

「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」 2022年度成果発表会

研究開発課題責任者：佐藤正樹
(東京大学大気海洋研究所)

2023年3月20日(月) 13:00～17:00
「Zoom」を用いたオンライン開催



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 2022年度**成果発表会**

2023年

3/20[月]

13:00～17:00

▶オンライン

▶参加費無料

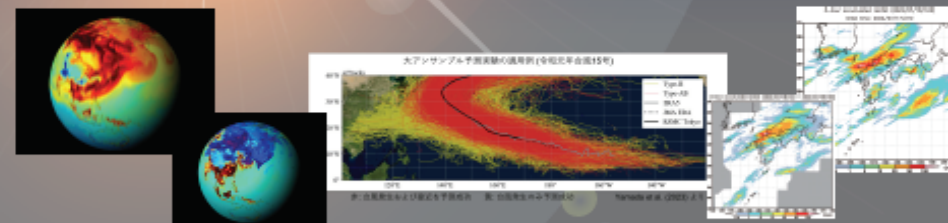
▶事前申込制

お申込み <https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/fugaku/seika2022.php>

※本成果発表会は一層の方にもご参加いただけますが、専門性の高い講演内容となります。ご理解ください。

「富岳」成果創出加速プログラム課題「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」は今年度が最終年度になります。

今年の暖候期には、線状降水帯や台風により各地に被害が生じました。本課題では、これら極端気象現象からの防災・減災を実現するために、数日程度から数週間～季節スケールの大規模アンサンブルの気象・大気環境予測実験をスーパーコンピュータ「富岳」を用いて実施し、リードタイムをもった確率予測情報の提供が可能な新時代の予測技術の確立を目指し、研究を進めてきました。本成果発表会では、「富岳」を用いた研究の現状の到達点を紹介し、今後の気象・大気環境予測研究の課題について議論いたします。



主催
後援
お問合せ

東京大学大気海洋研究所
一般財団法人高度情報科学技術研究機構
東京大学大気海洋研究所 富岳気象課題事務局
e-mail: fugakuatmos@gmail.com
HP: <https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/fugaku/seika2022.php>

お申込み・お問合せ



スーパーコンピュータ「富岳」・成果創出加速プログラム

スーパーコンピュータ「富岳」



「富岳」成果創出加速プログラム



「富岳」成果創出加速プログラム（2020～2022年度）
「富岳」を用いた成果を早期に創出することを目的として文部科学省が設置

- ① 人類の普遍的課題への挑戦と未来開拓
- ② 国民の生命・財産を守る取組の強化：本課題が採択
- ③ 産業競争力の強化
- ④ 研究基盤

以上4領域について、19課題が選定。

選定された課題は、「富岳」の計算資源を優先的に無償で使用し、速やかな成果創出を目指す。

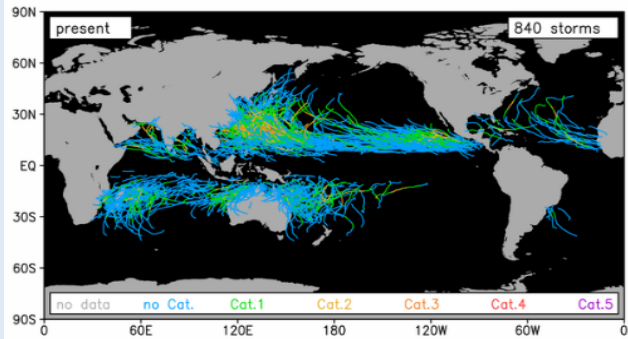
スーパーコンピュータ「富岳」

- ・ 2021年3月9日：共用開始：理化学研究所 高度情報科学技術研究機構 富士通株式会社
- ・ 2022年11月15日：スーパーコンピュータ「富岳（ふがく）」がスパコンランキングにおいて、2部門（HPCG、Graph500）で6期連続世界1位を獲得。

https://fugaku100kei.jp/fugaku/promoting_research.html

「京」「富岳」による気象気候研究

Kodama et al. (2015 JMSJ; 2020 GMD)

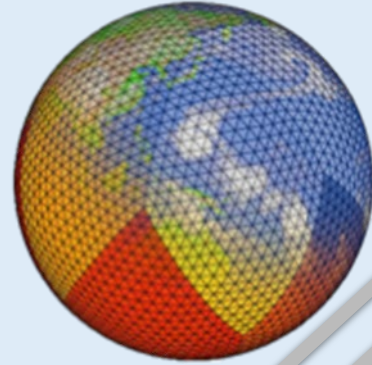


高解像度モデルによる長期積分

NICAM-AMIP 30年積分
HighResMIP 100年積分

積分時間
Duration

解像度
Resolution



超高解像度計算
NICAM全球870m
メッシュ実験

Miyamoto et al. (2013, GRL)



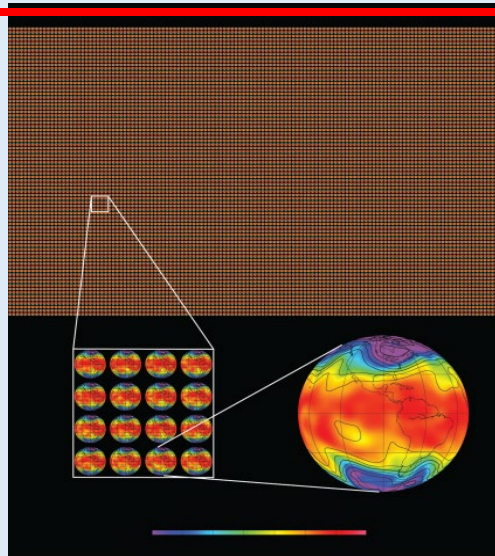
Computer resources
with good computational
efficiency

複雑性
Complexity

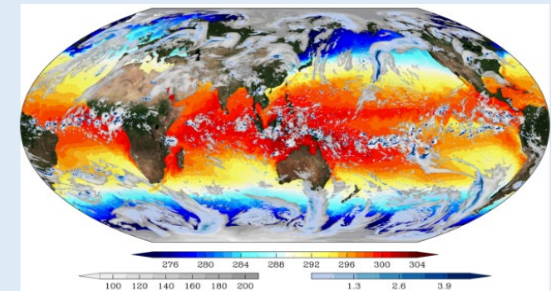
全球雲解像・渦解像大気海洋
結合モデル
NICAM+COCO MJO 予測実験

事例数
Ensemble

大アンサンブル実験
NICAM-LETKF
1000アンサンブル同化



Miyoshi et al. (2015, Computer)



Miyakawa et al. (2017, GRL)

本研究課題の目標

- 近年激甚化する集中豪雨等の極端気象現象からの防災・減災を実現するために、
 - 数日程度から数週間～季節スケールの大規模に災害をもたらす事例の気象・大気環境予測実験（大アンサンブル）を富岳を用いて実施
 - リードタイム（予測から豪雨発生までの猶予時間）をもった確率予測情報の提供が可能な新時代の予測技術確立
- 気象災害の原因である集中豪雨や台風に対して、
 - 積乱雲等を忠実に表現する高解像度の大アンサンブル実験を実施
 - 近年の著しい観測技術の進歩がもたらした高精度・高頻度・高密度になった観測データ（観測ビッグデータ）と組み合わせた先進的な予測技術開発
 - 確率予測情報を付加した高精度な数値天気予報による、革新的な数値気象・大気環境予測技術を実現
- 上記の目的のために、テーマ1～3の研究内容を実施
 - テーマ1「短時間領域スケール予測」数日先までの豪雨等シビアウェザーの確率予測を実現
 - テーマ2「全球スケール予測」週から数か月先までの台風等、極端気象現象の確率予測を実現
 - テーマ3「先進的大規模データ同化手法」気象・大気質同化による大規模データ同化手法を開発

各テーマ計画

テーマ1

「短時間領域スケール予測」

気象庁現業システムの超高度化

- 現業と同領域、解像度2kmで1000メンバーの大アンサンブル計算
- **特別警報級大雨の確率分布**
- **危険度分布確率メッシュ情報**
- 現業システムの将来提案

確率気象情報の新しい利用

- 洪水、土砂災害、風害、高潮害の確率メッシュ情報
- 避難行動促進

高解像度シミュレーションとAI

竜巻、台風などの現象メカニズム解明、画期的なモデリング

テーマ2

「全球スケール予測」

週から1ヶ月の全球～領域～局地極端気象のシナリオ確率予測

- 週から1ヶ月: 解像度14km NICAMを用いて1000メンバーのアンサンブル計算
- 天候変化のタイムライン的シナリオ確率予測

1～3か月予測：季節～季節内変動～週のシナリオ確率予測

- 1～3ヶ月、100メンバーアンサンブル実験
- NICAM & 高解像度大気海洋結合モデル実験
- エルニーニョ/ラニーニャ～季節内振動～台風・総観規模～集中豪雨の階層構造確率予測

大アンサンブルによる天候変動のシナリオ予測 早期警戒のための情報を創出

- 大アンサンブル予測の組み合わせによる階層的な予測情報の創出。
- 天候変動の時空間階層構造のシナリオ予測

テーマ3

共通基盤技術開発

「先進的大規模データ同化」

全球3.5km1000アンサンブルデータ同化実験

- シミュレーション気象学・データ科学におけるグランドチャレンジ
- 富岳の可用性実証

気象場・大気質を同時に同化するシステムの開発検証

- 衛星ビックデータのさらなる活用
- 気象予報と大気環境予測のシナジー効果

高解像度・大アンサンブルによる地球環境予測

- 人為的温室効果ガス排出量の検証ツール高度化
- PM2.5等の大気汚染予測性能向上

実施体制

代表機関：東京大学大気海洋研究所
研究開発課題責任者：佐藤正樹

社会実装連携協議会：連携機関（気象庁、国立環境研究所、JAXA、東京海上研究所等）

諮問委員会

運営委員会

テーマ1 「短時間領域スケール予測」

シビアウェザー・気象災害被害の
確率予測の実現

協力機関：気象業務支援センター

川畑拓矢（テーマ1 責任者）

連携機関：気象庁（気象研究所、数値予報課、気象防災推進室）、東北大学、琉球大学、東京工業大学、横浜国立大学、東北大学、京都大学（防災研究所、総合生存学館）、神戸大学、千葉大学、熊本大学、龍谷大学、統計数理研究所、東京大学（大気海洋研究所、総合研究機構）、海洋研究開発機構

海外機関：ベトナム気象局

テーマ2 「長時間全球スケール予測」

週から数か月先までの台風等、
極端気象現象の確率予測の実現

代表機関：東京大学大気海洋研究所

宮川知己（テーマ2 責任者）

協力機関：海洋研究開発機構

中野満寿男（テーマ2 分担者）

連携機関：気象庁（予報部数値予報課、アジア太平洋気象防災センター、気候情報課、気象研究所）、東京大学（大学院理学系研究科地球惑星科学専攻）、宇宙航空研究開発機構、東京海上研究所

海外機関：マックスプランク気象研究所、米国地球流体研究所

テーマ3 「先進的大規模データ同化」

気象・大気質同化による
大規模データ同化手法の開発

協力機関：国立環境研究所

八代尚（テーマ3 責任者）

連携機関：海洋研究開発機構、理化学研究所、東京大学（大気海洋研究所）、気象庁（気象研究所）、宇宙航空研究開発機構、北海道大学、千葉大学、九州大学

海外機関：米国ジェット推進研究所、中国科学院大気物理研究所

テーマ横断 協力機関：理化学研究所計算科学研究センター

三好建正（テーマ横断、分担者）

海外機関：ドイツ気象局、メルボルン大学、ミュンヘン大学、香港大学、台湾中央大学、ブエノスアイレス大学、IMT-Atalntique（仏）

線状降水帯予測研究

- 2020年7月に発生した熊本県球磨川の氾濫を引き起こした線状降水帯の半日先予測に成功（川畑拓也テーマ1、Le Duc 他：論文発表2021年1月29日）

https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/fugaku/report_d.html

- 気象庁線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ

- 主査：佐藤正樹、第一回開催 2021年2月4日～

https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/senjokousuitai_WG/senjokousuitai_WG.html

- 気象庁報道発表「線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究をオールジャパンで実施します」（2022年5月31日）

https://www.jma.go.jp/jma/press/2205/31a/SLMCS_AllJapan20220531.html

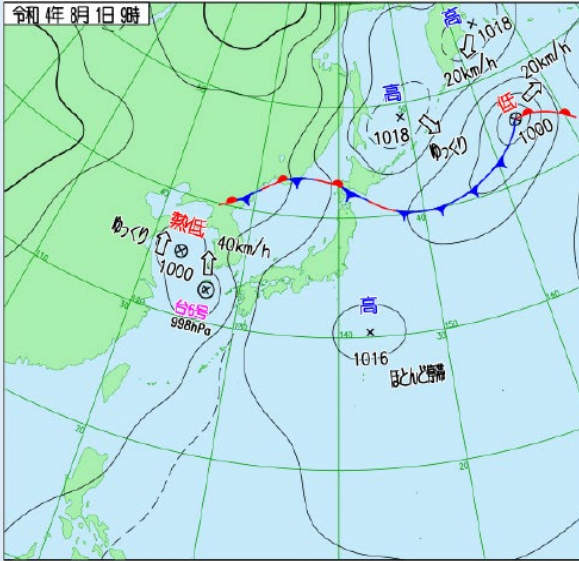
- 気象庁報道発表「線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究の成果について」（2022年12月27日）

https://www.jma.go.jp/jma/press/2212/27c/SLMCS_AllJapanseika20221227.html

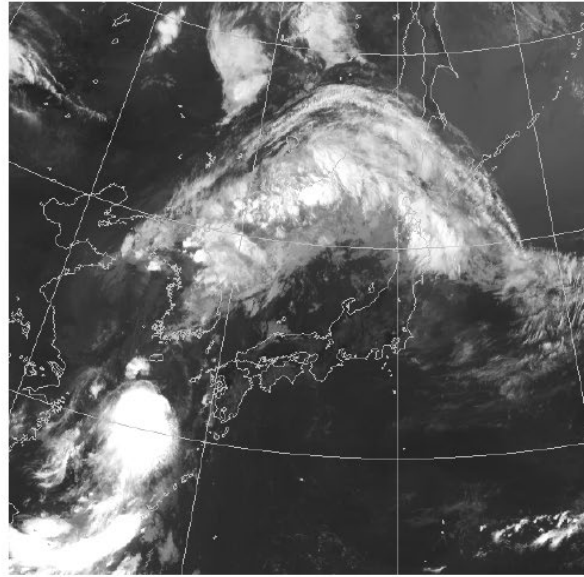
スーパーコンピュータ「富岳」を活用したリアルタイムシミュレーション実験：線状降水帯の予測精度向上のための数値予報技術の開発を加速化するため、文部科学省・理化学研究所の全面的な協力により、世界トップレベルの性能を有するスーパーコンピュータ「富岳」を活用して数値予報モデル開発を進めており、6月1日から10月31日までの期間、開発中の高解像度モデルによるリアルタイムシミュレーション実験を実施。

2022年8月の顕著な大雨

8月1日から6日の前線による大雨



地上天気図(8月1日09時)



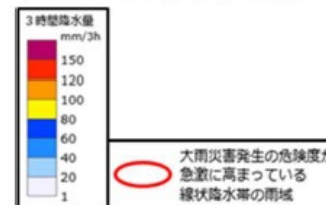
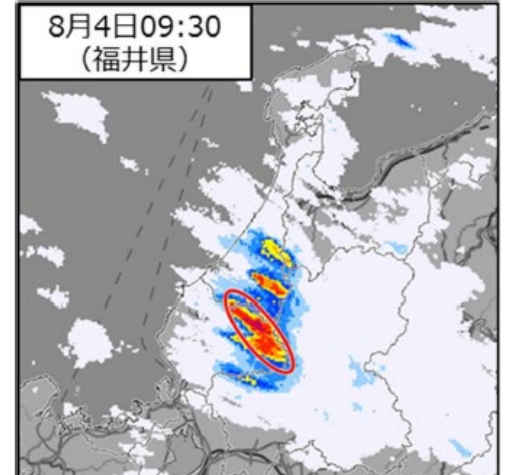
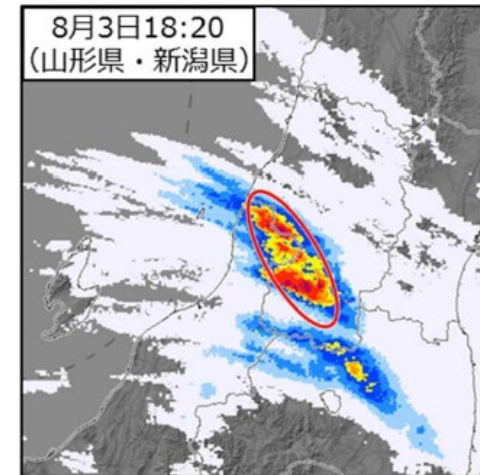
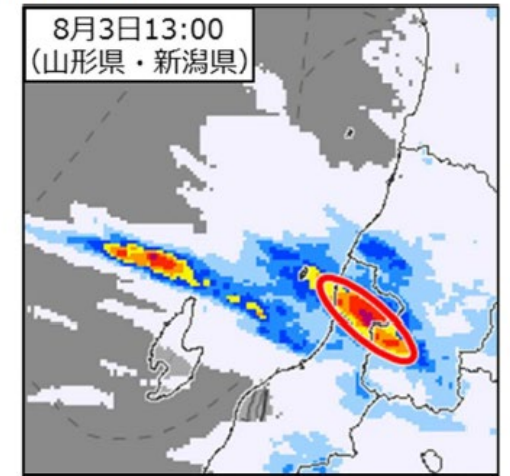
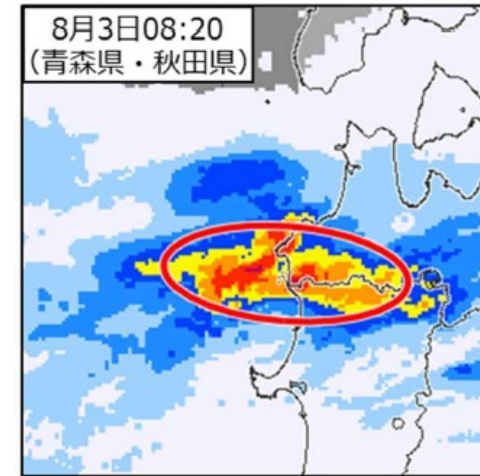
ひまわり8号赤外画像(8月1日09時)

- 8月1日から6日にかけて、北海道地方や東北地方及び北陸地方を中心に大雨。
- 8月3日夜には新潟県と山形県で線状降水帯が発生。3日から4日にかけては複数の地点で24時間降水量が観測史上1位の値を更新、青森県、山形県、福島県、新潟県、石川県、福井県で記録的な大雨。
- 3日19時15分に山形県を対象に、4日1時56分には新潟県を対象に大雨特別警報を発表。

気象庁発表(2022年8月22日)

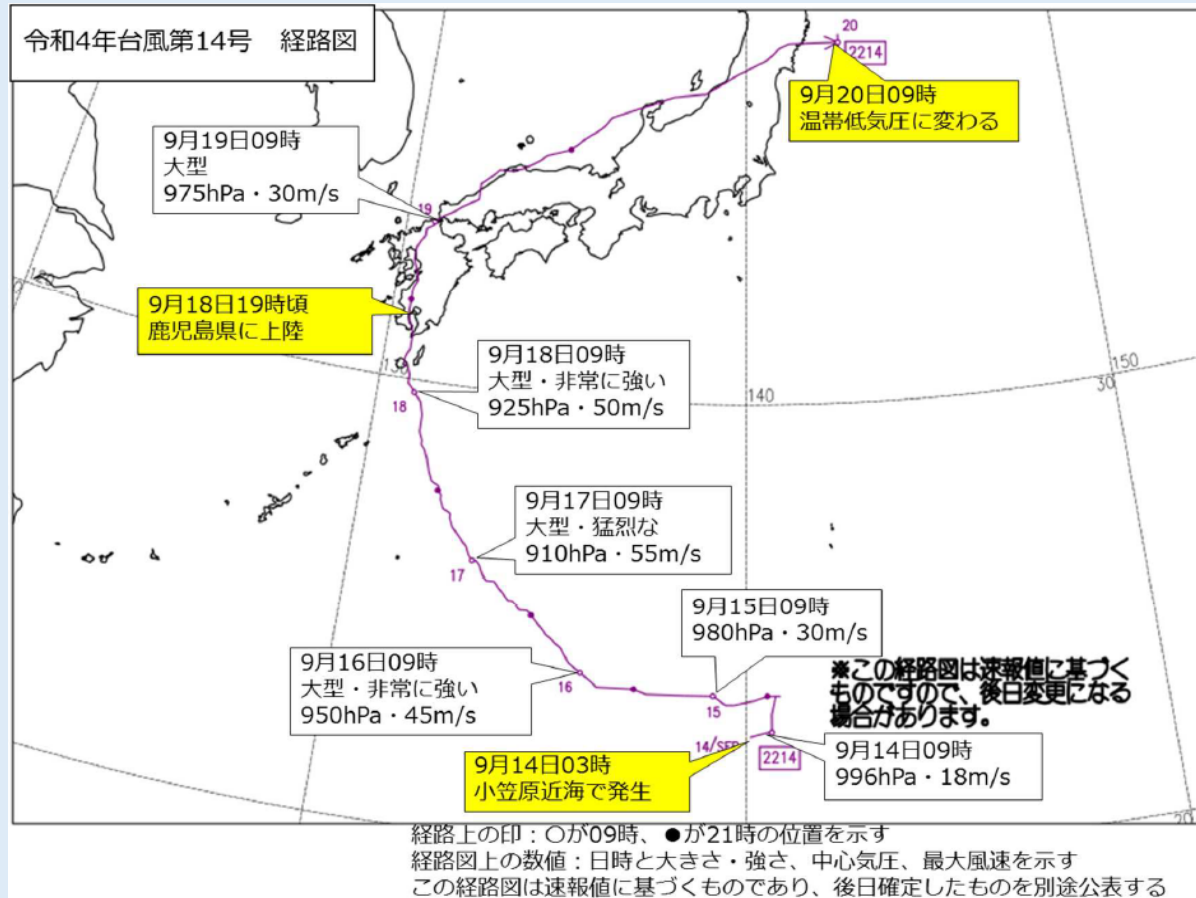
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2022/20220822/jyun_sokuji20220801-0806.pdf

(3) 顕著な大雨に関する気象情報を発表した時の前3時間降水量

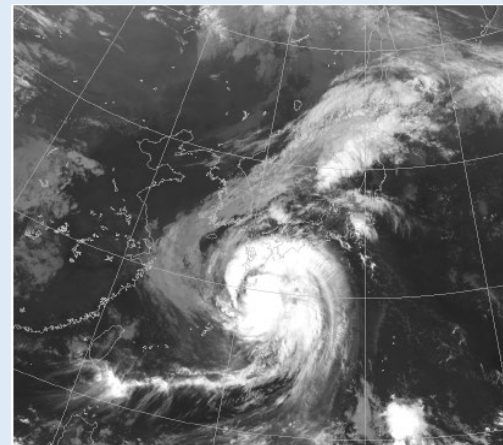


2022年9月の顕著台風（台風第14号）

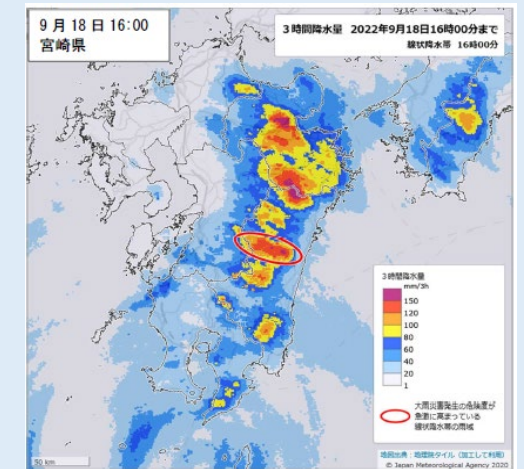
令和4年台風第14号による暴風、大雨 （2022年9月17日～9月20日）



- 9月17日：台風は数十年に一度の強さで九州にかなり接近する見込みとなったことから、21時40分に鹿児島県（奄美地方を除く）に特別警報（暴風、波浪、高潮）を発表。
- 9月18日：宮崎県と熊本県では未明に線状降水帯が発生し、顕著な大雨に関する気象情報を発表。
- 大分県佐伯市で最大瞬間風速50.4メートルを観測するなど、九州から中国地方及び近畿地方にかけての多くの地点で、最大瞬間風速の観測史上1位の値を更新。
- 九州や四国地方では、台風周辺や台風本体の発達した雨雲が長い時間かかり続けたことにより大雨となり、期間（9月17-20日）の総降水量は複数の地点で9月の1か月の平年値の2倍前後となった。



ひまわり8号赤外画像（9月18日09時）



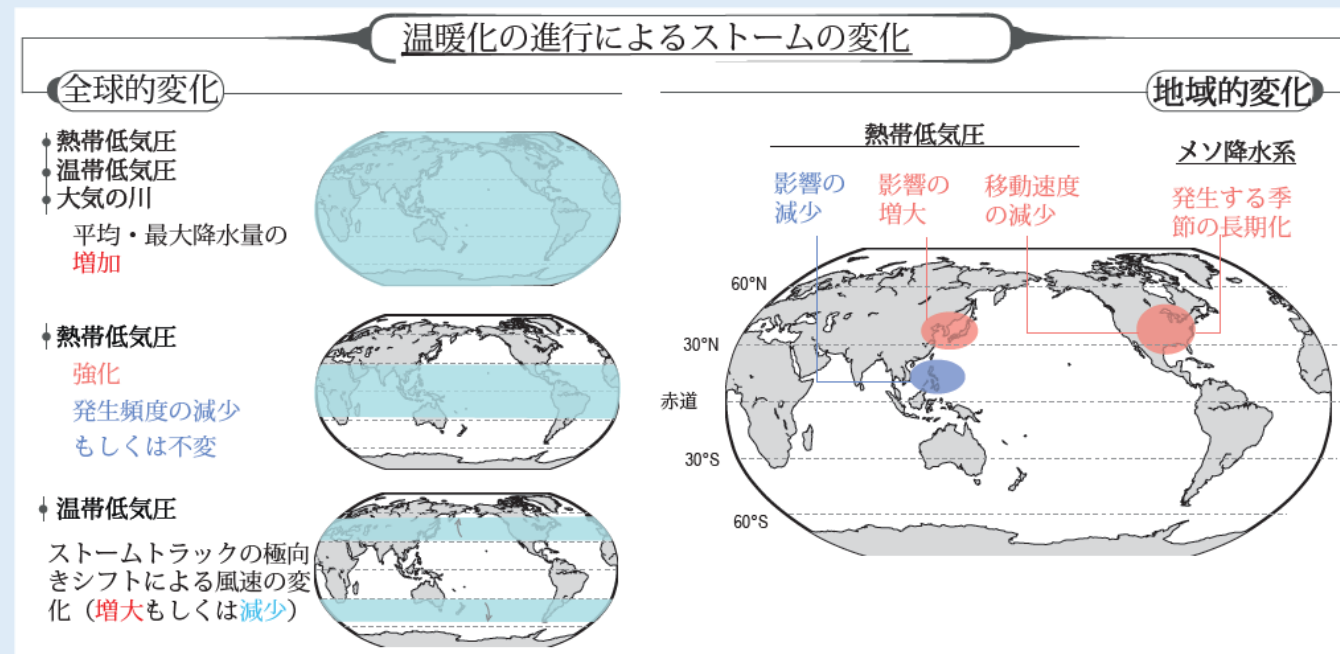
気象庁発表（2022年11月2日）

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2022/20221102/jyun_sokuji20220917-0920.pdf

地球温暖化による極端気象の激甚化

IPCC 第6次評価報告書 第1作業部会報告書 自然科学的根拠 IPCC AR6 WG1 2021年8月発表

- 極端気象の変化に対する人為的な気候変動の影響について、よりシグナルが明瞭になる。
- 観察された極端な現象の増加は、すでに世界のすべての地域で確認されている。
- 地球温暖化が進むごとに、極端な現象の頻度や強度が変化する。
- 温暖化レベル1.5°Cの世界では2°Cの世界に比べて低減されるが、多くの極端気象の変化は現在に比べてさらなる変化や前例のない極端な現象の影響を受ける。
- 熱帯低気圧の強度・頻度：強い熱帯低気圧の割合が高くなる。日本付近では強い台風の接近が増える。全球の発生数は現状とあまり変わらないか減少傾向にある。



各年度研究課題計画：令和2-4年度

年次計画			
内容（機関名）	令和2年度	令和3年度	令和4年度
【テーマ1】 「短時間領域スケール予測」	HPCI第二階層を利用した小規模テスト実験 富岳試行的利用によるシステム構築および実効性能評価実験	観測ビッグデータ同化を元にした大アンサンブル計算による気象要素確率情報の創出。ダウンスケールシミュレーションによる高解像度被害推定実験。以上を通じた科学的知見の創出。	危険度分布確率メッシュ情報の創出。暴風、特別警報級の大雨などの確率メッシュ情報の創出。以上より科学的知見の創出および近未来天気予報システムの提示。
【テーマ2】 「長時間全球スケール予測」	HPCI第二階層を利用した小規模アンサンブル先行テスト実験 初期解析結果を元に「富岳」を用いた翌年以降の実験設定修正の必要性検討	大アンサンブル(1000メンバー)1ヶ月予測実験の実施 上記実験をベースとして階層化した高解像度アンサンブル実験(100メンバー)の実施	アンサンブル(100メンバー)季節予測実験(3ヶ月～)の実施 上記実験をベースとして階層化した高解像度アンサンブル実験(100メンバー)の実施
【テーマ3】 「先進的大規模データ同化手法」	高解像度・大アンサンブル実験の実現と性能評価、先進的大規模データ同化手法の基盤的開発 富岳の試行利用期間におけるグラントチャレンジ実験（3.5kmメッシュ,1000メンバー）、HPCI第二階層を利用した大気場・温室効果ガス同時同化システムの開発	観測ビッグデータ・全球大アンサンブル同化による予測性能へのインパクト評価と課題の抽出・検討 気象・温室効果ガス結合同化システムの大アンサンブル(1000メンバー)実験、高解像度(14km)実験	先進的大規模データ同化によって得られた知見を社会実装するためのシステムプロトタイプ提示。 エアロゾル同化システムの大アンサンブル実験とその解析、大アンサンブルデータ同化に基づく温室効果ガス吸排出量の推定

成果の利活用、広報活動等(令和4年度)

報道

- 朝日新聞「豪雨集中、7月上旬「警戒を」 過去5年、予測難しい線状降水帯」(2022年6月12日、佐藤正樹) 読売テレビ：かんさい情報ネットten.「不可能を可能に…同じ場所に長時間大雨が降り続く『線状降水帯』予測の現在地と課題」(2022年6月28日、テーマ1代表川畑拓矢)
- テレビ朝日：中居正広のキャスターな会「特集：アップデートしておきたい！台風の最新知識」(2022年8月20日、課題代表佐藤正樹教授がTV番組に出演)
- 日刊建設通信新聞(有料会員記事)：「激甚化する 増える時間雨量100ミリ超の大雨」(2022年9月1日、課題代表佐藤正樹)
- 国立科学博物館広報誌 milsil「台風～地球温暖化で変化する台風～」(2022年9月1日、課題代表佐藤正樹の解説記事)
- 産経新聞「懸念される風水害の激甚化」(2022年10月30日、課題代表佐藤正樹)
- Discovery Magazine：“Scientists’ Research Attempts to Target Typhoons: An ambitious group of Japanese scientists sees one of the country’s greatest climate threats as a massive opportunity.”(2022年10月16日、課題代表佐藤正樹)
- 読売新聞「気候モデル温暖化を解明 実測値に迫る精度に」(2023年2月2日、課題代表佐藤正樹)
- 週刊朝日2023年2月17日号：「損害保険会社は採算割れも “激甚化、する自然災害」(2023年2月7日、課題代表佐藤正樹の取材記事)

受賞

- 2022年SOLA論文賞 理化学研究所前島康光特別研究員(2023年2月14日)
- 2023年気象学会賞 京都大学竹見哲也教授(2023年3月)



成果の利活用、広報活動等(2022年度)

- 第3回シンポジウム ～富岳で見える気象の未来予想図～ 2022年9月10日**
 オンライン開催、参加者約150名。
- 令和4年度成果発表会 2023年3月20日**
 ハイブリッド開催。
- 諮問委員会 2022年3月11日、2023年3月20日**
 諮問委員：住明正（東京大学）、高橋桂子（兵庫県立大学）、隈健一（東京大学）、石田純一（気象庁）、沖理子（宇宙航空研究開発機構）、渡部雅浩（東京大学）
 2022年度成果報告について評価を頂き、今後の「富岳」利用についてアドバイスを頂く。
- 富岳コアミーティング：**
 2022年度現時点で6回開催
- AORIインターンシップ（2022年8月、2023年3月）**
- 柏サイエンスキャンプ(2023年3月)**

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

2022年度シンポジウム
富岳で見える気象の**未来予想図**

例年、梅雨期以降の6月から10月の出水期には、線状降水帯や台風の影響により、大きな災害が引き起こされています。地球温暖化の進行に伴い、大雨や台風等の極端気象現象が激化することが予想されており、今後も突然の大雨や大きな台風の襲来に対する備えの意識を十分に高める必要があります。

我々は、大雨や台風等のより早期の予測をのぞいて、スーパーコンピュータ「富岳」を活用した研究に取り組んでいます。本課題では、激化する極端気象現象からの防災・減災を実現するために、「富岳」を用いた大規模アンサンブルの高解像度気象予測実験を実施し、未来の天気予報技術の確立を目指します。本シンポジウムでは、「富岳」を用いた極端気象予測の研究の最先端をご紹介します。

2022年9月10日(土)
13:30 ▶ 16:30
オンライン・事前申込制・参加費無料

お申込み <https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/fugaku/sympo2022.php>
 詳細・お申込みは上記サイトにアクセス下さい。
 ※定員になり次第締め切らせていただきます。

主催 東京大学 大気海洋研究所
 後援 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構
 お問合せ 東京大学大気海洋研究所 富岳気象課題事務局
 メールアドレス: fugakuatmos@gmail.com
 ホームページ: <https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/fugaku/index.html>



- 第1部 成果発表会** 司会 中野 満寿男【テーマ2代表】（海洋研究開発機構地球環境部門・研究員）
- 13:00-13:05 河原 卓（文部科学省研究振興局参事官（情報担当）付 計算科学技術推進室長）ご挨拶
- 13:05-13:15 佐藤 正樹佐藤 正樹【課題代表】（東京大学 大気海洋研究所・教授）
「『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』課題の研究紹介」
- 13:15-13:30 川畑 拓矢テーマ1 川畑 拓矢【テーマ1代表】（気象研究所・室長 / 気象業務支援センター）
「テーマ1では何を達成したのか」
- 13:30-13:45 前島 康光テーマ横断 前島 康光（理化学研究所 計算科学研究センター・特別研究員）
「富岳を用いた2021年夏季リアルタイムゲリラ豪雨予測の結果解析」
- 13:45-14:00 澤田洋平テーマ1 澤田 洋平（東京大学 大学院工学系研究科 附属総合研究機構・准教授）
「巨大アンサンブル気象予測を活用した広域高潮リスクマネジメント」
- 14:00-14:10 質疑応答
- 14:10-14:20 休憩
- 14:20-14:35 宮川 知己テーマ2 宮川 知己【テーマ2代表】（東京大学 大気海洋研究所・准教授）
「台風をはじめとする極端現象の季節予測に向けた取り組みの成果と将来展望」
- 14:35-14:50 高須賀大輔テーマ2 高須賀 大輔（東京大学 大気海洋研究所・特任助教）
「巨大アンサンブル実験により明らかとなったMJOの伝播タイミングの決定特性」
- 14:50-15:05 八代 尚テーマ3 八代 尚【テーマ3代表】（国立環境研究所 地球システム領域・主任研究員）
「衛星観測と融合した大気環境シミュレーションの進展」
- 15:05-15:20 丹羽洋介テーマ3 丹羽 洋介（国立環境研究所 地球システム領域・主任研究員）
「NICAMを用いたCO2大気シミュレーション」
- 15:20-15:30 質疑応答

第2部 ポスター発表 16:00-17:00

- ・澤田洋平（東京大学）「巨大アンサンブル気象予測を活用した広域高潮リスクマネジメント」
- ・伊藤純至（東北大学）「2013年8月9日に北東北で発生した線状降水帯のシミュレーション」
- ・呉品穎（気象業務支援センター）「高解像度大アンサンブルシミュレーションを用いたインパクトベースの強風予測：令和元年東日本台風を事例とした研究」
- 小林健一郎（神戸大学）「球磨川流域・超多数アンサンブル洪水予測 Part2: アンサンブル数の増加による予測精度の向上についての考察」
- 寺崎康児（気象研究所）「1000メンバーNHM-LETKFを用いた線状降水帯の予測実験」
- ・前島康光（理化学研究所）「富岳を用いた2021年夏季リアルタイムゲリラ豪雨予測の結果解析」
- 雨宮新（理化学研究所）「領域気象モデルSCALE-RMを使ったLETKFの微修正による局所粒子フィルタ」
- James Taylor（理化学研究所）「Ensemble analysis of 30-minute precipitation forecasts using the real-time SCALE LETKF numerical weather prediction system using Fugaku」
- ・高須賀大輔（東京大学）「巨大アンサンブル実験により明らかとなったMJOの伝播タイミングの決定特性」
- 升永竜介（海洋研究開発機構）「高解像度全球大気海洋海氷結合モデルを用いた季節スケール予報の向上へ向けた取り組み」
- 丹羽洋介（国立環境研究所）「NICAMを用いたCO2大気シミュレーション」
- ・関谷高志（海洋研究開発機構）「大気組成モデルを用いたトッパダウン排出量推定：GOSAT-GW衛星観測との連携に向けた取り組み」
- ・田上雅浩（気象研究所）「NICAMを用いた大アンサンブル水同位体データ同化実験」

ご清聴、ありがとうございました。