

停滞前線に伴う大雨の強化と長期化に関する解析

富田勇斗¹・田中健路^{1, 2}

¹広島工業大学大学院工学系研究科・²広島工業大学環境学部地球環境学科

1. はじめに

昭和47年7月豪雨や平成30年7月豪雨などは、西日本を中心に梅雨前線が数日間にわたり日本上空に停滞したことで観測史上最大規模の大雨が発生した事例である。このような梅雨前線によってもたらされる豪雨災害は近年においても発生し続けており、地球温暖化による被害のさらなる激甚化が示唆されている。地球温暖化進行による降雨の激甚化に関しては、同様の気圧配置で降水系が同じ場所で発生することを前提として、線状降水帯をはじめとするメソβスケール擾乱の発達を評価する研究が多数行われている。しかしながら、地球温暖化に伴って、総観規模～メソαスケールの気象場が長期的に変化すれば、太平洋高気圧、チベット高気圧および対流圏中上層のトラフの発達にも影響をもたらし得るはずであるが、この点に着目した解析研究は稀少である。

そこで本研究では、梅雨前線とその周囲の気象場に着目し、梅雨前線の停滞を引き起こすメカニズムや条件を明確にすると共に、1970年代から2020年代にかけてどの程度、温暖化の影響が寄与しているのかを温暖化要因(温度、等圧面高度、水蒸気量、降水域、降水量、輝度温度)に基づいて解析し、50年間の間での温暖化の影響を明らかにすることを目的とした。なお、対象事例として昭和47年7月豪雨や平成30年7月豪雨を取り上げて行った。

2. 解析方法

2.1 使用データ・モデル

本研究では米国大気研究センター(NCAR)と米国海洋大気庁予測センター(NCEP)等により共同開発されたWRF(Weather Research and Forecasting Model) Ver. 4.4¹⁾を用いて解析を行った。表1に計算条件を示す。WRFで使用する初期条件(初期値)には、気象庁長期再解析データ(JRA-55)を用いた。雲・降水過程の計算に関しては、微物理過程としてWSM6²⁾を使用し、大気境界層については、韓国延世大学の研究グループの開発した計算手法(Yonsei University Scheme)(Hong et al., 2008)³⁾を使用した。

表1 計算条件

	Domain1	Domain2	Domain3
格子点数	280×200	361×271	361×241
水平解像度	27km	9km	3km
鉛直層	50層		
計算時間間隔	21600秒		
格子点データ	気象庁長期再解析データ(JRA-55)		

2.2 温暖化トレンドの算出方法

① JRA-55に収録されているデータの中から、1958年から2021年までの夏場(6～8月)の温暖化要因(気温、水蒸気密度、等圧面高度、輝度温度)を3次元データとして、格子点ごとに取得した。

- ② ①で取得した50年間分のデータのうち、6～8月の3か月平均値の10年平均値を算出した。
- ③ ②で算出した1970年代平均値と2020年代平均値の差分を取得した。
- ④ 初期値にJRA-55を用いて、研究対象事例の気象場の再現実験をWRFで行った。
- ⑤ 昭和47年7月豪雨の再現計算に③の差分を加算した気象場で計算を行った。
- ⑥ 平成30年、令和2年7月豪雨の再現実験から③の差分を減算した気象場で計算を行った。
- ⑦ ⑤、⑥の計算結果と再現計算の計算結果を比較し、どのような影響が出るのかを解析した。

3. 研究結果

3.1 渦度0線解析

本研究の2事例の降水ピーク時におけるDomain1の300hPa面渦度0線の分布を図1、2にそれぞれ示す。日本付近の中緯度に見られる渦度0線は、ジェット気流の強風軸に対応する。最近50年の地球温暖化の影響により、太平洋高気圧の層厚の増大および北側への勢力拡大傾向と上層のチベット高気圧の発達傾向に伴い、九州西側での対流圏中～上層のトラフが深まる傾向と日本海上空を通過する強風軸が日本付近で北偏する傾向が現れている。その影響が、前線の停滞位置や、梅雨前線帯での降水域の発達に影響を及ぼす。これについて、次節で述べる。

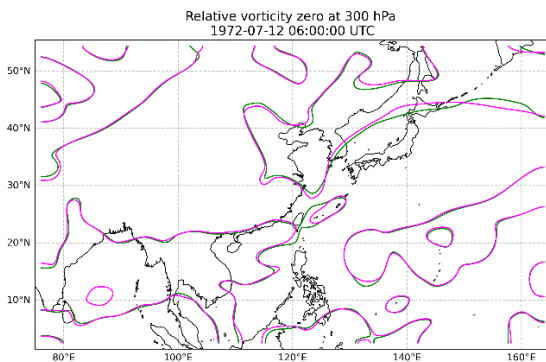


図1 昭和47年7月豪雨における
相対渦度0線分布図
再現計算(緑)、トレンド計算(マゼンタ)

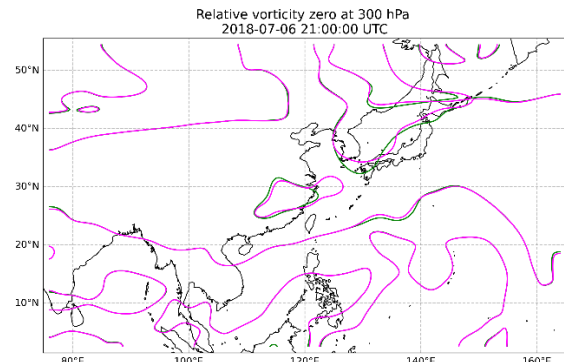


図2 平成30年7月豪雨における
相対渦度0線分布図
再現計算(緑)、トレンド計算(マゼンタ)

3.2 降水ピーク時から24時間前までの積算降水量分布の比較

50年間の温暖化の影響が降水ピーク時に与える影響を解析するため、再現計算において3時間積算雨量が最大となる時刻を、昭和47年7月豪雨と平成30年7月豪雨について、それぞれ2つ選定した。そして、降雨ピーク時から24時間前までの24時間積算雨量を解析した。

(1) 昭和47年7月豪雨

① 1972年7月11日15時から12日15時(JST)

図3は再現計算、図4はトレンド計算(2022年相当)における11日15時から12日15時(JST)の24時間積算雨量(100 mm以上)の分布図である。再現計算の積算降水量分布よりも、トレンドを加算した場合の分布の方が朝鮮半島寄りに降雨域が北上した結果となった。

② 1972年7月12日6時から13日6時(JST)

図5は再現計算、図6はトレンド計算(2022相当)における12日6時から13日6時(JST)の24時間

積算雨量(100 mm以上)の分布図である。再現計算の分布図と比較して、トレンド計算の降雨域の分布は九州の西側に集中する結果となった。

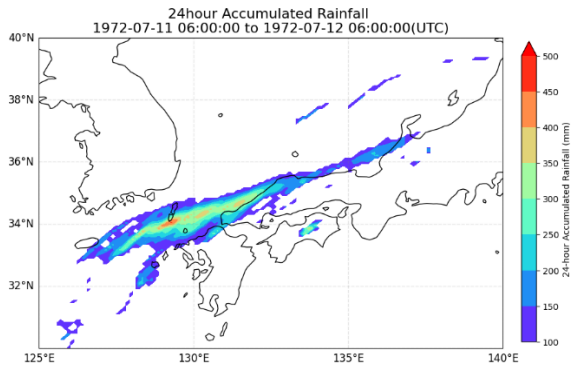


図3 再現計算における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

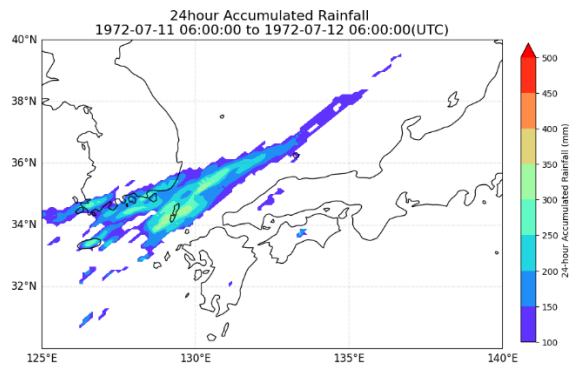


図4 トレンド計算(2022年相当)における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

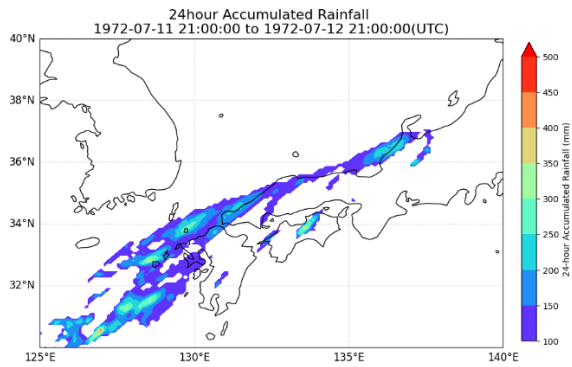


図5 再現計算における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

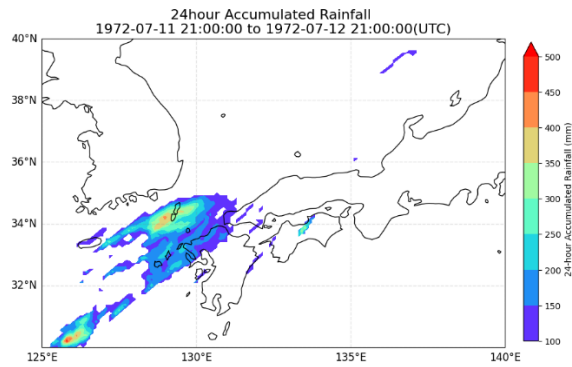


図6 トレンド計算(2022年相当)における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

(2) 平成30年7月豪雨

- ① 2018年7月6日3時から7日3時(JST), 2018年7月6日6時から7日6時(JST)

図7は再現計算, 図8はトレンド計算(1968年相当)における6日3時から7日3時(JST)までの24時間積算雨量(100 mm以上)の分布図である。再現計算と比較して、トレンド計算では再現計算で解析された450 mm以上の強い降雨域が解析されない結果となった。このことは7月6日6時から7日6時(JST)においても同様の結果が解析された。

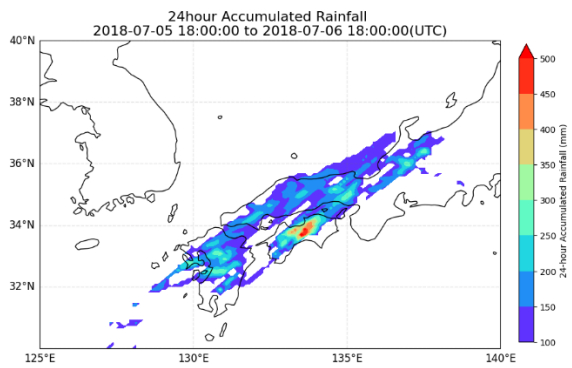


図7 再現計算における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

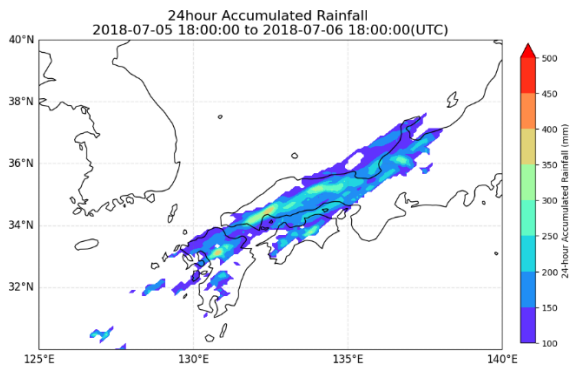


図8 トレンド計算(1968年相当)における
24時間積算雨量 100 mm以上の分布図

3.3 Domain3 における領域内の3時間積算降水量の比較

図9および図10は、各対象事例について、Domain3の計算期間内で、指定した領域(北緯31度~36度、東経129度~134度)内における3時間積算雨量を示した図である。再現計算による3時間積算雨量の値を青色で、トレンドを加算・減算した場合の3時間積算雨量の値を橙色で示した。昭和47年7月豪雨では、再現計算の積算降水量がトレンドを加算した場合よりも多い結果となった。平成30年7月豪雨では、トレンドを減算した気象場の方が再現計算と比較して積算降水量が減少した。一方、令和2年7月豪雨では、計算期間内の領域内における降水量の差が小さく、明確な差が解析されなかった。そのため、本研究では温暖化の影響が明確ではない事例とした。

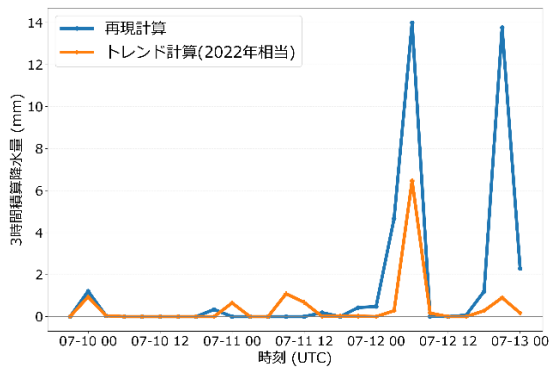


図9 昭和47年7月豪雨
3時間積算雨量

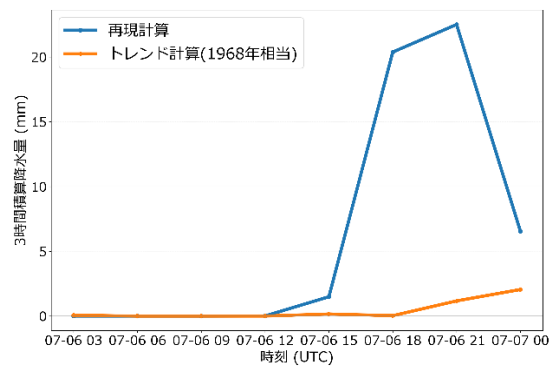


図10 平成30年7月豪雨
3時間積算雨量

4. おわりに

平成30年7月豪雨および昭和47年7月豪雨、それぞれ近年と過去50年前の2事例に対して、総観~メソ α スケールの地球温暖化の影響を考慮して、梅雨前線付近の降雨域の発達や維持に関する解析を行った。地点や領域を固定して比較した場合、地球温暖化の影響で降水量が増大、減少する結果が双方混在しているように見える。しかしながら、過度0線の変化に見られるように、チベット高気圧や太平洋高気圧などの総観規模~メソ α スケールの長期変化に伴い、トラフの発達傾向や日本上空での前線の停滞位置の北偏傾向がもたらされ、ある地点における温暖化による降雨増加および降雨減少傾向と繋がっていることが示された。

参考文献

- [1] Wei Wang, et al: User's Guide describes the Advanced Research WRF (ARW) Version 4.4 modeling system, https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_v4/v4.4 (2025.2.10)
- [2] Hong, S.Y., Jade Lim, J.O.: The WRF Single-Moment 6-Class Microphysics Scheme (WSM6), JOURNAL OF THE KOREAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 42, 2, 2006, p129-151
- [3] Hong, S.-Y., Noh, Y., and Dudhia, J (2008) A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes, Monthly Weather Review, vol. 134, pp.2318-2341
- [4] Moteki, Q.: Role of Typhoon Prapiroon (Typhoon No.7) on the Formation Process of the Baiu Front Inducing Heavy Rain in July 2018 in Western Japan, SOLA, vol.15A, 37-42, doi:10.2151/sola.15A-007(2019)