

地球温暖化に伴う総観スケール力学場の変化と 停滞前線豪雨に及ぼす影響に関する数値解析

富田 勇斗¹⁾・田中 健路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月豪雨は、梅雨前線が数日間にわたり日本付近に停滞した結果、西日本を中心として観測史上最大規模の大雨が発生した事例である。このような豪雨災害は近年においても発生し続けていることから、梅雨前線が停滞するメカニズムを明確にし、将来気候における豪雨災害のリスクを適切に評価にすることは、防災上極めて重要な課題である。

数値実験を用いた将来気候の豪雨リスクを推定する手法の1つには、気温や海面水温などの気象要素を水平一様に与える擬似温暖化実験が広く用いられている。しかし、これまでの既往研究の多くはメソ β スケール以下の現象に着目しており、地球温暖化による総観規模からメソ α スケールの気象場へ影響が、停滞前線に及ぼす影響については十分に明らかにされていない。また、擬似温暖化実験において差分として与える温暖化要因についても、気温や海面水温以外の気象要素が、梅雨前線の停滞や気象場に及ぼす影響について、解析された研究はあまりない。

そこで本研究では、既往研究で指摘されてきた梅雨前線の停滞要因を整理・再検討し、総観規模からメソ α スケールの気象場に着眼して、梅雨前線およびその周辺の気象場の特徴を解析した。あわせて、1970年代から2020年代にかけて進行した地球温暖化が総観スケールの気象場に及ぼす影響を明らかにし、擬似温暖化実験において差分として与える温暖化要因が梅雨前線の停滞過程に及ぼす影響を解析した。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 計算条件・使用データ

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。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が開発した計算手法(Yonsei University Scheme)(Hong et al, 2008)³⁾を使用した。

2.2 温暖化トレンドの算出方法

本研究では、各格子点および各気象要素について1970年代と2010年代の夏季平均値の差を算出し、その差に、想定する気候場の年数を乗じた値を温暖化トレンドとして加算・減算することで、過去および未来に相当する気候場を作成し、これらの気候場と当時の気候場で計算した結果を比較・解析することにより、1970年代から2020年代にかけて進行した地球温暖化が総観スケールの気象場に及ぼす影響を解析した。

3. 解析結果

3. 1 地球温暖化が停滞前線周辺の気象場に与える影響

50年間の温暖化が降水ピーク時に与える影響を把握するため、再現計算において3時間積算雨量が最大となる時刻を基準として、昭和47年7月豪雨および平成30年7月豪雨について、それぞれ2時刻を選定し解析した。

(1) 昭和47年7月豪雨

図2, 3は、再現計算およびトレンド計算（2022年相当）における、1972年7月11日15時から12日15時（JST）、ならびに12日6時から13日6時（JST）の24時間積算雨量（100mm以上）の分布を示したものである。再現計算と比較して、トレンド計算では、11日15時から12日15時（JST）の期間において降雨域が朝鮮半島寄りへ北上する傾向が認められた一方、12日6時から13日6時（JST）の期間では、降雨域が九州西側に集中する分布が解析された。また、水蒸気フラックス及び層厚差の解析結果から、トレンド計算では再現計算に比べて太平洋高気圧の西への張り出しが強化されており、それに伴って、下層の水蒸気フラックス量も変化し、降水域の変化や発達に寄与したことが示唆された。

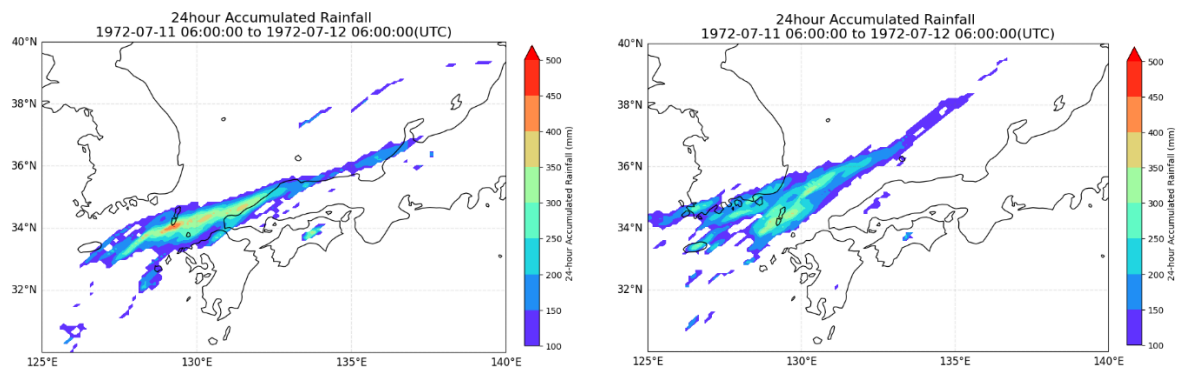


図2 再現計算およびトレンド計算（2020年相当）における24時間積算雨量100mm以上の分布図
再現計算（左）およびトレンド計算（右）

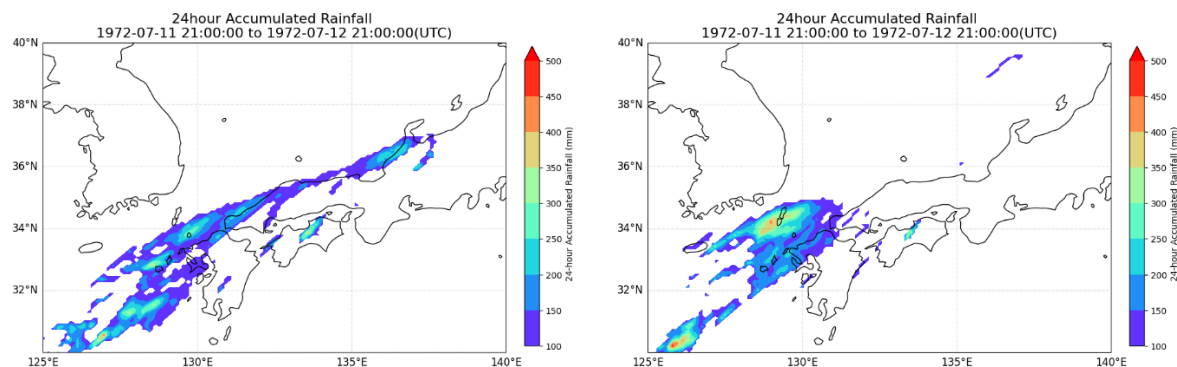


図3 再現計算およびトレンド計算（2020年相当）における24時間積算雨量100mm以上の分布図
再現計算（左）およびトレンド計算（右）

(2) 平成30年7月豪雨

図4は、再現計算およびトレンド計算（1968年相当）における、2018年7月6日3時から7日3時（JST）の24時間積算雨量（100mm以上）の分布を示したものである。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450mm以上の強い降雨域が解析されない結果となった。また、これは、2018年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。

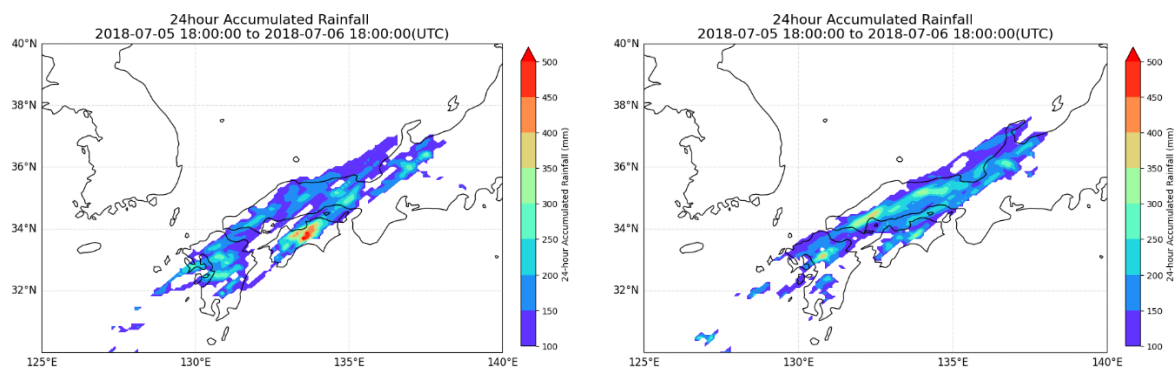


図4 再現計算およびトレンド計算（1968年相当）における24時間積算雨量100mm以上の分布図
再現計算（左）およびトレンド計算（右）

3. 2 水蒸気密度の変化が停滞前線周辺の気象場に与える影響

昭和47年7月豪雨および平成30年7月豪雨を対象に、当時の気象場に対して温暖化トレンド係数の組み合わせを変えた数値実験を行い、前節3.1同様に、降雨ピーク時における前24時間積算雨量100mm以上の分布を解析した。図5～8にその解析結果を示す。

昭和47年7月豪雨では、気温のみをトレンドとして与えた場合に降水域が細長く、ピーク降水強度は大きく解析された。また、等圧面高度や水蒸気トレンドを加えると、太平洋高気圧の強化に伴い降水域が北西側へ偏る傾向が解析された他、九州北部に団塊状の降雨域が出現することも解析された。

平成30年7月豪雨では、気温のみのトレンドを与えた場合には、降雨分布に大きな差は見られなかったが、水蒸気を含む4要素すべてのトレンドを考慮すると、降雨域が南下し、瀬戸内海沿岸の山陽地方、特に広島湾周辺で水蒸気収束が強化され、局地的に降水量が増大した他、九州北部における降雨は相対的に弱まる傾向が解析された。

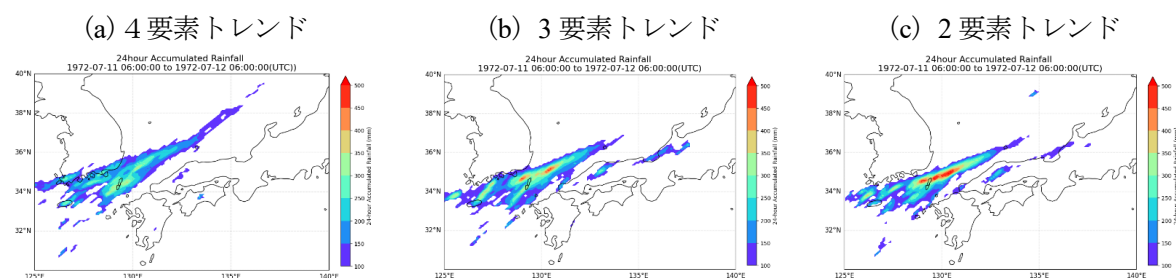


図5: 1972年7月12日15時における前24時間積算雨量分布（2022年度時点の環境場を想定）

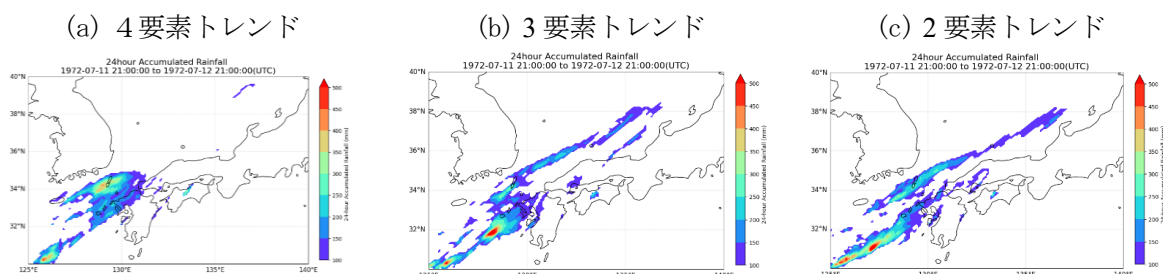


図6: 1972年7月13日6時における前24時間積算雨量分布（2022年度時点の環境場を想定）

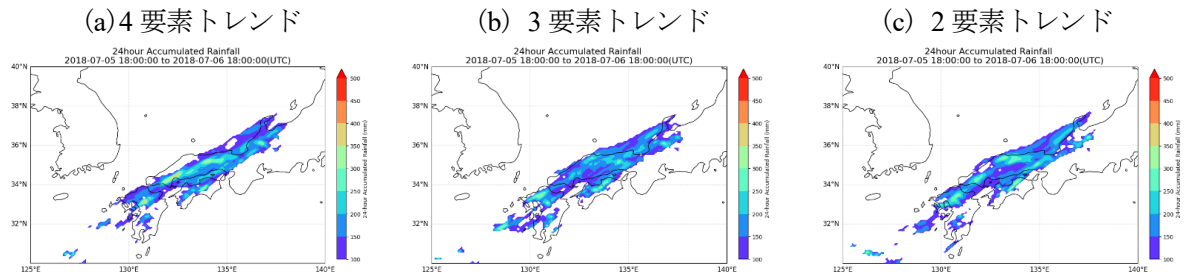


図 7: 2018 年 7 月 7 日 3 時における前 24 時間降水量分布 (1968 年時点の環境場を想定)

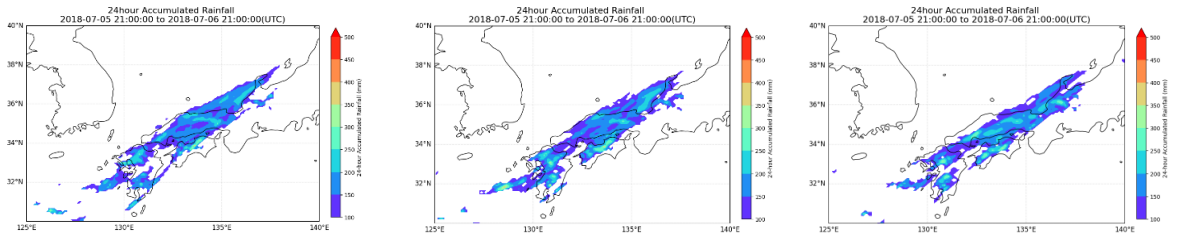


図 8: 2018 年 7 月 7 日 6 時における前 24 時間降水量分布 (1968 年時点の環境場を想定)

4. おわりに

本研究では、数値予報モデルを用い、総観スケールからメソ α スケールの気象場に注目して、梅雨前線の停滞過程及びその周辺における降雨特性、さらに温暖化要因が梅雨前線の停滞過程に及ぼす影響について解析を行った。その結果、温暖化の影響による降水量の増減は、地点や時間帯によって異なるものの、チベット高気圧や太平洋高気圧の発達・衰退に伴い、300hPa 面におけるトラフの北偏または南偏することが、トレンド計算の解析結果から明らかとなった。また併せて、水蒸気フラックスの解析結果からも、チベット高気圧や太平洋高気圧の発達・衰退に伴って、日本付近に流入する太平洋高気圧の縁辺流による水蒸気供給量の強弱も変化していた。これらの要因が梅雨前線に沿った降雨分布と密接に関連していることが示された。さらに、水蒸気密度のトレンドを考慮した解析では、熱帯域からの水蒸気供給の強化と、太平洋高気圧の縁辺流の北偏が生じることで、梅雨前線周辺における降雨域の分布や降雨強度に影響を及ぼす可能性が示唆された。このことから、梅雨前線の停滞過程および降雨特性を理解・評価する上では、温暖化によって変化する長期的な温度要因だけでなく、水蒸気密度のトレンドも考慮して計算をすることが必要であることが示唆された。

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] 小坂田ゆかり, 中北英一: 複数温暖化シナリオに基づく線状対流系の疑似温暖化実験と影響メカニズムに関する解析, 京都大学防災研究所年報, 第 64 号 B, 327-334 (2021)
- [5] 小坂田ゆかり, 中北英一: 線状対流系の疑似温暖化実験における解像度依存と将来変化のマルチスケール解析, 土木学会論文集 B1(水工学), vo76, No2, I_1-I_6, (2020)