

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00526

研究課題名（和文）台風及び非台風降水の地球温暖化による変化予測

研究課題名（英文）Projection of changes in precipitation associated with or without tropical cyclones under a warmer climate

研究代表者

村田 昭彦（Murata, Akihiko）

気象庁気象研究所・応用気象研究部・室長

研究者番号：10354474

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）：降水量を台風に伴うもの（台風降水）とそうでないもの（非台風降水）に分離して将来予測結果を解析した。その際、非静力学地域気候モデル（NHRCM）による現在及び将来気候実験（RCP8.5シナリオ）データを使用した。その結果、将来は日本に接近する台風が減少するものの、個々の台風に伴う降水の強度が強くなることがわかった。これらの相反する効果によって、台風降水の総量に変化は生じなかった。しかし、極端な強度の台風降水については、その頻度が増加した。一方、非台風降水の日降水確率分布の解析から、北日本の日本海側で強雨が減り弱雨が増える傾向、西日本の太平洋側での分布の強雨側へのシフトなどが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化に伴う降水量変化の予測には不確実性が伴うが、本研究では台風の頻度、進路などによって不確実性が大きくなりがちな台風降水を分離することで、非台風降水の不確実性を低減することを試みた。その結果、台風降水を除くことで日降水量の統計分布の信頼度が高まるという知見が得られ、この手法が予測の不確実性を低減させるための新たな方策となることが期待される。また、台風降水についても高解像度の地域気候モデルによる予測結果を用いたことで、山岳を含む複雑な地形の多い日本列島に対応した、これまでにない時空間的に詳細な解析結果が得られた。

研究成果の概要（英文）：Future changes in precipitation associated with or without tropical cyclones were analyzed by using model data obtained from simulations of the nonhydrostatic regional climate model (NHRCM) under the present and a warmer climate (RCP8.5 scenario). It is found that precipitation associated with each tropical cyclone intensifies in the future climate although tropical cyclones approaching Japan decrease. Consequently, total precipitation associated with tropical cyclones does not change. However, frequency of extreme precipitation increases. Analyses using the cumulative distribution function of daily precipitation which is not associated with tropical cyclones reveal that frequency of heavy (light) precipitation decreases (increases) over the Japan Sea side of the northern Japan. In the Pacific side of the western Japan, the cumulative distribution function shifts toward the side of heavy precipitation.

研究分野：気象学

キーワード：地球温暖化 台風 降水 地域気候モデル 統計分布

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

降水現象は防災、水資源の両面に深く関係し社会に及ぼす影響が大きいため、その地球温暖化による変化を予測することは重要である。例えば、集中豪雨に代表される極端な降水現象は社会に甚大な被害をもたらし、逆に降水量が少ない場合は渇水の被害が生じる。

地球温暖化に伴う気候の変化を予測する際には、得られた予測結果の不確実性を評価することが重要である。不確実性の程度は大気現象の種類に応じて異なると考えられる。降水現象に関しては、台風に伴う降水は現状では比較的信頼度の低い予測結果しか得られないと考えられる。なぜなら、台風の進路の予測に大きな不確実性があり、これによって降水量の分布や強度が全く変わってしまうからである。一方、台風に伴わない降水の将来予測については、比較的信頼性が高いと考えられる。日本付近は気候の季節進行が明瞭であるので、気候学的には降水量の時空間分布はある程度決まっているからである。

### 2. 研究の目的

台風に伴う降水(台風降水)とそうでない降水(非台風降水)とを区別した上で、地球温暖化時における日本付近の降水量の予測を行うことを目的とする。このような降水のカテゴリー化によって、予測の不確実性が低減され信頼度の高い将来予測が可能となる。すなわち、台風の進路に大きく依存する台風に伴う降水を除外することで、台風に伴わない降水に関する将来予測結果の信頼性を向上させることができる。一方、台風に伴う降水については、台風が日本に接近あるいは上陸したと仮定した場合の条件付き将来予測を行う。こうすることで、不確実性の大きい台風の進路についての予測が除外され、台風に伴う降水に関する将来予測結果の信頼性を向上させることが可能となる。

### 3. 研究の方法

日本付近を対象とした地域気候シミュレーションによるデータを利用して、台風降水、非台風降水についての将来変化を解析する。具体的な研究の方法は以下の通りである。

- (1) 数値シミュレーション結果から台風を自動的に抽出するツールの開発
- (2) 現在及び将来気候実験データを用いた台風降水の将来変化に関する解析
- (3) 現在及び将来気候実験データを用いた非台風降水の将来変化に関する解析

### 4. 研究成果

- (1) 数値シミュレーション結果から台風を自動的に抽出するツールの開発

高解像度の地域気候モデルによるシミュレーション結果から台風を抽出する新しい手法を開発した。この手法では、海面気圧、地上風速のみならず中上層における渦の層厚の情報を利用した。具体的には、層厚についての半径方向の傾度と接線方向の非対称度を用いた。こうすることで、台風と温帯低気圧を明確に区別することが可能となった。この手法の性能を評価するために、以下の三種類のデータを使用した。最初のデータは、再解析データを境界値とした格子間隔 20km の非静力学地域気候モデル(NHRCM)による1年間のシミュレーション結果である。二つ目は、格子間隔 20km の NHRCM による現在気候実験の結果である。三つ目は二つ目と同様だが、格子間隔を 5km にしたデータである。

最初のデータは再解析データを境界値としているので、性能評価の際には実際に観測された台風との比較が可能である。このデータから抽出された1年分の台風を日本付近で実際に観測された台風と比較した結果、見逃しは一度もなく、空振りは一回のみであった。モデル内の渦は、中上層の層厚の情報によって台風と温帯低気圧の二つに分類されていた(図 1a)。一方、二つ目、三つ目のデータは現在気候実験の結果であり、モデルと観測の台風の一対一の比較は原理的に不可能であるため、統計的な比較を行った。その結果、一つ目のデータによる結果と同様に台風と温帯低気圧を区別できることが分かった(図 1b,c)。さらに、二つ目と三つ目のデータを用いた結果の比較検討によって、この手法がデータの解像度あまり依存しないことが明らかとなった。この解像度依存性が小さいという性質は、中上層の層厚の接線方向の非対称度を利用することで得られた。また、この手法では、これまで頻繁に用いられてきた解像度依存する 850 hPa の渦度の閾値を使用しないという利点がある。

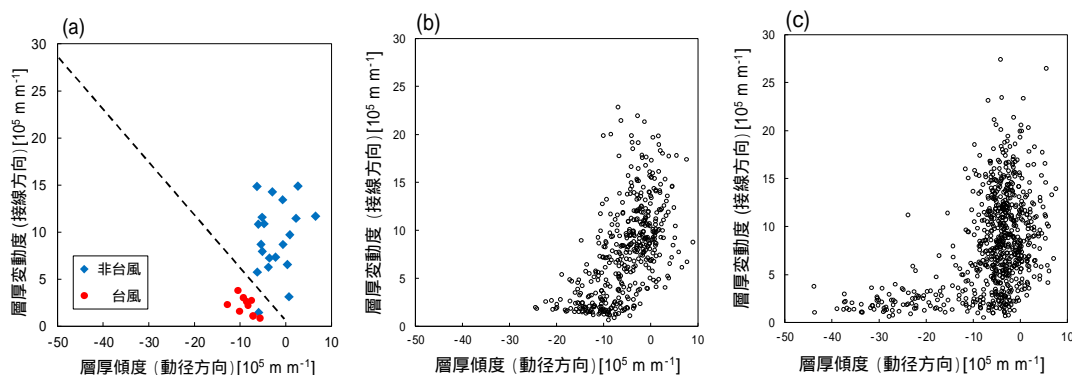


図1 抽出された渦の層厚(500-300hPa間)の傾度(中心-半径300km間)と変動度(半径300kmの円周上)との関係。(a)再解析データを境界とした20km格子NHRCM、(b)20km格子NHRCMによる現在気候実験、(c)5km格子NHRCMによる現在気候実験。

### (2) 現在及び将来気候実験データを用いた台風降水の将来変化に関する解析

前項目で得られた台風を自動的に抽出するツールを使用して、温暖化時に日本における台風降水がどのように変化するか調べた。使用したデータは、格子間隔5kmのNHRCMによる現在気候実験と将来気候実験である。ここで、将来気候実験はRCP8.5シナリオでの今世紀末を想定しており、海面水温のパターンを変えた4メンバーのアンサンブル実験となっている。

まず、NHRCMによる結果は、親モデルである20km解像度の全球大気モデルによるものと比べて、台風の強度や台風降水を精度よく再現していることが確かめられた。

将来予測の結果に関しては、日本に接近する台風が減少するものの、台風降水の強度が強くなることがわかった。これらの効果が相殺することで、結果として台風降水の総量(総台風降水量)には有意な変化がなかった(図2a)。また、現在でも起こり得る強度(極端ではない強度)の台風降水の頻度に有意な変化は見られなかった(図2b)が、現在はまれな強い強度の台風降水の頻度は増加した(図2c)。この理由として、個々の台風の降水強度が増大することで、全体として現在はまれな強い強度の台風降水の頻度が増えていたことが分かった。個々の台風の降水強度増大に関しては、環境場の水蒸気量の増加に伴って台風に供給される水蒸気量が増加することが原因となっていた。

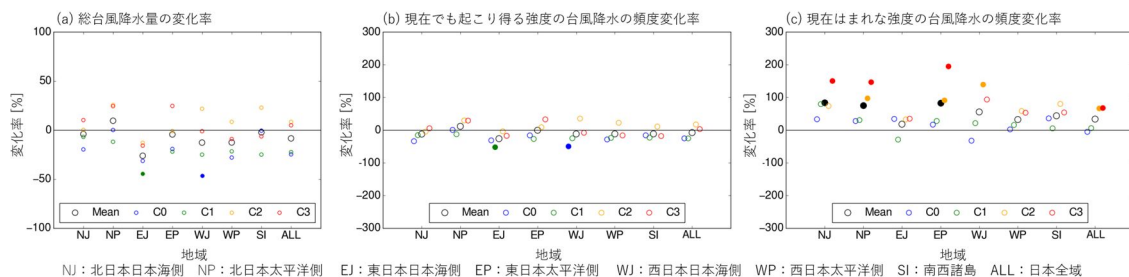


図2 台風降水(量及び頻度)の現在から将来にかけての変化率。(a)総台風降水量の変化率、(b)現在でも起こり得る強度の台風降水の頻度変化率、(c)現在はまれな強度の台風降水の頻度変化率。図中の丸は、色付きが各メンバー、黒がそれらの平均を意味し、塗りつぶしてあるものは統計的に有意(危険率5%)であることを表す。

### (3) 現在及び将来気候実験データを用いた非台風降水の将来変化に関する解析

非台風降水の将来変化を統計分布のパラメータの温暖化による変化を解析することで調べた。まず、日本の各地点における日降水量の頻度分布をガンマ分布で近似する。ここで、ガンマ分布の二つのパラメータ(形状及び尺度パラメータ)については、実際のデータから最尤法を適用して求めた。

次に、日降水量の頻度分布のガンマ分布への適合度合いを調べた。このとき、全ての降水データを用いた場合、及び全降水量データから台風に伴う降水データを取り除いた場合(非台風降水)の二種類の場合について調べ、ガンマ分布への適合の程度の違いを比較した。その結果、全降水から台風降水を除外することによって、日降水量の累積確率分布がガンマ分布へ適合する度合いが高まることがわかった。

また、非台風降水について、ガンマ分布の二つのパラメータが温暖化によってどのように変化するか調べた。その結果、地域によってパラメータの変化に特徴がみられた。形状パラメータと尺度パラメータのどちらの変化が主体的かという観点で特徴を議論することが可能であった。北日本日本海側においては、形状パラメータの変化が主体的であり、中程度の強度の雨の割合が増える傾向にあった。一方、西日本太平洋側では主に尺度パラメータの変化が顕著であり、降水強度の全範囲に渡る降水頻度の増加がみられると共に、強い降水の頻度の増加が顕著であった。これは、温暖化によって分布関数の形はあまり変わらないものの、分布が全体的に強雨側にシフトすることが原因であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Murata, A., S. I. Watanabe, H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka	4. 巻 97
2. 論文標題 The development of a resolution-independent tropical cyclone detection scheme for high-resolution climate model simulations.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Meteor. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 519-531
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2019-035	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 Watanabe, S., I., A. Murata, H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka	4. 巻 97
2. 論文標題 Future projection of tropical cyclone precipitation over Japan with a high-resolution regional climate model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Meteor. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2019-045	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 YOSHINO Jun, YAMAMOTO Kohei, MURATA Akihiko, KOBAYASHI Tomonao	4. 巻 75
2. 論文標題 FUTURE CHANGE IN MAXIMUM POTENTIAL STORM SURGE IN ISE BAY BASED ON DYNAMICAL DIRECT DOWNSCALING EXPERIMENTS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1189 ~ I_1194
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/kaigan.75.I_1189	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 村田昭彦, 渡邊俊一, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也
2. 発表標題 地域気候モデルを用いた台風及び非台風降水の将来変化予測（その4） - 非台風降水の統計分布 -
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村田昭彦, 渡邊俊一, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也
2. 発表標題 地域気候モデルを用いた台風及び非台風降水の将来変化予測 (その1) - 解像度依存性の小さい台風抽出手法の開発 -
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊俊一, 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也
2. 発表標題 地域気候モデルを用いた台風及び非降水の将来変化予測 (その2) - 現在気候再実験における台風降水の検証 -
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 青柳暁典, 大泉三津夫
2. 発表標題 雲解像地域気候モデルによる日本の降水量の再現性
3. 学会等名 日本気象学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 森一正, 村田昭彦, 竹内仁
2. 発表標題 台風Yancy(T9313)の初期発達過程の解析 (続) - 啓風丸 レーダー観測と数値実験結果を用いて-
3. 学会等名 日本気象学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Murata, A., S. I. Watanabe, H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka
2. 発表標題 Assessing uncertainties in precipitation in regional climate model simulations with the influence of tropical cyclones based on statistical distributions.
3. 学会等名 The 27th International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊俊一, 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也
2. 発表標題 地域気候モデルを用いた台風及び非降水の将来変化予測(その3) - 台風降水の将来変化 -
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森一正, 村田昭彦, 竹内仁
2. 発表標題 台風Yancy (T9313) の形成・初期発達過程で組織された長続きする強いメソ対流域 - 啓風丸 レーダー観測と数値実験結果を用いた解析 -
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村田昭彦, 渡邊俊一, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也
2. 発表標題 地域気候モデルによる予測結果から得られた日降水量の統計分布パラメーターの将来変化
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 吉野純, 山本康平, 小林智尚, 村田昭彦
2. 発表標題 伊勢湾における可能最大高潮の直接ダウンスケーリング実験
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

気象研究所ホームページ <a href="https://www.mri-jma.go.jp/Member/app/komurataakihiko.html">https://www.mri-jma.go.jp/Member/app/komurataakihiko.html</a>
--

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
連携研究者	吉野 純  (Yoshino Jun)  (70377688)	岐阜大学・大学院工学研究科・准教授    (13701)	