

平成 23 年度
交通安全環境研究所フォーラム 2011
講 演 概 要

2011. 11. 8, 9
国際連合大学 ウ・タント国際会議場



独立行政法人 交通安全環境研究所

はじめに

この度の東日本大震災により、被災された皆様に対し、心よりお見舞い申し上げます。

この大震災は、東北地方を中心とした地域に甚大な被害をもたらすと同時に、首都圏では交通機能の乱れに伴って大量の帰宅困難者が発生する事態を引き起こし、私たちの生活の一部を担う交通機能の役割の重要性を再認識いたしました。又、原発事故が発生したことによって原子力発電所の停止が相次ぎ、エネルギー基本計画の見直しが必要となるなど、我が国のエネルギーをとりまく状況が大きく変わることが予想されます。

独立行政法人交通安全環境研究所は、この重要な陸上交通分野の安全、環境、エネルギーに係る研究を行う独立行政法人として、行政支援研究に取り組んできたところであり、本フォーラムでは、その研究成果のご紹介に加え、自動車や公共交通の未来像などについて会場からもご参画いただきつつ議論する予定です。

当所としては、今回のフォーラムの開催が、今後、市民、行政、産業界等が一体となって安全、安心で環境に優しいモビリティ社会づくり、我が国技術の国際展開を推進していく上での一つのきっかけとなればと考えております。

また、来場された皆様から忌憚のないご意見をいただくことにより、今後の当研究所の活動をより充実し、当研究所に対する社会的な信頼と期待に的確かつタイムリーに応える所存でございます。

今後とも、皆様のご理解、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

平成23年11月

独立行政法人 交通安全環境研究所
理事長 大橋 徹郎

2011.11.8 (tue)

Time	講演内容
10:00~10:10	開会の挨拶 理事長：大橋 徹郎
10:10~10:40	<p>■招待講演 筑波大学教授：石田 東生</p> <p>環境・エネルギーにやさしい自動車・交通システムの将来像</p>
【環境研究領域の取り組み】	
10:40~10:55	<p>■環境研究領域長：後藤 雄一</p> <p>環境研究領域における研究の概要と方向性</p>
10:55~11:15	<p>■講演1 環境研究領域長：後藤 雄一</p> <p>新たな次世代大型低公害自動車プロジェクトの取り組み</p> <p>平成14年度から進められてきた次世代大型低公害自動車プロジェクトについて、その経緯と今年度から開始される新たな取り組みについて紹介する。</p>
11:15~11:35	<p>■講演2 研究員：佐藤 進</p> <p>国際エネルギー機関(IEA)における自動車用先進燃料研究の動向と交通研の取り組み</p> <p>環境研究領域では2009年より、国際エネルギー機関(IEA)における自動車用先進燃料研究開発実施協定の国際的競争的資金を獲得し参画している。これは運輸低公害車普及機構と共同で本協定に研究提案を行いスタートした国際共同研究である。本講演ではIEAにおける自動車用先進燃料研究の動向について述べるとともに、CO₂低減にむけた新燃料(HVOおよびBDF)車両の実路走行時の排出ガス・燃費について評価する交通研の取り組みの紹介を行う。</p>
11:35~11:55	<p>■講演3 主席研究員：鈴木 央一</p> <p>自動車から排出される亜酸化窒素の排出傾向について—最近の技術革新による排出特性の変化—</p> <p>運輸分野ではCO₂に次ぐ寄与率を有する温室効果ガスである一酸化二窒素(N₂O)の排出動向について、2008年度のフォーラムにて報告を行った。その後ガソリン車においてはハイブリッド車などの急激な増加、ディーゼル車においては'09年(ポスト新長期)規制の施行など、N₂O生成について状況の変化が起きている。そこでそれら最新技術が導入車両におけるN₂O評価も含めて最新動向を報告する。</p>
11:55~12:15	<p>■講演4 研究員：宝渦 寛之</p> <p>新たな加速走行騒音試験法に向けた走行実態調査</p> <p>現行の加速走行騒音試験法は、定常走行状態からアクセルを全開にした時の走行騒音を評価している。この現行の試験法は、昭和46年より基本的に変更されていないが、導入時と比べ、エンジン出力の向上等により、騒音実態は変化している。国際的にも、同様の認識のもと、新たな試験法について、議論が進められているところである。本研究では、二輪車について、我が国の市街地における走行実態の調査を行い、新たな加速走行騒音試験法について検討を行った結果を紹介する。</p>
12:15~13:30	昼休み(ポスターセッション)
【交通システム研究領域の取り組み】	
13:30~13:45	<p>■交通システム研究領域長：廣瀬 道雄</p> <p>交通システム研究領域における研究の概要と方向性</p>

Time	講演内容
13:45~14:05	<p>■講演5 研究員：工藤 希</p> <p>環境にやさしい交通システムの提案のためのシミュレータ</p> <p>近年、環境負荷低減をめざし様々な交通システムが開発されてきているが、導入に至る事例は少ない。その一つの理由として、導入効果がイメージしづらいことがあげられる。そこで、交通研では、地域毎の特性を踏まえた上で、各種交通システムの導入効果の試算し、定量的なデータを示すツールとして、都市交通シミュレータを開発してきている。本稿では、ハイモーダルハイブリッドシステム等の新しい交通システムを踏まえた交通研の取り組みについて報告する。</p>
14:05~14:25	<p>■講演6 上席研究員：林田 守正</p> <p>バスを基本とする連結・分離可能なハイモーダル交通システムの開発</p> <p>省エネルギー、環境負荷低減や公共交通活性化の観点から、輸送需要が少ない路線にも適する、低コストでフレキシブルな中量輸送機関が必要とされる。そこでバスを基本とし、専用路の連結走行と一般路の個別走行が可能な「ハイモーダル交通システム」を開発している。本講演ではバリアフリー低床車両、光学的非接触案内、運行管理等に関する検討、および実車実験による機能検証の結果を報告する。また地域特性に即した仕様の最適化と、導入効果の評価手法について述べる。</p>
14:25~14:45	<p>■講演7 研究員：水嶋 教文</p> <p>超小型モビリティの導入に向けた国内の動向と交通研の取り組み</p> <p>運輸部門におけるエネルギー消費を削減するためには、モーダルシフトの加速と併せて自動車単体での駆動エネルギーの削減が必須であり、これには車両の大幅な小型・軽量化が要求される。本講演では、日常用途としての乗用車を代替可能かつ乗車定員2人程度の小型・軽量車両を想定した超小型モビリティに着目し、これらの導入に向けた国内の動向と、交通研における取り組み成果について述べる。</p>
14:45~15:05	<p>■講演8 主席研究員：大野 寛之</p> <p>統合的なモーダルシフトへ向けた取り組み</p> <p>モーダルシフト実現に向けた様々な技術開発が進められているが、個別の技術開発のみで終わることなく、旅客の移動全体を統合的に捉えたシステム作りが重要である。「出発地～公共交通～乗り継ぎ公共交通～目的地」の移動手段と結節点に於ける利便性をトータルで高め、自動車交通よりも魅力のある「安全・快適・安価」な移動を提供できなければ、かけ声倒れに終わってしまいかねない。交通研の取り組みの他、各所で実施されている技術開発や取り組み事例を取り上げ、モーダルシフト実現に向けた提案を行う。</p>
15:05~15:35	コーヒーブレイク(ポスターセッション)
15:35~16:35	<p>■総合討論</p> <p>環境・エネルギーにやさしい自動車・交通システムの将来像について</p> <p>【司会】 企画室長：盛田 慎吾</p> <ul style="list-style-type: none"> ●後藤 雄一：環境研究領域長 ●廣瀬 道雄：交通システム研究領域長 ●鈴木 央一：環境研究領域 主席研究員 ●大野 寛之：交通システム研究領域 主席研究員

Time Table

テーマ：これからの自動車の安全と交通研の役割

2011.11.9 (wed)

Time	講演内容
10:00~11:00	<p>■招待講演 獨協医科大学准教授：一杉 正仁 交通事故死傷者を減らす為の医学的アプローチ</p> <p>【自動車安全研究領域の取り組み】</p>
11:00~11:15	<p>■自動車安全研究領域長：安藤 憲一 自動車安全研究領域における研究の概要と方向性</p>
11:15~11:35	<p>■講演1 上席研究員：伊藤 紳一郎 電子制御システムの台上評価について － ABSを事例としたケーススタディ －</p> <p>最近の自動車は、エンジンやブレーキなど多くの機能がコンピュータを使った高度なシステムによって実現されており、安全運転支援、環境対策、燃費改善、快適性の向上等が図られている。他方で、システムが複雑化してブラックボックス化しているため、安全上の問題が発生した場合の対応が難しくなっている。本講演では、電子制御システムの様々な挙動を実験室内で再現、評価する方法についてABSを事例として報告する。</p>
11:35~11:55	<p>■講演2 主席研究員：児島 亨 通信利用型安全運転支援システムに関する検討 － 位置精度がドライバーへ与える影響について －</p> <p>車車間通信を用いた安全運転支援システムにおいて、位置情報の中に含まれる誤差によって想定される事象（情報提示タイミングの変化等）が一般ドライバーへ与える影響について評価するため、想定事象をドライビングシミュレータ上で再現し、ドライバーに情報提示する実験を実施した。本講演では、これらの実験内容と実験結果について報告する。</p>
11:55~13:30	昼休み（ポスターセッション）
13:30~13:50	<p>■講演3 主席研究員：田中 良知 幼児専用車の安全に関する研究 － 幼稚園バスのシートベルトについて －</p> <p>幼児専用車（幼稚園バス）には、シートベルトの義務付けがされておらず、その必要性を問う声がある。本講演では、幼児専用車の前面衝突事故を模擬した実験とシミュレーションを行い、幼児専用車のシートベルトの必要性に関して検討を行ったので、その結果を報告する。</p>
13:50~14:10	<p>■講演4 主席研究員：松村 英樹 駆動用蓄電池搭載車の安全性評価について － アクシデントを想定した条件の検討 －</p> <p>ハイブリッド自動車や電気自動車は環境対策として今後普及していくことが見込まれる。これらの車両には高性能のリチウムイオン電池が搭載され始めており、リチウムイオン電池を搭載した車両の安全性について、国連等で検討が進められている。本講演では、これらの車両の安全対策を検討するため、自動車の使用時において過酷な状況と考えられる衝突時と火災時について検討を行ったので、その概要を報告する。</p>
【自動車審査部・リコール技術検証部の取り組み】	
14:10~14:30	<p>■講演5 自動車審査部長：小田 曜作 自動車審査部における審査の概要について</p> <p>高い技術力による厳正な審査と、申請者にとって利便性・合理性の高い審査を両立することが、従来にも増して強く求められている中で、自動車審査部は業務実施体制の強化を図るべく、様々な措置を講じている。ここでは、審査業務の現状と審査体制の整備をはじめとする自動車審査部における取り組みについて概説する。</p>

Time	講演内容
14:30~14:50	<p>■講演6 リコール技術検証部長：岩田 剛和 トラック・バスの構造・装置に係る不具合・事故の要因分析と未然防止対策の提案 － リコール技術検証の経験から －</p> <p>トラック・バスの構造・装置に係る不具合・事故は、不十分・不適切な点検整備や想定を超えた過酷な使用環境が直接の原因とされるものが多い。しかし、実際には、点検整備や使用環境に加え、設計も含めた要因が複雑にからみあっていると考えられる。そこで、具体的なリコール技術検証の経験を踏まえ、これらの要因と不具合・事故の未然防止対策について、考察した内容を報告する。</p>
【国際調和技術支援室の取り組み】	
14:50~15:10	<p>■講演7 自動車基準認証国際調和技術支援室長：成澤 和幸 自動車基準の国際調和における最近の動向</p> <p>国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP29）における交通安全環境研究所の活動概要を紹介するとともに、乗用車の排出ガス・燃費測定法や衝突安全性能の国際統一化について、最近の動向を概説する。</p>
15:10~15:40	コーヒーブレイク（ポスターセッション）
15:40~16:40	<p>■総合討論 これからの自動車の安全と交通研の役割</p> <p>【司会】 企画室長：盛田 慎吾</p> <ul style="list-style-type: none"> ●安藤 憲一：自動車安全研究領域長 ●小田 曜作：自動車審査部長 ●岩田 剛和：リコール技術検証部長 ●成澤 和幸：自動車基準認証国際調和技術支援室長 ●児島 亨：自動車安全研究領域 主席研究員
16:40~16:45	閉会挨拶 理事：水間 毅

Poster Title

ポスタータイトル 会場:2階レセプションホール

1.ガソリン車から排出される温室効果ガス(GHG)の
評価試験方法に関する考察

山本 敏朗(発表者)・堤 玲子・岩田 恒夫・小川 恭弘・加藤 裕

2.エコドライブ時のCO₂削減効果の検証とリアルワールド
エミッションの解析

ー ディーゼル貨物車運転時のエコドライブ運転技術と
CO₂、NO_x排出特性との関係 ー

佐藤 進(発表者)・鈴木 央一・袋 宣子・宮 雅芳・飯田 訓正

3.ハイブリッド重量車に対する回生エネルギーの適用性に関する研究

奥井 伸宜(発表者)・新国 哲也・河合 英直

4.蓄電装置の車両適合性評価(1)

ー バッテリーのサイクル負荷試験とその結果に基づく一充電走行距離変化予測 ー

小鹿 健一郎(発表者)・河合 英直・奥井 伸宜・新国 哲也

5.蓄電装置の車両適合性評価(2)

ー 電気自動車の使用に伴う、一充電走行距離、電力消費率の変化について ー

新国 哲也(発表者)・小鹿 健一郎・河合 英直・奥井 伸宜

6.高速道路上でのNO₂濃度実態および、車室内への影響

山田 裕之(発表者)・林 瑠美子・戸野倉 賢一

7.自動車排出ガスに含まれるニトロフェノールの定量測定手法

小鹿 健一郎(発表者)・堀 重雄

8.ハイブリッド車等の静音性対策の基準化へ向けた基礎調査

ー アンケートによる接近音が必要となる条件の検討 ー

坂本 一朗(発表者)・宝渦 寛之・田中 文晴・村上 孝行・森田 和元・関根 道昭

9.省エネルギー運転、回生効果最大化のためのオンボード
運転支援装置の開発

長谷川 智紀(発表者)・竹内 俊裕・工藤 希・林田 守正・水間 毅

10.画像解析による信号システム安全性検証結果について

竹内 俊裕(発表者)・工藤 希・水間 毅

11.画像解析を利用した踏切設備の予防保全に関する検討

竹内 俊裕(発表者)・工藤 希・伊藤 昇・水間 毅

12.鉄道運行におけるヒューマンエラー等の再現・
分析シミュレータの開発

吉永 純(発表者)

13.営業車両における脱線係数常時観測データとその分析

佐藤 安弘(発表者)・大野 寛之・清水 忠・道辻 洋平・谷本 益久・
水野 将明・佐藤 興志

14.プローブ車両の現状と軌道の保守例について

森 裕貴(発表者)・大野 寛之・佐藤 安弘・竹内 俊裕・網島 均

15.ロープウェイ用安全データベースの構築

ー 同種の事故およびインシデントの分析結果をベースにして ー

佐藤 久雄(発表者)・千島 美智男・日岐 喜治

16.国際規格への適合性評価と交通研の果たす役割

田代 維史(発表者)・緒方 正剛・長谷川 智紀

17.レール/車輪境界条件による摩耗への影響に関する実験

ー モデル試験機による車輪摩耗実験 ー

森 裕貴(発表者)・大野 寛之・佐藤 安弘・陸 康思・
森本 祐也・三苫 雅史・曄道 佳明

18.科学的根拠とgentleman agreement

ー ドイツ・カールスルーエ工科大学より ー

塚田 由紀(発表者)

19.歩行者横断特性と安全性への影響について

青木 義郎(発表者)・森田 和元・田中 信壽・関根 道昭・廣瀬 敏也

20.ドライブレコーダの記録からみた歩行者行動の定量分析

ー 効果的な事故回避システムに求められる条件について ー

松井 靖浩(発表者)・安藤 憲一

21.事故・違反からみたドライバの特性

森田 和元(発表者)・関根 道昭

22.国際海上コンテナセミトレーラの横転に関する
コンテナ用緊締装置のガタの影響

波多野 忠(発表者)・児島 亨・廣瀬 敏也

23.先進緊急ブレーキシステム(AEBS:Advanced Emergency
Braking System)に係る国際調和基準について

ー 続報 ー

波多野 忠(発表者)・児島 亨・谷口 哲夫・廣瀬 敏也

24.予防安全支援システム効果評価シミュレータASSESSを
用いたブレーキアシストシステムの効果に関する検討

田中 信壽(発表者)・森田 和元・安本 まこと・青木 義郎・廣瀬 敏也

25.自動車検査用機械器具の校正要領の高度化について

松島 和男(発表者)・塚田 由紀・岡田 竹雄

目 次

題 目	所 属	発表者名 (※講演者)	頁
8日の講演(ウ・タント国際会議場)			
■環境研究領域の取り組み			
環境研究領域における研究の概要と方向性	環境研究領域長	後藤 雄一	1
講演1 新たな次世代大型低公害自動車プロジェクトの取り組み	環境研究領域長	後藤 雄一	3
講演2 国際エネルギー機関(IEA)における自動車用先進燃料研究の動向 と交通研の取り組み	研究員	佐藤 進	7
講演3 自動車から排出される亜酸化窒素の排出傾向について ー最近の技術革新による排出特性の変化ー	主席研究員	鈴木 央一	13
講演4 新たな加速走行騒音試験法に向けた走行実態調査	研究員	宝渦 寛之	17
■交通システム研究領域の取り組み			
交通システム研究領域における研究の概要と方向性	交通システム研究領域長	廣瀬 道雄	21
講演5 環境にやさしい交通システムの提案のためのシミュレータ	研究員	工藤 希	23
講演6 バスを基本とする連結・分離可能なバイモーダル交通システムの開発	上席研究員	林田 守正	27
講演7 超小型モビリティの導入に向けた国内の動向と交通研の取り組み	研究員	水嶋 教文	31
講演8 統合的なモーダルシフトへ向けた取り組み	主席研究員	大野 寛之	37

題 目	所 属	発表者名 (※講演者)	頁
-----	-----	----------------	---

9日の講演(ウ・タント国際会議場)

■自動車安全研究領域の取り組み

自動車安全研究領域における研究の概要と方向性	自動車安全研究領域長	安藤 憲一	41
講演1 電子制御システムの台上評価について － ABSを事例としたケーススタディ －	上席研究員	伊藤 紳一郎	43
講演2 通信利用型安全運転支援システムに関する検討 － 位置精度がドライバーへ与える影響について －	主席研究員	児島 亨	47
講演3 幼児専用車の安全に関する研究 － 幼稚園バスのシートベルトについて －	主席研究員	田中 良知	53
講演4 駆動用蓄電池搭載車の安全性評価について － アクシデントを想定した条件の検討 －	主席研究員	松村 英樹	59

■自動車審査部・リコール技術検証部の取り組み

講演5 自動車審査部における審査の概要について	自動車審査部長	小田 曜作	63
講演6 トラック・バスの構造・装置に係る不具合・事故の要因分析と 未然防止対策の提案 － リコール技術検証の経験から －	リコール技術検証部長	岩田 剛和	67

■国際調和技術支援室の取り組み

講演7 自動車基準の国際調和における最近の動向	自動車基準認証 国際調和技術支援室長	成澤 和幸	71
----------------------------	-----------------------	-------	----

題 目	所 属	発表者名 (※講演者)	頁
ポスターセッション (2階レセプションホール)			
①ガソリン車から排出される温室効果ガス(GHG)の評価試験方法に関する考察	環境研究領域 岩田電業 日本エム・ケー・エス	※山本 敏朗 堤 玲子 岩田 恒夫 小川 恭弘 加藤 裕	77
②エコドライブ時のCO ₂ 削減効果の検証とリアルワールドエミッションの解析 ーディーゼル貨物車運転時のエコドライブ運転技術とCO ₂ , NO _x 排出特性との関係ー	環境研究領域 慶應義塾大学大学院	※佐藤 進 鈴木 央一 袋 宣子 宮 雅芳 飯田 訓正	81
③ハイブリッド重量車に対する回生エネルギーの適用性に関する研究	環境研究領域	※奥井 伸宜 新国 哲也 河合 英直	85
④蓄電装置の車両適合性評価(1) ーバッテリーのサイクル負荷試験とその結果に基づくー充電走行距離変化予測ー	環境研究領域	※小鹿 健一郎 河合 英直 奥井 伸宜 新国 哲也	89
⑤蓄電装置の車両適合性評価(2) ー電気自動車の使用に伴う、ー充電走行距離、電力消費率の変化についてー	環境研究領域	※新国 哲也 小鹿 健一郎 河合 英直 奥井 伸宜	91
⑥高速道路上でのNO ₂ 濃度実態および、車室内への影響	環境研究領域 東京大学	※山田 裕之 林 瑠美子 戸野倉 賢一	93
⑦自動車排出ガスに含まれるニトロフェノールの定量測定手法	環境研究領域	※小鹿 健一郎 堀 重雄	95
⑧ハイブリッド車等の静音性対策の基準化へ向けた基礎調査 ーアンケートによる接近音が必要となる条件の検討ー	環境研究領域 自動車安全研究領域	※坂本 一郎 宝渦 寛之 田中 丈晴 村上 孝行 森田 和元 関根 道昭	97

題 目	所 属	発表者名 (※講演者)	頁
⑨省エネルギー運転、回生効果最大化のためのオンボード運転支援装置の開発	交通システム研究領域 理事	※長谷川 智紀 竹内 俊裕 工藤 希 林田 守正 水間 毅	99
⑩画像解析による信号システム安全性検証結果について	交通システム研究領域 理事	※竹内 俊裕 工藤 希 水間 毅	101
⑪画像解析を利用した踏切設備の予防保全に関する検討	交通システム研究領域 理事	※竹内 俊裕 工藤 希 伊藤 昇 水間 毅	103
⑫鉄道運行におけるヒューマンエラー等の再現・分析シミュレータの開発	交通システム研究領域	※吉永 純	105
⑬営業車両における脱線係数常時観測データとその分析	交通システム研究領域 東京地下鉄 茨城大学 住友金属テクノロジー 住友金属工業 元住友金属工業	※佐藤 安弘 大野 寛之 清水 忠 道辻 洋平 谷本 益久 水野 将明 佐藤 與志	107
⑭プローブ車両の現状と軌道の保守例について	交通システム研究領域 日本大学	※森 裕貴 大野 寛之 佐藤 安弘 竹内 俊裕 綱島 均	109
⑮ロープウェイ用安全データベースの構築 一同種の事故およびインシデントの分析結果をベースにして	交通システム研究領域	※佐藤 久雄 千島 美智男 日岐 喜治	111
⑯国際規格への適合性評価と交通研の果たす役割	交通システム研究領域	※田代 維史 緒方 正剛 長谷川 智紀	115

題 目	所 属	発表者名 (※講演者)	頁
⑰ レール／車輪境界条件による摩耗への影響に関する実験 －モデル試験機による車輪摩耗実験－	交通システム研究領域 上智大学	※森 裕貴 大野 寛之 佐藤 安弘 陸 康思 森本 祐也 三苦 雅史 曄道 佳明	117
⑱ 科学的根拠と gentleman agreement －ドイツ・カールスルーエ工科大学より－	交通システム研究領域	※塚田 由紀	119
⑲ 歩行者横断特性と安全性への影響について	交通システム研究領域 自動車安全研究領域 現 国土交通省自動車局	※青木 義郎 森田 和元 田中 信壽 関根 道昭 廣瀬 敏也	121
⑳ ドライブレコーダの記録からみた歩行者行動の定量分析 －効果的な事故回避システムに求められる条件について－	自動車安全研究領域	※松井 靖浩 安藤 憲一	125
㉑ 事故・違反からみたドライバの特性	自動車安全研究領域	※森田 和元 関根 道昭	127
㉒ 国際海上コンテナセミトレーラの横転に関するコンテナ用緊締装置のガタの影響	自動車安全研究領域 現 国土交通省自動車局	※波多野 忠 児島 亨 廣瀬 敏也	131
㉓ 先進緊急ブレーキシステム (AEBS : Advanced Emergency Braking System) に係る国際調和基準について ー続報ー	自動車安全研究領域 現 国土交通省自動車局	※波多野 忠 児島 亨 谷口 哲夫 廣瀬 敏也	135
㉔ 予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS を用いたブレーキアシストシステムの効果に関する検討	自動車安全研究領域 交通システム研究領域 現 国土交通省自動車局	※田中 信壽 森田 和元 安本 まこと 青木 義郎 廣瀬 敏也	137
㉕ 自動車検査用機械器具の校正要領の高度化について	自動車安全研究領域	※松島 和男 塚田 由紀 岡田 竹雄	141

口 頭 発 表

環境研究領域における研究の概要と方向性

環境研究領域長

※後藤 雄一

1. はじめに

世界的に注目される環境問題とエネルギー問題の両問題は今後の重要課題である。自動車の環境保全といった自動車利用者や国民の立場に立つ研究や審査、自動車による大気汚染等の環境基準達成¹⁾、二酸化炭素排出削減目標達成といった国の目標に直結する業務の実施が当研究所の環境分野の使命である。

環境研究領域は自動車の環境に係る技術基準案の策定等を中心として、エネルギー資源の節約及び多様化、地球環境の保全、地域環境の改善及び測定評価技術の高度化を重点的分野としている。

これら分野に対し基準策定等の国の環境対策に資する目的の研究に限定し、〈1〉大気汚染等の実態の把握及び分析、〈2〉環境、エネルギー対策の評価手法の開発及び効果の予測、〈3〉技術基準案の策定、国際基準調和活動、〈4〉環境、エネルギー対策実施後の効果の評価、並びに〈5〉新技術の開発及び普及促進における産学官連携の中核的役割、という〈1〉から〈5〉のサイクルによる研究目的の重点化を進めている。

2. 研究の概要

環境研究領域の研究は、特別研究、経常研究、国受託研究、競争的資金、民間受託研究に分かれる。主なテーマを以下に挙げる。下線は新規課題を示す。

2. 1. 特別研究、経常研究 (H23 年度)

特別・経常研究は7件に重点化を進めた。

- HEV, EV を含む次世代自動車に対する排出ガス・燃費試験方法に関する研究 (特別研究)
- 自動車の実走行時における騒音の実態解析と評価指標に関する研究
- 車載分析装置による実路走行時の CH₄・N₂O の排出実態把握と排出低減対策に関する研究
- 自動車起源 VOC 排出実態の把握と新たな試験手順の策定
- 蓄電装置の車両適合性に関する研究
- 低燃費車に対応した燃費試験法の高度化研究
- 次世代バイオマス燃料の重量車への車両適用性と GHG 排出量の評価に関する調査研究

2. 2. 国から委託された試験調査 (H22 年度実績)

「横断的プロジェクト」として、

- 次世代低公害車開発・実用化促進事業
主な試験調査として
- 電気駆動車両のバッテリー性能劣化調査
- 超小型モビリティの仕様における要件に関する技術検討業務
- ハイブリッド車等の静音性に関する対策の基準化に向けた自動車技術及び社会需要性に関する調査
- 自動車排出ガス性能劣化要因分析事業
- 粒子状物質の粒子数測定法確立の調査
- 新たな排出ガス検査方法に関する調査
- 自動車の環境性能の評価及び公表のあり方に関する調査
- 新燃料の安全性・低公害性評価事業

2. 3. 競争的資金による研究 (H22 年度実績)

- 実路走行条件におけるバイオ燃料 (HVO 等) による車両の環境負荷評価 (IEA)
- 超高感度分光法によるニトロ化合物リアルタイム検出器の開発 (環境省)

3. 研究の方向性

3. 1. 地球環境の保全

地球温暖化対策は喫緊の課題として非常に重要な課題であり、現在の環境研究領域の重要課題と考える。50%減から80%減に至る大幅な CO₂ 排出量低減のためには、将来的に電気動力を加えた車の大量導入が必要と考えられる。燃料電池自動車の早急な普及が望めない段階では、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車の普及を促進する必要がある。特に高性能な車載用バッテリーの開発は大幅な CO₂ 排出量低減には不可欠である。さらに、次世代プロジェクトでは、バッテリーの課題を非接触外部給電により解決するプラグレス・プラグイン・ハイブリッド電動路線バス (IPS ハイブリッドバス) だけではなく、物流分野での大幅な CO₂ 排出量低減を目指して電気・プラグインハイブリッドトラック、高効率ハイブリッドトラックの開発を行うこととした。公共交通利用と物流利用の CO₂ 排出量低減の両面から社会的に近未来の重要な地球温暖化対策の一つと考える。

蓄電装置の車両適合性に関する研究では、車両の電動化に重要な蓄電装置についてLCA評価やその劣化による燃費等の車両性能への影響を知るために一充電走行距離や電力量消費率の変化等の調査を進めた。

カーボンニュートラルと言われるバイオマス燃料によるディーゼルエンジンの研究は、低公害を維持しつつCO₂排出量増大を実効上緩和する方策であり今後更に重要性が増すと考える。特に日本では廃食用油バイオ燃料が利用されておりその現状・課題を明らかにするとともに、課題の対策の一つとしてHVO(水素化バイオ燃料)やBTL(バイオ合成軽油)についても注目して可能性調査を進める必要がある。

また、当研究所はCO₂以外の地球温暖化物質のN₂Oやメタンにも以前から注目している。特にディーゼル車の後処理装置から排出されるN₂O排出量は燃費低減によるCO₂排出量と比べ無視できないことが明らかとなりハイブリッド化やポスト新長期対応による変化等について継続的に調査している。さらに今後、CO₂低減策として車両の小型化、軽量化が進められることから、超小型車両の社会導入へのあり方の検討も進める必要がある。

3. 2. エネルギー資源の節約及び多様化

エネルギーの有効活用の観点からエネルギー利用の高効率化と再生エネルギーを利用した多様化が一層重要になる。とくに、福島原子力発電所の事故による原子力エネルギーの見直しから従来燃料における燃費低減と再生エネルギーを含めたクリーンな石油代替燃料の利用の観点が今後重要である。次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクトは多様な新燃料や新動力の利用により将来のエネルギー問題に対応するため、今までの成果を踏まえた複数の選択肢を持ちつつ低環境負荷車両の開発・普及を目指している。特別研究ではHEV、EVを含む次世代自動車に対する排出ガス・燃費試験方法を求めて、適正な評価の確立を図る。さらに、燃費向上を進めた最新車両に対応する燃費試験法の高度化を進める必要がある。

多様なエネルギー源の追求の観点から、次世代バイオ燃料の製造・利用の方向性を示すために、次世代バイオマス燃料(HVO、BTL等)の重量車への車両適用性や、WTWにおけるGHG(温暖化ガス)排出量削減の効果評価によってGHG排出量削減と車両適用性を両立した次世代バイオ燃料の普及を促進させる必要がある。

3. 3. 地域環境の改善

地域環境の改善は、一般環境大気測定局ではほぼ環境基準を達成している一方、沿道の自動車排出ガス測定局では排出改善があるものの未だ充分には改善されていない渋滞交差点等の局所的な排出実態の把握が今後重要な課題である。さらに、ほとんど環境基準が未達成のオキシダントについては、原因物質としてVOC、NO_xが関与していると考えられ、生成機構を考慮した対策が必要である。

また、規制物質の排出改善が進んでいるが、微量未規制物質等は未だその実態は明らかでない。すなわち、粒子状物質の量的低減に加え粒子数や粒子組成等の質的改善へ、従来の規制物質による局所汚染防止や微量未規制物質中の有害物質低減による改善へと今後は「量」から「質」に課題が移ると考える。騒音対策についても、現行の加速走行騒音試験法では試験時アクセル操作に対して加速が遅れる車両が現れたため、新たな加速走行騒音試験法が必要となっている。ハイブリッド車等の静穏性対策については世界に先駆けたガイドラインの策定に引き続き技術基準化を進めつつある。

自動車車室内における人体への有害物質暴露状況調査を進める経常研究の中で、高速道路上でのNO₂濃度実態と車室内への影響が、トンネル等の密閉空間では無視できない場合があることを示した。

3. 4. 測定評価技術の高度化

3.1から3.2に応えるために一般的に測定対象の時間的・空間的・量的・質的(有害な分子選択等)分解能の向上が不可欠である。量的測定向上が進められてきたが、今後は量だけでなく時間的・空間的・質的分解能向上が必要と考える。排出ガス関連では粒子状物質や微量未規制物質の高分解能測定技術の開発が必要である。自動車排出ガス中のニトロフェノールの定量測定手法や超高感度分光法によるニトロ化合物リアルタイム検出器の開発等を進めている。

4. まとめ

環境研究領域における研究の概要について述べ、今後の方向性について示した。今後重要度を増す地球温暖化対策やエネルギー資源の節約及び多様化への重点化を進めてゆく必要がある。加えて基盤技術として測定評価技術の高度化が不可欠である。

5. 参考文献

1) 中央環境審議会、今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について、平成22年7月28日

1. 新たな次世代大型低公害自動車プロジェクトの取り組み

環境研究領域 ※後藤 雄一 石井 素 河合 英直 鈴木 央一 川野 大輔
新国 哲也 奥井 伸宜

1. はじめに

地域の大气汚染や地球温暖化という環境問題に対して、自動車の排出ガスが大きな影響を及ぼしている。特に大型ディーゼル車は、自動車排出ガス中でNO_xとPM¹⁾、1台当たりのCO₂排出量で大きな寄与を占める。尼崎や東京都等の公害訴訟の対策が必要とされる背景の中で国土交通省は、平成13年12月に環境自動車開発・普及総合戦略会議を開催してNO_xとPMの排出ガス目標と燃費について大型ディーゼル代替車の目標を定めた。また、2020年の地球温暖化対策中期目標(1990年比25%削減)に向け、運輸部門のうち多くのCO₂を排出する大型車分野においても抜本的な車両単体対策が必要とされた。

大型ディーゼル車に代替し得る排出ガスがゼロあるいはゼロに近く、CO₂の排出も少ない「次世代低公害車」の開発の促進及び安全・環境基準案の策定を行うべく国土交通省が(独)交通安全環境研究所に事業を委託し、ここを中核的研究機関と位置づけて、自動車メーカー、部品メーカー、大学等の産学官による連携の下に事業を実施した。次世代低公害車開発促進プロジェクト(第1期、H14-H16)と次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクト(第2期、H17-H22)を進め、平成23年度から第3期を開始する。これら大型車両は、初期の段階では市場規模が小さい上に相当な開発コストもかかるため、その開発・実用化を促進すべく産学官の総合的な取り組みによる本プロジェクトを開始した。

本プロジェクトは大都市を中心とした厳しい大气汚染問題を抜本的に解決し地球温暖化対策に資するため、排出ガス性能を大幅に改善させ、CO₂の排出量を低減した、大型ディーゼル車に代替する「次世代低公害車」の開発を促進するために、安全上・環境上の技術基準案、部品標準化等の策定を目指した事業である。国の目標達成のための先導的技術開発(インフラ整備や法制・基準策定などを必要とする先進的技術開発)における産学官連携等の中核的役割を担うものと

して次世代低公害車開発促進プロジェクトは位置付けられる。

本報告では、次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクトについて、これまでに開発した車両の実用化普及促進と第3期の新たな車両の開発促進の取り組みについて述べる。

2. プロジェクトの基本的概要

2. 1. 第1期プロジェクトの概要と基本的考え方

第1期プロジェクトは、実施計画等を検討するために、国土交通省内に「次世代低公害車開発促進会議」を設置するとともに、開発する低公害車の種別ごとにWGを設置して技術的な検討を行った。DMEトラック、天然ガストラック、シリーズ及びパラレルハイブリッドバス、スーパークリーンディーゼルエンジンの開発・技術基準検討が行われた。その基本的な考え方は、技術的に可能な限りNO_xは新長期規制値の1/10以下(一部1/4)、PMはほぼゼロにすることを基本とし、従来の燃費を維持しつつ低公害性を重視する開発をした。その結果、すべての車両で当初の目標をほぼ達成し、一部の車両は目標以上の成果を得た。成果は平成16年度の東京モーターショーで発表された。

2. 2. 第2期プロジェクトの概要と基本的考え方

第1期プロジェクトの成果を受けて、実用化・普及を促進するために①試作車の実証試験を行い、技術基準等の一層の整備を図ること、②将来有望な新たな次世代低公害技術の準備をすることから新たな次世代低公害車の取り組みが必要となった。

その基本的な考え方は、試作車の実証試験では実証公道走行試験等を通じて走行データを収集して技術基準等の一層の整備を進め、新たな次世代低公害車の開発促進では、開発段階にある新たな次世代低公害車の開発を促進するため、試作・評価を通して技術基準案等(指針)を策定するものである。

これら2つの施策により、次世代低公害車の開発・実用化・普及を総合的に推進する。

第2期では、これまでの成果を活用した非接触給電ハイブリッド自動車及び第1期の車両に加えてLNG自動車、FTD自動車、水素エンジンの開発・技術基準検討と実証走行試験を実施した。

特に平成19年度からは、開発の進んだ車種から順次、試作車を実際の運送事業、バス事業に使用して環境性能、操作性、乗り心地、耐久性等に関するデータを収集し、これを踏まえて実際の事業に使えるレベルまで車両を改良していく実証モデル事業を実施し、実用性の向上を図っている。現在の各車種の状況及び課題は大別すると次の通りである。

- ①実用レベルの基本性能を確保できたもの（DME自動車、大型CNG自動車、LNG自動車、FTD自動車、非接触給電ハイブリッド自動車）
- ②実用性向上のため要素技術の開発が必要なもの（スーパークリーンディーゼルエンジン）
- ③燃料の導入状況を踏まえるべきもの（DME自動車、LNG自動車、FTD自動車等）
- ④インフラ側の技術開発・整備と一体的な車両技術開発を進めるべきもの（非接触給電ハイブリッド自動車等）
- ⑤プロジェクトとしての開発を中断し、今後の技術

開発動向を注視していくもの（水素エンジン）

この内、大型CNG自動車、LNG自動車、水素エンジンは平成21年度で終了とした。表1に各車両の取り組み状況を示す。







2. 1. 非接触給電ハイブリッドバス

非接触給電ハイブリッドバスは、内燃機関と電気モーターの両者を動力源として使うハイブリッド自動車です。低公害性と低燃費性に優れる。非接触外部給電システムと組み合わせることにより、ハイブリッド走行と電気自動車走行を目的別に効率的に使用可能である。営業車両として東京都、上高地等で実証運行を行い、平成22度は都市・地域整備局と協働で充電施設の検証等も合わせた評価を行ってきた。技術ガイドライン策定を進め平成23年度に終了する予定である。

2. 2. スーパークリーンディーゼルエンジン

スーパークリーンディーゼルエンジン（SCD）は、過給器、EGRを含めた吸排気系、燃料噴射系等に各種最新技術を駆使して、燃費改善とともに排出ガスを大幅に低減した究極の次世代エンジンである。

世界トップクラスの排出ガス性能を達成するとともに先端要素技術を活用して燃費目標の達成を目指している。さらにバイオ由来燃料の適用検証を目指

	排出ガス量*		CO ₂ 排出量*		現状	今後
	NOx	PM	走行時	W t W		
新長期規制対応ディーゼル車	2.0	0.027				
非接触給電ハイブリッドバス 	1/10	1/10	ゼロ (EV走行時)	40%程度 (EV走行時)	・営業車両として東京都、上高地等で実証運行(H17? H22) ・H22は都市・地域整備局と協働で、充電施設の検証等も合わせた評価	・H23までに技術指針等を策定
スーパークリーンディーゼルエンジン 	1/10	1/3	15%程度減 (H23目標)	15%程度減 (H23目標)	・世界トップクラスの排出ガス性能を達成 ・H22は、先端要素技術(2段過給等)を活用し、燃費の大幅向上(2015燃費基準+10%)を目標としてエンジン改良中。	・左記目標をH23までに達成 ・さらに、H23からHVO等のバイオ由来燃料を用いた際のエンジンの高効率化技術を検証
FTD/HVO(合成燃料)トラック 	1/4	1/3	やや減	やや増 (天然ガス由来) 20%程度 (バイオ由来)	・FTDを用いて東京都営バスとして1年間実証運行(H21) ・HVO等を用いて東京都営バスとして実証運行 ・要素技術を確立、技術指針案のとりまとめ済み	・平成22年度で終了 ・普及には、更なる燃料供給体制の整備が必要
DME(ジメチルエーテル)トラック等 	1/20	ほぼゼロ	やや減 (天然ガス由来)	ほぼ同等 (天然ガス由来)	・小型、中型、大型トラック、散水車の計4種6台を開発試作 ・H22は中型トラック2台を営業車両として実証運行 ・要素技術を確立、技術指針案のとりまとめ済み	・平成22年度で終了 ・普及には、更なる燃料供給体制の整備が必要
天然ガス(CNG、LNG)トラック 	1/10	ほぼゼロ	ほぼ同等	やや増	・営業CNG車両として計30万キロ実証運行(H21) ・LNG車の1,000km無充填走行達成(H21) ・LNG構造取扱基準を策定(H21) ・取りまとめ済み	・平成21年度で終了 ・普及には、更なる燃料供給体制の整備が必要
水素エンジン 	1/4	ほぼゼロ	ほぼゼロ	不明	・直噴多気筒水素エンジンを試作、100時間程度、評価試験の継続に成功 ・目標出力(100kW)、排ガス性能を達成	・平成21年度で終了 ・要素技術について技術動向を見極めるべく中断

○このうち、普及が始まっているものとして、H21に終了した大型CNGトラックがある。

※排出ガス量(g/kWh)、CO₂排出量については、本事業の実績値を記載

表1 各車両取り組み（第2期）

す。

2. 3. FTDトラック

FTD (Fischer Tropsch Diesel) トラックは、天然ガス、バイオマス等を原料とする合成軽油 (FTD) を100%使用して軽油に比べてPMが低い等の燃料の特長を生かした低公害ディーゼル車である。

FTD を用いて東京都営バスとして1年間実証運行を行うとともにHVO (水素添加バイオ燃料) を用いて東京都営バスで半年間程度の実証運行を行い、安全・排出ガスに係わる技術指針案を策定した。

2. 4. DMEトラック

小型、中型、大型トラック、散水車の計4種6台を開発試作したDMEトラック (DME散水車を含む) は、圧縮着火が可能のためディーゼルエンジン並みの低燃費運転が行え、後処理無しでPMがほぼゼロの利点があるため、EGR強化等によりNOxの大幅な低減を実現した。

平成22年度には中型トラック2台を営業車両として実証運行を行い、DME自動車に係る項目検討と最終取りまとめを行った。

2. 5. 天然ガス (CNG、LNG) トラック

CNGトラックは、PMを排出しないクリーンな自動車であるとともに天然ガスは世界各地で豊富に採れることからエネルギー安全保障の観点からも優れる。TCの採用により高出力化を図るとともに三元触媒により排出ガスのさらなる低減を実現した。大型CNGトラックを営業車両として実証走行試験を行い、試作後にのべ30万kmを走行した。

LNGトラックは、大気環境の大幅改善及びCO₂排出削減だけでなくCNGトラックの航続距離が短いという課題の解決策としてLNGの新燃料供給システムを搭載したものである。LNG燃料供給システムを搭載したLNG自動車の開発を進め、1000km以上の一充填走行を含む公道走行試験を通じて得られるデータを基にLNG構造取扱基準の策定を行った。

2. 6. 水素エンジン

水素エンジンは、CO₂とPMの排出がほぼゼロで、EGRやNOx低減触媒にも適しているためNOxの大幅低減が期待できる。また、高圧水素直接噴射方式による高出力・低燃費特性も見込まれ、地球温暖化・環境対策にも優れている。水素エンジンを試作し、100時間程度の連続運転による評価試験に成功し、目標とした出力

(100kW) と排出ガス性能を達成した。

3. 第3期プロジェクトの概要と基本的考え方

第3期では、低公害性は維持しつつ低炭素化を重視した。2020年の地球温暖化対策中期目標 (1990年比25%削減) に向け、運輸部門のうち多くのCO₂を排出する大型車分野において、低炭素化に資する革新的技術の早期実現を図るため、自動車メーカー等と協働し、技術開発を促進しつつ必要な基準の整備を行う。

図1に概要を示す。その基本的考え方は、低炭素化を目指す大型車用先進環境技術として、大幅な低炭素化のために電動化とバイオ化を2つの柱として進めるものである。図2に示す高効率ハイブリッドトラック、電気・プラグインハイブリッドトラック (小・中型)、高性能電動路線バス、次世代バイオディーゼルエンジンを新たに組み込むこととした。

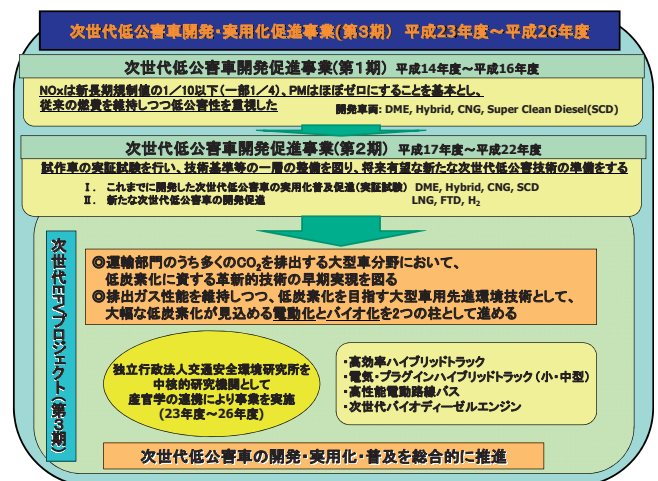


図1 次世代プロジェクト (第3期) の概要

3. 1. 高効率ハイブリッドトラック

高効率ハイブリッドトラックは、従来ハイブリッド化による回生エネルギーの十分な効果を得ることが困難であった大型トラックに対して大幅な効率向上を追求するものである。直接仕事 (軸駆動) に用いる「HEV用駆動モーター」と、エンジン仕事に用いる「電動過給機」との仕事分をバランスさせ、エンジンの作動点を任意に動かすことで「小排気量エンジン」での高効率運転を可能とし、市街地～高速走行時の燃費を改善する。

図3にシステムコンセプトを示す。回生エネルギー

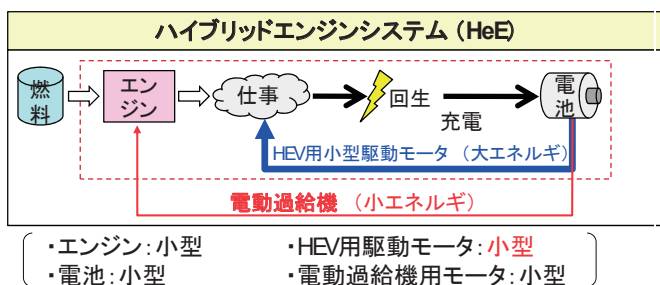


図3 システムコンセプト

を電池に蓄え、駆動のみに利用する従来のハイブリッドとは異なり、電動過給機を用いてエンジン自体の高効率化へ重点的に利用するハイブリッドである。

3. 2. 電気・プラグインハイブリッドトラック

プラグインハイブリッドトラックは、外部電源から充電可能なハイブリッドトラックについて、電気走行及びハイブリッド走行を可能とするとともに、走行時、駐停車時の車両補機類を電動化し外部給電電力で補うことにより都市内貨物輸送においてCO₂低減の実現を目指す。都市内貨物輸送を対象とするためルート配送用の小・中型トラックを対象とする。運用法、温室ガス削減効果、技術的課題等について電気トラックとの比較を行いつつ都市内配送車としてプラグイン・ハイブリッド車両を検討し、配送等の電動商用車両のエネルギー効率向上、住宅地深夜配送等の新たな適用可能性の提案を行う。

3. 3. 高性能電動路線バス

非接触給電大型ハイブリッドバスについては、実用化に向けた技術的改良及び普及啓発活動を行う。給電の自動化、給電効率向上のために給電装置位置決め、正着性の改善、普及の活動として東京モーターショーに合わせた実証運行を行う。平成23年度に非接触給

電を含む、プラグイン大型車の排出ガス・燃費試験法及び磁界安全性等のためのガイドラインの取りまとめを行う。

非接触給電以外について、給電時間の短縮を目指しパンタグラフ式高電圧充電システム等を利用した接触給電式大型電動バスを検討する。

3. 4. 次世代バイオディーゼルエンジン

「スーパークリーンディーゼルエンジン」で培った技術を用いて燃料面の適合も含めた総合的かつ抜本的なCO₂低減を目指す。「次世代」ディーゼルエンジン技術に次世代バイオ燃料（水素添加バイオ燃料（HV0）等）を適用した際の課題や基準化が必要な項目等の検討を進める。

4. 今後について

世界における地球温暖化対策の流れの中で、本プロジェクトについても地域環境の改善を目指した低公害性から地球環境の保全を考えたCO₂排出量の低減（燃費改善）が重要課題と考える。プロジェクトの中で燃費の改善技術の進展を進めるとともにCO₂排出量が少ない車両を重点的に推進することが必要である。本プロジェクトで開発された車両の実用化・普及に向けて一層の努力が必要である。

低炭素化を目指す大型車用先進環境技術として、電動化とバイオ化を2つの柱として進め、高効率ハイブリッドトラック、電気・プラグインハイブリッドトラック（小・中型）、高性能電動路線バス、次世代バイオディーゼルエンジンを新たに取り組む。

5. 参考文献

- 1) 環境省、「日本の自動車環境対策」、平成14年10月



図2 第3期で取り組む車両

2. 国際エネルギー機関（IEA）における自動車用先進燃料研究の動向と交通研の取り組み

環境研究領域

※佐藤 進

川野 大輔

石井 素

後藤 雄一

(財)運輸低公害車普及機構

齋藤 晃

高田 寛

1. はじめに

近年、CO₂排出量の削減、および資源リサイクルの観点から、BDF（Biodiesel Fuel）は地球環境保全に大きく貢献する燃料として注目され、世界各国で BDF を製造・利用する普及活動が活発に行われている。その一方で、最新の排出ガス規制に適合したディーゼル車においては、最新要素技術やその緻密な電子制御により、エンジン性能の向上、有害排出成分の低減が進められている。しかしこれらの技術は従来の軽油を燃料とする場合に最適化されている。そのため、このような車両に軽油と燃料性状が大きく異なる BDF を適用した場合、排出ガス特性が悪化する可能性がある。

ここで BDF は第一世代 BDF と第二世代 BDF に分類される。第一世代 BDF は、従来から利用される FAME（Fatty Acid Methyl Ester：脂肪酸メチルエステル）を主成分とする燃料である。第一世代 BDF の場合、酸化しやすいことから燃料性状が安定せず、前述したような排出ガス特性の悪化などの問題が存在する。そのため第一世代 BDF の普及は地域における CO₂ 排出量の削減、資源の再利用として極めて有効である反面、各都市圏内において大気環境に影響を与えることが懸念される。一方、第二世代 BDF は、第一世代 BDF と比較してより燃料性状が安定した燃料として開発が進められている。HVO（Hydro-treated Vegetable Oil）や BTL（Bio-to-Liquid）が第二世代 BDF の例として挙げられるが、これらの燃料は第一世代 BDF と比較して安定した性状を持ち、高セタン価といった特長も持つ。

このように多くの種類の BDF が存在するため最新排出ガス規制にも適合し得る BDF の性状規格を策定する必要があり、その基礎データとして最新の車両に BDF を適用した場合の、排出ガス実態について把握する必要がある。

このような背景の下、環境研究領域では 2009 年より IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）における AMF（Advanced Motor Fuels：自動車用先進燃料）研究開発実施協定の国際的競争的資金を獲得し協定に参画し、BDF の適合性に関する研究を行ってきた。この研究は日本のディーゼル貨物自動車に対して、車両に改造を施さずに BDF を適用し、排出ガス・燃費性能を調査するものである。

本報では、この IEA-AMF 協定における自動車用先進燃料に関する研究動向について紹介する。次に環境研究領域が(財)運輸低公害車普及機構（本協定内で政府指定機関として参加）とともにを行っている、BDF の適合性に関する国際共同研究の内容について紹介する。

2. IEA-AMF 実施協定について

2. 1. IEA-AMF 実施協定の位置付け

図1にIEAの機構図⁽¹⁾⁽²⁾を示す。IEA Governing Board（IEA 理事会）の下には、5つの常設作業部会・委員会が設置されている。その中で CERT（The Committee on Energy Research and Technology：エネルギー研究技術委員会）は石油依存度を低減するための省エネ技術、代替エネルギーの研究開発促進等を主な活動とし、以下の4つを目的としている。

- ・ エネルギー効率と技術信頼性の確立
- ・ 新エネルギー技術の性能評価
- ・ エネルギーセクター由来の環境インパクトの低減
- ・ IEA 非加盟国との協力

さらに CERT の下部組織として、4つの作業部会・委員会が設置されている。これらの組織は、国際的共同プロジェクトである Implementing Agreement（実施協定）の審議、評価、承認等を行っている。

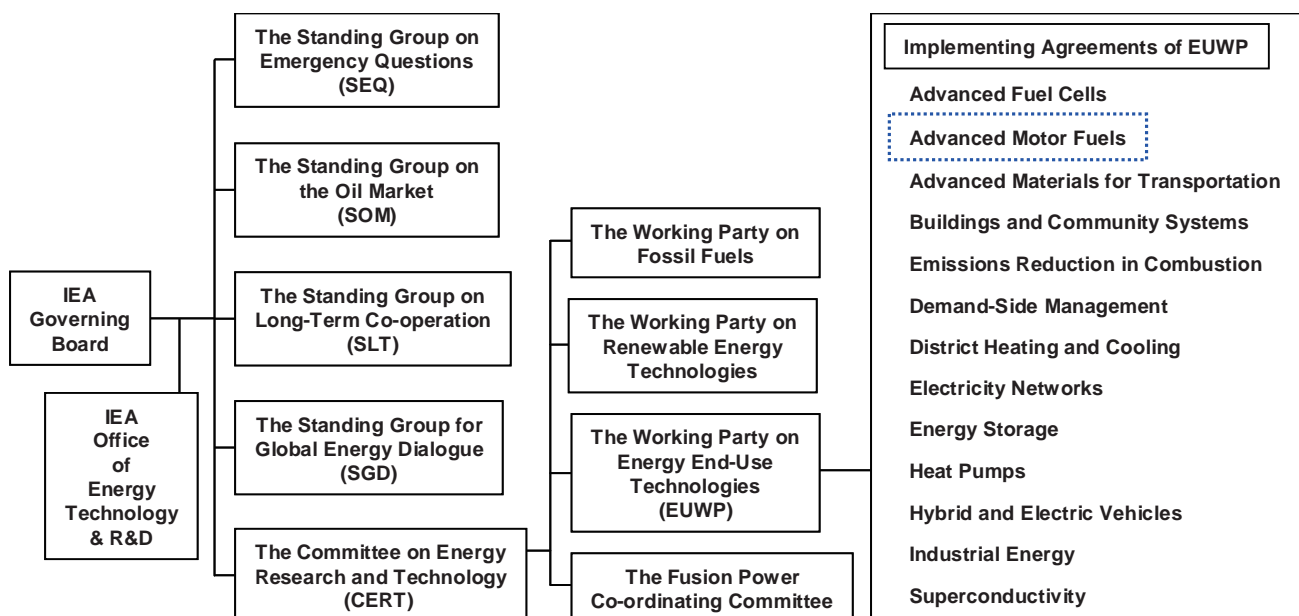


図1 IEAの機構図⁽¹⁾⁽²⁾

表1 IEA-AMF 実施協定における実行中の Annex リスト (2011年現在)⁽³⁾

Annex 番号	Annex タイトル	Annex 実行機関
Annex 28	Information Service & AMF Website	BIOENERGY 2020+ GmbH, オーストリア
Annex 34-2	Algae as Feedstock for Biofuels	Fuels, Engines, and Emission Consulting (FEEC), アメリカ
Annex 35-2	Particle Measurements: Ethanol and Butanol in DISI Engine	Technical University of Denmark (DTU), デンマーク
Annex 37	Fuel and Technology Alternatives for Buses	VTT Technical Research Centre of Finland, フィンランド
Annex 38	Evaluation of Environmental Impact of Biodiesel Vehicle in Real Traffic Conditions	交通安全環境研究所, 日本 運輸低公害車普及機構, 日本
Annex 39	Enhanced Emission Performance and Fuel Efficiency for HD Methane Engines	Swedish Transport Administration, スウェーデン
Annex 40	Life Cycle Analysis of Transportation Fuel Pathways	Reilly-Roe & Associates Ltd, カナダ
Annex 41	Alternative Fuels for Marine Applications - Future Marine Fuels Study	Fuels, Engines, and Emission Consulting (FEEC), アメリカ
Annex 42	Toxicity of Exhaust Gases and Particles from IC Engines - International Activities Survey	AFHB (Laboratory for IC-Engines & Exhaust Emissions Control, Bern, University of Applied Sciences), スイス
Annex 43	Performance Evaluation of Passenger Car Fuel and Powerplant Options	VTT Technical Research Centre of Finland, フィンランド

EUWP (The Working Party on Energy End-Use Technologies : エネルギー最終用途作業部会) には図に示す 13 の Implementing Agreement が属しており、その 1 つとして AMF 実施協定がある。この実施協定では自動車用に使用される代替燃料、先進燃料に関する研究が行われている。

2. 2. IEA-AMF 実施協定内での研究動向

現在, IEA-AMF にはオーストラリア, オーストリア, カナダ, 中国, デンマーク, フィンランド, フランス, ドイツ, イタリア, 日本, スペイン, スウェー

デン, スイス, タイ, アメリカの 15 カ国が正式に参加している⁽³⁾。基本的には各国から 1 つの機関が代表して参加するが, 日本は 2 つの機関が代表 (産業技術総合研究所, 運輸低公害車普及機構) となっている。またこれらの国以外にもオブザーバの国もある。2011 年現在, 協定の議長をカナダ, 副議長を日本 (産業技術総合研究所) およびフィンランドが務めている。

AMF 実施協定は 1984 年からスタートしており, これまで Alcohols as Motor Fuels (1984 年~1989 年), Alternative Motor Fuels (1990 年~1998 年), Advanced Motor Fuels (1999 年~現在) と名前が変遷してきた。

表 2 試験燃料諸元

Fuel	Diesel (JIS No.2)	1st generation BDF: Waste cooking oil FAME	2nd generation BDF: HVO (NExBTL)
Density (15 deg.C) [g/cm ³]	0.8275	0.8849	0.7797
Kinematic viscosity [mm ² /s]	3.777 (@30 °C)	4.689 (@40 °C)	2.985 (@30 °C)
Flash point [°C]	66.0	115.0	88.0
Cetane number	57.2	52.6	88.2
Distillation temp. [°C]	IBP	170.0	284.0
	10%	212.0	345.0
	50%	282.5	354.0
	90%	332.0	359.0
CHO [wt. %]	C	85.9	76.7
	H	13.9	12.2
	O	0.2	11.1
Pour point [°C]	-22.5	-15.0	-15.0
Sulfur content [ppm]	4.8	3.3	-
Lower heating value [kJ/kg]	42850	37000	44070

表 3 試験車両諸元

Vehicle type	Cargo truck
Max. pay-load [kg]	3000
GVW [kg]	6260
Length [mm]	6510
Width [mm]	2185
Height [mm]	3045
Engine type	N04C-UE
Displacement [L]	4.009
Max. power [kW/rpm]	100/2500
Max. torque [Nm/rpm]	392/1600
Transmission	6MT
EGR system	Cooled EGR
Aftertreatment system	DOC, DPF
Adapted regulation	2005 regulation

これらの名前からも分かる通り、過去にはアルコール系燃料や天然ガス、LPG、DME といった代替燃料に関する研究を、現在は先進燃料に関する研究をその歴史の中で進めてきた。表 1 に現在、実行中のプロジェクト (Annex と呼び、発足の順に番号を付与している) のリストを示す。現在、協定内で実施されている Annex のうちディーゼル車を研究としているものでは、FAME のような第一世代 BDF だけでなく、第二世代 BDF の 1 つである HVO も使用している。Annex 37, Annex 38 がそれに該当する。また海藻バイオ燃料

に関する研究 (Annex 34-2)、天然ガスエンジンに関する研究 (Annex 39) が実施されている。

AMF 実施協定では、先進的な石油系燃料だけでなく、以前より研究を進めてきた代替燃料、そして第二世代 BDF といった燃料に関する研究開発と、燃料そのものの生成・供給プロセスを含めたライフサイクルに関する研究も行っていくことを今後の方針としている。

3. 実路走行条件における BDF 車両の環境負荷評価

環境研究領域では前述した IEA-AMF 実施協定内で、(財)運輸低公害車普及機構とともに共同研究提案を行い、国際的競争的資金を獲得した。2009 年より “Evaluation of Environmental Impact of Biodiesel Vehicle in Real Traffic Conditions” (実路走行条件における BDF 車両の環境負荷評価) という Annex タイトルで研究を実施している。

この研究は、冒頭で述べた背景の基、日本で市販されている最新ディーゼル貨物車に対して、車両に何の改造も施さずに BDF を供給し、排出ガス・燃費への影響を調査するものである。その際、シャシダイナモメータ試験だけでなく、実使用条件を考慮するために路上走行試験を実施しリアルワールドでの排出ガス・燃費についても評価した。

3. 1. 試験燃料および試験車両

表 2 に本研究で使用した燃料の諸元を示す。ベースの燃料として日本国内で販売されている JIS2 号軽油を使用した。この軽油に対して混合する BDF として、第一世代 BDF と第二世代 BDF を使用した。第一世代 BDF として日本国内で製造された廃食用油由来の FAME を使用した。第二世代 BDF として HVO を使用した。この HVO はフィンランド Neste Oil 社の製造する NExBTL[®] である。今回、HVO を選択した理由は、第二世代 BDF の中でも HVO の方が実用化が進んでおり、BTL と比較してより早く市場に出回る可能性が高いことを考慮したためである。

表 3 に本研究で使用した試験車両の諸元を示す。車両は最大積載量 3 t のディーゼル貨物車であり、日本の 2005 年規制 (新長期規制) に適合した車両である。排気対策として、Cooled EGR, DOC, DPF を装着している。

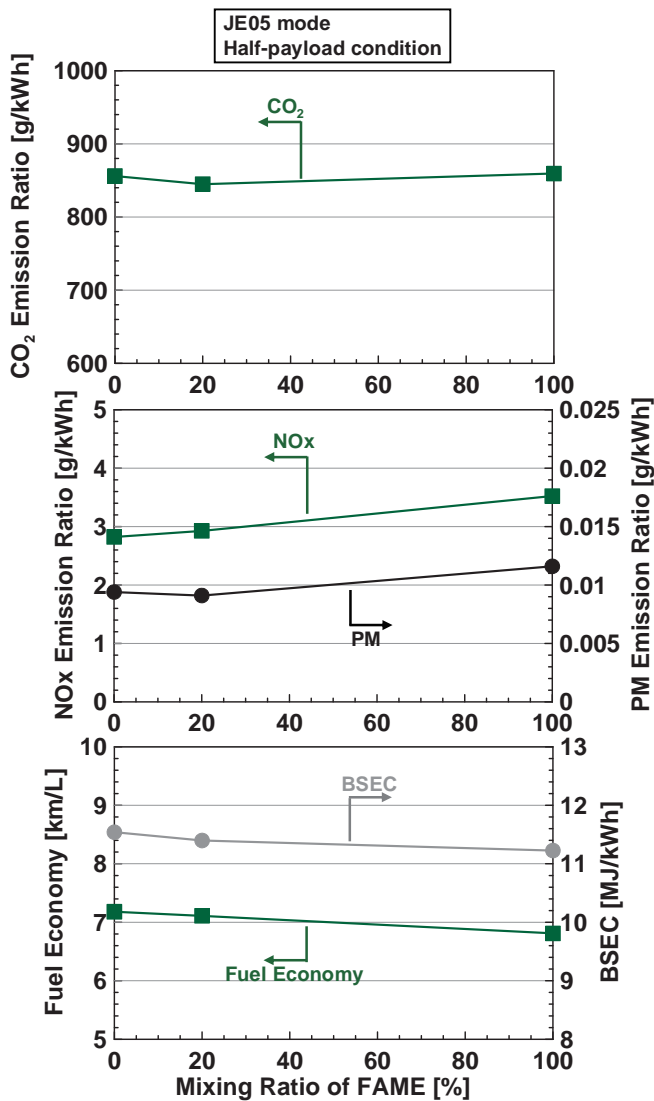


図2 軽油に対する廃食用油由来 FAME 混合割合を変化させた際の JE05 モード試験結果

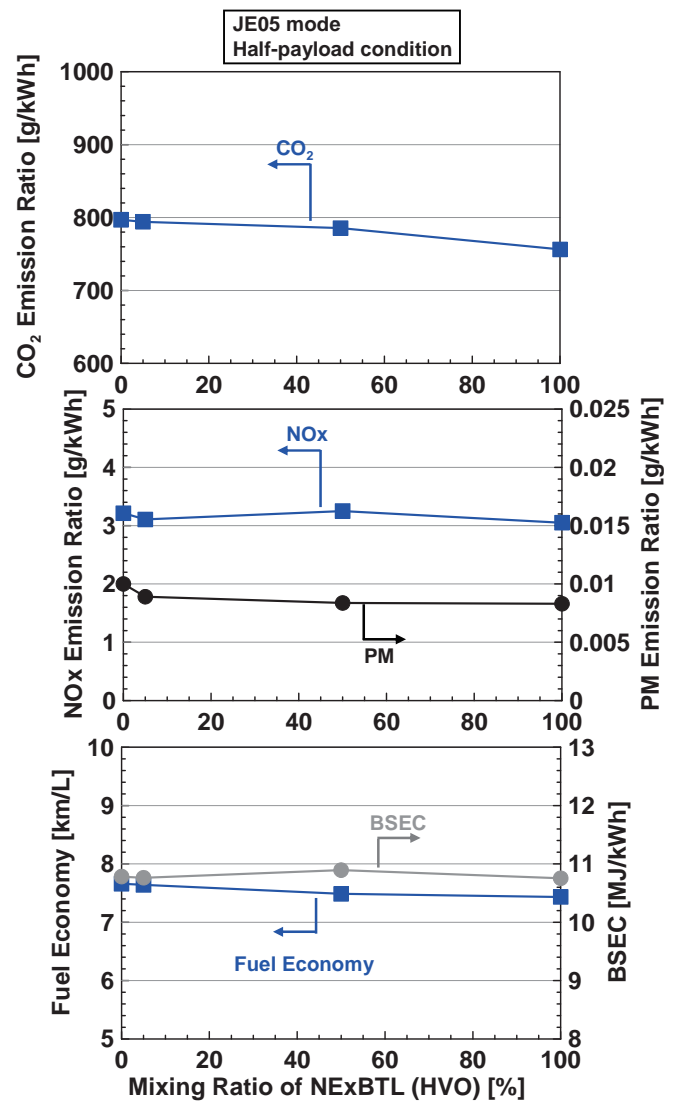


図3 軽油に対する HVO 混合割合を変化させた際の JE05 モード試験結果

3. 2. シヤシダイナモメータ試験結果

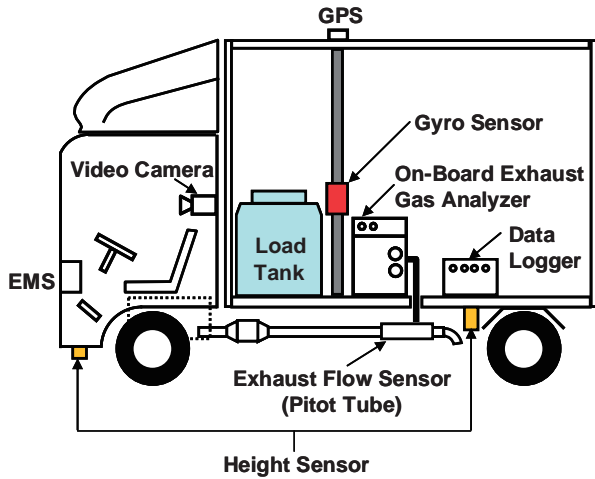
図2に軽油に対して廃食用油由来FAMEを混合させた場合の、シヤシダイナモメータ上でJE05モードを走行させた結果を示す。図は上から単位仕事量当たりのCO₂排出量、NO_x排出量、PM排出率、燃費、BSEC (Brake Specific Energy Consumption: 正味エネルギー消費率)を示す。CO₂排出量はFAME混合割合を増加させても変化しないが、NO_x排出量、PM排出量は増大する。ただしPM排出量はDPF後の計測値であり、PM排出量は低い。燃費についてはFAME混合割合増加に伴い悪化するものの、BSECとしては改善していることが分かる。

図3に軽油に対して、HVOを混合させた場合の結果を示す。CO₂排出量はHVO混合割合の増加に伴い、減少していることが分かる。これは燃料のH/C比が軽

油と比較して高いためである。NO_x排出量は変化しておらず、HVO100%でも軽油と同等の値を示している。PM排出量は減少するが、DPF後の値であり全体としてPM排出量が低い。また燃費、BSECはいずれの混合割合でも同等であった。

3. 3. 路上走行試験結果

次に路上走行試験を行い、リアルワールドでの排出ガス、燃費性能の評価を行った。図4に路上走行試験で使用した車載型排出ガス計測システムを示す。試験車両の荷室内に、車載型排出ガス分析計を設置し、そこに排気管部分から車両の排出ガスをサンプリングして分析した。このサンプリング部分には排出ガス流量計を設置し、得られる排出ガス流量と分析計で計測される濃度から、各排出ガス成分の排出重量を求める



* EMS: Eco-driving Management System

図4 車載型排出ガス計測システム

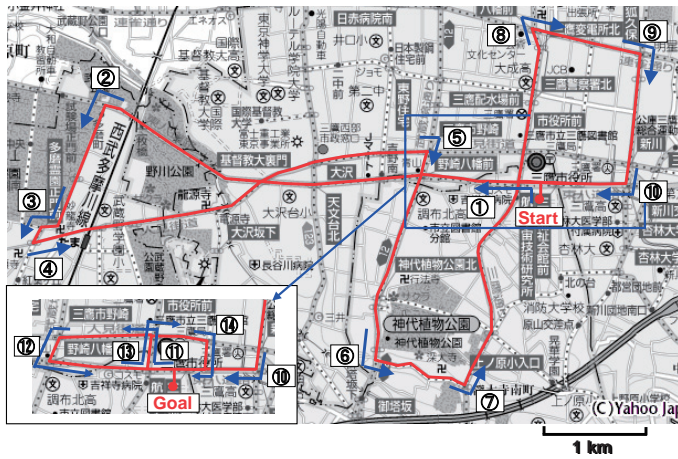


図5 市街地走行ルート

ことが可能である。対象とする成分は、CO、CO₂、NOx、THCである。またこの計測システムには、ジャイロセンサとハイトセンサを設置し、この2つのセンサの計測値から時々刻々の道路勾配を計測する⁽⁴⁾。この値から勾配抵抗を求め、さらに以下の式を用いて車両にかかる走行抵抗、エンジントルクを算出する⁽⁵⁾。このエンジントルクから仕事量も算出可能である。

$$T = \frac{r}{\eta_m \eta_f i_m i_f} (R_c + R_a + R_r + R_e) \quad (式1)$$

$$R_c = (W + W_r) \alpha \quad (式2)$$

$$R_a = \mu_a A v^2 \quad (式3)$$

$$R_r = \mu_r W \quad (式4)$$

$$R_e = W g \sin \theta_r \quad (式5)$$

ここで、 A ：前面投影面積[m²]、 g ：重力加速度[m/s²]、 i_f ：終減速機ギヤ比[-]、 i_m ：変速機ギヤ比[-]、 r ：タイヤ動的負荷半径[m]、 R_a ：空気抵抗[N]、 R_c ：加速抵抗[N]、 R_e ：勾配抵抗[N]、 R_r ：転がり抵抗[N]、 T ：エン

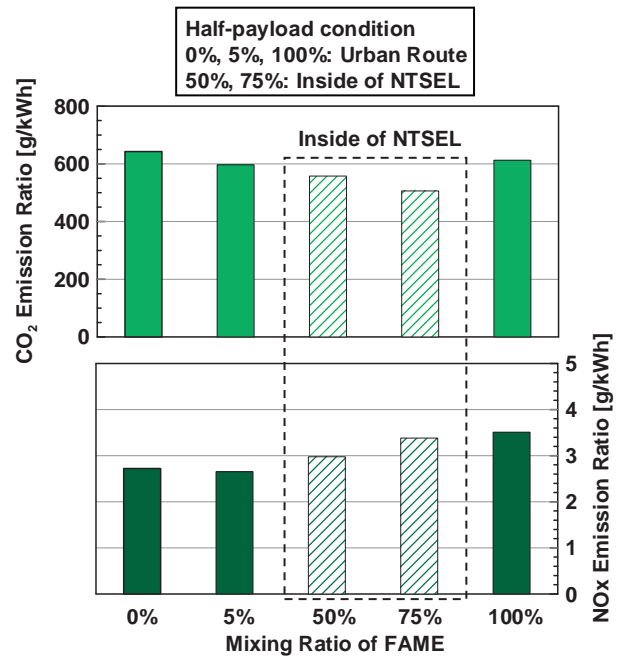


図6 軽油に対するBDF混合割合を変化させた際の路上走行試験結果

ジントルク[N・m]、 v ：車両速度[km/h]、 W ：車両重量[kg]、 W_r ：回転部分相当質量[kg]、 α ：車両加速度[m/s²]、 η_f ：終減速機伝達効率[-]、 η_m ：変速機伝達効率[-]、 μ_a ：空気抵抗係数[N/(m²・(km/h)²]、 μ_r ：転がり抵抗係数[N/kg]、 θ_r ：道路勾配[deg]

荷室内には水入りのタンクを設置して車両重量を調整し、半積載状態とした。路上走行試験では、軽油に対して廃食用油由来FAME、HVOを0% (軽油のみ)、5%、50%、75%、100%混合し、交通研を発着点とする22kmの市街地ルートで試験を実施した。図5にこの市街地ルートの地図を示す。なお「揮発油等の品質の確保等に関する法律」の中で、公道で使用できるバイオ燃料の混合割合に制限がある関係上⁽⁶⁾、FAME混合割合50%、75%については公道走行ができないため、交通研の構内を走行した。HVOについては、その品質が日本の軽油規格に適合するため、50%、75%の混合割合でも公道走行が可能であった。

図6に軽油に対してFAMEを混合した場合の路上走行試験結果を示す。ここでは代表させて単位仕事量当たりのCO₂排出量、NOx排出量の結果を示した。なお図中0%、5%、100%は市街地ルートの結果、50%、75%は交通研構内の結果である。また図に示した結果は各条件において複数回走行した結果のうち、同一のドライバーによる運転(同一の運転方法)のものであり、またルート全体での平均車速がほぼ同等のものをピ

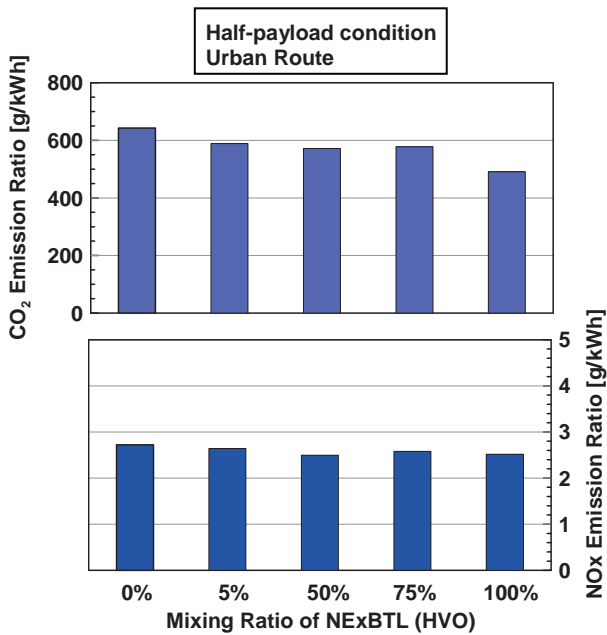


図7 軽油に対するHVO混合割合を変化させた際の路上走行試験結果

ックアップしたものである。ただし構内を走行した50%、75%の条件は交通研構内を走行した結果であるため、0%、5%、100%の結果と同じように評価することは難しい。この図から0%、5%、100%の3条件で比較すると、CO₂排出量は同等の値を示している。一方NO_x排出量はFAME混合割合の増加に伴い、増大していくことが分かる。このNO_x排出量の傾向はシャシダイナモメータ試験の結果と同じである。

図7に軽油に対してHVOを混合した場合の路上走行試験結果を示す。この図の結果は全て市街地ルートにおける結果である。この図の結果についても、各混合条件において複数回走行した結果から、同一のドライバーによる運転、ルート全体での平均車速がほぼ同等のものをピックアップしたものである。この図よりHVO割合の増加に伴いCO₂排出率は減少していくことが分かる。またNO_x排出率は、いずれのHVO混合割合においても同等の値を示しており、変化していないことが分かる。このCO₂排出率が減少し、NO_x排出率が変化しないという傾向は、シャシダイナモメータ試験の結果と同じである。

4. まとめ

交通研が参画しているIEA-AMF実施協定における自動車用先進燃料研究の動向について述べるとともに、CO₂低減にむけた新燃料（BDFおよびHVO）車

両の実路走行時の排出ガス・燃費について評価する交通研の取り組みの紹介を行った。

- (1) AMF実施協定では、交通研のAnnexをはじめとして、HVOのような第二世代BDFを用いた研究が実施されている。また天然ガス、海藻バイオ燃料に関するプロジェクトも進行中である。協定内では今後の研究の方向性として、石油系燃料に限らず、代替燃料、第二世代BDFといった燃料の車両への適合性に関する研究と、これらの燃料の生成・供給プロセスを含めたライフサイクルに関する研究を実施していくこととしている。
- (2) 新長期規制適合車両に廃食用油由来FAMEを適用した場合、シャシダイナモメータ試験、路上走行試験いずれの結果からも、軽油に対するFAME混合割合を増加させると、NO_x排出量が増大する結果となった。
- (3) 同車両にHVOを供給した場合には、軽油に対するHVO混合割合を増加させると、NO_x排出量を軽油同等に保ちながら、CO₂排出量を削減できることが明らかになった。
- (4) これらの実験結果から、今後普及が期待されるHVOを最新の車両に使用することで、NO_x排出量を増加させずにCO₂排出量を削減することが可能となり、地球温暖化ガスの削減に寄与できると考えられる。

5. 参考文献

- (1) IEA CERT Strategic Plan 2007-2011, http://www.iea.org/about/docs/CERT_Strategic_Plan.pdf
- (2) 運輸低公害車普及機構ホームページ, http://www.levo.or.jp/chosa/iea/about_amf.html
- (3) IEA-AMF ホームページ, <http://www.iea-amf.vtt.fi/>
- (4) 佐藤ら, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.5, pp.163-168 (2008)
- (5) 佐藤ら, 自動車技術会論文集, Vol.41, No.6, pp.1397-1403 (2010)
- (6) 「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン」, http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha10_hh_000025.html

3. 自動車から排出される亜酸化窒素の排出傾向について

—最近の技術革新による排出特性の変化—

環境研究領域 ※鈴木 央一 石井 素 山本 敏朗

1. はじめに

亜酸化窒素（または一酸化二窒素、 N_2O ）は、有害性は低いものの、 CO_2 の約300倍に上る地球温暖化効果を有すると同時に、上空で分解される過程でオゾン層を破壊し、米国海洋大気局（NOAA）の試算ではフロン対策が進んだ現在最も影響度が大きいとしている。運輸分野における N_2O の温暖化寄与率は、メタンを上回り CO_2 に次ぐものとなっているが、近年着実な改善傾向にあり、2009年度の排出量は CO_2 換算2,667Ggで、温暖化ガス（GHG）に占める寄与率は1.1%強である。この N_2O の低減については、ガソリン乗用車における、排出ガス規制強化にともなう冷始動対策や空燃比制御の精緻化などにより、 N_2O 排出が大幅に低減した影響が大きく、その状況についてフォーラム2008にて報告¹⁾した。しかし、その後現在に至る3年間で取り巻く状況は大きく変化している。

米国では、オバマ大統領が2009年に、地球温暖化防止に真剣に取り組み、その分野から産業の活性化を図るグリーンニューディール政策を打ち出した。GHGを健康や財産に脅威を及ぼしうる危険物質とみなし、環境保護庁（EPA）などでは新たな燃費基準を定めた。 N_2O とメタンに関しても2015年以降測定を義務づけ、基準値も設けている（乗用車クラス）。

一方、国内に目を転じると、近年の地球温暖化防止に対する関心の高まりなどから、燃料消費率（燃費）改善技術の進歩が顕著にみられる。中でも電気ハイブリッド自動車（以下、「HEV」という）は、2010年には車種別の年間販売台数が1位になるなど、急速に普及が進んでおり、 N_2O 排出動向を予測していくにあたり、その存在を無視できなくなっている。また、ディーゼル車においては、ポスト新長期（'09-'10）排出ガス規制が施行され、尿素SCRシステム（以下、「尿素SCR」という）がディーゼル粒子フィルタ（DPF）

と併用されるなど、 N_2O 生成に影響する排気後処理装置の構成に変化がみられている。

このような昨今の急激な技術革新が N_2O の生成と排出にどのような影響を及ぼすのか、最新のデータを用いてみていくこととしたい。

2. N_2O 生成、排出原因と最新技術の特性による N_2O 排出変動の予測

2. 1. ガソリンHEV

ガソリン車における N_2O 生成にはいくつかのプロセスがあるが、ポイントとなるものとして燃料過濃状態（リッチ）で生成したアンモニアが、希薄状態（リーン）で酸化されて N_2O となる過程がある。この反応はリッチとリーン両方が必要であることから、当量比に制御されている空燃比に変動がある場合に起こる。また、触媒温度が常用温度域よりも低い（約 $350^{\circ}C$ 以下）場合に起こることから、 N_2O 生成のポイントとしては、触媒温度低下と空燃比変動の2つが挙げられる。その観点から、 N_2O 生成に関して最新のHEVのうち代表的なものを考慮した場合

有利な点：

- ・アクセル開度の急変などによる負荷変動の一部を、モータで補うことが可能となる。
- ・減速時やアイドルなど触媒温度が低下しやすい状況ではエンジンを停止させることが行われ、エンジン作動時は負荷が高い状態で運用される。

不利な点：

- ・高膨張比エンジンを採用しているため、排気温度が全般的に低下する。
 - ・エンジンの停止と始動の回数が増加することから、瞬時的な空燃比変動が避けられない面がある。
- と、増減両方の可能性があり得ることから、動向を予測していくには、実測データの取得が不可欠となる。

表 1 試験車両諸元 (ガソリン車)

記号	A	B	C	D
排気量 (L)	1.5	2.0	1.5	1.5
後処理装置	なし	3WC	3WC	3WC
適合規制(年)	'78	'78	'78	'00
形状	バン	ワゴン	セダン	セダン
記号	E	F	HEV1	HEV2
排気量 (L)	3.0	1.5	1.8	1.3
後処理装置	3WC	3WC	3WC	3WC
適合規制(年)	'05(4☆)	'05(4☆)	'05(4☆)	'05(4☆)
形状	バン	ハッチバック	ハッチバック	ハッチバック

2. 2. 尿素 SCR ディーゼル車

尿素 SCR は、尿素水から生成されるアンモニアを用いて NOx を選択的に還元するもので、最新ディーゼル車における NOx 低減後処理の主流となっている。しかし、新長期排出ガス規制適合の尿素 SCR 車では非常に高い N₂O 排出がみられることを既報で示している。ただし新長期規制適合車は、2010~11 年度で生産が終了することから、今後台数は増加しない。今後の動向は、ポスト新長期規制適合尿素 SCR 車における N₂O 排出が鍵となる。尿素 SCR における N₂O 生成も、アンモニアの酸化に由来するものが多く、SCR 触媒から脱離したアンモニアが、後段の酸化触媒で酸化されて N₂O となる。既報¹⁾ ではポスト新長期規制が開始されると、より積極的な NOx 浄化が必要のため、尿素水添加量の増加などが見込まれ、さらなる N₂O 増加の懸念を著している。また、規制強化にともない、従来は排他的に用いられていた尿素 SCR と DPF の併用など、後処理装置構成に変化が見られ、N₂O 生成に影響を及ぼすことが想定される。

3. 測定結果

3. 1. HEV を含むガソリン車

HEV における N₂O 排出傾向を調査するにあたり、製造者の異なる代表的な HEV2 台について試験を行った。比較対象として既報で使用した車両も含めた諸元を表 1 に示す。車両 A は後処理装置を持たないので、燃焼による N₂O 排出の水準を示すものといえる。車両 E と F は同じ新長期規制適合だが、F の方が 3 年以上後に登録された車両で、より燃費向上を意識した設定となっていると予想される。

図 1 は、各試験車の N₂O 排出について比較したものである。過去に行った試験では評価試験サイクルとして 11 モードと 10-15 モードとの重み付け平均値を採用したが、新しい車両では、JC08 モードで測定を実施した。両評価モードの関係を示すものとして、車両 E においては、両方を実施しその結果を掲載した。図より、新短期規制以降の車両においては、N₂O 排出が大幅に減少しており、その中で車両 E では極めて低い排出となっているのに対し、車両 F および HEV ではそれよりやや増加した。その結果、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会が実測結果を基に設定した新長期規制車の排出源単位を、いずれも超過する水準となっている。HEV のみならず、近年のガソリン

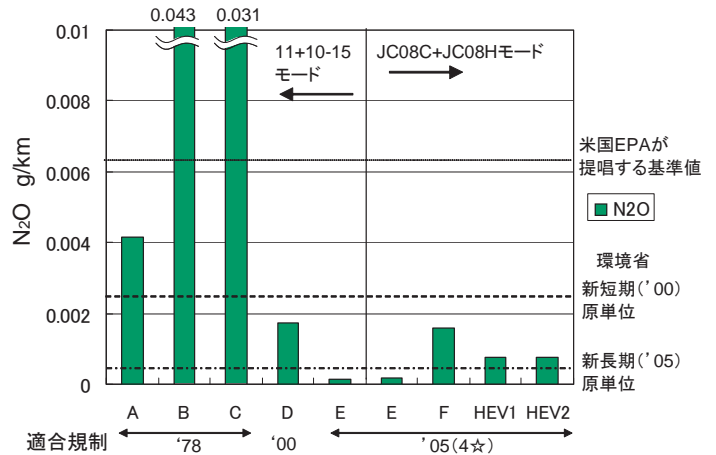


図 1 各車両の N₂O 排出量の比較

車においては、燃費向上のため、燃料カットの増加やアイドルストップなどが進められており、空燃比変動の起こりやすくなる要素があるとみられる。したがって今後、原単位の見直し等を考慮していくべきである。一方、図中には米国で公表されている基準値も示した。評価モードが異なるので単純な比較はできないものの、新短期規制以降の乗用車であれば十分満たせるレベルであり、その基準値を考慮して、新たな処置が求められることは必要ないといえる。

図 1 で HEV において N₂O 排出がやや増加することを示したが、HEV では同時に燃費の大幅な向上がみられ CO₂ 排出は大幅に低減している。したがって N₂O の排出量増加以上に、GHG に対する N₂O 寄与率が高まる恐れがある。そこで、排出 N₂O の GHG に対する寄与率を比較することとした。

図 2 は、各車両の N₂O の GHG 排出全体に対する寄与率を比較したものである。N₂O が 5%前後の寄与率を有する昭和 53 年規制車に対し、新短期規制以降の車両はその 1/10 以下である。2 台の HEV は車両 E より N₂O の寄与率が高まるが、それでも約 0.3%に止まっている。N₂O の寄与率は全体で 1.1%であることから、HEV 等の増加がただちにトータル N₂O の増加につながることはない。ただし、これまでの N₂O 減少傾向をやや抑制することが予想される。

3. 2. ポスト新長期規制の尿素 SCR 車

ポスト新長期規制適合の尿素 SCR 車として、表 2 に示す諸元の車両およびエンジンをを用いた。車両 A は一般的なカーゴトラックであるのに対し、車両 B1、B2 としたのは、エンジンベンチ試験で同一のエンジンに異なる車両諸元(車両 A と同クラスのトラックおよびそれ以上の重トラクタ)を設定して測定したものである。評価モードとしては、認証モードである JE05 モードと 2016 年規制以降採用が予定されている WHTC とした。

図 3 は、各車両の各モードにおける N₂O 排出率を比較したものである。図中には GHG の 5%寄与率となる水準を記載したが、それを概ね下回る結果となっており、N₂O の寄与率が 15~20%にも及んだ新長期規制車からは大幅な減少傾向となった。その理由は後述するが、本結果から得られる課題として、車両 B1 と B2 で、WHTC では同一ながら、JE05 モードで 2 倍以上の差がみられたことが挙げられる。WHTC は、試験条件がエンジンの最大トルクなどにより決定されるため、車両の違いを反映できない。それに対して JE05 モードでは、車両の諸元を含めて試験条件が決定されるため、当該車両に即した排出性能が得られる。今回の試験で、B1 と B2 では試験時の車両重量が約 8t 異なることなどにより、N₂O 排出率が 2 倍以上変化する結果となった。近年では、ダウンサイジングとして、同一エンジンをより大きな車両に搭載するケースが多くみられる。したがって車両 B2 で高い N₂O 排出となったことは、今後 WHTC を用いて N₂O を評価するとした場合に過小評価する恐れがある。

図 4 は、今回の試験車の結果を従来車のものと GHG として比較したものである(なお、メタンはほぼゼロである)。ポスト新長期規制車で大幅に N₂O の寄与が減少しているが、まだ後処理装置を持たない車両よりは明らかに高い水準であり、改善されたといっても終息しつつあるとはいえない状況にある。

N₂O 排出の要因解析として、図 5 に、車両 B1 (=B2) における WHTC (ホットサイクル) での N₂O 排出濃度と触媒出口温度の時間履歴を示す。WHTC では試験が進むにつれて車速の高い走行を再現することから、1350 秒付近より触媒出口温度が大きく上昇する。その部分を黄色の帯で示すが、同じ時間帯で相対的に高い N₂O 排出が観察される。ゼオライト系の SCR 触媒では、アンモニア等還元剤を触媒上に吸着させるこ

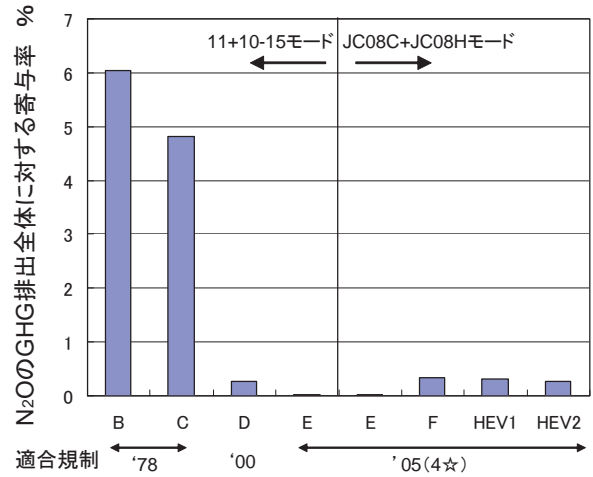


図 2 各車両の N₂O 排出の GHG 排出に対する割合

表 2 試験車両諸元 (ディーゼル車)

識別記号	A	B1	B2
排気量 L	9.8	10.8	←
最高出力 kW/rpm	279/1800	302/1800	←
最大トルク Nm/rpm	1800/1200	1814/1200	←
燃料噴射システム	Common rail	Unit injector	←
後処理装置	尿素SCR+DPF	尿素SCR+DPF	←
車両総重量 kg	24980	24405	37204
試験時車両重量 kg	17375	16585	24662
適合排ガス規制 (年)	'09	'09	←

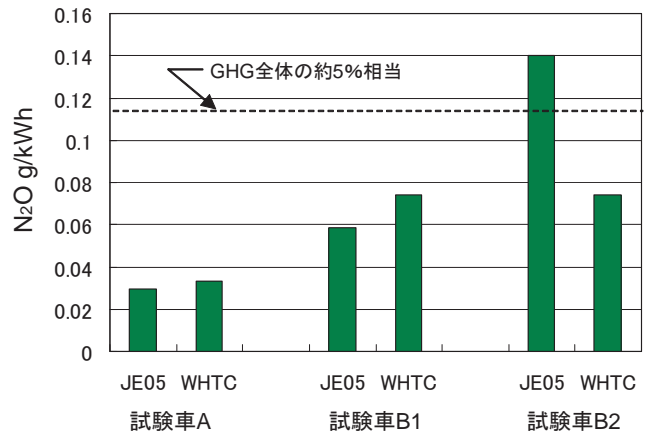


図 3 各車両の N₂O 排出率の比較

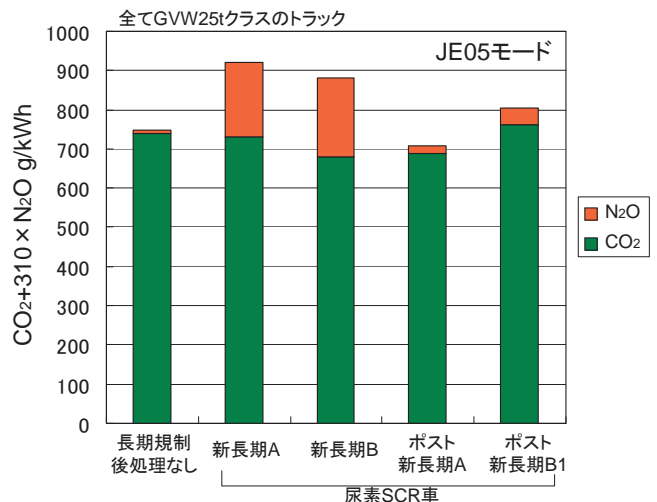


図 4 大型トラックにおける GHG 排出比較

とで NO_x 浄化性能が向上するため、吸着を前提とした制御が行われる。しかし、触媒上の吸着許容量は、温度が上昇すると減少するため、短時間で触媒温度が上昇した場合、吸着していたアンモニアがスリップするケースが起こる。そのアンモニアが後段酸化触媒で酸化されて一部が N₂O となって排出される。このような触媒温度変化に着目して、新長期規制車とポスト新長期規制車について比較を行うこととした。

図 6 は、車両 A と過去に試験を行った同等諸元の尿素 SCR 車における JE05 モードでの排気管出口温度を比較したものである。車両 A では、始動直後に約 200℃まで上昇した後は、±20℃の範囲の限られた変化に止まる。新長期規制車と比較した場合、とくに 1500 秒前後における高速走行時にその違いが顕著になる。新長期規制車では、それ以前の低速走行により触媒温度が低下した状態から高速走行に移行して 100℃以上上昇していくのに対し、車両 A ではそこに至るまでの温度低下が少ない一方で、高速走行による温度上昇の開始が 100 秒以上遅れた上で変化幅が大きく減少している。このような違いが SCR 触媒からのアンモニアスリップと、それによる N₂O 生成に変化をもたらしたとみられ、N₂O 排出が低減した一つの理由とみられる。なお、SCR 触媒温度変化が抑制された理由は、車両 A では、ポスト新長期規制に適合するため、熱容量の大きい DPF が SCR 触媒上流に配置されたことによるものである。

この尿素 SCR 車における N₂O 排出傾向の変化は、ガソリン車において昭和 53 年規制に適合するための三元触媒の導入が N₂O 排出の急増を招き、その後の規制強化で急激に減少したことと重なる。2016 年にさらなる規制強化が予定されているが、それに向けて改善傾向となるのか、燃費向上技術の導入などで増加に転じるのか、引き続き注視していく必要がある。

4. ま と め

ガソリンハイブリッド (HEV) 車の増加やディーゼル車におけるポスト新長期規制の施行なども含めた最新の N₂O 排出動向について以下にまとめる。

(1) HEV を主とした近年の燃費向上技術が盛り込まれた車両では、空燃比のずれが起こる頻度の増加が見込まれ、N₂O 排出がそれ以前のものより増加する傾向がある。しかし GHG 排出の 0.3%前後の寄与に止まり、影響は限定的で、米国で提唱されている

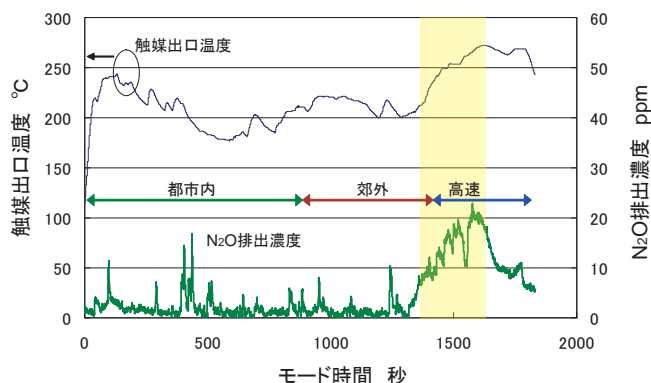


図 5 WHTC における N₂O 排出濃度と触媒出口温度

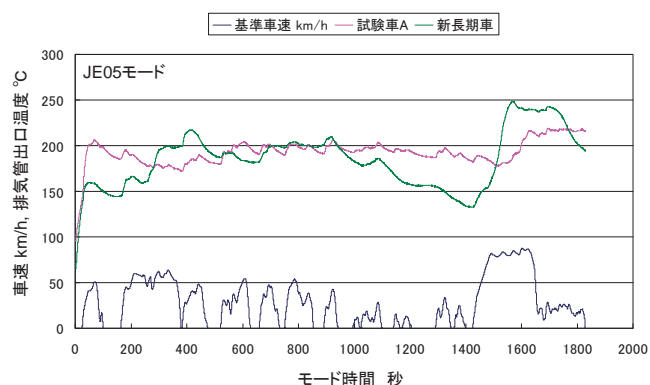


図 6 新長期およびポスト新長期規制尿素 SCR 車における JE05 モードでの排気管出口温度の比較

基準値を意識する必要などはないとみられる。

- (2) ポスト新長期規制適合の尿素 SCR 車では、新長期規制のものよりも大幅に N₂O 排出は抑制され、GHG 排出の 1~6%程度の寄与率となったが、依然として後処理装置のない車両より増加しており、引き続き注視していく必要がある。
- (3) 上記 N₂O 排出抑止理由の一つとして、DPF を搭載したことによる熱容量増加で SCR 触媒温度の変化が小さくなったことが挙げられる。また課題として、同一エンジンを異なる車両で試験した場合には 2 倍以上も異なる結果が得られたことから、評価を行うにあたっては、車両諸元等を反映させた形が望まれる。

5. 参考文献

- (1) 鈴木ほか, 交通研フォーラム 2008 講演資料, <http://www.ntsels.go.jp/forum/2008files/08-03k.pdf>

4. 新たな加速走行騒音試験法に向けた走行実態調査

環境研究領域 ※宝渦 寛之 坂本 一郎 村上 孝行
環境省 藤本 孝之

1. はじめに

自動車交通騒音に係る環境基準については、近年は改善の兆しが見えるものの、昭和 46 年の閣議決定後の評価開始以降、平成 10 年の評価方法の変更を経た後も、長らく達成率は概ね横ばい傾向にあった。沿道騒音には、様々な要因が関連するものの、その一因を担う自動車単体が発する騒音に対しては、我が国では、新型自動車の加速走行試験法（TRIAS30）が昭和 46 年に導入されている。

TRIAS30 は、導入以来、段階的に規制値の強化が行われてきた。しかし、試験法自体は基本的に変更されておらず、試験法導入当初と比べ、車両性能の向上や道路交通環境の変化等により、騒音実態は変化している。国際的にも同様の認識のもと、現行の試験法に代わる新たな加速走行試験法の策定に向けて、国連欧州経済委員会自動車基準調和フォーラム（UN-ECE/WP29）にて議論が進められている。このような状況を受け、環境省では、現行試験法に代わる新たな加速走行騒音試験法の検討に着手し、中央環境審議会騒音振動部会の自動車単体騒音専門委員会において、我が国の市街地を走行中の自動車騒音を評価でき、かつ、国際基準調和も視野に入れた新たな試験法の検討を行っている。この中で当研究所は、環境省の委託調査により、同委員会にて検討に資するデータを得るための調査を実施している。

本稿では、国際的に二輪車の試験法について議論が先行していることから、二輪車についての調査概要を述べる。また、国際基準調和の観点より、WP29 にて議論が進められている新たな二輪車の加速走行試験法（R41 改正案⁽¹⁾）の概要を紹介し、R41 改正案が国内の実態を反映したものであるか検証を行う。

2. 加速走行騒音試験法改正の背景

図 1 に、自動車交通騒音に係る環境基準達成状況の推移を示す。この図より、基準達成率については、近年は改善の兆しが見えることがわかる。しかし、同

図には、昼夜ともに基準超過となる戸数と総評価戸数をあわせて示してあるが、評価対象となる道路延長が延びたため総評価戸数が増加しているものの、依然として多くの基準超過戸数が残されている事がわかる。そのため、これらの状況改善に向けて、一層の努力が必要であると考えられる。道路交通騒音の構成要因としては、交通量、走行速度、路面の舗装等とともに、自動車単体の発する騒音レベルの大きさが挙げられる。自動車単体騒音の規制値については、我が国のみならず諸外国においても、規制導入以来、徐々に引き下げられてきたが、このような国々において、規制値の引き下げ幅に対して、沿道騒音の改善効果が小さいことが指摘されている⁽²⁾。これらの国々で採用されている加速走行試験法は、試験時重量やギヤ位置等に多少の違いはあるものの、基本的には我が国における試験法と同じであることから、我が国においても、程度の大小はあれ同様の現象が道路交通騒音と自動車単体騒音規制の間に起きていると考えられる。

ここで、我が国の加速走行試験法である TRIAS30 について説明を行う。図 2 は、TRIAS30 の測定方法の概要を示した図である。車両は、図中 B-D の測定区間の十分手前から予め定められた速度にて定常走行させ、車両の前端が図に示す B 点に達したときから車両の後端が図に示す D 点に達するまで、アクセルを全開にして加速走行させる。このとき車両が B-D 間を通過する際に記録する最大騒音レベルを測定する試験法が、現行の加速走行騒音試験である。

自動車の走行性能は、導入当初と比べて飛躍的に向上したと言え、現在では、大型車や排気量の小さな二輪車等を除くと、通常の走行においてアクセルを全開にして走行することはなくなった。そのため、試験状態と市街地走行状態の車両状態が一致しない場合があり、WP29 での議論の中では、このような走行方法の相違が原因で、正当に評価できない車両が存在することが明らかになっている。図 3⁽³⁾ は、マイク前を

基準（0m）としマイク通過前をマイナスとして表示した、車両先端位置と走行速度及び加速度を示した実測結果である。ここでは、TRIAS30と同様に、全開加速走行騒音の評価を行うECEの現行試験法に則り、定常走行からアクセルを全開にしている。通常、アクセルを全開にすると、全開の直後から、加速度は右肩上がりに一定値まで上昇する。しかしこの結果では、-10m地点でアクセルを全開にしたにもかかわらず、加速度が上昇し始めるのは、マイク前を5mほど通過した辺りからである。このように、アクセル操作に対して車両の加速が遅れる場合、車両本来の加速走行騒音を評価することはできない。

自動車騒音は複合的で、エンジン、吸排気系、タイヤ等の音源から構成されており、それぞれの音源から排出される騒音は運転状況に大きく依存する。また、上記のような状況も加味すると、加速走行騒音の試験

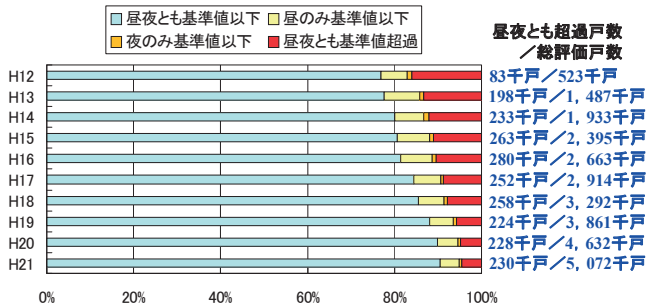


図1 環境基準達成状況の推移

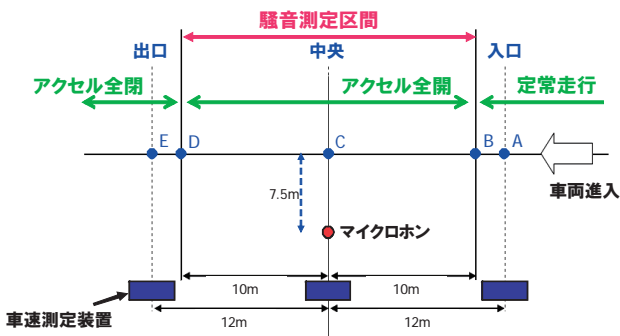


図2 現行の加速走行試験法の測定概要

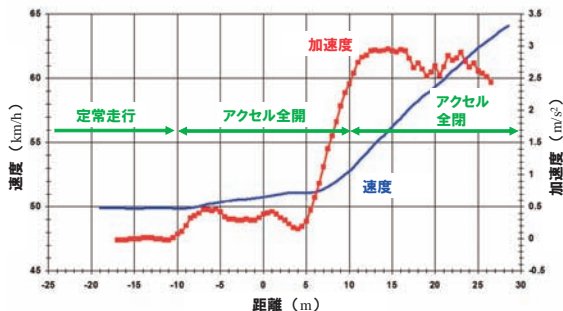


図3 加速走行試験時の速度および加速度変化⁽³⁾

法は、市街地で発揮している真の走行実態を評価することが可能な試験法であることが望まれる。

3. R41 改正案の概要

WP29では、新たな二輪車の試験法について、本年の6月に採択されている。この試験法では、通常の市街地走行において発生しうる最大の加速走行騒音を評価することをコンセプトとし、市街地を走行した際の加速度の累積頻度分布95%値における騒音レベルの評価を行うこととしている。加速性能は、車両によって異なるため、それぞれの車両のPMR（パワーマシオ：車両の最高出力と重量の比 [kW/h]）に応じて、市街地走行相当の加速度（ α_{urban} ）を定義している。図4にPMRと α_{urban} の関係式を示す。この回帰式は、膨大な二輪車の市街地走行調査の結果から作成されたものである。この元となったデータには、日本国内における調査結果も含まれるが、あくまでも種々の車両における様々な地域での測定結果の一部であるため、この回帰式が現在の国内の交通状況を現したものであるか、検討の余地があると考えられる。

R41改正案では、 α_{urban} での加速走行状態における騒音レベルの評価を行うが、テストコースにおいて、騒音測定区間を狙った加速度で走行することは困難であり、世界中で使われる試験法としては、簡便な方法が望まれる。そこで、R41改正案では、図5のように、定常走行試験の結果と加速走行試験の結果から市街地走行状態の騒音レベル（ L_{urban} ）を計算により求め、 L_{urban} に対して規制を行う。

R41改正案では、図3に示したような、アクセル操作に対して加速が遅れる車両への対策も講じている。TRIAS30や現行のR41試験法では、車両の変速機の仕様に応じて試験時のギヤ位置を定めているが、R41改正案においては、全開加速走行を行った際に、PMRに応じて設定された加速度を満足するようなギヤ位置を選択させる方法をとっている。

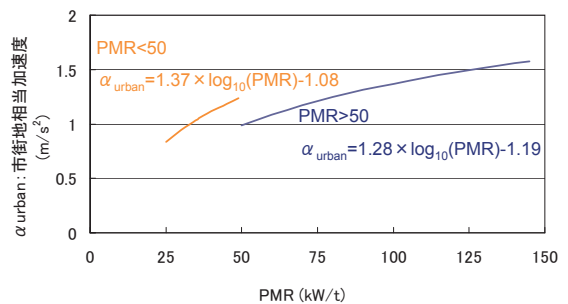


図4 R41改正案における市街地加速度の回帰式

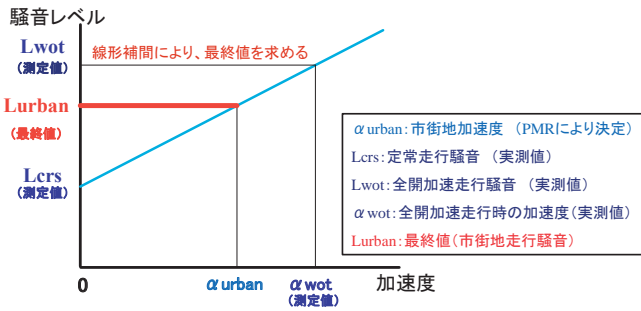


図5 R41 改正案における最終値導出方法

4. 市街地走行実態調査

4. 1. 概要

我が国においても、市街地走行実態を反映した試験法の策定を目指しているため、実際に市街地を走行し、そのときの走行状態を調査した。また、R41 改正案の国内導入も視野に入れ、得られた結果と R41 改正案で示される走行実態との比較を行った。走行区間は、国内の道路状況を代表する道路として、国土交通省の全国道路・街路交通情勢調査を参考に、平日の混雑時旅行速度が全国平均とほぼ同等となる主要幹線道路であることを条件とし、国道 20 号（本宿交番前交差点～上高井戸一丁目交差点：15.2km）と国道 16 号（八幡町交差点～岩蔵街道交差点：15.3km）を選定した。なお、いずれの走行路も、騒音に係る環境基準を超過する地点を沿線に含む区間となっている。調査は、平日の昼間に時間帯を変えて複数回行なった。走行方法としては、ドライバーに対し、一般の交通流に乗った走行をし、過度な追い越しや急発進等は行わないよう指示した。

試験車両の主要諸元を表 1 に示す。試験車両は、小型二輪自動車、軽二輪自動車、原動機付自転車（第二種）を各 1 台ずつ選出した。

計測項目は、車速、エンジン回転数およびアクセル開度とし、サンプリング周期 240Hz にて収録した。得られたデータは、平均を行い 0.5 秒間隔のデータとした。また、加速度は速度の微分から求めた。

表 1 試験車両諸元表

車両記号	A車	B車	C車	
車両区分	小型二輪自動車	軽二輪自動車	第二種原動機付自転車	
車両重量(kg)	260	132	114	
車両総重量(kg)	370	242	224	
車両長さ(m)	2.51	2.19	1.84	
エンジン	総排気量(cm ³)	399	249	107
	最高出力(kw/rpm)	24/8000	23/10000	6.6/7500
	最大トルク(N·m/rpm)	33/6000	24/8000	9.3/6250
	PMR(kw/t)	71.6	111.1	34.9
目標加速度	市街地 αurban(m/s ²)	1.18	1.43	1.03
	全開 αwot_ref(m/s ²)	2.02	2.65	1.29
	上段 αwot	2.22	2.92	1.36
	下段 αwot	1.82	2.39	1.23
試験速度	トランスミッション	5MT	6MT	CVT
	TRIAS20: 入口速度(km/h)	50	40	40
	R41改正案: マイク前速度(km/h)	50	50	40
車両タイプ	アメリカン	オフロード	スターター	

4. 2. 結果

表 2 に、今回の測定における加速度の累積頻度分布 95%値（以下、 α_{95} ）を示す。結果は、車両毎にデータを取りまとめ、R41 改正案での α_{urban} についての回帰式作成時のプロセスに従い、走行速度が R41 改正案の試験速度の $\pm 5\text{km/h}$ であり、なおかつ加速状態にある（加速度 > 0 ）場合のデータのみ抜き出し解析を行った。国内の交通状況と R41 改正案での評価点を比較する際、 α_{95} と α_{urban} が近い値であることが重要となるが、今回の結果において、 α_{95} と α_{urban} の差は 10%未満と比較的近い値となっていることがわかる。

A 車について、図 6 に、エンジン回転数を最高出力のエンジン回転数にて正規化した正規化エンジン回転数とアクセル開度の使用頻度分布をコンターマップにて示す。なお、結果は、上記の α_{95} 導出時と同じ条件にてデータを抜き出したものである。また図中には、矢印にて、テストコースにて測定を行った、TRIAS30 および R41 改正案における騒音測定区間の入口から出口までの車両状態の変化をあわせて示している。この結果から、市街地走行では、頻度の高いアクセル開度は 15%程度であり、最高でも 40%程であることがわかる。一方、TRIAS30 では、アクセル開度 100%の時の騒音の評価を行うことが確認出来る。図中に R41 改正案での評価点を示すことは難しいものの、定常走行と加速走行との中間域の評価を行うため、TRIAS30 に比べ、市街地走行により近い状態で評価できる。なおここでは、A 車の結果を示したが、B、C 車についても、アクセル開度 100%を記録した車両はなく、20%前後の頻度が最も高かった。

表 2 加速度の累積頻度分布 95%値

	加速度 (m/s ²)		
	A車	B車	C車
α_{95}	1.17	1.31	0.93
α_{urban}	1.18	1.43	1.03

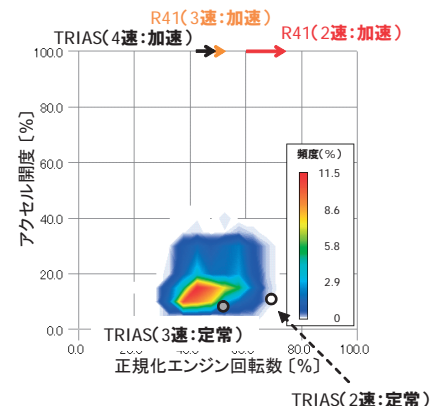


図 6 アクセル開度頻度分布 (A 車)

5. テストコース試験

5. 1. 概要

R41 改正案では、図 5 に示したように、定常走行騒音および加速走行騒音の測定結果と PMR により決定される α_{urban} より、騒音レベル L_{urban} を計算にて求めることとしている。ここでは、この導出方法について妥当性の検証を行う。A～C 車について、走行試験に用いた車両と同一の車両を使用し、アクセル開度を変化させ様々な加速度における騒音レベルの測定を行った。なお、アクセル開度は、騒音測定区間内において一定に保つようドライバーに指示した。また、騒音測定区間の中央の速度が R41 改正案での試験速度になるよう、定常走行区間の速度を調整しながら試験を行った。なお、試験に使用したギヤ位置は、R41 改正案にて各車両が使用するギヤ位置を選択した。これらの測定の結果から得られた加速度と騒音レベルの関係より、車両ごとに回帰式を作成し、前節の市街地走行における α_{95} に対する騒音レベルを推定した。

5. 2. 結果

図 7～9 に A～C 車それぞれの測定結果を示す。また、表 3 には、 α_{95} における騒音レベルを推定し、R41 改正案の最終値と比較した結果を示す。今回得られた結果では、いずれの車両も、加速度と騒音レベルの関係は、ギヤ位置によって多少の騒音レベルのばらつきはあるものの、ほぼ線形関係にあることが確認できる。また、R41 改正案の最終値と市街地加速度相当の騒音レベル推定値の差は、いずれの車両においても 1dB 以内に収まり良好な一致を見せていることがわかる。従って、今回用いた車両については、R41 改正案によって、市街地走行での累積頻度 95%値における騒音レベルを適切に評価できると考えられ、試験法規制値の引き下げ幅に応じた沿道騒音低減効果が得られるものと予測される。

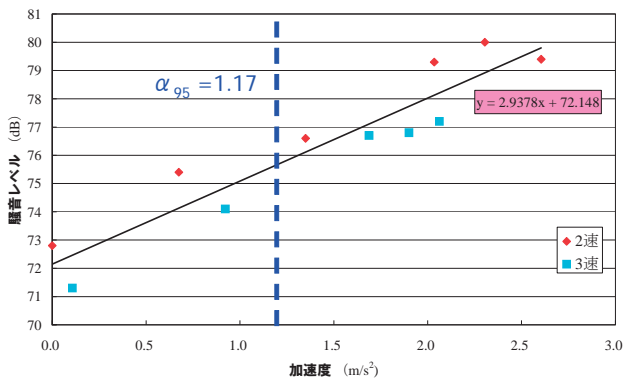


図 7 加速度－騒音レベル関係図 (A 車)

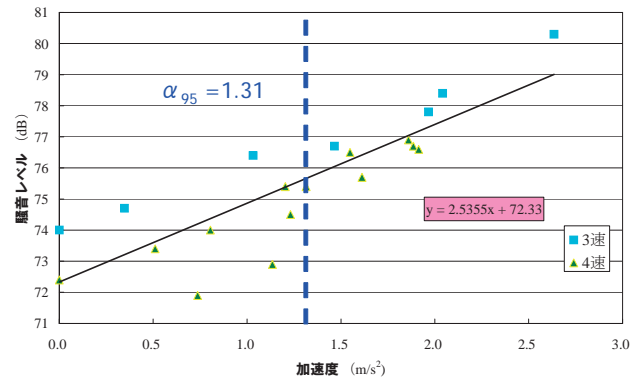


図 8 加速度－騒音レベル関係図 (B 車)

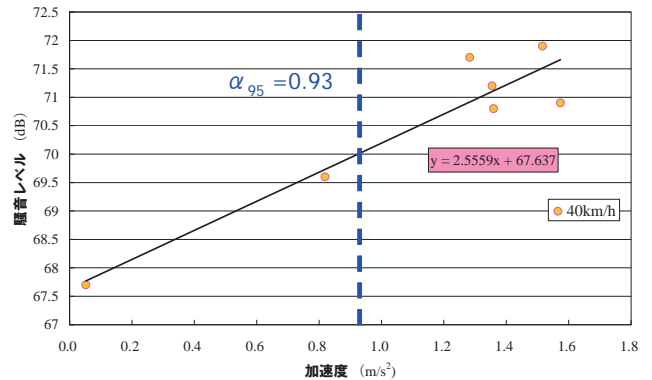


図 9 加速度－騒音レベル関係図 (C 車)

表 3 α_{95} 相当の騒音レベル推定結果

試験車両	α_{95} 相当の騒音レベル推定値 (dB)	R41改正案 最終値 (dB)
A車	74.5	75.0
B車	75.6	76.0
C車	69.8	69.2

6. おわりに

WP29 において改訂された二輪車の加速走行騒音試験法の国内導入も視野に入れ、加速走行騒音規制の見直しについて検討した。その結果、今回用いた車両では、R41 改正案は、我が国の道路状況に則した試験法であることが確認された。そのため、R41 改正案にて適切な規制値を設けることにより、沿道騒音の改善をさらに効果的に実施できると予測される。また、当所の調査結果をうけ、中央環境審議会騒音振動部会の自動車単体騒音専門委員会では、R41 改正案の国内導入を年度内に取りまとめることが予定されている。

参考文献

- (1) UN-ECE/WP29 Working Document, ECE/TRANS/WP.29/2011/62, 2011
- (2) I-INCE Working Party on Noise Emissions of Road Vehicles, "The Effect of Regulations on Road Vehicle Noise," I-INCE, 2001
- (3) Steven, H., "Results of pass-by noise measurements carried out within the frame of a running UBA project," 38th GRB Informal Doc No.1, 2003

交通システム研究領域における研究の概要と方向性

交通システム研究領域長 ※廣瀬 道雄

1. まえがき

交通安全環境研究所では、日々の生活や経済活動に欠かせない自動車や鉄道等の交通機関について、国の施策に直結した試験研究業務を通じて、安全で環境に優しい交通社会の構築に貢献するための取組みを進めている。

その中で交通システム研究領域では、交通社会の安全性向上および地球温暖化防止に貢献することを目的として、安全性の高い公共交通システムの構築および公共交通システムの利用促進の観点から研究に取り組んでいる。本稿では、交通システム研究領域が実施している研究の概要について報告する。

2. 交通システム研究領域の研究

2. 1 重点化研究

交通システム研究領域では、重点的に取り組むべきテーマとして、(1)モーダルシフト促進に関する研究、(2)交通システムの安全性向上、利便性向上に関する研究、(3)地方鉄道の維持・活性化に関する研究を挙げ、実施している。また、これら重点テーマの他に、索道関係、国際規格関係について継続的に取組みを行なっている。索道に関しては、索道の試験を行える唯一の機関として、索道の事故等のデータベース化を始めとして、索道の安全に資する研究を実施している。

(1) モーダルシフト促進に関する研究

モーダルシフト促進に関する研究は、LRT 等の軌道系交通システムや、電動バスによるバイモーダルシステムなどの交通システム、およびそれを補完する輸送機関について評価を行なうとともに、公共交通システムの普及促進に関する研究を実施している。

LRT は、一般的な鉄道車両に比べ軽量で省エネルギー性が高く、また乗降における上下移動や段差が少ないため、高齢化社会が進展する中で利用しやすい交

通システムであるといえる。また、トランジットモーダルなどまちづくりとの高い親和性を有する優れた特徴を備えている。

LRT に関する具体的な取組みとしては、LRT 導入における影響評価を実施することにより導入効果を定量化するための研究を行なっている。また、LRT 国際ワークショップ（図1）や LRT 普及促進懇話会などの開催を通じて関係者間の情報交換を行なうとともに、地方自治体や広く一般社会への理解促進・啓発を図っている。



図1 LRT 国際ワークショップ（2010年11月・沖縄）

(2) 安全性向上、利便性向上に関する研究

交通システムの安全性向上、利便性向上に関する研究については、常時監視・モニタリング技術、シミュレーション技術に関する研究を実施している。

鉄道施設、車両の保守管理に関してはメンテナンスコストの低減が課題となっているが、一方、近年増加傾向が見られる輸送障害に対する防止対策も重要な課題の一つであり、検査手法や保守手法に関する研究が求められている。そこで、低コスト化、高性能化が進んでいるセンサ類を活用した軌道・車両境界に係わる状態監視技術として、脱線係数の常時モニタリング装置の開発およびそこから得られる常時観測データ

を前提とする管理手法の研究や、トングレー、転てつ器の異常振動の検知等による管理手法の研究などを進めている。

シミュレーション技術については、LRT や路線バス、デュアルモードシステムなどを対象に、道路交通と軌道系交通を模擬したシミュレーションによる評価を行ない、公共交通システムの導入効果や、公共交通優先信号を導入した場合の定時性確保に対する効果および交通流への影響などについて、CO₂排出量など環境への影響も含め定量的評価を行なっている。

また、鉄道の運転状況を模擬することができる鉄道安全性評価シミュレータ（図2）により、運転状況記録装置から得られる実運行データおよび路線線形、運行ダイヤに関する情報をもとにインシデント事象を抽出し、安全運行に役立てるための研究を進めることとしている。



図2 鉄道安全性評価シミュレータ

(3) 地方鉄道の維持・活性化に関する研究

地方鉄道の維持・活性化を目的として、センサ技術、モニタリング技術といった新技術や汎用技術を利用し、また、GPS、汎用無線等の通信技術を組み合わせ、プローブ車両の開発や画像解析による予防保全支援システムの開発等を行い、地方鉄道の保守負担軽減、省コスト化に資する研究を行なっている。

画像解析による予防保全支援システム（図3）は、車載の画像センサの映像をもとに、地上信号機の現示状態や踏切遮断機の動作状態などを画像解析により確認し、予防保全に役立てることを目的としている。GPS を用いて画像中における信号機や踏切遮断機の位置を算出することにより、画像解析の処理負荷を大幅に軽減し、リアルタイム性を確保している。得られたデータを蓄積していくことにより、人間では気づきにくい経年変化を明らかにすることができ、予防保全

に適用できるものと考えている。



図3 予防保全支援システムの画像解析例（踏切）

2. 2 国際標準化への貢献と適合性評価（認証）

欧州では、鉄道技術の輸出を国家戦略と位置づけ、国際標準化により、自国の技術を積極的に展開している。また、多くの国が CO₂ 排出量の少ない鉄道に注目し、国家プロジェクトとして鉄道整備を検討・推進している。我が国も国家戦略として国際標準化に積極的に関わることが重要である。このような背景から、交通システム研究領域では、日本の優れた鉄道技術や交通安全環境研究所の知見・経験を国際規格に反映させるため、国際標準化活動に積極的に参画している。

また、日本の鉄道システムを海外へ展開するにあたり、第三者機関から国際規格等に対する適合性認証を取得することを要求されることが多くなり、海外展開のハードルの一つとなっている。現在、交通安全環境研究所では、鉄道技術標準化調査検討会（事務局：国土交通省鉄道局、（公財）鉄道総合技術研究所）における検討結果を踏まえ、公正・中立の立場から、鉄道分野における国際規格適合性認証を実施するための体制づくりを進めている。

3. 今後の展開

交通システム研究領域では、研究の重点化を図り、モーダルシフト、安全性・利便性向上、地方鉄道の維持・活性化に関する研究を中心に取組んでおり、これらの研究を通じて、公共交通システムの観点から地球環境問題への貢献を進めている。

これからも、交通安全環境研究所が有する台車試験設備、シミュレータといった研究資産と、安全性評価、国際規格適合性認証のような技術力を最大限活用し、交通システム技術の一端を担う立場から、国の施策を支援し、安全で豊かな国民生活に結びつく研究に積極的に取組んでいきたいと考えている。

5. 環境にやさしい交通システムの提案のためのシミュレータ

交通システム研究領域
理事

※工藤 希
水間 毅

水嶋 教文 大野 寛之 林田 守正

1. はじめに

近年、環境負荷低減をめざし様々な交通システムが開発されてきているが、導入に至る事例は少ない。その一つの理由として、導入効果がイメージしづらいことや定量化しにくいことがあげられる。そこで、交通研では、地域毎の特性を踏まえた上で、各種交通システムの導入効果を試算し、定量的なデータを示すツールとして、都市交通シミュレータを開発してきている。本稿では、バイモーダルハイブリッドシステム等の新しい交通システムの紹介とその導入効果の定量化例について報告する。

2. 研究の背景

2. 1. 地球温暖化問題

世界中の問題として、二酸化炭素などの温室効果ガスが増加しており、削減は急務である。京都議定書では、2008年から2012年までの期間中に、先進国全体の温室効果ガスの合計排出量を1990年に比べて6%の削減目標がある。

日本の2009年度までの温室効果ガス排出量は図1の通りである¹⁾。2009年度の温室効果ガスの総排出量は、12億900万トンで、京都議定書の規定による基準年の総排出量と比べると、4.1%削減された。対して、運輸部門全体は、2009年度のCO₂排出量は5.8%

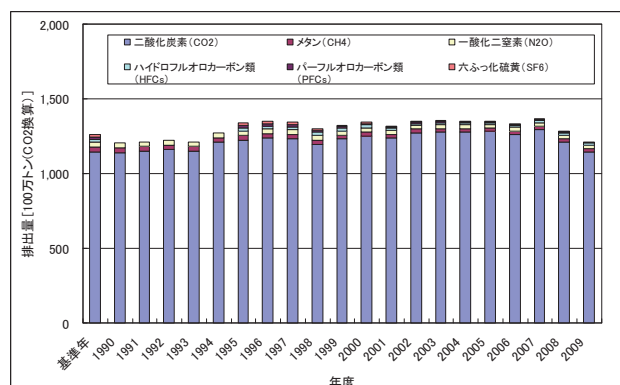


図1 日本の温室効果ガス排出量

増である。特に、旅客部門に特化して見ると、全体として約31%の増となっており、その約88%を自動車が占めている。自動車分野においても、燃費の改善や、ハイブリッド自動車、ITS、ETCの導入など様々な取組がされているが、運輸部門全体からするとその効果は限定的といわざるを得ない。そのため、CO₂排出量を減らすという目的のためには、自動車の利用を減らす、すなわち自動車から公共交通へのモーダルシフトが有効であると考えられる。

ただし、高齢化社会を迎えるにあたりドアツードアで目的地まで輸送できるメリットは重要になってくると考えられるし、地方においては、公共交通の輸送密度が低いため、自動車の方がむしろ輸送単位あたりのCO₂排出量が少ないという実態もある。

そのため、地方の都市部などある程度の需要が見込める地域においては、その需要に見合った公共交通システムを導入し、過疎地域においては自動車主体とするなどの、より細やかな計画が必要となってくる。

2. 2. 新しい交通システム

以上の状況から、地域の規模や輸送量に応じて、相応しい交通システムから選択する必要がある。また、実際に新しい交通システムが提案されてきている。

2. 2. 1. LRT (Light Rail Transit)

自動車からのモーダルシフト先となる公共交通として、注目されているのがLRTである。LRTとは、併用軌道を用いたバリアフリーな都市交通システムを軸としたまちづくりにより都市景観や環境等を向上させるもので、ストラスブール（フランス）、ボルドー（フランス）、カールスルーエ（ドイツ）など、ヨーロッパを中心に導入が進んでいる。

鉄道とバスの間程度程度の輸送力を持ち、必要に応じて専用軌道を取り入れることによって速達性と定時性を向上できることから、地方都市中心市街地のほか郊外部に至る都市圏内の輸送等に適していると考え

られる。日本国内においては、2006 年開業した富山ライトレール、2009 年に富山地铁における一部区間の LRT 化がされているにすぎない。



図2 富山ライトレール

2. 2. 2. バイモーダル交通システム

街の中心部から郊外へ、また朝夕のラッシュ時間帯とそうでない時間帯との間に輸送需要の大きな差があるような場合にその能力を発揮できると思われるのが、バイモーダル交通システムである。

日本では、実用例として、名古屋ガイドウェイバスがあるが、高架軌道を利用する等コスト面から普及に至っていない。現在は、JR 北海道で開発中の DMV と交通研を中心に開発を行っているシステムがある。後者のイメージ図を図3に示す。バス車両をベースとし、交通量の多い区間はコンクリート軌道等の専用走行路上を連結走行し、そうでない区間では一般道路上の単独走行を行うことで柔軟かつ効率の良い公共交通としての可能性を秘めている。

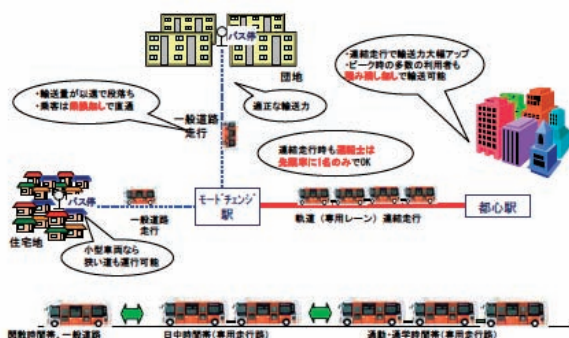


図3 バイモーダル交通システム

2. 2. 3. 超小型モビリティ

自宅から最寄りの停留所や駅への末端交通において、自家用車と比べてエネルギー効率と空間効率を高め、かつ天候に左右されない輸送機関として超小型

モビリティの検討が進められている。排気量 50cc クラスのミニカーは一人乗りであるが、送り迎えや買い物需要を考慮して二人乗りまでを考えている。衝突安全性や燃費基準等が検討課題となっており、交通安全環境研究所においてもこれらの課題への取り組みを開始した。



図4 超小型モビリティの例

3. 都市交通シミュレータ

以上のように、温室効果ガスの排出量削減の観点から、公共交通システムへのモーダルシフトは急務であり、新しい交通システムの形はいくつか提案されている。しかしながら、効果のある公共交通システムの構築には、既存の自動車交通との協調が重要であり、その地域毎の特性を考慮する必要がある。

そこで我々は、地域の特性を考慮した公共交通システム導入を検討するため、交通シミュレータにより、その地域毎の評価を行うことが重要と考え、地図情報をベースとする「都市交通シミュレータ」を開発してきた²⁾。

開発した都市交通シミュレータの概要を表 1 に示す。交差点をノード、道路をリンクとするネットワーク上を、あらかじめ目的地を持った自動車一台ずつ信号の現示に従って、予め定められた加減速度で走行し、走行速度からエネルギー消費量や二酸化炭素排出量を算出できる。これに加え、公共交通であるバスも、バス路線を定義することで、同様に走行すると共に、バス停ごとに乗降人数に応じた時間、停車し、自動車交通と衝突することなく、自動車と同じレーンを走行が可能である。

さらに、前述の LRT や鉄道なども専用軌道として定義し、時刻表と乗降人数に応じた停車時間に従って走行する。LRT やバスに関しては一般の交通信号に従う他、公共交通優先信号 (PTPS) を定義することが可能である。

表1 都市交通シミュレータの概要

	機能	設定するパラメータ
道路	交差点をノードとするネットワークを構成	シミュレーション対象領域
信号	信号に従った自動車交通の再現	サイクル長 オフセット 青矢現示にも対応
自動車	1台ずつルートを想定して走行 前方を走る自動車の速度に応じた走行 同方向多車線にも対応 旅行時間・燃費・環境負荷等の計算	発生点から消滅点までの交通OD表 車間距離 車線数 大型・小型車に分けてパラメータを設定
他交通	LRTと同時走行 バスの同時走行	路線及び車両パラメータ 路線、時刻表、バス停



図5 シミュレーション範囲

4. 都市交通シミュレータを用いた検討例

都市交通シミュレータを用いた導入事例を示す。

那覇市は、東京や大阪と同等の渋滞損失があり、バス路線は多いものの専用レーン等の施策が行われていないため、渋滞による影響が大きい。また、軌道系交通としては、ゆいレールがあるのみである。

そこで、那覇市から郊外への国道沿いにLRTを敷設することを検討し、シミュレーションを行った。都市内（那覇市内）は、県内の主要施設が集中し、観光地でもあることから慢性的に人が多くにぎわっているため、路面電車のように低速で電停間の距離を近くし、高頻度に運行することが望ましい。しかし、少し郊外に出ると、県道を多くの自動車が走行しており、路面電車のような低速な車両では、自動車交通との旅行時間に違いがありすぎ、利用者にとって便利なシステムとはならない。

そこで、都市内は路面電車のように走行し、郊外に出るといわゆる鉄道と同じように走行させるシステムであれば、自動車と同等の速達性を確保した上で自動車よりも定時性を上げることができると考える。

以上をふまえ、シミュレータを用いてケーススタディを行った。ケーススタディの範囲を図5に、シミュレーション条件を表2示す。那覇市内のモノレールの駅との結節を考え、モノレールの旭橋駅から、片側3車線以上の広い道路の中心部分に軌道を敷く。那覇市内は路面電車として、電停間隔を500m以下とし、郊外は2~3kmとする。

シミュレーション結果を図6、7に示す。図6は、現状とLRTを導入した場合の、1時間のシミュレーションでのCO₂排出量である。1時間に同じ人数のトリップがある場合、自動車に比べ、そもそもCO₂排出量

表2 シミュレーション条件

路線	旭橋—宜野湾市
交通 OD	交通センサスを利用
交通信号	LRTに対してはPTPSを適用
計算時間	1h（ラッシュ時間帯を想定）

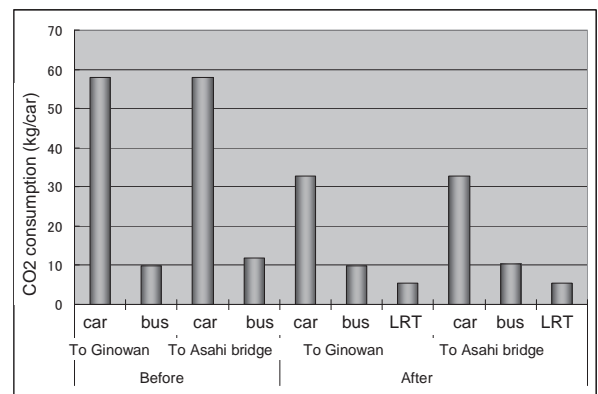


図6 シミュレーション結果(二酸化炭素排出量)

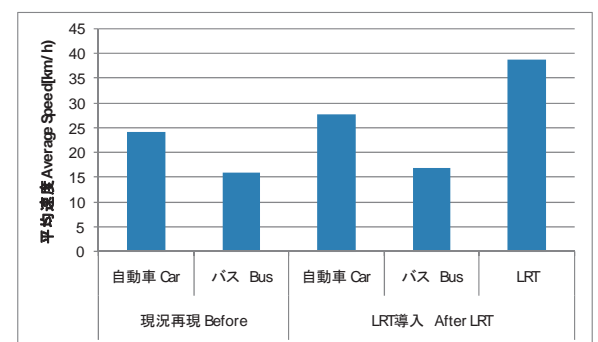


図7 シミュレーション結果(平均速度)

が少なく、かつ定員の多い公共交通に多くの人に乗った結果、全体のCO₂排出量が少なくなることがわかる。

また、図7では、平均速度を比較した。現状では、自動車もバスも20km/h前後の速度であった。しかし今回、郊外では高速(70km/h程度)走行をするLRTを導入することで、LRTは平均速度が約35km/hとなっ

ただだけでなく、自動車からLRTへの転換による自動車走行台数の減少により、道路交通の渋滞も減少したために平均速度が向上する結果となった。したがって、既存の自動車交通に路面電車を導入すると、却って渋滞が伸びるといった懸念に対しては、LRT化させることにより、各交通機関とも平均速度が大きくなることが定量的に示すことができた。ただし、LRT導入により、自動車からLRTに転換する割合については、今後とも精査をする必要がある。現在は、AHPにより、地域特性を考慮した需要特性の変化（自動車からのモダリティシフト量）に関する計算を行っている。

5. 新しい交通システムへの対応

バイモーダルハイブリッド、超小型モビリティという新しい概念の交通システムについて、走行だけでなく、環境負荷や乗り換えを含めた旅行時間などの複数の視点からのシミュレーションすることが必要である。そのため、本シミュレータにこれらの交通システムを模擬できる機能を付加した。図8に、バイモーダルシステムの導入機能を、図9に、超小型モビリティの導入画面例を示す。バイモーダル交通システムでは、ターミナル駅で連結していた車両は分離し別々の時刻表と行き先をもって走行する。逆に複数のルートからのバスをターミナル駅において連結し、一つのバスとして走行させる。また、超小型モビリティの対応のため、これまでバス、普通自動車（乗用車）、大型自動車（トラック等）の3車種を再現していたところに、車両長、重さ、加速性能等が異なる新しい車種を定義する。速度制限や、走行可能レーン等の超小型モビリティ特有の条件については、今後対応していく予定である。

これにより、既存の交通システムの他、これらの新しい交通システムの導入効果を環境面や利便性の面から定量的に示し、地域毎の効果的な交通システム導入の検討に利用していく。

6. おわりに

低炭素社会に向けて、交通分野の取り組みとして、自動車から公共交通システムへのモダリティシフトは不可欠である。自動車のCO₂排出量の割合は大きいものの、輸送量の見込めない地域によっては、既存の公共交通システムを導入すると、逆にCO₂負荷が大きくなる可能性もある。そのような中、交通システムは、バス、LRT、鉄道など様々な選択肢があり、その地域によって合ったものを導入することが望ましい。

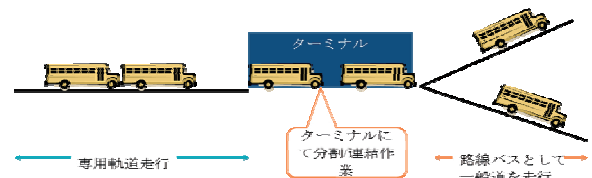


図8 バイモーダル交通システムの仕様イメージ

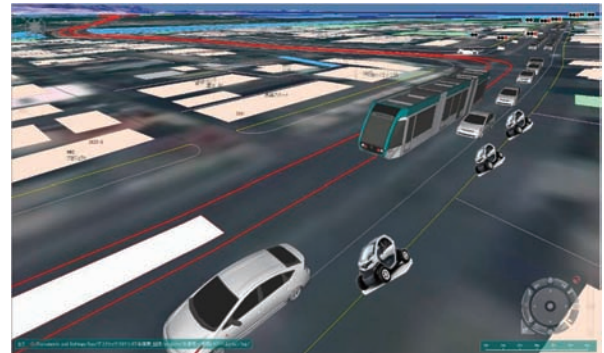


図9 超小型モビリティ走行イメージ

そこで我々は、都市交通シミュレータを開発し、LRTに限らずあらゆる都市交通システム、パークアンドライド、優先信号等の施策を模擬できる環境を整えた。

ケーススタディでは、都市内は路面電車として、郊外を鉄道として走行するLRTシステムを提案し、シミュレーションを実施した結果、導入により、現在の自動車交通を阻害することなく、利用者の速達性、定時性ともに向上する可能性があることが示された。

また、現在開発中の交通システムとして、バイモーダル交通システムや、超小型モビリティについて、シミュレータ上で再現できるよう改良を行い、今後、各交通システムの導入評価に生かしていく。

今後は、本ツールのさらなる精度向上を目指すと共に、利便性について、頻度、アクセス性等幅広い評価項目を採り入れていき、利便性、アクセス性によるモダリティシフトの効果についても、定量的に評価できるようにしていく。また、これを用いて他の交通システムや他の地域についても積極的に公共交通導入の提案していきたい。

参考文献

- 1) 温室効果ガスインベントリオフィス, "日本の温室効果ガス排出量データ (1990~2009 年度) 確定値", (2011), Greenhouse Gas Inventory Office of Japan: "The GHGs Emissions Data of Japan (FY 1990-2009)", (2011)
- 2) NEDO 成果報告書, "LRV (次世代路面電車) 導入による運輸部門の総合的省エネルギー対策技術の研究開発", (2007)

6. バスを基本とする連結・分離可能なバイモーダル交通システムの開発

交通システム研究領域 ※林田 守正 竹内 俊裕 長谷川 智紀 工藤 希 森 裕貴
 日岐 喜治 佐藤 安弘 大野 寛之
 理事 水間 毅

1. はじめに

省エネルギー、環境負荷低減や公共交通活性化の観点から、輸送需要が少ない路線にも適する、低コストでフレキシブルな中量輸送機関が必要とされる。そこでバスを基本とし、専用路の連結走行と一般路の個別走行が可能な「バイモーダル交通システム」の開発を実施している。本発表ではバリアフリー低床車両、光学的非接触案内、連結・分離運行管理等に関する技術検討および実車実験による機能検証の結果を報告する。また導入地域の実状に沿ったシステム仕様の最適化と、導入効果の評価手法について述べる。

2. バイモーダル交通システム の概念

本報告では、バス車両を基本とし、コンクリート軌道等の専用走行路上の連結走行と一般道路上の単独走行の機能を有する中量輸送システムを「バイモーダル交通システム」(以下「BMT:Bi-Modal Transportation System」という。)と定義する。専用走行路においては、非接触式の誘導自動操舵によりレール不要、防護側壁省略による道路交通との共存、車両間の確実な機械連結等が特長である。また電動車両とした場合も架線が不要である。そのような BMT システムの技術要素を図 1 に示す。

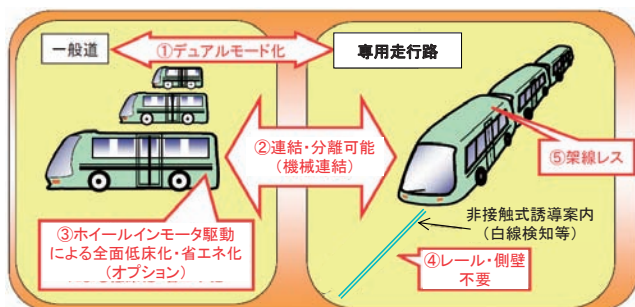


図 1 バイモーダル交通システム の概念

また BMT の地域導入のイメージを図 2 に示す。都市

の中心から郊外に向けて、まとまった輸送需要がある区間を専用走向路上の連結走行、それ以遠を一般道路上のバスとしての単独走行と想定した。

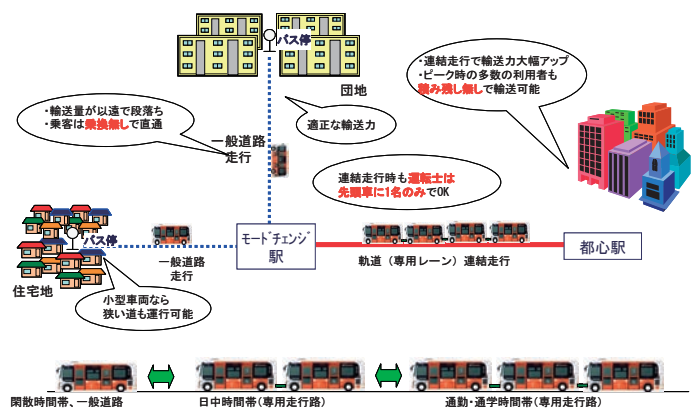


図 2 BMT システムの地域導入のイメージ

3. 検討・試作を行った技術項目

平成 16~17 年度に、(独) NEDO 技術開発機構殿の補助事業として、車両メーカ、電機メーカ等と共に、BMT システムの先行的な研究開発を行い、プロトタイプを試作した⁽¹⁾。この先行モデルにおいて、実用化に向けた課題として残った以下の項目を、新たに平成 20 年度から国土交通省総合政策局受託事業として開始した本研究における技術課題として掲げた。

3. 1. バリアフリーの低床車両の試作

車両間連結・誘導操舵技術をバリアフリーの低床車両で検証するため、新たに小型ノンステップバス (現在生産中止) をベースとした実験車両 (先頭車、次位車の 2 両) を試作した。その外観とベース車両からの主な改造点を図 3 に示す。改造項目は、後輪アクスルの交換による 4 輪操舵化、後述する非接触車両誘導による自動操舵機構と車両制御コンピュータの搭載、機械式連結器の取り付け等である。

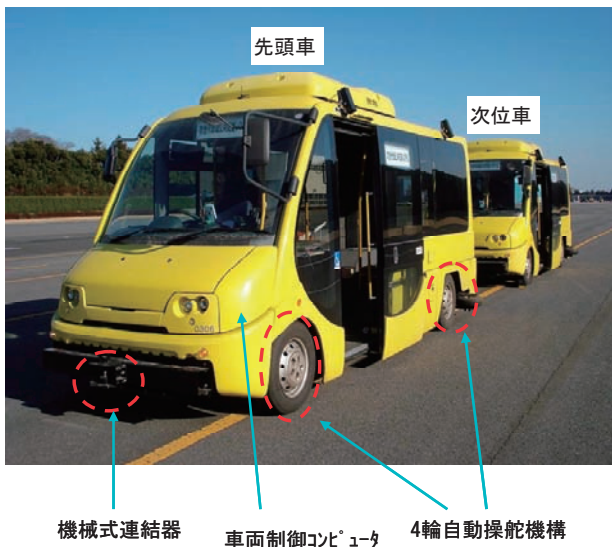


図3 低床試験車両のベース車両からの改造項目

3. 2. 光学式非接触車両誘導システム

磁気マーカ方式よりも道路施工の負担が小さく低コストで、かつ信頼性の高い非接触案内方式として、光学的な手法の採用を検討した。路側に引かれた白線を車体左側面上方（2箇所）に設置された小型 CCD カメラで観察し、画像処理を経て車両の走行路に対する幅方向の相対位置を算出し、自動操舵に反映するものである。その概要を図4に示す。このような案内制御機構を試作し、図2の試験車両に搭載した。走行中に、左路側に引かれた白線の画像データに基づいて、白線と車両との相対位置を演算し自動操舵制御コンピュータに連続出力する機能を確認した。画像処理による検出結果は画面右側の3本の線の中の中央の線として示される。



図4 光学式非接触車両誘導システムの機能確認

3. 3. 連結車両間同調機構

図2の2両の試験車両の連結状態の走行におけるブレーキ動作を同調させる機構を試作した。同調制御のブロック図を図5に示す。先頭車の運転士がブレーキペダルを踏むことにより発生するブレーキ油圧を電気信号として検出し、自車（先頭車）の車両制御コンピュータに出力する。先頭車の車両制御コンピュータにおいて、入力されたブレーキ油圧信号に相当するブレーキペダルストロークを演算し、ブレーキペダル操作指令信号を生成して、次位車のペダル自動操作電動アクチュエータに出力して、次位車上に先頭車と同等のブレーキ油圧を発生させることとした。上記の制御を可能とするために必要な先頭車/次位車上および車両間引通しの電気配線作業を行った。また車両間の引き通し線は、車両の連結・分離に短時間で簡単に対応できるように、連結器直上等でコネクタにより分割できる構造とすることとした。次位車のペダルをアクチュエータで自動操作する機構の外観を図6に示す。

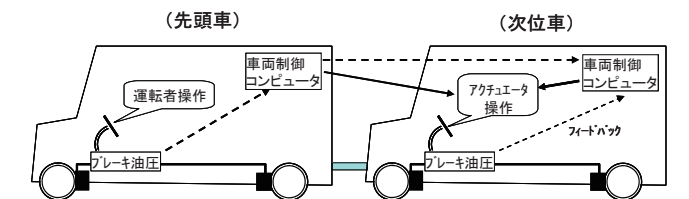


図5 ブレーキ同調制御のブロック図

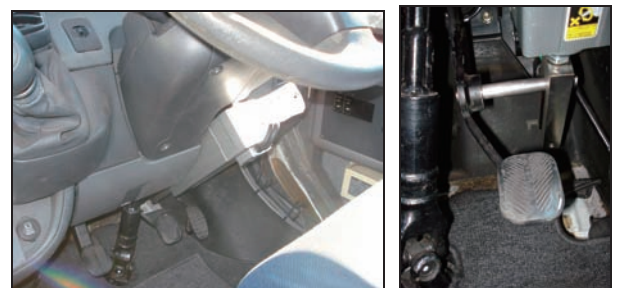


図6 次位車のブレーキペダル自動操作機構

3. 4. 連結・分離を支援する運行管理システム

GPS 等を活用して複数車両の位置を正確に検知し、モード転換駅での円滑な連結・分離を支援する運行管理システムを基本設計した。各車両から管理センターへは運行モード、車両位置や到着予想時刻等を送信し、センターから車両へは連結・分離や出発等の指示を送信する。情報伝送には、公衆回線とインターネットを仮想的な LAN として利用することを想定するが、試作したシステムでは特定小電力無線で代用した。各車両の位置表示と運転士への指示を行なう運行管理表示画面を図7に、また車上で運転士が地上からの指示を視

認する表示器を図8に示す。

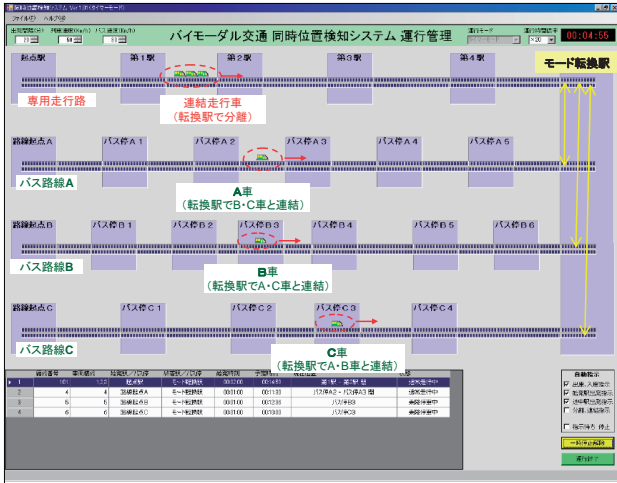


図7 試作した運行管理システム表示画面



図8 試作した運転士指示表示器

3. 4. その他の技術要素

前述の光学式車両誘導システムや自動操舵機構の故障による車両の走行路からの逸脱を防止するための、簡素で信頼性が高い方式を考察した。故障発生確率の最小化およびフェイルセーフ担保の方策として、信頼性が極めて高い鉄道信号制御用コンピュータCPUの応用を検討した。また制御故障時の車両の挙動に関して、摩擦係数が高い新たな舗装設計やシミュレーション検討により、急制動時の横滑り量は許容量(70cm)以下に留まる見通しを得た。一方、電気動力方式を採用する場合の駆動モータ形式の選定や車上ハイブリッド電源装置の最適化について検討を行った。

4. 実車実験による機能検証

試作した低床試験車両2両を用いて、テストコース上において実車走行を行い、光学式車両誘導システム、連結車両間同調機構、運行管理システム等の機能を検証した。実験項目と機能評価指標は以下の通りであり、その実験状況を図9～図11に示す。

[直線走行 (約500m)]

車両と白線の相対距離の基準値からの横偏差と変動

[曲線走行 (半径約50m、直線からの移行部分付)]

曲線への追従性

[連結走行機能]

連結走行時の次位車と先頭車の挙動、軌跡の同一性

これらの実験結果の一部を図12、図13に示す。直線走行においては、PIDのパラメータ等を最適設定すれば、横偏差は許容値(±20mm)内に収まり、変動も小幅な安定した走行が可能であることを、最高40km/hの単車走行および連結走行で確認した。曲線走行においても同様の機能を確認したが、車速が高くなると追従が困難となったため、速度は15km/hとした。連結走行においては、先頭車が次位車を牽引する形態としたが、ほぼ同一軌跡上を走行し、挙動の差異や不安定さは特に見られなかった。また運行管理システムについても、実車走行において模擬的な連結・分離を再現し、運転士指示等の支援機能を確認した。



図9 連結・直線走行実験中の試験車両



図10 連結・曲線走行実験中の試験車両



図 11 光学式車両誘導システムによる自動操舵状況

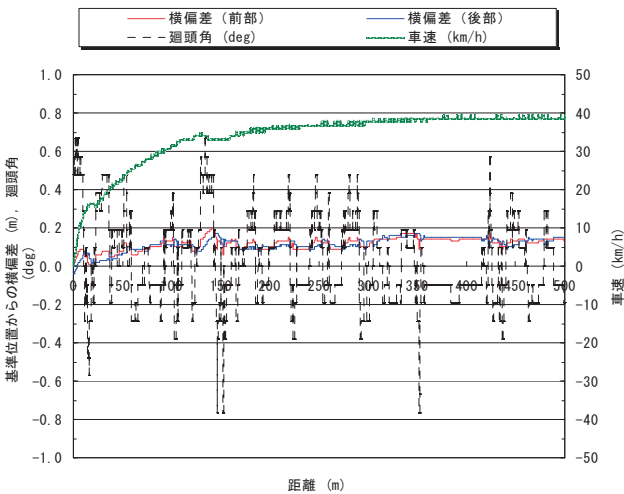


図 12 光学式車両誘導／自動操舵データ例
(直線走行・次位車)

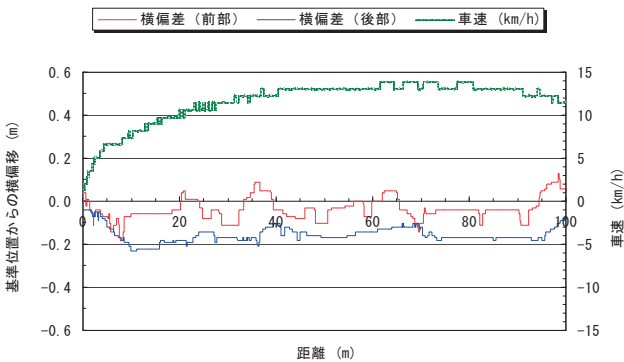


図 13 光学式車両誘導／自動操舵データ例
(曲線走行・次位車)

5. システム仕様最適化と導入効果の評価

BMT システムは、空間的、時間的な輸送量の変動が大きい中規模の都市域に適合するものと考えられる。しかしそれらの形態には幅があり、都心集中型から広域拡散型までが含まれ、また各方面の実情も多用である。従って、BMT システムとしての必要条件と十分条件を整理して、地域に合った最適化が必要と考える。必要条件は、図 1 の③以外の項目であり、十分条件として

は、運行管理システム、電気モータ駆動、自動連結／分離、3 両以上連結、4 輪自動操舵等が挙げられる。それを前提として、実在する集中型の中規模都市に、図 14 に示すような BMT システムのモデル路線を想定し、導入効果について定量的な評価を行っていく予定である。最終的な評価指標は、自家用車からの輸送転換率やエネルギー消費削減量等であるが、そのためには、BMT システム導入後の所要時間短縮や一般車両への影響等を予測する必要がある。そこで先ず、現在バスが運行されているモデル路線上の 8 箇所の主要交差点で交通量調査を行い、その結果を反映した交通流シミュレーションにより BMT を含む各車両の挙動を計算し、走行速度や渋滞状況を把握することとしている。

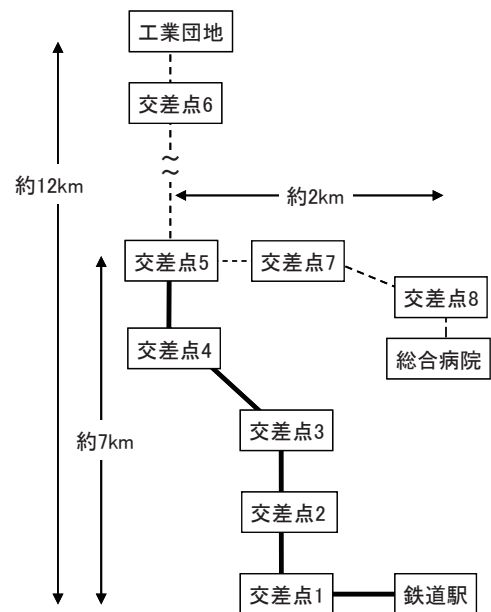


図 14 導入効果評価のために想定した BMT モデル路線
(実線・専用走行路区間 点線：一般道路区間)

6. まとめ

(1) BMT システムのバリアフリー化、光学式非接触車両誘導、連結車両間同調、運行支援管理等に関する検討、試作を行い、実車実験により機能を検証した。それにより、実用化に向けての技術的な見通しを得た。

(2) 中規模都市にモデル路線を想定し、実際の交通量等を反映した導入効果の定量的な評価を進めている。

なお、今後の展開として、本システムの適用範囲の拡大を検討していく予定である。

参考文献

1) 佐藤安弘ほか「連結・分離可能なバイモーダル・ハイブリッド交通システム開発プロジェクト」、平成 18 年度交通安全環境研究所発表会、pp. 105-108 (2006)

7. 超小型モビリティの導入に向けた国内の動向と交通研の取り組み

交通システム研究領域
環境研究領域

※水嶋 教文 大野 寛之
新国 哲也

1. はじめに

2011年3月の東日本大震災以降、各分野において省エネルギーに対する社会的要求が高まり、今後も継続して取り組むことが求められている。運輸部門においては、自家用乗用車から公共交通機関へのモーダルシフトを加速させることが省エネルギー対策として効果的であることはいうまでもない。しかしながら、公共交通機関が発達していない地方においては自家用乗用車が主たる移動手段であるため、自動車単体での抜本的な省エネルギー対策も不可欠である。

一方、国内の自家用乗用車については、平日の平均乗車人数は1.3人とされている。このため、通勤や買物等の日常用途に対しては、4~7人乗り程度の乗用車の利用を止め、1~2人乗り程度の超小型の車両を利用することが、省エネルギーの観点からもスマートな移動といえる。

本講演では、日常用途として乗用車を代替可能かつ乗車定員1~2名程度の小型・軽量車両を想定した超小型の車両(以下、「超小型モビリティ」という)に着目し、これらの導入に向けた国内の動向調査と交通安全環境研究所における検討成果について述べる。

2. 超小型モビリティの導入に向けた国内の動向

2.1. 次世代都市用超小型自動車研究検討会(平成8~11年度)とその課題

現在の道路運送車両法において乗車定員2名の自動車を当てはめた場合、軽自動車の保安基準を遵守する必要がある。そこで、平成8年度~平成11年度にかけて、当時の交通安全公害研究所と運輸省自動車交通局(現、国土交通省自動車局)は学識経験者および自動車メーカー代表から構成される「次世代都市用超小型自動車研究検討会」を設立し、超小型自動車の研究開発指針等を示した⁽¹⁾。当時のコンセプトに基づいて市販化された自動車の一例を図1に示す。これらの自動車には前述したとおり軽自動車の保安基準が適用されており、乗用車と同様の衝突安全基準も課せられてい

る。このため、約600~800kg程の車両重量を有し、4人乗り軽自動車と比較しても大きな差異がない。

図2に車両(+試験乗員2名110kg)の重量と燃費の関係を市販車両のデータに基づいて整理した。この結果から、図1に示した車両ほどの重量を有する場合、従来の軽自動車と比較して大幅な燃費の改善は見込めず省エネルギー効果はほとんどないといえる。一方、図2からは自動車の燃費は車両重量に概ね反比例することがわかり、自動車単体での抜本的な省エネルギー対策を実施するためには車両の大幅な軽量化が効果的である。例えば、車両重量を400kg程度に軽減すれば、ガソリン車でさえも40km/L程の燃費性能が得られると予測される。

以上より、省エネルギーを狙いとした超小型モビリティに求められることは、従来の乗用車からの大幅な軽量化である。そのためには、軽自動車未満の新たな車両規格を導入すると共に、その利用形態を考慮して法規を見直すことが求められる。



日産自動車(株)製 ハイパーミニ
(車両重量: 840 kg)

スズキ(株)製 ツイン
(車両重量: 570~720 kg)

図1 過去に市販化された2人乗り超小型自動車の例

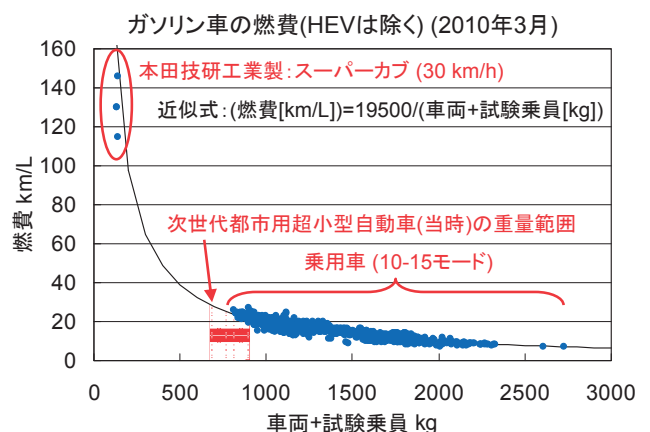


図2 市販車データに基づいた車両重量と燃費の関係

2. 2. 平成21年度以降の国土交通省の動向

軽自動車未満の新たな車両規格導入の必要性については、アンケート調査や実証実験を通じて詳細に把握する必要がある。同時に、超小型モビリティに相当する新たな車両規格を導入した際の課題についても検討を実施しなければならない。このような背景の中、国土交通省都市・地域整備局(現、都市局)および自動車交通局(現、自動車局)では、平成21年度に「電気自動車等の導入による低炭素型都市内交通空間検討調査」を実施し、超小型モビリティの普及可能性、CO₂削減効果、走行空間等を検討している⁽²⁾。なお、本調査事業においては、超小型モビリティのみならず電動バスやこれら環境対応車向けの充電施設の配置に関する検討も実施している。

本検討のうち超小型モビリティに関わる結果の一例として、超小型モビリティの普及が見込まれる交通領域を図3に、全国都市交通特性調査のデータから試算した超小型モビリティの利用率を図4に示す。例えば、1人で乗用車を利用してトリップ長10km以下を移動するケース、および65歳以上の高齢者が徒歩で

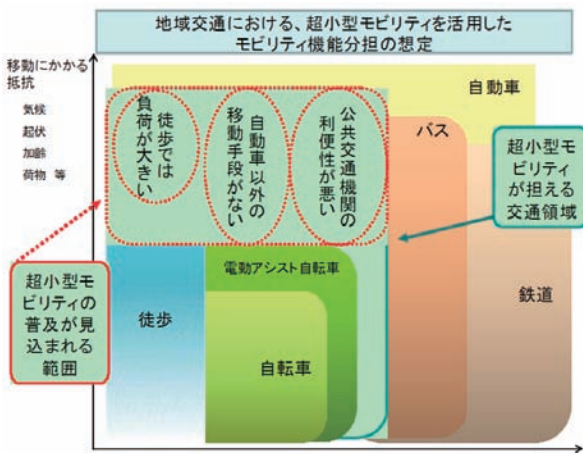


図3 超小型モビリティの普及が見込まれる交通領域 (出典：国土交通省)

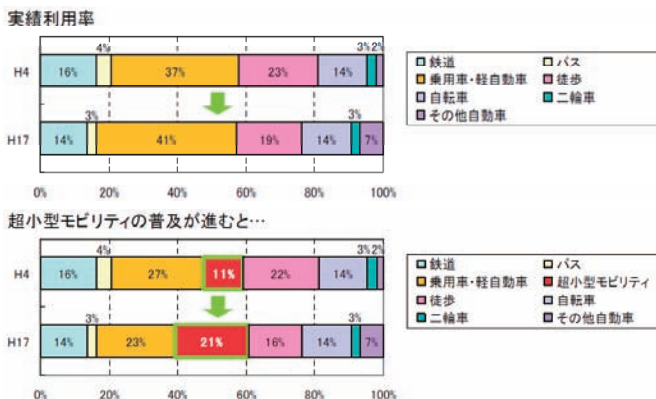


図4 交通手段別利用率の変化 (出典：国土交通省)

移動するケースを超小型モビリティでの移動に転換した場合、超小型モビリティの利用率は平成17年度のデータからは最大で21%になるという試算結果が得られている。また、平成4年度データによる試算結果と比較すると、超小型モビリティの利用率は乗用車の利用率が高い平成17年度の方がより高い値であるという結果が示されている。

同局は平成21年度の調査で得られた結果を受け、平成22年度に「超小型モビリティの利活用に関する実証実験等による調査業務」を実施し、超小型モビリティの利活用場面、車両要件の把握、および走行・駐車空間の検討を行った。図5に実証実験の実施地域と実施形態を示す。これらの地域の内、桐生市、福岡市、宗像市については主に1人乗り超小型電気自動車(ミニカー※)を、京都府については2人乗り小型電気自動車(軽自動車)を利用し、レンタル、カーシェアリング、体験走行会等により利活用場面を検証している。また、千代田区についてはオフィス街の小口配送を対象に、ミニカーおよび軽自動車タイプの電気自動車を用いた実証実験を行っている。一方、豊田市についてはパーソナルモビリティ(立ち乗りタイプ)の体験走行会を実施している。

これら実証実験の結果から、超小型モビリティの利活用場面としては個人ユーザの買物や地域活動などの移動手段、および新聞配送、宅配便等の小口配送と



図5 実証実験の実施地域および実施形態 (出典：国土交通省)

※原動機付自転車(3輪以上)：排気量50cc以下、または定格出力0.6kW以下、乗車定員1名、最高速度60km/h

しての用途などが想定され、2名程度の乗車定員、十分な原動機出力および積載量の確保といった車両要件が併せて確認された。平成23年度以降の課題としては、シミュレーション等による走りやすい走行空間の検討、およびより実際の利用に即した実証実験による導入モデルの検証等があげられる。同局は平成23年度にこれらを検討するため「超小型モビリティ等電気自動車による地域交通システムのあり方調査検討業務」を実施している。

2. 3. 地方自治体（道府県）の動向

超小型モビリティの導入には、省エネルギー対策という狙いの他に、高齢者の移動手段の確保や地域活性化といった狙いもある。このため、地方自治体では、このような車両の導入に意欲的に取り組んでいる。具体的には、福岡県知事を会長とする「高齢者にやさしい自動車開発知事連合」（35道府県知事）のもとに設立された「高齢者にやさしい自動車開発委員会」において、平成21年度から高齢者にやさしい自動車のコンセプトを検討し、国に対して新たな車両規格の創設を要請すると共に、自動車メーカーに開発を促すという活動がなされている⁽³⁾。

表1に本委員会が平成22年度時点でまとめた高齢者にやさしい自動車の仕様コンセプトを示す。本車両コンセプトは運転支援機能として、①アクセルとブレーキの踏み間違い事故を防止する機能、②出会い頭事

表1 高齢者にやさしい自動車の仕様コンセプト
(出典：高齢者にやさしい自動車開発委員会)

サイズ	○長さ 2.3 ～ 2.8 m ・運転スペースのほか荷物スペースにも配慮 ○幅 1.3 ～ 1.4 m ・横に2人が座れるスペースを確保 ○高さ 1.5 ～ 1.6 m ・高齢者があまり腰を曲げないで乗り降りができる高さ
定員	2名
最高速度	60 km/h 以下 ・生活道路および一般道路は走行可。 ・高速道路は走行不可
航続距離	60 km 程度 ・エネルギー使用の多いヒータ使用時でも航続距離30 km 程度を確保
車両重量	700 kg 以下
燃料の種類	電気(バッテリー) ・家庭用電源でも充電可
最高出力	10 kW ～ 20 kW ・混合交通下でスムーズな運転ができる加速性能を確保 ・山間部における十分な登坂性能を確保

故を防止する機能、③右折時の事故を防止する機能、④追突事故を防止する機能、⑤知覚機能を補助する機能、⑥体力・筋骨格系機能を補助する機能、⑦情報処理機能を補助する機能を盛り込んでいる。また、主な特徴は、乗車定員2名かつ最高速度60 km以下(高速道路は走行不可)という点であり、狭い道路でも小回りの利く操作性のよい車両を念頭に置いている。参考として、本委員会がコンテストで応募し、最優秀作品に選定した車体デザインを図6に紹介する。なお、本車両コンセプトは、各道府県の約1万人の高齢者を対象に実施した大規模なアンケート調査の結果および高齢者の運転特性に基づいてまとめられている。

アンケート調査の結果では、購入する際の希望価格帯も示されており、約50%の回答者が100万円以下(軽自動車以下)の価格帯を望んでいることが明らかとなった。上記で示した機能には技術・コスト的に現時点では困難なものも含まれるが、本車両コンセプトは、実際の高齢者が求める理想の自動車として具現化された一つの大きな成果であり、国や自動車メーカーへの提言といった今後の活動が注目される。

なお、平成23年度においては2人乗り小型車に対する実証実験を、前述の国土交通省のプロジェクトとして福岡県内で実施する予定である。

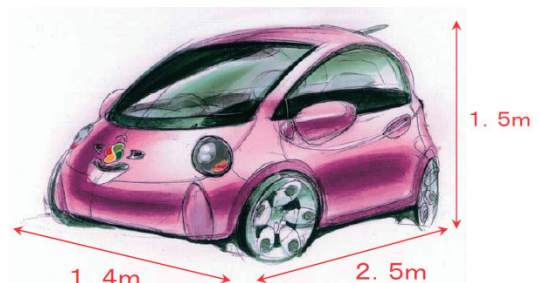


図6 高齢者にやさしい自動車デザイン最優秀作品
(出典：高齢者にやさしい自動車開発委員会、
デザイン：花岡大輔氏)

2. 4. その他、大学等の動向

慶応義塾大学のグループでは文部科学省からの委託を受け、コミュニティ科学、モビリティ科学、人間調和科学を融合することで、図7に示すような子供から高齢者までの全ての人が自由かつ安全に移動でき、交流が容易で暮らしやすい創造的・文化的な社会(コ・モビリティ社会)を創成することを狙いとした研究を実施している⁽⁴⁾。同大学は、平成19年度にコ・モビリティ研究センターを設立し、複数の企業および自治体との共同研究を実施し、社会実証実験も行っている。

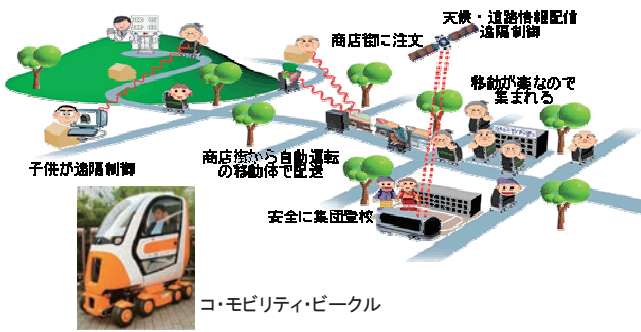


図7 慶応義塾大学が提案するコ・モビリティ社会 (出典：慶應義塾大学コ・モビリティ研究センター)

香川大学のグループでは、国際交通安全学会の研究プロジェクトとして平成20年度から「超高齢化都市に要求される移動の質とスローモビリティに関する研究」を実施し、道路交通インフラの観点から実証実験を行っている⁽⁵⁾。具体的には、高松市の中心市街地に設置された自転車走行指導帯を利用し、スローモビリティ(一人乗り超小型電気自動車)の走りやすさ、安全性、他のモビリティとの共存性を確認している。この結果、図8に示す道路ダイエツト(自動車の一方通行化によるスローモビリティ用走行指導帯の設置)と組合せると、安全性を確保した上での他のモビリティとの共存が可能であることが示されている。

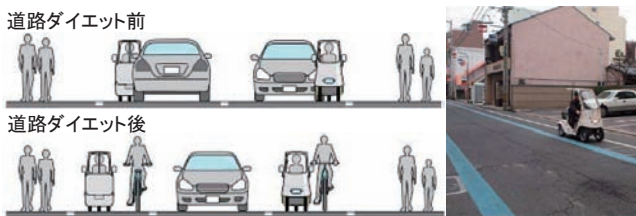


図8 道路ダイエツト前後の他のモビリティとの共存 (出典：香川大学土井研究室)

以上、超小型モビリティに関連する代表的な実証研究例を紹介したが、この他にも超小型電気自動車に係る研究は多くの大学等で実施されている。今後、行政は大学等が実施しているこれらの研究の成果を踏まえ、施策に反映させる必要がある。

3. 交通安全環境研究所における検討成果

3.1. 検討の背景

前述のように、交通安全環境研究所は国が設置する委員会への参加等を通じて超小型モビリティ像を明確化する取り組みを行うとともに、将来の普及を見据え、試験法などの法整備に必要となる技術的な検討を開始している。以下にその概要を説明する。求められる超小型モビリティの姿をまとめると最大で乗車定

員2名かつ高速道路を利用しない近距離の移動手段ということが浮き彫りとなった。これらを満足するには、①既存の法規で定められている車両区分を見直す、②軽自動車の保安基準を満たした2人乗り車両を導入する、という2通りの方法が考えられる。しかしながら、②に関しては2.1.節で述べたとおり車両重量の軽減が困難であり、省エネルギー対策としての意義が薄れてしまう。

そこで、①による超小型モビリティ導入のための基礎検討として、2人乗り超小型モビリティに必要な原動機の出力要件、およびこれらの省エネルギー・環境負荷低減効果を解析した。

3.2. 解析方法

解析は、以下に示す車両の運動方程式を解くことにより実施した。図9に斜面での力の釣り合いを示す。

自動車の走行に必要な駆動出力 P [W]は

$$P = F \cdot dx/dt = F \cdot V \quad (1)$$

で表される。ここで、

$$F = R_r + R_l + R_s + R_a \quad (\text{駆動力[N]})$$

$$R_r = \mu_r \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (\text{転がり抵抗[N]})$$

$$R_l = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A \cdot V^2 \quad (\text{空気抵抗[N]})$$

$$R_s = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (\text{登坂抵抗[N]})$$

$$R_a = (m + \Delta m) \cdot \alpha \quad (\text{加速抵抗[N]})$$

V は車速[km/h]、 μ_r は転がり抵抗係数、 m は車両重量[kg]、 g は重力加速度[m/s²]、 θ は勾配[rad]、 ρ は空気の密度[kg/m³]、 C_d は空気抵抗係数、 A は車両前面投影面積[m²]、 Δm は回転部分相当重量[kg]である。

式(1)で得られた駆動出力から次式を解くことで、必要な原動機の出力 P_p [W]を算出した。

$$P_p = P/\eta_d \quad (P > 0) \quad P_p = 0 \quad (P \leq 0) \quad (2)$$

ここで、 η_d は車両の駆動系機械効率である。

さらに、次式により車両の燃量消費率 FC [km/L]あ

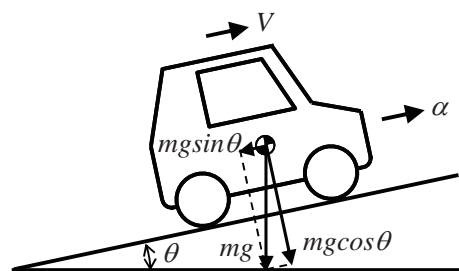


図9 斜面での力の釣り合い

るいは電力量消費率 EC [km/kWh]を算出した。

$$FC = \frac{D}{W_p / (\eta_{th} \cdot d_{ge})} \quad (3)$$

$$EC = \frac{D}{W_p / \eta_m - E_r} \times 3.6 \times 10^5 \quad (4)$$

ここで $W_p = \int_{t=0}^T P_p dt$ (原動機の総仕事量[J])

$E_r = \eta_r \cdot \int_{t=0}^T P dt$ (総回生エネルギー[J])

D は総走行距離[km]、 η_{th} は平均エンジン熱効率、 d_{ge} はガソリンのエネルギー密度[J/L]、 η_m は平均モータ効率、 η_r は減速時の平均エネルギー回収効率である。

なお、本検討においては $\mu_r = 0.0084$ 、 $C_d = 0.39$ 、 $\eta_{th} = 0.20$ 、 $\eta_m = 0.90$ 、 $\eta_r = 0.45$ と一定で計算を実施した。

解析条件としては、表2に示す3通りの走行を想定して解析を実施した。図10に条件Aにおける走行パターンを示す。条件Aでは高速を除く一般的な走行を、条件Bでは坂道におけるスムーズな発進を、条件Cでは急勾配において立ち往生しない条件を想定した。環境負荷の解析は条件Aのみで実施した。

解析で仮定した車両は、1人乗りおよび2人乗りの超小型モビリティと4人乗り軽自動車である。各車両の重量については、市販されている類似車両を参考に決定した。具体的には、ガソリン車と電気自動車ではパワートレイン系(バッテリーを含む)を除いた重量を車体重量として同一と仮定し、ガソリン車に対してはエンジン等のパワートレイン系重量(車体重量の10%と仮定)を、電気自動車に対してはモータ等のパワートレイン系重量(車体重量の5%と仮定)およびバッテリー重量を車体重量に加算して決定した。

表2 解析に用いた走行条件

条件	A	B	C
モード	JC08 (1033sec 以降の高速走行除外)	加速度 2.7 km/h/s 車速 0-30 km/h	加速度 1.0 km/h/s 車速 0-10 km/h
勾配 %	0	12	30

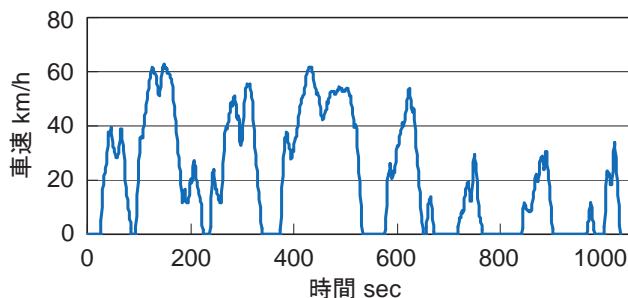


図10 条件Aの走行パターン

3. 3. 原動機出力要件の検討

図11に各種車両で算出した原動機の必要最大出力を示す。なお、1人乗り、2人乗り、4人乗りの各車両に対して4点の解析を実施しているが、これらは航続距離を0、50、100、150 kmと変更することでバッテリー搭載量を変化させたものである。また、乗員重量は1人当たり55 kgを考慮し、2人乗り以上の車両に対しては2名乗車を仮定した。この結果、原動機の最大出力は条件Bの登坂条件を走行できるよう決定することで、他の条件の走行に必要な出力も十分に得られることがわかった。また、2人乗り超小型モビリティの場合、例えば欧州で市販予定の図12に示す車両(車両重量450 kg)を想定すると、最大出力11 kW程度の原動機が必要であるといえる。これは、原動機が内燃機関の場合には、図13に示した市販車両のデータに基づくと排気量200 cc程度のものに相当する。

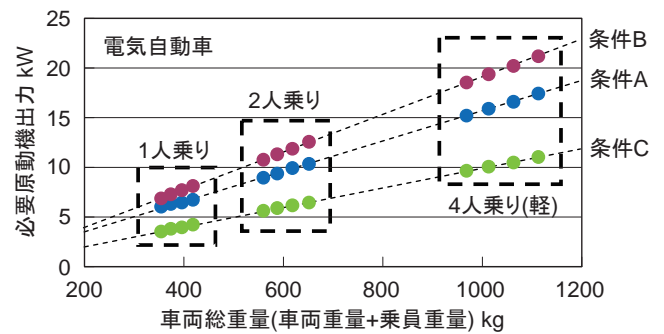


図11 車両総重量に対する必要原動機出力の解析結果



図12 欧州で市販予定の2人乗り超小型モビリティ(ルノー(仏)製: Twizy、車両重量450 kg)

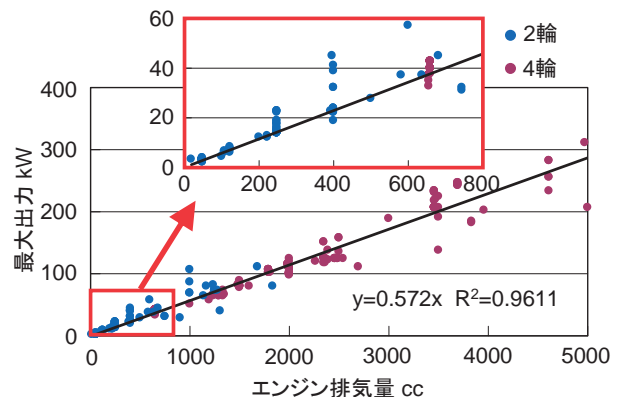


図13 エンジン排気量と最大出力の関係

3. 4. 省エネルギー・環境負荷低減効果の検討

図 14 に各種車両で算出した燃量消費率あるいは電力量消費率と各種車両による CO₂ 排出量を示す。なお、CO₂ 排出係数については、ガソリン 2.32 kg/L、電力 0.332 kg/kWh を使用した⁽⁶⁾ (電気については東京電力(株)管内を想定した。また環境大臣・経済産業大臣により公表された排出係数の調整後排出係数を使用した)。2 人乗り超小型モビリティは、1 人乗りのものと比較すると重量増により燃料消費率あるいは電力量消費率が悪化してしまうものの、4 人乗り軽自動車に対して大幅な軽量化が期待できるため、燃量消費率あるいは電力量消費率の改善が可能であることが示された。また、CO₂ 排出量に関しては、超小型化に加えて電動化することで大幅に低減でき、得られた値を乗車人員で除することで公共交通並みの CO₂ 排出量 (g/人 km) となることがわかった。これは、発電時の電源構成に原子力や水力が含まれることと、電気自動車の場合は減速時のエネルギー回生が可能になることが大きな要因である。ただし、電源構成については今後の動向に注目する必要がある。

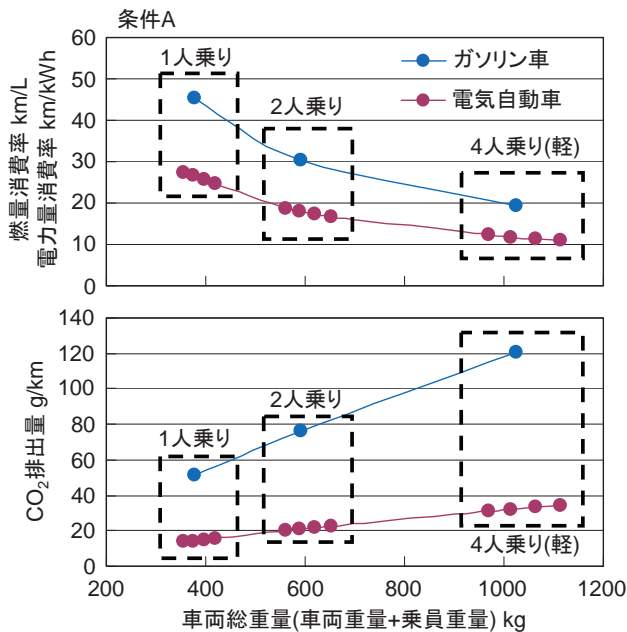


図 14 車両総重量に対する燃量消費率(電力量消費率)および CO₂ 排出量の解析結果

4. おわりに

超小型モビリティの導入に向けた国内の動向を紹介すると共に、交通安全環境研究所の取り組み成果の一部を報告した。利用者が求める超小型モビリティの要件として注目すべきは乗車定員 2 名という点であり、環境負荷の改善を狙いとしてこのような超小型モ

ビリティを導入するためには、ミニカー(50 cc)と軽自動車(660 cc)の間に新たな車両規格を設け、法改正を実施する必要がある。ただし、安全性にも配慮した導入が求められるため、どのような利活用の場面が想定されるかといった検証を行い、走行速度や道路環境等の利用実態に即した安全基準を設けなければならない。また、車両の安全基準のみならず、街づくり、ITS を含む道路インフラ等の今後の動向と併せて検討する必要がある。

一方で、車両単体での省エネルギー・環境負荷低減効果は大きいということが示されたが、超小型モビリティが導入された際に社会全体としてどの程度の省エネルギー・環境負荷改善効果が得られるか、といった定量的な議論は未だなされていない。今後、交通安全環境研究所では、交通流シミュレータを用いて走行速度の変化等による交通流や渋滞への影響を解析し、省エネルギー・環境負荷改善効果を定量的に試算する予定である。また、利便性の評価やコストに関する検討も行う予定である。さらに、これらの技術データを基に、超小型モビリティの導入を加速するための技術的支援を行政に対して実施していく。

参考文献

- (1) 「次世代都市用超小型自動車研究検討会」報告書、運輸省自動車交通局・交通安全公害研究所、平成 12 年 3 月
- (2) 「電気自動車等の導入による低炭素型都市内交通空間検討調査(その 3)」報告書、国土交通省都市・地域整備局 都市計画課、平成 22 年 3 月
- (3) 「高齢者にやさしい自動車開発委員会」報告書、高齢者にやさしい自動車開発委員会、平成 23 年 2 月
- (4) 慶應義塾大学コ・モビリティ研究センター ホームページ、<http://co-mobility.com/>
- (5) 土井、他、超高齢化都市に要求される移動の質とスローモビリティに関する研究、国際交通安全学会 平成 22 年度研究調査報告会資料、平成 23 年 4 月
- (6) 環境省、算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(平成 22 年 3 月改正後)、<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>

8. 統合的なモーダルシフトへ向けた取り組み

交通システム研究領域 ※大野 寛之 林田 守正 工藤 希 水嶋 教文

1. はじめに

地球温暖化問題をはじめとする環境問題や、渋滞、騒音、事故等の交通問題の解決手段として、モーダルシフトの推進が唱えられて久しい⁽¹⁾。しかし、国土交通省の発表による最近の20年余りの輸送機関別輸送分担率の推移⁽²⁾を見ると、自動車の分担率は旅客輸送ではほぼ横ばいであり、貨物輸送に関してはモーダルシフトに逆行する状況となっている（図1）。さらに近年になっては、高速道路利用料金の大幅割引や無料化社会実験等の、自動車利用を促進するような施策が実施されている。

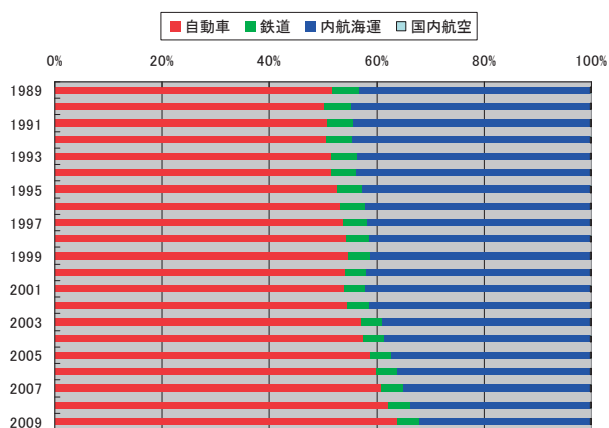
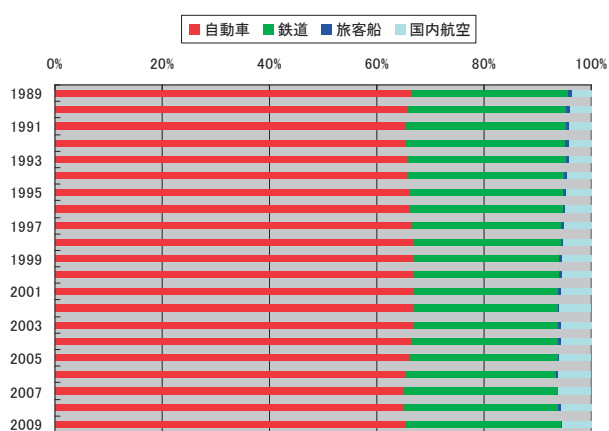


図1 輸送分担率（上:旅客人キロ，下:貨物tキロ）

交通安全環境研究所では主として旅客のモーダルシフトに焦点を当て、利便性の高い新しい公共交通に関する研究を進めてきた。これまでは個々の交通機関についての安全性や環境特性の評価を行ってきたが、モーダルシフトの促進には単体の性能向上に加えて、旅客移動全体を考慮した統合的な取り組みが重要だと考えられる。そこで本報告では統合的なモーダルシフトに向けた技術開発と今後の見通しを概説する。

2. 移動ステージと移動手段

公共交通を利用して、出発地 (Origin) から目的地 (Destination) まで移動するには、単独の移動手段のみで完結させることはほぼ不可能であり、ステージに応じて複数の移動手段を組み合わせることになる。輸送密度は末端に行くほど粗となり、それに伴って公共交通の発着頻度は低くなってしまふ。Availabilityが低くなる上に、各ステージで乗換抵抗が生じてしまうことは、公共交通の魅力低下の大きな要因と考えられる。

その一方で自動車、特に自家用自動車の利用は多くの魅力を兼ね備えている。時刻表の確認も必要なくAvailabilityは100%で、乗換ゼロのドア・トゥ・ドアの利便性を持ち、着席率も100%である。加えて、冷暖房完備のプライベートスペースを確保できるので、好きな音楽を大音量で聴くこともできれば、子どもが騒いでも周囲に気兼ねする必要がない。カーナビケーションは丁寧に案内してくれる上に、仮に道を間違えてもすぐにリカバー情報を与えてくれる。これだけの魅力を備えた自動車から公共交通へのシフトを促すことは容易なものとは考えられず、事実、図1に見られる通りモーダルシフトは進んでいない。

公共交通利用の際の移動ステージを考えると、自宅から公共交通乗り場までの末端交通、地域公共交通、

地方公共交通、幹線公共交通とがあり、目的地へ向けて再び各ステージを降りていくことになる。各ステージの間には、物理的あるいは運賃・案内等のソフト的な段差（＝乗換抵抗）が存在している。また、移動手段も各ステージに応じて要求される輸送力・輸送頻度が異なるため、単一の手段では対応できず、ここでも段差が発生する。

モーダルシフト推進にはこれらの段差（＝乗換抵抗）をいかに低下させるかが重要であり、また、各ステージで用いる移動手段の快適性を高め、魅力あるものにするかが重要だと考えられる。

3. ステージ別輸送機関の改良・開発状況

3. 1. 末端交通

自宅から最寄りの停留所や駅への移動手段は、徒歩、自転車、バイク、自家用車が挙げられる。公共交通に乏しい地方駅の近隣に、駐車場が整備されている例も多くあり、末端交通としての自家用車利用も相当量あるものと思われるが、1～2人程度の乗車人員で自家用車を用いることはエネルギー効率を考えると望ましいものではない。また、駐車場を整備するも空間効率を考えると無駄が多い。エネルギー効率や空間効率に優れた自転車やバイクは荒天時には利用率が下がるで見られ、雨の日になるとふだんは空いているバス停に行列ができる光景は珍しいものではない。

自家用車と比べてエネルギー効率と空間効率とを高め、しかもある程度の耐候性を持つ輸送機関として超小型モビリティの検討・開発が進められている。排気量 50cc クラスのいわゆるミニカーは一人乗りであるが、超小型モビリティは送り迎えや買い物需要を考慮して二人乗りまでを考えている。衝突安全性や燃費基準等が検討課題となっており、交通安全環境研究所に於いてもこれらの課題への取り組みを開始した。



図2 超小型モビリティの例

3. 2. 地域公共交通

3. 2. 1. パラトランジットの可能性

日本に於いてはバスとタクシーとの間を埋めるパラトランジット（普通乗用車クラスの車両を用いた乗合自動車）は、「乗合タクシー」として地方圏の一部で見られる程度である。一方、アジアに目を転じると「ジープニー」「トゥクトゥク」「テンプー」等、小型貨物自動車の荷台を客席にしたような形態のパラトランジット（図3）を数多く見ることができる。

コミュニティバスのような小型のバスを用いたとしても輸送力が過大となるような地域に於いては、パラトランジットの活用も、モーダルシフト実現に向けた選択肢の一つとして考慮する必要があるものと思われる。需要に応じたサイズの車を用いることでエネルギー効率が良くなる上に、普通自動車であれば維持費も低減される。また、細い路地にも入れることからドア・トゥ・ドアに近い運用も可能となる。定時運行の他、デマンド運行による運用効率と利便性の向上も考えられる。

こうしたことから国土交通省でも平成 20 年度から 3 ヶ年に渡り「地域のニーズに応じたバス・タクシーに係るバリアフリー車両の開発」^③ 検討会（交通安全環境研究所からも委員参加）を設置し、乗合タクシーに適した車両の標準モデルを作成した（図4）。



図3 電動オート三輪乗合自動車（ネパール）

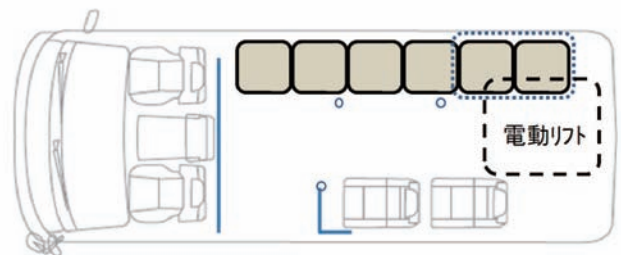


図4 乗合タクシー向けバリアフリー車両^③

3. 2. 2. バス車両の開発

バリアフリー新法の移動等円滑化基準に従い、ノンステップバスは各地で普及してきている。前述の国土交通省検討会では、新しいノンステップバスの標準化についての検討を行った。検討結果として座席の多い「郊外型」と、都市部での利用に対応する座席数の少ない「都市型」の2種類の座席配置の提案を行っている^③。しかし、この提案に於いてもエンジンおよびトランスミッション等の配置のため、後半車体の床を高くせざるを得ず、車内ステップをなくしたフルフラット車両は実現できていない。将来的には電動車両化による100%低床型車両の実用化が期待され、開発が進められている。交通安全環境研究所でも電動バスに適した非接触給電装置の開発等を進めている。

3. 2. 3. LRT

世界的に見ると、LRVを製造するメーカは大手3社に集約されており、いずれもモジュール設計により事業者ニーズに応じた車両を生産している。日本に於いても100%低床型車両が生産されるようになり本格的な普及に向けた準備は整ったと言える。しかし海外と比較して日本におけるLRTの普及は遅々として進まず、各地で計画の噂は出ているものの、富山市での導入以降は実現していないのが現状である。

これまで軌道の無かった都市への導入事例が無いことから、軌道敷設等のインフラ整備や自動車交通への影響に対して地域の抵抗があることも考えられる。インフラを軽くする方法としては、ゴムタイヤトラム(案内レールが1本あるいは光学ガイド方式)や、架線のいらぬバッテリートラムが開発されている。

交通安全環境研究所では、LRT国際ワークショップや関連会議の開催を通してLRTの普及に向けた努力を重ねるとともに、新技術の開発と安全性評価、LRT導入効果予測等を進めている。

3. 3. 幹線公共交通

この領域は主として普通鉄道と新幹線鉄道が担っており公共交通の分担率は高い。革新的な技術開発は起きにくい、関係者の不断の努力により速度や乗り心地の向上等、各種改善が行われている。また、新幹線の新規開業路線の効果についても期待は大きい。

4. 乗換抵抗の低減化

乗換に関する抵抗を低減するためには、①乗換そのものをなくす方法、②乗換を容易にする方法、の二つ

が考えられる。①については幹線鉄道に於いて、新幹線から在来線への直通運行の例があり、フリーゲージトレインの開発も進められている。また、近郊鉄道路線と都市内地下鉄の相互乗り入れもこの範疇に入る。また、異なる交通モードをまたいだ運行のできるデュアルモードシステムの開発も進んでいる。②については段差解消などの物理的対策と、案内システム等のソフト的対策とが考えられる。

4. 1. デュアルモードシステム

異なる二つの交通モードで運用可能なシステムがあれば、モード間での乗換は不要になる。観光用としては水陸両用車も実用化しているが、公共交通として広く一般化したものではない。愛知県で実用化されているガイドウェイバスも、法律上は路線バスと軌道との二つのモードを行き来しているが、外観上は路線バスが専用道を走行しているようにしか見えない。

面的な運用をしているバスの車両を、専用道あるいは専用軌道上で連結して運行すれば、バスの利便性と鉄道のような輸送力と定時運行とを実現させることができる。交通安全環境研究所では「バイモーダルシステム」として連結運行が可能なバス車両を試作し、実験を続けている。JR北海道ではバスの車体に線路を走行できる鉄車輪を備え、連結運転も可能なデュアルモードビークルの実用化に向けた開発を進めている。



図5 バイモーダルシステムのイメージ



図6 デュアルモードビークル (DMV)

4. 1. 乗換利便性向上

4. 2. 1. 施設の改善

公共交通同士の乗り継ぎ改善事例として、富山ライトレールや広島電鉄に於ける、バス停と電停の接続例が有名である。また、富山ライトレールをはじめ、地方鉄道では自転車との乗り継ぎを考慮し、駅あるいは電停に無料駐輪場を設置する例も増えてきている。海外に於いては図7に見られるように複数モードの交通機関を結節する拠点が設けられており、さらには駐車料金をLRT運賃も含まれるようなソフト上の工夫もされている。近年、日本に於いても鉄道事業者と駐車場事業者とが提携して、ICカード乗車券を用いたパークアンドライド割引制度を実施している例が出てきている。

4. 2. 2. ソフト的改善

ICカード乗車券の相互利用の拡大は、運賃支払いに伴う利用者の乗換抵抗低減に大きく寄与してきたが、JRグループ同士でも完全には相互利用ができずいまだに利用者に不便を強いている。2013年春に相互利用の拡大が計画されており利便性の向上が期待されるが、「遅きに失した」感は否めない。

また、鉄道事業者同士あるいは鉄道とバスとの間で連携して、乗り継ぎ利便性の高いダイヤ編成を行うことも、ソフト的改善策として有効であろう。

旅客案内システムについては、各交通事業者による案内も重要ではあるが、乗客の全行程をカバーすることは困難である。そこで交通事業者に替わり、ネットサービス企業による情報提供が利用されている。これらは主として携帯電話向けサービスであるが、高齢者にとって使いやすいものではなくデジタルデバインドが生じている。近年売り出されているスマートフォンは、画面が大きく直感的に操作しやすいことから、高齢者にも使いやすい新たなサービスが期待される。



図7 駐車場とバス停が集約された電停（ポルダー）

5. おわりに

本報告では技術を中心に論じてきたが、モーダルシフト推進には制度面の改善も必要であろう。近年、高速道路料金の割引や無料化社会実験等の影響で、公共交通から自家用車への逆モーダルシフトが発生している（図8）。鉄道への影響について国土交通省は、「JR各社の収入は減少傾向であるが、景気低迷や新型インフルエンザの影響等もあり、高速道路料金引下げによる影響の正確な把握は困難」⁽²⁾と分析しているが、同じ時期に高速道路の利用が増え、特に長距離利用が増加しているデータも公表されている（図9）。

貨物輸送に関しては東日本大震災後の燃料輸送で鉄道が注目された。現状の輸送力では大幅なモーダルシフトに対応することは困難で能力増強が望まれる。

モーダルシフトを推進したいのであればどうすべきか、研究開発や「社会実験」以前になすべきことがあるのは自明であろう。

参考文献

- (1)運輸政策審議会，長期展望に基づく総合的な交通政策の基本方向，1981
- (2)国土交通省ホームページ
- (3)国土交通省，地域のニーズに応じたバス・タクシーに係るバリアフリー車両の開発報告書，2011

高速バス利用者数の変化(335路線)

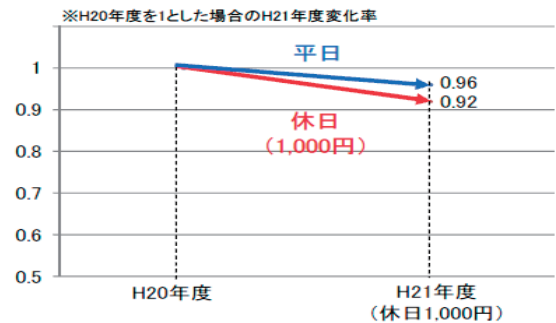


図8 高速休日 1000 円による高速バスへの影響⁽²⁾

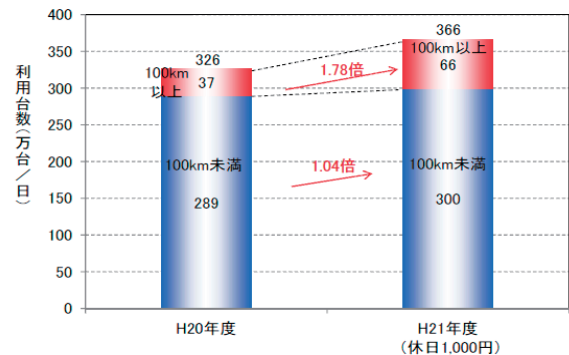


図9 高速休日 1000 円による利用台数の変化⁽²⁾

自動車安全研究領域における研究の概要と方向性

自動車安全研究領域長

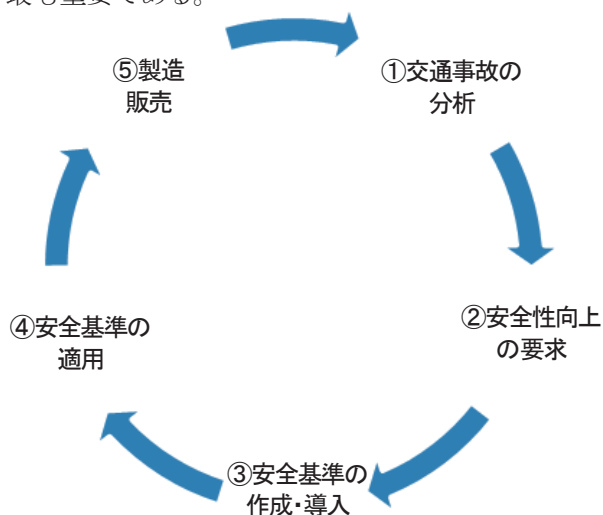
※安藤 憲一

1. 交通研の自動車安全研究

1. 1. 安全基準と評価法

交通研の最も重要な研究目的が、自動車の安全基準作成の支援である。基準の作成をとおして安全な車の普及を目指している。安全な車とは、事故を起こしにくい車、事故が発生した時に乗員や歩行者などの被害が低い車のことをいう。

安全基準は一般的に評価法と基準値で構成されるが、コアとなる安全性能の評価法(試験法)を作ることが最も重要である。



上図は、基準の導入と適用によって安全な自動車を普及させるサイクルである。①現実に発生した事故を分析し②安全性向上の要求が設定され③安全性の試験法を使って基準が作られ④基準への適合性を確認(型式認証)した上で⑤メーカーが製造販売して社会に普及する。

交通研の自動車安全研究領域は③を、また、自動車審査部は④を担っている。

1. 2. 衝突安全から予防安全へ

自動車の安全には大きく衝突安全と予防安全と2つの概念がある。衝突安全は事故が発生した場合に、乗

員や歩行者の被害をできるだけ少なくすることを目指すものである。歩行者事故での被害軽減も含まれる。また、予防安全は、様々な装置、システムによって、ドライバの運転を支援することで事故を防ぐことを目指すものである。

衝突安全については、90年代以降段階的に基準が導入された。事故分析をもとに、試験条件としての衝突形態(前面、側面など)や乗員を模擬するための人体ダミー、そして傷害指標や傷害基準を規定している。これにより、事故時の乗員の傷害リスクを確率値として定量的に評価することができ、そのリスクを一定以下にするように基準値が決められている。このような安全基準の導入以降は、車体の改善、シートベルト、エアバッグ装備等の対策によって乗員保護性能が飛躍的に向上している。

他方、予防安全については、衝突安全の評価のように考え方が確立されてはおらず、基準の作成が遅れ気味である。予防安全システムは、ドライバの運転支援、自動ブレーキなど機能が多様であり、統一的な扱いが難しい。また、ドライバの個体差が非常に大きくばらつくため、システムの技術評価だけでは安全性の効果の計量が難しくなる。

交通事故死者数は、衝突安全基準の導入で90年代から減少傾向にあったものの、近年は、衝突安全基準を反映した車両が普及した可能性もあり、減少傾向が鈍化している。今後は事故そのものを減らすこと、そのために、事故を起こしにくい、予防安全性能が優れた車を普及させることが重要である。このため、自動車安全研究領域では、予防安全性能の評価法、試験法の開発にも重点的に取り組んでいる。

2. 各研究分野の現状

以下、各研究分野の現状について概説する。なお、「」は研究のタイトルである。

2. 1. 衝突安全分野

現行基準では、乗用車の前面衝突、側面衝突に関して平均的な男性ダミーを用いてバリア衝突試験が行われているが、これからは、より多様な事故形態へ対応できるよう安全性能の向上を図る必要がある。大きな車と小さな車の衝突であるコンパティビリティ性をも考慮した、より交通事故の実態に近い条件で安全性能を評価することが重要である。また、女性や子供などより多様な乗員の保護について、「CRS 乗員の安全性に関する研究」、「チャイルドシートの側面衝突試験方法に係る調査」、「小柄な体格の乗員の安全性に関する研究」などを行っている。我が国の安全規制の対象に含まれていない「幼児専用車の安全性に関する研究」も行っている。

人体の傷害の評価指標についても改善法を研究している。頭部は人体で最も弱い部位であり、事故において死亡・重篤傷害の割合が高くなっている。評価する指標として頭部傷害基準（HIC）が長く使われているものの、導入以来40年が過ぎており、その後の医学の成果が反映されていない。このため、脳傷害のメカニズムに関する新しい知見を反映することで、ダミー試験での評価の精度・信頼性の向上が期待できる。現在、「人体組織の衝撃耐性の解明と被害軽減のための安全基準に関する研究」では、新しい頭部傷害値について、大学医学部と連携しつつ研究を進めている。

2. 2. 予防安全分野

予防安全システムの最近の技術は、センサやコンピュータを組み合わせることでインテリジェント化されており、運転支援の機能や操作を代替するものが実用化されつつある。ドライバーの目や耳の代わりにセンサを、頭による判断の代わりにコンピュータで、手足による操作を機械で行うのである。カメラやレーダーで歩行者を検知して自動的にブレーキをかけて事故を防ぐシステムも製品化されている。

研究においては、予防安全装置を評価するため、被験者を使った DS 実験、シミュレーション等を行い、効果の計量やネガティブチェック（安全上の副作用の有無確認）を行っている。

研究テーマとしては、システムに関連するものとして、「事故分析と対策の効果評価のためのシミュレーション手法の開発」で予防安全装置の効果をシミュレーションで推計している。ドライバーに関連するものと

して「次世代制動支援システムの評価に関する研究」、「ヒューマンエラーによる事故の低減のための効果的な安全運転支援システムに関する研究」、「夜間運転時におけるドライバーの視覚情報の評価と AFS 高度化に関する研究」を行っている。

また、「AEBS の認証試験に関する調査」では試験法の条件設定やツール類の研究を、「歩行者事故の防止及び被害軽減に関する研究」では歩行者事故時に被害を軽減させる装置の安全性能評価試験法の開発を目指している。

2. 3. 電気・電子技術分野

最近の自動車は、エンジンやブレーキなど多くの機能がコンピュータを使った高度なシステムによって実現されており、環境対策、燃費改善、快適性の向上等が図られている。その一方で、システムがハード、ソフトともに複雑・高度化し、かつ、ブラックボックス化しているため、安全上の問題が発生した場合、現象が極めて間欠的な事象であることが多く、早急な原因の究明や対応が難しくなっている。「自動車の電子制御の進展が安全性・信頼性に及ぼす影響に関する研究」では、ソフトウェアの変更などによる電子制御システムの性能の変化を検証する手法について研究している。

また、環境対策として今後普及が期待される EV や HEV で使われるリチウムイオン電池については安全上の懸念も指摘されている。「RESS(Rechargeable Energy Storage Systems)の安全評価研究」では、リチウムイオン電池搭載車のリスクを分析し、安全性基準について研究している。

2. 4. 点検・整備分野

近年、経済の低迷もあって自動車の買い替え期間は伸びる傾向にあり、使用過程車の車齢は増加している。この結果、設計寿命を超えて使用される車両も増加傾向にあり、長期使用による構造・装置の劣化と適切なメンテナンスを怠ったことが原因と見られる深刻な事例が報告されている。整備工場などでの点検整備記録をデータベース化し、科学的で多面的なマイクロ、マクロ分析することで、長期使用と安全リスクとの関係を分析し、適切な保守管理手法について調査している。

1. 電子制御システムの台上評価について

— ABSを事例としたケーススタディ —

自動車安全研究領域 ※伊藤 紳一郎 田中 信壽 松村 英樹 児島 亨 安藤 憲一
廣瀬 敏也 (現 国土交通省)

1. まえがき

最近の自動車は、エンジンやブレーキなど多くの機能がコンピュータを使った高度なシステムによって実現されており、安全運転支援、環境対策、燃費改善、快適性の向上等が図られている。他方で、システムが複雑化してブラックボックス化しているため、安全上の確認を実施する場合の対応が難しくなっている。

電子制御システムの安全確認手法として、従来は、試作車を使用してテストコース等において、様々な走行条件を設定して走行試験が実施されていたが、複雑化した電子制御システムの全ての条件について、走行試験により安全確認を実施することは不可能に近い。

近年では、モデルベース開発とHILS (Hardware in the Loop Simulation) 検証により設計段階あるいはシステムの試作段階でソフトウェアの大部分を検証できるようになってきているが、システムの入出力信号や作動状態の詳細情報が必要になり、電子制御システムの設計開発者でない限り、十分な検証効果が得られないのが実態である。

このため、我々は、第三者的立場で電子制御システムの検証効果を得ることを目標として、テストコース上の様々な走行状態を実験室で再現するための検討を実施している。

その一環として、最近開発された実車走行模擬装置を使用して、電子制御システムのプログラム変更による車両挙動の違いを検出することができたので、その概要を報告する。

2. 実車走行模擬装置の概要

使用した実車走行模擬装置は、図1及び図2に示すように、4個の独立した電動機とトルク計から成り、タイヤ型軸受を介して車軸に直結するものである。

車輪を外してタイヤ型軸受を取り付けることから、車輪部分に関する検証はできないが、車軸までは実車を使用することから、かなり実車に近い状態で電子制御システムの検証を実施することができると考えられる。また、通常のシャシダイナモメータと比較して、慣性質量の大きいローラがないことから、電動機のトルクを直接車軸に伝達することができるので、応答速度の速い制御が可能となっている。このため、各輪ごとに路面摩擦係数、スリップ率等を瞬時に、しかも、任意のタイミングで設定することが可能となっており、ABSやトラクションコントロールシステム等の検証に活用できるものと考えている。

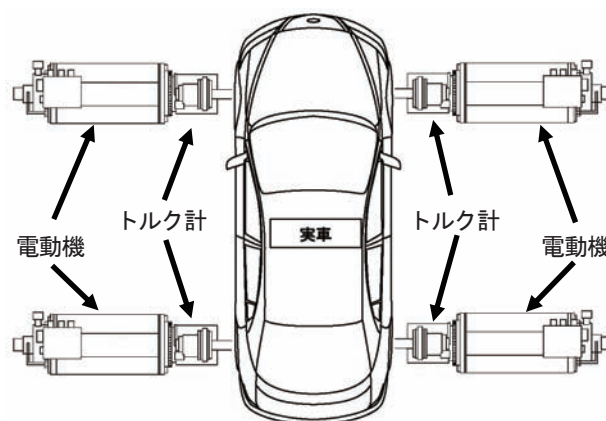


図1 実車走行模擬装置の構成



図2 実車走行模擬装置のタイヤ型軸受

3. 測定方法

3. 1. 実験車の測定条件

実験車としては、図3に示す電気式ハイブリッド自動車を使用した。

テストコースにおける測定、実車走行模擬装置による測定の共通の測定項目としては、四輪のブレーキ配管に液圧計を取り付けてブレーキ液圧を測定するとともに踏力計によりブレーキ踏力を測定した。また、駆動用蓄電池の充放電電流、2つの発電機兼用電動機の電流をクランプ式電流計で測定した。これらの他、エンジン回転数も測定した。

車両の走行条件としては、ブレーキ踏力一定で減速中にマンホール等の滑りやすい路面（以下、「低 μ 路」という。）が出現したと想定して、1mの長さの低 μ 路を設定した。

パラメータとしては、前輪が低 μ 路に突入するときの速度を20、30、40、50、60、80km/h、前輪が低 μ 路に突入するときの減速度を1、2、3、4m/s²となることを目標とし、低 μ 路突入後はブレーキ踏力を一定に保つようにした。

3. 2. テストコースにおける測定

前記の共通の測定項目に加えて、車体速度及び走行



図3 実験車の外観及び散水状況



図4 低 μ 路の設定

距離は、光学式及びGPS式の非接触車速計を使用して測定した。また、加速度計で前後方向の加速度を測定した。さらに、ABS車輪速センサから分岐してパルス信号を取り出して車輪回転数を、六分力計を右側の前後輪に取り付けて車輪にかかる力及びトルクも測定した。

測定に先立って、低 μ 路として図4に示すような1mの鉄板を敷いて散水することによりABSが作動する摩擦係数を設定するとともにそれ以外の場所では散水してもABSが作動しないことを確認した。

低 μ 路の突入時の速度及び減速度を指示された値に設定する必要があることから、専門のテストドライバーに十分な練習走行をさせてから測定を実施した。

3. 3. 実車走行模擬装置による測定

四輪トルク、四輪回転数は実車走行模擬装置のセンサ出力を記録した。また、車体加速度、車体速度、走行距離については、実車走行模擬装置内のモデルで計算する仮想の値を記録するとともに四輪摩擦係数については実車走行模擬装置で設定した値を記録した。

運転者の操作は、指示された減速度でブレーキ踏力一定で減速することのみとし、定められた速度になった時点から1mの長さの低 μ 路を通過することは実車走行模擬装置のプログラムにより自動的に設定した。低 μ 路の摩擦係数は0.1に設定した。

4. 測定結果及び考察

測定データの1例として、低 μ 路突入時の目標とした速度が30km/h、減速度が3m/s²の場合について、テストコースにおける測定結果を図6に、実車走行模擬装置による測定結果を図7に示す。これらの図では、前輪が低 μ 路に突入した時点における時刻及び走行距離を0として表示している。



図5 実車走行模擬装置による測定状況

これらの図に示すように、実車走行模擬装置による測定では、指示された速度になった時点で自動的に低 μ 路の設定をすることで、低 μ 路突入時の速度は常に指示された速度となっているが、テストコースにおける測定では、低 μ 路突入時の速度及び減速度を運転者が指示された値に合わせなければならないため、若干の誤差が発生する。このままでは、低 μ 路突入時から停止時までの停止距離を比較することができないので、低 μ 路突入速度を補正することとした。

すなわち、図6の低 μ 路突入から停止までの中間付近の減速度変化が小さい部分において、走行時間を増減させることとした。走行時間の増減量は、減速度を積分して得られる速度が低 μ 路突入時に指示された速度になるように調整した。計算誤差を抑えるため、この補正では、減速度の実測値ではなく速度を微分したものを使用した。なお、走行距離データは速度データを再積分することにより求めた。図6の測定結果から低 μ 路突入速度を30km/hに補正した結果を図8に示す。

4. 1. テストコースにおける測定結果と実車走行模擬装置による測定結果との比較

次に、テストコースにおける測定結果と実車走行模擬装置による測定結果とを比較したものを図9に示す。この図をみると、減速度については、前輪が低 μ 路に突入するまではほぼ同じ値を示している。前輪が低 μ 路に突入すると前輪がスリップするため減速度が急に0に近づき、前輪が低 μ 路から出ると減速度が急上昇する。その後、後輪が低 μ 路に突入すると前輪ほどでもないが減速度が0に近づき、後輪が低 μ 路から出ると減速度が上昇する。また、前輪が低 μ 路に突入してから後輪が低 μ 路を出てしばらくするまでABSが作動することにより減速度は複雑な振動波形を示していることがわかる。後輪が低 μ 路を出てから0.5秒程度（前輪が低 μ 路に突入して1秒程度）経過した後は、減速度が安定するものの徐々に低下して、停止時には2m/s²まで低下していることがわかる。

なお、低 μ 路を出た後はテストコースにおける測定結果の方が僅かに減速度が大きい傾向がみられ、同じ

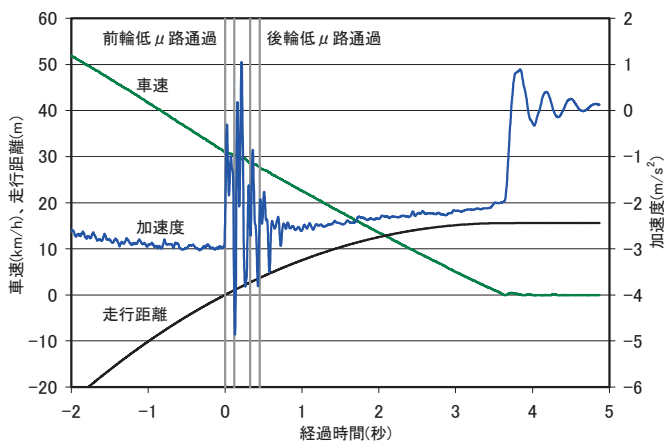


図6 測定結果 (テストコース、30km/h、3m/s²)

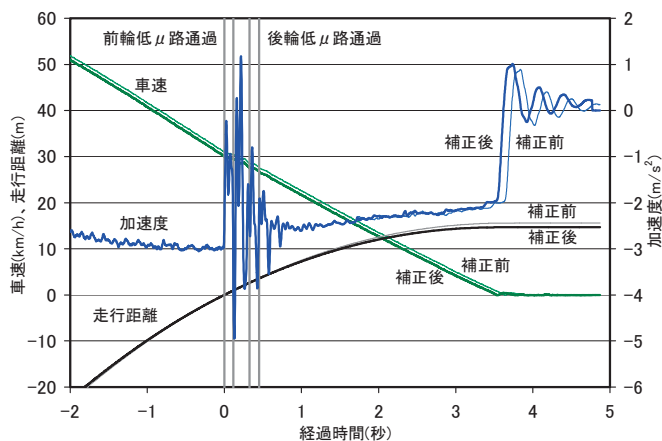


図8 補正結果 (テストコース、30km/h、3m/s²)

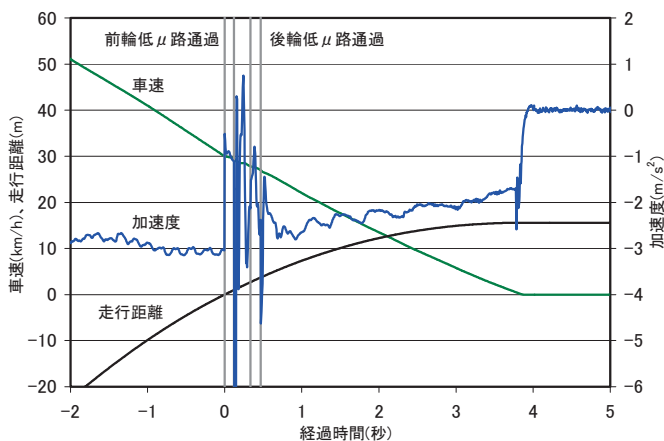


図7 測定結果 (実車走行模擬装置、30km/h、3m/s²)

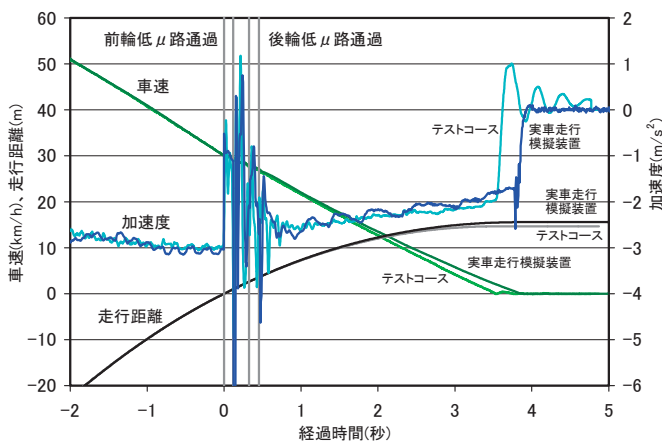


図9 テストコースと実車走行模擬装置との比較

経過時間での速度は実車走行模擬装置による測定結果の方が大きく、実車走行模擬装置による測定の方が遅く停止し、停止距離も0.9m程度長くなった。しかしながら、運転者がブレーキ踏力計を見ながらブレーキ踏力が一定になるようにブレーキ操作を行ったことから、この程度の誤差はやむを得ないと考えられ、実車走行模擬装置での走行状態とテストコースでの走行状態には再現性があるといえる。

次に、今回測定した低μ路突入時の速度及び減速度のすべての条件について、停止距離を求めたものを図10に示す。これらの測定結果の中で、テストコースでの停止距離と実車走行模擬装置での停止距離との違いが大きいものは、低μ路通過後の減速度においても相違がみられ、運転者の僅かなブレーキ操作の違いによる影響と考えられる。これらのことを考慮したうえで図10をみれば、実車走行模擬装置での走行状態とテストコースでの走行状態には停止距離に関して再現性があるといえる。

4. 2. プログラム変更前後の測定結果の比較

実車走行模擬装置を使用することによりテストコースにおける走行状態がほぼ再現できるということがわかったので、実車走行模擬装置を使用してABS制御プログラム変更前後の測定結果を比較することとした。

1例として、低μ路突入時の速度が30km/h、低μ路突入時の減速度が2m/s²の場合について、プログラム変更前の測定結果を図11に、プログラム変更後の測定結果を図12に示す。

図11では、ほぼ同じ踏力であるにもかかわらず、低μ路通過後には減速度が0.7m/s²程度でほぼ一定である。しかしながら、図12では、低μ路通過直後

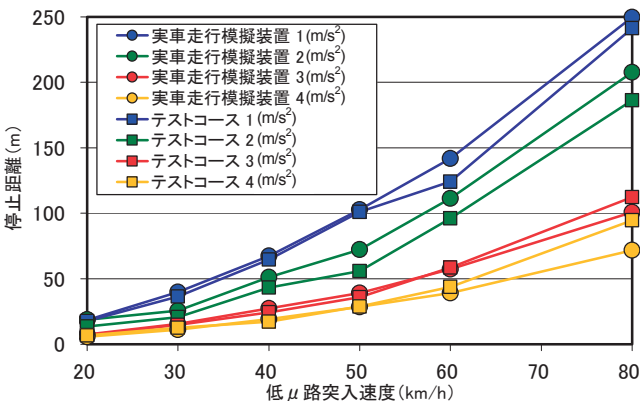


図10 停止距離の比較結果

は約2m/s²であるが、低μ路通過後約5秒間で約0.4m/s²まで減速度が徐々に低下し、その後はほぼ一定の減速度であることがわかる。

このように、制御プログラムの変更による明確な車両挙動の変化を捉えることができた。

5. あとがき

電気式ハイブリッド自動車のABSを対象として、実車走行模擬装置による走行状態とテストコースにおける走行状態との比較実験を実施したところ、今回の実験条件では、テストコースにおける走行状態を再現できることが分かった。また、ABS制御プログラム変更前後の車両挙動の違いを明確に捉えることができた。

この実車走行模擬装置を使えば、天候等にも左右されず、危険性も伴わないで、各種の走行条件を比較的容易に変えて走行実験を模擬することができることから、市場クレーム調査等に有効活用できるものと考えられる。

最後に、この実験を実施するにあたって、ご協力をいただいた関係者の皆様に感謝致します。

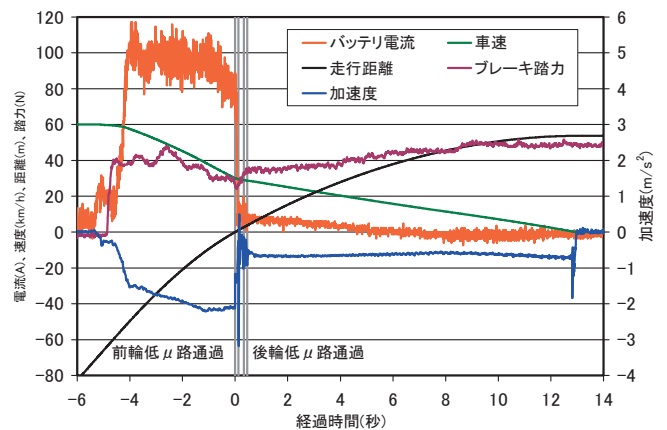


図11 プログラム変更前の測定結果例

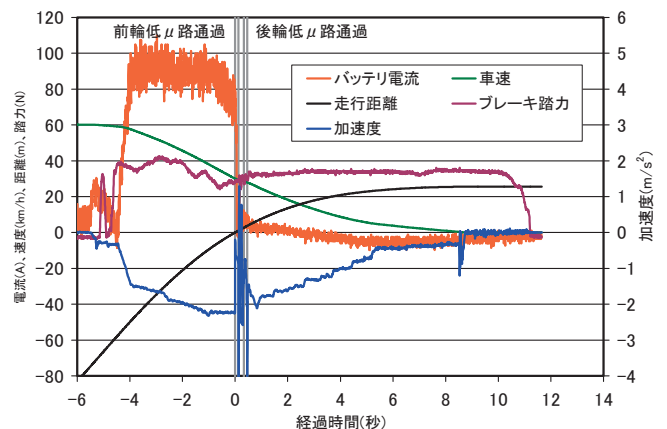


図12 プログラム変更後の測定結果例

2. 通信利用型安全運転支援システムに関する検討

— 位置精度がドライバーへ与える影響について —

自動車安全研究領域 ※児島 亨 波多野 忠 田中 信壽 廣瀬 敏也（現 国土交通省）

1. はじめに

年間約80万件という高い水準で発生し続けている交通事故を削減するための車両安全対策として、先進安全自動車（ASV）推進計画が実施されており、2006年度～2010年度にかけて実施された第4期ASV推進計画では通信利用型運転支援システムの実用化に向けた取り組みが行われた⁽¹⁾。

車車間通信を用いた安全運転支援システムにおいて、支援情報を適切にドライバーへ提供するためには自車両及び相手車両の位置情報が重要であるが、走行環境やシステム構成の違い等によって、システムが認識する位置情報に数メートル～数十メートル程度の誤差が生じる場合がある。第4期ASV推進計画で策定された通信利用型実用化システム基本設計書⁽²⁾には、2010年代前半に実用化可能な技術を用いた位置標定方法に基づく3つの位置標定クラスと測位誤差の目安が定義されている。本研究では位置情報の中に含まれる誤差（以下、「位置誤差」とする）によって想定される事象をドライビングシミュレータ（以下、「DS」とする）上で再現し、一般のドライバーへ与える影響について実験による評価を行った。

実験では上記の位置標定クラスの中で位置誤差が比較的大きいBクラス（約15m目安）及びCクラス（約30m目安）同士の車両接近までを想定し、現実起こりうるさまざまなケースをDS上で再現しドライバーに提示した。

なお、本発表は国土交通省受託調査「平成22年度通信利用型安全運転支援システムの位置精度に関する影響調査」で実施した内容についての報告である。

2. 実験の対象としたシステム

本研究では車車間通信を利用した安全運転支援システムのうち、下記①～④を対象とした。

- ①出会い頭衝突防止システム（発進待機支援）
- ②出会い頭衝突防止システム（減速・停止支援）
- ③右折時衝突防止システム
- ④左折時衝突防止システム

上記①は自車両が非優先道路を走行中、一時停止規制のある出会い頭交差点において発進待機中に、直交道路を走行する他車両の接近をドライバーに知らせるシステムである。上記②は優先／非優先が明確ではない2つの直交する道路上の出会い頭交差点（一時停止規制無し）において、直交道路を走行する他車両の接近をドライバーに知らせるシステムである。また、上記③は自車両が交差点を右折時に対向直進車両の接近をドライバーに知らせるシステムであり、上記④は自車両が交差点を左折時に後方からの2輪車の接近をドライバーに知らせるシステムである。上記のうち、①、③、④については前記のシステム基本設計書⁽¹⁾において、2010年代前半に実用化が可能なシステムとして定義されている。また、②については、第4期ASV推進計画においてコンセプト等が検討された。

上記①～③の実験では車車間通信の相手車両を乗用車とし、④の実験では2輪車とした。

3. 実験方法

3. 1. 実験参加者

実験参加者は、日常的に運転を行う20代～40代の男女とし、①及び②の実験については同一の15名（男性5名、女性10名）で実施した。また、③の実験については19名（男性10名、女性9名）、④の実験については16名（男性6名、女性10名）で実施した。

実験参加者に対し、各人が参加した実験において設定した全ての実験ケースを実施した。

3. 2. 運転タスク及び支援情報を提示するケース

実験を実施する際の運転タスクは、①は一時停止規制のある交差点を左折（相手車両は右方向から接近）、

②は一時停止規制の無い交差点を直進（相手車両は右方向から接近）、③は信号付交差点を右折（相手車両は対向方向から接近）、④は信号付交差点を左折（相手車両は後方から接近）とした。

表1に①～④の実験で実施した情報提示のケースを示す。①～④ともに、最初に位置誤差が無く、相手車両の接近に対し誤差の無いタイミングで支援情報が提示されるケースを実施した。本ケースは支援情報提示の基準となるものであることを実験参加者に告げ、位置誤差の無い支援に実験参加者が慣れることを目的に3回実施した。次に自車両と相手車両の位置誤差によって、支援情報が位置誤差0mの基準よりも早いタイミングで（相手車両がより遠くにいる時点で）提示されるケースを、位置誤差の異なる2条件（自車両と相手車両の位置誤差の合計が30m及び60m）について実施した。続いて自車両と相手車両の位置誤差によって支援情報が基準よりも遅いタイミングで（相

手車両がより近づいた時点で）提示されるケースを、位置誤差の異なる2条件（自車両と相手車両の位置誤差の合計が30m及び60m）について実施した。ここまでの各ケースについて、最初に相手車両が1台のみ接近する条件で実施し、その後に5台（車車間通信は3台目のみ）の相手車両が一定の車間時間（実験①～③は2s、実験④は0.5s）で続けて接近する条件で、同様に一連のケースを実施した。

タイミングが変化するケースを全て終了した後、例えば①の実験において、直交道路を走行する相手車両が交差点を通過した後に接近情報が提示されるケースのように、位置誤差が大きいことによって、結果的に支援情報としての価値が無く不要な支援となる（以下、「不要支援」とする）ケース及び車車間通信システムを搭載した相手車両が接近しているにも関わらず支援情報が提示されないまま相手車両が通過する（以下、「不支援」とする）ケースを、①～④のシステムごとに場面を設定し実施した。不要支援及び不支援のケースでは、いずれも相手車両は1台で行った。

相手車両の走行速度は、実験に使用した道路の制限速度に合わせ、実験①は40km/h、実験②は30km/h、実験③は50km/hとした。実験④については、直線道路を制限速度付近で走行する自車両に、相手車両が後方から徐々に接近する状況を再現するため、制限速度より5km/h高い55km/hとした。

なお、本実験においては、1つのケースを実施する間の位置誤差の値は一定とした。

3. 3. 実験に使用したHMIの仕様及び支援レベル

実験に使用したHuman Machine Interface（以下、「HMI」とする。）は、カーナビ用モニタ画面上への表示及び車室内スピーカーからの音とした。図1に実験に使用したHMIの仕様を示す。支援レベルは、支援

表1 実験を実施したケース

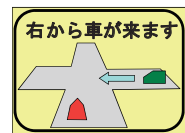
○：実験を実施

実験条件	①出会い頭衝突防止システム (発進待機支援)	②出会い頭衝突防止システム (減速・停止支援)	③右折時衝突防止システム	④左折時衝突防止システム
基準(位置誤差が無い条件で支援情報をドライバーに提示)				
誤差の無いタイミングで提示	○	○	○	○
位置誤差によって支援情報をドライバーに提示するタイミングが変化する条件				
基準よりも早いタイミング(相手車両がより遠くに存在)で提示	○	○	○	○
基準よりも遅いタイミング(相手車両がより近くに存在)で提示	○	○	○	○
位置誤差によって不要な支援情報がドライバーに提示される条件				
相手車両が交差点を通過後に支援情報が提示される	○	○		
自車両が交差点を通過後に支援情報が提示される		○		
自車両が停止線よりも数台手前で停止中に支援情報が提示される	○			
対象交差点で交差する道路と平行な別の道路を走行する車両との車車間通信により、支援情報が提示される	○		○	○*
* ④については別の道路を走行する車両に2輪車を使用				
相手車両が接近する交差点よりも1つ手前の交差点に自車両が近づいた時点で支援情報が提示される		○		
左後方から接近する相手車両(2輪車)が自車両の左横をすり抜けた後に支援情報が提示される				○
相手車両(2輪車)が自車両の左前方を走行中に支援情報が提示される				○
相手車両(2輪車)が自車両の右後方を走行中に支援情報が提示される				○
位置誤差によって支援情報がドライバーに提示されない条件				
相手車両が接近時、支援情報が提示されない	○	○	○	○

- ①出会い頭衝突防止システム (発進待機支援) ②出会い頭衝突防止システム (減速・停止支援)



「ピンポン、右から車が来ます」



「ピンポン、右から車が来ます」

- ③右折時衝突防止システム



「ピンポン、対向車が来ます」

- ④左折時衝突防止システム



「ピンポン、後ろから2輪車が来ます」

図1 実験に使用したHMIの仕様

を受けたドライバーが通常時の運転行動で対応することを想定し、「情報提供」とした。

3. 4. 支援情報を提示するタイミング

支援情報の提示は、自車両と相手車両の間の距離を相対速度で割った値（単位[s]）が設定値以下となった時点で開始する仕様とした（0s となった時点で終了）。

自車両と相手車両間の距離を計算する際に、双方の誤差を含んだ位置情報を用いることにより、支援情報提示タイミングの変化等、表1の各事象を再現した。

3. 5. 実験装置

図2に実験に使用したDSの外観図を示す。運転席に実際の車両を使用し、マルチスクリーンにより水平方向の視野角は216deg確保されるため、交差点等で安全確認を行う際の見通しを現実と近い形で再現可能である。後方から接近する2輪車については室内ミラー及び左右ドアミラーを通じて視認可能とした。また、複数の動揺装置により、車両運動をドライバーがより現実に近い形で体感することが可能である。

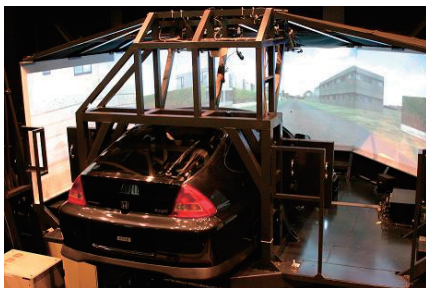


図2 実験に使用したドライビングシミュレータ

図3に①～④の各実験に用いたスクリーン画像の例を示す。①については比較の見通しが良く、一時停止後、停止線から1～2m程度車両を前進させれば相手車両が接近する様子を目視可能である。これに対し②は、道路脇のブロック塀が横方向の視界を遮るため、交差点の手前側では相手車両が接近する様子を目視できず、自車両が1m程度交差点内に進入することによって相手車両が接近する様子を目視可能となる。このため、相手車両の走行ラインを道路中央寄りに設定した。また、③については対向車線側に配置した右折待ち車両が視界を遮るため、交差点の手前側では対向直進車両が接近する様子を目視できないが、交差点の中央付近まで進入することによって相手車両が接近する様子を目視可能となる。④についてはミラーを通じて相手車両が後方から接近する様子を目視可能である。なお、①～④の各実験において、練習走行時に、交差点付近において相手車両と接触すること無く接

近する様子を目視可能な自車両の停止位置を実験参加者に確認してもらった。

①出会い頭衝突防止システム(発進待機支援)



②出会い頭衝突防止システム(減速・停止支援)



③右折時衝突防止システム



④左折時衝突防止システム



図3 スクリーン画像の例

3. 6. 実験参加者への実験前の教示内容

①～④の各実験の参加者に対し、システムからの支援情報は、情報で示された方向から他車両が接近中であることを意味することを教示した。なお、情報の提示によって、特定の運転行動をドライバーが強制されることはなく、判断はドライバー自身に委ねることを伝えた。加えて接近する相手車両を止まってやり過ぎか、あるいは自車両が相手車両に対し先行するかについても各自の判断に委ねることを伝えた。

また、相手車両にもシステムが搭載されている場合のみ支援情報が提示されることについても教示した。

3. 7. 評価方法

評価については主として実験中及び実験終了後に実施したアンケート結果を用いて行った。

実験中に実施したアンケートは、表1に示す位置誤差0mの基準以外の各実験条件を1ケース終えるごとに、運転席に座ったまま口頭で行った。支援タイミングが変化するケースについては、最初に基準と比較してタイミングが変化したか否か及び早くなったか遅くなったかを5つの選択肢（「早くなった」、「少し早くなった」、「同じ」、「少し遅くなった」、「遅くなった」）から選んでもらい、次にタイミングが変化したと回答した人を対象に、変化したことが自分自身の運

転にとって気になるか否かを5つの選択肢（「とても気になる」、「少し気になる」、「どちらとも言えない」、「あまり気にならない」、「全く気にならない」）から選んでもらった。最後に気になる回答した人に具体的にどんな点が気になるかを説明してもらった。また、表1の不要支援または不支援のケースについては、最初に当該ケースについて違和感、不自然に感じたか否かを5つの選択肢（「非常にそう思った」、「少し思った」、「どちらとも言えない」、「あまり思わなかった」、「全く思わなかった」）から選んでもらい、次に違和感、不自然に感じた（または感じなかった）理由を説明してもらった。

実験終了後アンケートは、不要支援が行われることに対しどのように思うかについて、実験参加者が控室に戻った後に本人が用紙に記入する形で行った。

4. 実験結果及び考察

4. 1. 1. 実験中のアンケート結果

図4に①～④の各実験中に実施したアンケートのうち、支援のタイミングを変化させたケースについて、タイミングの変化を正しく認知した人、すなわちタイミングが早くなるケースで早くなったことに気付いた人及びタイミングが遅くなるケースで遅くなったことに気付いた人の割合を示す。また、図5に、タイミングの変化を正しく認知した人のうち、タイミングが早くなるケースで早くなったことが気になる、または少し気になると回答した人及びタイミングが遅くなるケースで遅くなったことが気になる、または少し気になると回答した人の、各実験の全参加人数に対する割合を示す。図4～5より、①～④のいずれの実験においても、タイミングが早くなるケース、遅くなるケースともに、タイミングの変化に気付いた人の割合よりも、変化したことが気になると回答した人の割合の方が低くなっている。このことから、タイミングの変化に気付くことと、変化したことが運転する上で気になるか否かとは別のことであると考えられ、気付く人の割合が高い事象はドライバーにとって受け入れ難い事象であるとは一概に言えないことが分かった。また、図5より、①～④のいずれの実験においても、支援開始タイミングの変化が気になる、または少し気になると回答した人の割合は、早くなるケースの方が遅くなるケースよりも低くなっている。両者の違いについて有意水準5%のt検定を行ったところ、

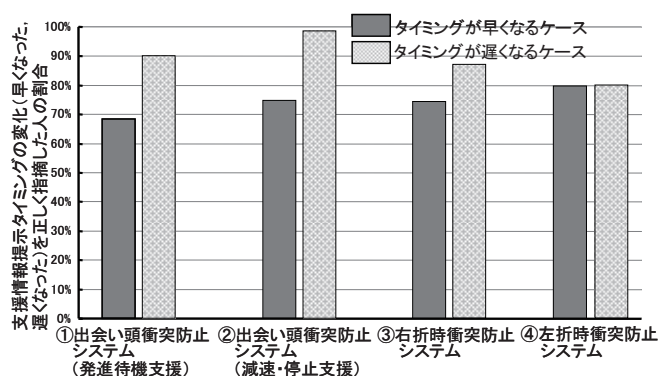


図4 実験中のアンケート結果 (情報提示タイミングの変化に気付いた人の割合)

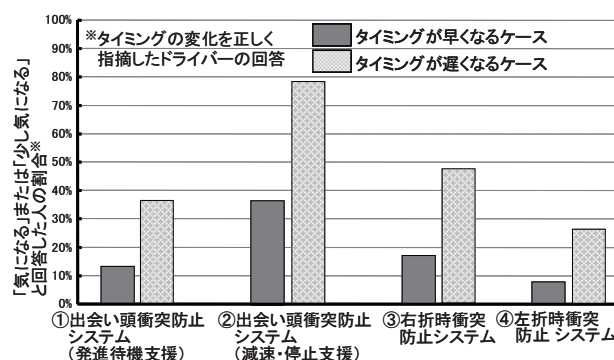


図5 実験中のアンケート結果 (タイミングの変化を正しく指摘した人のうち「気になる」または「少し気になる」と回答した人の割合)

①～④の全ての実験において有意な差となった。また、具体的に気になる点についての回答としては、タイミングが早くなるケースについては、「支援情報が提示されてから相手車両が通過するまでの間、余分に待たされた」という指摘が多かったのに対し、遅くなるケースについては、「遅すぎて情報として役に立たない」という指摘が多かった。支援情報を有効に活用して運転しようとする人にとって、遅くなるケースでは時間的な余裕が少なくなったため、気になると回答した人の割合がより高くなったものと考えられる。よって今回の実験結果からは、支援のタイミングが早くなるケースの方が遅くなるケースよりもドライバーの受容性は高いと考えられる。

4. 2. 不要支援及び不支援のケース

4. 2. 1. 実験①に対する実験中のアンケート結果

図6に実験①で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した3ケースのうち、相手車両が交差点を通過した後に支援が行われたケース

及び並走する別の道路上の車両との車車間通信によって支援が行われたケースについては、違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっているが、停止線の数台後方で待機中に支援が行われたケースについては30%以下となっている。違和感、不自然に感じた人の割合が高いケースについて、理由として多かったのは、「システムからの情報で提示された方向を確認したが、相手車両が見つからなかったから」であった。これに対し、違和感、不自然に感じた人の割合が低かったケースについて、違和感、不自然に感じなかった理由として多かったのは、「交差点の状況が把握できるから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

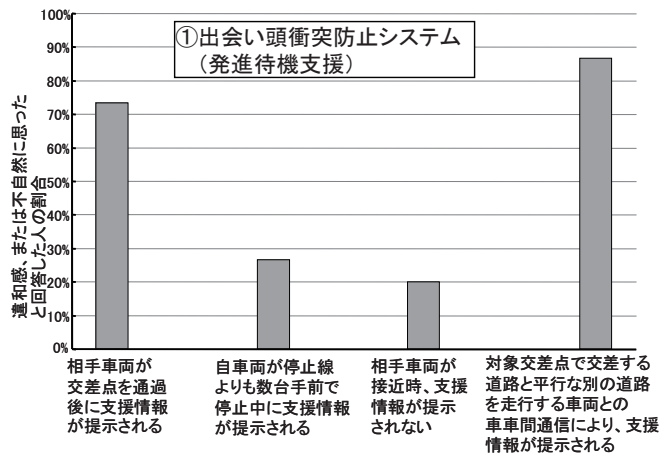


図6 実験中のアンケート結果 ①
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

4. 2. 2. 実験②に対する実験中のアンケート結果

図7に実験②で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した3ケースのいずれも違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっている。理由として多かったのは、「提示された方向から相手車両が近づいて来ると思い待機したが、来なかったから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通

信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

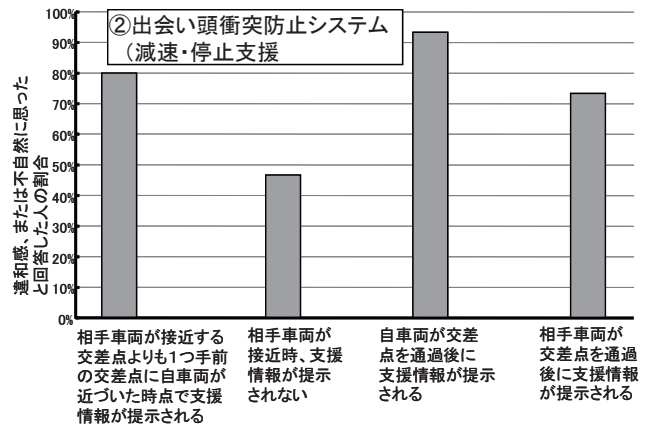


図7 実験中のアンケート結果 ②
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

4. 2. 3. 実験③に対する実験中のアンケート結果

図8に実験③で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した2ケースのいずれも違和感、不自然に感じた人の割合が90%以上の高い値になっている。理由として多かったのは、「対向車が近づいて来るものと思いついたが、来なかったから」であった。また、「システムの誤作動ではないかと思った」との回答も複数見られた。

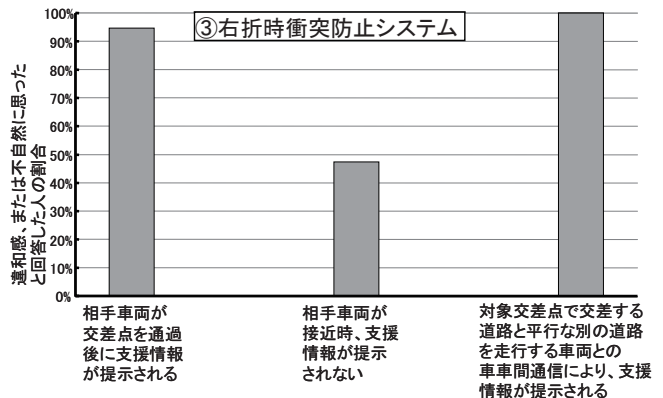


図8 実験中のアンケート結果 ③
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

4. 2. 4. 実験④に対する実験中のアンケート結果

図9に実験④で実施した不要支援及び不支援のケ

ースについて、実験中に実施したアンケートの結果としてケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した4ケースのうち、相手車両が自車両の左横を通過して左前方に出た後に支援が行われたケース、相手車両が左前方を走行中に支援が行われたケース及び並走する道路上の車両との車車間通信によって支援が行われたケースについては、違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっているが、相手車両が自車両の右後方を走行中に支援が行われたケースについては30%程度の低い値となっている。違和感、不自然に感じた人の割合が高いケースについて理由として多かったのは、「後方から2輪車が来ると思い確認したが見つからなかったから」であった。一方、違和感、不自然に感じた人の割合が低いケースについて違和感、不自然に感じなかった理由として多かったのは、「右後方の2輪車が情報提供の対象だと理解できたから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

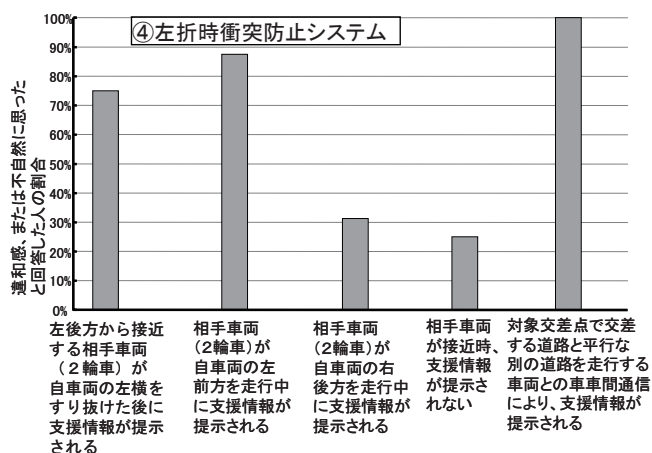


図9 実験中のアンケート結果 ④
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

実験①～④のアンケート結果を総括すると、不要支援のケースについては、システムから提示された情報と実際の場面との乖離が大きい場合には大多数の人が違和感、不自然さを指摘するが、システムから提示された情報に対し、ドライバーが状況を理解しやすい場合には違和感、不自然さを指摘する人はより少なくなることが分かった。一方、不支援のケースについては、相手車両が非通信車両であると解釈することによ

って、違和感、不自然さを指摘する人は、不要支援の各ケースに比べ、より少ないことが分かった。

4. 3. 実験終了後のアンケート結果

図10に実験終了後に実施したアンケートの結果を示す。①～④のいずれの実験においても不要支援に対し、「全く気にならない」、「やむを得ない」、「ごく稀であればやむを得ない」で全体の90%以上を占めている。今回の実験では、不要支援を経験した直後には違和感、不自然さを指摘する人でも時間が経つとやむを得ない事象として許容する人が多く見られた。

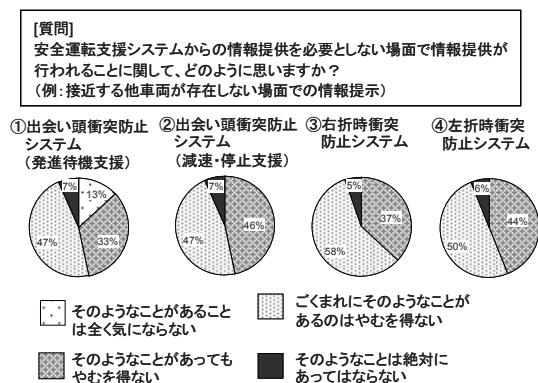


図10 実験終了後のアンケート結果

5. まとめ

位置誤差によって想定される事象をDSで再現し、一般ドライバーによる実験を行い、以下の知見を得た。

(1) 支援タイミングの変化については、タイミングの変化に気付く人の割合が高い事象はドライバーにとって受け入れ難い事象であるとは一概に言えない。また、タイミングが早くなるケースの方が、遅くなるケースよりもドライバーの受容性はより高い。

(2) 不要支援については、提示された情報と実際の場面との乖離が大きい場合には大多数の人が違和感、不自然さを指摘するが、状況を理解しやすい場合には指摘する人が少なくなる。また、大多数の人は、ごく稀であれば不要支援を許容する。

(3) 不支援に対しては、非通信車両だと思ふ人が多い。

総括すると、不要支援及び不支援を含むBクラス及びCクラスの位置誤差で想定される事象に対し、ある程度許容されることが確認された。

参考文献

(1) 先進安全自動車推進検討会：先進安全自動車(ASV)推進計画 報告書—第4期ASV計画における活動成果について—付録2-2通信利用型実用化システム基本設計書、国土交通省自動車交通局、(2011)

3. 幼児専用車の安全に関する研究

—幼稚園バスのシートベルトについて—

自動車安全研究領域 ※田中 良知 細川 成之 松井 靖浩
名古屋大学 水野 幸治 (客員研究員)

1. はじめに

現在の国内基準では、幼稚園や保育園への幼児の送迎用に使用されている幼児専用車について、幼児の体型にあったシートベルトが存在しないことや緊急時の脱出性を考慮し、シートベルト等の拘束装置の設置の義務付けは行っていない。

一方、乗用車の後席乗員のシートベルトが義務付けられて、自動車ユーザーのシートベルト着用に対する意識が向上してきている。そして、幼児専用車にもシートベルトの装着を義務化してほしいという要望が出てきている。

現在、幼児専用車に乗車する6歳以下の子供が乗用車に乗車する際、チャイルドシートやジュニアシートを使用して体格に適した拘束を行うことにより、安全性を高めている。しかしながら、直接大人用のシートベルトを装着することは、逆に危険な場合があると言われている。

今回、幼児専用車に拘束装置の義務付けを検討するためのデータを取得することを目的として、幼児専用車が事故を起こした状況を模擬して、シートベルトがある場合とない場合のそれぞれについて、コンピュータシミュレーションと実験を実施し、シートベルトの有無によるダミーの挙動の違いについて比較調査を行った。

2. コンピュータシミュレーション

2. 1. 解析条件

2. 1. 1. 有限要素モデル

コンピュータシミュレーションは、有限要素法により行った。シートモデルは、チャイルドシートの基準の動的試験で使用される ECE/R44 シートをベースに、幼児バスの寸法を考慮して作成した。このシートにシートベルトを固定し、Hybrid

III 3歳児ダミーと Hybrid III 6歳児ダミーを着座させ、シミュレーションを行った。

図1に計算を行ったモデルを示す。計算は、ベルトによる拘束なし、2点式シートベルト、5点式シートベルトの3条件について実施した。上体を拘束するベルトとしては、3点式シートベルトがあるが、シミュレーションにおいてモデル化する際に、チャイルドシートのモデルで5点式シートベルトのモデルが流用可能であったことと、上体を拘束することが目的であり、それが出来た場合の効果は同等と考えられることから、シミュレーションでは5点式シートベルトでモデル化した。



(a)ベルト拘束なし (b)2点式シートベルト

(c)5点式シートベルト

図1 有限要素モデル (前席3歳児, 後席6歳児)

2. 1. 2. 衝突条件

今回のシミュレーションは、前面衝突事故を模擬したスレッド前面衝突模擬試験をモデル化した。スレッド試験において、前面衝突模擬は静止状態から動かすため、速度は増加している。図2に今回の解析で模擬したスレッドの加速度時間履歴図を、図3に速度時間履歴図を示す。バスの前面事故の加速度波形のデータが無いため、幼児の衝突安全基準である、チャイルドシートの基準 (ECE/R44) での前面衝突模擬試験 (速度変化

50km/h) で規定された台車の加速度を基に、持続時間と波形形状はそのまま、速度変化が 30km/h となるようにレベルを下げて与えた。速度変化は、幼児専用車が走ることの多い道路の最高速度を想定した。

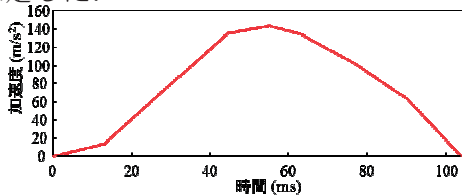


図2 加速度時間履歴図

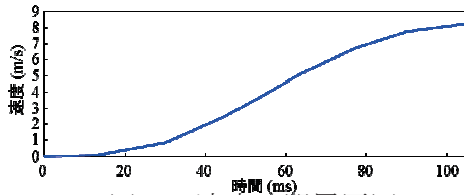


図3 速度時間履歴図

2. 2. シミュレーション結果

2. 2. 1. ダミー挙動

3歳児ダミーの頭部加速度が最大に近い90msのダミー状態を図4に、6歳児ダミーの頭部加速度が最大に近い110msでのダミーの状態を示す。

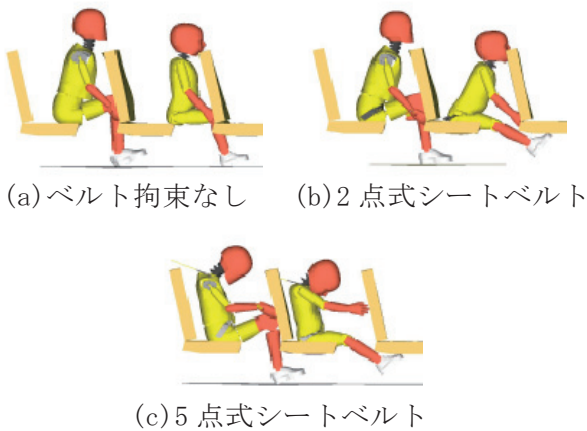


図4 90ms時ダミー状態

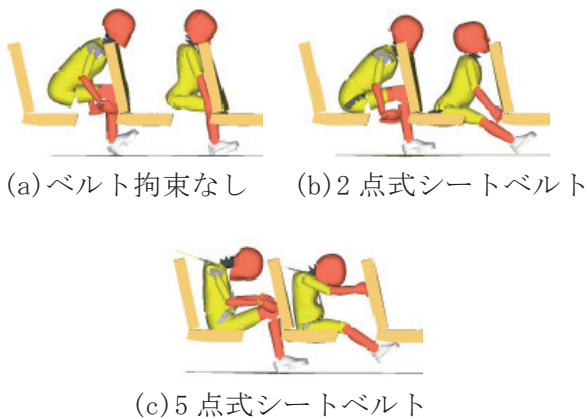


図5 110ms時ダミー状態

90ms時、ベルト拘束なしと2点式シートベルトの場合、3歳児ダミーの頭部が前席シート上部と衝突していた。5点式シートベルトではダミーの上部が拘束されて、ダミー頭部は前席と衝突していなかった。

110ms時、ベルト拘束なしの場合で3歳児ダミーの胸部が前席シートと衝突していた。また、ベルト拘束なしと2点式シートベルトの場合、6歳児ダミーの頸部が前席シート上端と衝突していた。5点式シートベルトではダミーの上部が拘束されて、ダミー頭部は前席と衝突していなかった。

2. 2. 2. ダミー計測値

3歳児ダミーと6歳児ダミーについて、図6に頭部の3軸合成加速度時間履歴図を示す。

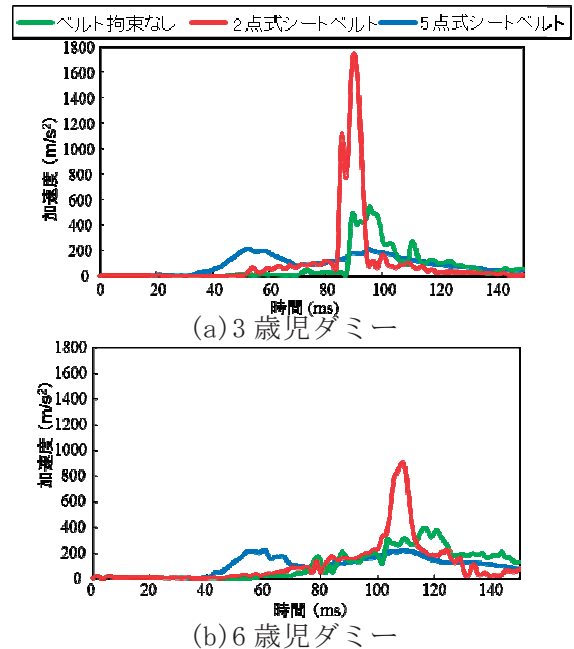


図6 頭部加速度時間履歴図

どちらのダミーでも2点式シートベルトの場合の最大加速度が特に大きく、次いでベルト拘束なしで、5点式シートベルトが最も小さかったが、ベルト拘束なしと5点式シートベルトの差は小さかった。これは、図4、5で示したように、2点式シートベルトの場合、シートベルトでダミーの腰部が拘束されて、腰部を中心に上部が回転して、頭部が前席に衝突することで、頭部の加速度が大きくなったと考えられる。また、3歳児ダミーと6歳児ダミーで6歳児ダミーの方の最大加速度が小さくなったが、これは、ダミーの大きさの違いから、6歳児ダミーの場合、ダミーの頸部が

前席シート上面に衝突したことから、頭部加速度が小さくなったと考えられる。ただし、衝突の形態から、首の上下方向に力が入ることとなり、危険な衝突形態と考えられる。

3歳児ダミーと6歳児ダミーについて、図7に胸部の3軸合成加速度時間履歴図を示す。

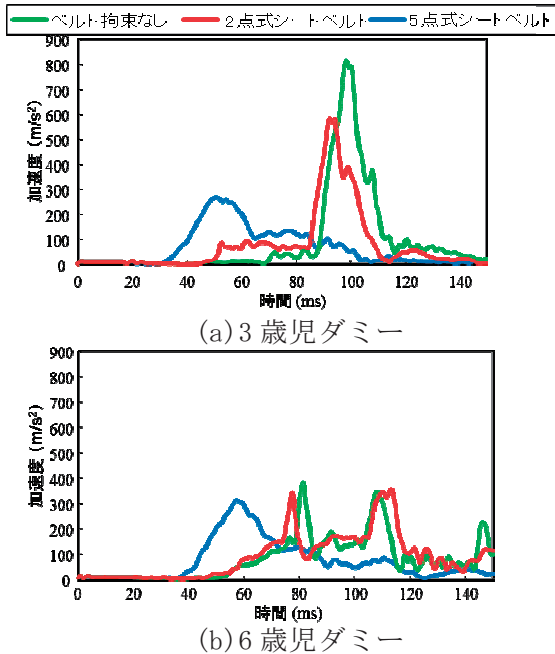


図7 胸部加速度時間履歴図

3歳児ダミーで、ベルト拘束なしの場合の最大加速度が大きく、次いで2点式シートベルトで、5点式シートベルトが最も小さかった。6歳児ダミーでは、すべての場合でほぼ同等の最大加速度で、3歳児ダミーの5点式シートベルトの場合とほぼ同等であった。また、3歳児ダミーの最大加速度は6歳児ダミーの最大加速度より大きかった。これは、図4、5で示したように、3歳児ダミーのベルト拘束なしは、ダミーの上部が前方に移動して、前席背もたれと衝突するのに対して、6歳児ダミーでは膝が前席背もたれに衝突し、そこを中心として上部が回転するため、胸部が衝突しないためと考えられる。

3. スレッド実験

3. 1. 実験方法

3. 1. 1. 幼児専用車シート

幼児専用車が前面衝突事故を起こした場合に、シートベルトのある場合とない場合のそれぞれで乗員がどのような状況になるか調査するために、速度変化が30 km/hの前面衝突事故を模擬して本研究所熊谷試験場にある加速式スレッド試

験機を用いて実験を実施した。

図8に、実験に使用した幼児専用車に使用されているシートを示す。シートは幼児2名が一度に座れる右列用のシートであり、肘掛は左側にのみついている。また、このシートには、2人まとめて拘束するシートベルトが取り付けられていた。



図8 幼児専用車シート

3. 1. 2. 子供ダミー

実験に使用した子供ダミーを図9に示す。子供ダミーは3歳児ダミーと6歳児ダミーの2種類のダミーを使用した。3歳児ダミーはHybrid IIIダミーを、6歳児ダミーにはHybrid IIダミーを使用した。シミュレーションではHybrid IIIダミーを使用しており、また、計測項目も多いことから、本来Hybrid IIIダミーの使用が望ましかったが、ダミーの手配の関係から、6歳児ダミーに関しては、シミュレーションとダミーが異なっている。ただし、構造的に差異は小さく、挙動に関して大きな差はないと考える。



(a) 3歳児ダミー (b) 6歳児ダミー

図9 子供ダミー写真

3. 1. 3. 実験条件

実験は、幼児専用車シートを、前席背もたれ裏面と後席シートの座面先端の距離が170 mmとなる様に前後2列に配置して、3歳児ダミーを左側に、6歳児ダミーを右側に座らせて、実施した。また、シートの肘掛を外した状態で行った。図10に実験の状況を示す。

スレッド試験機の目標加速度を図11に示す。シミュレーションと同じで、チャイルドシートの基準(ECE/R44)における動的試験での加速度条件を元に、速度変化が30km/hとなる様にレベルを下げたものである。



図 10 実験状況

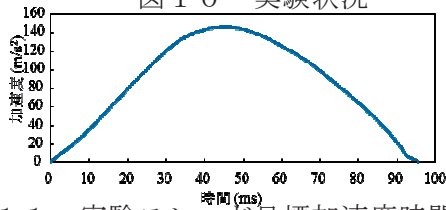


図 11 実験スレッド目標加速度時間履歴図

表 1 に今回行った実験の条件を示す．シートベルトなし，2 点式シートベルト，2 点式シートベルト+前席プロテクタあり，3 点式シートベルトの 4 条件で実験を実施した．シミュレーションの結果から，2 点式シートベルトの場合，前席に乗員の頭部が衝突して，頭部に傷害を受ける可能性があるため，その保護のために，プロテクタを設置する場合の実験も実施した．プロテクタには，歩行者保護脚部試験の TRL 脚部インパクターのレッグフォームに使用されている低反発保護部材を用いた．図 1 2 にプロテクタを設置したシートの状態を示す．

表 1 実験拘束条件

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
シートベルト	なし	2点式シートベルト	3点式シートベルト	2点式シートベルト
前席プロテクタ	なし	なし	なし	あり



図 1 2 プロテクタ

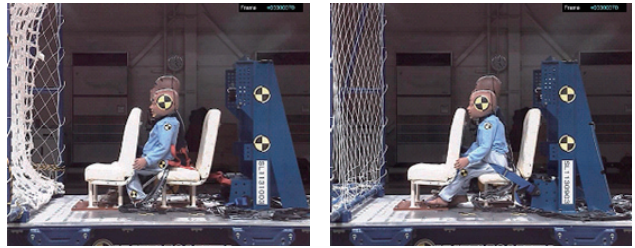
3. 2. 実験結果

3. 2. 1. ダミー挙動

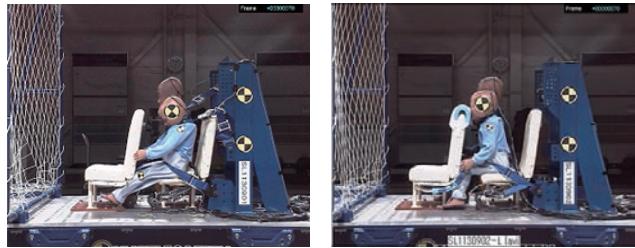
3 歳児ダミーの 70ms 及び 90ms 時のダミー状態を図 1 3，1 4 に，6 歳児ダミーの 90ms と 110ms 時のダミーの状態を図 1 5，1 6 に示す．

3 歳児ダミーについて，70ms 時，2 点式シートベルトの場合，ダミーの頭部が前席シート上部と衝突していた．3 点式シートベルトではダミーの上部が拘束されて，ダミー頭部は前席と衝突していなかった．ベルト拘束なしの場合は，ダミーが平行運動をしているが，まだ前席とは衝突していなかった．また，2 点式シートベルトでプロテクタの有無に関わらず，ダミーの挙動はほぼ同等であった．

90ms 時，ベルト拘束なしの場合でダミーの頭部と胸部が前席シートと衝突していた．3 点式シートベルトでは前席との衝突はなかった．

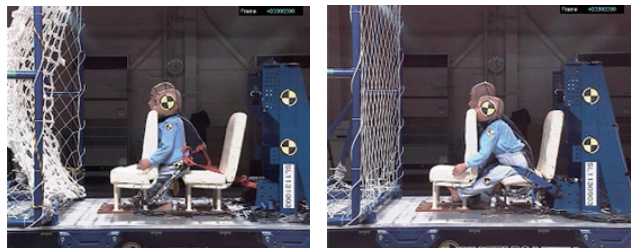


(a)ベルト拘束なし (b)2 点式シートベルト

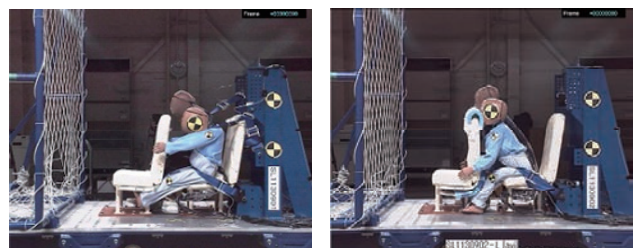


(c)3 点式シートベルト (d)2 点式シートベルト +プロテクタ

図 1 3 3 歳児ダミー70ms 時状態



(a)ベルト拘束なし (b)2 点式シートベルト



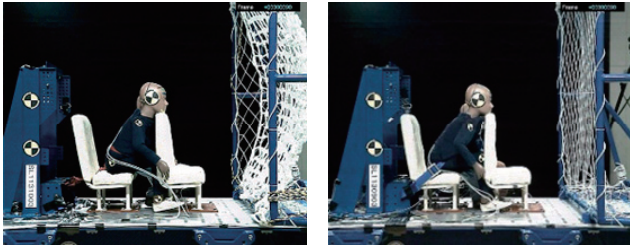
(c)3 点式シートベルト (d)2 点式シートベルト +プロテクタ

図 1 4 3 歳児ダミー90ms 時状態

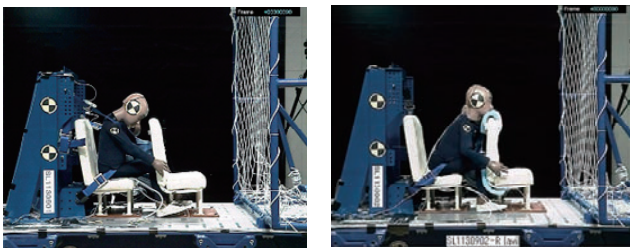
6 歳児ダミーについて，90ms 時，ベルト拘束なしと 2 点式シートベルトの場合，ダミーの顎部が前席シート上面と衝突していた．3 点式シートベルトではダミーの上部が拘束されて，ダミー頭部は前席と衝突していなかったが，前席との距離が小さいことから，ダミーの頭部が前席上面と衝突しそうになっていた．また，2 点式シートベルト

でプロテクタの有無に関わらず、ダミーの状態はほぼ同等であった。

110ms 時、ベルト拘束なしの場合、膝が前席背面と衝突することで、ダミー胸部が前席と衝突しなかった。3点式シートベルトで頭部上端と前席上面が衝突した。

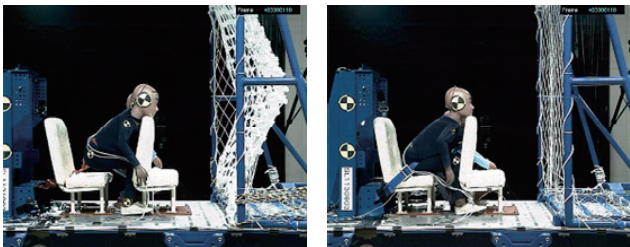


(a)ベルト拘束なし (b)2点式シートベルト

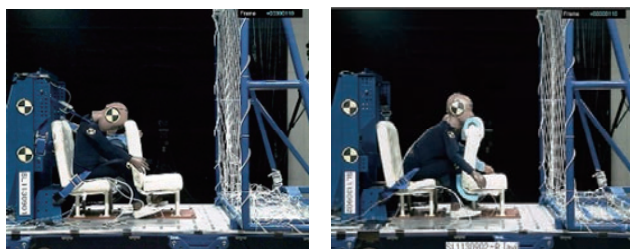


(c)3点式シートベルト (d)2点式シートベルト
+プロテクタ

図 15 6 歳児ダミー90ms 時状態



(a)ベルト拘束なし (b)2点式シートベルト



(c)3点式シートベルト (d)2点式シートベルト
+プロテクタ

図 16 6 歳児ダミー110ms 時状態

また、ダミーの挙動について実験とシミュレーションでほぼ同等の状態であった。前席シートと衝突する時間が異なるのは、前席シートとの距離が実験の方が短いためである。

3. 2. 2. スレッド計測値

図 17 に各実験でのスレッドの加速度と目標の加速度の時間履歴図を示す。すべての実験で加速度はほぼ同等であった。

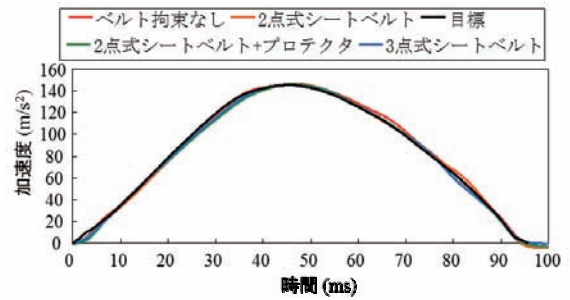
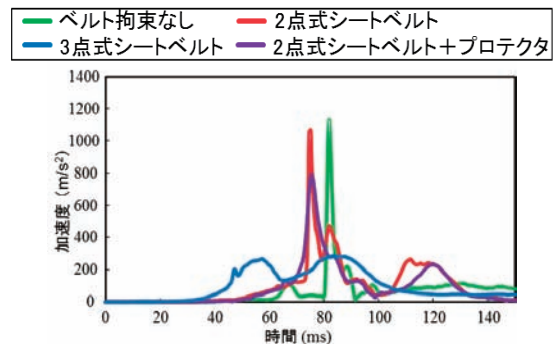


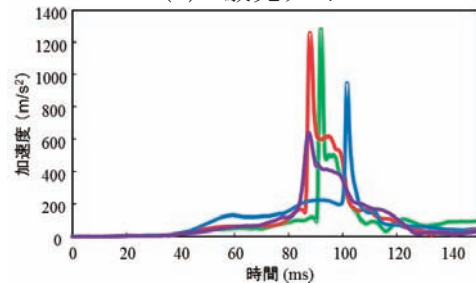
図 17 スレッド加速度時間履歴図

3. 2. 2. ダミー計測値

3 歳児ダミーと 6 歳児ダミーについて、図 18 に頭部の 3 軸合成加速度時間履歴図を示す。



(a)3 歳児ダミー



(b)6 歳児ダミー

図 18 頭部加速度時間履歴図

どちらのダミーでもベルト拘束なしと 2 点式シートベルトの場合の最大加速度が特に大きかった。3 歳児ダミーの場合、次いで 2 点式シートベルト+プロテクタで 3 点式シートベルトが最も小さかった。6 歳児ダミーの場合、次いで 3 点式シートベルトで、2 点式シートベルト+プロテクタの場合が最も小さかった。これは、図 16 で示したように、シート間距離が小さいことから、6 歳児ダミーの場合、3 点式シートベルトでもダミー頭部が前席シートと衝突したため、加速度が大きくなったためと考えられる。プロテクタありの場合、どちらも最大加速度が小さくなっていること

から、乗員保護の効果はあると考えられる。

胸部加速度については、Hybrid II ダミーに加速度計の設定が無いため測定できなかった、

なお、加速度波形については、シミュレーションと実験で差異がみられた。これは、現在のシミュレーション技術で、ダミーの計測値についての再現が難しいためと考えられる。

ダミーの頭部傷害値について、加速度から算出する HIC15 (Head Injury Criteria : 頭部傷害指標 (15ms 区間)) を表 2 に示す。どちらのダミーでも、2 点式シートベルトが最も大きく、次いでベルト拘束なし、2 点式シートベルト+プロテクタで 3 点式シートベルトが最も小さかった。また、3 歳児ダミーより 6 歳児ダミーの方が大きな値を示した。

表 2 HIC15 傷害値

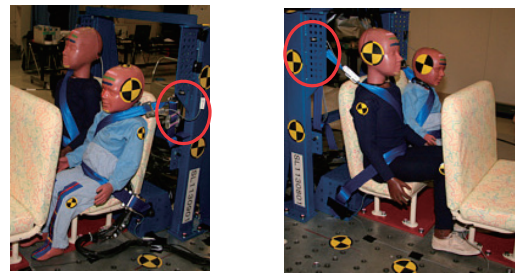
	3歳児ダミー	6歳児ダミー
ベルト拘束なし	178	258
2点式シートベルト	191	527
3点式シートベルト	60	115
2点式シートベルト+プロテクタ有り	175	210

4. 考察

今回のシミュレーション及び実験で、ダミーの挙動はほぼ同等であり、ダミーの挙動に関してはシミュレーションで模擬できたと考えられる。

今回の調査で行った拘束条件の中において、上体を拘束する条件である 3 点式もしくは 5 点式シートベルトが乗員の安全性が最も高くなった。しかしながら、使用性の観点で、3 点式シートベルトに関して懸念点が考えられる。図 19 に 3 点式シートベルト条件でのダミーの試験前状況を示す。今回の実験において、3 歳児ダミーと 6 歳児ダミーでショルダーアンカの位置が異なっていた。今回、シートベルトは胸部中心から鎖骨中心を通る様に設定し、その調整のためショルダーアンカ位置を稼働できるようにしている。そして、3 歳児ダミーが低くなり、6 歳児ダミーが高くなった。しかしながら、実際の幼児専用車では、ベルトアンカ位置の変更は構造的に難しく、また、実際の使用において、使用者 (幼児) がショルダーアンカ位置の変更をすることも難しいと考えられる。さらに、3 歳児ダミーではシートベルトが頸部の近くを通っていて、実事故において、ベルトが頸部にかかり危険が生じる可能性が考え

られる。これらのことから、幼児専用車において 3 点式シートベルトを使用することは難しいと考えられる。2 点式のシートベルトは、大人の監督があれば幼児でも使用が可能と考えられる。



(a)3 歳児ダミー (b)6 歳児ダミー

図 19 3 点式シートベルト試験前状況

今回の実験において、2 点式シートベルトで 6 歳児ダミーの場合、ダミーの顎が前席上面と衝突して、頸部の上下方向に力が入り、頭部だけでなく頸部も危険であることが考えられる。このことから、シートの高さを高くするか、シート間距離を広げて、乗員の頸部への入力や、頭部への上下方向の入力を避ける要件が必要と考えられる。

5. まとめ

幼児専用車の前面衝突事故を模擬したシミュレーションと実験を実施し、幼児専用車の拘束装置の要件について、調査を実施した結果を以下にまとめる。

1. 現在のベルト拘束なしでは、前席に乗員の頭部及び胸部が衝突して、乗員が傷害を受けることがある。
2. 2 点式シートベルトで拘束した場合、乗員の腰部が拘束され、腰部を中心に上体が回転運動をして、頭部が前席に衝突して、ベルト拘束なしと同等かそれ以上の頭部傷害を受けることがある。
3. 前席に保護部材を設置することで、頭部傷害の程度を小さくできる可能性がある。
4. 3 点式シートベルトを適正に使用すれば、乗員傷害を小さくすることが可能である。しかし、適正に使用することが現実的に難しいと考えられる。

以上より、今回の実験条件の中では、2 点式シートベルト+前席保護部材設置が、頭部と胸部の両方を保護できて望ましいと考える。そして、さらに、シートの高さ要件と保護部材の性能要件の調査が必要であると考えられる。

4. 駆動用蓄電池搭載車の安全性評価について

—路上使用時のアクシデントを想定した条件の検討—

自動車安全研究領域 ※松村 英樹 田中 良知 伊藤 紳一郎
松島 和男 細川 成之 松井 靖浩

1. はじめに

現在、地球環境問題に対する意識の高まりから、電気式ハイブリッド自動車（以下、HEV という）や電気自動車（以下、EV という）などの駆動用蓄電池を搭載した車両が急速に普及しつつある。この駆動用蓄電池搭載車（以下、電動車両という）には、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池が用いられている。

一方で、リチウムイオン電池は、外部から強い衝撃や熱を与えられるなどの苛酷な状況に曝されると熱暴走を引き起こし、発熱・発火・破裂・ガス噴出などの現象が発生する可能性があることが知られている。この現象が大量のリチウムイオン電池を搭載するEVやHEVなどで発生すると、乗員及び車両周辺に重大な被害を及ぼす可能性があると考えられる。そのため、リチウムイオン電池を搭載した車両に対する安全性を検討する必要がある。この時、自動車が遭遇する苛酷な状況（条件）において、リチウムイオン電池の安全性を検討するのが妥当と考える。自動車が遭遇する苛酷な状況として、車両火災及び衝突事故が考えられる。

本検討では、リチウムイオン電池を搭載した車両の安全性評価試験の条件を定めるための基礎データを収集することを目的として、車両火災実験及び衝突実験を実施する。

2. 車両火災時の条件の検討

2. 1. 車両火災実験について

過去の車両火災の原因は、事故時の火災や放火、マッチ・ライター・タバコの不注意などがある。また、電動車両がガソリン車の車両火災に巻き込まれる場合も考えられる。これらの車両火災の検討において、駆動用蓄電池の搭載が想定される部分の温度特性（温度変化、最高温度など）は、十分に把握されていない。

本検討では、道路上において電動車両が事故に遭遇

し、他のガソリン車からガソリンが漏れて電動車両の下部に滞留した後、引火して電動車両がその下方から火炎に曝される場合を想定した模擬実験を行う。この模擬実験では、実際の車両を燃やして、駆動用蓄電池の搭載が想定される位置における温度特性（温度変化、最高温度など）を測定する。なお、これらの温度特性は、車両の特性（車両構造、シヤシ材質・厚み、付属装置や内装材の搭載条件など）により変化するため、本検討では車両火災時における1つの事例として、定量的な温度特性を取得する。

2. 2. 実験方法

リチウムイオン電池は、既に販売された車での搭載位置や、重心・スペースの制約条件を考慮して、スペース(A)からスペース(U)の位置に設置されると想定される。そのため、図1に示す電動車両の下部に設置した容器（以下、ガソリンプールという）に溜めたガソリン(40L)を着火源とした。

本実験で使用する温度センサはK熱電対(クロメル-

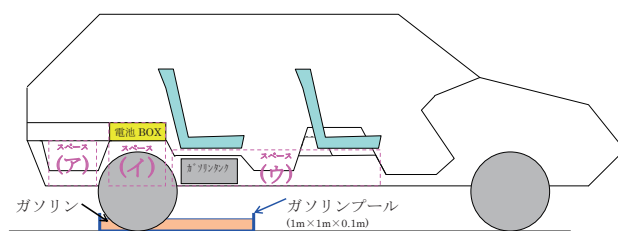


図1 実験構成図

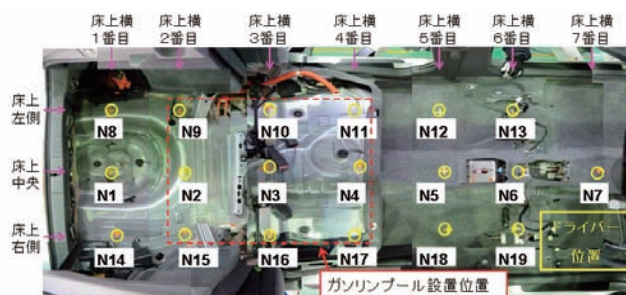


図2 温度センサの設置位置

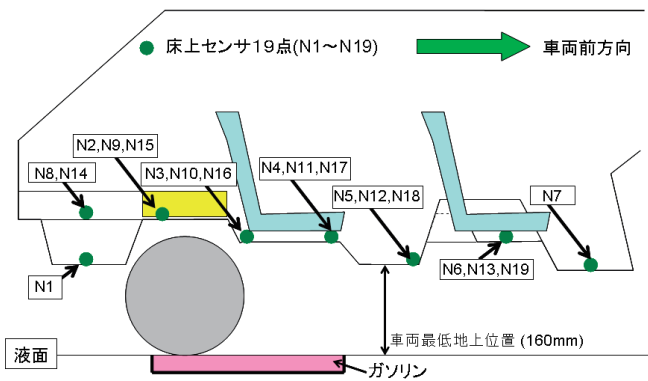


図3 車両断面図での温度センサの配置

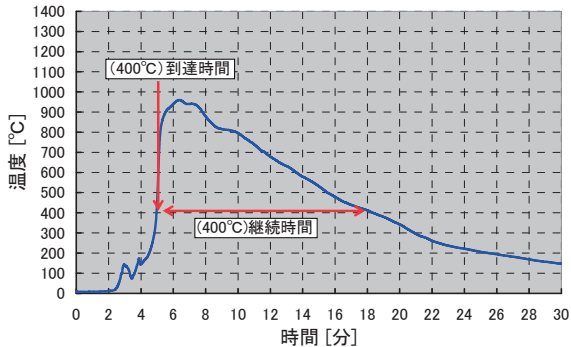


図4 床上の温度の測定結果の一例 (N6)

アルメル)19個とし、図2及び図3に示す車両床上(車内側のシャシ表面上: N1~N19)に設置する。また、同時にビデオ撮影を行い、火炎の様相を確認した。

2. 3. 実験結果

図4に床上の温度の測定結果の一例(N6)を示す。図4及びビデオ撮影の結果から、温度センサN6の温度は着火後、床下からの熱の影響を受けて温度が徐々に上昇し、次に、車内火災が拡大して温度が急激に上昇する。その後、車体の焼失による開口部の増加で冷却されると考えられる。このことから、駆動用蓄電池への熱の入力は、漏れたガソリンの炎だけではなく、車内火災の炎の影響も考慮すべきと考えられる。

図5に床上の各温度センサにおける最高温度を示す。図5より、大部分の温度センサの最高温度は、約800°Cから約1000°Cであった。

駆動用蓄電池への入力温度として、注目する温度(以下、閾値温度とする)、その閾値温度に到達する時間(到達時間)、閾値温度以上が継続する時間(継続時間)が重要なパラメータと考えられる。閾値温度は、150°Cから400°Cまでを50°C間隔とし、400°Cから1100°Cまでを100°C間隔とした。

図4の例では、閾値温度400°Cに対して到達時間は約5分となり、継続時間は約13分となった。

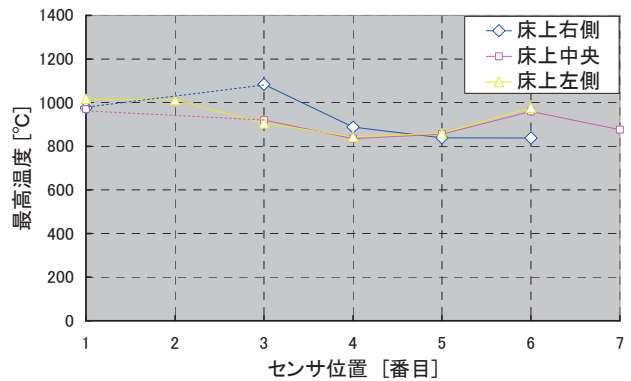


図5 床上の温度センサにおける最高温度

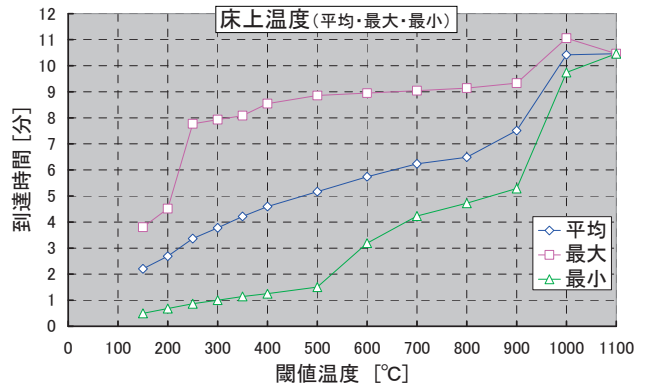


図6 各閾値温度への到達時間(最大・最小・平均)

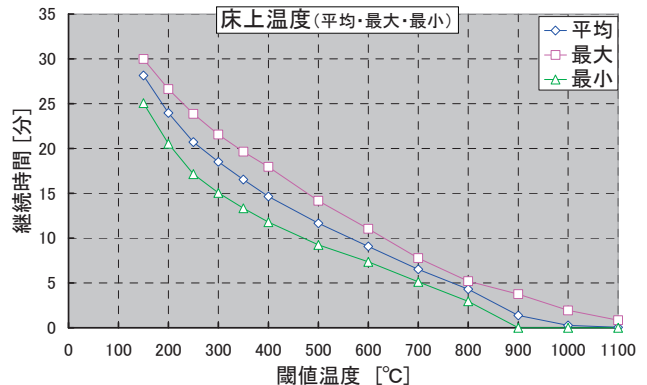


図7 各閾値温度での継続時間(最大・最小・平均)

全温度センサについて求めた到達時間の平均値、最大値及び最小値を図6に示す。同様に、全温度センサについて求めた継続時間の平均値、最大値及び最小値を図7に示す。これらの結果から、車両が着火してから全焼し150°C以下となるまでの時間は、最小で25分程度となることが分かった。

以上のことから、電動車両の火災の検討において、駆動用蓄電池への熱の入力は、漏れたガソリンの炎による影響だけでなく、車内火災の炎の影響についても考慮すべきであることが分かった。また、駆動用電池の搭載が想定される部分において数分で150°C以上になり、数十分間高温状態が継続する可能性があることが示された。

3. 衝突事故時の条件の検討

3. 1. MDB 側面衝突実験方法

衝突事故時における駆動用蓄電池の安全性評価の検討のため、高電圧ニッケル水素蓄電池を搭載した HEV について 3 形態の側面衝突実験を実施して、車両の加速度と変形量の比較をした。

表 1 に実験の衝突形態及び実験条件の概要を示す。実験は、①現在の乗員保護基準である ECE/R95 側面衝突法規試験形態、②駆動用蓄電池に最も近い位置に MDB(Mobile Deformable Barrier) を衝突させる形態 (他の条件は ECE/R95 と同等)、③将来の側面衝突法規として、現在検討が進められている側面衝突試験形態 (MDB が AE-MDB(Advanced European MDB)になり、衝突位置が後方に 250mm 変更) の 3 形態で行った。

表 1 試験条件

	法規衝突	後輪衝突	AE-MDB衝突
衝突形態			
衝突速度	50.1 km/h	50.1 km/h	50.1 km/h
衝突位置	MDB中心とSRPが一致	MDB中心と後輪中心より25mm前方	MDB中心とSRPから250mm後方
衝突車仕様	ECE/R95 MDB	ECE/R95 MDB	AE-MDB
衝突車質量	948 kg	948 kg	1500 kg

2. 2. MDB 側面衝突実験結果

図 8 に車両の床部の構造部材について、試験前後の形状を示す。試験前形状に対しての差が変形量を表す。変形量は AE-MDB を衝突させた実験の変形が最も大きく、サイドシル部が約 30 mm 変形した。駆動用電池位置に関しては、全ての実験において、衝突前後でほぼ同等の測定結果であり、ほとんど変形していなかった。このことから、MDB 衝突実験が模擬している、乗用車同士の側面衝突事故では、変形が駆動用電池に与える影響は小さいと考えられる。

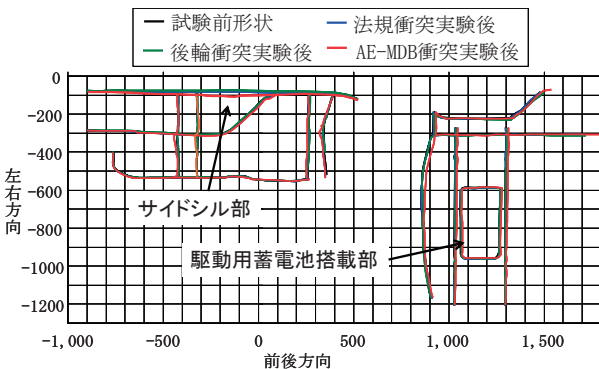
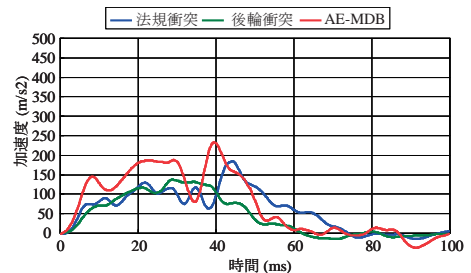


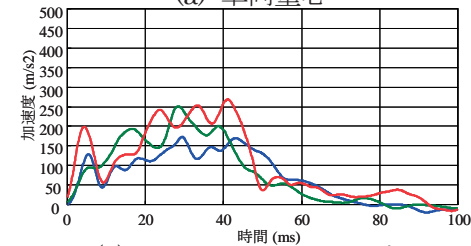
図 8 車両変形比較

図 9 に車両の各部位の加速度の時間履歴図を示す。車両重心位置での最大加速度は、後輪に衝突させた場

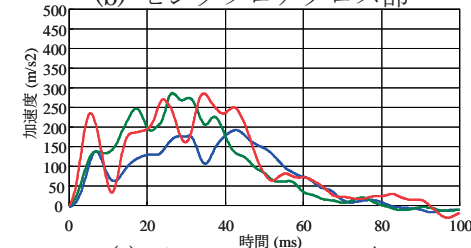
合が最も小さく、次いで法規衝突の場合で、AE-MEB を衝突させた場合が最も大きかった。その比は法規衝突と AE-MDB でおよそ 1.3 倍であった。センタフロアクロス位置での最大加速度は、法規衝突が最も小さくて、次いで AE-MDB と後輪衝突がほぼ同等で大きかった。その比はおよそ 1.7 倍であった。リアフロアクロス部での最大加速度は法規衝突が最も小さくて、次いで AE-MDB と後輪衝突がほぼ同等で大きかった。その比はおよそ 1.5 倍であった。駆動用蓄電池取り付け部での最大加速度は法規衝突が最も小さく、次いで AE-MDB で、後輪衝突が最も大きかった。その比は法規衝突と AE-MDB でおよそ 1.5 倍、法規衝突と後輪衝突でおよそ 1.9 倍であった。



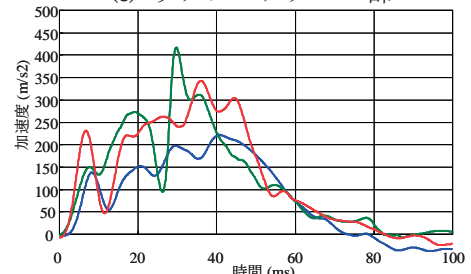
(a) 車両重心



(b) センタフロアクロス部



(c) リアフロアクロス部



(d) 駆動用蓄電池取付部

図 9 車両各部加速度時間履歴図

これらの結果から、乗員保護試験における衝突実験と、駆動用電池位置に衝突する実験では最大加速度に差が見られ、車両に搭載した駆動用蓄電池の加速度に

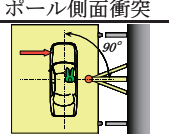
よる衝撃に対する安全性を、乗員保護試験で確認をすることは難しい場合があるといえる。

3. 3. ポール側面衝突実験方法

一般に車両相互事故よりも車両単独事故の方の車両変形が大きいと言われている。そこで、変形については、車両相互事故を模擬した MDB 側面衝突実験より、車両単独側面衝突事故を模擬したポール側面衝突実験で検討した方が良いと考えられる。

ポール側面衝突実験条件について（試験車両は HEV ではない普通乗用車）、過去に当研究所で行った実験を表 2 に示す。29 km/h で直角に前席乗員頭部重心とポール中心が一致する位置に衝突させた。

表 2 ポール側面衝突試験条件

ポール側面衝突	
衝突形態	
衝突速度	29 km/h
衝突位置	ダミー頭部中心とポール中心が一致
ポール直径	254 mm
衝突角度	90°

3. 4. ポール側面衝突実験結果

図 10 に実験前後での外板サイドシル部の形状を示す。外板の変形で約 250 mm サイドシルが変形していた。このことから、駆動用電池を変形が及ばない範囲に搭載するか、車両に搭載する駆動用電池について（カバーに強度部材を使用している場合は、駆動用電池にカバーをつけた状態で）変形衝撃に関する安全性の確認をする必要があると考えられる。

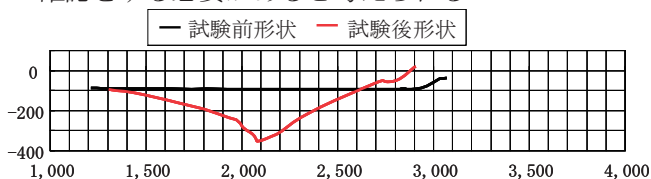


図 10 ポール側面衝突による車両変形

4. まとめ

本報告では、車両火災時及び衝突事故時において電動車両の電池搭載想定部分が曝される状況の物理的条件を求めた。

車両火災の検討では、電動車両が事故時に火災に巻き込まれた場合を想定として、駆動用蓄電池の搭載が想定される位置における温度特性について検討した。

今回の実験条件において、リチウムイオン電池が設置されると想定される部分における各閾値温度での到達時間と継続時間が得られた。

今回の検討の結果、車両火災が車内火災を伴う場合

には、駆動用蓄電池が比較的長い時間、高温環境下に曝される可能性があるため、車両火災時の安全対策を検討する場合において、車両が全焼するまでの時間に対する安全性の確認が必要と考えられる。

衝突事故時の検討では、車両の加速度と変形量に関する検討を行った。車両の加速度については、乗員保護を目的とした現在の基準条件と、他に駆動用蓄電池に厳しい 2 条件のあわせて 3 条件で実験を行った。その結果、車両最大加速度について、フロア部では AE-MDB が最も高く、法規条件に比べ約 1.3 倍であった。駆動用蓄電池取り付け部では後輪衝突の形態が最も高く、法規条件に比べ約 1.9 倍であった。このように、乗員保護試験の衝突と駆動用蓄電池搭載部に厳しい条件では加速度に大きな差が見られることから、電池の加速度に対する評価は新たな試験法が必要と考えられる。

車両の変形については、車両単独事故を模擬したポール側面衝突実験結果で最大変形量が約 250 mm であった。これより、駆動用蓄電池の衝突時の変形に対する安全性の確保については、駆動用蓄電池の搭載位置に関して、自動車事故時に変形がないことを保証するか、実際に駆動用蓄電池搭載位置に厳しい条件でポール側面衝突試験を実施するか、または、駆動用蓄電池単独での動的入力試験を実施することによる安全性確認が必要であると考えられる。

今後の課題として、車両火災の検討では、各車種の車両構造の違い（個体差）や放火やマッチ・ライターなどが原因となる車両火災についても検討が必要と考えられる。また、衝突事故時の検討では、変形に対する電池搭載位置要件のさらなる検討や、駆動用蓄電池での動的入力試験条件に関する検討が必要と考えられる。

今後、今回得られた結果を踏まえ、駆動用蓄電池搭載車両の安全性（特にリチウムイオン電池）の基準案を提案したい。

本検討は、国土交通省の 2009 年度および 2010 年度の委託事業「リチウムイオン蓄電池搭載車両の安全性評価に関する調査・検討」により実施したものである。

5. 自動車審査部における審査の概要について

自動車審査部長 ※小田 曜作

1. はじめに

新たに自動車を使用するときは道路運送車両法に基づき、運輸支局等で新規検査を受けることが義務づけられている。この新規検査を効果的、かつ適正に実施して、安全の確保や環境の保全を図るために、自動車等が基準に適合しているかどうかを事前に審査する型式指定制度が設けられている。

自動車審査部は、自動車及び装置に関し、国の行う型式指定業務の一環として、安全・環境基準への適合性、燃料消費量の確認等について、公正・中立な立場で審査を行う我が国唯一の機関である。

審査の過程において基準不適合車を排除し、当該自動車が市場に出回ることを防止することを目的とする厳正な審査と申請者にとって利便性・合理性の高い審査を両立することが従来にも増して求められている中で、自動車審査部では業務実施体制の強化を図るべく、以下の取り組みを行っている。ここでは、平成22年度に実施したものを中心に記載する。

1. 1. 組織運営

審査業務に関する基本的な方針の検討を行うとともに、業務運営に係る総合調整を行うため、審査運営会議を開催し、審査業務実行状況の把握、審査業務関連の規程制定、業務評価に係る指標の検討、ユーザーニーズに対応した業務改善方策等の策定を行っている。

また、基準の強化、新技術の導入等に対応しつつ自動車等の審査を機動的かつ効率的に実施するため、前年に引き続きスタッフ制のもとで審査の専門分野ごとにグループを編成する体制とし、組織運営の効率化の観点から、基準の新設等による業務量の拡大、新規業務の追加等に応じて適宜柔軟にグループの改編を行っている。

2. 自動車等の審査業務

平成22年度における自動車等の審査件数は、自動車3,351型式、装置401型式である。このうち、ハイブリッド自動車に対する審査件数は82型式（新規：7型式、変更：75型式）となっている。

ハイブリッド自動車等の高電圧蓄電池を動力源とした乗用の車両に対しては、平成24年7月1日より通常使用時と衝突時における乗車乗員の感電保護基準が適用となり、当該基準の基準適用日前対応としての申請が平成22年度後半から増えているところである。

また、燃費向上を目的に「アイドリングストップ」を装備する自動車の申請が増加している。この中には、停止する前にアイドリングストップを作動させるものも出てきている。さらに、アイドリングストップの装備と合わせる形でアイドリングストップ時のブレーキ圧低下による坂道での後退を防ぐための「ヒルスタートアシスト」を装備する自動車の申請が見受けられた。

その他、横滑り防止装置（ESC）やブレーキアシスト（BAS）の基準適用日前の対応として、当該装置を装備する車両の申請が増えているところである。

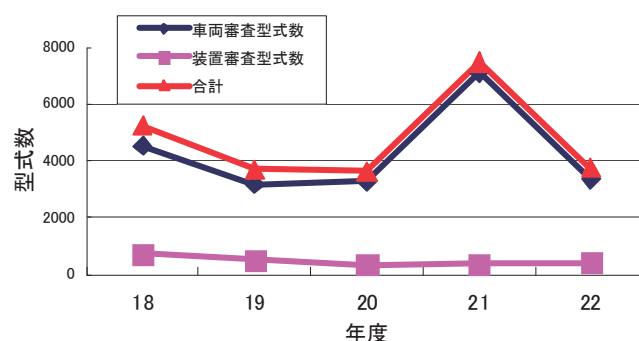


表1 審査件数の推移

試験自動車の大臣認定については、非接触給電システム搭載のプラグインハイブリッド自動車、E10燃料

対応自動車、配光可変前照灯（ADB）に対して審査を行った。



図1 非接触給電システム搭載のプラグインハイブリッド自動車

2. 1. 確実な審査の実施

確実な審査を実施するため、施設の維持管理、職員の研修等により適切な審査体制を保持するとともに、基準の制定、改正等に対しては、必要に応じて職員の研修、審査手法の確立、施設の整備等の措置により、審査体制の整備を行うこととしている。

2. 1. 1. 職員の採用・育成

審査を確実にかつ効率的に実施するためには、審査能力の向上は不可欠である。このため、職員の専門性の向上と担当分野の拡大を目的とする研修を行うとともに、審査業務に必要な知識の習得及び各職員の担当する審査項目や範囲をグループ横断的に認定・管理することを目的として、平成18年4月より「自動車審査試験実施能力認定制度」を導入した。

平成22年度末現在、認定制度に基づく認定を258件与え、管理を行っている。研修の具体的な内容としては、側面衝突試験、座席取り付け、突入防止装置、ダミー校正等に関する研修を実施した。

また、平成19年度から技術者を、長期に渡って審査業務に携わることを前提としたプロパー職員として雇用（中途採用）しており、平成22年度には4名のプロパー職員を採用した。これらのプロパー職員は、専門知識及び開発現場等での経験を活かし、審査業務において個人として活躍するとともに、組織全体の技術力の底上げにつながっている。

その他、語学力の習得を目的とする英語研修の実施や審査部へ新規に配属された職員等に対する研修用「審査マニュアル」の見直しを行い、審査部業務の全体概要が容易に理解できるよう、工夫して研修を実施した。



図2 研修の様子

2. 1. 2. 審査手法の確立

新しく導入・改正された基準に対する審査を実施するためには、審査手法の確立が必要となる。ESCについては、試験マニュアル等の策定、実車試験に使用する試験車両の選定及び過去の実車試験結果活用の可否判断等に活用できるシミュレーションの適合性の確認手法を策定した。

また、二輪車の排出ガス測定法（WMTCモード）、特殊自動車の排出ガス測定法（NRTCモード）、ブレーキアシスト等の審査に関しては、試験マニュアル、選定ガイドライン等の策定等審査体制の整備を行った。

2. 1. 3. 施設整備等

自動車審査部において、ESCの実車試験が可能となるよう、走行路の老朽化に対する修繕と合わせて、走行路試験路の大R部を改修し、試験路面の範囲拡大を実施するとともに、実車試験に使用するステアリングロボットを導入した。

また施設の維持管理として、排出ガス試験、乗員保護試験、騒音試験、ブレーキ試験等に係る試験機器の定期点検整備、機器等の校正を適宜、実施している。



図3 走行路試験路大R部の改修工事

2. 1. 4. 新技術への対応

プラグイン・ハイブリッド（PHEV）、配光可変型前照灯を搭載した自動車の審査においては、研究部門と自動車審査部との共同チームを結成し、研究者の知見を活かしながら申請内容を検討する等の審査を行った。このように、基準策定支援研究を行う研究部門との連携を図ることにより新技術への対応を行っている。

2. 1. 5. 自動車試験場の人員の活用

自動車試験場の技術補助員（契約職員）の採用により、自動車試験場の試験実施能力の強化を図っており、灯火器、運行記録計等の装置の審査や燃費・ガス関係の試験等を自動車試験場において審査業務が行えるよう体制を整備し、試験を実施するなど、効率的な業務の実施に努めている。

2. 1. 6. 海外の審査機関との連携・協力

国際基準として導入された基準の審査方法等についての情報提供・収集、解釈の確認等を行うため、VCA、TUV-SUD等の外国試験機関との会合を設け、連携・協力できる関係を構築している。

2. 2. 審査の合理化と申請者の利便性向上

審査方法の合理化として、平成18年度に創設した「先行受託試験（車両の型式指定申請等（本申請）に先立って、技術基準に規定する試験を行い、当該試験データを本申請時の審査に活用できるようにする制度）」を活用し、型式指定等の申請スケジュールに縛られない、開発スケジュールに合わせた柔軟な試験スケジュールでの試験実施を行うとともに、複数の試験を同一の試験車で実施することによる試験車両数の削減や、審査業務量の平準化を行った。平成22年度の実績は64件（試験実績170件）となっている。

また、申請者への利便性向上としては、申請者ニーズを踏まえて、審査・試験スケジュールのより柔軟な対応、試験作業環境の改善を目的とした空調設備の整備、労働安全の観点から排出ガス試験施設内の防護柵の設置等を実施した。その他、審査部ネットについては、情報提供を充実させるとともに、システムの柔軟性を向上させることにより、申請者の利便性の向上と業務の効率化に資するものに再構築した。

2. 3. 審査業務の国際化への対応

2. 3. 1. 国際基準認証調和活動

認証審査業務から得られた知見等を活用し、我が国の国際基準認証調和活動に貢献するため、JASIC国内対応会議への継続的な参加、国土交通省への技術的な助言等を行っている。GRPE及びGRRFにおいては、国連の会議にも継続的に参加しており、現地での技術的な助言を実施するほか、将来日本に導入される基準に係る情報収集、他国の専門家との恒久的なネットワークの形成に努めている。

2. 3. 2. アジア諸国への支援

国際的に調和のとれた基準や認証制度の導入をアジア諸国において促進することを目的に国土交通省等が主催したアジア専門家会議（マレーシア、インドネシアで開催）に講師を派遣し、政府関係者及び業界関係者に対して、乗用車及び二輪の制動装置の審査方法について講演を行うなどの支援を行っている。

また、来日したアジア諸国の審査機関等に対して、試験場の施設・設備見学を受け入れるとともに、審査方法を説明する等、当該審査機関等の審査能力向上に貢献している。



図4 アジア専門家会議における講演

3. 今後の自動車審査部について

3. 1. 第3期中期計画

今年度からの5カ年の中期目標を達成するために、第3期中期計画を定めた。自動車審査部においては、自動車に係る国民の安全・安心の確保及び環境の保全に引き続き貢献すること、高度化・複雑化する自動車の新技術等や新たな国際枠組みに確実に対応し、我が国技術の海外展開支援等の観点から企業がより国際

的な活動をしやすい環境を作り出していくため、業務実施体制の更なる強化を進めることとしている。

自動車審査部においては、中期計画に規定した事項を着実に実施していく所存である。

3. 2. 自動車基準認証国際化行動計画

国土交通省において、今後も、我が国自動車メーカー等が世界で活躍できるようにするためには、日本の基準を国際標準化することが重要であるとの認識のもと、今後の国際化戦略が「自動車基準認証国際化行動計画」として取りまとめられた。

この中で、自動車審査部には、高い技術力に裏打ちされた国際的に発言力を有する審査機関として、リーダーシップを発揮していくことが期待されており、そのためには、①基準策定活動との連携強化、②審査官の専門性の深化等による組織の技術力の強化・蓄積、③多国間認証に対応した基準・認証制度の整備、④申請関係窓口の一本化等による高い利便性の実現、⑤人的、技術的、制度的、経営的観点からの持続可能性の確保が重要であるとされている。

これを受けて、自動車審査部においても、あるべき審査機関の確立のために必要な検討を行っていく予定である。

4. まとめ

近年、複雑で高度な新技術の導入、ハイブリッド車等次世代自動車の普及が進むほか、安全・環境基準の強化や国際基準調和の進展等に伴って、審査に必要となる知識・技術レベルが高まっている。

このような中で審査を確実に実施するため、今後とも、適切な審査体制の保持・整備、技術職員の育成・配置、技術力の強化・蓄積、研究部門及びリコール技術検証部門との連携強化等に努めるとともに、審査の合理化、申請者の利便性向上に努めて参りたい。

6. トラック・バスの構造・装置に係る不具合・事故の 要因分析と未然防止対策の提案

－リコール技術検証の経験から－

リコール技術検証部 ※岩田 剛和 岩井 章 山崎 明男 川上 剛

1. はじめに

平成 16 年 6 月、リコールに係る不正行為が大きな社会的問題となったことを受けて国土交通省が策定した再発防止対策においては、「情報収集の強化」及び「監査体制の強化」とともに、「技術的検証の実施」が柱として位置づけられ、同年 11 月に当研究所内にリコール調査員室が設置され、専門家による調査業務が開始された。その後、平成 18 年 5 月、道路運送車両法の改正により、当該業務が法定化されるとともに、リコール調査員室を発展させたリコール技術検証部が設置され、国土交通省がユーザー等から収集した自動車の不具合・事故に関する情報や自動車メーカー・装置メーカーから得た情報について、リコールに該当する可能性があるかどうか、また、これらのメーカーが国土交通省に届け出たリコールの内容が適切かどうか、同省の指示により技術的検証を行っている。加えて、同省の職員に同行して、検証に必要な現地調査を行うこともある。

当部では、かつて自動車メーカーで開発に長く携わり、高度な知識及び豊富な経験を有する技術者 OB を技術検証官として採用しており、平成 22 年度は延べ 532 件の検証を行っている。このうち、リコール届出につながった、又はリコール届出内容が適切かどうかの審査に活用された事案が 16 件あった。

この 5 年余りの技術的検証の経験から見てきたことは、自動車の構造・装置に係る不具合は、その事象自体や直接の原因はシンプルなものであっても、背景となっている要因は多様であり、再発防止、さらには未然防止を図っていくためには、自動車メーカー、整備事業者、使用者及び行政が、それぞれの立場で、また連携して対策に取り組むことが不可欠である、ということである。

本稿では、ひとたび事故や火災に至ると人的・物的被害、及びそれによる社会的影響が大きいトラック・バスについて、構造・装置に起因する不具合の事例を取り上げ、要因を分析するとともに、未然防止対策の方向性について考察を行った。

2. トラック・バスの構造・装置に係る不具合 の発生状況

2. 1. 事故・火災の状況

国土交通省に自動車メーカーから報告された自動車の不具合による事故・火災情報は、平成 21 年分から公表されており、平成 22 年に報告された件数は 1,202 件で、うちトラック（普通・小型貨物車）は 379 件（31.5%）、バス（普通・小型乗合車）は 37 件（3.1%）を占める。また、自動車メーカーから報告された原因（乗用車等を含む。）については、特定できなかったものが 331 件（27.5%）、調査中のものも 183 件（15.2%）あるが、それ以外では、点検整備によるものが 306 件（25.5%）、特殊な使用等によるものが 114 件（9.5%）、可燃物の置き忘れによるものが 77 件（6.4%）、社外品・後付品によるものが 70 件（5.8%）などとなっており、多くが点検・整備や使用上の問題によるものとされている。[1]（図 1）

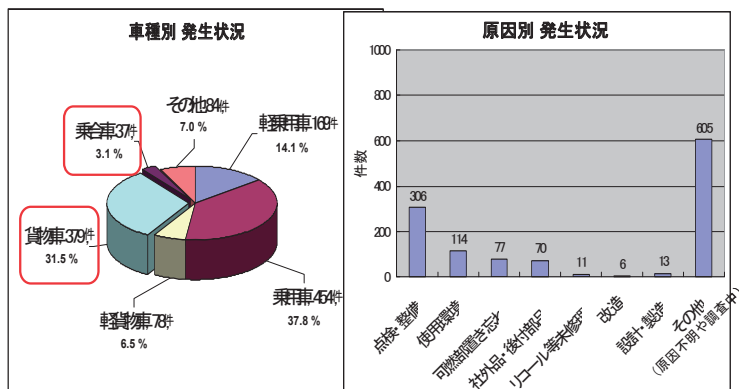


図 1 事故・火災の発生状況

2. 2. 技術検証の状況

トラック・バスについて、当部が平成 22 年度及び 23 年 8 月までに検証を終了し、不具合の原因及び発生メカニズムが明らかになった事案は約 30 件ある。不具合があった装置は、走行装置が約 4 割で最も多く、原動機、動力伝達装置、制動装置、車枠がそれぞれ約 1 割であり、また、最終事象は、タイヤの脱落が約 4 割、火災及び関係する装置の破損・脱落による走行不能がそれぞれ約 2 割あり、当事者の車両の損害はもちろん、乗員や周囲の交通の安全にも大きな影響を及ぼすおそれがある事象となっている。

これらの不具合の約 5 割は点検・整備に、また、約 3 割は使用環境（積載状況や使用年数等）に要因があったが、さらにこれらのうち約 4 割は、設計にも要因があったと考えられるものであった。（図 2）

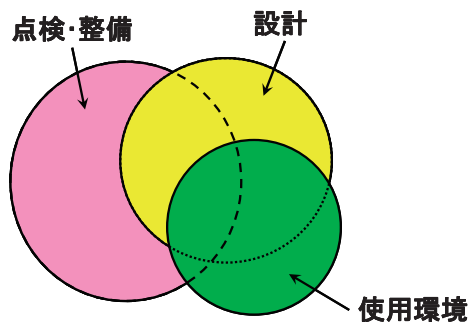


図 2 不具合の要因（イメージ）

2. 3. 技術検証事案の具体例における不具合の要因と対策

(1) ブレーキの引きずりによる火災

この不具合には、エア/液圧複合式（エアオーバーハイドロリック）ブレーキのブレーキブースタやリレーバルブ等の整備が適切に行われず、グリスやゴム部品が劣化したことによるものがみられた。

いずれも確実な点検や定期的な部品交換が求められるが、不具合の状況をみると、特に制動装置のゴム部品は自動車メーカーの推奨どおりに交換されていないことが懸念される。

(2) ハブベアリング焼き付きによる車輪脱落

この不具合には、過大なハブベアリングプレロード、グリス不足によるもののほか、ロックプレート締め忘れなどによるものがみられた。また、特に低床 4 軸車で多く発生している。いずれについても、適切な整備の徹底について、これまでも様々な周知活動が行われている。

これら技術検証を行ったもの以外に、アクスルシャフトの誤組みによるもの、ハブキャップが外部からの衝撃で変形し、アウターベアリングロックボルトと干渉してナットが緩んだことによるものなどもあった。

(3) トレーラのリレーエマージェンシーバルブの凍結によるブレーキの引きずり、火災

この不具合は、エアタンクの水抜き不良やトラクタのブレーキエアドライヤの整備不良により、トレーラのリレーエマージェンシーバルブ（以下「REV」という。）に水が浸入し、冬期に凍結したことによるものであった。

これに対し、エアタンクの水抜きとともに、REV の分解・水分除去やトラクタのブレーキエアドライヤの点検・整備を確実にを行うことについて、トレーラメーカーが周知活動を行っている。また、REV へのヒータの装着や、その適切な使用についての注意喚起を行っているトレーラメーカーもある。

(4) トレーラのスラックアジャスタの破損による制動不良

平成 10 年 10 月からの中期ブレーキ規制によりオートマチックスラックアジャスタが装備されるようになった。また、トラクタにはトレーラブレーキが装備され、従来、信号待ち時や坂道発進時には駐車ブレーキとしても使用されていたが、トレーラブレーキレバーが平成 15 年頃からオートリターン式となり、信号待ち時等でも駐車ブレーキが頻繁に使用されるようになった。このため、駐車ブレーキの作動圧を下げる減圧（PP）バルブがトラクタに装備されていない場合には、高い作動圧がトレーラのブレーキに加わり、スラックアジャスタの本体やブレーキカムスプライン勘合部が疲労破壊する不具合がみられた。

駐車ブレーキの使用頻度が高いトレーラについては、スラックアジャスタの点検・整備をより確実に行うことや、PP バルブが装備されたトラクタを使用すること等について、トレーラメーカーが周知活動を行っている。

(5) スタビリンカの折損による走行不能

特に深あおり架装車やバルク架装車で、著しい過積載をしていたものは、重心も高く、旋回時等に過大な荷重が加わったことによりスタビリンカが疲労破壊する不具合がみられた。

このような架装車のユーザーはほぼ特定できることから、自動車メーカーでは、直接ユーザーに対し、

過積載防止やスタビリンカ及び関連部品の点検整備についての周知活動、エアサス車への架装制限などを行っている。

(6) トレーラのアクスルの折損による車輪脱落

この不具合は、平成5年11月からの車両総重量規制緩和に伴い、許容軸重はそのまま設定軸重を増大させたことや、隣接軸距の拡大、軸数増加による旋回時の「こじり」増大等の要因が相まってアクスルの強度余裕が低下し、10年を超える長期使用により、アクスルが疲労破壊したことによるものであった。

トレーラメーカーでは、これまで長期使用車両のアクスルについて、カラーチェックによる亀裂の点検を行うよう周知活動を行ってきたが、強度余裕が低下しているアクスルについては、強度を向上させた新品に交換するリコールを行うとともに、それ以外のものについても、強度の低い部分の点検について注意喚起を行っている。

3. 不具合の要因を踏まえた未然防止対策の提案

3. 1. 点検・整備と設計

2. 3に挙げた具体例については、いずれも道路運送車両法に基づく自動車点検基準や自動車の点検及び整備に関する手引、各自動車メーカー（トレーラメーカーを含む。以下同じ。）が定める車種ごとの整備要領やサービスマニュアル、随時発行する整備技術情報等に従って100%確実に点検・整備が行われれば、多くの不具合の発生を防止できると考えられる。

しかしながら、実際には、関係者の努力にもかかわらず、定期点検の実施率は、平成20年度で事業用バスは90%に達しているものの事業用トラックでは53%にとどまっている[2]。もとより、日常点検、定期点検・整備は、自動車の安全性等を使用過程において維持確保するための最も基本的かつ不可欠な作業であり、不具合の防止のためには、引き続き整備事業者、自動車メーカー、行政等が一体となってユーザーへの周知・啓発活動を進めていく必要があることは言うまでもない。

一方、例(1)では、定期点検の実施率自体は高いと想定される大手運送事業者でもゴム部品やグリス等が自動車メーカーの推奨どおりには交換されていない状況があった。例えば、ゴム部品の定期交換基準は、通常1～4年程度とされているが、外観上は問題なく機能にも異常がない場合には、交換について、コストとの兼ね合いからユーザーの納得が得られにく

い場合があると考えられる。結果として、5年程度の使用から不具合が発生しており、適切な余裕度を見込みつつ、いかにユーザーが納得できる部品の定期交換基準を設定するかが課題といえる。

また、例(2)のような場合は、整備事業者による整備作業上のミスから不具合に至る可能性もあることから、自動車メーカーに対しては、整備要領等をよりわかりやすく明確にすること、整備事業者と連携して整備技術や整備ツールの充実を図ること、整備ミスを起こさないような部品の見直しに設計面からも取り組むことなどが求められる。さらに、例(3)、例(6)でメーカーが推奨するREVの分解・水分除去やアクスルのカラーチェックなど、現実には徹底が困難と考えられる整備手法もあり、このような場合には、REVへのヒータの装着や強度を向上させたアクスルへの変更にみられるように、設計面からの部品の見直しも必要と考えられる。

3. 2. 使用環境と設計

2. 3に挙げた具体例の中には、例(4)のように、自動車メーカーが当初の設計基準の前提として想定していた使用環境が変わり、設計基準を超える負荷が加わったことにより不具合が発生したのものがある。中期ブレーキ規制により、海外からトレーラの関連部品の導入も進んだが、その後のトラクタ側の変更により、高い作動圧が加わる駐車ブレーキの使用頻度が増大することを想定できず、結果として、導入した部品の強度の評価が不十分であったと考えられる。

また、例(5)のように、ユーザーが過積載をしなれば不具合が発生しなかったと考えられるものがある。しかしながら、特に深あおり架装車やバルク架装車などは、構造や積載物の特性から過積載となりやすい。このようなユーザーに対しては、行政、自動車メーカー、架装メーカー、整備事業者等が連携し、過積載防止について周知・啓発活動を進めるとともに、さらに行政による指導取締りの強化が必要である。

ただ、現実には、これまでの関係者の努力にもかかわらず、普通トラック全体平均で8%、うち事業用トラックでは20%が過積載で運行されており、積載状況が不明なものもあわせると、過積載は依然として相当程度行われている状況にある[3]。自動車メーカーは、車両価格の維持や燃費向上、積載量確保等を考慮しながらも、ユーザーの使用実態を反映させた設計基準を設定することも必要と考えられる。また、特に過

積載による不具合が発生している架装形態については、このような架装ができる車種を制限する架装制限も当面は有効と考えられる。

近年、自動車の使用期間の長期化が続いており、平均使用年数は、平成6年にはトラックで9.5年、バスで12.2年であったのが、平成21年にはそれぞれ13.5年、15.0年にまで伸びている[4]。例(6)は、車両総重量規制緩和前であれば十分な強度を有していたアクスルが、規制緩和による軸重増大や旋回時等の「こじり」増大に使用年数長期化も加わって、強度余裕がなくなり、特に長期使用のトレーラのアクスルで折損が発生するようになったもので、一部の車種ではアクスルの標準使用期限を「10年、100万km」と明示したトレーラメーカーも出てきた。アクスルのような部品であっても必要であればユーザーに交換基準を明示することもひとつの考え方であると考えられる。

3. 3. 今後のさらなる取り組みに向けて

当部の技術検証事案の具体例から見えてきたことは、トラック・バスの構造・装置に係る不具合・事故には点検・整備、使用環境、設計の複合的要因が関わっており、その未然防止を図るためには、自動車メーカー、整備事業者、ユーザー、行政がそれぞれの立場で、また連携して対策に取り組む必要がある。その内容をおおまかに以下のとおり整理してみた(表)。

何よりも、直接的な対策としては、点検・整備の実効性が上がるような取り組みを一層強力に推進していく必要がある。

加えて、行政を中心とした、ユーザーの関係法令の遵守確保に向けた取り組みとともに、自動車メーカーが市場における点検・整備や使用の実態を把握し、適切な設計基準を設定することも重要であると考えられる。

有限寿命が見込まれる重要部品については積極的にこれを開示することも場合によっては必要であろう。

さらに踏み込んで、ハブ、ブレーキ、アクスル、プロペラシャフトなどの破損・脱落、ブレーキの引きずりや燃料漏れなどによる火災、といった危険性の高い事象に至る前の予見的事象や劣化事象を時間的余裕をもって検知し、点検時や運転中にサインとしてユーザーが不具合の発生を明確に予見できるような設計、また、整備不良を起こしにくい設計といったことにも自動車メーカーによる取り組みを期待したい。

4. おわりに

平成21年後半から22年前半にかけての自動車のリコール問題に対する国内外の関心の高まりを受け、当所でも、23年度から技術検証官の人数をほぼ倍増するなど、技術検証体制の強化を図ったところである。

今後とも、これらの人材能力を活用し、個々の事案の技術検証に的確に取り組むとともに、得られた知見については、自動車メーカー・装置メーカー、整備事業者、ユーザー、行政などの関係者に積極的にフィードバックしていきたい。

参考文献

- [1]事故・火災情報の統計結果について(平成22年)(平成23年6月、国土交通省)
- [2]事業用自動車の定期点検整備の確実な実施について(平成23年5月、国土交通省)
- [3]2010年度普通トラック市場動向調査(平成23年4月、(社)日本自動車工業会)
- [4]平成22年版我が国の自動車保有動向(平成22年10月、(財)自動車検査登録情報協会)

表 不具合・事故の未然防止対策(提案)

	整備	使用環境	設計
メーカー	<ul style="list-style-type: none"> ・整備要領の明確化 ・定期交換部品の基準見直し(納得性) ・部品交換の容易化と価格低下 ・整備ツールの開発 ・予見事象・最終事象(危険性)の周知と予防整備の必要性の周知(特に長期・過酷使用車) 	<ul style="list-style-type: none"> ・有限寿命の重要装置の使用期限開示と交換の必要性の周知 ・適切な使用方法(積載、運転操作等)の周知 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険事象に至らない設計 ・整備不良を起こしにくい設計 ・市場の使用実態(積載状態、運転操作状況等)に合った設計基準設定
整備事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・整備技術向上 ・整備ツールの充実 ・予防整備の推進(特に長期・過酷使用車) 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な使用方法(積載、運転操作等)の周知 	
ユーザー	<ul style="list-style-type: none"> ・日常点検、予防整備の推進(特に長期・過酷使用車) 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な使用方法(積載、運転操作等)の徹底 	
行政	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザー、整備事業者に対する適切な点検整備の周知指導 ・点検整備不適切のユーザー(特に事故惹起者)に対する監督 ・点検整備不適切の整備事業者に対する監督 	<ul style="list-style-type: none"> ・過積載のユーザーに対する監督 ・有限寿命の重要装置の点検整備のあり方検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・不具合の技術検証推進 ・不具合を起こした部品を共通使用する車種への市場措置の横展開 ・技術検証知見のメーカー等へのフィードバック

7. 自動車基準の国際調和における最近の動向

自動車基準認証国際調和技術支援室長

※成澤 和幸

1. はじめに

自動車や自動車部品の流通の国際化はますます進展しており、安全対策、地球環境問題など自動車性能の要求を地球規模でとらえる必要が生じている。加えて、中国、インドなどアジア諸国において自動車の普及が急速に進展していることから、日本の技術・基準をアジア諸国等と共同で国際標準化することが日本政府の新成長戦略の一環として位置づけられている。

一方、電子制御技術の多方面への導入など、自動車技術の高度化に伴い、技術基準に求められる内容が複雑になっている。これに対応するには専門的知識が豊富な人材を投入するのが望ましい。

このような背景から、交通安全環境研究所は自動車基準と認証における国際調和活動を支援するための組織を設け活動を実施している。

2. 活動の概要

2. 1. 自動車基準認証国際調和技術支援室

当室は交通安全環境研究所の3研究領域に所属する研究職員と自動車審査部の審査官および客員研究員の17名から成り立っている。研究所内から横断的に人材を集め構成した専門家集団としての組織である。

2. 2. 活動の方法

活動は大きく2つに分かれる。一つはジュネーブで開催される国連の会議に参加して国際調和活動を支援することである。日本代表である国土交通省に対し、室員が専門的見地から補佐するために各専門家会議に出席している。もう一つは、国際基準の採択にともない、審査業務も国際化の流れに対応する必要が生じることから、自動車審査部の職員から構成されるグループが外国審査機関と連携をとることである。

2. 2. 1. 国連の会議への参加

出席する国連の会議組織を図1に示す。欧州経済委員会（ECE）の下に自動車基準調和世界フォーラム

（WP29）があり、これに属する6種の専門家会議に参加する。主な会議内容としては、58年協定と呼ばれる、相互承認協定に基づく国際基準（ECE規則）の作成、修正に関するものと、98年協定と呼ばれる世界統一基準（Global Technical Regulation - gtr）作成に関するものがある。なお、基準案作成においては、それぞれの専門家会議の下に、インフォーマルグループと呼ばれる作業部会が組織される例が多い。

2. 2. 2. 外国審査機関との連携

自動車審査部は日本で唯一の審査機関であるが、58年協定に基づく装置型式認証の相互承認制度により、国際競争のもとで業務を実施しなければならない。したがって外国審査機関との情報交換を行って審査技術を磨くことも重要な課題である。また、アジア諸国の58年協定への加盟を促進するためには、アジア諸国に対して先導的な役割を果たすべく、自動車審査部からも職員の派遣等を通じた支援を行っている。

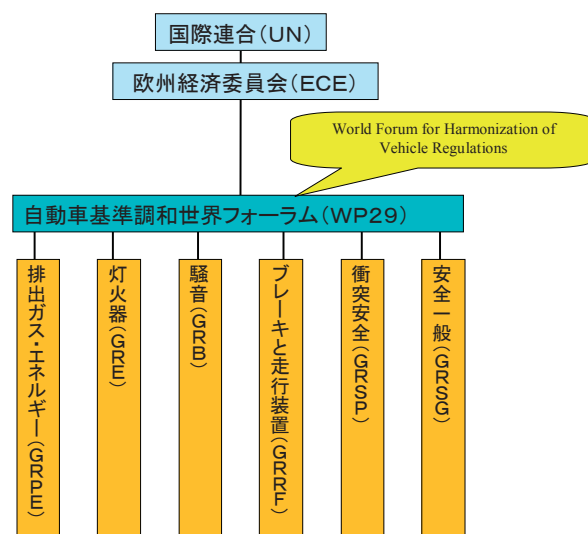


図1 自動車技術基準の国際調和活動を行う組織



図2 試験サイクル作成(DHC) グループ会合

3. 国連の会議内容

以下に交通安全環境研究所職員が参加した国連の専門家会議における最近の主な論点を記す。

3. 1. 乗用車排出ガス・燃費試験法の国際統一化

2008年より活動を開始した乗用車排出ガス・燃費試験法(WLTP)インフォーマルグループについては、2年間の予定を1年半に短縮して世界統一基準(gtr)活動のためのロードマップを作成した。そして、このインフォーマルグループの下に、自動車の実走行データを収集して試験サイクルを作る試験サイクル作成(DHC)グループが組織され2013年までにフェーズ1として国際統一乗用車試験サイクル(WLTC)を策定することになった。日本はWLTPのセクレタリーを受けるとともに、DHCの議長を当研究所職員が担当した(図2)。さらに、WLTCを用いて排出ガス等を測定するための試験法作成(DTP)グループが組織されたが、試験法に関わる検討項目は多岐にわたることから、これを細分化して活動することになり、電気、ハイブリッド車試験法サブグループのリーダーを当研究所職員が担当し、DHCと併せてWLTP活動の根幹を担うことになった。図3にサブグループ構成を示す。

DHCに関しては、世界各国からデータを収集し日本自動車研究所で国際統一乗用車試験サイクル(WLTC)を作成することになった。欧州の9カ国、米国、インド、韓国それに日本からデータが提出され、これらを基に作成された試験サイクル(WLTC)案が今年の8月に提案された。中国はデータを提出する事を前提にこの活動に加わっていたが、国内手続き等の問題で試験サイクル作りにデータの提出が間に合わ

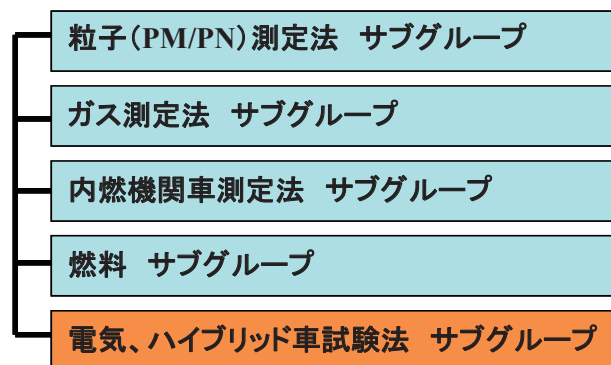


図3 試験法作成(DTP)グループのサブグループ構成

なかった。日本としては引き続きWLTP活動に中国が貢献するよう働きかけていく予定である。

現在、試験サイクル(WLTC)案の第一次評価を実施している。第一次評価では、サイクルの運転性、追従性などを主眼として評価している。インドの低出力車から欧米の高排気量のスポーツカーまで様々な車両で第一次評価がなされることが予想される。この結果を元に試験サイクルに必要な修正が施された後、今年の秋から行われる第二次評価においては、排出ガス性能、燃費性能の評価を実施し、国際統一基準にふさわしい試験サイクルであるかどうか検証していく予定である。一方、第二次評価の際には、統一された測定法にしたがって排出ガス・燃費測定を行う必要がある。このためDTPグループにおいては、シャーシダイナモメータ上における試験車設定方法などを細部にわたって定めるべく議論を重ねている。その他、試験サイクルはコールドスタートになるので試験手順の作成などが緊急に解決すべき課題としてある。

3. 2. 衝突安全

自動車基準調和世界フォーラム(WP29)において、現在、最も多くのインフォーマルグループ活動を行っているのが衝突安全の分野である。

歩行者保護 gtr No.9 に関しては、歩行者脚部保護試験に、日本から提案している Flex インパクトの導入を目指して、活動を進めており、今年の5月、改正提案を行うためのインフォーマルグループの設置が決まった。

ヘッドレスト gtr No.7 については日欧、米の思惑の違いから、ヘッドレスト試験法要件や後面衝突ダミーなど、多くのオプション項目を持つ gtr として成立

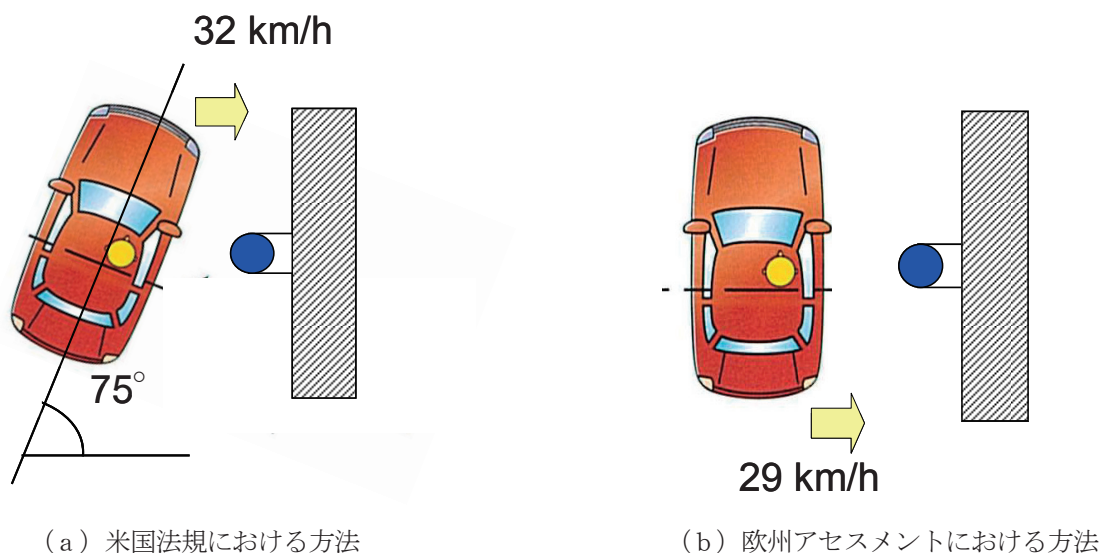


図4 ポール側面衝突試験方法の比較

した。このオプションを減らして統一すべく、日本がリードして第二段階の活動を開始した。

2010年にオーストラリアがポール側面衝突試験法をあらたに **gtr** として作成することを提案し、インフォーマル会議が発足した。図4にポール側面衝突試験の概要を示す。はじめに、ポール側面衝突試験法導入の必要性について検討することとし、各国の事故調査と実験データをとりまとめた。日本からは当所で以前に行った事故調査と実験の結果を送付した。

ポール側面衝突試験は、米国が既に基準として導入済みであり、オーストラリアと欧州ではアセスメント事業で用いている(図4(a)(b))。ただし、試験条件は、衝突角度、速度、使用ダミー種類等の点で米国と欧州で異なっていることから、**gtr** 化に向けては試験条件の統一が課題となるであろう。衝突角度については、日本において、どちらの角度の事故が多いかの調査は未実施のため、今後調査が必要と考えられる。

ポール側面衝突試験を早期に基準化したいオーストラリアと試験用ダミーの国際統一化を図りたい米国が主導して議論が進んでいる。日本が導入を考える上での固有の問題点として、軽自動車の対応可能性等が考えられる。

フランスを議長国として、オフセット前面衝突試験法(ECE規則R94)の改訂を検討している。当初の検討課題であった、現行のオフセットデフォーマブルバリア(ODB)をプログレッシブデフォーマブルバリア(PDB)に置換える試みは、いくつかの国から、効果

について疑念が出された。そこで、議長国から、コンパティビリティ対策として、R94にフルラップ前面衝突試験の導入を検討する、との案が出された。日本はもともと両者を基準として採用していることから、基本的にこの方針に賛成し、活動が継続された。

現在欧州委員会のFIMCAR(Frontal Impact and Compatibility Assessment Research)と呼ばれるプロジェクトにおいて、前面衝突試験に関し、リジッドバリア(FWRB)とデフォーマブルバリア(FWDB)の比較が行われている。そこでこの試験結果を待つ議論する、という方針が出され、現在作業が中断している状況である。

チャイルドシートをより確実に固定できるISOFIXを基準に導入し、普及を図るための活動が開始された。新型ダミーの導入を検討するとともに、正面衝突に加え、側面衝突状態での評価も実施することを検討している。

3. 3. 電気自動車関連

電気自動車、ハイブリッド自動車に関する電気安全については、古くから国際基準として、ECE規則R100が存在した。これが時代にそぐわないものとして、ドイツが改訂の必要性を提案したのに対し、国内基準の整備を検討していた日本がこれに賛同し、協力して改訂作業を行った。基本的に日本の基準を反映した国際基準の改訂が2010年3月になされた。その後、ドイツよりこれらの自動車に搭載する電

池の基準が必要である、との提案がなされ、インフォーマルグループ活動が開始された。これをRESS(Rechargeable Energy Storage Systems)と呼んでいる。現在、リチウムイオン電池を念頭に置いた安全基準案が審議されている。

燃料電池自動車の gtr に関しては、当初より一年半遅れの 2012 年の成立を目指して作成作業を行っている。2005 年に世界で初めて成立した日本の技術基準をベースに議論を進めている。

WP29 で、米国の視覚障害者団体代表が、静かすぎる車が歩行者に危険な場合がある、という「静かな車」問題を提起したのは、2008 年の 11 月であった。これまで自動車の静かさのみを追求してきた各国政府、世界の自動車メーカーにとって少なからず衝撃的な出来事であった。その後、国内においても電気自動車やハイブリッド自動車などの静かな電動車両に対する安全性低下の懸念が指摘されたため、国土交通省は検討委員会を設置し、2010 年 1 月に車両接近通報装置の指針が策定された。この指針の策定にあたっては交通安全環境研究所でこの装置の体験会を実施するなど技術面で貢献した。

一方、WP29 では、米国の提案により、静かな車両の対策に関するインフォーマル会議の設置が承認され、本格的に活動を開始した。本年の 3 月には日本の指針を基に国際的なガイドラインが定められ、このガイドラインを参考に、国際基準化の可能性を議論し始めたところである。

3. 4. その他の課題

車両の安全性の向上を目的とした予防安全システムの基準として、大型車の先進被害軽減ブレーキ(AEBS)の国際基準化を検討している。AEBS は、前方車両を検知し、衝突の可能性がある場合に自動ブレーキにより衝突速度を低減して乗員に与える被害を軽減するシステムである。日本では AEBS の技術指針を制定し、基準化の準備を進めていたので、これを国際基準に反映すべく活動した。これまでに当研究所で実施した試験データを会議の場に提供するとともに自動車試験場でデモンストレーションを行うなど、日本の技術をもとに国際基準の制定を目指している。本年末までに基準の技術議論の終了を目指している。

欧州から新技術として提案された前方車両を認識

して制御する走行用前照灯について、対向車へのグレア及び十分な路面照度の確保といった観点から、安全性の確認が議論された。そして、車両に装備した際の灯火性能基準を含む ECE 規則 R48 の改正として基準化された。

4. 外国審査機関との連携等

外国審査機関との連携として、7月に英国の認証試験機関である VCA (Vehicle Certification Agency) 日本事務所との 10 回目の会合を持つほか、その他の試験機関とも意見交換等を行っている。また、58 年協定加盟国及び加盟準備国への技術支援として、マレーシア、インドネシアで開催された自動車の基準・認証制度に係るアジア専門家会合に自動車審査部の職員を派遣した。58 年協定に関し、装置単位の相互承認から車両単位の相互承認への転換のために、WP29 において IWVTA (International Whole Vehicle Type Approval) の導入議論がなされている。これに対し自動車審査部の立場でインフォーマル会議に参加している。

5. まとめと今後の方針

自動車基準認証国際調和技術支援室が発足して 6 年になる。当初は、国際会議に慣れること、外国の政府関係者、技術者と情報交換が行えるようにすることから始めた。

昨年度で終了した交通安全環境研究所の第 2 期中期計画期間(5年間)の間には、国内の基準整備と国際的な基準調和活動の両者に参画できる交通安全環境研究所の特性を活かして活動した。すなわち、交通安全環境研究所が国土交通省等から受託した試験研究結果を国連の専門家会議あるいは基準原案作成のためのインフォーマルグループで発表するとともに、議長としてリーダーシップを取る機会を増やしてきた。今後は、国際標準化機構(ISO)等における標準化の動向を視野に入れつつ、活動の幅を広げていきたい。

外国審査機関との連携では、欧州の審査機関との交流が定着しつつある。また認証技術に関する連携のための会合やアジア諸国への貢献も定着してきた。人的交流も含め、引き続き継続的な活動を行ってきたい。

ポスターセッション

① ガソリン車から排出される温室効果ガス（GHG）の 評価試験方法に関する考察

環境研究領域
岩田電業株式会社
日本エム・ケー・エス株式会社

※山本 敏朗 堤 玲子
岩田 恒夫 小川 恭弘
加藤 裕

1. まえがき

米国環境保護局（EPA）は、2012年より、温室効果ガス（以下、Green House Gas を略して「GHG」と記す）を、大気浄化法により、大気汚染物質として規制することを決めている。ここで、GHGとは、CO₂に加えてN₂OおよびCH₄の3成分を指す。CO₂の温室効果を1とすると、N₂Oはその310倍、CH₄はその21倍の温室効果を示す。特に、N₂Oは、エンジンの始動と停止が間欠的に行われるガソリンエンジン搭載ハイブリッド車（以下、「ハイブリッド車」と記す）やNH₃によってNO_xを浄化する尿素SCRシステム搭載ディーゼル車等からの排出が懸念され、CO₂のみならずN₂OおよびCH₄についても、排出実態の把握が必要となっている。一方、我が国においては、自動車の燃費規制によるCO₂抑制策はあるものの、自動車からのN₂OおよびCH₄の排出を抑制する施策はない。今後、ハイブリッド車や尿素SCRシステム搭載ディーゼル車等からの排出が問題となる場合は、GHG排出量規制およびそのための評価試験方法が検討されるものと考えられる。

本研究では、ガソリン車、ディーゼル車ともに対象とするが、まずは排気対策を三元触媒に依存するガソリン車（ハイブリッド車を含む）のGHG排出実態を把握するため、一方策として、シャシダイナモメータ（以下、「CD」と記す）台上に、複数台の試験車両を順次設置してモード運転を行い、そのときのGHG排出状態をフーリエ変換赤外分析装置で連続分析した。路上走行時のN₂OおよびCH₄の排出特性を把握するには、両成分が触媒温度に依存することから、触媒温度に影響を及ぼす道路縦断勾配（以下、「勾配」と記す）やソーク時間（エンジン停止時から次に始動するまでの時間）の影響を調査する必要がある。このため、本研究では、勾配とソーク時間を、自動車の使用実態に合わせて変化させ、試験を行った。これらの試

験結果を基に、勾配およびソーク時間がGHG排出に及ぼす影響について解析するとともに、都市内走行時に、ガソリン車から排出されるGHGの評価試験方法について考察した。

2. 実験方法

本試験では、CD台上に試験車両を設置し、JC08モードを運転して、そのときの排出ガスを連続分析している。試験車両は、ハイブリッド車では新長期規制適合乗用車のA車およびB車を、またガソリン車は新長期規制適合のC車および新短期規制適合のD車を、それぞれ選定した。試験車両の主な諸元を表1に示す。N₂O、CH₄、CO₂等の分析は、主に新開発の車載式FTIR分析装置（岩田電業製FAST-2200フーリエ変換赤外分析計）を用いて、0.2秒サンプリング（分析部の90%応答；2.8秒）で連続的に行った。別途、排出ガスの質量換算に必須となる瞬時排出ガス流量は、CVS法（定容量希釈サンプリング法）により取得した。道路勾配の設定（勾配+2%および勾配-2%）は、CDの制御で、走行抵抗の転がり抵抗分に勾配抵抗分を加算あるいは減算して与えた。ホットスタート試験は、車速60km/h一定で、20分間の暖機運転後に実施した。また、コールドスタート試験は、JC08モード運転後に、ソーク時間を2時間あるいは16時間として実施した。ただし、D車については、1時間と4時間のソークを追加した。ここで、道路勾配を±2%としたのは、

表1 試験車両の主要諸元

車両コード	車両カテゴリ	エンジン型式	排出ガス対策	車両重量(kg)	排出ガス規制レベル
A	1.8L ハイブリッド 普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 (Pre,Main) EGR装置	1,310	新長期規制 ☆☆☆☆
B	1.3L ハイブリッド 普通乗用車	直列4気筒 SOHC	三元触媒 EGR装置	1,190	新長期規制 ☆☆☆☆
C	2.0L 普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 EGR装置	1,550	新長期規制 ☆☆☆☆
D	2.5L 普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 (Pre,Main)	1,890	新短期規制 ☆☆☆

首都圏幹線道路において、2%を超える道路勾配の区間が10%程度存在することを根拠としている⁽¹⁾。

また、ソーク時間の2時間は、昼間における自家用ガソリン乗用車および営業用ガソリン乗用車のソーク時間別始動回数構成比データ⁽²⁾を基に決定した。

3. 実験結果および考察

3. 1. 勾配・ソーク時間がGHG排出に及ぼす影響

一般的に、自動車の使い方としては、出発地点から様々な勾配の道路を走行して目的地に到達した後に、そこから元の出発地点に戻る場合が多い。ここで、出発地点から目的地点までの平均勾配(標高差/水平距離)の道路を仮定して、そこを登坂走行および降坂走行して元の出発地点に戻るまでの排出量と、走行区間が平坦路と仮定した場合の排出量の両者を比較することにより、GHG排出に及ぼす勾配の影響をマクロ的に評価できるものとする。本報では、勾配の影響を評価するために、都市内走行を代表するJC08モードで、都内幹線道路において出現頻度の高い勾配2%の道路を想定して登坂走行と降坂走行を行い、そのときの平均排出量と、平坦路(勾配0%)でJC08モードを走行したときの排出量の両者を比較する

方法を採用した。また、本報では、出先での短時間駐車、その後のエンジン始動時の排気に及ぼす影響を調査するため、暖機運転後のソーク時間を2時間とするコールドスタート条件を加えることとした。

図1～図3に、A車、B車およびC車のエンジン始動条件あるいは道路勾配条件を変化させてJC08モード運転を実施したときのCO₂、N₂OおよびCH₄の排出量(g/km)を示す。また、図中にはJC08ホットの排出量を100とする指数によって、各試験条件での排出量および登坂走行時と降坂走行時の排出量の平均値を記している。これらの図より、N₂Oの排出は、勾配の影響を受けるが、増減は車両により異なること、CH₄の排出は、勾配の影響により、ハイブリッド車では減少傾向を、ガソリン車では増加傾向を示すことがわかる。ここで、CH₄排出におけるハイブリッド車とガソリン車の排出傾向の違いは、登坂走行時の排出状態に依存している。ハイブリッド車の排出量減少は、電動機アシストと、エンジン負荷量が増加して排出ガス温度が上昇し触媒浄化性能が向上したこと、に起因すると考える。一方、ガソリン車の排出量増加は、エンジン負荷量の増加が原因と考

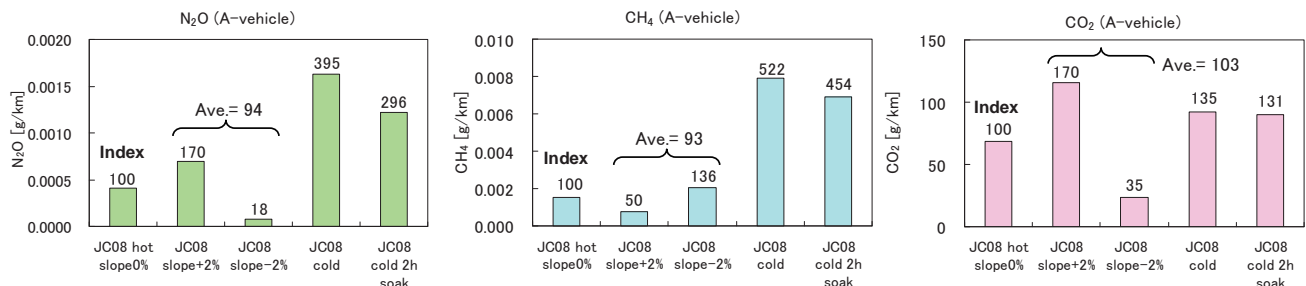


図1 JC08モード運転時におけるCO₂、N₂O、CH₄の排出量(ハイブリッド車A)

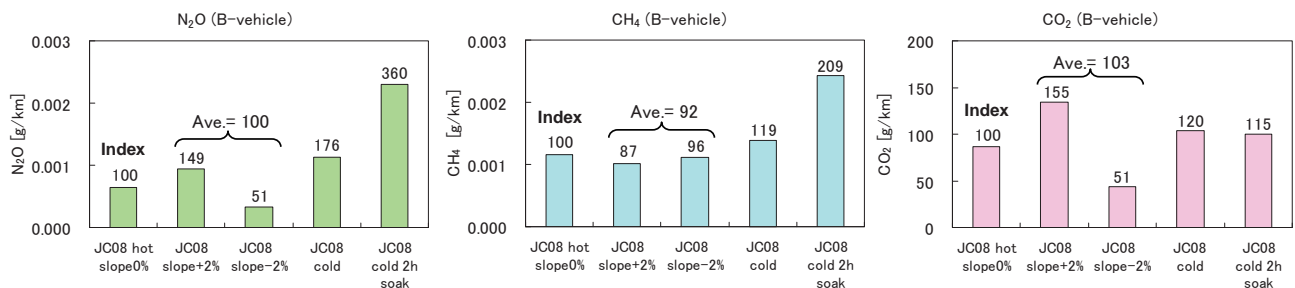


図2 JC08モード運転時におけるCO₂、N₂O、CH₄の排出量(ハイブリッド車B)

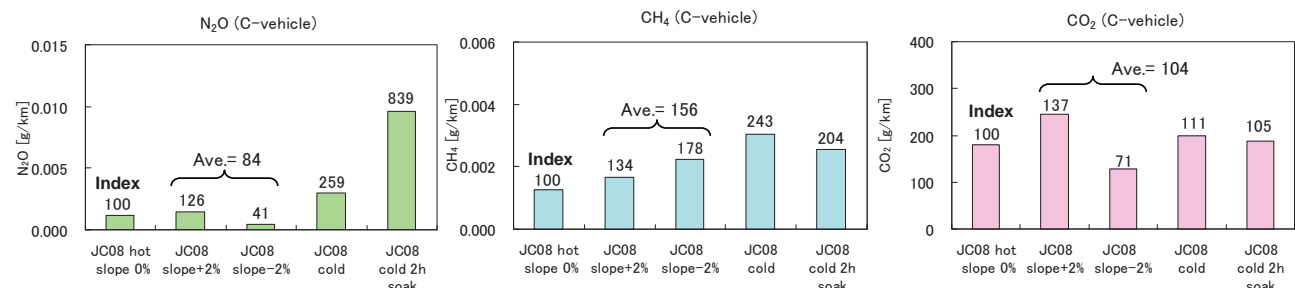


図3 JC08モード運転時におけるCO₂、N₂O、CH₄の排出量(ガソリン車C)

える。CO₂については、いずれの車両においても、JCO8 勾配+2%とJCO8 勾配-2%の平均値がJCO8 勾配0%の値よりも大きいことがわかる。

次に、ソーク時間がN₂O排出に及ぼす影響について調査した。図2および図3に示すように、B車とC車では、コールド条件（16時間ソーク）よりも2時間ソーク条件の方がN₂Oの排出量が多い。この理由をエンジン始動時のN₂OおよびNH₃の排出挙動から解析した。その結果を、図4に示す。いずれのソーク時間においても、エンジン始動後60秒までのNH₃排出の極めて少ない領域において、N₂Oの排出ピークが観測される。ガソリン車のN₂O排出メカニズムは、空燃比リッチ変動時に触媒層でNH₃が生成され、それが触媒温度300°C台までの低温域で、空燃比リーン変動等で導入されたO₂やNO_xにより酸化されて生成すると考えられる⁽³⁾。ここで、エンジン始動後60秒間では、触媒温度が低く、触媒層でのNH₃生成は考えにくい。このことから、図中の排出ピークは、エンジン停止時にNH₃が水酸化アンモニウム等となって触媒層に吸着し、それがソーク後のエンジン始動時に再びNH₃に戻り酸化されて生じたものと推察される。この検証のため、D車を用いて、ソーク時間を1時間～16時間と増加させたときのエンジン始動後60秒間のN₂O排出挙動を調査した。その結果を、図5に示す。同図より、ソーク時間の増加

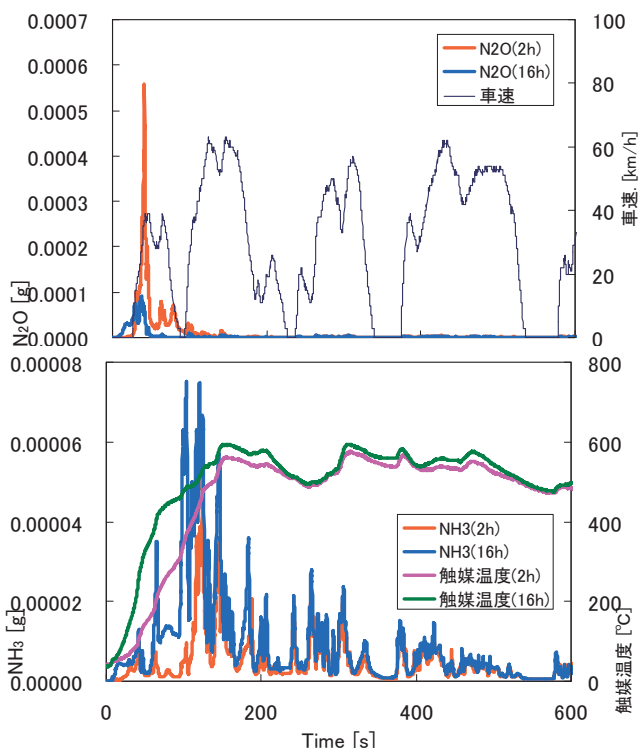


図4 エンジン始動時のN₂OとNH₃の排出挙動(C車)

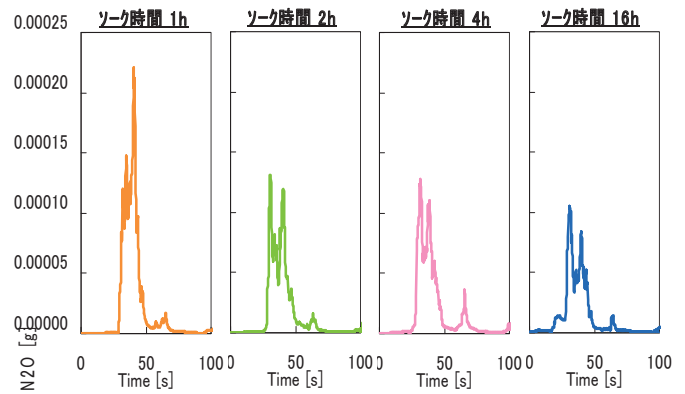


図5 ソーク時間別 N₂Oの排出挙動(D車)

に伴って排出ピークが減少していることがわかる。ここで、水酸化アンモニウムはNH₃の水溶液を指し、沸点が24.7°C（濃度32%時）である。25°Cの室内でソークしていることを考えると、ソーク時間の増加に伴って水酸化アンモニウムの蒸発が進み、触媒層のNH₃吸着量が減少して、上記のようなN₂Oの排出挙動になったと考えられる。

3. 2. GHG排出でのN₂OおよびCH₄の寄与率

図6に、A車、B車およびC車のエンジン始動条件あるいは道路勾配条件を変化させてJCO8モード運転を実施したときのGHG中に占めるCO₂、N₂OおよびCH₄の排出割合（CO₂換算による質量比率、%）を示す。ここでCO₂の温室効果を1とした場合、N₂Oは310倍、CH₄は21倍であるとして、GHGの排出量を以下の式で算出した。

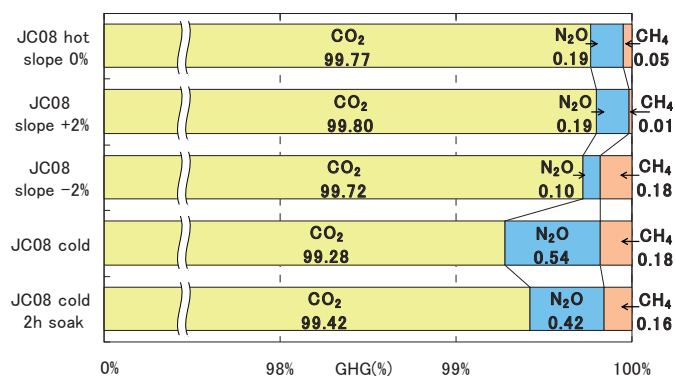
$$\text{GHG排出量} = \text{CO}_2\text{排出量} + \text{N}_2\text{O排出量} \times 310 + \text{CH}_4\text{排出量} \times 21$$

同図より、以下のことがわかる。A車、B車およびC車のいずれにおいてもホットスタート時よりもコールドスタート時の方がN₂Oの寄与率が増加している。特に、発進時にエンジンが作動しているB車およびC車の2時間ソーク後スタートにおいては、0.7%あるいは1.5%とN₂Oの寄与率が増加している。また、A車においては、勾配-2%の条件やコールドスタート時（2時間ソーク後の条件を含む）のように触媒温度が低下する走行条件において、CH₄の寄与率が増加しており、特徴的である。

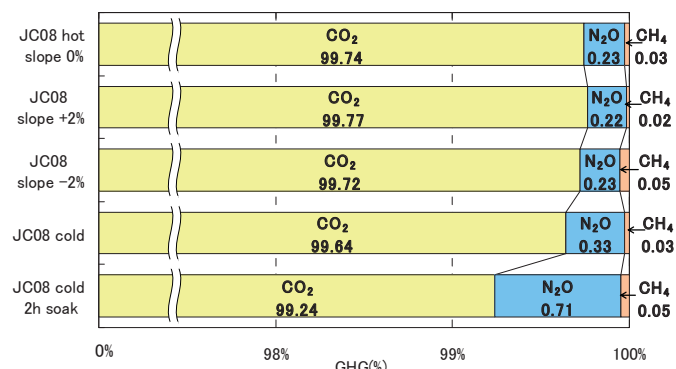
3. 3. GHG排出量を評価するための試験方法

ガソリン車から排出されるN₂OおよびCH₄は、触媒温度に大きく依存することから、本研究では、実路走行において触媒温度に影響を及ぼす道路勾配およびソーク時間に着目してきた。

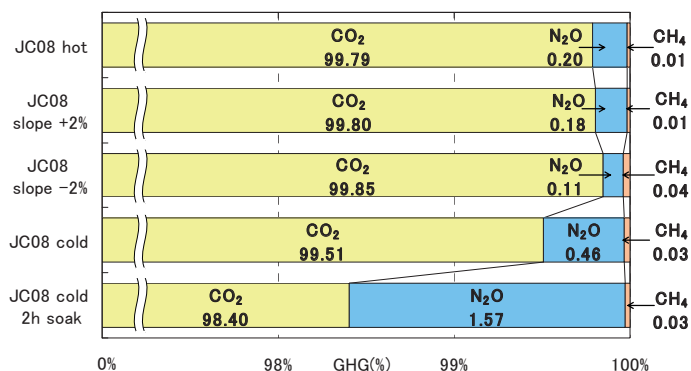
道路勾配は、N₂OおよびCH₄の排出に影響を及ぼ



(a) ハイブリッド車Aの結果



(b) ハイブリッド車Bの結果



(c) ガソリン車Cの結果

図6 JC08モード運転時における温室効果ガス成分の排出割合 (A車, B車, C車)

すが、両成分のGHG排出における寄与率は極めて小さく、両成分を合せても0.4%に満たない。CO₂は道路勾配の影響によって数%程度増加する。ただし、2%を超える勾配の区間は10%程度であり、全区間でのGHG排出量の増加は1%未満と推測される。これらのことから、首都圏幹線道路においては、道路勾配を考慮した試験を除外してもよいと考える。

ソーク時間は、N₂O排出に大きな影響を及ぼすことを実証した。GHG排出量を評価する上で重要な試験条件である。図7に、営業用ガソリン車の全国における1日当たりのソーク時間別始動回数構成比を示す。同図は、自動車の使用実態調査報告書(平成10年3月, (財)石油産業活性化センター)に基づいて

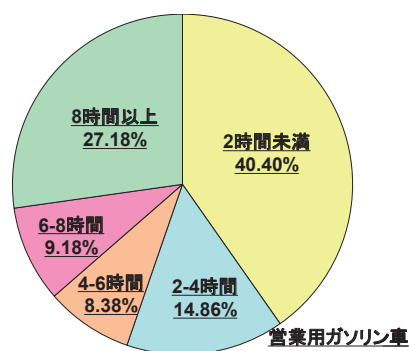


図7 一日当たりのソーク時間別始動回数構成比

作成した⁽²⁾。ソーク2時間未満が40%超存在することから、従来のコールドスタート(ソーク時間:6時間以上, 36時間以内)試験では使用実態を把握できないことがわかる。従って、GHG排出量の評価には、短時間ソークを考慮した試験が必要となる。

4. まとめ

ガソリン車から排出されるN₂OおよびCH₄は、触媒温度に依存することから、実路走行において触媒温度に影響を及ぼす道路勾配およびソーク時間に着目し、GHG排出量を評価するための試験方法について考察した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- (1) 首都圏幹線道路では2%を超える勾配の区間は10%程度であり、全区間でのGHG排出量の増加は1%未満と推測された。上記道路においては、道路勾配を考慮した試験を除外してもよいと考える。
- (2) 短時間ソークでN₂O排出量が増大すること、さらに使用実態においてソーク2時間未満が40%超(営業車)存在することから、GHG排出量の評価には、短時間ソークを考慮した試験が必要となる。

参考文献

- (1) 山本敏朗, 小川恭弘, 佐藤進: 車載計測システムを用いた実路走行時の環境負荷量の計測および増大要因の解析(第2報) - 排出ガス有害成分の増大要因となるエンジン制御状態に関する考察 -, 自動車技術会論文集, Vol. 38, No. 6, pp. 229-234 (2007)
- (2) PRTR届出外排出量の推計方法等に係わる資料, 補足資料3: 自動車に関する補足資料, http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h14kohyo/todokedegaisanshutudata.htm
- (3) 山本敏朗, 佐藤進, 常山順子, 岩田恒夫, 小川恭弘: 車載式フーリエ変換赤外分析装置を用いたガソリン排出ガス中のN₂OおよびCH₄の解析, 自動車技術会論文集, Vol. 41, No. 6, pp. 1391-1396 (2010)

② エコドライブ時の CO₂ 削減効果の検証とリアルワールドエミッションの解析

ーディーゼル貨物車運転時のエコドライブ運転技術と CO₂, NO_x 排出特性との関係ー

環境研究領域
慶應義塾大学大学院

※佐藤 進 鈴木 央一 袋 宣子
宮 雅芳 飯田 訓正

1. はじめに

運輸部門からの CO₂ 削減, 地球温暖化ガス削減を目的として, 最新車両には高度なエンジン燃焼技術, 排気後処理技術, 低燃費新技術の導入, 空気抵抗を低減した車両デザインなど, 様々な技術が投じられている。しかしこれらの車両の新技術による CO₂ 低減, 地球温暖化ガス低減の効果は, 新車両の導入に伴い効果が現れる。運輸部門全体での削減のためには, 車両単体の改良に加え, 道路インフラ, 交通流制御, ドライバの運転操作, バイオ燃料の導入などについて総合的な対策が必要である。その中で運転操作の改善方法の1つであるエコドライブは新車両, 使用過程車のいずれに対しても即効性があると考えられるため, その削減効果に関する研究⁽¹⁾がこれまでなされてきた。

これらの研究ではエコドライブにより CO₂ 削減, 燃費改善効果は示されているものの, NO_x 等の有害排出成分への影響は明らかになっていない。エコドライブを総合的に評価するためには, 新車両および使用過程車において燃費改善効果のみならず排出ガスへの影響があるか否か, 同じエコドライブの方法を新車両と使用過程車に適用可能かどうか, 異なる方法を実践すべきかどうか, といった視点が必要となる。

本報では, 交通エコロジー・モビリティ財団が定めた「トラックのエコドライブ講習の認定基準」⁽²⁾に含まれる「エコドライブのための運転技術項目」に加えて, 同項目に含まれている「不要なアイドリングの抑制 (アイドリングストップ)」「早めのシフトアップ」「穏やかな発進と加速 (ふんわりアクセル)」による CO₂ 削減効果を評価した。ディーゼル貨物自動車に車載型排出ガス計測システムを搭載し, 市街地ルートを運転方法と積載量を変化させて走行し, CO₂ 排出量, NO_x 排出量を評価した。

2. 試験方法および解析手法

2. 1. 試験車両および車載型排出ガス計測システム

表 1 に試験車両の諸元を, 図 1 に本研究で用いた車載型排出ガス計測システムを示す。積載条件は表 1 に示す通り, 空積載, 半積載, 全積載の 3 条件を設定し, 荷室内に設置したタンク内の水量およびウェイトによって重量を調整した。車載型排出ガス分析装置を荷室内に搭載し, CO₂, NO_x, CO, THC の排出量を計測した。また GPS による車両位置計測, ECU 信号から車両速度, エンジン回転数の検出も行った。

路上走行時の排出ガス挙動を解析するには, 車両にかかる走行抵抗を把握することが重要である。そこで走行抵抗の1成分である勾配抵抗を高精度で計測するために, 著者らの開発したジャイロセンサとハイトセンサによる道路勾配計測法⁽³⁾を用いた。また燃費は排出ガス量からカーボンバランス法にて算出した。

表 1 試験車両諸元

Vehicle weight	3430 kg
Maximum pay-load	3000 kg
Vehicle weight at the on-road testing	3975 kg (No-payload) 4795 kg (Half-payload) 6505 kg (Full-payload)
Transmission	6MT
Number of cylinders	4
Engine displacement	2.999 L
Compression ratio	17.5
Max. engine power	110/2800 kW/rpm
Max. engine torque	375/1600 Nm/rpm
EGR system	Cooled EGR
Aftertreatment system	DOC, DPF
Adapted regulation	2005 regulation

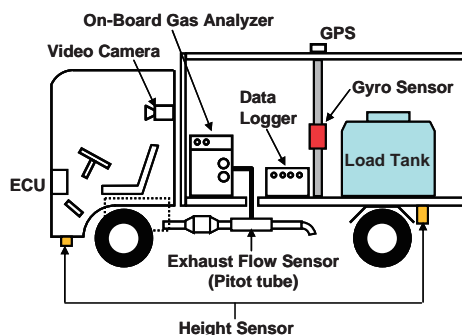


図 1 車載型計測システム

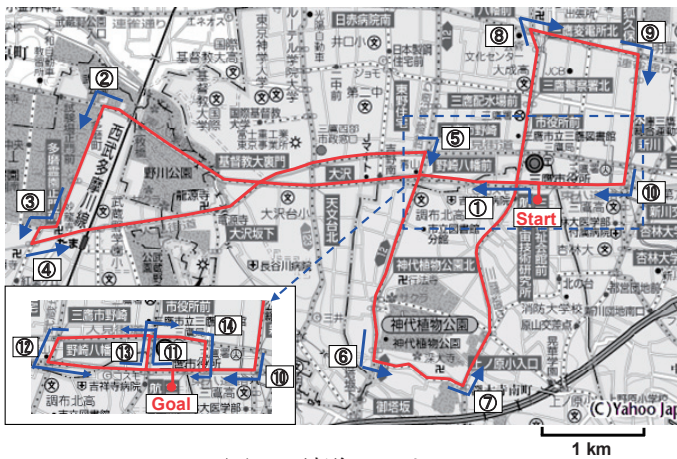


図2 試験ルート

2. 2. 路上走行試験ルートおよび試験方法

路上走行試験で走行した市街地ルートの地図を図2に示す。交通研を発着点とする22.2 kmのルートである。路上走行時の試験は、2人のドライバーにより行った。1人のドライバーは「通常運転」と「アイドリングストップ」を担当した。通常運転は、実際の交通流に合わせて運転を行い、エンジン回転数の使い方やアクセルの踏み方に制限は設けていない。アイドリングストップ運転実施時は、車両が停止した際に車両のアイドリングストップ機能を使用し、それ以外は通常運転と同じ運転を行った。もう1人のドライバーは「早めのシフトアップ」「ふんわりアクセル」を担当した。早めのシフトアップを実施する場合には、エンジン回転数を2000 rpm以下に極力抑える運転を行い、ふんわりアクセルの実施時はエンジン回転数に制限は設けないもののアクセルの踏み込み量を最小限に抑える運転を行った。これらの4種類の運転方法について、各積載条件（空積載、半積載、全積載）でそれぞれ複数回の走行試験を実施した。

3. 試験結果

3. 1. 路上走行試験結果の解析方法

路上走行試験では、各積載条件、各運転方法で複数回走行したが、走行ルートは同一にしているものの、試験時の交通状況が異なるため、トータルの走行時間や平均速度にばらつきが生じる。今回行った試験では、各積載条件と各運転方法について最低3回の走行を実施したが、実際に全ての走行試験の走行時間は、最小で3801秒、最大で4659秒となっている。そこで本報ではそれらの試験結果の中から、各積載条件において、ルート全体での平均速度が1 km/h以内、かつ

車両停止部分を除いた平均速度が2 km/h以内に収まる結果を抽出し比較を行った。そのことにより試験時の交通状況が同等の条件で比較することが可能である。またこのように平均速度が同等のデータを抽出した場合に、結果が同等となることも確認済みである。

3. 2. 運転方法の違いが燃費・仕事量に及ぼす影響

前節で述べた方法に従い、空積載条件における各運転方法の結果を抽出した表が表2である。表中の結果は、左から「通常運転 (Normal Driving)」「アイドリングストップ (Idling Stop)」「早めのシフトアップ (Early Shift-up)」「ふんわりアクセル (Gentle Acceleration)」の結果である。またそれぞれの運転方法における、ルート全体での走行時間 t_{total} 、平均速度 v_{ave} 、燃料消費量 $E_{fuel,total}$ 、CO₂排出量 $E_{CO2,total}$ 、NO_x排出量 $E_{NOx,total}$ を示した。図3には同条件における燃費 E および仕事量 W_{act} を示す。燃料消費量 $E_{fuel,total}$ および燃費 E の結果を見ると、アイドリングストップ、早めのシフトアップ、ふんわりアクセルの実施による改善効果が見られる。特にアイドリングストップによる燃費改善効果が最も高いことが分かる。また通常運転と比較して、アイドリングストップ、早めのシフトアップでは同等の仕事量が確保されているが、ふんわりアクセルでは約0.2 kWh減少する。早めのシフトアップ実施時は通常運転と同等の仕事量が確保できるものの、ふんわりアクセル実施時はルート全体で平均速度が同等であっても、アクセル操作を緩やかにしたことによって仕事量が減少する結果となった。

表3、図4に半積載条件における試験結果を示す。半積載条件でもアイドリングストップ、早めのシフトアップ、ふんわりアクセルの実施による燃費改善効果が見られ、アイドリングストップによる燃費改善効果が最も高い。また仕事量の値もアイドリングストップ、早めのシフトアップで通常運転と同等以上が確保されるものの、ふんわりアクセルでは仕事量が減少する。これは空積載条件での結果と同じである。

表4、図5に全積載条件における試験結果を示す。まず仕事量の結果から見ると、アイドリングストップ、早めのシフトアップで通常運転と同等以上が確保され、ふんわりアクセルで仕事量が減少する、という結果となり、これは空積載条件、半積載条件と同じ傾向にある。しかし燃料消費量および燃費の結果を見ると、アイドリングストップによる改善効果は得られる

表 2 各運転方法実施時の結果（空積載条件）

No-payload Condition	Normal Driving	Idling Stop	Early Shift-up	Gentle Acceleration
Total Driving Time t_{total} [s]	4101	4167	4158	4225
Average Speed v_{ave} [km/h]	19.5	19.1	19.2	18.9
Average Speed w/o Vehicle Stop Section $v_{ave,w/o,s}$ [km/h]	27.2	27.0	26.8	26.9
Fuel Consumption $E_{fuel,total}$ [g]	2070	1640	1975	1968
Total CO ₂ Emission $E_{CO_2,total}$ [g]	6535	5179	6242	6213
Total NOx Emission $E_{NOx,total}$ [g]	28.8	22.3	28.8	16.1

表 3 各運転方法実施時の結果（半積載条件）

Half-payload Condition	Normal Driving	Idling Stop	Early Shift-up	Gentle Acceleration
Total Driving Time t_{total} [s]	4489	4659	4619	4444
Average Speed v_{ave} [km/h]	17.9	17.2	17.3	18.0
Average Speed w/o Vehicle Stop Section $v_{ave,w/o,s}$ [km/h]	24.5	26.0	26.0	25.4
Fuel Consumption $E_{fuel,total}$ [g]	2386	1920	2024	2058
Total CO ₂ Emission $E_{CO_2,total}$ [g]	7541	6067	6407	6505
Total NOx Emission $E_{NOx,total}$ [g]	35.6	31.7	32.7	19.3

表 4 各運転方法実施時の結果（全積載条件）

Full-payload Condition	Normal Driving	Idling Stop	Early Shift-up	Gentle Acceleration
Total Driving Time t_{total} [s]	3894	3903	4032	4067
Average Speed v_{ave} [km/h]	20.6	20.6	19.9	19.8
Average Speed w/o Vehicle Stop Section $v_{ave,w/o,s}$ [km/h]	26.9	28.5	26.7	26.4
Fuel Consumption $E_{fuel,total}$ [g]	2714	2401	2740	2936
Total CO ₂ Emission $E_{CO_2,total}$ [g]	8619	7543	8700	9291
Total NOx Emission $E_{NOx,total}$ [g]	56.7	55.6	48.8	31.8

ものの、早めのシフトアップ、ふんわりアクセルでは悪化する結果となった。これは車両重量が重いためにエンジンマップ内で燃費の悪い領域を多用することが原因と考えられる。

3. 3. 運転方法の違いが CO₂ 排出量・NOx 排出量に及ぼす影響

次に CO₂ 排出量および NOx 排出量に対する影響を解析した。図 6 に空積載条件における各運転方法での単位距離当たりのルート平均 CO₂ 排出量 $E_{CO_2,X,RT}$ 、NOx 排出量 $E_{NOx,X,RT}$ および単位仕事量当たりの CO₂ 排出率 $E_{CO_2,W,RT}$ および NOx 排出率 $E_{NOx,W,RT}$ を示す。表 2 に示したルート全体での CO₂ 排出量 $E_{CO_2,total}$ 、NOx 排出量 $E_{NOx,total}$ の値も併せて考えた場合、アイドリングストップ、早めのシフトアップ、ふんわりアクセルにより CO₂ 排出量を削減することが可能である。一方

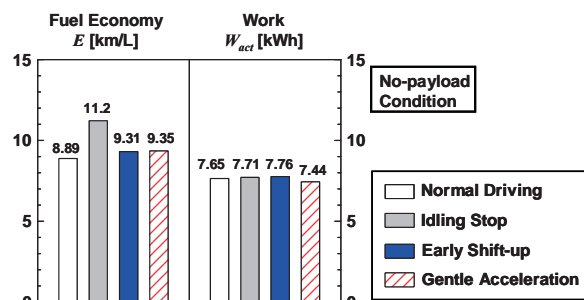


図 3 各運転方法実施時の燃費，仕事量（空積載条件）

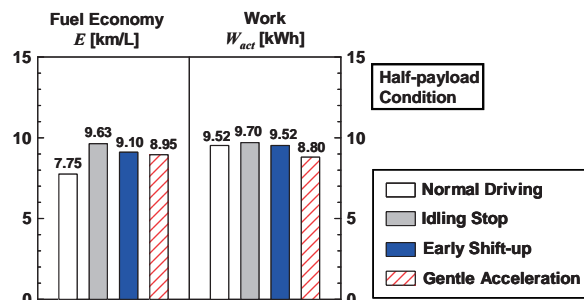


図 4 各運転方法実施時の燃費，仕事量（半積載条件）

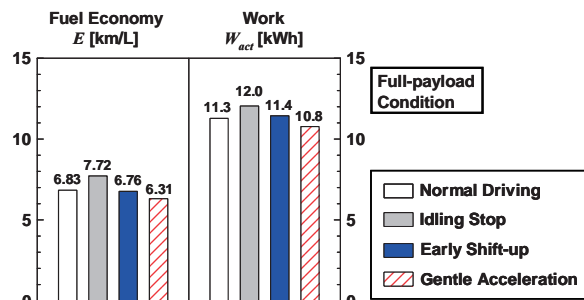


図 5 各運転方法実施時の燃費，仕事量（全積載条件）

で NOx 排出量を比較した場合、まずアイドリングストップでは CO₂ 排出量と同等の削減効果がある。次に早めのシフトアップを実施した際には、NOx の削減効果は無いことが分かる。これは早めのシフトアップを実施した際には、エンジン使用領域が通常運転時と比較して低エンジン回転、高エンジントルク側にシフトすることで、EGR 率の低い領域を使用することとなり、NOx の削減効果が発現しないためと考えられる。またふんわりアクセルを実施した場合には、ルート平均 NOx 排出量、NOx 排出率どちらの値も大きく減少していることが分かる。これはふんわりアクセルの操作により、EGR 率の高い低エンジントルクの領域を多用することとなり、NOx 排出量を抑えることができたためと考えられる。

図 7 に半積載条件における各運転方法での単位距離当たりのルート平均 CO₂ 排出量、NOx 排出量および単位仕事量当たりの CO₂ 排出率および NOx 排出率を示す。アイドリングストップ、早めのシフトアップ、

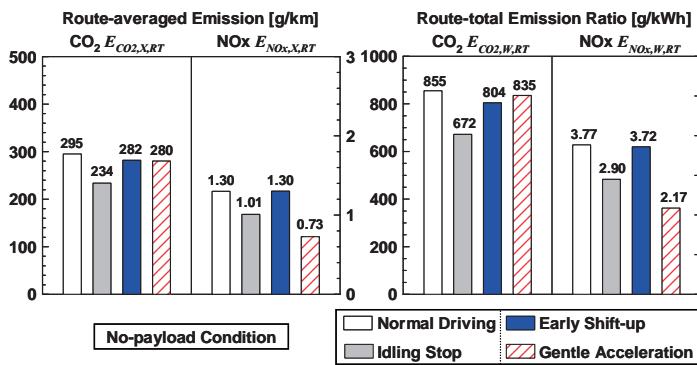


図6 各運転方法実施時のCO₂排出量, NO_x排出量
(空積載条件)

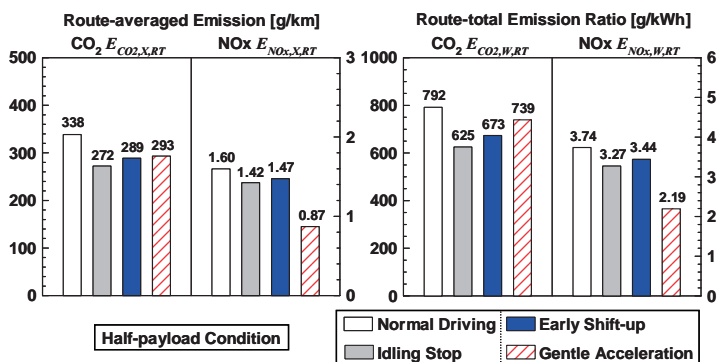


図7 各運転方法実施時のCO₂排出量, NO_x排出量
(半積載条件)

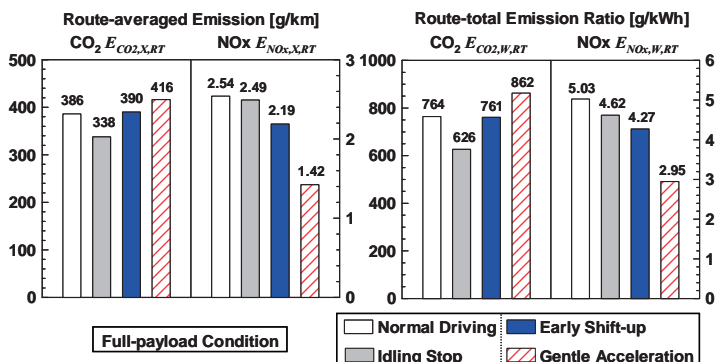


図8 各運転方法実施時のCO₂排出量, NO_x排出量
(全積載条件)

ふんわりアクセルによるCO₂排出量削減効果は空積載条件と同じである。またNO_x排出量についても、アイドリングストップにより減少し、早めのシフトアップの削減効果がほとんど無く、ふんわりアクセルにより大きく削減できる、という結果は空積載条件と同様の傾向を示している。

次に図8に全積載条件における各運転方法での単位距離当たりのルート平均CO₂排出量, NO_x排出量および単位仕事量当たりのCO₂排出率およびNO_x排出率を示す。CO₂排出量はアイドリングストップの場合

は減少するものの、早めのシフトアップでは通常運転と変わらない結果となり、またふんわりアクセルでは排出量が増加する結果となった。一方、NO_x排出量は、空積載条件、半積載条件と比較して非常に排出量が高くなっていることが分かるが、通常運転の結果と比較してアイドリングストップ、早めのシフトアップ、ふんわりアクセル、いずれの場合にも減少した。特にふんわりアクセルによるNO_x排出量の削減効果は、空積載、半積載条件と同様に高いことが分かった。

3. まとめ

- (1) アイドリングストップは、いずれの積載条件（空積載、半積載、全積載）においてもCO₂排出量削減、NO_x排出量削減が可能であった。
- (2) 早めのシフトアップは、空積載・半積載条件ではCO₂排出量削減の効果があるが、NO_x排出量の削減効果がない。また全積載条件ではCO₂排出量は変化しない。これは低エンジン回転域の全負荷トルクに近い領域を多用するためと考えられる。
- (3) ふんわりアクセルは、空積載および半積載の条件ではCO₂排出量削減の効果に加え、高いNO_x排出量削減効果が見られた。全積載条件ではCO₂排出量は悪化する結果となったが、これはCO₂排出量が比較的高い低エンジントルク領域を多用するためである。ただしこの領域はEGR率が高い領域のためNO_x排出量を抑えることができる。
- (4) これらのエコドライブ運転方法のCO₂排出量, NO_x排出量に対する効果は、本報で試験した新長期規制対応車両に限らず、本研究で使用した試験車両と同じ排出ガス対策, 燃費対策を採用している車両であれば効果的と考えられる。
- (5) 将来的にOBD規格等が統一化されれば、エンジン使用状態をモニタリングして、CO₂, NO_x排出量を削減する運転をドライバに指示できる車載型の運転支援機器が開発可能と考えられる。

4. 参考文献

- (1) 加藤ら, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.66-08, pp.1-4 (2008)
- (2) 交通エコロジー・モビリティ財団HP, <http://www.ecomo.or.jp/environment/ecodrive/data/truck-nintei.pdf>
- (3) 佐藤ら, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.5, pp.163-168 (2008)

③ ハイブリッド重量車に対する回生エネルギーの適用性に関する研究

環境研究領域 ※奥井 伸宜 新国 哲也 河合 英直

1. はじめに

輸送機器部門のエネルギーの1/3程度を消費する貨物自動車の中でも、特に長距離貨物自動車（以下、重量車）の省エネルギー化が望まれている。走行に必要なエネルギーが大きい重量車の電動化（EV）はモータやバッテリー性能等の問題から課題が多く、ハイブリッド（以下、HEV）化が現実的な技術として挙げられる。しかし、現状のHEVシステムでは、発進・停止の頻度が多い市街地走行ではある程度の燃費改善効果が見込めるが、高速一定速度走行の場合には十分な燃費向上効果が得られていない¹⁾。本研究では、地球環境改善に対する解を提示するため、高速走行時の燃費を改善し、重量車の実用燃費を向上させることを目的とした新たなハイブリッドパワートレインシステムを提案する。さらに、将来、本システムのような高速走行時での燃費改善を目的としたハイブリッドシステムが市場に投入された場合でも、実走行時における燃費、排出ガスの改善効果等を適正に評価可能な試験法を検討することを目的としている。

初報となる本報では、回生機会の少ない高速走行時に得られる回生エネルギー量に着目し、新方式ハイブリッドシステム成立性を、エネルギー（バッテリー）マネジメントの立場から検討するため、車両走行時のエネルギー収支が計算できる簡易シミュレーションを作成し、検討を行った。さらに、本ハイブリッド重量車のシステム構成の検討だけでなく、各種ハイブリッド車の燃費・排出ガス等の評価法を検討する目的で構築している「台上ハイブリッド試験装置」について紹介する。

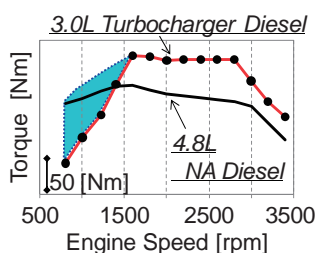


Fig.1 エンジンダウンサイジング化の一例²⁾

2. 回生エネルギー適用性の新提案

一般的に、一定速度走行時に車両が必要とする出力は大きくなく、現状の内燃機関サイズより小型化しても十分に走行可能である。一方、発進時や加速時、急な登坂などの過渡状態で大きな出力、特にトルクを必要とする場面での要求トルクに応えるためには、小型内燃機関ではトルク不足が発生する。ここで、全負荷性能試験結果の一例²⁾を図1に示すが、小排気量過給（ターボチャージャー）エンジンでは、トルク増大までの応答時間が長く、大排気量自然吸気エンジンが発生する低速トルクを満たすことができない。このため、重量車用内燃機関において十分な小排気量化（ダウンサイジング化）が難しく、燃費向上が図れない。

提案する「ハイブリッドエンジン（Hybrid Electric Engine：以下、HeE）システム」は、図2、3に示すように、小排気量過給エンジンによる過渡状態でのエンジントルクの不足分を補うため、電動過給機（電動ブースター）を活用する。電動過給機により任意のタイミングで過給でき、電源には従来の24Vバッテリーではなくハイブリッド用高電圧バッテリーを用いるため、極めて高い応答性で過給できる。小排気量エンジンに電動過給機を採用した際には、過渡応答発生時には短時間で低速トルク不足が補え（図1 青色枠内）、高速巡航時にはエンジン負荷の高い領域、つまり、エンジン

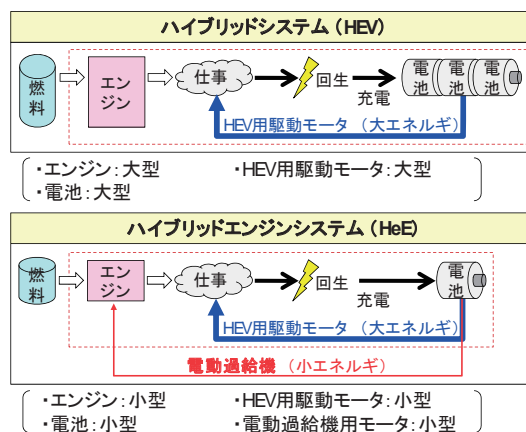


Fig.2 ハイブリッドエンジンシステム（コンセプト）

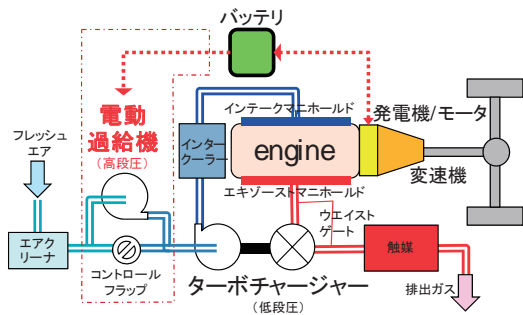


Fig.3 ハイブリッドエンジンシステム (構造)

の高熱効率領域での運転が可能となる。また、電動過給機の電力消費は小さいため、回生機会の少ない高速走行時に得られる回生エネルギー量で長時間 電動過給機の稼働が可能であり、比較的小容量のバッテリー搭載量でも出力性能を十分に確保できると考えられる。

3. 新方式ハイブリッドシステムの成立性検討

3. 1. シミュレーションの作成

車両走行時のエネルギー収支を把握するため、一般的な車両の運動方程式に、トランスミッションモデルを組み合わせた車両モデルを作成した。各システム効率 は理想状態の 100%と仮定し、変速時のクラッチ接合による滑り損失は無視した。

車両モデル検証には、7 段ギアを備えた車両総質量 25ton 車を選定し、車両の半積載状態 (17ton) で行った。実際に供試車両をシャーシダイナモメータ上で重量車用燃費・排ガス試験モード (JE05 モード) を走行した際の车速、シフトパターン、トランスミッション直後 (タイヤ側) の仕事率の結果を、計算結果と比較し図 4 に示す。JE05 モードの一部分を示すが、本重量車モデルの仕事率は実車値を追従している。しかし、僅かであるが変速時の仕事率には差異が認められ、クラッチ滑りの有無による影響と思われる。

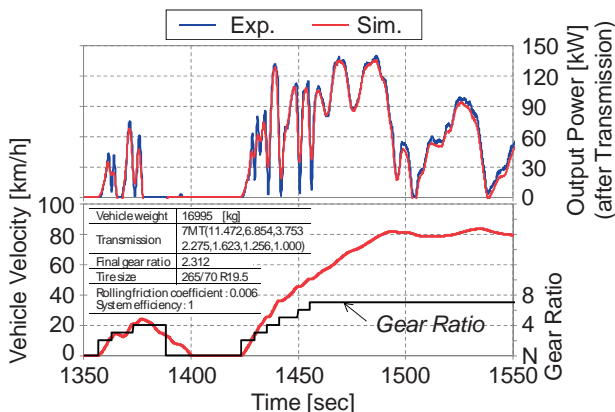


Fig.4 車両モデルの検証結果

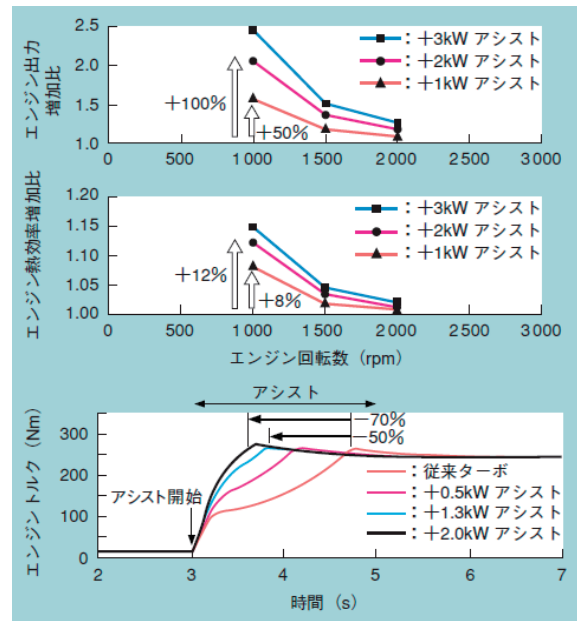


Fig.5 電動過給機モデルの一例³⁾

(1) ハイブリッド重量車 (HEV) モデル

今回採用した HEV モデルは、走行中に必要なトルクをエンジンと HEV 用モータが一定割合で分割するパラレル式 HEV モデルとした (図 3 一点鎖線外参照)。HEV 用モータの最大トルク、バッテリーの出力密度を考慮し、各々の能力以上の力行/回生エネルギーに対し制限を施した。車両制動時には、機械ブレーキ、回生ブレーキ、エンジンブレーキが作用するが、回生ブレーキは協調回生ブレーキモデルとした。クラッチ接合時には、常にエンジンブレーキが作用するため、減速エネルギーからエンジンブレーキを除いたエネルギー分を、HEV 用モータが最大限回生するモデルとした。

(2) ハイブリッドエンジン重量車 (HeE) モデル

前節の HEV モデルに電動過給機モデルを追加し、図 3 に示す HeE システムを模擬した。本電動過給機モデルは、過給機メーカーの文献³⁾を参考に、図 5 に示す消

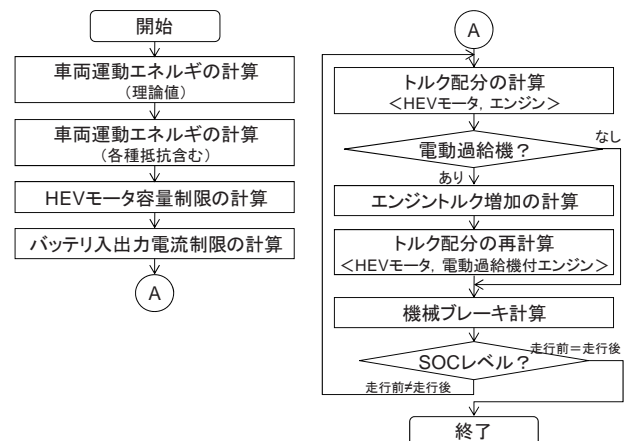


Fig.6 HEV モデル、HeE モデルのフローチャート

費電力+2kW で吸気アシストを得る仕様とし、車両加速時にエンジン回転数 2000rpm まで稼働する設定とした。それ以外の運転状態では、図3のコントロールフラップを開き、電動過給機の駆動を休止させ、ターボチャージャーのみを稼働させた。

図6に、HEVモデルおよびHeEモデルのフローチャートを示す。エネルギー管理を考慮し、バッテリーSOCレベルが走行前と走行後で同等となるよう、エンジンとHEV用モータの力行トルク配分を調整した。特に、HeEモデルではHEV用モータと電動過給機を活用するが、電動過給機に優先的に電力を使い、残りの電力分でHEV用モータを稼働させるモデルとした。

3. 2. シミュレーションによる検討

HeE車には、高速走行時のエネルギー回生量に見合った小容量バッテリーの搭載を前提としており、市販小型HEVトラック用のHEV用モータ（最大出力35kW、最大トルク200Nm/1700rpm、重量40kg）およびバッテリー（5.5Ah、66Wh/kg、2600W/kg、重量40kg）を搭載した。HEV用モータは、全ギア、全回転数でアシストを行うが、減速時15km/h以下ではクラッチ接合時であっても回生を停止させ、車両停止時にはエンジンを停止させた。走行開始時のバッテリーSOCレベルは、60%とした。シフトパターン、車両質量およびエンジンサイズは、重量車モデル計算に用いた車両諸元と同等として計算している。また、HEV車においても同様とした。

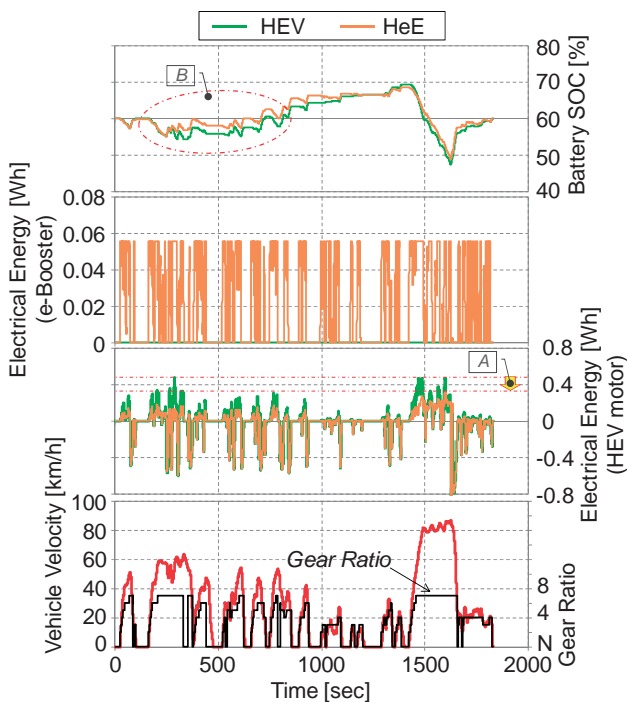


Fig.7 HEVモデル、HeEモデルの計算結果

(1) システム成立性検討1 (市街地～高速走行)

JE05モード走行時のHEV車およびHeE車のバッテリーSOC推移、電動過給機およびHEV用モータの力行/回生電力量の計算結果を図7に示す。エネルギー管理を考慮したため、モード走行終了時のバッテリーSOCレベルは、走行前の60%に回復している。HeE車の電動過給機は、モデル設定条件通りの稼働を行っており、HEV用モータの約1/10の電力量で稼働している。電動過給効果により、図中AのようにHEV用モータの力行電力量がHEV車に比べ減少した。特に、車両発進、再加速時での減少が顕著となり、図中BでのHeE車のバッテリーSOC減少幅が改善することが確認できた。

図8には、JE05モード走行時のトランスミッション直前（エンジン側）のHEV車およびHeE車の車両、エンジン、HEV用モータの仕事率をそれぞれ示す。HeE車に関しては、HEV用モータの仕事率低減が確認でき、特に車両発進時、再加速時でのHEV用モータの仕事率低減が顕著となった。これは、電動過給効果によるエンジン低速トルク改善によるものと考えられる。

JE05走行時のエンジン車、HEV車およびHeE車の仕事率分割割合を、エンジン車の仕事率を100%として整理し、図9に示す。HEV車のエンジン仕事率割合は

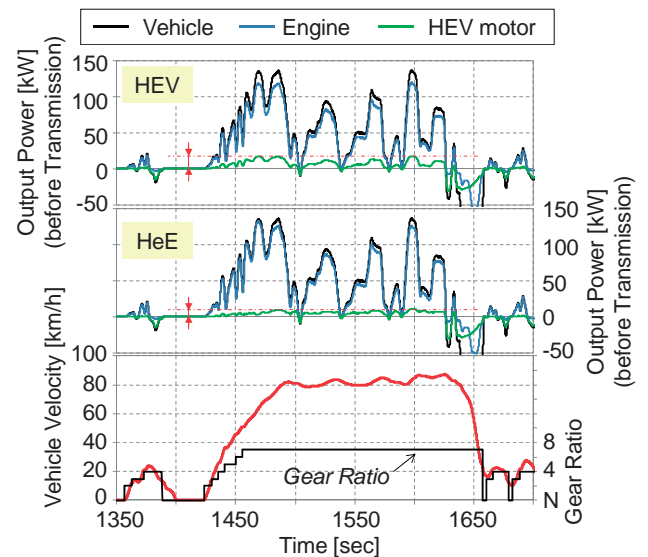


Fig.8 HEV車、HeE車における仕事率

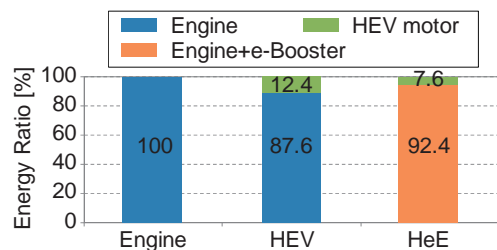


Fig.9 各システムでの仕事率分割割合 (JE05モード)

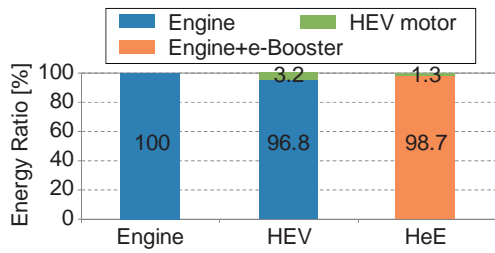


Fig.10 各システムでの仕事量分割割合 (高速モード)

87.6%、HEV 用モータ仕事量割合は 12.4%となった。一方、HeE 車のエンジン仕事量割合は 92.4%、HEV 用モータ仕事量割合は 7.6%となり、HeE 車は電動過給効果によるエンジン低速トルク改善により、HEV 用モータ仕事量割合が HEV 車に比べ約半減することが分かった。

(2) システム成立性検討 2 (高速走行のみ)

JE05 モードの高速走行部 (1500~1640 秒) を繰り返し 10 回走行する任意の高速走行モードを作成し、走行結果を図 10 に示す。HEV 用モータ仕事量割合は HEV 車で 3.2%、HeE 車で 1.3%とともに少ないが、HeE 車は電動過給効果により、その割合が半減した。

以上より、HEV 車、HeE 車ともに、高速走行中に回生できる僅かなエネルギーをバッテリーに溜めるが、そのエネルギーを主に電動過給機に使用する HeE 車は、バッテリー容量が小さくても、電動過給効果を長時間に渡り持続させることができる。そのため、小排気量エンジンが採用でき、高速走行時でのエンジン高効率化が図れることから、燃費改善に寄与できると考えられる。

4. 新方式ハイブリッドシステムの燃費効果検討

HeE 車に最適となる小排気量エンジンを導入し、エンジン高効率化による燃費改善効果を検証するため、台上ハイブリッド試験装置の整備を進めている。

4. 1. 台上ハイブリッド試験装置の全体概要

エンジン試験用、モータ試験用の各動力計の連結をソフトウェア上で行い、車両質量、パワーバランス、バッテリー能力および動力伝達機構などを自由に構成できる装置である。シリーズ HEV、パラレル HEV、各々を組み合わせた HEV システムやそれ以外の新たな HEV システムにもソフトウェアの変更により対応できる。

本システムは、運転手を代行するドライバモデルからアクセル開度情報を受け、HEV 用制御モデルがエンジン用 ECU および駆動モータ用インバータへ指令を行う。車両モデルが走行時の負荷を演算し、各動力計はエンジンおよび駆動モータへ与えるべき負荷指令を

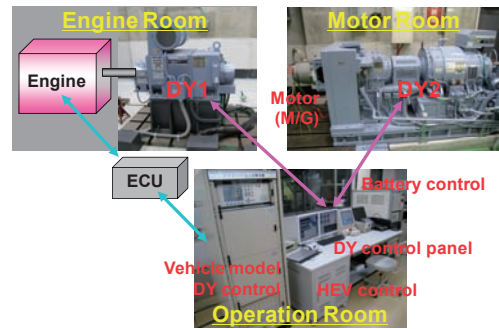


Fig.11 台上ハイブリッド試験装置

行う。一方、回生時の情報は回生モデルで演算され、HEV 用制御モデルと連携して充放電装置へ充電情報を与え、バッテリーに給電する。本試験装置作動時には、走行中のエンジン、駆動モータ、バッテリーの状態をリアルタイムに観察することができる。

4. 2. 進捗状況

パラレル式ハイブリッドシステムの構築を目指し、昨年度は図 11 に示すように、実機モータ (M/G) をダイナモメータ (DY2) と接続し、ハイブリッド制御モデルと車両モデルから成るシステムを構成した。現在、ダイナモメータ (DY1) に実機エンジンを接続し、システム調整を行っている。

5. まとめ

重量車のエネルギー効率向上を狙った新方式ハイブリッドシステムを提案し、そのシステム成立性を検討するため、簡易解析モデルを構築した。HEV 車に電動過給機を組み合わせたハイブリッドエンジンシステムでは、エンジン低速トルクが改善し、従来 HEV 車に比べ少ないバッテリー搭載量でも走行可能であることが把握でき、本報で目的とした「システム成立性」が確認できた。今後は、燃費改善効果を検証するため、台上ハイブリッド試験装置を用い研究を進める。

参考文献

- (1) (社)全日本トラック協会、ハイブリッド貨物自動車の技術調査 報告書 (2004)
- (2) 石川直也 他：機械式過給機を用いたディーゼルエンジンの過渡排出ガス低減に関する研究、自動車技術会論文集、Vol. 41、No. 2、p. 347-352 (2010)
- (3) 茨木誠一 他：電動アシスタターボチャージャ“ハイブリッドターボ”の開発、三菱重工技報、Vol. 43、No. 3、p. 36-40 (2006)

④ 蓄電装置の車両適合性評価（1）

ーバッテリーのサイクル負荷試験とその結果に基づく一充電走行距離変化予測ー

環境研究領域 ※小鹿 健一郎 河合 英直 奥井 伸宜 新国 哲也

1. はじめに

電気自動車は排出ガスを放出しないことから、従来の内燃機関原動機を用いた自動車と比較して環境への負荷が少ない自動車として注目されており、また動力源となる電気に再生可能エネルギー由来の電気を使うことで CO₂ 排出量の低減にも貢献すると期待されている。

交通安全環境研究所では、電気自動車を含む電動車のバッテリー劣化とその環境性能への影響について研究を行っている。電気自動車においてバッテリーは唯一のエネルギー源であり、バッテリーの劣化が一充電あたりの走行距離の短縮を引き起こすことが予想される。しかしながら、電気自動車のバッテリー劣化とその一充電あたりの走行距離に関する情報は限定的であり、ユーザーに対し十分な情報提供がなされていない現状にある。

この要因の一つに、バッテリー劣化の情報を得るために、実際の車両を用いて、耐久走行試験を短期間で行うことが難しいという課題が挙げられる。本研究では、この課題に対し、蓄電システム（セル、モジュール、パック）を対象として、自動車の走行に相当する負荷を、自動制御可能な充放電試験装置を用いて繰り返し印加するなどして、耐久走行に関するデータを取得する手法の妥当性の検討を行っている。本報告では、電気自動車のモード試験走行から電気自動車のバッテリーセルに印加される充放電負荷データのサンプリングを行い、充放電試験装置を用いて供試リチウムイオンバッテリー（セル）にその負荷を与えるサイクル試験を行うとともに、本手法における課題の抽出を行った。

2. 試験方法

試験は電気自動車を想定し、駆動用バッテリーとして、26 Ah 級の大容量リチウムイオン電池を用意し、市販電気自動車（三菱自動車 i-MiEV）の JC08 モード走行試験からサンプリングした電池の充放電負荷パターンを充放電試験装置により繰り返し印加し、その容量変化をモニターした。

2. 1. 供試リチウムイオン電池の構成と出力特性

電気自動車を想定した供試リチウムイオン電池として、マンガン酸リチウムと三元系を主成分とする混合正極およびグラファイト負極からなる大容量リチウムイオン電池を設計した。構成材料の詳細を表 1 に示す。

表1 電池の構成材料一覧

部材名		化合物名
正極	活物質	LiMn ₂ O ₄ -LiCo _{1/3} Ni _{1/3} Mn _{1/3} O ₂
	導電付与剤	カーボンブラック
	バインダー	PVDF(ポリフッ化ビニリデン)
	集電体	アルミ
負極	活物質	グラファイト(塊状人造黒鉛)
	バインダー	SBR(スチレン-ブタジエンゴム)
	増粘剤	CMC(カルボキシメチルセルロース)
	集電体	銅
電解液	支持塩	LiPF ₆
	溶媒	EC/DMC/EMC
	添加材	VC(ビニレンカーボネート)
セパレーター	微多孔膜	ポリエチレン
セル端子	正極端子	アルミ
	負極端子	銅
	金具	SUS
セルケース	ケース・蓋	ポリプロピレン
	シール剤	ポリオレフィン系反応性ホットメルト

供試リチウムイオン電池の初期状態の出力特性を図 1 に示す。本供試リチウムイオン電池は 3.5 C の放電においても約 90% の放電容量を示した。その後 4 - 6 C の範囲では内部抵抗の上昇により放電容量は 30% まで低下した。

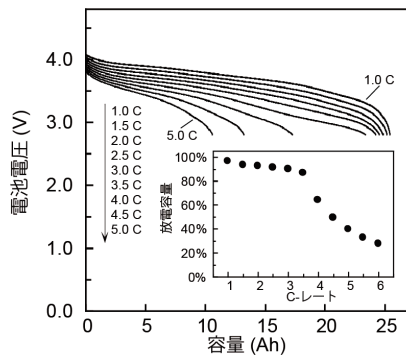


図1 供試リチウムイオン電池の出力特性

2. 2. 実車での充放電電力データの抽出

電気自動車の走行に由来する負荷を再現するために、市販電気自動車がJC08モードを走行する際の駆動バッテリーの充放電出力データを抽出した(図2)。

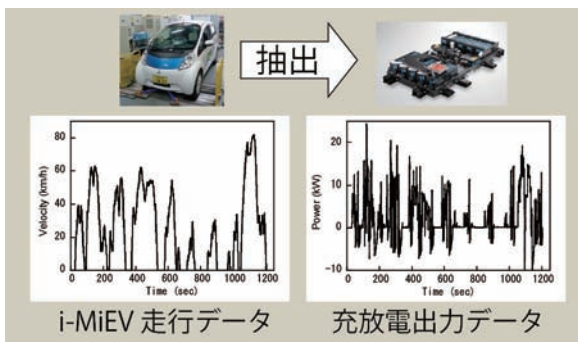


図2 電気自動車からの充放電出力データの抽出

2. 3. 使用モード設定と繰り返し充放電試験

本実験では電気自動車のひとつの使用モードとして、『まず完全放電状態から満充電状態まで駆動用バッテリーを充電し、その後走行により完全放電状態まで電力を使用する』という使い方を設定し、対応する充放電パターンを作成した。充放電パターンは前項 2.2 抽出したデータ(電池パック)を供試リチウムイオン

充放電パターンの繰り返し(全体像)

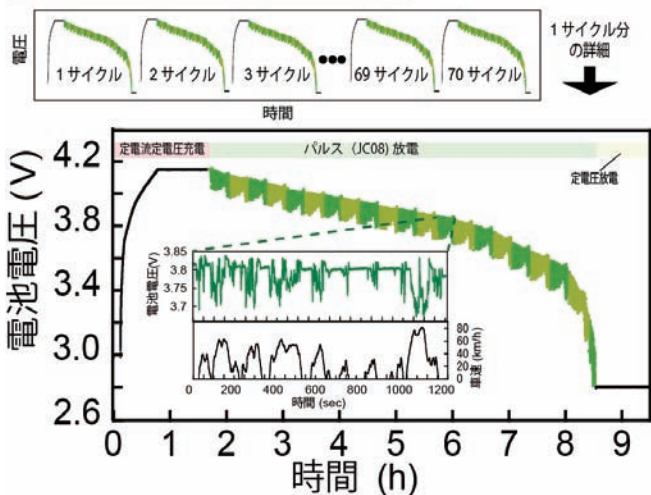


図3 繰り返し充放電試験における電圧の時間変化

電池の電圧および容量に合わせて縮小したパルス放電部分と定電流・定電圧(CC-CV)充電部分および定電圧放電部分の3パートで構成されている。これを一サイクルとして、繰り返し充放電を行った。この構成と本パターン印加によるセル電圧の時間変化を図3に示す。

3. 結果

供試リチウムイオン電池の容量変化を1Cの定電流放電測定により求めるとともに一充電走行距離(満充電状態からパルス放電により下限電圧2.8Vに到達するまでに走行した距離)と比較した。電池容量はサイクル数の増加に従い減少し、70サイクル後に初期容量に対し、約5%容量が低下した。また、この結果のサイクル数および放電容量を総走行距離と一充電走行距離にそれぞれ換算すると総走行距離1,000km(6サイクル目)で153kmであった一充電走行距離は総走行距離10,000km(61サイクル)で138kmまで低下した(約13%の走行距離減)。この容量低下率にくらべ走行距離低下率が大きいのは、1Cでの定電流放電に比べ、JC08モードをもとに作成したパルス放電の方が電池への負荷(出力)が大きいためであると考えられる。

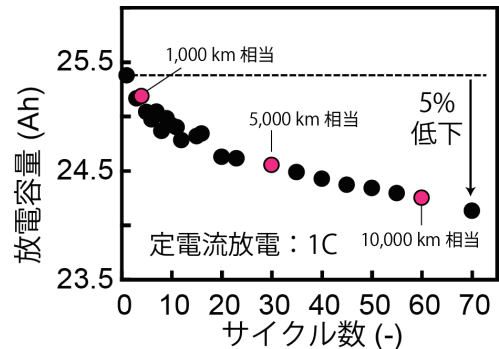


図4 繰り返し充放電によるバッテリーの容量低下

4. まとめ

今回の結果から、定電流測定による容量低下とパルス放電のデータから換算した走行距離の低下には乖離があることが明らかとなった。このため、駆動用バッテリーの劣化に関して公開されるべき情報の姿は単に容量の低下の大きさだけでは不十分であり、走行距離に換算された情報が公開されることが重要であると考えられる。また、試験の目的に応じて、試験条件であるパルスパターンの抽出方法や加工方法に加え、蓄電システムのレベル(セル、モジュール、パック)等も今後の課題として検討されなくてはならないと考えられる。

⑤ 蓄電装置の車両適合性評価 (2)

—電気自動車の使用に伴う一充電走行距離，電力消費率の変化について—

環境研究領域 ※新国 哲也 小鹿 健一郎 河合 英直 奥井 伸宜

1. はじめに

電気自動車は排出ガスを放出しないことから，従来の内燃機関を用いた自動車と比較して環境への負荷が少ない自動車として注目されてきた。また動力源となる電気に関して，日本の電源構成において，例えば風力発電などの燃料を使用しない新エネルギーの電源割合が増加すれば，電気自動車はCO₂排出量の低減にも貢献すると期待される。

電気自動車において電気エネルギーを蓄えるバッテリーは主要部品であり，バッテリーの性能は電気自動車の性能に直接的な影響を与える。車両の使用もしくは使用しない場合でも時間が経つことによってバッテリーの劣化は進行するが，その劣化による自動車性能の低下への影響は，ユーザーにとって大きな関心事である。例えば，バッテリーの劣化に伴う容量の低下が顕著になれば，車両性能の一つである一充電走行距離は短縮されるが，このような情報がユーザーに開示されないことで不利益が生じる可能性も考えられる。

内燃機関の自動車における排出ガスの浄化性能の悪化とは異なり，電気自動車における一充電走行距離の短縮は，ユーザーが実感しやすい。現状の自動車諸元表には，電動車の一充電走行距離として新車状態時に測定された計測データが記載されており，自動車の使用によるバッテリーの劣化で諸元値がどのように変化するかについては示されていない。したがって現状ではユーザーがバッテリーの劣化やその影響を把握することは難しい。そこでバッテリーの劣化や車両性能の変化に関する情報をユーザーに分かりやすく伝えることが健全な電気自動車の普及に必要となると考える。

交通安全環境研究所ではユーザーへの情報提供を前提として，バッテリー劣化をどのように評価し，公表すべきかについて検討を進めている。本稿では，ま

ず市販の電気自動車を用いて車両性能の変化の実態を調査することとし，約2年間使用および保管した電気自動車について，一充電走行距離および電力量消費率の変化を計測した。

2. 試験方法

2. 1. 試験車両の使用・保管状態

試験車両は，三菱自動車工業株式会社製電気自動車 i-MiEV (2009年式) である。仕様を Table. 1 に示す。

Table. 1 試験車両の仕様(新車時)

車両重量	1110 kg
一充電走行距離	160km
電力量消費率	110Wh/km
電池容量	16 kWh
電池電圧	330 V

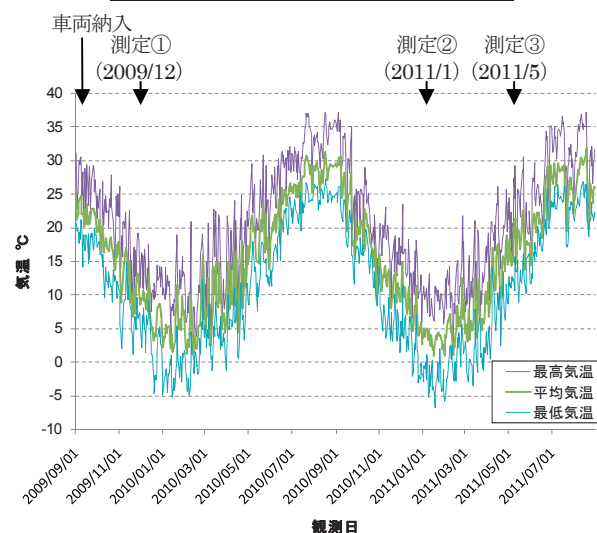


Fig. 1 試験車両保管駐車場付近の外気温度記録

(出典：気象庁ホームページ)

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

試験車両は露天の駐車場で保管し、保管温度管理などは行っていない。保管時の試験車両の温度は外気温度と同等と考えられる。保管時温度の参考として、試験車両駐車場に最も近いアメダス府中観測所（緯度経度：北緯 35 度 41.0 分，東経 139 度 28.9 分，車両保管駐車場とアメダス府中観測所の直線距離は約 7km）の温度記録を Fig.1 に示す。車両納入（2009 年 9 月）から 2011 年 8 月までの平均気温は 15.5℃であった。

試験車両の走行状況を Table.2 に示す。2011 年 8 月における走行距離はオドメータ表示で約 4,700km である。一般道走行とシャシーダイナモ（以下 CDY）上での JC08 モードの走行が主体であり、総走行距離のうち一般道での走行の割合が 66%，JC08 モードでの走行の割合が約 24%となっている。

Table.2 試験車両の走行状況

総走行距離	4,700km (100%)
JC08 (CDY) 走行距離	1,120km (24%)
一般道走行	3,080km (66%)
高速道路走行	500km (10%)

2. 2. 一充電走行距離の測定

バッテリーを満充電状態にした後、シャシーダイナモメータ (CDY) にて JC08 モードを繰り返し走行し、バッテリーの電力を使いきるまで走行し、一充電走行距離を計測する。Fig.2 に CDY 走行の様子を示す。写真の CDY は 4 輪駆動車用であるが、前輪ローラは使用せず、後輪ローラのみ使用した。



Fig.2 試験車両の CDY 試験の様子

2. 3. 電力量消費率の測定

試験車両を完全に放電した状態から満充電にするまでに必要な商用電源からの AC200V 単相での充電電力量を計測した。電力の計測ポイントを Fig.3 に示す。充電電力量を一充電走行距離で除した値を電力量

消費率として記録した。

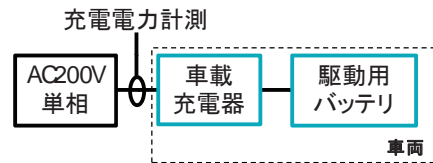


Fig.3 充電電力量計測回路

3. 結果

Fig.4 に試験車両の一充電走行距離と電力量消費率の計測結果を示す。一充電走行距離について、計測を開始した 2009 年 12 月の時点では 156.8km であったのに対し、2011 年 6 月の時点では約 16% 短い 131.2km となった。一方で電力量消費率は 2009 年 12 月の時点で 115Wh/km であったのに対し、2011 年 5 月の時点では 117Wh/km であり、顕著な変化は認められなかった。これは充電電力量も低下していたことを示している。

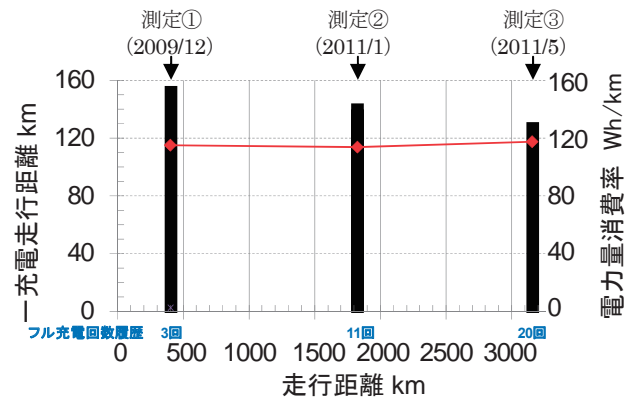


Fig.4 試験車両における一充電走行距離および電力量消費率の変化

4. まとめ

電気自動車の実車における使用・経年による性能変化を把握するために、一充電走行距離と電力量消費率を計測した結果、約 2 年間で一充電走行距離は約 16% 短縮、電力量消費率は顕著な変化は見られなかった。一充電走行距離の短縮について、バッテリーの特性や劣化による影響が考えられるが、その他にも例えばバッテリーマネジメントシステムの SOC 推定の誤差などの原因も考えられる。一充電走行距離とバッテリー劣化との関係を明確化するには、バッテリー容量の計測等も必要である。

今回調査したのは一例のみであるが、新車状態と 2 年間使用後の状態とで一充電走行距離が 1 割以上も短くなったということは重要な情報であり、公正な試験法により評価し、公表していく必要があると考える。

⑥ 高速道路上での NO₂ 濃度実態および、車室内への影響

環境研究領域
東京大学

※山田 裕之
林 瑠美子 戸野倉 賢一

1. はじめに

現在 1744 地点で行われている大気環境モニタリングの結果では、NO₂ の環境基準達成率は一般局で 100 %、自排局でも 95.7 % と非常に良好な結果となっている[1]。ただし、工業専用地域、車道等の公衆が通常生活していない場所は大気環境基準が適用されない。本研究では、車道上での NO₂ 濃度に焦点を当てる。その理由は、一般生活において公共交通を含めた自動車に搭乗することは一般的であり、車道も通常生活を行う場と言える。ただし人々は車道の空気に直接さらされるわけではなく、自動車車室内の空気質が問題となってくる。しかしこの自動車車室内の空気の状態と周辺道路環境の有害物質の存在による影響を調査した例は、ほとんどない。そこで本研究では、車道上の NO₂ 濃度、一般環境と見なすことも可能と考えられる自動車車室内の NO₂ 濃度の双方を計測する。

2. 実験方法

車道上の NO₂ 濃度を調査するとともに、同時に車両の搭乗員への暴露状況調査するため専用の計測車両を使用した。本計測車両は下記に示す 2 種類の NO₂ 計測装置を、車両内部計測用、車両外部計測用としてそれぞれ 2 台搭載した。車両内部計測用プローブは助手席の搭乗員の頭部付近に設置し、車道上計測用のプローブは車両前方の空調機の外気取り入れ口に設置した。計測に使用した装置は、化学発光法を原理とし、NO_x 濃度と NO 濃度の差分として NO₂ 濃度を算出する計測器（以下 CL）および、酸化タンゲステン結晶を MEMS 構造ダイヤモンド上に形成させ、NO₂ を直接測定する装置[2]（以下 MEMS）である。なお、空調モードは外気導入とした。

3. 結果考察

車道上および車室内の NO₂ 濃度を、高速道路走行時に計測した。今回高速道路でのデータ取得を行った経

路を Fig. 1 に示す[3]。また、Fig. 1 にアルファベットで示した地点詳細および、各地点間の道路環境を Table 1 に示す。今回の試験では、調布 IC を出発点とし、中央高速、首都高速を經由して首都高速を大回りし東名高速に出て、御殿場 IC を終点とした。今回の試験での交通状況は、地点 C から地点 D までは渋滞し、地点 F 以降終点の御殿場 IC までは重量車割合が高い状態であった。また、本ルートの E-F 間はトンネルであり、G-H 間は上り坂である。

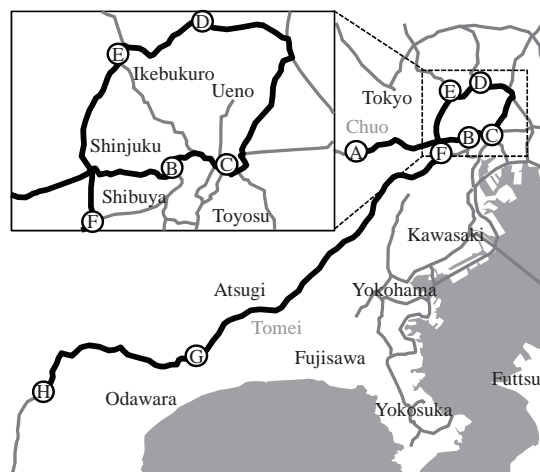


Fig. 1 Route map of measurement on highway.

Table 1 Road conditions in this study measurement.

Mark	Point	Conditions
A	Chofu IC	Normal
B	Miyakezaka JCT	Heavy Traffic
C	Hakozaki JCT	Normal
D	Kohoku JCT	Normal
E	Kumanochi JCT	Tunnel
F	Ohashi JCT	High HD ratio
G	Hadano-Nakai IC	High HD ratio, Up hill
H	Gotenba IC	

HD ratio : Ratio of heavy duty truck

Fig. 2に前記の試験条件でのMEMSおよびCLによるNO₂測定結果を示す。図中のアルファベットはFig. 1、Table 1の地点に対応する。今回同様な試験を5回行ったが、すべての試験においてほぼ同様な結果が得られており、Fig. 2に示した結果は一般性の高い結果と言える。

MEMSとCLの結果を比較すると、特に車道上のCLの結果にノイズが見える。これはNO₂をNO_xとNOの差分として算出しているCLの場合、それぞれの計測を10秒ごとに切り替えており、この双方の計測が完了するまでの間に濃度変化が大きいとノイズとなってしまうためである。濃度変化が比較的少ない車室内ではこのノイズの影響が比較的少なく、CLとMEMSの相関もよい。ただし、200ppbを超える濃度においては、MEMSはその仕様上サチュレーションが発生し、実際の濃度より低い値を示す傾向がある。

車道上のNO₂濃度は今回計測したほぼ全域において大気環境基準日平均値(60ppb)を超過する結果となった。通常の条件では100ppb程度、渋滞、重量車が多い状況(B-C、F-G)では150ppb程度、重量車が多い上り坂(G-H)では200ppb程度となった。近年米国では疫学調査をもとに一時間基準値として100ppbが採用されたことを考えると高速道路上で作業等何らかの理由で滞在する人は、十分注意しなければならない濃度である。ただし、高速道路は前記の一般道に比べ、生活環境からは離れた場所であり、このデ

ータのみで、近隣の生活地域への悪影響は考えにくい。

次にこの車道上のNO₂濃度の車室内への影響を考える。Fig. 2(b)によると、車室内は車道上の濃度とほぼ等しいNO₂濃度となっている。つまり、健康上問題となるレベルのNO₂が車室内に直接流れ込んでおり、自動車乗員に健康影響を与える恐れがある。

結論

高速道路上の車道上および走行車室内中のNO₂濃度を同時リアルタイム計測可能な計測車により、車道上のNO₂濃度状況とその車室内への侵入状況を調査した。その結果、全域で大気環境基準日平均値を越える値であった。

車室内においては、空調モードを外気導入とすると、車道と同等なNO₂濃度レベルとなることが確認された。

この研究で示したように車道上の有害物質状況は、その車道を自動車で通行中の人への影響を与えており、今後も注意深く観察する必要がある。

参考文献

1. 環境省平成 21 年度大気環境モニタリング実施結果, <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html> (2010)
2. 小林伸治・山岸豊・渋谷享司・松橋啓介; 第 51 回大気環境学会年会講演要旨集, 221 (2010)
3. 山田裕之・林瑠美子・戸野倉賢一, 大気環境学会誌, (投稿中)

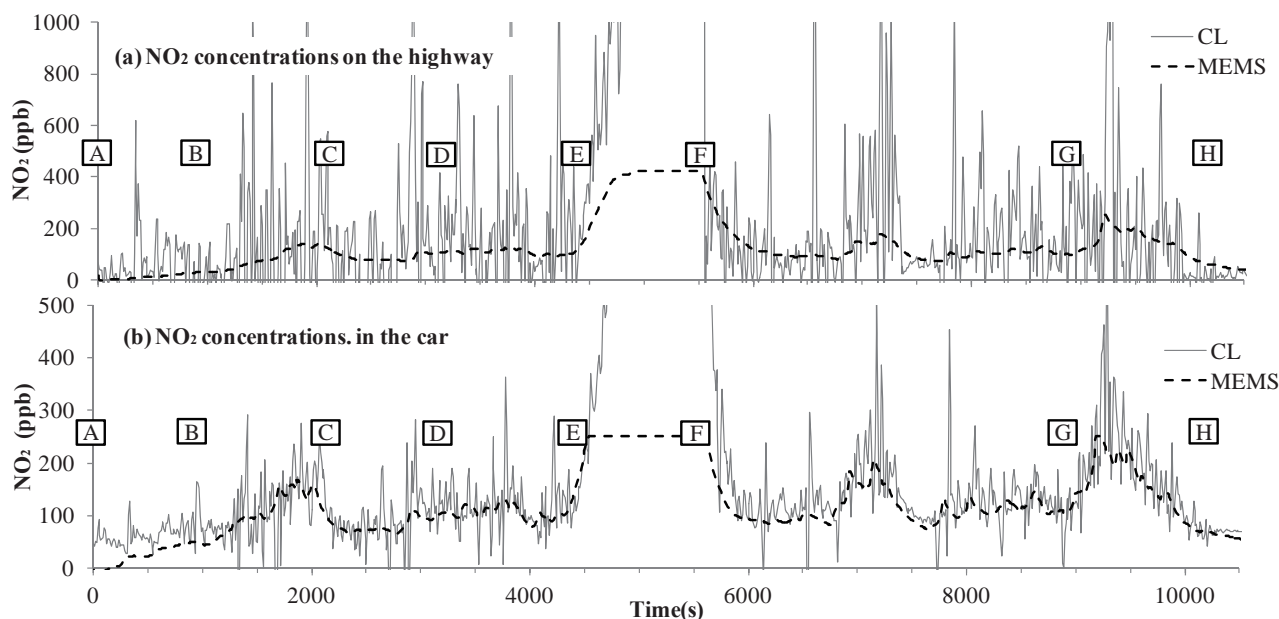


Fig. 2 Observed data for (a) NO₂ concentrations on the highway, (b)NO₂ concentrations inside the car by CL and MEMS.

⑦ 自動車排出ガスに含まれるニトロフェノールの定量測定手法

環境研究領域 ※小鹿 健一郎 堀 重雄

1. はじめに

本研究の対象物であるニトロフェノールの生体影響および排出起源、従来排出量調査からみた本研究の位置づけについて整理するとともに研究の意義について述べる。

1. 1. ニトロフェノールの生体影響と排出起源

ニトロフェノール化合物類は、強い血管弛緩作用や内分泌系への影響が報告されており^[1]、その発生状態や発生量を知ることは緊急を要する問題である。これまでニトロフェノール類の排出起源は主にニトロベンゼン骨格を含む農薬であるとして調査されてきたが^[2]、近年、もう一つの排出起源として“自動車の排出ガス”の存在が明らかになり、注目を集めている。これは国立環境研究所の鈴木氏らのグループが、『ディーゼル排気ガスに含まれるトリの生殖細胞に強い影響を与える物質はニトロフェノール類である』と特定したことに端を発しており、現在、複数の研究機関で精力的に疫学調査が進められている^[3-5]。一方で“自動車からの排出量”に関するデータは、(健康影響を評価する際の指標として必須であるにもかかわらず)、適切な試験方法で収集されていない状況にある。現在、疫学的研究の参考値として使用されているデータは^[3-5]、エンジンベンチを用いた排出ガス試験により算出されたものであり、車両を対象として直接排出量を測定したものではない。

1. 2. 関連する研究の中での位置づけ

本研究はニトロフェノール類の排出実態に関するデータを“実際の車両”を用いて系統的かつ定量的に収集することを特徴とした調査であり、本研究での試験は“エンジンベンチ試験”と“沿道大気分析試験”の中間に位置づけられる。“実車両からの排出”に焦点をしばり試験することで、これまでエンジンベンチ試験や沿道大気分析試験でわからなかった自動車の種類や走行状態が加味された排出量データを系統的に明らかにするというを最終的な目的としている。また本研究ではより正確な排出量調査のために、分析対象として固体成分(煤などの粒子状物質)とガス状成分の両方に着目し、両者の合計を自動車から排出される全量として扱う(従来は片方のみを対象として定量)。この両成分を対象にした分析により、初めて自動車からの排出量が正確に求められる。本稿では、この排出量に関する定量的な測定法と結果について述べる。

2. 実験方法と結果

本報告では、ニトロフェノール類の中でも特に生体影響が強いとされる *p*-ニトロフェノールに着目、自動車排出ガスからの定量手法の確立を試みた。実験は、①シリルエーテル誘導体の合成と GC-MS での検出、②フィルターおよび合成吸着剤からの抽出、③合成吸着剤による捕集、④実車からの排出量測定と段階を経て行った。

表1. 本研究の位置づけと従来研究の比較

試験種類	特徴と本目的達成のための課題	対象とする分析成分
従来報告	エンジンベンチ試験 ・エンジンの燃焼条件と発生量の関係を再現性高く調査できる。 ・実際の走行との乖離が発生する。 (タイヤの摩擦、トランスミッションの効果等が反映されない)	固体成分のみ
	沿道大気分析試験 ・観測地点における実際の暴露量が求められる。 ・個々の車種、走行条件による影響を反映できない。 (拡散後の平均化された値となる)	ガス状成分のみ
本研究	実車両走行試験 ・自動車の種類や走行条件を系統的に検討することができ、 排出起源としての影響度を的確にとらえることができる。	固体成分・ガス状成分(両方)

2. 1. シリルエーテル化剤を用いた前処理（シリルエーテル化誘導体の合成）と GC-MS による検出

p-ニトロフェノールはヒドロキシル基由来の高い極性を示し、GC-MS を用いた測定では、感度が低下しやすく、精度高く定量を行うことは難しい。このため本研究では *p*-ニトロフェノールのヒドロキシル基をシリルエーテル化し、シリルエーテル誘導体とすることで、感度高くピークを検出し、定量する手法を確立した（図1）。トリメチルシリル化剤として高い反応性を有する *N,O*-bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) を選択し、溶媒、時間等の反応条件を検討した。前処理反応後の試料を測定したところ、シリルエーテル化誘導体の分子量 211 のピークが感度高く検出された。



図 1. 前処理による感度の向上

2. 2. フィルターおよび合成吸着剤からの抽出

捕集に用いるフィルターおよび合成吸着剤にパラニトロフェノールを添加し、回収する手法を抽出条件の検討により確立した。ガラス繊維製フィルターおよび合成吸着剤にそれぞれ 5000 ng の *p*-ニトロフェノールを添加し、サンプルを作成した。検討の結果、ジクロロメタンを抽出溶媒として、100℃、600 psi、5 分の条件で抽出を行ったところ、フィルターおよび合成吸着剤より収率 90% 以上でニトロフェノールを回収することに成功した。

2. 3. ニトロフェノールの揮発性および捕集実験

ニトロフェノールの揮発による移動の把握を目的として、5000 ng のニトロフェノールを添加したフィルターにそれぞれ 100, 200, 300 L の空気を流し、フィルターに残存するニトロフェノールの量と合成吸着剤に吸着されたニトロフェノールの量を定量するという実験を行った（図2）。空気量の増加に伴い合成吸着剤からの検出量が増加し、揮発によるフィルターからの移動が確認された（図3）。



図 2. 揮発性および捕集実験の概要

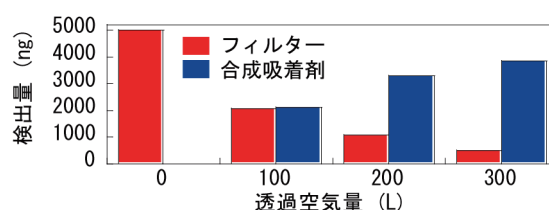


図 3. 揮発によるニトロフェノールの移動

2. 4. 実車からの排出量測定

試験車両（ELF）を用いてシャシダイナモメーター上で走行試験を行った。実験の模式図を図4に示す。本試験ではフィルターから 800 ng、合成吸着剤より 500 ng のパラニトロフェノールが検出され、距離換算すると 0.59 mg/km であった。

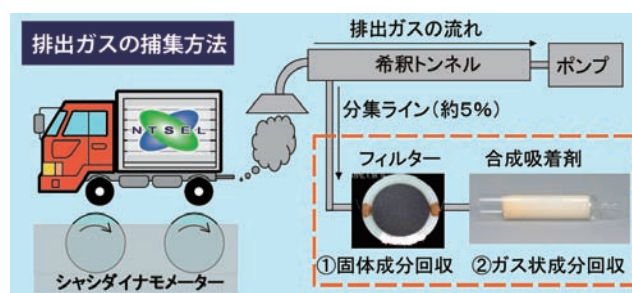


図 4. 実車からの排出ガス捕集の模式

3. まとめ

本研究では、自動車排気のガス状成分と固体成分の両方から *p*-ニトロフェノールを抽出し、シリルエーテル化処理を行うことで、GC-MS を用いて定量する手法を確立した。また、実車を用いた試験ではフィルターのみでなく、合成吸着剤からも *p*-ニトロフェノールが検出された（対フィルターで 6 割以上）。このことから、合成吸着剤を用いたガス状成分の捕集を含む本手法が自動車からの排出量を調査するうえで、有効であることが示された。

参考文献

1. X. Li, C. Li, A. Suzuki, S. Tanabe, G. Watanabe and K. Taya, *Endocr*, 2009, **36**, 98-102.
2. M. Harrison, S. Barra, D. Borghesi, D. Vione, F. Arsene and R. Olariu, *Atmospheric Environment*, 2005, **39**, 231-248.
3. C. Furuta, S. Noda, C. Li, A. Suzuki, S. Taneda, Gen, Watanabe and K. Taya, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2008, **229**, 109-120.
4. Y. Mi, C. Zhang, C. Li, S. Taneda, G. Watanabe, A. Suzuki and K. Taya, *Journal of Reproduction and Development*, 2010, **56**, 195-199.
5. Y. Noya, Y. Mikami, S. Taneda, Y. Mori, A. Suzuki, K. Ohkura, K. Yamaki, S. Yoshino and K. Seki, *Environmental Science & Pollution Research*, 2008, **15**, 318-321.

⑧ ハイブリッド車等の静音性対策の基準化へ向けた基礎調査

－アンケートによる接近音が必要となる条件の検討－

環境研究領域 ※坂本 一朗 宝渦 寛之 田中 丈晴 村上 孝行
自動車安全研究領域 森田 和元 関根 道昭

1. まえがき

ハイブリッド車及び電気自動車等（以下、HV 等という）は、低炭素社会を進める上で普及促進を図ることとされており、近年急増傾向にある。一方で、HV 等がモーターのみで走行しているときは、音が静かすぎて車両の接近に気がつかず危険と感ずるといった意見が寄せられたため、国土交通省は平成 22 年 1 月に「ハイブリッド車等の静音性に関する対策のガイドライン」を定めた。

当該ガイドラインでは、規制内容等必要な検討を行った上で義務づけをすることとしており、国土交通省は、基準化に向けて検討を開始したところである。本調査では、基準化へ向けた検討の第一段階として、音による認知性が求められる場面を把握するための基礎資料を得ることを目的として、アンケートを実施したので、その要点について述べる。

2. アンケートの調査方法

2. 1. アンケートの対象

アンケートは、①歩行者及び自転車運転者（以下、歩行者等という）、②HV 等のドライバ、③視覚障害者を対象とした。

2. 2. 歩行者等へのアンケートの調査方法

歩行者等へはインターネットによるアンケートを行った。まず、年齢、性別、都道府県別の人口比率に基づいて選定した 18 歳から 69 歳までの約 1 万人に対しスクリーニング調査を行い、「車両の接近に気が付かず、危険に感じたことがある、驚いたことがある、または接触したことがある」という経験を有し、「その車両が HV 等であった」と認識でき、さらに、「その時は何もしないで歩行または自転車の運転をしていた」と回答した人を選定した。それに該当した 480 人にアンケートを送付し、100 人から回答が得られた

ところで打ち切った。

2. 3. HV 等のドライバへのアンケートの調査方法

HV 等のドライバに対してもインターネットによるアンケートを行った。年齢、性別、都道府県別の人口比率に基づいて選定した 18 歳から 69 歳までの、HV 等のユーザーとして登録している約 1 万人に対しスクリーニング調査を行い、「歩行者等が自身の運転する車両の接近に気が付かず、危険に感じたことがある、驚いたことがある、または接触したことがある」という経験を有し、「その歩行者等が、特に何もしないで歩行または自転車の運転をしていた」と回答した人を選定した。該当者 1200 人にアンケートを送付し 100 人から回答が得られたところで打ち切った。

2. 4. 視覚障害者へのアンケートの調査方法

視覚障害者はネットアンケートによる回答は困難であるため、点字、または 22 ポイントの拡大文字の 2 種類で行った。事前に視覚障害者団体の協力を得て、回答し易い質問項目とした。視覚障害者の年齢、性別、居住地が偏らないように対象者を選定し、点字アンケートは 200 名に配布し 69 名から、拡大文字アンケートは 90 名に配布し 35 名から回答を得た。その回答者から、単独歩行を毎日または時々行い、車両が静かすぎて危険と感ずった経験を有し、ほとんどの場合その車両が HV 等であったと回答した人（点字 21 人、拡大文字 8 人）を選定して結果をまとめた。

3. アンケート結果

3. 1. 歩行者等のアンケート結果

スクリーニング調査で尋ねた経験をした時の、場所、車両の走行状態、車両に気が付かなかった理由についての回答結果を、図 1～図 3 に示す。静かな場所で車両が低速走行している時と回答した人が最も多く、気が付かなかった理由として、その車両が静かな

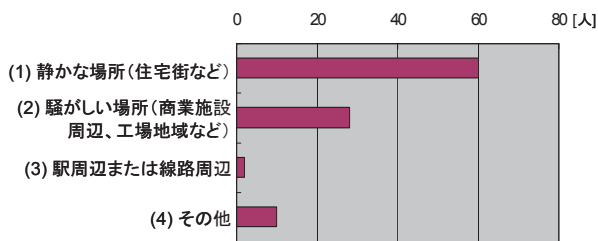


図 1 歩行者等に対するアンケート結果(問:そのような経験をした場所の静けさはどうであったか?)

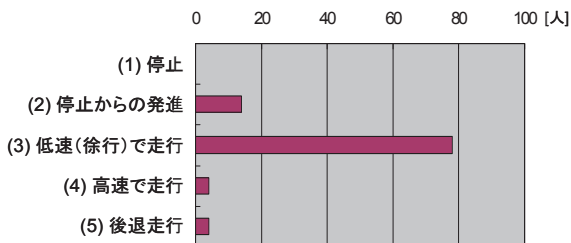


図 2 歩行者等に対するアンケート結果(問:その時の車両の走行状態は?)

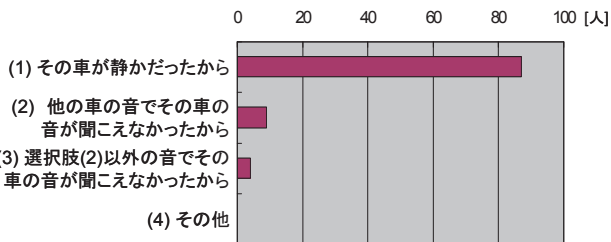


図 3 歩行者等に対するアンケート結果(問:なぜ車両の接近に気が付かなかったと思うか?)

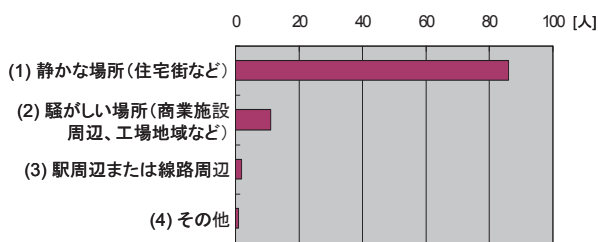


図 4 HV 等のドライバーに対するアンケート結果(問:そのような経験をした場所の静けさはどうであったか?)

ためと回答した人が 8 割以上であった。

3. 2. HV 等のドライバーのアンケート結果

スクリーニング調査で尋ねた経験をした時の、場所、車両の走行状態、歩行者等が自身の運転する車両に気が付かなかった理由についての回答結果を、図 4～図 6 に示す。歩行者等の結果と同様な傾向で、HV 等のドライバーは、自身が運転する車両が静かであると認識して運転していることが分かった。

3. 3. 視覚障害者のアンケート結果

アンケートで尋ねた経験をした時の、場所、車両の走行状態についての回答結果を、図 7 及び図 8 に示す。車両の走行状態は低速走行という回答が多かったが、静かさの情報についてはアンケート結果から判断できなかった。一方で、視覚障害者の歩行訓練士養成機

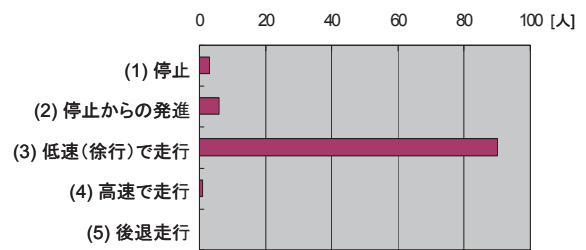


図 5 HV 等のドライバーに対するアンケート結果(問:その時の車両の走行状態は?)

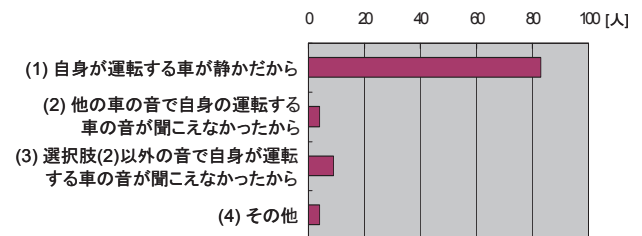


図 6 HV 等のドライバーに対するアンケート結果(問:なぜ歩行者が自身の運転する車両に気が付かなかったと思うか?)

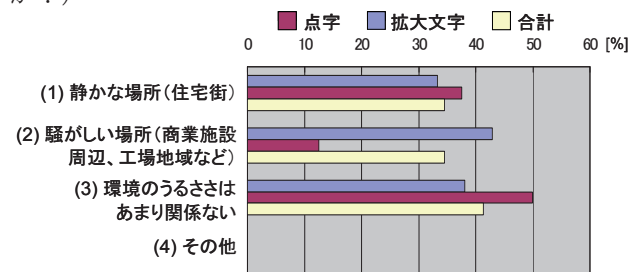


図 7 視覚障害者に対するアンケート結果(問:そのような経験をした場所の静けさはどうであったか?)

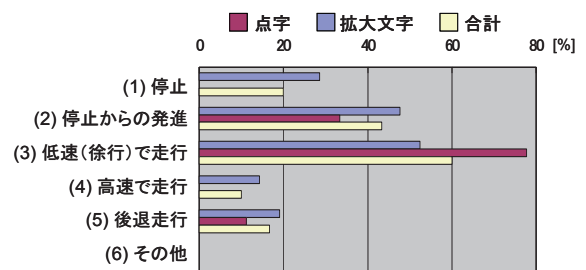


図 8 視覚障害者に対するアンケート結果(問:その時の車両の走行状態は?)

関への聞き取り調査で、60dB 以上の暗騒音環境下では、「その場で立ち止まる」等歩行方法を変えるように指導していることが分かった。これらの情報を基に、視覚障害者についてはさらに詳細に調査を行い、考慮すべき暗騒音のレベルを設定することとする。

4. まとめ

今後、基準化を行うに当たって、今回のアンケート結果に基づき、車両が低速走行で、静かな場所での発音をベースに、考慮すべき暗騒音の上限を検討しつつ、内燃機関の自動車と同等の認知性がある音の検討を進める予定である。

⑨ 省エネルギー運転、回生効果最大化のための オンボード運転支援装置の開発

交通システム研究領域

※長谷川 智紀 竹内 俊裕 工藤 希

林田 守正

理事

水間 毅

1. はじめに

鉄道は自動車等に比べて1人当たりのCO₂排出量やエネルギー消費量が格段に少なく、定時性・輸送力等の面でも優れた交通機関といわれている。しかし、特に地方部では沿線における少子高齢化による人口減少や乗用車の利用増加により、輸送人員は昭和62年から減少の一途をたどり、その結果平成12年以降23路線532kmもの鉄道路線が廃線を余儀なくされた。廃線に至る理由の一因として、鉄道のランニングコストの負担が大きいことが挙げられる。そこで、少ない輸送量でも鉄道的环境・エネルギー面での優位性が確保できるよう、一層の省エネルギー化を図る必要がある。

これに資する技術として、制動によるエネルギー回収を可能とする回生制動の有効活用が重要である。しかし、回生エネルギー有効活用にはさまざまな技術的課題が存在している。

また、省エネルギー運転方法として伝統的に知られている運転曲線は、最大加速で駅間最高速度まで加速した後、だ行、最大減速という、力行からノッチオフする点をできるだけ手前に、制動開始点をできるだけ後ろにおいて制動距離を最小に取るという運転方法であるが、運転士にとってかなり難しい運転手法である。加えて、回生制動は、架線を通して、回生エネルギーを返す場合、周辺の車両の動作状況（力行か、だ行か、制動か等）や自車のブレーキ力（ノッチ）によるブレーキ電流や架線電圧に左右されるため、運転士に効果的な回生制動力の制御をさせることは不可能である。

そこで、我々は上述のような、効率的な運転を安全性、定時性、速達性を保ちつつ回生ブレーキを最大限有効に働かせることを目的とし、省エネルギー運転を

列車運転士に支援するオンボード運転支援装置の開発を鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」の平成22年度採択課題「持続可能な低コスト・省エネルギー鉄道のためのパワーマネージメント」において、東京大学 古関准教授、千葉大学 近藤准教授、新京成電鉄株式会社とともに進めることとした。

本論文では、オンボード運転支援装置として機能を実現するために必要なハードウェア及びソフトウェアを開発・製作し、システム単体での動作確認試験により全体システムにおける有効性を検証した結果を示す。

2. オンボード運転支援装置の概要

2. 1. 装置構成

オンボード運転支援装置の装置構成の概要を図1に示す。本装置は、低コストで擬装可能な装置とするため汎用技術を用いることとし、GPS等を利用した

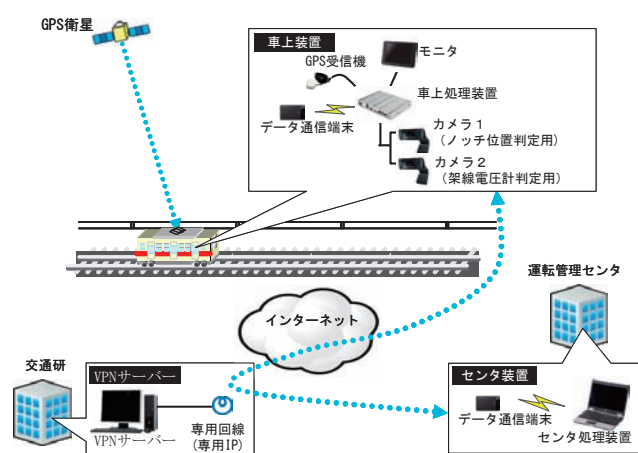


図1 オンボード運転支援装置の構成

位置検知や、簡易なカメラによるノッチ位置や架線電圧計の画像解析による判定、公衆無線を利用し列車間

で運行状況の情報伝送等を行い、回生ブレーキが有効に働き、他車両で電力の消費が可能であるか否か等の情報を運転士に伝えられるものである。

ノッチや電圧計を画像解析による判定とした理由は、支援装置をぎ装するにあたり、低コストで行うためである。通常、ぎ装を行うにあたり既存装置の安全性を損なわないことを確認する必要がある、この作業にコストが生じる。今回、画像による検知を行うことにより、既存装置と絶縁した形となり、万が一、本装置に不具合が生じた場合においても、既存装置へ影響を与えず、安全性が担保されることとなる。

また、公衆回線に運行に係る情報をやり取りするため、VPN 通信を用い仮想的な専用回線を作り出すことにより、セキュアな通信回線を作り出すこととした。

2. 2. 支援機能

回生ブレーキを最大限有効に働かせるための省エネルギー運転を列車運転士に支援方法としては、「力行コントロール機能」と「初込カット機能」を盛り込むこととした。

「力行コントロール機能」とは、架線電圧が基準電圧より低下した場合、力行を無理に行うと通常運転を行うためには、多くの電流が必要になるため、省エネルギー運転にならない。そこで、架線電圧を把握し、フルノッチの力行にはそぐわない状況の場合（例えば、架線電圧が基準より低い場合や、周囲に力行車が存在する場合等）は、運転士に力行をゆるめる指示を出す機能である。

また「初込めカット機能」とは、架線電圧が基準電圧より低下している場合で、回生失効の恐れが無い場合、機械制動を加えずにブレーキ指令がでたら、全て回生制動のみで制動制御を行う機能である。

3. オンボード運転支援装置の動作確認試験

前章までに検討を行ったオンボード運転支援装置について、新京成電鉄殿のご協力のもと、動作確認を行った。

画像検知については、架線電圧及び力行ノッチ共に当初の機能を確認することができた。(図2, 3参照)ただし、太陽光等の外部環境の影響を受ける等の課題についても確認され、耐外部環境対策を行う必要があることがわかった。

また、支援機能については、当初の状況件通りの支援が実施されることが確認できた。(図4参照)



図2 実車試験における画像認識対象とカメラ搭載位置



図3 画像認識状況

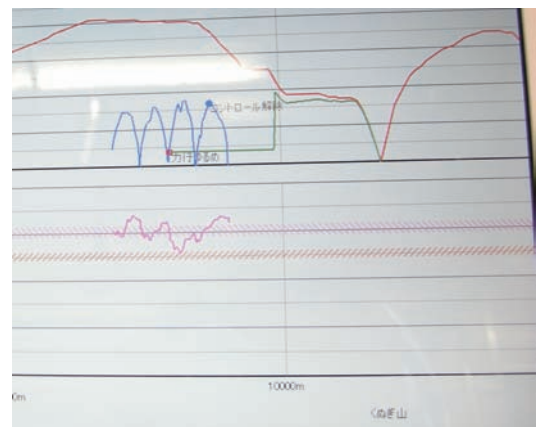


図4 支援機能動作確認状況（力行コントロール）

青線：速度、ピンク線：架線電圧

4. まとめ

今回、オンボード運転支援装置の機能検討、開発を行った。概念設計は完成し、プロトタイプ装置による実験では、車庫内の走行ではあるが、基本的な機能は確認された。その結果、本装置による運転支援を行うことにより、省エネルギー運転が可能になる方向性が示された。ただし、動作確認試験においては、画像認識において耐環境性対策が必要であることが確認された。

今後は、これらの課題とさらなる省エネルギー化を測るために共同研究機関の成果の取り込みを行っていく予定である。

⑩ 画像認識による信号システム安全性検証結果について

交通システム研究領域
理事

※竹内 俊裕 工藤 希
水間 毅

1. はじめに

近年、路面電車の車両位置を検知する方法として、軌道回路方式を導入する事例が出始めている。しかし、車両重量の軽いLRV車両などにおいては短絡不良が懸念されるため、安定した列車検知が継続的に行われているかの確認が重要である。

軌道回路方式による列車検知状況は近くの歩道上に設置された器具箱内のモニタ装置の前面に配置されたLEDの点灯状態で確認できる。このモニタ装置でも列車検知状況を記録しているが、その検知状況と対応する車両の位置及び型式を照合することは難しい。そのため、車両位置と検知条件を自動判別することができれば路面電車における軌道回路による列車検知の安全性、信頼性を確実に確認することができる。そのため、画像解析を利用して路面電車の進入から進出までの一連の動作をモニタするソフトウェアを製作し検証したので、その結果を報告する。

このことにより、路面電車における軌道回路方式の列車検知の評価が効率良く行われるようになり、列車検知の安全性向上に資することが期待される。

2. 映像記録の概要

2. 1. 装置構成

映像を記録する装置は、既存の映像型運転状況記録装置を流用して構築した。装置構成は、記録装置本体と、軌道回路上を通過する車両を撮影するためのカメラ、器具箱内の軌道回路モニタ装置の各種LEDを撮影する3台のカメラ（図1）で構成される。そして、それぞれの映像を1画面化し、それをビデオキャプチャ経由で記録装置に取り込む構成となっている。記録される映像は

30fpsでmpeg4形式のファイルが1分間1ファイルで連続的に記録される。

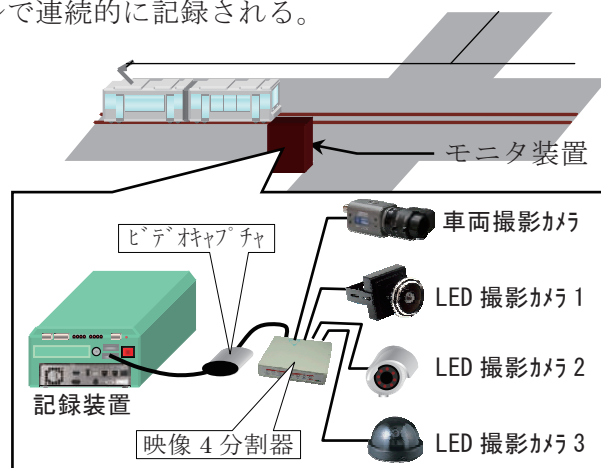


図1 装置構成

2. 2. 動画解析方法

本装置は軌道回路方式が導入されている線区のある地点のモニター装置内に設置した。そして4台のカメラのうち、列車の進入を示すLEDと進入から進出までの状況を示す7セグLEDの数値を解析することにより、列車が正常に通過しているかどうかを解析することとした。

解析は記録された映像（図2）から、解析対象となるLEDを抽出し、抽出した各ドットの色情報（RGB情報）を平均化し、その変化量から閾値を設定して点灯/消灯を判定（図3）することとした。また、数値は固定パターンで遷移するため、無効な数値は除外することとした。



図2 記録映像画面

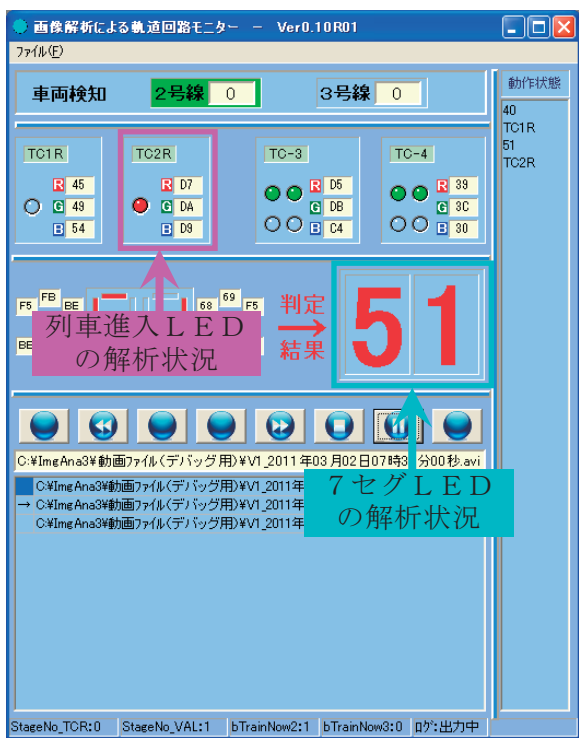


図3 画像解析ソフトウェア

検証は、図4に示すアルゴリズムで、6時間分の映像について行った。

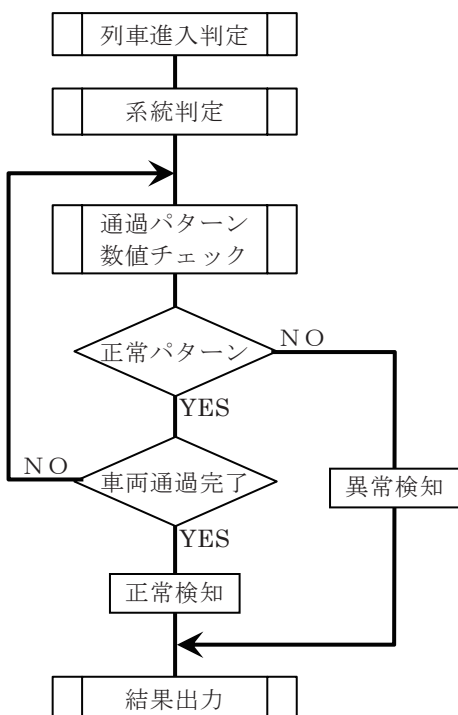


図4 車両解析フローチャート

その結果、表1に示すように列車進入LEDの点灯を認識した時から解析を開始し、列車が通過

するまでの数値遷移の認識について、ほとんどの車両について正常に検知できることが確認されたが、1本の車両についてエラーと検知されるケースが確認された(図5)。この原因は、画面全体の輝度が映像により差があり、セグメントLEDの平均値がしきい値を超過してしまい、車両の進入は検知できたものの数値遷移の認識においてエラーとなってしまっていたためであったが、これは判定論理の修正により解決できると考える。

表1 解析結果

	系統1	系統2
実際の車両走行本数	58本	34本
正常と検知された 車両走行本数	58本	33本
エラーと検知された 車両走行本数	0本	1本

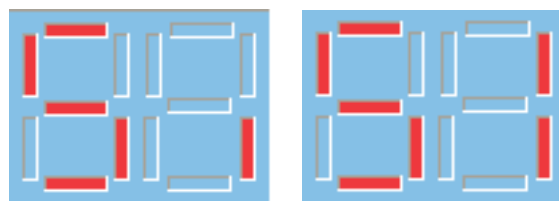


図5 エラー検知時の数値認識

4. おわりに

以上のように、軌道回路方式による路面電車の列車検知状況を動画解析により検証した結果について示したが、自動解析及び評価への適用可能性があることが確認された。このことにより、路面電車の軌道回路検知の安全性が簡易に評価できる方法が示された。

今後は、定量的な評価を継続して実施することで本手法の信頼性を向上させ、軌道回路上を通過する車両のモニタをリアルタイムに行うことで、短絡不良を認識した場合に、直ちに車両に対して警報を出力できるようなシステムの構築の実現を目指して路面電車の安全性向上に貢献していきたい。

⑪ 画像解析を利用した踏切設備の予防保全に関する検討

交通システム研究領域
理事

※竹内 俊裕 工藤 希
水間 毅

1. はじめに

厳しい経営状況が続く地方鉄道において、鉄道の経営を維持するために必要な経費のうち、輸送に直接必要な経費と施設を保有するための保守にかかる経費がほぼ半分ずつを占めているのが現状である。そのため、保守のレベルを落とすことなく安全を確保するためには、効率的に保守を行わなければならない。そこで、設備の保守が省力化できるシステムを開発することは効果が高いと思われる。

すなわち、日々の営業列車の走行に合わせて既存の設備の動作状況を長期的にモニタリングし、僅かな動作の変化を検出することができれば、障害を未然に防ぐ予防保全が実現でき、地方鉄道における安全性向上と省保守化が実現可能となる。

そこで、本稿では、画像解析技術を利用して保安設備の動作状況を記録・解析するシステムを検討し、試験を実施したので、その結果を報告する。

この結果を用いて、故障の未然予知が可能となると、地方鉄道における省保守化が実現可能となる。

2. 画像解析装置の概要

2. 1. 装置構成

画像を解析する装置の開発は、地方鉄道を対象としていることから、簡易で安価を前提としている。そのため、画像を撮影するためのカメラや撮影された画像を記録するためのパソコン、保安設備の位置を特定するためのGPSはすべて市販品を利用することとし、専用のソフトウェアを開発して解析することとした。(図1)



図1 記録映像画面

2. 2. 解析方法

本装置における解析対象は踏切とし、列車通過後に遮断カンの開動作を画像で記録・解析し、その時間をモニタリングすることで経年劣化による動作の変化を検知し、遮断カンの開動作不良を防止することを目的とした。

解析方法は図2に示す処理フローチャートのように、GPSにより自列車位置を検知し、予め登録されている踏切位置を通過後から画像を撮影、撮影された画像の中から踏切を予測後、二次元座標値として算出された部分画像を切り出し、その画像と予め保持しているテンプレート画像を比較するマッチングを行い、マッチング率から、しきい値を設けて踏切の開検知を行うこととした。

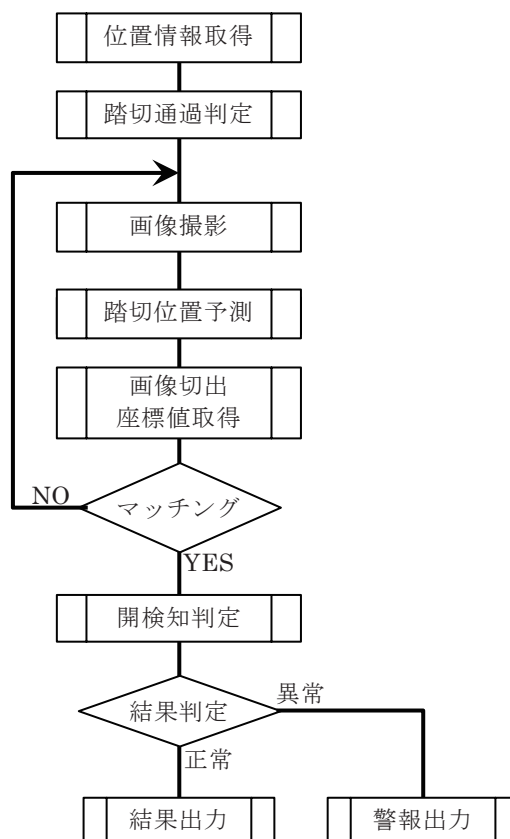


図2 踏切開検知フローチャート

3. 現車試験

試験は、車両の最後尾に本装置を設置し、山形鉄道フラワー長井線の長井駅～荒砥駅間の15ヶ所の踏切を対象として実施した。

その結果、好条件下においては開検知を確認できた踏切もあったが(図3)、天候や時間帯による周囲の明るさ等環境の影響を受け、しきい値の調整の難しさも確認された。(図4)ただし、予防保全を目的としていることから、好条件下で確実に解析することができれば、その結果を長期的にデータベースに記録することで、通常と異なる動作状況を検知することで、経年劣化による障害を未然に防ぐことが可能となると思われる。



図3 好条件下での解析結果例



図4 環境の影響を受けた解析結果例

さらに、各遮断機のGPSによる位置追跡精度を表すために追跡率を求め評価した結果を図5に示す。追跡率は、取得した画像の縦、横方向の半分のpixelから、踏切中心からずれたpixel数の割合を求め、どの程度ずれたかを示す数値である。直線走行時の追跡率は概ね60%以上となったが、カーブ走行ではそれ以下の追跡率も散見された。原因として、GPSの位置補正のためのマッチングデータと実際の線形に部分的なずれが生じ

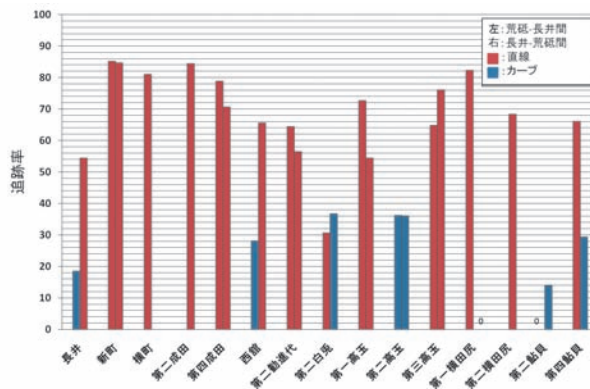


図5 各遮断機の追跡率

ている可能性が挙げられる。よって、マッチングデータの見直しの他、画像解析により、矩形内に捉えた遮断機を認識し、再び矩形外に出ないような手法を検討する必要がある。

4. おわりに

以上のように、予防保全を目的とした踏切遮断カンの開動作を画像解析で検知する試験結果について示したが、解析対象物が屋外に設置されている以上は、天候等の環境による影響は避けられない。しかしながら、条件のいい場合に確実に検知し長期的にモニタリングすることができれば障害を未然に防止する予防保全の実現は可能であることが確認された。

この手法を応用して、今後は、画像解析の精度向上のための検討を継続していくとともに、対象を発条転てつ機に拡張、GPSにより列車が転てつ機通過後から定位に戻るまでの状況を画像解析で検知することを検討中である(図6)。踏切開検知ならびに転てつ機定位検知のモニタリング用データベースの検討を行い、経年劣化による保安設備の障害を未然に防ぐ予防保全システムの実現を目指していきたい。

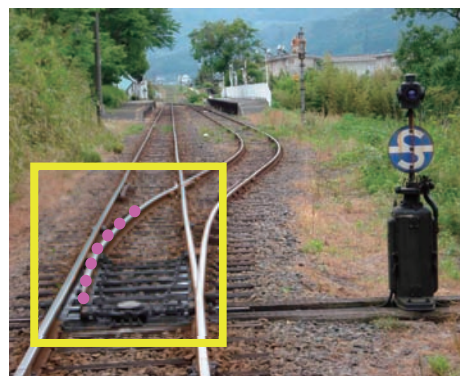


図6 好条件下での解析結果例(転てつ機)

⑫. 鉄道運行におけるヒューマンエラー等の再現・分析 シミュレータの開発

交通システム研究領域

※吉永 純

1. はじめに

ヒューマンエラーに起因するとみられる重大事故が近年公共交通に発生したことから、国土交通省では検討委員会を設置し、事故防止技術の考え方等がとりまとめられた(H18.3)。それによると意図的でないヒューマンエラーを極力減少させるシステム作りと、リスクを認知した上で意図的な行動（不安全行動）を防ぐ対策を講じる重要性が指摘されている。

本研究は実際の列車走行データを分析し、不安全行動の有無や、意図しないエラーの発生状況を抽出するための手法を開発すること、また、事故防止ための対策を検討することを目的としているが、その分析ツールとして本年 9 月に当研究所に鉄道運行安全性評価シミュレータが完成したことから、本稿では、進めている研究の概要とシミュレータの機能について述べてたい。

2. 研究の目的

2. 1. ヒューマンエラー等の抽出手法

日常の実走行データには、事故には至らないがさまざまな理由により生じた不安全行動やヒューマンエラーも含まれると考えられるが、個人差や状況の差の影響も大きいため、一律の判別は難しい。そのため、他の運転士による主観的な評価や、統計的な分析等による客観的な評価を行い、実走行データからヒューマンエラー等を抽出する手法を研究する。

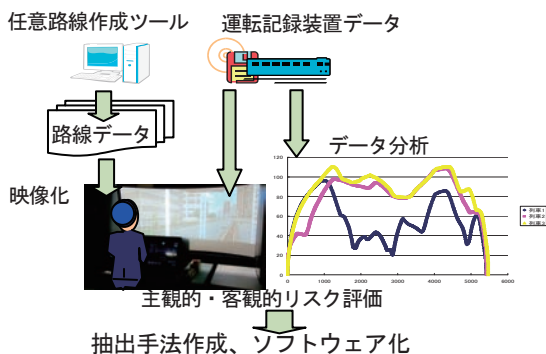


図1 ヒューマンエラー等抽出手法の研究概念図

2. 2. 車載インタフェースの研究

開発中の各種の車内信号装置や運転士補助装置について、情報の提供タイミングや、前方の線路状況を予告する情報の提供の有無による差異等について、研究を行う予定である（平成 23 年度～25 年度）。

3. シミュレータの概要について

3. 1. 機能の概要

鉄道運行安全性評価シミュレータ（以下単に「シミュレータ」という。）の主な機能を示す。特に（1）の任意の路線を作成できる機能は、今回新たに技術開発したもので、応用範囲が極めて広いものである。

- （1）任意の路線作成機能
- （2）運転ダイヤの作成機能
- （3）作成した路線上の運転状況記録装置データによる状況再現機能
- （4）作成した路線上での安全性評価シミュレーション機能（高速シミュレーション）

3. 2. 機器構成

図2に機器構成を示す。運転室部は自列車の運転状況に連動し、動揺装置により前後、左右の走行加速度を体験できる。ワンハンドル式デットマン装置、EB装置付の運転台としている。計器は拡張性を考え画面表示としている。

車掌室部は計器パネル、後方映像、車掌弁、ドア扱スイッチ等を備えている。

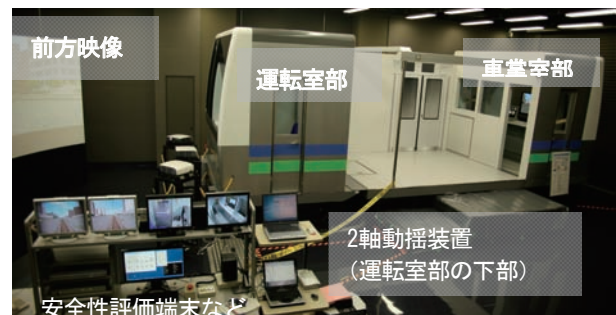


図2 シミュレータの機器構成

3. 3. 任意の路線作成機能

鉄道はルートが比較的固定されているため、シミュレータを用いるためには線路形状等を忠実に再現できるほうが有効な検証が可能である。しかし、現状では専門メーカーの技術と多大な工数が必要となり、相応のコストを要する。

本シミュレータでは、線路、信号、駅、連動機能等の外観や機能を事前に「路線データベース」にデータ登録し、適切なデータを選んで組み合わせることで自動的に路線を作成するツールを技術開発した。これにより、交通研のようなユーザー側において少ない工数・短時間で路線データを生成できるようになった。現状では普通鉄道と路面電車の2データベースを作成している。

(1) 線路形状の入力・編集

線路は、単線から最大で上下8線(16線)を作成できる。曲線半径、分岐器の番数(開き角度)、勾配、速度制限等をキロ程により設定する。線路の変位点は自然に接合されるよう自動調整する機能がある。駅構内は、副本線や入替線等も配線可能である。

(2) 鉄道建造物の入力・編集

駅舎、駅ホーム、踏切、鉄橋、トンネル等をキロ程に基づき設定する。寸法に応じて適切なモデルが生成され、架線柱、架線等の附帯物は自動的に配置される。

(3) 信号保安装置の入力・編集

路線図及び表形式にて、軌道回路、地上式信号機、ATS(-P及び-Sx)地上子、各種標識類を設定できる。信号機は2~5現示の他、入換信号機、臨時信号機、特殊信号発光機等もデータベースに登録している。

信号機と分岐器の連動及び信号動作については、画面上で動作確認をしながら設定できるよう工夫した。

図3に、作成した線路の画面例を示す。

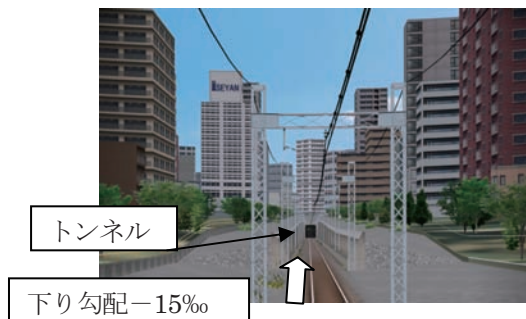


図3 任意の路線作成 画面例

3. 4. ダイヤの入力・作成機能

事前に設定した車両性能テーブルと、線形に応じて、各駅間の走行パターンを設定する。これは自動生

成ではなく手動で行うこととしている。続いて、路線における各列車の運転ダイヤを設定する(図4)。

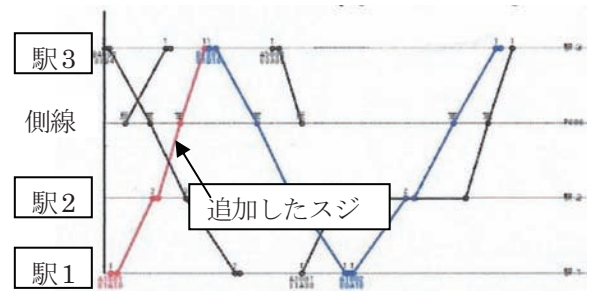


図4 運転ダイヤの作成例

この機能では、列車毎に、停車/通過駅、発着番線、駅停車時を設定できる。また、駅での乗降客の乗降時間や車掌時間を設定する機能により、列車乗降時間の遅延による列車遅延が生じた状況が再現できる。

3. 5. 運転状況再現機能

実列車で採録した運転状況記録装置のデータから、時刻・運転速度・ノッチ操作を読み込み、前節のダイヤに追加することで実列車の運転状況を映像で再現する機能を今回技術開発した。なお、実際の運転状況記録装置のデータは一部欠損、異常値、サンプリング間隔の違いも多いため、異常値の除去処理等のための編集機能、サンプリング間隔の補完機能も開発した。

運転状況記録装置データによる運転中は、ノッチ操作等の運転情報を画面下部に重畳表示し、状況分析を支援する。また、状況再現の途中から手動運転に切り替えて運転を継続できる機能や、他列車の運転に切り替える機能を開発した。これらの機能を利用しさまざまな鉄道従事者の意見等を伺うことで、多角的な不安全行動等の抽出、原因の分析等が可能と考えている。

4. まとめ

本年9月に完成したシミュレータの主な特徴である運転状況記録装置のデータから映像や画面重畳情報により運転状況を再現する機能の開発状況について紹介した。また、その機能により研究を行う、ヒューマンエラー等を抽出する研究の概要を述べた。

シミュレータでは信号や軌道回路割の変更後の評価や、新しい装置の開発のためにも役立つと考えている。応用的な活用法についても取り組んでいきたい。

⑬ 営業車両における脱線係数常時観測データとその分析

交通システム研究領域 ※ 佐藤 安弘 大野 寛之

東京地下鉄 清水 忠 茨城大学 道辻 洋平

住友金属テクノロジー 谷本 益久 住友金属工業 水野 将明 元住友金属工業 佐藤 與志

1. はじめに

脱線係数は、脱線事故を防止するためだけでなく、レール・車輪間の状態を知る上で重要なパラメータである。特に急曲線において、脱線係数がレール・車輪間の摩擦係数に大きく依存すること、摩擦係数は状況により大きく変化することなどが指摘された¹⁾。従来は、新線開業や新形式車両導入時等、特定の場合に脱線係数が測定されるにすぎなかった。

筆者らは、鉄道の営業車両による走行安全性のモニタリングを目的として新しい測定法の研究開発を進め、脱線係数の常時観測が実用化された²⁾。営業車両で取得されたデータを分析し、レール・車輪間の摩擦係数、限界脱線係数との関係等について考察したので報告する。

2. 従来の脱線係数測定法

脱線係数は、図1に示すとおり、レール・車輪間に働く力のうち、垂直方向の力である「輪重」 P と横方向力である「横圧」 Q の比である Q/P により求められる。

従来の測定法では、車輪にひずみゲージを貼付し、車輪板部の垂直ひずみで輪重を、曲げひずみで横圧を測定する。ひずみゲージの信号線を通すため輪軸の穴開け加工が必要で、回転する輪軸から電気信号を取り出すために摺動部のあるスリッピングを使用する必要があり、測定システム自身の耐久性に劣るため、営業車による常時観測には適用できなかった。

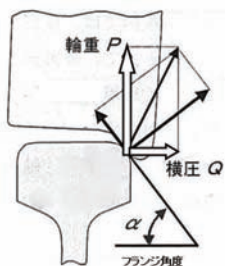


図1 レール・車輪間の力と脱線限界

3. 常時観測に用いる脱線係数測定法²⁾

本脱線係数測定法は、輪軸には直接センサを取付けず、非接触センサを用いることが特徴である。輪重は、軸ばねたわみ量を検出することで求める。横圧は、車輪の曲げ変形量を検出することで求める。しかしながら、曲げ変形量は 0.1mm 程度以下の微量であり、軸箱に取り付けた3箇所の非接触変位計により、軸受のガタによる影響を補正し、横圧による変形量のみを捉えるようにしている。さらに、軸受のガタを極力小さいものとするなど、台車全体として測定精度を高める設計となっている。

輪重測定用の磁歪式変位計および横圧測定用の渦電流式変位計の設置位置を図2に示す。



図2 脱線係数常時観測用台車及びセンサ

4. 営業線での運用

4. 1. 特定曲線における脱線係数の変化

半径 160m の曲線区間(緩和曲線を含む)において 10 日間にわたり異なる時間帯(5:58 ~ 22:56)に 26 回測定した台車前軸外軌側脱線係数の波形を図3に示す。測定波形の形状はいずれの時間帯においても同様の傾向を示し、円曲線の終端部付近で最も大きくなっている。例外はあるものの、朝の早い時間帯に低い値をとり、時間経過とともに値が大きくなる傾向が見られる。時間変化する要因としては、塗油やレール表面の乾燥状態等により、レール・車輪間の摩擦係数が変化することが挙げられる。

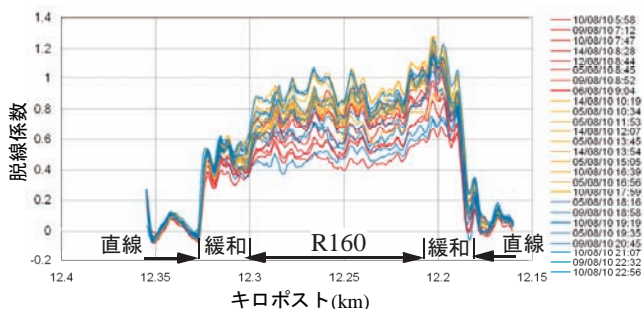


図3 特定曲線における脱線係数の時間変化

4. 2. 特定曲線におけるシミュレーション

摩擦係数によって、脱線係数がどの程度変化をするかを定量的に把握するため、マルチボディ・ダイナミクス・ソフトウェア"A/GEM"によるシミュレーションを実施した。17自由度の車両モデル、レール・車輪の幾何学的パラメータ及び当該曲線諸元をもとに、車輪踏面及びフランジの摩擦係数 μ を0.2から0.7まで変化させて計算した結果を図4に示す。脱線係数は0.5から0.8程度まで大きく変化する結果となり、実測の変動幅に近いことがわかる。

図3と比較して図4は、全体的に、キロポストに沿った変動が小さく、定曲線中では脱線係数が一定となっている。これは主に、軌道狂いを考慮していないことによるものと考えられる。このほか、実際は、摩擦係数が線路長手方向に変動していること、空気ばね吸排気の影響等が考えられる。

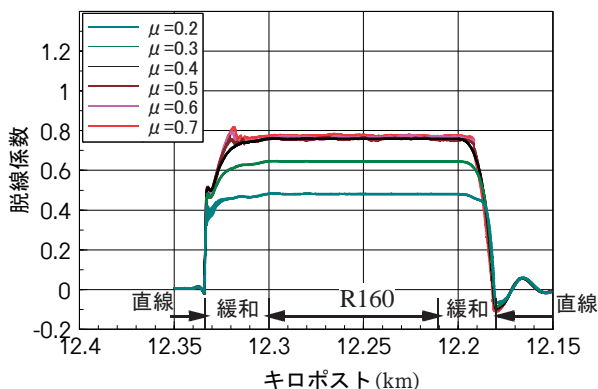


図4 特定曲線における計算結果(摩擦係数変化)

4. 3. 路線全線の脱線係数

図3と同様なデータは路線全線において得られた。各曲線において発生した脱線係数をプロットしたところ図5のようになった。各曲線半径で脱線係数のばらつき様子が確認できる。また、最大値をなぞると図中の近似曲線となり、半径300mより大きな曲線では、限界脱線係数に安全率を見込んだ目安値を下回るものの、250mより急な曲線では目安値を上

回る例が増えてくることが分かる。このような曲線では、外軌レール塗油等による摩擦係数低下に伴い、限界脱線係数はより大きくなるうえ、脱線防止ガードにより安全性は担保されるが、より適切な潤滑等の保守を行いこのばらつきを低く抑えることにより、脱線係数を全体として低く抑えることができるものと考えられる。すなわち、近似曲線より下側に新たな管理指標となる線を引くことが考えられる。

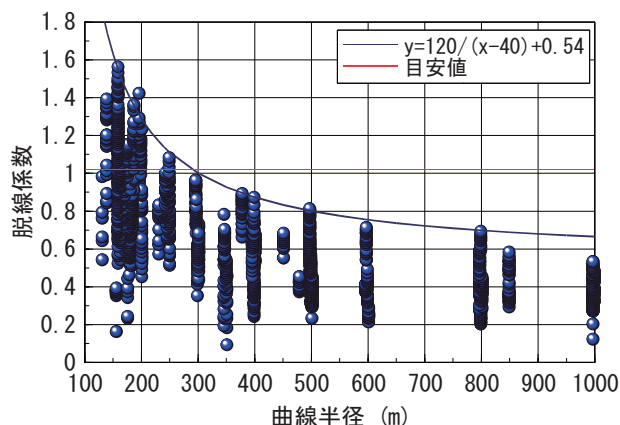


図5 路線の全曲線部における脱線係数

5. まとめ

営業車両による脱線係数常時観測データを分析した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 特定曲線における脱線係数の変化を把握した。
- (2) シミュレーションにより、摩擦係数による脱線係数の変化を定量的に示し、実測結果と比較した。
- (3) 全線の各曲線における脱線係数のばらつきを明らかにした。
- (4) 適切な保守を行いこのばらつきを低く抑えることにより、脱線係数を全体として低く抑えることができるものと考えられる。

今後の課題としては、摩擦係数以外の変動要因の同定、脱線係数常時観測を前提とする管理指標の確立等があげられる。

脱線係数という安全に直結する指標を常時観測可能なことから、安全性の一層の向上が図れるほか、レール塗油器の調整等従来一部定性的であった保守を、常時観測と組み合わせることにより、適切な管理指標のもと、定量化・高度化することができると期待される。

参考文献

- 1) 運輸省事故調査検討会、「帝都高速度交通営団日比谷線中目黒駅構内列車脱線衝突事故に関する調査報告書」、平成12年10月
- 2) 佐藤ほか; 交通研フォーラム 2009 講演概要, pp85-88

⑭ プローブ車両の現状と軌道の保守例について

交通システム研究領域
日本大学生産工学部

※森 裕貴
網島 均

大野 寛之 佐藤 安弘 竹内 俊裕

1. はじめに

車輪がレールで支持案内されて走行する鉄道にとって、軌道の安全管理は重要である。軌道状況を把握し、事故に至る前に補修していく予防保全が不可欠である。そのためには、軌道の状態を常時あるいは高頻度で監視することが望ましい。しかし、軌道検測車などの検査用車両により、精密な軌道検査が可能になっているものの、コストや要員などの点から走行頻度は非常に制限される。さらに地方鉄道では、施設の経年劣化が著しい一方、費用の確保や技術力の維持が難しく、十分な検査が行えない事業者も少なくない。

このような問題に対して、簡便な方法により軌道状態の常時監視と診断が可能になれば、より確実な予防保全の実現が期待できる。常時監視を実現する一つの方法として、車両に安価な汎用センサを付加し、営業運転を行いながら軌道の状態診断を行う方法が考えられる。このような車両をプローブ車両^①と呼び、このプローブ車両を実現するため、我々は持ち運びが容易で、車両と非接続で軌道の状態診断の行える可搬型プローブ装置を開発^②し、鉄道事業者協力のもと実用に供するための走行実験を行なっている。

本報告では、プローブ車両により特定された軌道の要注意区間について、長期に渡って継続調査を行った結果及び、その期間に実施された軌道保守による軌道状態の変化の様子について報告する。

2. プローブ車両による軌道の調査

2. 1. プローブ車両の構成

図1にプローブ車両の構成図を示す。波状摩耗を検出するための騒音計、軌道変位を検出するための加速度センサ及びレートジャイロ、位置を検出するためのGPS受信機及びWebカメラ、解析用のコンピュータ、各センサの信号をコンピュータに入力するアナログ入力ターミナルで構成される。位置推定・マップ表示ソフトによる列車位置の特定機能で、GPS受信機による位置情報

に基づき路線上の列車位置を求め、地図上に現在位置を逐次表示する。

2. 2. 軌道異常の発見

プローブ車両は、GPS情報及び、加速度の二乗平均平方根値(Root Mean Square, 以下RMS値と略記)を求めることで、路線の中で加速度振動が強くでている区間を特定することができる。また、Webカメラにより軌道状況を撮影することで、軌道の異常個所の特定がさらに容易となった。図2にプローブ車両により発見された浮き枕木の発生区間の様子を示す。

このような浮き枕木を放置すると、車両が通過する際レールの沈下によりたわみが発生し、輪重変動が大きくなるなど、安全上大きな問題が発生する。そのため、特に大きなRMS値が検出された区間については、事業者の協力の下、適宜軌道保守を行い、その前後でのプローブデータを収集した。

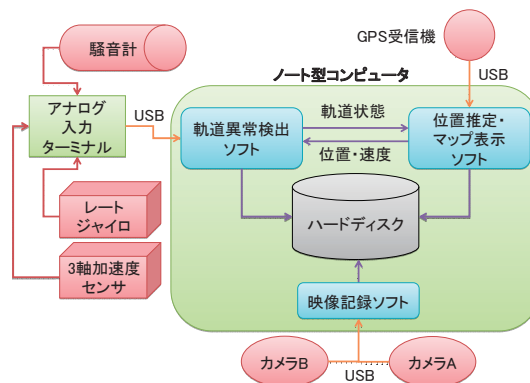


図1 プローブ車両の構成



図2 浮き枕木発生区間

3. 軌道保守前後の調査結果

3. 1. マルチプルタイタンパによる軌道保守

2010年1月初旬にマルチプルタイタンパ（以下マルタイと略記）による軌道全線の保守作業が行われた。その軌道保守の前（2009年12月）と後（2010年1月）に行われた走行試験の軌道上下加速度RMS値の結果を図3、4に示す。RMS値が高いほど軌道の状態が悪化していることを表す。マルタイによる保守後は全体的にRMS値の減少が確認された。特に 0.3m/s^2 を超える要注意区間では、軒並みRMS値が 0.2m/s^2 を下回り、軌道状態が改善されたことがわかる。

マルタイによる軌道保守の半年後に行われた走行試験の軌道上下加速度RMS値の結果を図5に示す。一般的に軌道保守を行った後半年間は、軌道状態が安定しないことが知られている。RMS値を比較すると、若干値が減少した区間もあるが、ほぼマルタイによる軌道保守前のレベルまで戻ってしまっていることが確認された。

3. 2. 短区間軌道保守

軌道状態が半年で軌道保守前の状態に戻った原因として、保守区間が全線と長区間であったため、碎石の補充が均一的になり、RMS値の高い要注意区間において、碎石の補充が不十分であった可能性が考えられる。

そこで、2010年7月の調査後にプローブデータを鉄道事業者提供し、RMS値の大きな区間について追加の保守作業を行った。作業内容としては、数mから数十mに渡って、碎石補充と突き固めを行い、保守後は継続してプローブ車両による調査を行った。

特にRMS値の戻り幅の大きかった5.7km地点について、RMS値の推移を図6に示す。マルタイの実施後と比べると、集中的に保守を行った結果、RMS値が急増せず、半年を過ぎても安定していることがわかる。

4. まとめ

プローブ車両により、長期に渡って軌道状態を調査し、軌道保守の効果を評価した。その結果、浮き枕木が発生するような脆弱な地盤の路線においては、画一的な軌道保守を行うのではなく、碎石の補充量の変更など、軌道状態に合わせた軌道保守が必要であることがわかった。また、継続的に軌道状態を監視することで、軌道の状況変化に対応できる可能性を示した。

今後は可搬型プローブ装置の小型化、高機能化を進めるとともに、インターフェースの改善を図り、地方鉄道事業者などが簡易に取り扱えるようにしたい。

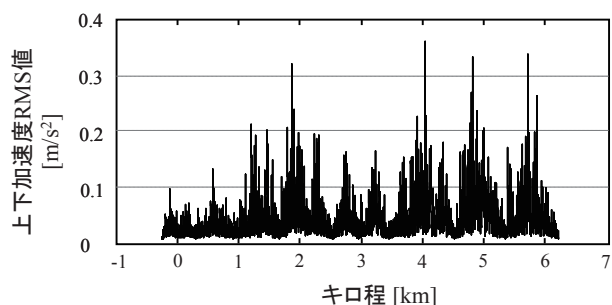


図3 上下加速度RMS値（2009年12月12日）

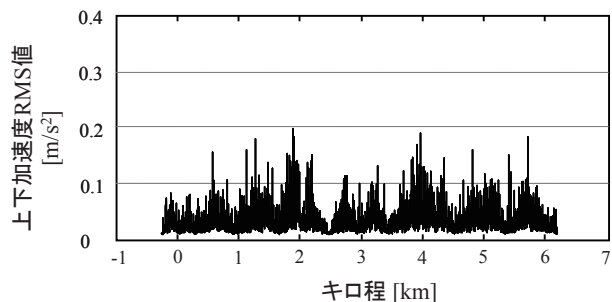


図4 上下加速度RMS値（2010年1月13日）

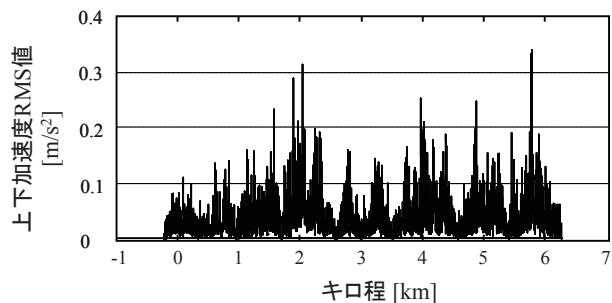


図5 上下加速度RMS値（2010年7月28日）

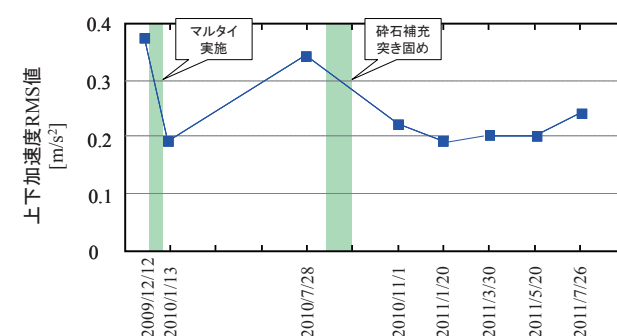


図6 上下RMS値の推移（5.7km地点）

参考文献

- 1) H. Tsunashima, A. Matsumoto, H. Nakamura and H. Yamashita: Fundamental Studies on Development of Probe-Vehicle System for Advanced Railway Inspection, The 13th Transportation and Logistics Conference pp. 241-242, 2004
- 2) 小島崇, 網島均, 松本陽, 水間毅, 車上測定データによる軌道の異常検出（第2報, プローブシステムの開発と検証）, 日本機械学会論文集（C編）, Vol. 754, No. 75, pp.1798-1805, 2009

⑮ ロープウェイ用安全データベースの構築 —同種の事故およびインシデントの分析結果をベースにして—

交通システム研究領域

※佐藤 久雄

千島 美智男

日岐 喜治

1. はじめに

ロープウェイは、架空したロープに搬器を吊して旅客を運搬する輸送システムである。急勾配に強いことや支柱間の線路長を長く設定できることなどの理由により、山間部の観光地やスキー場での旅客の輸送用に多く使用されている。

このロープウェイにおいては、近年、過去の事故と同種の原因の事故の発生が指摘されており、再発防止のための早急な対応が望まれている。事故の再発防止のためには、過去の事故やインシデントの詳細な分析を実施するとともに、その結果を教訓として体系化し安全データベースを構築することが必要と考えられる。

この状況に鑑み、既報⁽¹⁾⁽²⁾において、過去のロープウェイ事故およびインシデントの(1)発生状況分析、(2)原因分析および(3)同種の事故およびインシデントの発生状況分析を実施した結果について報告した。

一方、広く知られている安全データベースについては、科学技術振興機構のデータベース、消費者庁の「事故情報データバンク」、鉄道技術推進センターの「鉄道安全データベース」等があるが、これらは事故事例分析あるいは事故の統計分析が中心であり、事故の発生頻度を考慮して、教訓データベースへの反映を検討しているものは見当たらない。

本報では、(1)ロープウェイにおける事故防止のためには、同種の事故およびインシデントの再発防止が非常に重要になることを指摘するとともに、(2)同種の事故およびインシデントの分析結果をベースにして、事故およびインシデントの発生頻度を考慮した教訓データベースを検討した結果、および(3)構築したロープウェイ用安全データベースの概要について報告する。

2. ロープウェイにおける輸送の状況

ロープウェイは法令上「索道」と呼ばれており、その種類としては、乗客が乗る搬器の形状により、閉鎖式の搬器を使用する普通索道と、いす式の搬器を使用する特殊索道に分類されている。普通索道としては、交走式のロープウェイやゴンドラリフトなどがあげられ、特殊索道としては、チェアリフトや滑走式のリフトがあげられる。

我が国のロープウェイの設置基数の推移を図1に、輸送

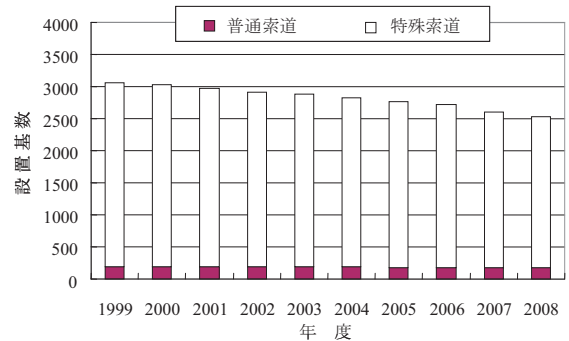


図1 ロープウェイにおける設置基数の推移

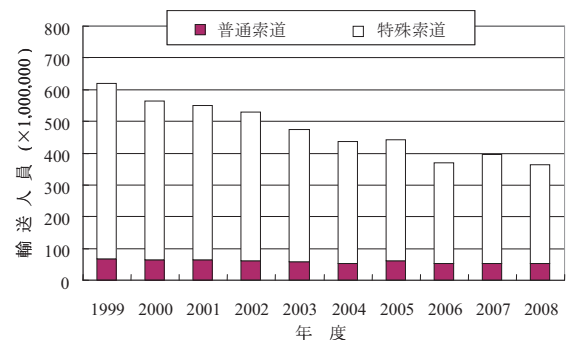


図2 ロープウェイにおける輸送人員の推移

人員の推移を図2に示す。現在の設置基数は、約2,500基であり、その約93%が特殊索道、約7%が普通索道となっている。また、輸送人員は、約3億6千万人であり、その約86%が特殊索道、約14%が普通索道となっている。

3. ロープウェイにおける運転事故およびインシデント

ロープウェイにおける運転事故は、「鉄道事故等報告規則(昭和62年2月20日 運輸省令第8号)」(以後、「事故規則」と記述する)第3条第2項において、次の5項目に定められている。(1)索条切断事故、(2)搬器落下事故、(3)搬器衝突事故、(4)搬器火災事故、(5)索道人身障害事故である。

このロープウェイにおける運転事故の推移を図3に示す。1999年度から2008年度までの過去10年間で、運転事故は248件であり、年間での事故件数は最大39件、最小16件となっており、年平均では約25件の発生となっている。

一方、インシデントは、運転事故が発生するおそれがある

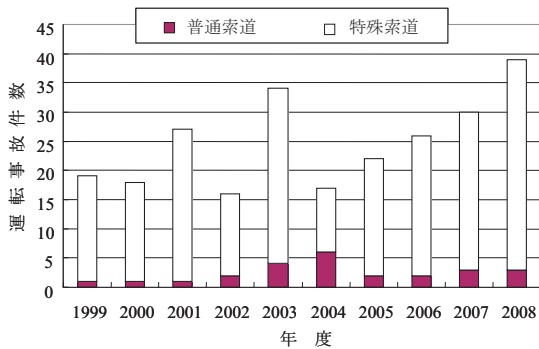


図3 ロープウェイにおける運転事故の推移

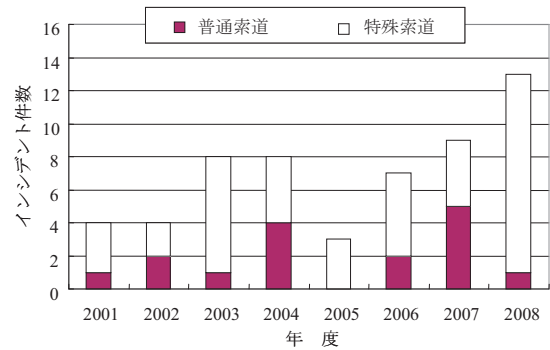


図4 ロープウェイにおけるインシデントの推移

と認められる事態であり、事故規則第4条第2項に、次の8項目（略称）に定められている。(1)索条損傷、(2)索条張力異常、(3)脱索、(4)握放索不完全、(5)施設障害、(6)搬器故障、(7)搬器逆送、(8)その他である。このロープウェイにおけるインシデントは、2001年の事故規則改正の際に新たに報告が義務付けられたものであり、ロープウェイの安全、安定輸送を推進し、事故及びインシデントの調査・分析体制の強化と危機管理体制の充実など

を目的として制定されたものである。

このロープウェイにおけるインシデントの推移を図4に示す。2001年度から2008年度までの過去8年間で、インシデントは56件であり、年間でのインシデント件数は最大13件、最小3件となっており、年平均では7件の発生となっている。なお、2001年度からの調査データとなっているのは、前記に記載のとおり、2001年度からインシデントの報告が義務付けられたためである。

表1 過去10年間（1999-2008）における同種の事故の発生状況

No.	事故の種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	事故件数	事故発生頻度 (%) ※2
1	搬器落下事故	Vehicles (車両) ※1	Failure of grip to clamp on haul rope (握索装置の不完全握索)	2	(-)
2	搬器落下事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	2	(-)
3	搬器衝突事故	External to lift (外的要因)	Wind (風)	7	(-)
4	搬器衝突事故	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Mistake in operation (運転ミス)	4	(-)
5	搬器衝突事故	Vehicles (車両) ※1	Grip slipping (握索装置の滑り)	4	(-)
6	搬器衝突事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	2	(-)
7	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Skier falls off chair on line (線路上でいす式搬器から落下)	60 (33-子供)	24
8	人身障害事故	Accidents that injure a worker (作業員負傷の事故)	Operating personnel during operation (運転中の係員事故)	40	16
9	人身障害事故	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Mistake in operation (運転ミス)	29	12
10	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Skier hit by chair (いす式搬器による打撲)	26 (7-子供)	10
11	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger fell down) (降車時における乗客の転倒、転落)	22 (8-子供)	9
12	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Misloading (passenger fell down) (乗車時における乗客の転倒、転落)	12 (3-子供)	5
13	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	10 (3-子供)	(-)
14	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger not paying attention) (降車時における乗客の不注意)	7 (1-子供)	(-)
15	人身障害事故	External to lift (外的要因)	Wind (風)	3	(-)
16	人身障害事故	Vehicles (車両) ※1	Chair damage (いす式搬器の損傷)	2	(-)
合 計				232	94

※1: 搬器にハンガー及び握索装置（あるいは接続装置）を取り付けた状態をいう。 ※2: 全事故件数（248件）に対する発生頻度（5%以上を記載）

表2 過去8年間（2001-2008）における同種のインシデントの発生状況

No.	インシデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インシデント件数	インシデント発生頻度 (%) ※2
1	脱索	External to lift (外的要因)	Wind (風)	5	9
2	脱索	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger not paying attention) (降車時における乗客の不注意)	4	7
3	脱索	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger fell down) (降車時における乗客の転倒、転落)	3	5
4	脱索	Line equipment (線路上構造物)	Line sheave damage/failure (線路上の索輪の損傷/故障)	3	5
5	握放索不完全	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Bad maintenance (整備不良)	2	(-)
6	施設障害	Line equipment (線路上構造物)	Damage/failure of structure (includes towers) (構造物の損傷/故障 (支柱を含む))	2	(-)
7	施設障害	Line equipment (線路上構造物)	Sheave train damage/failure (滑車の損傷/故障)	2	(-)
8	搬器故障	Vehicles (車両) ※1	Grip (握索装置)	5	9
9	搬器故障	Vehicles (車両) ※1	Hanger assembly damage or failure (ハンガーの損傷/故障)	2	(-)
10	搬器逆送	Mechanical components (機械部品)	Brake damage or failure (制動装置の損傷/故障)	3	5
合 計				31	55

※1: 搬器にハンガーおよび握索装置（あるいは接続装置）を取り付けた状態をいう。 ※2: 全インシデント件数（56件）に対する発生頻度（5%以上を記載）

4. 同種の事故およびインシデントの分析方法および分析結果

1999年度から2008年度までの過去10年間に発生した事故248件について「同種の事故の発生状況分析」を実施⁽¹⁾するとともに、2001年度から2008年度までの過去8年間に発生したインシデント56件について「同種のインシデントの発生状況分析」を実施⁽²⁾した。

事故およびインシデントの原因の分類方法については、種々のものが考えられるが、ここでは、ITTAB会議（ロープウェイ関係監督当局国際会議）で用いられている分類方法をベースに分析を実施した。この会議は、ロープウェイの技術・安全に関する政府レベルの国際会議であり、毎年開催され、現在23カ国が参加し、過去1年間に各国で発生した事故・インシデントに関する報告・討議などが行われている。

同種の事故およびインシデントの分析にあたり、同種の事故（インシデント）は、「事故（インシデント）の主要な原因が同じで、事故（インシデント）の種別も同じ事故（インシデント）」と定義している。例えば、「風が主要な原因」で「搬器衝突事故」が複数発生している場合は、これらの事故件数を集計し

て、この事故の同種の事故件数としている。同種の事故の分析結果を表1に、同種のインデントの分析結果を表2に示す。

分析結果の特徴的な点として、「ロープウェイの運転事故およびインデントにおいて、同種の事故およびインデントの発生件数が顕著である」ことがあげられる。同種の事故については、全事故件数248件のうちの232件（約94%）が同種の事故であり、特に、人身障害事故においてその特徴が顕著に現れている。また、同種のイン

デントについては、全インデント件数56件のうちの31件（約55%）が同種のインデントであり、特に、「脱索」インデントにおいて、その特徴が顕著に現れている。

分析結果に示されるように、ロープウェイにおける事故防止のためには、同種の事故およびインデントの再発防止が非常に重要になると考えられる。

5. 教訓データベースへの反映

過去の事故やインデントを教訓として事故防止に役立てるために、上記に示した同種の事故およびインデントの分析結果をベースにして、教訓データベースを作成した。その特徴としては、(1)事故（インデント）の発生頻度を考慮したデータベースであること、(2)主要な事故（インデント）について、写真やイラストを含む資料を添付していること、(3)教訓となる海外の事故（インデント）について、写真やイラストを含む資料を添付していることである。

作成した「事故の教訓データベースリスト」を表3に、「インデントの教訓データベースリスト」を表4に示す。リストは、事故（インデント）の種別毎に、発生頻度の高い項目順の配列となっている。具体的な事故（インデント）の内容は、それぞれのリストにおけるNo.の列の項目をクリックすると、その事故（インデント）の項目の全ての事例がリンクして表示されるようになっている。例えば、「衝突-3」の事故の項目をクリックした場合の表示結果を表5に示す。また、この表示結果の中で、[資料「衝突-3」(H18-4)]をクリックした場合の表示結果を図5に、[資料「衝突-3」(海外事故事例1)]をクリックした場合の表示結果を図6に示す。

6. ロープウェイ用安全データベースの構築

過去の事故やインデントを教訓とするために、上記に示されるような教訓データベースを作成するとともに、これを含むロープウェイの安全に関する主要な情報を関係者に情報提供する目的で、ロープウェイ用安全データベースの構築を検討した。

具体的な検討のフローは、図7に示すとおりである。収集したデータは「事故データおよびインデントデータ」として、データを分析し

表3 ロープウェイ事故の教訓データベースリスト

No.	事故の種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	事故件数
落下-1	搬器落下事故	Vehicles (車両)	Failure of grip to clamp on haul rope (握索装置の不完全握索)	2
落下-2	搬器落下事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	2
No.	事故の種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	事故件数
衝突-1	搬器衝突事故	External to lift (外的要因)	Wind (風)	7
衝突-2	搬器衝突事故	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Mistake in operation (運転ミス)	4
衝突-3	搬器衝突事故	Vehicles (車両)	Grip slipping (握索装置の滑り)	4
衝突-4	搬器衝突事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	2
No.	事故の種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	事故件数
障害-1	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Skier falls off chair on line (線路上でいす式搬器から落下)	60 (33-子供)
障害-2	人身障害事故	Accidents that injure a worker (作業員負傷の事故)	Operating personnel during operation (運転中の係員事故)	40
障害-3	人身障害事故	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Mistake in operation (運転ミス)	29
障害-4	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Skier hit by chair (いす式搬器による打撲)	26 (7-子供)
障害-5	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger fell down) (降車時における乗客の転倒、転落)	22 (8-子供)
障害-6	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Misloading (passenger fell down) (乗車時における乗客の転倒、転落)	12 (3-子供)
障害-7	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad loading (passenger not paying attention) (乗車時における乗客の不注意)	10 (3-子供)
障害-8	人身障害事故	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger not paying attention) (降車時における乗客の不注意)	7 (1-子供)
障害-9	人身障害事故	External to lift (外的要因)	Wind (風)	3
障害-10	人身障害事故	Vehicles (車両)	Chair damage (いす式搬器の損傷)	2

表4 ロープウェイインデントの教訓データベースリスト

No.	インデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インデント件数
脱索-1	脱索	External to lift (外的要因)	Wind (風)	5
脱索-2	脱索	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger not paying attention) (降車時における乗客の不注意)	4
脱索-3	脱索	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)	Bad unloading (passenger fell down) (降車時における乗客の転倒、転落)	3
脱索-4	脱索	Line equipment (線路上構造物)	Line sheave damage/failure (線路上の索輪の損傷/故障)	3
No.	インデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インデント件数
握不-1	握放棄不完全	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいは保守係員の挙動)	Bad maintenance (整備不良)	2
No.	インデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インデント件数
施障-1	施設障害	Line equipment (線路上構造物)	Damage/failure of structure (includes towers) (構造物の損傷/故障 (支柱を含む))	2
施障-2	施設障害	Line equipment (線路上構造物)	Sheave train damage/failure (滑車の損傷/故障)	2
No.	インデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インデント件数
搬放-1	搬器故障	Vehicles (車両)	Grip (握索装置)	5
搬放-2	搬器故障	Vehicles (車両)	Hanger assembly damage or failure (ハガーの損傷/故障)	2
No.	インデントの種別	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インデント件数
搬逆-1	搬器逆送	Mechanical components (機械部品)	Brake damage or failure (制動装置の損傷/故障)	3

表5 「衝突-3」の事故の内容

No.	事故の種類	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	事故件数
衝突-3	機器衝突事故	Vehicles(車両)	Grip slipping(握索装置の滑り)	4

資料「衝突-3」
(海外事故事例1)

発生年	発生国	発生場所	発生状況	原因	結果	対策	備考
2008	アメリカ	カリフォルニア州	自動循環式4人乗りゴンドラリフトの機器が、ロープ上を後方へ約80m滑り、後続の機器に衝突した。	脱索し8名が事故、そのうち5名が負傷した。	脱索し8名が事故、そのうち5名が負傷した。	(1) 握索装置に対するロープのメンテナンスの調整、および握索装置用保安装置の調整の実施。 (2) 全てのオペレーターと保守係員に対する厳しい訓練の実施。	

資料「衝突-3」
(H18-4)

資料「衝突-3」(H18-4)

概要：(1) 固定循環式2人乗りチェアリフトの機器が、支え索上を滑走して、後続の機器に衝突した。
(2) 滑走した機器に乗車していた乗客2名が負傷（1名：頭部裂傷、1名：頭部打撲）した。
原因：(1) 握索装置内部の皿ばねの枚数が、正規の状態（7枚）より1枚不足していたため。
(2) 握索装置を支え索に取り付ける際のスプリングケース・ロックの締め付け不足のため。
対策：(1) 握索装置の分解整備作業の明確化と整備後の点検・検査の確実な実施。
(2) 握索装置の支え索への取付作業時に、トルクレンチによる締め付けの確認作業の実施。

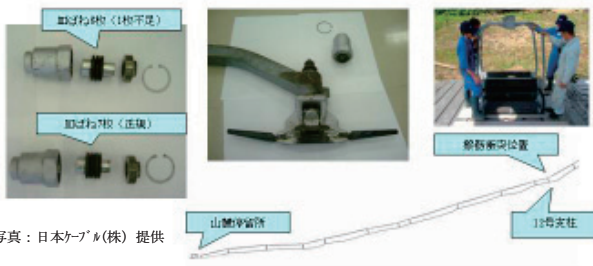


図5 資料「衝突-3」(H18-4)

資料「衝突-3」(海外事故事例1)
後続機器との衝突事故/アメリカ

概要：(1) 自動循環式4人乗りゴンドラリフトの機器がロープ上を後方へ約80m滑り、後続の機器に衝突した。
(2) 脱索し8名が事故、そのうち5名が負傷した。
原因：(1) 握索装置に対するロープのメンテナンスが原因。
対策：(1) 握索装置握索部とロープとのタイトの調整、および握索装置用保安装置の調整の実施。
(2) 全てのオペレーターと保守係員に対する厳しい訓練の実施。



写真： ITTAB2007 Proceedings

図6 資料「衝突-3」(海外事故事例1)

た結果は「事故およびインシデントの分析報告書」として、教訓データベースへの検討結果は「事故およびインシデントの教訓データベース」とするとともに、これらに「ロープウェイに関する基礎データ」を加えて、ロープウェイ用安全データベースとした。

このロープウェイ用安全データベースの構造は、図8に示すような構造となっており、下線が引かれた項目をクリックすると、下の階層の具体的内容が表示されるようになっている。

(フローチャート)

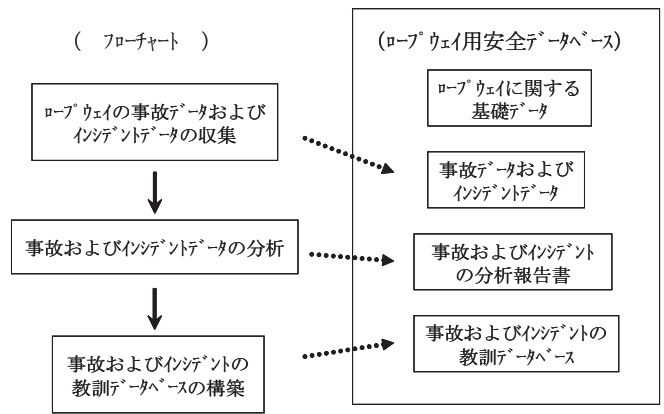


図7 安全データベースの検討図

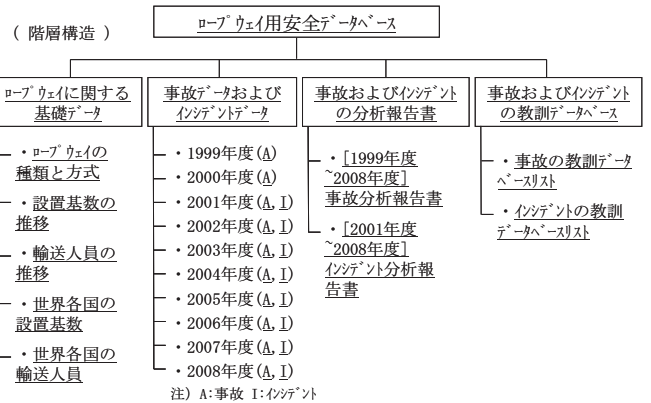


図8 安全データベースの構造

7. まとめ

ロープウェイにおける事故防止のためには、同種の事故(インシデント)の再発防止が非常に重要になることを指摘するとともに、同種の事故(インシデント)の分析結果をベースにして、事故(インシデント)の発生頻度を考慮した教訓データベースを作成した結果、および構築したロープウェイ用安全データベースの概要について報告した。

今後の課題としては、事故(インシデント)に関する写真、行状の充実、海外事例の充実などがあげられる。

ロープウェイにおける事故の再発防止のために、過去の事故およびインシデントを教訓として、一層の安全対策を講じることが期待される。

(参考文献)

- (1) 佐藤ほか2名、第19回交通・物流部門大会講演論文集、2010-12、237-240
- (2) 佐藤ほか2名、平成22年度交通安全環境研究所フォーラム2010 講演概要、2010-11、210-213

⑩ 国際規格への適合性評価と交通研の果たす役割

鉄道認証室

※田代 維史

緒方 正剛

長谷川 智紀

1. はじめに

我が国の鉄道に関する技術標準としては、JIS（日本工業規格）やJRS（日本国有鉄道規格 仕様書）及び各種団体規格などがあり、国内における鉄道全体をカバーしてきた。これら規格への適合については、専らメーカー自身が製品の仕様書中で規格準拠を宣言し、製品を受領する鉄道事業者自身が、その適合性の判断を行ってきた。

他方、国内では鉄道建設がひと段落し、国内市場が縮小する傾向になったため、多くの国内鉄道関連メーカーが海外展開の強化を図っている。

海外で鉄道関連の製品を鉄道事業者等に納める場合にも規格類への適合は必須であり、ISO や IEC といった国際規格や EN（欧州規格）への適合が要求されるが、適合性判断を鉄道事業者が直接行うことは少なく、第三者認証機関による適合性認証を要求される場合が多い。

特に EN は海外市場において事実上優位となっているが、加えて、欧州鉄道産業は国際標準化活動の主導権を確保するため、EN を ISO や IEC に反映することを重要戦略と位置づけている。

日本の対応としては、国際規格案の審議は、鉄道総合技術研究所内に鉄道国際規格センターが設立された結果、国内の優れた鉄道技術の多くが国際規格化されるようになってきた。

しかし、国際規格化と両輪となるべき適合性評価については上述の歴史的経緯から、国内にこれまで認証機関が存在していなかった。そのため、国内の鉄道関連メーカーは海外の認証機関を利用し、海外展開を行ってきたが、以下の点が海外進出の弊害となっている。

- ・言葉の壁により、適合性審査に多大な労力が必要
- ・審査員の渡航費用等を含め認証取得に多くのコストが発生

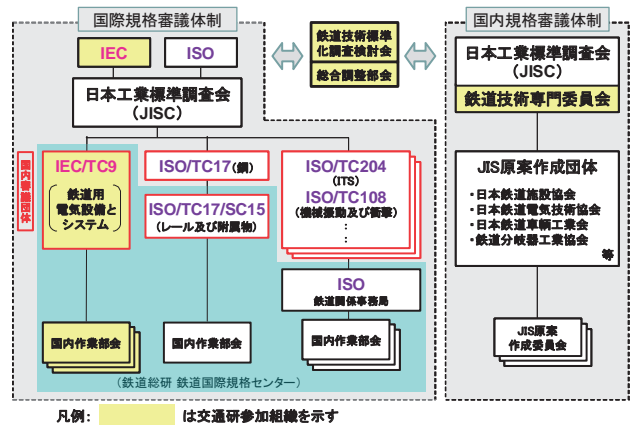


図1 国際規格審議体制

- ・製品ノウハウが流出の危険にさらされる

このような状況において、交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会は、平成20年6月19日に「我が国においては製品の確認・検査は鉄道事業者が行っており、第三者認証機関は存在していないため、今後、我が国の製品の国際規格への適合性評価のあり方を検討する必要がある。」と提言したことから、鉄道関係の国際規格を審議する諸団体の活動支援を目的とし、国土交通省鉄道局、（公財）鉄道総合技術研究所、が事務局である鉄道技術標準化調査検討会において、国内に海外対応認証機関を設立するための検討を行う「鉄道認証機関設立検討ワーキンググループ」を設置し、（独）交通安全環境研究所を予定認証機関とした検討を平成22年3月5日から開始した。

本稿では、交通安全環境研究所において認証機関を設立するにあたり検討を行ってきた状況について報告する。

2. 検討体制と認定取得スケジュール

鉄道技術標準化調査検討会での検討結果を踏まえ設立した鉄道認証機関設立検討ワーキンググループのもと、予定認証機関である交通安全環境研究所が事務局を務める鉄道認証機関設立作業サブワーキング

グループを設け、車両、地上電力設備、信号の各分野の作業チームにおいて関係メーカーと共に検討を行った。

この検討体制のもと、平成 23 年度中に認定機関より認定機関としての認定を受けるための体制整備を行うこととした。

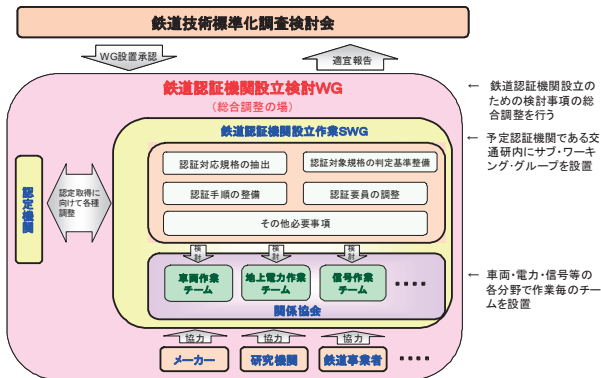


図2 検討体制

3. 認証対象規格

2. の検討体制により、現在鉄道関連メーカーが海外展開において必要とされている規格のうち、ニーズの高い国際規格を調査し、表1に示す5規格を認証機関としての認定取得当初における認証対象規格として選定した。

認証対象規格については、将来にわたり国際規格や認証ニーズの動向を踏まえつつ検討を行なうことが必要であると考えている。

4. 認証機関としての体制

製品認証機関として認定を受けるに当たっては、

表1 認証対象規格

規格名	規格の概要	対象となる製品
RAMS (IEC 62278)	適用対象システムが、信頼性(R)、アベイラビリティ(A)、保守性(M)、安全性(S)の評価指標と経済性に照らして、総合的にかつ、良好なバランスで維持するマネジメントを要求する規格である。RAMSに影響をする様々な要素を特定し、その影響度合いを評価し、システムのライフサイクルを通じて、システム性能を最適にするよう適切にコントロール・管理し、管理実態を文書化することが求められている。	鉄道システム全般
安全に関連する電子装置 (セーフティケース) (IEC 62425)	鉄道信号システム用電子装置の安全性造り込みの証明を行うための規格であり、ハードウェアとソフトウェアの両面において、安全性を実証するためのプロセスが詳細に規定されている。	鉄道信号用電子装置全般
ソフトウェア (IEC 62279)	鉄道信号システムにおけるライフサイクルにおいて、RAMSや電子機器安全性からの要求事項に従い、ソフトウェアの安全性に関する要求レベルに応じて、達成プロセスを規定した規格である。プロセス管理責任者に対する要件、管理実態のドキュメント化等も求められている。	鉄道信号システムに関するソフトウェア
通信 (IEC 62280)	鉄道信号システムにおけるアプリケーション間の通信の安全性を確保するための規格である。安全性を確保するための技術要件や必要なセキュリティ対策について規定されている。専用回線向けのパート1と、オープンな回線を用いる場合のパート2がある。	情報通信を用いる鉄道信号システム
EMC (IEC 62236)	鉄道システムの地上・車上の電気設備全体および各部から周辺への電磁界の輻射量、および信号設備における電磁界ノイズ耐量を規定した規格	鉄道全体、車両(電子電気機器)、地上電気設備システム、信号設備

※ISO/IEC Guide65：製品認証機関に対する一般要求事項

ISO/IEC Guide65[※]に則った体制整備が必要である。そこで、平成 23 年 4 月 18 日に交通安全環境研究所内に鉄道認証室を設け、これを鉄道認証室長、業務運営管理者、業務担当者等および認証審査要員により構成することとした。

5. 認証審査要員

交通安全環境研究所では、鉄道の各種製品や技術に関する安全性評価を行ってきており、適合性評価へのノウハウを一定程度、有している。一方、製品の規格適合性審査にあたっては、産業界のものづくりの経験や、国際ビジネス経験がきわめて重要である。そこで審査要員のメンバーとしては、交通研職員だけでなく、産業界からも国際規格や海外プロジェクトの知見、経験を有する方の推薦をいただくこととした。

6. まとめ

今回、交通安全環境研究所に国内の海外対応認証機関を設立するにあたり、検討状況について報告を行った。現在、平成 23 年度中に認定を受けるために、認定審査準備を行っているところである。

平成 24 年度から本格的に認証業務が可能になるよう引き続き準備を行っていく予定である。

交通安全環境研究所が公正・中立の立場から行う国際規格適合性認証が、日本の鉄道システムの海外展開や鉄道技術の維持・発展に貢献できるよう注力していくこととしているので、引き続き関係各位の御理解、御支援をよろしくお願いいたします。

⑰ レール/車輪境界条件による摩耗への影響に関する実験 —モデル試験機による車輪摩耗実験—

交通システム研究領域
上智大学理工学部

※森 裕貴
森本 祐也

佐藤 安弘 大野 寛之 陸 康思
三苫 雅史 曄道 佳明

1. はじめに

鉄道のレールや車輪の摩耗は、メンテナンスや走行安全性に関わる問題であり、特に曲線の多い都市内路線にとっては、曲線通過時における騒音や横圧の増加といった課題への効果的な対策が求められている。近年、レール/車輪境界を改善するため、潤滑によりクリープ力を減少させる摩擦調整剤 (Friction Modifier, 以下 FM と略記) が導入され始めている。しかし、曲線走行性についての実験や営業線での試験において使用された例が報告されているが、車輪摩耗量の低減効果について、定量的な評価は行われていなかった。

摩耗による車輪寿命を推定する検証の方法としては、実車両による実験、模型試験機による実験、摩耗則に基づく数値シミュレーションなどが考えられる。実車両による実験については、実験路線の環境に結果が影響されやすく、特定条件下での実験となるため、定量的な評価が得られにくい。反対に、シミュレーションによる推定については、古くから研究が行われているものの、車輪の摩耗に影響する因子が多岐にわたるため、推定が難しいテーマである。そこで、摩耗影響因子を制御しやすく、様々なパラメータを系統的に変更できる模型試験機を用いて、車輪摩耗特性を検証する実験を行った。

本研究では、レール/車輪境界条件が乾燥 (DRY) 条件である場合と、FM を塗布した条件において、通過トン数と摩耗量の関係について評価を行ったので報告する。

2. 実験装置概要

2. 1. 1/5 スケール模型試験装置

実験は当研究所に設置されている、1/5 スケールの模型試験機を用いて行った (図1)。レールに相当する軌条輪軸には、左右独立してモータが設置さ

れており、曲線における内外軌走行経路差は、左右のモータで異なる回転数を発生させることで模擬する。また、軌条輪側ユニットの駆動装置が、台車側ユニットとは独立しているため、基準位置を中心に、軌条輪側ユニットを回転させることで、アタック角を付与することができる。

2. 2. 計測項目

車輪摩耗量は、車輪形状をライン変位センサにより1車輪につき3点を測定、断面形状の平均値より摩耗量を求める。そのほか、輪重・横圧を軌条輪に貼付された歪みゲージにより測定。前後方向接線力は軌条輪駆動軸に介在するトルクメータ及び軌条輪半径から算出される。車輪アタック角及び車輪/レール間左右方向相対変位は、非接触変位計によって計測・算出される。また、マイクロスコップで車輪接触面の撮影を行う。

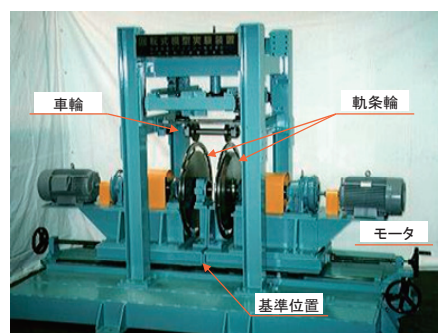


図1 1/5 スケール模型試験装置外観

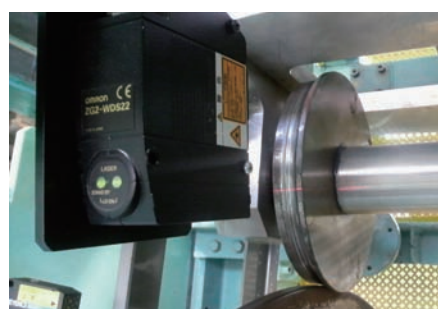


図2 ライン変位センサ設置状況

3. 実験

3. 1. 実験条件

輪軸は標準円錐車輪踏面の一体輪軸を使用。輪重は実輪重 6~7 トン相当 (最大ヘルツ圧合わせ)、速度は 150km/h 相当となるように設定した。また、FM の供給方法としては、固形の FM を軌条輪に治具を用いて押し当てることで供給した。

曲線条件としては、(1) 直線、(2) 緩曲線 (R = 300m)、(3) 急曲線 (R = 100m) の 3 パターンを設定し、DRY 条件、FM 塗布条件それぞれの条件で車輪摩耗実験を行った。

3. 2. 実験結果

通過トン数と摩耗量の関係をまとめたものを図 3 に示す。実験の結果より、車輪の摩耗量と通過トン数の間には、一定の線形関係があり、同じ曲線半径であれば DRY 条件に比べて、FM 塗布条件では摩耗量が少なくなることが確認された。

DRY 条件の R=100m と直線、FM 条件の R=300m と直線については、一定の傾きを持つ比例関係にあると考えられる。また、DRY 条件の R=300m と FM 条件の R=100m については、接触面積が小さい初期形状付近で接触面圧が増大し、摩耗が顕著に進んだ後、通過トン数が 4mega-ton を超えたあたりから、傾きを減じている。FM 条件の R=100m については、直線条件と同程度まで傾きが減少しているが、11-12 mega-ton 間で摩耗量が急増している。これは実験中に FM の固定治具が外れ FM の供給が停止、その後再装着したことが原因と考えられる。

このように実験初期において、実験条件の違いにより車輪摩耗量に大きな違いがでた原因として、レール/車輪の摩耗状況の違いが考えられる。摩耗量の変化に大きく違いの出た、R=300m での車輪摩耗の進展状況を図 4 に示す。DRY 条件の初期形状 (0mega-ton) から軌条輪の形状に合わせて大きく摩耗が進展していることがわかる。これは、実験開始後の車輪接触面において、表面組織がはがれ落ちる凝着摩耗が発生したと考えられ、マイクロ스코プによる接触面の画像より確認した。一方 FM 塗布条件では、一貫して圧延摩耗により摩耗が進行しており、摩耗量は直線の場合とほぼ変わらない結果となった。FM を塗布した場合は、車輪断面形状に大きな変化が見られず、レール/車輪境界条件が改善されたことを確認した。

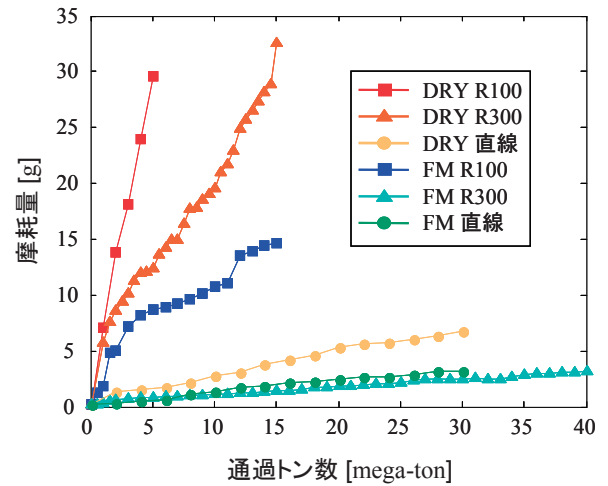
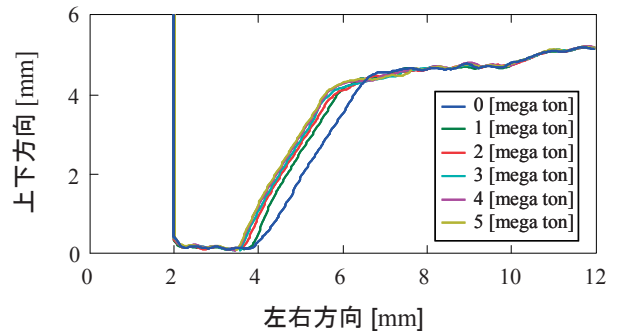
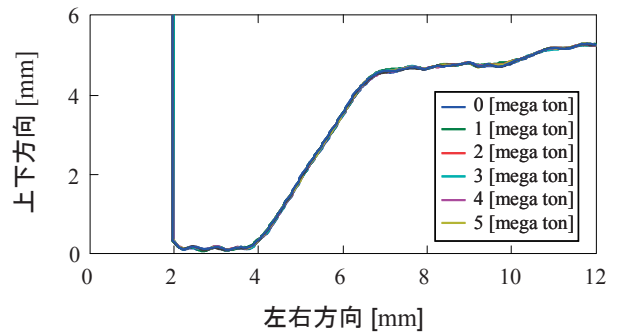


図 3 摩耗量-通過トン数相関



(a) 車輪断面形状 (DRY 条件)



(b) 車輪断面形状 (FM 塗布条件)

図 4 車輪摩耗進展状況 (R=300m)

4. まとめ

本研究において、レール/車輪境界条件が車輪摩耗に与える影響について模型試験機を用いて評価を行った結果、曲線の外軌レールに摩擦調整剤を塗布することによって、車輪摩耗量が DRY 条件と比較すると、大きく低減することが明らかとなった。

今後の課題として、FM の固定治具が外れた R=100m の再実験を含め、さらに多くの曲線半径での実験データを収集し、車輪摩耗量と通過トン数間の線形関係を体系化できれば、車輪寿命を適切に管理することが可能となり、メンテナンス性や走行安全性の向上に貢献できると考えられる。

⑱ 科学的根拠と gentleman agreement

ードイツ・カールスルーエ工科大学よりー

自動車安全研究領域

※塚田 由紀

1. はじめに

私は現在ドイツ・カールスルーエ工科大学(KIT)の光技術研究所にて在外研究を行っている。この研究所には審査部門があり、自動車や自転車のライト、反射器の認証試験を行っている。大学内の審査機関として、ドイツ政府とも連携し、自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の灯火器専門部会(GRE)にも参加し、国際基準調和活動に積極的である。大学という中立かつアカデミックな立場で研究成果を GRE に報告しており、この点ではドイツにおいて当研究所と同じ役割を担っている。

2. ドイツにおける在外研究

2. 1. Sun Road Impact の認証試験

本件は、自動車信号灯火の認証試験項目を増やす内容であり、業界からも注目の高いアイテムである。

灯火器に強い太陽光が当たると、その反射光のために、灯火器の点灯が認識できない、あるいは灯火の色が分からない現象 (Sun Road Impact) が起こる。交通信号や鉄道用信号でも同様の問題があり、既に対策がなされている。自動車灯火については GRE で取り上げ、各国からの研究成果が期待されている。この現象が起こらない (起こる可能性が低い) ことを確認するための要件と認証試験方法を導くことが課題である。この現象については、KIT を含め既に研究成果が多く報告されている。そこで、過去の研究成果を踏襲し、自動車信号灯火用に要件と試験方法を考案した。

図 1 に示すように、テストサンプルの信号灯火に対し、上方 10 度の角度から太陽を模擬する光源 (色温度 5,000-6,500K, 照度 40,000lx) で照射し、水平方向から反射した光を測定する。模擬太陽光で照射した時の反射光 (L_{ph}) と灯火器の光のみ (L_s) で光強度を比較 (F_{ph}) する。反応時間や運転者による見え方

評価の結果¹⁾ から、 F_{ph} は 4 以上であることを要件として提案した。

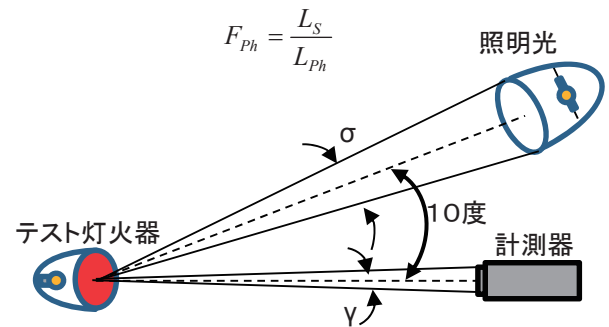


図 1 テスト光学系

既に市場にある灯火器を測定したところ、この要件を満たさないものがあることも確認している。灯火器メーカーからの情報提供も含め、既存灯火のデータを収集したうえで、最終的な F_{ph} の値を直接求める実験を実施する予定である。

一方、審査機関としては、この試験を実施するために太陽光を模擬する照明光が必要となる。そこで、アレイ型 LED を光源に用いて全長 50cm ほどのコンパクトな照明光学系を試作している (図 2)。照射面の均一性を確保するための工夫が必要であったが、この

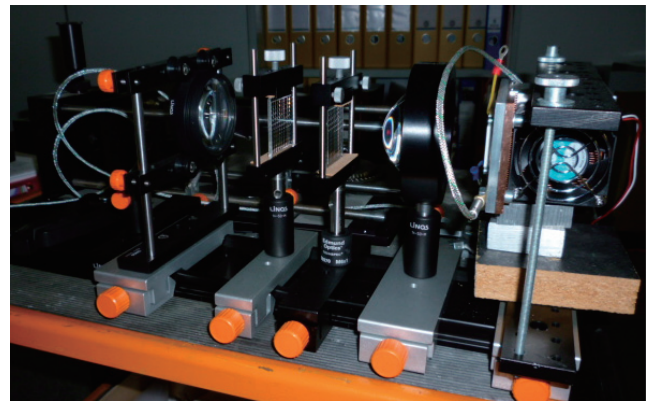


図 2 試作照明光学系

点はほぼクリアしている。また、LED はピーク波長をもつため、太陽光の模擬には向かない。実用化に向け、この点の影響を確認する予定である。

2. 2. すれ違いビームの色収差の許容範囲

前照灯のすれ違いビーム（ロービーム）は、対向車に眩しい光が届かない配光が要求されている。この配光を実現するために、光源から発せられた光をレンズ等で曲げることになるため、そこに色収差がおきやすい。前照灯の光色は白色と決められているが、色収差が生じると既定の白色の範囲を逸脱する場合があるため、収差がおきている範囲だけ、色度要件を緩和することを GRE で検討している。

前照灯の色度範囲は図3に示す黒線内である。国際照明委員会（CIE）のデータ（CIE Publication No. 36 (1976)）と比較すると、前照灯の白の範囲は、90%以上の人が「白」と評価する範囲（黒点線）を基に右側（黄色側）へ広がっていることが分かる。そこで、色収差の色度の許容範囲として、50%以上の人が「白」と評価する色度範囲（赤点線）まで拡大することを考えた。実際には、 $u'v'$ 等色差図上で、このデータに外接する円を求め、次にその円に内接し、かつ現在の色の色度範囲を反映する領域を導いた（赤実線）。図中の緑のマークは、サンプル前照灯（ハロゲン電球、プロジェクタタイプ）の測定結果である。サンプル前照灯の中心点の上 0.5 度から下 1.5 度まで 0.05 度間隔で測定した。色度点が規定範囲から逸脱している点があることが分かる。しかし、これらの点は今回提案した色度範囲内には収まっている。

灯火器メーカーからは、LED 前照灯でより青い色収差が起きる例や、新しいプラスチックレンズでより黄

色い色収差が起きる例が提供されており、今回提案した色度範囲では狭い、との意見もある。

ただし、色度の測定は、センサーの大きさや測定距離の影響を受けるため、詳細な測定方法の検討が必要であり、今後は、市場調査と安全面からの問題を確認し、最終案を作成する予定である。

3. 基準策定の方法

3. 1. 科学的根拠

上述の在外研究は、これまで私が手掛けてきた研究とアプローチ方法が逆である。過去の成果を総動員し、とにかくまずたたき台となる基準案を提示する。それから、研究所内外からデータを集め、最後に修正・確認を加えて最終案とするアプローチである。考え方、概念の提供が先に行われる一方、確実なデータ収集が終了していないため、メーカーからの協力も得られやすく、結局、基準策定までの時間が短くできるのかもしれない。アプローチは違っても、科学的根拠としてゆるぎない概念を提供できることが重要なのだと考えさせられている。

3. 2. 新技術の導入

新技術の導入は、基準作成や審査業務に携わる者にとっても、緊張を伴うものである。ただ、KIT での基準策定の様子を見てみると、“基準は完全なものではない”という考え方が根底にあるようだ。世の中に出して、その技術の将来性を検討し、これに伴って基準も柔軟に対応していけばよい、と捉えている。会議中に度々“gentleman agreement”という言葉が聞かれる。不正の意味ではなく、新技術の感触（政府や審査機関、ユーザに対しても）は各メーカーが持ち寄って共有しよう、という時に使われているようである。そうやって科学的根拠を背景に新技術を世界に打ち出すドイツの姿勢を、今、目の当たりにしている。

4. おわりに

ドイツの産業といえば真っ先に自動車産業が思い当たるが、ドイツ国民もまた、自動車産業を牽引している自負があるようだ。新技術に対する反応は、政府も企業も早く、一夜にデータが集まることもあり驚いた。なお、日本企業もこの動きに積極的に参加し、率先して研究データを公開していることも付記したい。

参考：1) N. Hahn et. al. : Lux Junior (2007)



KIT 光工学研究所

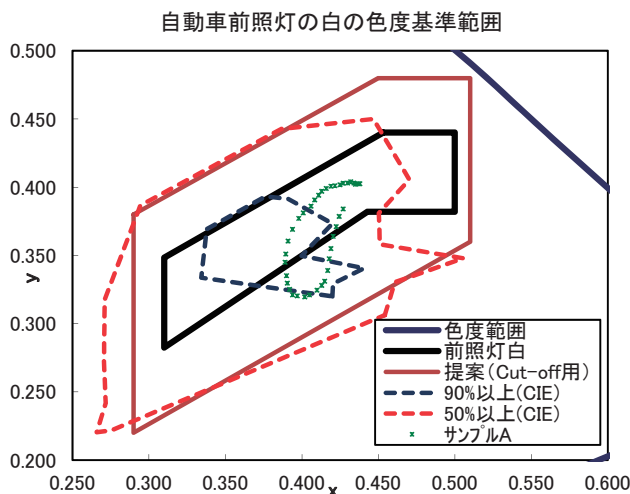


図3 色収差の許容範囲

⑬ 歩行者横断特性と安全性への影響について

交通システム研究領域 ※青木 義郎

自動車安全研究領域 森田 和元 田中 信壽 関根 道昭 廣瀬 敏也 (現 国土交通省)

1. はじめに

政府は2018年を目処に交通事故死者数を2,500人以下とする目標を掲げ、安全対策の推進を図っている。大きな問題となる死亡・重傷事故件数で最も多いものが出会い頭事故であり、次いで人対車両の事故となっている¹⁾。さらに、死亡事故件数でみると、最も多いのは人対車両の事故である¹⁾。自動車と比べ歩行者への事故は身体へのダメージが大きく、重大事故につながりやすい。交通事故死者数を今後さらに減らしていくためには人対車両事故の低減が重要であると考えられる。

こうした人対車両事故の低減を目指すためには、まず、歩行者が接近してくる車両に対してどのように認知判断しどのような行動をとるのかを明らかにし、危険な状況の抽出とその改善方法の検討を進めていくことが重要である。

この研究では、人対車両の事故がどのような状況で起こりやすいのかを明らかにするため、歩行者の交通流についてその特性を調査した。また、歩行者の横断判断について被験者実験を行い、それらを予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) に反映させる方法について検討を行った。

2. 歩行者事故の特性

歩行者の死亡事故について ITARDA (交通事故総合分析センター) 報告²⁾や文献調査¹⁾⁴⁾⁵⁾によりマクロ分析を実施したところ、以下のことなどが明らかになった。

- 歩行者死亡事故は夕方の時間帯が最も多い。
- 夜間において、高齢ドライバーの対歩行者への死亡事故の比率が高い。(図1参照)
- 歩行者事故は横断時に大部分を占め、とくに夜間時は「右から」の横断者の死亡事故の比率が高い。(図2, 3参照)
- 道路幅員では「5.5m~9m」の道路、つまり2車線道路での死亡事故が多い。

また、歩行者死亡事故のうち73%は歩行者横断中に起こっており(2009年中)、単路(横断歩道外)を横断中のケースが約50%を占め最も多い(図2)。

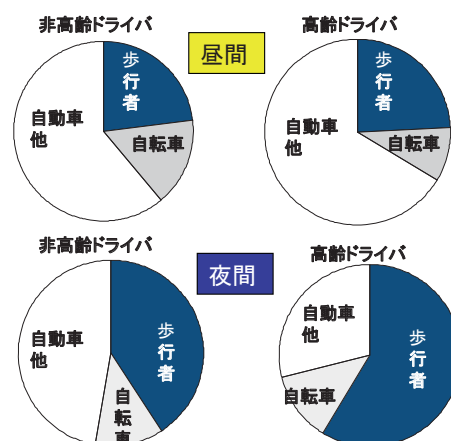


図1 自動車死亡事故の被害者の比率⁵⁾

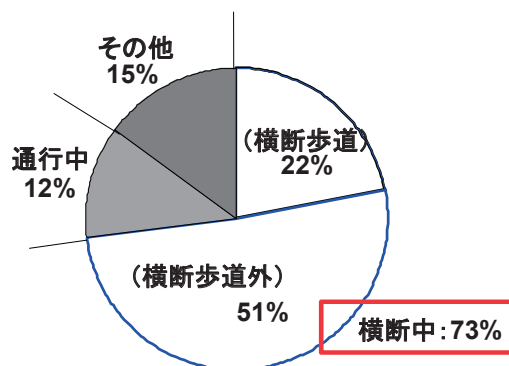


図2 対歩行者死亡事故における歩行者行動別割合³⁾

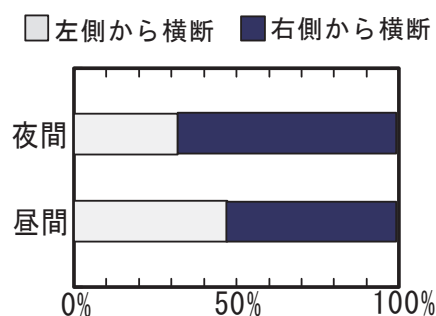


図3 歩行者横断事故の方向別比率³⁾

3. 歩行者交通流調査

交通流シミュレーションを構築するため、それに必要となる交差点モデルの選定とその交差点での車両の実交通データの収集を行ってきた⁶⁾。本研究では新たに歩行者事故のメカニズムの解明と低減方法の検討、歩行者シミュレーションの実施を目指し、それに必要となる歩行者交通流の調査を実施する。

3. 1. 交通流調査手法

3. 1. 1. 定点観測選定場所

一般的に交通事故が起こりやすいと言われる信号無しの十字路交差点及びその周辺での交通量流調査を実施するものとし、十字路交差点として図4に示す交差点を選定した。

- ・交差主流側：都道双方向2車線（横断歩道あり）
- ・交差従流側：一般道路センターライン無し
- ・その他：信号及びミラー無し

主流側の車道幅は7m、従流側は5.2mであった。



図4 選定交差点近景

3. 1. 2. 測定日時

2009年12月2日, 4日 (12:00-21:30)

3. 2. 歩行者横断速度測定結果

歩行者等の横断歩道の(昼夜別時間帯)横断速度を表1に示す。なお、歩行者が高齢者かどうかは観測者の目視によって判定された。

昼間と比べて夜間の横断速度は上昇することが示されている(有意水準5%の両側検定: 有意差あり)。なお、歩行者の横断速度については過去さまざまな調査結果⁷⁾⁸⁾(信号横断歩道での日中の調査結果では平均1.52m/s⁷⁾, 信号交差点での日中(朝, 昼, 夕)の調査結果では平均1.5m/s⁸⁾)がある。これら過去の調査結果と比較しても、今回の夜間時の横断速度は大きく異なっており、時間帯等の条件変化によって歩行者の横断速度は変化することが示された。今後さらに年齢層による変化等を詳しく調べていくものとする。

表1 横断速度

	昼(12:00-15:00)			夜(17:30-21:30)		
	平均速度 (m/s)	標準偏差	サンプル数	平均速度 (m/s)	標準偏差	サンプル数
歩行者	1.6	0.6	122	2.1	0.5	277
うち高齢者のみ	1.5	0.6	23	1.5	0.3	4
自転車	2.4	0.8	43	2.6	0.8	102

4. 歩行者横断タイミング評価実験

歩行者事故の多くは道路横断中に起こっていることから、歩行者の道路横断条件を調査し、その特性に基づき歩行者事故の予測を行うことが重要であると考えられる。三井ら⁹⁾によると、歩行者の横断判断は車両の到達予測時間との関係式によって導き出されている。一方、尾崎ら¹⁰⁾による歩行者の車両接近時の横断判断に対するヒヤリング調査では、歩行者の横断判断は車両速度よりも距離を重視するとしている。

本研究では車両接近時に歩行者が横断するかどうかの判断がどのような車速や歩車間距離などによって変わるかを、被験者実験により調べることにした。

4. 1. 実験方法

実験条件等を4.1.1~4.1.3に示す。

指定した速度で接近する車両に対して、車道両側から被験者10名(左側歩行者, 右側歩行者5名ずつ)が同時観測を行い、車道幅7mの横断を断念する歩車間距離の評価実験を行った。観測状況を図5, 実験風景を図6に示す。なお、被験者には横断歩道のない道路でそのまま車両が等速度で接近することを想定するように教示を行った。被験者は外部から派遣された男女被験者で、実験を開始する前に内容の説明を行い、実験に参加することの同意を得た。

4. 1. 1. 実験場所

教習所走行コース上(図6参照, 車道幅7mを想定)

4. 1. 2. 実験日

2010年11月29日, 12月6日

4. 1. 3. 実験条件

(1) 実験時間

- ①昼間: 13:00-15:00 (水平面照度 17,600~33,200lx)
- ②夕方(昼間-薄暮) 注) 日没時間は 16:30
: 15:10-16:40 (水平面照度 525~10,000lx)
- ③夜間: 19:10-20:30 (水平面照度は 0.1lx 以下)

(2) 前照灯点灯条件

- ①昼間: 無灯火
- ②夕方: すれ違いビーム点灯
- ③夜間: すれ違いビームまたは走行ビーム点灯

- (3) 車両走行速度：20, 30, 40, 45km/h
- (4) 被験者配置位置
- (5) 被験者：20名（年齢20～40代運転免許保有者）

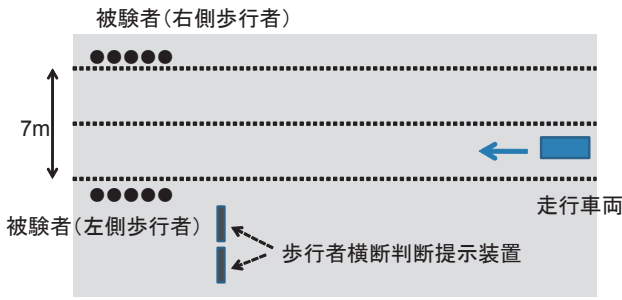


図5 歩行者横断判断実験状況



図6 歩行者横断判断実験風景

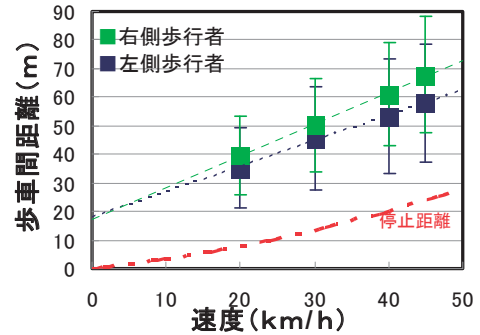
4. 2. 実験結果

歩行者横断判断実験により求められた“歩行者がぎりぎり横断する歩車間距離”の被験者20名分の平均値を算出した。その結果を図7に示す。

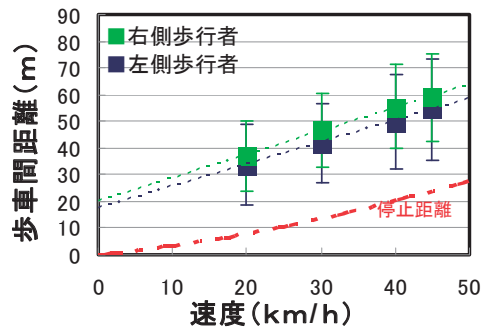
“歩行者がぎりぎり横断する歩車間距離”は、左側歩行者よりも右側歩行者の方が長くなる(有意水準5%のt検定両側：有意差あり)。右側歩行者は車両が通過するラインよりも離れているため、左側歩行者よりも左側走行する接近車両に対して横断を早めに断念しやすいものと思われる。また、その歩車間距離は昼間よりも夜間の方が低速では長くなり、車両接近に対して横断を早めに断念しやすい(有意差あり)。しかしながら、40～45km/hでは昼間と夜間とで殆ど変わらなくなる(有意差あり)。そして、昼、夕方、夜間を比べると、ぎりぎり横断する歩車間距離は夕方に最も短くなる(有意差あり)。事故は夕方において起こりやすいといわれるが、この結果からも夕方は車両が遠くに感じやすく危険度が高いものと思われる。

また、夜間の場合、速度による横断をあきらめる歩車間距離の差が小さくなる。これは夜間の方が視覚情報量の低下から、速度認知の判断力が低下し、距離によって横断を判断する傾向が強まるからではないかと推測される。

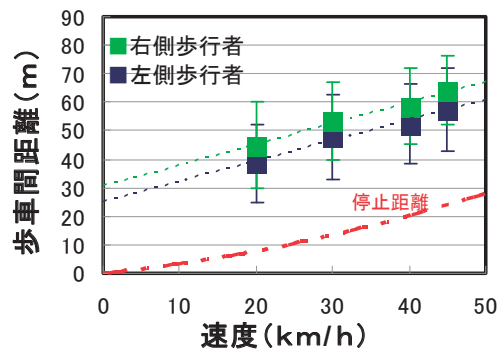
さらに夜間においては、すれ違いビームよりも走行ビーム使用時の方が横断歩行者は、ぎりぎり横断する歩車間距離は長くなり(有意差あり)、車両接近に対して横断を早めにあきらめる傾向がある。このことは前照灯光度を強めることによりドライバの視認性を高めるだけでなく、歩行者に対する注意喚起により横断事故を防ぐ可能性を示すものである。



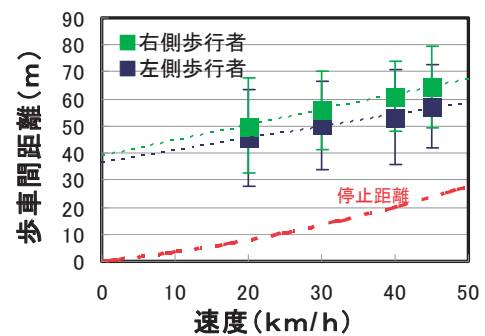
(a)昼間



(b)夕方



(c)夜間：すれ違いビーム



(d)夜間：走行ビーム

図7 歩行者がぎりぎり横断しようとする歩車間距離

図中において赤一点鎖線で各速度において急ブレーキをかけた場合の停止距離を示す（反応時間(s) × 車速(m/s) + 車速(Km/h)² ÷ (254 × 摩擦係数)で算出。摩擦係数0.7, 反応時間は1秒で設定)¹¹⁾。道路条件が良く標準的なドライバであれば、今回の結果は横断歩行者を見て概ね安全に停止できる歩車間距離であることが示される。しかしながら停止距離は急ブレーキを踏めないドライバや脇見等により伸びることから今後さらに ASSESS を用いた安全性評価を進めることとする。

今回の歩行者横断特性の結果を, ASSESS の交通流シミュレーション⁹⁾に反映させるためには, 歩行者の横断判断を定量化する必要がある。各実験条件における全データについて, 回帰分析を行うこととした。

表2に, 回帰分析の式 $|Y| = a \times |X| + b$ (Y: ぎりぎり横断する歩車間距離(m), X: 車両速度(km/h))により推定された係数a, bを示す。

係数aの値は, 昼>夕方>夜(すれ違いビーム) > 夜(走行ビーム)の順に小さくなり, 速度による影響が小さくなっていくことが示されている。

表2 回帰式係数

		a	b	R
Daytime	Left side	0.90	17.8	0.42
	Right side	1.12	17.0	0.52
Evening	Left side	0.82	17.2	0.43
	Right side	0.88	19.9	0.49
Nighttime (Lowbeam)	Left side	0.71	24.8	0.43
	Right side	0.74	30.3	0.46
Nighttime (Highbeam)	Left side	0.45	36.4	0.25
	Right side	0.57	38.7	0.34

5. 最後に

この研究では, 重大事故につながりやすい人対車両の事故の低減を目指し, 歩行者がどのような判断でどのように横断するのかを明確にするため, 基礎データの収集及び解析を実施した。まず, 歩行者横断事故が起こりやすそうな交差点を選定し, そこでの交通流調査を実施するとともに横断速度を求めた。また, 歩行者が接近してくる車両に対して, どのように横断判断を行うのか被験者実験を実施した。さらに, 実験により明らかになった歩行者横断特性を ASSESS に反映させるための定量化を実施した。その結果を以下に示す。

(1) 夜間の歩行者の横断歩道の横断速度は, 昼間と比べて速くなる傾向がある。

- (2) 左側走行する車両に対して, 左側歩行者よりも右側歩行者の方が横断を早めに断念しやすい。
- (3) ぎりぎり横断しようとする歩車間距離は, 夕方に短くなり, 危険度が高い。
- (4) すれ違いビームよりも走行ビーム使用時の方が横断歩行者は, 車両接近に対して横断を早めに断念する傾向がある。
- (5) 夜間の場合, 速度による横断を断念する歩車間距離の差が小さくなるが, これは夜間の方が速度認知の判断力が低下し, 距離によって横断を判断する傾向が強まるからではないかと推測される。

今後は, 高齢者の横断特性についても調査を進めるとともに, 今回の結果に基づき ASSESS を利用して歩行者交通流シミュレーションを実施し, 歩行者事故の低減方法について検討を進めていく予定である。

また, 実験を行うにあたり尾久自動車学校の方々にも多大のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 警察庁交通局:平成21年中の交通事故の発生状況(2009)
- (2) ITARDA INFORMATION87, (2011)
- (3) ITARDA INFORMATION83, pp.1-12, (2010)
- (4) 警察庁:平成23年警察白書 統計資料, 昼夜別, 道路幅員別の死亡事故件数(2011)
- (5) 三井達郎:科学警察研究所報告交通編, Vol.36, No.1, pp. 53-69, (1995)
- (6) 青木義郎, 関根道昭, 田中信壽, 森田和元, 高木俊介:自動車技術会論文集, Vol.41, No.2, pp. 259-264 (2010)
- (7) 安井一彦, 今中祐介:日本大学理工学部土木工学科 卒業論文概要集(2003) pp. 69-70
- (8) 伊藤恵美子, 大口敬, 鹿田成側:第29回土木計画学研究発表会・講演集(2004)
- (9) 三井達郎, 矢野伸裕, 萩田賢司:土木計画学研究論文集 No. 15 (1998) pp. 791-802
- (10) 尾崎龍樹, 日野康雄, 吉田長裕, 上野精順:土木学会 土木計画学研究講演集, No. 25 (2002)
- (11) 交通事故における車速と停止距離を考える <http://www5d.biglobe.ne.jp/Jusl/Keisanki/JTSL/TeisiSyasoku.html>

⑳ ドライブレコーダの記録からみた歩行者行動の定量分析

－ 効果的な事故回避システムに求められる条件について －

自動車安全研究領域 ※松井 靖浩 安藤 憲一

1. はじめに

2010年の我が国の交通事故死者数は4,863人¹⁾であり、その中で歩行者は1,714人と死亡者数が最も多く、死者数割合は近年増加の傾向にある。政府は2018年までに交通事故死亡者数を年間2,500人以下とする目標をかかげている。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。現在我が国では、車両側の衝突安全対策として、歩行者頭部の被害軽減を目標とした歩行者頭部保護規制が施行されている。

他方、事故そのものの発生を大幅に減少させるためには、事故を未然に防ぐ予防安全対策の技術が必要となる。現在、自動車に装着されたセンサーで歩行者を検知し、警報やブレーキ制御をかける安全装置の普及も有望と考えられ、一部実用化されたものもある。このような予防安全装置を開発、または保護性能を詳細に評価する場合、事故の特性を把握する必要がある。ただし、実事故からの調査可能なデータは限定されるため、実事故より多く発生するヒヤリハット（以降、ニアミスと称する）事例を調べることも重要と考えられる。ニアミスデータは車両に搭載したドライブレコーダより取得される。そこで本研究では、車両と歩行者とのニアミスデータに着目し、予防安全装置の開発および保護性能評価に必要な物理的な衝突予測時間（Time to Collision）（以降、TTCと称する）を明確にすることを目的とした。分析では、車両前方に歩行者が現れた際の「車両と歩行者との距離」と「車両走行速度」を調査することでTTCを求めることとした。なお、ニアミス事例の分析では、公益社団法人自動車技術会が保有するヒヤリハットデータベースを使用した。

2. TTCの推定

公益社団法人自動車技術会が所有するヒヤリハットデータベースのソフトを使用し、画像から歩行者が現れた瞬間の歩行者から車両前端までの距離情報を抽出した。なお、TTCを求める際、ドライバーが歩行者に気づかずブレーキをかけない状態（最悪の状態）を想定した。ここでは、車両が直進中に歩行者がその車両前方の左右から横断し、かつ、歩行者の距離情報が確認できる103件の事例を解析対象とした。

算出したTTCと歩行者の左右方向における車両との位置関係を図1に示す。TTCは、0.5秒～5.0秒に分布していた。車両中心に対して歩行者が出現した際の左右の位置を件数で比較すると、右側49件、左側54件であった。TTCの平均値については、歩行者が右側に位置する場合1.8秒（標準偏差1.5秒）であり、左側に位置する場合1.6秒（標準偏差1.0秒）であった。従って、左右におけるTTCはほぼ同等であることから、以降では左右に分けずに解析を進めることとする。なお、解析対象となる103件のTTCの平均値は1.7秒（標準偏差1.3秒）であった。

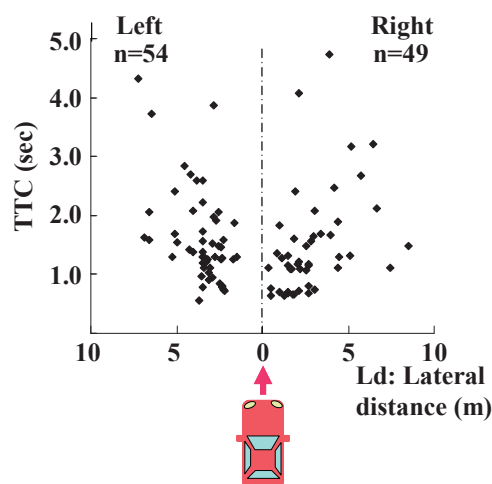


図1 TTCと横方向の距離

歩行者の飛び出しを表1に示す4つに区分する：(1) 障害物なし (2) 建物の陰からの飛び出し(3)駐車車両の陰からの飛び出し(4) 移動車両の陰からの飛び出し。ニアミスデータをそれら4つに区分したときのTTC, 車両と歩行者との距離, 車両走行速度のそれぞれの平均値を図2に示す。TTCの平均値が最も長かった条件は、(1) 障害物なしであった(平均 2.0 秒)。この条件では、車両走行速度は速い(平均 30.3 km/h)が、歩行者までの距離が長い(平均 16.2 m)状況であった。(2) 建物の陰からの飛び出し(平均 1.4 秒)、(3) 駐車車両の陰からの飛び出し(平均 1.3 秒)では、ほぼ同じTTCの平均値を示した。(4) 移動車両の陰からの飛び出し(平均 1.2 秒)は、最もTTCの平均値が短かった。この条件では、特に車両走行速度が速い(平均 32.9 km/h)ことが、TTCを短くする要因であった。

表1 歩行者の4つの飛び出しパターン

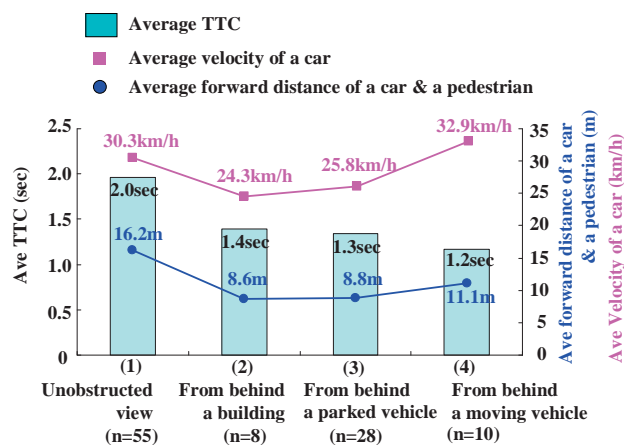
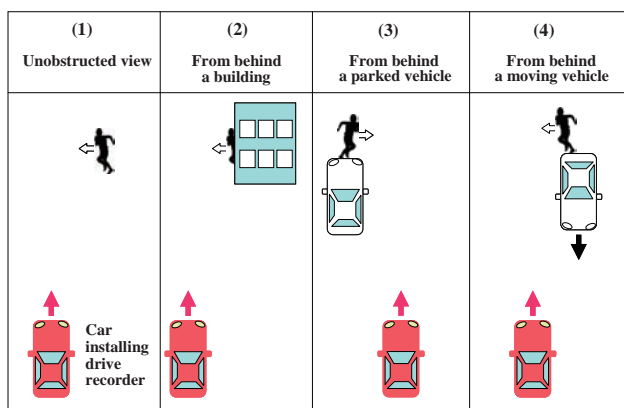


図2 歩行者の4つの飛び出しパターン毎のTTC, 車両速度, 歩行者までの前方距離

歩行者が横断歩道を渡っていたかどうかに着目した場合のTTC, 車両と歩行者との距離, 車両走行速度の各平均値を図3に示す。横断歩道を渡っているときのTTCは、横断歩道以外を渡っているときのTTCと比べ長い傾向にあった。前方に横断歩道がある場合、早いタイミングでドライバーが注意することで十分減速し、前方歩行者までの距離が確保され、結果として横断歩道を渡っているときのTTCに横断歩道の効果が現れたものと推定できる。横断歩道がある場合、交差点でのTTC(平均 1.9 秒)は、n数は少ないが単路でのTTC(平均 1.6 秒)と比べやや長い傾向にあった。交差点ではドライバーがより注意を喚起していることが予想される。

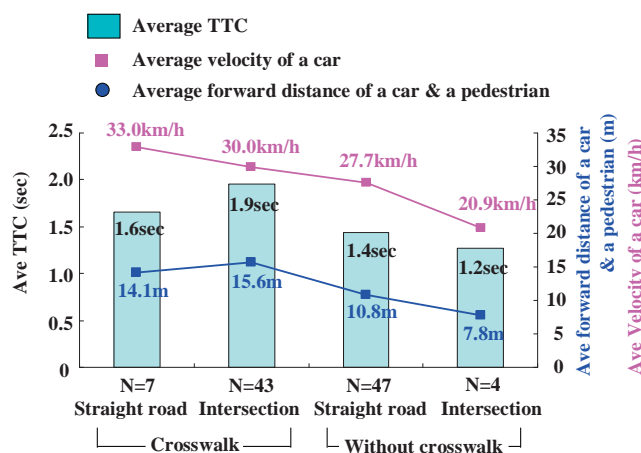


図3 横断歩道有無におけるTTC, 車両速度, 歩行者までの前方距離

3. おわりに

公益社団法人自動車技術会が保有するヒヤリハットデータベースの車両と歩行者のニアミス事象を対象とし、歩行者検知型予防安全装置の開発および性能評価に必要となる物理的な衝突予測時間(TTC)を調査した。ニアミスデータの中で、車両が直進し歩行者が横断するケースに着目し算出したTTCは、平均 1.7 秒(標準偏差 1.3 秒)であった。歩行者の飛び出しパターンに着目すると、対向車の陰から飛び出すパターン(平均 1.2 秒)のTTCが最も短かった。このように、通常の飛び出しよりも対向車の陰から飛び出す場合のTTCが短くなること分かる等さらなるデータ解析による歩行者行動の定量分析が必要と考えられ、定量分析の結果が歩行者検知型被害軽減装置の開発等に反映されることが今後期待される。

参考文献

1. 交通事故総合分析センター, 2010年版交通統計, 2011.

㊦ 事故・違反からみたドライバの特性

自動車安全研究領域

※森田 和元 関根 道昭

1. まえがき

我が国の交通事故件数は 2010 年において 725,773 件と漸減傾向にあるものの、依然として重大な社会問題であることに変わりはない。これらの交通事故をさらに効果的に低減させるためには、広く一般のドライバを対象として対策を講じるよりも、交通事故を起こしやすいドライバ、あるいは、発生しやすい事故類型について対策を講じる方が効果的であると考えられる。本報告では、この観点から、事故の発生と過去の事故、違反の発生状況から危険な運転を行うドライバについて考察することとした。

これまでにも事故、違反経験回数と事故率との間に相関関係があることが明らかにされており、危険な運転を行うドライバが存在し、それらのドライバの累犯率が高いことが指摘されている^(1,2,3)。それらの解析では、事故、違反回数は運転頻度と関係しており、事故率の高いことは運転頻度が高いことが原因の一つであると示唆されている。本報告ではこの点に関し、運転頻度の影響を排除して解析を行い、それでも交通事故を起こしやすいドライバが存在するかどうかを調べることとした。

2. 解析の概要

事故または違反を起こしやすい傾向のあるドライバを明らかにするために、比較対象となるコントロール群を設定し、解析対象となる群についての事故・違反発生率との比較を行うこととした。この際、コントロール群として、たとえば運転免許保持者全体の群をとった場合には、その中に運転をほとんどしないペーパードライバも含まれることから、事故・違反発生率は非常に小さな値をとることが予想される。この場合には、運転頻度についての考慮がされていないということであり、不適當である。

したがって、本報告ではコントロール群として、2009 年において追突された車両のドライバをとることとした。厳密には、事故類型が「追突その他」、衝突部位は「後面」、行動類型は「駐車、停止」であり、

かつ、その事故に関する違反のないものを被追突ドライバとした。すなわち、本人には全く過失がないのに偶然に事故に遭遇した被追突ドライバの群をコントロール群とした。この解析では、運転頻度に比例して被追突事故の機会が増加することを前提としている。

(財) 交通事故総合分析センター(ITARDA)の事故統計データに基づいて以下のような解析を行った。

2009 年に事故を起こした事例について、下記の事故類型毎に事故を起こした時点から過去 5 年間まで遡ってそのドライバの事故・違反の件数の集計を行う。このときの集計条件として、免許取得 5 年未満の運転者については除外し、対象車種を乗用車、貨物車、特殊車とした。

事故類型は下記に示す代表的なものとし、この事故類型に対して集計を行う。

(1) 人対車両 (第 1 当事者、以下「1 当」という)
(なお、「第 1 当事者」とは、最初に交通事故に関与した車両等 (列車を含む) の運転者又は歩行者のうち、当該交通事故における過失が重い者をいい、また過失が同程度の場合には人身損傷程度が軽い者をいう。)

(2) 追突 (1 当) (3) 出会い頭 (1 当)

(4) 右折 (1 当) (5) 左折 (1 当)

(6) 単独 (1 当) (7) 被追突

過去 5 年間の違反については、件数の多い代表的な違反を選び以下の 6 種類とする。

(1) 信号無視 (2) 最高速度

(3) 一時停止 (4) 駐停車

(5) 携帯電話 (交通の危険及び保持)

(6) 通行禁止

このほか、これら以外の違反も含む全違反件数 (なんらかの違反をした件数) についても集計した。ここで、同一ドライバが同じ種類の違反を 2 回以上犯していることもあったが、解析時にはその違反をまとめてその違反種類で 1 回とカウントした。なお、今回の解析にあたっては、事故統計データの制約上、2009 年に

事故を起こした事例毎に過去5年間の違反を集計しており、同一ドライバーが繰り返し2009年に事故を起こしている場合にはそれぞれ集計されるため、ドライバーの延べ人数として集計される。

3. 解析結果

3. 1. 事故類型による解析

解析対象とする事故について件数をみると、追突(1当)(176,495件)と出会い頭(1当)(148,398件)とが多い(図1)。したがって、追突と出会い頭事故とが特に重要な事故類型であると考えられる。

これらの2009年の事故類型ごとに、過去5年間になんらかの事故を起こした比率を求めると図2となる。同図には、2009年に全事故(なんらかの事故)を起こした場合についても、過去5年間の事故発生率を示している。被追突に関しては、過去5年間の事故発生率は8.1%であるが、追突(1当)についてはその比率は11.6%と高い傾向が認められる。一方、出会い頭(1当)に関しては、8.7%であり、被追突の比率とほぼ等しいことがわかる。

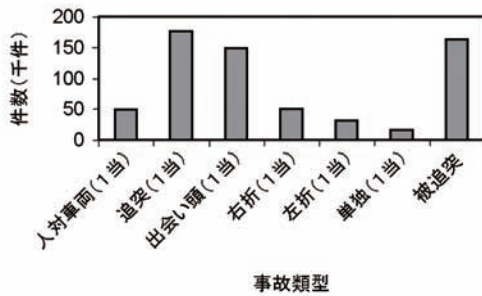


図.1 2009年における事故類型ごとの解析事故件数

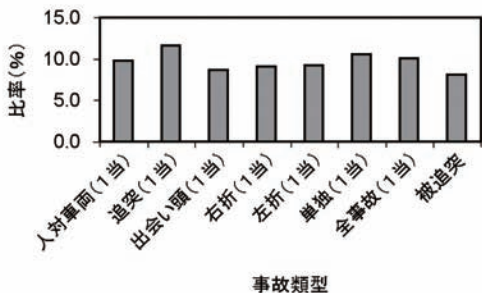


図.2 事故類型別にみた過去5年間の事故率

つぎに、過去5年間になんらかの違反を起こした比率を求めたものが図3である。被追突については55.0%の比率であり、追突(1当)については64.1%、出会い頭(1当)については54.4%であった。出会い頭(1当)に関しては、被追突とほぼ同じ比率である

ものの、追突(1当)に関しては被追突よりも高い違反率を示した。被追突のドライバーに関しては、過失はないものの偶然追突されたというドライバーであるので、これから類推すれば、追突を起こしたドライバーは過去においても多くの違反を犯すような危険な運転を行っていたと考えられる。

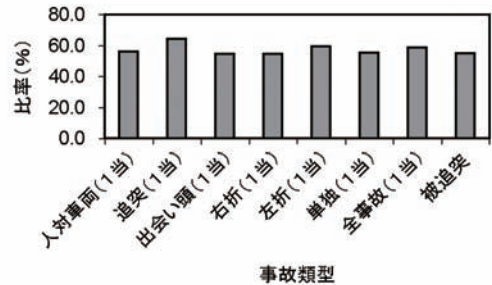


図.3 事故類型別にみた過去5年間の違反率

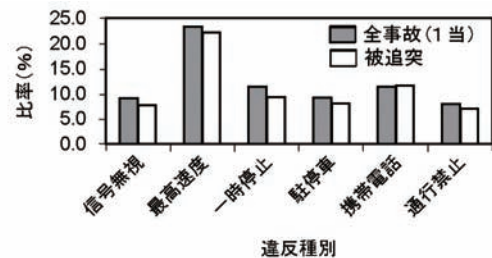


図.4 過去5年間の違反種別ごとの比率 (2009年の全事故についての集計)

過去5年間における違反発生率について詳細に検討する。2009年に全事故(なんらかの事故)を起こしたドライバーについて、過去5年間の違反種別をみると(図4)、最高速度違反が最も多い結果となった。なお、同図には比較のため、被追突のドライバーについても図示している(白抜きグラフ)。これをみると、被追突のドライバーについても最高速度違反が多いことから、そもそも最高速度違反は犯しやすい、あるいは、検挙されやすい違反であることがわかる。このため、過去の違反発生率について被追突の場合との比較で検討を行うこととした。

過去の違反発生率について、被追突の比率により各違反比率を除することによって正規化したものが図5である。この手法により、たまたま事故にあったドライバーと比較して、どの程度違反を犯しているのかを明らかにすることができる。この結果、違反種別については、一時停止(正規化比率1.22)、信号無視(同1.19)、駐停車(同1.14)、通行禁止(同1.14)が高く、

事故を起こすドライバは過去においてこれらの違反を多く犯していることが理解される。

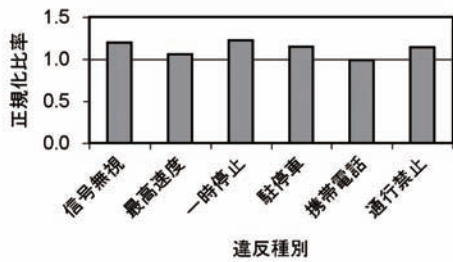


図. 5 被追突で正規化した過去5年間の違反比率 (2009年の全事故についての集計)

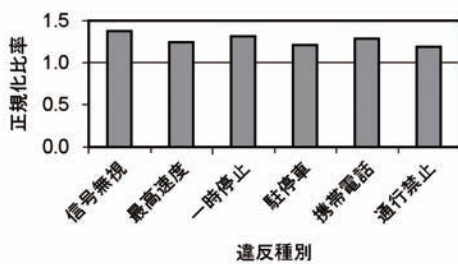


図. 6 被追突で正規化した過去5年間の違反比率 (2009年の追突(1当)についての集計)

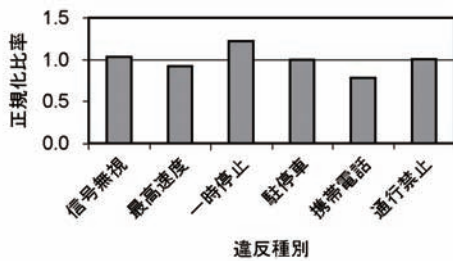


図. 7 被追突で正規化した過去5年間の違反比率 (2009年の出会い頭(1当)についての集計)

つぎに、とくに事故件数の多い、追突(1当)と出会い頭(1当)について同様の解析を行うと以下のようなになる。2009年の追突(1当)の過去5年間の違反を被追突の違反で正規化したものが図6であり、出会い頭(1当)の違反について同様に正規化したものが図7である。追突(1当)に関しては、過去における違反率が全体に高く、特に、信号無視(1.36)、一時停止(1.31)、携帯電話(1.28)、最高速度(1.25)の違反率が高い。一方、出会い頭(1当)に関しては全体に比率が低く、その中では一時停止(1.22)が高い値を示した。

これから考えると、追突を起こすドライバはそれまでも様々な違反を数多く犯しているものの、出会い頭を起こすドライバについてはとくに違反が多いというわけではないことがわかる。

3. 2. 携帯電話等の使用について

携帯電話を使用することによる事故も指摘されているところであり、この点に関し、事故類型ごとに携帯電話あるいはカーナビを使用することが事故要因となっているかどうかを調べた(図8, 2007年~2009年にかけての集計)。携帯電話・カーナビの使用が事故要因となる比率は低いものの、追突事故においては事故類型の中で高い値(0.3%)を示した。従って、携帯電話・カーナビの使用による前方不注意が追突事故を引き起こすことが多いと推測される。

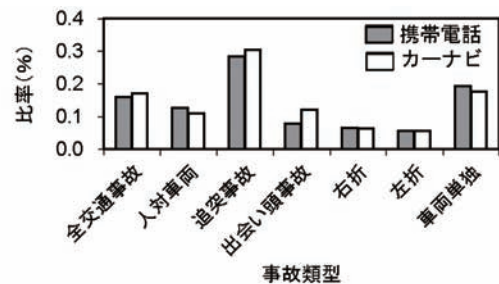


図. 8 携帯電話あるいはカーナビの使用が事故要因となった比率 (2007~2009年の集計)

3. 3. 年齢層による特徴

年齢層別の特徴を求めると、年齢層については、

- (1) 25~34 歳
- (2) 35~44 歳
- (3) 45~54 歳
- (4) 55~64 歳
- (5) 65~74 歳

の5段階とした。これらの年齢層について、全年齢層との比較を以下のように行った。すなわち、2009年における年齢層ごとの各事故タイプの発生件数を全事故件数により除して、その値をさらに被追突の同様の値により正規化した。

2009年に全事故(なんらかの事故)を起こした場合について図9に示す。縦軸の正規化比率が1.0であれば、全年齢層と比較して同じ事故発生率であると考えられる。図9をみると、年齢層が65~74歳の場合には正規化比率が高く、他の年齢層に比べ多くの事故を起こしていることがわかる。

この点について、2009年の追突(1当)(図10)と出会い頭(1当)(図11)とについて同様に求めた。

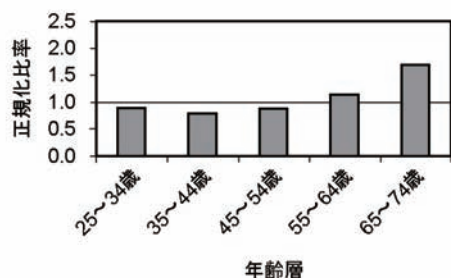


図. 9 全年齢層に対する各年齢層の事故発生率
(2009年の全事故についての集計)

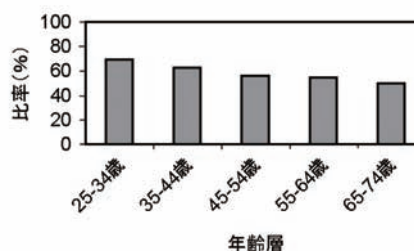


図. 12 年齢層別にみた過去5年間の違反率
(2009年の全事故についての集計)

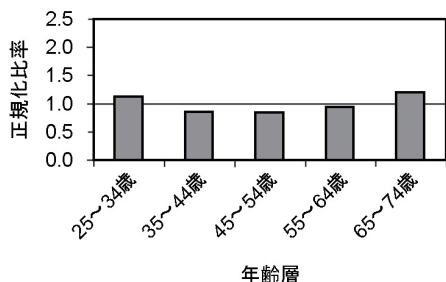


図. 10 全年齢層に対する各年齢層の事故発生率
(2009年の追突(1当)についての集計)

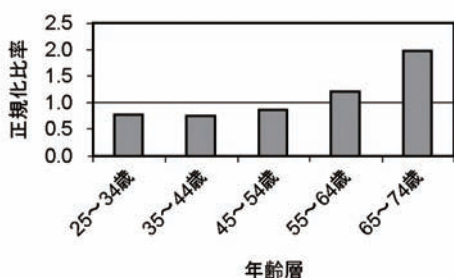


図. 11 全年齢層に対する各年齢層の事故発生率
(2009年の出会い頭(1当)についての集計)

図10の追突(1当)をみると、65~74歳の場合においても正規化比率は特に高いわけではないものの、図11の出会い頭(1当)に関しては65~74歳の場合において高い値を示す(1.97)。なお、2009年において全事故(なんらかの事故)を起こしたドライバの過去5年間の違反率を年齢層別に図12に示す。年齢が高くなるにつれて違反率が低下する傾向がある。

これらのことより、高齢者においては、追突の発生率がとくに高いわけではなく、また、過去の違反率も比較的低いことから、違反を犯すような危険な運転を起こしているわけではないものの、出会い頭事故の正規化比率が高いことから、偶然事故に遭遇する可能性が高いと推測される。

4. まとめ

2009年の事故に関し、コントロール群としての被追突ドライバとの比較により、過去の事故発生状況、違反発生状況を調査した。その結果、追突(1当)のドライバは、そもそも危険な運転を行うドライバであり、出会い頭(1当)のドライバは偶然事故に遭遇した傾向があることがわかった。違反種別については、全体として信号無視、一時停止違反を犯していることが多く、また、高齢ドライバについては、出会い頭事故を多く起こしていることがわかった。

なお、これらの違反については、故意によるもののほか、有効視野が狭くなったりしてドライバ本人が気がつかない状況もあるため^(4,5)、ドライバに注意喚起を行うシステムが事故の防止に効果的であると考えられる。たとえば、交差点における出会い頭事故防止のための一時停止の警告、赤信号見落としに対する警告などの支援システムが有効であると考えられる。

参考文献

- (1) 西田泰, 安藤憲一: 過去の交通事故・違反特性とその後の事故率の関係について—交通事故統合データベースを利用した分析結果から—, 交通科学研究資料 第50集, pp.80-83 (2009)
- (2) 西田泰: 安全運転と事故危険性, 予防時報 240, pp.32-37 (2010)
- (3) イタルダ・インフォメーション: 事故と違反を繰り返すドライバー, (財)交通事故総合分析センター, No.73, p.11 (2008)
- (4) Cynthia Owsley: "Vision and Driving in the Elderly", Optometry & Vision Science, Vol.71, No.12, pp.727-735 (1994)
- (5) 青木由紀, 国松志保, 原岳: 自治医科大学緑内障外来にて交通事故の既往を認めた末期緑内障患者の2症例, 新しい眼科, Vol.25, No.7, pp.1011-1016 (2008)

② 国際海上コンテナセミトレーラの横転に関する コンテナ用緊締装置のガタの影響

自動車安全研究領域

※波多野 忠

児島 亨

廣瀬 敏也(現 国土交通省)

1. はじめに

国際海上コンテナの陸上輸送については、海陸複合輸送が簡便にできることから、盛んに利用され物流の一翼を担っている。しかし、コンテナ内における貨物の積み付け状況や総質量、性状等についての正確な情報がドライバーまで十分に伝達されていないため、トレーラの横転事故の原因として貨物の不適切な積載等が考えられている。

そこで、連結車の中の 40ft 国際海上コンテナセミトレーラ(以下「トレーラ」という)の横転特性について、コンピュータ・シミュレーションを用いコンテナ用緊締装置のガタ(クリアランス)の影響の解析を行った。

40ft 国際海上コンテナ(以下「コンテナ」という)は、トレーラのフレーム上面に直に載せられ、固定方法は、前方ではピンロック方式、後方ではツイストロック方式で固定される。図1にコンテナの固定方法を示す。図2にコンテナすみ金具を示す。トレーラの右後方から見た写真で、青色部分はトレーラで、赤色部分がコンテナである。コンテナすみ金具はコンテナの端の4すみの上下にあり、コンテナを運搬する時にこの穴を用いてフック、ピンを中に挿入して固定する。図3の左側はツイストロックの概観を示したもので、右側はコンテナすみ金具に挿入されている状態を示している。図4の左側はトレーラ前方からのピンロックの概観を示したもので、右側はコンテナすみ金具に挿入されている状態を下側から示したものである。図3と図4を見ると、トレーラにコンテナが搭載されトレーラの緊締装置で固定した場合でも横、前後及び上下方向にガタがあることがわかる。なお、コンテナ底部にはトンネルリセス(細長い窪み)があり、トレーラのグースネック凸部(低床式のためにトラクタと重な

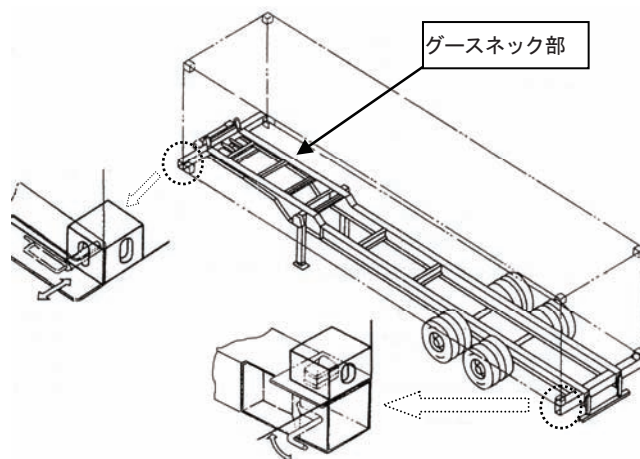


図1 トレーラの緊締装置



図2 コンテナすみ金具



図3 ツイストロック



図4 ピンロック

る部分についてフレームを段付きにしている)を避けるために一部がえぐられている。

現状の固定方法では、コンテナのすみ金具の穴とトレーラの緊締装置間にガタがある場合、コンテナ底面・トレーラメインフレーム上面間(以下「コンテナ・トレーラ間」という)の静止摩擦係数以上の力がコンテナに働くとコンテナが移動しトレーラの緊締装置等に衝突する。この横方向の衝撃力がトレーラのロール運動にどの程度影響を及ぼすか検討した。

2. シミュレーションの概要

使用したシミュレーションソフトは TruckSim と MATLAB/Simulink で、模擬試験車両の諸元は TruckSim のトラクタ 2 軸車、フラットベットトレーラ 2 軸車のデフォルトデータを使用し、トレーラのホイールベース(8+1.5[m])のみ変更した。積載物は、集中荷重とし質量 20000kg、ロール慣性モーメント 20000kg・m²、慣性乗積はすべてゼロとした。

走行模擬試験は、半径 40m 定常円旋回模擬試験、ハンドル操作角 90deg の J ターン模擬試験、レーン幅 3.5m を進入・乗移り・脱出区間 20+20+20[m] のダブルレーンチェンジ模擬試験を実施した。定常円旋回模擬試験とダブルレーンチェンジ模擬試験のドライバモデルはデフォルトシステムを使用し、ドライバ予見時間は定常円旋回模擬試験で 2 秒、ダブルレーンチェンジ模擬試験で 0.8 秒とし、J ターン模擬試験はオープン・ループとした。

車両運動計算は TruckSim で行い、TruckSim から算出した車両運動量を MATLAB/Simulink に入力し横方向の衝撃力とロール回転モーメントを算出し、この値を TruckSim に再度入力した。コンテナすみ金具とトレーラ緊締装置の JIS 規格及び実態調査を参考にして、ガ

タを片側 7.5mm とした。衝撃力については、JIS 規格のトレーラ緊締装置の強度を参考に仮想減速区間を 5mm とし、この区間の平均減速度から衝撃力と時間を算出した。また同様に、上下方向のガタは 10mm とし、仮想減速区間を 5mm とした。

今回の走行模擬試験条件は、コンテナ・トレーラ間の静止摩擦係数の違いの影響を見るために、静止摩擦係数を 0.8~0.25 の範囲とした。また、静止摩擦係数から動摩擦係数を引いた値は常に 0.2 とした。静止摩擦係数が 0.8 の場合では、今回のどの走行条件でもコンテナが相対移動しないため、この条件の走行模擬試験結果を基準に他の条件と比較検討した。

積載条件①(重心位置高)として、コンテナの重心位置が高い場合(1.9m)とした。次に最悪条件として、積載条件②(重心位置高、横方向偏荷重、コンテナロール回転中心・トレーラメインフレーム左右端)は、積載条件①に加えてコンテナ重心位置が横方向に偏荷重(中心から 0.2m)しているとした。左右方向に対する偏荷重の位置は、定常円旋回模擬試験と J ターン模擬試験では操舵のする方向とは逆の位置とし、ダブルレーンチェンジ模擬試験では第 2 操舵した方向と逆の位置とした。

また、衝撃力でコンテナ自身がロール方向に回転運動を起こす場合の回転中心をトレーラメインフレーム左右端(中心から 0.51m)とした。なお、積載条件①のコンテナのロール方向回転中心はトレーラ左右の緊締装置位置(中心から 1.13m)とした。

3. シミュレーション結果

図 5 は、積載条件②での定常円旋回模擬試験のトレーラばね上ロール角の時系列データを示している。静止摩擦係数は 0.35 と 0.8 である。摩擦係数 0.8 の条件では、ガタによる衝撃力は発生しない場合を示している、一般的な車両の特性を表している。通常では時

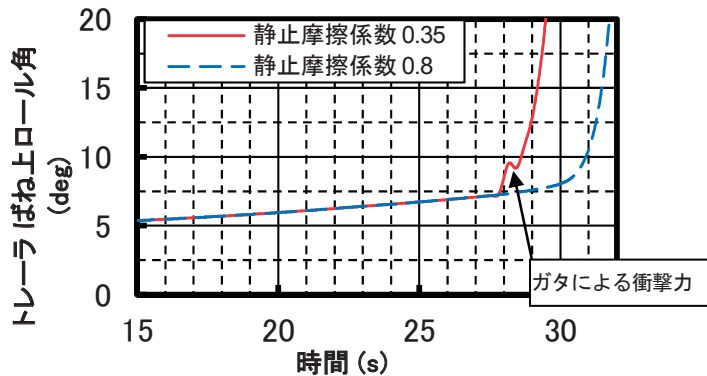


図5 積載条件②の定常円旋回模擬試験結果

間経過に従って模擬試験車両の速度が上昇 ($0.138\text{m/s}^2\{0.5\text{km/h /s}\}$) し、ロール角が徐々に高くなり、最後に横転し始めると急激に上昇進展する。しかし、摩擦係数が 0.35 の場合には、トレーラの床面上で静止摩擦係数以上の横力が発生するとコンテナが移動して緊締装置と衝突し、その時の衝撃力が発生すると、ロール角が2度程度急激に上昇し、その後一旦持ちこたえた後に横転し始めている。また、この衝撃力の発生時期は静止摩擦係数により変化する。一般的な車両のロール角の時系列データに、衝撃力の発生による急激なロール角の変化が追加される形となる。

図6は、積載条件①での定常円旋回模擬試験結果の横転時のトレーラ横加速度のピークをコンテナ・トレーラ間の静止摩擦係数別に示したものである。静止摩擦係数0.8の場合での横転時横加速度は 2.88m/s^2 であり、トレーラの耐横転性としては低い状態である。図は、静止摩擦係数0.8の場合の横加速度を0%として、これを基本に増減をパーセント表示した。

静止摩擦係数 0.45 以上ではトレーラが横転を開始し始めた後に衝突しているため衝突が発生しない静止摩擦係数 0.8 と同値になっている。静止摩擦係数 0.35 以下では衝突による衝撃力の影響により若干低下する傾向を示した。静止摩擦係数 0.4 の値は他と比べて小さい値になっているが、これはトレーラが横転直前で衝突し、この時点の値を採用したためである。

図7は、積載条件①でのJターン模擬試験とダブルレーンチェンジ模擬試験の横転時最低初速度を示したものである。図6と同様に、静止摩擦係数0.8の場合の初速度を0%として正規化して表示している。定常円旋回模擬試験結果と同様に静止摩擦係数0.45を境に初速度が低下している傾向を示し静止摩擦係数が小さいと耐横転性が若干低下することがわかる。また、ダブルレーンチェンジ模擬試験の静止摩擦係数0.5の模擬試験結果は耐横転性が向上している。これは、乗移り後のレーンから元に戻る時の横加速度反転時において、衝突のタイミングが合うと横加速度の反転を助長するように働いたためと考えられる。なお、積載条件①のすべての走行条件において、コンテナの相対移動による衝突時の横方向の衝撃力でコンテナが浮き上がることはなかった。このため、コンテナが浮き上がることを抑えるための緊締装置への衝突による上下方向の衝撃力は発生していない。

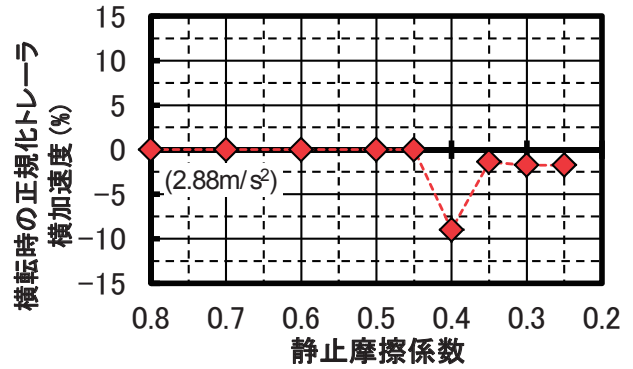


図6 積載条件①の定常円旋回試験結果

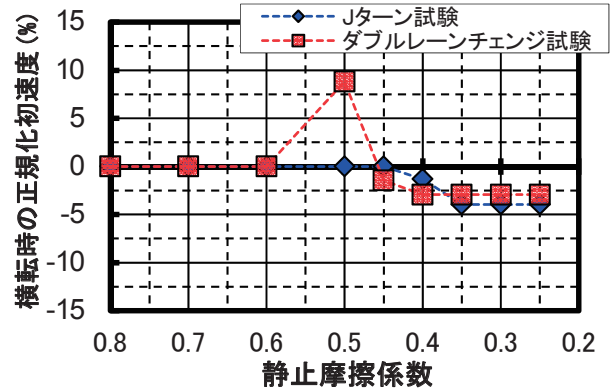


図7 積載条件①の過渡特性試験結果

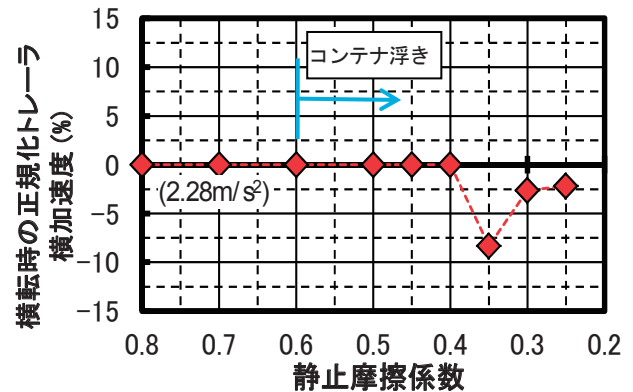


図8 積載条件②の定常円旋回模擬試験結果

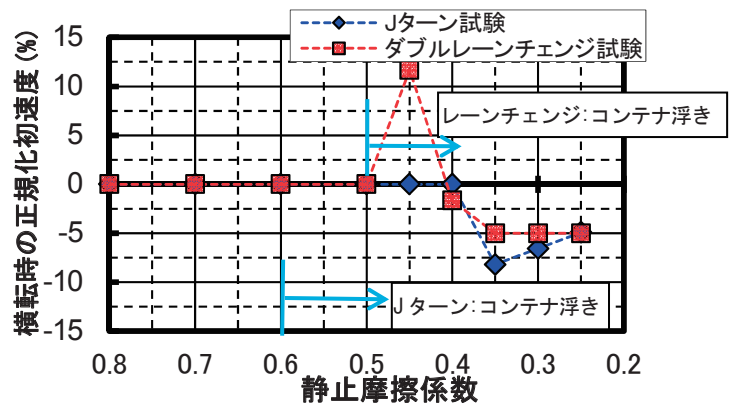


図9 積載条件②の過渡応答模擬試験結果

次に、最悪条件としての積載条件②の走行模擬試験結果を図8と図9に示す。積載条件①の走行模擬試験結果と同様に正規化している。この条件では、一部を

除き衝突による衝撃力によりコンテナは浮き上がった。コンテナの相対移動による衝突時の横方向の衝撃力によって、コンテナの浮き上がりが発生し、再度トレーラの緊締装置の上部に衝突し上下方向に衝撃力が発生する。これにより、トレーラにロールモーメントが作用する。

図8は定常円旋回模擬試験結果である。静止摩擦係数0.8の横転時横加速度は 2.28m/s^2 であり、トレーラの耐横転性としては積載条件①よりさらに低い状態である。定常円旋回模擬試験結果を見ると、図6の積載条件①と同様に静止摩擦係数が小さい範囲で横加速度が低下している。また、図6と同様に極小点があり、摩擦係数0.4から0.35に下がっている。これは、重心位置を横方向に移動したことによりトレーラ全体のロール特性が横転しやすい方向に移ったためと考えられる。静止摩擦係数0.3以下の場合の低下率は、図6の積載条件①より大きい。これは先ほどと同様な原因と考えられ、かつ、コンテナ自身も浮き上がり、これを抑えるための緊締装置への衝突による衝撃力がさらに加わったためと考えられる。

図9の積載条件②の過渡応答模擬試験結果は、図7の積載条件①の過渡応答模擬試験結果と同様な傾向を示した。静止摩擦係数0.4を境にして、耐横転性がある程度低下している。低下率は、図7の積載条件①より大きく、トレーラ全体のロール特性が横転しやすい方向に移り、かつ、コンテナ自身も浮き上がり、これを抑えるための衝突による衝撃力がさらに加わったためと考えられる。特に、Jターン模擬試験の静止摩擦係数0.35の低下率が一番大きかった。

走行模擬試験結果の積載条件①と積載条件②を比較して差が出る原因は、横方向偏荷重とコンテナのロール回転中心の違いである。これにより、トレーラ全体のロール特性が横転しやすい方向に移り、かつ、初めの横方向の衝撃力によるコンテナ自身が浮き上がり、これを抑えるための衝突による衝撃力がさらに加わったため積載条件②の方が耐横転性の低下が大きくなった。

以上により、コンテナ・トレーラ間の静止摩擦係数が小さい範囲では、コンテナ・トレーラ間の接触部分の摩擦係数を上げる処置、衝撃力の発生を抑える等により、コンテナ用緊締装置のガタによる耐横転性の低下をある程度抑えられる可能性があることがわかる。また、積載条件②のような場合は、コンテナのロール

回転中心がトレーラメインフレーム左右端で、コンテナ自身がトレーラに対して相対的にロール回転運動を引き起こし耐横転性を低下させる。このことから、これを抑制するために、コンテナのロール方向の回転中心をメインフレーム左右端に近づけさせない構造にすることで、耐横転性の低下をある程度抑えられる可能性があることがわかる。

4. まとめ

40ft 国際海上コンテナトレーラの横転現象について、コンピュータ・シミュレーションにより解析を行った。その結果、積載条件②のような横方向に偏荷重などがある場合で車両の耐横転特性が低くなるような積載条件の場合には、ガタがあることによって、コンテナ・トレーラ間の静止摩擦係数が小さいとコンテナがトレーラの緊締装置に衝突し、その衝撃力の影響により、耐横転性がさらにある程度低下することがわかった。

今回のシミュレーションにより、これまであまり知られていない現象を定量的に示すことが可能となった。今後は、このシミュレーションの妥当性と高精度を検討していきたい。

最後に、実地調査において、ご協力をいただきました青伸産業運輸(株)に対して感謝の意を表します。

参考文献

・JISハンドブック(62)物流2010 (財)日本規格協会

⑳ 先進緊急ブレーキシステム（AEBS : Advanced Emergency Braking System）に係る国際調和基準について — 続報 —

自動車安全研究領域 ※波多野 忠 児島 亨 谷口 哲夫 廣瀬 敏也(現 国土交通省)

1. はじめに

事故を未然に防止し被害の低減を図る予防安全技術として、追突事故における被害軽減効果が高いとされる衝突被害軽減ブレーキシステムがある。この装置を早急かつ広範に普及させるべきとの社会的要請が高まりつつあり、大型貨物自動車への装置の導入が進められているところである。現在、自動車基準調和世界フォーラム(WP29)において、大型車の先進緊急ブレーキシステム（以下、「AEBS」という）に関する国際基準化の検討が実施されており、我が国は国際基準調和の観点から積極的に基準策定の活動に取り組んでおり、将来的に基準の導入を目指している。AEBSとは、衝突軽減ブレーキシステムおよび衝突回避ブレーキシステムにより構成されており、欧州では2013年から段階的に基準が導入されていくことになっている。

そこで、AEBSに関する国際基準の策定動向について、その性能評価手法に関する調査等について報告する。なお、現在も継続して基準策定作業が行われていることから、本稿の記載事項が最終的な基準として決められたものではないことを予めお断りしておく。

2. AEBS性能評価手法の国際基準調和活動

AEBSの基準策定のための国際会議は、2008年12月から2011年9月まで開催され、日本は延べ25回の会議に当所職員が出席し、議論の動向を調査し、その情報整理を行った。また、会議の場において各国へ向け発言すべき内容の検討と整理を行い、日本の意見を適宜反映するようにAEBSの国際基準化を支援している。ここで、AEBSインフォーマル会議において議論されているAEBS性能評価手法のうち①AEBS性能確認試験、②AEBS不要作動確認試験、③オフスイッチ確認試験、④故障時失陥警報試験について、主なものを以下に示す。

①AEBS性能確認試験

性能確認試験は、警報の作動タイミング、緊急自動ブレーキの作動タイミング及び速度低減量を確認する。警報の提示手法は、聴覚・視覚・Haptic(警報ブレーキ等)の3種類とし、緊急自動ブレーキの作動指示のタイミングが基準となっている。まず、第1次警報は聴覚またはHapticとし、減速度 4m/s^2 以上の緊急自動ブレーキの作動指示から1.4秒以上前に提示しなければならないことになっている。第2次警報は3種類の提示手法の内2種類として、減速度 4m/s^2 以上の緊急自動ブレーキの作動指示から0.8秒以上前に提示しなければならないことになっている。また、警報自動ブレーキの速度低減量は 15km/h 以下または全速度低減量の30%以下に限られている。緊急自動ブレーキのタイミングは、AEBSを装備したことによるドライバーの過信を防止するために緊急時のみに限定し、衝突予測時間(TTC)が3.0秒より前で作動することを禁止している。AEBSのうち衝突被害軽減ブレーキシステムの速度低減量は、8トンを超える大型貨物自動車および5トンを超えるバスには、前方車両が動いている場合は 50km/h が要件となっている。また、前方車両が停止している場合は 10km/h が要件になっている。また、AEBSのうち衝突回避ブレーキシステムの速度低減量は、前方車両が動いている場合は 70km/h 、前方車両が停止している場合は 20km/h が要件になっている。なお、8トン以下の貨物自動車および5トン以下のバスに関しては、国際的にもシステムを市場に導入した経験は無く、欧州では2016年から基準を導入する予定であり、それまでに性能要件を決定することになっている。

②AEBS不要作動確認試験

車線の両サイドに停止車両を設置し、その間を通り抜ける際に警報および自動ブレーキが作動しないことを確認する試験が提案されている。試験速度は 50km/h であり、車線幅は 3.5m である。

③ オフスイッチ確認試験

AEBS オフ時には視覚によりオフ状態にあることをドライバに警告する。また、AEBS オフスイッチの使用時にイグニッションオフからオンした際に自動的にAEBS がオンになることを確認する。

④ 故障時失陥警報試験

電氣的失陥を模擬して行う。例えば AEBS コンポーネントの電源配線を外す、または AEBS コンポーネントとの配線を外すなどがあり、AEBS 失陥を模擬する。

3. AEBS 性能評価手法の確認

前述の AEBS 性能評価手法の①AEBS 性能確認試験、②AEBS 不要作動確認試験、③オフスイッチ確認試験及び④故障時失陥警報試験について、当所自動車試験場において実施手法の確認のために試験を実施した。計測項目は、自動ブレーキの作動タイミング (CAN データ)、警報の作動タイミング (CAN データ)、車両速度、衝突地点を表すデータとした。

①AEBS 性能確認試験では、前方車両が移動している状況を模擬した移動障害物として図1の風船型模擬車両を用いた。また、前方車両が静止している状況を模擬した静止障害物としては、図2のコーナーリフレクタを使用した。試験結果から警報および緊急自動ブレーキの作動タイミングが基準の要件を満たしていることを確認した。また、速度データから、衝突までの速度低減量および警報時の速度低減量を確認した。

②AEBS 不要作動確認試験では、3.5m 幅の道路を想定し、車線の外側の両サイドに乗用車を停止させて試験車両を走行させた。その際に警報および緊急自動ブレーキが作動しないことを確認した。

③オフスイッチ確認試験では、試験自動車が停止状態において、オフスイッチ使用時にオフ警告灯が点灯することを確認した。

④故障時失陥警報試験では、試験自動車が停止状態において、前方車両検知センサー (ミリ波レーダー) からの配線を外すことで故障状態を模擬し、失陥警報が提示されることを確認した。

以上により、実施手法が妥当であることを確認できた。

また、図1に示す風船型模擬障害物を用いた試験は国際的にも経験が無く、衝突時の破損による危険な場面も想定されるため、当所自動車試験場で使用可能な速度条件の検討を行った。その結果、風船型とコーナ



図1 風船型を用いた移動障害物



図2 コーナーリフレクタを用いた静止障害物



図3 AEBS インフォーマル会議テクニカルツアー

ーリフレクタとも静止・移動状態で相対速度30km/hまで実施可能であることを得た。

4. AEBS インフォーマル会議テクニカルツアー

2010年10月26日から29日に第9回目のAEBS インフォーマル国際会議を東京にて開催し、10月27日には、当所自動車試験場にてテクニカルツアーを実施した。テクニカルツアーは、各国関係者に日本のAEBSの技術レベルを周知することを目的としており、欧州に対して特に日本が先行している技術である静止している車両に対するシステムの性能を試乗により各国関係者に示すことができた。

5. まとめ

国際基準の策定が検討されているAEBSについて、国際会議における情報の収集・分析を行い、国際会議の場において各国へ向けて発言すべき内容について検討し、我が国の意見を適宜反映させる方向で国際基準化を支援している。なお、現在も基準策定作業は継続中である。また、国際会議にて検討された性能評価手法を当所自動車試験場で実際に試験を実施し確認した。

②④ 予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS を用いたブレーキアシストシステムの効果に関する検討

自動車安全研究領域 ※田中 信壽 森田 和元 安本 まこと
 交通システム研究領域 青木 義郎
 廣瀬 敏也（現 国土交通省）

1. はじめに

近年、交通事故による死亡者数は、衝突安全システムの普及や法規の厳罰化等の効果によって減少傾向にある。しかし、その減少率は鈍化しつつあり2010年には今なお年間4,863名という多くの尊い人命が交通事故によって失われている。このような現状を打破すべく、近年、事故を未然に防ぐことを目的とする予防安全支援システムの開発及び普及促進が官民あげて進められている。この予防安全支援システムの開発において不可欠なプロセスが、定量的な効果評価である。これを実現する一つの方法としては、実際にシステムを市場に投入し、システム作動時のデータを比較検証するといった方法が考えられる。しかし、事故を未然に防いだ状況における作動データは、交通事故データと異なり記録が残りにくく、収集も非常に困難である。すなわち、事故を未然に防ぐ効果の評価の難しさが予防安全支援システムの効果評価を困難にする一つの大きな要因となっている。そこで、近年、予防安全支援システムの効果評価をコンピュータシミュレーションによって行う方法が提案されている[1][2]。

現在、我々が開発している予防安全支援システム効果評価シミュレータASSESSもこの取り組みの一環といえる。ASSESSは、コンピュータ内に仮想の交通環境を再現し、この環境内を自律走行する車両に対する予防安全支援システムの搭載率を変化させ、これによって生じる事故件数やニアミスの発生台数の変化からその効果評価を行うシミュレータである[3]。本報告では、ASSESSの概要及び妥当性の検証結果を示した後、評価対象とする予防安全支援システムとして選定したBrake Assist System (BAS)の効果評価について述べる。

2. ASSESS の概要

ASSESS は、環境モデル、ドライバモデル、車両モデルとこれらを管理するプログラムで構成され

ており、この構成によって仮想空間内を自律走行する車両（エージェント）が出現するマルチエージェントシステムを実現している。

まず ASSESS の開発では、事前に交通事故データの分析を行い、その結果、優先して対策を講じるべき事故形態が出会い頭事故であること、そして、この出会い頭事故が発生しやすい環境が、見通しが悪く、優先道路と非優先道路が交差する信号なし交差点であることといった結論を得ている。そこで、ASSESS では、これら出会い頭事故が発生しやすい環境の条件を満たす実在の交差点（以下、対象交差点と称す）を選定し、この対象交差点を再現した環境で効果評価を行うこととした。

環境モデルは、この対象交差点の交通環境の再現（図1）、エージェントの発生スケジュールの生成、各エージェントの特性割り当て等を担当している。よって、各エージェントは、環境モデルが再現した交通環境内に、環境モデルが出力する発生スケジュールに従って出現し、環境モデルが割り振った特性に従って自律走行を開始する。

ドライバモデルは、ドライバの運転行動を模擬することを担当し、視認した情報に基づいて運転行動を決定し、運転操作量を車両モデルに出力する。

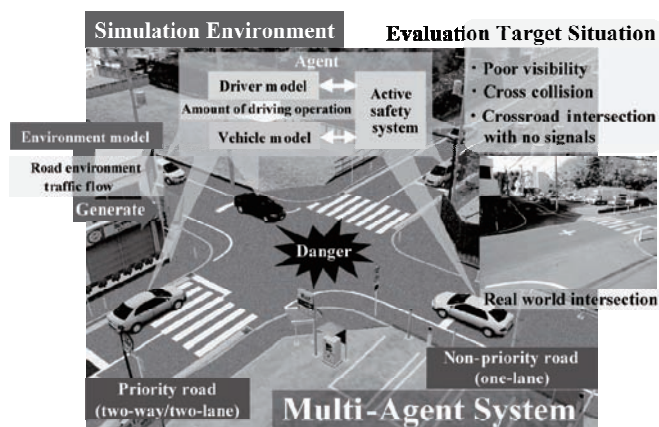


Fig.1 Design concept of ASSESS

車両モデルは、ドライバモデルから出力された運転操作量をもとに時々刻々変化するエージェントの位置座標を算出する。車両モデルは、前後方向移動、前輪回転、後輪回転の3つの自由度をもつ等価2輪車モデルで構成されている。制動時には、車両モデルは、ドライバモデルから受けたブレーキペダル踏力値をもとに自分の位置座標を算出する。

3. ASSESS の交通流に関する妥当性の検証

ASSESS の開発では、交通流を創り出すことができるようになった段階で実交通流に対する妥当性の検証を行った。この妥当性の検証は、対象交差点に非優先道路から進入する車両が交差点を通過するのに要する時間（以下、交差点通過時間と称す）を実交通流データと比較することで行った。エージェントの交差点の通過時間が実車両のそれと同等となるためには、交差点内の挙動が実車両と同等であることが求められる。特に非優先道路から交差点に進入するエージェントは、優先道路の横断、優先道路への左折合流、右折合流といった複雑な自律走行を実車両と同等に行わなければならない。

本検証では、交差点通過時間の定義を車両の中心点が交差点の手前にある停止線を越えた時点から、交差点を通過したのち対向車線に現れる停止線を自身が走行する車線へ延長したラインを通過するまでにかかる時間とした。また、比較対象とした実交通流の交差点通過時間は、対象交差点で9時間行った定点観測で得られた計測データを用いることとした。なお、対象交差点は、南北に延びる優先道路と東西に延びる非優先道路が交差して形成されている。よって、非優先道路から進入するエージェントは、交差点へ東側から進入するものと西側から進入するものの2パターン存在する。

図2及び3に、実交通流で計測された交差点通過時間の平均及び標準偏差と ASSESS による交通流が要した交差点通過時間の平均及び標準偏差を状況（直進、右折、左折）別に示す。図2は、東側から、図3は西側から進入するエージェントについての結果である。これらの結果を用い、挙動（直進、右折、左折）別に実車両とエージェントとの交差点通過時間の同等性について有意差を検証した。その結果、いずれの進入経路及び状況においても有意差が無いことが確認された（Welch の t 検定、危険率 5%）。また、既に先行研究によって、交差点の進入時の車頭間隔と速度分布の同等性も確認されていることから[4]、本検証結果と合わせて交差点進

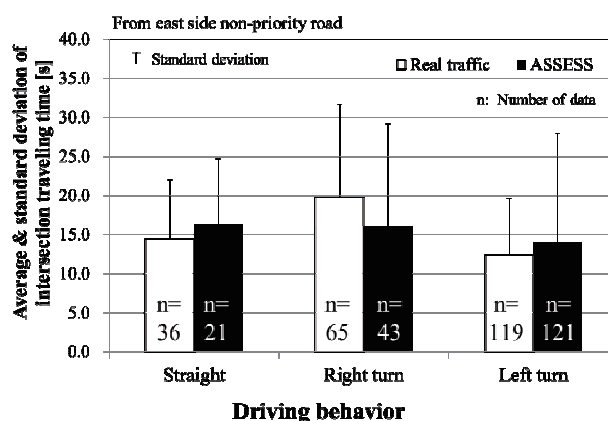


Fig.2 Average & standard deviation of intersection travel time from east side non priority road

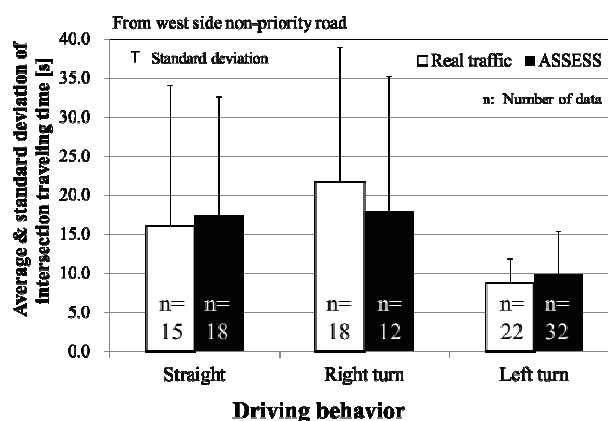


Fig.3 Average & standard deviation of intersection travel time from west side non priority road

入前・進入後の全体として、ASSESS が創り出す交通流の妥当性の一端が確認できたと考える。

4. BAS のアルゴリズム

BAS とは、ドライバが危険を回避するために緊急にブレーキを踏む状態（以下、緊急ブレーキと称す）をブレーキ操作量から検知し、緊急ブレーキが踏まれていると判断した場合に制動力を急速に増加させるシステムである。ASSESS では、この機能をブレーキペダル踏力からブレーキトルクを算出する車両モデルのプロセスで実現した。また、今回、評価対象とした BAS は、踏み込み速度検知型 BAS である。このタイプの BAS は、ドライバのブレーキペダルの踏み込み速度が仕様として定義された閾値を越えた時にドライバが緊急ブレーキを踏んだと判断する BAS であり、既に多くの車両に搭載されている。なお、ASSESS において、ブレーキペダル踏力はドライバモデルによって制動の対象とする車両の視野角、自車速度、相対速度及び相対距離に基づいて時々刻々算出される。そこ

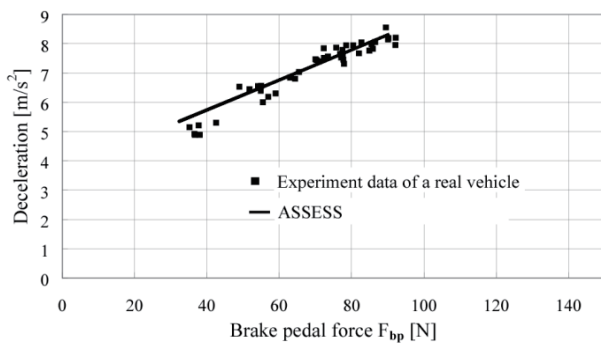


Fig.4 Deceleration of an actual vehicle and simulation results of BAS activation

で、車両モデルでは、このドライバモデルが算出するブレーキペダル踏力値を監視し、ブレーキペダル踏力値の時間変化量（踏み込み速度）が $30[\text{N}]/0.05[\text{s}]$ 以上となった場合に BAS を作動させることとした。車両モデルは、入力されたブレーキペダル踏力 F_{bp} を事前に実験データをもとに作り出した $T_{brake}-F_{bp}$ 特性関数（線形関数）に代入しブレーキトルク T_{brake} を得る。そこで、BAS 作動時の制動力を算出するために、車両モデルにおいて、通常の $T_{brake}-F_{bp}$ 特性関数の他に、この特性関数に一定値を加算するもう一つの $T_{brake}-F_{bp}$ 特性関数を準備し、BAS 作動時にはこの新たに用意した $T_{brake}-F_{bp}$ 特性関数を用いて制動トルクを算出することとした。この加算した一定値が、BAS 作動時に発揮される倍力分に相当する。

なお、図 4 に、実車両が BAS を作動させた場合に示す減速度（黒点）と車両モデルが BAS の作動を模擬した場合に示す減速度（黒線）を比較した結果を示す。その結果、車両モデルによる減速度の推定誤差は平均 2.5[%] であった。

5. BAS の効果評価

5. 1. 対象交差点の通常状況下における評価

今回の BAS の効果評価では、ドライバモデルにブレーキペダル踏力特性の異なる 3 つのタイプ（優良ドライバ型、踏力制限型、踏力過多型）を設けることで操作エラーを模擬する機能を実現した。「優良ドライバ型」のドライバモデルは、操作エラーを発生しないモデルで、混入率（当該の型が組み込まれたドライバモデルが全体に占める割合）を 80[%] とした。「踏力制限型」のドライバモデルは、ブレーキペダル踏力の最大値を優良ドライバ型ドライバモデルの最大ブレーキペダル踏力値の 44[%] に制限したモデルで、混入率を 10[%] とした。このモデルは、緊急時に強くブレー

キを踏むことができないドライバ、すなわち、追突を起こししやすいドライバを模擬したモデルである。一方、「踏力過多型」のドライバモデルは、常に優良ドライバ型ドライバモデルの 195[%] を出力するモデルで、混入率を残りの 10[%] とした。このモデルは、ブレーキペダル踏力の調整が困難でブレーキを強く踏みがちなドライバ、すなわち、追突を起こされやすいドライバを模擬したモデルである。なお、今回の BAS の効果評価では、BAS の搭載率を 0[%] から 100[%] まで 20[%] 刻みに変化させ、各搭載率の事故件数とニアミスの発生台数を求め比較した。ニアミスの定義は、 $4.0[\text{m/s}^2]$ 以上の減速度が発生し、かつ、他車との重心間距離が $6.0[\text{m}]$ 以内の状態が $0.2[\text{s}]$ 以上継続する状態とした。シミュレーションの期間は、720 時間相当（昼間のみ）とし、この期間内に出現した車両は 516,968 台であった。シミュレーションの結果、いずれの搭載率においても事故は発生しなかった。一方、ニアミスは発生したが搭載率によらずほぼ一定（搭載率 6 条件（0,20,40,60,80,100[%]）の平均：139.5 件及び標準偏差：4.84）であった。これより、対象交差点の交通状況下ではニアミスの低減に BAS の普及が寄与しない可能性が示唆された。ただし、これは、BAS の搭載の有無に関わらずニアミスの発生率（ニアミス発生台数／出現台数）が平均 0.027[%] と低いことから、対象交差点の交通状況では BAS が作動する状況が起こりにくいことが一因であると考えられる。

5. 2. 対象交差点の緊急状況下における評価

次に、5.1 節の通常状況下のシミュレーション環境において優先道路を走行する車両の交通流を用いて、急制動が要求されるような緊急状況下における BAS の効果評価を行った。本評価で用いた緊急状況は、まず、優先道路の一方から進入する車両を前方車と後方車の 2 台 1 ペアとして捉え、このペア単位で交差点内に進入させる。そして、前方車が交差点手前の停止線を越えた時点で非優先道路から車両を飛び出させ、その際、前方車は発揮できる最大の減速度で急制動をかけるといった緊急状況を後方車に対して創り出した（図 5）。BAS の効果評価は、この後方車の BAS の搭載率を変化させ、後方車の事故件数、ニアミスの発生台数を算出した。シミュレーション期間内に出現する前方車と後方車のペア数は 7000 ペアとした。なお、後方車には踏力制限型のドライバモデルを組み込むこととした。

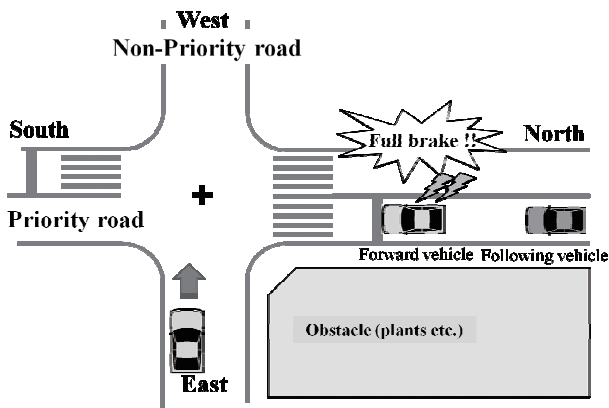


Fig.5 Emergency situation at the target intersection

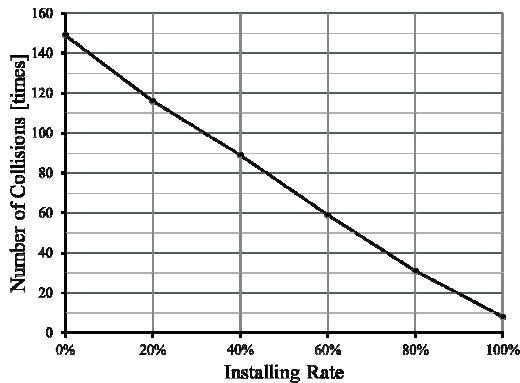


Fig.6 Number of collisions in emergency situation

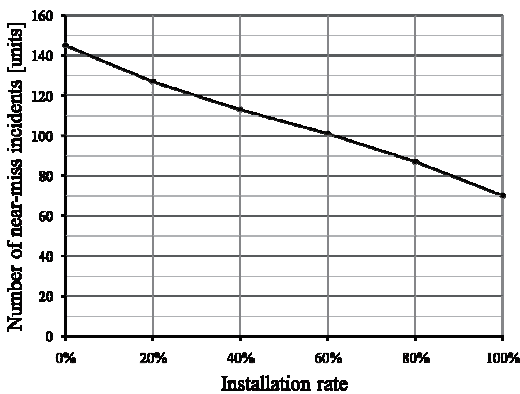


Fig.7 Number of near-miss incidents in emergency situation

図6に搭載率の変化に対する衝突件数の変化を示す。衝突件数は、搭載率0[%]では147件発生したが、搭載率が高くなるにつれて減少し、搭載率100[%]では11件まで減少することが確認された。また、図7に搭載率の変化に対するニアミス発生台数の変化を示す。ニアミスの発生台数は、搭載率0[%]では145台であったが、BASの搭載率が高くなるにつれて事故件数同様に減少し、搭載率100[%]では69台まで減少した。

6. まとめ

ASSESSによって創り出された交通流は、交差点進

入時の速度分布、車頭間隔において実交通流と同等であることが既に確認できていることに加え、交差点の通過時間においても実交通流と有意差がないことが確認された。本研究では、このように一定の妥当性の確認がとれたASSESSを用いて踏み込み速度検知型BASの効果評価を行った。本評価では、まず、対象交差点として選定した実交差点の交通流を同等に再現する状況下で評価を行った。その結果、衝突は発生せず、ニアミス発生台数はBASの搭載率によらずほぼ一定であり、対象交差点で発生している交通状況を再現した今回の環境ではBASの普及による効果は確認できなかった。しかしながら、BASが作動することを想定しているような前方車が突然急制動をかけるという緊急状況下における後方車のBASの効果評価を行った結果、後方車を一定以上の力でブレーキペダルを踏むことができないドライバーが運転していた場合、BASは、衝突、ニアミスともに大きく減少させる効果（衝突：搭載率100[%]で92%減、ニアミス：搭載率100[%]で36%減）が認められた。

今後は、さらに各エージェントの挙動を実車両の挙動に近づけるとともに、他の先進的な予防安全支援システムの効果評価にも取り組む予定である。

参考文献

- [1] Kitaoka, H., Kurahashi, T., Mori, H., Machida, T., Iwase, T.: STREET: Simulator for safety evaluation -Reproduction of traffic accidents and evaluation of safety systems-, 15th ITS world congress, CD-ROM, pp.1-12 (2008)
- [2] Furukawa, Y., Seki, K., Fujikawa, T.: Development of universal driver model for predictive evaluation of drive assist systems, 15th ITS world congress, CD-ROM, pp.1-9 (2008)
- [3] 田中信壽・森田和元・青木義郎・安本まこと・廣瀬敏也：予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS)を用いたブレーキアシストシステムの効果評価に関する検討，自動車技術会春季学術講，演会前刷集，No.39-11，pp.7-12 (2011)
- [4] 青木義郎，関根道昭，田中信壽，森田和元，高木俊介：予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS)のための交通流発生手法，自動車技術会論文集，Vol.41，No.2 pp259-264 (2010).

②⑤ 自動車検査用機械器具の校正要領の高度化について

交通安全研究領域

※松島 和男

塚田 由紀

岡田 竹雄

1. はじめに

自動車検査用機械器具の校正器具は、検査用機械の改善に伴って開発されるべきであり、同時に最新の技術を導入して高精度化及び効率化を図るべきである。そこで、自動車検査用機器の校正要領を見直し、今後改善すべき項目を抽出し、新しい測定器の提案を行ったので報告する。

2. 自動車検査用機械器具の校正要領の見直し

2. 1. ブレーキ・テスト

ブレーキ・テスト用校正器を用いた校正状況を図1に示す。現行の校正要領は荷重用アームのアームフックをローラ半径の10倍のアーム上における長さの穴に取り付け、三脚の巻き上げハンドルを回して、秤の指示計を見ながら指定の制動力に合わせた状態で、テストの指示値を読み取り、データ用紙に書き取る方式である。そこで、指示値を自動で読み取ることで読み取り誤差を解消し、これを電子データ化することで校正結果の管理と校正結果証明書の発行が容易にできるように提案し、現在既に実現している。

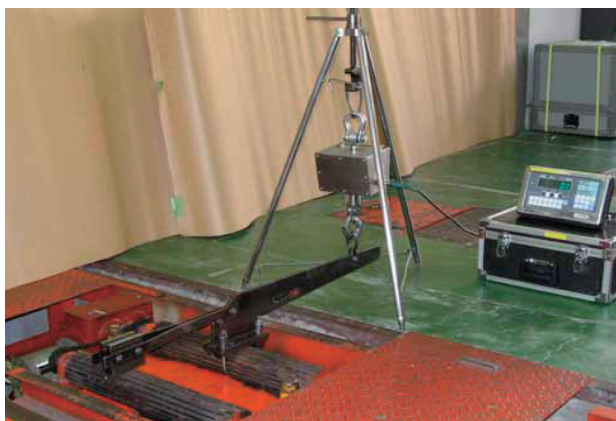


図1 ブレーキ・テスト用校正器

また、荷重用アームでの荷重をかける位置を固定し、ローラ半径を設定した後、校正に使用する制動力を表示させる等、校正の効率化を目的とする改善点を抽出した。

2. 2. 前照灯試験機

前照灯の開発は著しく、特にLEDを光源とする前照灯は、複数の発光点をもつことが従来と異なる。現在の検査機器でもLED前照灯に確実に対応できるよう、校正機器の改善が必要である。同時に、今後導入が予測される色の測定も考慮し、校正器を試作する。

2. 3. その他

速度計試験機、サイドスリップ・テスト、黒煙測定器及び音量計の校正要領についても、効率化、高精度化を目指して見直した。全ての検査用機器について、測定結果を電子データ化し、オンラインで校正結果の一括管理と校正結果証明書の発行が容易にできるようにした。

3. 振子式摩擦係数測定器の試作

3. 1. ブレーキ・テスト用ローラの現状について

現行のブレーキ・テストについて、設置後3年以内、6~7年、8年以上の3つに分類し、検査機器製造メーカー別に各1ヶ所、合計12ヶ所のブレーキ・テスト用ローラの摩擦係数及び摩耗量について調査した。その結果を図2に示す。なお、摩擦係数は当研究所所有の試験車に6分力計を装着し、タイヤにかかる最大制動力をタイヤにかかる接地荷重で除して求めた。摩耗量は、表面形状測定器により溝の高さの変化から算出した。

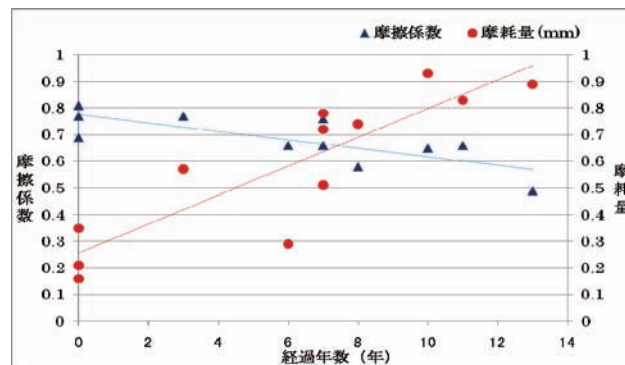


図2 設置後の経過年数と摩擦係数及び摩耗量

これより、設置後の経過年数とローラの摩擦係数には相関があることが分かる。今回測定した設置後8年のブレーキ・テスト用ローラが摩擦係数0.58、設置後13年のものは0.49と非常に低い値であることが分かった。これらは交換することになった。

3. 2. 振子式摩擦係数測定器の試作について

3. 2. 1. ローラ表面の摩擦係数の測定方法

ブレーキ・テスト用ローラ表面が摩耗すると摩擦係数が低下することから、ローラ表面の摩擦係数を測定することでブレーキ・テストの精度を確保し、管理することができる。そこで、摩擦係数を的確に測定できる振子式摩擦係数測定器を試作した(図3)。

本測定器の押付荷重の設定精度を3%以下に押さえたため、同一条件で摩擦係数を測定した場合の測定値のバラツキは5%以下であった。

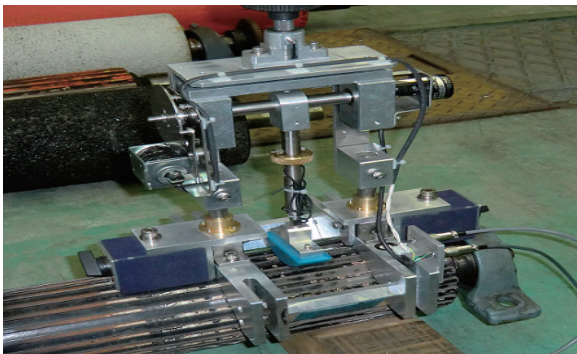


図3 振子式摩擦係数測定器

3. 2. 2 振子式摩擦係数測定器による測定結果

振子式摩擦係数測定器を使用して、設置後4年経過した大小兼用型のブレーキ・テスト用ローラ(図4)の摩擦係数を測定した。摩擦係数 μ は次の式から算出される。

$$\mu = C \times (\sin(90 - \theta_a) - \sin \theta_b)$$

θ_a : 1回目の振上げ角度(真下からの角度)

θ_b : 振子回転部分の摩擦抵抗による損失角度(約1度)

C: ブレーキローラ毎に定まる定数。



図4 大小兼用型のブレーキ・テスト用ローラ

測定箇所はブレーキの測定部分として使用されなかったと推定される、ブレーキ・テスト用ローラ表面で摩耗していない部分(図4-①)と十分使用した

と推定される摩耗している部分2ヶ所(図4-②③)を選定し、それぞれ5回測定した。測定結果を図5に示す。

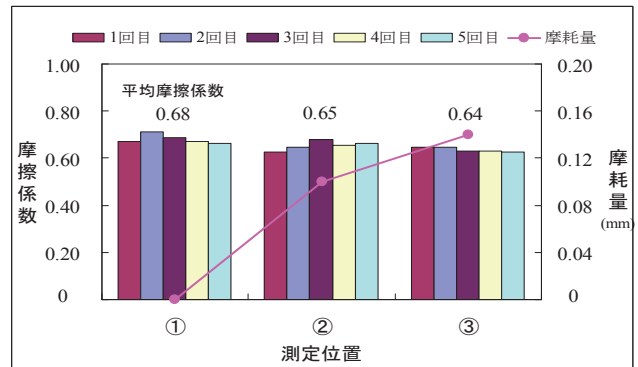


図5 摩擦係数測定結果

この結果、ブレーキ・テスト用ローラ表面で摩耗していない部分(測定点①-平均摩擦係数0.68)より、摩耗している部分(測定点②③-摩擦係数0.65及び0.64)の摩擦係数が0.03~0.04低い値となった。また、摩耗量は表面形状測定器により測定した結果、測定点②で0.10mm、測定点③で0.14mmであった。

なお、今回用いたブレーキ・テスト用ローラは大小兼用テスト用のため耐摩耗性が高いため、図2の結果に比べると摩耗量は低くなっている。

これらの結果から、今回、試作した振子式摩擦係数測定器はブレーキ・テスト用ローラ表面の摩擦係数の低下状況を把握するために、十分使用可能であると考えられる。

4. まとめ

- ① 自動車検査用機械器具の校正要領全体について、測定結果の電子データ化を図り、パソコン等で成績書の発行が容易にできるシステムの仕様を検討した。
- ② 今回試作した振子式摩擦係数測定器を用いると、ブレーキ・テストの校正時間、手順の効率化につながり、かつ、十分な精度を有することが分かった。
- ③ ブレーキ・テストの校正要領を見直し、現状の校正器を改良し、電子データとして取り込めるデータ収録・解析装置を導入することとした。

また、ブレーキ・テスト用ローラの摩擦係数を測定することで、摩擦係数の低下が顕著な場合、ローラ部分のみを交換するよう提言した。

今後、校正用器具の高度化を図ることにより、校正結果の統計的な管理、分析等の実施に役立つことができると考えられる。

■ 受託・施設利用等について

■ 受託・共同研究について

皆様のご要望に応じて、当所の研究業務に関連した受託研究、試験及び共同研究を行っています。
詳細については、企画室（kikaku@ntsel.go.jp）へお問い合わせください。

● 実績（受託元）

関係省庁（国土交通省、環境省、文部科学省 等）、関係団体（鉄道建設・運輸施設整備支援機構、
等）、民間企業 等

年間50件以上

■ 施設利用について

ご希望される方には施設を有償でお貸ししています。希望される方は総務課（soumu@ntsel.go.jp）
までご連絡ください。なお、貸与は、研究所の業務に支障のない範囲で一定の基準の下となります
ので、予めご了承ください。

平成23年度 交通安全環境研究所フォーラム2011 講演概要

平成23年11月7日 発行

編集兼発行人 独立行政法人 交通安全環境研究所

発行所 独立行政法人 交通安全環境研究所

〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27

URL <http://www.ntsel.go.jp/>

本書についてのお問い合わせは、企画室までお願い致します。

交通安全環境研究所 企画室

電話 (0422) 41-3207

FAX (0422) 41-3233

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

○リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。