



## 第13回気象庁数値モデル研究会

# これまでの経緯の振り返り

令和3年1月12日

気象庁 情報基盤部 数値予報課

数値予報モデル技術開発室

佐藤 芳昭

# もくじ

- 経緯
  - 交通政策審議会気象分科会提言(H30.8)
  - 数値予報技術開発重点計画(H30.10)
  - 第12回気象庁数値モデル研究会(R1.5)
  - 第4回数値予報モデル開発懇談会(R1.12)
- 数値予報モデルの開発計画及び重要課題

# 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」  
平成30年8月

[http://www.jma.go.jp/jma/press/1808/20a/bunkakai\\_rep.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1808/20a/bunkakai_rep.html)

# 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 ～

## 【審議の目的】

自然環境や社会環境の変化、先端技術の展望を踏まえ、気象庁のみならず様々な主体により営まれる気象業務が、今後さらなる発展を遂げ様々な社会的課題の解決に一層貢献していくため、今後10年程度を展望した気象業務のあり方について審議。

## 【2030年の科学技術を見据えた気象業務の方向性】

### ● 2030年の気象業務が担うべき役割

- ・一人一人の生命・財産が守られ、しなやかで、誰もが生き活きと活力のある暮らしを享受できるような社会（安全、強靱で活力ある社会）の実現のため、気象業務の果たす役割が現在以上に高まる。
- ・観測・予測技術について、常に最新の科学技術を取り入れ技術革新を行い不断の改善を進めるとともに、気象情報・データが、社会の様々な場面で必要不可欠なソフトインフラ、国民共有の財産として活用されていくことを目指す。

### ● 気象業務が寄与する社会の姿（安全、強靱で活力ある社会）

#### 顕著現象に対する的確な防災対応・行動

より精度の高い気象情報・データが、様々な各主体に提供・「理解・活用」され、的確な防災対応・行動へ。

自治体・防災関係機関 外国人旅行者等



#### 一人一人の活力ある生活

日常生活の様々なシーンに応じた情報の入手により、個々人の生活の質・快適性が向上。



#### 経済活動等におけるイノベーション

気象情報・データが、様々なビッグデータや先端技術と組み合わせて活用され、多様なサービス提供・生産性向上。



### ● 気象業務の方向性

観測・予測精度向上のための技術開発、気象情報・データの利活用促進、これらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進について、利用者目線に立ち、社会的ニーズを踏まえた目指すべき水準に向けて、取組を進める。

# 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】



## 【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

2

# 重点的な取組事項

## ① 観測・予測精度向上に係る技術開発

### 気象・気候

#### (具体目標の例)

- 現在～  
1時間程度
- ～半日程度
- ～3日程度
- ～1か月
- ～数ヶ月
- 数十年後
- ～100年後

「いま」の気象状況と直近予測 (1時間先の大雨を実況に近い精度で予測)

早め早めの防災対応等に直結する予測  
(線状降水帯の発生を含め集中豪雨の予測精度向上)

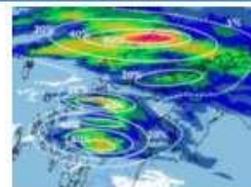
台風予報など数日前からの見通し予測  
(3日先の進路予測誤差を現在の1日先と同程度へ)

数週間先までの顕著現象の見通し予測  
数ヶ月先の冷夏・暖冬等の予測 (確率予報をよりメリハリのある予報へ)

地球温暖化の将来予測 (詳細な地球温暖化予測で適応策を支援)

#### (具体的な取組の内容)

- 気象衛星、レーダー等の充実・高度化、膨大な観測データの活用
- 研究機関との連携等による数値予報技術向上、「地球システムモデル」導入



線状降水帯の予測



台風の進路予測 熱波、寒波の予測



地球温暖化の予測

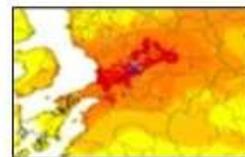
### 地震・津波・火山

#### (具体目標の例)

- 地震 … 面的な揺れの広がり予測  
地震活動や地殻変動の的確な評価による地震活動の見通しを提供
- 津波 … 第1波・最大波から減衰まで時間的推移  
天文潮位を考慮した津波の高さ予測
- 火山 … 地下構造や噴火履歴を踏まえた評価・解説、  
降灰予報の予測精度向上

#### (具体的な取組の内容)

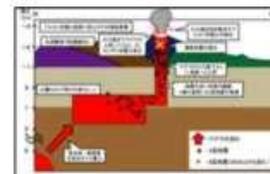
- 大学や研究機関が実施する観測、調査研究成果やWebカメラ・ドローン等の積極的な活用
- 津波のリアルタイムシミュレーションの実施、噴煙観測データの降灰予測への同化。



地震の面的な広がり  
の予測



津波の時間的推移  
の予測



火山の地下構造のイメージ化

# 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」  
平成30年10月

[http://www.jma.go.jp/jma/press/1810/04b/nwp\\_strategic\\_plan\\_towards\\_2030\\_181004.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1810/04b/nwp_strategic_plan_towards_2030_181004.html)

[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/tecdev/nwp\\_strategic\\_plan\\_towards\\_2030.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/tecdev/nwp_strategic_plan_towards_2030.html)

- 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、防災分野をはじ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
- 各国も数値予報研究開発を強化、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・対応に資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資する高精度な気象・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、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 日本の気象現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“日本の気象現象を予測”

### 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 幅広い連携を推進

- 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・開発の基盤を強化

- 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

## 6. 開発計画

## 最先端の研究・開発基盤（スーパーコンピュータ、AI等ソフトウェア、衛星等の観測基盤、開発指針など）

## 開発指針

- ① プライオリタイゼーション
- ② 実証的根拠に基づく開発
- ③ 開発全体の最適化

目標達成に資する開発を重点化、開発や運用のコストを踏まえて優先順位を設定

実証的根拠と科学的議論を基本とし、共通の評価手法に基づいたシステムティックな開発を実施

基盤ソフトウェア整備や開発環境の確保等により開発全体を最適化・強化し、研究・開発を推進

## ① 豪雨防災

## ○現状と課題

- 局地モデルでは、線状降水帯の現実的表現がある程度可能。しかし、半日前から時間と場所を絞った予測は困難、かつ不確実性も高い
- 積乱雲の表現には解像度不足、また高解像度に適した物理過程が必要
- 初期状態において、水蒸気量や細かい風の精度が不十分

## ⇒開発の方向性

- キロメートル以下の**高解像度局地モデル**
- 集中豪雨の不確実性を捕捉可能な**アンサンブル予報システム**
- IoT機器含む、次世代観測による時間的、空間的、観測波長的に高密度な**観測ビッグデータを**、最新のAI等を活用した**最先端の同化技術で活用**
- 集中豪雨のメカニズム研究等、最新の科学的知見の結集

## ③ 社会経済活動への貢献

## ○現状と課題

- 生産・流通計画の最適化をはじめ、社会経済活動において、半年程度先までの予測を本格的に利用するには精度が不十分
- 予測対象とする現象に応じて、効率的・効果的に予測する技術が必要

## ⇒開発の方向性

- 熱波・寒波や海水温、日射量など、様々な気象現象・要素を高精度に予測し、かつ現業的に提供可能な、**階層的な地球システムモデル**を開発
- 数か月先の予測に重要な**海洋の渦を精緻に表現可能な高解像度海洋モデル**
- 陸面、海洋、海水、エアロゾルなど**地球システムのデータ同化の高度化**

## ② 台風防災

## ○現状と課題

- 台風に伴う豪雨・高潮の3日より先の予測には、地球全体から日本周辺の詳細な予測まで幅広いスケールの現象を高精度に取り扱うことが必須
- 全球モデルでは、特に台風進路の予測精度を飛躍的に向上することが必要
- 台風周辺の気象場について、初期状態での精度が不十分

## ⇒開発の方向性

- 全球・領域モデル、高潮等海関連モデル、及びアンサンブル予報等を組み合わせ、**最適な階層的モデル・システム**の開発
- 台風の構造をより正確に表現可能な、**高解像度全球モデルおよび領域モデル**、また、10km以下の解像度により適した、**新しい物理過程の開発**
- 衛星データ等の観測ビッグデータを、**雲域を含む全ての天候において、かつ高解像度・高頻度に利用**
- モデル内パラメータ最適化、データ品質管理等、**開発に最新AI技術を活用**

## ④ 温暖化への適応策

## ○現状と課題

- 国や自治体で必要となるきめ細かな温暖化予測情報の作成には、関係機関と連携し、日本付近の高精度かつ詳細な予測を可能とすることが必要
- 詳細な予測の基本となる、地球規模の温暖化予測の精度向上が必要

## ⇒開発の方向性

- 数十年及びそれより先の、温暖化に伴う台風・大雨等極端現象や海水温・海面水位等の変化を予測する大気や海洋の**高解像度地域気候モデル**
- 地球規模の温暖化を予測する**地球システムモデルの高精度化**

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12回気象庁数値モデル研究会

令和元年5月

<http://pfi.kishou.go.jp/modelkenkyukai2019.html>

第4回数値予報モデル開発懇談会

令和元年12月

[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/suuchi\\_model\\_kondankai/part4/gaiyou.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/suuchi_model_kondankai/part4/gaiyou.html)

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12回気象庁数値モデル研究会

0(13:30--13:40)	開催挨拶	小泉耕(気象庁総務部)
	趣旨説明	加藤輝之(気象大学校)
1(13:40--14:10)	「線状降水帯と集中豪雨について」	加藤輝之(気象大学校)
2(14:10--14:40)	「第2期SIP課題『国家レジリエンスの強化』にむけた線状降水帯に関する包括的観測実験および予測手法開発プロジェクトの紹介」	清水慎吾(防災科学技術研究所)
3(14:40--15:10)	「線状降水帯予測における数値予報の課題」	氏家将志 (気象庁予報部数値予報課)
休憩(15:10--15:30)		
4(15:30--16:00)	「台風進路予測に残された課題」	榎本剛(京都大学)
5(16:00--16:30)	「台風強度予報の改善に向けて取り組むべき研究課題」	嶋田宇大(気象研究所)
6(16:30--17:00)	「台風進路予報における数値予報の課題」	米原仁 (気象庁予報部数値予報課)
総合討論(17:00--17:30)		

# 「台風進路予報における数値予報の課題」 まとめ要点抜粋

- 積雲対流をはじめ、パラメタリゼーション改良は”Key Issues”
  - 運用可能な格子間隔で高い予測精度を出すことが必須
- 観測データの更なる利用
  - 観測データのポテンシャルをさらに引き出す取り組み
  - 精度向上に必要な観測は何か、台風周辺を適切に扱う同化手法は？
- 水平格子間隔を10kmよりも高解像度化
  - TYMIPでは高解像度化の効果を示唆、高解像度化に向けた開発も必須
- 海面の(相互)作用
  - 高解像度SST解析利用、バルク式・粗度・波浪結合、
  - 大気海洋結合の優先度は？
- 評価・検証の手法、メカニズムの理解の進展など
  - モデル開発で利用できる検証値が必要、誤差の要因分析は重要、

# 「線状降水帯予測における数値予報の課題」

## まとめ要点抜粋

- 線状降水帯のモデリング
  - 高解像度化、
  - 力学過程と対流パラメタリゼーションの役割分担の考慮が必要
  - 環境場の予測精度向上、系統誤差の減少が必要
- 観測データ利用、データ同化
  - 観測データの有効性を示す研究の成果の取り込み
  - 観測データ利用高度化を可能にする同化システム高度化
- 先端的な研究推進の必要性
  - 未解明の部分が多い課題
    - 不確実性をとらえるためのアンサンブル摂動のあり方
    - グレーゾーンにおける対流の扱いのあり方

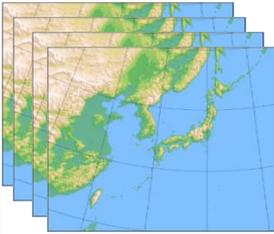
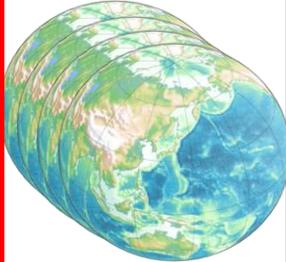
# 第4回数値予報モデル開発懇談会

- 【議題2】重点目標達成のための部外連携の取組状況と課題
  - ○気象庁においては、大学等研究機関との連携に向けて、日本気象学会の集会での重点計画の説明やコロキウムの遠隔聴講の開始等の努力が見られる。具体的な共同研究課題の創出については、気象庁が持つ課題と大学等研究機関の研究とのマッチングのための意見交換を通じて、意思疎通を深めていくことが必要である。連携の枠組みについても、個別の共同研究の他、既存の連携協定や大学の共同利用拠点の活用等を検討することが重要である。



# 数值予報開発計画

# 気象庁で運用中の主な数値予報モデル

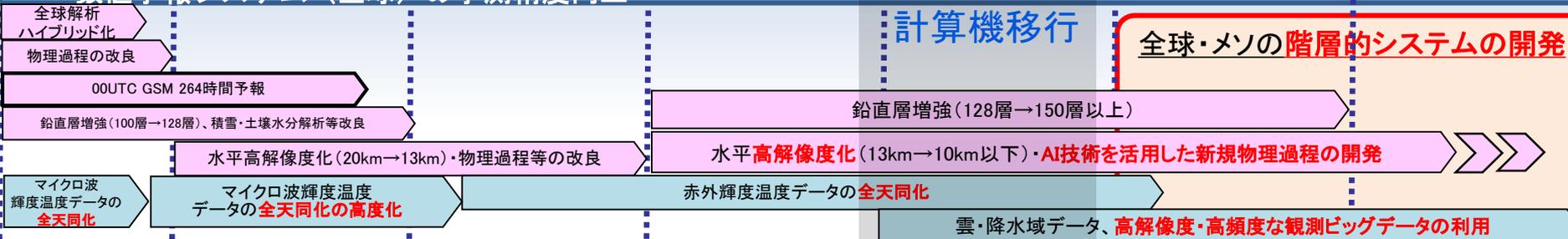
	局地モデル (LFM)	メソモデル (MSM)	メソEPS (MEPS)	全球モデル (GSM)	全球EPS (GEPS)	季節EPS (JMA/MRI-CPS2)
モデル領域						
水平解像度	2km	5km	5km	約20km	約40km(18日まで) 約55km(それ以降)	大気約110km、 海洋約50~100km
予報期間	10時間 (毎時)	51時間(00,12UTC) 39時間(03,06,09, 15,18,21UTC)	39時間 (00,06,12,18UTC)	264時間(00,12UTC) 132時間(06,18UTC)	5.5日(06,18UTC) 18日(00,12UTC) 34日(週4回)	7か月 (半月1回)
メンバー数	1	1	21	1	27(11日まで) 13(それ以降)	13/初期値 【50/月(複数初期値)】
主要な目的	航空気象情報 防災気象情報 降水短時間予報	防災気象情報 降水短時間予報 航空気象情報 分布予報 時系列予報 府県天気予報	防災気象情報 航空気象情報 分布予報 時系列予報 府県天気予報	分布予報 時系列予報 府県天気予報 台風予報 週間天気予報 航空気象情報	台風予報 週間天気予報 早期天候情報 2週間気温予報 1か月予報	3か月予報 暖候期予報 寒候期予報 エルニーニョ監視速報
初期値解析手法	3次元変分法	4次元変分法	メソモデルの初期値 + SV*の摂動 (初期値+側面)	ハイブリッド 4次元変分法	全球モデルの初期値 + SV*の摂動 + LETKF**の摂動	大気: 4次元変分法 海洋: 3次元変分法 + BGM***法の摂動

\*SV:特異ベクトル / \*\*LETKF:局所アンサンブル変換カルマンフィルタ / \*\*\*BGM法:成長モード育成法

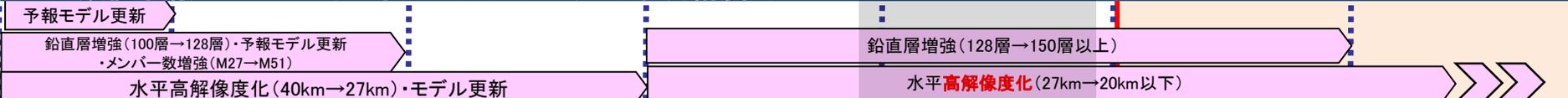
# 数値予報開発計画 (R01~R05~R12)

01年度(2019) 02年度(2020) 03年度(2021) 04年度(2022) 05年度(2023) ~08年度(2026) ~12年度(2030)

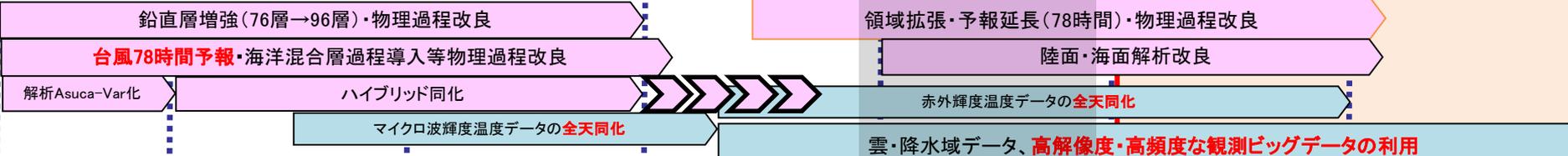
## 数値予報システム（全球）の予測精度向上



## 数値予報システム（全球アンサンブル）の予測精度向上



## 数値予報システム（メソ）の予測精度向上



## 数値予報システム（メソアンサンブル）の予測精度向上



## 数値予報システム（局地）の予測精度向上



## 数値予報システム（局地アンサンブル）の予測精度向上



# 重点計画実現に向けた重要課題

- モデル高解像度化(全球、局地)
  - 全球モデル20km→13km(2022)→10km以下(2030)へ
  - 局地モデル2km→約1.5km(2028)→約1km(2030)へ
    - 解像度向上に向けた力学過程開発のみならず、それぞれの解像度に適した物理過程開発が必須
- 確率的予報(アンサンブル手法)の改善
  - 不確実性をとらえるアンサンブルの構成や摂動のあり方
- 同化システム高度化
  - 全球解析ではハイブリッド同化導入済みだが、更なる改良が必要
  - メソ・局地解析でも、流れ依存をより考慮した解析の導入が必要
- 観測データ利用高度化
  - 衛星観測輝度温度の全天候同化
  - 輝度温度同化の高度化:より下層のデータを活用できる手法の開発
  - リモートセンシングデータ利用拡充
    - 偏波情報の活用など

富岳の利用など  
将来を想定した計算機で  
の開発が必要

様々な観測プロジェクト等  
での知見が必要

# 重点計画実現に向けて必要な知見

- 現象に関する知見
  - 台風進路、線状降水帯の予測可能性に関する知見
- モデル改良に関する知見
  - 計算手法や物理過程計算の改良に係る知見
- 観測データ活用に関する知見
  - データ同化手法に関する知見
  - 新たな観測や既存観測の有効利用に関する知見

# 現在進めている連携(抜粋)

- 交通運輸Ultimateへの研究協力(東大、東北大)
  - 交通運輸技術開発推進制度応募課題「関東圏の効率的な運航のための極端気象予測の高度化」
  - 非静力学モデルasuca貸与、モデル間や観測との比較による問題点の洗い出し
  - 特に、気象庁の二重偏波ドップラーレーダの利用によるモデルの検証・改良を通じて、予測精度向上をめざす
- 台風進路予測に関する研究協力(琉球大学他)
  - 科研費基盤研究(B)「台風進路に係る「藤原効果」の再考」に協力、またアンサンブル感度解析への協力等についても計画中。
  - 台風進路予測の課題についての洗い出し
- 他にも、極端気象の再現検証に関する課題や週スケールの数値予報の予測精度に関する課題など、様々な共同研究や研究協力の課題をいただいています。

# まとめ

- 気象庁では、交通政策審議会気象分科会の提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」で掲げられた極めて高い目標の実現に向けて、「数値予報技術開発重点計画」を策定し、技術開発を推進していくこととした。
- その目標に向けて技術開発を進展させていくためには部外の大学や研究機関等の知見や協力をいただくなどの連携が重要である。
- これまでに気象庁における技術開発について紹介する機会を設けてきたが、今後より具体化をするために、本日の研究会で連携が必要な課題をご紹介させていただく。
- 本日の話題に限らず幅広い連携を進めていきたいと考えているので、連携が可能な課題については是非ともご検討を頂きたい、よろしくお願ひしたい。