

Swin-Unet を用いた前線自動記述システムの検証

*高須賀匠 (長岡技術科学大学), 高野雄紀 (株式会社ウェザーマップ),
渡邊正太郎 (株式会社ウェザーマップ), 雲居玄道 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

前線は、局地的な天気変化や降水パターンの急変に深く関与する重要な気象現象である。この前線の特定には気温の水平勾配、風向の不連続性、気圧配置、相対湿度の分布など複数の気象要素を総合的に判断する必要がある。そのため、従来の前線記述は人の手で描かれており専門家の主観に依存しているため、自動化が困難である。また、先行研究として前線自動記述システム [1][2] があるものの、いずれも連続性や前線の記述ルールに則っていない予測結果を出力する可能性がある点が課題である。本研究では、これら先行研究の課題の解決、および「テレビ等の解説 CG としてそのまま利用可能な前線作画」を実現することを目的とし、下記の条件に着目した前線自動記述を目指す。

- (1) 同一種別の前線が連続かつ滑らかに描かれる。
- (2) 異なる種別の前線が接続する場合、1点で接続される。

2. 実験データ

本システムで利用する説明変数は、全球数値予報モデル GPV (GSMGPV) から取得したデータであり、対象範囲は北緯 4.0 度~67.5 度、東経 106.0 度~169.5 度の領域、0.5 度格子 (128×128) のメッシュで表現される。これに含まれる変数は、925hPa, 850hPa, 700hPa, 500hPa, 300hPa および地表面における全 30 種類の変数である。一方、目的変数としては、気象庁が提供するアジア太平洋地上実況図に基づき、同じ格子とサイズである前線データを用い、背景を含む 6 クラス (0:背景, 1:温暖, 2:寒冷, 3:停滞, 4:閉塞, 5:温暖寒冷の繋ぎ目) としてラベル付けしている。学習用データは 2014 年から 2022 年まで、6 時間ステップ (00 時, 06 時, 12 時, 18 時 UTC) の時系列データを用い、テストデータとしては 2023 年の同条件データを採用している。

3. 提案手法

本研究の提案手法は 2 段階の処理から構成される。Stage1 では、Swin-Unet V2[3]をそのまま利用したモデルを用い、前後 6 時間を連結した 90 チャンネルの入力から前線の位置および種別を同時に推定する。なお、学習には、松田ら[2]と同様に Cross Entropy Loss と Dice Loss を複合させた損失関数を採用している。

しかし、Stage1 の予測結果では、条件(1)および(2)を十分に反映できない前線が出力される場合がある。

Stage2 では、Stage1 と同様の構造のモデルを用いるとともに、学習データ上の前線に対して形態学的変換 (膨張処理, ギャップ生成, ランダムなピクセルの変更, 偽前線の追加) を適用することで、ルールを満たさない不自然な前線を修正するモデルを構築した。本段階では、前線の途切れや境界の微細なずれ、前線の太さが補正されることにより、自然な前線の線が再構成されることを重視している。

4. 結果と考察

2023 年 1 月 9 日 18 時の結果である図 1 において、Stage1 では前線の大局的な位置および種別の推定が概ね達成される一方で、局所的に途切れがみられる。これに対して、Stage2 のノイズ除去処理を適用することで、特に温暖前線と寒冷前線の境界部において、途切れず連続した前線描写が実現され、さらに接続部分に温暖寒冷の繋ぎ目のクラスが挿入されていることから、期待した修正が行われている。実験結果は、前線が正解データと遜色ない滑らかさと連続性を示しており、本提案の手法が、前線自動記述システムの(1)(2)の要件を満たしていることを示唆する。しかし、Stage2 で修正できていない事例も発生している。今後は Stage2 における形態学的補正のパラメータ最適化や、新たな後処理手法の導入による改善を目指す。

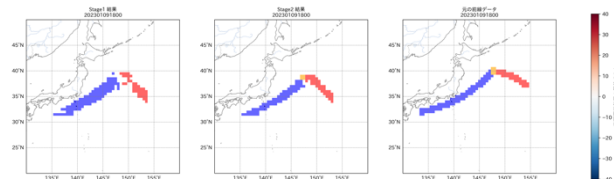


図 1. 2023 年 1 月 9 日 18 時 (UTC) の実行結果
(赤: 温暖, 青: 寒冷, 黄: 温暖寒冷の繋ぎ目)

(左: stage1 の結果, 中央: stage2 の結果, 右: 正解の前線)

参考文献

- [1] Matsuoka, D., et al. 2019. Automatic detection of stationary fronts around Japan using a deep convolutional neural network. SOLA, 15, 154–159.
- [2] 松田ほか. 2024. 深層学習を用いた前線自動解析システムの開発. 秋季気象学会.
- [3] Swin Unet V2. 2024. Swin-Unet-V2-Repository. Retrieved December 26, 2024, from <https://github.com/chaineypung/Pytorch-Swin-Unet-V2>