

MaaS・CASE 及び人工知能技術に基づく モビリティシステムと次世代観光情報サービス

◇研究代表者

工学部 情報工学科 教授 片山 謙吾

◇研究メンバー

工学部 電気電子システム学科 教授 笠 展幸

工学部 電気電子システム学科 准教授 荒井 伸太郎

工学部 情報工学科 講師 小田 哲也

総合情報学部 情報科学科 講師 廣田 雅春

◇本プロジェクトの背景と目標

近年の二酸化炭素排出量削減や交通に関する環境・社会問題を受け、次世代のモビリティ社会の実現に向けた要請が強まってきた。従来の化石燃料による燃焼効率や二酸化炭素排出量の面で有利となる電気自動車の本格的な普及が不可欠となっている。また自動運転技術の進展によって、交通渋滞や交通事故の低減をはじめ、高齢者や過疎地における交通問題の緩和など、これまで解決が困難とされてきた社会問題の解決に大きな期待がよせられている。さらに人工知能技術の発展によって、より便利で快適な生活・労働環境の改善・促進と共に、新たな交通・物流をはじめ、観光を含めた次世代サービスの期待も高まりつつある。

本プロジェクトは、上述の社会的要請のもと、MaaS・CASE 及び人工知能技術に基づくスマートモビリティ社会に向けて要求される主要な技術・システムの開発を目的とする。具体的には、電気自動車や乗合型バス・タクシー、物流における運搬手段の次世代モビリティのためのモータ制御システムの開発をはじめ、従来とは異なる移動・運搬手段としてのサービスや形態が予想されるため、これらの多様化するモビリティの効率的な連携、オンデマンド交通サービスの検討や、それらモビリティの配車や乗降ポイント、シェアリングスポットや充電ステーションなどのインフラ設備の最適配置を目指す群知能・最適化システムやIoT・情報通信システムを開発する。さらに、車内空間の快適性など、モビリティと利用者をつなぐ環境知能システムも視野にいたした次世代モビリティシステムと、ソーシャルビッグデータを利用した人工知能技術に基づく次世代観光情報サービスとの融合によって、近郊・郊外・過疎地におけるモビリティだけでなく、観光客も利用可能な、地域活性化を促進・包含するシステムの開発を目指す。

◇プロジェクトの進捗状況

本プロジェクトは次の5つの研究分野に大別される。

【電気自動車モータ制御分野】

【モビリティ通信分野】

【モビリティ配車・物流分野】

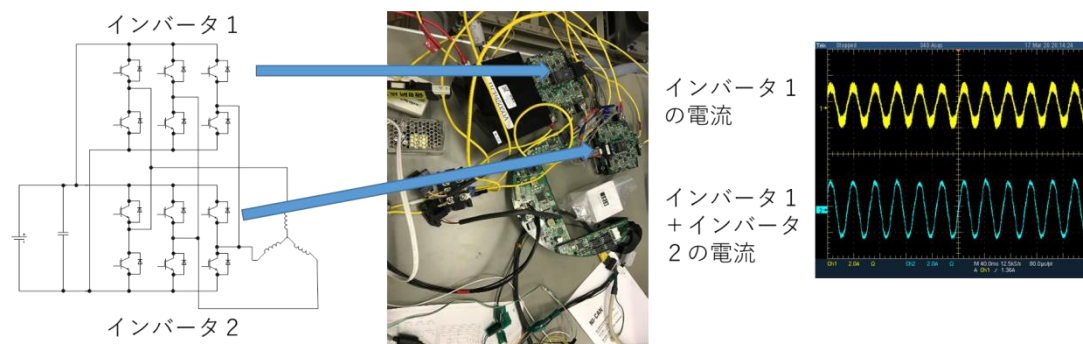
【モビリティインフラ配置分野】

【観光情報サービス分野】

以下では、それぞれについて報告する。

【電気自動車モータ制御分野】

インバータ並列化システムについて開発を進めている。

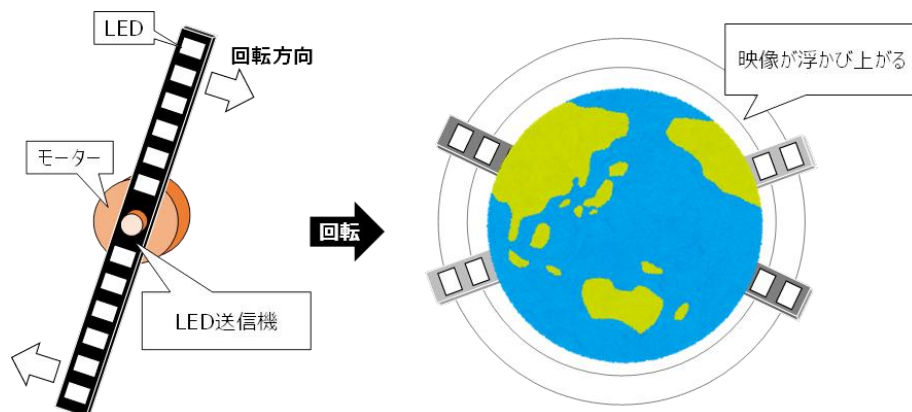


インバータを並列化する場合に問題となる遅延を補償し、出力電流を2倍にするシステム

【モビリティ通信分野】

MaaS が提供するサービスを表示し、同時に、その情報をユーザに送信する技術の開発をすすめている。具体的には、LED ディスプレイ、特に、「LED 回転式 3D ホログラムディスプレイ」を送信機に、受信機にスマートフォンのカメラを用いた新しい可視光通信システムを開発する。この回転式ディスプレイは、一列に並べた N 個の LED をプロペラのように高

速回転させ、回転角度毎に異なる点滅をさせることで、映像をまるで空間に浮いているように見せられる人間の目の錯覚を利用した技術である。この LED が点滅しながら回転する様子を受信機であるカメラにより回転速度以下の速さで露光して撮影すれば、 N 個 $\times$ 回転角度数分の点滅の変化を 1 枚の撮影画像に捉えられる。下図は、LED 回転式 3D ホログラムディスプレイのイメージである。

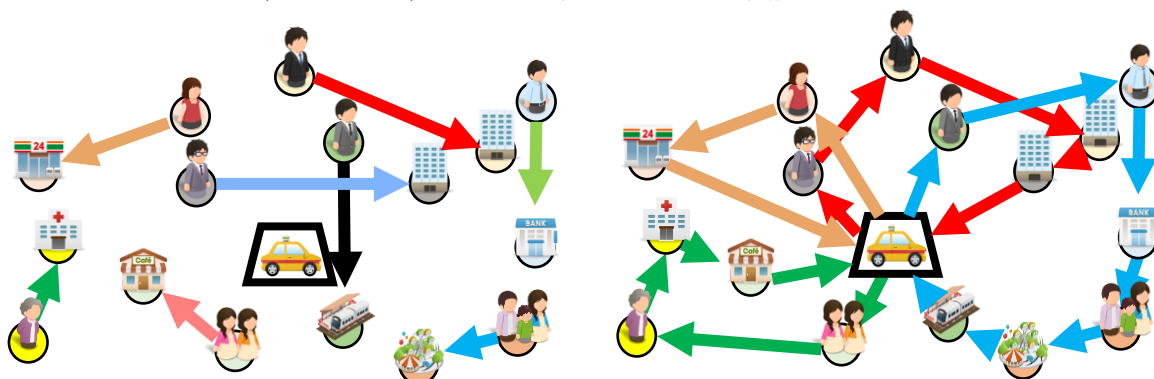


現在のところ、回転式ディスプレイを模した LED 送信機の試作機を 1 台（試作機 1 号）開発し、バックアップ用にもう 1 台開発中である。試作機 1 号を用いた通信実験を行うためには、回転する LED の位置を検出する必要があり、そのための手法を開発中である。今年度中にその手法を学会等で発表予定である。

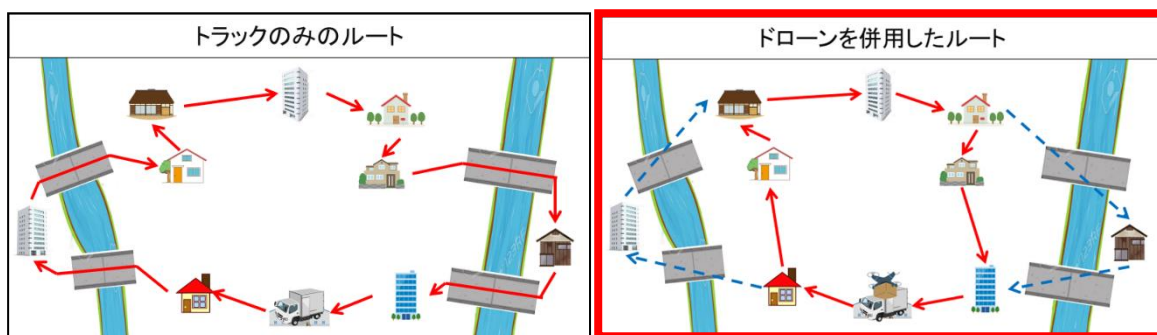
また本研究では LED が点滅しながら回転するため、受信機であるカメラ状には従来の可視光通信とは大きく異なる写り方をする。そこで回転によって変化する LED 光が画像上でどう写るかを理論的に導出した。その理論に基づくシミュレーション結果及び実験結果を比較し、理論の妥当性を証明したものを学術論文として発表した（研究業績参照）。

【モビリティ配車・物流分野】

個人所有のモビリティから、相乗り・シェアリングの形態へ変革することが予測されていることから、効率的なモビリティ配車システムのアルゴリズム開発を進めている。以下の左図は、各利用者が要求する乗車・降車地点例を示し、右図はその要求を満たす、4 台のシェアリングタクシー（モビリティ）による配車サービスの計画例を示す。

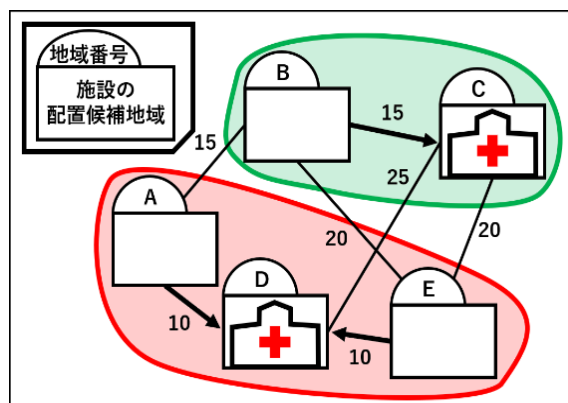


一方、物流・配送分野においてもモビリティの変革が注目されている。アマゾンや楽天などの EC が充実し、荷物の配送需要が高まっている。この需要の高まりが一因となり、配送業の仕事量が増え、人手不足となっていることから、近年様々な企業がモビリティ分野において研究開発を進めている。例えば、トヨタの e-Palette や Rakuten Drone があげられ、このような研究開発においては、人やモノの移動をどれだけ効率化できるかが焦点となる。そこで、トラックなどの大型の車とドローンなどの小型の車・航空機を併用した配送スケジュール計画問題に対して高品質(高効率)な配送計画を得るアルゴリズムの開発を進めている。下図(左)は、大型輸送機のトラックのみで9か所の顧客に荷物を配送するスケジュール経路の例である。下図(右)は、同9顧客に小型輸送機のドローンを併用した場合の配送経路であり、水色の破線がドローンによって配送する飛行経路を示している。



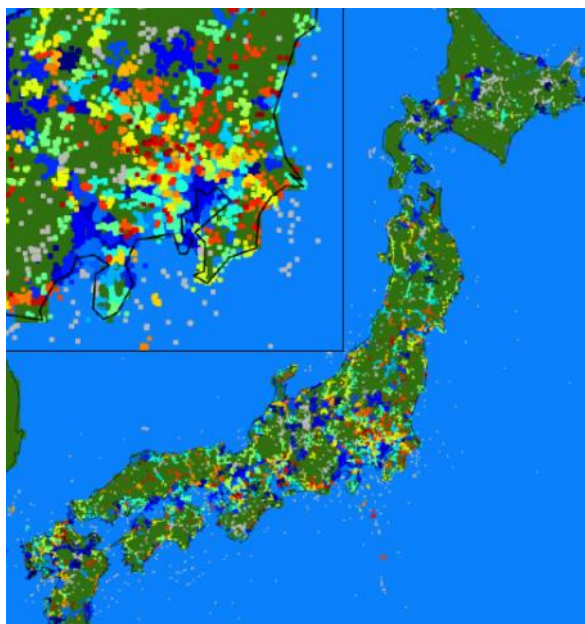
【モビリティインフラ配置分野】

次世代モビリティ社会を構成する各種インフラの配置場所の決定はその都市の住民の生活に大きく影響することから、モビリティインフラをはじめ、最適な各種インフラ配置にもとづくスマートシティを構成するための最適化システムの開発をすすめている。右図は、各地域から地域住民の利便性等に配慮して、施設(例として病院)の建設・配置場所を計画する一例を示す。

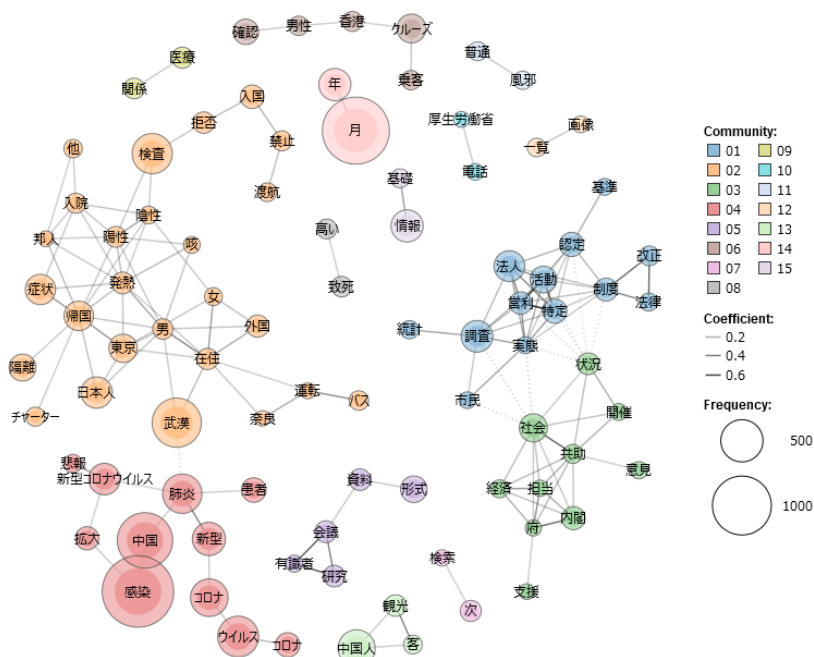


【観光情報サービス分野】

観光客に情報を推薦するために、その観光客の属性（年齢、性別など）の情報や、推薦される情報の属性は、重要な情報である。しかし、ソーシャルメディアのユーザについて、自身の属性を明かしているとは限らない。そこで、現在、そのユーザの属性を投稿されたコンテンツから推定する一環として、日本以外の国から日本に訪問したユーザの居住国を推定する手法の開発に取り組んでいる。手法では、写真の撮影地点などを考慮する予定である。右図は、Flickr に投稿された日本で撮影された写真を可視化した例である。また、観光客の行動を分析することは、観光情報に関するサービスの改善に重要な情報源となる。そのため、ユーザの行動を分析するために移動軌跡をクラスタリングする手法の開発に取り組んでいる。



また現在、新型コロナウイルス（COVID-19）が国際的に蔓延していることから、COVID-19 を考慮した観光サービスを提供するための研究を推進している。下図はウェブ上での COVID-19 関連の語彙を抽出した結果の例である。



「研究業績」

(1)学術論文

- Shintaro Arai, Zhengqiang Tang, Akinori Nakayama, Haruhiro Takata, and Tomohiro Yendo, “Rotary LED Transmitter for Improving Data Transmission Rate of Image Sensor Communication,” IEEE Photonics Journal, vol. 13, no. 4, pp. 1-11, Aug. 2021.
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Yuki Nagai, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, Leonard Barolli, "A Tabu list strategy based DQN for AAV mobility in indoor single-path environment: Implementation and performance evaluation", Internet of Things, Vol. 14, No. 100394, 2021.
- Shintaro Arai, Masayuki Kinoshita, and Takaya Yamazato, “Optical Wireless Communication: A Candidate 6G Technology?”, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E104-A, No. 1, pp.227-234, Jan. 2021.
- Masaharu Hirota, Jhih-Yu Lin, Masaki Endo, Hiroshi Ishikawa, “Identifying and Analyzing Obscure Venues Using Obscure Words in User-provided Reviews”, International Journal on Advances in Internet Technology, Vol.13, No.1 &2, pp.1-10, 2020.
- Jhih-Yu Lin, Shu-Mei Wen, Masaharu Hirota, Tetsuya Araki, Hiroshi Ishikawa, “Less-Known Tourist Attraction Discovery Based on Geo-Tagged Photographs”, Machine Learning and Knowledge Extraction, Vol.2, No. 4, pp. 414-435, 2020.

(2)学会（その他）発表

- 笠 展幸「電気自動車用モータコントロールユニットの高効率化・低ノイズ化の研究開発」, 岡山県次世代産業に関わる研究シーズ発信会, 2021/3
- 荒井伸太郎, 中山晃典, 尺田一輝, “高速可視光通信のための回転式 LED 送信機の開発,” OUS フォーラム, 2021.
- 中山晃典, 唐 正強, 荒井伸太郎, 圓道知博, “回転式 LED 送信機を用いたイメージセンサ通信のための受信アルゴリズムの一検討,” 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会技術報告, vol. 121, no. 129, WBS2021-24, pp. 13-18, 2021 年 7 月.
- 唐 正強, 荒井 伸太郎, 中山 晃典, “高速可視光通信のための回転式 LED 送信機の開発”, OUS フォーラム, 2020.
- S. Arai, Z. Tang, A. Nakayama, H. Takada, and T. Yendo, “Implementation Experiment of a Rotary LED Transmitter for Improving the Transmission Rate for Image Sensor Communication,” 2020 IEEE Globecom Workshop: OWC, Dec. 2020.
- 唐 正強, 荒井伸太郎, “回転式 LED 送信機を用いたイメージセンサ通信のための光の残像に基づく Alamouti 型時空間符号化,” 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研

究会技術報告, vol. 120, no. 290, WBS2020-16, pp. 47-52, 2020 年 12 月.

- 唐 正強, 荒井伸太郎, 山里敬也, “回転式 LED 送信機を用いたイメージセンサ通信における Alamouti 型時空間符号化の実験評価,” 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会技術報告, 2021 年 3 月.
- 唐 正強, 荒井伸太郎, 山里敬也, “回転式 LED 送信機を用いたイメージセンサ通信における Alamouti 型時空間符号化のためのデータ受信可能範囲の判定法,” 2021 年電子情報通信学会総合大会, 2021 年 3 月.
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Yuto Hirota, Masaharu Hirota and Kengo Katayama, “Design and Implementation of a DQN Based AAV”, Proc. of The 15-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2020), pp. 321-329, 2020.
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Yuki Nagai, Masaharu Hirota and Kengo Katayama, “Proposal and Evaluation of a Tabu List Based DQN for AAV Mobility”, Proc. of The 9-th International Conference on Emerging Internet, Data and Web Technologies (EIDWT-2021), pp. 189-200, 2021.
- 小田春空, 金原 一步, 小田 哲也, 片山 謙吾, “次世代配送計画システムの開発”, OUS フォーラム, 2021.
- 伊東 駿, 金原 一步, 小田 哲也, 片山 謙吾, “効率的な生産スケジューリングシステムの開発”, OUS フォーラム, 2021.
- 能勢 哲平, 三宅 孝史, 金原 一步, 小田 哲也, 片山 謙吾, “次世代モビリティシェアリングシステムの開発”, OUS フォーラム, 2020.
- 片山 謙吾, “AI 基礎研究における探索・最適化アルゴリズム”, IoT・AI・画像処理分野のミニシーズ発信会（企業と大学との縁結び事業）, 2020.
- 小田 哲也, “AI と IoT の複合的な応用”, IoT・AI・画像処理分野のミニシーズ発信会（企業と大学との縁結び事業）, 2020.
- 小田 哲也, “画像処理・時系列分析のための AI の IoT への応用”, 岡山県 AI・IoT に関わる異業種研究会, 2021.
- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Yuki Nagai, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, Leonard Barolli, "A Coverage Construction and Hill Climbing Approach for Mesh Router Placement Optimization: Simulation Results for Different Number of Mesh Routers and Instances Considering Normal Distribution of Mesh Clients", Proc. of CISIS-2021, pp. 161-171, 2021.
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Kyohei Toyoshima, Masaharu Hirota, Leonard Barolli, "Simulation Results of a DQN Based AAV Testbed in Corner Environment: A Comparison Study for Normal DQN and TLS-DQN", Proc. of IMIS 2021: 156-167
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Kyohei Toyoshima, Masaharu Hirota, Leonard

Barolli: "A Movement Adjustment Method for DQN-Based Autonomous Aerial Vehicle", Proc. of INCoS 2021: 136-148

- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Yuki Nagai, Kyohei Toyoshima, Leonard Barolli, "A CCM-Based HC System for Mesh Router Placement Optimization: A Comparison Study for Different Instances Considering Normal and Uniform Distributions of Mesh Clients", Proc. of NBIS-2021, pp. 329-340, 2021.
- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Yuki Nagai, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, "Simulation Results of CCM Based HC for Mesh Router Placement Optimization Considering Two Islands Model of Mesh Clients Distributions", Proc. of EIDWT-2021, pp. 180-188, 2021.
- Nobuki Saito, Tetsuya Oda, Aoto Hirata, Yuki Nagai, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, "Proposal and Evaluation of a Tabu List Based DQN for AAV Mobility", Proc. of EIDWT-2021, pp. 189-200, 2021.
- 齋藤 伸樹, 小田 哲也, "Implementation and Performance Evaluation of a Tabu List Strategy Based DQN for AAV Mobility", MAPUA-OUS Mini-Colloquium Machine Learning and Intelligent Systems 2021 年 7 月 28 日.
- 小田 哲也, "メッシュネットワークのルータ配置", おかやま AI・セキュア IoT 共創コンソーシアム (OASIS) 令和 3 年度第二回情報交換会, 2021 年 7 月 20 日.
- Takafumi Miyake, Kengo Katayama, Kazuho Kanahara and Tetsuya Oda, "Applying a Local Search for the Uncapacitated p-Median Problem to the Capacitated Problem", Proc. of The IEEE 9-th Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE-2020), pp.835-836, 2020.
- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Kazuho Kanahara, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, "Approach of a Solution Construction Method for Mesh Router Placement Optimization Problem", Proc. of The IEEE 9-th Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE-2020), pp. 467-468, 2020.
- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Masaharu Hirota and Kengo Katatama, "A Coverage Construction Method Based Hill Climbing Approach for Mesh Router Placement Optimization", Proc. of The 15-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2020), pp. 355-364, 2020.
- Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Yuki Nagai, Masaharu Hirota and Kengo Katatama, "Simulation Results of CCM Based HC for Mesh Router Placement Optimization Considering Two Islands Model of Mesh Clients Distributions", Proc. of The 9-th International Conference on Emerging Internet, Data and Web Technologies (EIDWT-2021), pp. 180-188, 2021.

- 三宅 孝史, 金原 一步, 小田 哲也, 片山 謙吾, “スマートシティ・次世代モビリティ分野において最適な施設配置を求めるには”, OUS フォーラム, 2020.
- 平田 蒼人, 廣田 悠人, 長井 祐樹, 齋藤 伸樹, 小田 哲也, 片山 謙吾, “無線通信の性能向上を図るためのメッシュルータ配置最適化システムの開発”, OUS フォーラム, 2020.
- Yuki Nagai, Tetsuya Oda, Nobuki Saito, Aoto Hirata, Masaharu Hirota, Kengo Katayama, “Approach of a Japanese Co-Occurrence Words Collection Method for Construction of Linked Open Data for COVID-19”, Proc. of The IEEE 9-th Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE-2020), pp. 478-479, 2020.
- Yuki Nagai, Nobuki Saito, Aoto Hirata, Tetsuya Oda, Masaharu Hirota and Kengo Katayama, “Approach of a Word2Vec Based Tourist Spot Collection Method Considering COVID-19”, Proc. of The 15-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2020), pp. 67-75, 2020.
- 長井 祐樹, 平田 蒼人, 廣田 悠人, 齋藤 伸樹, 小田 哲也, 片山 謙吾, “COVID-19 の感染確率を考慮した観光地の推薦システムの開発”, OUS フォーラム, 2020.
- 飯山 翔太, 廣田 雅春, 小田 哲也, “ソーシャルメディア上のユーザの属性の分析”, OUS フォーラム, 2020.
- Masaharu Hirota, Tetsuya Oda, “Estimating Home Location of Foreigners in Japan Using Photograph Location”, The 2021 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 2021.
- Shota Iiyama, Tetsuya Oda, Masaharu Hirota, “A Proposal of Online Map-matching Based Trajectory Compression Algorithm Using Road Networks”, The 2021 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 2021.
- Masaharu Hirota, Tetsuya Oda, “An Approach of Trajectory Clustering Using Distributed Representation of User Movement”, IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies, 2021.
- Tomonari Horikawa, Munenori Takahashi, Masaki Endo, Shigeyoshi Ohno, Masaharu Hirota, and Hiroshi Ishikawa, “Estimating the best time to see cherry blossoms using SNS and time-series forecasting of tweet numbers using machine learning”, 15th International Workshop on Informatics, 2021.

(3)メディア報道

- 小田 哲也, “技術の森”, RSK 山陽放送 株式会社 朝耳らじお 55(GOGO), 2021/7/28.
- 小田 哲也, “技術の森”, RSK 山陽放送 株式会社 朝耳らじお 55(GOGO), 2021/7/21.