

# 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3年度研究成果報告書



令和4年3月



# □□□ 目 次 □□□

## ご挨拶

【センター長 大平 孝】

..... 1

## 組織・構成

..... 2

## 活動報告

### 1. 未来ビークルシティリサーチセンター第24回シンポジウム開催報告

【情報・知能工学系 教授 三浦 純】

..... 4

### 2. その他

..... 6

## 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センター 特任教授/名誉教授 大平 孝, 特任教授 塚本 悟司

特任助手 阿部 晋士, 特任助手 水谷 豊,

研究員 馬場 亮一, 研究員 鈴木 良樹, 研究員 堀尾 亮介】

..... 43

1-1 産業用ドローンのための駐機時充電ポート

1-2 走行中の電気自動車に連続的に無線給電を行う道路の実用化システムの開発

1-3 小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム

#### 2. 新しい電池技術の研究開発

【電気・電子情報工学系 准教授 稲田 亮史】

..... 45

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】

..... 47

#### 3-1 End-to-end 自動運転のためのマルチタスク学習と注意機構付き深層学習

### 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, 新潟大学 准教授 今村 孝】

..... 49

#### 4-1 はじめに

#### 4-2 装着型センサを用いた運転中の行動推定

#### 4-3 おわりに

### 5. 同一帯域全二重マルチホップ無線通信技術に関する研究

【電気・電子情報工学系 教授 上原 秀幸, 助教 宮路 祐一】

..... 51

#### 5-1 はじめに

#### 5-2 システム概要

#### 5-3 自己干渉除去技術

#### 5-4 おわりに

### 6. 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】

..... 53

#### 6-1 はじめに

#### 6-2 車両向き検出の高精度化

#### 6-3 車両向き推定結果

### 7. 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, 准教授 杉木 直, 他】

..... 55

#### 7-1 はじめに

#### 7-2 研究方法

#### 7-3 結果と考察

## ■低炭素社会と先端省エネルギーコア

### 8. 未来ビークル関連産業の環境経済的な影響に関する基礎的研究

【建築・都市システム学系 教授 渋谷 博幸, 助教 崔 明姫】

..... 57

#### 8-1 はじめに

#### 8-2 方法

#### 8-3 分析結果

#### 8-4 おわりに

■その他

9. 令和3年度 教員（研究室）活動実績

.....59

## ご挨拶



豊橋技術科学大学  
特任教授/名誉教授  
未来ビークルシティアリサーチセンター

### センター長 大平 孝

平成 27 年 4 月に第 3 代未来ビークルシティアリサーチセンター長を拝命し、本年で 7 年になります。本年度でセンター長としての最後の年を迎える運びとなりました。

第 3 フェーズでは第 2 フェーズに引き続き、ビークル社会において持続的に発展する安全・安心都市の創成を目的とし、CO<sub>2</sub>を低減する「低炭素社会」と少子高齢化に伴う「安全・安心社会」を重点課題として掲げ、その解決に取り組んで参りました。ワイヤレス給電、新しい電池技術の研究開発、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手法に関する研究、省エネルギーの資する自動車の研究など、低炭素でかつ安全安心な交通社会システムを目指して参りました。

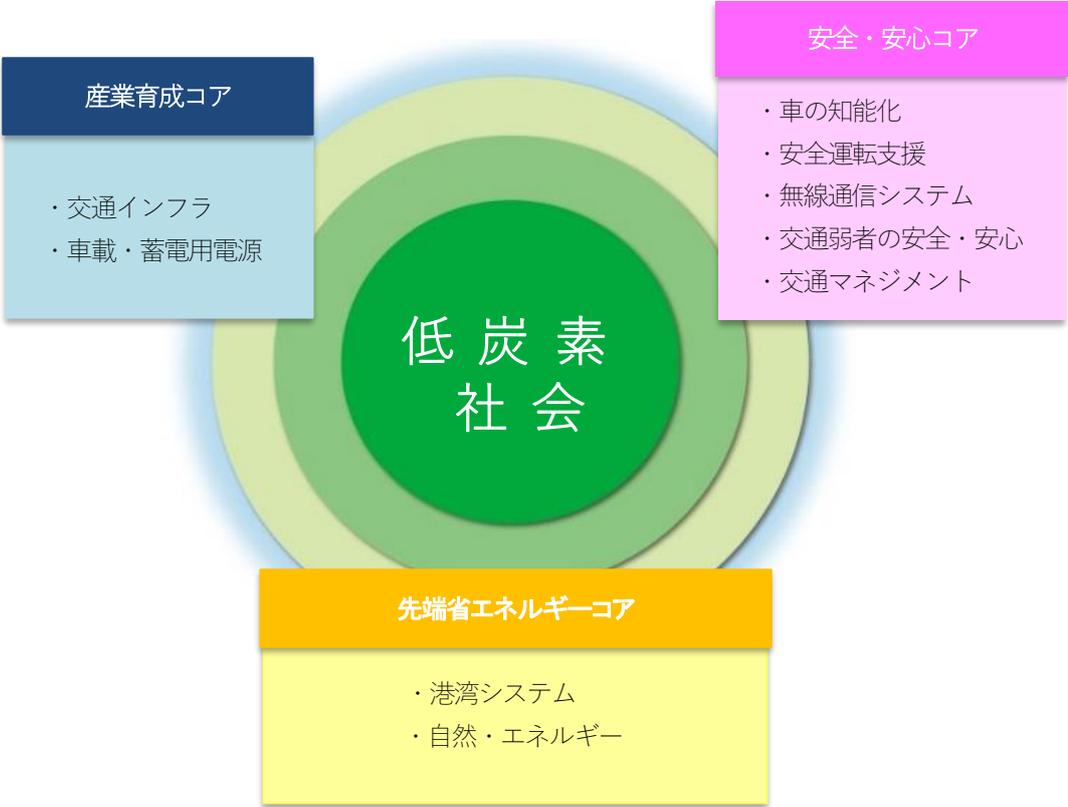
第 3 フェーズの研究成果について、まず触れておかなければいけないのは、本学で国内外のリーディング企業やトップ研究機関との協働研究を進めることで本学の研究力を向上させることを目的に、「技術科学イノベーション研究機構 (RITI)」が設置 (平成 28 年 4 月 1 日) されたことです。RITI の大きな役割は大学と企業との大型マッチングファンドによるイノベーションの創出です。本リサーチセンターにおいてもこのプロジェクトを活用し、社会実装に繋がる研究開発を進めて参りました。具体的にはまずワイヤレス給電に関する技術開発です。「電界結合方式」を開発し、バッテリーレス小型電気自動車や工場内搬送用 AGV の走行中給電を可能にしました。これらの研究成果をベースに、産業用ドローンへの充電用途として駐機時充電ポートの開発を進めています (内閣府: SIP 事業 (H30-R4))。軌道に制限されない小型モビリティへの走行中ワイヤレス電力伝送の研究開発を進めました (愛知県: 知の拠点あいち事業 (R1-R3))。 (企業と共同で電界結合方式ワイヤレス給電技術を利用した無線給電道路システムの実用化を目指した研究開発を進めています (国土交通省: CART (R2-R5))。この研究以外にも交通安全マネジメントとして、「次世代路面標示 (路面標示 2.0)」の社会実装化や「地域に根付くビッグデータ活用型道路・交通安全マネジメント」を研究テーマに、特に豊橋市による実証実験などを通じて「豊橋モデル」の確立を目指しました。

2021 年は大きな節目の年になりました。大学発ベンチャー企業「株式会社パワーウェーブ」を発足させました。(豊橋技術科学大学 大学発ベンチャー第 3 号) さらに同年、「国立大学法人豊橋技術科学大学と富士ウェーブ株式会社、山梨県との連携の推進に関する協定」を締結いたしました。この協定に基づき、3 社で連携してワイヤレス電力伝送技術に関する最新情報の共有、研究開発の推進及び普及促進に取り組んで参ります。

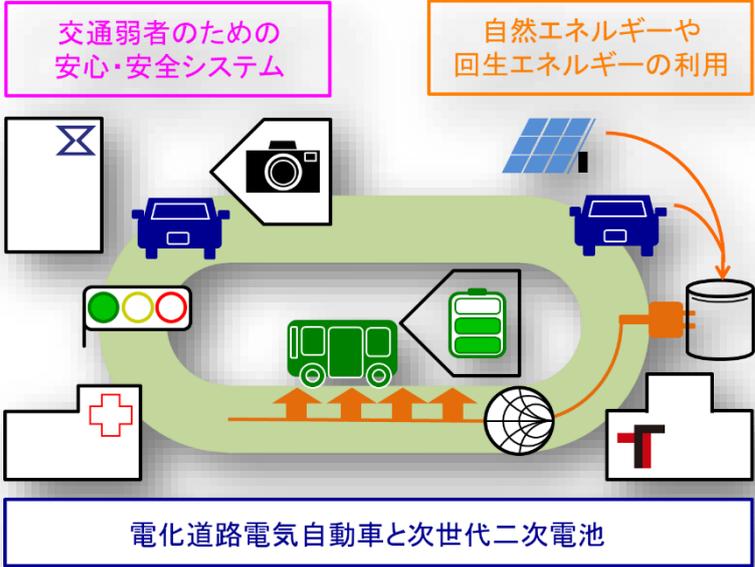
本リサーチセンターは来年度も継続して活動して参ります。毎年飛躍を遂げるこのリサーチセンターに今後ともご支援の程、宜しくお願い申し上げます。

# 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



## 2021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/名誉教授	センター長・コア長
塚 本 悟 司	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	准教授
田 村 昌 也	電気・電子情報工学系	准教授
阿 部 晋 士	未来ビークルシティリサーチセンター	特任助手
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
上 原 秀 幸	電気・電子情報工学系	教授
金 澤 靖	情報・知能工学系	准教授
杉 木 直	建築・都市システム学系	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
宮 路 祐 一	電気・電子情報工学系	助教

### ■ 低炭素社会と先端省エネルギーコア

氏名	所属	職名
滝 川 浩 史	電気・電子情報工学系	教授
洪 澤 博 幸	建築・都市システム学系	教授
坂 東 隆 宏	電気・電子情報工学系	助教

# 活動報告

# 1. 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 第24回シンポジウム開催報告

情報・知能工学系 教授 三浦 純

自動運転やパーソナルビークルの実現には高信頼の環境認識や位置推定が重要です。一方、現在の自動車や交通システムの安全性向上のためには大規模な交通データに基づく交通マネジメントやドライバーの特性の理解が欠かせません。これらの未来ビークル実現のための取り組みには「データの収集と利用」が一つの鍵になります。

そこで今回は、未来ビークルに関わる「データ」に焦点を当て、『未来の交通システムのためのデータの収集と利用』と題してシンポジウムを実施いたしました。本シンポジウムでは、この分野の最先端で活躍されている研究者と本センターの「低炭素社会と安心・安全コア」のメンバーが公開データの紹介やデータ処理のツールなどを含めて最近の研究開発動向を紹介いたしました。

本シンポジウムには57名の参加があり、各講演終了後に行われた質疑応答では今回紹介した研究の活用など具体的な質問が寄せられました。

## 【講演 1】

「自動運転のための地図の作成と利用」  
名城大学 理工学部 メカトロニクス学科  
准教授 目黒淳一氏

## 【講演 2】

「交通ビッグデータの分析と活用」  
豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系  
准教授 松尾幸二郎

## 【講演 3】

「オープンソースソフトウェア・ライブラリを活用した点群処理の紹介」  
産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
研究員 小出健司氏

## 【講演 4】

「道路シーン解析・自動運転学習のためのデータセット」  
豊橋技術科学大学 情報・知能工学系  
教授 三浦 純

## 【講演 5】

「ドライビングシミュレータとドライバー行動計測への応用」  
豊橋技術科学大学 機械工学系  
助教 秋月拓磨



【講演 1】



【講演 2】



【講演 3】



【講演 4】



【講演 5】

# 未来の交通システムのための

# データの収集と利用

概要…自動運転やパーソナルビークル実現のための環境認識や位置推定の高精度化や、現在の自動車や交通システムの安全性向上の鍵となる未来ビークルに関わる「データ」に焦点を当て、公開データの紹介やデータ処理のツールなどを含め、関連分野で活動中の方々、あるいは参入に興味のある方々に役立つ情報をお伝えする。

参加費  
無料

令和3年

11月26日(金)

13:30 ~ 16:25

開催方法 : オンライン配信



申し込み先 : WEB 申込フォームによるお申込み

\*以下のリンクもしくはQRコードからお申し込みください。

<https://www.tut.ac.jp/form/rcfvc/24thsymposium.html>

## プログラム

- 13:30~13:35 【開会挨拶】  
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  
センター長 大平 孝
- 13:35~14:15 【講演 1】  
「自動運転のための地図の作成と利用」  
名城大学 理工学部 メカトロニクス学科  
准教授 目黒淳一
- 14:15~14:45 【講演 2】  
「交通ビッグデータの分析と活用」  
豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系  
准教授 松尾幸二郎
- 14:45~15:00 【休憩】
- 15:00~15:30 【講演 3】  
「オープンソースソフトウェア・ライブラリを活用した  
点群処理の紹介」  
産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
研究員 小出健司
- 15:30~15:50 【講演 4】  
「道路シーン解析・自動運転学習のためのデータセット」  
豊橋技術科学大学 情報・智能工学系  
教授 三浦 純
- 15:50~16:20 【講演 5】  
「ドライビングシミュレータとドライバ行動計測への応用」  
豊橋技術科学大学 機械工学系  
助教 秋月拓磨
- 16:20~16:25 【閉会挨拶】  
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  
副センター長 三浦 純

■主催 : 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 ■後援 : 豊橋市、田原市

■問い合わせ先 : 未来ビークルシティリサーチセンター (木下)

TEL: 0532-44-1166 email: rcfvc@office.tut.ac.jp (お問い合わせは出来る限りメールでお願いいたします。)

## 2. その他活動報告

### 2-1 展示会

■令和2年度 豊橋市大学研究活動費補助金 成果報告展示会

日時 : 2021年5月7日(金) ~5月13日(木)

展示時間 : 10:00 ~16:00 \*土日除く

場所 : 豊橋市役所 東館1階 市民ギャラリー

豊橋市大学研究活動費補助金 研究成果報告展示会において、大平 孝センター長の研究グループが、ポスター展示を通じて市民の皆様に研究成果をご紹介しました。

#### ○パネル展示

『のんほいパーク遊園地内のゴーカートの電動化』

電気・電子情報工学系教授／

未来ビークルシティリサーチセンター長

大平 孝



### 2-2 大学見学

■地元の小学生が大平研究室を見学しました。

日時 : 2021年11月10日(水)

会場 : 本学 (大平研究室)

豊橋市立天伯小学校2年生40名の子どもたちが、校外学習で「発見したよ、まちのこと」をテーマに本学を訪れました。子どもたちは「大学ってこんなところだよ」研究室や附属図書館を見学しました。

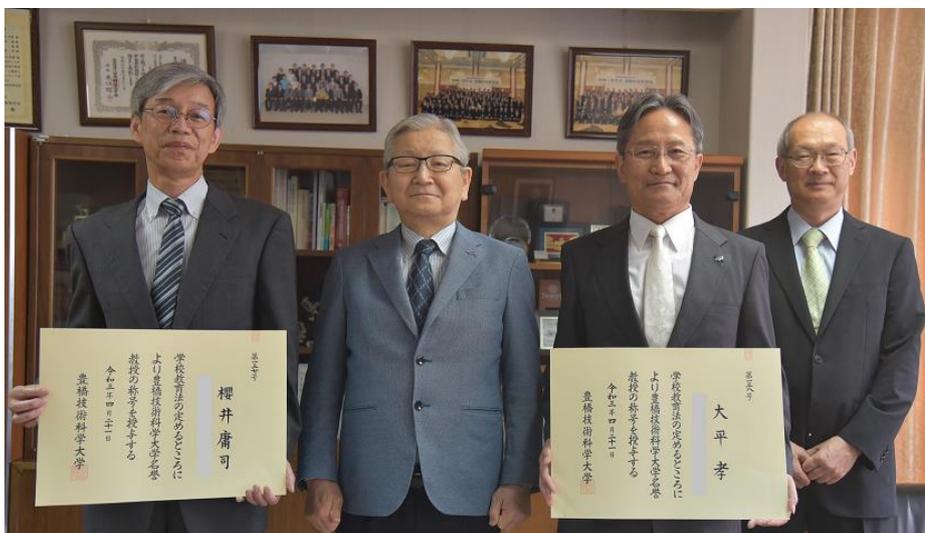
大平研究室では、ワイヤレス走行中給電の紹介として、バッテリーなしで周回コースを走るミニ四駆のデモを実施しました。

子どもたちはバッテリーなしで走るミニ四駆について説明を受け、「どういう構造になっているのかな?」と周回コースの下から装置を覗く姿も見られ、子どもたちはバッテリーなしで軽快に走るミニ四駆に興味深く見入っていました。



### 2-3 名誉教授

当リサーチセンターの構成員2名に名誉教授の称号が授与されました。5月18日に授与式が行われ、寺嶋一彦学長から名誉教授の称号が授与されるとともに、これまでの本学への功績に対して謝辞が述べられました。



名誉教授 櫻井庸司

名誉教授 大平 孝

## 2-4 教員の受賞

受賞日	受賞者	賞の名称	表彰団体名	内容
2021.4.21	センター長 大平 孝	名誉教授	豊橋技術科学大学	名誉教授 称号授与
2022.1.24	准教授 松尾幸二郎	感謝状	愛知県警察	研究活動を通じた交通安全への寄与

## 2-5 各種報道

### ■新聞

掲載日	報道機関 <新聞社名>		見出し	担当教員
2021.4.7	日刊建設工業 新聞	14面	工期短縮、コスト減も 薄型ワイヤレス給電床 大成建設	センター長 大平 孝
2021.4.10	中日新聞	20面	EV 走りながら充電なるか 豊橋技科大発企業 3月スタート 路面から送電 研究 10月にアイ シンなどと実験	センター長 大平 孝 / 特任助手 阿部晋士
2021.4.25	東日新聞	2面	走行中の電気自動車に給電 豊橋技科大 ベンチャ ー企業を設立 ワイヤレス技術の実証実験へ	特任助手 阿部晋士 / センター長 大平 孝
2021.4.30	東愛知新聞	2面	走行 EV ワイヤレス給電 豊橋技科大がベンチャー 発足 システム実用化へ 今秋には実証実験開始	特任助手 阿部晋士
2021.5.12	東愛知新聞	7面	取り組んだ研究成果紹介 豊橋市内 3 大学の 6 件 市役所市民ギャラリーで展示	センター長 大平 孝
2021.5.22	中日新聞	16面	公用車に衝突防止システム 春日井市、走行データ 活用も	准教授 松尾幸二郎
2021.6.2	東愛知新聞	2面	78 件へ創造研究開発補助金 技科大ワイヤレス給電 の実用化など トライアル型22件 県が次世代産業 支援	特任助手 阿部晋士 / センター長 大平 孝
2021.6.17	日刊水産経済新聞	4面	スマート漁業の効率化へ、水中での給電に成功 / 豊 橋技術大・田村准教授	准教授 田村昌也
2021.6.27	東日新聞	1面	海中ワイヤレス給電実験公開 豊橋技科大研究チ ーム 海中常駐ドローン実現へ大きな一歩 魚類養殖 の効率化にも期待	准教授 田村昌也
2021.6.27	東愛知新聞	1面	スマート漁業実現のカギ 水中ドローンのワイヤレ ス給電 システムを豊橋技科大開発 構造など今後 改良へ	准教授 田村昌也
2021.7.18	朝日新聞	25面	先端人 豊橋技科大准教授 田村昌也さん電磁波工学	准教授 田村昌也

掲載日	報道機関 ＜新聞社名＞		見出し	担当教員
2021.8.26	日刊工業新聞	23面	輝け！スタートアップ（88）パワーウェーブ ワイヤレス給電 基幹基盤に	特任助手 阿部晋士/ センター長 大平 孝
2021.9.12	中日新聞	21面	ビッグデータを解析 道路の危険箇所改良 豊橋発 の取り組み 春日井にも広がり	准教授 松尾幸二郎
2021.9.30	東日新聞	3面	非接触給電技術を社会実装 パワーウェーブとアイシン提案/日本総研エコシス テムデザイン支援プログラムに採択	センター長 大平 孝 特任助手/ 阿部晋士
2021.10.6	中日新聞	11面	自由席 日本の文化	准教授 松尾幸二郎
2021.11.5	山梨日日新聞	電子 版	富士登山鉄道 産学官で課題解決	センター長 大平 孝
2021.11.6	山梨日日新聞	7面	電線介さず電力伝送 県産学と協定、開発へ	センター長 大平孝
2021.11.6	東愛知新聞	1面	ワイヤレス電力伝送技術を活用 富士山登山鉄道構 想で連携 豊橋技科大 山梨県などと協定結ぶ	センター長 大平 孝
2021.11.8	時事通信ニュース		カーボンニュートラル時代に向けて、富士ウエーブ (株)が山梨県・国立大学法人豊橋技術科学大学と産 官学連携協定を締結	センター長 大平孝
2021.11.8	中部経済新聞	5面	豊橋で起業体験イベント スタートアップウィーク エンド 来月、経営者ら講師に	特任助手 阿部晋士
2021.11.12	中日新聞	12面	登山鉄道構想で協定 豊橋技科大と山梨県など	センター長 大平 孝
2021.11.12	山梨新報		ワイヤレス電力伝送の実用化へ 県が産学と連携協 定を締結	センター長 大平 孝
2021.11.18	交通毎日新聞	6面	富士ウエーブ 山梨県、豊橋技科大学と官学連携協 定を結ぶ	センター長 大平 孝
2021.12.10	ニッキン	13面	インサイト キーパンソンに聞く＜10＞ ワイヤレス給電を普及	特任助手 阿部晋士
2022.1.15	日本経済新聞	15面	中部発 スタートアップ加速 実れ大学の知 (2) 無 線給電、EV 走行中に パワーウェーブ 工業・商業施設から採用へ	特任助手 阿部晋士
2022.1.29	中日新聞	17面	ワイヤレス給電「実現期待」 今春実証実験知事、協 力を約束	センター長 大平 孝
2022.2.1	日経産業新聞	9面	E V走行中に無線給電、パワーウェーブ、まず私有地 から	センター長 大平 孝

掲載日	報道機関 <新聞社名>		見出し	担当教員
2022.2.9	日刊工業新聞	32 面	小型の乗り物に対応 豊橋技科大 アイシンなど ワイヤレス給電技術	センター長 大平 孝

## ■テレビ報道

報道日	報道機関	見出し	担当教員
2021.11.8	UTY テレビ山梨 (スゴロク)	ワイヤレス給電技術の研究で連携 産学官で協定	センター長 大平 孝
2021.11.28	NHK (ニュース 気象情報)	豊橋技術科学大 富士山 新たな輸送手段 調査・研 究へ	センター長 大平 孝
2021.12.16	テレビ愛知	「クルマとミライ」 【大学発！ “非常識” な電気自動車！？】	センター長 大平 孝
2022.2.22	テレビ愛知	「5時スタ」 【電気自動車の未来】	特任助手 阿部晋士

## 2-6 ラジオによる研究紹介

### ■FM ラジオ広報「天伯之城 ギカダイ」

放送日	内容	担当教員
2021.10.9	「手の動きから危険を察知！？ ～運転行動のセンシング～」	助教 秋月 拓磨

## 2-7 社会実験

担当教員	内容	詳細
准教授 松尾幸二郎	ジャパン・トゥエンティワン(株)との3 者協定による協働社会実験 (豊橋市) (2018.4.26～2022.3.31)	交通事業者車両に取り付けられているモバイルア イ機器から得られる各種衝突警報を用いて、潜在的 事故危険地点を抽出し、予防的観点における交通安 全対策の実施を行うための社会実験を実施してい る
准教授 杉木 直	トランスコスモス(株), MONET Technologies(株), (株)ジーネックス, (株)ド ーコンとの5者による協働社会実験 (湖西市) (2021.12.6～2022.1.25)	企業シャトルバスを活用した移動サービスの提供 に係る実証実験(企業シャトル BaaS 実証実験)を 実施した

## 2-8 書籍関係

出版日	出版社	執筆者	タイトル
2021.11.29	科学情報 出版株式会社	共著： 稲田亮史 他	リチウムイオン電池・全固体電池の材料技術 ープロセス・評価技術までー

## 2-9 雑誌関係

出版日	出版社	タイトル
2022.3.15	メディア総研 株式会社	進学したからこそできた念願の研究。“次世代型高性能二次電池”の開発を 目指す



2021年4月23日

**大学発ベンチャー 株式会社パワーウェーブ発足**  
～未来の基幹インフラ「ワイヤレス給電社会」構築を目指して～

<概要>

国立大学法人豊橋技術科学大学における研究開発の成果を生かした大学発ベンチャー認定企業、「株式会社パワーウェーブ」を2021年3月22日に発足させました。脱炭素社会に必要な不可欠となる電気の供給を、移動物体に対してワイヤレスに実現する新しい技術ワイヤレス給電と、その実用化のためのモジュール化とサービス展開を行います。

<詳細>

**【サービス内容】**

充電ケーブルを接続することなく床や地面、道路からロボットやモビリティ、電気自動車に電気を伝えるワイヤレス給電システムを提供します。電気を送る給電ユニットを商業施設や工場に敷設します。電気を受け取る受電ユニットをモビリティメーカーやロボットメーカーに供給します。それぞれのユニットを共通規格として提供する(モジュール化)ことで、どこでもどんなものでもワイヤレスで充電される「ワイヤレス給電」社会を構築します。

**【社会的背景】**

地球温暖化・化石燃料の枯渇に代表される地球規模の課題に立ち向かうべく、カーボンニュートラル政策が我が国では推し進められています。CO<sub>2</sub>の排出量を減らすため乗り物の電動化が進められています。ガソリンエンジンよりも発電所での発電効率、送電網の伝送効率およびモーターでの変換効率が勝っており、電動化によってCO<sub>2</sub>の排出量削減が期待できます。また、発電方法は化石燃料の燃焼による火力発電だけでなく、太陽光や風力を用いた再生可能エネルギーを用いることで更なる排出量の削減も期待できます。

しかし、電動化はなかなか進みません。原因は電気の根本的な性質です。電気は配電網や通信網を代表するように空間的伝搬には優れた特性をもちますが、電池のような時間的伝搬は苦手です。これは石炭やガソリンのような化石燃料とは対照的です。例えば、ガソリンを空間的に伝搬するためにはタンカーやタンクローリーを用いてゆっくり運ぶこととなりますが、時間的に伝搬するためにはただタンクに入れておけばよいです。一方、電池に電気を蓄えて走行する現状の電気自動車では、充電するまでの配電はガソリンよりも優れますが、乗り物にエネルギーを蓄えて走る部分では圧倒的に不利です。そのためバッテリーの課題から電気自動車等の普及がなかなか進みません。

**【目指す社会】**

そこで、電気を車体に貯めて使うのではなく、使うときに供給して走る走行中給電がこの問題を解決し、電動化を実現するブレークスルーとなるとパワーウェーブ社は考えています。そのために道路や床の下から電力を供給し、走行中に電力を供給します。道路下・

床下から電力を供給するためにワイヤレス給電技術を応用します。

このようにワイヤレス給電技術を利用することで現在大きな課題とされている電気自動車のようなモビリティのエネルギー問題を根本解決し、日本ひいては世界のために貢献できます。

### 【豊橋技術科学大学における研究開発成果の活用】

豊橋技術科学大学波動工学研究室における研究開発成果「電界結合方式による走行中ワイヤレス給電」を活用し電気自動車やパーソナルモビリティ、サービスロボットへのワイヤレス給電インフラを社会実装します。大学における理論構築・設計法確立・実装技術を活かし新しい電動化社会を創造します。

### <今後の展望>

ワイヤレス給電社会実現には3つのステップがあると考えています。それは駐車時に人手を介さずに自動で充電される 1. ワイヤレス停止中充電、決まった経路を走っている間に走行電力および充電電力が供給される 2. ワイヤレス線上走行中給電、そして経路を限定せず床の上どこでもいつでも電力が供給される 3. ワイヤレス面上走行中給電です。最初のステップとして 2021 年 10 月頃に中部国際空港においてパーソナルモビリティおよびロボットに対するワイヤレス給電システムの実証実験<sup>(\*)</sup>を実施します。その後も給電対象を限定せず AGV や直交ロボットなど様々な電気機械等に実装することで利用の幅を広げ未来の機関インフラを目指していきます。

<sup>(\*)</sup>愛知県『知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ』小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム“』および愛知県『あいちスマートサステナブルシティ共創チャレンジ “空港内で使用するロボットに利用可能である、ワイヤレス給電の社会実装に挑戦”』にて実施。

株式会社パワーウェーブは、豊橋技術科学大学 大学発ベンチャー第3号として認定し、称号の授与式を行いました。

会見当日に、阿部 晋士特任助手より詳細について発表します。



認定授与式の様子

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 岡崎・高柳

TEL:0532-44-6506 FAX : 0532-44-1270

Email: [kouho@office.tut.ac.jp](mailto:kouho@office.tut.ac.jp)

# 大学発ベンチャー株式会社パワーウェーブ発足 ～未来の基幹インフラ「ワイヤレス給電社会」構築を目指して～

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 特任助手  
兼 株式会社パワーウェーブ 代表取締役社長  
阿部 晋士

abe.shinji.pe@tut.jp / abe@powerwave.co.jp

国立大学法人  
豊橋技術科学大学

## 本発表の概要

豊橋技術科学大学における研究開発成果  
を活用する大学発ベンチャー企業

**株式会社パワーウェーブ** (豊橋市)

を設立しました。

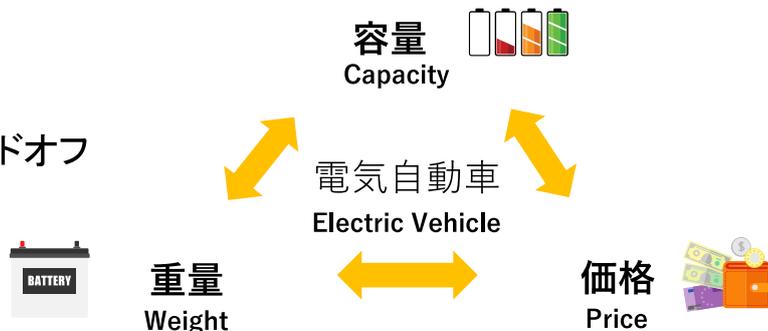
電動化社会を支える基幹インフラ技術  
「ワイヤレス給電」の社会実装を押し進めます

# 社会課題

地球温暖化・化石燃料の枯渇に代表される地球規模の課題に立ち向かうべく、カーボンニュートラル政策が推し進められ、CO2の排出量を減らすため乗り物を中心に電動化等が急速に進もうとしている。しかし

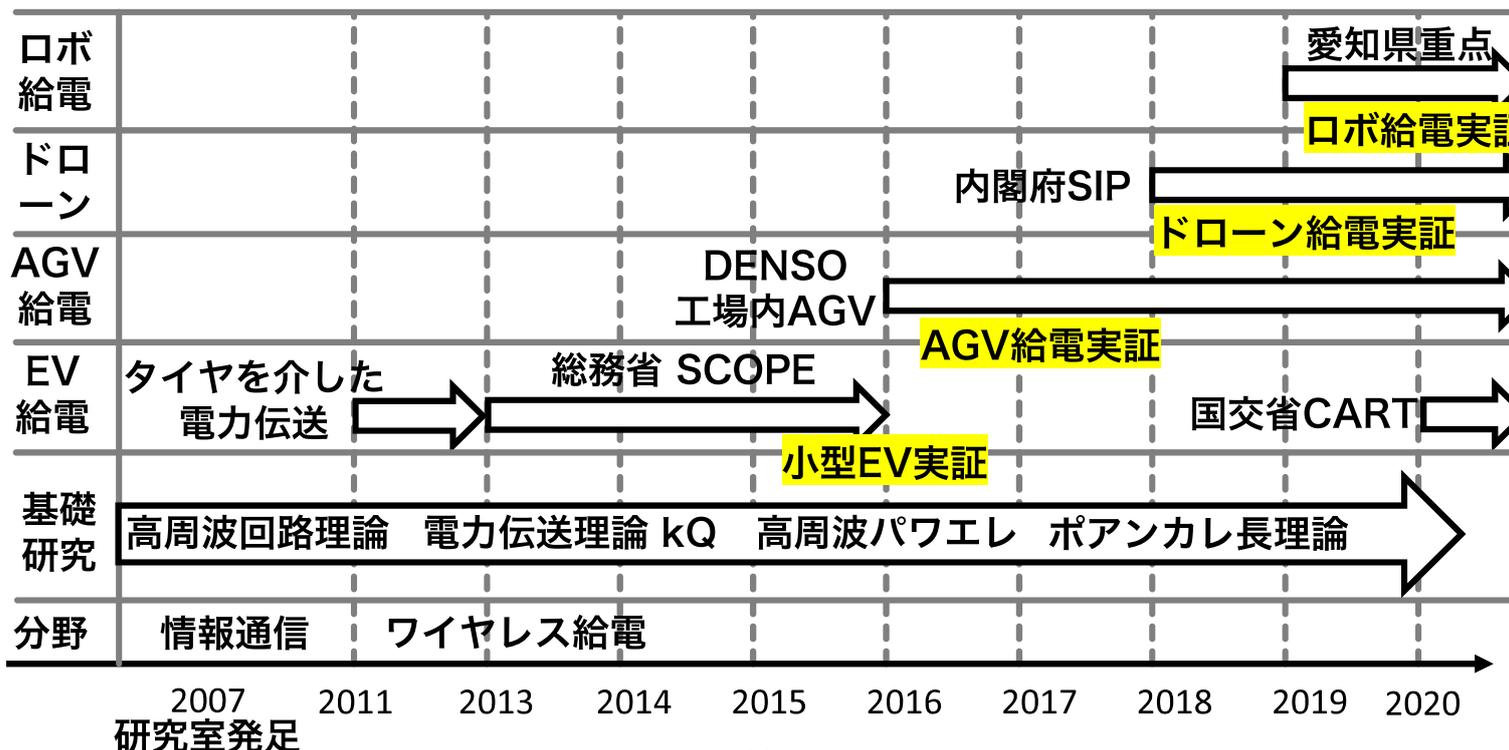
## 現在の電気自動車普及の障害

バッテリーの重量、価格、容量のトレードオフ



電界結合によるワイヤレス給電がインフラとして確立すれば、将来的には走行中の給電も可能となり脱炭素社会の実現を加速させる日本の技術となる。

# 設立の背景 (研究室の変遷)



# 設立の背景 (大学における成果)

## 世界初EVバッテリーレス走行

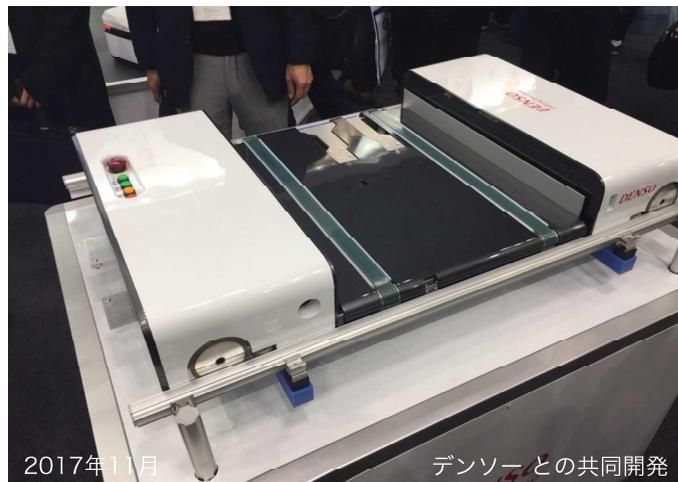


2016年3月

大成建設との共同開発

EVバッテリーレス走行  
総務省認可 13.56MHz 5kW

## 世界初電界結合AGV走行中給電



2017年11月

デンソーとの共同開発

工場内用AGV社会実装  
総務省認可 6.78 MHz 400W

# 設立の背景 (大学における成果)

## ドローン着陸時自動充電



## 小型ロボット平面上給電

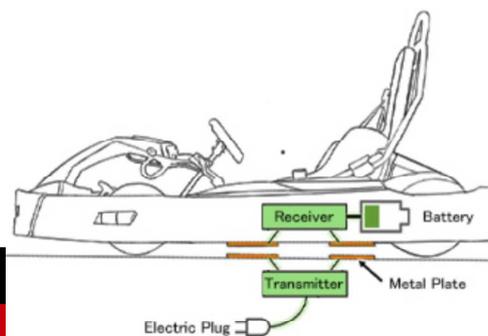


小型ビークル・ロボットのためのワイヤレス電力伝送システム  
～波動パワーインフラ！床面が電源になる日～

資料提供：豊橋技術科学大学・KER

方式：電界結合方式  
周波数帯：MHz帯

※ 本研究は知の拠点あいち重点研究プロジェクトの支援によって行われています



# 設立の背景 (各種支援)



知の拠点重点研究プロジェクト III期 | 愛知県・科学技術交流財団  
<http://www.astf-kha.jp/project/>

東海広域5大学 **ベンチャー起業支援**



豊橋創業塾 | 豊橋商工会議所  
<http://143.125.249.204/keiei/keiei-shikin/sogyojuku/index.html>



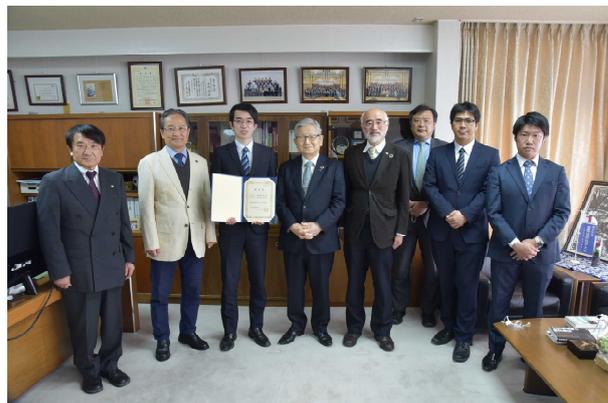
MUSASHI Innovation Lab. CLUE | 武蔵精密工業株式会社  
<http://www.musashi.co.jp/clue/>

# 大学発ベンチャー認定

国立大学法人豊橋技術科学大学 (学長: 寺嶋一彦)は本学の研究成果に基づいて起業した株式会社パワーウェーブに対して2021年4月15日に 豊橋技術科学大学 大学発ベンチャー 第3号 に認定しました。



称号記授与の様子



認定授与式の様子

波動の力で未来をつくる



事業説明資料

株式会社パワーウェーブ

2021.4.20

## 1. 会社概要

国立学校法人豊橋技術科学大学の大学発ベンチャーとして、これまでの研究内容を元に

### ワイヤレス電力伝送技術をシーズとした 未来の基幹インフラの構築を目指す

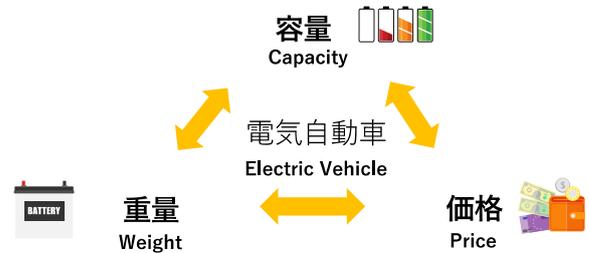
会社名：株式会社パワーウェーブ / Power Wave Co.,Ltd  
住所：愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 豊橋技術科学大学内  
設立：2021年3月22日 (大学発ベンチャー認定/2021.4.15)

## 2. 社会課題

地球温暖化・化石燃料の枯渇に代表される地球規模の課題に立ち向かうべく、カーボンニュートラル政策が推し進められ、CO2の排出量を減らすため乗り物を中心に電動化等が急速に進もうとしている。しかし

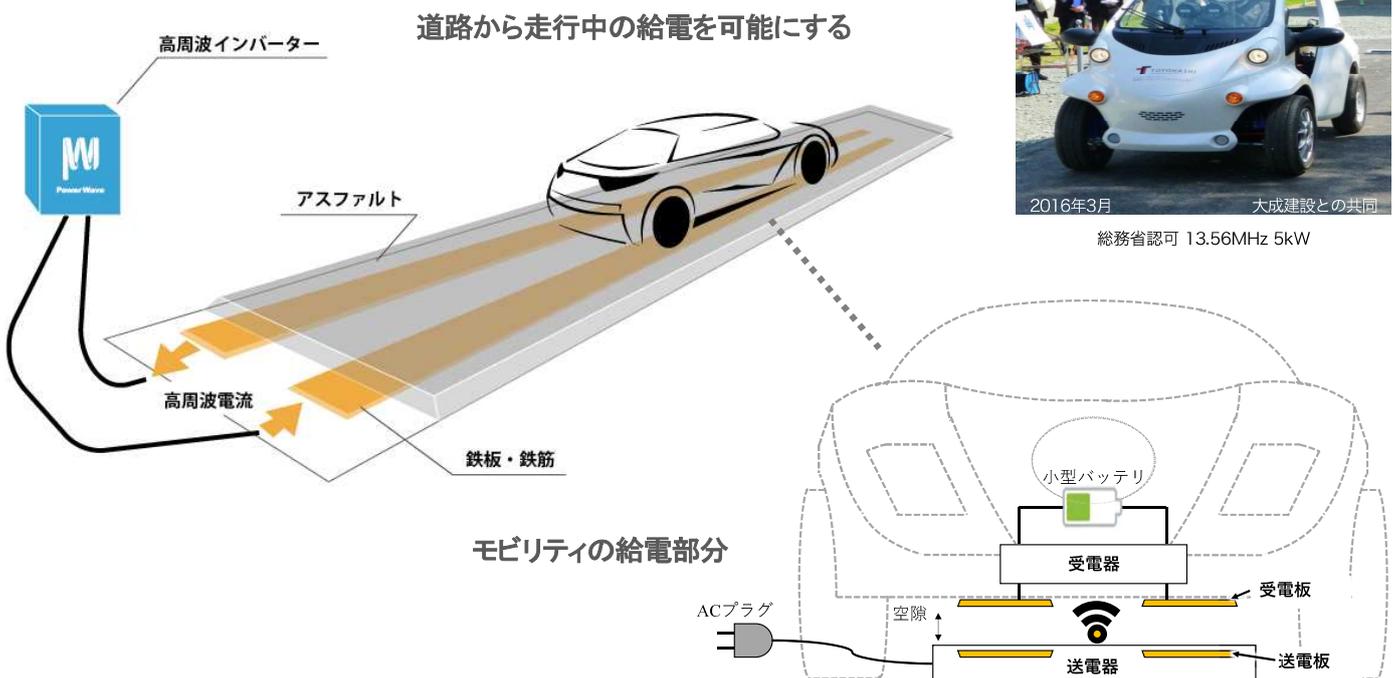
### 現在の電気自動車普及の障害

バッテリーの重量、価格、容量のトレードオフ

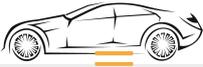


電界結合によるワイヤレス給電がインフラとして確立すれば、将来的には走行中の給電も可能となり脱炭素社会の実現を加速させる日本の技術となる。

## 3. 技術

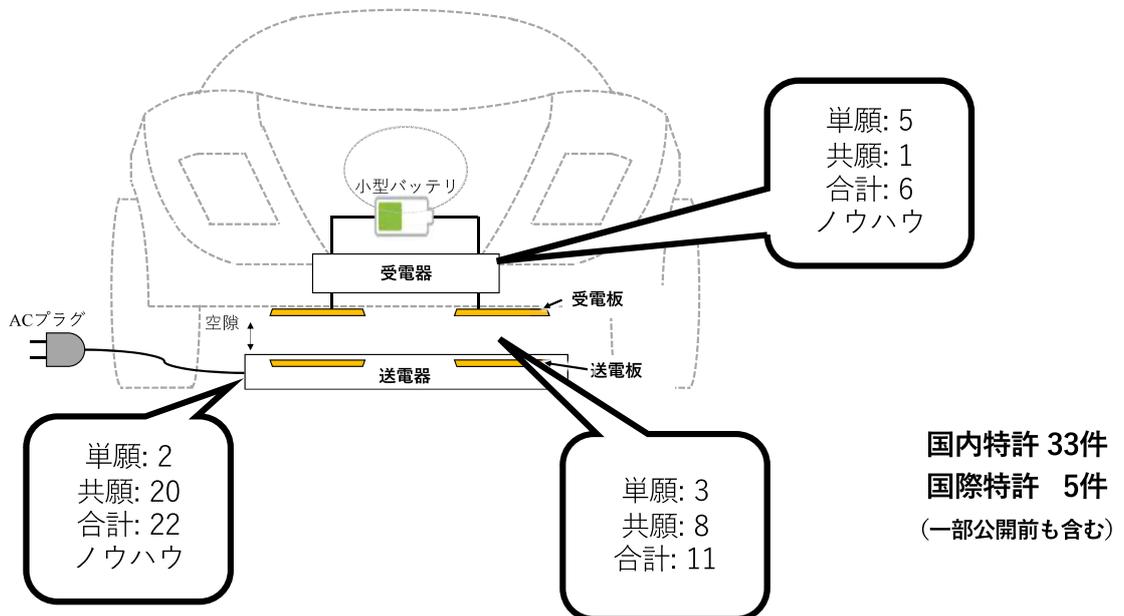


### 3. 技術

			
エネルギー	伝導電流	磁界結合	電界結合
周波数帯	Hz	kHz	MHz
漏洩電磁界	不要	中 △	小 ◎
給電可能範囲	導電線上	定点	直線上
インフラコスト	有線の限界	フェライト必要	電源コストが主
給電対象順応	×	△	◎

### 4. ライセンス

豊橋技術科学大学      パワーウェーブ利用特許  
日本の独自技術として、利用シーンの幅を拡大させていく



## 5. 有用性

### 電気を活用できるメリット以外に

#### ①充電作業の手間 軽減

バッテリー交換や給電機械の接続が不要なうえ、24時間の稼働機械は動きづつけることが可能  
スケーラビリティのボトルネックを解消

#### ②有線での消耗・故障リスク 軽減

コネクタが無いいため、抜き差しでの消耗やそれに伴う故障などもなくなる

#### ③バッテリー容量 軽減

経常的な給電が可能のため、大量の電気を蓄電する必要がなくなり、搭載バッテリーの容量が小さくなる、もしくは無くなる

#### ④複数の機器に給電可能

対象の機器を認識し、供給電力をコントロールすることで異なる複数のロボット・モビリティにも同時に給電が可能となる

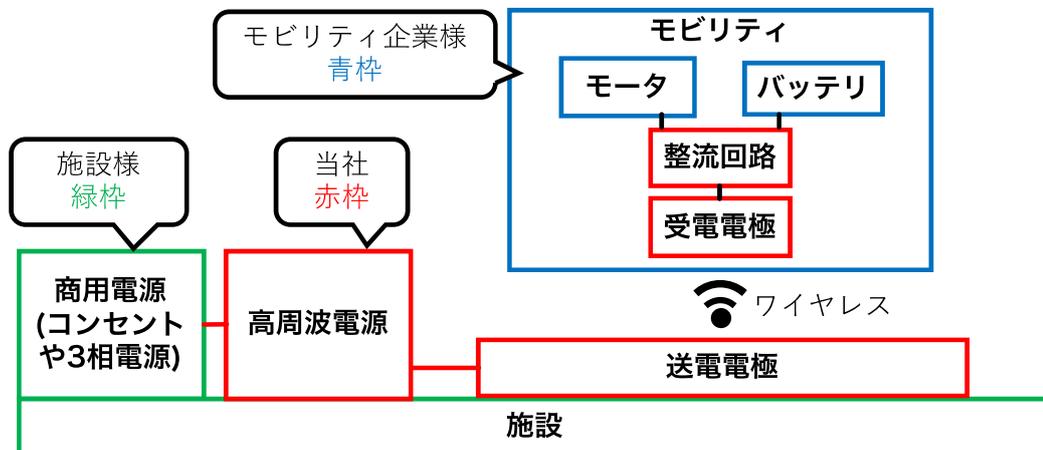
#### ⑤既存モビリティへの簡単な搭載が可能

モビリティへの搭載機材がコンパクトかつ柔軟設計が可能のため、既存のモビリティの外観を大きく変更しない

## 6. ビジネスモデル

この分野での研究内容や特許を基礎に

赤枠の装置開発を進め、複数の場所での供給とモビリティへの搭載を進める。



## 7. 実用化モデル

2021年10月 中部国際空港にて、アイシンの次世代パーソナルモビリティ(ILY-Ai)のワイヤレス給電の実証がスタート



AISIN

×

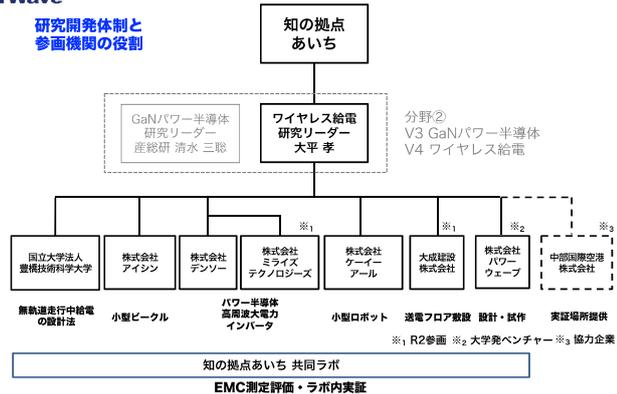


PowerWave

研究開発体制と  
参画機関の役割

×

centrainr

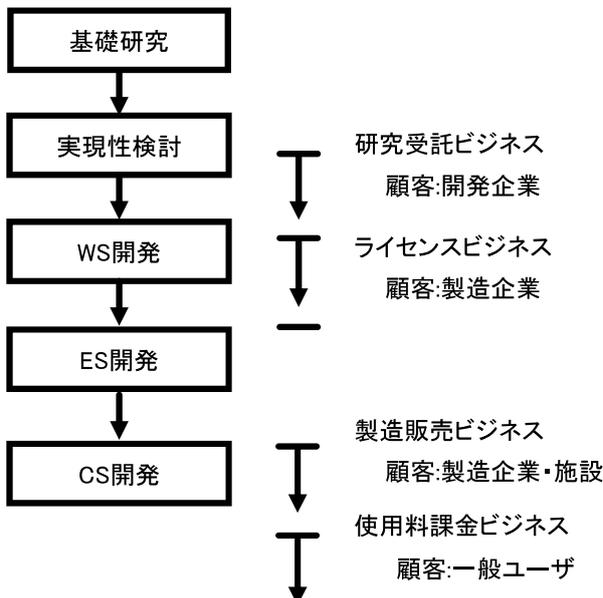


他、「あいち・常滑スーパーシティ構想」の実現に向けた提案書に「主要な事業者の候補」として掲載  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/kikaku/supercity-aichi-tokoname-20210415.html>

## 8. 今後の展開

社内の開発能力に応じたマネタイズ方法を取り、ワイヤレス給電のモジュール化を目処に自社にて製造販売を行う。

### ■ 社内開発能力



### ■ 直近スケジュール

- 2021年 4月 民間企業と研究開始
- 2021年10月 一般モビリティにて実証
- 2022年 1月 民間企業とライセンス開始予定
- 2022年 6月 一般モビリティにてサービス開始予定

WS : Working Sample (動作モデル) 機能を果たす  
 ES : Engineering Sample (実用モデル) 認証通過  
 CS : Commercial Sample (販売モデル) 量産販売





2021年6月25日

**海水が導線に！？ 海の中のワイヤレス給電**  
～スマート漁業に向けた水中に常駐できるドローンを目指して～

<概要>

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 田村昌也准教授、村井宏輔氏（博士前期課程修了）らの研究チームが、4枚の超薄型平板電極を用いた送受電器で海中でのワイヤレス給電と情報通信に成功しました。ワイヤレス給電の世界では、海水は非常に損失の大きな誘電体としてふるまうため、電界結合方式では実現が難しく、磁界結合方式でしかワイヤレス給電は実現できないとされてきました。今回、海水の高周波特性に注目して第3の方式となる導電性結合方式を考案し、高効率給電を実現する送受電器を開発しました。

<詳細>

日本の漁業従事者は年々減少しており、高齢化が進んでいます。その要因の一つとして人の手に頼らざるを得ない高負荷作業の過多が挙げられます。これを改善するため、養殖網の清掃ロボットなど自動化が進められています。今後は、水質や環境管理、魚の生育チェックなどすべてをロボットで管理できるよう海中に常駐するロボット、いわゆる水中ドローンの開発が期待されます。しかし、ドローンはバッテリー駆動のため、充電のために何度も海中から引き上げ、充電して潜航させるという作業を繰り返す必要があります。また、水中で収集したデータも同時に回収する必要があります。そこで、給電ステーションを介した海中でのワイヤレス給電と情報通信(図1)の技術開発がキーとなります。特に、このようなドローンは軽量であるため、重量の増加や体積の増加が浮力制御や姿勢制御を困難にさせるため、軽量かつ省スペースで実現できる技術が必須となります。そこで、田村昌也准教授らの研究チームは海中でも高効率ワイヤレス給電を実現する新方式の送受電器を開発しました。

ワイヤレス給電の効率は送受電器間の結合係数 $k$ と周辺環境の影響も含めた送受電器の損失を表す $Q$ 値の積である $kQ$ 積に依存します。 $k$ は1に近いほど、 $Q$ 値は高いほど効率が向上します。しかし、海水のような高い導電性をもつ誘電体では高周波電流が流れてしまい、 $k$ と $Q$ 値に切り分けて議論することは困難です。ただ $kQ$ 積が高いほど効率が向上するという原理は不変であることから、 $kQ$ 積という視点で海水の導電性に注目した等価回路から効率を向上させるためのキーとなるパラメータを明らかにしました。そこから $kQ$ 積が最大値を示す設計理論を確立し、送受電器の設計を行いました。これにより図2に示すように広帯域にわたって送電距離2 cmで94.5%、15 cmで85%以上のRF-RF給電効率を実現しました。1 kWの電力を送電距離2 cmで送電しても効率90%以上を維持できます。さらに、広帯域で高効率を維持できるため高速通信も実現できます。開発した送受電器を用いてキャパシタを充電し、その充電電力で駆動したカメラモジュールから動画を同じ送受電器を介してリアルタイムで通信することにも成功しました。今回の通信速度は約90Mbps

ですが、さらなる高速化も可能です。給電ステーションに着底することを想定して行った小型水中ドローンへの給電・通信実験にも成功しました(図3)。このときのドローンに搭載する受電器と電力系回路を合わせた重量は約 270 g と非常に軽量です。

### <開発秘話>

研究チームのリーダーである田村昌也准教授は、「イオンが豊富な海水は、低損失で高周波電流が流れると予想していました。淡水でのワイヤレス給電を研究している際に、水の塩分濃度が変化すると給電効率がどのように変化するかを解析していたとき、濃度が上昇すると数%まで低下した効率が、ある濃度から回復して 20% くらいの値を保つという現象に出会いました。これが予想を裏付ける証拠だと確信し、この結果を詳しく調べて明らかにした送受電器の等価回路から動作理論を構築しました。そして、その理論をもとに送受電器構造を設計し、試作・測定を行ったところ、海水中で給電効率 90%以上という結果を得ました。大きな電力を加えた際に海水下で起きる電極表面の化学変化を防ぐため、絶縁コーティングを施した状態でも 90%以上の効率を実現できたことに驚きました。」

### <今後の展望>

研究チームは、本研究成果により水中ドローンの設計を大幅に変更することなく海水中での通信・充電が可能となり、運用効率の飛躍的向上に貢献できると考えています。開発した送受電器は非常にシンプル、かつ軽量であるため、水中ドローンの重量増加を最小限に抑えることができます。最終的には、陸上ですべてを管理できる水中ドローンシステムの開発に貢献していきたいと考えています。本研究成果は今後も論文や学会等で発表していく予定です。

### <外部資金情報>

本研究成果の一部は、日本学術振興会 科学研究費助成事業 (18K04262) の支援のもとで行われました。

### <論文情報>

Masaya Tamura, Kousuke Murai, Marimo Matsumoto, “Design of Conductive Coupler for Underwater Wireless Power and Data Transfer,” IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, vol. 69, no. 1, pp.1161-1175, Jan. 2021, doi: 10.1109/TMTT.2020.3041245.

Masaya Tamura, Yasumasa Naka, Kousuke Murai, Takuma Nakata, “Design of a Capacitive Wireless Power Transfer System for Operation in Fresh Water,” IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol. 66, no. 12, pp.5873-5884, Dec. 2018, doi: 10.1109/TMTT.2018.2875960.

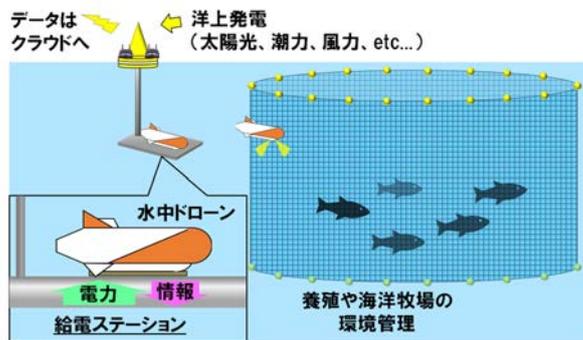


図1：海中でのワイヤレス給電システムの一例

水中ドローンが給電ステーションに着底し、バッテリーの充電と収集した情報の通信を行う。

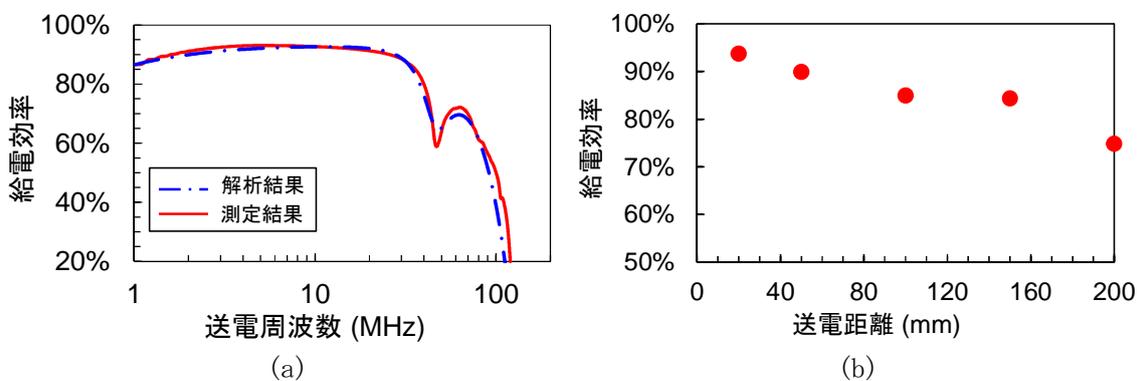


図2：海水中での給電効率

(a)送電距離 2 cm における周波数特性 (b)送電周波数 6.78 MHz における送電距離特性

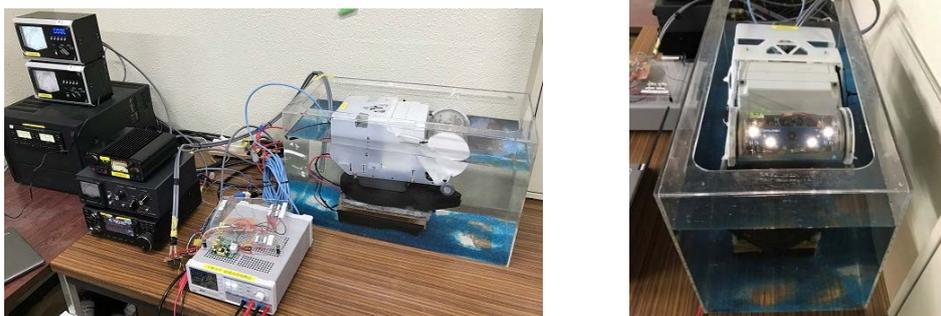


図3：給電ステーションに着底した水中ドローンへの給電実験

(受電器構造が分かるようにドローンの外へ配置)

会見当日に、田村准教授より詳細を説明し会見後水中ワイヤレス給電のデモンストレーションを行います。

本件に関する連絡先  
 広報担当：総務課広報係 岡崎・高柳 [TEL:0532-44-6506](tel:0532-44-6506)  
 Mail: [kouho@ffice.tut.ac.jp](mailto:kouho@ffice.tut.ac.jp)

# 海水が導線に！？ 海の中のワイヤレス給電

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科

電気・電子情報工学専攻

准教授 田村 昌也

e-mail: tamura.masaya.yd@tut.jp

国立大学法人  
豊橋技術科学大学



## 本研究の概要

### スマート漁業化に向けた 水中に常駐できるドローンを目指して

海水の高周波特性に注目した新しい給電方式を考案しました。  
4枚の超薄型平板電極を用いた送受電器で

- ◆ 海水中でのワイヤレス給電（送電距離 2 cm で効率 94.5%）
- ◆ 情報通信（送電距離 2 cm で約 100 Mbps）
- ◆ 電力システムの軽量化（受電器と合わせた重量 270 g）

に成功しました。

高効率かつ非常に軽量であることから、水中ドローンの設計を大幅に変更することなく海水中での通信・充電が可能となります。

水中ドローンによる養殖業や海洋環境の自動管理に貢献できます。16

- 漁業就業者の減少
  - 高齢化が進行
- ⇒ 人の手に頼る高負荷作業が多い



資料：農林水産省「漁業センサス」（平成15（2003）年、20（2008）年、25（2013）年及び30（2018）年）及び「漁業就業動向調査」（平成26（2014）～29（2017）年）

資料：農林水産省「漁業センサス」及び「漁業就業動向調査」に基づき水産庁で作成

## 漁業就業者の推移

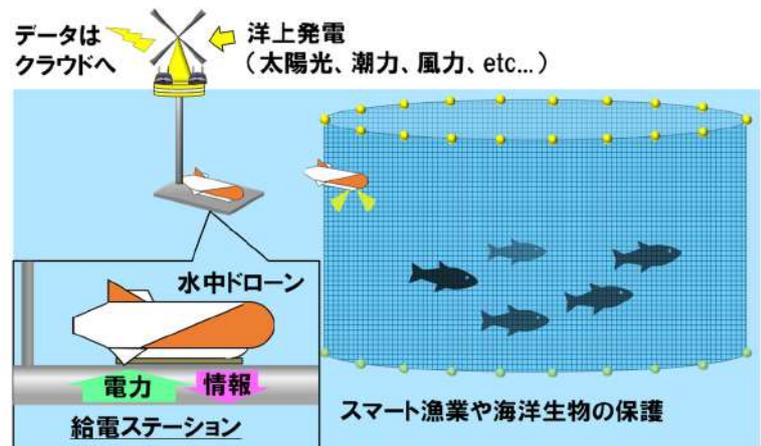
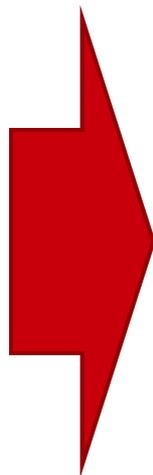
水産庁、「令和元年度 水産の動向」 令和元年度水産白書

## 将来の漁業就業者の見通し

水産庁、「平成30年度水産の動向」 平成30年度水産白書

# 作業負担の軽減が急務

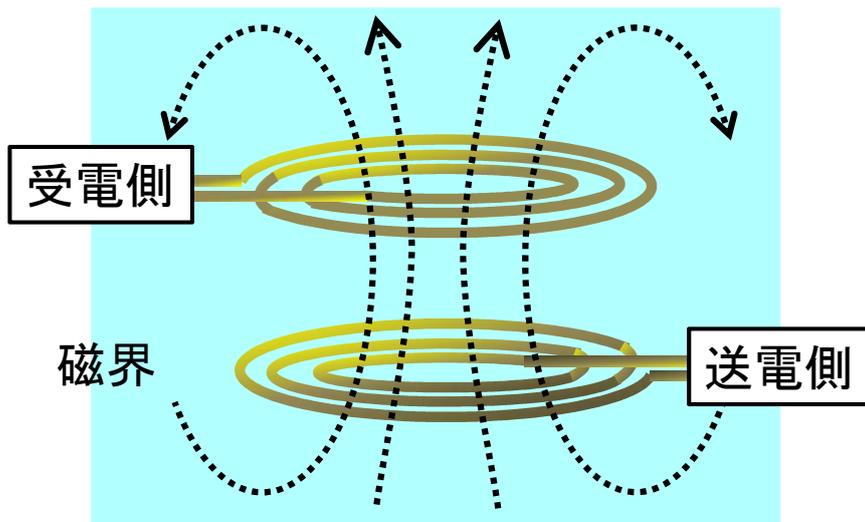
- 水質や環境管理、生育状態を完全自動化



農林水産省、「農林水産業等へのロボット技術導入の推進について」  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai1/siryou3-3.pdf>

# 海中での充電と情報通信が必須

- 置くだけ充電の原理を利用



自動車で



オフィスで

<https://www.wirelesspowerconsortium.com/markets/case-studies/qi-in-cars.html>  
<https://www.wirelesspowerconsortium.com/markets/case-studies/qi-in-offices.html>

## コイルによる磁界を使って電力を伝送(磁界方式WPT)

国立大学法人  
豊橋技術科学大学

海中でのワイヤレス充電は磁界を使った給電方式が主流

### 利点

- 着底せずに給電が可能

### 欠点

- 送受電器を囲う磁性体構造が必要  
**運用時に破損の恐れあり**
- ドローンの総重量・体積が大幅に増加  
(径の大きい環状コイル、遮蔽金属、磁性体構造など)  
**浮力制御・姿勢制御の再設計が必要**

## 新しい給電技術の開発

**従来技術** 電磁界を使った給電



**提案技術** 海水を流れる高周波電流を使った給電

- 等価回路による設計理論を構築
- 広帯域に高効率を達成できる送受電器を設計
- 厚さ 18  $\mu\text{m}$  の平板電極で送受電器を構造化
- 着底時の衝撃緩和に用いるクッション構造を利用

## 受電器と電力系統回路で約270gを実現

国立大学法人  
豊橋技術科学大学

## 動作原理

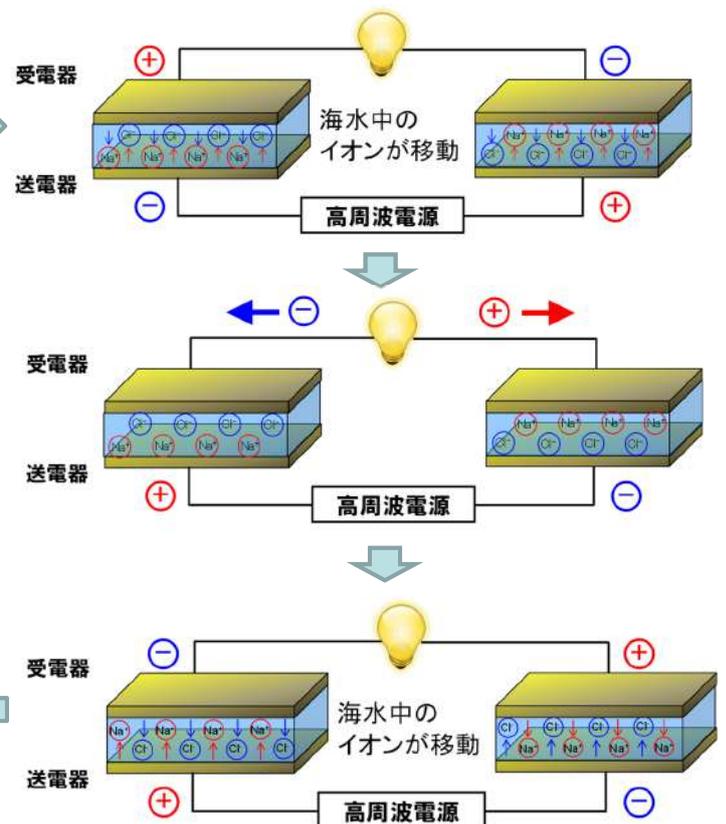
海水はイオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  など) が豊富で絶縁体ではない



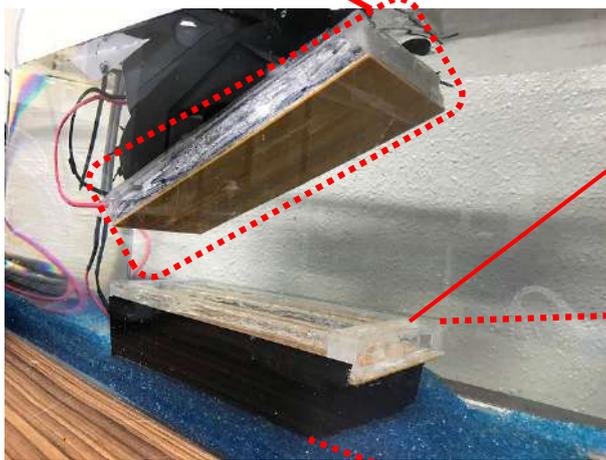
イオンの移動により高周波電流 (変位電流) が流れる

### 【原理】

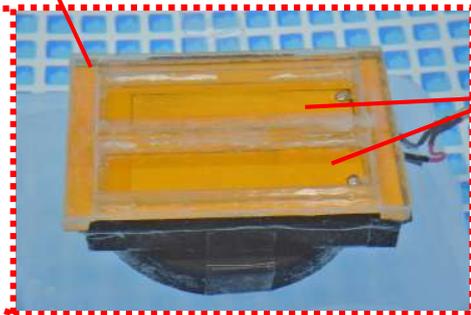
- ① 高周波電圧を送電器に加える
- ② 送電器から電磁界が発生
- ③ 送受電器間のイオンが移動
- ④ 受電器に対となる電荷が発生
- ⑤ 電荷量の変化から電力を取り出す



受電側(受電と情報通信に対応)



クッションダンパーで  
電極上の海水と外側の海水を分離



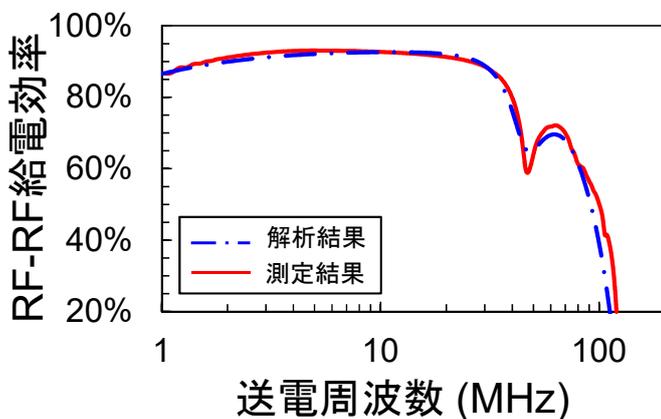
電極

給電ステーション  
(送電と情報通信に対応)

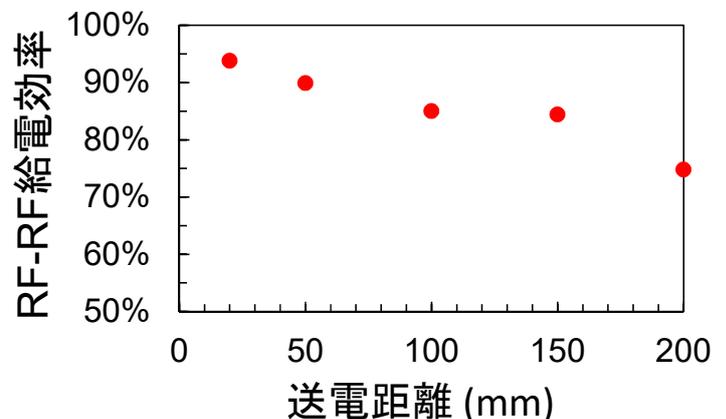
**受電器と電力系統回路で約270gを実現**

## ワイヤレス給電

- 送電距離 **2 cm** でRF-RF効率 **94.5%**を達成
- 送電距離 **15 cm** までRF-RF効率 **85%以上**を維持
- **1 kW**送電でもRF-RF効率 **93%以上**を維持



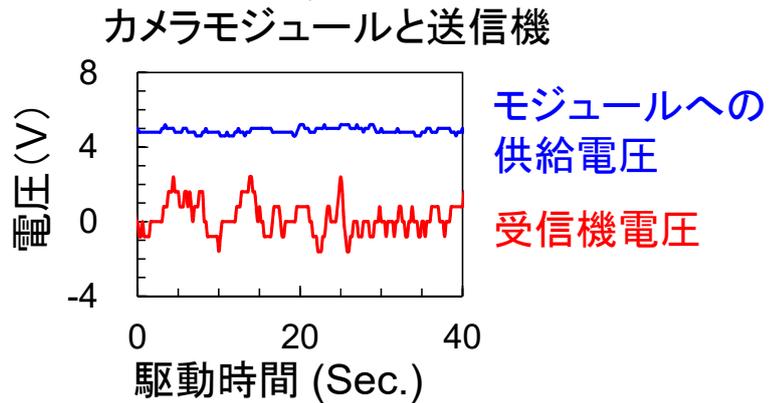
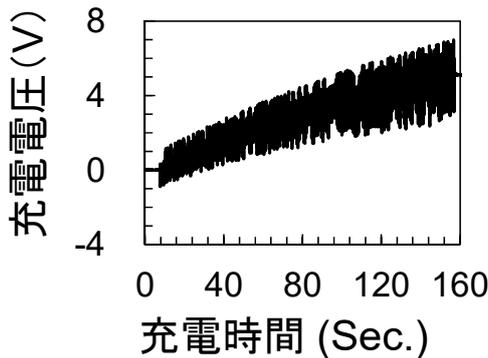
送電周波数と効率の関係



送電距離と効率の関係 20

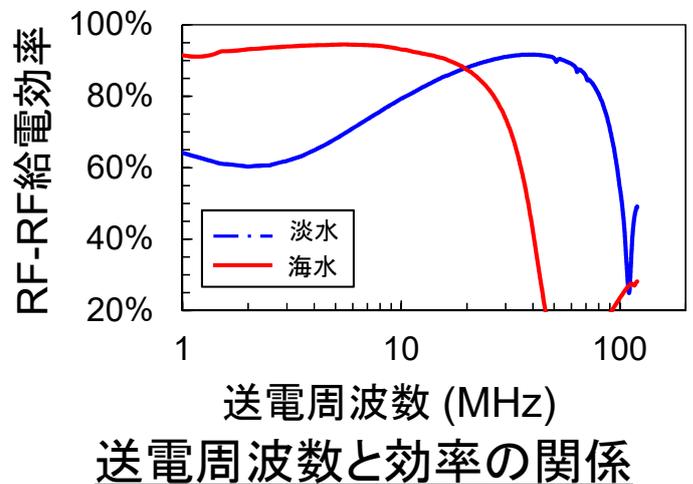
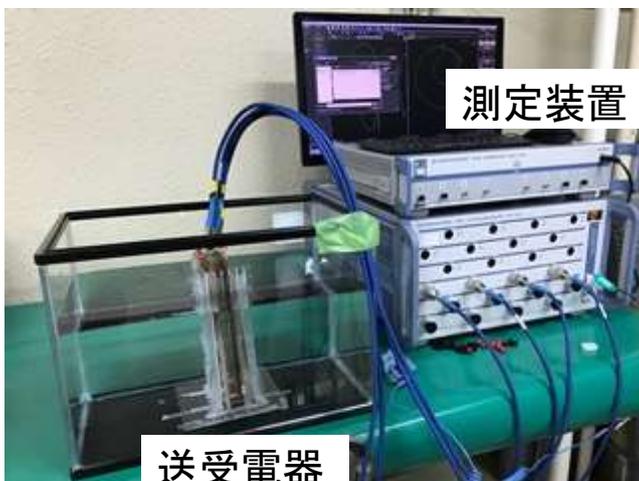
## ワイヤレス通信

- 通信帯域幅 **28 MHz**を実現し、約**100 Mbps**を達成



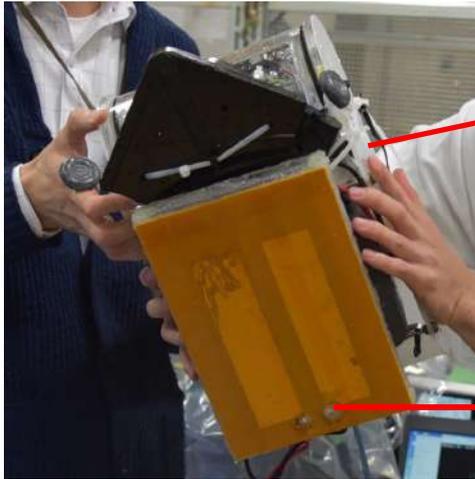
## ワイヤレス給電

- 海水: 送電距離 **2 cm** でRF-RF効率 **94.5%**を達成
- 淡水: 送電距離 **2 cm** までRF-RF効率 **91.7%**を維持



**淡水・海水とも同じ送受電器で効率90%以上** 21

## 開発した電力系統

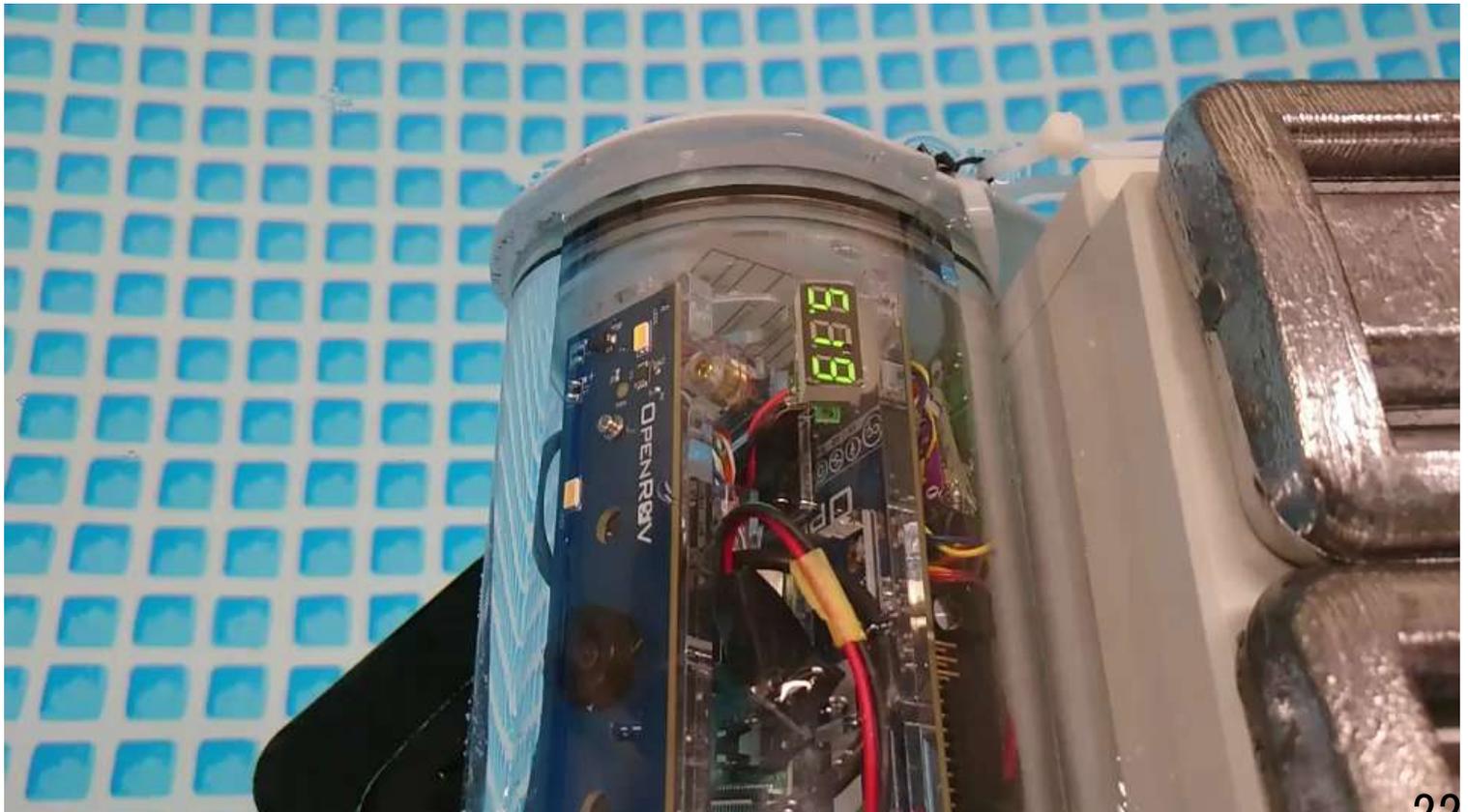


コンデンサ(デモ用バッテリー)



受電器  
+ 電力系統回路

受電器構造が確認できるように  
ドローン外部へ実装  
(総重量 270 g)



- 水中ドローン内部への受電器実装
- 受電器内蔵に合わせた送電器構造の改良
- 給電ステーション用高周波電源の開発
- 実環境下での運用試験と対策

## 本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称 : 水中無線電力伝送システム
- ・ 出願番号 : 特願2019-097264
- ・ 出願日 : 2019.5.24
- ・ 出願人 : 豊橋技術科学大学
- ・ 発明者 : 田村昌也、村井宏輔、仲泰正

**お問合せ先:**

**研究推進アドミニストレーションセンター**

Phone: 0532 - 44 - 6975

FAX: 0532 - 44 - 6980

E-mail: tut-sangaku@rac.tut.ac.jp

担当: 白川正知

## ・ 論文

Masaya Tamura, Kousuke Murai, Marimo Matsumoto, “Design of Conductive Coupler for Underwater Wireless Power and Data Transfer,” *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, vol. 69, no. 1, pp.1161–1175, Jan. 2021, doi: 10.1109/TMTT.2020.3041245.

Masaya Tamura, Yasumasa Naka, Kousuke Murai, Takuma Nakata, “Design of a Capacitive Wireless Power Transfer System for Operation in Fresh Water,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 66, no. 12, pp.5873–5884, Dec. 2018, doi: 10.1109/TMTT.2018.2875960.

## ・ 謝辞

本研究成果の一部は、日本学術振興会 科学研究費助成事業(18K04262)の支援のもとで行われました。



2021年9月27日

**豊橋技術科学大学発ベンチャー「株式会社パワーウェーブ」提案プロジェクトが「エコシステムデザイン支援プログラム」に採択されました。**

～人とロボット・モビリティの共存を可能にする「非接触給電技術」の社会実装支援を開始～

## <概要>

国立大学法人豊橋技術科学大学における研究開発の成果を活用した大学発ベンチャー認定企業「株式会社パワーウェーブ」と、「株式会社アイシン」の提案するプロジェクトが、「エコシステムデザイン支援プログラム」に採択されました。

「エコシステムデザイン支援プログラム」はニューノーマル社会に対応する新たなエコシステム構築への取組みに対し、株式会社日本総合研究所（本社：東京都品川区、代表取締役社長：谷崎勝教、以下「日本総研」）が支援するプログラムです。

## <詳細>

### 【プロジェクト名称】

人と共存可能な電界結合式2次元平面自由軌道の非接触給電技術を機軸としたエコシステム社会実装支援（以下「本プロジェクト」）

### 【本プロジェクトの概要】

本学発の非接触給電技術を活用したロボット・モビリティやインフラの製造・設置から運用までビジネス面でのエコシステムづくりとロボット・モビリティと人との共存について、「ヒューマンセンタードデザイン」の視点からの検討を行う予定です。また、本プロジェクトでは、非接触給電技術をビジネスモデル仮説に落とし込む構想策定について、「JRI Tech Design」ソリューションによる支援が行われます。

本プロジェクトにおける、エコシステム実装までの検討プロセスが日本総研のホームページ上で公開されます。第1回目は、2021年度下期に、以降順次公開される予定です。

### 【非接触給電技術について】

コロナ後のニューノーマル社会では、人を介さず自動で走行し、配達・宅配するロボットをはじめとした、各種サービスロボットやモビリティ導入促進が想定されます。そのことは、歩道はもちろん、施設の内外を問わず、人とロボット・モビリティが同じ場所で行き交う社会が来ることを意味します。その際に課題となるのは、「稼働中のロボット・モビリティの自律的充電」と「安全性に基づいたロボット・モビリティと人との共存」です。

本プロジェクトで社会実装支援を行う「電界結合式2次元平面自由軌道の非接触給電技術」（以下「本技術」）は、ロボット・モビリティに搭載した受電器と、地平上に設置した送電器をワイヤレスで接続させ、非接触で給電するものです。送電器の電源として一般のコンセントが使用できるため、設置の自由度が高いことも特徴です。ロボット・モビリティには走行中に非接触で給電できるため、ドックに戻って長時間の充電をさせる必要はなくなり、休みなく稼働させ続けることが可能となります。

また、従来の非接触給電技術で課題とされている人や金属が近づいた時の発熱を、本技

術では極めて小さくできます。さらに、強い磁場も発生しません。

このように、本技術は、従来から期待されている「稼働中のロボット・モビリティへの充電」と「ロボット・モビリティと人との共存」に大きく貢献します。

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 岡崎・高柳

TEL:0532-44-6506 FAX : 0532-44-1270

Email: [kouho@office.tut.ac.jp](mailto:kouho@office.tut.ac.jp)

令和3年11月5日  
山梨県産業労働部成長産業推進課  
課長 若月 衛  
電話 055-223-1565 (内線 4600)  
豊橋技術科学大学広報担当  
高柳・岡崎  
電話 0532-44-6506

報道関係者各位

## 「国立大学法人豊橋技術科学大学と富士ウェーブ株式会社、 山梨県との連携の推進に関する協定」の締結について

山梨県、国立大学法人豊橋技術科学大学及び富士ウェーブ株式会社は、カーボンニュートラル時代における学術及び科学技術の発展を通じた山梨県の産業振興の推進を目的に、三者間による連携協定を締結することとなりました。この協定締結を契機に、今後の発展が見込まれるワイヤレス電力伝送技術分野の研究開発等に係る連携協力を進めることとしています。

締結式につきましては、次のとおり行います。

### ○協定締結式内容

- 1 日 時 令和3年11月5日（金）午後2時～
- 2 場 所 山梨県庁 本館2階 特別会議室
- 3 内 容 山梨県、豊橋技術科学大学、富士ウェーブ(株)の三者による協定の締結、写真撮影、共同記者会見
- 4 出席者 山梨県知事、豊橋技術科学大学学長(オンライン出席)、富士ウェーブ(株)代表取締役

# 国立大学法人豊橋技術科学大学と富士ウェーブ株式会社、 山梨県との連携の推進に関する協定の締結について

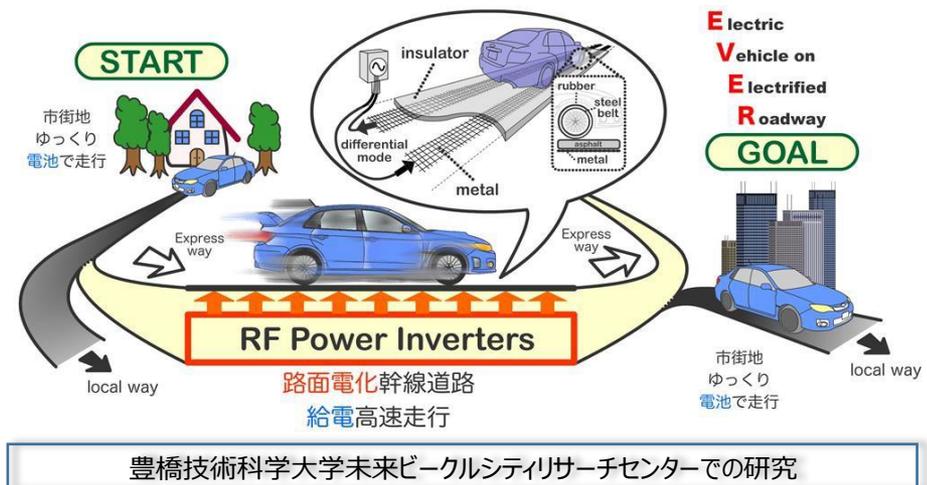


**！ 背景**

- ✓ 先端技術として高い将来性
- ✓ 高い技術を持つ富士ウェーブの県内立地
- ✓ 先端技術を活用した産業活性化への期待
- ✓ 富士山登山鉄道の要素技術として期待

**！ ワイヤレス電力伝送技術のユースケース**

- ✓ 小型電気機器（スマートフォン）・医療機器
- ✓ モビリティ（EV・電動アシスト自転車）等



## 連携協定の枠組

**！ 連携体制**

YAMANASHI

Fujiwaves  
富士ウェーブ株式会社

国立大学法人  
豊橋技術科学大学

カーボンニュートラル時代における  
学術及び科学技術の発展を通じた  
山梨県の産業振興の推進

**！ 連携・協力内容**

- 01 ワイヤレス電力伝送技術の最新情報の共有
  - ✓ 技術開発・国際標準化に係る最新動向の共有
- 02 ワイヤレス電力伝送技術の研究開発の推進
  - ✓ 県内での研究開発、実証実験の実施
- 03 ワイヤレス電力伝送技術の普及促進
  - ✓ 県内開催のセミナー等への講師派遣
- 04 地域の諸課題の解決
  - ✓ 富士山登山鉄道構想の技術的課題の解決

2022年1月20日（木）  
愛知県経済産業局産業部産業科学技術課  
科学技術グループ  
担当 伊藤、谷川、松崎  
内線 3409、3384、3382  
ダイヤル 052-954-6351

## 知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期 「近未来自動車技術開発プロジェクト（ワイヤレス給電）」 の参画企業が研究成果を報告するため知事を表敬訪問します

愛知県と公益財団法人科学技術交流財団では、産学行政連携の研究開発プロジェクト「知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期<sup>※1</sup>」を2019年度から実施しています。

この度、「近未来自動車技術開発プロジェクト<sup>※2</sup>」の「小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム<sup>※3</sup>」について、豊橋技術科学大学の<sup>おおひらたかし</sup>大平孝名誉教授及び株式会社パワーウェーブの<sup>あべしんじ</sup>阿部晋士代表取締役社長始め参画企業3社が、研究成果の報告のため知事を表敬訪問しますので、お知らせします。

### 1 日時

2022年1月28日（金）午前10時50分から午前11時5分まで

### 2 場所

愛知県公館

### 3 訪問者（敬称略）

国立大学法人豊橋技術科学大学	名誉教授	<sup>おおひら</sup> 大平 <sup>たかし</sup> 孝
株式会社パワーウェーブ	代表取締役社長	<sup>あべ</sup> 阿部 <sup>しんじ</sup> 晋士
株式会社アイシン	イノベーションセンター統括室 室長	<sup>あいきょう</sup> 相京 <sup>ひでゆき</sup> 秀幸
大成建設株式会社	常務執行役員 技術センター長	<sup>ながしま</sup> 長島 <sup>いちろう</sup> 一郎
公益財団法人科学技術交流財団	専務理事兼事務局長	<sup>かとう</sup> 加藤 <sup>じゅんじ</sup> 淳二

### 4 次第

#### （1）研究成果報告

ワイヤレス給電の様子を動画で見させていただきます。また、成果物として薄型送電電極を設置した床の試作品（30 cm×100 cm）をお見せします。

#### （2）知事からの感想・意見

#### （3）意見交換

#### （4）記念撮影

## 5 研究成果

電動式の小型ビークルやロボットが屋内や人の近くで活躍することが期待されます。しかし、バッテリーを搭載する必要があり、その重量や充電の手間と時間が普及の妨げとなっています。この問題を抜本的に打開するブレイクスルー技術として、位置や向きによらず、床上のどこでもいつでも充電できる2次元ワイヤレス給電技術を開発しました（図）。

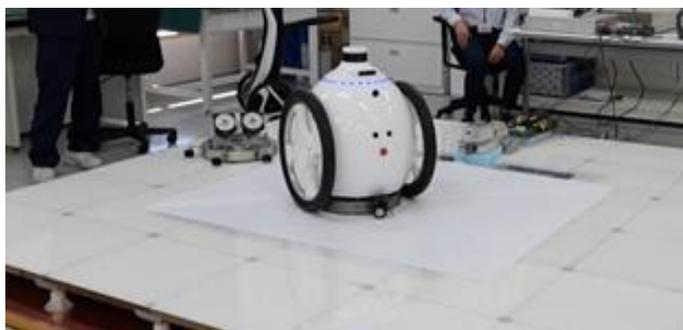


図 小型ビークルロボットのワイヤレス給電風景

### 【用語説明】

#### ※1 知の拠点あいち重点研究プロジェクト

付加価値の高いモノづくりを支援する研究開発拠点「知の拠点あいち」を中核に大学等の研究シーズを活用したオープンイノベーションにより、県内主要産業が有する課題を解決し、新技術の開発・実用化や新たなサービスの提供を目指す産学行政の共同研究開発プロジェクト。2011年度から2015年度まで「重点研究プロジェクトⅠ期」、2016年度から2018年度まで「重点研究プロジェクトⅡ期」を実施し、2019年度からは「重点研究プロジェクトⅢ期」を実施。

#### 「重点研究プロジェクトⅢ期」の概要

実施期間	2019年度から2021年度まで
参画機関	19大学 12研究開発機関等 106社（うち中小企業68社） （2021年12月末時点）
プロジェクト名	・近未来自動車技術開発プロジェクト（プロジェクトV） ・先進的AI・IoT・ビッグデータ活用技術開発プロジェクト（プロジェクトI） ・革新的モノづくり技術開発プロジェクト（プロジェクトM）

#### ※2 近未来自動車技術開発プロジェクト（プロジェクトV）

概要	自動車の電動化、情報化、知能化及びMaaSといった100年に1度の大変革期に対応するため、高性能なインバータやモータ等の開発を進めるとともに、自動運転の実現と先進プローブデータを活用した交通安全に貢献する技術開発に取り組むプロジェクト。
分野テーマ	① 航空機電動化に向けた高電力密度インバータ設計手法の確立と実証

研究テーマ	② 高性能モータコア・変速ギア製造のための革新的生産技術開発 ③ GaN パワーデバイスの高性能化と高機能電源回路の開発 ④ <u>小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム</u> ⑤ 熱/電気バッテリーで構築するエネルギーマネジメント技術 ⑥ ヒトに優しい遠隔運転要素技術の開発とシステム化 ⑦ 日本初の自動運転モビリティによるサービス実用化に向けた技術研究開発 ⑧ 先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発
参画機関	8 大学 4 研究開発機関等 37 企業（うち中小企業 20 社） (2021 年 12 月末時点)

### ※3 小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム

研究リーダー	豊橋技術科学大学 名誉教授 大平 孝 氏
事業化リーダー	株式会社アイシン 相京 秀幸 氏
内容	<p>電動ロボットおよび電動ビークルはバッテリーを搭載する必要があり、その重量や充電の手間と時間が普及の妨げとなっている。今後ロボット技術が向上してもこれまでの有線充電では普及台数が頭打ちになってしまう。そこで、ワイヤレス技術を用いる自動充電システムの開発により、愛知県のロボット技術の公共社会普及のブレークスルーを起こす。</p>
参加機関	<p>〔企業〕  <u>株式会社パワーウェーブ（豊橋市）</u>、<u>株式会社アイシン（刈谷市）</u>、<u>大成建設株式会社（東京都新宿区）</u>、<u>株式会社デンソー（刈谷市）</u>、<u>株式会社ケーイーアール（豊川市）</u>、<u>株式会社ミライズテクノロジーズ（日進市）</u></p> <p>〔大学〕  <u>豊橋技術科学大学</u></p> <p>〔公的研究機関〕  <u>公益財団法人科学技術交流財団</u>、<u>あいち産業科学技術総合センター</u></p>

・ 下線は今回訪問する企業等

<p>本件に関する連絡先</p> <p>広報担当：総務課広報係 岡崎・高柳</p> <p>TEL:0532-44-6506 FAX：0532-44-1270</p> <p>Email: <a href="mailto:kouho@office.tut.ac.jp">kouho@office.tut.ac.jp</a></p>
---

# 成果報告

## 1. 第4世代ビークルの研究

【未来ビークルシティセンター 特任教授/名誉教授 大平 孝, 特任教授 塚本 悟司  
特任助手 阿部 晋士, 特任助手 水谷 豊,  
研究員 馬場 亮一, 研究員 鈴木 良樹, 研究員 堀尾 亮介】

### 1-1 産業用ドローンのための駐機時充電ポート

本研究では、産業用ドローンへの充電用途として駐機時充電ポートの開発を進めている。本年度は社会実装に向けて充電自動停止機能を付加し漏洩電磁界対策を実施した。漏洩電磁界の抑制に成功し、国内の陸上ならどこでも使用可能な高周波利用設備設置許可を取得して、実環境を想定した学外の施設で飛行デモを実施した。また、最終年度の達成目標である 750W 送受電に向けて、1kW 出力の RF インバータ試作品を共同研究機関と製作し、動作の確認を行った。

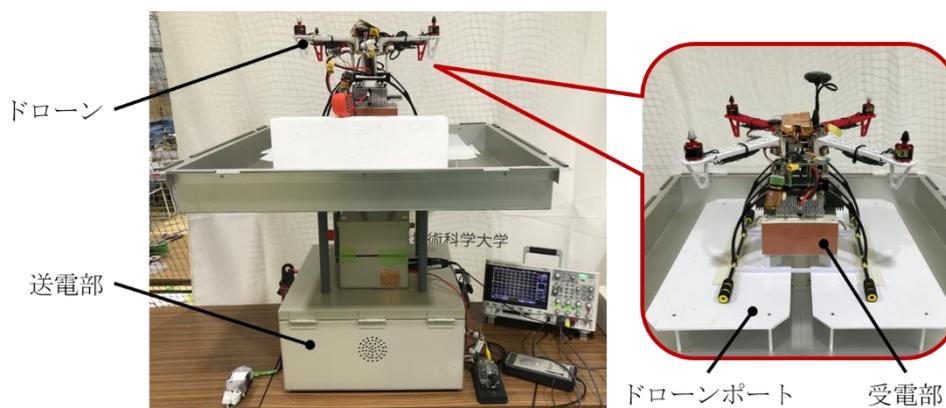


図 1-1-1 産業用ドローン駐機時充電ポートの外観

### 1-2 走行中の電気自動車に連続的に無線給電を行う道路の実用化システムの開発

本研究は、高効率で汎用性に優れた無線給電道路の高速自動車道路への実現を目指して、舗装材料・構造・施工、および、送受電システムを開発し、電界結合方式を核とする材料・設計・施工に至る体系的な実用化システムを構築することを目的とする。

令和3年度は舗装断面の各種の使用材料と舗装構造を見直し、長さ 5 m×幅 3.5 m の道路を大型施工機械を用いて試験施工した。舗装部の載荷試験により、本舗装構造が大型車両（輪荷重 49 kN 相当）の走行に対する耐力を有することを確認した。図 1-2-1 のように施工した道路を用いて、模擬車体による電力伝送実験をした結果、5 kW 入力、3.9 kW 受電、伝送効率 78 % を達成した。

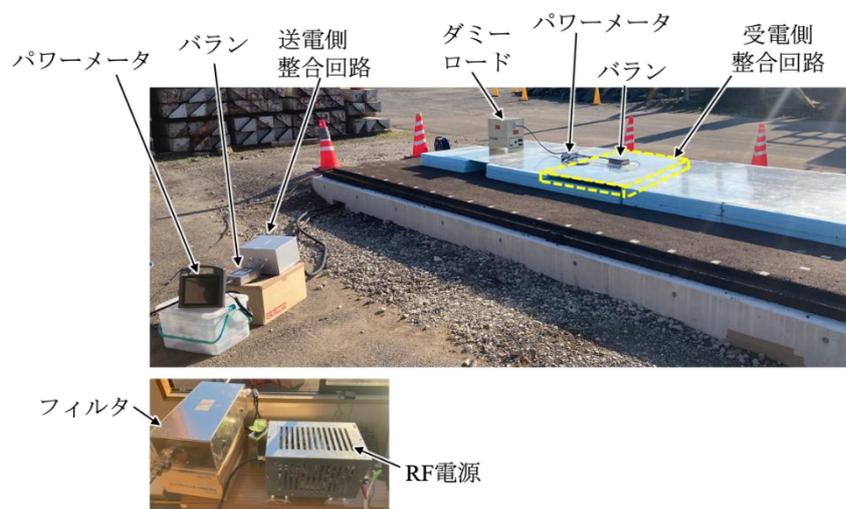


図 1-2-1 5 kW 入力電力伝送実験風景

### 1-3 小型ビークルのためのワイヤレス電力伝送システム

本研究開発は、電動化により屋内や人の近くでの活躍が期待される小型ビークルやサービスロボットのための給電インフラの構築を目的とする。電界結合方式の利点である線上の給電を拡張し、面上のどこでも電力を供給可能にする。

令和3年度は3つのプロジェクトに取り組み、厚さ15mmの床を使用した中部国際空港における駐車中充電システム実証実験、供給電力500Wロボットを使用した大成建設技術センターにおける充電システムの実証実験、10m×5m範囲での給電を可能とするスケールモデルを用いた実験室内実証実験を実施した。

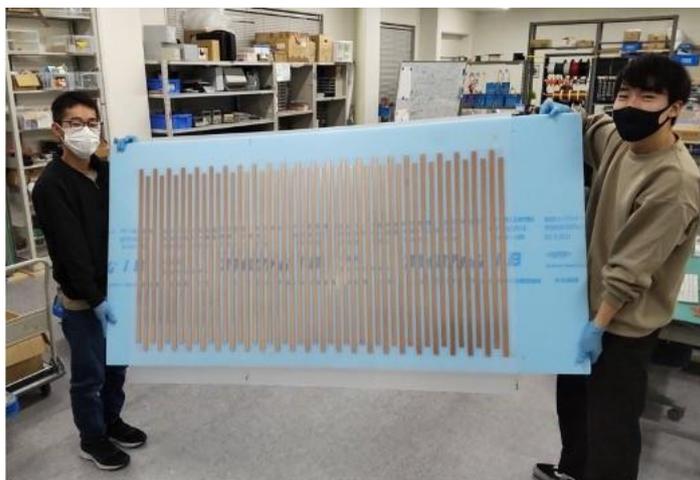


図1-3-1 研究室内で試作したスケールモデル

### 1-4 山梨県連携 走行中給電推進プロジェクト

本年度より、乗用車以上の大型電動車両を対象として山梨県で走行中給電システムの社会実装を進める研究を富士ウェーブ株式会社と開始した。

11月5日に「国立大学法人豊橋技術科学大学と富士ウェーブ株式会社、山梨県との連携の推進に関する協定」を締結し、寺嶋学長、山梨県知事、栗井富士ウェーブ代表取締役が協定書に署名した。

協定に基づき、3社で連携してワイヤレス電力伝送技術に関する最新情報の共有、研究開発の推進及び普及促進に取り組んでいく。



図1-4-1 協定締結式の様子

## 2. 新しい電池技術の研究開発

電気・電子情報工学系 准教授 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が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、結晶構造中に大きな空孔を有し、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ の電気化学的挿入・脱離が可能である  $\text{Mo}_{0.5-y}\text{VO}_{9+d}$  (MVO) に着目し、その合成・電気化学特性評価を行った。X線回折測定より、ほぼ単一相とみなせるMVOが得られたことを確認し、カルシウムイオン電池用正極としての特性を三電極セルにより評価した。その結果、図2-1-1に示すように、過電圧はやや大きいMVO電極は120 mAh/g程度の可逆容量を示すことが確認された。一方、充電 ( $\text{Ca}^{2+}$ 脱離) 容量よりも放電 ( $\text{Ca}^{2+}$ 挿入) 容量が大きく、低電位側での副反応が唆された。充放電試験後に電極の構造解析を行ったところ、MVOの粒子形態や結晶構造は保持されていたが、電極表面にて電解質の分解生成物の形成・堆積が確認された(図2-1-2の破線枠部分)。電極材料探索と並行して、電気化学的安定性の高い電解質の開発が今後の課題である。

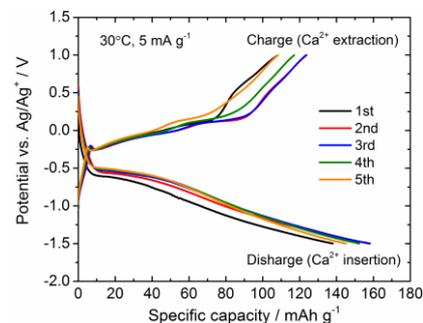


図2-1-1 MVO電極の充放電特性

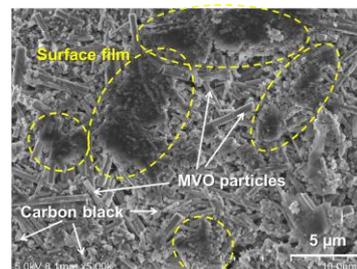


図2-1-2 充放電試験後のMVO電極表面のSEM観察結果

### 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二次電池に位置づけられている。また、リチウム(Li)と比較して資源的制約の少ないナトリウム(Na)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、本年度得られた成果のうち、全固体電池用酸化物固体電解質の性能改善と、電極材料・固体電解質の一体成型に関する検討結果について述べる。

#### (1) ガーネット型酸化物固体電解質の組織制御によるリチウム dendrite 耐性向上

ガーネット型リチウムイオン伝導性酸化物固体電解質  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  (LLZO) は、室温下で  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  S/cm の高いイオン伝導率を示し、卑な電極電位と高い理論容量 (=3,860 mAh/g) を持つ金属Li負極に対しても電気化学的に安定である。一方、金属Li負極とLLZOとの接合界面で充放電を行った場合、界面での不均一なLi

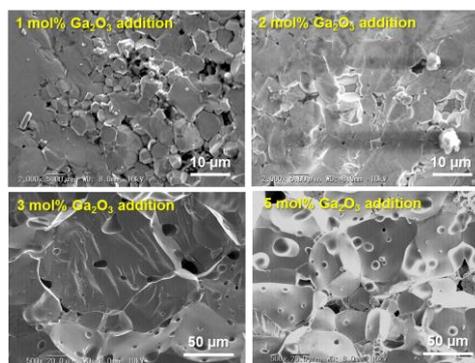


図2-2-1 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>添加LLZOのSEM観察結果

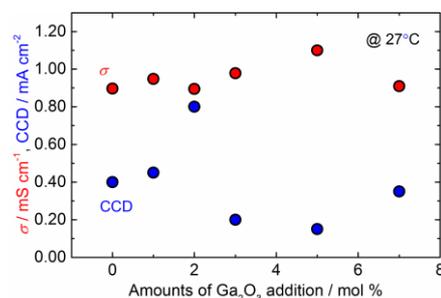


図2-2-2 LLZOのイオン伝導率σと限界電流密度 CCD の Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>添加量依存性

の溶解・析出反応に伴い、作動条件によっては樹枝状Li（デンドライト）がLLZO中に析出・伝播し、最悪の場合短絡に至る課題がある。そこで、LLZO（ $Zr^{4+}$ の一部を $Ta^{5+}$ で置換）の焼結時に $Ga_2O_3$ を添加し、LLZOの組織（粒子径および密度）制御を行い、イオン伝導特性やデンドライト耐性への影響を調査した。 $Ga_2O_3$ 添加量を3 mol%以上とした際に顕著な粒成長が見られた（図2-2-1）。室温イオン伝導率は5 mol%  $Ga_2O_3$ 添加試料で極大（ $=1.1 \times 10^{-3} S/cm$ ）を示したが、デンドライト耐性は粒成長が見られなかった2 mol%  $Ga_2O_3$ 添加試料が最も優れており、Li対称セルでデンドライト成長による短絡挙動が発生する限界電流密度（CCD）は $0.8 mA/cm^2$ に達した（図2-2-2）。デンドライトは粒界に沿って成長しやすく、大粒径試料の方が局所進展しやすいことが一因と推測される。粒成長を抑制しつつLLZO焼結体組織の均質化を図ることで、更なる耐性向上が図れる可能性がある。

## (2) ガーネット型酸化物固体電解質を用いた正極複合体の作製および電気化学特性評価

前述のLLZOと同様なガーネット型結晶構造を持つ $Li_6SrLa_2Bi_2O_{12}$  (LSLBO)は、伝導率はLLZOより一桁程度低いですが、 $800^\circ C$ 程度とLLZOよりも低温で焼結できるため、焼結を介した電極材料との一体化に適していると考えられる。代表的なりチウムイオン電池用正極材料の一つである $LiCoO_2$  (LCO)とLSLBOの混合粉末を、 $700^\circ C$ 、10 MPaの条件で加圧焼結してLCO-LSLBO正極複合体（体積比1:1）を作製した。結晶相同定の結果、微量の反応生成物（ $La_2Li_5Co_5O_4$ ）が観測されたが、LCOとLSLBOが緻密に焼結した組織を有していた。本複合体は室温下で $10^4 S/cm$ オーダーの電子伝導率（ $\sigma_e$ ）およびイオン伝導率（ $\sigma_i$ ）を示し、通常の電気炉焼結で作製した複合体よりも優れた電気伝導特性が得られた（図2-2-3）。LCO-LSLBO正極複合体（厚さ0.2 mm）の電気化学特性を電解液中で測定した結果、室温下でLCOの理論容量に近い150–160 mAh/gが得られた（図2-2-4）。今後、電解質層も固体化して正極複合体の性能評価に取り組む予定である。

## (3) 層状構造ナトリウムイオン電池用正極材料／固体電解質の一括焼結に関する基礎検討

層状構造ナトリウム含有酸化物 $Na_2Ni_2TeO_6$  (NNTO)は、Na基準で3.5–4 V程度と高電位で作動するナトリウムイオン電池用正極材料の一つとして知られている。NNTOは、室温下で $10^4 S/cm$ オーダーの高いイオン伝導率を示す固体電解質である $Na_2Zn_2TeO_6$  (NZTO)と構成元素・結晶構造が類似しており、一括焼結による全固体電池作製に適した材料の組合せと考えられる。本研究では、全固体電池作製に向けた基礎検討として、NNTOとNZTOとの熱処理時の反応性と一括焼結試料のイオン伝導特性を評価した。NNTO/NZTO混合粉末（モル比1:1）の熱処理後のX線回折測定（図2-2-5）より、 $800^\circ C$ でNNTOとNZTOの固溶体形成が示唆されたが、異相由来のピークは見られなかった。また、NNTO/NZTO混合粉末を $700^\circ C$ および $800^\circ C$ で焼結した試料のイオン伝導率は各々 $1.4 \times 10^{-4} S/cm$ 、 $3.6 \times 10^{-4} S/cm$ となり、NZTO単体焼結試料に近い特性を示した。この結果は、NNTOとNZTOを一括焼結した際に、良好なイオン伝導特性を示す電極／固体電解質界面が形成可能なことを示唆するものである。

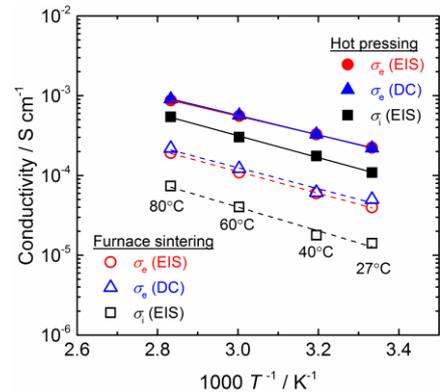


図2-2-3 一括焼結したLCO-LSLB正極複合体の電気伝導特性

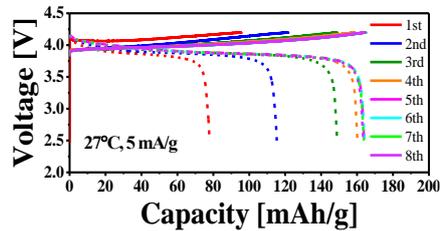


図2-2-4 一括焼結したLCO-LSLB正極複合体の充放電特性（電解液中）

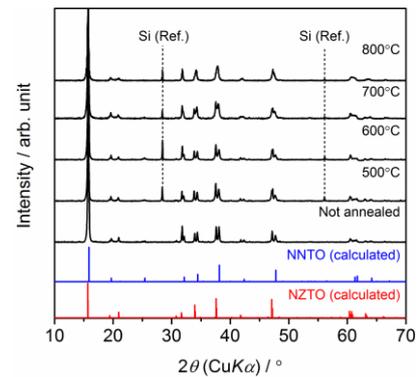


図2-2-5 NNTO/NZTO混合粉末の熱処理後のX線回折パターン

### 3-1 End-to-end 自動運転のためのマルチタスク学習と注意機構付き深層学習 [Ishihara 2021]

**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。近年の深層学習の発展に伴い、カメラやLiDAR（レーザ距離センサ）などのセンサから得たデータを用いて車線、他車、歩行者などを認識する手法が格段に進歩している[Natan 2022]。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。

**マルチタスク学習と注意機構**：単純な深層学習では、物体検出、セマンティックセグメンテーション（画像のピクセルごとの物体クラス分類）、車両制御コマンド生成など、入力に対し一つのタスクを行が、マルチタスク学習では、同じ入力に対し複数のタスクを行う。これにより、複数タスク間に共通して有効な特徴を効率的に学習することや、単一タスクよりも高い汎化性能（多様な状況に対応する能力）を得ることができる。一方、注意機構はセンサ入力のうち、タスクに有効な部分をより重要とみなすように学習を行うためのものである。

**提案するネットワーク構造**：図3-1-1に提案するネットワークの概要を示す。画像から深度画像、セマンティックセグメンテーション画像、信号機の状態を推定するタスクを行い、メインのタスクとして画像と現在の車両速度から制御コマンドを生成する。図中 Type 1, Type 2 と示されているモジュールは注意機構であり、CBAM [Woo 2018]と呼ばれるモデルをベースに構築されている。

**データセット**：データセットはCARLA 都市環境運転シミュレータ [Dosovitskiy 2017]を用いて作成した。2つの都市データが提供されており、Town01のデータで学習し、Town02の環境でテストを行った。図3-1-2に生成された画像の例を示す。画像の生成と同時にマルチタスク学習の出力値を正解値として取得しており、それらを用いてネットワークの学習を行う。

**実験結果**：2つのベンチマークデータで評価した。CoRL2017 ベンチマークは直進走行、交差点での右左折を一つ含む、複数の右左折を含む長距離の走行（他の自動車や歩行者あり、なし）の4種の課題からなる。NoCrash はさらに交通量や天候の変化を考慮するとともに、衝突のペナルティを重く評価している。提案手法では、走行の成功率では従来の手法と同等かそれ以上を示し、さらに赤信号無視の回数を大幅に減らすことができている。このことはマルチタスク学習と注意機構の組合せが End-to-end 自動運転に有効であることを示している。図3-1-3は Grad-CAM [Selvaraju 2017]と呼ばれる手法を用いて、提案手法が、注意機構によって重要と考えた場所を可視化したものである。前方の自動車、車線、赤信号など画像中の重要な場所に注意が向けられていることがわかる。

[Ishihara 2021] 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.

[Natan 2022] O. Natan and J. Miura, "Towards Compact Autonomous Driving Perception with Balanced Learning and Multi-sensor Fusion", IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, 2022 (to appear).

[Woo 2018] S. Woo, J. Park, J.-Y. Lee, I.-S. Kweon, "CBAM: Convolutional Block Attention Network", Proc. ECCV2018.

[Dosovitskiy 2017] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, V. Koltun, "CARLA: An Open Urban Driving Simulator", Proc. 1<sup>st</sup> Annual Conf. on Robot Learning, 2017.

[Selvaraju 2017] R.R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, D. Batra, "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization", Proc. ICCV-2017.

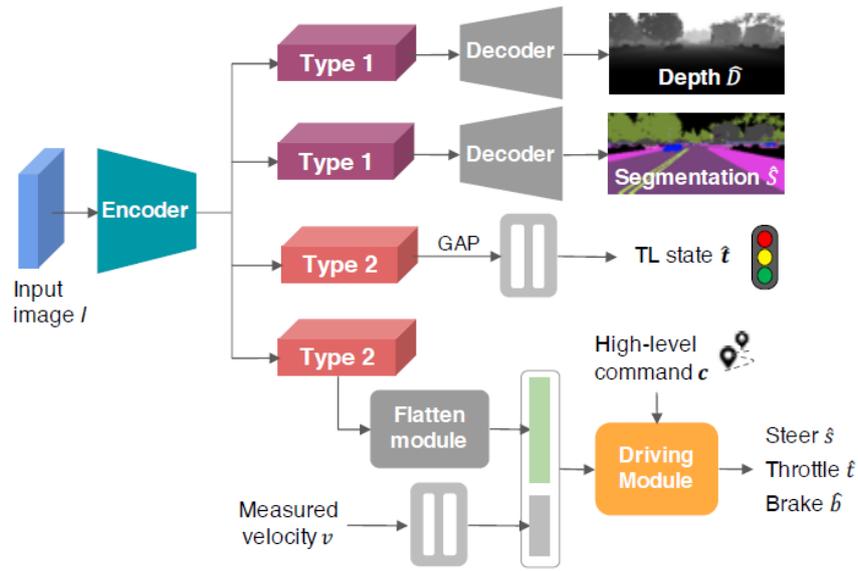
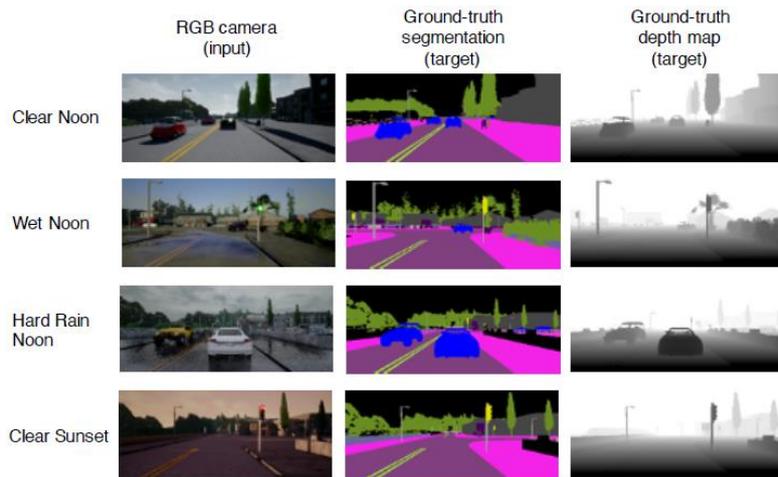


図 3-1-1: 提案するネットワーク構造



(a) Training weather conditions in Town01



(b) New weather conditions in Town02

図 3-1-2: CARLA で生成した画像の例



図 3-1-3: 注意箇所の視覚化

#### 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, 新潟大学 准教授 今村 孝

##### 4-1 はじめに

交通事故の発生状況を要因別にみると、漫然運転や脇見運転などを含む安全運転義務違反による事故が依然多くを占めている。この割合は過去10年で見ても横ばいの状態がつづいており、事故削減にむけて、さらなる取り組みが継続して必要なもののひとつである。その中で、本稿では、装着型の慣性センサにより、眠気やわき見、スマホ操作などのドライバの注意をそらす行動（不安全運転行動）の発生を精度よく検知する試みを紹介する。なお、本稿は、著者らの文献[1]の一部を加筆・変更したものである。

##### 4-2 装着型センサを用いた運転中の行動推定

ドライバの体動検知や行動推定には、カメラやシート型センサが主に用いられている。カメラを用いた手法では、窓からの直射日光や振動の影響などで、安定した計測が難しい場合がある。シート型センサでは、体幹の重心変化が微小な動きや手先の細かな動きの検知が難しい。これらの方法に対して、我々は、ドライバの手の動きに着目した行動推定手法を提案する。以下では、手先の動きからドライバの行動内容を推定する最初のステップとして、両手首に加速度センサを装着してドライビングシミュレータを用いた計測実験を行い、取得した手先加速度のデータからドライバの行動内容をk最近傍法を用いて推定する。また、得られた推定結果より、装着型加速度センサで推定可能な行動内容とその精度について考察を行う。

###### (1) 運転行動データの収集

実験には、普通自動車免許を保有し日常的に運転を行なっている10名の健常成人（21-22歳、全員男性）が参加し、実験前に書面によるインフォームド・コンセントを得た。

参加者には、ドライビングシミュレータ（Forum8社製UC-Win/Road）上に作成した高速道路を模したコース上で、運転操作を行いながら、実験実施者の指示するタイミングと順番で運転操作とは別の行動を30秒ずつ継続して行うよう指示をした。通常運転と後述するそれ以外の7種の行動の実施を1セットとし、計4セットの実験走行を行った。

実施する行動の選定は、NHTSA および、バージニア工科大にて実施された100-car Naturalistic Driving Studyプロジェクトにおける運転中の行動を参考に選定し、両手でステアリングを操作する模範的な運転操作を「通常運転」とし、これに加えて「体接触」「わき見」などの運転操作以外の行動7種を選定し、計8種の行動を実施した（図4-2-1）。

実験参加者の両手首に小型多機能センサ（ATR-Promotions社製TSND151）を装着し（装着位置と各センサの軸の設定は図4-2-2参照）、加速度の測定レンジ $\pm 8\text{G}$ 、サンプリング周期1msで手首部の3軸加速度をセンサ内蔵メモリに記録した。

###### (2) 運転中の行動推定と評価

特徴抽出では、手先加速度のデータを一定の区間（フレーム）ごとに切り出し、フレーム毎に特徴量の算出を繰り返し行うSliding-Window法を用いた。フレーム長5s・シフト幅3s（フレーム間のオ



図4-2-1：実験走行中に行う行動の実施例[1]

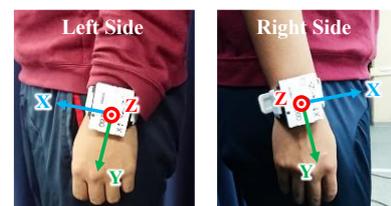


図4-2-2：センサの装着レイアウトと軸の設定[1]

オーバーラップ量 60%) の条件で、フレーム毎に加速度波形の軸ごとの平均値と分散を算出し、特徴量とした (左右手首×3 軸×2 特徴量=12 特徴量/フレーム)。

行動推定に用いる k 最近傍法は、分類アルゴリズムとして単純であり、決定すべきハイパーパラメータが近傍数 k のみであるため、本稿では、近傍数 k を 5 とし、研究の最初のステップとしてベースラインとなる手法として採用した。

前述の推定モデルを用いてフレーム毎に行動内容の推定を行い、その結果を混同行列に整理する。その後、各行動に対する再現率・適合率を求め、さらに F 値を算出して推定精度の評価指標とする。

### (3) 行動推定の結果と考察

行動毎の F 値を以下の 2 つの方法で比較をする。

ユーザ依存モデル: 実験参加者毎に Leave-one-session-out 法で各行動の F 値を求めて、全実験参加者で平均した結果 (学習とテストで同一ユーザのデータを用いる場合)。

ユーザ独立モデル: 全実験参加者のうち 1 名分を除いたデータで推

定モデルを構築し、除外した 1 名分のデータで推定精度を求める Leave-one-person-out 法で行動毎の F 値を求めた結果 (学習とテストで異なるユーザのデータを用いる場合)。

図 4-2-3 より、ユーザ依存モデルの推定結果を行動別にみると、「通常運転」「体接触」「物色動作」の F 値は約 80% で比較的高く、次いで「握り直し」「飲食」が 70% を超えている。一方、「わき見」は F 値が約 15% で他の行動にくらべて非常に低い。ただし、「わき見」のような前方からの注意が逸れた状況では、通常運転と比べて手先の動きが振動的になる傾向を著者らは明らかにしつつあり [2]、時間一周波数解析を利用した特徴量を導入することで「わき見」の推定精度を改善できる可能性がある。

次に、図 4-2-3 のユーザ独立モデルの結果をみると、ユーザ依存モデルと比較して全体的に F 値が低下している。ユーザ依存モデルと比較してユーザ独立モデルで F 値が大きく低下した行動は、手先の動き方が個人間で顕著に異なる行動であることを示唆している。実際の運転では動き方が個人で異なるのは自然なことであり、個人差の影響を受けにくい特徴量の検討 (たとえば、手先の位置情報 [3] を特徴量として加えるなど) が今後の課題である。

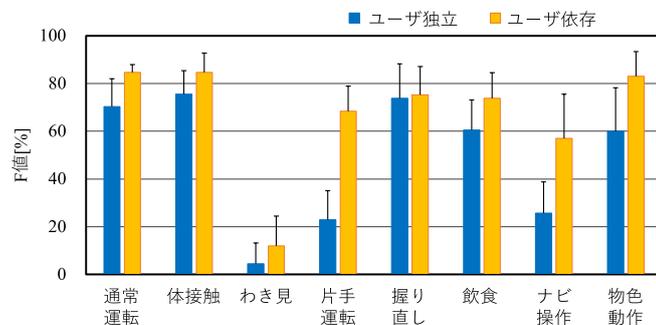


図 4-2-3 : 行動別の推定精度 (F 値) の比較 [1]

## 4-3 おわりに

本報告では、加速度センサを両手首に装着し、ドライビングシミュレータを用いて 8 種類の運転中の行動を計測する実験を行い、計 10 名分のデータを収集した。さらに、取得したデータに対し、Sliding-Window 法により特徴量を算出し、k 最近傍法を用いてドライバの行動内容を推定した。その結果、ユーザ依存モデルで 8 種類のうち 5 種類の行動で F 値が 70% を超え、加速度センサから取得した手先の動きのみで、おおむね運転中の行動内容の把握が可能であることを示した。

### (参考文献)

- [1] 茅嶋, 秋月, 高橋, 荒川, 装着型加速度センサを用いた運転中の行動推定, 知能と情報, Vol. 34, No. 2, 2022 (印刷中).
- [2] R. Tanaka, T. Akiduki, H. Takanashi, Detection of Driver Workload Using Wrist-Worn Wearable Sensors: A Feasibility Study, Proc of IEEE SMC2020, 1723/1730, 2020.
- [3] 畠山, 秋月, 高橋, 荒川, 単一慣性センサを用いたドライバの手先位置の推定, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Paper ID: 2P3-J14, 2021.

## 5. 同一帯域全二重マルチホップ無線通信技術に関する研究

電気・電子情報工学系 教授 上原 秀幸, 助教 宮路 祐一

### 5-1 はじめに

ワイヤレスデバイスが爆発的に増大し、無線通信資源が逼迫している。クルマもこのようなワイヤレスデバイスのひとつであるだけでなく、その情報ハブとしての役割は一層重要さを増している。車両に搭載された数多くの様々なセンサから得られた情報を周囲の車両や数台はなれた車両と交換する。あるいは、歩行者の有無やその動きをはじめとする周辺環境の情報を収集する。これらは安全・安心なドライブをサポートするために必須であろう。加えて、地図情報やショップのお得情報などは快適なドライブに欠かすことはできない。我々は、このような大量の情報を“うまくさばく”車両間無線通信技術として、同一帯域全二重マルチホップ無線通信システムを開発している。ここでは、その要素技術である自己干渉除去技術に関する今年度の成果を報告する。

### 5-2 システム概要

図 5-2-1 に同一帯域全二重マルチホップ通信を実現する送受信機の構成例と動作モードを示す。2 系統の指向性アンテナを用いてパケットの到来方向を前後二方向に識別できる機構を搭載し、二方向での同時送受信を可能にして、時間・空間・周波数の利用効率向上を図っている。

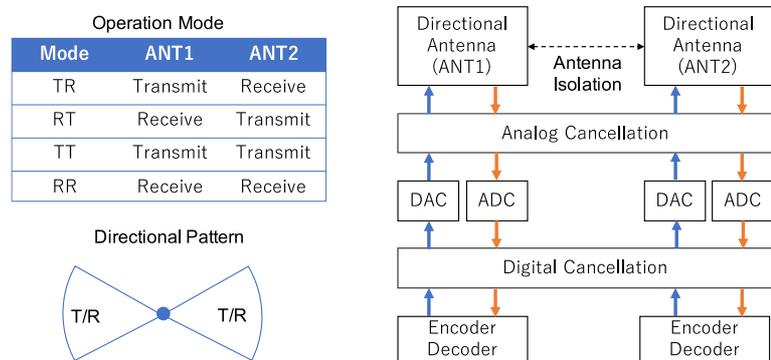


図 5-2-1 同一帯域全二重マルチホップシステムの送受信機構成と動作モード

### 5-3 自己干渉除去技術

同一帯域内で全二重通信を実現するためには、自己干渉（送信した自分の信号を受信してしまうことによる干渉雑音）を除去する必要がある。自己干渉は送受信機の不完全性（ミキサの I/Q インバランス、局部発振器の位相雑音、増幅器の非線形性）の影響を強く受けるため、これらの不完全性を考慮した信号処理が求められる。今年度の成果として、自己干渉除去の性能向上に関する検討結果、ならびに自己干渉除去の評価システムに関する検討結果を示す。

#### (1) 自己干渉除去の性能向上に関する検討

##### ・OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号のクリッピングと自己干渉除去

現在検討している OFDM 信号はマルチキャリア信号の一種であり、一般にピーク電力が高いことが知られている。このような信号が増幅器によって非線形増幅される場合、高精度の自己干渉除去が困難である。そこで、ピーク部分をクリッピングが自己干渉除去に与える影響を評価する。また、クリッピングによる歪補償も併せて検討する。計算機シミュレーションの結果から、クリッピングのしきい値が低いほど自己干渉除去量が改善することがわかった。しかし、クリッピングのしきい値が低くなることで、受信特性が劣化するため、最適なしきい値があることもわかった。

##### ・OFDM 信号のコンパンディングと自己干渉除去

OFDM 信号のクリッピングに類似した手法として、コンパンディングについても検討した。クリッピングは逆関数が存在しないため、受信側の歪補償を別途検討する必要がある。一方でコンパンディングは逆関数が存在するピーク抑圧手法のため、自己干渉除去量の改善と歪補償を対にして考えることができる。理論解析と計算機シミュレーションより、帯域内全二重に適したコンパンディング関数があることを明らかにした。また、理論解析と計算機シミュレーションは自己干渉除去量の大きい領域でよく一致することがわかった。大域的に一致するには、近似の改善が必要である。

## (2) 自己干渉除去の評価システムに関する検討

昨年度に開発した自己干渉除去の評価システムを用いて、各種自己干渉除去フィルタを性能評価した。

### ・時間領域学習と周波数領域学習が自己干渉除去量に与える影響

これまでに、様々な自己干渉除去のフィルタ構成法を研究してきたが、その中でも時間領域学習と周波数領域学習が自己干渉除去量に与える影響を実験的に明らかにする。評価システムに実装するフィルタ構成法は文献<sup>1)</sup>に従う。評価システムを用いた比較において、自己干渉除去量は、時間領域学習と周波数領域学習の手法間に差異がなかった。これは計算機シミュレーションの結果と同様の傾向である。このことから、評価システムの性能と計算機シミュレーションの性能を制限する主要因は一致していると考えられる。

### ・シングルキャリア信号が自己干渉除去量に与える影響

送受信機の不完全性を考慮した自己干渉除去を行う際に、信号の複素平面での分布が性能差に影響することを明らかにしている。本評価では、これまでに検討していたマルチキャリア信号だけでなく、シングルキャリア信号を用いて自己干渉除去量に与える影響を明らかにする。シングルキャリア信号にFSKとPSKを用いた。信号の複素平面での分布の特徴から、FSKは定包絡信号であり、PSKは振幅変動が中程度の信号である。実験結果より、FSKは入力信号電力によらず高い除去量を示した。また、最大で約50 dBの除去量を達成した。一方で、PSKはマルチキャリア方式よりも除去量が劣化した。FSKの高い除去量は予想と一致しているが、PSKの振る舞いは予想と異なるため、今後さらなる検討が必要である。また、評価システムは、信号の違いによる性能差を測る場合にも十分な構成であることがわかった。

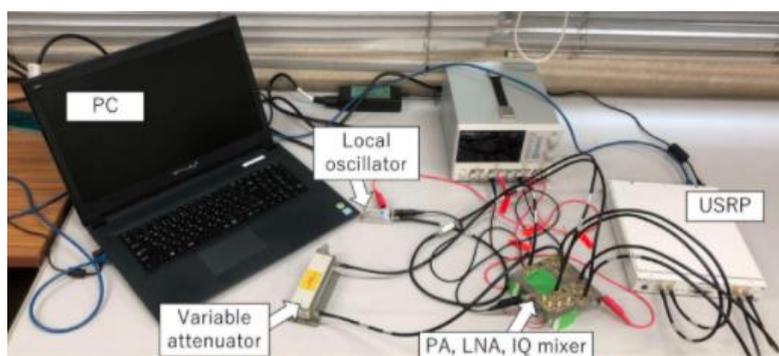


図 5-3-1 自己干渉除去の評価システム

## 5-4 おわりに

車両間無線通信に応用可能な同一帯域全二重マルチホップ無線通信システムの要素技術として、デジタル自己干渉除去の研究に取り組んだ。本報告では、自己干渉除去の性能向上に関する成果と評価システムを用いた評価結果を示した。自己干渉除去における、シミュレーション・理論解析・実機実験の全てを好循環させた結果が得られていると評価できる。

## 参考文献

- 1) K. Komatsu, Y. Miyaji and H. Uehara, "Frequency-Domain Hammerstein Self-Interference Canceller for In-Band Full-Duplex OFDM Systems," IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 1-6, Mar. 2017.

## 6. 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

### 6-1 はじめに

駐車時や発進時でのブレーキとアクセルの踏み間違いなどによる急発進や暴走による事故は度々社会問題となっている。これに対し、令和3年11月から新型車に対して衝突被害軽減ブレーキ(AEBS, Advanced Emergency Breaking System)の取り付けが義務化され<sup>[1]</sup>、継続生産車は令和7年12月、輸入車については新型車が令和6年7月、継続生産車は令和8年7月からとなっている。このシステムの基準として、時速30km/hで5km/hで歩く歩行者にぶつからないこととなっているが、暴走などがこの条件に合致するとは限らない。さらに、この義務化はモデルチェンジ等を行った新型車を対象であり、まだ当分の間、歩行者検知に対応していない古いシステムや、システム自体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。

### 6-2 車両向き検出の高精度化

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。一昨年度より、車両自体の検出だけではなく、その向きも検出することで、危険度計算の精度の向上を図っており<sup>[2][3]</sup>、昨年度、高精度で車両向き推定が可能な深層学習を用いたVoNet<sup>[4]</sup>をシステムに組み込み、データ拡張を行うことで向き推定の精度が向上することを確認した<sup>[3]</sup>。しかし、車両が遠く画像内で小さく写っているときに精度が悪い、また向きの分類が図6-2-1のような5種類であり、前方および後方の斜めの向きが左右区別なく識別するため、危険検知には適さないことがわかった。



図 6-2-1 車両向きの分類(CompCars Dataset<sup>[5]</sup>)

そこで今年度はより細かな、かつ精度の良い向き推定を行うことを試みる。ここではまずデータセットのラベルについて、従来の5分類から、図6-2-2に示すような前方および後方の左右を分けた8分類に変更し、VoNetを学習させた。さらに、このVoNetの離散的ラベルの出力を全結合層に入力することで、車両向き角度を0~360度の連続値として出力するための回帰の学習を行わせることで、向き推定の精度向上を目指した。

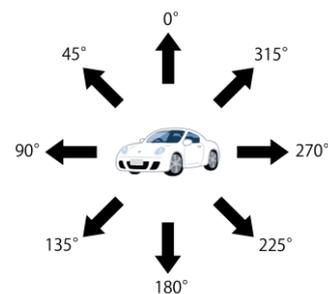


図 6-2-2 車両向きラベル

### 6-3 車両向き推定結果

回帰計算のための中間層の数を変えて推定した結果を図6-3-1に、その際の条件を表6-3-1に示す。見てわかる通り、中間層の層数を増やすことで、推定精度が

向上することがわかる。また、2層の中間層を用いることで、8ラベルの向きから、角度が小さい場合には、ほぼ連続的な向きを比較的高い精度で推定できる一方、角度が大きい場合には推定精度が悪くなる。これは、0度と360度は実質同じ向きであり、前段のVoNetでは0度として認識しているためである。これを360度と同じと見なすことで、精度向上できると思われる。

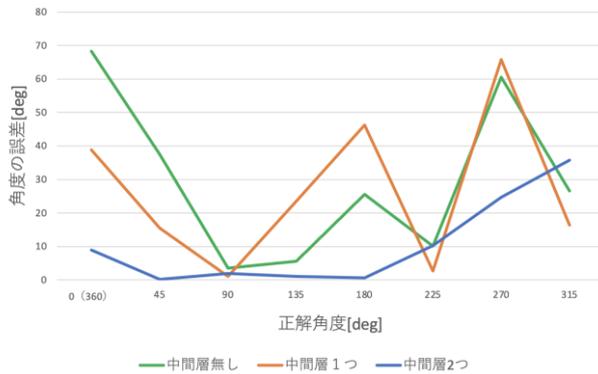


図 6-3-1 向き推定結果

表 6-3-1 中間層の条件

層	中間層無	中間層 1	中間層 2
入力層 (離散ラベル)	9	9	9
中間層数 /ノード数	-	1 / 3	2 / 6. 3
出力層 (回帰結果)	1	1	1

図 6-3-2 車両向き推定例

入力画像					
真値	0	45	90	225	315
推定値[deg]	0.01	42.50	103.46	205.01	275.73
誤差	0.01	2.50	13.46	19.99	39.27

図 6-3-2 に実際の画像に対する向き推定例を示す。図 6-3-1 の結果と同様、角度が大きくなると誤差も増えていることがわかる。上記の 360 度付近に対する対応と同時に、より正確なデータを増やすために、CG による合成画像の利用なども考える。

#### 6-4 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、識別ラベルを付け変えた VoNet の出力に全結合層を加えることで、回帰により連続値による向き推定を行った。結果より、より細かく向きの推定が行えるようになったものの、角度によっては精度が悪いものもあり、改良する必要があることがわかった。

#### 参考文献

- [1] [https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08\\_hh\\_003618.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003618.html)
- [2] 井上滯, 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, 修士論文, 2020.
- [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, 2019.
- [4] Y. LeCun, et al., Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition, Proc. IEEE, 86, pp.2278-2324, 1998.
- [5] R. You, J-W. Kwon, VoNet: vehicle orientation classification using convolutional neural network, Proc. ICCIP'16, pp.195-199, Nov. 2016.
- [6] [http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/datasets/comp\\_cars/index.html](http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/datasets/comp_cars/index.html)

## 7. 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, 准教授 杉木 直, 学部生 稲垣 亮

### 7-1 はじめに

近年, 自動車搭載機器から収集される位置情報に基づくプローブデータの活用により, 生活道路の交通実態の把握が可能となり, 地点別の事故危険性評価の試みが盛んとなっている。しかし, 事故危険性把握へのプローブデータ活用の効果についての理論的考察は十分には行われていない。本研究ではプローブデータ活用による地点別事故危険性の推定精度向上の効果を理論的に分析することを試みる。

### 7-2 研究方法

研究のフローを図 7-2-1 に示す。まず, 細街路無信号交差点を対象とした事故危険性評価理論モデルを応用し, 理論上事故危険性の算出および確率試行による事故データ, プローブデータ (急減速数, 通過量) の生成を行った。そして, 理論上事故危険性と各データによる推定事故危険性との順位相関係数を用いて推定精度向上の効果を評価した。

#### (1) 事故危険性評価理論モデル

図 7-2-2 に示す細街路無信号交差点において自動車対自転車の出合頭事故危険性を算出するための理論モデルを構築した。優先側(自動車), 非優先側 (自転車) とともに一方通行とし, 追従走行による影響は無視した。まず非優先側車両の軌跡上に基準位置 $d_2^0$ を設定し, 不注意な自転車が基準位置 $d_2^0$ に到達した時点初期時点 ( $t = 0$ ) とした。そして, 以下の「出合頭事故が発生しない 3 条件」の余事象を出合頭事故発生条件として定義した。

①位置関係のみの条件: 初期時点 ( $t = 0$ ) で, 非優先側車両から優先側を視認できる限界位置 $d_1^{0*}$ よりも優先側車両が衝突範囲側にいる場合。

$$d_1^0 < d_1^{0*} \quad (1)$$

②速度関係のみの条件: ①を満たさないが, 非優先側車両 (優先側車両) が衝突範囲に到着する前に, 優先側車両 (非優先側車両) が初期速度 $v_1^0$  ( $v_2^0$ ) のままで通過できる場合。

$$\frac{d_1^0 - s_2 + \frac{w_2}{2} + l_1}{v_1^0} < \frac{d_2^0 + s_1 - \frac{w_1}{2}}{v_2^0}, \quad \frac{d_1^0 - s_2 + \frac{w_2}{2}}{v_1^0} > \frac{d_2^0 + s_1 + \frac{w_1}{2} + l_2}{v_2^0} \quad (2)$$

③減速を考慮した条件: ①, ②を満たさないが, 相互に視認可能となる位置 $d_1^*$ ,  $d_2^*$ まで初期速度 $v_1^0$ ,  $v_2^0$ のままで進んだ後 (時点 $t = t^*$ ), 優先側車両または非優先側車両が停止可能な場合。

$$d_1^0 - s_2 - \frac{w_2}{2} - v_1^0 \cdot t^* > v_1^0 \cdot t_r + \frac{(v_1^0)^2}{2\alpha_1}, \quad d_2^0 - s_1 - \frac{w_1}{2} - v_2^0 \cdot t^* > v_2^0 \cdot t_r + \frac{(v_2^0)^2}{2\alpha_2} \quad (3)$$

ここで,  $t_r$ は空走時間,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ は優先側, 非優先側車両の最大減速度である。時点 $t^*$ は相互に視認可能な位置における位置関係より三角形の相似則を用いて算出した。優先側車両の初期速度 $v_1^0$ を平均初期速度 $\bar{v}_{10}$ ,  $v_1^0$ の正規分布, 初期位置 $d_1^0$ を平均初期速度 $\bar{v}_1^0$ と交通量 $q_1$ からなる指数分布に従うと仮定した。

#### (2) 理論上事故危険性の算出

本研究では, まず確率変数部分の数値積分によって理論上の事故の危険性 (年間事故件数期待値) を算出した。その際, 交差点 $i$ ごとに自動車交通量 $q_{1i}$ を 10, 20, ..., 500 (台/h) の 50 パターン, 不注意な自転車の交通量 $q_{2i}$ を 1, 2, ..., 20 (台/年) の 20 パターンの組み合わせで, 合計 1000 交差点を作成した。交通量以外の設定した各種パラメータを表 7-2-1 に示す。

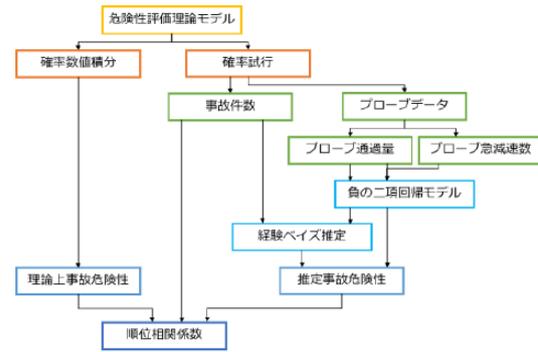


図 7-2-1 研究フロー

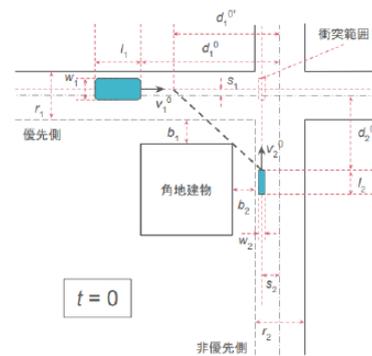


図 7-2-2 対象とする交差点形状

### (3) 事故件数およびプローブデータの生成

事故件数は、乱数を用いて確率分布から交差点別に初期速度 $v_{1i}^0$ と初期位置 $d_{1i}^0$ を作成し、理論モデルから事故の発生を判定し、年間発生回数をカウントした。その際、プローブデータの普及率(0.1, 1.0, 10, 100%)に応じてベルヌーイ試行により、各判定がプローブ車両であるかを設定し、そのプローブ車両の必要減速度が急減速閾値(0.3G)を超えた年間回数をプローブ急減速数としてカウントした。また、上記のプローブ車両普及率と取得期間(90, 180, 365日)を設定して、自動車交通量 $q_i^1$ に基づき、ポアソン分布から乱数によりプローブ通過量を生成した。

### (4) 事故危険性推定精度の分析および比較

事故件数のみの場合、事故件数とプローブデータ(急減速数、通過量)を活用した場合それぞれで推定された事故危険性と、理論上事故危険性との順位相関係数から推定精度を評価した。ここでプローブデータを活用する場合は、事故件数を目的変数、生成したプローブデータを説明変数として負の二項回帰モデルを用いて交差点 $i$ の事故件数期待値 $\lambda_i^{NB}$ の推定を行った。また、説明変数として考慮されない地点固有の要因(不注意な自転車交通量)を考慮するため、以下の式により経験ベイズ推定を行った。 $\phi^{NB}$ は過分散パラメータ、 $y_i$ は事故件数である。

$$\lambda_i^{EB} = \left( \frac{1}{1 + \frac{\lambda_i^{NB}}{\phi^{NB}}} \right) \lambda_i^{NB} + \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{\lambda_i^{NB}}{\phi^{NB}}} \right) y_i \quad (4)$$

### 7-3 結果と考察

順位相関係数の結果を図7-3-1に示す。プローブ通過量を用いた推定結果の順位相関係数は事故件数のみによる順位相関係数より上昇した。取得期間によって順位相関係数はほとんど変わらなかった。さらに経験ベイズ推定によって推定精度が上昇することが確認できた。普及率100%以外のプローブ急減速数を説明変数とした負の二項回帰モデルによる推定結果では順位相関係数はかなり低くなった。以上より、プローブ通過量活用による推定精度の向上が確認できた。一方、図7-3-2に示すように、本理論モデルにおいては急減速の発生確率が事故と同程度であり、プローブ普及率によっては急減速数の発生頻度は事故件数よりも大幅に少なくなるため、急減速数活用による効果が見られなかったと考えられる。本結果がモデルの単純化による影響なのか、実際にそうであるのか、検証していく必要がある。

【謝辞】本研究はJSPS 科研費19K04652の助成を受けたものです。

表7-2-1 設定したパラメータ

固定パラメータ	優先側(自転車)	非優先側(不注意な自転車)
空走時間 $t_p$ (s)	0.8	0.8
平均初期速度 $\bar{v}^0$ (km/h)	30	
初期速度 $v^0$ (km/h)		10
基準位置 $d_g^0$ (m)		5
車両長 $l$ (m)	4	2
車両幅 $w$ (m)	2	1
道路幅員 $r$ (m)	6	6
車両位置 $s$ (m)	0	2
建物位置 $b$ (m)	0.5	0.5
最大減速度 $\alpha$ (m/s <sup>2</sup> )	0.5G	0.3G

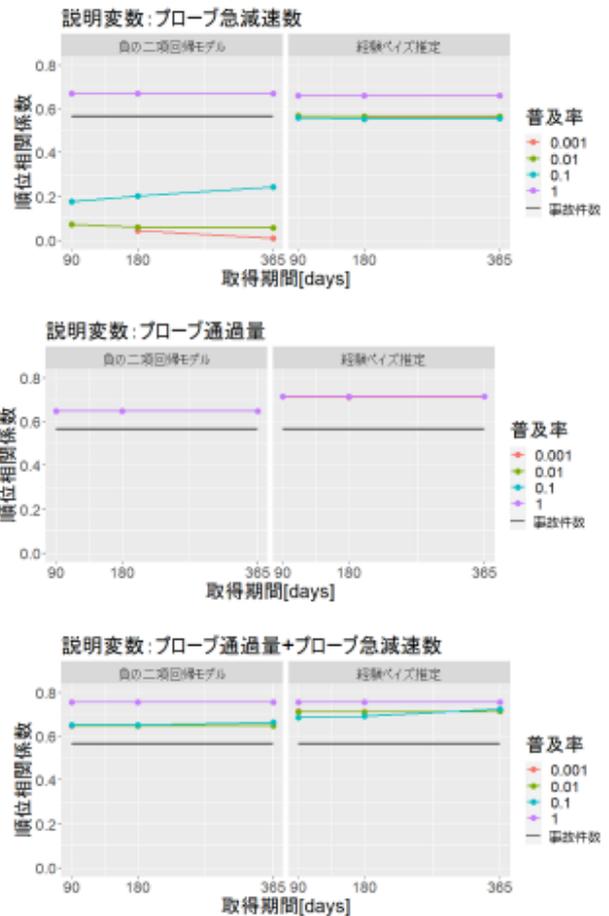


図7-3-1 危険性評価方法別の順位相関係数の比較

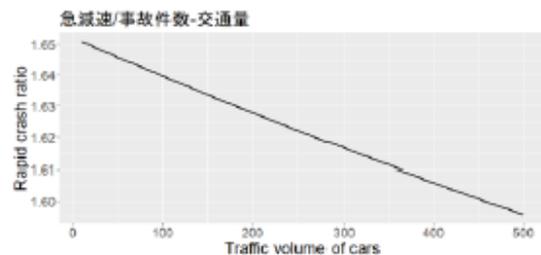


図7-3-2 事故件数に対する急減速数の割合

## 8. 未来ビークル関連産業の環境経済的な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

### 8-1 はじめに

未来ビークルの普及は社会経済環境に様々な変化をもたらす。本研究では、産業連関表と産業連関モデルを用いて、未来ビークルの普及が社会経済に与えるインパクトを評価する手法を開発する。本稿では、予備的な研究として、全国の産業連関表を用いて、輸送機械と電力の生産部門に注目して、生産誘発効果やCO<sub>2</sub>排出誘発効果を計測し、未来ビークルに関連する産業の特徴を明らかにする。

### 8-2 方法

産業連関分析では、需要から生じる川上産業への波及効果を計測する方法として後方連関モデルが用いられる。ここでは、次式により生産誘発額とCO<sub>2</sub>排出誘発量を求める。

$$\text{生産誘発額} \quad \mathbf{X} = (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1}((\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{EX}) \quad (1)$$

$$\text{CO}_2\text{排出誘発量} \quad \mathbf{E}_{\text{CO}_2} = \hat{\boldsymbol{\epsilon}}\mathbf{X} \quad (2)$$

ここで、 $\mathbf{X}$ は生産額列ベクトル、 $\mathbf{I}$ は単位行列、 $\hat{\mathbf{M}}$ は輸入係数の対角化行列、 $\mathbf{A}$ は投入係数行列、 $\mathbf{F}$ は最終需要額列ベクトル、 $\mathbf{EX}$ は移輸出額列ベクトルである。 $\mathbf{E}_{\text{CO}_2}$ はCO<sub>2</sub>排出誘発量ベクトル、 $\hat{\boldsymbol{\epsilon}}$ は生産額当りのCO<sub>2</sub>排出係数の対角化行列である。

ここでは、輸送機械と電力の各生産部門の後方連関効果の特徴を捉えるために、各生産部門の国内需要と輸出 $(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{EX}$ から誘発する生産額 $\mathbf{X}$ とCO<sub>2</sub>排出量 $\mathbf{E}_{\text{CO}_2}$ を計測する。例えば、EV車を生産する部門の特徴をみる場合には、EV車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、(1)式と(2)式から生産誘発額とCO<sub>2</sub>排出誘発額を求める。また、生産誘発額とCO<sub>2</sub>排出誘発量をそれぞれ国内需要と輸出の合計で除して、生産誘発係数とCO<sub>2</sub>排出誘発係数を求める。これらの情報を比較することで、各生産部門の特徴を分析する。

本稿では、早稲田大学次世代科学技術経済分析研究所の2011次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(IONGES)を用いる。IONGESは、2011年の産業連関表をもとに、再生可能エネルギー部門を追加した表である。2030年想定表も推計されており、発電施設の分布や発電構成比について2030年の状況が想定されている。本稿では、2030年想定表を用いて、未来ビークルに関連する輸送機械と電力の生産部門に焦点をあてて分析を行う。

### 8-3 分析結果

#### (1) 輸送機械の生産部門

図8-3-1に輸送機械の各生産部門の国内需要と輸出、生産誘発額、CO<sub>2</sub>排出誘発量を示す。各部門の国内需要と輸出から、(1)式から生産誘発額を、(2)式からCO<sub>2</sub>排出誘発量を求めている。また、同部門の生産誘発係数とCO<sub>2</sub>排出誘発係数を示す。例えば、未来ビークルであるEV車に注目すると、2030年想定表では、EV車の生産部門の国内需要と輸出の合計は7.1兆円であり、生産誘発額は18.7兆円、CO<sub>2</sub>排出誘発量は14.6兆t-CO<sub>2</sub>と推計される。生産誘発係数は2.6、CO<sub>2</sub>排出誘発係数は2.1であり、それぞれ1単位の需要から2.6単位の生産が、2.1単位のCO<sub>2</sub>排出が誘発することを意味する。

2030年想定表では、輸送機械の生産部門のなかでも、新たに生産されるEV車が占める割合は大きくなっている。EV車とその他乗用車を比較すると、EV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。EV車は利用段階ではCO<sub>2</sub>排出は少ないが、生産段階ではCO<sub>2</sub>排出が生じている。

生産誘発係数をみると、EV車よりもその他乗用車のほうが大きい。EV車の生産段階では、その他乗用車に比べると、部品数が減少するため、後方連関効果が縮小するためと考えられる。一方で、CO<sub>2</sub>排出誘発係数をみると、EV車はその他乗用車よりも小さい。これはEV車がさらに普及するこ

とによって、乗用車の生産段階における全体的な CO<sub>2</sub> 排出誘発量は減少する傾向が生じることが考えられる。

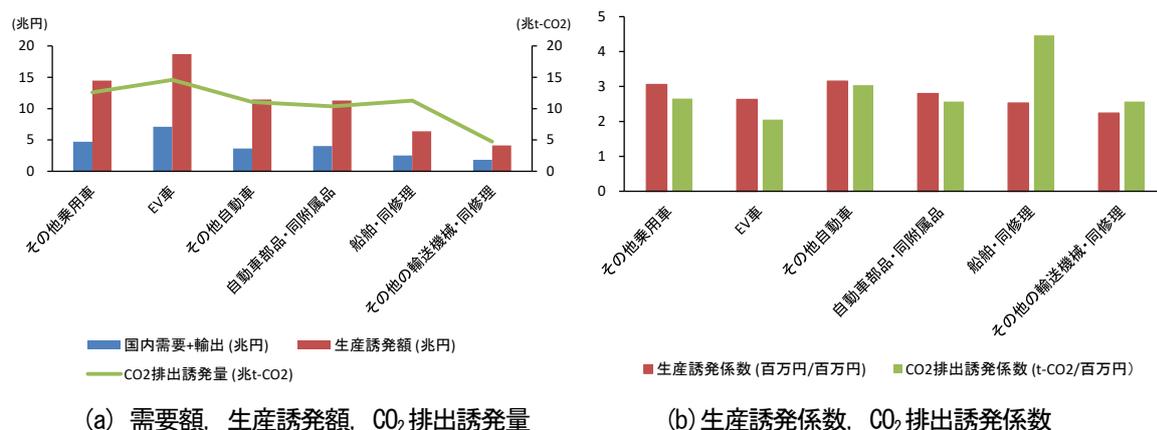


図 8-3-1 輸送機械の生産部門

## (2) 電力の生産部門

図 8-3-2 に電力の各生産部門の国内需要と輸出、生産誘発額、CO<sub>2</sub> 排出誘発量を示す。2030 年想定表では、再生可能エネルギーによる電力需要や生産は増加する傾向にあるが、事業用火力発電の占める割合が依然として高い状況にある。このため事業用火力発電からの CO<sub>2</sub> 排出誘発量も最も大きい。生産誘発係数をみると、約 1.6~2.6 の範囲内にあり、事業用火力発電は 1.9、中小水力発電は 2.1、木質バイオ・メタン発電は 2.6 である。一方で、CO<sub>2</sub> 排出誘発係数をみると、事業用火力発電は 37.7 で著しく高く、太陽光発電（住宅設置用）は 0.4 と低い。脱炭素社会の観点からは、発電部門における再生可能エネルギーへのシフトが期待される。

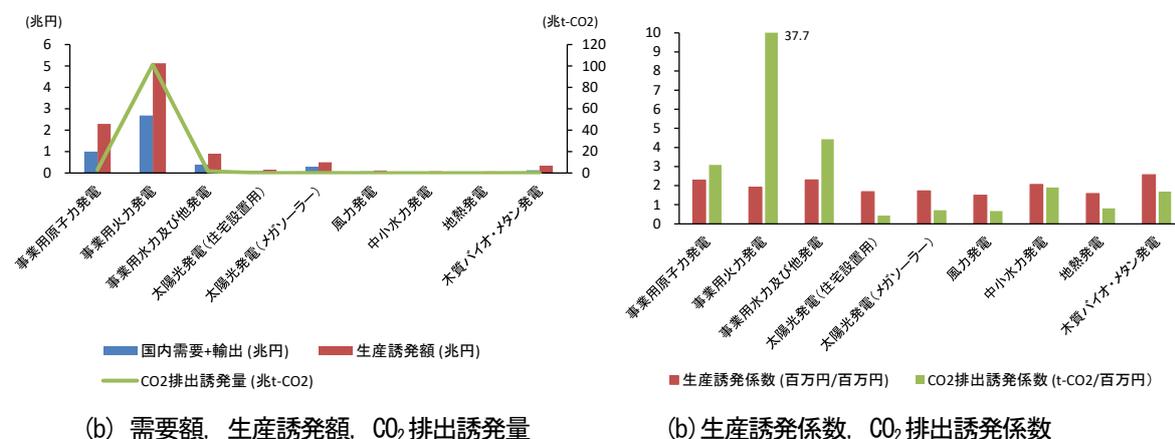


図 8-3-2 電力の生産部門

## 8-4 おわりに

本稿では、IONGES の全国産業連関表を用いて、後方連関効果の視点から、輸送機械と電力の生産部門の特徴を分析した。今後の課題としては地域間産業連関表を用いた分析があげられる。

### 参考文献

- 1) Ayu Washizu, Satoshi Nakano (2019), Creation and application of the 2011 input-output table for the next-generation energy system, Institute for Advanced Social Sciences (IASS) Working Paper Series, IASS WP 2019-E001, 1-18, October 2019
- 2) 渋澤博幸, 仲山隆人 (2021), 環境配慮型自動車生産の経済波及効果の計測—日本と愛知県を対象として—, 地域学研究, 51(1), 71-86

## 9. 教員（研究室）活動実績

- 1-1 名誉教授／特任教授 大平 孝 特任教授 塚本悟司, 特任助手 阿部晋士,  
特任助手 水谷 豊, 研究員 馬場涼一, 研究員 鈴木良輝, 研究員 堀尾亮介,  
研究員 飯田導平, 研究員 磯谷庄一, 研究員 小幡賢三, 研究員 松野和夫,  
研究員 吉川 茂和

### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 大平 孝, 「平面図形と波動工学」, 公益社団法人 日本技術士会中部本部 電気電子情報工学  
部会 2 月度例会, オンライン, Feb.2022

### 【学会発表】

- [1] 水谷 豊・横野翔勇・大平 孝・新藤竹文・遠藤哲夫・崎原孫周・城本政一・唐木健次・渡部  
敬史, 「電界方式無線給電道路の実用化システムその 1:電界方式の無線給電道路への適  
用」, 第 34 回日本道路会 議, Tokyo, Nov. 2021.
- [2] 遠藤哲夫・崎原孫周・新藤竹文・水谷 豊・大平 孝・城本政一・唐木健次・渡部敬史, 「電  
界方式無線給 電道路の実用化システムその 2:電界結合方式による無線給電道路システム」,  
第 34 回日本道路会議, Tokyo, Nov. 2021.
- [3] 城本政一・唐木健次・渡部敬史・新藤竹文・遠藤哲 夫・崎原孫周・水谷 豊・大平 孝, 「電  
界方式無線給 電道路の実用化システムその 3:電界結合方式による無線給電道路の舗装材料と  
構造」, 第 34 回日本道路会議, Tokyo, Nov. 2021.
- [4] 阿部晋士, 「[招待講演]あいち知の拠点ベンチャー設立」, 電気・電子情報関係学会東海支部  
連合大会, K4-3, Sep. 2021
- [5] 塚本悟司, 「[招待講演] 内閣府 SIP ドローン給電技術開発」, 電気・電子情報関係学会東海  
支部連合大会, K4-2, Sep. 2021
- [6] 大平孝, 「[招待講演]平面幾何で語る波動工学」, 電気・電子情報関係学会東海支部連合大  
会, K4-1, Sep. 2021

### 【ワークショップ】

- [1] Ryoya Honda, Shoi Yokono, Shoichi Isogai, Minoru Mizutani, and Shinji Abe, “Electrified Circuit Track  
for Battery-Less Running Multiple Vehicles,” IEEE GLOBAL STUDENT WIRELESS POWER  
COMPETITION, Dec. 2021.
- [2] Yuki Usui, “Automatic Tuning Assist Circuit Using Electronically Zero Voltage Switching Variable  
Rector,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express Autumn 2021, S3-2, Dec. 2021.
- [3] Seiya Nagase, “Composite Right-and Left-Handed Plane Structure for Capacitive-Coupling Two-  
Dimensional Wireless Power Transfer,” IEEE AP/MTT-S Midland Student Express Autumn 2021, S3-2,  
Dec. 2021.

### 【論文】

- [1] 水谷 豊・大平 孝, 「E 級電力増幅器の出力インピーダンスに関する実験的考察」, 電子情報  
通信学会論文誌, vol.J105-C, no.1, pp.37-45, Jan. 2022.]
- [2] 新藤竹文・城本政一・大平 孝, 「走行中の電気自動車へ連続的にワイヤレス給電する電化道  
路」, JARA 日本道路協会月刊誌「道路」 vol.969, pp.18-22, Dec. 2021.
- [3] T. Ohira, “Linear algebra elucidates class-E amplifiers,” IEEE Microwave Magazine, vol.23, no.1, pp.83-  
105, Jan. 2022.
- [4] 大平 孝, 「平面幾何で語る波動工学」, 表面技術, no.08, pp.414-418, Aug. 2021.

- [5] 大平 孝, 「ワイヤレス給電を成功に導く高周波回路理論」, 信学ソサイエティマガジン B-plus, no.57, pp.15-22, June 2021.

#### 【国際会議】

- [1] T. Ohira, "Geometric view to class-E operation of RF power inverters," JSAE 5th International Electric Vehicle Technology Conference, D1.1, Yokohama, May 2021.

#### 【技術報告】

- [1] 本多亮也・阿部晋士・大平 孝, 「高周波整流回路の並列動作におけるカットオフ現象」, 電子情報通信学会技術報告, WPT2021-18, pp.13-16, Jan. 2022.
- [2] 横野翔勇・水谷 豊・大平 孝・崎原孫周・遠藤哲夫・新藤竹文・唐木健次・渡辺敬史・城本政一, 「電界結合方式走行中ワイヤレス給電のための排水型高効率電化道路シミュレーション」, 電子情報通信学会技術報告, WPT2021-17, pp.9-12, Jan. 2022.

#### 【寄稿】

- [1] T. Ohira, "Single-shunt diode," IEEE Microwave Magazine, vol.23, no.1, pp.95-96, Jan. 2022.
- [2] T. Ohira, "Chord," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.12, pp.100-101, Dec. 2022.
- [3] T. Ohira, "Load locus again," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.11, pp.78-79, Nov. 2022.
- [4] T. Ohira, "Enigma: Voltage slope," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.10, pp.88-89, Oct. 2021.
- [5] 大平孝, 「半世紀越えのRFヘリテージ「円形導波管」」, RFワールド, no.55, p.93, Aug. 2021.
- [6] 鈴木麻子・阿部晋士・北川裕理, 「インピーダンス整合設計の早見チャート」, RFワールド, no.55, pp.105-113, Aug. 2021.
- [7] T. Ohira, "Enigma: Phase angle," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.9, pp.101-102, Sept. 2021.
- [8] T. Ohira, "Enigma: Power conversion efficiency," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.8, pp.108-109, Aug. 2021.
- [9] T. Ohira, "Enigma: DC power consumption," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.7, pp.90-92, July 2021.
- [10] T. Ohira, "Enigma: Loading condition," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.6, pp.112-114, June 2021.
- [11] T. Ohira, "Enigma: Shunt capacitor voltage," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.5, pp.123-124, May 2021.
- [12] 大平 孝, 「電力定在波比とベルトラム円盤」, RFワールド, no.54, pp.89-93, May 2021.
- [13] T. Ohira, "Enigma: Quadrature current," IEEE Microwave Magazine, vol.22, no.4, pp.88-89, April 2021.

#### 【新聞掲載等】

- [1] 日刊工業新聞, 小型の乗り物に対応 豊橋技科大 アイシンなど ワイヤレス給電技術, 2022.2.9
- [2] 日経産業新聞, EV走行中に無線給電、パワーウェーブ、まず私有地から, 2022.2.1
- [3] 中日新聞, 給電「実現期待」 今春実証実験で知事、協力を約束, 2022.1.29
- [4] 日本経済新聞, 中部発 スタートアップ加速 実れ大学の知②無線給電、EV 走行中に パワーウェーブ 工業・商業施設から採用へ, 2022.1.15
- [5] ニッキン, インサイト キーパーソンに聞く<10> ワイヤレス給電を普及, 2021.12.10
- [6] 交通毎日新聞, 富士ウェブ 山梨県、豊橋技科大学と官学連携協定を結ぶ, 2022.11.18
- [7] 山梨新報, ワイヤレス電力伝送の実用化へ 県が産学と連携協定を締結, 2021.11.12
- [8] 中日新聞, 登山鉄道構想で協定 豊橋技科大と山梨県など, 2021.11.12

- [9] 中部経済新聞, 豊橋で起業体験イベント スタートアップウィークエンド 来月、経営者ら講師に, 2021.11.8
- [10] 時事通信ニュース, カーボンニュートラル時代に向けて、富士ウエーブ (株) が山梨県・国立大学法人豊橋技術科学大学と産官学連携協定を締結, 2021.11.8
- [11] 東愛知新聞社, ワイヤレス電力伝送技術を活用 富士山登山鉄道構想で連携 豊橋技科大 山梨県などと協定結ぶ, 2021.11.6
- [12] 山梨日日新聞, 電線介さず電力伝送 県 産学と協定、開発へ, 2021.11.6
- [13] 山梨日日新聞, 富士登山鉄道 産学官で課題解決, 2021.11.5
- [14] 東日新聞, 非接触給電技術を社会実装 パワーウェーブとアイシン提案/日本総研エコシステムデザイン支援プログラムに採択, 2021.9.30
- [15] 日刊工業新聞, 輝け! スタートアップ (88) パワーウェーブ, 2021.8.26
- [16] 東愛知新聞, 78件へ創造研究開発補助金 技科大ワイヤレス給電の実用化など トライアル型22件 県が次世代産業支援, 2021.6.2
- [17] 東愛知新聞, 取り組んだ研究成果紹介 豊橋市内3大学の6件 市役所市民ギャラリーで展示, 2021.5.12
- [18] 東愛知新聞, 走行EVワイヤレス給電 豊橋技科大がベンチャー発足 システム実用化へ 今秋には実証実験開始, 2020.4.30
- [19] 東日新聞, 走行中の電気自動車に給電 豊橋技科大 ベンチャー企業を設立 ワイヤレス技術の実証実験へ, 2021.4.25
- [20] 中日新聞, EV走りながら充電なるか 豊橋技科大発企業3月スタート 路面から送電 研究10月にアイシンなどと実験, 2021.4.10
- [21] 日刊建設工業新聞, 工期短縮、コスト減も 薄型ワイヤレス給電床 大成建設, 2021.4.7

#### 【受賞・表彰】

- [1] Ryoya Honda, Shoi Yokono [Top 10 1st Stage Proposal Award] IEEE GLOBAL STUDENT WIRELESS POWER COMPETITION, 2021-12-21.
- [2] 大平 孝, [名誉教授] 豊橋技術科学大学 2021-04-21.
- [3] 本多亮也, [優秀学生支援制度]豊橋技術科学大学長 2021-04-1.

#### 1-2 准教授 田村昌也

##### 【展示会】

- [1] 「マイクロウェーブ展 (MWE) 2021 大学展示」, バーチャル展示会, 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. 2021.

##### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 田村昌也, 「水中ドローンへのワイヤレス給電と情報伝送」, 公益社団法人 精密工学会 第420回講習会, オンデマンド, 2021年12月7-23日.
- [2] Masaya Tamura, “Underwater Wireless Power Transfer System Utilizing Conductivity of Seawater,” International Workshop on Wireless Power Supply Solutions for the Next Generation Vehicle, Hybrid conference, 2021年9月29日.
- [3] 田村昌也, 「給電ステーションを介した水中ドローンへのワイヤレス給電と通信」, マリノフォーラム21 水中におけるワイヤレス給電と光通信の新技术に関する勉強会, オンライン, 2021年6月14日.

### 【学会発表】

- [1] Yasumasa Naka, Masaya Tamura, "Analysis and Optimization of Feeding Position on Electrode for High-Efficiency Capacitive Wireless Power Transfer," 2021 Asian Wireless Power Transfer Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, Dec. 2021. (Online/On-site Conference Due to COVID-19)
- [2] 仲泰正・水谷 豊・田村昌也, 「結合線路理論に着目した水中電界無線電力伝送の高効率化,」 2021 信学ソ大, no. C-2-44, p. 54, Sep. 2021.

### 【新聞掲載等】

- [1] みんなの試作広場, 水中ドローンへのワイヤレス給電とデータ通信が可能、高周波電流を用いたワイヤレス給電方式とは～水中ドローンによるスマート漁業の実現に向けて, 2021年10月14日.
- [2] 朝日新聞, 2 先端人 豊橋技科大准教授 田村昌也さん 電磁波工学, 2021年09月06日.
- [3] 東愛知新聞, 水中ドローンへのワイヤレス給電開発, 2021年06月27日.
- [4] 東日新聞, 海中ワイヤレス給電実験公開 豊橋技科大研究チーム／養殖効率化や海中常駐ドローン実現へ大きな一歩, 2021年06月27日.
- [5] 水産経済新聞, スマート漁業の効率化へ、水中での給電に成功, 2021年06月17日.

## 2. 准教授 稲田亮史

### 【展示会】

- [1] 「イノベーションフェア 2021 in 東三河 『DX で変革する未来社会』～新しい時代のものづくり・ひとづくり・ことづくり～」, 穂の国とよはし芸術劇場 PLAT, 稲田亮史, パネル展示: 「酸化物系全固体二次電池用材料・プロセスの研究開発」, 2021.10.19.

### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 稲田亮史, 「次世代型二次電池用材料・プロセスの開発」, カーボンニュートラルの共同開発に係わる合同説明会, オンライン, 2021.9.16.
- [2] Ryoji Inada, "Ceramic Sodium-ion Conductors for Solid-state Battery Application", Indi Energy Webinar "Demystifying Sodium Ion Batteries", On-line, 2021.9.27.
- [3] 稲田亮史, 「エネルギー問題の現状と今後の展望」, 令和3年度あいちSTEMハイスクール研究指定事業「豊橋技科大連携講座」, 愛知県立岡崎北高校, 2022.1.30.
- [4] 稲田亮史, 「次世代型高性能二次電池材料・プロセスの研究開発」, 豊橋技術科学大学産学連携フォーラム, 豊橋技術科学大学, 2022.3.1.

### 【学会発表】

- [1] 板谷明浩・山本一輝・手島脩作・稲田亮史, 「通電焼結を用いた層状構造ナトリウムイオン伝導体  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  の作製及び特性評価」, 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム, 1PF01, オンライン開催, 2021.9.1.
- [2] 杉村勇太・山崎佑輔・三宅翔太郎・稲田亮史, 「一括焼結による  $\text{LiCoO}_2$ - $\text{Li}_6\text{SrLa}_2\text{Bi}_2\text{O}_{12}$  複合体の作製及び特性評価」, 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム, 1PF03, オンライン開催, 2021.9.1.
- [3] 三宅翔太郎・山崎佑輔・秋元啓吾・稲田亮史, Venkataraman Thangadurai, 「リチウムデンドライトで劣化したガーネット型固体電解質の特性に及ぼす後熟処理の影響」, 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム, 1PF05, オンライン開催, 2021.9.1.
- [4] 山崎佑輔・三宅翔太郎・秋元啓吾・稲田亮史, 「 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  を添加した Ta 置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の作製及び特性評価」, 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム, 1PF06, オンライン開催, 2021.9.1.

- [5] 山本一輝・板谷明浩・小野湧貴・稲田亮史, 「層状構造ナトリウムイオン伝導体  $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$  の作製及び特性評価」, 日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム, 1PF07, オンライン開催, 2021.9.1.
- [6] Ryoji Inada, “Lithium Garnet Solid Electrolytes for Solid-State Battery Applications”, 3rd World Conference on Solid Electrolytes for Advanced Applications: Garnets and Competitors, On-line, 2021.10.26.
- [7] 伊藤大貴・長岡巧・稲田亮史・櫻井庸司, 「カルシウムイオン電池用バナジウム系複合酸化物正極の基礎検討」, 第 52 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, A3-04, オンライン開催, 2021.10.30.
- [8] 山崎佑輔・三宅翔太郎・秋元啓吾・稲田亮史, 「 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  を添加した Ta 置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の作製及び電気化学特性評価」, 第 52 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, A3-05, オンライン開催, 2021.10.30.
- [9] 山本一輝・板谷明浩・小野湧貴・稲田亮史, 「ナトリウムイオン電池用正極  $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$  の一括焼結型全固体電池応用に向けた基礎検討」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B01, オンライン開催, 2021.11.27.
- [10] 伊藤大貴・長岡巧・稲田亮史・櫻井庸司, 「バナジウム系複合酸化物の合成とカルシウムイオン電池用正極特性」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B04, オンライン開催, 2021.11.27.
- [11] 笹川大輔・磯辺竜誠・岸良太郎・稲田亮史, 「チタン-ニオブ複合酸化物のリチウムイオン電池用負極特性」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B05, オンライン開催, 2021.11.27.
- [12] 磯辺竜誠・笹川大輔・岸良太郎・稲田亮史, 「タングステン-ニオブ複合酸化物のリチウムイオン電池用負極特性」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B06, オンライン開催, 2021.11.27.
- [13] 後藤紀勝・稲田亮史, 「エアロゾルデポジション法を用いた  $\text{Li}_x\text{MnO}_2$  正極の膜電極化及び特性評価」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B07, オンライン開催, 2021.11.27.
- [14] 西郡育寛・稲田亮史, 「焼結助剤の添加による  $\text{LiTa}_2\text{PO}_8$  固体電解質のリチウムイオン伝導特性への影響」2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B08, オンライン開催, 2021.11.27.
- [15] 杉村勇太・稲田亮史, 「一括焼結で作製した  $\text{LiCoO}_2$  正極- $\text{Li}_6\text{SrLa}_2\text{Bi}_2\text{O}_{12}$  固体電解質複合体の特性評価」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B09, オンライン開催, 2021.11.27.
- [16] 板谷明浩・稲田亮史, 「通電焼結を用いた層状構造ナトリウム系固体電解質  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  の作製及び特性評価」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B16, オンライン開催, 2021.11.27.
- [17] 三宅翔太郎・山崎佑輔・秋元啓吾・稲田亮史, 「リチウムデンドライトで劣化したガーネット型固体電解質の再使用に関する基礎検討」, 2021 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, B17, オンライン開催, 2021.11.27.
- [18] 杉村勇太・稲田亮史, 「ガーネット型固体電解質  $\text{Li}_6\text{SrLa}_2\text{Bi}_2\text{O}_{12}$  の正極複合体応用に関する基礎検討」, 第 62 回電池討論会, 2E01, パシフィコ横浜, 2021.12.1.
- [19] 山崎佑輔・秋元啓吾・三宅翔太郎・稲田亮史, 「Ta 置換  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  固体電解質の電気化学特性に及ぼす  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  添加の影響」, 第 62 回電池討論会, 2E04, パシフィコ横浜, 2021.12.1.
- [20] Kazuki Yamamoto, Akihiro Itaya, Ryoji Inada, “Characterization of Co-sintered  $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$  and  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  for Oxide-based All-solid-state Sodium-ion Batteries”, Materials Research Meeting 2021 (MRM 2021), E1-PR17-17, Yokohama, 2021.12.15.

- [21] Ryoji Inada, Shotaro Miyake, Yusuke Yamazaki, Venkataraman Thangadurai, "Post-annealing Effect on the Property of Garnet-type Solid Electrolyte Degraded by Li Dendrite Growth", Materials Research Meeting 2021 (MRM 2021), E1-PR17-19, Yokohama, 2021.12.15.

#### 【論文】

- [1] Akihiro Itaya, Kazuki Yamamoto, Ryoji Inada, "Sintering temperature dependency on sodium-ion conductivity for  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  solid electrolyte", International Journal of Applied Ceramic Technology, Vol. 18, No. 6, pp. 2085-2090, 2021.

#### 【書籍】

- [1] 「リチウムイオン電池・全固体電池の材料技術ープロセス・評価技術までー」, 編著: 櫻井庸司, 共著: 稲田亮史・東城友都・引間和浩・松田厚範・武藤浩行, 科学情報出版株式会社, ISBN: 978-4-910558-06-6, 2021.11.29.

#### 【雑誌】

- [1] 月間高専 (メディア総研株式会社), 進学したからこそできた念願の研究。"次世代型高性能二次電池"の開発を目指す, 2022年3月15日

#### 【受賞・表彰】

- [1] 板谷明浩, 優秀講演賞, 2021年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会『通電焼結を用いた層状構造ナトリウム系固体電解質  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{TeO}_6$  の作製及び特性評価』, 2021.11.27.

### 3. 教授 三浦 純

#### 【論文】

- [1] O. Natan and J. Miura, "Towards Compact Autonomous Driving Perception with Balanced Learning and Multi-sensor Fusion", IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, 2022.
- [2] Y. Liu and J. Miura, "RDMO-SLAM: Real-time Visual SLAM for Dynamic Environments using Semantic Label Prediction with Optical Flow", IEEE Access, 2021.
- [3] C.K. Dewa and J. Miura, "Integrating Multiple Policies for Person-Following Robot Training Using Deep Reinforcement Learning", IEEE Access, 2021..

#### 【学会発表】

- [1] O. Natan and J. Miura, "Semantic Segmentation and Depth Estimation with RGB and DVS Sensor Fusion for Multi-view Driving Perception", Proc. The 6th Asian Conf. on Pattern Recognition (ACPR-2021), online, Nov. 2021.
- [2] Y. Nakayama and J. Miura, "3D Road Boundary Estimation using 3D LiDAR with Scanline-wise 1D Deep Feature and Particle Filtering", Proc. 2021 European Conf. on Mobile Robots (ECMR-2021), Bonn and Online, Sep. 2021.
- [3] Y. Liu and J. Miura, "RTS-vSLAM: Real-time Visual Semantic Tracking and Mapping under Dynamic Environments", Proc. the 16th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems (IAS-16), Singapore and Online, Jun. 2021.
- [4] 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.
- [5] 南康太・眞野千輝・三浦 純・林宏太郎, 「アウェアネスを考慮した Social Force Model に基づ

- く歩行者シミュレーション」, 2021年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2021年6月.
- [6] 藤方侑也・三浦 純, 「シミュレータ環境から実環境へのドメイン適応に基づく End-to-end 自律走行」, 2021年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2021年6月.

#### 4. 助教 秋月拓磨

##### 【展示会】

- [1] “IEEE ITS Society Nagoya Chapter Research activities in Nagoya area,” Online, Development of Driver Monitoring System Based on Hand Activity, 2021.7.11
- [2] 「豊橋技術科学大学イノベーションフェア 2021」, 穂の国とよはし芸術劇場+オンライン, 手首装着型センサを用いたドライバの不安全行動検知, 2021.10.19

##### 【講演・講座・シンポジウム】

- [1] 秋月拓磨, 「ドライビングシミュレータとドライバ行動計測への応用」, 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 第24回シンポジウム, オンライン, 2021.11.26
- [2] 秋月拓磨, 「装着型センサを用いたドライバ行動計測」, 計測・電子回路 (ゲスト講師), 青山学院大学相模原キャンパス, 2021.12.17
- [3] 秋月拓磨, 「装着型センサを用いたドライバ・モニタリング」, 自動車技術会第13回エレクトロニクス部門委員会, オンライン, 2022.3.1

##### 【学会発表】

- [1] 島山泰幸・秋月拓磨・荒川俊也・高橋弘毅, 「単一慣性センサを用いたドライバの手先位置の推定」, ロボティクス・メカトロニクス講演会, オンライン, Paper ID: 2P3-J14, 2021.6.6-6.8. <https://doi.org/10.1299/jsmermd.2021.2P3-J14>
- [2] 茅嶋伸一郎・秋月拓磨・荒川俊也・高橋弘毅, 「装着型センサを用いた運転行動推定の精度評価」, 第37回ファジィシステムシンポジウム, オンライン, pp.189-193, 2021.09.13-9.15. [https://doi.org/10.14864/fss.37.0\\_189](https://doi.org/10.14864/fss.37.0_189)
- [3] 田中隆登・秋月拓磨・高橋弘毅, 「手首装着型センサを用いた運転負担推定手法の検討」, 第64回自動制御連合講演会, オンライン, pp.700-704, 2021.11.13-11.14. [https://doi.org/10.11511/jacc.64.0\\_700](https://doi.org/10.11511/jacc.64.0_700)

##### 【論文】

- [1] Tsubowa, K., Akiduki, T., Zhong, Z., Takahashi, H., & Omae, Y. “A Study of Effects of Driver’s Sleepiness on Driver’s Subsidiary Behaviors.” *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control*, Vol. 17, pp. 1791-1799, 2021. <https://doi.org/10.24507/ijicic.17.05.1791>
- [2] Akiduki T, Nagasawa J, Zhang Z, Omae Y, Arakawa T, Takahashi H. “Inattentive Driving Detection Using Body-Worn Sensors: Feasibility Study.” *Sensors*. Vol. 22, No. 1:352, pp.1-15, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22010352>
- [3] 田崎良佑・秋月拓磨・真下智昭・大村廉・本名敦夫・北崎充晃, 「フィジカルケアロボットによる手技療法における身体の状態推定と制御」, システム/制御/情報 (システム制御情報学会), Vol. 62, No. 2, pp.50-55, 2022
- [4] 茅嶋伸一郎・秋月拓磨・荒川俊也・高橋弘毅, 「装着型加速度センサを用いた運転中の行動推定」, 知能と情報, Vol.34, No.2, 2022(印刷中).

##### 【FMラジオ】

- [1] FM ラジオ, 「やしの実FM 天伯之城 ギカダイ, 手の動きから危険を察知!? ~運転行動のセンシング~」, 2021.10.9

## 5. 教授 上原秀幸, 助教 宮路祐一

### 【学会発表】

- [1] 上原秀幸, 「端末識別について」, 知的センシングとインタラクティブシンポジウム, オンライン, 2021.06.08
- [2] 芳谷伊武希・篠田陵汰・宮路祐一・上原秀幸, 「[招待講演]RF回路の不完全性を利用した ZigBee 端末の識別」, 電子情報通信学会 CS 研究会, オンライン, 2021.09.10
- [3] 宮路祐一・上原秀幸, 「[ポスター講演]帯域内全二重の無線実験系構築への取り組み」, 電子情報通信学会 RCS 研究会, オンライン, 2021.10.21
- [4] 岡野公太・小松和暉・宮路祐一・上原秀幸, 「帯域内全二重におけるコンパANDING法のパラメータ最適化」, 電子情報通信学会 RCS 研究会, NBC 別館 (長崎), 2021.11.10
- [5] 佐藤栄作・小松和暉・宮路祐一・上原秀幸, 「帯域内全二重のためのデジタルプリディストータとネルダーミード法を用いた送信機の非線形化」, 電子情報通信学会 RCS 研究会, オンライン, 2022.01.20
- [6] 山本魁世・宮路祐一・上原秀幸, 「帯域内全二重における FSK, PSK の実験による自己干渉除去性能の評価」, 電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022.03 (発表日未定)
- [7] 南由憲・宮路祐一・上原秀幸, 「ZigBee による情報配信と確認応答に関する基礎検討」, 電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022.03 (発表日未定)
- [8] 金丸紘基・宮路祐一・上原秀幸, 「帯域内全二重における時間領域及び周波数領域キャンセラの実機実験による除去性能評価」, 電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022.03 (発表日未定)
- [9] 足立裕基・田中空斗・宮路祐一・上原秀幸, 「受信信号強度を用いた多辺測位による大学構内の屋内位置推定の評価」電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022.03 (発表日未定)

### 【論文】

- [1] K. Komatsu, Y. Miyaji and H. Uehara, "Theoretical analysis of in-band full-duplex radios with parallel Hammerstein self-interference cancellers," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 20, no. 10, pp. 6772-6786, Oct. 2021
- [2] E. Sato, K. Komatsu, Y. Miyaji, and H. Uehara, "Improvement in bit error rate of in-band full-duplex transceiver using clipping and clip-noise compensation techniques," IEICE Communications Express, vol. 10, no. 12, pp. 918-923, Dec. 2021
- [3] R. Shinoda, I. Yoshitani, Y. Miyaji, and H. Uehara, "Feature extraction from I/Q signals for ZigBee devices identification," IEICE Communications Express, vol. 10, no. 12, pp. 942-947, Dec. 2021
- [4] 上原秀幸, "高周波回路の不完全性と端末識別," 電子情報通信学会誌, Mar. 2022

### 【受賞・表彰】

- [1] 中田大誠・篠田陵汰・宮路祐一・上原秀幸, 通信方式研究会委員長賞, 電子情報通信学会通信方式研究専門委員会, 2021.09.09
- [2] 佐藤栄作, 初年度発表者コンペティション優秀発表賞, 電子情報通信学会無線通信システム研究専門委員会, 2022.01.21

## 6. 准教授 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, 「地域における交通関連データ利活用への期待」, 愛知県 ITS 推進協議会第 84 回会員セミナー (モビリティ分野の DX), オンライン, 2021.4
- [2] 松尾幸二郎, 「地域に根ざした交通マネジメントの研究」, 東三河懇話会産学官交流サロン, アークリッシュ豊橋, 2021.4.13

- [3] 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3年度第1回豊橋市立小中学校安全主任会・安全主任者研修会, ライフポートとよはし, 2021.5.7
- [4] 松尾幸二郎, 「地域公共交通を維持・活性化するために」, 静岡県地域公共交通セミナー, オンライン, 2021.5.28
- [5] 杉木直, 「静岡県湖西市における企業シャトル BaaS 実証実験について」, 東三河懇話会産学官交流サロン, アークリッシュ豊橋, オンライン, 2021.10.19
- [6] 松尾幸二郎, 「豊橋で交通を考える一つながる公共交通」, 交通ハッカソン, 豊鉄ターミナルビル, 2021.11.6
- [7] 松尾幸二郎, 「データの力で東三河の交通を徹底解剖!」, 第40回ジェネカフェ, 豊橋サイエンスコア, 2022.1.20
- [8] 杉木直, 「MaaSの現状と課題」, 田原市議会総務産業委員会勉強会, オンライン, 2022.1.25
- [9] 松尾幸二郎, 「先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発」, 知の拠点あいち重点研究プロジェクト公開セミナーファイナル, 2022.2.17

#### 【学会発表】

- [1] 杉木直・馬淵豪・小美野智紀・門脇照・松村葵, 「静岡県湖西市における企業シャトル BaaS 実証実験について」, 第16回日本モビリティ・マネジメント会議, 熊本城ホール, 2021.8.20-21
- [2] 松尾幸二郎・宮崎耕輔・杉木直, 「小学生の集団登下校による交通安全効果のマクロ分析」, 第64回土木計画学研究発表会, オンライン, 2021.12.3-5
- [3] Munkhbat Batzaya・杉木直・鈴木温・阪田知彦・松尾幸二郎, 「Application of household urban micro-simulation (HUMS) in cities of different population sizes and comparison between model parameter characteristics」, 第64回土木計画学研究発表会, オンライン, 2021.12.3-5
- [4] 川島直樹・川島直樹・杉木直・鈴木温・松尾幸二郎, 「新たなモビリティサービス導入下でのライフスタイル変化を踏まえた都市モデルの開発」, 第64回土木計画学研究発表会, オンライン, 2021.12.3-5
- [5] 宮崎耕輔・松尾幸二郎・吉城秀治・葛西誠, 「子どもの移動自由性に着目したモビリティギャップに関する一考察」, 第64回土木計画学研究発表会, オンライン, 2021.12.3-5
- [6] 阪田知彦・鈴木温・杉木直・正木俊行・田寛之, 「世帯単位の将来都市構造予測モデルに基づく都市構造評価 Web アプリケーションの作成」, 第64回土木計画学研究発表会, オンライン, 2021.12.3-5
- [7] 稲垣亮・松尾幸二郎・杉木直, 「プローブデータの活用による地点別事故危険性の推定精度向上効果に関する研究」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [8] 田中遥香・杉木直・松尾幸二郎, 「田原市を対象とした津波避難シミュレーションによる地域内共助の検討」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [9] 野田泰成・杉木直・松尾幸二郎, 「大規模災害とウイルス感染症の複合リスク下での避難行動に関する研究」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [10] 小泉宏喜・杉木直・松尾幸二郎, 「世帯構成を考慮した出生率・死亡率の地域間相違の基礎的分析」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [11] 中谷春貴・杉木直・倉内文孝・松尾幸二郎, 「マルチレイヤネットワークを用いた社会ダイナミクスシミュレーションの豊橋市への適用」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [12] 山野夏海・杉木直・松尾幸二郎, 「湖西市における地区特性や世帯構成の違いを考慮した高齢者の交通行動分析」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [13] Baskaran Sri Sharmin・松尾幸二郎・宮崎耕輔・杉木直, 「Elementary school children's independent mobility in Toyohashi city」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4

- [14] Yimmavong Noudsaka・松尾幸二郎・宮崎耕輔・杉木直, 「Impact of playing at traffic park on traffic safety education among elementary school children: a case study in Toyohashi」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4
- [15] Ibrahim Nur Diyana・松尾幸二郎・宮崎耕輔・杉木直, 「Analyses of relationship between group commuting and traffic accidents among elementary school children」, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会, オンライン, 2022.3.4

#### 【論文】

- [1] Nao Sugiki, Shogo Nagao, Fumitaka Kurauchi, Kojiro Matsuo, “Social dynamics simulation using a multi-layer network”, Sustainability, Vol.13, Article. 13744, 2021.12
- [2] Kojiro Matsuo, Naoki Chigai, Moazam Irshad Chattha, Nao Sugiki, “Vulnerable road user safety evaluation using probe vehicle data with collision warning information”, Accident Analysis and Prevention, Vol.165, Article. 106528, 2022.2
- [3] Moazam Irshad Chattha, Kojiro Matsuo, Nao Sugiki, “Reassignment of road space in case of mixed traffic using micro-simulation”, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.14, 2022 (In publishing)
- [4] Moazam Irshad Chattha, Kojiro Matsuo, Nao Sugiki, “Risk analysis of pedestrian and bicycle accidents at intersections in Toyohashi city using empirical Bayes method”, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.14, 2022 (In publishing)

#### 【新聞掲載等】

- [1] 中日新聞, 公用車に衝突防止システム 春日井市、走行データ活用も, 2021.5.22
- [2] 中日新聞, ビッグデータを解析 道路の危険箇所改良, 2021.9.12
- [3] 中日新聞, 自由席 日本の文化, 2021.10.6

#### 【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, 2022.1.24

#### 【社会実験】

- [1] 豊橋市, ジャパン・トゥエンティワン(株)との3者協定による協働社会実験  
内容: 交通事業者車両に取り付けられているモービルアイ機器から得られる各種衝突警報を用いて, 潜在的事故危険地点を抽出し, 予防的観点における交通安全対策の実施を行うための社会実験を実施している (2018.4.26~2022.3.31)
- [2] 湖西市, トランスコスモス(株), MONET Technologies(株), (株)ジーネックス, (株)ドーコンとの5者による協働社会実験

### 7. 教授 洪澤博幸

#### 【学会発表】

- [1] Shibusawa, H. and Matsushima, D., An Economic Assessment of Resilience after a Large-scale Tsunami in Japan, 13th World Congress of the RSAI (Virtual Conference), May 25-28(27), 2021, pp.1
- [2] Shibusawa, H., Tatekawa, R., and Cui, M., An Economic Assessment of the Recovery Process after an Eruption of Mt.Fuji, 17th PRSCO Summer Institute, RMIT University Vietnam, Ho Chi Minh City, August 11-13(12), 2021, pp.1-15
- [3] Shibusawa, H., Cui, M., and Okamoto, M., Assessment of Tourism Economic Damages and Recovery after the Kumamoto-Oita Earthquake, 2021 ERSA Congress, 24-27(27) August 2021, pp.1-15

- [4] Cui, M. and Shibusawa, H., An Estimation Approach of Economic Impacts of Nankai Trough Earthquake, 52nd ISAGA Anniversary Conference (Virtual Conference), Shri Vaishnav Vidyapeeth Vishwavidyalaya University, Indore, India, September 6-10(7), 2021, pp.1-16
- [5] Cui, M., Shibusawa, H., and Okudaira, K., Assessing Tourism Damage and Recovery after a Major Earthquake in Japan, 68th Annual North American Meetings of the RSAI (Virtual Conference), Denver, Colorado, November 8, 2021, pp.1-2
- [6] 奥平幸太郎・崔明姫・渋澤博幸, 北海道胆振東部地震による観光業の被害調査に関する研究, 2021年度観光経済経営研究会(第1回)(オンライン), pp.1, 2021.9.4
- [7] 渋澤博幸・崔明姫, 北海道観光需要の空間経済効果の計測に関する研究: 地震被害を考慮して, 日本環境共生学会第24回(2021年度)学術大会発表論文集, pp.86-89, 2021.9.25-26(26), オンラインミーティング
- [8] 崔明姫・渋澤博幸, 南海トラフ地震を想定した地域生産額への影響の定量的評価, 日本環境共生学会第24回(2021年度)学術大会発表論文集, pp.90-93, 2021.9.25-26(26), オンラインミーティング
- [9] 立川力・渋澤博幸・崔明姫, 富士山噴火が地域の生産活動に与える被害と復旧過程に関する研究, 日本地域学会第58回(2021年)年次大会, pp.1-8, 2021.10.9-10(9), オンラインミーティング
- [10] 崔明姫・渋澤博幸, 熊本地震後の観光復興支援策「九州ふっこう割」の効果分析に関する研究, 日本地域学会第58回(2021年)年次大会, pp.1-8, 2021.10.9-10(9), オンラインミーティング

#### 【論文】

- [1] 渋澤博幸・米光結衣, 動学地域間産業連関モデルを用いた流域水害の経済評価: 愛知県の豊川流域と矢作川流域を対象とし, 『地域学研究』, Vol.51, No.1, 2021, pp.53-70
- [2] 渋澤博幸・仲山隆人, 環境配慮型自動車生産の経済波及効果の計測: 日本と愛知県を対象として, 『地域学研究』, Vol.51, No.1, 2021, pp.71-86
- [3] 渋澤博幸・米光結衣, 流域水害の経済被害と回復過程の評価: 矢部川と筑後川を対象として, 日本LCA学会誌, 17巻3号, 2021, pp.160-166
- [4] Shibusawa, H. and Matsushima, D., Assessing the Economic Impact of Tsunami and Nuclear Power Plant Disasters in Shizuoka, Japan: A Dynamic Inter-Regional Input-Output (IRIO) Approach, Asia-Pacific Journal of Regional Science, 2021. doi.org/10.1007/s41685-021-00196-6





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3年度研究成果報告書

発行 令和4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) 44-6574