

JHPCN 広域分散クラウドを用いた超高解像度時系列画像の 多拠点共有実験の報告

川鍋 友宏¹⁾, 村田 健史^{1),2)}, 山本 和憲¹⁾, 深沢 圭一郎²⁾, 樋口 篤志³⁾, 豊嶋 紘一^{4),3)},
小野謙二⁵⁾

- 1) 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
- 2) 京都大学 学術情報メディアセンター
- 3) 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター
- 4) 東京大学生産技術研究所
- 5)九州大学 情報基盤研究開発センター

tkawanabe@nict.go.jp

Report on multi-site sharing experiment of ultra-high-resolution time-series images using JHPCN wide-area distributed cloud

KAWANABE Tomohiro¹⁾, MURATA Ken T^{1),2)}, YAMAMOTO Kazunori¹⁾,
FUKAZAWA Keiichiro²⁾, HIGUCHI Atsushi³⁾, TOYOSHIMA Koichi^{4),3)}, ONO Kenji⁵⁾

- 1) ICT Testbed Research and Development Promotion Center, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)
- 2) Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto Univ.
- 3) Center for Environmental Remote Sensing, Chiba Univ.
- 4) Institute of Industrial Science, the Univ. of Tokyo
- 5) Research Institute for Information Technology, Kyushu Univ.

概要

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)採択課題の一つである「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、国内の大学や研究機関を JGN や SINET5 にまたがる L2VPN により全国規模の分散クラウドシステムを構築している。本 L2VPN に接続された複数拠点のタイルドディスプレイを連動させ、気象衛星ひまわりの超高解像度時系列画像を同時表示させる実験を行った。本実験は旧来のタイルドディスプレイのように一箇所に研究者が集まり画面を見ながら議論するような利用方法にとらわれない、ポストコロナ時代に適応した分散協調的な大規模データ分析可視化手法を示すものである。

1 はじめに

ビッグデータ利活用が一般化したその背景には、クラウドコンピューティング技術の民主化が大きな役割を果たしている。巨大な計算資源やストレージはもはや特別な物ではなく、さらに近年発達目覚ましい AI 技術により、ビッグデータはクラウド上で効率的に要約された情報に加工され、誰もが手元の端末からアクセスできるようになった。しかしながら多くの研究分野においては、巨大なデータを要約せずに観察することで気づきを得ることが現在でも（そして今後も）重要であるが、この要求はビッグデータ化が進むにつれ実現が難しくなる相反関係にある。なぜなら、こんにち最終的なデータ提示装置としてのディスプレイ

デバイスは、4K~5K 程度の解像度の製品が一般的に入手可能かつ実用的な最大解像度であるが、入力データは爆発的に増え続けているにも関わらず、ディスプレイ解像度の進化は相対的に遅く、結果として人間に提示される情報はますます要約されることになる。単位面積あたりの画素数は人間の認知力の限界に近づいているため、平面ディスプレイが提示する情報量を増やすには、物理的な面積を広げるのが現実的な手段となる。しかし、それを実現するタイルドディスプレイシステムは一般的に大型かつ高価であり、研究施設の可視化ルームなどに複数の人間が集まって情報を閲覧しながら議論する使い方を想定された装置であるため、コロナ禍の現代社会に適応しているとは言い難い。

筆者らは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」[1]において、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。JHPCN 広域分散クラウド内のストレージには、ひまわりリアルタイム Web[2]の高解像度タイル画像(全球最大解像度 5,500x5,500 ピクセル)が時系列で保存されており、L2VPN 内では高速にアクセス可能である。また、現在 NICT が中心に開発を進める Web ベースのタイルドディスプレイミドルウェア ChOWDER[3]を適用可能なタイルドディスプレイ装置が、千葉大学、九州大学、NICT に存在し、上述の L2VPN に接続されていることから、これらタイルドディスプレイを ChOWDER により協調動作させ、気象衛星ひまわりの超高解像度画像を 3 拠点で時系列に同期表示させる実験を行い、ウィズコロナ・ポストコロナ時代に適応した遠隔・協調大規模可視化の手法を検証した。

本稿は、第 2 節で JHPCN 広域分散クラウドについて、第 3 節で ChOWDER について説明する。第 4 節では実験方式について説明し、第 5 節でその実験結果を報告する。第 6 節でまとめと今後の課題について述べる。

2 JHPCN 広域分散クラウド

JHPCN 広域分散クラウドの目的は、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広域分散クラウド構築である。筆者らは大規模な広域分散計算環境の構築のため、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点プログラムの採択課題をベースに本クラウドを構築している。本クラウド構築に関連する課題は 2015 年度から本年度まで継続的に採択されており、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。2021 年度には 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)VPN で結ぶ分散クラウドシステムを実装した[4]。主要拠点間での通信性能計測結果を表 1 に示す。また、九州大学、京都大学、NICT の各ストレージサーバに気象衛星ひまわりの雲画像タイルデータを分散配置し、千葉大学、信州大学の Web サーバからそれらストレージをリモートマウントした、ひまわりリアルタイム Web 負荷分散システムの試験運用を開始した(図 1)。2022 年度は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構築を進めている。

表 1 拠点間の TCP 計測結果 (iperf3 による)

単位: Gbps

Cl	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

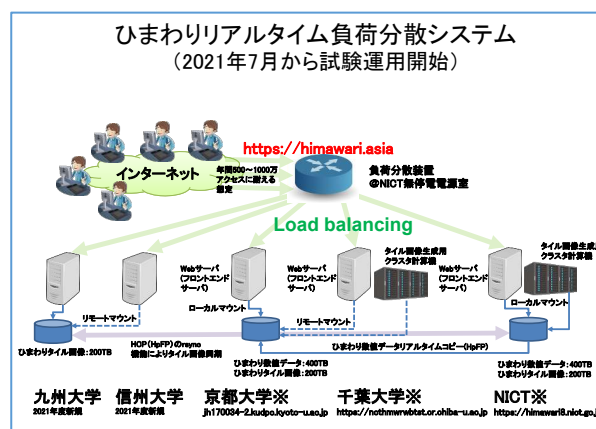


図 1 JHPCN 分散広域クラウド上に構築したひまわりリアルタイム負荷分散システム

3 ChOWDER

3.1 概要

ChOWDER(Cooperative Workspace Driver)は、複数の物理ディスプレイ装置を並べて配置することで、全体をひとつの大きなディスプレイエリアとして利用する、いわゆるタイルドディスプレイを実現するオープンソースソフトウェアである。2016年に理化学研究所と九州大学が共同で研究開発を始め、2020年からは NICT により地理情報システム (GIS) の閲覧機能などの機能追加を行って

いる。ソースコードは Github で公開している[5]。
(現時点での最新版は 202111 ブランチ)

システム構成概要を図2に示す。ChOWDERは Web ブラウザを表示ソフトウェアとして利用する。タイル状に配置したディスプレイ装置のそれぞれにおいて Web ブラウザを全画面表示し、各 Web ブラウザは ChOWDER サーバに接続することで、タイルドディスプレイ全体を1つの大きな表示空間として制御できる。表示するコンテンツは、ユーザの手元の PC 上の Web ブラウザ (ChOWDER コントローラアプリ) を通してアップロードする。アップロード可能なコンテンツ種別は、画像、PDF、テキストファイルである。動画ファイルや、デスクトップ画面共有などは、(アップロードを必要としない) ストリーミングコンテンツとして表示可能である。なお、ChOWDER システム概要については 2018 年[6]に、超高解像度可視化事例については 2019 年[7]の AXIES 年次総会で報告している。

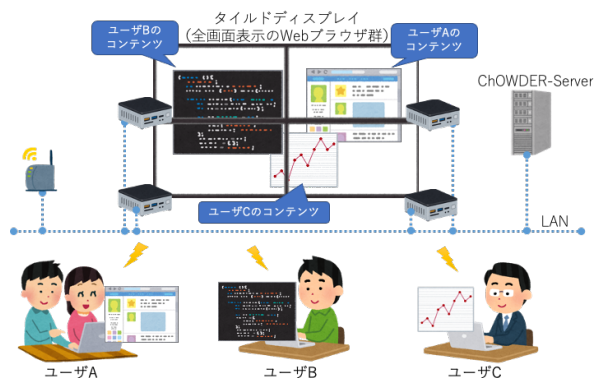


図2 ChOWDER システム構成概要

3.2 タイル画像ビューア機能

ChOWDER には Web サーバから配信される XYZ 方式タイル画像を表示する、タイル画像ビューア機能がある。XYZ 方式とは、サーバ側で予めタイル状に分割した画像データを配信する方法であり、Google Maps や、地理院地図 (電子国土 Web) といった地図配信サイトで広く用いられている画像データ配信方法である。ひまわりリアルタイム Web も XYZ 方式によりひまわり雲画像を配信しており、ChOWDER タイル画像ビューア機能により、タイルドディスプレイの総解像度に応じた高解像度なひまわり雲画像を表示可能である。

タイルビューア機能の制御ソフトウェアは Web ブラウザで稼働する JavaScript アプリケーションとして実装されており、ChOWDER サーバに

ネットワーク接続可能なユーザ PC 上で動作させる。制御ソフトウェアでタイル画像の拡大・縮小などの操作を行うと、その操作情報 (メタデータ) が ChOWDER サーバを経由してタイルドディスプレイを構成する各物理ディスプレイ (の Web ブラウザ) に通知され、物理ディスプレイの Web ブラウザはそのメタデータに基づき、自身の表示範囲に必要なタイル画像を、タイル画像サーバに要求して描画する。つまり、ユーザ PC→ChOWDER サーバ→ディスプレイの通信はメタデータのみであり、必要最低限の通信で高解像度データの可視化を可能にしている。

3.3 仮想ディスプレイ空間による複数拠点連携

ChOWDER サーバが管理する仮想ディスプレイ空間、Virtual Display Area(VDA)により、物理構成 (タイル構成や総解像度等) の異なる複数拠点のタイルドディスプレイを、ネットワークを介して連動可能である。ユーザは ChOWDER システムを利用する際にこの VDA 内の任意の場所に物理ディスプレイの位置を割り当てる。物理ディスプレイは複数割当可能であり、格子状に割り当てれば所謂タイルドディスプレイとなる。表示するコンテンツも VDA 上の任意の位置に登録可能である。コンテンツはタイルドディスプレイを構成する複数の物理ディスプレイ間をまたがった移動や拡大縮小が可能である。VDA 上ではコンテンツのみならずディスプレイの拡大・縮小率の変更が可能であるため、図3に示すように Site A が 2×2 構成のタイルドディスプレイ、Site B が1つのディスプレイのような、拠点ごとに異なる物理解像度、アスペクト比であっても、VDA 上での位置と大きさを重ね合わせるにより、両拠点でコンテンツをミラーリング共有することが可能である。

この VDA のコンセプトと実装は、他タイルドディスプレイシステムに見られない ChOWDER 独自のものであり、本稿で報告する実験を着想するに至った理由である。

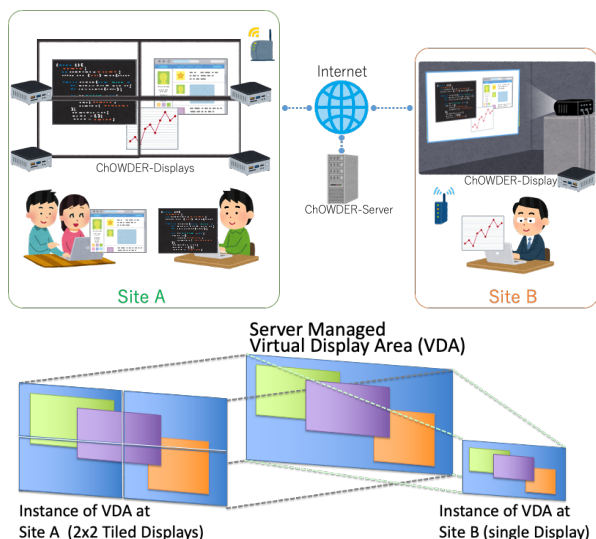


図3 Virtual Display Area の概念（下）と適用例（上）

4 実験方法

JHPCN 広域分散クラウドの L2VPN に接続された、九州大学、千葉大学、NICT の 3 拠点のタイルドディスプレイを、京都大学のサーバ（仮想マシン）上で稼働する ChOWDER サーバに接続し、ミラーリング表示状態とする。各タイルドディスプレイの諸元を表 2 に、実験の接続構成概要を図 4 に示す。

ひまわり画像を配信する Web サーバは NICT にあり、ローカルストレージのひまわり画像を参照している（図 1）。L2VPN に接続した操作 PC 上でタイル画像ビューア制御アプリを 2 つ動作させ、ひまわり全球画像と、日本域画像の 2 種類を同時表示させる。2 つのひまわり画像は各拠点のタイルドディスプレイにミラーリング表示される。タイルドディスプレイ上での表示倍率は、アスペクト比の違う各タイルドディスプレイにおいて概ね画像全体が表示されるように ChOWDER コントローラアプリにより調整する。

ひまわり画像は 10 分毎の時系列画像であり、タイル画像ビューア制御アプリの時刻変更機能を用いて 3 拠点に表示された 2 種類の超高解像度タイル画像の時系列表示の同期実験を行う。なお、3 拠点間の音声コミュニケーションと映像記録には zoom を用いた。

表 2 各拠点タイルドディスプレイ諸元

拠点	ディスプレイ単体解像度	タイル構成 (横×縦)	総解像度 (ピクセル)	接続PC
NICT	4K (3,840×2,160)	6×5	23,040×10,800	ディスプレイ 1 枚につき RaspberryPi 1 台 (計 30 台)
千葉大学	FullHD (1,920×1,200)	9×4	17,280×4,800	ディスプレイ 1 2 枚につき LinuxPC 1 台 (計 3 台)
九州大学	4K (3,840×2,160)	4×3	15,360×6,480	ディスプレイ 3 枚につき WindowsPC 1 台 (計 4 台)

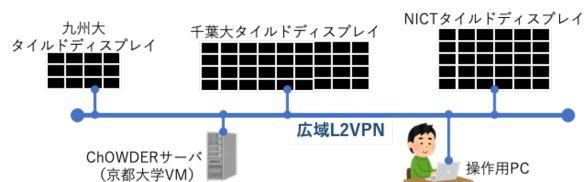


図 4 実験装置の接続構成

5 実験結果

実験は 2021 年 11 月 25 日に行われ、3 拠点のタイルドディスプレイを京都大学の ChOWDER サーバに接続したのちに、九州大学から L2VPN に接続した操作 PC 上の 2 つのタイル画像ビューア制御アプリで、ひまわり全球画像と日本域画像を表示し、全拠点のタイルドディスプレイに同じ画像がタイルドディスプレイの総解像度に応じた超高解像度画像で表示されることを確認した（図 5）。なお、このとき表示した雲画像データは、日本各地に大きな被害をもたらした 2019 年の台風 19 号が本州に近づきつつある 2019 年 10 月 11 日のものである（図 6）。

続いて、操作 PC 上のタイル画像ビューア制御アプリの時刻スライダを操作して表示画像の時刻歴変更を行い、各拠点タイルドディスプレイ上での表示変更追従を観察した。全拠点とも操作 PC の時刻操作に応じて表示画像が更新されることを確認したが、NICT のタイルドディスプレイは他拠点に比べ表示更新が著しく（数秒から十数秒）遅れることがあるのが確認された。これは NICT のタイルドディスプレイを構成する物理ディスプレイに接続された計算機の描画性能の低さによるものと考えられる。NICT タイルドディスプレイは計算機に RaspberryPi を用いることでローコストに高解像度を得ることを目的に構築されたものであるのに対し、他 2 拠点の計算機はマルチディスプレイ対応の高性能な GPU ボードが搭載されており、描画性能差が生じることは予め予想される実験であったが、表示速度の問題以外には不具合は発生せず、3 拠点による超高解像度画像の協調表示実験は成功したと言える。

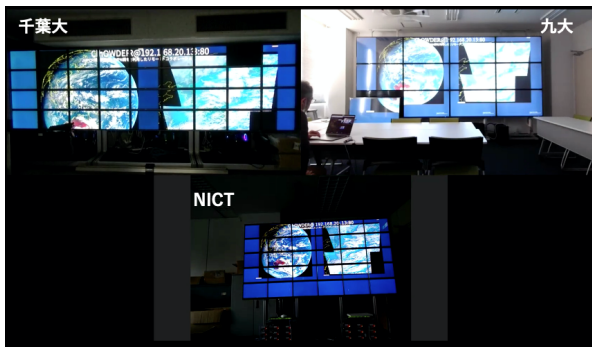


図5 複数拠点タイルドディスプレイを連動させた超高解像度画像共有実験の様子（zoom録画のスクリーンショット）

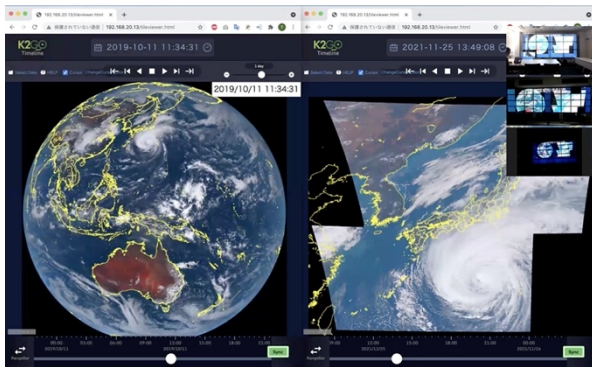


図6 操作用PC上のタイル画像ビューソフトウェア ひまわり全球（左）と日本域（右）

6 おわりに

本稿では JHPCN 広域分散クラウドのバックボーンとして構築した L2VPN に接続された各拠点のサーバ計算機、タイルドディスプレイを用いた超高解像度画像の多拠点同時表示実験の報告を行った。複数拠点タイルドディスプレイを同時駆動可能な、NICT 開発のソフトウェア ChOWDER を用い、超高解像度かつ時系列なひまわり雲画像を、九州大学、千葉大学、NICT の 3 拠点のタイルドディスプレイにミラーリング表示することに成功した。

異なるタイル構成・解像度のタイルドディスプレイ間でのコンテンツ共有表示は、ChOWDER 独自の機能であり、本実験により旧来のタイルドディスプレイのように一箇所に研究者が集まり、画面を見ながら議論するような利用方法にとられない、ポストコロナ時代に適応した分散協調的な大規模データ分析可視化手法を提示することができた。

本稿で報告した実験では、準備不足により転送データ量の算出や、表示時間の厳密な計測などが

できなかったため、次回の実験では客観的指標による評価により、具体的な性能検証を行う予定である。

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、および、革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの支援によるものです(課題番号: jh210009-MDH)。

参考文献

- [1] 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点採択課題詳細、<https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/abstract/jh210009-MDH>
- [2] ひまわりリアルタイム Web、<https://himawari.asia/>
- [3] Kawanabe, T., Nonaka, J., & Ono, K. (2018, August). ChOWDER: Dynamic contents sharing through remote tiled display system. In: 11th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction, VINCI 2018 (pp. 108-109). Association for Computing Machinery.
- [4] 村田健史, 深沢圭一郎, 川鍋友宏, 山本和憲, 村上雄樹 (2021). 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. In AXIES 年次大会口頭発表プログラム
- [5] ChOWDER Github リポジトリ, <https://github.com/NICT-STARS/ChOWDER>
- [6] 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
- [7] 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事例. In AXIES 年次大会口頭発表プログラム