

[共同研究成果]

日本領域長期再解析 (RRJ-Conv) の長期データ整備と関連する研究開発： 線状降水帯の統計的研究

島村優作、伊藤純至、小原涼太、山崎剛（東北大学理学研究科）
福井真、廣川康隆（気象研究所）

本研究グループでは日本領域長期再解析 RRJ-Conv を実施し、1958 年～2023 年の期間について日本付近を対象とした高解像度の大気場のデータセットを作成した。本稿では、RRJ-Conv において計算された線状降水帯の特徴について、過去 45 年分のデータを用いた解析結果を示す。

1. はじめに

線状降水帯は、次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ 50～300 km 程度、幅 20～50 km 程度の強い降水をともなう雨域[1]である。浸水害や土砂災害により大きな被害をもたらすことから関心が高まっている一方で、正確な予測が難しい現象として研究が進められている。

東北大学と気象研究所の共同研究により、日本域を対象として水平格子間隔 5 km で計算する領域再解析のデータセット（RRJ-Conv）[2, 3]が作成された。RRJ-Conv は従来型データのみを同化することによって長期間にわたるデータ品質の一貫性を維持しつつ、全球再解析では解像できないメソスケールの極端気象の再現が期待される。

本研究では、RRJ-Conv の長期データに基づいて線状降水帯を抽出し、その出現頻度分布や RRJ-Conv による再現精度、線状降水帯の発生環境場に関する統計解析を実施した。本報告の内容の一部は、日本気象学会の学術誌に掲載された[4]。

2. 使用データ・線状降水帯抽出手法

線状降水帯の抽出と発生環境場の解析に、RRJ-Conv のグリッド値（水平格子間隔 5 km、時間間隔 1 時間）を用いた。対象期間は 1976 年～2020 年の 45 年間である。

線状降水帯の抽出には、積算降水量に基づく客観的な抽出手法[5, 6, 7]を適用した。最大値 100 mm 以上を含む 3 時間降水量 80 mm 以上の連続した領域（強雨域候補）を 1 時間ごとに抽出し、連続する時間で同じ位置に生じる強雨域候補を同一事例（強雨域）として集約した。次に、継続時間が 5 時間以上、面積が 625～12500 km²、集約された 1 つ以上の強雨域候補の長軸短軸比が 2.5 以上である強雨域を抽出した。その中から台風や非停滞性のメソ対流系に伴う強雨域を除外して線状降水帯とした。

3. 結果

3.1 RRJ-Conv における線状降水帯の出現頻度

RRJ-Conv において、1976 年～2020 年の期間に 6760 事例の線状降水帯が抽出された（図 1）。日本では南西諸島、九州、四国太平洋側、紀伊半島で出現頻度が高く、観測データ（解析雨量[8]）から抽出された線状降水帯の分布[5]と概ね一致している。また、日本の周辺地域では、朝鮮半島や中国東部、台湾で多く出現しているほか、東シナ海や太平洋など海上の広い範囲で出現することが確認された。

図 2 に RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の年別頻度を示す。RRJ-Conv において線状降水帯

は年間で平均約 150 事例出現しており、±50 事例程度の年々変動がみられる。長期変化傾向としては、10 年間で約 7.7 事例の増加傾向が見られる。t 検定を行うことで、この増加傾向は信頼水準 95%以上で統計的に有意であることが確かめられた。長期変化傾向に基づいて 1976 年と 2020 年を比較すると、線状降水帯の出現頻度は 45 年間で 1.25 倍に増加した。

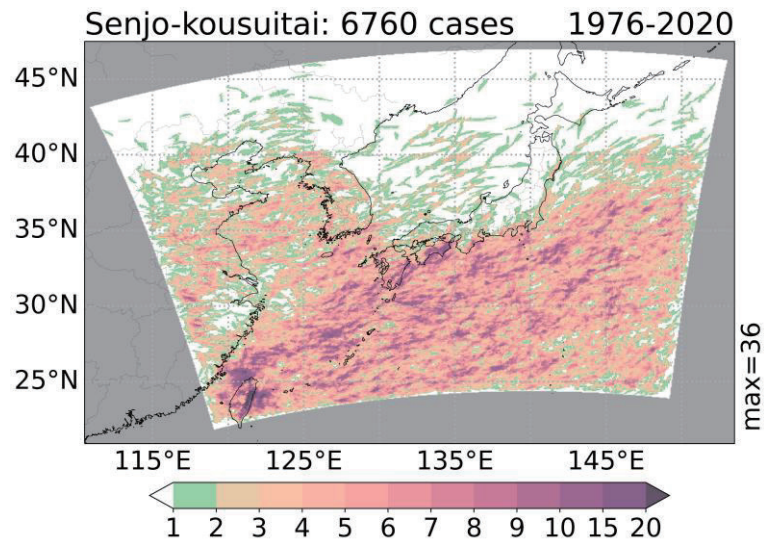


図1 1976 年～2020 年に RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の分布。

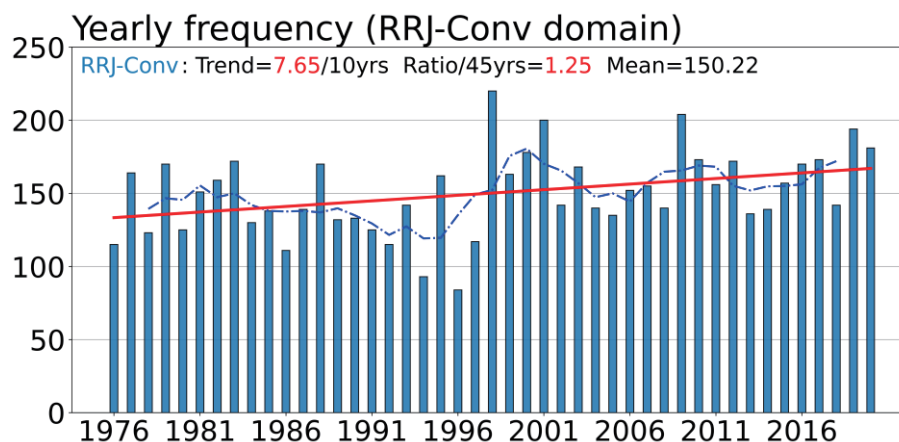


図2 線状降水帯の年別出現頻度。青破線は 5 年移動平均、赤実線は長期変化傾向を示す。

3.2 RRJ-Conv による線状降水帯の再現精度

RRJ-Conv による線状降水帯の再現精度を検証するため、2009 年～2020 年の期間に日本で解析雨量から抽出された線状降水帯[7]と、同期間・領域で RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の一致事例の調査を行った。一致の条件は以下のとおりである。

1. 解析雨量における線状降水帯の発生期間から前後 5 時間延長した期間に、RRJ-Conv における線状降水帯の発生期間が重複。
2. 解析雨量と RRJ-Conv における線状降水帯の最大 3 時間降水量地点のずれが 300 km 以内。

2009 年～2020 年の日本において、解析雨量から 384 事例の線状降水帯が抽出されており、このうち 94 事例は RRJ-Conv で再現されていた (図 3a)。また、RRJ-Conv では同期間・領域で 228 事例が抽出されており、このうちの 87 事例が解析雨量における線状降水帯と一致した (図 3b)。過去日本で発生した顕著な線状降水帯事例のうち、令和 2 年 7 月豪雨において 7 月 3～4 日に九州地

方で発生した事例（図 3c, d）や、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨において 9 月 10～11 日に東北地方で発生した事例等に対応する線状降水帯が、RRJ-Conv において出現していることが確かめられた。一方で RRJ-Conv では再現されない事例もみられ、線状降水帯等メソスケール現象の計算には改善の余地があると考えられる。

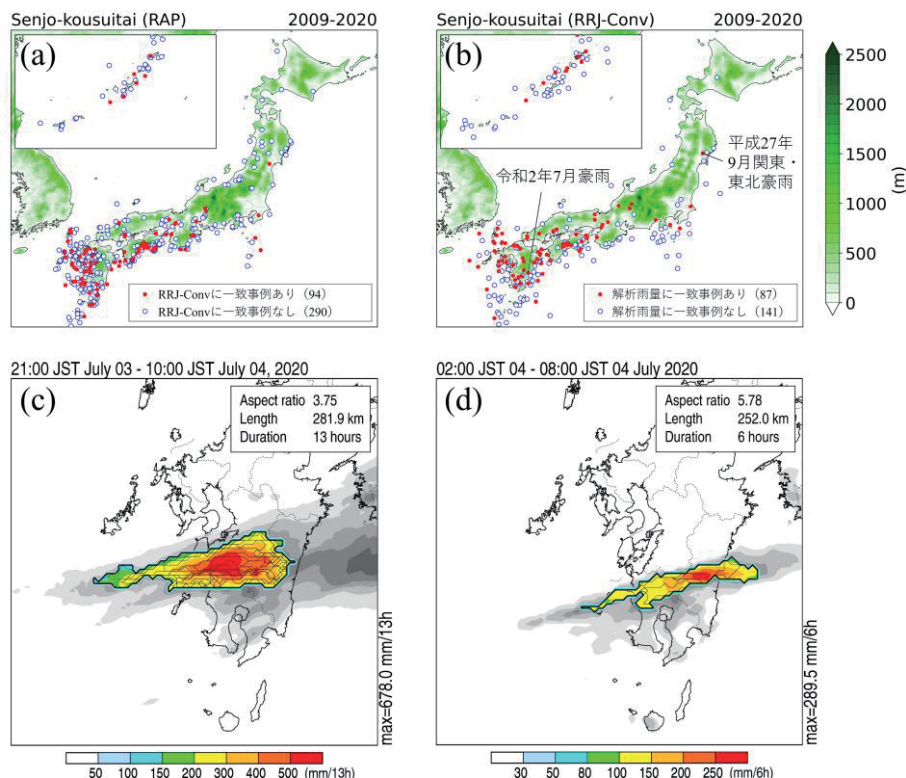


図 3 2009 年～2020 年に日本で (a) 解析雨量、(b) RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の最大 3 時間降水量地点。赤点は一致事例、白点は一致しない事例を示す。(c) 解析雨量において 2020 年 7 月 3 日～4 日に九州で抽出された線状降水帯、(d) (c) に対応する RRJ-Conv における線状降水帯。

3.3 線状降水帯と環境風の関係

従来の統計解析で活用されてきたラジオゾンデ等の高層観測に比べ、時空間解像度の高い RRJ-Conv の 4 次元データを活用した、多数の線状降水帯における発生環境場の統計解析が可能である。本稿では、その発生環境場のうち環境風の特徴について述べる。

線状降水帯発生時の環境風は、線状降水帯を覆う矩形領域内の平均風として計算し、線状降水帯の走向（長軸の方向）との関係を調査した。

図 4 に、RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の発生 3 時間後の様々な気圧面（200、400、600、800、950 hPa）における風向と線状降水帯の走向の関係を示す。対流圏下層 950 hPa では線状降水帯発生時の風向は東～南～西の範囲で事例ごとに大きく異なり、走向との相関は弱い（相関係数 0.10）。風向と走向の相関は中層 600 hPa で最も強く（相関係数 0.63）、600 hPa の風向に対して線状降水帯の走向は平均して 8.23° 時計回りにずれている。風向は上空に向かって順転しており、環境風が地衡風であると仮定すると、線状降水帯発生時は暖気移流場であることが示唆される。なお、解析雨量における線状降水帯との一致が確認された事例に限定した場合も同様の関係がみられ、RRJ-Conv において線状降水帯の走向と風向に関する統計的性質は捉えられていると考えられる。

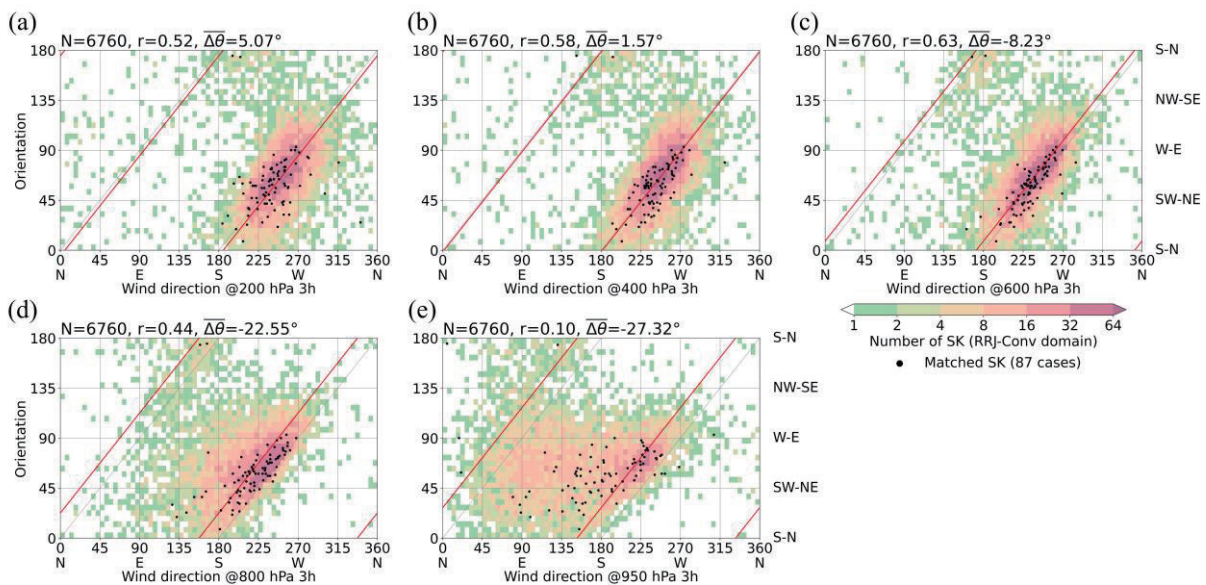


図4 RRJ-Conv から抽出された線状降水帯の走向と発生3時間後の (a) 200 hPa、(b) 400 hPa、(c) 600 hPa、(d) 800 hPa、(e) 950 hPa の風向の関係 (カラー)。各図上部に走向と風向の相関係数 (r)、走向と風向の差の平均 ($\Delta\theta$) を示す。黒点は解析雨量における線状降水帯と一致した、RRJ-Conv における線状降水帯の走向と風向の関係を示す。

謝辞

本研究は、東北大学サイバーサイエンスセンターの共同研究「日本領域長期再解析 (RRJ-Conv.) の長期データ整備と関連する研究開発」により、同センターのスーパーコンピュータを利用し、関係各位にご指導とご協力をいただいた。また、東北大学と気象庁気象研究所の共同研究の一環として行った。JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2013 の支援を受けた。

参考文献

- [1] Kato, T., Quasi-stationary band-shaped precipitation systems, named “senjo-kousuitai”, causing localized heavy rainfall in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **98**, 485–509, 2020.
- [2] Fukui, S., T. Iwasaki, K. Saito, H. Seko, and M. Kunii, A feasibility study on the high-resolution regional reanalysis over Japan assimilating only conventional observations as an alternative to the dynamical downscaling. *J. Meteor. Soc. Japan*, **96**, 565–585, 2018.
- [3] Fukui, S., E. Shirakawa, D. Soga, R. Ohara, K. Usui, K. Takiguchi, K. Ono, T. Hirose, S. Matsushima, J. Ito, T. Yamazaki, K. Saito, H. Seko, and T. Iwasaki, Long-term regional reanalysis for Japan with assimilating conventional observations (RRJ-Conv). *J. Meteor. Soc. Japan*, **102**, 677–696, 2024.
- [4] Shimamura, Y., J. Ito, S. Fukui, and Y. Hirockawa, A statistical study on Senjo-Kousuitai in a regional reanalysis for Japan (RRJ-Conv). *SOLA*, **21A**, 20–27, 2025.
- [5] Hirockawa, Y., T. Kato, H. Tsuguti, and N. Seino, Identification and classification of heavy rainfall areas and their characteristic features in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **98**, 835–857, 2020.
- [6] Hirockawa, Y., T. Kato, K. Araki, and W. Mashiko, Characteristics of an extreme rainfall event in Kyushu district, southwestern Japan in early July 2020. *SOLA*, **16**, 265–270, 2020.
- [7] Hirockawa, Y., and T. Kato, Improvements of procedures for identifying and classifying heavy rainfall areas of linear-stationary type. *SOLA*, **18**, 167–172, 2022.
- [8] Nagata, K., Quantitative precipitation estimation and quantitative precipitation forecasting by the Japan Meteorological Agency. *RSMC Tokyo Typhoon Center Technical Review*, No. 13, 37–50, 2011, <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/techrev/text13-2.pdf>.