

令和 5 年 5 月 28 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00705

研究課題名（和文）新世代気象衛星の台風高頻度観測による高精度風プロダクト開発と台風の変動過程の解明

研究課題名（英文）Typhoon studies using high-frequency observations with the new generation meteorological satellites

研究代表者

堀之内 武（Horinouchi, Takeshi）

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：50314266

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,600,000円

研究成果の概要（和文）：台風は深刻な災害をもたらす社会的関心が高い。しかし海上で発生・発達し、現象の時空間スケールが小さいため、観測手段に限られる。そのため、多くの知見はシミュレーションに基づき、観測による検証が乏しい。本研究では世界に先駆けて運用を開始した第3世代衛星であるひまわり8号による台風の高頻度機動観測を活かし、従来よりも遥かに高精度、高分解能で風速を推定する手法を開発した。これをもとに、台風の内部コアで生起する力学過程を研究し、強度推定の鍵となりうる特徴的な雲構造を見出し、エネルギーが線形に成長する波数1擾乱による加速などを発見し、従来モデルでしか研究出来なかったメソ渦の役割を定量するなどの成果を挙げた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまで数値モデルによってしか行えなかった詳細な力学的な研究を、観測によって行えるようにした点で画期的である。そして、台風の強度変化をもたらす過程などについていくつもの新知見が得られた。本研究の成果は、将来的に、台風の強度・構造推定ならびに台風予報の向上につながると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Tropical cyclones are of grave social interest. However, being predominantly situated over the ocean and small scaled, methods to observe them are limited. Thus, to date, most dynamical studies rely on numerical simulations. In this study, we conducted development to utilize the high-frequency observations of tropical cyclones by the third-generation geostationary meteorological satellites such as Himawari-8. We succeeded in developing new methods to estimate winds in tropical cyclones at unprecedentedly high resolution and precision. Studies by using the outcome revealed a key cloud feature for intensity estimation and elucidated the role of an algebraically growing wavenumber-1 disturbance. Further roles of asymmetric disturbances were quantified.

研究分野：気象学・地球流体力学

キーワード：台風 気象衛星

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

台風は深刻な災害をもたらすことから、社会的関心が高い自然現象である。台風は海上で発生・発達し、その時間発展を左右する力学現象の多くは短時間に生起することから、観測手段が限られている。そのため、多くの知見はシミュレーションから得られており、観測に基づく検証は乏しい。

台風の最も基本的なパラメータは、位置と強度である。その推定は気象庁や米国の合同台風警報センターなどが行い、ほぼリアルタイムで発表されている。強度推定は、主にドボラック法という静止衛星画像の(人の目による)パターン認識に依存しているが、誤差が大きいことが知られている。短時間での変化も表現できない。

ひまわり 8 号は、世界に先駆けて 2015 年 8 月に運用を開始した、新世代(第 3 世代とも呼ばれる)の静止気象衛星である。観測波長が大幅に増大し、全球の撮像間隔は 1 時間から 10 分に短縮した。さらに、所望の領域を 2.5 分間隔で撮像する機動観測機能をもつ。機動観測枠のひとつは常に台風に割り当てられており(以下、台風機動観測と表記)、これまでスナップショットの静止画でしか捉えられなかった短時間現象の推移が把握可能になった。しかし、高頻度観測は主に動画の形で見られ、台風の発達段階等を視覚的に把握することに用いられている。本研究開始時点で、高頻度な機動観測を活かした台風の研究は皆無であった。

2. 研究の目的

本研究は、新世代気象衛星による多波長・高頻度な台風の機動観測を活用し、台風中の風速分布をこれまでに比べて飛躍的に広範囲、高分解能、高精度で把握できるようにし、台風の理解と強度・構造推定に革新をもたらすことを目的とする。台風の理解については、具体的には以下を目的とする。

- 台風中に短時間に生起し、台風の盛衰に影響する様々な力学過程(対流バースト、メソ渦、渦ロスビー波、目の形成、壁雲の消長や交換過程、大気重力波等)をつぶさに明らかにし、それらと台風の強度・構造の変化との対応関係を明らかにする。
- 数値シミュレーションを併用して、上記の対応関係のメカニズムを明らかに、台風の内部コアの力学的理解を深める。
- 時間・空間的に高解像度の雲追跡風を用いて、偏西風帯に近づきながら時々刻々どう台風構造が変質するかを明らかにし、さらに、それに伴う豪雨等の仕組みを解明する。

本研究では、静止気象衛星観測に加え、低軌道の人工衛星観測や地上でのレーダー観測を組合せる高度な活用法を模索し、台風の力学的な理解を深め、将来における台風の強度・構造解析の改善につなげる。

3. 研究の方法

ひまわり 8 号(2022 年末より 9 号)によって定期的に行われている、2.5 分間隔の台風機動観測、ならびに、本研究に基づいて実験的に行われる 30 秒間隔の台風観測により得られる可視(バンド 3、分解能約 500 m)の輝度や赤外(バンド 13 を中心に 14, 15 も)観測による温度を用いる、オリジナルな風速推定手法を開発し、その結果を台風に適用して、台風の中心付近の風

速を得る。結果は航空機観測で検証する。さらに、低軌道衛星による C バンド合成レーダー観測や地上レーダー観測を用いて、気象衛星だけでは観測できない領域の情報を得て補強する。

気象衛星より得られる風速の時空間分布に加え、他の観測手段や数値シミュレーションも用いて、台風の力学を研究する。客観解析データを用いて環境場を把握し、台風の発生や発達に対する環境場の影響を調べるなど、総合的な研究を展開する。

4. 研究成果

静止気象衛星の高頻度観測を活用する手法開発

時空間フーリエ解析を用いるという、これまでない新しいアプローチで、台風の目の中における大気境界層の回転角速度を求める手法を開発した。この手法では、極座標展開した 1 時間程度に渡る画像に対する方位角-時間の 2 次元スペクトルから代表的な回転角速度を算出する。なお、大気境界層における風速は、地表風速に直結するため、台風の強度推定において要となる。開発した手法を 2017 年の台風 21 号 Lan の可視画像に適用した。結果を、Lan を対象に名古屋大学・琉球大学などが実施した航空機観測により検証し、妥当性を確かめた (Tsukada and Horinouchi, 2020)。

可視画像は水平分解能が約 500 m と高いが、夜間に観測できないという問題がある。より低分解能 (2 km) だが夜間も観測できる熱赤外画像に上記の手法を適用したところ、目の中に入り込む上層雲の影響を可視光よりも大きく受けることが明らかになった。そこで、2018 年に航空機観測が行われた台風 24 号 Trami を対象に、上層雲を効果的にマスクした上での回転角速度推定を行った。結果を航空機観測結果と比較して、妥当性を確認した (Tsuji et al., 2021)。

台風の目の中の風速には非軸帯状成分が存在し、強度変化に影響を与えることが、数値モデルによる研究から示唆されている。しかし、軸対称成分からのずれは 2 次的で小さいため、2.5 分の機動観測を使って高い信頼性を持って診断するのは難しいことが、予備的な検討からわかっていった。そこで、通常の機動観測よりも狭い領域を対象に 30 秒間隔行った特別観測により、非対称成分を含む目の中の風速分布を面的に捉えることを試みた。通常の大気追跡風導出に使われるテンプレートマッチングによる相互相関法を、(通常とは異なり)多段階に行い、Lagrange 的に追跡することで、高頻度観測に伴う離散化誤差を押さえることに成功した (Horinouchi et al., 2023)。さらに、30 秒観測に基づく結果という比較対象を得たことで、2.5 分観測の活用も進め、従来よりもはるかに良い結果が得られる手法を開発しつつある (論文準備中)。

放射伝達計算にもとづいて、ひまわりの熱赤外観測にもとづく台風画像における上層雲の貢献を弱め、下層をより「透け」やすくする手法を開発した (Hayashi and Nonaka, 2019, AGU fall meeting で発表)。これにより、台風の強度を支配する下層の大気追跡風がより得やすくなった。また、従来難しかった雲が存在する場合のひまわり画像のデータ同化の進展を見た (Okamoto et al., 2021)。

本研究で開発した手法によって得られた風速分布は、Web で公開している。さらに、研究のために開発したソフトの公開も Github を通じて行うなど、公開に努めている。

高頻度観測による対流パースト検出法の研究を行った。高頻度赤外観測の動画を使えば、人間の目では容易に判定できる (Horinouchi et al., 2020) が、大量処理は難しいので機械学習による検出法の開発している。深層学習にもとづく画像のセグメンテーションを用いることで、一定の精度で検出できた。これを用いると、気象衛星を用いた従来の研究手法に比べて早くから検出でき、個々のパーストの発生や時間変化を捉えて統計解析が行える (太田ら、気象学会で発表)。

投稿準備中)。今後、台風の発達過程の理解に資することが期待される。

静止気象衛星の高頻度観測にもとづく台風の内部コアの力学の研究

2017年の台風 Lan を用いた研究 (Tsukada and Horinouchi, 2020) により、同台風の目の中の下層の角速度分布の時間変化を明らかにした (図 1)。同時に観測された「メソ渦」がその変化をある程度は定性的に説明できることを明らかにしたほか、目の中の壁雲の「きわ」に規則正しい縞状構造が見られる時があり、それが特に速く回転するため、恐らく台風の2次循環の中に存在することが明らかになった。これは、壁雲で隠されて定量が難しい最大風速を推定できる可能性を示唆する重要な結果である。

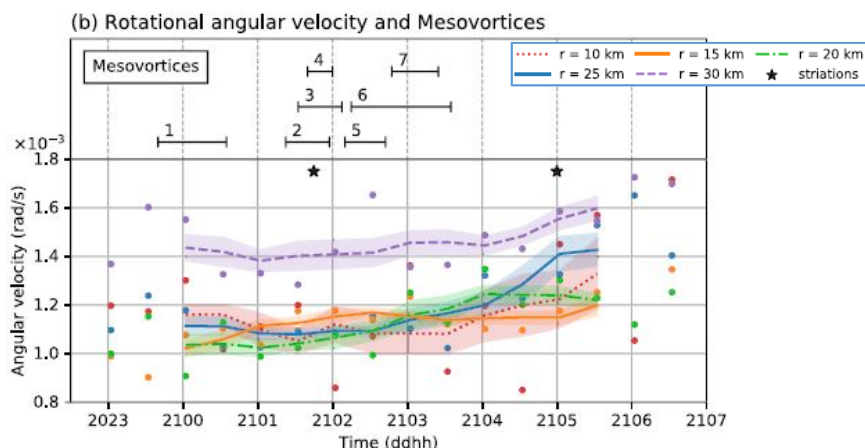


図 1 中心からの距離 (10,15,...30 km)に応じた角速度の時間変化(折れ線)とメソ渦の出現時期(図上方の数字を付したバー)。Tsukada & Horinouchi (2020)より

ひまわり 8 号の台風機動観測 (2.5 分間隔) を活用して、台風 Lan をモデルケースとして、台風の発達における重要性が指摘されている対流バーストを研究した。その結果、バーストに伴う上層の「かなとこ雲」の先端が高い頻度で内部ボア (内部重力波の矩形波の先端) となることを発見し、位相速度等を定量した (Horinouchi et al 2020)。この特性は将来、対流バーストに伴う質量フラックスの推定に役立つと考えられる。

大きな被害をもたらした 2018 年の台風 Trami を対象にした研究 (Tsujino et al., 2021) では、2次元スペクトル法に上層雲マスクを導入して熱赤外画像を用いることで、約 2 日間に渡る目の中の風速変化を明らかにした。結果を、角運動量座標において量的に診断し、渦角運動量輸送による台風の回転速度低下を、初めて観測にもとづいて定量的に明らかにした。この結果は、台風の衰弱過程に新たな理解をもたらすものである。

2020 年の台風 10 号 (Haishen) に対しひまわり 8 号を用いて実施した 30 秒間隔での特別観測結果より、高密度・高時間分解能な風速推定に成功した (Horinouchi et al., 2023; 図 2)。その結果、壁雲の形状をもとに定義される台風の中心に対し、目の中の境界層の回転中心がずれていたこと、それは台風の移動に伴うエクマン層の応答として説明できることを初めて明らかにした (数値モデルによる過去の研究の最解釈による。観測による指摘も初)。また、台風の中心付近の回転角速度が、可視画像にもとづく 8 時間ほどの解析期間中にほぼ倍増したこと、それが、目の中に局在しエネルギーが線形に成長する波数 1 の擾乱の作用として説明できることを明らかにした。この擾乱は、20 年ほど前に理論的に提唱されたが、台風の強度・構造の時間変化を説明しうることはこれまで見過ごされた来たものである。以上のように、目の中の風速分布を高精度・高分解能で定量することで、台風の内部コアの力学の理解が増進することが明らかになった。今後、この研究が画期的な研究だったと認められる可能性が高いと考えられる。

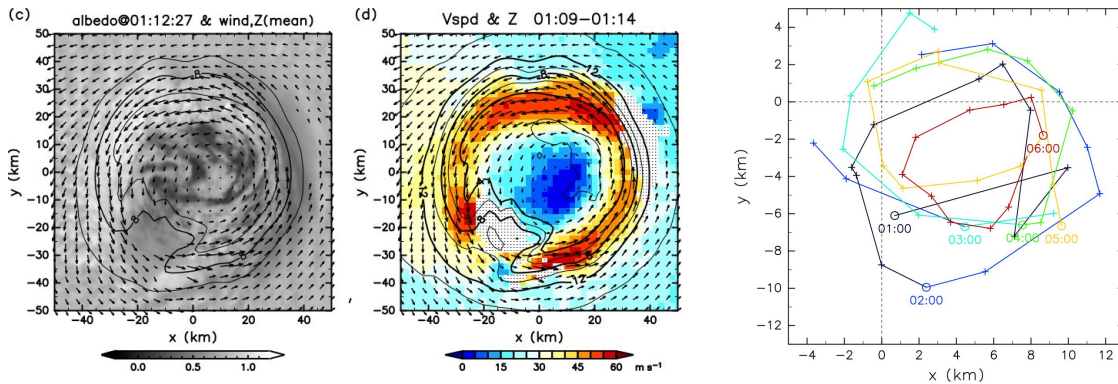


図2 目の中の面的な風速導出例（左：背景は可視画像，中：色は風速）と，解析期間中の風速極小点の動き：壁雲に相対的な台風中心（原点）から移動の下流にずれたところを中心に，反時計回りに周期的に回転していることがわかる。この擾乱に伴う角運動量輸送も定量化された。（Horinouchi et al. 2023 より）

低軌道衛星や地上設置レーダーの利用

ひまわり 8, 9 号を含む日米の第 3 世代気象衛星によって得られた台風の赤外画像に捉えられた台風の目の形状と，低軌道衛星による C バンド合成開口レーダーによる海上風の分布について網羅的に比較した結果，目がはっきりした台風については，赤外画像を用いて，最大風速半径が良い精度で推定できることを明らかにした(Tsukada and Horinouchi, 2023)。これまで本基盤研究において目の中の下層の風速導出法を開発してきたが，上記の関係性が示されたことにより，風速導出結果より台風の強度推定が改良できる可能性が，より強固に示されたと言える。

陸に近づいた台風に対しては，地上のドップラーレーダー観測が強力な観測手段となる。特に日本では，沖縄に複数のレーダーが配備されて台風のモニターに使われている。複数のレーダーにカバーされて 2 次元の風速を導ける範囲は限られているため，通常は単一のレーダーから適当な過程のもとに導かれることになる。その代表的な手法として，GBVTD 法ならびに GVTD 法があるが，いずれも動径風の非対称構造が無視できることを仮定しており，それが接線風の軸対称成分の推定に悪影響を及ぼすことが知られている。そこで，我々は動径風の非対称成分の存在を許すなどいくつかの改良を施した手法を考案した(Tsujino ら，論文投稿中)。この成果は，衛星による風速分布の検証や，台風の強度推定の向上などへの応用が期待される。

台風の力学の研究

甚大な災害を引き起こした 2019 年の台風 19 号 Hagibis について，ひまわり 8 号の大気追跡風を用いて上層の風を解析し，偏西風に近づくにつれ，台風から北に向かうアウトフローが強化していたことを示し，それが台風北側に集中した大雨と力学的に関係していたことを，高解像度シミュレーションを用いた湿潤対称安定性の解析により明らかにした(Yanase et al., 2022)。2019 年の台風 15 号 Faxai の発生過程を，気象衛星や客観解析などを用いて調べた。北東太平洋上の偏東風波動の中で長期間持続した初期擾乱が，北西太平洋で台風強度にまで発達したことが明らかになった(Fudeyasu et al., 2022)。

2017 年の台風 Lan に関するシミュレーションからは風速の非軸対称成分による強化や目の内外の交換過程などが明らかになった(Tsujino and Kuo, 2020; Tsujino et al., 2021)。

台風の発生や急発達，再発達に対する環境場の影響に関する知見を深め(Fudeyasu and Yoshida, 2019; Yoshida and Fudeyasu, 2020; Shimada, 2022; Yanase et al, 2020)，台風の将来変化を研究した(Fudeyasu et al, 2020)。室内実験を用いた研究も進めた(学会発表)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Tsuji S., Horinouchi T., Tsukada T., Kuo H. C., Yamada H., Tsuboki K.	4. 巻 126
2. 論文標題 Inner Core Wind Field in a Concentric Eyewall Replacement of Typhoon Trami (2018): A Quantitative Analysis Based on the Himawari 8 Satellite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD034434	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 該当する
1. 著者名 FUDEYASU Hironori, SHIMADA Udai, OIKAWA Yoshinori, EITO Hisaki, WADA Akiyoshi, YOSHIDA Ryuji, HORINOCHI Takeshi	4. 巻 100
2. 論文標題 Contributions of the Large-Scale Environment to the Typhoon Genesis of Faxai (2019)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 617 ~ 630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2022-031	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 該当する
1. 著者名 Okamoto Kozo, Hayashi Masahiro, Hashino Tempei, Nakagawa Masayuki, Okuyama Arata	4. 巻 147
2. 論文標題 Examination of all sky infrared radiance simulation of Himawari 8 for global data assimilation and model verification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 3611 ~ 3627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.4144	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 Shimada Udai	4. 巻 35
2. 論文標題 Variability of Environmental Conditions for Tropical Cyclone Rapid Intensification in the Western North Pacific	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 4437 ~ 4454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JCLI-D-21-0751.1	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 Tsukada Taiga, Horinouchi Takeshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Estimation of the Tangential Winds and Asymmetric Structures in Typhoon Inner Core Region Using Himawari 8	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL087637	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 Tsujino Satoki, Kuo Hung-Chi	4. 巻 77
2. 論文標題 Potential Vorticity Mixing and Rapid Intensification in the Numerically Simulated Supertyphoon Haiyan (2013)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 2067~2090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-19-0219.1	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 該当する

1. 著者名 Tsujino S., Horinouchi T., Tsukada T., Kuo H. C., Yamada H., Tsuboki K.	4. 巻 126
2. 論文標題 Inner Core Wind Field in a Concentric Eyewall Replacement of Typhoon Trami (2018): A Quantitative Analysis Based on the Himawari 8 Satellite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD034434	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 該当する

1. 著者名 Yanase Wataru, Shimada Udai, Takamura Nao	4. 巻 33
2. 論文標題 Large-Scale Conditions for Reintensification after the Extratropical Transition of Tropical Cyclones in the Western North Pacific Ocean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 10039~10053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JCLI-D-20-0013.1	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 Fudeyasu Hironori, Yoshida Kohei, Yoshida Ryuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Future Changes in Western North Pacific Tropical Cyclone Genesis Environment in High-Resolution Large-Ensemble Simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oceans	6. 最初と最後の頁 355 ~ 368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/oceans1040024	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 該当する

1. 著者名 Shimada Udai, Yamaguchi Munehiko, Nishimura Shuuji	4. 巻 16
2. 論文標題 Is the Number of Tropical Cyclone Rapid Intensification Events in the Western North Pacific Increasing?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2020-001	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 Horinouchi Takeshi, Shimada Udai, Wada Akiyoshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Convective Bursts With Gravity Waves in Tropical Cyclones: Case Study With the Himawari 8 Satellite and Idealized Numerical Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL086295	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 Yoshida Ryuji, Fudeyasu Hironori	4. 巻 148
2. 論文標題 How Significant are Low-Level Flow Patterns in Tropical Cyclone Genesis over the Western North Pacific?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 559 ~ 576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-19-0023.1	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 該当する

1. 著者名 Fudehyasu Hironori, Yoshida Ryuji, Yamaguchi Munehiko, Eito Hisaki, Muroi Chiashi, Nishimura Shuji, Bessho Kotaro, Oikawa Yoshinori, Koide Naohisa	4. 巻 98
2. 論文標題 Development Conditions for Tropical Storms over the Western North Pacific Stratified by Large-Scale Flow Patterns	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 61 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2020-004	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 該当する

1. 著者名 FUDEYASU Hironori, YOSHIDA Ryuji	4. 巻 97
2. 論文標題 Statistical Analysis of the Relationship between Upper Tropospheric Cold Lows and Tropical Cyclone Genesis over the Western North Pacific	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 439 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-025	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 該当する

1. 著者名 Horinouchi Takeshi, Tsujino Satoki, Hayashi Masahiro, Shimada Udai, Yanase Wataru, Wada Akiyoshi, Yamada Hiroyuki	4. 巻 151
2. 論文標題 Stationary and Transient Asymmetric Features in Tropical Cyclone Eye with Wavenumber-1 Instability: Case Study for Typhoon Haishen (2020) with Atmospheric Motion Vectors from 30-Second Imaging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 253 ~ 273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-22-0179.1	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 Tsukada Taiga, Horinouchi Takeshi	4. 巻 151
2. 論文標題 Strong Relationship between Eye Radius and Radius of Maximum Wind of Tropical Cyclones	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 569 ~ 588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-22-0106.1	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 YANASE Wataru, ARAKI Kentaro, WADA Akiyoshi, SHIMADA Udai, HAYASHI Masahiro, HORINOUCI Takeshi	4. 巻 100
2. 論文標題 Multiple Dynamics of Precipitation Concentrated on the North Side of Typhoon Hagibis (2019) during Extratropical Transition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 783 ~ 805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2022-041	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44件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 堀之内 武
2. 発表標題 台風の強度・構造推定の将来について
3. 学会等名 今後の台風予測研究に関する研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsukada, T., and T. Horinouchi
2. 発表標題 Estimation of the Tangential Winds and Asymmetric Structures in Typhoon Inner Core Region Using Himawari-8
3. 学会等名 34th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horinouchi, T., A, Wada, and U. Shimada
2. 発表標題 Satellite and numerical study of convective bursts with gravity waves in intensifying tropical cyclone and its application
3. 学会等名 34th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	T. Horinouchi, S. Tsujino, M. Hayashi, U. Shimada, W. Yanase, A Wada, H. Fudeyasu, and H. Yamada
2. 発表標題	Stationary and transient asymmetric features in tropical cyclone eye, wavenumber-one instability, and eye-shape maintenance: Case study for Typhoon Haishen (2020) with rapid-scan high-resolution atmospheric motion vectors
3. 学会等名	International Conference on Heavy Rainfall and Tropical Cyclone in East Asia (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	堀之内武・辻野智紀・林昌宏・嶋田宇大・柳瀬亘・和田章義・筆保弘徳・山田広幸
2. 発表標題	ひまわり8号の30秒観測が捉えた台風Haishen (2020)の風速構造
3. 学会等名	日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	塚田大河・堀之内武
2. 発表標題	静止気象衛星を用いた台風強度推定に向けて - SAR海上風との比較検討 -
3. 学会等名	日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	辻野智紀・堀之内武・嶋田宇大
2. 発表標題	単ドップラーレーダ風速観測から台風の渦構造を推定する新手法
3. 学会等名	日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 柳瀬 亘・嶋田宇大・北畠尚子・栃本英伍
2. 発表標題 台風Kirogi (2012) の傾圧的な発生過程
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林昌宏, 和田章義, 小山亮
2. 発表標題 ハイパースペクトル赤外サウンダを用いた台風中心部の大気プロファイル解析
3. 学会等名 台風研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林昌宏, 岡本幸三, 大和田浩美, 小山亮
2. 発表標題 静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダを想定した 気温・水蒸気鉛直プロファイル推定手法の開発
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋田宇大ほか
2. 発表標題 観測された熱帯低気圧の雷活動と強度変化の関係
3. 学会等名 日本気象学会 2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 台風における風観測の重要性とSARによる台風の風観測の取組み
3. 学会等名 2021年度秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Udai Shimada et al.
2. 発表標題 Different Environmental Conditions of Tropical Cyclone Rapid Intensification in the Western North Pacific
3. 学会等名 34th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 台風急発達環境場の多様性
3. 学会等名 台風研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsujino, S., T. Horinouchi, T. Tsukada, H.-C. Kuo, H. Yamada, and K. Tsuboki
2. 発表標題 Inner-core wind field in a concentric eyewall replacement of Typhoon Trami (2018): A quantitative analysis based on the Himawari-8 satellite
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀之内 武
2. 発表標題 台風の強度・構造推定の将来について：衛星の高度利用，データ同化，航空機による検証への期待
3. 学会等名 台風研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻野智紀・堀之内武・塚田大河・郭鴻基・山田広幸・坪木和久
2. 発表標題 2018年台風Tramiの壁雲置き換わりに伴う内部コアの接線風変化：ひまわり8号機動観測による推定
3. 学会等名 台風研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田聡・堀之内武
2. 発表標題 機械学習によるひまわり衛星画像内のアンピル検出
3. 学会等名 台風研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田聡・堀之内武
2. 発表標題 機械学習によるひまわり衛星画像内のアンピル検出
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻野智紀・堀之内武・嶋田宇大
2. 発表標題 2020 年 10 号台風 (Haishen) 壁雲交換時に見られた楕円形内側壁雲とその回転
3. 学会等名 令和 2 年度台風拡大事例検討会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Udai Shimada
2. 発表標題 Preference for upshear-left convection at upper levels for intensifying hurricane-strength storms
3. 学会等名 AMS 101st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林昌宏、岡本幸三
2. 発表標題 DARDAR プロダクトとひまわり 8 号観測を用いた RTTOV 氷雲放射スキームの評価
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳瀬 亘・荒木健太郎・和田章義・嶋田宇大・林昌宏・堀之内武
2. 発表標題 令和元年東日本台風の降水非対称化メカニズム
3. 学会等名 台風研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳瀬 亘・荒木健太郎・和田章義・嶋田宇大・林昌宏・堀之内武
2. 発表標題 令和元年台風第19号の降水の非対称化メカニズム～その2
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 筆保弘徳・嶋田宇大・及川義教・永戸久喜・和田章義・吉田龍二・堀之内武
2. 発表標題 ， 2019年台風15号の発生・発達環境場の定量化
3. 学会等名 台風研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚田大河・堀之内武
2. 発表標題 ひまわり 8号を用いた台風内部コア領域の風速推定
3. 学会等名 日本気象学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 台風強度予報の改善に向けて取り組むべき研究課題
3. 学会等名 第51回メソ気象 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋田宇大, 山口宗彦, 西村修司
2. 発表標題 台風の急発達事例は“気候学的に”増加しているか?
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shimada, U., R. Oyama, and S. Shimizu
2. 発表標題 Dramatic changes in the inner-core structure of Typhoon Jebi (2018) at landfall and relationship between a mesovortex and strong wind gusts
3. 学会等名 JpGU meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋田宇大, 梅原章仁, 小山亮, 清水慎吾
2. 発表標題 2018年台風第21号による記録的暴風と短時間強雨のメカニズム
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林昌宏
2. 発表標題 ひまわり8号可視・赤外観測を利用した多層雲域の雲物理量推定と巻雲除去画像の作成
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayashi, M., and K. Nonaka
2. 発表標題 New Estimation Method of Himawari-8/-9 Lower Tropospheric Winds
3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳瀬 亘・嶋田 宇大
2. 発表標題 台風の温帯低気圧化後の再発達に影響する環境場の特徴
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yanase, W. and H. Niino
2. 発表標題 Parameter sweep experiments on a spectrum on cyclones with diabatic and baroclinic processes
3. 学会等名 19th Cyclone Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳瀬 亘・嶋田 宇大・北畠 尚子
2. 発表標題 北西太平洋における亜熱帯低気圧の性質を持つ台風
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会、2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳瀬 亘
2. 発表標題 中緯度プロセスの影響を受けた台風の構造
3. 学会等名 第2回高・低気圧ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 筆保 弘徳・吉田 康平・吉田 龍二
2. 発表標題 大規模アンサンブルデータで得られた台風発生環境場パターンの将来変化
3. 学会等名 2019年日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuji no, T., Horinouchi, T., Shimada, U.
2. 発表標題 A New Method to Estimate Circulations in Tropical Cyclones from Single-Doppler Radar Observations
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林昌宏
2. 発表標題 衛星搭載ライダー・レーダー観測を用いたひまわり巻雲物理量推定値の検証
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 発達ハリケーンの上層アップシア-左象限で観測される強い上昇流について
3. 学会等名 日本気象学会2022年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 台風の面的暴風分布推定に向けて
3. 学会等名 第4回 高・低気圧ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田宇大
2. 発表標題 台風ベストトラックとSAR海上風の比較
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳瀬 亘・栃本英伍・渡邊俊一・嶋田宇大・北畠尚子・吉田 聡・平田英隆
2. 発表標題 低気圧の多様性に関する気象研究ノートの構想
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菱沼美咲・筆保弘徳・辻野智紀・伊藤耕介・乙部直人・松岡大祐
2. 発表標題 台風内部コアを模擬した回転水槽実験における波動の定量化
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 日本自然災害学会 筆保弘徳他	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 806
3. 書名 自然災害科学・防災の百科事典	

1. 著者名 筆保 弘徳	4. 発行年 2020年
2. 出版社 P H P 研究所	5. 総ページ数 56
3. 書名 台風の大研究	

1. 著者名 筆保 弘徳、今井 明子、広瀬 駿	4. 発行年 2020年
2. 出版社 三笠書房	5. 総ページ数 272
3. 書名 こちら、横浜国大「そらの研究室」！ 天気と気象の特別授業	

1. 著者名 筆保 弘徳、山崎 哲、中村 哲、安成 哲平、吉田 龍二、釜江 陽一、下瀬 健一、大橋 唯太、堀田 大介	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ベレ出版	5. 総ページ数 270
3. 書名 ニュース・天気予報がよくわかる気象キーワード事典	

1. 著者名 筆保弘徳	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本図書センター	5. 総ページ数 96
3. 書名 天気のみツがめちゃくちゃわかる！ 気象キャラクター図鑑	

1. 著者名 Toshiro Inoue, Hiroshi Ishimoto, Masahiro Hayashi, and Johannes Schmetz	4. 発行年 2022年
2. 出版社 WORLD SCIENTIFIC	5. 総ページ数 332
3. 書名 Lectures in Climate Change, Studies of Cloud, Convection and Precipitation Processes Using Satellite Observations (LECTURE 10: Cirrus Clouds Observed From Himawari-8)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Tropical Cyclone Information by Horinouchi Lab http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/horinouchi-lab/TC/ Tropical Cyclone Information by Horinouchi Lab http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/horinouchi-lab/TC/index.html Tropical Cyclone Information by Horinouchi Lab http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/horinouchi-lab/TC/index.html</p>
--

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
研究分担者	筆保 弘徳 (Fudeyasu Hironori) (00435843)	横浜国立大学・教育学部・教授 (12701)	
研究分担者	林 昌宏 (Hayashi Masahiro) (00830473)	気象庁気象研究所・台風・災害気象研究部・研究官 (82109)	
研究分担者	嶋田 宇大 (Shimada Udai) (60750651)	気象庁気象研究所・台風・災害気象研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	柳瀬 亘 (Yanase Wataru) (80376540)	気象庁気象研究所・台風・災害気象研究部・主任研究官 (82109)	

	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	山田 広幸 (Yamada Hiroyuki)		
研究協力者	和田 章義 (Wada Akiyoshi)		
研究協力者	岡本 幸三 (Okamoto Kozo)		

6. 研究組織（つづき）

	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	北本 朝展 (Kitamoto Akanobu)		

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