



議題 2

「2030年に向けた数値予報技術開発 重点計画」の補強

数値予報モデル開発懇談会（第10回）

令和8年1月27日

気象庁

はじめに

- 気象庁は、気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成30年8月）に示された重点目標を達成するため、「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」（平成30年10月。以下、重点計画）を策定。重点計画に沿って学官連携のもと数値予報技術開発を進めてきた。
- 今般、気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」の補強（令和7年6月）を受け、「重点計画」の補強の作成に向け検討を進めている。
- 今回、重点計画の中間フォローアップを実施し、また2035年より先の将来も見据えつつ最新技術動向を分析し、今後推進すべき技術開発の方向性を「重点計画」の補強骨子案としてまとめた。

○本資料の目次

1. 背景
2. これまでの取り組み(重点計画の中間フォローアップ)
 - (I) 重点目標 (II) 技術革新の推進と開発マネージメント (Ⅲ) 学官連携
3. 技術開発の方向性(数値重点計画の補強骨子案)
 - (I)分析 (II)開発の方向性
4. 今後の進め方

1. 背景



2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方（提言概要）

～ 災害が激甚化する国土、変革する社会において国民とともに前進する気象業務 ～

【重点的な取組事項】

(気象分科会提言資料より)

<https://www.mlit.go.jp/common/001262851.pdf>

① 観測・予測精度向上に係る技術開発

- **技術に真に立脚**した情報・データ提供のため、産学官や国際連携のもと、最新の**科学技術**に対応した**技術開発を推進**。

◎ 目指すべき水準（具体目標）

● 気象・気候

現在の気象状況から100年先まで、社会ニーズに応じた観測・予測の高精度化

● 地震・津波・火山

予測技術の現状を踏まえ、現象の把握・評価、発生後の今後の見通し等の高精度化

② 気象情報・データの利活用促進

- 情報・データが、基盤情報として流通・利活用されるよう、**容易に取得・利活用できる環境整備**と、**「理解・活用」されるための取組**を推進。

◎ 利活用の姿を実現するための具体的な取組

● 利活用環境の整備

・気象情報・データの流通促進
・アクセス性向上
・制度の見直し

● 理解・活用力向上

・防災・生活に係るリテラシー向上
・経済活動への利活用

相乗効果で
実現

防災や生活、経済
活動に資するよう
気象業務を推進

特に、国民の生命・
財産に直接関わる防災
については、

③ 防災対応・支援の推進

- **防災意識を社会全体で高める**とともに、気象業務の貢献においては国の機関である**気象庁が中核となって**取り組む

● 技術開発

・観測や数値予報の精度の大幅な向上等による気象情報・データの高度化
・「危険度分布」のような最新の技術開発成果を取り入れた気象情報・データを提供

● 利活用促進

・関係機関等と一体となり、市町村の防災対応に「理解・活用」されるよう、平時・緊急時・災害後の取組を推進
・住民自らの「我が事」感を持った避難行動等につながるような効果的な取組を推進

【取組推進のための基盤的・横断的な方策】

社会的ニーズを踏まえた不断の検証・改善

産学官・国際連携による持続的・効果的な取組

業務体制や技術基盤の強化

数値予報技術開発重点計画

2030年に向けた数値予報技術開発重点計画（概要）

基本戦略

平成30年10月
気象庁

- 気象災害の防止・軽減、社会経済活動における生産性向上に資するよう、交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」に示された方向性に基づき、防災分野を始め社会における情報サービス基盤である数値予報の技術開発を強力かつ着実に推進していくため、「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」を策定する。

1. 気象業務を巡る環境認識

① 自然災害の変化

- 自然災害の激甚化、気候変動で深刻化のおそれ
- 平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨など、線状降水帯を伴う豪雨が頻発
- 伊勢湾・カスリーン級の台風が襲来した場合、長期間の都市機能のまひなど深刻な被害が想定される

② 社会情勢の急速な変化

- IoTやAIの社会実装が進展、ICT機器が急速に普及
- 少子高齢化・人口減少社会の到来、それに伴う社会基盤の脆弱化
- 超スマート社会（Society 5.0）や生産性革命の実現に向けて、気象・気候予測へのニーズが増大

③ 科学技術の飛躍的発展

- 数値予報を支えるスーパーコンピュータとシミュレーション技術の飛躍的な発展
- 多種多様なセンサによる、地球の観測ビッグデータ時代の到来
- 数値予報研究開発の国際競争や連携が加速

2. 数値予報に関する気象庁のビジョン

国民一人一人の安全・安心を守り、活力ある社会を実現する数値予報イノベーション

気象・気候予測の根幹である数値予報は、安全・安心で豊かな生活に不可欠な社会基盤その高度化・精度向上を強力に推し進めて、防災をはじめ社会の様々なサービスの充実・発展に直接・効果的に貢献し、国民共有の新たな財産に

3. 2030年における重点目標

自然災害や社会情勢の変化と科学技術の発展を踏まえ、ビジョンの実現に向けて重点目標を掲げる

① 豪雨防災

集中豪雨発生前に、明るいうちからの避難等、早期の警戒・避難を実現

② 台風防災

大規模災害に備えた広域避難・対応を可能にする数日先予測の高精度化

③ 社会経済活動への貢献

生産・流通計画の最適化等に役立つ高精度な気象・気候予測を実現

④ 温暖化への適応策

「わが町」の地球温暖化予測により、国や自治体等の適応策策定に貢献

4. 技術革新の推進

重点目標の達成に向け、鍵となる技術革新を重点的に推進

① 次世代技術による地球の観測ビッグデータ活用

- 線状降水帯を生み出す湿った空気や、台風を取り巻く大気や海洋について、衛星等の観測ビッグデータを活用し、“地球の現在を的確に捉え”、高精度の予測を可能に

② 日本の気象を世界最高の精度と解像度でシミュレーション

- 最新のスーパーコンピュータとシミュレーション技術により、熱波・寒波など大規模現象から台風、線状降水帯を構成する積乱雲まで、詳細かつ高精度に“日本の気象を予測”

③ 確率予測とAI技術の融合による意思決定支援

- 集中豪雨時の避難から地球温暖化の適応策まで、その予測情報に加えて予測の不確実性を利用者に分かりやすく伝えて“意思決定に貢献”

5. 開発マネジメントの強化

技術革新の実現には開発マネジメントの強化が必須

① 幅広い連携の推進

- 産学官オールジャパンの連携を実現するとともに、国際的連携も強化し、数値予報に関する研究と開発を力強く推進

② 開発者の育成と確保

- 世界最先端の科学技術に基づいた開発を実現するため、多様な人材の活躍を推進し、高度専門家や開発リーダーを育成

③ 研究・開発基盤の整備

- スーパーコンピュータ、AI等基盤ソフトウェアなどの研究・開発を支える最先端のハード・ソフトを重点的に強化

数値予報技術開発重点計画

折り返し

2020

2025頃

2030

加速化による前倒し

豪雨
防災

- メソアンサンブル予報システムの運用
- 局地モデルにおけるデータ同化手法の高度化

- 局地モデルを1km以下に高解像度化、積乱雲に関する諸過程の改良
- 局地アンサンブル予報システムの開発
- 局地モデルにおける観測ビッグデータの利用

集中豪雨発生前に、明るいうちからの避難等、早期の警戒・避難を実現

台風
防災

- 全球モデルの高解像度化、物理過程改良
- メソモデルの物理過程改良
- 全球、メソモデルにおける衛星データの全天候利用手法開発
- 全球、メソモデルにおけるデータ同化手法の高度化

- 最適な階層的モデル・システム
- 全球モデルを10km以下へ高解像度化、高解像度に適した新しい物理過程の開発
- 全球、メソモデルにおける観測ビッグデータの更なる利用
- AI技術を活用したモデル開発

大規模災害に備えた広域避難・対応に資する数日先予測の高精度化

社会
経済
活動
への
貢献

- 大気・海洋結合モデルの高解像度化、物理過程改良
- 海況モデルの高解像度化、物理過程改良
- 化学輸送モデルの高度化

- 階層的地球システムモデルの開発、海洋モデルの更なる高解像度化
- 陸、海洋、海氷、エアロソルなど地球システムデータ同化の高度化

生産・流通計画の最適化等に資する高精度な気象・気候予測を実現

温暖化
への
適応策

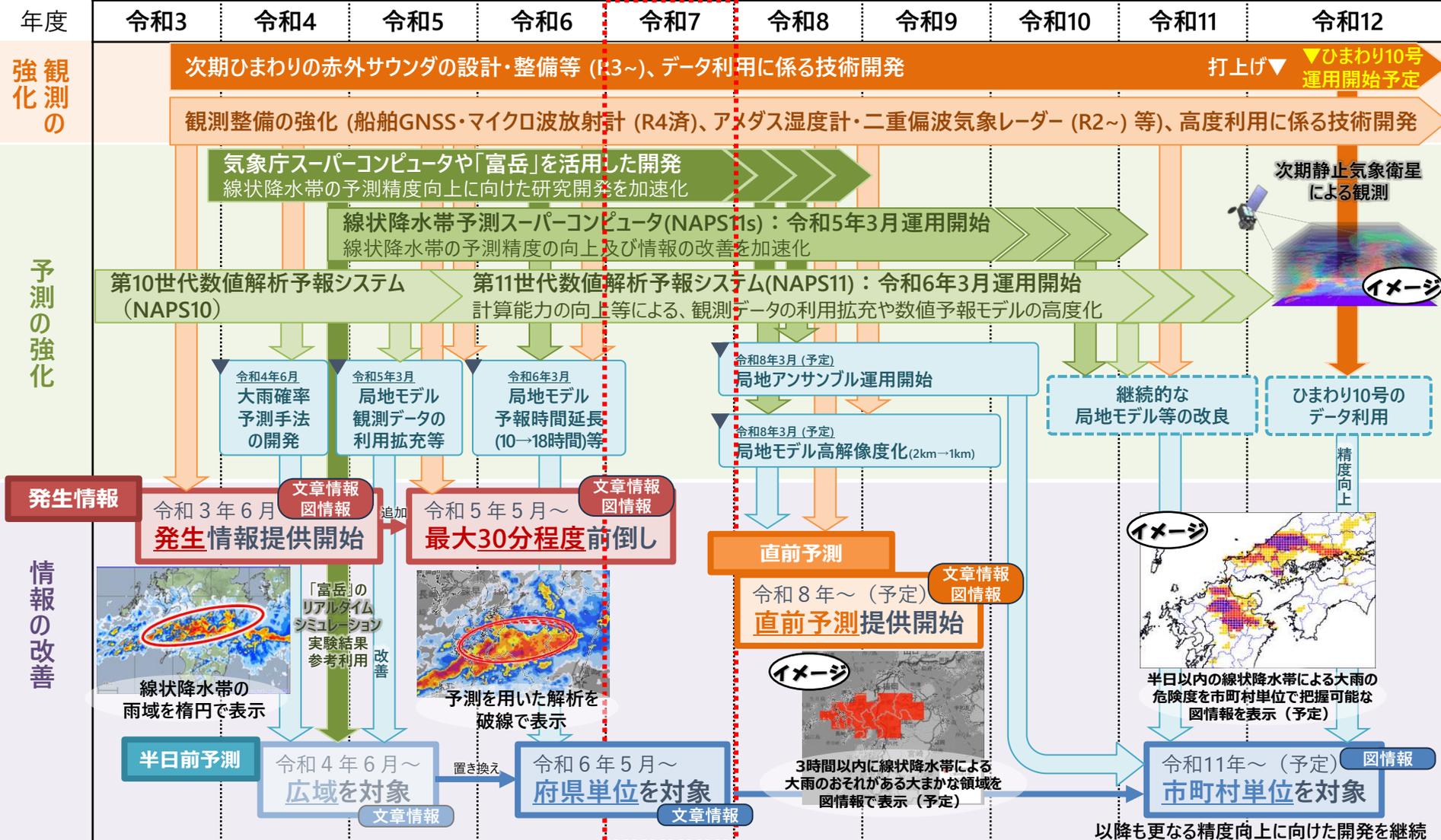
- 新しい温暖化予測地球システムモデルの開発
- 高解像度地域気候モデルの開発

- 最新の研究成果を踏まえた地球システムモデル、地域気候モデルの高度化

「わが町」の地球温暖化予測により、国や自治体等の適応策策定に貢献

線状降水帯の予測精度向上に向けたロードマップ

観測能力を大幅に強化した次期静止気象衛星等による水蒸気観測等の強化とともに、強化した気象庁スーパーコンピュータやスーパーコンピュータ「富岳」を活用した予測技術の開発、AI技術の活用等により予測を強化し、防災気象情報を段階的に改善。



「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」の補強

(気象分科会提言補強資料より)

<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001902948.pdf>

気象分科会 提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」(2018年8月)

※青色は2018年時点
①～⑤は追加的施策



提言を基礎に、**近年の社会動向を踏まえた追加施策①～⑤**を講じることで、安全、強靱で活力ある社会の実現に貢献
情報の高度化や利活用促進の取組にあたって、利用者に寄り添ったものとなるよう**関係機関との連携や対話を強化**

1 台風情報の高度化

予測精度向上と情報の充実で、より早く、きめ細かな防災対応に貢献

- ・観測の強化(静止気象衛星等の整備)
- ・予測技術の向上(スーパーコンピュータの整備、数値予報技術等の開発)

台風が存在する可能性が高い領域を提供(イメージ)

暴風等の吹く範囲をより適確に提供(イメージ)

2 気候変動情報の高度化

近未来の予測情報の創出により国や自治体等の適応策を支援

- ・気候予測の技術開発(十年規模の自然変動に由来する不確実性の考慮等)
- ・適応策策定支援の強化

空白 現行

気候予測情報高度化のイメージ

3 大規模地震・噴火対策の推進

政府全体の地震・火山災害対策と連動して気象庁の情報を高度化

- ・火山灰予測情報の高度化(火山監視・降灰予測の技術開発)
- ・地震・津波の推移のモニタリングに資する技術開発及びシステムへの実装

現行 火山灰予測情報高度化のイメージ

4 先端AI技術の活用

気象業務の様々な分野で先端AI技術を活用し
防災気象情報を高度化

- ・自然科学の知見も活かした先端AIの研究・技術開発
- ・環境・体制の整備・拡充
(産学官連携の強化、計算機資源・体制の拡充)

AI活用のイメージ例

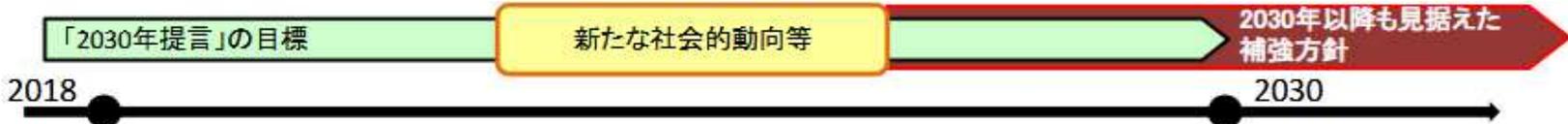
分野横断的施策

任意地点の気象状況が把握可能な面的気象情報のイメージ

5 面的気象情報の拡充

点から面の情報への転換により
気象情報利活用を一層推進

- ・気象だけでなく海洋や地震火山分野も含む面的情報の技術開発
- ・産学官連携の強化



①観測・予測精度向上に係る技術開発

先端AI技術の飛躍的進歩

先端AI技術の活用

現在～1時間程度	1時間先の大雨を実況に近い精度で予測
～半日程度	線状降水帯の発生を含め集中豪雨の予測精度向上
～3日程度	台風の3日先の進路予測誤差を現在の1日先と同程度へ
～1か月 ～数か月	確率予報をよりメリハリのある予報へ
数十年後～100年後	詳細な地球温暖化予測で適応策を支援

線状降水帯による豪雨災害の頻発

線状降水帯対策の加速

実施中

静止気象衛星、気象レーダー等の整備

台風災害の頻発
計画運休の浸透等による社会的ニーズの変化

1週間～数週間

国・自治体の適応策推進
(気候変動適応法成立)
近未来予測のニーズ増加

数年後～10年後

政府による
巨大地震対策の推進
火山噴火対策の推進
(活火山法改正)

I 台風情報の高度化

IV 気候変動情報の高度化

V 大規模地震・噴火対策の推進

火津地震

現象の把握・評価、発生後の今後の見通し等の高精度化

②気象情報・データの利活用促進

- 利活用環境の整備
- ・気象情報・データの流通促進
 - ・アクセス性向上・制度の見直し
- 理解・活用力向上
- ・防災・生活に係るリテラシー向上
 - ・経済活動への利活用

DX社会の進展
データ通信量の増加
情報取得手段の多様化

面的情報の拡充

提言「DX社会に対応した気象サービスの推進」
 提言「気象業務における産学官連携の推進」

③防災対応・支援の推進

「2030年提言」を踏まえたこれまでの取組

台風予測の精度向上、それに伴う情報改善を継続的に実施

- 台風進路予報の予報円の大きさ及び暴風警戒域を従前よりも絞り込んで発表(2023年6月) 等

新たな社会動向、利用者のニーズ変化等

近年の台風災害を踏まえ、公共交通機関の計画運休、自治体によるタイムライン(防災行動計画)の策定等の普及

◆ 予測精度向上に加え、台風情報の充実が必要

- ・ 台風発生前の「早めの備えを促す情報」(建設、保険、海運等)や、台風発生後の「台風の特徴を伝えるきめ細かな情報」(物流、交通、建設、農業等)へのニーズ

◆ 台風情報の正しい理解・利活用の促進が一層重要

- ・ 防災関係機関、公共交通機関等の民間事業者向けの解説
- ・ 住民の防災行動に資する普及啓発

2030年、更にその先を見据えた取組の強化

◆ 台風情報の高度化

- 台風進路予測誤差の改善
- 大河川の流域雨量等の予測精度の向上
- 台風発生・存在見通し情報の新規提供
- 暴風分布解析・予報の詳細化 等

実現に向けて

○ 観測の強化

- 静止気象衛星、海洋気象観測船等の整備
- 他機関の極軌道衛星データの更なる活用 等

○ 予測技術の向上

- スーパーコンピュータの整備
- 数値予報技術等の開発 等

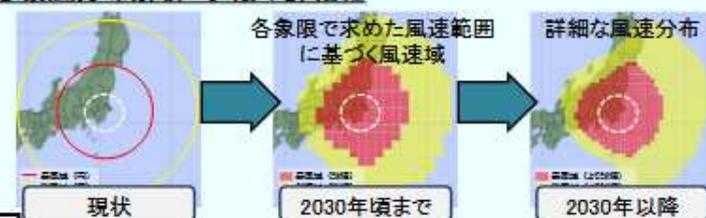
◆ 関係機関との連携の強化

- 公共交通機関など利用者に応じた解説の強化
- 情報利活用に向けた普及啓発 等

○ シーズンを通した台風見通しの発表



○ 暴風分布解析・予報の詳細化



※検討中のイメージ図であり、確定したものではありません

早くからの住民による防災への備えや事業者による事業計画の策定、台風の特徴を踏まえた公共交通機関の計画運休や自治体の避難情報発令の判断等を支援

「2030年提言」を踏まえたこれまでの取組

気候変動の観測成果や将来予測の知見をとりまとめ、関係省庁や自治体へ情報提供

- 「日本の気候変動2025」等の公表、都道府県ごとに情報を要約したリーフレットの作成 等

新たな社会動向、利用者のニーズ変化等

気候変動適応法施行(2018)、カーボンニュートラル宣言(2021)等：気候変動対策の一層の推進

◆ 対策の根拠に必要な科学的知見が具体化・多様化

- 21世紀末だけでなく、近い将来の気候予測へのニーズ
- 多様な関心事項：極端な気象(防災、熱中症、農業、経済)、海面水温(漁業)、平均降雪量(冬季レジャー、観光)など

◆ 広範な分野で様々な主体が関与：連携が一層重要

- 観測・監視、予測、研究～影響評価～施策立案・実施の各過程で多くの関係省庁、自治体、民間事業者による連携が必要

2030年、更にもその先を見据えた取組の強化

◆ 気候予測情報の高度化

- 季節予報の充実と数十年先までの近未来予測
- 大雨や大雪等の顕著な現象に関する情報
- 大気と海洋の統合的な情報提供 等

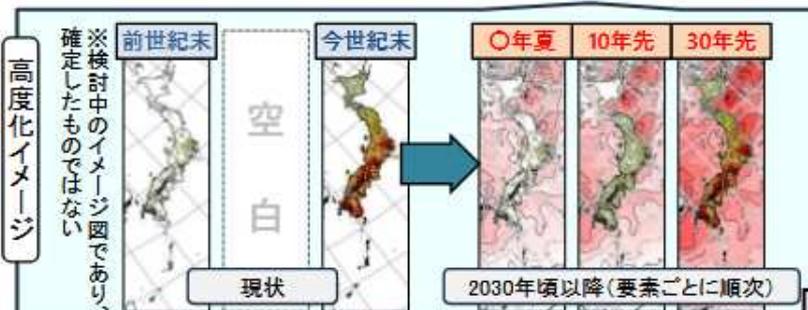
◆ 関係機関との連携の強化

- 文科省の研究プログラムや環境省の次期気候変動影響評価(2025年度)との連携 等

実現に向けて

○気候予測に関する技術開発

- 十年規模の自然変動由来の不確実性の考慮
- 大気と海洋の相互作用の分析 等



◆ 適応策策定支援の強化

- 関係省庁や自治体が適応策を立案するあたり、個別の事情に応じて科学的知見を活用するための解説
- 気候シナリオに関する解説の充実
- 気候変動情報に関する更なるニーズを把握し、情報高度化の方針に反映

気候変動に関する知見を提供するだけでなく、**自治体や防災機関等における気候変動に対する実践的な適応策の策定を支援**

「2030年提言」を踏まえたこれまでの取組

気象予測へのAI技術の活用

- 数値予報ガイダンスなどにおける従来からのAI技術の活用、理化学研究所との共同研究 等

新たな社会動向、利用者のニーズ変化等

- 激甚化する災害に対応した防災気象情報の高度化へのニーズ
- 「2030年提言」時の想定を大きく超えて先端AI技術が急速に進展

◆ 防災気象情報の更なる高度化に向けては、先端AI技術の活用が不可欠

- ・ 様々な分野の情報を飛躍的に高度化するためには、社会で急速に利用が進む先端AI技術の活用が必要
- ・ 先端AI技術に関するリスクや課題も踏まえた情報利活用の促進を図るため、ユーザーとの対話や産学官連携が一層重要

2030年、更にその先を見据えた取組の強化

◆ 先端AI技術活用のための技術開発

- 気象・海洋・地震・火山など気象業務のあらゆる分野において、観測から解析・推定、将来予測までを含む様々な場面で先端AI技術の活用を図る
- 自然科学の知見も活かした先端AIの研究・技術開発を推進
- AIに学習させるデータとして気象再解析データ等の活用

実現に向けて

○ 環境・体制の整備・拡充

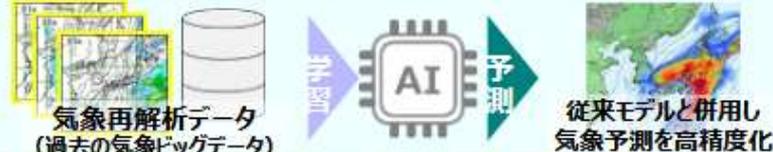
- スーパーコンピュータをはじめとした計算機資源の整備・体制の拡充 等

◆ 産学官連携の強化

- 技術開発における連携、AIのリスクや課題に関する知見の共有

活用イメージの例

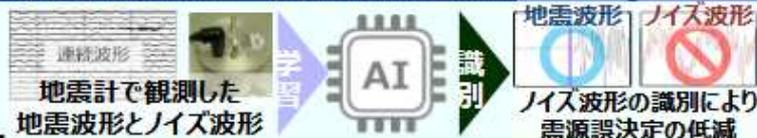
AI気象モデルと従来モデルの併用等による予報精度向上（将来予測）



次期ひまわりの最新センサによる膨大なデータのAI処理（解析・推定）



AIを利用した地震観測データの高度利用（観測）



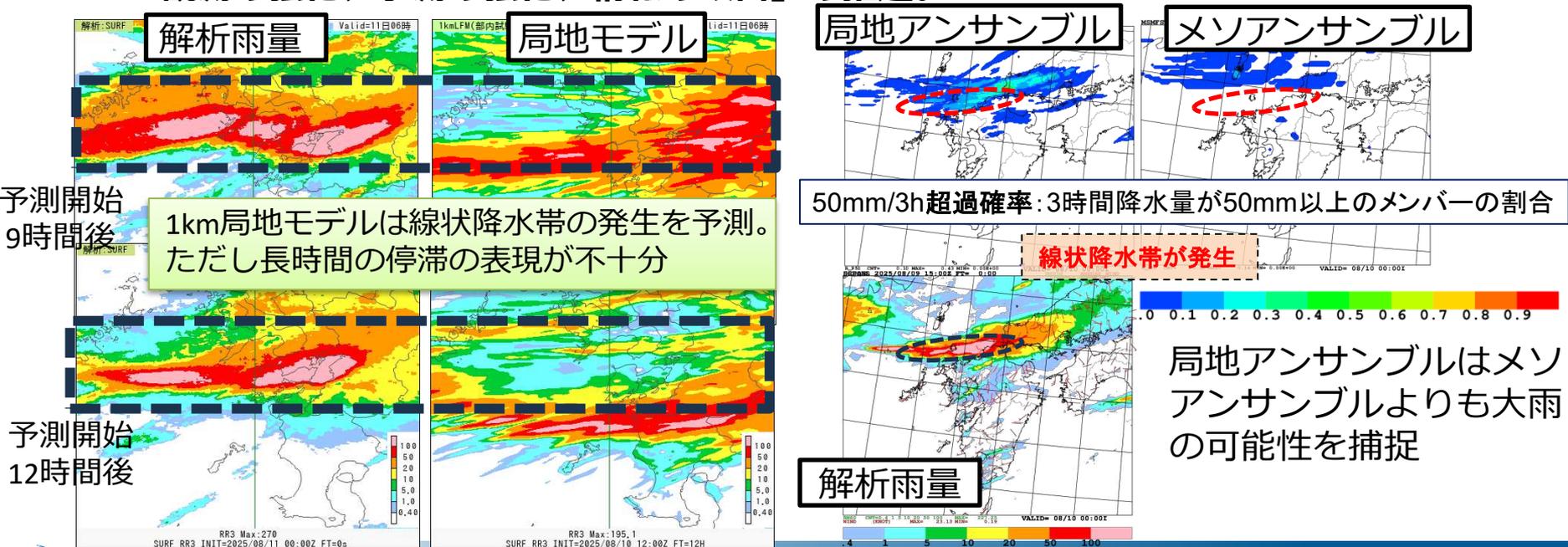
気象業務全般に最先端のAI技術を活用し、**高度化した防災気象情報を適時・適確に提供**することで、様々な主体で効果的に活用され、防災対応・行動に貢献

2. これまでの取り組み

重点計画フォローアップ

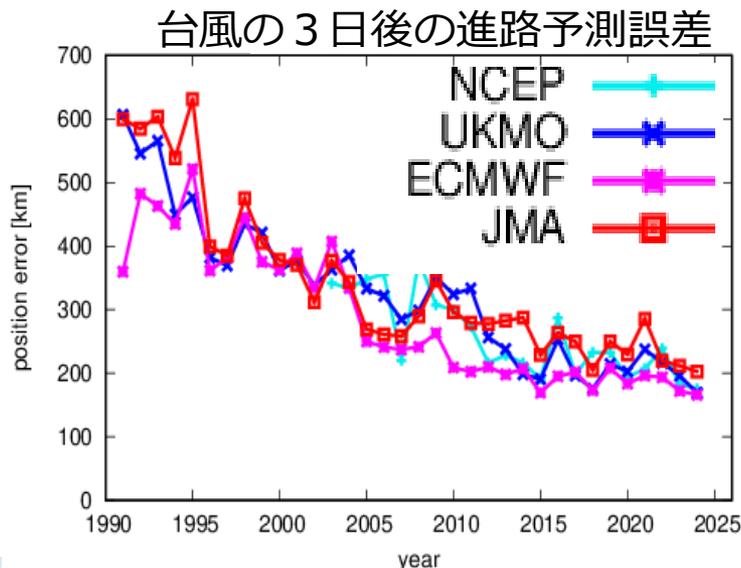
①豪雨防災の進捗

- 線状降水帯の予測技術の開発については、令和3年度以降は線状降水帯の予測精度向上に向けたロードマップに沿って開発の加速化を図っており、以下の項目について大幅な開発の前倒しを達成しつつある。
 - 水平解像度2kmの局地モデルの予報時間延長（令和6年3月）
 - 局地モデルの水平解像度の高解像度化（2km→1km）（令和8年3月予定）
 - 局地アンサンブルシステムの運用開始（令和8年3月予定）
- 上記の他、メソアンサンブル（令和元年6月）、局地解析のハイブリッド同化（令和4年3月）、船舶GNSS（令和3年8月）、極軌道搭載赤外サウンダ（令和5年3月）、大雨発生確率ガイダンス（令和4年6月）等継続的な技術開発を推進した結果、線状降水帯の情報改善に貢献した。
- 「観測の強化、予測の強化、情報の改善」の推進。**



②台風防災の進捗

- 台風や前線による災害発生の3日前から、河川流域の雨量、高潮などの見通しを把握して的確な広域避難を可能にするため、雨量分布や高潮などについて詳細で高精度、かつ全体として整合性を持った数値予報プロダクトを作成することを目標に取り組みを進めた。
 - 全球モデルの水平高解像度化（20km→13km）や衛星データの全天候利用、データ同化手法の高度化等による台風進路予測の予測精度改善（全球モデルの台風3日進路予測は平成29年：264km→令和6年：200km）。
 - 全球モデルの台風進路予測に付加価値を与える形で、メソモデルや高潮モデルの78時間予測、流域雨量予測に資する降水ガイダンスなど、台風防災に資する新たなプロダクトの提供開始。
 - 全球、メソ、高潮・波浪等階層的モデル・システム各要素の改善
 - 全球モデルの開発では、季節アンサンブル予報システムや地球システムモデルの開発との、改良項目の相互利用を推進。



- 台風進路予測精度は着実に改善
- センター間の差が縮小している

【重点目標】

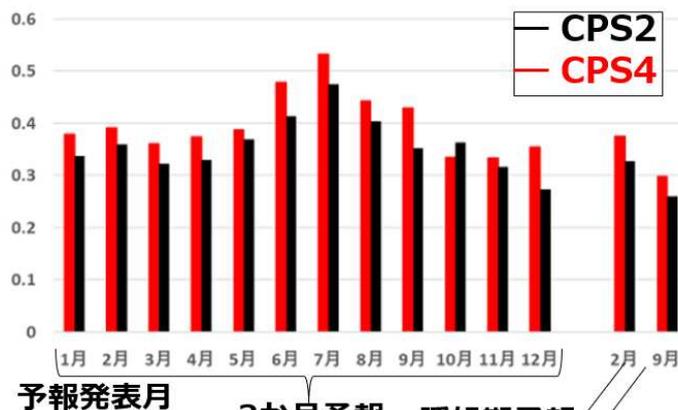
2030年には3日後の進路誤差100km程度

WGNE Intercomparison of Tropical Cyclone Track Forecasts Using Operational Global Modelsより
北西太平洋領域 72時間予報 非共通サンプル

③ 社会経済活動への貢献の進捗

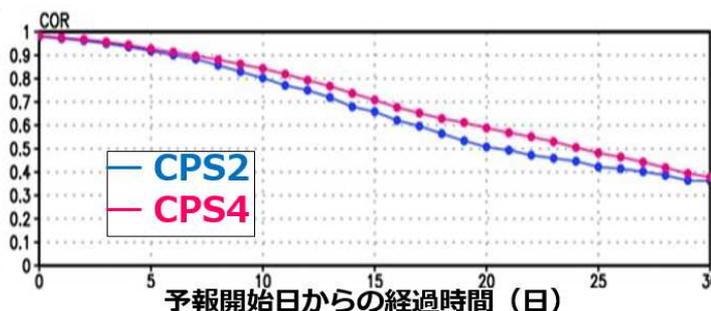
- 数日から数か月先までの気象予測技術の高度化により、社会的に影響の大きい気象を高精度に予測し、事前対策や経済分野での生産性向上へ貢献するとともに、現象の特性に応じた詳細さと精度を持つ確率予測情報を作成することを目標として取組を進め、以下の成果を得た。
 - モデル間の開発連携を強化し、他目標の開発成果を活用して開発効率化を図ることで、社会経済活動への貢献に向けた開発を推進した。
 - 季節アンサンブル予報システムを2世代更新（CPS2→CPS3→CPS4）し、大気海洋モデルを高解像度化する等により、3か月予報や暖・寒候期予報を改善した。
 - 全球アンサンブル予報システムの2段階SST法の導入・改良、CPS4での1か月予報開始により、2週先以降の予測で大気海洋相互作用の効果を考慮し、1か月予報を改善した。
 - 令和2年10月に日本沿岸海況監視予測システムの導入（海況モデルの水平高解像度化など）により日本周辺及び沿岸域の海水温・海流・海氷予測を精緻化した。

北半球2m気温のアノマリー相関



3か月予報 暖候期予報 寒候期予報
概ね全ての季節で改善

熱帯の季節内変動（MJO）の位置の予測精度



赤道季節内振動（MJO）の東進等改善

Wheeler and Hendon (2004)のRMM indexを用いてMJOで定義。予報開始時のMJOの振幅が1より大きい事例を対象。

CPS2：重点計画開始当時のシステム
CPS4：最新システム（R8年1月22日～）

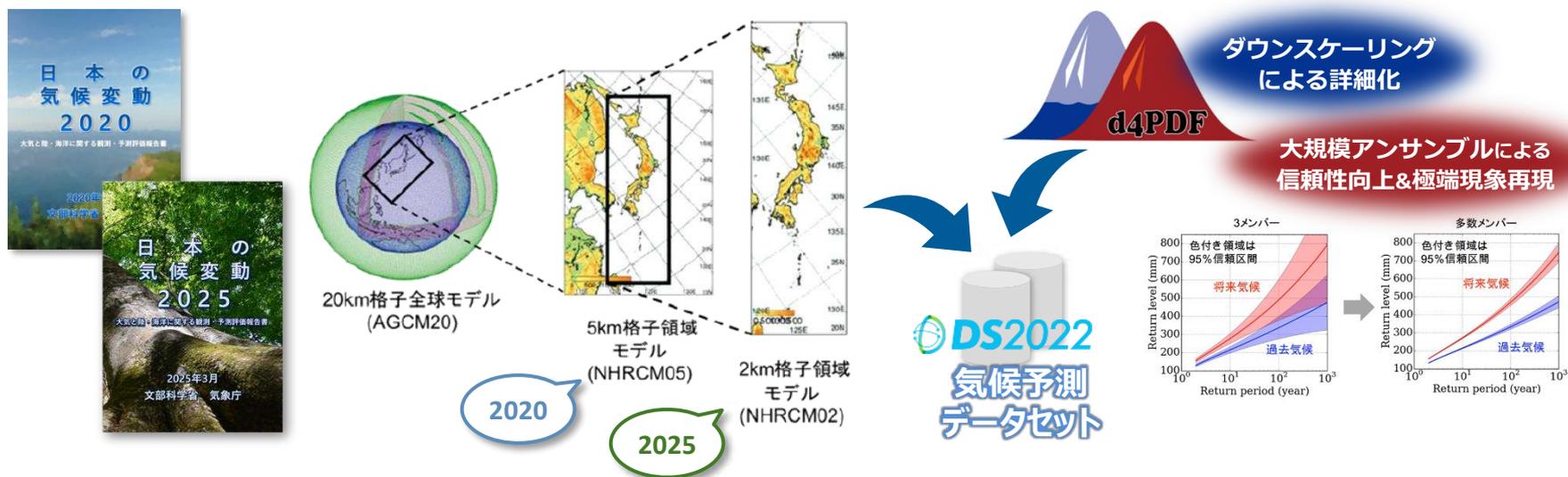
④温暖化への適応策の進捗

- 文部科学省をはじめ関係機関と連携し、気候予測データセットやその解説書、気候予測データ等の分析・評価を取りまとめた報告書「日本の気候変動」等を公開することで、気候変動対策の根拠となる科学的知見を提供している。

【気候予測データセットの利用例】

国土交通省や農林水産省における気候変動を踏まえた治水計画等の策定。

- 21世紀末の気候予測の高解像度化（全球20km、地域2km）や、解像度5kmの大アンサンブルデータセットの整備を実現し、顕著現象の将来変化を踏まえた気候変動適応計画の策定に貢献している。
 - この整備に伴い、全球及び地域のモデル開発間の連携も進んだ。
- 気候再現性（特に亜熱帯ジェットや炭素循環の再現性）が向上した地球システムモデル（MRI-ESM3）の開発や、asucaの気候モデル化（都市モデルの導入等）を行った。



技術革新の推進と開発マネージメント

• 技術革新の推進

– 最新の計算機導入

- NAPS10（平成30年）を用いて開発を実施。
- 線状降水帯予測スパコン（令和5年3月）、NAPS11（令和6年3月）を導入。
- スーパーコンピュータシステムの機能強化（令和8年1月末運用開始予定）。



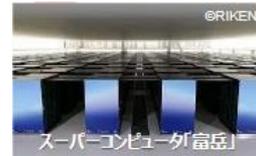
– 技術開発

- 観測データ利用・データ同化手法の高度化により衛星・地上観測データ活用を推進。
- 各モデルにおいて計算機への最適化等の高速化・計算手法高度化を行い高解像度化、高解像度モデルに適した物理過程開発を実施。
- 先端AI技術を用いたガイダンス開発やAI気象モデルの調査を推進等。
- ひまわり赤外サウンダ利用に向けた技術開発。

• 開発マネージメント

– 庁内体制・海外数値予報センターとの連携

- 数値予報開発センター（令和2年）をつくば市に設置。
- 海外数値予報センターへの職員派遣や各種国際研究プロジェクトへの参加を実施。



– 人材育成

- 地方職員による本庁モデル開発者向け研修の聴講や他機関からのオブザーバー参加の開始。
- 先端AI技術に関する基礎研修の実施、数値予報技術開発についての勉強会等の充実。
- 地方官署向け数値予報技術指導の推進。

学官連携

- 重点目標達成に向けた開発に他機関と協力しつつ取り組んできた。
 - 数値予報課コロキウムの公開実施、オンライン開催
 - 「数値予報共有Web」の運用開始と機能強化
 - 気象庁の考える重要課題の明示と、連携テーマ・共同研究課題設定
 - 気象庁数値モデル研究会、気象学会大会等各種研究集会への参加を通じたマッチング
 - 「富岳」における線状降水帯の予測精度向上に向けた観測データ利用に係る研究公募、数値解析予報システムの移植と研究機関による利用、など
- 研究機関と連携した技術開発を実施し、学官双方にメリットのある形での連携を推進し、成果も創出されつつある。
 - 非静力学モデルasucaの高速化に関する、ClimCOREを通じた東京大学との共同研究、理化学研究所との共同研究
 - （「富岳」利用）ひまわり晴天輝度温度データの利用高度化に関する千葉大学との共同研究
 - （「富岳」利用）レーダー動径風の品質管理手法の高度化に関する防災科学技術研究所との共同研究
 - 主要な国内研究者が参加する研究プログラムを通じた地球温暖化予測研究の実施
 - 台風進路予測誤差分析に関する京都大学防災研究所との共同研究
 - 積雲対流スキームに高度化に関するJAMSTECとの共同研究
 - 気象観測・予測へのAI技術の活用に向けた理研AIPとの共同研究、など

数値モデル研究会

気象学の分野で用いられている様々な数値モデルに関する情報交換の場として、概ね毎年テーマを決めて開催。重点計画策定後の開催は以下のとおり。

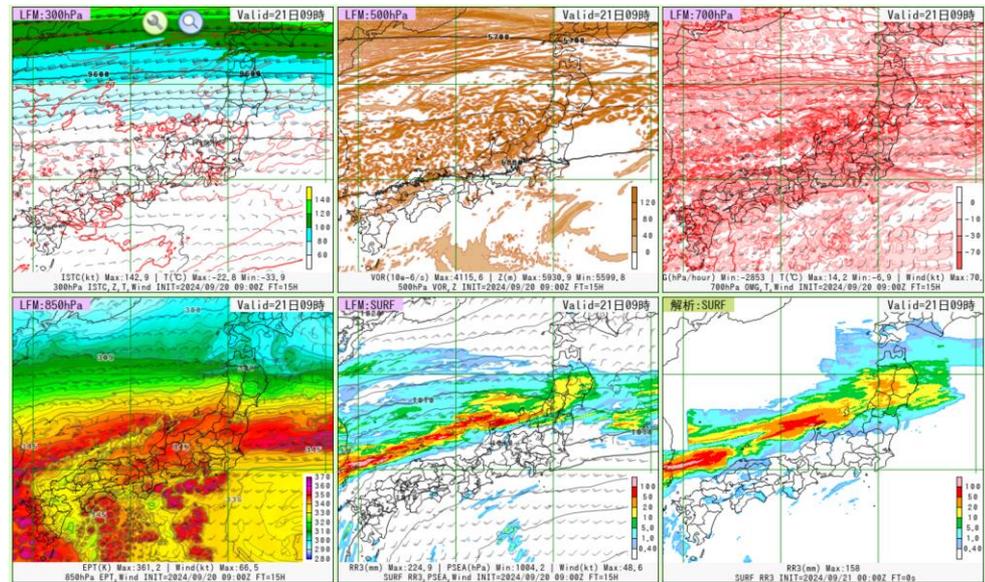
- 第12回気象庁数値モデル研究会（2019年5月14日）
 - テーマ：「線状降水帯・台風予報の精度向上に向けて取り組むべき課題」
 - 共催：第51回メソ気象研究会・台風研究連絡会・第6回観測システム・予測可能性研究連絡会
- 第13回気象庁数値モデル研究会（令和3年1月12日）
 - テーマ：「豪雨防災及び台風防災における学官連携について」
- 第1回気象庁数値モデル研究会asuca分科会（令和3年10月13日）
 - テーマ：「asuca及び他のモデルで用いられている乱流等物理過程について」
- 第14回気象庁数値モデル研究会（令和4年12月12日）
 - テーマ：「台風進路予測の改善に向けて」
- 第15回気象庁数値モデル研究会（令和6年12月16日）
 - テーマ：「数値予報モデルにおける観測データの効果的な利用方法について」
- 第16回気象庁数値モデル研究会（令和7年12月12日）
 - テーマ：「線状降水帯予測精度向上に向けた数値予報システムの高度化」

数値予報資料共有Web

(目的)

- 大学や研究機関の研究者と気象庁で可能な限り同じ図を共有して、振り返り議論を行うことを通じた、顕著現象の発生要因等の迅速かつ円滑な情報交換・認識共有。
- モニタ図の利活用を通じ研究者が得た知見の、気象庁の数値予報への成果還元。
- R3.3より運用を開始、R4.6に大幅な機能強化を実施。

数値予報資料共有Webにより、モデル改良に資する知見を得るための議論にご協力をいただいている。



スーパーコンピュータ「富岳」の利用

線状降水帯の予測精度向上を前倒しで推進し、予測精度向上を踏まえた情報の提供を早期に実現するため、「富岳」を活用した予測技術の開発等を早急に進めている。

- 令和3年度より「富岳」の政策対応利用課題「豪雨防災、台風防災に資する数値予報モデル開発」を実施
- 令和7年度は、大学や研究機関のご協力を得つつ以下を実施
 - 【豪雨防災】局地アンサンブル予報システムの最適な摂動の与え方を調査
 - 【豪雨防災】局地アンサンブル予報システムによるリアルタイムシミュレーション実験
 - 【豪雨防災】観測データの利用に係る技術開発（ひまわり・レーダー）
 - 【台風防災】全球モデルの高解像度化に向けた単精度化等の高速化に係る開発、台風がもたらす降水計算の安定性向上
- 令和8年度については現在申請中。

3. 技術開発の方向性

重点計画補強骨子案

数値重点計画の前半実施後のまとめと課題

開発基盤・体制整備（計算機・人材・技術）と連携強化のもと、計画前半の主要開発項目を着実に達成（豪雨防災は加速化）。計画後半に向けた課題は以下。

① 豪雨防災

- 高解像度化した局地モデルにより線状降水帯を構成する個々の積乱雲が部分的に表現され、対流の立ち上がりタイミング等が改善。しかし、対流の強さや降水域の停滞等の予測は不十分であり、これを改善するためには、**物理過程等の高度化による不安定の解消の表現や不安定形成に係る環境場の改良**が必要。
- アンサンブル予報も対流の強さや降水域の停滞等の予測不確実性をより精緻に表現するための摂動の改良が必要。

② 台風防災

- 台風進路予測は着実に改善。しかし、目標達成に向けて環境指向流と台風構造の表現を更に改善するためには、**依然として全球モデルの解像度が不十分。また高解像度に適した物理過程の改良も必要**。加えて、台風予測の改善のためには、より高い解像度や気温や水蒸気の予測精度向上が必要。
- 近年急速に発展した、先端AI技術による予測を活用できていない。高精度な台風強度予報にはAI気象モデルの学習データとなる高精度・高解像度な全球・メソ解析が必要である。さらに、高精度な解析値の作成には物理過程の改良も必要。

③ 社会経済活動への貢献

- 3か月予報等季節予報の精度は着実に改善。今後は台風発生前の早めの備えを促す情報へのニーズなど、発表情報の高度化の動きを踏まえた開発を行うとともに、**将来の計算機動向への対応として省資源化や効率化**を推進する必要がある。

④ 温暖化への適応策

- 文部科学省をはじめ関係機関と連携し、気候予測データセットやその解説書等を公開することで、気候変動対策の根拠となる科学的知見を提供してきた。
- 利用者の要望を踏まえ、自然変動なども考慮した近未来予測情報や、よりきめ細かい将来予測の提供に取り組む必要がある。これをより良い形で実現するため、利用者側との対話・連携の強化も図る。

計算機及び技術の動向

計算機の将来動向

- 2018年10月の数値重点計画策定以降、計算機を巡る状況は大きく変化。
- CPUについては性能の伸びの低下がみられる一方で、「富岳NEXT」でのGPU搭載（予定）等、HPC分野ではGPU等の利用が拡大。
- GPU等のCPUとはアーキテクチャが異なる計算機を活用するためには多数の新規開発が必要となるが、その先には**高い性能を活かした物理モデルの仕様向上や先端AI活用の道**が見えている。
- 物理モデルの仕様向上と先端AI活用のためには**GPU等計算機の基盤整備が必要**。

新しい技術

- 先端AI技術を活用した予測技術（AI気象モデル、ナウキャスト等）や数値予報利用技術（ガイダンス等）が急速に発展。AI特有のリスクや苦手分野もあるが、**既存技術を越えた高い予測精度の実現や高速化・省資源化、新しいプロダクト作成が可能**になりつつある。
- 今後ハイパースペクトル赤外サウンダを搭載した**ひまわり10号**の整備が進む。また、他機関の静止・極軌道衛星や海洋気象観測船による観測データ等の更なる活用を含め、観測データ利用高度化が重要。
- 先端AI技術の活用や観測データの更なる活用のためにも**計算機の基盤整備が重要**。

海外の主要センターの戦略と基盤整備

- 多くのセンターが**先端AI技術と物理法則に基づく数値予報モデルの両方を活用する戦略（両立・ベストブレンド等）**と開発計画を策定（下記以外にも複数）。

センター	物理モデル	先端AI技術
欧州中期予報センター (ECMWF)	<ul style="list-style-type: none"> 全天候同化等の観測データ利用・データ同化の高度化を重視 大気9km海洋0.25°の全球大気海洋結合モデルとアンサンブル予報システムを運用・更新 モデル高解像度化を推進（将来は数kmスケールを目指す） 地球システム要素（大気、大気微量物質、海洋等）の同化開発を推進 	<ul style="list-style-type: none"> 大手IT企業等と連携してAI気象モデルを調査、また独自開発を開始 既存物理モデルと並行でAI気象モデルの現業運用を開始、更新を継続 観測データからの直接AI予測も研究
英国気象局	<ul style="list-style-type: none"> 大気10km海洋0.25°の全球大気海洋結合モデルを運用・更新、アンサンブル予報システムは大気20kmを運用・更新 将来の10km全球アンサンブル予報システムや300m領域モデル等の開発を推進 学官連携のもと高解像度に適した雲・積雲等物理過程の開発を推進。 	<ul style="list-style-type: none"> アラン・チューリング研究所等と共同でAI気象モデル開発を開始 大手IT企業等と連携して季節予報のためのAIモデルの開発を推進
ドイツ気象局	<ul style="list-style-type: none"> 全球13km・ヨーロッパ域6.5kmの一体型全球モデルと全球26km・ヨーロッパ域13kmの一体型全球アンサンブル予報システムを運用・更新 ドイツ域500m領域モデルの現業導入と開発の推進 	<ul style="list-style-type: none"> AI気象モデル開発を開始 AI学習のための物理モデル再解析実施 AI解析の研究も推進

- 変化するスーパーコンピュータの状況や先端AI技術の発展に対応し、**GPU等を持つ計算機の導入やクラウド基盤の整備計画**打ち出し。

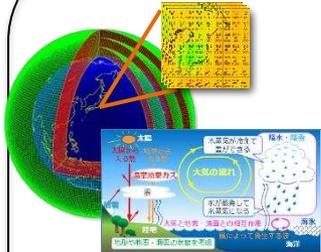
センター	スパコン利用動向
欧州中期予報センター (ECMWF)	<ul style="list-style-type: none"> 欧州気象衛星開発機構は共同で、欧州の気象コミュニティ向けクラウド基盤を展開。 2024年に計算機調達計画でGPU等の導入を有力候補に位置付け。
英国気象局	<ul style="list-style-type: none"> 大手IT企業と協業して超大型クラウドベースコンピューティングシステムを構築。

重点計画の補強骨子案

「**先端AI技術と物理モデルを併用**」してそれぞれの利点を活かしつつ、開発基盤整備も含め産学官連携のもと**AI・物理モデルの開発を両輪で推進**し、防災気象情報の高度化に貢献。

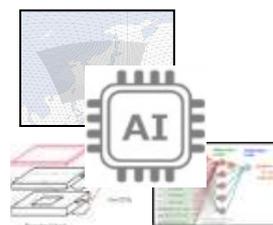
開発を両輪で推進

物理モデル



- 開発項目の重点化を進めつつGPU等を活用（モデルGPU化）し開発を推進
- 極端現象の表現や物理的整合性の高さ等を活用
- 2035年より先の将来の理想を見据えつつ長期的開発と研究を推進
 - 観測データ利用の高度化、高解像度化等仕様向上、物理過程改良、アンサンブル摂動の改良、先端AI技術の活用等

先端AI技術



- 世界的に実用化が進む、AI気象モデルや先端AIガイダンス等の開発を推進
- AI予測の精度の高さ、高速性、利便性を活用
- 将来発展が期待されるAI研究開発も推進
 - 線状降水帯のAI予測モデル、地球システムモデル要素AI化、予測・ガイダンス一体型AI、AIデータ同化や観測値からの直接予測等

学習データ
初期値

開発基盤の整備推進、連携する産学官分野の拡大

併用して活用

新たなニーズへの対応例

- 台風の風分布情報高度化や進路強度予報改善等に貢献するAI気象モデルと物理モデルの開発。
- 流域平均雨量ガイダンスの予報時間延長に向けたガイダンス等の開発。
- 1週間から数か月先の予報・台風情報の高度化に資する季節アンサンブル、など。



物理モデル開発の方向性

- **各モデルの課題に取り組みつつ、将来の理想を見据えた開発を推進**
 - 各モデルがターゲットとする線状降水帯や台風、季節予報スケールの変動等の予測精度を改善するため、観測データ利用の拡大と利用手法の高度化、継続的な物理過程改良、高解像度化等の仕様向上、アンサンブル摂動の改良等を推進。
 - **将来の更なる高解像度化に必要な力学過程と物理過程の改良**に継続的に取り組む。仕様増強に必要なGPU化や計算手法の高度化、計算機利用の効率化を推進。また、高解像度・高精度化したモデルを活かした観測データの利用高度化にも取り組む。改良成果のモデル間での相互利用も推進する。
- **開発を重点化しつつ強化**
 - **各種決定論的予測モデルと季節アンサンブルの開発を重視**。開発項目の優先度や費用対効果を分析して重点化しつつ開発を進める。
 - 決定論的予測モデルと並立する全球アンサンブル等のアンサンブル予測は先端AI技術の進展に応じてAI気象モデルによる仕様向上を目指す。
- **AI学習データ作成のための物理モデル開発**
 - AIの学習のための再解析値（全球・領域等）やAI予測の実行に必要な初期値の精度を向上するために、**解析の高度化に重点的に取り組む**。
 - 解析の高度化を活かして**学習データ作成を推進**。特に大規模な計算機資源が必要な再解析においては、外部計算機の活用にも取り組む。
 - 解析でのGPU利用や先端AI技術活用も検討する。

主なモデルの開発の方向性と研究開発の推進

主なモデルの開発の方向性

- 新しい分野を含む産学官連携を強化しながら開発を進める。
- **大気モデルの物理過程等を継続的に高度化**しつつ、全球モデルや波浪・高潮モデル、全球海洋データ同化の**高解像度化**による予測精度向上、気候予測のための地球システムモデル（MRI-ESM3）高解像度化等の改良。
- 全球・メソ・局地予報とそのアンサンブルの**GPU化を優先的に進め**、その他モデルも中期的に予報部分のGPU化に取り組む。
- 全球・メソアンサンブルはAI気象モデルを利用して高解像度・メンバー数増等仕様向上を目指す。

2035年より先の将来の理想を見据えた研究開発の推進

- 2035年より先の将来展望として、局地モデル、全球モデル、季節アンサンブルの更なる高解像度化・高度化による予測精度の飛躍的向上を狙うための研究を推進する。

局地モデル



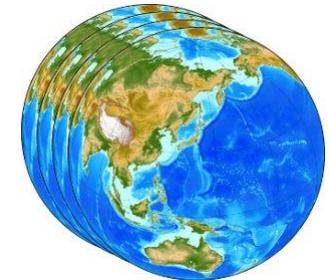
- 高解像度化（理想はLES）と高解像度に適した物理過程改良等により線状降水帯予測の表現と精度改善
- 線状降水帯予測AIによるアンサンブル予測の仕様増強

全球モデル



- 高解像度化（kmスケールでのストーム解像）とそれに適した物理過程開発等により台風予測精度を改善
- 仕様向上と予測精度改善による日本域のメソ気象予測の改善

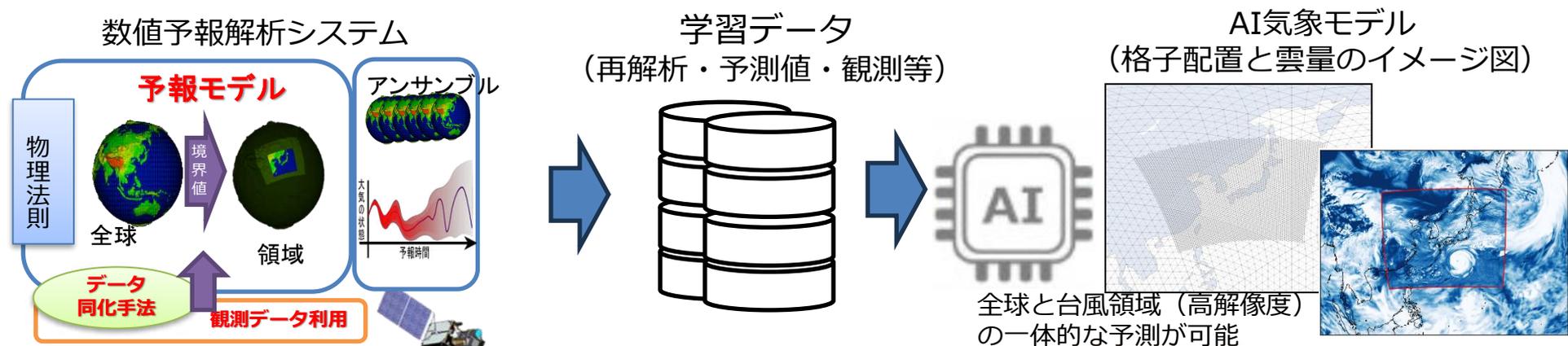
季節アンサンブル



- 季節アンサンブルは海洋渦解像(0.1°)、大気高解像度化、物理過程改良仕様高度化を通じて予測精度を改善
- 週間予測レンジから利用可能な階層的ESMアンサンブル

AI気象モデル開発の方向性

- 産学官連携のもとAI気象モデルの開発を進め、台風予測などAI気象モデルの利点を確認されている分野から、物理モデルと併用しつつ活用を進めていく。
 - 深層学習技術の利点を活かし、これまでの技術的な制約にとらわれず、より合理的な方向を目指す（例：全球領域の一体型予測等）。
 - AI気象モデルによるアンサンブル予報システムの開発も進め、アンサンブル予測の仕様の増強を目指す（高解像度・多メンバー数等）。
 - **開発基盤・体制の強化とともに開発を推進**しつつ徐々に大規模なAI気象モデルを開発。プロタイプ作成の段階から産学官連携を進めて開発を推進。また、AI特有のリスクや苦手な点も踏まえた利用方法について、利用者と連携して検討。
 - 高度化した物理モデルを用いて、外部計算機の利用も検討しつつ、**全球・領域再解析データ等AI学習に適した最先端データの作成に取り組む**。
 - 線状降水帯予測や波浪予測、季節予報等、様々なモデルのAI化について可能なものから取り組みつつ長期的に推進。



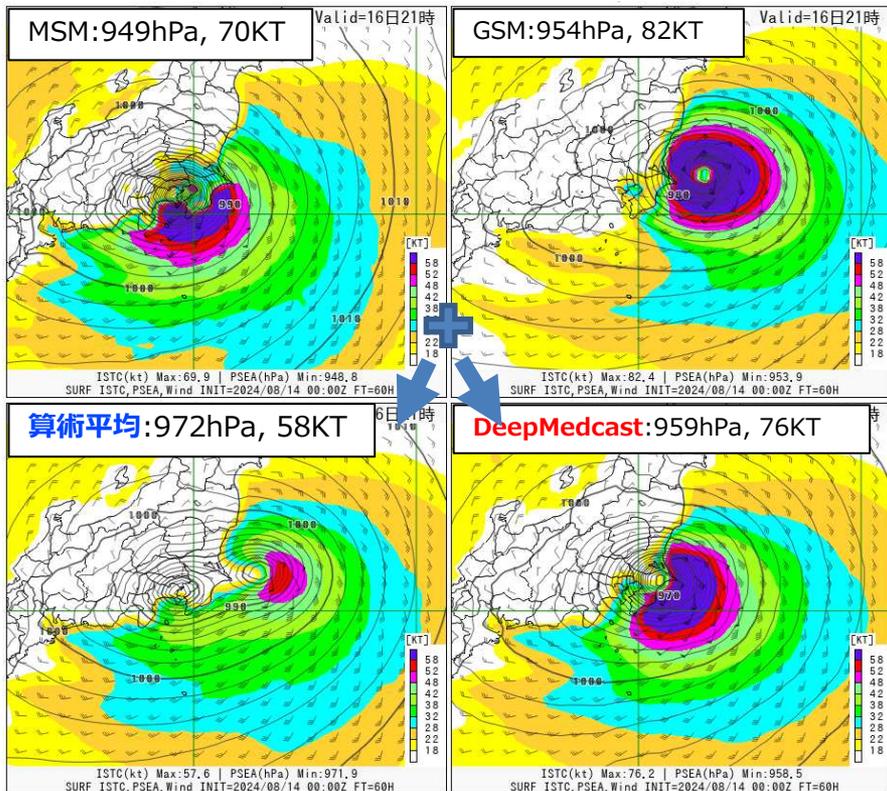
先端AI技術を活用したガイダンスや 降水短時間予報等の開発の方向性

ガイダンスや降水短時間予報・ナウキャストにおいても**先端AI技術**が発展しており、予報作業支援をはじめ様々な活用を進めていく。

(例) DNNガイダンス、DNNで2つのモデルの中間を生成するDeepMedcast、運動学的手法を先端AIに置き換えた降水短時間予報・高解像度降水ナウキャスト。

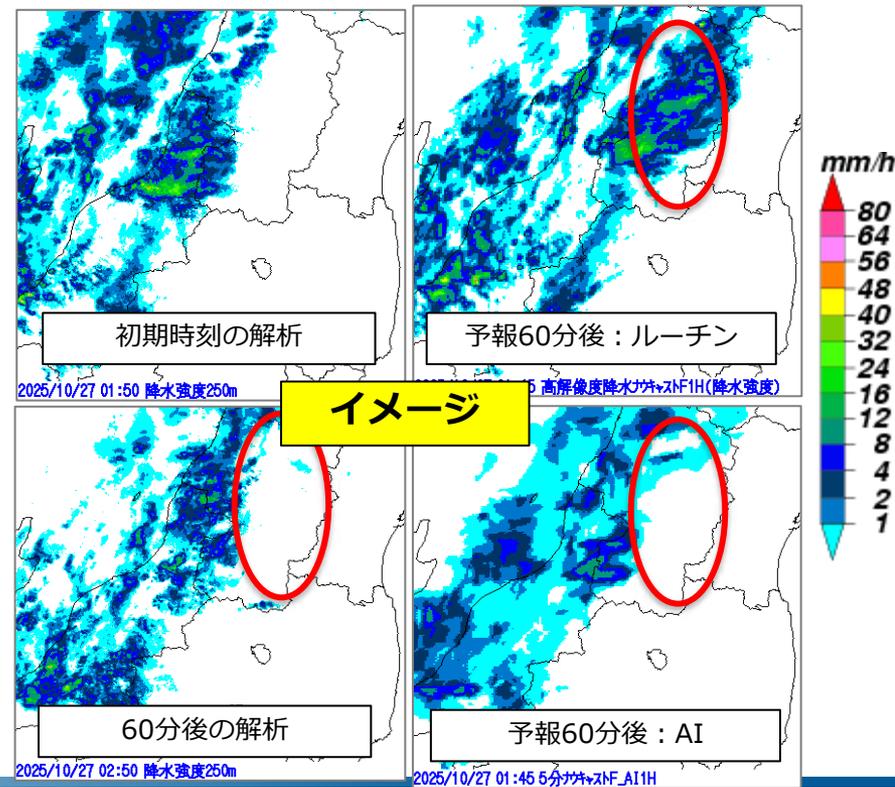
DeepMedcast

AI気象モデル・物理モデル予測の中間予測も生成可能



AI高解像度降水ナウキャスト

運動学的手法よりも自然な降水分布を表現可能



更なる開発マネージメントの強化

• 開発人材の確保・育成

- 先端AIや計算機の変化に対応可能な人材の確保・育成。
- 既存技術の継承や新しい技術の習得に必要な学習基盤（研修・勉強会・教材・交流の場等）の整備が重要。

• 産学官連携の推進

- 重点的に取り組むべき課題の明確化や連携テーマ・共同研究課題を設定した研究公募等の実施により、学官双方に有益な協働体制の下で連携が強化・推進され成果も創出されつつある状況。
- AI等新たな分野を含め、数値重点計画の補強に沿い更に連携を推進。

• 開発基盤整備

- 先端AI技術の進展と計算機動向を踏まえ、数値重点計画の実施に必要な計算機整備等の開発基盤整備を力強く進める。
- 先端AI活用やGPU利用等、急速に発展・変化し不確実性が増す状況に速やかに対応することが必要。開発課題の優先度も継続的に見直す。
- 特に、急激に変化する世界の先端AI活用状況に対応し、変化に追随して計画を断続的に見直す。

4. 今後の進め方



学官連携の更なる推進に向けて

- 既存の物理法則に基づく数値予報技術開発に加えて、先端AIという新しい開発の軸が増えた。今後の数値予報関連技術の開発を進めていくためには、より広い分野・視点での連携推進が必要になる。
- HPCの将来動向の不確実性は増しており、多様な計算機の柔軟な活用が求められる。この状況に対応していくため、学官連携の活用を模索することが望ましい。
- 既存の技術分野に加えて、先端AI活用や多様化するHPC対応に必要な技術開発について連携が有効である可能性は？

計画策定スケジュール（案）

- 令和8年1月27日（今回の懇談会）
 - 数値予報モデル開発懇談会#1 「数値重点計画」補強の骨子案を議論
- 令和8年5月目途
 - 数値予報モデル開発懇談会#2 「数値重点計画」補強の確認
- 令和8年6月目途
 - 公表

ご議論いただきたいポイント

- 重点計画補強の骨子案及びモデル等の開発の方向性について、これまでの課題や計算機・海外の主要センターの動向を踏まえて適切に反映されているか。
- 重点計画の補強の骨子案に沿ってモデル等の開発を進めるにあたって学官連携をどのように進めていくのが望ましいか。