

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11994

研究課題名(和文) エッジコンピューティングによる機械学習の低コスト実現に関する研究

研究課題名(英文) Study on Low-Cost Implementation of Machine Learning by Using Edge Computing

研究代表者

重井 徳貴 (Shigei, Noritaka)

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：90294363

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：1)エッジデバイスにおける機械学習の低コスト化・高精度化として、顔特徴と衣服特徴を用いたディープラーニングに基づく個人識別法，個人識別機能を有する人物自動追跡を行うエッジデバイス，サーモグラフィーによる非接触入力インターフェースの開発を行った。2)機械学習の利用の容易化のための自動的な学習データの収集技術として、2-1)畳み込みニューラルネットワークのための学習データのラベルの自動生成法を提案した。2-2)移動型ノードの自律走行を実現した。3)セキュリティを考慮した機械学習として、エッジシステム上におけるセキュアマルチパーティ計算(SMC)による効果的な学習法と実装方法を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的な意義は、費用と労力の両面で低コスト、セキュアに機械学習を活用できる技術を開発したことである。学術的な意義は、エッジデバイスを用いたアプリケーション開発に関しては、学習法、識別手法、制御法など個別の技術の改善だけでなく、複数の技術を組み合わせる手法を考案することで安価なハードウェアで高い性能を実現していることにある。自動的なデータの収集技術に関しては、複数種類のデータを組み合わせることで精度が改善したことから、アノテーション作業が不要な手法の実現につながる可能性があると考えられる。SMCに基づく機械学習に関しては、セキュリティの向上と実装面を考慮した成果が得られたことが学術的な意義である。

研究成果の概要(英文)：1) To reduce the cost and increase the accuracy of machine learning in edge devices, we developed a personal identification method based on deep learning using facial and clothing features, an edge device for automatic person tracking with a personal identification function, and a contactless input interface using thermography. 2) To facilitate the use of machine learning, we proposed an automatic learning data collection technique for 2-1) convolutional neural networks. 2-1) Automatic generation of labels for training data for convolutional neural networks was proposed as a technique to automatically collect training data for easy use. 2-2) Autonomous driving of mobile nodes was realized. 3) Secure multiparty computation on edge systems was developed as a security-aware machine learning technique. 3) Realized an effective learning method and implementation method using Secure Multi-Party Computation (SMC) as a security-aware machine learning on edge systems.

研究分野：ソフトコンピューティング関連

キーワード：機械学習 エッジコンピューティング ディープラーニング 画像認識 セキュリティ IoT モバイルロボット

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

Edge Computing (EC) は低遅延、スケーラビリティ、セキュリティの面で強みがあることから、近年、Deep Learning (DL)などの機械学習を EC により実行する技術が探求されている[1]。図 1 のような学習済み DL モデルを用いる「推定」については、これまで多くの検討がなされているが、図 2 のような EC 上の DL モデルの「学習」については、これまでほとんど検討されていない[2]。これは、DL の「学習」は必要とされる計算量が非常に多く、非力なエッジノードのみでは一般的な DL モデルをスクラッチから学習することは困難なためである。しかしながら、人物や音声の認識などを伴う応用では、精度を上げるためにユーザや使用環境に応じた学習が必要となり、プライバシーが重視される応用においては、EC による学習の実行が望まれる。本研究課題の核心をなす学術的な問いを以下に示す。

(a) EC において、機械学習における学習の処理をいかに低コストかつ効果的に実現するか？

高性能サーバを必要とする規模の DL モデルの学習は困難であるため、応用において十分な効果が得られる簡素化した DL モデルや学習方法を明らかにする必要がある。また、処理高速化のために、エッジノードによる並列分散処理のアルゴリズムの開発が必要とされる。

(b) 継続的に収集されるセンサデータに対し、ラベルの付与と学習データの抽出をいかに行うか？

教師あり学習の学習データでは、データに対し正解となるラベルを付与する必要がある。また、継続的に収集されるセンサデータでは、学習に適するデータのみを抽出することが望まれる。学習データ収集の処理を、人手を介在させることなく自動的に実行する効果的な手法の開発が必要とされる。

(c) セキュリティやプライバシーを確保したデータの記憶や処理をいかに行うか？

EC においても、データ流出の際に、セキュリティやプライバシーが確保されることが望まれる。精度は落ちるものの、秘匿化された画像データで DL モデルの学習が可能であることが示されている[3]。また、モーションセンサなど秘匿性に優れたセンサ信号からの認識精度は低い。セキュリティ、精度、計算時間のトレードオフに優れた手法の開発が必要とされる。

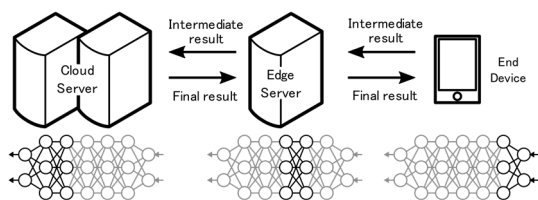


図 1 従来の EC による DL の推定の例

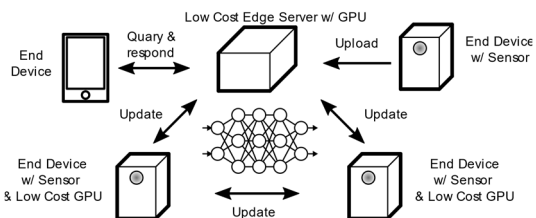


図 2 本研究で想定した EC による DL の実行

2. 研究の目的

本研究の目的は、Edge Computing (EC) において、高精度、高速、低コスト、容易かつセキュアに、Deep Learning (DL) などの機械学習を利用するための技術の開発である。スマート環境構築のためのアプリケーション開発を通じて達成する具体的な目的(a)~(c)を以下に示す。

(a) EC における低コスト、高精度、高速な機械学習の処理の実現

EC における DL の学習の処理に関して、精度、処理時間の点から効果的な分散処理の方法が探求されているが、[1] の Table 4 の手法はいずれも高性能な GPU サーバから構成されるクラスター型計算機などの高価な高性能計算機を用いたものである。図 2 のような処理能力が劣る安価なデバイスのみを用いる場合、分散処理のみならず、精度と処理時間のトレードオフを考慮した簡素化した DL モデルや学習処理の検討が必要となる。

(b) 自動的な学習データの収集技術の実現

画像検索のためのラベル付きのデータを自動的に収集する手法として、1枚の画像から得られる異なる特徴量を相補的に組み合わせる手法が提案されている[4]。先行研究とは異なり、本課題は、複数の画像から抽出される特徴量を相補的に組み合わせることと、屋内を自律的に巡回するモバイルロボットを用いて、自動的に学習データを収集する技術を開発する。

(c) EC におけるセキュリティやプライバシーを確保した機械学習の実現

[3] では、データに雑音を印加することで秘匿化を行っているが、本課題では、雑音を印加せず、サーバ間でデータを分割して保存することでセキュアな計算を実現する SMC (Secure Multi-party Computation) について、セキュリティ、精度、計算時間の面において優れた手法を開発する。また、画像以外に赤外線センサなど秘匿性に優れたセンサを活用することで、プライバシーに優れたシステムを開発する。

3. 研究の方法

本研究課題では、目的(a)、(b)、(c)のそれぞれにおいて、以下のサブテーマについて検討した。

- (a) EC における低コスト、高精度、高速な機械学習の処理の実現
 - (a-1) 入退室管理で使用する姿勢変動に強い画像に基づく個人識別システムの開発
 - (a-2) 個人識別機能を有する人物自動追跡を行うエッジデバイスの開発
 - (a-3) サーモグラフィー画像を用いた非接触入力インターフェースの開発
 - (a-4) 安価なハードウェアを用いた動作を学習可能なモバイルロボットの開発
 - (b) 自動的な学習データの収集技術の実現
 - (b-1) 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) のための学習データのラベルの自動生成法の開発
 - (b-2) データの自動収集のための自律走行機能を有するモバイルロボットの開発 (a-4)
 - (c) EC におけるセキュリティやプライバシーを確保した機械学習の実現
 - (c-1) SMC に基づく機械学習アルゴリズムの開発とセキュリティの改善
 - (c-2) SMC に基づく機械学習における実装面を考慮した手法の開発
 - (c-3) セキュアなセンサデータを用いたアプリケーション開発 (a-3)
- なお、(a-3)と(c-3)および(a-4)と(b-2)は同一のサブテーマである。

4. 研究成果

各サブテーマの研究成果は以下の通りである。

- (a-1) 入退室管理で使用する姿勢変動に強い画像に基づく個人識別システムの開発

提案システムは、ウォークスルー認証に適用することを想定し、識別機能に関しては、安価なシングルボードコンピュータ上に実装可能である。顔画像に加え、トップとボトムの衣服の特徴を識別に用いるとともに(図3)、アンサンブル学習の Adaboost を導入することで、顔画像のみの 73.2% の識別精度を 92.2% まで改善した[5]。

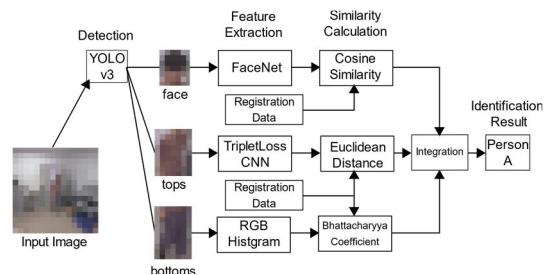


図3 提案個人識別システム[5]

- (a-2) 個人識別機能を有する人物自動追跡を行うエッジデバイスの開発

提案システムは、ウォークスルー認証に加え、監視カメラの機能として人物追跡機能を有している。パンチルトカメラを搭載したシングルボードコンピュータ上に実装し(図4)、1台で広範囲のカバーが可能である。設置を容易にするために設置場所における学習用の画像が少なく済む学習手法、精度を改善するために衣服の特徴を活用した識別手法、追跡精度を改善するための制御手法などを提案し、追跡対象と非対象の2名が写っている状態において、最良の手法は複数の条件において91~98%の精度を達成した[6]。

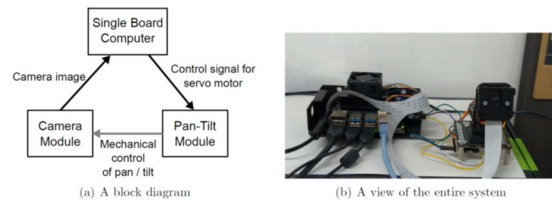


図4 追跡システムの構成[6]

- (a-3) サーモグラフィー画像を用いた非接触入力インターフェースの開発

低コストな赤外線センサを用い、(c-3)のプライバシー確保のメリットがあるサーモグラフィーによる非接触入力インターフェースを開発した[7]。提案システムは、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用い、サーモグラフィー画像から、提示された手指の本数に基づき入力記号を判定するものである。識別精度悪化の原因となる蛍光灯等の背景の映り込み(図5)、提示における位置ずれ等の対策を提案し、対策無しでは85%程度であった精度98%程度まで改善した。

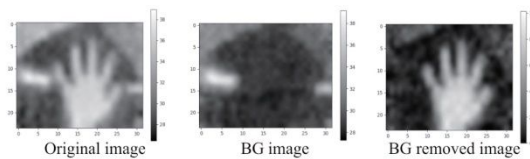


図5 背景削除前、背景画像、背景削除後の像例[7]

- (a-4) 安価なハードウェアを用いた動作を学習可能なモバイルロボットの開発

市販のモデルカー、シングルボードコンピュータ、単眼カメラを用い安価に実装したハードウェアを用いて、屋内における巡回動作を学習させることで自律走行が可能なモバイルロボットを開発した。本システムは、巡回動作を行うことで、屋内監視や(b-2)の機械学習に用いる学習データの収集で活用することを目的としている。提案システムでは、ユーザが所望の動作のための操作を行って準備した学習データを用いて深層学習モデルを学習させることで所望の動作を獲得する。従来モ

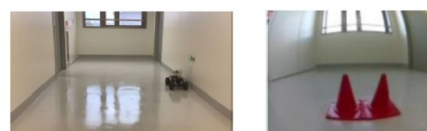
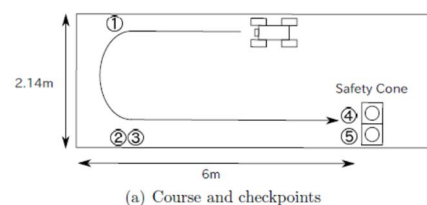


図6 実験に用いた環境[9]

デルでは、狭い屋内で必要となる繰り返し動作や監視で必要となる停止動作が困難であった(図6)。これに対し、時系列を扱える深層学習モデルである LSTM モデルの改善[8]、複数の深層学習モデルを切り替えて使用する手法[9]を提案し、ほぼ完全な動作を実現した。

(b-1) CNN のための学習データのラベルの自動生成法の開発
 CNN を用いた航空写真からの土地利用分類において、航空写真以外の GIS データとして地図画像を用いた学習データのラベルの自動生成法を提案しその有効性を示した[10]。提案手法(図7)では、地図画像の中の地図記号を検出し、検出された地図記号に基づき航空写真を取得し、学習に用いる。地図記号の位置は必ずしも実際の土地利用分類と一致するとは限らないため、学習中の判定モデルを利用して選別を行う。学習データの収集と学習を繰り返すことで、正答率は 71.5%から 77.5%まで向上することを示した。

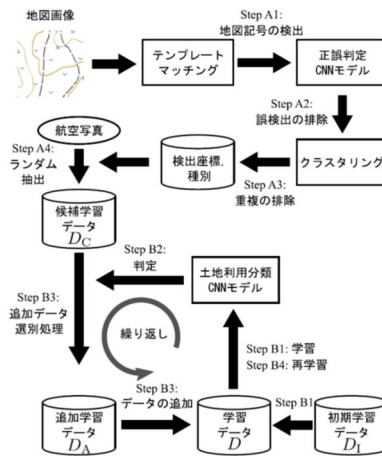


図7 土地利用分類における提案手法の概要

(c-1) SMC に基づく機械学習アルゴリズムの開発とセキュリティの改善

SMC は複数のサーバにおいてデータやパラメータを秘匿データとして分散させて計算を行う手法である。種々の機械学習の SMC のアルゴリズムを提案し、ベクトル量子化[11]、粒子最適化[12]、ニューラルネットワークにおける誤差逆伝播法(BP)[13,14,15]のための SMC のアルゴリズムを提案している。このうち、よりセキュアな SMC の手法として、従来は固定であったデータの分解方法を、随時更新する手法を提案し、セキュリティの向上を実現した[13]。

(c-2) SMC に基づく機械学習における実装を考慮した手法の開発

BP の SMC のアルゴリズムにおいて、実装を考慮して、計算時間の削減と通信が制限される場合に対応した手法を検討した。計算時間の削減に関しては、従来は全部のサーバで更新を行っていたのに対し、一部のサーバのみで更新を行う手法を提案し、計算量の削減を実現した[14]。通信の制限に関しては、通信可能なサーバのみで更新を行う手法を提案し学習可能であることを示した[15]。また、より実装面を考慮した手法として、ソケット通信を用いた実装においてタイムアウトを導入し、通信可能な一部のサーバ間のみで更新を継続する手法を提案し、処理時間と通信不能時の問題の両方に対処できることを示した[16]。

参考文献

[1] J. Chen and X. Ran, "Deep Learning with Edge Computing: A Review," Proc. of the IEEE, vol. 107, no. 8, 2019.
 [2] M.G. Sarwar Murshed et al., "Machine Learning at the Network Edge: A Survey," arXiv:1908.00080 [cs.LG], 2019.
 [3] T. Zhang et al., "Privacy-preserving Machine Learning through Data Obfuscation," arXiv:1807.01860 [cs.CR], 2018.
 [4] Y. Lv et al., "Retrieval Oriented Deep Feature Learning With Complementary Supervision Mining," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 27, no. 10, 2018.
 [5] R. Yamaguchi et al., "Personal Identification by Learning-Based Integration of Facial and Clothes Similarities," Proc. of 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.307-308, 2020.
 [6] K. Ogura et al., "Robust person tracking by pan-tilt camera with low-cost single board computer," ICIC Express Letters, vol.16, pp.381-389, 2022.
 [7] W. Chidiwa et al., "Accuracy Improvement of Thermography Image Recognition for Contactless Input Device," ICIC Express Letters, Part B: Applications, vol.13, pp. 1277-1284, 2022.
 [8] R. Fukuoka et al., "Self-driving model car acquiring three-point turn motion by using improved LSTM model," Artificial Life and Robotics, vol. 26, pp. 423-431, 2021.
 [9] R. Shimasaki et al., "Improvement of Self-Driving Model Car for Indoor Patrol Task," International Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol. 18, pp.1829-1839, 2022.
 [10] 平島 景ほか, "航空写真からの CNN による土地利用分類の半教師あり学習を用いた精度改善," 知能と情報, 33, pp.520-524, 2021.
 [11] Hirofumi Miyajima et al., "Learning algorithms for vector quantization using vertically partitioned data with IoT," Artificial Life and Robotics, vol. 26, pp. 283-

290, 2021.

[12] Hirofumi Miyajima et al., " Securely Distributed Computation with Divided Data for Particle Swarm Optimization," The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2021.

[13] Hirofumi Miyajima et al., " Federated Learning with Divided Data for BP," The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2021.

[15] 宮島 洋文ほか, "秘匿分解データによる BP 学習アルゴリズムの計算量削減," 知能と情報, vol.35, pp.506-510, 2023.

[14] Hirofumi Miyajima et al., "The generalized BP method of secret distributed processing with divided data," International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022.

[16] Y. Higo et al., "Computation Time Reduction and Accuracy Improvement of Secure Multiparty Computation for Back Propagation by Introducing Communication Timeout," International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2023.

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 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kohei OGURA, Noritaka SHIGEI, Hiromi MIYAJIMA	4. 巻 16
2. 論文標題 Robust person tracking by pan-tilt camera with low-cost single board computer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 381 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.16.04.381	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 Ryo Fukuoka, Noritaka Shigei, Hirofumi Miyajima, Yoshihiro Nakamura, Hiromi Miyajima	4. 巻 26
2. 論文標題 Self-driving model car acquiring three-point turn motion by using improved LSTM model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 423 ~ 431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-021-00697-9	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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 26
2. 論文標題 Learning algorithms for vector quantization using vertically partitioned data with IoT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 283 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-021-00683-1	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 平島 景, 重井 徳貴, 杉本 知史, 石塚 洋一, 宮島 廣美	4. 巻 33
2. 論文標題 航空写真からのCNNによる土地利用分類の半教師あり学習を用いた精度改善	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 知能と情報	6. 最初と最後の頁 520 ~ 524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jssoft.33.1_520	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 Wataru Chidiwa, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima,	4. 巻 13
2. 論文標題 Accuracy Improvement of Thermography Image Recognition for Contactless Input Device	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 1277-1284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.13.12.1277	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 -

[学会発表] 計26件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Yoshiki Higo, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, and Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Computation Time Reduction and Accuracy Improvement of Secure Multiparty Computation for Back Propagation by Introducing Communication Timeout
3. 学会等名 International Symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 千々和航, 重井徳貴, 宮島廣美
2. 発表標題 サーモグラフィー画像を用いた非接触入力装置における 位置ずれを考慮した精度改善
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Shimasaki, Noritaka Shigei, Hirofumi Miyajima, Yoshihiro Nakamura, and Hiromi Miyajima
2. 発表標題 Improvement of Self-Driving Model Car for Indoor Patrol Task
3. 学会等名 International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima and Norio Shiratori
2. 発表標題 Secure Distributed Processing of NG with Updatable Decomposition Data and Parameters
3. 学会等名 2022 International Conference on Networking and Network Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮島洋文, 重井徳貴, 宮島廣美, 白鳥則郎
2. 発表標題 秘匿分散処理による機械学習法の計算量軽減
3. 学会等名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮島 洋文, 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎
2. 発表標題 秘匿分解データによるBP学習アルゴリズムの改善
3. 学会等名 第38回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima and Norio Shiratori
2. 発表標題 Simplified Secure Distributed Processing of BP with Decomposition Data
3. 学会等名 2022 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wataru Chidiwa, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima
2. 発表標題 Accuracy Improvement of Thermography Image Recognition for Contactless Input Device
3. 学会等名 The Fifth International Symposium on Information and Knowledge Management (ISIKM2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenshiro Yamanaka, Noritaka Shigei, Hirofumi Miyajima, Hiromi Miyajima
2. 発表標題 Face image recognition resistant to posture fluctuations using intermediate template vectors and UMAP
3. 学会等名 International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori
2. 発表標題 The generalized BP method of secret distributed processing with divided data
3. 学会等名 International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori
2. 発表標題 Securely Distributed Computation with Divided Data for Particle Swarm Optimization
3. 学会等名 The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori
2. 発表標題 Federated Learning with Divided Data for BP
3. 学会等名 The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 千々和 航, 重井 徳貴
2. 発表標題 サーモグラフィーと深層学習を用いた非接触入力装置における背景情報を用いた識別精度改善
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 千々和航, 重井徳貴, 宮島廣美
2. 発表標題 サーモグラフィー画像と深層学習を用いた非接触インターフェースに関する検討
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 肥後佳季, 重井徳貴
2. 発表標題 セキュアマルチパーティ計算による誤差逆伝播法の高速度と精度改善の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中謙志郎, 重井徳貴
2. 発表標題 顔の向きを考慮したテンプレートをを用いた姿勢変動に頑健な個人識別法
3. 学会等名 電子情報通信学会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Ogura, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima
2. 発表標題 Robust Person Tracking by Pan-Tilt Camera with Low-Cost Single Board Computer
3. 学会等名 International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平島 景、重井 徳貴、杉本 知史、石塚 洋一、宮島 廣美
2. 発表標題 半教師あり学習を用いた航空写真からのCNNによる土地利用分類
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 涼太、小倉 弘平、重井 徳貴、宮島 廣美
2. 発表標題 入退室管理のための顔特徴と衣服特徴による個人識別法と複数フレームを用いた識別
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島 洋文, 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎
2. 発表標題 簡易秘密計算法による安全なPSOの実現
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamaguchi Ryota, Shigei Noritaka, Miyajima Hirofumi, Miyajima Hiromi
2. 発表標題 Personal Identification by Learning-Based Integration of Facial and Clothes Similarities
3. 学会等名 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori
2. 発表標題 Simplified Security Learning Using Vertically Partitioned Data with IoT
3. 学会等名 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内山 拓哉, 重井 徳貴, 杉本 知史, 石塚 洋一, 宮島 廣美
2. 発表標題 斜面モニタリングにおけるニューラルネットワークを用いた傾斜角度の推定
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 有村 和也、重井 徳貴、森田 千尋、石塚 洋一、宮島 廣美
2. 発表標題 複数のパッチ画像を用いたCNNによる耐候性鋼材のさびの外観評価
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島 洋文, 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎
2. 発表標題 セキュアマルチパーティ計算によるエッジシステム上のBP学習法の提案
3. 学会等名 情報処理学会 第185回マルチメディア通信と分散処理研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Fukuoka, Noritaka Shigei, Yoshihiro Nakamura, Hiromi Miyajima
2. 発表標題 CNN and LSTM models for acquiring stop and turn motion of self-driving model car
3. 学会等名 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics (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
研究分担者	宮島 洋文 (Miyajima Hirofumi) (60781995)	長崎大学・情報データ科学部・准教授 (17301)	

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