

線状降水帯の予測精度向上に向けた 取組の進捗状況について

線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第9回会合）

令和6年12月25日

気象庁

前回会合でのご意見と対応状況（スライド 3 ～ 4）

取組の全体像と今年度の取組状況（スライド 5 ～ 6）

予測の強化（スライド 7 ～ 9）

情報の改善（スライド 10 ～ 16）

前回会合でのご意見と対応状況（１）

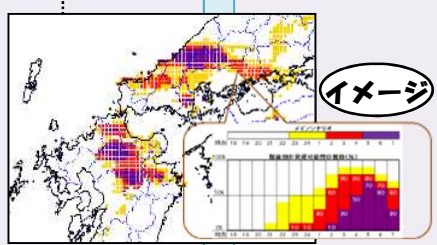
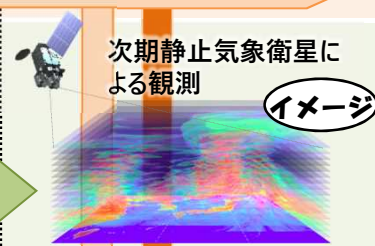
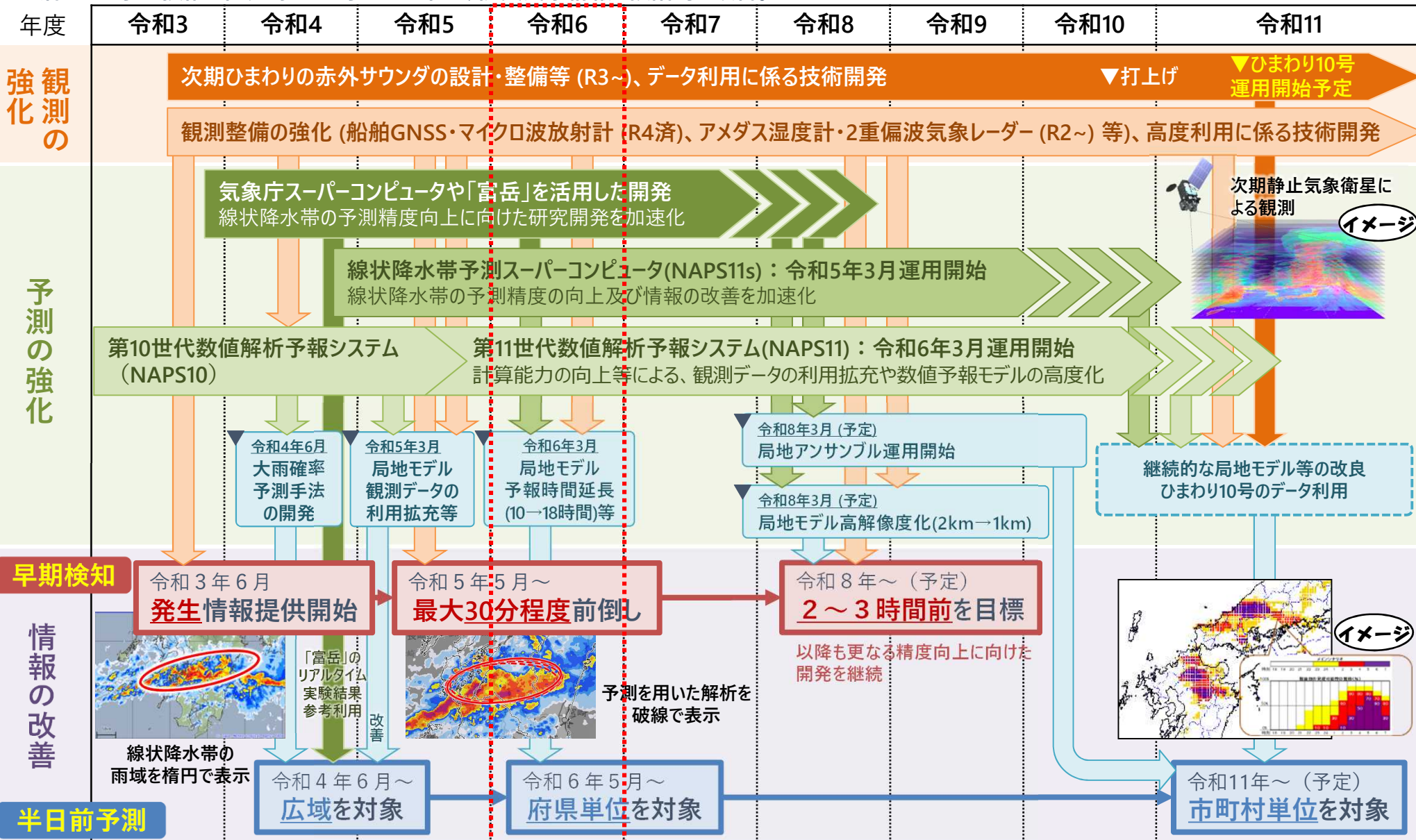
- 線状降水帯予測精度向上に向けた取組の成果として、降水量等の予測精度が長期的に改善していることを示せると良い。また降水域の位置ずれも考慮できると望ましい。
 - ⇒ 数値予報モデルの長期的な予測精度検証については、これまでも調査を実施してきており、メソ数値予報システムにおいては継続的な開発・更新によって、長期的に精度が向上していることを確認している。線状降水帯の位置ずれ等を考慮した検証手法については、海外文献などを参考に手法の検討を進め、10月の機構解明研究会や11月の気象学会等で報告し意見交換を行った。
- 令和7年度末の局地モデル（LFM）の高解像度（1km）化に向けて、計算安定性の確認や数値予報モデルの物理過程の検討等が必要となるところ、技術開発の計画を適宜共有しつつ精度検証を進めてもらいたい。高解像度モデルにおける対流の表現等に関する評価においては、機構解明研究とも連携して検証を進めることが有効である。
 - ⇒ 局地モデルの高解像度化に係る開発の進捗状況や課題、精度検証等について、機構解明研究会で報告し意見交換を行った。高解像度モデルの評価については、機構解明研究における事例解析研究とも適宜連携して進めていきたい。（高解像度モデルにおける対流の表現については、本資料のスライド9「【予測の強化】理想実験から見られる高解像度化の効果」も参照。）

前回会合でのご意見と対応状況（２）

- 学官連携を推進するにあたり、機構解明に関する研究会は知見の集約及びコミュニケーションの深化に非常に重要な位置づけとなっている。気象庁の問題意識や開発課題を共有した上で、引き続き学官で連携して課題解決を図ることが望ましい。
 - ⇒ 第10回機構解明に関する研究会を10月に開催しご議論頂いた。引き続き、気象庁の技術開発における課題や問題点について機構解明に関する研究会等で話題提供するとともに、数値実験によるデータ等の提供を通じて、還元された研究結果や知見等を開発に適宜活用してまいりたい。
- AIの活用によって数値予報モデルやデータ同化開発の重要性は大きくは変わらないだろうが、モデルの苦手な部分をAIでフォローするといった利用可能性はあると考えられる。将来的に機械学習やAIの利活用を検討することを見据え、官民や国内外を問わず情報収集すると良い。
 - ⇒ 気象庁では、これまでもガイダンスという形で機械学習を活用してきたが、令和6年3月の交通政策審議会気象分科会での議論を受け、予測精度の向上や情報の高度化等へのAI活用について検討を開始したところである。ご指摘を踏まえ、線状降水帯予測へのAI活用の可能性についても情報収集や検討を進めていきたい。
- 線状降水帯の発生形態に係る分類表の作成は、メカニズムの体系的な理解に向けて非常に重要な取組である。積極的な議論・意見交換を通じ、様々な視点を踏まえ継続的に更新を行ってほしい。今後は、予測精度向上への貢献といった観点も含め整理を進めるとともに、線状降水帯ではない大雨との比較を通じて特徴をまとめるといった方向性もあるだろう。
 - ⇒ 線状降水帯の発生形態に係る分類表について、研究会や学会等での講演、議論を通じ、多様な視点を踏まえつつブラッシュアップを継続するとともに、予測精度向上への貢献や、線状降水帯ではない大雨との比較等、様々な視点に基づいた解析を進める。

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等により予測を強化し、防災気象情報を段階的に改善。



【観測・予測の強化】令和6年度の取組状況

水蒸気観測等の強化、強化した気象庁スーパーコンピュータや「富岳」を活用した予測技術の開発等を計画通り着実に進めている。これらの成果を順次、予測精度向上、段階的な防災気象情報の改善、住民の早期避難、地域の防災対応につなげる。

観測の強化 観測の整備の強化及び新規観測データを活用した監視・予測の強化

「アメダスへの湿度観測追加」

- 令和5年度までに433地点に整備済み。
- 令和6年度は105地点に整備中。

「気象レーダーの更新強化」

- 令和5年度までに全20地点中14地点で二重偏波レーダーに更新済み。
- 函館は令和7年度運用開始に向け機器の製作中。石垣島は令和6～9年にかけて更新予定。

「洋上の水蒸気等の観測の強化」

- 機動的な気象観測を担う海洋気象観測船「凌風丸」の竣工（令和6年3月）。
- 気象庁観測船2隻、海上保安庁測量船4隻、大型の民間船舶10隻によるGNSS水蒸気観測を継続。

「マイクロ波放射計の整備」

- 令和4年度までに西日本太平洋南側沿岸域の17箇所に設置完了。

「次期静止気象衛星」

- 令和5年3月に整備に着手、令和11年度の運用開始を目指す。

気象レーダー



海洋気象観測船「凌風丸」



次期静止気象衛星

マイクロ波放射計

水蒸気等の観測データ

予測の強化 スーパーコンピュータの利用及び数値予報モデルの高度化

「スーパーコンピュータ『富岳』を活用した開発」

- 開発中の数値予報モデルによる日本全域を対象としたリアルタイムシミュレーション実験を6～10月に実施。
- 数値予報モデルの精度の改善に関する大学や研究機関との連携を進める（共同研究を継続）。

「気象庁スーパーコンピュータシステムの利用、数値予報モデル改良による予測精度向上」

- 令和7年度に予定している局地モデルの高解像度化（解像度2km→1km）及び局地アンサンブル予報システムの運用開始に向け、開発を継続。

スーパーコンピュータ「富岳」



©RIKEN



【予測の強化】「富岳」を活用した数値予報技術の開発

文部科学省・理化学研究所の全面的な協力を得て、スーパーコンピュータ「富岳」の政策対応枠課題により、高解像度数値予報モデル（水平解像度1kmの局地モデル：富岳1kmLFM）、局地アンサンブル予報システム、全球モデル等の開発を進めている。

令和6年度の「富岳」活用の成果

- 令和6年度は、局地モデルの高解像度化（令和7年度末、2km⇒1km）に向けて、6月から10月までの期間、開発中の富岳1kmLFMを用いて日本全域を対象としたリアルタイムシミュレーション実験（実行頻度を昨年度の1日2回から1日4回に増加）を実施。
- 現業運用を見据え、計算機特性に合わせた物理過程の高速化、積分時間間隔の調整やデータ入出力にかかわる高速化を進めることで、構築開始当初比でおおむね半分程度の時間で実行可能になった。安定運用に向けて、引き続き更なる高速化を検討中。
- 水平格子間隔2km、21メンバーの局地アンサンブルの実験を「富岳」上で実施し、線状降水帯の予測の不確実性を捉えるのに適した摂動手法の検討を進めている。

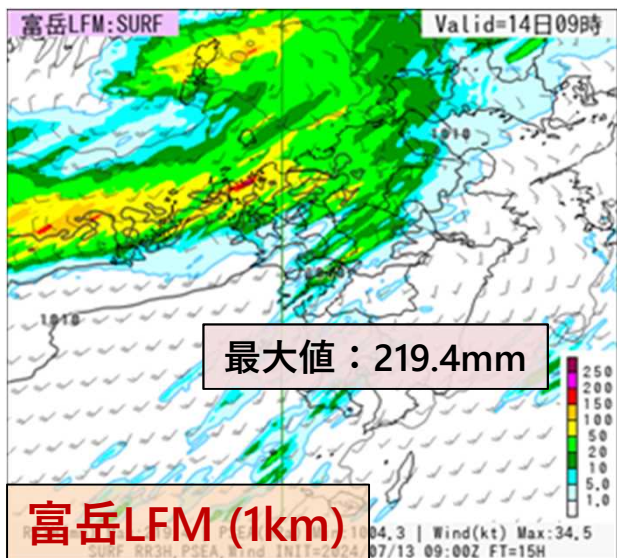
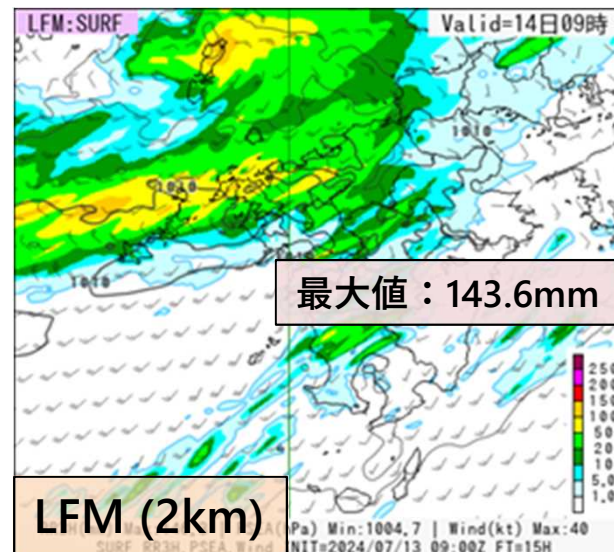
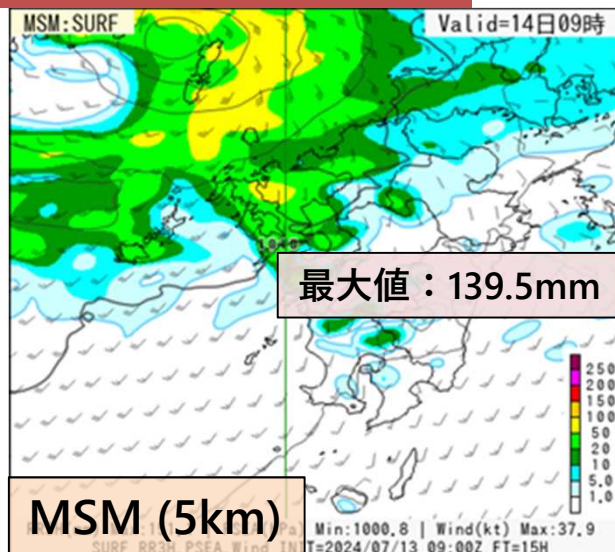
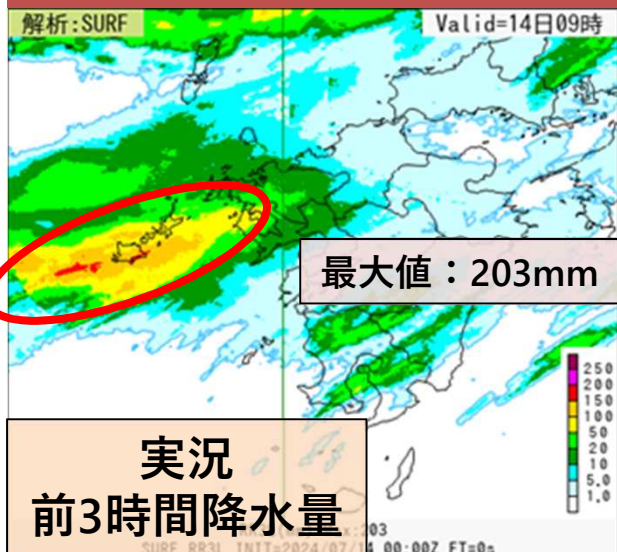
学官連携による観測データの利用高度化（⇒資料2：学官連携の取組にも関連）

- 線状降水帯の予測精度向上に向けて早急に利用高度化を図る必要のある、高解像度ひまわり、二重偏波ドップラー気象レーダーに係る研究提案を広く募り、令和5年9月より共同研究を実施中。
- 「富岳」に構築した現業準拠の数値解析予報実験システムを用いることにより、大学や研究機関の先端的な知見を現業システムに円滑に取り込み、開発を加速化。

【予測の強化】「富岳」リアルタイムシミュレーション実験

2024年7月14日9時対象：長崎県で線状降水帯が発生した事例 ※図は全て前3時間積算雨量を示す。

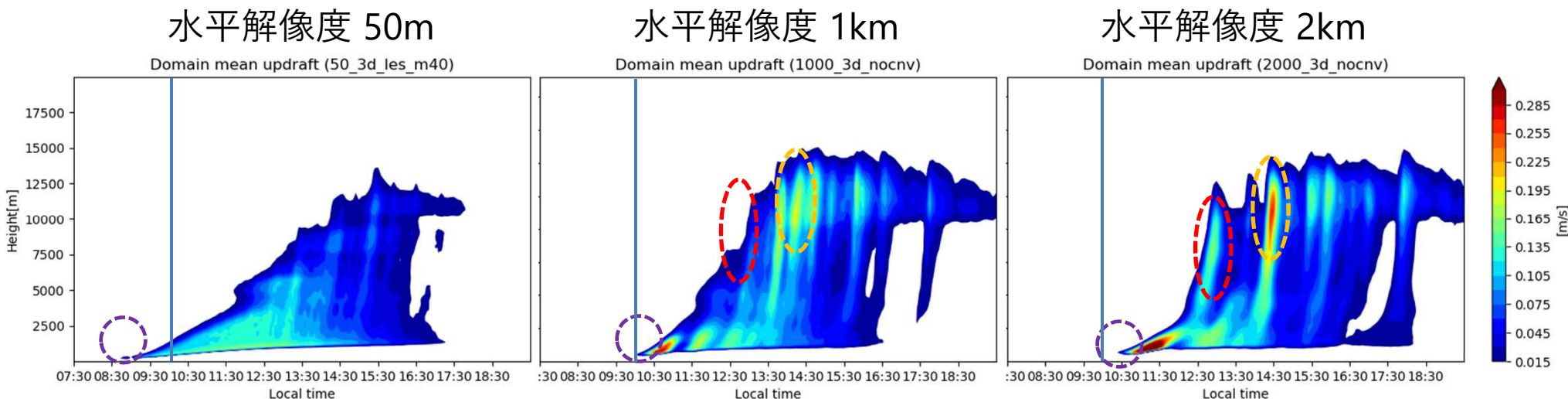
数値予報モデルの予測ができ、半日程度前からの呼びかけもできた事例



MSM (5km)：水平解像度 5 kmの現業メソモデル
LFM (2km)：水平解像度 2 kmの現業局地モデル
富岳LFM (1km)：「富岳」で開発中の水平解像度 1 kmのLFM

- 初期時刻から15時間後の予測値を示す。
- 長崎県の線状降水帯（赤色円）の降水域について、LFM及び富岳LFMの予測降水量は、最大値の位置がやや北側に位置する傾向がみられたが、MSMに比べて概ね実況に近かった。
- 3時間積算雨量に着目すると、富岳LFMでは降水域の強度が実況に最も近い。

水平解像度50m、1km、2kmのasucaによる積雲対流の理想実験結果



- Grabowski et al. (2006)が提案した積雲対流の理想実験から得られた領域平均した対流性上昇流の時間-高度断面
- 水平解像度1kmでは、対流の立ち上がりのタイミングや浅い対流から深い対流への遷移が改善され、過大な深い対流が緩和される
- 高解像度化の利点を活かしつつ、対流に伴う鉛直輸送に関わる諸過程のさらなる改善が課題

【情報の改善】府県単位での半日前予測の運用

半日前予測（明るいうちから早めの避難）

- 令和4年6月から、線状降水帯による大雨の可能性の半日程度前からの呼びかけ（広域を対象）を開始。
- 令和6年5月27日から、対象地域を府県単位に絞り込んだ呼びかけを開始。

顕著な大雨に関する気象情報（迫りくる危険から直ちに避難）

- 令和3年6月から、線状降水帯の発生をお知らせする情報を提供開始。
- 令和5年5月から、発表基準を踏襲しつつ、最大30分程度前倒ししての発表を開始。

線状降水帯による大雨の可能性をお伝え

「明るいうちから早めの避難」・・・段階的に対象地域を狭めていく

令和4(2022)年～

広域で半日前から予測
(令和4年6月提供開始)

令和6(2024)年～

府県単位で半日前から予測
(令和6年5月27日提供開始)

今年度の新たな運用

令和11(2029)年～

市町村単位で危険度の把握
が可能な危険度分布形式の
情報を半日前から提供

令和5(2023)年～

最大30分程度前倒しして発表
(令和5年5月提供開始)

令和8(2026)年～

2～3時間前を目標に
発表

線状降水帯の雨域を表示

「迫りくる危険から直ちに避難」・・・段階的に情報の発表を早めていく

※具体的な情報発信のあり方や避難計画等への活用方法について、情報の精度を踏まえつつ有識者等の意見を踏まえ検討

[半日前予測] 令和6年度半日前予測の結果

- 令和6年度の半日前予測は、運用開始前の想定に比べて、**適中率は15ポイント低く、捕捉率は12ポイント低かった***。

* 線状降水帯の発生回数は年変動が大きいいため、単年での評価は難しい。

府県単位でのとりまとめ結果	運用開始前の想定 (2023年のデータから検証)	2024年 (11月11日時点)
線状降水帯発生の呼びかけ「あり」 のうち 線状降水帯の発生「あり」※2	適中率 (高い方が良い) 25%程度 (4回に1回程度)	約10% 81回中8回
線状降水帯の発生「あり」※2 のうち 線状降水帯発生の呼びかけ「あり」	捕捉率 (高い方が良い) 50%程度 (2回に1回程度)	約38% 21回中8回

※1 線状降水帯の事例の数え方は、線状降水帯の雨域は複数の県にまたがる場合もあるため、令和5年度以前と同様に地方予報区(全国を11ブロックに分けた地域)単位としており、令和6年の事例数は19事例(11月11日時点)だった。

※2 線状降水帯の事例数と、府県単位での線状降水帯の発生「あり」の数は異なる場合がある。

- 線状降水帯発生の呼びかけを行った81回中、線状降水帯の発生「あり」は8回であるが、それ以外にも、3時間降水量が100mm以上の大雨となったのは27回あることから、**この呼びかけが行われたときには、大雨災害への心構えを一段高めていただくことが重要**である。

【要因分析】

- ① 令和6年出水期は令和3～5年と比較して、台風接近時を除くと大気不安定による規模の小さい現象が多く、予測可能性の低い（決定論的予測で現象を捕捉することが困難な）気象場であり、数値予報モデルでの予測が難しい事例が多かった。
- ② 総観スケールの前線本体や台風に伴う線状降水帯事例について、数値予報モデルでの予測が難しい事例が散見された。

2021–2024年出水期（6–8月）の線状降水帯（台風本体除く）

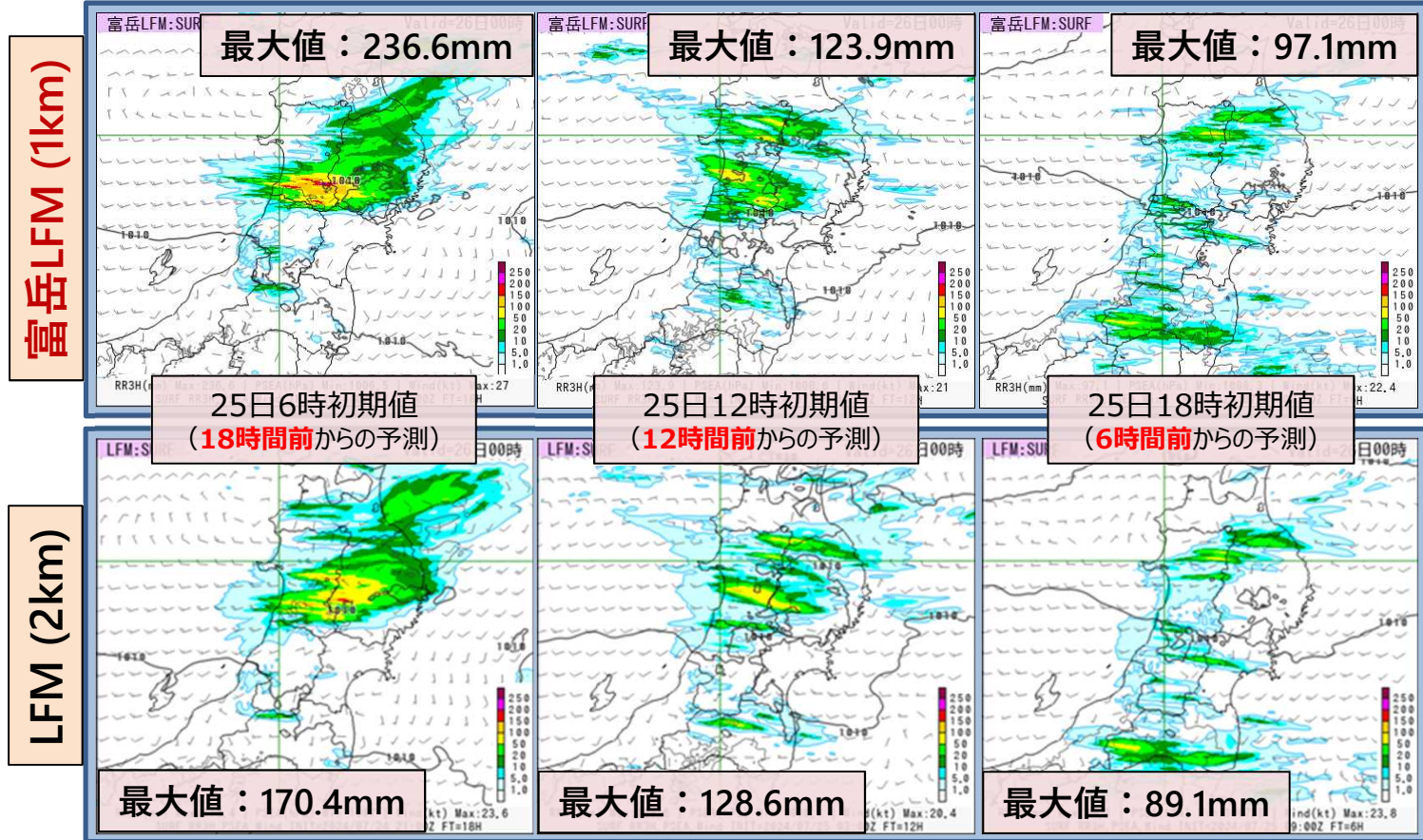
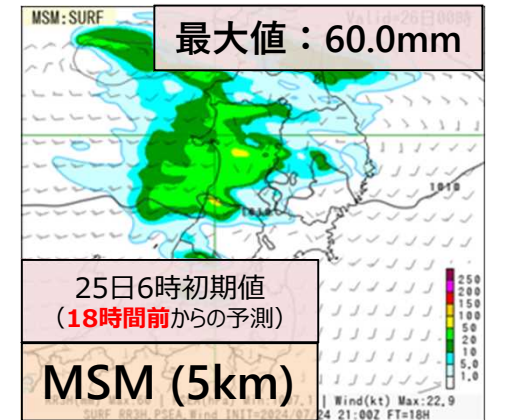
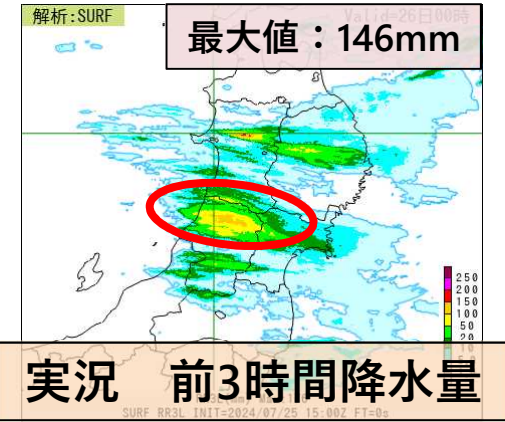
	2021年	2022年	2023年	2024年
事例数	8	9	14	7
平均持続時間 (h)	5.8	6.4	7.3	5.3
平均の長さ (km)	147	117	131	108
平均面積 (km ²)	3189	2803	3456	2421
最大R1 (mm)	83.8	94.0	87.5	83.1
最大R3 (mm)	185.0	193.0	192.1	174.5
平均総降水量 (mm)	262.8	265.0	306.3	219.5

[半日前予測] 要因分析①：予測可能性が低かった事例

現象の規模が小さく不確実性が高かったため決定論的予測が困難であった事例

○ 2024年7月26日0時対象：山形県で線状降水帯が発生した事例

※図は全て前3時間積算雨量を示す。



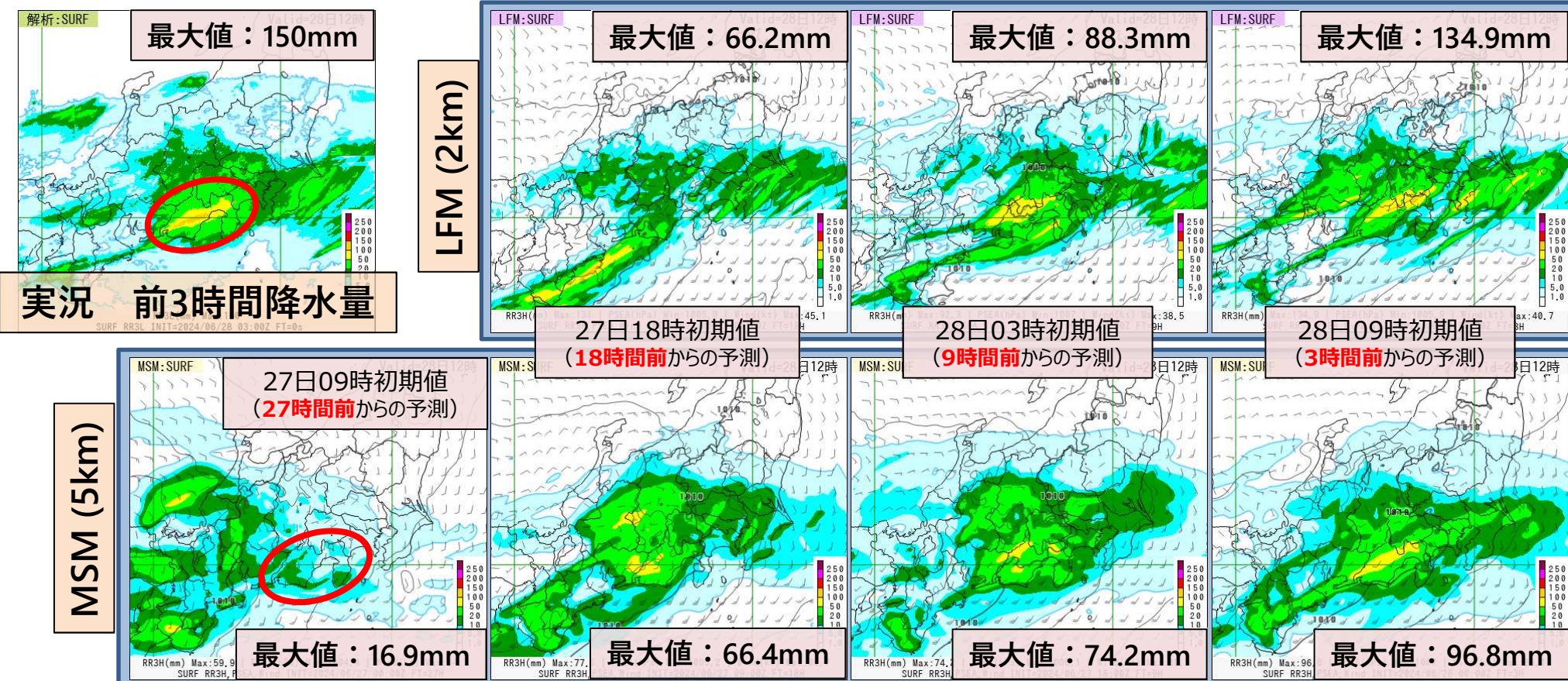
- 山形県を中心（概ね赤楕円で示す領域）の降水域について、富岳1kmLFMでは、18時間前からの予測降水量の最大値は過大、12時間前からの予測降水量は実況に近かったが、6時間前からの予測降水量では過小。
- 東北南部～関東北部の降水帯（主に大気不安定に伴う降水）の予測の不確実性が高く、山形県で発生した線状降水帯の表現に影響したと考えられる。

[半日前予測] 要因分析②：前線本体に伴う事例

総観スケールの前線本体に伴う現象で予測が困難であった事例

○ 2024年6月28日12時対象：静岡県で線状降水帯が発生した事例

※図は全て前3時間積算雨量を示す。



- 静岡県を中心（概ね赤楕円で示す領域）の降水域について、九州西海上で予測されていたシアーラインが実際は形成されなかったことにより、静岡県への水蒸気流入を予測することができなかった。
- 結果として、MSM、LFMの予測降水量はいずれも過小であった。

[半日前予測] 予測精度改善に向けた対応策

① 規模の小さい現象、予測可能性の低い気象場の予測の改善

数値予報システムの改善

- LFM（局地モデル）の高解像度化（水平解像度 2km ⇒ 1km）（令和 7 年度末）
⇒ **規模の小さい現象の予測精度向上**
- LEPS（局地アンサンブル予報システム；水平解像度 2 km）（令和 7 年度末）
⇒ **現象の不確実性を表現できる確率予測の実現**

② 総観スケールの前線本体や台風に伴う現象の予測の改善

数値予報モデルの改良、観測データの高度利用

- メソモデル（MSM）：地形性抵抗スキームの導入、境界層過程の安定性向上等を実施（来年度の出水期前）、以降も降水予測の改善の向け着実に開発を継続
- 地上・極軌道衛星による水蒸気量等の観測データの利用の高度化
⇒ **数値予報モデルの予測精度向上**
⇒ **環境場の予測の改善によりLFM・LEPSの改善にも寄与**

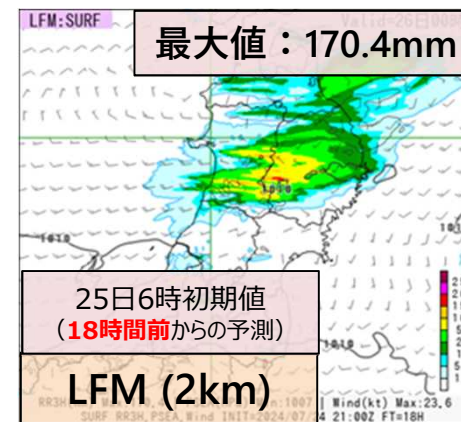
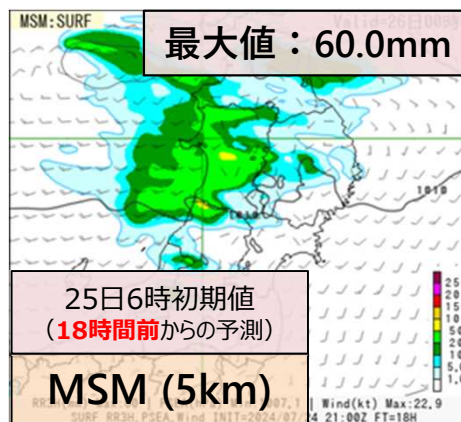
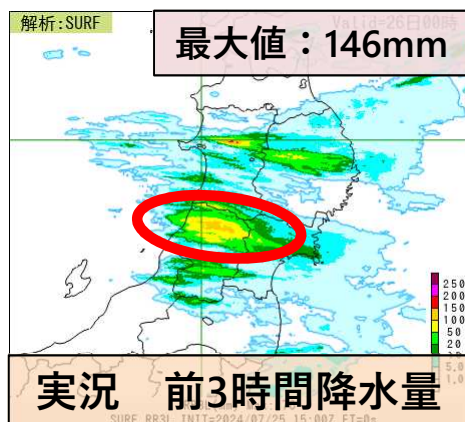
東北・北陸地方の線状降水帯の予測精度向上

- 東北・北陸地方では線状降水帯が複数回発生したが、半日程度前からの呼びかけが適切にできていない。
 - 数値予報モデルの改良、観測データの高度利用など、予測の改善に向けた取組を継続。
 - 学官連携による数値予報技術の高度化を図りたい（資料2「ご議論いただきたい点」参照）。

東北・北陸地方及びその他地方における適中数・捕捉数

	令和4年度		令和5年度		令和6年度		3年間合計	
	適中	捕捉	適中	捕捉	適中	捕捉	適中	捕捉
東北・北陸地方	0/0	0/4	0/1	0/3	0/2	0/5	0/3	0/12
その他	3/13	3/7	9/21	9/20	6/17	6/14	18/51	18/41
各年全国合計	3/13	3/11	9/22	9/23	6/19	6/19	18/54	18/53

適中：
発生あり / 呼びかけあり
捕捉：
呼びかけあり / 発生あり



2024年7月26日0時対象：山形県で線状降水帯が発生した事例（再掲）