

大規模下降流が豪雨にもたらす影響

理学専攻・情報科学コース 2240662 中村 天音

1 はじめに

一般に、雨は上昇気流のある場所に降りやすく、下降気流のある場所は晴れやすいことが知られている。しかし、平成 30 年はラニーニャ現象が起こった年にもかかわらず、夏期に西日本に集中的な豪雨が発生した。統計的にラニーニャ現象が起こった年は夏乾燥になることが知られており、大規模下降流があった日本付近では、この豪雨は大規模下降流場が要請された中で起こったと考えられる。これに対し、大規模下降流が大きくなると、豪雨は狭い領域に極端に降るのではないかという仮説を立てた。

本研究では、豪雨イベントに下降気流偏差を加えたシミュレーションを行い、下降気流の強さと豪雨の関係性について調査する。

2 データと手法

2.1 観測データ

本研究では、いくつかの観測データを使用した解析を行う。鉛直データには、気象庁によって提供される気象庁第 3 次長期再解析 (JRA-3Q) を使用した (気象庁)。降水に関しては、JAXA/EORC が提供する衛星全球降水マップ (GSMaP) 降水プロダクトを用いている (Kubota et al. [2020])。

鉛直流、降水データともに使用期間は 2010 年から 2020 年までの 6 月 28 日から 7 月 7 日であり、使用領域は経度 120° から 150° 、緯度 23° から 47° の日本付近である。

2.2 使用モデル

シミュレーションには、領域大気モデルである SCAKE Regional Model の Version5.3.6 を用いた。使用データは NCAR の FNLdata (全球再解析データ) である。期間は、前線による大雨の発生した 2019 年 8 月 24 日 12 時 UTC から 2019 年 8 月 30 日 12 時 UTC とした。また、追加実験として 2014 年 8 月 13 日 12 時 UTC から 2014 年 8 月 21 日 12 時 UTC、2016 年 6 月 20 日 12 時 UTC から 2016 年 6 月 20 日 12 時 UTC でも行った。

2.3 シミュレーション設定

今回は、現在気候実験 (control) に加え、鉛直データの東西風 (u) に上層収束、下層発散を加えることで下降気流偏差を作った。上層に加えた東西風は、日付変更線に向かって線型に徐々に小さくなるものであり、右端・左端に X 加算したものを plus X 実験とした (1)。下層にも同様に発散を加えている。

また、それに加え、鉛直方向にも 500hPa に向かって収束や発散の大きさを小さくするような実験も行った。100hPa につき、右端・左端の大きさが X 変わるものを shear X 実験とした。

今回は、control に加えて、plus1, plus3, plus5, plus10 と、それぞれに shear0, shear0.5, shear1 の計 13 の実験を行った。

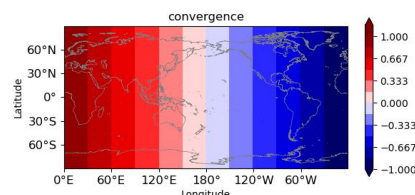


図 1: 加えた収束場の基本系。横軸が経度、縦軸が緯度、図の陰影は東西風を表す。正の値が西風、負の値が東風を意味する。この図の場合は、右端・左端に 1 加算されるような場になっている (plus1 実験)。

3 結果

3.1 平成 30 年豪雨

2015 年にも同時期に強い降水があったため、この 2 年で比較を行う。2015 年は 2018 年と比較した解析を行い、降水量が少なめであり、降水面積が大きいことがわかった。

次に、降水ピーク前に着目してみる。2015 年は 6 月 30 日、2018 年は 7 月 4 日に降水のピークが存在することがわかっている。そこで、期間を 5 日ほど前に伸ばし、鉛直流にて同様の解析を行うことで、降水ピーク前の鉛直流の様子を確認する。

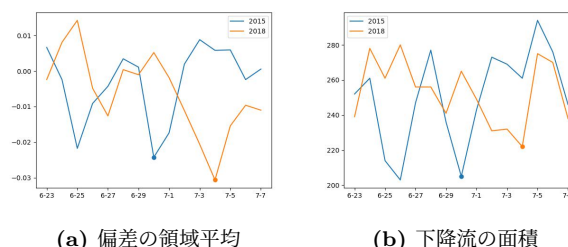


図 2: 2015 年と 2018 年の鉛直 p 速度 (Pa/s) の比較。横軸が時間、縦軸が鉛直 p 速度を表す。青色の線が 2015 年、オレンジの線が 2018 年。期間を 5 日前に伸ばしている。店は降水がピークだった 2015 年 6 月 30 日、2018 年 7 月 4 日を表す。

図 2 はその結果である。ここから、降水ピーク前に大きな違いがあることがわかる。全ての図から、2015 年は全体的に上昇気流であるが、それに対し 2018 年は降水ピーク前は全体的に下降気流になっていることがわかる。

3.2 正当性の評価

シミュレーション結果を示す前に、結果の正当性について議論する。最も変化の大きい plus10-shear1 実験を抜き出し、control 実験との比較を行う。

上層、下層の東西風、中層の鉛直風を確認し、上層収束、下層発散が正しく与えられているかを確認した。

また、地表気圧、地上 2 m での気温を確認し、他の変数に悪い影響が出ていないことや、高気圧になっていることを確認した。

3.3 シミュレーション結果

最も変化の大きかった plus10-shear1 実験のみ取り出して control 実験と比較を行う。

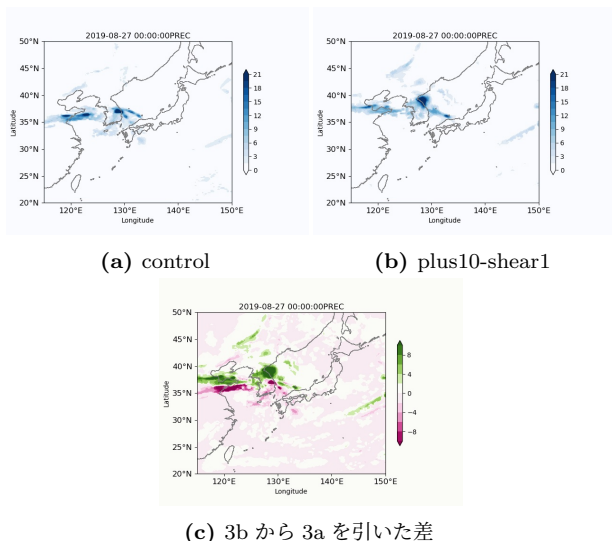
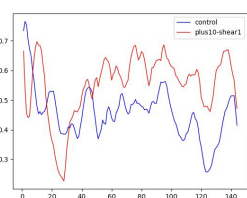


図 3: control と plus10-shear1 実験の比較. 左から control, plus10-shear1, plus10-shear1 から control を引いた差を描画している。

図 3 は、control と、最もよく変化の現れた plus10-shear1 との比較を示している。濃い緑色の領域は、下降気流を追加したことで降水量が増えたことを示している。赤色の領域は一見降水量が減り、仮説と反するようにも見えるが、図 3a と図 3b を見ると、降水量が減ったというよりは降水面積が減ったことで赤く染まっていると考えられる。以上より、下降気流を加えた方が、狭い領域に激しい降水をもたらすことが確認できた。

今回、計算期間の中から 8 月 27 日 0 時 UTC のみに注目した議論を行なったが、他の時間帯においても同様の結果が得られた。

また、大規模下降流を与えた場合、与えなかった場合で降水に関して比較を行う。



(a) 単位面積あたりの降水強度

図 4: 2019 年の降水強度 (mm/h) の単位面積あたりの降水強度 (mm/h). 下降流が強くなるにつれて青から赤にグラデーションされるように色分けしている。青が control, 赤が plus10-shear1 実験を表している。横軸は計算開始からのステップ数を表している。

図 4 には control と plus10-shear1 のみを抜き出した

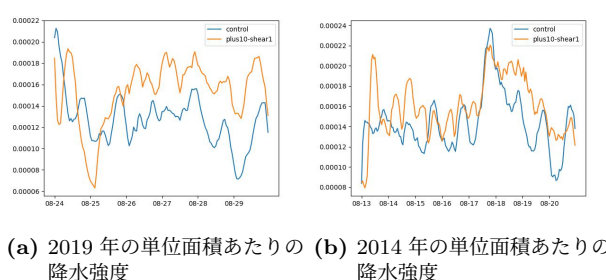
結果を示す。この他に最大値、領域合計、要素数(面積)も比較した。これを見ると、control に比べ大きく下降偏差を加えた plus10-shear1 は、降水は大きく、狭くなっていると言える。

その他ヒストグラムでも降水の解析を行ったが、下降偏差を加えると豪雨が増え、少ない降水量の面積が減るという結果が得られた。

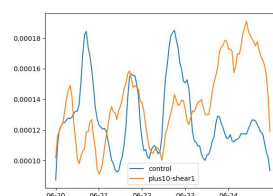
同様の解析を 2014 年、2016 年でも行い、同様の結果が得られた。

3.4 時系列

また、平成 30 年豪雨の解析において、大規模な下降流が場に与えられた場合、その後時間が経つにつれ狭く激しい雨が降るという結果が出ている。それに関して、今回のシミュレーションでも降水の様子を時系列で表し確認を行った。



(a) 2019 年の単位面積あたりの降水強度 (b) 2014 年の単位面積あたりの降水強度



(c) 2016 年の単位面積あたりの降水強度

図 5: シミュレーション結果の降水強度 (mm/h) の時系列. 横軸が時間、縦軸が降水強度を表す。青の線が control, オレンジの線が plus10-shear1 を示す。

図 5 は、シミュレーション結果の単位面積あたりの降水強度の時系列である。平成 30 年豪雨の解析結果と同様、下降気流の場から時間が経つにつれ雨の様子が狭く激しくなっていくことがわかる。どの実験においても、シミュレーション後半で単位面積あたりの降水強度は plus10-shear1 実験が control を大きく上回る結果となった。特に、2016 年はそれが顕著であった。

参考文献

Takuji Kubota, Kazumasa Aonashi, Tomoo Ushio, Shoichi Shige, Yukari N Takayabu, Misako Kachi, Yoriko Arai, Tomoko Tashima, Takeshi Masaki, Nozomi Kawamoto, et al. Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products in the GPM era. *Satellite Precipitation Measurement: Volume 1*, pages 355–373, 2020.

気象庁. 気象庁第 3 次長期再解析 (JRA-3Q).