

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

川鍋 友宏¹⁾, 小野 謙二^{1),2),3)}, 櫻井 大督³⁾

1) 理化学研究所 計算科学研究センター

2) 九州大学 情報基盤研究開発センター

3) 九州大学 情報基盤研究開発センター附属汎オミクス計測・計算科学センター

tkawanabe@riken.jp, keno@cc.kyushu-u.ac.jp,
sakurai.daisuke.950@m.kyushu-u.ac.jp

Ultra-High-Resolution Image Display Function of Tiled Display System ChOWDER and its Application

Tomohiro Kawanabe¹⁾, Kenji Ono^{1),2),3)}, Daisuke Sakurai³⁾

1) Center for Computational Science, RIKEN

2) Research Institute for Information Technology, Kyushu Univ.

3) Pan-Omics Data Driven Innovation Research Center, Kyushu Univ.

概要

理研と九州大学が共同で開発するタイルドディスプレイシステム ChOWDER は複数拠点でコンテンツ共有が可能なウェブベースのタイルドディスプレイシステムである。最近、大規模静止画データを分割してディスプレイに配信することで表示性能を改善する機能を実装した。本機能の紹介に加え、理研、九大での利用事例についても紹介する。

1 はじめに

科学に限らず、時代はビッグデータである。それは計算機、ネットワークの高速化と大規模化によりもたらされた。入力データの爆発的な増加に対応すべく、機械学習を筆頭に様々な分析手法が提案されているが、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 程度の解像度のディスプレイが一般的に入手可能かつ実用的な最大解像度であって、ここ数年ほとんど変化がない。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間引かれることになる。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方法である。

筆者らが提案する ChOWDER は、特別なハードウェアやソフトウェアを必要としない、ウェブベースのタイルドディスプレイシステムである。本稿ではこのシステムを用いて、16K を超える解像度の画像データを高速に表示する手法を紹介する。

2 ChOWDER

2.1 概要

理化学研究所と九州大学が共同で開発するソフトウェア、ChOWDER^{[1][2]} (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1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ウォールを実現するものである。

システム概要を [図 1] に示す。システムはディスプレイ、コントローラ、サーバ、の3つのコンポーネントで構成される。

ディスプレイは、物理ディスプレイとそれに接続された PC である。物理ディスプレイは、ウェブブラウザ (Google Chrome あるいは Mozilla Firefox を推奨) をフルスクリーン表示状態で用いて、ChOWDER のコンテンツ表示領域とする。ディスプレイ装置はウェブブラウザのみ必要であり、他にソフトウェアのインストールは必要ない。つまりウェブブラウザ機能が内蔵されたテレビや、タブレットデバイスなどもディスプレイとして利用可能である。

コントローラはディスプレイやコンテンツを

システムに登録し、その位置やサイズを制御するための PC である。ディスプレイ同様、コントローラ機能はウェブブラウザ上で動作するため、コントローラ PC に特別なソフトウェアのインストールは必要ない。

サーバは Node.js^[3]と呼ばれる JavaScript 実行環境上で動作する Web サーバとして実装されており、ディスプレイ、コントローラ PC のウェブブラウザからの接続要求を受け付け、それぞれのブラウザが ChOWDER のディスプレイ、コントローラと振る舞うように制御する。

また、サーバは外部アプリケーションから接続可能な WebAPI を提供しており、サードパーティアプリケーションが ChOWDER ディスプレイにコンテンツを表示することができる。理研が開発する大規模並列可視化ソフトウェア HIVE^[4]がこの API を利用しており、HIVE が出力する大規模可視化画像を ChOWDER ディスプレイ上に表示可能である。本稿で紹介する大規模画像表示機能も、この API を利用して実装したものである。

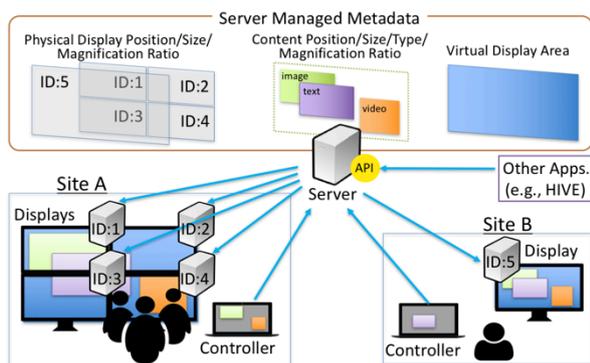


図 1 ChOWDER システム概要

2.2 Virtual Display Area

ChOWDER の最も特徴的な機能として、VDA (Virtual Display Area)が挙げられる [図 2]。これはシステムが管理する仮想的な 2 次元表示空間であり、最大で 9007199254740991^2 ピクセルの表示空間をユーザに提供する (9007199254740991 は JavaScript における整数の最大値)。ユーザは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り当て可能であり、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 2 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 つのディスプレイを利用するような、異なる物理解像度、アスペクト比であっても、両サイトがコンテンツをミラーリング共有することが可能である。

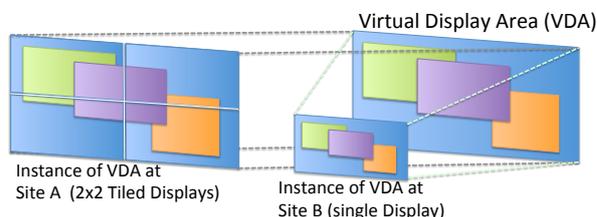


図 2 Virtual Display Area 概念

ウェブベースのタイルドディスプレイシステムとしては、米国イリノイ大学を中心に開発される SAGE2^[5]がデファクトスタンダードであるが、ディスプレイ構成はサーバの設定ファイルで静的に指定する必要があるうえ、複数拠点でコンテンツミラーリングを行う場合、各拠点が全て同じディスプレイ構成をとる必要がある。ChOWDER は VDA 概念がもたらす設定の自由度により、SAGE2 と比較して柔軟性の高いシステムであるといえる。^[2]

3 大規模画像表示機能

3.1 開発経緯

上述のとおり ChOWDER はウェブブラウザを表示用ソフトウェアとして利用しているため、表示可能なデータ種別やレンダリング性能などは、ウェブブラウザに依存している。ウェブブラウザのエコシステムを利用することで開発コストが抑えられるメリットがあるが、ソフトウェアの仕組み上、大規模なデータを扱う場合に無駄なデータ転送コストとレンダリングコストを支払うこととなる。[図 3] に示すような、 2×2 構成のタイルドディスプレイにおいて全体の中央に画像コンテンツを表示する場合を考える。ChOWDER では、VDA 上のコンテンツとディスプレイの位置情報にもとづき、そのコンテンツが表示されるディスプレイにコンテンツを配信する。この場合、4 つ全てのディスプレイに画像データが配信される。各ディスプレイが受信するデータは、表示されている部分領域ではなく、非表示領域も含めた画像データ全体である。これは無駄な通信コストにみえるが、操作者が表示コンテンツの位置の移動や

拡大を行った場合、ディスプレイにはコンテンツの位置情報や拡大率といったメタデータの配信だけで済むため軽快な操作が可能で、総合的に経済的な仕組みである。

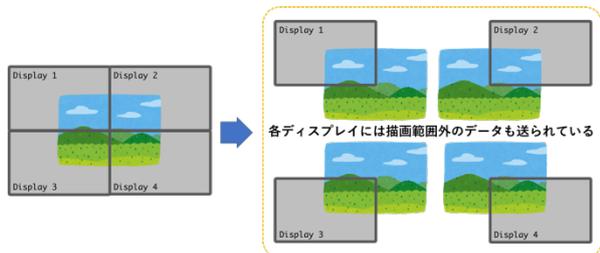


図3 各ディスプレイが保持する画像データの例

しかし一方で、タイルディスプレイの表示エリア全体を覆うほどに大規模な画像データについて同様な仕組みを適用すると、無駄なデータ転送とウェブブラウザでの描画処理による性能低下、具体的に言えばコンテンツを登録してから表示されるまでにかかる時間の増加が著しい。例えば[図4]に示す大規模画像を理研が所有するChOWDER装置[図5]で表示するのにかかった時間は18.00秒であった。SAGE2においても同一条件で測定したところ、20.53秒かかった(いずれも5回計測の平均)。そのため、このような大規模画像については移動操作の軽快さよりも、コンテンツ登録時の表示高速化が必要と考え、画像を分割し、表示先ディスプレイのみに配信することで、通信と描画コスト両方を改善する大規模画像表示機能を実装した。^[6]

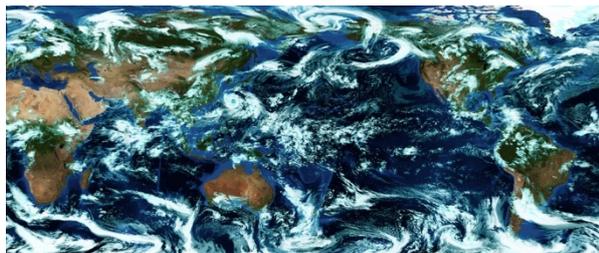


図4 計測に用いた画像データ*

(JPEG形式、15360×6480ピクセル、約86.8MB)

*Data courtesy of JAMSTEC and AORI/The University of Tokyo (HPCI SPIRE3) collaboration with RIKEN AICS

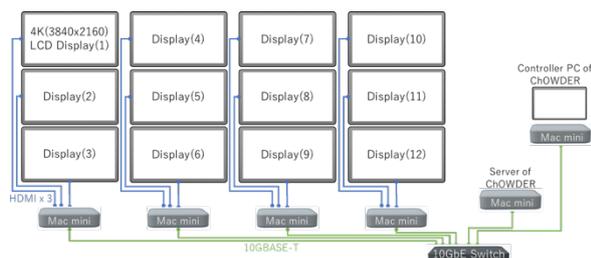


図5 理研所有のChOWDER装置構成図

3.2 機能説明

超大規模画像は、HPCでのシミュレーション結果データや、気象衛星観測データなど、バッチ処理で生成されることが多い。そのため、ChOWDERの従来操作(ウェブブラウザをユーザが操作)によるコンテンツ登録よりも、バッチ処理から直接コンテンツが登録可能とするほうが汎用性が高いと考え、コマンドラインプログラム `tileimage.sh` として実装した。ユーザはシェルスクリプトとして実行するが、中身はNode.jsを利用したJavaScriptプログラムである。利用例を以下に示す。

```
tileimage.sh [--config=configfile] imagefile
```

`imagefile` は表示したい画像ファイル名である。JPEGとPNG形式に対応している。`--config` オプションに指定する設定ファイル(JSON形式)の例を以下に示す。`xsplitlet`, `ysplitlet` はそれぞれ横、縦方向の画像分割数である。

```
{
  "id": "APIUser",
  "password": "my_password",
  "url": "ws://my_ChOWDER_server:8081/v2/",
  "xsplitlet": 8,
  "ysplitlet": 8,
  "contentid": "my_content01",
  "contentgrp": "default"
}
```

`tileimage.sh` コマンドが実行されると、引数で指定された画像ファイルを指定の個数に矩形分割してChOWDERサーバへ送信する。サーバは各分割画像を配信すべきディスプレイをVDAの位置情報から算出し、送信する。なお、画像分割処理では、JPEG形式の圧縮処理の分割単位に合わせて、8ピクセル単位で分割位置が決定される。

3.3 性能評価

`tileimage.sh` コマンドを使い、[図4]の大規模画像を[図5]の装置において、コマンド実行から表示完了までの時間を、画像分割数を変えて計測した結果を[表1]に示す。

表 1 大規模画像分割機能の速度計測結果

分割パターン (横×縦)	時間 (秒) 各 5 回計測の平均
2 × 2	9.50
3 × 3	7.14
4 × 3	6.62
4 × 4	6.90
5 × 5	7.08
6 × 6	6.76
7 × 7	7.14
8 × 6	6.67
8 × 8	6.85
9 × 9	6.84

この結果に見る通り、従来機能での表示時間 (18.0 秒) に対して最大で約 2.7 倍の高速化が図れた。4 × 3、8 × 6 分割は、今回の物理ディスプレイ構成と分割パターンが一致するため、最も高速な分割数であるが、期待したほどの性能差には表れなかった。今回の条件では、3 × 3 分割以上であれば、体感的な速度差はなく、従来機能と比較して十分高速であると感じられた。

4 ChOWDER 利用事例

理研計算科学研究センター内のタイルドディスプレイ (前掲の図 [5]) は、廉価な民生用 4K 解像度の 43 インチ液晶ディスプレイを用い、横 4 × 縦 3 の計 12 枚で構成され、縦列毎に 1 台の Mac mini に接続されている。縦列毎に可動するので、[図 6] のように円弧状に配置でき、没入感を高めることが可能である。



図 6 円弧状配置の ChOWDER 装置 (理研 R-CCS)

九州大学情報基盤研究開発センター附属汎オミクス計測・計算科学センター (筑紫キャンパス) には、50 インチ 4K 解像度液晶ディスプレイを横 5 × 縦 3 に配置したタイルドディスプレイ [図 7]

が設置され、ChOWDER が利用可能である。今後、理研の ChOWDER 装置と連携させたりリモートコラボレーション機能の検証を予定している。



図 7 九大筑紫キャンパスに設置されたタイルドディスプレイ

また、JHPCN 課題「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」^[7]に参加する千葉大学環境リモートセンシングセンターのタイルドディスプレイにおいても ChOWDER が利用されている。気象衛星ひまわりから生成される 22K × 22K 相当の大規模気象画像を閲覧する要求があり、本稿で紹介した大規模画像表示機能を適用し、その効果を検証する予定である。

5 まとめ

本稿ではウェブベースのタイルドディスプレイシステム ChOWDER に新たに追加した大規模画像表示機能を紹介した。本機能を利用することで、16K 解像度画像の表示速度が評価環境において約 2.7 倍高速化することが確認できた。また、ChOWDER は現在、理研 R-CCS、九州大学、千葉大学において、HPC シミュレーション結果の可視化や、気象衛星観測データなどの大規模画像を等倍サイズのまま閲覧する装置として利用されている事例を紹介した。今後は ChOWDER が従来から持つ特徴であるリモートコラボレーション機能と、本稿で紹介した大規模画像表示機能を組み合わせ、遠隔地間での大規模データのコラボレーション分析などの応用を進める予定である。

ChOWDER は BSD2 ライセンスによるオープンソース・ソフトウェアとしてユーザ向けドキュメントと共に Github にて公開^[8]しており、アカデミアのみならず企業ユーザにも幅広く使ってもらえることを願っている。

6 謝辞

ChOWDER は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 革新的設計生産技術の採択テーマ「全体俯瞰設計と製品設計の着想を支援するワークスペースの研究開発」においてプロトタイプの開発を行った。また、東京理科大学工学部情報工学科 藤井・立川研究室には、本システム応用利用を通して、ユーザビリティ向上に関して多大なるご貢献を頂いた。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Kawanabe T., Nonaka J., Hatta K., Ono K. (2018) ChOWDER: An Adaptive Tiled Display Wall Driver for Dynamic Remote Collaboration. In: Luo Y. (eds) Cooperative Design, Visualization, and Engineering. CDVE 2018 (pp. 11-15). Lecture Notes in Computer Science, vol 11151. Springer, Cham.
- [3] <https://nodejs.org>
- [4] Nonaka, J., Ono, K., Sakamoto, N., Hayashi, K., Kawanabe, T., Shoji, F., & Hatta, K. (2018). HIVE: A Cross-Platform, Modular Visualization Ecosystem for Heterogeneous Computational Environments. In: SC18 Poster, November 2018, Dallas, Texas USA.
- [5] Thomas Marrinan, Jillian Aurisano, Arthur Nishimoto, Krishna Bharadwaj, Victor Mateevitsi, Luc Renambot, Lance Long, Andrew Johnson, and Jason Leigh. Sage2: A new approach for data intensive collaboration using scalable resolution shared displays. In Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom), 2014 International Conference on, pages 177–186. IEEE, 2014.
- [6] Kawanabe T., Nonaka J., Sakurai D., Hatta K., Okayama S., Ono K. (2019) Showing Ultra-High-Resolution Images in VDA-Based Scalable Displays. In: Luo Y. (eds) Cooperative Design, Visualization, and Engineering. CDVE 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11792. Springer, Cham (in press).
- [7] <https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/ja/abstract.php?ID=jh190005-MDH>
- [8] <https://github.com/SIPupstreamDesign/ChOWDER>