

平成22年度
交通安全環境研究所フォーラム2010
講演概要

平成22年11月24日(水)・25日(木)
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

これからの日本社会は、少子高齢化、財政再建、地球温暖化、資源エネルギー問題、激化する国際競争など深刻な課題に直面することが想定されます。このような中で、市民の生き生きとした暮らしや活発な経済活動を支えるモビリティの役割はより一層重要となっていくとともに、人々の交通行動のあり方や、自動車、鉄道等の技術が大きく変革していくことが予想されます。

本フォーラムでは、陸上交通等の分野における安全・環境・エネルギーに関する行政支援研究に積極的に取り組んできた当所の研究成果のご紹介に加え、幅広い関係者をお招きして、自動車や公共交通の未来像、行政機関の果たすべき役割などについてのインタラクティブで広範な政策・技術議論を展開する予定です。

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・安心で環境にやさしいモビリティ社会づくり、あるいは我が国技術の国際展開に必要な仕組みづくり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て参りたいと思っております。

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22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

Time Table

テーマ：我が国の近未来自動車戦略と交通行政・交通研の役割

2010.11.24 (水)

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	■招待講演 京都大学 教授:塩路 昌宏 自動車エンジン技術の発展シナリオ
【環境対応自動車の展開と国・交通研の役割】	
10:40~11:00	■講演1 環境研究領域長:後藤 雄一 環境対応自動車のあり方と交通研の役割 次世代自動車に関して、車両の特性を踏まえた適切な導入分野、使用方法等のあり方を示し、環境対応自動車の普及のために、今後国や交通研が果たすべき役割について考える。
11:00~11:25	■講演2 環境研究領域 主席研究員:河合 英直 電気駆動自動車の展開と課題 CO2削減目標達成のために、輸送機関への更なる電力活用は必須。電気駆動車両を効果的に活用していくための電気駆動車両の展開シナリオと交通研として検討しておくべき課題について述べる。
11:25~11:50	■講演3 環境研究領域 副研究領域長:佐藤 由雄 新燃料自動車の将来に向けた提案 新燃料自動車の環境・燃費等の性能を従来車と比較した上で、総合的なCO2対策の観点、LCA評価の必要性も示し将来性を検討。環境・エネルギー・資源問題を踏まえた燃料多様化の考え方と新燃料自動車の方向性について提案する。
11:50~13:05	休憩(ポスターセッション)
13:05~13:35	■招待講演 国土交通省自動車交通局 技術安全部長:木場 宣行 自動車安全行政の主な課題について
【自動車安全技術の将来と国・交通研の役割】	
13:35~13:50	■講演4 自動車安全研究領域長:安藤 憲一 より安全なクルマ社会の実現と交通研の役割 自動車安全に関する交通研の取り組みについて、現状と将来の方向性について解説する。
13:50~14:20	■講演5 自動車安全研究領域 主席研究員:松井 靖浩 人の衝突被害を軽減するための自動車の安全対策について 交通弱者保護対策の重要な課題をドライブレコーダの分析特徴について解説し、頭部の衝突状況を生体工学に基づき分析した結果などを紹介。車両における現在の歩行者保護基準、今後の対策や評価手法のあり方を提案する。

TIME	講演内容
14:20~14:40	■講演6 自動車安全研究領域 研究員:廣瀬 敏也 被害軽減及び衝突回避システムに関する技術の現状と将来 交通事故防止技術の国際基準の動向と解決すべき問題点について、交通研が果たす役割について述べる。これら技術の成熟がもたらすであろう今後の自動車の変容について解説する。
14:40~15:00	■講演7 自動車安全研究領域 主席研究員:塚田 由紀 視覚情報に関するドライバの認知支援技術とその将来について 現在、配光を自動的に調節する前照灯や、見えにくい場所を映し出すカメラモニタなどの開発が進んでいる。センシング技術と組み合わせれば高齢ドライバの注意力低下を支援することも可能。これらの技術を概観し、将来性について解説する。
【審査からみた最新技術動向と国際基準調和活動への戦略】	
15:00~15:15	■講演8 自動車審査部 先任自動車審査官:家辺 健吾 審査からみた安全・環境に係る新技術動向 型式指定等に申請された自動車に採用されている新技術の動向を整理し、安全で安心な社会の実現、排ガス規制等基準の強化、低燃費への消費者ニーズの高まり等に対してどのような技術を用いて対応しているかについて解説する。
15:15~15:30	■講演9 自動車基準認証国際調和技術支援室長:成澤 和幸 新技術に関する国際基準調和活動における交通研の役割 環境対策、燃費対策、安全対策のための新技術に関する国際基準調和活動において、交通研が取り組んでいる課題について概説する。あわせて我が国はどのような国際戦略を取るべきか考える。
15:30~16:00	休憩(ポスターセッション)
16:00~16:50	■パネル討論 自動車交通社会の新たな未来へ 【パネリスト】 ●塩路 昌宏:京都大学教授 ●益子 邦洋:日本医科大学教授 ●和辻 健二:国土交通省自動車交通局技術安全部技術企画課長 ●高橋 信彦:日本自動車工業会 安全・環境技術委員会 安全部会長 ●野田 明:理事 【司会】 星 明彦:企画室長

Time Table

テーマ：今後の公共交通のあり方とそこで期待される技術

2010.11.25 (木)

TIME	講演内容
10:00~10:30	■招待講演 九州大学大学院 教授:角 知憲 持続可能な都市とこれからの公共交通
10:30~10:50	■講演1 交通システム研究領域長:水間 毅 今後の公共交通のあり方と技術に対する交通研の対応 今後の公共交通は、少子高齢化、地方経済の活性化、国際化も意識しなければならない。今後は、従来の鉄道技術とは異なる発想が求められる。こうした公共交通の今後のあり方と技術の方向性に対して、交通研の果たす役割を述べる。
【地球温暖化対策や高齢化対策としての公共交通のあり方】	
10:50~11:10	■講演2 交通システム研究領域 主席研究員:大野 寛之 LRT国際ワークショップから得た 今後の公共交通のあり方 平成22年11月に沖縄で開催した『第4回LRT国際ワークショップ』の報告。戦後65年に渡り鉄軌道のないまま過ごした沖縄。そこでの軌道系公共交通復活の取り組みは、大きな波及効果が期待される。
11:10~11:30	■講演3 交通システム研究領域 上席研究員:林田 守正 バイモーダル交通システムの現状と今後 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」の研究開発の中からバリアフリーの低床試験車両、非接触案内技術、離合集散運行支援システム、電気動力機構の高度化等に関する成果を報告する。
11:30~11:50	■講演4 環境研究領域 研究員:水嶋 教文 地域公共交通と協調するための自動車の 新たな機能と課題解決に向けて 温室効果ガス排出量を削減するためには、積極的な公共交通機関の利用と、自動車単体での温室効果ガス排出量の削減が欠かせない。これらを促進するための自動車の新たな機能および課題を分析し、交通研の役割について述べる。
11:50~13:10	休憩(ポスターセッション)
13:10~13:40	■招待講演 日本大学 教授:中村 英夫 公共交通の成長戦略
【日本の公共交通技術の海外展開への期待】	
13:40~14:00	■講演5 交通システム研究領域 副研究領域長:廣瀬 道雄 鉄道技術の国際規格化と交通研の果たす役割 地球環境問題への対応の観点から鉄道が注目され、多くの国が鉄道整備を検討・推進。鉄道システムの国際規格の現状と我が国の優れた技術を国際規格化するための交通研の取り組みについて報告する。

TIME	講演内容
14:00~14:20	■講演6 交通システム研究領域 主任研究員:長谷川 智紀 国際規格への適合性評価と交通研の果たす役割 国内の鉄道システムを海外へ展開するにあたり、国際規格やEN規格等への適合性評価を第三者機関で受けることを要求され、海外展開のハードルとなっている。交通研における国際規格適合性評価についての検討状況について報告する。
【公共交通の現状の課題と技術への期待】	
14:20~14:40	■講演7 交通システム研究領域 上席研究員:佐藤 安弘 地方鉄道の保守に係る革新的技術 —ブローブ車両による保安全性向上対策— 安全を確保しつつ保守の省力化を図ることが、地方鉄道の維持発展を図る上で重要なテーマ。軌道の巡回目視や手検測作業を補完し、軌道状態の変化をいち早く発見・監視する目的に使用できるブローブ車両を適用した保守技術について報告する。
14:40~15:00	■講演8 交通システム研究領域 研究員:工藤 希 地方交通に適用可能な画像処理技術 —画像センサによる予防保全検討例— 地方鉄道においては、利用者数の減少から、安全を確保しつつ保守の省力化を図ることが重要。画像センシングにより、車上から地上設備の状態を確認し、故障を未然に防ぐことを目的とした研究を行い、ここではその一部を報告する。
15:00~15:30	休憩(ポスターセッション)
15:30~16:40	■パネル討論 今後の公共交通に期待するもの、 そして鉄道技術の国際化戦略 【パネリスト】 ●北原 政宏:国土交通省 鉄道局 鉄道国際推進室長 ●角 知憲:九州大学大学院 教授 ●中村 英夫:日本大学 教授 ●石塚 理:川崎重工業株式会社 車両カンパニー理事 ●松本 雅行:東日本旅客鉄道株式会社 執行役員 ●緒方 正剛:交通システム研究領域 副研究領域長 【司会】 野田 明:理事
16:40~16:45	閉会の挨拶 理事:野田 明

1. 電気駆動系自動車におけるエネルギー回生制御の実態把握とその最適化について

奥井 伸宜(発表者)・新国 哲也・河合 英直

2. 電動車用リチウムイオン電池の劣化と熱的、電氣的負荷の影響度について

新国 哲也(発表者)・小鹿 健一郎・河合 英直

3. バイオディーゼル燃料使用時における新長期規制適合車の排出ガス性能評価とアンケート調査による使用実態の把握

川野 大輔(発表者)・水嶋 教文・石井 素

4. バイオディーゼル燃料の尿素 SCR システムへの適用性に関する研究

水嶋 教文(発表者)・川野 大輔・鈴木 央一・石井 素・後藤 雄一

5. 合成軽油(FTD)自動車の開発試作・実用化 -実用性と水素化バイオ燃料(HVO)との混合燃料のポテンシャル-

石井 素(発表者)・川野 大輔・鈴木 央一・北野 康司(トヨタ自動車)
内田 登(日野自動車)/岡部 伸宏(昭和シェル石油)/高木 恒輝(国土交通省)/末藤 祐二(東京都環境局)

6. スーパークリーンディーゼル(SCD)エンジンにおける新展開

鈴木 央一(発表者)・石井 素・川野 大輔/青柳 友三(新エイシー)

7. 大型天然ガストラックの実証運行試験の成果と普及への課題

後藤 雄一(発表者)/杉本 秀夫・佐藤 裕人・小森 誠(日本ガス協会)

8. 尿素 SCR 車、ハイブリッド車から排出される亜酸化窒素およびメタン(温室効果ガス)の FTIR(フーリエ変換赤外分光)分析

山本 敏朗(発表者)・堤 玲子/岩田 恒夫・小川 恭弘(岩田電業)/
加藤 裕(日本MKS)

9. 走行中の高騒音車両の自動センシング技術に関する研究 -公道での検証試験-

宝渦 寛之(発表者)・坂本 一朗・田中 文晴・村上 孝行/
石濱 正男(神奈川工科大学)/猿渡 克己(小野測器)

10. 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について

坂本 一朗(発表者)・田中 文晴・宝渦 寛之/
板崎 龍介・是則 武志・大野 敬介(国土交通省)

11. 自動車から排出される未規制物質のリアルタイム計測法

山田 裕之(発表者)

12. 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

廣瀬 敏也(発表者)・波多野 忠・児島 亨・谷口 哲夫

13. 駆動用蓄電池搭載車両の安全性評価について

田中 良知(発表者)・伊藤 紳一郎・米澤 英樹・松井 靖浩・細川 成之・
松村 英樹・長谷川 智紀・河合 英直・新国 哲也

14. ドライビングシミュレータを活用した通信利用型安全運転支援システムのヒューマンマシンインターフェース(HMI)に関する検証実験(続報)

児島 亨(発表者)・波多野 忠・廣瀬 敏也・田中 信壽・桃井 恵美

15. 自動車の側面衝突時におけるカーテンエアバッグの効果について

細川 成之(発表者)・米澤 英樹・田中 良知・松井 靖浩

16. 大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故について

細川 成之(発表者)・齋藤 皓二・田中 良知

17. 夜間運転時における歩行者認知特性の解析と予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用

青木 義郎(発表者)・森田 和元・田中 信壽・塚田 由紀

18. 後写鏡の代替としてのカメラ・モニタシステムに関する調査

松村 英樹(発表者)・塚田 由紀・岡田 竹雄・青木 義郎

19. シミュレーション技術と鉄道信号の安全

吉永 純(発表者)・工藤 希

20. 索道情報のデータベース化と安全性向上

日岐 喜治(発表者)・千島 美智男・佐藤 久雄

21. ブローブ車両と運転状況記録装置の融合

森 裕貴(発表者)・長谷川 智紀・緒方 正剛・水間 毅/網島 均(日本大学)

22. 画像認識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

23. エコライドプロジェクトについて

千島 美智男(発表者)・水間 毅

24. 索道のインシデント分析結果について

佐藤 久雄(発表者)・千島 美智男・日岐 喜治

招待講演者・パネリストプロフィール

24日(水)招待講演者



こば のぶひこ
木場 宣行 国土交通省自動車交通局 技術安全部長
昭和55年4月 運輸省入省
平成16年7月 政策統括官付政策評価官
平成17年8月 自動車交通局技術安全全部環境課長
平成18年7月 同技術企画課長
平成20年7月 東北運輸局長
平成22年8月 国土交通省自動車交通局 技術安全部長

■講演概要 交通事故死者数・死傷者数は車両安全対策等により著実に減少している。今後も、交通事故のない社会を目指していく観点から、近年の交通事故実態とこれを踏まえた課題等について述べる。

24日(水)招待講演者・パネリスト



しまし まさひろ
塩路 昌宏 京都大学 教授
昭和50年 昭和62年
京都大学工学部卒業 京都大学助教授
(工学部機械工学科)
昭和55年 京都大学大学院機械工学 平成8年
第二専攻博士後期課程修了 京都大学教授(大学院エネ ルギー科学研究科)
(工学部機械工学科)

■専門分野 燃焼工学、内燃機関、動力システム、熱流体工学
■主な研究内容 高効率クリーンエンジンの開発 / 代替エネルギーの最適利用 / 燃焼機構解明のための基礎研究
■講演概要 現代生活に不可欠な存在となった自動車は、安全、環境、資源、エネルギーに関する様々な課題への対応が求められる。とくに近年は、クリーンかつ高効率なエンジンシステムの開発が急務であり、電装、電子制御技術や材料・触媒科学の最先端しい発展をベースとして、多くの先進技術の導入が期待されている。ここでは、燃料・燃焼・後処理の各段階におけるそれらの現状を俯瞰するとともに、これからの技術発展シナリオについて展望する。現在、自動車技術会副会長、日本機械学会関西支部長、日本燃焼学会理事、環境省中央環境審議会専門委員、国土交通省各種検討委員会、大阪府環境審議会、京都府自動車環境対策協議会、等委員

24日(水)パネリスト



ましこ きひろ
益子 邦洋 日本医科大学 教授
昭和53年1月 平成11年5月
日本医科大学附属病院 日本医科大学千葉北総
救命救急センター 病院、救命救急
センター長
昭和59年10月 平成16年4月
同 講師 日本医科大学 救急医
平成3年4月 日本医科大学
救急医学科助教授 学科教授

■専門分野等 救急医学、外傷外科学、航空医学、病院前救急診療、医工連携、外傷予防研究、自動車アセスメント評価検討会委員、NPO法人救急ヘリ病院ネットワーク理事、中央交通安全対策会議専門委員、車両安全対策総合検討事故分析部会検討員、千葉県警察本部交通事故調査委員会委員、交通事故総合分析センター調査研究委員、NPO法人日本外傷診療研究機構理事、千葉県医師会救急災害医療対策委員会委員

24日(水)パネリスト



わに けんじ
和辻 健二 国土交通省自動車交通局技術安全部 技術企画課長
昭和57年4月 運輸省入省
平成14年8月 国土交通省自動車交通局技術安全部技術企画課国際業務室長
平成19年7月 同審査課長
平成20年7月 同整備課長
平成22年8月 同技術企画課長

■担当分野 国土交通省自動車交通局技術安全部技術企画課長として、自動車安全基準、先進安全技術、国際基準調和、自動車検査等を担当。

24日(水)パネリスト



たかはし のぶひこ
高橋 信彦 日本自動車工業会 安全・環境技術委員会 安全部会長
日産自動車 企画・先行技術開発本部 車両性能開発部長
昭和58年 平成18年5月
日産自動車(株)入社 日本自動車工業会
安全・環境技術委員会 安全部会長
衝突実験、衝突シミュレーション、米固駐在などを経て 平成22年4月
平成18年4月 企画・先行技術開発本部 車両性能開発部長
エキスパートリーダー

■担当分野 入社後、衝突安全性能、衝突安全装備の開発に従事。安全部会長就任以降、予防安全技術、飲酒運転防止技術、高齢者対応等に幅広く携わる。最近では、HEV/EVの静音性問題に関わる。

24日(水)パネリスト



のだ あきら
野田 明 交通安全環境研究所 理事
昭和49年4月/運輸省入省 平成16年6月/独立行政
交通安全公害研究所に 法人交通安全環境研究所
配属 研究員 環境研究領域長
昭和61年10月/運輸省 平成16年12月/独立行政
交通安全公害研究所 法人交通安全環境研究所
燃費性能研究室長 理事
平成13年4月/独立行政
法人交通安全環境研究所
エネルギー技術研究室長

■専門分野 パワートレイン技術、排気ガス後処理技術、環境性能試験評価技術等の環境分野。最近では、環境と安全の双方分野を担当
■主な学会委員(現在):
・自動車技術会規格会議4課シャシダイナモ性能試験法分科会
・自動車技術会「歩行者事故予防安全システムのあり方に関する研究会」委員長

25日(木)招待講演者・パネリスト



つな とものり
角 知憲 九州大学大学院 教授
昭和58年1月 東京大学助教授・工学部
昭和58年6月 九州大学助教授・工学部
平成3年8月 九州大学教授・工学部
平成10年4月 九州大学大学院教授・工学研究科

■専門分野 交通計画、とくにその一部である交通需要予測のための基礎的分野である交通行動のモデル化を目的として、公共交通機関の利用者の行動を中心的な対象とする。科学的方法論原理主義的なアプローチを試みている。大学院学生のころから、鉄道の軌道力学や交通機関に関わる環境の問題にも興味を持っている。
■講演概要 資源・エネルギーの大量消費による地球環境が問題になる一方、人口減少と高齢化の進行にともなう我が国に荒廃の恐れが生じている。公共交通は、これら2つの問題にともに有用な処方箋の一つを提出する可能性がある。そこで、すでに自動車の普及が進んでしまった都市において公共交通の有効利用によって、これら2つの問題に対処する具体的な方策、そのため求められる公共交通の技術的進歩の方向は何かを考えてみる。

25日(木)招待講演者・パネリスト



にしむら ひろお
中村 英夫 日本大学 教授
昭和43年4月 国鉄入社
昭和47年3月 国鉄 鉄道技術研究所に配属
昭和62年4月 国鉄改革により(財)鉄道総合技術研究所へ
平成6年4月 日本大学 理工学部 教授

■専門分野 列車制御システム、情報応用工学、システム安全性工学
■講演題目 公共交通の成長戦略
■講演概要 公共交通の成長に不可欠な視点を探り、その視点から現状の公共交通の問題点を考察する。さらに、長期的ビジョンに立って公共交通事業の役割分担、そしてそれぞれに課せられた技術課題と展望を述べる。

25日(木)パネリスト



きたはら まさひろ
北原 政宏 国土交通省 鉄道局 鉄道国際推進室長
平成6年4月 平成18年7月/国土交通省
運輸省港湾局入省 四国地方整備局
企画部技術企画官 企画部技術企画官
平成14年11月 国土交通省 鉄道局 平成19年7月/国土交通省
施設課 課長補佐 四国地方整備局
平成17年4月/国土交通省 高知港湾、
関東地方整備局 空港整備事務局長
東京空港整備事務所 平成22年4月/
副所長 国土交通省 鉄道局
平成18年4月/国土交通省 鉄道国際標準化推進室長
関東地方整備局 (車両工業企画室長)
港湾空港部 国土交通省
東京国際空港対策官

■専門分野 学生時の専門は土木工学。入省して前半の8年は港湾分野を担当。後半は、航空、鉄道と分野の多様化が進んでいます。現在は、鉄道車両と国際規格を担当しています。

25日(木)パネリスト



いしづか まさし
石塚 理 川崎重工工業株式会社 車両カンパニー 理事
昭和52年/東京大学工学部 平成12年/台湾新幹線プロ
機械工学科修士課程修了後、 ジェクト、日本連合制プロジェクトマネージャーに就任。
川崎重工(株)車両事業 本部設計部に配属、200系新幹線の開発に従事。 平成19年1月/台湾新幹線開業
平成21年/プロジェクト本部長
昭和63年/シンガポール MRTプロジェクトの現地プロジェクトマネージャーに就任。 兼任、海外プロジェクト全般、
高速車両を担当。
平成3年~平成12年/JRの 平成22年10月/
各種新幹線車両開発に従事 (高速度車、海外案件担当)
(300系、500系、700系、E4系等)

川崎重工に入社以来、200系新幹線車両の設計を皮切りに、途中外プロジェクトなども担当しながら新幹線車両の設計を中心に従事。2000年からは日本初の新幹線技術の輸出案件となった台湾高速鉄道プロジェクトの日本連合の副プロジェクトマネージャーに就任した。川崎重工は、そのプロジェクトで360両の車両総責任を負い、日本車輦、日立製作所とともに車輦の設計・製造を行うとともに、JRの支援を受けて運転・保守計画等の業務を担当した。なお、台湾新幹線(正式には台湾高速鉄道)は2007年1月に正式開業し、現在では平均10万人/日という輸送量で、文字通り台湾の大動脈になっている。

25日(木)パネリスト



まつもと まさひこ
松本 雅行 東日本旅客鉄道株式会社 執行役員
昭和47年4月 平成15年6月
日本国有鉄道入社 設備部 担当部長
昭和62年4月 (信号革新プロジェクト)
平成19年6月
東日本旅客鉄道株式会社 理事 信号システム管理
センター所長
平成11年2月 平成20年6月
運輸車両部 担当部長 執行役員
(新ATCプロジェクト)

■専門分野 鉄道業務として新幹線輸送管理システムの計画・設計、その後在来線デジタルATCシステムの設計・施工管理を担当。現在は信号システム全般の開発・計画の指導管理の業務を行うとともに、国際規格業務として無線列車制御に関する新規規格をIECに提案し、その国際アドホックグループコンピニャを勤めている。専門は鉄道信号制御システムでアシュアランス技術、自律分散制御技術、信頼性・安全性技術

25日(木)パネリスト



おがた せいごう
緒方 正剛 交通安全環境研究所 交通システム研究領域副領域長
昭和57年4月 日本国有鉄道東京第二工務局
昭和61年4月 運輸省交通安全公害研究所交通公害部
平成16年6月 交通安全環境研究所交通システム研究領域
平成21年7月 交通安全環境研究所 交通システム研究領域副領域長

■専門分野 鉄道の騒音予測手法の精度向上、鉄道の軌道メンテナンスの管理手法などの研究に従事

2階レセプションホールでは「ポスターセッション」を行います。

昼休みとコーヒープレイクには説明パネルの前に担当者が待機しておりますので是非ご参加ください。

【お願い】

- 講演中は、会場が暗くなることがありますので、予めご了承願います。
- ビデオ・写真・レコーダ等による撮影及び録音はご遠慮ください。
- 会場内では、携帯電話はマナーモードに設定のうえ、通話をご遠慮ください。
- 全館禁煙ですので喫煙はご遠慮願います。
- アンケートにご協力願います。
- ゴミはお持ち帰りください。

目 次

題 目	所 属	発表者名(※講演者)	頁
24日の講演(ウ・タント国際会議場)			
【環境対応自動車の展開と国・交通研の役割】			
講演1 環境対応自動車のあり方と交通研の役割	環境研究領域長	後藤 雄一	1
講演2 電気駆動自動車の展開と課題	環境研究領域 主席研究員	河合 英直	9
講演3 新燃料自動車の将来に向けた提案	環境研究領域 副研究領域長	佐藤 由雄	17
【自動車安全技術の将来と国・交通研の役割】			
講演4 より安全なクルマ社会の実現と交通研の役割	自動車安全研究領域長	安藤 憲一	25
講演5 人の衝突被害を軽減するための自動車の安全対策について	自動車安全研究領域 主席研究員	松井 靖浩	33
講演6 被害軽減及び衝突回避システムに関する技術の現状と将来	自動車安全研究領域 研究員	廣瀬 敏也	41
講演7 視覚情報に関するドライバの認知支援技術とその将来について	自動車安全研究領域 主席研究員	塚田 由紀	49

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

【審査からみた最新技術動向と国際基準調和活動への戦略】

講演8 審査からみた安全・環境に係る新技術動向	自動車審査部 前任自動車審査官	家 辺 健 吾	57
----------------------------	-----------------	---------	----

講演9 新技術に関する国際基準調和活動における交通研の役割	自動車基準認証国際調和技术支援室長	成 澤 和 幸	65
----------------------------------	-------------------	---------	----

25日の講演(ウ・タント国際会議場)

講演1 今後の公共交通のあり方と技術に対する交通研の対応	交通システム研究領域長	水 間 毅	73
---------------------------------	-------------	-------	----

【地球温暖化対策や高齢化対策としての公共交通のあり方】

講演2 LRT国際ワークショップから得た今後の公共交通のあり方	交通システム研究領域 主席研究員	大 野 寛 之	81
------------------------------------	------------------	---------	----

講演3 バイモーダル交通システムの現状と今後	交通システム研究領域 上席研究員	林 田 守 正	89
---------------------------	------------------	---------	----

講演4 地域公共交通と協調するための自動車の新たな機能と課題解決に向けて	環境研究領域 研究員	水 嶋 教 文	97
---	------------	---------	----

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

【日本の公共交通技術の海外展開への期待】

講演5
鉄道技術の国際規格化と交通研の果たす役割

交通システム研究領域 副研究領域長 廣瀬 道雄 105

講演6
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 主任研究員 長谷川 智紀 113

【公共交通の現状の課題と技術への期待】

講演7
地方鉄道の保守に係る革新的技術
—プローブ車両による安全性向上対策—

交通システム研究領域 上席研究員 佐藤 安弘 121

講演8
地方交通に適用可能な画像処理技術
—画像センサによる予防保全検討例—

交通システム研究領域 研究員 工藤 希 129

ポスターセッション(2階レセプションホールにて24日、25日両日開催)

①電気駆動系自動車におけるエネルギー回生制御の実態把握とその最適化について

環境研究領域 奥井 伸宜 138
新国 哲也
河合 英直

②電動車用リチウムイオン電池の劣化と熱的、電氣的負荷の影響度について

環境研究領域 新国 哲也 142
小鹿 健一郎
河合 英直

③バイオディーゼル燃料使用時における新長期規制適合車の排出ガス性能評価とアンケート調査による使用実態の把握

環境研究領域 川野 大輔 146
水嶋 教文
石井 素

④バイオディーゼル燃料の尿素SCRシステムへの適用性に関する研究

環境研究領域 水嶋 教文 148
川野 大輔
鈴木 央一
石井 素一
後藤 雄一

題 目	所 属	発表者名(※講演者)	頁
⑤合成軽油(FTD)自動車の開発試作・実用化 ー実用性と水素化バイオ燃料(HVO)との 混合燃料のポテンシャルー	環境研究領域 トヨタ自動車 日野自動車 昭和シェル石油 国土交通省 東京都環境局	石井素輔 川野大輔 鈴木北司 野内登 田部伸宏 岡部恒輝 高木輝二 末藤祐二	152
⑥スーパークリーンディーゼル(SCD)エンジンにおける新展開	環境研究領域 新エィシーイー	鈴木央一 石井素輔 川野大友 青柳三	156
⑦大型天然ガストラックの実証運行試験の成果と普及への課題	環境研究領域 日本ガス協会	後藤雄一 杉本秀夫人 佐藤裕誠 小森誠	160
⑧尿素SCR車、ハイブリッド車から排出される亜酸化窒素 およびメタン(温室効果ガス)のFTIR(フーリエ変換赤外分光)分析	環境研究領域 岩田電機 日本MKS	山本敏朗 堤玲子 岩田恒夫 小川恭弘 加藤裕	164
⑨走行中の高騒音車両の自動センシング技術に関する研究 ー公道での検証試験ー	環境研究領域 神奈川工科大学 小野測器	宝渦寛之 坂本一朗 田中丈晴 村上孝行 石濱正男 小野測器	168
⑩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について	環境研究領域 国土交通省	坂本一朗 田中丈晴 宝渦寛之 板崎龍介 是則武志 大野敬	170
⑪自動車から排出される未規制物質のリアルタイム計測法	環境研究領域	山田裕之	172
⑫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	自動車安全研究領域	廣瀬敏也 波多野忠 児島亨 谷口哲夫	174
⑬駆動用蓄電池搭載車両の安全性評価について	自動車安全研究領域 交通システム研究領域 環境研究領域	田中良知 伊藤紳一郎 米澤英樹 松井靖浩 細川成之 松村英樹 長谷川智紀 河合智直 新国哲也	176

題 目	所 属	発表者名(※講演者)	頁
⑭ドライビングシミュレータを活用した通信利用型安全運転支援システムのヒューマンマシンインターフェース(HMI)に関する検証実験(続報)	自動車安全研究領域	児島 亨 波多野 忠 廣瀬 敏也 田中 信壽 桃井 恵美	180
⑮自動車の側面衝突時におけるカーテンエアバッグの効果について	自動車安全研究領域	細川 成之 米澤 英樹 田中 良知 松井 靖浩	184
⑯大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故について	自動車安全研究領域	細川 成之 齋藤 皓二 田中 良知	188
⑰夜間運転時における歩行者認知特性の解析と予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用	交通システム研究領域 自動車安全研究領域	青木 義郎 森田 元壽 田中 信紀 塚田 由紀	192
⑱後写鏡の代替としてのカメラ・モニタシステムに関する調査	自動車安全研究領域 交通システム研究領域	松村 英樹 塚田 由紀 岡田 竹雄 青木 義郎	196
⑲シミュレーション技術と鉄道信号の安全	交通システム研究領域	吉永 純 工藤 希	200
⑳索道情報のデータベース化と安全性向上 ー基礎情報の集約と、事故の結果・原因・対策等の共有化をめざしてー	交通システム研究領域	日岐 喜治 千島 美智男 佐藤 久雄	202
㉑プローブ車両と運転状況記録装置の融合	交通システム研究領域 日本大学	森 裕貴 長谷川 智紀 緒方 正剛 水間 毅 網島 均	204
㉒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	竹内 俊裕 工藤 希毅 水間 毅	206
㉓エコライドプロジェクトについて	交通システム研究領域	千島 美智男 水間 毅	208
㉔索道のインシデント分析結果について	交通システム研究領域	佐藤 久雄 千島 美智男 日岐 喜治	210

口 頭 発 表

24 日
講演 1

環境対応自動車のあり方と 交通研の役割

環境研究領域長
後藤 雄一

Door to door を実現し利便性に勝る自動車ではあるが、使用目的に応じて車両サイズや動力性能、燃費性能が適切に設定されるべきである。また今後は、低公害性、低 CO₂ 性に優れた環境対応自動車が必須となる。ただし燃料補給、運用コストの問題も車の利便性に大きく関わるので、普及への大きな影響要因となる。本報では、今後普及が期待される各種次世代自動車に関して、車両の特性を踏まえた適切な導入分野、使用方法等のあり方を示す。さらに、環境対応自動車の普及のために、今後国や交通研が果たすべき役割について考える。

目次

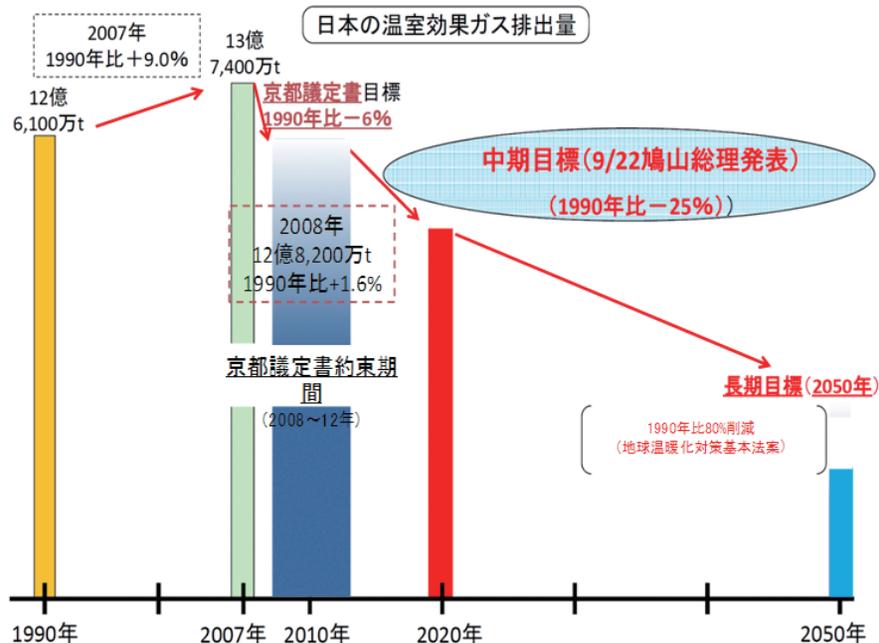
- 背景
- 環境対応自動車の要件
- 現状
- 環境対応自動車のあり方
- 棲み分け
- 交通研の役割
- 展望

背景

我が国の温室効果ガス排出量の推移

>2008年度における我が国の温室効果ガス排出量は、基準年(1990年)比 +1.6%、前年度比-6.4%となっている。

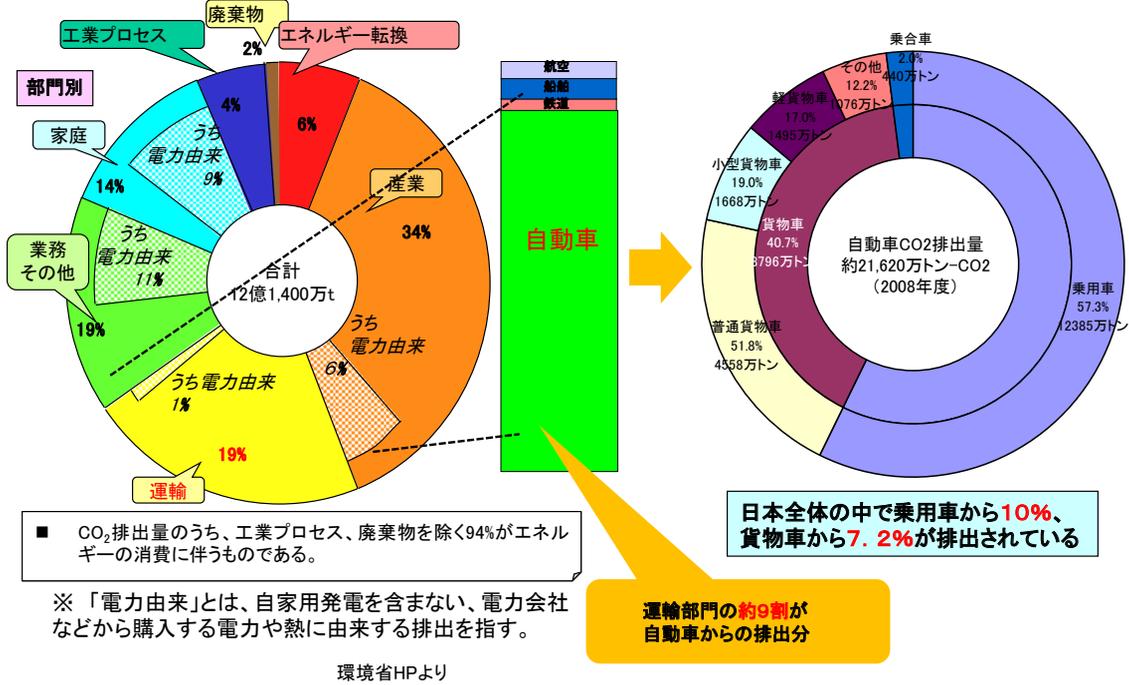
>昨年9月に、我が国は、すべての主要国による公平かつ実効性ある国際的枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提として、**1990年比で2020年までに温室効果ガスを25%削減**することを表明しており、さらなる削減が必要。



背景

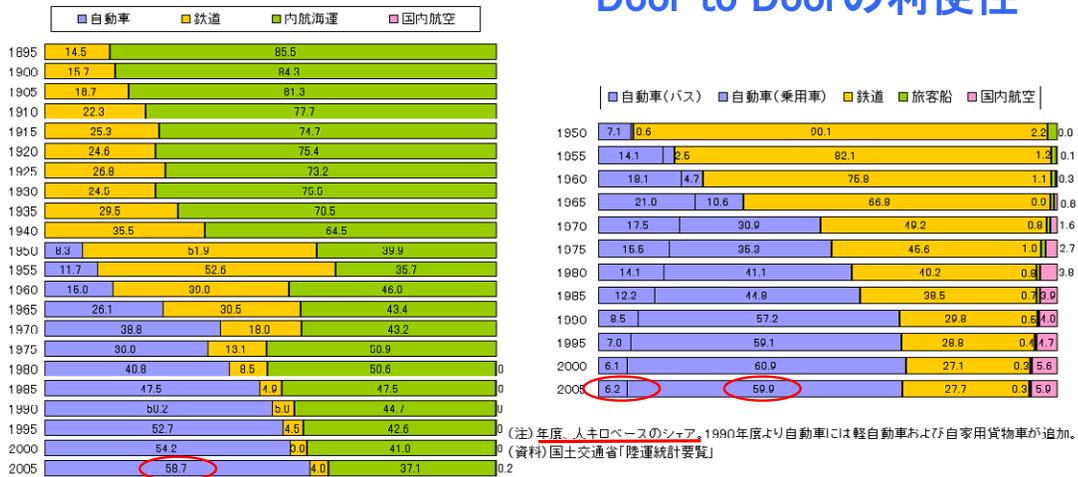
我が国のCO₂排出量(2008年度)

- 2008年度において、運輸部門は我が国のCO₂排出量の約20%を占め、そのうち自動車からの排出量は約90%。
- 乗用車からの排出量は、自動車全体の約60%、貨物車からは、約40%。



背景

旅客・貨物輸送のいずれも自動車が約60%を占める Door to Doorの利便性



貨物輸送の輸送機関別分担率の推移 (トンキロベースの分担率)

旅客輸送の輸送機関別分担率の推移 (人キロベースの分担率)

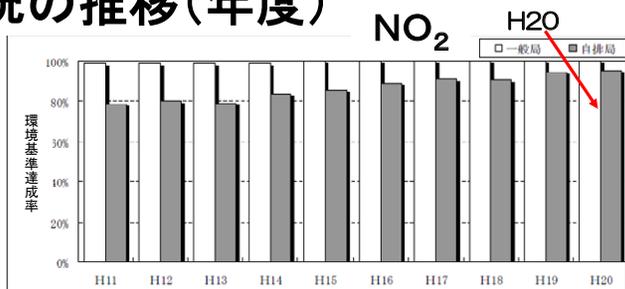
出典: 社会実情データ図録(陸運統計要覧から)

背景

環境基準達成状況の推移(年度)

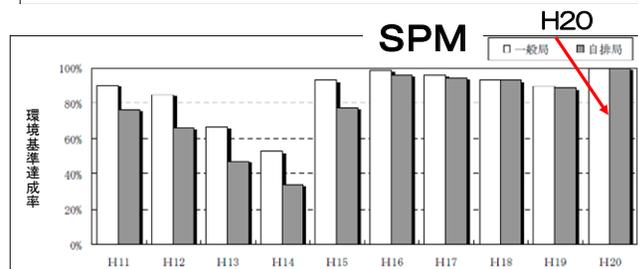
二酸化窒素 (NO₂)

- 一般局100%、自排局95.5%の達成
特定の地域で未達成
- 今後は沿道など局所汚染が課題
- NOは減っているがNO₂はほぼ横ばい



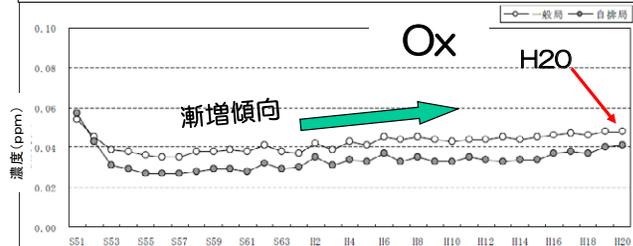
浮遊粒子状物質 (SPM)

- 一般局、自排局ともに99%以上の達成、特定の地域で未達成
- 今後はPM2.5が課題



オキシダント (Ox)

- 一般局0.1%、自排局0%でほとんど達成されていない。漸増傾向。
- 生成機構を考慮した対策が必要



Ref.平成20年度大気汚染状況について、環境省

要件

環境対応自動車の要件

交通機関の利便性を失うことなく環境負荷の低減を追求する。

- ・自動車の利便性 (Door to Door) の確保
- ・多様な燃料適用性 (エネルギー安全保障)
- ・普及を考えた経済性
- ・地球環境に優しい (低GHG、高効率)
- ・地域環境に優しい ⇒ 低公害性

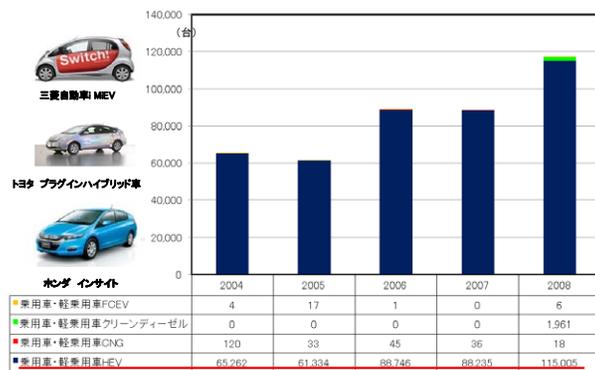
環境対応自動車 ⇒ 電動車 (HEV、EV)、
新燃料車 (CNG、FCEV etc.)
従来燃料車 (低燃費低排出ガス車)

現状

販売台数の推移

一次世代乗用車

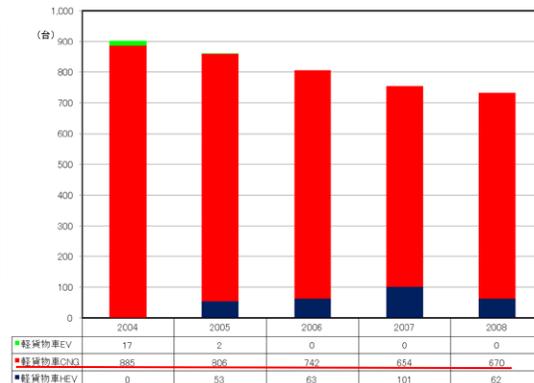
- 次世代乗用車においては、販売台数は徐々に増加。
- 乗用車における次世代自動車の販売は、**HEV車がほとんど**。
- 2008年度からクリーンディーゼル車の販売が開始。
- 2009年度から三菱自動車iMIEV、トヨタ自動車プラグインハイブリッドプリウスが販売開始。
- 2010年度から日産自動車リーフが販売開始予定。



※強力なインセンティブにより、2009年度上半期の次世代乗用車の販売台数は約20万台(全体の10%程度)に達している。

一次世代貨物車

- 次世代貨物自動車の普及台数は伸びていない。
- 軽貨物・小型貨物車における次世代自動車の販売は、**ほとんどがCNG車**。
- 普通貨物車では、CNG車、HEV車



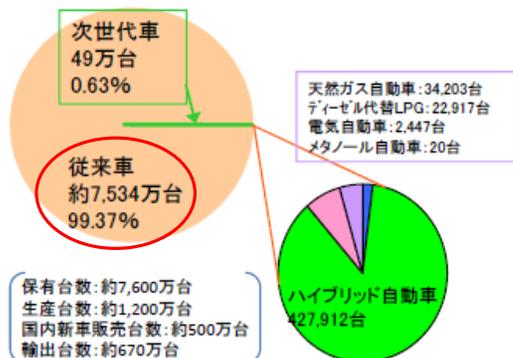
7

現状

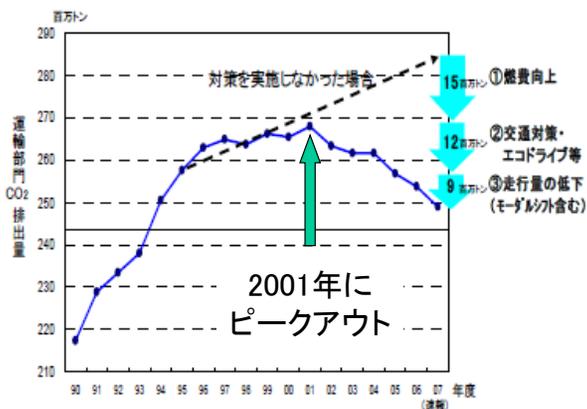
従来車対策の重要性

- 現在、我が国における自動車保有台数・新車販売台数の**約99%を占める従来車**は引き続きマーケットの中で重要な位置付けを占めると予想される。
- これまでも運輸部門では、①燃費向上、②交通対策、③交通量の低下といった対策によりCO₂排出抑制に取り組んできている。
- 従来燃料の改善(オクタン価、セタン価の向上等)も燃費向上に有効

【自動車保有台数と次世代自動車の内訳(2007年)】



【地球環境問題への運輸セクターの取り組み】



Ref:次世代自動車戦略2010を一部修正

あり方

- 乗用車では、ハイブリッド乗用車は、販売台数割合が約10%にまで普及が進んだ。一方、クリーンディーゼル車や燃料電池車の普及は遅れている。
- 貨物車では、次世代低公害車の普及は遅れており、一部小型圧縮天然ガス(CNG)車のみが普及している。大半はディーゼル車。

今後の環境対応自動車のあり方は？

⇒要件に適合する車を最適な所で使う(適車適所)による普及

要件

- ①利便性
- ②エネルギー安全保障
- ③経済性
- ④地球環境(低GHG、低燃費)
- ⑤地域環境(低公害性)

今後、必要とされる条件

- 高齢者対応の交通機関
- 公共交通機関とのシームレスな連携

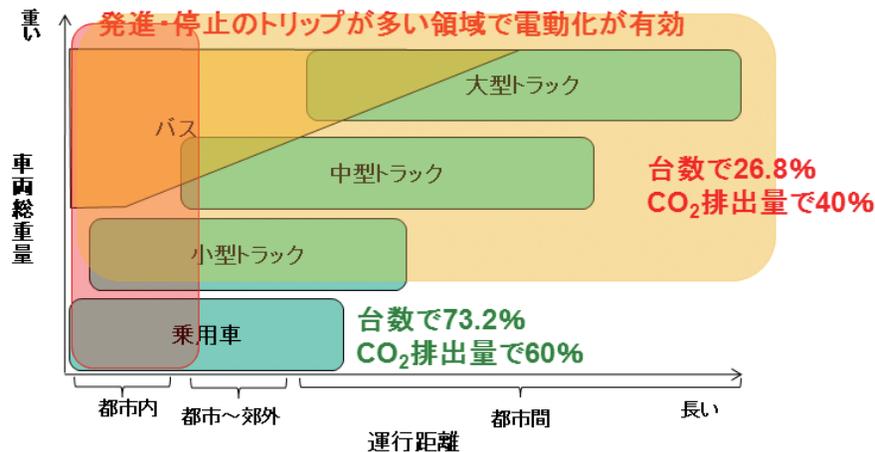
環境対応自動車の多くは、新たなインフラ(新燃料・充電スタンド、まちづくり等)が必要であり、普及の律速条件となる可能性

将来の環境対応自動車として、電動車、新燃料車、超小型車が重要⇒その棲み分けは？

棲み分け

運行距離一車両総重量(概念図)

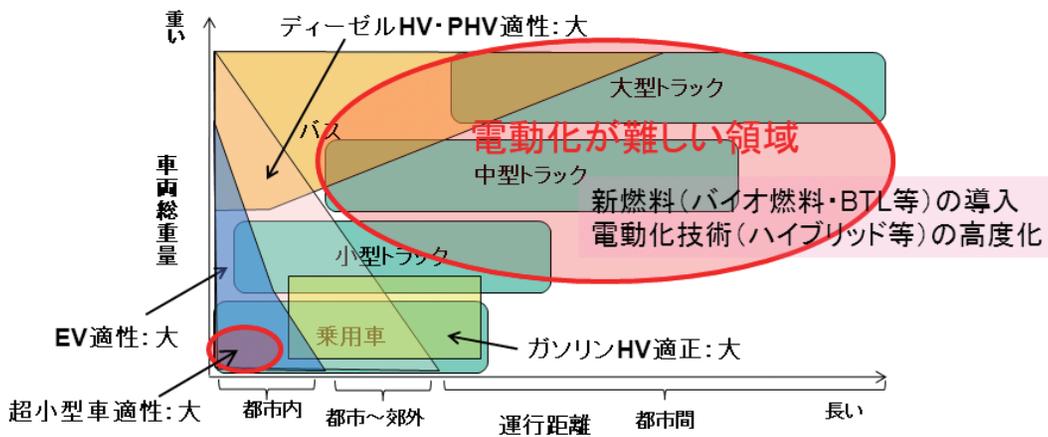
- 車両保有台数は、乗用車が73.2%、貨物車その他が26.8%
- CO₂排出量では、乗用車が60%、貨物車その他が40%
- 乗用車のトリップ長分布は、30km以下が93.7%、50km以下で97.7%
- 貨物車のトリップ長分布は、30km以下で88.4%であるが300km以上の割合が年々増加している



Ref:次世代自動車戦略2010を一部修正

棲み分け

棲み分け(概念図)



- 電動化が難しい領域は、新燃料(バイオ燃料やBTL等またはその混合)導入、ハイブリッド技術の高度化、地道な燃費改善
- 安全性のためインフラ支援を伴う超小型車(まちづくり等と連携したPersonal Mobility, 高齢者対応、低環境負荷)
- 自動車用エネルギーの多様化に対応した「利用」が重要
(ex. EVは、小型車、都市内中心、LCAを含む次世代バイオ燃料導入等)

Ref: 次世代自動車戦略2010を修正

役割

交通研の役割(環境)

環境の保全といった自動車ユーザーや国民の立場に立った研究や審査も必要となる。更に、地球環境に有利とされる公共交通機関の利便性の向上のための研究等が必要である。

民間で実施可能な研究開発は民間に任せ、
国の目標に直結した業務を実施

- 自動車の環境技術基準(工業基準ではなく強制基準)案の策定、国際基準調和活動等の環境と適合した社会の持続発展を促すRule Maker
- 国の政策に対する行政への技術的支援
- 産官学連携の中核的な役割
- 交通研の特長を生かした自動車と公共交通機関(鉄道等)の連携

将来の方向性

- 交通機関の利便性を損なうことなく環境負荷の低減を追求することによって、交通環境の改善・保全という国民からの付託に応える研究活動を交通研の役割から推進する。
- 地域環境の改善や地球環境保全等の従来研究対象分野の質的高度化を進めるとともに、今後重要度を増す地球環境の保全とエネルギー資源の節約及び多様化の新規研究対象分野への重点化を進めてゆく必要がある。
- その中でも、今後の重点課題として①重量車におけるCO₂低減方策(電動化、バイオ燃料等の新燃料)の技術基準に関わる分野、②まちづくり等のインフラと連携した超小型車の技術基準等に関わる分野、③LCAを含む自動車用エネルギーの利用に関する分野があげられる。

24 日
講演 2

電気駆動自動車の展開と課題

環境研究領域 主席研究員

河合 英直

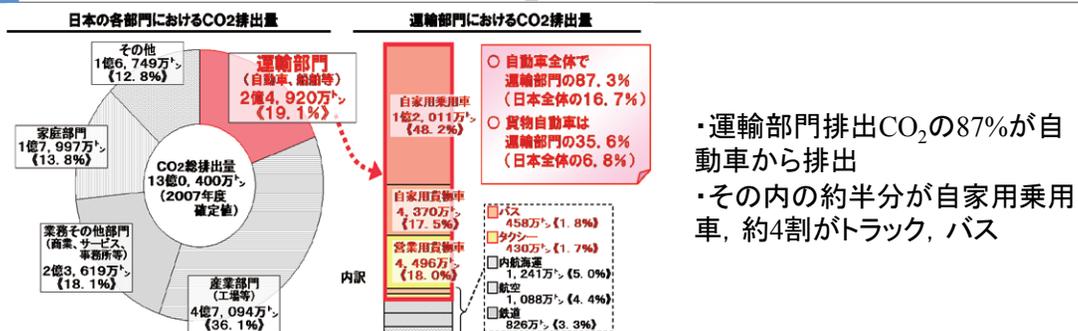
CO₂ 削減目標達成のために、輸送機関への更なる電力活用は必須であり、昨今の蓄電池性能の向上により電気駆動自動車の実用化も現実的に考えられる様になってきた。反面、多くはバッテリー性能の制約により、内燃機関車両と全く同等には活用できない。このような状況にある電気駆動車両を効果的に活用していくための電気駆動車量の展開シナリオと交通研として検討しておくべき課題について述べる。

Agenda

- 背景
- 今後の電気駆動車の展開
- 運輸分野への電力活用の課題と交通研の役割
 1. 基準整備
 2. 交通インフラシステムの検討と提言
 3. 大型車への電力活用

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

背景：運輸部門におけるCO₂排出量



	CO ₂ 排出量 (ton/年)	保有台数 (2010年)	一台あたりのCO ₂ 排出量 (ton/年)	年間販売台数
乗用車(自家用)	120110000	66300000	1.8	4400000
貨物(自家用+営業用、大、中、小型)	88660000	780000	113.7	43000
バス(大型(路線、観光、都市間)+小型)	4580000	230000	19.9	24000

新車がCO ₂ 排出量50%低減したとすれば、削減されるCO ₂ 量
3985551
2443833
238957

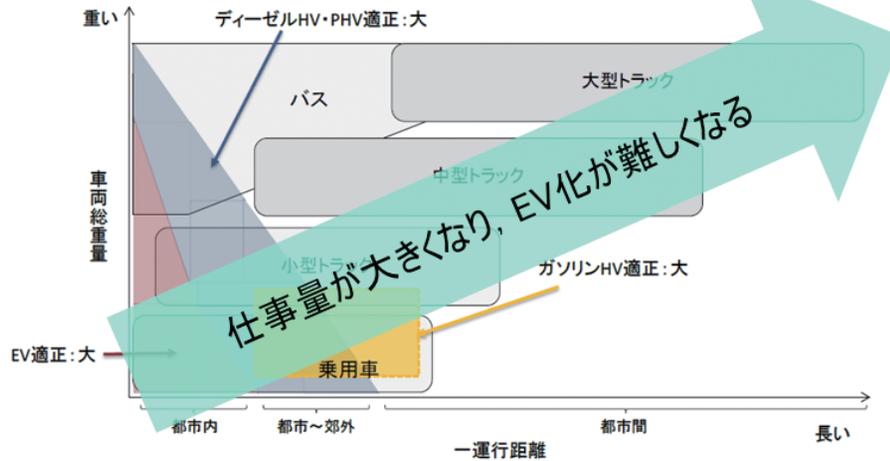
大型車は台数は多くないが、年間に排出するCO₂総量が大きいいため、全体でのCO₂排出量削減に対する効果は大きい

運輸部門のCO₂排出量の約半分を占める公共交通や幹線物流を担う大型車(バス、トラック)の低炭素化の推進は、重要な課題

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

今後の電気駆動車の展開

■ 適材適所



車両別電動化適合性(概念図)

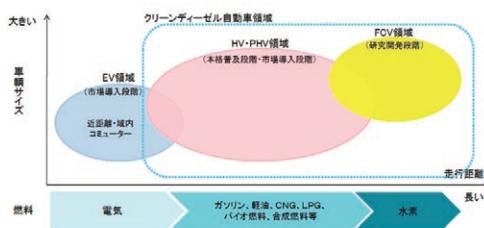
図出典)次世代自動車戦略研究会, 次世代自動車戦略2010

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

乗用車普及目標

表: 2020~2030年の乗用車車種別普及目標(政府目標)

	2020年	2030年	
従来車	50~80%	30~50%	← ガソリン車が半数程度占める
次世代自動車	20~50%	50~70%	
ハイブリッド自動車	20~30%	30~40%	
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15~20%	20~30%	← 電気自動車, PHEVと合わせて最大3割程度
燃料電池自動車	~1%	~3%	
クリーンディーゼル自動車	~5%	5~10%	← ディーゼル乗用車が1割程度



車種毎の棲み分け概念図

EV, PHEV等電気駆動自動車の導入を図ることも大切だが、並行してガソリン車の更なる環境対応や、乗用車へのクリーンディーゼルの普及も必要。

図, 表出典)次世代自動車戦略研究会, 次世代自動車戦略2010

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

EVに対するパラダイムシフトの可能性

EVに航続距離(レンジ)は必要なのか？

必要ない

(20~30kmの航続距離でよい)

近距離通勤など
半公共交通機関としての整備

エネルギー密度よりも**バッテリー
安全性を重視したバッテリー開
発**
バッテリーコスト低減, 低価格化

EV用バッテリーに対する要求が変化

ある程度のレンジが必要

(160~200km)

ガソリン車と同様に使いたい
不安なくドライブしたい

高エネルギー密度**バッテリー
開発, バッテリー大量搭載**
安全性の確保?
バッテリーコスト大

運輸分野への電力活用の課題と交通研の役割

1. 基準整備

■ 工業標準と法規基準

工業標準 (Standard)

- 工業標準化法に基づくもの
- 工業製品の品質、生産効率等の改善、取引・使用の単純化、公正化、合理化等の観点から定める技術上の規格
- 製造者等の遵守義務なし

法規基準 (Regulation)

- 個別行政法に基づくもの
- 安全の確保、環境保全、ユーザーへの情報開示等の観点から定める技術上の基準
- 製造者等の遵守義務あり

電気自動車等について法規基準・工業標準の整備が必要な分野



Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

Li-ion電池に対する国際標準・強制基準

国際標準: 経済産業省担当

電池システムの安全性: ISO12405にて審議
 電池セルの安全性: IEC62660にて審議
 自動車用電池システムの安全性: SAE J2929にて審議

国際基準(法規基準): 国土交通省担当

自動車の構造・性能規制:
 「車両等の型式等の相互承認に関する国際協定(58年協定)」ほか
 ・通常使用状態での電気安全性能(ECE規則第100号)

(今後の検討課題(例))
 ・自動車衝突時の電気安全性能(検討中)
 ・事故等異常時のバッテリー安全性確保、バッテリー劣化時の安全性
 ・航続距離・SOC表示、バッテリー性能表示(容量、出力、耐久性)
 ・電費、CO2排出量評価 等

輸送規制: 「危険物輸送に関する国連勧告」

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

運輸分野への電力活用の課題と交通研の役割

2. 交通インフラシステムの検討と提言

- 環境対応車を活用したまちづくりの検討
- モーダルシフトの検討
 - LRT (Light Rail Transit: 次世代型路面電車)
 - BRT (Bus Rapid Transit)
- 超小型モビリティを活用した新しい交通システムの検討

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

運輸分野への電力活用の課題と交通研の役割

3. 大型車への電力活用

- 路線バスへの電力活用



Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

重量貨物車のEV化は可能か？

貨物輸送のエネルギー源は、約7割が主として大型トラックに使われる軽油



車両重量17t(車体10t車+積荷(半積載)7t)の車両
従来ディーゼル車と同等の航続距離800kmを確保する為には、
約10 tonの電池搭載が必要。
(電費1kWh/kmと仮定) **非現実的**
従来車の場合、搭載燃料(軽油)は約170kg



連続給電重量貨物トラック...

現実解

鉄道輸送へのモーダルシフト

内燃機関の効率向上

+ 電動技術による運動エネルギー回生

現実解

重量HEV

重量車に対するCO₂削減の本命技術

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

大型ハイブリッド車の高効率化

重量ディーゼル車のうち、エネルギー回生機会が多くHEVに有利と考えられる路線バス車両において、従来ディーゼル機関バスとハイブリッドバスの燃費審査値は同一。実際にハイブリッドバスを導入している運行业者から、ハイブリッドの燃費メリットが顕著には現れていないとの意見もある。



従来ディーゼル・バス

国土交通省審査値
4.25km/L



ハイブリッド・バス

国土交通省審査値
4.25km/L

ハイブリッドシステムで燃費向上、CO₂削減効果を生み出す、減速、降坂時等の運動エネルギー回生が効率的に行われていないことがその一因と考えられる。

- ・HEVの回生効率を向上させる為のシステム要件、制御手法、蓄電装置特性等について検討。
- ・さらに、効率的に回生電力を活用できる、ハイブリッドディーゼルエンジンシステム(HEE System)について研究開始

Terunao KAWAI, 24, Nov., 2010

まとめ

- 2030年度普及目標においても、内燃機関(ガソリン, ディーゼル)による車両は80%程度を占める。電気駆動のみならず、内燃機関の地道な改良も継続する必要がある。
- 種々の電気駆動系車両の適材適所への導入
- EVに対する考え方をあらためることにより、より安全で便利な交通機関とできる可能性がある。
- 陸上交通全体を網羅している交通研の特色を生かした交通インフラシステムの検討と提案
- 大型車両への電力技術活用による効率向上検討
- 電気駆動系車両に、ユーザーが安心して乗れる、選択できる為の基準作成等に尽力

24 日
講演 3

新燃料自動車の将来に向けた提案

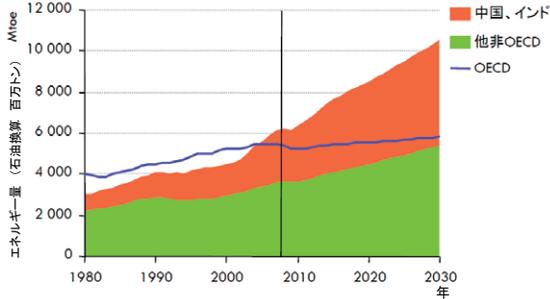
環境研究領域 副研究領域長

佐藤 由雄

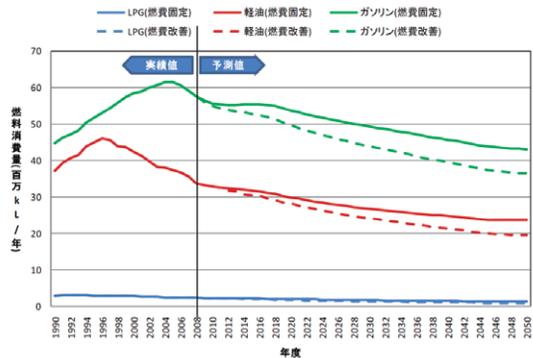
石油に依存した社会経済システムからの脱却と地球温暖化に対応した自動車のあり方が問われている。自動車の燃費向上とモーダルシフトを加速するとともに、エネルギー安全保障の面からは石油代替燃料の利用促進も必要である。そこで各種新燃料自動車のメリットデメリットを明らかにした上で適切な導入分野を探る観点から、実験データに基づいて環境・燃費・動力性能を従来型車両と比較した。さらにCO₂対策の観点から、新燃料自動車のLCA評価の必要性も示し、将来性の検討につなげることとした。これらを踏まえて、環境・エネルギー問題を踏まえた燃料多様化の考え方と新燃料自動車の方向性について提案する。

エネルギー需要, 新興国では増加, 日本は燃料消費量が減少

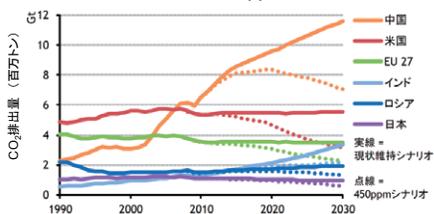
2030年までの世界の一次エネルギー需要の見通し
(現状維持シナリオ)



2050年までの国内の自動車用燃料消費量の予測
(前提条件: 自動車市場縮小)



国別にみたエネルギー起源CO₂排出量の見通し
(現状維持シナリオ及び450ppmシナリオ)

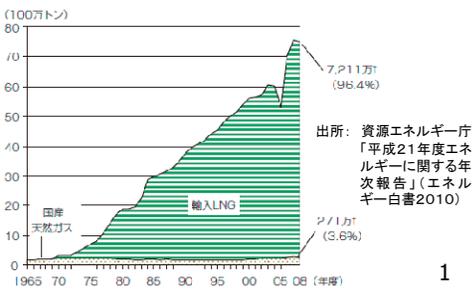


出所: 2010 Key World Energy STATISTICS, International Energy Agency (IEA)

「現状維持シナリオ」: 各国政府が既存の政策や対策を全く変えなかった場合
「450ppmシナリオ」: 大気中の温室効果ガス濃度をCO₂換算で約450ppmの水準で安定化

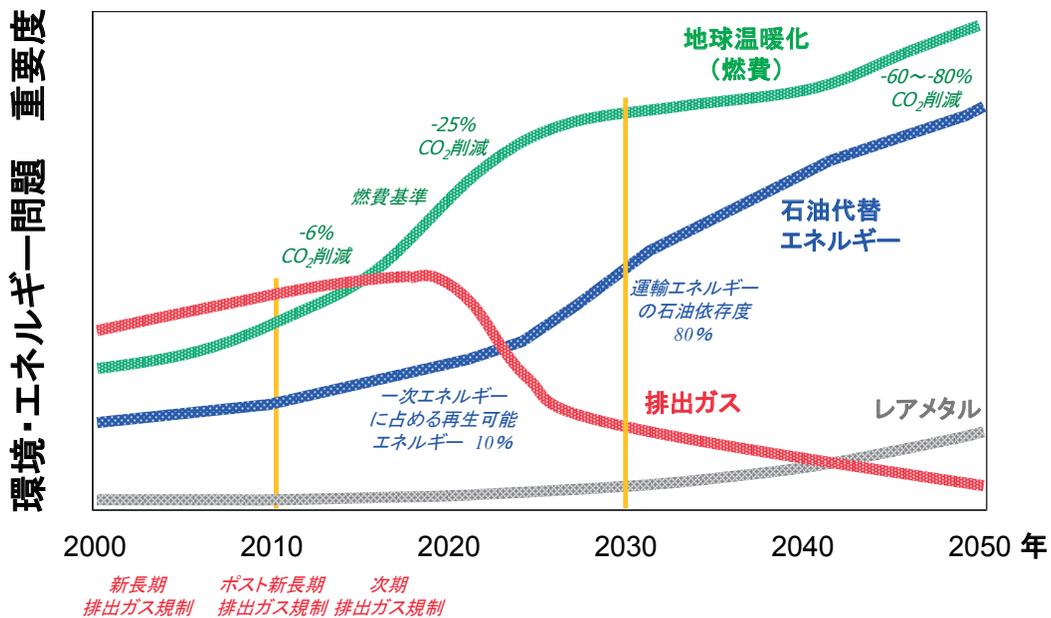
出所: 環境省環境対応車普及方策検討会「環境対応車普及戦略」平成22年3月

日本の天然ガスの国産、輸入別の供給量



出所: 資源エネルギー庁「平成21年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2010)

自動車の環境・エネルギー・資源問題

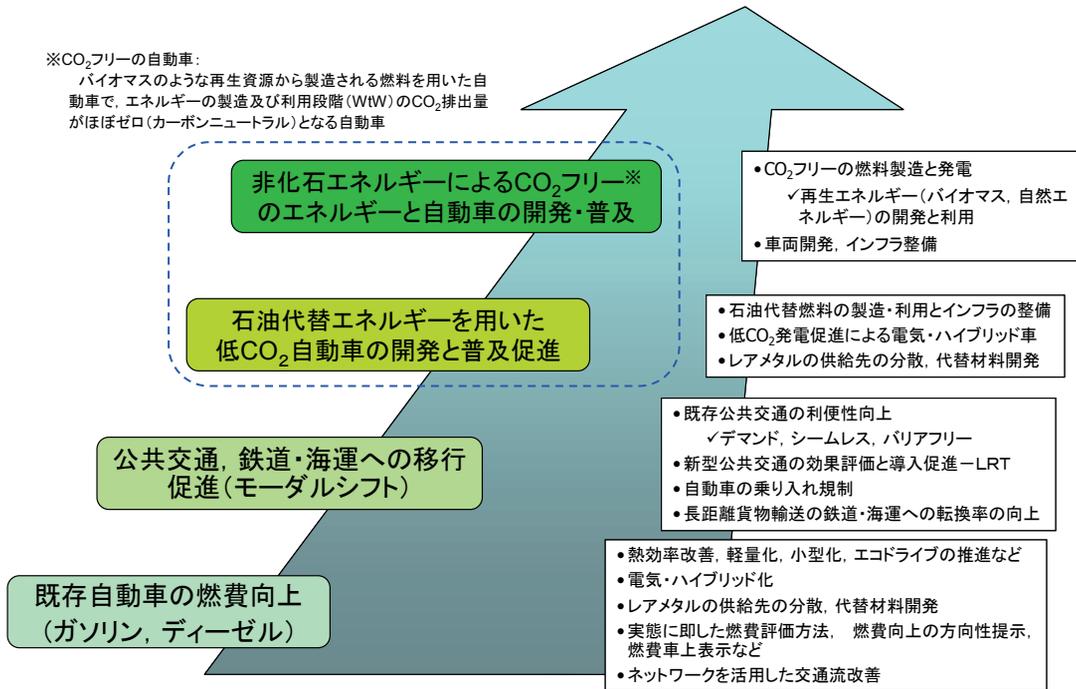


新長期 排出ガス規制 | ポスト新長期 排出ガス規制 | 次期 排出ガス規制

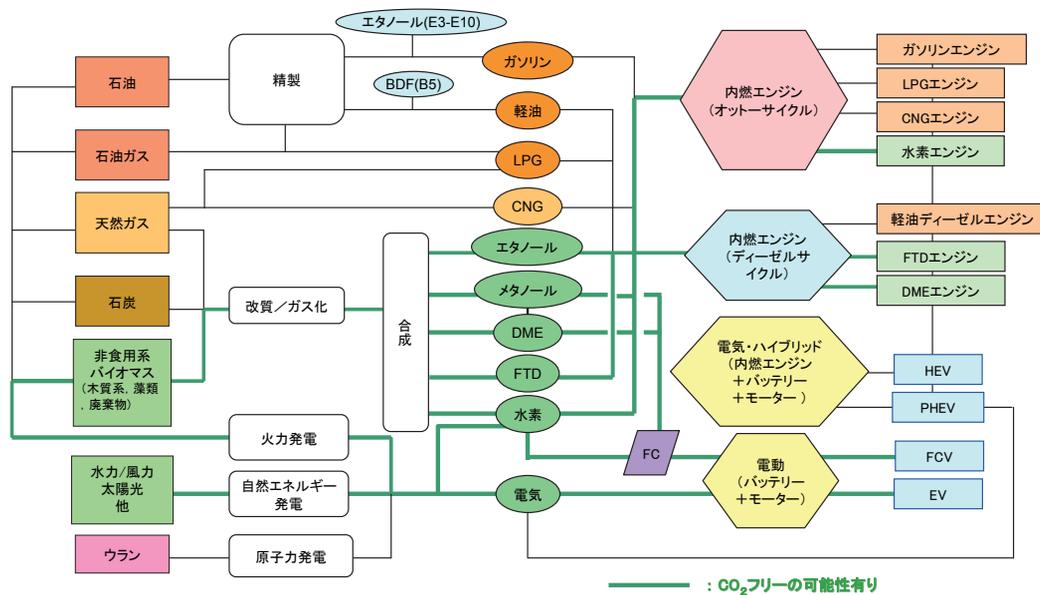
環境・エネルギー・資源問題への対応

※CO₂フリーの自動車:

バイオマスのような再生資源から製造される燃料を用いた自動車で、エネルギーの製造及び利用段階(WtW)のCO₂排出量がほぼゼロ(カーボンニュートラル)となる自動車

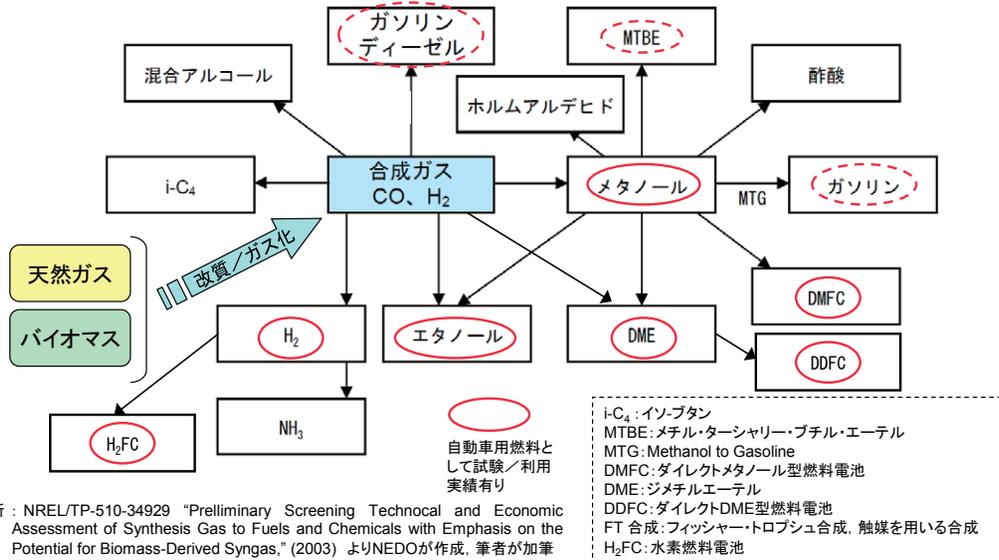


エネルギー資源と自動車用燃料



天然ガス, バイオマスから製造される燃料

合成ガスを基点とした燃料・ケミカルズの製造



出所：NREL/TP-510-34929 "Preliminary Screening Technol and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-Derived Syngas," (2003) よりNEDOが作成、筆者が加筆

- ◆「技術戦略マップ2010 エネルギー分野」(2010年6月, 経済産業省) エネルギー技術俯瞰図/②運輸部門の燃料多様化/天然ガス利用技術
 - ・天然ガス液体燃料化技術(GTL)等
 - ・天然ガスからの次世代水素製造技術
 - ・ジメチルエーテル(DME)
- ◆「再生エネルギー技術白書」(2010年7月, NEDO) 熱化学的変換/③液体燃料製造/i) BTL(ガス化・液体燃料製造)
 - ・BTLにより得られる代替燃料は、
 - ✓短期的には、メタノール、DME、FT軽油
 - ✓将来的には、混合アルコール、炭化水素(C2~C5)、エタノール
 - ✓また、水素製造も可能

5

主な石油代替燃料の特徴と課題

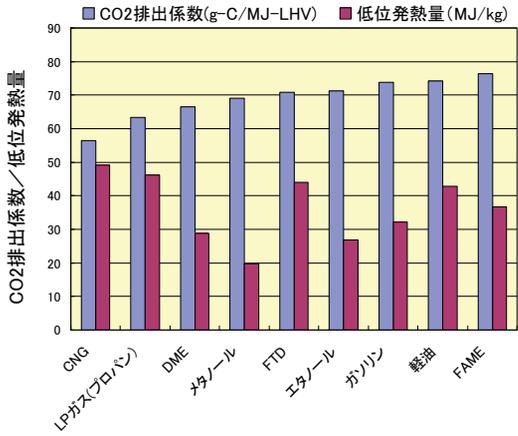
適用	種類	主な資源	製造方法	連産品	エンジン適用	主な燃料製造企業	課題等
予混合・火花点火エンジン	天然ガス	-	液化・ガス化・圧縮	-	高压容器, 三元触媒が必要	国内外に多数	・更なる熱効率向上 ・空燃比制御, 触媒の管理
	LPガス	・天然ガス, 石油の ・ 伴生ガス ・ 石油精製副生ガス	-	-	三元触媒が必要	国内外に多数	・更なる熱効率向上 ・空燃比制御, 触媒の管理
	エタノール	・サトウキビ ・とうもろこし	糖化・発酵・蒸留	-	・低温度(E3~E10)利用 ・FFV化	国内外に多数	・糖化, 発酵の高効率化 ・リグニンを利用できない ・混合濃度に応じて安全・環境 基準の改訂が必要
	セルロースエタノール	・草, 木	糖化・発酵・蒸留	-	-	国内外に多数	-
筒内直接噴射・圧縮着火エンジン	FAME	・植物油 ・ 獣脂 ・ 廃食用油	メタノール+エステル 交換反応	グリセリン	・低温度(B5)利用 ・軽油ディーゼルエンジン と同じ排気後処理(DPF, NOx触媒)が必要	国内外に多数	・食料との競合(バージン油) ・酸化安定性 ・低温流動性 ・混合濃度に応じて安全・環境 基準の改訂が必要
	BHD	・植物油 ・ 獣脂	水素+水素化処理 +異性化+蒸留	H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ 等	軽油とほぼ同じ燃料性状, 高濃度利用可	(海外のみ) NESTE OIL社	・食料との競合(バージン油) ・材料適合性
	FTD	・天然ガス, 石炭 ・草, 木, 藻類, 廃薬 物	ガス化・合成+水 素化処理+蒸留	・ワックス ・ガソリン ・灯油 等	軽油ディーゼルエンジン と同じ排気後処理(DPF, NOx触媒)が必要	(海外のみ) ・CHOREN社 ・SHELL社	・材料適合性
	DME	・天然ガス, 石炭 ・草, 木, 藻類, 廃薬 物	ガス化・合成+蒸 留	-	・軽油用エンジンの燃料供 給系を一部改造 ・純物質なので化石由来 DMEとの混合は可 ・排気後処理(DPF, NOx 触媒)は不要	・燃料DME製造 ・岩谷産業 ・産総研 ・CHEMREC社	・インフラ整備(LPガス用イン フラの転用も可)
燃料電池, 予混合/筒内直 接噴射 火花点 火エンジン	水素	・天然ガス ・副生ガス ・草, 木	改質, ガス化	CO	・高压容器が必要 ・排気後処理(DPF, NOx 触媒)は不要	国内に多数	・輸送・貯蔵技術の確立 ・運搬や水素ステーション等の インフラ整備

※「トヨタ自動車株式会社 BRエネルギー調査企画室 阪田一郎「トヨタのバイオ燃料への展望」 2009年7月24日 基調講演 - BioFuels World 2009 Conference & Expo」などの資料を参考に作成

6

主な新燃料のCO₂の排出係数と排出量測定

CO₂排出係数(理論値)の比較

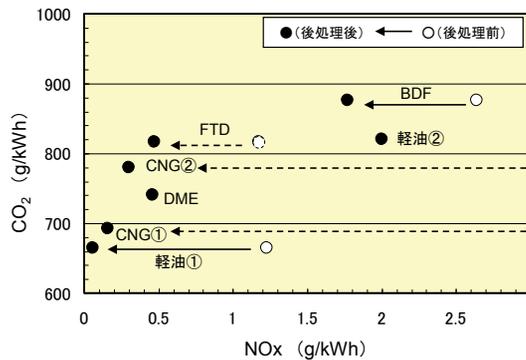
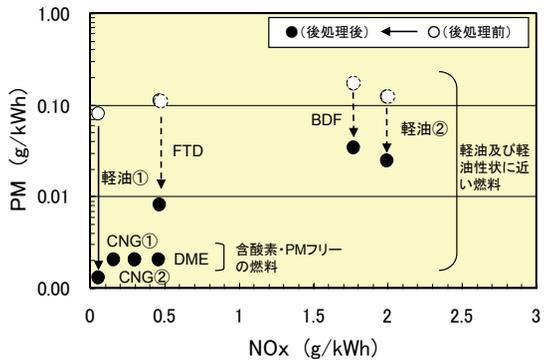
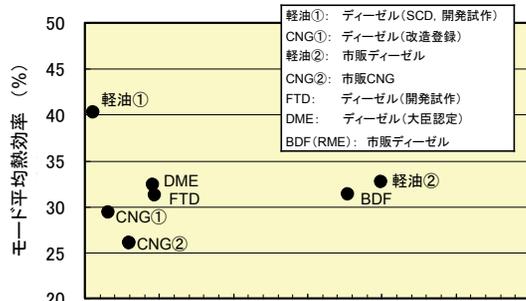


CO₂排出量測定に使用した代替燃料エンジンの諸元

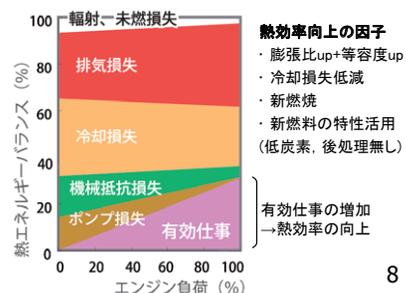
燃料(数字はエンジン違い)	ベースエンジン	排気量(L)	出力(kW/rpm)	排気後処理	架装車両GVW(トン)	備考
軽油①	ディーゼル(SCD, 開発試作)	10.5	298/2000	DPF+LNT+OC	24.9 (仮想)	DPF再生時のCO ₂ は含まず
CNG①	ディーゼル(改造登録)	13.1	253/1900	TWC	24.9	予混合火花点火エンジン+三元触媒システムに改造
軽油②	市販ディーゼル	5.2	107/2600	DPF+OC	8.0	DPF再生時のCO ₂ は含まず
CNG②	市販CNG	7.8	162/2400	TWC	8.0	予混合火花点火エンジン+三元触媒システムに改造
FTD	ディーゼル(開発試作)	7.7	199/2700	OC+DPF+LNT	8.0	・シャシー台上試験結果 ・DPF再生時のCO ₂ は含まず
DME	ディーゼル(大臣認定)	5.2	107/2600	OC	8.0	ディーゼル噴射系をDME用に一部改造
BDF(RME)	市販ディーゼル	4.0	110/3000	DPF+LNT+OC	6.0	DPF再生時のCO ₂ は含まず

新燃料エンジンの環境性能の比較

CO₂, 熱効率, PM及びNOxの比較(JE05モード)

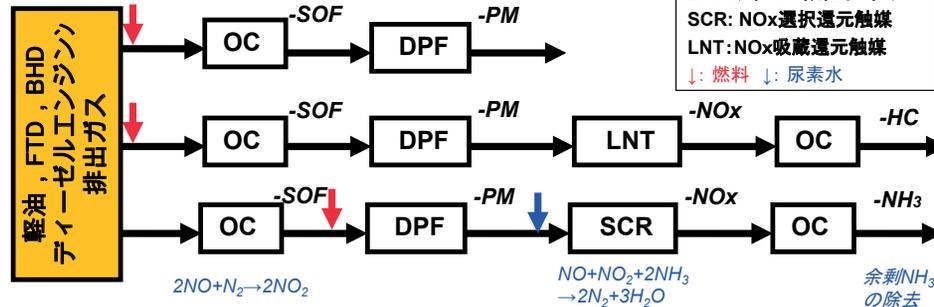


内燃エンジンの熱効率の影響因子



軽油(FTD, BHD) - 排気後処理が複雑で課題も多い

(重量車2009/2010年排出ガス規制対応車両の例)



OC : 酸化触媒
 DPF : ディーゼル微粒子フィルター
 SCR : NOx選択還元触媒
 LNT : NOx吸蔵還元触媒
 ↓ : 燃料 ↓ : 尿素水

<排気後処理の課題>

軽油(FTD, BHD)ディーゼル: PMはDPFにより80%-90%程度、NOxは触媒で70-80%程度 低減されている → 後処理に大幅に依存

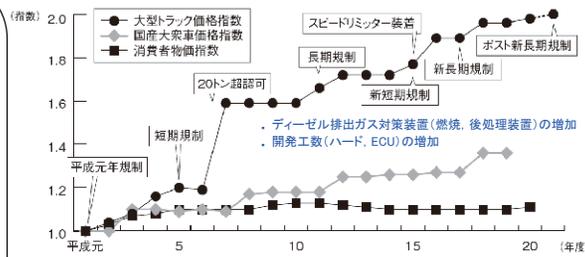
■ DPFの実用時の課題:

- ✓ 都市内走行での連続再生が困難、手動再生にも様々な問題、しかも再生処理が適正に行われないと損傷、溶損に至る
- ✓ 再生不十分な状態では排気圧力が増加、また、再生時には酸化剤(燃料)が必要、燃費や加速性能への悪影響が懸念

■ NOx触媒の実用時の課題:

- ✓ エンジンの冷間時の排出ガス後処理装置の浄化率が低い → 冷始動試験を導入(2010.7.28「環境省・十次答申」)
- ✓ 触媒の劣化及び尿素水等の還元剤の噴射制御が不適切 → N₂OやNH₃等の排出 → 実態調査、対策が必要(「十次答申」)
- ✓ Pt, Pdなどのレアメタルを継続して大量に確保していく必要

<軽油ディーゼルの価格上昇は事業者負担を強いる>



出所: 平成21年度版 トラック輸送産業の現状と課題, 全日本トラック協会, 平成22年3月

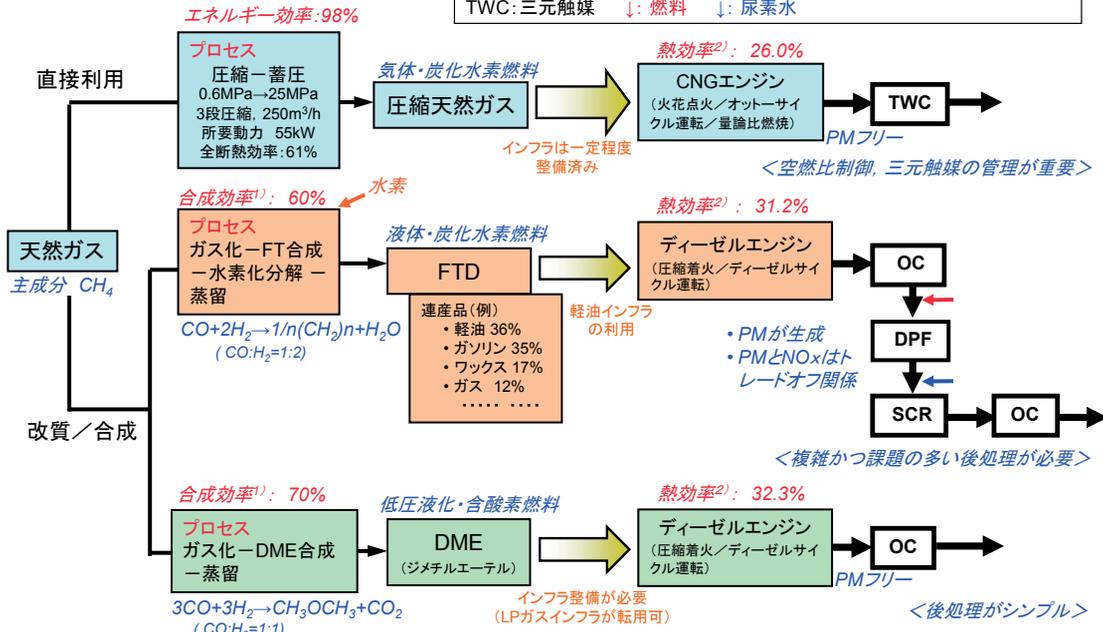
※ポスト新長期規制適合車の大型トラックの価格の例 (東京地区希望小売価格・税込み)

車体総重量(GVW) 25tクラス: 1,800~2,100万円程度(2010年8月時点) 9

天然ガスの利用形態による主な効率の比較

(GVW8トンクラスの例)

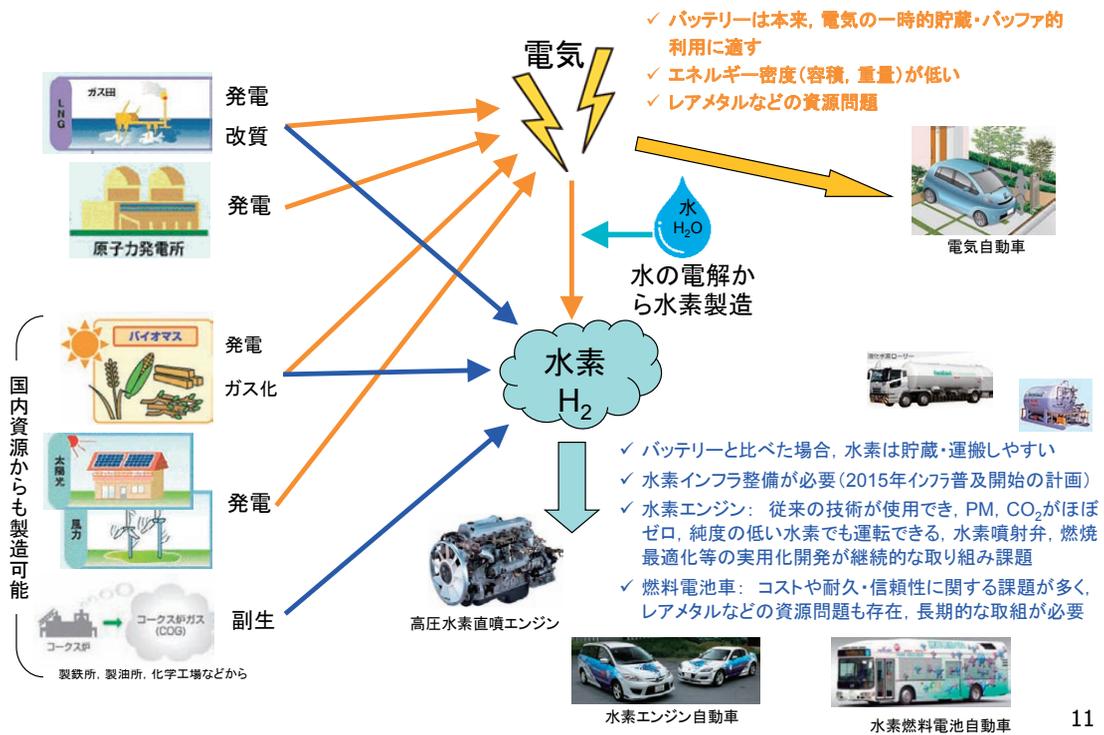
OC : 酸化触媒 DPF : ディーゼル微粒子フィルター SCR : NOx選択還元触媒
 TWC : 三元触媒 ↓ : 燃料 ↓ : 尿素水



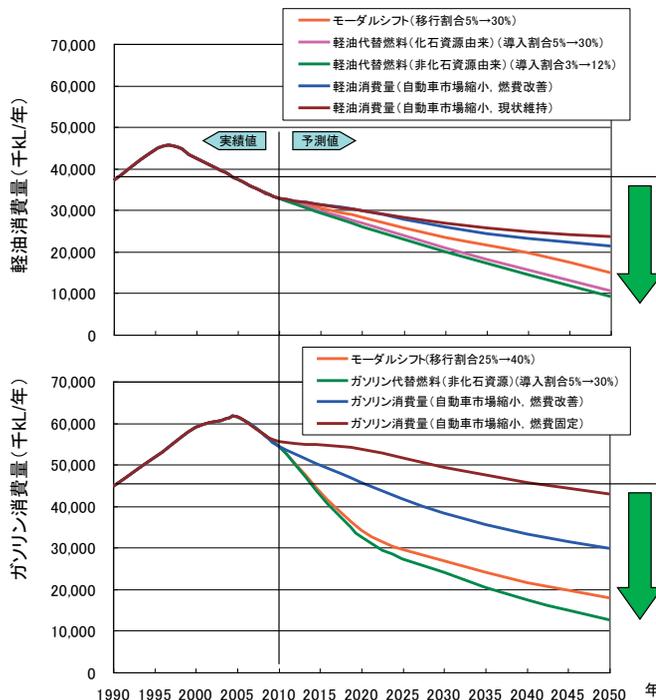
※ 合成効率¹⁾: 反応とプロセスを総合した熱効率, (出所)JOGMEC 「石油/天然ガスレビュー」2003年9月

※ 熱効率²⁾: GVW8トンクラスのJE05モード平均熱効率

水素エネルギーへの期待



自動車用新燃料導入の考え方



CO₂削減目標(1990年比)

2020年:25%削減 → 2050年:60~80%削減

- ① 既存車の燃費改善に加え
- ② モーダルシフトを実施
- ③ 化石資源由来の石油代替燃料の導入
- ④ バイオマスなどの非化石資源由来の燃料を導入

※③と④の燃料は混合しても問題の無い燃料を選択

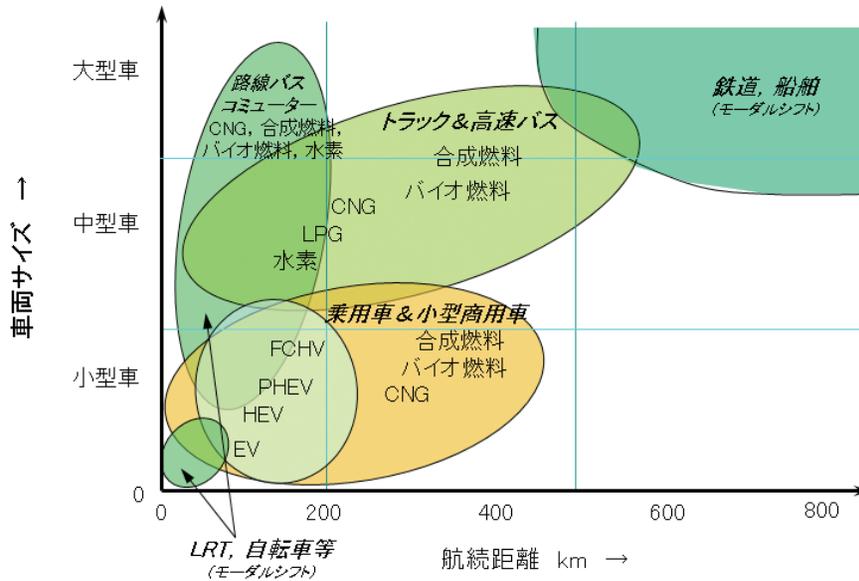
「エネルギー基本計画」におけるバイオ燃料目標

第3章・第2節. 自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現

1. 再生可能エネルギーの導入拡大
 - (1) 目指すべき姿
 - (中略)
 - 2020年までに一次エネルギー供給に占める再生エネルギーの割合について10%に達することを目指す。バイオ燃料については、
 - ・LCAでの温室効果ガス削減効果等の持続可能性基準を導入し、
 - ・同基準を踏まえ、十分な温室効果ガス削減効果や安定供給、経済性の確保を前提に、2020年に全国のカソリンの3%相当以上の導入を目指す。
 - ・さらに、セルロース、藻類等の次世代バイオ燃料の技術を確立することにより、2030年に最大限の導入拡大を目指す。(後略)

出所:「エネルギー基本計画」(平成22年6月18日、閣議決定)

新燃料自動車の適用範囲



- ✓ 都市内や都市間の公共輸送にはLRT、バス、鉄道、船舶等へのモーダルシフトを加速する必要がある
- ✓ 電気(EV)は、現時点では出力、航続距離、積載量等の点で適用範囲が限られる
- ✓ ガス燃料(CNG、FCHV、水素エンジン)は、従来車並みの航続距離を確保するには搭載する高压燃料容器を増加する必要がある。
- ✓ 合成燃料とバイオマス燃料は、ほぼ全ての範囲に適用できる

13

新燃料自動車の方向性と将来に向けた提案

新興国の経済の急拡大がこのまま続くと地球温暖化が進み、石油資源の価格が高騰、枯渇化が早まる。一方、国内ではガソリン、軽油の消費量が減少し、石油依存の自動車社会に変化が生まれつつある。これを石油に代わる新たな自動車用燃料へと向かう流れとしてとらえ、当所は、自動車ユーザーや運輸事業者の側に立ち、関係機関と連携し、以下の課題に取り組んでいく。

1. 自動車エネルギーの向かう方向性として、
 - 石油から、天然ガス(LPガス)、電気、合成燃料、水素へと多様化していく
 - 国内のエネルギー資源を活用したバイオマス燃料の実用化と普及、これによるエネルギーの自給率の向上とバイオマス産業の活性化による雇用の創出
2. エネルギーセキュリティの観点から、当面は、
 - 従来のガソリン(E3~E10)車、ディーゼル(B5)車については更なる効率的利用(エンジンの燃費改善、電気・ハイブリッド化など)を促し、その実用的効果に関する評価を継続
 - 燃料のインフラ整備がある程度進んでいるCNG(LPガス)自動車の効率向上と利用拡大等
 - 軽油とほぼ同じ性状でインフラ問題も少ないFTD(BHD)の国内製造・実用化とLCAの実施
3. 将来の温暖化・エネルギー・資源問題への対応には、
 - 上記のエネルギー確保を前提とし、バイオマス燃料を念頭に、長期的観点にたった取組み
 - ①低炭素、②良質、③高効率化、④クリーン(エンジン排出ガスそのものがクリーンで、複雑で課題も多く高価な排気後処理が不要)、⑤国内のバイオマス資源から製造、の総合的な観点からCO₂低減の可能性の高い燃料(エタノール、DME、水素など)について、製造、流通及び利用技術に関する調査研究(LCA、熱効率向上、実用化課題検討など)を継続

14

24 日
講演 4

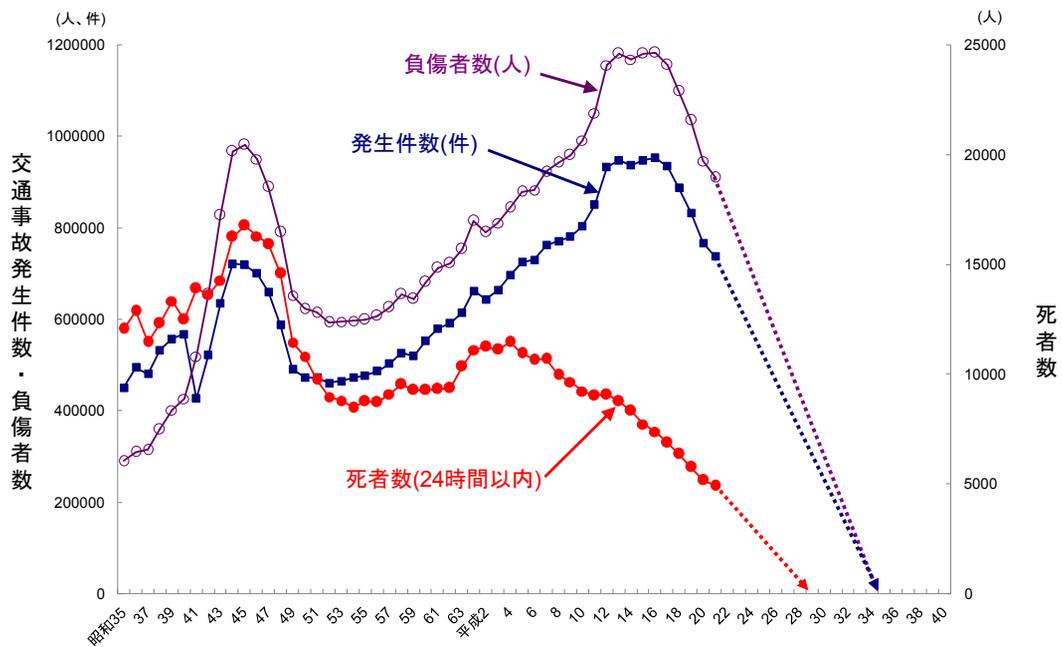
より安全なクルマ社会の実現と交通研の役割

自動車安全研究領域長

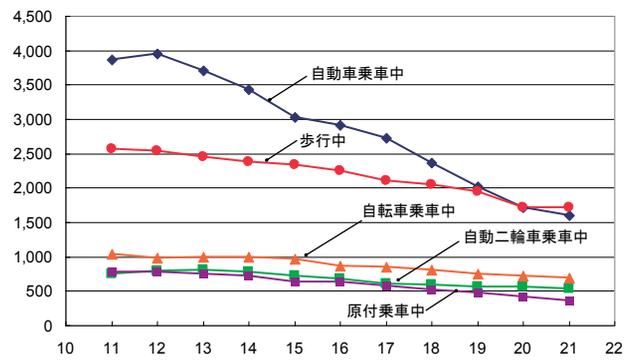
安藤 憲一

自動車安全に関する交通安全環境研究所の取り組みについて、現状と将来の方向性について解説する。

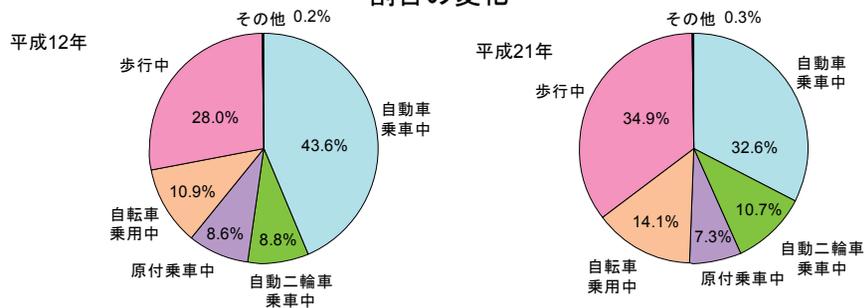
交通事故発生件数・死者数・負傷者数の推移



状態別交通事故死者数の推移

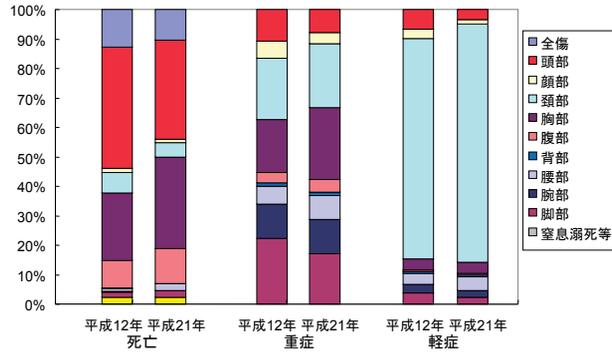


割合の変化

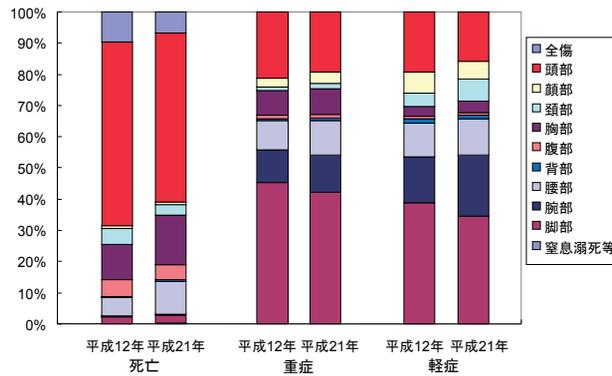


交通事故における人体の受傷部位

【乗員】



【歩行者】

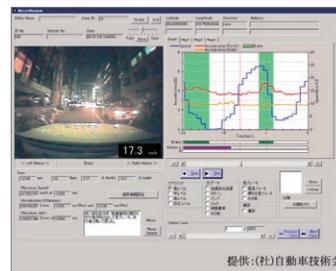


衝突安全の将来方向性(点から面へ)

交通事故の実態調査方法	
<p>現状</p>	<p>○全国交通事故統計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・警察調査による全国データ ・サンプル数が非常に多い ・全国の事故状況が明確化される <p>○事故例データ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・交通事故総合分析センターで実施 ・サンプル数は年間数百件 ・専門調査員による事故の詳細な調査 ・受傷状態が明確化される
<p>将来課題</p> <p>・詳細情報取得方法の多様化</p>	<p>○車載機器による事故データの取得</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドライブレコーダデータ等の有効活用 (統計的なデータにはならないが、実事故の詳細な状況、時間的経緯、乗員の加害部位、被害部位、受傷のプロセスなどが明確になる) ・運転者の操作状況の把握



※交通事故総合分析センターパンフレットより

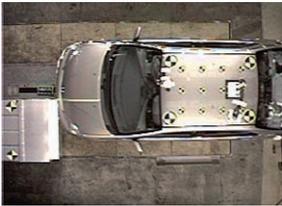


※ドライブレコーダ取得データの例

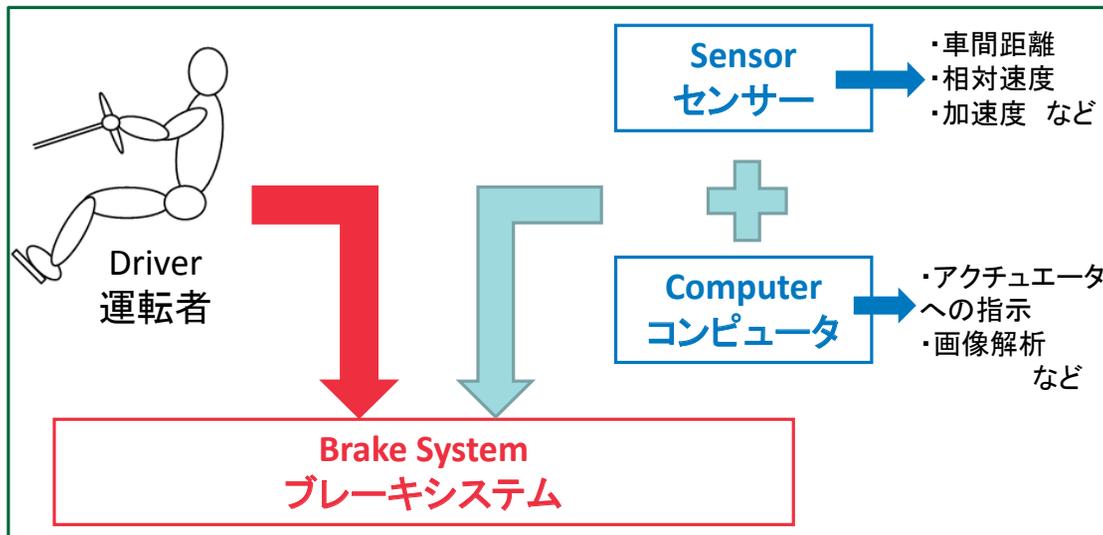
衝突安全の将来方向性(点から面へ)

傷害値計測用ダミー	
現状	<ul style="list-style-type: none"> 衝突安全法規用ダミー: 米国人男性の平均的な体格のダミー チャイルドシート試験用ダミー: 米国統計による新生児, 幼児ダミー
	  <p>平均男性ダミー Hy3-AM50 幼児ダミー Hy3-3yo</p>
将来課題 ・多様な被害乗員への対応	<ul style="list-style-type: none"> 乗員体格, 性別のバリエーション拡大 人体忠実度の高いダミーの基準への採用の検討
	  <p>小柄女性ダミー Hy3-AF05 人体忠実度の高いダミーの例 (側面衝突用: World-SID)</p>

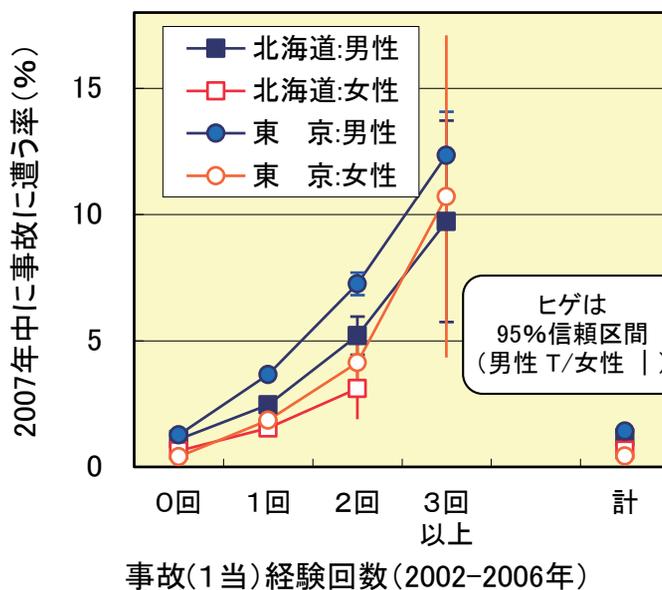
衝突安全の将来方向性(点から面へ)

衝突安全基準及び試験方法	
現状	<ul style="list-style-type: none"> 前面衝突試験 (フルラップ, オフセット) (自己保護性を主とした試験方法) 側面衝突試験法 歩行者頭部保護試験 チャイルドシート試験
	  <p>オフセット前面衝突試験 チャイルドシート試験</p>
将来課題 ・多様な事故形態への対応	<ul style="list-style-type: none"> 前突・側突を含め、(実事故に対応し、コンパティビリティ性を考慮した試験方法の検討) 主としてむち打ち症を対象とした追突試験の追加 歩行者脚部保護試験の追加
	  <p>歩行者脚部保護性能試験 コンパティビリティ前面衝突試験</p>

ブレーキシステムと予防安全技術

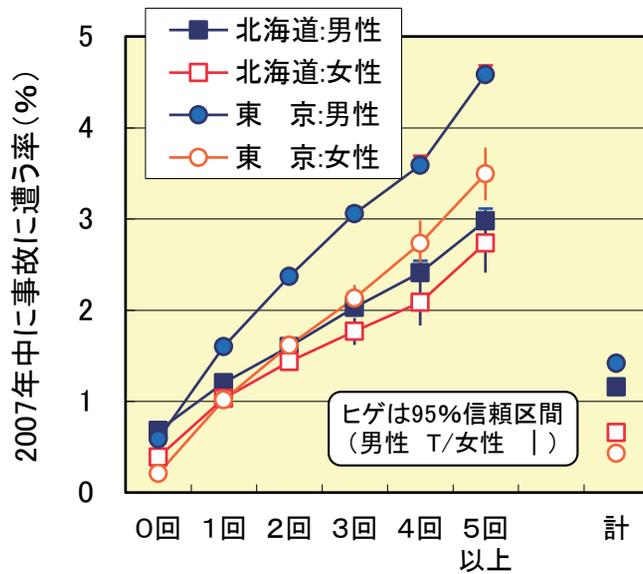


事故経験回数と事故遭遇率



交通科学協議会(2009年)

違反経験回数と事故遭遇率



違反経験回数(2002-2006年)

交通科学協議会(2009年)

男女別年齢層別運転免許保有者数と保有率

運転免許適齢人口(109,293千人)当たりの運転免許保有率 73.9%

(千人) 男性 年齢層別人口		運転免許保有者数 男(千人)		年齢層 人口:千人 (男女計)	運転免許保有者数 女(千人)		(千人) 女性 年齢層別人口	
運転免許保有率								
39.3%	2,671	1,050	1050	80歳以上	138	2.6%	5,229	
64.8%	2,527	1,637	1,637	75~79歳	414	12.6%	3,285	
80.2%	3,199	2,566	2,566	70~74歳	1,053	28.4%	3,712	
88.0%	4,005	3,524	3,524	65~69歳	2,086	47.6%	4,380	
94.3%	4,603	4,342	4,342	60~64歳	3,155	65.6%	4,810	
		45,539	45,539	運転免許 保有者数総数	35,272			(平成21年末)

安全性を評価するための頭部傷害の基準

(実際の交通死亡事故) 頭部損傷は多様
 (衝突安全評価用ダミー) 加速度で頭蓋骨骨折を評価

	実際の事故 救急医の知見	現行 1970年代に提案
頭部傷害	脳損傷 びまん性軸索脳損傷 脳挫傷	頭蓋骨骨折
実験対象	動物	人間
傷害基準 ダミー頭部	歪み	 加速度 HIC

交通研の役割と課題

- 保安基準は、型式認証制度、リコール制度、車検制度、アセスメント等自動車の安全を確保するさまざまな制度の基本。保安基準作成の技術的な支援。
- 効果的な基準を作るためには、公平な視点に立った吟味が重要。
 - 本当に安全か、副作用はないか
 - 求められる性能の水準は妥当か
 - 基準の国際調和によって、国内の安全への影響はどうか
- 今後は予防安全装置の評価方法の開発が重要
 - 予防安全装置の効果の定義、試験法開発、課題抽出など
 - 予防安全装置の評価には、ドライバーに関する研究が重要

24 日
講演 5

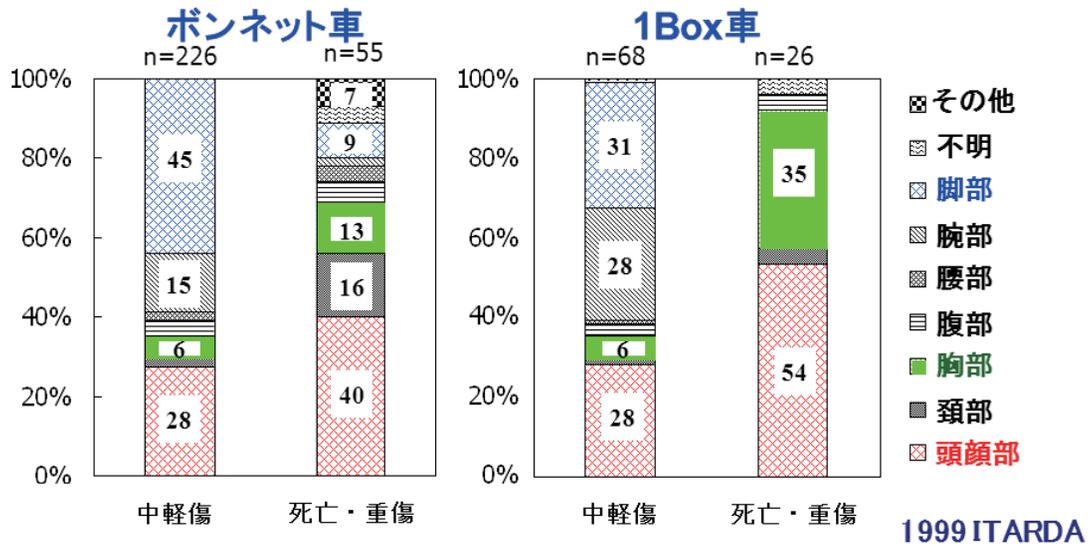
人の衝突被害を軽減するための 自動車の安全対策について

自動車安全研究領域 主席研究員

松井 靖浩

交通事故死亡者数の中で歩行者の占める割合は最も高く、交通弱者への保護対策は極めて重要な課題となっている。ここでは、ドライブレコーダの分析等で明らかになった車両と歩行者との接触状況の特徴について解説する。次いで、歩行者と車両との衝突状況のコンピュータシミュレーション解析で明らかになった車種による衝突状況の特徴や死亡の主損傷部位である頭部の衝撃状況を生体工学に基づき組織学的に分析した結果を紹介する。最後に、車両における現在の歩行者保護基準について述べ、今後の対策(衝突安全、予防安全)や評価手法のあり方を提案する。

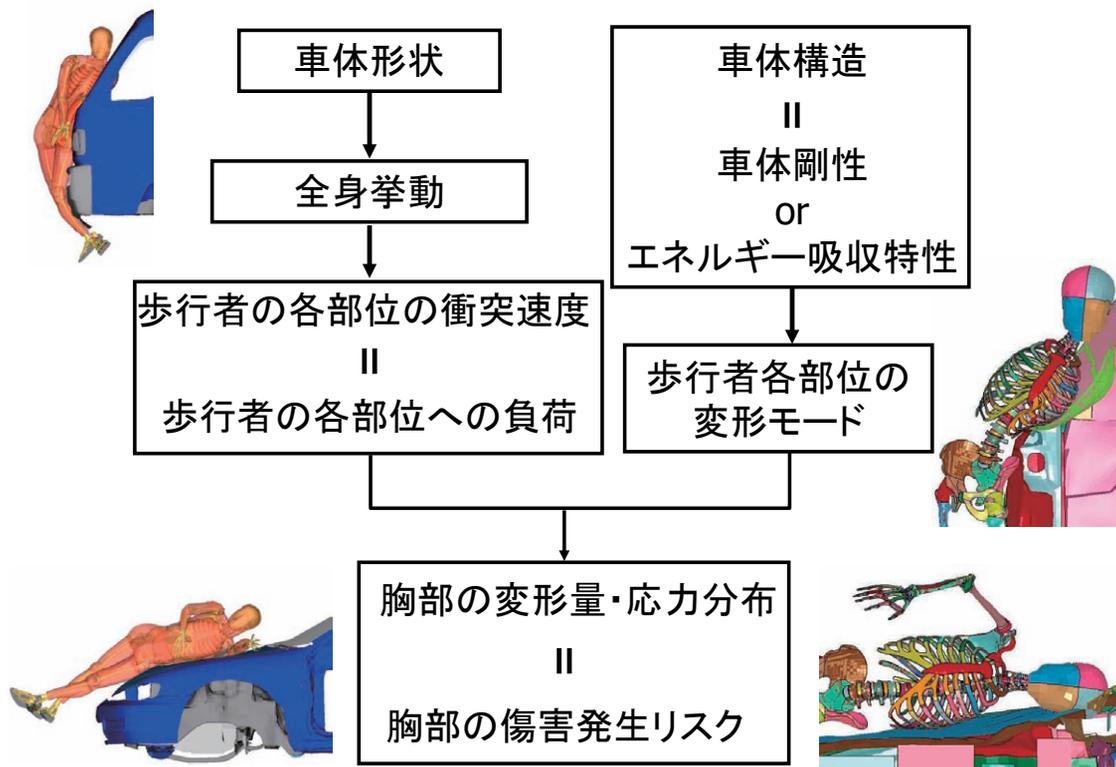
車両形状別の歩行者における傷害主部位



目的

前面形状が異なる車両(ボンネット車と1Box車)が歩行者と衝突する際の衝撃状況を把握し、胸部傷害発生メカニズムを解明する。
→有限要素モデルによる解析

胸部傷害発生メカニズム



衝突による傷害予測

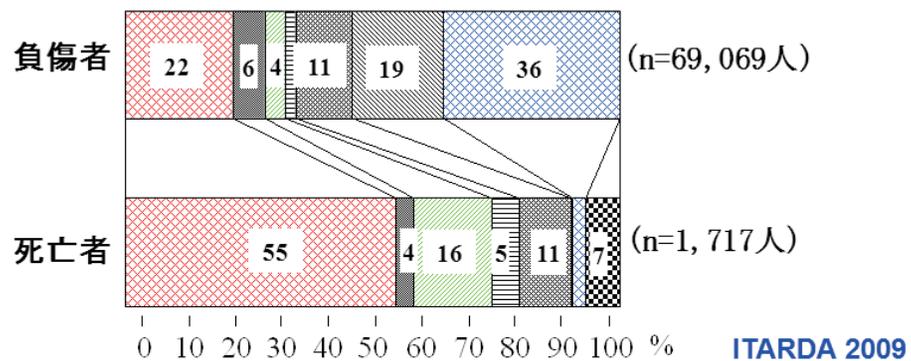
車種により, 傷害の危険部位が変わってくる



ボンネットには頭部および胸部が衝突

頭部インパクトを使って胸部傷害の評価にも使用可能か？

歩行者事故に於ける損傷主部位



頭部損傷は死亡に直結する事例が最も多い

安全性を評価するための頭部傷害の基準

(実際の交通死亡事故) 頭部損傷は多様

(衝突安全評価用ダミー) 加速度で頭蓋骨骨折を評価

	実際の事故 救急医の知見	現行 1970年代に提案
頭部傷害	脳損傷 びまん性軸索脳損傷 脳挫傷	頭蓋骨骨折
実験対象	動物	人間
傷害基準 ダミー-頭部	歪み	 加速度 …… HIC 

① 衝突時の歩行者被害軽減のために

① -1 車両前面形状と傷害の関係

車体形状と胸部傷害との関連性について解明

(将来)ボンネットには頭部および胸部が衝突

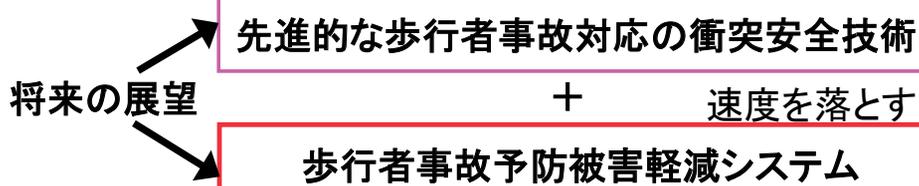
→頭部インパクトを使った胸部傷害の評価可能性を調査

① -2 将来の頭部傷害基準

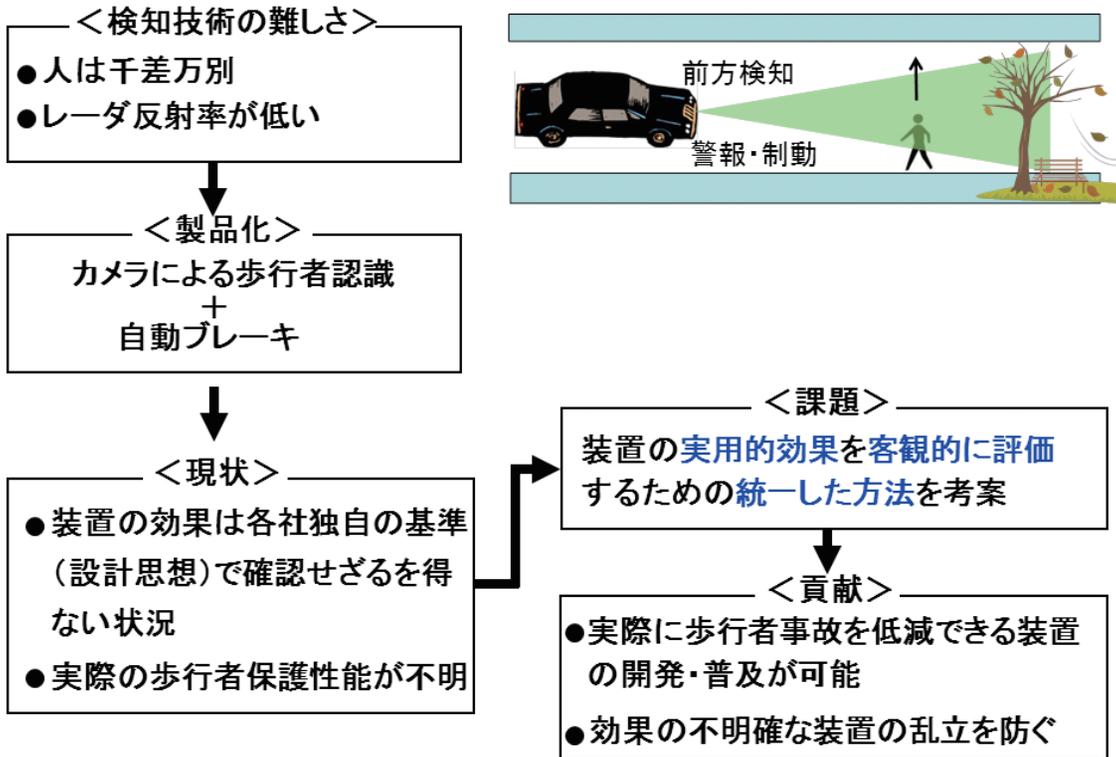
圧縮ひずみ20~30%の間に、脳傷害の閾値が存在

(将来)実際の脳損傷の発生メカニズムから傷害抑止のための対策を講じる必要有り…新しい指標も必要(ひずみなど)

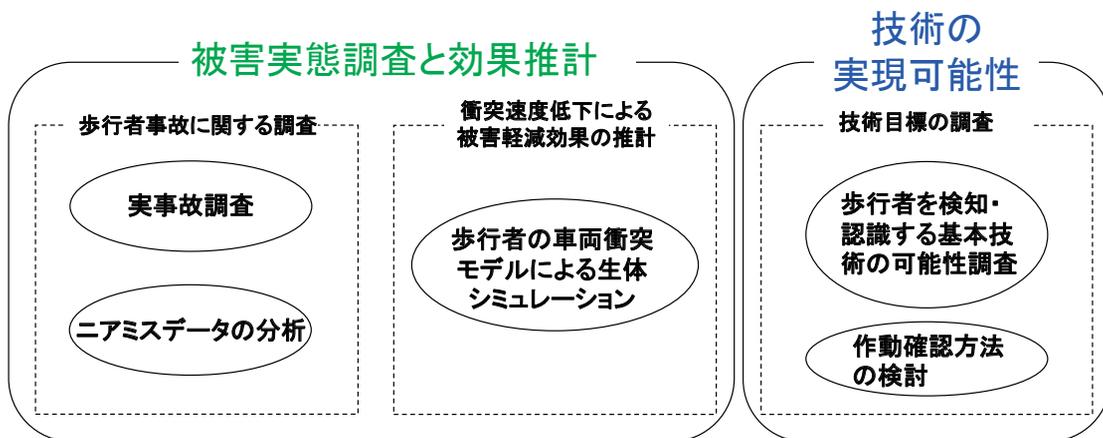
ダミー構造と安全基準を改良



歩行者事故予防被害軽減システムの現状課題



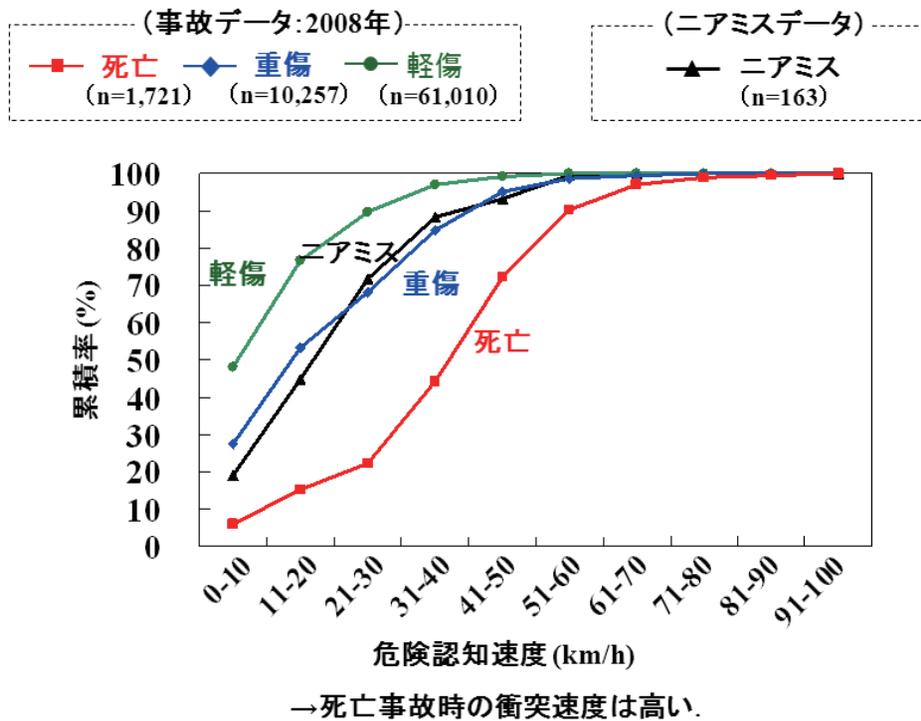
歩行者事故予防被害軽減システムに関する交通研の取組み



より効果の高い歩行者事故予防安全システムの追求

交通事故死傷者の大幅な低減を目指す

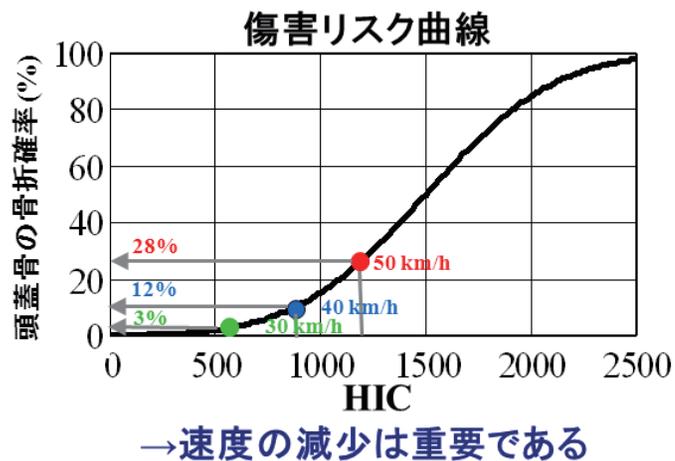
危険認知速度と傷害程度の関係



衝突速度が変化した時の頭部傷害値

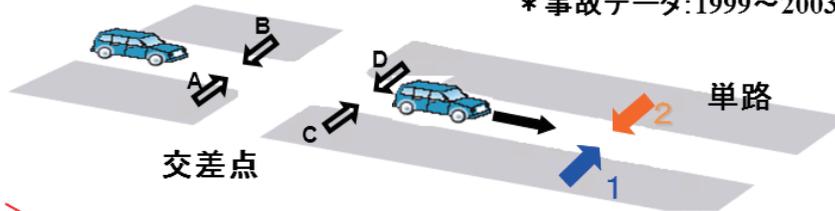
(Head Injury Criteria: HIC)

シミュレーション 解析結果	衝突速度 (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80
	HIC		20	180	560	935	1217	2506	4084
傷害リスク曲線	頭蓋骨骨折確率	0%	0%	3%	12%	28%	51%	100%	100%

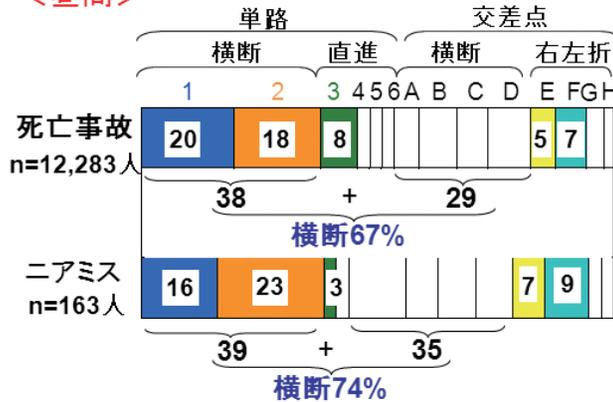


ニアミスと事故データ(死亡)における歩行者-車両の接近状況

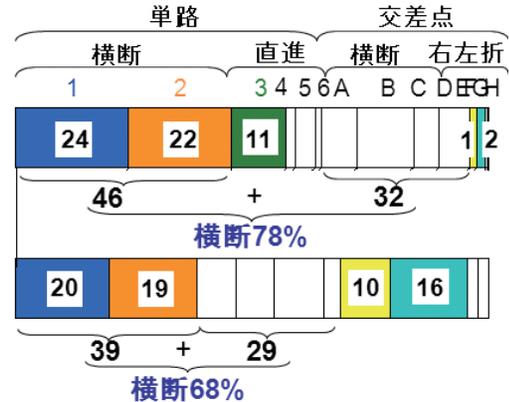
* 事故データ: 1999~2003年の死亡事故



<昼間>



<夜間>

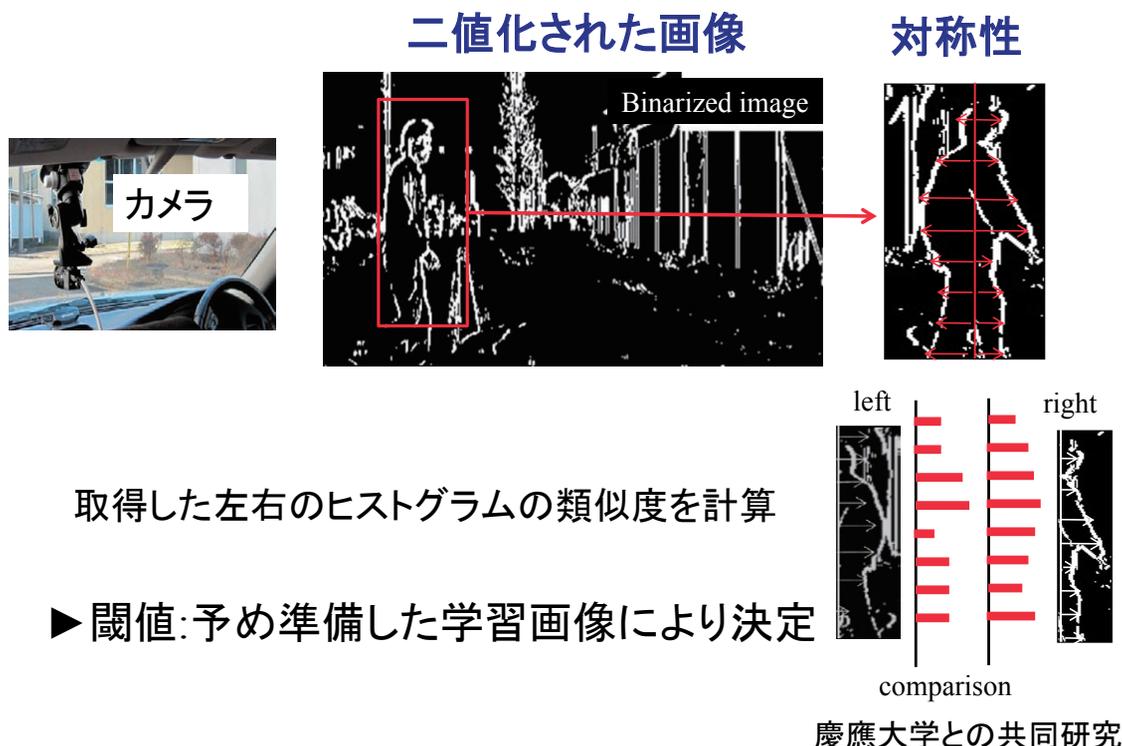


- <特徴>
- 死亡事故: 背を向け歩行する形態が多い(3)
 - ニアミス: 右折時に多い(E, F)
 - 死亡事故とニアミス: 単路と交差点での横断が多い 約7割

ニアミスデータを使用した解析例: 衝突予測時間

縦方向の時間の概念	横方向の時間の概念
Vehicle Time to Collision (TTC)	Pedestrian Time to Vehicle (TTV)
$\text{Vehicle TTC} = \frac{L}{v} \rightarrow \text{平均1.7秒}$	$\text{Pedestrian TTV} = \frac{Ld}{v} \rightarrow \text{平均1.5秒}$
<p>↑ ↑</p> <p>ほぼ近似!</p> <p>車両または歩行者のどちらかが衝突を回避する手段が重要</p>	

カメラによる人検知手法の例: 対称性判断



まとめ

①衝突時の歩行者被害軽減のために

- 車体形状と胸部傷害との関連性について解明
- 今の衝撃試験の評価である衝撃加速度のみならず、実際の脳損傷の発生メカニズムの視点から傷害を抑止するような衝突安全対策を講じる必要有り

②歩行者事故予防のために

- ニアミスデータによる衝突予測時間は、歩行者検知型予防安全装置の開発に使用可能
- 衝突速度が減少すると、頭部・胸部傷害の可能性が低くなる→歩行者検知型予防安全装置は有効
- 歩行者検知型予防安全装置の性能要件を考案する必要有り

24 日
講演 6

被害軽減及び衝突回避システムに関する 技術の現状と将来

自動車安全研究領域 研究員

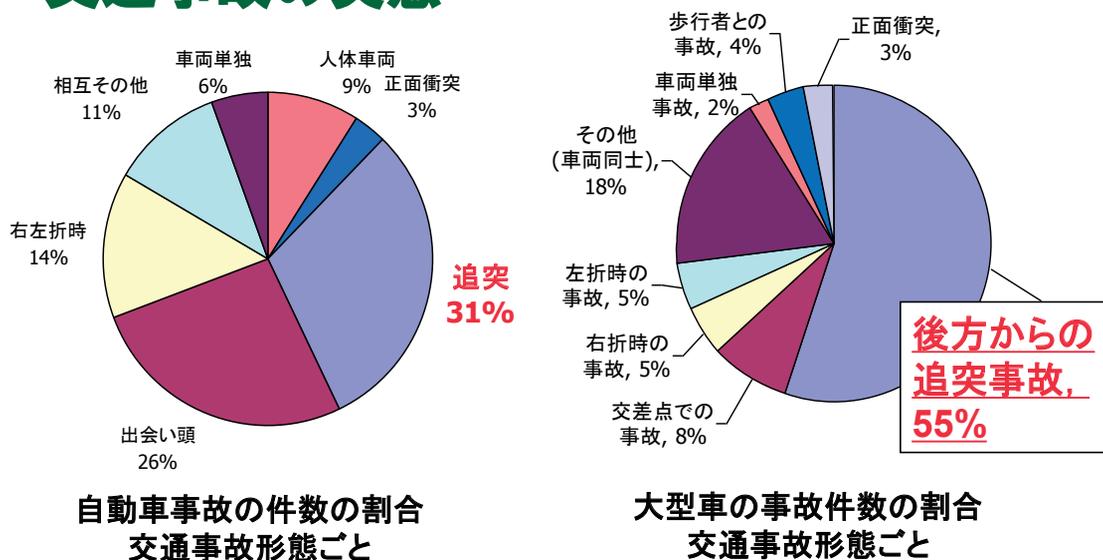
廣瀬 敏也

被害軽減ブレーキ、特定条件下での衝突回避システムをベースとした交通事故防止技術の国際基準の動向と解決すべき問題点について整理し、これらの基準策定において交通研が果たす役割について述べる。合わせて、これら技術の成熟がもたらすであろう今後の自動車の変容について解説する。

講演内容

- 交通事故の実態
- ブレーキシステムと予防安全技術
- Advanced Emergency Braking System (AEBS)
 - ◆ 警報・自動ブレーキの作動タイミング
 - ◆ ドライバとシステムの優先度
 - ◆ システムへの過信
 - ◆ 前方検知センサー性能の向上
- 将来の展望

交通事故の実態

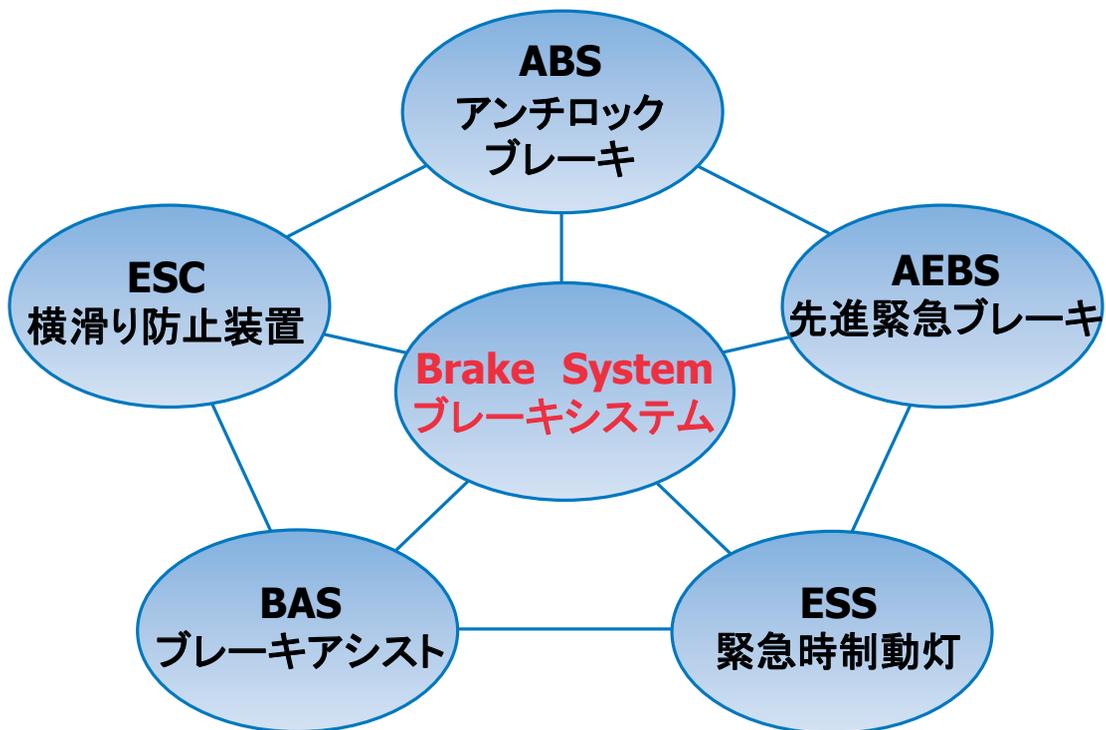


➤ 大型車では事故の
55%を占める

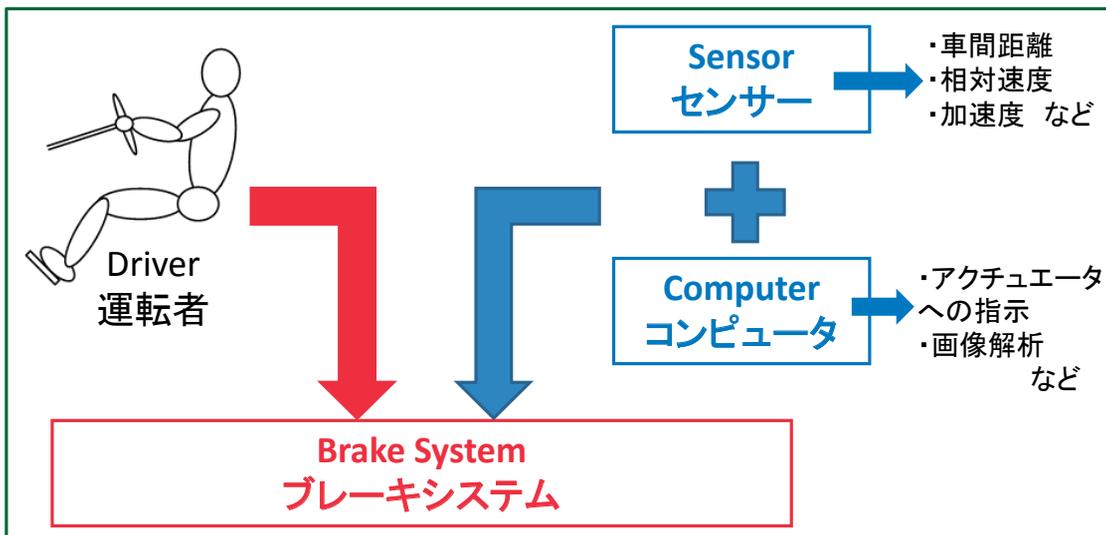


追突事故に対策を
行う必要がある。

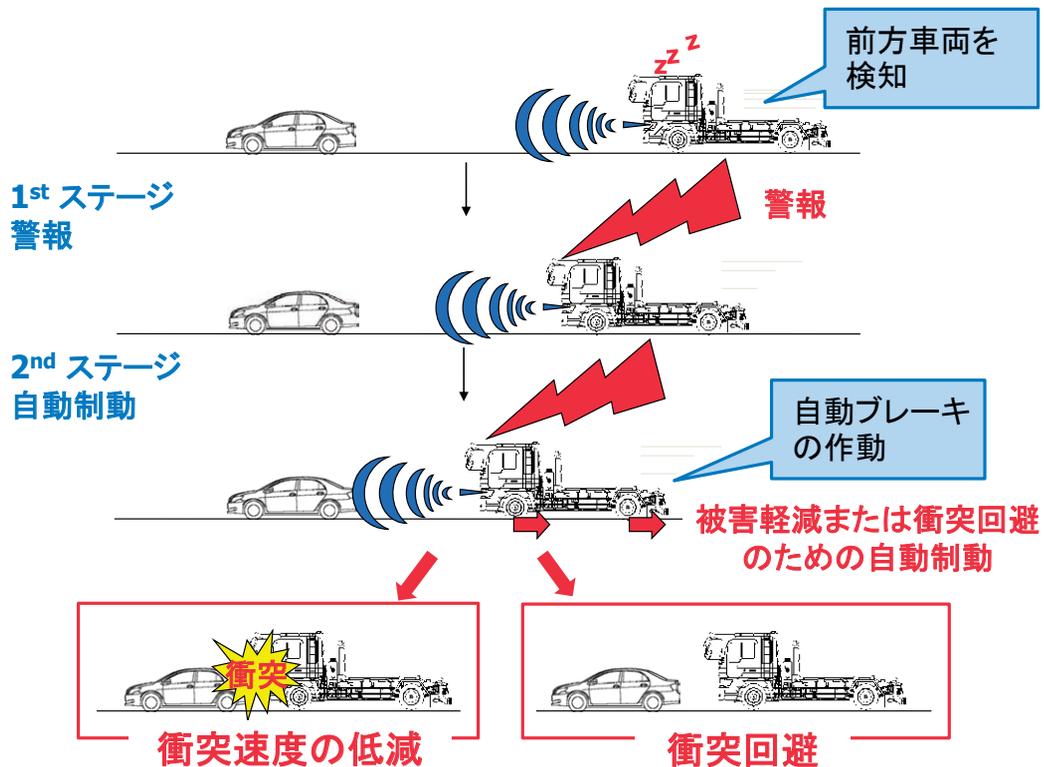
ブレーキシステムと予防安全技術



ブレーキシステムと予防安全技術



先進緊急ブレーキシステム (AEBS)



先進緊急ブレーキシステム Advanced Emergency Braking System (AEBS)

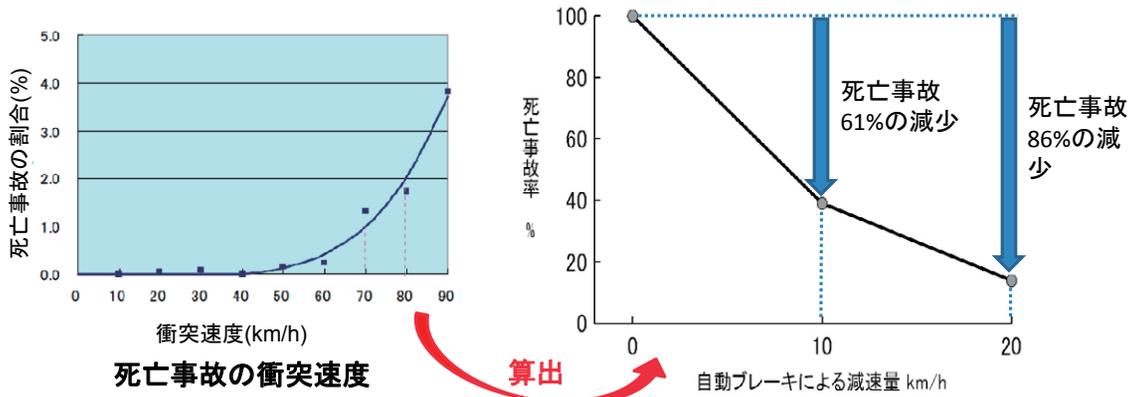
大型車のAEBSに関して
国際基準を策定中

定義

先進緊急ブレーキシステムは、前方車両を検知し、ドライバーに警報を行い、衝突回避または被害軽減を目的に車両のブレーキシステムを作動させるものである。

交通研の役割：
将来に向けての基準(案)を提示する

衝突被害軽減ブレーキの効果予測



大型車における2001年～2003年までの死亡事故の衝突速度

- 衝突速度が10km/h減少すると死亡事故が61%減少する
- 衝突速度が20km/h減少すると死亡事故が86%減少する

追突死亡事故(速度10km/hから90km/hまで)について
衝突速度が10km/h～20km/h減ったと仮定した場合の効果

自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の資料より
<http://www.unece.org/trans/doc/2009/wp29grf/AEBS-LDW-02-11e.pdf>

前方検知センサー性能の向上

ミリ波レーダー



検知するもの

- 車間距離 (L)
- 相対速度 ($V = V_f - V_r$)

渋滞末尾等の**静止車両**の検知

看板, ガードレール等の静止物と静止車両を見極めるのが困難だが, 日本はソフトウェアの処理によって静止車両も対応可能

カメラ・画像処理

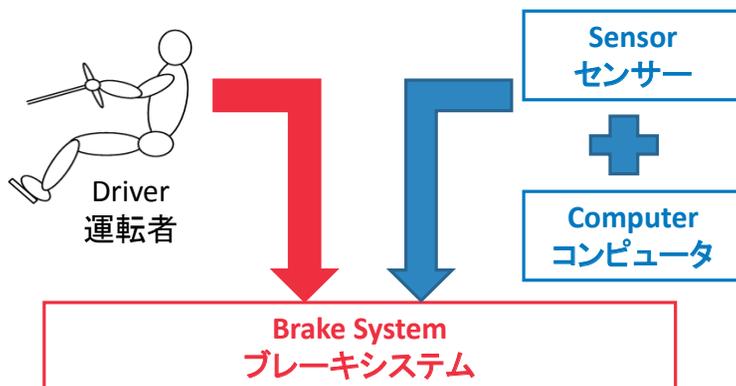


複数のセンサーを用いることで

早期に衝突対象物を検知

ドライバとシステムの優先度

同時に指示した場合どちらに従うか？



これまでは、運転の主体はドライバ(責任)



ドライバとシステムの指示に対して
コンセンサスが必要

警報・自動ブレーキの作動タイミング

衝突回避をするためには

- 早期に警報・自動ブレーキを作動させる
- 高性能な前方検知センサー・

ブレーキシステムを搭載する

ドライバにとっては、不要と思われる時にシステムが作動

- 走行している車間距離によって作動
- 前方車両の動きを予測しながら運転時に作動

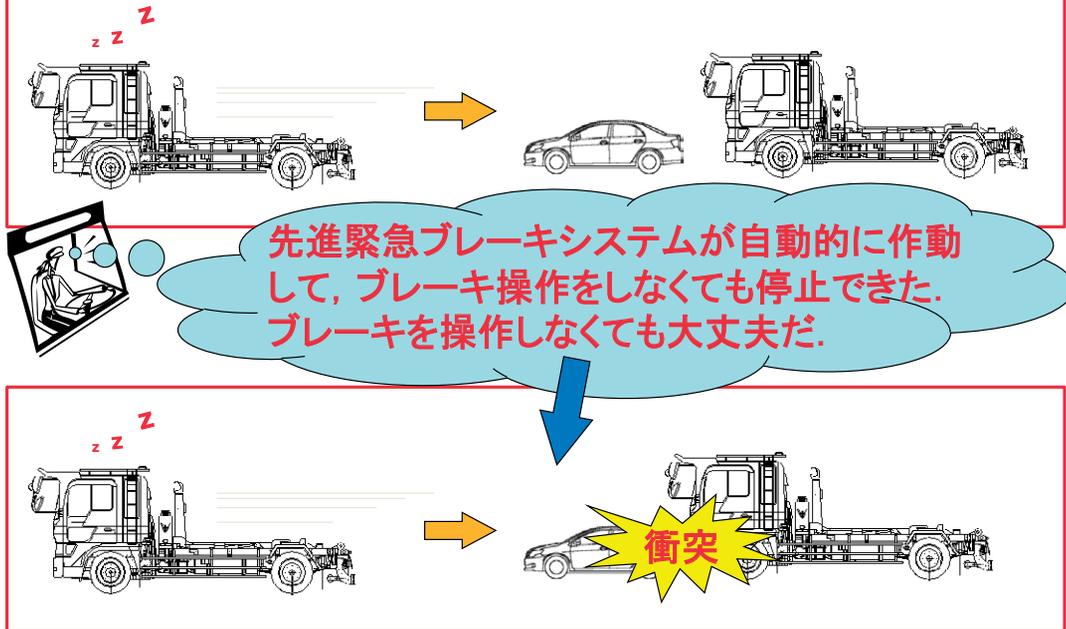


ドライバはシステムを良く理解する
安全運転最優先の考え方に対する
社会的コンセンサスも必要

システムへの過信（AEBS）

交通心理学：

AEBS搭載車両が衝突回避し、停止した場合



将来の展望

被害軽減から衝突回避へ

➤ システムの性能向上

- ・ 前方検知センサーの性能向上
- ・ システムの信頼性の向上

（誤警報・誤作動の低減）

➤ 社会的コンセンサス・考え方の整理

- ・ ドライバとシステムの優先度
安全運転を最優先とする考え方
- ・ 運転に対する最終的な責任はドライバ
- ・ リスクホメオスタシスを生じない運転支援

24 日
講演 7

視覚情報に関するドライバの認知支援技術と その将来について

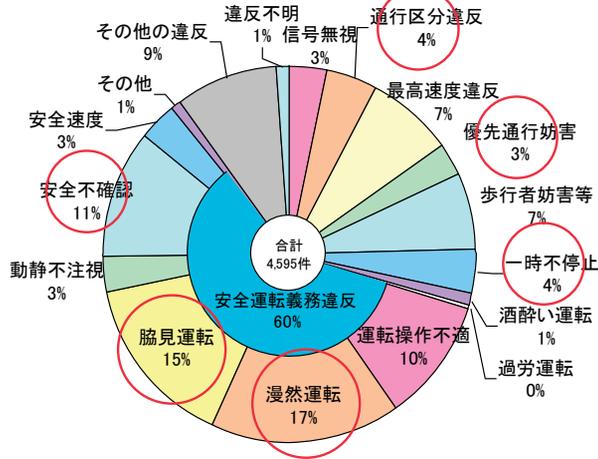
自動車安全研究領域 主席研究員

塚田 由紀

運転に必要な情報は9割が視覚から獲得されているため、ドライバから見えにくい場所や見落とししやすいモノを教えてくれるシステムには事故防止効果がある。最近では、配光を自動的に調節してくれる前照灯や、見えにくい場所を映し出すカメラモニタなどの開発が進んでいる。センシング技術と組み合わせれば高齢ドライバの注意力低下を支援することも可能である。これらの技術を概観し将来性について解説する。

運転者支援の重要性

第1当事者の法令違反別死亡事故件数
(平成21年)



死亡事故の原因のほとんどは
危険対象物の予告
注意喚起
によって、解消できる。

運転者支援技術の普及

事故低減効果 **大**

運転者支援技術の普及が、事故を低減させる。

認知支援技術の例



ここをサポート

- AFS (Adaptive Frontlight System)
- ナイトビジョン
- ヘッドアップ ディスプレイ
- カメラモニタシステム



視認性向上

車車間・路車間通信を見据えた

- スマートウェイ (安全走行支援サービス)
- スマートプレート
- アクティブレーンキープ

見えない対象の検出

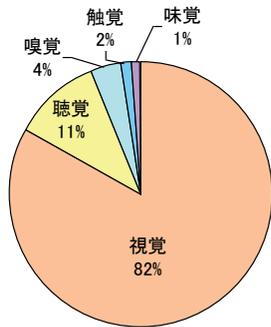


スマートウェイ推進会議 資料より

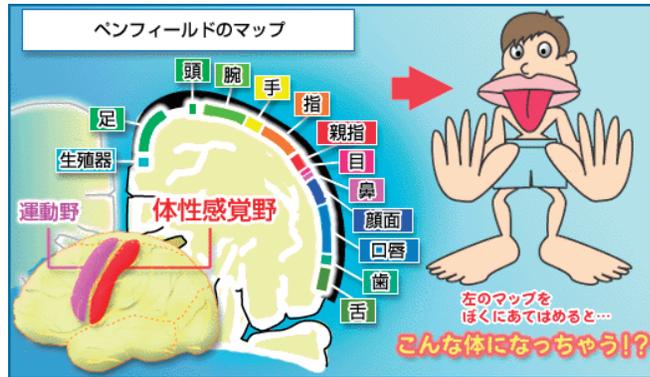
視認性向上を超えて、情報提供型技術の開発へ

視覚情報の重要性

五感による情報量の割合



五感の中で、視覚による情報は最も大きな割合を占める



日本学術会議HPより

脳内では、体の各器官から送られてきた情報は局在化している。目からの情報は、隣接する手への情報伝達が早い。

視覚情報は、身体反応に素早く影響を与える

視覚的な情報による運転者への注意喚起は、非常に有効

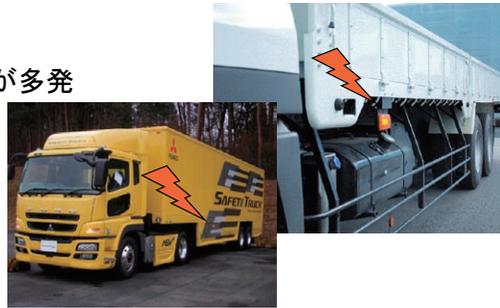
視認性向上による事故低減効果の例

大型貨物自動車の巻き込み事故防止対策

1970年代に大型車の左折時の巻き込み事故が多発
改善策として

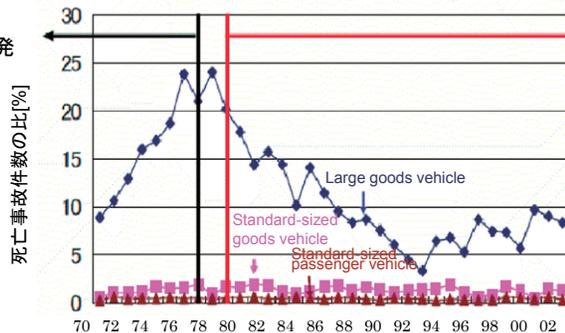
- サイドアンダーミラーの設置
- 補助方向指示器の設置
- サイドガードの改善

を導入し、事故を低減させた。



左折時の巻き込み事故多発

1977年に自転りに乗った親子3人がトラックの左折時に巻き込まれ、死亡する事故が起き、社会問題として認識される。



1979年に、大型車の車両構造規制開始

視覚的な支援は、交通事故の低減に貢献

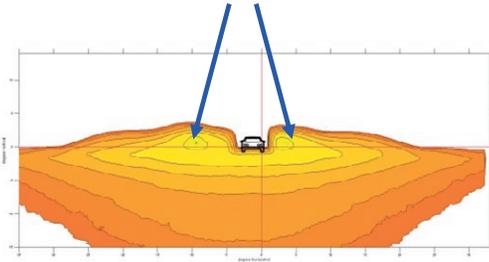
自動車の左折時に発生した死亡事故件数の比率[%]

Adaptive Driving Beam

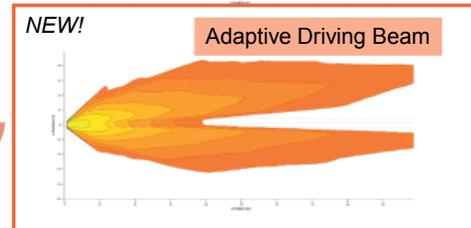
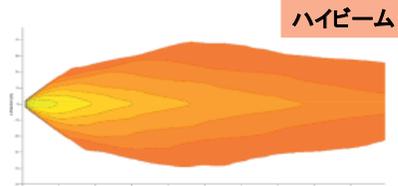
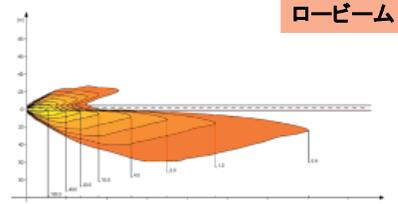
可変配光型走行ビーム

ハイビームのパターンを変化させて、
対向車や先行車に眩しさを与えず、
より広い範囲の視認性を確保するシステム

歩行者等の視認性が改善



ADBの技術基準について議論を展開中



(ISAL 2009 Paper A36)

Adaptive Driving Beam

可変配光型走行ビーム

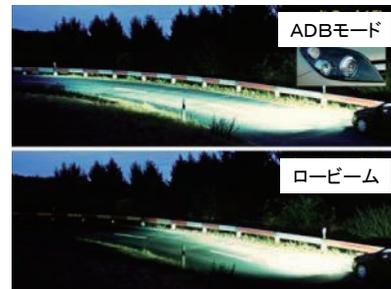
ADBの技術要件について、各国の研究機関で実験、研究を開始。

ハイビームで走行しても

- ・対向車が眩しくない車両間隔
- ・先行車が眩しくない車両間隔

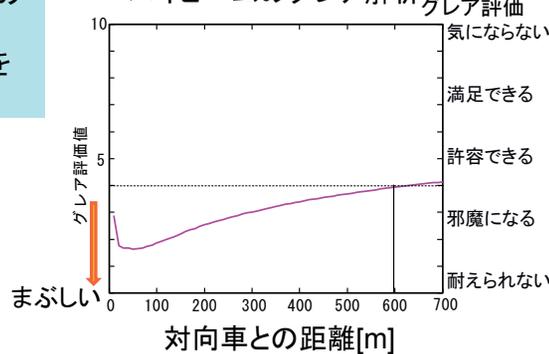
対向車や先行車を検出するセンサの性能
審査方法

海外研究機関の
結果と合わせ、
センサ要件等を
策定中



Motoring Channel Staff Report HPより

ハイビームのグレア解析



グレア評価
気にならない
満足できる
許容できる
邪魔になる
耐えられない

計算条件
前照灯地上高 0.65m
2灯左右間隔 1.15m
ドライバーの目の高さ1.20m

国際基準調和の間では、
自転車に加え、動物の検出
の必要性を唱える国もあり、
その適用範囲についても
議論

Adaptive Driving Beam

可変配光型走行ビーム

将来的には、

見たいor見るべき部分だけ、特に明るく照射



他の交通者に幻惑を与える部分だけ、照射しない

多様な交通状況に対応して、前照灯の光を最適にフィットさせる。

Camera Monitor System

カメラで撮影した外界の映像を、車室内のモニタ上に提示するシステム。



撮影画像を解析し、視認性を高める、危険対象を抽出する等
インテリジェントシステムとしても期待されるシステム

ミラーの代替品としての可能性を検討

対象物の距離感を正しく認識するために

- ・画像サイズ
- ・対象物の表示サイズ
- ・表示範囲 等

の研究を開始

国際基準調和の場では、
各国の市場展開の違いで
急速な展開が望まれている



ドアミラーの鏡像



モニタ上の画像

高齢者のグレア

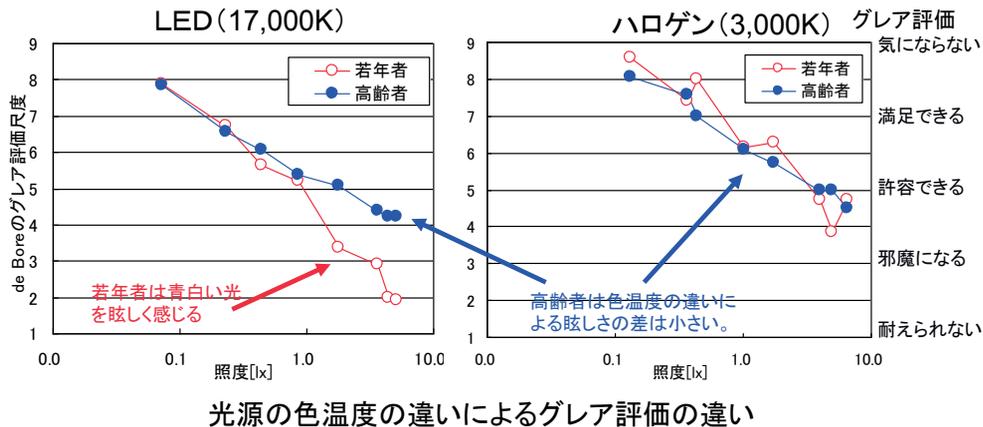
HIDランプの普及に伴い、前照灯が眩しい、との苦情も増加。

高齢者は、老化による眼球の白濁により、眼球内で光が散乱し、より眩しく感じる。

→ 適切な光度調整が必要

一方、眼底の黄変が進むことで、青に対する感度が低下する。

→ 青白い光であるLEDに対する眩しさは？



色温度の違いによるグレア

HIDランプの普及に伴い、前照灯が眩しい、との苦情も増加。

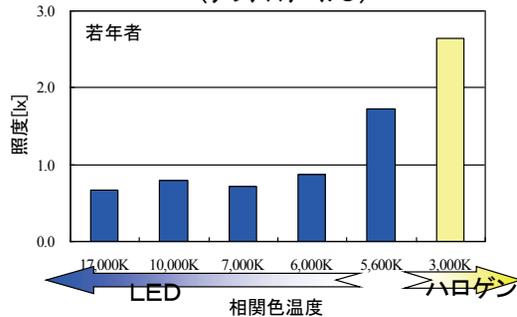
若年者は、青白い光ほど、明るく感じる。

青白い光は視認性が高いと好まれ、特に日本におけるHID前照灯の普及率が高い。

更に、青白い光も発光でき、省エネルギー、長寿命のLEDの普及には期待が高い

LEDの開発により、様々な白色をもつ前照灯が可能となる。

眩しさを感じない限界の照度 (グレアスケール5)



多様化する運転者の特性(眩しさ感や好み)にヘッドライトの色をフィットさせる

多様化するニーズにフィット

新技術の開発傾向

光をデザインする

ランプの光の方向、色、
光度を自在に変化



新技術への対応を検討

- ・基準の必要性
- ・技術の重要度

多様な交通状況に光をフィット

- ・ハイビームとロービームを自動切替え
- ・必要な部分を照明(ADB)

多様化するドライバーの特性にフィットした光

- ・色可変前照灯
- ・視認性をサポート

見えない危険対象物も提示

- ・可視化

新技術の安全への効果・影響を正しく評価し、
且つ、どの交通にとっても安全な要件を提案する必要がある。
同時に、その技術の効果を簡潔に、高精度に審査する方法も
開発段階から検討しておく必要がある。

交通研の役割

24 日
講演 8

審査からみた安全・環境に係る新技術動向

自動車審査部 前任自動車審査官

家辺 健吾

型式指定等に申請された自動車に採用されている新技術の動向を、安全対策技術、環境対策技術、燃費対策技術を中心に整理し、安全で安心な社会の実現、排ガス規制等基準の強化、低燃費への消費者ニーズの高まり等に対してどのような技術を用いて対応しているかについて解説する。

はじめに. 自動車審査業務の概要

自動車の型式指定制度

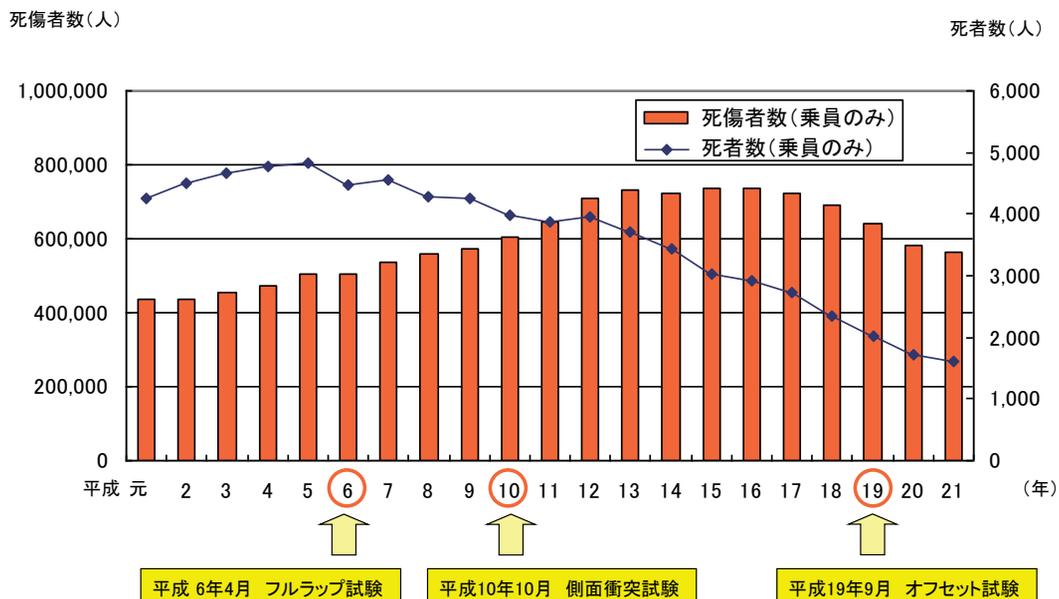
大量生産される同一の構造・装置を有する自動車について、自動車メーカー等からの申請により、国が製造・販売前の段階において、代表車を用いて安全・環境基準への適合性を評価するとともに品質管理体制を確認し、その自動車の型式を指定する制度。

指定を受けた自動車は、自動車ユーザーが新規検査を受検する際、自動車メーカーが交付した完成検査終了証を提出することにより、車両1台ごとに行う国への現車提示を省略することができ、自動車ユーザーの負担軽減となる。



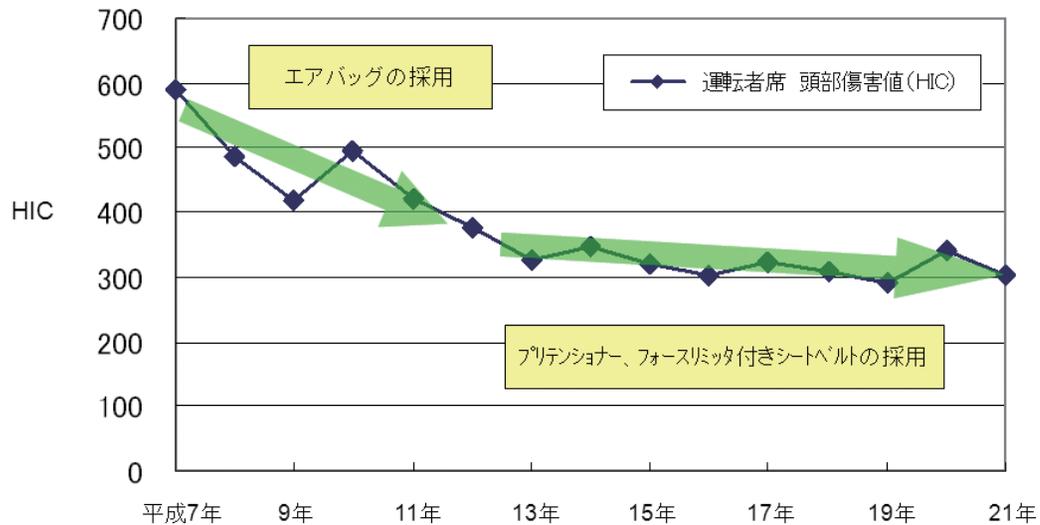
1. 安全対策技術

<交通事故の推移と衝突安全基準の導入時期>



1. 安全対策技術

＜型式指定におけるフルラップ試験の頭部傷害値(HIC)の推移＞



1. 安全対策技術

予防安全	運転負荷軽減等	<ul style="list-style-type: none"> ・車線維持支援制御装置 ・定速走行・車間距離制御装置 ・ヒルホールド、ヒルスタート ・配光可変型前照灯(AFS) ・タイヤ空気圧モニタリングシステム(TPMS)
	事故回避	<ul style="list-style-type: none"> ・横滑り防止装置(ESC) ・電子式車両姿勢制御装置(EVSC) ・ふらつき検知システム ・車線逸脱警報装置
	被害軽減	<ul style="list-style-type: none"> ・先進緊急制動システム(AEBS) 衝突回避ブレーキ 衝突被害軽減ブレーキ ・ブレーキアシスト(BAS)
衝突安全	乗員保護等	<ul style="list-style-type: none"> ・プリクラッシュ・シートベルト ・サイドエアバッグ、カーテンサイドエアバッグ ・アクティブヘッドレスト ・ポップアップエンジンフード

1. 安全対策技術

電子式車両姿勢制御装置 (EVSC)

<EVSC機能 なし>



<EVSC機能 あり>



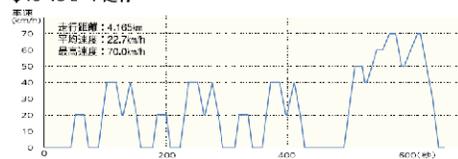
2. 省エネ(燃費対策)技術

<燃費基準の策定>

- 平成10年6月 省エネ法の改正(「トップランナー基準」の考え方の導入)
- 平成18年3月 重量車の燃費基準の策定(2015年度目標)
- 平成19年7月 乗用車等の新燃費基準の策定(2015年度目標)

<試験モードの変更>

◆10・15モード走行



10・15モードからJC08モードへ

- 実際の走行と同様に、細かい速度変化での運転
- ホットスタートに加え、コールドスタートの測定も追加

◆JC08モード走行



2. 省エネ(燃費対策)技術

①ガソリン車

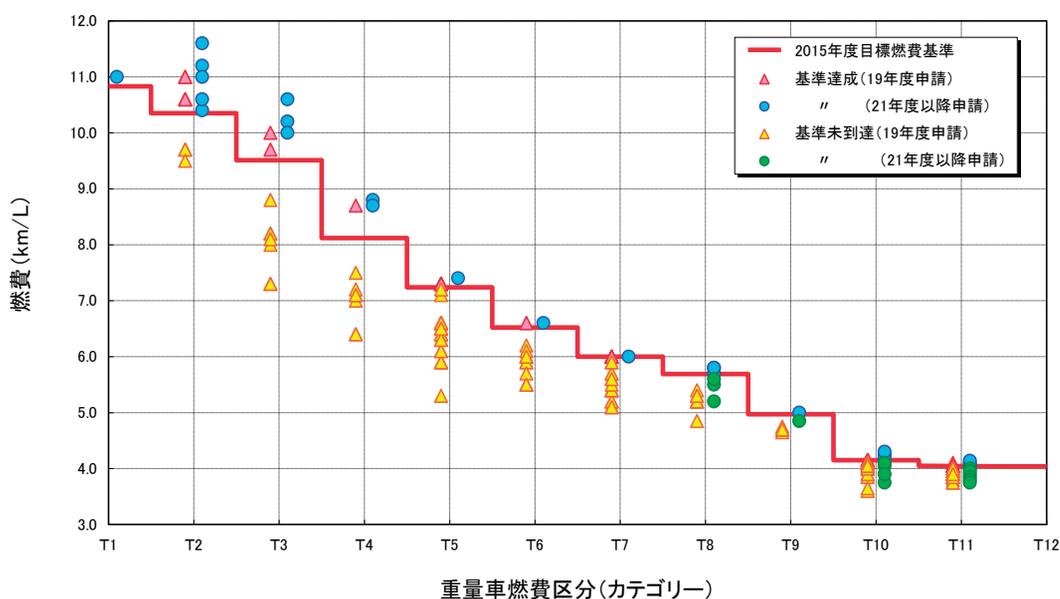
車体	エンジン	動力伝達装置	その他
<ul style="list-style-type: none"> 軽量化 走行抵抗の低減 	<ul style="list-style-type: none"> 直噴エンジン 可変バルブタイミング アイドリングストップ 希薄燃焼化 フリクションの低減 	<ul style="list-style-type: none"> 自動変速機の多段化 無段変速機(CVT) 	<ul style="list-style-type: none"> ハイブリッド自動車 転がり抵抗の低減 タイヤ空気圧モニタリングシステム(TPMS) ブレーキ引きずり抵抗軽減 省電力化

②ディーゼル車

車体	エンジン	動力伝達装置	その他
<ul style="list-style-type: none"> 軽量化 走行抵抗の低減 	<ul style="list-style-type: none"> 電子制御式燃料噴射装置 コモンレール 燃料噴射圧力の高圧化 燃料多段噴射 インタークーラー付過給器 	<ul style="list-style-type: none"> 自動変速機の多段化 	<ul style="list-style-type: none"> ハイブリッド自動車

2. 省エネ(燃費対策)技術

<重量車における燃費の現状>

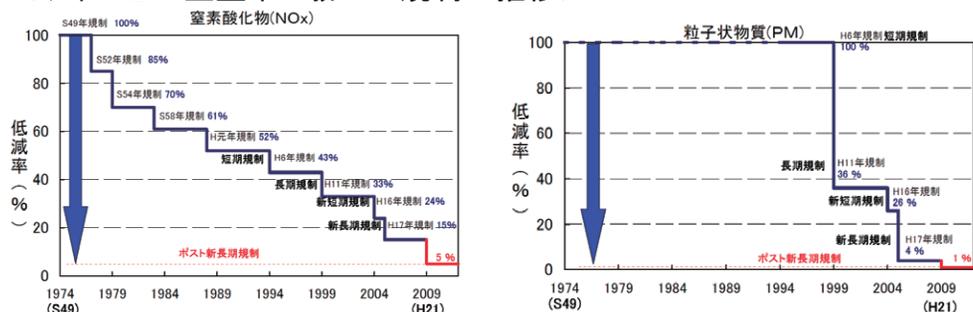


3. 排ガス対策技術

<排ガス規制>

- 平成13年3月 自動車NOx法の改正(自動車NOx・PM法)
- 新短期規制(ガソリン車:平成12年、13年、14年規制)
(ディーゼル車:平成14年、15年、16年規制)
- 新長期規制(平成17年規制)
- ポスト新長期規制(平成21、22年規制)

<ディーゼル重量車の排ガス規制の推移>



3. 排ガス対策技術

①ガソリン車

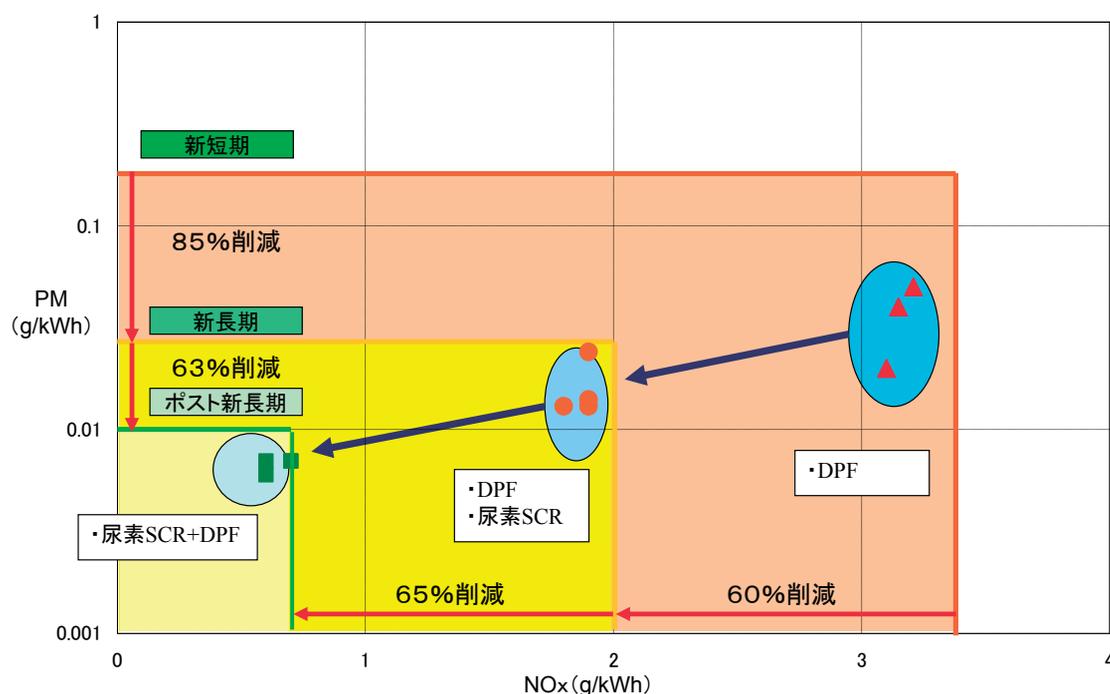
エンジン	後処理	その他
<ul style="list-style-type: none"> ・直噴エンジン ・可変バルブタイミング ・EGR制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・三元触媒 	<ul style="list-style-type: none"> ・空燃比センサ ・O2センサへのヒーター取り付け

②ディーゼル車

エンジン	後処理
<ul style="list-style-type: none"> ・電子制御式燃料噴射装置 ・コモンレール ・電子噴射ノズル ・EGR制御 ・二段ターボ化 	<ul style="list-style-type: none"> ・尿素SCR ・HC-SCR ・DPF ・NOx吸蔵還元触媒

3. 排ガス対策技術

<ディーゼル重量車における排ガス規制と技術の動向>



最後に. 自動車審査部が目指す方向性

<自動車審査の社会的意義>

- 自動車は、国民生活や経済活動にとって欠かせない存在。
- 安全確保、環境保全及び省エネ促進の観点から厳正な審査を確実に実施。基準不適合車両が市場に出回ることを未然に防ぐ。

<自動車審査部が目指す方向性>

- **安心・安全の提供**
 - ・社会の信頼に応える質の高い審査の実施、技術力の集積
 - ・技術の高度化・複雑化(電子制御の利用拡大、パワートレインの多様化など)、新規規則への対応
 - ・基準策定支援研究、リコール技術検証、自動車検査との連携
- **審査業務の国際化への対応**
 - ・基準認証国際調和活動等国際社会における発信・提案力の強化
 - ・国際的な枠組みの進化に伴う認証機能の強化
- **利便性向上と効率的な審査の実施**
 - ・メーカー利便性向上、負担低減等と厳正な審査の両立

24 日
講演 9

新技術に関する国際基準調和活動における 交通研の役割

自動車基準認証国際調和技術支援室長

成澤 和幸

環境対策、燃費対策、安全対策のための新技術に関する国際基準調和活動において、交通研が取り組んでいる課題について概説する。あわせて我が国はどのような国際戦略を取るべきか考える。

国際基準が必要とされる背景

- ・グローバル化ー自動車や部品が国際流通商品となり、国際統一基準が求められている
- ・先進技術対応ー先進的な安全、環境技術の基準は世界的規模で議論した合理的なものを導入することが、ユーザーのためになり行政コストも削減する
- ・経済成長戦略ー自動車が基幹産業である日本は、国際基準調和の場で我が国の立場を主張することにより、経済成長を支援



国際活動への取り組み方針

ー研究、自動車審査横断的な組織で対応ー

- ・基準の国際的な統一に向けた技術的支援
- ・我が国の代表として関連の国際会議に出席
- ・交通研の研究成果を活かしつつ、特に先進技術の評価手法について積極貢献

諸外国の関係機関との連携強化、世界標準へ

- ・諸外国の審査機関等と適宜、情報交換・相互訪問を行って連携を強化し、世界標準の審査機関を目指す

国際活動への取り組み方法

国土交通省を補佐する立場から、自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の専門家会議や基準原案作成のための作業グループの活動に積極的に参画する

基本的な役割

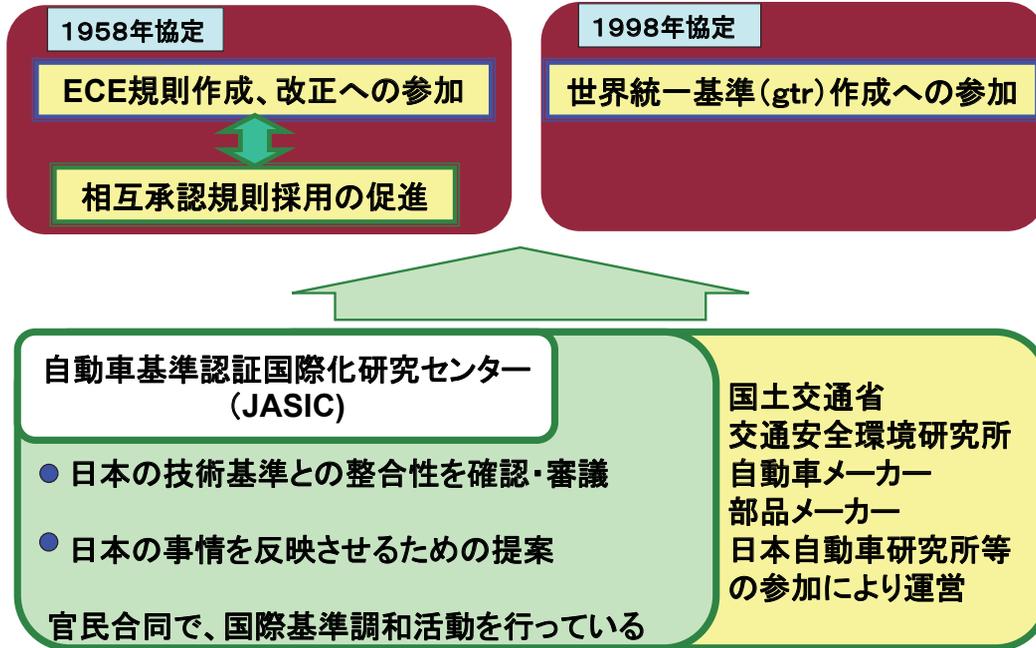
- * 政府代表を補佐する立場で各専門家会議に出席し、日本国の見解を発表する
- * 交通研の研究成果を積極的に発表し、国際統一基準の原案作りに貢献する
- * 基準作りの作業グループの議長を務める等、国際的な場でリーダーシップを発揮する

政府の一員として各専門家会議に出席、日本の見解を主張

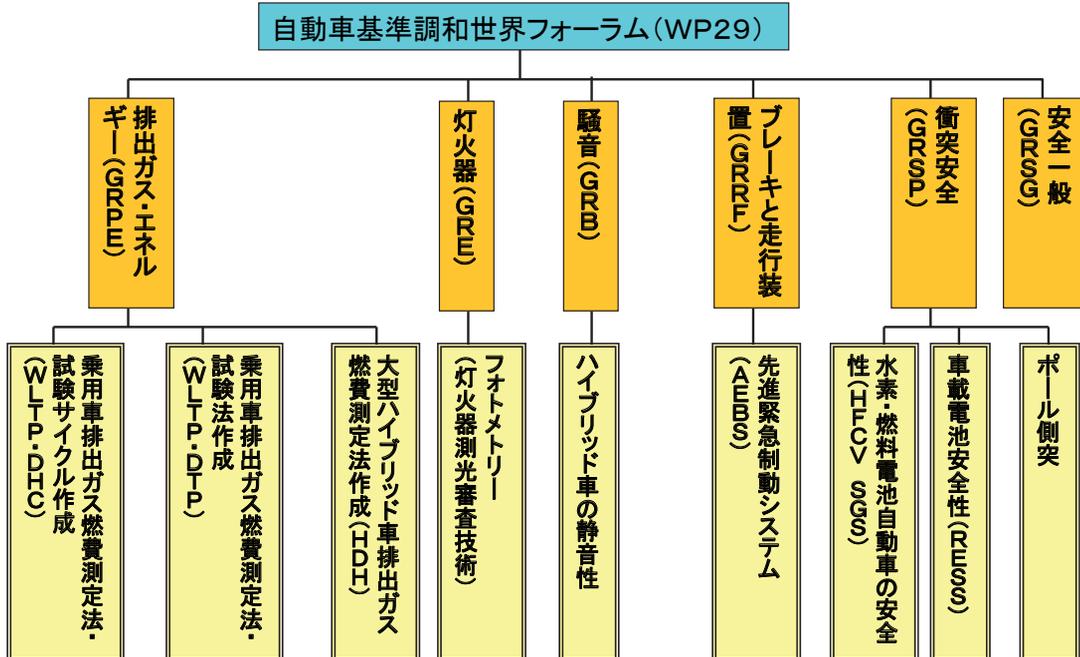


自動車基準調和世界フォーラム(WP29)傘下の会議はジュネーブの国連施設で開催される

自動車基準調和世界フォーラム(WP29)への国内対応体制



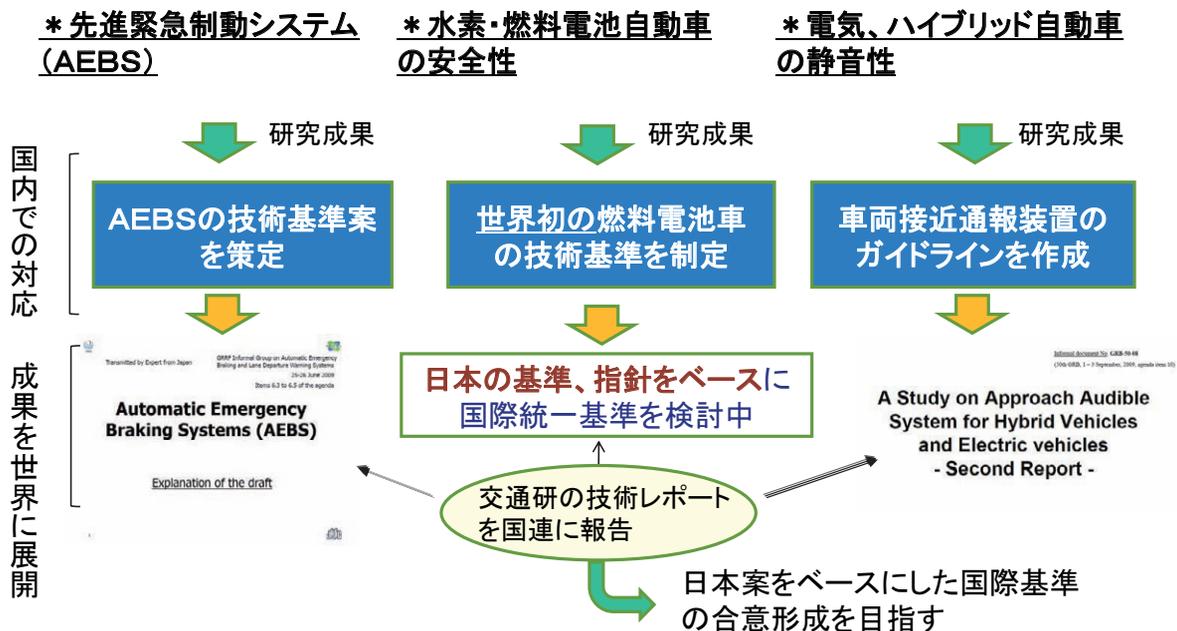
現在、交通研が積極的に参加している作業グループ



交通研の役割と取り組み方針

1. 国土交通省からの要請により交通研で技術的検討を実施し、日本が世界に先駆けて定めた成果を国際基準に反映させる
2. 日本が世界に先駆けて定めた試験法に関し、自動車審査における知見も含めて国際基準に反映させる
3. 研究領域における知見に基づき国際基準に取り組む
4. 日本に国際会議を招聘し、交通研での研究成果を積極的に基準に反映させる
5. 当所職員が国際会議の議長を務めることで、会議の運営や検討作業に積極的に貢献する
6. 外国審査機関との連携を強める

国土交通省からの要請により交通研で技術的検討を実施し、日本が世界に先駆けて定めた成果を国際基準に反映



日本が世界に先駆けて定めた試験法に関し、自動車審査における知見も含めて国際基準に反映①

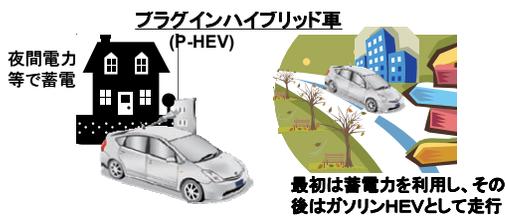
* 乗用車排出ガス・燃費試験法の世界統一基準化(WLTP/DTP)

電気、ハイブリッド自動車に関する試験法の規定作成をリード

日本は世界に先駆けて、ハイブリッド自動車の排出ガス・燃費試験法を整備
さらにプラグインハイブリッド車の試験法も整備

試験法作成グループ(DTP)

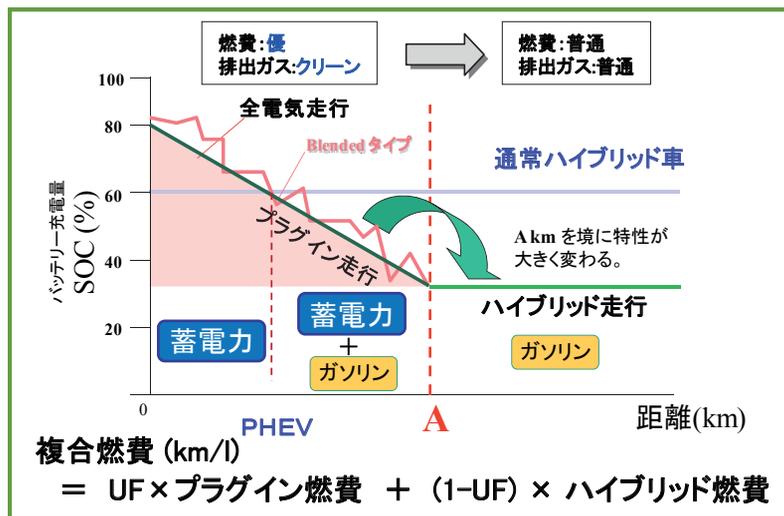
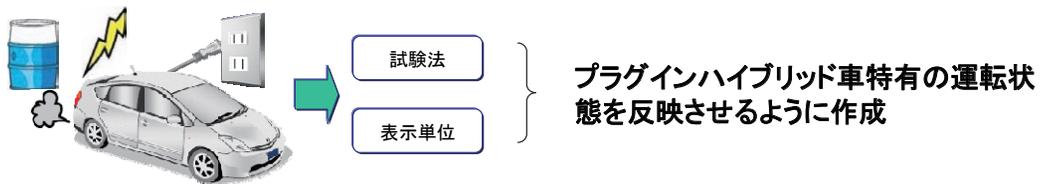
- 粒子(PM/PN)測定法 サブグループ
- ガス測定法 サブグループ
- 内燃機関車測定法 サブグループ
- 燃料 サブグループ
- 電気、ハイブリッド車試験法 サブグループ



自動車審査部職員が電気、ハイブリッドサブグループリーダーの地位を確保。国際的な検討の場で会議を運営し、リードする役割を担う

- * 日本の進んだ技術を国際基準化し、世界をリードする立場
- * 日本の自動車産業がより活動しやすい環境を作る

* プラグインハイブリッド車の試験法と表示単位例



日本が世界に先駆けて定めた試験法に関し、自動車審査における知見も含めて国際基準に反映②

* 大型ハイブリッド車排出ガス
燃費試験法 (HDH)

世界で初めて、HILS法を用いた大型ハイブリッド車排出ガス燃費試験法を策定

自動車審査部における審査で知見、ノウハウを蓄積

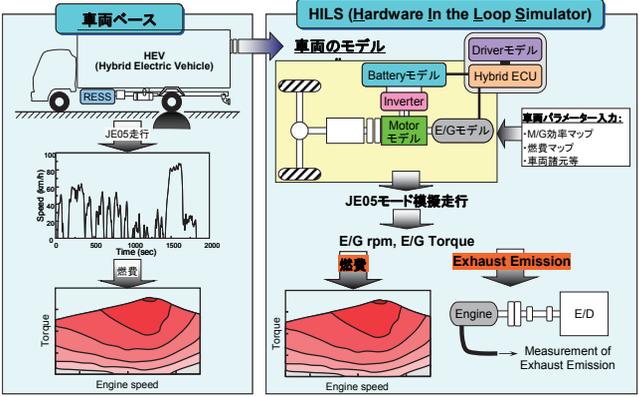
日本の基準をベースに国際統一基準の検討を開始

蓄積した知識を
世界に展開

欧州がvirtual testing手法として注目

<HILS試験法>

* 大型ハイブリッド車のECU部分のみを取り出し、リアルタイムの実稼働シミュレーションを行う手法



エンジン回転とトルク信号のみを取り出して別途排出ガス試験を実施する

研究領域における知見に基づき国際基準に取り組む

* 車載電池安全性 (RESS)

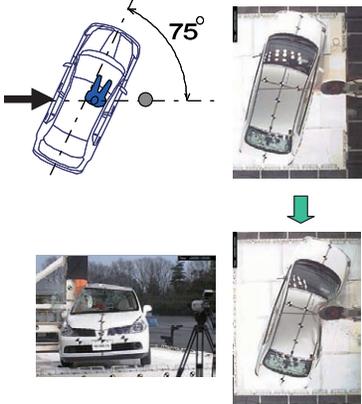
平成15年度より、国土交通省からの依頼により電気安全に関する研究を実施



・現行法規のMDB (Mobile Deformable Barrier) を用い、後輪付近に搭載したリチウムイオン蓄電池への衝突を想定した側面衝突試験を実施

* ポール側突

平成16年度より、国土交通省からの依頼により試験条件について研究を実施



<ポール側突例>

* 電柱に側面から衝突した場合などの安全性を高めるための、より厳しい側面衝突試験

日本に国際会議を招聘し、交通研での研究成果を積極的に基準に反映

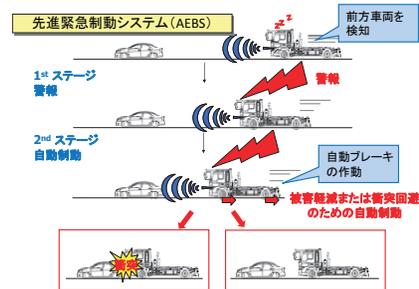
作業グループ会合の招聘

* 衝突被害軽減ブレーキ (AEBS)

第9回会合の日本開催
平成22年10月26日～29日

国際統一基準案作成のための最終会合

交通研の自動車試験場で
デモンストレーションを実施



* フォトメトリー (灯火器測光審査技術)

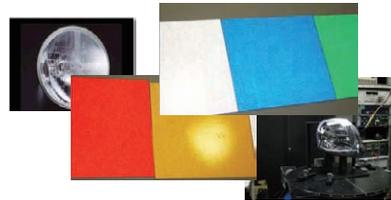
定期会合の日本開催
平成22年11月15日～17日

専門家会合を初めて日本で開催

交通研の研究、審査状況を
紹介

● 前照灯、反射器の測定値のラボ間比較

各国ラボの技術レベルでの摺り合わせに参画。日本の技術レベルの世界における位置づけが、明確となる。

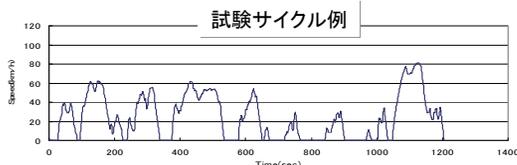


当所職員が国際会議の議長を務めることで、会議の運営や検討作業に積極的に貢献



乗用車排出ガス・燃費試験サイクル作業部会
WLTP/DHC

日本の作成手法を用いて世界統一試験
サイクルを各国連携で構築



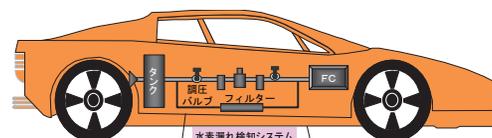
自動車の環境性能の正確な評価は、環境対策の根幹

環境対応車で勝負する我が国自動車産業の世界戦略に大きく影響



水素・燃料電池自動車世界統一基準作業部会
HFCV-SGS

日本の基準を参考に世界統一基準を検討中



個別部品の基準
・高圧ガス容器
・ガス容器付属品、高圧部部品
(高圧ガス保安法の引用)

車体全体の基準
・水素ガスの滞留防止構造
・水素ガス検知・警報システム
・水素ガスの排出基準
・ガス容器・配管等の取付基準
・高電圧安全基準

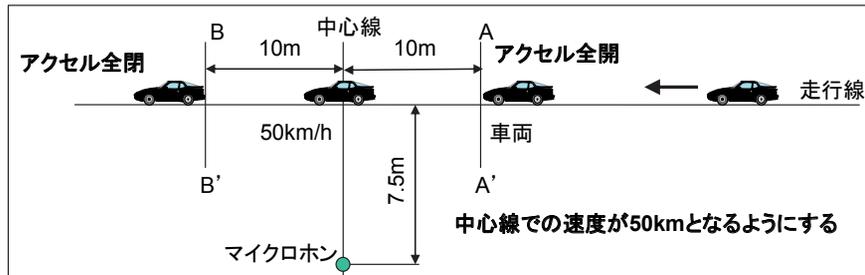
日本の燃料電池自動車基準の概念

外国審査機関との連携

- 海外認証機関(英国VCA、フランスUTAC等)との技術交流
- 審査部職員が自動車基準調和世界フォーラム(WP29)傘下の専門家会議に出席
- 東南アジア諸国への技術支援(マレーシア、インドネシアのアジア専門家会議へ講師を派遣)

UTACとの技術交流

加速走行騒音の新試験法に関する意見交換



定常走行と、マイク前での速度が50km/hとなる速度で全開加速を行い、目標加速度の騒音レベルを計算で求める

今後の目標

- * 長期間を要する国際基準化は、内容や合意形成手法に関し、長期的な経験の積み重ねや情報収集が不可欠である
- * このため、各研究領域職員と自動車審査部職員が連携を取って、積極的に対外機関との交流を実施していく
- * 先進技術に関して交通研で技術的に検討した結果を、自動車審査における知見も含めて国際基準に反映させるよう努める
- * 基準作成のために、国際的な場でリーダーシップを発揮する機会を増やす

- * 継続的に活動しているメリットを活かす
- * 専門性が高いメリットを活かす
- * 培った人脈を活かす

25 日
講演 1

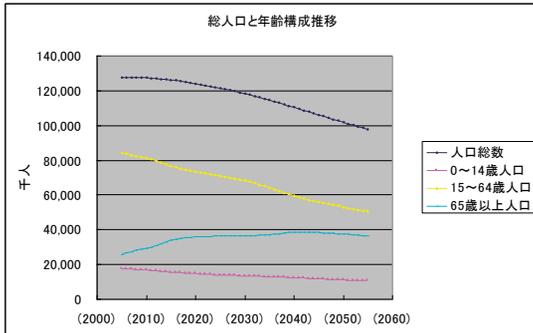
今後の公共交通のあり方と 技術に対する交通研の対応

交通システム研究領域長

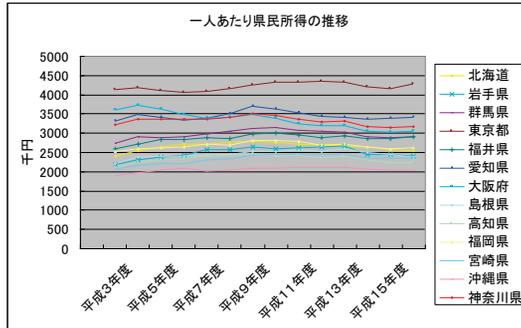
水間 毅

今後の公共交通は、少子高齢化、地方経済の活性化に資するものとなっていかなければならないとともに、国際化も意識しなければならない。そのための技術は、従来の鉄道技術とは異なる発想が求められる。こうした公共交通の今後のあり方と技術の方向性に対して、交通研の果たす役割を述べる。

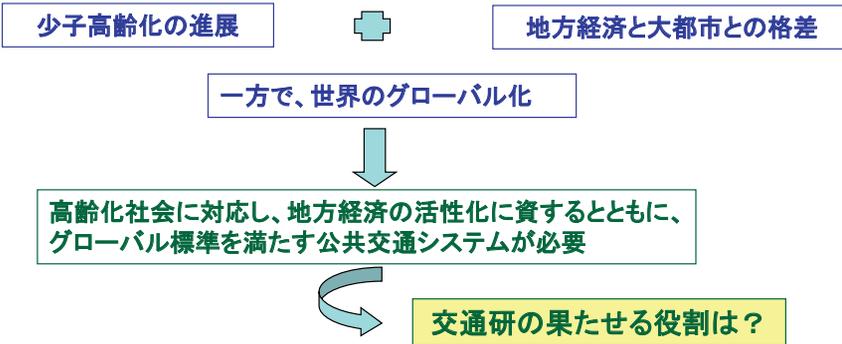
1. 今後の公共交通のあり方



国立社会保障 人口問題研究所資料より



内閣府県民経済資料より

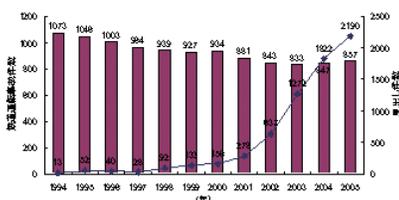


1

1. 1. 交通政策審議会答申

2008.6
交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会
「環境新時代を切り拓く、鉄道の未来像」
—鉄道がつなぐ、エコフレンドリーな生活圏(「鉄道エコ生活圏」)
の創造に向けて—

- 【構成】
1. 鉄道を取り巻く近年の経済社会環境の変化
 2. 今後の鉄道ネットワーク・サービスのあり方
 3. 今後の鉄道技術・安全のあり方



安全・安心指向の高まり

- 交通研にとってのキーワード:
- (1) 安全で安定した鉄道輸送の実現支援
 - (2) 新技術の導入と技術開発
 - (3) 海外展開と国際貢献

2

1. 2. 国家戦略

新成長戦略(基本方針) 2009.12.30(閣議決定) 抜粋

フロンティアの開拓による成長分野(アジア、観光・地域活性化)

◇ アジア経済戦略

アジア諸国と共同で日本の「安全・安心」の国際標準化を推進
官民あがての鉄道、水、エネルギーなどのインフラ整備支援や環境共生型都市の開発

国土交通省 成長戦略(2010.5.27) 抜粋

官民連携の体制を充実させ、国際標準化機関(ISO、IEC)並びに投資対象国において日本の優れた鉄道システムの技術・規格の戦略的な国際標準化の取組を推進



鉄道システムの海外展開

交通研にとってのキーワード:

- (1) 公共交通による環境共生型社会実現
- (2) 鉄道(公共交通)技術の海外展開支援
- (3) 鉄道(公共交通)技術の国際化支援

3

2. 今後の鉄道技術の方向性

省コスト技術

高コスト・高安全な鉄道システムから、省コスト・高安全な鉄道システムへ



省コストインフラ、省コスト電車線、省コスト車両

汎用技術

無線技術、コンピュータ技術、センサ技術等の汎用技術の利用へ



汎用技術の信頼性の不足分を多重系、ソフトウェアで補償

技術の国際化

開発技術の国際規格化の意識へ



メーカーにとっての輸出、事業者にとっての省コスト化を支援

4

2. 1. 省コスト技術



エコライド(泉陽興業、東大)

省コストな信号保安システムの開発支援

省コストな交通システムの開発評価



交通研として、
省コストな技術、システム開発の支援を行うことにより、
省建設費、省保守費な交通システムを確立させ、
公共交通システム導入の障壁を下げる

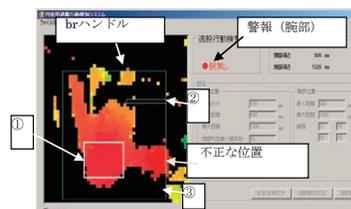
5

2. 2 汎用技術



騒音計、GPSによるプローブ車両

センサ
(頭部・腕部)



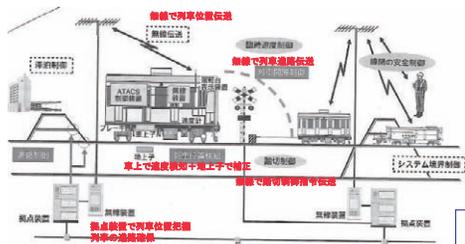
赤外線センサによるヒューマンエラー検知



交通研として、
汎用技術を利用することにより安価で、かつ安全で信頼性の高い
鉄道システム(軌道異常検出、ヒューマンエラー検出)を構築する(省コスト鉄道の
バックアップ)ために貢献(技術評価等)

6

2. 3. 技術の国際化



IEC規格提案(無線列車制御)



IEC62267(無人運転の安全性)

日本の技術とヨーロッパの技術の整合性(国際規格上)



交通研として、
① 日本の鉄道技術の規格化展開
② 日本の鉄道技術の規格整合性を支援



IEC62625(運転状況記録装置)

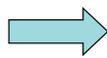


IEC62597(磁界測定法)

3. 交通研の対応

モーダルシフトと安全・安心社会

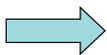
省コストな交通システムの開発によるモーダルシフトの促進、安全・安心の向上



産官学による新交通システムの開発やLRT等の普及支援およびヒューマンエラー対策等シミュレーション技術で貢献

国際規格と認証

日本の鉄道技術や新開発技術を国際規格として整備



国際規格化の支援や、新技術、鉄道技術の国際規格適合性評価

公共交通と地方活性化

少子高齢化に対応する交通システムの開発と地方の特徴との連携

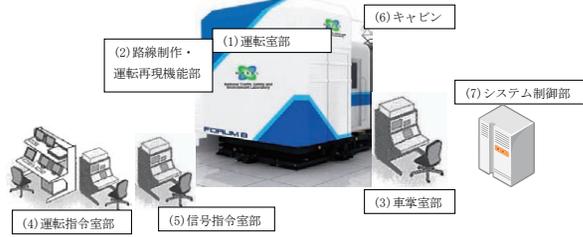


バリアフリー対応交通システムとバスとの融合

3.1 モーダルシフト



都市交通のLRT化、
バイモーダルシステム化



シミュレータによるヒューマンエラー評価



シミュレーションによるLRT導入効果評価例

- 交通研として、
- ① LRT、電気バス技術の評価
 - ② 公共交通導入の際の評価 (シミュレーション)
 - ③ ヒューマンエラー対策等を通じて、
- モーダルシフト、安全性向上に貢献

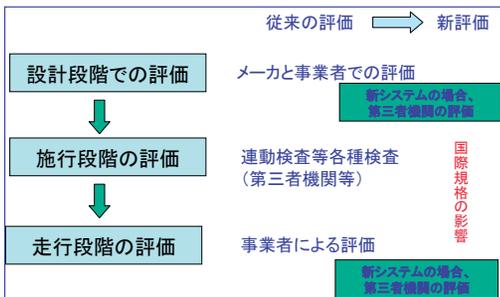
3.2 国際規格と認証

TBT協定: 国内規格(JIS)は国際規格(IEC,ISO)を基礎として制定
 政府調達に関する協定: 公的機関が発注する技術仕様は国際規格に準拠

国内的には、国際規格の重要性

鉄道の輸出に関して、第三者認証が必要とされ、ヨーロッパのメーカーが
 認証機関と組んで、アジア市場を席巻

国際的には、技術の認証の重要性



鉄道技術の評価方法のチェンジ

- 交通研として、
- ① 日本の技術の国際規格化への貢献
 - ② 日本の鉄道技術の輸出の際の評価での貢献

3.3 公共交通と地方活性化

バリアフリー交通システムの開発



DMV、パイモーダルシステムの可能性



DMV(JR北海道)



パイモーダル(国交省)

地方の特情にあったバスシステムとの連携



電気バスのネットワークの可能性



電気バス(北陸電力)



プラグイン



IPS

- 交通研として、
- ① バリアフリー交通システム開発への貢献(支援、評価)
 - ② 電気バスによるネットワーク化への貢献(支援、評価、基準)

4. 交通研と鉄道の将来

公共交通の将来

少子高齢化に対応した公共交通システムによる安全・安心



LRTを始めとした新しい公共交通システムの安全・安心



LRTのネットワーク化

鉄道の将来

新幹線を始めとする高速化鉄道網の充実と無線利用技術の普及



日本の技術の国際規格化、適合性評価への支援



ミリ波障害物検知装置

交通研の将来

地方の活性化を中心としたバス、鉄道ネットワーク化によるモーダルシフトの中核



バス技術と鉄道技術の融合への支援



架線レスゴムタイヤトラム開発

25 日
講演 2

LRT国際ワークショップから得た 今後の公共交通のあり方

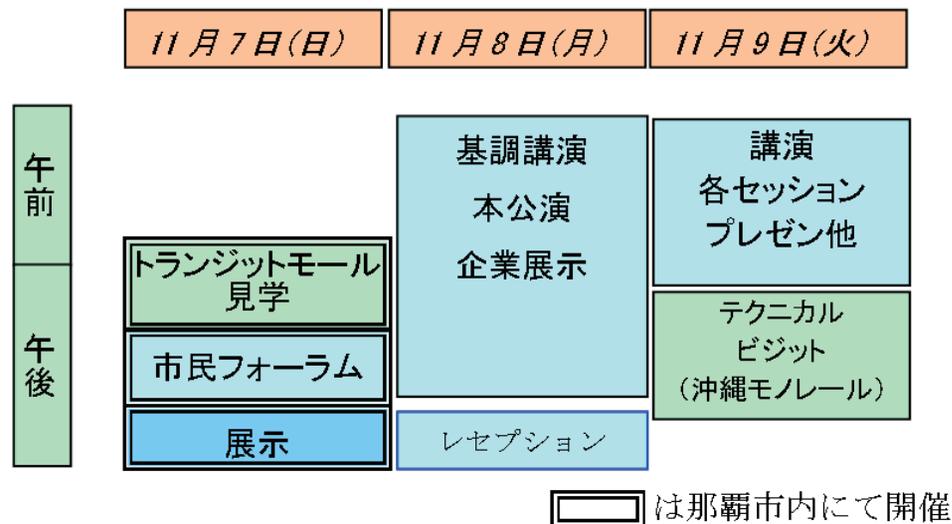
交通システム研究領域 主席研究員

大野 寛之

平成 22 年 11 月に沖縄県で開催した『第 4 回 L R T 国際ワークショップ』で得られた知見について報告する。沖縄県では鉄道網が戦争で破壊されて以来、65 年に渡り鉄軌道が存在しないまま都市開発が行われてきた（都市モノレールはのぞく）。その結果、自家用自動車及びレンタカーが交通手段の中心を占めている。こうした「自動車社会」の沖縄における軌道系を中心とした公共交通復活に向けた取り組みは、他の地域への波及効果が極めて大きいものと期待されている。

1. 第4回LRT国際ワークショップの概要

(2) プログラム概要



1

1. 第4回LRT国際ワークショップの概要

(3) プログラム詳細

○基調講演1

暮らしを支える路面電車 ゆたかはじめ氏(エッセイスト)

日本の鉄道 潮崎俊也氏(国土交通省鉄道局)

○基調講演2

ライトレール:スイスのライトレール Dr. Felix LAUBE スイスEmch & Berger社

クレルモンフェラン市におけるLRTの導入 Mr.Benoit RULLEAU フランス大使館商務官

○招待講演

LRTとまちづくり Prof. Eberhard HOHNECKER カールスルーエ工科大学(ドイツ)

新しい交通システム Dr.Gérard COQUERY フランス国立交通安全研究所(フランス)

韓国のLRTプロジェクト Prof. LEE Hi Sung ソウル産業大学(韓国)

公共交通活性化とコンパクトシティ 根塚 俊彦氏(富山ライトレール株式会社)

2

1. 第4回LRT国際ワークショップの概要

(3)プログラム詳細

○一般講演

沖縄の環境 堤純一郎教授(琉球大学)

地域づくりに役立つ地域公共交通をどのようにつくるか？ 加藤博和准教授(名古屋大学)

電気コミュニティバスの開発と富山市における実証実験 堂谷芳範氏(北陸電力株)

最新LRT技術動向(架線レストラム) 小笠正道氏(鉄道総合技術研究所)

ゴムタイヤ式LRT-トランスロール 小山俊一氏(三井物産プラントシステム株)

LRT導入と低炭素化社会の実現 工藤希(交通安全環境研究所)

最新の鉄道技術 熊谷則道氏(鉄道総合技術研究所)

モビリティ・マネジメントを通じたLRTの利用促進 藤井聡教授(京都大学)

○PANEL DISCUSSION LRTの沖縄への導入を目指して

3

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(1)沖縄鉄道史概要

路面電車

1914年 沖縄電気軌道 大門前 - 首里間(5.7km)開業

1917年 大門前 - 通堂間(1.2km)開業

1933年 休止

軽便鉄道(県営)

1914年 与那原線開通

1922年 嘉手納線開通

1923年 糸満線開通

1945年 沖縄戦により破壊される

都市モノレール

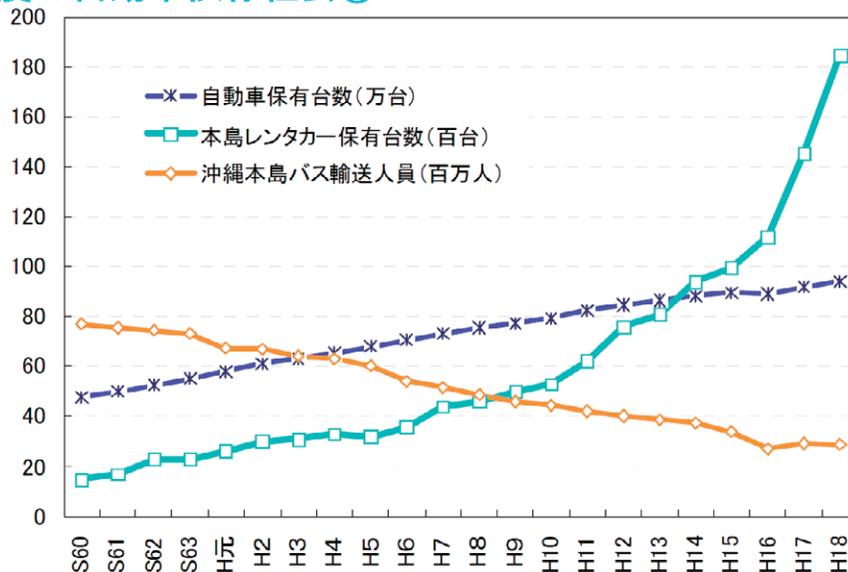
2003年 那覇空港 - 首里間 開業

**これまでに国による鉄道整備が行われたことがない。
日本の都道府県で唯一、普通鉄道が走っていない！**

4

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(2) 過度の自動車依存社会①

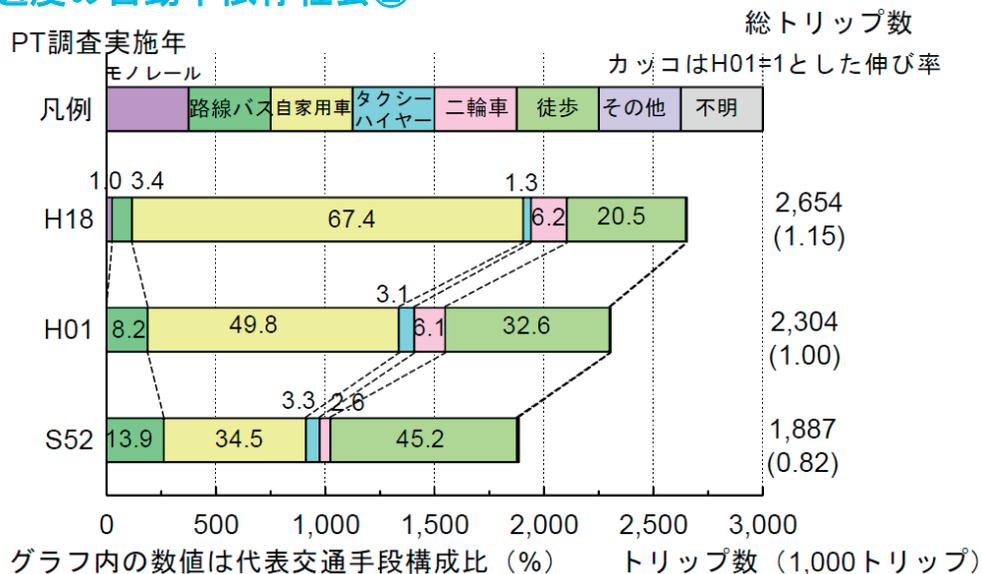


出展 『那覇市・浦添市・宜野湾市・沖縄市 地域公共交通総合連携計画』
(平成21年3月 那覇市・浦添市・宜野湾市・沖縄市)

5

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(2) 過度の自動車依存社会②



出展 パーソントリップ調査 (H18年 沖縄県)

6

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(3) 自動車依存社会の行き着く先は・・・①

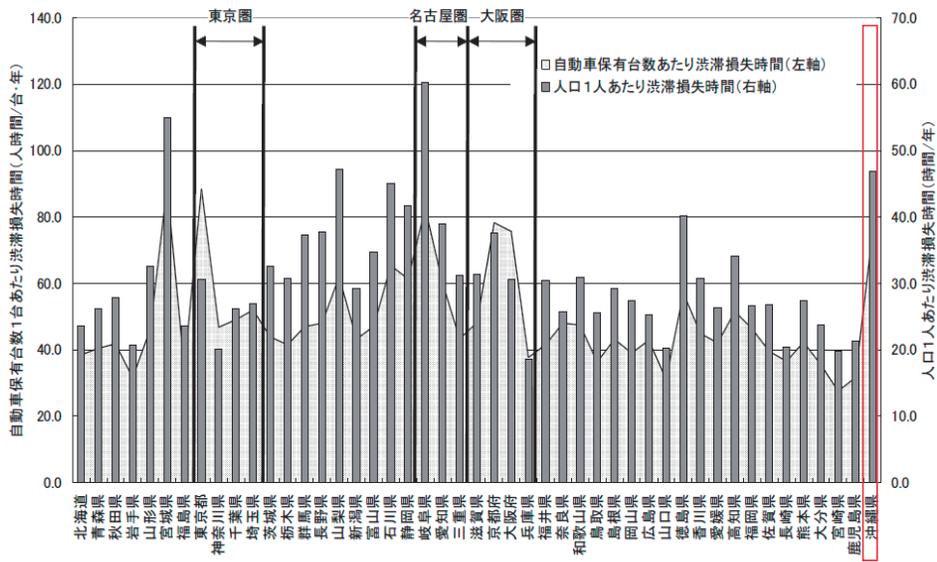


「渋滞損失3Dマップ」 出展 国土交通省HP

7

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(3) 自動車依存社会の行き着く先は・・・②

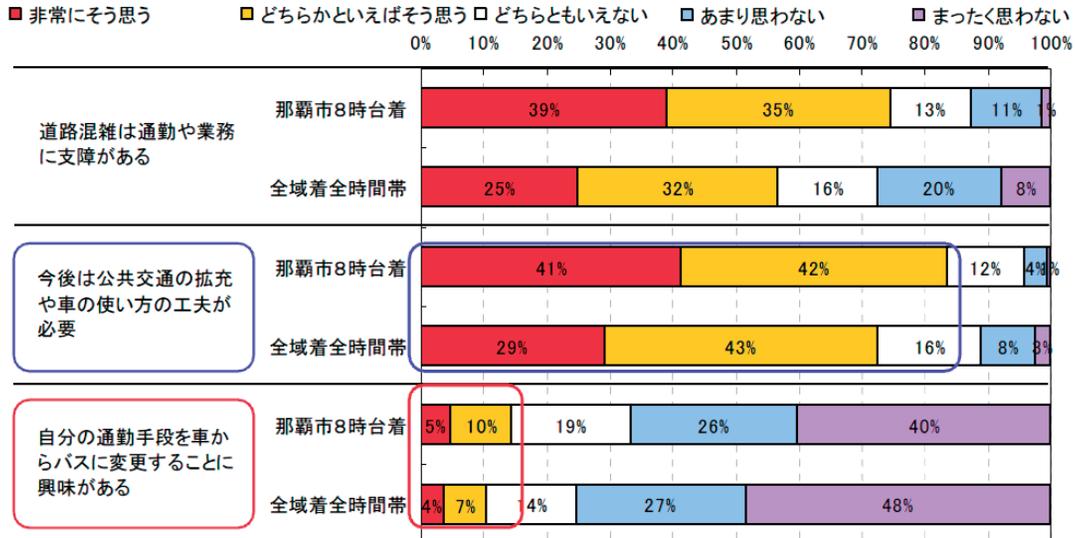


出展 国土交通省HP

8

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

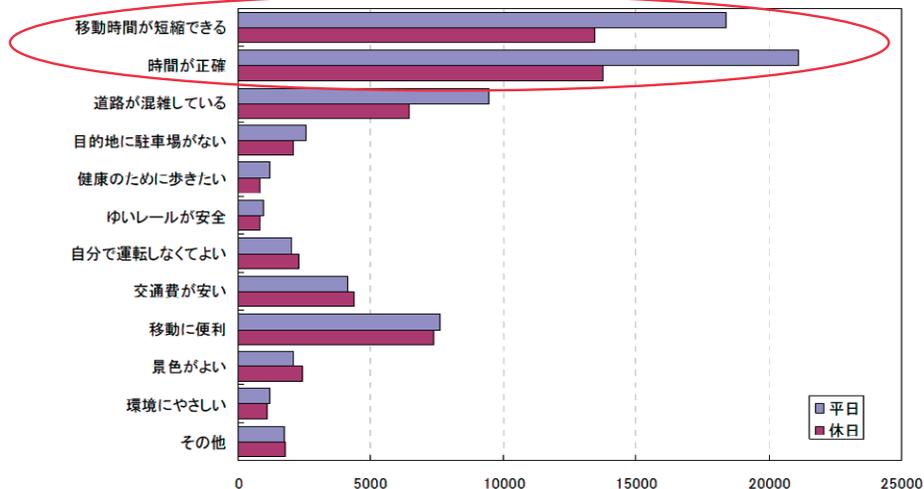
(3)問題意識と解決行動の乖離



出展 パーソントリップ調査 (H18年 沖縄県)

2. なぜ沖縄で「LRT国際ワークショップ」なのか？

(4)軌道系交通機関の強み(定時性)への高い評価



モノレールを利用する理由(平日・休日) ※複数回答可

出展 「ゆいレールの整備効果と需要喚起アクションプログラムについて」(沖縄県)

3. LRTワークショップ沖縄開催の成果

○鉄軌道「復活」実現へ向け、幅広い層へ理解が広がる

自治体：沖縄県(2010年)

『中南部都市圏に於ける新たな公共交通システム可能性調査』

与那原町制60周年記念シンポジウム(2009年)

『公共交通でまちづくりを考える』

ETC.

経済界：沖縄経済同友会による提言(2009年)

『公共交通の活性化に向けて(LRT等次世代型公共交通機関の導入)』

沖縄商工会議所による経済活性化シンポジウム(2010年)

『鉄軌道導入による街づくり戦略』

ETC.

市民：トラムへ未来を作る会(2010年)

『LRT基本導入計画(案)』

ETC.

こうした各界の関係者に加え、一般市民も多数集まり議論・意見交換が行われた。
また、富山市の経験、海外の経験から、公共交通への理解が深まった。

11

4. ワークショップから得た今後の公共交通のあり方

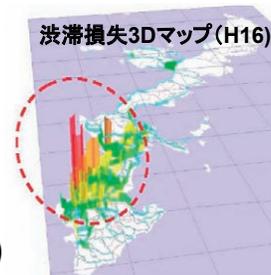
○人口集積地域に軌道系交通機関の導入が
なかったために、過度の自動車依存社会が
生まれ、渋滞損失が拡大した

○渋滞状況下にあっては、路線バスへの乗り
換え意向は低い(モーダルシフトは進まない)

○車社会の限界を感じることから、公共交通への期待が高まり
つつあり、中でも定時性のある軌道系交通は評価が高い

○富山市の経験に見られるようにLRTは解決の一手段であり、
他の公共交通との接続やコンパクトシティ化の組合せが有効

○軌道系公共交通導入への期待が高まる一方で、整備財源を
どのように確保するか議論が必用



12

25 日
講演 3

バイモーダル交通システムの現状と今後

交通システム研究領域 上席研究員

林田 守正

環境負荷低減ならびに地域公共交通確保の観点から、輸送需要が少ない地域にも適する、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。そこでバスをベースとし、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」の研究開発を実施している。本発表ではバリアフリーの低床試験車両、非接触案内技術、離合集散運行支援システム、電気動力機構の高度化等に関する成果を報告する。

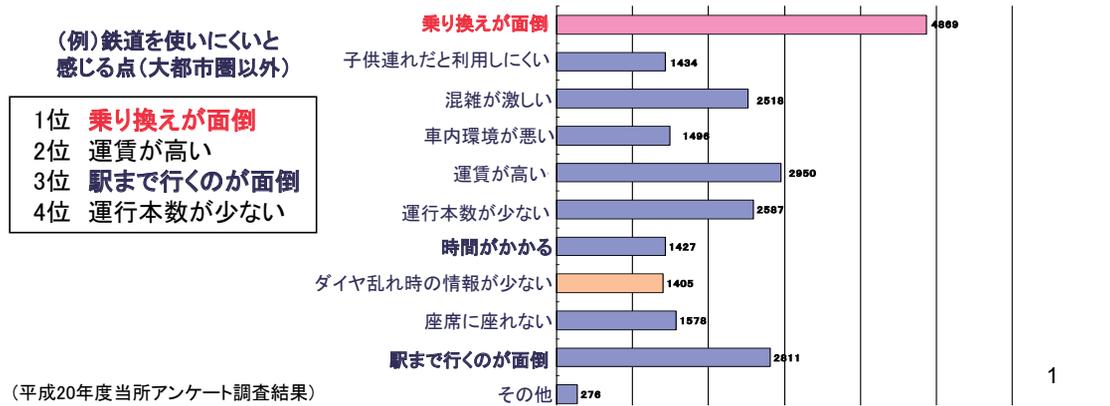
1. モーダルシフトとデュアルモードの交通機関

○ 公共交通機関へのモーダルシフトの必要性

- ・ 地球温暖化防止、省エネルギー
- ・ 都市環境の改善(渋滞解消、空洞化対策)
- ・ 車を使えない人々の移動手段確保(地域公共交通の活性化)

○ しかしながら・・・

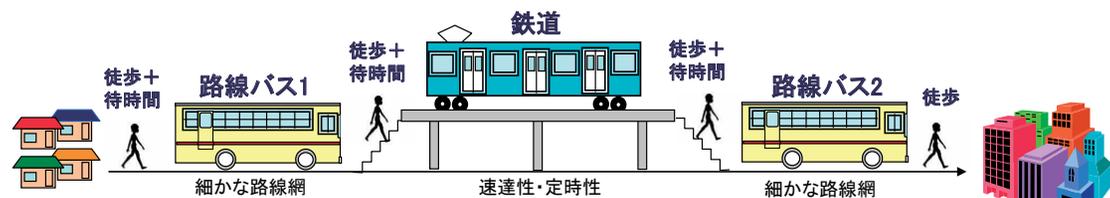
- ・ 乗用車の輸送シェアは年々増加から高止まり傾向(60%以上)
- ・ 都市交通圏以外では成人するとほとんどが乗用車利用
- ・ 公共交通が使いにくいと感じる点の上位は「**乗り換えが面倒**」



乗用車: ドア・ツー・ドアで便利、快適 → 多くの人が嗜好し利用する



公共交通: 徒歩、乗り換え、待時間が必要 → 面倒さが敬遠される



その対策として・・・

- ・ 乗り換えをスムーズにする → 駅・バスターミナルの改良等
- ・ 各モードの利点を同時に取り込むために乗り換えの手間を省く → **直通乗り入れ、デュアルモード***等

※ 同一の車両等が異なる交通モードを直通する輸送サービス。「地域公共交通の活性化及び再生に関する法律」(平成19年10月)では「新地域旅客運送事業」として定義

デュアルモードの旅客輸送システムの例

(1)DMV[デュアルモードビークル](JR北海道殿)

- マイクロバスをベースとし、レール上を列車、道路上をバスとして走行
- 列車とバスとの変換はモードインターチェンジ上で短時間で可能
- レール上では鉄輪で案内し、後輪ゴムタイヤで駆動力を発生
- 釧網本線で試験的営業運行を実施(2007年度および2008年度)
- NEDO殿との共同研究で実用化開発中(定員を増加させた新型車両開発等)

※ 交通研はDMV技術評価委員会に参加し意見を具申



第2次試作車両の試験的営業運行
(モードインターチェンジでの変換)



実用化に向け定員を増加させた新型車両
(JR北海道殿提供)



3

(2)ガイドウェイバス(名古屋ガイドウェイバス殿、外国にも数例)

- 大型路線バスをベースとし、2001年に名古屋市郊外北東部で運行開始
- コンクリート高架軌道を新交通システム、一般道を路線バスとして走行
- 軌道・一般道路境界のモードインターチェンジで一般車の軌道進入を防止
- 軌道上では車体側方ガイド輪とガイドレールで案内し、ハンドル操作不要



軌道上のターミナル(大曽根駅)



高架軌道の走行状況



前部左側側ガイド輪

(3)水陸両用バス(日本水陸観光株式会社殿)

- 中型トラックをベースとし、車体等を新造。
- 道路上をバス、水上を船舶として運行。
- 2002年から試乗、2007年から河川、湖水でツアー形式等で営業運行

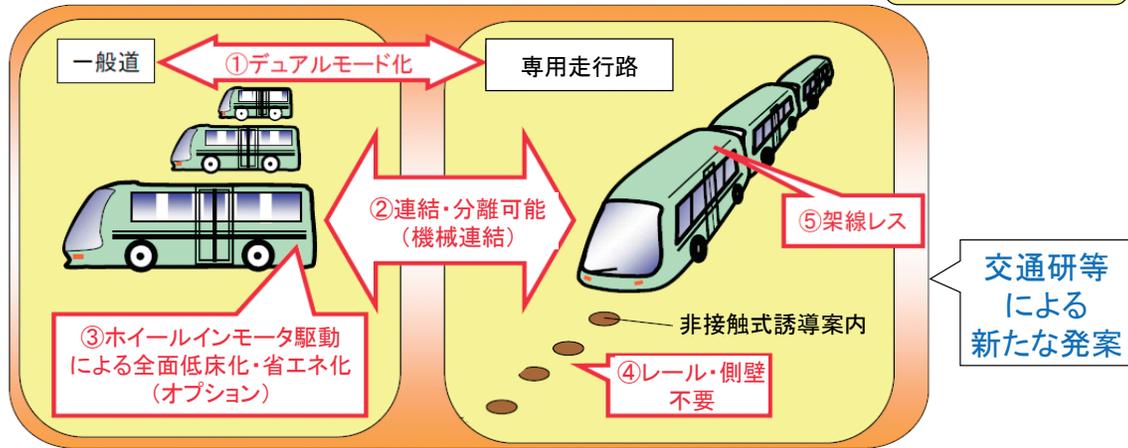


4

2. 新たな発想のデュアルモード「バイモーダルシステム」

軌道系及びバスの両者のメリットを活かした
中量輸送機関

バス車両技術を
基本とする開発



交通研は磁気誘導式鉄道と
して技術基準策定に寄与

5

(各種バスシステムの特長を参照)

先行的な研究開発による試作システム(平成16~17年度 NEDO殿モデル事業)

※ 交通研は幹事団体として車両メーカー、電機メーカー等と連名で事業を実施



6

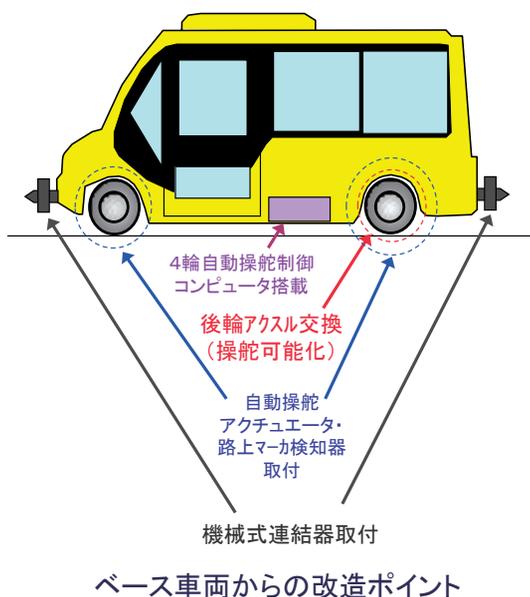
実用化に向けた技術開発

(平成20年度～ 国土交通省総合政策局 事業・地域公共交通システムに関する技術開発)

※ 交通研が委託先として車両メーカー等の協力を得ながら各項目の開発を実施中

(1) 車両の低床バリアフリー化

- 新たに小型ノンステップバスをベースとした**低床試験車両**を2両試作



7

(2) 車両誘導案内システムの進化

- 磁気マーカ誘導に代わる**光学的誘導案内方式**の検討



特長:

路面上の塗装白線を指標とし、マーカを埋設する必要がなく、施工・保守管理の大幅な負担低減が可能



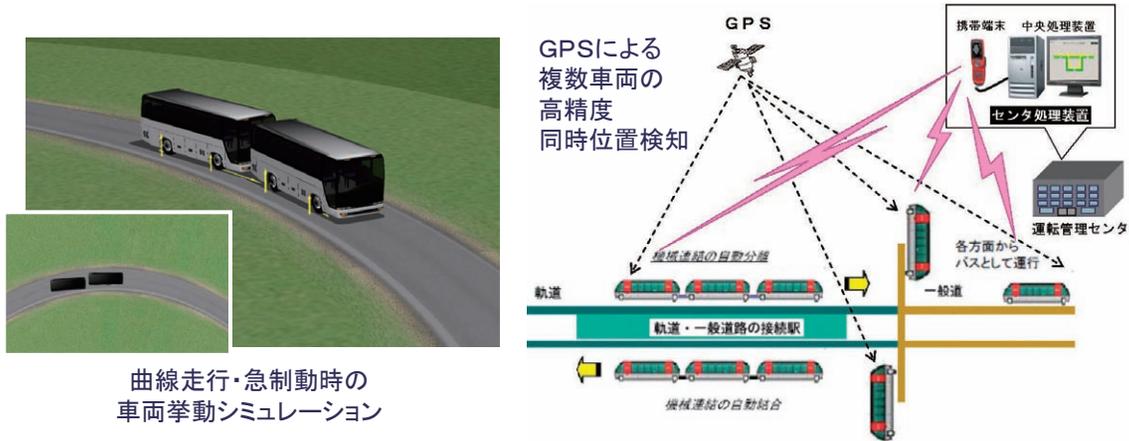
コース上の試験走行と白線観察画像

(3) その他の車両技術

- ・ 操舵故障時の車両横滑り防止技術（走行路面舗装設計等）
- ・ 一般道路走行時の連結器収納機構
- ・ 電気モータ動カシステムの実用性・信頼性向上
- ・ 新型蓄電機器・電圧変換器等の車上給電システム

(4) 高度運行管理技術

- ・ 離合集散を伴うバイモーダルシステムに最適な高度運行管理システム
- ・ GPS等による位置検知、汎用電話回線を活用したデータ通信

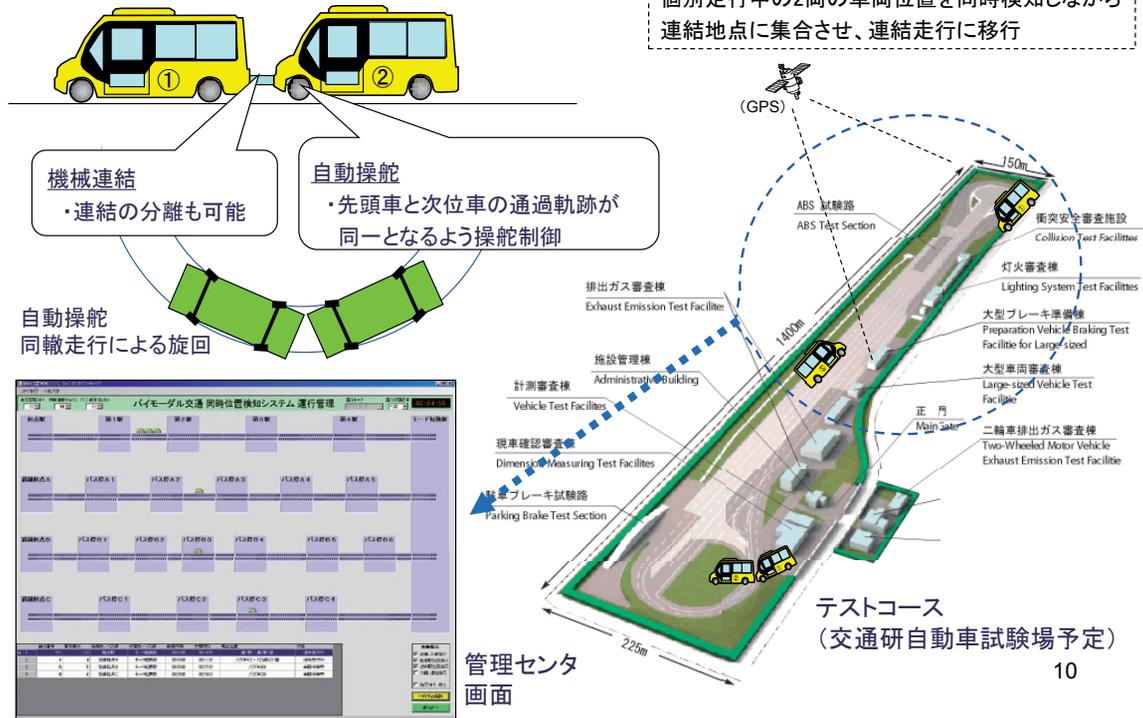


曲線走行・急制動時の
車両挙動シミュレーション

車両誘導・連結・自動操舵機能実証試験の構想

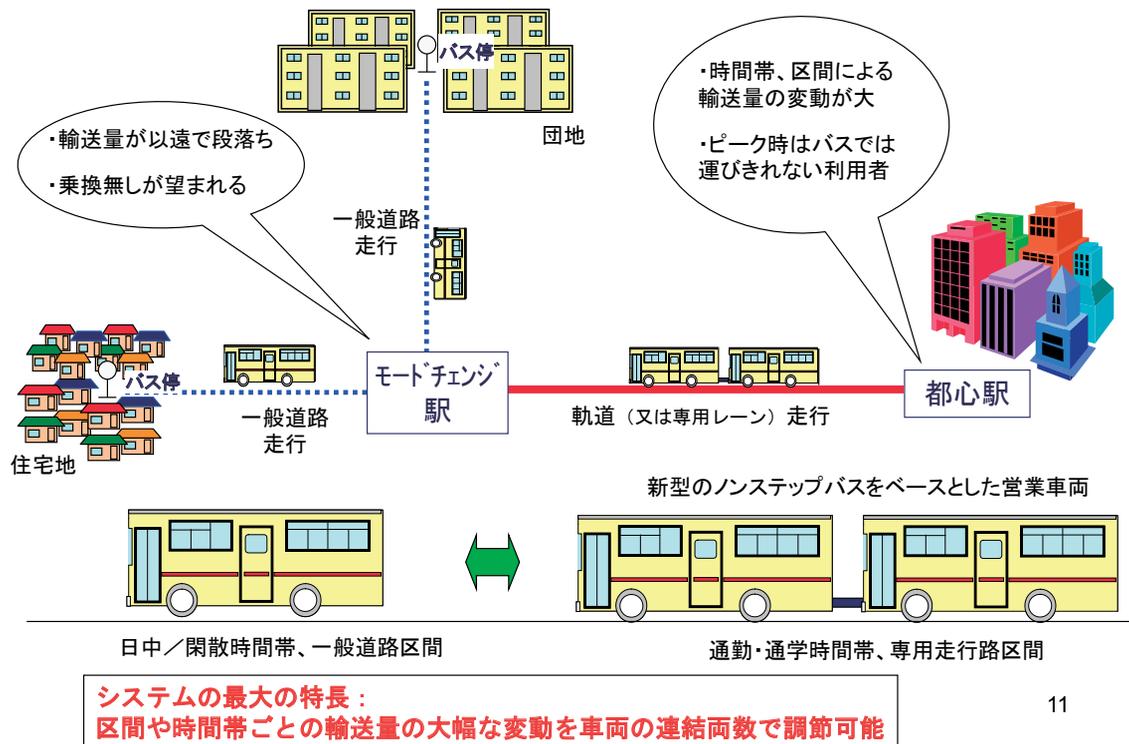
※ 平成22年度中に実施予定

ノンステップ低床試験車両の連結走行



管理センター
画面

バイモーダルシステム導入のイメージ



11

3. デュアルモード交通機関の今後の展開

(1) DMV(デュアルモードビークル)

- ・ 鉄道輸送量が減少した地方部へ導入
- ・ 既存の線路インフラを活かし路線を維持
- ・ 研究開発は実用段階近くまで達しており、近いうちに導入の見通し
- ・ 地元路線バスとの共存も可能

(2) バイモーダルシステム

- ・ 移動が広域化した中都市や近郊へ導入
- ・ 基幹的な路線バスの機能を拡張し、次のステップとしてはLRT化も視野に
- ・ 引き続き、実用性の高いプロトタイプを開発し試験運行に至るプロセスが必要
- ・ 法令への適合に関する検討（鉄軌道関係および自動車関係）

(3) その他

- ・ ガイドウェイバスは車両の低床化、費用対効果の改善、導入先の拡大が課題
- ・ 水陸両用バスは観光、遊覧目的から輸送手段としての運行へ

12

25 日
講演 4

地域公共交通と協調するための自動車の 新たな機能と課題解決に向けて

環境研究領域 研究員

水嶋 教文

運輸部門において温室効果ガス排出量を削減するためには、積極的な公共交通機関の利用と、自動車単体での温室効果ガス排出量の削減が欠かせない。本講演では、これらを促進するための超小型自動車や BRT 等の自動車の新たな機能および課題を分析し、課題解決に向けた交通研の役割について述べる。

講演内容



概要

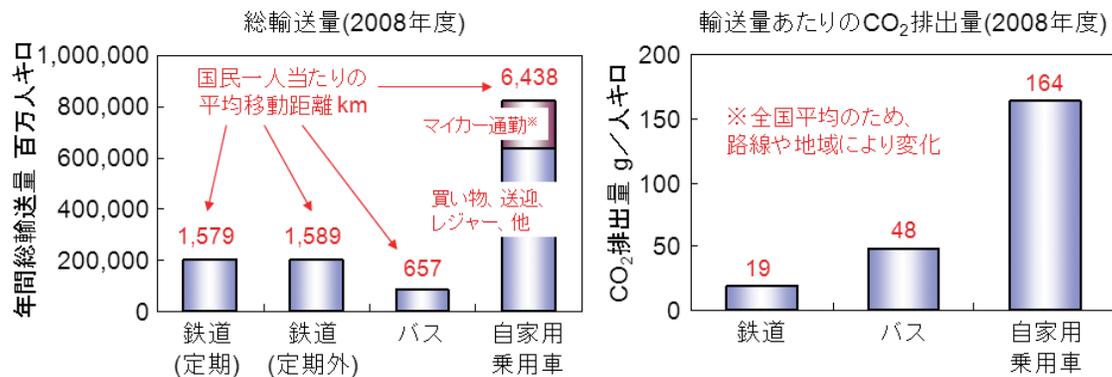
「交通基本法の制定と関連施策の充実に向けた基本的な考え方(案)」(国土交通省)において、2020年の温室効果ガス排出量削減目標を達成するためには、交通手段を自家用車から公共交通機関に誘導するとともに、自動車自体を環境負荷の少ない乗り物にする必要があるとされている。本講演では、これらを促進するため、高齢者対応をも重視した超小型自動車や、BRT (Bus Rapid Transit)等の自動車の新たな機能および課題を分析し、課題解決に向けた交通研の役割について述べる。

目次

1. 人の移動に伴う輸送量とCO₂排出量
2. CO₂排出量を削減するための2つのアプローチ
 - ① 輸送量あたりのCO₂排出量が少ない異なる交通手段を利用する
 - ② 同一形態の交通手段で輸送量あたりのCO₂排出量を低減する
3. 自動車の新たな機能
4. 超小型自動車の導入を阻害する要因と推進に向けた課題
5. 交通研の役割

1

1. 人の移動に伴う輸送量とCO₂排出量



出展：国土交通省自動車輸送統計調査、鉄道輸送統計調査データ

- ・自家用乗用車は人キロあたりのCO₂排出量が多い上に、総輸送量も多い
- ・鉄道、バスは自家用乗用車よりもCO₂排出量が少ないにもかかわらず、総輸送量が少ない(自家用乗用車に比べて利用されていない)

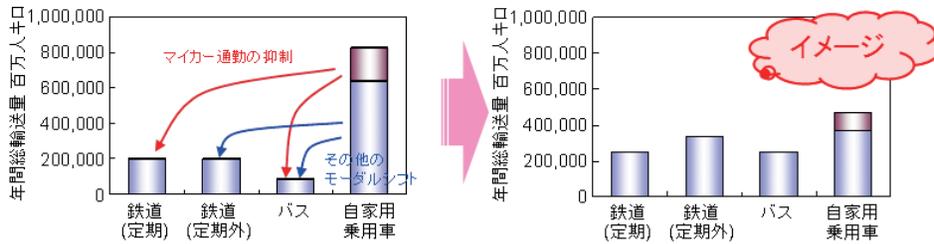
※マイカー通勤総輸送量=(マイカーによるCO₂排出量3000万t/年)/(輸送量あたりのCO₂排出量164g/人キロ)

2

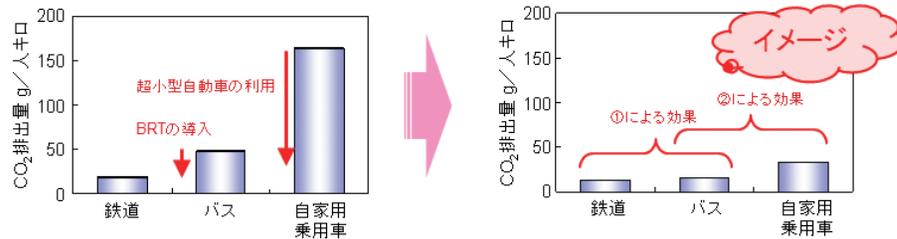
2. CO₂排出量を削減するための2つのアプローチ



① 輸送量あたりのCO₂排出量が少ない異なる交通手段を利用する (自家用乗用車から公共交通機関へのモーダルシフト)



② 同一形態の交通手段で輸送量あたりのCO₂排出量を低減する (超小型自動車(電気自動車含む)、BRTの導入)



3

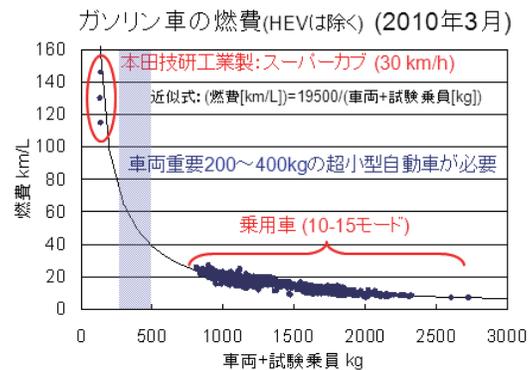
2. CO₂排出量を削減するための2つのアプローチ



本講演で定義する超小型自動車

・現行の軽自動車よりも小型軽量であり、走行に要するエネルギーが少ないもの

(参考) 現行の道路交通法におけるミニカー(原付4輪)が最も近い車両
(但し、排気量50 ccまたは定格出力0.6 kW以下の原動機、乗車定員1名、最高速度60kmに制限されている)



ガソリン車の燃費は車両重量に対して概ね反比例すると仮定

車両重量を200~400kgにすれば、エンジン車でも40~60km/L程度の燃費性能

超小型化と電動化によるCO₂削減効果(概算)

車種	車両重量	電力量消費率 (10-15モード)	燃料消費率 (10-15モード)	CO ₂ 排出量	
ガソリン乗用車	1100 kg	-	16 km/L	145.1 g/km ^{※1}	
三菱i-MiEV	1100 kg	0.125 kWh/km 8 km/kWh	-	47.3 g/km ^{※2}	
概算	超小型車 (ガソリン)	280 kg	-	約50 km/L	約46 g/km ^{※1}
	超小型車 (EV)	280 kg	約0.04 kWh/km 約25 km/kWh ^{※3}	-	約15 g/km ^{※2}

乗用車の電動化→CO₂削減効果約67%
乗用車の超小型化→CO₂削減効果約68%
乗用車の超小型化+電動化→CO₂削減効果約90%

※1 ガソリンのCO₂排出係数: 2.322 kgCO₂/L
※2 電気のCO₂排出係数: 0.376 kgCO₂/kWh → 将来的には減少する方向
※3 ガソリン乗用車→i-MiEVにしたときの係数により算出

4

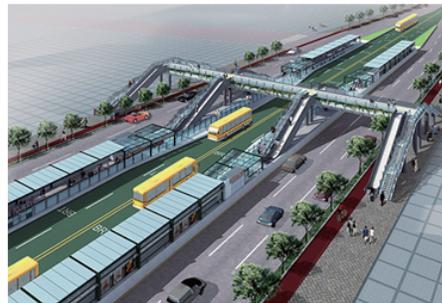
2. CO₂排出量を削減するための2つのアプローチ



BRT (Bus Rapid Transit)について

- ・鉄道並みの基幹交通として都市部で整備されるバス
- ・道路中央部に専用道路と停留所を設けることで、一般車両の交通と完全に分離することが可能
- ・鉄道並みに等間隔で発着する
- ・レール、架線が不要なため、設備コストが安価
- ・他の自動車の渋滞が増える可能性がある
- ・交通管理が複雑

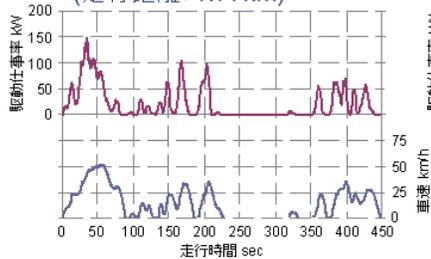
BRTのイメージ



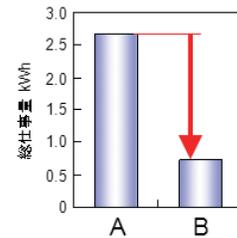
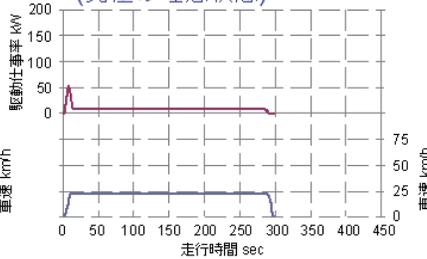
出展: <http://www.gzbrt.org/en/what-is.asp>

BRTの省エネルギー効果

A) 都市部の一般的なバスの走行
(走行距離: 1.77km)



B) 同じ距離をノンストップで走行
(究極の理想状態)



専用レーン化することで、加減速の繰り返しに伴う無駄な駆動仕事を削減できる

5

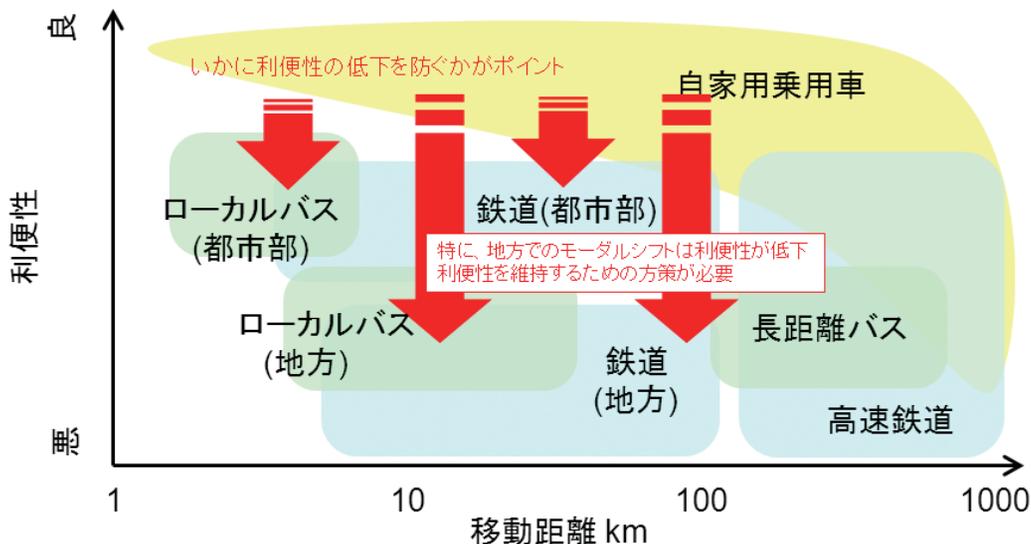
アプローチ①

輸送量あたりのCO₂排出量が少ない異なる交通手段を利用する



自家用乗用車から公共交通機関へのモーダルシフト

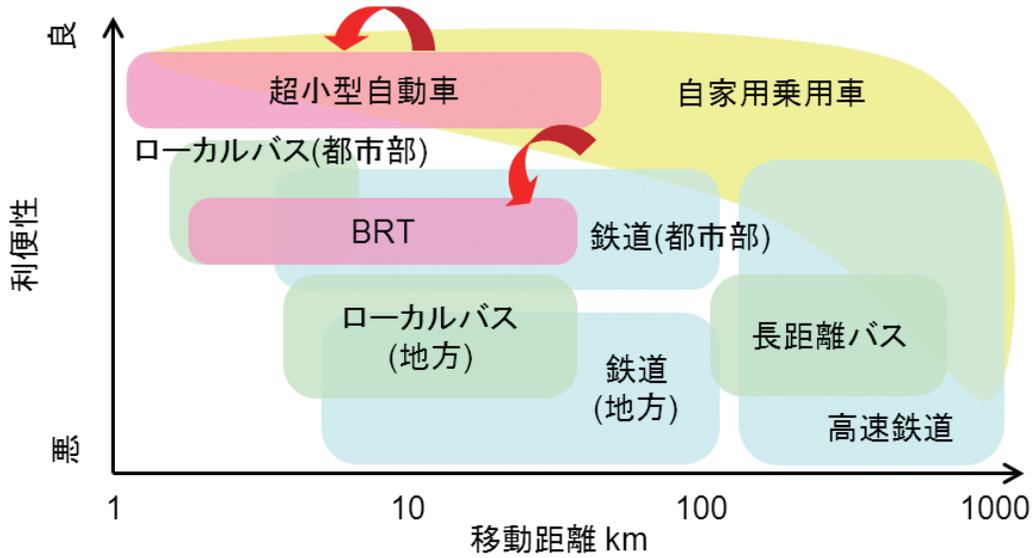
- ・CO₂排出量の少ない鉄道、バスを利用することで、運輸部門のCO₂排出量を削減可能
- ・公共交通機関の利用促進により、鉄道、バスの輸送量あたりのCO₂排出量を更に削減可能
- ・現状のままでは、利便性を維持したままの地方でのモーダルシフトは困難



6

超小型自動車、BRTの導入

- ・公共交通機関ではカバーできない末端交通、公共交通機関の少ない地方では自動車が必要
- ・1~2人での移動、および短距離移動には超小型自動車が最適
- ・都市部のバスは、BRTの導入による輸送システムの最適化で、更なる高効率化が可能



3. 自動車の新たな機能

自動車の新たな機能



3. 自動車の新たな機能



自動車、バス、鉄道の分担

	都市部	郊外	地方
乗用車 (軽自動車含む)	共有型(カーシェアリング、レンタカー) 地方へのレジャー	レジャー	所有型 レジャー
超小型自動車	日常用途	日常用途 通勤	日常用途 通勤
バス(BRT含む)	通勤・通学 レジャー	通勤・通学 レジャー	通勤・通学 レジャー
鉄道(LRT含む)	通勤・通学 レジャー	通勤・通学 レジャー	通勤・通学 レジャー

9

4. 超小型自動車の導入を阻害する要因と推進に向けた課題



※自家用乗用車から公共交通機関(BRT含む)へのモーダルシフト
を阻害する要因については既に各機関で検討されているので、本講演では省略

超小型自動車の導入を阻害する要因と推進に向けた課題

	都市部、郊外	地方
超小型自動車の導入を阻害する要因	・大勢で移動することを考えて乗用車を所有 →その結果、乗用車を利用してしまふ	・セカンドカーとしてのニーズはあるが、 適当な超小型自動車が存在しない
超小型自動車の導入を推進するための課題	・公共交通機関へのモーダルシフトの促進 (乗用車を所有しなくてもよい街づくり)	・高齢者に対応した超小型自動車の開発
	<ul style="list-style-type: none"> ・超小型自動車の利用によるCO₂削減効果の定量化 →通勤に伴うCO₂排出量の削減により企業の社会的責任を徹底 ・超小型自動車の安全性確保 ・超小型自動車の利便性向上(充電、交通結節点等) 	

10

5. 交通研の役割



1) 超小型自動車導入によるCO₂排出量削減効果の定量化と 省エネルギー性能と安全性能を両立するための車両基準策定支援

「高齢者にやさしい自動車開発プロジェクト」(事務局:福岡県商工部自動車産業振興室)
「環境対応車を活用したまちづくり研究会」(事務局:国土交通省都市・地域整備局街路交通施設課)
など、専門家、メーカー、ユーザーの間で、超小型自動車の必要性は認識されている

しかし、超小型自動車を導入した際のCO₂排出量削減効果については、
定量的な検討がなされていない

交通研としては・・・

CO₂排出量削減効果の定量化手法を確立し、大幅なCO₂削減効果を保障した上で、
車両の省エネルギー性能と安全性能を両立させることが重要

特に、衝突安全性の問題を解決することが最重要課題



省エネルギー性能および安全性の
評価を実施し、これらを両立するために
必要な車両基準の策定を支援する

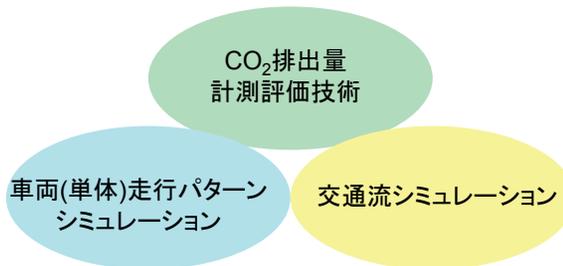
11

5. 交通研の役割



2) BRT導入によるCO₂排出量削減効果の定量化

交通研の有する技術



これらを融合させることで...

BRT導入によるCO₂排出量削減効果の
定量化手法を確立し、インフラ整備レベルに
応じてCO₂排出量削減効果を定量化する



CO₂排出量計測評価技術



12

25 日
講演 5

鉄道技術の国際規格化と交通研の果たす役割

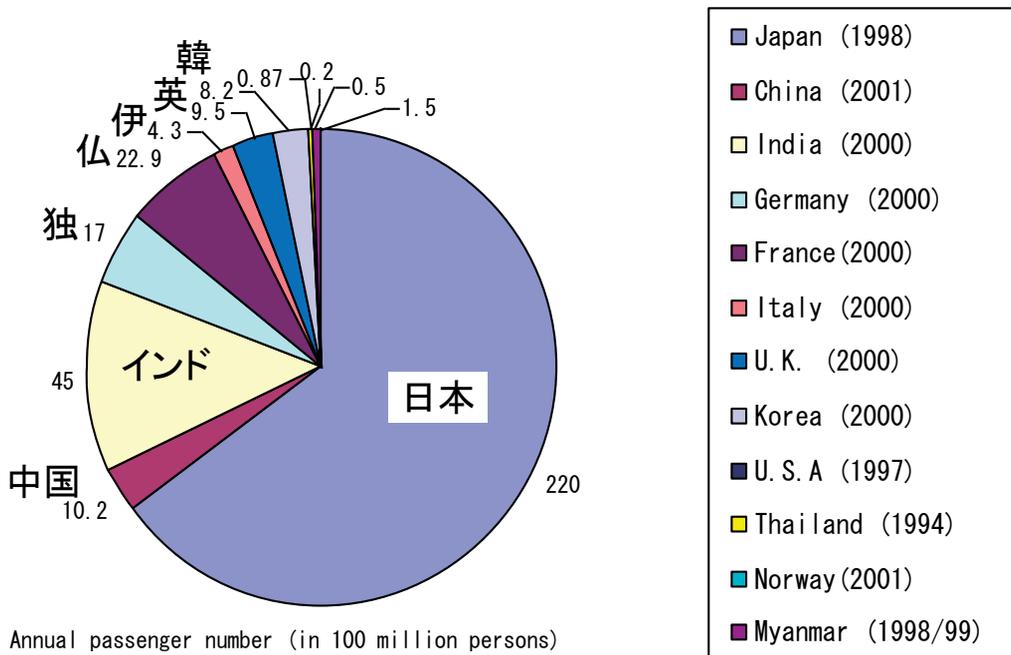
交通システム研究領域 副研究領域長

廣瀬 道雄

公共交通の整備に対するニーズは世界的な高まりを見せており、特に近年、地球環境問題への対応の観点から CO₂ 排出量の少ない効率的な輸送機関として鉄道が注目され、多くの国が鉄道整備を検討・推進している。このような世界的な潮流を踏まえ、鉄道システムの国際規格の現状と我が国の優れた技術を国際規格化するための交通研の取組みについて報告する。

世界の中の日本の鉄道

鉄道輸送人員数の各国シェア



1

国際的な鉄道市場の変化

□ 経済のグローバル化

- グローバルスタンダード

□ EUの誕生

- 1993年 EU(欧州連合)誕生
- 鉄道の民営化、上下分離
- 高速鉄道網の整備と直通運転
- 国際旅客鉄道輸送の自由化
- M&AによりBIG3誕生(ボンバルディア、シーメンス、アルストム)

□ WTO/TBT協定

- 1995年 WTO(世界貿易機関)誕生
- TBT協定(貿易の技術的障害に関する協定)

2

鉄道技術の国際標準化

□ 国際標準化（国際規格対応）の必要性

日本のシステムや考え方が国際規格に盛り込まれないと…



メーカー

- 製品の国際競争力が低下

鉄道事業者

- 国内実績のある製品の調達が困難に
- 新技術の導入が阻害
- コストが増加

国内規格の制定・改訂は、国際規格を基礎とすることが義務化（WTOのTBT協定）

国内の優れた鉄道システムを維持する上からも、日本の鉄道技術を規格の形で海外に発信することが重要

3

鉄道技術の国際標準化を取り巻く状況

□ 国際的状況

- 欧州は、高速鉄道網の構築及び鉄道市場の自由化により、国際列車の相互直通運転を推進。このため、信号システム等の標準化が活発化。
- 欧州鉄道産業は、国際標準化活動の主導権を確保し、自国の技術基準を国際標準に反映することを重要な戦略と位置付け、域内標準をIEC/TC9やISOに積極的に提案。

□ 国内状況

- 日本国内は、JIS、JRS、団体規格等により調達を行ってきたが、JR・公営鉄道等はWTO協定の附属書4（政府調達）の対象機関とされ、国際標準化の必要が出てきた。
- 国際規格と国内技術基準（国土交通省令等）の整合を図る観点からも、日本から国際規格への提案が必要。

4

国際標準化に関わる国土交通省の施策

国土交通省成長戦略(平成22年5月17日国土交通省成長戦略会議)

4. 国際展開・官民連携分野

1. 海外へ進出する日本企業への支援ツールと政府サイドの支援体制整備

【政策1 : リーダーシップ、組織・体制の強化】

政治のリーダーシップによる官民一体となったトップセールスを展開するとともに、国土交通省内の体制及び省庁横断的な体制の創設や強化、グローバルな問題に柔軟に対応できる企業の人材育成や組織強化に対する支援を図る。

【政策2 : スタンドールの整備】

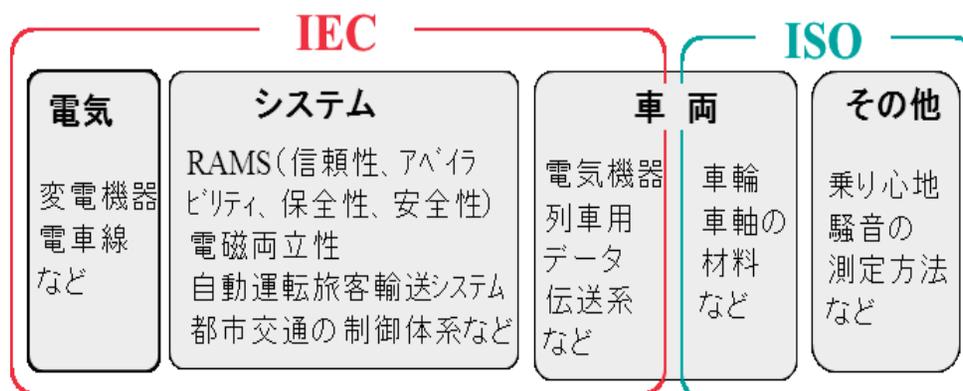
国内スタンドールのグローバルスタンダードへの適合を図るとともに、**日本の技術・規格の国際標準化や投資対象国での採用に向けた取組を推進**する。

5

鉄道に関する国際規格

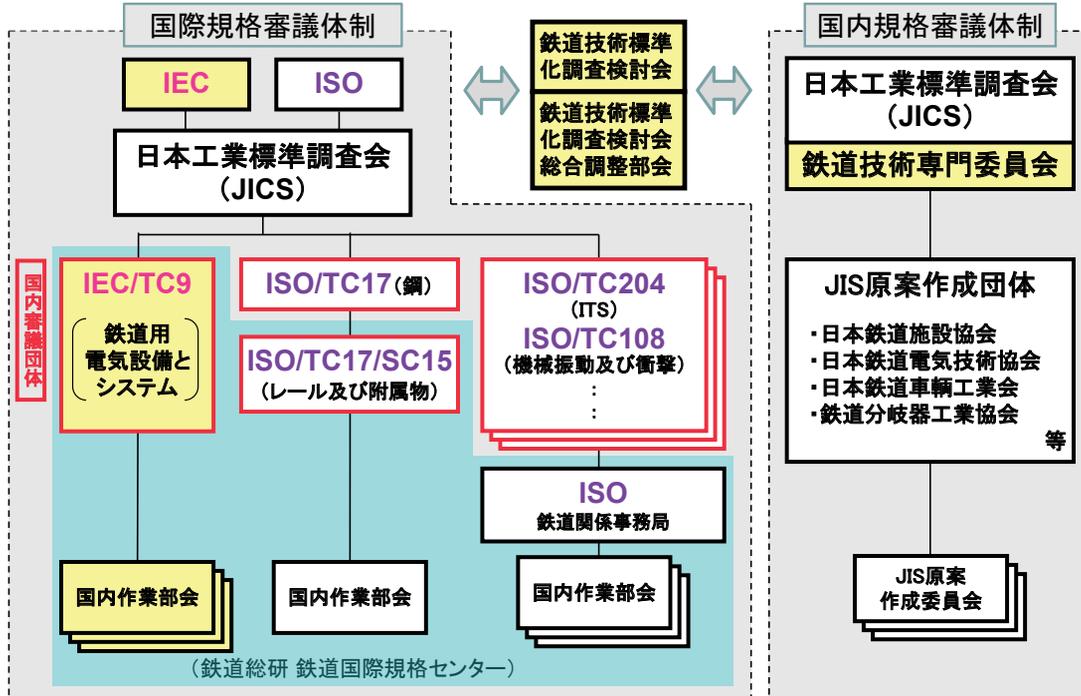
国際電気標準会議 (IEC) : 電気分野の国際標準化機関

国際標準化機構 (ISO) : 電気以外の分野の国際標準化機関



6

国際標準化の推進体制と交通研の参画



凡例: は交通研参加組織を示す

7

交通研の国際標準化活動の状況(海外)

○海外での活動状況

□IEC/TC9全体活動

- ・ CAG (Chairman Advisory Group) 会議メンバー
- ・ IEC/TC9年次総会日本代表団メンバー

□IEC規格国際審議

- ・ IEC 62498 (鉄道設備の環境条件)
- ・ IEC 60571 (車両用電子機器)
- ・ IEC 62290 (都市鉄道システムの制御体系)
- ・ IEC 62425 (信号用安全関連電子装置)
- ・ IEC 62427 (車両と列車検知システムの共存性)
- ・ IEC 62597 (鉄道電磁界の計測方法)
- ・ IEC 62625 (運転状況記録装置)
- ・ IEC/TC9 AHG3 (無線列車制御規格評価会議)



国際主査、同セクレタリ
国際主査、同セクレタリ
委員2名
委員
委員
委員2名
委員2名
委員

8

交通研の国際標準化活動の状況(国内)

○国内での活動状況

- 日本工業標準調査会(JICS)
 - ・鉄道技術専門委員会 委員
- 国土交通省所管会議
 - ・鉄道技術標準化調査検討会 委員
 - ・鉄道技術標準化調査検討会総合調整部会 委員
- 国内審議
 - ・IEC 60571 (車両用電子機器) 委員2名
 - ・IEC 62236 (鉄道における電磁共存性) 委員
 - ・IEC 62267 (自動運転式鉄道システムの安全性要件) 主査、委員2名
 - ・IEC 62278 (RAMS) 委員2名
 - ・IEC 62279 (安全に関連するソフトウェア) 委員
 - ・IEC 62280 (安全に関連する通信) 委員
 - ・IEC 62290 (都市鉄道システムの制御体系) 委員3名
 - ・IEC 62425 (信号用安全関連電子装置) 委員
 - ・IEC 62427 (車両と列車検知システムの共存性) 委員
 - ・IEC 62498 (鉄道設備の環境条件) 委員2名
 - ・IEC 62597 (鉄道電磁界の計測方法) 委員4名
 - ・IEC 62625 (運転状況記録装置) 委員2名

9

IEC規格活動の主な事例

- IEC 62290 (UGTMS:都市鉄道システムの制御体系)
 - ➡ 対象鉄道範囲の判断者を各国の鉄道当局と規定
- IEC 62267 (AUGT:自動運転式鉄道システムの安全性要件)
 - ➡ 日本の自動運転技術を反映
- IEC62236 (EMC:鉄道における電磁共存性)
 - ➡ 日本のEMC測定法・評価方式を追記
- IEC 62425 (信号用安全関連電子装置)
 - ➡ 信号用高安全リレーの構造に日本方式を追記
- IEC 62427 (車両と列車検知システムの共存性)
 - ➡ 欧州原案数値を事例に変更し、日本の事例を追記
- IEC 62498 (鉄道設備の環境条件)
 - ➡ 各種条件に日本規格値を追記

10

最近の活動成果

□ IEC62597（鉄道電磁界の計測方法）

- ✓ 欧州提案の国際規格化から、各国技術リスト文書に転換(2009/11)
- ✓ 列車内磁界計測方法に、交通研開発方式を日本方式として提案(2010/05)

□ IEC62498（鉄道設備の環境条件）

- ✓ 国際審議ワーキング主査役を獲得(鉄道で国内初)(2008/11)
- ✓ 車両、電力、信号の各設備環境条件にJISの規定を反映した最終原案を回覧(2010/05) → 発効見込み(2011/02)

□ IEC62625（運転状況記録装置）

- ✓ 欧州原案から、我が国の技術基準を満たし、最低限必要な機能・仕様を定める規格案に修正の方向で国際審議が進行中(2008～)



11

交通研の果たす役割

欧州では、鉄道技術の輸出を国家戦略と位置付け、国際標準化により、自国の技術を積極的に展開。

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積極的に推進。我が国も国家戦略として鉄道技術の国際標準化に積極的に関わることが極めて重要。



- 国際標準化活動に積極的に参画し、日本の鉄道技術を国際規格に反映させることにより、日本の技術のグローバル化に貢献する
- 交通研が行っている研究開発や安全性評価業務の経験・知見を国際標準化活動に反映する
- 日本の鉄道技術を国際規格化することにより、我が国の鉄道の世界最高水準の安全性と信頼性を維持・発展させる
- 欧州主導となっている国際規格審議の仕組みの適正化と国内対応体制の強化に貢献する

12

25 日
講演 6

国際規格への適合性評価と交通研の果たす役割

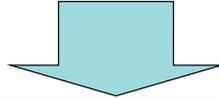
交通システム研究領域 主任研究員

長谷川 智紀

国内の優れた鉄道システムを海外へ展開するにあたって、国際規格やEN規格等への適合性評価を第三者機関で受け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となっている。今般、日本国内での適合性評価機関についての検討を開始したので、その状況について報告する。

1. 鉄道の安全に関する交通研のこれまでの活動

- 昭和45年に交通安全公害研究所として設立以来、先進的な公共交通システムの実用化に先立つ安全評価や、導入したときの効果予測について研究を行ってきた。
- また、代表的な公共交通システムである鉄道、索道、バスなどに用いられる新しい技術について、安全性や利便性向上の観点から研究を進めている。



これらの研究で培った成果をもとに、
国内外向けの製品・システムの安全性評価を実施



2. 国内向け製品・システムの適合性評価

既存の製品・システムの改良

鉄道事業者が各運輸局に届け出(変更申請)するが、事前にその安全性を証明する必要がある



既存のシステムから安全性が損なわれていないかを評価・確認で貢献

全く新しい製品・システムの開発

開発段階から鉄道局がオブザーバとして参画し、評価は、委員会または第三者機関が行う



第三者機関のひとつとして安全性の評価で貢献

海外からの輸入製品

鉄道事業者が各運輸局に届け出(変更申請)する際、事前にその安全性を証明する必要がある



既存のシステムから安全性が損なわれていないかを評価・確認で貢献

3. 海外向け製品・システムの適合性評価

地球環境問題の深刻化に伴い、鉄道は世界的にも脚光を浴びている。また、国内における鉄道建設需要が一段落していることから、**国内の鉄道関係メーカーは海外展開に注目**し始めた。

納入製品に対する仕様提示と製品評価の方法は...

国内では、鉄道事業者による仕様の提示、メーカー及び鉄道事業者による製品の評価がなされている。

海外では、鉄道事業者とメーカーの間にコンサルタントが入ることもあり、鉄道事業者またはコンサルタントにより仕様提示される。仕様は、特に安全性に係わる事項については**国際規格や欧州規格等(例えば、RAMSやSIL等)への適合性を要求**され、製品の評価は**第三者認証機関による認証**を必要とされる。

安全性の証明なしでは入札参加が不可能

国内の鉄道関連メーカーは、国内に第三者認証機関がないため、**海外の第三者認証機関**を利用するか、**国内の研究機関による安全性評価レポート**にて対応している状況

交通研では主に信号関係の安全性に関して評価を実施

過去5年間の安全性評価に関する受託案件数

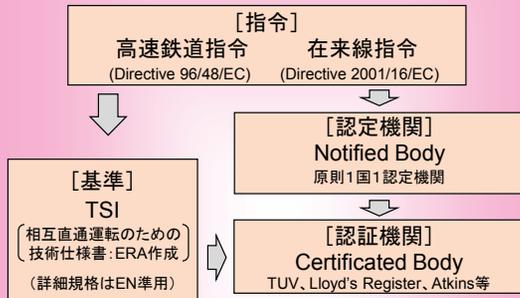
実績	安全性評価受託総数
平成21年	9件
平成20年	4件
平成19年	5件
平成18年	6件
平成17年	6件

4. 諸外国における適合性評価の状況

欧州

① EU指令に基づく認証

[インターオペラビリティ指令に基づくTSIの認証]



※TSIの認証はEU域内で相互認証が認められている

② 欧州各国の安全規格に基づく認証

[各国のNSR (National Safety Rules) に基づくISA (Independent Safety Assessor) による認証]

③ 欧州各国のその他独自規格に基づく認証

[各国のNTR (National Technical Rules) に基づく認証]
ROGS (Railways and Other Guided Transport Systems Regulations) への適合をICP (Independent Competent Person) が認証 (英)

米国

・米国の規格は、政府関係から民間団体まで多数存在

・CFR、MIL、UL等の一部の規格で認証が求められている

CFR (Code of Federal Regulations): 連邦政府規則
MIL (Military Specifications and Standards): 軍用規格
UL (Underwriters Laboratories): 保険業者試験所

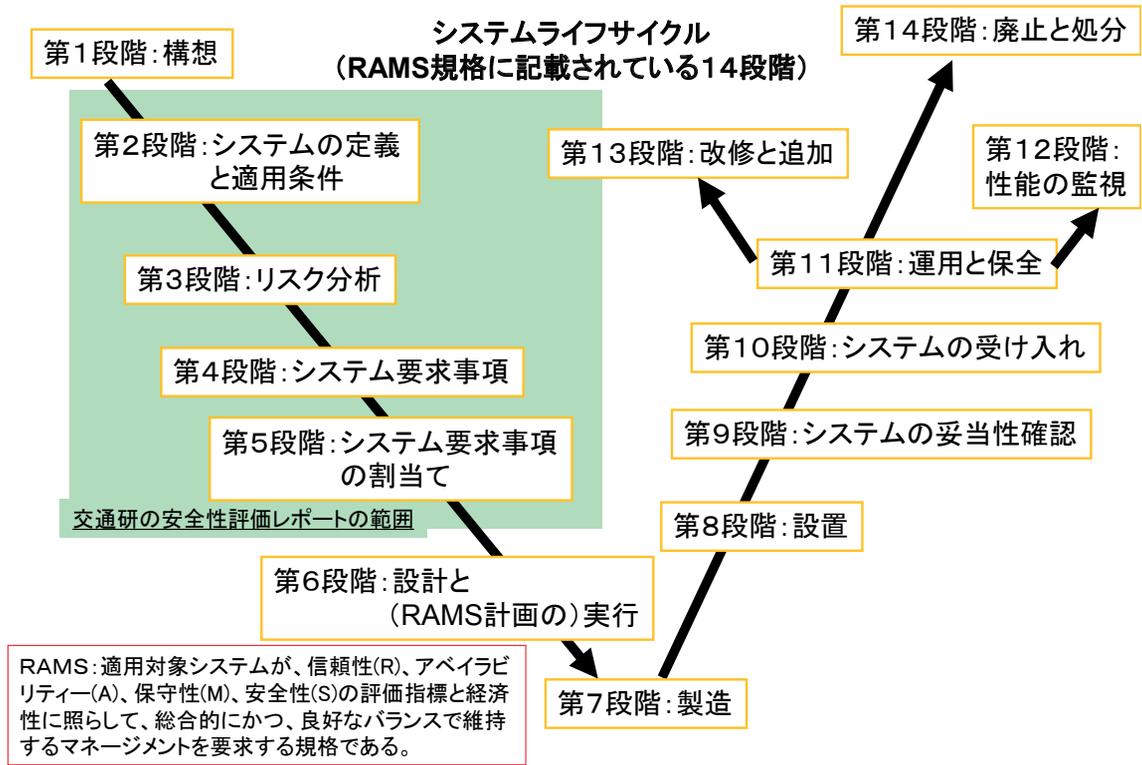
・IEC、ENの認証も事例あり

アジア・中東等

・国際規格の認証が多いが、ENの認証も事例あり

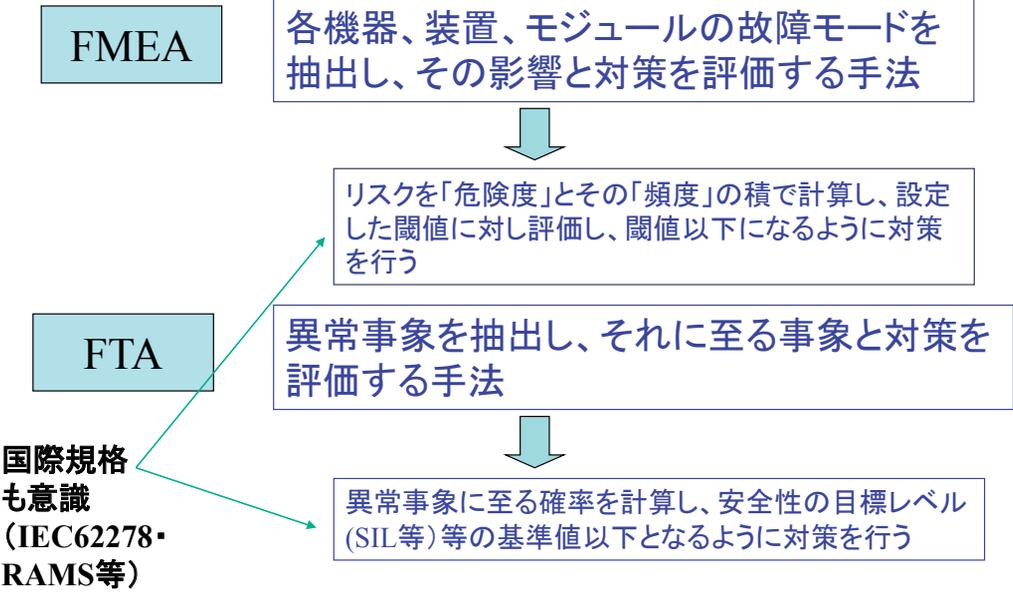
・国際規格以外の認証制度は限定的な認証にとどまっている

5. 国際規格適合性評価対応例 (IEC62278:RAMS)



安全性評価の評価方法

第3段階: リスク分析手法



(例)FMEAによる評価(交通研)

対象	故障モード	想定原因	影響範囲	故障検出	安全性確保	ハザードレベル	発生頻度	
信号保安システム	GPS	電源故障	断線、劣化、素子異常等	GPS受信器、位置情報処理装置等	信号処理部	停止指令、他系による縮退モード走行	Ⅱ	2
		GPS故障	電波受信異常 GPS素子故障	位置検知	信号処理部	他系システムとの比較により、停止指令	Ⅱ	3
	信号処理部	処理部故障	電圧低下、ノイズ、断線等	システム全体動作	出力リレー	FSCPUによる検出、リレーによるフェールセーフ性確保	Ⅲ	2
		通信部故障	電圧低下、ノイズ、断線等	通信不能	信号処理部	停止指令、	Ⅲ	1
	速度取得装置	処理部故障	電圧低下、ノイズ、断線等	速度検出不能	信号処理部	速度データ妥当性判断、正常系による縮退モード走行	Ⅱ	1
		通信部故障	電圧低下、ノイズ、断線等	通信不能	信号処理部	停止指令	Ⅲ	2
汎用通信システム	通信部	通信部故障	断線、電圧低下等	通信不能	信号処理部	停止指令	Ⅲ	1
		通信異常	ノイズ、電波障害等	通信異常(見かけ上の通信は可能)	信号処理	情報の妥当性判断、異常と判定すれば停止指令	Ⅲ or Ⅳ	2

ハザードレベル:Ⅳ-危険側に故障する可能性がある

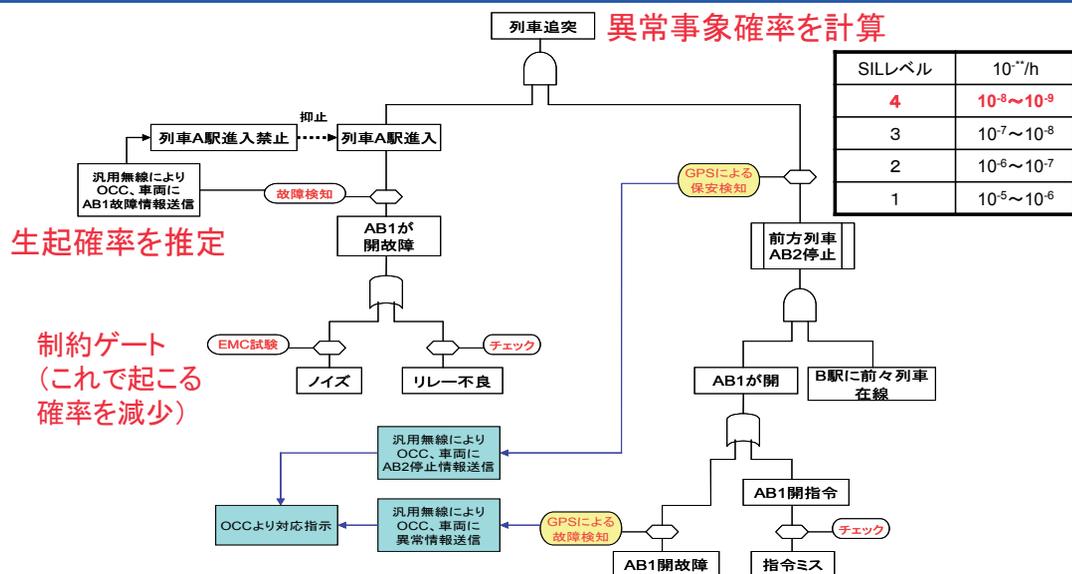
危険度×頻度=リスク評価

頻度:1-ほとんど起きえない,2-起きる可能性がある

$$4 \times 2 = 8 > \text{閾値とする}$$

- 設定した閾値(ハザード×頻度)を超える故障に対しては、閾値以下となる対策を指示、その後再検証
 - 対策によっても、閾値以下とならない事象(例えば、ノイズ)については、事業者に対し、その事象(故障)が起きると生じる異常事象を整理し、利用する側へ周知し対策をさせる
- ➡ 危険度が頻度を下げる対策

(例)FTAによる評価例(交通研)



- 最悪事象の発生確率が、設定した値以上(SIL4等)の場合、設定値以下となる対策を指示、その後再検証
- 対策によっても、設定値以下とならない場合や明確に確率が算定されない場合においては、制約ゲート(発生確率を低下させる事象)を増やして、トップ事象に至る経路に制約を設ける

6. 安全性評価を行う上での留意点

1. システム仕様の中での評価範囲の確定

- 責任を持つ評価範囲を明確にする必要。相手側担保の車両や設備との境界等
- 評価範囲外でも重大事故に繋がる恐れがある点は必ずコメント。

2. 記述、用語の解釈違い

- 要件や仕様書は相互に翻訳されるため、誤訳や解釈違いに注意。
- 不明確な点は必ず質して明確に。
- 国内で一般的でない用語、国内外で定義や機能が異なる用語が多い。

3. 客観的な安全性評価

- リスク分析に基づいた定量的評価の実施
- システムの安全管理の確認

4. 国際規格への適合性

- 国際規格、標準の内容や思想を熟知し、日本国内との相違を念頭に置く。
- 安全性の高さを数値範囲で定義。(SIL4は危険事象発生確率 $10^{-8} \sim 10^{-9}/h$ 等)

5. 相手国側との法的なトラブルへの備え

- 国情の違い等により、評価報告書を巡るトラブル、訴訟に至る可能性も否定できない。

7. 安全性評価レポートの限界

国内研究機関における安全性評価レポート

- 言葉の壁、ノウハウの流出の懸念は少ない
- 認証書の代わるものとして安全性評価レポートを活用
- ただし、客先が安全性評価レポートを認証相当と判断した場合のみ利用可能

海外の第三者認証機関における認証

- 認証実績、対応規格が豊富
- 言葉の壁、コスト、ノウハウの流出の可能性に対する懸念
- 日本の技術の証明を海外に委ねることの是非(安全性の考え方の違い等)

→ どちらも日本の技術を海外展開するための最適解ではない

8. 国内の動き

新成長戦略(平成22年6月18日閣議決定)

フロンティアの開拓による成長

(3) アジア経済戦略

(日本の「安全・安心」等の技術のアジアそして世界への普及)

その上で、環境技術において日本が強みを持つインフラ整備をパッケージでアジア地域に展開・浸透させるとともに、アジア諸国の経済成長に伴う地球環境への負荷を軽減し、日本の技術・経験をアジアの持続可能な成長のエンジンとして活用する。具体的には、新幹線・都市交通、水、エネルギーなどのインフラ整備支援や、環境共生型都市の開発支援に官民あげて取り組む。(以下略)

国土交通省成長戦略(平成22年5月17日国土交通省成長戦略会議)

4. 国際展開・官民連携分野

1. 海外へ進出する日本企業への支援ツールと政府サイドの支援体制整備～日本の技術と資本で世界展開を～

政策2:スタンダードの整備

国内スタンダードのグローバルスタンダードへの適合を図るとともに、日本の技術・規格の国際標準化や投資対象国での採用に向けた取組を推進する。

(2) 日本の規格を国際統一規格とするための取組や投資対象国におけるスタンダードの獲得のための取組の推進

日本の技術やシステムが、今後、より一層海外市場における競争力を発揮し、海外受注の獲得に繋げていくためには、日本の技術や規格を国際統一規格とするための取組や、投資対象国におけるスタンダード獲得のための取組を推進することが必要である。

例えば、... (略)... また、近年、鉄道分野における国際標準策定の動きが急速に進む中、欧州が積極的な動きを繰り広げているが、これに対し、官民連携の体制を充実させ、国際標準化機関(ISO、IEC)並びに米国をはじめとする投資対象国において日本の新幹線・都市鉄道をはじめとする優れた鉄道システムの技術・規格の戦略的な国際標準化の取組を早急かつ強力に推進する。(以下略)

国としても、国際標準化、スタンダードの確保が求められる

ただし、「日本の鉄道技術を国際規格化」だけでは、製品・システムの認証がないと相手国に受け入れられない

国際基準調和の一環としての適合性評価(認証)について検討が必要

9. 適合性評価の今後の動きと交通研の役割

- 鉄道関係の国際標準化活動は、鉄道技術標準化調査検討会による検討の後、IEC/ISOの鉄道技術の標準化活動を一元的に実施する新しい国内審議体制を整備することとなり、鉄道国際規格センターが発足したことにより、日本の優れた技術を、より多く国際規格化するための、大きな一歩を歩んだ。
- 鉄道業界が一体となり、日本の技術を国際標準化機関へ働きかけるようになった。
- 一方、国際標準化活動と両輪の関係にある適合性評価については、受け皿が安全性評価レポートでしかない状況。
- また、日本の優れた鉄道技術(安全・定時等)の証明方法は、現在海外任せとなっている。日本式の証明の方法の模索の必要性がある。(鉄道の安全性、定時性は、日本が断然良いのは事実)

交通研の役割

- 交通研が行ってきた研究活動と、それを活かした技術基準等の策定経験を活かし、技術的な観点からサポート
- 国際標準化活動で得た知見を適合性評価へ活かすと共に、適合性評価レポート等で得た知見を国際標準化活動へフィードバックし、適合性評価の立場も踏まえた規格化活動

25 日
講演 7

地方鉄道の保守に係る革新的技術 ープローブ車両による保全性向上対策ー

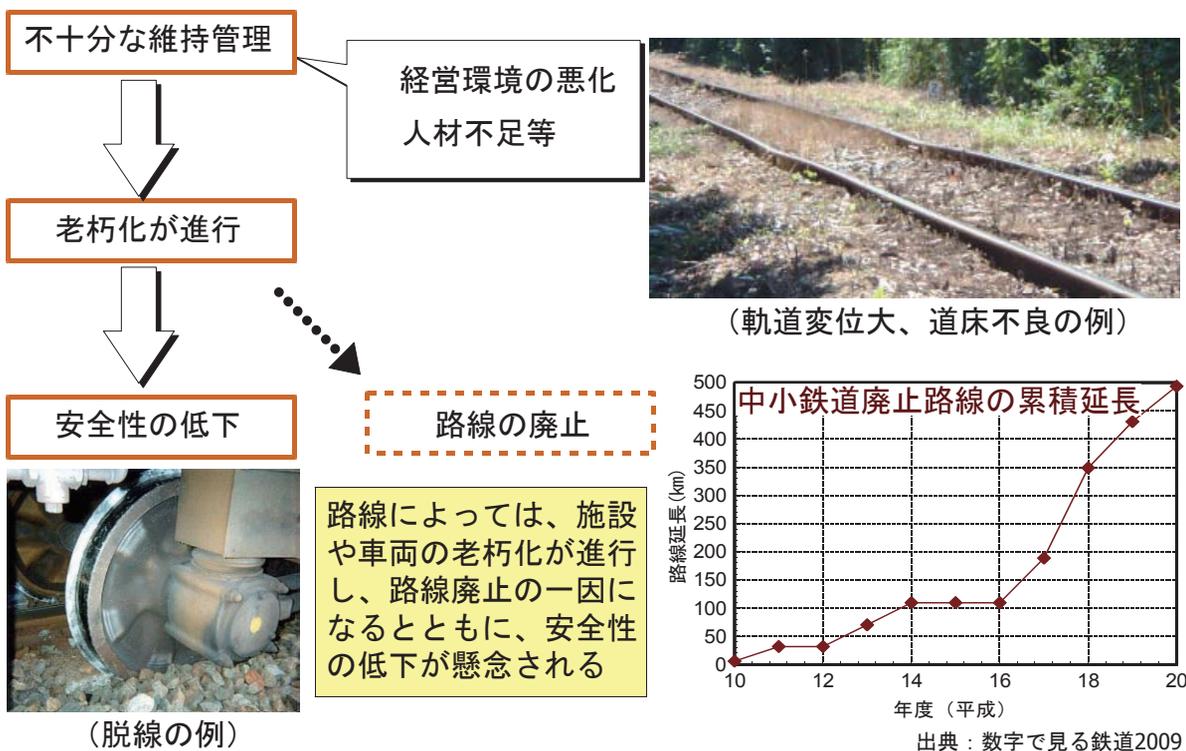
交通システム研究領域 上席研究員

佐藤 安弘

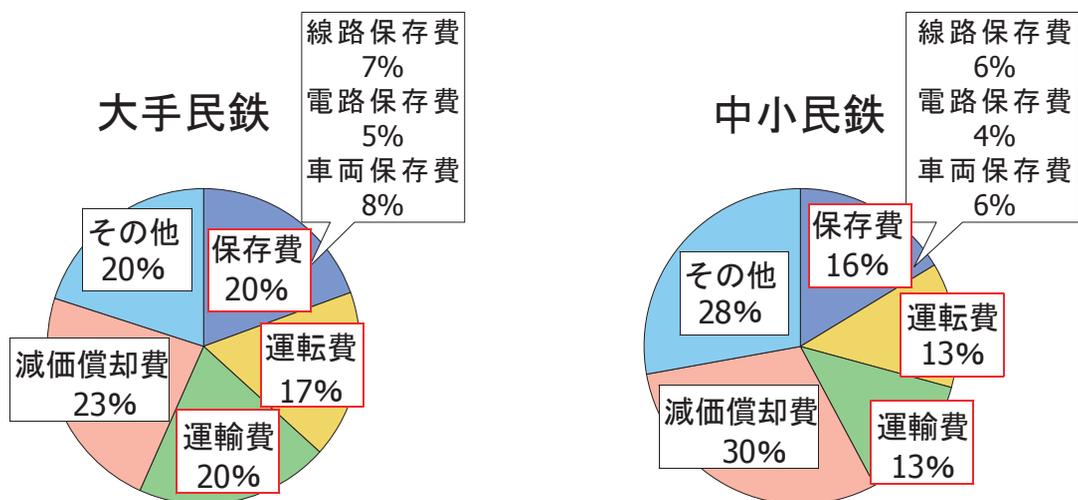
保守技術の革新によって、安全を確保しつつ保守の省力化を図ることが、地方鉄道の維持発展を図る上で重要なテーマとなっている。軌道の巡回目視や手検測作業を補完し、軌道状態の変化をいち早く発見・監視する目的に使用できるプローブ車両を適用した保守技術について報告する。

1. 地方鉄道の保守に係る課題

1. 1. 施設や車両の維持管理



1. 2. 営業費の現状



出典：鉄道統計年報（平成19年度）

設備更新等の費用はもとより、地上設備と車両の保守・修繕にかかる経費の低減が重要な課題

いかなる経営環境にあっても「安全輸送の確保」が鉄軌道事業の最大の使命

➡ 保守経費の低減や安全の確保に資する技術開発が重要

2. 保守に係る技術分野の動向

これまでの検査・保全手法

決まった時期に、決まった箇所を、決まった装置で、決まった手順で検査

省令（抜粋）

「施設及び車両の定期検査は、その種類、構造その他使用の状況に応じ、検査の周期、対象とする部位及び方法を定めて行わなければならない。」

センサ類の低コスト化、高性能化に伴い、
状態監視技術が世界的に開発されつつある

考え方として以前から
あるが、当技術分野の
発達により実現可能性

それに伴い、検査や保守の手法についても、
新しい考え方が取り入れられつつある

時間基準保全（一定の検査周期）から状態基準保全へ
定期的な検査から高頻度のモニタリング（状態監視）へ
モニタリングによる故障予兆の早期発見（予測保全）へ
不具合の徴候に基づいて検査優先度を評価

検査の合理化（重点箇所の絞り込み、見落としの防止等）

3. 技術への期待と取組

3. 1. 取組の方向性

平成20年6月交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会提言

○技術開発推進体制の課題と今後の方向性

中小鉄道事業者においては、人的・資金的制約により、安全性の向上や経営効率の改善のために必要な技術開発を行えない等、「一企業では人的・資金的制約により対応できない状況」が顕著となりつつあり、自社のみでは技術開発がままならない中小鉄道事業者等が必要とする技術の開発について、適切に対応する必要がある。

○新技術の導入の促進と今後の技術開発の方向性

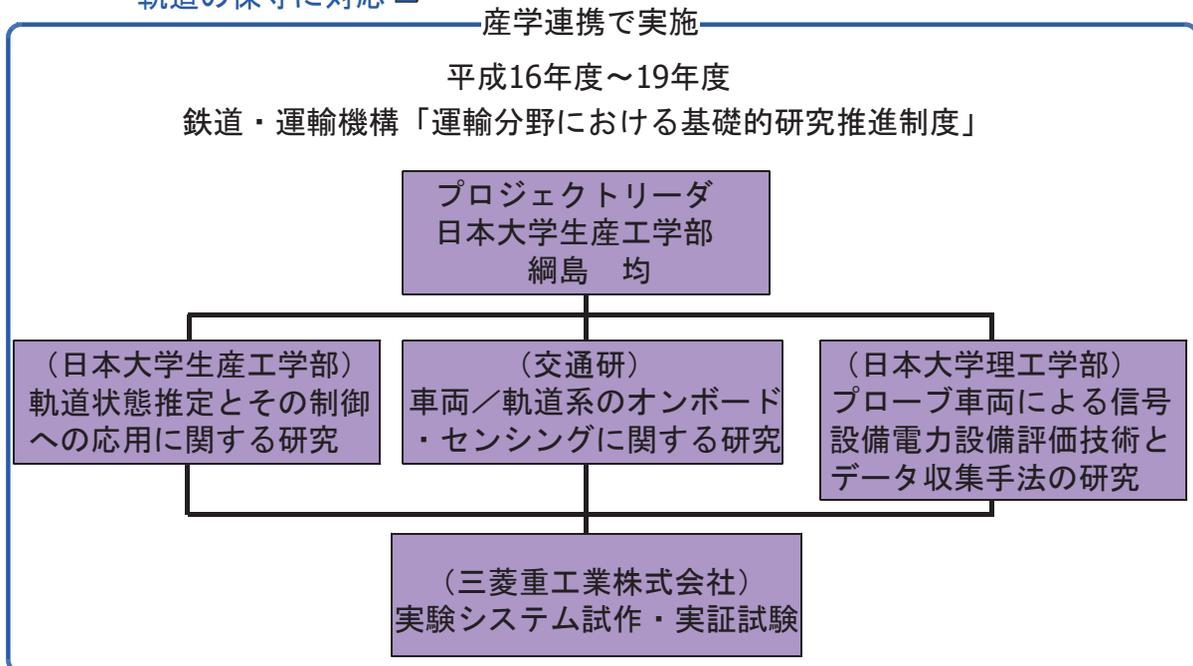
【省力化等による、コストパフォーマンスに優れた鉄道輸送の実現】

・センシング技術を活用した施設・車両の故障検知システム

↓
地方鉄道の安全性・保守性向上のため、センシング技術
を活用した施設の故障検知システムの開発が重要

3. 2. プローブ車両の開発

地方鉄道の安全性・保守性向上のためのプローブ車両の技術開発
軌道の保守に対応



現在は日本大学と「鉄道のプローブ車両システムに関する共同研究」を実施

3. 3. プローブ車両の必要性

解釈基準（抜粋）←維持管理標準の制定に伴う改正

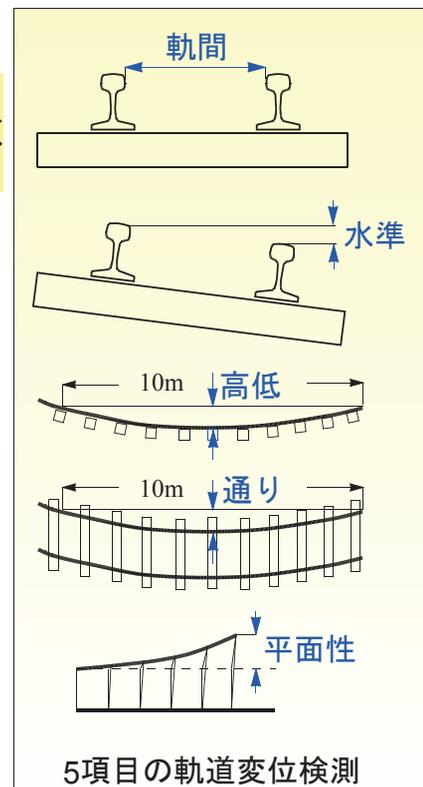
「軌道の定期検査は、軌道変位（軌間、水準、高低、通り、平面性）、遊間等の軌道状態及びレール、まくら木等の軌道部材について行うこと。」

地方鉄道

幹線鉄道で活躍している高価な検測車を保有できず



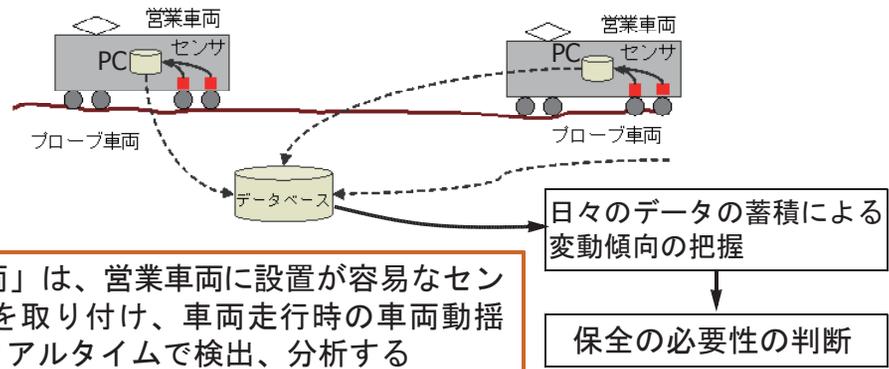
手検測などで対応



安全性の確保と省メンテナンスを両立させるため、営業車両による 常時モニタリング技術を開発する必要

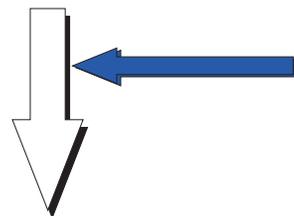
4. プローブ車両のコンセプトと特徴

4. 1. コンセプト



「プローブ車両」は、営業車両に設置が容易なセンサー類やGPSを取り付け、車両走行時の車両動揺などの状態をリアルタイムで検出、分析する

日々のデータの蓄積による
変動傾向の把握
↓
保全の必要性の判断



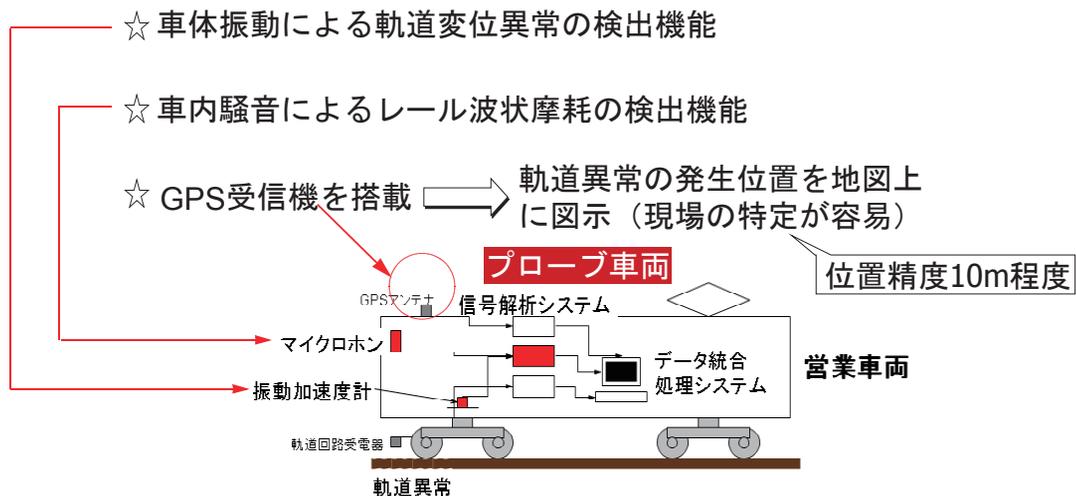
営業車による予防安全を実現

- 簡易なセンサ、簡易な取付（低コスト）
- 営業車による高頻度のモニタリング
- 異常予兆の早期把握と状態監視
- 重点箇所への絞り込み（保守の合理化）
- GPSとマップマッチング技術
- 従来の検査の補完（安全性の向上）

4. 2. プローブ車両の特徴

汎用センサを車内に設置（営業車の運転台等） → 車内で得られる情報から軌道や信号の異常を検知

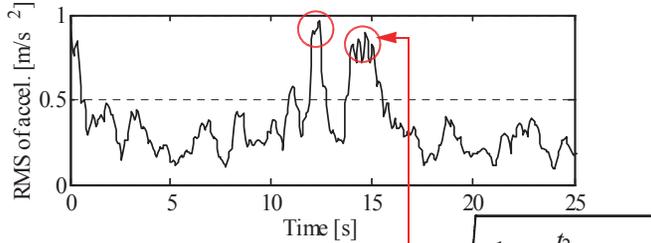
可搬型装置で機動性を実現



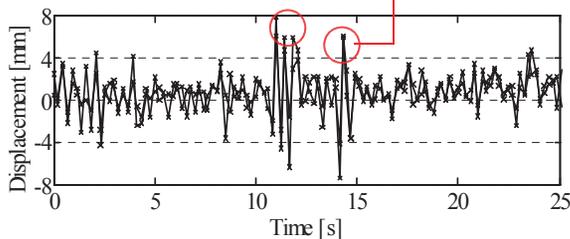
5. プローブ車両による軌道の異常検出

5. 1. 軌道変位及びレール波状摩耗

軌道変位に対する車両の応答特性は、車両固有の諸元、速度や荷重などの条件により変化

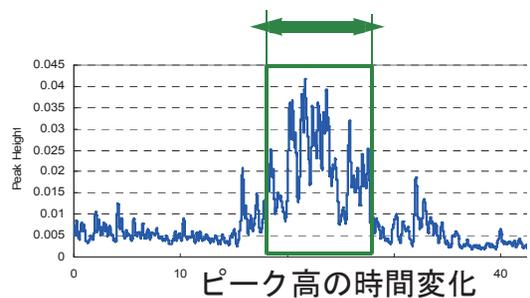


(a) 上下振動加速度のRMS $f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} [f(t)]^2 dt}$

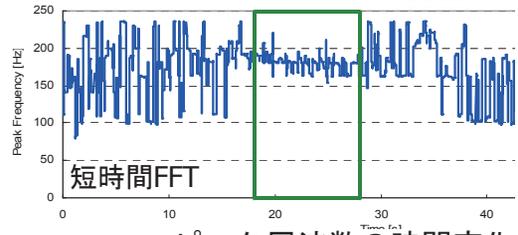


(b) 高低 (地上検測結果)
上下振動加速度RMSから高低変位の大きい箇所を検出

急曲線内軌波状摩耗発生区間



ピーク高の時間変化



ピーク周波数の時間変化

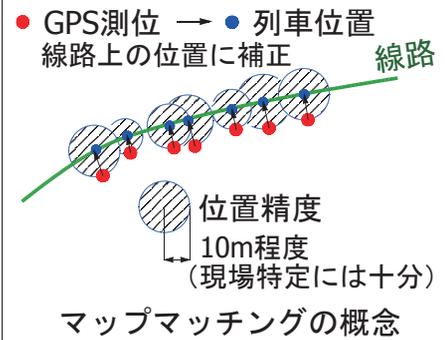
車内騒音のピーク及び周波数変化から波状摩耗発生箇所を検出

6. 軌道保守への適用例

6. 1. 異常箇所の表示

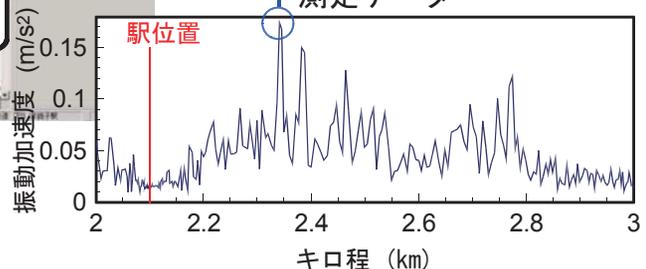


プローブシステムのモニタ画面



地図上に表示された異常箇所を現地調査

測定データ



6. 2. 今後の展開

(1) プローブ車両の利用拡大

軌道状態の推移のモニタリング

現状は交通研で解析・評価

マニュアルの整備

事業者自身による機器の操作や評価
事業者間におけるプローブ車両の
共有化等

(2) プローブ車両の応用

新型車両（中古車両）導入時の安全性評価

現状の機能を利用 → 軌道変位異常箇所・重点箇所の抽出

速度向上時の安全性評価への適用

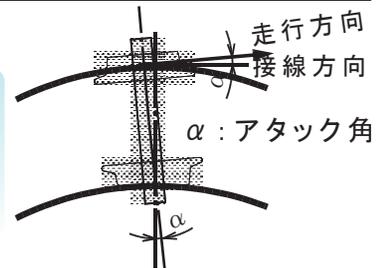
現状の機能を利用 → 車体振動加速度測定

機能拡大による対応 → 速度記録機能
各種計器の映像記録機能等

(3) 他のセンシング技術を活用した故障検知システムの開発

特に保守ミス未然防止・発見に資する技術が重要

- 各部の動的な変位のモニタリング
- アタック角の簡易な測定法等



7. まとめ

地方鉄道においては、不十分な維持管理に伴う安全性の低下が懸念される。このため、国による支援策や鉄道事業者・研究機関等における保守省力化のための技術が存在する。しかしながら、幹線鉄道や都市鉄道を対象とした技術は、コスト等の面で必ずしも地方鉄道にそのまま適用しがたい。

地方鉄道の安全性・保守性向上のため、センシング技術を活用した施設の故障検知システムの開発が重要

- 交通研では産学連携して軌道の保守に対応するプローブ車両の技術開発を進めてきた
- プローブ車両は、高価な軌道検測車を導入できない鉄道事業者において、保守員による軌道の巡回目視や手検測作業を補完し、軌道状態の変化をいち早く発見・監視する目的に使用できる
- 異常箇所や要注意箇所が絞り込まれること、測定頻度が高められるため当該箇所でのデータの推移を監視できることから、安全を確保しつつ保守の省力化に有効
- ハードウェアはほぼ実用レベルにあるものの、実用化に際しては、路線ごとに一定の検証期間が必要であり、今後とも鉄道事業者等と連携して、複数路線での試用を進めていく

25 日
講演 8

地方交通に適用可能な画像処理技術 —画像センサによる予防保全検討例—

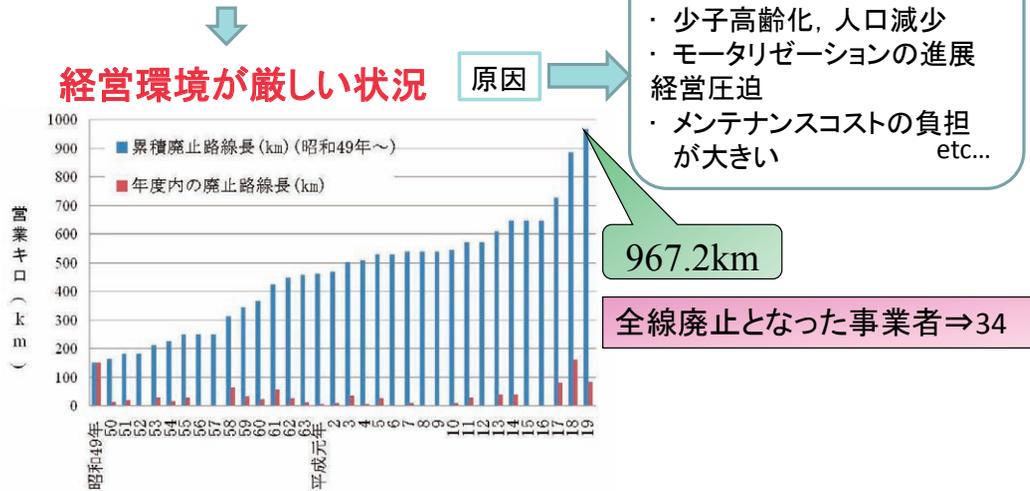
交通システム研究領域 研究員

工藤 希

地方鉄道においては、昨今の利用者数の減少から、安全を確保しつつ保守の省力化を図ることが重要なテーマとなっている。そこで、画像センシングにより、車上から地上設備の状態を確認し、故障を未然に防ぐことを目的とした研究を行っている。ここでは、その一部を報告する。

1. はじめに

現在の地方中小鉄道の状況



そこで我々は
信号機や踏切の**メンテナンスコストの削減方策**の可能性に着目し、
技術によって省力化と安全の確実化を実現することを目指す

1

1. はじめに

多くの分野で、センサを用い自動化したシステムによる省コスト化を図っている

地方鉄道の省コスト化においても、利用できる可能性
がある

赤外線センサ — ホームからの転落、安全

画像センサ — **保守(踏切、信号等の地上装置)**
予防保全

振動センサ — 予防保全

2

2. 研究の目的

設備の省コスト化を目標とした

GPSと汎用無線を用いた安価な
列車検知や鉄道運行管理システムの開発

保守システムの省コスト支援を行う鉄道の予防保
全システムの開発



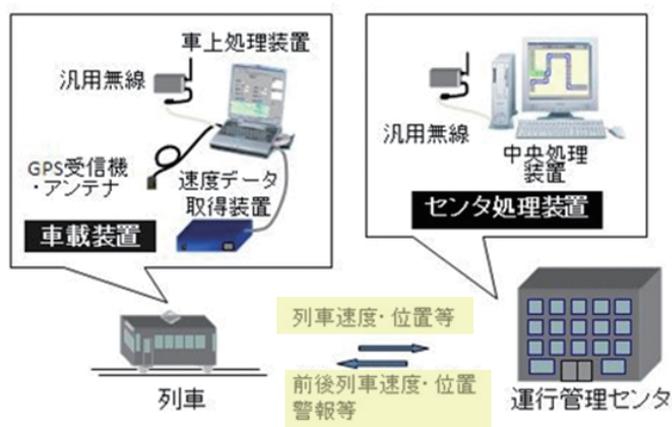
営業列車を用いて簡単にデータを取得し、機器の劣化を早期
発見をすることで、効率的なメンテナンスを行う

画像センサとGPSを用いた
信号機の色灯の自動判別
を通した予防保全の取組み

3

3. これまでの成果

これまでに開発した
GPSを用いた鉄道運行管理システム



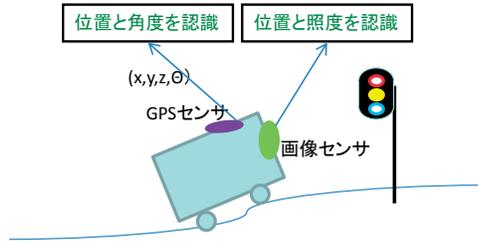
GPSと汎用無線を用いることで
省コストな鉄道運行管理システムの構築

4

4. 画像センサを用いた予防保全システムの開発

省コスト化を目標とした

運転士の運転支援および保守システムの省コスト支援を行う鉄道の予防保全システムの開発



現段階では、

画像センサを用いて前方の信号の位置および現示確認を行うシステムを開発



- 信号機の色灯の経年変化の確認(予防保全)
- 運転士の前方信号の見逃し防止(運転支援)
- ...に利用することを想定

5

5. 画像センサを用いた信号機の現示状態判別について

システムの概要

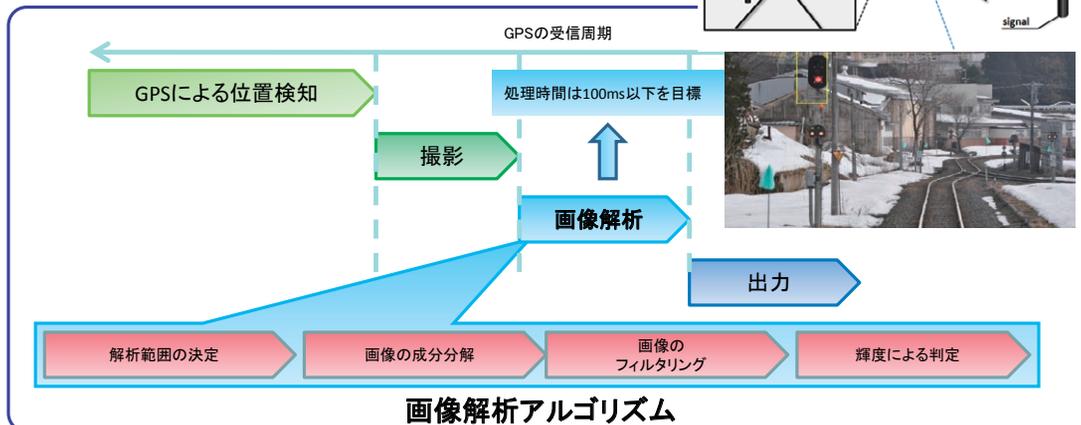
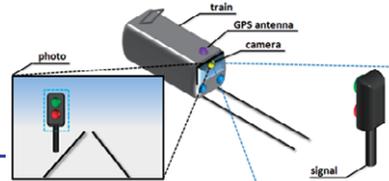
GPSを用いて画像中において信号機の映り込むであろう範囲を算出
(GPSの誤差についてはマップマッチングを用いて一定の精度を確認済)
...最終的には画像処理にて補正

処理時間の短縮



リアルタイム性の確保

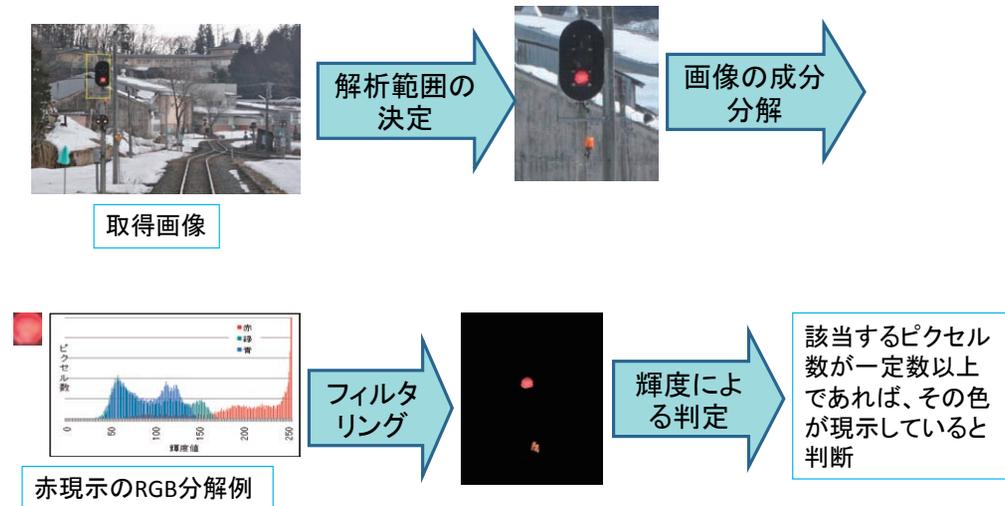
本システムではGPSの受信周期(1秒)の範囲で行う



6

5. 画像センサを用いた信号機の現示状態判別について

輝度による信号の現示している色の判定



7

6. 画像解析を用いた信号機の現示状態判別検証試験

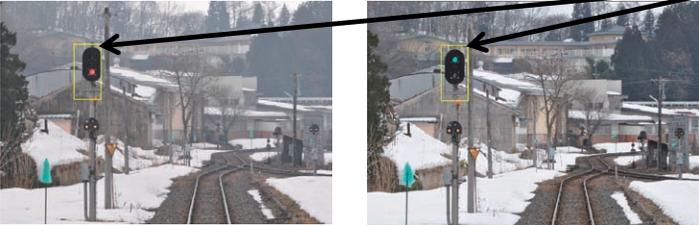
試験の構成



8

7. 試験結果(荒砥⇒長井)

荒砥駅出発信号



実際に特定した範囲

状態	サンプル数	正しく出力したもの	認識率[%]
赤現示	20	19	95
青現示	20	20	100

長井駅出発信号



状態	サンプル数	正しく出力したもの	認識率[%]
黄赤現示	20	19	95

9

8. 考察

荒砥駅および長井駅の出発信号における赤、青の判別はほぼ正確に行うことが可能であった

画像処理にかかる時間は目標の100ms以下を達成できた

誤差要因の一例

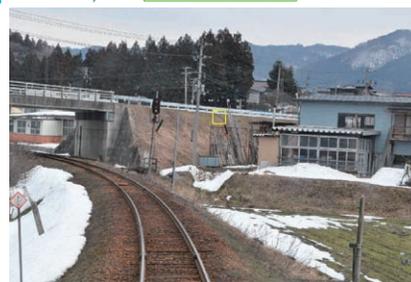
対象信号機を捉えられない場合が存在

原因

- ①カメラとGPS受信機の設置位置のずれ
- ③カント(軌道面の傾き)による影響

以上のことを考慮することにより、より正確な解析が可能になる

曲線区間



画像センサとGPSを利用した予防保全システムの第一歩として、信号現示を識別するシステムを開発した→特許出願中

10

9. 今後の展開

GPSと画像センサを用いた信号機の現示の判別を行うシステムを開発・試験を行い、一定の成果を得た
運転支援及び予防保全システムへの展開に向けて研究開発を進め、より実用的なものを目指していく

画像センサによる踏切の遮断時間検出
走行中の車両から踏切を撮影し、遮断かんの動作時間から、踏切の動作不良を早期発見するシステムを作成する

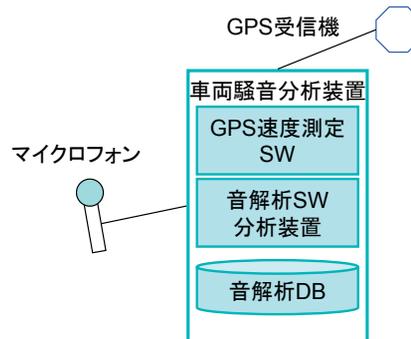


遮断かんが閉じている状態



遮断かんが開いている状態

車両走行音による予防保全システム(予定)
走行中の車両においてモータ音を周波数分析し、異常音を検出する。
車上に置くことで設置を容易にし、簡単に計測できるシステムを目指す。



11

10. 交通研の果たす役割

持続可能な公共交通システムの維持・発展のために、地方鉄道の果たす役割は大きい

地方鉄道においては、経営環境の悪化により、安全性の低下が懸念される
一方で、新幹線や都市鉄道を対象とした技術は、コスト等の面で必ずしも地方鉄道にそのまま適用しがたい

センサ技術は、地方鉄道の省コスト化に対し様々な目的に使用できる可能性がある

経営状態の厳しい事業者でも利用可能な、センサ技術を用いた予防保全システムの開発を行っていく

研究開発にあたっては、実営業路線における検証が不可欠であり、今後とも鉄道事業者等と連携して研究を進めていく

12

ポスターセッション

① 電気駆動系自動車におけるエネルギー回生制御の実態把握とその最適化について

環境研究領域 ※奥井 伸宜 新国 哲也 河合 英直

1. はじめに

温室効果ガスの一つに二酸化炭素（以下、CO₂）が挙げられ、重量車からのCO₂排出量は、日本全体の約5%を占めている¹⁾。当研究所では、交通環境の改善・保全に応えるべく、重量車からのCO₂排出量の削減に取り組んでいる。その一手法として重量車の電気駆動化が挙げられ、ハイブリッド自動車（以下、HEV）および電気自動車（以下、EV）の技術を活用した高効率パワートレインシステムの検討を行っている。

電気駆動車の高効率化を支える主な要因としては、アイドルストップ、モータアシストおよび回生制動が挙げられる。特に、車両（エンジン車）に投入されたエネルギーの約25%が制動時に浪費されている²⁾ことから、この部分における効率的なエネルギー回収が車両高効率化のための重要な要素となってくる。

本報では、重量車の電気駆動化を検討する上で、車両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た。今回は、現在市販されているEVの走行実験より取得した情報を基にモデル検証を行い、これを基に電気駆動車（乗用車）のエネルギー回生向上に関するケーススタディを行った。さらに、検討した回生方法をHEV重量車に適用し、システムの最適化を図る等の目的で現在構築している「台上ハイブリッド試

験装置」について紹介する。

2. 試験車両 および 試験方法

供試車両として、市販されているEVを使用した。車両諸元を表1に示す。このEVの特徴としては、モータとモータ制御機能および電力変換機能（インバータ）の最適制御によりシステム効率を90%以上に高め、リチウムイオンバッテリーと組み合わせたことで日常生活に支障のない航続距離160kmを確保し（一般ユーザの一日あたりの平均走行距離；28km）、ガソリン車と遜色ない走行性能にまで仕上げている³⁾。

供試車両の回生制動の把握およびシミュレーション結果との比較を行うため、テストコースおよび一般道路（市街地）を使用し、走行中の電流、電圧、車速、GPS信号およびブレーキ踏力信号等のデータを取得した。ここで、取得した電流、電圧データは、バッテリー端子より計測を行っている。

3. 電気駆動車のモデル化

車両走行時のエネルギーの出入りを把握するため、簡易シミュレーションを作成した。

3. 1. 車両モデル

車両が前後に動く際には、一般的な車両の運動方程式が成り立つ。それに加え、本報では、車両の加減速時の荷重変化を考慮したモデルを作成した⁵⁾。

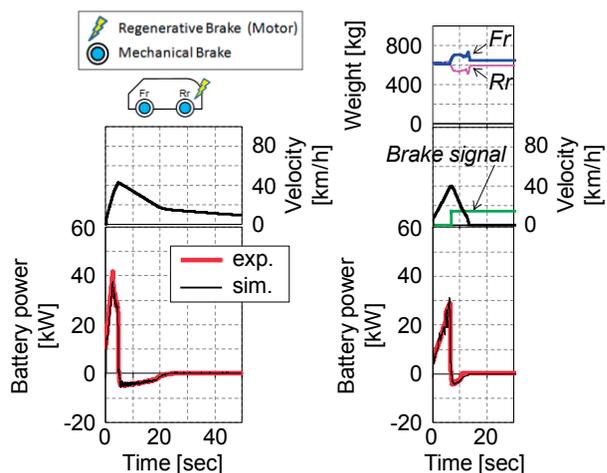
3. 2. ブレーキモデル

電気駆動車の制動時には、機械ブレーキと回生ブレーキの2種類のブレーキが作用し車両（車輪）が停止するため、これを反映させたモデルを作成した。

なお、回生ブレーキは5章で述べるが、回生モータおよび機械ブレーキの配置を、車両の全輪 or 前輪のみ or 後輪のみとする組み合わせにより回生電力に差を生じる。また、諸元より求めた理論制動力配分を本計算での制動力配分とし、固定値として使用した。

Table.1 Vehicle specifications⁴⁾

Vehicle weight	[kg]	1,100
Motor	Type	Permanent magnet synchronous motor
	Max. output [kW/min ⁻¹]	47 / 3,000 ~ 6,000
	Max. torque [Nm/min ⁻¹]	180 / 0 ~ 2,000
	Max. speed [min ⁻¹]	8,500
Drive battery	Type	Lithium-ion cells
	Rated voltage [V]	330
	Rated capacity [kWh]	16
Control system		Inverter control
Driving method		Rear-wheel drive



(a) Mechanical brake OFF (b) Mechanical brake ON

Fig.1 Test course (deceleration : 40km/h)

4. 車両モデル および ブレーキモデルの検証

作成したシミュレーションモデルの検証を行うために、テストコースおよび実際の路上で走行した実験データとの比較を行った。ここで、今回比較する力行/回生電力は、上述したようにバッテリー電力の収支であるため、本シミュレーションにおいても、減速機等の機械損失およびモータ、インバータ等の電機損失を考慮した。

4. 1. テストコース走行

モデル検証を行うためテストコースにおいて、ブレーキ開始速度域における本供試車両の力行/回生電力を取得した。結果を図1に示す。図1 (a) は目標減速開始速度 (40km/h) に達したときにシフトをDレンジに固定したままアクセルOFFで減速させ、図1 (b) は同様にアクセルOFFと同時に機械ブレーキON (減速度: $1.7m/s^2$) とし、惰性走行しないよう留意した。

本供試車両は、ブレーキ協調回生を行っていない⁶⁾ため、機械ブレーキON/OFFに関わらず、減速開始直

後にはほぼ同等の回生電力を発生していることがわかる。シミュレーションのバッテリー電力結果に注目すると、実験結果と同等の傾向を示した。このとき、機械ブレーキON時には、図1 (b) 上段に示すように車両減速に伴う前後輪の質量変化が計算できた。また、減速中の低速度域 (15km/h以下) においては実験と計算結果とに差を生じた。これは、減速中の低速度域において「モータ回生を停止し、機械ブレーキのみで停止する」という車両メーカーのブレーキ制御の考え方が反映していると思われる。本モデルにおいては全速度域フル回生を前提とした高回生車の検討を行う目的があるため、このロジックは本モデルには反映させていない。

4. 2. 市街地走行

前節では走行状態が安定しているテストコースでの走行実験によりモデル検証を行ったが、実際の路上走行では、惰性のみ減速や惰性+機械&回生ブレーキを併用した減速など、減速状況が複合的に変化する。それに加え、車両加減速に伴う荷重が時々刻々変化する。このような各種状態が複合的に変化する走行時のモデル検証も必要であると考え、供試車両で一般的な市街地として【交通安全環境研究所→JR三鷹駅→交通安全環境研究所】を走行し、実験結果との比較を行った。

比較結果を図2に示す。走行中のバッテリー電力状況を比較すると、加速時/減速時においてもほぼ実験結果をトレースすることがわかった。停止中においては、実験値は若干のバッテリー消費を示しており、これは車両の電装系、補機類によるものと考えられる。

以上より、再現性がより複雑となる実路走行においても、作成した簡易モデルでエネルギー収支の計算が可能であることが確認できた。

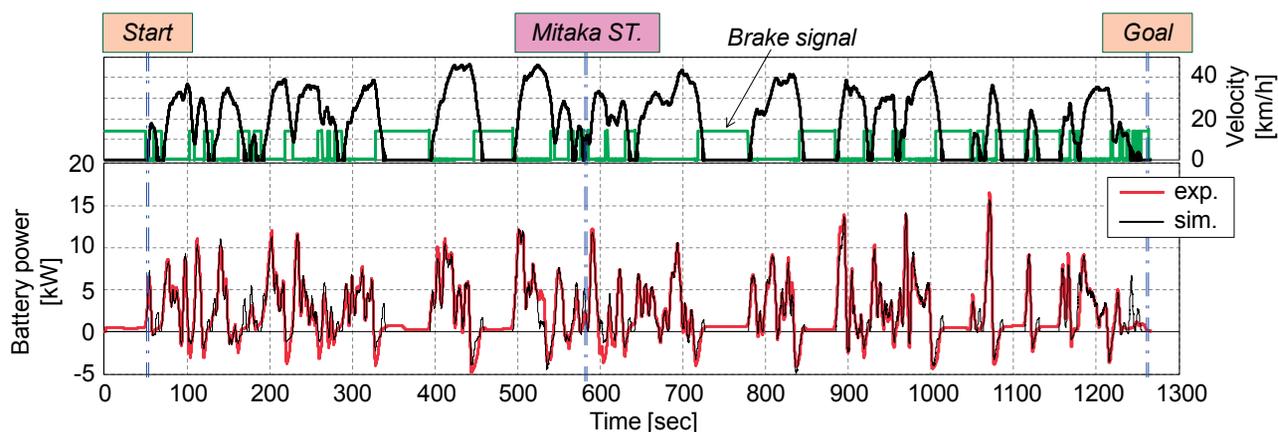


Fig.2 On road test : National Traffic Safety and Environment Laboratory→JR-Mitaka ST.→NTSEL)

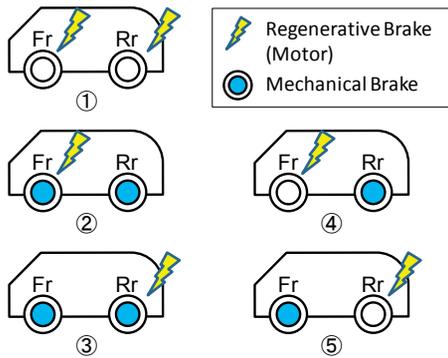


Fig.3 Regenerative & Mechanical Brake layout

5. 高効率電気駆動車の検討

前章で、本シミュレーションモデルのエネルギー収支に再現性があることを確認した。以下で、高効率電気駆動車のレイアウト検討を進める。

機械ブレーキと回生ブレーキの配置および組み合わせにより、回生電力量は大きく影響を受ける。そこで、考えられる車両レイアウト（機械ブレーキ、回生ブレーキの配置および組み合わせ）を以下に列挙し、図3に示す。ここで、供試車両のレイアウトは、下記のレイアウト③に該当する。

- ① 全輪 回生ブレーキのみ
- ② 【Fr】 機械&回生ブレーキ
+ 【Rr】 機械ブレーキのみ
- ③ 【Fr】 機械ブレーキのみ
+ 【Rr】 機械&回生ブレーキ
- ④ 【Fr】 回生ブレーキのみ
+ 【Rr】 機械ブレーキのみ
- ⑤ 【Fr】 機械ブレーキのみ
+ 【Rr】 回生ブレーキのみ

この5パターンについて、作成したシミュレーションを用い、機械&回生ブレーキのレイアウト検討を行った。なお、今回の走行パターンは4.2.節で使用した市街地走行データを用い、各レイアウトの制動力配分、機械ブレーキ力は同一と仮定し計算した。ここで、今計算で指標とする回生効率 η は、次式により求めた。

$$\eta[\%] = \frac{\text{実回生電力量[kWh]}}{\text{理論回生電力量[kWh]} \times 100} \quad (1)$$

図4に、本計算条件下における積算回生電力量を棒グラフにて表すが、レイアウト①の回生電力量が一番多い結果となった。機械ブレーキを使用しないこのレイアウトが理論回生電力量にあたり、供試車両であるレイアウト③の回生効率に着目すると、理論回生電力量の約5割を回生していることが分かる。結果として、

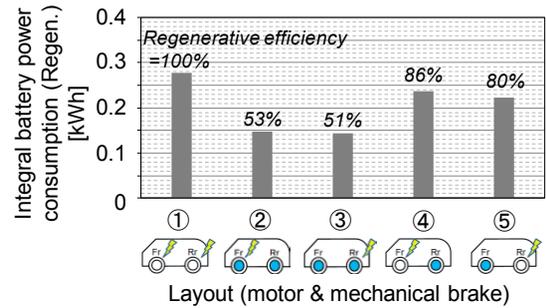


Fig.4 Simulation result of Brake layout

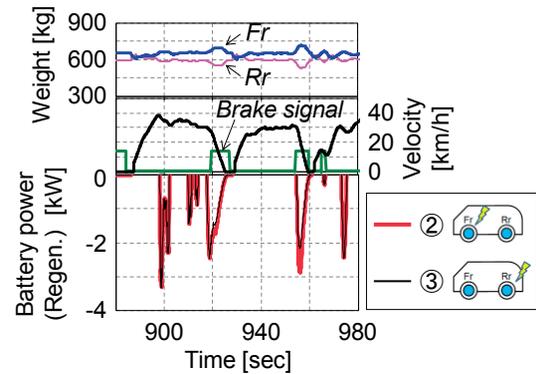


Fig.5 Brake layout evaluation by simulation

前輪側に回生モータを配置することで、より多くの回生エネルギーを吸収できる事がわかり、合理的な結果が得られた。このとき、図5上段に走行中の車両質量の変化を示すが、走行時に前後輪にかかる車両質量が時々刻々変化する様子が計算により確認できた。

ここまで、本供試車両での高効率エネルギー回生の検討を行った。今後は、重量車に展開を行う予定である。

6. 台上ハイブリッド試験装置

最終的に我々が検討している電気駆動車は、都市間を移動する大型重量車であり、電池の重量およびサイズの問題により航続距離および積載量等が制限されてしまうため、フルEV化は困難と思われる。そこで、HEV技術の活用を検討する必要があるが、エンジンとモータの組み合わせによりその要素が複雑となり、車両走行全域における簡易シミュレーションでの検討は困難になる。

検討予定の電気駆動重量車の高効率回生方法を HEV 重量車に適用するとともに、車両システム全体の最適化を図る目的で現在構築している「台上ハイブリッド試験装置」について、以下に紹介する。

6. 1. 試験装置の全体概要

図6に本試験装置の最終構成例であるシリーズ・パラレル式の試験装置システム構成図を、表2にこの試

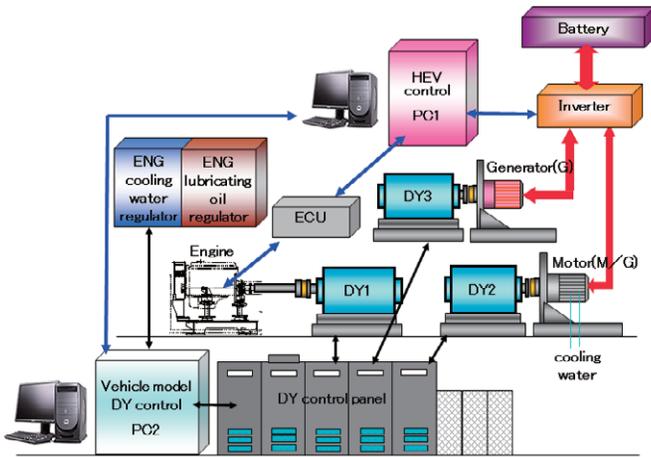


Fig.6 Virtual hybrid vehicle system
(Series/parallel hybrid vehicle)

験装置の主要構成機器を示す。

通常、HEV では、エンジンとモータが原動機となるため、これらの機械出力をシリーズもしくはパラレルに接続する必要がある。しかし、本試験装置は、それぞれのダイナモメータの連結をソフトウェア上で行うことにより、車両重量、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計算モデルにて自由に構成できるため、実機を試作する必要が無い。

本システムを以下に記す。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、車載 CPU 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、各ダイナモメータはエンジンおよび駆動モータへ与えるべき負荷指令を行う。一方、回生時の情報は回生モデルで演算され、車載 CPU 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。以上より、走行中のエンジン、駆動モータ、バッテリーの

Table.2 Equipment configurations

1. Dynamometer, Dynamometer control system
type) Flex-Dynamometer TYPE-I G250 (MEIDENSHA CORPORATION)
spec) Rated torque : 500Nm, Max speed : 12,000rpm
2. Measurement control system
type) FAMS8000 (ONO SOKKI Co.,Ltd.)
spec) VME control bus, Manual control panel, Data analysis software
3. DSP system, DSP control software
type) High-speed operational equipment (dSPACE GmbH)
version : Control Desk Release 5.4
type) Software (MathWorks Inc.)
version : MATLAB 7.1
4. Simulation model
Running on MATLAB model
5. Motor (M/G), Inverter
type) YZ901-M1 (Sawafuji Electric Co., Ltd.)
spec) Rated torque : 350Nm, Rated power(max) : 30kW, Max speed : 7500rpm
6. DC power-supply system
spec) DC50V - DC500V, 500A (MEIDENSHA CORPORATION)
7. Electrical energy meter
type) 3193 (HIOKI E.E. CORPORATION.)

状態をリアルタイムに観察することができる。

上記に加え、再現性が確保しにくい部分についてはモデル化することにより対応できるため、研究対象とする現象の再現性を確保し、詳細に解析する事も可能にしている。

6. 2. 進捗状況

今年度は、パラレルハイブリッドシステムの構築を目指し、実機エンジンをダイナモメータ (図 6_DY1) に、実機モータ (M/G) をダイナモメータ (図 6_DY2) と接続し、制御分担比の設定変更が可能なハイブリッド制御コントローラモデルと車両モデルを搭載したシステムを構成している。また、バッテリーモデルによって得られる出力電圧は、直流電源装置からインバータに対し給電している。

7. まとめ

電気駆動車のエネルギー効率向上の検討を行うため、電気駆動車の解析モデルを構築した。今回の計算条件下において検討した本供試車両の最適エネルギー回生方法については、合理的な結果を得ることができた。今後は、本解析モデルを重量車に展開し、重量車の高効率エネルギー回生方法を検討する予定である。

さらに、ハイブリッド台上試験装置の整備を進め、重量車 HEV システムの全体最適化を図る予定である。

参考文献

- (1) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー基準部会 重量車判断基準小委員会・重量車燃費基準検討会：最終取りまとめ、参考 1_ p. 4-5 (2005)
- (2) 清水健一：ハイブリッド制御技術の変遷と最新技術動向、自動車技術、Vol. 56、No. 9、p. 70-75 (2002)
- (3) 佐野喜亮、浦野徹、松原譲二、蒲地誠、恒川肇：『i-MiEV』に採用した最新の EV 要素技術、三菱自動車テクニカルレビュー、Vol. 22、p. 23-28 (2010)
- (4) 三菱自動車：i-MiEV、三菱自動車テクニカルレビュー、Vol. 22、p. 71-74 (2010)
- (5) Cacciatori E., Bonnet B., Vaughan N. D., Burke M., Price D., Wejrzanowski K. : Regenerative Braking Strategies for A Parallel Hybrid Powertrain with Torque Controlled IVT、SAE、2005-01-3826 (2005)
- (6) 牧野茂雄：電動自動車のテクノロジー、モータファン・イラストレーテッド、東京、三栄書房、2009、p. 60-63

② 電動車用リチウムイオン電池の劣化と熱的、電氣的負荷の影響度について

環境研究領域

※新国 哲也、小鹿 健一郎、河合 英直

1. はじめに

外部から充電した電力を、一部もしくはすべての走行エネルギーとして利用するプラグインハイブリッド車(PHEV)や電気自動車(EV)では、電力を蓄える電池の劣化が、燃費や1充電走行距離といった電動車性能の低下に直接的に影響し、ユーザーにとっても大きな関心事である。一方で現状の自動車試験法には電池劣化評価のための試験法は存在しない。そのため、電動車の要である電池の評価をどのように自動車試験法に取り入れるかを検討する必要がある。

電池の劣化は、その使用条件により劣化の進行速度が異なるので、自動車の使用条件下の劣化を評価するには自動車での使用条件を反映した試験条件設定が必要である。加えて電池の劣化は通常の使用条件であれば時間的に劣化の進行が遅いため、試験において劣化加速を行うことが望ましい。

大容量電池の劣化加速としては、たとえば電力設備用の電池などでは、いわゆる保存劣化が主体なため熱による劣化加速が考えられる。しかし自動車のような激しい充放電が行われる用途では、熱のみの劣化加速試験では不十分と考えられる。その一方で、自動車の使用条件下での劣化特性に関する報告例は少ないのが現状であり、劣化加速試験の電氣的な負荷条件を検討するには至っていない。

そこで、本研究では電池の劣化に影響する負荷の要素として熱と充放電サイクルに着目し、自動車の試験として両者をどのように劣化加速試験の条件として取り込むかについて検討を開始した。

前報ではJC08での電動車の走行状況を模擬した負荷条件の下で、高いエネルギー密度を持つという点で電動車用電池として最も有望視されているリチウムイオン電池に繰り返し充放電波形を行い、同電池の劣化特性を測定した。その結果、放電容量の低下が早まったことを観測し報告した⁽¹⁾。

本報告では、放電容量の低下について、熱的な要因による劣化と、充放電サイクルによる劣化が、どのように寄与したかを実験的に求めたので報告する。

2. 研究の目的

自動車試験法における劣化加速の負荷条件を検討するため、電池が自動車の使用条件で受けると想定される熱および充放電サイクルについて、それぞれどのように放電容量の低下に影響するかを、供試電池の劣化試験を通して把握する。

3. 実験方法

3. 1. 供試電池の熱に対する劣化の観測

前報で報告した JC08 による充放電サイクルに対する放電容量の低下のうち、熱的な負荷に対する放電容量の低下の成分を抽出するため、供試電池に負荷として熱のみを与えて、放電容量の計測を行った。測定装置の構成を図1に示す。

温度条件は4種類(25°C、40°C、55°Cおよび70°C)であり、それぞれの恒温槽には、3つの供試電池セルを入れて保存し、その平均の放電容量を求めた。なお保存時の供試セルの電圧は4.0Vに設定した。放電容量は各供試電池セルで1週間に1回測定した。

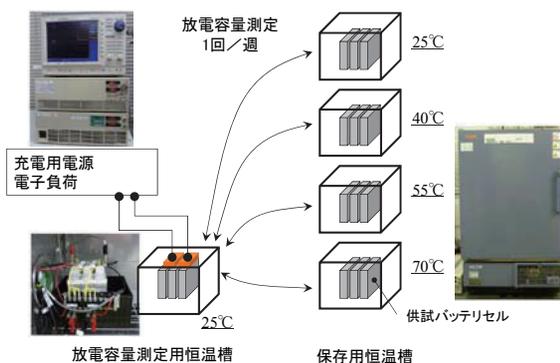


図1 電池保存劣化試験装置の構成

3. 2. 供試電池の諸元

供試電池セルの仕様を表1に示した。この供試電池セルは、前報で使用した電池と同じ種類のものであり、負極はLiC₆、正極はLiMn₂O₄、電解液はLiPF₆を含む有機系の電解液である。なおこの供試電池は寿命を延長化するための特殊な処置は行っていない。

表1 供試電池セルの仕様

容量	15Ah
体積	0.36L
重量	0.91kg
エネルギー密度	73Wh/kg
出力密度	470W/kg
許容電流	200A

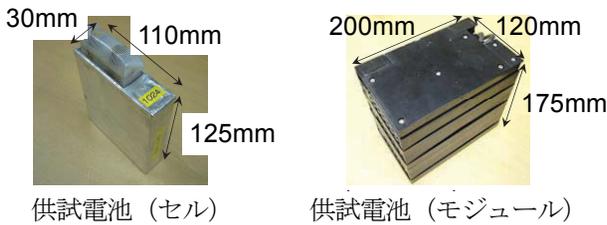


図2 供試電池の外観

3. 3. 放電容量の測定方法

放電容量は放電電流の時間積分 Ah により求めた。放電電流は 15A 一定とした。まず初期状態の供試電池セルを 15A で 1 時間放電し、その時に到達する電圧値を下限電圧とした。次に保存劣化した各供試電池セルは一定の間隔で恒温槽から取り出し、15A で放電して、上記で定義した下限電圧にセル電圧が低下するまでの期間、電流を時間積分した。図 3 に放電時の供試電池セルの電圧の変化を示す。青の曲線は、供試電池セルの初期状態(熱劣化の影響を受けていない状態)の 15A での放電時の電圧の変化を示した。一方赤の曲線は、保存劣化の一例として 40°C の環境に 1190 時間保存した後に、15A で放電を行った際の供試電池セルの電圧の変化を示した。40°C の熱環境にさらされた供試電池セルの電圧は、初期状態と比較して早期に電圧が低下し、初期状態の電池セルの下限電圧と同レベルまで電圧が低下するのにかかった時間は約 0.9 時間(3200 秒)であった。したがってこの例の場合は、放電容量は電流の 3200 秒までの時間積分により求めた。

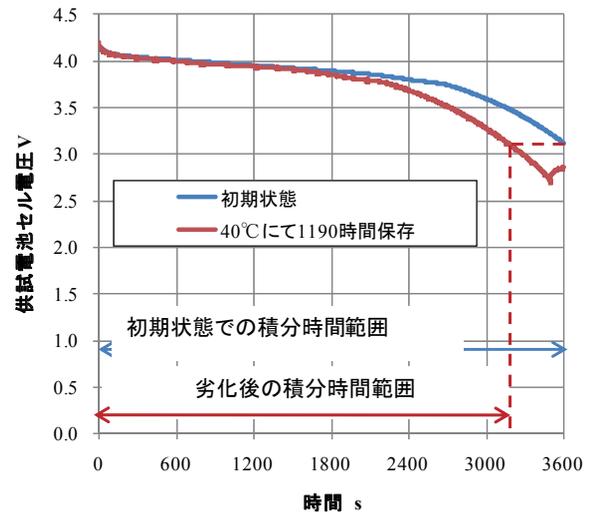


図3 劣化した供試電池の一定放電電流に対するセル電圧の変化(例)

4. 結果

各温度環境下に保存した供試電池セルの放電容量の変化について示す。リチウムイオン電池では電解液に有機物を用いるため、使用温度は一般的に低く設定される。今回用いた供試電池セルに対しては 55°C 以下での使用がメーカーにより推奨されている。一方で自動車の車室内は外部環境によって 55°C 以上の高温になることもあるため、今回の試験条件としては標準温度である 25°C から、40°C、55°C および 70°C で保存劣化試験を行った。

図4には各温度の恒温槽にそれぞれ保存した供試電池セルの放電容量の保存時間に対する変化を示した。保存期間が1000時間以内では、25°C の条件で保管した供試電池セルの放電容量はさほど低下していないが、これに対して 70°C の条件で保存したものは、初期の 6 割程度の放電容量にまで低下した。

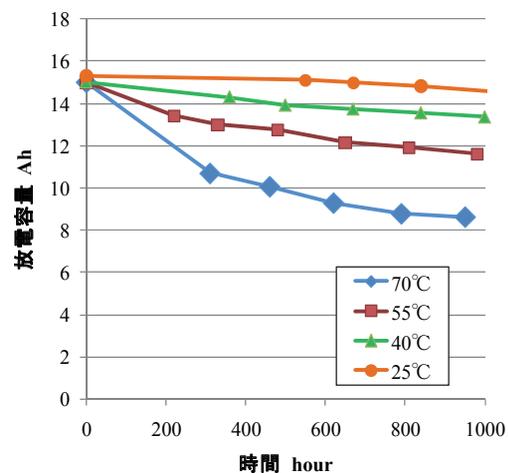


図4 各温度条件で保存した供試電池セルの放電容量の時間変化

ところで、リチウムイオン電池において、保存時の熱と放電容量の関係に関する研究は過去に報告されており、たとえば Broussely らは、負極の炭素材料の表面に形成される SEI (Solid Electrolyte Interface) が、劣化により厚みが増す点に着目し、SEI の厚みと電池の内部回路とを関係づける式を示した⁽²⁾。また、Ploehn らは、Broussely の保存劣化と SEI の厚みの成長との関係から、放電容量の減少が保存時間の 1/2 乗に比例することを示した⁽³⁾。

これらのことから本実験で用いた供試電池セルについても、他のリチウムイオン電池の劣化と同様に SEI の厚みが増すことで容量が低下することを確認するため、放電容量の低下と保存時間の 1/2 乗の関係を求めた。

図5には、実測における保存時間の 1/2 乗の値と放電容量低下量の関係を示した。結果として、55℃の温度条件までは放電容量低下量と保存時間の 1/2 乗は比例となることが確認された。先に述べたように、今回使用した供試電池セルは、比較的短い寿命であるが、他のリチウムイオン電池と同様に保存劣化により SEI の厚みが増し、これが容量維持の障害要因となることが示された。一方 70℃の条件では、1/2 乗に比例する特性から外れて、途中から劣化が早まる結果となった。これは SEI 以外に電解液の変質などが考えられるが、これについては別に検討する。

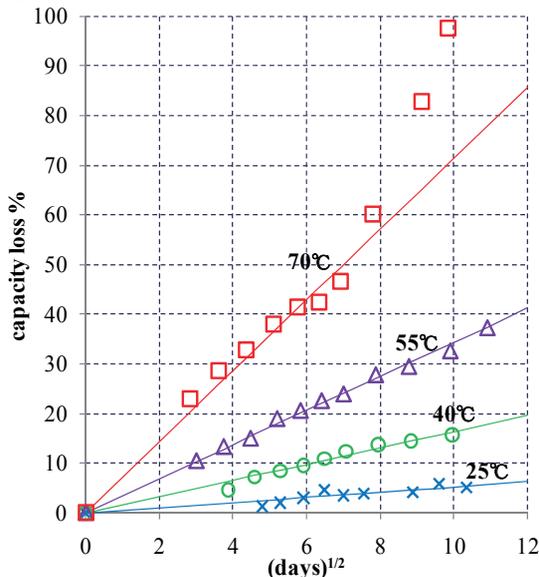


図5 放電容量と時間^(1/2)の関係

5. 考察

5. 1. JC08 を模擬した試験の概要

ここでは、保存劣化、充放電サイクル劣化の特性の検討の前に、前回の JC08 による試験の内容について簡単に説明する。

図6には充放電サイクルの 4 サイクル分(1 日)を供試電池モジュールに印加した際のモジュールの電圧を示した。水色の部分が JC08 を走行した際の充放電による電圧の変化を示しており、この水色の部分で SOC は 30%低下した。その後グレーの部分において 3A で充電を行い 30%の SOC を回復させる、この繰り返しを行った。なお、周囲温度は 25℃一定である。

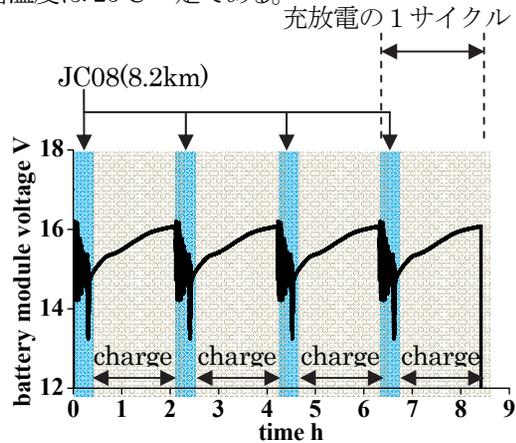


図6 充放電サイクル

5. 2. 保存劣化の影響度

前報で報告した JC08 をベースとした充放電パターンを繰り返し供試電池モジュールに印加した時の放電容量の低下には、充放電サイクルの劣化に加え、標準温度である 25℃で保存したことによる熱による劣化が加わった劣化特性になっている。そこで、JC08 をベースとした充放電パターンによる劣化のうち、熱と充放電、それぞれの放電容量低減に対する影響度を調べた。まず熱による保存劣化の特性について検討する。

図6のような充放電サイクルの繰り返しと、25℃という温度条件に伴う保存劣化が重畳された結果、実測の放電容量の減少は図7に示す赤の曲線のように変化した。同時に図7には同じ期間の充放電サイクルのない保存劣化のみの場合の放電容量の変化(25℃における放電容量ロスの実測値(図5の水色のプロット)より得た近似式から算出)も黒の曲線で示した。

10 カ月(600 サイクル)の範囲でみると、充放電サイクルのない保存劣化のみでの放電容量の低下分は初期容量に対して 10%分の減であった。

5. 3. サイクル劣化の影響度

次に充放電サイクルによる劣化特性について検討する。図7から 10 カ月の範囲でみると、充放電サイクルによる放電容量の減少分は、赤と黒のプロットの差分となる 7%であったと推測できた。

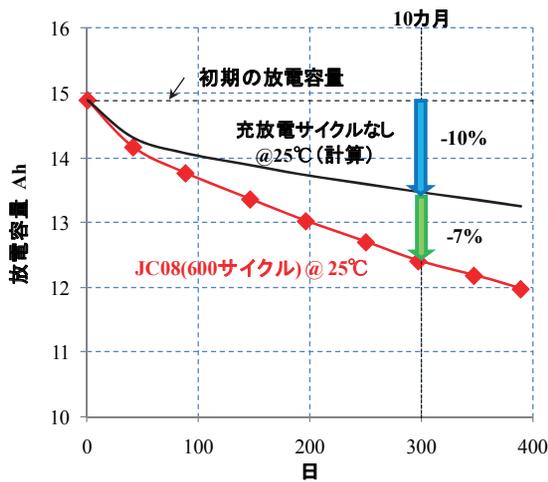


図7 JC08 をベースとした充放電サイクルと25°Cの保存劣化による放電容量の変化

さらにJC08の充放電サイクルの影響による放電容量の低下に関する特性を抽出するため、赤の曲線(JC08+25°C保存)と黒の曲線(25°C保存)の差分を求めた。図8にその結果を示す。図8から、JC08の充放電サイクルのみにより影響を受けた放電容量の劣化成分は、充放電サイクルに比例したことが分かった。

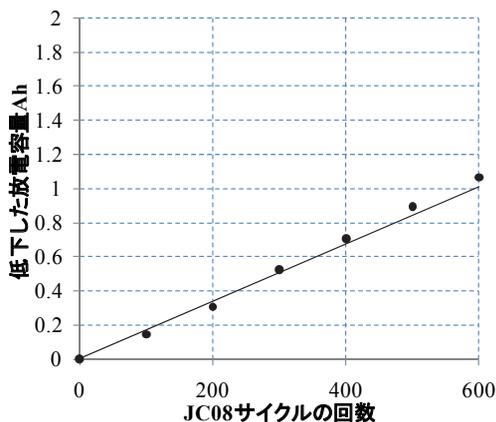


図8 JC08 サイクルの回数と放電容量の低下

今回の結果は、充電のCレートが低いため、充放電サイクルによる温度上昇が顕著でなかったことが原因して、サイクル数に単純比例する形となったと思われる。

ところで、図5と図8から、熱による放電容量の低下と充放電サイクルによる放電容量の低下は異なる特性の下に生じたことが分かる。即ち、熱による劣化(保存劣化)は保存時間の1/2乗に比例して放電容量が低下し、JC08をベースとした充放電による劣化は、JC08の回数に比例して放電容量が低下した。

充放電サイクルでは当然電池内部の温度上昇を伴う

ため、保存劣化と同様に熱による化学的な劣化が起こることが予想される。しかし充放電ではリチウムイオンが物理的に電極表面材料へ出入りし、それにより電極表面材料にストレスが加わることで生じる劣化過程があり、これは保存劣化とは基本的に異なる。そのメカニズムを解明するための研究⁽⁴⁾も行われている。このようなことから、自動車試験の負荷条件としては熱と充放電サイクルの両方を印加することが必要であると判断された。

6. 結論

電池が自動車の使用条件で受けると想定される熱および充放電サイクルについて、それぞれどのように放電容量の低下に影響するかを、JC08による放電容量の低下のうち熱による容量低下を差し引いて求めた。その結果、熱による容量低下は保存時間の1/2乗に比例し、充放電サイクルによる容量低下は充放電サイクルの回数に比例する形となり、両者は異なる特性を示すことを確認した。結果として自動車用電池の劣化を評価するには、負荷条件として熱と充放電サイクルの両方を印加することが必要である。

7. 今後について

自動車の耐久走行後の状態を迅速に再現するため、熱と充放電サイクルの複合的な電池劣化加速条件について今後検討していく予定である。

8. 参考文献

- (1) T. Niikuni, T. Kawai and Y. Goto, An evaluation of the degree of battery degradation in plug-in hybrid-electric vehicles, EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 13 To 16.May 2009, Stavanger, Norway
- (2) M. Broussely, S. Herreyre, P. Biensan, P. Kasztejna, K. Nechev and R.J. Staniewicz, Aging mechanism in Li ion cells and calendar life predictions, Journal of Power Sources, vol. 97-98 (2001), p. 13-21
- (3) H. J. Ploehn, P. Ramadass and R. E. White, Solvent Diffusion Model for Aging of Lithium-Ion Battery Cells, Journal of the Electrochemical Society, vol. 151(3) (2004), p. A456-A462
- (4) C. Dudézert, P. Gyan, S. Franger, Y. Reynier and H. Burlet, Application of a mechanical methodology for lithium-ion battery life prediction, EVS24, 2009, Stavanger, Norway

③ バイオディーゼル燃料使用時における新長期規制適合車の排出ガス性能評価とアンケート調査による使用実態の把握

環境研究領域 ※川野 大輔 水嶋 教文 石井 素

1. はじめに

近年のバイオ燃料に対する関心の高まりを背景として、バイオディーゼル燃料を製造・利用する事業者が増加している。しかし、通常の軽油と燃料性状が異なる上に、バイオディーゼル燃料の製造地域間でも燃料性状が異なるため、車両の安全・環境性能の悪化を引き起こすおそれがある。

ここでは、各地域で製造・使用されている複数のバイオディーゼル燃料を新長期規制適合車で使用し、燃料性状の違いが排出ガス性能に与える影響を調査するとともに、バイオディーゼル燃料の使用実態把握を目的としたアンケート調査を行った結果を報告する。

2. バイオディーゼル燃料使用時の排出ガス性能

2. 1. 実験概要

日本では、各地域で回収した廃食用油を原料としてバイオディーゼル燃料を製造・利用する地産地消の取り組みが行われている。しかし、廃食用油の品質やバイオディーゼル燃料製造施設の違いにより、燃料性状が製造地域間で異なるのが現状である。

そこで本実験では、新長期規制適合車に各地域で製造されたバイオディーゼル燃料を適用し、燃料性状の差異が車両の排出ガス性能に及ぼす影響を調査した。

2. 2. 実験装置および方法

本試験で使用した車両の諸元を表 1 に示す。本車両は、排出ガスの後処理装置として酸化触媒 (DOC) とディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) が装着された塵芥車である。

試験燃料の性状を表 2 に示す。本実験では、北海道、関西地方、九州地方の比較的大規模な製造施設で製造された 3 種のバイオディーゼル燃料を用いた。さらに、比較対象として従来の軽油も使い、JE05 モードによる排出ガス測定試験を行った。

2. 3. 実験結果

NOx 排出量の測定結果を図 1 に示す。いずれのバイオディーゼル燃料においても軽油に対して約 3 割程度増加し、新長期規制値 (平均値) を超える結果と

なった。これは、バイオディーゼル燃料の使用により燃焼特性が変化するため、特に加減速時において NOx 排出濃度が増加したことが原因であるものと考えられる。ただし、これは EGR 率の増加のみで十分改善できる程度であり、加えて製造地域の違いによる影響は明確に表れなかった。

なお、PM、CO、および NMHC に関しては、DPF や DOC で十分低減されるため、どの燃料を用いても極めて低い排出量であった。したがって、バイオディーゼル燃料使用時には軽油と比較して NOx 排出量のみ若干増加し、バイオディーゼル燃料の性状の地域差による影響は少ないことがわかった。

表 1 車両諸元

車両タイプ	塵芥車
車両型式	PDG-FE73D
最大積載量	2,000 kg
車両総重量	6,435 kg
エンジン型式	4M50 (T4)
総排気量	4,899 cm ³
最大出力	150 kW
最大トルク	441 Nm
変速機	4 速 AT
後処理装置	DOC, DPF
排出ガス規制	新長期規制 (2005)

表 2 燃料性状

	軽油	BDF_A	BDF_B	BDF_C
密度(15℃) g/cm ³	0.8275	0.8843	0.8849	0.8844
動粘度 mm ² /s (30℃)	3.777	4.534 (40℃)	4.689 (40℃)	4.460 (40℃)
引火点 ℃	66.0	168.0	115.0	126.0
セタン価	57.2	52.4	52.6	52.5
蒸留性状 ℃	IP	170.0	255.0	285.5
	50%	282.5	352.0	352.5
	EP	354.0	—	—
CHO wt.%	C	85.9	77.0	76.8
	H	13.9	12.2	12.2
	O	0.2	10.8	11.0
低位発熱量 kJ/kg	42850	37170	37000	36900
流動点 ℃	-22.5	-12.5	-15.0	-5.0
硫黄分 ppm	4.76	2.0	3.3	1.3

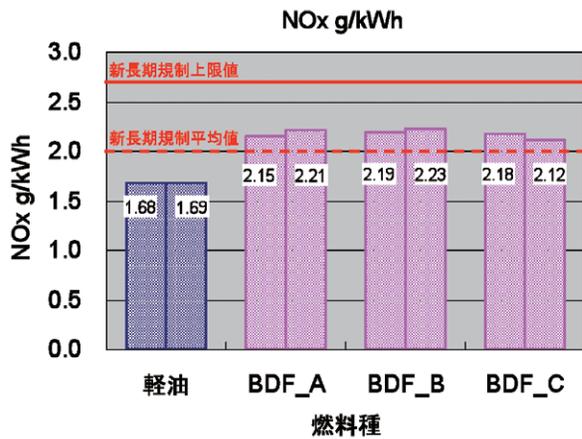


図1 NOx 排出量 (JE05 モード)

3. バイオディーゼル燃料の使用実態

3. 1. 調査概要

バイオディーゼル燃料に関するアンケート調査は行われているものの、調査対象が極めて少ないことから、使用実態を十分に把握できていないと言えない。

そこで、自動車検査証備考欄に「廃食用油燃料併用」等が記載された車両の使用者 (4,651 件) 全員に対し、バイオディーゼル燃料の使用等に関するアンケート調査用紙を郵送し、使用実態調査を実施した。

3. 2. アンケート調査結果

バイオディーゼル燃料を使用する際の軽油との混合割合に関する調査結果を図2に示す。「バイオディーゼル燃料 100% (軽油への混合なし)」が、現在バイオディーゼル燃料を使用している887件のうち821件で9割近くを占めており、軽油と混合して利用している例は極めて少ない。

バイオディーゼル燃料を使用した際の車両の不具合発生状況に関する調査結果を図3に示す。「燃料フィルタの目詰まり」が406件の約25%と最も多く、それ以外ではエンジン出力や始動性の低下が目立つ。エンジン出力や始動性の低下、エンジン回転不安定の原因は、主に燃料フィルタや燃料噴射ポンプの目詰まりと考えられることから、不具合のほとんどがバイオディーゼル燃料の低い低温流動性や、残留グリセリンや反応触媒等の不純物の混入による燃料噴射系の不具合であることがわかる。

4. まとめ

製造地域の異なる複数のバイオディーゼル燃料を用いて新長期規制適合車の排出ガス性能を調査した結果、いずれのバイオディーゼル燃料でも軽油に比べ

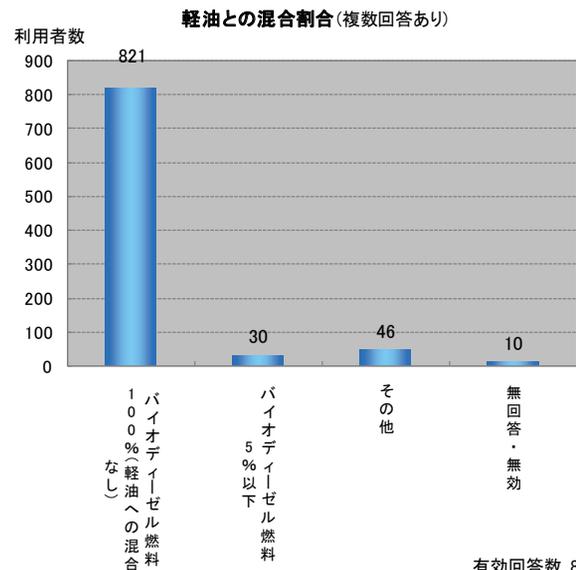


図2 軽油との混合割合

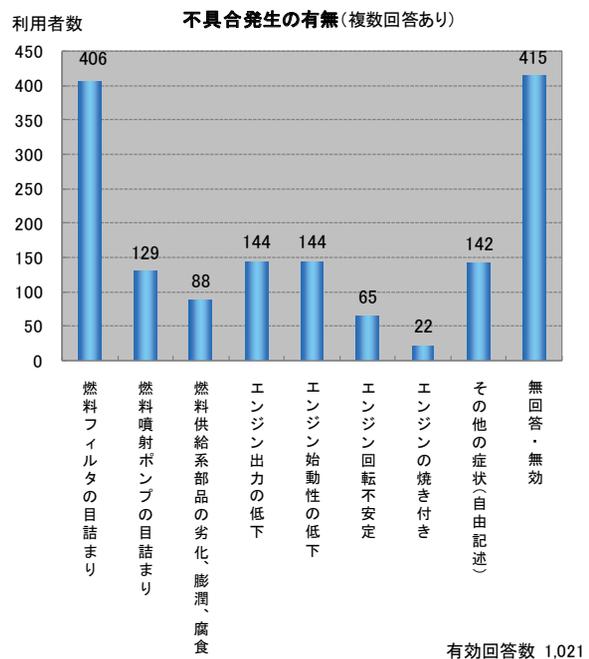


図3 車両の不具合発生状況

てNOx 排出量が増加するが、いずれの排出ガス成分においても、バイオディーゼル燃料の違いによる影響は見られなかった。

バイオディーゼル燃料の使用実態把握を目的としたアンケート調査を行った結果、使用者のほとんどが軽油に混合しないままバイオディーゼル燃料を使用していた。それ故、特に燃料噴射系の不具合が多数発生していることがわかった。

なお本調査は、平成21年度の国土交通省受託事業「新燃料の安全性・低公害性評価事業」で行われた。

④ バイオディーゼル燃料の尿素SCRシステムへの適用性に関する研究

環境研究領域 ※水嶋 教文 川野 大輔 鈴木 央一 石井 素 後藤 雄一

1. はじめに

地球温暖化防止、資源の有効利用および地域の活性化といった観点から、バイオディーゼル燃料(BDF)が一部で普及している。特に我が国では、改正揮発油品質法(平成21年2月施行)により軽油へのBDF混合割合が5%以下に規制されているが、税制上の理由から軽油と混合せずに使用されている例が多い。本研究では、ポスト新長期排出ガス規制の施行に伴い、多くの重量車に搭載されると予想される尿素SCRシステムを搭載したエンジンシステムに対して、BDFを使用した際の排出ガス特性を把握することを目的としてエンジン台上試験を実施し、その適用性を検討した。

2. 実験方法

2. 1. 実験装置および方法

本研究で使用したエンジン、後処理装置および排出ガス分析計の構成を図1に示す。また、エンジン諸元を表1に、後処理装置の諸元を表2に示す。供試エンジンには総排気量4009 cm³、新短期('03)排出ガス規制適合で連続再生式DPFを装着した重量車用ディーゼルエンジンを用い、尿素SCRシステムによりNO_x排出をJE05モードで0.85 g/kWh(軽油運転時)としている。SCR触媒にはゼオライト系のものを用い、触媒付DPFの上流に酸化触媒DOC(pre)を、SCRの下流にNH₃スリップを防止するためのDOC(post)を配置している。

評価は、エンジン台上試験装置において重量車排出ガス試験モードのJE05モード排出ガス試験を実施することで行った。排気管各位置における排出ガスの計測には、図1に示した堀場製作所製MEXAシリーズを用いた。

2. 2. 供試燃料

本試験では、廃食用油を原料として製造されたBDFと軽油を用い、これらを混合したB0(軽油のみ)、B20(BDF20%混合)、B100(BDFのみ)燃料を使用することで、高濃度のBDFを使用した際における尿素SCRのNO_x浄化特性に及ぼす影響を評価した。供試燃料の燃料性状を表3に示す。

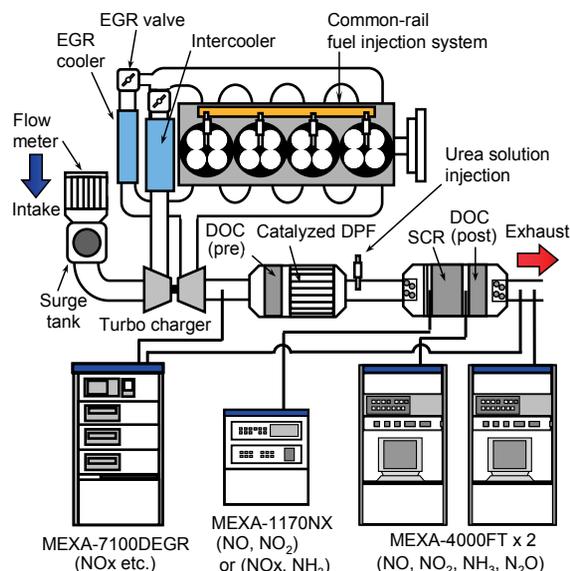


図1 実験装置概略

表1 供試エンジン諸元

Engine type	Water cooled, In-line 4 cylinder, 4-stroke cycle
Intake system	Turbocharged with intercooler
Fuel supply system	DI Common-rail (Max.: 160 MPa) (φ 0.16 mm x 6 holes)
Displacement cm ³	4009
Compression ratio	18.0
Bore x Stroke mm	104 x 118
Max. power kW/rpm	110/3000
Max. torque Nm/rpm	392/1600
Urea water injection	φ 0.42 mm x 1 hole (Max.: 10 MPa)

表2 後処理装置諸元

	DOC (pre)	Catalyzed DPF	SCR	DOC (post)
Substrate volume L	2.2	5.8	4.3	2.2
Diameter mm (inch)	191 (7.5)			
Length mm (inch)	76 (3)	203 (8)	152 (6)	76 (3)
Cell density cpsi* ¹	300	260	400	400
Wall thick. mil* ²	8	12	6	6
Supported Pt g/L	3.0	0.5	0	0.5

表3 試験燃料性状

Fuel seed	Diesel fuel	BDF	
Density (15 deg.C) g/cm ³	0.8260	0.8852	
Kinematic viscosity mm ² /s	2.458 (30 deg.C)	4.540 (40 deg.C)	
Flash point deg.C	70.5	180.5	
Cetane number	54.5	62.0	
Distillation temp. deg.C	IBP	179.5	284.0
	10%	212.5	354.5
	50%	258.0	356.0
	90%	321.0	361.5
	EP	348.0	398.5
CHO wt.%	C	86.3	77.0
	H	13.6	12.0
	O	<0.1	10.5
Pour point deg.C	-15.0	-2.5	
Sulfur content ppm	5	3	

3. 実験結果および考察

3. 1. JE05モード排出ガス試験結果

本供試エンジンシステムに BDF を適用した際の NO_x 排出特性を把握するため、JE05 モード排出ガス試験を実施した。図2に、BDF 混合割合に対する JE05 モード走行時における NO_x 排出率を示すが、BDF の混合割合を増加することで NO_x 排出率が增大し、B100 運転においては新長期排出ガス規制値(2.0 g/kWh)を超える結果となった。

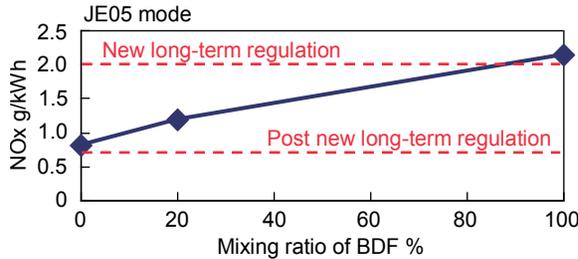


図2 JE05モードにおけるNO_x排出率

3. 2. NO_x排出量の増大要因に関する考察

上記の原因を明らかにするため、排気管各位置で計測した排出ガス濃度を詳細に解析した。SCR 入口およびテールパイプで計測した NO_x 排出率、および両者から算出した平均 NO_x 浄化率を図3に示す。SCR 入口における NO_x 排出率は、BDF 混合割合の増加に伴い増大する傾向にある。SCR 入口における NO_x 排出

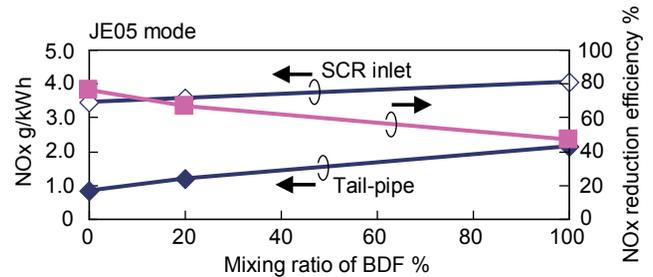


図3 SCR触媒におけるNO_x浄化率

量はほぼエンジンアウトの NO_x 排出量と同等と考えるため、エンジンアウトでの NO_x 排出量の増大が、前記の NO_x 排出量増大要因の一つといえる。一方、B0 では尿素 SCR による NO_x 浄化率が 76% となったが、BDF 混合割合の増加に伴い NO_x 浄化率は悪化し、B100 では 47% にまで低下した。この NO_x 浄化率の低下は、エンジンアウト NO_x の増加以上の排出量増大の要因といえる。

NO_x 浄化率が悪化している運転状態を確認するため、B100 および B0 使用時の JE05 モード試験における SCR 入口とテールパイプでの NO_x 排出時間履歴、および SCR における NO_x 浄化率を図4に示す。B0 運転においては、加速時およびアイドル運転中で高い NO_x 浄化率を維持できている。しかしながら、B100 運転においては加速時に急激な NO_x 浄化率の低下を引き起こし、これに伴いテールパイプにおける NO_x 排出量が増大する結果となった。

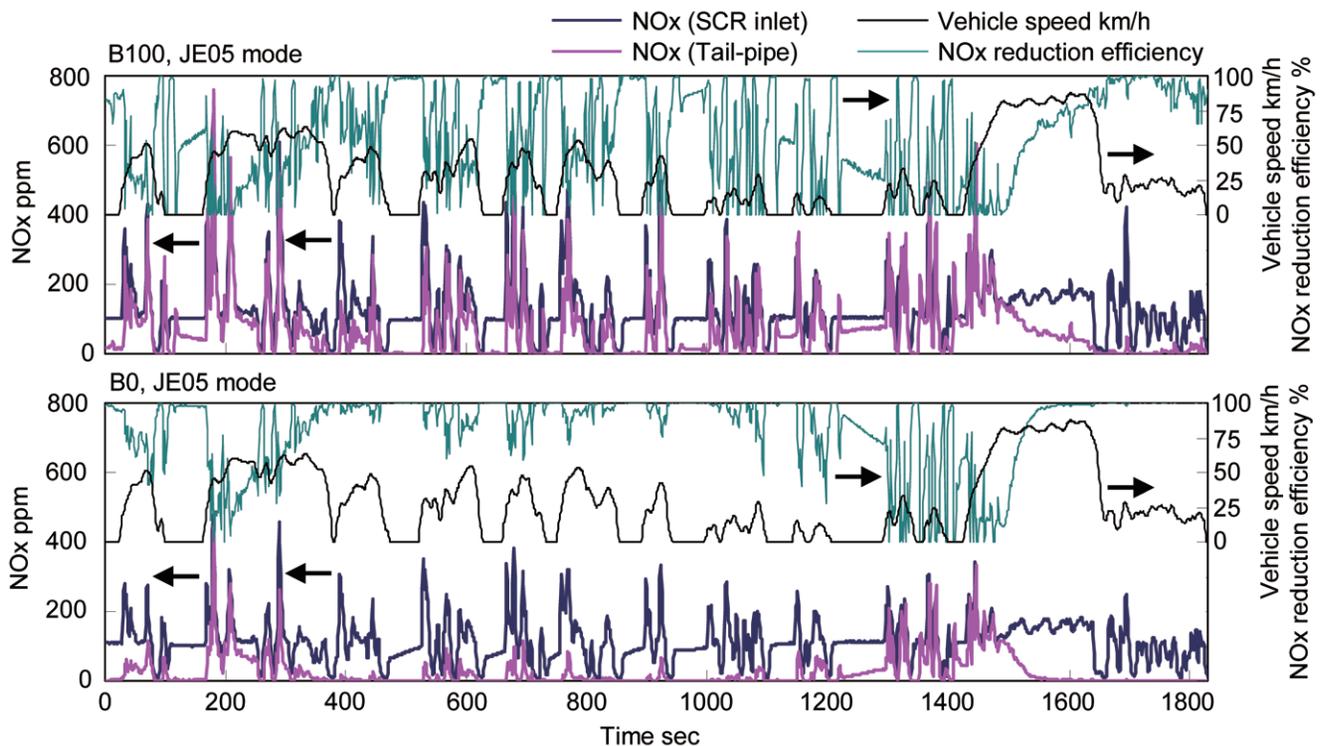


図4 JE05モードにおけるSCR触媒前後でのNO_x排出濃度とNO_x浄化率

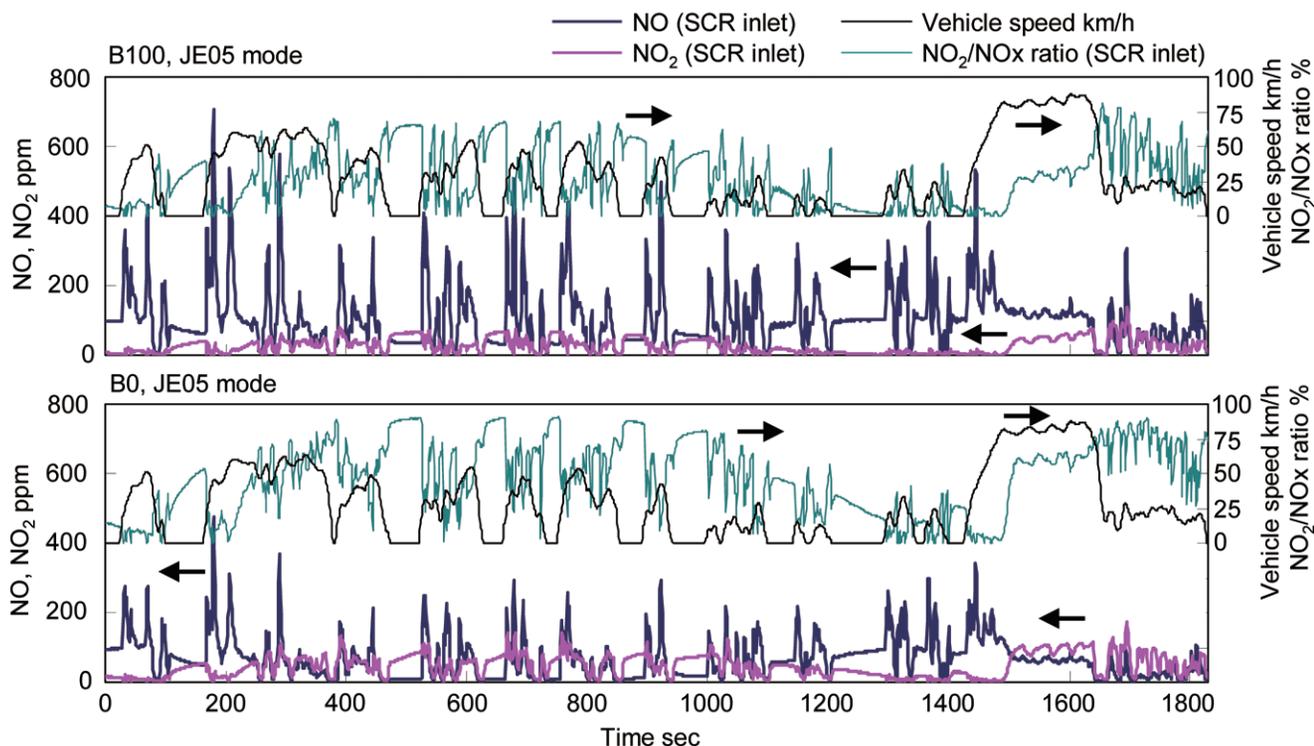


図5 JE05モードにおけるSCR触媒入口でのNOおよびNO₂排出濃度とNO₂/NO_x比

尿素SCRシステムにおいては複数存在する反応プロセスのうち、触媒温度が200 deg.C程度以下では、



で示される反応式によりNO_xが還元される。このため、NO₂/NO_x=0.5に近づけることがNO_x浄化率向上に有効である。過渡運転では、モード平均で0.5±0.1にすることで高いNO_x浄化率を得られる。これは、アイドル時における高濃度のNO₂によりSCR触媒上にNH₄NO₃が生成および蓄積され、蓄積されたNH₄NO₃と加速時に生成されるNOが反応することで、加速時のNO₂不足を補いNO_x浄化率を高められるためである。そこで、B100およびB0両燃料に対して、SCR入口におけるNO、NO₂排出濃度、およびNO₂/NO_x比を図5にて比較した。この結果、加速時において、B0運転時ではNO₂/NO_x=0.5(50%)に近く、多少NO₂が少ない場合であっても前後のアイドルで高いNO₂排出が見られることから、モード平均でNO₂/NO_x=0.5が維持されている。これに対してB100運転では、加速時のNO₂/NO_x比が0.1(10%)~0.2(20%)程度まで低下するとともに、アイドル時のNO₂濃度およびNO₂/NO_x比も大きく低下することから、NO_x浄化性能が大きく低下したと見られる。図6には、JE05モード平均NO₂/NO_x比に対するNO_x浄化率と、今回の実験で得られたB100およびB20使用時のJE05モ

ード平均NO₂/NO_x比に対するNO_x浄化率を示す。この結果、NO₂/NO_x<0.4においては急激にNO_x浄化率が低下する。B20およびB100においては、BDF混合割合の増大に伴いNO₂/NO_x比が低下し、NO_x浄化率が低下している。このため、BDF使用時におけるNO_x浄化率低下の要因は、NO₂/NO_x比の低下によるものであると推察される。

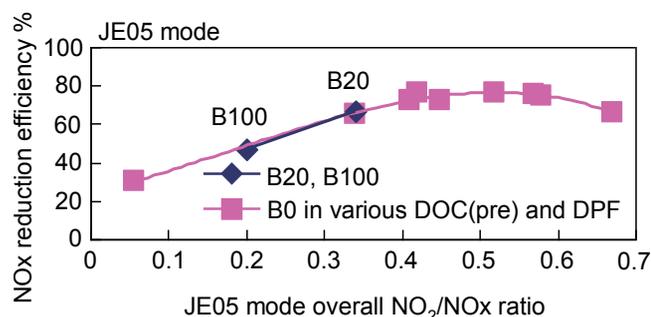


図6 JE05モード平均のNO₂/NO_x比がNO_x浄化率に及ぼす影響

3. 3. NO₂/NO_x比の低下要因に関する考察

NO₂/NO_x比の低下要因は1)NO_x濃度の増加、および2)NO₂濃度の低下、の二つが考えられる。BDFを使用するとエンジンアウトでのNO_x排出量が増大することが既に報告されているため、1)に関しては想定される結果である。そこで、2)に関してその要因を詳細に検討した。

SCR入口におけるNO₂濃度の低下は、エンジンア

ウト NO₂ の低下、または DOC(pre)における NO の酸化力の低下が原因であると考えられる。そこで、定常試験にて B100 および B0 運転時のエンジンアウト NO₂ 濃度および NO₂/NO_x 比を比較した。結果を図 7 に示す。本結果より、B100 運転時ではエンジンアウト NO 排出量が B0 運転時と比較して 1~2 割程度増大しているにもかかわらず NO₂ 排出量は低下しており、7~10ppm 程度低い値を示している。これにより、B100 では B0 に対してエンジンアウトでの NO₂/NO_x 比が低下する結果となった。このことから、エンジンアウト NO₂ 濃度の低下は、SCR 入口における NO₂ 濃度低下の一要因であると示唆される。

しかし、上述したエンジンアウト NO₂ 濃度の低下のみでは、SCR 入口における NO₂ 濃度の低下を説明できない。このため、DOC(pre)の NO 酸化力の低下がもう一つの要因として考えられる。DOC(pre)の NO 酸化力は、主に DOC(pre)に流入する排気温度および流量により左右される。そこで、図 8 にて B100、B0 運転

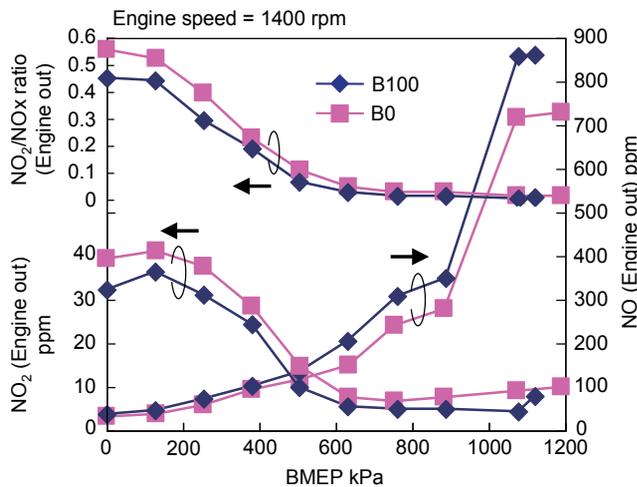


図 7 エンジンアウト NO、NO₂ 排出濃度、NO₂/NO_x 比

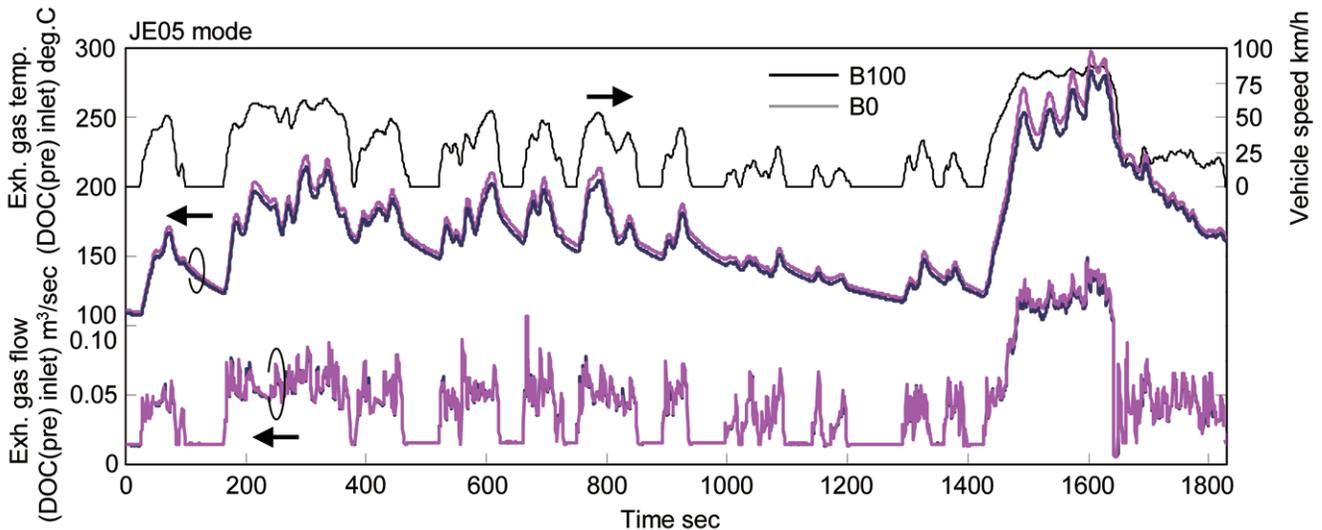


図 8 JE05 モードにおける SCR 入口排気温度および流量

時の DOC(pre)入口での排気流量と排気温度を比較した。この結果、排気流量は両者でほぼ一致し、燃料違いによる排気流量への影響は現れなかった。一方で、排気温度に関しては B100 運転時の方が僅かに低い結果となった。JE05 モードにおける DOC(pre)入口における平均排気温度は約 170 deg.C であり、このような温度域においては DOC(pre)の酸化力は温度に極めて依存するため、排気温度の低下も SCR 入口における NO₂ 濃度の低下の一要因であると考えられる。その他、B100 運転時に排出される SOF による DOC(pre)の被毒等も考えられるが、これについては今後の更なる検討が必要である。

4. まとめ

尿素 SCR システムを搭載したエンジンシステムに BDF を使用した場合、SCR 触媒の NO_x 浄化率が悪化する。これにより、JE05 モード走行時の NO_x 排出量は軽油運転時と比較して著しく増大し、新長期排出ガス規制値を超える結果となった。これを対策するためには、SCR 触媒入口の NO₂/NO_x 比をモード平均で 0.5 程度まで増大させることが課題である。具体的な方策の一例としては、燃料噴射時期・圧力等のエンジン燃焼制御の適正化による排気温度上昇や、DOC(pre)の強酸化力化等が挙げられ、これによる NO の NO₂ への酸化力向上が SCR 触媒の NO_x 浄化率向上にとって有効であると考えられる。

また、今後は従来の BDF(脂肪酸メチルエステル)のみならず、HVO(Hydrotreated Vegetable Oil、水素化バイオ軽油)や BTL(Biomass to Liquid、FT 合成軽油)を含めたあらゆるバイオマス燃料に対して、ディーゼル車への適用性を見極める必要がある。

⑤合成軽油（FTD）自動車の開発試作・実用化

－実用性と水素化バイオ燃料(HVO)との混合燃料のポテンシャル－

環境研究領域 ※石井 素、川野 大輔、鈴木 央一

トヨタ自動車 北野 康司、日野自動車 内田 登、昭和シェル石油 岡部 伸宏
国土交通省自動車交通局 高木 恒輝、東京都環境局 末藤 祐二

1. はじめに

平成 22 年 7 月には環境省より答申が出され、自動車からの排出ガスレベルを現行規制よりさらに一段と厳しくする方針が示された⁽¹⁾。一方、より一層の CO₂ 排出低減、石油依存度低減等への取り組みは、今後はさらに重要度を増すことになるであろう。自動車用代替燃料の一つとして、FT (Fischer - Tropsch) 合成技術により合成ガスから液体燃料を生成する FTD (FT Diesel) 燃料については、供給体制さえ整えば現状のインフラ等をそのまま利用できるため、実用性が高い燃料として研究、開発等が行われてきた。この燃料は、ゼロ硫黄分、低アロマ分、高セタン価であることからディーゼルエンジン用の軽油代替燃料として排出ガス対策の面から優れた利点を有する⁽²⁾⁽³⁾。また、石油代替燃料導入においては WTW (Well To Wheel) の観点での CO₂ 排出低減も必要な条件なので、FAME (Fatty Acid Methyl Ester、脂肪酸メチルエステル) に代表されるバイオディーゼル燃料のようなバイオマス由来の燃料も、特に欧米等を中心に導入が推進されている。近年では、バイオマス由来の代替燃料で FT 合成技術を用いた BTL (Biomass to Liquid) 燃料と同様の燃料性状を有し、FAME と同様の植物油等を原料とする HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) 燃料(水素化バイオ燃料) が注目されている。

国土交通省では、交通安全環境研究所を中心として平成 17 年度より次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクトを推進してきたが、その一環として、大型の FTD 自動車の研究開発及び実証を進め、FTD 燃料の特徴を最大限に引き出すことのできるエンジンシステムの構築、軽油仕様そのままの既存車両で FTD 燃料を使用した場合の影響調査を進めてきた⁽²⁾⁽³⁾。本プロジェクトを通じて、将来の FTD 燃料利用の方向性を示すことで、今後の普及促進がより確実になるものとする。本報においては、プロジェクトで行った実証試験の概要について報告する。さらに、低公害性

と WTW での CO₂ 排出低減を両立させる観点から、平成 22 年度においては HVO 燃料を混合した FTD 燃料についても試験を開始したのでそれらの実証試験の概要について述べる。

2. 概要

本プロジェクトにおいては、FTD 専用の試作車両の開発試作と、軽油仕様そのままの既存車両に FTD 燃料を適用した実証試験を実施することにより、FTD 燃料の実用化に向けた技術的知見を蓄積してきた。FTD 燃料専用の試作車両の排出ガス性能等は昨年報告した⁽³⁾。試作した専用車両での達成値を表 1 に、排出ガス試験結果を図 1 に示す。ベースとなるエンジンシステムは、新長期排出ガス規制対応車両に搭載されたシステムで、後処理装置として DPF (Diesel Particulate Filter) が採用されていた。試作した専用車では、この他に NSR(NO_x 吸蔵還元)触媒を採用し、FTD 燃料のノット(100%)での使用を前提として NO_x 還元時の燃料添加量及び時期等の最適化を行った。エンジンについては、圧縮比、燃料噴射系、過給機等の

Table 1 試作車両達成値

項目	達成値(JE05 シャンベース試験)
NO _x	0.47 g/kWh
PM	0.01 g/kWh 以下
CO ₂	ベース車両比約 5%減

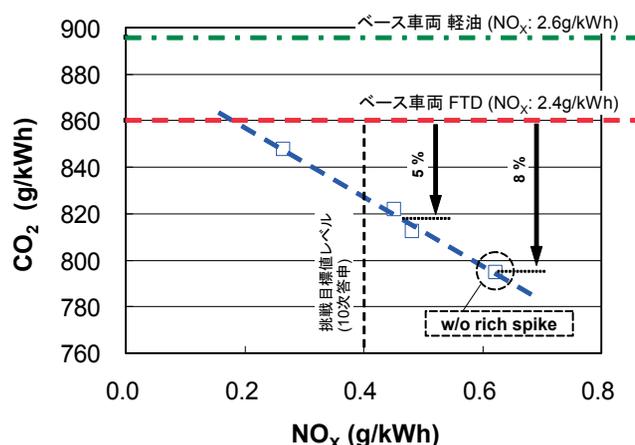


Fig.1 試作車両排出ガス試験結果

仕様を最適化することにより、表1のように排出ガスの達成値は現行規制を十分にクリアしつつ、CO₂も約5%低減することができた。

以上のようなFTD自動車の低公害、燃費向上の環境性能向上のための技術的方向性を示す一方で、燃料の実用性の課題を検証するために、公道での実証走行についても実施した。

表2は、試験に使用したFTD燃料、FTD燃料(80%)とHVO燃料(20%)の混合の供試燃料(以下「FTD-HVO混合燃料」という。)性状を軽油との比較で示したものである。供試燃料の性状については、密度、セタン価などはJIS2号軽油と異なる。しかしながら、表3に示した基準に掲げられている現行の軽油の規格と比較すると、硫黄の質量比、セタン指数、90%留出温度ともに満たしているため、両供試燃料と

Table2 燃料性状の比較

		FTD(GTL)100%	FTD80%+HVO20%	JIS2号	
密度(@15°C)	g/cm ³	0.776	0.776	0.830	
動粘度(@30°C)	mm ² /s	3.049	3.084	3.561	
引火点	°C	91.5	88.5	65.0	
流動点	°C	-20	-25	-25	
CFPP	°C	-19	-19	-8	
蒸留					
	IBP	°C	206.5	203.5	169.5
	10%	°C	229.5	229.5	212.5
	50%	°C	264.0	267.5	279.5
	90%	°C	305.0	300.0	330.5
	EP	°C	315.0	311.5	356.0
セタン価		73.7	77.9	-	
セタン指数		85.3	86.9	57.0	
硫黄分	ppm	<1	<1	7	
芳香族分	vol%	<1	<1	19.2	

Table 3 軽油の規格

基準
硫黄が質量比 0.001%以下
セタン指数が 45 以上
90%留出温度が 360°C以下
(以下バイオディーゼル燃料関連の項目は省略)

Table 4 実証運行車両の諸元

車型	BJG-HU8J	
乗車人員 ;	70	名
車両総重量 ;	15230	kg
全高 ;	3.28	m
全幅 ;	2.49	m
全長	10.525	m
ギア	5	速
アイドリング	550	rpm
最高出力	177/2500	kW/rpm
最大トルク	834/1200	Nm/rpm

も公道走行の際に、軽油の代替燃料として使用することには燃料規格上の問題はないことになる。

3. 実験概要及び結果と考察

3. 1. 排出ガス試験

FTD燃料を使用した走行試験については、これまでも本プロジェクトにおいては、平成19年度に約4ヶ月の長期規制対応トラック2台による走行試験を行った。この走行試験を通して、燃料供給系の部品材料へのFTD燃料影響の解析をしたが、影響はなかった。しかしながら、実際に路上を走行している車両は、春夏秋冬様々な気温等の条件下に曝される。これらの影響について検証するために、東京都の協力を得て、都バスの営業運行に供されているハイブリッドバス車両による実証運行を行った。運行期間は、平成21年2月から平成22年1月までの1年間、都バス品川自動車営業所管内の路線バスとして2台のハイブリッドバスにFTD燃料を供給し営業運行を行った。燃料の影響比較用に軽油燃料による営業走行車両も2台用意し、両者を比較することにより、車両の環境性能の推移、燃料供給系の部品材料への影響の解析を行った。さらに、これらの解析結果と実験室での単体試験を比較することにより、両者の正確な相関を得るための、単体試験の条件に関する情報が得られる。

表4に実証運行に供したハイブリッドバス車両の主要諸元を示す。車両は、新長期規制対応で2015年度重量車燃費基準達成の車両である。

図2は、実証運行を通して軽油及びFTD燃料を使用したときのシャシダイナモメータによるNO_x及びCO₂の測定結果である。試験モードは、東京都のNo.2, 5, 8, 10モードで、これらは平均車速がそれぞれ8.4, 18.0, 28.5, 44.4 km/hの実走行モードである。東京都のモードは、都内の実際の走行状況に即した形で排出

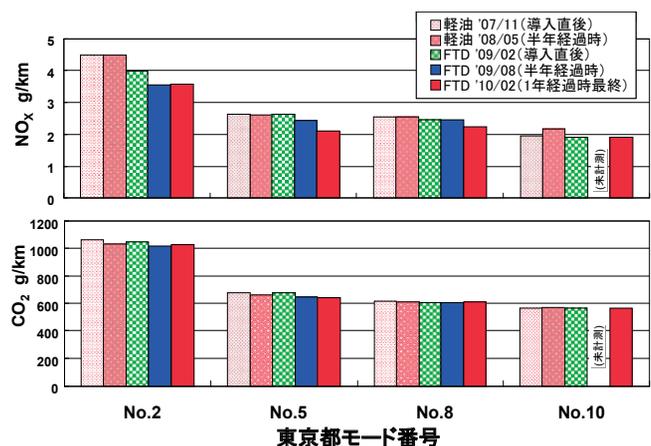


Fig.2 実証運行車両の排出ガス特性

ガス測定を行うため、都内における走行状態調査に基づき作成されたので、渋滞からスムーズな流れまで、平均車速別に 12 種類の走行パターンが存在する。モード番号が小さいほどモードの平均車速が低くなっている。試験車両は、アイドリングストップ機能が装備されているが、排出ガス試験はアイドリングストップ機能を停止して行った。試験においては、試験開始前の SOC (State of Charge、バッテリー充電状態)を同一条件として、試験終了後にも SOC を比較したが、両者の SOC はほとんど違いがなく FTD 燃料においてもハイブリッドシステムの運転領域が変化しないことを確認した。NO_xについては平均車速の低いモードで FTD 燃料の方が低くなる傾向となった。これは、着火遅れが短縮される影響等からと推測される。過去に報告した既存車両（新長期規制対応トラック）の JE05 モードシャシベース試験、エンジンベース定常条件の低負荷における排出ガス試験の傾向と同様である⁽²⁾⁽³⁾。これらの試験においては、CO₂については、FTD 燃料でもほぼ同等と見なすことができる。CO₂については、H/C が FTD 燃料(2.15)と軽油(1.9)と異なることから 4%程度の改善が予測されたが、軽油より悪化はしていないものの燃料の違いは小さく、詳細な要因は不明だが、1 年間の実証運行を通してこの傾向は変わらなかった。また、FTD 燃料を使用した車両の排出ガスが軽油を使用したものより悪化することはなかった。

3. 2. 材料適合性試験

本プロジェクトにおいては、燃料の違いによる材料適合性試験も行ってきたが、これらにおいて NBR (Nitrile butadiene rubber、ニトリルゴム) 製のホースの内表面固さについては、軽油が軟化するのに対して FTD 燃料では硬化する僅かな傾向差が観察された。今回の供試車両の燃料ホースは、燃料に曝される燃料ホースの内側が NBR 製である。この傾向差について、1 年間の実証運行における影響を調査した。図 3 に実車と単体試験における燃料ホースの切断時伸び変化率試験結果について示した。

この単体試験は、燃料噴射圧力の高圧化で上昇するリターン燃料温度を考慮した加速試験を実施する目的で、100℃まで加熱した燃料を循環して行った。循環時間は合計 50～250 時間で変化させた。切断時伸び変化率は、実車 6 ヶ月（約 17000km）と単体試験 75～100 時間程度、実車 12 ヶ月（約 33000km）と単

体試験 150 時間程度とが同程度のレベルであることがわかる。しかしながら、今回の実車及び単体試験では FTD 燃料と軽油ともに伸び率の低下傾向が続いている状況である。燃料の影響差異を見極めるためには、さらに長時間燃料循環試験が必要と考えられる。

3. 3. 実証運行 (FTD-HVO 混合燃料)

前述の通り FTD 燃料の低公害性は優れているが、WTW の CO₂ 排出を考えると、必ずしも現状の軽油より優れているとはいえない⁽⁴⁾。HVO 燃料は、FAME と同様に植物油等を原料とするが、これに水素化処理を施した燃料で、FTD 燃料と類似の性状、特徴を有するものであり、表 2 の FTD 燃料と FTD-HVO 混合燃料の性状の比較からも明らかである。しかしながら、化学的な組成等が異なるため、長期間車両で使用した場合の、信頼性確認のため燃料供給系材料への影響解析が必要である。そこで、平成 22 年度は、東京都の協力により FTD-HVO 混合燃料を使用した実証運行を行うこととした。FTD-HVO 混合燃料で走行するハイブリッドバス車両は 1 台とし、燃料系材料等を比較する車両として軽油で走行する同一仕様の車両を 2 台用意した。実証運行車両の外観を図 4 に示す。車両の諸元は表 4 に示したとおりであり、平成 21 度に行った実証運行車両と同一である。平成 22 年 7 月～12 月の間、都バス小滝橋自動車営業所管内の営業

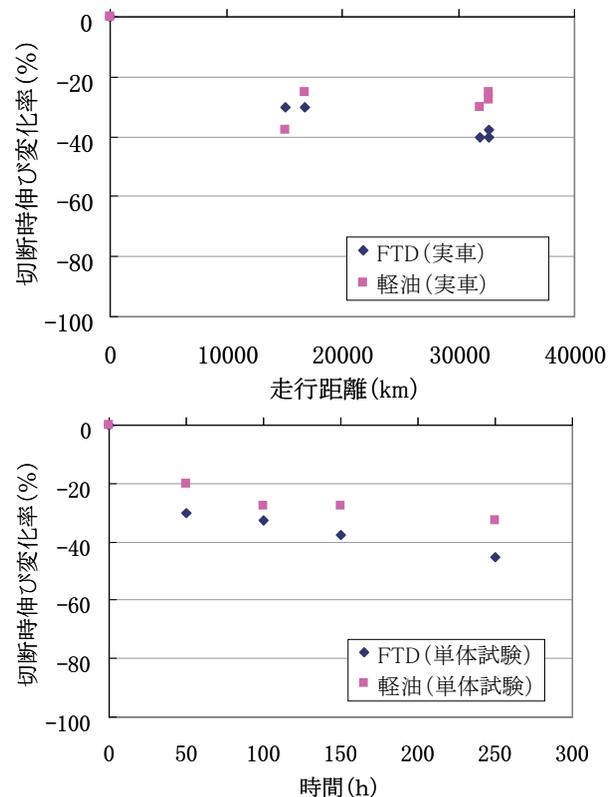


Fig.3 燃料ホース部品の切断時伸び変化率



Fig.4 実証運行車両外観

路線を運行中である。

さらに、FTD-HVO 混合燃料の実用性検証を確実なものにするため、平成 22 年 7 月より約 2 ヶ月間、都バス品川自動車営業所港南支所の 36 台の車両による実証運行を実施した。車両の排出ガスは、長期規制、新短期規制、新長期規制の様々な排出ガス規制に対応している。図 5 に実証運行に先立ち行った排出ガス試験結果を示す。試験車両は港南支所で車両数の最も多い長期規制対応車両で、JE05 モードシャシベース試験を行い、軽油使用時の各規制成分の排出率(g/kWh)との相対値により FTD-HVO 混合燃料使用時の NO_x 及び PM の排出率を示した。長期規制対応車両においても、FTD-HVO 混合燃料使用時の排出ガスの傾向は新長期規制対応車両と同様であるが、後処理システムに DPF は装着されてなく、FTD 燃料のすすの排出が軽油に比べて低いという長所がそのまま排出ガスに低減に影響し、PM 排出率がこの混合燃料を使用することにより約 4 割減少した。

図 6 にはシャシベース試験による CO₂ 計測値を用いた WTW の GHG(Green House Gas)試算結果を示す。試算の際の条件は下記の通りである。

- (i) 車両は長期規制車両 (バス)
- (ii) 試験方法はシャシベースでの JE05 モード試験
- (iii) TTW(Tank to Wheel)の CO₂ 排出量は(i)、(ii)による測定値
- (iv) 軽油使用時の WTW の CO₂ 排出量を 1.0 とした相対比較

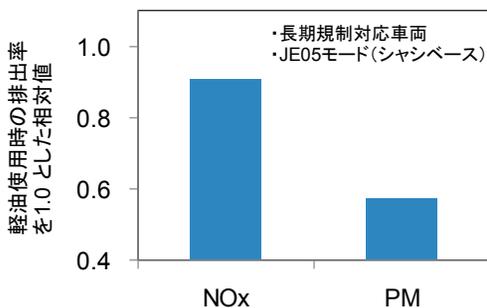


Fig.5 FTD-HVO 混合燃料使用時の排出ガス試験結果

(v) HVO の WTT(Wheel to Tank) CO₂ 排出は FAME と同一と仮定

(vi) WTT の CO₂ については、文献(4)で算出された原料を天然ガスとする FTD 燃料のデータを引用

(vii) HVO 燃料(100%)及び FTD 燃料(100%)使用時の TTW の CO₂ 排出量は未計測のため、FTD-HVO 混合燃料の場合と同一と仮定

FTD の WTT CO₂ 排出量は軽油よりも多いことから、FTD 燃料(100%)では、WTW の GHG 排出は軽油に比較して増加するが、HVO 燃料 20%を混合することにより軽油より抑制できることがわかる。

4. まとめ

FTD 燃料の低公害性を積極的に利用した専用車両を試作し、その優位性を明らかにするとともに、燃料の実用性を検証するために 1 年間の実証運行を行った。実証運行では特に大きな問題は生じず、燃料の実用性は検証されつつあるとあってよい。FTD 燃料の WTT の CO₂ 排出が軽油に比較して大きいというデメリットは、HVO 燃料と併用することにより、軽油以下に抑制するポテンシャルを有する。今後は FTD-HVO 混合燃料を使用した実証試験を継続し、低公害性と CO₂ 排出抑制を両立した軽油代替燃料の実用性を検証し、信頼性を高めるデータを蓄積する予定であり、結果については今後報告する予定である。

参考文献

- (1) 環境省,「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について (第十次答申)」,2010 年 7 月.
- (2) 阪田他、自動車技術会論文集, Vol.40 No.1, p21-26, 2009 年 1 月.
- (3) 石井他、交通研フォーラム 2009 講演概要, p67-70.
- (4) トヨタ自動車(株)、みずほ情報総研(株)「輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価」, 2004 年 11 月.

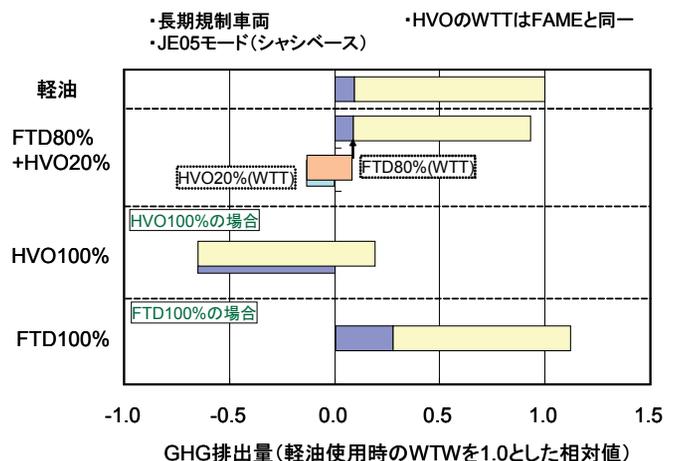


Fig.6 GHG 排出評価

⑥スーパークリーンディーゼル（SCD）エンジンにおける新展開

環境研究領域 ※鈴木 央一 石井 素 川野 大輔
青柳 友三（新エイシーイー）

1. はじめに

スーパークリーンディーゼルエンジン（以下、「SCD エンジン」という）は、自動車物流の根幹をなす大型ディーゼルエンジンの抜本的な改善を図るため、国土交通省が交通安全環境研究所を中核として実施している「次世代低公害車普及開発促進プロジェクト」の一環として、平成 14 年度より研究開発を実施している。プロジェクトを開始した平成 14 年は東京都の自動車排出ガス測定局（自排局）で浮遊粒子状物質（SPM）の環境基準達成率がゼロとなるなど、有害排出ガスの抑制が最重要課題であった。それに対し、最大 4 気圧以上の過給が可能な高性能ターボチャージャーと、高性能クーラを配置した多量の EGR 等の燃焼制御に加え、高性能後処理装置およびそれらの統合制御の研究開発を実施した。その結果平成 19 年度末までに、平成 21 年より実施されているポスト新長期規制をクリアするだけでなく、最も困難な窒素酸化物（NOx）排出について規制値の 1/3 以下を達成した。これは、2016 年以降に予定される排出ガス規制強化（ポスト新長期挑戦目標）にも適合できる水準である。このときの試験サイクル中排気 NOx 平均濃度は 5ppm 以下で、労働環境基準の一酸化窒素（NO）許容平均濃度 25ppm より明らかに低く、テールパイプレベルではほぼ無害といえるものであり、有害排出ガス対策については、究極といえる段階に到達したと考えている。

現在では、上記東京都の自排局で SPM 環境基準達成率が 100%になる（H20,21 年度。NO₂は約 88%の達成率）など、環境基準の達成率は大幅に向上している一方で、地球温暖化問題や燃料価格高騰などによる、CO₂および燃料消費率（燃費）改善の要求が急速に高まっている。一般に NOx 等の排出ガス抑止対策は、燃費の悪化につながる事が多く、排出ガス性能と燃費の両立が、現在最も重要かつ困難な課題となっ

ている。その課題に対して、2 段過給機や排熱回生システムの導入など、本プロジェクト始まって以来の大幅なハードウェアの変更を行った。それにより平成 23 年度までに平成 27 年燃費基準+10%という挑戦的な水準を、これまで得られた「無害な」排出ガス性能を維持した上で達成することを目指して研究開発を実施している。これら大幅な改良により新しいステージへの展開を行っている SCD エンジンにおける、新技術導入の意味や効果予測について述べる。

2. SCD エンジンの基本性能と燃費向上に向けた課題

表 1 に SCD エンジンの諸元を、表 2 に現在のプロジェクト目標値を示す。NOx 排出目標について、いわゆる挑戦目標値以下として 0.2g/kWh としているが、環境省中央環境審議会第 10 次答申により 2016

表 1 SCD エンジン諸元

項目	内容	
ボア×ストローク	122 mm × 150 mm	
排気量	10, 520 cm ³	
圧縮比	15.3→17.0	
最高出力・回転数	298kW / 2,000rpm	
バルブ形式	OHV+可変バルブ機構	
ピストン	材料	FCD
	燃焼室形状	浅皿
噴射装置	供給方式	コモンレール式
	最大噴射圧力	220 →260MPa
スワール比	1.0	
排気後処理装置	DPF+NOx吸蔵還元触媒	

表 2 プロジェクト目標値

対象	目標値	試験条件など
排出ガス	NOx	0.2 g/kWh
		(0.4 g/kWh)
	PM	0.01 g/kWh
燃費目標	4.5 km/L	重量車燃費評価法による

（参考：同クラスの燃費基準値 4.04km/L）

年の排出ガス規制強化が数値も含めて示されたことをうけ、WHTC モードにてそれを満たすことも考慮する予定である。SCD エンジンは、車両総重量 (GVW) 25t クラスの大型トラック等を主対象としたものであり、298kW の最高出力は本クラスの最高水準に近いもので、クリーンであるだけでなく、十分なパワーも兼備している。GVW25t クラスのトラックは、高速道路を中心に都市間長距離輸送に携わるものが多く、従来から最も燃費が重要視されるカテゴリーである。そのため、燃費基準に対してさらに「上積み」することは容易でなく、他のカテゴリーでは燃費基準+5~10%を達成したものが存在するが、本カテゴリーで現状 (2010 年 9 月現在) 最も優れたものでも 4.15km/L (基準値 4.04km/L) に止まる。年間走行距離が 10 万キロ以上となるものが少なくない本クラスの車両における燃費向上は、マクロな CO₂ および物流コスト削減に大きな効果を有するものであり、本プロジェクトでは燃費基準+10%となる 4.5km/L を目標とした。

SCD エンジンにおいて、これまでも燃費向上につながる方策を取り入れている。その一つが「ダウンサイジング」である。300kW 級の重量車用ディーゼルエンジンでは、一般的に 13L 前後の排気量のものが多いのに対し、SCD エンジンでは高過給により出力確保が可能であると判断し、10.5L とすることで低負荷時のフリクション低減などを試みた。この手法は、その後市販車用エンジンにも取り入れられ、現在では 9~11L のものも多く存在している。一方で、このような過給ダウンサイジング時は、エンジン全体の性能に及ぼす、過給機の影響が大きくなる。

図 1 は、従来 SCD エンジン用過給機における、空気流量と圧力比に対するコンプレッサ効率の等高線マップを示したものである。図中には、代表的な運転ポイントにおける使用領域をプロットしているが、JE05 モードを代表とする都市内走行時における空気量、圧力比は概ね黄色で示される部分で、最大トルク点などと比べると、いずれも大幅に低い。その結果、以下の 2 点で熱効率向上の阻害要因となっている。

- ① グラフ中央付近のコンプレッサ効率の高いエリアを活用できず、過給機で使用できるはずのエネルギーを排気熱としてロスしている。
- ② 従来の過給機とエンジンの組合せでは都市内走行時に圧力比 2 以上を確保することは困難で、本エン

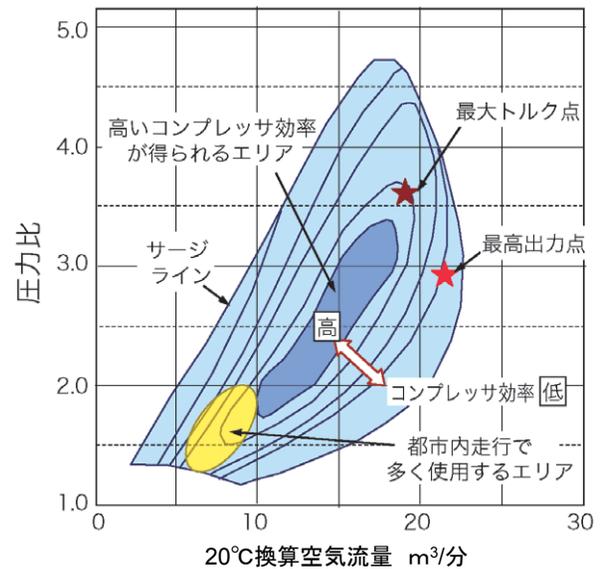


図 1 SCD エンジンで採用している過給機のコンプレッサ効率マップおよび代表的な運転条件における使用域

ジンの基本コンセプトである「高過給・多量 EGR」が限定的にしか行えない。さらに、この問題は、低速エンジン回転数における高トルク化を不可能にする原因にもなり、燃費に不利に働く。

昨年度の報告で、GVW25t クラスの実車両に関する燃費動向を調査した結果、ダウンサイジングを取り入れたものでかえって燃費が悪化する例があるとしているが、これは前記の課題が SCD エンジンに限らず一般的に起こりうることを示唆している。したがって、本課題に対するブレークスルーを提示することは、ダウンサイジングの長所を生かした総合熱効率向上に大きく寄与するものである。

3. 主な新規導入技術

課題への対処として、

① 2 段シーケンシャル過給機

② 排熱回生システム

の導入を行うとともに、さらなる燃焼改善を目的として、

③ 超高圧コモンレール式燃料噴射システム

を従来の燃料噴射系に置き換えることで、燃費基準+10%という挑戦的な目標の達成を目指す。

それらを導入したエンジンの状況を図 2 に、エンジンシステムの構成図を図 3 に示す。以下、それらのデバイス導入の目的や効果予測などについて紹介する。

3. 1. 2 段シーケンシャル過給機

2 段過給機を導入する主な目的は、既述の都市内走

行など低速エンジン回転数での過給機効率および圧力比向上である。図1に黄色で示した領域、横軸に示す空気量で5~9m³で最高効率が得られる小型の過給機を追加し、2段のシーケンシャル過給システムとした。いずれもタービンノズルを持つ可変容量型過給機(VGT)で、大型エンジンでは世界で初めてである。図3に示すように、追加した過給機は従来の大型過給機が加圧した後に直列的に配置されている。小型過給機は、従来過給機の効率の上がない低空気量領域で効果的に過給圧力の向上に寄与するが、逆に空気量の多い状態では流路抵抗となってしまうため、バイパス弁により大型過給機から直接エンジンに導入できるように切り替える。このように運転条件により作動を切り替えるシーケンシャル過給機とすることで、実走行のあらゆる状況で、高い熱効率確保を狙ったものである。

試験中の結果の一例として、2段過給導入前後の最大トルクを図4に示す。1,000rpm以下で大幅なトルク向上を図ることができた。とりわけ、700rpmでは従来の850Nから1500Nと飛躍的なトルクアップを可能とした。この最大トルク向上の燃費への効果を把握するため、シミュレーション燃費を算出した。その結果、JE05モードで0.5-1.0%の向上が得られた。これは、従来得られているSCDエンジンの燃費マップに、最大トルクの変更のみを適用したものであり、実際にはさらに過給効率の向上や空気量増加による改善ポテンシャルを生かして燃費マップそのものを改善していくこととなる。その効果と合わせて本要素で5%以上の改善を目指して開発を進めている。

3. 2. 排熱回生システム

排熱回生は様々な手法がある。ランキンサイクルも考慮しつつ、現実性等を踏まえ排熱回生タービンを用いたターボコンパウンドを採用した。2段過給機導入により、幅広い運転領域で過給機効率が高まり、排気エネルギーは減る方向であるが、1,000~1,200rpmの実用運転領域で負荷による差はあるものの1~3%程度の燃費改善効果が得られる試算を行っている。この数値は必ずしも大きいとはいえないが、排気エネルギーが増加する高速高負荷領域では効果が拡大し、最高出力点では10%以上の改善効果が見込める。乗用車では一般に最高出力を使用することは極めて稀なのに対し、GVW25tクラスのトラックが全積載時に5%

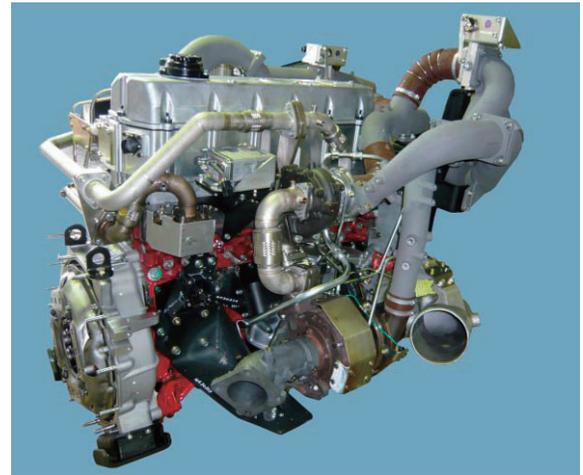


図2 SCDエンジン外観

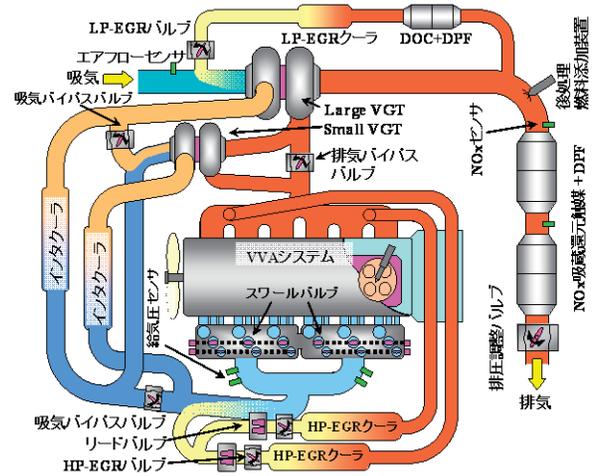


図3 SCDエンジンシステム構成図

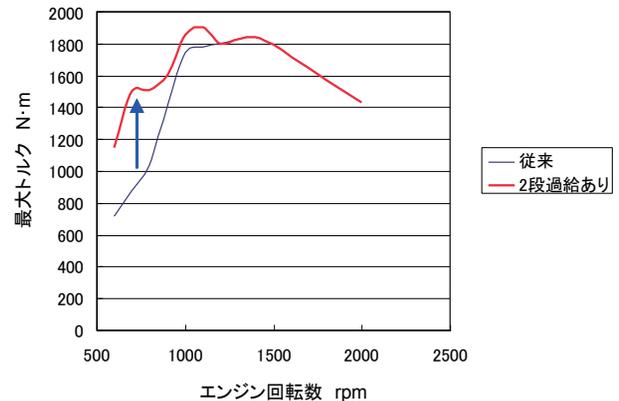


図4 2段過給機導入による最大トルク向上

の勾配を80km/hで登坂する場合、300kW以上を必要とする。この数値は、本クラスの平均的な最大出力値を約20kW上回る。したがって東名高速道路の走行を仮定した場合、御殿場や牧ノ原の登坂路には4%を超える勾配が少なからず存在することから、毎日複数回最高出力を使用する車両も多く存在するといえる。また、登坂は短時間であっても、燃料消費は莫大で、その部分で大幅な改善が可能であれば、全体への寄与

も少なくないと期待される。これがただちに費用対効果も含めて有効といえるかは明かでないが、先駆的な技術について効果を定量的に示すことは、業界全体の効率的発展に寄与しうるものと考えている。

現在は、ターボコンパウンドはシステム単体での性能試験等を実施しており、今年度末以降、SCD エンジンに組み込んで試験を実施していく予定である。

3. 3. 超高圧（最大 260MPa）コモンレール式燃料噴射システム

これは、先の 2 つの技術と異なり、従来に対して新しい概念の導入となるものではなく、いっそうの燃料噴霧の微粒化や混合促進を図り、これまで地道に継続してきた燃焼改善について、より高い制御自由度をもたらすものである。最大 260MPa のコモンレール圧力は、現状世界トップレベルであるが、SCD エンジンでは、従来より 200～220MPa のコモンレール圧力で性能改善を図ってきており、圧力の上昇幅は必ずしも大きなものでない。インジェクターのノズル噴孔が同じ条件で燃料噴射圧力を上昇させると、噴射期間は短縮する。これは一般に PM 抑止に有利に働くが、短時間に多くの燃料噴射を行うことは、高負荷では急速燃焼による燃焼騒音や冷却損失の増加を招き、低負荷では噴射量ばらつきが拡大しやすいなど、性能低下につながる。そこで噴射圧力を上昇させる場合には、インジェクターのノズル噴孔径を小さくすることを併せて実施する。小径化もまた燃料噴霧の微粒化を促進するものであることから、いずれか一方では小幅な変化でも両者併せて、有効な改善をもたらすものと考えられる。本噴射系を使用した燃料噴射制御の最適化に加え、過給機や EGR との再適合も含めて 3～5% 程度の燃費向上を見込んでいる。

4. SCD エンジン研究の今後の方向

環境一般にいわれるキーワードとして「人にやさしい」「地球にやさしい」ことがしばしば取り上げられる。SCD エンジンでは無害といえるレベルを達成し、燃費（CO₂）も大幅に改善できる見込みで、それに応えるものといえる。一方で、プロジェクトを開始して以降 3 回に及ぶ排出ガス規制の強化が行われるなどディーゼルエンジンの進歩は顕著で、現在の 2009 年規制に適合したものでは、過給圧力などで SCD エンジンに比肩しうる状況にある。そこで、今回の改良で

は 2 段過給機等の導入を行ったが、その先となるとエンジンの改良のみでは、莫大なコストをかけても取り分の少ない状況になりつつある。にもかかわらず、さらなる CO₂ 低減は必須で、それに対するアプローチの一つとして燃料を含めた WTW（Well To Wheel）の視点が重要と考えられる。そのためにはバイオ系の再生可能エネルギーに由来する燃料の導入が必須となるが、供給量およびインフラ等を考慮すると軽油に混合した形が普及への障害を最小限度にできる。燃料性状としては、バイオマスなどから生成する合成軽油が、技術的障害が少ない。合成軽油は、セタン価が高いほか PM 生成につながる芳香族を含まない性状を有することから、それらを生かした新たな燃焼制御法などを研究開発していくことが重要性を増していく。この研究開発は、再生可能エネルギーに由来する燃料面の CO₂ 低減とのシナジー効果を産み出すもので、それぞれの CO₂ 削減効果の合計にプラスアルファをもたらすこと可能となる。それが、軽油の利便性を確保しつつ大幅な CO₂ 削減を加速する現実的かつ効果的な方法である。

さらに先のポイントを挙げるとすれば、経済的な面を含めて「負担を減らす」ことが鍵になると考えられる。2 段過給機にせよ超高圧燃料噴射系にしる、性能向上へのポテンシャルを得たに過ぎず、それを生かすためには従来以上の試験、開発工数を必要とし、コストも上昇傾向にある。この先は、革新的技術の導入で負担が減らせることが、将来を見据えた発展を可能とするものであり、今後検討を行っていく。

5. ま と め

スーパークリーンディーゼル (SCD) エンジンでは、平成 19 年度までに「無害」といえる排出ガス性能を達成し、現在は燃費および CO₂ 削減に向けた研究開発を行っている。とりわけ、前年度より従来にない大幅な改造を行い、主な要素として

① 2 段シーケンシャル過給機

② 排熱回生システム

③ 超高圧コモンレール式燃料噴射システム

を導入した。現在は、燃費基準+10%となる 4.5km/L を目標とした各種適合作業などを行っており、平成 23 年度の目標値達成を目指して研究開発を継続しているところである。

⑦大型天然ガストラックの実証運行試験の成果と普及への課題

環境研究領域 ※後藤 雄一
 日本ガス協会 杉本 秀夫 佐藤 裕人 小森 誠

1. はじめに

天然ガスは、PMを排出しないクリーンな燃料であるとともに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。天然ガス自動車は、低公害車および石油代替燃料車として広く社会に受け入れられており、国内では既に3万台以上が普及している。このうち、トラックやバス等のディーゼル代替車はおよそ半数を占めている。

ディーゼル代替の天然ガストラックは、小型トラックを中心に、大型トラックまでが商品化されている。大型トラックの用途は高速・長距離輸送が主であることから、より高出力で航続距離の長い天然ガストラックの必要性から、高出力のGVW20トン超クラスの大型天然ガストラックを開発することは喫緊の課題である。

そこで、「次世代低公害者開発・実用化促進事業」の中で新たに開発した圧縮天然ガス(CNG)大型トラックを貨物運送事業に用いた実証走行試験を実施し、実用性や

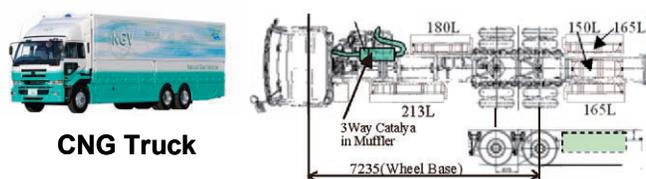
普及可能性を探ってきた。試験走行を含め延べ約30万kmに及ぶ走行試験の結果、排出ガス性能、燃費性能に加えて耐久性等の面で留意すべき点などが得られたのでその成果について述べる。また、航続距離の課題を解決する液化天然ガス(LNG)トラックにより一充填で1000kmを超える長距離走行について示すとともに、これら大型天然ガストラックを普及するに当たってのシナリオと今後の課題について明らかにする。

2. 大型天然ガス自動車の開発・実用化の経緯

図1に開発したCNG自動車とLNG自動車の開発目標、達成値、車両諸元を示す。開発目標を達成し、実用性の高い車両を開発できたことから、実際の実用性を確認することが必要である。図2に大型天然ガス自動車の開発・実用化の経緯を示す。CNG自動車は平成14年度から、LNG自動車は平成17年度から開発を進め、いずれも試験車両としての開発目標を達成し公道走行試験を実施して、公道を走行する点で問題が

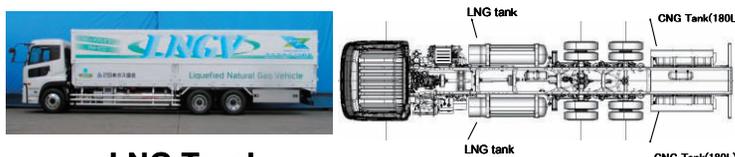
目標：
 排出ガス：NOx 新長期排出ガス規制値(2g/kWh)の1/10以下
 PM 新長期排出ガス規制値(0.027g/kWh)の1/10以下
 燃費目標：CO2排出率でディーゼルエンジン以下

達成値：(JE05モードエンジンベンチ試験にて)
 排出ガス NOx 0.161g/kWh
 PM 0.002g/kWh
 燃費目標 CO2排出率で693g/kWh
 達成項目：
 LNGトラックは一充填で1000km以上の公道走行試験達成
 実走行実験による実用化課題の抽出、普及シナリオの作成等
 技術基準案(構造基準案)の策定等



CNG Truck Specifications

	大型CNG
本体型式	キャブオーバー
車両寸法(mm)	W2,500×H3,800×L11,990
最大積載量(kg)	13,400
車両重量(kg)	11,410
車両総重量(kg)	24,920
総排気量(L)	13.07
型式	KL-CD48L改
原動機型式	GE13(ターボ)
燃料	CNG
燃料タンク	873L(175m3)
変速機	7MT
初年度登録	H17.11(新長期規制)



LNG Truck

LNG Truck Specifications

Overall length	11,990mm
Overall width	2,490mm
Overall height	3,400mm
Gross Vehicle weight	24,890kg
Pay load	13,100kg
Fuel tank capacity	680L
Cruising distance	1,000km(target)

図1 CNG/LNG自動車の開発目標値、達成値、車両諸元

CNG/LNG自動車の開発・実用化の経緯と成果

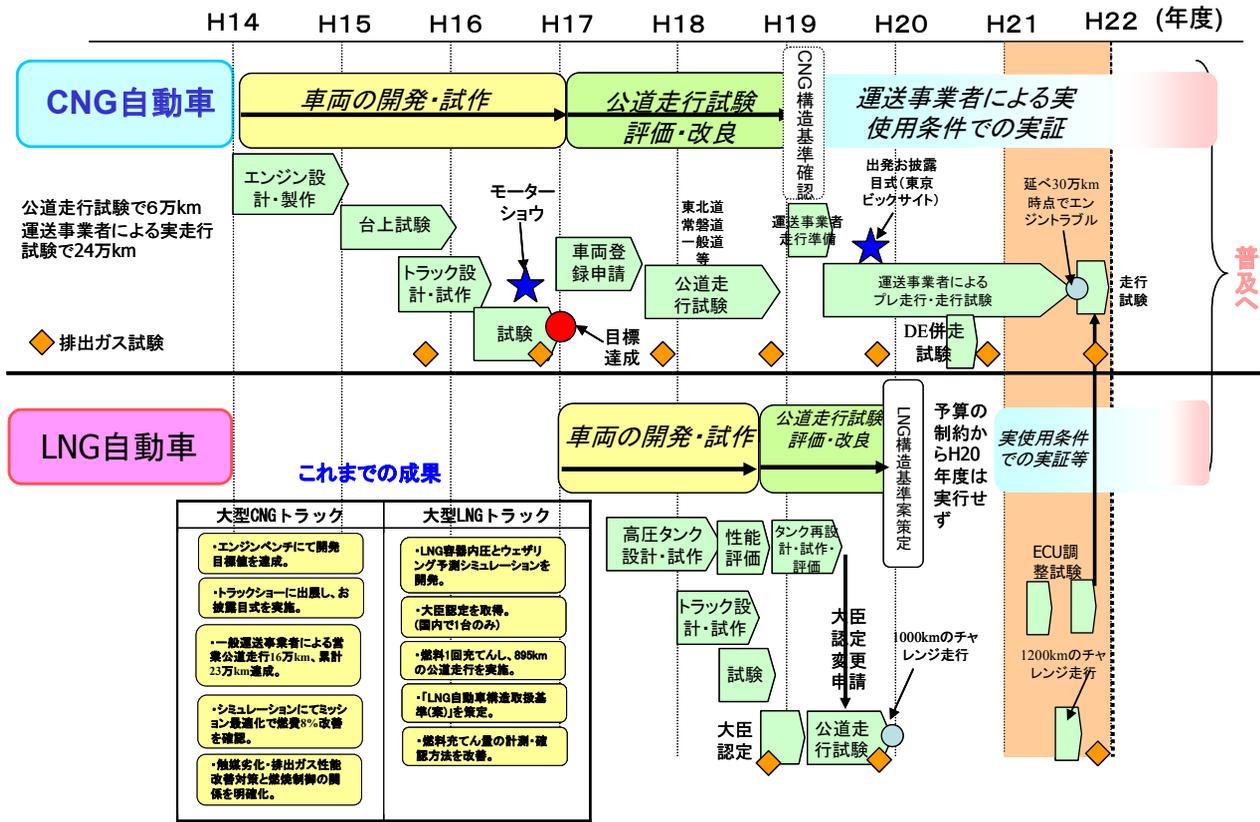


図2 天然ガス自動車の開発・実用化の経緯と成果

無いことを確認した。その成果として、CNG自動車は、平成19年度から運送事業者による実使用条件での実証走行試験を平成21年度まで実施した。LNG自動車は平成21年度まで公道走行試験を実施した。

3. 実証走行試験の成果

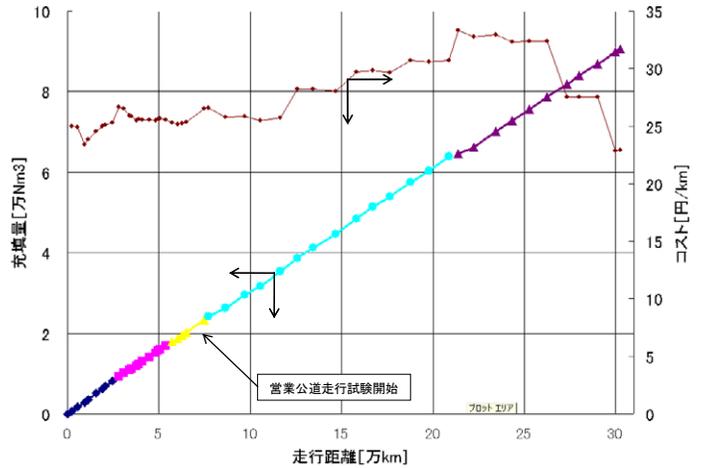
CNG自動車では、図3に示す約600km弱の東京～大阪間を、運送業者に協力頂き営業走行を平成19



図3 CNG自動車実証走行試験区間

年10月22日～平成21年11月6日に渡って実施した。開発試作した車両の延べ走行距離は実証走行試験で23万km、延べ30万kmに達し、専任ドライバーにより延べ約180往復を走行した。貨物積載状態は15.5～25tの範囲である。途中無充填で走行可能であることを実証した。

図4に走行距離と燃料充填量、走行燃料費を示す。営



※プロットは月平均値。※コスト(円/km)=燃料費(円/Nm3)×燃費(km/Nm3)

図4 走行距離、燃料充填量及び走行燃料費

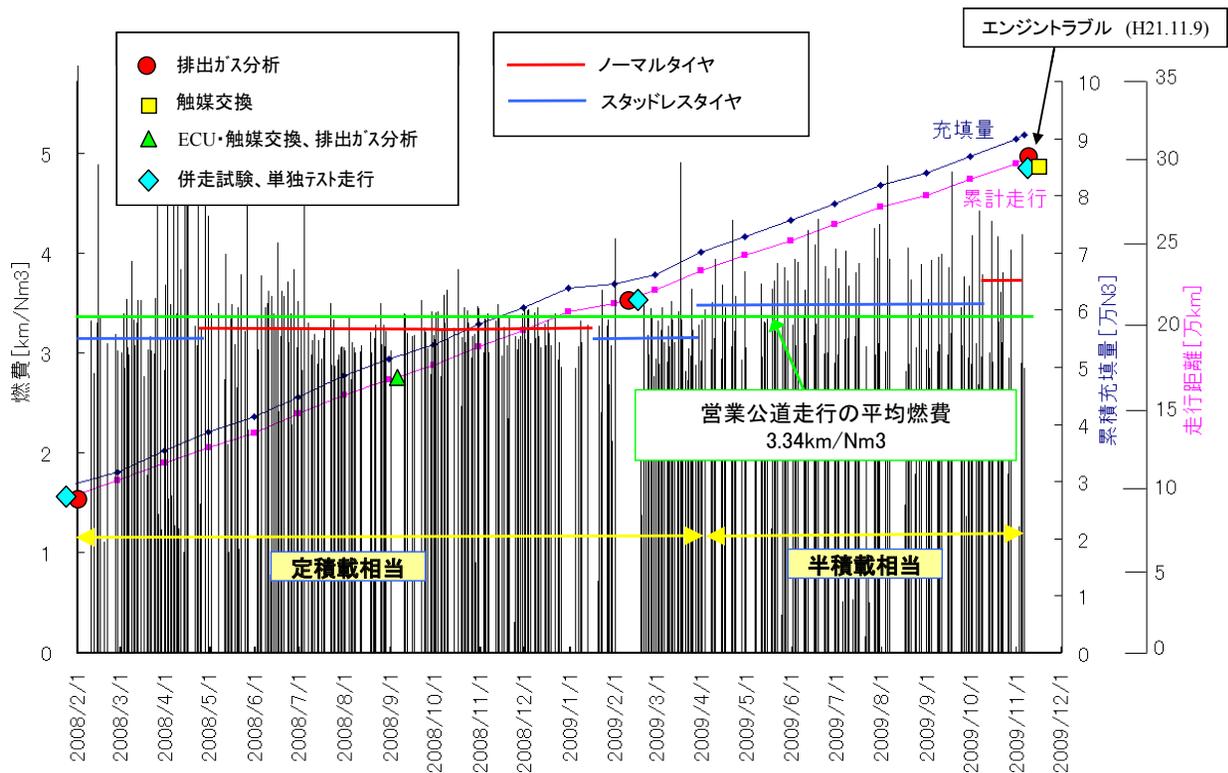


図5 実証走行中のCNG自動車の走行毎の燃費とイベント

業公道走行の平均燃費は 3.34km/Nm³ で図中の直線の傾きで表される。試験走行から実証走行試験までの燃費は傾き一定から大きくは変わっていないことを示す。走行燃料費は燃料価格の変動の影響はあるものの23～33 円/km の範囲である。

図5に実証走行中のCNG自動車の走行毎の燃費とイベントを示す。協力して頂いた運送事業者へのヒアリングにより充填時のタンク温度上昇による充填量減少の対策として追い充填が有効であることが明らかになった。前半は定積載相当、後半は半積載相当であり、赤横線と青横線でノーマル、スタッドレスタイヤによる平均燃費である。タイヤによる差は、定積載で5%、半積載で8%であった。図6に示すように排出ガスはシャシーダイナモメータによる測定でNO_x : 0.5 g/kWh以下 (JE05) を達成した。図7に東北、常磐、東名の各高速道路および一般道におけるCNG車と併走ディーゼル車のCO₂排出量を示す。道路や比較車両の違いによる差はあるが概ねCO₂排出量ではディーゼル (DE) 車と同等である。また、CNG車はディーゼル用トランスミッションのためその最適化を行うにより更にCO₂排出量の低減が見込まれる。

表1にCNG車とDE車のTank-to-WheelとWell-to-Wheelの比較表を示す。Well-to-WheelでCNG

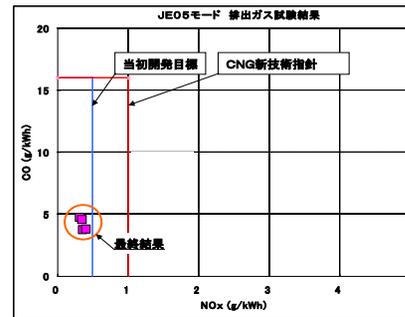
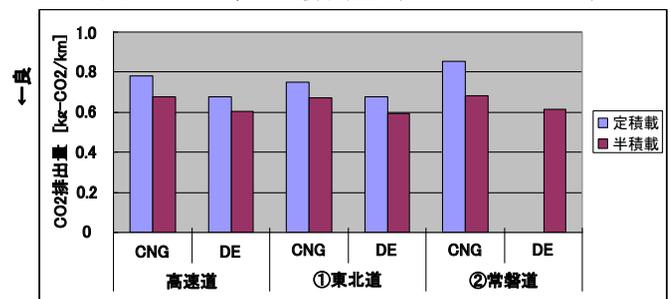


図6 NO_x、CO排出量 (CDベースJE05)



高速道は、①東北道と②常磐道の平均値

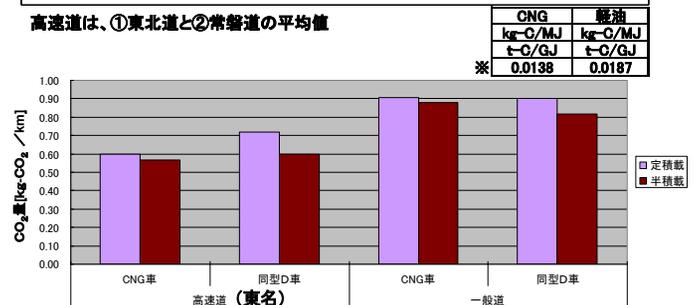


図7 CNG車と併走DE車のCO₂排出量

CNG		軽油	
kg-C/MJ	kg-C/MJ	kg-C/MJ	kg-C/MJ
t-C/GJ	t-C/GJ	t-C/GJ	t-C/GJ
0.0138	0.0187		

車の方が DE 車に比べ若干高い値を示す。

表1 CNG 車と DE 車の Tank-to-Wheel と Well-to-Wheel

			Tank-to-Wheel	Well-to-Wheel
2008 年度	大型CNG	定積載	0.752	0.890
		半積載	0.673	0.797
	大型DE	定積載	0.679	0.757
		半積載	0.596	0.664
2006 年度	大型CNG	定積載	0.762	0.902
		半積載 (満々法)	0.701	0.830
	大型DE (満々法)	定積載	0.751	0.837
		半積載	0.647	0.721

※単位は、kg-CO2/km。高速道路(東北自動車道)のデータにて比較。

※計測器による測定データ。ただし、2006年度大型CNG半積載と大型DEは満々法による。

※換算データは「JHFC総合効率検討結果報告書」(H18年3月(財)日本自動車研究所)による。

また、実証走行試験の最後に延べ 30 万 km に及ぶ長距離走行による熱疲労が原因で排気弁の 1 本が折損するエンジントラブルが発生したが、高温強度の高い材質に変更することで対策可能である。

LNG 自動車の公道走行試験では、LNG 燃料供給システムの実用性を確認するために一充填で東京から北九州まで目標 1000km 以上のチャレンジ走行を実施して東京から熊本までの約 1200km (図 8) を一充填で達成し実用性を明らかにした。公道走行後の排出ガス試験の検証でも問題が無かった。

4. 普及への課題

普及のために性能、利便性、経済性の観点からどのような課題があるかについて、運送事業者、地方公共団体、燃料供給業者、自動車会社の各関係者や海外動向について調べた⁽¹⁾。性能の面では、大型 CNG トラックで東京-大阪を一充填で走行可能であること、大型 LNG トラックでは 1000km 以上の走行が可能であること、排出ガス性能で開発目標を達成できたこと、延べ 30 万 km の走行が可能であったことから、技術的には普及のための性能は確保できたと考える。

利便性の面では、天然ガススタンドの拡充が最も大きな課題となっているが、数の拡充だけでなく、その分布、スタンドの充填能力拡充のための投資について費用対効果の面で重要と考える。大都市部には一定数のスタンドが展開されつつあることから、その分布と充填能力の最適化を中心とし、長距離走行への対応として高速道路沿線に拠点としてのスタンドを配置することが適切と考える。

経済性の面では、車両価格、運用コストの一層の低減が普及のために最も重要な課題と考える。車両価格

ではCNG自動車とディーゼル車との差額分の公的補助を実施することが普及のために引き続き必要である。加えて、軽油等の従来燃料に対して、天然ガス燃料をどの様に位置づけるかという今後のエネルギー政策が重要と考える。例えば、従来燃料と天然ガス燃料との間に一定の価格差を生ずる施策を実施することによって、利用者に経済的な便宜を与える等の燃料価格制度は非常に効果的な促進策と考える。

これらのエネルギー政策の方向性に沿って、次の段階では、車両製作者にとって一定の規模の市場が見込まれる場合、信頼性・耐久性を向上した車両を製作・販売すると思われることから、政策的に一定規模のCNG自動車市場を創出する等の方策が考えられる。

5. まとめ

運送事業者による実使用条件下におけるCNG自動車の実証走行試験の結果、実用化に当たっての技術的目標は達成できた。ミッションの最適化等により燃費・排出ガス性能の向上を図る必要があることが分かった。大型LNG自動車について航続距離の目標は達成できた。LNG充填方法等の改善も必要である。

普及の課題については、車両側からは信頼性・耐久性を除くとほぼ技術的には当初の目標を達成しており、今後は燃料価格をどうするか等の全体のエネルギー政策が天然ガス自動車の普及にとって重要である。

謝 辞

本試験は、国土交通省の次世代低公害車実用化開発プロジェクトのもと、(社)日本ガス協会の協力で実施されたものである。各位の多大なるご協力があったことをここに記し、謝意を表す。

参考文献

- (1)総務省、世界最先端の「低公害車」社会の構築に関する政策評価、平成 21 年 6 月
- (2) 日本ガス協会、海外調査報告書



図 8 チャレンジ公道走行試験のルート

⑧尿素SCR車、ハイブリッド車から排出される 亜酸化窒素およびメタン(温室効果ガス)の FTIR(フーリエ変換赤外分光)分析

環境研究領域 ※山本 敏朗 堤 玲子
 岩田電業株式会社 岩田 恒夫 小川 恭弘
 日本MKS 加藤 裕

1. まえがき

自動車の燃費改善は、直接的に温室効果ガス(以下、Green House Gas を略して「GHG」と記す)を代表するCO₂の排出を抑制できることから、効果的な地球温暖化対策となる。現在、燃費改善やNO_x低減のために、尿素SCRディーゼルエンジンやハイブリッドシステムの導入が進められている。特に、ハイブリッドシステムについては、環境負荷低減車の普及支援策も手伝って、同システム搭載車の登録台数は急激に増加している。

このような情勢の中で、三元触媒において、排出ガス中のNH₃が低温条件で酸化されると微量でも大きな温室効果を示すN₂Oが生成されることが指摘されており^{(1), (2)}、尿素SCRシステム搭載ディーゼル車および三元触媒搭載のガソリン車において、触媒の温度が低下した場合には、N₂Oの排出が予測された。さらに、尿素SCRシステム搭載のディーゼル重量貨物車では、N₂Oの排出によりGHG排出量が触媒未装着の従来車と比べて約20%増加する例が報告されている⁽³⁾。N₂OおよびCH₄の排出により、燃費改善効果が相当程度減じられる可能性があり、路上走行時における両成分の排出実態把握は重要となっている。このことから、前報では、路上走行時において排出ガス中のN₂OおよびCH₄の連続分析を可能とする車載式フーリエ変換赤外分析装置(以下、「車載式FTIR分析装置」と記す)の開発状況を紹介するとともに、その性能評価を行った⁽⁴⁾。

表1 試験車両の主要諸元

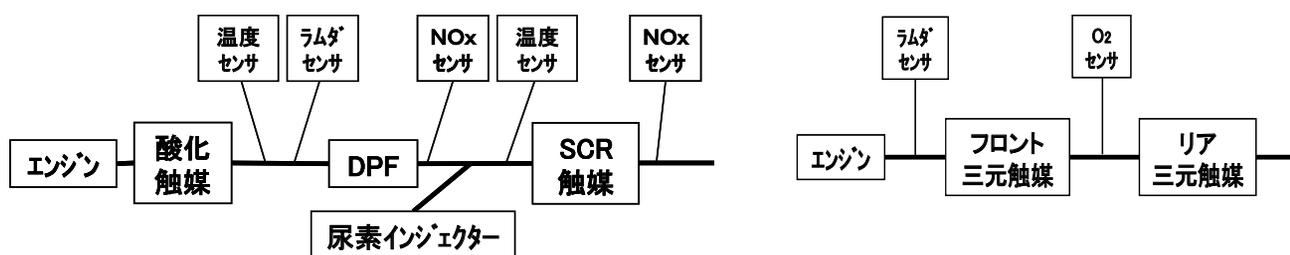
(a) 尿素SCRシステム搭載ディーゼル車

車両コード	車両カテゴリ	エンジン型式	排出ガス対策	変速機	車両重量(kg)	排出ガス規制レベル
A	3.0L ディーゼル 普通乗用車	V型6気筒 DOHC	尿素SCRシステム DPF EGR装置	電子制御 7速A/T	1,980	ポスト 新長期規制 レベル

(b) ハイブリッドガソリン車

車両コード	車両カテゴリ	エンジン型式	排出ガス対策	変速機	車両重量(kg)	排出ガス規制レベル
B	1.8L ハイブリッド 普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 EGR装置	電気式 無段変速	1,310	新長期規制 排出ガス75% 低減レベル

本報では、尿素SCR車およびハイブリッド車の路上走行時における排出実態の把握のため、第1段階として、車載式FTIR分析装置等を用い、シャシダイナモメータ台上において、コールドスタートあるいはホットスタートからJC08モードを運転し、都市内走行時のGHG(自動車では、CO₂、N₂OおよびC



(a) A車(尿素SCRシステム搭載ディーゼル車)

(b) B車(ハイブリッドガソリン車)

図1 試験車両に搭載の排気浄化システムの構成



図2 車載式FTIR分析装置の外観

H₄が対象となる)の基本的な排出特性を把握するとともに、道路勾配や暖機運転後のソーク時間がGHGの排出に及ぼす影響について解析したので報告する。

2. 実験方法

本試験では、シャシダイナモメータ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、最新の尿素SCRシステムの評価を目的に同システムを搭載しているポスト新長期規制適合ディーゼル乗用車のA車を、またハイブリッド車では新長期規制適合乗用車のB車をそれぞれ選定した。試験車両の主な諸元を表1に、また排気浄化システムの構成を図1に示す。N₂O、CH₄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。同装置の外観を図2に示す。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、シャシダイナモメータの制御で、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することによって与えた。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2時間ソークした場合と16時間ソークした場合の2種類の条件で実施した。ここで、道路勾配を±2%としたのは、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⁽⁵⁾。また、2時間ソーク後の試験は、都市部における出先での駐車時間を想定して決定した。

3. 実験結果および考察

3.1. 尿素SCRディーゼル車の評価

供試の尿素SCR車(A車)は、DPF(ディーゼルパティキュレートフィルタ)とSCR触媒を組み合わせたシステムとなっている。酸化触媒+DPFを排気系の上流側に、SCR触媒を下流側に置く構成である。ここで問題となるのは、尿素的添加によって生じたNH₃がNO_xの還元に使われずにSCR触媒をスリップして排出される場合である。このNH₃のスリップを防止するには、尿素添加量の適切なコントロールが必要となる。本評価試験では、N₂OおよびCH₄の排出とともに、このアンモニアスリップに着目して解析を進める。

図3に、A車をシャシダイナモメータに設置し、エンジン始動条件あるいは道路勾配条件を変化させて

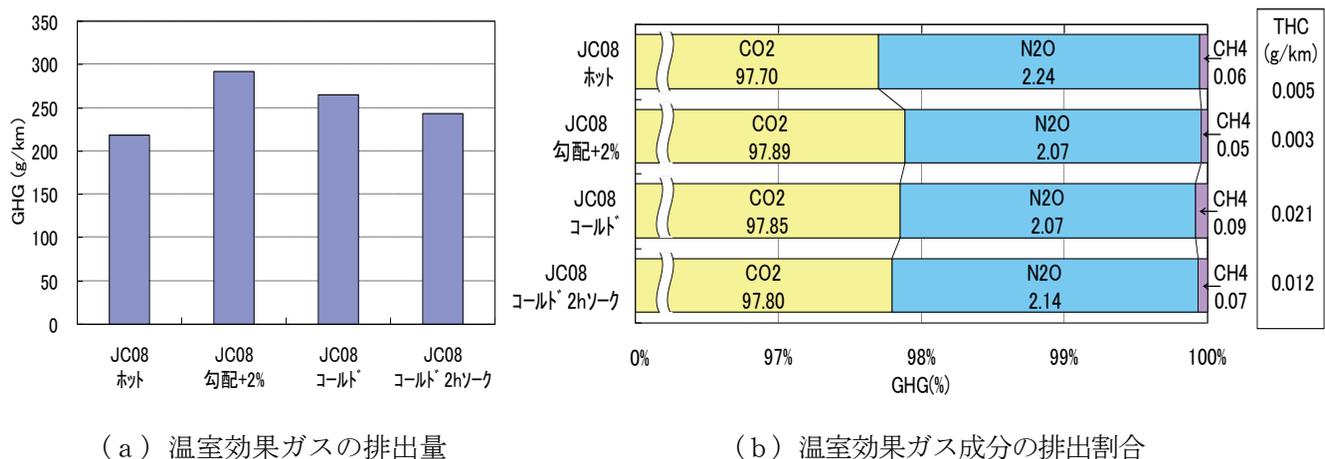


図3 尿素SCR車のJC08モード運転時における温室効果ガスの排出状態

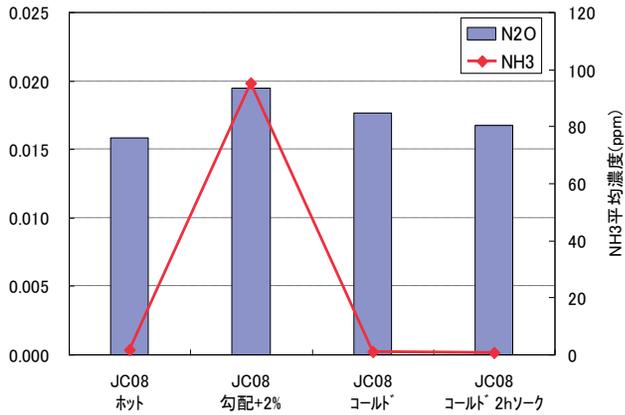


図4 JC08モード運転時におけるN₂O排出とNH₃排出の関係

JC08モード運転を実施したときのGHGの排出量(g/km)とCO₂、N₂OおよびCH₄の排出割合(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倍であることから、GHGの排出量は以下の式で算出される。

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

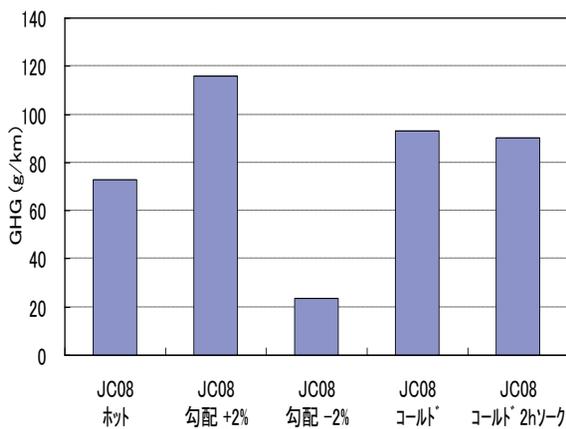
同図より、GHG排出量は、走行抵抗の増加(勾配+2%の条件)とコールドスタート時(2時間ソーク後の条件を含む)における燃料増量および触媒温度の低下に起因するN₂O排出^{(1), (2), (4)}によって増加するものと考えられる。また、ホットスタート、コールドスタート、走行抵抗の増加のいずれの走行条件においても、温室効果ガス排出量に占めるCH₄の割合は小さく、一方でN₂Oの寄与率は、温室効果ガス排出量

の2%強であることがわかる。

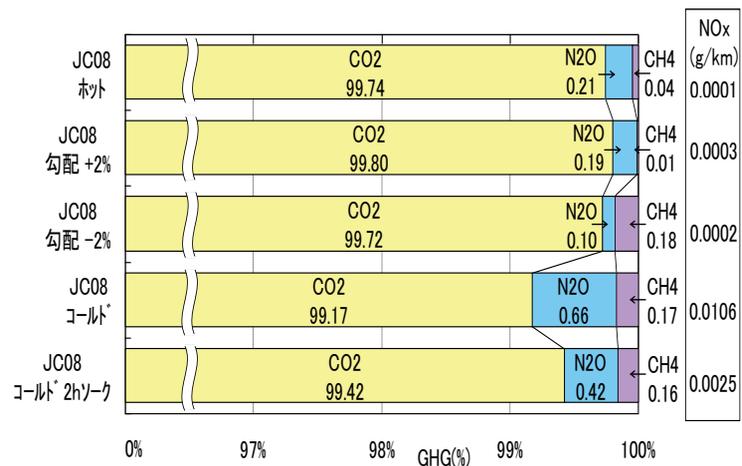
また、これらの走行条件におけるN₂O排出とNH₃排出(モード平均濃度)との関係を、図4に示す。同図より、N₂Oの排出量は、いずれの走行条件においても、0.015~0.020g/kmの範囲にあり、各条件で同程度の排出であることがわかる。一方、NH₃の排出は、ホットスタート、コールドスタートともに低く抑制されているが、走行抵抗(エンジン負荷)が増加する道路勾配+2%の場合のみモード平均濃度で95ppm程度まで増加していることがわかる。ここで、当該試験車両では、尿素インジェクターの上流に取り付けられたNO_xセンサによりNO_x排出量を検知し、その還元に適した量の尿素を添加するシステムが採用されているものと推測する。その場合、尿素噴射量制御システムは、走行抵抗の増加によってNO_x排出量が増加すれば、それに合わせて尿素の添加量を増加させる。ここで添加量が多すぎるとNH₃のスリップが発生することとなる。供試車両では、酸化触媒を排気系の上流側に配置しているため、NO_x中に占めるNO₂割合はこの酸化触媒の反応状態によって変化することとなる。このNO₂割合の変化によってNO_xの還元に必要なとなるNH₃量も変化するので、尿素添加量の制御は難しくなる。図4に示すNH₃排出量の増加は、このような事情により発生しているものと考えられる。

3. 2. ハイブリッドガソリン車の評価

供試のハイブリッド車(B車)は、電動機とエンジンの駆動力を組み合わせる動力合成機構をベースとしたハイブリッドシステムを搭載している。加速走行



(a) 温室効果ガスの排出量



(b) 温室効果ガス成分の排出割合

図5 ハイブリッド車のJC08モード運転時における温室効果ガスの排出状態

時、坂路走行時、高速走行時等には、エンジンがスタートして駆動力不足を補う。電動機の駆動力で十分な場合は、エンジンをストップさせて燃料を消費しない。ただし、電動機駆動用の電池の充電量（SOC）が低下した場合には、エンジンによる駆動割合が増加する。このため、本試験では、JC08モード運転スタート時のSOCを、通常充電状態の範囲内（52～57%）であることを確認した上で実施している。

図5に、B車を、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モードを運転したときのGHGの排出量（g/km）とCO₂、N₂OおよびCH₄の排出割合（質量比率、%）を示す。GHGの算出は、図3と同様の方法で行っている。同図より、以下のことがわかる。GHG排出量は、走行抵抗が増加した場合（勾配+2%の条件）とコールドスタート時（2時間ソーク後の条件を含む）における燃料増量および触媒温度の低下に起因して増加しており、尿素SCR車と同様の傾向を示す。ただし、N₂OとCH₄の寄与率は、尿素SCR車と比べて小さく、2時間ソーク後を含むコールドスタート時のN₂O寄与率は増加するものの、0.4～0.7%の範囲にとどまる。

以上より、尿素SCRディーゼル乗用車とハイブリッドガソリン乗用車の都市内走行時におけるGHG（CO₂、N₂OおよびCH₄）の基本的な排出特性を示すことができた。今後は、尿素SCRディーゼル重量貨物車やハイブリッド貨物車についてもN₂OおよびCH₄の排出挙動について調査を展開していく予定である。さらに、実路走行時のN₂OおよびCH₄の排出挙動を把握するため、車載式FTIR分析装置を用いた路上走行試験を計画している。

4. まとめ

尿素SCRシステム搭載ディーゼル車およびハイブリッドガソリン車を、順次、シャシダイナモメータ台上に設置してJC08モードを運転し、都市内走行時の温室効果ガス（CO₂、N₂OおよびCH₄）の基本的な排出特性を調査した。その結果、以下の点が明らかとなった。

(1) 供試の尿素SCR車においては、ホットスタート、コールドスタート、道路勾配+2%のいずれの走行条件においても、温室効果ガス排出量に占めるCH₄の割合は小さかった。一方、N₂Oの寄与率は、上記のいずれの走行条件においても、温室効果ガス排出量の2%強であった。

(2) 供試の尿素SCR車において、走行抵抗が増加する条件（勾配+2%の条件）では、NO_xおよびN₂Oの排出は抑制されているものの、NH₃がモード平均濃度で95ppm程度排出される現象（アンモニアスリップ）が観測された。

(3) 供試のハイブリッド車では、温室効果ガス排出量に占めるN₂OとCH₄の割合は、尿素SCR車と比べて小さく、2時間ソーク後を含むコールドスタート時におけるN₂Oの寄与率は増加するものの、0.4～0.7%の範囲にとどまった。

参考文献

(1) 小池、鈴木、小高：自動車から排出される亜酸化窒素の排出挙動に関する研究（第3報）—三元触媒車から排出されるアンモニアと亜酸化窒素のFTIR法による解析—、自動車技術会学術講演会講演前刷集、No.956、pp.153-156、9540237（1995）

(2) 小池、小高：自動車排出ガス中亜酸化窒素測定法の検討、平成4年度（第22回）交通安全公害研究所講演概要、pp.101-104

(3) 鈴木、石井、酒井、藤森：使用過程尿素SCR車の排出ガス性能と実環境改善に向けた課題、交通安全環境研究所フォーラム2007講演概要、pp.25-30、2007

(4) 山本、佐藤、常山（交通研）、岩田、小川（岩田電業）：車載式フーリエ変換赤外分析装置の開発と排出ガス中の亜酸化窒素およびメタン（温室効果ガス）の分析、交通安全環境研究所フォーラム2009講演概要、pp.119-122、2009

(5) 山本、小川、佐藤：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

⑨走行中の高騒音車両の自動センシング技術に関する研究

—公道での検証試験—

環境研究領域 ※宝渦 寛之 坂本 一朗 田中 丈晴 村上 孝行
神奈川工科大学 石濱 正男 株式会社小野測器 猿渡 克己

1. はじめに

マフラー改造等により走行中に高騒音を発する車両の取り締まりに関しては、現行の街頭検査では制約が多いため、国として有効な対策が求められている。また、これまで段階的に車両単体騒音の規制値強化が行われてきたにもかかわらず、環境基準達成率の大幅な改善はなされておらず、その要因については明らかになっていない。そのため、交通流中において、個々の車両から発生される騒音を測定し実態の把握をする必要がある。

このような背景を踏まえ、走行中の車両から発せられる騒音を常時監視し、交通流中から高騒音車両を検出することが可能なシステムの開発を目指してきた。これまでに、想定したシステムの運用構想に基づいた要求性能を決定し、システムの開発を実施した⁽¹⁾。本稿では、開発したシステムを用いて、公道を対象として行った検証試験を紹介する。

2. 音源定位システム概要

これまでに開発を行った音源定位システムについて、概要を述べる。このシステムは、複数のマイクロホンによって得られた原音信号に信号処理を施して作成した音源分布図と、カメラにより撮影した画像を重ね合わせることによって、音源位置の同定と騒音レベルの測定を行う装置である。図1にデータ処理の一連の流れを示す。音源定位は、100-500Hzの低周波数帯域に音響インテンシティ法を、500-2500Hzの高周波数帯域にビームフォーミング法を用いた。一般に、マイクロホンアレイを用いた音源探査は、マイクロホンアレイの大きさやマイクロホン間隔によって測定可能な周波数帯域が決定されるが、このように周波数帯域によって異なる手法を組み合わせることによって、マイクロホンアレイ寸法を抑えつつ、幅広い周波数帯

に渡って音源定位することが可能となる。また、これらの処理にはFPGA(Field Programmable Gate Array)を用いることにより、結果をリアルタイムにて表示することが可能となっている。

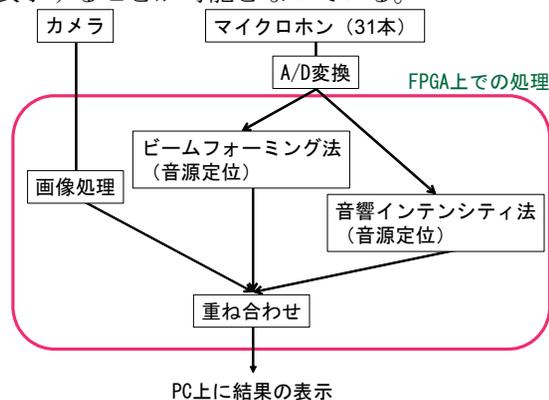


図1 データ処理フローチャート

3. 公道での検証試験

3. 1. 実験概要

図2に実験の様子を示す。ここでは、システムを当所自動車試験場第二地区の敷地内に設置し、試験場の敷地に面した道路の前を通過する車両を対象に音源定位を実施した。なお、今回対象とした道路は片側一車線であり、舗装は密粒度アスファルトコンクリートであった。また、通過する車両の速度をスピードガンにて簡易的に測定したところ、その速度は30～50km/h程度であり、ほとんどの車両が定常走行に近い走り方であった。

図2のように、システムは、地上から高さ4mの位置に、画面に2車線が映るよう傾けて設置した。音源分布の可視化結果は、40msec間のデータを平均して表示した。また、音源可視化結果には、最大音源位置における騒音レベルのオーバーオール値を左上に合わせて表示した。なお、このオーバーオール値は、マイクロホンアレイ中心点と音源位置の距離から、点音

源を仮定した距離減衰式より、マイクロホンアレイ中心の前方1m位置におけるレベルを算出している。そのため、音源が画面上のどの位置にあっても、音源から発せられる騒音レベルを比較することができる。



図2 実験風景

3. 2. 実験結果

結果の画像は、ビームフォーミング法の結果はコンターマップで表されており、白丸が音響インテンシティ法から求めた音源位置を表している。また白色十字は、騒音レベルが最大となる位置を示している。

普通乗用車、大型車、二輪車についての結果を、図3～5に示す。これらの車両は、いずれも改造車ではないと思われる。結果より、四輪車では、エンジン・排気系からの騒音に比べ、タイヤ騒音が卓越し、二輪車では、エンジン位置が音源として現れることがわかる。これらの傾向は、テストコースで測定した定常走行の結果と同じであり、車両がほぼ定速のためエンジン・排気系騒音がタイヤ騒音に比べ卓越しなかったこととタイヤ騒音の指向性による影響と考えられる。

今回の結果から、一般の車両を対象とした音源定位が、実際の道路環境においても実用上十分な位置検出精度を有することが確認できた。なお、計測を行なった時間帯においては、交換用マフラー着用車両のような際立った高騒音車両は現れなかったが、高騒音車両の場合は、今回の測定にて現れた改造のない標準的な車両よりも暗騒音とのSN比が大きいいため、検出はより容易であるといえる。

4. まとめ

当所にて開発を行ってきた交通流中から高騒音車両を検出するシステムについて、実際の道路を対象とした検証試験を実施した。その結果、引き続き様々な環境で検証試験を行う必要はあるものの、実際の道路環境においても、十分に車両の音源位置を特定出来た。今後、今回作成したシステムを実際の取り締まり等へ活用することを考えると、対象車両の走行速度、



図3 公道試験結果 (普通乗用車)

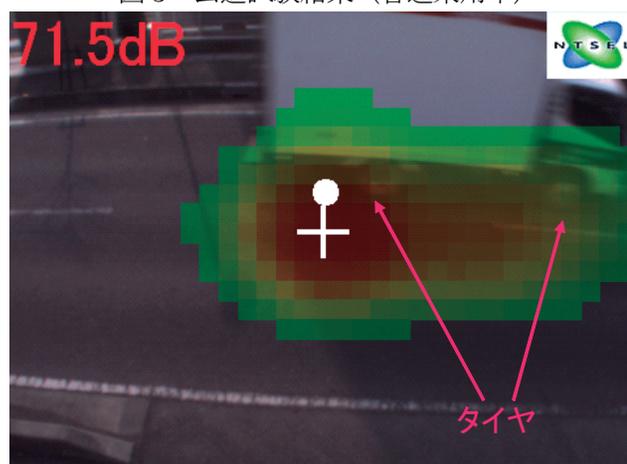


図4 公道試験結果 (大型車)

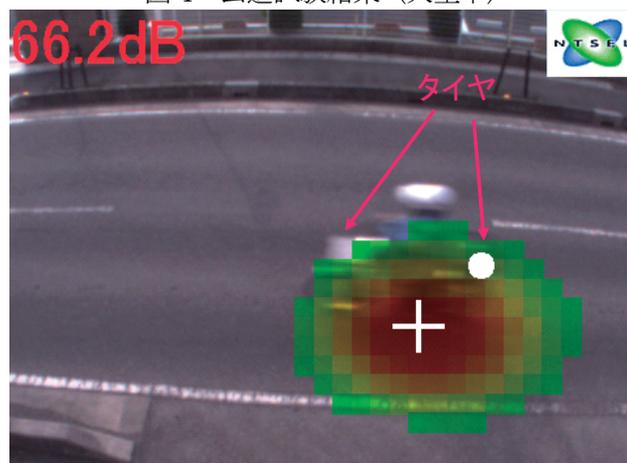


図5 公道試験結果 (二輪車)

加速度、車種等の情報に基づいた高騒音車両の判定方法を確立することが課題となる。また現状では、風雨の影響や屋外設置時の耐久性までは考慮に入れていないため、さらなるシステムの改良が必要である。

参考文献

- (1) 宝渦、ほか5名、「走行中の高騒音車両の自動センシング技術に関する研究—音源定位のリアルタイム化と設置環境についての検討—」、平成21年度交通安全環境研究所講演概要、pp. 109-110

⑩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について

環境研究領域 ※坂本 一朗 田中 丈晴 宝渦 寛之
国土交通省 板崎 龍介 是則 武志 大野 敬介

1. はじめに

低炭素化社会の構築に向け、ハイブリッド車や電気自動車等（以下、HV 車等）の環境負荷の小さい車両の大幅な普及が見込まれている。一方、これらの車両は、一般エンジン車に比べて音が小さいため視覚障害者を含む歩行者の安全性への影響が懸念され、早急な対策の実施が要望されている。これらを踏まえ、国土交通省は、平成 21 年 7 月に、学識経験者、視覚障害者団体、メーカー団体等からなる「ハイブリッド車等の静音性に関する対策検討委員会」（以下、検討委員会）を設置し、当研究所からも検討委員の派遣、体験会の実施等の協力を行ってきた。検討委員会は平成 22 年 1 月末に検討結果をまとめ、国土交通省はその報告^①を基に「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」^②を定めた。本稿では、その概要について述べる。

2. 検討委員会の構成

検討委員会は、東京大学高齢社会総合研究機構長の鎌田実教授を委員長とし、政府機関から 3 名（国土交通省、警察庁、内閣府）大学・研究機関から 3 名（筑波大、慶応大、交通研）、自動車関係団体から 3 名（JAMA, JAPIA, JAIA）、視覚障害者団体から 1 名（日本盲人会連合）、ユーザー団体から 2 名（全国消費生活相談員協会、JAF）の計 13 名で構成された。また、検討委員会は全て公開で行われた。第 2 回検討委員会では、HV 車等が走行しているときの音を実際に聞いてもらう体験会を実施した。

3. 体験会の概要

体験会は交通安全環境研究所の構内道路（暗騒音：53dB(A)～56dB(A)）で行い、検討委員及び視覚障害者等を含む計 40 名が参加した。車両は、カローラ、



図 1 体験会の様子

プリウス、インサイト、アルティマ HEV、i-MiEV の 5 台を使用した。図 1 に電気自動車である i-MiEV が低速走行で参加者の傍らを通り過ぎているときの写真を示す。参加者には、目を閉じて車両の接近に気がついたら手を挙げるように依頼していたが、誰も接近に気がつかず、静音性に関する対策の必要性が認識された。

4. 検討委員会における議論の概要

検討委員会は、体験会の結果及び対策案のパブリックコメントにおいて提出された意見も踏まえて対策案をまとめた。検討を開始するに当たり、ハイブリッド車等の静音性の問題は、自動車と歩行者の間の重要なコミュニケーション手段の一つである「音」が小さくなるということであり、特に、視覚障害者にとっては、接近だけでなく離脱していくという音サインによる安心感も必要であるため、当面の対策としては自動車が人工的に音を出すことが適当という考え方を基本的な方針とした。以下に、主な議論の概要を述べる。

4. 1. 対策が必要な車種

発音の対策が必要な車両は、モーターのみで走行が可能な HV 車等とした。検討委員会では、対策が必要な車種として、①モーターのみでの走行可能なハイブリッド車・電気自動車、②モーターのみでの走行が不

可能なハイブリッド車、③アイドリングストップ機能付きエンジン車、④音量の静かな一般エンジン車を検討対象としたが、このうち、体験会の結果から、一般エンジン車は低速走行時でもほとんどの人が車両の接近に気がついたため、対策は不要であり、また、②と③の車種は、発進時にエンジンが始動する構造のため、一般エンジン車と同様の気づきやすさであったため、対策は不要とした。

4. 2. 対策が必要となる状況

対策が必要となる走行状態は、発進時から 20km/h までの速度域及び後退時とした。その理由は、視覚障害者の体験等から、静音性の対策が必要な状況は、図 2(a)のように、路地からの出口などで自動車が停止状態から発進しようとしている時、あるいは、図 2(b)のように、歩行者と車が混在する狭い路地で低速で走行しているときであったためである。20km/h 以上では一般エンジン車と、モーター走行している HV 車等との音の大きさに差はないため、発音は不要とした。

4. 3. 発音の種類及び音が満たすべき性質

発音させる音の性質は、自動車の走行状態を想起させる音とした。検討委員会では、音の種類として、チャイム音、メロディ音、単音、和音、自動車の走行状態を想起させる音（エンジン模擬音等）を検討対象としたが、音としての気づき易さだけでなく、自動車の存在や、接近・離脱等の挙動が、自然に、無理なくわかる音、加齢による聴力低下も考慮した気づきやすい音等の視点から検討した結果、自動車の走行状態を想起させる音という結論となった。

4. 4. 発音の方法

発音の方法は、自動車の速度に応じ自動で発音するシステムとし、標準状態をシステム ON とするが、一時発音停止スイッチの装備を可とした。検討委員会では、① 自動車の速度に応じ自動発音するシステム（常時発音）、② 標準状態を常時発音とするが、一時発音停止システムの装備を可とする、③ ドライバーが手動でシステム ON・OFF を行う、④ ドライバーがスイッチを押した時だけ発音する方法を検討対象とした。このうち、①については、高速道路での渋滞時など明らかに不要な場所や、ドライバーが周囲に配慮して発音を止めたい場面に車速を上げて発音を止めようとするような行動も考えられ、システム設計の観点から問題がある。また、③や④のようにドライバーによる手動操作は、図 3 のように、高いフェンスや

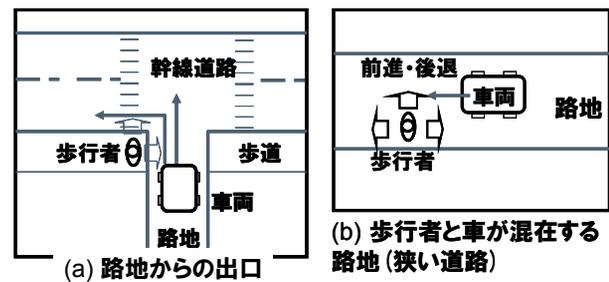


図 2 対策が必要となる状況



図 3 ドライバーが歩行者に気がつかない状況

壁などで、ドライバーから歩行者が見えない場所では効果がないため、②を結論とした。ただし、発音停止状態のままにならないような方法にすることとした。

4. 5. 音量

一般エンジン車と同程度となるような音量とした。なぜなら、視覚障害者や歩行者が、一般エンジン車と同程度に気付いてもらえる必要がある一方で、必要以上の音量の発音は避けるという観点からである。

4. 6. 普及方策

規制内容等必要な検討を行った上で新車に可能な限り早期に義務付けをし、義務付けの準備が整うまでの間であっても、一定の要件を満たす装置を装備したハイブリッド車等も認めるようにして、早期普及を図ることとした。また、使用過程車については、一定の要件を満たす後付け装置の開発を促進し、早期に普及が図れる方策を検討することとした。

5. まとめ

国土交通省では検討会の報告の結論を基にしたガイドラインをまとめ、普及を促進するため一定の要件を満たす装置を任意装備も含め、静音性の対策を進めている。ガイドラインについては、国際基準とするよう国連の自動車基準調和世界フォーラム (UN/ECE/WP29) において活動中である。また、新車に義務づけを行うための基準化に向けた検討調査を開始した。

参考文献

- (1) ハイブリッド車等の静音性に関する対策について（報告）
- (2) 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
上記はいずれも国土交通省ホームページに掲載

⑪自動車から排出される未規制物質のリアルタイム計測法

環境研究領域

※山田 裕之

1. はじめに

自動車の排出ガスは、厳しくなる排出ガス規制に伴い年々浄化され、その結果排出ガス中の有害物質は従来の計測法では検出が困難になった。2011年欧州では、粒子状物質（PM）の規制の方法が変更される。この理由のひとつは、従来のフィルター法では、最新のディーゼルエンジンのPM計測が困難なことである。最新のエンジンから採取されるPMは試験1回あたり10 μ g程度、これを100mg程度の重量のフィルターに捕集し計測する。このような計測は困難であり誤差要因も大きいので、計測法を根本的に見直して、より高感度な計測方法を採用することになった。

PMを例に示したが、その他の物質に関しても、概ね同様な傾向にある。排出ガス中の有害物質が計測できないほど減少しているというのは、大気汚染への自動車の寄与が減っていることを示しており、更なる高感度手法の開発は必要ないという考え方もできる。図1には環境省が行っている全国各地での大気環境モニタリング結果[1]から、各計測点での計測結果を平均した値の推移を示す。一酸化炭素は計測を開始以来順調に減少している。その結果、1983年以降はすべての計測点において大気環境基準を達成するに至った。一方下図には光化学オキシダントを示す。1980年前後までは減少しているが、その後増加に転じ現在に至るまで増加を続けている。2008年の時点で、オキシダントに関して大気環境基準を達成している地点は計測を行っている1178地点でわずかに1地点だけである。したがって、オキシダントに関しては自動車排出ガスの大気汚染への寄与が無くなったとは言えない。

一酸化炭素と光化学オキシダント、双方とも大気汚染の重要物質として注目され対策が行われてきたが、その結果になぜこのような大きな差が生まれたのだろうか？一酸化炭素は自動車排出ガスとして排出されそれが直接毒性を示すのに対して、光化学オキシダ

ントは排出ガス中に含まれている訳ではなく、排出ガス（テールパイプ以外も含む）中の揮発性炭化水素（VOC）が大気中でNO_xと反応し生成する二次生成物質である。このような二次生成物質の大気中の生成メカニズムには不明な点が多く、いまだ発展途上の研究分野であり、有効な対策が見いだせていないのが現状である。近年の研究[2]によると、光化学オキシダントの生成への影響はVOCの中でも物質ごとに異なる。つまり今後光化学オキシダントを低減させるためには、従来以上にVOC類の排出を削減するだけでなく、オキシダント生成への寄与が高い物質を集中的に抑制する必要がある。

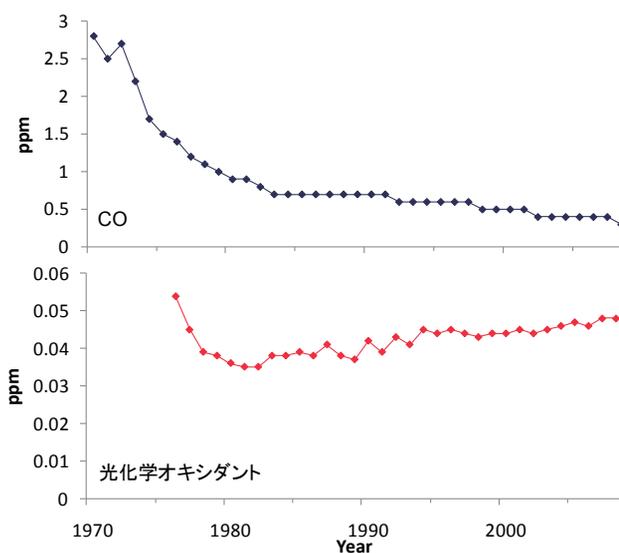


図1 環境省大気汚染状況モニタリング結果[1]におけるCO、光化学オキシダントの平均濃度推移（一般局）

2. 自動車排出ガスのオキシダント生成への寄与

前記のような必要性から、近年の研究では成分ごとの濃度が1 Hz程度の周期でリアルタイム計測可能な計測技術が開発されている。高感度な成分分析を行うための手法として代表的なものは質量分析法である。質量分析法では物質をイオン化して電場により質量

分析を行うが、このイオン化の際に物質を壊さずにイオン化することが重要である。ここでは物質により異なる共鳴波長のレーザー光を用いてイオン化を行う共鳴多光子光イオン化質量分析法採用し、単環の芳香族類6種の排出濃度をリアルタイムに計測し、それら各物質とOHとの反応速度からオゾン生成能($R_{OH}/\Delta t$)を求めた[3]。車両は新短期規制の小型トラック(積載量2t)を使用した。図2には計測した6種の芳香族から例としてフェノールの排出量、通常の全量炭化水素(THC)排出量、測定した6種の芳香族からもとめた $R_{OH}/\Delta t$ を示す。これによるとフェノールの排出傾向はTHCと大きく異なり、高速走行時のみ排出されている。また、これらの排出傾向の差に起因して、 $R_{OH}/\Delta t$ はTHC排出パターンとは異なっている。

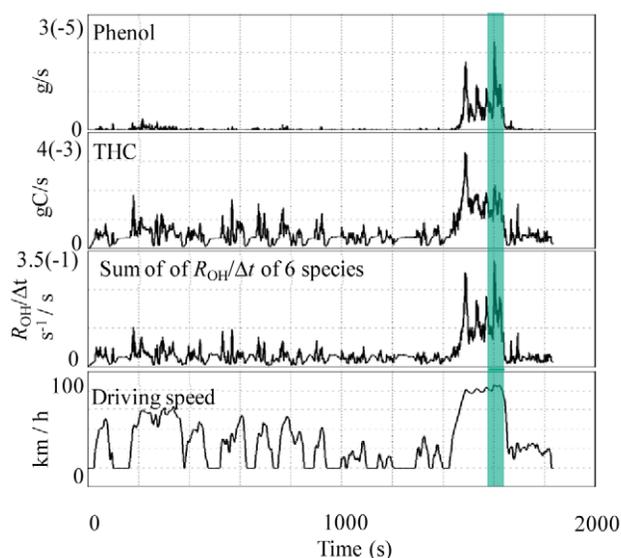
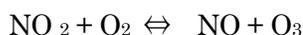


図2 フェノール、THCのリアルタイム排出量および6種の単環芳香族濃度より算出したオゾン生成能[3]

3. NO_x 詳細計測

オキシダントの生成はVOCとNO_xの反応により生成すると述べたが、オゾンの生成、分解は以下の反応の正、逆双方向の反応が支配的である。



したがって、オゾン生成への寄与は単純なNO_x濃度だけでなく、その排出がNOなのか、NO₂なのかも重要である。そこで赤外キャピティエーリングダウン分光(CRDS)法を用いて前記の車両からのNO、NO₂それぞれの排出特性を計測した[4]。この方法ではサン

プルセルの前後に高反射率のミラーを向かい合わせで設置し、入射した光が双方のミラーで反射を繰り返すため、実効光路長は数kmにおよぶ超高感度計測が可能である。NO_x濃度からNO濃度を差し引くことによりNO₂濃度を類推する手法は、NO₂以外の窒素酸化物の影響による誤差が発生するため、NO₂の直接濃度計測が重要であることが判る。

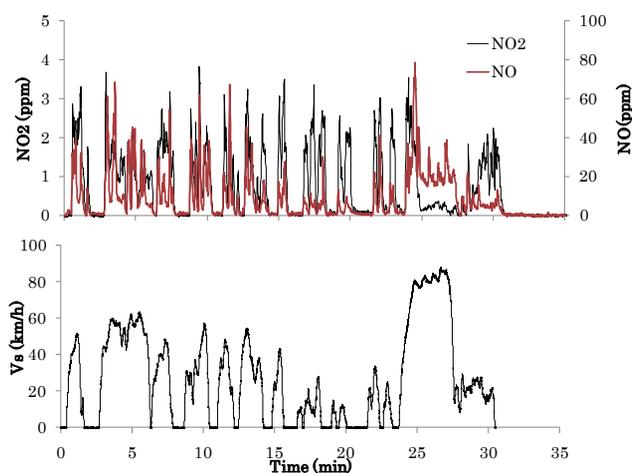


図3 CRDS法によるNO、NO₂計測結果[4]

結論

自動車排出ガスが大気中でのオキシダント生成へ与える影響を評価するため、光イオン化質量分析法により芳香族炭化水素を成分ごとに測定し、それらのオゾン生成への影響を求めるとともに、赤外CRDS法によりNO_x中のNO、NO₂の分離高感度計測を行った。その結果、オゾン生成能と全量炭化水素排出量には差異があること、NO、NO₂の排出傾向が異なることが確認された。これらの結果から、VOC、NO_x類の詳細計測を今後詳細に行う必要である。

参考文献

1. 環境省大気汚染モニタリング結果, <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>
2. 亀井成美, 中嶋吉弘ら, 大気環境学会誌, **45**, 1, 21-31 (2010)
3. 松本淳, 三澤健太郎・石内俊一・藤井正明・林俊一・田中光太郎・山田裕之・後藤雄一, 大気環境学会誌, **45**, 5, 205-211 (2010)
4. 山本征生・戸野倉賢一・山田裕之, 第51回大気環境学会年会講演要旨集, 222 (2010)

⑫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

自動車安全研究領域 ※廣瀬 敏也 波多野 忠 児島 亨 谷口 哲夫

1. はじめに

先進緊急ブレーキシステム（AEBS：Advanced Emergency Braking System）は、前方車両を検知し、運転者に警報を行い、衝突回避または被害軽減を目的に車両のブレーキシステムを作動させるものである。このAEBSは、大型車を対象に自動車基準調和世界フォーラム（WP29）において国際基準の策定が行われており、2011年を目標に策定が進んでいる。まず大型車を対象としているのは、大型車はその大きさ故、一度事故につながると被害が大きくなる傾向があることによる。欧州では、AEBSおよび車線逸脱警報システム（Lane Departure Warning Systems：LDWS）が交通事故の死亡者および負傷者の減少に大きく寄与する調査結果（図1）もあり、AEBS・LDWSを2013年から大型車に義務付けることを検討しており、基準策定の活動が開始されている。日本では、2003年に衝突被害軽減ブレーキの技術指針をすでに制定しており、技術基準の検討も開始していた。そこで、日本は市場での経験も多く、

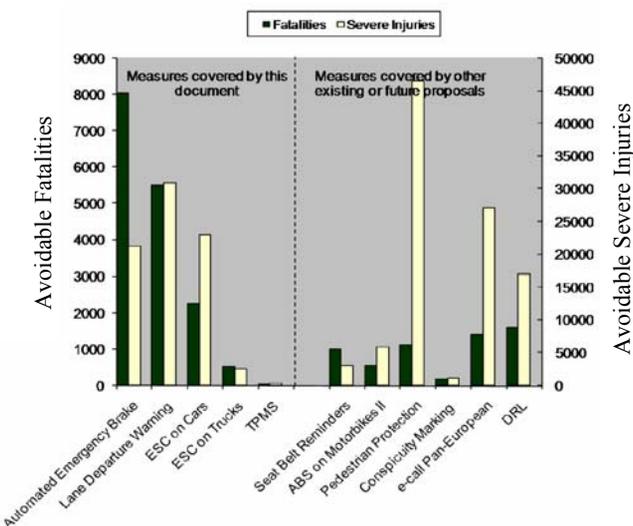


図1 欧州における各種予防安全装置の効果を推定

法制化の活動も先行していたことから国際基準化検討の場で積極的な貢献を表明している。

本研究所は、自動車基準認証国際調和技术支援室において、国際基準調和活動を支援する活動を行っており、AEBSについても同様の活動を行っている。本稿は、現在基準策定の活動を行っている大型車のAEBSについて、国際調和基準の動向について議論のポイントになっている項目について述べる。なお、現在も策定作業を継続していることから本稿で記載することは最終的に基準として決められたことではないことをご了承いただきたい。

2. 先進緊急ブレーキシステム（AEBS）

2-1. システム概要

図2は、AEBSのシステム概要を示したものである。AEBSは、ミリ波レーダーなどのセンサーにより前方車両との距離と相対速度を検知する。距離と相対速度から算出した衝突予測時間（TTC: Time To Collision）をもとに、衝突の可能性がある場合にまずドライバに警報を行い、ドライバのブレーキ操作を促すものである。それでもドライバが衝突回避の行動を行わなかった場合は、自動的にブレーキシステムを作動させて衝突の回避または衝突した場合で

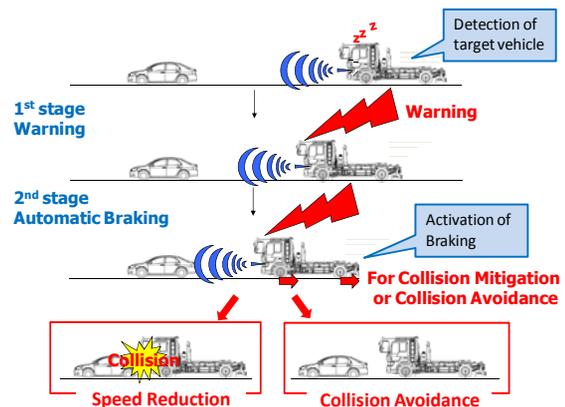


図2 AEBSのシステム概要

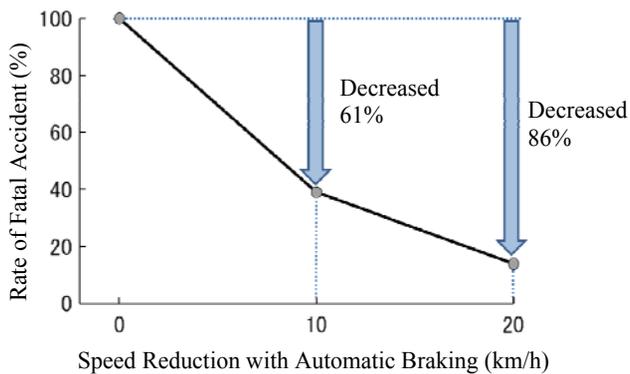


図3 衝突被害軽減ブレーキの効果予測

もその被害を軽減させるものである。

図3は、大型車の追突事故における2001年～2003年までの死亡事故の衝突速度をもとに自動ブレーキを作動させた場合の被害軽減効果予測を日本の交通死亡事故のデータを用いて示したものである。データは、追突死亡事故（速度10km/hから90km/hまで）について衝突速度が10km/h～20km/h減ったと仮定した場合の効果を示している。図3より、衝突速度は10km/h減少すると死亡事故が61%減少し、20km/h減少すると死亡事故が86%減少する。

2-2. 前方車両の状態（移動・静止）

交通事故のデータによると、追突事故時の前方車両の状態（移動・静止）は高速道路では、移動している前方車両へ衝突する割合が高くなり、一般道では停止している前方車両に衝突する割合が高くなる。よって、交通事故実態から考えるとAEBSは、前方車両が移動または静止状態にあることを検知しなければならない。

2-3. 警報・自動ブレーキの作動タイミング

AEBSの自動ブレーキの作動タイミングは、ブレーキ法規（R13）に規定されている緊急時制動灯（ESS：Emergency Stop Signal）をもとに規定されている。ESSは、後方車両に緊急ブレーキを掛けたことを伝えるために、緊急ブレーキ時には制動灯を点灯させるシステムである。ここでは、大型車の場合には4.0m/s²の減速度を超える制動は緊急ブレーキと定義されている。そこで、AEBSの自動ブレーキの作動タイミングは、4.0m/s²の減速度を超える自動ブレーキの作動をAEBSが指示した時と定義されている。また、立席を有するバスなどの車型もあるために4.0m/s²の減速度を超えない場合はAEBSが指示する最大減速度と定義されている。

AEBSの警報の作動タイミングは、自動ブレーキ

の作動タイミングをもとに定義されており、AEBSの自動ブレーキ作動の指示から[2.0 / 1.4 / 0.8]秒前に警報を提示することが議論されている。警報タイミングは、ドライバーが警報を受けてからブレーキを操作するまでの反応時間をもとに上記の3つの数値の妥当性について議論されている。

2-4. AEBSによる速度低減量

表1は、検討されているAEBSの速度低減量の案を衝突軽減、衝突回避ごとに示す。速度低減量は、前方車両が移動状態の場合に衝突回避では規制値が70km/hであるが、これは前方車両と後続車両の速度差が70km/hの際に衝突回避を行えることを示している。前方車両の状態（移動・静止）により、速度低減量の大きさが異なるのは、技術的に前方車両の検知が移動状態より静止状態の方が困難なことによる。前方車両が静止状態の場合に衝突回避の規定がないのは、技術的に困難であるために今回の基準策定からは除外されている。なお、この速度低減量の案は、M3またはN3のカテゴリーに属するトラック・バスの中でも大型車両に属するものである。

表1 AEBSによる速度低減量の案

	前方車両の状態	
	移動状態	静止状態
被害軽減	[50]km/h	[20]km/h
衝突回避	[70]km/h	-

3. まとめ

AEBSの国際基準の策定活動は、まだ結論に至っていないが、欧州各国と日本における違いもある。例えば、前方車両を日本では交通事故実態も踏まえて、静止状態の前方車両まで対象としているが、欧州では移動状態の前方車両のみが対象となっている。今後も国際調和基準の策定に向けた議論を継続していく必要がある。

AEBSの国際基準は、自動車基準調和世界フォーラム・ブレーキ・走行装置分科会（GRRF）の中に設置されているインフォーマルグループにおいて議論されている。その会議が2010年10月26日から29日において日本（東京）にて開催された。2010年10月27日には、本研究所の自動車試験場にて前方車両が静止状態であることを模擬したデモ走行試験を実施し、各国に日本の技術を周知した。

⑬駆動用蓄電池搭載車両の安全性評価について

自動車安全研究領域	※田中 良知	伊藤 紳一郎	米澤 英樹	松井 靖浩
	細川 成之	松村 英樹		
交通システム研究領域	長谷川 智紀			
環境研究領域	河合 英直	新国 哲也		

1. はじめに

地球温暖化対策の一環として、CO₂の削減がうたわられている。そのため、2009年と2010年に政府が実施した環境対応車への買い換え、購入に対する補助制度の効果により、CO₂排出量が少ないと言われているハイブリッド自動車や電気自動車の普及が急速に進んでいる。これらハイブリッド自動車や電気自動車では、電気を駆動源とした駆動方法が用いられており、燃費の改善や電気駆動による走行距離を増加させるためには、軽量・コンパクトでありながら、大容量で大電流が取り出せる蓄電池が求められる。この条件に合致するものとしてはリチウムイオン蓄電池があり、ハイブリッド自動車や電気自動車に使用される様になってきている。

一方、リチウムイオン蓄電池を搭載したノートパソコンや携帯電話等で発熱・発火といった事故が市場において発生している。より過酷な利用環境にある自動車に、駆動用蓄電池としてリチウムイオン蓄電池を搭載する場合においては、その使用状況に応じて安全性を考慮する必要がある。

自動車の安全性については、保安基準の中で記述されている。ハイブリッド自動車や電気自動車に関係する部分としては、高電圧からの乗車人員の感電保護に関する技術基準があり、これは日本が先行して制定し、世界の技術基準の基となった。

また、衝突事故においては、衝突車両がハイブリッド自動車や電気自動車の場合、駆動用蓄電池に衝突の加速度による衝撃が作用する。また、衝突の被害が大きい場合には、車両が大きく変形し、電池も変形をするなどの状況が発生することもありえる。

このような場合に電池内で短絡が発生して、急速な発熱・発火が発生するなど、今までのガソリン車両には無い危険性が生じる可能性がある。この様なことか

ら、現在の乗員保護の目的で行われている衝突試験のみで、駆動用蓄電池の安全性を確認できるかは未知数である。そのため、駆動用蓄電池の衝突時の安全性に関する技術基準について、現在国際会議の場で議論が行われている。

本研究では、高電圧の駆動用蓄電池を搭載したハイブリッド自動車を試験車に用いて、側面衝突実験を3形態実施し、衝突時の駆動用蓄電池の安全性評価を考える上での基となるデータの取得を行った。

2. 衝突実験

2. 1. 実験方法

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、衝突車にECE/R95 MDB (Mobile Deformable Barrier) およびAE-MDB (Advanced European Mobile Deformable Barrier) Ver. 3.10を、側突車にハイブリッド小型乗用車を用いて、合計3回の実験を実施して、車両の加速度と変形量の比較を行った。それぞれの実験で使用した側突車は同型の同年式の国産のニッケル水素蓄電池を駆動用蓄電池として搭載したハイブリッド小型乗用車である。リチウムイオン蓄電池搭載車両は、まだ普及が進んで無いため、ここではニッケル水素蓄電池搭載車両で代用した。

衝突形態は、①側面衝突法規試験形態 (ECE/R95 MDB を MDB 中心が側突車前席 SRP (Seating Reference Point) 位置と一致する位置に 50 km/h の速度で直角に衝突)、②後輪衝突試験形態 (ECE/R95 MDB を MDB 中心が駆動用蓄電池搭載位置に最も近い後輪中心から前方 25mm 位置と一致する位置に 50 km/h の速度で直角に衝突)、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 (AE-MDB Ver. 3.10 を MDB 中心が側突車前席 SRP から後方 250mm

位置と一致する位置に 50 km/h の速度で直角に衝突) の 3 形態で行った。

2. 2. 実験結果

図 1 に実験後の側突車の変形状況を示す。AE-MDB を衝突させた場合が最も大きく、次いで法規衝突形態で、後輪に衝突させた場合が最も小さかった。

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中心がSRPと一致	MDB中心が後輪中心より25mm前方	MDB中心がSRPより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



(a) 法規衝突



(b) 後輪衝突



(c) AE-MDB 衝突

図 1 試験後側突車状況

図 2 に実験前寸法測定位置を青線で示す。車両の形状は、現在電池を取り付けることので多いフロア部とサイドシル部について測定した。

図 3 に試験前後の測定結果を示す。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。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。

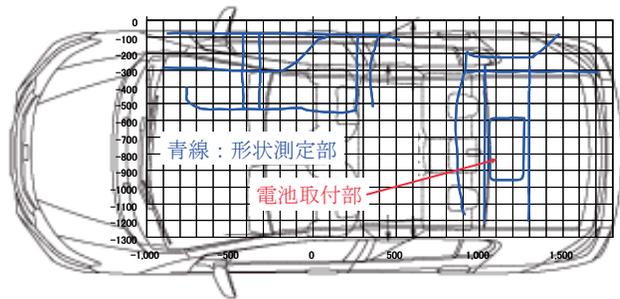


図 2 車両形状測定部位

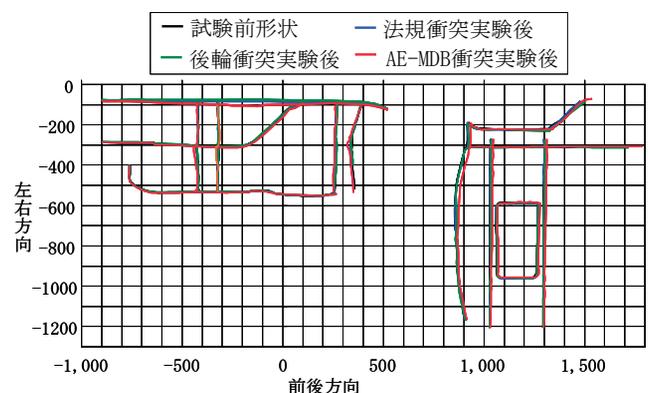


図 3 車両変形比較

今回の実験で、電池位置の変形がほとんど無かった理由に、この部位の変形を抑える構造が採用されていたことが考えられる。今回の試験車両では、電池搭載位置は、後輪車軸付近にある。そして、図 4 に今回の試験車の後輪サスペンションの写真を示す。これはトーションビーム方式の後輪サスペンション構造で、トーションビームが車両左右の後部長手方向構造部材の間に取り付けられている。この部材があるため、今回の試験車両の電池搭載位置に関して変形が少なくなったことが考えられる。

図 5 に後席シートおよび電池の写真を示す。今回の試験車両特有の構造で、後席シート下に車両横手方向に補強部材があった。さらに、電池を取り付ける部材もアルミパイプで車両強度部材の間に取り付けられていた。これらの部材も電池搭載部の変形を防ぐ効果が有ったことが考えられる。



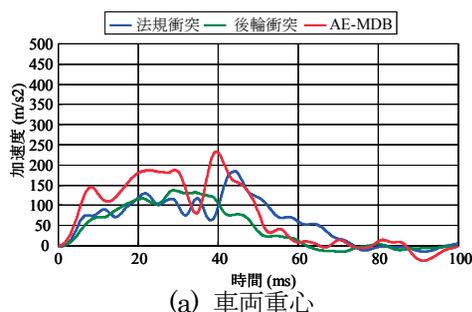
図4 後輪サスペンション部構造



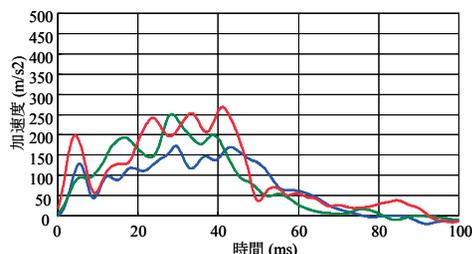
図5 後席シート，電池構造

図6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、AE-MDBが衝突車の場合が最も大きく、次いで法規衝突の場合で、後輪に衝突させた場合が最も小さかった。その差はAE-MDBと法規衝突でおよそ1.3倍の差があった。センタフロアクロス位置での最大加速度は、AE-MDBと後輪衝突がほぼ同等で大きく、法規衝突が最も小さくて、その差はおよそ1.7倍であった。リアフロアクロス部ではAE-MDBと後輪衝突がほぼ同等で大きく、法規衝突が最も小さくて、その差はおよそ1.5倍であった。駆動用蓄電池取り付け部では後輪衝突が最も大きく、次いでAE-MDBで法規衝突が最も小さかった。その差は後輪衝突と法規衝突ではおよそ1.9倍、AE-MDBと法規衝突でおよそ1.5倍であった。これらの結果から、乗員保護試験における衝突実験と、電池位置に衝突する実験では最大加速度に差が見られ、乗員保護試験で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の確認をすることは難しいことが考えられる。

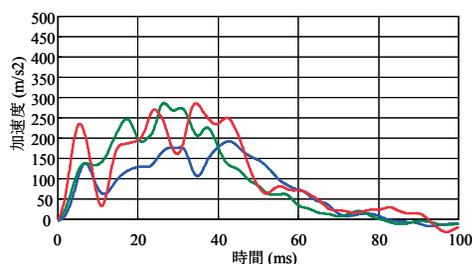
また、今回の実験では、衝突後の乗員の感電防止の確認も行っており、その確認方法は、駆動用蓄電池活電部と車体の絶縁抵抗を測定することで実施した。その結果、全ての実験で、衝突前後で絶縁抵抗は確保されていて、今回の試験車両において、実施した条件での衝突実験では、電氣的に安全であることが確認できた。さらに、全ての実験で駆動用蓄電池電解液の漏れも無かった。



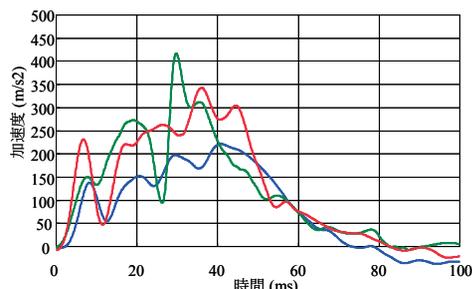
(a) 車両重心



(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6 車両各部加速度時間履歴図

3. ポール側面衝突実験

今回の実験では車両変形量は小さかったが、一般に今回の実験で模擬している車両相互事故より車両単独事故の方の車両変形が大きいことが言われている。そこで、過去に当研究所で実施した、車両単独側面衝突事故を模擬したポール側面衝突(試験車両はセダンタイプ小型乗用車)に関する研究結果について記述する。

実験条件について、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。この条件はE-NCAP (Euro New Car

Assessment Program) で行っているポール側面衝突試験と同条件である。

図7に、実験後の試験車の状況を示す。ポールと衝突している部位に関して、車両が大きく変形しているのが分かる。図8に実験後に測定した側面車の外板サイドシル部の車両変形を示す。外板の変形で約250mmサイドシルが変形していて、今回実施した実験のサイドシル部の最大変形の約30mmに対して大幅に大きかった。

表2 ポール側面衝突試験条件

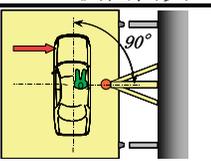
ポール側面衝突	
衝突形態	
衝突速度	29 km/h
衝突位置	ダミー頭部中心とポールの中心が一致
ポール直径	254 mm
衝突角度	90°



図7 ポール側面衝突試験後車両

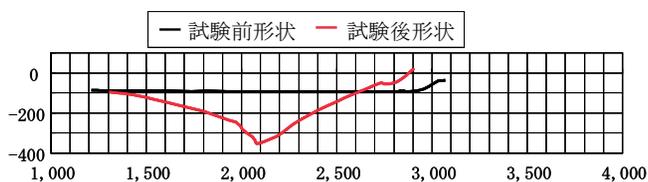


図8 ポール側面衝突による車両変形

図9に側面衝突事故調査における、死亡事故、重傷事故、軽傷事故の事故形態の割合を示す。事故調査は平成17～19年の3年分の事故データを調査した。事故データは(財)交通事故総合分析センターのものを用いた。事故データは、多重衝突と乗員がシートベルト非着用の事故を除く側面が変形した車両に乗っていた乗員の事故を用いた。この結果から、ポール側面衝突事故は側面衝突の中では1%以下で少ないが、死亡事故の中では20%と決して低くは無い割合となっている。

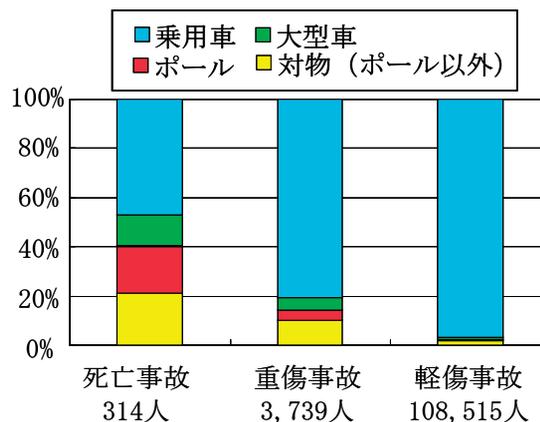


図9 側面衝突事故衝突相手 (平成17～19年)

これらの結果から、衝突時の車体変形量の大きい対物側面衝突事故は全体では少ないが、死亡事故では決して少なくはなく、また対物側面衝突事故の発生時に、今回の試験車両の電池搭載位置ではなく、フロア下に駆動用蓄電池の搭載位置が有る場合には車体の変形が電池搭載部まで及ぶことが考えられる。このことから、駆動用蓄電池の搭載位置について、変形が及ばない範囲に搭載する要件や、車両に搭載する駆動用蓄電池について変形衝撃に関する安全性の確認をする等の必要性について、さらなる検討が必要であることが考えられる。

4. まとめ

車両単独事故を考えた場合、車両の変形が大きくなるため、駆動用蓄電池の搭載部位の近くに加害物が衝突した場合は、電池にまで変形が及ぶ可能性がある。

このため、駆動用蓄電池搭載車両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条件の設定をして、事故時に電池搭載部に变形が少ないことを保証するか、ポール側面衝突実車試験もしくは駆動用蓄電池単体での圧壊試験などの電池の変形を伴う実験を実施して、駆動用蓄電池の変形に対する安全性の確認が必要であると考えられる。

また、駆動用蓄電池搭載部の最大加速度は、基準の乗員保護試験の衝突と駆動用蓄電池搭載部に近い位置に衝突する場合には、大きな差が見られた。

このため、駆動用蓄電池の衝突時の加速度の衝撃に対する安全性の確保については、基準の乗員保護衝突試験では確認することが難しく、駆動用蓄電池単独での加速度衝撃試験の実施など、加速度の衝撃に対する電池の安全性の確認が必要であると考えられる。

⑭ドライビングシミュレータを活用した通信利用型安全運転支援システムのヒューマンマシンインターフェース（HMI）に関する検証実験（続報）

自動車安全研究領域 ※児島 亨 波多野 忠 廣瀬 敏也 田中 信壽 桃井 恵美

1. はじめに

インフラ協調による安全運転支援システムとして、「路車間通信」により道路インフラからの情報を利用する「路側情報利用型」や、「車車間通信」により他車両からの情報を利用する「情報交換型」の実用化が検討されている。これらのシステムにおいてはドライバが路側インフラや他車両から受け取った情報から状況を正しく理解し、適切な判断及び操作が行えるように配慮することが重要である。通信利用型安全運転支援システムのヒューマンマシンインターフェース（Human Machine Interface, 以下「HMI」とする）に関して配慮すべき事項と具体例についてまとめた資料として、ITS推進協議会大規模実証実験WGが平成19年に発行した「インフラ協調による安全運転システムに係るHMIの配慮事項について」（以下、「HMIの配慮事項」とする）¹⁾がある。本資料において検討課題となっていた以下の2項目について、平成20年度に国土交通省からの受託調査として、交通安全環境研究所のドライビングシミュレータ（以下、「DS」とする）を用い、一般ドライバを対象とした検証実験を実施した。

- 1) 支援に必要な情報を受けられる状態であるか否かをドライバに提示することによる影響の有無
→以下、「サービスイン実験」とする。
- 2) 複数の伝達手段を用いることが安全性を後退させる場合があるか否かについて
→以下、「複数の伝達手段実験」とする。

検証実験の結果、上記2)の複数の伝達手段実験については、カーナビのモニタ画面上への分かりやすく簡易な文字及び図形情報と、スピーカーからの報知音及び音声情報を用いる場合においては、複数の伝達手段を用いることによって、不安全な運転行動を誘発する様なデータは観測されなかった。

一方、上記1)のサービスイン実験については、サービスインの開始を提示することによる、過信・依存等の運転行動への影響について確認した結果、全体傾向としてはサービスイン情報の有無による明確な差は見られなかった。しかしながら、一部の被験者において、サービスイン情報を提示後、接近車両に対し支援が行われなかった場合に、接近車両との衝突回避のための時間的な余裕が安全運転支援システムが無い場合よりも減少する運転行動が見られた。本結果について国土交通省が推進するASV（Advanced Safety Vehicle）プロジェクトの中のASV大規模実証実験WGにおいて検討した結果、さらに被験者数を増やし、上記の運転行動がある比率で起こり得るものなのか検証が必要との結論に至り、平成21年度に追加調査を行うことになった。以下に平成21年度に実施したサービスイン実験の概要について報告する。

2. サービスイン機能について

2. 1. 実験に使用したサービスインの仕様

本実験に使用したサービスイン機能の定義は、平成20年度と同様に表1に示す仕様とした。

表1 実験に使用したサービスインの定義

	定義
車車間通信	近辺の他車両と通信中であることをドライバに伝達する機能。
路車間通信	路側インフラを用いた支援が行われる場所であり、かつインフラが起動していることをドライバに伝達する機能。

2. 2. サービスイン機能に対する机上検討

サービスイン機能に対する懸案項目について机上検討した結果を表2に示す。路車間通信の場合と車車間通信の場合とでサービスインに対する懸案項目が異なることから、平成20年度と同様に、路車間通信、

車車間通信それぞれに対するサービスイン実験を実施した。

表2 サービスインに対する懸案項目（机上検討）

	サービスインを提示する場合の懸案項目	サービスインを提示しない場合の懸案項目
車車間通信	A) 通信車両の前後を走行する非通信車両の接近に対しても支援が行われるものと思いつく可能性がある。 → 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	(非通信の接近車両に対しても支援が行われるものと思いつく可能性がある。) (→ 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。)
	B) 接近してくる車両とは別の車両(駐車車両等)との通信によりサービスインした場合に、接近車両に対し支援が行われるものと思いつく可能性がある。 → 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	→ 懸案項目から除外 注1
路車間通信	C) サービスインが提示された場所では全ての接近車両に対し支援が行われることを期待し、待ち構える可能性がある。 → 路側インフラが車両を検知できない場合等、支援が行われずに接近した車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	D) 路側インフラが無い(支援非対象)場所であるにもかかわらず、支援対象場所であると思いつく可能性がある。 → 支援非対象の交差点等で、接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。
		E) 路側インフラが設置されていることをドライバーが学習している場所において、全ての接近車両に対し支援が行われることを期待し、待ち構える可能性がある。 → 路側インフラの休止時等、支援が行われない場合に、接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。

上記検討の前提条件: ドライバが通信利用型の運転支援システムに十分慣れていること。

注1 通信車両と非通信車両が混在することをドライバーは認識していると考えられるため、懸案項目からは除外可能。

3. 検証実験

3.1. 実験方法

一般ドライバーの運転行動を安全かつ効率的に計測するための手段として、DSの活用が有効であることから、平成20年度の検証実験と同様に、当研究所のDSを用い、実験を実施した。図1にDSの外観図を示す。モニター画面とスピーカーを車内に設置し、通信利用型安全運転支援システムからの情報(視覚情報及び聴覚情報)をドライバーに伝達できるようにした。

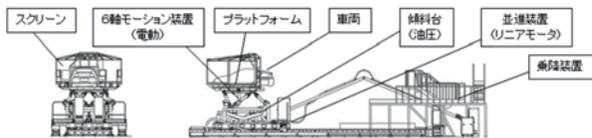


図1 DSの外観図

図2及び図3に本実験で用いたシナリオの模式図を示す。平成20年度と同様の出会い頭衝突防止システムを模擬した実験(以下、「出会い頭実験」とする)の他、平成21年度の実験では右折時衝突防止システムを模擬した実験(以下、「右直実験」とする)につ

いても実施した。

出会い頭実験(図2)では、被験者に一時停止交差点で停止後、右側から接近してくる車両を目視にて確認し、自分が行けると判断したタイミングで発進、左折して接近車両の前に入るタスクを実行させた。また、右直実験(図3)では、被験者に信号のある交差点で、接近してくる直進車両に注意しながら右折するタスクを実行させた。

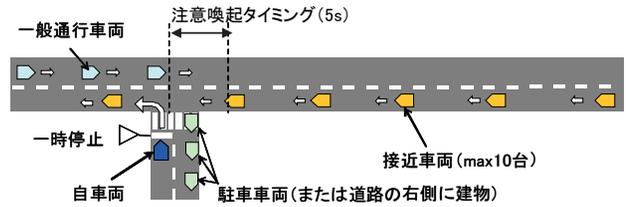


図2 出会い頭実験のシナリオ概要

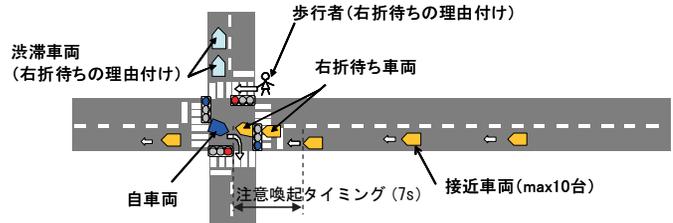


図3 右直実験のシナリオ概要

表3に本実験に用いたサービスインのHMIの仕様を示す。路車間通信と車車間通信におけるサービスイン機能の違いを考慮し、仕様を使い分けた。

表3 実験に使用したHMIの仕様

情報	視覚		聴覚	
	路車間	車車間	路車間	車車間
サービスイン	なし	ランプ点灯	ピンポーン 「ここは支援対象の交差点です」	ピンポーン 「近くの車と通信中です」
サービスアウト	なし	ランプ消灯	ピンポーン	ピンポーン
注意喚起	出会い頭実験		ピピピピ「右側からの車に注意しましょう」	
			ピピピピ「直進車に注意しましょう」	

実験結果に対する定量的な評価指標として、対象交差点において自車両が発進または右折のためのアクセル操作を開始した時点における、接近車両との衝突に対する時間的な余裕代(以下、「タイムギャップ(1)」とする)を測定した。タイムギャップ(1)の

値が大きい程、接近車両との衝突に対する時間的な余裕代が大きいことを意味する。図4に右直実験の場合における、タイムギャップ(1)の概念図を示す。

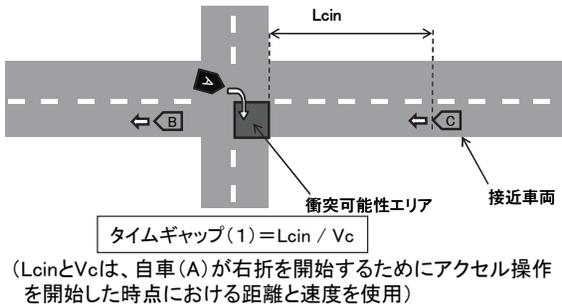


図4 評価指標の概念図(右直実験の場合)

表4に本実験に参加した被験者の構成を示す。平成20年度の実験では、表中の“一般ドライバー”のみを対象としたが、平成21年度の実験では、本システムが実用化された際にさまざまな層のドライバーが利用することを想定し、より幅広く設定した。

表4 実験に参加した被験者の属性

対象システム		被験者の属性 ^{注2}	人数
出会い頭衝突防止システム	路車間通信	一般ドライバー	5名
		ペーパードライバー	4名
		高齢者	4名
	車車間通信	一般ドライバー	5名
		ペーパードライバー	4名
		高齢者	4名
右折時衝突防止システム	路車間通信	一般ドライバー	3名
		ペーパードライバー	2名
		高齢者	3名
	車車間通信	一般ドライバー	3名
		ペーパードライバー	2名
		高齢者	3名

延べ42名

注2 一般ドライバー:20歳代~40歳代で日常的に自動車を運転する人
ペーパードライバー:20歳代~40歳代で自動車を運転する頻度が年間数回程度の人
高齢者:65歳以上で日常的に自動車を運転する人

3. 2. 実験結果

3. 2. 1. 路車間通信

表5に、路車間通信による支援が行われる交差点であることを被験者が学習している交差点において、サ

表5 路車間通信サービスイン実験結果(抜粋)

出会い頭実験	サービスイン	なし		あり	
	支援(接近車両に対する注意喚起)	正常支援	欠報	正常支援	欠報
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	5.70s	5.74s	5.48s	5.40s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.757 (有意な差ではない)		P=0.561 (有意な差ではない)	
右直実験	サービスイン	なし		あり	
	支援(接近車両に対する注意喚起)	正常支援	欠報	正常支援	欠報
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	4.79s	4.59s	4.75s	4.58s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.194 (有意な差ではない)		P=0.181 (有意な差ではない)	

ービスインを提示した場合としなかった場合とで、正常に支援が行われた時と支援が欠報した時のタイムギャップ(1)の平均値を示す。右直実験では欠報時のタイムギャップ(1)が正常支援時に比べ、0.2s程度短めになっているが、大きな差にはなっていない。また、出会い頭実験、右直実験ともに有意水準を5%としたt検定の結果では、サービスインの有無によらず、正常支援時と欠報時とで有意な差は見られなかった。

但し、個々の被験者のタイムギャップ(1)測定結果を、実験を実施した順に時系列に並べて確認した結果、出会い頭実験と右直実験で各1名ずつ、サービスインの有無によらず、正常に支援が行われた交差点の次の交差点で欠報した場合に、タイムギャップ(1)が顕著に短くなっており、システムに対する過信・依存等による影響と思われるデータが見られた。図5に出会い頭実験の例(サービスイン無し)を、図6に右直実験の例(サービスインあり)を示す。

以上の実験結果より、路車間通信においては、サービスインを提示することによって、それが直接的な要因と思われる様な運転行動への影響は見られなかった。但し、一部のドライバーでは、サービスインの有無によらず、支援が欠報した場合にシステムに対する過信・依存等によるものと思われる影響が現れた。

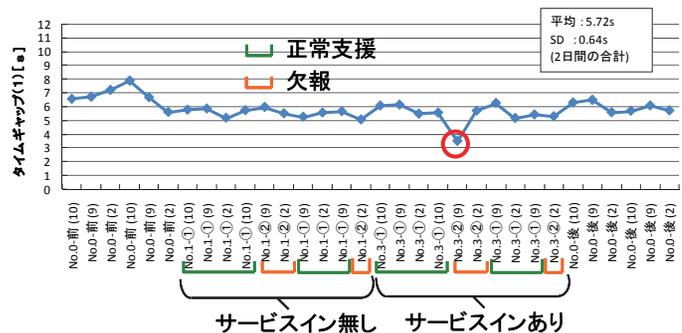


図5 支援欠報時のタイムギャップ(1)に変化が見られた被験者の例(出会い頭実験)

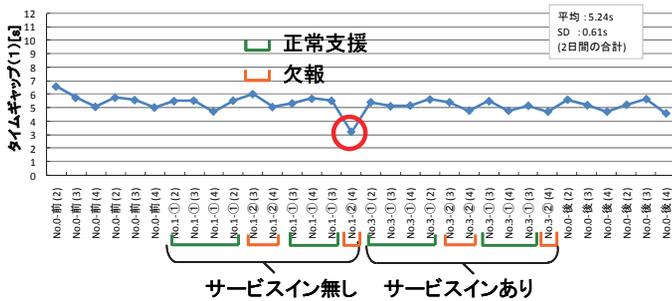


図6 支援欠報時のタイムギャップ(1)に変化が見られた被験者の例(右直実験)

3. 2. 2. 車車間通信

実験結果の中から、交差点ごとに接近してくる他車両のうちの1台(出会い頭実験は3台目、右直実験は2台目)のみが通信車両(支援が行われる)であった条件を抜粋し、サービスインを提示した場合となかった場合のタイムギャップ(1)の平均値を表6に示す。出会い頭実験についてはサービスインを提示した場合の方が提示しなかった場合よりもタイムギャップ(1)が短くなっており、有意水準5%のt検定においても有意な差が見られた。

表6 車車間通信サービスイン実験結果(抜粋)

実験	サービスイン	なし	あり
	出会い頭実験	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	5.83s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.002 (有意な差である)	
右直実験	サービスイン	なし	あり
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	4.59s	4.46s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.441 (有意な差ではない)	

図7に出会い頭実験について、実験終了後に被験者に行ったアンケート結果の抜粋を示す。サービスインに対し、「近くに車両がいることが分かるため、自らによる安全確認の負担が少なくなった」の回答が11%となっているが、この回答を選択した被験者は、車車間通信のサービスインを正しく理解せず、サービスイン中は全ての接近車両に対し支援が行われるものと誤解していたことが考えられる。また、「混乱するので煩わしい」の回答が22%となっていることから、本実験で用いた車車間通信のサービスインは、運転者にとって誤解や混乱の要因となりやすい仕様であったことが考えられる。表6に示した出会い頭実験のタイムギャップ(1)の差も、車車間通信のサービスインに対する誤解や混乱によって生じた結果であると

考えられる。

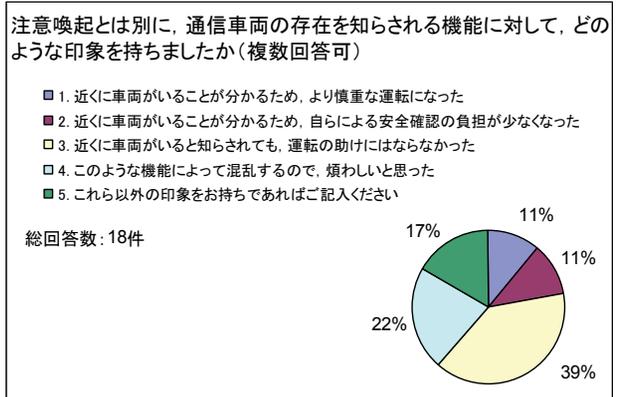


図7 実験後のアンケート結果抜粋(出会い頭実験)

4. まとめ

ドライビングシミュレータを用いて、一般ドライバーを対象にサービスインの有無による運転行動への影響について確認するための検証実験を行った。

実験の結果、路車間通信においては、サービスインを提示することによって、それが直接的な要因と思われる様な運転行動への影響は見られなかった。但し、一部のドライバーでは、サービスインの有無によらず、支援が欠報した場合にシステムに対する過信・依存等によるものと思われる影響が現れた。このことから、路車間通信においては、支援対象交差点であっても、支援実施が100%保証されるとは限らないことを運転者が理解できる様、情報の提示方法等について配慮することが重要であると考えられる。

これに対し、車車間通信のサービスインについては、本実験で用いた、他車両と通信が成立した時点でサービスインを提示し、通信が終了するまでの間、サービスイン状態を保持し続ける仕様では、ドライバーの誤解や混乱を生じやすいことが分かった。今後、車車間通信のサービスインを実施する方向で実用化検討する場合には、例えば通信の相手車両が支援を行う対象であることが分かってからサービスインを提示する、あるいは対象車両と衝突の危険性が無くなった時点で速やかにサービスアウトさせる等、ドライバーにとってより理解しやすくするための配慮が必要であると考えられる。

参考文献

1) ITS推進協議会大規模実証実験WG, 「インフラ協調による安全運転支援システムに係るHMIの配慮事項について」, 2007.11

⑮自動車の側面衝突時におけるカーテンエアバッグの効果について

自動車安全研究領域 ※細川 成之 米澤 英樹 田中 良知 松井 靖浩

1. はじめに

我が国では、これまで自動車乗車中乗員の死亡数を低減するために、自動車の乗員保護性能に関する技術基準及び JNCAP (Japan New Car Assessment Program : 市販車の安全性能を実車でテストし結果を公表する事により、安全性能の高い車両を普及させるための事業) を整備することにより対応してきた。出会い頭事故等に多い側面衝突事故についても同様に、現在の試験法は ECE/R95 をベースに実施している。一方で、車両側の対策として、近年、カーテン・サイド・エアバッグ(以下、CSAB「Curtain Side Air Bag」と記述する)を装備する車両が多く見られるようになってきた。CSAB は一般に、電柱や立木などの地上構造物との側面衝突時の乗員保護対策として効果が高い乗員保護装置とされてきたが、最近の研究により車両同士の衝突事故においても有効な対策であると考えられている¹⁾。

そこで、本報告では、自動車の側面衝突時におけるカーテンエアバッグの効果について、車両質量の異なる車種を用いて実車試験を行った結果について報告する。

2. 事故調査

市場での側面衝突事故の実態を把握するために、平成 17 年から平成 19 年までの 3 年間の側面衝突死亡事故について、衝突車及び被衝突車の車両質量に着目して調査を実施した。なお、分析の対象となる事故は、被衝突車が軽自動車及び普通乗用車の死亡事故に限定し、多重衝突事故やシートベルト非着用等を除外した。被衝突車と衝突車の車両質量別死者数を図 1 に示す。なお、衝突車死者数で示す数値は、当該質量の車両が衝突した場合の被衝突車側車両の死者数を示す。

被衝突車死者数の 77% が 1250kg 以下の車両であるのに対して、1250kg 以下の車両が衝突車となった場合の被衝突車側死者数は 27% であった。また、車両

質量が 1500kg 以上の車両は、被衝突側であった場合の死亡車事故が 7% なのに対して、衝突側となった場合は 57% であった。つまり、軽い車両は被害性が高く、車両質量の大きい車両は加害性が高いことが明らかとなった。

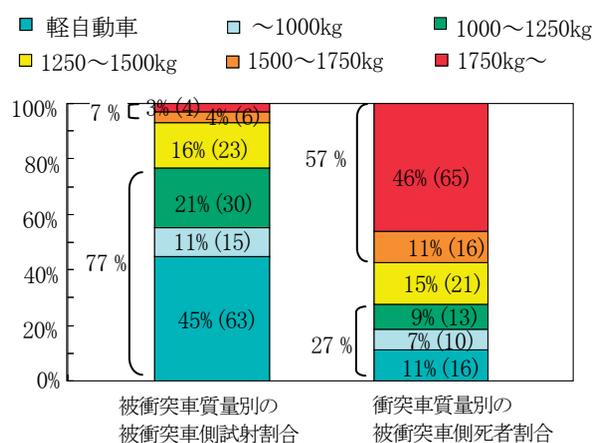


図1 側面衝突事故における被衝突車の質量別死者の割合 (平成 17 年~19 年:141 人)

3. 実車側面衝突試験

3. 1. 試験概要

側面衝突時において、側突車乗員の傷害低減に有効とされる CSAB の効果について、実車衝突実験により確認した。試験方法は、事故調査結果や乗車位置調査結果もふまえて、日欧の側面衝突試験法(衝突車速度 50km/h)を基本とし、ダミーの乗車位置は市場実態を考慮してダミー頭部重心が B ピラー中央と重なる位置に調節して実施した¹⁾。また、実験に用いる車両は、事故調査結果から小型普通乗用車と車両質量の軽い軽自動車を用いた。CSAB 有りとなしとの車両をそれぞれ同一条件で実験を行うことで、その効果について確認した。今回使用した試験車において CSAB 有りの場合は、サイドエアバッグ(SAB : Side Air Bag)も装備されているので合わせて SAB の効果の確認も実施した。

3. 2. 実験方法

3. 2. 1 衝突形態

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、衝突車としてECE/R95-MDBを用い、被衝突車として「CSABを装備していない車両」と「CSABを装備している車両」を用い、それぞれ1回の実験を実施した。衝突形態は、被衝突車右側面への衝突速度50km/hの直角側面衝突である。衝突車の側突車に対する衝突位置は、日欧の側面衝突試験法規と同様に、衝突車左右中心を被衝突車前席のSRP(Seating Reference Position)に一致させることとした。実験前の被衝突車のダミー搭載状況を図2に示す。

なお、後席にはCRS(Child Restraint Systems)および子供ダミーを搭載しているため、搭載条件により若干の質量差が生じている。

表1 実車側面衝突実験の衝突形態及び実験条件

		軽自動車	普通乗用車
衝突形態			
衝突速度		50 km/h	50 km/h
衝突車の目標位置		衝突車の車両中心と側突車のSRPと一致する位置	
ダミー搭載条件		ダミー頭部重心とBピラー前後中心が一致する位置	
衝突車	仕様	ECE/R95-MDB	
	質量	948 kg	
被衝突車	形状	5ドア・軽自動車	4ドアセダン型普通乗用車
	質量	969kg (CSAB有り) 958kg (CRSB無し)	1279kg (CSAB有り) 1253kg (CSAB有り)
	前席ダミー	衝突側: ES-2	衝突側: ES-2
	後席ダミー ^(*)	CSAB有り 衝突側: Q3s 反衝突側: -	CSAB有り 衝突側: Q3s 反衝突側: CRABI 6MO
		CSAB無し 衝突側: Q3s	CSAB無し 衝突側: Q3s

※本報告では後席ダミーの評価については述べない。



図2 ダミーの搭載状況比較

3. 3. 試験結果

3. 3. 1. 車体変形状況

図3に被衝突車の試験後の車体外板の胸部高さおよびヒップポイント高さの水平断面の変形状況比較を示す。変形量は、同じ車両のCSAB有り無しとそれぞれで比較すると、ほぼ同等であった。また、車両違いで比較しても、乗員搭載位置であるB-ピラー付近から車両前方では大きな差は見られなかった。

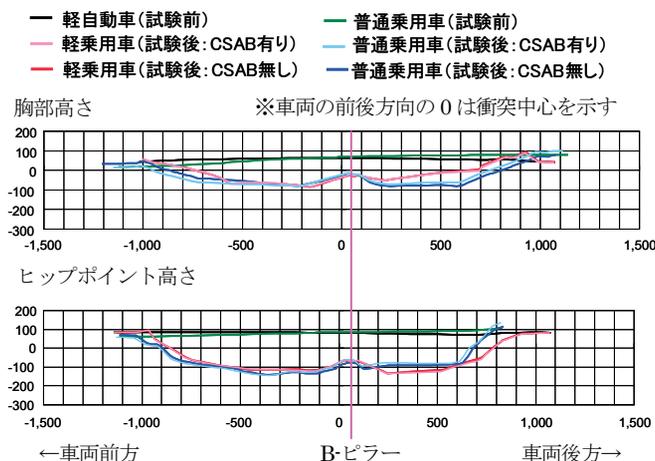


図3 試験後の外板変形状況比較

3. 3. 2. ダミー各部の最大傷害値比較

図4にダミー最大傷害値の比較を示す。

今回実施した各試験におけるダミー各部の最大傷害値については、いずれも法規基準を満たしていた。

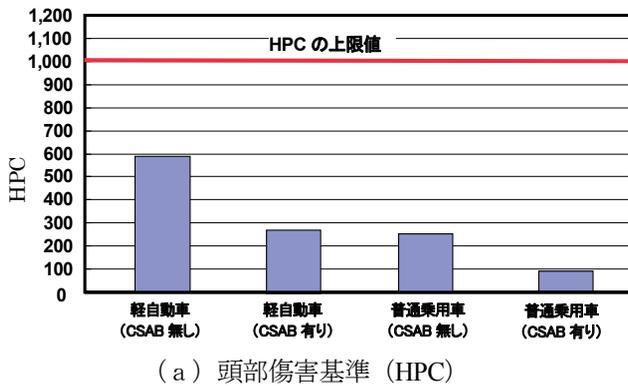
図4(a)の頭部傷害基準(Head Performance Criteria: HPC)の比較では、軽自動車及び普通乗用車ともに、CSAB無しに比べてCSAB有りの場合は、それぞれ約1/2及び約1/3程度に低減した。普通乗用車のHPCは、CSAB無しの場合で255、軽自動車では588と、軽自動車では普通車に比べると大きな値であった。

図4(b)の上部・中部・下部肋骨変位の最大値比較では、軽自動車においてサイドエアバッグによる低減効果がみられなかったが、普通乗用車では低減効果がみられた。

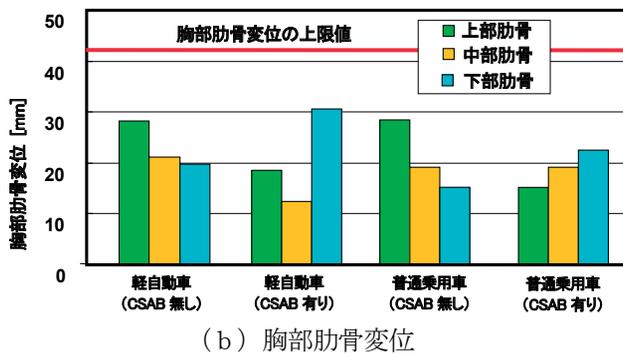
図4(c)の各胸部肋骨のV*C(Viscous Criteria: 胸部粘性基準)の最大値の比較では、胸部肋骨変位の場合とほぼ同様の傾向を示した。ただし、CSAB有りの場合において、V*Cの最大値で比較すると軽自動車の方が普通乗用車よりも大きな値を示した。

図4(d)の腹部荷重、恥骨荷重の比較では、腹部荷重は軽自動車の方が普通乗用車より高い結果となった。恥骨荷重は軽自動車の方が若干小さかった。ま

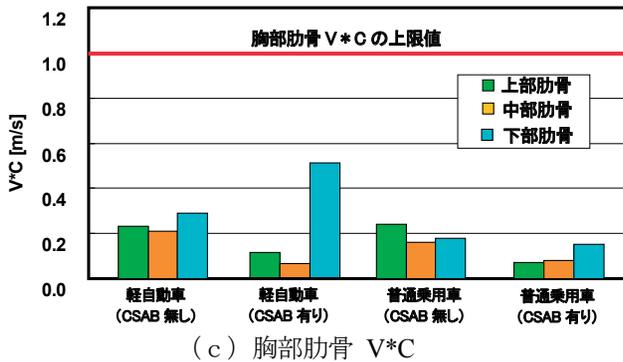
た、腹部荷重については、軽自動車ではサイドエアバッグによる低減効果が認められたが、普通乗用車の場合は認められなかった。



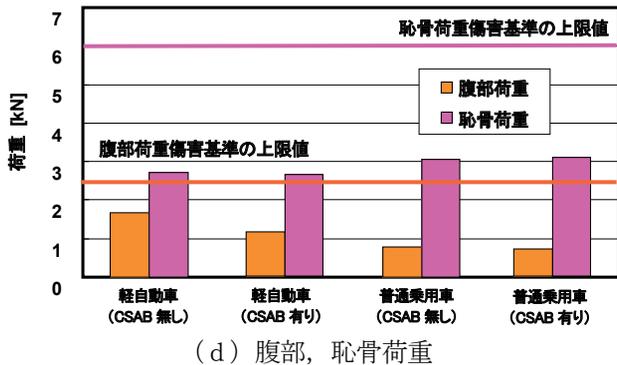
(a) 頭部傷害基準 (HPC)



(b) 胸部肋骨変位



(c) 胸部肋骨 V*C



(d) 腹部、恥骨荷重

図4 ダミー最大傷害値

3. 3. 3 ダミー各部最大傷害値の時間履歴

図5にダミー傷害値の時間履歴の比較を示す。

図5 (a) の頭部合成加速度時間履歴比較では、CSAB 無しの場合、どちらも約 50ms 付近で加速度が急激に立ち上がっていたが、軽自動車の方が普通乗用車より立ち上がり開始時刻が若干早く、また加速度の最大値では軽自動車が約 120G、普通乗用車が約 100G と軽自動車の方が約 1.2 倍大きかった。CSAB 有りの場合について、加速度波形を比較すると普通乗用車では約 30ms から加速度が緩やかに立ち上がり、軽自動車では CSAB 無しの場合とほぼ同等の約 50ms で急激に立ち上がっていた。最大加速度は普通乗用車が約 40G で軽自動車は約 80G と、軽自動車の方が約 2 倍大きかった。これは、普通乗用車では、CSAB の膨張部にダミーの頭部重心が衝突したのに対して、軽自動車では膨張部から外れて衝突したためと考えられる。

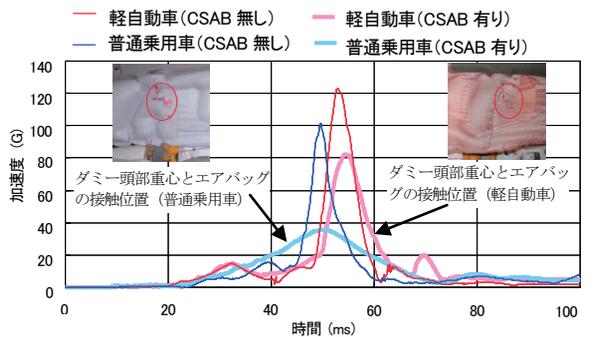
図5 (b) の胸部肋骨変位の時間履歴比較では、CSAB 無しの場合に、軽自動車の方が普通乗用車に比べて肋骨変位の立ち上がり時刻が早かった。また、中部肋骨と下部肋骨の立ち上がり時刻はほぼ同等であった。CSAB 有りの場合では、各肋骨変位の立ち上がり時刻は軽自動車と普通乗用車でほぼ同等であった。また、いずれの車種においておいても、上部肋骨に比べて下部肋骨の立ち上がり時刻が早い結果となった。

胸部肋骨変位の立ち上がり時刻及び最大値は、胸部から腹部にかけて展開するサイドエアバッグがダミーと接触する位置に大きく影響されるものと考えられる。すなわち、CSAB 有りの場合には、下部肋骨付近で展開したサイドエアバッグにより衝突による車室変形がダミーに伝達されるため、下部肋骨変位の立ち上がり時刻が早くなり、また、サイドエアバッグの影響により上部肋骨及び中部肋骨に比べて今回の試験結果のように下部肋骨の最大値が大きくなることもあると考えられる。

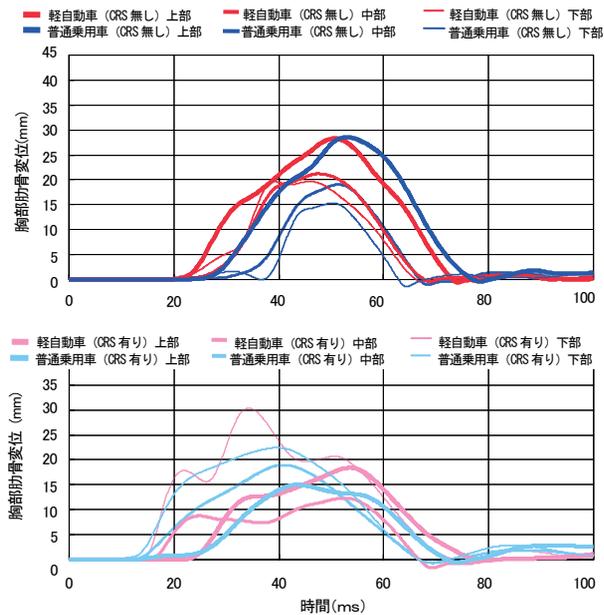
図5 (c) の腹部荷重の時間履歴比較より、腹部荷重では、CSAB 無しの場合、荷重の立ち上がり時間は軽自動車が約 28ms、普通乗用車が約 35ms と軽自動車の方が早く、最大荷重は軽自動車が約 1.7kN、普通乗用車が約 0.7kN と軽自動車の方が大きかった。CSAB 有りの場合、どちらの場合も約 20ms で荷重が立ち上がり、CSAB 有りの方が無しより立ち上がり開始時間が早かった。最大荷重は軽自動車が約 1.1kN、普通乗用車が約 0.7kN と軽自動車の方が大きかった。

図5 (d) の恥骨荷重の時間履歴比較より、CSAB 有りと無し、軽自動車と普通乗用車でほぼ同等の約

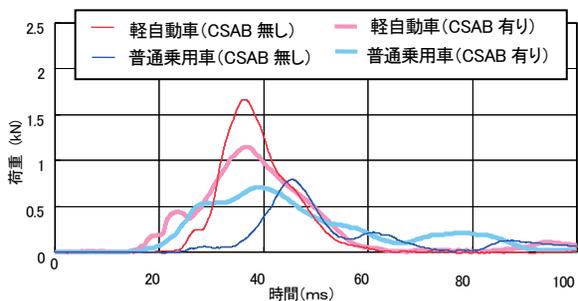
22ms で荷重の立ち上がり、最大荷重も約 3kN とほぼ同等であった。



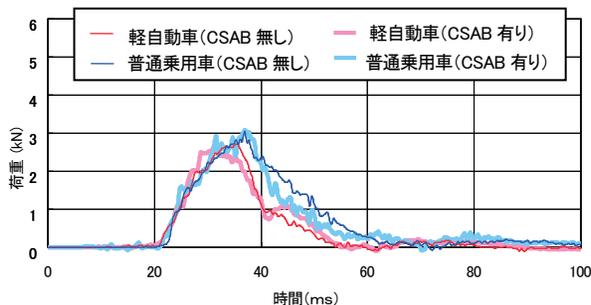
(a) 頭部合成加速度



(b) 胸部肋骨変位



(c) 腹部荷重



(d) 恥骨荷重

図5 ダミー傷害値の時間履歴

4. まとめ

自動車の側面衝突時におけるカーテンエアバッグの効果について、事故調査及び実車衝突試験による検討を実施した。以下に、今回得られた結果についてまとめる。

- 事故調査結果から、車両同士の側面衝突事故において、車両質量の軽い車両の被害割合が高い傾向がみられ。
- 今回実施した実車衝突試験において、全ての試験条件について、ダミー傷害値は法規の基準値を満足していた。
- 実車衝突試験において、軽自動車と普通乗用車では試験時質量に約 300kg の差があったが、車両の外形変形量に大きな差は見られなかった。
- 頭部傷害値に関しては、軽自動車及び普通乗用車ともに CSAB 無しに対して CSAB 有りでは傷害値が減少しており、CSAB の効果が認められた。
- 胸部傷害値については、今回の試験においては胸部肋骨変位および胸部肋骨 V * C ともに、特に下部肋骨において CSAB 無しに対して CSAB 有りでは傷害値が増加する場合がみられた。
- 頭部傷害値と腹部傷害値に関しては、CSAB の有無にかかわらず、今回の試験に使用した車両については軽自動車の方が普通乗用車より大きな値を示した。

本件は、国土交通省の受託調査「自動車の側面衝突時の乗員保護装置に係わる調査」の調査及び試験結果の一部をまとめたものである。

参考文献

- 1) Yonezawa, H., et al. "Investigation of New Side Impact Test Procedures in Japan" 21th ESV, Paper Number ,09-0369 (2009).

⑯大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故について

自動車安全研究領域 ※細川 成之 齊藤 皓二 田中 良知

1. 目的

大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故は、国土交通省が平成16年に実施した「大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故に係る調査検討会」以降、国土交通省による業界及び使用者への指導・啓発もあり減少傾向がみられる。しかしながら、平成20年4月の死亡事故、平成21年2月の負傷事故など依然として年間約40件の事故が発生している状況にあり、更なる対応が望まれる状況にある。

そこで、本報告では国土交通省に寄せられた情報に基づき、ホイールボルト折損による車輪脱落事故の状況について分析したので、その結果を報告する。

2. 大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故の発生状況

図1に大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故件数の推移を示す。国土交通省の集計によると、平成11年1月から平成20年12月末までに304件の事故が発生している。

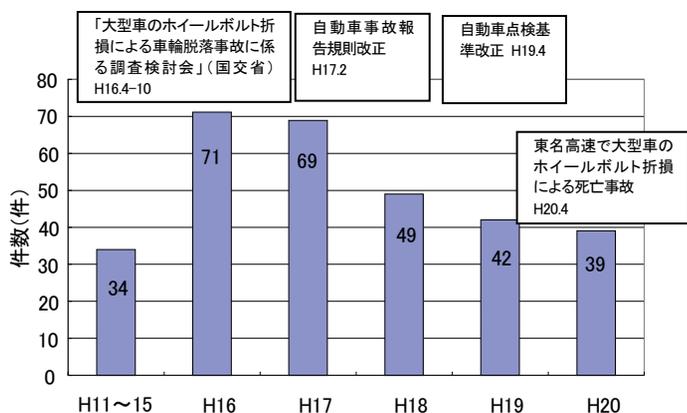


図1 大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故件数の推移

年別にみると、平成11年から平成15年までの5年間で34件であったのに対して、平成16年：71件、平成17年：69件、また平成18年から平成20年では毎年40件～50件程度となっている。平成16年と平成17年の事故件数が多くなっているのは、平成16

年5月から事故情報の収集を強化するとともに、平成17年2月に自動車事故報告規則を改正し車輪脱落を含む車両故障により運行できなくなった事故についての報告を義務化したことによると考えられる。

以降の分析は、平成16年に実施した調査¹⁾と平成17年～19年の3年間の事故を比較して実施した。

車齢別事故発生件数を図2に示す。平成16年に実施した調査では、車齢が増すにしたがい事故発生件数が増加する傾向を示し、車齢8年～10年を最大として減少傾向が見られた。これに対して、平成17年～19年の発生事故でも同様の傾向を示しているが、若干ではあるが長期使用車両の事故割合が高くなる傾向がみられた。これは、近年自動車の平均車齢が高くなっていることも影響していると考えられる。なお、車齢10年以上において減少しているのは車両保有台数の減少による影響なども考えられる。

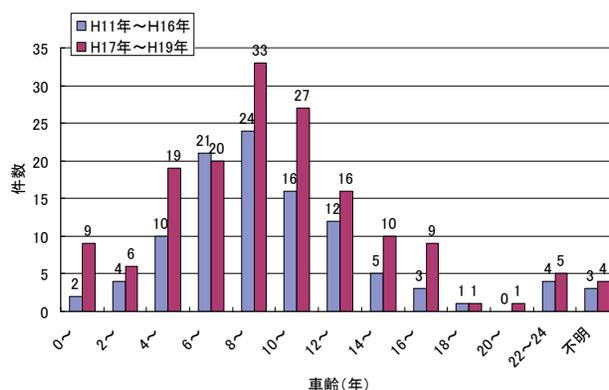


図2 車齢別事故発生件数

次に、走行距離別の発生件数について図3に示す。平成16年に実施した調査では、走行距離が増すにしたがって事故発生件数が増加する傾向を示し、50万km～75万kmを最大として減少傾向が見られた。これに対して、平成17年～19年の発生事故件数では、75万km～100万kmが最も多くなっており、走行距離の長い車両の事故件数が増加する傾向がみられた。これは、長期使用による走行距離の増加等の影響なども考えられるが、一方で、走行距離の長い

車両の点検整備が重要であることを示すものといえる。

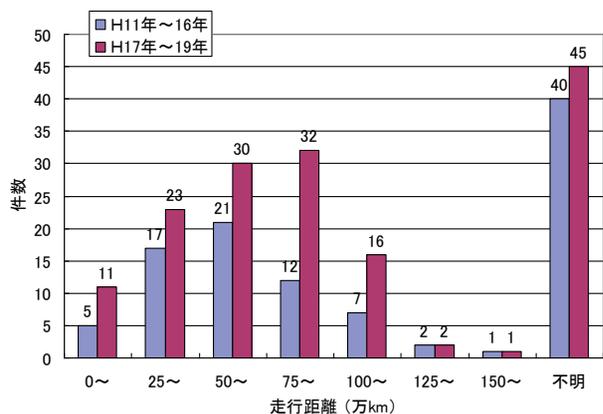


図3 走行距離別事故発生件数

次に、月別事故発生件数を図4に示す。いずれの調査においても、12月～3月の4ヶ月間の冬期に全体の半数の事故が発生しており、平成17年～19年の事故については、特に2月の発生件数が多くなっている。2月前後に脱輪事故が多いのは、晩秋から初冬の比較的短期間に夏用タイヤから冬用タイヤへの交換作業が他の時期に比べて集中することに注目すると、タイヤ交換作業時の何らかの締結不良がボルトの金属疲労等の要因となり、その後数ヶ月を経て折損に至る、といった事例が多いためではないかと考えられる。したがって、車輪脱落が集中する時期に重点的に点検整備を実施するだけでなく、タイヤ交換が集中する時期も同様に実施することも重要と考えられる。

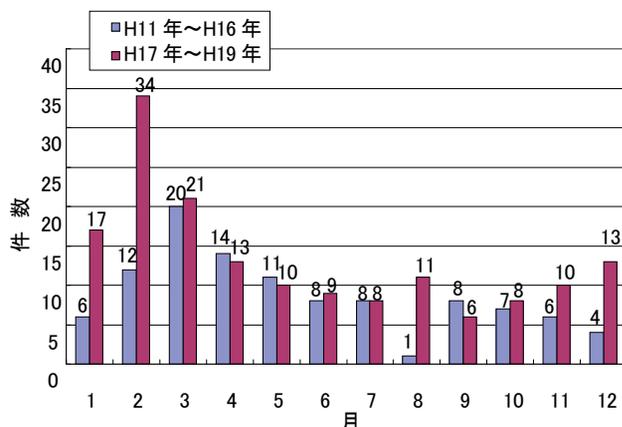


図4 月別事故発生件数

次に、タイヤの脱落箇所別事故発生件数を図5に示す。いずれの調査においても、不明を除くと95%以上が後輪で発生しており、特に平成17年～19年の事故においては、左後輪の割合が増えている。後輪に

ついては、一部を除き図6に示すJIS方式の締結方法を採用しており、ISO方式を採用していた車両は平成11年～19年の事故265件のうち2件(いずれも大型バス)だけであった。脱輪箇所が後輪に集中している要因としては、支持する荷重の大きさや駆動トルクといった後輪の機械的条件の厳しさや、大型車の後輪が運転席から離れているため異常に気づきにくいという点もあるが、後輪のほとんどがJIS方式の複輪である点に着目すると、タイヤの脱着作業及び点検時の要因が多いと考えられる。つまり、JIS方式では、内側と外側のホイールをそれぞれインナーナットとアウターナットで別々に締結するため、特にインナーナットの締結不良は外側ホイールを取付けた後では確認が難しい構造となっている。また、右側ホイールと左側ホイールがそれぞれ「右ねじ」、「左ねじ」と締結方向が逆向きであるために、インパクトレンチ等の工具を使って作業する場合に、緩める作業のつもりが締め付ける操作を行い、結果的に過締めとなりボルトやホイール座面を損傷してしまう可能性も考えられる。

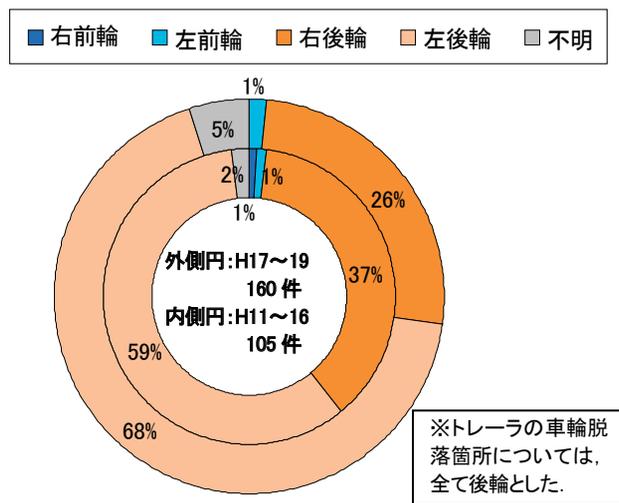


図5 脱落箇所別事故発生件数

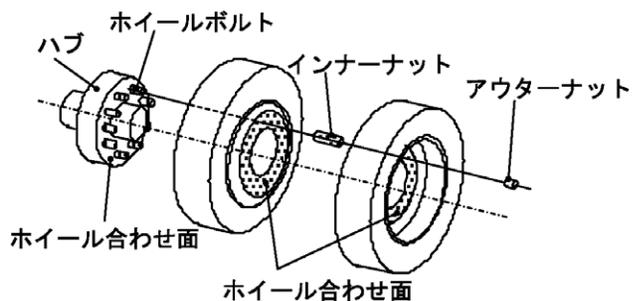


図6 大型車の車輪構造 (JIS方式, 複輪)

さらに、折損したボルトの検知についても、複輪ではアウターナットとインナーナットで外側ホイールを挟む構造であるため、アウターナットの増し締めだけを行う場合では、規定トルクで締結できる場合があり、結果的にボルトの折損を見落としてしまう可能性がある。

3. ホイールボルトの折損要因

平成17年から19年に発生した160件の事故について、事故状況等から推定した原因について分類した結果を表1に示す。

事故の原因が明確に特定できない事例がほとんどであったが、一方で、ホイールとホイールボルトの誤った組み合わせ（以下、誤組という）といった、明らかに整備段階での不具合が原因と考えられる事例が一定数みられた。JIS方式の複輪用ホイールボルトは、アルミホイール用とスチールホイール用でボルト長さが異なるため、誤組をするとインナーナットが複輪の内側ホイールを規定トルクで締結できず、結果としてボルトの折損の要因になることが指摘されている¹⁾。

インナーナット及びアウターナットの締結不良（「緩み（締結力不足）」または「過締め（規定トルク以上で締結）」については、事故後のホイールのナット座面の状態やボルトの伸び等からの推測であるが、ボルトの折損原因としては最も多くなっている。

表1 脱落事故要因の分類

原因	内容
ホイールとボルトの誤組	アルミホイール用ボルトにスチールホイールを装着：10件
ナットの締結不良	インナーナットまたはアウターナットの締結力不足、または過締め：20件
パンク	内側または外側タイヤのパンクによる偏荷重：2件
過積載	最大積載重量を大幅に越えた荷物を積載：2件
その他	球面座のめくれ等：1件

次に、脱落事故のうち、12ヶ月点検、3ヶ月点検及びタイヤ交換を伴う整備作業の実施日のうち事故発生日に最も近い作業日から事故発生日までの期間について図7に示す。サンプル数が少ないこともあり

明確な傾向を見いだすことは出来ないが、作業実施日から5ヶ月以内に約半数が脱落事故を生じていることがわかる。また、作業実施時から1ヶ月以内に脱落している事例も8件あり、このうち2件はアルミホイール用のボルトにスチールホイールを取付けた「誤組」であり、残りの6件についても直前作業がタイヤ交換を伴う作業等が多かった。以上のことから、タイヤ交換等の整備作業時にホイールボルトの締結不良を生じた場合には、早い時期に脱落に至る可能性が高いと考えられる。

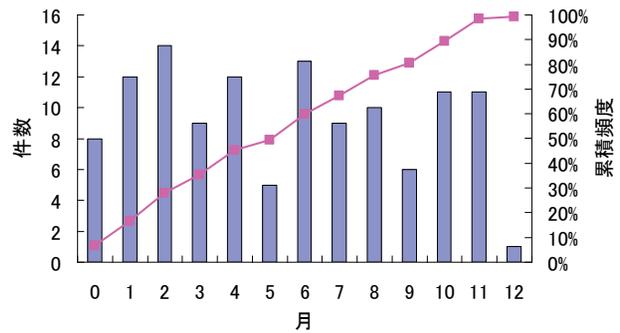


図7 直前の点検・整備から事故発生までの期間ホイールボルトの折損から車輪脱落までの経過については、脱落後のホイール及びホイールボルトの状態から、全てのホイールボルトが同時かつ短時間に折損することは考えにくく、ほとんどの事例において1本または数本のボルトが折損してから一定期間走行後に残りのボルトが折損して車輪脱落に至ったものと考えられる。これは、ボルトの締結不良があったとする事例等において、折損ボルトのうち数本のみで錆が発生していたことや、1～2本のボルトが折損せずに残っている事例が報告されていることから推測される。

したがって、車輪脱落事故を低減させるためには、タイヤ交換時のボルト等の状態確認や締結力管理はもとより、日常点検を含む定期的な点検・整備が重要であると考えられる。

4. まとめ

国土交通省に寄せられた事故情報からホイールボルトの折損による車輪脱落事故の状況とその要因についてまとめた。

- ・最近の車輪脱落事故は、長期使用車両および走行距離の長い車両で多発する傾向となっている。また、事故の多発する時期にも一定の傾向がみられ、

12月～3月に発生する事故については、タイヤの交換作業との関係について着目する必要がある。

- ・車輪の脱落箇所は、ほぼすべてが複輪タイプの後輪であり約7割が左側であった。また、締結方式はほとんどがJIS方式であった。
- ・ホイールボルトの折損要因については、国土交通省及び業界団体啓発活動にもかかわらず、ホイールとホイールボルトとの誤組やボルトの締結不良が多くみられた。
- ・タイヤ交換等の作業時に締結不良が生じた場合には早期に折損に至る可能性がある。
- ・車輪脱落事故はボルトの全数が同時に折損する可能性は低く、ボルト折損の初期段階または、その要因と考えられる締結不良を検知することにより、ホイールボルト折損による車輪脱落事故をこれまで以上に低減できるものと考えられる。

5. 車輪脱落事故防止策の現状

大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故の防止策として実施されている主な対策について以下に述べる。国土交通省では、自動車点検基準を平成19年4月1日付で改正し、大型車については日常点検時にホイールボルトの目視点検と点検ハンマなどを用いた点検（図8）の実施を、3ヶ月点検時にトルクレンチを用いたホイールナットの規定トルクでの締め付け等を、12ヶ月点検時にインナーナットとアウターナットを取り外した状態でボルト、ナット及びホイールを確認するよう義務づけている²⁾。また、車両メーカー及び関連団体においても、点検整備の啓発を行うとともに、国内の大型車メーカーについては、排出ガス規制（平成21年ポスト新長期規制）適合車から新・ISO方式のホイールを採用している。

ホイールボルトの規格（複輪）について表2に示す。JIS方式とISO方式の相異点として、まず一輪あたりのボルトの本数がJIS方式：8本、ISO方式：10本とISO方式では2本多い点が上げられる。ボルトの有効径は、JIS方式がM20（複輪の場合）なのに対して、ISO方式ではM22を使用しており強度的に優位であると考えられる。また、ホイールのセンタリングは、JIS方式ではナットとホイールとの接合部に球面座を用いることによりセンタリングを行っているのに対して、ISO方式ではハブ

とホイールのインロー部によりセンタリングを行っている。複輪の締結方法については、JIS方式では、内側ホイールと外側ホイールをそれぞれインナーナットとアウターナットで締結しているのに対して、ISO方式では1個のホイールナットで締結し単純な構造となっており、点検整備も比較的容易な構造と考えられる。

また、工具・検査機器メーカーにおいてはトルク管理型のナット締め付け器具や、ボルトの折損検知機器等の開発を実施している。

車輪の脱落事故を防止するためには、その原因となるホイールボルトの締結不良等を防止することが求められるが、一方で、点検整備においてもいち早く異常状態をチェックする方法を検討する必要がある。



図8 点検ハンマによる点検

表2 ホイールボルトの規格（複輪）

方式	日本	欧州	米国	
	JIS	ISO	ISO	SAE
PCD(mm)	285	355	285.75 一部 335	285.75
ボルト数	8		10	
ボルトねじサイズ	インナー：M20 x 1.5 アウター：M30 x 1.5	M22 x 1.5		
ナット座面	球面座		平座	
ホイールのセンタリング	ホイールナット球面座によるホイールボルトのセンタリング		ハブとホイール・インローによるセンタリング	
締め付けトルク	550 ~ 600 N m		600 ~ 650 N m	
構造（複輪）				

参考文献

- 1) 大型車のホイールボルト折損による車輪脱落事故に係る調査検討会報告書（平成16年）
- 2) 国土交通省ホームページ
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090314_2_.html

⑰夜間運転時における歩行者認知特性の解析と 予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用

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、塚田由紀

1. はじめに

夜間時において自動車事故は発生しやすく、特に死亡事故数は夜間時に全体の半数近くを占め、そしてその多くは対歩行者への事故である。茨城県警の平成21年事故調査¹⁾によると夜間運転時の対歩行者事故のうち9割超がロービーム使用しており、そのうちハイビームを使用していれば5割近くは回避可能という報告もなされている。こうしたことから13の各県警においてハイビームを基本とするような指導もされている。しかしながらこうしたハイビームの使用は、対向車に蒸発現象などを引き起こす要因となり、かえって危険ではないかという意見もある²⁾。こうした問題解決のためハイビーム/ロービームの自動切替する前照灯システムや配光を自動制御するADB(Adaptive Driving Beam)といったシステムの採用も図られつつある。このようにハイビームをより適切に活用するような動きが出ているが、対向車や歩行者との位置関係によってロービーム、ハイビームあるいはそれ以外の配光のどれを使用するのが適切か技術基準などで明確化されていないのが現状である。

本研究では、ドライバの視覚特性を画像で可視化するCGシミュレーション³⁾を用いて、前照灯の配光特性の変化により歩行者の見え方がどのように変化するかについて調べその改善方法について検討を行った。さらに予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用方法についても検討を行った。

2. 夜間運転時の視覚能力の低下と交通事故への影響

夜間運転時においてドライバは視力の低下やグレア感度の向上に伴う蒸発現象などにより、事故が発生しやすくなる。特に重大事故が起こりやすくなり、死亡事故数は夜間時に全体の半数近くを占める。また夜間事故の特徴としては対歩行者の事故の割合が増加し、特に高齢ドライバにおいてその傾向は顕著になる⁵⁾(図1参照)。

歩行者死亡事故のうち73%は道路横断中に起こっており(H21年中)、横断歩道外を横断中のケースが約50%を占め最も多くなっている(図2参照⁶⁾)。

また昼は自動車から見て「左側からの横断」と「右側からの横断」の事故の割合がほぼ同等であるのに対して、夜は「右側からの横断」の割合が多くなり約70%を占める(図3)。この原因の一つとして考えられるのが、ロービームの光学的な特徴(図4参照)である。対向車へのグレアを抑制する配光特性から右側の歩行者が視認しづらいのではないかと考えられる。

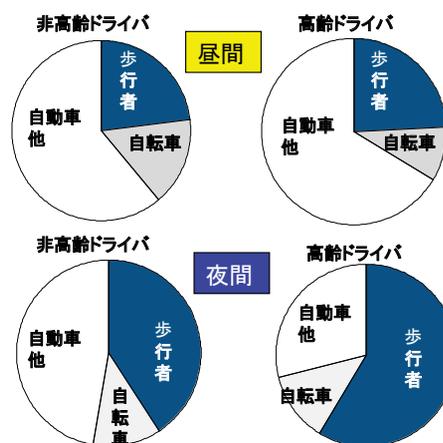


図1 自動車死亡事故の被害者の比率⁵⁾

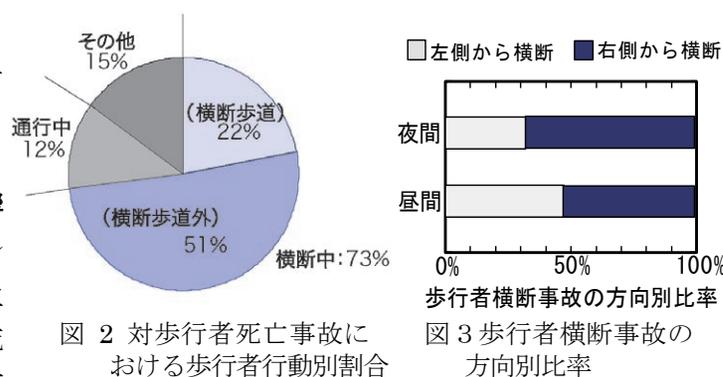


図2 対歩行者死亡事故における歩行者行動別割合

図3 歩行者横断事故の方向別比率

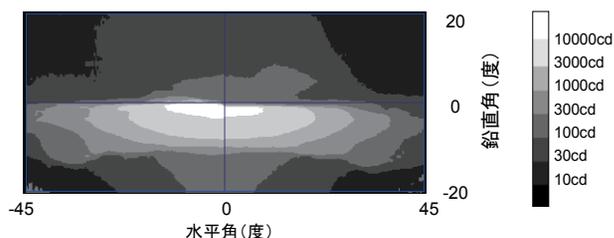


図4 ロービーム配光例

3. 視覚特性を考慮したドライバ視界のCG化手法

本研究では、前照灯による夜間運転時のドライバ視界の変化を、視覚特性を考慮して画像表示するCGシミュレーション⁴⁾を用いて解析を行った。

3. 1. 解析手法

本研究では対向車前照灯のグレア光幕輝度もCG上で描写するものとする。そのグレア光幕に関して眼球内光散乱を数値シミュレーションにより解析を行い、その可視化を行う。

水晶体の透過率や粒径は過去の実測データ⁷⁻¹⁰⁾に基づき表1のように設定した。データは、年齢20歳のドライバの平均値を用いた。

これらの水晶体データに基づき、図5に示すモンテカルロシミュレーションにより光幕輝度の算出を行う。

表1 水晶体光学特性

水晶体の屈折率	1.40
水晶体内の混濁粒子屈折率	1.55
混濁粒子の粒径	1 μm

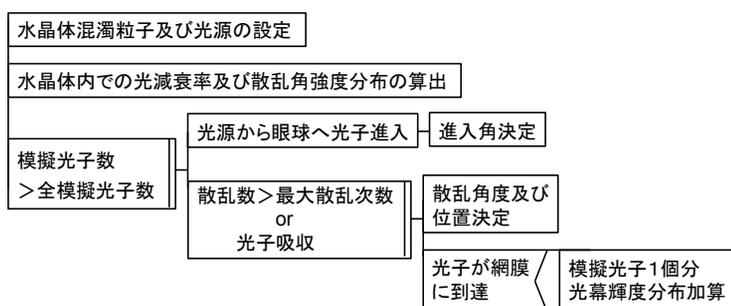


図5 眼球内光散乱の解析手法

3. 2. 設定条件

CGシミュレーションは、2台の車両がすれ違い走行する場合などについて実施し、対向車のすれ違いビームの見え方と2台の車両の前照灯照射による路面の輝度分布について解析を行う。その計算パラメータを表2に示す。路面反射率は15%、完全拡散反射とする。

歩行者や白線標識の反射率は80%を用いるものとする。前照灯の配光については実際に使用されているものの平均値を用いた。

表2 計算パラメータ

前照灯地上高	0.65m
2灯左右間隔	1.15m
ドライバの目の高さ	1.20m
背景条件	夜間
街路灯照射照度 ^{注1)}	鉛直面0.5lx 水平面3lx

注1) 交通量の少ない道路(住宅地区)を想定

道路は2車線、道路幅は7m(単車線は3.5m)とし、車両(ドライバの目の位置)はそれぞれ中心線から横2m位置を走行する(図6参照)。直線走行する場合について、自車両側のドライバから見たときの視界についてCG解析を行う。歩行者は高さ1m、直径0.3mの円筒状、無彩色で反射率20%と設定しその見え方について解析を行った。

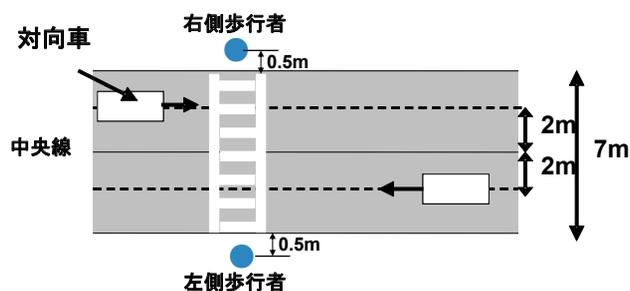


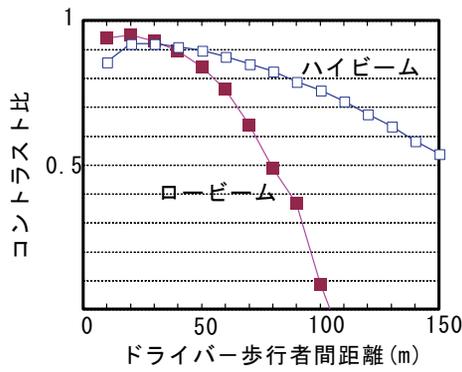
図6 道路設定条件

4. 解析結果

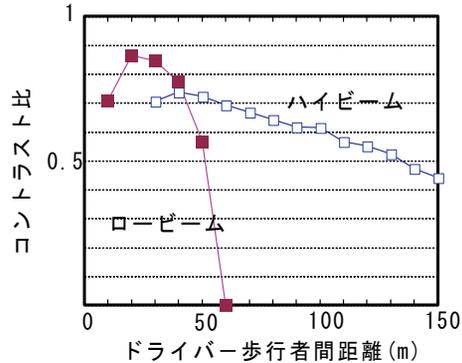
4. 1. 前照灯の配光による視認性の変化

図6に示す車道両側の歩行者の視認性を調べるため、歩行者と背景のコントラスト(足下での”歩行者輝度-アスファルト路面輝度)/歩行者輝度“で算出したものを算出した。その結果を図7に示す。なお対向車は存在しないものとした。

左側歩行者および右側歩行者いずれもロービームよりもハイビームの方がコントラストは向上しており、歩行者の視認性はハイビーム利用により改善されることが示されている。またすれ違いビームの場合には右側歩行者は左側歩行者よりも距離が長くなった場合のコントラスト低下が大きく視認性が低下しやすい。右側の視認性の低下が事故の起こりやすい原因のひとつとして考えられる。



(a)左側歩行者



(b)右側歩行者

図7 対向車がない場合の歩行者の被視認性

しかしながらハイビームの利用は対向車が存在する場合には、そのグレア光幕により視認性低下を引き起こす可能性もある。グレア光幕による見かけ上のコントラスト低下を考慮したCG解析(図8)による結果を図9に示す。対向車と自車両は同じビーム(2台ともハイビーム、あるいは2台ともロービーム)を用いているものとし、そのビームの全体的な効果について解析した。対向車位置は道沿いに歩行者直近の後方4.5m(横断歩道後ろの停止線を想定)とした。

グレア光幕の影響によりロービームよりもハイビームの方がコントラストは低下しており、対向車がいる場合にはハイビームの利用は逆に視認性を低下させる可能性があることが示されている。対向車の車両位置を変化させた場合の結果を図10に示す。対向車の距離によりグレア光幕の影響も変化する。

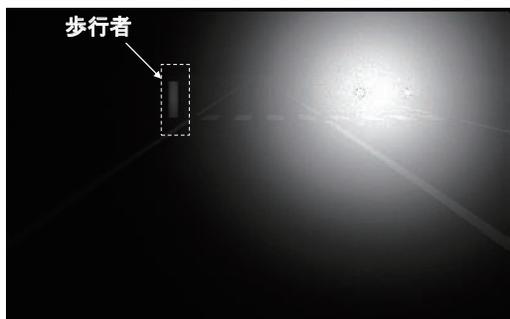
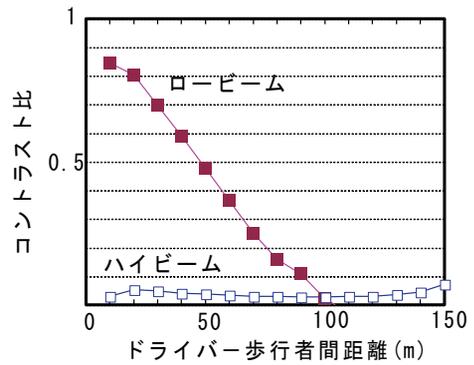
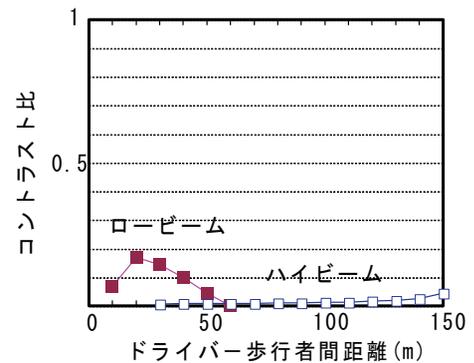


図8 グレア光幕が歩行者の視認性に及ぼす影響



(a)左側歩行者



(b)右側歩行者

図9 対向車のグレア光幕を考慮した場合の歩行者の被視認性

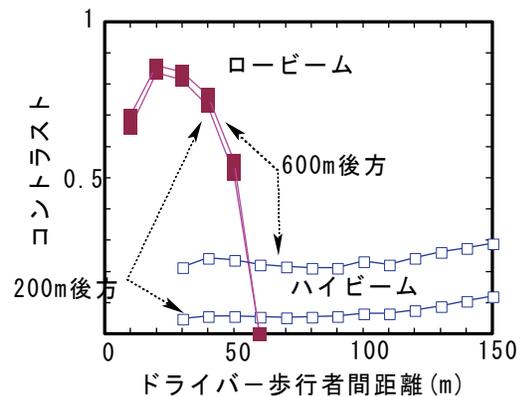
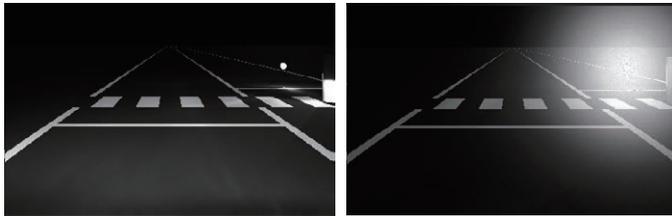


図10 対向車位置による右側歩行者の被視認性の変化

4. 2. 前照灯の配光によるグレア感の変化

ハイビームの利用は暗い夜道において歩行者の視認性を改善できるが、その反面、対向車が存在する場合には不快グレアあるいは減能グレアを与える可能性もある。前照灯の種類により(図11)、グレア感がどのように変化するかをH.-J.Schmidt-ClausenとJ.Th.H.Bidelsのモデル式により解析を行った。視線方向は進行方向とする。その結果を図12に示す。

対向車の位置により許容外のグレアが発生するため、その対応も必要になることが明らかになった。対向車の位置情報に基づきハイビーム/ロービームの自動切替などのきめ細かな制御を行うことにより、運転視環境への改善につながるものと考えられる。



(a) ロービーム (b) ハイビーム
図11 対向車前照灯による見え方の変化

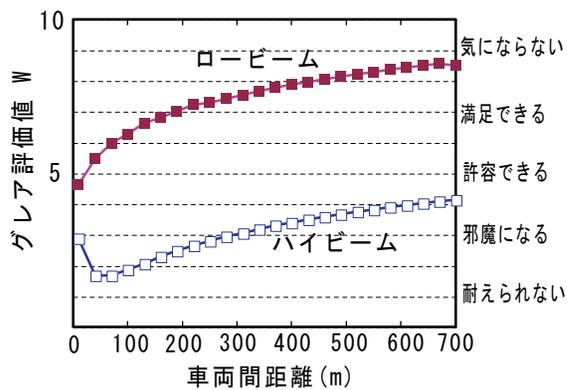
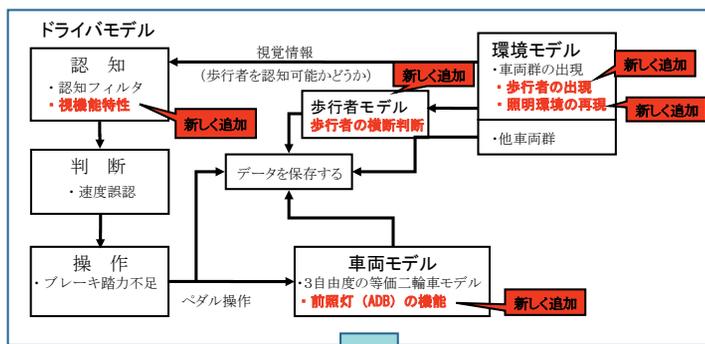


図12 対向車前照灯によるグレア感の変化

4. 3. 予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用

前照灯の改善による歩行者事故やニアミスの低減効果を定量的に評価するため、今回得られた夜間運転時の対向車の光幕輝度やコントラスト解析手法を予防安全支援システム効果評価シミュレータ(ASSESS)に組み入れ、ADBなどの効果を長期間の交通流シミュレーションの実施により評価するものとする(図13)。



事件事数及びニアミス件数の変化により、前照灯(ADB)の効果予測を実現

図13 視覚特性を組み入れた ASSESS の全体構成図

5. 最後に

夜間時において自動車事故は発生しやすく、特に歩行者事故が大きな割合を占める。この研究では視覚特性を考慮することができる CG シミュレーションにより、事故の発生しやすい夜間運転時のドライバ視界が前照灯によりどのように変化するか解析し、歩行者の被視認性を評価した。その結果を以下に示す。

- (1) 対向車がない場合あるいは遠方に存在する場合には歩行者の視認性はハイビーム利用により改善されるが、近くに対向車がいる場合にはグレア光幕により視認性が低下する可能性もある。
- (2) すれ違いビームの場合には、右側歩行者は左側歩行者よりも歩車間距離が長くなった場合のコントラスト低下が大きく視認性が低下しやすい。
- (3) 対向車の位置に応じてハイビーム/ロービームを適切に自動切り替えるなどのきめ細かな制御を行うことが安全性向上に有効である。

今後も CG シミュレーションや予防安全支援システム効果評価シミュレータの活用により各種自動車灯火器の効果評価や改善を行う。

<参考文献>

- 1)茨城県警察本部交通企画課：ライト切り替えによる交通事故防止 (2010) http://www.pref.ibaraki.jp/kenkei/02_koutsu/01_jikobousi/kawara/back_99.html
- 2)Mefford,M.L.,Flannagan,M.J,and Bogard,S.E.：実交通環境下のハイビームヘッドランプの使用について(2006), <http://www.umich.edu/~industry/PDF/UMTRI-2006-11-Japanese.pdf>
- 3)J-CAST ニュース：夜間走行は「ハイビーム」？「かえって危険だ」と困惑の声 (2007) <http://www.j-cast.com/2007/11/12013234.html>
- 4)青木：グレア光幕の加齢変化を考慮した運転視覚情報のコンピュータグラフィックス、自動車技術会論文集 (2009) 40-2, pp.567-572
- 5)三井ほか：高齢者の身体機能と交通死亡事故の関係、科学警察研究所報告交通編 (1995) 36-1, pp. 53-69
- 6)交通事故総合分析センター：ITARDA INFORMATION83 (2010) pp.1-12
- 7)草田他：レーザ散乱光による水晶体タンパク粒子径の測定、あたらしい眼科 2-5(1985)pp.725-728
- 8)中谷ほか：レーザ散乱分光法による人眼水晶体蛋白質粒子径の臨床測定、医用電子と生体工学 24-5 (1986) pp.310-314
- 9)小早川ほか：有色白内障における呈色原因について、あたらしい眼科 9-6 (1992) pp.1069-1072
- 10)J.Xu, J.Pokorny, V.C.Smith："Optical Density of the Human Lens,"J.Opt.Soc.Am.A 14-5, pp.953-960(1997)

⑱後写鏡の代替としてのカメラ・モニタシステムに関する調査

自動車安全研究領域 ※松村 英樹、塚田 由紀、岡田 竹雄
 交通システム研究領域 青木 義郎

1. はじめに

近年、駐車時や低速時に直接視界が確保出来ない死角部分の視認性を補う装置として、バックカメラやフロントカメラなどが搭載されてきている。一方、車両後方の視認性確保のため、現在、ドアミラーや室内ミラー（以下、これらのミラーを「後写鏡」という。）が設置されており、法規によりその必要要件が定められている。これらのミラーについても、後方の視認性向上等のため、カメラ・モニタにより代替することが望まれている（以下、後写鏡の代替となるカメラのことをカメラ・モニタシステム「CMS」という）。

本報告ではCMSの利用における懸念点を整理し、安全性に関する評価の考え方について検討を行う。さらにその中で重要と考えられる距離感の項目について被験者による評価実験を行うこととした。

2. 後写鏡およびCMSに関する考察

2. 1. 後写鏡の機能及び性能に関する考察

CMSによって提供すべき情報を整理するため、以下に後写鏡から提供される情報のうち、ドライバーが運転に必要とする主な情報を整理する。

- (ア) 後方の対象物の存在の情報
- (イ) 後方の対象物の同定のための情報
- (ウ) 後方の対象物との相対位置のための情報
- (エ) 後方の対象物との相対速度のための情報

CMSにおいても、これらと同様の情報提供が行わなければならないと考えられる。

後写鏡は、幾何光学的に反射板としての機能であるため、基本的に人間が直接目で見ていることとほぼ同等となる。そのため、後写鏡を使用する場合、人間の視覚機能を多数活用する。

2. 2. 後写鏡とCMSの相違点

後写鏡により自車両後方の交通状況を把握する場合、表1のように、ドライバーは自身の視覚機能（視力・色覚・運動知覚・焦点・両眼視差・瞳孔調整・コ

ントラスト調整など）を直接利用する。そのため、後写鏡の構造的（後写鏡の面積、曲率、設置角度、設置位置、反射率等）な制限が対象物に対する後写鏡の表示性能を制限すると考えられる。

ここで、CMSでは、図1のようにモニタ部分である表示機能とカメラ部分である視覚機能とが独立している。このような特徴を含めて、今回、後写鏡とCMSとの安全性の検討を最初に行った。

表1 視覚機能とCMS機能の対比

視覚機能	CMS	
	カメラ部	モニタ部
視力	撮像素子の分解能	解像度
色覚	色階調、コントラスト	色階調、コントラスト比
運動知覚	サンプリング周波数	フレームレート
焦点調整	光学的レンズ調整	—
両眼視差	ステレオカメラ	3D モニタ(*1)
瞳孔調整	絞り、露光調整	—
コントラスト	ダイナミックレンジ	コントラスト比

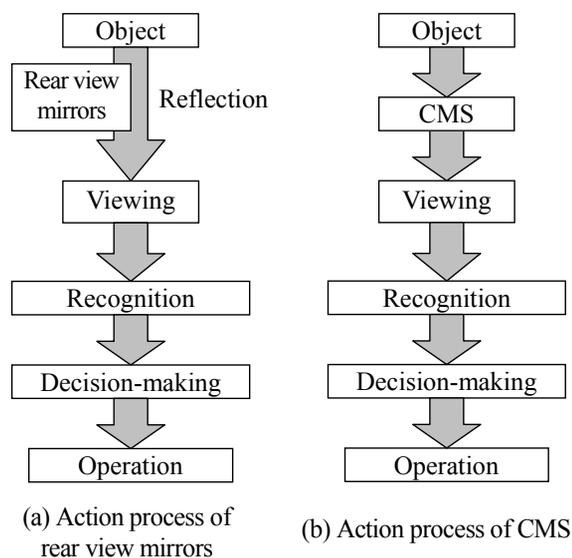


図1 対象物確認のためのプロセスの比較

3. CMSの安全性の評価に関する検討

3. 1. 懸念点の分類

CMS を使用する場合、安全上の懸念について、以下の3点を考慮し、(ア) から (エ) の分類で懸念点を整理した。

- (α) CMS が正常に作動すること
- (β) 後写鏡と同等以上の性能で表示すること
- (γ) CMS での視覚認知が後写鏡でのそれと同等以上であること

(ア) ハードウェアに関する懸念点

ハードウェア（主に電子装置）に関する安全上の懸念点

(イ) 視覚に作用する表示機能に関する懸念点。

CMS の表示機能とドライバーの視覚機能の連携における安全上の懸念点。

(ウ) 視覚認知に関する懸念点

CMS では、その表示性能がシステム全体に大きく影響するため、視覚性能に基づく人間の認知が、後写鏡の場合と異なることに対する懸念点。

(エ) その他の懸念点

その他の安全性に係わる懸念点。

3. 2. CMSでの懸念点の評価の考え方

本検討において、評価を行う上での基本的な2つの考え方を示す。第1の考え方は、「現在使用されている後写鏡に対して、それと同等以上の安全性が確保されれば、現状よりも安全性は低下しない」という考え方である。これは、後写鏡使用時に対する相対的な安全性の比較を示す。第2の考え方は、「運転一般に対する安全性への影響を評価」である。後写鏡とCMSに同様の事象が発生した場合、安全性が同レベルで低下することで、第一の結果が同等であったとしても、その事象が運転一般の安全性の観点から問題になることが考えられる。

以上の2つの考え方について、それぞれ以下のように評価クラスを設定する。

①後写鏡使用時に対する相対的な安全性比較

- A; 後写鏡使用時と同等以上の安全性であると推定。
- B; 後写鏡使用時に比べて特異な運転状況でのみ安全性が低下する懸念。
- C; 後写鏡使用時に比べて運転状況により安全性が低下する懸念。
- D; 後写鏡使用時に比べて安全性が低下する懸念。
- E; 不明な点があり安全性について比較できない。

②安全性への影響についての評価

- 大 ; 常時、事故に繋がる可能性
- 中 ; 運転状況により、事故に繋がる可能性
- 小 ; 特異な運転状況でのみ事故に繋がる可能性

3. 3. 懸念点の抽出及びその評価結果

CMSの安全性に関して、その懸念事項を抽出し、3. 1. 節の方法により分類した。更に、著者らの判断により 3. 2. 節の評価の考え方に基づき評価した。それらの結果を表2に示す。

4. 距離感に関する実験

4. 1. 実験内容

上記の検討により、多くの懸念点が抽出されたものの、今回はその中でも特に重要であると考えられる対象物への距離感について実車を用いた評価実験を行うこととした。

表2 安全性に関する検討結果

	No.	懸念点	抽出理由	ミラーに対する相対評価	安全性への影響
(ア)	1	カメラ故障時	α	A	中
	2	EMCによる誤作動	α	D	中
	3	カラー又は白黒	β	D	大
	4	リアルタイム性	β	D	大
	5	ブルーミング	β	A	中
	6	昼光対策	β	D	大
(イ)	7	画像品質 (露出、画素数など)	β	D	大
	8	フレームレート	β	D	大
	9	カメラのダイナミックレンジ	β	D	大
	10	露出基準の設定	β	E	大
	11	焦点の自動調整	β	C	大
	12	ズーム機能	β	D	中
	13	夜間の露光の適応	β	A	中
	14	夜間のモニタ画像の明るさ	β	B	小
	15	1つのモニタでの表示カメラ数	γ	D	大
	16	カメラレンズの種類	γ	A	大
	17	画面の縦横比率	γ	D	中
(ウ)	18	対象物の検知	γ	E	中
	19	対象物の同定	γ	E	大
	20	距離感	γ	E	大
	21	相対速度感	γ	E	大
	22	物体の立体認知	γ	E	大
(エ)	23	追加機能(運転支援など)	α, β, γ	E	中
	24	レンズへの異物付着	β	C	大
	25	振動の影響	β	E	大
	26	CMSの場合は、自車の一部を写しておく必要がある	γ	D	大
	27	カメラ及びモニタの設置位置	γ	E	大
	28	表示すべき範囲	—	A	大
	29	頭部移動による見える範囲	γ	A	中
	30	ナイトビジョン・赤外線カメラ	α, γ	E	小
	31	ワイヤレス機能	α	D	中

本実験では、被験者が車両の後方に固定した実際の対象物に対する距離感をドアミラーで確認し、次にモニターで確認する。その際、モニターに表示させる画像については、被験者車両と対象物の距離を変化させた映像をモニターに表示させる。ミラーによる実際の距離感と、各距離での映像とを比較することにより距離感を評価を行う。更に、モニターサイズを変化させた映像をモニターに表示して同様の比較を行うことにより、モニターサイズの変化による距離感への影響を検討する。

被験者は運転歴3年以上で週1回以上運転するものとした(計15名)。また、視力については両眼で0.7以上のものとした。

比較するミラーの曲率半径は1320mmとし、また各種変化させたモニターの条件は表3に示すとおりである。また、図2に例を示すように、ミラーによる像とモニター表示画面による像とは同じ状況を表示するようにし、モニターサイズを変えても全体の画像を縮小して表示した(自車の左側を視認する場合の例)。

表3 モニターの表示サイズ

表示サイズ	縮小率	表示サイズ (インチ)
1	1.000	7.0
2	0.810	5.7
3	0.656	4.6
4	0.531	3.7
5	0.430	3.0

なお、モニターの設置位置についてはフェンダミラーを想定したときの線上の位置に設定した(図3)。

4. 2. 実験手順

以下の手順で実験を行う。

- ① 実験条件の設定(対象物、ミラーサイド)
- ② 被験者の着座(目をアイポイントに固定)
- ③ 表示サイズを設定(5段階)
- ④ ドアミラーにより対象物の距離感を確認
- ⑤ 表示する対象物の距離を設定
- ⑥ モニターにより対象物の距離感を確認
- ⑦ 被験者による評価
- ⑧ ③~⑦を各表示サイズ、各距離において評価

対象物は、自転車と車とし設定距離の条件を表4に示す。また、距離感に関する評価は、被験者によるアンケート形式とし、表5の7段階の評価項目から選択することとする。評価「1」がミラーよりも非常に遠くに感じ、評価「4」でミラーと同等の距離感、評価「7」でミラーよりも非常に近く感じる評価となる。



図2 ミラーの鏡像(上)とモニター表示画像(下)の比較

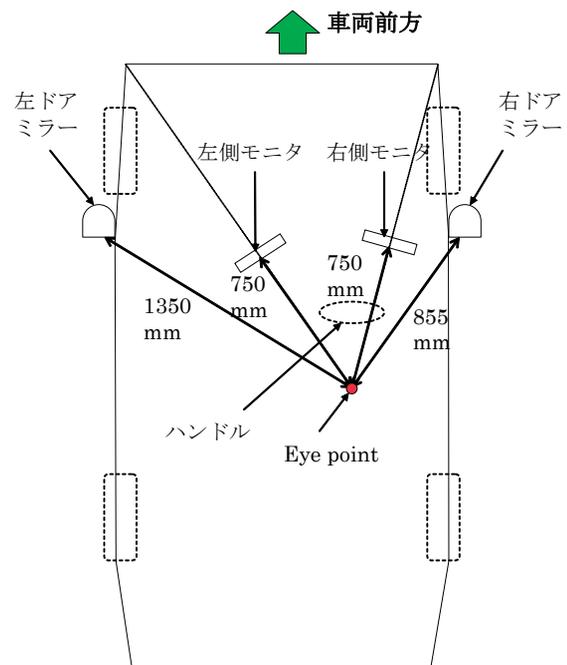


図3 モニター画面の設置位置

表4 対象物の設定距離

	対象物	設定距離 [m]
ミラー	自転車	30
	車	30
モニタ	自転車	15, 20, 25, 30, 35, 40
	車	15, 20, 25, 30, 35, 40, 60

表5 距離感実験における評価項目

評価	内容
1	ミラーよりも <u>非常に</u> 遠く感じる。
2	ミラーよりも 遠く感じる。
3	ミラーよりも <u>やや</u> 遠く感じる。
4	ミラーと同じに感じる。
5	ミラーよりも <u>やや</u> 近く感じる。
6	ミラーよりも 近く感じる。
7	ミラーよりも <u>非常に</u> 近く感じる。

実験条件としては、左ミラーを使用して自転車の左折巻込みを想定した場合(実験ケース[I])、左ミラーを使用して車の車線変更を想定した場合(実験ケース[II])、右ミラーを使用して車の車線変更を想定した場合(実験ケース[III])の3種類とした。

4. 3. 実験結果

今回の距離感に関する評価結果例を図4に示す(実験ケース[II]に相当する自車の左側後方の車の場合)。横軸が対象物までの距離であり、縦軸は表5に示す評価結果である。この結果から、モニタ画面の大きさが大きくなるにつれて近く感じる事が理解される。

今回の実験において、ドアミラーで距離感を確認した時の自車両と対象物の間の距離を30mに固定とした。そのため、モニタ上の対象物の位置が30mの時の評価が「4」であれば、ドアミラーでの距離感はモニタでの距離感と一致することとなる。図4に示す条件では、モニタ画面の大きさが5.7インチのときにミラーと同等の評価結果となった。他の条件の時の結果もあわせて考えると、モニタ画面の大きさが約6.4インチの大きさが相当すると推定された。距離感に関するデータの詳細については現在解析中のところである。

5. まとめ

今回、後写鏡の代替としてカメラ・モニタシステム(CMS)を使用した場合について、使用上の懸念点を抽出し整理した。また、その中で重要度が高いと考えられる距離感に関して、静止した状態の実車を用いた評価実験を行った。

距離感以外にも、速度感、対象物の同定の容易さ等についても評価すべき重要な要件と考えられ、今後も引き続き評価実験を行う予定である。

なお、本調査は、(財)自動車基準認証国際化研究センターの委託調査「間接視界要件におけるカメラ・モニタ使用許容範囲に係る調査」により実施したものである。

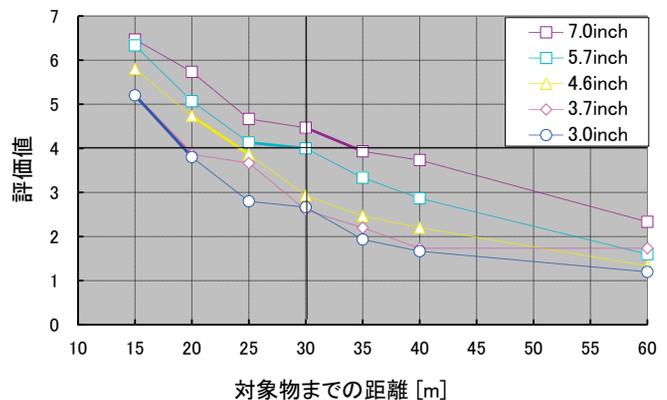


図4 距離感実験結果例(左ミラー, 車, 車線変更)

⑲ シミュレーション技術と鉄道信号の安全

交通システム研究領域

※吉永 純 工藤 希

1. 研究の背景について

鉄道は地上・車上の膨大な部品群で構成された大きなシステムであるが、輸送力増、遅延防止等の利便性向上等を目指し信号システムのデジタル化等の技術革新も日々進められている現状である。

しかし開発された新システムの導入により安全性が低下することは許容されない。信号システムについては、既存のシステム以上の安全性があることを検証するために他産業同様、FTA (Fault Tree Analysis)、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) の両解析技法が一般的に使われ、加えて近年では 2002 年に発行された IEC62278 (RAMS 規格)、IEC62279 等の安全性解析手順を規定する国際規格及びこれらを引用する多くの近年制定又は改定された IEC 規格群の影響により、特に海外向けの鉄道製品についてはこれらに定められた手順への適合性、さらには子規格といえる EN50129 (Safety Case) に参考値として示されている安全率の具体的数値 (Safety Integrity Level) を満たしていることを示すために、多くの時間とコストをかける事例が多くなっている。これらの規格は、バランス良く安全性・信頼性・可用性等の要素を評価できる手法である反面、複雑なシステムほど検証作業工数・書類作成が膨大になる性質を有しているためである。

当研究所では、鉄道システム全体における RAMS 規格に沿った安全性・可用性等について簡易に評価する動的なシミュレーションを開発し、システム全体を定量的に評価する手法の開発を進めてきたところである。これらの成果を受け、現在、機器故障や人的なヒューマンエラーに起因する不具合が、システムへ影響を及ぼす影響等について、ボトムアップ的な数量的解析手法により検討する機能を有したシミュレータを今年度末に完成させる工事中である。本稿ではシミュレータの機能と役割について述べたい。

2. シミュレータの開発について

2. 1. 安全性評価シミュレータ概要

鉄道安全性評価シミュレータ (以下単に「シミュレータ」という。)は、主に4つの機能を有している。(1)は他列車が走行する中での自列車の手動運転機能であり、(2)は複合的な事故の多角的視点からの解析のための機能であり、いずれも本シミュレータの主要機能であるが、本稿では(3)(4)を中心に述べる。

- (1) 鉄道運転シミュレータ機能
- (2) 運転状況記録装置データによる状況再現機能
- (3) 安全性評価シミュレーション機能
- (4) 任意路線・信号保安装置作成機能

図1に、シミュレータの機能構成図をまとめる。

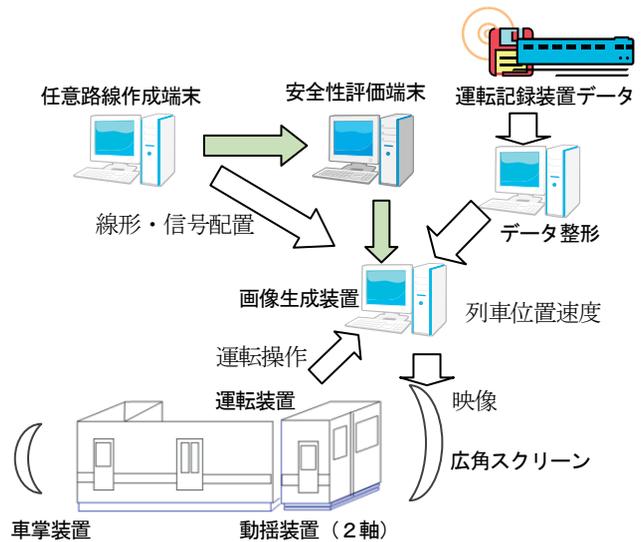


図1 シミュレータ機能構成図

安全性評価シミュレーションは、図1のうち「評価端末」において実行される最大100倍速の高速シミュレーション機能である。評価対象とする路線形状は任意路線作成端末により作成した路線であり、機器・走行列車に、事前に設定した確率によりランダムに生じる故障を与えて、列車運行に与える影響を評価するものである。故障発生はログ記録され、必要によってはその状況を前後方映像による運転シミュレーション

として再生することが可能な設計として開発を行っている。

2. 2. 路線作成機能

運転教育用シミュレーションに使用する鉄道路線の場合、極めて高精度かつ風景映像まで含めた膨大なデジタルデータの作成が必要であり、そのためには大規模な工数が必要であった。本シミュレータにおいては映像の逼真性の必要が相対的に低いことから、駅ホーム、鉄道信号機、橋梁、周辺建物、踏切等の映像は事前に作成した標準データベース上のデータを組み合わせることで表現することにより、運転走行を十分に体験できる品質を維持しつつ、高度な画像処理等の専門技術を有しないユーザの能力でも、信号機の配置された線路上を走行できる路線を作成する機能を開発することとした。具体的には、ユーザ側での路線作成をしやすい以下の作成手順と入力インターフェースを設けることとした。

- (1)路線図形式での線路線形（曲線、カント、勾配）設定
- (2)路線図形式での鉄道建設物、路盤種類等の設定
- (3)路線図形式での分岐器番数、緩和曲線の設定
- (4)路線図又はキロ程により、表形式での軌道回路、信号機、信号機に付帯する地上子、各種標識類の配置設定（外部ファイルからのインポートも可能）
- (5)地上信号機及び分岐器の連動の表形式での設定
※連動図表における鎖錠、信号制御又はてっ査鎖錠に関する関連性により入力する
- (6)地上信号機動作の論理矛盾チェック及びプレビュー
- (7)線路周辺建物を配置（航空写真を利用する機能あり）

この機能では自由な路線作成に加え、実際の鉄道路線においては固定的となっている、たとえば軌道回路割（信号機配置の間隔）については列車のブレーキ距離等から理論的に決定されて変更が難しいものについて、車両性能向上に伴う変更や軌道回路分割のようなシミュレータ上でのデータ変更が容易に行うことができる。

2. 3. 故障シミュレーション機能

2. 2で作成した路線において、以下の設備故障及びヒューマンエラーを模擬した異常を確率的に発生させることにより、路線における信号装置の可用性、安全性についてシミュレーションを行う機能である。

列車運行は後述するダイヤ設定された列車を模擬しており、想定しえないような故障・異常が発生した場合の安全性も含めた長期間でのシミュレーションを行うことができる。

2. 3. 1 設備故障シミュレーション

故障が設定できるものとしては、信号機、連動装置、分岐器（転てつ機）に対して、故障種別と故障発生率をパラメータ設定する機能を開発している。

現状では、故障の結果以下の現象が発生するように機能を製作している。

- (1)常置式信号機の異常現示
- (2)保安装置（ATS）の異常動作（不作動、異常作動）
- (3)連動装置の異常動作（固着）
- (4)分岐器（転てつ機）の不転換、トングの不圧着

2. 3. 2 ヒューマンエラーシミュレーション

運転中の列車に対し、次の異常が確率的に発生する設計とした。異常状態の発生確率は、発生率の低い「通常」モードから高い「圧迫」モードに状態遷移（逆に確率的に低位モードにも推移）する過程をたどるように構成することで、異常の発生確率が単純化せずより現実的となるようにしている。異常発生の結果として、以下の現象が発生するように機能を製作している。

- (1)分岐器、曲線での速度超過
- (2)停車駅の誤認（駅進入速度の超過）
- (3)信号機の誤認（信号機指示速度の無視）
- (4)ブレーキタイミング遅れ（秒数は多段階）

2. 3. 3 列車ダイヤ設定

列車遅延時の影響波及防止に関する研究活用も考慮し、最大 16 本分の列車ダイヤを作成する機能を搭載することとし各列車に対して走行経路（発着番線）、運転時分、駅停車時分の設定と、自列車/他列車の設定を行う機能を開発することとしている。また、各列車に対しての各停車駅での乗降客の乗降時間を設定する機能を設け、各駅での乗降時間を設定可能とすることで停車駅での列車乗降時間の遅延による列車遅延を再現することとしている。

3. まとめ

開発中の鉄道安全性評価シミュレータの、安全性・可用性に関する動的な安全性評価シミュレーション機能に関してユーザ側が作成した路線上で動的な評価を行う機能について述べた。信号機の配置等の変更後の評価や、ヒューマンエラーや特異な異常状態時のシミュレーションまでを含めた動的な評価、さらには安全性を高める何らかの補助装置についての評価、といったことへの活用が可能であり安全性向上への一助になると考えている。

最後に、本シミュレータの研究目的へ多大な理解とご協力をいただいております関係皆様へ厚く御礼申し上げます。

②索道情報のデータベース化と安全性向上

－基礎情報の集約と、事故の結果・原因・対策等の共有化をめざして－

交通システム研究領域 ※日岐 喜治 千島 美智男 佐藤 久雄

1. はじめに

我が国は、索道設置基数においては国際統計表等¹⁾によるとフランス、スイス、オーストリアに次いで約2500基であり、輸送人員においても年間約3.6億人の世界でも有数の索道事業国である。

索道の安全は、架空した索条に搬器を懸垂して輸送するシステムであることから、索条と搬器が線路中において滑ったり外れたりしないように確実に握索していることが前提となっている。また、何らかの理由で不完全な握索状態になった場合でも、出発停止させる保安装置が設けられており、これらに不具合を発生させないシステムとなっている。

しかしながら、平成15年10月、索道事故で初の乗客の死亡事故が発生した。そしてその後、索道事故件数はいったん減少したものの、近年は増加傾向にある。索道事故件数の推移を図1に示す。また、この他にも、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、索道の安全確保のために技術者同士の知識の共有化が望まれているところである。

そして近年、施設および設備の老朽化や、メンテナンスの省力化に伴い、保安装置そのものの確実性をさらに向上させる適切な方法についての検討の要請や、搬器の構造に関する安全性向上の要請などがある。

そこで今回、索道情報の階層構造によるデータベース化を行い、事故防止への認識の共有化を図る安全性向上の取り組みの現状について報告する。

2. 索道データベースの概要

2. 1. 目的と実施内容

事故の再発防止のために、過去の事故を教訓として体系化し、関係者に情報提供することを目的として、索道事故データの収集および事故データの分析を行い、安全データベースを構築する。

2. 2. データベースの特徴

2. 2. 1. 複数年度の索道事故の統計的分析

従来は、索道分野の事故分析については単年度毎の事例分析が中心であるが、本研究では事故原因の特徴等を明らかにするため、複数年度にわたる索道事故の統計的分析を実施している。

2. 2. 2. 同種の事故に関する分析

鉄道分野を含めて、同種の事故に関する分析を実施した結果に関する文献は見受けられないため、本研究では、索道分野における事故について、同種の事故の特徴等を明らかにし、同種の事故に関する分析を実施している。

2. 2. 3. 索道分野の教訓データベース

広く知られている事故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」等があり、また、鉄道分野では鉄道技術推進センターの「鉄道安全データベース」があるが、事故の教訓データベースについて検討されたものは見あたらない。本研究では、索道分野における「同種の事故に関する分析」を実施し、事故防止のためには、この同種の事故の再発防止が非常に重要なことを指摘するとともに、この結果をデータベースにして、教訓データベースへの反映を検討している。

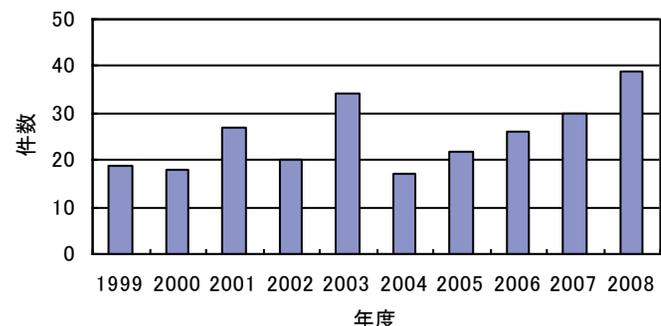


図1 索道事故件数の推移

3. データベースの構造

索道安全データベースは、索道基礎データの収集、事故データの収集・分析を行い、教訓データベースを構築した。

(1) 索道基礎データとしては、①索道の設置基数の推移(表&図)、②索道の輸送人員の推移(表&図)、③世界各国の索道設置基数・ITTAB2008 国際統計表(2006-2007年シーズン)、④世界各国の索道輸送人員・ITTAB2008 国際統計表(2006-2007年シーズン)、がある。

(2) 索道事故データとしては、1999年度(平成11年度)から2008年度(平成20年度)がある。

(3) 索道事故分析結果としては、1999年度(平成11年度)から2008年度(平成20年度)がある。

(4) 索道事故の教訓データベースとしては、①教訓データベースリスト、②搬器落下事故、③搬器衝突事故、④人身傷害事故がある。

3. 1. 海外事故事例

3. 1. 1. アメリカでの衝突事故事例

データベース内にある資料の1例として、後続搬器との衝突事故(アメリカ)の結果、原因、対策を表1に示し、事故現場写真の1例を図2に示す。

表1 事故の結果・原因・対策の1例

<p>結果: (1) 自動循環式4人乗りゴンドラリフトの搬器がロープ上を後方へ約80m滑り、後続の搬器に衝突 (2) 脱索し8名が事故、そのうち5名が負傷。</p> <p>原因: (1) 握索装置に対するロープのミスマイトが原因。</p> <p>対策: (1) 握索装置握索部とロープとのアライメントの調整、および握索装置の保安装置との調整の実施。 (2) 全てのオペレーターとメンテナンススタッフに対する厳しい訓練の実施。</p>



図2 事故現場写真の1例²⁾

3. 1. 2. 欧州での落下事故対策例

子供のチェアリフトからの落下事故については、欧州でも問題になり、イタリアでは1997年から安全対策のプロジェクトが10年間実施され、下記のような子供用セーフティバーの有効性が報告されている。図3に対策済みの写真を示す。



図3 子供のチェアリフトからの落下防止対策²⁾

3. 1. 3. ソフト面からの落下事故対策例

チェアリフトからの乗客の落下事故については、(1)乗車後にセーフティバーを下ろしていない場合、(2)降車前にセーフティバーを早く上げてしまった場合などが見受けられる。これらの場合のソフト面からの対策としては、(1)乗客への注意喚起方法の改善(掲示物による場合・放送による場合等)、(2)係員の対応の改善などが考えられる。掲示物による乗客への注意喚起方法の改善例として、「降車前にセーフティバーを上げる位置を明確化した掲示物」の例を図4に示す。



図4 ソフト面からの対策例(北陸信越索道協会 提供)

4. まとめ

索道情報のデータベース化により、①同種事故の再発防止への寄与。②ソフト面からの寄与として、非常時における係員の対応の改善や乗客への注意喚起方法の改善など、③ハード面からの寄与として、子供用セーフティバーの設置などが期待される。

今後の課題として、主要な事故や教訓となる海外事故の写真、イラスト等の充実による教訓データベースの内容充実。インシデントデータの収集と分析。安全データベースの定期的な更新などがあげられる。

参考文献

- 1) ITTAB2008 Proceedings, 平成21年度索道技術管理者研修会テキスト
- 2) ITTAB2007 Proceedings

②1 プローブ車両と運転状況記録装置の融合

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

長谷川 智紀 緒方 正剛 水間 毅

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。その状況を把握し、事故に至る前に補修していく予防保全が不可欠である。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方法として、車両に安価な汎用センサを付加することにより、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。

一方、平成17年に発生した、JR 西日本福知山線の列車脱線事故を契機とし、事故時の運転状況（速度やブレーキの状態等）を把握するための記録装置の必要性が指摘され、平成18年に技術基準省令を改正して運転状況記録装置の設置が義務付けられた。以降、運転状況記録装置の設置が進められてきたが、そのほとんどが非映像型の運転状況記録装置である。事故当時の原因解明や、インシデントを分析するためには、列車速度やノッチ操作情報だけでなく、前方映像を取得することが望ましいとの仕様が示されている。しかし、映像型運転状況記録装置の導入に際しては、映像の解像度、信頼性、また、設置コストの面などから導入が進んでいない。そこで、前述の可搬型プローブ装置に市販のカメラを用いて映像記録機能を付加することで、車両の大改造を伴わずに設置できる映像型運転状況記録装置を制作した。この装置の実用により、現在の走行状況とリンクした軌道の状態診断が可能になる。

本報告では、プローブ装置と合体した映像型運転状況記録装置の概要と、付加された映像記録機能の性能を調査した走行実験の結果について述べる。

2. 映像記録機能付きプローブ車両

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。構成される機器として、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、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プローブ車両に加え、今回は2台のWebカメラを追加した。

映像記録機能付きプローブ車両では主に3つの機能をもっている。1つ目は軌道異常検出ソフトによる軌道の監視機能で、各センサからの信号に信号処理を行い、現在の軌道状態を表示、記録する。2つ目は位置推定・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もとづいて路線上の列車位置を求め、地図上に現在位置を逐次表示を行う。3つめは映像記録ソフトによる映像記録機能で、進行方向前方の映像と運転士の運転状況の記録を行う。

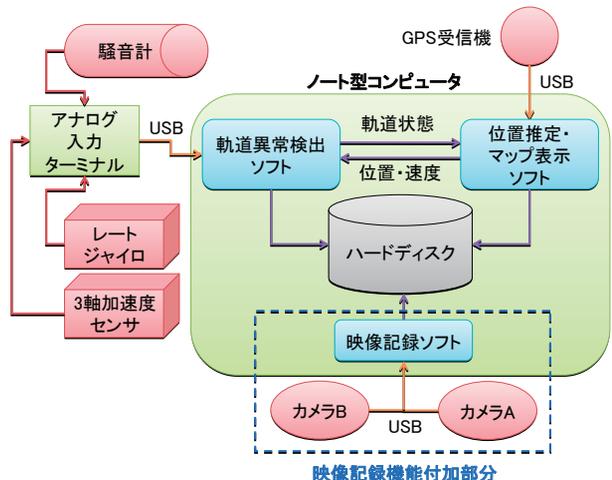


図1 映像記録機能付加型プローブ車両の構成

2. 2. 映像記録機能の仕様

映像記録方法は、1分間の映像データを1ファイルとし、任意の指定フォルダに断続的に記録する方式と

する。画面解像度は 320×240 とし、フレームレートは 30fps で記録した。

3. 走行実験

3. 1. 実験条件

制作した映像記録機能付き可搬型プローブ装置の設置状況を図 2、3 に示す。車両前方に可搬プローブ装置本体を設置し、前方窓ガラス及び、運転士頭上に Web カメラを設置した。測定項目としては、上下加速度（高低変位）、左右加速度（通り変位）、ロールレイト（水準変位）、車内騒音（波状摩耗）、前方映像、運転状況映像とした。



図 2 可搬型プローブ装置



図 3 カメラ設置状況（左：前方 右：運転士）

3. 2. 実験結果

測定結果の水準変位の推定値の一例を図 4 に示す。実験開始約 500 秒前後で、比較的大きなロールレイト RMS 値を確認した。

図 4 において赤い○で示した最大値を記録した箇所の前方映像を図 5、運転状況映像を図 6 に示す。図 5 より若干の道床の沈み込みが確認され、ロールレイトが大きく出たことが推測される。また、橋梁手前であることなど列車の現在位置を確認することができ、位置推定・マップ表示ソフトによる列車位置情報とほぼ一致することが確認された。

図 6 で示すような運転状況の映像からは、運転士のノッチ操作状況が判別でき、速度計の針角度についても十分に把握することが確認された。

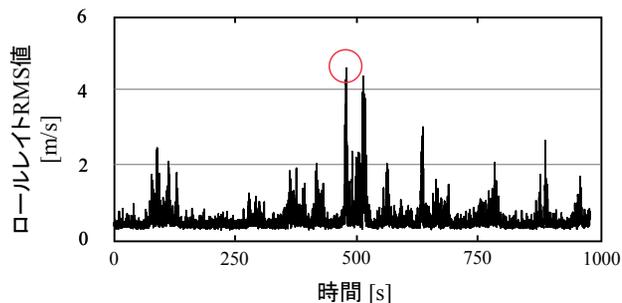


図 4 ロールレイト RMS 値



図 5 前方カメラ画像



図 6 運転状況カメラ画像

4. まとめ

プローブ車両に映像記録機能を付加することで、映像型運転状況記録装置として扱う手法と、作成した映像記録機能付き可搬型プローブ装置を用いた検証結果について述べた。

今回使用したような簡易なカメラであっても、運転席の計器類を確認することが可能であった。このことから、画像解析を行えば、車両速度やノッチ情報を検出することも実現可能であると考えられる。

また、軌道異常検出ソフトが異常値を示した場合に前方カメラの静止画を自動的に切り出すことで、軌道を保守すべき箇所を特定できるなど、プローブ車両の機能向上にも活用できると考えられる。

今後は、夜間や悪天候時など、撮影条件が厳しい場合においても正常に機能するかどうか、実用化へ向け引き続き検討、検証を行う予定である。

② 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

※竹内 俊裕

工藤 希

水間 毅

1. はじめに

路面電車の車両位置を検知する方法として、最も一般的な方法は架線に取り付けられた棒状のスイッチをたたくことで車両位置がわかるトロリーコンタクタであるが、架線に取り付けられているためメンテナンス時の作業性が悪い。また降雪時はスイッチがたたききれないことがあり天候の影響を受けやすい。さらに、近年では車両長の長いL R V車両などが導入されたり車両の種類も増え、パンタグラフの位置も車両によって異なるため、運転士への負担となっている。

そのような問題を解決することを目的として、レールに電流を流し、列車進入時に車輪による短絡で電流が遮断されることにより列車検知を行う軌道回路方式を導入する事例が増えてきている。しかし、車両重量の軽い車両では短絡不良が懸念されるため、安定した列車検知が実際に行われているかの確認が必要とされている。

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モニタ装置で確認できる。従来はそのモニタ装置の様子をカメラで記録した映像により、目視で列車検知状況を確認していた。しかし、膨大な映像を目視で確認することは効率的ではない。そのためカメラ映像の動画解析を行い、列車検知状況を自動的に確認するソフト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、列車検知信頼性を客観的に評価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の開発は、簡易で省コストを前提としているため、既存の映像型運転状況記録装置を流用し改造することで装置を構築した。装置構成は、組込用パソコンを中心とした記録装置本体と、

- ①モニター装置の外に設置して軌道回路上を通過する車両を撮影するカメラ
- ②列車検知状況を示す各LEDの動きを撮影するカメラ
- ③軌道回路の動作状態の番号を示すLEDを撮影するカメラ
- ④車両の在線の有無を示す1個のLEDを撮影するカメラ

以上の4台のカメラをモニター装置の内外に取り付けて、それぞれの映像を4分割器を介して1画面化し、それをビデオキャプチャ経由で映像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30フレーム/秒のmpeg形式で1ファイル1分で連続的に記録される。

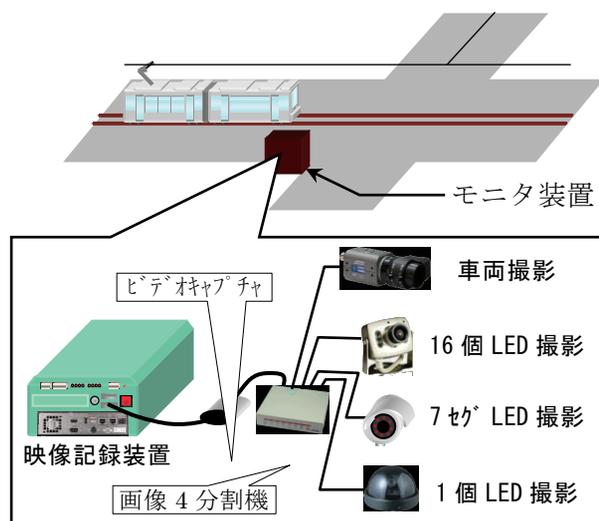


図1 装置構成

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、列車検知状況を示す各LEDの動きを撮影するカメラの映像から車両が検知範囲に進入した際に動作するLED（以下、列車進入LED）と在線の有無を示すLED（以下、在線有無LED）を画像解析の対象とした。

解析は記録された映像（図3）から、それぞれのLEDのエリアを抽出し、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LEDの点灯/消灯を判定することとした。（図4）



図3 記録映像画面



図4 解析画面

解析は、30分間分（1分×30ファイル）につい

て図5に示すアルゴリズムで行った。

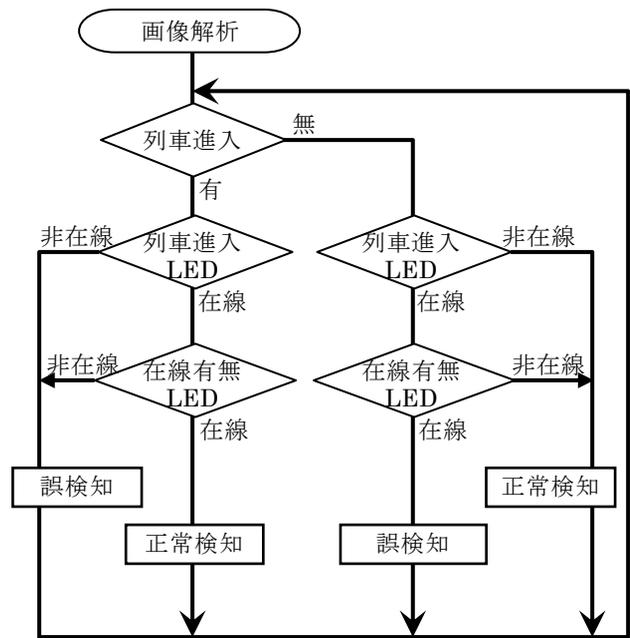


図5 解析フローチャート

表1に示す解析結果より、列車進入LEDと在線有無LEDの画像解析結果とのAND条件を採用したことにより、実際の車両走行については全て検知したことを確認した。しかし、列車がないにも関わらず、列車有と誤検知する例が2例見られ、解析方法に対する課題も確認した。

そのため、今後はその課題に対する対策について検討する必要がある。

表1 解析結果

実際の車両走行本数	9本
検知された車両走行本数	9本
非在線時に誤検知された車両本数	2本

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求めた結果について示したが、ある程度自動解析及び評価が可能なのが確認された。

今後は、他の解析方法の採用や、画面に映る路面電車の認識等、解析精度を向上させ、リアルタイムな解析を目指し、信号システムへの動画解析技術の適用の信頼性を検討していきたい。

②③ エコライドプロジェクトについて

交通システム研究領域 ※千島美智男、水間 毅

1. はじめに

現在、大都市圏においては、定時性、省エネ性の面で自動車より優位にある、鉄道、モノレール等の軌道系の公共輸送システムが整備されている。他方、地方都市においては、移動の自由度の面で有利な自動車の普及が進むとともに採算性や建設費の高騰等により、軌道系の公共輸送システムの建設が減少している。しかしながら、今後の高齢化社会、交通渋滞、環境問題等の観点からは大都市、地方都市を問わず、公共輸送システムの充実が不可欠であり、既存の鉄道、バス等と連携した公共交通ネットワークを構築するための低コストな距離型輸送システムの建設が望まれている。このような状況の中で、位置エネルギーを利用した低コスト、省エネ型のシステムとしてエコライドが提案され、実用化に向けた研究開発が進められてきた。

本稿では、エコライドの特徴及びこれまでの開発状況等を中心にその概要について報告する。

2. エコライドの特徴と概要

エコライドは、車両側に駆動用の動力源を持たず、高低差を利用して、車両を下りこう配で加速し、上りこう配を減速に使用することで、位置エネルギーを車両の走行に活用するシステムである。線形等の前提条件にもよるが、平坦路を走行する場合に対して巻き上げに要するエネルギーを考慮しても15%程度の省エネ効果があるとの試算例もある。

また、車両は駆動用の動力源を持たないため、小型・軽量化することができ、併せて軌道構造物の小型・軽量化が可能となる。これによって、道路の中央分離帯や歩道の上部空間等へ建設することができるため、建設費を低減することができる。

このシステムは、300~600mの駅間を10m程度の高低差を利用して車両を走行させ、毎時2000人程度の輸送を担うことを前提として開発が進められている。

エコライドの原理を図1に示す。また、導入イメージを図2に示す。

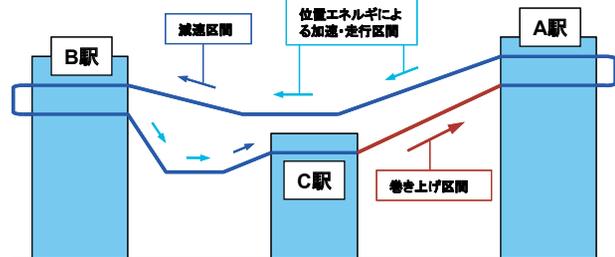


図1 エコライドの原理



図2 都市内への導入イメージ

3. これまでの開発経緯

既存のコースターは、地上側に動力機構を持たせ、位置エネルギー（高低差）を最大限に有効活用するシステムである。エコライドは、この技術を公共交通手段に応用することで、既存の軌道系公共輸送システムやバス、自動車とのシームレスな連携によるモーダルシフトによって省エネルギー、環境負荷の低減を目的として検討が進められてきた。当所は、このプロジェクトの中で主に安全性評価、エコライド用の運転保安に係る部分を担当してきた。

3.1 公共輸送システムとしての成立に向けて¹⁾

エコライドは、新軽便都市交通システムと呼ばれ、(財)運輸政策研究機構による「新軽便都市交通システム実用化研究調査委員会」において、都市交通システムとして成立するための条件について調査・検討が行われた。この中では、前提とするシステムの基本条件、安全性課題の抽出や仕様の検討の他ケーススタディなどが行われ、当所は安全性課題の抽

出等を担当した。

3. 2 先導研究開発事業

軽便都市交通システムとしての基礎的な検討を経て、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発事業」に採択され、平成18年度から平成20年度までの3カ年をかけて主に省エネルギーの観点から研究開発を行ってきた。

この事業は、開発元である泉陽興業をはじめ三菱総研、交通研が委託元となり、明電舎、東京大学及び大阪産業大学が共同実施したプロジェクトであり、それぞれの分担において以下に示す主な項目について研究開発が行われた。

- ①最適な基本システムの構築
- ②ハイブリッド省エネ車両の開発
- ③省コストインフラの開発
- ④ハイブリッド技術の開発
- ⑤エコライド用保安システムの開発
- ⑥安全性評価手法の開発
- ⑦市場性、導入効果・影響の評価手法の研究

この事業では、最終年度に東京大学生産技術研究所千葉実験場に試験線を建設し、実施可能な範囲において検証を行い所期の目的は達成した。当所はこの事業では安全性の観点からシステムの評価を行っている。

3. 3 実証モデル事業

先導研究の後、関東経済産業局のプロジェクトとである「低炭素社会における技術発掘・社会システム実証モデル事業」に採択され、平成21年度には実用化を前提とした研究開発を行ってきた。この事業は、自治体の協力も得て実施されたものであり、以下の主な項目について実施した。

- ①交通モデルの検討
- ②ITSによる他の交通方式との連携性の検討
- ③技術開発と実証研究
- ④普及活動 等

この事業では、実験線の改造、新たな車両の試作、安全性の評価に加え、エコライドの導入を検討している自治体の協力を得ながら事業性の評価を実施すると共に他の輸送モードとの連携に必要なITS項目の整理や普及に向けた様々なPR活動を行い、実用化に向け大きく前進する結果が得られた。当所はこの中で、図3に示すエコライド用の運転保安シス

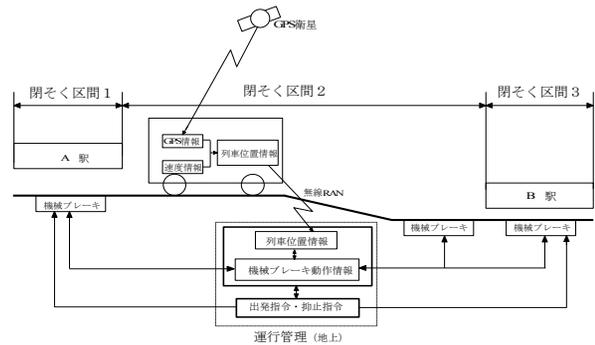


図3 運転保安システム



図4 実験線俯瞰

テムを構築しその評価を行った。実験線の俯瞰を図4に示す。

4. 今後の課題

これまでの研究開発で基礎技術は大略確立しているが、公共輸送システムとしての耐久性や信頼性を確認するためには、長期走行試験を実施することが望ましいと考えられる。しかしながら、現状の実験線設備では限界があるため、長期走行試験が可能な実験線の改造等が今後の課題である。

また、エコライドは、実用化の段階にあるものの適用される関係法令への対応、適用適地の開拓等の課題が残っている。

5. おわりに

エコライドは、実用化段階にはあるが今後の課題でも述べたように、今後必要なデータを収集するための試験設備が必要であると考えており、プロジェクト推進に向け、新たな競争的資金獲得に向けて鋭意努力しているところである。

参考文献

(財)運輸政策研究機構：新軽便都市交通システム実用化研究調査報告書 平成16年4月

②④ 索道のインシデント分析結果について

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

索道は、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。

この索道においては、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。

一方、この過去の事故やインシデントを教訓として体系化するためには、過去の事故やインシデントの状況を把握し原因分析を行うことが極めて重要と考えられるが、従来は主として、事故やインシデントの事例分析が中心であり、統計的に詳細な原因分析を実施した文献は見受けられない状況にある。

この状況に鑑み、昨年の講演会において、過去の索道事故の事故原因分析を実施した結果、および同種の事故の発生状況に関する分析結果について報告した⁽¹⁾。本報では、過去の索道インシデントについて、原因分析を実施した結果および同種のインシデントの発生状況に関する分析結果について報告する。

2. 索道における輸送の状況

索道の種類としては、法令上、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。

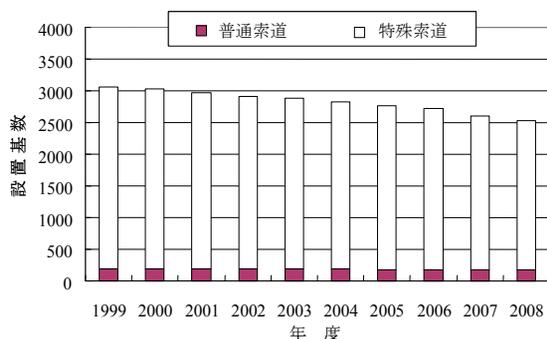


図1 索道の設置基数の推移

我が国の索道の設置基数の推移を図1に、輸送人員の推移を図2に示す。現在の設置基数は、約2,500基であり、その約93%が特殊索道であり、約7%が普通索道となっている。また、2008年度の輸送人員は、約3億6千万人であり、その約86%が特殊索道であり、約14%が普通索道となっている。

3. 索道における運転事故とインシデント

索道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。

この索道の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252件であり、年平均で約25件の発生となっている。近年は、運転事故が増加傾向にあることがわかる。

一方、索道インシデントは、索道運転事故が発生するおそれがある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

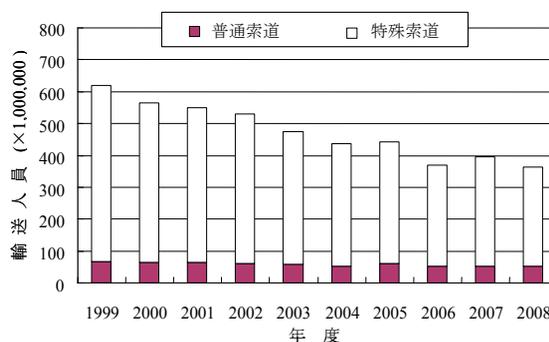


図2 索道の輸送人員の推移

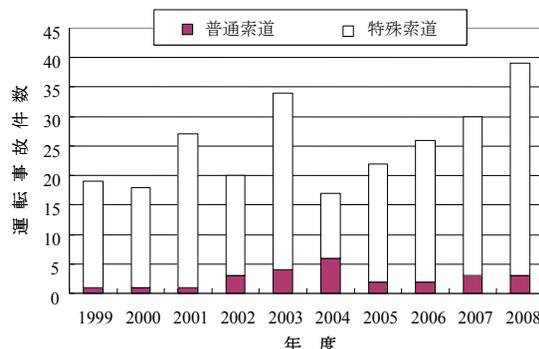


図3 索道の運転事故の推移

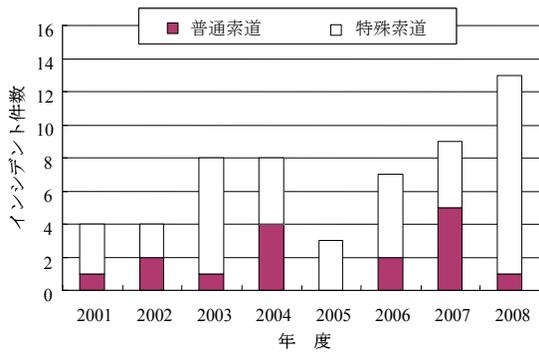


図4 索道インシデントの推移

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。この索道インシデントは、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、鉄軌道及び索道の安全、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いる。

この索道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、索道インシデントは56件であり、年平均で7件の発生となっている。近年は、増加傾向にあることがわかる。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。

4. インシデントの発生状況と原因分析

4. 1. インシデントの発生状況

2001年度から2008年度までに発生した索道インシデントにおけるインシデントの種類別割合を図5に示す。インシデントの種類別割合は多い順に、「脱索」38%、「搬器故障」14%、「握放索不完全」9%、「施設障害」9%、「搬器逆送」7%、「索条損傷」4%などとなっており、「脱索」インシデントが圧倒的に多いことがわかる。また、索道インシデントにおける索道の種類別割合を図6-1に示す。索道の種類別割合は、特殊索道が圧倒的に多く71%、普通索道が29%となっている。この特殊索道のインシデントにおける索道の方式別割合を図6-2に、普通索道のインシデントにおける索道の方式別割合を図6-3に示す。特殊索道のインシデントにおいては、固定循環式が最も多く68%を占め、普通索道のインシデントにおいては、単線自動循環式が最も多く44%を占める結果となっている。

4. 2. インシデントの原因分析

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件について原因分析を実施した。

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（索道

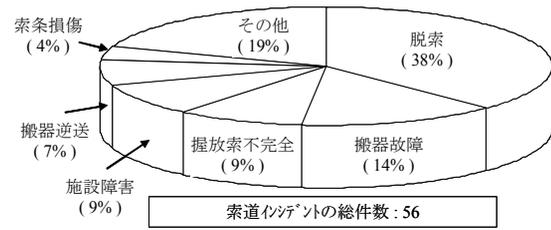


図5 索道インシデントにおけるインシデントの種類別割合

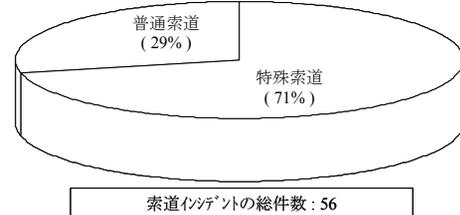


図6-1 索道インシデントにおける索道の種類別割合

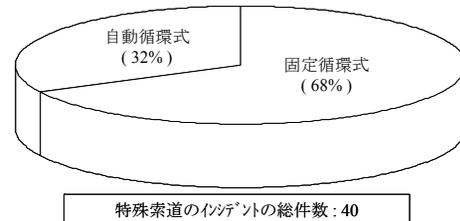


図6-2 特殊索道のインシデントにおける索道の方式別割合

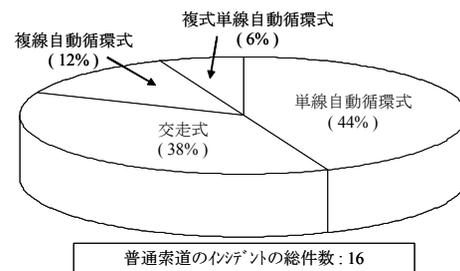


図6-3 普通索道のインシデントにおける索道の方式別割合

関係監督当局国際会議) で用いられている分類方法(表1)を用いることとした。この会議は、索道の技術・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、事故・インシデントに関する報告・討議を中心に、技術基準の検討などが行われている。事故・インシデントの原因の分類は10のクラスに分かれており、このITTAB会議での分類を用いて、過去8年間の索道インシデントの原因分析を実施した結果を表1に示す。また、原因別割合については、データ数が少ない項目もあるが、将来的なデータベースを考慮して、全ての項目で円グラフ表示とした。

「索条損傷」インシデントの原因別割合を図7に、「脱索」インシデントの原因別割合を図8に示す。「索条損傷」インシデントの原因は、外的要因(火山ガス)およびワイヤロープ(えい索の損傷)であり、各50%

表1 過去8年間(2001-2008)における索道インシデントの原因分析結果

Code No.	Classification (ITTAB)	索条損傷	索条張力異常	脱索	握放索不完全	施設障害	搬器故障	搬器逆送	その他	合計
1	External to lift (外的要因)	1		9	1				2	13
2	Cables (ワイヤロープ)	1			1					2
3	Dynamic behavior of ropes (ロープの動的挙動)									
4	Mechanical components (機械部品)			1			1	3	3	8
5	Electrical power and hydraulic equipment (電力および油圧装置)							1		1
6	Vehicles (車両)				1		7			8
7	Line equipment (線路上構造物)			3		5			1	9
8	Behavior of passenger transported (乗客の挙動)			7					2	9
9	Behavior of operator or mechanic (運転者あるいはメカニックの挙動)			1	2				3	6
10	Accidents that injure a worker (作業員負傷の事故)									
合計		2	0	21	5	5	8	4	11	56

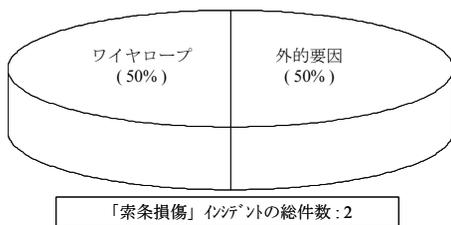


図7 「索条損傷」インシデントの原因別割合

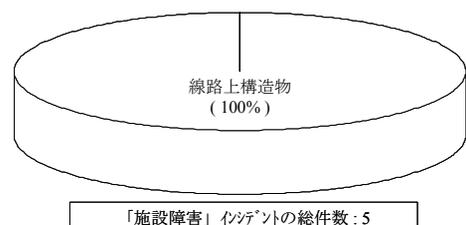


図10 「施設障害」インシデントの原因別割合

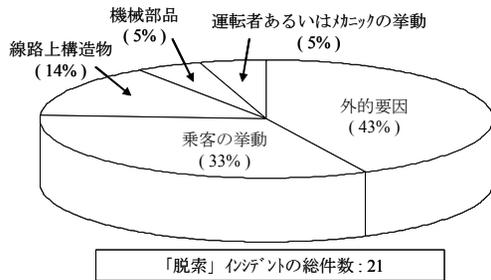


図8 「脱索」インシデントの原因別割合

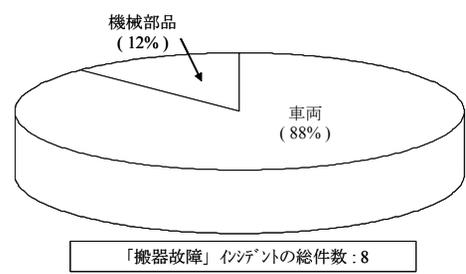


図11 「搬器故障」インシデントの原因別割合

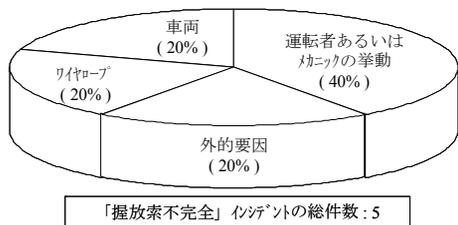


図9 「握放索不完全」インシデントの原因別割合

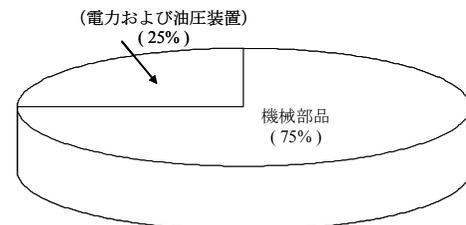


図12 「搬器逆送」インシデントの原因別割合

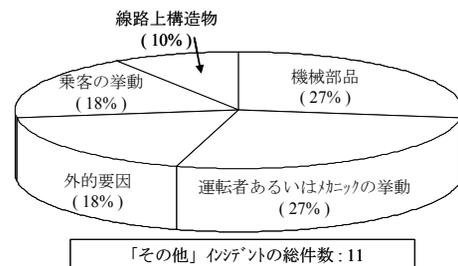


図13 「その他」インシデントの原因別割合

となっている。また、「脱索」インシデントの原因は多い順に、外的要因（風）43%、乗客の挙動（降車時における乗客の不注意、転倒）33%、線路上構造物（線路上の索輪の損傷/故障）14%などとなっている。

また、「握放索不完全」インシデントの原因別割合を図9に、「施設障害」インシデントの原因別割合を図10に示す。「握放索不完全」インシデントの原因は多い順に、運転者あるいはメカニックの挙動（整備不良）40%、外的要因（握索機可動部凍結）20%、ワイヤロープ（支え索損傷）20%、車両（握索機損傷）20%となっている。また、「施設障害」インシデントの原因は、全

て線路上構造物（構造物の損傷/故障、索輪の損傷/故障）となっている。

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.	インシデントの種類	原因種別 (ITTAB)	原因の内容 (ITTAB)	インシデント件数		※発生頻度 (%)
1	脱索	External to lift (外的要因)	Wind (風)	5	15	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 (運転者あるいはメカニックの挙動)	Bad maintenance (整備不良)	2	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	4	(-)
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)	Grip (握索装置)	5	7	9
9	搬器故障	Vehicles (車両)	Hanger assembly damage or failure (ハガーの損傷/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	3	5
合 計				31		55

※ 全インシデント件数 (56件) に対する発生頻度 (5%以上について記載)

「搬器故障」インシデントの原因別割合を図11に、「搬器逆送」インシデントの原因別割合を図12に示す。「搬器故障」インシデントの原因は多い順に、車両(握索装置の損傷/故障、ハガーの損傷/故障)88%、機械部品12%となっている。また、「搬器逆送」インシデントの原因は多い順に、機械部品(制動装置の損傷/故障)75%、電力および油圧装置25%である。

また、「その他」インシデントの原因別割合を図13に示す。「その他」インシデントの原因は、機械部品27%、運転者あるいはメカニックの挙動27%などである。

5. 同種のインシデントの発生状況と再発防止

5. 1. 同種のインシデントの発生状況

上記の索道インシデントの原因分析結果をベースにして、同種のインシデントの発生状況について分析を行った結果を表2に示す。

索道インシデントについては、同種のインシデントの発生件数が高く、その件数は、全インシデント件数56件のうちの31件(55%)を占めており、索道インシデントの低減のためには、この同種のインシデントの低減が非常に重要であると考えられる。

同種のインシデント件数31件の内訳は、「脱索」が15件(48%)、「搬器故障」が7件(23%)、「施設障害」が4件(13%)などとなっており、「脱索」インシデントにおいて同種のインシデントの発生件数が高くなっていることがわかる。索道インシデントの低減のためには、特に、この「脱索」インシデントの低減が重要になると考えられる。

5. 2. インシデントの再発防止について

上記に示されるように、索道インシデントにおいては、同種のインシデントの発生件数が高く、特に、「脱索」インシデントにおいて同種のインシデントの発生件数が顕著になっている。索道における脱索は、搬器落下事故や搬器衝突事故といった大きな事故に結びつく可能性が高く、索道における事故防止のためには、この同種のインシデント、特に「脱索」インシデントの再発防止が重要になると考えられる。同種のインシデントの発生状況に関する今回の分析結果をもとに、過去のインシデントを教訓とする安全データベースを構築していきたいと考えている。これにより、索道の安全対策に寄与していくことが期待される。

6. まとめ

過去8年間における索道インシデント56件について分析を実施した結果、(1)同種のインシデントの発生件数が高いこと、(2)特に、「脱索」インシデントにおいて同種のインシデントの発生件数が顕著になっていることなどが明らかとなった。

今回の結果をもとに、過去のインシデントを教訓とする安全データベースを構築し、関係者への情報提供を行っていきたいと考えている。

(参考文献)

(1) 佐藤ほか2名、平成21年度交通安全環境研究所フォーラム2009 講演概要、2009-11、151-154

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、
東京地下鉄株式会社 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22年度 交通安全環境研究所 フォーラム2010 講演概要

平成22年11月24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。