

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04095

研究課題名（和文）実世界データストリームの高次理解に基づくサイバー空間モビリティ構築技術

研究課題名（英文）Mobility Generation in Cyber Space Based on Real-world Understanding

研究代表者

山口 弘純（Yamaguchi, Hirozumi）

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80314409

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：都市環境の人の分布や車の移動状況といったモビリティデータは、公共交通最適化や安全な歩行支援などでの利活用が期待されている。本研究開発では、スマートフォンやドライブレコーダなどの車載カメラ・路側センサなどから時々刻々と生成される動画像やセンサデータストリームを断片的に活用し、シミュレーションを併用してサイバー空間上に高精度モビリティデータを構築するサイバー空間モビリティ構築技術を開発した。シミュレーションや実証でその有効性を評価した。これらの成果をもとに、IEEEやACMなどの論文誌・国際会議や国際ワークショップ等で10件以上の論文発表を行っている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実世界（フィジカル世界）からIoT技術で大量にデータを集約し、情報世界（サイバー世界）でデータを適切に解析したうえで現実世界にフィードバックを行うサイバーフィジカルシステムはその目標実現に向けて不可欠な概念である。その基本はビッグデータであり、特に都市環境の人の分布や車の移動状況といったモビリティビッグデータはその実現には必須である。一方でそういったデータは圧倒的に不足している。今回の技術により生成されるモビリティデータはサイバーフィジカルシステムの実現に寄与するとともに、社会課題解決のための安全なデータ提供にも役立つと考える。

研究成果の概要（英文）："Mobility data," which is the distribution of people in urban environments and the movement of vehicles, is expected to be utilized effectively for public transport optimization, safe pedestrian assistance and so on. In this R&D, we have developed a set of techniques for constructing high-accuracy mobility data in cyberspace by fragmentarily utilizing video images and sensor data streams generated from on-board cameras and roadside sensors, such as smartphones and dashcams. The effectiveness of these techniques have been evaluated through simulations and demonstrations. These results have been presented at the international journals, conferences and workshops.

研究分野：情報科学

キーワード：モビリティ サイバーフィジカルシステム

1. 研究開始当初の背景

AI および IoT を活用した次世代のスマートな社会の実現に向けて、情報技術が本格的に社会に浸透しつつある。第 5 期科学技術基本法において示された Society5.0 では、人工知能やロボット、IoT やビッグデータなど情報科学が追求してきた技術が結集され、個々の人々がそのメリットを享受できる社会の実現が謳われている。

現実世界(フィジカル世界)から IoT 技術で大量にデータを集約し、情報世界(サイバー世界)でデータを適切に解析したうえで現実世界にフィードバックを行うサイバーフィジカルシステムはその目標実現に向けて不可欠な概念であるが、その基本はビッグデータであるといえる。特に都市環境の人の分布や車の移動状況といったモビリティビッグデータは、渋滞解消や人流制御、公共交通や EV 充電ステーションの最適化、安全な歩行支援、耐災害に向けた避難指示立案などでの利活用が期待されている。にも関わらず、現状のモビリティビッグデータは圧倒的に不足しており、社会において十分に利活用できるようになっているとはいえない。また既存のデータは GPS トレースのように空間的情報粒度が低いデータを多数のユーザーから常時センシングで集約したものがほとんどであり、それらは渋滞通過時間予測などは高精度に実現できるものの、例えば「朝夕は大量の歩行者が道路を横断することで左折車両がスタックし、直進車両を阻害するために渋滞が発生しやすい交差点が多い」といった高度な状況理解には適していない。スマートな社会実現に資するためにはより高詳細なモビリティデータをパブリックかつオープンに収集・生成するスキームが望まれる。

2. 研究の目的

本研究開発では、スマートフォンやドライブレコーダなどの車載カメラ・路側センサなどから時々刻々と生成される動画画像やセンサデータストリームを断片的に活用し、シミュレーションを併用してサイバー空間上に高精度モビリティデータを構築するサイバー空間モビリティ構築技術を開発する。高度交通システム等の事例を通じてアプローチの有効性を評価する。

3. 研究の方法

(1) 動画画像・センサデータストリームからの高精度モビリティ抽出

車載カメラの動画画像やスマートフォンの慣性系センサ、GPS などのデータストリームから、自身や周辺走行車両、停車車両の位置や相対速度、車線変更、信号待ちや街路の歩行者・自転車などモビリティデータ再現に必要なデータを取得する技術を構築する。

(2) 高精度サイバー空間モビリティ構築

上記で得られるデータなどを統合し、現実世界を再現するモビリティをサイバー空間に構成する技術を開発する。ミクロなイベント情報を保持しながら、マクロデータを構築するアプローチを採用し、スケラビリティを確保する。それらのデータを入力とした交通シミュレーションを実行することで、現実世界のモビリティ事象をサイバー世界に再現する。

4. 研究成果

(1) 動画画像・センサデータストリームからの高精度モビリティ抽出

車載カメラの動画画像を収集し、そのストリームをフレームバイフレームで取り出すとともに、物体認識アルゴリズムを適用して得られる車両、歩行者、自転車、バイクの情報をを用いる。これに対し、ドライブレコーダの設置高と設置角情報を入力すると、自身の車両から検出した周辺走行車両への距離および相対位置関係、動画画像を時系列で処理することによる相対移動速度の検出を可能とするアルゴリズム開発を行った。具体的には、Mask R-CNN などを用いた車両検出と、消失点検出が実施された動画画像に対し、自車両と他車両の相対距離を推定する。検出した車両のバウンディングボックスの下端を、路面上におけるその物体の後部の座標とし、一点透視図となる画面内における消失点と検出物体のバウンディングボックスを用い、幾何関係を用いて路面上での車両の下端から画面までの距離と画面から自車両のカメラまでの距離の比を求め、前方車両との距離を求める。また、カメラの設置角が既知の場合に設置高を自動推定する方法も述べている。実車両に搭載された車載カメラにより動画画像を撮影し、提案手法により他車両の検出ならびにそれらとの距離を推定した結果、最小誤差 4.72%、最大誤差 18.7%、平均絶対誤差 11.7% の精度で推定できることが確認できた(成果は文献[1]など)。

上記は動画画像からの移動方向と車両相対距離・角度計算などを行う方法論であるが、加えて車両や歩行者の位置検出精度向上のため、走行時動画画像から複数車線を検出する方法の開発を行った。また、モビリティ再現のための車両方向検出技術の開発も行った。自車線のみならず他車線検出が可能になれば、周辺車両の車線変更などやバイクのすり抜けなども高精度で検出でき

る。カメラにより撮影された画像により車線を検出する既存方法の多くは、撮影されたフレーム毎で車線検出を行う。しかしながら、車線が点線で描かれている場合やかすれている場合など車線が明確に撮影されていないフレームや、太陽光の明暗や影の存在により、一時的に強いエッジが発生しているフレームに対しての車線検出は困難となり、精度低下の一因となる。これに対し提案手法では、車載カメラの動画像に対して検出線を設定し、移動により蓄積される時空間画像に対し、最も白線らしい部分を検出して車線検出に用いることで、従来難しかった複数車線検出が高精度で可能になることを示している。実車両に搭載された車載カメラを用いて撮影した動画像に対して提案手法を適用した結果、直線道路に対しては約96%、カーブの大きい道路に対しても約90%の精度での車線検出を実現した。また、時系列情報を用いて誤検出の除去や検出漏れの補完を行うことで、フレーム単位では検出の難しいフレームにおいても車線を検出できることを示している（成果は文献[2]など）。

最後に、複数の車載カメラの映像からそれらの撮影地点を推定する技術を開発した。これを用いることで、撮影箇所の高精度な特定が可能になり。今後のドライブレコーダと車載通信の普及により運転中の道路/路面を捉えた映像が急増する状況に対してもその時空間アノテーションが可能となり、データストリーム処理の一部が自動化できると期待できる。例えば異なる車両の複数のドライブレコーダが異なるタイミングで車両や歩行者を撮影していたとすれば、監視カメラが設置されていない場所でも事故やヒヤリハットの再現が原理的に可能であるものの、実際のオペレーション時には膨大なデータストリームから当該位置や時刻の映像（Road Segment of Interest, RSI）を特定する作業が発生するため、将来のデータストリームの膨大な増加量に対しスケールしない。本研究では、参照映像と呼ばれる映像セグメントがRSIを撮影していると仮定し、そのRSIを含む道路を撮影した別の映像で撮影したRSIを再識別する手法を提案している。これにより、与えられた映像から参照映像を用いてRSIに対応する映像セグメントを自動的に抽出できる。フレームレベルの類似性を評価するためにAKAZE特徴を導入し、参照映像とのフレームレベルマッチングを行うアルゴリズムを開発している。実データによる評価では、平均フレーム誤差距離は昼間で3.03、夜間で4.93と、再識別に影響を与えない誤差での検出を実現できている（成果は文献[3]など）。

上記はいずれも得られた映像などから意味理解に必要なモビリティデータを抽出・集約する技術であり、それらが通常のドライブレコーダなどから高精度で取り出せることを示している。これらの技術を用いて以下に述べるモビリティ構築技術を実現する。

(2) 高精度サイバー空間モビリティ構築

前述のモビリティ抽出技術などから得られる人や車両のデータストリームに対し、高度な状況理解を実現するため。そういったデータがスポット的に複数地点で得られた場合に、それを用いて広域の交流流情報を再現し、サイバー空間にモビリティデータを再現する技術を開発した。いずれも実環境における精度評価を行っており、社会実装に向けた成果創出を行っている。

まず、兵庫県の自治体と協力し、個々の車両の挙動データを地域レベルで再現することを目的とし、地理的に分散配置された複数のカメラから得られる映像を解析し、得られるデータを用いて対象地域全体の車両モビリティを自動的に合成する手法を提案した。カメラから得られた映像に対し、通行車両数や方向、速度を抽出する映像トラッキングプログラムを独自開発し、それを適用してデータストリームを取得する。次に、市街地における車両の発着地点間の経路候補をマクロ交通シミュレータを用いて探索する。その後、ミクロ交通シミュレータを用いて、測定した交通量と生成した交通量間の平均絶対パーセント誤差（MAPE）が最小となるよう、ミクロ車両モビリティを生成する手法を提案している。同自治体の観光地区において実施した実験による精度評価を行った。また、地区外から地区を訪問する車両が地区内で滞留する様子モデル化し、同地区の数日間の実データを用いた精度評価を行っている。得られたモビリティは合成データセットとして一般公開している（成果は文献[4]など）。

上記は車両を対象としているが、移動する歩行者の行動データがスポット的に得られた場合に、それを用いて広域の人流情報を再現する手法にも挑戦した。具体的には我々のグループが開発した、3次元距離センサを用いてスポット人流を取得する手法を前提とし、それらのスポットが地理的に分散している状況を考える。これは、センサが当該領域のすべての場所をカバーすることはコストやプライバシーの観点から現実的ではないとの前提による。このような場合でも軽量の固定長の特徴ベクトルを用いた人物再識別アプローチや統計的移動量予測を組み合わせることで、それらのスポットを含む広域の人流軌跡を再現する新しい技術を開発している。大阪大学のキャンパス内ビルでの実験の結果、極めて高精度での軌跡推定が実現できている（成果は文献[5][6]など。[6]はモバイルコンピューティング分野のフラグシップ国際会議IEEE PerCom2023での論文発表である）。

なお、上記の高精度モビリティや広域モビリティデータの活用事例の一つとして、人と車両との行動データや位置情報、軌跡情報から、ヒヤリハットを予測・分析する手法を提案し、シミュレーションならびに実環境での実証実験を実施している（成果は文献[7]など）。

これらの成果をもとに、IEEEやACMの論文誌や国際会議・ワークショップなどに論文発表を行っている。また代表者はIEEEの国際会議や国際ワークショップでモビリティに関して計4件の基調講演や招待講演を実施するなど学術成果の広報を積極的に行った。

関連発表論文（一部抜粋）

- [1] 石崎 雅大, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 走行時動画像を用いた周辺車両の位置推定手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, pp. 1688-1696, 2019
- [2] Y. Tsukamoto, M. Ishizaki, A. Hiromori, H. Yamaguchi and T. Higashino, Multi-Lane Detection and Tracking Using Vision for Traffic Situation Awareness, 16th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (IEEE WiMob2020), pp. 1-6, 2020
- [3] Yukihiro Tsukamoto, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Road Segment Re-Identification in Dashcam Videos, Proceedings of the 14th International Workshop on Selected Topics of Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (STWiMob2021), pp. 19-24, 2021
- [4] Kazuki Hayashi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Masaki Suzuki and Takeshi Kitahara, Synthesizing Town-scale Vehicle Mobility from Traffic Surveillance Cameras: A Case Study, Proceedings of the 4th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle2022), pp. 593-598, 2022
- [5] 右京 莉規, 天野 辰哉, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 公共空間における三次元点群の不完全性に対して堅牢な歩行者トラッキング手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 63, No. 8, pp. 1361-1370, 2022
- [6] Masakazu Ohno, Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Hamada Rizk and Hirozumi Yamaguchi, Privacy-preserving Pedestrian Tracking using Distributed 3D LiDARs, Proceedings of the 21st Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom2023), pp. 43-52, 2023
- [7] Ryota Akikawa, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, Masaki Suzuki, Yasuhiko Hiehata and Takeshi Kitahara, Smartphone-based Risky Traffic Situation Detection and Classification, Proceedings of the 2nd International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle2020), pp. 1-6, 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori and Hirozumi Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Pedestrian Tracking in Public Passageway by Single 3D Depth Sensor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2022)	6. 最初と最後の頁 581-586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/PerComWorkshops53856.2022.9767224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kazuki Hayashi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Masaki Suzuki, Takeshi Kitahara	4. 巻 -
2. 論文標題 Synthesizing Town-scale Vehicle Mobility from Traffic Surveillance Cameras: A Case Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2022)	6. 最初と最後の頁 593-598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/PerComWorkshops53856.2022.9767393	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yukihiro Tsukamoto, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino	4. 巻 -
2. 論文標題 Road Segment Re-Identification in Dashcam Videos	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th International Workshop on Selected Topics of Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (STWiMob 2021)	6. 最初と最後の頁 19-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WiMob52687.2021.9606254	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 林 和輝, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 鈴木 理基, 北原 武	4. 巻 2022-DPS-190(2)
2. 論文標題 交通監視カメラを用いた市街地の車両モビリティ合成手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告 (情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 右京 莉規 , 天野 辰哉 , 廣森 聡仁 , 山口 弘純 , 東野 輝夫	4. 巻 2021-MBL-101(29)
2. 論文標題 多様な人物属性を考慮した堅牢なトラッキング手法の実装と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告(情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 右京 莉規 , 天野 辰哉 , 廣森 聡仁 , 山口 弘純 , 守屋 充雄	4. 巻 2021-MBL-99(25)
2. 論文標題 複数LiDARによる大規模三次元点群を用いた歩行者トラッキング手法の実装と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告(情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsukamoto Yukihiro, Ishizaki Masahiro, Hiromori Akihito, Yamaguchi Hirozumi, Higashino Teruo	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-Lane Detection and Tracking Using Vision for Traffic Situation Awareness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (IEEE WiMob2020)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WiMob50308.2020.9253415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 右京 莉規 , 廣森 聡仁 , 山口 弘純 , 東野 輝夫	4. 巻 2020-DPS-185(2)
2. 論文標題 公共空間における三次元点群の不完全性に対して堅牢な歩行者トラッキング手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告(情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 廣森 聡仁 , 塚本 幸宏 , 山口 弘純 , 高井 峰生 , 梶田 宗吾 , 東野 輝夫 , 前野 誉	4. 巻 2021-DPS-186(16)
2. 論文標題 地域を支える山間道路のセンシングデータ収集と解析に関する試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告 (情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirozumi Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Toward urban vehicle mobility modeling in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 4th International Science of Smart City Operations and Platforms Engineering Workshop (SCOPE-19)	6. 最初と最後の頁 13-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3313237.3313298	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akikawa Ryota, Uchiyama Akira, Hiromori Akihito, Yamaguchi Hirozumi, Higashino Teruo, Suzuki Masaki, Hiehata Yasuhiko, Kitahara Takeshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Smartphone-based Risky Traffic Situation Detection and Classification	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2nd International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle2020)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/PerComWorkshops48775.2020.9156157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 阿倉 佑樹, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 西村 友佑, 諏訪 晃, 湯本 洵, 長村 吉富, 竹嶋 進, 高井 峰生	4. 巻 -
2. 論文標題 安全運転装備車両の周辺車両認識をシミュレートするモデルの検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第27回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集	6. 最初と最後の頁 283-284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石崎 雅大, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫	4. 巻 -
2. 論文標題 走行時動画像を用いた周辺車両の位置推定手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム2019論文集	6. 最初と最後の頁 1688-1696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 阿倉 佑樹, Choochotkaew Sunyanan, 天野 辰哉, 山口 弘純, 廣森 聡仁, 東野 輝夫, 西村 友佑, 諏訪 晃, 長村 吉富, 竹嶋 進, 高井 峰生	4. 巻 2020-ITS-80(5)
2. 論文標題 深層学習によるリンク交通量からOD交通量の推定手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告 (情処技報)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Masakazu Ohno, Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Hamada Rizk and Hirozumi Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Privacy-preserving Pedestrian Tracking using Distributed 3D LiDARs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 21st Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications	6. 最初と最後の頁 43-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/PERCOM56429.2023.10099061	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuma Okochi, Hamada Rizk, Tatsuya Amano and Hirozumi Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Object Recognition from 3D Point Cloud on Resource-Constrained Edge Device	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications	6. 最初と最後の頁 369-374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IE54923.2022.9826758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuma Okochi, Hamada Rizk and Hirozumi Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 On-the-Fly Spatio-Temporal Human Segmentation of 3D Point Cloud Data By Micro-Size LiDAR	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Environments	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IE54923.2022.9826758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamada Rizk, Hirozumi Yamaguchi, Moustafa Youssef, and Teruo Higashino	4. 巻 9
2. 論文標題 Laser Range Scanners for Enabling Zero-Overhead WiFi-based Indoor Localization System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Spatial Systems and Algorithms	6. 最初と最後の頁 1-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3539659	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 林 和輝, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 鈴木 理基, 北原 武	4. 巻 -
2. 論文標題 交通映像からの車線交通量抽出とそれを用いた地域モビリティデータ生成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム2022論文集	6. 最初と最後の頁 1458-1467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Hirozumi Yamaguchi
2. 発表標題 Keynote: Situational Awareness Platform for City Transportation
3. 学会等名 Fifth IEEE International Workshop on Pervasive Context-Aware Smart Cities and Intelligent Transportation Systems (PerAwareCity) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirozumi Yamaguchi
2. 発表標題 Smart Sensing at the Edge for Smart City Applications
3. 学会等名 The Fourth International Workshop on Smart Sensing Systems (IWSSS'19) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirozumi Yamaguchi
2. 発表標題 Location Context and Knowledge Digitalization for Human-centric Digital Twin
3. 学会等名 5th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirozumi Yamaguchi
2. 発表標題 Digitalizing Human Context for Society5.0
3. 学会等名 11th IEEE International Conference on Information and Education Technology (ICIET2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	廣森 聡仁 (Hiromori Akihito) (90506544)	大阪大学・情報推進本部・准教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------