



「富岳」 政策課題 豪雨防災、台風防災に資する 数値予報モデル開発の最近のトピック

令和4年10月
気象庁情報基盤部数値予報課

背景

- 令和元年東日本台風や令和2年7月豪雨による大きな被害が発生するなど、**台風や線状降水帯**による被害は近年毎年のように発生しており、**その予測精度向上は喫緊の課題**。気象庁では、平成30年に**数値予報技術開発重点計画**を策定、**豪雨防災や台風防災**に重点的に取り組んでいる。
- 特に線状降水帯については、新たな水蒸気観測機器の整備や予測技術の開発等を早急に進め、防災気象情報の改善を順次進めることとしており、「富岳」を活用し、取組みの加速化を図っている。
 - 2023年度末 局地数値予報モデル(2km)予報時間延長(10時間→18時間)
 - 2025年度末 高解像度局地数値予報モデル(1km)、局地アンサンブル予報システム



これらは最近の事例ですが、平成30年には7月豪雨、平成29年には九州北部豪雨など近年毎年のようにこのような災害が発生しています。

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-CPS3)
モデル領域						
水平解像度	2km	5km	5km	約20km	約27km(18日まで) 約40km(それ以降)	大気:約55km 海洋:約25km
予報期間	10時間 (毎時)	72時間(00,12UTC) 39時間(00,06,09,15,18,21UTC)	39時間 (00,06,12,18UTC)	11日(00,12UTC) 5.5日(06,18UTC)	5.5日(06,18UTC) 11日(00,12UTC) 18日(12UTC) 7日(週2回)	7か月 (00UTC, 1日1回)
メンバー数	1	1	21	1	5(18日まで) 25(それ以降)	5
主要な目的	航空気象 防災気象 降水短時間	防災気象情報 降水短時間予報 航空気象情報 公布予報 予報	時系列予報 本局気象予報	週間天気予報	2週間気温予報 1か月予報	エルニーニョ監視速報
初期値解析手法		気候値プロファイル	(初期値下側面)		全球モデルの初期値+SV*の摂動 +LETKF**の摂動	大気:大気モデル初期値+BGM法***の摂動 海洋:4次元変分法+海洋解析誤差摂動

線状降水帯の予測に向け高解像度化

台風の詳細な予測に向け高解像度化

線状降水帯の半日前予測向け予報時間延長、確率的な予測の精度向上に向けメンバー数の増強

*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

課題一覧

➤ 豪雨防災課題

– リアルタイム狭領域1km局地モデル実行・・・①

九州地方を中心とした狭領域にて開発中の高解像度モデルを1日2回実施

– 局地アンサンブル予報システムの方向性評価・・・②

線状降水帯の確率予測の精度向上に向けた次期システムの検討

– 大メンバーアンサンブルの知見(加速課題の知見)を小メンバーアンサンブルの改善に活かす調査の実施

– 様々な観測等のインパクト試験

➤ 台風防災課題

– 高解像度全球数値予報モデルの開発・・・③

10km, 5kmの気象庁全球モデルGSMの実現可能性の調査、課題の把握

①リアルタイム狭領域1km局地モデル実行

九州地方を中心とした狭領域にて開発中の高解像度モデルを1日2回実施(6~10月)

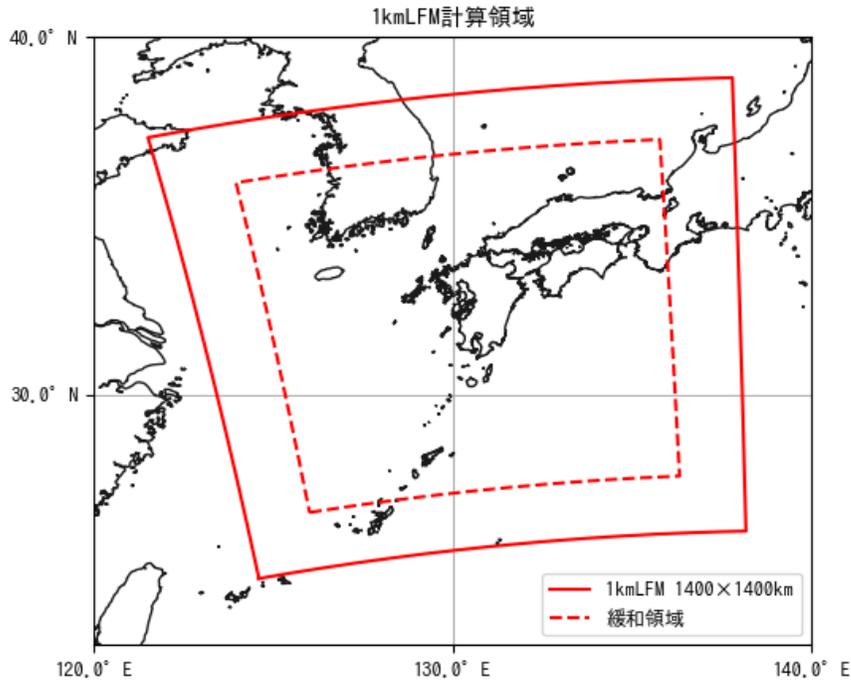
– リアルタイムシミュレーション実験

- ✓ 初期値及び境界値を「富岳」にリアルタイム伝送、「富岳」で予測計算及び描画処理
- ✓ 描画したデータを気象庁にフィードバックし、予報作業の参考資料としても活用

– リアルタイム安定運用のための工夫

- ✓ 別々の保存ボリュームを設定して複数実行(単一ボリュームでは遅延が発生)
- ✓ 予報モデルasucaのパラメータチューニングによる最適化を事前に実施
- チューニングの結果、計算速度が大幅に向上(昨年度成果)
- **気象庁スーパーコンピュータにて活用可能**

富岳1kmLFMの仕様



	富岳 1km LFM	2km LFM	MSM
水平解像度	1km	2km	5km
領域	西日本狭領域	日本域	日本と周辺海域
水平格子数	1400 x 1400	1581 x 1301	817 x 661
予報時間	18時間	10時間	78時間(最大)
実行頻度	2回/日 (03, 15 UTC)	24回/日	8回/日

1km LFMの領域(赤実線)
九州南部を中心にした領域
※点線は側面境界値からの緩和領域

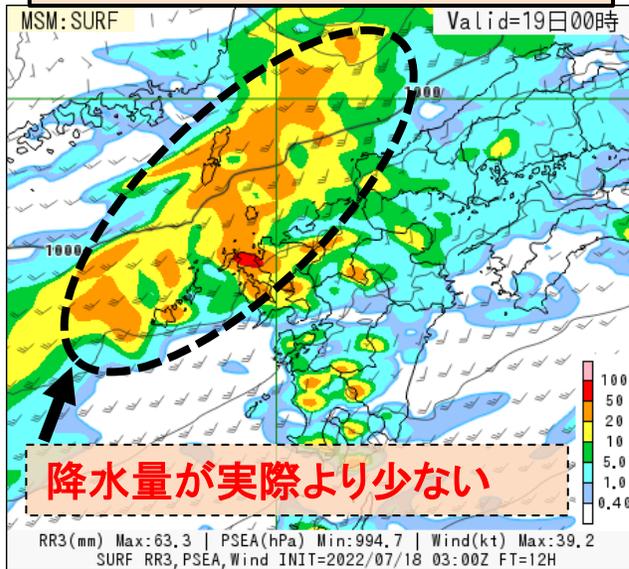
令和4年度は、
先行研究にて線状降水帯の発生頻度が多い西日本のみを対象
2km LFMを1km高解像度化、予報時間を10時間から18時間に延長
モデル本体、初期値、境界値は2km LFMと同一設定

領域外にて発生した線状降水帯事例は今後事後実行を計画

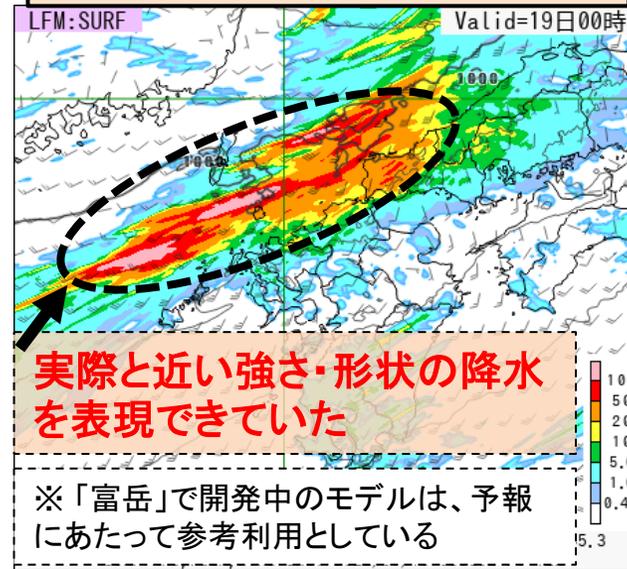
リアルタイム狭領域1km局地モデルの実行例①

(2022年7月19日0時頃に山口県で発生した線状降水帯)

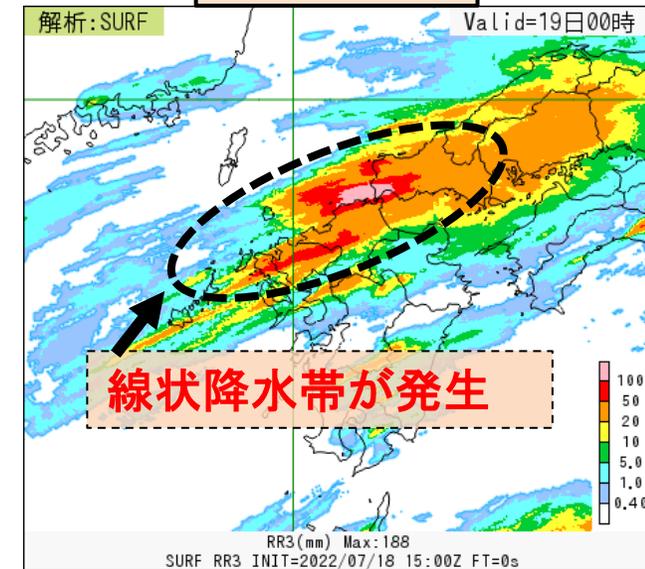
気象庁スパコンによる予測
(12時間前からの予測)



「富岳」での実験による予測
(12時間前からの予測)



実際の降水
(観測)

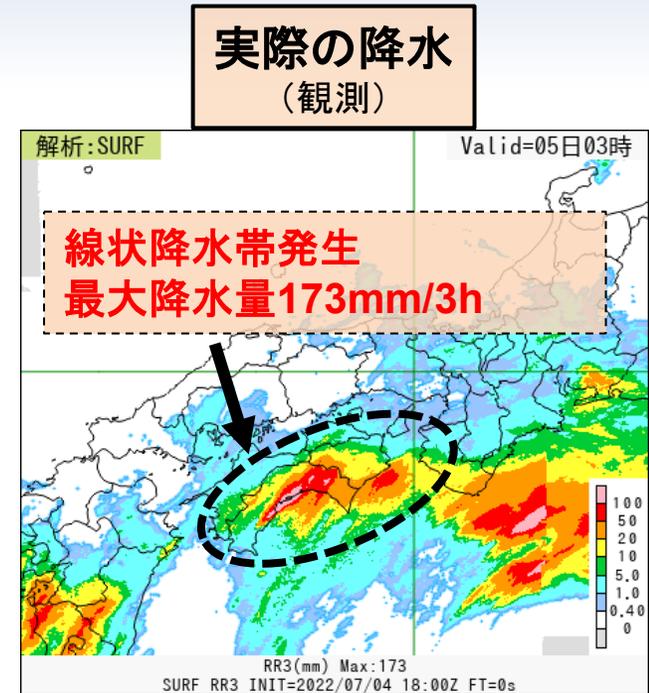
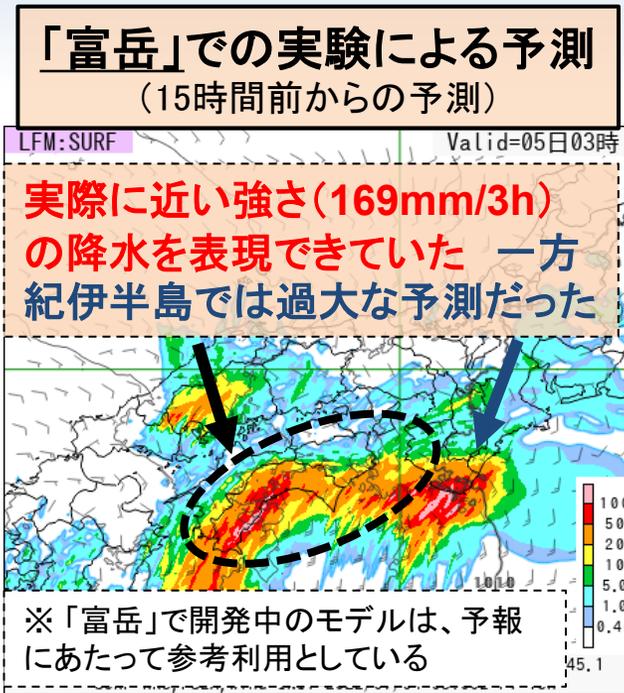
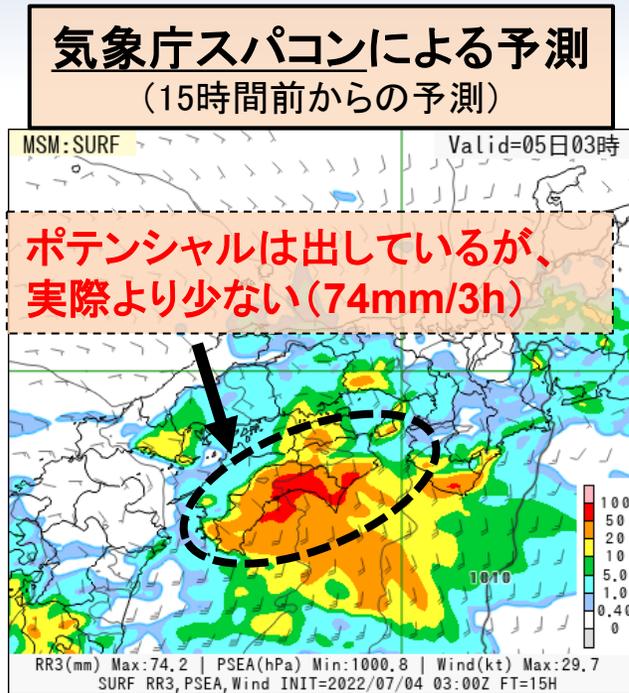


12時間先の予測において、

- 現業運用中システム(MSM, 5km): 降水帯が幅広く広がっており、降水量も実際の降水量に比べて過小
- 「富岳」での実験(1km): 実際に近い強さ・形状の、強雨域が局所的に集中した「線状降水帯」を再現

リアルタイム狭領域1km局地モデルの実行例②

(2022年7月5日3時頃に高知県で発生した線状降水帯)



15時間先の予測において、

- 現業運用中システム(MSM, 5km): 四国南岸で強雨が降る予測はできていたが実際の降水量に比べて過小
- 「富岳」での実験(1km): 実際に近い強さの降水を表現したが、降水域は実際に降った場所からずれていた。また、広島や紀伊半島などで過大な予測

この事例に限らず、「富岳」による実験では降水が過大になりやすい傾向があり、降水の形成に影響する雲物理過程等の各種過程の改良、解像度に応じた最適化が必要

②局地アンサンブル予報システムの方向性評価

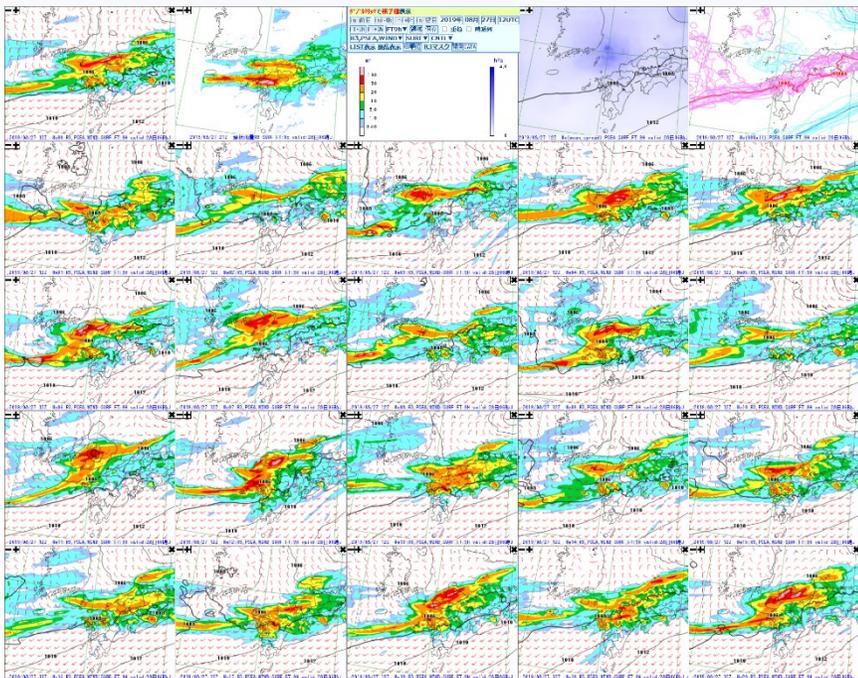
- 線状降水帯の確率予測の精度向上には、高解像度化、メンバー数増強が必要
 - ✓ 2km, 101メンバーのアンサンブル予報を実施
 - メソアンサンブル予報システム(MEPS)から作成した初期摂動(20パターン)に物理過程摂動を組み合わせて100メンバーを構成
- 現業運用には、限られたシステム資源で実施する必要
 - ✓ 2km, 20メンバーアンサンブルの設定にて複数事例の実験を実施
 - 強雨の可能性をMEPSよりも高い確率で捕捉した事例を確認

局地アンサンブル予報システム(2025年度末現業化予定)
の最適なシステム構成を検討していく。

前線による大雨事例

(九州地方北部を中心とした記録的な大雨)

メソアンサンブル予報システム (MEPS)
(5km, 21メンバー) 現行システム相当



2019年8月27日21時を初期値とした
28日6時を対象とした9時間前からの予測

多数のアンサンブルメンバーによる予測
を使って確率予測の精度向上を図る

気象庁現行システムのメソアンサンブル予報システムと
開発中の局地アンサンブル予報システムの降水予測の比較

局地アンサンブル予報システム
(LEPS) (2km, 101メンバー)



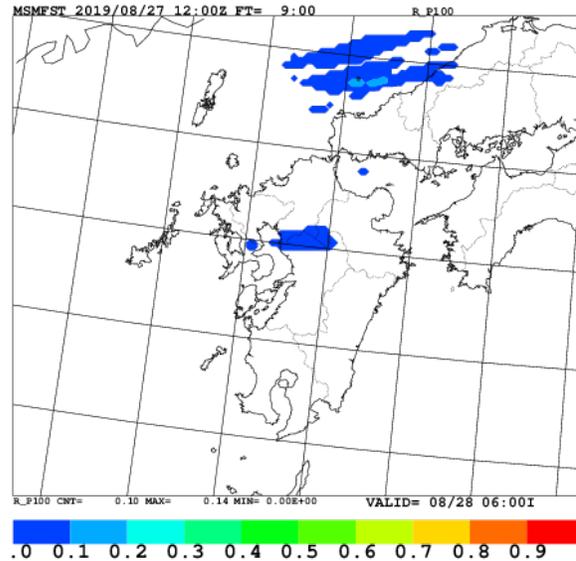
前線による大雨事例

(九州地方北部を中心とした記録的な大雨)

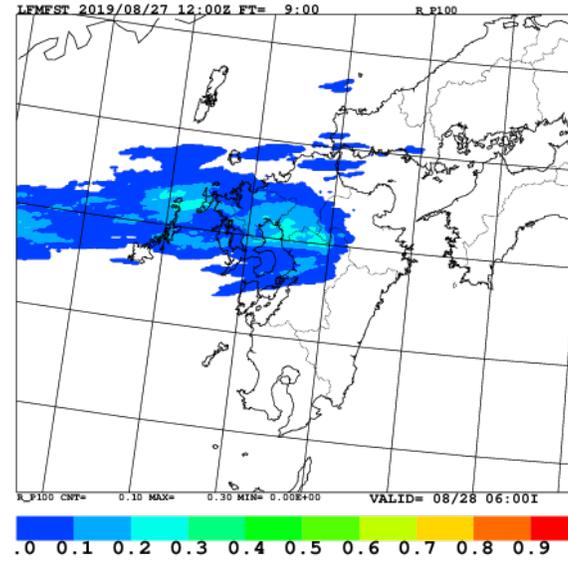
100mm/3h超過確率のシステム間の比較

100mm/3h超過確率
:3時間降水量が100mm以上のメンバーの割合

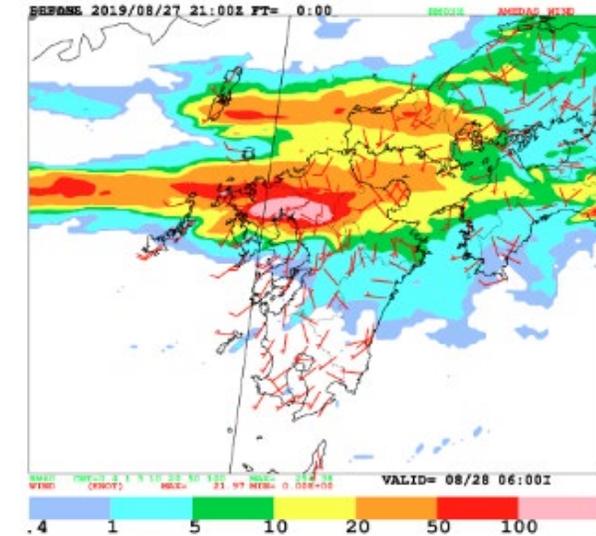
MEPS(現システム)
(9時間前からの予測)



LEPS(101メンバー)
(9時間前からの予測)



実際の降水
(観測)



9時間先の予測において、

- 現業運用中システム(MEPS):
- 2km, 101メンバーのLEPS:

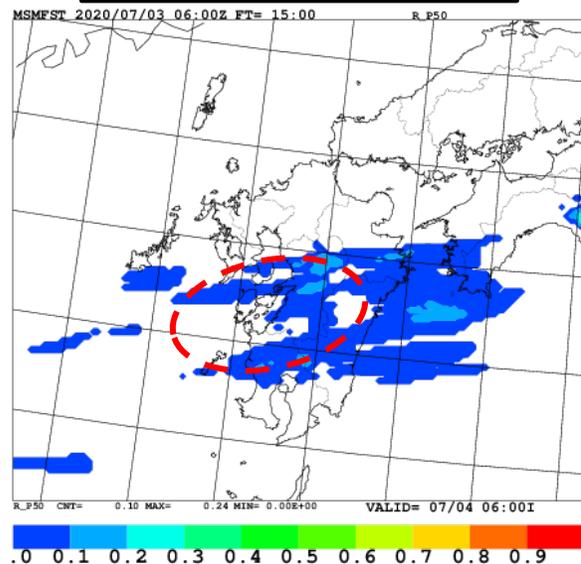
超過確率を十分表現できなかった。
大雨の超過確率を表現できていた。

令和2年7月豪雨事例

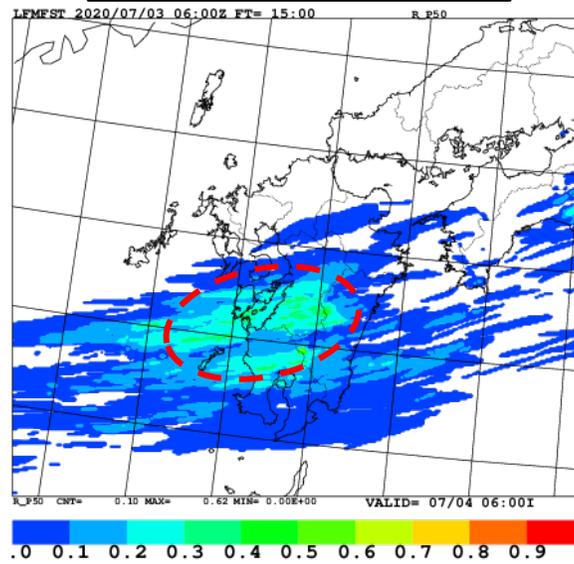
50mm/3h超過確率
:3時間降水量が50mm以上のメンバーの割合

50mm/3h超過確率のシステム間の比較

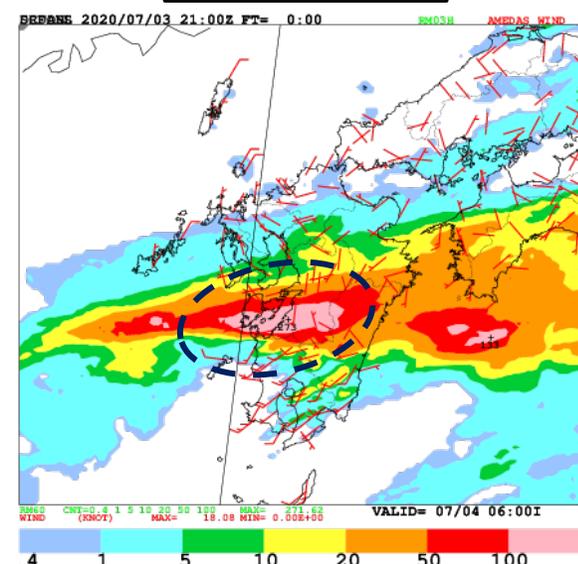
MEPS(現システム)
(15時間前からの予測)



LEPS(21メンバー)
(15時間前からの予測)



実際の降水
(観測)



15時間先の予測において、

- 現業運用中システム(MEPS): 実況の50mm/3h超の雨域(丸点線部)に対して10%程度の確率を予測
- 2km, 21メンバーのLEPS: MEPSよりも高い30~40%の確率を予測

各メンバーで強雨を表現できるLEPSは、線状降水帯による大雨の可能性をMEPSよりも高い確率で捕捉した。

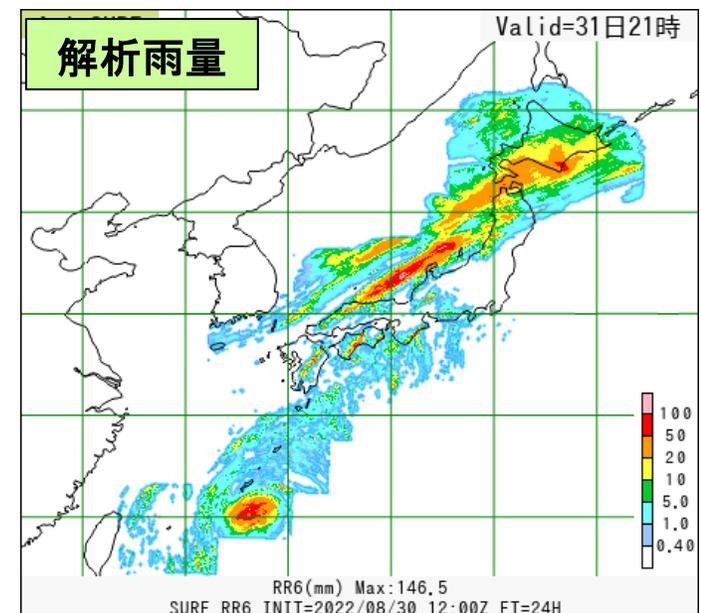
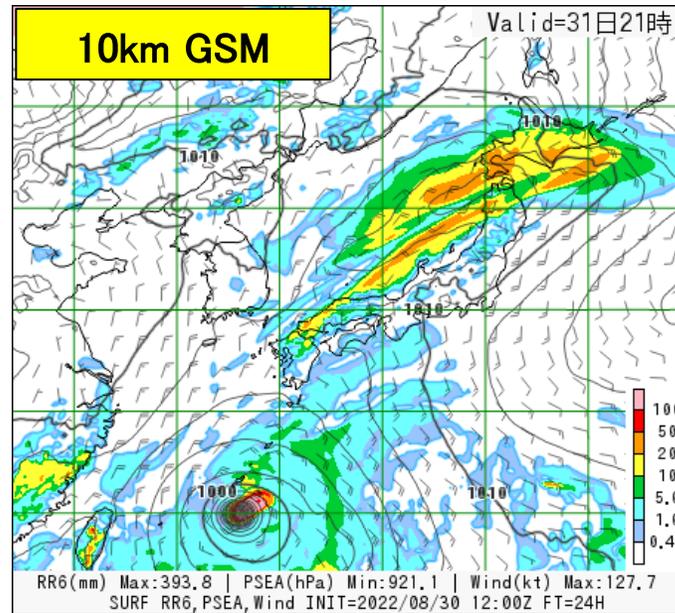
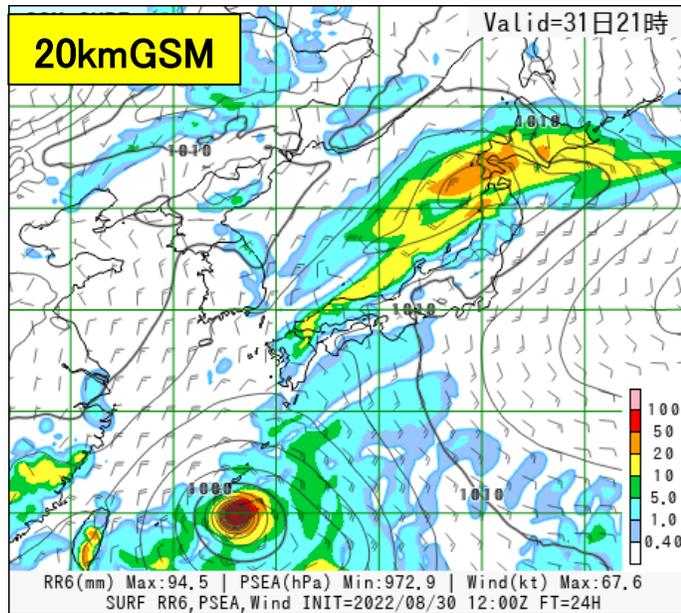
③台風防災課題

10km, 5kmの気象庁全球モデルGSMの実現可能性の調査・課題の把握

- GSMの力学過程の速度調査
- 並列計算手法を見直し、GSMの高速化(通信量の削減等)を実施
- 高速化GSMにて10kmの予測実験を実施
 - 高解像度化により台風の構造や前線付近での降水がより細かく再現されることを確認した。
 - 一方、台風中心付近での降水が過大傾向になる事例が見られた。
 - 今後詳細な解析を進める予定

高解像度GSMの予測例

(令和4年台風第11号と北日本の前線による降水事例)



2022年8月31日21時を対象とした24時間後の降水量[mm/6h]予測

学官連携に向けて

- 日々の天気予報に用いられているシステムに準じた実験環境を「富岳」に構築し、試行として、東京大学、東北大学、琉球大学の研究者が利用
 - 各利用者が「富岳」上で気象庁メソモデルの解析・予報サイクルを実施
 - 雲微物理スキームを変更した実験などを計画
- 試行結果を踏まえ、大学等研究機関における気象庁実験システムの利用のあり方について、引き続き検討を進める。

学術界の研究成果を気象庁システムに反映(=社会実装)することが容易になることを目指す。

まとめ

- 気象庁では、政策対応枠で豪雨防災課題、台風防災課題に取り組んでいる。
 - ① リアルタイム狭領域1km局地モデル実行
 - 6～10月にリアルタイム実行を1日2回実施、ほぼ問題なく実施できている。
 - 気象庁で運用しているメソモデルに比べて線状降水帯を予測しやすい一方で、強雨予測が過多となる傾向
 - 降水の形成に影響する雲物理過程等の各種過程の改良、解像度に応じた最適化が必要
 - ② 局地アンサンブル予報システムの方向性評価
 - 事例数を増やすことによりポテンシャルを評価
 - 気象庁で運用しているメソアンサンブル予報システムに比べて、大雨超過確率の妥当性が高い事例が見られており、高解像度アンサンブルの有用性が示されている。
 - 引き続き、様々な事例の調査を通じて改良を行う必要
 - 局地アンサンブル予報システムの方向性評価
 - ③ 高解像度全球数値予報モデルの開発
 - 10km, 5kmの気象庁全球モデルGSMの実現可能性の調査・課題
 - 並列計算手法を見直し、GSMの高速化(通信量の削減等)を実施

今後の展開

- 豪雨防災課題(局地数値予報モデル、局地アンサンブル予報システム)
 - 2022年梅雨期より狭領域高解像度局地数値予報モデル(1km)の日々実行を実施
 - 気象庁スーパーコンピュータにおいて現業化
 - 2023年度末 局地数値予報モデル(2km)予報時間延長(10時間→18時間)
 - 2025年度末 高解像度局地数値予報モデル(1km)、局地アンサンブル予報システム
 - 観測データの利用研究について、得られた成果を順次現業化
 - 明るいうちから早めの避難に資する線状降水帯の発生可能性の予測に活用
- 台風防災課題(全球数値予報モデル)
 - 2022年度末に高解像度化(20km→13km)及び物理過程改良を現業化、2030年までにさらなる高解像度化や物理過程改良を実施し、台風進路予報誤差の縮小を目指す。
 - 大規模災害への対応に資する台風の進路・降雨の予測精度向上

引き続き、政策対応枠での成果を活用し、目標の早期実現に努めていく。