

博士論文 審査報告書

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

2013年2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、大型自動車の総合的な安全性向上を目的に、重要な要素である視認性の改善および衝突安全性の向上の両面から研究を行っている。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低減による後続車両の視認性改善」などの研究を行い、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に対する研究を行っている。最後にそれら研究で得た成果を総合して大型自動車の総合的な安全性の向上の考え方を確立してそれに基づく提言を行っている。

具体的には本論文は、10章から構成されており、以下に各章の成果を述べる。

第1章では、本論文の背景、問題点および本研究の目的を述べている。その中で、大型自動車の安全性向上には、事故発生の予防に対して最適な運転視界の研究が重要なことと、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の研究が重要であることを述べている。運転視界の研究および衝突安全性に関する従来の研究を検討し、その課題を指摘して本論文の目的と構成を明示している。

第2章では、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研究を行っている。静止状態での検討については、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、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って、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ている。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っている。その成果から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って定量的に評価し、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」を明らかにしている。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ることも言及している。

第 3 章では、間接視界の視認性向上について述べている。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を行っている。このペリスコープは、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、実験で確認している。

第 4 章では、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ている。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し、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開発し、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 に低減できることを示している。

第 5 章では、衝突エネルギー吸収システムの研究開発について述べている。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でいる。これらの研究が実施された 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する方法を採用している。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ている。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優れた特性を有しており、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できることを示している。開発されたエネルギー吸収システムは、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ている。

第 6 章では、衝突安全コンセプトトラック（Safety Concept Truck, SCT）について述べている。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た研究開発した試験車である。開発した SCT を用いて、30km/h での固定バリアへの衝突試験でバリア荷重を 60% 低減でき、さらにフレーム減速度も 80% 低減でき、衝突安全性能が著しく向上したことを確認している。

第 7 章では、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ている。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ている。

第 8 章では、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）について述べている。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、および従来車では乗員にとって致命傷となる 41G 発生していたキャブ減速度を、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ている。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することにより、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可能としている。この NFST は、1980 年世界初の衝突安全装備付きの輸送車として 15 台使用され、5 年毎に代替して今日まで無事故走行を行っている。開発された技術は、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 章では、第 1 章から第 8 章までの研究成果を総括し、各章で得られた予防安全、衝突安全に関するそれぞれの成果を整理し、それらを基に大型自動車の総合的な安全性の研究の成果としている。

第 10 章では、本論文の結論と今後の展望を示している。すなわち本論文で得られた予防安全面の成果と衝突安全面の成果を基とした総合的な大型自動車の安全性向上に関する考え方を示し、それに基づく提言を行っている。

以上要するに、本論文で研究された予防安全面での視認性の改善とその評価法の確立、ならびに衝突安全面での効果的な衝突エネルギー吸収システム開発は、大型自動車の総合的な安全性を著しく向上させ、自動車のみならず鉄道等の安全性向上にも大きく寄与するものである。したがって本論文の成果は、自動車工学のみならず広く、機械工学分野に貢献すること誠に大である。

よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2013 年 2 月

審査員	（主査）早稲田大学教授	工学博士	（早稲田大学）	山川 宏
	早稲田大学名誉教授			斎藤 孟
	国士舘大学名誉教授	工学博士	（早稲田大学）	若林克彦
	早稲田大学教授	博士（工学）	（早稲田大学）	宮下朋之