

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04101

研究課題名（和文）エッジ連携と秘密計算の自律協調に基づく超高信頼IoTプラットフォームの提案

研究課題名（英文）Highly-reliable IoT platform based on autonomous collaboration of edge cooperation and secure computation

研究代表者

佐藤 文明（SATO, Fumiaki）

東邦大学・理学部・教授

研究者番号：40273164

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、エッジコンピューティングにおいて高い信頼性と安全性を提供することで、超高信頼型IoTプラットフォームを形成することができた。本研究の特徴は、秘密計算をエッジ・クラウド間で分散することができ、セキュリティ的に安全な状態でIoTシステムや分散システムを構築できることである。本研究では、クラウドとエッジの負荷状況に応じて役割分担をすることで動的に負荷を分散できた。また、IoTシステムの例として、電動車いすの自動運転制御や、車両前方画像の認識による危険車両検知・アラートシステムの構築などに適用できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、近年普及しつつあるクラウドを用いたIoTシステム開発において、遅延や負荷の集中の問題を解決するための研究である。この問題を解決するため、エッジとクラウドを連携させ、適切に役割分担や負荷分散する方法の研究を実施した。また、複数のエッジやクラウドを活用するため、データの流出を考慮して、秘密計算を使ってデータを扱う方法の研究を行っていることが、この研究の特徴である。秘密計算を使った機械学習の研究により、データ流出に強い機械学習システムの構築が可能となっている。これらの成果は、クラウド・エッジ連携システム上のIoTシステム開発にとって重要な成果である。

研究成果の概要（英文）：In this research, we were able to form an ultra-reliable IoT platform by providing high reliability and security in edge computing. The feature of this research is that secret calculations can be distributed between the edge and cloud, and IoT systems and distributed systems can be constructed in a secure state. In this study, we were able to dynamically distribute the load by dividing the roles according to the load on the cloud and the edge. In addition, as an example of an IoT system, it could be applied to automatic driving control of electric wheelchairs and construction of dangerous vehicle detection / alert system by recognizing the image in front of the vehicle.

研究分野：情報科学

キーワード：エッジコンピューティング IoT 負荷分散 秘密計算 分散処理

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、身の周りのあらゆるモノをインターネットで繋ぐ IoT の概念が注目を集めている。IoT 技術の発展やデバイスの性能向上に伴い、現在では動画像や各種センサデータ等、実世界の状況を示す様々なデータを IoT デバイスから取得できるようになっており、その利便性から 2020 年には IoT デバイスが全世界で約 300 億個に増大すると推測されている (総務省平成 29 年版情報通信白書より)。従来、IoT やビッグデータの分野ではこれまでデバイス等から取得したデータを加工せずそのままクラウドに集約し、クラウドでデータの分析や加工を行うといった構成となっていた。しかしクラウド集中型のシステムでは、通信遅延の問題や、プライバシーに係るデータ漏洩のリスクの問題から、リアルタイム性が求められるサービスや、個人情報に基づくサービスの実現は難しかった。

これらの問題を解消するため、データの発生源であるユーザの近くにエッジサーバと呼ばれる処理装置を配置することで、データ処理速度の向上、通信トラフィックの削減を可能とするエッジコンピューティングが提案されてきた。ユーザから送信するデータはエッジサーバを経由するようにし、エッジサーバでは不必要なデータを削ぎ落とす等の前処理を行った後、クラウドへのデータ送信を行う。また、クラウドでの処理では間に合わないリアルタイム性の要求される処理では、エッジサーバによってデータ処理を行い、必要な応答を返す。このような操作を行うことで、リアルタイム性の向上や、クラウドへの送信データ量の削減に繋がることが期待されている。

しかし、例えば電車のトラブルなどでスマートフォンからのユーザアクセスが集中するような状況が発生すると、エッジサーバの負荷が増大し、本来の機能を果たせなくなる問題がある。エッジサーバの負荷を効果的に分散するには、クラウドとの適切な役割分担を動的に変更することが必要である。そして、必要に応じて他社のプロバイダのエッジを利用することも考えられるが、その場合プライバシーに係るデータを漏洩することなく安全に他のプロバイダのエッジサーバに渡し計算を行わせる仕組みが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、エッジコンピューティングにおいて高い信頼性と安全性を提供することで、超高信頼型 IoT プラットフォームを形成することである。従来の IoT プラットフォームのセキュリティは、IoT デバイスのコミュニケーションの安全性に主眼が置かれてきたが、本研究では IoT デバイスが獲得したデータの漏洩やサーバの故障によるデータ損失を防ぐことで、情報の安全性を確保することを可能とする。また開発した高信頼型 IoT プラットフォーム上で、実際に IoT アプリケーションシステムを構築し、その有効性を確認することも目的の一つである。

3. 研究の方法

本研究は大きく 3 つのパートに分かれている。一つは①エッジ連携 IoT プラットフォームの確立に関する研究である。ここでは、クラウド・エッジコンピューティングのための秘密計算方式について研究する。特に秘密計算を分散する研究であるが、特に除算についての検討が遅れているため、除算の計算可能性について研究する。次に、②複数エッジ・クラウド協調のための負荷分散技術の研究である。これは、秘密計算の負荷を分散するために、クラウドとエッジの負荷状況、ネットワークの容量、遅延などを考慮して適切なクラウド・エッジを選択して負荷を分散する研究である。最後に、③提案する IoT プラットフォームに基づく IoT システムの開発を実施し、その有効性を評価する研究である。

分担者の白鳥、及び佐藤は①のエッジ連携 IoT プラットフォームの確立を分担し、分担者の金岡は②の複数エッジに対する秘密計算の負荷分散法を担当する。③での超高信頼 IoT プラットフォーム上の評価システム開発は佐藤が担当する。

4. 研究成果

(1)クラウド・エッジコンピューティングのための軽量 N-party 秘密計算における除算の検討

白鳥らは、データを暗号化したまま計算することができる秘匿計算の研究を実施している。従来、3 台のコンピュータで秘匿計算を実行する“軽量 3 パーティ秘匿計算”の研究を行ってきたが、“軽量 3 パーティ秘匿関数計算”を軽量 N パーティ秘匿関数計算として一般化を行った。その結果、分散の主体数を n 、復元および計算に必要な主体数を k とすると、 n が偶数のときに $n \geq 2k$ 、奇数のときに $n \geq 2k-1$ であることが秘密計算可能であるための十分条件であることを示した。この一般化の条件を導く際に Lee 距離を効果的に用いた。本稿の結果より主体数 n と主体数 k を一般化の条件下で選択することが可能となる。これにより、システム運用者は耐障害性・対攻撃性に応じて、 n, k を広範囲に選択することが可能となる。

この軽量 N パーティ秘匿計算には、加算、減算、定数乗算、そして乗算の定義がなされてきたが、定数除算と除算の定義はなされてこなかった。これに対し、素数 p を法とする剰余体 Z/pZ において除算を定義できることを示した。この結果は、国際会議論文として報告されている。

(2) 超高信頼 IoT プラットフォームにおける負荷分散方式の研究

クラウドコンピューティングにおいて、アプリケーション処理を行う端末はクラウドサーバのみであったが、エッジコンピューティングにおいては、計算処理やアプリケーション処理を行う端末はクラウドサーバ、移動体基地局に取り付けられた計算資源、センサやアクチュエータなど様々である。これらの端末は計算処理能力やネットワークの状態が異なり、IoTアプリケーションの処理形態も様々である。このため、これらの計算資源やネットワークの状況を効率的に利用するには、どのアプリケーションをどの計算端末上にどのようにタスクを分配するべきかが問題となっている。

そのため、この研究ではエッジコンピューティング環境においてアプリケーションが自律的に最適な実行ノードを決定し、処理をオフロードする提案した。利点はサーバの環境を考慮せず、IoTアプリケーションを作成することが可能とし、アプリケーションの特性や数、ネットワークの状態の変化に強いシステムの構築を可能とした。

具体的には、①エッジの利用率とクラウドの帯域幅に段階的な閾値を設けることで、ネットワークを効率的に利用するハイブリッド型負荷分散方式を提案した。また、②エッジの利用率とクラウドの帯域幅に対してメンバシップ関数を設定してファジィ制御を用いて転送先を決定し負荷分散を行う方式を提案した。

提案方式の有効性を評価するために、EdgeCloudSim というエッジ・クラウドコンピューティングのためのシミュレータを用いて実験を行った。シミュレーションで用いたネットワーク構成と、パラメータを以下に示す。

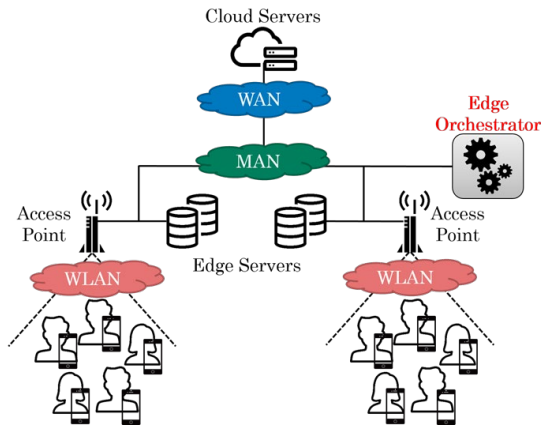


表 1 実験パラメータ

パラメータ	値
シミュレーション時間	1800 [sec]
通信端末数	200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000
エッジサーバ数	14
各エッジサーバの VM 数	8
各エッジサーバ VM の Core 数	2
各エッジサーバ VM の MIPS	10000
各エッジサーバ VM の RAM	2000
各エッジサーバ VM のストレージ	50000
クラウドサーバの VM 数	4
クラウドサーバ VM の MIPS	10000
クラウドサーバ VM の RAM	32000
クラウドサーバ VM のストレージ	1000000
移動モデル	Nomadic Mobility Model
ノードの滞在時間	480 / 300 / 120 [sec]
WAN 通信帯域幅	20.6 [MB]
WAN 伝搬遅延	100 [ms]
LAN 内部遅延	5 [ms]

図 1 評価対象のネットワーク構成

表：ハイブリッド型負荷分散手法の閾値
エッジの利用率(%)

クラウドの帯域幅(MB)	エッジの利用率(%)				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
0~6	エッジ	エッジ	エッジ	エッジ	エッジ
6~10	エッジ	エッジ	エッジ	エッジ	クラウド
10~14	エッジ	エッジ	エッジ	クラウド	クラウド
14~18	エッジ	エッジ	クラウド	クラウド	クラウド
18~	エッジ	クラウド	クラウド	クラウド	クラウド

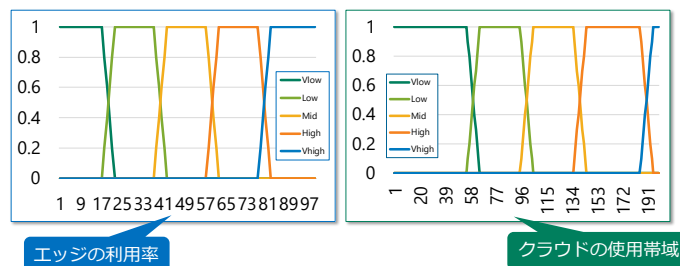


図 2 ファジィ制御におけるメンバシップ関数

この方式によって負荷分散を実施した際、従来の単純な閾値による制御に比べて、負荷分散の性能が向上することが分かった。

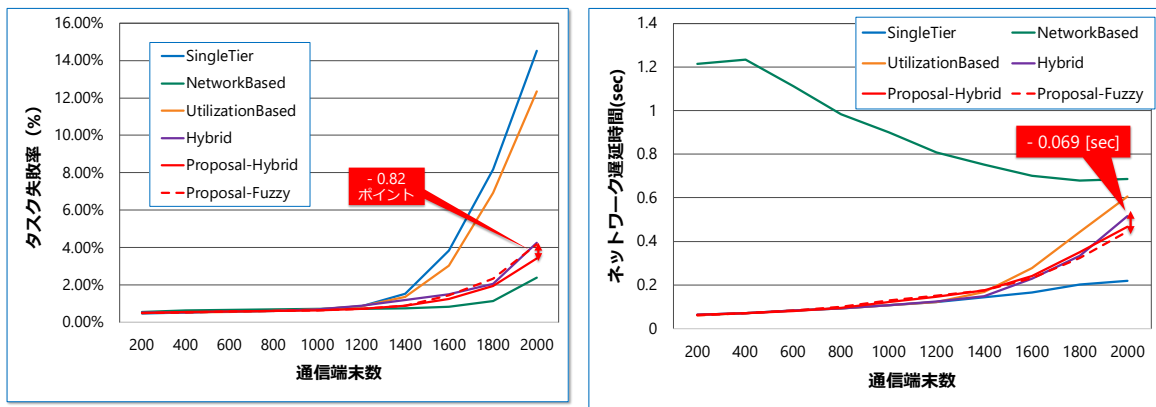


図3 エッジ・クラウド負荷分散性能評価

(3) 超高信頼 IoT プラットフォームを利用した危険運転車両アラートシステムの開発

この研究では、車載カメラを画像認識することによる車両の位置関係を把握し、危険な走行を行う車両の検知を行う。そして、その状況を周囲の車両に通知することで、危険を回避するシステムの研究を実施した。

図1は、本研究のシステム構成図である。車両は前方（あるいは後方）の動画を車載端末（スマートフォン）により撮影する。その画像から、前方の車両を認識し、それを道路上の空間の位置に変換する。その位置変化から、車両の走行状況を把握し、危険運転を特定する。そして、その情報を周囲の車両に通知することで、危険な状況を共有し対処することができる。

この場合、動画からの車両や道路の状況の認識には、深層学習を用いている。深層学習は、計算量が多く通常のCPUの他、GPUを用いて計算することとなり、車載端末の計算能力では不足することとなる。

本研究では、動画から車両を検知する部分については車載端末（エッジ端末）の中で実行し、その他の道路状況の認識（車線の認識や白線の認識など）については、クラウドで実行する役割分担を行った。特に、画像上で検知した車両を道路上の位置に変換するには、射影変換アルゴリズムを用いているが、その際に画面内の消失点の位置を特定する必要がある。消失点の特定についても、車載端末（エッジ）とサーバ（クラウド）で役割分担を実施した。消失点計算において、車載端末の物体検知を用いたアルゴリズムでは、計算コストは比較的小さいが、車両があまり写っていない状況では推定精度が低くなる問題がある。一方で、画面を意味のある領域に分離するセグメンテーション方式を使う場合、計算コストは高いが比較的精度が高い。特に、車両があまり写っていない画面では精度が高くなることが分かった。この特性から、通常は計算コストの低い物体検知を利用した消失点計算を実施し、車両が少ない場面ではクラウド上でセグメンテーションを実施することで、精度を向上させ、計算コストも削減することが可能となった。

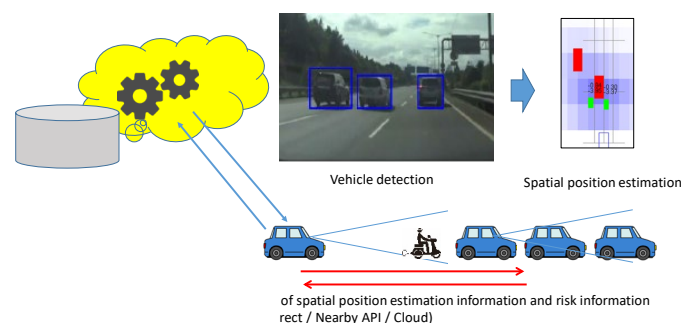


図4 危険運転アラートシステムの概要

図4は、我々が開発した危険運転アラートシステムである。車両は前方画像から、物体検知による車両検出を行ったあと、射影変換アルゴリズムによる道路上の位置に変換される。道路上の位置の変化から、急加速や急な進路変更などの危険運転を検知すると、その状況を周囲の車両に伝達して注意を促すシステムである。このシステムでは、射影変換によって道路上の位置を推定するのに、画面の消失点の位置が必要となる。しかし、消失点は随時変動するために、物体検知とセグメンテーションによって消失点を再計算している。セグメンテーションの計算は、計算負荷が高いが精度が高い。

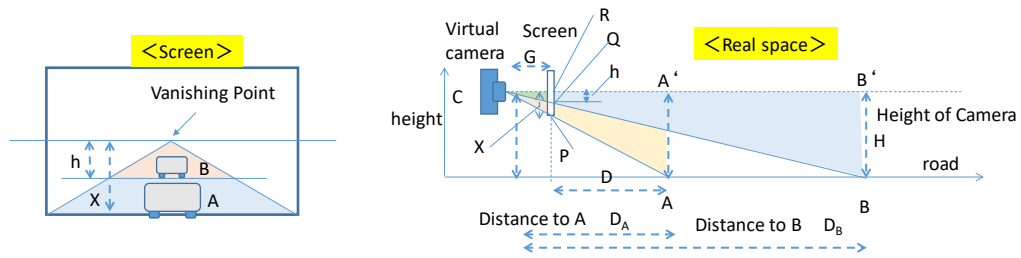


図5 射影変換による道路上の位置推定

図5は、射影変換による道路上に位置を求める方法を示す。左図は、画面上で検知された車両を示し、消失点からの高さによって道路上の距離を計算する。右の図は、道路上の位置とカメラの関係を示している。仮想カメラと端末の画面下端と、道路を結ぶ線による道路上の距離は D_A は、予め測定されているものとする。車両Bまでの距離 D_B は、 $D_A \cdot X / h$ で求められる。ここで、消失点の画面上での高さを正確に求める必要があり、そのために物体検知アルゴリズムとセグメンテーションアルゴリズムを比較した。

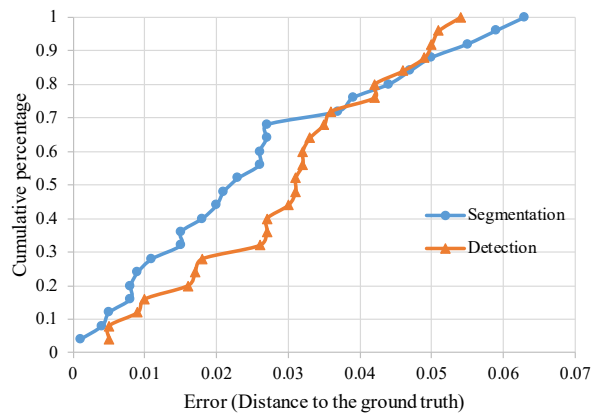


図6 セグメンテーションと物体検知による消失点の推定精度

図6は、25枚の画像について、物体検知とセグメンテーションによる消失点推定の精度を比較したものである。横軸は誤差、縦軸は積算のパーセンテージを表す。これから、比較的セグメンテーションの精度が良いことが分かる。しかし、セグメンテーションの計算コストは大きく、クラウド上での実行となるため、適切な使い分けが必要である。我々は、物体検知の精度が低下する条件でのみセグメンテーションを利用することで、精度を向上させセグメンテーションの使用頻度を抑制することができた。

この成果は、国際会議で報告した。また、車両の検知による交通流制御に関する研究は、国内会議、及び国際会議で報告した。前方画像から走行可能領域を深層学習によって認識して、電動車いすを制御する研究については、国際会議で報告した。また機械学習をこのIoTプラットフォーム上で実施するための研究を実施し、雑誌論文、及び国際会議で報告している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ji He, Jia Liu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, Norio Shiratori	4. 巻 15
2. 論文標題 Link Selection for Security-QoS Tradeoffs in Buffer-aided Relaying Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Forensics and Security	6. 最初と最後の頁 1347-1362
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIFS.2019.2939738	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 宮島洋文, 宮島廣美, 白鳥則郎	4. 巻 21
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 Shuiguang, Zeng, Yin, Chen, Xufei, Li, Jinxiao, Zhu, Yulong Shen, Norio Shiratori	4. 巻 125
2. 論文標題 Visibility graph entropy based radiometric feature for physical layer identification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ad Hoc Networks	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） 10.1016/j.adhoc.2022.102780	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 Shuangrui Zhao, Jia Liu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, and Norio Shiratori	4. 巻 16
2. 論文標題 Secure and Energy-Efficient Precoding for MIMO Two-way Untrusted Relay Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Forensics & Security	6. 最初と最後の頁 3371 - 3386
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIFS.2021.3080088	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 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, Norio Shiratori	4. 巻 26
2. 論文標題 arning algorithms for vector quantization using vertically partitioned data with IoT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 rtificial 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 長沼慶弥, 佐藤文明	4. 巻 62
2. 論文標題 Wi-Fi RTTと機械学習を用いた位置推定の提案と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 465-474
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 Yang Xu, Jia Liu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, Yusheng Ji, and Norio Shiratori	4. 巻 20
2. 論文標題 QoS-Aware Secure Routing Design for Wireless Networks with Selfish Jammers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Wireless Communications	6. 最初と最後の頁 4902 - 4916
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TWC.2021.3062885	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 Shuangrui Zhao, Jia Liu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang and Norio Shiratori	4. 巻 15
2. 論文標題 Secure Beamforming for Full-Duplex MIMO Two-Way Untrusted Relay Systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Forensics & Security	6. 最初と最後の頁 3775 - 3790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIFS.2020.3001733	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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件）

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima and Norio Shiratori
2. 発表標題 Fast and Secure Learning Algorithms for Classification Problems using Vertically Partitioned Data with IoT
3. 学会等名 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 25th 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

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

1. 発表者名 Nitis Monburinon, Salahuddin Muhammad Salim Zabir, Natthasak Vechprasit, Satoshi Utsumi, and Norio Shiratori
2. 発表標題 A Novel Hierarchical Edge Computing Solution Based on Deep Learning for Distributed Image Recognition in IoT System
3. 学会等名 The 4th International Conference on Information Technology(InCIT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sigdel Shree Ram , Bernady Apduhan, Norio Shiratori
2. 発表標題 A Machine Learning Framework for Edge Computing to Improve Prediction Accuracy in Mobile Health Monitoring
3. 学会等名 The 19th International Conference on Computational Science and its Applications(ICCSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiaki Sato, Takamasa Koshizen
2. 発表標題 Electric Wheel Chair Control by AR Marker Detection and Object Recognition from Smartphone Image
3. 学会等名 26Th ITS World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takamasa Koshizen, Kazuhiko Yamakawa, Fumiaki Sato
2. 発表標題 Identifying Traffic Congestion Precursors by Object Detection with Deep Learning
3. 学会等名 26Th ITS World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤文明, 中島悠, 越膳孝方
2. 発表標題 渋滞予兆検知みえる化を活用した交通流制御シミュレーション評価
3. 学会等名 第17回ITSシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂間 潤一郎, 金岡 晃
2. 発表標題 ビットコインにおけるデジタル署名の乱数分析
3. 学会等名 情報処理学会コンピュータセキュリティ (CSEC) 研究会 2019-CSEC-87(3)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋地正浩, 橋祐一, 菊池一彦, 藤田茂, 宮西洋太郎, 白鳥則郎
2. 発表標題 密分散法が切り開くデジタルコンテンツの相続 - デジタル寺院の実現に向けて -
3. 学会等名 平成31年度情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 滝 雄太郎, 藤田 茂, 宮西 洋太郎, 樋地 正浩, 白鳥 則郎
2. 発表標題 軽量Nパーティー秘匿関数計算の文字列検索拡張
3. 学会等名 マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOM02019)シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiaki Sato, Takamasa Koshizen
2. 発表標題 Improved Vanishing Point Accuracy by Integrating Vehicle Detection and Segmentation
3. 学会等名 IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yang Xu, Jia Liu, Hiroki Takakura, Zhao Li, Yusheng Ji, Norio Shiratori
2. 発表標題 Stackelberg Game-based Secure Communication in SWIPT-enabled Relaying Systems
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (ICC). 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yojiro Harie, Sangam Babu Neupane, Bishnu Prasad Gautam, Shiratori Norio
2. 発表標題 Augmented Triplet Network for Individual Organism and Unique Object Classification for Reliable Monitoring of Ezoshika Deer
3. 学会等名 2021 Ninth International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bishnu Prasad Gautam, Yubaraj Gautam, Kazuhiko Sato and Norio Shiratori
2. 発表標題 A Proposal of Novel Firewall Application and Mitigation of Flooding Attack on SDN Network
3. 学会等名 2021 International Conference on Networking and Network Applications (NaNA 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima, Noritaka Shigei, Hiromi Miyajima, and Norio Shiratori
2. 発表標題 Securely Distributed Computation with Divided Data for Particle Swarm Optimization
3. 学会等名 The 28th International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Hiji, Yuichi Hashi, Kazuhiko Kikuchi, Shigeru Fujita, Yotaro Miyanishi, Norio Shiratori
2. 発表標題 Noble Inheritance Mechanism of Digital Content for “Digital-Ji-in”
3. 学会等名 The Eighth International Symposium on Computing and Networking (CANDAR2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bishnu Prasad Gautam and Norio Shiratori
2. 発表標題 SUESSA: Sustainable & Ultra-Elastic Stack Security Architecture for Securing IoT Networks of Future Smart Cities
3. 学会等名 The Eighth International Symposium on Computing and Networking (CANDAR2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Miyajima and Noritaka Shigei and Hiromi Miyajima and 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 Application (NOLTA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takamasa Koshizen, Fumiaki Sato, Ryoka Oishi, and Kazuhiko Yamakawa
2. 発表標題 Predicting motorcycle riding behavior using vehicle density variation
3. 学会等名 The 32nd IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshop on Cooperative Driving in Mixed Traffic (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	金岡 晃 (KANAOKA Akira) (00455924)	東邦大学・理学部・准教授 (32661)	

6. 研究組織（つづき）

	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)	

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