

## 2. 主な研究テーマ

2020年度に実施した課題数は、総計 500 編となり、基礎研究（自主的な研究）46 編、総合研究（官公庁の受託事業・補助事業）56 編、その他事業（研究・試験事業）398 編であった。

### 2.1. 環境・エネルギー分野

#### (1) ドローンを用いた大気モニタリングシステム構築に関する研究開発

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 早崎 将光

《研究概要》

大気質モデルは、寒候期の地上 PM<sub>2.5</sub>濃度を過小評価気味である。過小評価要因の一つが大気汚染物質鉛直分布の低い再現性にあると考えられるが、モデル推計値と比較可能な観測値がない。本研究の目的は、産業用ドローンに大気汚染物質・気象センサーを搭載した環境計測用ドローンを作成し、大気汚染物質濃度の鉛直分布計測システムを構築することである。地上付近の鉛直濃度勾配が大きくなりやすい、寒候期の日の出前後（04～09 時）の毎正時に、PM<sub>2.5</sub>、黒色炭素などを観測した（上限 150 m、30 m 間隔でホバリング計測）。晴天・静穏な気象条件の夜明け前後に、地上で低温・上空で高温な「気温逆転層」形成を全 5 事例で確認した。地上近傍の気温逆転層は日の出後 1～2 時間で消滅したが、上空で気温逆転が残るケースもある。このとき、地上 PM<sub>2.5</sub>濃度は逆転層の上空と比べ相対的に高い。観測システム見直しや大気質モデルとの簡易比較等を行い、環境計測用ドローン運用・分析手順の基本的枠組みを定めた。今後、観測精度検証のための追加観測や O<sub>3</sub> 前駆物質の計測手法検討などを行い、大気質モデルの問題点抽出・精度向上に繋げる。

#### (2) 公道における走行中のタイヤ-路面摩耗粒子 (TRWP) のリアルタイム計測法の構築

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 利根川 義男

《研究概要》

自動車の走行により生成するタイヤ摩耗粉塵は、

その排出量を評価するための公的な測定法が無いため、排出実態が明らかになっていない。タイヤ摩耗粉塵は、タイヤと路面の摩擦により生じるため、それらの成分が混合した状態であるタイヤ-路面摩耗粒子 (Tire and Road Wear Particle, TRWP) として生成する。TRWP の生成量は、路面の状態や車両の走行条件により変化するため、環境実態の把握には、リアルタイムでの計測が必要である。そこで本研究では、タイヤに含まれる構成成分であるカーボンブラックを指標物質とした TRWP のリアルタイム計測法を構築することを目的とした。

試験車両にカーボン分析計および光散乱式粒子計測器を搭載し、車両走行に伴い生じる TRWP の計測試験を試行した。車両走行中に測定されたカーボンの濃度は、車両の加速度変化が大きいほど、高くなる傾向が確認された。タイヤに掛かる加速度が大きく、タイヤへの摩擦力が高い時に、カーボン濃度も高くなったことから、タイヤの摩耗により生じた TRWP が計測できたものと考えられた。今後は、実環境（公道）での実態把握に向けた各種検討を行い、測定法の構築を目指す。

#### (3) CD を用いた自動車の環境性能評価手法に関する基礎調査

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 羽二生 隆宏

《研究概要》

RDE (Real Driving Emission) 規制への対応として、実路走行を模擬した試験をシャシダイナモメータ上 (台上) で実施する動きがある。しかしながら、実路走行では、時々刻々と走行環境や運転条件が変化することから、シャシダイナモメータ上での試験において実路走行を完全に再現するためには様々な課題がある。

そこで、本研究では、ディーゼル乗用車 1 台を用いて、平地 (一般道・高速道) および山坂路 (登坂・降坂) での実路走行をシャシ試験において再現する手法を検討し、排出ガスおよび燃料消費量の差異を確認した。

実路走行中の道路勾配は、加速度センサ、GPS

および地図情報を用いて求めた。風の状態は車載式風速計を用いて求めた。実路走行中の試験時重量、速度、道路勾配、環境（温度、湿度、日射および風の状態）およびエアコンの使用状況をシャシダイナモメータ上で適切に反映することで、台上においても実路走行と同等の排出ガスおよび燃料消費量が測定できることがわかった（本調査の範囲では燃料消費量は±1.5%）。

#### (4) 政策決定支援に向けた排出インベントリ活用検討

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 富田 幸佳

《研究概要》

わが国の光化学オキシダント（以下、光化学  $O_x$ ）対策検討に、弊所が開発に関わってきた大気汚染物質排出インベントリをより有効に活用するため、内閣官房行政改革推進本部が政策立案時の使用を推奨する EBPM (Evidence-Based Policy Making) という社会科学的手法を、光化学  $O_x$  対策に適用する際の課題を調査した。なお EBPM は、政策目的を明確化し政策の基本的な枠組みを証拠に基づいて作成し、その枠組みに基づき行政手段を明確化するための汎用的な手法であり、規制に係る政策評価の事務参考マニュアルにも整合している。

調査の結果、光化学  $O_x$  対策に EBPM を適用する際の課題として、1) 光化学  $O_x$  の自然科学的な生成過程は複雑で社会科学的な枠組みへの組み込みに工夫が必要であること（インベントリはここに含まれる）、2) 光化学  $O_x$  対策の政策目的は大気環境基準達成であるが、現行の基準は達成困難な水準であるため現実的に達成可能な中間的基準の設定が必要であること、このとき中間的基準は、健康影響との科学的因果関係が明確な基準、かつ環境省の年度毎の目標として使用できる基準とする必要があること等がわかった。

#### (5) 自動車関連データベース作成

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 沖山 清美

《研究概要》

2020 年の世界自動車市場は新型コロナウイルス感染症に振り回され、世界自動車販売台数は 7,700 万台と 9 年ぶりに 8,000 万台を割り込んだ。国内新

車販売台数は 2010 年度以来、10 年ぶりの低水準となった。このような状況下で、日本でも「2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわちカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。CO<sub>2</sub> の削減に向けた様々な方策の検討が加速していく中で、国内販売車の電動化について「2035 年までに新車販売で電動車 100%を実現する」と明確な達成時期が表明された。

今後、政府の方針や各国の政策、自動車市場、CO<sub>2</sub> 排出量など、我が国自動車産業を取り巻く情報を迅速に収集し、情報を発信することが重要となる。

本テーマはこれまで進めてきた自動車に関する環境・エネルギー分野の基礎情報データベースのデータを更新・提供するとともに、単なる基礎データの提供だけでなく、データを統合して分析した形での情報提供を検討した。

#### (6) 衛星データ活用

〔プロジェクトチーフ〕

エネルギー・環境研究部 早崎 将光

《研究概要》

本研究の目的は、大気質モデルの再現性向上に資する衛星リモートセンシング（リモセン）データの情報収集である。2020 年度にマスメディア等で報道された大気質関連話題のうち、衛星リモセン情報の活用事例を調査した。例えば 2020 年夏のカリフォルニア森林火災では、大規模な山林火災の継続により、都市域だけでなく数百 km も離れた太平洋上まで火災による煙が到達する様子が衛星リモセンで確認できた。また、2019 年度末から世界的に感染拡大した COVID-19 関連では、NO<sub>2</sub> 大気カラム総量が都市域で大幅に減少した様子が衛星リモセンで捉えられた。日本の大気汚染常時監視局測定値や自動車交通量の解析でも、第 1 回の緊急事態宣言発出時に、交通量減少とほぼ同期して経年的な NO<sub>x</sub> 減少トレンドを上回る NO<sub>x</sub> 濃度低下が確認できた。衛星リモセンを利用すると、世界各国の移動制限措置等による NO<sub>2</sub> 排出量の減少といった突発的・広域的な動態変化を速やかに把握できる。今後は、現在の衛星リモセンシステムで比較的潤沢な測定値のある NO<sub>2</sub> を対象として、即時性の高い排出インベントリ（速報値）の作成・更新の可能性を検討予定

である。

## (7) CPX トレーラ運用

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 小池 博

《研究概要》

過去数回にわたる騒音規制の強化により、自動車走行騒音におけるパワートレイン系騒音の低減が進んだ結果、相対的にタイヤ/路面騒音の寄与率が上昇している。そのため、道路交通騒音を効果的に低減するためには、タイヤ/路面騒音の低減が重要となっている。

JARI では、2019 年度に導入した CPX トレーラを用いて、路面が自動車走行騒音に及ぼす影響等について検討を進めている。2020 年度は道路交通騒音に及ぼす路面の影響を評価する際の CPX 測定の有効性を示すデータを取得した。

性状が大きく異なる（施工時期が異なる）二種類の排水性路面が隣接して施工されている区間において CPX 測定と沿道での道路交通騒音  $L_{Aeq}$  の測定を行い、両者の関係を検討した。その結果、二つの路面における CPX 測定のレベル差に対応した  $L_{Aeq}$  の差が認められ、路面の違いが道路交通騒音に及ぼす影響を CPX 測定によって評価できることを示す事例が得られた。ただし、二つの路面における  $L_{Aeq}$  のレベル差が CPX 測定値の差よりも若干大きい結果であったため、CPX 測定値と  $L_{Aeq}$  の対応については、さらなる検討が必要である。

## (8) 統合対策による CO<sub>2</sub> 削減効果推計手法の検討

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 金成 修一

《研究概要》

日本政府は温室効果ガスを 2030 年に 46%削減、2050 年に 100%削減を目標とすることを表明した。各セクターにおける目標は表明されていないが、自動車部門の削減目標もこれに準じたものになる可能性がある。自動車部門の長期温室効果ガス排出量評価は各種機関が検討を進めているものの、自動車の燃費改善効果や次世代車普及効果を対象にした研究にとどまっており、交通流対策や自動車の使い方などについて消費者選好などを考慮した将来予測を検討した国内の事例はほとんどない。本研究では、消費者選好を考慮した次世代車普及に加え、将

来の自動運転、カーシェアリングを考慮した 2050 年までを対象とした CO<sub>2</sub> 排出量推計手法を開発した。さらに、既往研究にて開発した単体対策の CO<sub>2</sub> 排出量推計手法と併せて、自動車セクターにおける 2050 年までの長期 CO<sub>2</sub> 排出量削減効果について検討を行った。その結果、これまでの単体対策の効果に加え、交通流対策の効果も一定量あることが確認でき、さらに、ガソリン車、ディーゼル車の 2040 年以降の販売禁止等を加味すると 80%の削減効果となった。

## (9) データ解析効率化に関する研究

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 中條 智哉

《研究概要》

自動車の環境性能試験では、電動系ユニットのデータ測定やエネルギーフロー解析のための詳細データ測定などにより、計測器種類の増加や解析内容の複雑化によるデータ解析工数の増加が課題となっている。

本研究では、特にニーズの高い電気自動車 (EV) およびプラグインハイブリッド車 (PHEV) の Rechargeable Energy Storage systems (REESS) 解析、ハイブリッド車 (HEV) の車両エネルギーフロー解析の効率化を目的として、NI 社製 DIAdem を用いたデータ解析用ソフトウェアを作成した。

REESS 解析用のソフトウェアは、複数の計測器のデータ同期を短時間で時間誤差最小となるよう実行し、WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) に準拠した EV および PHEV の REESS 解析の工数を従来に対して約 80%削減可能となった。

車両エネルギーフロー解析用のソフトウェアは、これまで JARI が取り組んだ車両ベンチマーク評価におけるデータ処理および解析のノウハウを反映し、定型の解析結果の出力と個別の解析が効率的に実施できる仕様とすることで、解析の工数を従来に対して約 50%削減可能となった。本 HEV 用ソフトウェアにより、2019 年度までに作成したガソリンおよびディーゼルエンジン車用と併せ、主要 3 パワートレインに対応した JARI 独自の車両エネルギーフロー解析用のソフトウェアが完成した。

## (10) CPC 濃度確認用 PSL 粒子の発生・分級システム検討

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 福田 圭佑

《研究概要》

自動車排出ガスの粒子数規制において計測に用いられる凝縮核粒子測定器 (CPC) にはスパンガスのような濃度標準がなく、日常的に装置の応答性や感度を確認する手段がない。本研究の目的は、CPC の測定感度を確認するため、安定した粒子を発生させる手法を構築することである。

計測する粒子には、球状のポリスチレンラテックス (PSL) 粒子を用いた。まず懸濁液中の PSL 粒子濃度を検討し、粒子発生装置の基本性能を把握した。PSL 粒子を発生させる際、同時に残渣粒子や凝集粒子が発生する。CPC では粒子種を区別出来ないため、これらの粒子の発生濃度が高いと、目的とする PSL 粒子を正しくカウント出来ない。そこで、懸濁液中の PSL 粒子濃度を  $6.0 \times 10^{10}$  #/mL に調製し、残渣粒子と凝集粒子の個数濃度を発生する粒子の総個数濃度に対して 50% 以下に抑制した。

次に、粒子発生の安定性を検証した。粒子を 1 h 連続発生させた際、総個数濃度の変動係数が 15% 以下となることを目標とした。特に粒径が小さい残渣粒子は発生が不安定であり、総個数濃度に影響したため、微小粒子を分級できる拡散バッテリーで除去した。拡散バッテリーにより、総個数濃度の変動係数は 11% になり、安定した粒子発生が可能になった。

## (11) 熱抽出 GC の活用拡大に向けた各種分析法検討

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 利根川 義男

《研究概要》

これまで、我々は熱抽出 GC/MS-FID 装置の機能を活用し、タイヤ摩耗粉じんの定量や、吸着管に捕集した VOC の定量、多環芳香族炭化水素の定量を実施していた。装置の老朽化に伴い新たな更新装置が導入されたため、本研究では、これまでと同様の分析結果が得られるような、分析条件を開発すること検討した。今年度は、車室内 VOC として挙げられている成分、および、排気中の炭素数 12 以上の

炭化水素類の、吸着管による捕集・分析法を対象とした。

車室内 VOC 測定用の成分が含まれた標準溶液、および、nC8~nC40 の直鎖状炭化水素を含む標準溶液を用い、更新装置による分析条件の検討を行った。分析条件の最適化、検量線の作成、定量限界、定量下限値、分析再現性等の確認を行った。これらの基礎的検討により、旧装置と同等の分析結果が得られることが確認できた。吸着管の捕集効率および分析回収率についても確認を行ったところ、99% 以上の捕集効率、98% 以上の回収率が得られることが確認された。今回の検討で構築された分析法を活用し、自動車に関連するガス状物質の評価に活用する予定である。

## (12) WLTP 電動車試験法及び燃費改善技術評価法に関する調査

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 羽二生 隆宏

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

国連の電気自動車環境性能に関する国際調和活動 (EVE) では電動車両のバッテリー劣化状況 (SOH) の評価方法の策定を進めている。本調査では、プラグインハイブリッド車 2 台を用いて、Charge Depleting 試験開始時の充電量の違いが UBE (Usable Battery Energy) や一充電走行距離に及ぼす影響を調査し、プラグインハイブリッド車の UBE を適切に測定する方法 (評価区間、補正方法およびバラツキなど) を検討した。

また、自動車の実使用時において燃費向上効果がある装置や技術の評価し、導入を促進するための優遇制度が一部の国において導入されている。本調査では、熱線反射・吸収ガラスに対するクレジットの評価に関する検討材料を得るため、基礎検討を行った。車室内容積が異なるガソリン乗用車 2 台を用いて、日射環境下でのソーク時間を変化させることで試験開始時の車室内温度と CO<sub>2</sub> 排出量および燃料消費量の関係を求めた。試験開始時の車室内温度が高くなるに従い CO<sub>2</sub> 排出量は増加する傾向にあり、その増加量は、車両 A は 0.626 g/km/°C、車両 B は 0.805 g/km/°C (2 台平均 0.715 g/km/°C) であった。

### (13) タイヤの騒音等に係る実態調査

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 後呂 考亮

《研究概要》

国内では UN/ECE No.117 02 Series (以下「R117-02」という) に基づくタイヤ騒音規制が 2018 年 4 月以降の新車に装着されるタイヤに順次適用されているが (クラス C3 は 2023 年), 交換用タイヤへの同規制の適用時期については, 中央環境審議会の「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)」において今後の検討課題とされている。

本調査では, 国内で販売されている R117-02 認証を取得していない交換用タイヤを対象として, R117-02 のタイヤ騒音および転がり抵抗の要件への適合状況を調べた。調査対象はクラス C3 の各種トレッドパターン (リブ, リブラグ, ラグ, ミックス) の大型車用タイヤ計 8 種類である。調査の結果, リブ, リブラグ, ミックスの各パターンのタイヤ計 6 種類はタイヤ騒音, 転がり抵抗とも R117-02 Stage2 規制値に適合していたのに対し, ラグパターンの 1 種類はタイヤ騒音, 転がり抵抗の両方が, ラグパターンの残る 1 種類はタイヤ騒音が R117-02 の要件に適合していなかった。

### (14) 令和 2 年度ブレーキ摩耗由来の PM 測定法等の検討に向けた調査業務

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 萩野 浩之

[委託元]

環境省

《研究概要》

国連欧州経済委員会の PMP (Particle Measurement Programme- Informal Working Group) における議論では, ブレーキ粉塵の粒子質量 (PM) と粒子個数 (PN) の両方の計測法を構築することを目標に進めており, 本研究で PM と PN 両方の計測を実施し, 国連における PMP での議論へ貢献できるデータを取得することを目的としている。ブレーキ粉塵計測用の試験サイクル (WLTP-Brake Cycle) は, 主に乗用車を対象としており, 欧州内における一般の運転者データ (ブレーキの使われ方) を基に, 世界統一サイクルとして作成された, 4.4 時間の試験サイクルである。この

試験サイクルに基づき, 市場で販売されている幅広い種類の車両のブレーキシステムを用いて PM と PN の両方を計測した。その結果, 車両重量が大きい車種のブレーキシステムは, PM と PN の両方の排出係数が増加する傾向にあった。今後の課題は, 欧州の各機関と相互比較し, 排出係数に対する定量的な議論に資するための検証を行うことである。

### (15) 令和 2 年度四輪車の加速走行騒音規制強化による自動車騒音低減のシミュレーション等の調査業務

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 小池 博

[委託元]

環境省

《研究概要》

四輪車の走行騒音規制 (R51-03) 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, Phase3 の規制値との調和および導入時期については, 今後の検討課題とされている。本業務では, Phase 3 が国内に導入された場合, 規制値強化が自動車交通騒音に与える影響についての調査分析を行うとともに, 自動車騒音の低減による影響を貨幣換算する手法を用いて, 自動車騒音低減に関する費用便益分析を行った。

一般道における実態調査に基づく 4 通りの交通流を想定し, 全ての車両が Phase2 規制に適合した状態において Phase3 規制を適用した場合の道路交通騒音  $L_{Aeq}$  の変化を予測した結果,  $L_{Aeq}$  の低減量は交差点付近で 0.6 dB~0.8 dB, 定常走行区間で 0.4 dB~0.6 dB であった。また, これらを対象として Phase3 適用の費用便益分析を行った結果, 本調査の仮定においては, R51-03 Phase 3 の効果は 2050 年に最大となり, また, 費用便益分析の指標である B/C 比は最大で 0.4~0.6 となり, 低減費用の方が便益を上回る結果となった。

### (16) 令和 2 年度燃料性状が自動車排出ガスに及ぼす影響調査委託業務

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 柏倉 桐子

[委託元]

環境省

## 《研究概要》

本調査の目的は、燃料の重質化が自動車から排出される粒子状物質（PM）および固体粒子数（PN）の排出量に対して与える影響を調査するものである。

供試車両にはガソリンを燃料とする筒内直接噴射式エンジンを搭載した乗用車2台を用いた。燃料には性状が異なるプレミアムガソリン3種（国内認証用燃料、試薬を添加した国内認証用燃料、市井燃料）を用いた。燃料重質化の指標は、PM-Index、Simplified PM-Index（SPMI）、炭素数が10から13の芳香族類の体積割合（C10-13芳香族分）とした。

本試験において、PM-Index、SPMI、C10-13芳香族分はPMおよびPN排出量と有意な相関があり、重質になるほど排出量が高くなった。また、排出量への燃料影響は、PNよりもPMの方が大きく受けた。PNの排出挙動への影響は主に冷機始動の加速時に現れ、十分に暖機された状態になると明らかな影響は現れなかった。また、規制物質である一酸化炭素、非メタン炭化水素、窒素酸化物の排出量と、燃料重質化の指標との間には関連が見られなかった。

## (17) 大気汚染対策効果評価のためのシミュレーション支援システムの研究開発

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 森川 多津子

[委託元]

国立環境研究所（環境省環境研究総合推進費）

### 《研究概要》

環境省環境研究総合推進費 5-1903「大気汚染対策効果評価のためのシミュレーション支援システムの研究開発（2019～2021年度、菅田誠治代表）」では自治体の研究所などが大気質モデルをワンストップで利用できるようなシミュレーション支援システムを開発している。本研究はサブテーマ2「排出量変換システムの整備および排出インベントリの精度検討」にて、国内外の各種インベントリをモデルレディの排出量データに変換する排出インベントリシステム構築、および排出量の空間配分指標について検証と改良を行っている。

昨年度は使用者から得られた意見を踏まえた改良を反映し、サブテーマ1「大気汚染シミュレーション

支援システムの開発」との連携を固め、シミュレーション支援システム内での排出インベントリシステム稼働を実現した。また特に排出量の多い大規模煙源の水平分布に対して、排出量の検証を実施した。その結果、全排出量に占める上位発生源の寄与が大きいこと、排出インベントリでの排出が排出の多い箇所に集中する傾向にあることが確認できた。

## (18) エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業「圧縮天然ガス（CNG）車普及に向けたインフラ構築を含む持続可能な環境整備・実証事業（インドネシア）

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 鈴木 徹也

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

### 《研究概要》

本実証事業では、インドネシア最大の経済圏である Jakarta 首都圏および東部工業団地等の周辺地域を対象に、日本の技術による CNG 充填所の設置や CNG 車両の導入・運行を通じて、普及4条件（①国際基準調和による CNG 車の安全・信頼性の確保、②国際基準に沿った品質の CNG 車用燃料の供給、③安価な燃料価格と優遇措置によるユーザー経済性の周知、④充填所の適切な配置と安定運営によるユーザー利便性の実現）に基づいた制度設計支援を行い、併せて省エネルギーと温室効果ガス削減を目指す。

2020年度（実証事業4年度、最終年度）は、コンソーシアム各社と共に主として以下を実施した。

- ・ CNG 乗用車・貨物車、Karawang 充填所のモニター運用より走行・充填データを収集、解析した。
- ・ CNG モニター車の効果評価4項目（省エネ・石油代替・CO<sub>2</sub>削減・経済性）について、走行データやユーザーヒアリング等に基づき推計した。
- ・ 本実証事業の集大成として、プロジェクト終了式において制度設計提言書をインドネシア政府に贈呈した。

## (19) オゾン - アルケン反応の大気質への影響を評価するための新たな化学反応スキームの構築

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 内田 里沙

[委託元]

日本学術振興会

《研究概要》

大気中の揮発性有機化合物 (VOC) は、大気汚染物質の生成に深く関与している。VOC の中でもアルケンは、オゾンと反応して、粒子状物質や強い大気酸化能をもつ OH ラジカルを生成するため、大気質に与える影響が無視できない。しかし、アルケンのオゾン反応は、その反応スキームが明らかになっていないため、最新の大気質モデルでも十分に考慮されていない。本研究は、アルケンのオゾン反応の初期過程に生成される中間体に着目し、中間体の生成分岐比や後続反応過程に関する反応スキームを明らかにすることを目的としている。

2020 年度は、中間体の後続反応過程に焦点を当て、国立環境研究所の光化学スモッグチャンバーを利用して、アルケンのオゾン反応における、OH ラジカルの生成経路に関する調査を実施した。その結果、OH ラジカルは、反応の初期過程で生成する励起状態の中間体の単分子分解による生成の他に、衝突緩和により安定化した中間体からも生成することを実験的に明らかにした。2021 年度は、圧力依存性に関する実験を実施し、安定化した中間体の生成分岐比を明らかにするとともに、アルケンのオゾン反応スキームを提案する予定である。

## (20) 運輸部門における電動車の普及に向けた調査・分析事業

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 金成 修一

[委託元]

次世代自動車振興センター

《研究概要》

日本政府は温室効果ガスを 2030 年に 46%削減、2050 年に 100%削減を目標とすることを表明した。自動車部門の温室効果ガスも削減する必要がある。その対策の一つとして電動車の普及が挙げられる。電動車の普及検討については、既往研究では乗用車を対象としたものが多く、業務用車両について検討したものはほとんどない。業務用車両に関しては、

車種、地域によって、使い方が異なる可能性があり、また、使用実態が把握できていないことも課題である。そこで、本事業では、業務用車両を対象に、道路交通センサ OD データ、プローブ情報、Web アンケートを活用し、使用実態を調査した。それにより車種による使用実態を特徴づけることができた。さらに得られた調査結果を用いて、長期 CO<sub>2</sub> 排出量モデルに内包している次世代車選択モデルにて使用実態を加味した業務用車両の電動車普及効果を検討した。

## (21) 輸送機器の燃費改善や消費者選好等の調査及び排出影響等の推計委託業務

[プロジェクトチーフ]

エネルギー・環境研究部 金成 修一

[委託元]

みずほ情報総研

《研究概要》

日本政府は温室効果ガスを 2030 年に 46%削減、2050 年に 100%削減を目標とすることを表明した。各部門における具体的な目標値は表明されていないが、自動車部門の削減目標もこれに準じたものになる可能性がある。自動車部門の温室効果ガス排出量推計は各種機関が検討を進めているが、自動車の燃費改善効果や次世代車普及効果を対象とした単体対策に関する研究にとどまっておらず、交通流対策や自動車の使い方などの消費者選好などを考慮した将来予測をした国内の検討は皆無である。本事業では、はじめに将来の自動車燃費改善技術、次世代自動車に関するデータを収集整備した。次に自動運転、カーシェアリングの普及効果を検討する上でのデータを既往研究および Web アンケートにより収集した。最後に、調査した結果を用いて、2050 年に自動車部門の Tank to Wheel CO<sub>2</sub> 排出量がゼロとなるシナリオについて検討を行った。

本事業は長期戦略等を受けた中長期的な温室効果ガス排出削減達成に向けた経路等調査検討委託業務の一環として実施したものである。

## 2.2. 電動モビリティ分野

### (1) インバータ/モータ動作に与える次世代パワーデバイス特性の影響解析

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 松岡 亨卓

《研究概要》

電気自動車 (BEV) のモータ駆動用インバータを構成するパワーデバイスに、従来の Si よりも高温・高効率動作可能な SiC (Silicon Carbide) などの次世代パワーデバイスが期待を集めている。しかし、BEV 走行時の発熱温度、デバイス特性が電力損失に与える影響などについては、十分に検証されていない。そこで、今回は、小型永久磁石モータを負荷として、上記の発熱温度や電力損失について解析を試みた。

発熱温度は、電気熱連成解析を用いて計算した。その妥当性の確認のため、赤外放射温度計で温度計測可能な樹脂封止されていない SiC パワーデバイスを用いたインバータを作製し、 $10^{-3}$  sec の高い時間分解能を持つ赤外放射温度計を用いて、モータを駆動させながらパワーデバイスの温度を実測した。

発熱温度を計算したところ、定格トルクでのモータ駆動条件で、実測値との相関係数 0.99 を示す結果が得られた。そして、デバイス特性が電力損失に与える影響についても、解析パラメータを変化させることによって定量的な解析が可能となった。今後、本解析を発展させて、次世代パワーデバイスの BEV への実用化に向けた有益な情報提供に繋げたい。

### (2) 電池性能予測技術の基礎研究

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 松田 智行

《研究概要》

車載用リチウムイオン電池 (LIB) の性能シミュレーションにおいては、その対象が材料レベルから、電極、セル、モジュール、パックと幅広い。物理モデルに基づく材料・電極レベルでのシミュレーションは高精度と考えられるが、同じモデルでパッケレベルのシミュレーションを行うためには膨大な計算リソースが必要となり実施困難である。そのため、マルチスケールでのシミュレーション技術開発が必要となる。そこで、本研究では LIB に関する性能予測技術の向上を目的として、商用ソフトウェア

を用いた性能・温度シミュレーションに関する妥当性や精度、計算コストについての検討を進めた。

電極レベルのシミュレーションとして、COMSOL Multiphysics、セル～パッケレベルのシミュレーションとして、LS-DYNA の活用を想定し、技術習得を進めた。また、市販 EV 用の LIB を用いて IEC62660-1 に準拠した性能試験等を行い、容量および出力の温度依存性データ等の基礎データを取得した。取得したデータを活用して 2021 年度にシミュレーションの妥当性確認と精度検証を行うほか、精度向上に有効な物性値等のパラメータについて検証を行う。

### (3) PEFC シミュレーション技術に関する基礎研究

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 高橋 研人

《研究概要》

本研究では固体高分子形燃料電池のセル流路や GDL、触媒層内の化学種輸送を考慮したセル性能予測技術の構築を目的として、燃料電池のシミュレーション技術の構築に必要な準備、情報収集、ノウハウの蓄積に取り組んだ。本年度は汎用シミュレーションソフトウェアの COMSOL を使用して、JARI 均一場セルにおけるセル流路の 3 次元モデル、GDL の 2 次元モデル、膜電極接合体の 1 次元モデルを構築し、計算対象領域や数式の設定方法を習得した。構築したモデルでシミュレーションを実施した。セル流路内での流路下・リブ下での酸素濃度分布の違いや、ガス種の影響による GDL 内の拡散の違いなどが算出できた。一方、膜電極接合体のモデルから求めたセル性能についてはシミュレーション結果と実験値に乖離が見られた。これはセル電圧に応じた電流値を適切に表現できていないためと考えられ、原因となるパラメータを特定することが必要である。今回の研究では、セル性能予測技術の構築に活用可能なツールである COMSOL の基本的な操作方法や解を収束させるための注意点等を習得することができた。ここで得たノウハウは次年度以降の燃料電池のシミュレーション技術の開発に活用する。



#### (4) EVS 31 の収支差を用いた公益目的事業

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 森田 賢治

《研究概要》

2019年度に開始した本事業では、2018年度に主催した第31回国際電気自動車シンポジウム・展示会（EVS 31）で生じた収支差を利用し、EVSの発展や電動車両の評価法開発・標準化活動に寄与することを目的に3ヵ年計画で活動している。2年目となる2020年度の具体的活動内容とその成果は下記のとおり。

- ・ World Electric Vehicle Journal (WEVJ) 編集協力：共同編集者として、WEVJ 2021, 12 (1)の編集活動に協力した。
- ・ 技術開発動向調査：Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME 2020), 第61回電池討論会, 20th Advanced Automotive Battery Conference (AABC) virtual 並びに 11th AABC Europe virtual (いずれもオンライン講演会)を聴講し、車載用リチウムイオン電池の性能・劣化に係わる情報を収集した。また、インターネット上で公開されている情報を基に走行中給電の動向を調査し、欧、米、中、等各国で活発に技術開発が進められていることが分った。さらに、国内外のライフサイクルアセスメント (LCA) 規制に関わる調査を行った。

#### (5) 蓄電池安全性評価数値シミュレーションモデル開発

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 後藤 翼

《研究概要》

本研究の目的は、LIBを対象とするシミュレーションモデルを構築し、内部短絡発生時の電氣的・熱的振る舞いについて解析することにより、安全性評価を行うものである。具体的には、Newmanモデルをベースとした方程式系を用いて、LIBの短絡発生時のLiイオン輸送過程から発生する短絡電流ならびにジュール熱を算出し、そこに電池構成材料の熱分解反応熱を組み合わせることにより、内部短絡発生に伴う総発熱量を導いた。2020年度は、単セルを対象に、釘刺しに伴う内部短絡事象について解析を行い、LIBが熱暴走に至

るまでのメカニズムを検証した。

次年度以降は、釘刺し時の短絡層数の制限や、短絡状態の変化による電流の遮断・緩和を考慮したモデル改良を行うことで、実試験時の結果を詳細に再現可能なモデル開発を行う予定である。

#### (6) 耐火性試験用大型LPGバーナーの開発

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 山崎 浩嗣

《研究概要》

近年の火炎暴露試験および耐火性試験は、大型の供試体に対する試験需要が増加している。しかしながら、従来の火炎暴露試験用バーナーでは供試体とバーナー間で酸欠を起し、法規要件の温度を満足できなかった。そこで、大型供試体にも対応可能なバーナーを開発するために、2019年度はFire Dynamics Simulator (FDS)を用いたシミュレーション基礎モデルを開発し、酸欠を生じさせにくい予混合火炎バーナーの設計案を作成した。また、2020年度は、設計案を基に予混合火炎バーナーを試作し、長さ1.8m×幅1.8mの模擬供試体に対する検証試験を実施した。その結果、従来のバーナーと比較すると、火炎温度のばらつきに大幅な改善がみられたが、供試体中央部の温度低下は完全には解消されなかったため、今後も更なるバーナーの改良を行う予定である。

#### (7) 火災による人体への影響評価モデルに関する予備研究

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 山田 英助

《研究概要》

実験と数値シミュレーションにより自動車火災時の熱傷評価をモデル化することを最終目的とし、今年度は予備研究として模擬皮膚モデルの作成およびISO13506に示されている数値モデルの調査を行った。

無細胞の模擬皮膚としては、研究用の豚皮コラーゲンを用いて、加熱や超音波処理を行うことで水分量50~70%の模擬皮膚を作製できる見込みが立った。ただし、模擬皮膚の厚さを正確にコントロールして成型することは難しいので、作製した模擬皮膚の厚さを正確に計測して実験に使用することが重要である。また、加熱や超音波処理にともなう分子

の立体構造の変化が熱特性に影響を与える可能性があり、検討が必要である。

一方、熱傷評価の数値モデルとして ISO13506 (2017) に示されているモデルの調査を行った。時間微分を二次精度にすること等で、高精度で皮膚内部の温度変化を模擬できることが分かった。ただし、これは一般的な熱伝導方程式の数値モデルであり、瞬時の大熱量が薄層の皮膚に作用する時の数値モデルに適用する必要がある。

## (8) 重量車の電動化に関する技術動向等調査

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 森田 賢治

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

重量車の電動化に関しては、バッテリー等の車両側の技術的・経済的課題からインフラ側の対応、政府のエネルギー政策の方向性等、重量車メーカーだけでは解決困難な課題が多岐に渡る。そこで2019年度に開始した本事業では、技術動向や課題について包括的な調査を行っている。2020年度は全日本トラック協会や日本バス協会の協力により、大型長距離トラック、大型バス(都市間および路線)に関する事業者ヒアリングを進めた。主な成果は下記のとおり。

- ・ 大型長距離トラック：1 運行あたりの走行距離 500km 超の事例が 40%以上存在し、200km 超では高速道路走行割合 80%以上の事例が 90%存在した。荷待ち、積込み・積降ろし、休憩、駐車各時間は事業者や運行ルートによって振れ幅が大きかった。
- ・ 大型都市間バス：1 稼働あたりの走行距離 200km 超の事例が 60%以上を占め、高速道路走行割合は不明データを除けば全て 60%以上であった。バス停での総停車時間、1 稼働あたりの総休憩時間、各運行間の駐車時間は振れ幅が大きかった。
- ・ 大型路線バス：1 日あたりの走行距離 150km 以下の事例が 80%を占めた。時間調整等に伴う営業所やバスロータリー等での停車時間は事業者によって振れ幅が大きかった。

よって、大型長距離トラックや大型都市間バスの BEV に走行中給電を導入する場合は高速道路への

設置が有効と考えられ、急速充電器を導入する場合は使い方に応じたシステムの適用可能性について検討する必要があると考えられる。また、大型路線バスは現在市販されている BEV の航続距離でも技術的には多くの運行ルートで導入可能と思われる。

## (9) 電気重量車に関する国際基準調和(水素消費量試験法の確立)に向けたシミュレーションモデル等の調査

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 黒川 陽弘

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

本事業は、重量 HEV の燃費試験法を基に検討が進められている、燃料電池重量車の水素消費量の評価において必要となる車両モデル(FCV モデル)の開発、および電気重量車のエネルギー消費効率等の測定方法に関する検討会を開催し、当該測定方法について検討を行うことを目的としている。重量 HEV の燃費は実車両搭載 ECU を用いた HILS で評価されており、本事業では、既存の重量 HEV 車両モデルにはない FC システムや電動補機類等を考慮した専用シミュレーションモデルの必要性を検討し、その結果を FCV モデルに反映させ、燃料電池自動車のシャシダイナモメータ試験の結果と比較した結果、シミュレーション誤差は 2%以内(重量 HEV 燃費試験法で規定されている許容誤差は 3%以内)に収まっていることを確認した。また、電気重量車のエネルギー消費効率等の測定方法に関する検討会の事務局業務として、検討会や事前打合せの日程調整や資料準備等を行った。

## (10) 先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第2期)

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 松田 智行

高橋 昌志

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

《研究概要》

全固体リチウムイオン電池(LIB)に関して、電池パック内温度分布や車両性能シミュレーション技術開発、寿命および安全性評価技術開発、なら

びに全固体 LIB の優位性検討を 2018 年度から行っている。2020 年度は以下の内容を実施した。

技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター (LIBTEC) における最新の電極設計を反映した電池パックモデルを用いたシミュレーションにより、急速充電時や走行時の温度分布変化を把握し、現状設計での冷却システムレス可能性を検討した。

LIBTEC 試作の全固体 LIB を用いた寿命試験および解体分析により、劣化メカニズム解析を進めた。さらに寿命試験における劣化の温度依存性を評価し、液系 LIB に対する高温優位性を示唆するデータを得た。また、温度負荷に対する影響や試験法の適用性確認のため、既存試験法をもとに環境試験 (加熱、温度サイクル、熱衝撃) および内部短絡模擬試験を行った。環境試験では液系 LIB に対して熱的安定性に優れること、内部短絡模擬試験では釘刺し試験が全固体 LIB に対して適用性が高いことを確認した。

全固体 LIB および液系 LIB を搭載した想定車両について、全固体 LIB の特徴を考慮した電費シミュレーションを実施し、全固体 LIB の優位性を検討した。

#### (11) 燃料電池自動車の国際基準調和・国際標準化に関する研究開発

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 富岡 純一

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

《研究概要》

燃料電池自動車 (FCV) の世界統一技術基準 GTR13 の合理的な改定および円滑な国内導入に向けて、高圧ガス保安法に係る各試験法案の技術的な検討および国際審議の推進を行っている。

主な課題の一つに、火炎暴露試験法の再現性向上の検討がある。火炎暴露試験結果およびシミュレーション解析結果等から、バラツキ影響を低減するための試験手順および方策を提案し、試験法ドラフトに採用された。また、水素用容器・附属品に使用可能な材料を拡大するために、水素適合性試験法を検討しており、その試験法案に基づき、代表的なオーステナイト系ステンレス鋼である

SUS304 市中材の高圧水素中試験データを取得し、要求基準を満足することを確認した。

この成果は、NEDO の委託業務の結果得られたものである。

#### (12) 硫黄化合物等の吸着脱離メカニズムと被毒予防・回復技術開発

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 松田 佳之

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

《研究概要》

燃料電池触媒における硫黄化合物の被毒回復について報告されているが、実際の吸着・脱離挙動や被毒回復に関する詳細なメカニズムは十分に理解されていない。そこで、燃料電池触媒上への硫黄化合物の吸着・脱離挙動を解明し、車載上で被毒を予防・回復するための運転モードを提案する。2020 年度は燃料電池のアノードまたはカソードに硫黄化合物を供給したときの被毒による電圧への影響と、電位操作による被毒回復挙動を評価し、電圧が一部回復することを確認した。また、燃料電池出口からの硫黄排出挙動を把握するために、連続分析が可能な質量分析計を選定・導入した。この装置を用い、硫黄化合物が排出される環境を模擬した加湿条件下において低濃度の二酸化硫黄を高感度検出可能であることを検証した。今後硫黄化合物を添加した水素あるいは空気を使用して燃料電池を運転する際の出口ガス分析を行い、燃料電池触媒における被毒・回復挙動解析に活用する。

#### (13) HDV 等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発

[プロジェクトチーフ]

電動モビリティ研究部 山田 英助

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

《研究概要》

「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発／HDV 等の新プロトコル対応の水素燃料

計量システム技術と充填技術に関する研究開発」の一環として、大型車（HDV）用の水素充填技術等に関する調査・研究と HDV 等の新プロトコル対応に係る技術検証を行っている。

欧州と米国では、小型車の 5 倍にあたる最大流量 300g/s の充填プロトコルの開発を目標としている。HDV の最大航続距離は約 1,000km で、水素搭載量は最大で 100kg とされる。水素充填は 10 分程度での完了を目標とし、それに適した充填プロトコルの開発が進められている。

本事業では HDV 用に特化した水素充填設備や計量関連技術等の試験評価が可能な「水素先進技術研究センター」の整備を掲げている。2020 年度は、その整備課題対応の適正を判断する「水素先進技術研究センター検討委員会」およびその傘下で詳細議論を行う「水素先進技術研究センター検討 WG」を立ち上げ、会議を 2 回ずつ開催した。HDV に充填可能な水素ステーション（水素先進技術研究センター）の設備仕様を検討し、2022 年秋頃の竣工に向けて整備を進めている。

#### (14) 情報共有、HRS 構成部品類の性能評価法の検討及び性能評価データの公開方法等の審議

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 山田 英助

〔委託元〕

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

《研究概要》

「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発／本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術の研究開発」の一環として、革新的水素充填プロトコルの水素ステーション（HRS）での実用化に向けて関連業界内への周知を進めるため、水素ディスペンサ配管熱容量検討会を主催し、情報を共有することで認知度・理解度を促進する。2020 年度は、水素ディスペンサ配管熱容量検討会を立ち上げ、初回の会議を行い、関連業界と情報の共有を行った。水素ディスペンサ配管熱容量検討会は、2022 年度まで継続し、水素ステーションの構成部品類（ノズル、ホース等）の性能評価法の規格化、性能評価データの公開方法等の審議を行う予定である。

#### (15) 大型 FCV 燃料装置用液化水素技術に関するフィジビリティ調査

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 富岡 純一

〔委託元〕

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

《研究概要》

2021 年 2 月から大型 FCV 用液化水素貯蔵技術の実用化に向けたアクションプラン作成を目的とし、大型 FCV 燃料装置用液化水素技術に関するフィジビリティ調査を行っている。

これまで発表された圧縮水素を搭載した燃料電池トラックは、航続距離が 200km～600km である。長距離輸送で要望のある 1,000km を実現するには、液化水素等の体積密度の高い水素貯蔵が必要となる見込みである。

液化水素 FCV の技術基準について、水素・燃料電池自動車の国際技術基準（GTR13）と水素燃料自動車の欧州法規（EU406/2010、EC79/2009）には、液化水素容器に関するオプション規定があるが、実績はほとんどなく、主に海外で実績のある液化天然ガス自動車の基準等を参考に、液化水素技術基準の課題を整理する方針とした。

その他、液化水素 FCV の車両安全性や液化水素の充填技術等の課題を整理し、各課題を解決するための目標設定を行う予定である。

#### (16) 互換性・安全性を考慮した電気自動車への走行中ワイヤレス給電

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 森田 賢治

〔委託元〕

国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）

《研究概要》

2018 年度に開始した本事業では、バッテリー搭載量を増やすことなく BEV の航続距離を伸長可能な走行中ワイヤレス給電（DWPT）システムについて、互換性・金属異物検知・高速走行中給電の各評価プラットフォーム構築と経済成り立ち性検討を進めた。最終となる 2020 年度の成果は下記のとおり。

- ・ WPT システムの互換性と金属異物検知技術の評価：2020 年度に導入したシールドルーム、WPT 互換性・安全性評価装置、磁界（EMF）

スキャナを用いて、メーカーの異なる地上コイル・車両コイル間の結合係数や近傍磁界を測定し、互換性に関わる基礎データとした。

- ・ 高効率高速走行中給電技術の確立：屋内簡易実験装置（DWPT 模擬台車）を導入し、最大速度 30km/h で再現性高く走行模擬試験が可能であることを確認した。
- ・ 経済成立性検討：経済成立性検討のアウトプットである費用対効果の費用情報から秘匿情報を排除し、個別部品レベルの情報を一般共有できる資料を作成した。また、原価低減の方向性を得るために原価低減アイテムの積上げを行った。さらに、中国とドイツについて WPT 標準化活動の状況を調査した。

### (17) 交流インピーダンス法による使用履歴不明な Li イオン電池向け劣化診断技術の開発

〔プロジェクトチーフ〕

電動モビリティ研究部 安藤 慧佑

〔委託元〕

日本学術振興会

《研究概要》

本研究では、リチウムイオン電池（LIB）における高精度で実用的な劣化診断技術を開発するために、LIB の劣化による容量減少とインピーダンス変化の関係を解明することを目的に、LIB の代表的な 3 種類の正極（ $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiFePO}_4$ ）および 2 種類の負極（ $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、グラファイト）の詳細なインピーダンス特性の取得に取り組んだ。各電極のインピーダンススペクトルに SOC 依存性があり、その依存性は電極種ごとに異なることが確認された。この結果から、負極表面での被膜生成等の副反応で  $\text{Li}^+$  が失活化することで生じる正極と負極の SOC ズレが容量減少の主要因である LIB に対して、その SOC ズレをインピーダンス測定により評価できる可能性があることを確認した。

今後は、得られたインピーダンススペクトルの等価回路フィッティング解析による成分分離を進め、それぞれの電極の SOC 依存性を明確化し、LIB の SOC ズレによる劣化を評価できる診断手法の開発を進めていく。

## 2.3 安全分野

### (1) 一般道における SAE Level 3 自動運転システム限界に対応する先進的 HMI に関する研究

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 長谷川 諒

《研究概要》

近年、高速道路に対応する SAE Level3（L3）自動運転システムが市場導入されてきている。一方で、一般道における L3 自動運転システム実用化には多くの課題がある。例えば、高速道路にはない一般道特有の要因による自動運転が困難な場面に際して、いかにしてドライバへの運転操作の権限委譲を円滑に行うかという問題がある。

本研究では、一般道を対象に、L3 自動運転システムにおいて権限移譲が起こり得る場面を整理すると同時に、権限移譲時にドライバの注意が運転から逸れている状況であっても、安全な運転交代を促すことのできるヒューマンマシンインタフェース（HMI）を開発する。そしてその妥当性を実験的に検証する。

これまでの成果として、テストコース上の白線のある直線路において、車載カメラによる白線検知に基づく車線維持および速度維持の制御の組み合わせによる自動走行が可能な実験車を開発した。また、国や地方自治体が実施した自動運転の実証実験の調査により、国内における自動運転システムの機能限界場面の特徴を明らかにし、場面の特徴に応じたドライバへの情報提供の方法や手段について考え方を整理した。

今後は具体的な HMI をデザインし、その妥当性を検証するための実験を実施する。

### (2) 深層学習による自動車事故時の歩行者衝突画像を用いた傷害予測手法の確立

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 國富 将平

《研究概要》

先進事故自動通報システムの傷害予測対象は自動車乗員のみと限られており、歩行者を含む交通弱者への適用拡大が強く望まれている。しかし、現行のロジスティック回帰分析による傷害予測では歩行者に対する高精度な傷害予測は困難であり、その改善が必要である。

そこで、本研究では深層学習による画像認識手法

を活用し、歩行者衝突画像から歩行者の傷害レベルを高精度に予測する傷害予測アルゴリズムの確立を目指した。

具体的には、2019年度に作成した教師データ（歩行者モデル衝突画像、頭部傷害値情報）と深層学習手法を用い、体格差の異なる歩行者モデルに対する頭部傷害予測と体格差による予測精度への影響を確認した。その結果、成人男性だけでなく、子供や小柄女性に対する高い傷害予測性能を示し、多様な歩行者に対する有効性が示唆された。また、体格差を起因とする頭部衝突エリアと歩行者情報量の違いによって、車両加害部位と歩行者画像内の頭部傷害に関する特徴量に変化し、予測精度に影響を与える可能性があることを示した。なお、本研究の一部は科研費の助成を受けて実施したものであり、今後は歩行者の傷害部位単位での傷害予測の実現を試みる予定である。

### (3) 自動走行システムの安全性に関する標準試験法の検討

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 北島 創

《研究概要》

国連・国土交通省は、自動運転車の安全性を「自動運転車の運行設計領域において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」と定めている。

本研究では、一般道を走行する自動運転システムの安全性評価手法の開発に向けて、国内・海外の公道走行中の自動運転システム・運転支援システムの事故事例の調査と、テストシーンの選定、想定される交通外乱、テストコース上での交通外乱の再現手法の研究を目的とする。

研究の結果、公道走行中に発生した自動運転・運転支援システムの事故事例を国内 9 例・海外 17 例の合計 26 例を調査した。システムの認識・判断・制御系に起因する事例と、実験車両のテストドライバ・車両オーナーであるドライバの不適切な監視状態に起因する事例に分けられた。交差点右折時の交通外乱をテストコース上で再現できることを確認し、交差タイミングなどの観点で交通外乱の水準を調整する手法も検討した。この手法を用いることで AD 車が交差点を右折する際に対

向車の交通外乱がどのように影響するかを定量的に評価できるようになるため、一般道の検討が加速することが期待できる。

### (4) マルチエージェント交通シミュレーションを活用した事業化に向けた基礎的研究

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 北島 創

《研究概要》

内閣府が目指す世界一安全な道路交通を実現するためには運転支援や自動運転だけでなく、安全教育や道路環境整備といった総合的な対策が連携することが不可欠である。このように、さまざまな安全対策をどのように充実・普及させるかの戦略を策定するためにはシミュレーション技術を有効に活用することが必要である。

本研究では、JARI において開発している研究用マルチエージェント交通流シミュレーション・ソフトウェアを交通安全対策の普及戦略策定に活用できるように、シミュレーションの基本機能と実用性の検証を自動車技術会が定める手順に従って実施することを目的とする。

検証を行った結果、手動走行と自動運転・運転支援システムが混在した環境で、主要な事故が発生するドライバエージェントが実装されていること、地図内における交通量が実測に近い水準で再現できること、事故類型別の構成率が事故統計を反映していることを確認した。本シミュレーション・ソフトウェアが交通安全性について信頼性の高い試算できるエビデンスを整備したと考えられる。更なる活用に向けて、二輪車・自転車・歩行者のエージェントモデルの開発・改良が今後の課題である。

### (5) Jtown の機能強化に向けた試行的検討

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 高山 晋一

《研究概要》

2016 年度に経済産業省の補助を得て建設された自動運転評価拠点 Jtown は、ユーザーの意見を反映した設備の改善を継続的に検討することが求められている。今年度は、特異環境試験場と多目的市街地の機能強化について検討した。

特異環境試験場の降雨装置は、当初、自動運転時のセンシングに対する悪条件を想定して降雨量を

設定したが、ユーザーから「より少ない降雨量でも試験を実施したい」との要望を受け、対応方法を検討した。実際の降雨状況の観測データから得た「1時間当たりの雨量は同じでも、雨滴径、雨滴数は大きく変動し、一定の傾向を見出しにくい」ことを踏まえた上で、市販の降雨装置による試行を繰り返した結果、特定の雨滴径、雨滴数において、1時間当たり10mm程度の降雨量を再現することができた。

多目的市街地については、「EuroNCAPの対歩行者夜間AEB試験の照度条件を再現したい」との要望を受け、当該条件に適した灯器を調査し、設置方法を検討した。その結果、試験の照度条件を再現しつつ、様々な試験にも活用可能な移動式の外灯設備を作製することで、多目的市街地の機能強化を図ることができた。

## (6) 自動運転車の性能確認試験

[プロジェクトチーム]

安全研究部 中村 弘毅

《研究概要》

本研究では、1) 自動運転中もしくは運転引継ぎ時にドライバの周辺状態監視レベルを定量化して評価する手法の開発、2) 権限移譲場面の整理と分類、3) RTI時に処理すべき情報の優先順位を伝達しつつ、安全に制御を引き継ぐことができるHMIの検討、以上3つの課題を設定し、今年度は特に状態監視レベル推定のための基礎実験と、権限移譲場面の分類に向けた調査を実施した。定性的に安全に寄与する自発的視認行動の抽出を行い、自発的視認行動による状態監視レベルの可能性を示した。具体的には、運転中の注視行動のうち、サイドミラーを見る、ドアミラーを見るといった注視行動と、主観的な周辺状態監視レベルとの相関を調べた。

今後、権限移譲場面における状態監視レベルの分析を進め、運転引継ぎ行動の関係を分析し、1) についてまとめる。2) については引き続き調査を進め、高速道路と一般道における突発的権限移譲と、計画的権限移譲場面をそれぞれ整理する。また、それぞれの権限移譲場面においてスムーズな権限移譲を実現するHMIについて検討する。

## (7) ドライバ状態に関する基礎的研究

[プロジェクトチーム]

安全研究部 栗山 あずさ

《研究概要》

覚醒度は深夜や早朝だけでなく、午後の中ごろにも低下することが知られており、居眠り運転による交通事故は、これらの時間帯に発生しやすい。国内において、居眠り運転に関する対策の検討がなされているが、それらは、職業ドライバや事業者、高速道路を対象としたものが多い。しかし、覚醒度の低下は誰にでも生じることを踏まえると、一般ドライバの居眠り運転についても把握する必要があると考える。

そこで、本研究では居眠り運転の実態を把握することを目的とし、2019年の事故件数データから、居眠り運転に関する調査を行った。

調査の結果、居眠り運転による死亡・重傷事故のうち、業務中が占める割合は2割程度であり、約6割は私用・その他の通行中であった。また、9割以上は一般道で発生していた。さらに、時間帯別に分析した結果、居眠り運転事故率は、深夜から早朝および午後の中ごろに高く、通行目的や年齢層、路線によらず、これらの時間帯で事故率が高いことが示された。

以上の結果を踏まえると、居眠り運転事故削減のためには、職業ドライバを対象とした対策を継続するとともに、一般ドライバを対象とした対策を講じることも必要であると考えられる。

## (8) 安全で円滑な信号交差点通過を目指した運転支援研究

[プロジェクトチーム]

安全研究部 面田 雄一

《研究概要》

本研究では、交差点の信号切り替わり時におけるドライバの発進遅れに起因する交通渋滞を抑制する支援方法(発進遅れ防止支援)を提案するために、交差点における発進遅れに関連する先行研究の調査を行い、発進遅れ防止支援の方向性を検討した。

その結果、発進遅れに関する既存の支援方法のみでは発進遅れの抜本的な解消は困難である可能性があることがわかった。また、自車の前方状況(例えば、先行車や先々行車の発進状況)の認識を支援し、ドライバに発進を促すことで、発進遅れ防止につながる可能性があることがわかった。一方、発進遅れ防止のために積極的な発進を促すことは、先行車との追突リスクを高めることにもつながるため、

支援自体がディストラクションにつながる可能性がある。ディストラクション軽減策の一つとして、ヘッドアップディスプレイを活用したドライバへの情報呈示方法が有効と考えられた。

今後の課題として、ヘッドアップディスプレイを活用した発進遅れ防止に効果的な情報呈示方法を検討する予定である。

## (9) 大規模マイクロ交通事故データに基づく人身被害予測モデルの構築

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 佐藤 房子

《研究概要》

衝突被害低減ブレーキ等の先進運転支援システムや自動運転システムは、交通事故原因の9割以上を占める人的ミスの低減を見込めるとして、その高度化と普及の早期の実現が期待されている。先進運転支援システムや自動運転システムの高度化と普及に向けた様々な場面において、これらシステムに搭載されている各先進安全技術の安全性や事故低減効果を適切に評価することが必要である。そこで本研究では、衝突直前の車の挙動から、衝突後に発生する傷害リスクを予測するための傷害予測モデルを構築し、各先進安全技術の安全性や被害軽減効果の定量的な評価方法として提案することを目的としている。

2020年度は、米国の大規模事故データNASS-CDSを用い、機械学習のための事故データベースを構築した。このデータベースを用い、傷害予測モデルのプロトタイプを、確率モデルの一つであるベイジアンネットワークにより構築した。2021年度以降、2020年度に構築した傷害予測モデルをベースに、より精度の高い傷害予測モデルを構築していく予定である。なお、本研究の一部は国土交通省交通運輸技術開発推進制度の助成を受けて実施した。

## (10) バーチャルテストングに向けた調査研究

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 佐藤 房子

《研究概要》

衝突安全性評価のバーチャルテストングの実現に向けた研究活動は、特に欧州において活発になってきている。本テーマでは、今後国内でも議論が

始まると予想されるバーチャルテストングの基盤化・標準化活動に備えるため、欧州における最新の研究動向を調査し、バーチャルテストングに関する知見を収集した。

欧州では、バーチャルテストングに関する大規模な2つの研究プロジェクトが実施されている。1つは「VIRTUAL」と称するプロジェクトで、現行の衝突試験の拡充（乗員・衝突形態の多様性を考慮した衝突試験、交通弱者保護の対象拡大（歩行者のほか、自転車乗員、立姿勢乗員））とそのプラットフォームの構築を目指している。本プロジェクトではプラットフォーム構築の一環として、人体有限要素モデルViVA+を構築し、オープンソースとしてリリースしている。もう一つのプロジェクトは「OSCCAR (Future Occupant Safety for Crashes in Cars)」で、自動運転車における乗員保護装置のコンセプトや、人体有限要素モデルを用いたバーチャルテストングの実施から評価までの流れについて議論している。今後も引き続きこれらのプロジェクトの動向を調査し、バーチャルテストングに関する知見を蓄積していく予定である。

## (11) 歩行者横断が予測される潜在危険箇所における運転支援に関する研究

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 山口 伊織

《研究概要》

近年、WSD (Windshield Display) を安全運転支援に活用する動きが出ており、本研究ではWSDを安全運転支援に活用するための基礎研究として、駐車車両を死角とした歩行者等の飛び出し予測場面におけるドライバの減速を誘導するための支援を検討した。検討内容では、飛び出し予測場面とWSDを想定したCGオブジェクトをJARI-ARVにおいて再現し、オブジェクトに複数の条件を設けて走行実験と支援の評価を行った。オブジェクトの形状は8cm四方の角型で、駐車車両手前に左右5本ずつ配置し、幅員が駐車車両に近づくにしたがって一定に狭まるように配置した。高さは3条件、配置位置は2条件を設定し、高さによる速度低減への影響、配置位置による駐車車両を通過するまでの時間的な効率性とそれに伴うドライバの主観評価への影響を調べた。その結果、オブジェクトの高さが最も高い条件では、平均約7km/hの速度低減効果が



得られた一方で、主観評価では平均的に「やや視認がしにくい」結果となった。時間的な効率性に関しては、実験条件の違いによる影響よりもむしろ、ドライバ各々の減速の仕方に依存する結果となった。今後は、CG オブジェクトの設定を再検討し、さらなる安全性・効率性・受容性の向上を目指す。

## (12) 自動運転評価法のシナリオ構築に向けたデータ収集と基礎的検討

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 加藤 良祐

《研究概要》

近年、自動運転車の安全性評価の論証体系構築に向け、安全性を評価するシナリオ構築の在り方等の検討が精力的になされている。検討では、基本的なシナリオから構築が進められているが、将来的にはより複雑なシナリオについての検討もなされることが想定される。本プロジェクトでは、より複雑な交通環境における評価シナリオ構築を基本的な目標とし、交通環境における錯綜のパターンを概念的な挙動のレベル（車線変更する、減速するなど）で網羅的に生成する方法および、そのパターンにおいて各車両の動き方（車間距離や速度の変化）を簡単に表現するモデルを定義し、そのモデルにより多様な動き方を再現する方法の構築を行った。

本年度は自動運転車と周辺車両2台が2車線上で錯綜するパターンを網羅的に生成する方法を構築した。また、車両の動き方を表現するモデルの数学的な記述方法を構築した。今後、周辺車両2台による自動運転車から見た死角が発生するなどの複雑なシナリオを網羅的に生成する活用に向けた作りこみを実施する予定である。

## (13) ADAS-EDR に関する調査研究

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 三上 耕司

《研究概要》

車両への搭載が急速に普及している先進運転支援システム(Advanced Driver Assistance System, 以下「ADAS」という)機能や開発が進む自動運転機能に対し、事故が発生した場合の責任の所在を明らかとするため、車両で記録すべき情報に関する議論が国連や各国で行われている。一方、一部メーカーでは、ADAS機能が作動している間の車両情報を記

録する機能(ADAS・Event Data Recorder, 以下「ADAS-EDR」という)を有する車両が発売されている。

本研究では、ADAS-EDRに保存される情報の明確化を目的として、ADAS-EDRの機能を有する車両(1台)を用いて、ADAS-EDRの検証実験を行った。なお、本研究はボッシュ株式会社との共同研究である。実験方法は自動車アセスメント(JNCAP)における予防安全性能評価試験の一部である被害軽減ブレーキ性能試験(対車両, 対歩行者)に準じた。

本実験の結果、ADAS-EDRに保存される情報を把握するとともに、各種データの出力値や時間応答性などについて確認することができた。今後は、より詳細な分析を行うとともに、実験車種を増やしていく予定である。

## (14) 交通事故解析の精度向上に関する研究

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 三上 耕司

《研究概要》

交通事故の調査や捜査は、従来より物理学の運動法則をベースとして、実車実験結果をもとにした分析手法が考案され、車両挙動や速度を推定してきた。しかしながら、車体構造や車両形状の変化に伴い新たな分析手法が必要なケースが生じている。

この様な状況を踏まえ、本研究では交通事故解析の精度を向上させることを目的に、近年に実施した実車衝突実験結果から、1)ハイブリッド車後部のエネルギー吸収特性、2)前面衝突時における交通弱者の飛翔距離等を整理した。

1)については、ハイブリッド車の車両後部剛性が従来の車両よりも高い可能性が示唆されたことから、車両後部を固定壁に衝突させた実験結果を分析した。対象としたハイブリッド車(2車種)は、従来の車両よりも後部剛性が高く、リアオーバーハング長により平準化することで1つのエネルギー吸収図としてまとめた。

2)については、歩行者、自転車乗員、および自転車を押す歩行者が乗用車と衝突した際の飛翔距離や挙動について、人体ダミーを用いた実車衝突実験から比較・検討した。

今後は、これらの研究成果を外部発表していく予定である。

## (15) Jtown の既存設備の使用性向上のための検討

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 大崎 耕司

《研究概要》

このテーマでは、自動運転車での右折や追走など様々な評価試験を実施するために、Jtown で既存している自立型フリーボード用のバルーンカーを製作した。バルーンカーの部材は、ポリエチレンをシート材でパッキングし、複数の部品をマジックテープで貼り合わせ、万が一、衝突した際に自動運転車に損傷が生じないような構造とした。また、実際の車両のミリ波反射特性に近くするために、内部にアルミシートとリフレクタを前後左右に装備し、様々なシナリオで自動運転車が車両として認識するように対応した。バルーンカーの大きさは、普通車相当の全長 4,200mm、幅 1,800mm、高さ 1,600mm にし、自立型フリーボードが隠れるサイズとなっている。また、自立型フリーボード部分は自動運転車のミリ波に反射してしまう構造であるので、表面に電波吸収体も設置可能とした。また、子供用自転車も作成した。自転車の骨格を塩ビパイプで構築し、自動運転車が衝突しても、自動運転車に損傷が生じないようにしている。

## (16) 障害者運転のリスクマネジメント：緑内障を例とした支援デザインの予備検討

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 佐藤 健治

《研究概要》

緑内障に関する疫学調査によると、40 歳以上の 20 人に 1 人が緑内障に罹患していることが報告されている。緑内障による社会生活への影響は、症状の進行状況により様々であるが、自動車の運転に関する詳細な影響は把握されていない。これまでの所内研究において、緑内障の症状進行に伴い、特定の位置に出現する歩行者への発見が遅れる傾向が見られた。一方で、視野障害箇所を補償するような積極的な視線移動によって、歩行者の発見遅れが生じない事例も確認された。

そこで、本研究では、緑内障による視野障害と運転時の補償行動を把握するため、これまでに取得した運転シミュレータ実験のデータをもとに、多様な交通場面における周囲への注視配分を分析した。

その結果、各交通場面における注視配分の高いエ

リアは、健常者は前方であったのに対し、緑内障患者は前方に加えて左方向（歩道など）への注視配分が比較的高いことが示された。特に、生活道路や交差点等での他の交通参加者（歩行者等）の出現が予測される場面においてこの傾向が顕著であった。このことから、緑内障患者は、視野障害を補償するような特徴的な視線行動を示す可能性が示唆される。

## (17) 車両安全対策の検討に係る EDR 活用の研究

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 田川 傑

《研究概要》

車両安全対策の検討において、車両安全対策の評価や各種試験方法の検討の際に、実際の交通事故発生時の車両情報が活用できれば、現実にはより効果的な対応が可能となると考えられる。しかし現状では、交通事故発生時の客観的な車両情報を得ることはできないため、交通事故統計データ等を用いて推測している例が多い。そこで近年では、イベントデータレコーダ（以下、EDR）の活用が検討されており、速度等の車両挙動のみならず、運転操作や安全装置の作動状況等の情報の記録についても期待されている。本研究では、近年の EDR に関する動向を調べるとともに EDR データの記録項目等を整理し、車両安全対策の検討に資するデータが得られる可能性についてまとめた。今後は、具体的な EDR の活用方法を想定したケーススタディ等の実施により、車両安全対策を検討するために必要となる各種情報を整理していく必要がある。

## (18) 高度な自動走行・MaaS 等の社会実装に向けた研究開発・実証事業（自動走行システムの安全性評価基盤構築に向けた研究開発プロジェクト）

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 小西 薫

[委託元]

経済産業省

《研究概要》

交通事故の削減、渋滞の緩和などに向け、自動運転への期待は高く、関連する市場拡大も見込まれる。自動運転では、運転者による運転を前提とした従来の考え方に加え、システムが車両の操作を行うことに対応した新たな安全性評価手法の策定が必要である。また、策定にあたっては、諸外国と協調した

国際標準化を進めていくことが重要になる。経済産業省・国土交通省では、SAKURA プロジェクトという形で、ALL・JAPAN 連携による安全性評価手法を検討し、国際標準策定の議論のリードと国際基準への貢献を目的としている。

本事業では、高速道の交通外乱に関する網羅的なシナリオの生成・管理ができるシナリオデータベースのプロトタイプを構築した。また、ALKS (Automated Lane Keeping Systems) の安全性評価に必要なシナリオについて、実交通環境データから生成するプロセスの開発と、WP29 の場で議論されている注意深く有用なドライバ (Competent and Careful human driver) を想定したクライテリアを考案し、国際的な場で提案した。

今後は、高速道で開発・構築した評価手法を一般道へ拡張することに加え、交通外乱・認識外乱・車両外乱が結合したシナリオを生成できるデータベース (シナリオデータベース) を開発していく。

#### (19) 車両安全対策の総合的な推進に関する調査

[プロジェクトチーム]

安全研究部 岩城 亮

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

国土交通省では、道路交通事故の防止および被害軽減を図るため、自動車安全基準の拡充・強化などの車両安全対策を実施している。効果的な車両安全対策を実施するため、様々な角度から事故の実態を分析するとともに、今後の死者数削減効果が期待できる対策の効果予測や、既に実施済みの対策の効果を検証するための事後効果評価の実施、さらにその結果から対策の見直しを行うといった「自動車安全対策のPDCA サイクル」を実施している。

本調査では、2011年6月の交通政策審議会陸上交通分科会自動車交通部会報告書で示された交通事故死者数の削減目標(2020年までに2010年比で車両安全対策により1,000人削減)に対する削減状況の推計として、交通事故総合分析センターが所有する事故データベースを活用し、客観的なデータに基づいた調査・分析を実施した。既に基準化または自動車アセスメント等に導入された車両安全対策を対象として、2010年比の死者数削減効果を推計した結果、2019年時点で1,332人となった。また、

今後重点的な対応が必要となる車両安全対策の検討を目的として、事故データベースを用いた高齢運転者による車両単独事故の分析を実施し、発生状況や特徴等について整理した。

#### (20) 令和2年度原動機付三・四輪自転車性能調査

[プロジェクトチーム]

安全研究部 谷口 昌幸

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

近年、小型電動モビリティなどの様々なモビリティが登場してきているが、これら新たな電動モビリティの大多数は原動機付自転車に分類されるものが多く、保安基準への適合や性能について第三者的に確認されているものは極めて少ない状況である。

以上の状況を踏まえ、本調査では、小型電動モビリティが普及した際の安全性を考慮した基準の適用等を検討する際の基礎資料を得ることを目的に、2車種の原動機付自転車について、以下の調査を行い、性能を把握した。

- ・原動機付三・四輪自転車の制動装置における性能調査および最大積載量増加時の安全性調査  
「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示別添98」および「原動機付三・四輪自転車の構造・装置に係る技術基準について」に準じた制動試験
- ・原動機付三・四輪自転車の基準への適合性や性能の調査
  - 1) 保安基準 (e マーク等認可取得状況等により確認)、
  - 2) 操縦装置における表示の UN-R121、
  - 3) 保安基準第 29 条関係 e マーク等認可取得状況、
  - 4) 衝突試験非破壊基準、
  - 5) 換気装置、デフロスタの装着状況、
  - 6) 最大安定傾斜角度試験、
  - 7) 衝突試験 (オフセット前面衝突試験および側面衝突試験)。

#### (21) 車両安全に資するための医工連携による交通事故の詳細調査分析

[プロジェクトチーム]

安全研究部 高山 晋一

[委託元]

国土交通省

## 《研究概要》

歩行者事故において、特に死亡率の高い頭部傷害の発生メカニズムを検討するために事故再現シミュレーション解析を行った。事件事例 11 件に対し、車両形状、歩行者寸法を事例と同一の条件とした場合、ならびに、歩行者寸法をダミー寸法（平均的な成人男性、小柄な成人女性）に変更した場合、車両形状を SUV タイプに変更した場合のシミュレーションを実施した。どのシミュレーションにおいても、路面による衝突の方が、車両との衝突よりも頭部傷害値（HIC）が高くなる傾向が見られた。また、衝突速度が低い場合、路面による衝突の HIC は比較的 low、対策としては衝突速度を低減させることが重要であることが確認できた。

2011 年度以降の本事業の取り組み内容、および成果を整理した。以下取り組み内容、成果例を挙げる。

四輪車の事故も含む事故調査では、四輪車乗員は肋骨骨折を伴わない肺損傷が多い、自転車乗員・歩行者は頭蓋骨骨折を伴わない脳損傷が多いという特徴が見られた。事故自動通報システムについては、費用対効果、実運用上での懸念点、システム拡大の方向性、効果推定の検討を行い、事故自動通報システムの推進に貢献した。

## (22) バス座席の乗員拘束装置に関する調査

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 鮎川 佳弘

[委託元]

国土交通省

《研究概要》

専ら幼児の運送の用に供する自動車（以下、「幼児専用車」という）については、以前から幼児乗員の安全性確保について議論が行われてきた。

2013 年 3 月に、「幼児専用車の車両安全性向上のためのガイドライン」が車両安全対策検討会においてとりまとめられ、シートバック後面への緩衝材の装備やシートバック高さを上げること等が安全対策として示された。一方で、座席ベルトの装備については、座席からの転落を防ぐことへの有効性は認められるものの、幼児の体格が年齢によって様々であることや、既存の座席ベルトでは幼児自らによる緊急時の脱出が困難であること等から、将来に向けた課題とされた。

本調査では、幼児用座席に適した座席ベルトを取り付けた幼児専用車の車内映像等を用いて、実運行時における幼児の座席ベルト着脱時の様子を観察調査した。また、幼児専用車を運行または利用する幼稚園・保育園の職員や園児保護者への Web アンケート調査を実施することにより、幼児専用車の運行状況の実態を明らかにするとともに、幼児用座席への座席ベルト装備に関する賛否や要望を把握した。

## (23) ガラスへの衝突による歩行者頭部傷害値ばらつきの研究

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 樋口 友樹

[委託元]

公益財団法人 日本自動車輸送技術協会 自動車基準認証国際化研究センター（JASIC）

《研究概要》

欧州の EC が採択した GSR（General Safety Regulation）改定における歩行者保護基準改定（歩行者頭部保護試験範囲を前面ガラス部まで拡大）は 2024 年 7 月から適用開始となっている。EC はこの GSR 改定に合わせて UN-R127（歩行者保護に係る協定規則）の改定提案を予定しており、現在、UN/ECE/WP29/GRSP 傘下の GSR タスクフォースにて、試験条件などが議論されている。なかでも、前面ガラス部を対象とした歩行者頭部保護試験における傷害値（HIC : Head Injury Criterion）のばらつきについては、非常に大きいことを示す試験結果が OICA から示されている。また、日本で実施された先行研究の結果、子供頭部インパクトを用いた試験において、HIC の大きなばらつきが発生することが確認された。

そこで本調査では、HIC がばらつく条件の絞り込みのための知見を蓄積することを目的とし、HIC のばらつきが最も出やすくなると考えられる条件（使用インパクト：子供頭部インパクト、打点：前面ガラス中央部）での実車を用いた頭部保護性能試験を 10 回実施した。その結果、うち 8 試験では高い HIC が発生し、同一生産時期のガラスを用いた場合でもガラスの割れタイミングに起因した HIC のばらつきが確認された。しかしながら、この結果は 1 車種での試験結果であるため、今後もガラスの角度や厚さ、デザイン等による影響も考慮した継続的な調査

が必要である。

## **(24) 衝突被害軽減制動制御装置 [交差点] の自動車アセスメント評価導入に向けた基礎調査研究**

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 若杉 貴志

[委託元]

独立行政法人 自動車事故対策機構

《研究概要》

国土交通省と独立行政法人自動車事故対策機構 (NASVA) が進める自動車アセスメント (JNCAP) では、従来の衝突安全性能評価に加え、2014 年度から各種予防安全性能評価を順次導入してきた。衝突被害軽減ブレーキ (AEBS) に関しては、既に車両追突および横断歩行者への事故低減性能の評価が行われているが、2022 年度からの対自転車 AEBS の評価導入が決定し、引き続き 2024 年度以降に交差点内で発生する様々な事故に対しての事故低減性能を評価するための検討も開始した。

本研究では、交差点 AEBS について、JNCAP における試験方法や評価方法の策定に資する知見を得ることを目的に、EuroNCAP や米国 NCAP の最新動向、および市販車両への装着状況を調査した。また、先進の AEBS 機能について、将来的な JNCAP への評価導入を見据え、事故シナリオの優先順位や得点規模の検討に資するため、国内の交通事故データの分析を行った。その結果をもとに、JNCAP で優先的に検討すべき 6 種類の事故シナリオ (正面衝突、出会い頭、右直、右左折時の横断歩行者、前方の対歩行者、後退時の対歩行者) について、支援形態や評価対象の考え方を整理した。

## **(25) 衝突被害軽減制動制御装置 [対自転車] の自動車アセスメント評価導入に向けた最新実態調査研究**

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 上野 昌範

[委託元]

独立行政法人 自動車事故対策機構

《研究概要》

国土交通省と独立行政法人自動車事故対策機構 (NASVA) が進める自動車アセスメント (JNCAP) では、従来の衝突安全性能試験に加え、2014 年度から衝突被害軽減ブレーキ (対車両 AEBS) を始め

とする各種予防安全性能評価を順次導入してきた。2016 年度には対歩行者 AEBS [昼間]、2018 年度には同 [夜間] 評価を開始し、2022 年度からは対自転車 AEBS の評価導入を予定している。

本調査研究では、対自転車 AEBS のアセスメント化に向け、現在の試験・評価方法案作成に使用された 2009 年の事故データから 10 年以上が経過した現在において、事故実態等に変化傾向が見られるかどうかを分析することで、試験・評価方法案の妥当性を検討した。事故実態の分析には最新の 2019 年の事故データを使用し、対象事故による社会損失額の大きさならびに死亡事故率の高さの観点から、事故類型、衝突部位、危険認知速度等の試験条件に関わる項目について、2009 年データと比較した結果、現在の試験・評価方法案が妥当なものであることを確認した。

## **(26) 新たな前面衝突試験の自動車アセスメント評価導入に向けた基礎調査研究**

[プロジェクトチーフ]

安全研究部 中嶋 太一

[委託元]

独立行政法人 自動車事故対策機構

《研究概要》

国内の自動車アセスメント (JNCAP) における前面衝突試験は、固定壁へのフルラップ前突とオフセット前突の 2 種類の衝突形態で実施され、近年では乗員の多様性を考慮した試験・評価法の見直しがなされてきた。一方で、自動車アセスメントロードマップ (2020) において、2024 年度より「新たな前面衝突試験の自動車アセスメント評価導入」が掲げられた。また、他国の NCAP 試験においても、従来試験のアップデートを含め、新たな前面衝突試験の導入についての検討が盛んになりつつある。

これを受けて、本研究では、新たな前面衝突試験の自動車アセスメント評価導入の検討に資するため、1) 国内の正面衝突事故実態の調査、2) 国内の車両重量分布の調査、3) 他の NCAP における前面衝突試験の動向調査を行なった。その結果、近年での正面衝突事故においては、死亡者は 65 歳以上、重傷者は 64 歳以下が多く、運転者は男性、同乗者は女性が多い傾向にあることがわかった。また、上記 2)、3) については、JNCAP 衝突試験評価車両の重量分布を把握するとともに、欧州 EuroNCAP

における前面衝突試験の動向を調査するなど、新たな前面衝突試験の導入の検討に必要な基礎資料を得ることができた。

## (27) 自動運転車の性能確認試験

[プロジェクトチーム]

安全研究部 山口 直紀

[委託元]

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

《研究概要》

国立研究開発法人産業技術総合研究所が福井県吉田郡永平寺町で試験運行を実施している遠隔型自動運転システムによる無人自動運転移動サービスの車両を国土交通省が 2020 年 7 月に発表した「ラストマイル自動運転車両システム 基本設計書」の内容に基づき性能評価実験を行った。

実験では、無人自動運転移動サービスの車両が走行できるように特異環境試験場に電磁誘導線を仮設し、想定される様々な危険場面での車両性能を確認した。最高速度や加速度、減速度の確認、歩行者の飛び出し、自転車のカットイン、ならびに走行ルートに人が寝ていた場合をダミー人形にて再現し、設計通りの車両挙動になることを確認した。また、センサーが故障した場合を想定して走行中に一部のセンサーの不作動状態にするシナリオ、急な大雨、霧など運行中に道路環境が変化した場合のシナリオについても実験を行い、設計通りの車両挙動となることを確認した。

## (28) 自動運転車の事故に関する事故調査分析研究業務における実証実験業務

[プロジェクトチーム]

安全研究部 山口 直紀

[委託元]

公益財団法人 交通事故総合分析センター

《研究概要》

今後、市場に導入される自動運転車が交通事故を起こしてしまった場合の原因究明を科学的、総合的に解明するため、調査分析技術を向上させる必要がある。自動運転相当の走行による各制御装置等の作動や性能の把握、および記録装置の記録を抽出・可視化するために必要な調査機材の確保に係る情報収集を目的に、最新の運転支援システムを装備した車両を用いて実証実験を行った。

試験のシナリオとしては、オートクルーズコントロール (ACC) 作動中の追突事故、手動運転中の追突事故に対する衝突被害低減ブレーキ (AEBS)、車線逸脱を想定した擦れた白線のレーンキープアシスト (LKAS) の作動状況を記録した。

また、高速道路では一般道と異なり、走行しながら事故の痕跡を収集する必要がある。そのため、モービルマッピングシステム (MMS) を搭載した車両によって、ガードレールの破損状況、路面タイヤ痕の計測が可能であるかの確認試験を行った。

## (29) 自動運転車の事故に関する事故調査分析研究業務における実証実験業務

[プロジェクトチーム]

安全研究部 山口 直紀

[委託元]

公益財団法人 交通事故総合分析センター

《研究概要》

今後、市場に導入・普及する自動運転車に係る交通事故の原因究明を科学的、総合的に解明するための調査分析技術の向上のため、自動運転相当の走行による車両挙動を記録する装置の記録条件および基本・限界性能の把握並びに記録データの抽出・可視化に係る情報収集を目的に、最新の運転支援システム搭載車両を用いて実証実験を行った。現状、車両の事故はイベントデータレコーダ (EDR) に記録され、自動運転車に対しても、事故の状況を記録することが求められている。実験では EDR に簡易的に衝撃を与え、データが記録されるような構造にし、直進の他、旋回中、スラローム走行中からの緩制動、急制動を走行速度を変えて行った。

## (30) 拡張現実実験車による交差点事故の再現シミュレーションと予防安全方策に関する研究

[プロジェクトチーム]

安全研究部 内田 信行

[委託元]

独立行政法人 日本学術振興会

《研究概要》

歩行者・自転車の事故は全死亡事故の半数以上を占める早急な対策が必要な交通事故形態であり、死亡事故の大半は自動車との衝突によるものである。事故原因の多くは運転者による認知遅れといったヒューマンエラーであり、運転者の視覚認知特性を

考慮したヒューマンエラー防止支援方策の検討が必要である。

本研究では、市街地交差点での交通弱者（歩行者・自転車）との交通事故発生要因を分析し、安全不確認などのヒューマンエラーが発生しやすいシナリオ・交通環境条件を明らかにすると共に、テストコースにおいて典型的な交差点事故シナリオを再現し、高度な運転支援機能の有効性と受容性に関する実証実験を行った。

その結果、警報提示による顕著な事故リスク低減効果が認められたが、これは警報提示の重要性を示すだけでなく、再現した場面において運転者の「構え」欠如が生じ、出会い頭自転車との衝突リスクを増大させていることが明らかになった。さらに、特定の対象物への注意喚起ではなく、運転者の全般的な注意レベルを上げる警報提示が潜在的な出会い頭自転車への「構え」を形成し、衝突リスクを低減できる可能性が実証的に示された。

### (31) 歩行者事故低減に向けた子どもへの安全教育および周囲の監視に関する研究

〔プロジェクトチーフ〕

安全研究部 大谷 亮

〔助成元〕

一般社団法人 日本損害保険協会 自賠責運用  
益拠出事業

《研究概要》

2019年度の調査では、歩行者事故低減に向けた子どもの安全教育や子どもに対する保護者の監視（Parental Supervision）の実態を把握するとともに、効果的な交通安全教育に資する資料を得るため、道路横断方法に関する子どもの知識などの発達を検討した。

本研究では、web アンケート調査、児童および地域住民を対象にした面接調査などにより、効果的な交通安全教育と監視活動の普及のための要件を探ることを目的とした。また、交通安全に関する児童の知識や認識の発達差について、2019年度の結果の妥当性を検証した。

調査の結果、安全教育や監視活動などへの参加の動機が年齢により異なり、子どもの安全確保の取り組みを普及促進する場合には、取り組みに参加する対象者の年齢に配慮することが重要とわかった。また、交通安全に関する子どもの発達について、小学

1年生の場合、半年間で知識や認識が変化することが示され、1年生を対象にした安全教育を実施する際には、この変化に応じた対応の必要性が明らかとなった。

今後、これまでに得られた結果の妥当性を検証し、子どもへの安全教育や監視を普及するための要件を整理するとともに、取り組みに参加する対象者への教育について検討する予定である。

## 2.4 ITS・エレクトロニクス分野

### (1) ITS 産業動向調査に関する調査研究

〔プロジェクトチーフ〕

ITS 研究部 中塚 喜美代

《研究概要》

本調査は、ITS や自動運転、新たなモビリティの活用に向けて、最新の動向を把握し、その普及や発展に向けた課題を抽出すること、さらに様々な移動に関する課題解決に向け、提言や情報発信を行うものである。そのため、ITS 関連企業や省庁、団体などのキーパーソンへのインタビューやアンケートを通して得られた知見をベースに産業動向調査研究会独自の分析を加え、報告書としてとりまとめている。報告書は、関係者や一般にも頒布し、成果の普及に努めている。

今年度の調査では、超高齢化や人口減少、都市の人口集中、地方の過疎化、労働力不足などのこれまでの社会問題に加え、新たに新型コロナウイルスへの対応が求められるなかで、人やモノの移動課題解決に向け、注目されている自動運転やこれからも様々な産業へと拡大するものと期待されるモビリティサービス・MaaS にフォーカスして技術動向や市場動向の調査を行っている。また、ドライバー不足など社会的なモビリティの課題解決に向けて、これまで全国各地で実施された数々の実証実験から見てきた実装への課題について考察した。さらには、自動車が常時インターネットに繋がるコネクテッドカー実現において課題となる自動車のセキュリティに関する最新動向についても報告している。

## (2) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 2 期 / 自動運転 (システムとサービスの拡張) / 自動運転及び運転支援による交通事故削減効果の見える化

[プロジェクトチーフ]

ITS 研究部 大田 浩之

[委託元]

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

《研究概要》

自動運転車および運転支援車の円滑な導入や利用を促進するためには、社会的受容性を醸成することが必要である。本事業では、交通参加者が各々に、知覚・認知、判断、操作を行うマルチエージェント型のシミュレーション (SIP 第 1 期「自動走行システム」事業にて開発された成果) を用い、選定したモデル都市の交通環境を再現し、その中にドライバの脇見などの事故発生要因を実装することにより現実の事故発生状況を再現した。また、2015 年度から 2050 年度まで 5 年おきの自動運転 (運転支援) システムの普及シナリオ (SIP 第 2 期「自動運転 (システムとサービスの拡張)」事業のうち「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」より提供された成果) を用いて交通事故削減効果の推計を行った。自動運転 (運転支援) システムの普及シナリオは車両区分ごとに異なるため、車両区分を細分化し、乗用車、乗合、貨物などの区分ごとに自動運転 (運転支援) システムの普及率を設定した。全国規模の交通事故削減効果は、モデル都市を対象としたシミュレーションから算出される交通事故削減割合を用いて交通事故統計データより推計した。

## (3) 視野障害者の車両運転時の挙動に関する調査

[プロジェクトチーフ]

ITS 研究部 大田 浩之

[委託元]

国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学

《研究概要》

SIP 第 2 期「視野障害を有する者に対する高度運転支援システムに関する研究」事業において、交通制約者の支援、視覚障害者等に対する運転支援システムの有効性の検証が実施される。その一環として、健常者と視野障害者の事故発生頻度の

比較と運転支援システムを搭載した場合の定量的な事故低減効果を、SIP 第 1 期「戦略的イノベーション創造プログラム (自動走行システム): 交通事故低減詳細効果見積りのためのシミュレーション技術の開発及び実証」にて開発されたマルチエージェント交通環境再現型シミュレーション技術を用い運転支援システムの有効性検証に活用した。視野障害者・健常者運転データならびに、視野障害者特有の事故要因を組み込んだドライビングシミュレータの実験に先立ち、様々な属性のドライバによる運転挙動を再現できるマルチエージェント交通環境再現型シミュレーションを用い、正常なドライバと視野障害があるドライバで事故発生にどのような差が表れるか、運転支援システムが事故低減効果にどのように作用するかを算出した。

## (4) ISO26262 規格運用共同研究

[プロジェクトチーフ]

ITS 研究部 福田 和良

[委託元]

OEM / サプライヤ 13 社 (共同研究)

《研究概要》

自動車向け機能安全規格 ISO 26262 を OEM、サプライヤ各社の活動に適用する際の課題への対応を議論すべく、共同研究エンジン WG 活動を実施した。

今年度の研究では、複数システムで構成される HEV システム等を事例に ISO 26262 の活動対象となるアイテム (例えば、エンジン制御システムなど電気 / 電子システムおよびシステム群のこと) 定義について議論した。具体的には、複数システムを構成する個々のシステム単位でアイテムを定義する (分割型) のか、複数システム全体を一括りでアイテムを定義する (まとめ型) のか、「分割型」、「まとめ型」といったアイテム定義の違いによって ASIL 付与に違いがあるのかを検討した。ただし、複数システムにおける ASIL 付与については、アイテムを構成するサブアイテムへの安全要求の付与、サブアイテム同士の独立性など、規格解釈を踏まえた考察も必要との議論となった。2 年計画 2 年目の成果として、複数システムにおけるアイテム定義は、機能構成、安全要求の付与、機能の独立性など安全分析の観点も加えて実施することが重要との共通理解を得ることができた。



## 2.5 ロボット分野

### (1) 戦 84 人間との相互作用に伴う次世代機械安全のための皮膚傷害耐性の計測方法に関する国際標準化

[プロジェクトチーフ]

ロボット開発支援室 松本 光司

[委託元]

国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学  
《研究概要》

製造分野などでは、人と機械が同一空間で作業を行う協働型ロボットや様々なサービスロボットが開発・導入されつつある。この種の機械は同一空間で人と機械が共存して作業を行うため、人との物理的な接触による傷害の発生が懸念される。そのため、安全安心な機械の開発に資する接触と傷害の関係を知る必要がある。

本事業では、名古屋大学をはじめ複数機関とともに、ヒトの上腕への機械の接触に対する皮下出血発生の閾値を明らかにすると共に、その閾値を基準値とした皮下出血の発生可能性を計測可能な試験装置を開発した。これらの取り組みの中で、JARIはヒトの上腕部を有限要素にてモデル化し、ヒト上腕部の皮下出血発生の閾値を明らかにした。これらの成果はISO/TR21260として発行される予定であり、より実地的な耐性規範として従来痛みを上限とした規範が世界的に塗り替えられる可能性がある。

なお本事業は2018年度から2020年度までの三か年において、経済産業省の工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）によって名古屋大学からの

受託により実施したものである。

### (2) ロボット介護機器開発・標準化事業

[プロジェクトチーフ]

ロボット開発支援室 勝田 智也

[委託元]

国立研究開発法人 日本医療研究開発機構  
(AMED)

《研究概要》

超高齢化社会を迎えた我が国では、介護労働を助け、被介護者の日常生活をアシストするロボット技術の発達が進んで来ている。また、多様な使用者に寄り添い、自律的に動作するロボット介護機器の製品化には、厳格な安全性が求められ、その安全基準や試験方法の開発が喫緊の課題となっている。

本事業では、被介護者がよりアクティブに活動でき、生活の質向上に貢献するロボット介護機器を重点分野として扱っている。JARIは、それらの安全基準および検証方法の開発・標準化を担当し、機能安全を達成するための具体的開発手段を解説するガイダンス文書の作成、装着型移動支援機器の製造者が適用できる耐久性試験方法とEMC試験方法の研究・開発、および移動支援機器の安全サポート機能への安全要求基準を、国内標準化団体を通して、ISO TC173 WG1の規格草案として、提案をするなど、安全基準の開発に貢献した。

なお本研究は、AMEDの課題番号JP20he2002003として支援を受けたものである。