

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文概要

論文題目

運転者の視認性改善と衝突安全性の向上による大型自動車の総合的な安全性の研究

The Research of General Safety for Commercial Vehicles by Improvement of Driver's Visibility and Impact Safety

申請者

山中	旭
Akira	YAMANAKA

2012年12月

一度に大量の人や荷物を運ぶことのできるトラックやバスのような大型自動車は、現在の交通・物流にとって必要不可欠なものである。しかしながら、大型自動車はその車体が大きいが故に、事故を起こした際に乗員や周囲が受ける被害も大きい。本論文では、視認性の改善および衝突安全性の向上の両面から大型自動車の安全性を向上する研究を行った。すなわち、視認性の改善については、「大型自動車運転者の直接視界の改善」、「間接視界の評価と最適化」、「濡れた路面走行時の泥はね（トラックスプレイ）低減による後続車両の視認性改善」、衝突安全性の向上については、「衝突エネルギー吸収システムの開発」と、これを応用した「積載物の保護」、「被追突時における追突側乗用車への加害性低減」に取り組み、それぞれに適した評価手法や安全対策を明らかにし、更にはこれを製品化して一般社会に提供することが出来た。

第1章：本研究の背景、問題点および本研究の目的を述べる。すなわち、事故発生の予防に最も重要な運転視界については、人間工学的な視点から研究に取り組み、フィーリング評価から比較評価、さらに数値による定量評価を行うことによつて、最適視界を明らかにした。また、事故発生時に乗員や積載物等を保護するための衝突安全性については、1970年代には世界に先駆けてトラックの衝突安全に関する研究への取り組みを開始し、乗員の保護や乗用車からの被追突時に追突側乗用車の乗員を保護する手法を明らかにした。さらには、核燃料のような衝突事故時の衝撃で品質が劣化してしまう特殊な積載物についても、その品質保護のための衝突時の積載物保護対策を明らかにした。

第2章：直接視界の視認性向上について、静止状態での検討と走行状態での検討の両方から述べる。静止状態で検討については、運転者の両眼を模した光源をスクリーンに投影させて視界を測定するスクリーン投影法という試験を実施（日本で最初のスクリーン投影試験）、ボンネットタイプの大型トラックやキャブオーバータイプの大型トラックの静止状態での視界を評価することによつて、静止状態での運転者にとって安全確認し易い最適視界を明らかにした。走行状態での検討については、前方視界の高さを調節できる大型バスの試験車を製作、ボンネットタイプの大型トラックや乗用車と共に、走行速度や走行環境（市街地、高速道路、山間地、等）を変えて、それぞれの条件下で運転者にとって、運転し易い視界を検討する実験を行い、従来は感覚的なものでしかなかった走行速度と視界、快適感の関係を、自動車走行時に運転者の眼に入る前方視界の路面が流れる速度、すなわち「運転者の視覚にとっての角速度 ω （Eye Angle Velocity）」という評価手法を考案することによつて定量的に評価、走行状態での最適視界「運転者の視覚にとっての角速度 ω が2rad/sec以下となる場合に快適となる」を明らかにした。なお、この研究成果は自動車だけでなく、鉄道車両にも応用されている。

第 3 章：間接視界の視認性向上について述べる。バックミラーやアンダーミラー等の後写鏡による間接視界および新開発の間接視界装置ペリスコープについて、視認領域・像歪み・像の大きさをそれぞれ数値化し、定量的かつ複合的な評価を行うことによって、質的な面での間接視界装置の視認性改善の見通しを立てた。なお、ペリスコープは、大型トラックが左折する際に死角となり易い左側方の領域を視認するための間接視界装置であり、従来のバックミラーやアンダーミラー等よりも視認領域が広い上、像歪みが小さく、像の大きさも運転者にとって確認し易い大きさとなっていることを、本章の実験で明らかにした。

第 4 章：濡れた路面での大型自動車の後方を走行する後続車両の視界確保について述べる。大型自動車が跳ね上げる泥水の量（スプレイ量）を計測する装置を考案、この装置で測定したスプレイ量と車間距離、後続車運転者の視界妨害度の関係を明らかにした上で、泥水跳ね上げを防止する対策装置を考案、これを装着した試験車による走行試験を行い、スプレイ量を 1/10 に低減できた。

第 5 章：衝突エネルギー吸収システムの研究開発について述べる。簡便な構造で効率良く衝突エネルギーを吸収できる装置について、有限要素法によるシミュレーション計算や台上試験の結果から検討を行い、衝突エネルギー吸収システムの研究開発に取り組んだ。ただし、本研究を行った 1970 年代当時においては、自動車の衝突安全性を検討するための大容量の電子計算機が未発達であり、また有限要素法によるシミュレーションも発展途上にあつたことから、エネルギー吸収システムの研究開発にあたっては、実験（静負荷試験、動負荷試験）と有限要素法の両面から検討することによって、形状や材質等の各種設計要素を決定した。なお、最終的に決定した形状は、角錐の側面およびコーナー部に穴を空けた形状とした。この形状の部材では、初期ピーク荷重は抑えられ、衝突エネルギーが効率良く吸収できる特性を有するものであり、この部材を必要に応じて複数組合せることで衝突エネルギー吸収システムを構成した。本システムは、次章以降で述べるトラックの衝突安全対策装置として活用される。

第 6 章：衝突安全コンセプトトラック（Safety Concept Truck, SCT）について述べる。SCT は、トラックの事故時の衝突相手への加害性低減と相互安全性（Compatibility）の向上、自車乗員の保護、積載物の低減等といったことを安価な対策で効果的に実現する目的で、中型トラックに乗員保護および積載物保護のためのエネルギー吸収フロントバンパや積載物衝撃吸収装置といった衝突エネルギー吸収システムを応用した衝突安全対策装置を最適な組合せで取り付けるよう、研究開発した試験車である。SCT は、30km/h での固定バリアへの衝突試験でバリア荷重を 60% 低減およびフレーム減速度を 80% 低減し、衝突安全性能が著しく向上したことを確認した。

第 7 章：中型トラック・大型トラックに追突した乗用車乗員の保護について述

べる．衝突エネルギー吸収システムをリヤバンパに活用することによって，追突側乗用車のトラック荷箱下部への潜り込みを防止，乗用車が本来有している衝突安全性能が損なわれないようにすることで，従来のトラックで問題とされていた被追突時における乗用車への加害性を大幅に低減した．

第 8 章：核燃料輸送用の高衝突エネルギー吸収システム搭載トラック（Nuclear Fuel Safety Transporter, NFST）について述べる．NFST についても，衝突エネルギー吸収システムを車体前部と荷箱に装備することによって，30km/h での固定バリアへの衝突実験でバリア荷重を 56% 低減，およびキャブ減速度を従来車では乗員にとって致命傷となる 41G 発生していたものを NFST では乗員を十分に保護できる 19G まで低減し，自車乗員の保護や乗用車との衝突時における加害性の低減を実現した．さらに，NFST では，衝撃に弱い（6G 以上の衝撃で品質が劣化）という特性を有する核燃料を保護するため衝突エネルギー吸収システムを荷箱に装備，これにより，衝突時に核燃料集合体に加わる衝撃は，従来車より 65% 低減した 5.5G に抑えられ，核燃料の品質保護を実現した．1980 年世界初の衝突安全装備付きの輸送車として 15 台を納入，5 年毎に代替して今日まで無事故走行を行っている．本技術は，道路作業車や鉄道，その他にも採用され，幅広く応用されている．

第 9 章：第 1 章から第 8 章までの研究成果を総括し，各章で論じた予防安全，衝突安全それぞれの成果から，大型自動車の総合的な安全性の研究の成果を述べる．まず，予防安全に関しては，直接視界について「運転者の視覚にとっての角速度 ω 」と「運転者にとっての運転し易さのフィーリング」との関係性を明らかにし，間接視界については間接視界装置に映った視認領域，像歪と像の大きさを数値化することによって新開発の間接視界装置ペリスコープが従来の間接視界装置（バックミラーやアンダーミラー等）よりも優れていることを定量的に明らかにし，また，泥水跳ね上げ防止装置によりスプレイ量を大幅に低減できる見通しを立てた．次に，衝突安全に関しては，トラックの車両総重量は 8～10ton と，標準的な乗用車の車両総重量(1.0～1.5 ton)の 10 倍以上もあることから，衝突時に理想的な荷重－変位特性を有する最適な衝突エネルギー吸収部材の形状を検討の上「衝突エネルギー吸収システム」を考案，これを最適な組合せとなるようにトラックに装着させることによって，「乗員保護」，「積載物保護」，「自車よりも小さい車両への衝突時の加害性の低減（衝突相互安全性の確保）」，等といった各種の衝突安全対策を実現させた（世界初）．以上，本研究に関する主な原著論文 14 編の内容と上述の安全対策を考慮すべき各項目の関係を本章中に示した．

第 10 章：本研究の結論と今後の展望を示した．

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 山中 旭

(2012年12月1日 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
卒業研究	国民車 FF 用（フロントエンジンフロントドライブ方式） “水平対向 1200CC 4 シリンダーガソリン設計” 1954 年 3 月 山中 旭
三菱重工 登用論文	上記水平対向 1200CC ガソリンエンジン搭載国民車（FF）計画のための「VW 足廻り強度計算と評価」 山中 旭
国際会議 査読付	1. 運転視界に関する研究 ○ [1] “Development of Periscope mirror System”, JSAE Review 1983, SITEV Technical Symposium 1984, Hiroshi Sato, Akira Yamanaka, Tsutomu Kondo (Mitsubishi Motors Corp). Makoto Yamashita, Mikio Matuszaki, Kumio Akizuki, Ichiko Industries. ○ [2] “Evaluation and Improvement of Indirect Visibility in Circumferential area of Commercial Vehicle” 9th ESV (Experimental Safety Vehicles) Feb. 1983. Hiroshi Sato, Akira Yamanaka, Tsutomu Kondo (Mitsubishi Motors Corp), Makoto Yamashita, Mikio Matuszaki, Kunio Akizuki (Ichiko Industries). ○ [3] “Measurements and Control of Truck spray on wet Roads” 16th FISITA 1976 in Tokyo, May 1976, Akira Yamanaka, Naofumi Nagaike, Mitsubishi Motor Corp. ○ [4] “Dynamic Visibility of motor Vehicles”, SAE in Detoroit, May, 1970, 1970 SAE Transactions, Akira Yamanaka, Mitsubishi Motors Corp, Minoru Kobayashi, National Research Institute of Police Science. ○ [5] “Dynamic Visibility of Motor Vehicles”, 13th FISITA 1970 in Brussels, June 1970, 1970 International Automobile Safety Conference Compendium, Akira Yamanaka, Mitsubishi Motors Corp, Minoru Kobayashi, National Research Institute of Police Science.
論文	○ [6] “ペリスコープミラーシステムの開発” JARI 自動車研究 Vol. 4, No. 6 1982, 佐藤宏, 山中旭, 近藤勉 (三菱自動車工業 (株)), 山下眞, 松崎幹雄, 秋月邦雄 (市光工業 (株)) ○ [7] “車輛周辺の間接視界の評価と向上” 自動車技術会論文集 No.22 1981, 1981 年 5 月, 佐藤宏, 山中旭, 近藤勉 (三菱自動車工業 (株)), 山下眞, 松崎幹雄, 秋月邦雄 (市光工業 (株))
技報	[8] “ぬれた路面におけるトラックスプレイの測定と低減” 三菱重工技報 1976, Vol.14, No.3, May 1976, 山中旭, 永池直文 (三菱自動車工業 (株))

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
国際会議 査読付き ○	[9] “自動車走行時の視界の研究” “Dynamic Visibility Test of Motor Vehicles”, 三菱重工技報 Vol.2, No.4, 三菱重工英文技報, 1965年4月, 1966年, 小林実(科学警察研究所), 山中旭(三菱自動車工業(株))
	[10] “三菱ふそう大型トラック視界試験” 三菱日本重工業技報 Vol.4, No.1, 1963年1月, 山中旭(三菱自動車工業(株))
	2. 衝突安全性に関する研究
○	[11] “The Research and Development of Safety Transporter for Dangerous Goods and it's Evaluation”, 26 th FISITA 1996 in Praha, June 1996, Naofumi Nagaike, (Mitsubishi Motors Corp), Masao Suga(Mitsubishi Research Institute, Inc), Motoshige Sato(Mitsubishi Nuclear Fuel Co, Ltd), Akira Yamanaka(Advanced Research Center for Science and Engineering, Waseda University).
○	[12] “The Research and Development of Nuclear Fuel Safety Transporter and its Evaluation”, 21 st FISITA 1986 in ,Belgrade, June 1986, Akira Yamanaka(Mitsubishi Motors Corp), Motoshige Sato(Mitsubishi Nuclear Fuel Co, Ltd), Naofumi Nagaike(Mitsubishi Motors Corp).
○	[13] “The crash test of Medium duty Truck”, 17 th FISITA 1978 in Budapest, 3 rd -6 th , June 1978, Akira Yamanaka, Naofumi Nagaike(Mitsubishi Motors Corp).
技報	[14] “トラックの安全リアバンパ”, 三菱重工技報 Vol. 14, No. 4, 1977, 1977年7月, 山中旭, 菊池俊輔, 永池直文(三菱自動車工業(株)).
論文	3. その他
国際会議 査読付き	[15] “都市交通車両用モータードライブシステムの開発”, 自動車技術会論文集 2005 4196 Vol. 36 No. 2, 2005年3月, 加部賢志(国士館大学), 山中旭(早稲田大学), 長田雅裕(澤藤電機), 福繁(大久保歯車), 萩原久雄(TRAD).
技報	[16] “Research and Development of High Efficiency and Low Pollution Series Hybrid System for Super Low Floor City Traffic Vehicle”, 29 th FISITA 2002 in Helsinki, June 2002, K. Kabe (Kokushikan Univ), A. Yamanaka (Waseda Univ), K. Wakabayashi (Kokushikan Univ), M. Osada (Sawafuji El Co), S. Fuku (Okubo Gear Co), H. Hagiwara (TRAD)
	[17] “Concept of a City Commuter Car Powered with Proton Exchange Membrane Fuel Cell Operating on Reformed Methanol” 28 th FISITA 2000 in Seoul, June 2000, K. Wakabayashi, K. Kabe (Kokushikan Univ), K. Kamiya (Waseda Univ), A. Yamanaka, Y. Daisho, T. Saito (Waseda Univ)
	[18] “燃料電池動力システムに関する研究”(第1報)交通安全公害研究所講演会 平成10年度(第28回) 1998.11.20 紙屋雄史(運輸施設整備事業団),山中旭(前事業団),成澤和幸(交通公害部)

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、	発表・発行掲載誌名、	発表・発行年月、	連名者（申請者含む）
	4. 特許関係			
				山中 旭 2012.10.23
		三菱重工（株），三菱自工（株）		（株）TRAD
		1954,4～1989,3		1989,7～1996,3
		1954,4～1967,3	1967,4～1989,3	
国内	出願	—(注1)	127件(注2)	5件(注3)
	認可	—(注1)	76件(注2)	5件
外国	出願	—(注1)	91件(注2)	
	認可	—(注1)	83件(注2)	
				(注1) 1954,4～1967,3の特許調査は高費用のため未調査. (注2) 1967,4～1989,3の特許集計 (注3)排気ガス処理, メタルキャタライザ
	5. 書 籍			
	タイトル	出版元	発表年月	著者
	自動車の基本計画とデザイン（初版）	山海堂	1980. 11	関 敏郎, 斉藤 孟 監修 山中 旭他著
	自動車の基本計画とデザイン（21世紀版）	山海堂	2002. 6	斉藤 孟, 山中 旭 監修 山中 旭他著