

線状降水帯の予測精度向上に向けた取組について (今年度の振り返りと来年度以降の計画)

線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ (第 5 回会合)

令和 4 年 12 月 27 日

気象庁

資料1の構成

- 3～4ページ目 前回会合でのご意見と対応状況
- 5ページ目 取組の強化・加速化の全体像
- 6～8ページ目 【観測の強化】
- 9～10ページ目 【予測の強化】
- 11～16ページ目 【半日前予測】

前回会合でのご意見と対応状況（1）

- 半日前からの線状降水帯による大雨の可能性の予測が開始されるが、今後、ますます予測精度向上への期待が高まってくると思われる。国民に情報を提供するにあたり、情報の位置づけ、情報の精度をきちんと解説する必要がある。
 - ⇒ 線状降水帯による大雨の半日程度前からの呼びかけ（以下「半日前予測」という。）の位置づけやその予測精度を解説した教材ビデオを作成して当庁HPに掲載したほか、各事例の速報資料、令和4年度の実績等を掲載した。また、記者向けの勉強会をはじめ、様々な勉強会や講演等を実施し、普及啓発に努めた。情報を正しく理解して適切に活用いただけるよう、このような取組を今後も引き続き実施したい。
- 予測精度向上の取組を着実に進めるためには、学官連携での取組をさらに強化するなど、オールジャパンで取組が着実に進められることを期待する。技術的な課題に対しては、私たち研究者からの助言も可能と考えるところ、取組の振り返りや技術的な課題の抽出も進めていただきたい。
 - ⇒ 線状降水帯予測精度向上に向けた取組について、引き続き学官連携を強化して進めたい。今年度実施した取組や技術的課題等について、本会合にて報告する。更なるご助言をお願いしたい。
- 集中観測について、官学連携で行うのは大変意義がある。今後、国際的な共同観測と連携することや、集中観測の中で地上での水文観測を加えることも有効である。
 - ⇒ 集中観測については、参加機関のご協力により概ね当初計画どおりに実施することができた。感謝申し上げたい。国際的な共同観測との連携や水文観測を加えることについては引き続きご相談しながら検討してまいりたい。

前回会合でのご意見と対応状況（2）

- 集中観測データを集約して共有する取組は非常に重要である。線状降水帯の研究に関心のある研究者が迅速に観測データを広く利用できるよう、データポリシーを整理し、データ公開の取り組みを加速する必要がある。過去事例の解析のため、集中観測で得られる観測データだけでなく、気象庁の過去データも共有すると有効である。
⇒ 「線状降水帯の機構解明及び予測技術向上に資する研究推進に関する協定」への参加機関に対し、調整・準備の整った集中観測データ及び気象庁の観測・数値予報データの提供を順次進めている。より多くの大学等研究機関の参加により研究が進むよう、そのほかの機関への参加を呼びかけたい。
- 開発のプロセスには、主に現状把握（予測精度、課題）、改善、評価の3段階がある。現状把握の部分では気象庁が貢献し、改善の検討の部分では研究者が貢献し、最後に両者が協力して統計的に評価することでそれらを結び付けるといように、評価までを見据えて一緒に取り組むと良い。
⇒ まずは予測精度や課題の整理・共有を行い、研究者と協力してこのような取組が進むよう努めたい。
- 数値予報資料共有Webについて、降水だけでなく各種指標なども閲覧できると速やかな要因分析が可能となる。また、数値予報の結果のデータを大学等の研究者に提供してもらえると、より詳細に解析できるようになる。
⇒ 数値予報資料共有Webの機能を拡張し、利便性を向上させるとともに、不安定指数等の新たな要素を追加した。数値予報データについては、機構解明研究への参加機関に対し、順次提供を進めている。今後も議論の活性化を図っていきたい。

線状降水帯の予測精度向上等に向けた取組の強化・加速化

※令和3年度補正予算、令和4年度予算の概要から抜粋・整形

線状降水帯の予測精度向上を前倒して推進し、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、水蒸気観測等の強化、気象庁スーパーコンピュータの強化や「富岳」を活用した予測技術の開発等を早急に進める。これらの技術開発の推進に必要な体制を強化。

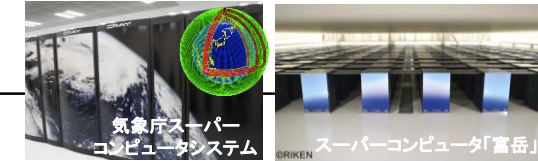
観測の強化

- 陸上観測の強化・・・マイクロ波放射計、アメダス、高層気象観測装置
- 気象衛星観測の強化・・・極軌道気象衛星受信装置、最新センサ活用に係る技術開発
- 局地的大雨の監視の強化・・・気象レーダー
- 洋上観測の強化・・・「凌風丸」代船建造、船舶GNSS観測の拡充



予測の強化

- 高度化した局地アンサンブル予報等の数値予報モデルによる予測精度向上等を早期に実現するためのスーパーコンピュータシステムの整備
- 線状降水帯の機構解明のための、梅雨期の集中観測、関連実験設備（風洞）の強化
- 「富岳」を活用した予測技術開発



次期ひまわり
(令和10年度めどに打上げ)



情報の改善

令和3(2021)年
線状降水帯の発生をお知らせする情報
(6/17提供開始)

線状降水帯の雨域を楕円で表示

令和4(2022)年～
広域で半日前から予測

今年度の改善
(6/1提供開始)

〇〇地方では、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。

令和5(2023)年～
(新たな取組み)
直前に予測
(30分前を目標)

・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6(2024)年～
(1年前倒し)
県単位で半日前から予測

イメージ
熊本県では、△日未明から明け方にかけて線状降水帯が発生し、大雨となるおそれがあります。

・線状降水帯の雨域を表示

令和8(2026)年～
(新たな取組み)
さらに前から予測
(2～3時間前を目標)

令和11(2029)年～
(1年前倒し)
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

イメージ

「迫りくる危険から直ちに避難」・・・段階的に予測時間を延ばしていく

※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

【観測の強化】線状降水帯の予測精度向上の加速化に向けた観測の強化

「アメダスへの湿度計導入」

- 令和3年度までに157地点に整備
- 令和4年度は西日本及び南西諸島並びに太平洋南側沿岸地域（208箇所分）に整備 順次整備中

「気象レーダーの更新強化」

- 種子島及び室戸岬の二重偏波レーダーについて、それぞれ4月及び6月に運用開始
- 新潟・沖縄・松江・名瀬・函館を二重偏波レーダーに更新（令和4～6年度） 順次整備中

「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」の整備（令和5年度末） 建造中
- 東シナ海～西日本太平洋側を運航する大型の民間船舶10隻にGNSS水蒸気観測装置を5月末から順次設置中（令和4年度） 順次整備中

「マイクロ波放射計の整備等」

- 西日本/太平洋南側沿岸域の17箇所に7月から年度末にかけて順次設置中（令和4年度） 順次整備中

「高層気象観測の強化」

- つくば・福岡・鹿児島の高層気象観測を自動化し、適時に高頻度の臨時観測を可能とする予定（令和4年度） 機器製作中

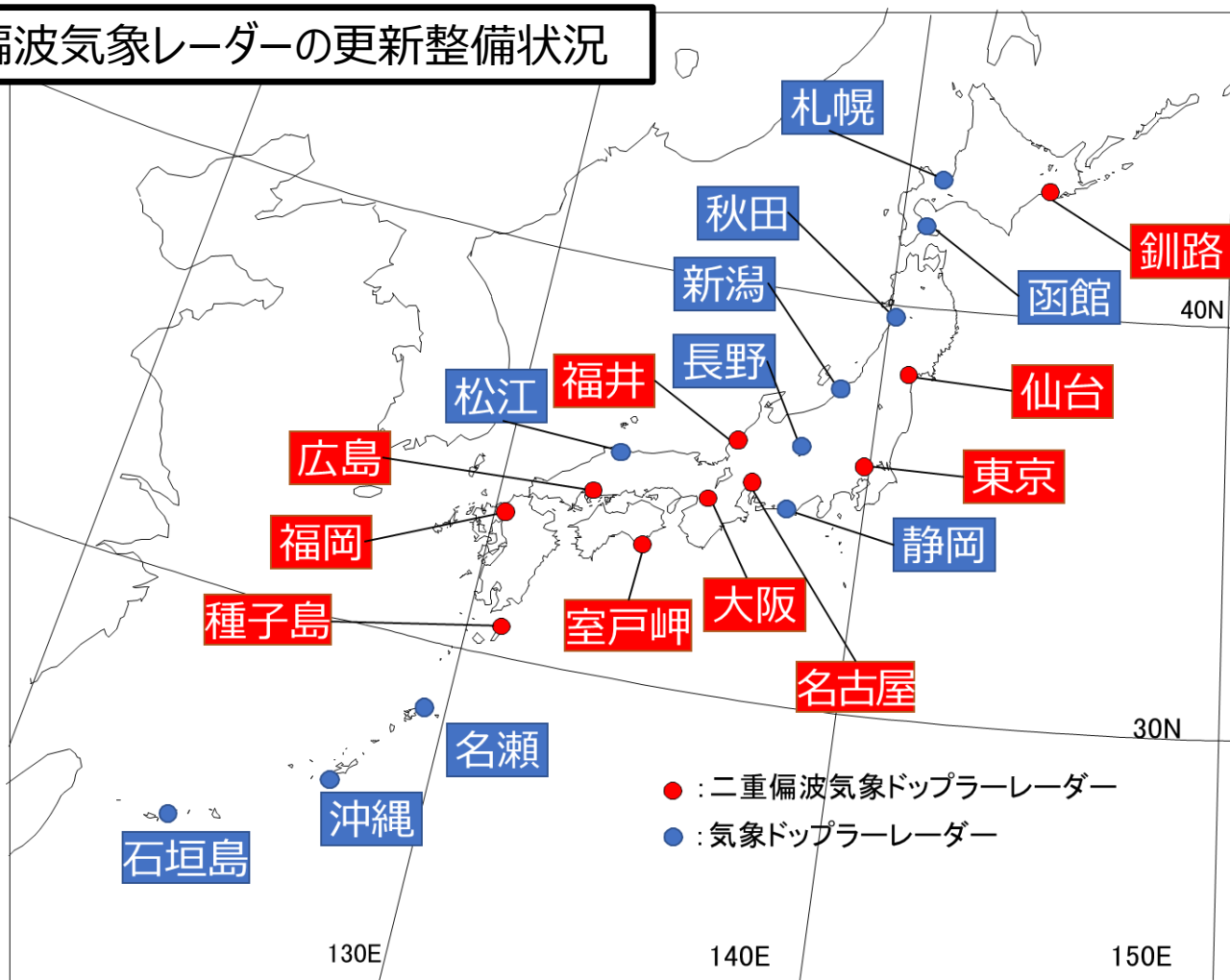
「気象衛星観測の強化」

- 極軌道気象衛星受信装置の更新・最新センサ活用に係る技術開発（令和4年度） 実施中
（極軌道気象衛星等を通じて得られる新たなデータを数値予報へ取込むための整備・開発）

【観測の強化】 気象レーダーの更新強化

- 令和4年6月までに20か所の気象レーダーのうち10か所を二重偏波気象レーダーに更新済み。
- 新潟・沖縄・松江・名瀬レーダーについては、二重偏波気象レーダーへの更新に向け機器製作中。
- 函館レーダーについても、今年度から更新整備を開始する予定。

二重偏波気象レーダーの更新整備状況



※令和4年12月現在

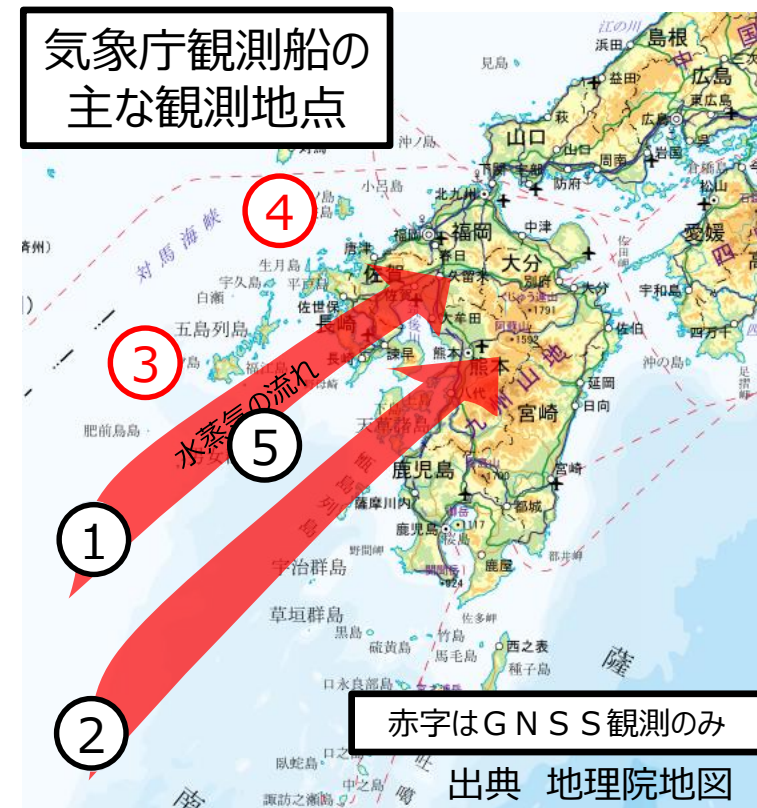
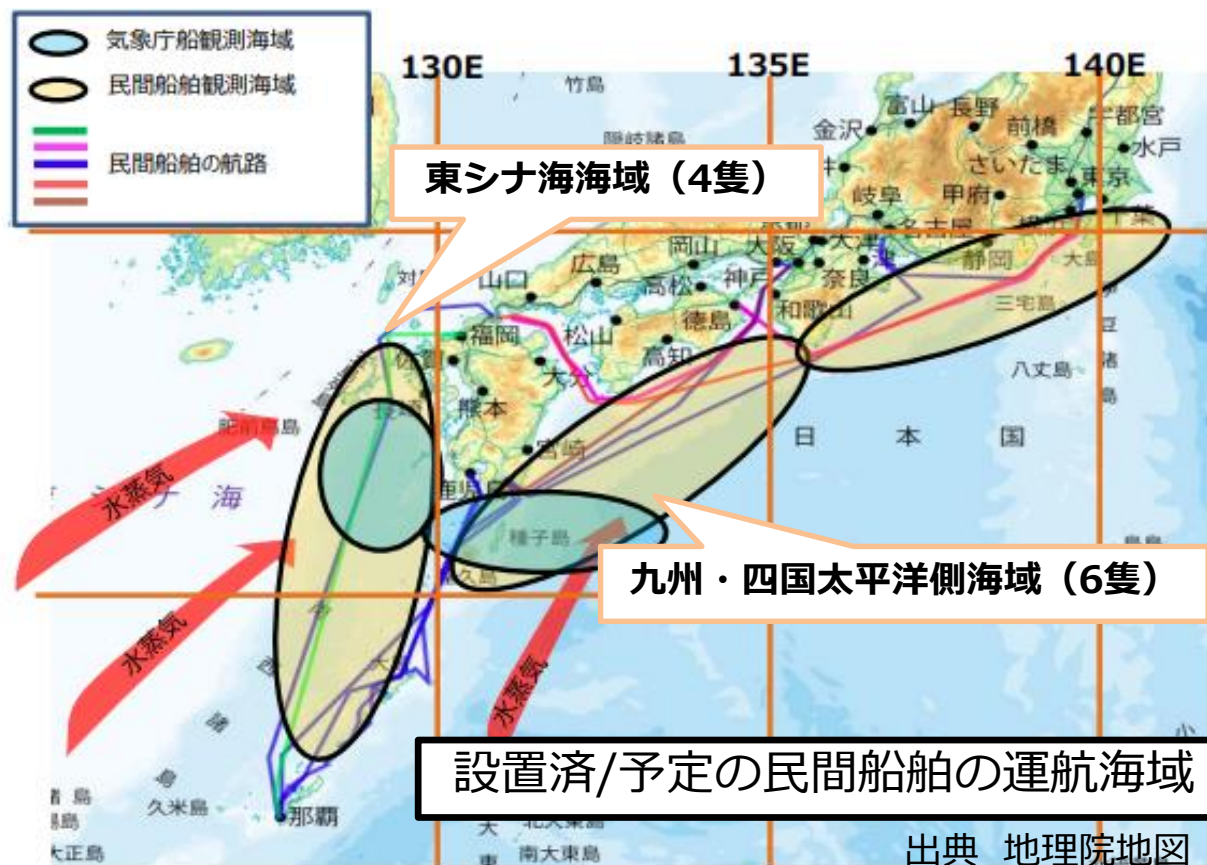
【観測の強化】船舶GNSS水蒸気観測の強化（左）

気象庁観測船の機動観測（右）

- 令和3年度出水期より、気象庁観測船（2隻）と海上保安庁測量船（4隻）に洋上の水蒸気を捉えるための全球測位衛星システム（GNSS）観測装置を設置した観測を開始。
- 安定したデータ取得が可能となるようある程度大きく、かつ海域や航路から観測効果が見込まれる民間船舶（旅客船、貨物船）10隻の協力を得て、観測体制を拡充（令和5年1月に設置完了予定）。

気象庁観測船が気象状況に応じて機動的に観測を実施した事例

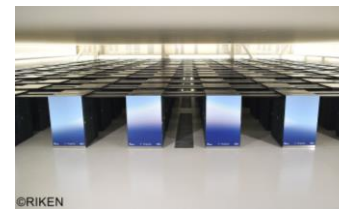
- ・6月05日～06日 九州西方 ①
- ・6月13日 九州西方 ①
- ・6月19日～21日 九州西方 ①～②
- ・6月24日～25日 九州西方 ①+③
- ・7月15日～19日 九州西方 ①～② + ③～④
- ・7月19日～21日 九州西方 ①～②
- ・8月18日～21日 九州西方 ⑤



【予測の強化】線状降水帯の予測精度向上の加速化のための予測の強化

「スーパーコンピュータ『富岳』を活用した開発」

- スーパーコンピュータ「富岳」を活用した、予測技術の開発を開始 実施中
- 開発中の予報モデルによるリアルタイムシミュレーション実験を6～10月に実施 完了



スーパーコンピュータ「富岳」

「スーパーコンピュータシステムの整備」

- 「富岳」による開発成果を数値予報モデルに実装し、予測精度向上等を早期に実現するため、現行の気象庁スーパーコンピュータシステムに加えて計算資源を確保 完了
- 令和4年度末の運用開始に向けて作業 実施中

「数値予報モデルによる予測精度向上等を早期に実現」

- [令和5年度末] 局地モデルの予報時間延長（10時間→18時間）
- [令和7年度末] 局地モデルの高解像度化（解像度2km→1km）
- [令和7年度末] 局地アンサンブル予報システムの運用開始



開発中

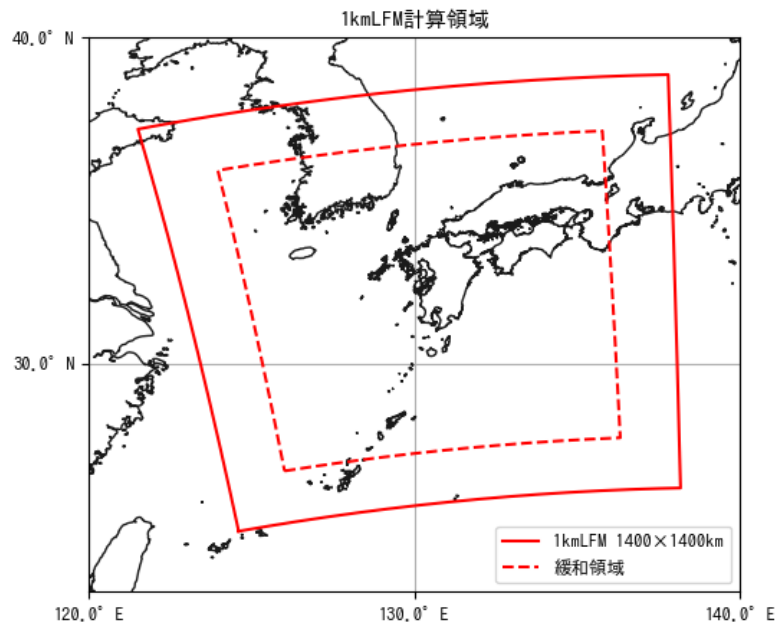
「線状降水帯の機構解明のための、梅雨期の集中観測、関連実験設備（風洞）の強化」

- 大学等研究機関と連携し、発生・維持機構解明のための集中的な観測を6～10月に実施 完了
- 風洞実験設備を機能強化し、多様な条件での実験を可能にすることで、機構解明研究を推進 整備中

【予測の強化】スーパーコンピュータ「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」の成果創出加速プログラムや政策対応枠課題により、高解像度数値予報モデル、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4年6月～10月に、**開発中の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）を用いたリアルタイムシミュレーション実験を実施した。**
- 実験の結果、高解像度化した数値予報モデルでは線状降水帯の予測が向上する傾向が確認された。
- 本実験の成果も活用し、局地モデルの予報時間延長（令和5年度末、2km10時間⇒2km18時間）や高解像度化（令和7年度末、2km18時間⇒1km18時間）を目指す。

＜富岳1kmLFMの仕様＞



1kmLFMリアルタイムシミュレーション実験の対象領域(赤実線枠内の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

| | 富岳 1km LFM | 2km 局地モデル (現業運用中) | メソモデル (現業運用中) |
|-------|-------------------|-------------------|---------------|
| 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 |

- 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をリアルタイムシミュレーション実験の対象領域としたが、その後、西日本以外の領域で発生した事例についても追加実験を実施。
- **2km局地モデルを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 局地モデルと同一設定**

【半日前予測】令和4年度出水期の実績①

- 気象庁では、令和4年6月より、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、半日程度前から「線状降水帯」というキーワードを使ってその旨を呼びかけている。
- 線状降水帯は予測が難しい現象であることから、現状では、「〇〇地方」といった広域での呼びかけを行っている。
- 令和4年度出水期の実績では、運用開始前に想定したのとほぼ同程度の予測精度であったが、引き続き、予測精度の向上に向けた取組を強化。

| | 運用開始前の想定 (過去3年間のデータから検証) | 令和4年度 出水期 |
|---|-----------------------------|---------------|
| 適中 線状降水帯発生呼びかけ「あり」のうち、 線状降水帯の発生「あり」となった場合 | 4回に1回程度 | 13回中3回 |
| 見逃し 線状降水帯発生呼びかけ「なし」のうち、 線状降水帯の発生「あり」となった場合 | 3回に2回程度 | 11回中8回 |

現時点では運用開始前に想定したのとほぼ同程度の予測精度

- 線状降水帯発生呼びかけを行った13回中、実際に線状降水帯が発生したのは3回であるが、それ以外にも、
 - ・ 3時間降水量が150mm以上となった事例が2回
 - ・ 3時間降水量が140mm～150mmとなった事例が2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。

適中した事例

7月18日23:50までの3時間降水量

←7/18～19の九州北部地方の例

↓9/17～19の九州北部地方、九州南部・奄美地方の例

9月18日16:00までの3時間降水量

9月19日00:00までの3時間降水量

3時間降水量 mm/3h

- 150
- 120
- 100
- 80
- 60
- 40
- 20
- 1

大雨災害発生危険度が急激に高まっている線状降水帯の形成

線状降水帯の発生に至らなくても大雨（3時間降水量が150mm以上）となった事例

7月18日20:00までの3時間降水量

9月19日03:00までの3時間降水量

3時間降水量 mm/3h

- 150
- 120
- 100
- 80
- 60
- 40
- 20
- 1

7/18～19九州南部・奄美地方の例

9/17～19四国地方の例

【半日前予測】令和4年度出水期の実績②

| | | | | | |
|---------|-----------|-----------|---------------------------|---------|----|
| 【事例 1】 | 7月5日 | 四国地方 | 線状降水帯が発生（高知県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 2】 | 7月15日 | 九州南部・奄美地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 3】 | | 九州北部地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 4】 | 7月18日 | 九州北部地方 | 線状降水帯が発生（長崎県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 5】 | 7月18日～19日 | 九州南部・奄美地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 6】 | | 九州北部地方 | 線状降水帯が発生（山口県、福岡県、佐賀県、大分県） | 呼びかけを実施 | 適中 |
| 【事例 7】 | 8月3日 | 東北地方 | 線状降水帯が発生（青森県、秋田県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 8】 | | 東北地方 | 線状降水帯が発生（山形県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 9】 | | 北陸地方 | 線状降水帯が発生（新潟県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 10】 | 8月4日 | 北陸地方 | 線状降水帯が発生（福井県） | 呼びかけできず | |
| 【事例 11】 | 8月12日～13日 | 東海地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 12】 | | 関東甲信地方 | 線状降水帯が発生（伊豆諸島） | 呼びかけできず | |
| 【事例 13】 | 9月3日～4日 | 沖縄地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 14】 | 9月5日～6日 | 九州北部地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 15】 | 9月17日～19日 | 九州南部・奄美地方 | 線状降水帯が発生（宮崎県） | 呼びかけを実施 | 適中 |
| 【事例 16】 | | 九州北部地方 | 線状降水帯が発生（熊本県） | 呼びかけを実施 | 適中 |
| 【事例 17】 | | 四国地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 18】 | 9月18日～19日 | 中国地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 19】 | | 近畿地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 20】 | 9月19日～20日 | 東海地方 | 線状降水帯は発生せず | 呼びかけを実施 | |
| 【事例 21】 | 9月23日～24日 | 東海地方 | 線状降水帯が発生（愛知県、静岡県） | 呼びかけできず | |



地方予報区（全国を11ブロックに分けた地域）

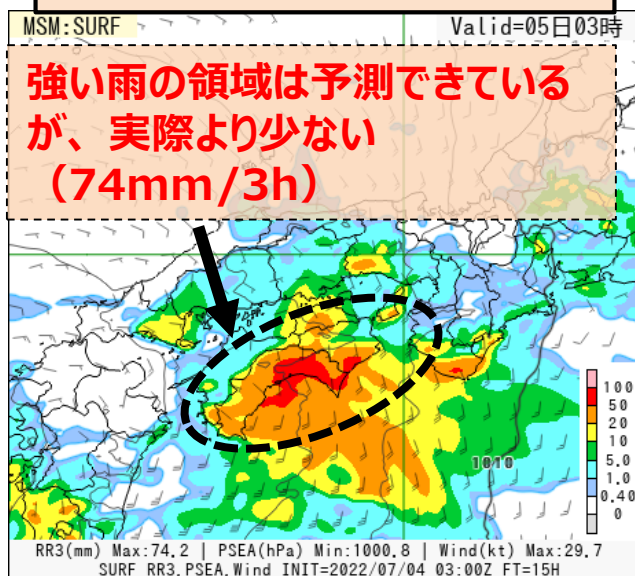
令和4年9月17日16時45分
福岡管区気象台発表

大型で猛烈な台風第14号は、18日夜遅くから19日夕方にかけて九州北部地方にかなり接近する見込みです。九州北部地方では、記録的な暴風、高波、高潮、大雨となるおそれがあり、特別警報を発表する可能性があります。暴風やうねりを伴った高波、高潮、土砂災害、低い土地の浸水、河川の増水や氾濫に厳重に警戒してください。また、**九州北部地方では、18日午前中から19日にかけては、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。**

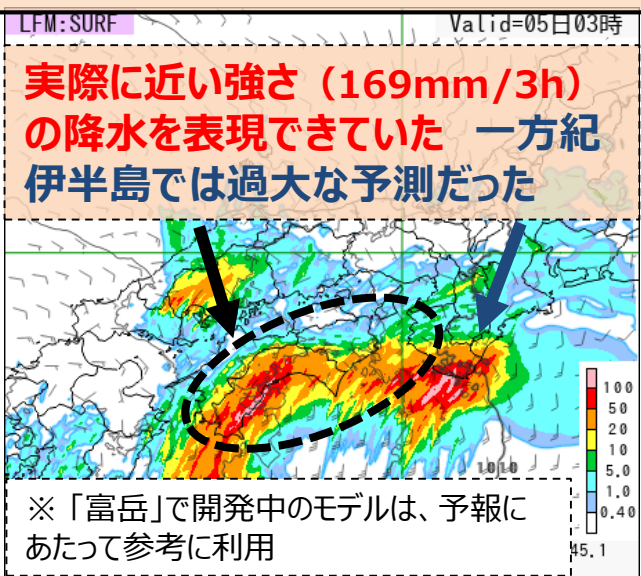
半日前からの呼びかけの例

【事例1】令和4年7月5日3時頃に高知県で発生した線状降水帯

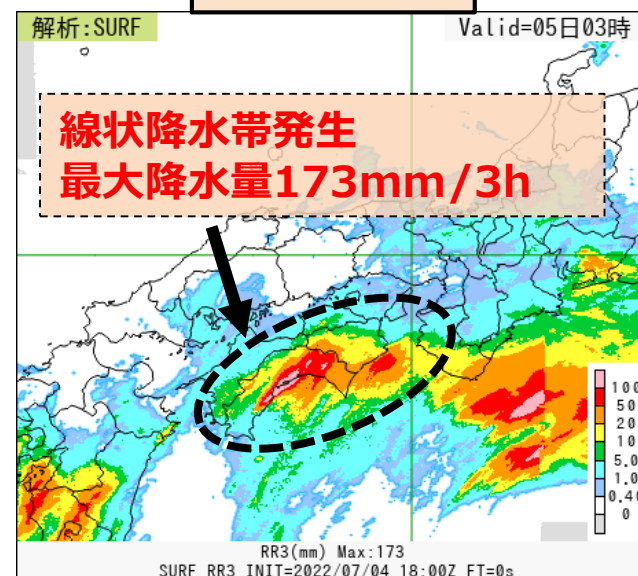
現業5kmメソモデルの予測
(15時間前からの予測)



「富岳」1km局地モデルの予測
(15時間前からの予測)



実際の降水
(観測)

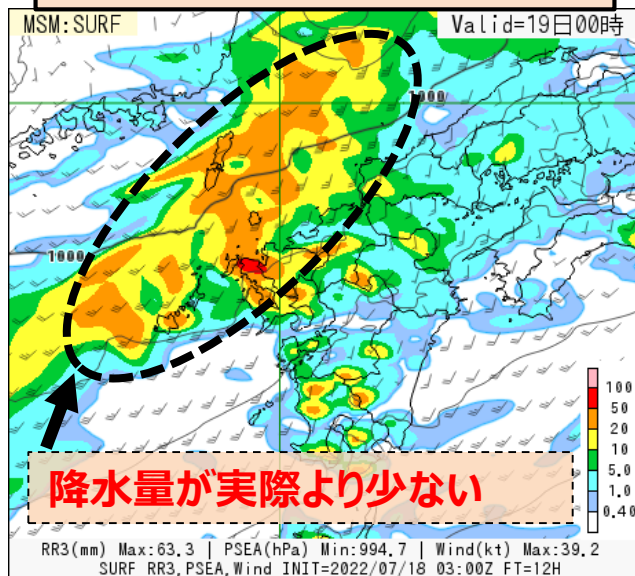


15時間前からの予測において、

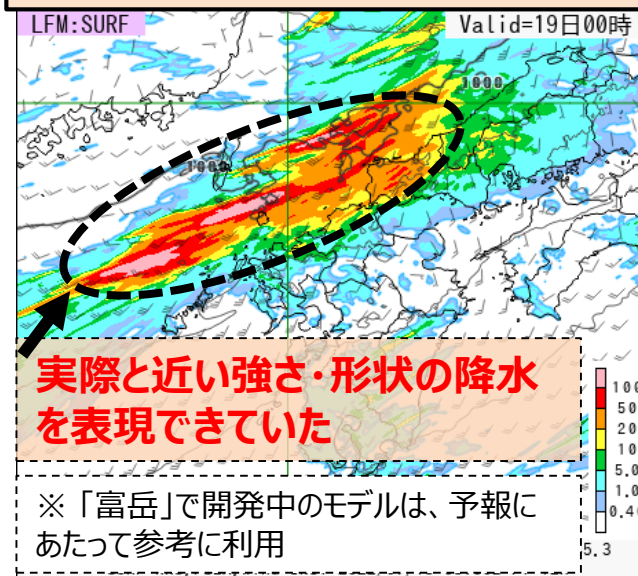
- 【左図】 気象庁スパコンで現業運用中の水平解像度5kmのメソモデル(MSM)による予測:
 - ・ 四国南岸で強雨が降る予測はできていたが実際の降水量に比べて過小。
- 【中図】 「富岳」で開発中の水平解像度1kmの局地モデル(LFM)の実験による予測:
 - ・ 実際に近い強さの降水を表現したが、降水域は実際に降った場所からずれていた。
 - ・ また、広島や紀伊半島などで過大な予測。

【事例6】令和4年7月19日0時頃に山口県で発生した線状降水帯

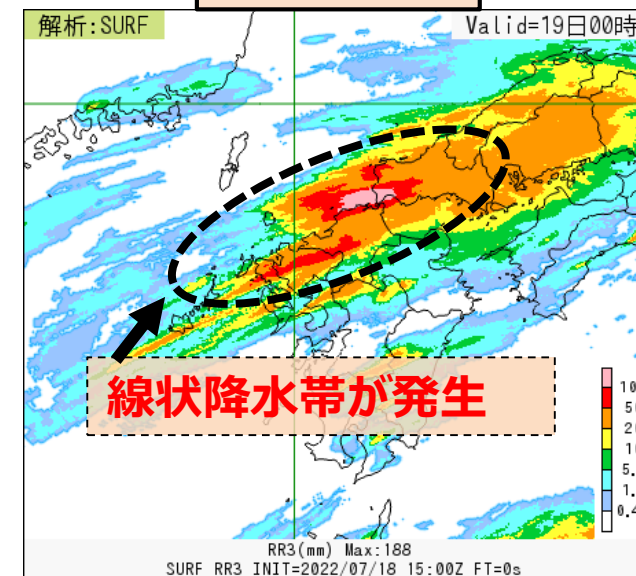
現業5kmメソモデルの予測
(12時間前からの予測)



「富岳」1km局地モデルの予測
(12時間前からの予測)



実際の降水
(観測)



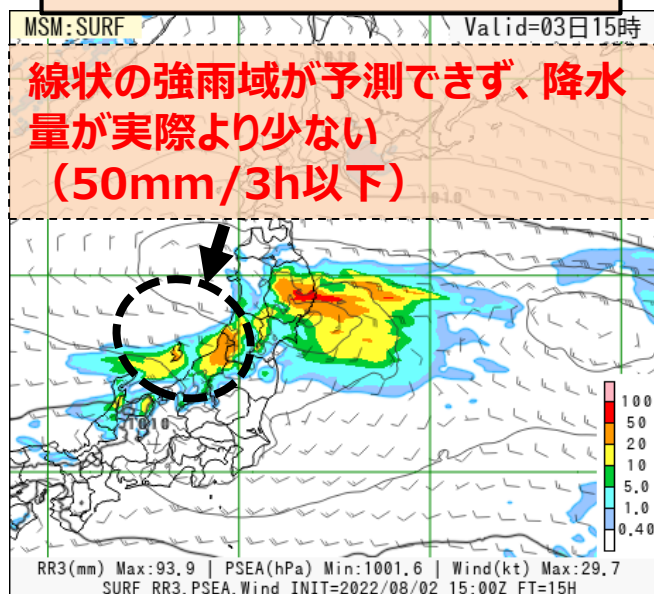
12時間前からの予測において、

- 【左図】 気象庁スパコンで現業運用中の水平解像度5kmのメソモデル(MSM)による予測：
 - ・ 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。
- 【中図】 「富岳」で開発中の水平解像度1kmの局地モデル(LFM)の実験による予測：
 - ・ 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」を予測。

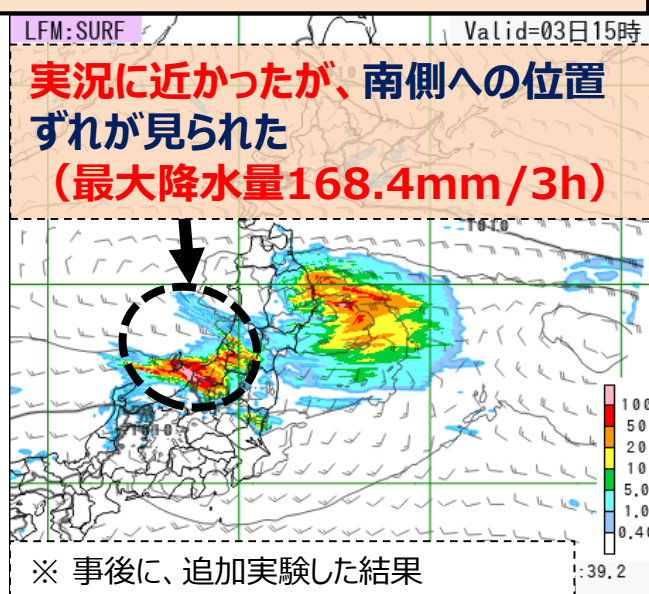
【半日前予測】線状降水帯に関する数値予報システムの予測結果③

【事例 8～9】令和4年8月3日に山形県、新潟県で発生した線状降水帯

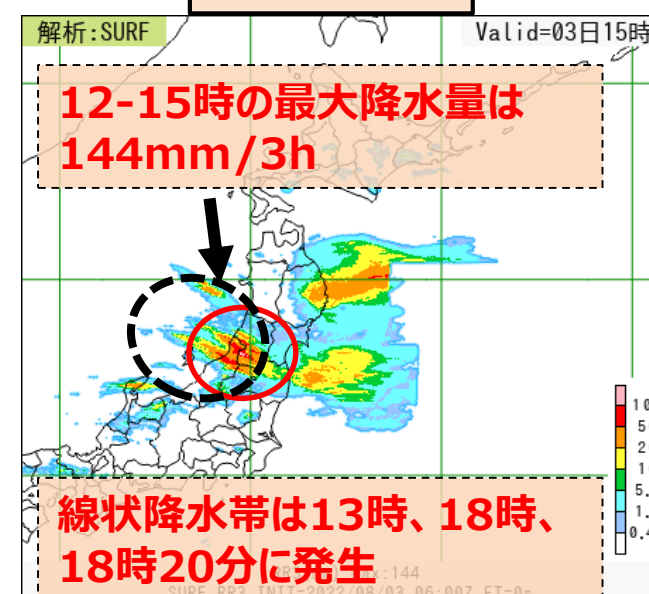
現業5kmメソモデルの予測
(15時間前からの予測)



「富岳」1km局地モデルの予測
(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

- **【左図】** 気象庁スパコンで現業運用中の水平解像度5kmのメソモデル(MSM)による予測：
 - ・ 予測降水量は、過小かつ、線状の強雨域を予測できていない。
- **【中図】** 「富岳」で開発中の水平解像度1kmの局地モデル(LFM)の実験による予測：
 - ・ 予測降水量は、南側への位置ずれが見られたが、実況に近かった。

・ <現状・課題>

- 半日前予測の精度は、概ね運用当初の想定通りであるが、十分とはいえない。特に、過去事例の少ない北日本や東日本における予測精度は不十分である。
- MSM（メソモデル；5km）では予測降水量が実況と比べて過小の場合が多い一方、LFM（局地モデル）では位置ずれ等はあるものの、2kmLFMや富岳1kmLFMのように高解像度化することによって強い降水を予測できる事例が増えていた。

・ <改善に向けて>

- 半日前予測の目安に利用しているガイダンスの評価・検証を行い、現在あるガイダンスのより適切な利用や、目安におけるLFM利用の可能性を検討する。
- 数値予報モデルの改良を進める。今年度内の主な計画は以下のとおり。
 - 【令和5年3月】 LFM（局地モデル）：モデル内で表現する雲・対流等の物理過程、地形標高の改良
 - 【令和5年3月】 MEPS（メソアンサンブル予報システム；5km）：アンサンブルのばらつかせ方を改良
- 以下の運用開始に向けて、これらのプロダクトおよび関係する新規ガイダンスの開発・活用方法を検討する。
 - 【令和5年度末】 LFMの予報時間延長（2km10時間⇒2km18時間）
 - 【令和7年度末】 LFMの高解像度化（2km18時間⇒1km18時間）
 - 【令和7年度末】 LEPS（局地アンサンブル予報システム；2km）