

台風進路の揺らぎと予報精度の相関

田村香子 (指導教員: 神山翼)

1 はじめに

気象庁のデータによれば、台風進路の予報精度は年々向上している。しかし、進行方向や速度があまり変わらないような比較的予報しやすい台風が多ければ精度が良くなるというように、その年の台風の特徴に起因する年々の変動がある。そこで、進行方向や速度が変わりやすい台風の解析は台風進路予報の更なる精度向上のために必須である。

台風を乗り物に例えると、台風の進行方向の変化は「操舵角」(ハンドル操作で生じる車軸の傾き加減)と言い換えることができる。本研究では台風の操舵角がどれだけ変化したかを台風進路の揺らぎと定義し、小刻みにハンドルを切る運転は不安定であるのと同様に台風進路の揺らぎと予報のしやすさに相関関係があるかどうかを検証する。

2 揺らぎと予報精度の相関の算出

2.1 台風進路の揺らぎの算出

気象庁が公開しているベストトラックデータ [1] を用いて 1951 年 1 号から 2021 年 1 号までの全ての台風について以下の手順で台風毎の進路の操舵角と揺らぎを算出した。

2.1.1 操舵角

台風が座標 $P(n)$, 座標 $P(n+1)$, 座標 $P(n+2)$ を通るとき、経路 $P(n) \rightarrow P(n+1)$ から経路 $P(n+1) \rightarrow P(n+2)$ に至るまでに進行方向が何° 変化したかを操舵角 $\theta(n)$ と定義する。台風の観測データは気象庁のベストトラックデータに準じて 6 時間毎に観測された台風の座標データを用いた。左旋回を正、右旋回を負とする。計算式は以下の通り。

$P(n) = (\text{経度}, \text{緯度}) = (\text{lon}[n], \text{lat}[n])$ とする

$\vec{a}(n) := (\text{lon}[n+1] - \text{lon}[n], \text{lat}[n+1] - \text{lat}[n])$

$\vec{b}(n) := (\text{lon}[n+2] - \text{lon}[n+1], \text{lat}[n+2] - \text{lat}[n+1])$

$$\theta = \arccos\left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{a}\| \|\vec{b}\|}\right)$$

$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{n} \geq 0$ ならば θ は正、 $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{n} < 0$ ならば θ は負ただし \vec{n} は鉛直上向きの単位ベクトル

例えば、ベストトラックデータを元に 2017 年台風 3 号の操舵角を求めると図 1・左上図の経路の操舵角は図 1・右上図のように表せる。本研究では 1951 年 1 号から 2021 年 1 号までの全ての台風についてこのように操舵角を求めた。

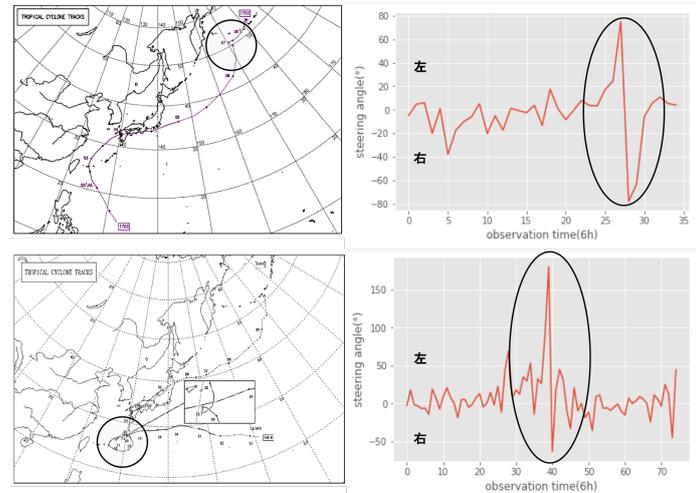


図 1: 2017 年台風 3 号の経路図 [2](左上) と操舵角 (右上)・1964 年台風 14 号の経路図 [2](左下) と操舵角 (右下)

本研究で導入した操舵角の利用法として迷走台風 (複雑な動きをする台風。正式な名称ではない) の検出が挙げられる。例えば 1964 年台風 14 号では図 1・左下図からわかるように、沖縄付近で台風が急旋回している。この台風の操舵角のグラフ (図 1・右下図) を見てみると、操舵角の絶対値が際立って大きな部分がある。すなわち、操舵角のグラフからもこの台風が急旋回したことが読み取れる。このように操舵角のグラフは台風進路の特徴を捉えている。

2.1.2 揺らぎ

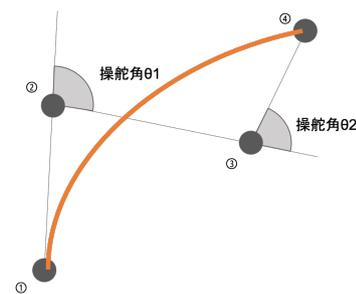


図 2: 揺らぎがない場合 (橙線) と実際の進路の比較

台風進路について、 n 時間後の観測点まで最小のハンドル量で進んだ場合 (図 3・橙線) と比較してどれだけ余分にハンドルを切ったかを揺らぎと定義する。24 時間の揺らぎは 24 時間中の操舵角の値をデトレンドし、二乗したものの和である。48 時間の揺らぎは 48 時間中の操舵角の値をデトレンドし、二乗したものの和である。72 時間、96 時間、120 時間についても同様に計算した。ある台風全部の揺らぎは台風の発生から消失までの操舵角で計算している。

2.2 予報精度のデータ

本研究では2つの予報精度データを用いて揺らぎとの相関を検証した。

(1) 年平均予報精度誤差 [3]

気象庁が発表している台風の実際の中心位置と予報位置の距離の年平均データ。24時間、48時間、72時間、96時間、120時間それぞれの予報についてのデータがある。台風の年毎の特徴を検証するため、デトレンドすることで予報システムの向上の影響を除いて使用した。

24時間予報は予報開始年に合わせて1982年-2020年、48時間予報は1989年-2020年、72時間予報1997年-2020年、96時間予報と120時間予報は2009年-2020年の値を用いた。

(2) 台風予報精度 [4]

2013年台風1号から2021年台風1号について、台風が実際に予報円に入った割合を百分率で表したデータ。

2.3 相関係数の算出

本研究では2つの予報精度データを用いて揺らぎとの相関を検証した。

(1) 年平均予報精度誤差

24時間、48時間、72時間、96時間、120時間予報についてそれぞれ台風進路の揺らぎの年平均を算出し、相関係数を算出した。

(2) 台風予報精度

台風毎の揺らぎの数値と予報精度の相関係数を算出した。

3 結果

3.1 揺らぎと年平均予報誤差の相関

台風進路の揺らぎと年平均予報誤差の相関係数は以下の表1のようになった。

表1: 揺らぎと予報誤差の相関

予報期間	相関係数
24h	0.297
48h	0.071
72h	-0.044
96h	0.086
120h	-0.004

いずれも相関係数の絶対値は0.3を下回った。

3.2 揺らぎと台風予報精度の相関

台風毎の進路の揺らぎと予報精度の相関は-0.157となった。

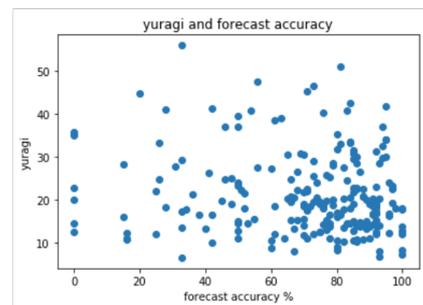


図3: 台風進路の揺らぎと予報精度 (%)

4 考察と今後の課題

台風進路の操舵角と揺らぎというパラメータを導入し、予報精度との相関関係を算出した。その結果、台風進路の揺らぎと予報精度には明確な相関関係は見られなかった。したがって、今回用いた手法では台風進路の揺らぎと予報の難度の関係を検出できないことがわかった。今回は6時間刻みで操舵角を計算したが、12時間や24時間など長時間単位で操舵角を計算した際に相関係数はどうなるかも検証する必要がある。

予報の難度を決定する要素として、揺らぎの他に発生地点、移動速度の変わりやすさ、季節などが考えられる。これらを合わせれば予報の難度を計算するモデルを作ることができるかもしれない。

また、操舵角を用いて台風進路の特徴を読み取ることがわかった。操舵角は台風進路の予測に役立つ可能性がある。

参考文献

- [1] 気象庁 台風ベストトラック
<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>
- [2] 気象庁 台風経路図
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route.map>
- [3] 気象庁 台風進路予報の年平均誤差
https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typ_kensho/table_track.html
- [4] 北本朝展, デジタル台風: 予報精度 (予報円・予報誤差)
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/reference/forecast/index.html.ja>