

令和元年6月11日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26282111

研究課題名(和文) 台風進路予測の変動メカニズムの解明

研究課題名(英文) Studies on mechanisms for variability in Typhoon track forecasts

研究代表者

榎本 剛 (Enomoto, Takeshi)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号：10358765

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,100,000円

研究成果の概要(和文)：複数の大気大循環モデルと複数の解析値を組み合わせて予報実験を行なうためのシステムを開発した。気象庁の現業予報に西進バイアスが見られた台風第3号(Yagi)や、フィリピンに大きな被害をもたらした2013年台風第30号(Haiyan)を含む2013～2014年の台風のアンサンブル実験、西日本豪雨直前に接近した2018年台風第7号など多数の事例について実験を行い、初期値やモデル、解像度依存性を明らかにした。アンサンブルデータ同化システムを改良し、北極圏のラジオゾンデ観測が台風を含む予報の改善に寄与することを示した。本課題の成果の一部は、気象庁の台風コンセンサス予報や発生予報の開発に利用された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

台風の発生予報や強度予報は、進路予報が正確であることを前提としており、台風に関する情報の中で進路予報は防災上最も重要なものと考えられる。近年台風の進路予報誤差は1日で平均100kmを下回る程度に改善されているが、時に大外しする事例が見られる。本研究では台風進路予測の誤差の要因を分析する手法を開発し、数々の事例に適用して誤差の特徴を明らかにした上で、気象庁が行う現業の台風予報の開発・改善を通じて社会的に貢献することができた。

研究成果の概要(英文)：A cross analysis-model forecast system has been developed. Several research and operational atmospheric general circulation models and analyses were employed to conduct a number of forecast experiments, including Typhoon Yagi 2013, Super-typhoon Haiyan 2013 that caused damages in Philippines, and Typhoon Prapiroon 2018 that approached Japan prior to the heavy rainfall event in July 2018. Sensitivity to initial conditions and model and its resolution are clarified in these experiments. The improved ensemble data assimilation system were used to identify contributions to better forecasts including typhoon tracks. Parts of the studies conducted in this project contributed to the development of operational consensus and genesis forecasts of the Japan Meteorological Agency.

研究分野：大気シミュレーション

キーワード：熱帯低気圧 大気大循環モデル 数値天気予報 データ同化 アンサンブル予報

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2013年日本には数多くの台風が接近または上陸し、大きな被害をもたらした。減災・防災上最も重要な情報である台風の進路予測の精度は近年向上しているが、事例によっては大きく外れることがあり、その原因は必ずしも明らかではない。

2. 研究の目的

最先端の大気大循環モデルやデータ同化システムを用いて、台風進路予測の変動メカニズムを解明し、機動的な追加観測を含む最適な観測システムを見出すことにより、台風進路予測の誤差を低減し、減災・防災に寄与することを目指す。

3. 研究の方法

現業数値予報や気候研究で用いられている複数をモデルや解析値を互いに交換した「たすき掛け」実験(図1)を行うことにより、誤差が初期値の不確実性とモデルの不完全性のどちらに起因するか調べるとともに、観測を増減した観測システム実験を行い追加観測の影響を調べる。また、複数のセンターのアンサンブル予報実験データに対して、環境場や台風構造と台風進路の関係の分析やアンサンブル摂動の特徴の調査を行う。

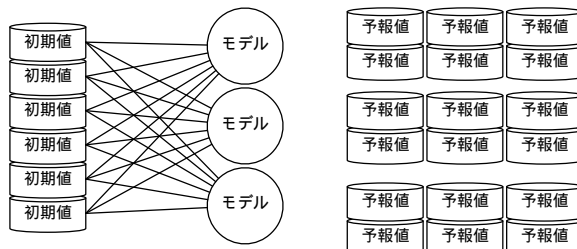


図1 「たすき掛け」実験の概念図

4. 研究成果

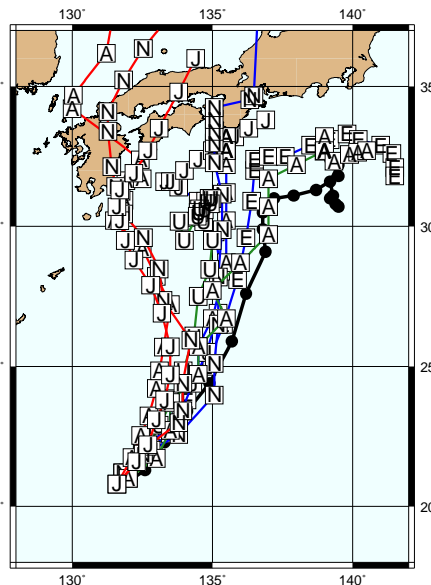
(1) 「たすき掛け」予報実験システムの構築(榎本, 宮地, 山口, 松枝)

気象庁(JMA), 米国環境予測センター(NCEP), 欧州中期予報センター(ECMWF)の現業数値予報モデル及び解析値を互いに交換する実験を行うための初期値変換ツールを作成した。予報変数は風, 気温, 水蒸気, 地表面気圧で共通しているが, 差異はデータフォーマットだけでなく, 水平・鉛直解像度やそれに伴う地形にもあるため, 単なる水平内挿を行うと人為的なノイズが生じる。そこで, 静水圧平衡を仮定しジオポテンシャル高度と気温から変換先のモデルの地形に合わせて地表面気圧を計算した。この地表面気圧を用いてモデル面への鉛直内挿を行ったところ, 初期ノイズを大幅に低減することに成功した。

(2) 台風事例の予報実験

2013年台風第3号 Yagi (榎本, 山崎, 吉田, 中野, 山口, 山根, 吉岡)

上記の3つの現業数値予報モデルに加えて, 地球シミュレータ用に開発された静力学モデルAFESと非静力学モデルNICAMを用いて, 2013年台風第3号(Yagi)に対する「たすき掛け」予報実験を行った。6月9日1200 UTCからの実験では, モデル依存性が小さく, ECMWFの初期値を用いると東寄りで観測された経路に近く, JMAの初期値を用いると西寄りの経路を取り観測された経路から大きく外れた。AFESを用いた実験により, 台風周辺の場の再現性が重要であることが明らかになった。さらに, フィリピンに大きな被害をもたらした2013年台風第30号(Haiyan)を含む2013年及び2014年に発生した30個の台風についてALERA2を初期値とする予報期間5日間のアンサンブル予報実験を行い, Yagiの事例ではJMA初期値とECMWF初期値の進路を含む範囲を予報できた。



2018年台風第7号 Prapiroon (榎本)

平成30年7月豪雨に対して台風第7号が与えた影響について, 初期時刻を変えた実験を行った。6/29 12UTC以降の実験では, 日本海を北東進する台風の経路及び西日本豪雨が再現された。それ以前の実験では, 台風が十分に発達せず, 正しい経路が再現されていなかった。下層の相当温位の時間発展や鉛直流の診断から, 台風は梅雨前線を強化する場の形成に寄与していたことが明らかになった。

(3) 複数の非静力学大気大循環モデルを用いた台風予報実験(中野)

水平解像度7 kmのNICAMで137事例の台風予報実験を行なったところ水平解像度約20 km現業予報よりも進路や強度を精度よく予測できることが明らかになった。

(4) アンサンブルデータ同化システムの改良と観測システム実験 (山崎, 佐藤)

北極海のゾンデ観測が 2016 年に北大西洋及び北太平洋で発生した台風経路に与える影響について調べたところ, 3 つの事例で高渦位気流を通じた影響が認められた。全球観測システムを構成する個々の観測が, その後の予報の改善にどの程度寄与したかをアンサンブル予報から定量的に診断する EFSO (Ensemble-based Forecast Sensitivity to Observations) というツールを実装した。これを用いて, 特定の期間 (3 か月) におけるラジオゾンデデータの寄与についての初期調査を行い, EFSO での診断により実際の観測インパクトが精度良く見積もれることを確認した。

(5) 現業予報の事例解析及び改善 (山口)

台風の進路予報において, どの気象局でも共通して, 平均誤差よりも中央値の方が小さいことが分かった。これは, 平均誤差が進路予報の大外し事例の影響を受けて大きくなっていることを示唆しており, 大外し事例に注目して進路予報を改善することにより更に年平均誤差を削減できる可能性がある。また, 大外し事例の割合は熱帯低気圧の発生する海域毎に大きく異なっていることも明らかとなった。

熱帯低気圧が発生しその後台風まで発達する前後で進路予報の精度がどの程度変動するか調査したところ, 台風強度 (最大風速が 34 ノット以上) まで発達する前でも, 現在気象庁が発表している発達後の進路予報と同程度の精度を持つことが分かった。この成果は, 気象庁において試験的に利用されるようになった。

台風の進路予報において, 単独の数値予報よりもアンサンブル平均予報 (コンセンサス予報) は統計的に進路予報誤差が小さい。そこで, 主要な数値予報センターの全球モデルによる 12 の台風進路予報を用いてコンセンサス予報の有効性を調査し, 精度の良い数値予報センターだけを用いたコンセンサス予報は気象庁の台風進路予報を改善できる可能性があることが分かり, 現業化された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

1. 榎本剛, 2019: 平成 30 年豪雨に対する台風第 7 号の予報進路の影響. 平成 30 年度「異常気象と長期変動」研究集会報告, 37-40, <http://hdl.handle.net/2433/240934>
2. Sato, K., J. Inoue, A. Yamazaki, J.-H. Kim, A. Makshatas, V. Kustov, M. Maturilli, K. Dethloff, 2018: Impact on predictability of tropical and mid-latitude cyclones by extra Arctic observations, *Scientific Reports*, 8, 10.1038/s41598-018-30594-4 (査読有)
3. Yamaguchi, M., H. Tittley, and L. Magnusson, 2018: Current and potential use of ensemble forecasts in operational TC forecasting. Sub-topic report of WMO 9th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-9), 28pp, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/tmr/documents/IWTC-9_Subtopic_6-3.pdf
4. 山崎哲, 三好建正, 榎本剛, 小守信正, 猪上淳 2018: AFES-LETKF データ同化システムへの観測インパクト評価診断ツールの実装. 平成 29 年度「異常気象と長期変動」研究集会報告, 45-49, <http://hdl.handle.net/2433/231918>
5. Yamaguchi, M. and N. Koide, 2017: Tropical cyclone genesis guidance using the early stage Dvorak analysis and global Ensembles. *Wea. Forecasting*, 32, 2133-2141, 10.1175/WAF-D-17-0056.1 (査読有)
6. Yamaguchi, M., J. Ishida, H. Sato, and M. Nakagawa, 2017: WGNE intercomparison of tropical cyclone forecasts by operational NWP Models: a quarter century and beyond. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 2337-2349, 10.1175/BAMS-D-16-0133.1 (査読有)
7. Nakano, M., H. Kubota, T. Miyakawa, T. Nasuno, M. Satoh, 2017: Genesis of super cyclone Pam (2015): modulation of low-frequency large-scale circulations and the Madden-Julian Oscillation by sea surface temperature anomalies. *Mon. Wea. Rev.*, 145, 3143-3159, 10.1175/MWR-D-16-0208.1 (査読有)
8. 榎本剛, 吉田聡, 山崎哲, 中野満寿男, 山根省三, 山口宗彦, 松枝未遠, 大気大循環モデルを用いた 2013 年台風第 3 号 Yagi の進路予報実験. 京都大学防災研究所年報, 60B, 466-469, <http://hdl.handle.net/2433/229380>
9. Nakano, M., Wada, A., Sawada, M., Yoshimura, H., Onishi, R., Kawahara, S., Sasaki, W., Nasuno, T., Yamaguchi, M., Iriguchi, T., Sugi, M., and Takeuchi, Y., 2017: Global 7 km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving Typhoon forecast (TYMIP-G7): experimental design and preliminary results, *Geosci. Model Dev.*, 10, 1363-1381, 10.5194/gmd-10-1363-2017 (査読有)
10. 山崎哲, 2017: AFES-LETKF 全球アンサンブル再解析を用いた研究. 号外海洋「データ同化研究と海洋学への貢献 - 海洋データ同化夏の学校」; 第 20 回記念号 - 号外 59, 52-59
11. Yamazaki, A., T. Enomoto, T. Miyoshi, A. Kuwano-Yoshida, and N. Komori, 2017: Using observations near the Poles in the AFES-LETKF data assimilation system. *SOLA*, 13, 41-46, 10.2151/sola.2017-008 (査読有)

12. Enomoto, T., S. Yamane, and W. Ohfuchi, 2015: Simple sensitivity analysis using ensemble Forecasts. J. Meteor. Soc. Japan, 93, 199-213, 10.2151/jmsj.2015-011 (査読有)
13. Kuwano-Yoshida, A., 2014: Using the local deepening rate to indicate extratropical cyclone activity. SOLA, 10, 199-203, 10.2151/sola.2014-042 (査読有)
14. Yamaguchi, M., T. Nakazawa, and S. Hoshino, 2014: North Western Pacific tropical cyclone ensemble forecast project. Tropical Cyclone Research Review, 3, 193-201, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2225603218301097> (査読有)
15. 榎本剛, 山根省三, 大淵清, 2014: アンサンブル手法に基づく簡易予報感度解析. 京都大学防災研究所年報, 57B, 163-168, <http://hdl.handle.net/2433/196147>

[学会発表] (計 39 件)

1. 榎本剛, 台風進路予測に残された課題. 第 51 回メソ気象研究会・台風研究連絡会・第 6 回観測システム・予測可能性研究連絡会・第 12 回気象庁数値モデル研究会, 2019/5/14, 気象庁講堂 (東京都千代田区), 招待講演
2. 榎本剛, 2018 年台風第 7 号と西日本豪雨の予報実験, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019/5/18, 国立オリンピック記念青少年総合センター (東京都渋谷区)
3. 榎本剛, 平成 30 年 7 月豪雨に対する台風第 7 号の予想進路の影響. 京都大学防災研究所研究発表講演会, 2019/2/19
4. Yamaguchi, M., H Titley, and L. Magnusson, Current and potential use of ensemble forecasts in operational TC forecasting. WMO 9th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-9), 2018/12/16
5. 榎本剛, 平成 30 年 7 月豪雨に対する台風第 7 号の予報進路の影響. 研究集会「季節予測システムと異常気象の要因分析」, 2018/11/21
6. 山口宗彦, スマート社会を支える台風予報の高度化, 環境研究シンポジウム, 2018/11/13
7. 榎本剛, 吉田聡, 山崎哲, 中野満寿男, 山根省三, 山口宗彦, 松枝未遠, Glenn Carver, Jean-Raymond Bidlot, 2013 年台風第 3 号 Yagi の高解像度予報実験. 日本気象学会 2018 年度秋季大会 2018, 2018/10/30
8. Yamaguchi, M., Review of construction of ensembles. WMO/WWRP PDEF Working Group Meeting, 2018/10/11
9. Yamaguchi, M., Use of TIGGE in Tropical Cyclone Forecasting. WMO/WWRP PDEF Working Group Meeting, 2018/10/10
10. Yamazaki, A., T. Miyoshi, T. Enomoto, N. Komori, J. Inoue: Using the Ensemble Forecast Sensitivity to Observations (EFSO) technique for global observing system experiments (OSEs), Workshop on Sensitivity Analysis and Data Assimilation in Meteorology and Oceanography, 2018/7/5
11. 山崎哲, 三好建正, 榎本剛, 小守信正, 猪上淳, 観測インパクト評価診断 (EFSO) ツールの適応型観測実験への利用. 日本気象学会 2018 年度春季大会, 2018/5/17
12. Masuo Nakano, Akiyoshi Wada, Hiromasa Yoshimura, Ryo Onishi, Global 7km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving Typhoon forecast (TYMIP-G7): Joaquin (2015) and Lionrock (2016) cases, 33rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2018/5/1
13. Yamazaki, A., T. Enomoto, T. Miyoshi, and N. Komori, AFES-LETKF data assimilation system for an experimental atmospheric global ensemble reanalysis. 5th International Conference on Reanalysis, 2017/11/16
14. 山口宗彦, 石田純一, 佐藤均, 中川雅之, WGNE 現業全球モデルによる台風予測の国際比較. 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017/11/2
15. 山崎哲, 三好建正, 榎本剛, 小守信正, AFES-LETKF 同化システムへの対観測予報感度診断ツールの実装. 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017/10/31
16. Enomoto, T., Application of ensemble-based techniques to tropical disturbances. The second International Workshop on Extreme Weather in Changing Climate in the Maritime Continent, Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam, 2017/8/25
17. Nakano, M., A. Wada, M. Sawada, H. Yoshimura, R. Onishi, S. Kawahara, W. Sasaki, T. Nasuno, M. Yamaguchi, T. Iriguchi, M. Sugi, Y. Takeuchi, Global 7-km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving Typhoon forecast (TYMIP-G7). Asia Oceania Geosciences Society 2017, 2017/08/09
18. Nakano, M., A. Wada, M. Sawada, H. Yoshimura, R. Onishi, S. Kawahara, W. Sasaki, T. Nasuno, M. Yamaguchi, T. Iriguchi, M. Sugi, Y. Takeuchi, Global 7-km mesh Nonhydrostatic Model Intercomparison Project for Improving Typhoon Forecast (TYMIP-G7). JpGU-AGU Joint meeting 2017, 2017/05/20
19. Sato, K., J. Inoue and A. Yamazaki, Additional Arctic observations improved forecast skill of a typhoon over midlatitude. JpGU-AGU Joint meeting 2017, 2017/05/20
20. Matsueda, M., T. Nakazawa, and A. Yamagami, The TIGGE and S2S Museums - websites of ensemble forecast products. 7th International Verification Workshop,

2017/05/04

21. Yamaguchi M., U. Shimada, T. Iriguchi, M. Sawada, and H. Owada, Recent research and development at MRI/JMA to improve typhoon forecasts. 71st Intergovernmental Hurricane Conference, 2017/3/15.
22. Yamazaki, A., T. Miyoshi and N. Komori, Implementing the ensemble forecast sensitivity to observations (EFSO) method with the AFES-LETKF data assimilation system. The 3rd RIKEN International Symposium on Data Assimilation (RISDA2017), 2017/2/28
23. 榎本剛, 吉田聡, 山崎哲, 中野満寿男, 山根省三, 山口宗彦, 松枝未遠, 大気大循環モデルを用いた 2013 年台風第 3 号 Yagi の進路予報実験, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 2017/2/22
24. Nakano, M., A. Wada, M. Sawada, H. Yoshimura, R. Onishi, S., Kawahara, W. Sasaki, T. Nasuno, M. Yamaguchi, T. Iriguchi, M. Sugi, Y. Takeuchi, Global 7-km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving Typhoon forecast (TYMIP-G7). 4th International Workshop on Nonhydrostatic Models. 2016/11/30
25. 榎本剛, 吉田聡, 山崎哲, 中野満寿男, 山根省三, 山口宗彦, 松枝未遠, OpenIFS による予報実験. 東アジア域における大気循環の季節内変動に関する研究集会, 2016/11/8
26. 榎本剛, 2013 年台風第 3 号 Yagi の予報実験. 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016-10-27
27. 松枝未遠, アンサンブルの森に誘われて (日本気象学会正野賞受賞記念講演). 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016/10/27
28. 山口宗彦, 小出直久, 衛星解析と全球アンサンブル予報を利用した台風発生予報. 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016/05/19
29. 中野満寿男, 北西太平洋域における台風発生予測可能性. 平成 27 年度京都大学防災研究所共同研究集会「台風研究会」「複合系台風災害のメカニズムに関する研究集会-気象学・海洋学・海岸工学・土木工学・建築工学・生態学を交えて-」, 2015/11/01
30. 山口宗彦, 鉛直シア下で急発達する台風の進路予報誤差. 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015/10/30
31. 榎本剛, アンサンブル予報を用いた簡易予報感度解析, 日本気象学会 2015 年度秋季大会「極域・寒冷域」及び「観測システム・予測可能性」合同研究連絡会, 2015/10/28
32. 榎本剛, 現業予報モデルを用いた予測可能性研究, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015/5/21
33. 中野満寿男, 夏季の北西太平洋域における台風発生予測可能性. 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015/5/21
34. 吉田聡, 榎本剛, 山口宗彦, 山崎哲, 中野満寿男, メソ気象と総観気象のつながり. 名古屋大学地球水循環研究センター共同研究課題「グローバルスケールとメソスケールを貫く気象学」研究集会, 2014/12/25
35. Yamaguchi, M. Advances in forecasting motion. WMO 8th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-8), 2014/12/2
36. 榎本剛, 山本宗尚, TRMM PR ブライトバンド高度の同化実験. 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014/10/22
37. Enomoto, T. and M. K. Yamamoto, Assimilation of TRMM-PR bright band heights (AS50-A009). 7th Sasaki Symposium on Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic, and Hydrologic Applications, Asia Oceania Geosciences Society 2014, 2014/7/30
38. 吉田聡, 局所発達率を用いた低気圧活動解析. 日本気象学会 2014 年春季大会, 2014/05/22
39. Enomoto, T. and M. K. Yamamoto, Assimilation of TRMM-PR bright band heights. Data Assimilation in Earth Sciences, Japan Geoscience Union 2014, 2014/4/29

〔図書〕(計 2 件)

- 筆保弘徳, 山田広幸, 宮本佳明, 伊藤耕介, 山口宗彦, 金田幸恵, 2018: 台風についてわかっていること知らないこと, ベレ出版, 242pp.
- 筆保弘徳, 伊藤耕介, 山口宗彦, 2014: 台風の正体, 朝倉書店, 184pp.

〔その他〕

報道

- 2014/9/7 日本経済新聞「台風発達 予測に挑む」(中野)
- 2015/1/20 日本経済新聞, 2015/1/21 日刊工業新聞, 環境展望台, 2015/2/26 ニュートン 2015 年 4 月号「台風は発生 2 週間前から予測可能」(中野)
- 2016/5/17 時事通信, 2016/5/19 毎日新聞, 2016/7/1 東京新聞, 「衛星解析と全球アンサンブル予報を利用した台風発生予報について」(山口)
- 2016/7/23 TBS ラジオ(久米宏ラジオなんですけど) 2016/8/2 J-WAVE ラジオ(TOKYO MORNING RAD10), 「台風の全般的なはなし」(山口)
- 2016/8/23 NHK, 「台風の発生メカニズムと台風第 10 号の見通しについて」(山口)

- 2016/10/6 TBS, 「今年の台風について」(山口)
- 2016/12/25 時事通信, 2016/12/26 日経新聞夕刊「北極海の気象観測で向上 = 寒波の予測精度」(山崎)
- 2017/6/5 Scientific Computing, How Kyoto's HPC System is Exploring Forecast Failures in High Resolution (榎本)
- 2017/9/14 トップを走れ! 日本の科学研究 螢雪時代 10月号 (榎本)
- 2018/8/7: JAMSTEC ニュース: コラム (中野, 山崎)
- 2018/9/14: 科学新聞「高精度に台風進路予報北極域観測強化で改善」(佐藤, 山崎)
- 2018/11/2: 科学新聞「豪州の低気圧予報精度向上」(佐藤, 山崎)
- 2019/1/27: 京都新聞朝刊「台風発生5日前から予報」(山口)

ホームページ

- 台風の進路予測の変動メカニズムの解明
<https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/qthoren/projects/tctrack>
- 研究集会 <https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/anomaly/>
- 北極に台風を置く <https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/2018/02/26/tc-at-np.html>
- TIGGE Museum <http://gvpjma.ccs.hpcc.jp/TIGGE/>
- S2S Museum <http://gvpjma.ccs.hpcc.jp/S2S/>
- IWTC-9 <https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wrrp/IWTC-9.html>

アウトリーチ

- 京都大学宇治キャンパス公開 2017 2017/10/28~29
- Enomoto, T., Introduction to numerical weather prediction. South-East Asia School on Tropical Atmospheric Science (SEASTAS) Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam, 2017/8/23
- 京都大学宇治キャンパス公開 2016 2016/10/22~23

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 山崎 哲

ローマ字氏名: Yamazaki Akira

所属研究機関名: 国立研究開発法人海洋研究開発機構

部局名: 付加価値情報創生部門アプリケーションラボ

職名: 研究員

研究者番号(8桁): 20633887

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 佐藤 和敏

ローマ字氏名: Sato Kazutoshi

研究協力者氏名: 中野 満寿男

ローマ字氏名: Nakano Masuo

研究協力者氏名: 松枝 未遠

ローマ字氏名: Matsueda Mio

研究協力者氏名: 宮地 哲朗

ローマ字氏名: Miyachi Tetsuro

研究協力者氏名: 山口 宗彦

ローマ字氏名: Yamaguchi Munehiko

研究協力者氏名: 山根 省三

ローマ字氏名: Yamane Shozo

研究協力者氏名: 吉岡 大秋

ローマ字氏名: Yoshioka Hiroaki

研究協力者氏名: 吉田 聡

ローマ字氏名: Kuwano-Yoshida Akira

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。