

東アジア域の線状降水帯の統計解析

後藤優太 (佐藤研究室 M2)

1. はじめに

線状降水帯は、幅 20km~50km、長さ 50km~300km のバンド状の集中豪雨であり、対流セルが連続的に形成されることで数時間にわたってほとんど同じ場所にとどまり、大雨をもたらす(Kato 2020). 線状降水帯は日本の集中豪雨事例の約半数を占めるとされ、近年特に注目を集めている。一方で、日本以外では観測数が少なく、線状降水帯の統計的な研究が存在しない。

日本では、線状降水帯の発生しやすい 6 条件が調べられており、それは次の 6 つである。

- ① 500m 高度水蒸気フラックス $FLWV \geq 150g/m^2/s$
- ② 500m 高度から自由対流高度の距離 $dLFC < 1000m$
- ③ 上空の湿度 $RH(500hPa, 700hPa) \geq 60\%$
- ④ 鉛直シア・暖気移流 $SREH \geq 100m^2/s^2$
- ⑤ 上昇流域 $W(700hPa, 400km \text{ 平均}) \geq 0m/s$
- ⑥ 500m 高度の気塊の対流平衡高度 $EL \geq 3000m$

また、線状降水帯と大規模循環との関係は事例解析に留まり、統計解析は存在しない。

本研究では、日本域以外の線状降水帯の発生状況を明らかにするため、衛星全球降水マップ GSMaP(Kubota et al. 2020)を用い、海上も含めた東アジア広域で集中豪雨と線状降水帯の抽出を試みた。また、線状降水帯発生 6 条件の観点から、抽出で線状降水帯の寄与が大きかった領域の要因を調べた。最後に、九州に着目して線状降水帯と大規模循環との関係を調べた。

2. 使用データと集中豪雨・線状降水帯の抽出方法

降水データは、GSMaP の降水強度から、3 時間と 24 時間積算降水量を算出し、1 時間間隔で使用した。地上雨量計で補正していないデータを用い、水平解像度は 0.1 度格子である。解析期間は 2000 年~2019 年の 20 年間とし、冬季を除いた 4 月~11 月を対象とした。解析領域は北緯 22 度~46 度、東経 110 度~150 度であり、海上の点を含む。まずそれぞれの積算降水量の閾値を超えるものを選び、時空間的に近い事例を同一事例と判定後、下層が乾燥している事例を除外し、集中豪雨を客観的に抽出した。その中から 3 時間積算降水域を楕円でフィッティングし、アスペクト比と長軸の長さから線状降水帯と線状以外の集中豪雨に客観的に分類した。

下層乾燥の判定や線状降水帯の 6 条件、コンポジット解析では ERA5 を使用した。ERA5 は 0.25 度格子である。また、台風関連の事例を除外するため、RSMC Tokyo-Typhoon Center のベストトラックを使用した。

3. 東アジア域の集中豪雨と線状降水帯の抽出解析

以下、台風関連を除外して議論する。抽出された集中豪雨、線状降水帯の分布を図 1 に示す。過去の顕著な線状降水帯として、H16.7 月新潟・福島豪雨や H29.7 月九州北部豪雨等が抽出できていた。また、韓国の顕著な線状の集中豪雨も抽出できており、対象とする線状降水帯をある程度抽出できていた。一方、四国の抽出数は少なく、地形性や特にスケールの小さい事例は捉えられていないと考えられる。本研究は、GSMaP の解像度と地形性降水の特性(Kubota et al. 2009)から、特に大気場から強制される、比較的スケールの大きい線状降水帯を中心に抽出できていると考えられる。

最後に、集中豪雨に占める線状降水帯の発生数を図 2 に示す。このように、東アジア域で見ると九州を中心とする西日本、南西諸島、東シナ海は線状降水帯の寄与が大きい地域であると分かった。

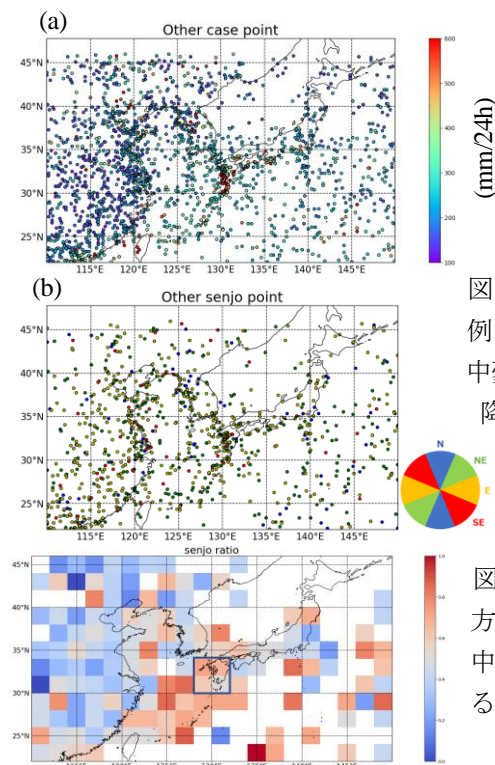


図 1 台風事例を除く(a)集中豪雨(b)線状降水帯分布

図 2 2 度正方形領域内の集中豪雨に占める線状降水帯の比率。

4. 線状降水帯のメソスケールの環境場

次に、線状降水帯の寄与が大きい要因を、6条件が出現する頻度の観点から調べた。抽出と同じ期間において、00UTC から6時間毎に全球で計算した(南半球は10~5月)。結果を図3に示す。全球で見ても線状降水帯の寄与が大きい領域は6条件を気候場的に満たしやすい地域であることが分かる。発生しやすいメソスケールの環境場が出現しやすいことが、線状降水帯の影響が大きくなる可能性の一つと考えられる。

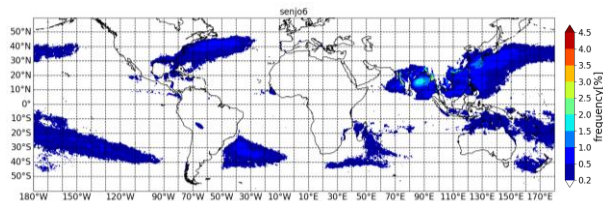


図3 6条件を満たす頻度(%)

また、抽出された線状降水帯と線状以外の集中豪雨について6条件の各要素を比較すると、安定度の指標は大きく変わらない一方、FLWVやSREHは特に大きな値を取っていた。6条件の中で、線状降水帯となるための重要な要素であることが示唆された。

5. 線状降水帯の大規模な循環場

線状降水帯と大規模循環との関係を知るため、抽出された線状降水帯と線状以外の集中豪雨について、九州(図2青枠)の6、7月(梅雨期)を対象としてコンボジット解析を行った。九州の南で太平洋高気圧が張り出しを強め、梅雨前線上のメソ低気圧との間で気圧傾度が強化された(図4(a))ことを主要因として、縁辺南西流による水蒸気フラックスが強化されていた(図4(b))。SREHも大きく(図4(c))、暖気移流に伴い鉛直シアや下

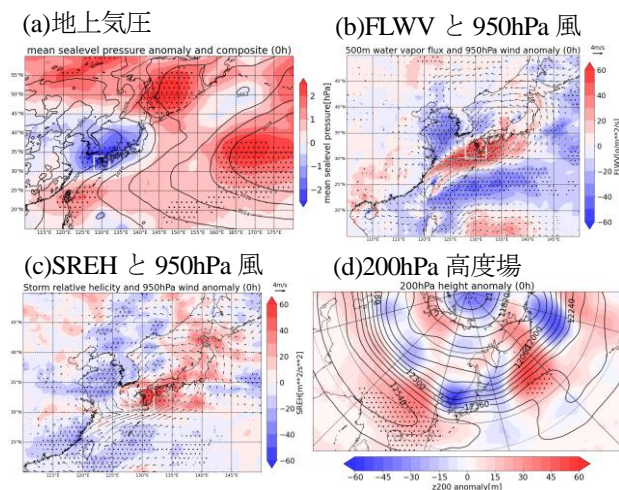


図4 線状降水帯発生時刻における気候場との偏差。コンターは線状降水帯のコンボジット、ハッチは気候値との偏差がt検定95%信頼水準で有意。

層の風速が強化されていた。

線状降水帯は線状以外と比べると前線の停滞性が強く、前線に沿った線状の降水が長く維持され、積算でも線状となった可能性が示唆される。発生時刻の太平洋高気圧とオホーツク海高気圧の張り出し(図4(a))が発生前後でも維持されており、前線の南北方向の移動が小さくなったことが分かった。上空ではチベット高気圧の北への張り出しと偏西風蛇行により、日本付近はトラフとなり、上昇流が励起されやすい場が形成され(図4(d))、発生前後で維持されていた。これにはシルクロードテレコネクションも関係していた可能性が示唆された。これらの特徴は、H30.7月豪雨、R2.7月豪雨でも見られていた。

6. まとめと今後の課題

本研究では、GSMaPを用いて日本以外の線状降水帯の発生状況を、東アジア域で明らかにした。東アジア域でも線状降水帯は発生していたが、特に九州を中心として西日本、南西諸島、東シナ海で線状降水帯の寄与が大きいことが分かり、線状降水帯は日本周辺で特に影響が大きい現象だと言える。この領域は線状降水帯の6条件を満たす頻度が全球的に見ても高く、発生に適したメソスケールの環境場が整いやすいため、影響が大きくなる可能性が示唆された。

九州の線状降水帯発生時の大規模循環を明らかにするため、コンボジット解析を行った。九州の南の太平洋高気圧の北への張り出しと、梅雨前線上のメソ低気圧の間で気圧傾度が強化され、暖気移流に伴う水蒸気フラックスが強化されていた。大規模循環は主にFLWVとSREHを通して線状降水帯の発生しやすい環境を形成していた。線状降水帯では太平洋高気圧とオホーツク海高気圧が発生前後で維持され、梅雨前線の南北方向の停滞性が強化されていた。この時上空ではチベット高気圧が北へと張り出し、偏西風蛇行に伴い日本付近はトラフとなって線状降水帯に適した条件が維持されていた。これらの特徴はH30.7月豪雨、R2.7月豪雨でも見られていた。

本研究では、GSMaPの特性から、スケールの小さいものや地形性の線状降水帯は十分に抽出できていない。また、九州で見られた線状降水帯の特徴は、他の地域でも共通するものか、特有のものかは分からなかった。異なる領域において、共通する循環場、異なる循環場を特定することで、線状降水帯により普遍的な特徴や、地域による特徴を理解することが出来ると考えられ、他の領域も解析する必要がある。