

平成 30 年度  
交通安全環境研究所フォーラム 2018  
講 演 概 要

2018. 12. 4, 5  
国際連合大学 ウ・タント国際会議場

独立行政法人 自動車技術総合機構





## はじめに

自動車や鉄道は、世界各国において経済活動や国民生活を支える重要な役割を担っています。その一方で、交通事故の削減、地球環境の保全、自動運転の実現等により、安全・安心で環境に優しい持続可能なものとするのが強く求められています。

このような中、我が国の自動車産業は、優れた安全・環境技術と高度な品質を背景にグローバルに展開しており、日本車は海外においても生産されるとともに世界各国に輸出されています。また、我が国の鉄道システムは、高い安全性・定時性を誇ることから世界各国から注目を集めており、急速な経済成長等の進む東南アジアを中心とした新興国等に導入されることが多くなってきています。

このため、我が国のみならず世界各国において安全・安心で環境に優しい持続可能な社会を構築する観点から、さらには、我が国の国際競争力を確保する観点から、自動車・鉄道の安全・環境に関する国際基準・規格の策定を主導して国際調和を図っていくことが重要となっています。

当研究所では、このような基準・規格の策定に資する研究を進めるとともに、自動車の型式指定のための基準適合審査やリコールに関する技術的な検証、鉄道システムを海外展開する上で必要となる国際規格の認証業務などを行っています。

本年の交通安全環境研究所フォーラムにおいては、二日間の日程で、「鉄道分野における新技術の導入への対応と海外展開に向けた取組」及び「国際化する環境基準への対応と交通事故削減への取組」という二つのテーマを掲げ、当研究所が行っている様々な取組をご紹介します。また、当研究所の取組に関連する外部の専門家をお招きしてご講演いただきます。同時に、ポスターセッションにおいて、最新の研究成果などについて幅広くご紹介いたします。

ご来場の皆様から忌憚のないご意見をいただくことにより、当研究所の活動をさらに充実・発展させ、当研究所に対する社会的な期待と信頼に応えていく所存でございます。

今後とも、皆様方のご理解、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

平成30年12月

独立行政法人 自動車技術総合機構  
交通安全環境研究所長 **江 角 直 樹**

## ポスターセッション

開場 11:00

11:00 > 13:00

2階レセプションホールでは、本講演の内容に加え、より幅広いテーマでの最新の研究成果をパネル展示しております。

ポスターセッションの時間では、説明パネルの前に担当者が待機しており、ご説明・意見交換をさせていただきます。

また、昼休みと両日のコーヒブレイクの時間にもポスターセッションを行っておりますので、ぜひお立ち寄りください。

※展示ポスターのタイトル一覧は、中面3ページ目をご覧ください。



昨年度のポスターセッションの様子

## 講演タイムテーブル

開場 12:00

テーマ

### 鉄道分野における新技術の導入への対応と海外展開に向けた取組

|               |   |               |   |
|---------------|---|---------------|---|
| 13:00 > 13:05 | <b>開会の挨拶</b><br>交通安全環境研究所長 江角 直樹  | 14:55 > 15:30 | コーヒブレイク (ポスターセッション)   |
| 13:05 > 13:20 | <b>交通システム研究部における研究の概要と方向性</b><br>交通システム研究部長 佐藤 安弘   | 15:30 > 15:55 | <b>講演3</b><br><b>運転支援装置を活用した省エネルギー運転に対する列車運転シミュレータによる評価の取組</b><br>研究員 渡邊 翔一郎  |
| 13:20 > 14:05 | <b>招待講演</b><br><b>次世代公共交通のドライバレス自動運転システム</b><br><b>—海外情勢と日本での実用化への挑戦—</b><br>東京大学大学院 工学系研究科教授 古関 隆章   | 15:55 > 16:10 | <b>講演4</b><br><b>鉄道製品に関する安全関連規格に対して適合するための留意点について</b><br>主席研究員 長谷川 智紀   |
| 14:05 > 14:30 | <b>講演1</b><br><b>地方鉄道を対象とした自動運転技術活用に関する基礎検討</b><br>主席研究員 竹内 俊裕  | 16:10 > 16:35 | 日本は世界に誇る安全性・安定性を有している。鉄道製品メーカーは海外展開を進めるにあたり、必要となるのが安全関連規格への規格適合である。規格適合を行うにあたっては、今までの国内向けの品質確保のための活動をそのまま適用するには課題がある。そこで、これまで設立以降対応した認証審査を踏まえ、規格適合の意義と、規格適合ドキュメントのあり方について述べる。 |
| 14:30 > 14:55 | <b>講演2</b><br><b>地方鉄道における営業車両を活用した軌道状態の監視に関する取組</b><br>研究員 森 裕貴   | 16:35 > 16:40 | <b>事務局 連絡</b>   |
|               | 地方鉄道においては、人口減少に伴う要員の減少や鉄道分野における技術者の大量退職の影響から、自動運転への期待が高まりつつある一方で、運転に伴うヒューマンエラーを防止するために自動運転技術導入の機運も広がっている。そこで、自動車の自動運転で採用されているセンサを地方鉄道へ活用するための基礎検討を始めたので、その取組について紹介する。         |               |   |
|               | 軌道側の異常が主要因とされる列車脱線事故が近年地方鉄道において発生している。これまで静的な軌道検測は実施されていたものの、脱線へと至る場合もあることから、動的な軌道の評価の重要性が増すものと考えられる。本研究では、比較的安価に動的評価が可能なプローブ技術を活用した軌道評価手法について提案し、営業路線において実際に評価した結果について報告を行う。 |               |   |

## 講演タイムテーブル

開場 9:30

## テーマ 国際化する環境基準への対応と交通事故削減への取組

|               |  |               |  |
|---------------|--|---------------|--|
| 10:00 > 10:05 | <b>事務局 連絡</b>  | 14:00 > 14:25 | <b>講演4</b>   |
| 10:05 > 10:25 | <b>環境研究部における研究の概要と方向性</b><br>環境研究部長 坂本 一朗  |               | <b>チャイルドシートの使用方法が子供乗員の受傷に与える影響について</b><br>主席研究員 細川 成之  |
| 10:25 > 11:05 | <b>招待講演</b><br><b>我が国におけるRDE導入及び自動車環境分野における国際基準調和の動向</b><br>国土交通省自動車局<br>環境政策課 地球温暖化対策室長<br>豊住 朝子  |               | 近年、チャイルドシートの使用率は向上してきている。しかし、年齢により大きな差があり、1歳未満では8割以上が使用しているのに対して、5歳以上では5割程度との調査がある。また、チャイルドシートの取付けや着座方法については、5割以上でミスユースが指摘されている。そこで、3歳児と6歳児ダミーを用いて前面衝突を模擬したスレッド試験を行い、チャイルドシートの効果とミスユースが子供乗員の受傷に与える影響について調査した。  |
| 11:05 > 11:30 | <b>講演1</b><br><b>シャシダイナモメーター試験で運転するドライバの標準化検討</b><br>主任研究員 奥井 伸宜   | 14:25 > 14:50 | <b>講演5</b><br><b>コンピュータシミュレーションによるADB (Adaptive Driving Beam) の有用性に関する検討</b><br>主任研究員 田中 信壽  |
|               | シャシダイナモメーターを用いたモード走行時の運転バラつきは、燃料消費率や排出ガスに影響を与える。そこで、運転バラつきの低減を目的として、運転ロボットによる車両走行を検討した。運転ロボットを制御するドライバモデルには、リアルワールドにおける人間の運転動作を実現した制御ロジックを採用し、実車両のアクセルやブレーキペダルを操作させた。評価の際、国連で採用が検討されているドライビングインデックスを用いた。   |               | 近年、夜間の交通事故による死者数は、死者数全体の約半数を占めるに至っている。その中でも特に、歩行中の死者数は突出して多く、昼間の歩行中の死者数の約2倍という状況にある。このような現状を踏まえ、夜間運転時のドライバに対して歩行者の視認性を向上させる予防安全支援システムとして、先進型可変配光走行ビーム(Adaptive Driving Beam、以下ADBと称す)が注目されている。本報告では、これまで我々が開発を進めてきた予防安全運転支援システム効果評価シミュレータASSESSを用いて行ったADBの設計パラメータが事故削減に及ぼす影響に関する推定とその有用性の検討結果について示す。 |
| 11:30 > 11:55 | <b>講演2</b><br><b>RDE試験法導入に向けた国内検討と国際基準調和へ向けた取組</b><br>研究員 小林 貴   | 14:50 > 15:30 | <b>コーヒーブレイク (ポスターセッション)</b>  |
|               | 排出ガス不正事案を受けて、2022年より路上走行検査(日本版RDE)を導入することとなり、試験法の検証等が求められている。交通安全環境研究所では、様々な条件下で路上走行試験を行い、RDE試験法の要件に基づいて試験成立性等の検証を行ったので、その結果について述べる。また、国連の自動車基準調和世界フォーラム(WP29)においてRDE試験法の国際基準調和に向けた議論が開始されたので、その概要について述べる。 | 15:30 > 15:55 | <b>講演6</b><br><b>自動車認証審査部における審査の概要について</b><br>自動車認証審査部長 山崎 孝章  |
| 11:55 > 13:15 | <b>昼休み (ポスターセッション)</b>   |               | 高い技術力による厳正な審査と、申請者にとって利便性・合理性の高い審査を両立することが、従来にも増して強く求められている中で、自動車認証審査部は業務実施体制の強化を図るべく、様々な措置を講じている。ここでは、審査業務の現状と、自動運転や自動ブレーキ及びサイバーセキュリティをはじめとした先進技術・安全性に関連する認証業務への対応等の自動車認証審査部における取組について概説する。   |
| 13:15 > 13:35 | <b>自動車安全研究部における研究の概要と方向性</b><br>自動車安全研究部長 河合 英直  | 15:55 > 16:20 | <b>講演7</b><br><b>リコール技術検証業務の現状と今後の取組</b><br>リコール技術検証部長 杉崎 友信   |
| 13:35 > 14:00 | <b>講演3</b><br><b>高齢ドライバによる交通事故防止対策に関する研究</b><br>研究員 榎本 恵   |               | リコール技術検証業務に関して、「不具合情報の分析」、「技術検証」、「車両調査」、「ユーザーへの注意喚起への取組」などについて現状を報告する。また、昨年度から新規事業として開始している排出ガスに係る不正ソフトの有無の確認(サーベイランス)を紹介するとともに、今後の主な取組についても紹介する。  |
|               | 高齢ドライバの増加に伴い、高齢者の運転特性を考慮した運転支援技術に関する基準検討が必要となる。そのため、高齢者の認知機能と運転能力の関係を解析し、高齢者に必要な運転支援技術の機能要件を検討している。本報告ではドライビングシミュレータ実験により、交通事故が発生する可能性がある場面における高齢者の認知特性や運転特性などについて調査し、技術的な事故予防策を検討している。                    | 16:20 > 16:25 | <b>閉会の挨拶</b> 理事 石井 素   |

# ポスタータイトル

会場：2階レセプションホール

|               |  |
|---------------|--|
| 1             | <b>鉄道信号システムの設計安全性評価に関する新たな取組</b><br>交通システム研究部 *林田守正、佐藤安弘、竹内俊裕  |
| 2             | <b>車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する基礎検討</b><br>交通システム研究部 *山口大助、工藤 希、竹内俊裕、長谷川智紀、篠田憲幸（客員研究員）   |
| 3             | <b>ラストマイルを埋める公共交通スローモビリティの可能性</b><br>交通システム研究部 *大野寛之、工藤 希  |
| 4             | <b>運送事業用トラックに装着した簡易排出ガス測定システムによる収集データを用いた排出ガス異常状態の診断可能性の検討</b><br>環境研究部 *山本敏朗、鈴木央一   |
| 5             | <b>使用過程ハイブリッド自動車のバッテリー及び燃費性能変化</b><br>環境研究部 *小鹿健一郎、鈴木央一、新国哲也   |
| 6             | <b>車両に起因するVOCに関する調査報告</b><br>環境研究部 *松本祐太、小林 貴、新国哲也   |
| 7             | <b>二輪車の騒音試験法に基づく騒音レベル予測手法の開発</b><br>環境研究部 *村山誠英、宝渦寛之、坂本一朗、山出吉伸（みずほ情報総研）、今野 彰（みずほ情報総研）、山崎 徹（神奈川大学）                                  |
| 8             | <b>UN-R79に追加された車線維持機能の試験に関する実車検証結果</b><br>自動車安全研究部 *児島 亨、伊原 徹  |
| 9             | <b>歩行者にグレアを与えない前照灯システム（グレアレスADB）に関する調査解析</b><br>自動車安全研究部 *青木義郎、後閑雅人、田中信壽、岩瀬常利、廣渡太一、戸高信一（本田技術研究所）、守屋輝人（本田技術研究所）、後藤 亮（本田技術研究所）       |
| 10            | <b>自動運転を想定したデータストレージシステムの検討と国際基準における議論の状況</b><br>自動車安全研究部 *新国哲也、小林 撰   |
| 11            | <b>助手席子供乗員に対するエアバッグの影響に関する調査</b><br>自動車安全研究部 *田中良知、細川成之、松井靖浩   |
| 12            | <b>自動車検査場における車両故障診断情報の収集結果の分析</b><br>自動車安全研究部 *松村英樹、榎本 恵、山本敏郎（環境研究部）   |
| 12月4日<br>講演 1 | <b>地方鉄道を対象とした自動運転技術活用に関する基礎検討</b><br>交通システム研究部 *竹内俊裕、長谷川智紀、山口大助、渡邊翔一郎、篠田憲幸（客員研究員）  |
| 12月4日<br>講演 2 | <b>地方鉄道における営業車両を活用した軌道状態の監視に関する取組</b><br>交通システム研究部 *森 裕貴、緒方正剛、大野寛之、山口大助  |
| 12月4日<br>講演 3 | <b>運転支援装置を活用した省エネルギー運転に対する列車運転シミュレータによる評価の取組</b><br>交通システム研究部 *渡邊翔一郎、竹内俊裕、長谷川智紀、押立貴志（客員研究員）  |
| 12月4日<br>講演 4 | <b>鉄道製品に関する安全関連規格に対して適合するための留意点について</b><br>鉄道認証室 *長谷川智紀、田代維史、渡邊朝紀  |
| 12月5日<br>講演 1 | <b>シャシダイナモメーター試験で運転するドライバの標準化検討</b><br>環境研究部 *奥井伸宜、河合英直（自動車安全研究部）  |
| 12月5日<br>講演 2 | <b>RDE試験法導入に向けた国内検討と国際基準調和へ向けた取組</b><br>環境研究部 *小林 貴、新国哲也   |
| 12月5日<br>講演 3 | <b>高齢ドライバによる交通事故防止対策に関する研究</b><br>自動車安全研究部 *榎本 恵、関根道昭、長谷川浩（杏林大学）、田中健次（電気通信大学）  |
| 12月5日<br>講演 4 | <b>チャイルドシートの使用方法が子供乗員の受傷に与える影響について</b><br>自動車安全研究部 *細川成之、田中良知、松井靖浩   |
| 12月5日<br>講演 5 | <b>コンピュータシミュレーションによるADB（Adaptive Driving Beam）の有用性に関する検討</b><br>自動車安全研究部 *田中信壽、安本まこと、青木義郎、後閑雅人、山村聡志（小糸製作所）、北澤達磨（小糸製作所）、大野智之（小糸製作所） |

\*マークは主発表者です。

# 目 次

鉄道分野における新技術の導入への対応と海外展開に向けた取組 12月4日の講演（ウ・タント国際会議場）

| 題 目   | 所 属        | 講演者    | 頁  |
|---|------------|--------|----|
| <b>■交通システム研究部の取組</b>                          |            |        |    |
| 交通システム研究部における研究の概要と方向性                        | 交通システム研究部長 | 佐藤 安弘  | 1  |
| 講演1 地方鉄道を対象とした自動運転技術活用に関する基礎検討                | 主席研究員      | 竹内 俊裕  | 3  |
| 講演2 地方鉄道における営業車両を活用した軌道状態の監視に関する取組            | 研究員        | 森 裕貴   | 7  |
| 講演3 運転支援装置を活用した省エネルギー運転に対する列車運転シミュレータによる評価の取組 | 研究員        | 渡邊 翔一郎 | 11 |
| <b>■鉄道認証室の取組</b>                              |            |        |    |
| 鉄道認証室における最近の活動概要                              | 鉄道認証室長     | 江國 実   | 15 |
| 講演4 鉄道製品に関する安全関連規格に対して適合するための留意点について          | 主席研究員      | 長谷川 智紀 | 17 |

国際化する環境基準への対応と交通事故削減への取組 12月5日の講演（ウ・タント国際会議場）

| 題 目   | 所 属        | 講演者   | 頁  |
|---|------------|-------|----|
| <b>■環境研究部の取組</b>  |            |       |    |
| 環境研究部における研究の概要と方向性  | 環境研究部長     | 坂本 一朗 | 23 |
| 講演1 シャシダイナモメーター試験で運転するドライバの標準化検討                          | 主任研究員      | 奥井 伸宜 | 25 |
| 講演2 RDE 試験法導入に向けた国内検討と国際基準調和へ向けた取組                        | 研究員        | 小林 貴  | 29 |
| <b>■自動車安全研究部の取組</b>                                       |            |       |    |
| 自動車安全研究部における研究の概要と方向性                                     | 自動車安全研究部長  | 河合 英直 | 33 |
| 講演3 高齢ドライバによる交通事故防止対策に関する研究                               | 研究員        | 榎本 恵  | 35 |
| 講演4 チャイルドシートの使用方法が子供乗員の受傷に与える影響について                       | 主席研究員      | 細川 成之 | 39 |
| 講演5 コンピュータシミュレーションによるADB（Adaptive Driving Beam）の有用性に関する検討 | 主任研究員      | 田中 信壽 | 43 |
| <b>■自動車認証審査部・リコール技術検証部の取組</b>                             |            |       |    |
| 講演6 自動車認証審査部における審査の概要について                                 | 自動車認証審査部長  | 山崎 孝章 | 47 |
| 講演7 リコール技術検証業務の現状と今後の取組                                   | リコール技術検証部長 | 杉崎 友信 | 49 |

ポスターセッション（2階レセプションホール）

| 題 目  | 所 属                               | 発表者   | 頁  |
|--|-----------------------------------|---|----|
|  |                                   | (※主発表者)   |    |
| ①鉄道信号システムの設計安全性評価に関する新たな取組                               | 交通システム研究部                         | ※ 林田 守正<br>佐藤 安弘<br>竹内 俊裕   | 55 |
| ②車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する基礎検討                    | 交通システム研究部<br><br>客員研究員            | ※ 山口 大助<br>工藤 希<br>竹内 俊裕<br>長谷川 智紀<br>篠田 憲幸                           | 59 |
| ③ラストマイルを埋める公共交通スローモビリティの可能性                              | 交通システム研究部                         | ※ 大野 寛之<br>工藤 希   | 61 |
| ④運送事業用トラックに装着した簡易排出ガス測定システムによる収集データを用いた排出ガス異常状態の診断可能性の検討 | 環境研究部                             | ※ 山本 敏朗<br>鈴木 央一  | 63 |
| ⑤使用過程ハイブリッド自動車のバッテリー及び燃費性能変化                             | 環境研究部                             | ※ 小鹿 健一郎<br>鈴木 央一<br>新国 哲也  | 67 |
| ⑥車両に起因する VOC に関する調査報告                                    | 環境研究部                             | ※ 松本 祐太<br>小林 貴<br>新国 哲也  | 69 |
| ⑦二輪車の騒音試験法に基づく騒音レベル予測手法の開発                               | 環境研究部<br><br>みずほ情報総研<br><br>神奈川大学 | ※ 村山 誠英<br>宝渦 寛之<br>坂本 一朗<br>山出 吉伸<br>今野 彰<br>山崎 徹                    | 71 |
| ⑧ UN-R79に追加された車線維持機能の試験に関する実車検証結果                        | 自動車安全研究部                          | ※ 児島 亨<br>伊原 徹  | 73 |
| ⑨歩行者にグレアを与えない前照灯システム（グレアレス ADB）に関する調査解析                  | 自動車安全研究部<br><br>本田技術研究所           | ※ 青木 義郎<br>後閑 雅人<br>田中 信壽<br>岩瀬 常利<br>廣渡 太一<br>戸高 信一<br>守屋 輝人<br>後藤 亮 | 77 |
| ⑩自動運転を想定したデータストレージシステムの検討と国際基準における議論の状況                  | 自動車安全研究部                          | ※ 新国 哲也<br>小林 撰   | 79 |
| ⑪助手席子供乗員に対するエアバッグの影響に関する調査                               | 自動車安全研究部                          | ※ 田中 良知<br>細川 成之<br>松井 靖浩   | 81 |
| ⑫自動車検査場における車両故障診断情報の収集結果の分析                              | 自動車安全研究部<br><br>環境研究部             | ※ 松村 英樹<br>榎本 恵<br>山本 敏郎  | 83 |



## 口頭発表 12.4



# 交通システム研究部における研究の概要と方向性

交通システム研究部

佐藤 安弘

## 1. まえがき

交通安全環境研究所は、日々の生活や経済活動に欠かせない自動車及び鉄道等の陸上交通について、国の施策に直結した試験研究業務を通じて、安全・安心の確保及び環境の保全に貢献するための取り組みを進めている。

その中で、交通システム研究部は、鉄道、LRT（Light Rail Transit：次世代型路面電車システム）等の交通システムに係る安全及び安定輸送の確保に貢献するため、事故の原因究明、省コストで安全性の向上を図ることができる事故防止対策の検討、新たな交通システム・設備・車両の技術評価等を実施してきた。また、地域交通の維持・活性化、高齢者や交通弱者の移動の安全・安心の確保、自動車と鉄道等の技術連携など、陸上交通の総合的な安全・環境に関わる様々な課題について、自動車・鉄道の双方を所管する当研究所の特長を生かした分野横断的な研究にも取り組んできた。

また、近年では、我が国鉄道技術の国際的な展開が国の重要施策の一つとして位置づけられている中で、この鉄道技術の国際的な展開に資するため、海外向けの交通システム・設備・車両の技術評価等に取り組んできた。

本稿では、当研究部が実施している取り組みの概要について報告する。

## 2. 交通システム研究部の研究

### 2. 1. 研究重点分野

自動車技術総合機構の平成28年度から32年度までの中期計画において、当研究部関係としては、研究重点分野として以下の3つの柱を立てている。

- (1) 交通システムの安全性・信頼性評価
- (2) 地方鉄道の安全性向上
- (3) 公共交通の導入促進・評価

これらは国土交通省における鉄道分野の主要施策に対応しているものであるが、この各重点分野において、1つ又は複数の研究テーマを立てて、研究に取り組んでいる。以下、各重点分野ごとに現在の取り組みを紹介する。

### 2. 2. 交通システムの安全性・信頼性評価

交通システムに用いられる技術の安全性・信頼性に関し、技術評価の的確な遂行に資するよう、国内外の動向を踏まえた評価手法の研究を行っており、新たな技術の導入促進及び我が国鉄道技術の国際的な展開に貢献することを目指している。

具体的には、海外プロジェクト向けの安全性評価等を受託研究として実施してきており、我が国の鉄道における安全確保の考え方に立脚しつつ、国際規格との調和や信頼性にも着目した評価手法について、標準化・体系化に取り組んできた。本年度からは、無線式列車制御システム等、近年の信号システムの高度化・複雑化に対応した新たなモデルによるリスク解析や通信セキュリティ技術を含めた評価の深度化に取り組んでいる。

今後も新たに開発されたシステム等の安全性評価を受託研究として継続的に実施することとしている。また、評価を通じて蓄積したノウハウは、安全性評価や鉄道認証室が実施する国際規格適合性認証を的確に進める上で活用することとしている。

### 2. 3. 地方鉄道の安全性向上

自動車分野等で急速に進展している情報通信技術、画像処理技術、衛星測位技術、各種センサ技術等に着目し、鉄道分野の予防安全や運転支援システム等を低コストで実現する手法を研究している。

自動車・鉄道の双方にかかる分野横断的な研究として、ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）の車車間通信技術や測位技術等を活用し、危険状態を検知してドライバー・運転士に注意喚起を行う安全運転支援システムにこれまで取り

組んできたが、本年度より、自動車の自動運転用自律検知技術を地方鉄道等に導入する際に技術評価を行うための研究を開始した。

鉄道の車両、施設の保守管理については、脱線事故の防止等走行安全性の確保のため極めて重要であり、近年低コスト化、高性能化が進んでいるセンサ類を活用し、主に地方鉄道を対象とした軌道等の状態監視技術に関する研究を進め、地方鉄道の保守負担を軽減しつつ安全性の維持・向上に貢献していくこととしている。具体的には、振動センサ、騒音計、GPS、汎用無線等を組み合わせて、営業車両を活用した軌道状態監視システム（プローブ車両）による予防保全支援システムの構築を進めており、走行音の積極的活用等の機能拡充を図るとともに、データの遠隔自動収録により、高頻度の計測データを現地に行かなくとも収集・解析できる仕組みを構築しつつある。

さらに、将来に向けて一層の保守負担軽減、省コスト化を図るには、軌道回路等の地上設備に頼っている列車の位置検知を車上主体に置き換え、地上設備を削減・省力化することが求められる。このため、準天頂衛星、GPS等の衛星測位技術を活用して列車の位置検知を行う車上システムについて、これまで取り組んできた衛星測位による位置検知の精度上の課題を踏まえ、慣性計測装置等の車上列車位置検知技術を活用し、安全性の観点から位置検知の精度・信頼性等に関する研究に取り組んでいる。

## 2. 4. 公共交通の導入促進・評価

超高齢化・人口減少等の社会情勢の変化に対応し、高齢者、交通弱者等の特性を考慮した交通システム技術や軌道系交通システムと自動車交通の連携を踏まえた公共交通導入評価手法に関する研究を行っている。

LRTは、地下鉄・高架鉄道に比して乗降における上下移動が少なく、高齢化社会が進展する中で交通弱者にも利用しやすい軌道系交通システムである。その一方で、既存の道路空間に併用軌道として導入する場合には、車線減少や交差点での信号制御の変更などによる道路交通流への影響が考えられることから、路線バスなどを含む道路交通及びLRTなどの軌道系交通を模擬したシミュレーションによる評価を行い、LRTの導入効果や道路交通流への影響等について、CO<sub>2</sub>排出量など環境への影響も含めた定量的評価を行っている。

最近では、電動で、時速20km未満で公道を走る4人乗り以上のモビリティ「グリーンスローモビリティ」の活用が推進されている。こうした、スローモビリティの導入効果の評価を行うための交通流シミュレーション等の研究を進めている。

また、新たなLRTなどの導入に伴う安全性評価や、車両ドア位置の相違、設置コスト等の課題を解決するため様々な開発が進められている新型ホームドアに関する評価を行っているほか、列車運転シミュレータにより架線レス車両などを対象に省エネルギー運転の評価を開始するなど、新たな交通システムを含めた技術評価等に取り組んでいる。

## 2. 5. 索道、その他の取り組み

上記の取り組みの他、当機構の中期計画における研究の重点分野とは位置づけていないものの、継続的な取り組みが必要なテーマについて、自主事業として実施している。特に、当研究所は、索道（ロープウェイ、リフト等）の試験を行うことができる我が国唯一の公的機関として、索道に関する試験研究に継続的に取り組んでおり、握索装置（搬器をロープに固定する装置）や新型ロープの試験を実施しているほか、索道事故等のデータベース化など索道の安全に資する研究を行っている。

さらに、公平性や中立性を担保しつつ、産官学連携の中核を担うべく、大学、事業者等との共同研究を実施し、研究重点分野に関連する研究の効率的かつ効果的な実施に努めている。

## 3. 今後の展開

交通システム研究部では、交通システムの安全性・信頼性評価、地方鉄道の安全性向上、公共交通の導入促進・評価を重点分野として研究に取り組んでおり、これらの研究を通じて、国の施策の支援や、安全で持続可能な交通社会の実現に貢献している。

今後も、無線式列車制御システム、自動運転用技術、車上列車位置検知技術などの新技術の動向を踏まえ、新技術の安全で円滑な導入に貢献できるよう、当研究所が有する研究資産と、これまで培ってきた技術力を活用しつつ、自動車・鉄道の双方を所管する当研究所の特長を生かした研究に積極的に取り組むことにより、引き続き、我が国鉄道技術の安全性・信頼性の確保や国際的な展開への貢献を果たしていきたいと考えている。

# 講演 1. 地方鉄道を対象とした自動運転技術活用に関する基礎検討

交通システム研究部 ※竹内 俊裕 長谷川 智紀 山口 大助 渡邊 翔一郎  
篠田 憲幸 (客員研究員)

## 1. まえがき

地方鉄道においては、人口減少に伴う要員の減少や鉄道分野における従事者の大量退職(図1)の影響から、自動運転への期待が高まりつつあるのに加えて、運転に伴うヒューマンエラーを防止するためにも自動運転技術導入の機運も広がっている。

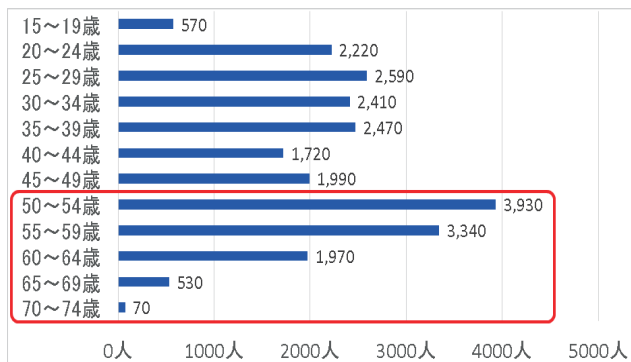


図1 鉄道線路工事従事者数<sup>1)</sup>

鉄道分野における自動運転は、前方監視を運転士が行い加減速制御のみを自動制御するものから無人自動運転まで、新交通システムを中心に長年の実績があるものの、踏切やオープンプラットホームのある地方鉄道にそのまま適用することは困難な面が多い。

一方、自動車の自動運転技術の進歩には著しいものがあり、中でも障害物を検知する技術として、画像センサ(ステレオカメラにより、測定対象との距離を測定)、ミリ波レーダ(ミリ波が対象物に反射して戻る波の位相差を利用して距離を測定)、及びLiDARセンサ(Light Detection and Ranging: 投影したレーザーが対象物に反射して返るまでの時間から距離を測定)等が単独または組み合わせて幅広く活用されており、さらに高性能化や低価格化を目標として技術開発が進められている。最近では、線路内障害物監視システム<sup>2)</sup>へのミリ波レーダの採用や、踏切障害物検知装置<sup>3)</sup>へのLiDARセンサの採用などといったように、自動車の技術が鉄道分野へも活用され始めている。

そこで、これらの自動車の分野で汎用化された技術

を活用することで、列車運行上の障害となる事象が線路上で発生した際の警報等、運転支援の可能性が考えられる。そのため、経営環境が厳しさを増している地方鉄道においても、列車運行に係る安全性の向上が見込まれることから、自動車の自動運転で採用されているセンサを地方鉄道へ活用するための基礎検討を始めることとした。

## 2. センサの比較

検討に際して、自動車の自動運転で採用されているセンサについて比較検討を行った結果を表1に示す。

表1 センサの比較

|             | 画像センサ | ミリ波レーダセンサ | LiDARセンサ |
|-------------|-------|-----------|----------|
| 検出距離        | ○     | ◎         | ◎        |
| 物体検出        | ◎     | ○         | ◎        |
| 検出精度        | ○     | △         | ◎        |
| 物体識別        | ◎     | △         | ○        |
| 天候影響        | △     | ◎         | △        |
| 周囲環境(逆光、夜間) | △     | ◎         | ◎        |
| コスト         | ○     | ○         | △        |

自動車の自動運転で採用されている主なセンサとしては、画像センサ、ミリ波レーダセンサ、LiDARセンサがある。これらのセンサを対象として、物体を検出可能な距離、物体検出の可否とその精度、検出した物体の大きさ等の識別の可否、雨や雪等の天候の影響、逆光や夜間等周辺環境の影響、導入のためのコストについて比較した。

その結果、画像センサは測定距離が100m程度で物体の識別は可能であるが、逆光や濃霧等周辺環境や天候の影響を受けやすく、ミリ波レーダは周辺環境や天候に左右されずに長距離の測定が可能であるが、検出時の分解能が他のセンサと比較して劣るため物体の識別は難しいという特徴を有している。また、LiDARセンサは、ミリ波レーダでは検出できない物体の検出

が可能であり、周囲の環境に左右されずに対象物との距離を測定することが可能であるが、悪天候時に検出性能が低下するという特徴を有している。

各センサを比較検討し、鉄道での活用を考慮した結果、検出距離、物体検出、検出精度および周囲環境において有利なLiDARセンサに着目し、性能評価を実施することとした。なお、現行のLiDARセンサはレーザを照射するためにモータなどの可動部が必要となることから、このことが低価格化及び小型化の障害となっているが、現在、モータなどを使用しないメカレス方式を採用したセンサの開発が進められており、将来的には低価格化及び小型化が期待されることも選定理由の一つとした。

### 3. LiDAR センサ仕様

選定したLiDARセンサは表2に示す仕様の4レイヤスキャニングセンサで、図2に示すように垂直方向に4本のレイヤが出力され、高さの高い順に黄色、緑色、青色、赤色で色分けして3次元を表現するセンサである。このセンサの検出可能距離は、0.5m～最大 300mとなっている。なお、選定したLiDARセンサが発するレーザ光は、レーザクラス1<sup>4)</sup>であり、公衆への影響はないタイプである。

表2 センサの比較

|              | 仕様                         |
|--------------|----------------------------|
| レーザ波長        | 905nm                      |
| レーザクラス       | クラス1<br>(IEC 60825-1:2014) |
| 開口角          | 85°                        |
| 垂直操作角度       | 3.2°                       |
| スキャン周期       | 12.5～50Hz                  |
| 角度分解能        | 0.125°, 0.25°, 0.5°        |
| 検出可能距離       | 0.5m～300m                  |
| 反射率10%での検出距離 | 50m                        |

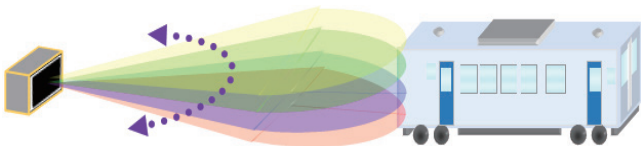


図2 スキャンイメージ

### 4. 性能確認実験の実施

LiDARセンサを鉄道へ活用することに関しては、列車運行上の障害となる事象の検知が期待される。具体的には、踏切で停滞している自動車や歩行者等、線路沿線からの侵入物や飛来物、プラットホームからの転

落などが想定されるが、それらをできる限り早期に検知し、走行中の列車を停止させることが必要となる。

そこで、それらの事象を想定した場合の検知状況を確認するために、図3に示すようにLiDARセンサを実際の車両に設置して実験を実施した。

実験は、豊橋鉄道市内線の試験車両で赤岩口電停～駅前電停間を走行しながら、試験車両の前方を走行、横断する自動車や歩行者などを障害物と見立てて、その検知状況や検出距離について確認することとした。

実験に使用した装置構成は、図4に示すように、試験車両の運転台横に設置したLiDARセンサとノートパソコンで構成され、センサ本体からの情報を専用アプリケーション上で距離と高さ別で点群データで表示することで物体を検知、識別するものである。



図3 実験車両 (左) と設置したLiDARセンサ

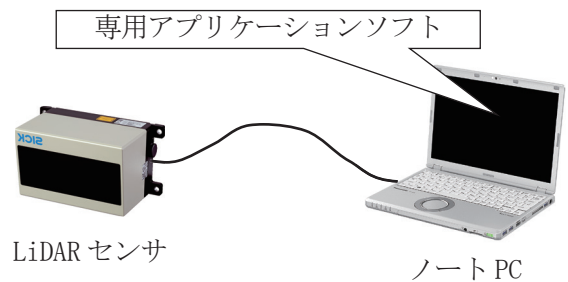


図4 実験装置構成

### 5. 実験結果

停止している物体の検知状況についての実験の結果、図5に示すように、前方の交差点で停止している路面電車1両(図5①)と自動車3台(図5②～④)について、図6に示すように距離20m～30mの範囲に存在していることが検知できることが確認された。



図5 停止している物体検知時の画像

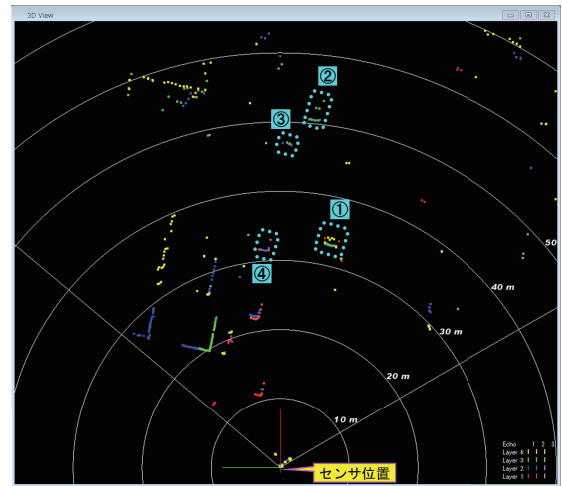


図8 動き出した物体の検知状況

さらに、図9のように、前方の線路を横断する歩行者や自転車についても、図10に示すように検知できることが確認された。特に、歩行者については、複数名が重なっているように見える状況においても、個別に検知できることが確認された。



図6 停止している物体の検知状況

また、図7のように、交差点の信号が青現示になり、路面電車や自動車が動き出した後についても、図8に示すように追従検知できていることが確認された。

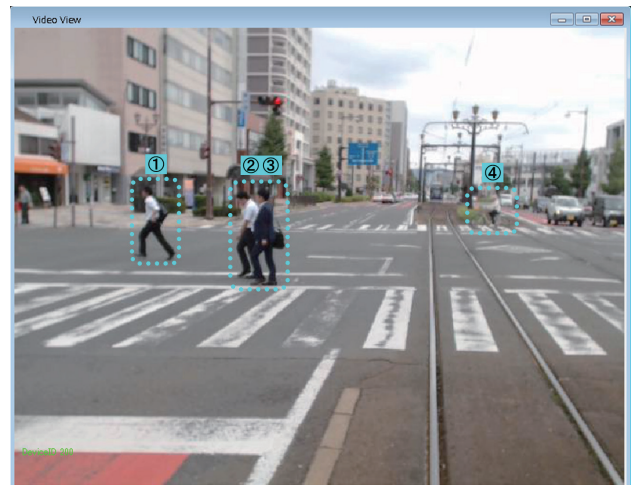


図9 歩行者や自転車の検知時の画像



図7 動き出した物体検知時の画像



図10 歩行者や自転車の検知状況

次に、検出距離についての実験の結果について示す。実験の方法は、試験車両が交差点で停車している

状況で、交差点を右方向から進入して右折し、試験車両の進行方向に遠ざかっていく自動車(図1-1)を追従検知し、検知できなくなった時点の距離を測定することとした。その結果、図1-2のように200m程度までは追従検知できることが確認された。なお、検出距離に関して、センサのスペック上では300mまで検知できるとのことであるが、今回の実験時の環境では200m程度であったことから、車両のフロントガラスの影響や設置方法の影響によるものと推測される。



図1-1 検出距離測定対象自動車の画像

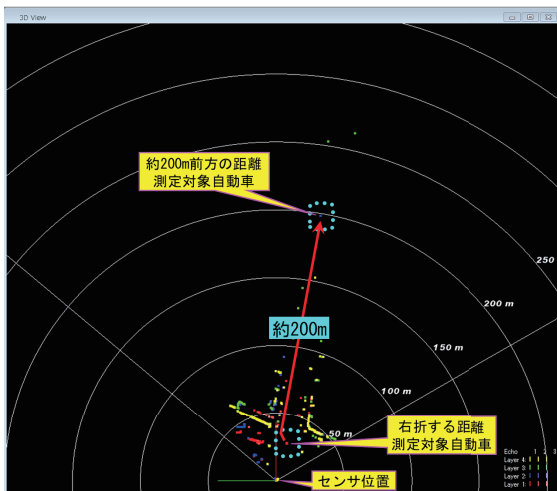


図1-2 検出距離測定状況

以上のように、LiDARセンサを実際の車両に設置して検知状況を確認するための実験を実施した結果、沿線を走行、横断する自動車や歩行者等を正確に検知できることが確認された。また、検出距離については、約200m先の自動車を検知できることが確認された。なお、検知した物体の識別については、センサから出力される物体の位置情報や物体の長さ情報等から解析することで可能となると思われるが、実際の識別状況については、今回の実験では対象外とした。

## 6. 今後の予定

今後の予定としては、今回の実験の対象外とした識別機能の確認、検出距離精度の確認、天候や時間帯による影響の確認等について実施した後、車両に長期間設置してデータを取得可能な図1-3に示す装置を製作し、その製作した装置を実際の車両に設置し、長期的なモニターランで多種多様なデータを取得し、そのデータを元に列車運行上の障害となる事象の抽出と、その検知状況について解析を行う予定である。

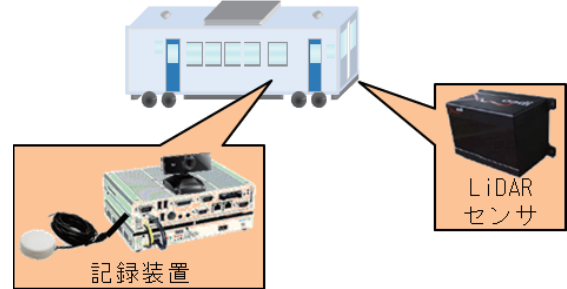


図1-3 データ取得装置イメージ

## 7. まとめ

自動車の自動運転で採用されているセンサを地方鉄道へ活用するための基礎検討を開始した。

自動車の自動運転で採用されているセンサについて比較検討を行い、鉄道での活用を考慮した結果、LiDARセンサに着目し、その性能確認のための実験を実施した。

LiDARセンサを実際の車両に設置して実験を実施した結果、障害物と見立てた自動車や歩行者等の検知が可能であること、距離が200m程度離れても検知が可能であることが確認された。

引き続きLiDARセンサを車両に設置して走行中のデータの取得・解析を進め、自動運転における新技術を地方鉄道等に導入する際に、安全性の観点から技術評価を行うための標準的な試験法を提案することを目的として検討を進める予定である。

## 参考文献

- 1) 平成22年国勢調査
- 2) 中村一成, 「90GHz帯ミリ波による鉄道線路内監視システム」, 鉄道総研月例発表会講演要旨, pp. 290-19 - 290-22
- 3) 久光他, 「三次元レーザーダ式踏切障害物検知装置の実用化」, IHI技報 Vol. 48 No. 1 (2008-3), pp. 1 - 6
- 4) JIS C 6802:2001, 「レーザー製品の安全基準」



## 講演 2. 地方鉄道における営業車両を活用した軌道状態の監視に関する取組

交通システム研究部 ※森 裕貴 緒方 正剛 大野 寛之 山口 大助

### 1. はじめに

鉄道の優れた特徴である定時性、大量輸送、省エネルギー性等を実現する一つの要素として、鉄車輪が専用軌道で支持案内されていることが挙げられる。一方、軌道で案内されているが故に、軌道異常が発生した場合は、運転士による事故回避は困難であり、脱線や転覆といった大事故へ繋がる可能性がある。そのため、小さな軌道異常を早期に発見し、軌道整備を実施することが安全上非常に重要となる。

そのような中、地方鉄道ではメンテナンス費用の確保や技術力の維持が大きな課題となっており、軌道検測車など幹線鉄道で活用されている軌道検査方法が導入できない事業者も少なくない。これに対し、営業車両を活用した軌道状態の監視が可能となれば、高頻度かつ動的な軌道評価が可能となり、安全性向上に寄与すると考えられる。また、その手法は、営業車両を活用しつつ、車両に大幅な改修を必要としない、専門の測定員が必要ない等、簡便なものが望ましい。

本報告では、地方鉄道における導入・運用を前提とした軌道状態の監視手法について提案すると共に、車両に大幅な改修を必要とせずに車体動揺等を測定する装置を用いて、鉄道事業者の協力のもと、営業車両により軌道状態の監視を実施した事例を紹介する。

#### 1. 1. 営業車両による軌道状態の監視

営業車両を活用して軌道状態の監視を行うメリットの一つは、高頻度測定が可能となることである。営業車両を活用した過去の研究では、軌道検測車と同等程度の診断精度を維持したまま、いかに測定頻度を高めていくかといったアプローチが中心であり、JR東日本にて導入された軌道変位モニタリング装置<sup>1)</sup>など、既に実用化へ至った例も確認される。しかしながら、そのようなアプローチにおいて、測定センサの設置位置は台車や輪軸等、測定環境が苛烈であるケースが殆どであり、革新的なコスト削減には繋がらないため、軌道状態の監視の必要性が高まる地方鉄道におい

て普及は困難である。従って、地方鉄道への普及を念頭に置くのであれば、高頻度で監視可能かつ低コストであることを前提に、いかに診断精度を向上させるかといった新たなアプローチが必要であると考えられる。

#### 1. 2. 動的軌道評価の必要性

営業車両を活用することのもう一つのメリットとしては、軌道に鉄道車両の重量が負荷されている状況での評価、すなわち、動的な軌道評価が可能となる点である。地方鉄道における軌道検測は、測定用ゲージまたは手押し式の測定器による静的な測定によることが多く、車両の重量を軌道に負荷しない状態で測定を行うため、車両が通過した際にレールが大きく沈下するなどの不良については検出されず、目視による確認が別途必要となっている。そのため、そのような不良箇所が見過ごされる可能性がある。

本報告で提案するアプローチでは営業車両の重量が負荷されるため、図1や図2に示すような軌道状態の箇所ではレールが沈下することによって、軌道の不良箇所として検出が可能となる。



図1 木まくらぎ及び締結装置（犬釘）の不良



a) 線路中 b) レール継ぎ目

図2 噴泥を起因とした軌道異常

## 2. 軌道状態の評価方法

地方鉄道で策定される軌道整備計画において、軌道整備の優先順位を決定する主な評価指標としては軌道変位の測定値が一般的である。しかし、軌道変位の測定回数が年に数回以下である事業者も多い。また、軌道変位測定周期間における整備計画の修正や、整備による改善結果の評価については、保守員の主観や熟練度によって評価結果が左右されることが懸念されるため、センサ等を活用した客観的な軌道状態の監視に基づく評価を併せて実施することが望まれる。

### 2. 1. 軌道変位量による評価

客観的な軌道評価を実現する軌道状態の監視手法については、軌道変位量を直接推定する手法が主流である。軌道変位量の測定値は、地方鉄道を含む全ての鉄道事業者が軌道の評価指標としているため、軌道整備に直接活用できる利点がある。

一方で、1. 1. 項でも述べたように、営業車両で軌道変位量を測定する装置については、初期コストやメンテナンスコスト等、地方鉄道事業者への導入が困難な面があると考えられる。

### 2. 2. 車体動揺による評価

地方鉄道を含めて動的な軌道評価を広く普及するためには、コストの課題を解決することが必須である。そこで、筆者らは直接軌道変位量を測定するのではなく、軌道が正常な状態（例えば軌道整備直後）を維持するといった観点で、車体動揺（3軸の車体加速度及び車体角速度を指す）を測定し、軌道の評価指標とすることを提案している<sup>2)</sup>。

本評価手法は初期コストやメンテナンスコストを大幅に削減する可能性があるが、測定位置が車室内であるため車両の2次バネ系の影響を受けやすく、十分な診断精度を確保するためには一定の調査期間を必要とすることや、全ての軌道異常に相関があるわけではないことに留意する必要がある。

#### 2. 2. 1. RMS 値による評価

軌道の上下変位と車体の上下振動加速度には強い相関があり、また、通り変位は左右加速度に、水準変位と平面性変位等は左右加速度とロール角速度などに影響を与えるといわれている<sup>3)</sup>。加速度等の大きさを評価する際は振幅の p-p (peak to peak) 値を用いることが多く、在来線の速度向上を実施する際の「在来鉄道運転速度向上試験マニュアル」<sup>4)</sup>では、速度向上後の車体上下加速度 p-p 値を 0.40G 以内、車体左

右加速度 p-p 値は 0.30G 以内に収めるよう、軌道整備を行うことが推奨されている。しかし、加速度データより直接 p-p 値を読み取ることは困難であり、信号処理を要する。

そこで、全区間中の p-p 値が特に高い地点を即時に特定するために RMS (Root Mean Square) 値を活用する。著大な振幅を強調し、かつ移動平均による高周波ノイズ除去を目的として車体動揺の RMS 値を算出し、その後、路線全体の RMS 値に基づき適切な閾値を設定することで、優先的に軌道補修を行うべき p-p 値の著大箇所を特定することが可能となる。図3に RMS 値が著大となるキロ程を特定した例を示す。

このように軌道異常を捉えた区間を「要注意区間」又は「要警戒区間」として設定し RMS 値を監視することは、軌道検測の実施、あるいは直接保守員が現地調査に向かうための判断材料として有用である。

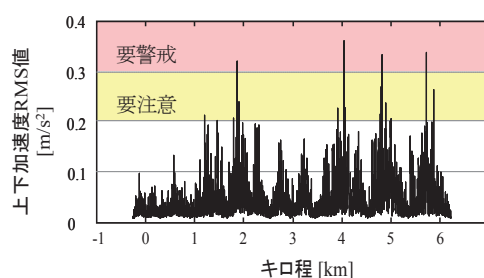


図3 RMS 値による評価例

また、同一路線で高頻度に車体動揺を測定することで、日々の RMS 値の増減量から軌道に何らかの変動があったことを捉え、軌道検査周期間における急変や軌道不整の進展を予測することで、軌道異常の評価が可能になると考える。ただし、図3のような折れ線グラフでは1走行内での比較は容易であるものの、年間を通して測定される膨大なデータを比較する際には、時系列情報が確認しづらいといった欠点があった。そのため、図4に示すように評価を行うキロ程を 10m 単位で区切り、RMS 値を閾値毎にカラーで表現することで、推移を分かり易く表現することとした。

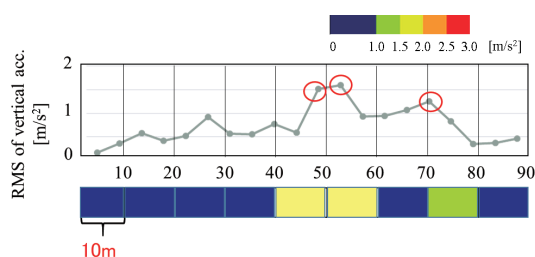


図4 RMS 値のカラーマップ化

## 2. 2. 2. ウェーブレット変換による評価

RMS 値を用いた評価においては、軌道の変化を捉える面で有用である一方、軌道異常の種別を判別することは保守員の現地調査に任せることとしている。しかしながら、軌道整備を実施するにあたっては、軌道異常の種別を把握する必要があるため、測定データから軌道異常の種別が判別されることが望ましい。

軌道異常の種別を判断する手法としては周波数解析が挙げられるが、フーリエ変換に代表される周波数解析では時間情報が失われるため、軌道異常の発生位置を特定することが困難となる。そのため、軌道異常の種別を判別し発生位置を特定するには、時間一周波数解析が有効である。

一般的に、時間一周波数解析においてもフーリエ変換を応用した高速フーリエ変換が多く用いられる。理由の一つとして、高速フーリエ変換を用いることにより、短時間で解析できるといった長所も有しているためである。しかし、周波数の窓幅が一定のため、広い周波数域を一度に解析することは難しい。そこで、本報告においては、計算効率では劣るものの広い周波数を解析可能で、出力信号の効率的な分解、再構成が可能である離散ウェーブレット変換にて評価を行う。

## 3. 測定装置の構成

測定装置については、地方鉄道での運用を想定するならば、測定の手順を簡略化し、測定及びデータの回収を可能な限り自動化することが望ましい。また、営業車両での測定を実施することから、旅客への影響を与えないよう、小型であることが必須である。

図5に今回使用した測定装置の構成図を示す。小型化のため、軌道異常を検出するための加速度センサ及びレートジャイロは、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術による一体型の慣性センサを採用している。また、列車位置を検出するためのGPS 受信機、測定用及び解析用ソフトウェアがインストールされたソリッドステートドライブ (SSD) で構成される。オプション機能として波状摩耗を検出するための騒音計、軌道異常箇所の状況を撮影するための Web カメラの接続も可能である。測定データについては SSD 及び micro SD カードに記録される。

また、自動で測定データを送信し、遠隔地における軌道状態の監視を目的としたデータ転送モジュールを内蔵している。データの送信手法は将来的な普及を

鑑み、車両からの給電をトリガーとして測定を開始し、携帯電話回線を通じてサーバへ測定データを送信する構成としている。なお、評価に必要な測定データが欠落なく送信できていることを試験 (図6) にて確認した。

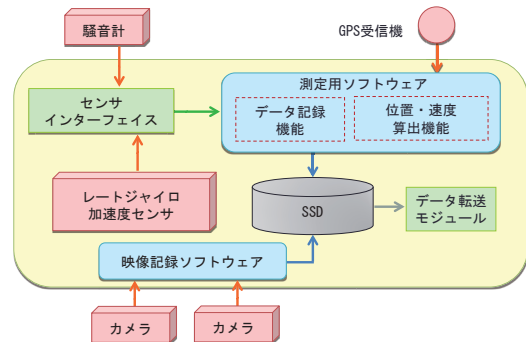


図5 測定装置の構成

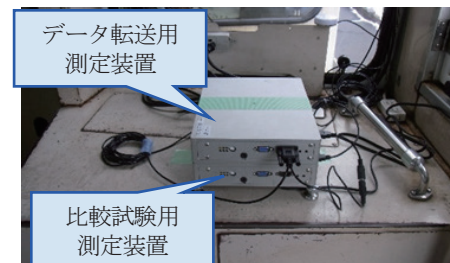


図6 データ転送確認試験

## 4. 地方鉄道における軌道状態の監視例

これまでの調査では、ある事業者で軌道変位が自社基準を越えた箇所内、全体の 86.3%が高低変位で占められていたことが判明している<sup>5)</sup>。そのため、本報告でも車体上下加速度に着目して軌道の評価を実施した。

### 4. 1. RMS 値による評価事例

鉄道事業者の協力のもと、軌道状態の監視を実施した例について紹介する。軌道異常が確認されている区間を RMS 値ごとにカラーマップ化し、一ヶ月の測定結果を時系列的に並べたものを図7に示す。なお、本路線における要注意区間の閾値は  $1.5\text{m/s}^2$ 、要警戒区間の閾値は  $2.0\text{m/s}^2$  に設定している。

最も高い RMS 値が確認されたのは 25.1km 付近 (12月6日) であるが、 $1.0\text{m/s}^2$  の閾値越え (緑色) を最も多く確認されたのは 25.3km 付近であった。現地調査の結果、両区間においては軽微な噴泥が確認されており、直ちに軌道補修を行う必要は無いものの、注意が必要であることが分かった。

これまでの監視の例から、軌道変位等の軌道異常の進展は数週間から数ヶ月単位で進むことが知られている。一方で日々の RMS 値は運転速度や旅客重量等

の影響により多少値がばらつくことが想定される。そのため、軌道補修を行う目安としては、要注意の閾値越え ( $1.5\text{m/s}^2$ , 黄色) が頻出し始めた頃が望ましい。また、要警戒の閾値越え ( $2.0\text{m/s}^2$ , 橙色) を確認した際は、軌道補修計画の検討を開始するとともに、現地における目視点検等を推奨している。

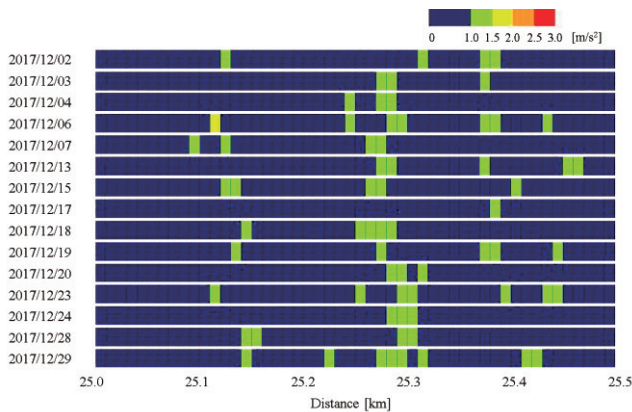


図7 軌道状態の推移のカラーマップによる表示

#### 4. 2. 離散ウェーブレット変換による評価事例

図8に踏切 (9.4km 直後) 及びレール継ぎ目付近における軌道異常 (9.5km 手前) が連続して確認されている区間における、RMS 値の測定結果を示す。踏切については、自動車の通過による荷重に耐えるため、一般線路中とは軌道の剛性が異なること等から、比較的高い RMS 値が観測される。そのため、RMS 値における評価のみでは、正常な状態である踏切についても要注意箇所として判断されてしまう懸念や、評価の際に軌道異常と誤認される恐れがある。

そこで、加速度の測定データに離散ウェーブレット変換を行い、信号の分解を実施した。図9に加速度の測定データおよび分解信号 ( $d_1 \sim d_4$ ) を示す。これまでの検討<sup>2)</sup>により、継ぎ目における軌道異常は高い周波数帯 ( $d_1$ ) で、高低変位による軌道異常は 1Hz 付近 ( $d_4$ ) にて監視が可能であることが判明している。

踏切地点では、主に  $d_2, d_3$  の周波数帯の値が大きいことが確認できる。一方、軌道異常を確認している地点では、 $d_1 \sim d_4$  の広い周波数帯で値が大きく、特に  $d_1$  での値が踏切とは明確に異なっている。

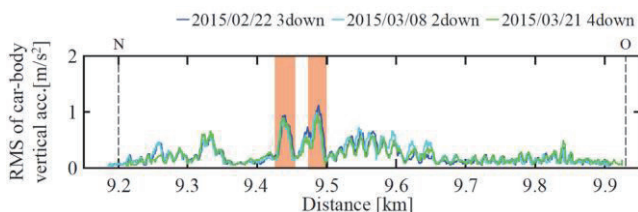


図8 踏切及び軌道異常が確認された駅間の RMS 値

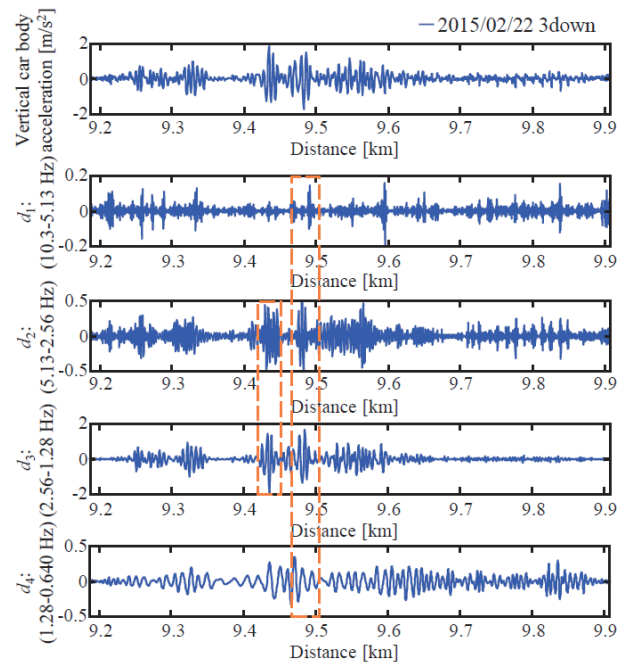


図9 離散ウェーブレット変換における分解信号

#### 5. まとめ

本報告では、営業車両における車体動揺を活用した軌道状態の監視手法を提案し、鉄道事業者の協力のもと軌道状態の評価を実施した。RMS 値から軌道の状態を監視できること、また、離散ウェーブレットにより軌道異常の種別を特定できる可能性が示された。特に、RMS 値をカラーマップにより評価する手法については、地方鉄道路線にて軌道補修計画に活用可能であり、今後、解析の自動化などを進めて行く予定である。

#### 参考文献

- 1) JR 東日本ニュース, “線路設備モニタリング装置の本格導入について”, <https://www.jreast.co.jp/press/2018/20180704.pdf>
- 2) 荻野誠之, 綱島均, 柳澤一機, 森裕貴, 浅野晃, 若井翔平, “小型レール診断装置を用いた軌道状態診断システムの開発”, 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌), Vol.134, No.1, pp.1-6 (2014)
- 3) 古川敦, 吉村彰芳, “軌道狂い管理のための車両左右動特性の同定”, 鉄道総研報告, Vol.18, No.3, (2004)
- 4) 鉄道総合技術研究所 編著, “在来鉄道運転速度向上試験マニュアル・解説”, 研友社 (1993)
- 5) 森裕貴 他, “営業車両を活用した軌道監視事例と遠隔自動収録に向けた取組”, 交通安全環境研究所フォーラム 2016 講演概要, pp101-102 (2016)

# 講演3. 運転支援装置を活用した省エネルギー運転に対する 列車運転シミュレータによる評価の取組

交通システム研究部

※渡邊 翔一郎

竹内 俊裕

長谷川 智紀

押立 貴志(客員研究員)

## 1. はじめに

### 1. 1. 電気鉄道の環境優位性

鉄道は、単位輸送量あたりのCO<sub>2</sub>排出量が相対的に小さいことから、他の交通モードと比べ、環境優位性が高く、特に電気駆動の回生ブレーキ技術は省エネルギー化に大きく寄与することができる。しかしながら、必ずしも回生ブレーキを満足に利用できるとは限らず、回生絞り込み(回生時に電車線電圧が高くなると車両の主回路を保護するために回生電力を制限する制御)を含む回生失効が生じることもある。

近年、リチウムイオン電池をはじめとする蓄電装置の性能が向上し、鉄道車両に駆動用の蓄電装置を搭載した蓄電車両が実用化されている<sup>1)</sup>。この蓄電車両により、地方鉄道に多く見られる非電化区間でも架線レスで走行することができる。さらに、回生電力を蓄電装置に蓄えることができるため、回生失効が発生しにくくなる。これらの利点から、地方鉄道への導入が期待されているが、蓄電装置が重いこと、場所を占有すること、コストが高いことなどが導入の壁となっており、その対策として、例えば非接触給電装置を用いて蓄電装置容量を減らす方法が検討されている<sup>2)</sup>。具体的には駅とその近傍の加速区間に設置し、駅停車中や加速中に電力供給する方法である。

### 1. 2. 蓄電車両の課題

非接触給電装置が故障した場合には、車両は所望の電力を受電することができないため、蓄電量が通常時より少ない状態で次駅に到達することになる。また、地震や線路沿線異常が発生した場合には、車両は走行を停止し、運行再開もしくは救援を待つことになるが、待機中も照明や空調など補機電力を消費するため、蓄電量に余裕が無くなる恐れがある。従って、旅客の安全を考えれば、蓄電装置容量に余裕をもたせる必要があり、また、蓄電車両が走行する地域も、比較

的救援がしやすい地域に限定する必要がある。このように非常時においては、蓄電装置のエネルギーを意識した対応が必要となるが、その判断を運転士や指令所が即座に行うことは必ずしも容易ではない。

### 1. 3. 本研究の目的

非接触給電装置と蓄電装置を有する架線レス車両を対象に、運転支援装置を活用して蓄電装置の状況及び次駅到達までの省エネルギーな運転パターンをリアルタイムに計算して提示することができれば、運転士や指令所が、蓄電装置のエネルギーを意識した適切な対応を取ることができ、限られた蓄電装置の容量でも、旅客を次駅に輸送する可能性を高めることができる。また、駅間で停止せざるを得ない状況になったとしても、待機可能時間を伸ばし、救援対策の手段を多様に検討することができる。

そこで、本研究では架線レス車両をはじめとする将来技術を見据えつつ、リアルタイム計算アルゴリズムを実装した運転支援装置の効果を簡易に検証するため、列車運行システム安全性評価シミュレータ(以降、運転シミュレータとする)を改造し電力量評価を行った。具体的には、次に列挙する研究及び実験を行ったので報告する。

- ・運転シミュレータの電力量計算の検証
- ・最適省エネルギー運転曲線の計算と検証
- ・蓄電装置残量に従った蓄電車両性能の変化の再現
- ・運転シミュレータによる運転支援法の検証

## 2. 研究の手順

### 2. 1. 実験設備の概要

本研究では、交通安全環境研究所に整備された運転シミュレータを活用した。この運転シミュレータでは、任意の路線と車両を設定して手動運転操作を行い、その結果を分析することができる。運転シミュレ

ータの構成は図1のようにになっている。運転席にはワンハンドルのマスコンと2つのモニタが設置されており、正面にはスクリーンが設置されている<sup>3)</sup>。

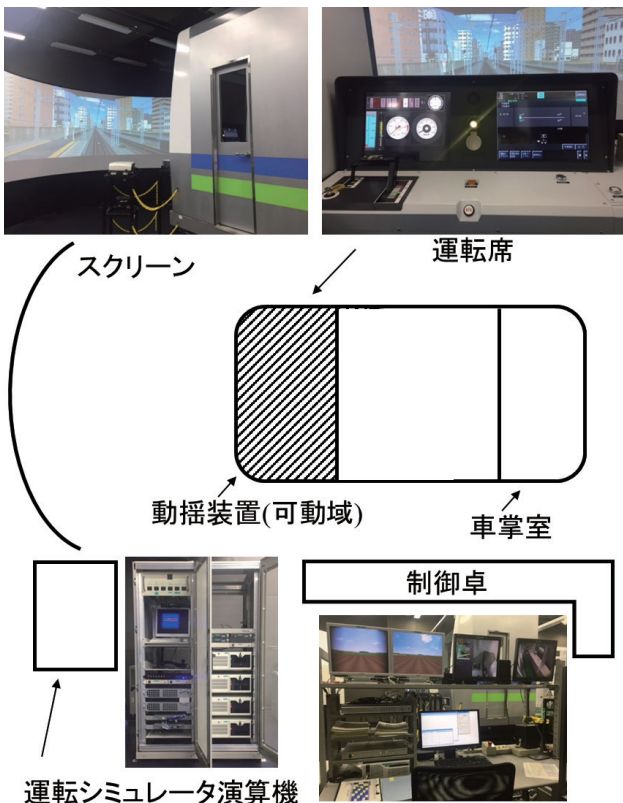


図1 列車運行システム安全性評価シミュレータ

## 2. 2. 手動運転の評価方法

### 2. 2. 1. 電力系演算と車両性能の模擬

運転シミュレータの現有設備のままでは電力量を評価することができないため、運転シミュレータから出力される車両の情報を取得し、車両の消費する電力量及び車両性能の変化を計算する外部演算装置を準備することとした。その装置の構成を図2に示す。模擬する車両は、国内で既に実用化されているEV-E301系車両を対象とし、先行研究<sup>1, 2)</sup>の設定条件を反映した。ブレーキは回生ブレーキ特性を考慮している。蓄電装置の充電率が変化すると、インバータへの供給電圧が変化するため、車両のモータ性能も変化する。したがって、充電率からインバータへの供給電圧を求め、図3に示す供給電圧と引張力の関係から車両性能を模擬した。

### 2. 2. 2. 最適運転曲線の導出方法

本研究では、最も少ない消費電力量で次駅に到達する運転曲線を最適運転曲線と定義する。最適運転曲線は、車両が駅間で停車した場合などでも利用可能とな

るよう、リアルタイムに計算できるようにした。直線平坦路線での最適運転曲線は列車抵抗のうち走行抵抗を考慮して、現在位置から次駅まで力行と惰行の組み合わせで走行し、制動を扱わずに目的位置に停車するように計算した。

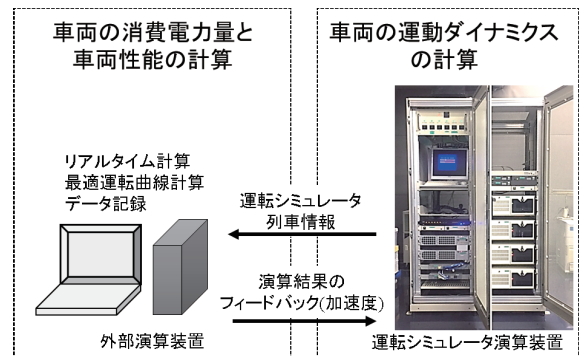


図2 運転シミュレータと外部演算装置の構成

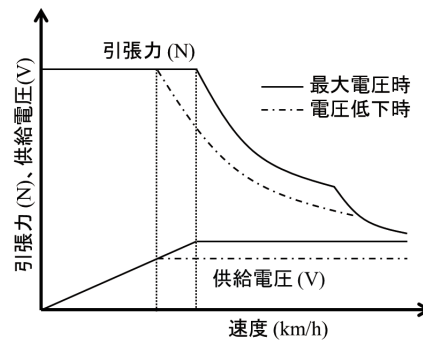


図3 引張力特性

## 3. 検証実験

### 3. 1. 消費電力量の計算検証

外部演算装置による計算の検証のため、駅間 2kmの直線平坦区間の電力量を評価した。検証結果を図4に示す。力行ノッチ扱いによる消費電力量の増加と回生ブレーキによる消費電力量の減少を確認することができる。

外部演算装置では車両の引張力と速度、電気機器変換効率を時間積分して求めている。この電力量計算の

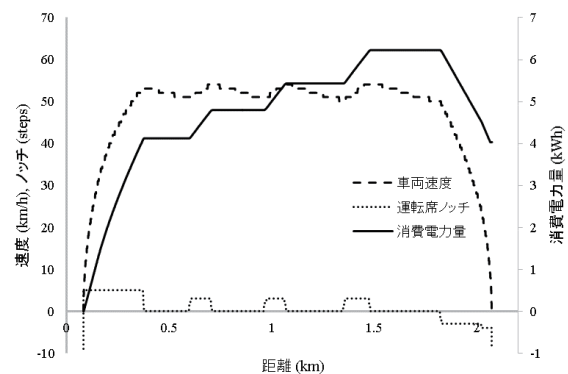


図4 消費電力量を検証した運転曲線

表1 消費電力量の計算妥当性検証実験結果

|          |                 |
|----------|-----------------|
| 外部演算装置結果 | 4.124 kWh       |
| 検証計算結果   | 4.030 kWh       |
| 差 / 割合   | 0.094 kWh / 2 % |

検証のため、運転シミュレータから得られるデータのみを利用して、外部演算装置とは別の手段で電力量を計算して比較した。電力量計算の検証では、最初の力行オフ時点での消費電力量を計算することとし、車両速度と質量から運動エネルギーを求め、電気機器変換効率と走行抵抗を考慮して電力量を計算した。計算精度上の有効数字を4桁に設定して外部演算装置の計算結果と比較した。その結果を表1に示す。外部演算装置と検証計算結果の差は約2%であり、外部演算装置の計算が妥当であることが確認できた。

### 3. 2. 最適運転曲線計算の検証

車両が駅間を走行している時に、リアルタイムに最適運転曲線を導出できることの検証実験を行った。この検証では、満充電で駅間5kmの直線平坦路線を仮定し、3.5kmの地点で非常ブレーキを扱う事態が発生し、駅間で車両が停車するシナリオとした。そして車両が停車した後に、リアルタイム計算で得られた最適運転曲線の結果に従って車両を運転・加速し、その後惰行で次駅に向けて走行した。この時の実験結果を図5に示す。非常ブレーキを取り扱くと3.6kmの地点で停車し、この時の最適運転曲線によるノッチオフ速度は30.0km/hであった。この速度を目標に、指示通りに加速して30km/hに到達後にノッチオフして惰行すると、当該車両は再力行をすることなく次駅に到達することができ、到着時点での車両速度は8.2km/hであった。

この実験結果を考察する。最適運転曲線の考え方から、理想的には次駅到達時に車両速度はゼロになるはずである。しかし、今回の実験でゼロにならなかった理由は次の2点が考えられる。

1 点目は外部演算装置と運転シミュレータの計算モデルに差があると推察される。計算モデルの差を埋めるために、外部演算装置では補正計算も行っているが、合致させることは難しい。特に、車両速度が速い時には無視できる小数点以下のパラメータの差が、車両速度が遅くなると、その影響が相対的に増加することが原因となっていると考えられる。

2 点目は運転モニタの表示・通信や人間の認識・運

転操作に遅延時間が生じることが挙げられる。最適運転曲線ではこれらの遅延時間を考慮していないため、理論通りの結果に至らなかったと考えられる。

一方で、この検討では著者らの文献<sup>3)</sup>で懸念していた最適化計算に要求される計算精度は大きく影響しないことが明らかになった。図6に最適運転曲線計算のタイムステップと得られるノッチオフ速度の関係を示す。最適運転曲線の計算は車両の停止位置も影響するため、車両の停止位置が3.6kmの地点に加え、前後5mの位置に停車した時の結果も計算した。計算の結果、図6に示すようにタイムステップが0.02秒より小さくなると、得られる計算結果の値が収束する傾向にあることが確認できた。このことから、計算精度を上げて得られる結果、つまり運転操作で目標とする速度は、小数点以下の値が多少変化する程度であり、運転操作の誤差に比べて小さいことから、影響は小さいと考えられることが明らかになった。

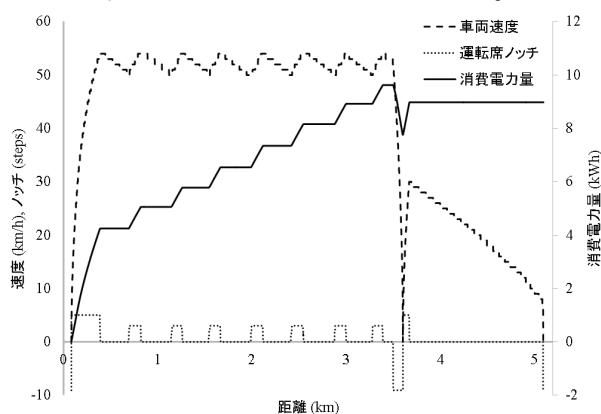


図5 最適運転曲線計算検証実験の運転曲線

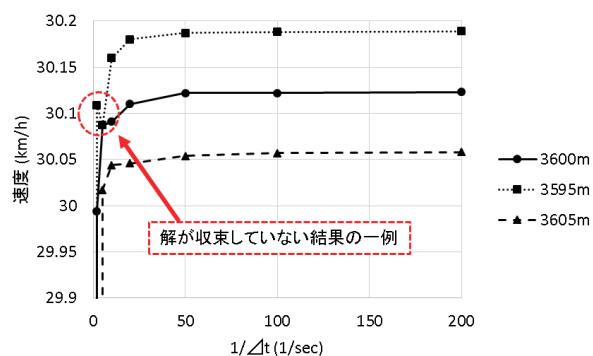


図6 最適運転曲線のタイムステップと得られるノッチオフ速度の関係

### 3. 3. 車両性能変化を考慮した最適化計算の検証

蓄電装置の残量に応じて最適化計算の結果が変化することを検証する実験を行った。この実験では駅間距離5kmの直線平坦路線を仮定し、500mの位置で

非常ブレーキを扱うシナリオとした。そして、車両が停車した時点での最適運転曲線の計算結果を調べた。このとき、蓄電装置の残量が十分な場合(ケース A)と少ない場合(ケース B)の2条件を比較することにより、車両性能の違いを見ることとした。この結果を表2に示す。一般的に、蓄電装置残量が多いと、蓄電装置の出力電圧が高いため、車両の加速性能も高くなる。したがって、短い時間で高速域に到達することができ、結果として惰行距離を伸ばすことができる。一方、蓄電装置残量が少ないと蓄電装置の出力電圧が低下して加速性能が低下するため、高速域に到達するために必要な時間と距離が増加し、結果、惰行で走行できる距離も短くなる。つまり、理論的には蓄電装置残量が多いほど最適力行オフ速度は大きくなり、残量が少ないと最適力行オフ速度は小さくなると考えられる。表2では理論的考察と結果が合致しており、適切な最適化計算が行われていると判断できる。

### 3. 4. 運転支援法の検証

運転支援については、図7に示すように検証実験を開始している。運転モニタの表示・通信や人間の認識・運転操作に遅延時間が生じることがこれまでの実験で明らかになっているため、この遅延を考慮した支援アルゴリズムや、HMI(Human Machine Interface)の構成及び情報展開の方法について今後評価していく。

表2 蓄電装置残量を変化させた時の計算結果

| 実験ケース           | A     | B    |
|-----------------|-------|------|
| 蓄電装置残量 (kWh)    | 189.4 | 20.0 |
| 満充電に対する割合 (%)   | 99.6  | 10.5 |
| 車両停止位置 (m)      | 603   | 601  |
| 最適力行オフ速度 (km/h) | 64.9  | 64.0 |



図7 運転支援装置の検証状況

## 4. 結論と今後の課題

### 4. 1. 結論

本研究ではリアルタイム計算アルゴリズムを実装した運転支援装置の効果を簡易に検証するため、運転シミュレータを改造して電力量評価を行った。

運転シミュレータの電力量計算の検証では、力行電力量を異なる手段で計算し、妥当な計算が行われていることを確認した。最適省エネルギー運転曲線の計算では、リアルタイムに最適運転曲線が得られることを確認し、また、その運転曲線に従って運転すれば、次駅に到達できることを確認した。そして、蓄電装置残量に応じて蓄電車両性能の変化を再現することができ、得られる最適運転曲線の計算結果も理論的考察と合致していることを確認した。

### 4. 2. 今後の課題

最適運転曲線は、本論では簡易な方法で求めることができたが、今後、勾配抵抗や手動運転の操作遅延時間等を考慮すると条件設定が複雑になる一方、計算精度を維持する必要があるため、最適運転曲線を求めることが困難となることが考えられる。解決策として動的計画法の導入を考えており、既に外部演算装置の改良を始めている。

また、同時に、計算結果の検証や運転支援の HMI の検討と検証についても継続して進める必要がある。

### 謝辞

本研究は日本学術振興会(JSPS)科研費 17H07407 の支援を受けたものである。

### 参考文献

- 1) 滝口裕之:「蓄電池駆動電車 EV-E301 系 (ACCUM) の概要 (Special Edition Theme 鉄道のエネルギーマネジメント)」, Technical review, JR East, 51: 45-50, (2015)
- 2) 植原彪之介, 他 :「双方向非接触給電による蓄電池駆動電車の蓄電装置容量低減」, 平成 29 年電気学会産業応用部門大会, V-347-350
- 3) 渡邊翔一郎, 他:「列車運転シミュレータを活用した手動運転の電力量評価とリアルタイム運転曲線計算の基礎検討」, 電気学会交通・電気鉄道研究会, TER-18-063, pp. 7-12 (2018)



# 鉄道認証室における最近の活動概要

鉄道認証室

江國 実

## 1. はじめに

交通安全環境研究所では、平成 23 年 4 月に鉄道認証室を設置するとともに、平成 24 年 9 月には独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）認定センターから、鉄道分野の認証機関としては我が国初の認定を取得した。以来、6 年余が経過したところであり、ここでは、認証機関としての最近の活動の概要について紹介する。

## 2. 鉄道認証機関の体制整備と現状

### 2. 1. 鉄道認証機関の体制整備

鉄道の安全で安定な輸送の確保を図るため、鉄道事業者、メーカ等の関係者において、過去の事故やトラブルの経験を踏まえ、事故防止等のための努力が積み重ねられている。これらの安全等に係る活動は、技術基準、規格（日本工業規格や鉄道関連団体規格等）等のもとで実践されてきている。このうち各種鉄道製品・システムの規格類への適合性に関しては、一般的には、製品供給側（メーカ等）において技術文書中で規格準拠が宣言され、調達側（鉄道事業者等）において製品等の受入れの妥当性判断が行われている。

他方、海外、特に欧州においては、規格として EN 規格（欧州統一規格）または国際規格（IEC 等）に準拠することが求められ、その規格適合性判断を客観的な第三者機関にゆだねる「認証」が主流になっている。そのため、日本の鉄道関連メーカ等の安全関連製品等の海外展開に際しては、製品等の国際規格に対する認証の取得が必須の状況となっており、一部メーカ等による積極的な展開が見られる。

このような状況の下で、交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会等における検討等を踏まえ、平成 23 年 4 月に鉄道認証室が設けられるとともに、平成 28 年 4 月以降は、独立行政法人自動車技術総合機構内の機関として「交通安全環境研究所」が位置づけら

れる中で、中期計画（平成 28 年 4 月～平成 33 年 3 月）のもとに鉄道関連業務にもこれまでと同様に取り組んでいる。現在の認証業務実施体制の概要を図 1 に示す。

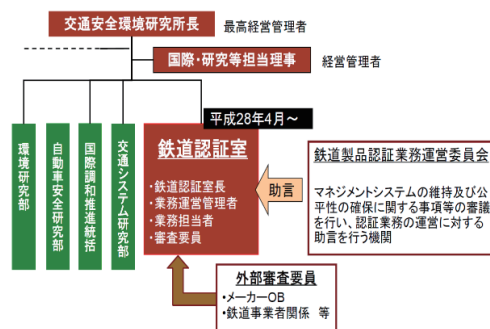


図 1 認証業務実施体制

### 2. 2. 認証対象規格と認定の取得

認証対象規格は、発足前の関係者において選定された海外でニーズの高い IEC 62278、IEC 62279、IEC 62280、IEC 62425 及び IEC 62236 の 5 規格である。平成 24 年 9 月に IEC 62425 を対象とする認定を取得して以降、認定機関による定期的な検査が実施され、当認証機関の適格性が継続的に認められてきており、その後、平成 28 年 9 月には、IEC 62279 及び IEC 62280 が、さらに平成 30 年 5 月には IEC 62278 が認定規格として加えられた。現在の認証対象規格を表 1 に示す。

表 1 認証対象規格及び認定規格

| 規格名称                             |                                 | 規格番号                             | 認定規格 |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------|
| 信頼性、アベイラビリティ、保全性、安全性（RAMS）の仕様と実証 |                                 | IEC 62278:2002                   | ○    |
| 通信、信号及び処理システム                    | 信号用の安全関連電子システム                  | IEC 62425:2007                   | ○    |
|                                  | 鉄道の制御、保護システム用ソフトウェア             | IEC 62279:2002<br>IEC 62279:2015 | ○    |
|                                  | クローズドトランスミッションシステムにおける安全性に関する通信 | IEC 62280-1:2002                 | ○    |
|                                  | オープントランスミッションシステムにおける安全性に関する通信  | IEC 62280-2:2002                 | ○    |
|                                  | トランスミッションシステムにおける安全性に関する通信      | IEC 62280:2014                   | ○    |
| 電磁両立性                            | 通則、鉄道システム全体の外部等へのエミッション等        | IEC 62236-1~5:2008               |      |

### 3. 認証機関としての活動

#### 3. 1. 認証の業務

本年10月1日までの認証書の発行実績は合計28案件（規格数：31件）となっている（図2参照）。このうち認証が維持されているものは26案件（規格数：29件）となっている（認証取得者の申請により認証を終了したものは2案件）となっている。

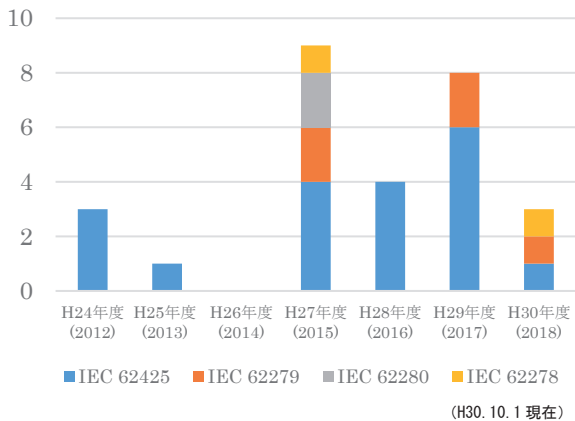


図2 認証書発行実績（規格数）

#### 3. 2. 広報活動

認証活動を国内外に広く周知することにより、当認証機関の活用を促すとともに、国際通用性を高めるための広報活動にも力を注いでいる。

##### (1) 鉄道認証情報交換会

認証活動の状況を周知するとともに認証を取り巻く情勢について情報共有を行うため、鉄道関連メーカー、関連協会及び国土交通省との情報交換会を定期的実施している。

##### (2) 電子媒体による情報提供

当室のWEBページにおいて、認証業務に関する各種ドキュメント等を公開している。

##### (3) その他

交通研フォーラム及び講演会での報告をはじめ、国内外の各種鉄道技術展等における展示等の取組を行っている。

### 4. 今後の取組について

近年、産業振興、交通混雑、地球環境問題等の交通部門の課題解決のため、世界的に鉄道に対する期待が高まる中で、多くの国において都市鉄道や高速鉄道等の整備が検討・推進されており、引き続き、国内の鉄道関連メーカーを中心に積極的な展開が進

められている。

一方、国内においては、鉄道の大幅な需要増が見込めない状況の下、少子化の進展等に伴う関連技術伝承への取組の強化が従来にも増して重要な課題となっている。また、様々な技術分野において、システム等が高機能化、複雑化する中で、人命等に影響を与える可能性の大きな製品やサービス等の重要な分野では、製品/システムの開発時から、安全性・信頼性がどのように考慮されて設計・開発されたか等について説明可能であることの重要性が指摘されるようになってきている。

このような状況の下、海外展開にあたっての国際社会との整合性の確保の観点や、新たな技術の社会受容性に対する説明責任の要請から、先駆的なメーカー・鉄道事業者はその例が見られるように、鉄道関連分野におけるエンジニアリング能力の向上とともに、技術とマネジメントの組み合わせによって製品安全性等を達成することを目標とする機能安全規格の考え方に基づく取組の強化が求められる。加えて、その基盤となる技術評価手法の整備や規格適合性評価の重要性が益々高まっていくものと考えられる。

このため、当室においては、認証機関に対する国際規格の要求事項を遵守し認定の維持を図ることはもちろん、引き続き、認証業務を着実に進め、認証実績の拡充と認証範囲の拡大に努めることとする。また、RAMS規格をはじめとする国際規格の動向を踏まえつつ、これらへの確に対応できるように、規格適合性評価/認証業務のさらなる適正化を図っていきたいと考えている。このような活動を通じて、当研究所では公平中立の立場から、日本の鉄道技術の海外展開や鉄道技術の維持・発展に引き続き貢献したいと考えている。鉄道関連メーカー、鉄道事業者をはじめ鉄道業界の様々な立場の方々並びに関係機関のご指導、ご協力をお願いする。

## 講演 4. 鉄道製品に関する安全関連規格に対して適合するための留意点について

鉄道認証室

※長谷川 智紀

渡邊 朝紀

田代 維史

### 1. はじめに

アジアや南米等で大量輸送及び環境対策として鉄道が注目され、多くのプロジェクトが立ち上げられている。国内の鉄道製品メーカーはこの市場動向へ対応するため、海外展開を進めている。日本の鉄道製品は世界に誇る安全性・信頼性を有しているが、この海外展開において、国内での取引との違いのひとつとして国際規格等への適合が求められる点がある。

規格には、大きく分けて、プロセス規格と製品規格とがある。前者は業務プロセスへの要求事項を挙げた国際標準化機構（ISO : International Organization for Standardization）が発行する ISO 9001 に代表されるものだが、ここでは技術仕様規格と機能安全規格からなる後者を取り上げる。このうち、技術仕様規格については、仕様を満たすことを試験により確認することで、国内鉄道製品メーカーも対応をしてきていた。しかし、機能安全規格については、製品開発プロセスに関係する規格であることから、国内鉄道製品メーカーは対応に苦慮してきた。特に、機能安全規格については第三者認証機関による認証が必須になることが多く、海外の認証機関とのやりとりが発生し、言語障壁も加わって、対応に多くの時間を要するといった課題が近年浮上した。これが、国内初となる当所の認証機関 NRCC (NTSEL Railway Certification Center) の発足の背景である。

NRCC 発足後、6 年間が経過し、審査経験を通じて、多くの知見を得た。そこで本講演では、機能安全規格である鉄道製品の安全関連規格への規格適合の意義とともに、適合の活動において望ましいと思われる点について述べることにする。

### 2. 規格適合を行う意義とは

#### 2. 1. 海外向けに対する規格適合の意義

欧州では、製造者であるメーカーに対する厳格責任の導入の声が高まり、1968 年頃から欧州委員会におい

て製造物責任（PL : Product Liability）に関する草案の検討が開始され、紆余曲折を経て 1985 年に PL 指令（欠陥製造物に対する賠償責任に関する加盟国の法律、規制及び行政規定の等質化についての欧州諸共同体（EC : European Communities）閣僚理事会指令）が成立した。この指令の主な内容は以下の通りであり、3 年以内に国内 PL 法を制定することを加盟国に要請した。

- ・ 被害者は損害の発生、欠陥の存在、因果関係の立証責任がある。（従来と異なり、被害者によるメーカーの責任の立証が不要となった）
- ・ 賠償金額の上限：多数の加盟国で上限なし
- ・ 以下のいずれかをメーカーが立証できた場合、メーカーが製造物責任を問われない。
  - a) 流通させなかったこと
  - b) 流通時点では欠陥がなかったこと
  - c) 販売目的で製造された物でなかったこと
  - d) 規制当局の指示で欠陥が発生したこと
  - e) 当時の科学・技術的水準では、欠陥の発見は不可能だったこと（開発危険の抗弁）
  - f) 部品の場合、完成品側の設計に欠陥があったこと

一方、英国では、1994 年に Railway Safety Case Regulations が導入され、鉄道事業者には、他者に受け入れられる Safety Case の作成が必須となった。ここで求められる Safety Case には、以下の事項が含まれる。

- (a) 安全施策
- (b) 起こり得るリスクの評価
- (c) 安全管理システム

このように、鉄道事業者及びメーカーは鉄道運行や製品の安全性・信頼性が確実であることを証明しなければならなくなった。

そこで、これらの証明方法の規格化が欧州電気標準化委員会（CENELEC : Comité Européen de

Normalisation Electrotechnique, 仏) において開始し、1999年に欧州規格(EN: European Norm, 仏)として機能安全規格である EN 50126 (RAMS: Reliability, Availability, Maintainability and Safety, 英)が発行され、その後、具体的な活動や作成すべき文書群を定めた、EN 50128(ソフトウェア)、EN 50129 (Safety Case)、EN 50129-1 及び EN 50129-2 (安全関連伝送)が発行された。

国際規格としては、これら EN 規格をベースとして、国際電気標準会議(IEC: International Electrotechnical Commission, 英)が発行する規格として、IEC 62278 (RAMS)、IEC 62279 (ソフトウェア)、IEC 62425 (Safety Case)、IEC 62280-1 及び IEC 62280-2 (安全関連伝送、現在は統合され IEC 62280)が発行されている。

国際規格は欧州 PL 法の範疇外ではあるが、近年の国際鉄道市場においては、システムインテグレータやメーカーは、規格適合説明を行うことにより、鉄道運行や製品の安全性・信頼性が確実であることを証明することが求められ、言い換えると、鉄道製品等を輸出するにあたり、これら規格に積極的に適合することが不可欠となりつつある。

## 2. 2. 国内向けに対する規格適合の意義

現在、少子高齢化が進むに伴い技術継承が課題である。従来の技術継承のひとつである OJT (On the Job Training) は、時間的余裕が少なく十分な継承ができない状況が起きつつある。

また、技術継承において、その技術の背景も含めて継承されないことにより、新しい技術を取り入れる際、過去の経緯に立ち返る事が困難で、適切な対処ができない恐れが高まる事になる。

鉄道製品の安全関連規格への適合では、後述するように、「ノウハウ・経験・暗黙知」を明文化する必要があるとともに、その対応を行った理由等も明文化される。そのため、当該製品に対処した技術が明文化され、技術継承のための資料として用いることができる。

また、技術継承を目的として規格適合を国内向けに対して実施することにより、海外向け・国内向けといった個別文書の作成の手間を省く事が可能になる。

## 3. 国内メーカーの規格適合における留意点

鉄道製品等を輸出するにあたり、規格適合の必要性については、前述したとおりであるが、国内の鉄道製品等のメーカーが規格適合を行うに当たり、国内向け品質活動をそのまま適用するには課題がある。そこで、これまで鉄道認証機関設立以降対応した認証審査を踏まえ、国内の鉄道製品等のメーカーが規格適合の活動において望ましいと思われる点について述べる。

### 3. 1. PDCA サイクル

PDCA (Plan Do Check Action) は ISO 9001 において求められる活動であるが、鉄道の安全関連規格では、図 1 に示す通り、製品毎に求められる RAMS ライフサイクル全体に対して、PDCA が求められる<sup>2)</sup>。PDCA の各段階において国内メーカーが対応すべき点は以下の通りである。

#### 3. 1. 1. Plan

規格適合で求められる Plan は、Safety Plan、RAM (Reliability, Availability and Maintainability) Plan、Verification Plan、Validation Plan 等がある。これらを、製品毎に作る必要があるが、日本国内向けの製品においては、製品毎に明文化した形で作成されていないことが多いため、規格適合を行うにあたっては Plan を規格が求めている内容に沿って改めて作成することから始めることになる。

Plan は、規格適合を行うための基礎となるべき部分となることから、国内向け・海外向け問わず作成することが、規格適合を迅速に進めるためには必要不可欠である。また、Plan において RAMS ライフサイクル全般に用いる規格で要求している Technique/Measure の適用・非適用の宣言と、規格で Highly Recommend とされている Technique/Measure を

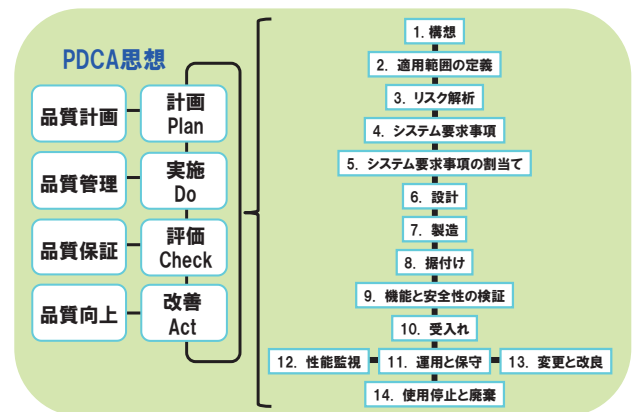


図 1 RAMS ライフサイクルと PDCA

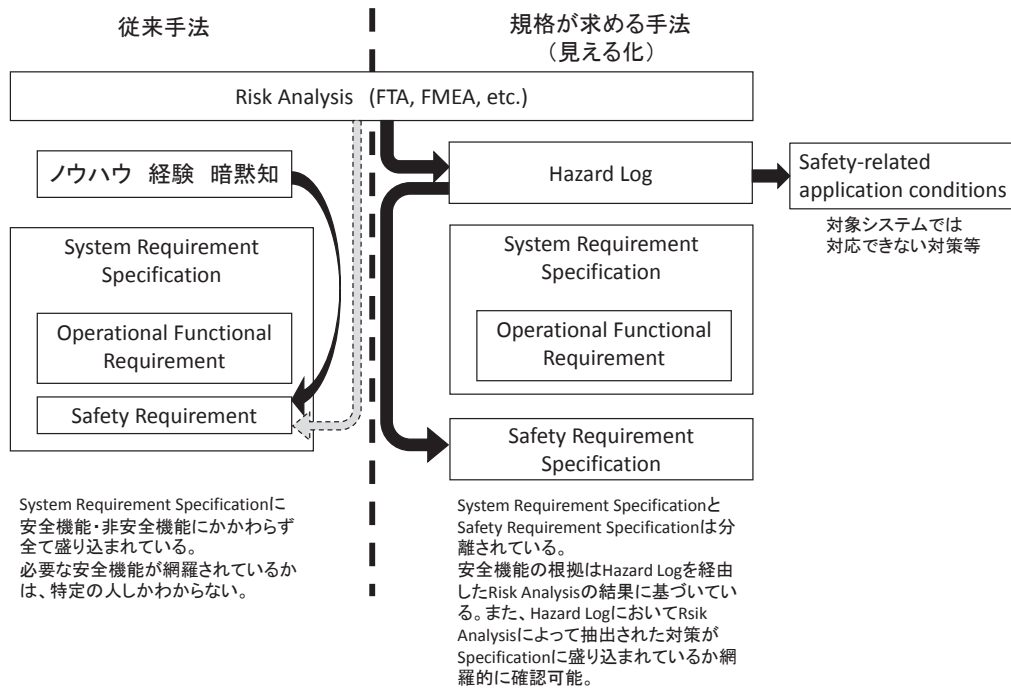


図2 従来手法と規格が求める手法との違い

非適用とした場合のその理由を記述する必要がある。

### 3. 1. 2. Do

規格適合で求められる Do は、Plan に基づき、開発を行うことである。このとき、Safety Analysis、RAM Analysis、System Requirement Specification、Safety Requirement Specification 等の設計開発文書が作成される。

Do で求められることは、Plan に基づき、Analysis、Requirement Specification、Test Specification 及び Test Report を実施・作成するとともに、これらのドキュメント間において計画や仕様等とのトレーサビリティが取れていることである。

旧来からの日本国内向けのやり方では、FTA (Fault Tree Analysis) や FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) 等の Risk Analysis は行われているものの、System Requirement Specification は Operational Functional Requirement と Safety Requirement を含んだ形になっているため、Risk Analysis の結果と System Requirement Specification へのリンクが薄い。一方、Safety Requirement が今までの経験やノウハウ等から属人的に作られる傾向がある。そのため、これらを見える化することを目的としている規格への適合を行うにあたっては、旧来のやり方で実施した文書の「行間」あるいは「暗黙知」の内容を明文化する必要が生じる。(図2参照)

### 3. 1. 3. Check

規格適合で求められる Check は、図3に示すとおり Verification と Validation である。ISO 9001 では、Design Review や照査・承認により対応をしていると考えられるが、鉄道の安全関連規格では、Verification Plan 及び Validation Plan に基づき、Verification 及び Validation を実施することが求められるとともに、規格で要求している Technique/Measure を適用することが求められている。

各 RAMS ライフサイクルの段階における Verification は重要であり、Verification の形骸化によりチェック漏れが生じると、その後の RAMS ライフサイクルの段階において漏れ等が顕在化すると修正箇所が広範囲に広がることになる。そのため、Verification を形骸化することは、規格適合の工数を

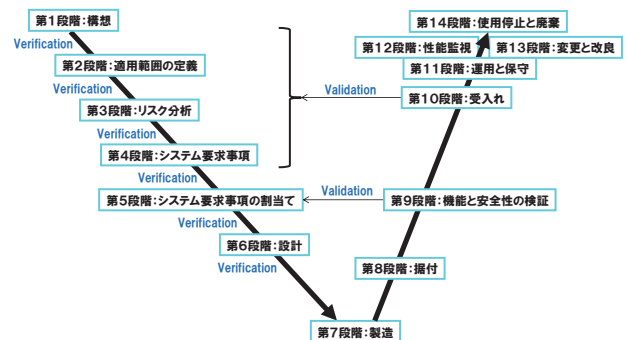


図3 RAMS 規格のVスキーム

結果的に増やすことになるため、Verification を確実に実施することが書類の変更に伴う工数を減らすことになる。

### 3. 1. 4. Action

規格適合で求められる Action は、Verification や Validation で指摘された内容に対し、改善を実施することである。Specification に対する改善や、Plan に対する改善、トレーサビリティに対する改善等が挙げられる。

前節で述べたとおり、上流の文書に影響する指摘が生じた場合、多くのドキュメントに対し影響を受ける可能性がある。そのため、各 RAMS ライフサイクルの段階において十分な Check を実施し、必要な Action を実施しておくことが、規格適合の工数を減らすことになる。

### 3. 2. Plan を積極的に変更

前節において、Check と Action の重要性を述べた。Check と Action の対象には Plan が含まれることがあるが、Plan の変更は多くの文書に影響を与える可能性があるため、消極的になる傾向がある。

しかし、Plan の変更を放置すると、RAMS ライフサイクルの段階を進んだ際、矛盾が大きくなり、結果的に修正を行う必要が出てくる。必要であれば、Plan の変更を積極的に実施するとともに、Plan の変更により影響をうける文書を最小化する工夫を検討することも必要である。

### 3. 3. 規格適合を行う開発体制

前節までは規格適合を行うに当たり実施すべきプロセス及び作成すべき文書に関する事項について述べたが、本節では、それを実行する開発体制の重要性について述べる。

規格適合を実施するに当たり、規格に基づく開発体制を構築する必要がある。規格では Designer、Verifier 及び Validator 等の独立性を求める場合がある。これに加え、RAMS 規格を遂行するにあたり、RAMS 管理者といった役割の要員を設定することがある。

日本のメーカーでは、設計者に、それも属人的に多くのノウハウが存在していることが多い。規格適合では、設計者のノウハウを明文化する必要があるとともに、設計者に対し Verification や Validation によって生じた指摘を実施させる必要がある。すなわち、RAMS 管理者から設計者に対し指示を出すことにな

るが、そのためには、RAMS 管理者に強力な指示権限を付与する必要がある。

規格適合に対し積極的に対応する権限を配分するこのような開発体制を構築することが出来れば、規格適合活動をより効率的に推進できると考えられる。

### 3. 4. 「ない」の明文化

設計図書類など、日本企業の従来の業務記録の仕方においては、実施不要と判断された技法や業務プロセスが記録として残されることが多い。しかし規格適合の審査においては、その様な記録の確認が必要となる場面がしばしば生じる。

実施しなかった事実の記録がないケースとして次の2点が考えられる。

- ・ 実施の可否を検討した結果、実施の必要がないため、実施不要。
- ・ 実施の可否を検討せず、未実施。

ここで、規格適合の観点では、前者と後者では意味が大きく異なる。すなわち、前者は明確に実施しなくてもよいことになるが、後者は実施すべきところを実施していない可能性があることになる。

そのため、Plan において、実施することが計画されている事項で、実施しなかった場合は、実施しない理由とともに、その記録を残すことが重要である。

## 4. おわりに

これまで鉄道認証機関設立以降対応した認証審査を踏まえ、規格適合の意義と活動において望ましいと思われる点について述べた。

国内向け品質活動に付け加える形で規格適合を行うと、実績ある既存の設計開発のプロセスに対し、多くの歪み生じると考えられるが、ノウハウや暗黙知の明文化を行う上でも、戦後米国発の品質管理を多くの企業が取り入れて自らの強みとしたように、是非とも、国内向け品質活動そのものに対し鉄道製品の安全関連規格の要素を盛り込んだ設計開発のプロセスの構築を検討いただきたい。

### 参考文献

- 1) 渡邊朝紀，“鉄道製品の調達と RAMS”，pp.17-20，交通安全環境研究所フォーラム 2017，2017 年 11 月
- 2) 田代維史，“鉄道の安全関連国際規格の動向と規格適合性認証”，pp.53-56，交通安全環境研究所フォーラム 2014，2014 年 11 月

## 口頭発表 12.5





# 環境研究部における研究の概要と方向性

環境研究部

坂本 一朗

## 1. はじめに

大気汚染物質及び温室効果ガスの排出に対する自動車の寄与は大きく、これまで厳しい排出ガス規制と燃費基準が設けられてきた。その結果、NO<sub>2</sub>（二酸化窒素）、SPM（浮遊粒子状物質）等による大気汚染については大きく改善されている。一方で、光化学オキシダント（O<sub>x</sub>）の環境基準達成局数は一般局で1局、自排局で0局であり、その対策としてVOC（揮発性有機化合物）の一種である燃料蒸発ガスの削減が課題となっている<sup>1)</sup>。また、排出ガス規制とともに更に厳しくなる燃費基準の両立が求められるとともに、代表的な走行条件において評価を行う従来の台上試験の高度化だけでなく、実路走行時の排出ガス、燃費の評価を可能とする路上試験が重要となってきている。

騒音については、道路に面する地域における環境基準の達成状況は緩やかな改善傾向にあるものの、幹線交通を担う道路に近接する空間においては、改善すべき余地が依然として大きく<sup>2)</sup>、沿道騒音に係る苦情件数は、ここ数年は減少傾向は見られない。

上記のような背景のもと、交通安全環境研究所環境研究部は、陸上交通に係る環境の保全を図るため、国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等に資する研究等を行うことをミッションとして、下記の課題について重点的に取り組んでいる。

- ・燃料電池等新技術搭載自動車の安全・環境性能評価
- ・実走行時の有害物質及び騒音の評価
- ・実用燃費の評価

本稿では、当部で行っている研究及び国際基準調和活動の概要と方向性について述べる。

## 2. 研究の概要

### 2. 1. 燃料電池等新技術搭載自動車の安全・環境性能評価

当研究所では、電気自動車、燃料電池自動車等次世代自動車の普及を推進するため、燃料電池自動車、電

気自動車に特有の影響（バッテリー性能劣化等）について、安全性を確保するとともに、環境性能（エネルギー消費効率等）を正しく評価するため、安全・環境性能等に関する研究を実施している。ハイブリッド車の劣化に関する研究として、ハイブリッド車に搭載された駆動用二次電池の劣化が燃費性能に与える影響について研究を行っている。また、水素燃料自動車の一充電走行距離の測定方法は現在規定されていないため、WLTPで規定されている電気自動車の一充電走行距離の測定方法を基に検討を行っている。

### 2. 2. 実走行時の有害物質及び騒音の評価

自動車の有害物質排出及び騒音に関しては、より実走行条件に即した様々な運転条件下において適用可能な評価方法の高度化等に関する研究を行っている。

2015年に米国において発生したディーゼル乗用車に対する排出ガス不正案件を受け、国内においてもディーゼル乗用車に対する検査方法の見直しが検討され、2022年より路上走行検査を導入することが提案された。当部では、車載式排出ガス測定システム（PEMS:Portable Emissions Measurement System）を活用した研究を進めており、国内に導入される路上走行検査方法について技術的検討を進めている。重量車HVについても、将来的に、より実走行に近い評価が必要となると見込まれることから、実際の車両挙動を、より忠実に反映させることを目的として、HILS試験法の高度化の検討を行っている。また、デジタル式運行記録計にNO<sub>x</sub>センサ等の信号を収録できるセンサベースの車載器（SEMS：Sensors-based Portable Emission Measurement System）を構築し、路上走行時における排出ガス低減装置の作動状態が推定可能となることから、故障診断（OBD）システムへの適用について研究を実施している。

「次世代大型車開発・実用化促進事業（第4期）」（平成27～30年度）では、大型車分野における環境負荷の低減を目指して、実走行時の燃費向上・排出ガス対

策に関する調査、次世代ディーゼル大型車や大型ハイブリッド車等の技術基準等策定に関する調査に取り組んでいる。

平成 29 年 5 月に中央環境審議会より「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方（第十三次答申）」<sup>3)</sup>が公表され、今後の検討課題として、微小粒子状物質等に関する対策、燃料蒸発ガス低減対策等について検討を行うこととされている。そのため、燃料蒸発ガスについて SHED を用いた実態把握を行い、また、PM の排出実態を調査するとともに、ディーゼル車及びガソリン直噴車に対する PM 粒子数規制の妥当性の評価を行っている。

騒音に関しては、平成 27 年 7 月に中央環境審議会より公表された「今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について（第三次答申）」<sup>4)</sup>において、四輪車及び二輪車の走行騒音規制見直し、マフラー性能等確認制度の見直しが今後の検討課題となっている。そのため、四輪車及び二輪車の騒音の実態把握、交換用マフラーの騒音実態把握を行っている。また、規制強化等の検討をより少ない工数で円滑に進めることを目的として、今後見込まれるマフラーの騒音低減技術を導入した場合の走行騒音等を評価するシミュレーション手法の開発を行っている。

### 2. 3. 実用燃費の評価

自動車の燃費等に関しては、車両の実使用条件を考慮した評価方法の改善等に関する研究を行っている。

今後、燃費基準は更に強化されると考えられるため、エアコン使用による影響に加え、将来技術の燃費性能も考慮した燃費シミュレーションモデルを用いて、ガソリン乗用車やハイブリッド乗用車の燃費評価を行っている。また、将来的に電動車両が普及していくと考えられることから、認証試験の再現性や公平性を高めるために、人間の運転挙動を再現したドライバモデルの構築や、エンジン台上試験におけるエンジン等のトルク追従性といった重量車の燃費性能を改善し、台上試験の精度向上の可能性の検討を行っている。

### 3. 国際基準調和活動

環境研究部では、WP29 の環境に関する専門家会合とその傘下のインフォーマル会議等において、基準の原案作りや修正等の作業に積極的に関わっている。

### 3. 1. 排出ガス・エネルギー専門家会合（GRPE）

第 77 回 GRPE において RDE（Real Driving Emissions）に関する世界統一基準策定のためのインフォーマル会議の設置が提案され、第 175 回 WP29（平成 30 年 6 月）で承認された。今後、日欧米が中心となって RDE 試験法が検討されることとなり、当部も国内の走行実態を反映した試験の策定に貢献していくこととしている。また、GRPE 傘下の WLTP インフォーマル会議及び EVE インフォーマル会議には当研究所の職員が副議長として参画している。

### 3. 2. 騒音・タイヤ専門家会合（GRBP）

GRBP では、大型車等の後退を音で知らせる警報装置についての新たな国連規則を検討するためのタスクフォースが設置されており、当研究所の職員が議長を担当している。後退警報装置は、日本で世界に先駆けて開発され、50 年以上の運用実績があることから、日本国内の実態や当研究所にて実施した調査研究を報告するなどにより、国際基準の策定にむけて積極的に活動を行っている。また、加速走行騒音については、規制値見直し等のための検討に貢献し、GRBP 傘下の ASEP インフォーマル会議には当研究所の職員が共同議長として参画している。

### 4. 環境研究部の今後の方向性

近年の自動車には、排出ガスや燃費性能向上のために、新たなデバイスや複雑な制御など次々に新技術が導入されている。これらの技術を適切に評価するため、その評価システムや評価方法も高度化・複雑化している。当研究所では、国の施策等に貢献するための試験研究等を継続して実施していくことにより、自動車メーカーが新たに開発した優れた技術を積極的に投入できるように、関連する調査、研究等を進めていくとともに、国際基準調和に貢献していくこととしている。

#### 参考文献

- 1) 環境省、“平成 28 年度 大気汚染状況について”、環境省ホームページ、(<https://www.env.go.jp/press/105288.html>)、(参照 2018.09.13)
- 2) 環境省、“平成 28 年度自動車交通騒音の状況について”、環境省ホームページ、(<https://www.env.go.jp/press/105068.html>)、(参照 2018.09.13)
- 3) 環境省中央環境審議会、“今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十三次答申）”、(2017)
- 4) 環境省中央環境審議会、“今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について（第三次答申）”、(2015)

# 講演 1. シャンダイナモメーター試験で運転するドライバの標準化検討

—人間の運転動作を再現したドライバモデルによる運転ロボット操作—

環境研究部  
自動車安全研究部

※奥井 伸宜  
河合 英直

## 1. はじめに

自動車（乗用車）の販売カタログ等に記載されている燃料消費率（燃費）及び二酸化炭素等の排出ガス量は、シャンダイナモメーター上に実車両を設置し、国際連合の自動車基準調和世界フォーラム（WP29）で定められた WLTP（Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure）等で規定された WLTC（Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle）等の走行パターンを走行し計測している。最近、この値（カタログ値）と実路走行時の燃費や排出ガス量の乖離が問題となっており、一要因に運転動作が考えられる。試験においては、図 1 に示す目標車速に対する許容幅が設定されているが、例えば、許容幅内で緩やかな加減速運転を行えば、目標車速に厳密に沿わせ走行する場合に比べ、良い燃費が得られる状況にある。WLTP では、モード走行をより精確に評価する対策の一つとして、SAE J2951 で採用された「ドライビングインデックス」を基に、モード走行後に走行状態の可否を判定する手法が導入された<sup>1)</sup>。一方で、このような厳密化により再試験が多発した場合、認証試験工数が増大する恐れがある。

本研究では、決められた目標車速を正確に追従させ、車両性能が公平かつ効率的に評価できるよう、ドライバの標準化を検討した。ここでは、アクセルペダルやブレーキペダルをロボットで操作させる手法を

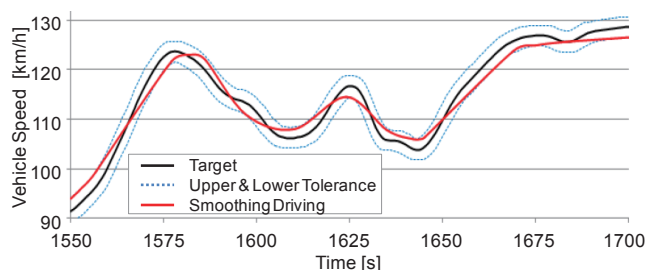


図 1 滑らかな運転操作の一例<sup>1)</sup>  
(シャンダイナモメーター試験)

用いた。ロボットによる運転にはドライバモデルが必要であり、このモデルに関する研究は数多く行われている。これらの多くは、モデル内にエンジン等の動力特性マップを必要とし、数多くあるパラメータの調整に数週間を要する。また、これらパラメータ調整には作業者の技量によって差が生じることから、メーカー間で調整が異なる可能性があり、公平に評価することが難しい等の課題が挙げられ、市販のロボットを搭載した実車両で認証試験を行うことは困難と考える。

そこで、動力特性マップを用いず、人間の運転動作を最小限のパラメータで実現したドライバモデルを構築し、実車両のアクセルやブレーキペダルをロボットに操作させ、シャンダイナモメーター上でモード走行を行う方法を検討した。その際の運転動作をドライビングインデックスで評価し、人間による運転動作と比較した。さらに、モード繰返し時の相関性も調査した。それら結果を受け、構築したドライバモデルを搭載したロボットによる運転の有効性を確かめた。

## 2. ドライバモデル

トラックやバス等のハイブリッド重量車の燃費、排出ガス評価には、HILS（Hardware In the Loop Simulator）試験法が適用される。これは、ハイブリッド制御とエンジン制御以外のパワートレインの要素機器をモデルで構築し、机上で評価を行う手法である。さらに、ドライバもモデルで構築され、目標車速追従を第一優先として、決められた計算ロジックに従った運転を行う。具体的には、動力源に対する「システムの回転速度—トルク—アクセル開度マップ」や「PID 制御項」から構成されている。図 2 に従来ドライバモデルによるハイブリッド重量車（試験時車両重量：4,370kg）の運転挙動を示すが、低車速域と高車速域を両立させる PID 制御項の調整に課題があった。

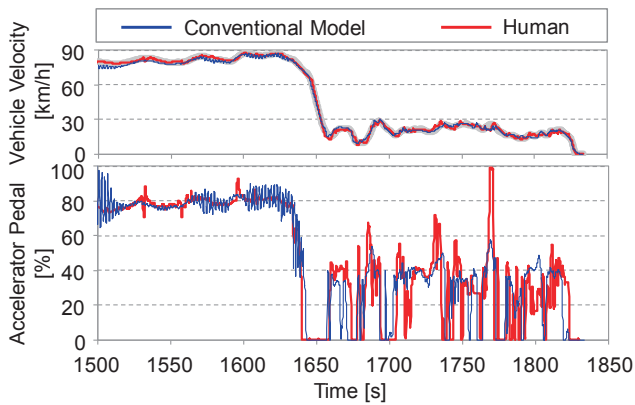


図2 従来ドライバモデルによるペダル操作

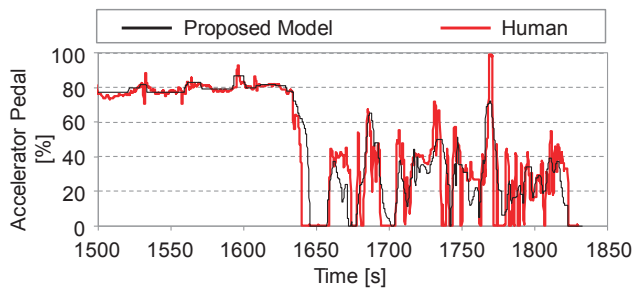


図3 提案ドライバモデルによるペダル操作

そこで、従来ドライバモデルで採用されていた「アクセル開度マップ」や「PID 制御項」を廃止し、人間の運転動作を実現するため、「ペダル操作の 3 要素」を採用した<sup>2)</sup>。「ペダル操作の 3 要素」とは、①ペダルを素早く踏み込む/ゆっくり踏み込む、②ペダルを頻繁に踏む/戻す、③ペダルを一定開度保持する時間が短い/長い、である。式 (1) にアクセルペダル開度の式を簡素化して示す。

$$acc = \left[ \frac{F + V_{fb}(1 - k_1 k_2)}{K_2(K_1 - V_{ref})} + (V_{ref} - V_{fb}) \times a \right] \times K_3 \quad \dots (1)$$

ただし、

- acc: アクセルペダル開度 [%]、
- F: 車両への力 [N]、 $V_{ref}$ : 基準車速 [km/h]、
- $V_{fb}$ : フィードバック車速 [km/h]、
- $k_1$ :  $V_{fb}$  と  $V_{ref}$  から成る関数、
- $k_2$ :  $V_{ref}$  から成る関数、 $k_3$ :  $V_{fb}$  から成る関数、
- a: 調整係数 (パラメータ)

図 3 に、提案ドライバモデルによるハイブリッド重量車運転時のアクセルペダル挙動を示す。人間と同様のアクセルペダル操作が全速度域で再現できている。

### 3. 実験装置 および 実験条件

#### 3.1 実験装置

実車両の各ペダルを操作させるため、市販のドライ

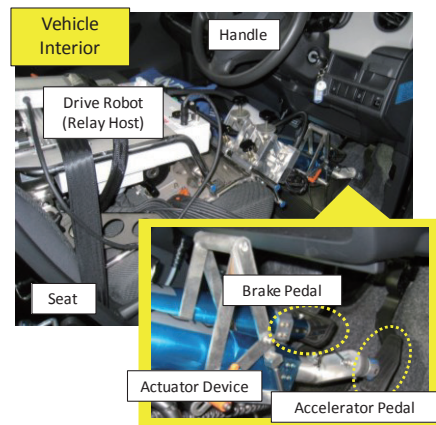


図4 運転ロボットの運転席への設置状況

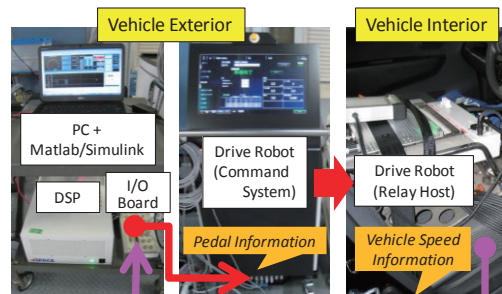


図5 運転ロボットのシステム構成

ブロボット (RBT200ST: 明電舎製) を用いた。運転席への設置状況を図 4 に示す。アクセルペダル用とブレーキペダル用の 1 自由度の直動アクチュエーターから構成され、それぞれが独立して動作し、伸縮量や速度を調整することで车速制御を可能としている。

本実験は、供試ロボットに付属するドライバモデルは使用せず、提案ドライバモデルによる制御を行った。図 5 にシステム構成を示す。供試ロボットに加え、Matlab/Simulink で作成した提案ドライバモデルを搭載した PC と高速演算装置 (DSP: dSPACE 製) から成る。DSP で演算した各ペダル開度情報を供試ロボット (制御指令部) の外部端子に入力し、各アクチュエーターを制御した。また、フィードバック車速情報はシャシダイナモメーターから取得し、DSP に入力し、リアルタイムに操作量を演算させている。





#### 3.2 実験条件

##### (1) 走行モードと車両諸元

WLTC を使用し、コールドスタートを行った。

供試車両の諸元を表 1 に示す。市場の販売割合で多くを占める 2 ペダル (アクセル、ブレーキペダル) 採用車両を対象とし、軽中量車クラスから、電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド車 (PHEV)、ガソリンエンジン車およびディーゼルエンジン車を各 1 台

表 1 車両諸元

|                               | 【Vehicle A】   | 【Vehicle B】   | 【Vehicle C】  | 【Vehicle D】   |
|-------------------------------|---|---|--|---|
|                               |  |  |  |  |
| Vehicle Weight (Unloaded)[kg] | 1,100   | 1,410   | 1,080  | 1,800   |
| Body Size (L/W/H) [m]         | 3.39/1.47/1.61  | 4.48/1.74/1.49  | 4.19/1.68/1.55   | 4.93/1.85/1.45  |
| Power Unit                    | 【EV】<br>Motor   | 【PHEV】Motor +<br>Gasoline(1.8L/N.A.)  | 【Gasoline】<br>Gasoline(1.5L/N.A.)  | 【Diesel】<br>Diesel(2.0L/Turbo)  |
| Transmission                  | —   | CVT   | CVT  | 8AT   |
| Drive Line                    | FR  | FF  | FF   | FR  |
| Tire Size                     | 175/55R15   | 195/65R15   | 185/55R15  | 225/55R17   |

選定した。ただし、PHEV は、Charge Sustaining 状態で走行させた。

人間の運転者は、シャシダイナモメーターによる車両運転に慣れている者（メーカーのプロドライバーではない）を選定し、目標車速に沿った運転を行った。

(2) ドライビングインデックス（運転指標）

基準車速と実際の車速との乖離を指標にした「ドライビングインデックス」が、米国自動車技術会の標準試験法（SAE J2951）に規定されている<sup>1)</sup>。以下に指標の内訳を記述する。

Energy Rating (ER)

：目標走行と実走行の仕事量比率

Distance Rating (DR)

：目標走行距離と実走行距離との距離の比率

Energy Economy Rating (EER)

：「DR/ER」による単位仕事あたりの走行距離の比率

Absolute Speed Change Rating (ASCR)

：目標走行中の加速度と実走行中の加速度の累積比率

Inertial Work Rating (IWR)

：目標に関わる仕事量の変化率

Root Mean Squared Speed Error (RMSSE)

：絶対速度差の二乗平均平方根

WP29 の専門家会議において、IWR の許容値は「-4.0~+4.0」、RMSSE の許容値は「~+0.8（日本提案） or ~+1.3（欧州提案）」とする方向で検討されている（2017年9月時点）。

4. 実験結果

4.1 ドライビングインデックスの比較

図 6 に WLTC を走行した際の供試車両 4 台のドライビングインデックスを示す。ロボットの調整係数 a は、人間のペダル操作に近付け、その開度がハンチング（周期的変動）しない状態を満たす値を設定した。

WP29 で規定された IWR、RMSSE は、ロボット運転時、すべてのケースで許容を満たした。さらに、各車両の人間及びロボットの運転動作を比較すると、車両 A および B の一部は電動モーターで駆動することから、基準車速に追従した運転が行い易く、ほぼ同様の傾向を示した。エンジンのみを搭載する車両 D は、エンジントルクが大きく変速時間の短い多段 AT であり、目標車速に追従させやすかった。しかし、車両 C は変速装置が CVT であり、アクセルペダル開度の増加とエンジン回転数の上昇が同期せず、人間もロボットも運転の際にアクセルペダル開度がハンチングしないように注意深く操作（設定）する必要があった。

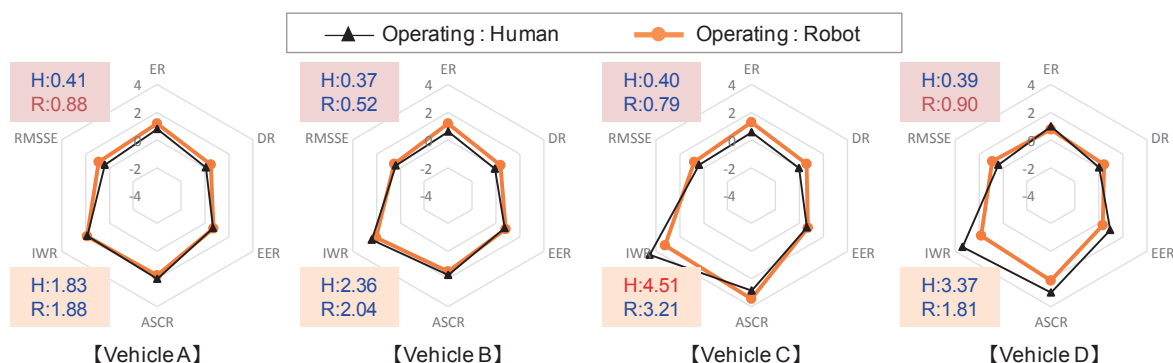


図 6 ドライビングインデックス評価（車両 A~D）

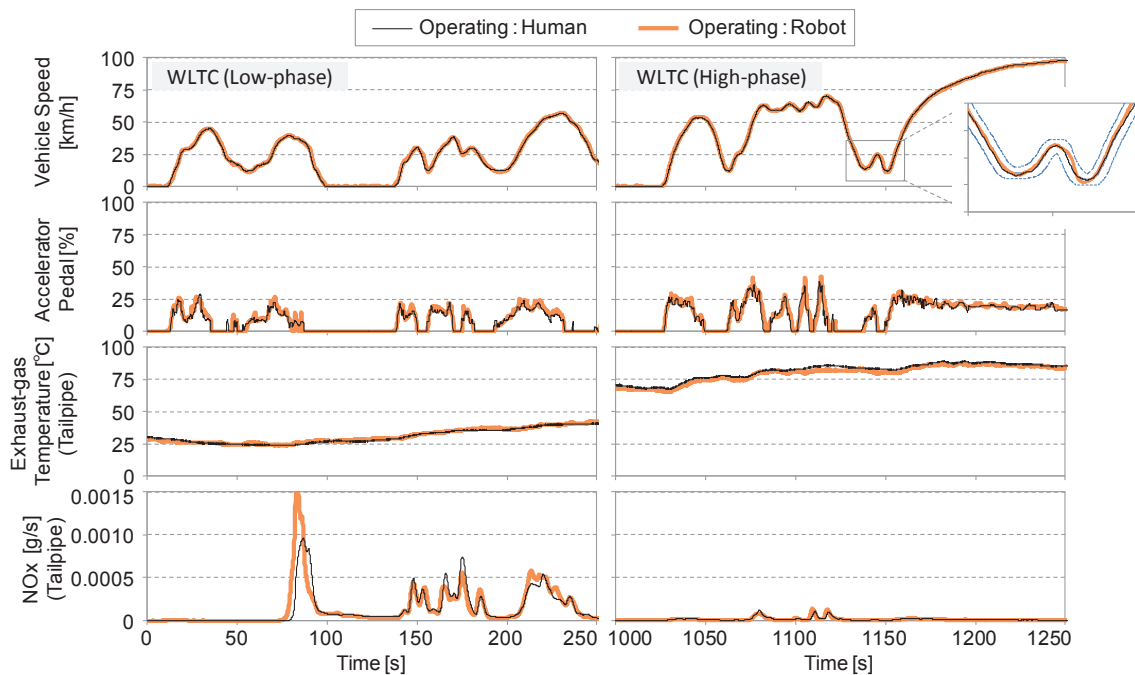


図7 車両走行性能の比較 (人間運転 vs. ロボット運転) <車両D>



図8 燃費、排出ガスの比較 <車両D>

#### 4.2 車両走行性能の詳細比較

図7に車両Dの车速、アクセルペダル開度、テールパイプにおける排出ガス温度及びNOx排出量を、ロボット及び人間の運転で比較し、時系列で示す。図左にWLTCのLowフェーズ、図右にHighフェーズを示す。ロボット運転時の各種傾向は人間運転時と同様であった。提案ドライバモデルは、コールドスタート時に特別な調整は必要とせずに運転が可能である。

図8に示すモード走行時の燃費及びNOx排出率は、ほぼ同等の結果であった。一部、走行直後のLow区間で値が多少異なるが、図7のアクセル開度挙動はほぼ同等であることから、モード走行前の車両状態(プレコンディション)に起因したものと考えられる。

#### 4.3 モード繰り返し走行時の性能バラつき調査

EVの航続距離はモード走行を繰り返して評価する

ため、運転バラつきを排除する必要がある。そこで、車両Aで繰り返し走行した時の车速の再現性を調査した。1、2サイクル目の相関は、 $R^2=0.9999$ が得られ、サイクル毎の再現性が高いことが確認できた。

### 5. まとめ

- (1) 提案ドライバモデルは、従来モデルで不可欠であった事前の動力特性マップの取得やパラメータの調整作業を排除し、車両諸元や车速といった既知の情報を用いるロジックとした。このモデルで運転ロボットを制御すれば、座席設置後短時間で、シヤシダイナモメーター上で車両走行が行えることを確認した。
- (2) 提案ドライバモデルによるロボット運転で、人間と同様の運転動作や走行性能が得られた。また、サイクル毎の性能のバラつきが少ないことを確認した。
- (3) 提案ドライバモデルを標準化し運用すれば、認証試験時における公平性、効率性が確保でき、リアルワールド走行時の車両性能に近づくものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 小林一樹：乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法(WLTP)における自動車認証審査部の取り組み、交通安全環境研究所フォーラム2016講演概要集、p.97-98(2016)
- 2) 奥井伸宜：HILSドライバモデルの運転操作の違いがハイブリッド重量車の燃費性能・排出ガス特性に及ぼす影響、自動車技術会論文集、Vol.47、No.5、p.1191-1196(2016)

## 講演 2. RDE 試験法導入に向けた国内検討と 国際基準調和へ向けた取組

環境研究部 ※小林 貴 新国 哲也

### 1. はじめに

2015 年 9 月、米国で販売されているディーゼル乗  
用車等において、排出ガス検査時のみ排出ガス低減装  
置を作動させる不正ソフトが搭載されていたことが  
発覚し、大きな問題となった（以下、「排出ガス不正事  
案」という）。また、欧州においては、以前よりディー  
ゼル車を中心とした最新規制適合車両における実走  
行時の NOx 排出が必ずしも低減されていないとい

表 1 RDE 試験法の要件

| 試験要件                      | 説明  |
|---------------------------|---|
| <b>Ambient conditions</b> |   |
| Temperature               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両周辺温度は-2~38℃とする</li> <li>・ -2~0℃及び 35~38℃において測定され<br/>た NOx 排出量は 1.6 で除す</li> </ul>   |
| Altitude                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 標高の上限は 1000m とする</li> <li>・ 700~1000m の区間を走行した際の排出<br/>量を 1.6 で除す</li> </ul>   |
| Slope                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 始点と終点の標高差は 100m 以内とする。</li> <li>・ 登りの累積高度は移動距離 100km 当た<br/>り 1200m 未満とする</li> </ul>   |
| <b>Main trip</b>          |   |
| Trip sequence<br>Consist  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 走行順序は、一般道、高速道路の順とする</li> <li>・ 実走行時の瞬時速度で分類される各走行<br/>区分（低速、中速、高速）の走行比率は以<br/>下を満たす<br/>低速（40km/h 以下）：20~35%<br/>中速（40 から 60km/h 以下）：30±10%<br/>高速（60km/h 超）：45±10%</li> </ul> |
| Stop period               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 停止（10 秒以上、速度が 1km/h 以下）時<br/>間の合計は低速での走行時間の 7%以上、<br/>36%以下とする</li> <li>・ 300 秒以上の停止時間が無いこと</li> </ul>   |
| Trip duration             | 試験時間は 90 分以上 120 分以下とする   |
| Vehicle speed             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Urban の平均速度は 15km/h 以上<br/>40km/h 以下とする</li> <li>・ 最高速度は 145km/h とする</li> <li>・ 20km/h 以下での連続走行が 20 分以上な<br/>いこと</li> <li>・ 80km/h 以上の走行時間は高速道路走行<br/>時間の 20%以上とする</li> </ul>  |
| <b>Operation</b>          |   |
| RPA<br>va_pos95           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 意図的なネガティブな運転が無いこと</li> <li>・ 意図的なポジティブな運転が無いこと</li> </ul>  |
| <b>Overall dynamics</b>   |   |
| Completeness              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 採取データの平均速度の偏りが無いよう<br/>MAW 値が urban,rural,motorway で少な<br/>くとも 15%以上採取されていること</li> </ul>   |
| Normality                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MAW の CO2 値が±25%のトレランス<br/>内に 50%以上あること</li> </ul>   |

う問題意識から、実走行時の排出ガス規制を行う取り  
組み（以下、「RDE」(Real Driving Emissions) とい  
う。)について検討され、2017 年 9 月から施行されて  
いる<sup>1)</sup>。一方、国内では、上記の排出ガス不正事案を  
受けて「排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車  
等検査方法見直し検討会」が設置され、車両総重量 3.5  
トン以下のディーゼル乗用車およびディーゼル貨物  
車を対象に検査方法等の見直しが検討された。そして、  
2022 年より路上走行検査（日本版 RDE）を導入する  
ことを提言した最終とりまとめが公表されている<sup>2)</sup>。  
その中で、今後の検討課題として、技術開発動向や国  
際動向に鑑み、欧州版 RDE で定義されている CF  
（Conformity Factor: NOx 排出量の規制値案に対す  
る比率（路上走行試験の NOx 排出量/規制値案））や、  
検査対象物質も含めた検査方法等の見直しについて  
検討することが適当であると記載されており、2022  
年からの導入に向けて、日本版 RDE 試験法の検証等  
が求められている。そこで、交通安全環境研究所では、  
日本版 RDE 試験法の検証に資するデータを収集す  
るため、路上走行試験を様々な条件下で実施するとと  
もに、RDE 試験法の要件に基づき試験成立性等の検  
証を行った。本稿では、それらの結果から RDE 試験  
法の課題を述べるとともに、国際基準調和に向けた検  
討状況について報告する。

### 2. 路上走行試験結果

#### 2. 1. RDE 試験法の要件

RDE 試験法では、路上走行試験を実施する場所や  
日時によって、交通量といった環境条件や、道路工事  
などの外的要因を受けて道路状況も変化する。そのた  
め、現状の RDE 試験法は、多様な走行環境の違いに  
起因する測定結果のばらつきの影響を小さくするた  
めの表 1 に示すように「Ambient conditions」、「Main  
trip」、「Operation」、「Overall dynamics」の 4 段階  
で試験要件を設定している。

「Ambient conditions」は、走行する環境の統一性を図るもので、気温や標高が規定されている。「Main trip」は、トリップの統一性を図るもので、例えば一回の実路走行における試験車両の速度域の構成比を規定する「Consist」、停止時間の割合を規定する「Stop periods」がある。「Operation」は、主にアクセル操作の同等性の確保を図るもので、例えば、意図的に加減速を抑えた走行を抑止する視点から定められた「RPA (Relative Positive Acceleration)」、意図的な激しい加減速を抑制する目的の「va\_pos95」がある。「Overall dynamics」には、例えばデータの速度域毎の偏りを規定する「Completeness」、データの極端なばらつきを規定する「Normality」がある。

これらの試験要件を厳しくすることによって、試験条件のばらつきの低減が見込まれる一方で、国や地域によって「リアルワールド」から乖離することや、コース選定等が困難になり、試験成立性が低下する場合がある。RDE 試験法の国際調和にあたり適切な要件設定が大きな課題となっている。

以上の要件を踏まえてルートを机上検討し、試走と修正を複数回繰り返した上で最終的に 3 種類の試験ルートを決定した。表 2 に試験ルートの詳細と、図 1 にルート図の一例として東京 1 ルートの図を示す。

## 2. 2. 路上試験方法

RDE 試験法の各要件に関する妥当性等の確認や RDE 試験における排出ガス性能を把握するため、異なる季節、車両、ルートの条件で、路上走行試験を 46 回実施した (表 3)。

### (1) 試験車両

国内の RDE 試験法における各種設定に関して、より多くのデータから検証するため、試験車両は平成 21 年度排出ガス規制に適合する車両総重量 3.5 トン以下

のディーゼル車 6 車種 (A : SUV、B,C : バン、D,E : 普通乗用車、F : 小型乗用車) を選定した。

表 2 試験ルートの概要

| ルート                               |                         | 東京1         | 東京2         | 熊谷          |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 法定速度から求めた各走行区分の走行距離 km (走行距離比率 %) | 低速 (40 km/h以下)          | 8.6 (17.8)  | 7.5 (15.0)  | 10.1 (14.4) |
|                                   | 中速 (40 km/h超～60 km/h以上) | 20.8 (42.9) | 23.4 (46.9) | 27.9 (39.9) |
|                                   | 高速 (60 km/h以上)          | 19.0 (39.3) | 19.0 (38.1) | 32.0 (45.7) |
| 総走行距離 km                          |                         | 48.4        | 49.9        | 70.0        |
| 最高地点の標高 m                         |                         | 137         | 129         | 91          |
| 始点と終点の標高差m                        |                         | 15          | 15          | 20          |
| 登りの累積高度m/100km                    |                         | 461         | 477         | 258         |

### (2) 試験方法

路上走行試験における排出ガスの測定は、車載式排出ガス測定システム (以下、「PEMS (Portable Emissions Measurement System)」という。) を用いた。なお、PEMS の測定精度を確認するため、シャシダイナモメータ上において据置型分析計と PEMS による排出ガスの測定を同時に行い、両者の結果に差が無いことを確認した。路上走行試験は、登坂や信号などの道路状況、渋滞などの交通状況、気温や天候などの気象状況等により測定結果が大きく影響を受ける。そのため、それ以外の要素については極力同一となるように配慮した。車両重量は全試験同一となるように、プレコンディショニング走行の前に燃料を満タンに給油し、試験開始時の重量を同一となるようにした。また、交通流が大きく異なることが無いように、試験は平日の同一時刻に開始した。天候が晴れもしくは曇りの日に試験を行い、エアコンは温度を 25℃、風量をオートに設定した。試験は、コールドスタートとし、1 日 1 回の走行とした。試験の前日に DPF の強制再



図 1 東京 1 ルート図



表3 試験条件一覧

| NO | 日付    | 天候  | 平均気温<br>℃ | 平均車速<br>km/h | ルート       | 車両        | 季節 |   |
|----|-------|-----|-----------|--------------|-----------|-----------|----|---|
| 1  | 9/6   | 雨/曇 | 22.4      | 37.8         | 熊谷        | A         | 夏  |   |
| 2  | 9/7   | 曇   | 25.0      | 39.0         |           |           | 秋  |   |
| 3  | 11/1  | 曇   | 16.1      | 37.7         |           |           | 冬  |   |
| 4  | 11/2  | 晴   | 20.6      | 38.4         |           |           | B  | 夏 |
| 5  | 1/31  | 晴/曇 | 9.8       | 37.3         |           |           |    | 秋 |
| 6  | 2/1   | 曇   | 6.3       | 38.2         |           |           |    | 冬 |
| 7  | 9/13  | 晴   | 35.4      | 38.3         |           |           |    | C |
| 8  | 9/14  | 晴   | 33.7      | 38.4         |           | 秋         |    |   |
| 9  | 11/9  | 晴   | 18.5      | 39.9         |           | 冬         |    |   |
| 10 | 11/10 | 晴   | 14.9      | 41.1         |           | D         | 夏  |   |
| 11 | 1/23  | 晴   | 8.0       | 40.5         |           |           | 秋  |   |
| 12 | 1/26  | 晴   | 3.2       | 38.6         |           |           | 冬  |   |
| 13 | 9/20  | 曇   | 26.5      | 39.7         |           |           | E  | 夏 |
| 14 | 9/21  | 晴   | 33.2      | 38.7         |           | 秋         |    |   |
| 15 | 11/21 | 晴   | 13.5      | 39.1         |           | 冬         |    |   |
| 16 | 11/22 | 晴   | 12.3      | 39.6         |           | F         | 夏  |   |
| 17 | 1/17  | 曇   | 12.0      | 38.0         |           |           | 秋  |   |
| 18 | 1/18  | 晴   | 16.2      | 40.4         |           | 東京近郊<br>1 | 冬  |   |
| 19 | 1/31  | 曇   | —         | 38.7         |           |           | E  | 夏 |
| 20 | 2/1   | 曇   | —         | 36.9         |           |           |    | 秋 |
| 21 | 10/18 | 晴   | 20.3      | 39.3         |           |           |    | 冬 |
| 22 | 10/18 | 晴   | 18.9      | 39.5         | F         |           |    | 夏 |
| 23 | 8/25  | 曇/晴 | 36.6      | 28.6         |           |           | 秋  |   |
| 24 | 8/24  | 曇/晴 | 36.2      | 28.9         |           |           | 冬  |   |
| 25 | 10/31 | 晴   | 17.2      | 30.2         | 東京近郊<br>2 |           | 夏  |   |
| 26 | 10/27 | 晴   | 19.0      | 29.3         |           |           | E  | 秋 |
| 27 | 12/14 | 晴   | 9.5       | 29.8         |           |           |    | 冬 |
| 28 | 12/12 | 晴   | 10.5      | 28.2         |           |           |    | F |
| 29 | 8/24  | 曇/晴 | 34.0      | 29.2         | 秋         |           |    |   |
| 30 | 8/25  | 曇/晴 | 35.3      | 26.7         | 東京近郊<br>2 |           | 冬  |   |
| 31 | 10/27 | 晴   | 17.9      | 29.6         |           |           | E  | 夏 |
| 32 | 10/31 | 晴   | 16.2      | 28.9         |           | 秋         |    |   |
| 33 | 12/12 | 晴   | 9.5       | 28.3         |           | 冬         |    |   |
| 34 | 12/14 | 晴   | 8.7       | 29.7         |           | F         |    | 夏 |
| 35 | 8/30  | 曇/晴 | 34.9      | 25.3         |           |           | 秋  |   |
| 36 | 8/29  | 曇/晴 | 33.8      | 31.5         |           |           | 冬  |   |
| 37 | 10/26 | 晴   | 19.7      | 28.3         |           | E         | 夏  |   |
| 38 | 10/4  | 曇   | 21.9      | 31.5         |           |           | 秋  |   |
| 39 | 12/19 | 晴   | 8.6       | 32.1         |           | F         | 冬  |   |
| 40 | 12/15 | 曇   | 7.3       | 29.6         |           |           | E  | 夏 |
| 41 | 8/29  | 曇/晴 | 31.7      | 31.7         |           |           |    | 秋 |
| 42 | 8/30  | 曇/晴 | 33.2      | 25.3         |           |           |    | 冬 |
| 43 | 10/4  | 曇   | 20.2      | 31.6         |           |           |    | F |
| 44 | 10/26 | 晴   | 18.7      | 28.6         | 秋         |           |    |   |
| 45 | 12/15 | 曇   | 6.2       | 29.8         | 冬         |           |    |   |
| 46 | 12/19 | 晴   | 7.9       | 32.0         | 夏         |           |    |   |

生を行った。試験前の車両のソークは6時間以上56時間以内、屋外に試験車両を放置することとした。試験中の外気温度(雰囲気温度)は試験車両に設置した温度センサー(J型熱電対)で計測し、車速はPEMSのGPSから取得した。

2. 3. 試験結果

(1) RDE試験の成立割合

試験走行がRDE試験法の要件を満たさなければ、その試験結果は無効となるため、試験が成立する割合(以下、「成立割合」という)は高い方が望ましい。

2017年度に当研究所で現行の日本版RDEに基づき実施した46回の試験の成立割合を要件別に表4に示す。すべての項目を満たした試験の成立割合は8%であり、ほとんどの走行試験は要件を満たしていないという結果となった。中でも「Stop period」、「Normality」については7割を下回る成立割合であり、国内の走行状態で達成が難しいことが示唆された。

表4 RDE試験の成立割合(2017年)

| 試験要件             | 成立割合%<br>( )内数     | 説明                                  |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Main trip        | 38                 | 速度域の構成比<br>停止時間の割合                  |
| Consist          | (79)               |                                     |
| Stop period      | (48)               |                                     |
| Operation RPA    | 63<br>(68)<br>(92) | 意図的なネガティブ(RPA)・ポジティブ(Vapos95)な運転の防止 |
| Overall dynamics | 52                 | 平均速度の偏り<br>CO2値のバラツキ                |
| Completeness     | (83)               |                                     |
| Normality        | (61)               |                                     |
| <b>Total</b>     | <b>8</b>           |                                     |

(2) 試験が非成立となる要因

試験の非成立には、交通(Traffic condition)、道路(Road)、運転手(Driver)の3つの要因が影響していると考えられる。

交通の要因については、停止発進の多さ、制限速度の低さにより、平均速度が低いことがConsistを満たさない要因の1つになっていると考えられる。また、RPAについて、80km/h以上の領域で非成立となる場合が多く見られた。これは、日本版RDE試験法の要件が欧州の要件を参考に検討されており、日欧の道路種別(例えばMotorwayなど)毎の速度域が異なっているにもかかわらず、それが考慮されていないためと考えられる。欧州では、一般道でも80km/h以上での走行が含まれるため、加減速が多いポジティブな運転が多くなる。一方、日本では、80km/h以上の走行は高速道路での速度域であるため加減速が少なく、ほぼ一定速のネガティブな運転(RPAが低くなる)が大部分

である。この道路種別の速度域は、各国で異なり、後述する WLTC の 3 フェーズ採用国（試験サイクル 4 つのフェーズのうち、超高速フェーズ(ExtraHigh)を除外した 3 つのフェーズのサイクルで試験を実施）と 4 フェーズ採用国によって異なるため、国際基準調和上の課題にもなっている。

道路の要因については、信号形式の交差点形状の相違と考えられる。信号交差を主流とする日本の道路ネットワークでは、欧米のラウンドアバウトと比較して、トリップに占める停止時間の割合が大きくなるため、Stop period の非成立につながったと考えられる。

運転手の要因については、ネガティブやポジティブな運転特性によって RPA や va\_pos95 の成立要件に影響する。成立割合の低かった RPA については、運転の自由度が特に影響している。混雑の多い東京都内のコースでは 92% 成立したが、比較的交通量の少ない熊谷のコースでは 41% 程度の成立割合であった。これは、混雑が少ない交通環境下では発進停止の頻度が減少するため、加減速が少なくなり、ネガティブな運転になりやすいためであると考えられる。

### 3. RDE 試験法の国際基準調和へ向けた取組

#### 3. 1. 国際調和のスケジュール

現状でこれらの課題を有する中で、国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP29）下の組織である GRPE（The Working Party on Pollution and Energy）で 2018 年 6 月に RDE 試験法の GTR(Global Technical Regulation)化を目的とした新たな IWG (Informal Working Group)の設立が承認された。2018 年 9 月に第一回 IWG が実施され、欧州における RDE 試験法の検討経緯、欧州が提案する RDE 試験法の説明、日本が提案する RDE 試験法の説明の情報提供があり、議論が行われた。今後、11 月、2019 年 1 月、2 月に IWG 会議が開催される予定である。その後の議論を経て、2020 年 3 月には GTR 案を提案する予定となっている。

#### 3. 2. 成立性の向上のための試験要件の提案

前述の日本における試験成立性の低さの問題に対して、主要な原因であると考えられる速度域の違いについて、日本の実情にあった Consist, Stop periods についての要件を第一回 IWG にて提案している。

具体的には、2017 年に取りまとめた現日本版の RDE 試験法では、速度区分を Urban (0-40km/h), Rural (40-60km/h), Motorway (60km/h-)としている

が、日本国内での走行実態として Urban と Rural の境界を明確に設定できないことや、40km/h を境界の閾値に設定することが試験の非成立性を低下させている可能性があることから、40km/h の境界をなくし、60km/h の境界のみにすることを提案している。

現日本版の RDE 試験法において 40km/h に境界を設けた背景として、WLTC の Low 及び Medium フェーズにおける速度 40km/h 以下の走行距離がそれぞれ 7 割、8 割を占めており、低速と中速を区分する閾値として適していると判断したことがある。都道府県別旅行速度分布から現実の交通実態をみると、多くの都市で 40km/h 付近に分布のピークを有する。したがって、40km/h 付近は、RDE 試験で速度区分する際にどちらに分類されるか不安定な速度域である。そのため、走行する地域によって、consist や stop period が非成立になりやすく、40km/h 付近で分けることが適切ではないと考えられる。上述の 60km/h のみを境界とする方法により、Consist, Stop periods の試験成立割合が改善され、total の試験成立割合は 50%程度にまで改善することがわかっている。

### 4. おわりに

本稿では、国際基準調和段階にある RDE 試験法に関して、以下の点について述べた。

現状の RDE 試験法で設定されている試験要件では、日本国内での路上走行では試験成立割合が 8%と低いことが 2017 年に当研究所で行った試験より示された。

このことの原因のとして、欧州と比べ日本は速度域が低く停止頻度が高いことが挙げられ、RDE 試験法の GTR 化を目的とした IWG において、日本の実情にあった速度区分の設定について提案している。

今後、基準調和にむけた議論が行われる予定である。当研究所としては GTR 策定に向けた、技術的な議論でデータの提供等で貢献していきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) Official Journal of the European Union, L 175, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=OJ:L:2017:175:TOC>, (参照 2017.08.04)
- 2) 国土交通省・環境省 発表資料, 排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等検査方法見直し検討会資料, [http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha\\_tk10\\_000035.html](http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000035.html), (参照 2017.08.04)

# 自動車安全研究部における研究の概要と方向性

自動車安全研究部

河合 英直

## 1. はじめに

政府は第10次交通安全基本計画において2020年までに交通事故による年間死者数を2,500人以下とする目標を掲げている。2017年の交通事故による死傷者数は前年より210人減少し、警察庁が保有する1948年以降の統計で最少となる死者数3,694人となった。しかし、その内容を見ると2008年以降、自動車乗車中の死者数よりも歩行中の死者数の方が多く、政府目標を達成するためには、いわゆる交通弱者と呼ばれる子供・高齢者・歩行者・自転車乗員等への安全対策が求められる。このような状況において、従前からの衝突安全技術によって自動車乗車時の死者数を削減するのみならず、さらに積極的に交通事故を未然防止し、車外の交通弱者に対する被害削減を進めることが必要と考えられる。

近年、自動車に対する先進技術、特に自動運転技術の導入が進み、またその開発速度も速くなってきている。国際的な基準調和について議論を行う国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム(UN-ECE/WP29)においても、自動運転に関する基準策定が急務となっている。今般WP29において33年ぶりに傘下の専門部会(GR)再編が検討され、これまで自動操舵と自動ブレーキに関する基準を検討してきた「ブレーキと走行装置(GRRF)」と自動運転に関する基本的な考え方や法規化すべき案件について横断的に検討してきた「自動運転分科会(ITS/AD)」において個々に検討してきた自動運転関連規則について、より効率的に法規化作業を進めるために、それらを統合する形で新たに「自動運転専門部会(GRVA)」を設立することが2018年6月に決定された。現在、GRVAでの具体的な活動内容については継続検討中ではあるが、傘下に、レベル3以上の自動運転システムの安全性評価体系を検討することを目的として「自動運転認証TF(Assessment of Automated Vehicles TF :AutoVeh-TF)」を設立、AutoVeh-TFは二つの分科会

において具体的検討を進める体制とし、日本はそのうちの一つ、フィジカル認証試験と監査について検討を進める分科会(Physical Certification Tests & Audit SG-1)の議長国として参加しており、自動運転に関する国際基準策定に対して重要な役割を担っている。

自動車安全研究部では、衝突安全、予防安全、情報安全を自動車安全の三本柱と捉え、自動運転技術への対応と車両安全の確保等を目的として、部内に衝突安全、予防安全、電気・電子技術・情報、点検整備のグループを構成し、自動車の安全に係る先進技術に対して柔軟かつ総合的に対応しながら、技術行政の推進に資する研究に取り組んでいる。同時に、GRVAでの活動はもちろん、WP29の下に組織されているGRSP(衝突安全)、GRE(灯火器)、GRSG(一般安全)や多くのインフォーマルグループに議長、セクレタリ、委員等として積極的に参画し、国際基準調和活動に貢献している。

## 2. 研究概要

### 2.1. 衝突安全グループ

衝突安全グループでは、交通事故の多様な実態を踏まえながら、車両の衝突安全について広く検討している。特に、第10次交通安全基本計画において重点保護対象とされている、高齢者、年少者、自転車乗員等の交通弱者を対象とし、衝突安全技術に関する基準化、法規化に必要なデータを提供することを主眼に、交通事故の調査解析、実車衝突実験、スレッド実験等によるコンポーネント試験、シミュレーション解析等を行うとともに、頭部傷害に関する生体工学に関する研究についても継続的に取り組んでいる。自転車乗員保護に関しては、未だ明らかにされていない点も多い車両と自転車乗員の衝突事故の解析を行い、対自転車事故に対する効果的な対策

と先進安全技術のあり方及びそれらの評価手法に関して検討している。

## 2. 2. 予防安全グループ

予防安全グループでは、交通事故の発生を未然に防ぐ効果をもつ予防安全技術、特に自動運転技術の評価法に関する検討を中心に取り組んでいる。

具体的には、運転の主体が運転者とシステム間で遷移する自動運転技術レベル3システムの保安基準、技術指針等の策定に資する基礎研究として、当該システムで課題となる「運転の主体の遷移」や「ドライバが運転する車両との混合交通への対応」に関する安全要件及び試験法を研究している。

また、高齢者等の認知障害や発作・急病等に由来する交通事故の増加が懸念されている中で、杏林大学医学部とも協力し、高齢者に有効な予防安全システムの設計、評価に役立つ対策を提案する事を目的に、軽度認知障害ドライバの運転特性の調査や緊急状況におけるペダル操作状態の解析により、高齢ドライバへの自動運転技術等を活用した適切な運転支援方法について、検討を進めている。

さらに、新型自動車用灯火として、夜間における歩行者の視認性向上を目的とした前照灯の高光度化や可変配光化などの先進技術が導入されつつある。これらによりドライバからの夜間における歩行者の視認性は向上するが、その一方、歩行者に与える影響については明らかになっていない点も多い。本グループでは、高齢ドライバや歩行者など交通弱者に配慮した自動車用灯火の性能評価を実施し、基準化、法規化に必要なデータを提供していくと同時に、新たな灯火の有用性、評価法に関する研究を進めている。

## 2. 3. 電気・電子技術・情報グループ

自動運転技術の導入を見据え、電子制御装置に係る安全性・信頼性を確実に確保するため、不具合検出方法、電磁両立性に関する評価方法等に関する研究を進めてきた。また、自動運転車において新車時のみならず使用期間においても継続的に安全性を保つためには、車両に係る情報安全の確保が必要となるが、これまで無かった課題に対処するための考え方の構築や基準の必要性、試験方法等について、国際調和も念頭においた調査研究を開始した。

燃料電池自動車、電気自動車等に必須の車載バッテリーについて、劣化に伴う安全性への影響についても留意するため、環境研究部と共同しながらバッテリー安全性能

に係る現行試験法の高度化と、バッテリーの安全性に関する新規技術基準の策定を支援することを目的とした研究を進めている。

## 2. 4. 点検整備グループ

点検整備に関しては、運転支援装置の普及に伴い、多数の電子制御システムが搭載された自動車に対応した自動車検査が求められている。OBD (On-board diagnostics) スキャンツールを活用した検査の可能性、検査方法等について調査、研究を実施しており、将来の高度に電子制御化された車両にも対応可能な検査方法を提案していく。

## 3. 外部連携

自動車安全研究部では、種々の研究課題について、芝浦工業大学、首都大学東京、東京農工大学、電気通信大学、杏林大学病院等との共同研究や、NHTSA(米)、VRTC(米)、BASt(独)、TÜV(独)、IIHS(米)、Thatcham(英)等の研究機関等との連携、情報交換を進めている。特に、BASt とは、安全研究の幅広いテーマについて密接な協力関係を構築しており、年に数度、双方の研究者がお互いを訪問し、具体的な研究テーマに関して意見交換、詳細議論を行っている。

自動運転に関しては、社会の期待も大きく、またその技術開発に迅速に対応するため、国際的な基準と標準策定に対して連携して対応するための全体戦略を検討している自動運転基準化研究所において、我々の研究成果を活用すると同時に、その議論を主導している。また、技術的側面のみならず法学的な考え方の理解も必要なため、自動運転社会に向けた複合的な課題について解決・改善策を探る為の学際的な研究組織として設立された明治大学自動運転社会総合研究所を中心として法曹界とも定期的な意見交換と議論を継続して実施している。

## 4. まとめ

近年の自動車は、高度運転支援システムや複雑な制御など次々に先進技術が導入されている。これら技術を搭載した車両の性能を公正、適切に評価することが新しい技術の導入・普及につながり、更なる事故の削減に貢献出来るようになる。今後も、自動車の安全に関わる種々の課題に積極的に取り組んで行く。

# 講演3. 高齢ドライバーによる交通事故防止対策に関する研究

自動車安全研究部 ※榎本 恵 関根 道昭  
杏林大学 長谷川 浩  
電気通信大学 田中 健次

## 1. はじめに

警察庁の統計によると平成 29 年の免許保有者のうち 65 歳以上はおよそ 22%、約 1,820 万人であり、今後、高齢化が進むにつれ増加が見込まれる。一方、35 道府県の 65 歳以上の高齢ドライバーに対する、車の必要性のアンケート調査によると、約 8 割が移動の自由のために車が必要と回答したと報告している<sup>1)</sup>。

高齢ドライバーは運転頻度の低下を考慮しても、他の年齢層に比べ事故を起こしやすい<sup>2)</sup>といわれており、高齢ドライバーの交通事故対策が求められている。このような状況を受け、平成 28 年 11 月に高齢運転者による交通事故防止対策に関する関係閣僚会議が開催され、警察庁は平成 29 年 3 月より改正道路交通法を施行した。これにより、認知症の疑いのある高齢ドライバーは医師の診断が必要となり、運転免許返納対策が強化されている。

さらに、技術的側面から国土交通省は緊急自動ブレーキの義務化へ向けた検討、安全運転サポートカーの普及啓発を実施している。これらは事故が発生する直前の安全対策であるが、交通安全環境研究所では日常の運転における事故を予防しつつ高齢ドライバーの運転寿命を延ばすことを目的とし、高齢ドライバーの特性をふまえた運転支援を検討することとした。最終的に、ドライバーの特性に基づいた車両の基準要件の開発を目標としている。

## 2. 高齢ドライバーの特性

### 2. 1. 加齢と運転

65 歳以上の高齢者には、健常な者と病気の者がおり、その中間層としてフレイルといわれる、加齢に伴い身体的、心理的、環境などのストレスに対する耐性が低下し、生活機能低下、要介護状態に陥りやすい状態<sup>3)</sup>の者の存在が指摘されている。認知症予備群とさ

れる軽度認知障害 (mild cognitive impairment : 以下、MCI) もフレイルに分類される。

フレイルのうち、運転に影響があると考えられるものとして、視機能の低下、注意機能の低下、危険予測能力の低下<sup>4)</sup>に加え空間認知機能の低下、筋力の低下などが挙げられる。しかし、認知機能の低下が具体的に運転のどのような側面に影響があるかまでは明らかになっていない。そこで、本研究では認知機能に関する医学的な知見と運転行動の関係を検討することとした。

### 2. 2. 認知機能検査

この研究を進めるために、当研究所は杏林大学医学部との共同研究を実施している。杏林大学では脳の器質的な病因を調べるため頭部 MRI などの画像検査を実施し、当研究所ではドライビングシミュレータ (以下、DS) により運転行動を定性的、定量的に計測している。さらに、杏林大学の指導の下、運転行動計測の実験参加者に対し基本的な認知機能を確認するため、簡易検査を実施している。その代表例として、精神心理機能検査 (Mini-Mental State Examination : 以下、MMSE)、Trail Making Test (以下、TMT)<sup>5)</sup>、前頭葉機能評価バッテリー (Frontal Assessment Battery : 以下、FAB)<sup>6)</sup>、高齢者用うつ尺度短縮版日本版 (GDS-S-J : 以下、GDS)<sup>7)</sup>が挙げられる。

## 3. 実験事例の紹介

### 3. 1. 運転支援方法に関する実験

これまで、健康な高齢ドライバーを対象にいくつかの運転支援方法について検討した。例えば、DS を用い市街地道路を走行中、システムが速度調節を行い、ドライバーは必要に応じてブレーキ操作を行うシステムを試作して評価したところ、出会い頭事故防止のためのブレーキ反応が早くなった<sup>8)</sup>。これは、アクセル操作による速度調整が不要となった分、周辺への注意とブ

レーキ操作に集中できたためと考えられる。

この他にも DS で市街地走行中、先行車の減速などの危険事象（以下、ハザード）の発生に対し注意喚起情報を提示したところ、ハザードの認知時間は短くなった。しかし、ハザードがどちらの方向に存在するかを表示した場合、ハザードの認知は向上したものの、情報を読み取るための負荷が大きくなった<sup>9)</sup>。また、実車を用い、音声操作を前提とした課題をカーブ走行中に実施したところ、高齢ドライバーは課題が難しくなるにつれハンドル操作のばらつきが大きくなった<sup>10)</sup>。

これらのことから、情報提示による支援の場合、ハザード認知が容易になるが、高齢者は認知資源が限られるため、情報量や内容などが過負荷とならない適切な支援方法の検討が必要である。

### 3. 2. 運転特性の調査実験

高齢ドライバーは、加齢の個人差と運転経験の差が複合的に作用し、運転特性の個人差が大きい。よって、対処が苦手な運転場面で個人差に適した運転支援が求められる。そこで、どのようなタイプの高齢ドライバーに、どのような場面で、どのような運転支援が効果的かを検討するため、DS を用い市街地走行中に遭遇するハザードをいくつか設定した。まず、当研究所近隣在住の日常的に運転を行う健康な 65 歳以上の高齢ドライバーを対象とし、DS による走行と簡易的な認知機能検査を実施した。

#### 3. 2. 1. 実験参加者

実験には三鷹市シルバー人材センターを介し 65 歳以上の日常運転している運転免許保有者 39 名が自由意志で参加した。参加者は男性 26 名女性 13 名平均年齢 70.9 歳（標準偏差 4.2 歳）であり、最高年齢は 84 歳であった。なお、この実験は（独）自動車技術総合機構交通安全環境研究所の「人間を対象とする実験に関する倫理規程」に基づいて行った。

#### 3. 2. 2. 実験概要

実験参加者は、1 日 3 名ずつ交代で DS 走行した。1 回の走行は 20 分程度、走行中全部で 24 回、歩行者の飛び出しなどのハザードが発生する。実験参加者は、はじめに液晶画面とゲーム用のステアリング型コントローラーを用いてハザードを一通り体験した後、1 人あたり 2 回 DS 走行し、その合間に認知機能検査を実施した。

### 3. 2. 3. 認知機能検査

日常的な記憶力を検査する MMSE の実験参加者 39 名の平均は 30 点満点中 28.3 点（標準偏差 1.7 点）、24 点から 26 点は MCI の疑いがあるとされており、5 名が該当した。GDS の結果は 2 名が「うつ」であり、MMSE の MCI の疑いがある 5 名とは別人であった。

TMT のタイプ A（以下、TMT-A）では「1~25」までの数字を順に結び、タイプ B（以下、TMT-B）は図 1 のとおり、「1~13」までの数字と「あ~し」のひらがなを交互に結ぶ課題である。遂行時間により視覚探索や処理速度、注意の切替え、ワーキングメモリといった能力を評価する。運転行動との関連について、追従走行、車線維持、ブレーキ反応と TMT 成績の間に関係が見られたと報告されている<sup>11)</sup>。なお、今回はタッチパネル式のディスプレイで実施した<sup>12)</sup>。

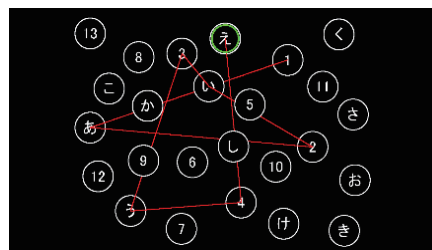


図 1 TMT-B の例

実験参加者の TMT-A 遂行時間の 90 パーセンタイル値は 75.6 秒、TMT-B は 149.4 秒であった。先行研究<sup>9)</sup>において 20 から 40 代の 27 名の遂行時間の 90 パーセンタイル値は、TMT-A が 43.8 秒、TMT-B が 63.2 秒であり、高齢ドライバーは若年ドライバーに比べ TMT 遂行時間は長くなることを確認した。

#### 3. 2. 4. ハザードに対する運転行動

以下にハザード別の代表的な結果を説明する。

##### (1) 停車車両の陰から子どもの飛び出し



図 2 停車車両の陰から子どもの飛び出し

図 2 に左側の停車車両の先から子ども（図中円）が飛び出すハザードを示す。子どもの飛び出しからブレーキを操作するまでのブレーキ反応時間は平均 1.27

秒（標準偏差 0.50 秒）であり、実験に参加した全員が反応した。若年ドライバを対象に、咄嗟の状況におけるブレーキ反応時間を調べた先行研究の平均は 0.9 秒<sup>13)</sup>であり、日常的に運転している健康な高齢ドライバであれば、飛び出しのような緊急時の回避ブレーキは、若干遅くなるものの、ブレーキを踏み損なうことはなかった。このハザードに対応できない場合は運転を継続することが難しいといえる。

## (2) 左側の停車車両

前述した「停車車両の陰から子どもの飛び出し」ハザードを経験した後は、左側に停車している車両の横を通過するとき子どもが飛び出してくることを予測して減速するのが望ましいと考える。そこで、先行研究<sup>14)</sup>を参考に左側の停車車両の横を通過するときの速度と停車車両との距離に基づいて、仮に子どもが飛び出して来た場合でも衝突を回避できる減速度  $\alpha$  を算出した。個人別に平均した減速度  $\alpha$  が、実際に子どもが飛び出してきたときの減速度の 75 パーセント値  $3.81\text{m/s}^2$  よりも大きかったのは 39 名中 8 名であった。これらのドライバは衝突の可能性が高い走り方をしていると考えられるため、見えない場所にハザードが潜むことを常に意識した運転行動を促す必要がある。

## (3) 前方に自転車が走行



図 3 前方に自転車が走行

実験に参加した高齢ドライバの運転行動にばらつきがみられたハザードとして、前方を自転車が走行している場面が挙げられる（図 3）。このハザードでは、前方の自転車に対し安全な距離を保ち、安全な速度で走行することが求められる。自転車の追越しを行わなかった 15 名について、自転車に最も接近したときの DS 上の距離と速度の個人別平均の関係を図 4 に示す。図中左上に、自転車との距離が小さく、走行速度が速い危険な運転のドライバの存在が確認された。

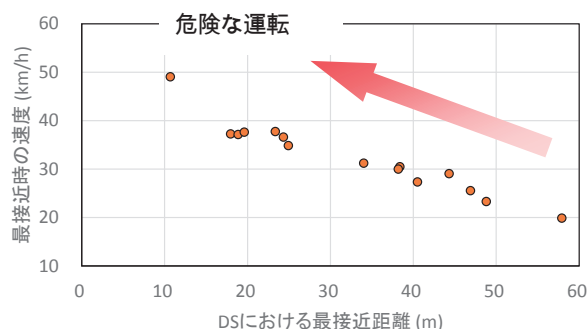


図 4 自転車との距離と最小速度の関係

## (4) 横断歩道付近に歩行者あり



図 5 横断歩道付近に歩行者あり

図 5 に横断歩道付近で車道側を向いて歩道に立っている子ども（図中円）のハザードを示す。この歩行者に対して、横断の可能性を予測し、横断歩道手前で停止するかどうかを評価したところ、横断歩道手前で速度 30km/h 未満に減速したドライバは 25 名中 13 名（52%）であった。

なお、減速しなかった人には、「前方に自転車が走行」のハザードにおいて危険な運転がみられた人が多く含まれていた。このことから、実験に参加した高齢ドライバには歩行者や自転車に対する適切な安全走行ができない者が含まれていた。

## 3. 2. 5. 走行速度とアクセルペダル操作

個別のハザードだけでなく、運転全体にわたる速度調整についても検討した。約 20 分の走行中、アクセルペダルを踏んでから離すまでの時間を、1 回のアクセル操作時間として求め、個人別に平均した。図 6 に 39 人全員分の走行速度の個人別平均と 1 回あたりのアクセルペダル操作時間の個人別平均の関係を示す。

図中実線円は、アクセルペダル踏み込み時間が長く、平均走行速度が大きいグループである。アクセルペダルを踏み続けることにより、速度が高くなる傾向がみられ、自転車や横断歩道歩行者に対する安全走行ができなかったと考えられる。このようなドライバには必

要に応じ車両側からの減速指示または減速介入の支援が効果的であると考える。

図中破線線は、アクセルペダル踏み込み時間が小さく、速度も小さいグループである。アクセルペダルを頻繁に離してしまう傾向がある。先行研究<sup>9)</sup>においても、高齢ドライバーはハザード対応中にアクセルペダルを離す傾向が見られた。このようなドライバーはアクセルペダルとブレーキペダルの間をドライバーの足が往復することにより、踏み間違えのリスクが高まるため、車両による踏み間違い時加速抑制装置などの支援が効果的であると考える。

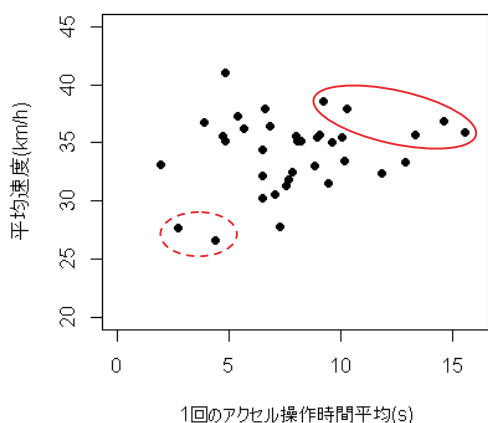


図6 アクセルペダル踏み込み時間と平均速度

#### 4. まとめ

高齢ドライバーによる事故予防のために、運転特性に応じた運転支援を検討している。そこで、DSを用い、いくつかのハザードに対する運転特性を調査した。

- ・歩行者の急な飛び出しに対する反射的なブレーキ操作は、健康な高齢ドライバーであれば問題がない。
- ・しかしながら、飛び出しを予測して走行することができないドライバーも存在し、潜在的なハザードに常に備えるための支援等が求められる。
- ・前方に自転車が走行のハザード及び横断歩道付近に歩行者ありのハザードと、走行全体のアクセル操作との間には関係が見られ、さらに個人の特徴が見られたため、特徴に応じた運転支援の検討が可能である。

なお、今回の実験参加者は健康な高齢者であり、認知機能検査の成績の極端な低下は認められなかった。今後は杏林大学との共同研究において、フレイル状態の高齢者に対し医学的な観点と運転特性の関係を解明し、その成果に基づく運転支援を検討していく。

#### 参考文献

- 1) 高齢者にやさしい自動車開発推進知事連合, “高齢ドライバーアンケート調査分析” (2010)
- 2) 森田和元, 関根道昭, “被追突事故件数を媒介とした高齢ドライバーの交通事故の分析”, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.3, pp.903-908 (2013)
- 3) 長谷川浩, “サルコペニア・フレイルの臨床診断”, 分子脳血管病, Vol.17, No.2, pp.9-14 (2018)
- 4) 松浦常夫, “高齢ドライバーの安全心理学”, 東京大学出版会, pp.48-62 (2017)
- 5) 眞田敏, 新谷真以ほか, “Trail Making Test 指標の発達的变化の検討”, 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, No.150, pp.9-16 (2012)
- 6) 荒井啓行, 認知症学(上) —その解明と治療の最新知見—, 日本臨牀社, pp.428-432 (2011)
- 7) 杉下守弘, 朝田隆, “高齢者用うつ尺度短縮版—日本版の作成について”, 認知神経科学, 2009, Vol.11, No.1, pp.87-90 (2009)
- 8) 宅間敬晃, 田中健次, “運転支援システムの有無における視線挙動の変化と出会い頭事故への影響”, 電気通信大学第20回情報システム学研究所シンポジウム (2016)
- 9) 平野伸将, 田中健次ほか, “高齢運転者における複数同時ハザード対す視覚的な注意喚起情報の効果評価”, 第26回交通・物流部門大会 (2017)
- 10) 小山すみれ, 森田和元ほか, “音声操作作業を行いながらカーブ走行する場合の高齢ドライバーの運転挙動”, 自動車技術会論文集, Vol. 48, No.2, pp.471-476 (2017)
- 11) 河野直子, 大川佳純ほか, “加齢に伴う認知機能低下と運転適性(1)”, 日本心理学会第78回大会, Vol. 3EV-2-032, pp.2014 (2014)
- 12) 吉田弘司, “トレイルメイキングテスト”, 比治山大学 現代文化学部 社会臨床心理学科
- 13) 森田和元, “わき見運転に関する諸問題”, 自動車技術, Vol.62, No.12, pp.65-70 (2008)
- 14) 面田雄一, 岩城亮ほか, “運転技量差に着目した複数の衝突リスク対象に備えた駐車車両脇通過時の走行方法分析”, 自動車技術会論文集, Vol. 49, No. 3, pp. 617-622 (2018)



# 講演 4. チャイルドシートの使用方法が子供乗員の受傷に与える影響について

自動車安全研究部 ※細川 成之 田中 良知 松井 靖浩

## 1. はじめに

近年、チャイルドシートの使用率は向上してきている。しかし、その使用率には年齢により大きな差があり、1歳未満では8割以上が使用しているのに対して、5歳では4割程度であり、また、チャイルドシートの取付けや着座方法については、5割以上で間違った使い方をしていることの報告もある<sup>1)</sup>。

自動車乗車中の子供の安全性に関して検証するため、3歳児と6歳児ダミーを用いて前面衝突を模擬したスレッド試験を行い、チャイルドシートの効果とミスユースが子供乗員の受傷に及ぼす影響について調査した。

## 2. 子供の交通事故とチャイルドシート

### 2. 1. 子供の交通事故

第10次交通安全基本計画では、2016年度から2020年度までの5年間に講ずべき交通安全に関する施策の対象として高齢者及び子供の安全確保を挙げている。図1に2017年中の子供の状態別死亡重傷者割合を示す。5歳以下の子供では、死亡重傷者の6割以上が自動車乗車中であり、年齢が低くなるに従ってこの割合が高くなる傾向にある。一方で、7歳から12歳までは自動車乗車中の割合が4割程度でほぼ一定であるのに対して、年齢が上がるに従って自転車乗車中の割合が増える傾向にある。

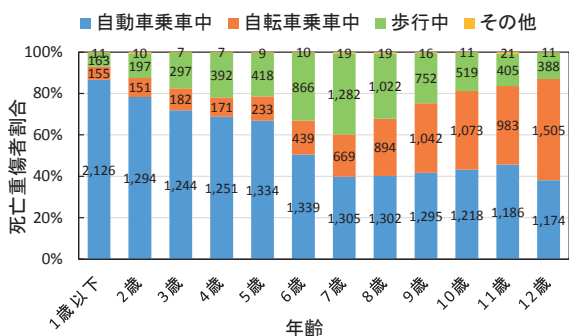


図1 子供の状態別死亡重傷者割合 (2017年中)

自動車に同乗する子供たちを守るために、道路交通法第71条の3第3項で「自動車の運転者は、幼児用補助装置を使用しない幼児(6歳未満)を乗車させて自動車を運転してはならない」と、幼児用補助装置(以下、チャイルドシートという)の使用義務を規定している。

図2にチャイルドシートの使用状況を示す。2018年4月に実施された警察庁と(一社)日本自動車連盟(JAF)の合同調査<sup>1)</sup> “チャイルドシート使用状況全国調査2018”(以下、「合同調査」という)によると、自動車乗車中におけるチャイルドシート使用率は全体的には年々上がっているものの、1歳未満では8割以上が使用しているにもかかわらず、5歳では4割程度と年齢により大きな差がある。

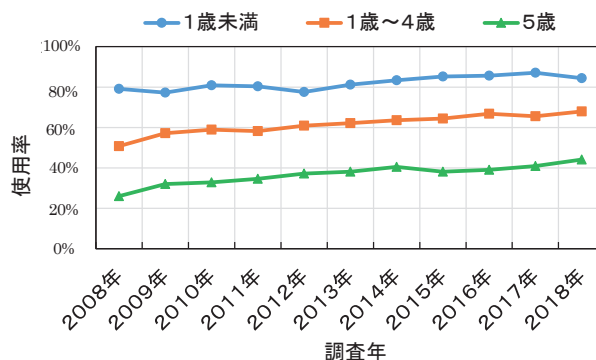


図2 チャイルドシートの使用状況

表1に2017年中の6歳未満の幼児の自動車同乗中の交通事故発生状況を示す。チャイルドシート使用の有無を致死率で比較すると、チャイルドシート使用者が0.14%であるのに対して不使用者では4.7倍の0.66%であり、チャイルドシートの使用が交通事故の被害軽減に寄与していることが分かる。ちなみに、全年齢の交通事故致死率は0.63%であることから、チャイルドシートの救命効果が高いことがわかる。

表1 6歳未満の自動車同乗中の交通事故発生状況

|             | 被害者数(人) |       |       | 致死率   |
|-------------|---------|-------|-------|-------|
|             | 死者数     | 負傷者数  | 死傷者数  |       |
| チャイルドシート使用  | 7       | 5,116 | 5,123 | 0.14% |
| チャイルドシート不使用 | 9       | 1,360 | 1,369 | 0.66% |
| 使用不明        | 0       | 127   | 127   | 0.00% |
| 合計          | 16      | 6,603 | 6,619 |       |

(注) 致死率=死者数÷全死傷者数×100[%]

一方、チャイルドシートを使用している場合においても、チャイルドシートを座席に適切に取り付けられていなかったり、チャイルドシートのハーネスで子供を適切に固定できていなかったりといった不適切な使用状態(以下、「ミスユース」という)が多いことが、合同調査の結果で指摘されている。

## 2. 2. チャイルドシートの種類とミスユース

チャイルドシートは、自動車の座席ベルト(大人用)に開発されたシートベルト)が使用できない子供がより安全に乗車するための装置である。子供は年齢とともに体格が大きく変化するが、図3のように、チャイルドシートも乳児用(体重10kg未満)、幼児用(体重9kg~18kg以下)、学童用(体重15kg~36kg)の3種類<sup>2)</sup>に大別されている。なお、国土交通省では、チャイルドシートの安全基準を規定し、製品に型式指定マークや型式認定マークの表示を義務づけているだけでなく、未認証品の危険性を周知する等の活動も実施している<sup>3)</sup>。



図3 チャイルドシートの種類  
(JNCAPのホームページより引用)

チャイルドシートのミスユースは、チャイルドシートを車両の座席に取り付ける際に生じるケースと子供をチャイルドシートに乗せる際に起こるケースがある<sup>4)</sup>。

合同調査によると乳児用及び幼児用チャイルドシートの取付け時ミスユースでは、「座席ベルトの締め付け不足」と「座席ベルトの通し位置の間違い」と合わせて全体の70%以上であった。また、乳児用と幼児用のチャイルドシートの着座時のミスユースでは、「ハーネスの締め付け不適正」が乳児用で約58%、幼児用で約49%と最も多かった。

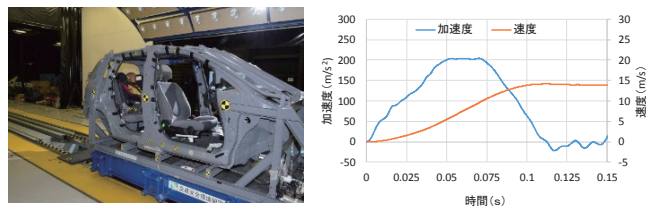
学童用チャイルドシート着座時のミスユースでは、「体格不適合」が約32%と最も多く、次いで「肩ベルトの通し方間違い」の約22%と「腰ベルトの通し方間違い」の約17%であった。

## 3. スレッド試験

### 3. 1. 試験条件

実際にチャイルドシートのミスユースがあった場合を想定した再現実験を行い、ミスユースの危険性を検証するとともに、チャイルドシートの使用方法が子供乗員の受傷に与える影響について確認した。

図4にスレッド試験装置とスレッドの加速度及び速度波形を示す。スレッド試験装置は、台車を実車衝突時の加速度で動かすことにより、屋内で衝突実験を模擬する試験装置である。実験に使用した車両治具は、小型乗用車のホワイトボディである。加速度波形は、チャイルドシートの認証試験時に用いられるUN-R44に適合した波形を用いた。



スレッド試験装置 スレッド加速度と速度

図4 スレッド衝撃試験装置

チャイルドシートは、運転席側の後席に設置した。後席のシートベルトは、チャイルドシート固定機能付き緊急ロック式シートベルトで、プリテンション及びフォースリミッタ機能は付加されていない。運転席は、実際の使用状態を模擬するために前面衝突試験時と同様の位置に設置した。

チャイルドシートは、幼児用と学童用の2種類を使用した。なお、幼児用チャイルドシートは座席との固定にシートベルトを用いるタイプとした。これは、ISO-FIXチャイルドシートでは取付け時のミスユースがほとんど無かったためである<sup>1)</sup>。幼児用チャイルドシートには3歳児ダミーを、学童用チャイルドシートには6歳児ダミーを搭載して傷害値を計測した。

図5に幼児用チャイルドシートの実験条件を示すが、それぞれの幼児用シート使用状態は、以下の通りである。

A1 適正使用：チャイルドシートのシートへの取付け及びチャイルドシートへのダミーの搭載は取扱説明

書通りに実施。

A2 座席ベルト緩み：チャイルドシートのシートへの取付け時に座席ベルトが緩んだ状態とした。ダミーの搭載は取扱説明書通りに実施。

A3 ハーネス緩み：チャイルドシートのシートへの取付けは取扱説明書通り。ダミーの搭載はハーネスに緩みを持たせた状態とした。



A1 適正使用 A2 座席ベルト緩み A3 ハーネス緩み

図5 幼児用チャイルドシートの実験条件

図6に学童用チャイルドシートの実験条件を示す。それぞれの試験条件は、以下の通りである。

B1 適正使用：チャイルドシートのシートへの取付け及びチャイルドシートへのダミーの搭載は取扱説明書通りに実施。

B2 肩ベルト経路違い：チャイルドシートのシートへの取付けは取扱説明書通り。ダミーの肩ベルトはダミーの背面を通した。これは肩ベルトの経路違いのミスユースを想定した設定である。

B3 チャイルドシート不使用：チャイルドシートを使用しない状態での試験。これは、チャイルドシート使用状況調査において5歳のチャイルドシート使用率が低かったため実施した。



B1 適正使用 B2 肩ベルト経路違い B3 チャイルドシート不使用

図6 学童用チャイルドシートの実験条件

### 3. 2. 実験結果

図7に幼児用チャイルドシート実験時のダミー挙動を図8に頭部合成加速度と胸部合成加速度の時間履歴を示す。

A1 適正使用の場合は、チャイルドシートの取付け状態に問題も無く、かつダミーの挙動はハーネスにより上半身が確実に拘束されており前席への衝突もなかった。ダミーの頭部合成加速度は、頭部の空振によるものであり比較的高いものの、頭部衝突による傷害はなかった。胸部合成加速度は、ほかの試験条件に比

べて拘束が十分であったため加速度の立ち上がり最も早く、それにより最初のピークが最も低かった。

A2 座席ベルト緩みの場合は、適正使用に比べて若干チャイルドシート前方移動が大きかったため、ダミーはハーネスにより確実に拘束されていたものの頭部が前席に接触した。頭部合成加速度は、前席との接触による影響は見られなかった。胸部合成加速度の最大値は今回実施した試験条件の中で最も高くなった。

A3 ハーネス緩みの場合は、ダミーの上体部がハーネスにより十分に拘束されないため、前方への移動が顕著であり腰部を軸として回転し、頭部が前席に衝突した。この時の頭部傷害値 HIC15 は 1243 (試験基準の上限値は 800) であった。前席は外周部に鉄パイプによる構造体があるため衝突による乗員傷害が高くなると考えられる。胸部合成加速度は、立ち上がりが最も遅かったが最初のピークは A2 ハーネス緩みとほぼ同じであった。

以上の結果から、幼児用チャイルドシートでは、シートとの取り付け時のミスユースや子供を乗せる際のミスユースにより、衝突時に車両前方への移動量が大きくなり、頭部が前席の堅い部材との衝突や、胸部傷害といったリスクが高くなる。

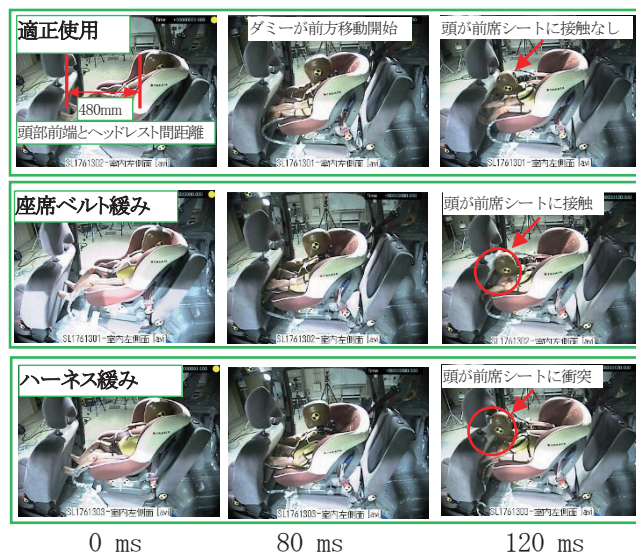


図7 幼児用チャイルドシート実験時のダミー挙動

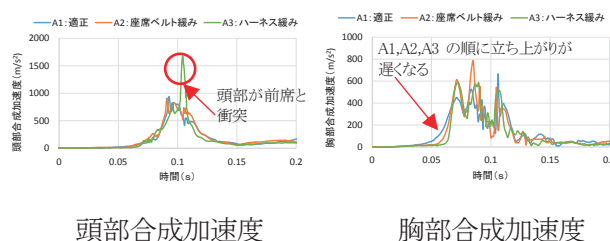


図8 ダミーの傷害値の時間履歴

図9に学童用チャイルドシート実験時のダミー挙動を  
図10に頭部合成加速度と胸部合成加速度の時間履歴  
を示す。

**B1 適正使用**の場合は、シートベルト経路がチャイルドシートのベルトガイドを介してダミーの肩部から胸部そして腰部を保持しているため上半身が確実に拘束されており前席への衝突もなかった。ダミーの頭部合成加速度は、頭部の空振によるものであり比較的高いものの、頭部衝突による傷害はなかった。胸部合成加速度は比較的高かったが基準値内であった。

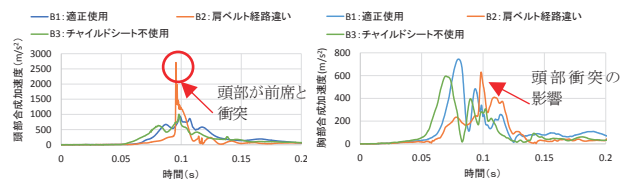
**B2 肩ベルト経路違い**の場合は、ダミー上半体が肩ベルトによって拘束されていないため前方への移動が顕著となり腰ベルトを軸として回転し、頭部が前席のヘッドレストに衝突した。この時の頭部傷害値HIC15は1764(試験基準の上限値は800)であった。胸部合成加速度は、胸部打撃等によるものではなく頭部合成加速度のピーク時刻付近で最大になっていることから、上半部の回転が頭部衝突により阻害されたための生じたものと考えられる。

**B3 チャイルドシートなし**の場合は、シートベルトがダミーの体格に合っていないため、初期姿勢において肩ベルトがダミー首に掛かり、バックルの位置が高く腹部付近になっている。したがって、試験実施時には、肩ベルトが首と脇の下にかかり、首を下から圧迫する状況となった。頭部合成加速度や胸部合成加速度は「B1 適正使用」の場合と大きな差は見られなかった。



0 ms                      80 ms                      100 ms

図9 学童用チャイルドシート実験時のダミー挙動



頭部合成加速度                      胸部合成加速度

図10 ダミーの傷害値の時間履歴

以上の結果から、学童用チャイルドシートでは、車両に付属のシートベルトを使用して子供を拘束するため、学童用チャイルドシートを使用しない場合には首を圧迫する状況が想定されるとともに、肩ベルトが煩わしいからといってミスユースをすると衝突時に前席に衝突し頭部に重大な傷害を負う可能性があることが分かった。

#### 4. おわりに

第10次の交通安全基本計画では、子供乗員の安全確保のために、チャイルドシート使用率の向上と正しい使用法の普及を勧めている。今回実施した実験ではチャイルドシートを使用しているにもかかわらず、ミスユースの内容によっては子供乗員に重大な傷害が生じる可能性があることが分かった。また、現状で使用率が低い学童用チャイルドシートは、使用しない場合にシートベルトが体格に合わないために肩ベルトが首を絞める可能性があることが分かった。

子供乗員の安全のためには、運転者がチャイルドシートの効果とミスユースの危険性を十分に理解することが重要である。

#### 参考文献

- 1) (一社) 日本自動車連盟ホームページ,  
[http://www.jaf.or.jp/safety/child/fr/f\\_index.htm](http://www.jaf.or.jp/safety/child/fr/f_index.htm)
- 2) 自動車アセスメントホームページ,  
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/child/index.htm>
- 3) 国土交通省ホームページ,  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08\\_hh\\_002659.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_002659.html)
- 4) 久保田正美, “チャイルドシートのミスユース”, 自動車研究, 第30巻第9号, pp.43-47-120 (2008)

# 講演5. コンピュータシミュレーションによるADB (Adaptive Driving Beam) の有用性に関する検討

—遮光方式の違いによる夜間歩行者事故削減効果への影響について—

自動車安全研究部      ※田中 信壽      安本 まこと      後閑 雅人      青木 義郎  
株式会社小糸製作所      山村 聡志      北澤 達磨      大野 智之

## 1. はじめに

2017年に発生した交通事故のうち夜間歩行中事故による死者数は940名で、昼間歩行中事故による死者数(407名)の2倍以上という状況にあり<sup>(1)</sup>、夜間歩行中事故への対応は交通事故死者数を削減する上で重要な対策の一つとなっている。また、2016年の夜間に発生した自動車直進中における自動車対歩行者の死亡事故事例を分析した結果、すれ違い用前照灯(「前照灯下向き」、以下、Low-Beam)点灯時に発生した事故のうち、走行用前照灯(「前照灯上向き」、以下、High-Beam)点灯により衝突回避できた可能性の高い事故が約56%あるという報告がなされている<sup>(2)</sup>。このため夜間の歩行者事故を防ぐ具体的な対策として High-Beam の適切な利用が有用であると考えられている。このような状況の中、普及しつつあるのが先進型可変配光走行ビーム(Adaptive Driving Beam、以下、ADB)である。ADBは、前照灯の配光パターンを前走車や対向車の動きに合わせて動的に遮光することによって、前走車及び対向車のドライバーへの眩惑を抑えつつ、High-Beam 点灯時に匹敵する照射エリアを確保しようとするシステムである。

我々は、予防安全支援システムの交通事故削減効果を定量的に推定する予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS (A Survey Simulator to Evaluate Safety Systems) <sup>(3)(4)</sup>の開発を進めている。ASSESSは、計算機内に創り出した仮想空間の中に実際の交通環境と同等の環境を再現し、この環境内に評価対象とする予防安全支援システムの機能を搭載した車両を自律走行させることによって衝突やニアミス等の事象を実際に発生する場合と同等に発生させ、予防安全システムの効果評価を行うシミュレータである。

本研究では、これまで ADB の事故削減効果の評価を行うために開発を進めてきた ASSESS の機能<sup>(3)</sup>に更なる改良を加えることにより、ADB の設計パラメータである遮光方式の違いが事故削減効果に及ぼす影響を推計し、ADB の有用性について検討する。

## 2. ASSESS の概要

ASSESSは、計算機内に構築した仮想空間内に、評価対象とする予防安全支援システムの機能を搭載した自律走行可能な車両(エージェント)を出現させるマルチエージェントシステムで構成されている(図1)<sup>(3)(4)</sup>。このマルチエージェントシステムは、交通環境を再現する環境モデル、ドライバの運転行動を模擬するドライバモデル及び車両の運動を模擬する車両モデルの3つのプログラムで主に構成されている。

ドライバモデルは、まず仮想空間に構築された交通環境を空間情報として認識する。次いで、その情報をもとに運転戦略を決定し、その運転戦略を実行するために必要な運転操作量を車両モデルに出力する。車両



図1 ASSESS の概要

モデルは、ドライバモデルから入力される運転操作量をもとに最終的に車両の位置座標を算出する。環境モデルは、各エージェントの発生スケジュールとエージェント個々に搭載されるドライバモデル及び車両モデルの特性を割り当てる。即ち、環境モデルによって割り当てられた特性に基づいて各エージェントの運転行動と車両性能が変化し、車両の挙動に個体差が生じる。

本研究では、ドライバモデルが夜間時に歩行者を視認する際の新機能として、歩行者の輝度とその背景輝度とのコントラスト比、ドライバのアイポイントと歩行者との距離、歩行者の身体が前照灯によって照射されている割合及び歩行者の背景輝度をもとに歩行者の見えにくさを評価する値（以下、視認評価値）を算出する機能を開発した。ドライバモデルは、この視認評価値に基づいて、歩行者を認識できない状態、物体として認識している状態及び歩行者として正しく認識している状態のいずれかの状態となる。さらに、ドライバモデルは、歩行者を正しく認識している状態のみ常時制動制御の判断対象とする改良も行った。

### 3. 評価対象とした ADB の概要

本研究で検討した ADB は、車両前方の左右に設置された 2 つの前照灯（前照灯は、Low-Beam 及び High-Beam の 1 対で構成）を常に点灯した状態から前方車及び対向車の方向の High-Beam の光のみを遮光するシステムである。ADB を構成する前照灯は、試験車両（全長：4.4 m、全幅：1.7 m、全高 1.4 m の直方体として模擬）の前部に、車両中心から左右に 0.7 m、高さ 0.7 m の位置に設置した。本研究では、ADB の設計パラメータとして遮光方式に着目し、個別遮光方式と車群遮光方式の 2 つの異なる遮光方式を搭載した ADB の事故削減効果について評価することとした。

個別遮光方式（図 2(a)）とは、前走車及び対向車に照射される High-Beam の光を個別に遮光する方式である。一方、車群遮光方式（図 2(b)）とは、前走車と対向車を車群として捉え、前走車と対向車の間の空間を含む車群全体に照射される High-Beam の光を遮光する方式である。ADB が遮光すべき範囲は前走車及び対向車の車幅の範囲で十分であるが、ADB はこの遮光すべき範囲を前走車及び対向車の動きに合わせて追従制御する必要がある。そこで、ADB では、この追従制御の性能を考慮し、遮光すべき範囲の左右に余

裕幅が設定される。本研究では、この余裕幅が占める前照灯位置から見た水平角の大きさを遮光余裕角度と定義した。即ち、個別遮光方式の ADB が遮光する範囲は、前走車及び対向車の車幅の範囲に加え、各車両の左右側面からさらに遮光余裕角度分だけ水平方向に拡張した範囲となる（図 3(a)）。一方、車群遮光方式の ADB が遮光する範囲は、前走車の車体左側面から対向車の車体右側面の範囲に加え、この範囲からさらに遮光余裕角度分だけ水平方向に拡張した範囲となる（図 3(b)）。個別遮光方式の ADB と車群遮光方式の ADB の違いは、前走車と対向車との間の空間を High-Beam の光が照射されるか否かという点である。



図 2 Adaptive Driving Beam のイメージ

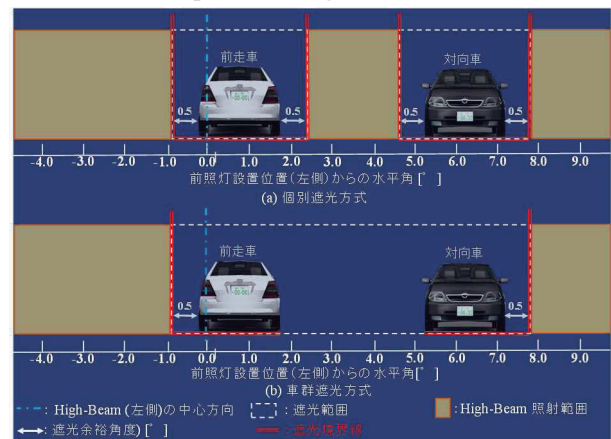


図 3 個別遮光方式と車群遮光方式の違い（左側前照灯：遮光余裕角度 0.5° の場合）

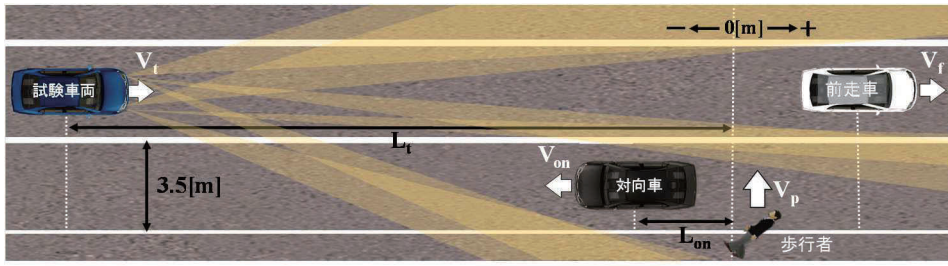


図4 評価シナリオ

表1 評価シナリオの交通流条件

| 試験車両                             |                              | 対向車                              |                             | 歩行者        | 条件数 |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------|-----|
| 速度 $V_t$                         | 初期歩車間距離 $L_t$                | 速度 $V_{on}$                      | 初期歩車間距離 $L_{on}$            | 速度 $V_p$   |     |
| 20~80 [km/h]<br>(10 [km/h] each) | -40~220 [m]<br>(20 [m] each) | 20~80 [km/h]<br>(20 [km/h] each) | 20~200 [m]<br>(20 [m] each) | 2.5 [km/h] | 198 |
|                                  |                              |                                  |                             | 3.6 [km/h] | 121 |
|                                  |                              |                                  |                             | 5.4 [km/h] | 69  |

また、ADB の水平方向における遮光制御の分解能は  $0.1^\circ$  とし、本評価で想定する ADB は、遮光方式の違いによらず High-Beam の遮光範囲を水平方向に  $0.1^\circ$  刻みで制御することとした。なお、対向車と前方車形状は、試験車両と同形状とした。

#### 4. ADB 設計パラメータの事故削減効果への影響

図4に本研究で使用した評価シナリオを示す。本評価では、試験車両 (ADB 搭載)、前走車 (Low-Beam のみ常時点灯) 及び対向車 (Low-Beam のみ常時点灯) が走行する状況を設定し、歩行者は、対向車の後方、かつ、試験車両と前走車の間を横断するシナリオとした。表1に本評価でシミュレーションを行った試験車両と対向車の交通流条件を示す。なお、前走車の初期速度は試験車両と同速度とし、試験車両と前走車の車間距離の初期値は常に 100 m とした。また、歩行者が、試験車両と衝突する可能性があるエリアを試験車両が到達する前に通過する条件は除外した。

本シナリオにおける衝突の可能性は、歩行者速度によって異なるため歩行者速度毎のシミュレーション条件数も異なっている。また、評価シナリオの交通流条件は、ADB の夜間歩行中の事故削減効果が衝突件数の差によって明確となるように、事前検討により特定した衝突が発生しやすい条件を中心に細かく条件設定した。

歩行者は、直径 0.4 m、高さ 1.6 m の円筒形とし、その反射率を 10% とした。また、歩行者は、車線端から 0.5 m 離れた歩道上に出現後、直ちに設定された速度で道路に進入する (横断を開始するタイミングの判断は行わない)。試験車両のドライバーは 50 歳と仮定し、眼球内に発生する等価光膜輝度を計算した。路面の反

射率は 15% とし、街路灯照度は交通量の少ない住宅街を想定し、路面で 3.0 lx とした。

本研究では、これらの条件における個別遮光方式及び車群遮光方式を採用した ADB を搭載した試験車両の衝突件数を遮光余裕角度  $0.0^\circ$ 、 $0.2^\circ$ 、 $0.5^\circ$ 、 $1.0^\circ$  及び  $2.0^\circ$  に変化させて算出し、これら遮光方式の違いが夜間歩行中の事故削減効果に及ぼす影響について評価することとした。

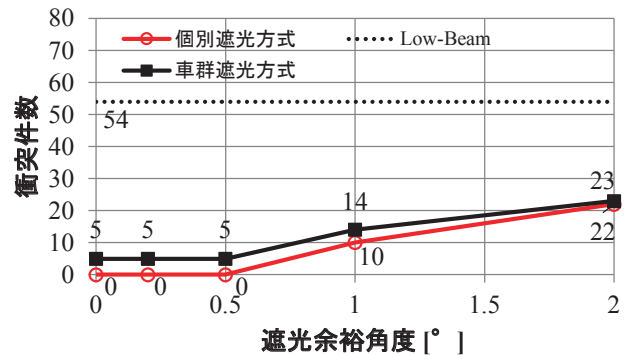


図5 遮光余裕角度の違いによる ADB の衝突件数の変化 (歩行者速度  $V_p$ : 2.5 [km/h])

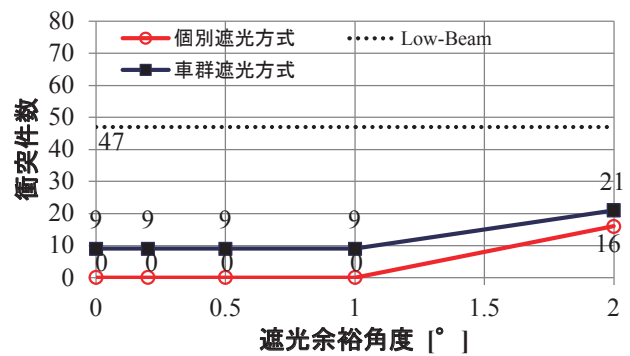


図6 遮光余裕角度の違いによる ADB の衝突件数の変化 (歩行者速度  $V_p$ : 3.6 [km/h])

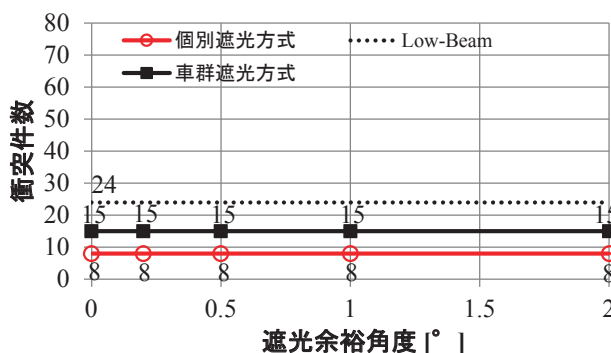


図7 遮光余裕角度の違いによるADBの衝突件数の変化（歩行者速度  $V_p$ : 5.4 [km/h]）

図 5~7 に個別遮光方式及び車群遮光方式に対し遮光余裕角度の違いによるADBの衝突件数の変化を歩行者の速度別に示す。また、同図中には試験車両がLow-Beamのみを常時点灯した場合の衝突件数(点線)も合わせて示した。

今回のシミュレーション条件では、Low-Beamのみ常時点灯時よりも、遮光方式の違いによらずADB使用時の方が、衝突件数が減少することが確認された。さらに、遮光余裕角度  $0.5^\circ$  以下の個別遮光方式のADBを使用した場合、歩行者の横断速度が  $3.6 \text{ km/h}$  以下の条件では、Low-Beamのみ常時点灯時に発生した衝突をすべて回避できることが確認された。一方、遮光余裕角度を  $0.5^\circ$  以下とする車群遮光方式のADBを使用した場合、歩行者の横断速度が  $2.5 \text{ km/h}$  の条件では、衝突件数がLow-Beamのみ常時点灯時の54件から5件に減少し、歩行者の横断速度が  $3.6 \text{ km/h}$  の条件では、衝突件数がLow-Beamのみ常時点灯時の47件から9件に減少することが確認された。但し、歩行者の歩行速度が  $3.6 \text{ km/h}$  以下の条件では、遮光余裕角度が大きくなるにつれてLow-Beamのみ点灯時の衝突件数とADB使用時の衝突件数との差が遮光方式によらず減少し、ADBの優位性が低くなる傾向が確認された。

また、遮光方式の違いによるADB使用時の衝突件数を比較すると、すべての条件で車群遮光方式よりも個別遮光方式の方が少なく、今回の検証の範囲では個別遮光方式の方が夜間歩行者事故の削減効果が高いことが確認された。シミュレーション結果を分析したところ、これは、個別遮光方式のADBが前走車と対向車との間の空間をHigh-Beamで照射することが可能であるため、衝突回避可能なタイミングでこの空間を横断する歩行者を発見できたためであった。

## 5. まとめ

本研究では、ADBの夜間歩行中の事故削減に対する有効性について、予防安全支援システム効果評価シミュレータASSESSを用いてLow-Beamのみ点灯時に発生する衝突件数とADB使用時の衝突件数を比較することによって検証した。加えて、ADBの設計パラメータである遮光方式の違いによる事故削減効果についても検証を行った。

その結果、Low-Beamの常時点灯よりも個別遮光方式もしくは車群遮光方式を採用したADBを使用した方が、夜間歩行中の事故を削減できる可能性が確認された。また、一般成人の歩行速度として想定した  $3.6 \text{ km/h}$  もしくはそれ以下の速度で歩行者が道路を横断する場合、遮光余裕角度が  $0.5^\circ$  以下のADBを使用することによって、夜間歩行中の事故削減効果が顕著に現れることが確認された。一方、遮光方式の違いによるADBの夜間歩行中の事故削減効果を比較すると、前走車と対向車との間の空間をHigh-Beamで照射が可能な個別遮光方式の方が、前走車と対向車との間の空間を横断する歩行者をドライバに衝突回避可能なタイミングで発見させることができる可能性があり、車群遮光方式よりも事故削減効果が大きくなる可能性があると考えられる。

今後は、本検証における交通流条件の分解能を高めさらに精度の高い検証を実施していくと共に、高齢ドライバを対象とした検証も行っていく予定である。

## 参考文献

- 1)内閣府; 平成30年版交通安全白書, pp.38-42(2018).
- 2)警察庁交通局; 平成29年上半期の交通死亡事故の特徴等について, p.30(2017).
- 3)田中信壽, 森田和元, 青木義郎; 予防安全支援システム効果評価シミュレータ(ASSESS)による夜間歩行者事故低減のためのAdaptive Driving Beamの有効性評価—ADBによる歩行者事故低減の推定—, 自動車技術会論文集, Vol.45, No.1, pp.127-134(2013).
- 4)田中信壽, 森田和元, 青木義郎, 安本まこと, 廣瀬敏也; 予防安全支援システム効果評価シミュレータ(ASSESS)を用いたブレーキアシストシステムの有効性に関する検討, 自動車技術会論文集, Vol.43, No.1, pp.15-20(2012).



# 講演 6. 自動車認証審査部における審査の概要について

自動車認証審査部 ※山崎 孝章

## 1. はじめに

自動車を購入し使用する際は、その自動車が安全面や環境面での基準に合致していることを、運輸支局等で行われる検査により一台一台確認することになっているが、この検査を効率的に行うため、自動車、共通構造部及び自動車装置（以下「自動車等」という。）について、安全・環境基準に合致しているか否かを生産段階で確認する「型式指定制度」が設けられている。

自動車認証審査部（以下「審査部」という。）は、型式指定制度の一環として、自動車等について、安全・環境基準への適合性や燃料消費率の確認を、公正な立場で行う我が国唯一の機関である。

自動車等の審査は、基準に適合しない自動車が市場に出回ることを防止することを目的としており、厳正に行うことは当然であるが、併せて、自動車は技術革新の進展が著しく、また、国際的な流通を念頭に置いた商品であることに鑑み、合理的に行うことも必要である。

ここでは、昨今の審査部の取り組みを概説する。

## 2. 自動車認証審査部の業務実績

平成 29 年度の自動車等の審査型式数は、自動車にあつては 2,827 型式、自動車装置にあつては 367 型式となっている（図 1）。

また、メーカーの設計・開発をより円滑に進めるため、審査業務に先立ち試験等を行う先行受託試験については、平成 29 年度は 237 件の受託があり、積極的な利用が進んでいる（前年度比 21%増）。

さらに、国連の「車両の型式認定相互承認協定（1958 年協定）」に基づき、日本政府による装置型式指定認可証（E43）発行については、概ね国内で使用される突入防止装置及び大型後部反射器を除くと、平成 29 年度は 128 件（前年度比 37 件増）であった。

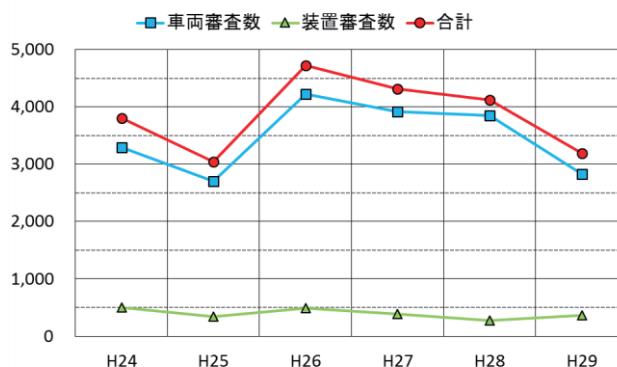


図 1 審査型式数の推移

## 3. 審査体制の構築に係る取り組み

中立・公正な審査を実施するため、基準の制定及び改正等の機に、審査手法の確立、職員の研修、さらに必要に応じて施設の整備を行い、審査体制を構築している。

### 3. 1. 先進安全自動車技術等に係る対応

自動車技術の進展により、これまでに様々な先進安全自動車技術（ASV 技術）や、ASV 技術を統合・発展させる形で、より自動運転に近づいた技術の開発が進んでいる。これらの技術については、国際基準（UN 規則）化が進められているが、審査部は、UN 規則の制定や改正に係る国際的議論に主要メンバーとして参画しているところである。

平成 30 年 3 月には、かじ取り装置に係る UN 規則（第 79 号）の改正が行われ、緊急回避操舵機能（ESF）、及びドライバーのウィンカー操作等を起点とする自動車線変更機能（ACSF カテゴリー C）について、警報、性能要件が制定された。これらの項目については、国内導入（保安基準改正）及び審査事務規程（TRIAS）の制定を平成 30 年 10 月に行ったところである。なお、自動車基準調和世界フォーラム（WP29）では、引き続き、ハンドルを放した状態での車線維持機能（カテゴリー B2）に係る規則制定の議論が進められているところである。

また、平成 30 年 9 月からは、交通政策審議会の下で、自動運転等先進技術を搭載した自動車の安全確保のための制度のあり方について検討が開始されている。今後は、高度な自動運転が可能となる走行環境条件の設定や自動車の性能を変更するソフトウェア配信への対応など、自動車認証審査に関連する論点についても議論が進められる予定である。

### 3. 2. 先進安全技術の性能評価試験

国土交通省では、高齢運転者による交通事故防止対策の一環として、自動車メーカー等の求めに応じ、乗用車の衝突被害軽減ブレーキが一定の性能を有していることを認定する制度を平成 30 年 3 月に創設した。認定に係る基準は以下の通りである。

- ① 静止車両に対して 50km/h で接近した際に、衝突しない又は衝突時の速度が 20km/h 以下となること
- ② 20km/h で先行する車両に対して 50km/h で接近した際に、衝突しないこと
- ③ 制動制御の少なくとも 0.8 秒前までに、運転者への警報が作動すること

審査部では、本制度における評価試験を実施することから、必要となる規程類の整備を行うとともに、同年 8 月より評価試験を実施している（図 2）。



図 2 衝突被害軽減ブレーキに係る認定試験

### 3. 3. 新たな排出ガス・燃費基準の導入

排出ガス低減装置を、新規検査時には作動させる一方で、実際の走行時には意図的に作動させないようにするシステムを用いた排出ガス不正事案が平成 27 年 9 月に発覚したことを受け、車載式排出ガス測定システム（PEMS）を用いた路上走行時の排出ガス試験が平成 30 年 3 月に導入された。本試験においては、排出ガスの測定方法のほか、測定され

た窒素酸化物の規制値を台上試験における規制値の 2 倍とすることや、保護制御の作動を許容する具体的な範囲（低・高気温時、高地走行時）等についても定められている。国土交通省及び環境省が合同で設置した試験方法見直しのための検討会には、交通安全環境研究所も参加し、路上走行試験の実施条件等について検討を行っている。

また、平成 30 年 3 月には、重量車の新しい燃費基準（2025 年度目標）に対応した試験法が策定された。この試験法では、より走行実態を反映した燃費値の算定のため、以下の改正がなされている。

- ・ 燃費マップの測定点数の追加
- ・ 空気抵抗や転がり抵抗の実測値反映によるエネルギー損失の精緻化
- ・ 走行実態に応じた都市間比率、積載・乗車率の更新

審査部ではこれらの基準改正に合わせて TRIAS を制定するとともに、試験を円滑に行うための準備を進めていくこととしている。

### 3. 4. 国際的な車両型式認証制度への対応

我が国は、WP29 において国際的な車両型式認証制度（IWVTA）の創設を提案したほか、傘下の専門家会合でも副議長を務めるなど、同制度に係る国際的議論を主導してきた。平成 28 年 4 月に道路運送車両法が改正され、IWVTA の国内担保措置となる共通構造部型式指定制度が創設されたほか、平成 30 年 7 月には本制度に係る基準（UN 規則第 0 号）が発効された。

審査部では、IWVTA に基づく認可の受入義務が生じる平成 31 年 4 月に向け、認証時の手続き等に関する規程類の整備を行う予定である。

## 4. まとめ

自動運転技術等の複雑で高度な新技術の導入・普及や安全・環境基準の強化に伴い、審査に必要となる知識・技術レベルが高まっている。また、基準の国際調和や IWVTA に基づく相互認証など、審査業務の国際化の必要性も増しているところである。

このような中、審査部は、適切な審査体制の保持・整備を通じて業務を確実に実施し、認証審査制度の信頼性の向上を図るとともに、自動車産業の成長にも十分貢献できるよう努めていく所存である。

# 講演 7. リコール技術検証業務の現状と今後の取組

リコール技術検証部 ※杉崎 友信 若林 朝人 坂本 洋平 通事 司

## 1. まえがき

リコール技術検証部は、平成 16 年にリコールに係る不正行為が発覚したことを契機として、道路運送車両法の改正に伴い、平成 18 年 5 月に交通安全環境研究所に設置された。

当部では、国土交通省からの依頼に基づき、ユーザーから寄せられる不具合情報について、設計・製作に起因する不具合のおそれがあるかどうかを分析し、設計・製作に起因すると疑われる情報については技術検証を行うとともに、リコール届出の分析及び技術的な妥当性検証を行うことを業務としている。

本稿では、リコール技術検証業務の現状を紹介するとともに、現在、当部において「不具合の早期発見・早期改善の促進」を目標に掲げ、取り組んでいる内容を紹介する。更に、本フォーラムのテーマである「交通事故削減への取組」として、近年、急速に普及が進んでいる先進安全自動車（ASV）に対する取り組み、並びに昨今世界的に問題になった自動車の排出ガス不正制御に対する新たな取り組みを紹介する。

## 2. リコール技術検証業務の概要

### 2. 1. 不具合情報分析

当部においては、ユーザーやメーカーからの不具合情報及びメーカーからの事故・火災情報のほか、警察や消防等の関係機関からの不具合情報について分析を行っている。平成 29 年度は約 8,600 件の不具合情報について分析を行っており、その件数及び内訳を表 1 に示す。近年、ユーザーからの不具合情報が増加傾向であり、平成 29 年度は平成 25 年度に比べ、約 20% 程度増加している。

表 1 不具合情報分析件数（平成 29 年度）

| 情報の種類            | 不具合情報件数 |
|------------------|---------|
| ユーザーからの不具合情報     | 3,105   |
| メーカーからの事故・火災情報※  | 1,575   |
| メーカーからの不具合情報※    | 3,389   |
| その他（警察、消防、消費者庁等） | 560     |
| 計                | 8,629   |

※印は平成 29 年 1 月～12 月までの件数

それ以外は平成 29 年 4 月～平成 30 年 3 月までの件数

### 2. 2. 技術検証

当部が実施した技術検証回数及びその結果リコール等の市場措置に繋がった件数の推移を表 2 に示す。技術検証回数は、年間約 300～500 件程度の範囲で推移し、技術検証が終了した事案数は、年間約 100～200 件程度で推移している。これらの件数の変動は、事案の複雑度による検証期間の長短が影響しているものと思われる。

このように年度によって技術検証回数は増減するものの、市場措置に繋がった検証件数は年間 20 件前後と一定の割合で推移しており、リコール制度の適切な実施に継続的に貢献しているといえる。

表 2 技術検証回数及び市場措置件数の推移

| 年度          | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 技術検証回数      | 310 | 532 | 465 | 309 | 424 |
| 技術終了事案数     | 99  | 204 | 172 | 112 | 96  |
| 市場措置に繋がった件数 | 24  | 17  | 18  | 24  | 19  |

## 2. 3. リコール届出分析

表3に、国土交通省の公表データに基づき、平成24年から平成28年におけるリコール届出の件数及び対象台数の推移を示す。

リコール届出件数については、平成27年度以降、タカタ製エアバックのリコール届出により増加しているものの、それを除くと届出件数は年間約300件程度で推移している。リコール届出の対象台数について、タカタ製エアバックを除いた台数は年間900万台を超えてきており、届出1件当たりの対象台数が増加傾向にある。

表4に、国土交通省の公表データに基づき、不具合発生の初報日からリコール届出までにかかった平均月数の推移を示す。

近年、不具合発生の初報からリコール届出までにかかる月数は徐々にではあるが長くなってきており、平成28年度においては平均17ヶ月要している。

表3 リコール届出件数及び対象台数の推移

| 年度           | H24          | H25          | H26          | H27            | H28            |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 届出件数         | 308<br>(308) | 303<br>(295) | 355<br>(333) | 368<br>(319)   | 364<br>(319)   |
| 対象台数<br>(万台) | 561<br>(561) | 798<br>(724) | 956<br>(736) | 1,900<br>(944) | 1,585<br>(963) |

※（ ）内：タカタ製エアバックのリコール届出を除いた数

表4 不具合発生の初報日からリコール届出までの平均月数の推移

| 年度   | H24  | H25  | H26  | H27  | H28  |
|------|------|------|------|------|------|
| 平均月数 | 13.6 | 14.0 | 14.4 | 15.3 | 17.0 |

## 3. リコール技術検証部における主な取組み

自動車における新技術の進展が著しい中、自動車部品の共通化が進んでいる状況において、自動車社会の安全・安心を確保していくためには、これまで以上に自動車の不具合の早期発見・早期改善が求められている。

そのような中、当部においては、「設計・製造に起因する自動車不具合の早期発見・早期改善の促進」を目標に掲げ、主に以下の取組みを昨年度から開始したところである。

- ①不具合情報の収集・分析の向上
- ②技術検証ノウハウの強化

## ③排出ガス不正制御の発見（サーベイランス）

これらに加え、ユーザーから提供される不具合情報において、ユーザーが自動車技術に関して誤った認識を持っている事案が増加してきていることから、ユーザーに自動車の正しい認識を持ってもらう「ユーザーへの注意喚起」も、当部の重要な役割の1つとして取り組んでいる。

## 3. 1. 不具合情報の収集・分析の向上

### 3. 1. 1. 既存の不具合情報の収集ルートの充実

ユーザーからの不具合情報については、これまでの広報活動の成果もあり、増加傾向であり、提供される不具合情報全体の40%近くを占めている。

引き続き、国土交通省とともにユーザーからの情報提供を一層呼びかけるとともに、一般ユーザーのみならず、運送事業者や整備工場等からの情報提供に関する協力をお願いしていきたい。

### 3. 1. 2. 新たな不具合情報の収集ルートの構築

不具合情報の収集にあたっては、既存の収集ルートの充実を推進するとともに、新たな収集ルートの構築に取り組んでいる。

#### (1) 自動車検査時における不具合情報

登録車の検査時における不具合情報については、検査を実施する自動車技術総合機構の検査部門が同じ組織ということもあり、検査部門で発見した不具合情報を共有する仕組みを昨年12月に構築した。実際、昨年度の技術検証事案において、この情報を活用し、技術検証の進展につながったところである。

また、現在、軽自動車の検査時における不具合情報についても、軽自動車検査協会から情報収集を図るべく同協会と検討している。

#### (2) 点検整備時における不具合情報

整備工場の点検整備時における不具合情報については、上述の自動車検査時における不具合情報と同様に新たな不具合情報の収集ルートになりうると考えており、今後、関係者と検討していきたい。

### 3. 1. 3. 不具合情報の分析強化

ユーザー等から提供された不具合情報が設計・製造に起因するおそれのある事案かどうか判断する際、過去に提供された不具合情報における同車種の類似事象件数を把握することを今年度から開始した。これに

より、設計・製造に起因するおそれのある事案について、より早期に詳細な検討を開始することが可能になった。

今後、国土交通省とも連携し、過去の不具合情報、技術検証結果及びリコール届出の情報分析の機能を一層強化し、不具合の早期発見・早期改善を更に促進していきたいと考えている。

### 3. 2. 技術検証ノウハウの強化

#### 3. 2. 1. 車両調査

自動車の不具合原因が設計・製造に起因するかどうかの判断材料を迅速に収集するため、実際に事故や火災が起きた車両について確認する車両調査を国土交通省等の行政機関と連携して実施している。

表5に過去5年間の車両調査件数を示す。

平成28年度下半期より、従来2名体制で実施していた調査を1名の専門家で対応することにより、車両調査件数の増加につながっている。

表5 車両調査件数の推移

| 年度 | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 事故 | 21  | 19  | 12  | 21  | 15  |
| 火災 | 26  | 28  | 44  | 44  | 54  |
| 合計 | 47  | 47  | 56  | 65  | 69  |

#### 3. 2. 2. 技術検証実験

技術検証の過程においては、メーカーからの報告を参考にしつつ、当部においても技術検証実験を行い、事実関係を明らかにしている。また、技術的な知見の蓄積を目的とした技術検証実験にも取り組んでいる。これら技術検証実験のテーマ数の推移は表6のとおりであり、毎年のテーマ数は10件程度となっている。

その中で、近年、重点的に知見を蓄積しようと取り組んでいるものとしては、車両火災に関する実験と先進安全自動車に関する実験が挙げられる。

表6 技術検証実験のテーマ数の推移

| 年度      | H25     | H26 | H27 | H28 | H29 |    |
|---------|---------|-----|-----|-----|-----|----|
| 実験テーマ総数 | 11      | 11  | 11  | 10  | 13  |    |
| 内訳      | 個別事案の検証 | 7   | 8   | 7   | 3   | 1  |
|         | 知見の蓄積   | 4   | 3   | 4   | 7   | 12 |
|         | うち、火災関係 | 1   | 0   | 3   | 3   | 4  |

#### (1) 火災に関する実証実験

車両火災については、平成29年版消防白書によれば、表7にあるとおり、年間約4,000件程度起きており、そのうち、出火原因が「その他（不明・調査中含む）」が約60%程度を占めている。また、当部が参加した車両調査においても、出火原因が特定に至らなかった事案が多々ある状況である。このような状況を踏まえ、車両火災の原因究明を図るべく、車両火災に関する実証実験を実施している。

昨年度においては、火災に関する文献調査を実施するとともに、エンジンオイルや樹脂製部品の燃焼の基礎実験を実施した。今後、実証実験を継続するとともに、国土交通省等の行政機関や専門家等の協力を得つつ、車両火災の原因究明のノウハウ集を作成するなど車両火災の原因究明の強化を図ることとしたい。

表7 車両火災の主な出火原因（平成28年）

| 出火原因          | 件数    |
|---------------|-------|
| 排気管           | 681   |
| 放火（放火の疑いを含む）  | 440   |
| 交通機関内配線       | 392   |
| たばこ、マッチ・ライター  | 254   |
| その他（不明・調査中含む） | 2,286 |
| 計             | 4,063 |

#### (2) 先進安全自動車に関する実証実験

先進安全自動車については、近年、新たな技術の導入が急速に進み、多種多様な技術が混在している状況である。そのため、新技術に対するユーザーの認識不足による事案も含め、不具合情報が近年、多く寄せられるようになってきた。当部としては、今後、先進安全自動車の普及が加速していくことが予想されることから、新技術の機能に対する知見を早急に深めていくとともに、ユーザーに新技術の機能について正しい認識をもってもらうよう注意喚起していくこととしている。

昨年度においては、先進安全自動車の中で最も普及が進んでいる対車両衝突被害軽減ブレーキに関し、ユーザー等からの不具合情報を分析した。その分析結果を踏まえ、ユーザーが期待する場面で作動しなかった環境条件を抽出し、様々な環境条件（逆光、降雨時、

暗闇、濡れた路面、坂道等)において、衝突被害軽減ブレーキの作動確認実験を実施した。その実験結果については、国土交通省のホームページ上で動画として公表された。

今後は、対歩行者衝突被害軽減ブレーキが普及し始めていることから、これらの車両の作動条件の把握を行っていく予定である。

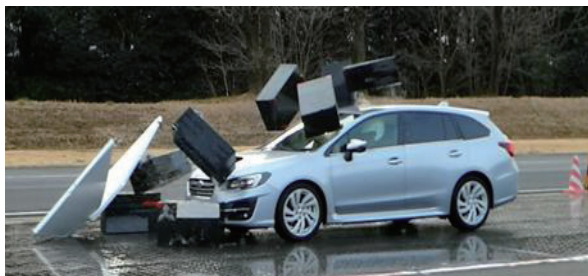


図1 対車両衝突被害軽減ブレーキの作動確認実験

### 3.3 排出ガス不正制御を防止する取組

近年、排出ガス低減装置を新規検査時にのみ作動させる一方で実際の走行時には動かせないようにする不正ソフトを用いた排出ガス不正事案が発覚した。この事案を受け、国土交通省からの要請に基づき、不正ソフトの使用防止に資する抜き取り調査(サーベイランス)を昨年度から開始したところである。

サーベイランスの実施にあたっては、当部自らが図2の車載式排出ガス測定システム(PEMS)を使用して、従来の排出ガス測定方法であるシャシーダイナモ測定に加えて、路上走行等による排出ガス測定を行い、排出ガス値に乖離がないかを確認するなどにより、不正ソフトの使用の有無を確認している。

当部においては、今後、国土交通省からの要請に基づき、サーベイランスを実施し、排出ガス不正制御を防止する取組を継続することとしている。



図2 車載式排出ガス測定システム(PEMS)

### 3.4 車両情報の活用

近年、先進的な安全・環境技術の導入にあたっては、高度な電子制御化が必要不可欠な状況であるとともに、今後、車の付加価値がハードからソフトに急速にシフトすると言われている。このような中、クラウド・コンピューティングや通信インフラの急速な発展により、メーカーが車載ソフトを無線で更新したり、車両情報(速度、加速度、位置、故障等)を収集する動きが活発化してきている。また、車載ソフトウェアに起因するリコールが多くなってきており、ソフト無線更新のような取り組みによってリコール改修がより早期に実施されることが期待される。また、リコール技術検証業務においても、収集された車両情報の活用により、車の使用方法や故障履歴などの把握も可能となり不具合の早期発見・早期改善につながることを期待される。

### 4. 終わりに

近年、自動車においては、社会的なニーズから新技術が次々に導入されるとともに、部品の共通化が進展している状況である。

そのような中、自動車社会の安全・安心を確保していくためには、ユーザー、メーカー及び関係機関等と一体となって、自動車不具合の早期発見・早期改善に向け取り組むとともに、究明された不具合原因及びその改善策が、次世代の技術に着実に活かされていくことが重要である。

このようなサイクルを着実に実施していくことが、日本の技術力向上につながり自動車産業の国際競争力の向上にもつながるものと考えている。

<参考文献>

- 1) 国土交通省「平成28年度リコール届出内容の分析結果について」

# ポスターセッション





# ① 鉄道信号システムの設計安全性評価に関する新たな取組

交通システム研究部 ※林田 守正 佐藤 安弘 竹内 俊裕

## 1. まえがき

本報では、海外向け鉄道システムの設計段階を主な対象とする第三者としての安全性評価に関し、交通安全環境研究所がこれまでに取りまとめた評価報告書の標準的な構成・内容の提案に基づき、IEC シリーズをはじめとする国際規格との調和や規格適合性評価等との関連について、さらに検討を深めた結果を報告する。また、鉄道システムの高度化、複雑化への対応の一環として、新しい評価手法である STAMP (System Theoretic Accident Model and Processes) や、近年重要性が増しているセキュリティ評価への取組について述べる。

## 2. 第三者安全性評価と国際規格

### 2. 1. 安全性評価報告書の標準的な構成 (案)

前報<sup>1)</sup>で提案した第三者安全性評価 (以下、「安全性評価」という。)の報告書の標準的な構成を図1に示す。中心的な記述事項は「安全性(S)に関する評価結果」であるが、安全性担保の前提条件として、「信頼性等(RAM)に関する評価結果」も記述する。また、評価対象範囲、参照資料、用語/略語の定義、対象システム概要、評価方法等についても記述する。

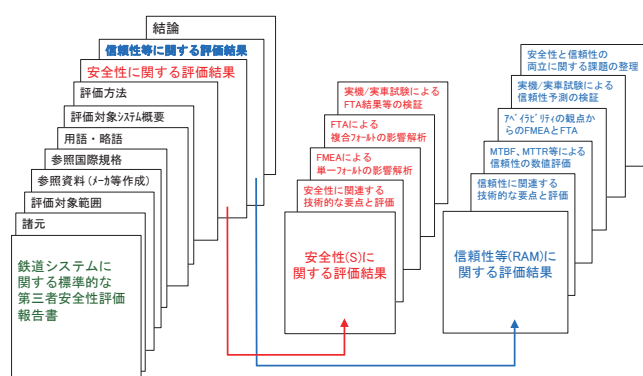


図1 第三者安全性評価報告書の構成案<sup>1)</sup>

### 2. 2. 参照する国際規格

安全性評価報告書の記述に際して参照する国際規格を表1に例示する。その中で、IEC 62425 及び IEC 62278 を重点的に参照し、整合を図ることとする。特に、2.1に前述した構成は、IEC 62278 に規定される

RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) の概念に基づくものである<sup>2)</sup>。

### 2. 3. 第三者安全性評価の位置付け

IEC 62425 によれば、システムの安全性の承認には、「Independent Safety Assessment」(以下、「ISA」という。)の実施が必須であるとされる。また安全性の証拠文書としては以下の4編が挙げられている<sup>3)</sup>。

- System Requirement Specification (システム要求仕様書)
- Safety Requirement Specification (安全性要求仕様書)
- Safety case (セーフティケース : Part 1~Part 6)
- Safety assessment report (安全性評価報告書)

2.1 で前述した第三者安全性評価は、上記の「ISA」に該当すると考えられる。また、その評価の参照文書は「Safety case」の Part 4 (Technical Safety Report) の内容又はその関連資料であり、評価報告書は、上記の4つの証拠文書の1つである「Safety assessment report」に該当すると考えられる。

表1 参照する国際規格 (例)

| 規格番号      | 規格の概要                          |
|-----------|--------------------------------|
| IEC 62425 | 鉄道信号用安全関連電子装置の安全性証明 (セーフティケース) |
| IEC 62278 | 鉄道におけるRAMS                     |
| IEC 62279 | 鉄道信号システムのソフトウェアの安全性            |
| IEC 62280 | 鉄道信号システムの通信の安全性                |
| IEC 62236 | 鉄道システムのEMC (電磁両立性)             |

### 2. 4. 安全性評価への国際規格の考え方の反映

#### 2. 4. 1. 安全性の水準

IEC 62425 においては、安全性の水準として、非安全事象の発生頻度に基づいて4段階のSIL (System Integrity Level) が定義されており、その最高水準はSIL4 ( $1 \times 10^{-9}/h \sim 1 \times 10^{-8}/h$ ) とされている<sup>3)</sup>。これは主にハードウェアの非安全側故障率に基づくものである。一般的に鉄道の列車制御システムや信号システムにはSIL4が要求されるため<sup>4)</sup>、各要素又はシステム全体における非安全事象の発生頻度がSIL4を満足するか否かを主要な判断基準とする。一方、IEC 62278 には、リスクの受入れについて、ALARP (現実的に可能な限り低いこと)、GAMAB (全体として少なく

とも既存のものと同等の安全性) 及び MEM (死亡事故のリスクが最も少ないこと) の3つの原則が示されている<sup>2)</sup>。このうち、日本の鉄道システムは世界的にも非常に高い安全性の実績を有していることから、GAMAB の原則を採り入れることが適切であると考ええる。しかし、ALARP や MEM の原則を採り入れていくことも今後の課題であると考ええる。

#### 2. 4. 2. リスクの定義

「リスク」という用語は、一般的には漠然とした危険性という意味合いで使われることが多いが、IEC 62278 等では、「非安全事象の発生頻度」と「非安全事象による影響の深刻さの程度」のマトリクス (行列) で定義される指標であるとされる<sup>2)</sup>。そこで、上記の「発生頻度」と「影響の深刻さ」を点数化し、その積としてリスク値を算出し、予め設定した閾値との比較で可否を判断するべきであると考ええる。

#### 2. 4. 3. ソフトウェアの安全性

ソフトウェアの誤りに起因する非安全事象は、ハードウェア故障に起因する事象とは異なり、偶発的に発生することは無いが、誤りが潜在していれば必然的に発生する。当研究所では、ソフトウェアの安全性については、主に設計資料のフローチャート、データフロー図、シーケンス図等を確認することにより評価を行ってきた。しかし、近年のシステムのソフトウェアは大規模化、複雑化が著しく、プログラムの細部まで確認することは非常に困難である。IEC 62279 には、ソフトウェア開発に関する技術や手法等が規定されている。また、2.4.1 で前述した SIL とは異なるソフトウェア SIL (SIL0~SIL4) が定義され、レベル毎に、個別の技術や手法の推奨が3段階 (推奨しない、推奨する、大いに推奨する) で示されている<sup>5)</sup>。そこでソフトウェアについては、直接的な確認が可能な技術内容の他、全般的に IEC 62279 に定められているような開発手法や検証体制に基づいて製作されていることを確認することが適切であると考ええる。

#### 2. 4. 4. ノイズの影響

ノイズの影響による非安全事象は再現性が乏しく、また、システムが使用されるノイズ環境に大きく左右される。従って、ノイズの影響に対するシステムの安全性については、耐性や対策技術を含め、一意的な可否の判断が難しい。そこで、システムが IEC 62236 シリーズに規定される条件や方法に準拠した EMC (電磁両立性) に関する試験を受け<sup>6)</sup>、試験結果が要件を

満足していることを確認するとともに、システムが使用されるノイズ環境がその試験条件の範囲内であることを確認することが適切であると考ええる。

### 3. 規格適合性評価との関係

#### 3. 1. 安全性評価と規格適合性評価との対比

近年は、メーカ等が鉄道システムの輸出に際し、その安全性を相手先に証明する方法として、表1に示したような機能安全関連の国際規格への適合性について第三者評価や認証 (以下、「規格適合性評価等」という。) を受けることが一般化している。第三者による安全性評価と規格適合性評価等との対比を表2に示す。後者の主眼は技術の内容よりも、むしろ製品に対する安全マネジメントのプロセスであるといえる。

表2 第三者安全性評価と規格適合性評価/認証<sup>1)</sup>

|                        | 第三者安全性評価<br>(主に設計安全性)  | 規格適合性評価/認証<br>(機能安全関連)   |
|------------------------|--|--|
| 評価の主眼                  | システムの技術内容、設計仕様等  | システム(製品)に対する安全マネジメントのプロセス  |
| 評価の指標                  | ・各国の安全性に関する基準<br>・非安全事象の発生頻度<br>・既存システムと同等以上の安全性<br>・各種国際規格の規定(SILの定義、耐ノイズ性、ソフトウェア安全性等)<br>・その他                                  | ・対象とする国際規格(IEC等)の各条文に対応する証拠文書の存在および記述の適合性                                  |
| 国際展開において第三者評価が活用されるケース | ・規格適合性の証拠文書の一部として安全性評価報告書が要求される場合(規格適合性評価/認証を並行して実施)。<br>・国際規格適合性評価/認証に代わるものとして要求される場合(相手先が安全性評価報告書を規格適合性評価報告書/認証書相当と判断することが前提)。 | ・機能安全に関する国際規格への適合の証拠を要求される場合。  |
| 第三者評価機関としてのオーソライズ      | ・国際的なオーソライズの仕組みは特に無い。  | ・認証機関に対する要求事項が国際規格(ISO/IEC 17065)で定められている。<br>・当研究所鉄道認証室は認定機関による認定を取得している。 |

2.3 に前述した解釈とは異なるが、この規格適合性評価等が IEC 62425 に記述される「ISA」に該当すると解釈することも可能であると考えられる。その解釈によれば、対象規格が IEC 62425 であれば、評価の参照文書はセーフティケースの全ての内容であり、2.1 に前述した安全性評価は、必要に応じて規格適合性評価等を補強する目的で実施され、安全性評価報告書は規格適合性評価報告書等の補足文書として添付されるという位置付けが考えられる。この場合は、安全性評価報告書と規格適合性評価報告書等との間で、参照資料や記述内容に関する整合性を担保することが重要となる。

一方、システムの導入先によっては、必ずしも規格適合性評価報告書等が無くても、安全性評価報告書のみが、ISA の証拠として採用されるケースも存在する。

#### 3. 2. 安全性評価への規格適合性評価手法の導入

安全性評価において、直接的な技術内容の確認に基づく判断が困難な事項については、規格適合性評価等

の手法を部分的に採り入れていくことが適切である  
と考える。その一例として、2.4.3 で前述した、ソフト  
ウェアの安全性に関する評価が挙げられる。データフ  
ロー図等の確認による評価と共に、直接的な確認が困  
難なプログラムの細部までを包含する全般的な安全  
性については、規格適合性評価等にならって、IEC  
62279 に準拠した開発、検証体制を文書で確認する  
ことによって安全性が担保されていると判断するこ  
とが適切であると考えられる。また、他例として、2.4.4 に前  
述したようなノイズの影響についても、IEC 62236 に  
準拠した EMC に関する仕様や試験結果を文書で確認  
することによって、安全性を評価することが適切であ  
ると考える。

#### 4. 新たな安全性評価手法／評価対象

##### 4. 1. STAMP の試行

2012 年に、サブシステム間の相互作用に着目した  
STAMP と呼ばれる新しい安全設計手法が米国で提唱  
された<sup>7)</sup>。現代のシステムのアクシデントの多くはシ  
ステム構成要素の故障によって起きるのではなく、シ  
ステムの中で安全のための制御を行う要素の相互作  
用が働かないことによって起きるといふアクシデン  
トモデルに基づく手法であり、従来の個別部品や機器  
ベースの故障解析である FMEA (Failure Mode and  
Effects Analysis) や FTA (Fault Tree Analysis) とは異  
なる発想である。鉄道分野においても、高度化・複雑  
化したシステムのリスク評価に対応するには、FMEA や  
FTA に加え、STAMP の活用が有効であると考えられ

る。鉄道分野での STAMP の応用としては、踏切制御  
装置への適用例が公表されているが<sup>7)</sup>、本報では、図  
2 に示すような、簡単な連動装置をモデルとして試行  
した。制御を行う要素 (Controller) を連動装置、制  
御される要素 (Controlled process) を転てつ機と仮定し、  
制御構造図を図 3 に示すように構築した。連動装置  
から転てつ機への制御指示は、定位への転換、反位への  
転換、鎖錠及び解錠とし、各々の制御指示について連  
動装置へのフィードバック機能を有することとした。  
また、それ以外の関係要素として、進路構成、軌道回  
路 (3 区間) 及び信号機 (出発／場内) を挙げた。

それに基づき、表 3 に示すように、アクシデント、  
ハザード及び安全制約を整理し、表 4 に示すような、  
非安全な制御指示を抽出した。今後は、このようなモ

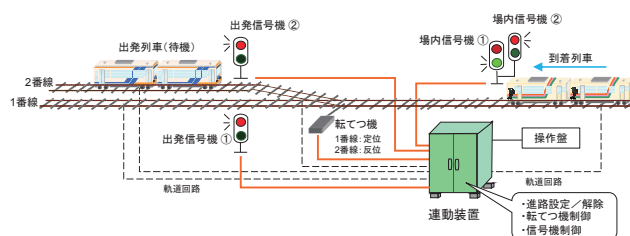


図 2 STAMP 試行の対象とした連動装置のモデル

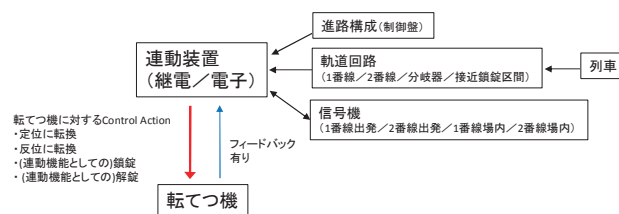


図 3 制御構造図の構築

表 3 アクシデント／ハザード／安全制約の整理

| アクシデント            | ハザード   | 安全制約                               |
|-------------------|--|------------------------------------|
| (A1) 列車が分岐器上で脱線する | (H1) 列車が分岐器上に在線中に不正転換する  | (SC1) 列車が分岐器上に在線中は転換してはならない        |
| (A1) 列車が分岐器上で脱線する | (H2) 列車が分岐器上を走行中に鎖錠されない  | (SC2) 列車が分岐器上に在線中は鎖錠しなければならない      |
| (A1) 列車が分岐器上で脱線する | (H3) 列車が非開通の分岐器を背向で通過する  | (SC3) 列車が背向で分岐器を通過する際に非開通であってはならない |
| (A2) 列車同士が衝突する    | (H4) 到着列車の進路が駅在線列車と競合する方向に分岐器が開通している                                 | (SC4) 進路が競合するように分岐器を開通させてはならない     |
| 所定の列車が駅から出発できない   | ・分岐器非開通の場合、解錠ができない<br>・分岐器非開通の場合、定位または反位への転換ができない<br>・分岐器開通後の鎖錠ができない | 所定の出発ができるよう解錠、転換、鎖錠を行う             |
| 所定の列車が駅に到着できない    | ・分岐器非開通の場合、解錠ができない<br>・分岐器非開通の場合、定位または反位への転換ができない<br>・分岐器開通後の鎖錠ができない | 所定の到着ができるよう解錠、転換、鎖錠を行う             |

デル適用の妥当性を検証したうえで、非安全な制御指示に至るシナリオを想定し、非安全な制御指示の原因を特定して対策を講じる、という段階に進めていく。また、他のシステムへの適用についても検討する。

表4 非安全な制御指示の抽出 (赤字: 非安全事象)

| 制御指示        | 与えられないと<br>ハザード              | 与えられると<br>ハザード                     | 早すぎ/遅すぎ/誤順序でハザード   | 早すぎる停止/<br>長すぎる適用でハザード                                     |
|-------------|------------------------------|------------------------------------|--|--|
| 反位から反位に転換指示 | -1番線の発着が不可<br>-1番線から誤出発すると脱線 | -列車が分岐器上に在線すると脱線<br>-2番線から誤出発すると脱線 | 早すぎると<br>-1番線からの列車より先行する2番線からの列車の出發が不可<br>-1番線からの列車出發前の2番線への列車到着が不可<br>-1番線への列車に先行する2番線への列車の到着が不可<br>-2番線への到着列車が分岐器直前だと1番線に誤進入(1番線に他列車在線だと衝突)<br>-2番線への到着列車が分岐器上だと脱線<br>-2番線からの出發列車が分岐器上だと脱線 | 早すぎる停止だと<br>-転換が途中で停止し列車の發着が不可<br>長すぎる適用だと<br>-次の反位への転換が不可 |
| 定位から反位に転換指示 | -2番線の発着が不可<br>-2番線から誤出発すると脱線 | -列車が分岐器上に在線すると脱線<br>-1番線から誤出発すると脱線 | 早すぎると<br>-2番線からの列車より先行する1番線からの列車の出發が不可<br>-2番線からの列車出發前の1番線への列車到着が不可<br>-1番線への到着列車が分岐器直前だと2番線に誤進入(2番線に他列車在線だと衝突)<br>-1番線への到着列車が分岐器上だと脱線<br>-1番線からの出發列車が分岐器上だと脱線                               | 早すぎる停止だと<br>-転換が途中で停止し列車の發着が不可<br>長すぎる適用だと<br>-次の定位への転換が不可 |
| 錠錠指示        | -車両が分岐器上を走行中だと脱線             | 転換が不可                              | 遅すぎると<br>-分岐器に進入した車両が脱線  | 早すぎる停止だと<br>-分岐器に進入した車両が脱線<br>長すぎる適用だと<br>-次の錠錠、転換が不可      |
| 解錠指示        | -転換が不可                       | 車両が分岐器上を走行中だと脱線                    | 早すぎると<br>-分岐器から進入前の車両が脱線   | 早すぎる停止だと<br>-解錠が不完全で次の転換が不可<br>長すぎる適用だと<br>-次の錠錠が不可        |

#### 4. 2. セキュリティ評価について

列車制御等の安全関連の通信のセキュリティについても、関連国際規格との整合や、4.1 で前述した STAMP の活用を考慮した評価手法を検討する必要があると考える。例えば CBTC (Communication Based Train Control) においては、図4に示すように、列車が自ら取得する位置情報が無線通信を介して車上装置と地上装置の間で伝送され、それに基づいて列車間隔制御等が行われる。したがって、例えば先行列車位置データが人為的に、あたかも実際より前方に在線するか、又は、在線しないかのように改竄された場合は、後続列車が先行列車に追突する危険性が生じる。そのため、安全性評価項目として無線のセキュリティが不可欠であることから、伝送系やセキュリティ関連の国際規格 (IEC 62236 シリーズ、IEC 62280 等) を参照しながら、表5に示すような偶発的又は人為的な脅威とその防止技術の評価手法について<sup>8)</sup>、ケーススタディを含めた検討を始めている。また、従来の RAMS 評価手法へのセキュリティの適用方法や、STAMP を活用した新たな通信セキュリティ評価方法についても検討するとともに、わが国における列車制御通信のセキュリティが、国際規格への適合のみで担保されるか

どうかについて、STAMP を活用した解析を含めて、妥当性を検討する予定である。

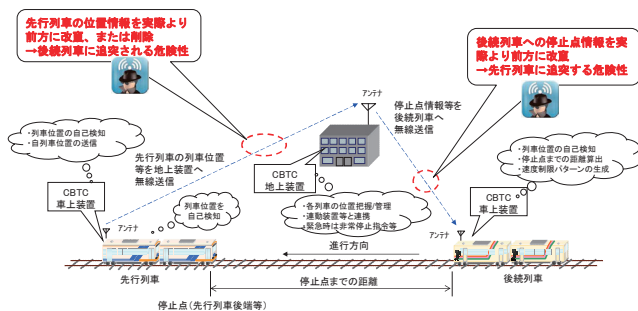


図4 CBTCにおけるセキュリティの人為的脅威

表5 伝送系の脅威と対策<sup>8)</sup>

| 脅威    | 通番 | タイムスタンプ | タイムアウト | 送信元/受信先ID | フィードバックメッセージ | 同一証明手順 | 安全コード | 暗号化技術 |
|-------|----|---------|--------|-----------|--------------|--------|-------|-------|
| 繰り返し  | ○  | ○       |        |           |              |        |       |       |
| 削除    | ○  |         |        |           |              |        |       |       |
| 挿入    | ○  |         |        | ○         | ○            |        |       |       |
| 再順序   | ○  | ○       |        |           |              |        |       |       |
| 劣化    |    |         |        |           |              |        | ○     | ○     |
| 遅延    | ○  | ○       |        |           |              |        |       |       |
| なりすまし |    |         |        |           | ○            | ○      |       | ○     |

#### 5. おわりに

- (1)当研究所が実施してきた第三者安全性評価について、IEC シリーズ等の国際規格の規定に基づく位置付けを整理し、また、国際規格の評価への反映について考察した。
- (2)安全性評価と規格適合性評価等との対比や関連性を考察し、安全性評価に規格適合性評価の手法を導入した例を示した。
- (3)新しい評価手法である STAMP や、重要性が増しているセキュリティに関する取組の状況を紹介した。

#### 参考文献

- 1)林田他, "RAMS を考慮した鉄道技術の標準的な第三者安全性評価手法に関する取組", 交通安全環境研究所フォーラム 2017 講演概要集 pp11-14
- 2) IEC 62278 First edition 2002-09 英和対訳版
- 3) IEC 62425 Edition 1.0 2007-09
- 4) 平尾, "鉄道システムにおけるリスクベース安全管理", 日本信頼性学会誌「信頼性」Vol.33 No.8
- 5) IEC 62279 Edition 2.0 2015-06
- 6) IEC 62236-1~5 Edition 2.0 2008-12
- 7) "はじめての STAMP/STA" Ver.1.0, (独)情報処理推進機構 (2016)
- 8) IEC 62280 Edition 1.0 2014-02

## ② 車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する基礎検討

交通システム研究部 ※山口 大助 工藤 希 竹内 俊裕 長谷川 智紀  
篠田 憲幸 (客員研究員)

### 1. はじめに

鉄道ではこれまで軌道回路などを用いて列車の位置検知を正確に行う列車制御システムによって安全を確保してきた。しかしながら、地方鉄道をはじめとする採算性の厳しい路線では、軌道回路のような地上主体の設備の維持や更新に係るコストが大きな負担となっている。これを解決する手段として、軌道回路によらない車上主体型の列車位置検知を基本とした列車制御システムがあり、無線式列車制御システムとして JR 東日本が ATACS<sup>1)</sup>を実用化したほか、鉄道総合技術研究所 (鉄道総研) が RFID (Radio Frequency Identification) によって検知した情報を車上から通信で中央装置に伝送し列車制御する方式の開発などを進めている<sup>2)</sup>。交通安全環境研究所では、これまで衛星測位システム (GNSS; Global Navigation Satellite Systems) と汎用無線による列車制御システムを提案してきたが<sup>3),4)</sup>、この過程で GNSS の測位精度が課題となり、精度向上を図る手法の検討を行ってきた<sup>5)</sup>。

本稿では GNSS の測位精度向上を図る手法のこれまでの検討を総括するとともに、GNSS を補完するシステムを含む車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する検討の今後の進め方を示す。

### 2. GNSS の測位精度向上の検討

#### 2. 1. 衛星測位

衛星測位とは、少なくとも 4 機の人工衛星からの電波を受信して、衛星から受信機に到達するまでの時間を求め、電波の速度を乗じて距離を得て現在位置を算出することである。2018 年 3 月現在、GNSS として最も有名な米国の GPS (Global Positioning System) の 31 機をはじめ、日本も準天頂衛星 (QZSS; Quasi-Zenith Satellite System) を 4 機打ち上げており、これらの衛星の電波を受信して測位することができる。

GNSS による測位を補正なしに行った場合には最

大で数十メートルの誤差が生じることもある。誤差の要因には、電波が通過する電離層や対流圏の影響のほか、時々刻々変化する衛星の配置やマルチパスによるものがある<sup>6)</sup>。マルチパスとは衛星から送信された電波が建物などに反射してから受信機に伝わることを指す。電離層や対流圏は自然界のものであるため影響を回避することは難しい。衛星配置やマルチパスによる影響はその時々々の走行環境に大きく依存するが、マスキング処理により測位に用いる衛星を絞り込むことによって誤差を抑えられる可能性がある。

#### 2. 2. 仰角マスク

衛星測位の精度は多くの衛星の電波を捉えることで向上すると考えられるが、仰角 (衛星と受信機を結ぶ線が水平線となす角度) が低い衛星が放つ電波はマルチパスの影響を受けて誤差を含む可能性が高くなる。そこで、仰角の低い衛星を除く「仰角マスク」と呼ばれるマスキング処理による測位精度の向上について検討した<sup>5)</sup>。具体的には、予め分かっている沿線の障害物の位置と自列車の位置の関係から仰角マスクを動的に制御し (例えば建物が集中する駅周辺ではマスキングし、駅間の空の開けたところではマスキングしない)、見通しのよい線路方向はマスキングせずに測位に適した衛星を選択する手法とし、実車走行実験を複数回を行い測位精度向上の効果を検討した。仰角マスクの例を図 1 に示す。図 1 において、「線路直角方向マスク」は見通しのよい線路方向をマスキングせずに測位に適した衛星を選択することに相当する。

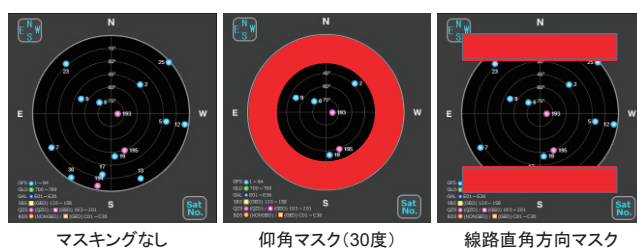


図 1 仰角マスクの例

同一駅間で測位精度向上の効果を比較検討したところ、実車走行時ごとに衛星の配置状況が全く異なり、高い測位精度につながる衛星の配置のため、マスク処理を行う必要がないケースがあった。その一方、仰角マスクによって測位精度が向上したケースもあれば、仰角マスクによって多数の衛星が除かれ、少ない衛星数で測位したためにかえって精度が悪化するケースもあった。このことから、衛星の配置状況によって仰角マスクによる測位精度向上の効果が違いが見られた。仰角マスクによる効果が一定ではなかったことから、GNSS の測位精度を向上させる手法については引き続き検討が必要な状況となった。

### 3. 車上主体型列車位置検知技術の評価に関する検討

車上主体型の列車位置検知を基本とした列車制御システムにおいて、特に列車位置情報は制御のみならず旅客サービスや保守作業などにも活用したいというニーズがある。これを受けて、列車位置検知技術の一つである GNSS については『鉄道分野における GNSS 利活用に関するガイドライン』<sup>7)</sup>がとりまとめられた。このガイドラインの中では運行記録、運行管理、保守・警報装置、保安制御などの利用レベルごとに要求事項が示されている。車上主体で列車位置検知を行うために現在活用可能なセンサとして GNSS のほかに、速度発電機、慣性計測装置、レーザセンサ、RFID など数多くある。各々のセンサの特性や生じる誤差は異なるが、これらのセンサを適切に組み合わせることでガイドラインの要求事項を満たすことができ、列車制御のみならず保守やサービスなど様々なニーズに応えられるものと考えられる。

そこで、今後は以下の検討を進めていく。

初めに、①車上主体型の列車位置検知に対して GNSS の利用に限らず現状の技術を整理する。次に、②要求される位置検知精度（要求精度）や要求精度の達成に向けて解決すべき技術的課題を整理するとともに、③要求精度に適したセンサの組み合わせについて具体例を検討し、車上主体型列車制御システムや車上主体型列車位置検知の技術要件の具体化につなげる。更に、④この検討に基づいてシステムに対する安全性や信頼性の考え方を鉄道事業者間で共有する。

この検討の進め方のチャートを図 2 に示す。検討にあたっては、衛星測位サービスの進展（センチメートル級測位補強サービスなど）による測位精度の向上、セ

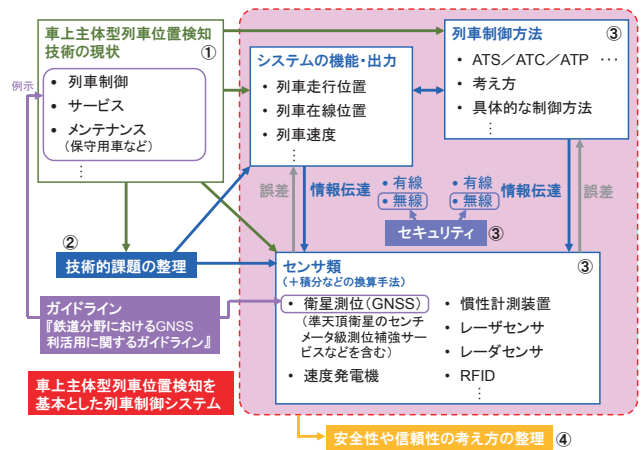


図 2 今後の検討の進め方

ンサの低コスト化など技術の進展を踏まえるものとする。

### 4. おわりに

本稿では仰角マスクによる GNSS の測位精度向上の検討を総括するとともに、GNSS を補完するシステムを含む車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する検討の今後の進め方を示した。これから検討を進めていくにあたり、関係各位のご意見やご知見を多く賜れば幸いです。

### 参考文献

- 1) 馬場ほか，“無線による列車制御システム（ATACS）”，JR EAST Technical Review, No.5, pp.31-38 (2003)
- 2) 寺田ほか，“新技術による地方交通線向けの列車制御システム”，RRR, Vol.74, No.1, pp.20-23 (2017)
- 3) 田中ほか，“鉄軌道における衛星測位の活用技術に関する研究”，交通研フォーラム 2015 講演概要集, pp.121-124 (2015)
- 4) 工藤ほか，“列車制御システムにおける衛星測位利用に関する取組”，交通研フォーラム 2016 講演概要集, pp.65-68 (2016)
- 5) 篠田ほか，“列車制御に衛星測位を利用する際の処理方法の検討”，第 24 回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL2017), S7-5-1 (2017)
- 6) トランジスタ技術編集部，“GPS のしくみと応用技術”，CQ 出版社, (2009)
- 7) 鉄道分野における GNSS 利活用ガイドライン検討委員会，“鉄道分野における GNSS 利活用に関するガイドライン”，(2017)

## ③ ラストマイルを埋める公共交通スローモビリティの可能性

交通システム研究部 ※大野 寛之 工藤 希

### 1. はじめに

高齢を理由に運転免許を返納する高齢者が増える一方で、過去のモータリゼーションにより公共交通が失われてきた結果、日々の移動に困難を来す事例が全国的に広がりつつある。都市の郊外化により、路線バスの客席を埋めるほどの需要が無く廃止になるなど、公共交通から取り残される地域が広がっている。そうした背景の中、小型の電動車両を用いて低速（20km/h未満）運行する新たなスタイルの公共交通が各地で試験導入され注目を集めている。

既存の大～中量輸送を担う公共交通機関のターミナルから最終目的地までのラストマイルを埋める、こうしたスローモビリティの可能性について考察を加える。

### 2. スローモビリティ誕生の背景

#### 2. 1. 社会的背景 —人口の高齢化—

今日、人口減少を伴う高齢化の進展により、都市の構造と公共交通のあり方について再考が迫られてきている。これまでは大都市圏を除く多くの都市で、自家用車の利用を前提とした郊外の住宅開発が進んできた。公共施設やショッピングセンターも駐車場の確保が可能な郊外へ移転する一方、利用者の少なくなった駅前が寂れる風景が多く見られた。

しかし、近年になると、高齢者の運転による事故が増える中、運転免許を自主的に返納する高齢者も増加しており、その受け皿として公共交通の充実が必要だと考えられるようになってきている。

その一方、生産年齢人口が減少する中、大型車の運転手不足も進んできており、公共交通事業者と物流業界共に運転手の確保に苦慮している。中には、運転手不足が原因で、黒字路線でありながら路線の再編や便数の削減を余儀なくされているバス事業者さえ存在している<sup>2)</sup>。

#### 2. 2. 技術的背景 —自動運転技術の進展—

近年、情報技術（IT：Information Technology）の進歩により、自動運転自動車の実現へ向けた技術開発が急速に進展している。センシング技術、情報処理技術、制御技術共に著しい進歩を遂げており、完全自動運転（レベル5）の実用化に向けた技術開発が進んでいる。

公共交通は基本的に定められたルートを運行することから、自動運転レベルもレベル4（高度自動運転：特定の場所でシステムが全てを操作）で十分であり、実用化に向けた実証実験も進められている。2020年の東京オリンピック・パラリンピックまでには、一部実用化の可能性も考えられている。

### 3. スローモビリティ開発の動き

スローモビリティは最高走行速度を20km/h未満とすることで、衝突安全のための構造が比較的簡素なものとなっている。また、動力源に電気モータを用いることも車両構造の簡素化につながっている。

こうした特性は、既存の技術である電動式のゴルフカートとも重なることから、2011年より東京大学とヤマハ発動機株式会社（以下、ヤマハ発動機と表記）は共同で、ゴルフカートをベースとした車両を小型の公共交通として用いるための研究を開始した。2014年には、公道を走行するために軽自動車としてのナンバーを取得し、石川県輪島市をはじめ各地で実用化に向けた試験を進めている（図1）。

これとは別に、小型バスタイプのスローモビリティの開発も進んでいる。群馬大学は2010年に低速電動バスの基本構想をまとめ、翌2011年には株式会社シンクトゥギャザー（以下、シンクトゥギャザーと表記）がeCOM-8と言う名の8輪電気自動車の形でこれを製品化した（図2）。eCOM-8もヤマハ発動機の車両と同様、桐生市をはじめ各地で実用化に向けた試験を

進めている。

これらの車両は、自動運転についても開発及び実験を進めている。ヤマハ発動機の車両は、ゴルフカートで培われてきた電磁誘導線を用いた案内システムにより自動運転を実現している。シンクトゥギャザーの電動バスは、群馬大学と共同で eCOM-8 より大型の 10 輪電動バス eCOM-10 にセンサやアクチュエータを装着し、自動運転化を試みている。

近年は、自動運転技術の開発が加速度的に進みつつあり、IT 企業も自動運転のスローモビリティに関心を示し、海外の車両メーカーと協力しつつ、各地で実証試験を行っている。

#### 4. 今後の普及に向けて

今後の普及を考えた場合、スローモビリティ車両は最高速度が 20km/h 未満であることから、一般車両と混在して走行する場合、渋滞が発生する懸念がある。そこで、交通安全環境研究所では交通流シミュレータを用いて、小型電動バスと一般乗用車が住宅地内の道路を走行する状況を再現した（図3）。平日の日中を想定したシミュレーションでは、小型電動バスが停留所で旅客の取扱いをする間に一般乗用車が追い越すことと、住宅地には迂回可能な道路があることとで、大きな渋滞は発生しなかった。小型電動バスの社会実験を行った地域でも、運転士が周囲の状況を見ながら適宜停車し、後続車両に追い越しをさせることで大きな渋滞を生じさせないよう工夫をしていた。

スローモビリティは高齢化の進んだ過疎地や中山間地の他、都市部でも導入が検討されており、豊島区では 2019 年に池袋駅周辺に eCOM-10 を導入する計画を策定している。スローモビリティの本格的な導入には、地域特性に応じた導入予測評価が必要である。

#### 5. 終わりに

国土交通省では電動で、時速 20km 未満で公道を走る、4 人乗り以上のモビリティを「グリーンスローモビリティ」と定義し、その普及に向けて平成 30 年度に実証調査支援事業を開始した。時代の要請と国の施策とが合致し、スローモビリティは、今後各地に普及していくものと考えられる。また、普及に伴い自動運転技術の開発も並行して進むものと考えられる。当研究所でもスローモビリティの普及を促進するため、安全性評価や交通流シミュレーション等の研究を進め

ていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 警察庁 改正道路交通法の施行状況【高齢運転者対策】 2018.6
- 2) 西日本鉄道株式会社 News Release 2018.2



図1 ゴルフカートをベースとした電動車両



図2 小型電動バス eCOM-8

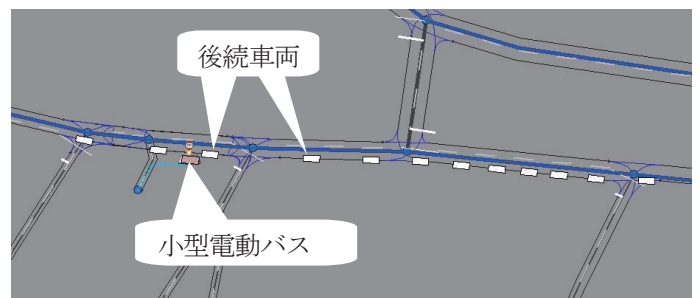


図3 小型電動バスの走行シミュレーション



## ④ 運送事業用トラックに装着した簡易排出ガス測定システムによる収集データを用いた排出ガス異常状態の診断可能性の検討

環境研究部 ※山本 敏朗 鈴木 央一

### 1. まえがき

我が国の重量車の継続検査において、排出ガス検査は、有効な技術的手段がないこともあり実施されていない。これに関しては、NO<sub>x</sub> センサを用いた簡易排出ガス測定システム (SEMS: Sensor-based Portable Emissions Measurement System) を重量車のテールパイプに装着して、実路走行時に排出ガス等のデータを測定し、それらを基に排出ガス低減装置の機能状態等を推定することを手段とする使用過程での排出ガス検査の可能性について研究している<sup>1)</sup>。

本研究では、SEMS を車載式故障診断 (OBD: On-Board Diagnostics) に適用するとともに、移動体通信システムによる双方向通信技術であるテレマティクス技術と組み合わせたテレマティクス活用 OBD (本研究では、「OBD-III」と定義している) を提案し、これによって、故障診断精度の向上や、SEMS の測定データを通信により遠隔地のデータサーバに送る遠隔地排出ガス検査<sup>2)</sup>の有効性を、シャシダイナモメータ試験および実路走行試験により検証している。本報では、運送事業用トラックに SEMS とデータ送信用のデジタル式運行記録計 (デジタコ) を装着して、運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得し、実路走行時の EGR 装置および尿素 SCR システムの機能状態を推定する方法を検討し、SEMS の排出ガス異常状態の診断に対する有効性について明らかにした。

### 2. 実験方法

実際に運送事業者が運用している車両に SEMS を装着し、通常の運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得して、NO<sub>x</sub> 浄化性能等を解析した。運送事業用トラックは、長期間にわたって借用できる可能性が低いことから、シャシダイナモメータ試験によって排出ガス性能や燃費性能などの基礎データを取

表 1 実証試験で用いた運送事業用トラックの主な諸元

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| 車両カテゴリ             | 小型貨物車                   |
| 年式                 | 2015                    |
| 車体形状               | バンボディ                   |
| 車両重量 (kg)          | 3,600 (試験車: 3,480 +120) |
| 最大積載量 (kg)         | 2,000 (試験車: 2,950 -950) |
| 車両総重量 (kg)         | 5,765 (試験車: 6,595 -830) |
| エンジン型式             | 直列4気筒, インタークーラー付        |
| エンジン排気量 (L)        | 3                       |
| エンジン最高出力 (kW/rpm)  | 110/2800 ~ 3500         |
| エンジン最大トルク (Nm/rpm) | 370/1400 ~ 2800         |
| 走行距離 (km)          | 70,000                  |
| 排出ガス対策             | DPF, EGR, 尿素SCR         |
| 適合排出ガス規制           | 平成22年規制                 |

得できないことが予想された。このことから、基礎データは、当研究所の試験車両で取得し、実証試験においては、それと同一のメーカー・名称の車両で車両諸元もできる限り近い車両を所有する事業者を探索し、ご協力いただいた。表 1 に実証試験で用いた運送事業用トラックの主な諸元を示す。同表に示すように、エンジンや排出ガス対策は同一であるが、最大積載量が 2,000kg と当研究所の試験車両よりも 950kg 軽く、車両総重量で 830kg 軽い車両を選定して用いた。なお、運送事業用トラックと当研究所の試験車両の排気管 (長さ、管径) および排気管レイアウト (酸化触媒、

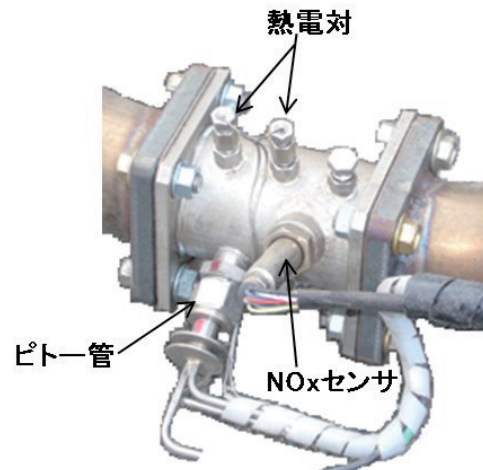


図 1 運送事業用トラックへの SEMS の取付状況

DPF、SCR 触媒の配置) は同一であった。ただし、運送事業用トラックの SEMS の取り付け位置は、図 1 に示すように、脱落を防ぐため排気管内に配置した。このため、テールパイプ排出ガス温度は当研究所の試験車データより 20°C 程高くなった。

SEMS による計測データは、エンジン始動とともに、0.5 秒間隔で取得され、デジタコの通信モジュールを用いて、遠隔地のデータサーバに送信された。実証試験期間の 18 日間、エンジン稼働状態での全てのデータが、自動的にデータサーバに収集された。

### 3. 実験結果および考察

運送事業用トラックを用いた実証試験で取得したデータから、実路走行における NOx 排出挙動を定量化して、EGR 装置および尿素 SCR システムを対象とする OBD への活用を行う際の妥当性のある評価方法を探索した。また、NOx 排出挙動の評価指標として、欧州で実路走行時の排出ガス評価法として提案されている MAW 法<sup>3)</sup>に従って、排気管から排出される CO<sub>2</sub>1kg 当たりの NOx 排出量 (g) を示す NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>)<sup>4)</sup> を用い、これと、エンジン冷却水温度あるいはテールパイプ排出ガス温度等との関係から、EGR 装置および尿素 SCR システムの機能状態を推定する方法を検討した。

#### 3. 1. 排出ガス低減装置の機能状態推定のための基礎データの取得

図 2 に、テールパイプでの排出ガス温度と NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) の関係を示す。同図は、当研究所の試験車両をシャシダイナモメータに設置し、図中に示す各種の試験モードパターンで走行してデータを取得し、それらのデータを用いて、0.1 秒間隔で 60 秒間の

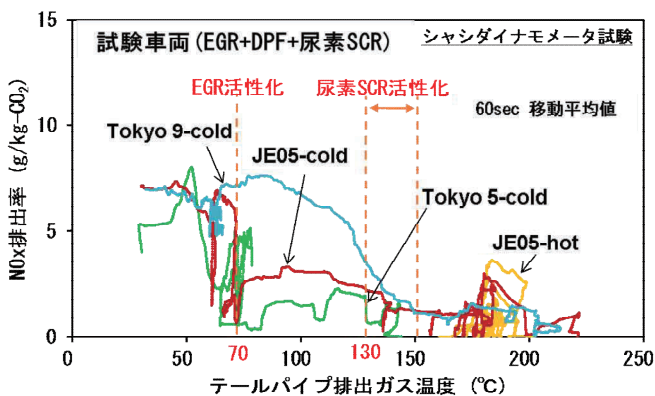


図 2 EGR 装置および尿素 SCR システム活性化時の NOx 排出率とテールパイプでの排出ガス温度の関係

移動平均値を算出してプロットした結果である。図中の JE05-cold 試験 (JE05 モード冷始動試験) および Tokyo-5-cold 試験 (東京都モード No.5 冷始動試験) において、NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) がテールパイプでの排出ガス温度 70°C 近傍で急激に減少していることから、この温度域以上で EGR 装置が機能していることが推測される。また、Tokyo-9-cold 試験 (東京都モード No.9 冷始動試験) では EGR 装置が十分に機能しないためか、テールパイプでの排出ガス温度 70°C 近傍では NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) は減少せず、その後の 130°C ~ 150°C 近傍で急激に減少している。この温度域では、尿素 SCR システムが機能し始めているものと推察される。さらに、EGR 装置の機能状態をテールパイプ排出ガス温度とエンジン冷却水温度の関係から検証した。その結果を、図 3 に示す。エンジン冷却水温度 50°C 近傍 (テールパイプ排出ガス温度では 70~80°C) より、JE05-cold 試験 (半積載、全積載) と Tokyo-5-cold 試験では、エンジン冷却水温度の上昇に伴いテールパイプ排出ガス温度が低下していることがわかる。これは EGR によって吸気に既燃ガスが加わり、吸気の O<sub>2</sub> 濃度の減少および比熱の増加によって燃焼温度が低下したことに起因すると考えられ、同時に NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) が減少していることから、この領域より EGR 装置が機能しているものと推察される。当研究所の試験車両を用いて行った試験条件においては、EGR 装置はエンジン冷却水温度 50°C 近傍以上で機能し、尿素 SCR システムはテールパイプ排出ガス温度 130°C ~ 150°C 近傍以上で機能すると考えられた。

#### 3. 2. 運送業務走行での排出ガス低減装置の機能状態の推定

上記の結果を、運送事業用トラックによる実証試験

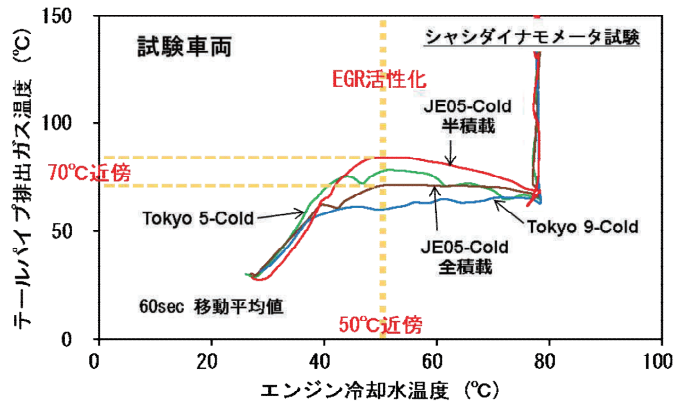


図 3 EGR 装置活性化時のエンジン冷却水温度とテールパイプでの排出ガス温度の関係

データに適用して、尿素 SCR システムの機能状態を推定できるかを検討した。図 4 に、実証試験データにおける、その日最初のエンジン始動直後のテールパイプ排出ガス温度と NOx 排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) の関係を示す。同図より、エンジン始動後 7 分程度で一旦エンジンを停止するが、その 2 分後には再始動していることがわかる。このような場合においても再始動から 5 分後には、テールパイプ排出ガス温度が 150°C 近傍まで上昇

し、それ以降は温度が上昇しても NOx 排出率が低く抑制されていることから、150°C 近傍以上で尿素 SCR システムが正常に機能しているものと推測される。以上より、このような変則的なエンジン始動条件においても、図 2 で示した方法で尿素 SCR システムの機能状態を推定できることがわかる。

図 5 に、実証試験データにおける、アイドリング時のエンジン冷却水温度、排出ガス中の O<sub>2</sub> 濃度および

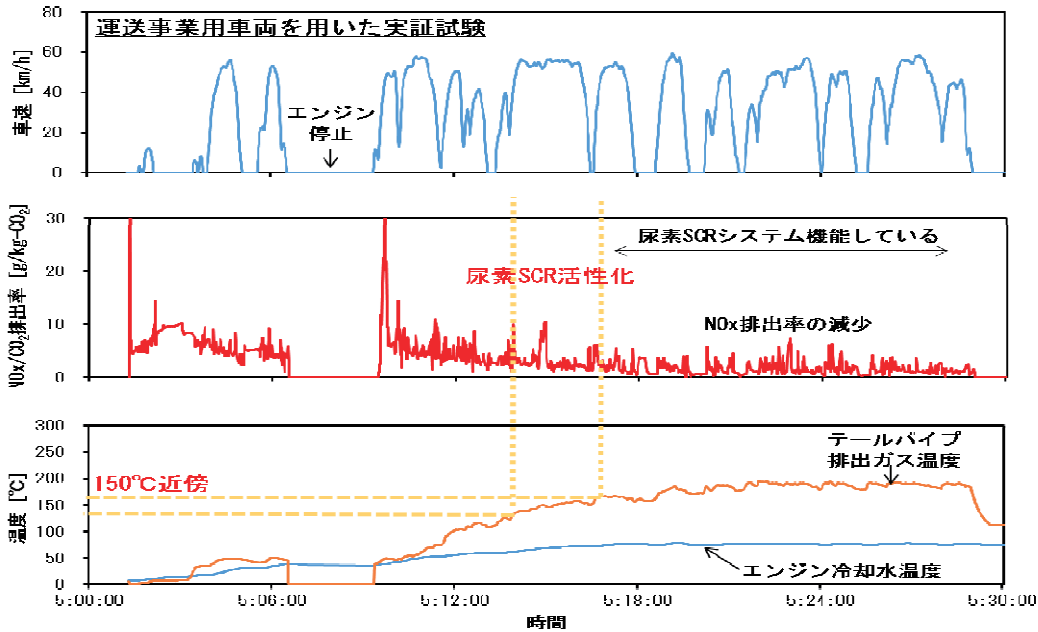


図 4 エンジン始動直後のテールパイプ排出ガス温度と NOx 排出率の関係を用いた尿素 SCR システムの機能状態の推定

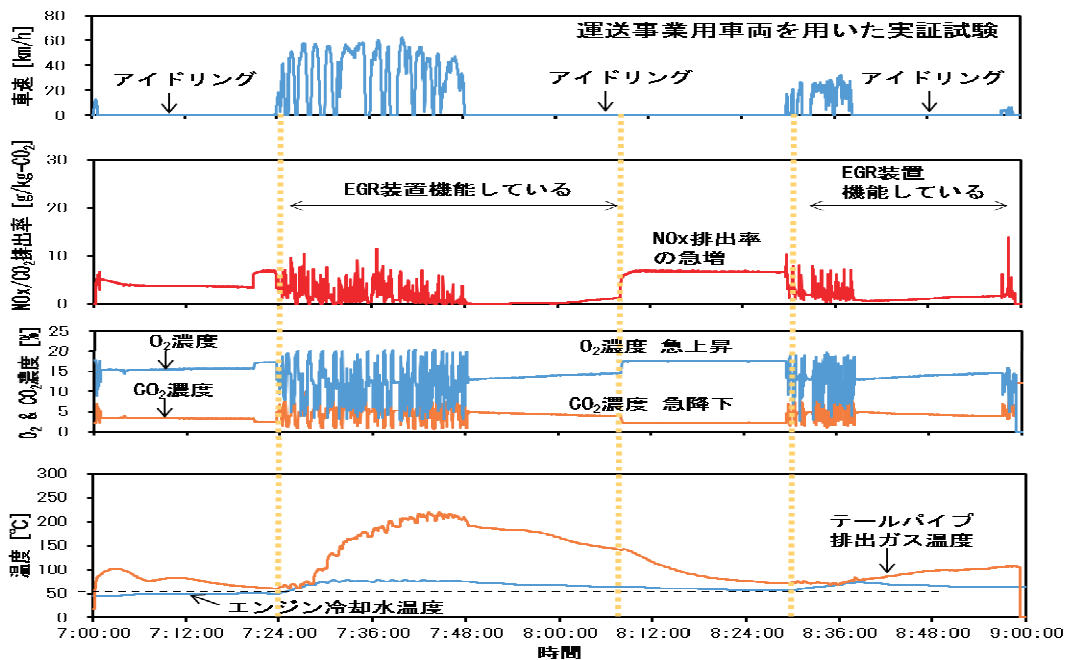


図 5 アイドリング時のエンジン冷却水温度、排出ガス中の O<sub>2</sub> 濃度および CO<sub>2</sub> 濃度、NOx 排出率の関係を用いた EGR 装置の機能状態の推定

CO<sub>2</sub>濃度、さらにNO<sub>x</sub>排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) の関係に注目して示す。アイドリングは、実証試験データにおいて、試験時間全体の3割程を占めていることから、診断のための運転条件として注目した。また、O<sub>2</sub>濃度およびCO<sub>2</sub>濃度は、SEMSを構成するNO<sub>x</sub>センサによる計測と演算によって取得している<sup>4)</sup>。同図より、アイドリング中において、エンジン冷却水温度が50℃近傍まで低下するとき、O<sub>2</sub>濃度が急上昇すると同時にCO<sub>2</sub>濃度が急低下し、さらにNO<sub>x</sub>排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) が急増している現象が認められる。このとき吸気への排出ガスの環流が遮断されたことが推測され、この変化の前後でEGR装置が作動状態から非作動状態へと変化していることが推定される。このようにアイドリング時のEGR装置の作動状態から、EGRバルブの固着等の不具合はなく、正常に機能していることが推測できる。

#### 4. まとめ

運送事業者が運用している車両にSEMSを装着して、運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得した。これらのデータを用い、EGR装置および尿素SCRシステムの故障に起因する排出ガス異常状態の診断を行う際の妥当性のある評価方法を探索するため、NO<sub>x</sub>排出挙動の評価指標としてNO<sub>x</sub>排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) を用い、これとエンジン冷却水温度あるいはテールパイプ排出ガス温度等との関係から、EGR装置および尿素SCRシステムの機能状態を推定する方法を検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

(1) シャシダイナモメータ試験により、EGR装置および尿素SCRシステムの機能状態推定のための基礎データを取得した。試験車両の試験条件において、EGR装置はエンジン冷却水温度50℃近傍以上で機能し、尿素SCRシステムはテールパイプ排出ガス温度130℃～150℃近傍以上で機能すると考えられた。

(2) 上記の基礎データとNO<sub>x</sub>排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) を用いる方法を、運送事業用トラックによる実証試験データに適用して、尿素SCRシステムおよびEGR装置の機能状態を推定できるかを検討した。エンジン始動後7分程度で一旦エンジンを停止し、その2分後には再始動しているような変則的なエンジン始動条件においても、テールパイプ排出ガス温度が150℃近傍まで上昇し、それ以降は温度が上昇してもNO<sub>x</sub>排出率が低く抑制されていることから、テールパイプ排出ガス温度とNO<sub>x</sub>排出率を用いて尿素SCRシステムの故障診断が

可能であると考えられた。一方、EGR装置では、実証試験時間の3割程を占めるアイドリングに注目し、エンジン冷却水温度50℃近傍を閾値として、アイドリング時の排出ガス中のO<sub>2</sub>濃度およびCO<sub>2</sub>濃度、さらにNO<sub>x</sub>排出率 (g/kg-CO<sub>2</sub>) の関係からEGR装置の機能状態を推定できることを実証した。

以上より、SEMSの排出ガス異常状態の診断に対する有効性を明らかにした。

#### 参考文献

- 1) 山本敏朗, 鈴木央一, 山口恭平, “NO<sub>x</sub> センサベースの車載計測器を用いた重量貨物車の路上走行時におけるNO<sub>x</sub> 排出量の測定とNO<sub>x</sub> 抑制装置の機能診断”, 自動車技術会論文集, Vol. 49, No. 3, pp. 642-649 (2018)
- 2) 山本敏朗, 堤 玲子, 水嶋教文, “車載型高機能運行記録装置を用いた重量貨物車の燃費およびNO<sub>x</sub> 排出量検査 —NO<sub>x</sub> センサによる燃費およびNO<sub>x</sub> 排出量測定—”, 自動車技術会論文集, Vol. 46, No. 1, pp. 191-198 (2015)
- 3) Adolfo Perujo Mateos del Parque, Pablo Mendoza Villafuerte, “PEMS Emissions Testing of Heavy Duty Vehicles/Engines”, JRC Technical Report, pp. 1-55 (2015)  
[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC95340/assessment-report-final\\_online.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC95340/assessment-report-final_online.pdf)
- 4) 山本敏朗, 堤 玲子, 水嶋教文, 渡辺敬太郎, “NO<sub>x</sub> センサベースの車載計測器による路上走行時における重量貨物車のNO<sub>x</sub> 排出量評価”, 自動車技術会論文集, Vol. 46, No. 5, pp. 975-980 (2015)

## ⑤ 使用過程ハイブリッド自動車のバッテリー及び燃費性能変化

環境研究部 ※小鹿 健一郎 鈴木 央一 新国 哲也

### 1. はじめに

国連の自動車基準調和世界フォーラム (WP29) において、2016 年 11 月に WLTP(Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure)<sup>1)</sup>が世界技術規則 (Global technical regulation) として成立した。現在、WLTP のインフォーマル会議において、自動車性能の Durability(耐久性)が議題として取り上げられ、新車時だけでなく、車両の全使用期間を通して車両性能が維持されるための技術規則の策定が話し合われている。本研究では、このような国際基準調和の動向を背景に、使用過程ハイブリッド自動車の『バッテリーの性能変化』と『燃費性能の変化』の関係について調査を行った。

### 2. 実験の概要

使用過程ハイブリッド自動車として、6年間で総走行距離 18 万 km の使用状態の車両を用意し、この車両の燃費性能を台上試験により測定した。次に、使用過程ハイブリッド自動車に搭載されていた駆動用バッテリーパックを新品と交換し、新品バッテリー搭載時の燃費を測定し、先の結果と比較することで燃費性能変化について調査した。また、使用過程バッテリーパックをモジュールに分解し、容量について調査するとともに、一部のモジュールについては内部抵抗についても測定を行い、これらの性能を新品モジュールと比較し、バッテリー性能変化について調査した。これにより、バッテリーの性能変化が燃費性能へ与える影響について、定量的に評価を行った。

### 3. 実験結果

#### 3. 1. 燃費性能の比較

燃費性能測定を行う試験サイクルは JC08 モード (コールドスタート及びホットスタート) とし、いずれも複数回 (6 回程度) 実施し、試験前後のバッテリー充電率変化 ( $\Delta$ SOC: State Of Charge) および充放電

電流量の収支と燃料消費量の関係を導き、 $\Delta$ SOC がゼロとした場合の燃費を当該試験サイクルの燃費値とした。バッテリー交換前後のコンバインド燃費は、それぞれ、29.24 km/L と 29.96 km/L であり、バッテリー交換によると考えられる燃費の向上は約 2.5%であった(図 1)。

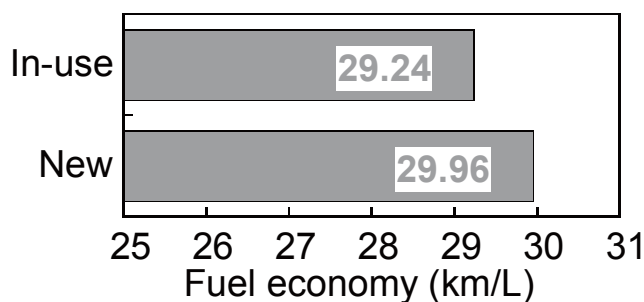


図 1 バッテリー交換前後の燃費比較

#### 3. 2. バッテリー性能の比較

モジュールの放電容量を、充放電試験装置 (菊水電子工業 型番: PFX2512) を用いて測定した。容量測定のための充放電条件は、カットオフ電圧 8.5 V、電流値 0.1 C (0.65 A) の定電流充電後、カットオフ電圧 6.0 V、電流値 1 C (6.5 A) の定電流放電とした。これは、新品モジュールの放電容量が 6.5 Ah となるように設定した。同じ条件で測定した使用過程品のモジュール平均放電容量は 5.06 Ah であり、最大値は 5.38 Ah、最小値は 4.13 Ah であった。新品と比較すると放電容量は約 20%低下していた (28 モジュールの平均)。使用過程品のモジュールごとの容量を図 2 に示す。外側に比べて中央部分の容量が大きく低下している傾向が観測された。新品モジュールの測定は、3 モジュールのみ行った。モジュール番号は 16、22、28 とした。具体的な放電容量はそれぞれ、6.55 Ah、6.51 Ah、6.56 Ah であった。

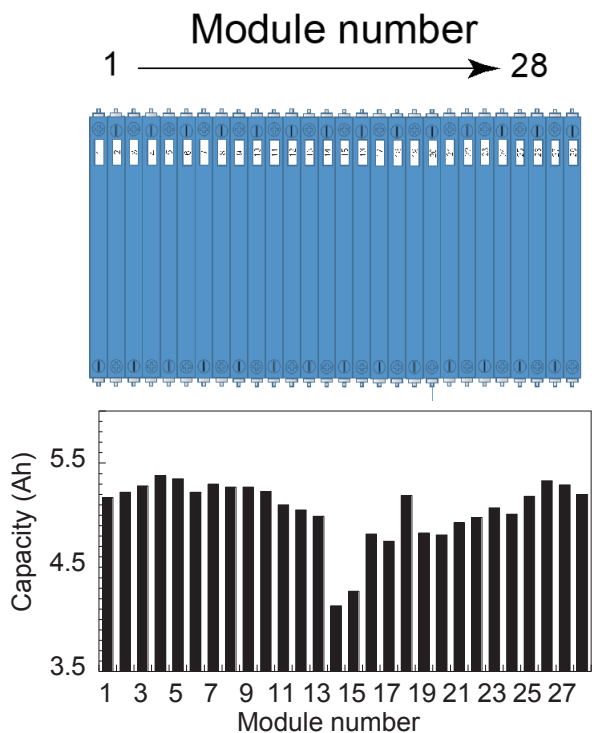


図2 モジュールの模式図と使用過程品の容量

モジュールの内部抵抗は JIS C 8708 に記載された方法に従い、周波数応答解析装置 (NF corporation 型番: FRA5014) を用いて、モジュール SOC=50%における内部抵抗を測定した。測定対象のモジュールとして、使用過程品からは、容量低下が最も小さかった No. 4、もっとも大きかった No. 14、その中間程度の容量低下である No. 20 を選択した。新品に関しては、使用過程品と対応する No. 4 および No. 20 を選択した。結果を表 1 に示す。使用過程品のモジュールの内部抵抗は新品の内部抵抗の平均に比べて、約 12%~26%増加していることが確認された。

表1 モジュールの内部抵抗の比較

| Avg. of new modulees | No.14    | No.20    | No.4     |
|----------------------|----------|----------|----------|
| 6.502 mΩ             | 8.174 mΩ | 7.289 mΩ | 7.566 mΩ |

### 3. 3. バッテリー性能変化と燃費性能変化の関係

今回試験を行った 18 万 km 走行後のハイブリッド車は、バッテリー容量が平均で約 20%低下しており、内部抵抗を測定した 3つのモジュールの内部抵抗増加は約 12%~26%であった。このように、車載バッテリーの性能は新品に比べて低下していた。一方、バッテリー

交換による燃費の変化は 2.5%であったことから、今回試験した車両は、バッテリーの性能低下を想定し、仮にバッテリーの性能が低下しても、その性能低下が燃費に影響を与えにくいように設計されていると考えられる。例えば、本試験車両は、駆動用バッテリーの SOC40%から 60%程度の幅で、充放電を行うように設計されているため、容量が約 2割低下しても、要求性能を維持していると考えられる。

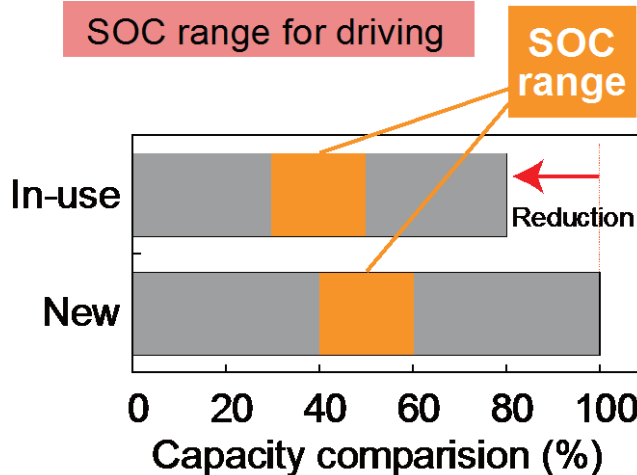


図3 バッテリーの容量低下とハイブリッドシステムで使用する SOC の関係を表したイメージ

## 4. おわりに

本研究では、燃費の性能試験およびバッテリー性能試験を行い、今回は 18 万 km 走行したハイブリッド自動車のバッテリーの性能変化と燃費性能変化の関係について明らかにした。性能比較試験では、2.5%の燃費の低下と 20%のバッテリーの容量低下が観測され、今回試験した車両は、バッテリーの性能低下が燃費に影響を与えにくいように設計されていると予想された。現行の技術では、バッテリー性能は(程度の差はあるものの)必然的に低下するものであるため、その性能低下が起こっても、燃費・排出ガスといった車両性能に影響を与えないようメーカーは設計を行うことが望ましいと考える。引き続き調査を継続し、国際的な技術基準策定会議等において、当研究所は情報の提供を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 国連 UN-ECE GRPE ホームページ:  
[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/wp29grpe/ECE-TRANS-WP29-GRPE-2016-03e\\_clean.docx](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/wp29grpe/ECE-TRANS-WP29-GRPE-2016-03e_clean.docx)

## ⑥ 車両に起因する VOC に関する調査報告

環境研究部 ※松本 祐太 小林 貴 新国 哲也

### 1. はじめに

大気汚染の改善に関して、特に都市部においては、揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : VOC) の削減が重要である。本稿は、交通安全環境研究所において実施した、給油時のガソリン等の燃料に起因する VOC の測定に関する調査結果を報告するものである。給油時における VOC の排出実態を把握すべく、給油機の実機及び実車両を用い、当研究所の自動車試験場が所有する燃料蒸発ガス測定施設である SHED ( Sealed Housing for Evaporative Determination ) による測定を実施した。給油機動作時の VOC 量及びタンクキャップ開放時の VOC ( パフロス ) 量を評価するとともに、給油機動作時における VOC 削減技術である、給油ガンによる車両給油時の VOC 回収の評価を実施した。

### 2. VOC の排出削減について

#### 2. 1. 大気環境と VOC

光化学オキシダントは光化学スモッグ等の原因となる大気汚染物質であり、光化学オキシダントの主要な前駆物質は窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) 及び VOC である。図 1 に主要な光化学オキシダントであるオゾンの大気中濃度の等値線図<sup>1)</sup>を示す。図中のオゾン濃度の等値線と直交するように前駆物質の排出量を低減させることで、オゾン濃度の低減が可能である。すなわち、図中右下では VOC の削減が、図中左上では NO<sub>x</sub> の削減が効果的ということである。都市部においては、図中右下のような排出状況であることから、VOC の削減が効果的であることが知られている。

#### 2. 2. 車両に起因する VOC

自動車は給油時や長時間駐車時などに VOC の一種である燃料蒸発ガスを排出する。図 2 に燃料タンク関連配管の概念図を示す。燃料タンク内の気化したガソリンは、所定の圧力まではタンク内に残存するため、

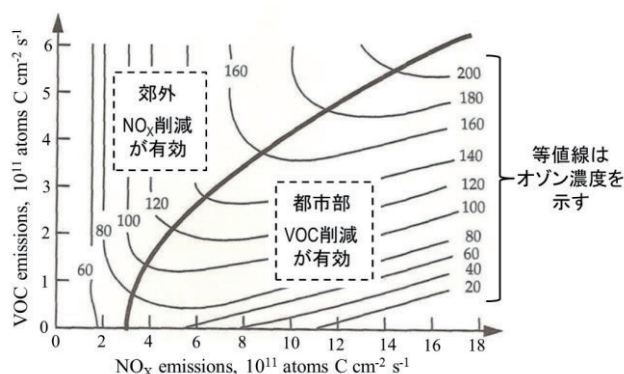


図 1 オゾンの大気中濃度の等値線図  
(元図<sup>1)</sup>に筆者が追記)

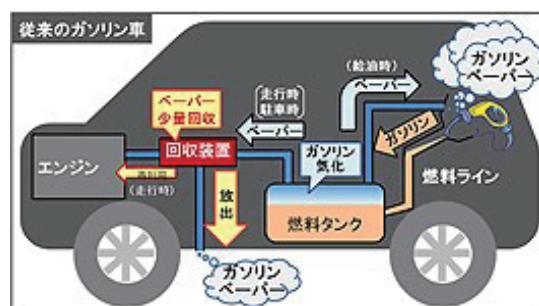


図 2 燃料タンク関連配管の概念図<sup>2)</sup>

タンクキャップ開放時に大気中に放出される (パフロス)。また、給油中においても、燃料タンク内に供給されるガソリンに押し出されたガスが給油口から大気中に放出される。以上が給油中の VOC 排出の概要である。

#### 2. 3. SHED による VOC 測定

SHED は「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示・別添 49」に定める基準に適合する、車両由来 VOC に関する測定施設である。SHED は内面に VOC に対して不活性な材質を用いており、温度制御及び内部の攪拌が可能な密閉施設であって、所定の温度における車両由来燃料蒸発ガスを測定するために使用される。図 3 に SHED の内観を示す。

本試験において、給油機動作時 VOC 量の測定においては、給油ホースから給油ガン先端までを SHED に差し込み、隙間を VOC に不活性な材質のシートで塞いで測定を実施した。



図3 SHED内観(車両駐車中)

### 3. 測定結果

給油機動作時 VOC の測定に関しては、所定温度において、タンク容量 45 L の車両を用いて、タンク空隙割合が 90 % 以上の状態から 10 % 以下になるまで給油した際の VOC を測定した。各ガソリン給油時における、給油 1 L あたりに排出される全有機体炭素量 (Total Hydrocarbon : THC) の温度依存性及び予測式<sup>3)</sup>との比較を図 4 に示す。蒸発ガス量は、温度及び燃料蒸気圧に対して正の依存性を示し、また、Yamada *et al.*<sup>3)</sup>によって提案された給油時燃料蒸発ガスの予測式と高い一致を示した。測定ばらつきは、最大でも 8.2 % であり、再現性の良好な測定が可能であった。

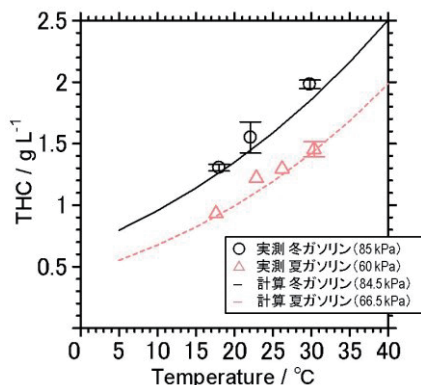


図4 給油機動作時における THC 量に対する温度及びガソリン製造時期の影響

(理論値は文献<sup>3)</sup>より)

次に、パフロスの結果を示す。上記と同様の車両で、タンクの空隙割合を変化させ、所定温度においてタンクキャップ開放時から 1 時間経過後のパフロスを測定した。ガソリンは冬ガソリン (蒸気圧 85 kPa) を用いた。図 5 にパフロスに対する温度及びタンク容量の影響を示す。ここから、本検討の条件におけるパフロスは 0.10~2.6 g であり、温度、タンク容量、タンクの空隙割合に対して正の相関が確認された。

上述の測定結果に基づき、給油機動作時 VOC とパフロスそれぞれの量的関係を比較した。温度 22~26 °C において、タンク容量 45 L かつタンク空隙

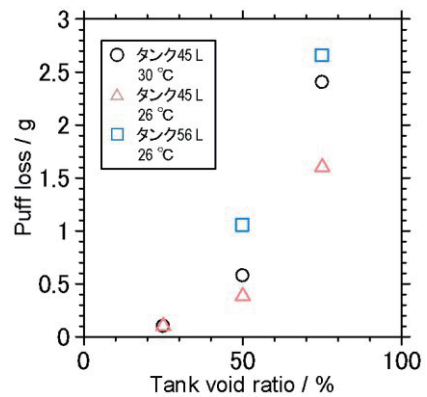


図5 パフロス量に対する温度及びタンク容量の影響

割合が 75 % の車両に対し、冬ガソリンを満タンにまで給油することを考える。この条件における給油機動作時の THC 量は、図 4 の測定結果から 1.6 g/L であるため、満タンにまで給油する際に排出される THC 量は 52 g と推算される。一方、パフロス量は 1.6 g であった。すなわち、給油時の車両由来 VOC は、パフロスに対して給油機動作時の排出が 30 倍以上であり、給油機動作時の対策がより効果的と考えられる。

最後に、給油ガンによる VOC 回収の評価結果について述べる。温度 18~22 °C において、冬ガソリンを用い、通常の給油機動作時 VOC との差を比較することにより VOC の回収性能を評価したところ、VOC 回収率は 76~82 % であり、1 回の給油において 36~40 g の VOC を削減し得ることが確認された。

### 4. おわりに

給油時における VOC 測定を実施した本検討の成果は、平成 30 年 3 月 2 日に環境省及び資源エネルギー庁より「大気環境配慮型 SS 認定制度の創設について」と題してニュースリリースされた大気環境配慮型 SS (愛称 : e→AS、イーアス) の制度創設に活用された。

### 参考文献

- 1) Sanford Sillman *et al.*, "The sensitivity of ozone to nitrogen oxides and hydrocarbons in regional ozone episodes", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol.95, D2, pp. 1837-1851 (1990)
- 2) 九都市県あおぞらネットワーク HP より引用
- 3) H. Yamada *et al.*, "Estimation of Refueling Emissions based on Theoretical Model and Effects of E10 fuel on Refueling and Evaporative Emissions from Gasoline Cars", *Science of the Total Environment*, Vol. 622-623, pp. 467-473 (2018)



## ⑦ 二輪車の騒音試験法に基づく騒音レベル予測手法の開発

環境研究部 ※村山 誠英 宝渦 寛之 坂本 一朗  
みずほ情報総研株式会社 山出 吉伸 今野 彰  
神奈川大学 山崎 徹

### 1. はじめに

二輪車の騒音の音源には、マフラー騒音、エンジン放射音、タイヤ騒音等がある。自動車単体から発せられる加速走行時の車外騒音の規制は、昭和 46 年より開始され、その後、段階的に規制値の強化が行われてきた。平成 26 年には、市街地の走行実態を踏まえた UN R41-04 (国連規則第 41 号 04 改訂版) の試験法に変更された。また、交通流中で著しく大きな騒音を発するマフラーへの対策に関しては、平成 22 年にマフラー性能等確認制度が導入されている。

UN R41-04 については、平成 30 年から国際的な枠組みにて規制値の見直しが検討される予定である。また、マフラー性能等確認制度については、中央環境審議会「今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について (第三次答申)」において「必要に応じ見直しを検討する」とされている<sup>2)</sup>。技術的に妥当性のある規制値検討を行うには、音源別の騒音低減対策の効果を評価する必要があるが、車外騒音の試験法や規制値の検討は、膨大な実測データをもとに行われ、現在の試験法は、車両全体の騒音のみを評価しているため、音源別の騒音低減対策の効果を明確に把握することは困難であることから、シミュレーション技術を活用することが効果的であると考えられる。しかし、現状のシミュレーション技術は、部品ごとの最適設計を判断する方法の一つに留まっており、車両全体の騒音 (騒音試験法の成績値) を予測する手法は見受けられない。

交通安全環境研究所では、マフラー騒音、エンジン放射音、タイヤ騒音等の音源別の騒音を予測し、車両全体の騒音を求める手法の確立を目標に研究を行っている。本稿では、研究の第一段階として、車両全体の騒音に対する寄与の高いマフラー騒音に着目し、車両全体騒音を予測する手法について述べる。はじめ

に、予測手法の概要について述べ、次に予測手法を構成する要素技術とその検証結果を示す。

### 2. 騒音試験法に基づく騒音レベル予測手法

#### 2. 1. 車両全体の騒音予測手法の概要

本予測手法は、車両全体騒音をマフラー騒音とそれ以外の騒音に分け、マフラー騒音のみシミュレーションで予測し、騒音試験法で評価している車両全体騒音を予測するものである。開発する予測手法の概要を図 1 に示す。車両全体騒音の予測は、マフラー騒音以外の騒音を実測で求め、予測したマフラー騒音の結果と組み合わせ、必要に応じ車両移動による距離減衰を加味し、騒音試験法の車両全体騒音を導出する「車外騒音評価法」から成る。マフラー騒音の予測は、エンジン諸元等に基づき、エンジンからマフラー入口までの排気流を予測する「エンジン排気流のシミュレーション」と、マフラー内の脈動現象をシミュレーションし、マフラー吐出口からの圧力レベルを基に、マフラー後方の騒音を予測する「マフラー管路内脈動流及び吐出騒音のシミュレーション」から成る。シミュレーションに用いるマフラーのモデルは、効率的な検討を可能とすべく、一次元モデルとした。

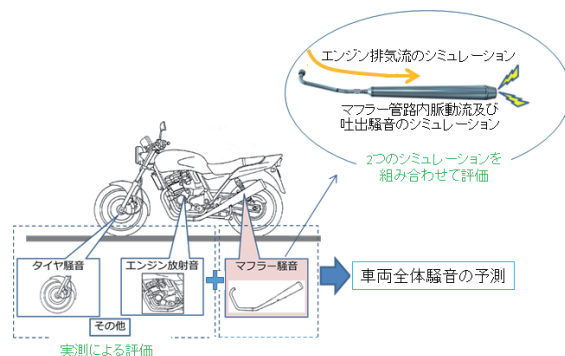


図 1 本稿で紹介する予測手法の概要

## 2. 2. エンジン排気流のシミュレーション

マフラーの騒音特性は、エンジン排気流の影響を受ける。一方で、同一車両であってもエンジン排気流の特性は、マフラーの種類によって変化する。そのため、エンジン排気流のシミュレーションは、エンジンからマフラーを含めたモデル化を行った。

エンジン排気流のシミュレーションは、一次元ガスダイナミクス、エンジンシミュレーションであるRicardo社のWAVEを用いて、マフラー入口における排気圧力、温度及び流速を予測する。エンジン排気流シミュレーションのモデルは、エンジン、エキゾーストマニホールド、触媒、マフラーから構成され、エンジン諸元やマフラーの形状寸法等を用いて構築する。なお、構築したモデルは、管内摩擦損失および熱伝達を考慮している。

## 2. 3. マフラー管路内脈動流及び吐出騒音のシミュレーションと検証

マフラー吐出騒音のシミュレーションは、マフラー管路内脈動流を解析し、マフラー吐出口の排気圧力を求め、得られた結果をもとに、マフラー後方の騒音レベルを予測する。

図2に、構築したマフラー吐出騒音モデルの概要を示す。マフラー吐出口の排気圧力は、一次元モデルにより計算する。一次元モデル構築は、図2のように、マフラー形状寸法をもとに、マフラー内部の流路を流れ方向に分割し構築する。なお、マフラー入口の境界条件として、前項で予測した排気圧力及び流速を与える。マフラー後方の騒音レベル予測は、求めたマフラー吐出口の排気圧力に対し、地面反射と距離減衰を考慮して求める。

図3に、構築したモデルの検証例として、ある原動機付自転車のUN R41-04の全開加速走行騒音試験のマフラー後方騒音の実測値と予測値の比較を示す。実測値は、シャシダイナモ上で、マフラー騒音以外の騒音をマスキングし、マフラー騒音のみを測定した結果である。この条件においては、実測値と予測値が、約2dB以内で一致していることを確認した。

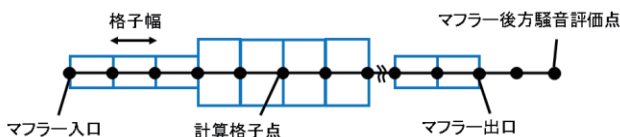


図2 マフラー吐出騒音モデルの概要

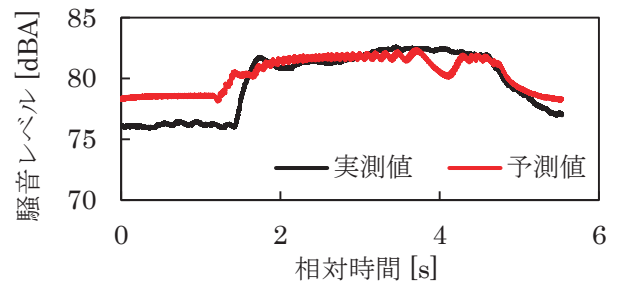


図3 マフラー後方の騒音レベルの比較

## 2. 4. 車外騒音評価法と検証

現段階における本予測手法は、マフラー騒音のみをシミュレーションにより予測し、それ以外の騒音（タイヤ騒音、ドライブチェーンの駆動音等）は実測値を用いる。マフラー騒音以外の騒音の評価はマフラー騒音をマスキングして、騒音試験を実施する。

騒音試験法の車両全体騒音の導出は、上記の評価と前節のマフラー騒音の予測結果を組み合わせ、必要に応じて車両移動による距離減衰を加味して導出する。

本予測手法の検証として、前節で予測したUN R41-04の全開加速走行騒音試験のマフラー後方騒音の結果を用いて、同条件の車両全体騒音値を予測した。この条件での実測値と予測値の差は、0.3dBで良好な結果であることを確認した。

## 3. おわりに

各音源別の騒音を予測し、車両全体の騒音を求める手法の確立を目標に、研究の第一段階として、マフラー騒音のみをシミュレーションにより予測し、車両全体騒音の予測手法についての概要及び予測結果の一例を示した。

マフラー騒音の様々な条件下での予測精度向上に向け、現在取り組んでいる課題を以下に示す。

1. マフラー内部の複雑な流路の一次元モデル化の検討。
2. マフラー内部の吸音材のモデル化の検討。
3. エンジン諸元やマフラー寸法等がエンジン排気流予測に与える影響の検討。

最後に、本研究は環境省からの請負業務として実施したものである。

## 参考文献

- 1) 環境省中央環境審議会，“今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について（第二次答申）”，（2012）
- 2) 環境省中央環境審議会，“今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について（第三次答申）”，（2015）

## ⑧ UN-R79 に追加された車線維持機能の試験に関する実車検証結果

自動車安全研究部

※児島 亨 伊原 徹

### 1. はじめに

国連自動車基準調和世界フォーラム (WP29) のブレーキと走行装置に関する専門家分科会 (GRRF、現在は GRVA に改組) において、自動操舵専門家会議が設立され、自動命令型操舵機能 (Automatically Commanded Steering Function、以下 ACSF とする) の国際基準 (R79 改正) が検討されている。その一部である車線維持機能 (ACSF カテゴリ B1) 等の要件を追加する改正案が 2017 年 3 月開催の WP29 で採択され、R79 02 シリーズ<sup>(1)</sup>として施行された。

本調査では、ACSF カテゴリ B1 で規定されている各試験を当研究所の自動車試験場 (埼玉県熊谷市) にて実施する場合の課題の有無等について確認するため、実車を用いた検証を行った。本稿では検証結果の概要について報告する。

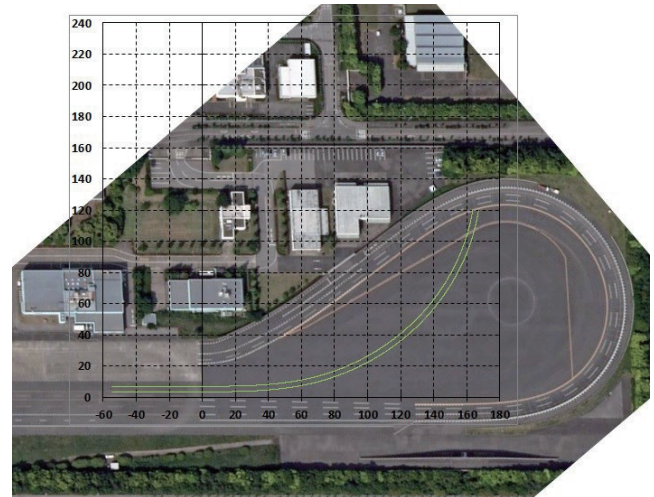
### 2. 実験方法

#### 2. 1. 実車で検証した試験項目について

本調査では、R79 Annex 8 に ACSF カテゴリ B1 の試験として規定されている以下の試験項目について検証を行った (括弧内は R79 Annex 8 の試験項目)。

- ① 車線維持機能確認試験  
(3.2.1. Lane keeping functional test)
- ② 最大横加速度確認試験  
(3.2.2. Maximum lateral acceleration test)
- ③ オーバーライド操舵力確認試験  
(3.2.3. Overriding force test)
- ④ 遷移確認試験 ; ハンズオン試験  
(3.2.4. Transition test; hands-on test)

上記の試験項目のうち、①~③については曲線路で試験を行うこととなっているが、試験場内に当該試験に適した曲線路が存在しないため、試験場内のペイントによる車線が引かれていないエリアに、白色のプラスチックプレート (長さ 30cm×幅 15cm) を設置して、試験用の曲線路 (左旋回) を作成した。図 1 に曲線路の形状 (緑色部分) 及び仕様を示す。



幅員: 3.5m  
直線部分: 54m  
緩和曲線部分: クロソイド曲線 (クロソイド係数 A=96、長さ 67m)  
例: 60km/h で走行した場合、横加速度ジャークは 0.5m/s<sup>3</sup>  
定常円部分: 半径 135m (外側車線)、長さ 142m  
例: 60km/h で走行した場合、横加速度は 2.06m/s<sup>2</sup>

図 1 試験場内に作成した曲線路の仕様

#### 2. 2. 試験車両及び計測装置について

試験車両は Lane Keeping Assist System (以下、LKAS とする) と Adaptive Cruise Control (以下、ACC とする) を装備した国産の普通乗用車 (1 台) とした。試験中は LKAS 及び ACC をともにスイッチ ON の状態とした。なお、当該車両の LKAS は、曲線路も含め、連続的に車線中央付近を走行する機能を有するが、R79 02 シリーズの ACSF カテゴリ B1 に基づく認可を取得していないため、試験で計測したデータについては参考値とする。

図 2 に試験車両に搭載した計測装置の構成を示す。横加速度は加速度計で計測し、横方向ジャーク (加加速度) については横加速度の計測値を微分して求めた。オーバーライド時の操舵力については操舵力計で計測した。システムからドライバーへの情報伝達 (表示及び音) については、小型カメラをメーターに向けて設置するとともに、騒音計を車室内に設置し計測した。速度及び車両の走行軌跡 (前輪タイヤと道路白線間の距離) については、GPS 速度・距離計で測定した。本試験で用いた GPS 速度・距離計 (RTK-GPS 測

位方式、測位精度±2cm)は、固定基地局で複数のGPS信号を受信し、試験車両との間で無線通信を行うことにより位置情報を補正する方式である。また、前輪左右タイヤと道路白線間の位置関係を視覚的に観察するため、左右ドアミラーにも小型カメラを設置した。

なお、横加速度及び横方向ジャークの計測データに対するフィルタリングはバターースフィルタを用いた。フィルタリング特性を決める次数とカットオフ周波数については、3種類の組合せを設定した。

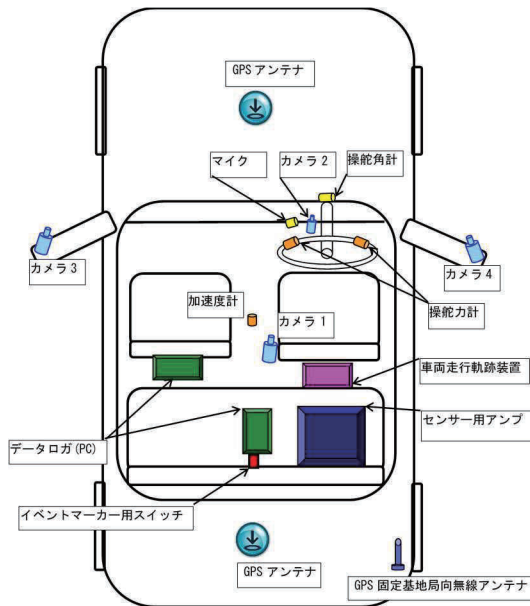


図2 計測装置の構成

### 3. 実車検証結果

#### 3. 1. 車線維持機能確認試験

本試験では、カテゴリ B1 の制御によって発生しうる最大横加速度 ( $a_{ysmax}$ )の諸元値が必要となるが、自動車製作者から情報開示されていないため、作成した曲線路を使い、速度を変えながら走行し、制御によって車線から逸脱せずに走行可能な上限速度を確認することとした。走行した結果、作成した曲線路を制御によって車線から逸脱せずに走行可能な速度の上限は約 56km/h (ACC のセット車速で 57km/h) であり、横加速度の最大値は、約  $1.8m/s^2$  (バターース 4 次、カットオフ周波数 0.2Hz によるフィルタリング値) であることを確認した。本結果より、試験車両は  $a_{ysmax}=1.8m/s^2$  として、本試験で規定されている  $a_{ysmax}$  の 80~90% となる試験速度を旋回半径 (135m) から求めたところ、50.2~53.2km/h となった。

図3に試験速度 50.2km/h (ACC のセット車速 52

km/h) の時系列データの例を示す。作成した曲線路において、操舵角がほぼ一定で、横加速度の値がほぼ安定した状態での定常円旋回を 5 秒程度持続している。また、本試験における可否の判定に必要な前輪タイヤの軌跡及び横方向ジャークについて計測可能であることを確認した。

なお、今回の実車検証で確認したのは、R79 02 シリーズの 5.6.2.1.3 項の Table 1 で規定されている速度レンジと最大横加速度の組合せの代表 1 例である。全ての速度レンジに合わせて自動車試験場に曲線路を作成するのは効率的ではなく、特に高速側については、旋回半径が今回の設定よりも大きくなり、自動車試験場内に作成することが物理的に不可能となることも想定される。

図4に試験風景の例を示す。

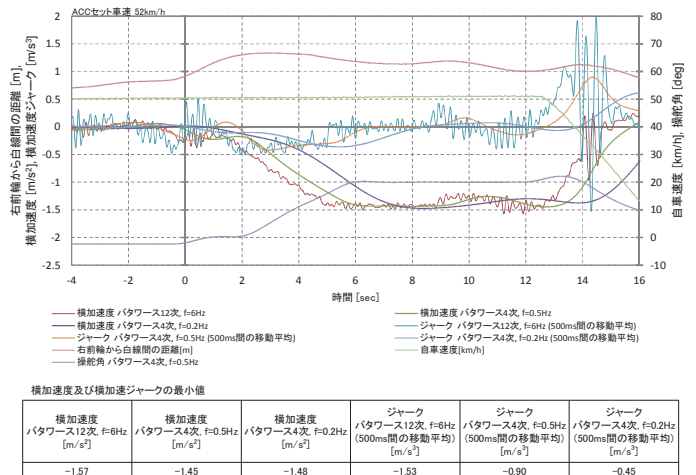


図3 車線維持機能確認試験の時系列データの例



図4 車線維持機能確認試験の様子

#### 3. 2. 最大横加速度確認試験

本試験では、 $a_{ysmax}+0.3m/s^2$  以上の横加速度となるような速度でカーブを走行する規定となっていることから、作成した曲線路の旋回半径より、60.6km/h 以上で走行する必要がある。試験時の安全面を考慮して、速度は約 60.6km/h (ACC のセット車速 62km/h) で実施した。図5に時系列データの例を示す。本試験における可否の判定に必要な横加速度及び横方向ジ

ヤークについて計測可能なことを確認した。

なお、 $a_{ysmax}$  が R79 02 シリーズの上限値として規定されている  $3m/s^2$  に設計された車両を試験する場合には、今回と同じ旋回半径の曲線路では  $76km/h$  で走行する必要があり、曲線路の外側方向に逸脱した際の空間の確保、試験終了時に車両を減速・停止するための制動区間の確保等、安全面の配慮がより重要になると考えられる。

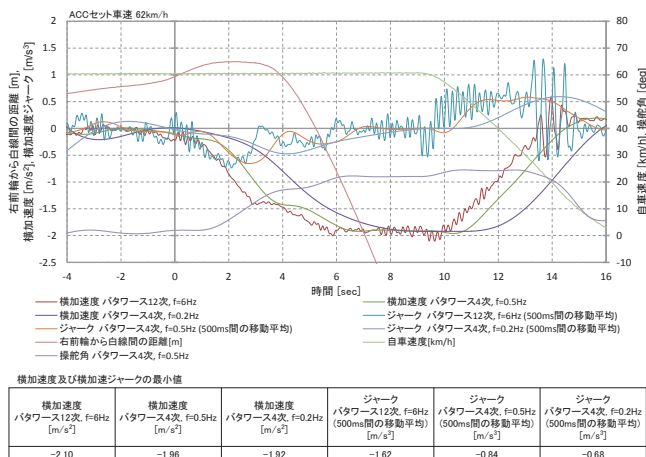


図5 最大横加速度確認試験の時系列データの例

### 3. 3. オーバーライド操舵力確認試験

本試験における試験速度は車線維持機能確認試験と同様に、 $a_{ysmax}$  の80~90%となるよう規定されていることから、車線維持機能確認試験と同じ速度で実施した。オーバーライドの方向については特に規定されていないことから、右方向操舵（旋回外側）及び左方向操舵（旋回内側）の両方を実施した。図6に右方向操舵時の時系列データの例を示す。本試験における合否の判定に必要な操舵力、システムの作動停止を知らせる表示及び音について計測可能なことを確認した。

### 3. 4. 遷移確認試験；ハンズオン試験

本試験では、車線維持機能を作動させ、試験ドライバはハンドルから手を放した状態で走行し、下記の規定を確認する。

- ① ハンドルから手を放してから 15 秒以内に光学警報を提示し、システムの作動を停止するまでの間、継続すること。
- ② ハンドルから手を放してから 30 秒以内に音による警報を提示し、システムの作動を停止するまでの間、継続すること。また、音による警報を開始した時点で光学警報は赤色になること。
- ③ 音による警報を開始してから 30 秒以内にシステムの作動を停止すること。作動を停止する際

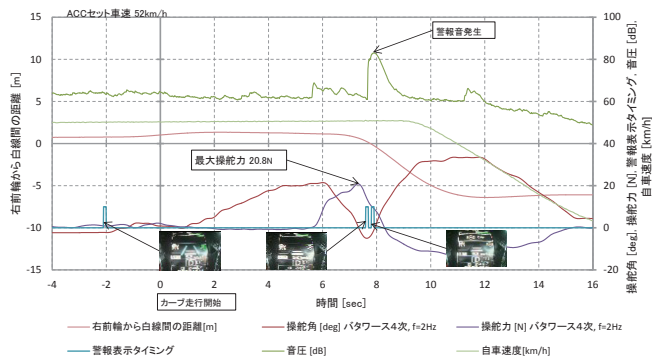


図6 オーバーライド操舵力確認試験の時系列データの例

には、緊急事態であることを伝える専用の音による警報を5秒以上継続すること。

試験速度については、システムの最低作動速度を  $V_{smin}$ 、最高作動速度を  $V_{smax}$  とした場合に、試験中の速度の変化によってシステムの作動が停止してしまうことが無いようにする点も考慮し、低速側の試験は  $V_{smin}+10km/h \sim V_{smin}+20km/h$ 、高速側の試験は  $V_{smax} - 20km/h \sim V_{smax} - 10km/h$  または  $130km/h$  の低い方で実施することが規定されている。試験車両の場合、システムの最低作動速度は  $0km/h$  であるが、前方に走行する他車両が存在しない場合には、ACC のセット车速の最低値である  $30km/h$  が、システムが確実に作動可能な最低作動速度であると考えられる。そのため、今回の実車検証では、低速側はACCのセット车速の最低値である  $30km/h$  で試験を実施した。また、試験車両の最高作動速度は  $120km/h$  であることから、高速側はACCのセット车速を  $V_{smax} - 20km/h$  となる  $100km/h$  に設定して試験を実施した。

図7にACCのセット车速を  $30km/h$  に設定した場合の時系列データの例を示す。上記①~③の規定に対する適否の判定に必要な警報（表示、音）及びシステムが作動を停止（OFF）するタイミングについて計測可能であることを確認した。なお、図7のデータは上記②及び③の規定に適合しないが、試験車両は R79 02 シリーズのカテゴリ B1 に基づく認可を取得していないため、参考データとする。

本試験では、走行を開始してからシステムが OFF になるまでに 35 秒程度要しているが、本研究自動車試験場の白線が引かれた直線区間で試験を実施することは可能であった。

図8はACCのセット车速を  $100km/h$  とした場合の時系列データの例である。警報の提示タイミング及び提示内容に関しては、ACCを  $30km/h$  に設定した

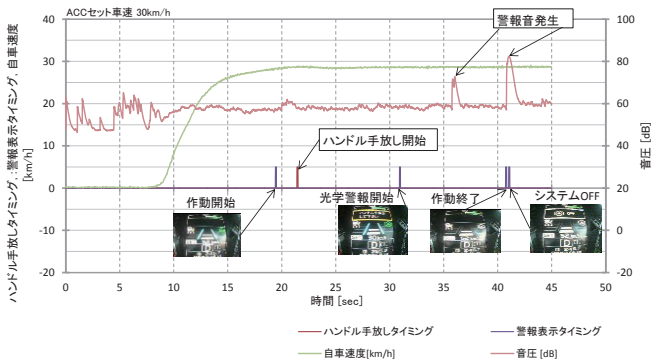


図7 遷移確認試験；ハンズオン試験の時系列データの例 (ACC セット車速 30km/h)

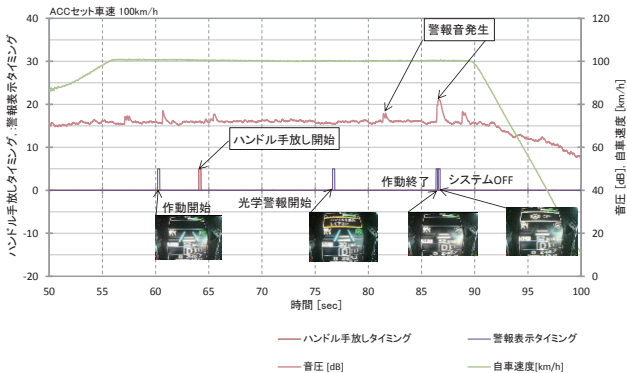


図8 遷移確認試験；ハンズオン試験の時系列データの例 (ACC セット車速 100km/h)

場合と同様であった。なお、本試験では、自動車試験場の白線が引かれた直線区間を最大限有効に活用するため、曲線区間 (図1の道路白線が引かれたバンク状の曲線) で助走し、100km/h 付近まで加速してから直線区間に入る必要があった。また、システムの作動開始を確認後、ハンドルから手を放してからシステムが OFF になるまでの間で、白線が引かれた直線区間をほぼ走り切り、システムが OFF になるのを確認した直後に車両を停止させるための減速を開始する必要があった。今回の試験車両は手放しを開始してから作動停止までの時間が R79 02 シリーズの規定よりも短い仕様であったため直線区間で実施可能であったが、規定された最大限の時間 (65 秒) が経過した時点で作動を解除するシステムの場合には、システムの作動速度の設定値にもよるが、高速側の試験については自動車試験場では実施不可能となる可能性が高いことが分かった。Annex 8 の 3.2.4.2.項では、試験条件として規定された低速側と高速側だけでなく、中間の速度域を含む全ての速度域で要件を満足することを示すために、自動車製作者のテストレポートによる適否の判定が認められている。今回の検証結果から、審査機関の試験場では高速側の試験を実施できない

場合があることが分かったため、高速側の試験についても自動車製作者のテストレポートによって適否を判定する等の対応が必要になると考えられる。

#### 4. まとめ

本調査では、改正された UN 規則 R79 02 シリーズの Annex 8 に規定されている ACSF カテゴリ B1 (車線維持機能) の試験法について、交通安全環境研究所自動車試験場で実車による検証を行った。

ACSF カテゴリ B1 の試験のうち、車線維持機能確認試験、最大横加速度確認試験及びオーバーライド操舵力確認試験については、自動車試験場内のペイントマークが引かれていないエリアに、白色プラスチックプレートを設置して、緩和曲線 (クロソイド係数  $A=75$ ) と定常円 (半径 135m) を組み合わせた曲線路を作成し、R79 02 シリーズ 5.6.2.1.3.項の Table 1 に記載された、速度レンジと横加速度の組合せの代表例を実施することが可能であることを確認した。また、遷移確認試験；ハンズオン試験については、今回の試験車両の場合には、低速側、高速側ともに、自動車試験場の白線が引かれた直線区間を使用して実施可能であることを確認したが、高速側の試験では直線区間をほぼ全て使い切った。ハンドル手放し開始からシステムが作動を停止するまでの時間がより長いシステム (R79 02 シリーズに適したシステム) の場合には、直線距離の不足により、高速側の試験を実施できない可能性が高いことが分かった。高速側の試験について自動車製作者のテストレポートによって適否を判定する等の対応が必要になると考えられる。

なお、今回の実車検証試験では、ACSF カテゴリ B1 の試験で計測する横加速度のデータについて、応答性の異なる 3 種類のフィルタリング処理を実施した。ACSF カテゴリ B1 の試験では、操舵入力周波数がより高い領域での車両の運動性能を確認することは想定していないことから、ノイズ等の影響をより受けにくいフィルタリング特性 (今回用いたバターワースフィルタの次数とカットオフ周波数の組合せでは、4 次のカットオフ周波数 0.2Hz) が望ましいと考えられる。

#### 参考文献

- (1) UNECE : UN Regulation No.79 Revision 3 (2017)

## ⑨ 歩行者にグレアを与えない前照灯システム（グレアレス ADB）に関する調査解析

自動車安全研究部 ※青木 義郎 後閑 雅人 田中 信壽 岩瀬 常利 廣渡 太一  
 本田技術研究所 戸高 信一 守屋 輝人 後藤 亮

### 1. はじめに

夜間時の事故において対歩行者の割合は高く、そして重大事故につながりやすい<sup>1)</sup>。これは、夜間時における歩行者の被視認性の低下が原因と考えられる。

こうしたことから夜間の歩行者被視認性向上のため、前照灯の高光度化や、対向車のドライバにグレアを与えず歩行者がより見えやすくするような配光可変型前照灯 Adaptive Driving Beam (ADB) の開発導入が行われてきている。また、保安基準においても走行ビームの最高光度が近年引き上げられた。

これらによりドライバから見た夜間歩行者被視認性の向上が期待されるが、その一方で高光度化した前照灯が歩行者に与える影響については十分な知見が得られていない。

この研究では、夜間時の対歩行者事故の低減を目指し歩行者へのグレアも配慮した新しい前照灯配光（グレアレス ADB 配光）について評価解析を実施した。

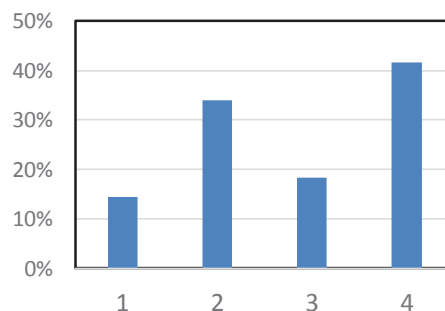
### 2. 前照灯に関する歩行者へのアンケート調査

過去に実施した歩行者から見た前照灯の明るさ等に関するアンケート調査の結果（歩行者 312 名）を図 1 に示す<sup>2)</sup>。図 1 より、前照灯の明るさが歩行者に及ぼす影響について、眩しすぎて危険を感じたことのある歩行者の割合が 3 割強存在することが示された。

本研究では歩行者にグレアを与えにくく、なおかつ歩行者の被視認性が走行ビーム並みに確保できるような走行ビームの上方にカットオフラインを設けた配光特性を持つグレアレス ADB 配光（図 2）を提案し、それについての評価実験を行うこととした。

### 3. 歩行者被視認性実験方法

本研究では、ドライバの夜間横断歩行者の見え方が前照灯配光によりどのように変化するかを明らかに



- 1: 暗い夜道で前照灯の明るさが十分でなく危険を感じたことがある
- 2: 眩しすぎて、横断中などに危険を感じたことがある
- 3: 眩しく感じて危険を感じたことはない
- 4: 特に危険を感じたことはない

図 1 前照灯による歩行者安全性のアンケート結果  
 (Q. 夜間接近してくる車両の前照灯について (複数回答可))

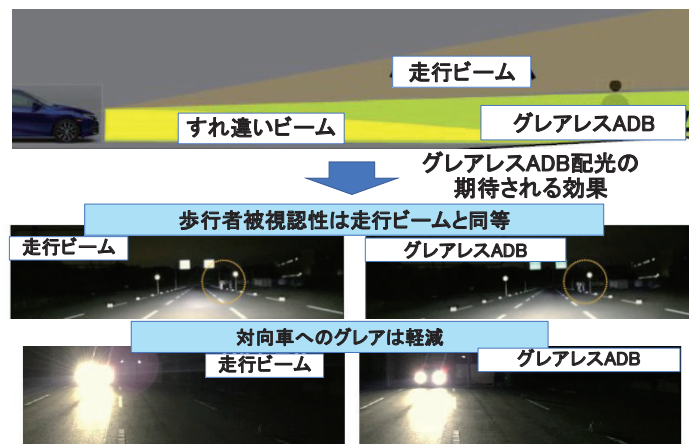


図 2 グレアレス ADB 配光

するために、暗室内において実験参加者による評価実験を行った。歩行者はスクリーン上へのプロジェクタライトによる投影画像により模擬した（図 3）。



図 3 模擬歩行者画像

実験参加者には、夜間運転中を想定し、スクリーン上に投影された模擬歩行者画像が種々の条件によりどのように見えたか 3 段階（1: 歩行者であることが

分かる（歩行者認知）、2：何か存在するのがわかる（物体知覚）、3：わからない）で回答してもらった。

前照灯による見え方の変化を評価するため、図4に示す3種類、（走行ビーム、グレアレスADB配光（カットオフ仰角+1.49度）、すれ違いビーム）の前照灯照射範囲の画像を作成し実験を行った。

実験参加者は、20代から70代までの運転免許保有者30名である。なお、また実験参加者は外部から派遣されており、当研究所の人間を対象とする実験に関する倫理審査規程に基づき内容の説明を充分に行った。

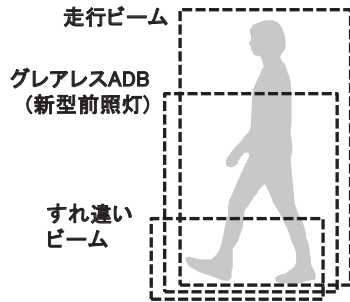


図4 前照灯の照射範囲

#### 4. 実験結果

歩行者が見えなくなるコントラスト閾値（背景と歩行者との輝度比の識別限界値）を評価結果から算出し、歩車間距離などとの関係を調べた。その結果を図5に示す。コントラスト閾値は、物体知覚、歩行者認知が可能な実験参加者の割合が50%時の値（中央値）をそれぞれ算出した。図5(a)はドライバから見て左側歩行者の見え方、図5(b)は右側歩行者の見え方を示す。

前照灯配光や歩車間距離の条件により物体知覚と歩行者認知のコントラスト閾値は変化することが示されている。また、歩行者認知のためには物体知覚の場合よりも、さらに高いコントラストが必要になる（走行ビームとグレアレスADB配光で平均1.2倍、すれ違いビームで平均1.4倍）ことが明らかとなった。

前照灯の照射範囲については、走行ビームとグレアレスADB配光ではほとんど評価結果の差が見られない。一方、すれ違いビームについては知覚認知に高いコントラストが必要であり、特に右側歩行者についてはその傾向が顕著であることが（図5の(b)に）示されている。また、両側t検定（5%）においても有意差は認められなかった。これらのことから、前照灯の照射範囲が走行ビームの場合とグレアレスADB配光の場合との比較をすると、物体知覚や歩行者認知は殆ど差がないものと考えられる。

#### 5. まとめ

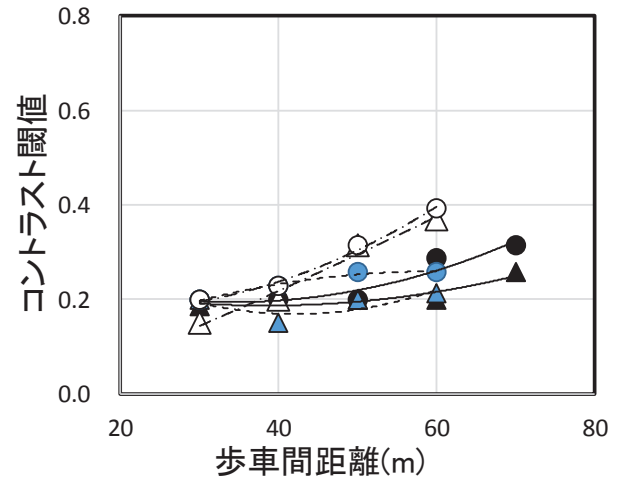
この研究では、新しい前照灯の照射範囲（グレアレスADB配光）により歩行者被視認性及び認知特性がどのように変化するのか解析評価を行った。その結果、走行ビームと歩行者グレアを抑えたグレアレスADB配光ではほとんど歩行者の被視認性に差が見られないことなどが明らかになった。

この研究は、(株)本田技術研究所との共同研究で実施したものである。

#### 参考文献

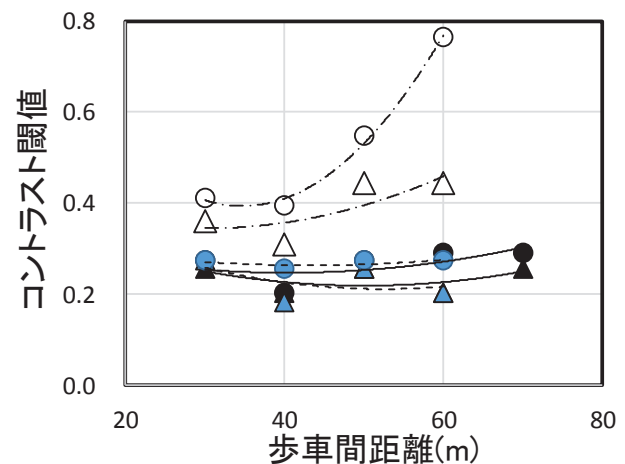
- (1) 三井：科学警察研究所報告交通編（1995）36-1、pp. 53-69
- (2) 青木ほか：前照灯の照射パターンによる歩行者被視認性の変化、自動車技術会秋季大会（2018）

- ▲ 物体知覚(走行ビーム)
- ▲ 物体知覚(グレアレスADB)
- △ 物体知覚(すれ違いビーム)
- 歩行者認知(走行ビーム)
- 歩行者認知(グレアレスADB)
- 歩行者認知(すれ違いビーム)



(a)左側歩行者

- ▲ 物体知覚(走行ビーム)
- ▲ 物体知覚(グレアレスADB)
- △ 物体知覚(すれ違いビーム)
- 歩行者認知(走行ビーム)
- 歩行者認知(グレアレスADB)
- 歩行者認知(すれ違いビーム)



(b)右側歩行者

図5 歩行者コントラスト閾値（背景輝度0.14cd/m<sup>2</sup>）



# ⑩ 自動運転を想定したデータストレージシステムの検討と国際基準における議論の状況

自動車安全研究部 ※新国 哲也 小林 撰

## 1. はじめに

エアバッグ ECU(Electronic Control Unit)などに搭載されている、一般的な事故に係るデータを保存するイベントデータレコーダは、例えば、車速など車両状態の記録に特化していた。これに対し自動運転用データストレージシステムでは、自動運転の作動状態や車両による周囲環境（障害物や車線）の検知の状況など幅広い情報の記録が必要と考えられる。また、国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP29）に新たに設置された自動運転技術分科会（GRVA: Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles）では自動運転用データストレージシステムの検討も予定されている<sup>1)</sup>。当研究所では、自動運転用データストレージシステムにより実際の状況が客観的に記録されることで、結果的に自動車の安全性の向上に貢献するであろうことを考慮し、同システムに関する調査・研究を開始した。本稿ではこの概要を説明する。

## 2. データストレージシステムの課題

### 2. 1. 既存のイベントデータレコーダの要件

イベントデータレコーダの要件としては、米国で既に基準化されたイベントデータレコーダの要件が参考となる。CFR(The Code of Federal Regulations)で

表1 米国で基準化された EDR の主要件（抜粋）

|        |  |
|--------|--|
| 対象車両   | Passenger Cars, Trucks, Buses with a GVWR of 3,855 kg or less  |
| イベント   | 衝突かトリガのしきい値を超える物理事象の発生   |
| 主な記録項目 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の走行状態（車速、車速の変化率など）</li> <li>・操作状態（スロットル、ブレーキなど）</li> </ul> |
| 記録間隔   | 2Hz、100Hz（記録項目により異なる）  |
| 記録時間   | -5秒～+0.3秒（記録項目により異なる）  |

は、表1に示すような要件が定められている<sup>2)</sup>。

一方で日本では、基準化はされていないが、技術指針としてJ-EDRが2008年に策定された。概要は表2に示す通りである<sup>3)</sup>。

表2 日本のEDR技術指針による主要件（抜粋）

|        |  |
|--------|--|
| 対象車両   | 乗用及び貨物の車両総重量3.5t以下の車両  |
| イベント   | 以下のうち早い事象<br>①エアバッグ制御の始動<br>②車速の変化率が規定を超えた場合<br>③エアバッグの展開  |
| 主な記録項目 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の走行状態（車速、車速の変化率など）</li> <li>・操作状態（スロットル、ブレーキなど）</li> </ul> |
| 記録間隔   | 2Hz、100Hz（記録項目により異なる）  |
| 記録時間   | -5秒～+0.3秒（記録項目により異なる）  |

以上のように、基準化されているか否かの違いはあるが、イベントデータレコーダとしての要件は既に明確化されている。

### 2. 2. 自動運転を想定したデータストレージシステムの課題

自動運転機能に関しては、制御に重要なセンシングやシステムによる交通状況の認知状況、システムの作動状態など様々な情報が車両に存在する。これらの情報を保存することで、イベントデータレコーダと同様に事故分析に利用したり、あるいは自動運転が作動している平時においても運転の主体の移行などをきっかけに、関連する情報を記録しておくことで制御の改善などに役立てられる可能性がある。一方で、自動運転技術は発展の途上であり、自動運転に特化したデー

タストレージシステムについての機能要件は、まだ明確化されていない。

### 3. 国連 WP29 における議論の状況

自動運転用データストレージシステムの基準に関しては、WP29 の下に設置されていた自動運転分科会 (ITS/AD: Intelligent Transport Systems and Automated Driving) において議論が行われた。国際自動車工業連合会 (OICA: Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles) からは、レベル 3 以上の自動運転機能を前提として、車両安全に関連するイベントに対し情報を記録するデータストレージシステムの要件が提案され、そのイベントとして運転者とシステムの中の運転主体の移行タイミングとする案が示された<sup>4)</sup>。運転主体の移行については、予定された運転主体の移行と予定されていない運転主体の移行の 2 つのパターンが考えられる。前者について、(例えば高速道路において予め設定した出口にさしかかろうとしているなどの) 定型化しやすいタイミングであれば、データストレージにおける記録のイベントの定義もしやすい。一方で、後者のように予定されていない任意のタイミングでは定義は難しく、更なる議論が必要である。

なお、ITS/AD は、先に述べた GRVA が設置されたことにより、GRVA に引き継がれる形で終了した。今後は、GRVA で自動運転用データストレージシステムに関する議論が継続されることとなる。

### 4. 交通安全環境研究所における研究の状況

ここでは、自動運転に必要なデータストレージシステムに関する当研究所における研究活動の一部を紹介する。

研究の目的は、自動運転用のデータストレージシステムの技術要件を整理することである。ここで技術要件とは、記録する項目、記録を実施すべきイベント等システムに必要な機能などである。

技術要件を整理する上で、特に記録すべきイベントなどについては、実際の走行状態で自動運転機能を作動させ、実車の車載ネットワークから関連する情報を取得することにした。例えば、加減速操作の発生をイベントとした際に、必要な記録の頻度や容量などの検討を行う。なお、情報の取得が自動運転機能に影響を与えないようインストルメントパネルの表示に関する情報を取得することとした。対象とした実験車両はレベル 2 相当の自動運転機能が搭載された車両であ

る。図 1 には本実験車両の表示装置及びネットワーク配線の外観を示した。また、図 2 には自動運転に関連する情報の例を示した。



図 1 表示装置の外観  
(自動運転機能取得のために使用)



図 2 自動運転機能に関する情報 (例)

今後は、関連する表示及び車両動作と、車載ネットワーク上のメッセージ間の同定を取り、記録のイベントについて検討を行っていく。

### 5. まとめ

当研究所では引き続き実車を使った調査・研究を実施し、GRVA をはじめとする WP29 での議論に反映することに努めて行く。

#### 参考文献

- 1) UN/ECE/WP29 , Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles, “Provisional agenda for the first session”, ECE-TRANS-WP.29-GRVA-2018-01e.pdf
- 2) DEPARTMENT OF TRANSPORTATION / National Highway Traffic Safety Administration, “EVENT DATA RECORDERS”, 49 CFR 563
- 3) 国土交通省自動車局, 「J-EDR の技術要件」
- 4) OICA, “DATA STORAGE SYSTEM FOR AUTOMATED DRIVING (DSSAD) Submitted by experts of OICA”, ITS/AD-14-09 (14th ITS/AD, 15 March 2018)

# ⑪ 助手席子供乗員に対するエアバッグの影響に関する調査

自動車安全研究部 ※田中 良知 細川 成之 松井 靖浩

## 1. はじめに

平成 28 年に乗用車が電柱と衝突し、助手席にシートベルトを使用して乗車していた 3 歳女児が、胸部に受傷し死亡する事故が発生した。車両に一般に装備されているシートベルトやエアバッグは、交通事故時に乗員の被害を軽減する重要な装置である。しかし、それらは成人の体型を前提に設計されているため、体が小さい子供に対しては適切に機能せず、逆に被害を大きくする可能性がある。また、助手席子供乗員に対するエアバッグの影響に関する研究も行われているが、多くはない。

そこで本研究では、エアバッグの種類と拘束条件が助手席子供乗員ダミーの傷害値に及ぼす影響について調査し、その結果を報告する。

## 2. 前面衝突スレッド試験

### 2. 1. 試験方法及び試験条件

試験は、スレッド試験機に、助手席の座席、インストルメントパネル（ステアリングやメータが取り付けられている車両内装材。以下、インパネとする）及びシートベルトを実際の車両と同じ配置となるように取り付け実施した。子供ダミーは 3 歳児を模擬した Hybrid III 3YO ダミーを使用した。

試験は、速度 30km/h の前面衝突事故を模擬して実施した。加速度波形は、当研究所で実施した速度 30km/h のフルラップ前面衝突試験で計測した車体加速度を用いた。また、エアバッグの展開開始時刻は、上記試験でのエアバッグ展開開始時刻を画像解析より求めた。座席位置は最も厳しい条件と考えられる最前端とした。

図 1 に試験での子供ダミーの拘束条件を示す。

- (a) シートベルト無しで背もたれにダミーの背中を付けて膝を伸ばした条件（以下、膝伸ばし条件とする）、
- (b) シートベルト無しで座席前端において膝を曲げた条件（以下、膝曲げ条件とする）、
- (c) シートベルト有

り条件及び(d) チャイルドシート（Child Restraint System 以下、CRS とする）使用条件の 4 条件とした。シートベルト有り条件の場合は、正規の使用状態ではショルダーベルトがダミーの頸部に掛かることから、ショルダーベルトを背中側に回してラップベルトのみで拘束した。CRS にはシートベルトで子供乗員を拘束するブースターシートを使用した。

図 2 に今回の試験に使用したエアバッグの種類を示す。エアバッグは、インパネ上部に搭載され、フロントウィンドウガラスに沿って上方に展開し、その後下方に伸張するトップマウントタイプとインパネ後面に搭載され、乗員の方向に展開するフロントマウントタイプの 2 種類で実施した。

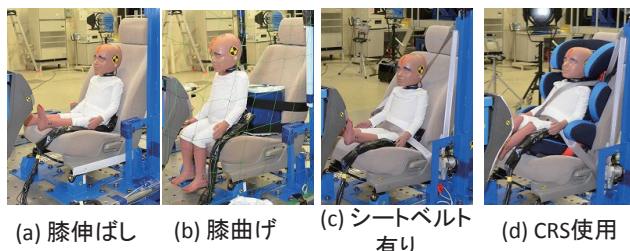


図 1 子供ダミーの拘束条件

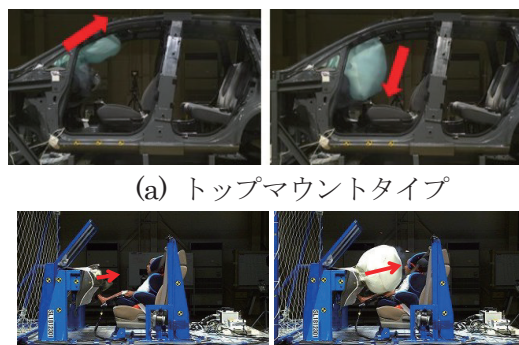


図 2 エアバッグ種類

### 2. 2. 試験結果

図 3 に、各試験における衝突開始後 100 ms でのダミーの状態を示す。膝伸ばし条件の場合、どちらのエアバッグでも子供ダミーは初期姿勢のまま前方に移

動し、展開したエアバッグに上体が衝突した後、頸部が後方へ回転した。膝曲げ条件の場合、トップマウントタイプエアバッグではエアバッグの展開前にダミーがインパネと衝突してエアバッグとの衝突は無かった。フロントマウントエアバッグでは、エアバッグにダミーが衝突した後、頸部が後ろへ回転した。シートベルト有り条件の場合、どちらのエアバッグでもラップベルトにより腰部が拘束されていたため、腰部を中心に上体が前方に回転して、頭部が展開したエアバッグに衝突した後、頸部が後方へ回転した。CRS使用条件の場合、どちらのエアバッグでもラップベルトにより腰部が、ショルダーベルトにより上体が拘束されたことにより、ダミーの前方への移動量は他の条件より小さくなって、ダミー頭部がエアバッグと衝突した。



(a) 膝伸ばし (b) 膝曲げ (c) シートベルト有り (d) CRS使用  
トップマウントタイプエアバッグ

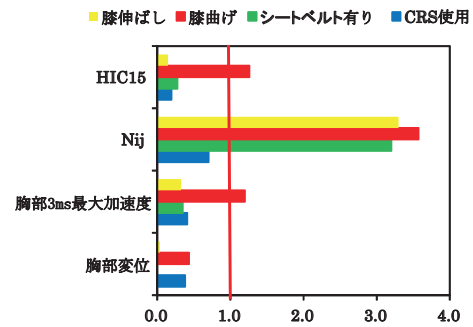


(a) 膝伸ばし (b) 膝曲げ (c) シートベルト有り (d) CRS使用  
フロントマウントタイプエアバッグ

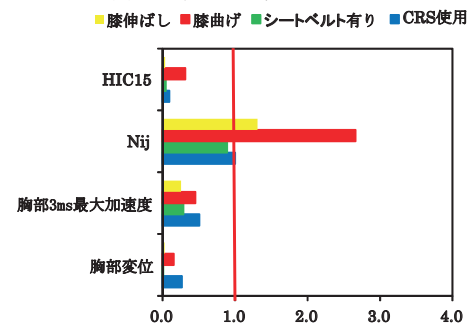
図3 子供ダミーの状態 (100 ms)

図4に各試験のダミー傷害値と基準値の比を示す。傷害値として、米国の前面衝突基準であるFMVSS208に定められたHybrid III 3YOダミーの傷害値であるHIC15(加速度より算出する頭部傷害値)、Nij(引っ張り・圧縮荷重と屈曲・延伸モーメントより算出する頸部傷害値)、胸部3ms最大加速度及び胸部変位を用いた<sup>2)</sup>。また、基準値として同基準に定められた値を用いた。

トップマウントタイプエアバッグについて、膝曲げ条件の場合のHIC15、膝伸ばし条件、膝曲げ条件及びシートベルト有り条件の場合のNij並びに膝曲げ条件の胸部3ms最大加速度が基準値を超えていた。フロントマウントタイプエアバッグについて、膝伸ばし条件と膝曲げ条件の場合のNijが基準値を超えていた。



(a) トップマウントタイプ



(b) フロントマウントタイプ

図4 傷害値と基準値の比

### 3. まとめ

今回実施した試験において、ダミーが直接インパネと衝突した場合は、頭部と胸部の傷害値が基準値を超えていたが、エアバッグと衝突した場合は、頭部と胸部の傷害値は基準値を大きく下回った。したがって、助手席子供乗員の頭部と胸部に対するエアバッグの加害性は低いと考えられる。

また、ダミーがエアバッグと衝突した場合で、CRS使用条件を除いたほぼ全ての条件で、頸部傷害値が基準値を超えていた。さらに、CRS使用条件においてもフロントマウントタイプエアバッグでは、頸部傷害値は基準値を超えないものの同値であった。したがって、助手席子供乗員の頸部に対するエアバッグの加害性は高いと考えられる。

今回の調査より、助手席に子供乗員を着座させることは望ましくないと考えられる。

### 参考文献

- 1) Fredrik Heurlin, et al., "P Front passenger airbag benefits for restrained forward-facing children", IRCOBI Conference, IRC-16-43 (2016)
- 2) Rolf Eppinger, et al., "Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems - II", NHTSA (1999)

## ⑫ 自動車検査場における車両故障診断情報の収集結果の分析

自動車安全研究部 ※松村 英樹 榎本 恵  
環境研究部 山本 敏朗

### 1. はじめに

近年、安全・環境性能の向上のため、電子制御システムを多数搭載した車両が普及しており、対応した自動車検査が必要になると考えられる。電子制御システム搭載車両には、システム自身が故障を診断する故障診断装置（On-board diagnostics：以後、「OBD」という）が搭載されている。そこで、電子制御システム搭載車両に対する検査方法の1つとして、OBDに記録される情報を活用することを検討している。

本調査では、自動車検査場において実証実験を行い、受検車両のOBD記録情報を収集、分析し、OBD記録情報を電子制御システム搭載車両の検査に活用する検討に資する基礎資料を得た。

### 2. 実験方法

#### 2. 1. 収集するOBD記録情報

今回の実験では、OBD記録情報のうち、故障コード（Diagnosis trouble code：以後、「DTC」という）を収集した。DTCは、電子制御システムに異常又は異常の疑いがある場合に、その内容が記録されるものであり、自動車整備では、整備士が修理等にDTCを活用している。なお、今回の実験では、データを収集した時点において、車両が異常又は異常が疑われる状態であることを示す「現在故障」について分析を行った。

また、自動車検査での作業時間を試算するための基礎資料を得るため、DTCの読み取りに要する時間（以後、「DTC読み取り時間」という）も収集した。

#### 2. 2. 実験構成

今回の実験構成を図1に示す。車両からDTC等の情報を読み取るため、汎用スキャンツール<sup>1)</sup>にDTC読み取り時間の計測やスマートフォンと無線通信する機能を付加する改造を行ったもの（以後、「実験用スキャンツール」という）を車両のOBD端子に接続した。OBD端子は、運転席の足下に配置されることが多いことから、運転者を降車させることなくデータ収集するため、実験用スキャンツールと無線接続したスマートフォンによりデータ収集の操作を行った。

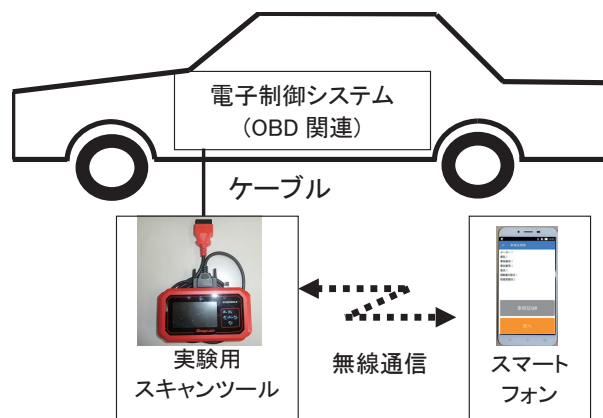


図1 実験構成

また、収集したデータをスマートフォンに記録することで、実験用スキャンツールの改造を最小限にし、開発期間の短縮と低コスト化を実現した。

#### 2. 3. 実験条件

調査対象車両は、初度登録年月が2009年1月以降の国内自動車メーカー8社（ダイハツ、スズキ、トヨタ、ニッサン、ホンダ、マツダ、スバル、ミツビシ）の小型・普通自動車及び軽自動車とした。

DTCの読み取り対象は、DTCが記録される全ての電子制御システムとした。

実験は、下記の自動車検査場及び期間において実施された。なお、データの収集は、自動車技術総合機構検査部及び軽自動車検査協会により実施された。

<自動車技術総合機構>

実施場所：関東検査部検査課  
中部検査部検査課

実施期間：平成30年1月15日～1月26日

<軽自動車検査協会>

実施場所：東京主管事務所  
愛知主管事務所

実施期間：平成30年1月15日～2月9日

実験では、来場した受検者に実験の趣旨を説明し、受検者の了承が得られた車両に対してデータ収集を行った。

### 3. 実験結果

表 1 にデータを収集した車両の集計結果を示す。データ収集車両は 347 台であり、その中で、OBD 記録情報を収集できた車両は 325 台であった。この 325 台のうち、「現在故障」の DTC が記録された車両は 95 台であった。

### 4. 分析

#### 4. 1. 「現在故障」の DTC の分析結果

安全な走行に影響を及ぼすと考えられる DTC を「安全関係の DTC」として、詳しく分析を行った。

今回収集した「現在故障」の DTC の中で、「安全関係の DTC」は 55 個記録されていた。また、それらの DTC を記録した車両は 31 台であり、OBD 記録情報を収集できた車両の約 9.5% であった。なお、1 台に 2 個以上の「安全関係の DTC」が記録された車両が 14 台見られた。

表 2 に、「安全関係の DTC」を自動車の機能別に分類した結果を示す。表 2 において、(a)では、車速センサや油圧系の異常などを示す DTC が収集された。(b)では、アイドル不安定、エンスト検出などを示す DTC が収集された。(c)では、電源電圧の低下、バッテリー電流センサシステムの異常などを示す DTC が収集された。(d)では、ABS、予防安全装置などのシステムに係わる CAN 通信異常を示す DTC が収集された。(e)では、カメラエイミング未実施、レーダセンサ妨害物検知などを示す DTC が収集された。(f)では、ステアリング舵角センサの異常と考えられる DTC が収集された。

なお、今回収集した DTC は整備で使用するためのものであり、これらの DTC が必ずしも確定した故障を表すわけではない。このため、DTC を実際の自動車検査で活用するためには、検査用に特化した DTC を自動車メーカーの情報等に基づいて設定する必要がある。

#### 4. 2. DTC 読み取り時間の集計結果

OBD 記録情報を収集できた車両について、DTC 読み取りに必要な時間の集計結果を図 2 に示す。DTC 読み取り時間が 1 分未満となるのは、OBD 記録情報を収集できた車両の 3% であった。また、2 分未満は 49%、3 分未満は 85%、4 分未満は 95%、5 分未満は 98% であった。

DTC 読み取り時間は、読み取りを行う電子制御システムの個数に依存する。実際の自動車検査で DTC の読み取りが行われる場合、安全走行に関係する電子制御システムのみが対象となり、今回の実験よりも読

表 1 データ収集車両の集計結果

| 項目                   | 台数[台] |
|----------------------|-------|
| データを収集した車両           | 347   |
| OBD 記録情報を収集できた車両     | 325   |
| 「現在故障」の DTC が記録された車両 | 95    |

表 2 「安全関係の DTC」の自動車機能別分類

| 自動車の機能               | DTC 数 [個] |
|----------------------|-----------|
| (a) ブレーキ関連           | 17        |
| (b) エンジン・トランスミッション関連 | 14        |
| (c) 電源・バッテリー関連       | 9         |
| (d) CAN 通信関連         | 8         |
| (e) 予防安全関連           | 6         |
| (f) ステアリング関連         | 1         |
| 合計                   | 55        |

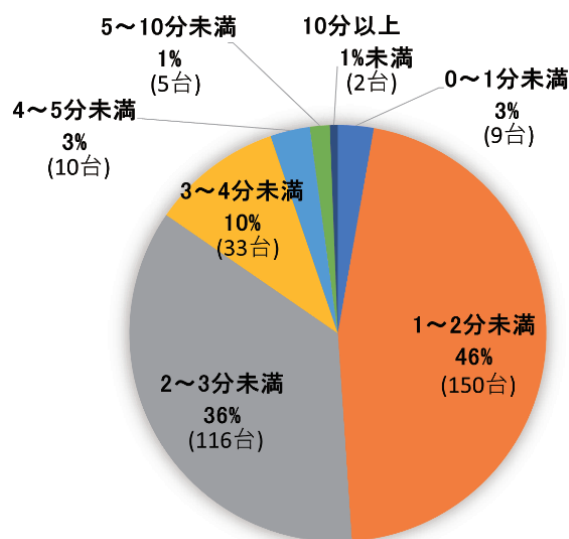


図 2 DTC 読み取り時間

み取り対象とする電子制御システムは少ないと考えられる。そのため、実際の自動車検査での DTC 読み取り時間は、今回の集計結果よりも短くすることも可能であると考えられる。

### 5. まとめ

今回、自動車検査場において、車両の OBD に記録された情報を収集し分析した。その結果、OBD 記録情報を検査に活用する検討を行う場合において、その活用の必要性及び検査場での作業時間を想定する基礎資料が得られた。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省自動車局整備課 ”汎用スキャンツール普及検討会報告書”,平成 23 年 4 月

## 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、企画部 技術コーディネーター（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 等）、関係団体、民間企業 等  
年間 50 件以上

### ■ 施設利用について

ご希望の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（交通安全環境研究所）（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30年度 交通安全環境研究所フォーラム2018 講演概要

平成30年12月4日発行

編集兼発行人 独立行政法人 自動車技術総合機構 交通安全環境研究所

発行所 独立行政法人 自動車技術総合機構 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、企画部技術コーディネーター（交通安全環境研究所）までお願いいたします。

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。

