

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：62615

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K21300

研究課題名（和文）車両通信を用いた協調センシングのための情報圧縮・融合技術に関する研究

研究課題名（英文）Reliable Data Compression and Fusion for Cooperative Perception and Vehicular Communications

研究代表者

青木 俊介（Aoki, Shunsuke）

国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・助教

研究者番号：20910475

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、自動運転車・コネクテッドカーと都市IoT基盤の間でセンサ情報を分散的に共有・活用する協調センシング・Cooperative Perceptionに関する研究・開発に取り組んだ。本研究ではまず死角からの情報粒度・種類の定義を行い、次に「情報の洪水」や「嘘情報の流布」を防ぐデータ共有機構を設計・開発し、シミュレータ・実機への実装・評価実験を行った。本評価実験ではまず車両シミュレータCARLAと通信ネットワークシミュレータSUMOを用いて実験を行い、次に実際の交差点と無線機・自律移動ロボットを用いた実験を行った。本研究成果・実験結果は国際マガジン誌・国際学会などで外部発表を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の遂行によって、自律移動ロボットのセンサ情報共有基盤を構築することができた。本基盤ソフトウェアを用いることによって、T字路・十字路などの死角のある場面でも衝突・デッドロックを避けながら安全に屋内移動ロボットを利活用することが可能となる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we worked on research and development of cooperative sensing and cooperative perception, in which sensor information is shared and utilized in a distributed manner between automated and connected vehicles and urban IoT infrastructure. In this research, we first defined the granularity and type of information from blind spots, then designed and developed a data sharing mechanism to prevent "information flooding" and "dissemination of false information," and conducted implementation and evaluation experiments on simulators and actual vehicles. In this evaluation experiment, we first conducted experiments using the vehicle simulator CARLA and the communication network simulator SUMO, and then conducted experiments using actual intersections, radio equipment, and autonomous mobile robots. The results of this research and experiments were presented externally in international magazines and at international conferences.

研究分野：ロボティクス

キーワード：自動運転 センサ融合 無線通信 協調センシング 深層強化学習 コネクテッドカー

1. 研究開始当初の背景

自動運転車・移動ロボット等を実社会で安全に活用するためには、カメラや LiDAR をはじめとしたセンサの死角空間からの情報取得が非常に重要である。一方、限られた通信資源・計算資源が大きな技術的制約となるため、潜在的な受信ノードが「どの情報を」「どのタイミングで」必要とするかを送信ノード側で推定する手法を開発する。

2. 研究の目的

本研究では、自動運転車・コネクテッドカーとスマートシティを支える IoT 基盤の間でセンサ情報を分散的に共有・活用する協調センシング(Cooperative Perception)を実現するための情報圧縮・融合技術の設計・開発に取り組む。特に Cooperative Perception の実現・社会実装に必要な不可欠となる深層強化学習を用いたデータ選択手法を確立する。

3. 研究の方法

まず「情報の洪水」を防ぐためのデータ共有機構を開発し、次に深層強化学習を用いたデータ選択・消去手法を確立する。これらの手法をシミュレータ評価した後に、実機・実環境での評価実験を行う。シミュレータは特に CARLA と SUMO を組み合わせて用いることで、より現実に即した Co-simulation 機構を実現した。

4. 研究成果

以下 5 本の雑誌論文と 3 件の学会発表、2 件の研究講演を行った。

1. **Shunsuke Aoki** and Rangunathan (Raj) Rajkumar, Safe Intersection Management with Cooperative Perception for Mixed Traffic of Human-Driven and Autonomous Vehicles, IEEE Open Journal of Vehicular Technology (OJVT), 2022.
2. **Shunsuke Aoki**, Takuro Yonezawa, Nobuo Kawaguchi, Peter Steenkiste and Rangunathan (Raj) Rajkumar, Time-Sensitive Cooperative Perception for Real-Time Data Sharing over Vehicular Communications: Overview, Challenges, and Future Directions, IEEE Internet of Things Magazine (IoTM), 2022.
3. **Shunsuke Aoki**, Takuro Yonezawa, and Nobuo Kawaguchi, RobotNEST: Towards a Viable Testbed for IoT-enabled Environments and Connected and Autonomous Robots, IEEE Sensors Letters, 2022.
4. Hitoshi Matsuyama, **Shunsuke Aoki**, Takuro Yonezawa, Kei Hiroi, Katsuhiko Kaji, and Nobuo Kawaguchi, Deep Learning for Ballroom Dance: A Performance Classification Model with Three-dimensional Body Joints and Wearable Sensor, IEEE Sensors Journal, Dec 2021.
5. **Shunsuke Aoki**, Kaoru Sezaki, Nicholas Jing Yuan, and Xing Xie, BusBeat: Early Event Detection with Real-Time Bus GPS Trajectories, IEEE Transactions on Big Data, vol. 7, no. 2, 2021.

1. Hong Duc Nguyen, **Shunsuke Aoki**, Yuuki Nishiyama, Kaoru Sezaki, A Run-time Dynamic Computation Offloading Strategy in Vehicular Edge Computing, IEEE 94th Vehicular Technology Conference (IEEE VTC2021-Fall), Online, 2021.
2. Zengyi Han, Hong Duc Nguyen, **Shunsuke Aoki**, Yuuki Nishiyama, and Kaoru Sezaki, MiMoSense: An Open Crowdsensing Platform for Micro-Mobility, IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE ITSC), 2021.
3. Hidenaga Ushijima, Helinyi Peng, **Shunsuke Aoki**, Yuuki Nishiyama, and Kaoru Sezaki, An Unsupervised Learning-based Approach for User Mobility Analysis of E-Scooter Sharing Systems, IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE ITSC), 2021.

<国内会議論文>

1. 浅井 悠佑, **青木 俊介**, 米澤拓郎, 河口信夫, 物流倉庫における人・配送ロボット協調のためのセンサ統合システム, 情報処理学会 モバイルコンピューティングと新社会システム研究会 (MBL), 2022 年 9 月. (奨励発表賞)
2. **青木 俊介**, 完全自動運転を目指した End-to-End 自動運転ソフトウェアと協調走行システムの開発, 電子情報通信学会 高信頼制御通信研究会 (RCC), 2022 年 7 月. (依頼講演)
3. 瀧上 昂希, 浦野 健太, **青木 俊介**, 米澤拓郎, 河口信夫, 屋内空間でのロボット配送システムにおける効率的な運用方法, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2021) シンポジウム, 2022 年 7 月.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Matsuyama Hitoshi、Aoki Shunsuke、Yonezawa Takuro、Hiroi Kei、Kaji Katsuhiko、Kawaguchi Nobuo	4. 巻 21
2. 論文標題 Deep Learning for Ballroom Dance Recognition: A Temporal and Trajectory-Aware Classification Model With Three-Dimensional Pose Estimation and Wearable Sensing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 25437 ~ 25448
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/jsen.2021.3098744	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 Aoki Shunsuke、Yonezawa Takuro、Kawaguchi Nobuo	4. 巻 6
2. 論文標題 <i>RobotNEST:</i> Toward a Viable Testbed for IoT-Enabled Environments and Connected and Autonomous Robots	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	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/lsens.2021.3139624	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Aoki Shunsuke、Sezaki Kaoru、Yuan Nicholas Jing、Xie Xing	4. 巻 7
2. 論文標題 BusBeat: Early Event Detection with Real-Time Bus GPS Trajectories	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Big Data	6. 最初と最後の頁 371 ~ 382
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TBDATA.2018.2872532	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Aoki Shunsuke、Rajkumar Ragunathan	4. 巻 3
2. 論文標題 Safe Intersection Management With Cooperative Perception for Mixed Traffic of Human-Driven and Autonomous Vehicles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 251 ~ 265
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/OJVT.2022.3177437	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 Aoki Shunsuke, Yonezawa Takuro, Kawaguchi Nobuo, Steenkiste Peter, Rajkumar Ragunathan Raj	4. 巻 5
2. 論文標題 Time-Sensitive Cooperative Perception for Real-Time Data Sharing over Vehicular Communications: Overview, Challenges, and Future Directions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Magazine	6. 最初と最後の頁 108 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IOTM.001.2100143	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

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hong Duc Nguyen, Shunsuke Aoki, Yuuki Nishiyama, Kaoru Sezaki
2. 発表標題 A Run-time Dynamic Computation Offloading Strategy in Vehicular Edge Computing
3. 学会等名 IEEE 94th Vehicular Technology Conference (VTC2021-Fall) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shunsuke Aoki, Lung En Jan, Junfeng Zhao, Anand Bhat, Chen-Fang Chang, Ragunathan Raj Rajkumar
2. 発表標題 MultiCruise: Eco-Lane Selection Strategy with Eco-Cruise Control for Connected and Automated Vehicles
3. 学会等名 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zengyi Han, Hong Duc Nguyen, Shunsuke Aoki, Yuuki Nishiyama, Kaoru Sezaki
2. 発表標題 MiMoSense: An Open Crowdsensing Platform for Micro-Mobility
3. 学会等名 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC) (国際学会)
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------