

台風予報改善のための研究の最前線 ～社会の多様なニーズに応える～

○山口宗彦(応用気象研究部)

1. はじめに

台風は地球上で発生する最も激しい自然現象の一つで、強風、大雨、高潮など、さまざまな災害を引き起こす。2019年台風第19号による広域の水害、台風第15号による千葉県を中心とする強風、2018年台風第21号による大阪湾の高潮などは記憶に新しい。“日本に暮らす上で避けることのできない台風”、その予報精度を改善していくことは我々の永遠のテーマといっても過言ではない。

気象庁は、2015年に「台風予報・解析技術高度化プロジェクト」を立ち上げた。気象庁内における研究開発から現業化までの一連の取組を、効率的かつ円滑に進めることが目的である。プロジェクトの成果の一つとして、2019年3月に台風5日先強度予報を開始し、また2019年6月には台風予報円の大きさの決定手法を改良した。

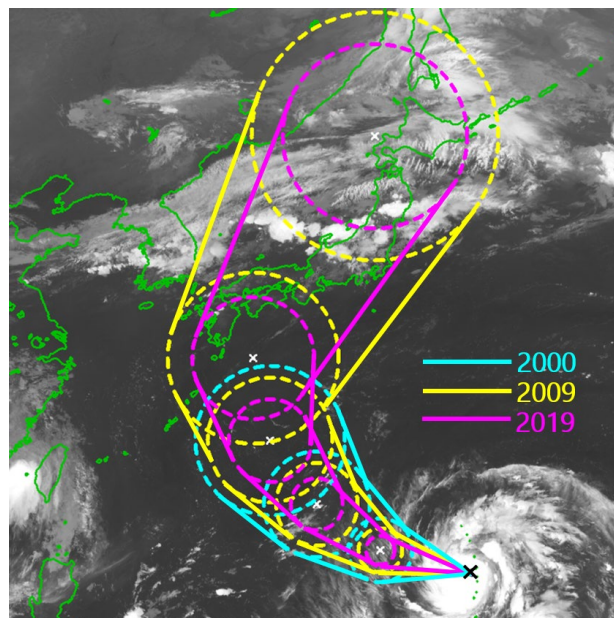
本発表では、このような気象庁の台風予報を改善するために実施した研究を紹介する。加えて、社会の多様なニーズに応じた気象情報の創出に向けて、台風発生予報の実用化を目指した技術開発など、台風予報の更なる高度化のために実施している最新の研究成果について発表する。

2. 台風の進路予報の改善

2.1. コンセンサス予報の導入

気象庁が発表する台風の進路予報の精度は過去20年で大幅に改善している。2000年頃は3日先の台風の中心位置の年平均予報誤差は400km程度(およそ東京-大阪の直線距離)であったが、近年では200km以下まで減少している。第1図は、2000年、2009年、2019年における平均的な予報円の大きさを表している。図から明らかな通り、予報精度の改善に伴って予報円の大きさが小さくなっている。また、気象庁は2009年に、予報期間を3日先から5日先へと延長した。このように、予報期間を延長できるのも予報精度が改善したことが背景にある。

予報精度の改善には、数値予報モデルの高精度化・高分解能化、スーパーコンピュータの性能向上、観測データの拡充等がある。加えて、2015年に導入した「コンセンサス予報」といった新しい予測技術も大きく貢献している⁽¹⁾。コンセンサス予報とは、複数の予測結果の平均をとったもので、個々の予測結果を用いるよりも平均的に精度が良くなることが知ら



第1図：平均的な予報円の大きさの変遷

れている。このコンセンサス予報は気象庁だけでなく、進路予報を行っている世界の気象局で用いられている標準的な手法である。

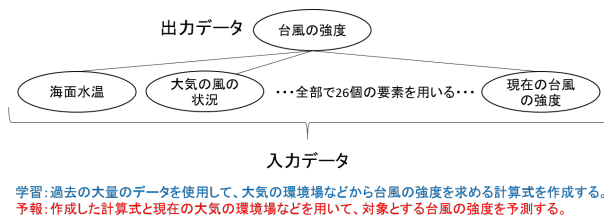
2.2. 予報円作成手法の改善

進路予報に関してもう一つ大きな成果は、2019年6月に実施した、マルチセンターアンサンブル予報を用いた台風予報円の大きさの決定である⁽²⁾。アンサンブル予報とは、数値予報における初期値や予報モデルの不確実性を考慮して得られる複数の予測結果である。得られた複数の予測結果が互いに似ていれば、今回の予測結果の信頼度は高い、逆にばらつきが大きければ不確実性が大きいと判断することができる。「マルチ」とついているのは、気象庁だけでなく、海外の気象局で運用されているアンサンブル予報も利用しているということを意味している。マルチセンターアンサンブル予報を導入する前は、3日先までは過去の進路予報の誤差統計、4日・5日先は気象庁のアンサンブル予報だけを用いて予報円の大きさを決定していた。2019年6月の変更で、5日先まで一貫した手法で、台風ごと、また予報時刻ごとにも異なり得る進路予報の不確実性を、より適切に表現できるようになった。マルチセンターアンサンブル予報を用いた台風予報は、世界のどの気象局でもまだ現業化されていない最先端の予測手法である。

3. 台風強度予報の改善

強度予報に関しては、残念ながら進路予報のような精度の向上は見られない。このような傾向は気象庁だけでなく海外の気象局による強度予報も同様で、また台風の発生する北西太平洋域だけでなく他の海域でも同様である。台風の強度には、海面水温、海洋貯熱量、風の鉛直シア、台風の内部構造、スパイラルバンドなどなど非常に多くのことが関係していて、かつそれらが複雑に絡みあっている。これらを数値予報モデルで矛盾なく予測することは至難の業であり、強度予報の改善は世界共通の課題である。

このような背景のなか、米国の研究者の協力を得て、一種の「機械学習」による台風強度予測手法の開発を行い、この手法を2016年から試験的に台風予報に使用してきた(第2図)⁽³⁾。この試験運用を通して、強度予報の精度が大幅に改善されることが確認できたため、気象庁では2019年3月からこの手法を正式に運用している。2018年に気象庁スーパーコンピュータを更新し、全球モデルの予報時間を5日先まで延長していたこともあり、上記手法の導入と同時に、台風強度予報の予報期間を3日先から5日先までに延長した。



第2図：機械学習の概要

4. 台風予報の更なる高度化へ向けて

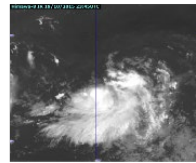
4.1. 発生予報

気象庁では、24時間以内に台風が発達すると予想される熱帯低気圧がある場合にその進路や強度の情報を発表している。これに対して、アンサンブル予報と気象衛星「ひまわり」による台風の雲画像の解析結果を用いることで、2日先までの台風の発生確率を精度良く予測する手法を開発した(第3図)⁽⁴⁾。この手法を用いることにより、信頼度「高」、「中」といった予測の信頼度情報をつけて2日先の台風発生予報を実現できる可能性がある。

4.2. 予報楕円

台風の進路予報の誤差の現れ方は等方ではなく、進行方向に沿った方向の誤差が大きい。その傾向は、日本の位置する中緯度帯でより顕著である。予報時刻ごとに異なる予報の不確実性を更により適切に表現するためには、予報円ではなく予報楕円の方が適しているかも知れない。最新の研究で、予報楕円の方が予報円に比べて平均して15~20%程度、面積を小さくできることがわかった(図略)⁽⁵⁾。

台風のたまご
(弱い熱帯低気圧)



アンサンブル予報がこの台風のたまごを今後2日間予測している。

YES NO

2日以内にこの台風のたまごが台風になる確率が高い。

2日以内にこの台風のたまごが台風になる確率が低い。

第3図：2日先台風発生予報技術のイメージ

5. まとめ

気象庁は、2015年に「台風予報・解析技術高度化プロジェクト」を立ち上げ、台風の進路・強度予報の改善を実現するとともに、台風の発生予報など新しい台風予測情報の実用化に向けた研究開発を行っている。

予報精度の向上、予報期間の延長、予報の不確実性の推定、新しい予報プロダクトの開発など、台風予報の高度化に関する研究は、気象災害に強いレジリエントな社会、また気象情報を有効に活用する社会の構築に重要な役割を果たすことが期待される。一方、さらなる予報精度の改善に向けた課題も、進路・強度・発生予報それぞれの分野で多く残されている。気象研究所では、これらの課題に真正面から取り組み、社会において防災気象情報がより効果的に活用されるよう研究開発を進める計画である。

参考文献

- (1) 西村修司、福田純也, 2019: 台風進路予報の高度化, 予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 114-141.
- (2) Fukuda, J., and M. Yamaguchi, 2019: Determining Probability-Circle Radii of Tropical Cyclone Track Forecasts with Multiple Ensembles, *RSMC Tokyo Technical Review*, **21**, 1-19
- (3) Yamaguchi, M., et al., 2018: Tropical Cyclone Intensity Prediction in the Western North Pacific Basin using SHIPS and JMA/GSM, *SOLA*, **14**, 138-143..
- (4) Yamaguchi, M. and N. Koide, 2017: Tropical Cyclone Genesis Guidance Using the Early Stage Dvorak Analysis and Global Ensembles. *Wea. Forecasting*, **32**, 2133-2141.
- (5) 川端康弘、山口宗彦, 2019: 台風進路予報における予報楕円, 2019年度秋季気象学会.