

# 未来ビークルシティリサーチセンター

－ スマート未来ビークルシティ事業 －

## 令和6年度研究成果報告書



令和7年3月

# □□□ 目 次 □□□

## ご挨拶

【センター長 三浦 純】

..... 1

## 組織・構成

..... 2

## 活動報告

..... 5

## 研究成果

### ■低炭素社会と産業育成コア

#### 1. 第4世代ビークルの研究

【未来ビークルシティリサーチセンター 特任教授 大平 孝, 電気・電子情報工学系 教授  
田村 昌也, 機械工学系 助教 堀尾 亮介, 未来ビークルシティリサーチセンター 特任助  
手 水谷 豊】

..... 10

- 1-1 非ユークリッド幾何学を活用した共振型スイッチング RF 増幅器の設計法の体系化
- 1-2 電力伝送系における一般化 kQ 理論の構築
- 1-3 移動体発電と無線給電技術を利用したエネルギー回収の実験的研究
- 1-4 スマートファクトリー向けワイヤレス電力伝送システムの開発

#### 2. 新しい電池技術の研究開発

【電気・電子情報工学系 教授 稲田 亮史】

..... 15

- 2-1 次世代型電池実現に向けた研究開発
- 2-2 酸化物系全固体電池に関する研究開発

### ■低炭素社会と安全・安心コア

#### 3. 予防安全・自動運転のための環境認識

【情報・知能工学系 教授 三浦 純】

..... 17

- 3-1 移動ロボットの End-to-end モデルによる自動運転

4. 安全運転支援のためのドライバ行動の計測・認識に関する研究 【機械工学系 助教 秋月 拓磨, 広島工業大学 教授 章 忠】	.....	19
4-1 はじめに		
4-2 日常中の運転行動データ収集実験		
4-3 運転行動内容の推定		
4-4 おわりに		
5. 交通弱者の安全・安心のためのシステムに関する研究 【情報・知能工学系 准教授 金澤 靖】	.....	21
5-1 はじめに		
5-2 全方位カメラ画像からの車両検出		
5-3 推定結果		
5-4 おわりに		
6. 道路交通ビッグデータや自動運転技術を活用した安心・安全な地域社会の構築に関する研究 【建築・都市システム学系 准教授 松尾幸二郎, 教授 杉木直, 他】	.....	23
6-1 研究背景・目的		
6-2 点群データの取得		
6-3 アンケート調査		
6-4 3次元点群データを用いた見通し評価手法		
6-5 見通し評価の比較		
6-6 まとめ		
 <b>■低炭素社会と先端省エネルギーコア</b>		
7. 未来型ビークルとエネルギーの関連産業が経済と環境へ及ぼす影響に関する基礎的研究 【建築・都市システム学系 教授 渋澤 博幸, 助教 崔 明姫, 他】	.....	25
7-1 はじめに		
7-2 方法		
7-3 分析結果		
7-4 おわりに		
 <b>■その他</b>		
8. 令和6年度 教員（研究室）活動実績	.....	27

# ご挨拶



豊橋技術科学大学 教授  
未来ビークルシティリサーチセンター

センター長 三浦 純

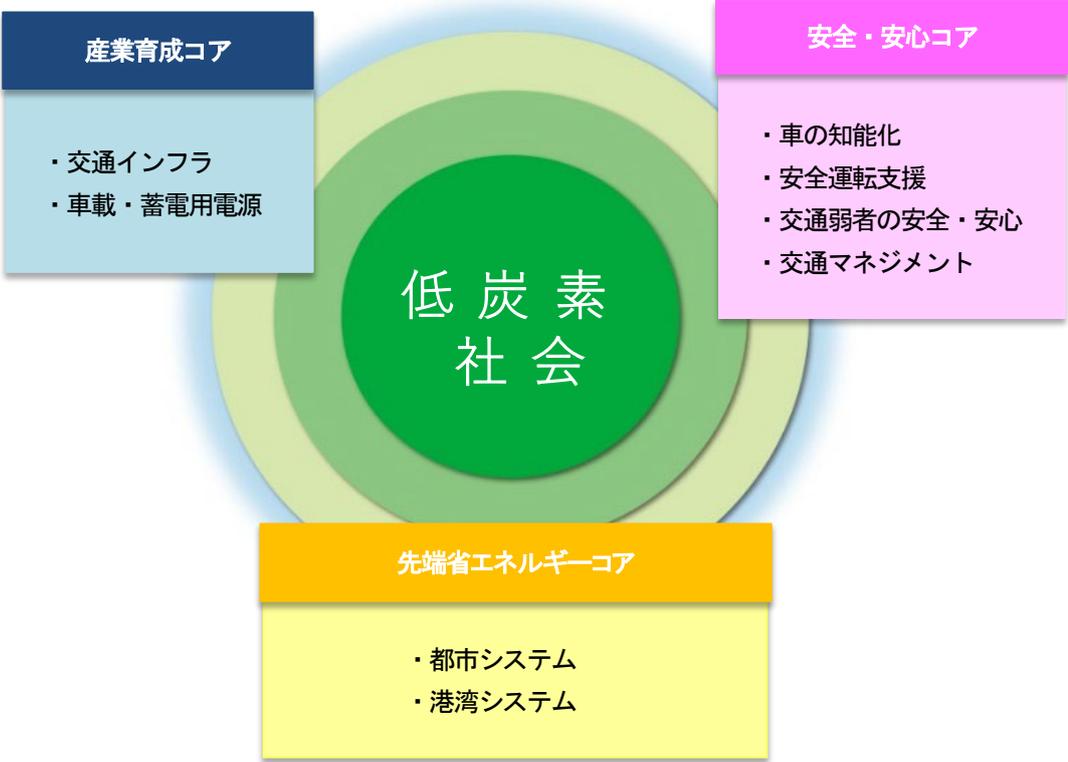
当センターは、前身である未来ビークルリサーチセンターの活動を引き継ぎ、文部科学省特別経費「サステナブルな社会における未来ビークルシティ事業：低炭素社会における安全・安心なビークルシティ」により、前センターを継続する形で改組され、2016年度から事業を開始しました。それ以来、未来ビークルシティの実現に向け、「低炭素社会と産業育成コア」「低炭素社会と安全・安心コア」「低炭素社会と先端省エネルギーコア」の三つのコアを軸に研究に取り組んできました。具体的には、ワイヤレス給電、新しい電池技術、自動車の知能化、ワイヤレス情報通信、予防安全、交通マネジメント、未来ビークル普及の社会経済への影響評価などの研究を進めてきました。その中でも、ワイヤレス給電技術と交通マネジメントは近年の中心的な課題となっており、前者では内閣府・国土交通省のCART事業や企業との共同研究、後者では豊橋市や湖西市などの自治体との連携を通じて、研究成果の社会実装に取り組んできました。また、本学と企業がマッチングファンド方式で実施するイノベーション協働研究プロジェクトの枠組みも活用し、多方面から研究開発を推進してきました。

本学では2023年4月1日、従来のエレクトロニクス先端融合研究所（EIIRIS）を機能強化し、新たに次世代半導体・センサ科学研究所（IRES<sup>2</sup>）を設立しました。本学の強みである半導体技術・センシング技術と各種応用分野との融合研究を通じた社会実装の推進や、国内外の課題解決への貢献を目的としています。当センターからも一部の研究者がIRES<sup>2</sup>社会実装部門の次世代モビリティ社会部門に参画し、最先端センシング技術の応用に取り組んでいます。一方、本学では2025年度に向け、リサーチセンターのあり方を検討しており、従来型のリサーチセンターに加え、独創的な研究や異分野融合研究、さらには他機関の研究者との協働を、よりタイムリーかつ柔軟に行うための新たなリサーチセンター制度の導入が決定しています。当センターでは、こうした状況の変化も踏まえ、本年度をもって現在の形での活動を終了することといたしました。これまで当センターの活動をご指導・ご支援いただきました皆様に、心より御礼申し上げます。

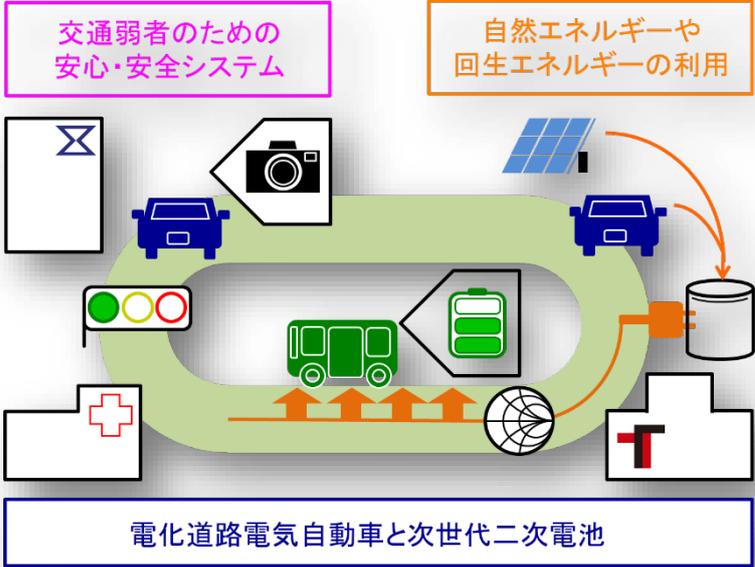
なお、未来ビークルシティリサーチセンターとしての活動は終了いたしますが、当センターが掲げてきた「低炭素社会」や「安全・安心社会」の構築は、引き続き日本の重要課題であり、各構成員は今後も関連する基盤技術や応用技術の研究開発を推進してまいります。本報告書は、2024年度の研究成果をまとめたものです。ぜひご高覧いただき、今後とも変わらぬご指導・ご鞭撻のほど、よろしく申し上げます。

# 組織・構成

センターは、「低炭素社会と産業育成コア」、「低炭素社会と安全・安心コア」と「低炭素社会と先端省エネルギーコア」から構成されています。



## センターのイメージ



## 2024年度 未来ビークルシティリサーチセンター 構成員

### ■ 低炭素社会と産業育成コア

氏名	所属	職名	
大平 孝	未来ビークルシティリサーチセンター	特任教授	
稲田 亮史	電気・電子情報工学系	教授	副センター長・コア長
田村 昌也	電気・電子情報工学系	教授	
堀尾 亮介	機械工学系	助教	
水谷 豊	未来ビークルシティリサーチセンター	特任助手	

### ■ 低炭素社会と安全・安心コア

氏名	所属	職名	
三浦 純	情報・知能工学系	教授	センター長・コア長
杉木 直	建築・都市システム学系	教授	
金澤 靖	情報・知能工学系	准教授	
松尾 幸二郎	建築・都市システム学系	准教授	
秋月 拓磨	機械工学系	助教	

### ■ 低炭素社会と先端省エネルギーコア

氏名	所属	職名	
渋澤 博幸	建築・都市システム学系	教授	副センター長・コア長
崔 明姫	建築・都市システム学系	助教	

# 活動報告

## 1 ものづくり博 2024 in 東三河

日時 : 2024年6月14日(金)～6月15日(土)

展示時間 : 10:00～16:00

会場 : 豊橋市総合体育館

豊橋技術科学大学は、6月14日(金)～6月15日(土)に豊橋市総合体育館で開催された「ものづくり博2024 in 東三河」に協賛しました。東三河広域経済連合会が隔年で開催しており、今回は「ものづくりのワクワク体験と感動を」をコンセプトに、約70団体がブースを設けました。

大学出展ブースにおいて、三浦純教授は、IRES<sup>2</sup> 人間・ロボット共生分野と未来ビークルシティアリサーチセンターの共同展示として、「移動ロボット・自動運転・パーソナルモビリティ」ーパーソナルモビリティを体験しよう!ー」と題し、研究成果の紹介と自動運転車いすの体験展示を行いました。距離センサ(LiDAR)を用いた自律移動とカメラによる人認識を組み合わせて、手を振る人のもとへ自動で動く車いすを多くの人に体験して頂きました。



■ 自動運転車いすの乗車体験



■ センター紹介のポスター展示

## 2 豊橋技術科学大学 OPEN CAMPUS 2024

日時 : 2024年8月24日(土)

展示時間 : 9:30～16:00

会場 : 豊橋技術科学大学

豊橋技術科学大学は8月24日(土)に受験生向けイベントとして高校生・高専生を対象にオープンキャンパス2024を開催しました。昨年に引き続き、事前来場予約制、現地・オンラインの同時開催となりました。当日は1,700名を超える方々にご参加くださいました。大学概要説明、模擬授業、個別相談会、研究室公開など様々なプログラムが行われ学内を自由にまわっていただきました。

IRES<sup>2</sup> 人間・ロボット共生分野との共同展示として、未来ビークルシティアリサーチセンターの紹介展示を行いました。各研究室の紹介動画上映やセンター紹介のポスター展示を行いました。両展示を

あわせて130人ほどの方に来ていただきました。担当の学生がセンターの概要紹介を行い、特定の研究室の展示に興味がある方には場所を紹介して、個別に行っていただく形で実施しました。



■ センター紹介の動画とポスター展示

### 3 教員の受賞

受賞日	受賞者			内容
2024.6.6	大平 孝	功績賞	一般社団法人 電子情報通信学会	永年にわたり電子情報通信工学の発展に寄与した者に贈られた
2025.1.6	松尾 幸二郎	感謝状	愛知県警察	交通死亡事故抑制対策アドバイザーとして、研究活動を通じて交通安全に寄与したことが認められた

### 4 各種報道

#### ■新聞掲載等

掲載日	報道機関		内容	担当教員
2024.4.27	東日新聞	2面	非接触電力伝送部品を開発	教授 田村昌也
2024.5.1	railf.jp		豊橋鉄道、タウンミーティング「豊橋のまちづくりと公共交通を考える」を開催	准教授 松尾幸二郎
2024.5.1	TECH+		豊橋技科大など、産業ロボット用ワイヤレス給電ロータリージョイントを開発	教授 田村昌也
2024.5.4	東日新聞	3面	まちづくりと公共交通考える 25日豊橋市公会堂でタウンミーティング	准教授 松尾幸二郎
2024.5.26	東愛知新聞	2面	公共交通で住み良い豊橋に	准教授 松尾幸二郎
2024.5.26	東日新聞	3面	公共交通とまちづくり 豊鉄グループ100周年タウンミーティング	准教授 松尾幸二郎
2024.5.26	中日新聞	16面	公共交通 にぎわいの立役者に	准教授 松尾幸二郎
2024.5.26	読売新聞	23面	豊橋まちづくり 公共交通の役割は	准教授 松尾幸二郎
2024.5.28	MONOist		電界方式の産業用ロボット向け非接触電力伝送ロータリージョイントを共同開発	教授 田村昌也
2024.10.19	中日新聞 浜名湖版	17面	「データ分析 大事」新居高では豊橋技科大・松尾准教授	准教授 松尾幸二郎

## 5 ラジオによる研究紹介

### ■FM ラジオ「天伯之城 ギカダイ」

放送日	内容	担当教員
2025.1.11	地域資源を活かした観光振興と地方へのインバウンド誘客	助教 崔 明姫

# 研究成果

## 1. 第4世代ビークルの研究

未来ビークルシティリサーチセンター 特任教授 大平 孝, 電気・電子情報工学系  
教授 田村 昌也, 機械工学系 助教 堀尾 亮介, 未来ビークルシティリサーチセンター 特任助手 水谷 豊

### 1-1 非ユークリッド幾何学を活用した共振型スイッチングRF増幅器の設計法の体系化

20世紀初頭以来, RF増幅器は放送や通信用の送信機で長い間使用されてきた。RF増幅器の回路トポロジの進化は, A級から始まり, B級を経て, より高い電力変換効率を追求するためにC級が発明された。21世紀には, ワイヤレス電力伝送(WPT)等大電力出力かつ高効率が要求されるアプリケーションが登場し, A級, B級, C級の性能を上回る技術として, スwitching動作を利用したD級, E級, F級増幅へと進化を遂げた。

D級はパルス幅変調オーディオアンプで主に使用される。複数の高調波をもたらす矩形波電圧を出力するため, WPTには適さない場合がある。この問題に対し, E級およびF級が発明された。これらは, トランジスタによって生成された高調波を集中定数または分布定数の共振素子によるフィルタで除去する。さらに共振フィルタを用いた増幅器は, ゼロ電圧スイッチング(ZVS)技術によって理論効率100%を達成する。しかしながら, ZVS動作は, 特定の負荷抵抗値に対してのみ達成し, 適正な抵抗値に正確に調整されていないと, 効率が大幅に低下する。

本研究は, 広範囲の負荷抵抗値に対してZVS動作を維持できる電力増幅器(非負荷依存型電力増幅器)の体系的な設計理論を確立する。重要な点は, ZVS動作を維持できる負荷抵抗の軌跡が直交座標 $R$ - $X$ 平面およびスミスチャートに描かれ, その軌跡は双曲幾何学上の測地線とみなせることである。加えて測地線軌跡がZVS条件を正確に満たす別の測地線に変換することを電気回路上のインピーダンス変換技術で達成できる点にある。非ユークリッド幾何学で知られている測地線をインピーダンス変換に活用したG2G理論を構築した。これにより, 理論上全負荷抵抗範囲にわたってZVSを実現し, さらにRF出力電圧または電流を一定の振幅に維持する。本研究は非負荷依存型電力増幅器の回路トポロジを包括的に導出し, 各トポロジにおける設計理論を確立した。設計理論の妥当性をシミュレーションと実機実験によって検証し, 傾向がよく一致することを確認した。

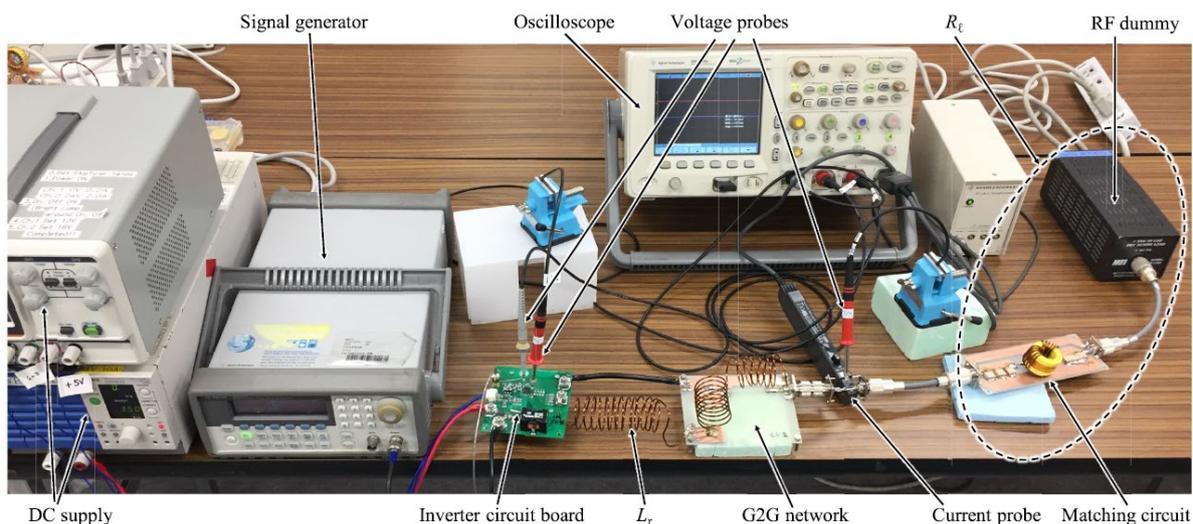


図 1-1-1 設計試作した RF 増幅器の実験風景

## 1-2 電力伝送系における一般化 kQ 理論の構築

米国 MIT が 2007 年に実施したワイヤレス電力伝送実験で用いられた kQ 理論を任意の受動相反 2 ポート系に適用できるように一般化拡張した。出発点として図 1-2-1 に示すエネルギー状態を提案した。これより kQ を伝達エネルギーと損失エネルギーの比と考えて、入出力電力ベースの表現式

$$kQ = \frac{2\sqrt{P_1 P_2}}{P_1 - P_2}$$

を導出した。次に、図 1-2-2 に示す 2 ポート網のインピーダンス行列

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} + j \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{bmatrix}$$

に着目し、行列要素を用いた kQ 式表現

$$kQ = \frac{|Z_{21}|}{\sqrt{\Delta}}$$

を導出した。ここで、伝達インピーダンスの絶対値

$$|Z_{21}| = \sqrt{R_{21}^2 + X_{21}^2}$$

および抵抗行列式

$$\Delta = R_{11}R_{22} - R_{12}R_{21}$$

はどちらも上記インピーダンス行列から抽出される物理量である。

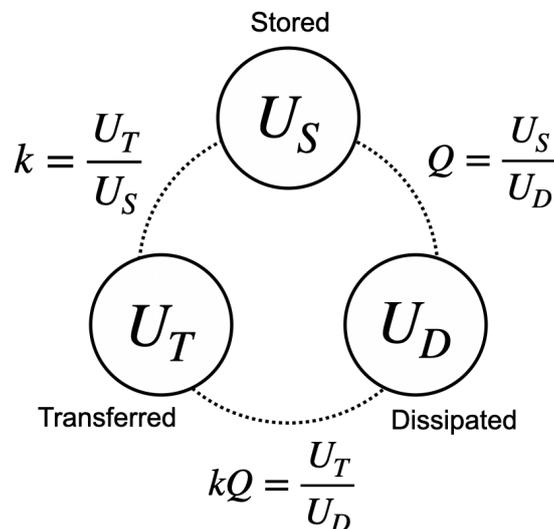


図 1-2-1 エネルギーの 3 状態とそれらの比から定義する 3 つの指標

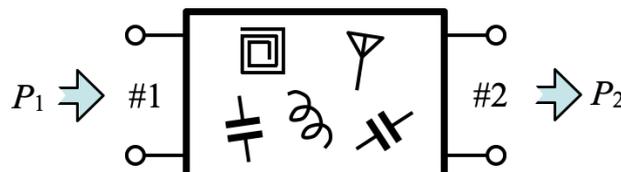


図 1-2-2 受動相反素子から構成される任意の 2 ポート網

ここで導出した  $kQ$  公式は、あらゆる電力伝送系に適用できる。例えば、図 1-2-3 に示す伝送線路に適用すると

$$kQ = \frac{1}{\sinh \alpha l}$$

となる。また、図 1-2-4 に示す 3次元自由空間電波伝搬に適用すると

$$kQ = \frac{\lambda}{2\pi d}$$

となる。以上の公式はいずれも数学的に極めてエレガントであり、今後の高周波工学の教科書に載るべき基礎的かつ歴史的知見である。

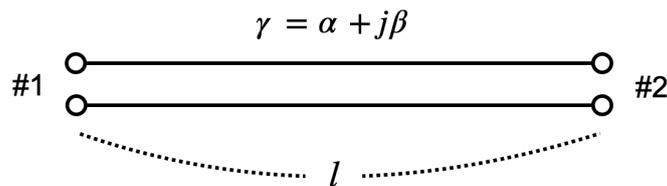


図 1-2-3 損失のある伝送線路

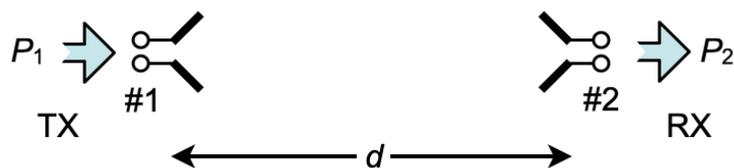


図 1-2-4 3次元自由空間に対向配置された2つのアンテナ

### 1-3 移動体発電と無線給電技術を利用したエネルギー回収の実験的研究

鶴岡工業高等専門学校の遠藤助教と連携し、移動体の回生エネルギーにより発電した電力を無線で電力網に送電する技術の開発を目的として研究を実施するとともに、電界結合方式の無線給電技術を高専の研究へ普及させることを目指す。回生エネルギーを利用した発電はEVなどの充電に用いられているが、EV内部の電力網という閉じた系の中だけで使用されてきた。電界結合方式の無線給電技術はこのような移動体発電による電力を電力網に送電する技術として有効であり、遠藤助教の研究成果である空中風力発電装置からの電力を地上に固定された負荷に送電することを目指す。

今年度は鶴岡高専と共同で送受電電極を介した電力の伝送の実験を実施した。送受電電極及び伝送線路の特性インピーダンスを測定し、送電側ポートの整合を確認した。電力伝送実験では移動体を模した台車側に電源を設置、入力電力8Wにて地上側の負荷へ送電しRF-RF効率54%を達成した。

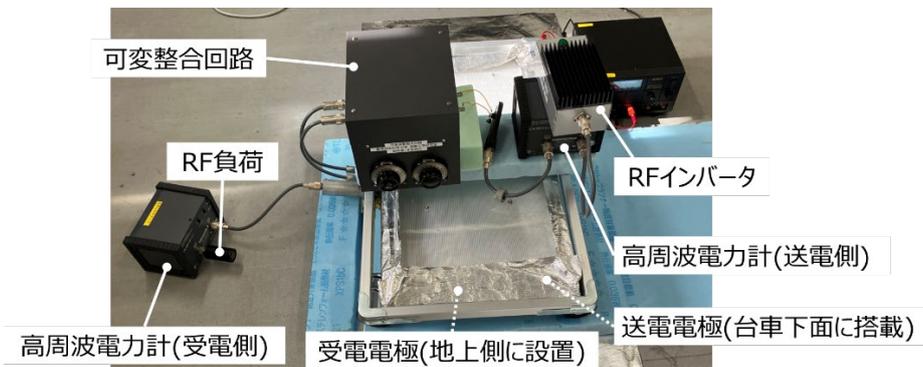


図 1-3-1 設計試作したRF増幅器の実験風景

#### 1-4 スマートファクトリー向けワイヤレス電力伝送システムの開発

世界中で導入が進められているスマートファクトリーにより、品質データの収集による品質向上、生産計画や製造の最適化によるコスト削減、過酷な作業環境での安全管理など大きな効果が期待されている。一方で、製造装置やセンサなどはまだ有線給電や人手による電池交換などが行われている。このような課題に対しワイヤレス電力伝送（WPT）を導入できれば、データ管理から電力供給まですべてデジタル化でき、作業効率・生産性の向上と、作業者の負担軽減・安全性確保による働き方改革を両立する社会が創造できる。そこで、スマートファクトリー向けワイヤレス電力伝送技術として、産業用ロボット向けおよび工場内センサ向けの WPT の基礎技術開発を実施している。

##### (1) 産業用ロボット向け WPT システムの開発

工場に広く導入されている多関節ロボットは関節の屈曲・伸展・旋回動作による配線ケーブルの断線を回避するため、スリッピングを介して電力供給を行っている。しかし、接触型のため摩耗により耐久性がすぐに低下してしまう。そこで、単純・軽量構造かつメンテナンス性も優良で低漏洩電磁界のため、安価に製造できる点が魅力である電界方式非接触電力伝送により解決を図った。

結果、ハンドの回転動作に対応した3次元送受電器と、ハンドの回転や開閉動作によるインピーダンス変化に対応した WPT システムを業界で初めて開発し、作業用ロボットのハンドへ 13.56MHz・12W・24V 給電を達成できた。



図 1-4-1 開発した電界型 WPT システムを搭載したロボットアーム

##### (2) 工場内センサ向け WPT システムの開発

工場内の製造ラインは安全防護柵で囲われており、工程やロボットの動作管理ため複数のセンサが配置されている。センサには有線かバッテリーで駆動電力が供給される。有線の場合、ラインやロボットの動作に影響がないように引き回されており、配線の煩雑化が問題となる。バッテリーの場合は、交換のためにラインを止めて人手で一つずつ交換する煩雑な作業が問題となる。そこで、安全防護柵内に閉じ込めた電磁波の定在波を利用して見通し内外関係なく高効率に給電できる点が魅力である独自方式の非接触電力伝送により解決を図った。

結果、安全防護柵内の任意の場所に配置し、無線給電でセンサの駆動に成功した。また、センシングされた情報は安全防護柵の外側で受信できた。さらに、400 MHz 帯 1W 送電で 4mAh のバッテリーを充電し、Bluetooth モジュールの駆動も成功した。



図 1-4-2 開発した工場内センサ向け WPT システム

## 2. 新しい電池技術の研究開発

電気・電子情報工学系 教授 稲田 亮史

### 2-1 次世代型電池実現に向けた研究開発

リチウムイオン電池が広範な用途で使用されるようになって久しいが、更なる高性能化・低コスト化・高安全化が望まれており、電池材料の改良と共にポスト・リチウムイオン電池の研究開発が盛んに行われている。当研究室では、ポスト・リチウムイオン電池の一つとして期待されているカルシウムイオン電池の材料開発に取り組んでいる。カルシウムイオン電池は、リチウムイオン電池を超える高エネルギー密度電池として期待されているが、現時点でこの電池に期待されている所期性能を見通せる電極材料は依然として少ないのが現状であり、その開発が強く求められている。

本年度は、結晶中にカチオン吸蔵に適したトンネル構造を持つ  $\text{Li}_{0.33}\text{MnO}_2$  (LMO) に着目し、カルシウム系電解液中での電気化学特性評価を通じて、カルシウムイオン電池用正極材料応用に向けた基礎検討を行った。熔融含浸法で合成した LMO の XRD 測定より、既報の回折パターンと一致し、LMO 単一相であることを確認した (図 2-1-1)。また、電気化学的手法によって  $\text{Li}^+$  を一部脱離した LMO 電極の回折パターンより、LMO の基本構造は保持しつつ、格子定数が増えていることを確認した。このときの電気化学的  $\text{Li}^+$  脱離容量 (=71 mAh/g) より、 $\text{Li}^+$  脱離後の組成は  $\text{Li}_{0.0934}\text{MnO}_2$  と見積もられた。

Ca 系電解液中での定電流充放電試験より、定比 LMO 電極では可逆容量およびサイクル安定性共に非常に低い結果となった。一方、 $\text{Li}^+$  を一部脱離した LMO 電極では、過電圧は大きいものの 90-100 mAh/g の可逆容量が得られ、サイクル劣化も少ないことが確認された (図 2-1-2)。LMO 内の残留  $\text{Li}^+$  の減少により  $\text{Ca}^{2+}$  挿入が可能なサイトが増え、 $\text{Ca}^{2+}$  の挿入/脱離反応が円滑に行われた可能性が示唆される。また、 $\text{Ca}^{2+}$  挿入/脱離後の LMO 電極の XRD 測定より、 $\text{Ca}^{2+}$  挿入/脱離に合わせて結晶格子の可逆的な伸縮が確認され (図 2-1-3)、 $\text{Li}^+$  一部脱離 LMO の良好なサイクル特性を裏付ける結果を得た。

本材料の期待容量は 200-250 mAh/g であるため、今後 LMO のナノ粒子化や電極構造の最適化により、 $\text{Ca}^{2+}$  挿入/脱離時の過電圧低減と可逆容量の増大を目指す。

### 2-2 酸化物系全固体電池に関する研究開発

現行リチウムイオン電池に使用されている可燃性の有機電解液を無機固体電解質 (無機固体リチウムイオン伝導体) で置き換えた全固体リチウムイオン電池は、高エネルギー密度と安全性を両立し得る次世代型蓄電デバイスに位置づけられている。また、リチウムと比較して資源的制約の少ないナトリウムをキャリアイオンとする全固体ナトリウムイオン電池は、低コスト化の観点で期待されている。本項では、全固体電池用ナトリウム系酸化物固体電解質の性能改善と、リチウム系酸化物固体電解質への低温成型プロセスの適用を検討した成果について述べる。

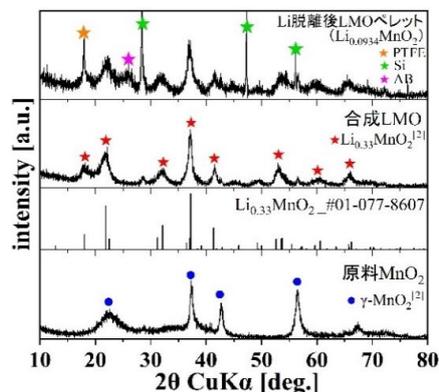


図 2-1-1 LMO の XRD パターン

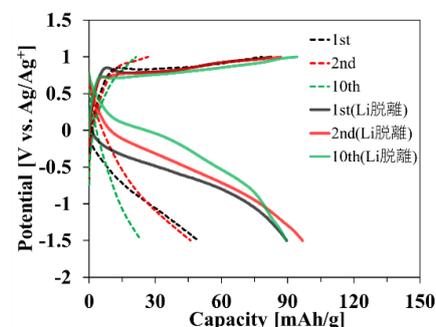


図 2-1-2 定比 LMO 及び  $\text{Li}^+$  部分脱離 LMO の Ca 電解液中での充放電特性

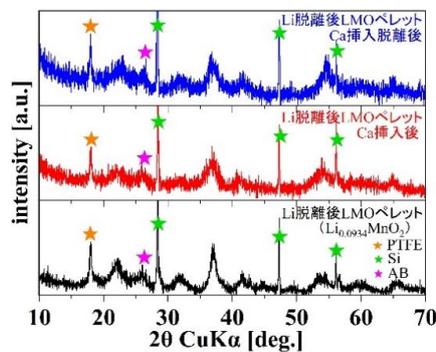


図 2-1-3  $\text{Li}^+$  部分脱離 LMO 電極の  $\text{Ca}^{2+}$  挿入・脱離後の XRD パターン

### (1) 原料組成の不定比性を利用したナトリウム系酸化物固体電解質のイオン伝導特性向上

ナトリウムイオン伝導性酸化物固体電解質  $\text{Na}_5\text{YSi}_4\text{O}_{12}$  (NYSO, N5) は、室温下で  $1 \text{ mS/cm}$  以上の高いイオン伝導率を示し、金属 Na 負極に対しても優れた化学的安定性を示すため、全固体ナトリウムイオン電池部材への利用が検討されているが、難焼結性かつ粒界抵抗が大きいといった課題がある。本研究では、NYSO 焼結体を作製する際の原料中の Na 組成を不定比組成とした際の結晶相、微細組織およびナトリウムイオン伝導特性への影響を調査した。

焼結体試料の結晶相同定の結果、原料中の Na 組成を 4.9 とした際に目的材料である N5 相がほぼ単一相で得られた (図 2-2-1)。一方、Na 組成を定比の 5.0 とした場合は  $\text{Na}_9\text{YSi}_6\text{O}_{18}$  (N9) 相、Na 組成を 4.7, 4.8 とした場合は  $\text{Na}_3\text{YSi}_3\text{O}_9$  (N3) 相の残存が見られた。SEM 観察の結果、N9 相の残存が見られなかった試料では、焼結性が向上し粒成長と空隙が減少している様子が観測された。これより、N3 相の残存が NYSO の焼結性に及ぼす影響は小さいことが示唆される。

インピーダンス測定結果より各焼結体のイオン伝導抵抗の解析を行った結果、原料中の Na 量を欠損させ N9 相の残存がない試料において粒界抵抗  $R_g$  の大幅な減少が見られた (図 2-2-2)。粒界抵抗の影響を加味した全イオン伝導率  $\sigma_{\text{total}}$  は、Na 量を欠損組成とした全ての焼結体が定比組成とした焼結体よりも高い値を示し、中でも Na 組成を 4.9 とした異相の残存が殆どなかった焼結体において、室温下で  $2.83 \text{ mS/cm}$  と最も高い  $\sigma_{\text{total}}$  を達成することができた。

### (2) コールドシンタリングによるリチウム系酸化物固体電解質の低温緻密成型

水溶液等の溶媒共存下で加圧加熱を行うコールドシンタリング (CS) 法を用いて、リチウムイオン伝導性固体電解質の一つである  $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.7}\text{Ti}_{1.3}(\text{PO}_4)_3$  (LATP) の低温成型を試みた。添加溶媒として脱イオン水及び LiOH 水溶液を採用し、LATP と所定の重量比で混合してステンレス製金型に充填し、 $600\text{--}700 \text{ MPa}$  の加圧下で  $250^\circ\text{C}$  で 30 分加熱して成型体を得た。通常焼結の場合、LATP の高密度化には  $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$  のプロセス温度が必要となるが、CS の適用により LATP 粒子がサブミクロンサイズの微細な析出物で接合された組織が得られ、LiOH 水溶液添加の方が脱イオン水添加よりもより高密度化する結果を得た (図 2-2-3)。結晶相同定の結果、LATP 以外のピークは見られず、成型体中に含まれる析出物は非晶質と考えられる。インピーダンス測定結果より、LiOH 水溶液添加成型体が脱イオン水添加成型体よりも高いイオン伝導率を示した。通常焼結体の特性 ( $0.2\text{--}0.3 \text{ mS/cm}$ ) には及ばないものの、 $700 \text{ MPa}$  で成型した LATP 成型体にて  $0.14 \text{ mS/cm}$  の室温イオン伝導率が得られた (図 2-2-4)。

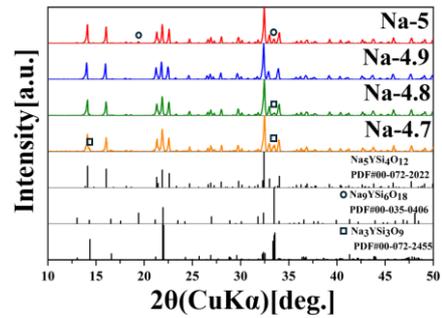


図 2-2-1 原料中の Na 量を変化させた NYSO 焼結体の XRD パターン

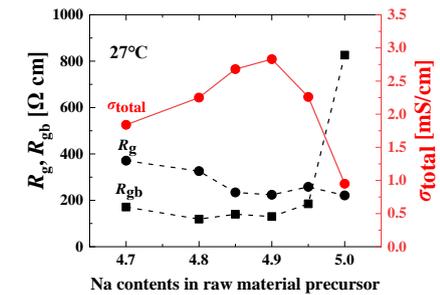
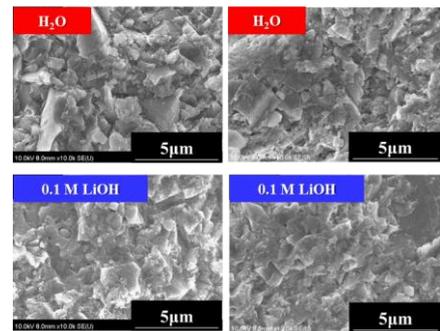


図 2-2-2 原料中の Na 量を変化させた NYSO 焼結体の粒内抵抗  $R_g$ 、粒界抵抗  $R_{gb}$  及び全イオン伝導率  $\sigma_{\text{total}}$



(a)  $600 \text{ MPa}$  (b)  $700 \text{ MPa}$   
図 2-2-3 脱イオン水及び LiOH 水溶液添加 LATP 成型体の SEM 像

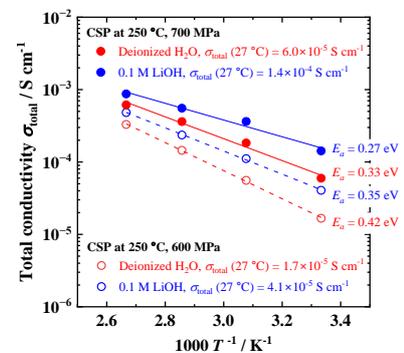


図 2-2-4 脱イオン水及び LiOH 水溶液添加 LATP 成型体のイオン伝導率 (アレニウスプロット)

### 3-1 移動ロボットの End-to-end モデルによる自動運転

**End-to-end 自動運転**：従来の自動運転システムでは、環境認識、経路計画、車両制御の3つのモジュールを個別に構成し、それらを繋げることによって自動運転を実現していた。これに対し、End-to-end 自動運転では、センサ入力から直接車両制御コマンド（アクセル開度、ブレーキ強度、ハンドル角）を出力するためのモデルを、深層学習を用いて獲得する [Ishihara 2022]。学習にはシミュレーション環境もしくは実環境で自動車を運転して得た、センサ入力と制御コマンドの組のデータを利用する。本稿では、End-to-end 自動運転を実ロボットの制御に適用した例 [Natan 2024]について述べる。

**End-to-end 自動運転モデル**：図 3-1-1 に提案するモデルの概要を示す。青色のブロックは認識部、緑色のブロックは制御コマンド生成部である。このモデルは、以前開発したシミュレータ環境での End-to-end 自動運転のためのモデル [Natan 2023a] を実ロボット用に改良したものである。認識部は RGB カメラ入力に対しセマンティックセグメンテーション処理を行い、さらに深度画像から得られるデータとあわせて、上空視点（Birds-Eye View; BEV）の、意味情報を持った地図（BEV Semantic Map）へ変換する。制御コマンド生成部は、それらから得られる情報を総合し、車両制御コマンドを生成する。シミュレーションではロボットの状態はすべて正確に得ることができるが、実ロボットではロボット状態に関連したデータを、IMU（慣性センサ）、車輪エンコーダ速度データ、GNSS 位置データから取得する。

**データセットと評価実験**：データセット構築のため、車椅子型のロボットに搭乗し手動で操縦しながら学内の特定区域内を繰り返し走行し、センサデータと制御コマンドの組を大量に取得した。区域を2つに分け、片方を学習用データ、他方をテスト用データとしてオフライン定量評価を行い、従来手法に比べ性能が向上することを示した。オンライン実験では、人が搭乗した状態で自動運転を行い、障害物への衝突や道路からの逸脱など、危険な状況になりそうな場合に、人が介入して危険を回避した。そして、危険回避の回数と時間で自動運転性能を評価し、こちらも従来手法に比べ性能が向上することを示した。図 3-1-2 に入力データと制御コマンドの生成例を示す。なお、実験動画は以下のサイトで見る事ができる：<https://www.youtube.com/watch?v=AiKotQ-lAzw>

**まとめと今後の展開**：RGBD 画像を入力としロボットの操作コマンドを出力とする、End-to-end 自動運転モデルを構築し、実ロボットを用いた実験によってその有効性を示した。画像情報は照明条件に左右されるため、3D LiDAR データを入力とする新たなモデルを開発し評価を行っている [Natan 2023b]。照明の少ない夜間においても自動運転が可能なが示されている。より広範囲な環境への適用が今後の課題である。

[Natan 2024] O. Natan and J. Miura, “DeepIPC: Deeply Integrated Perception and Control for an Autonomous Vehicle in Real Environments,” IEEE Access, Vol. 12, pages 49590-49601, 2024.

[Natan 2023a] O. Natan and J. Miura, “End-to-end Autonomous Driving with Semantic Depth Cloud Mapping and Multi-Agent,” IEEE Trans. on Intelligent Vehicles, Vol. 8, No. 1, pp. 557-571, 2023.

[Natan 2023b] O. Natan and J. Miura, “DeepIPCv2: LiDAR-powered Robust Environmental Perception and Navigational Control for Autonomous Vehicle,” arXiv preprint arXiv:2307.06647 [cs.RO]

[Ishihara 2022] K. Ishihara, A. Kanervisto, J. Miura, V. Hautamäki, “Multi-Task Learning with Attention for End-to-end Autonomous Driving,” Proc. CVPR2021 Workshop on Autonomous Driving, Jun. 2021.

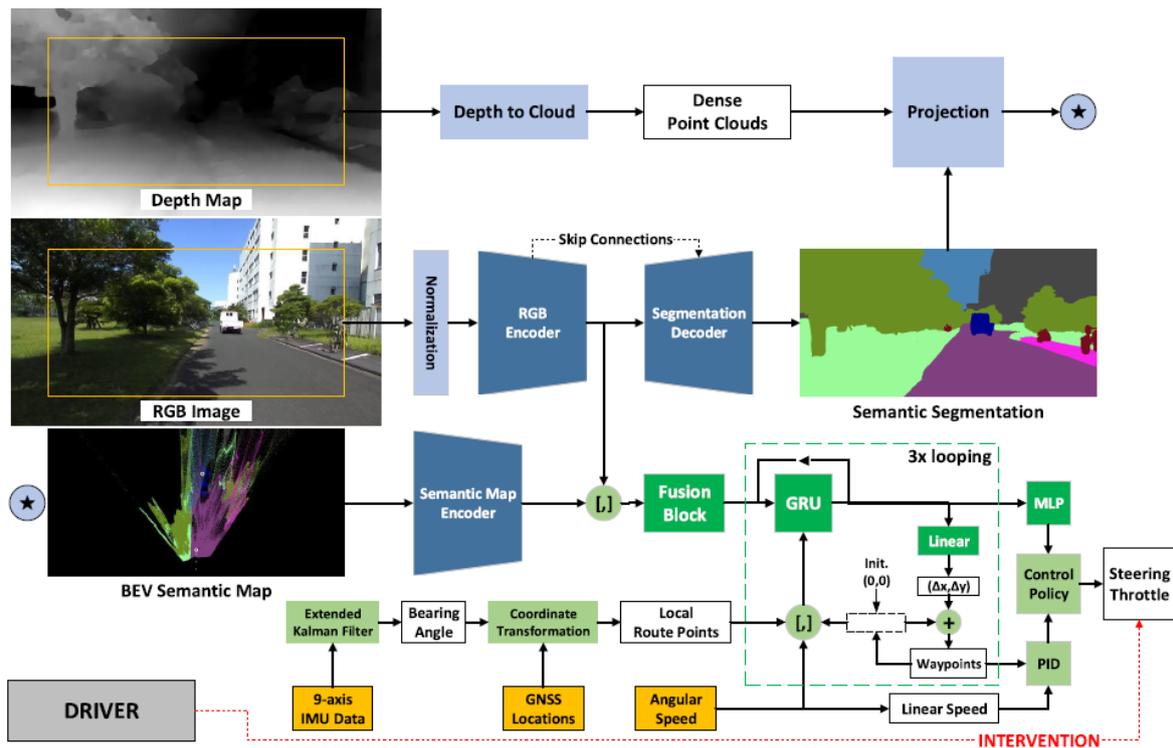


図 3-1-1: End-to-end 自動運転モデル [Natan 2024]. 入力は RGB 画像と深度画像. 中間表現として RGB 画像のセマンティックセグメンテーション結果とセマンティック情報付き鳥瞰画像を用いる. 青いブロックが認識部, 緑ブロックが制御コマンド生成部.

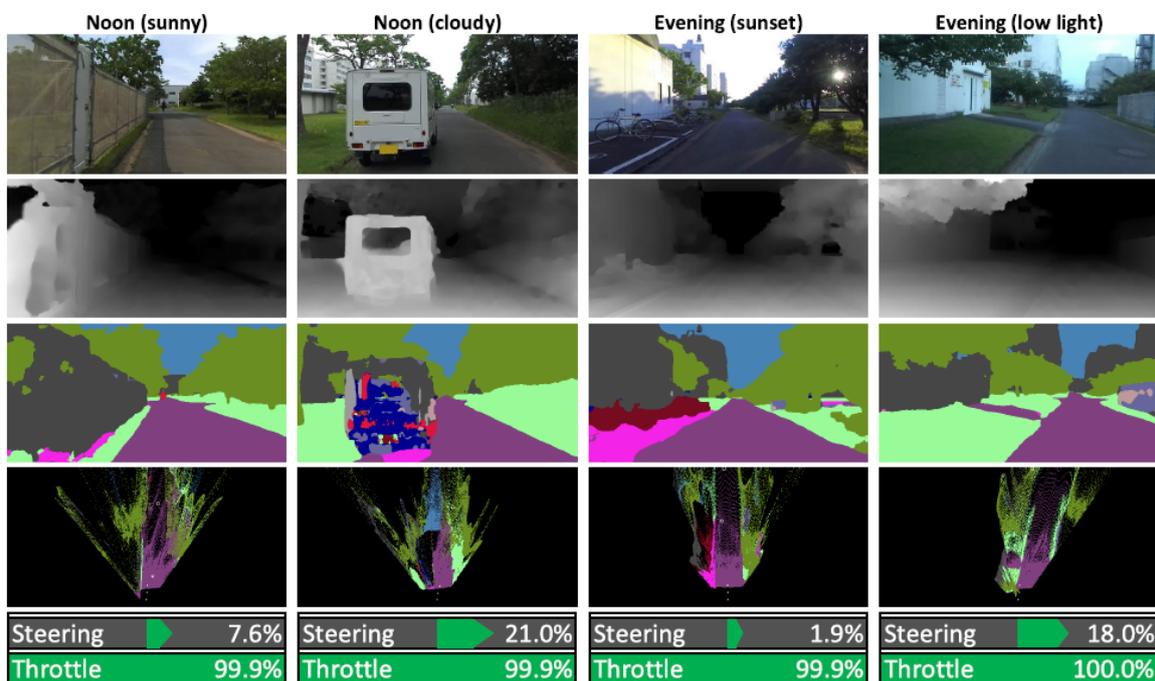


図 3-1-2: End-to-end モデルによる制御出力の例 [Natan 2024]. 1 段目: 入力 RGB 画像, 2 段目: 入力深度画像, 3 段目: セマンティックセグメンテーション結果, 4 段目: 鳥瞰 (BEV) 地図, 5 - 6 段目, ハンドルとアクセルの出力値

## 4. 安全運転支援のためのドライバ行動の計測・認識に関する研究

機械工学系 助教 秋月 拓磨, 広島工業大学 教授 章 忠

### 4-1 はじめに

国内の交通事故は、発生件数や死者数ともに減少傾向にある。しかし、漫然運転やわき見運転といったドライバの不注意に起因した事故は事故要因の半数以上を占め、その防止は交通安全における重要な課題の一つである。これらの事故を防ぐため、ADAS（先進運転支援システム）などクルマ側の技術は日々進化しているが、ドライバ自身の安全意識の向上も不可欠である。そこで、さまざまなセンサを用いて日常の運転行動を評価・診断し、潜在的な事故リスクをドライバ自身が把握できれば、安全運転に向けた行動変容や意識向上のきっかけとなることを期待できる。一方で、ドライバの行動情報の取得には、走行中の車内で安定して、簡便・安価に、そしてプライバシーに配慮した手法が望ましい。この課題に対して、著者らは、手首装着型センサを利用したドライバ心身状態の計測技術について検討を進めている。このうち本報告では、提案手法の実環境下への適用に向けて、実車両上での運転行動データの収集実験、ならびに収集したデータの分析結果を紹介する。なお、本報告の内容は、著者らの論文[1]を一部加筆・修正したものである。

### 4-2 日常中の運転行動データ収集実験

#### (1) 車載計測システムの開発

図 4-2-1 に、本研究で開発した計測システムの外観を示す。開発した車載計測システムは、小型の慣性センサ群とアクションカメラ、ならびに各測定機器の同期と制御を行うためのマイコン・モジュールの大きく 3 種の機器で構成される。本システムを利用して、ドライバの手・腕の動きを手先加速度として記録するほか、車両の加速度、位置、操舵角、映像の各データを同期して記録できる。

#### (2) 実験手続き

日常の自然な状況下での運転行動を計測するには、実験参加者が日常的に使用する車両や経路上でデータ収集することが望ましい。そこで、本実験では、図 4-2-1 に示す計測システム一式を実験参加者（以下、参加者）に貸出し、参加者が所有する車両に一定期間設置する。参加者は、貸与された計測システムを操作して、通勤・通学等の日常の運転行動を自分自身で計測・記録する。図 4-2-2 に、計測システムに付属のカメラで撮影された実験中の車内の様子を示す。実験後、行動推定のための前処理として、収集した手先加速度のデータに対してラベリングを行う。図 4-2-3 に、行動のクラスとその定義を示す。これらの行動クラスは、警察庁の定めた運転免許採点基準を参考に、不安全行動に該当する行動の検出を目的として各クラスを定義した。

#### (3) 結果と考察

図 4-2-4 に、主要な 4 種の行動クラスの発生時間合計（平均  $70 \pm SD 12$  min/人）に対する各行動クラスの発生割合を示す。全参加者のうちラベリング作業が完了した 5 名（男性 4 名、女性 1 名、平均  $23 \pm SD 0.84$  歳）について集計を行った。事前の予想では、運転に支障をきたす恐れのある行動の発生割合は稀であり、正常運転（「直進」クラス）が多くを占めると考えられた。しかし、図 4-2-4 より、参加者 C や D のケースでは「直進」クラスの発生は 4 種の行動発生時間合計の 3% 未満に過ぎない。

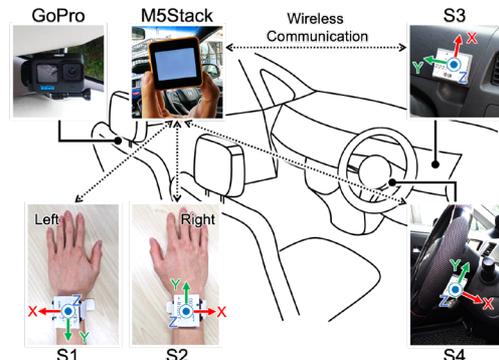


図 4-2-1：車載計測システムの概観[1]



図 4-2-2：実車内での運転行動データ収集実験の様子[1]

親クラス	子クラス
Null	停車中、場内移動、判別困難
ながら動作	パネル操作、スマホ操作、物体操作、身体動作(顔を触る、等)、表情、発声
操作不良	姿勢不良、急操作
正常運転	直進、右折、左折、シフト操作

図 4-2-3：行動クラスの一覧[1]

この例のように、非統制環境下で収集した運転行動データには参加者毎の行動傾向に大きな偏りがみられた。このことから、本実験で収集したデータによって、日常の自然な状況下におけるドライバ毎の行動特性を把握できる可能性が示唆された。

### 4-3 運転行動内容の推定

#### (1) 行動推定モデルの構築

前節の実環境下で収集した手先加速度のデータに対して、運転行動内容の推定を行う。Sliding-Window 法を用いて、フレーム毎に各軸の加速度波形の平均値と分散を求めて特徴量として使用する（左右手首×3 軸加速度×2 特徴量=12 次元）。フレーム長とシフト幅は、5s と 2.5s とする。行動推定にはk 最近傍法（k は近傍数を表し、k=5 とする）を用いる。

#### (2) 結果と考察

図 4-2-5 に、参加者毎の各行動クラスの推定結果を示す。同図より、図 4-2-4 で発生割合の高い行動クラスでは F 値も高い傾向が見られる。たとえば、参加者 A, B では、「直進」クラスの F 値が 80%以上を示し、参加者 C, D, E では、「姿勢不良」クラスの F 値が約 80%を示している。一方、発生割合の低い行動クラスは、推定精度も低い。これらの結果について考察するために、図 4-2-6 に、行動推定に用いた特徴空間を t-SNE を用いて可視化した結果を示す。発生割合の高い行動クラス（「直進」クラス）のデータは空間内に広く分布しているのに対し、その他の行動クラスのデータはまばらで、密集度が低いことがわかる。その結果、発生割合の低い行動クラスの多くが前者のクラスに誤分類される状況が発生している。今後は、クラス間の分離度を高める特徴量（手首の位置・姿勢や時間-周波数特徴量など）の検証、ならびにクラス間のサンプル数の不均衡性を考慮した分類手法の導入を検討することで、推定精度の改善を試みる。

### 4-4 おわりに

本報告では、手の動きにもとづくドライバ心身状態の計測技術について、実環境下への適用に向けた検証とその結果について紹介した。実際の運転環境下におけるデータ収集から分析のためのデータセット構築までの一連のスキームを確立した。今後は、推定精度を上げるとともに、実用化に向けた検討を継続して進めたい。

(参考文献)

- [1] 秋月拓磨, 河原智弘, 奥山俊博, 荒川俊也, 高橋弘毅, 手首装着型センサを用いた実車内での運転行動データ収集とドライバ行動推定への応用, 知能と情報, Vol.37, No.1, pp.544-548, 2025.DOI: [https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1\\_544](https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1_544)

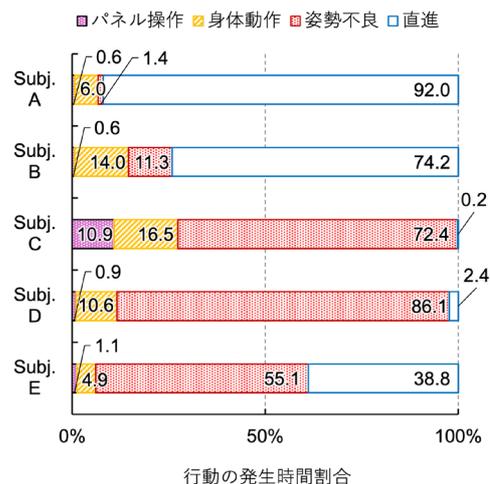


図 4-2-4 : 実車両上で収集したデータにおける主要な行動クラスの発生割合の比較 (参加者 5 名分) [1]

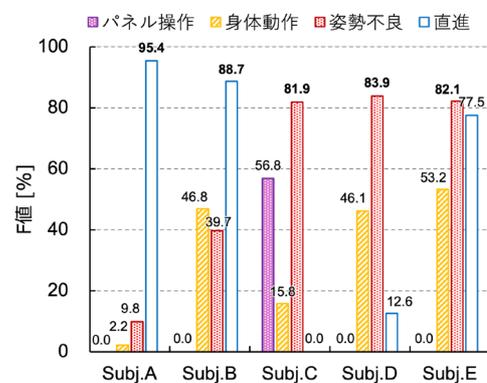


図 4-2-5 : 収集データに対する行動推定の結果 [1]

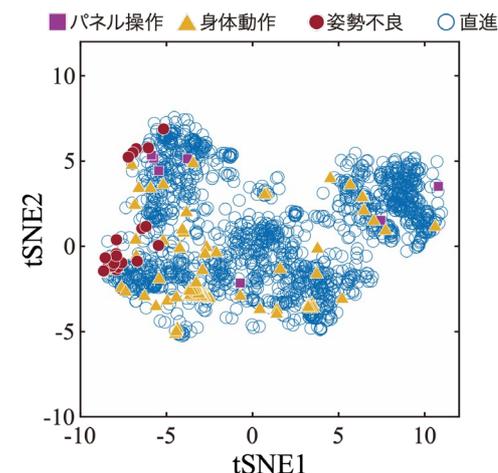


図 4-2-6 : 特徴空間の例 (参加者 A の結果) [1]

## 5. 交通弱者の安全・安心のためのシステムに関する研究

情報・知能工学系 准教授 金澤 靖

### 5-1 はじめに

駐車時や発進時でのブレーキとアクセルのペダルの踏み間違いなどによる急発進や暴走による事故や、交差点で横断歩道を渡っている歩行者に対する信号を無視した車による事故は度々社会問題となっている。運転者の操作エラーによる人対車両の事故では 55%がペダルの踏み間違いとされる<sup>[1]</sup>。主に通常運転時の衝突被害軽減ブレーキ(AEBS, Advanced Emergency Breaking System)については令和3年11月から新型車に対して取り付けが義務化されており<sup>[2]</sup>、踏み間違いなどを抑制するシステムとしては踏み間違い加速抑制システムが新車以外に対しても後付け可能となっているが、取り付けできる車種は限られており、これらのシステムが搭載されていない車もしばらく走り続けることとなる。従って、被害者となりやすい子供や障がい者、高齢者などの交通弱者が自らの安全を確保できるシステムが望まれている。

### 5-2 全方位カメラ画像からの車両検出

本研究室で開発している危険検知システムは、自身の周囲 360 度を撮影する全方位カメラとその画像を処理する PC から成り、装着している全方位カメラの画像を解析することで、装着者自身に向かってくる車の存在などの危険が生じた場合、それを装着者に知らせるシステムとなっている。本システムでは、全方位カメラの画像から車両を検出するとともに追跡することで移動経路を計算し、全方位カメラの特性を利用して、その移動情報から危険度を計算し、危険と判断した場合、装着者の携帯端末に知らせることができる。提案システムでは図 5-1 のような全方位カメラ画像から車両を検出しようとしており、危険度検知を高精度化するために、大澤<sup>[3]</sup>は VoNet<sup>[4]</sup>を用いて離散的な 8 方向の車両向きを推定を試み、新恵<sup>[5]</sup>はその出力に回帰ネットワークを組み合わせることで角度推定の精度を向上させたが、いずれも通常カメラ画像を用いていた。中村<sup>[6]</sup>は全方位カメラ画像のように歪みがある画像からの車両検出を試みた。本年度は、これらを組み合わせると共に車両の向き検出精度の向上を図った。



図 5-1 全方位カメラ画像

本研究では、まず新たに画像を撮影し、データ拡張を行うことで、全方位画像からの車両検出の精度を向上させた。また VoNet の離散的な角度出力から回帰ネットワークにより向きを求めた新恵の方法では、車両角度をそのまま求めていたため、不連続となる 360 度に近い角度で精度が下がっていたことを踏まえ、直接角度ではなく、単位円上の座標値(x, y)を求めるようなネットワークを用いることで角度の不連続性の問題を解決した。処理の概要を図 5-2 に示す。

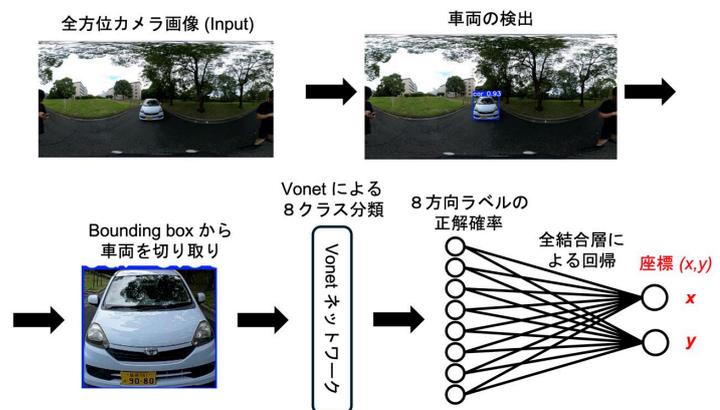


図 5-2 提案法の処理の流れ

### 5-3 推定結果

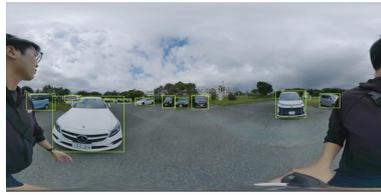


図 5-3 データセットの例

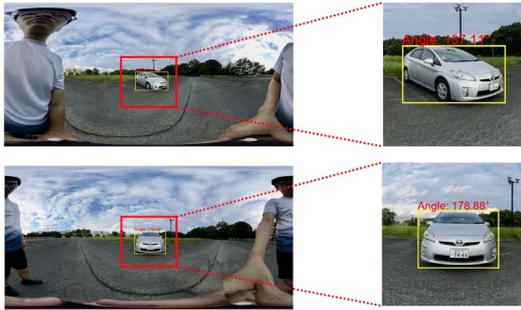


図 5-4 車両角度推定例

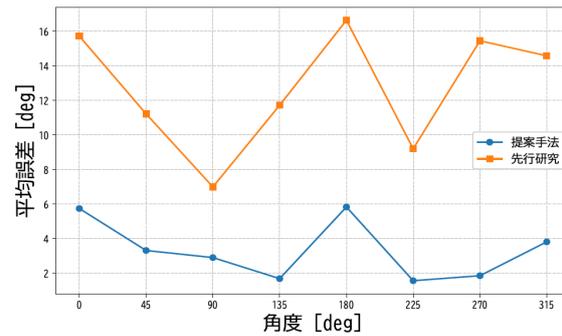


図 5-5 角度推定の精度比較

図 5-3 にデータセットの例，図 5-4 に推定した車両角度結果の例を示す。上の例では真値 165 度に対する推定結果が 137.11 度，下の例では真値 180 度に対する推定結果は 178.88 度と，精度良く推定できていることがわかる。また，図 5-5 に従来法と角度推定の精度を比較した結果を示す。オレンジ色のプロットが新恵らによる従来法の結果，青い線のプロットが提案法による結果であり，全体的に精度が良くなっていることがわかる。しかし，従来法と同じく 0 度および 180 度の角度推定の誤差が大きい。これは，VoNet の部分での，車両の正面と背面の識別精度が低いためであり，これらの精度向上が課題となる。

### 5-4 おわりに

本稿では，交通弱者のための危険検知のシステムにおける車両の向き推定の精度向上を目的として，全方位カメラ画像からの車両検出に対する新たなデータセットの作成とデータ拡張を行ない，角度推定の不連続性に対応するために単位円表現を用いることで，車両の向きを高精度に推定する手法を提案した。今後は，正面と背面の識別精度を向上させると共に，リアルタイム処理を目指し，処理速度の向上を図る。

### 参考文献

- [1] 交通事故総合分析センター. ITARDA INFORMATION. No. 139. 2023 年 2 月.
- [2] [https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08\\_hh\\_003618.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003618.html)
- [3] 大澤武流. 全方位画像からの車両の向き推定による危険検知システムの高精度化. 豊橋技術科学大学卒業論文, 2020.
- [4] R. You, J-W. Kwon, VoNet: vehicle orientation classification using convolutional neural network, Proc. ICCIP'16, pp.195-199, Nov. 2016.
- [5] 新恵拓実. 交通弱者のための危険検知システムにおける車両向き推定の高精度化全方位画像からの車両の向き推定の高精度化. 豊橋技術科学大学卒業論文, 2021.
- [6] 中村慎吾, 危険検知システムのための全方位カメラ画像からの車両向き検知, 豊橋技術科学大学卒業論文, 2022.

## 6. 道路交通ビッグデータや自動運転技術を活用した安心・安全な地域社会の構築に関する研究

建築・都市システム学系 准教授 松尾幸二郎, 教授 杉木直, 学部生 合田拓真

### 6-1 研究背景・目的

近年、交通事故による死傷事故件数は減少傾向にあるが、生活道路においてはその減少率が小さい。生活道路での事故の約半数は無信号交差点で発生しており、出合頭事故が大多数である。その要因の1つに見通し不良があるため、安全管理には見通しが大切となるが、評価するための一般的、定量的な指標はあまりない現状である。例えば停止線からの交差点左右の視認距離を用いる例もあるが、視認距離は直線を引いた単純な指標であるため、実際の乖離や交差点空間の複雑さの表現が困難などの課題がある。そのような背景の下、3次元点群データを活用した新たな見通し評価手法の研究が進められている。しかし、見通しは主観にも依るため、点群データによる客観的な見通し評価とは異なる可能性がある。

そこで本研究では、3次元点群データを用いた客観的な見通し評価と、アンケート調査により収集した主観的な見通しの評価とを比較し、主観的な見通しが点群データによる評価によって適切に表現できているかを考察することを目的とする。また、近年スマートフォンでも点群取得が可能になっていることを踏まえ、スマートフォンと Mobile Mapping System (MMS) の二つの取得手法による比較も行い、点群データ取得手法の代替可能性の検証も目的とする。

### 6-2 点群データの取得

本研究では図6-2-1に示す豊橋市弥生町の無信号交差点10箇所(40進入方向)を分析対象とした。MMSによる点群データは2023年2月にパスコ社MMSで取得したものをを用いた。スマートフォンによる点群取得はOPTiM Geo Scanを用いて行った。これはLiDARセンサー搭載のiPhoneとGNSSレーザースキャンから取得する位置情報を組み合わせて3次元測量を行うアプリである。2024年7月~10月の間に取得を行った。スマートフォンにより取得した点群データ例を図6-2-2に示す。

### 6-3 アンケート調査

主観的な見通し評価の把握を目的とし、点群データ取得箇所を対象に、通過経験がほとんどない21~24歳の大学生13名に現地でアンケートを行った。見通し評価は、図6-3-1に示す各評価位置に立った上で、左右それぞれの見通しを、1:悪い, 2:やや悪い, 3:やや良い, 4:良い, として評価してもらった。

### 6-4 3次元点群データを用いた見通し評価手法

本研究では大久保ら<sup>1)</sup>の手法をもとに以下の手順で見通し評価を行った。

- ① 交差点端部より20m以内の点群データを抽出する。②取得した点群データを1cmの立方体単位で集約し、扱うデータを低減する。③視点から交差点接続部での一定の高さの範囲(1.0~2.4m)に含まれる点群データを抽出する(図6-4-1)。
- ④交差点奥側のデータを取り除く。⑤点群データを横断方向は3度ごとに分割、奥行き方向は1mずつ分割する(図6-4-2)。
- ⑥分割した1区間



図6-2-1 対象交差点・進入方向

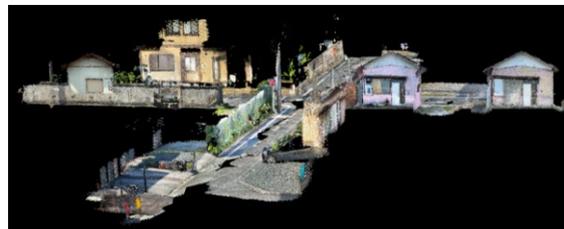


図6-2-2 取得点群データの例

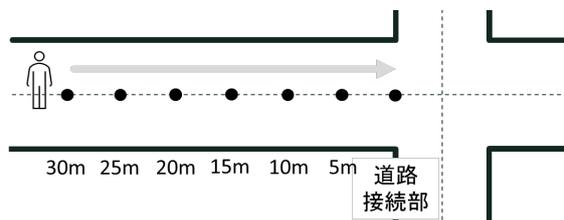


図6-3-1 各進入方向における見通し評価位置

ごとに点群数が閾値を超過していた場合、見通し不可として判定を行う。この際、奥の分割ほど範囲が広くなることを反映し、分割が奥側になるにつれ閾値を2倍、3倍と増加させる。⑦見通し不可の分割方向がある場合、その方向をすべて不可として扱い、横断方向の全分割数に対する見通し可能な分割数の比率を見通し率として算出する。

### 6-5 見通し評価の比較

点群数の閾値を変えながら交差点手前10m地点における各見通し評価間の相関係数を算出したところ(図6-5-1)、いずれも高く各見通し評価間で整合が取れている結果となった。以降は、全体的に相関係数が高い閾値100を採用して見通し評価を行うこととした。

交差点3における各見通し評価をプロットしたものを図6-5-2に示す。全体的に各見通し評価は類似しているが、主観的な見通し評価は手前が低く、交差点直前における上昇幅が大きいという特徴が見られた。また、大きな違いがある進入方向3-1左側、3-2右側については、角地に駐車場が位置する箇所であり、各データ取得時の駐車台数の違いから評価値に差異がみられた。その他、評価値に違いが出た状況として、MMSのデータに道路上の車や人の点群が取得されていたことによる見通し率の低下、スマートフォンの計測距離が短いために私有地での奥まった構造物の点群取得が不十分なことによる見通し率の上昇などが見られた。

### 6-6 まとめ

本研究では生活道路内の無信号交差点を対象として、3次元点群データを用いた見通し評価が主観的評価と合致するかを比較を行った。結果として、各見通し評価に高い相関と類似性があるが、主観的評価は交差点直前で急激に見通し評価が高くなるという特徴があることが示された。また、点群取得手法による比較では、手法にかかわらず評価は整合し、互いに取得手法は代替可能であることが示された。今後は、対象を複雑な形状の交差点にも広げるとともに、点群による客観的評価と主観的評価との関係性について詳細な分析を行っていく必要がある。

### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 22K04364、豊橋技術科学大学イノベーション協働研究プロジェクトの助成を受けたものです。

### 参考文献

1) 大久保皇・松尾幸二郎・杉木直：MMSを活用した無信号交差点における見通しの定量的評価に関する研究：複数の生活道路交差点を対象として、第44回交通工学研究発表会論文集, p136-141, 2024

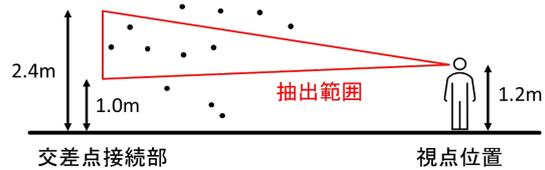


図6-4-1 高さ方向の点群データ抽出

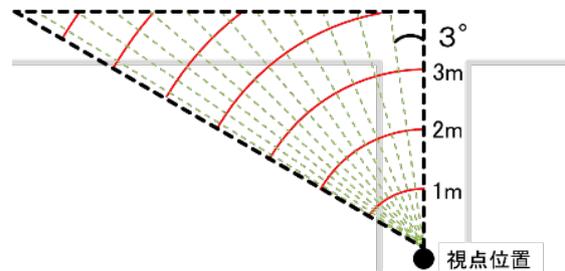


図6-4-2 点群データの横断・奥行方向の分割

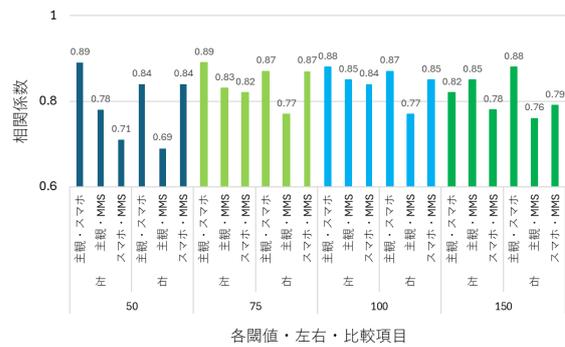


図6-5-1 各見通し評価値(手前10m)の相関係数

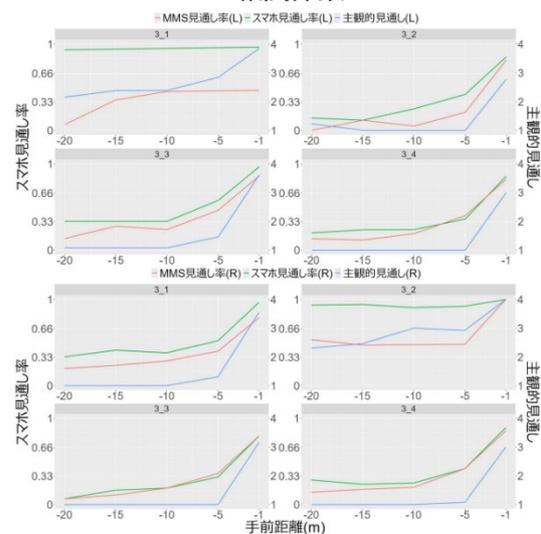


図6-5-2 交差点3における各見通し評価

## 7. 未来型ビークルとエネルギーの関連産業が経済と環境へ及ぼす影響に関する基礎的研究

建築・都市システム学系 教授 渋澤 博幸, 助教 崔 明姫, 学生 富樫 大生

### 7-1 はじめに

未来型のビークルとエネルギーの普及は、経済や環境に様々な影響を与える。持続可能なモビリティ社会に向けて変化しているビークル産業は、我々の消費・生活スタイル、生産活動や社会インフラなどに様々な影響を及ぼす。また、脱炭素社会や循環型社会の観点から、枯渇性エネルギーから再生可能エネルギーへのシフトが期待されている。近年、ビークルとエネルギーの市場が大きく変動しているなかで、持続可能な社会の実現という長期的な観点から、未来型のビークルとエネルギーの普及が経済や環境に与える影響を評価することは重要な課題である。本研究では、産業関連モデルと次世代エネルギーシステム分析産業関連表を用いて、未来型のビークルとエネルギーの普及が経済や環境に与える影響を探求することを目指している。

### 7-2 方法

本稿では、未来型のビークルとエネルギーの関連産業に注目して、全国産業関連分析と地域間産業関連分析を行う。これらの部門の投入構造と産出構造を解析する。後方関連モデルを用いて、ビークル生産部門が川上産業へもたらす経済波及効果を計測する。輸送機械と電力の各生産部門を対象とした全国産業関連分析と地域間産業関連分析を通じて、ビークルとエネルギーの関連産業の特徴を把握する。使用するデータは、全国産業関連分析では、早稲田大学次世代科学技術経済分析研究所の次世代エネルギーシステム分析用産業関連表(IONGES)を用いる。地域間産業関連分析では、同研究所の地域間表を用いる。2015年表をベースに推計された2030年想定表である。

### 7-3 分析結果

#### (1) 全国産業関連分析

ビークルとエネルギー関連産業の後方関連効果の特徴を捉えるために、国内需要と輸出の合計と、モデルから計測した生産誘発額、CO<sub>2</sub>排出誘発量、生産誘発係数、CO<sub>2</sub>排出誘発係数を分析する。各生産部門の後方関連効果を計測する場合には、生産部門の国内需要と輸出のみの値を与えて、他の部門の国内需要と輸出はゼロとして、以下の式から生産誘発額 X と CO<sub>2</sub>排出誘発量 E<sub>CO<sub>2</sub></sub> を求める。

$$X = [I - (I - \hat{M})A]^{-1} ((I - \hat{M})F + EX), E_{CO_2} = \hat{\epsilon}X.$$

ここで、X は生産額列ベクトル、I は単位行列、 $\hat{M}$  は輸入係数の対角化行列、A は投入係数行列、F は最終需要額列ベクトル、EX は輸出額列ベクトルである。 $\hat{\epsilon}$  は生産額当りの CO<sub>2</sub> 排出係数の対角化行列である。

輸送機械と電力の生産部門に注目する。図 1(a) に輸送機械、(b) に電力の各生産部門の国内需要・輸出計、生産誘発額、CO<sub>2</sub> 排出量を示す。

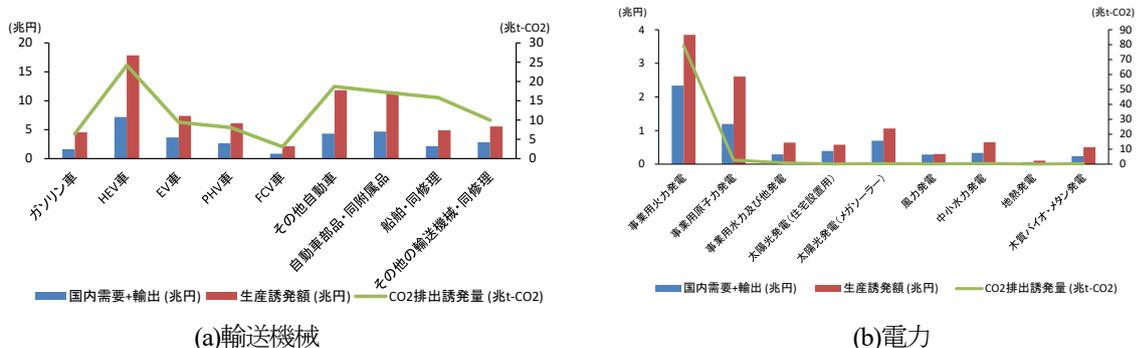


図 7-1 輸送機械と電力部門の国内需要・輸出、生産誘発額、CO<sub>2</sub> 排出誘発量

図 1(a)から HEV 車の生産が占める割合が大きい(2030 年想定)。HEV 車とその他乗用車を比較すると、HEV 車の需要や生産誘発額が大きいため、CO<sub>2</sub>排出量も大きい傾向となっている。HEV は利用段階では CO<sub>2</sub>排出は少ないが、生産段階では HEV のシェアに比例して CO<sub>2</sub>排出量は大きい。生産誘発係数では EV 車はその他乗用車よりも小さい。EV 車の生産段階では、その他乗用車に比べると、部品数が減少することにより、後方連関効果が縮小するためと考えられる。図 1(b)から、事業用火力発電と事業用原子力発電の生産が占める割合が大きい。再生可能エネルギーのなかでは、太陽光発電の生産が占める割合が大きく、CO<sub>2</sub>排出誘発量では事業用火力発電が大きい。

## (2) 地域間産業連関分析

同様に、各地域における後方連関効果を計測するために、次式より生産誘発額 X、CO<sub>2</sub>排出誘発量 E<sub>CO<sub>2</sub></sub>を求める。

$$X = [I - (A - \hat{M}A^*)]^{-1}(F_i - \hat{M}F^*i + EX), E_{CO_2} = \hat{E}X.$$

ここで、A\*とF\*は自地域内の行列を意味する。乗用車の生産部門に注目する。図 2 に各乗用車部門における地域別の国内需要・輸出計、生産誘発額を示す。2030 年想定表に基づいているが、需要・輸出と生産誘発額をみると、4つの部門のなかでは、乗用車(その他)やその他の自動車が大きい。地域別では、関東と中部の需要や生産誘発額が大きい。CO<sub>2</sub>排出誘発量をみると、4つの部門のなかでは、乗用車(その他)やその他の自動車が大きい。地域別では、関東と中部の CO<sub>2</sub>排出誘発量が大きい。地域別の影響は、概ね人口や経済規模に依存している。

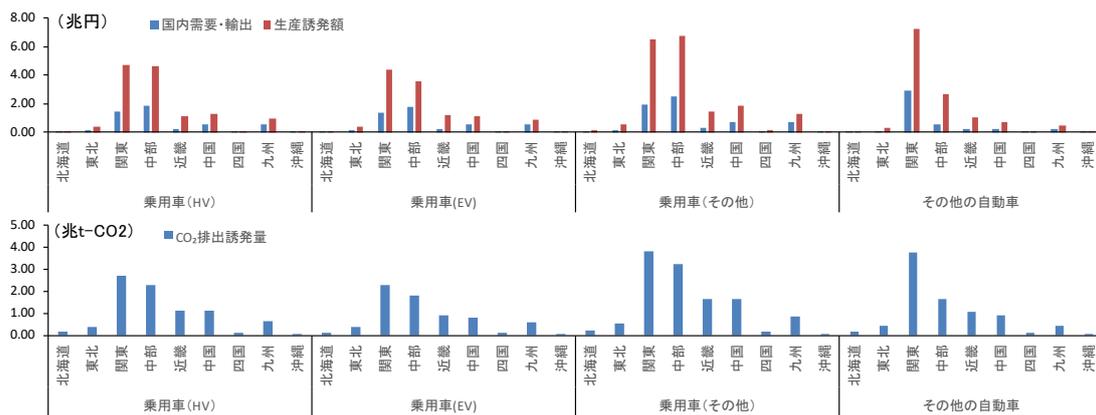


図 7-2 乗車部門の地域別の国内需要・輸出、生産誘発額、CO<sub>2</sub>排出誘発量

## 7-4 おわりに

本稿では、産業連関分析を用いて、未来型のビークルとエネルギーの普及が経済と環境へもたらす影響を検討した。全国表の分析により、脱炭素社会の観点から交通システムはEV車へ、電力は事業用火力発電から再生可能エネルギーへシフトすることの重要性が確認された。地域表の分析より、乗用車部門の地域別の経済と環境への影響を計測した。また、各発電部門の需要と生産のシェアは地域により異なることから、地域の特徴を生かしたエネルギーミックスが重要であることが示された。

## 参考文献

- 1) Miller RE and Blair PD, Input-Output Analysis: Foundations and Extensions, 2009
- 2) 早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所, 2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表, <http://www.f.waseda.jp/washizu/index.html>
- 3) 富樫大生, 洪澤博幸, 崔明姫, 次世代エネルギー・ビークルを対象とした産業連関分析: 経済と環境への影響に着目して, 第 27 回 (2024 年度) 日本環境共生学会学術大会発表論文集

## 8. 教員（研究室）活動実績

### 1-1 特任教授 大平 孝, 助教 堀尾亮介, 特任助手 水谷 豊

#### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 大平孝, 「ワイヤレス電力伝送理論構築」 MWE2024, 27-29, Nov.2024.

#### 【学会発表】

- [1] 澤口実・久野晃弘・新藤竹文・遠藤哲夫・大平孝・水谷豊, 「電界結合方式による無線給電舗装の耐久性に関する検討」, 令和6年度土木学会全国大会79回年次学術講演会, V256.

#### 【論文】

- [1] 大平 孝, “理系を志す高校生に伝えたい複比の振舞い,” 信学誌, vol.107, no.6, pp.534-540, June 2024.
- [2] 大平 孝, “電気が苦手?でも大丈夫!風車で動力を伝える理論,” 信学誌, vol.107, no.9, pp.888-892, Sept. 2024.
- [3] M. Mizutani and T. Ohira, “Comprehensive design approach to switch-mode resonant power amplifiers exploiting geodesic-to-geodesic impedance conversion,” IEICE Trans. Electron., vol.E107-C, no.10, pp.307-314, Oct. 2024.
- [4] T. Ohira, “Poincaréan view of impedance and reflectance loci,” IEEE Microwave Magazine, vol. 25, no. 12, pp.157-167, Dec. 2024.
- [5] 水谷 豊・大平 孝, “理系を志す高校生に伝えたいパワーウェーブ物語,” 信学誌, vol.107, no.12, pp.1175-1179, Dec 2024.
- [6] 新藤竹文・遠藤哲夫・久野晃弘・澤口 実・大平 孝・水谷 豊, “低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新 走行中EVにリアルタイムで給電できる無線給電道路の開発,” 建設機械施工Vol.76, No.11, pp.72-81, Nov. 2024.
- [7] T. Ohira, “Resonant harmonic reaction in twin- and quadruplet-diode rectifiers,” IEICE Communications Express, vol. 14, no. 1, pp. 17-21, Jan. 2025.
- [8] S. Abe, Q. W. Yuan, and T. Ohira, “Coupling quality factor and Friis formula shake hands on wireless power transfer between dipole antennas,” IEICE Trans.Communications, vol. E108-B, no. 8, Aug. 2025.
- [9] T. Ohira, “Far-field kQ theory for Hertzian dipoles in two- and three-dimensional infinite free spaces,” submitted to IEICE Communications Express, vol. 14, no. 6, June 2025.
- [10] T. Ohira, “Comfortable gateway to basic kQ theory for wireless power transfer,” submitted to IEEE Microwave Magazine.

#### 【受賞・表彰】

- [1] 電子情報通信学会, 功績賞, 2024-06-06.

### 1-2 教授 田村昌也

#### 【展示会】

- [1] 「マイクロウェーブ展 (MWE) 2024 大学展示」, 電磁波工学研究室 (田村研究室), 「遮蔽空間におけるワイヤレス電力情報伝送」, Nov. 2024.

#### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 田村昌也, “水中での結合型無線給電,” Microwave Workshop & Exhibition, 神奈川県, パシフィコ横浜, 2024年11月28日

## 【学会発表】

- [1] Aoi Ide, Ayumu Omae, Masaya Tamura, “Control Method for Resonant Frequency of Cavity Resonance-Enabled WPT Using Reactance Probe,” in Proc. 2024 Asia-Pacific Microwave Conference, Bali, Indonesia, Nov. 2024, pp.1-3.
- [2] Yuki Tanaka, Masaya Tamura, “Design Method for Variable Reactance Probe on Cavity Resonance-Enabled WPT,” in Proc. 2024 Asia-Pacific Microwave Conference, Bali, Indonesia, Nov. 2024, pp.1-3.
- [3] 井手蒼・小林一成・田村昌也, “モノポールプローブとリアクタンス回路を組み合わせたキャビティ共振モード WPT の給電周波数制御,” 信学技報 MW2024-114, vol.124, no.211, p.130–135, Oct. 2024.
- [4] 柴田真宏・戸屋翔哉・田村昌也, “映像インピーダンス法を用いた電界型電力情報同時伝送向け差動ダイプレクサの設計,” 信学技報 MW2024-113, vol.124, no.211, p.125–129, Oct. 2024.
- [5] 青山琉彪・瀬川貴優・田村昌也, “生体 WPT 向け容量性結合器を利用したバランの回路解析,” 信学技報 WPT2024-19, vol.124, no.201, p.23–27, Oct. 2024.
- [6] Masahiro Shibata, Yasumasa Naka, Masaya Tamura, “Simultaneous Wireless Power and Information Transfer System With Capacitive Coupler Based on Differential Diplexer,” in Proc. 2024 IEEE Wireless Power Technologies Conference and Expo, Kyoto, Japan, May. 2024, pp.340-343.
- [7] 大前歩・田村昌也, “高次モード送電によるキャビティ共振モード無線電力伝送の受電器設計,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2024 Spring, 5, Apr. 2024.
- [8] 若原大樹・田村昌也, “キャビティ共振モード WPT における送電器設計,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2024 Spring, 4, Apr. 2024.
- [9] 戸屋翔哉・田村昌也, “産業用ロボット向け WPT に用いる高周波インバータの設計,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2024 Spring, 3, Apr. 2024.
- [10] 横山天・田村昌也, “高効率水中無線給電用整合回路の設計とシステム評価,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2024 Spring, 2, Apr. 2024.

## 【論文】

- [1] Akihiko Ishiwata, Yasumasa Naka, Masaya Tamura, “Load-Independent Class-E Design with Load Adjustment Circuit Inverter Considering External Quality Factor,” IEICE Trans. Electronics, vol. E107-C, no. 10, pp.315-322, Oct. 2024. DOI: 10.1587/transele.2024MMP0006
- [2] Yasumasa Naka, Akihiko Ishiwata, Masahiro Shibata, Takuya Kondo, Masaya Tamura, “Capacitive wireless power transfer system with a 3D-functional coupler for maintenance-free industrial robots,” IEICE Communications Express, vol. 13, no. 6, pp.214-217, Apr. 2024. DOI: 10.23919/comex.2024XBL0037
- [3] Yoshinobu Tamura, Hiromasa Saeki, Masaya Tamura, “System Design of Cavity Resonance-enabled Wireless Power Transfer Based on Filter Design Theory,” IEEE ACCESS, vol. 12, pp.43341-43349, Mar. 2024. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3378733

## 【新聞掲載等】

- [1] MONOist, 電界方式の産業用ロボット向け非接触電力伝送ロータリージョイントを共同開発, 2024年5月28日
- [2] TECH+, 豊橋技科大など、産業ロボット用ワイヤレス給電ロータリージョイントを開発, 2024年5月1日
- [3] 東日新聞, 非接触電力伝送部品を開発 豊橋技科大と近藤製作所／軽量化や耐久性、伝送効率向上／産業ロボ分野での活用期待, 2024年4月27日

## 【受賞・表彰】

- [1] 大前歩 Midland Student Express Award IEEE MTT-S Nagoya Chapter 2024年4月

## 2 教授 稲田亮史

### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 稲田亮史, 「AD法の電池材料成型プロセスへの適用」, 日本溶射学会中部支部第17期第4回溶射技術研究会, 豊橋技術科学大学サテライトオフィス, 2024.9.25.
- [2] 稲田亮史, 「全固体電池用ガーネット型酸化リチウムイオン伝導体の開発」, 日本ファインセラミックス協会 (JFCA) 主催 豊橋技術科学大学-2 days セミナー, 豊橋技術科学大学サテライトオフィス, 2024.10.1.
- [3] 稲田亮史・東城友都, 「ラマン分光法による酸化物系全固体電池材料の状態解析」, 2024年度次世代半導体・センサ科学研究所シンポジウム, 豊橋技術科学大学, 2025.3.3.

### 【学会発表】

- [1] Ryoji Inada, Ryusei Isobe, Kairi Kotaka, “Comparison of Electrochemical Properties for Wadsley-Roth  $\text{WNb}_{12}\text{O}_{33}$  and  $\text{W}_5\text{Nb}_{16}\text{O}_{55}$  Phases for Li-Ion Battery Anode”, The 12th Asian Conference on Electrochemical Power Sources (ACEPS-12), P-002, Osaka, Japan, 2024.5.20.
- [2] 倉橋莞朋・大泉寛太・大谷竜登・東城友都・稲田亮史, 「コールドシンタリング法で成型した  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  固体電解質の特性評価」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B4-6, 岐阜大学, 2024.8.29.
- [3] 古高海陸・香西海斗・木下豪心・渡辺一希・東城友都・稲田亮史, 「高電位酸化物負極を用いたリチウムイオン電池の作製と電気化学特性評価」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B4-7, 岐阜大学, 2024.8.29.
- [4] 村元優太・堀晟生・東城友都・稲田亮史, 「 $\text{LiGaO}_2$ を添加したTa置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の合成および特性評価」, 日本セラミックス協会第37回秋季シンポジウム, 2PL01pm, 名古屋大学, 2024.9.11.
- [5] 大泉寛太・倉橋莞朋・大谷竜登・東城友都・稲田亮史, 「コールドシンタリング法を用いた  $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.7}\text{Ti}_{1.3}(\text{PO}_4)_3$  固体電解質の作製および特性評価」, 日本セラミックス協会第37回秋季シンポジウム, 2PL02pm, 名古屋大学, 2024.9.11.
- [6] Ryoji Inada, Akio Hori, Yuta Muramoto, Tomohiro Tojo, “Electrochemical Properties of Garnet-Type Ta and Ga Co-Doped  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  for Solid-State Li Batteries”, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME 2024), A08-1200, Honolulu, USA, 2024.10.8.
- [7] Ryoji Inada, Kanta Oizumi, Kaito Kurahashi, Tomohiro Tojo, “Properties of  $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.7}\text{Ti}_{1.3}(\text{PO}_4)_3$  Ceramic Solid Electrolyte Densified by Cold Sintering Process”, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME 2024), A08-1200, Honolulu, USA, 2024.10.8.
- [8] 村元優太・堀晟生・東城友都・稲田亮史, 「Ga酸化物添加がガーネット型Ta置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の特性に及ぼす影響」, 第55回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2B04, 名古屋工業大学, 2024.11.3.
- [9] 安田吉輝・館野玄汰・東城友都・稲田亮史, 「原料組成調整がナトリウムイオン伝導性固体電解質  $\text{Na}_3\text{YSi}_4\text{O}_{12}$  の特性に及ぼす影響」, 第55回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2B08, 名古屋工業大学, 2024.11.3.
- [10] 堀晟生・村元優太・東城友都・稲田亮史, 「Ta, Ga共置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の合成および特性評価」, 第65回電池討論会, 3G16, 国立京都国際会館, 2024.11.22.
- [11] 村元優太・堀晟生・東城友都・稲田亮史, 「Ta置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の特性に及ぼすガリウム酸化物添加の影響」, 第65回電池討論会, 3G17, 国立京都国際会館, 2024.11.22.

- [12] 倉橋莞朋・大泉寛太・大谷竜登・東城友都・稲田亮史, 「コールドシンタリング法による  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  固体電解質の成型および特性評価」, 2024 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, H03, 名古屋大学, 2024.12.7.
- [13] 安田吉輝・館野玄汰・東城友都・稲田亮史, 「原料組成が  $\text{Na}_5\text{YSi}_4\text{O}_{12}$  固体電解質のナトリウムイオン伝導特性に及ぼす影響」, 2024 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, H03, 名古屋大学, 2024.12.7.
- [14] 稲田亮史・安田吉輝・館野玄汰・東城友都, 「原料組成の不定比性がナトリウムイオン伝導性固体電解質  $\text{Na}_5\text{YSi}_4\text{O}_{12}$  の特性に及ぼす影響」, 第 50 回固体イオニクス討論会, 3C-6, 千里ライフサイエンスセンター, 2024.12.11.
- [15] 伊藤大智・佐藤慧・二階堂満・稲田亮史, 「ガーネット型固体電解質子合成におけるメカノケミカル処理と添加剤の影響」, 第 27 回化学工学会学生発表会, B12, オンライン, 2024.3.8.
- [16] 渡邊寛太・梅原大輝・稲田亮史・東城友都, 「二価イオン電池正極用カリウムバーネス鉍酸化マンガンの層間距離とカルシウムイオン挿入脱離性能の相関検討」, 第 27 回化学工学会学生発表会, F02, オンライン, 2024.3.8.
- [17] 渡邊智之・稲田亮史・東城友都, 「第一原理計算を用いた次世代型全固体リチウムイオン電池のハロゲン系固体電解質の基礎検討」, 第 27 回化学工学会学生発表会, F11, オンライン, 2024.3.8.
- [18] 梅原大輝・渡邊寛太・稲田亮史・東城友都, 「カルシウムイオン電池用カルシウムフェライト負極材料の作製と電気化学特性評価」, 第 27 回化学工学会学生発表会, F20, オンライン, 2024.3.8.
- [19] 内藤光成・今場大弥・稲田亮史・東城友都, 「微生物燃料電池に用いる微生物の形態・光学分析」, 第 27 回化学工学会学生発表会, I22, オンライン, 2024.3.8.

#### 【論文】

- [1] Kazuki Yamamoto, Yuki Ono, Ryoji Inada, "Characterization of co-fired sodium-ion conductive  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  and  $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$  with honeycomb layer structure", *Heliyon*, 10(9), e30691, 2024.
- [2] Eric Jianfeng Cheng, Tao Yang, Yuanzhuo Liu, Linjiang Chai, Regina Garcia-Mendez, Eric Kazayak, Zhenyu Fu, Guoqiang Luo, Fei Chen, Ryoji Inada, Vlad Badilita, Huanan Duan, Ziyun Wang, Jiaqian Qin, Hao Li, Shin-ichi Orimo, Hidemi Kato, "Correlation between mechanical properties and ionic conductivity of polycrystalline sodium superionic conductors: A relative density-dominant relationship", *Materials Today Energy*, 44, 101644, 2024.
- [3] Eric Jianfeng Cheng, Huanan Duan, Michael J. Wang, Eric Kazayak, Hirokazu Munakata, Regina Garcia-Mendez, Bo Gao, Hanyu Huo, Tao Zhang, Fei Chen, Ryoji Inada, Kohei Miyazaki, Saneyuki Ohno, Hidemi Kato, Shin-ichi Orimo, Venkataraman Thangadurai, Takeshi Abe, Kiyoshi Kanamura, "Li-Stuffed garnet solid electrolytes: Current status, challenges, and perspectives for practical Li-metal batteries", *Energy Storage Materials*, 75, 103970, 2025.

### 3 教授 三浦 純

#### 【展示会】

- [1] 移動ロボット技術に関する展示, ものづくり博 2024 in 東三河, 2024 年 6 月.

#### 【学会発表】

- [1] G. Takasawa, K. Koide, and J. Miura, "Elevator-based Multi-Story Navigation for Personal Mobility Systems," Proc. 8<sup>th</sup> Int. Conf. on Advanced Mechatronics (ICAM-2024), November 2024.

- [2] 高澤楽・三浦純, “パーソナルモビリティのためのエレベータによるフロア間移動を含む屋内ナビゲーション”, 日本ロボット学会学術講演会 2024, 2024 年 9 月.
- [3] 五箇俊介・三浦純, “歩行者の存在する環境における状況認識に基づくナビゲーション戦略の選択”, 2024 年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2024 年 5 月.
- [4] 島田豊藏・三浦純, “非構造化環境における分岐点を考慮した自律移動のためのデータセット生成”, 2024 年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2024 年 5 月.

#### 【論文】

- [1] O. Natan and J. Miura, “DeepIPC: Deeply Integrated Perception and Control for an Autonomous Vehicle in Real Environments,” IEEE Access, Vol. 12, pages 49590-49601, 2024.

## 4 助教 秋月拓磨

#### 【学会発表】

- [1] Takuma Akiduki, Masaki Hoshino, Toshiya Arakawa, Hirotaka Takahashi, “Exploring Frequency-Based Features for Driver Activity Recognition with Wrist-Worn Accelerometers”, 18th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2024), Onsite (Qinhuangdao, China) and Online, 2024.9.10-13
- [2] Yusuke Sakai, Kenji Iwamoto, Yuto Omae, Tsuyoshi Mikami, Takuma Akiduki, Kazuki Sakai, Marco Meyer-Conde, Hirotaka Takahashi, “Convolutional Neural Networks for Sleep Stages Classification Using Multiple PSG Signals”, 18th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2024), Onsite (Qinhuangdao, China) and Online, 2024.9.10-13
- [3] 秋月拓磨・河原智弘・荒川俊也・高橋弘毅, 「手首装着型センサを用いた実車内でのドライバ行動推定の試み」, 第 40 回ファジィシステムシンポジウム, 梶山女学園大学, 2024.9.2-4
- [4] 岩本賢治・坂井佑輔・大前佑斗・三上剛・秋月拓磨・酒井一樹・Marco Meyer-Conde・高橋弘毅, 「深層学習を用いた睡眠段階の分類の試み」, 第 40 回ファジィシステムシンポジウム, 梶山女学園大学, 2024.9.2-4
- [5] 秋月拓磨・荒川俊也・高橋弘毅, 「手首装着型センサを利用したドライバの詳細行動認識手法の検討」, 第 67 回自動制御連合講演会, 姫路商工会議所, 2024.11.23-24

#### 【論文】

- [1] 秋月拓磨・河原智弘・奥山俊博・荒川俊也・高橋弘毅, 「手首装着型センサを用いた実車内での運転行動データ収集とドライバ行動推定への応用」, 知能と情報, 37 巻 1 号, pp. 544-548, 2025. DOI: [https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1\\_544](https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1_544)
- [2] 坂井佑輔・岩本賢治・大前佑斗・三上剛・秋月拓磨・酒井一樹・Marco Meyer-Conde・高橋弘毅, 多チャンネル生理学的信号を用いた畳み込みニューラルネットワークによる睡眠段階の分類, 知能と情報, 37 巻 1 号, pp. 506-510, 2025. DOI: [https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1\\_506](https://doi.org/10.3156/jsoft.37.1_506)

## 5 教授 杉木 直, 准教授 松尾幸二郎

#### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 松尾幸二郎, 「通学路の安全性向上と一斉点検について」, 令和 6 年度豊橋市立小中学校安全主任会・安全主任者研修会, オンライン, 2024.5.7
- [2] 松尾幸二郎, 「豊橋のまちと交通の今、そして未来へ」, 豊橋鉄道 100 周年記念タウンミーティング「豊橋のまちづくりと公共交通を考える」, 豊橋市, 2024.5.25

- [3] 松尾幸二郎, 「交通ルールの価値を高めるために」, 愛知県警交通課長会議, 愛知県警本部, 2024.6.27
- [4] 松尾幸二郎, 「運輸局職員に期待すること」, 中部運輸局地域公共交通会議に関する職員向け勉強会, 中部運輸局, 2024.8.5
- [5] 松尾幸二郎, 「確率と交通行動分析の世界を体験しよう: 確率の大科学実験」, 新居高校講演, 新居高校, 2024.10.11
- [6] 松尾幸二郎, 「交通計画学: 人の移動とまちづくりを考えよう」, 豊丘高校大学模擬授業, 豊丘高校, 2024.10.23
- [7] 松尾幸二郎・葛西誠・吉城秀治・加藤秀樹・川村一博・宮崎耕輔, 「どうする? 通学路点検におけるデータの取得・整理・活用」, 第6回交通工学研究会シンポジウム, 福井市, 2024.11.28

#### 【学会発表】

- [1] 西堀泰英・岡駿也太・小嶋理江・松尾幸二郎, 「高齢運転者の交通安全対策に対する意識と普及促進策の試行～行動経済学の知見を用いて～」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.25
- [2] 石河万衣・宮崎耕輔・松尾幸二郎・吉城秀治・葛西誠, 「日本における子供の移動自由性に影響を及ぼす要因に関する基礎的研究」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.25
- [3] 柴田芽依・倉内文孝・杉木直, 「商業施設立地内生化による社会ダイナミクスシミュレーションモデルの改良」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.25
- [4] 須本英暉・小野悠・杉木直, 「オープンソースソフトウェア・オープンデータを用いた機械学習による土地利用土地被覆予測」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.25
- [5] 大川悠太・杉木直・高野剛志・森田紘圭・林良嗣・松尾幸二郎, 「都市マイクロシミュレーションを用いた QOL の将来予測分析と愛知県豊橋市への適用」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.26
- [6] 松田弘毅・杉木直・阪田知彦・鈴木温・松尾幸二郎, 「都市構造予測・評価 WEB アプリケーションへのアクティビティベース交通モデルの実装」, 第69回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2024.5.26
- [7] 大久保皇・松尾幸二郎・杉木直, 「MMS を活用した無信号交差点における見通しの定量的評価に関する研究: 複数の生活道路交差点を対象として」, 第44回交通工学研究発表会, 日本大学駿河台キャンパス, 2024.8.7
- [8] 甲斐大貴・松尾幸二郎・宮崎耕輔・杉木直, 「小学校における集団登下校の実施および考え方に関する実態分析」, 第44回交通工学研究発表会, 日本大学駿河台キャンパス, 2024.8.7
- [9] 木原龍・本間良平・松尾幸二郎, 「一般道から有料道路方面別料金所への誤進入対策の効果分析」, 第44回交通工学研究発表会, 日本大学駿河台キャンパス, 2024.8.7
- [10] 大久保皇・松尾幸二郎・杉木直, 「MMS を活用した無信号交差点における見通しの定量的評価に関する研究: 複数の生活道路交差点を対象として」, 第44回交通工学研究発表会, 日本大学, 2024.8.8
- [11] Mital Chakma1, Kojiro Matsuo, Nao Sugiki, “Traffic Parks: reinventing as a strategic facility for children to learn traffic rules”, 12th International Cycling Safety Conference (ICSC 2024), Imabari, , 2024.11.5
- [12] Mai Ishiko, Kosuke Miyazaki, Kojiro Matsuo, Akira MARUOKA, “The Factors affecting children’s independent mobility”, The 9th International Conference on "Science of Technology Innovation" 2024 (9th STI-Gigaku 2024), Nagaoka University of Technology, 2024.11.7 (Best Research Presentation Award by Sumitomo Riko Company Limited)
- [13] 松尾幸二郎・杉木直, 「自動車プローブデータの活用が交通安全対策の効果評価に与える影響についての一考察: 確率論的接近」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16

- [14]加藤秀樹・松尾幸二郎, 「ヒヤリハット体験調査に基づく歩行者死亡事故リスク評価手法の検討」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [15]大川悠太・杉木直・高野剛志・森田紘圭・林良嗣・松尾幸二郎, 「都市マイクロシミュレーションを用いた将来QOL分析による都市施策評価」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [16]杉木直・紀伊雅信・林良嗣・Mutahari Mustafa・Marla Redillas・Pawinee Iamtrakul・佐藤拓実・松尾幸二郎, 「臨空スマートシティ評価のための地域評価モデルの構築」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [17]Mustafa Mutahari, Nao Sugiki, Yoshitsugu Hayashi, Marla Redillas, Pawinee Iamtrakul, Kojiro Matsuo, “Quality of Life (QOL) and Quality of Business (QOB) based Air-front Smart City Evaluation Method”, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [18]森田祐生・松尾幸二郎・加藤秀樹・杉木直, 「事故危険地点の抽出を念頭においた客観情報と経験情報の比較分析」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [19]大久保皇・松尾幸二郎・杉木直, 「プローブデータとモバイルマッピングシステムを活用した住区街交差点における車両挙動分析」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [20]石河万衣・宮崎耕輔・松尾幸二郎・吉城秀治・葛西誠, 「通学状況に着目した子供の移動自由度に影響を及ぼす要因に関する基礎的研究」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [21]小泉宏喜・杉木直・松田真宣・松尾幸二郎, 「リアルタイム配車型デマンドサービスのためのマルチモーダルシミュレーションの構築」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [22]野口萌衣・松尾幸二郎・杉木直, 「市民の路面電車に対する価値認識に関する研究」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.16
- [23]松田弘毅・杉木直・阪田知彦・鈴木温・松尾幸二郎, 「アクティビティベース交通モデルを組み込んだ都市構造予測・評価WEBアプリケーションによる都市政策評価」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.17
- [24]小泉翼・杉木直・松尾幸二郎, 「都市マイクロシミュレーションのモデルパラメータ移転可能性と共有パラメータ設定」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.17
- [25]鈴木大紀・杉木直・Mutahari Mustafa・松尾幸二郎, 「ソーシャルネットワークを考慮した実空間と情報空間におけるサービスへのアクセスの代替性と居住地選択への影響」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.17
- [26]鈴木敬太・杉木直・古村太郎・松尾幸二郎, 「郊外ニュータウンにおける住民自治管理型の私営水道の現状と持続可能性に関する研究」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.17
- [27]末廣杏月・杉木直・古村太郎・松尾幸二郎, 「大規模震災時の飲料水・生活用水の需給分析による地域課題の把握と解決法策の検討」, 第70回土木計画学研究発表会, 岡山大学, 2024.11.17
- [28]Mustafa Mutahari, Nao Sugiki, “QOL & QOB Application for Air-front Smart City Policy Evaluation”, E-Asia research symposium 2025: Smart tourism and quality of life for all, Phuket, 2025.1.7
- [29]Nao Sugiki, “Regional Evaluation Model for Air-front Smart Cities”, E-Asia research symposium 2025: Smart tourism and quality of life for all, Phuket, 2025.1.7
- [30]Yuta Okawa, Nao Sugiki, Tsuyoshi Takano, Hiroyoshi Morita, Yoshitsugu Hayashi, Mustafa Mutahari, Kojiro Matsuo, “Future quality of life (QOL) projections and urban policy evaluation using urban microsimulation in Toyohashi city”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.12
- [31]Daiki Suzuki, Nao Sugiki, Mustafa Mutahari, Kojiro Matsuo, “Assessing the substitutability of physical and cyber access to services considering social networks and residential location and its impact on residential location choice”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.12

- [32] Tsubasa Koizumi, Nao Sugiki, Kojiro Matsuo, “Parameters transferability examination for urban micro-simulation model”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.12
- [33] Hideki Sumoto, Nao Sugiki, Haruka Ono, “Analyzing and Predicting Land Use Changes Using Machine Learning by Opensource Software and Open Database”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.12
- [34] Mustafa Mutahari, Nao Sugiki, Yoshitsugu Hayashi, Tsuyoshi Takano, Hiroyoshi Morita, Kojiro Matsuo, “Developing quality of business (QOB) evaluation model for air-front smart cities”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.13
- [35] Ko Okubo, Kojiro Matsuo, Nao Sugiki, “Analysis of vehicle behavior at intersections in residential areas using probe data and 3D point cloud data”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.13
- [36] Azuki Suehiro, Nao Sugiki, Kojiro Matsuo, “Water supply and demand analysis to assess water shortages and preparedness in large-scale earthquake disaster”, The 14th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries (AURG 2025), Fukuoka, 2025.1.13
- [37] 森田祐生・松尾幸二郎・加藤秀樹・杉木直, 「歩行者・自転車事故危険地点の抽出を念頭においた客観情報と経験情報の比較分析：通学路情報を考慮して」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [38] 野口萌衣・松尾幸二郎・杉木直, 「住民の路面電車に対する価値認識に関する研究：豊橋鉄道市内線を対象として」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [39] 池田紗彩・松尾幸二郎・杉木直, 「高校生の通学における路線バス利用需要の把握と利用支援・促進策の検討に関する研究」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [40] 岩崎晴香・松尾幸二郎・杉木直, 「路面電車電停における乗降利便性向上に関する研究：信号制御施策の効果分析と交通流への影響分析」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [41] 合田拓真・松尾幸二郎・大久保皇・杉木直, 「3次元点群データを用いた交差点の見通し評価に関する研究」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [42] 森悠旗・松尾幸二郎・杉木直, 「小学生および保護者を対象とした「こども110番の家」の認知・利用意識に関する研究」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [43] 佐藤拓実・杉木直・高野剛志・森田紘圭・松尾幸二郎, 「臨空スマートシティ評価のための空港ネットワーク特性分析」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [44] 植木伶羽・杉木直・松尾幸二郎, 「共創・シェアリング型移動サービスの導入に向けた交通空白地・時間帯に関する分析」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [45] 川喜多凌介・杉木直・黒川修行・松尾幸二郎, 「交通特性・住環境特性が学齢期の体格に与える影響に関する研究」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [46] 土佐海斗・杉木直・松尾幸二郎, 「世帯マイクロデータを用いた路線バスの需要予測分析」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7
- [47] 末廣杏月・杉木直・松尾幸二郎, 「大規模地震災害に対する住民の飲料水備蓄に関する研究」, 令和6年度土木学会中部支部研究発表会, 富山県立大学, 2025.3.7

## 【論文】

- [1] 稲垣亮・松尾幸二郎・杉木直, 「プローブデータ活用による地点別事故危険性の評価精度に関する検討：確率論的接近」, 土木学会論文集, Vol.79 (20), ID.23-20038, 2024
- [2] 石河万衣・宮崎耕輔・松尾幸二郎・吉城秀治・葛西誠, 「日本における子供の移動自由性に影響を及ぼす要因に関する研究」, 土木学会論文集, Vol.80, 2025 (採録決定済み)

- [3] Mital Chakma, Kojiro Matsuo, Nao Sugiki, "Impact of traffic park use on children traffic rules awareness and behavioral intention: A case study in Toyohashi city", Sustainability, Vol.17 (3), ID.937, 2025
- [4] Mustafa Mutahari; Nao Sugiki; Fumitaka Kurauchi, Kojiro Matsuo, "Parameter Setting Examination of Social Dynamic Simulation Using a Multi-layer Network", Transportation Research Procedia, Vol.82, pp.3960-3979, 2025

【新聞掲載等】

- [1] 中日新聞, 「公共交通 にぎわいの立役者に」, 2024.5.26
- [2] 東日新聞, 「公共交通とまちづくり」, 2024.5.26
- [3] 東愛知新聞, 「公共交通で住み良い豊橋に」, 2024.5.26
- [4] 読売新聞, 「豊橋まちづくり 公共交通役割は」, 2024.5.26

【受賞・表彰】

- [1] 松尾幸二郎, 感謝状, 研究活動を通じた交通安全への寄与, 愛知県警察, 2025.1.29

6 教授 洪澤博幸, 助教 崔 明姫

【学会発表】

- [1] Shibusawa, H. and Cui, M., A Study on Development of a Dynamic Spatial Input–Output Model and its Application to Japan’s Regional Economy, Proceedings of 14th World Congress of the RSAI, 2024, pp.383-384
- [2] Cui, M. and Shibusawa, H., Evaluation of Implementation Timing of COVID-19-related Policies and Regional Tourist Fluctuations: A Panel Data Approach, Proceedings of 14th World Congress of the RSAI, 2024, pp.511-512
- [3] Shibusawa, H. and Cui, M., Assessing Visitor Fluctuations on Major Stations in Japan during the Novel Coronavirus Pandemic: A Panel Data Approach, The 28th Pacific Conference of the RSAI (PRSCO 2024) 5-7 August 2024, Daegu, South Korea, pp.1-7
- [4] Cui, M. and Shibusawa, H., A Multilevel Analysis of Factors Influencing Tourism-related Establishment Sales, The 28th Pacific Conference of the RSAI (PRSCO 2024)5-7 August 2024, Daegu, South Korea, pp.1-10
- [5] Cui, M. and Shibusawa, H., Survey of Tourism Development Potential around the Planned Smart Interchange in the Northern Area of Toyohashi City, The 28th Pacific Conference of the RSAI (PRSCO 2024)5-7 August 2024, Daegu, South Korea, pp.1-8
- [6] Shibusawa, H., Ichinose, T. and Cui, M., Evaluating the Economic Damages caused by Single and Combined Floods Targeting Multiple River Basins in the Tokai region of Japan, The 63<sup>rd</sup> Congress of ERSA 26-30 August 2024, Azores, Portugal, pp.1-3
- [7] Cui, M. Okudaira, K. and Shibusawa, H., Economic Impact of COVID-19 and Natural Disasters on Tourism-related Establishments : Case Studies on Hot Spring Areas-Hitoyoshi City and Atami City, The 63<sup>rd</sup> Congress of ERSA 26-30 August 2024, Azores, Portugal, , pp.1-9
- [8] Shibusawa, H., Togashi, D. and Cui, M., Evaluating the Impact of Eco-friendly Vehicles and Renewable Energy on the Regional Economy and Environment: An Input-Output Application, 71st NARSC Meeting New Orleans, Louisiana, November 13-16, 2024, p.1
- [9] 洪澤博幸・崔明姫, 人流データを用いた三大都市圏主要駅の来訪者数に関する基礎的研究, 日本観光学会第117回全国大会プログラム・研究発表要旨集, 2024.6.22-23, 神戸学院大学有瀬キャンパス, pp.20-21

- [10] 崔明姫・渋澤博幸, 感染拡大防止策と観光需要喚起策が主要駅周辺流動人口に与える影響, 第 38 回日本観光研究学会全国大会学術論文集, 2024.6.22-23, pp.45-48
- [11] 富樫大生・渋澤博幸・崔明姫, 次世代エネルギー・ビークルを対象とした産業連関分析: 経済と環境への影響に着目して, 第 27 回 (2024 年度) 日本環境共生学会学術大会発表論文集, 2024.9.14-15, pp.1-2
- [12] 長谷川朋美・渋澤博幸・崔明姫, コロナ禍における主要駅・観光施設エリアの来訪者数に関する基礎的研究: 人流データと重力モデルを用いて, 日本地域学会第 61 回(2024 年)年次大会 学術発表論文集, 2024.10.5-6, pp.1-8
- [13] 森田海咲樹・崔明姫・渋澤博幸, 豊橋北部地域における観光展開の可能性に関する研究, 日本地域学会第 61 回(2024 年)年次大会 学術発表論文集, 2024.10.5-6, pp.1-8

#### 【論文】

- [1] 崔明姫・渋澤博幸, 地域の宿泊者数とコロナ関連政策実施時期の関係分析—固定効果モデルを用いて—, 『地域学研究』, 54(1), 2024, pp.30-51

#### 【講演・出演】

- [1] 渋澤博幸, アフターコロナ時代の国際会議と都市地域観光について～豊橋技科大での研究活動を踏まえて～, 一般社団法人豊橋観光コンベンション協会講演会, ホテルアークリッシュ豊橋, 2024.5.23
- [2] 崔明姫, 豊橋新城スマートチェンジ(仮称)の開設に伴う観光展開の可能性について, 第 476 回東三河産学交流サロン, ホテルアークリッシュ豊橋, 2024.6.25
- [3] 崔明姫, ラジオ「天伯之城」1月11日放送 「地域資源を活かした観光振興と地方へのインバウンド誘客」, 2025.1.11



未来ビークルシティリサーチセンター

－ スマート未来ビークルシティ事業 －

令和6年度研究成果報告書

発 行 令和7年3月

発行者 国立大学法人豊橋技術科学大学

未来ビークルシティリサーチセンター

〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

電話 (0532) 44-6549