

高速通信技術の融合による大規模データの 拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証実験

村田 健史^{1),2)}, 深沢 圭一郎¹⁾, 川鍋 友宏²⁾, 山本 和憲²⁾, 村上 雄樹²⁾

1) 京都大学 学術情報メディアセンター

2) 情報通信研究機構 総合テストベッド研究開発推進センター

murata4stars@gmail.com, ken.murata@nict.go.jp

Combination of HPC and high-speed data transfer technologies for big-data processing systems

Ken T. Murata^{1),2)}, Keiichiro Fukazawa¹⁾, Tomohiro Kawanabe²⁾,
Kazunori Yamamoto²⁾, Yuki Murakami²⁾

1) Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

2) ICT Testbed Research and Development Promotion Center, National Institute of
Information and Communications Technology

概要

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）課題の一つである「高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証実験」において、筆者らは2019年度までにL3（レイヤ3）による拠点間ネットワークを構築し、分散するスパコンやストレージなどの計算機リソースを活用したデータ処理（画像処理、可視化など）を行ってきた。本稿では2020年度に実施したJGNとSINET5のブロードバンドネットワーク性能を最大限に引き出しつつ、ビッグデータを伝送・共有・保存するための東北から九州までの広域拠点をL2（レイヤ2）結ぶ分散クラウドシステム実装成果を報告する。具体的には、各拠点のサーバにおいてジャンボフレームおよび10Gpbs通信を目指したTCP/UDPのバッファサイズ拡張設定、各拠点ネットワークおよびJGN/SINET中継局間でのジャンボフレーム疎通設定について述べる。さらに、デファクトスタンダードプロトコルであるTCPプロトコルと情報通信研究機構が中心となり開発しているHpFPプロトコルの通信性能比較結果を検討し、この通信技術をベースとした分散クラウド上において各分野のドメイン研究者がビッグデータ処理や可視化のためのエコシステムについて述べる。今後は、L2VPNネットワークの高速性を活用することで、国内外に展開している映像IoTデバイスから伝送される大規模映像データの機械学習技術による処理や降雪検出や気象衛星データのリアルタイム可視化が可能となる。

1 はじめに

我々の日常生活でビッグデータの利活用が本格化しており、その基盤となるクラウドシステムの利便性向上が求められている。特に広域分散クラウドは、リソース分散によりリスクマネジメントやコストダウンが期待できるため重要であるが、一方で各リソースとエコシステムが拠点間ネットワーク上で効果的に動作することが重要であることが指摘されている。近年のビッグデータサイエンスを加速するため、筆者らは国内の複数の大学または研究機関をJGNやSINET5の広帯域バックボーンネットワークによりL2VPNで結ぶ全国規模の分散クラウドシステム（以下、JHPCN広域分散クラウド）の構築および性能検証を進め

てきた。これにより、計算機リソースを駆使した各ドメイン分野でのデータ駆動型研究およびアウトリーチを目指している。

本研究では、2020年度に実施したJHPCN広域分散クラウド構築とそのうえで動作するエコシステムについて議論する。JHPCN広域分散クラウドは5つ（東北大・東大・名大・京大・九大）のJHPCN拠点大学と4つの国内他大学（NICT、千葉大、筑波大、信州大）をL2VPN網で接続し、各拠点の分散リソースを一元的に利用するエコシステムである。

本稿は、第2節でJHPCN広域分散クラウドの紹介を行い、第3節で2020年度の成果について議論する。第4節でまとめと今後の課題及び目標を述べる。

2 JHPCN 広域分散クラウド

2.1 背景

本研究のような複数拠点間を接続する広域分散クラウド構築では、各拠点担当者の協力が不可欠である。大規模広域分散計算環境の構築のため、筆者らは学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点プログラムをベースに本クラウドを構築している。筆者らが過去に申請（採択）したプロジェクトは表 2-1 のとおりである。これらの成果についてまとめると次のとおりである。

表 2-1 の全期間を通じての目的は、JHPCN 拠点大学の情報基盤センターのコンピュータリソース（高性能スーパーコンピュータ、大規模ストレージ、大画面可視化デバイス/ディスプレイ）、および各種 IoT センサー（特に映像 IoT デバイス）を融合的に活用するビッグデータサイエンス基盤となる JHPCN 広域分散クラウド（図 2-1）構築である。デバイス環境の融合のためには、高速インフラストラクチャネットワーク（JGN および SINET5）の有効活用が必要となる。上記研究では、NICT 等が開発している TCP と共通なインターフェースを有するトランスポート層プロトコルである HpFP（High-performance and Flexible Protocol）[1]および高速ファイル転送ツール HCP tools[2]を用いた基礎性能検証を行ってきた。HpFP は UDP ベースで設計されており、HCP tools は HpFP 版と TCP 版がある。HpFP や HCP tools を用いてコンピュータリソースや IoT デバイスを組み合わせることでビッグデータ処理システムを構築し、ビッグデータサイエンス分野の様々なケーススタディを実施してきた[3-8]。

2.2 目的

筆者らは、表 2-1 の計画において 2019 年度までに L3（レイヤ 3）による拠点間ネットワークを構築し、スパコンや大規模ストレージによるデー

タ処理環境整備を行ってきた。本稿は 2020 年度成果を中心に議論するが、2020 年度計画では SINET のブロードバンドネットワーク性能を最大限に引き出しつつビッグデータを伝送・共有・保存するため、東北から九州までの広域拠点を L2（レイヤ 2）結ぶ分散クラウドシステム（図 2-1）を実装する。さらに分散クラウド上のエコシステムを整備し、各分野のドメイン研究者がビッグデータ処理や可視化を行うための環境を構築する。

表 2-1 これまでの JHPCN 採択プロジェクト

年度	タイトル
2015	クラウドを活用したビッグデータポスト処理環境実現のためのデータ伝送実験、(jh150033-IS02)
2016	SINET を活用したエピゲノムビッグデータ可視化システム技術開発、萌芽(九州大学、JPHCN-Q、EX1682)
2016	クラウドを活用した遠隔データの大規模可視化処理実験、一般課題学、HPC 科学計算コラボレーションPJ 研究、(EX1651)
2017	HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験、(jh170034-ISH)
2018	HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験、(jh180054-ISJ)
2019	HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験、(jh190005-MDH)
2020	HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験、(jh200038-MDH)
2021	HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験、(jh210009-MDH)

3 成果

3.1 ブロードバンドネットワーク性能検証

HpFP プロトコルを基盤としたビッグデータ解析のための広域分散クラウドでは、図 2-1 の 9 拠点を対象に 10Gbps 通信環境（一部は 1Gbps 通信環境）を活用した拠点間データ伝送・共有を進めた。2020 年度中に東京大、京都大、九州大、

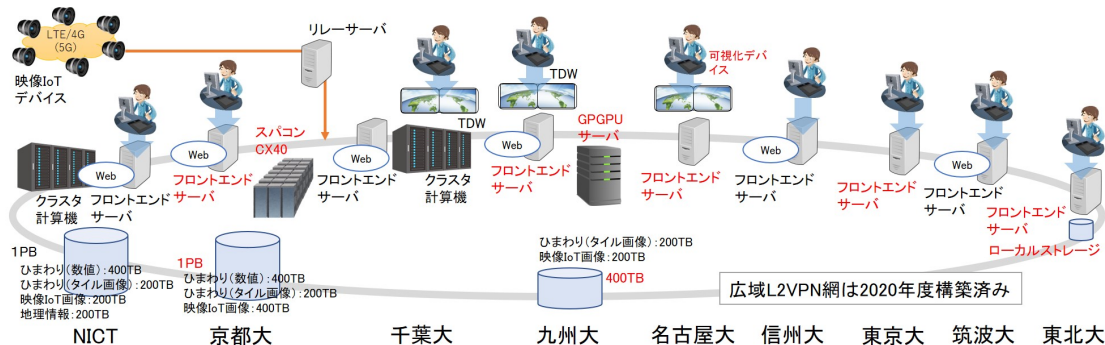


図 2-1 JHPCN 広域分散クラウドシステム: 赤文字は 2021 年度割り当てリソース

表 3-1 TCP 計測結果(iperf3 による)

単位: Gbps

CI	Sv	東京大	京都大	九州大	NICT	筑波大	千葉大
東京大		34.0	6.19	1.25	8.74	9.16	0.87
京都大		5.18	23.4	2.26	8.32	2.14	0.82
九州大		1.49	2.59	32.5	1.62	1.32	0.64
NICT		7.23	5.66	1.27	27.1	7.10	0.87
筑波大		8.63	8.21	1.10	8.80	24.3	0.86
千葉大		0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	15.5

00

表 3-2 HpFP/UDP 計測結果(hperf による)

単位: Gbps

CI	Sv	東京大	京都大	九州大	NICT	筑波大	千葉大
東京大		11.6	5.21	2.11	7.96	2.18	0.87
京都大		5.71	5.65	1.94	6.18	2.13	0.84
九州大		5.35	5.44	7.01	5.30	2.21	0.64
NICT		8.45	5.10	4.43	5.70	7.95	0.85
筑波大		8.52	5.18	5.78	6.85	5.08	0.87
千葉大		0.87	0.87	0.78	0.87	0.87	2.91

NICT、筑波大、千葉大は VLAN 設定およびジャンボフレームのためのスイッチ設定が完了した。10Gbps 通信のためには通信ノードにおける TCP および UDP バッファサイズの拡張が必要であるが、名古屋大、九州大を除いて設定が完了した。東北大、名古屋大および信州大は環境構築中のため、2020 年度中には計測ができなかった。

2020 年度にはさらに、構築したネットワーク環境で高速データ伝送のための基礎通信性能測定を行った。通信スループットの測定結果を表 3-1 (TCP) および表 3-2 (HpFP) に示す。ここで hperf は iperf3 に合わせて作成した HpFP ベースのネットワーク環境計測ツールである。これらの実験により、次のことが明らかになった。①2019 年度までの L3 環境での計測結果と比較すると総合的に L2VPN 環境でのデータ通信速度が高速化している。②環境整備（ネットワークおよびサーバ）が整っている環境ではスループットとして 10Gbps に近い速度を達成している。一方、達成できていない通信環境（たとえば京都大→筑波大）

もあり、これらについては今後の原因究明と対策検討が必要である。③パケットロスレス環境では TCP でも十分な高速化を達成しており、HpFP の有利性はそれほど高くない。

3.2 広域分散クラウドエコシステム活用

JHPCN 広域分散クラウドを活用したビッグデータサイエンスのためには、クラウド上で動作するエコシステムの充実が必須である。本節では、2020 年度に行った各拠点独自のエコシステムについて報告する。

京都大には、フロントエンドサーバ (VM サーバ) 上に HpFP サーバ環境を整備し、1PB ストレージへの HpFP プロトコルツールによるデータ伝送環境を整備した。NICT からのひまわり衛星データ伝送については 6 か月で 200TB のデータ伝送を完了した。また、映像 IoT システムからの映像データ（静止画像、動画画像）については、191 台の観測拠点（カメラ）からの画像を総計で 98TB（ファイル数 4 千 833 万）伝送した。

京都大学スパコン XC40 への H.264 コーデックおよび FFmpeg のセットアップに成功し、基礎試験を終了した。スパコンへの FFmpeg 実装により今後の大規模並列分散型画像処理の実現が期待される。

図 3-1 は名古屋大コールドストレージ利活用システムである。ユーザは HpFP (HCP) クライアントアプリのファイル転送またはファイル同期機能を用いて名大ストレージ（キャッシュ領域として利用する）にデータファイルを保存し、スケジューリングに従って磁気ディスクに保存する。202 年度は名古屋大に HCP サーバをセットアップし、さらに他拠点の HCP クライアントからの高速ファイル転送環境整備を行った。これにひまわり衛星に関するデータ（総データサイズ 48TB、総データファイル数 850 万）を不変のホットストレージに転送し、これらのファイルがバックエンド処理によりコールドストレージに正しく保存さ

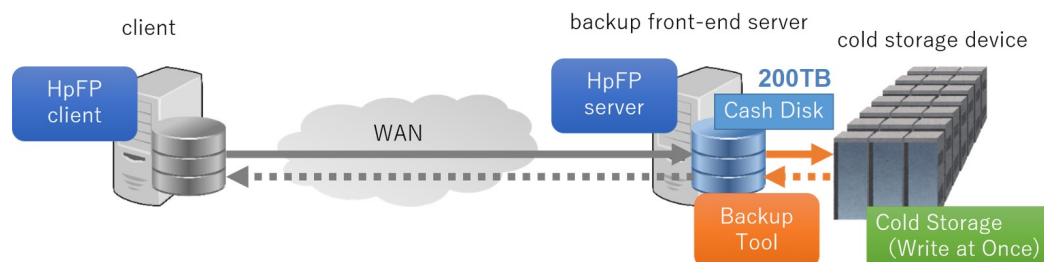


図 3-1 名大コールドストレージバックアップシステム

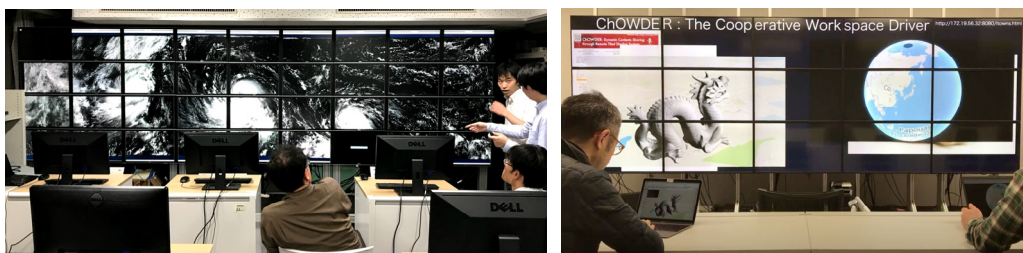


図 3-2 ChOWDER 事例:
(左図)3次元 GIS の超高解像度分散レンダリング、(右図)複数 GIS コンテンツ(iTowns)同時表示

れていることを diff コマンドにより確認した。バックアップシステムの有用性は確認できたものの、この方法はデータファイルの一括バックアップには適するが頻繁に書き込む用途には向かないため、キャッシュ機能や新規書き込み等の転送機能についての検討が必要であることが分かった。

九州大および千葉大については、タイルドディスプレイ用のミドルウェア ChOWDER[9-10]による大規模データ可視化のための基礎環境整備が完了した(図 3-2)。L2VPN 上の京都大 VM サーバ上に ChOWDER サーバを起動し、そこに接続したタイルドディスプレイで超高解像度コンテンツ表示が可能なことを確認した。また、NICT に地図と数値標高データの配信サーバを構築した。今後は、3次元時空間 GIS データの大規模可視化を九州大や千葉大のタイルドディスプレイ間で同期レンダリングする実験を検討する。

信州大は、図 3-3 のひまわりゲームサーバに高速接続し、スムーズな時系列データ可視化を行う PC を L2VPN 網で接続し、ひまわりゲームを高速に体験することに成功した。将来的には信州大に 10G 接続された小中学校において同実験を児童たちに対して行う。

筑波大については、NICT から Gfarm 実験用のサーバ群 20 台(総コア数 208、総メモリサイズ 1,648GB)の移設および UPS の設置を完了した。今後の性能検証実験に向けて Gfarm 最新版(バージョン 2.7.18)のセットアップを完了した。その

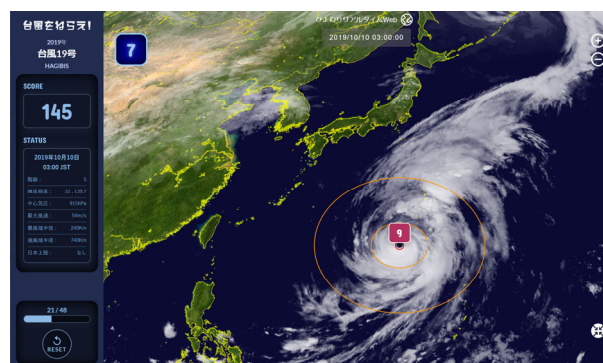


図 3-3 ひまわりゲーム(台風の進路を学ぶ) [12]

際、システムの一部を、筑波大開発のコンシステントハッシュファイルシステム(CHFS)[11]で利用することとした。

国立極地研究所では情報通信研究機構が独自開発したオープンソースの jQuery である Timeline および TileViewer 用いた時系列高解像度オーロラ画像データセットの準備と閲覧用 Web アプリケーション開発が進んでいる。Timeline および TileViewer はオープンソースとして Web 公開し(図 3-4)、さらに現在 Github での公開準備中である。

ビッグデータ利活用(東北大、情報通信研究機構、宇宙航空研究開発機構)では HpFP プロトコル[1]をベースとして開発した HCP ツール[2]の



図 3-4 オープンソース jQuery 公開 Web
<http://k2go.jp/public/>

Windows クライアント版を用いたデータファイル実験準備中である。クライアントプリはおおむね完成しており、JHPCN 広域分散クラウド上での動作検証中である。

4 おわりに

本研究では、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)課題として、9つJHPCN拠点大学および国内外大学のL2VPN接続によるビッグデータサイエンスのための広域分散クラウドの構築を試みた。JGN および SINET5 のブロードバンドネットワーク性能を100%引き出すことができる通信プロトコル HpFP[1]およびファイル転送ツール[2]により、各研究機関が自らの研究データを目的に応じて柔軟で快適に利用できる環境は学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)プログラムそのものの最終目標の一つである。

一方、このような広域分散クラウドはそれ自身の開発を目的とすることは許されるべきではない。ドメイン研究においてこれまでの単一クラウド環境では不可能であった高い学術成果および社会実証・社会実装を達成して、初めてその価値が評価されるべきである。本稿では紙面の都合上議論していないが、筆者らのJHPCN課題では地域気象およびAI画像処理において高い成果を挙げてきたドメイン研究者が本システム上でその腕を存分に振るうことで目標達成を目指しており、その成果が学術面[13-33]や社会貢献面[34-41]において出始めている。そのためのエコシステム(データ収集技術[3]、データセキュリティ技術[4]、データ伝送技術[5]、データ処理技術[6]、データ可視化技術[7]、データ保存技術[8]、映像伝送技術[42]など、これまでの研究により実用レベルでの準備は整っており、今後も高い成果が期待される。

謝辞

本研究は、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)課題として行ったものであり、分担者である岡部寿男さん(京都大学・学術情報メディアセンター)、菅沼拓夫さん(東北大学・サイバーサイエンスセンター・情報通信基盤研究部)、江川隆輔さん(東北大学・サイバーサイエンスセンター)、阿部亨さん(東北大学・サイバーサイエ

ンスセンター)、建部修見さん(筑波大学・計算科学研究センター)、日下博幸さん(筑波大学・計算科学研究センター)、樋口篤志さん(国立大学法人千葉大学・環境リモートセンシング研究センター)、片桐孝洋さん(名古屋大学・情報基盤センター)、嶋田創さん(名古屋大学・情報基盤センター)、大島聡さん(名古屋大学・情報基盤センター)、小野謙二さん(九州大学情報基盤研究開発センター)、岡村耕二さん(国立大学法人九州大学・情報基盤研究開発センター)、南里豪志さん(九州大学・情報基盤研究開発センター 先端計算基盤研究部門)、笠原義晃さん(九州大学・情報基盤研究開発センター)、竹中栄晶さん(宇宙航空研究開発機構・地球観測研究センター)、原田浩さん(理化学研究所・計算科学研究センター 運用技術部門)、片岡龍峰さん(国立極地研究所)、田浦健次朗さん(東京大学・情報理工学系研究科)、山口龍太郎さん(東京大学・情報理工学系研究科電子情報学専攻)、小林一樹さん(信州大学・学術研究員工学系)、鈴木彦文さん(信州大学・総合情報センター)、木村智樹さん(東北大学・学際科学フロンティア研究所)、土屋史紀さん(東北大学・大学院理学研究科)、埜千尋さん(情報通信研究機構・電磁波研究所)、村上豪さん(宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)、北元さん(宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)、Pavarangkoon Praphan さん(情報通信研究機構・総合テストベッド研究開発推進センター)の皆様の協力を得ています。なお、各メンバーの所属組織はJHPCN2020申請時のものです。また、各要素技術については、渡部重十さん(北海道情報大学)、水原隆道さん(クレアリンクテクノロジー社)にご協力いただきました。

参考文献

- [1] K. T. Murata, P. Pavarangkoon, K. Yamamoto, Y. Nagaya, T. Mizuhara, A. Takaki, K. Muranaga, E. Kimura, T. Ikeda, K. Ikeda and J. Tanaka, "A quality measurement tool for high-speed data transfer in long fat networks," in 2016 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, Sep. 22-24, pp. 1-5, 2016, doi: 10.1109/SOFTCOM.2016.7772111.
- [2] P. Pavarangkoon, K. T. Murata, K. Yamamoto, N. Fujita, H. Ohkawa, H. Mikai, Y. Ikehata, K. Muranaga, T. Mizuhara, A. Takaki and Y. Kakizawa, "Performance Evaluation of High-Performance and Flexible Protocol on Data Mover Challenge," in 2020-5th International Conference on Information Technology (InCIT),

- ChonBuri, Thailand, Oct. 21-22, pp. 265-269, 2020, doi: 10.1109/InCIT50588.2020.9310956.
- [3] 石倉諭, 村田健史, 久保卓也, 木村映善, 山本和憲, 篠原育, RSS1.0 を利用した科学衛星・地上観測データのメタデータ自動収集, 電子情報通信学会論文誌(B), Vol.J91-B, No.4, pp.499-509, Apr. 2008.
- [4] 渡邊英伸, 上野宣, 村田健史, "NICT サイエンスクラウドセキュア Web アプリケーション開発協力手法," 情報知識学会誌, vol. 24, no. 3, pp. 291-296, 2014, doi: 10.2964/jsik_2014_029.
- [5] 渡邊英伸, 黒澤隆, 木村映善, 水原隆道, 村田健史, 建部修見, "広域分散ファイルシステムにおける UDT マルチストリームファイル転送ツール," 電子情報通信学会 和文論文誌 D, vol. J99-D, no. 5, pp. 514-525, 2016, doi: 10.14923/transinfj.2015AIP000.
- [6] K. T. Murata, H. Watanabe, K. Yamamoto, E. Kimura, M. Tanaka, O. Tatebe, K. Ukawa, K. Muranaga, Y. Suzuki and H. Kojima, "A high-speed data processing technique for time-sequential satellite observation data," IEICE Communications Express, vol. 3, no. 2, pp. 74-79, 2014, doi: 10.1587/comex.3.74.
- [7] 村田健史, 鶴川健太郎, 村永和哉, 鈴木豊, 渡邊英伸, 是津耕司, 山本和憲, 篠原育, 笠原禎也, 岡田雅樹, 小嶋浩嗣, 能勢正仁, 木村映善, 建部修見, 田中昌宏, "世界科学データシステム (WDS) のための学際的科学データ表示 Web の提案," 情報知識学会誌, vol. 24, no. 3, pp. 297-320, 2014, doi: 10.2964/jsik_2014_030.
- [8] 渡邊英伸, 亀澤祐一, 高杉英利, 平野一樹, 今井潔, 村田健史, 建部修見, 広域分散ファイルシステム Gfarm の SLA 評価手法, インターネットと運用技術シンポジウム 2013 (IOTS2013) 論文集, pp.9-16, 2013 年 12 月.
- [9] Ono, K., & Kawanabe, T. (2018). タイルドディスプレイシステム ChOWDER を利用したオンラインコラボレーション. In AXIES 年次大会口頭発表プログラム
- [10] Kawanabe, T., Ono, K., & Sakurai, D.(2019). タイルドディスプレイシステム ChOWDER の超大規模画像データ表示機能とその応用例. In AXIES 年次大会口頭発表プログラム
- [11] 建部修見, "CHFS: コンシステントハッシュファイルシステムの設計," 情報処理学会研究報告ハイパフォーマンコンピューティング (HPC) , vol. 22021-HPC-178, no. 22, pp.1-8, 2021.
- [12] ひまわりゲーム
<http://k2go.jp/public/TileViewer/>
- [13] P. Pavarangkoon, K. T. Murata, K. Yamamoto, K. Muranaga, A. Higuchi, T. Mizuhara, Y. Kagebayashi, C. Charnsripinyo, N. Nupairoj, T. Ikeda, J. Tanaka and K. Fukazawa, "Development of international mirroring system for real-time web of meteorological satellite data," Earth Science Informatics, vol. 13, no. 4, pp. 1461-1476, 2020, doi: 10.1007/s12145-020-00488-z.
- [14] R. Ando, S. Watanabe, K. T. Murata and P. Kunakornvong, "Exploration of the earth environment using "Himawari-8" data of meteorological satellite and deep learning," UTK Research Journal, vol. 14, no. 2, pp. 1-9, 2020.
- [15] M. M. Sein, K. Htet, K. T. Murata and P. Somnuk, "Object Detection, Classification and Counting for Analysis of Visual Event," in 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Kobe, Japan, Oct. 13-16, pp. 274-275, 2020, doi: 10.1109/GCCE50665.2020.9292058.
- [16] P. Pavarangkoon, K. T. Murata, K. Yamamoto, N. Fujita, H. Ohkawa, H. Mikai, Y. Ikehata, K. Muranaga, T. Mizuhara, A. Takaki and Y. Kakizawa, "Performance Evaluation of High-Performance and Flexible Protocol on Data Mover Challenge," in 2020-5th International Conference on Information Technology (InCIT), ChonBuri, Thailand, Oct. 21-22, pp. 265-269, 2020, doi: 10.1109/InCIT50588.2020.9310956.
- [17] S. Phon-Amnuaisuk, K. T. Murata, L. Kovavisaruch, T. Lim, P. Pavarangkoon and T. Mizuhara, "Visual-Based Positioning and Pose Estimation," Neural Information Processing, Part of the CCIS, vol. 1332, Online, , Nov. 18-22, pp. 597-605, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-63820-7_68.
- [18] T. Connie, M. K. O. Goh, V. C. Koo, K. T. Murata and S. Phon-Amnuaisuk, "Improved Parking Space Recognition via Grassmannian Deep Stacking Network with Illumination Correction," International Conference on Computational Intelligence in Information System, vol. 1321, Tokyo, Japan, Nov. 13-15, pp. 150-159, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-68133-3_15.
- [19] M. Kasim, K. T. Murata, N. Midun, T. Mizuhara, P. Pavarangkoon and S. Phon-Amnuaisuk, "Use Case of HPVT in Counting Stars: A Vision-Based Approach of Monitoring Natural Events," International Conference on Computational Intelligence in Information System, vol. 1321, Tokyo, Japan, Nov. 13-15, pp. 172-181, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-68133-3_17.
- [20] K. Sangrit, K. Tungpimolrut, U. Lewlompaisarl, M. Chatpoj, J. Karnjana, K. T. Murata, W. S. H. Suhaili, J. D. Cruz, F. Asarias, P. Siharath, D. Bouangeune and T. L. L. Thein, "Experiments on LoRa Communication Used in a Relay Station Network for Disaster Management," International Conference on Computational Intelligence in Information System, vol. 1321, Tokyo, Japan, Nov. 13-15, pp. 225-232, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-68133-3_22.
- [21] P. Pavarangkoon, K. T. Murata, K. Yamamoto, A. Higuchi, T. Mizuhara, Y. Kagebayashi, A. Takaki, K. Muranaga, C. Charnsripinyo, B. B. R. Lara, J. J. S. Marciano, Jr., E. Yen, S. C. Lin and K. Fukazawa, "Himawari Data Transfer to Asian Countries," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, Virtual, Japan, Jul. 12-16, pp. MGI41-P01, 2020.

- [22] P. Pavarangkoon, K. T. Murata, T. Yumura, K. Yamamoto, T. Mizuhara, Y. Kagebayashi, Y. Kakizawa and K. Muranaga, "An Initial Report of StarBED for HpFP Development," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, Virtual, Japan, Jul. 12-16, pp. MGI41-P02, 2020.
- [23] 柿澤康範, 高木文博, 水原隆道, 影林佑哉, Pavarangkoon Praphan, 村永和哉, 山本和憲, 村田健史, "HpFP : 高速データ伝送アプリケーション開発 (1)," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-P03, 2020.
- [24] 青木俊樹, 水原隆道, 村田健史, 山本和憲, 山崎孝成, Pavarangkoon Praphan, 村永和哉, "Raspberry Pi による映像 IoT の独自プログラミング開発手法 (3)," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-P04, 2020.
- [25] ヌリシラジ マハダド, 水原隆道, 青木俊樹, 村田健史, 山本和憲, 村永和哉, Pavarangkoon Praphan, "Raspberry Pi の耐久性検証とインテリジェントウオッチドッグ開発," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-P05, 2020.
- [26] 水谷耕平, 村田健史, 山本和憲, Praphan Pavarangkoon, 村永和哉, 水原隆道, "千曲市センサーネットワークによるデータ収集," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-P07, 2020.
- [27] 村永和哉, 村田健史, 山本和憲, Pavarangkoon Praphan, "時空間同期 Web による大規模 4 次元 GIS アプリケーション (1)," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-P09, 2020.
- [28] 北本朝展, 村田健史, "歴史的行政区域データセット β 版をはじめとする幾何データ共有サイト「Geoshape」の構築," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-15, 2020.
- [29] 水原隆道, 青木俊樹, ヌリシラジ マハダド, 山本和憲, 村田健史, 村永和哉, Pavarangkoon Praphan, 浅井信行, Tungpimolrut Kanokvate, Lewlomphaisarl Udom, Karnjana Jessada, "LPWA (LoRa) と映像 IoT 技術開発 (1)," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-18, 2020.
- [30] 村田健史, "STARS : Spatially and Temporally Acquired Records Synchronizer," in JpGU - AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 日本, Jul. 12-16, pp. MGI41-06, 2020.
- [31] J. Karnjana, P. Aimmanee, A. Tanatipuknon, P. Dillon and K. T. Murata, "Change Detection in Multi-temporal Remote Sensing Images for Landslide Monitoring," in ASEAN IVO Forum 2020, Online, Japan, Oct. 28-28, 2020.
- [32] J. Karnjana, S. Keerativittayanun, K. Sangrit, P. Dillon, A. Tanatipuknon, P. Aimmanee and K. T. Murata, "Real-time Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks and Remote Sensing Techniques for Landslide-prone Areas in the Northern Region of Thailand," in Virtual Conference on DISASTER RISK REDUCTION, Online, Mar. 19-21, 2021, in print.
- [33] 北本朝展, 村田健史, "歴史的行政区域データセット β 版をはじめとする地名情報基盤の構築と歴史ビッグデータへの活用," 情報処理学会研究報告, vol. 2020-CH-124, no. 1, オンライン, 日本, Sep. 5-5, pp. 1-8, 2020.
- [34] 千曲市降雪画像 (Youtube)
https://youtu.be/Wx_rxbPTzig
- [35] "ひまわりリアルタイムアプリ 「宇宙開発利用大賞」 国土交通大臣賞", 電波タイムズ, 2020/5/18.
- [36] "小笠原諸島・西之島は溶岩流出で拡大継続 火山活動の変化を気象衛星でも捉える", Infoseek ニュース 他, 2020/6/28.
- [37] "球磨川から流出の大量の土砂 気象衛星で捉える", Infoseek ニュース 他, 2020/7/04.
- [38] "東京など関東南部で「かなとこ雲」が目撃される", Infoseek ニュース 他, 2020/8/31.
- [39] "台風の勢力 衛星画像で探る 「ひまわり 8 号」データ活用 発達する「目」や雲の動き より正確に", 朝日新聞 (19 面), 2020/9/10.
- [40] "【サイエンス BOX 追う】台風直接観測 強さ予測へ 「目」の付近 気圧・風速機器投下", 読売新聞, 2020/10/9.
- [41] 村田健史, 武田康男, 菊池真似, ひまわり 8 号と地上写真からひと目でわかる 日本の天気と気象図鑑, 誠文堂新光社, 2017.
- [42] 渡邊英伸, 山本和憲, 村田健史, 木村映善, 亘慎一, 村山泰啓, 宮地英生, 荻野瀧樹, 深沢圭一郎, 3 次元可視化パラメータ共有による多地点遠隔ボリュームコミュニケーションシステム, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J95-D, No.5, pp.1160-117, 2012.