

PRESS RELEASE

2021 年 7 月 13 日

理化学研究所

情報・システム研究機構国立情報学研究所、情報通信研究機構
大阪大学、株式会社エムティーアイ、科学技術振興機構

「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報

ー首都圏で 30 秒ごとに更新するリアルタイム実証実験を開始ー

理化学研究所（理研）計算科学研究センター データ同化研究チームの三好建正チームリーダー、雨宮新特別研究員、運用技術部門システム運転技術ユニットの宇野篤也ユニットリーダー、情報・システム研究機構 国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系の石川裕教授、情報通信研究機構 電磁波研究所電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室の佐藤晋介総括研究員、大阪大学大学院工学研究科の牛尾知雄教授、株式会社エムティーアイ ライフ事業部気象サービス部の小池佳奈部長らの共同研究グループ^{*}は、2021 年 7 月 20 日から 8 月 8 日までと 8 月 24 日から 9 月 5 日までの期間、スーパーコンピュータ「富岳」^[1]を使い、首都圏において 30 秒ごとに更新する 30 分後までの超高速高性能降水予報のリアルタイム実証実験を行います。

本研究は、近年増大する突発的なゲリラ豪雨^[2]などの降水リスクに対して、「富岳」上の仮想世界と現実世界をリアルタイムにリンクさせることで、「富岳」の高度な利用可能性を切り拓き、超スマート社会 Society 5.0^[3]の実現に貢献するものと期待できます。

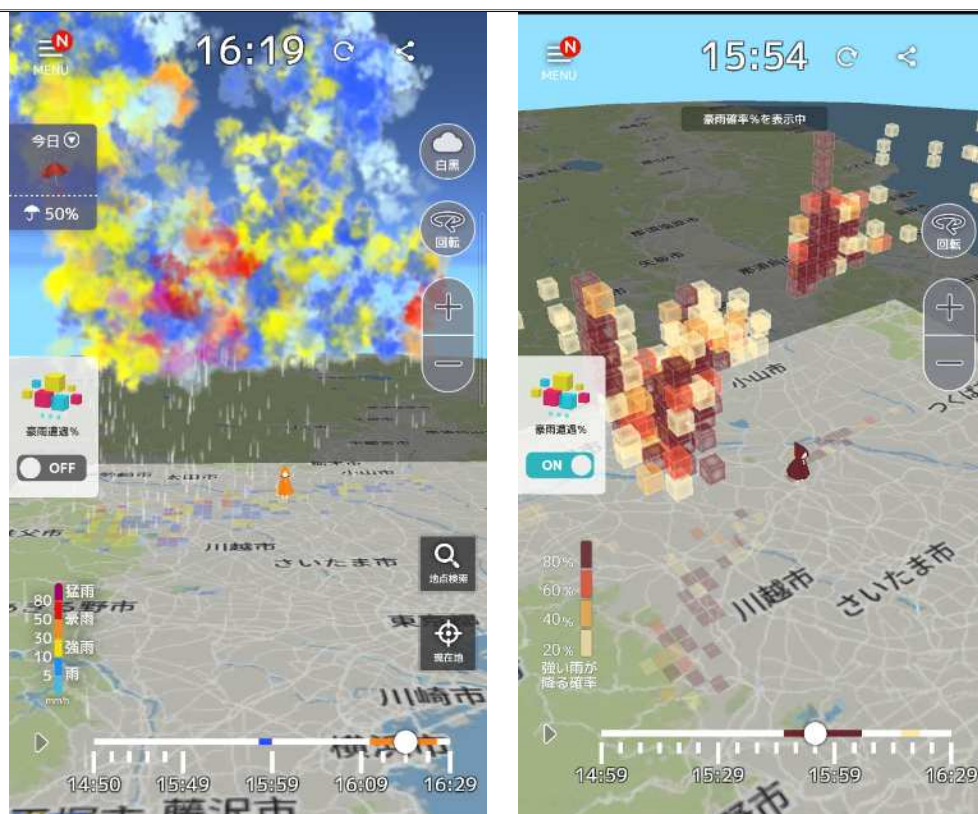
共同研究グループは 2020 年に、さいたま市に設置されている情報通信研究機構が運用する最新鋭のマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ（MP-PAWR）^[4]による 30 秒ごとの雨雲の詳細な観測データと、筑波大学と東京大学が共同で運営する最先端共同 HPC 基盤施設（JCAHPC）のスーパーコンピュータ Oakforest-PACS^[5]を用いて、首都圏において 30 秒ごとに新しいデータを取り込んで更新し、30 分後までを予測する実証実験を行いました。

今回は、2021 年 3 月に共用を開始した「富岳」を使うことで、前年よりも 20 倍大きな 1,000 通りのアンサンブル計算^[6]を行います。また、システム全体を改良し、30 秒ごとに更新する解像度 500 m の気象予測をリアルタイムで行います。このリアルタイム予報は世界唯一の取り組みで、研究に着手した 2013 年 10 月以降のさまざまな成果の集大成です。さらに、「富岳」のリアルタイム利用は初めての試みで、超スマート社会 Society 5.0 の実現に向け、「富岳」の新しい活用方法を切り拓きます。

実証実験で得る予報データは、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（<https://weather.riken.jp/>）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」（<https://pawr.liferaanger.jp/>）で 7 月 20 日正午から公開します。

ただし、この予報は試験的に行うものであり、実用に供する気象予報に十分な精度や安定した配信環境が保証されたものではなく、利用者の安全や利益に関わる意思決定のための利用には適したものではありません。

お知らせ



今回の実証実験で表示される「3D 雨雲ウォッチ」アプリイメージ

※共同研究グループ

理化学研究所

計算科学研究センター

データ同化研究チーム

チームリーダー

研究員

基礎科学特別研究員

特別研究員

特別研究員

特別研究員

特別研究員（研究当時）

（現：台湾中央気象局）

複合系気候科学研究チーム

チームリーダー

研究員

客員研究員

技師

運用技術部門 システム運転技術ユニット

ユニットリーダー

開拓研究本部 富田数理気候学研究室

特別研究員

三好 建正	（みよし たけまさ）
大塚 成徳	（おおつか しげのり）
本田 匠	（ほんだ たくみ）
雨宮 新	（あめみや あらた）
前島 康光	（まえじま やすみつ）
ジェームズ・テイラー	（James Taylor）
グオ-ユエン・リエン	（Guo-Yuan Lien）
（現：台湾中央気象局）	
富田 浩文	（とみた ひろふみ）
西澤 誠也	（にしざわ せいや）
吉田 龍二	（よしだ りゅうじ）
山浦 剛	（やまうら つよし）
宇野 篤也	（うの あつや）
末木 健太	（すえき けんた）

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 アーキテクチャ科学系
 教授 石川 裕 (いしかわ ゆたか)
 特任研究員 ユン・ショウ (Yin Jie)
 特任研究員 堀 敦史 (ほり あつし)
 情報通信研究機構
 電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室
 総括研究員 佐藤 晋介 (さとう しんすけ)
 室長 川村 誠治 (かわむら せいじ)
 大阪大学 大学院工学研究科
 教授 牛尾 知雄 (うしお ともお)
 株式会社エムティーアイ
 ライフ事業部 気象サービス部
 部長 小池 佳奈 (こいけ かな)
 アソシエイト 星 絵理香 (ほし えりか)
 テクノロジー本部 アカウントシステムエンジニア部
 スペシャリスト 滝澤 智彰 (たきざわ ともあき)

1. 背景

ゲリラ豪雨は脅威です。わずか5分や10分といった短時間で状況が急激に変化するため、前もって予測し備えるのが難しいことから、「ゲリラ」に例えられています。三好建正チームリーダーらは2016年に「解像度100mで30秒ごとに更新する30分後までの天気予報」という、空間的・時間的に桁違いな「ゲリラ豪雨予測手法」を開発しました^{注1)}。その手法に基づいて、2020年8月25日から9月5日まで、さいたま市に設置されてい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)による30秒ごとの雨雲の詳細な観測データと、スーパーコンピュータOakforest-PACSを用いて、首都圏において30秒ごとに更新する30分後までの超高速降水予報のリアルタイム実証実験(以下、「昨夏の実験」)を行いました^{注2)}。

昨夏の実験では、米国国立環境予測センターの全球数値天気予報システム^[7]の予報結果を取得し、これを側面境界値^[8]とした解像度18kmの領域から、解像度6km、1.5km、500mのそれぞれの予報領域を4重の入れ子にしたワークフローを構築しました。同センターの全球数値天気予報のデータは、6時間ごとに、約5時間遅れで入手できます。しかし、解像度や更新頻度、配信のスピードに改善の余地がありました。

今回の実験では、2021年3月9日に共用が始まった新しいスーパーコンピュータ「富岳」を用います。本研究の「ゲリラ豪雨予測手法」は、MP-PAWRによる現実のデータとサイバー上のシミュレーションを組み合わせた世界的にもオンリーワンの技術であり、「富岳」を活用したさらなる飛躍が期待できます。

注1) 2016年8月9日プレスリリース「『京』と最新鋭気象レーダを生かしたゲリラ豪雨予測」

https://www.riken.jp/press/2016/20160809_1/index.html

注2) 2020年8月21日お知らせ「30秒ごとに更新するゲリラ豪雨予報」

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

2. 研究手法と成果

昨夏の実験では、50 個のアンサンブル計算を行いました。今回は、「富岳」の桁違いの計算パワーを生かすことで、前回より 20 倍大きな 1,000 個のアンサンブルを使います。アンサンブルの数を増やすと、観測データの情報をより良く生かせるようになり、予報の精度向上が期待できます。本研究の「ゲリラ豪雨予測手法」は、アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を用います。LETKF は、アンサンブルによって不確実性を捉え誤差の統計量を算出し、それに基づく統計的な推定手法によって観測の情報を取り込みます。アンサンブルの数を増やすと、統計量に含まれるサンプル誤差が減り、統計的な推定精度が向上します。

また、昨夏の実験では、30 分後までの予報は一つだけを計算していました。今回、「富岳」の計算パワーを生かすことで、10 通りの予報を計算します。これにより、不確実な予測の幅を捉え、大雨の確率を算出することや、最悪のシナリオの算出などができるようになります。

さらに、リアルタイムのワークフローを大幅に見直し、側面境界値の解像度や更新頻度、配信スピードの改善を行うとともに、システム全体を簡略化しました。具体的には、全球数値天気予報モデルより細かい解像度 5 km の気象庁メソモデルのデータを側面境界値として取得します。このデータは、3 時間ごとに 2.5 時間遅れで入手できます。解像度が高い最近の側面境界値を使うことで、予報の精度向上が期待できます。また、解像度 5 km の側面境界値を使うことで、解像度 1.5 km の外側領域と解像度 500 m の内側領域の 2 重の入れ子にした計算領域を設定します (図 1)。昨夏の実験の 4 重の入れ子にした計算領域の設定と比べて大幅に簡略化し、システム全体の安定性の向上を図っています。

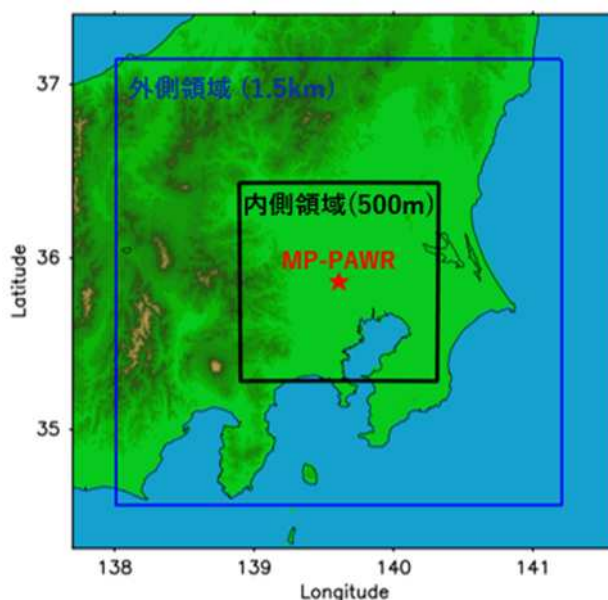


図 1 2 重の入れ子にした計算領域

解像度 1.5 km の外側領域 (青枠) の内側に解像度 500 m の内側領域 (黒枠) を入れ子にする。中心の赤い星が MP-PAWR の設置場所 (さいたま市) を示す。

お知らせ

過去の観測データを使って動作確認をした結果、ゲリラ豪雨の予測ができることが分かりました（図 2）。正解となる実際の観測データ（図 2 上）と見比べると、その 10 分前を初期時刻とした予報（図 2 左下）は、雨の分布をよく捉えています。10 通りの予報結果を使った強い雨の確率（図 2 右下）は、実際に観測された強い雨の分布（図 2 上）とよく対応しています。これは 2020 年 9 月 2 日午後の実際の観測データを使った実験結果ですが、少なくともこの強い雨の場合については予報することができました。どのような雨に対してどの程度精度が高い予報が発表できるかについて、昨夏の実験や、今回の実験の結果を詳細に解析し、知見を積み重ねる必要があります。

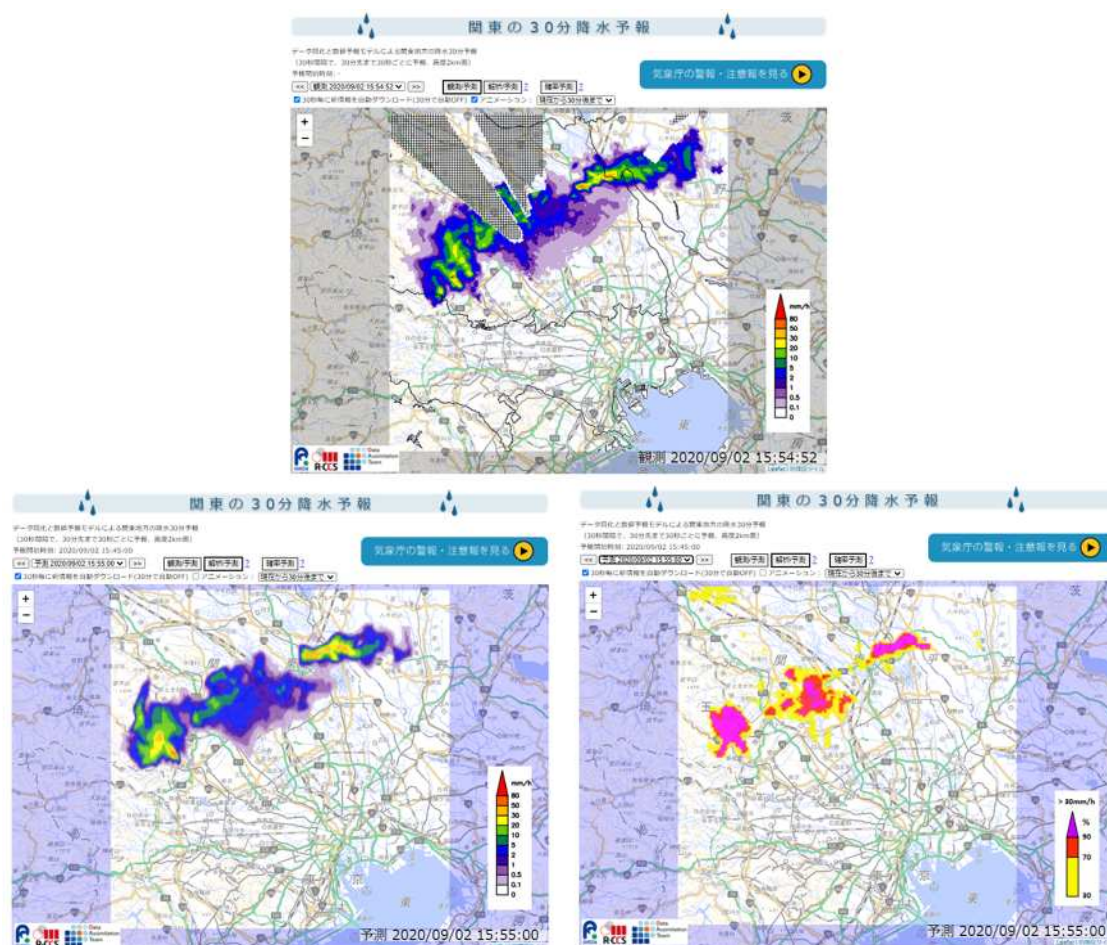


図 2 予報 Web 画面のイメージ

- 上： 2020 年 9 月 2 日 15 時 54 分 52 秒における観測データ。紫や青は弱い雨、黄色や赤は強い雨に対応。橙が時間 30 mm 以上の強い雨。
- 左下：同日 15 時 45 分 00 秒を初期時刻とした 10 分後の予報。概ね観測された雨の分布を捉えている。
- 右下：10 個のアンサンブル予報を使った時間 30 mm 以上の強い雨の確率。黄色は 30% 以上、赤は 70% 以上、紫は 90% 以上に対応。観測された強い雨の分布とよく対応している。

3. 今後の期待

今回、新しいスーパーコンピュータ「富岳」を使い、ゲリラ豪雨予報のリアルタイム実証実験を行います。ゲリラ豪雨はわずか数分のうちに急激に状況が変化する脅威です。「富岳」をリアルタイムで活用することで、従来とは桁違いの1,000通りのアンサンブル計算を行い、30秒ごとに新たな観測データを取り込んで、ゲリラ豪雨を確率的に予測します。今後さらに研究を進めることで、「ゲリラ豪雨予測手法」の実用化が期待できます。

また今回、初めて「富岳」上のサイバー世界と現実世界をリアルタイムにリンクすることを試みます。今後、気象予測を超えたさまざまな分野において、「富岳」を活用した超スマート社会 Society 5.0の実現に向けた研究の加速が期待できます。

4. 補足説明

[1] スーパーコンピュータ「富岳」

スーパーコンピュータ「京」の後継機。2020年代に社会的・科学的課題の解決で日本の成長に貢献し、世界をリードする成果を生み出すことを目的とし、電力性能、計算性能、ユーザーの利便性・使い勝手の良さ、画期的な成果創出、ビッグデータやAIの加速機能の総合力において世界最高レベルのスーパーコンピュータとして2021年3月に共用を開始した。

[2] ゲリラ豪雨

予測が困難で、不意を突いて急に局地的に降る大雨を比喻して、「ゲリラ豪雨」と呼ぶ。学術用語ではないため、定量的・客観的な定義はない。

[3] 超スマート社会 Society 5.0

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）。狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

[4] マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ（MP-PAWR）

内閣府のSIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の施策として、情報通信研究機構をはじめとする研究グループが世界で初めて開発した。MPレーダの高い観測精度とフェーズドアレイ気象レーダの高速（およそ30秒）で3次元観測性能を併せ持ち、長期にわたる降雨の連続観測も可能である。

[5] スーパーコンピュータ Oakforest-PACS

筑波大学計算科学研究センターと東京大学情報基盤センターが共同運営する、最先端共同HPC基盤施設（JCAHPC: Joint Center for Advanced High Performance Computing）の共同利用スーパーコンピュータシステム。米国Intel Corporationによる超高性能メ

ニーコア型プロセッサである次世代インテル Xeon Phi プロセッサと、インテル Omni-Path アーキテクチャを搭載した計算ノードを、8,208 台搭載した国内最大規模の超並列クラスタ型スーパーコンピュータ。

[6] アンサンブル計算

アンサンブル計算では、誤差の範囲内にある複数のシミュレーションを実行して、同等に確からしい「パラレルワールド」を作り、ばらつき（不確実性）を表現する。例えば、1,000 個のアンサンブル計算では、1,000 個の独立なシミュレーションを並行して実行する。アンサンブルとは、フランス語で「一緒に」「一揃い、全体」の意味。

[7] 全球数値天気予報システム

地球全体を対象とした数値天気予報システム。

[8] 側面境界値

計算領域を囲む枠を側面境界といい、この側面境界に与える気象変数の値のことを側面境界値という。実際の大気にはこのような境界はなく、計算領域の外側の影響を考慮する必要があるが、側面境界値がこの役割を果たす。

研究支援

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST 研究課題「「ビッグデータ同化」の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証（研究代表者：三好建正）」「EBD: 次世代の年ヨッタバイト処理に向けたエクストリームビッグデータの基盤技術（研究代表者：東京工業大学 松岡聡教授、主たる共同研究者：三好建正）」、AIP 加速課題「ビッグデータ同化と AI によるリアルタイム気象予測の新展開（研究代表者：三好建正）」、「富岳」成果創出加速プログラム「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測（研究代表者：佐藤正樹、協力機関分担者：三好建正）」、「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」重点課題「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化（研究代表者：高橋桂子、担当責任者：三好建正）」、JST CREST[人工知能] イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化「オンデバイス学習技術の確立と社会実装（研究代表者：松谷宏紀、主たる共同研究者：三好建正）」、JST 国際科学技術共同研究推進事業戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）レジリエントな社会のための ICT 「先進 ICT を用いた淡水生態系復元力の監視（研究代表者：熊谷道夫、主たる共同研究者：三好建正）」、日本学術振興会（JSPS）科学研究費補助金基盤研究(S)「あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌（研究代表者：林祥介、研究分担者：三好建正）」、理研新領域開拓課題「Prediction for Science（研究代表者：三好建正、研究分担者：富田浩文）」、研究教育拠点（COE）形成推進事業「複数の災害リスク評価に基づく都市計画に資する災害科学研究（研究代表者：富田浩文、研究分担者：三好建正）」「異なる時間スケールを考慮したレジリエント社会形成に資する計算科学研究（研究代表者：大石哲、研究分担者：富田浩文、三好建正）」、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期「国家レジリエンス（防災・減災）の強化／線状降水帯の早期発生および発達予測情報の高度化と利活用に関する研究（研究責任者：防災科研 清水慎吾、研究担当者：川村誠治、牛尾知雄）」、日本学術振興会（JSPS）科学研究費補助金基盤研究(B)「大気乱流および積雲対流のスケール間相互作用（研究代表者：西澤誠也）」「次世代の天気予報での雷予報を見据えた先駆的雷気象モデルの開発（研究代表者：北海道大学 佐藤陽祐、

お知らせ

研究分担者：本田匠)」、同若手研究「超高解像度アンサンブルシミュレーションで探るゲリラ豪雨の予測可能性限界(研究代表者：本田匠)」、「ゲリラ豪雨」予報高精度化に向けた超高頻度・高解像度雷発光データ同化(研究代表者：前島康光)」、同若手研究(B)「対流スケールの予測可能性の理解と向上(研究代表者：大塚成徳)」、同若手研究「大規模アンサンブルモデルに基づく新たな短時間降水予報の確率的表現方法の開拓(研究代表者：雨宮新)」による支援を受けて行われました。

また、大型計算機資源について、「京」高度化枠「データ解析とシミュレーションの融合研究のための共通基盤的研究開発(課題番号：ra000015)」「データ同化のハブ拠点形成に関わる共同研究(課題番号：ra001011)」および「計算方法組み合わせの比較・計算方法評価のための基盤的ライブラリの研究開発(課題番号：ra000006)」、HPCI一般課題「ゲリラ豪雨予測を目指した「ビッグデータ同化」の研究(課題番号：hp150019、hp160162、hp170178、hp180062、hp190051、hp200026、hp210028)」、2020年度学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)公募型共同研究課題「ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験(課題番号：jh200062)、文部科学省フラッグシップ2020プロジェクト(ポスト「京」の開発)」「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題」における重点課題④「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境予測の高度化(課題番号：hp160229、hp170246、hp180194、hp190156)」、「富岳」成果創出加速枠「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測(課題番号：hp200128、hp210166)」による助成を受けて行われました。