

# 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（報告）

線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回会合）

令和6年6月13日

気象庁

- 3～4ページ目 前回会合でのご意見と対応状況
- 5～7ページ目 取組の全体像と今年度の取組状況
- 8～11ページ目 予測の強化
- 12～14ページ目 情報の改善

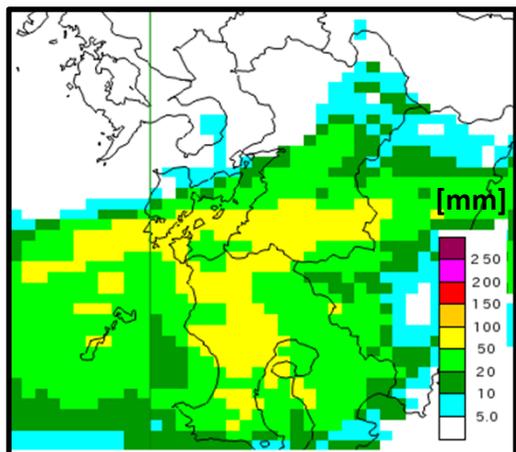
# 前回会合でのご意見と対応状況（1）

- 令和7年度末の局地モデル（LFM）の高解像度（1km）化に向け、開発効率も考えつつ、今後様々な検証を行いながら開発を進めるとともに、半日前予測や令和8年に開始予定の2～3時間前予測への活用といった観点を含め精度検証を進めて欲しい。並行して、高解像度の予測値の効果的な利活用に関する調査・検討も進めると良い。
  - ⇒ 線状降水帯の予測精度向上に向け、局地的な現象をより精緻に表現するためにLFMの高解像度化を進めているところ、頂いたご指摘を踏まえ、開発効率も考えつつ開発を継続していきたい。また、半日前予測や令和8年に開始予定の2～3時間前予測への高解像度化されたLFMの活用に向け、予報時間別の精度など多面的な検証を進めるとともに、高解像度の雨量予測値などの効果的な利用に係る検討も進める。
- 線状降水帯の予測精度向上に向けて、水蒸気の流入を正確に捉えることは重要である。これまでに導入した水蒸気観測の線状降水帯予測に対する影響評価を進めつつ、新規観測の導入（例：航空機による機動観測）についても検討してもらいたい。
  - ⇒ 水蒸気観測の強化のためにこれまでに新たに導入した観測（船舶GNSS観測、アメダス湿度計、地上マイクロ波放射計）については、数値モデルの予測精度向上に寄与することを確認し、順次現業利用を開始している。また、次期静止気象衛星「ひまわり」の令和11年度運用開始に向けて整備や利活用開発を進めている。更なる新規観測の導入にあたっては、今後の研究プロジェクト等で観測が実施される際には適宜連携しつつその有効性を評価するとともに、他の観測も含めた観測網全体の中での費用対効果も踏まえる必要がある。

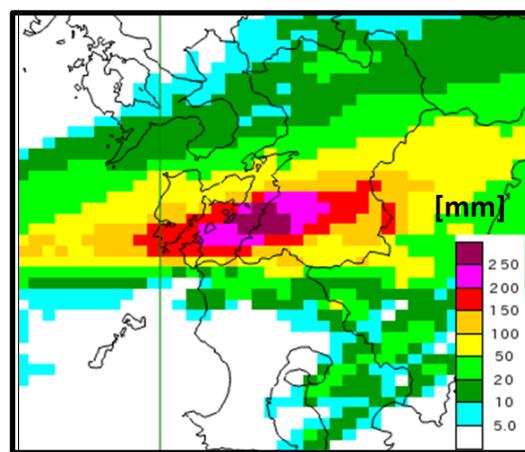
## 前回会合でのご意見と対応状況（2）

- 機構解明研究で得られた線状降水帯のメカニズムに係る知見を、今次会合で示されたような表形式でまとめる取組は非常に重要である。 機構解明研究会等での議論や数値予報資料共有Webのフォーラム等を活用した知見の共有など、学官連携の取組として知見の集約が進められると良い。
  - ⇒ 線状降水帯の機構解明に向けた知見のとりまとめについて、学官連携による機構解明研究の成果や知見の共有等による推進が重要との認識であり、第9回線状降水帯の機構解明に関する研究会（令和6年2月開催）で分類表について話題提供した。今後も防災気象情報の改善に資するよう、各種研究会や共有Webのフォーラム等を通じた意見交換や議論を継続する。
- 集中観測においては、大学や研究機関の有する観測手法に係る知見や経験、過去の観測プロジェクト等を参考に進めることが、より高品質な観測データの収集、及びそれを使用した機構解明研究にとって有益である。また得られた観測データを活用し、予測精度向上に資するようなデータ同化研究や数値予報モデルの検証等を進めていくと良い。
  - ⇒ 集中観測の実施の際は、観測や品質管理に係る知見や経験を有する関係機関に協力いただき、観測データの品質確認や特性把握等を行い、データ同化実験や数値予報モデルの検証等を進めていきたい。
- スーパーコンピュータ「富岳」を用いた共同研究をより良いものにするためには共同研究先との対話が重要であり、得られた経験を今後の学官連携の取組の検討に活かせると良い。また様々な学官連携手段の一つであるモデル貸与についても、互いの成果を持ち寄って議論できる場を設けるなど、学官での相互コミュニケーションを促進する取組について検討いただきたい。
  - ⇒ 「富岳」を用いた共同研究は、共同研究先との対話を密に行いつつ進めているところである。また、モデル貸与も含む学官連携全般においては相互のコミュニケーションを深めつつ目的を明確化して、双方がメリットを得られる形で、共同研究等を推進してまいりたい。

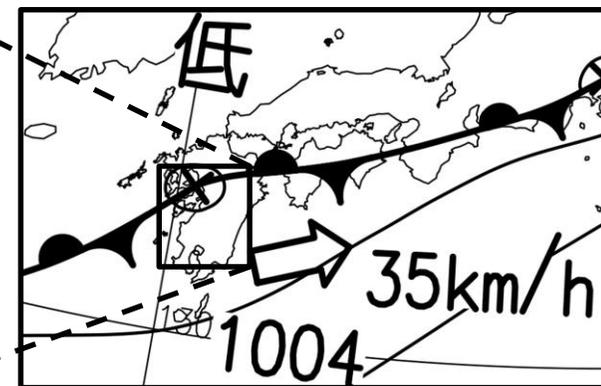
- 令和2年7月4日の熊本県球磨・芦北地方等に災害をもたらした大雨は線状降水帯によるもの。
- その線状降水帯は、半日前であっても予想することは難しかった。



15時間前の予測（3時間降水量）



実況（3時間降水量）



令和2年7月4日06時の地上天気図

## 線状降水帯の予測精度向上に向けた課題

### ①水蒸気の流れを正確に捉える（特に海上）

...水蒸気の鉛直構造や流入量が正確には分かっていない。

### ②予測モデルの性能を高める（線状降水帯の構造・発生・持続）

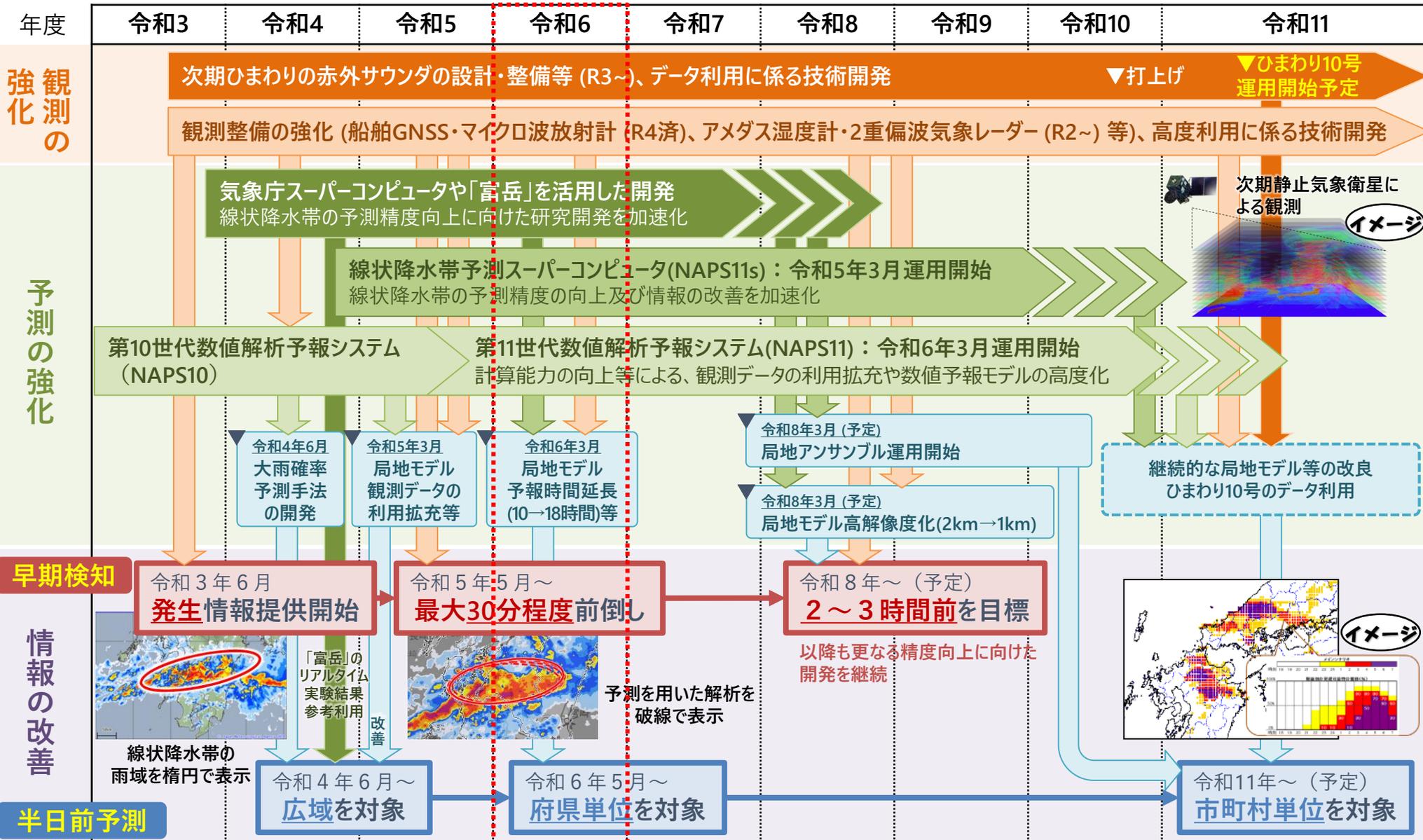
...個々の積乱雲の発生等を予測できないため、いつどこで線状降水帯による大雨が発生し、どのくらいの期間継続するのか、事前には分からない。

### ③発生確率にかかると提供情報

...予測技術を踏まえた線状降水帯による大雨の危険性の呼びかけができていない。

# 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地点に整備予定。

### 「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6～8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」の更新（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。

### 「地上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



地上マイクロ波放射計

## 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月より実施中。
- 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（3件の共同研究を継続）。

### 「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」

- 予報時間を10時間から18時間に延長した水平解像度2kmの数値予報モデル（局地モデル）の運用開始（令和6年3月）。
- 令和8年3月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



気象庁  
スーパーコンピュータ



線状降水帯予測  
スーパーコンピュータ

# 【予測の強化】令和6年3月の改良（局地モデル）

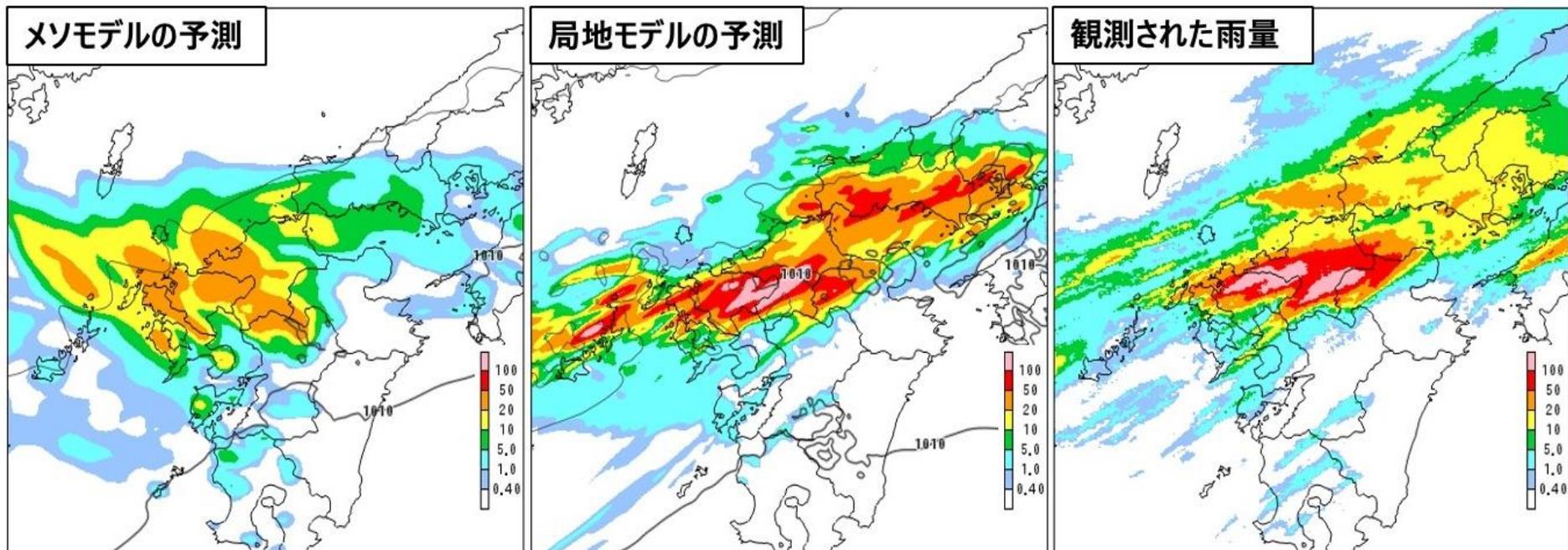
- 局地モデルの予報時間を10時間から最大18時間に延長するとともに、モデルの物理過程（雲物理過程、放射過程）、力学過程の改良を令和6年3月に実施

メソモデルよりも解像度の高い局地モデルでは、線状降水帯がもたらす強い降水を予測できる事例が増えることを確認  
線状降水帯半日前予測にはこれまで主に水平解像度5kmのメソモデルを用いていた（局地モデルの利用は発生6～9時間前に限られていた）ところ、半日程度前から水平解像度2kmの局地モデルが使用可能となる

## ●改良の効果

### ・線状降水帯の半日前からの予測結果の改善

令和5年7月9日15時の初期値における15時間先の前3時間降水量の予測

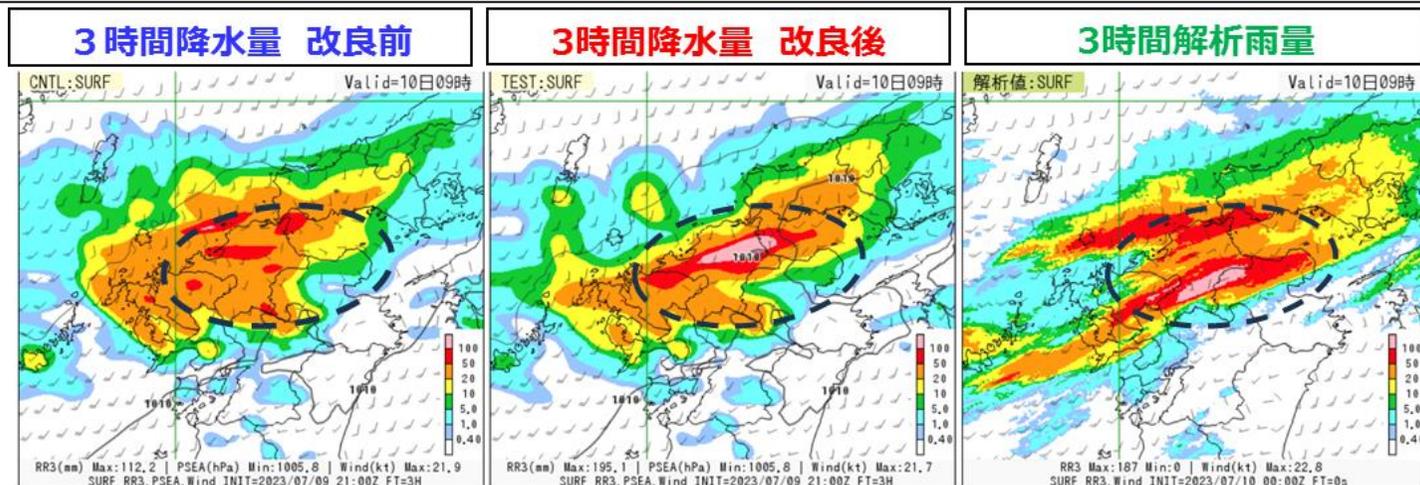


局地モデルでは 100mm/3h（ピンク色）の予測ができており、メソモデルと比べて実況の分布に近い予測ができています。

- 地上マイクロ波放射計の可降水量のデータをメソモデル、局地モデルで利用開始
- 極軌道気象衛星受信装置の運用開始（令和5年6月）により新たに受信できるようになった米国の極軌道気象衛星NOAA-21の観測データの利用開始

## ●改良の効果（メソモデル）

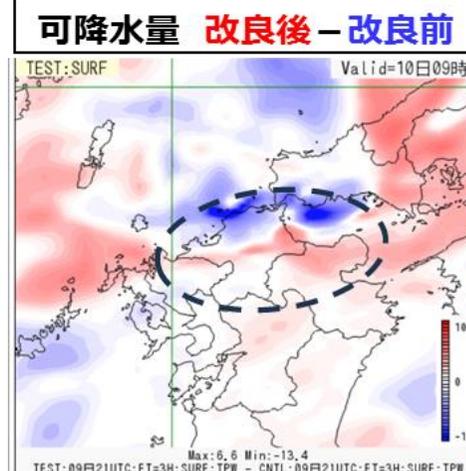
2023年7月10日9時を対象としたメソ数値予報システムにおける3時間予測の3時間降水量（カラー）



地上マイクロ波放射計の観測データを同化することにより、線状降水帯周辺の水蒸気分布が修正され、線状降水帯に伴う降水の形状や強度の予測が改善



地上マイクロ波放射計



赤色ほど改良後の可降水量が多い

# 【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3日から開発中の富岳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）を実施中。**

富岳1kmLFMの仕様

	富岳 1km LFM	2km 局地モデル (現業運用中)
水平解像度	1 km	2 km
領域	日本域	日本域
水平格子数	3161 x 2601	1581 x 1301
予報時間	18時間	18時間 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) 10時間 (上記以外の正時)
実行頻度	4回/日 (03, 09, 15, 21 UTC)	24回/日 (毎時)

- 現業運用中の2km局地モデルを1km高解像度化
- モデル本体、初期値、境界値は2km局地モデルと同一設定  
(令和6年3月の局地モデルの力学過程・物理過程の改良も反映)

1kmLFMリアルタイムシミュレーション実験の対象領域  
(現業運用中の2km局地モデルと同一領域)



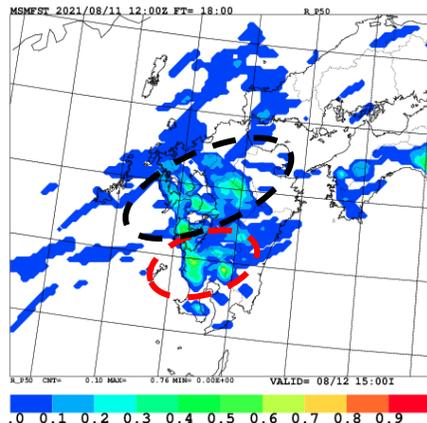
リアルタイムシミュレーション実験以外に、令和4年度に「富岳」上に構築した実験システムを活用した新たな取組として、観測データ利用をテーマとした大学や研究機関との共同研究（3件）を進めている（資料2を参照）。

- 局地モデルをベースとしたアンサンブル予測システムを開発中
  - 局地モデルが線状の強雨を表現しやすいことから、メソモデルをベースとするメソアンサンブル（MEPS）よりも高い確率で線状降水帯による大雨の可能性を捕捉することを確認
  - 初期摂動にメソアンサンブル（MEPS）予測の摂動を利用。線状降水帯の予測の不確実性を表現するアンサンブル予報システムとして、捉えるべき不確実性をより明らかにし、そのために必要な摂動の検討をさらに進めることが課題。
- 引き続き開発を進め、局地アンサンブル予報システムの運用開始（令和7年度末）を目指す。

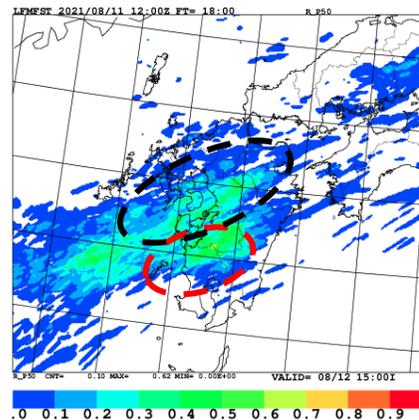
(令和3年8月12日15JSTの事例)

3時間降水量が50mm以上のメンバーの割合（50mm/3h超過確率）

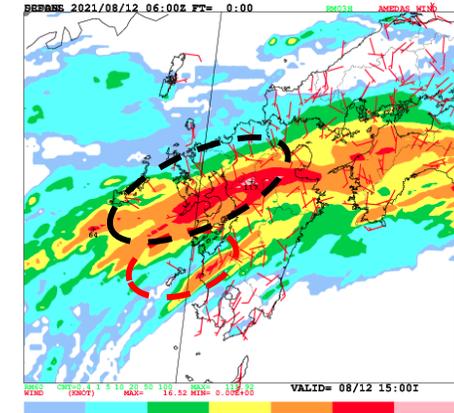
現業5kmMEPS（21メンバー）の予測  
(15時間前からの予測)



「富岳」2kmLEPS（21メンバー）の予測  
(15時間前からの予測)



実際の降水  
(観測)



## 現業5kmMEPSと「富岳」2kmLEPSの比較

- 【左図】 気象庁スパコンで現業運用中の水平解像度5kmのメソアンサンブル予報システム(MEPS)による予測:
  - 50mm/3h以上の強雨の可能性は捕捉出来ているものの、線状の降水は予測できていない
- 【中図】 「富岳」で開発中の水平解像度2kmの局地アンサンブル予報システム(LEPS)の実験による予測:
  - 線状の降水を高い確率(30~40%)で捕捉

## 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

半日程度前からの線状降水帯の呼びかけの判断に、以下の新たな予測技術を活用

- **10時間先⇒18時間先まで延長された水平解像度2kmの局地モデル (LFM)**
- **メソアンサンブル予報 (MEPS) の降水量予測から算出した危険度分布 (キキクル)**

⇒数値予報モデルの改良による降水予測の精度改善に加え、これらの技術の新たな活用により、府県単位での情報発表を実現

## 【情報発表までの流れ】

各種観測データ

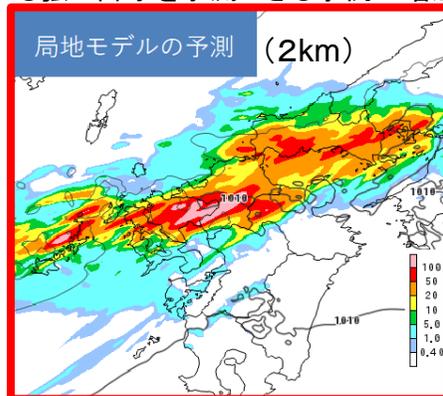
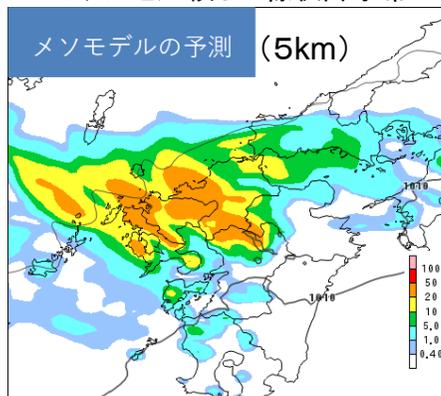
数値予報等による予測



○これまでメソモデル等を用いて判断していたが、以下の予測技術も新たに活用

### 水平解像度2kmの局地モデル(LFM)

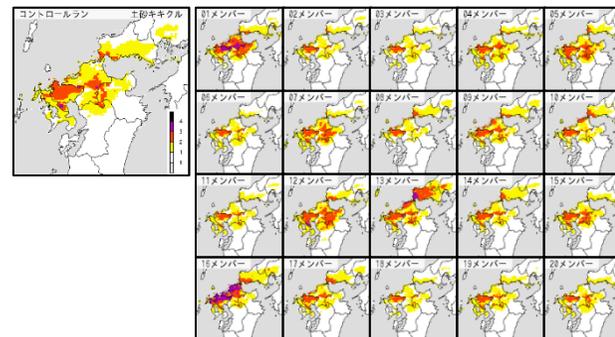
- 18時間先まで延長された解像度の高い局地モデルの活用により、メソモデルと比較して線状降水帯による強い降水を予測できる事例が増加



令和5年7月10日6時に線状降水帯が発生したときの予測(7月9日15時の初期値 15時間先)

### 危険度 (線状降水帯検出条件の1つ) の予測

- 雨量だけでなく、線状降水帯検出条件の1つである危険度が高まる可能性も新たに考慮



メソアンサンブル予報による21通りの降水量予測をもとに、それぞれの危険度分布 (キキクル) を算出することで、危険度が高まる可能性の高低を把握することができる

予報官による判断



線状降水帯による大雨の可能性が高いことが予想された場合に情報を発表

# 【情報の改善】府県単位での呼びかけ（地方／府県気象情報）



地方気象情報

大雨に関する**東海地方**気象情報 第〇号  
〇年〇月〇日〇〇時〇〇分 名古屋地方気象台発表

<見出し>

**東海地方では**、〇日夜には、線状降水帯が発生して大雨災害発生  
の危険度が急激に高まる可能性があります。

<本文>

… (中略) …

大雨に関する**東海地方**気象情報 第〇号  
〇年〇月〇日〇〇時〇〇分 名古屋地方気象台発表

<見出し>

**静岡県、愛知県では**、〇日夜には、線状降水帯が発生して大雨  
災害発生  
の危険度が急激に高まる可能性があります。

<本文>

… (中略) …

府県気象情報

大雨に関する**静岡県**気象情報 第〇号  
〇年〇月〇日〇〇時〇〇分 静岡地方気象台発表

<見出し>

**東海地方では**、〇日夜には、線状降水帯が発生して大雨災害発生  
の危険度が急激に高まる可能性があります。

<本文>

… (中略) …

大雨に関する**静岡県**気象情報 第〇号  
〇年〇月〇日〇〇時〇〇分 静岡地方気象台発表

<見出し>

**静岡県では**、〇日夜には、線状降水帯が発生して大雨災害発生  
の危険度が急激に高まる可能性があります。

<本文>

… (中略) …

対象とならない岐阜県、三重県では、府県気象  
情報においての呼びかけをしない。

※北海道や沖縄県では、府県予報区単位で発表します。

※鹿児島県では奄美地方を、東京都では伊豆諸島と小笠原諸島を区別して発表します。

※発表する情報の電文フォーマットは変わりません。