

台風の温帯低気圧化を決定する熱帯中緯度境界線

守田凜々佳 (指導教員: 神山翼)

1 はじめに

気象はすべて物理法則によって決まっており、「熱帯」と「中緯度」ではその法則のあり方が違ってくる [1]. 気象学には「熱帯」「中緯度」「高緯度」と言う区分が存在するが、明確な境界線は定義されていない。

また、台風は熱帯でよく見られる現象であり、中緯度に入ると温帯低気圧に変化することが多い。

そこで本研究では、台風にとって何が重要な中緯度と熱帯の境界なのかを明確にするため、3つの異なる視点から熱帯中緯度帯境界を定義し、それぞれの定義における境界線と台風が温帯低気圧へと変化する地点との関係を検討した。

2 データと手法

2.1 使用データ

海面水温、500hPa ジオポテンシャル高度には、ECMWF (欧州中期予報センター) により提供されている ERA5 から、2001 年から 2005 年のデータを使用した。台風の温帯低気圧化に関するデータは気象庁の「台風位置表」のデータを使用した。

2.2 使用ソフトウェア

500hPa ジオポテンシャル高度面の描画には GrADS を使用 (スクリプト提供: 山崎一哉さん (東京大学)).

2.3 熱帯と中緯度帯の境界線の定義

1. 大気の状態による定義

熱帯は温度勾配が小さく、中緯度は空間的な温度変化が大きい [2] ため、以下の手順を用いて熱帯と中緯度の境界線を大気の状態から定義した。

(a) 500hPa ジオポテンシャル高度面の画像を出力する

500hPa ジオポテンシャル高度面に、光を当てた画像を出力する。Fig. 2.1 を見ると、凹凸が細かい部分 (赤道付近) とそうでない部分に分かれており、これは大気の振る舞いが大きく異なっていることを表している。本研究では凹凸の多い領域を熱帯、そうでない領域を中緯度と定義する。

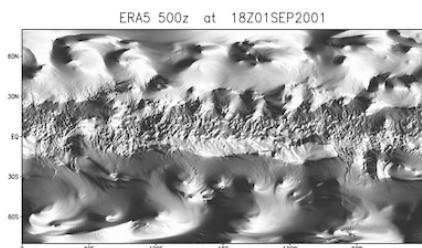


Fig. 2.1: 500hPa ジオポテンシャル高度面

(b) 画像処理により凹凸の細かい部分を判定する

画像上で $5px \times 5px$ の領域について、領域の中の画素値の幅が大きくなる場合 (画素値 0 が黒、画素値 255 が白であり、最大値と最小値の差が 80 を超えた部分と定義) はその領域を「凹凸が細かい」と判定し、Fig. 2.2 のように塗りつぶす。これを緯度方向、経度方向両方について繰り返す。

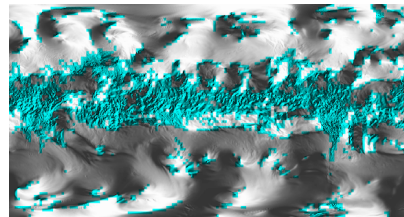


Fig. 2.2: 凹凸の細かい部分を判定

(c) 境界線を引く

次に、 $50px \times 50px$ の領域を画像上で上から下に動かし、塗りつぶされた領域がはじめて領域の中の 50% を越える地点で、領域の中心に点を置く。それを左から右へ繰り返し、一本の線を引く (Fig. 2.3).

この線は、北半球における凹凸の細かい部分とそうでない部分の境界線であるため、大気が熱帯のように振る舞う領域と中緯度のように振る舞う領域の境目として扱える。地図上に境界線をプロットした図は (Fig. 2.4) の通りである。

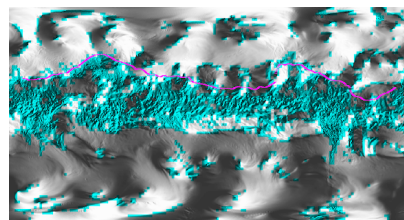


Fig. 2.3: 境界線のプロット

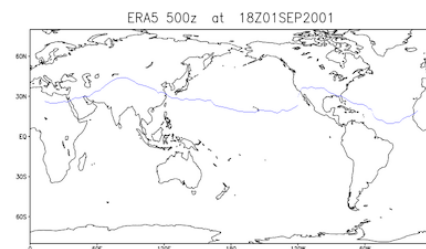


Fig. 2.4: 地図上に表示した境界線

2. 海面水温 (SST) による定義

熱帯と中緯度の境界には暖流による水温前線が存在するため、海面水温を緯度方向に微分した値が北緯 0 度から 60 度の範囲で最も大きくなる点を経度ごとに求め、それを経度方向に繋ぐことで海面水温が南北方向に大きく変化する境界線を定義した。これを SST 境界線と呼ぶ。

3. 緯度による定義

地球の回転効果は緯度に依存するため、北緯 34 度から 50 度の緯度線 (2 度ずつ) によって定義した。

3 結果と考察

3.1 境界線を越えるまでの時間と台風の寿命の相関

台風が熱帯低気圧になってから、それぞれの定義における熱帯中緯度境界線を越えるまでの経過時間と、温帯低気圧になるまでの経過時間の相関は以下 (Fig. 3.1) のようになった。台風の数が多い 8 月について相関を取った。

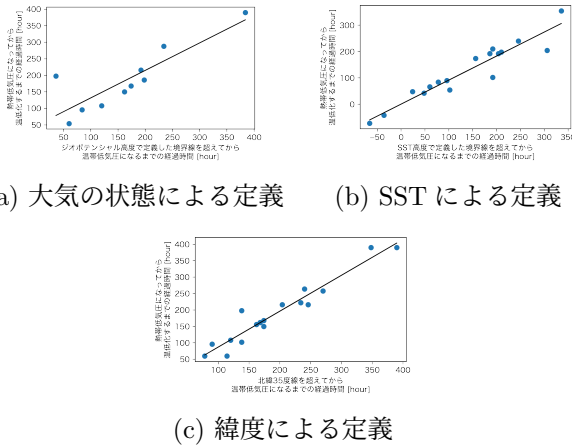


Fig. 3.1: 各境界線を越えるまでの経過時間と温帯低気圧になるまでの経過時間の相関

それぞれの定義における相関係数を計算すると以下のようになった。

表 1: それぞれの定義における相関係数

境界線の定義	相関係数
大気の状態による定義	0.721
SST による定義	0.948
緯度による定義	0.962

数値を見ると、相関係数は緯度によって定義した境界線が最も大きく、次いで SST によって定義した境界線、最後に大気の状態による境界線という結果となった。

3.2 境界線を越えてからの台風の寿命

Fig. 3.2 は、横軸は台風がそれぞれの緯度線や境界線 (凡例参照) を越えてからの経過時間、縦軸は温帯低気圧になった台風の割合である。このグラフを見ると、

線を超えてから最も早く全ての台風が温帯低気圧化した境界線は SST 境界線である。大気の状態で定義した熱帯中緯度境界線は、SST 境界線や北緯 34 度から 50 度の緯度線と比べると、境界線を越えてから温帯低気圧化までの経過時間が長かった。

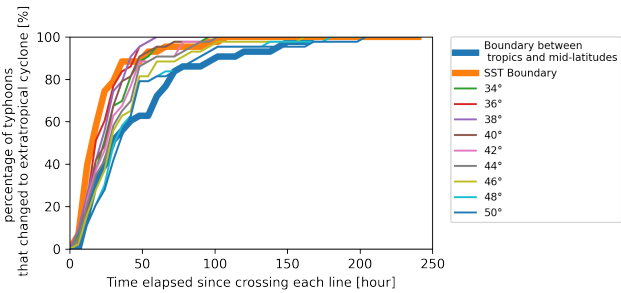


Fig. 3.2: 境界線と緯度線を越えた後温帯低気圧化するまでの経過時間とその割合

4 まとめと今後の課題

3.1 の結果より、台風が熱帯低気圧になってから大気の状態によって定義した熱帯中緯度境界線を越えるまでにかかった時間が大きい台風は、温帯低気圧になるまでに時間がかかると言える。また、大気の状態によって定義した熱帯中緯度境界線を越えたのち 36 時間で 55.6% の台風が温帯低気圧化することが分かった。一方 SST によって定義した境界線を越えたのちは 36 時間で 85.2%、北緯 36° 線を越えたのちは 36 時間で 77.8% の台風が温帯低気圧化している。北緯 36° 線を越えた後に他の緯度線を越えた後よりも早く温帯低気圧化するの、北緯 36° 線が SST によって定義した境界線に最も近い緯度線であるためだと考察できる。大気の状態と海面水温、地球の回転効果を比較した時、台風にとっては海面水温が大きく変化する箇所が熱帯と中緯度の違いとして最も重要になりうることを示した。これは台風が中緯度に入って温帯低気圧化するプロセスにおいて、大気の変化よりも水蒸気供給の変化が重要であることが理由であると考えることができ、今後理論を用いて検証する必要がある。また、定義した熱帯中緯度境界線が、台風だけではなく、梅雨前線などの関わりがあるかも調べていきたい。

参考文献

- [1] Osamu Miyawaki, Tiffany A. Shaw, and Malte F. Jansen. (2022). Quantifying Energy Balance Regimes in the Modern Climate, Their Link to Lapse Rate Regimes, and Their Response to Warming, *Journal of Climate*, 35, 1045–1061
- [2] Adam H. Sobel, Johan Nilsson, and Lorenzo M. Polvani. (2001). The Weak Temperature Gradient Approximation and Balanced Tropical Moisture Waves, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 58, 3650–3665
- [3] 林未知也 (2022), 熱帯拡大 (Tropical Widening), 天気, 69(1), 29-31