

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04095

研究課題名(和文)チベット高原上で発生する積雲対流が日本の夏季気象災害に及ぼす遠隔作用の解明

研究課題名(英文)Remote impacts of convection activity over the Tibetan Plateau on summer extreme weather condition in Japan

研究代表者

杉本 志織 (Sugimoto, Shiori)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(環境変動予測研究センター)・研究員

研究者番号：90632076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：領域大気モデルを用いて25年分の暖候期を対象としたアジア域20km解像実験を実施し、梅雨期の6月における降水量バイアスを解析した。西部北太平洋上の高気圧性循環に起因する移流バイアスとチベット高原付近を起点として中緯度を伝播する高度場バイアスが、梅雨前線上降水量の再現精度を左右した。全国的に猛暑であった2010年について、20km実験の内側にチベット高原上4km解像領域を設定した20km-4km実験を実施した。20km実験と比較し、20km-4km実験では高原上の対流活動が活発であった。対流圏上下層での高気圧の発達により適切に再現され、日本を含む東アジア域の低温バイアスを20-50%改善した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数値シミュレーションにて夏季降水の再現精度を向上させるためには、水蒸気輸送量を左右する太平洋高気圧の発達と中緯度上下層で連動する循環場を適切に再現する必要があることが分かった。また、猛暑形成に着目した場合、チベット高原の雲活動を起点とした中緯度循環場の遠隔作用が日本の気温再現に重要な役割を果たすことが示唆された。これらの学術的成果は、太平洋上だけでなくチベット高原上での対流活動を適切に再現することで、日本の夏季天候予測の再現性が向上する可能性を示す。また、一部の数値実験データを国際プロジェクトに提供し学術的に貢献した。

研究成果の概要(英文)：Numerical experiments with 20-km horizontal resolution (Ctl) were conducted over Asia from April to September for 25 years, and precipitation bias in June was analyzed. Simulation accuracy in precipitation was controlled by a drier and colder bias associated with a weakening of the western North Pacific high and a higher bias of the geopotential height in the upper troposphere. A sensitivity experiment (Sen), which have an inner domain with 4-km horizontal resolution over the Tibetan Plateau in the Ctl, was also conducted focusing on the hot summer in 2010. In the Sen, the bias of geopotential height at 200 hPa was small relative to that in the Ctl because the stronger convection over the Tibetan Plateau excites a wave train. Furthermore, simulated geopotential height at 850 hPa in the Sen is also closer to the reanalysis over Japan. Due to higher pressure conditions in the upper and lower troposphere, a cold bias over Japan in the Ctl was ameliorated approximately 20-50% in the Sen.

研究分野：気候学

キーワード：夏季天候 東アジア 領域大気モデル チベット高原

### 1. 研究開始当初の背景

近年、日本では、夏季にしばしば甚大な気象災害が発生する。梅雨や台風に伴う集中豪雨が日本各地で頻発する一方、例年多くの熱中症患者が病院へ搬送される。2019年のように、長梅雨に伴う低温・日照不足が農作物の生産に影響を及ぼすこともある。このような気象災害を低減するためには、精度の高い天候予測に基づいた対策を考案する必要がある。

日本の夏季天候を左右する要因は複数あるが、その一つとして日本から遠く離れたチベット高原上での積雲対流の影響が指摘されている。チベット高原上では夏季に非常に発達した積雲擾乱が発生する (Sugimoto and Ueno 2010, *Journal of Geophysical Research*)。この積雲擾乱が大きく東進した場合、数日後に九州地方で豪雨を引き起こす (Sugimoto and Ueno 2012, *Journal of Meteorological Society of Japan*; Sugimoto, 2020, SOLA)。一方、チベット高原上での積雲対流は高原上の大気加熱にも貢献する。高原上大気が強く加熱されるとその影響が大気中を波として東に伝播し、日本上空のチベット高気圧や日本の南東に広がる太平洋高気圧を強める作用がある (Wang et al. 2008, *Geophysical Research Letters*)。これら高気圧の発達は、梅雨前線の位置や台風の経路と密接に関連するだけでなく、日本での連続的な晴天日の発生やそれに伴う地上気温の上昇にも結び付く。つまり、一見無関係とも思えるチベット高原上での積雲対流を正しく理解し、大気モデルにおけるその再現精度を高めることが、日本で夏季に発生する気象災害の予測精度向上につながる。

### 2. 研究の目的

大気モデルにてチベット高原上での積雲対流をより適切に再現するためには、背の高い積雲対流とともに「浅い対流」が頻繁に発生することを考慮する必要がある。一般的に、大気モデルにてチベット周辺の複雑地形を表現し浅い対流を再現するためには、4 km以下の水平分解能が必要とされる。ところが計算機資源の観点から、このような高解像実験はこれまで十分に実施されてこなかった。大気モデルの水平分解能によって高原上の積雲対流やそれに伴う大気加熱の再現性はどの程度向上するのか、また、高原上の積雲対流の再現性はどの程度日本の天候予測を左右し得るのか。これらの問いに答えるべく、本研究では、領域大気モデルを用いてチベット高原を対象とした水平分解能 20km および 4 kmの数値実験を実施する (図 1)。両実験を比較することで、モデルの水平分解能による高原上の雲・降水過程の再現精度の違いを調べる。また、同実験結果を用いて、高原上の積雲対流の再現精度が遠隔的に日本の夏季天候に及ぼす影響を評価する。

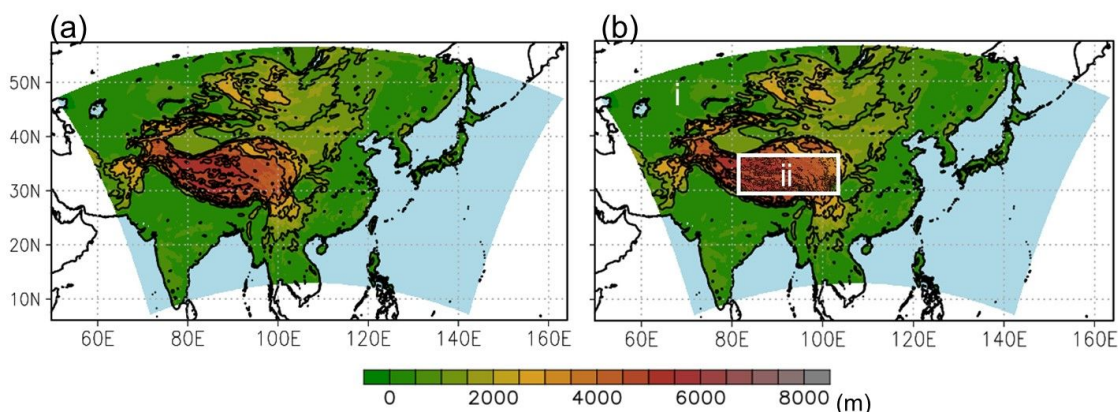


図 1 数値実験領域の地形

(a) 全域水平分解能 20km、(b) 全域 20km(i)+ チベット高原上のみ 4 km(ii)

### 3. 研究の方法

水平分解能の違いによるチベット高原上の積雲対流の再現精度を調べると同時に、それが日本の天候に及ぼす影響を調査するため、下記 2 種類の数値実験を実施する。

- (1) 東アジア域を 20 kmの水平解像度で覆う実験 (図 1a)
- (2) i 東アジア域を 20 kmの水平解像度で覆い (1)と同じ)、かつ、ii チベット高原上のみ 4 kmの水平解像度で覆う実験 (図 1b)。ただし、i と ii は独立せず、大気物理過程が相互に作用し合う設定とする。

数値実験には、領域大気モデル (Weather Forecasting and Research: WRF モデル) を用いる。気候学的な差異を統計的に評価するために、1991-2015 年の 25 年分の夏季 (6-8 月) を解析対象期間とする。(1)と(2)-ii を比較することで高原上の積雲対流の再現精度を、(1)と(2) i を比較することで高原上の積雲対流と日本の夏季天候との関係を明らかにする。

#### 4. 研究成果

まず、1991-2015年(25年分)の5-8月を対象とした20km分解能実験を精査し、粗い解像度の実験に含まれるバイアス要因を特定した。長江流域や九州地方で降水量が増加する6月に着目すると、数値実験にて再現された降水量は、長江の南で過小、北で過大となった。この南乾北湿バイアスは、特に降水量空間パターンの再現性が低い年で顕著となった。25年平均した大気循環場の気候値をみると、数値実験では太平洋高気圧の中心付近で積雲対流が活発となり高気圧性循環が弱まったため、中国南部への水蒸気供給が制限された。一方、南アジア域での対流バイアスに伴い、中国北部の対流圏上層には高気圧偏差が発生した。これと連動して、対流圏下層でも高気圧性循環バイアスが発達し、長江流域北部に弱い水蒸気収束を形成した。降水量空間パターンの再現性が著しく低い年においては、中国南部での対流抑制によって発達した高気圧偏差が水蒸気供給をより弱体化させるとともに、より北への水蒸気輸送を活発にした。このように、数値実験内での対流活動に伴う広域循環偏差が、水蒸気輸送過程に関与し、東アジア域、特に中国長江流域での降水量に南乾北湿のバイアスを生じさせると結論付けた。異なる対流パラメタリゼーションを用いた感度実験を25年分追加実施することで、これら一連のモデルバイアスは対流パラメタリゼーションに大きく左右されることを示した。一連の成果は Sugimoto et al. として Climate Dynamics に掲載された。また、数値実験結果を国際プロジェクト(LS4P/TPEMIP)に提出し、Tang et al. (2023, Climate Dynamics)によって各研究機関から提出された実験データの比較研究が実施された。

20km 実験には、上記降水量バイアスとともに、アジア域の寒冷バイアスがあることが分かった。そこで、日本で記録的な猛暑が発生した2010年夏季を対象とし、再解析データと両実験結果を比較した。200hPa面の高度場について、20km解像度実験では、日本北西の亜熱帯ジェット上に中心を持つ負バイアスがみられた。一方、20km-4km実験では、これらの負バイアスが著しく軽減した。対流圏下層である850hPaでも同様に、20km-4km解像度実験では、20km解像度実験でみられた太平洋高気圧北西～北縁での高度場の負バイアスが緩和された。結果として、20km-4km実験では、対流圏上・下層での高気圧の発達がより適切に再現され、日本を含む東アジア域の低温バイアスを20-50%改善した。チベット高原上での対流強化に伴う亜熱帯ジェット上のロスビー波伝播が、一連の再現性向上の要因である可能性が高い。夏季日本の猛暑を予測するためには、チベット高原上の対流活動を精度よく再現する必要があると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sugimoto Shiori, Xue Yongkang, Sato Tomonori, Takahashi Hiroshi G.	4. 巻 -
2. 論文標題 Influence of convective processes on weather research and forecasting model precipitation biases over East Asia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Climate Dynamics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00382-022-06587-5	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 該当する

1. 著者名 Tang Jianping, Xue Yongkang, Long Mengyuan, Ma Mengnan, Liang Xin-Zhong, Sugimoto Shiori, Yang Kun, Ji Zhenming, Hong Jinkyu, Kim Jeongwon, Xu Haoran, Zhou Xu, Sato Tomonori, Takahashi Hiroshi G., Wang Shuyu, Wang Guiling, Chou Sin Chan, Guo Weidong, Yu Miao, Pan Xiaoduo	4. 巻 62
2. 論文標題 Regional climate model intercomparison over the Tibetan Plateau in the GEWEX/LS4P Phase I	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Climate Dynamics	6. 最初と最後の頁 2837 ~ 2858
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00382-023-06992-4	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 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 杉本志織, Xue Yongkang, 佐藤友徳, 高橋洋
2. 発表標題 水平20km格子実験で再現された東アジア陸域における6月の降水バイアスの要因
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shiori Sugimoto
2. 発表標題 Heavy precipitation over southwestern Japan during the Baiu Season due to abundant moisture transport from synoptic-scale atmospheric conditions
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) VIRTUAL 18th annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉本志織
2. 発表標題 アジア山岳域を対象とした高解像度モデリング研究の最新動向
3. 学会等名 気象学会2023年度春季大会シンポジウム 「夏季アジアモンスーン研究の多面的展開」(招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

JAMSTEC研究者総覧 <a href="http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Shiori_Sugimoto_99d16-j.html">http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Shiori_Sugimoto_99d16-j.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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------