

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400468

研究課題名(和文) 南西諸島のドップラーレーダーを用いた台風強度の推定

研究課題名(英文) Typhoon intensity estimation using Doppler weather radars in the Ryukyu Archipelago

研究代表者

山田 広幸 (Yamada, Hiroyuki)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号：30421879

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、南西諸島で運用されるドップラーレーダーを用いて、台風の中心近くにおける風速分布と中心気圧を、5～10分間隔で精度良く推定する手法を確立することを目的とする。28事例の台風について強度を推定し、気象庁ベストトラックデータと比較したところ、全体として整合する結果を得たが、相違が顕著な事例があることもわかった。2016年には台風15号が石垣島を通過する際に急速に発達する様子を捉えることに成功した。この推定手法を用いることで、将来的には精度の高い強度の情報を台風の接近前に提供することができると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims at establishing a method to estimate the accurate intensity of a typhoon (such as maximum sustained wind and central pressure) every 5-10 minutes using Doppler radars operated in the Ryukyu Islands. Using 28 of typhoon cases, the estimated intensity was compared with the best track record issued by Japan Meteorological Agency. Results generally show the consistency between them, while a discrepancy was evident in some of the cases. In the year 2016, the rapid intensification of Typhoon Goni (No. 15) was successfully captured using this method during the passage at Ishigaki Island. It is suggested that accurate information on typhoon intensity can be provided using this method before the approach of a typhoon.

研究分野：気象学

キーワード：台風 レーダー

1. 研究開始当初の背景

北西太平洋の海上にある台風の位置と強度の推定は、気象庁を含む世界の現業機関において、主に静止気象衛星の画像を用いて行われている。衛星画像から雲の大きさ、発達傾向、雲頂の温度を用いて台風の強度を判定し、それを中心気圧や最大風速に換算する。この手法は、静止気象衛星と米軍航空機の観測が同時に行われていた1980年代に確立したが、主観的判断を完全には排除できないことや、推定誤差が大きいという問題が残ったままである。また、この手法では暴風域の水平分布を推定することはできない。台風強度の不確定性は、気象警報の発表や防災対策の障害になるので、早急な改善が望まれる。しかし、米軍の航空機による台風観測が北西太平洋で終了している現在、洋上において台風の中心気圧を観測できる手段は無く、推定手法の開発や改良をしたくても、検証に使えるデータがない状況にある。

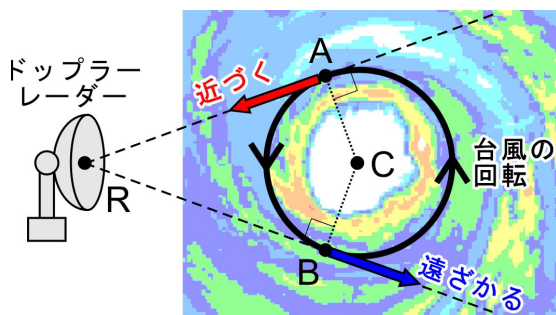


図1 ドップラーレーダーの動径風（近づく／遠ざかる風の）成分を用いて台風の回転風成分を推定する手法の模式図。

一方、雨量分布の観測に用いられている気象庁のレーダーは、竜巻や突風の検出を目的に、ドップラー化が急速に進められた。ドップラーレーダーは、発射した電波の周波数が降水粒子の動きにより変動する「ドップラー効果」を利用して、雲の中の動径風成分を計測することができる。台風においては中心の眼を取り囲む、風速が最も強い領域の風速を計測でき、台風の回転風成分を推定することができる（図1）。また、風と気圧の力学的な関係（傾度風平衡）から中心気圧を推定することもできる。つまり、航空機を台風の中へ突入させなくても強度の推定を精度良く客観的に行える可能性を秘めている。南西諸島にあるドップラーレーダーを用いることで、地形の影響をほとんど受けていない台風の強度を推定することができる。この推定手法が確立されれば、衛星を利用した新しい推定手法を開発するための検証材料として利用することが出来る。さらに、島嶼や陸地に接近する6~12時間前から精度の高い強度推定を、5分間隔の高頻度で行うことができるので、接近時に急速に強まる台風に対しても信頼性の高い情報を提供することが可能になる。このようなドップラーレーダーの台風

に対する現業利用は、気象庁ではまだ行われていないので、現業化に先がけて手法の有用性を調査する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、南西諸島で運用されている気象ドップラーレーダー（石垣島、沖縄糸数、奄美名瀬、種子島）のデータを用いて、台風中心近くの風速分布と中心気圧の推定を行い、その検証を行うことで、台風の強度推定手法の有用性を明らかにすることを目的とする。南西諸島では2013年までに気象庁レーダーのドップラー化が完了し、研究開始の段階で既に15以上の台風事例が蓄積されていた（図2）。また、沖縄本島には独立行政法人情報通信研究機構の沖縄偏波降雨レーダー(COBRA)が2002年から運用を行っており、これまでに数多くの台風を観測している。従って、本研究の実施に必要な観測事例は既に揃っており、研究期間内にも事例が蓄積されることが想定されたので、研究を開始するには非常に良いタイミングであった。

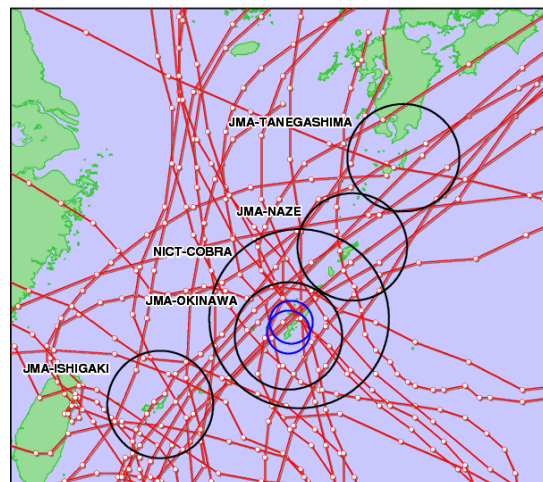


図2 南西諸島で運用されているドップラーレーダー（円内がドップラー速度の探知範囲）と、気象庁のドップラー化が始まった2008年から2014年までの間に探知範囲を通過した台風の経路。

観測で得たドップラー速度データはそのままでは利用できず、ノイズ除去のほか、ドップラー信号処理に伴う特有の処理（速度折り返し補正）を行う必要がある。解析に際しては、速度データの品質管理を行った上で、強度推定の解析を行う。

ドップラーレーダーによる強度推定の有用性が確認できた場合、陸上に接近する台風の強度を6~12時間程度のリードタイムをもって、しかも5分間隔の高頻度で推定することが可能になる。ドボラック法に代わる衛星データを用いた推定手法の開発において検証材料として利用できるだけでなく、将来的には気象庁を含む気象機関の現業観測の高度化に貢献できると期待される。このような

台風情報の精度向上は防災対策にも役立ち、最終的に社会へ貢献できると期待される。本研究はこのような現業利用を最終目標とした先行研究として位置づけられる。

3. 研究の方法

ドップラーレーダーの動径速度データから台風の風速を推定する手法は、Lee et al. (1999)により開発され、それをもとに中心気圧も推定できる VORTRAC 法が米国で開発されており、研究開始当初はこのプログラムを米国の研究協力者から提供してもらい、データ入出力部の修正を行うことで利用することを想定していた。しかし、連携研究者との協議の結果、将来的な改良や独自発展の可能性を持たせるため、上記の論文をもとにプログラムを独自で作成し、風速の推定に台風自身の移動速度の成分も考慮するなどの改良も行うことにした。

平成 25 年度は観測データの収集とプログラムの作成、データサーバーの整備を行い、過去の台風事例を対象として、観測データの品質管理と、強度の推定を行った。データサーバーは琉球大学内に設置し、気象庁および情報通信研究機構のレーダーデータは連携研究者から提供を受けた。各事例について、データの品質管理（ノイズの除去、速度折り返し補正）などを行い、上記のプログラムを用いて高度 2km の水平風分布を推定し、傾度風の仮定を用いて中心気圧の推定を行った。平成 26 年度以降は研究実施期間に得られた事例を対象に強度推定を行った。特に、平成 27 年は先島地方で 70m/s を超える記録的な暴風をもたらした台風 15 号と 21 号に注目し、強度と台風構造の関係について調査を行った。

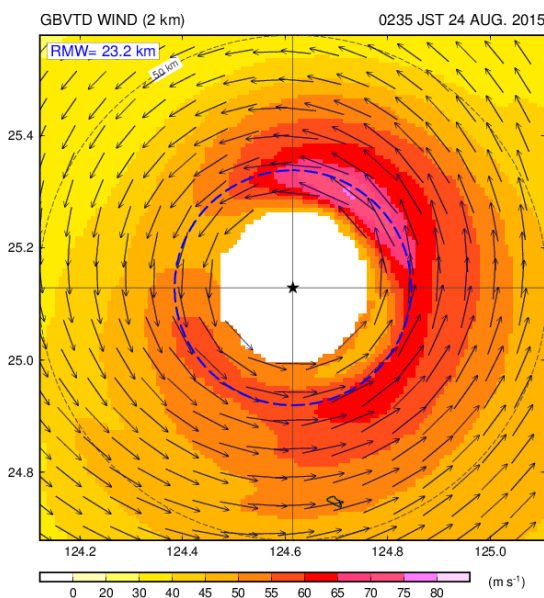


図3 平成 27 年台風 15 号の中心付近における、高度 2km の水平風分布の推定結果。

4. 研究成果

ここでは強度推定の一例として、平成 27

年台風 15 号の事例について結果を述べる。石垣島ではこの台風の通過時に 71m/s の記録的な暴風が観測された。図 3 は推定された高度 2km の風速分布である。中心の北東側において 70m/s を超える風が推定されているのがわかる。強度推定は 8 月 23 日 7 時から翌日 6 時までの 23 時間にわたり、5 分間隔で行った。図 4 は推定された中心気圧(Pmin)と高度 2km の最大風速(Vmax)の時間変化を示す。石垣島に最接近する 21 時の前後はレーダーが台風の眼の中に入り、理論上強度の推定が行えないが、解析期間の全体として、中心気圧が 960hPa から 930hPa に低下し、最大風速が 55m/s から 70m/s に増加しているのがわかる。このことは、台風が石垣島の通過前後に急速に発達していたことを表す。

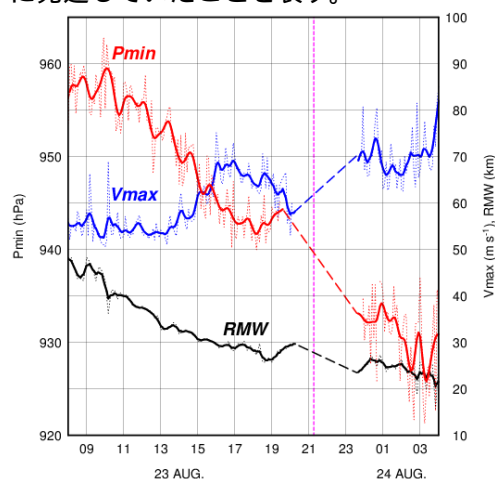


図 4 レーダーで推定された台風第 15 号の中心気圧(Pmin, 赤)と、高度 2km における最大風速(Vmax, 青)、および風速が最大となる半径(RMW, 黒)の時間変化。それぞれ点線は推定値を、太線は 1 時間平均した値を表す。紫の点線は石垣島で最大瞬間風速 71.0 m/s が観測された時刻を表す。

このような急速な発達を衛星画像から捉えることは難しいが、ドップラーレーダーを用いることで、台風が島嶼に接近する 6~12 時間前より強度の推定を高頻度で捉えることが可能になることがわかる。リアルタイムでの処理が可能になれば、将来的には現業での利用が可能になり、防災対策に役立てることができると考えられる。

推定された中心気圧の精度を検証するため、気象庁ベストトラックデータとの比較を行った(図 5)。この比較には、南西諸島で得られた 23 事例の他に、本州太平洋沿岸のレーダーで得られた 5 事例を加えた 28 事例を用いている。レーダーで推定された値(縦軸)と、ベストトラックの値(横軸)では、相関係数が 0.87 で、二乗平均平方根誤差(RMSE)が 8.37hPa であり、全体としては良い相関にあることがわかる。一方、各事例を詳しく見ると、ずれが顕著な事例があった。ベストトラックの気圧 960hPa に対し、レーダーの推定値が 908hPa までの低い値を示しているが、

これは 2010 年台風 7 号によるものである。このような食い違いが生じる原因と、どちらのデータがより正確なのかについては、2 台のレーダーを組み合わせて正確な風を得る「デュアルドップラー解析」や、ウインドプロファイラーなど別の観測値を用いて詳しく検証する必要がある。

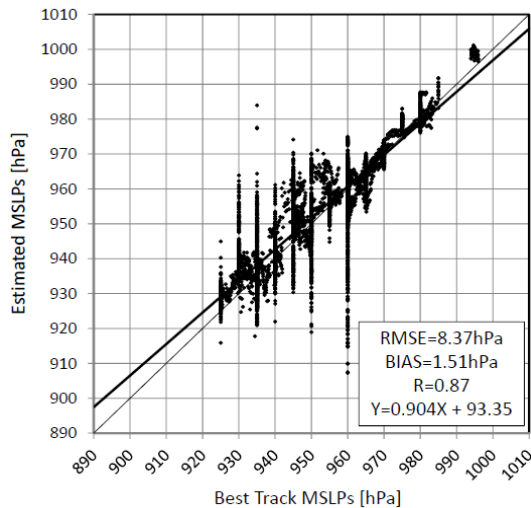


図5 レーダーで推定された中心気圧（縦軸）と気象庁ベストトラックの値（横軸）を比較した散布図。

以上のように、3年間の研究期間において、ドップラーレーダーを用いて台風の強度を推定する手法を確立し、推定結果の検証を行うとともに、急速に発達しながら南西諸島を通過する台風の強度変化を捉えることができた。これを気象庁においてリアルタイムで運用するためには、ドップラー速度の補正と品質管理をリアルタイムに実施する必要がある。また、ベストトラックデータとの相違が生じる事例については詳しい検証が必要となる。また、高度 2km の風速から地上に変換する手法の検討も必要である。さらに、今後も継続したデータ取得により品質向上に努めることも重要である。これらの課題は、新たな科研費(基盤B、16H04053、研究代表:山田広幸)の枠組みにおいて、継続して取り込む計画である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Udai Shimada, Masahiro Sawada, and Hiroyuki Yamada, Evaluation of the accuracy and utility of tropical cyclone intensity estimation using single ground-based Doppler radar observations, Monthly Weather Review, 査読あり, 144 巻, 2016, 1823-1840.

Akiyoshi Wada, Unusually rapid intensification of Typhoon Man-yi in

2013 under preexisting warm-water conditions near the Kuroshio front south of Japan, Journal of Oceanography, 査読あり, 71 巻, 2015, 597-622.

Akiyoshi Wada, Verification of tropical cyclone heat potential for tropical cyclone intensity forecasting in the western North Pacific, Journal of Oceanography, 査読あり, 71 巻, 2015, 373-387.

Udai Shimada, Akiyoshi Wada, Koji Yamazaki, and Naoko Kitabatake, Tellus, 査読あり, 66 巻, 2014, Article ID 24694.

Akiyoshi Wada, Norihisa Usui, and Masaru Kunii, Interactions between Typhoon Choi-wan (0914) and the Kuroshio extension system. Advances in Meteorology, 査読あり, 2013, Article ID 859810.

[学会発表](計14件)

田盛智翔也, 山田広幸, 嶋田宇大, 2015 年台風 15 号の急速な発達と内部構造の関係, 日本気象学会沖縄支部研究発表会, 2016年3月9日, 沖縄県国頭郡恩納村, 沖縄科学技術大学院大学.

嶋田宇大, 久保田尚之, 山田広幸, 地上ドップラーレーダーを用いた 2013 年台風ハイエンの強度および内部構造の解明, 平成 27 年度京都大学防災研究所「台風研究会, 2015年10月31日~11月1日, 京都府宇治市, 京都大学防災研究所.

嶋田宇大, 小山亮, 沢田雅洋, 原基, 先島諸島で一時的に再発達した 2015 年台風 6 号の観測的研究. 日本気象学会秋季大会, 2015年10月28~30日, 京都府京都市, 京都テルサ.

Hiroyuki Yamada, Typhoon intensity estimation using Doppler radars in Okinawa, Typhoon field observation of the 973 project international workshop (招待講演), 2015年9月26~27日, 中華人民共和国江蘇省南京市, 南京大学.

嶋田宇大, 沢田雅洋, 山田広幸, ドップラーレーダーを活用した台風の強度推定 - その精度と有用性の評価 -, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015年5月21~24日, 茨城県つくば市, つくば国際会議場.

山田広幸, レーダーを通して見える気象の世界 - 国内外での観測より. 弘前大学ひろだい白神レーダー開設記念シンポジウム(招待講演), 2014年9月27~28日, 青森県弘前市, 弘前大学60周年記念会館.

Hiroyuki Yamada, and Hironori Iwai, Outward-moving rainbands from Typhoon

Megi (2010) and their association with the onset of heavy rainfall in Amami-Oshima Island, The 10th International Conference on Mesoscale Meteorology and Tropical Cyclones, 2014年9月15~18日, 米国コロラド州ボルダー市, National Center for Atmospheric Research.

Udai Shimada, Naoko Kitabatake, and Hiroyuki Yamada, Intensity estimation of tropical cyclones passing Okinawa by using GBVTD technique, The 10th International Conference on Mesoscale Meteorology and Tropical Cyclones, 2014年9月15~18日, 米国コロラド州ボルダー市, National Center for Atmospheric Research.

山田広幸, 台風の予報と観測に関する課題, 地球温暖化時代の水・土砂災害適応策シンポジウム(招待講演), 2014年5月8日, 沖縄県那覇市, 沖縄県庁.
嶋田宇大, 北畠尚子, 山田広幸, 単ドップラーレーダーを利用した台風強度の推定. 日本気象学会沖縄支部研究発表会, 2014年3月4日, 沖縄県国頭郡恩納村, 情報通信研究機構沖縄電磁波技術センター.

山田広幸, 台風の予報と観測に関する課題, 第7回防災・環境シンポジウム, 2014年1月27日, 沖縄県中頭郡西原町, 琉球大学50周年記念会館.

Hiroyuki Yamada, Significance of frequent rainfall measurement in tropical cyclone prediction and study, The 4th Global Precipitation measurement (GPM) Asia Workshop on Precipitation Data Application Technique, 2014年1月14日, 東京都千代田区, TKP ガーデンシティ竹橋.

山田広幸, 台風の強度と進路に対する内部コアの軸対称性の役割 - 雲解像モデルに同化すべき台風の観測データとは何か? -, 2013年度日本気象学会春季大会(招待講演), 2013年5月18日, 東京都渋谷区, 国立オリンピック記念青少年総合センター.

山田広幸, 熱帯域における台風の観測とシミュレーション - 雲と降水をどこまで再現できれば満足か? -, 2013年度日本気象学会春季大会(招待講演), 2013年5月17日, 東京都渋谷区, 国立オリンピック記念青少年総合センター.

〔図書〕(計2件)

和田章義, 台風と海洋, 台風研究の最前線(上), 気象研究ノート, 226巻, P149-189.

山田広幸, 琉球列島の天気と雲の特徴, 琉球列島の自然講座, ボーダーインク出版, P162-169.

〔産業財産権〕 出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

プレス発表資料「気象レーダーが捉えた平成27年台風第15号の急発達と暴風」
http://www.u-ryukyu.ac.jp/univ_info/announcement/data/press2015093001.pdf

平成27年台風第15号の急発達と暴風について: ドップラーレーダーを用いた台風の強度・構造解析
<http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H27/270929/press20150929.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 広幸 (YAMADA HIROYUKI)
琉球大学・理学部・准教授
研究者番号: 30421879

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

佐藤 晋介 (SATO SHINSUKE)
独立行政法人情報通信研究機構・電磁波計測研究所・主任研究員
研究者番号: 30358981

北畠 尚子 (KITABATAKE NAKO)
気象庁気象研究所・台風研究部・主任研究官
研究者番号: 50354478

和田 章義 (WADA AKIYOSHI)
気象庁気象研究所・台風研究部・主任研究官
研究者番号: 20354475

嶋田 宇大 (SHIMADA UDAI)
気象庁気象研究所・台風研究部・研究官
研究者番号：60750651