

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16316

研究課題名(和文) アンサンブル予報データを用いた確率降水量の評価

研究課題名(英文) Estimation for variability of extreme precipitation using ensemble forecast data

研究代表者

藤田 実季子 (FUJITA, Mikiko)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・シームレス環境予測研究分野・技術研究員

研究者番号：50426293

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：近年、気候変動・温暖化に伴う降水の極端化が懸念されている。しかしながら、強雨のような極端な事象は観測数に限りがあるため詳細な解析が難しい。そこで本研究では確率降水量に使用される非常に極端な降水イベントについて、アンサンブル予報データを用い調査した。予報に含まれる予報誤差を事象のばらつきとみなし、2015年に起こった豪雨について発生条件や周辺域で起こりうる強雨の可能性について明らかにした。

降水の源となる水蒸気について、長期的な観測データを用いて地上気温との関係を調査した。観測された可降水量は地上気温の上昇に伴い増加するが、これまで過去の研究で示されていた増加率よりも大きいことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Uncertainty of extreme precipitation and water vapor was investigated using ensemble forecast data by dynamical downscaling and observational data. We investigated the variability of extreme precipitation using very extreme precipitation event occurred in 2015 summer around Japan. The extreme precipitation occurred under the limited situation linking two typhoons, however, our results show the possibility to speculate the areas, where is close to the actual damaged area, to watch out for similar disasters.

As a source of precipitation, we also investigated the relationship between precipitable water vapor and surface temperature using long-term observational data. We found that the precipitable water vapor increases with higher rate than that estimated in previous study. The results show the importance to observe vertical profiles of temperature and humidity correctly that change drastically coupled with the surface temperature increases.

研究分野：気象・気候

キーワード：極端降水 可降水量 気候変動

## 1. 研究開始当初の背景

近年、気候変動・温暖化に伴う降水の極端化が懸念されている。強い降水は特定の年だけでなく、長期的に見ても頻度が増加していることが多く指摘されている。一方で、大気の振る舞いには、将来の状況を断定的には予測できないという性質（カオス性）があり、強雨などの短時間現象は予測誤差が大きく難しいという現実があり、今後の予報や防災の体制を改善する必要があると考えられる。

極端に強い雨やこれに伴う河川防災の指標として、100年に1度の大雨といった確率降水量が用いられる。河川管理ではこの値を各水域で調査した上で治水計画を立案し、ダム設立の有無や水資源管理に使用されている。ところが、この確率降水量推定の精度に関する問題が指摘されている。確率降水量の推定では、観測による確率密度分布をもとに複数の極値分布を当てはめ最適なものを適用するが、過去の研究から統計期間が短いと極端な事例の再現期間（ $x$ 年に一度）が小さめに算定される傾向があり、推定値（何mmの雨）は再現期間が長くなるほど増加するが、推定幅はどの分布でもある程度存在することが指摘されている。

また、大気中の水蒸気量の変動は雲や降水の変動と密接な関係にある。これまでの研究で、気温上昇に伴う極端な降水の強度増加率は、大気の飽和水蒸気量が気温の関数であることを考慮するとおおそ説明できることがわかっているが、降水の源となる上空の水蒸気量の変動については、従来の観測データは観測時間間隔や水平分解能が不十分なため、統計的な解析をすることが難しい状況である。

## 2. 研究の目的

(1) 統計的な強雨解析に利用できる過去に観測されたデータ量は有限である。しかし直近に起こった例のない極端に強い降水をもたらす現象を詳細に解析することで、過去データからは得られなかった情報、例えば強い降水が起こりやすい条件などを抽出できる可能性がある。本研究ではアンサンブル予報データの予報スプレッドに注目し、実際に起こった極端に強い降水がどのような条件で起こったのか、複数ある予報データのうち統計的にどの程度の強度だったのかを調査する。対象とするイベントは2015年9月に起こった関東・東北豪雨とした。

(2) 強い降水と関連があるとされる極端な水蒸気量について、地上気温との関連に注目し調査する。しかしながら日本域の水蒸気観測は、地上観測を除くと空間・時間分解能が荒く難しい。そこで衛星観測による水蒸気データを活用する。

## 3. 研究の方法

(1) 平成27年9月関東・東北豪雨では、2015年9月に接近した台風17・18号に伴い、前線の影響も受け西日本から北日本にかけての広い範囲で大雨となった。特に9日から11日にかけて、湿った空気の流入により線状降水帯が発生し、関東地方では降雨量が600mmを超え、鬼怒川流域などではこれまでの最多雨量を記録した。本研究では、この鬼怒川豪雨の例に、アンサンブル予報データを用い多数の類似した現象を再現し、低頻度事象の理解とその不確実性の推定を試みた。

アンサンブル予報データはNCEPのGlobal Ensemble Forecast Systemによる予報値を用いた。対象期間を2015年9月8日00UTC～11日00UTCとして、この期間の予報値を初期・境界値として領域モデルWRFにより力学的ダウンスケールを実行した。アンサンブルメンバーは21個、予報初期時刻は6時間間隔であるため、計1029個の鬼怒川豪雨を再現することとなる。実験領域は3ドメイン（水平解像度：24, 8, 1.6km）とし、1-wayネスティングで実行した。ドメイン1, 2には積雲パラメタリゼーションを用いた。次に示す結果には1.6kmの計算結果を使用した。

(2) 水蒸気量のデータとしてGRASP可降水量データセット（Fujita et al. 2012）から、日本全国1213点のGEONET GPS観測点における1時間値の可降水量13年分について品質管理を行い使用した。先行研究に従い、日平均地上気温2毎のピンに分けたのちに、パーセンタイル値を算出した。

## 4. 研究成果

(1) 領域モデルの再現性を評価するために、客観解析値(FNL)を初期・境界値に用いたダウンスケール実験（初期値は2015年9月8日00UTC）を行ったところ、山岳付近での降水が過多になる傾向があるが、日光付近で再現された3日雨量は600mm前後であり再現され観測とも概ね一致した。

豪雨の強度を調査するために、FNLで再現された雨量（日光付近の領域平均値）と1029個のアンサンブルメンバーにおける雨量との比較を行った。図1は得られた3日雨量のパーセンタイル値とFNLを用いた実験における雨量を示す。実際の現象（FNLを用いた実験）はおおよそ95パーセンタイルに相当し、本事例は統計的に稀な現象であったことが窺える。さらに予報誤差を考慮して、直近5日分の356メンバーで同様の解析を実施したが、おおよそ91パーセンタイルと上位であった。

以上より、上位における雨量分布のほとんどは、鬼怒川周辺域にピークを持っていることがわかった。そこで台風の経路に注目し日光付近の降水量について調査した。図2に示すように、限定された台風経路によって強雨が起こっていたことがわかった。これまでの

気象庁などの調査では、2つの台風からの風が山岳域で収束し、大量の水蒸気が持続的に流入したために強雨が起ったことが指摘されているが、その条件が非常に限られたものであったことを示す結果と考える。一方で、本研究は対象期間を限定した上にアンサンプル予報の予報誤差に依存することをご留意いただきたい。

多数の実験結果を用いることで、従来の年単位の確率降水量などと別の角度から、低頻度事象の不確実性を検証できる可能性がある。さらに、実際に起こった災害がどの程度の幅をもつ現象であったか等、観測や従来の気候実験からは見えないリスクを推定することは、防災・適応策の観点からも有益な情報となると考えられる。

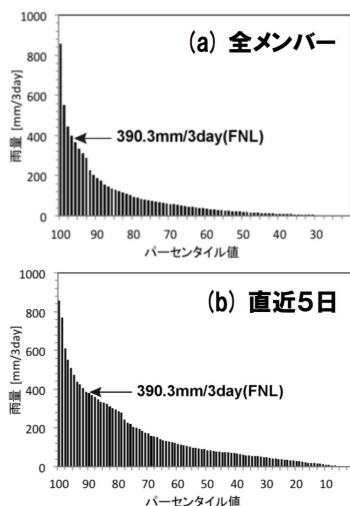


図1：日光付近における3日雨量の強度分布。(a) 対象期間のアンサンプルメンバー全てを用いた場合 (b) 予報精度が比較的良好とされる対象日の5日前からの予報のアンサンプルメンバーを用いた場合。

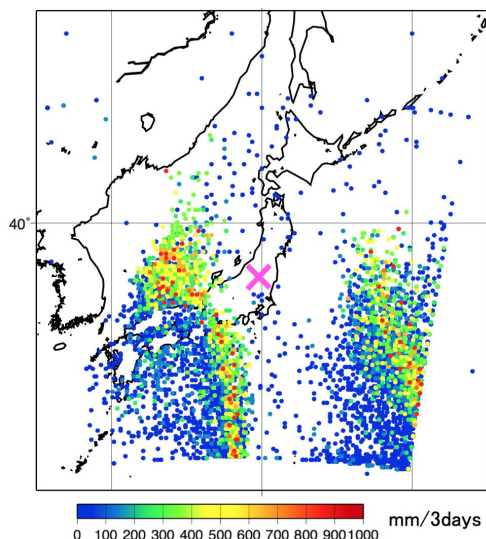


図2：台風位置と日光付近の3日雨量（カラー）。観測された400mmを超える雨は非常に限られた経路で再現されている。

(2) 水蒸気量と気温の関係を調査するために、まず、大気が保持しうる飽和水蒸気量(飽和可降水量)の理論値の算出を試みた。標高0m、地上気圧1013hPaの仮定のもと、地上気温から乾燥断熱減率と湿潤断熱減率を用いて気温の鉛直プロファイルを推定し、各層の飽和水蒸気量を積算し算出した。図3に示すように、乾燥断熱減率から推定された飽和可降水量は地上気温に対して約7%/Kの変化率で増加した。これは地表面付近の気温変化を考慮した、従来のCCスケールリングに相当する。一方、湿潤断熱減率から推定された飽和可降水量の変化率は、潜熱加熱により気温の鉛直変化が緩やかなため、飽和可降水量はCC(7%/K)を超過していた。

次に、推定された可降水量と地上気温の関係を解析した結果、気温がおよそ16より低い場合、可降水量は気温上昇とともに、過去の研究で示されていた増加率(7%)よりも大きい増加率、11~14%程度で変化していることがわかった。一般的に湿潤地域では、地上気温が高い場合に対流活動の頻度が高く、気柱内の潜熱加熱量や水物質の鉛直輸送量が増加する。従来の地上気温によるCCスケールリングでは、湿潤過程による上空の加熱が考慮されていないことから、高温時にCC超過が出現すると考えられる。

本研究は日本付近の一例ではあるが、降水強度で実施されてきた従来のCCスケールリングを本来議論すべき水蒸気観測値を用いて説明を試みた。結果として得られた湿潤過程による大気加熱を考慮すると、これまでの温暖化時の豪雨強化の一層の懸念を示すものであり、水蒸気量変動の正確な予測には湿潤過程を含んだ鉛直プロファイルの詳細把握が極めて重要であると考えられる。

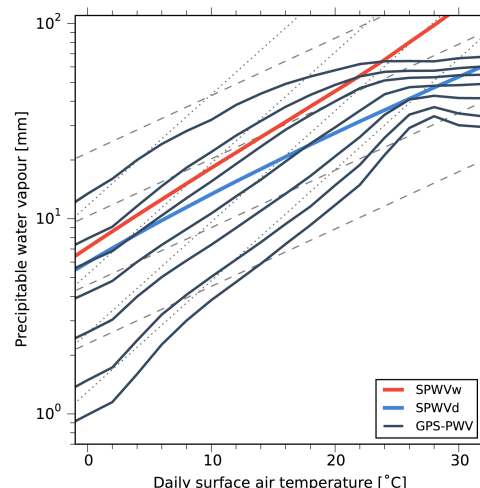


図3：日平均地上気温とか降水量の関係。黒線は気温2毎のピンから算出した、上から99, 90, 75, 50, 25, 10, 5パーセンタイル値を示す。赤線は湿潤断熱減率から推定された飽和可降水量、青線は乾燥断熱減率から推定された飽和可降水量を示す。

## <引用文献>

Fujita, M., Wada, A., Iwabuchi, T. & Rocken, C., "GPS Precipitable water vapor dataset for climate science," Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012), Nashville, TN, September 2012, pp. 3454-3458.

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計1件)

Fujita, M. and T. Sato, Observed behaviours of precipitable water vapour and precipitation intensity in response to upper air profiles estimated from surface air temperature, Scientific Reports, 査読有, 2017, accepted

### [学会発表](計5件)

米山邦夫・藤田実季子・森修一・勝俣昌己, YMC におけるラジオゾンデデータの校正手法の確立に向けて, プルーアース 2017, 2017年03月03日, 日本大学(千代田区駿河台)

藤田実季子・佐藤友徳, GPS 可降水量を用いた CC スケーリングの再考, 日本気象学会 2016 年秋季大会, 2016 年 10 月 28 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

藤田実季子・山田朋人・佐藤友徳・中野満寿男・伊藤耕介, アンサンブル予報データを用いた低頻度事象の統計解析 - 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨(鬼怒川)」を例に-, 日本気象学会 2016 年秋季大会, 2016 年 10 月 26 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

Fujita, M., Dynamical downscaling of diurnal convection around the Maritime Continent associated with MJO activity, American Meteorological Society 's 32nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology(国際学会), 2016 年 04 月 19 日, San Juan, Puerto Rico

Katsumata, M., B. Geng, K. Taniguchi, Q. Moteki, I. Matsui, Y. Kaneko, T. Suematsu, P. K. Putra, D. S. Banurea, M. Yokota, M. Hattori, M. Fujita, F. Syamsudin and K. Yoneyama, Ship-based in-situ observation of precipitating systems and accompanying atmosphere-ocean variations at the western end of the maritime continent: A contribution to Pre-YMC 2015 field

campaign, American Meteorological Society 's 32nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology(国際学会), 2016 年 04 月 19 日, San Juan, Puerto Rico

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

藤田 実季子 (FUJITA, Mikiko)  
国立研究開発法人海洋研究開発機構・シー  
ムレス環境予測研究分野・技術研究院  
研究者番号: 5 0 4 2 6 2 9 3