

線状降水帯の予測精度向上のための 気象観測・監視の強化

気象庁大気海洋部業務課

1 はじめに

線状降水帯とは、次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなし、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水をともなう雨域のことをいいます。線状降水帯による顕著な大雨により、令和2年7月豪雨での球磨川の氾濫、平成29年7月九州北部豪雨での土石流や河川の氾濫など、毎年のように数多くの甚大な災害が生じています。一方で、その発生地域や時間を正確に事前に予測することは現在の科学技術では困難です。

本稿では、線状降水帯の予測精度向上に向けて、線状降水帯の発生に結びつく大気の状態、特に水蒸気の流入量を面的かつ時間的に連続して捉えるために気象庁が進めている、

海上保安庁と連携した洋上観測の拡充、アメダスへの湿度計導入及び最新の二重偏波気象ドップラーレーダーへの更新について解説するとともに、「線状降水帯」というキーワードを使って解説する「顕著な大雨に関する情報」の運用開始について記述します。

2 線状降水帯の予測精度向上のための気象観測の強化

(1) 海上保安庁と連携した洋上観測の拡充

線状降水帯の発生予測には、海洋からの水蒸気流入を捉えることが重要です。このため気象庁では海上保安庁と連携し、九州西方などの海域における水蒸気観測を強化しています。

この水蒸気観測として、従来の高層気象観測（ラジオゾンデという機器で上空の温度・湿度・風を観測）に加えて、近年、全球測位衛星システム（GNSS）を用いて水蒸気量を観測する手法（以下、GNSS観測）が開発されました。GNSSとは、米国のGPSや我が国の準天頂衛星システムなど、衛星を用いた測位システムの総称です。

GNSS観測では、衛星からの電波が地上や船舶の受信機に届く際、大気中の水蒸気が多いほど到達時間が遅れる性質を利用して、上空の水蒸気量を算出しています。気象庁気象研究所による研究では、洋上における

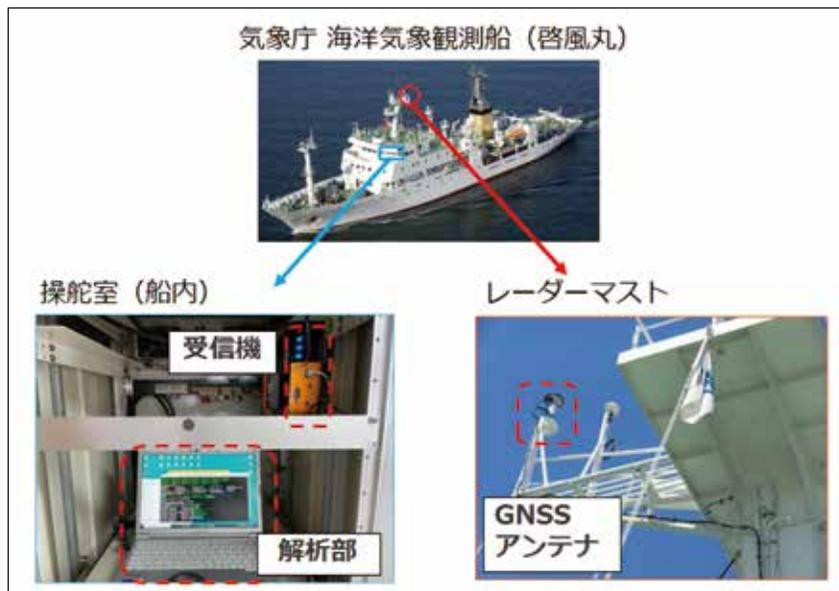


図1 GNSS観測機器

GNSS 観測の結果を用いることで、陸上の降水量予測に一定の精度向上が得られることがわかりました。これを受け、洋上 GNSS 観測を本格的に実施するため、気象庁の観測船 2 隻に所要の機器を整備し、また、海上保安庁の協力を得て、同庁所属の測量船 4 隻に同様の機器を順次搭載して、それぞれ航海中に GNSS 観測を行います。

GNSS 観測機器は、マストに取付けた GNSS アンテナと、操舵室に設置した受信機と解析装置で構成されています（図 1）。観測航海中には、まず、GNSS 衛星から電波が受信され、正確な位置情報と共に電波の遅延時間が算出されます。次に、このデータから降水量を予測するための資料のもととなる「可降水量」というデータが自動的に解析され、10 分毎に衛星通信によって気象庁に送信されます。なお、海上保安庁測量船で算出された電波の遅延時間データは、同じように気象庁へ送信された後に解析され、「可降水量」データが求められます。

さらに、気象庁観測船では 6 時間または 12 時間毎に、高層気象観測装置（気球に吊りしたラジオゾンデ）によって最大高度約 30km までの高さごとの風、気温、湿度を観測し、これらのデータも気象庁に送信されています。

これらの洋上観測で得られたデータは、気象庁の降水予報現場などで実況監視に活用されるとともに、今年の出水期中にはデータの検証を終えて数値予報に取り込まれ、本格的に線状降水帯等の予測に活用されます。

今年 6 月～7 月下旬には、水蒸気の供給が多いと予測される主に九州の西～南東の海域に気象庁観測船を機動的に派遣し、GNSS 観測及び高層気象観測を行いました。この後も 10 月までは、当初の海洋観測計画の変更も考慮しつつ、気象状況に応じて優先的に水蒸気観測を行う予定です。

（2）アメダスへの湿度計導入

気象庁は、地域気象観測システム（アメダス）^{※1}を使って、降水量、風向・風速、気温、湿度の観測を自動的におこない、雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視

しています。

アメダスは、昭和 49 年（1974 年）11 月 1 日に運用を開始し、全国の气象台や特別地域気象観測所、地域気象観測所、地域雨量観測所から構成され、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしています。現在、全国の約 1,300 か所（約 17km 間隔）で降水量を観測しており、このうち、約 840 か所（約 21km 間隔）では降水量に加えて、風向・風速、気温を観測しているほか、雪の多い地方の約 330 か所では積雪の深さも観測しています。

全国の气象台や特別地域気象観測所では、降水量、風向・風速、気温に加えて湿度も観測していますが、集中豪雨の予測能力の向上に必要な水蒸気監視能力を強化するため、令和 3 年（2021 年）3 月 4 日から 3 月末までに、54 か所の地域気象観測所について観測機器の更新を順次行い、相対湿度の観測を開始しました。

これまで、気象庁では、相対湿度の観測を行うために、乾湿計、毛髪自記湿度計、塩化リチウム露点計等を使用してきましたが、現在は静電容量型湿度計を使用しています。静電容量型湿度計については、近年の技術進展により原則年 1 回の点検で観測精度を維持できるようになったことから、観測を自動で行う地域気象観測所においても相対湿度の観測を導入することになりました。令和 3 年度（2021 年度）は、新たに 103 か所の地域気象観測所で相対湿度の観測を順次開始予定です。写真 1 は、地域気象観測所で使われる通風筒



写真 1
地域気象観測所の通風筒



写真 2
地域気象観測所の湿度計

※1 AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)

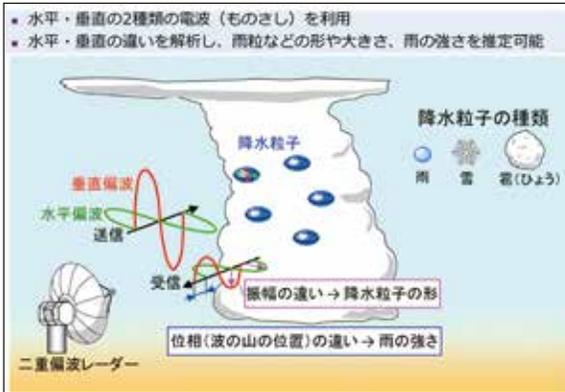


図2 二重偏波気象ドップラーレーダーの観測原理

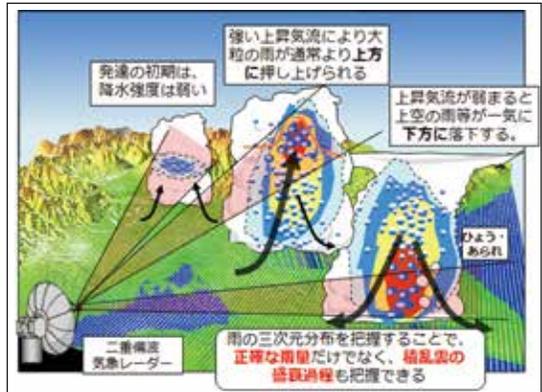


図3 二重偏波気象ドップラーレーダーを用いた積乱雲の観測

です。通風筒は日射や風雨による気温や湿度観測への影響を遮蔽する役割があり、湿度計は通風筒に内蔵されています（写真2）。相対湿度を含め、その他の気象観測データは、気象庁のホームページ^{※2}で確認することができますので、どうぞご利用ください。

（3）二重偏波気象ドップラーレーダーへの更新

気象庁は、全国20か所に気象ドップラーレーダーを設置して、我が国の陸上全域とその周辺海域における雨雲の分布やその強さを観測しています。加えて、雨粒等で反射して戻ってくる電波のドップラー効果を利用することにより、雨雲の中の風の分布も観測しています。気象レーダーの観測データは、気象現象のリアルタイムな監視のほか、全国の降水量分布（解析雨量）の算出や、数値予報モデルによる気象予測等に使われます。また、風の分布の観測は竜巻等の突風の監視にも使われています。このように気象レーダーの観測データは、大雨・洪水警報・注意報をはじめ各種防災気象情報の発表に欠かせないものとなっています。

気象庁では、令和元年度（2019年度）から「二重偏波気象ドップラーレーダー」と呼ばれる新たな機能を持つレーダーの整備を開始しました。図2に、二重偏波気象ドップラーレーダーによる観測の仕組みを示します。

従来の気象レーダーは、「水平偏波」という水平方向に振動する電波を放射し、雨粒などの降水粒子に反射した電波の強さ（反射強度）をアメダス等の地上雨量計で補正することで

雨の強さを推定しますが、雨量計のない海上から移動してくる大雨や、雨量計の設置されている地域の隙間で起きる局地的な大雨などでは補正を行わず、高精度の観測が困難という課題がありました。新たな気象レーダーは、水平偏波に加え、垂直方向に振動する「垂直偏波」という電波も同時に利用します。大気中の雨粒は、落下の際、下からの空気抵抗を受け水平方向に広がり扁平します。電波は雨粒の中を通ると速度が遅くなる性質があるため、扁平した雨粒を電波が通過するとき、雨粒の中をより多く通過する水平偏波の電波は垂直偏波の電波よりも遅れて反射されてきます。この遅れを電波の波（位相）のズレとして検出することで、落下する雨粒の量（雨の強さ）を高精度に観測することが可能となります（図3）。

3 「顕著な大雨に関する情報」の運用開始について

（1）「顕著な大雨に関する情報」のコンセプト

毎年のように線状降水帯による大雨が発生し、多くの甚大な災害が生じていることが、報道等を通じて社会的に認識されつつあり、線状降水帯による大雨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りました。

そこで気象庁は、令和3年（2021年）6月17日より、「顕著な大雨に関する情報」の運用を開始しました。この情報は、大雨による災害発生の危険度が急激に高まっている中で、

※2 「アメダス」（気象庁ホームページ）
<https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#contents=amedas>

線状の降水帯により非常に激しい雨が同じ場所で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情報です。警戒レベル相当情報を補足する情報であり、警戒レベル4相当以上の状況で発表します。

(2) 発表基準

「顕著な大雨に関する情報」は、下記①～④の条件をすべて満たした場合に発表します。

- ①: 解析雨量（5 km メッシュ）において前3時間積算降水量が100mm以上の分布域の面積が500km²以上
- ②: ①の形状が線状（長軸・短軸比2.5以上）
- ③: ①の領域内の前3時間積算降水量最大値が150mm以上
- ④: ①の領域内の土砂キキクル（大雨警報（土砂災害）の危険度分布）において土砂災害警戒情報の基準を実況で超過（かつ大雨特別警報の土壌雨量指数基準値への到達割合8割以上）又は洪水キキクル（洪水警報の危険度分布）において警報基準を大きく超過した基準を実況で超過

(3) 発表例

「顕著な大雨に関する情報」※³は、「全般気象情報」、「地方気象情報」、「府県気象情報」

顕著な大雨に関する沖縄本島地方気象情報 第1号
2021年6月29日02時49分 沖縄気象台発表
本島北部では、線状降水帯による非常に激しい雨が同じ場所で降り続いています。命に危険が及ぶ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4 顕著な大雨に関する情報を地方気象情報として発表した場合の例

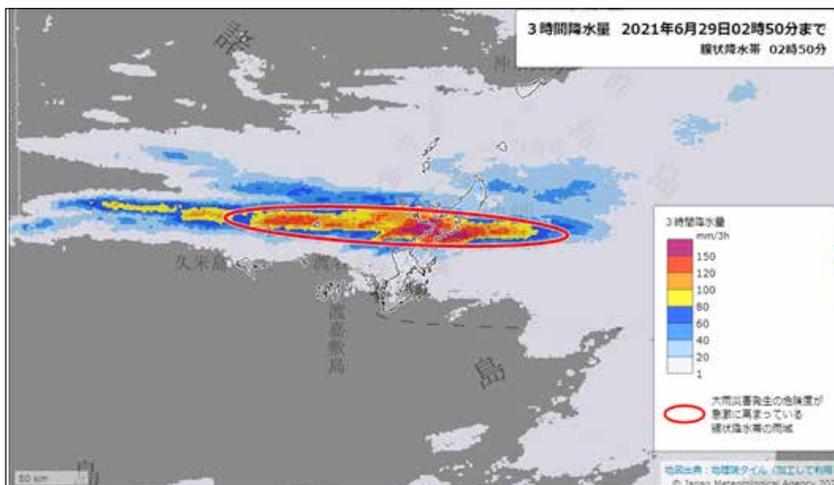


図5 「今後の雨」における楕円表示例

として発表します（図4）。また、気象庁ホームページ上では、「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5）。

4 おわりに

顕著な大雨に関する情報が発表された際は大雨災害の危険度が急激に高まっており、危機感をしっかり持つことが重要です。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とってください。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に移動するなど、身の安全を確保してください。

一方で、この情報が発表されなくても甚大な災害が発生するおそれもあります。この情報を待つことなく、大雨や洪水による災害発生の危険度の高まりを示す「キキクル」（危険

度分布）、河川の水位情報等を確認し、自ら避難の判断をすることが重要です。

気象庁では、このような線状降水帯について観測体制の強化や予測精度の向上に引き続き取り組んでいくとともに、防災気象情報が住民の避難行動等の防災対応に結びついた情報となるよう引き続き改善に努めてまいります。

※3 「顕著な大雨に関する情報」（気象庁ホームページ）
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/bosai/kenchoame.html>