

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14554

研究課題名（和文）大気物理学と情報科学の視座に基づく台風の眼のサイズを決定する要因の解明

研究課題名（英文）Physics of typhoon eye diameters from the perspective of atmospheric and computer sciences

研究代表者

神山 翼（Kohyama, Tsubasa）

お茶の水女子大学・基幹研究院・講師

研究者番号：40845715

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高解像度衛星画像を用いた台風の眼の解析アルゴリズムを開発し、詳細なデータセットを作成した。解析結果から、台風の眼の大きさが年々拡大していることが示された。この上昇トレンドの要因として、台風が最低気圧をとる緯度の北上や、海面水温の変化が寄与していることが示唆されるが、これらだけでは十分に説明できないため、他の要因の解析も進めていく必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、台風の強度予測精度の向上を目指し、高解像度衛星画像を用いて台風の眼の解析を行った。その結果、台風の眼の大きさが年々拡大していることが明らかになった。この現象は、台風が発生する緯度の北上や海面水温の変化が影響していると考えられる。この現象をさらに詳しく理解することにより、台風の眼の決定要因の理解が深まるだろう。将来的には、台風の強度予測の精度向上に寄与し、災害対策の強化につながることを期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, an algorithm for analyzing the eye of a typhoon using high-resolution satellite images was developed, and a detailed dataset was created. The analysis results showed that the size of the typhoon's eye has been increasing year by year. It is suggested that this upward trend is influenced by factors such as the northward shift in the latitude where the typhoon reaches its minimum pressure and changes in sea surface temperature. However, these factors alone are not sufficient to fully explain the trend, indicating the need for further analysis of other contributing factors.

研究分野：気象学

キーワード：台風

## 1. 研究開始当初の背景

2019年台風15号による千葉県広域の停電被害や、台風19号による記録的な大雨は記憶に新しいが、我が国に上陸する台風に関する防災のためには、台風の「進路」だけでなく、台風の「強度」の高精度な予測が求められる。気象力学に基づく現在の数値予報では、台風の「進路」に関しては5日程度先まで有益な情報が得られている反面、台風の「強度」に関しては未だに統計的な予測を超える予測精度が実現されていない。

「強度予報」が「進路予報」と比べて難しい理由の一つは、進路予報では低解像度のモデルでも予報スキルがあるのに対し、強度予報では高解像度のモデルが要求されることである。たとえば、ハリケーン Katrina の強度予報は、解像度を約 1 km 程度まで細かくする必要があることが報告された [Davis, C. et al. (2008). *Mon. Weather Rev.*, **136**(6), 1990-2005.]。

この結果は、強度の時間変化が台風の眼などの微細構造に敏感であることを意味する。つまり、「台風の眼のサイズを再現できないモデルでは、強度予報は改善できない」という仮説が支持される。また当該仮説は、台風の微細構造と大規模場のスケール間相互作用の重要性を理論的考察に基づき指摘する、多くの先行研究とも整合的である。

上記の状況を鑑み、研究開始当初、台風強度予報の改善のため、眼のサイズの決定要因を現状より厳密に理解すべきという問題意識を持った。無論、「台風の眼の直径はなぜ 2 km でも 100 km でもなく 40 km 程度なのか？」という疑問は、自然界の謎を解き明かす基礎研究としても本質的であると考えた。

## 2. 研究の目的

以上の学術的背景により、本研究課題の核心をなす学術的「問い」として、次の 2 点を掲げた。

- ・高精度な台風の眼の直径のデータを大量に集めると、地理分布・季節分布・頻度分布などに非自明な傾向が現れるだろうか？
- ・台風の眼のサイズ（およびその上限や下限）を決定する要因には、海面水温や大規模な環境場のような既知の要因の他に、どのようなものがありうるだろうか？

これらから、本研究の目的は、台風の眼のサイズを決定する要因を、現状より厳密に明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

本研究では、研究協力者である鳥山菜海子氏と協働し、近年取得可能になった高解像度衛星画像に情報科学的手法を用いることにより、従来蓄積するのが困難であった「眼のサイズの高精度なデータ」を大量に集め、「眼のサイズの高精度なデータ」についての統計データ解析を行った。さらに、これらの結果を、衛星画像の解析や、数値シミュレーションによって検証した。

## 4. 研究成果

### ■統計データ解析

本研究では、国立情報学研究所の「デジタル台風」ウェブサイトから取得したデータを用い、1981年から2020年の40年間にわたる352個の台風の眼のデータセットを作成した。このデータセットには、各台風の緯度、経度、中心気圧、風速、眼の直径などが含まれている。

データの収集手法は以下の通りである。まず、台風ごとに最低気圧が実現された日時の衛星画像をダウンロードし(図1)、その画像を二値化処理した。次に、眼の直径を計算する独自に開発したアルゴリズムを適用し、日時・緯度・経度・中心気圧・風速とともにデータを保存した。

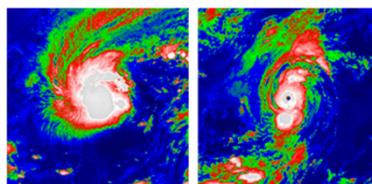


図 1: 最低気圧が実現された日時の台風画像の例。左: 台風の眼が検出されない場合の画像。右: 台風の眼が検出される場合の画像。

作成したデータセットを用いて、台風の眼の大きさと緯度の関係を解析した結果、緯度が上がるにつれてわずかに眼が大きくなる傾向が確認された(図2)。また、台風の眼の大きさの年平均時系列を解析すると、近年になるほど平均的に眼が大きくなる傾向が見られた(図3)。この傾向は、213 m/年の速度で増加していることが確認され、t検定により95%の信頼度が得られた。

さらに、緯度と海面水温との関係を線型であると仮定して、両者によってもたらされるトレンドを推定したところ、緯度によるトレンドは18.69 m/年、海面水温によるトレンドは24.03 m/年であった。よって、少なくともこれらのパラメータだけでは台風の眼の大きさの変動を十分に説明できないことが強く示唆された。

### ■衛星画像の解析による検証

次に、最小気圧が実現された日時の衛星画像から、直近10年と最も古い10年の画像の平均をとり、その和を比較した(図4)。古い年の平均画像を緑、新しい年の平均画像を赤とし、それらの和をとった結果、黄色の箇所が共通して雲が存在する部分であり、黒い箇所は雲が存在しない部分である。

これにより、台風の眼が大きくなっていることが直接確認でき、また台風全体の大きさは小さくなる傾向も確認された。この結果から、台風を構成する雲の面積が縮小傾向にあると結論づけた。

### ■数値シミュレーションによる検証

続いて、理化学研究所のSCALE-5.3.6をシミュレーションツールとして用いて、台風の眼の変化を数値計算した。まず、ネスティング実験を行い、親領域、子領域、孫領域でのシミュレーションを行った。ネスティング実験は、2014年10月9日の台風19号を対象とし、親領域は20 km、子領域は4 km、孫領域は2 kmの水平解像度とした。次に、寒冷化・温暖化実験を行い、海面水温を4K上下させた場合の台風の眼の大きさの変化を解析した。

数値計算結果の解析の結果、図5に示すように、温度が低い場合は台風全体の大きさが小さくなり、温度が高いと台風全体の大きさが大きくなる様子が確認された。また、孫領域でのシミュレーション結果からは、温度が上がるほど台風の眼が大きくなることが確認された。

### ■結論と今後の課題

本研究では、高解像度衛星画像を用いた台風の眼の解析アルゴリズムを開発し、詳細なデータセットを作成した。解析結果から、台風の眼の大きさが年々拡大していることが示された。この上昇トレンドの要因として、台風が最低気圧をとる緯度の北上や、海面水温の変化が寄与していることが示唆されるが、これらだけでは十分に説明できないため、他の要因の解析も進めていく必要がある。また、緯度の効果をシミュレーションでも検証するため、コリオリ力を変化させたシミュレーションによる物理メカニズムの検証を行うことも考えている。今後も、統計的手法と数値計算の両面から、台風の予測精度を向上させるための研究を継続していく予定である。

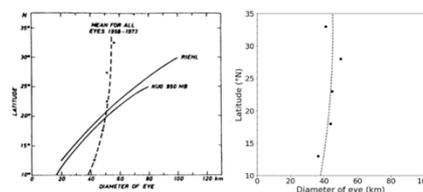


図2: 緯度と台風の眼の大きさの関係 左: Bell (1974)[1]の緯度と台風の眼の大きさの関係. 右: 台風の眼の大きさと緯度の関係.

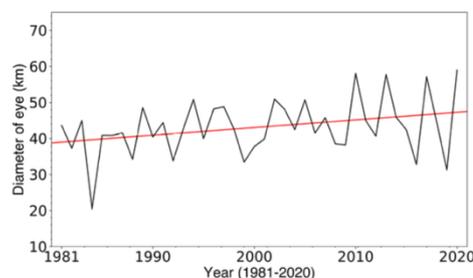


図3: 台風の眼の大きさの年平均時系列

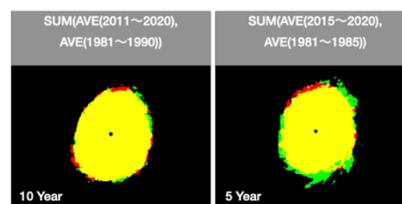


図4: 平均画像の解析 左: 1981-1990年と2011-2020年の眼の画像の平均をとり、和をとったもの. 右: 左と同様. 期間が1981-1985年と2016-2020年のもの.

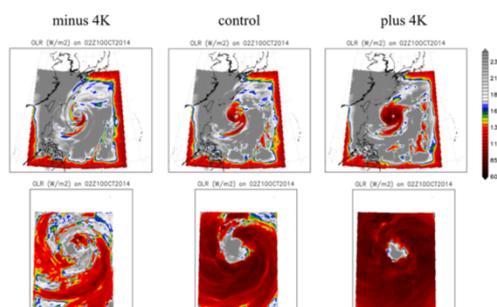


図5: 寒冷化・温暖化実験 現在の海面水温(中)からマイナス4K(左)、プラス4K(右)し、長波放射を可視化したもの. 上段が親領域、下段が孫領域でシミュレーションしたものとなる.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Nakamura Amane, Kohyama Tsubasa	4. 巻 18
2. 論文標題 Reconsidering the oscillation center of the El Nino Southern Oscillation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 236-242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2022-038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Sekizawa Shion, Kohyama Tsubasa	4. 巻 18
2. 論文標題 Meteotsunami observed in Japan following the Hunga Tonga eruption in 2022 investigated using a one-dimensional shallow-water model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 129-134
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2022-021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takasuka, D., T. Kohyama, H. Miura, and T. Suematsu	4. 巻 48
2. 論文標題 MJO initiation triggered by amplification of upper-tropospheric dry mixed Rossby-gravity waves	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL094239
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021GL094239	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kohyama, T., Y. Yamagami, H. Miura, S. Kido, H. Tatebe, and M. Watanabe	4. 巻 374(6565)
2. 論文標題 The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 341-346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/science.abh3295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama, T., T. Suematsu, H. Miura, and D. Takasuka	4. 巻 126
2. 論文標題 A Wall-like Sharp Downward Branch of the Walker Circulation above the Western Indian Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res. Atmos.	6. 最初と最後の頁 e2021JD034650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD034650	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama, T., H. Miura, and S. Kido	4. 巻 17
2. 論文標題 Intensive Variability Extraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 246 - 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-043.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Namiko Toriyama, Tsubasa Kohyama, Hiroaki Miura
2. 発表標題 Spatio-temporal analysis of typhoon eye diameters
3. 学会等名 American Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鳥山菜海子, 神山 翼, 三浦裕亮
2. 発表標題 台風の眼のサイズに関する衛星画像の解析
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鳥山菜海子 , 神山 翼 , 三浦裕亮
2. 発表標題 台風の眼のサイズに関する衛星画像の解析
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	鳥山 菜海子  (Toriyama Namiko)		
研究協力者	三浦 裕亮  (Hiroaki Miura)  (70415991)		
研究協力者	鈴木 遥香  (Suzuki Haruka)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------