

■今年度の活動について

今年度は新型コロナウイルス感染症の情勢を鑑み、予定していた下記イベント活動の実施について検討を重ねた結果、新型コロナウイルスの感染拡大防止、参加者の皆さまの健康と安全面を考慮し、開催を見合わせました。

- ・オープンキャンパス（スタンプラリーの実施、体験）*大学としてはWeb オープンキャンパスを実施しています。
- ・未来ビークルシティリサーチセンターシンポジウム
- ・ドライビングシミュレータ啓蒙活動（オープンキャンパスでの体験）

その他活動として、外部機関で実施されたオンライン展示会に参加し最先端の研究成果を広く世間に公開いたしました。

1. 未来ビークルシティリサーチセンターシンポジウムについて

情報・知能工学系 三浦 純

本センター主催のシンポジウムは、これまでセンターが進める研究分野をベースにセンターの教員や外部からの講演者を招きシンポジウムを実施し、最先端の研究や応用事例を紹介してきた。今年度は新型コロナウイルス感染症の情勢を鑑み、感染拡大防止のため実施を見送った。来年度以降、十分な感染防止策を講じた上での対面でのシンポジウムの開催を目指し、状況によってはオンラインもしくはハイブリッド形式での効果的な開催も視野に入れながら、社会貢献としてより多くの市民にこの分野における最先端の研究開発の状況を紹介していきたい。

2. その他活動

2-1 展示会

OCEATEC 2020 ONLINE

日時：2020年10月20日(火)～23日(金)

大平センター長の研究室が CEATEC 2020 ONLINE のワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム出展チャンネル (Youbue) において、「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～」と題し、床面から給電した電力でロボットが動く様子を公開いたしました。（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）



tut.jp で視聴できます。

CEATEC 2020 Wipot

開催の様子：Youbue <https://youtu.be/fFP-COV9FI?t=284>



○Microwave Workshops &Exhibition (MWE2020 Online)

日時：2020.11.25～12.28

田村昌弘准教授の研究室が MWE2020 Online 大学展示ブースにおいて、遮断空間におけるワイヤレス電力伝送、水中におけるワイヤレス電力情報伝送の技術、次世代ワイヤレス通信用 RF 回路等を紹介しました。

また、同展示会のワークショップに大平孝センター長の研究室が参加いたしました。

大平孝センター長がオーガナイザーを務める「非ユークリッド幾何で築く高周波理論の新世界」と題したワークショッププログラム (11/25) では、水谷豊特任助手が「双曲幾何に基づく高周波 LC 回路設計」と題して講演いたしました。

「WPT コンテストから見える WPT の可能性 ～技術限界への挑戦～」(11/25) と題したワークショッププログラムでは、阿部晋士助手が「応用からの要請 - 電界結合を選んだ訳 -」と題して講演いたしました。なお、プログラムタイトルにある【WPT コンテスト】は、この展示会の開催に合わせ「動画投稿！移動体ワイヤレス給電コンテスト」(主催：電子情報通信学会無線電力伝送研究専門委員会、YouTube) (開催：11/25-27) と題し実施されました。このコンテストに大平孝センター長の研究室(電気・電子情報工学専攻博士前期課程1年 碓井 優希さんら)が「マリオカート ライブ ホームサーキットにワイヤレス充電してみた【MHz 帯、電界結合】」と題した動画で参加し、視聴賞を受賞いたしました。



図：コンテスト受賞集合写真 <https://www.youtube.com/watch?v=wR8HlcJ2ls0&t=185s>

○「知の拠点あいち重点研究プロジェクトIII期」Webセミナー

日時：2021.3.15

大平孝センター長と松尾幸二郎准教授が本プロジェクトの研究開発の進捗状況や成果について広く県民等に紹介いたしました。

○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 教授/センター長 大平 孝

○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

研究リーダー 准教授 松尾幸二郎

2-3 教員の受賞

受賞日	受賞者			内容
2020.6.4	教授/センター長 大平 孝	教育優秀賞	電子情報通信学会	電子工学及び情報通信並びに関連分野における教育実践(学会、教育機関、企業等での教育の実践)において顕著な成果を挙げ、当該分野の教育の発展に寄与した個人(毎年3名以内)を表彰
2020.6.18	未来ビークルシテ ィRC 塚本 悟司	功労賞	電子情報通信学会	アンテナ・伝播研究専門委員会におけるWS常設委員会委員としての献身的活動、また学術交流活性化への寄与が多大であると認められた。
2020.8.19	センター長 大平 孝	IEICE ComEX Top Downloaded Letter Award	電子情報通信学会	月間ダウンロードの多かった論文に対して贈呈される賞
2021.1.1	センター長 大平 孝	Life Fellow	IEEE	IEEE会員としての長年にわたる活動と功績を認められた。
2021.1.26	助教 秋月拓磨	第15回わかしやち 奨励賞(応用研究 部門)優秀賞	愛知県, 公益財団法人科学技術交 流財団及び公益財団法人 日比科学技術振興財団	若手研究者の研究テーマ・アイデアに対し、特に優れているものに授与される賞

2-4 各種報道

■新聞

掲載日	報道機関 <新聞社名>		内容	担当教員
2020.6.25	日経産業新聞	6面	不注意運転、手の動きで検出	助教 秋月拓磨
2020.8.3.	日刊自動車新聞	14面	〈研究室 探訪〉豊橋技術科学大学機械工学系計測システム研究室 秋月拓磨助教,	助教 秋月拓磨
2020.9.10	東日新聞	3面	「弱いロボット」活用など6事業 大学研究活動費補助金に採択 豊橋市	センター長 大平 孝他
2020.9.12	東愛知新聞	2面	3大学の6件を助成 研究活動費交付金事業決まる 豊橋市	センター長 大平 孝
2020.10.4	東日新聞	11面	潜在的危険個所特定・抽出 予防型の対策が可能に	准教授 松尾幸二郎
2020.11.19	中日新聞	14面	企業バスを地域の足に 市が実証実験乗車モニター募集	准教授 杉木 直

掲載日	報道機関 ＜新聞社名＞		内容	担当教員
2020.12.3	中部経済新聞	12 面	企業シャトルバス、市民の足に 湖西市が実証実験開始	准教授 杉木 直
2021.1.1	読売新聞	9 面	ロボ「モーレツ社員」化 床から給電 24 時間稼働	センター長 大平 孝
2021.1.5	日刊建設工業新聞		大成建設、大日本印刷ら 3 者／ワイヤレス給電床を開発／従来の半分の床厚でコスト削減	センター長 大平 孝
2021.1.6	日刊工業新聞	14 面	ワイヤレス給電床開発 大成建など 薄型、施工性向上	センター長 大平 孝
2021.1.6	建設工業新聞	3 面	ワイヤレス給電床／2025 年度に商用化／従来より床厚半減／大成建設ら	センター長 大平 孝
2021.1.7	電気新聞	11 面	大成建設などが無線給電床を開発／薄型樹脂パネルで効率化	センター長 大平 孝
2021.1.14	Transferring Power through Ocean,ELE Times	-	The Alternate to Electric Cable	准教授 田村昌也
2021.1.14	中日新聞 (夕刊)	8 面	海中でワイヤレス送電、無人探査効率化に期待	准教授 田村昌也
2021.1.17	財経新聞	-	海中ドローンの高効率ワイヤレス給電技術を開発 豊橋技科大	准教授 田村昌也
2021.1.20	北海道建設新聞	3 面	大成建設など 床厚半減し工期短縮 ワイヤレスで給電する内装床	センター長 大平 孝
2020.1.26	東日新聞	3 面	海中でワイヤレス給電・情報通信 豊橋技科大が実験に成功 研究チーム「水中ドローンの実現に貢献」 魚類養殖の効率化・自動化に期待	准教授 田村昌也
2021.3.4	日本経済新聞	朝刊 13 面	第 4 の革命 カーボンゼロ 進化する蓄電池 担うのは	教授 櫻井庸司 准教授 稲田亮史

■テレビ報道

報道日	報道機関 ＜新聞社名＞	内容	担当
2020.6.22	NHK 「おはよう東海」	同じ周波数で同時送受信の技術開発	助教 宮路祐一

2-5 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
2020.4.25	未来の乗り物社会を支えるワイヤレス給電インフラ	助手 阿部 晋士
2020.10.10	「のんほいパークのゴーカートをワイヤレス充電：技科大で研究スタート」	センター長 大平 孝

2-6 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) (2018.4.26~2021.3.31)	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。 (2018.4.26~2021.3.31)
准教授 杉木 直	あいおいニッセイ同和損害保険(株)との4者による協働社会実験 (湖西市) (2020.11.30~2020.12.25)	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。 (2020.11.30~2020.12.25)



ドライバーの運転挙動を1つの統計モデルとして表現 ～交通安全マネジメント技術の的確な効果計測に～

<概要>

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、(公財)豊田都市交通研究所、大同大学の共同研究チームは、道路構造など様々な外的要因による影響を考慮しつつ、ドライバーによって異なる運転挙動やその変化を1つの統計モデルで表現する手法を開発しました。本手法を、過度な速度超過を抑制するための **Intelligent Speed Adaptation (ISA)** の効果計測に適用したところ、ISAの様式によっては、普段の速度超過傾向が高い人に効果的な場合や、高齢者のみに効果的な場合があることを見出すことができました。本手法は、ISAのみならず、ドライバーの様々な運転挙動の変容を促す交通安全マネジメント技術の効果計測に適用が可能です。

<詳細>

SDGsの目標3・ターゲット3.6に交通事故半減が掲げられるなど、交通安全は改善すべき世界的な課題として認識されています。ISAとは、車両が現在走行している道路区間の速度規制情報を認識し、速度情報提供、速度超過警告、強制速度制御、速度遵守インセンティブなどにより、ドライバーの過度な速度超過を抑制する交通安全マネジメント技術です。欧州を中心に2000年代以降、ISAの研究が盛んになっています。それら既往研究の多くは、様々な様式のISAについて、ドライビングシミュレータ実験やフィールド実験により、当該ISA導入前後の被験者の運転挙動を比較することにより、その速度超過抑制効果を計測するものでした。しかしながら、運転挙動はドライバーにより大きく異なります。またフィールド実験ではドライバーによって走行する道路構造環境も異なります。従って、個人や走行環境といった多様な要因の影響を適切に捉えた効果計測を行うことが当該技術を適切に普及させる上において重要です。

そこで本研究チームでは、各ドライバー固有の運転挙動特性、道路構造など様々な外的要因による影響、ISAによる速度超過抑制効果を1つの統計モデルで同時に推定することで、的確な効果計測を行える手法を開発しました。

「特に解決すべき課題であったのが、『ドライバーの普段の速度超過傾向の違いがISAの速度抑制効果にも影響を与える』という仮説をいかにモデルで表現して実証するかでした。本手法では、ドライバーの速度超過傾向を規定するパラメータとISAの効果を規定するパラメータとの間に相関を考慮したモデルを推定するという方法により、その課題を解決しています。近年のベイズ統計学といったデータサイエンス分野の発展やコンピュータ性能の向上により、本手法のようなやや複雑なモデルの実際問題への適用が可能となりました。」と研究代表者の松尾准教授は説明します。

<開発秘話>

研究代表者である松尾准教授は「ISAの研究を始めたのは、指導学生の卒業研究テーマとしてでした。共同研究者である(公財)豊田都市交通研究所とともにISAのフィールド実験を行い、当該学生がデータを詳細に分析していたところ、被験者の普段の速度超過傾向とISAの効果の大きさに関連がある場合とない場合がある可能性に気づきました。そこで、単純なISA導入前後の比較基礎分析にとどまらず、統計モデルを用いた効果計測を考

え始めました。その結果として、1つのモデルで、ドライバーによって一見ばらばらに見える運転挙動を表現し、そこに法則性を見つけることができたことは大変興味深い仕事でした。」と話します。

<今後の展望>

研究チームは、本手法が ISA による速度超過挙動抑制のみならず、信号無視、信号の無い交差点での一時不停止、横断歩道での歩行者横断妨害といった様々な危険運転挙動の改善を促す交通安全マネジメント技術の効果計測に適用が可能だと考えています。今後、さらに交通安全マネジメント技術の開発とその効果計測を進め、世界の交通事故問題の改善に貢献していきたいと考えています。

<論文情報>

Kojiro Matsuo, Mitsuru Sugihara, Motohiro Yamazaki, Yasuhiro Mimura, Jia Yang, Komei Kanno, Nao Sugiki (2020). Hierarchical Bayesian modeling to evaluate the impacts of intelligent speed adaptation considering individuals' usual speeding tendencies: a correlated random parameters approach. Analytic Methods in Accident Research, doi:10.1016/j.amar.2020.100125.



図 1 :
研究チームが開発し、2014 年から 2015 年に ISA フィールド
実験に使用したモバイルアプリケーション

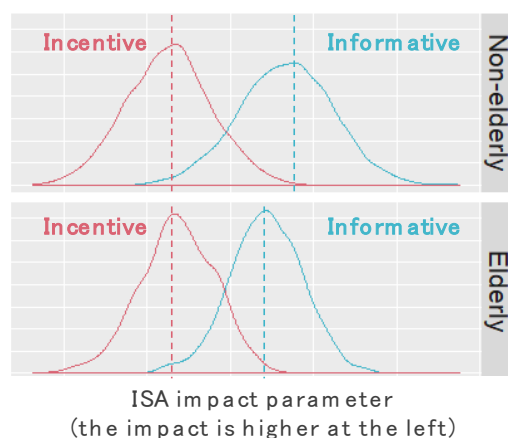


図 2 :
普段の速度超過傾向が高いドライバーへの情報
提供型 ISA とインセンティブ型 ISA の効果



本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 前田・高柳・古橋 TEL:0532-44-6506



高精度、高速、低計算量で電波干渉を除去

～次世代無線通信への応用に向けて～

<概要>

豊橋技術科学大学電気・電子情報工学系の宮路助教らの研究チームは、無線通信において、同じ周波数を使用して同時に送受信する帯域内全二重の実現に不可欠な、自己干渉除去フィルタを開発しました。開発した自己干渉除去フィルタは、無線機によって生じる歪みと無線チャネルの歪みを高精度に推定し、自己干渉を除去することができます。加えて、少ない計算回数で高速にフィルタの解にたどりつくことができます。次世代の無線通信技術への応用が期待されます。

<詳細>

無線通信において、同じ周波数を使用して同時に送受信すること（帯域内全二重）は非常に難しい課題です。最新の無線通信規格 5G においても、この帯域内全二重は実現されていません。現状、同じ周波数で送受信する場合は時間を分けるか、同時に送受信する場合は周波数を分ける必要があります。どちらか一方（時間もしくは周波数）を分ける必要があるのは、自身の放射する電波の強さが、受信したい電波の強さに対して最大で数億倍も大きいからです（自己干渉）。

これまでに開発されている複数の歪みを考慮したフィルタは、精度よく自己干渉を除去する一方で、計算回数が多く、フィルタの解を得るために長い時間を要していました。そこで、宮路助教らの研究チームは、高精度、高速、低計算量を同時に満たす自己干渉除去フィルタの開発に取り組みました。

筆頭著者である博士後期課程（JSPS 特別研究員）の小松和暉は、「基地局に比べて、スマートフォンなどの低コストの無線機は複雑な歪みを有しており、そのような機器における自己干渉除去は非常に難しい問題です。複雑な問題を解くために、問題の本質を突き詰め、複数の小さな問題へ分解することが重要です。我々は、無線機の複雑な歪みを受けた自己干渉除去という問題を、五つの小問題へ分解し、それぞれを数学の演算子を用いて表現しました。その結果、各小問題の解法や、それを繋ぎ合わせた大問題の解法は、五つの演算子とその逆演算子を使って導出できることを明らかにしました。導出された解法をフィルタに応用することで、従来に比べて、高精度、高速かつ低計算量で自己干渉を除去できました。開発したフィルタによって、スマートフォンなどの小型で安価な無線機における帯域内全二重通信の実現可能性が高まります。」と説明します。

<今後の展望>

研究チームは、開発した自己干渉除去フィルタの理論的な性能解析やフィールド実験での性能評価を計画しています。また、開発したフィルタを利用することで、ドローンなどの

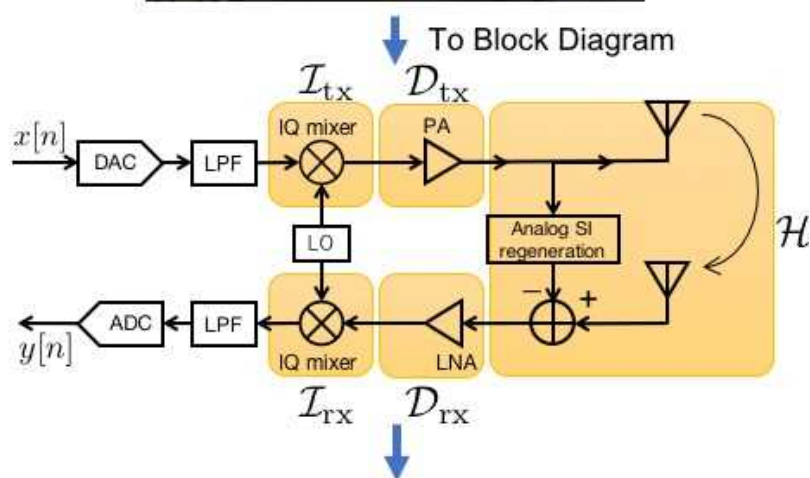
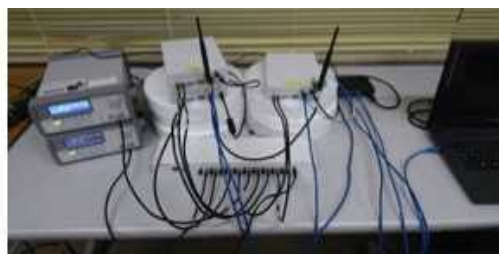
小型移動体が連携する無線ネットワークへの適用が可能だと考えています。これらは、移動による環境の変化に合わせてフィルタを定期的に取り直す必要があるため、高精度、高速、低計算量な特長を併せ持つ本技術の貢献が期待できます。

<論文情報>

Kazuki Komatsu, Yuichi Miyaji, and Hideyuki Uehara (2020). Iterative Nonlinear Self-Interference Cancellation for In-Band Full-Duplex Wireless Communications Under Mixer Imbalance and Amplifier Nonlinearity, IEEE Transactions on Wireless Communications, 10.1109/TWC.2020.2983407.

<外部資金情報>

Hoso Bunka Foundation and Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) KAKENHI (JP18K04138, JP19K14979, and JP19J12727).



↓

Mathematical Model with Five Operators

$$y[n] = \mathcal{I}_{rx} \mathcal{D}_{rx} \mathcal{H} \mathcal{D}_{tx} \mathcal{I}_{tx} x[n]$$

帯域内全二重送受信機のモデリング
 帯域内全二重送受信機（上段）、
 送受信機の回路ブロックモデル（中段）、
 五つの演算子を用いた数式モデル（下段）

広報担当

総務課広報係 前田・高柳・古橋 TEL0532-44-6506

**「知の拠点あいち」重点研究プロジェクト III において先進的車両プローブデータ収集デバイスを開発し、豊橋市役所公用車 50 台への設置を完了しました！
— 「交通事故が起きていたかもしれない道路の特定部分」を抽出 —**

<概要>

- 新たに車両プローブデータ収集デバイスを開発。速度標識データも記録可能に
- 道路リンクに紐づけた警報データに様々な道路交通情報を組み合わせることで、道路の潜在的な危険箇所を推定

<詳細>

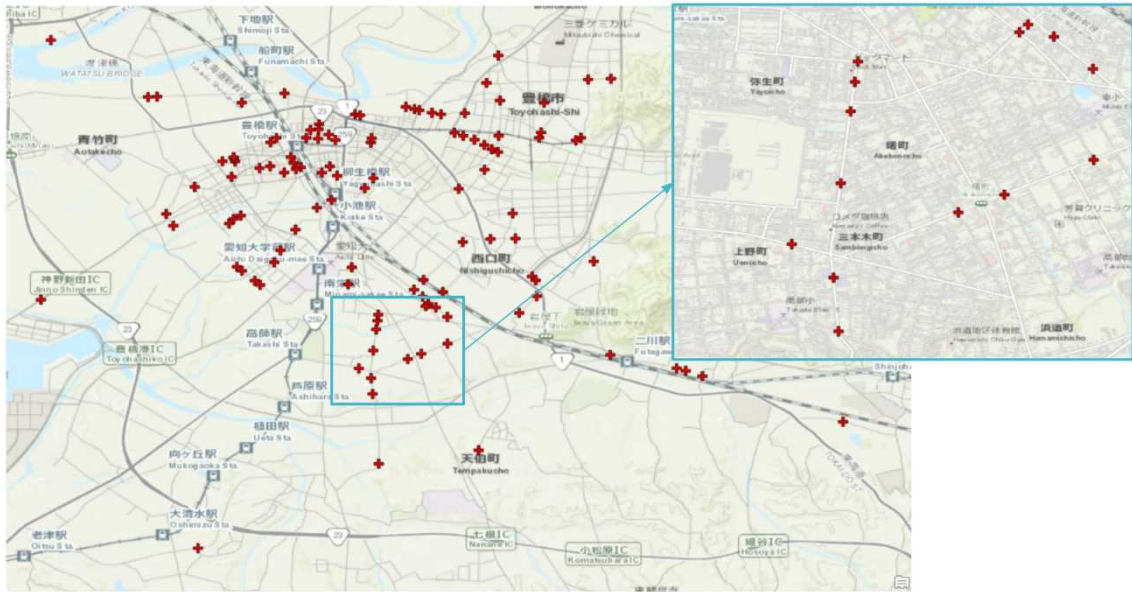
愛知県は、大学などの研究シーズを企業の製品化につなげる産学行政連携の共同研究開発プロジェクト『「知の拠点あいち」重点研究プロジェクト III 期※1』を2020年8月から実施しており、建築・都市システム学系 松尾幸二郎准教授が研究リーダーを務める「先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発」プロジェクト（以下、本プロジェクト、※2）を、ジャパン・トゥエンティワン株式会社（本社：愛知県豊橋市、以下：J21）と協働して進めています。

※1 <http://www.astf-kha.jp/project/>

※2 http://www.astf-kha.jp/project/project1/files/astf_PV_08_101101.pdf

本プロジェクトチームは後付け型の衝突防止補助システムが生成する車両前方の情報や各種警報の発生位置などを含む先進的車両プローブデータ（以下、先進 PD）をリアルタイムで収集する「先進 PD 収集デバイス（以下：先進 PD 収集デバイス）」を開発しています。取得した先進 PD の分析や可視化を容易に行うことのできる、1）行政向けの「道路安全管理システム」、および、2）運輸・運送事業者向けの「運行安全管理システム」の両システムの開発が、本プロジェクトの主な目的です。

先進 PD 収集デバイスは、光学映像を元に前方の車両や歩行者を認識して、対象との距離と車速に応じた警報を発すると同時に、搭載した GNSS 受信機が生成する位置情報や時刻情報と組み合わせ、モバイル回線にてクラウドへ自動アップロードします。クラウドに蓄積された先進 PD は、松尾准教授の有するマップマッチング技術によって、既存のデジタル道路地図（DRM）上に高い精度でマッピングされていきます。このように収集・解析した先進 PD には様々な用途が考えられますが、本プロジェクトでは、先進 PD が示す「歩行者衝突警報」が発生した箇所を「交通事故が起きていたかもしれない道路の特定部分」とし、一定期間、一定数の車両から収集した先進 PD に対し、松尾准教授の交通データ分析技術を適用することにより、地域の道路における潜在的な危険箇所を特定することが可能になると考えています。衝突防止補助システムが発する警報情報をそのまま利用するのではなく、複数車線や交差点の有無などの道路自体の構造、住宅街といった土地利用状況、交通量といった様々な条件と組み合わせることで導き出される道路の潜在的危険箇所は、従来手法よりも簡単かつ正確なものになると考えています。これらを使いやすく実装した「道路安全管理システム」を行政に利用いただき、道路に対して適切な改善施策が実施され、交通事故が大きく削減されることを願っております。



歩行者衝突警報情報を考慮した交通安全関数（統計モデル）により推定された歩行者 事故危険地点（背景地図は World Topographic Map: Esri, HERE, Garmin, Intermap, INCREMENT P, GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), © OpenStreetMap contributors, GIS User Community)

今回開発した先進 PD 収集デバイスでは、新たな試みとして警報データ以外に速度標識データも取得しています。本プロジェクトでは、参画機関の1つである愛知県豊橋市の市役所公用車 50 台に、先進 PD 収集デバイスの設置を行い、2020 年 3 月に完了しています。既に松尾准教授は先進 PD に含まれる速度標識データから、速度規制マップを生成することに成功しており、既存 DRM ではカバーしきれていない細い道路にも対応しています。このような詳細な速度規制マップは、道路交通管理に利用するだけでなく、市民に広く情報提供していくことで、安全運転を促すことができると期待されます。



デジタル道路地図のみ

デジタル道路地図 + 先進プローブ

デジタル道路地図と先進 PD 標識検知情報による速度規制マップの重ね合わせ

(提供©住友電工 拡張版全国デジタル道路地図データベース利用)

<ジャパン・トゥエンティワン株式会社について>

1992年9月に創業し、“イノベーションを市場化する”を掲げ、イスラエルを中心に世界最先端のハイテク企業の技術や製品のビジネス開発を日本で展開。主な取り扱い製品には、自動車の後付け衝突防止補助システム「モービルアイ」、車両の運行情報を管理・分析するフリートマネジメントシステム「イトラン」、タブレットの盗難防止製品「コンピューロックス」、プログラミング学習サービス「コードモンキー」、聴力アシスト機能付き無線イヤホン「BeHear(R) NOW」などがあります。

J21では、2011年の国内販売開始以来、後付け型の衝突防止補助システム「モービルアイ」をトラック・バスなどの運輸・運送事業者、大口の社用車ユーザーを中心に6.5万台以上を出荷しています。

<お問い合わせ先>

ジャパン・トゥエンティワン株式会社

東京本社：東京都港区高輪4-18-12 Tel：03-5789-0021

E-mail：info@japan21.co.jp Web：<https://www.japan21.co.jp>

- ※ 製品名、サービス名などは一般に各社の商標または登録商標です。
- ※ 内容は発表日現在のものです。予告なしに変更されることがあります。

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 堤・高柳・杉村 TEL:0532-44-6506



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.

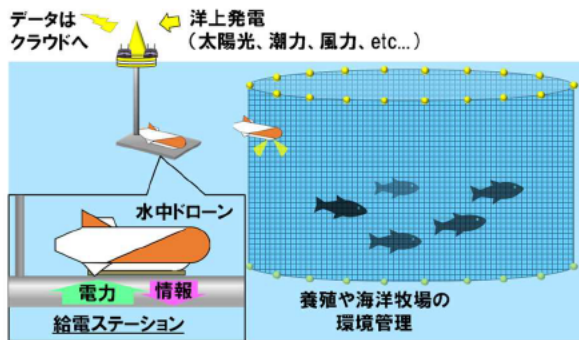


図1：海中でのワイヤレス給電システムの一例

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。

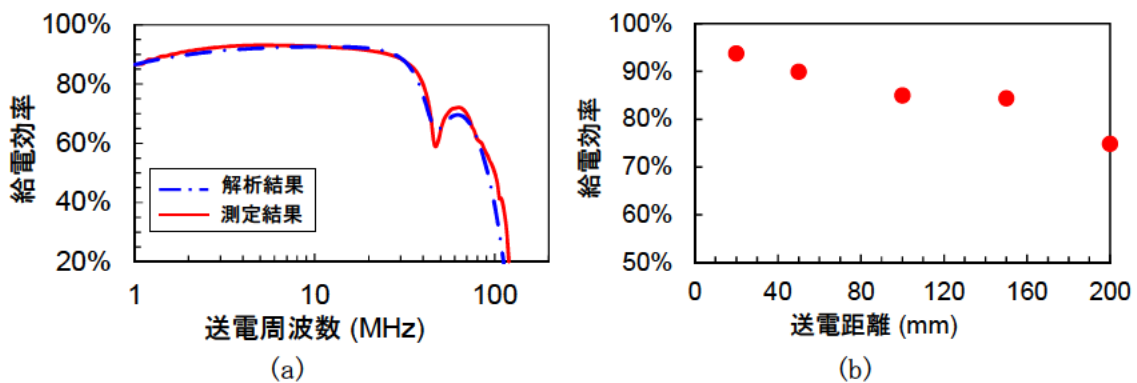


図2：海水中での給電効率

(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)

本件に関する連絡先
 広報担当：総務課広報係 堤・高柳・杉村 TEL:0532-44-6506



2021年1月27日

後熱処理による短絡した固体電解質の性能回復

～リチウム dendrait で短絡した全固体リチウム電池用部材の再利用に向けて～

<概要>

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 稲田 亮史 准教授とカルガリー大学理学部化学科 Venkataraman Thangadurai 教授の研究グループは、リチウム dendrait の析出・伝播により劣化した全固体リチウム二次電池用固体電解質の性能回復に対する後熱処理の効果を調査しました。後熱処理した固体電解質は、初期値より若干低下するものの室温下で 10^{-4} S/cm 以上の高いイオン伝導率を保持することを見出しました。本成果は、全固体電池の使用中にリチウム dendrait により劣化・短絡した固体電解質を、別の電池用部材として再利用し得る可能性を示すものです。

<詳細>

リチウムイオン伝導性無機固体電解質材料の開発は高い安全性と信頼性を備えた次世代型全固体リチウム二次電池の実現に必要不可欠です。数ある酸化物系固体電解質材料のうち、ガーネット型結晶構造を持つ酸化物イオン伝導体 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZO) は、室温下で高いリチウムイオン伝導率を示し、金属リチウムに対しても高い化学的安定性を示すことから国内外で広く研究されています。

金属リチウムは非常に大きな理論容量密度 (= 3,860 mAh/g) と卑な電極電位を持つため、本材料を負極に使用できれば高いエネルギー密度を持つ全固体電池の実現が期待できます。しかしながら、脆性材料である酸化物系固体電解質と低抵抗な接合界面を実現することは大きな課題の一つであり、界面の接合状態が不良な場合や高電流密度下で電池を作動させた際には、充電時に不均一に析出した樹枝状金属リチウム (リチウム dendrait) が LLZO の粒界に沿って成長・伝播し、最悪の場合電池の内部短絡を引き起こす懸念が指摘されています。

リチウム dendrait による電池の内部短絡抑制は全固体リチウム電池の開発において最も注力すべき技術的課題の一つである一方、材料資源の有効利用の観点から短絡・劣化が生じた LLZO の再使用の可能性を検討することも非常に重要と言えます。LLZO 内に析出・伝播したリチウム dendrait が少量であり、かつ短絡が発生した場所が極めて局所的であれば、リチウム dendrait を除去した LLZO は再使用できる可能性があると考えられます。そこで研究チームは、LLZO 固体電解質の両端面に金属リチウムを圧接した対称セルを構成し、通電試験中にリチウム dendrait の析出・伝播により短絡・劣化した LLZO の再利用可能性を精査することを初めて試みました。

短絡挙動が見られた対称セルから LLZO を取り出し、エタノール中で LLZO 端面に接合した金属リチウムを除去した後、800～900℃にて数時間大気中での後熱処理を行いました。熱処理した LLZO は作製直後の LLZO よりも若干特性は劣るものの、室温下で依然として 10^{-4}

S/cm以上の高いリチウムイオン伝導率を保持することを見出しました。この伝導率の減少は、LLZO内に生成した異相や金属リチウムが接していたLLZO端面近傍の微細構造変化に起因し、後熱処理したLLZOにおける伝導率の減少の度合いは、LLZO端面においてリチウムデンドライト析出・伝播が生じた領域の大きさに影響を受けることも明らかにしました。更に、後熱処理を施したLLZOと金属リチウムを用いて再構成した対称セルにおいて、セル内でのリチウムの充放電反応が行えることも実験的に確認しました。

<今後の展望>

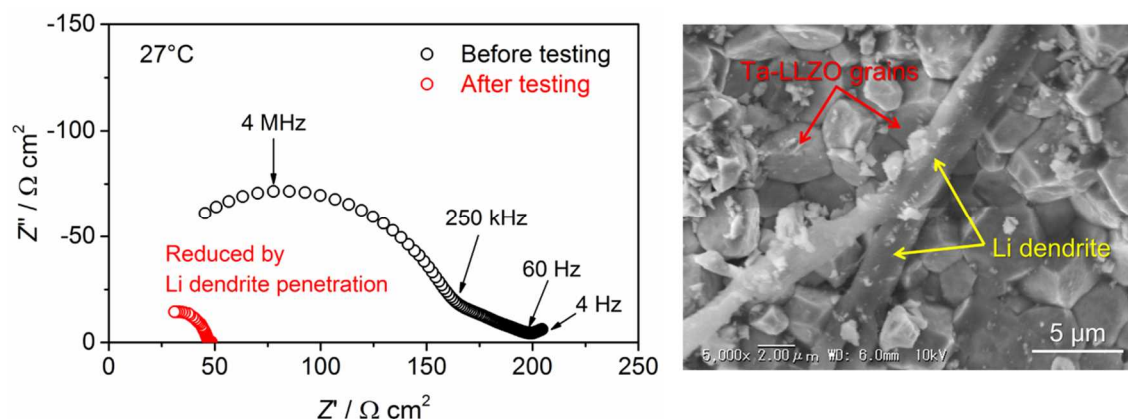
研究チームは、後熱処理したLLZO固体電解質におけるリチウムイオン伝導率の低下は、後熱処理条件の適正化により更に抑制できると考えています。また、本共同研究で得られた成果は、リチウムデンドライトにより短絡・劣化した固体電解質の別の全固体電池用部材への再使用に向けた可能性を示すものと言えます。

<外部資金情報>

本研究の一部は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費 No. 16KK0127（国際共同研究加速基金 国際共同研究強化(A)）および No. 19H02128（基盤研究(B)）の支援を受けて実施されました。

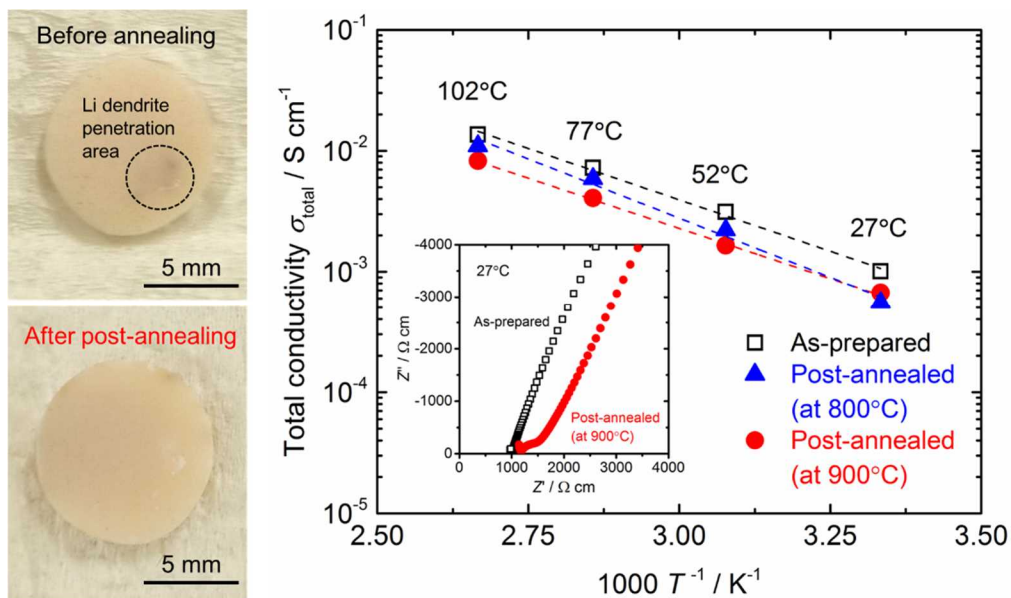
<論文情報>

Ryoji Inada, Atsuto Takeda, Yusuke Yamazaki, Shotaro Miyake, Yoji Sakurai and Venkataraman Thangadurai, Effect of Postannealing on the Properties of a Ta-Doped $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ Solid Electrolyte Degraded by Li Dendrite Penetration, ACS Applied Energy Materials 3 (2020) 12517–12524. DOI: 10.1021/acsaem.0c02474



タイトル： 固体電解質中でのリチウムデンドライト析出・伝播

説明： Li/LLZO/Li 対称セルのリチウムデンドライトによる劣化前後の電気化学インピーダンス（左）と LLZO 中に析出・伝播したリチウムデンドライトの電子顕微鏡像



タイトル：リチウムデンドライトで劣化した固体電解質の後熱処理.

説明：リチウムデンドライトで劣化したLLZO固体電解質の後熱処理前後の外観写真（左）と作製直後および後熱処理後のリチウムイオン伝導特性の比較（右）.

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 堤・高柳・杉村 TEL:0532-44-6506

Mail:kouho@office.tut.ac.jp



2021年2月2日

ロボットが速くて安全な動き方を学習する ～深層強化学習とカリキュラム学習の統合による移動ロボットの動き獲得～

<概要>

豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 三浦純教授をはじめとする行動知能システム学研究室は、移動ロボットが速くて安全な動きを学習するための新たな方法を開発しました。この方法は、深層強化学習とカリキュラム学習と呼ばれる手法を統合したもので、ロボットが障害物を避けながら早く目的地に到達するための行動方策を自ら学習します。

<詳細>

自律移動ロボットに必要な機能の一つはナビゲーション機能と呼ばれるもので、地図上の目標位置が与えられたときに、現在位置から障害物を避けながら移動して目標位置に到達する行動を生成するためのものです。その際、できるだけ早く目標位置に到達することが望ましいですが、速く動くとは衝突の危険性が高まり、ロボット自身だけでなく周りの環境にも危険を及ぼすことになります。

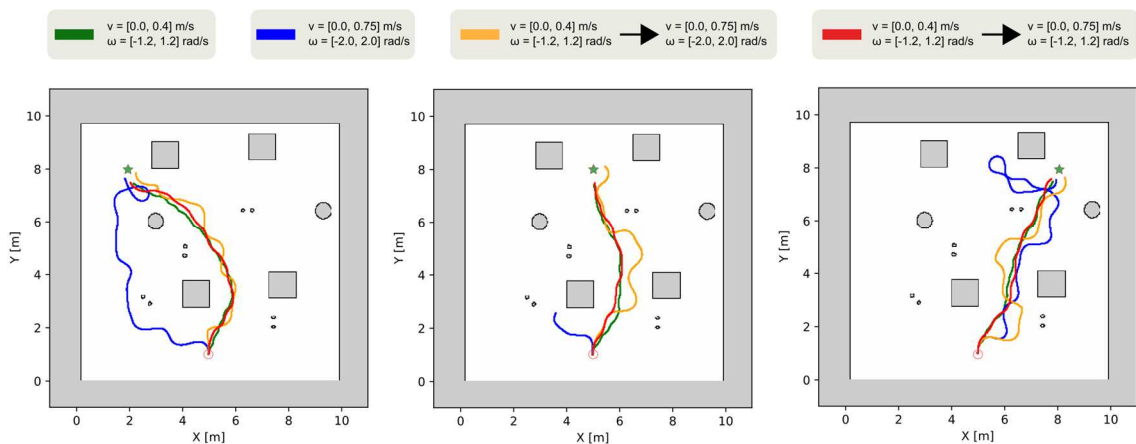
この問題に対して、研究室の研究グループでは、速さと安全性の双方を考慮してロボットの動きを生成するための学習方法を考案しました。この方法は速くて安全な動きを学習するために、行動方策学習の基盤となる深層強化学習を改良し、さらにカリキュラム学習の考え方を取り入れたものです。

筆頭著者で博士後期課程3年の^{チャンドラ クスマ デワリ}Chandra Kusuma Dewaは、深層強化学習による行動学習について次のように説明します。「深層強化学習では、現在の状態（ロボットの位置や周囲の障害物の位置関係など）から、いまとるべき行動を選択する方策を、さまざまな行動を繰り返し試してみることにより学習します。学習アルゴリズムは、選択した行動が確実に実行されることを前提として設計されているので、目標位置に到達したときや障害物に衝突したときには、現在の行動を直ちに停止し、それらの状態を確実に行動方策の改善に反映させなければなりません。そのための改善を施すことにより、よりよい行動方策が学習できるようになりました。」

三浦教授は、さらにカリキュラム学習の導入について説明をします。「カリキュラム学習とは簡単な問題から難しい問題へと段階的に与えることにより、学習が順調に進むようにする考え方です。移動ロボットの行動学習では、最初は制限速度を低く設定し、学習が進むにつれ制限速度を上げていくこととなります。速度が上がるにつれ安全な行動の生成は難しくなりますが、段階的に難しくすることにより、最終的には速くて安全な動きを学習することができました。」

<実験結果と今後の展望>

学習過程で、実際のロボットを何回も衝突させるわけにはいかないため、行動学習アルゴリズムの研究はシミュレーションで行うのが通例です。図に示すような室内環境をコンピュータ内に作り、行動学習の実験を行いました。目標位置に到達する割合と到達までの時間という2つの指標で、従来の手法に比べて向上することを示しました。研究チームは、これらの結果から、提案手法が速くて安全な移動を必要とする他の環境においても有効であると考えています。



<図の説明> 速度設定と学習手法の異なる4種のロボットの学習後の移動軌跡の比較 (v: 進行方向の速度, w: 回転角速度). 3か所の目的地 (緑の星) に対する軌跡を描画している. 提案手法で速度を変化させながら学習したもの (赤の軌跡) は、低速のみで学習したもの (緑の軌跡) に近い動きを、より高速に実現している。

<外部資金情報>

本研究の一部はJSPS 科研費 17H01799 の支援を受けました。

<論文情報>

C. K. Dewa and J. Miura, "A Framework for DRL Navigation With State Transition Checking and Velocity Increment Scheduling," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 191826-191838, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3033016.

本件に関する連絡先

本学広報担当: 総務課広報係 堤・高柳・杉村

TEL: 0532-44-6506 mail: kouho@office.tut.ac.jp