

jh170056-ISJ

Construction of Universal Visualization as a Service (VaaS) on PRAGMA-ENT

渡場 康弘 (奈良先端科学技術大学院大学)

概要 本研究では、複数の拠点間で連携する災害管理 (Disaster Management) アプリケーションなどで必要とされる障害などへの高い耐久性と拠点間での継続的な情報共有が提供可能な広域連携大規模可視化システムの実現を目指している。このような可視化システム基盤を構築するため、前年度は Software-Defined 技術を活用して高い柔軟性と信頼性を持つ基盤を提供可能とする Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプシステムの研究開発を行った。しかし、Tiled Display Wall (TDW) に代表される大規模可視化システム用のアプリケーションはプラットフォーム環境への依存が強いいため、Software-Defined IT インフラストラクチャと連携した柔軟なサービスが困難となる。そこで、本課題では大規模可視化装置のプラットフォーム環境を柔軟に切り替え可能な Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプの構築を行った。

1. 共同研究に関する情報

(1) 共同研究を実施した拠点名

広域可視化テストベッドの整備

山中 広明 (情報通信研究機構) :

PRAGMA-ENT の整備・運用

(2) 共同研究分野

高野 了成 (産業技術総合研究所) :

超大規模数値計算系応用分野

広域可視化テストベッドの整備

超大規模データ処理系応用分野

Jason Leigh (University of Hawai'i) :

超大容量ネットワーク技術分野

国際連携基盤の整備

超大規模情報システム関連研究分野

Fang-Pang Lin (National Center for High-performance Computing) :

(3) 参加研究者の役割分担

渡場 康弘 (奈良先端科学技術大学院大学) :

国際連携基盤の整備

代表者

石田 和也 (大阪大学) :

José A. B. Fortes (University of Florida) :

TDW 基盤切り替えシステムの開発

副代表者・国際連携基盤の整備

下條 真司 (大阪大学) :

副代表者・国際連携基盤の整備

Jason Haga (産業技術総合研究所) :

副代表者・可視化ツール開発

市川 晃平 (奈良先端科学技術大学院大学) :

副代表者・PRAGMA-ENT の整備・運用

伊達 進 (大阪大学) :

阪大拠点の整備・運用

阿部 洋丈 (筑波大学) :

広域可視化テストベッドの整備

木戸 善之 (大阪大学) :

2. 研究の目的と意義

災害管理 (Disaster Management) を支援するアプリケーション基盤などを実現する上で Information-as-a-Service (InfaaS) コンセプトは重要である。大規模可視化システムは、収集されたデータ、およびその解析結果などから得られた情報をさまざまな組織の災害管理担当者に同時かつ分かりやすく提供することで意思決定を支援するアプリケーション基盤の1つとして注目されている。このような分散する拠点間での連携を想定

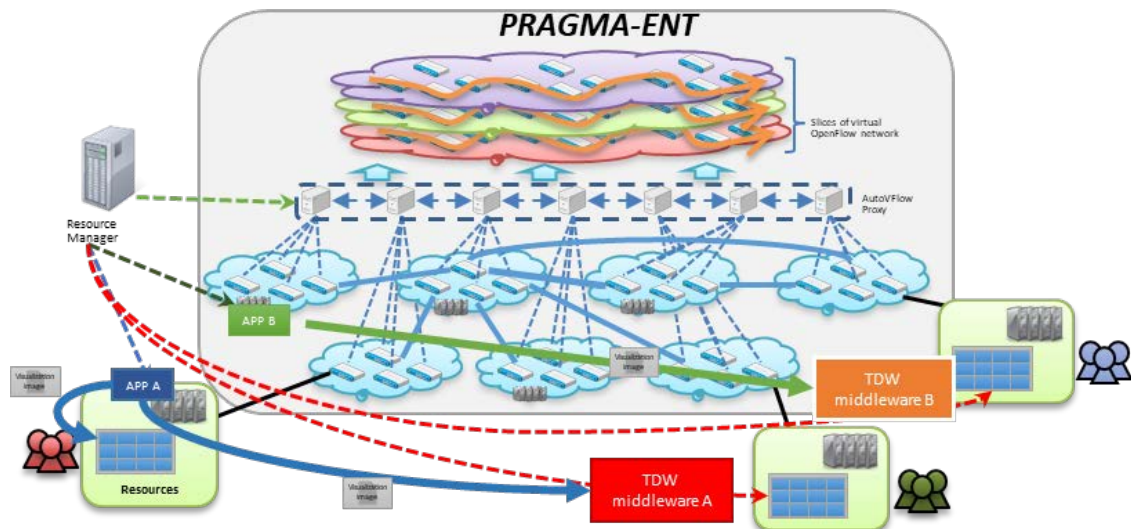


図 1 大規模可視化装置の環境切替機構の概念図

した災害管理アプリケーションの要求を満たす環境を構築することは、災害管理における適切な対応方針を決定していく上で必要不可欠である。

以上より、シミュレーションや各種センサーから収集・算出された異なるタイプのデータを理解しやすくかつ各拠点間で同期して提示することが可能な広域連携大規模可視化システムを実現することは重要な課題であると考えられる。また、災害管理のような状況を想定した場合、被災により基盤の構成リソースの一部が使用できない状況に対する高い耐久性と、情報伝達を維持するために代替のリソース構成に迅速に切り替えることが可能である IT インフラストラクチャが、本研究で目指す広域連携大規模可視化システムを実現する上で必要不可欠である。

このような IT インフラストラクチャ上での広域連携大規模可視化システムの実現に向け、前年度は近年注目されている **Software-Defined** 技術を IT インフラストラクチャに適用した基盤上での広域連携大規模可視化システムのプロトタイプ構築に取り組んだ。しかし、前年度に行ったプロトタイプ構築では、情報提供を行う可視化サー

バ側におけるリソース使用不可能な状況に対する高耐久性およびサービス継続性に着目したシナリオに基づき取り組んだ。それゆえ、大規模可視化装置側の拠点で発生した場合は考慮されていない。本研究で目指している Software-Defined IT インフラストラクチャを実現していく上で、大規模可視化装置がある拠点でのリソース使用不可能な状況への高耐久性およびサービス継続性もまた必要不可欠である。

大規模可視化装置の 1 つとして、複数のディスプレイを並べて 1 つのスクリーンとして扱う Tiled Display Wall (TDW) が広く採用されている。TDW では複数のディスプレイを 1 つのスクリーンとして可視化結果を表示するため、専用の TDW 制御ミドルウェアの利用や TDW 表示に対応した専用可視化アプリケーションが必要となる。これらのミドルウェアや可視化アプリケーションは計算機環境への依存が強く、それらを共存させたプラットフォーム環境を構築することは困難である。実際、昨年度行った Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプ構築において、通常のサービスのために構築されている大規模可視化システムがわれわれの求

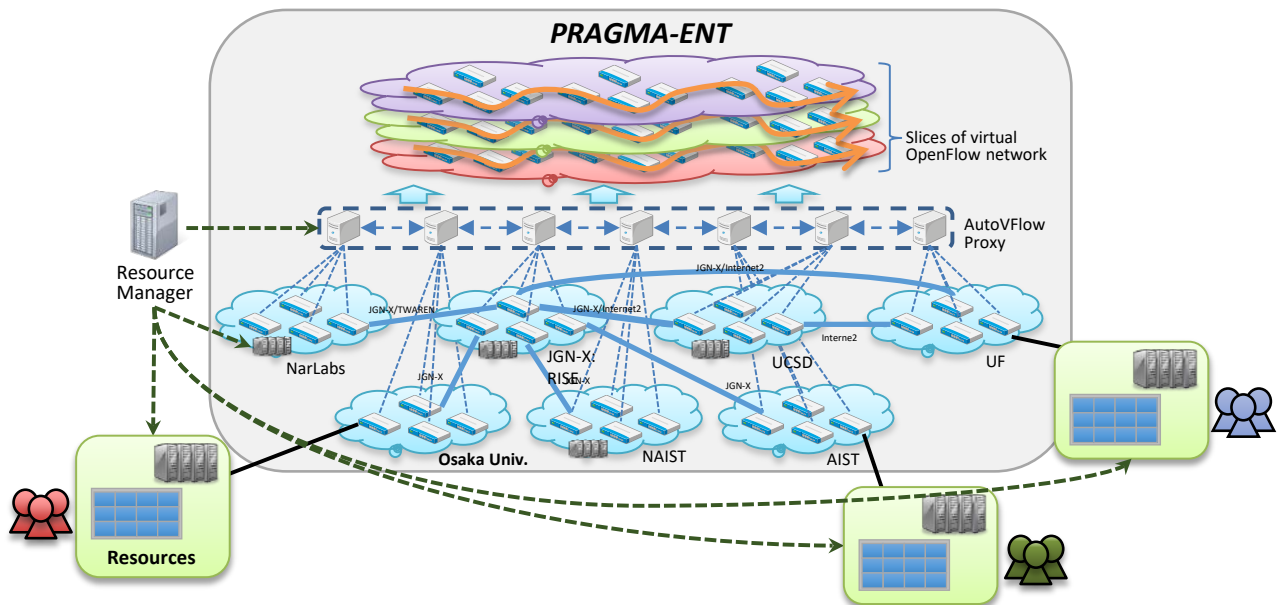


図 2 Software-Defined IT インフラストラクチャのシステム構成図

める環境と共存することができない場合があり、プロトタイプシステムのデプロイを行うたびに TDW 環境の切り替え作業に多くの時間を費やした。

そこで、本課題では、目指す Software-Defined IT インフラストラクチャの機能として、図 1 に示すような TDW 大規模可視化装置に対する柔軟な環境切替機構の開発を行い、前年度のプロトタイプと統合した環境の構築を目指す。

3. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

本研究で目指している Software-Defined IT インフラストラクチャ上での分散可視化プラットフォームの開発・検証は、大規模データに対する解析を行う計算資源、TDW などに代表される大規模可視化装置、そしてこれらの各種資源が Software-Defined Networking (SDN) に対応した広域拠点間ネットワークで接続された環境を想定している。大阪大学拠点ではこれらのリソースを提供できる環境が整備されているため、当拠点公募型共同研究の枠組みを利用すること

で本課題の研究を推進することが可能であると考える。

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

昨年度は研究目的である Software-Defined IT インフラストラクチャの実現に向け、そのプロトタイプを図 2 のように設計・構築を行った。本プロトタイプを実現するにあたり、(1) Multi-site 可視化ツールの配備、(2) SDN-based インフラストラクチャの生成、(3) 障害発生時における可視化ツールのロバスト性の検証の 3 つのステージを設けて研究を進めた。(1) では Multi-site 可視化ツールとして、多くの災害管理システムで求められる仮想ホワイトボードワークスペースを Scalable Amplified Group Environment (SAGE2) を利用して大規模可視化システムに配備した。(2) では、可視化処理を行う計算サーバに割り当てる資源、可視化サーバと大規模可視化装置間のネットワークの両方を管理・制御を行う資源管理システムについて取り組んだ。(3) ではこれらを用いたプロトタイプを実際の広域環境で検証

するため、仮想ネットワーク技術および SDN 技術を利用可能な広域ネットワークテストベッドである PRAGMA-ENT (PRAGMA Experimental Network Testbed) 上での配備を行った。

5. 今年度の研究成果の詳細

本課題の研究目的である大規模可視化装置のプラットフォーム環境を柔軟に切り替え可能な Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプ構築に向け、以下 3 つのステージに分けて進めた。

- (a) 可視化プラットフォームの切替機能の設計・開発
- (b) 割当計算・ネットワーク資源も含めた制御機構の構築
- (c) Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプとの統合および検証

本節では各ステージにおける取り組みについて述べる。

ステージ(a): 可視化プラットフォームの切替機能の設計・開発

ステージ(a)では、可視化ミドルウェア・アプリケーションの TDW 環境に対する依存関係を解消するため、それぞれが求めるプラットフォーム環境を分離して構築し、それらを切り替えることが可能なスイッチング機構の設計・開発を行った。

前年度に構築した Software-Defined IT インフラストラクチャ上の可視化システムのプロトタイプにおいて、TDW の制御ミドルウェアには Scalable Amplified Group Environment (SAGE2) を用いた。SAGE2 は米国イリノイ大学シカゴ校の Electronic Visualization Laboratory (EVL) で開発されたオープンソースの TDW 向け可視化ミドルウェアである。SAGE2 の特徴として、Chromium

ブラウザを用いた WEB ベースの構成となっており、遠隔地の計算機で生成した可視化画像を、ネットワーク経由で可視化装置に表示するリモート可視化機能があげられる。本課題で取り組んでいる広域分散可視化システムでは複数の大規模可視化装置で同じ情報を可視化して表示する必要があるため、SAGE2 の WEB ベースの構成が基盤ソフトウェアに適していると考えた。

一方、本課題で利用した大阪大学サイバーメディアセンターの大規模可視化装置は、TDW 制御ミドルウェアとして SAGE2 は採用されていない。主な理由としては、スーパーコンピュータから生成された大規模なデータをローカルで高解像度に可視化することがサービスとして想定されているためと考える。大規模データの可視化を想定した可視化ソフトウェアの 1 つとして ParaView があげられる。ParaView は Kitware 社、米国サンディア国立研究所、CSimSoft 社により開発された科学技術データの可視化を想定したオープンソース可視化ミドルウェアであり、可視化処理の並列化機能など大規模データを扱うことを想定した機能を有する。

これらの可視化ミドルウェアは異なるアーキテクチャで開発されているが、使用するライブラリには同様のものが多数用いられている。特に、可視化処理におけるハードウェアアクセラレーションを用いた高速化において、ライブラリの特定のバージョンへの依存関係を持つことがある。例えば、本課題で用いた SAGE2 Ver. 2.0.0 の依存関係を生じる主なライブラリとして Node.js (v6.9 以上)、FFmpeg (v3.0 以上)、ImageMagick (v6.9) に対し、ParaView Ver. 5.1.2 では VTK (v6.0 以上)、Python (v2.7)、FFmpeg (v2.3) がある。これらは同じライブラリを必要としているが、ライブラリのバージョンが指定されており依存関係を生じる。さらに、利用するアプリケーションによっては可視化ミド

ルウェアに対してバージョンを限定する場合もあるため、ミドルウェアごとの条件を満たした単一の共有環境を構築することは困難である。それゆえ、想定するサービスにおける主要な可視化ミドルウェアだけで大規模可視化装置の環境は構築されている。

そこで、本ステップでは任意の可視化ミドルウェアを切り替えて利用可能とするスイッチング機構として、可視化ミドルウェア環境を仮想化技術により分離し、要求に応じて切り替える制御技術の設計・開発を行った。開発したスイッチング機構の構成を図 3 に示す。

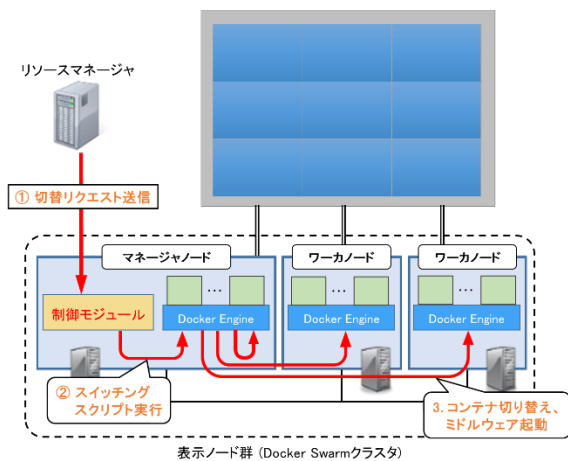


図 2 可視化ミドルウェア環境のスイッチング機構の構成図

開発した可視化ミドルウェア環境のスイッチング機構では、仮想化技術としてコンテナ型仮想化技術 Docker を利用した。Docker は Docker Swarm と呼ばれる複数のノード上にコンテナを配備する機能を有している。TDW では一般的にディスプレイへの表示を複数のノードで行っているため、各ノードへの可視化ミドルウェア環境の配備に Docker Swarm 機能を利用する。

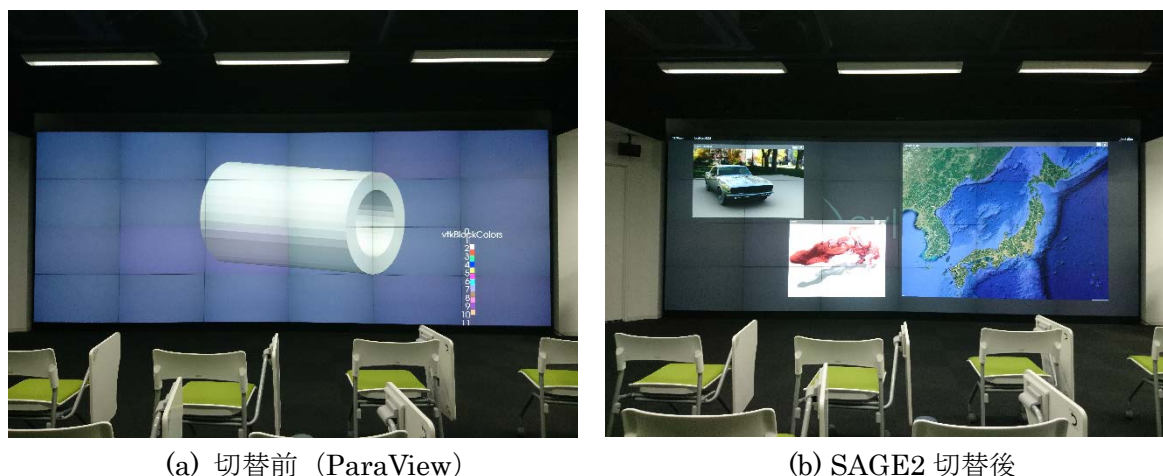
スイッチング処理における切替リクエストの受け付け、および要求された可視化ミドルウェア環境の Docker Swarm 機能による配

備のために制御モジュールの開発を行った。本実装において、制御モジュールのプロトタイプは WEB サーバをベースとして開発を行っており、切替リクエストは WEB の GET リクエストとして送信される。これは、大阪大学サイバーメディアセンターの大規模可視化装置の操作にタブレット PC における WEB UI を採用していたため、既存構成との親和性の観点から本設計を採用している。また、本プロトタイプにおいて、切り替える状態は本課題の Software-Defined IT インフラストラクチャで用いる SAGE2 環境、ParaView 環境、未使用の 3 つの状態を切り替える構成で実装を行った。

ステージ(b): 割当計算・ネットワーク資源も含めた制御機構の構築

ステージ(b)では、前年度開発したリソースマネージャにおいて、既存の機能である計算機資源、ネットワーク資源と同様に可視化環境についても要求を受け付け、スイッチングを制御するための仕組みを拡張することを目指した。それにより、Software-Defined IT インフラストラクチャを採用した可視化システムで別拠点に設置された大規模可視化装置に環境を切り替え、サービスを継続させることを可能とする。

前年度のシナリオにおいて、リソースマネージャは可視化処理を継続する新たな計算資源の選択、および SDN を用いた既存の割当資源と接続可能となるネットワークの再構築を行う。その際、災害管理アプリケーションにより情報を表示されている可視化装置がある拠点は利用不可能にはなっておらず、サービスが継続されるならば可視化サーバがどの拠点の計算資源で動いているかはユーザにとって問題とならない。一方、本年度で想定した大規模可視化装置のある拠点を切り替える場合、ユーザが要求する拠点への切り替えを行う必要がある。そのため、どの



(a) 切替前 (ParaView)

(b) SAGE2 切替後

図 4 可視化ミドルウェア環境の切り替え結果

資源を利用するかの決定はユーザが持っており、リソースマネージャで行う必要がある制御は、可視化ミドルウェア環境の切り替え要求、および既存の割当環境と新たな可視化装置とのネットワークの接続となる。後者は前年度開発したリソースマネージャの機能と同様であるため、リソースマネージャへの拡張は、前者を実現するための要件(1):ユーザからの要求を受け付けるためのインターフェイスと、要件(2):Stage(a)で開発した制御モジュールへのリクエスト要求を発信するための機能について行った。

要件(1)について、リソースマネージャは災害管理アプリケーションを利用するユーザの要求に基づき、計算資源、可視化装置、それらの間を接続するネットワーク資源を割り当てているため、要求を受け付けるためのインターフェイスは備えている。そこで、既存のインターフェイスに対し、利用する大規模可視化装置の変更を要求するためのパラメータの追加を行った。要件(2)に関しては、Stage(a)におけるプロトタイプ構成で述べたように、GET リクエストを発行するためのシェルスクリプトを開発し、要求に応じてスクリプトを実行し、切替完了後に既存のネットワーク変更機能呼び出す。以上の拡張により、Software-Defined IT インフラ

ストラクチャの制御を行うリソースマネージャによる大規模可視化装置の切り替え機能を可能にした。

ステージ(c): Software-Defined IT インフラ ストラクチャのプロトタイプとの 統合および検証

ステージ(c)では、前年度に構築した PRAGMA-ENT 上における Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプに対してステージ(a)、および(b)の成果を配備してその動作について検証を行った。大阪大学サイバーメディアセンターの大規模可視化装置において、切替前の ParaView によるミドルウェア環境から、本課題で取り組む広域分散可視化システムで利用する可視化ミドルウェア環境の SAGE2 への切り替え結果を図 4 に示す。上記の切り替え処理に要する時間について測定を行った結果、平均で 17.5 秒であった。

また、制御する可視化ミドルウェアのプロセス数を 1~4 並列で変更して切替に要する時間の測定を行った。その結果、プロセス数が変化しても可視化ミドルウェアの切替に要する時間に差がないことが確認できた。そのため、大規模可視化装置の規模に依存せず切り替えを行えることが確認できた。

6. 今年度の進捗状況と今後の展望

今年度は、本課題で目指している災害管理アプリケーションのための広域分散可視化システムを実現する Software-Defined IT インフラストラクチャの実現に向け、大規模可視化装置のある拠点が利用不可能となった場合を想定したシナリオに対して取り組んだ。そのための課題として、前年度の Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプ構築で確認された大規模可視化装置の可視化ミドルウェア環境の切り替えに対応する必要があるとの考えから、可視化ミドルウェア切替機構の設計開発を行い、前年度に構築した Software-Defined IT インフラストラクチャのプロトタイプへの適用を行った。進捗状況について、プロトタイプ基盤の構築については計画どおりに達成できたと考える。一方、ステージ(c)における評価に関して、可視化ミドルウェア環境の切り替えに対する基本的な検証は行えたが、災害管理アプリケーションでの利用を仮定したさまざまな評価シナリオの検討・測定までは行うことができなかった。この点については引き続き評価を行う予定である。

今後の展望として、Software-Defined IT インフラストラクチャ技術を集約する資源管理システムの研究開発を平成 30 年度の継続課題として推進する。これまでの研究開発では、可視化アプリケーションの計算機サーバが実行されている拠点が被災した場合、および大規模可視化装置で実行されている可視化アプリケーションを他の拠点の可視化装置に柔軟に移動する場合のシナリオに対し、計算機資源の仮想化技術および SDN 技術を組み合わせたプロトタイプシステムを PRAGMA-ENT 上に構築してきた。しかし、これらのシナリオでは、仮想計算機イメージのストレージ、データ保管用のストレージなど、災害管理システムで必要な資源が被災する

状況は考慮されていない。そのため、これまでの課題で開発した Software-Defined IT インフラストラクチャ技術における資源管理システムでは、仮想計算機イメージの配備先、データの保存先、バックアップなど災害時におけるリスク管理とも呼べる資源管理の仕組みが備わっていない。そこで、継続課題ではプロトタイプシステムで使用している Docker コンテナのイメージを、割り当てた計算資源および仮想ネットワーク環境を包括して管理制御する資源管理システムについて研究開発を行う。

7. 研究成果リスト

(1) 学術論文

- Che Huang, Chawanat Nakasan, Kohei Ichikawa, Yasuhiro Watashiba, Hajimu Iida, "A Multipath OpenFlow Controller for Multiple TCP Stream Applications," *Journal of Information Processing*, Vol. 25, pp. 924-933, October 2017.
- Pongsakorn U-chupala, Yasuhiro Watashiba, Kohei Ichikawa, Susumu Date, Hajimu Iida, "Application-aware network: network route management using SDN based on application characteristics," *CSI Transactions on ICT*, Volume 5, Issue 4, pp 375-385, Springer, June 2017.

(2) 国際会議プロシーディングス

- Kyuho Jeong, Renato Figueiredo, Kohei Ichikawa, "On the Performance and Cost of Cloud-Assisted Multi-Path Bulk Data Transfer," 9th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom 2017), pp. 186-193, December, 2017.
- Wassapon Watanakeesuntorn, Putchong Uthayopas, Chantana

Chantrapornchai, Kohei Ichikawa, "Real-Time Monitoring and Visualization Software for OpenFlow Network," The 15th International Conference on ICT and Knowledge Engineering, November 2017.

- Pongsakorn U-Chupala, Yasuhiro Watashiba, Kohei Ichikawa, Susumu Date, Hajimu Iida, "Container Rebalancing: Towards Proactive Linux Containers Placement Optimization in a Data Center," IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2017), pp. 788-795, July 2017.
- Kyuho Jeong, Renato Figueiredo, Kohei Ichikawa, "PARES: Packet Rewriting On SDN-Enabled Edge Switches for Network Virtualization in Multi-Tenant Cloud Data Centers," 10th IEEE International Conference on Cloud Computing, pp. 9-17, June 2017.

(3) 国際会議発表

- Yasuhiro Watashiba, Yoshiyuki Kido, Kazuya Ishida, Susumu Date, Kohei Ichikawa, Jason Haga, Hirotake Abe, Hiroaki Yamanaka, Ryousei Takano, Jason Leigh, Fang-Pang Lin, José Fortes, and Shinji Shimojo, "Toward Resilient Software-Defined IT Infrastructure for Supporting Distributed Disaster Management Applications", 27th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP27), March, 2018.
- Che Huang, Chawanat Nakasan, Kohei Ichikawa, Yasuhiro Watashiba, Hajimu Iida, "A Multipath OpenFlow Controller for GridFTP," The 1st. cross-disciplinary Workshop on Computing

Systems, Infrastructures, and Programming, April 2017.

(4) 国内会議発表

- 木戸善之, 石田和也, 遠藤新, 渡場康弘, 伊達進, 下條真司, "柔軟な運用を目指したタイルドディスプレイシステム仮想化の研究", 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 (DSW2017) , 2017 年 12 月.
- Che Huang, Chawanat Nakasan, Kohei Ichikawa, Yasuhiro Watashiba, Hajimu Iida, "A Multipath OpenFlow Controller for GridFTP," The 1st. cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures, and Programming, April 2017.
- Pongsakorn U-Chupala , Yasuhiro Watashiba, Kohei Ichikawa, Hajimu Iida, "Towards Self-Optimizing Network: Applying Deep Learning to Network Traffic Categorization and Identification in the Context of Application-Aware Network," 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , Vol. 2017-IOT-40, No. 6, pp. 1-6, March 2018.
- 市川晃平, 竹房あつ子, 木戸善之, 渡場康弘, 伊達進, "広域 SDN 環境とオンデマンドクラウド構築サービスを用いたソフトウェア定義クラウド環境構築に関する提案," 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , Vol. 2017-IOT-40, No. 15, pp. 1-5, March 2018.
- Wassapon Watanakeesuntorn, Kohei Ichikawa, Hajimu Iida, "A proposal of a real-time OpenFlow DDoS detection tool," 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , Vol. 2017-IOT-40, No. 34, pp. 1-4, March 2018.

(5) その他 (特許, プレス発表, 著書等)

- 無し