

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2017～2022

課題番号：17KT0083

研究課題名（和文）HPC/HPDA融合計算基盤向けデータフロー指向型アクセス制御機構に関する研究

研究課題名（英文）A Study on Data Flow-oriented Access Control Structure for HPC/HPDA Infrastructure

研究代表者

下條 真司（Shimojo, Shinji）

大阪大学・サイバーメディアセンター・教授

研究者番号：00187478

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、リンクおよび帯域幅をネットワーク資源として、ネットワークアクセス制御機構を提案・実装し、各ユーザおよびユーザアプリケーションに対してそれぞれのroleに応じてネットワーク資源を制御する仕組みを実現した。技術的には、SDNによるネットワークプログラミング性を応用し、X.509証明書を用いた認証・認可機能を組み合わせることで、多様に異なる属性を有するユーザと様々なセキュリティ要求要件をもつデータ間での柔軟かつ細粒度なアクセス制御を実現とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療やライフサイエンス等の情報システムのトラストを要求する分野においては、情報システムのトラストが問題となる。本研究で実現したネットワーク資源を対象としたデータフロー型アクセス制御機構は、地理的に分散配備されたセンサデバイスからの計測データあるいはエンドユーザの利用するIoT(Internet of Things)端末から取得されるユーザデータ等、複数データ源からの多種多様なデータを高効率に集約・解析できる高性能データ分析(HPDA: High Performance Data Analysis) 基盤の実現に資するものである。

研究成果の概要（英文）：In this research, a data flow-oriented access control structure that allows each of users and user applications to control and utilize link and network bandwidth as network resources based on the given role. Technically, by leveraging network programmability and X.509 certificate-based authentication and authorization, a flexible and fine-grained access control model is realized to satisfy a variety of users and security requirements.

研究分野：情報科学

キーワード：Access Control Network SDN HPDA

1. 研究開始当初の背景

近年のネットワーク技術の発展・高度化は、地理的に分散配備されたセンサデバイスからの計測データあるいはエンドユーザの利用する IoT(Internet of Things)端末から取得されるユーザデータ等、複数データ源からの多種多様なデータを高効率に集約・解析できる高性能データ分析(HPDA: High Performance Data Analysis) 基盤への期待と関心を急速に高めている。また、このような高性能データ分析への期待と関心から、学術研究機関・大学を中核とし、科学現象のシミュレーションや数値計算を対象とした従来の高性能計算(HPC: High Performance Computing)と高性能データ分析 HPDA の計算ニーズを収容できる計算基盤にむけた研究開発が活発化傾向にある。しかし、それら利用者の多くはデータの安全性・機密性・秘匿性が最重要課題である場合が少なくなく、たとえデータセンタで大規模な計算機資源が利用できたとしてもデータに関するセキュリティポリシーの問題から活用することができないといった深刻な「情報システムのトラスト」問題に直面している現状がある。これまでグリッドに代表される広域分散計算分野においては、広域に分散配備された計算資源、データ資源、科学計測機器への安全なアクセスを実現するため、数多くの認証および認可技術が開発されてきた。しかし、これまでに実現されてきたアクセス制御技術は、計算資源のみをその制御対象とし、安全なデータフローを実現するための根幹であるネットワーク資源を制御可能な資源とみなしていない。そのため、今日利用可能なアクセス制御技術では、アクセス権限のないデータ資源に対してもネットワークを通じたアクセスを試みるのが可能になってしまっている。逆に言えば、ユーザからのアクセス権限のない資源に対するネットワークアクセスを制限あるいは切断することができれば、より安全かつ柔軟なアクセス制御が実現可能となると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、広域分散する複数のデータ源からのデータ取得、大規模計算・データ分析、可視化をシームレスに行える計算環境を HPC/HPDA 融合計算基盤として想定し、そのデータフローに着眼したネットワークおよび計算機資源へのアクセス制御機構を実現することを目的とする。特に、本研究では、ネットワーク資源を動的に制御可能な資源ととらえ、データセキュリティ要件に基づき SDN のネットワークプログラミング性を連動させることで、パケットフロー単位でネットワーク資源へのアクセスを制御するネットワークアクセス制御エンジンを中核技術として開発することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究目的達成のために、本研究では、

(1) HPC/HPDA 融合計算基盤を想定した RBAC アクセス制御モデルの設計

課題では、アクセス制御機構の実現に RBAC(Role-based Access Control)モデルを採用し、多様に異なる属性を有するユーザと様々なセキュリティ要求要件をもつデータ間での柔軟かつ細粒度なアクセス制御を実現できるよう、ネットワーク資源への許可操作を規定するオペレーション(operation)、許可属性を結びつけたロール(role)セットを定義しネットワーク資源への柔軟かつ頑強なアクセス制御モデルを設計する。

(2) (1)で設計する RBAC モデルに基づいた Software Defined アクセス制御機構の実装

RBAC アクセス制御モデルに基づき、ネットワーク資源、計算資源が具備すべきアクセス制御サービスおよび API を設計・実装する。

(3) 実環境での有用性・運用性の検証

複数のデータ源からのデータ取得、大規模計算・データ分析、可視化をシームレスに行う状況を想定しつつ、Software Defined アクセス制御機構によるデータセキュリティが保証されているかを確認・検証する。

の3点をマイルストーン課題とし、研究に取り組んだ。

4. 研究成果

(1) ネットワーク資源へのアクセス制御機構

図 1-1 に本研究で提案・実装したネットワーク資源を対象としたアクセス制御機構を示す。本制御機構は、ユーザそれぞれに対してオンデマンドにアクセスリソースに対するネットワーク接続性を取得するとともに、当該ユーザの許可された帯域幅で、許可されたネットワークリンク

から構成されるネットワーク経路を活用することを可能にする。

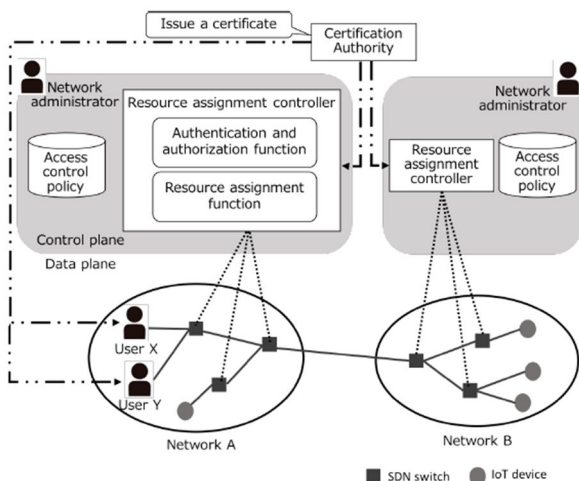


図 1-1: RBAC アクセス制御機の概要.

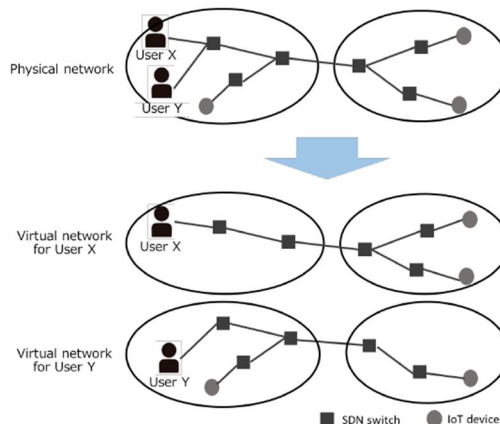


図 1-2: ユーザ視点で形成されるネットワーク.

本提案機構は主として(1)アクセス制御ポリシー、(2)認証・認可機能、(3)資源割り当てコントローラから構成される。アクセス制御ポリシーはRBAC概念に基づいて、利用者に対して対応するrole(役割)を割り当てる。ここでそれぞれのroleは許可されたoperation(操作)の集合を定義している。このアクセス制御ポリシーはネットワーク管理者によって、当該ネットワーク管理者が管理するネットワークドメインに対して定義される。すなわち、利用者がアクセスしようとするユーザデバイスとデータ資源間に複数のネットワークデバイスが存在する場合、それらの間を通過するトラフィックはすべてのネットワークドメインで定義されるネットワークポリシーを満たす必要がある。より技術的には、当該トラフィックは各ドメインで許可されたネットワークリンクを、許可された帯域幅のみで利用できる。ネットワーク資源としてのリンクおよび帯域幅をユーザごとに制御可能とするために、認証・認可昨日は各ユーザに対して適用される。加えて、各ネットワークドメインのネットワーク管理者はアクセス制御ポリシーを定義する。このポリシーに基づき、当該ユーザのroleに対応する操作のみを実行することがユーザに許可される。資源割り当てコントローラは、ネットワークの接続性をon/offする役割とともに、ネットワークドメイン内のネットワーク資源を割り当てる役割を担う。これらの機能はSDNによってもたらされるネットワークプログラミング性を通じて実現される。これらの3構成要素による相互作用の結果、各ユーザあるいはユーザアプリケーションはオンデマンドに占有的に仮想ネットワーク資源を利用可能となる(図1-2)。図1-2の場合、ユーザXおよびユーザYに対して同じリンクが利用可能となっていたとしても、それぞれのユーザに対して異なる接続性が提供される。

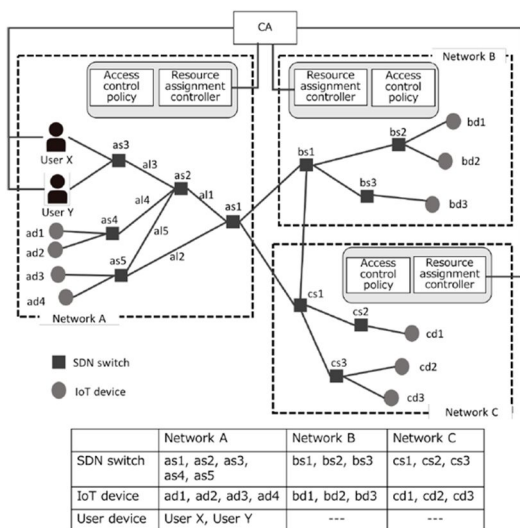


図 1-3: 評価環境.

User-Role table		Role-Authorization ID table		Authorization list table	
User	Role	Role	Authorization ID	Authorization ID	Authorization
User X	Role α	Role α	1,3	1	All links
User Y	Role β	Role β	2,4	2	Links except for link α15
				3	400Mbps (Queue 0)
				4	100Mbps (Queue 0)

Network A

User-Role table		Role-Authorization ID table		Authorization list table	
User	Role	Role	Authorization ID	Authorization ID	Authorization
User X	Role γ	Role γ	1,2	1	All links
User Y	Role δ	Role δ	1,2	2	400Mbps (Queue 0)
				3	100Mbps (Queue 1)

Network B

User-Role table		Role-Authorization ID table		Authorization list table	
User	Role	Role	Authorization ID	Authorization ID	Authorization
User X	Role ε	Role ε	1,2	1	All links
User Y	Role ε			2	400Mbps (Queue 0)

Network C

図 1-4: 評価に用いるアクセス制御ポリシー.

図 1-3 に本研究で提案するアクセス制御機構の評価環境、図 1-4 に評価に用いるアクセス制御ポリシーを示す。本評価では、ユーザ X およびユーザ Y が IoT デバイスからデータを取得しよ

うとしてると仮定する。この際、各ユーザが IoT デバイスからのデータを取得するのに必要となる合計時間を計測する。具体的には、ユーザ X とユーザ Y が 1GB のデータを、ネットワーク A における ad3 および ad4 からそれぞれ取得することを想定する。図 1-5 に本評価で計測する合計時間、データ取得時間、認証・認可時間、資源割り当て時間の関係を示す。図 1-6 にその結果を示す。この結果、ユーザ X は 22.8 秒であり、ユーザ Y は 86.2 秒となった。これはユーザ X に対しては 400Mbps の帯域幅を利用可能である role が与えられているのに対し、ユーザ Y は 100Mbps の帯域幅を利用可能である role が与えられていることに禁している。事実、データ収集時間に差異が見られる。一方、認証・認可時間、資源割り当て時間については、ユーザ X に対しては 1.7%、ユーザ Y に対しては 0.35% が提案するアクセス制御機構のオーバーヘッドが観測された。

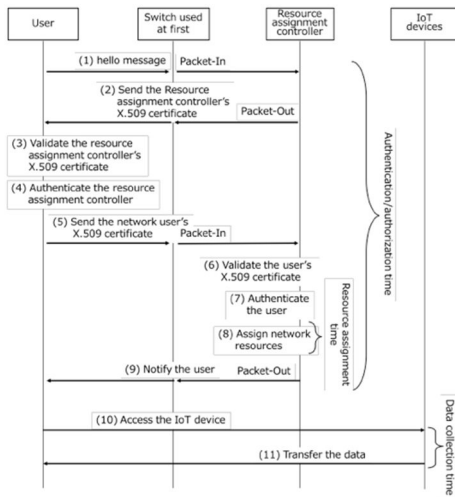


図 1-5: 計測項目.

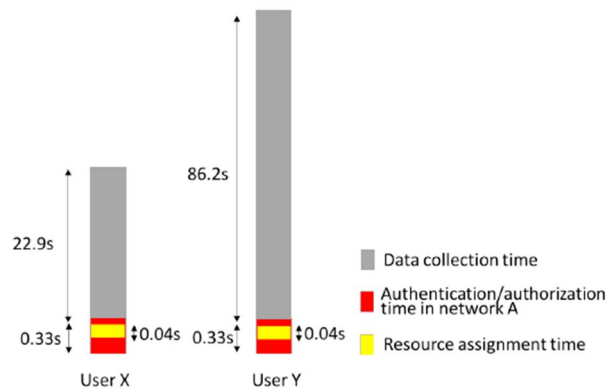


図 1-6: ユーザ X およびユーザ X の合計時間.

本研究では、地理的に分散配備されたセンサデバイスからの計測データあるいはエンドユーザの利用する IoT 端末から取得されるユーザデータ等、複数データ源からの多種多様なデータを高効率に集約・解析できる高性能データ分析の実現にむけ、リンクおよび帯域幅をネットワーク資源として、ネットワークアクセス制御機構を提案・実装し、各ユーザおよびユーザアプリケーションに対してそれぞれの role に応じてネットワーク資源を制御する仕組みを実現した。技術的には、SDN によるネットワークプログラミング性を応用し、X.509 証明書を用いた認証・認可機能を組み合わせることで、多様に異なる属性を有するユーザと様々なセキュリティ要求要件をもつデータ間での柔軟かつ細粒度なアクセス制御を実現できるよう、ネットワーク資源への許可操作を規定するオペレーション(operation)、許可属性を結びつけたロール(role)セットを定義しネットワーク資源への柔軟かつ頑強なアクセス制御モデルとした。

(2) Software Defined Networking(SDN)環境におけるスライス独立性検証

ネットワーク資源への適切なアクセス制御を実現し、“情報システムのトラスト”を実現するためには、ソフトウェアプログラミング手法によって論理的に分離(スライシング)された仮想資源の独立性を検証する必要がある。例えば、医療などのデータ基盤には堅牢なセキュリティが求められる。例えば、連携研究者の所属する大阪大学歯学部附属病院の推進する産学連携プロジェクト S2DH においても口腔医療の自動化・支援の実現を目指し HPDA の応用を進めているが、ネットワークに対しても高いセキュリティ要件が求められる。

SDN 環境では、コントローラのバグによってネットワークに障害が発生する。これを回避するために、コントローラのアプリケーションのプログラムを検証するという手法が考えられる。しかし、アプリケーションはチューリング完全なプログラムで記述されるため、バグの有無は一般的に決定不能である。また、アプリケーションを記述可能な言語は C をはじめ、Java や Ruby、Python など多岐に渡り、それぞれに対応することは困難である。そのため、ネットワーク検証の関連研究は、コントローラが生成する制御メッセージを元に検証を行っている。これによって、チューリング完全の問題とプログラミング言語の互換性の問題を回避した検証ができる。

関連研究にも示されるスライスの独立性を検証対象に含む Header Space Analysis (HSA) の検証は、ネットワークの幾何モデルに基づいて行われる。ここでは、スライスの独立性検証に関連するヘッダ空間 H 、ネットワーク空間 N 、スライスの幾何モデルの定義を説明する。HSA では、スイッチの転送処理に使われるビット列のヘッダ空間を、 $H = \{0, 1, x\}^L$ と定義する。L はヘッダフィールドのサイズを表す。例として、L は IPv4 アドレスなら 32、IPv6 アドレスなら 128

となる。ネットワーク空間は、デバイスが持つポートの識別子とヘッダ空間の組み合わせ $N = \{0,1\}^L \times \{1, \dots, P\}$ と定義する。これによって、ネットワーク内の各リンクを流れるパケットが表現される。スライスは、ネットワークを仮想的に分割したものであるため、ネットワーク空間の部分集合で表される。例として、スライスはヘッダ空間を IP アドレスとした場合 $\{10.0.1.x \times \{1,2,3\}\}$, $\{10.0.x.x \times \{2,3,4\}\}$ となる。

HSA のスライスの独立性検証は 2 種類ある。1 つは、新しくスライスが作成された時に、既存のスライスに対して独立かどうかを検証する。もう 1 つは、デバイスにヘッダの書き換えが設定された時に、他スライスにパケットがリークしないことを検証する。本研究は前者のケースのみ想定する。この HSA はスライスの独立性の検証で、スライス a, b が持つヘッダ h_a, h_b に対して $|h_a| \times |h_b|$ 回の計算を行う (2 重 for ループを使用)。よって、スライスのポートの重複が多い場合には、ヘッダの重複計算に莫大な計算コストが掛かるという問題がある。本研究ではこれを高速化する。

本研究ではスライスのヘッダの重複計算にトライ木を使用した検証手法を提案する。これによって、スライス数・ヘッダ数の増加に影響を受けづらい高速な検証を行う。ヘッダの重複計算に使用するトライ木の定義を、図 2-1 に示す。各ノードは VeriFlow と同様 $\{0,1,*\}$ の分岐を持ち、それぞれヘッダフィールドの値に対応する。ノードの値には、スライスの集合が対応する。スライスの集合には、ノードの prefix とヘッダが等しいスライスの識別子のみ挿入する。prefix とヘッダが等しいとは、値だけでなく、プレフィックス長も等しいことを意味する。ただし、最後が*の prefix に対しては、プレフィックス長が prefix 以上に長いヘッダも等しいものに含む。

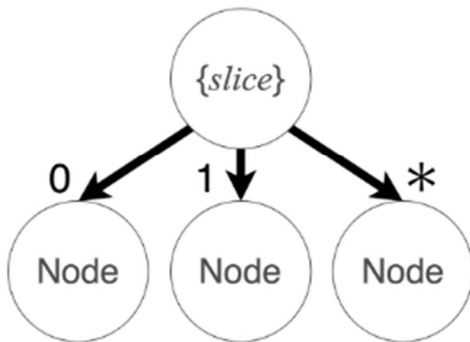


図 2-1: トライ木の定義.

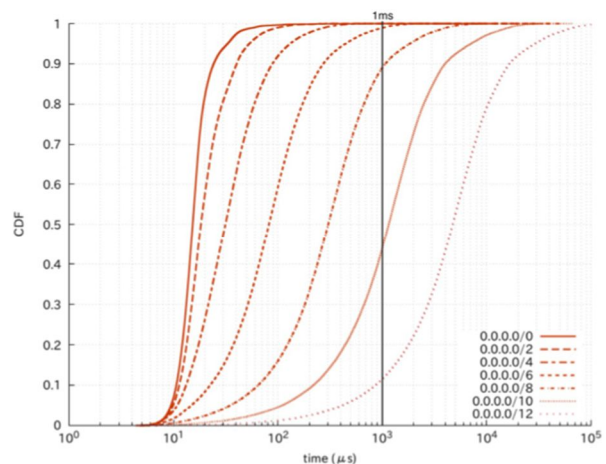


図 2-2: 評価結果の一例
(アドレス範囲と検査時間の関係)

提案方式に基づいて実装したソフトウェアを用いて性能評価を実施した。評価実験は、HSA 論文の著者がインターネット上に公開しているデータを利用して、HSA 論文と同じようにスタンフォード大学の基幹ネットワークのトポロジを用いて実施した。その結果、HSA と比較して、提案方式はスライスやポートの重複が多い場合の性能が大幅に改善していることが明らかになった。その一方で、提案方式はアドレスの分布範囲が狭いと性能が悪化するという特性も明らかになった。

図 2-2 は、提案手法の限界を明らかにするための評価実験の結果を示した図である。関連研究である VeriFlow (Khurshid et al., NSDI '13) では、リアルタイム検証の定義を「ネットワーク制御更新の 98 パーセントイルに対して 1ms 以下で検証を終えていること」としている。その定義に基づくと、提案手法はアドレスの範囲が 0.0.0.0/0 から 0.0.0.0/6 までの場合においてはリアルタイム検証が達成可能であるが、それより狭いアドレス範囲の場合については達成できていないことが読み取れる。

アドレス範囲が狭まることで検証時間が増加するのは、ヘッダが重複するスライスの平均個数が増加しているからである。別途行った検証の結果から、insert と header はアドレス範囲に殆ど影響を受けないが、port は大きく影響を受けること、さらに、平均個数がアドレス範囲に対して指数的に増加していることがわかっている。これらの原因によって大きな検証時間の違いが生まれているものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Endo Arata, Ohtsuji Hiroki, Hayashi Erika, Yoshida Eiji, Lee Chunghan, Date Susumu, Shimojo Shinji	4. 巻 8
2. 論文標題 Dynamic Traffic Control of Staging Traffic on the Interconnect of the HPC Cluster System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 198518 ~ 198531
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2020.3035158	査読の有無 無
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25件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 18件）

1. 発表者名 Arata Endo, Chunghan Lee, Susumu Date
2. 発表標題 Scalability Evaluation of a Per-User Access Control Framework
3. 学会等名 The 2021 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Shimojo, Susumu Date
2. 発表標題 Osaka University's Research Infrastructure Towards Acceleration of Global e-Science Research
3. 学会等名 eScience 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Taniguchi, Yasuhiro Watashiba, Susumu Date, Shinji Shimojo
2. 発表標題 Architecture of Connectivity-aware Redundancy Control Module for Distributed Resource Management in InfaaS-AP
3. 学会等名 MIPRO2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Shogo Kamata, Chunghan Lee, Susumu Date
2 . 発表標題 Per-user Access Control Framework for Link Connectivity and Network Bandwidth
3 . 学会等名 The 21st International Conference on Internet Computing & IoT (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Susumu Date, Shogo Kamata, Chunghan Lee
2 . 発表標題 Status Report of Per-user Access Control Framework of Network Resources towards Secure Interaction between IoT Devices and Data Center
3 . 学会等名 US-Japan Workshop on Programmable Networking (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Date Susumu, Kataoka Hiroaki, Gojuki Shuichi, Katsuura Yuki, Teramae Yuki, Kigoshi Shinichiro
2 . 発表標題 First Experience and Practice of Cloud Bursting Extension to OCTOPUS
3 . 学会等名 CLOSER 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Satoshi Yamanaka, Chonho Lee, Susumu Date
2 . 発表標題 A Parallel LSTM-based Missing Body Feature Point Completion in Video Frames
3 . 学会等名 6th International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yusuke Moriyama, Chonho Lee, Susumu Date, Yoichiro Kashiwagi, Yuki Narukawa, Kazonori Nozaki, Shinya Murakami
2 . 発表標題 Evaluation of Dental Image Augmentation for the Severity Assessment of Periodontal Disease
3 . 学会等名 6th International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuki Matsui, Yasuhiro Watashiba, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo
2 . 発表標題 Architecture of a Resource Manager for Software-Defined IT Infrastructure
3 . 学会等名 International Symposium on Grids and Clouds 2019), Apr. 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Juan Sebastian Aguirre, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo
2 . 発表標題 Architecture of Traffic Engineering Module for Programmable Data-Plane Routers
3 . 学会等名 PRAGMA 36 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Satoshi Yamanaka, Chonho Lee, Susumu Date, Shinji Shimojo
2 . 発表標題 The estimation of Missing Body Feature Points in Moving Images Using LSTM
3 . 学会等名 PRAGMA 36 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Watashiba, Yuki Matsui, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo
2. 発表標題 Toward Orchestration on Software-Defined IT Infrastructure for Disaster Management Application
3. 学会等名 PRAGMA 36 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井 祐希, 渡場 康弘, 伊達 進, 下條 真司
2. 発表標題 Software-Defined IT Infrastructure におけるオーケストレーション機構の提案と評価
3. 学会等名 第17回 ディベンダブルシステムワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Moriyama, Chonho Lee, Susumu Date, Yoichiro Kashiwagi, Yuki Narukawa, Kazonori Nozaki, Shinya Murakami
2. 発表標題 A MapReduce-like Deep Learning Model for the Depth Estimation of Periodontal Pockets
3. 学会等名 The 12th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroaki Morimoto, Takuya Yamada, Keichi Takahashi, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo
2. 発表標題 Towards Connected-HPC
3. 学会等名 Southeast Asia International Joint Research and Collaboration Program in High-Performance Computing Applications and Networking Technology(SEAIP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Juan Sebastian Aguirre, Kohei Ichikawa, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo
2. 発表標題 Application Aware Traffic Engineering Functionality for an SDN Transit Network
3. 学会等名 PRAGMA 34 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江幡 正樹, 阿部 洋丈, 下條 真司, 伊達 進, 野崎 一徳
2. 発表標題 SDN環境におけるスライスの独立性検証の高速化
3. 学会等名 第145回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森本弘明, 高橋慧智, 山田拓哉, 木戸善之, 伊達進, 下條真司
2. 発表標題 Connected-HPCに向けたネットワークの動的管理技術の設計と実装
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 第16回ディベンドブルシステムワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江幡正樹, 阿部洋丈, 伊達進, 野崎一徳, 下條真司
2. 発表標題 ネットワークのスライスの独立性を評価するリアルタイム検証システムに向けて
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 第16回ディベンドブルシステムワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Date
2. 発表標題 Osaka University Supercomputing Infrastructure towards HPC and HPDA Convergence
3. 学会等名 UCSD-OU Workshop on Information Science for Future Society, (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡場康弘, 伊達進, 吉川隆士, 阿部洋丈, 野崎一徳, 木戸善之, Lee CHONHO, 下條真司
2. 発表標題 高性能計算環境における秘匿性データ解析に向けたダイナミックセキュアステージングシステムの構築
3. 学会等名 本ソフトウェア科学会 ディペンダブルシステムワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 江幡正樹, 阿部洋丈, 伊達進, 野崎一徳, 下條真司
2. 発表標題 医療データクラウドにおけるネットワーク検証
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 ディペンダブルシステムワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊達進, 吉川隆士, 野崎一徳, 渡場康弘, Lee Chonho, 木戸善之, 下條真司
2. 発表標題 医療データを高性能計算機システムで利用するためのダイナミックセキュアなステージングシステム
3. 学会等名 第37回日本医療情報学連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Seika Murata, Kobo Ishigaki, Chonho Lee, Chihiro Tanikawa, Susumu Date, Takashi Yoshikawa
2. 発表標題 Towards a smart dental healthcare: an automated assessment of orthodontic treatment need
3. 学会等名 The Second International Conference on Informatics and Assistive Technologies for Health-Care, Medical Support and Wellbeing (HEALTHINFO 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Seiya Murata, Chonho Lee, Chihiro Tanikawa, Susumu Date
2. 発表標題 Towards a Fully Automated Diagnostic System for Orthodontic Treatment in Dentistry
3. 学会等名 The thirteenth IEEE eScience Conference (e-science2017) (国際学会)
4. 発表年 2017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	阿部 洋丈 (Abe Hirotake) (00456716)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	伊達 進 (Date Susumu) (20346175)	大阪大学・サイバーメディアセンター・准教授 (14401)	

	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	遠藤 新 (Endo Arata) (20895271)		

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
研究協力者	野崎 一徳 (Nozaki Kazunori) (40379110)	大阪大学・歯学部附属病院・准教授 (14401)	

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