

7. 大アンサンブルによる線状降水帯の確率予測と理解

—Weather forecast から Impact-based forecast へ—

川 畑 拓 矢*

1. なぜ確率予測が必要か

小倉 (2009) は“ゲリラ豪雨という言葉をなくそう”と副題に掲げた記事で「集中豪雨は不安定現象だから…ピンポイントの予測は出来ない」から「ある基準値以上の集中豪雨が襲来する確率を示す出現確率予報分布図を出す」ことが必要と述べている。

さらに人々の行動に対して、決定論的な情報を与える場合と、確率論的な情報を与える場合では、後者の方が望ましい行動に結びつきやすいとされている (例えば Fujimi *et al.* 2021). これは予測への定量的な信頼度を付加すると人々の理解を得やすいと解釈できる。

現在でも線状降水帯の発生位置、強度、時間をピンポイントで予測することは極めて難しく、予測の不確実さを定量化して提示することが必要である。これを実現するために、メンバー数1000以上の大アンサンブルシミュレーションが必要とされている。

2. なぜ大アンサンブルは1000以上なのか

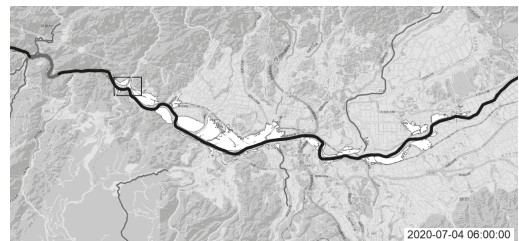
アンサンブルから情報を取り出す際にはサンプリングエラーが避けられない。例えば10メンバーで100mm h⁻¹に対する確率を計算するとき、8メンバーが閾値を超えていれば80%という数字を得るが、これは信頼できない。これが、サンプリングエラーである。しかし1000メンバーであれば実用的には十分との先行研究がある (例えば Kunii 2014, Miyoshi *et al.* 2014). また10個の階級値を取り出すためには500-1000のサンプル数が必要 (例えばステージスの法則) という統計学的な見積もりがある。このような理由から1000というアンサンブル数が導かれる。信頼できる80%を得るためには1000メンバーが必要ということである。

3. なぜ Impact-based forecast か

従来、領域数値天気予報モデルは大雨を対象として予測精度を向上させるべく開発されてきた。しかし降水は水害と直接結びついていない。雨が地面にしみこみ、河川へ流れ込んだ後、水位が上昇して洪水となる。あるいは土砂が大量の雨によって崩れる。これらのプロセスは土地によって異なり、また雨の降り方によって異なっている。災害を正しく予測するためには、気象学と水文学の協働が必要であり、その結果、人々への影響を直接評価することが可能となる。このような予測を“Impact-based forecast”と呼んでいる (WMO 2015; Oizumi *et al.* 2021). 気象庁では危険度分布 (キキクル; 太田・牧原 2019) として、レーダーによる降水観測と水文モデルとを結合した情報を発表している。今回は impact-based forecast の一例として大アンサンブルによる洪水キキクルの確率予測を紹介した (第1図)。

4. 大アンサンブルによる現象理解とは？

大アンサンブルによって出力される情報は膨大であり、すべてを見ることは不可能である。しかしこの膨大な情報から、数理的あるいは機械学習的な手法を用



第1図 令和2年7月豪雨における球磨川流域に対する洪水予測確率 (灰色: 30%以下, 黒: 40%以上). Oizumi *et al.* (2021) より.

* Takuya KAWABATA, 気象庁気象研究所.

© 2023 日本気象学会

いて、線状降水帯の理解を進めることが可能である。

例えば Yokota and Seko (2021) はアンサンブルを用いて特異値分解を行い、第 6 モードが線状降水帯と関係づけられることを見だし、その成因について議論した。また Duc (2021) は Generative topographic maps という機械学習手法を用いて、線状降水帯の強度がメソ低気圧と関係していることを示した(第 2 図)。

伝統的な解析手法では特定の領域、要素に着目したメカニズム解明を行っており、これには豊富な経験が必要であった。先に述べたやり方では、時空間・要素を表す膨大な多次元データの中から大雨と関連する領域、要素を自動的に取り出せるという点で極めて優れている。

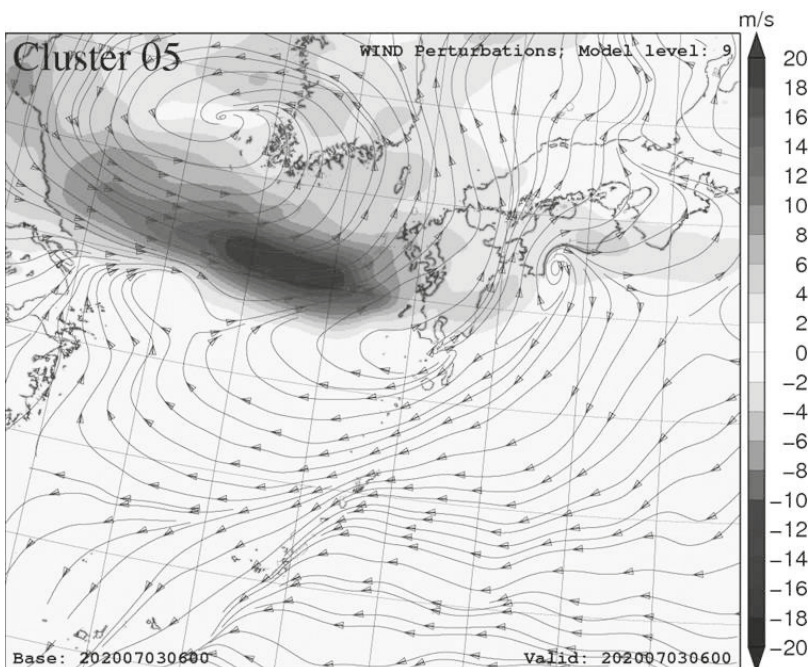
5. まとめ

このように膨大な情報を有する大アンサンブル予測は大きな利用価値がある。さらに情報に対する信頼性を付加できる点は従来の決定論的予測と異なる方向性であり、利用者の意識改革を必要とする。人々への影響を直接予測する impact-based forecast もまた大きな進歩である一方、学際的な連携が欠かせない。利用しやすい情報への加工や様々な分野との連携など大ア

ンサンブル予測の応用分野にまだまだ研究の必要性があり、今後の発展に期待したい。

参 考 文 献

- Duc, L., 2021: Ensemble sensitivity analysis of the July 2020 Kyushu heavy rain. Part 2: Nonlinear analysis. 第 3 回大アンサンブルとアプリケーション研究会.
- Fujimi, T., M. Watanabe and H. Tatano, 2021: Public trust, perceived accuracy, perceived likelihood, and concern on multi-model climate projections communicated with different formats. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 26, 20.
- Kunii, M., 2014: Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system. *Wea. Forecast.*, 29, 1093–1105.
- Miyoshi, T., K. Kondo and T. Imamura, 2014: The 10,240-member ensemble Kalman filtering with an intermediate AGCM. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5264–5271.
- 小倉義光, 2009: お天気の見方・楽しみ方 (16) ゲリラ豪雨という言葉はなくそう. *天気*, 56, 555–563.
- 太田琢磨, 牧原康隆, 2019: 浸水害及び洪水害の軽減に向けた技術開発と危険度分布情報の社会への提供—2018年度岸保・立平賞受賞記念講演—. *天気*, 66, 724–742.
- Oizumi, T., T. Kawabata, L. Duc, K. Kobayashi, K. Saito and T. Ohta, 2022: Flood forecasting using 1000-member ensemble prediction for a severe flood event. *JPGU Meeting 2022 Abstr.*, AAS05–05.
- WMO, 2015: WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services (WMO- No. 1150), 21pp.
- Yokota, S. and H. Seko, 2021: Ensemble-based singular value decomposition analysis to clarify the causes of heavy rainfall. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 47, 2244–2263.



第 2 図 線状降水帯の強度を強める要因として九州の北西にあるメソ低気圧が抽出 (濃い灰色) された。Duc (2021) より。