

30 秒ごとに更新するゲリラ豪雨予報 — 首都圏でのリアルタイム実証実験 —

*三好建正・本田匠・雨宮新・大塚成徳・前島康光・James Taylor・富田浩文・西澤誠也・末木賢太・山浦剛・石川裕 (理化学研究所)、佐藤晋介 (情報通信研究機構)、牛尾知雄 (大阪大学)、小池佳奈・星絵里香 (エムティーアイ)、中島研吾 (東京大学)

1. はじめに

ゲリラ豪雨はその名の通り不意を突いてにわかにかかる豪雨で、5分や10分といった短時間で急激に変化するため予測が難しい。これを予測するため、最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダ (PAWR) のビッグデータを生かした30秒ごとに更新する数値天気予報という新しい予測手法を2016年に開発した。PAWRは30秒ごとにすき間なく立体スキャンを行い、そのデータ量は通常のパラボラアンテナの気象レーダの100倍にもなる。100mメッシュの非静力学モデルに30秒ごとのPAWRデータを同化する「ビッグデータ同化」システムについて、過去の事例でその手法の有効性を検証し、2016年8月9日に原著論文のBAMS掲載 (Miyoshi et al. 2016) に合わせてプレスリリースした¹。その際、今後の期待として、「本研究では、本来30秒以内に完了しなければならない「ビッグデータ同化」の計算に、およそ10分かかっています。今後、実用化に向けて、30秒ごとに得られる観測データを30秒以内に処理するための、データ転送や計算の高速化が求められます。これによって、さらに高精度かつリアルタイムなゲリラ豪雨予報を実現します。」と述べた。

この期待を現実のものとするため、2020年東京オリンピック・パラリンピック大会に合わせてリアルタイム実証実験を行うよう、継続的に開発に取り組み、また各方面との調整を進めてきた。これにより、2020年8月25日から9月5日にかけて、リアルタイム実証実験の実施に至った。このことについて、2020年8月21日に実施のお知らせを理化学研究所より発表した²。また、実施中の9月上旬に、東京大学情報基盤センターのスーパーコンピューティングニュースに寄稿し、出版された (三好 2020)。このリアルタイム実証実験は、さいたま市に設置されている情報通信研究機構が運用する最新鋭のマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ (MP-PAWR) を利用し、また筑波大学と東京

大学が共同で運営する最先端共同 HPC 基盤施設 (JCAHPC) のスーパーコンピュータ Oakforest-PACS の一部を占有利用して行った。

本報告では、今回のリアルタイム実証実験の概要を紹介する。開発の一部の詳細は、雨宮ら (2020) が本ワークショップにて別途報告する。

2. リアルタイム予報システム開発の概要

2016年に発表したゲリラ豪雨予報手法の開発から、実際にこの手法をリアルタイムで継続的に実行するには、多くの問題を解決する必要があった。まず、2016年時点では10分かかっていた30秒サイクルにかかる計算時間を、30秒以内に縮める必要があった。このために、アンサンブル予報とデータ同化システム間のデータ転送にファイルシステムを介することを止め、メモリアクセスとノード間通信のみによって行うようにした。また、SCALEモデルの内部変数を倍精度実数から単精度実数に変え、高速化した。これらの高速化により、概ね20秒程度で計算できるようなシステム設計が可能となった。今回の場合、Oakforest-PACSの992ノードを用いて、50メンバー500mメッシュのSCALE-LETKFを図1に示すD4領域で30秒ごとの予報解析1サイクルあたり20秒程度で計算できるようになった。

次に、米国NCEPの全球予報システムGFSデータの取得から、図1に示す18kmメッシュの領域D1の50メンバーのLETKFデータ同化サイクルの実行、このダウンスケールにより1.5kmメッシュの領域D3の予報を実行し、目的とする領域D4の境界値をリアルタイムで作成する全体のワークフローと、計算機利用のスケジューリングを設計した。D1ではNCEPの従来型観測PREPBUFRデータのみを同化する。

このほか、MP-PAWRのデータをリアルタイムで転送するJIT-DT (Just In Time Data Transfer) ソフトウェアを開発した。観測終了後約10秒でOakforest-PACS上でMP-PAWRデータが使えるようになった。

¹ https://www.riken.jp/press/2016/20160809_1/

² https://www.riken.jp/pr/news/2020/20200821_1/

7月31日から8月7日にかけて行った予備実験において、図2に示すようにほとんどの場合で観測終了後約3分で30分予報を出せることを確認した。この予備実験では、1時間毎に計算ジョブを投入する設計だったため、1時間毎に数分の遅れが生じている。本番の実証実験では1ジョブあたり12時間とすることで改善した。

予報データは、気象業務法に基づく予報業務許可のもと、理研の天気予報研究のウェブページおよび株式会社エムティーアイのスマートフォンアプリ「3D雨雲ウォッチ」でリアルタイム配信した(図3)。

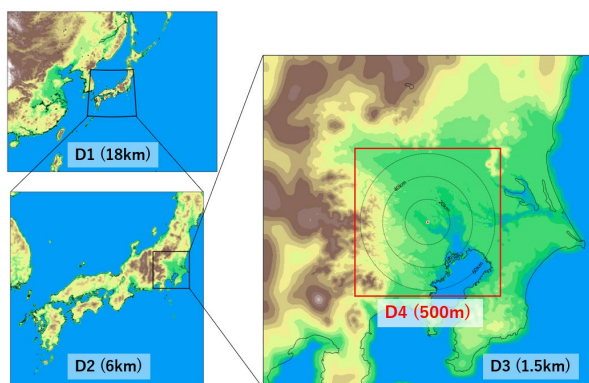


図1 4重ネストの計算領域。左上図の領域D1(解像度18km)の内側に左下図の領域D2(解像度6km)、その内側に右図の領域D3(解像度1.5km)、さらにその内側に右図内枠の領域D4(解像度500m)を入れ子に設定し、最も内側の領域D4で30秒ごとに更新する予報を行う。MP-PAWRの設置場所(赤点、円の中心)と探知範囲60kmの円、またその内側に40km、20kmの円を示している。2020年8月21日理化学研究所おしらせ図1より転載。

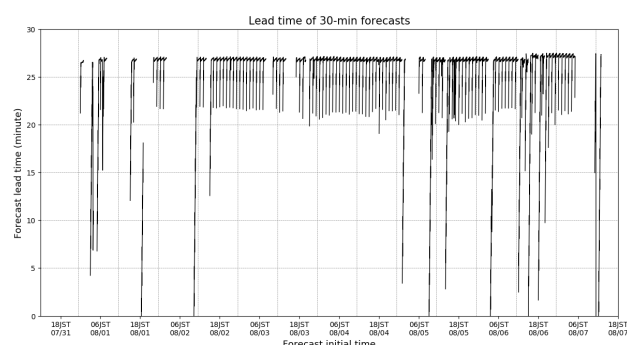


図2 7月31日から8月7日の各予報初期時刻における予報リードタイムの時系列。7月31日11:20から8月7日14:00(日本時間)の間の13426回の予報(4日15時間53分稼働)のうち、ほとんどの場合で観測終了後約3分で30分予報の計算が終了している。三好(2020)の図2より転載。

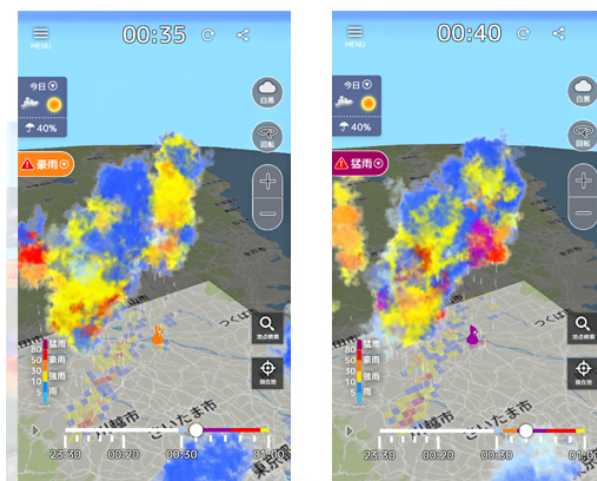


図3 スマートフォンアプリ「3D雨雲ウォッチ」による表示例。水色、青、黄、橙、赤、紫の順に強い雨を表す。わずか5分の間に橙(時間30mm以上の豪雨)から紫(時間80mm以上の猛雨)へと急発達する雨雲を良く予報している。2020年8月21日理化学研究所おしらせ図3より転載。

3. まとめ

今回、30秒ごとに更新する数値天気予報をリアルタイムで継続的に実行し配信するという世界初かつ唯一のチャレンジを実現した。これは数値天気予報におけるマイルストーンとなり、0を1にする意味で新たな天気予報を実現した。今後実用化に向けて、1を100にする開発が必要である。今回の結果を検証し、改善点を洗い出す。また、さらに新しい数値天気予報の方向性について、新しいスーパーコンピュータ富岳も活用しながら切り拓いていきたい。

参考文献

雨宮新・本田匠・三好建正, 2020: 2020年夏のリアルタイム実証実験における埼玉 MP-PAWR 30秒同化システム開発. 第22回非静力学モデルに関するワークショップ予稿.

Miyoshi, T., M. Kunii, J. Ruiz, G.-Y. Lien, S. Satoh, T. Ushio, K. Bessho, H. Seko, H. Tomita, and Y. Ishikawa, 2016: "Big Data Assimilation" Revolutionizing Severe Weather Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1347-1354. doi:10.1175/BAMS-D-15-00144.1

三好建正, 2020: ゲリラ豪雨予報のリアルタイム実証実験. 東京大学情報基盤センター・スーパーコンピューティングニュース, Vol. 22, No.5 (2020.9), 14-17. https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/VOL22/No5/06_202009hpc-miyoshi.pdf