

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00170

研究課題名（和文）クラウドサービス利用者の安心感を高めるセキュアマルチパーティ簡易計算

研究課題名（英文）Secure multi-party computation methods to increase peace of mind for cloud service users

研究代表者

宮島 洋文（Miyajima, Hirofumi）

長崎大学・情報データ科学部・准教授

研究者番号：60781995

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：クラウド上のデータを安全かつ安心して利用するために、データを暗号化し、データを復号化することなく機械学習を実現するアルゴリズムの提案を行った。また、エッジシステムと呼ばれるクラウドシステムに対し、データの安全性を考慮した機械学習のアルゴリズムの提案を行った。これらの提案アルゴリズムは従来の機械学習のアルゴリズムとは異なる計算処理を行うが、数値実験を実施し、従来の機械学習手法と同等の高い精度となることを確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

クラウドコンピューティングによるデータの管理や機械学習を用いたデータの分析は、医療分野をはじめとして、さまざまな分野で用いられている。しかしながら、実際のシステムにおいては、データの安全性が高いシステムでなければ、ユーザは安心して秘匿性の高いデータをシステム上に預けることができず、システムを利用することが困難である。そのため、本研究におけるデータの安全性を考慮した機械学習の提案アルゴリズムを応用することで、秘匿性の高いデータについても、ユーザが安心してデータを管理・分析することができると期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to use data in the cloud safely and securely, we proposed an algorithm for machine learning without encrypting and decrypting the data. We also proposed algorithms for machine learning that take data security into account for cloud systems, called edge systems. Although these proposed algorithms perform different computational processes from conventional machine learning algorithms, we conducted numerical experiments and confirmed that the accuracy of the proposed algorithms is as high as that of conventional machine learning methods.

研究分野：情報学

キーワード：簡易秘密計算法 エッジコンピューティング 機械学習

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 本研究に関する国内外の研究動向と位置づけ

クラウドとは、インターネットを介して不特定多数の個人または企業に対して計算資源を提供するサービスのことである。クラウド上のコンピューティングの普及により、サーバに集積された膨大な情報を分析し市場価値を創造するビッグデータ分析、IoT (Internet of Things)や人工知能分野等、データの有効活用が可能となる。一方で、データをクラウド上で管理することに対して、ユーザはセキュリティに関する懸念を持っている。実際個人情報に関するパーソナルデータの利用や運用の方法に関して、サービス事業者からの情報漏洩やプライバシー侵害のニュースが世間を賑わすことも少なくない。そのため、クラウド上で管理する個人情報や機密情報をいかにして保護するかは、重要な課題である。その解決方法の一つとして、データの秘匿を目的として分散処理することを可能にする安全なシステム技術開発が注目され、国内外で盛んに研究開発が進められている。

### (2) 着想に至った理由

クラウドシステムにおいてデータの安全性を高める手法の一つである秘匿システム技術においては、データを可読不能な秘匿データに変換し、サーバ上で管理する。ユーザからデータを用いた計算処理を要求された場合は、クラウド上の秘匿データをそのまま利用して計算処理を行い、ユーザに計算結果を伝えることを実現する。さらにデータの安全性を高めるために、クラウド内のデータを複数のサーバに分散して記憶するシステムに関する研究が行われている。この分野の従来研究としては、電子的割符技術などの秘密分散法、セキュアマルチパーティ法による計算を用いる秘密計算法やデータとプログラムを分けて記憶する方法などが知られている。しかしながら、クラウド上でのデータ分散と秘匿データにより簡易的に計算を実現する研究は始まったばかりであり、十分な方法論は知られていない。ここで、機械学習は、IoT や人工知能分野をはじめとして、さまざまな分野において活用されている。そこで、著者らは、機械学習に対して秘匿システム技術を組み合わせた手法の研究に取り組んだ。本研究においては、各データを複数のサーバに分割して処理することを目指しており、既知の並列アルゴリズムの研究と類似の発想をもつ。この場合、データが暗号化されているかどうかは異なっている。筆者等のグループでは、複数サーバ上に分散記憶された秘匿（簡易暗号化）データを用いて、マイニングや機械学習等のデータ処理を安全に実現する理論構築とそのシステム開発を行うことを目指した。

## 2. 研究の目的

クラウドに記憶される各データを分割した後に複数のサーバに分散し、各サーバ上での部分計算を統合して必要情報をユーザに提供するシステムを構築する。これを実現するために、以下の(1)~(4)の技術を確立する。

### (1) 簡易秘密計算システムの構築

データを復号化することなく機械学習の計算処理を実現するために、分散記憶された秘匿（暗号）データの新しい表現とその計算法を提案する。

### (2) 簡易秘密計算アプリケーションインタフェース(API)の実現

クラウド内の計算システムとユーザのデータ処理を結びつけるアプリケーションインタフェース (API) を開発する。これにより、ユーザ側の負担ができるだけ軽く使い易いシステム開発を可能とする。また、実際に、クラウド上でニューラルネットワークによる機械学習や Q 学習などの強化学習を実装し、学習の有効性を評価する。

### (3) 安心性・安全性評価

秘匿データを分散記憶して処理するシステムの安全性を評価する理論を構築し、実際に評価を行う。具体的には、信頼性や待ち行列理論をベースに新しい理論構築を行い、本システムの有効性を理論的に評価する。

### (4) 基盤技術の確立とまとめ

上記(1)、(2)、(3)の技術を統合してプロトタイプを構築し、実証試験を行い、代表者、研究分担者と研究協力者が相互に連携協力しながら基盤技術を確立する。

## 3. 研究の方法

研究目的を達成するために4つの研究テーマを設定し、それぞれ推進する。

### (1) 簡易秘密計算システムの構築

① 文献調査を行い、データを複数のサーバに分散して記憶する手法、および分散表現法を用いた機械学習のアルゴリズムの従来手法について総括する。

② データを複数のサーバに分散して記憶する手法について、機械学習に適した手法の提案を行う。また、データの分散表現法を用いた機械学習のアルゴリズムの新たな手法を提案する。

### (2) アプリケーションインタフェース (API) の実現

- ① データ分散方式に基づいた機械学習の従来手法に基づく API を実装し、その有効性の確認を行う。
- ② 提案手法に基づいた API を実装する。また、実装した結果について、従来手法と比較し、提案手法の有効性を確かめる。
- ③ 安心性・安全性評価  
システムの安心・安全性を定量的に評価するために、文献調査を行い、安心性・安全性評価の従来手法について調査を行う。また、新しい理論構築を行う。さらに、それらを提案システムへ応用し、提案手法に対する評価を行う。
- ④ 基盤技術の確立とまとめ  
上記(1)、(2)、(3)の技術を統合してプロトタイプを構築し、実証試験を行い、それらを基に基盤技術を確立する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 簡易秘密計算システムにおける機械学習のアルゴリズムの構築

IoT や人工知能分野等における技術の進歩に伴い、機械学習に関する多くの研究が行われている。一方で、機械学習を用いたビッグデータの解析など、複雑かつ大規模な計算が必要となる場合には、クラウドシステムが広く用いられている。本研究においては、クラウド上で管理するデータに対して簡易秘密計算法を適用し、データの安全性を高めつつ機械学習を実現する手法の提案を行った。図1に、提案モデルの概略を示す。図1においては、クラウド上に預けるデータ  $x$  について、簡易秘密計算法に従い、 $Q$  個のデータ  $x^{(1)}, \dots, x^{(Q)}$  に分解する。分解後のデータは複数のサーバに分けて保管する。ここでは、 $q$  番目のサーバに対して  $x^{(q)}$  が送られるとする ( $q = 1, \dots, Q$ )。次に、 $q$  番目のサーバ内部において計算処理  $f_q(x^{(q)})$  を実行し、計算結果をサーバ0に送る。サーバ0

においては、各サーバにおける計算結果を統合し、 $f(x) = \bigcirc_{q=1}^Q f_q(x^{(q)})$  を計算する。ここで、 $\bigcirc_{q=1}^Q$  は統合処理計算を示す。

本研究の目的は、 $f(x)$  が機械学習の計算結果と一致するように、各サーバ内部における計算処理  $f_1(\cdot), \dots, f_Q(\cdot)$ 、

および統合処理計算  $\bigcirc_{q=1}^Q$  を提案することである。なお、図1においては使用するデータは1個のみであるが、本研究においては複数のデータを使用する機械学習を扱う。また、図1においては各サーバにおける計算処理および計算結果の送信は1回のみであるが、実際の提案手法においては、必要に応じて同様の過程が複数回、繰り返される。

本研究においては、階層型ニューラルネットワーク、ファジィシステム、ベクトル量子化、強化学習の基本的な機械学習手法について、簡易秘密計算システムにおけるアルゴリズムの提案を行った(参考文献 1. -7.)。これらの提案手法においては、既存の簡易秘密計算法におけるデータの分解手法を用いた。また、提案手法を用いたプログラムを作成し、いくつかのデータを用いて数値実験を行い、提案手法が従来手法と同様に有効な手法であることを確かめた。安心性・安全性の検証については、提案手法のアルゴリズム中において、各サーバの内部や外部においてデータを復号化することが可能な箇所がないことを確認し、暗号化前のデータの流出等の危険性についての検証を行った。

##### (2) エッジシステムにおける機械学習のアルゴリズムの構築

通常のクラウドコンピューティングにおいては、複数のユーザが同一のサーバを利用する。また、近年ではIoTへの移行が進み、サーバを使用するユーザ(人やモノ)が多くなっている。しかしながら、サーバを利用するユーザが多い場合にはサーバの負担が増えて処理能力が低下する可能性がある。この問題を解決する手法の一つとし

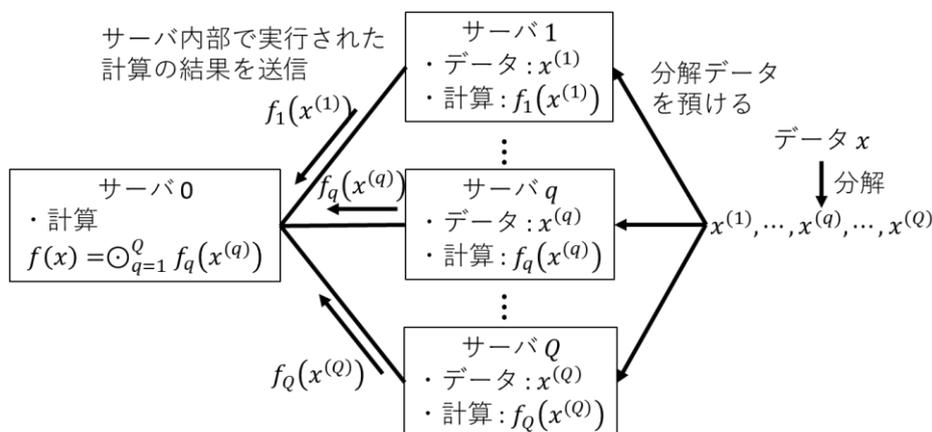


図1 簡易秘密計算システムにおける提案モデルの概略

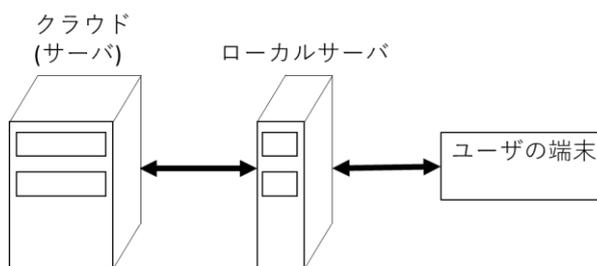


図2 エッジシステムの概略図

て、エッジシステムが提案されている。エッジシステムにおいては、図2に示すように、ユーザの端末とクラウドの間にエッジと呼ばれるサーバを置くことにより、クラウド(サーバ)の負担を減らすことを目的とする。著者らが本研究を進めるうちに、このエッジシステムが本研究のテーマと関連が

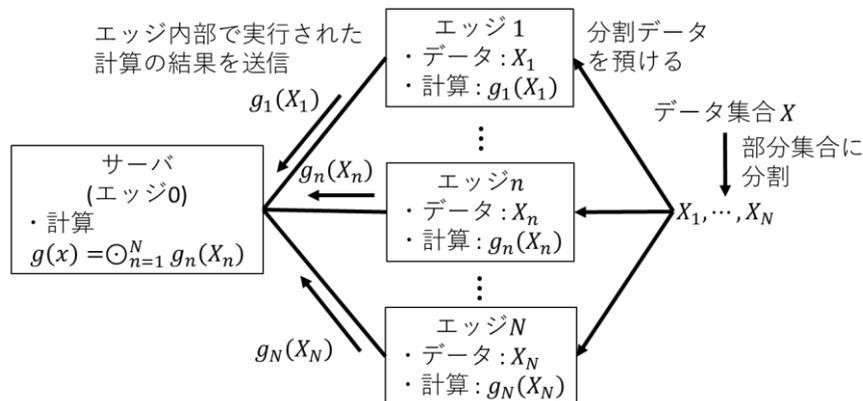


図3 エッジシステムにおける提案モデルの概略

あることが判明した。そこで、エッジシステム上で管理するデータに対して、データの安全性を高めつつ機械学習を実現する手法の提案を行った。図3に、提案モデルの概略を示す。図3においては、クラウド上に預けるデータの集合 $X$ について、 $N$ 個の部分集合 $X_1, \dots, X_N$ に分解する。分解後のデータは複数のエッジに分けて保管する。ここでは、 $n$ 番目のエッジに対して $X_n$ が送られるとする( $n = 1, \dots, N$ )。次に、 $n$ 番目のサーバ内部において計算処理 $g_n(X_n)$ を実行し、計算結果をエッジ0に送る。エッジ0においては、各サーバにおける計算結果を統合し、 $g(X) = \bigoplus_{n=1}^N g_n(X_n)$ を計算する。ここで、 $\bigoplus_{n=1}^N$ は統合処理計算を示す。本研究の目的は、 $g(x)$ が機械学習の計算結果と一致するように、各サーバ内部における計算処理 $g_1(\cdot), \dots, g_N(\cdot)$ 、および統合処理計算 $\bigoplus_{n=1}^N$ を提案することである。なお、図3においては各エッジにおける計算処理および計算結果の送信は1回のみであるが、実際の提案手法においては、必要に応じて同様の過程が複数回、繰り返される。

本研究においては、階層型ニューラルネットワーク、ベクトルの基本的な機械学習手法について、エッジシステムにおけるアルゴリズムの提案を行った(参考文献 8.-12.)。これらの提案手法におけるデータ集合の分割方法としては、広く用いられている水平分割だけでなく、垂直分割を用いた手法の提案を行った。また、提案手法を用いたプログラムを作成し、いくつかのデータを用いて数値実験を行い、提案手法が従来手法と同様に有効な手法であることを確かめた。安心性・安全性の検証については、提案手法のアルゴリズム中において、各サーバの内部や外部においてデータの部分集合を統合することが可能な個所がないことを確認し、データ全体が流出する危険性についての検証を行った。

#### <引用文献>

1. [Hirofumi Miyajima](#), Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Norio Shiratori, New Privacy Preserving Clustering Methods for Secure Multiparty Computation, Artificial Intelligence Research, Vol.6, No.1, 2017
2. [Hirofumi Miyajima](#), Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Norio Shiratori, A proposal of privacy preserving reinforcement learning for secure multiparty computation, Artificial Intelligence Research, Vol.6, No.2, 2017, 57-68
3. [Hirofumi Miyajima](#), Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Noritaka Shigei, Learning Method of Fuzzy Inference Systems for Secure Multiparty Computation, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists : Transactions on Engineering Technologies, Springer, 2017, 227-242
4. [Hirofumi Miyajima](#), Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, A Proposal of Profit Sharing Method for Secure Multiparty Computation, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.14, No.2, 2018, 727-735
5. [Hirofumi Miyajima](#), Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Proposal of Privacy Preserving Machine Learning of IoT, Artificial Intelligence Research, Vol.7, No.2, 2018, 26-33
6. [宮島 洋文](#), 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎, 簡易秘密計算法による安全な連続値Q-learningの実現, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.20, No.2, 2018, 1-7
7. [Hirofumi Miyajima](#), Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Analog Q-learning Methods for Secure Multiparty Computation, Journal of Computer Science, Vol.45, No.4, 2018.
8. [宮島 洋文](#), 宮島 廣美, 白鳥 則郎, IoTに対するクラスタリングの安全で高速な学習法, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.21, No.2, 2019, 9-16
9. [Hirofumi Miyajima](#), Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Fast and Secure Edge-computing Algorithms for Classification Problems, IAENG International Journal of Computer Science,

Vol.46, No.4, 2019, 512-517

10. Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Simplified Security Learning using Vertically Partitioned Data with IoT, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, Vol. 12, No. 3, 2021, 412-423

11. Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Learning algorithms for vector quantization using vertically partitioned data with IoT, Artificial Life and Robotics, 2021, 283-290

12. Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori, Secure Learning Systems using Vertically Partitioned Data with IoT, IAENG International Journal of Computer Science, Vol.49, No.1, 2022, 61-68

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hirofumi Miyajima, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.46, No.4
2. 論文標題 Fast and Secure Edge-computing Algorithms for Classification Problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IAENG International Journal of Computer Science	6. 最初と最後の頁 512,517
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 宮島 洋文, 宮島 廣美, 白鳥 則郎	4. 巻 Vol.21, No.2
2. 論文標題 IoTに対するクラスタリングの安全で高速な学習法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌	6. 最初と最後の頁 9,16
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 14
2. 論文標題 A Proposal of Profit Sharing Method for Secure Multiparty Computation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control	6. 最初と最後の頁 727-735
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 Hirofumi Miyajima, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 7
2. 論文標題 Proposal of Privacy Preserving Machine Learning of IoT	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Artificial Intelligence Research	6. 最初と最後の頁 26-33
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 宮島 洋文, 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎	4. 巻 Vol.20, No.2
2. 論文標題 簡易秘密計算法による安全な連続値Q-learningの実現	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌	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 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 Vol.45, No.4
2. 論文標題 Analog Q-learning Methods for Secure Multiparty Computation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Computer Science	6. 最初と最後の頁 623-629
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.6, No.1
2. 論文標題 New Privacy Preserving Clustering Methods for Secure Multiparty Computation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Artificial Intelligence Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5430/air.v6n1p27	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, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.6, No.2
2. 論文標題 A proposal of privacy preserving reinforcement learning for secure multiparty computation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Artificial Intelligence Research	6. 最初と最後の頁 57-68
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami and Noritaka Shigei	4. 巻 -
2. 論文標題 Learning Method of Fuzzy Inference Systems for Secure Multiparty Computation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International MultiConference of Engineers and Computer Scientists : Transactions on Engineering Technologies	6. 最初と最後の頁 227-242
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.14, No.2
2. 論文標題 A Proposal of Profit Sharing Method for Secure Multiparty Computation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control	6. 最初と最後の頁 727-735
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol. 12, No. 3
2. 論文標題 Simplified Security Learning using Vertically Partitioned Data with IoT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 412-423
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.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) 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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.49, No.1
2. 論文標題 Secure Learning Systems using Vertically Partitioned Data with IoT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IAENG International Journal of Computer Science	6. 最初と最後の頁 61-68
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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 Vol.2, Issue 1
2. 論文標題 Machine Learning with Distributed Processing using Secure Divided Data: Towards Privacy-Preserving Advanced AI Processing in a Super-Smart Society	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Networking and Network Applications	6. 最初と最後の頁 48-60
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23件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件)

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 第36回ファジ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 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 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 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 宮島 洋文
2. 発表標題 IoTに対する安全な階層型ニューラルネットワークの学習法の提案
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Proposal of fast and secure machine learning for IoT
3. 学会等名 International Conference on Soft Computing and Machine Learning 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Fast and Secure Back-Propagation Learning using Vertically Partitioned Data with IoT
3. 学会等名 CANDAR 2019 : The Seventh International Symposium on Computing and Networking (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noritaka Shigei
2. 発表標題 Fast and Secure Learning Algorithms for Classification Problems using Vertically Partitioned Data with IoT
3. 学会等名 International Symposium on Artificial Life and Robotics 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima
2. 発表標題 Proposal of Fast and Secure Clustering Method for IoT
3. 学会等名 International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Proposal of Fast and Secure Machine Learning for IoT
3. 学会等名 International Conference on Soft Computing and Machine Learning 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori
2. 発表標題 A Proposal of Profit Sharing Method for Secure Multiparty Computation
3. 学会等名 12th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Yohtaro Miyanishi, Shinji Kitagami, Norio Shiratori
2. 発表標題 Privacy Preserving in the Analog Model for Secure Multiparty Computation
3. 学会等名 International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Privacy Preserving Machine Learning Methods for Secure Multiparty Computation using Divided Data
3. 学会等名 2017 International Symposium for Advanced Computing and Information Technology (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima
2. 発表標題 Security and Privacy preserving for Machine Learning using Secure Multiparty Computation
3. 学会等名 2018 International Conference for Leading and Young Computer Scientists (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島 洋文, 重井 徳貴, 白鳥 則郎
2. 発表標題 簡易秘密計算による安全なQ-learningの実現
3. 学会等名 第33回ファジシステムシンポジウム
4. 発表年 2017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 簡易秘密計算法におけるProfit Sharingの実現
3. 学会等名 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noritaka Shigei, Kota Sakamoto
2. 発表標題 Acceleration of Q-Learning for Air Conditioner Controlling Based on Users' Sensory
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Engineering and Natural Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴立政輝, 宮島洋文, 重井徳貴, 宮島廣美
2. 発表標題 ハイブリッドPSOによる階層型ニューラルネットワークの学習時間と精度に関する考察
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 2017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 International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2021 (国際学会)
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 International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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 (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 秘匿分解データによるBP学習の一般化
3. 学会等名 第37回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島 洋文
2. 発表標題 IoT に対する安全なPSOを用いた学習法の提案
3. 学会等名 第74回電気・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 宮島 洋文, 重井 徳貴, 宮島 廣美, 白鳥 則郎
2. 発表標題 秘匿分解データを用いた新しい機械学習
3. 学会等名 第189回マルチメディア通信と分散処理研究発表会
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	白鳥 則郎  (Shiratori Norio)  (60111316)	中央大学・研究開発機構・機構教授   (32641)	
研究分担者	重井 徳貴  (Shigei Noritaka)  (90294363)	鹿児島大学・理工学域工学系・准教授   (17701)	

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