

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：32652

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11776

研究課題名（和文）人と共存するロボットのためのサイバーフィジカル連携に基づくモビリティ基盤技術

研究課題名（英文）A Study of Mobility Platform based on Cyber-Physical Cooperation for Human-Robot Coexisting Environments

研究代表者

加藤 由花 (Kato, Yuka)

東京女子大学・現代教養学部・教授

研究者番号：70345429

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、人・ロボット共存社会を実現するために、対人安全性と作業性のバランスを考慮した移動ロボットのためのモビリティ基盤技術を開発した。ここでは、サイバーフィジカル連携により、汎用的な人移動モデルを機械学習とシミュレーションを併用することでクラウド上に構築し、フィジカル側すなわちロボットおよびIoT機器で収集するデータを用いて継続的にモデルを更新し、その結果をフィジカル側に転移することで、ロボットでの実時間知的制御を実現する手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、サイバーフィジカル連携により、IoT技術とロボット技術を融合することで、多様性と不確実性に対応可能なモビリティ基盤を実現するものであり、人の存在を前提とした作業空間におけるモビリティ基盤になり得るという点で、社会的意義のある研究成果である。また、人移動モデルを、大量のデータを用いた機械学習とシミュレーションベースの手法を統合した系として構成している点、および、ロボットの経路生成を、サイバー空間における解析（人移動軌跡の予測）とフィジカル空間における制御（ロボットの経路計画）の協調系として実現している点に独自性があり、学術的な意義があるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study proposed mobility platform technology for autonomous mobile robots that considers the balance between human safety and operational efficiency for human-robot coexisting environments. In the proposed method, a general-purpose human mobility model is generated in the cloud through cyber-physical cooperation. This is achieved through the integration of machine learning algorithms and computer simulation, where the model is continuously updated based on data collected by robots and IoT devices. The updated model is then transferred to the physical side. This approach enables real-time intelligent control of the robot.

研究分野：情報科学

キーワード：自律移動ロボット 人移動モデル サイバーフィジカル連携 IoT基盤 人・ロボット共存環境

1. 研究開始当初の背景

(1) 少子高齢化、労働人口の減少などを背景に、人に寄り添うロボット、人の作業を助けるロボットなど、人を支援/代替する人共存型ロボット技術への期待が高まっている。特に、移動機構(モビリティ)を有するロボットは、運搬、介助、案内・誘導、公共サービスへの配備など、多くのサービスへの展開が期待されている。ここでは、原則として人との接近・接触を禁止している産業用ロボット(工場等に配備されるロボット)とは異なり、人の存在を前提とした作業空間における、対人安全性と作業性のバランスを考慮したモビリティ技術が必要になる。近年、IoT/ビッグデータ/AI技術の進展により、人移動を含む作業環境側の状態を機械学習手法等で推定・予測することで、モビリティ機能を強化する試みが活発に行われている。しかし、制約のない環境で動作するサービスロボットには、多様性(コンテキスト依存)と不確実性(実世界性)という根源的な課題が存在し、十分なデータが集まらない、多様な環境に適用できないという問題、および、予測の精度に応じた適切な制御(移動経路生成)が行えないという問題が生じている。本研究は、このような「環境を規定・制限できない状況における状態推定・予測」および「不確実な予測結果からの行動計画」という問いに対する解決策を研究開発するものである。

(2) 我々はこれまでも、人・ロボット共存社会の実現に向け、対人安全性と作業性のバランスを考慮したモビリティ基盤技術として、シミュレーションおよび機械学習に基づく手法の研究に取り組んできた。しかし、シミュレーションモデルは複雑なモデル化が困難であること、および深層学習だけでは環境の多様性や、人間の想定外の動きに対応しきれないこと、などの課題に直面してきた。その中で、予測の確度をベイズ推定による確率分布の不確かさとして表現し、これを観測データにより適応的に更新しつづける予測モデルと組み合わせるといったアイデアを着想し、多くの計算機資源を必要とする機械学習・シミュレーション技術と、実時間性が要求されるロボット制御を、サイバーフィジカル連携により結合する基盤技術の構築を目指すこととなった。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、人・ロボット共存社会を実現するために、対人安全性と作業性のバランスを考慮した移動ロボットのためのモビリティ基盤技術を研究開発することである。モビリティは多くのロボットサービスにとって不可欠な機能であるが、人の存在を前提とした作業空間では、人との近接関係を具体的に考慮した基盤技術は未だ確立されていない。本研究では、サイバーフィジカル連携により、汎用的な人移動モデルを機械学習とシミュレーションを併用することでクラウド上に構築し、フィジカル側(ロボットおよびIoT機器)で収集するデータを用いて継続的にモデルを更新し、その結果をフィジカル側に転移することで、ロボットでの実時間制御を実現する。

(2) このようなモビリティ基盤の開発を目的に、以下の2つの研究課題を設定した。課題1: 環境を規定・制限できない状況において、どのように適応的に人移動モデルを構築するか? 課題2: 不確実性を伴う未来の人移動軌跡予測結果を、いかにロボットの経路生成に組み込むか? これらの課題を解決できれば、適応的にモデルを更新することで多様な環境での人移動軌跡を精度とともに予測し、その予測結果を経路計画に利用することで、対人安全性と作業バランスを考慮したモビリティ基盤が実現する。本研究では、課題1を解決するために、サイバーフィジカル連携により人移動モデルを構築する方法、および観測データにより初期モデルを更新する方法を開発する。また、課題2を解決するために、予測モデルによる予測結果を用いて、人位置予測マップ(コストマップ)をリアルタイムに更新する手法を開発する。

3. 研究の方法

上記を踏まえて、4つの研究項目:A. 環境情報取得手法の開発、B. 人移動軌跡予測モデルの構築、C. ロボット経路生成手法の開発、D. サイバーフィジカル連携基盤の構築、を設定した。モビリティ基盤の全体像、および各研究項目との関係を図1に示す。

(1) 環境情報取得手法の開発: ロボットに搭載されたセンサー(LRF等)により環境情報の取得を行い、センサーの計測範囲内に入った人(一人称視点のデータ)を追跡し、複数人の軌跡データをリアルタイムに計測する手法を開発する。SLAMにより地図データの生成も行う。

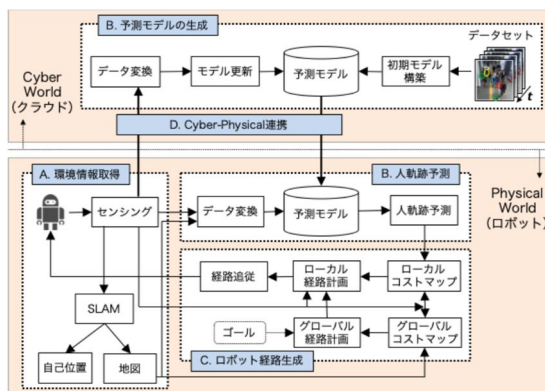


図1: モビリティ基盤技術の全体像

(2) 人移動軌跡予測モデルの構築：既存データセットから環境の特徴を含んだ訓練データを抽出し、機械学習により人移動軌跡予測器を構築する。(1)の出力を用いて予測モデルを更新するとともに、シミュレーションモデルを併用することで、予測精度の向上を目指す。

(3) ロボット経路生成手法の開発：構築した予測モデルの出力から、コストマップを生成する手法を開発する。予測精度を潜在パラメータとすることで、人の存在確率をベイズ推定モデルとして定式化し、この結果を用いて、環境の変化に適応した経路をリアルタイムに生成する手法を開発する。

(4) サイバーフィジカル連携基盤の構築：各研究項目の結果を統合し、サイバーフィジカル連携に基づくモビリティ基盤を構築する。クラウド・IoT 統合システム管理基盤である Logical Sensor Cloud (LSC) を利用する。

4. 研究成果

(1) ロボットと空間を共有する人の状態を実時間で把握するための環境情報取得手法の開発：ロボットに搭載されたセンサーにより環境情報の取得を行い、センサーの計測範囲に入った人を追跡し、複数人の軌跡データをリアルタイムに計測する手法を開発した[1]。本研究では、人物追跡自体には既存手法を用いるが、出力された各人の位置座標を一観測ごとに入力とし、ガウス過程回帰により移動軌跡を出力する手法を開発した。ここでは、少数の入力データから軌跡を予測することで仮想的に情報量を増やし、より精度の高い軌跡結果を出力している。オクルージョン等による追跡失敗時のデータは欠損値またはハズレ値とみなされ、オンラインで追跡結果の予測分布が順次出力されていく。本研究では、5人分の移動軌跡データを、検出範囲4mのLRF(Laser Range Finder)で実際に計測し、本手法により経路を推定する評価実験を行った。結果を図2に示す。各点が入力データであり、推定された軌跡が曲線として出力されている。実験結果から、従来手法では追跡が難しかった軌跡、特に複数人が重なり合い、単一のLRFでは追跡が困難であった軌跡を推定できていることがわかる。

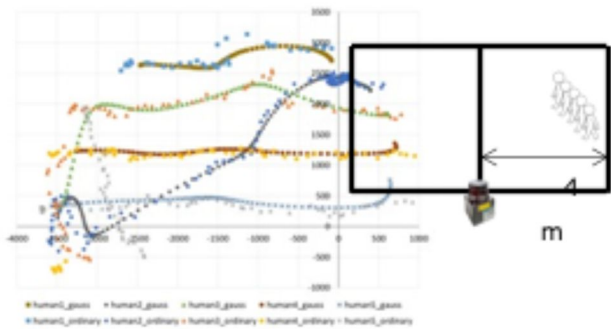
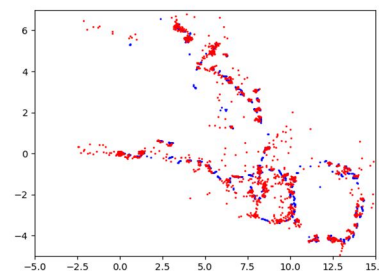
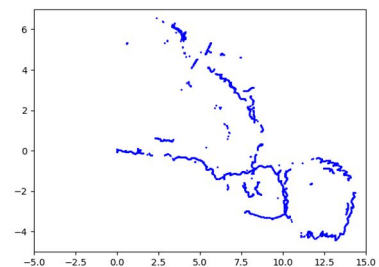


図2：ガウス過程回帰による人移動軌跡の追跡

(2) 未来の状態を予測する人移動軌跡予測モデルの構築：既存データセットから環境の特徴を含んだ訓練データを抽出し、分布間の類似度をKL情報量により比較することで適切な訓練データを構成する手法を開発した[2]。機械学習アルゴリズムを用いて歩行者の未来の移動軌跡を予測する場合、モデル構築時に訓練用に大量の移動軌跡データが必要である。しかし、一般の公共空間では、サービス提供前に十分な量のデータを収集しておくことは困難である。そこで、本研究では、様々な状況での歩行者移動軌跡を大量に含んでいる大規模データセットから訓練データを構成し、これを用いて学習済モデルを構築する手法を開発した。ここではまず、転移元(クラウド上のデータ)と転移先(ロボット側のデータ)の特徴空間の性質をある関数で表現する。次に、これらの関数間の類似度を比較することで、適切な転移元データ集合を選択する。そして、選択されたデータ集合を用いて構築した学習済モデルを用いて軌跡の予測を行う。特徴空間の表現法については、歩行の速度ノルムと角速度ノルムを特徴量とする2次元の特徴空間を設定し、確率密度関数(多次元ガウス分布、および混合ガウス分布)、または確率質量関数(サンプル値の離散分布)を用いている。関数間の類似度は、相対エントロピーを意味するKL情報量を用いて比較する。



移動軌跡の予測については、まず、LRFの計測範囲内に入った人の位置追跡およびロボットの自己位置推定を行いながら、データ変換を行うことで、構築した予測モデルに系列データを入力する。その結果、未来の軌跡データが、予測系列データとして出力される。本研究では、江戸深川資料館において実測した人移動軌跡データを用いて、軌跡予測実験を行った。結果を図3に示す。



図3：江戸深川資料館での実験結果

下図が計測対象のフロアであり，上図と中図が真値（青点），および予測値（赤点）である．計測周期は 10Hz，系列データとしては，8 フレーム分の入力データから，未来軌跡に相当する 12 フレーム分のデータを予測している．本実験により，(1) で構築したモデルを実環境で利用可能であることを検証した．

(3) 安全かつ効率的な移動経路をリアルタイムで生成するロボット経路生成手法の開発：複数の経路生成モデル(制御ポリシー)を条件により切り替える手法の開発を行った[3]．当初コストマップの動的学習を確率モデルとして定式化することを予定していたが[4]，研究課題 A によりセンシング結果の予測分布が得られるようになったことから，人移動軌跡予測を経ずに，強化学習により直接ロボットの経路を生成するモデルの研究を進め，複数モデルを切り替える手法を開発した．これは，混雑した環境であっても安全性と効率性を考慮した経路生成を実現するもので，強化学習モデルに基づく制御，入出力を制御したモデルに基づく制御，PID 制御を組み合わせるハイブリッド方式となっている．

具体的には，ロボット周辺の非占有面積を用いたシナリオ推定方法を導入した．ロボットは，自身に搭載された LiDAR の観測値に基づいてシナリオを推定し，そのシナリオに適したポリシーに従って行動決定することでナビゲーションを行う．シナリオのうちの 1 つは，新たに定義した潜在的リスクシナリオであり，これはロボット前方の混雑度が高く将来的に衝突や振動が発生する可能性が高い状況を表すものである．ここでは，潜在的リスクシナリオを判別する指標として，LiDAR の観測値の積算値，すなわちロボット周辺の非占有面積を導入した．また，シナリオに対応するポリシーとして，空間のひらけた方向へ進むリセットポリシーを設計した．提案手法におけるナビゲーションの流れを図 4 に示す．

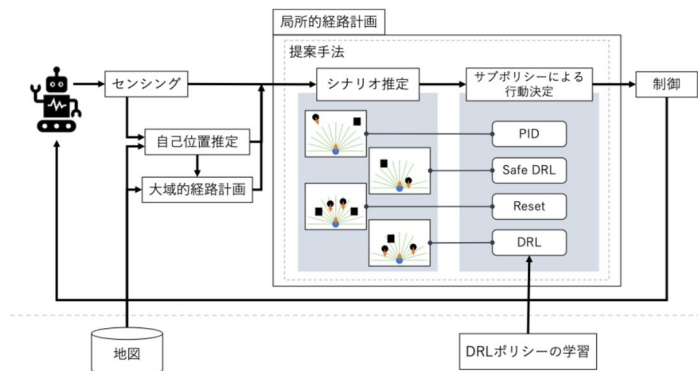


図 4：複数ポリシー切り替えによる経路生成手法

(4) サイバーフィジカル連携に基づく基盤の確立：ここまでの研究項目を統合し，サイバーフィジカル連携に基づくモビリティ基盤を設計した．管理モジュールの設計については，論理センサクラウド（クラウドと IoT の統合システム管理基盤）のシステム構成を設計した[5]．今回，クラウド側とロボット側をリアルタイムで連携させ，一気通貫の実験を行うことはできなかったが，モビリティ基盤のベースとなる各要素技術を開発し，これらをオフラインで連携させ，人と共存する環境においても安全性・効率性を考慮したロボットの自律移動が可能であることを検証した．具体的には，まず，研究項目 A の出力結果を基に，研究項目 B における転移先データセットを生成した．ここでは，歩行の速度ノルムと角速度ノルムを特徴量とする 2 次元の特徴空間を設定することで，環境情報の表現が可能であることを確認した．次に，研究項目 B においてクラウド上に構築された歩行軌跡予測器を，オフラインでロボット側に転送し，推論フェースで利用した．

予測モデル更新手法については，HPC 分野の研究者と連携し，クラウド環境でのハイパーパラメータ自動チューニング技術の開発を行った[6]．ここでは，プログラムを実行しながら自動で性能パラメータの最適化を行うソフトウェア自動チューニング技術を活用し，特に，複数の性能パラメータの取りうる値から離散空間上の探索問題として本課題を定式化した．具体的には，限られた空間から徐々に探索の範囲を広げ，離散空間上を効率よく探索する反復 1 次元探索手法を利用し，軌跡予測プログラムのハイパーパラメータ自動チューニングを実現した．検証実験により，チューニング時間を大幅に削減できること，軌跡の予測精度が向上することを確認した．

< 引用文献 >

- [1] N. Tajima et al. and Y. Kato, Development of a Walking-trajectory Measurement System, International Journal of Mechatronics and Automation, Vol. 9, No. 3, pp. 113-122, 2022.
- [2] R. Akabane and Y. Kato, Pedestrian Trajectory Prediction Based on Transfer Learning for Human-Following Mobile Robots, IEEE ACCESS, Vol. 9, pp. 126172-126185, 2021.
- [3] K. Amano and Y. Kato, Autonomous Mobile Robot Navigation for Complicated Environments by Switching Multiple Control Policies, IEEE IECON 2022, pp. 1-6, 2022.

- [4] 天野加奈子, 加藤由花, 歩行者経路予測に基づくローカルマップを用いた移動ロボットナビゲーション手法, 情報処理学会 DPSWS2021, pp. 222-226, 2021.
- [5] 串田高幸, 永島寛子, 加藤由花, 論理センサクラウド -クラウドと IoT の統合システム管理-, 情報処理学会 DICOM2020, pp. 428-437, 2020.
- [6] S. Fujika et al., Parallelization of Automatic Tuning for Hyperparameter Optimization of Pedestrian Route Prediction Applications Using Machine Learning, HPC Asia 2023, pp. 96-105, 2023.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計43件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Fujika Sorataro, Yajima Yuga, Tanaka Teruo, Fujii Akihiro, Kato Yuka, Ohshima Satoshi, Katagiri Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Parallelization of Automatic Tuning for Hyperparameter Optimization of Pedestrian Route Prediction Applications using Machine Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of the International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region	6. 最初と最後の頁 96-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3578178.3578235	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 Amano Kanako, Komori Anna, Nakazawa Saki, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Impact of Environment on Navigation Performance for Autonomous Mobile Robots in Crowds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2023)	6. 最初と最後の頁 794-799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII55687.2023.10039401	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 天野加奈子, 小森安奈, 中澤咲, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 群衆内を移動するロボットのナビゲーション手法における環境の影響度評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会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 82-90
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 Amano Kanako, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Autonomous Mobile Robot Navigation for Complicated Environments by Switching Multiple Control Policies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2022)	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/IECON49645.2022.9968759	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 Tanaka Midori, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis of Crowd Simulation for Autonomous Mobile Robot Navigation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2022)	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/IECON49645.2022.9969040	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 Tajima Nina, Kato Koichiro, Okada Eriko, Matsuhira Nobuto, Amano Kanako, Kato Yuka	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of a walking-trajectory measurement system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Mechatronics and Automation	6. 最初と最後の頁 113-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJMA.2022.123919	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 天野加奈子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 ロボット周辺の非専有面積を用いた複数ポリシー切替によるナビゲーション手法の検証	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 田中碧, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 ロボットナビゲーション用シミュレータのための環境に適した群衆モデルの評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 Sugimoto Kazuhiko, Kushida Takayuki	4. 巻 661
2. 論文標題 Management of Power Supply for Wi-Fi Module Based on IoT Device Connections	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of the 37th Advanced Information Networking and Applications (AINA 2023), Lecture Notes in Networks and Systems	6. 最初と最後の頁 485-496
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-29056-5_42	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 Koyama Tomoyuki, Kushida Takayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Log message with JSON item count for root cause analysis in microservices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE 6th Conference on Cloud and Internet of Things (CIoT) 2023	6. 最初と最後の頁 55-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CIoT57267.2023.10084901	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 高橋 風太, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 ファイルサーバにおける期限付バックアップ中のユーザの使用帯域幅の動的制御	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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) 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 坂本 一俊, 伊藤 佳城, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 マイクロサービスのCPU使用可能量に基づく最小二乗法を用いた処理リクエスト数の推定	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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) 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 Takagi Yuuki, Kushida Takayuki	4. 巻 13533
2. 論文標題 Accurate Indoor Positioning Based on Beacon Weighting Using RSSI	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of Global Internet of Things Summit - GIoT 2022. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 17-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-20936-9_2	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 高木 優希, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 BLEビーコンにおけるRSSIの出現確率を用いた外れ値除去による屋内位置測位の誤差削減	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 杉本 一彦, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 IoTデバイスへの重み付けと電池残量に基づく中継機能の停止判定によるデータ受信時間の延長	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会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 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 山本 拓海, 杉本 一彦, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 ToFセンサで取得する距離データと検知時間の差に基づく入退室の識別による室内人数の算出	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 杉本一彦, 串田高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 電池残量にもとづく無線中継機能のON/OFFによるデータ受信期間の延長	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 Koyama Tomoyuki, Kushida Takayuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Distributed Log Search Based on Time Series Access and Service Relations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of the 36th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2022)	6. 最初と最後の頁 105-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-99587-4_10	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 天野加奈子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 複数ポリシー切替による複雑な環境に適用可能な自律移動ロボットナビゲーション手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 Akabane Rina, Kato Yuka	4. 巻 9
2. 論文標題 Pedestrian Trajectory Prediction Based on Transfer Learning for Human-Following Mobile Robots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 126172-126185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3111917	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 Tajima Nina, Kato Koichiro, Kurokawa Daigo, Matsuhira Nobuto, Amano Kanako, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of A Walking-Trajectory Measurement System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2021)	6. 最初と最後の頁 920-925
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMA52036.2021.9512592	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 Amano Kanako, Isshiki Haruka, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Autonomous Mobile Robot Navigation by Reinforcement Learning Considering Pedestrian Movement Tendencies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2021)	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/IECON48115.2021.9589076	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 天野加奈子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 歩行者経路予測に基づくローカルマップを用いた移動ロボットナビゲーション手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会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 222-226
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 田中碧, 加藤 由花	4. 巻 -
2. 論文標題 強化学習に基づく自律移動ロボットナビゲーション用シミュレータの設計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会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 227-229
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 天野加奈子, 加藤 由花	4. 巻 -
2. 論文標題 人と共存する自律移動ロボットにおける安全性と効率性を考慮したナビゲーション手法の評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会DICO2021シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 734-740
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 飯島貴政, 串田高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 コンテナ間のプログラムの複製および負荷分散によるノード群でのCPU使用効率の向上	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 秋山佑太, 高木優希, 串田高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 加速度センサーの1歩判定を用いたBLEによる3点測位の精度改善	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 小山智之, 串田高幸	4. 巻 63
2. 論文標題 検索クエリに配慮した配置による分散ログ検索の高速化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 504-514
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 -

1. 著者名 伊藤佳城, 串田高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 負荷テストによるKubernetes Pod構成のCPUとメモリ値の自動設定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会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 147-154
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 高木優希, 串田高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 木構造を拡張したセンサー識別子の自動割当	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 一色春香, 天野加奈子, 加藤由花	4. 巻 DPS-186
2. 論文標題 歩行者の移動傾向を考慮した強化学習による自律移動ロボットナビゲーション	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 杉本 一彦, 串田 高幸	4. 巻 DPS-186
2. 論文標題 天気予報による発電量予測をもとにユーザとセンサーデータのサービスレベルを合意する手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会	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 藤家空太郎, 多部田敏樹, 藤井昭宏, 田中輝雄, 加藤由花, 大島聡史, 片桐孝洋	4. 巻 HPC-178
2. 論文標題 GPUクラスタを用いて並列化した自動チューニングの機械学習プログラムへの適用と安定性の検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会ハイパフォーマンスコンピューティング研究会	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 Nagashima Hiroko, Kato Yuka	4. 巻 29
2. 論文標題 Flexible Imputation Method for Sensor Data based on Programming by Example: APREP-S	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 157-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjjip.29.157	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 Akabane Rina, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Pedestrian Trajectory Prediction Using Pre-trained Machine Learning Model for Human-Following Mobile Robot	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Conference on Big Data Workshop (IoTDA 2020)	6. 最初と最後の頁 3453-3458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData50022.2020.9378477	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 Nagashima Hiroko, Kato Yuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Method for Selecting a Data Imputation Model Based on Programming by Example for Data Analysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Conference on Big Data Workshop (BDPM 2020)	6. 最初と最後の頁 4147-4156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData50022.2020.9377818	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 永島寛子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 データ分析者のためのProgramming by Exampleに基づく補完手法を対象とした補完ルール構成法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会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 58-64
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 赤羽根里奈, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 人物追従ロボットのための歩行経路予測における機械学習用訓練データの構成法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会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 203-208
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 新宮 隆太, 串田 高幸	4. 巻 -
2. 論文標題 分散システムにおけるノードのグルーピングとグループ内マスターノードによる一貫性の強化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会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 195-202
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 Kushida Takayuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Distributed log management for dynamically changing computing environments on cloud	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Big Data Intelligence	6. 最初と最後の頁 157-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJBDI.2020.109670	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 永島寛子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 センサーから取得した時系列データのためのデータ補完手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会DICOM02020シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 167-173
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 串田高幸, 永島寛子, 加藤由花	4. 巻 -
2. 論文標題 論理センサクラウド クラウドとIoTの統合システム管理 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会DICOM02020シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 428-437
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 赤羽根里奈, 加藤 由花	4. 巻 -
2. 論文標題 人物追従ロボットのための歩行者経路予測における機械学習用データ構成法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会DICOM02020シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 838-843
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 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Sorataro Fujika, Teruo Tanaka, Akihiro Fujii, Yuka Kato, Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri
2. 発表標題 Parallelization of Automatic Tuning by Executing Machine Learning Programs in Multiple Jobs
3. 学会等名 The International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田島仁奈, 加藤宏一朗, 岡田映理子, 松日楽信人, 天野可奈子, 加藤由花
2. 発表標題 受付案内ロボットののための歩行軌跡計測システム
3. 学会等名 計測自動制御学会SI部門講演会(SI2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中輝雄, 大島聡史, 藤井昭宏, 加藤由花
2. 発表標題 機械学習ソフトウェアへのソフトウェア自動チューニング技術の適用
3. 学会等名 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第13回シンポジウム (JHPCN 13)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Damate, J. Kawatake, A. Arora, P. Sidhapura, K. Sugimoto, T. Dondelkar, T. Kushida
2. 発表標題 Low power consumption IoT device for data acquisition of air pollution with air chamber
3. 学会等名 Student Project Showcase of IEEE Cloud Computing Emerging Market 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多部田敏樹, 藤家空太郎, 藤井昭宏, 田中輝雄, 加藤由花, 大島聡史, 片桐孝洋
2. 発表標題 マルチGPU環境における機械学習ハイパーパラメータの自動チューニング(1)
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤家空太郎, 多部田敏樹, 藤井昭宏, 田中輝雄, 加藤由花, 大島聡史, 片桐孝洋
2. 発表標題 マルチGPU環境における機械学習ハイパーパラメータの自動チューニング(2)
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田島仁奈, 加藤宏一朗, 黒川大悟, 松日楽信人, 天野可奈子, 加藤由花
2. 発表標題 受付など通過歩行時の人数推定RTCの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会SI部門講演会 (SI2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiki Tabeta, Akihiro Fujii, Teruo Tanaka, Yuka Kato, Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri
2. 発表標題 Enhancing the Performance of Robot Control Technology by Automatic Tuning Hyperparameters of Machine Learning
3. 学会等名 Exhibit at SC20 (the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takamasa Iijima, Takayuki Kushida
2. 発表標題 Unified Request ID assignment on microservices
3. 学会等名 The 9th IEEE Int. Conf. on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020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	串田 高幸 (Kushida Takayuki) (40593794)	東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・教授 (32692)	

	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 協力者	永島 寛子 (Nagashima Hiroko)		
研究 協力者	赤羽根 里奈 (Akabane Rina)		
研究 協力者	天野 加奈子 (Amano Kanako)		
研究 協力者	田中 碧 (Tanaka Midori)		

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