図 12 衝突方向別の危険認知速度と事故件数

累積 50 パーセントイルでの速度は右側面（運転席側）が約 50km/h、左側面が約 55km/h でほぼ同様である。

単独事故の中の電柱、標識等のポール衝突時の速度を整理し、図 13 に示す。

衝突時の速度 (V) に対する事故件数は 50 V < 60km/h が最も多く、40 V < 50km/h、60 V < 70km/h の順となっている。40 V < 70km/h が全体の 90%を占めている。

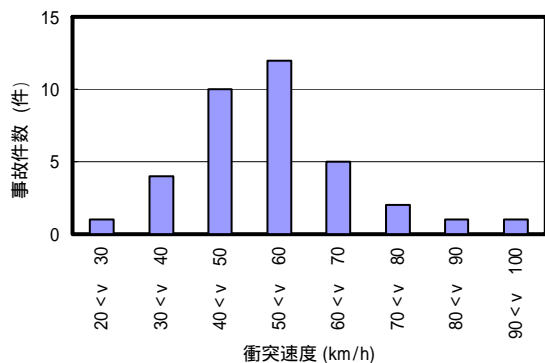


図 13 車両衝突速度と事故件数（側面衝突）

4.2. ポールの直径

衝突するポールの直径について 5cm 単位で整理し、図 14 に示す。またポールの種類と直径について整理し表 1 に示す。

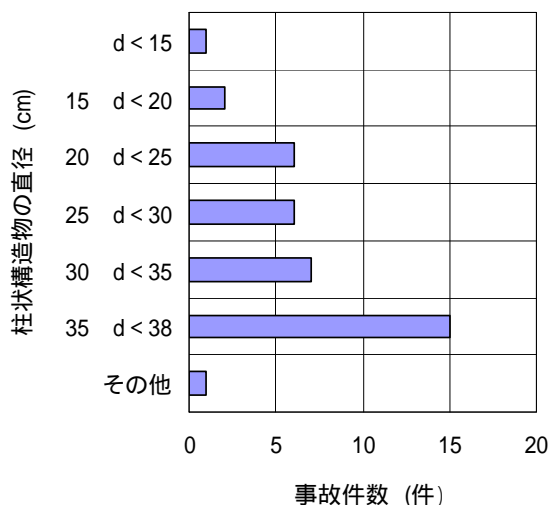


図 14 事故件数とポールの直径

衝突するポールの直径 (d) は、35 d < 38cm が最も多く、20 d < 25cm、25 d < 30cm、30 d < 35cm と次いでいる。30 d < 38cm が全体の 60%を占めている。

米国ではポール衝突時の乗員保護性能を評価する試験法が提案されている。その試験法（案）に使用されるポールの直径は 25cm (10inch) であり、米国と日本の事故様態に若干の差異があることが判る。また、衝突する対象物は電柱が最も多く、立木、道路標識が次に多くなっている。

表 1 ポールの直径と種類

ポールの直径 (cm) / ポールの種類	d < 15	15 < d < 20	20 < d < 25	25 < d < 30	30 < d < 35	35 < d < 38	合計
看板柱	1	0	0	1	0	0	2
照明灯	1	1	3	0	0	0	5
立木	0	0	7	2	0	2	11
電柱	0	0	1	1	20	12	34
道路標識	0	1	6	0	0	1	8
信号柱	1	0	0	2	0	0	3
信号感知器柱	1	0	0	0	0	0	1
街路樹	3	0	0	0	0	0	3
電話線柱	0	0	0	1	0	0	1
オーバーハング	1	0	0	0	0	0	1
標識柱	1	0	0	0	0	0	1
その他	0	1	0	0	0	0	1
合計	8	3	17	7	20	15	70

4.3. 衝突部位

事故件数と衝突部位について整理し、図 15 に示す。

衝突部位は右前ドア（運転席側）への衝突が多く、次に左前ドア（助手席）への衝突が多い。

衝突側、反衝突側乗員の区別に関係なく、前部ドア部への衝突が多い。

負傷者数と衝突部位についてシートベルト着用有無で整理し図 16 に示す。シートベルト着用では、ドア・窓ガラス、座席が多く、非着用者でも、ドア・窓ガラスが多い。シートベルト非着用者の傷害が明らかに少ない。これは、前述と同様事故時にシートベルト着用者乗員が非着用者乗員よりはるかに多いためである（着用率は 80%）。損傷なしは当然シートベルト着用者が極めて多くなっている。

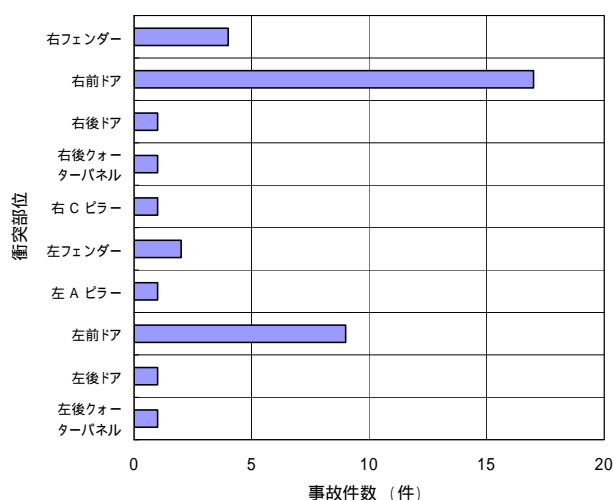


図 15 衝突部位と事故件数（側面衝突）

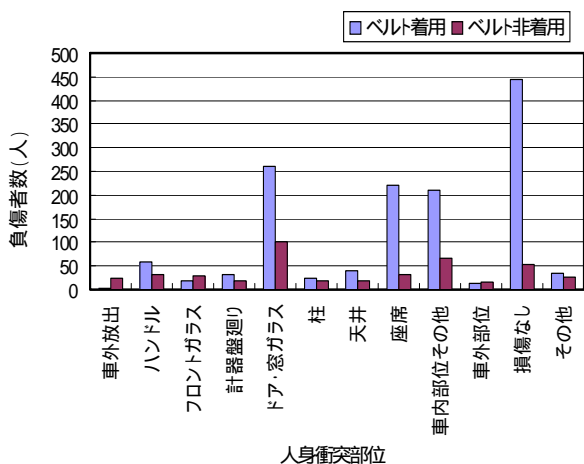


図 16 負傷者の加害部位

4.4. 乗員の傷害部位

負傷者数と傷害部位についてシートベルト着用有無で整理し、図 17 に示す。

シートベルト着用者では、頸部、頭部、胸部、腕部が多く、非着用者では、頭部が多い。損傷なしは明らかにシートベルト着用者が多い。

事故件数と乗員の傷害部位について整理し、図 18 に示す。全傷害では、頭部が最も多く、頸部、腰部、全身の順となっている。死亡者では、頭部が最も多く頸部、全身の順となっている。

ポール衝突時の乗員傷害は、頭部が非常に多く、頭部保護対策が重要である。

近年、側面衝突時の乗員保護対策としてカーテンエアバッグが普及しつつあり、この装備はポール側面衝突（単独事故）時の頭部保護対策に効果が期待される場所である。

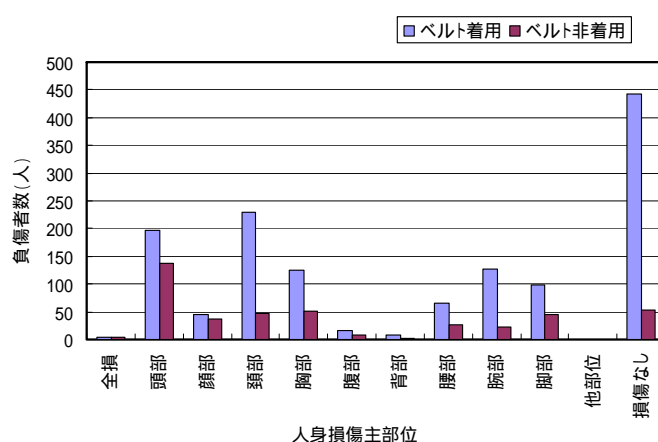


図 17 シートベルト着用有無別の傷害部位

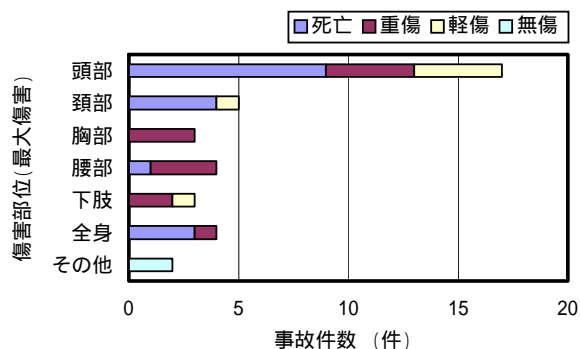


図 18 人身損傷主部位別の人身傷害程度

5. 実車側面衝突試験データ

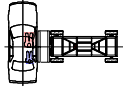
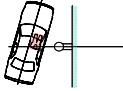
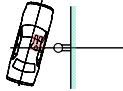
以下に、米国から提案されている新しい衝突試験法であるポール側面衝突試験について実施した結果を述べる。米国から提案されている新しい

側面衝突条件であるポール側面衝突試験が車両乗員の傷害値に与える影響について現法規条件 (ECE/R95) と比較検討した。各々の試験には、ES-2, ES-2re の新しいダミーを用いた。

5.1. 衝突形態

表2は今回の報告するテストの衝突形態, テスト条件について示したものである。

表2 側面衝突形態

		Test No.1 ECER95 MDB to Car : ES-2, SID-1Is	Test No.2 FMVSS214 (Draft) pole test : ES-2	Test No.3 FMVSS214 (Draft) pole test : ES-2re
Test conf.				
Impact velocity		50km/h	32km/h	32km/h
Impact point		striking vehicle C/L Front seat SRP of struck Vehicle	pole center to Front Dummy Head center	
MDB	Type	ECER95		
	Mass	950kg	Pole	Size 254mm (10 inch)
	Ground Height	300mm	Impact angle	75°
Struck Vehicle	Mass	1266kg		1194kg
	Front Dummy	ES-2	ES-2	ES-2re
	Rear Dummy	SID-1Is	-	-

Test No.1 は ECE/R95 条件で、前席に ES-2、後席に SID-1s を搭載した。テスト Test No.2 は現在米国から提案されている側面ポール衝突条件 (FMVSS214 Draft) で、前席に ES-2 を搭載した。テスト Test No.3 は Test No.2 と同条件で、米国が提案している前席に ES-2re を搭載したテストである。

Test No.1 ~ Test No.3 に使用したテスト車は日本製ボンネット型小型乗用車 4 ドアセダンで、Test No.2 ~ Test No.3 のポール衝突テストでは、テスト車に側面カーテンエアバッグが装備されている。Test No.1 ~ Test No.3 のテストからダミー傷害値に与える影響について比較する。

今回のテストに用いたテスト車は日本国内で使用されている小型乗用車の平均的仕様に近いものである。

5.2. テスト条件

ECE/R95 条件では、MDB の速度 50km/h、地上高 300mm で MDB は一層型を用いテストを実施している。米国から提案されたポール側面衝突テスト (FMVSS214 Draft) は、テスト車の速度が 32km/h、衝突角度が 75°、ポールの直径が 254mm である。衝突位置は、ポールの中央を前席ダミー頭部の中心に合わせている。

5.3. テスト結果

5.3.1 車体及び MDB の変形状況

衝突後のテスト車及び MDB の変形状況を Fig.19 に示す。



Test No.1 試験車両



Test No.2



Test No.1 MDB



Test No.3

Fig.19. テスト車及び MDB の変形状況 (Test No.1 ~ Test No.3)

Fig.20 は Test No.2 (ES-2), Test No.3 (ES-2re) テストでの H.P Level, Thorax Level, Side Sill での車体変形状況を比較したものである。各々の位置での車体変形状況はほぼ同様な傾向を示している。しかし、全体的に Test No.2 (ES-2) のテストの方が最大変形は若干大きい。

Fig.21 は Dummy head HPC について比較したものである。ECE/R95 テストに比べポール衝突テストは、カーテンエアバッグが展開したにもかかわらず HPC は高い値となっている。特に、ES-2 ダミーでのポール衝突テストは、HPC が非常に高い。

Fig.22 は、Thorax Rib Defl.について比較したものである。ECE/R95 テストに比べポール衝突テストは Thorax Upper, Middle, Lower Rib Defl. とも高い値を示した。これは、胸部位置でのドア侵入が大きいため生じたものである。ES-2 と ES-2re の比較では、Thorax Upper, Middle, Lower Rib Defl.の大きさは同様な傾向を示した。しかし、ES-2re の方が ES-2 より全体的に高い値を示している。

Fig.23 は Thorax Rib V*C について比較したものである。ECE/R95 テストに比べポール衝突は

非常に大きな値を示している。ES-2 と ES-2re の比較では、ES-2re の Thorax Middle Rib V*C が非常に高いことが特徴的である。Thorax Upper Rib V*C は ES-2 と ES-2re でほぼ同様な値であるのに対し、Thorax Lower Rib V*C は ES-2 がやや高い値を示している。

Fig.24 は、Abdominal Force と Pubic Force についてそれぞれ比較したものである。ECE/R95 と比較して Abdominal Force は、ポール衝突テストの方が大きい、しかし、Pubic Force は逆に ECE/R95 テストの方が大きくなっている。

ES-2 と ES-2re の比較では Abdominal Force, Pubic Force と同様な値となっている。米国で新たに提案された実車ポール衝突テストと ECE/R95 テストは直接、ダミー傷害値について比較することはできない。しかし、ECE/R95 テストに比べ、ポール衝突テストは、特に、ダミー頭部、胸部に対し非常に厳しいものである。米国提案の ES-2re と ES-2 を比較すると斜め入力に対してダミーが改善されている影響もあり、Thorax Rib Defl. Thorax Rib V*C は ES-2re の方が ES-2 よりも高い値を示している。

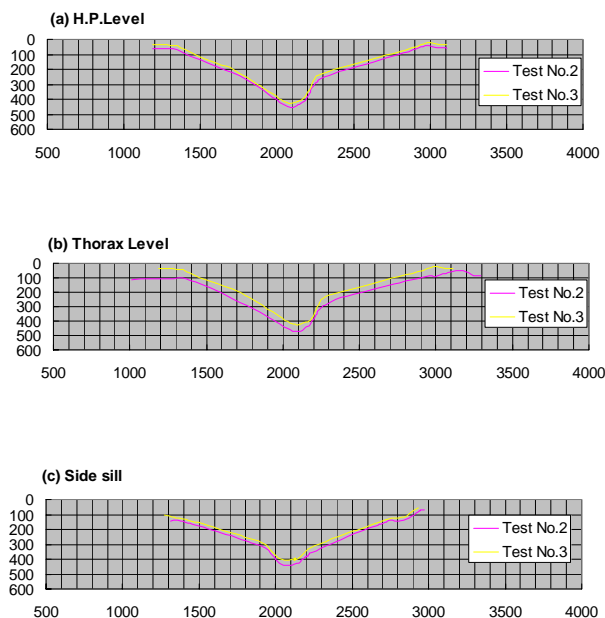


Fig.20 テスト車外板の変形状況 (Test No.2 , No.3)

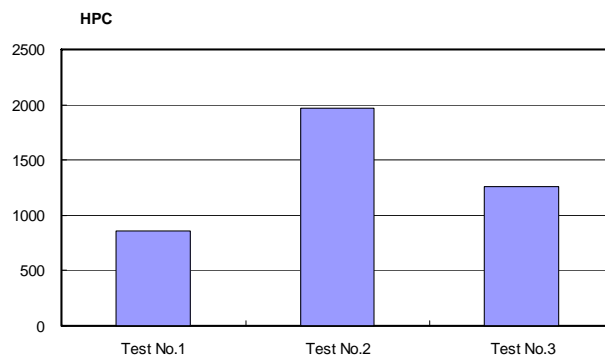


Fig.21 HPC の比較

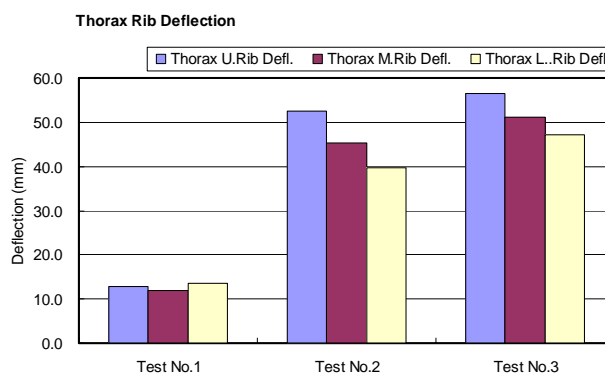


Fig.22 Thorax Rib Defl.の比較

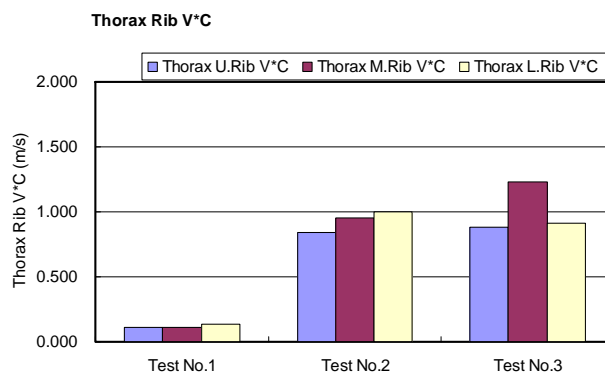


Fig.23 Thorax Rib V*C の比較

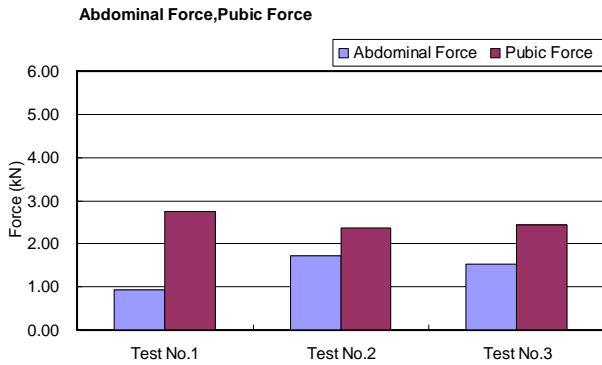


Fig.24 Abdominal and Pubic Force の比較

6. まとめ

本報告では、交通事故件数に対する死亡事故件数が非常に高い単独事故について今までに報告された統計データ（マクロ、ミクロ事故データ）をもとにその現状について分析した。また、事故分析に加え単独事故の一つである立木、電柱を模擬したポールへの実車衝突実験を実施、乗員各部に与える傷害度について求めた。その結果、下記のことになった。

単独事故の死亡率は車両相互事故に比べ極めて高い。

単独事故では、低い衝突速度（ $V_B < 20\text{km/h}$ ）でも死亡重傷事故になるケースが発生している。これは防護柵、橋梁等の剛性の高い構造物が多種多様な方向から直接車室内へ侵入することが主要因であると考えられる。また、シートベルト非着用者の傷害は低速度でも大きい。シートベルトの着用は、単独事故にも人体傷害軽減に大きな効果がある。特に、車室内装材との衝突だけでなく車外放出防止には大きな効果となっている。

ポール等への側面衝突時には、車室内の剛性の高い部位との衝突で負傷することが多い。さらに、路上の電柱等と直接衝突している場合もある。従って、車室内装材の剛性の評価及びカーテンエアバッグ等による電柱等に直接衝突させない装備も考える必要がある。

ポールの直径は 30～38cm が多く、衝突速度は 40～60km/h が多い。衝突速度が高くなると運転者の意向通りに車両のコントロールをさせ

ることができず、そのために運転者側が衝突するケースが増える傾向にある。

米国で新たに法規化が検討されているポール衝突テスト（FMVSS214 Draft）では、ECE/R95 テストと比べ、1）ダミー頭部、胸部の傷害値がECE/R95 テストに比べ非常に高くなる。2）ダミー頭部（HPC）はカーテンエアバッグが展開してもその展開するタイミングによるHPCは高くなる。3）ES-2, ES-2reとの比較では斜め入力に対する対策を実施されたES-2reは、Thorax Rib Defl., V*CはES-2より高い値を示した。HPC, Abdominal Force と Pubic Force に対しては同様な値を示している。

今後、本報告の結果を踏まえ事故データの分析方法をさらに検討し単独事故の有効的な対策方法についてまとめていく予定である。また、米国で提案されているポール側面衝突試験法（FMVSS214）の必要性についても検討を加えると共に、車室内衝突試験法（FMVSS201）について実車実験での確認も含め検討することになっている。また、ポール衝突時のカーテンエアバッグの有効性についても事故データ、実車実験データをもとに検討する予定である。

7. 参考文献

- (1) 民田他：単独衝突事故に関する分析，平成15年度 交通安全環境研究所発表会 講演概要
- (2) 交通統計 平成3年版，平成14年版 財団法人交通事故総合分析センター
- (3) 交通事故例調査・分析報告書（平成13年度報告）財団法人交通事故総合分析センター
- (4) 立石他：ポール側面衝突事故の実態，自動車研究 第21巻 第3号（1999年3月）
- (5) 交通安全白書 平成15年版 内閣府
- (6) 第4回自動車安全シンポジウム 国土交通省自動車交通局（平成14年9月）
- (7) Yonezawa, H., et al “Investigation of new side impact test procedures in japan” 18th ESV, Paper Number, 188 (2005)