

メソアンサンブルデータを活用した線状降水帯発生予測手法の開発

Development of Line-shaped Rainband Prediction Method Utilizing Meso-ensemble Data

山路昭彦・増田有俊⁽¹⁾・真中朋久⁽¹⁾・安部智彦⁽¹⁾・齋藤泰治⁽¹⁾・齋藤洋一⁽¹⁾

Akihiko YAMAJI, Aritoshi MASUDA⁽¹⁾, Tomohisa MANAKA⁽¹⁾, Tomohiko ABE⁽¹⁾,
Yasuharu SAITO⁽¹⁾ and Yoichi SAITO⁽¹⁾

(1) 一般財団法人日本気象協会

(1) Japan Weather Association, Japan

Synopsis

In recent years, heavy rain disasters caused by line-shaped rainband have become a major problem. Early evacuation is important in order to protect human life, but it is difficult to accurately predict the occurrence of line-shaped rainband, which is necessary for evacuation decisions. In this study, we developed a method for extracting line-shaped rainband from the predicted rainfall of meso-ensemble model output by elliptical approximation. As a result, we were able to achieve 85.1% missing rate (predicted to occur, but not actually occur) and 5.4% occurrence prediction rate. Compared with the existing method, missing rate was 10.5% lower and occurrence prediction rate was 17.5% lower. It is considered that the utilization of this method for evacuation decisions contributes to the reduction of heavy rain disasters.

キーワード: 線状降水帯, メソアンサンブルデータ, 豪雨災害, 避難情報, 降雨予測

Keywords: line-shaped rainband, meso-ensemble data, heavy rain disaster, evacuation information, rainfall prediction

1. はじめに

2014年8月広島市ではバックビルディング現象による局所的な豪雨が夜半から未明にかけて発生し、多くの人的被害がもたらされた。このことがきっかけとなり、線状降水帯の名前が一般に広く知られることとなった。この災害では豪雨の発生を事前に予測することが難しく、しかも発生した時刻が夜半から未明にかけてであったため、十分な避難を実施することができなかった。このことから、確実な避難を実現するためには半日程度前における豪雨の発生予測情報が必須であることが明らかになった。このような背景のなか、「SIP・国家レジリエンス（防災・減災）の強化」の取り組みとして、九州地方の10自治

体を対象として朝9時および夕方15時の1日2回、15時間先までに線状降水帯発生の可能性がある場合に、メールで通知する実証実験を2019年より実施してきた。線状降水帯発生の予測には、気象庁で考案された、対流圏下層の環境場に基づいて線状降水帯の発生可能性をレベル化した指標である線状降水帯インデックスを用いている。このインデックスは、線状降水帯の発生を見逃さないことを優先していることから空振りが頻発し、情報を使う側である自治体ではこのことが大きな課題となっていた。そこで、本研究ではメソアンサンブル予測データを活用して、空振りのより少ない予測情報の開発について検討した。

2. 線状降水帯情報提供の実証実験

過去に線状降水帯による豪雨によって被害を受けた九州地方の自治体の危機管理部署等を対象に、「SIP・国家レジリエンス（防災・減災）の強化」の取り組みとして、2019年より線状降水帯情報提供の実証実験を実施し、実験を通して自治体の防災対応において線状降水帯情報線が利活用可能な精度（予測精度、時間的・空間的分解能、予測期間等）を有するか検証するとともに、ヒアリング調査に基づき判断支援情報として適切な情報の表現、提供方法について検討した。

実証実験では、Fig. 1に示す九州地方の10自治体を対象として半日先までの線状降水帯の発生予測のメール通知を行った。加えて実況の気象庁解析雨量データから線状降水帯の自動検出を行い、その結果をWeb画面に表示した。これらの情報提供のためにFig. 2に示す線状降水帯情報提供システムを開発した。実証実験期間は、2019年および2020年の6月～9月である。

発生予測のメール通知は、気象庁で開発された線状降水帯インデックス情報（加藤，2016）に基づいている。線状降水帯インデックスは、対流圏下層の水蒸気供給、積乱雲の発生・発達や組織化等に関する環境場に注目し、数値予報モデルから算出される6要素をもとに線状降水帯の発生可能性を5kmメッシュ毎に1～3の3つのレベルで表した指標である。自治体の領域内のメッシュで15時間先までにレベルが1を超えるメッシュが1つでも存在した場合に当該自治

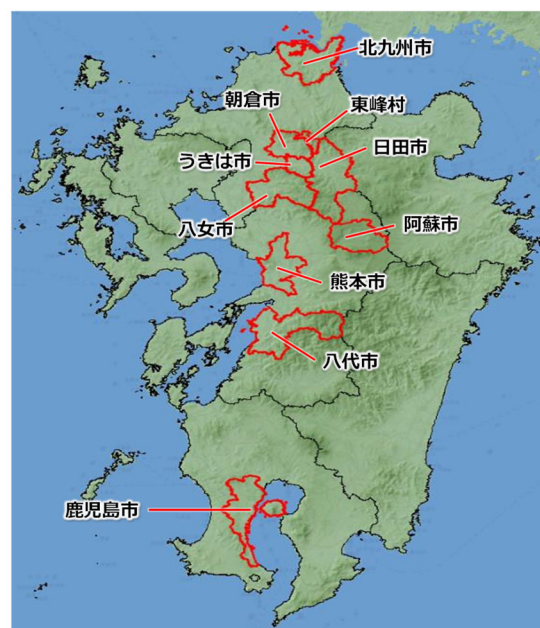


Fig. 1 Local governments in the Kyushu region subject to the demonstration experiment

体へ発生予測の通知メールを送信するもので、メール通知のタイミングは朝9時および夕方15時の1日2回である。

線状降水帯の自動検出は、気象庁の速報版解析雨量データの3時間積算値から、辻本ら（2017）の手法を用いて楕円近似することにより行った。抽出条件は、雨量の閾値が80mm/3h、抽出メッシュ内の最大雨量値が100mm/3h以上、その面積が500km²以上、楕円の長軸と短軸の比が2.0以上とした。

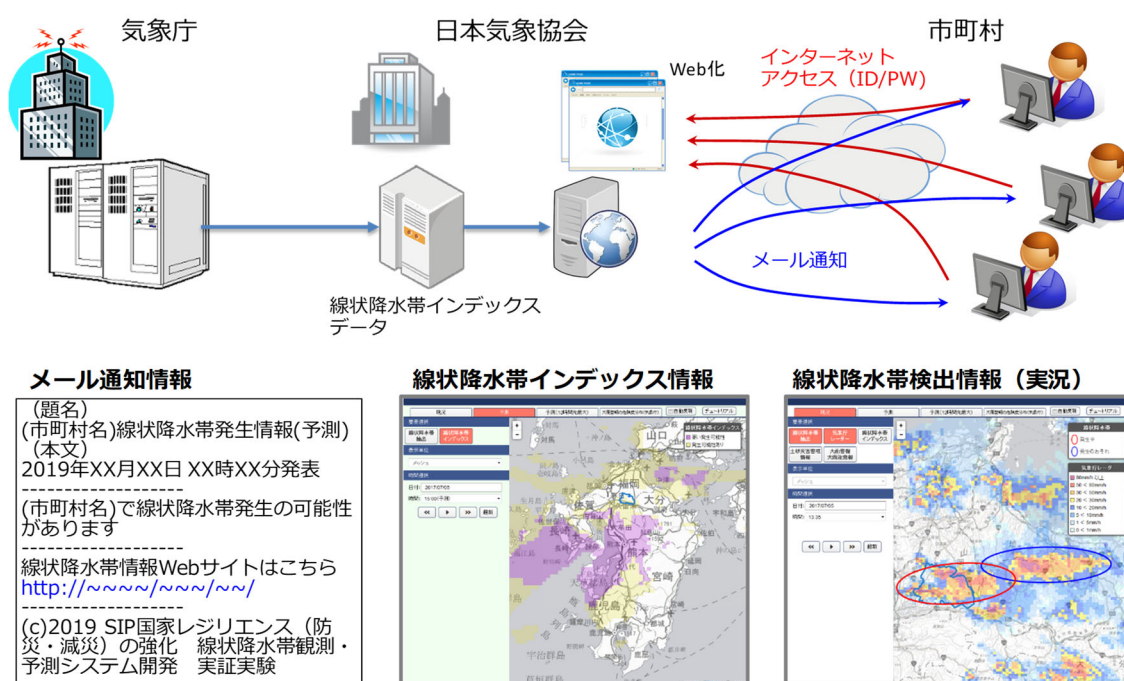


Fig. 2 Outline of line-shaped rainband information providing system

実証実験の期間中および終了後に対象の自治体に対してアンケートおよびヒアリングを行った。その結果、通知メールについては、線状降水帯発生の可能性の有無だけでなく、発生の時間帯や地域などより詳細な情報がほしいとの要望があり、情報を活用するためには予測精度を向上させ空振りを低減させることが必須であるとの意見を多くの自治体より得た。一方、実況の線状降水帯の自動検出情報は非常に有効であったとの意見をいただいた。

情報を利用する側である自治体では、空振りが多いことが大きな課題であることが明らかとなった。そこで、メソアンサンブル予測データを活用して、空振りのより少ない予測情報について検討を行うこととした。

3. メソアンサンブルデータおよび予測手法

メソアンサンブルデータは、Table 1に示すように日本周辺を対象とした5kmメッシュ、39時間先まで3時間間隔の予測データで、メンバー数は21、1日4回更新となっている。本研究では積算降水量（3時間）を利用した。球磨川流域で大洪水となった2020年7月4日6時の積算降水量の各メンバーの予測値をFig. 3に示す。大多数のメンバーで線状降水帯が予測されており、さらにその多くで球磨川流域近傍において発生することが予測されている。この情報を元に線状降水帯の発生を予測する手法を検討した。

Table 1 Outline of meso-ensemble data provided by JMA

Item	Contents
Forecast frequency	4 times / day (00,06,12,18 UTC)
Forecast time	39 hours Forecast (every 3 hours)
Forecast elements	wind, temperature, sea surface pressure, accumulated precipitation, solar radiation, altitude, relative humidity
Number of ensemble members	21 members
Grid size	latitude 0.05° longitude 0.0625° (surface)
Area	(47.6N, 120E) on the northwest edge; (22.4N, 150E) as the southeast end.

その手法は次のとおりである。まずメソアンサンブルの予測時間ごとに各メンバーの予測雨量分布から雨量値が閾値を超える強雨域を切り出し、一定の条件を満たす場合に強雨域を楕円近似して線状降水帯として抽出する。そしてメンバー毎に得られた楕円を全て重ね合わせ、楕円に包含されるメッシュを発生可能性ありと予測するものである。線状降水帯の抽出には辻本ら（2017）の手法を用いるが、線状降水帯情報提供システムで用いた実況雨量の抽出条件（雨量の閾値：80mm/3h、最大雨量値：100mm/3h以上、その面積：500km²以上、軸比：2.0以上）を変更して適用した。

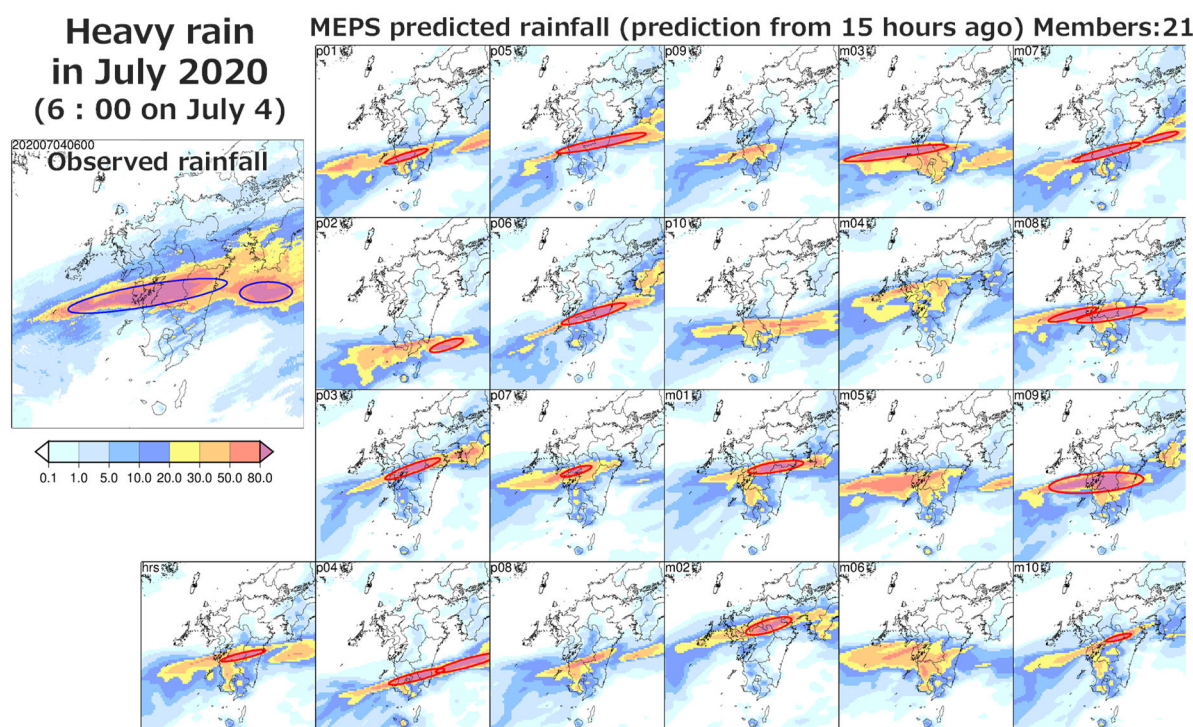


Fig. 3 Predicted rainfall by each member of the meso-ensemble data at 6:00 on July 4, 2020 when a large flood occurred in the Kuma River basin

4. 予測手法の最適化

4.1 解析方法

線状降水帯発生時の予測雨量は過小であることが多いため、線状降水帯を抽出する際の雨量値の閾値についてFig. 4に示すように50, 60, 70, 80mm/3hの4ケースを対象として比較検討した。これに合わせて抽出メッシュ内の最大雨量値の条件も60, 75, 90, 100mm/3hに設定した。さらに、ピンポイントでの予測が非常に困難であることを考慮して線状降水帯の予測位置のズレを許容することとした。すなわち、Fig. 5に示すように楕円の長軸、短軸を等倍で2倍まで段階的に拡大し、予測精度を比較検討した。解析対象期間を2019年および2020年の6月～9月に設定し、実証実験と同様の条件で10自治体を対象として15時間先までの線状降水帯発生予測について雨量の閾値および位置ズレ許容の条件を変えながら行いその精度を比較した。

予測の適中の判断はFig. 6に示す方法で行い、予測精度評価には、捕捉率、空振り率、適中率および発令率の4種類の指標を用いた。なお、評価にあたり各自自治体の2年間の結果を全体し、特に空振り率を重視した。

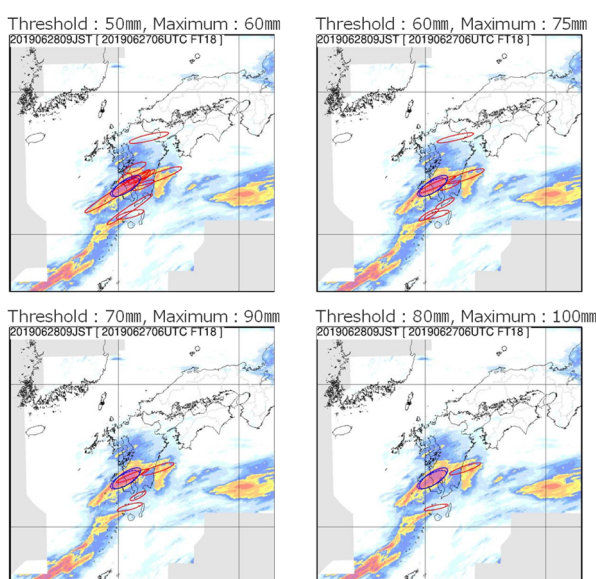
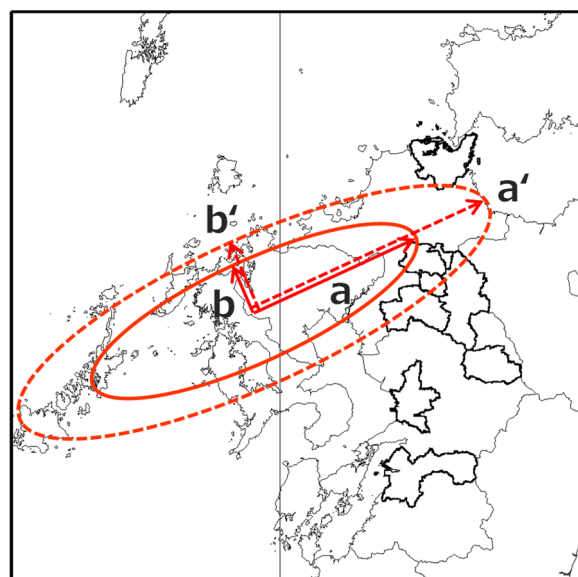


Fig. 4 Comparison of the difference of extracted line-shaped rainband ellipse when the extraction threshold rainfall value is changed

Red ellipse : Line-shaped rainband for all MEPS members

Blue ellipse (solid line) : Line-shaped rainband at the relevant time

Blue ellipse (dashed line) : Line-shaped rainband for one hour before and after



$a' = C \times a$: ellipse before enlargement

$b' = C \times b$: ellipse after enlargement

a: long axis radius

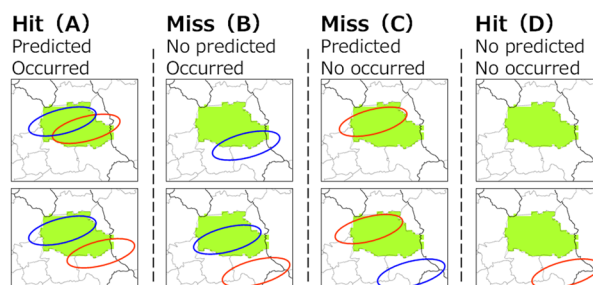
b: short axis radius

a': long axis radius after enlargement

b': short axis radius after enlargement

C: enlargement ratio

Fig. 5 The long axis and short axis of the line-shaped rainband were enlarged at the same scale to take into account the positional deviation (1.0, 1.3, 1.5, 1.7, 2.0 times)



Green cloud : Local governments

Red ellipse : Predicted line-shaped rainband

Blue ellipse : Occurred line-shaped rainband

- Capture rate $= \frac{A}{A + B}$
- Missing rate $= \frac{C}{A + C}$
(predicted to occur, but not actually occur)
- Hit rate $= \frac{A + D}{A + B + C + D}$
- Occurrence prediction rate $= \frac{A + C}{A + B + C + D}$

Fig. 6 Method of judging the best prediction (if the ellipse overlaps even a little with the local government, a line-shaped rainband is considered to have been occurred (predicted))

Table 2 Comparison result of prediction accuracy by difference of rainfall threshold and enlargement ratio

Capture rate				
Enlargement ratio	Rainfall threshold			
	50mm	60mm	70mm	80mm
1.0	76.8	59.4	43.5	27.5
1.3	79.7	68.1	59.4	31.9
1.5	84.1	75.4	65.2	36.2
1.7	87.0	78.3	71.0	43.5
2.0	91.3	78.3	76.8	49.3
Missing rate				
Enlargement ratio	Rainfall threshold			
	50mm	60mm	70mm	80mm
1.0	88.8	87.1	84.6	85.5
1.3	90.3	87.6	83.2	86.1
1.5	90.8	87.9	83.6	86.0
1.7	91.3	88.8	84.0	84.6
2.0	91.9	90.3	85.1	85.5

Hit rate				
Enlargement ratio	Rainfall threshold			
	50mm	60mm	70mm	80mm
1.0	90.3	93.2	95.5	96.4
1.3	88.3	92.1	94.9	95.9
1.5	87.0	91.2	94.3	95.6
1.7	85.8	90.2	93.8	95.5
2.0	83.9	88.5	92.9	94.7
Occurrence prediction rate				
Enlargement ratio	Rainfall threshold			
	50mm	60mm	70mm	80mm
1.0	10.6	7.1	4.3	2.9
1.3	12.6	8.4	5.4	3.5
1.5	14.1	9.6	6.1	4.0
1.7	15.3	10.7	6.8	4.3
2.0	17.3	12.4	7.9	5.2

※Blue hatch in top half (unit :%)

4.2 解析結果

雨量の閾値および拡大率の違いによる予測精度の比較結果をTable 2に示す。捕捉率は、27.5%~91.3%の値をとり、閾値が小さく拡大率が大きいほど高い値となった。空振り率は、83.2%~91.9%の値をとり、閾値が70mm/3h、拡大率が1.3倍のときに最小となった。適中率は83.9%~96.4%、発令率は2.9%~17.3%の値をとり、いずれも閾値が大きく拡大率が小さいほど高い値となった。

これらの結果より、空振り率が最小となる閾値70mm/3h、拡大率1.3倍を最適値として選定した。このときの発令率は5.4%（20回に1回程度）である。既存手法の予測精度と比較した結果はTable 3に示すとおりで、既存手法より空振り率が10.1%改善し、発令率も17.5%減少した。なお、捕捉率は既存手法の100%から59.4%に低下したが、特別警報が発令された顕著な5事例は捕捉できていた。

Table 3 Comparison of prediction accuracy with existing methods

Item	Existing method	This method
Capture rate	100.0%	59.4%
Missing rate	93.3%	83.2%
Hit rate	78.7%	94.9%
Occurrence prediction rate	22.9%	5.4%

5. まとめ

メソアンサンプル予測雨量から線状降水帯を楕円近似して抽出することでその発生を予測する手法を開発した。開発された手法によれば、既存手法に比べて空振り率および発令率を改善することができた。本手法を避難判断に活用することで豪雨災害の軽減の一助になるものと考えられる。

謝 辞

本研究は「SIP 国家レジリエンス（防災・減災）の強化」「線状降水帯の早期発生予測及び発達予測情報の高度化と利活用に関する研究」の一環として実施した。

参考文献

- 加藤輝之（2016）：メソ気象の理解から大雨の予測について～線状降水帯発生条件の再考察～．平成27年度予報技術研修テキスト，pp. 42-60.
- 辻本ら（2017）：現業レーダデータを用いた土砂災害事例における線状降水帯の抽出，砂防学会誌，Vol.69, No.6, pp.49-55.

（論文受理日：2022年8月31日）