



Title	総観ならびに対流スケールにおける線状降水帯の出現特性に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	大屋, 祐太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15622号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90850
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	OHYA_Yuta_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 大屋 祐太

学 位 論 文 題 名

総観ならびに対流スケールにおける線状降水帯の出現特性に関する研究

(A Study on Characteristics of Line-shaped rainbands in Synoptic and Meso-Convective Scales)

線状降水帯は、複数の積乱雲が線状に並び、雨域が特定の地域に停滞し豪雨をもたらす気象現象である。これは気象学上、メソ γ スケール（水平およそ 2~20 キロメートル）の対流雲により構成されるメソ β スケール（水平およそ 20~200 キロメートル）の豪雨現象と位置付けられる。さらに、メソ β スケールの現象はメソ α （水平およそ 200~2000 キロメートル）から総観スケール（水平およそ 2000~20000 キロメートル）の環境場に包含されている。例えば前線の影響下において発生した事例（平成 30 年 7 月豪雨や令和 2 年 7 月豪雨など）や、本研究が中心に取り上げた 2014 年 9 月北海道石狩・胆振地方における事例（低気圧による大気不安定場で発生）および平成 27 年 9 月関東・東北豪雨（台風による大規模収束場で発生）などが挙げられる。本研究は、時空間スケールに関する気象現象の多重性を考慮することでメソ β スケールの気象現象である線状降水帯を体系的に分析するものである。過去の観測情報から線状降水帯の全国的かつ長期的な出現特性と環境場の関係を明らかにした。また、最新の気候予測情報における線状降水帯の将来変化と環境場の特徴を示した。そして、高解像度レーダー網を用いて定量化した線状降水帯を構成する降水セルの時空間分布と変分原理を用いて推定した三次元風速場の関係性を示した。

第 2 章の目的は、全国的および長期的な観測情報を用いて、線状降水帯の出現数、出現時期、雨域形状などの地域性を明らかにすることである。北海道における過去の災害事例を含む降雨量と形状、停滞性の閾値を設け、解析雨量を用いて全国的かつ長期的なデータから線状降水帯を抽出した。また、得られた統計情報を分析した結果、九州を含む西日本地域では 6 月から 7 月の梅雨期に発生する東西方向に伸びた線状降水帯が多く、北陸や東北西部の日本海側では北西から南西方向の線状降水帯が多いなどの地域特性がみられた。形状や停滞時間の出現分布に地域間の大きな違いは見られないが、大雨事例は長軸・短軸比が 2.5 から 3.5 程度の線状が多いことが分かった。本章で抽出した事例は、これ以降の章で使用する分析対象となる。

第 3 章の目的は、北海道とその周辺海域を対象として線状降水帯の多寡年における準季節スケールおよび日スケールの気象場の特徴を明らかにすることである。本研究では、第 2 章で抽出した線状降水帯のうち、北海道とその周辺海域で発生した事例を対象とする。同地域において線状降水帯の発生数は、7,8 月に集中する傾向を有するため、過去の観測上の多寡年における同 2 か月平均場の特徴を分析した。多発年はいずれも北海道周辺海域の海面水温が平年より高く、夏季平均場の特徴として、太平洋高気圧が卓越し、同地域において南西からの高気圧の縁辺流に伴い水蒸気フラックス量が多いこと、北海道の上空に偏西風の蛇行により南下してきた寒気の流入が明瞭な平年偏差として見られた。寡少年は、多発年と対照的な空間分布を示し、これはオホーツク海高気圧が卓越する循環場である。多変数かつ大量にある日々の気象場の出現特性を客観的に分析するため、統計手法と機械学習を組み合わせることで、気象場の特徴を保持しデータ量を削減する分類手法を用いた。その結果、多発年では低気圧の通過パターン、前線の停滞パターン、台風・熱帯的気圧の接近パターンのい

ずれかが平年よりも多いことが分かった。

第4章の目的は、最新の気候予測情報を用いて、線状降水帯の出現特性と気象場の関係を明らかにすることである。第2章での定義に基づき、北海道とその周辺海域における大量アンサンブルデータから線状降水帯を抽出した。その結果、同地域において、線状降水帯の発生数は、過去気候に対して将来気候では2度上昇時に1.5倍、4度上昇時に2.1倍に増加することが分かった。さらにそれぞれの気候条件における線状降水帯の多寡年を定義し、第3章と同様の分析を行った。その結果、過去気候および2パターンの将来気候の全てにおいて夏季平均場の特徴は一致した。さらに多寡年では、第3章で得られた日スケールで線状降水帯が発生しやすい3パターンがおおよそ1.3倍多く出現することに加え、同気象場パターンにおける線状降水帯の出現率は平年に対して多発年では1.5倍であることが分かった。

第5章の目的は、線状降水帯を構成する降水セルの時空間的な分布を明らかにすることである。第2章で抽出した線状降水帯のうち2014年から2019年までに発生した2379事例のうち、2台以上のX-band MPレーダーの観測範囲にあるのは411事例、データの欠損が継続時間の15%以下の高品質な観測が可能な線状降水帯の事例は396事例であることを示した。また高解像度レーダー情報を用いて、線状降水帯を構成する降水セルの追跡手法を開発し、既往の分析結果と比較検証をした。新たに開発した降水セルの追跡手法を上述した全ての対象事例に適用することで、過去に発生した線状降水帯を構成する降水セルの移動速度は、おおよそ10から25m/sの間であり、それらの間隔は10から15km程度に集中しており、雨雲の寿命は一般的な孤立した積乱雲よりも長い60分以上のものも確認された。また降水帯の方角と降水セルの移動方向の組み合わせから、過去に発生した線状降水帯の形成タイプを大別した。

第6章の目的は、線状降水帯事例における降水セルの移動速度や降雨強度と三次元風速の関係を明らかにすることである。本章では、ドップラーレーダーを用いた気象観測の原理・原則を詳述した。また同原理を線状降水帯の観測事例に適用し、複数のレーダーの組み合わせ、境界条件として地形効果の有無を検証した上で、複数の線状降水帯の事例における時々刻々の三次元的な降水セルと風速場を算出した。その結果、2014年9月に北海道で発生した線状降水帯、2015年9月に関東で発生した線状降水帯の事例では、降水セルの移動速度・方向はおおよそ2kmから3km高さの水平風速と一致していたことが分かった。さらに、ライフサイクル内で強雨を示す時間と位置では対流を促す鉛直渦構造が高い割合で存在していることが分かった。

以上のように、我が国で過去に発生した線状降水帯に対して、総観スケールの観点から線状降水帯が発生しやすい準季節スケール・日スケールの環境場を明らかにした。また、最新の気候予測情報における線状降水帯の将来変化に関する重要な知見を得た。さらに、対流スケールの観点から線状降水帯を構成する降水セルおよび三次元風速場の時空間的特徴を示した。