

学 位 論 文 題 名

Studies on the Meso- β Scale Structures and Features
of Precipitation in the Baiu Frontal Zones

(梅雨前線帯における降雨のメソ β スケールの構造と特徴に関する研究)

学位論文内容の要旨

毎年6月中旬から7月中旬にかけて、日本列島は梅雨期に入り、日本から中国にかけて、北緯30度から40度の間に東西に伸びる梅雨前線により、多量の降雨がもたらされる。この梅雨前線帯における降雨のメソ β スケールの構造、及び特徴を明らかにするために、1990年、1991年の梅雨期について、滋賀県信楽町で、北海道大学理学部の気象用X-band ドップラーレーダーと京都大学超高層電波研究センターのMUレーダー、及びその他の観測機器を用いて、集中連続観測を行った。本論文は、この期間中に観測された6例の事例解析中の8つの降水システムについて解析を行い、それぞれの降雨のメソ β スケールの詳細な構造と特徴、及びその降雨の梅雨前線での多重スケールの階層構造の位置付けに関する研究についてまとめたものである。

高層データを用いた総観スケール及びメソ α スケールの解析から、信楽付近で多量の降雨がもたらされるときには、以下のような特徴をあげることができる。まず第1に観測点上空で $50\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ を超えるような可降水量が観測されること、第2に高層天気図上で、中層(900~700hPa)において南西からの湿った暖気移流が存在することである。さらに水蒸気収支解析において、下層で $4.0\text{g}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ 以上の収束と上層で発散が存在することである。この結果は過去に行われたメソ α スケールの解析的研究の結果を支持するものとなった。

各事例解析において様々な型の前線を解析した。ケース1では、温暖前線の接近に伴う連続的な降雨が観測された。この温暖前線は下層の南東風と上層の西風との間のシアラインとして、この事例を通して解析された。さらにこの事例の前半では、両層の間に乾いた弱い南風が入り込むことによる上層の前線が観測され、後半では薄い南西風層の存在による鉛直シアラインが解析された。前半の上層の前線が降水量を抑える役割を果たしていたのに対し、後半ではシアラインの上でのメソ β スケールの収束と上昇流によって、連続的な強い層状性の降雨がもたらされた。ケース6では、温暖前線及び寒冷前線の通過による降雨が観測された。温暖前線面に相当する鉛直シアラインが下層の南西風と上空の西風との間に解析され、この前線面は階段状構造をしていた。これに伴い、層状性の降雨が観測され、前線面の勾配の急な時間にその降雨は強くなった。メソ β スケールの収束、及び上昇流はこの前線面の急勾配のところで強くなっていた。一方、寒冷前線の通過に伴い、湿った暖気が南西風として下層に入り込んでいた。これにより対流不安定が形成され、対流的な非常に強い降雨がもたらされた。ケース3では、低気圧の暖域内で強い降雨が観測された。南西風による非常に暖かく湿った空気が、短時間に高度3km付近に入り込んでいたのが解析された。この南西風による強い収束、

及び上昇流によって強い層状性降雨がもたらされた。その後、上空に寒気が西風として入り込んでくることによって、層状性降雨は対流性に急激に変化し、非常に強い降雨となった。このとき天気図からは解析されなかった寒冷前線の通過が解析された。ただしその前線面は暖気側に傾いていた。このケースでは、信楽を含めた5点の高層観測点のデータによる水蒸気収支解析から、南西領域における下層での強い南西風、及び収束によって、多量の水蒸気が上空に運ばれ、それが発散し、北側の領域に輸送、収束することによって、信楽付近に強い降水をもたらしたことがわかった。ケース4では、停滞前線によって断続的に長く続いた降雨が観測された。この降雨は弱いものであったが、信楽上空の可降水量の値は前述の3ケースと同様に大きなものであった。このケースではシアーラインは解析されず、水平風の鉛直プロファイルには大きな変化は見られなかった。

以上の事例解析から、梅雨前線帯においてメソβスケールで強い降雨となるための主要な要因として考えられるのは、第1にほぼ飽和した成層状態にあること、第2に飽和相当温位が340Kを超えるような南西からの湿った暖気移流が、降水域の下層または中層に存在すること、第3にメソβスケールで $1 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ を超えるような強い収束が、連続的に対流不安定層に存在していることである。この収束は西風と南西風の合流によってもたらされた。

層状性降雨、及び対流性降雨のそれぞれについて事例解析を比較することによって、連続的な強い降雨と短時間の激しい降雨の詳細な特徴を明らかにした。連続的な降雨では、次のような特徴を挙げることができる。対流的に中立な成層状態にあり、前線面上での温度コントラストが弱いとき、その前線面の傾きが急なところ、もしくはその上空における強い収束、及び上昇流によって多量の降雨がもたらされる。これに対し前線面での温度コントラストが強いときは、前線面上空の収束、及び上昇流によって長時間にわたって多量の降雨がもたらされる。一方短時間での激しい降雨では、南西風による湿った暖気の流入が重要になるが、それが高度2kmより上の中層に流入するときには、下層が強い安定となり、中層より上での対流により、強い層状性降雨がもたらされる。これに対し、高度2kmより下の下層に流入するときには、その上層で相対的に寒気が存在することになり、気柱の転倒による強い対流性降雨がもたらされる。

以上の事例解析で解析されたような水平風の鉛直シアーラインの存在、及び中層におけるメソβスケールの収束は、熱帯のクラウドクラスターの層状性領域において強い降水をもたらす際にも、同様に重要な役割を果たしている。

メソβスケールに注目して行った全事例解析を、梅雨前線上のメソαスケールの低気圧内での位置付けを行うことによって、連続的な層状性降雨はその温暖前線に、短時間の対流性降雨は寒冷前線、及び暖域内で起こっていることがわかった。この様相は総観規模スケールの低気圧の様相と似ているが、そのシステムによる降水量やその降り方は、メソβスケールの収束や南西風の流入の高さによって大きく変化していることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主査	教授	菊地勝弘
副査	教授	金成誠一
副査	助教授	上田博
副査	講師	遊馬芳雄

学位論文題名

Studies on the Meso- β Scale Structures and Features of Precipitation in the Baiu Frontal Zones

(梅雨前線帯における降雨のメソ β スケールの構造と特徴に関する研究)

日本列島の南西部は毎年6～7月にかけて梅雨前線による大雨や集中豪雨による被害を受けている。これらの大雨や梅雨前線帯の構造についての研究は、今日まで主として総観規模スケールやレーダーの反射強度との対応についてのものが多かった。

本論文は、梅雨前線帯における降雨のメソ β スケールの構造及びその特徴を明らかにするために、1990、1991年の梅雨期に滋賀県信楽町で行ったX-バンドドップラーレーダーとMUレーダーによる集中連続観測の解析から得られた新たな知見をまとめたものである。

本論文は6章から構成されている。第1章は序文であり、今日までの梅雨前線に伴う降雨の研究の概略を述べ、特に、この研究で対象とした、メソ β スケールの気流系を含めた三次元的な構造や特徴についての研究の不足を指摘している。第2章は、観測及び解析方法であり、特にこの研究で主要な役割を果たしたMUレーダーとX-バンドドップラーレーダーによる水平風の鉛直プロファイルの比較観測の結果についても述べている。

第3章は観測期間全体の降雨と水蒸気量の変動についての、メソ α スケールの水蒸気収支解析の結果を示している。すなわち、観測点付近での多量の降雨は、上空での可降水量の増加と、中層における南西からの暖湿気移流であることを明らかにした。

第4章は観測期間中の事例解析の結果である。すなわち、(1)連続的な強い層状性の降雨は、温暖前線面と上層の前面、及び鉛直シアライン上でのメソ β スケールの収束とそれに伴う上昇流によるもの、(2)対流性の強い降雨は、階段状構造を持つ温暖前線面に相当する鉛直シアラインの勾配が急になった時のメソ β スケールの収束、上昇流によるもの、(3)低気圧に伴う暖域内の強い降雨は、南西から暖気の中層への短時間の流入によるもの、(4)大きな可降水量が存在しても、水平風の鉛直プロファイルにほとんど

変化がない時は、大雨にならないことなどを明らかにした。つまり、梅雨前線帯において、メソ β スケールの強い降雨となるための要因として、ほぼ飽和した成層状態、南西からの暖気移流が降水域の下層、または中層にあること、そして、メソ β スケールの強い収束の存在であることを明らかにした。

第5章は、第4章で得られたそれぞれの降雨の特徴に対して、熱帯域、特にパプア・ニューギニア、マヌス島付近のクラウドクラスターの層状性降雨に対しても、水平風の鉛直シアーラインの存在と、中層のメソ β スケールの収束が重要であることを明らかにした。さらに、この研究観測で得られたメソ β スケールの特徴を、梅雨前線上のメソ α スケールの低気圧内での位置づけを行った。得られた結果は、メソ α スケールの低気圧の様相と類似していたが、そのシステムとしての降雨量や、その降り方は、メソ β スケールの収束や上昇流、南西風の移流の高さによって変化していることを明らかにした。

第6章はこの研究で得られた結果を総括し、今後の研究の展望について述べている。

このように、著者は梅雨前線帯の降雨をMUレーダーとX-バンドドップラーレーダーの併用といった新しい手法を用い、メソ β スケールの構造や、その特徴を明らかにした点は、メソ気象学、レーダー気象学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。