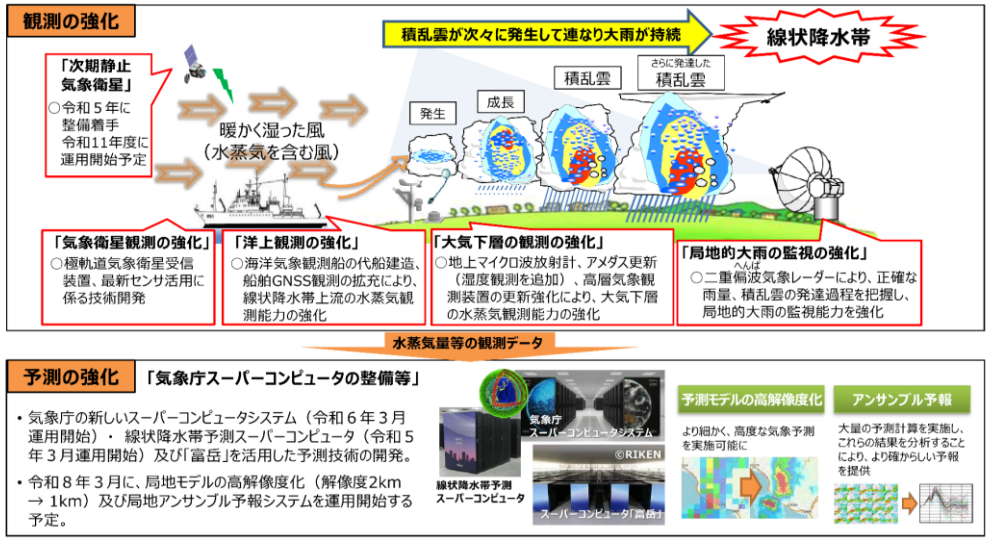
第2章 応用編

2.3 数値予報システムにおける線状降水帯予測精度向上の取組

線状降水帯の予測精度向上に向けた取組（観測・予測の強化）

線状降水帯は、現状の観測・予測技術では、正確な予測が困難なため、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進め、速やかに防災気象情報の高度化に反映し、住民の早期避難に資する情報を提供する。



（気象庁HPより）
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/jma_suigai/jma_suigai.html

気象庁では、線状降水帯の予測精度向上に向けた取組の強化・加速化として、「観測の強化」、「予測の強化」、「情報の改善」に関する取組を進めている。本節では、多くの取組のうち、水蒸気観測データの数値予報への利用開発と数値予報モデルの改良について紹介する。「観測の強化」としては、「アメダスへの湿度計導入」、「気象レーダーの更新強化」、「洋上の水蒸気等の観測の強化」、「マイクロ波放射計の整備等」、「高層気象観測の強化」、「気象衛星観測の強化」に取り組んでいる。「予報の強化」としては、「スーパーコンピュータ「富岳」を活用した予測技術の開発」に取り組んでいる。

線状降水帯の予測精度向上の強化・加速化に向けた取組状況

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。
- 令和５年３月にメソ・局地解析で利用開始し、令和６年６月に利用観測点を拡充（本資料集2.2節）

「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。
- メソ・局地解析での反射強度及びドップラー速度データの品質改善を確認し随時に利用開始（本資料集2.2節）

「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。
- メソ解析において、令和３年８月に気象庁観測船および海上保安庁測量船によるGNSS観測データの可降水量として利用を開始し、令和４年度に民間船舶による観測データを順次利用開始。令和５年３月にメソ解析で利用法の改良、局地解析での利用を開始。
- 令和６年６月に、メソ・局地解析で新凌風丸のGNSS観測データの利用を開始（本資料集2.2節）

「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。
- 令和６年３月にメソ・局地解析での利用を開始（本資料集2.2節）

「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

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

水蒸気等の観測データ

「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～10月に実施（本節）
- 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

「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。

（令和6年6月13日 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）資料1に加筆）

気象庁 Japan Meteorological Agency　令和6年度数値予報解説資料集　318

線状降水帯の予測精度向上に向けた取組状況のうち、数値予報での取組状況を赤字で示す。

令和5年3月にメソ・局地解析で利用を開始した「アメダスへの湿度計導入」について、令和6年6月には利用観測点を拡充し、令和4年度予算で整備された湿度計の利用を開始した。

「気象レーダーの更新強化」について、更新された二重偏波レーダーに対して、メソ・局地解析で利用している反射強度及びドップラー速度のデータ品質の改善を確認し、随時利用開始している。

「洋上の水蒸気等の観測の強化」について、令和3年8月にメソ解析で気象庁観測船および海上保安庁測量船に搭載されたGNSS水蒸気観測装置から得られる可降水量データの利用を開始した。令和4年度には民間船舶にもGNSS水蒸気観測装置が搭載され、随時それから得られる可降水量データの利用を開始した。令和5年3月にメソ解析で可降水量データの利用法を改良し、同時に局地解析での利用を開始した。さらに、令和6年6月に、メソ・局地解析で新凌風丸のGNSS観測データの利用を開始した。（本資料集2.2節）

「地上マイクロ波放射計の整備」について、令和4年7月にメソ解析で試験環境での利用を開始し、令和6年3月に気象庁スーパーコンピュータシステムの更新とともに、メソ・局地解析で利用開始した。（本資料集2.2節）

「スーパーコンピュータ『富岳』を活用した開発」について、令和5年度に引き続き、令和6年度も1km LFMのリアルタイムシミュレーション実験を実施した。

「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」については、令和6年3月に気象庁スーパーコンピュータシステムを更新し、令和5年3月に導入した線状降水帯予測スーパーコンピュータと一体的に運用することで以下の改善を実施した。

・メソ・局地解析での地上マイクロ波放射計の利用開始

・極軌道気象衛星受信装置により取得可能となったNOAA-21の観測データの全球・メソ・局地解析での利用開始

・局地モデルの改良

・毎時実行の局地モデルのうち3時間ごとの実行について予報時間を10時間から18時間に延長

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

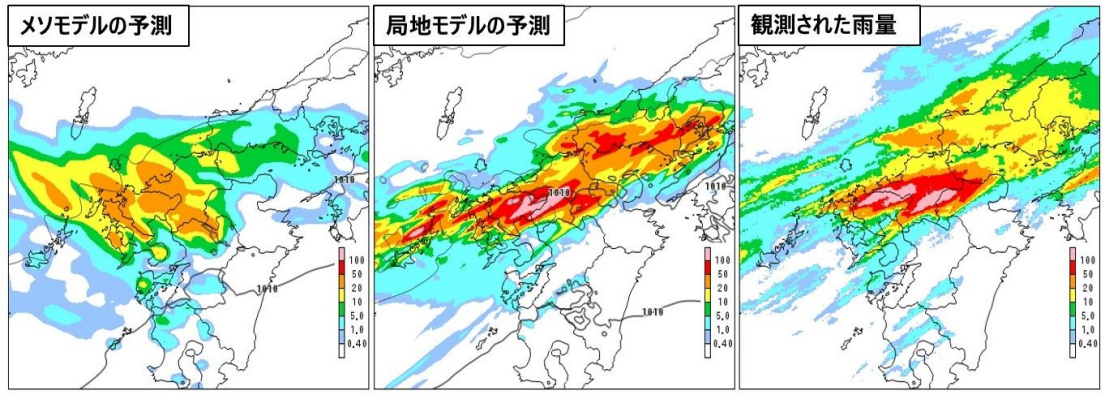
線状降水帯半日前予測にはこれまで主に水平解像度5kmのメソモデルを用いていたところ、

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（日本時間）初期値における15時間先の降水量予測（前3時間降水量）



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る。

（令和6年6月13日 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）資料1を一部編集）

令和5年度末に実施した数値予報システムの改良のうち、局地モデル（水平格子間隔: 2km）の予報時間延長とモデルの改良について示す。

スーパーコンピュータ「富岳」での高速化等の開発の成果を導入することで、局地モデルの毎時実行のうち、00, 03, 06, 09, 12 , 15, 18, 21 UTCの3時間毎の初期時刻について、10時間から18時間に予報時間を延長した。その他の初期時刻は10時間のままである。また、局地モデルの雲物理過程・放射過程・力学過程の改良を行った。

この改良によって、メソモデル（水平格子間隔: 5km）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が確認され、これまで主にメソモデルを用いていた線状降水帯の半日程度前からの予測に局地モデルが利用できるようになった。

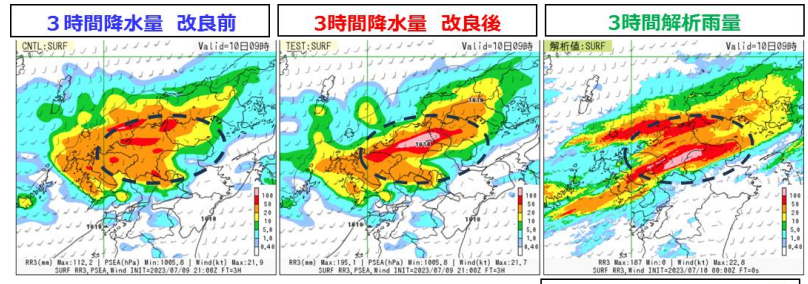
これら改良について、本資料集2.1節に解説があるので参照されたい。

令和6年3月の改良（メソモデル、局地モデル）

- 地上マイクロ波放射計の可降水量データを利用開始
- 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

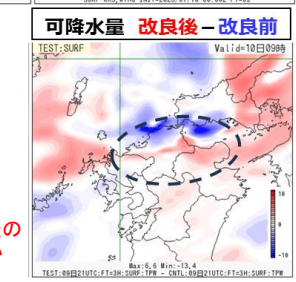
●改良の効果（メソモデル）

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



地上マイクロ波放射計

地上マイクロ波放射計の観測データ等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



赤色ほど改良後の
可降水量が多い

（令和6年6月13日 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）資料1を一部編集）

令和5年度末に実施した数値予報システムの改良のうち、メソモデル・局地モデルの初期値作成（解析）への地上マイクロ波放射計及び極軌道衛星NOAA-21の観測データの利用開始について示す。

地上マイクロ波放射計は、令和4年度までに西日本及び太平洋沿岸域の17箇所に設置され、実況監視に利用するとともに、数値予報へ利用するための開発を行ってきた。令和5年度にはメソ・局地解析に可降水量データとしてリアルタイムで同化する試験を実施し、効果の確認を行ってきた。

NOAA-21の観測データは、令和5年6月に運用開始した極軌道気象衛星受信装置により新たに取得できるようになった。衛星搭載のATMSとCrISによる観測データを既存の同様の衛星観測データと合わせて利用することで、数値予報の初期値の気温場や水蒸気場の改善が期待された。

これらの観測データの利用によって、メソモデル・局地モデルの初期値の水蒸気分布が改善し、これにより線状降水帯に伴う降水の分布や強度の予測が改善することが確認された。

これら改良について、第2.2節に解説があるので参照されたい。

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」の政策対応利用課題により、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、昨年度に引き続き、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10月31日にかけて、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**。

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）

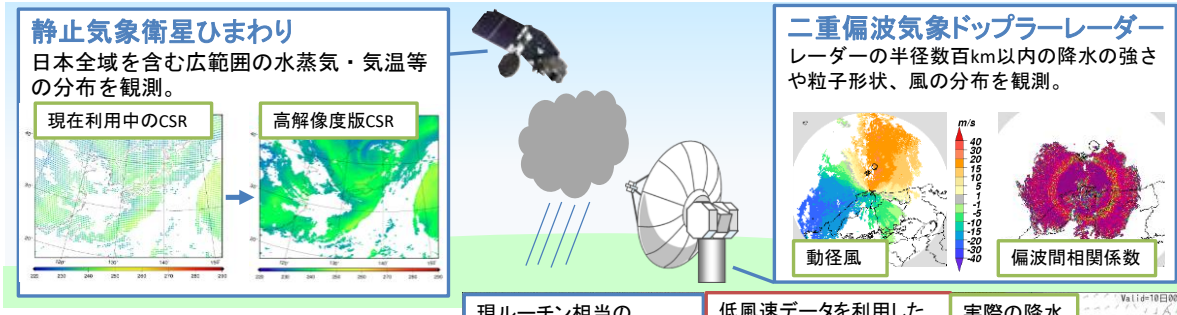
（令和6年6月13日 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）資料1より）加筆

気象庁 Japan Meteorological Agency　令和6年度数値予報解説資料集　321

最後に、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について述べる。気象庁は文部科学省・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」の政策対応利用課題により、「富岳」へ数値予報モデルを移植し、水平解像度1kmのLFMだけでなく、局地アンサンブル予報システム、高解像度の全球モデル等の開発を進めている。令和4年6月～10月に、「富岳」上で開発中の1kmLFMを用いたリアルタイムシミュレーション実験を西日本で実施し、令和5年6月～10月のリアルタイムシミュレーション実験では、領域を現業LFMと同じ全国領域で実施した。このリアルタイムシミュレーション実験の成果を活かし、令和5年3月に稼働した「富岳」の同型機となる線状降水帯予測スーパーコンピュータ上で、令和6年3月に2kmLFMの予測時間を18時間に延長した。令和6年度は前年度と同様に6月から10月にかけて、全国領域を対象としたリアルタイムシミュレーション実験を実施した。実行頻度を前年度の1日2回から1日4回に倍増し、より本運用に近い条件での実験・評価を行った。令和7年度末の1kmLFMの現業化に向けて鋭意開発を進めている。

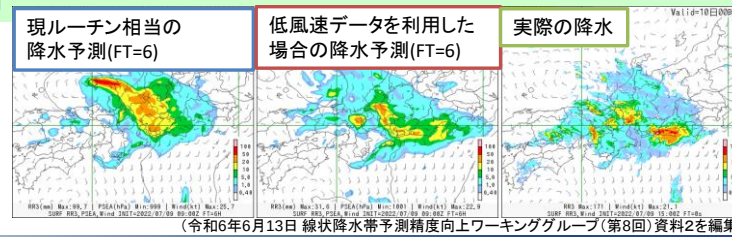
「富岳」を活用した学官連携による観測データの利用高度化

- 近年のリモートセンシング技術の進歩により、観測要素の増加や解像度の向上などの高度化した観測データの情報をより引き出して数値予報システムに適切に取り込んでいくことが重要である。
- 「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。
- 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。



観測データの利用方法の改善による降水予測の改善例

レーダーの二重偏波化により精度の向上した低風速のデータを利用することで降水予測が改善する事例を確認。



（令和6年6月13日 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）資料2を編集）

気象庁 Japan Meteorological Agency　令和6年度数値予報解説資料集　322

モデルの高度化に取り組む一方で、観測データの利用方法の高度化により、初期値の改善を図ることも線状降水帯予測にとって大切な課題である。

近年のリモートセンシング技術の進歩により、観測要素の増加や解像度の向上などの高度化した観測データの情報を、より引き出して数値予報システムに適切に取り込んでいくことが重要になっている。

気象庁では、大学や研究機関の持つ観測データやその活用に関する先端的な知見を現業システムに円滑に取り込むため、「富岳」に現業準拠の数値解析予報実験システムを構築して、共同で研究開発を進めることにより、開発の加速化を図っている。

開発課題として、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している。

参考文献

- 気象庁, 2024: 線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第8回）
  https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/senjoukousuitai_WG/part8/gaiyou.html
- 数値予報開発センター, 2022: メソ解析における船舶GNSS可降水量の利用. 令和3年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 61-65.
- 数値予報開発センター, 2023: 水蒸気観測データの数値予報での利用に関する開発. 令和4年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 99-102.
- 数値予報開発センター, 2024: 船舶GNSS観測データのメソ解析での利用改良および局地解析における新規利用. 令和5年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 56-59.
- 数値予報開発センター, 2024: メソ解析および局地解析におけるアメダス湿度計データの新規利用. 令和5年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 60-62.
- 数値予報開発センター, 2024: 観測データの新規導入と利用方法の改良. 令和5年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 93-96.
- 数値予報開発センター, 2024: 水蒸気観測データの数値予報での利用に関する開発. 令和5年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 97-98.
- Nakamura,Y., K.Yoshimoto, and K.Yamamoto, 2024: Operational Use of Ground-based Microwave Radiometer Data in JMA's Regional NWP Systems. WGNE Res. Activ. in Earth System Modell., 54, 6-05.