

線状降水帯の予測精度向上に向けた取組

鹿児島地方気象台

1. はじめに

近年、全国各地で毎年のように大雨による甚大な被害が発生しています。九州地方でも令和2年7月豪雨（九州で記録的な大雨。球磨川など大河川で氾濫が相次ぐ。）を始め、過去には平成24年7月九州北部豪雨（熊本県熊本地方・阿蘇地方や大分県西部、福岡県筑後地方など九州北部で記録的な大雨）、平成29年7月九州北部豪雨（福岡県朝倉市や大分県日田市など九州北部で記録的な大雨）など、多くの人命が奪われる甚大な被害が発生しています。これまでの研究で、これらの甚大な大雨災害は、線状降水帯の発生によってもたらされたことが分かっています。

線状降水帯とは、湿った空気の流入が持続することで、次々と発生した積乱雲により線状の降水域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞することで大雨をもたらす、甚大な災害につながる現象です。気象庁では線状降水帯予測精度向上を喫緊の課題と位置づけ、産学官連携で世界最高レベルの技術を活用し、船舶 GNSS による洋上の水蒸気観測等の強化や、大学等の研究機関と連携した予報モデルの開発を進めています。

ここでは、線状降水帯予測の精度向上に向けた、気象庁における取組について概要を紹介します。

2. 防災気象情報の改善（顕著な大雨に関する気象情報の発表：令和3年出水期～）

線状降水帯による大雨により災害発生の危険度が急激に高まることが社会に浸透しつつあること、線状降水帯が発生している場合は、危機感を高めるためにそれを知らせてほしいという要望があることから、気象庁は令和3年6月から「顕著な大雨に関する気象情報」を発表することとしました。この情報は、大雨による災害発生の危険度が高まっている中（警戒レベル4相当以上の状況）で、線状の降水帯により非常に激しい雨が同じ場所で実際に降り続けている状況を、「線状降水帯」というキーワードを使って解説するものです。顕著な大雨に関する気象情報が発表された際には、「雨雲の動き」、「今後の雨」（1時間雨量又は3時間雨量）において、大雨による災害発生の危険度が急激に高まっている「線状降水帯の雨域」を赤い楕円で表示します（図1右）。

令和3年7月10日には、対馬海峡付近に梅雨前線が停滞し、九州地方に暖かく湿った空気が次々と流れ込み、大気の状態が不安定となって広い範囲で大雨となりました（図1）。鹿児島県では7月10日明け方に線状降水帯が発生し、鹿児島地方気象台は「顕著な大雨に関する鹿児島県気象情報」を発表しました（図2）。その約2時間後には、出水・伊佐、川薩・始良の5市町村に大雨特別警報を発表し、最大級の警戒を呼びかけています。7月9日から

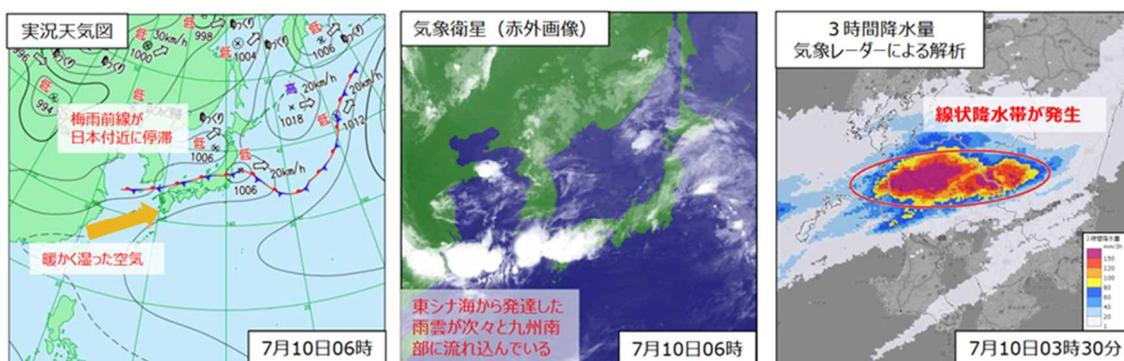


図1. 鹿児島県に線状降水帯発生時の気象状況（令和3年7月10日）

顕著な大雨に関する鹿児島県（奄美地方を除く）気象情報 第1号
 令和3年7月10日03時29分 鹿児島地方気象台発表

（見出し）
 薩摩地方では、線状降水帯による非常に激しい雨が同じ場所で降り続けています。命に危険が及び土砂災害や洪水による災害発生の危険度が急激に高まっています。

図2. 鹿児島地方気象台が発表した顕著な大雨に関する気象情報

10日にかけての総降水量が鹿児島県さつま町や伊佐市で500ミリを超える記録的な大雨となりました。

顕著な大雨に関する気象情報が発表された場合は、以下の様に身の安全を確保してください。

- ＜顕著な大雨に関する気象情報が発表された場合の行動＞
- 崖や川の近くなど、危険な場所にいる方（土砂災害警戒区域や浸水想定区域など、災害が想定される区域にいる方）は、地元市町村から発令されている避難情報に従い、直ちに適切な避難行動を取ってください。
 - 周りの状況を確認し、避難場所への避難がかえって危険な場合は、少しでも崖や沢から離れた建物や、少しでも浸水しにくい高い場所へ移動するなど、身の安全を確保してください。
 - 市町村から避難情報が発令されていなくても、今後、急激に状況が悪化するおそれもあります。キキクル（危険度分布）や水位情報等の情報を確認し、少しでも危険を感じた場合には、自ら安全な場所へ移動する判断をしてください。

3. 観測の強化

線状降水帯の予測精度を向上させるためには、海上から陸域への水蒸気の流入を正確に捉える必要があります。気象庁では令和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）観測装置を設置して観測を開始しました。また、陸上では、令和3年からアメダス気象計に順次湿度計を導入しており、令和4年度末には全国274地点で湿度の観測を開始しています。令和4年度には西日本や太平洋南側沿岸域の17箇所にマイクロ波放射計を設置したほか、館野（つくば市）・福岡・鹿児島の高層気象観測の自動化を行い、大気下層の水蒸気観測能力

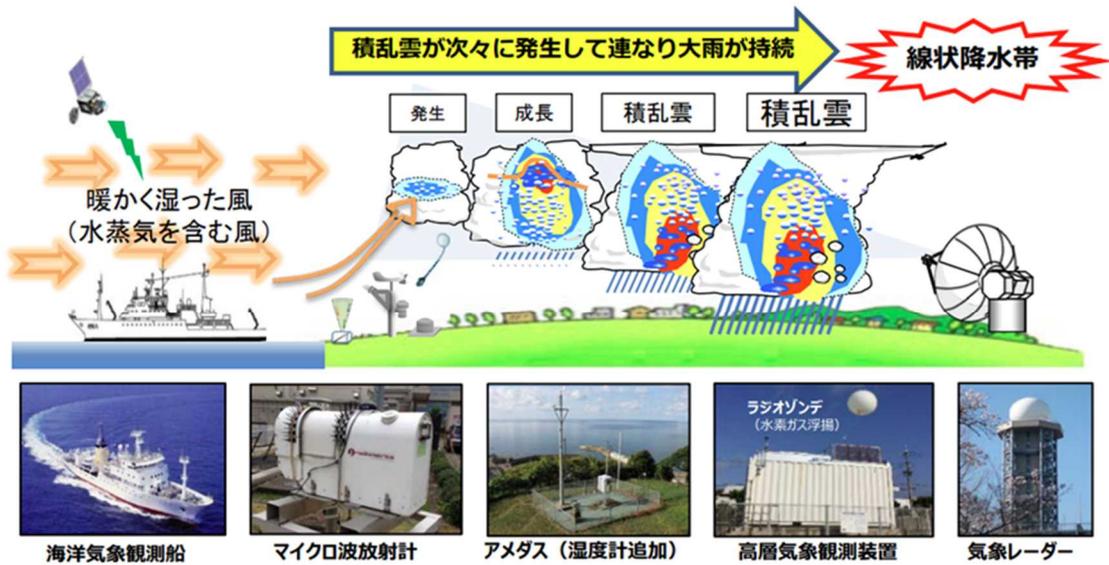


図3. 線状降水帯の予測精度向上の加速化に向けた観測の強化

を強化しています。さらに、全国 20 か所の気象レーダーを二重偏波気象レーダーへ順次更新（令和 4 年 12 月までに 10 か所を更新済み）しており、正確な雨量観測、積乱雲の発達過程を把握することで、局地的大雨の監視能力の強化を図っています（図 3）。

山口県を含む九州地方では、気象官署等の 28 箇所に加えて 120 箇所のアメダスで湿度の観測が可能となり、これまで以上に気象状況を時間的・地域的に細かく監視できるようになりました。これらのデータは気象庁 HP でリアルタイムに見ることができます（図 4 左）。

マイクロ波放射計は、上空の風向・風速を測定するウィンドプロファイラ観測点（8 箇所：厳原、平戸、熊本、大分、延岡、市来、屋久島、名瀬）に隣接して設置し、上空の水蒸気量の鉛直分布についても測定できるようになりました。各気象台における日々の実況監視等で利用されている他、研究にも活用されています（図 4 中）。

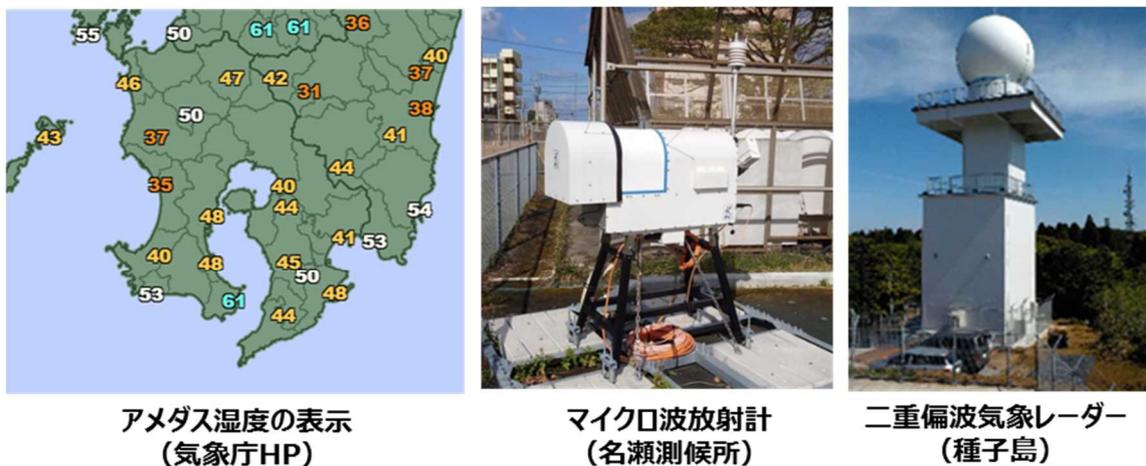


図 4. 観測の強化（鹿児島県内）

気象レーダーについては、令和2年度に福岡、令和4年度に種子島をそれぞれ二重偏波気象レーダーに更新しています（図4右）。令和5年度末には、名瀬レーダーも更新する予定です。

高層気象観測は、これまで1日2回（09時・21時）気球を手動で放球して観測していましたが、自動放球装置（ABL：Automatic Balloon Launcher）を設置し、鹿児島は令和5年2月末から、福岡では令和5年3月下旬から運用を開始しました。名瀬（奄美大島）に設置しているABLとともに、大雨や線状降水帯の発生が予測される場合、台風が接近する場合など、臨時に観測が必要になった場合でも適時に観測できるようになりました（図5）。



図5. ABLからの放球の様子（鹿児島地方気象台）

4. 線状降水帯予測情報（広域を対象とした半日前からの予測：令和4年6月～）

線状降水帯が発生することで大雨災害発生の危険度が急激に高まることから、事前に心構えを一段高めていただくことを目的として、令和4年6月から線状降水帯による大雨の可能性のある程度高いことが予想された場合には、気象情報の中で半日程度前から「線状降水帯が発生して大雨災害の危険度が急激に高まる可能性がある」ことを呼び掛けることとしました。現状では地域を絞り込んだ予測は難しいことから、「九州南部・奄美地方」「九州北部地方」など大まかな地域を対象に発表しています。この呼びかけですぐに避難行動をとるのではなく、大雨災害に対する危機感を早めにもっていただき、ハザードマップや避難所・避難経路の確認等を行ってください。

鹿児島地方気象台では、令和4年に九州南部・奄美地方を対象として、半日前からの線状降水帯予測情報を3回発表しました（図6）。このうち、9月17日～19日の台風第14号の接近時に、宮崎県で線状降水帯が発生して顕著な大雨となり、宮崎地方気象台は15市町村に大雨特別警報（土砂災害）を発表しています。

大雨と突風に関する九州南部・奄美地方気象情報 第2号
 令和4年7月15日10時30分 鹿児島地方気象台発表

(見出し) 九州南部では、15日夜から16日午前中にかけて、線状降水帯が発生して大雨災害の危険度が急激に高まる可能性があります。九州南部では、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。

図6. 鹿児島気象台が発表した地方気象情報（令和4年7月15日）

令和4年は、全国的には11回線状降水帯が発生しましたが、そのうち8回は事前に予測情報を出すことができませんでした（見逃し：11回中8回）。また、半日前の予測情報を13回発表しましたが、そのうち実際に線状降水帯が発生したのは3回でした（適中：13回中3回）。これは、発表開始前に想定した情報の予測精度とほぼ同程度の精度となっています。一方、呼びかけを行った13回について雨の降り方を調べると、線状降水帯が発生していなくても大雨（3時間降水量が150mm程度以上）となった事例が4回あり、この呼びかけが行われた時は、大雨の可能性が高いことが改めて確認されました。

気象庁では、令和5年度以降も段階的に予測時間を延ばすとともに、段階的に対象地域を狭めて行き、令和11年（当初の計画よりも1年前倒し）には、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、半日前から提供できるよう情報の改善を進めていきます（図7）。

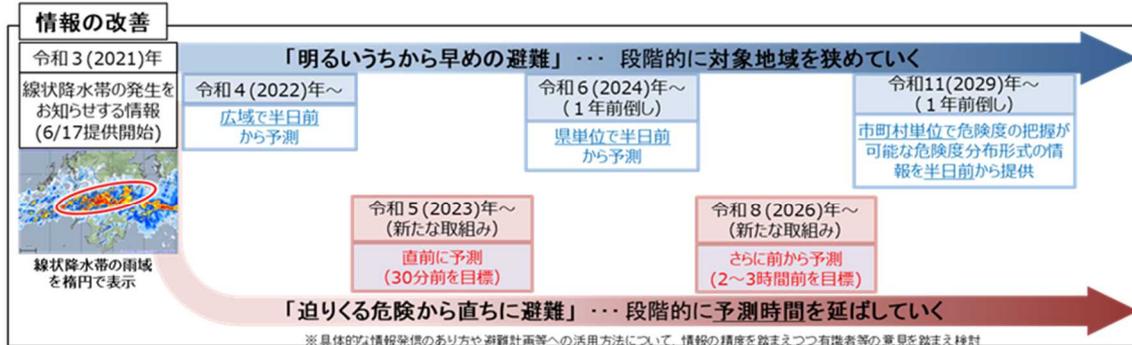


図7. 予測精度向上を踏まえた段階的な線状降水帯発生予測

5. 線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究

気象庁は、令和2年12月に「線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ」を発足し、全国の大学等の研究機関と連携することで、線状降水帯の予測精度向上に向けた技術開発・研究をオールジャパンで実施できるよう検討してきました。令和4年には、メカニズム解明に向けた高密度な集中観測や、スーパーコンピュータ「富岳」を活用したリアルタイムシミュレーション実験を実施しています。

(1) 線状降水帯のメカニズム解明研究のための高密度な集中観測

気象研究所が中心となり大学等の14機関と連携して、令和4年6月から九州を中心とし

た西日本において高密度な集中観測を実施し、線状降水帯の発生しやすい条件や線状降水帯の内部構造を把握するための高密度な集中観測を実施しました(図8)。気象研究所では、関係する研究者がオンラインで一堂に会する「線状降水帯の機構解明に関する研究会」を6回開催(令和4年12月現在)し、集中観測や解析の成果を逐次共有するとともに、今後の課題を明確にして研究を進めています。

(2) 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課題により、高解像度数値予報モデル(解像度1km)、局地

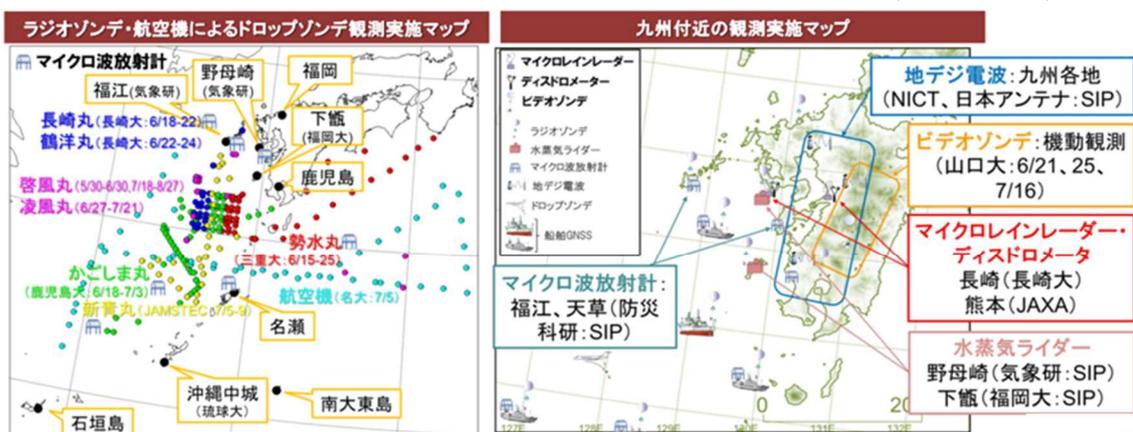


図8. 線状降水帯のメカニズム解明研究のための高密度な集中観測(令和4年)

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ます。令和4年度は、開発中の高解像度数値予報モデルを用いたリアルタイムシミュレーション実験を実施しました。

これまでの解析結果から、線状降水帯の発生しやすい条件及び線状降水帯の内部構造の理解が進展するとともに、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るなどの成果が得られました(気象庁報道発表資料:令和4年12月27日)。

6. 線状降水帯予測スーパーコンピュータの稼働開始

現在、線状降水帯による大雨の可能性の半日前からの呼びかけを行う際、その判断には主に水平解像度が5kmの数値予報モデル(メソモデル)の計算結果を用いていますが、線状降水帯を構成する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、事前には予測できない状況です。

線状降水帯を構成する個々の積乱雲を精緻に表現し予測精度を向上させるため、気象庁は、現在運用中のスーパーコンピュータの約2倍の計算能力を持つ「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」を導入し、令和5年3月1日から稼働を開始しました。これにより、

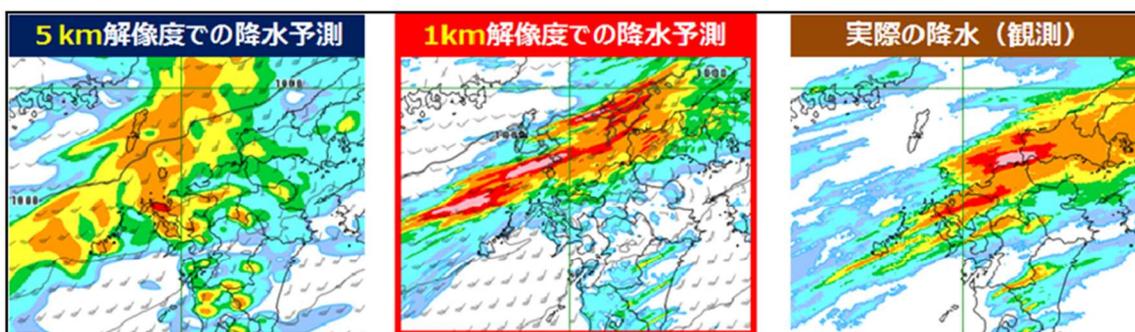


図9. 水平解像度1kmに高解像度化した局地モデルのイメージ

スーパーコンピュータ「富岳」を活用した予測事例の1つ。水平解像度1kmのモデルでは、降水域の位置ずれ等の課題はあるものの、強い降水を予測できる事例が増えることを確認した。

令和5年度には、より細かな水平解像度2kmの数値予報モデル（局地モデル）による予測を用いて、線状降水帯による大雨の可能性の半日前からの呼びかけにも利用できるようにします。また、令和7年度には水平解像度をさらに細かく1kmに高解像度化することを目指して、数値予報モデルの開発を進めます（図9）。新しいスーパーコンピュータの高い計算能力の活用により、令和6年度開始予定の都道府県単位での半日前からの呼びかけをはじめとする情報の改善に順次つなげ、防災活動の支援の強化に取り組んでいきます（気象庁報道発表資料：令和5年2月24日）。

<参照資料>

- 線状降水帯に関する各種情報（気象庁 HP 解説）
- 気象庁報道発表資料（令和3年12月24日）
令和4年度気象庁関係予算決定概要
- 気象庁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）資料
（令和4年12月27日）
- 気象庁報道発表資料（令和4年12月27日）
線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究の成果について
- 気象庁報道発表資料（令和5年2月24日）
「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」を稼動開始します