

機械学習を用いた台風の陸域通過による強度変化量の推定

九州大学 学生会員 小川眞弥

九州大学 正会員 井手喜彦 山城 賢

1. はじめに

2022年9月に鹿児島県に上陸し、台風特別警報も発令されたほど勢力が強かった台風14号を代表とするように、近年、勢力の強い台風が九州に接近、上陸する頻度が高まっている。加えて、地球温暖化の影響によって今後は平均海面の上昇と台風の強化が継続するとされており¹⁾、九州周辺においても、将来的に高潮災害が甚大化する可能性が高いことが報告されている²⁾。これらのことから、台風による高潮偏差を精度よく予測することが、将来の高潮防災・減災について検討する上で重要である。現在、仮想的な台風に対して高潮シミュレーションを実施する際は、経験的台風モデルによって推算された外力が使用されている。台風モデルは簡便で利用が容易く、仮想的な台風でも簡単に作成できるというメリットを持つ一方、上陸による台風の減衰など陸域による影響を考慮できないため局地気象モデル等の力学的数値モデルに比べると精度が低いというデメリットがある。そこで、本研究では、台風モデルの中心気圧に陸域による減衰効果を含めることで精度を向上させ、台風モデルのデメリットである精度を向上させることを目的とする。そのために、まずは昨年度我々が構築した台風強度変化量の推定モデルを改良し精度を高めた。その後、本モデルを活用して台風が陸域を通過したことによる台風強度変化量を算出する推定モデルを構築した。

2. 昨年度に構築した推定モデルの概要

昨年度に構築した台風強度変化量の推定モデルの概要を図-1に示す。台風強度の推定には中間層2層のニューラルネットワークを用いている。入力層には、対象時刻の台風中心気圧と23時間前まで1時間毎の緯度・経度、中心気圧、陸海比を与え、出力層では対象時刻における気圧変化量を得る。使用した台風データは十分な学習データを得るため、d4PDF（全球60km解像度、過去実験）からMurakami et al.³⁾を用いて抽出された6時間毎のデータを三次スプライン補間により1時間毎にしたものが用いられている。このうち半数を学習データ、残りをテストデータとした。解析対象とする台風は九州付近（緯度30～35度、経度125～135度）を通過するものとした。

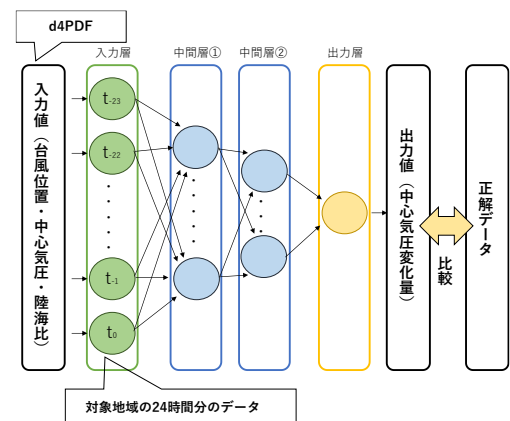


図-1 台風強度変化量の推定に用いたニューラルネットワークモデル

3. 昨年度からの改良点

3-1. 使用データ

使用データを、昨年度用いていたd4PDFの水平解像度60km全球実験（過去実験）から水平解像度20km領域実験（過去実験）に変更した。これにより、空間解像度が上がることで詳細な台風の軌跡の取得が可能となり、同時に台風強度の陸域による変化に重要となってくる陸地割合についても正確なデータの取得が可能となる。また、時間解像度も6時間から1時間となるため、時間方向への補間の必要が無くなりより正確な台風情報を得ることが可能となった。

3-2. 上限値が生じる問題の解決

昨年度に構築した台風強度変化量の推定モデルにはニューラルネットワークの予測値に上限値が生じてしまう問題点があった（図-2左）。そこで、この問題を解決するためニューラルネットワークの学習率とエポック数を変化させ、結果の変化について考察した。その結果、学習率を 1.0^{-2} から 1.0^{-4} に下げ、それに応じてエポック数を40から100に上げることで、上限値の問題が生じなくなることを確認した（図-2右）。

4. 陸域通過による台風強度変化量の推定

本研究では、陸域通過の影響による台風強度の変化量を求める推定モデルの作成を行うが、昨年度までに開発した推定モデルから推定される量は陸域通過以外も含んだすべての影響による量を入力するモデルとなっているため、ここから陸域通過の影響による台風強度の変化量のみを抽出する手法を構築する必要がある。

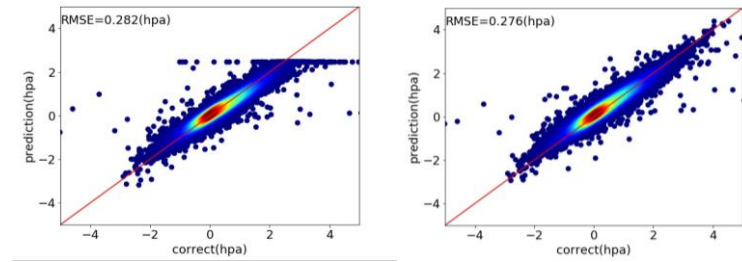


図-2 正解値（横軸）と推定値（縦軸）の比較
(左：昨年度の推定モデル, 右：今年度の推定モデル)

4.1 推定手法

初めに、本モデルに d4PDF のデータを学習させる。すなわち、入力データには過去 24 時間分の実測の中心気圧、緯度、陸地割合を与えて中心気圧変化量を入力させ、正解値と比較して学習させる (図-3 のステップ①)。次に、学習済みモデルの入力データとして実際の d4PDF の入力データ (中心気圧、緯度、陸地割合) を与えたモデル (ステップ②) と、中心気圧、緯度は同様であるが陸地割合をすべて 0 とした入力データ

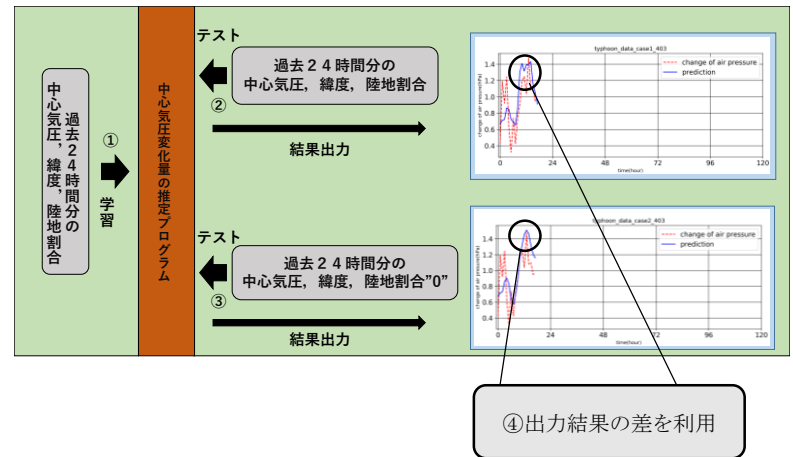


図-3 推定手法のフロー

を与えた結果を出力する (ステップ③)。ステップ②で得られた値は陸地の影響を含んだすべての影響によって生じた中心気圧変化量であり、ステップ③で得られた値は陸地割合を 0 としているため、陸地の影響以外で生じた中心気圧変化量である。したがって、ステップ②からステップ③の値を引くことにより陸域の影響による中心気圧変化量を得ることができる (ステップ④)。なお、今回の陸域通過の影響のみによる台風の強度減衰の推定には、学習データから経度を除外し、位置情報は緯度のみとしている。これは緯度・経度を学習データとして与えると台風位置が特定され、その位置情報が間接的に陸地割合の情報を含んでしまうためである。

4.2 推定結果

前述の方法によって、本研究で対象としている台風について陸域の影響による中心気圧変化量を求め、各台風が陸を通過した際の中心気圧変化量と、その際の台風の陸地割合との関係を調べた。しかし、ステップ③の操作を行っても陸地の影響を純粋に取り除けた結果とならない問題や、一度ステップ②とステップ③の予測との間に誤差が生じるとそれ以降のステップ②と③間での誤差はこれまでの誤差に更に誤差が加わっていく形になってしまうため、その際、ステップ④においてのステップ②と③の中心気圧変化量を引く際の数値の取り扱い方の問題など、解決すべき課題が明らかとなった。

5. 終わりに

九州地方付近を通過する台風に着目し、台風が陸域を通過した影響による強度減衰の推定を試みた。本推定手法が構築されると、これまで経験的台風モデルから得られた結果をそのまま用いて行っていた高潮推算が陸域通過時には台風モデルの中心気圧を更新しながら計算可能となり、高潮推算をより精度良く行うことが可能となる。

参考文献

- 1) IPCC 第 6 次評価報告書 (AR6), <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (最終アクセス: 2023/1/10)
- 2) 園田綾乃, 井手喜彦, 山城賢, 橋本典明: 周防灘における将来の高潮に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 75 巻 2 号, p. I_1183-I_1188, 2019
- 3) Murakami, H., Mizuta R., Shindo E.: Future changes in tropical cyclone activity projected by multi-physics and multi-SST ensemble experiments using the 60-km-mesh MRI-AGCM, *Climate Dynamics*, vol. 39, p. 2569–2584, 2012