

第19回メソ気象研究会報告

1. 主旨説明

加藤輝之 (気象研究所)

第19回メソ気象研究会が2002年度春季大会の前日(5月21日)に気象庁講堂で開催され、約120名が参加した。今回は「梅雨期の九州に見られるメソ対流系」と題して、主に梅雨期の九州地方に集中豪雨を発生させる線状の降水システムについて議論を深めることを目的とした。

日本の暖候期、特に梅雨期の九州地方に集中豪雨をもたらす降雨域の形態としては線状構造を持つものが圧倒的に多い。降雨域の風下部分では豪雨が持続し、時には 100 mm h^{-1} を超える局地的な集中豪雨をもたらす。1993年8月1日に発生した鹿児島豪雨、1997年7月9~10日に発生した出水豪雨などはその典型だと言える。そのような線状構造を持つ降雨域はメソ対流系の1つで、バックビルディング型という積乱雲(降水セル)が繰り返し発生するシステムにより維持している。

梅雨期の九州付近における大気下層には太平洋高気圧の縁辺を回って、豊富な水蒸気が供給されるだけでなく、非常に多湿な状態になっている。そのため、大気下層での雨滴の蒸発はあまり起こらず、スコールライン等に見られる顕著な冷気プールは形成されない。そのため、線状の降水システムが維持・停滞するためには準定常な下層収束が必要だと考えられる(Kato, 1998)。その形成について、一番簡単に考えられるのが地形の影響である。その影響を調べるために、1996年から2001年まで毎年梅雨期に九州地方で特別観測がなされてきた(TREX 観測グループ, 1998; 吉崎ほか, 2000; Yoshizaki *et al.*, 2000; 吉崎ほか, 2001)。今回のメソ気象研究会では、その研究成果を含め、関係する研究について6名の方をコンピーナーの方で指名して発表して頂いた。

2. 長崎半島周辺における停滞性降雨帯(諫早ライン)の構造と発達過程に関する研究

金田幸恵 (名古屋大学地球水循環研究センター)

暖候期の九州付近では、南西から北東の走向を持つ降雨帯が多数見られる。長崎半島に沿って形成される諫早ラインは、その中でもっとも頻繁かつ長時間見られる降雨帯の1つである。1997年7月11日に観測された諫早ラインの3次元的なエコー構造および気流構造を、2台のドップラーレーダーデータを用いて解析した。その結果から、諫早ラインの形成・強化について以下の2つのメカニズムが示唆された。1つ目は、下層南風による長崎半島南側での上昇気流の形成で、これは諫早ラインを構成する対流雲の形成に寄与する。2つ目は、諫早ライン北西部の西風成分による諫早市付近での収束域の形成で、こちらは諫早ラインの伸張に寄与する。7月11日の解析事例と同じ1997年7月上旬に見られた他の2事例(2日, 5日)も加え、諫早ライン出現時の気象条件を調べた。その結果、3事例に共通して、1)下層に南南東の風、2)高度3 km付近に 15 m/s 以上の強い西南西風が見られた。これらの特徴は、上に指摘した諫早ラインの形成・強化の2つのメカニズムをよく支持する。さらに、諫早ラインの3事例と1998年6月26日に観測された長崎ライン出現時の気象条件を比べたところ、長崎ラインの一般風の方が全層にわたってより南よりであった。

3. 1998年6月26日に九州西部で見られた地形性降水バンド(長崎ライン)に関する解析と数値実験

吉崎正憲 (気象研究所)

X-BAIU-98の特別観測期間中の1998年6月26日に九州西部の長崎半島から北東方向に伸びる地形性降水バンド(長崎ラインと呼ぶ)が観測された。観測された長崎ラインの内部構造や環境場は以下の通りである。1)長崎ラインの中の対流セルは、水平スケール

5 km ぐらいで寿命は40分ぐらいであり、約 10 m s^{-1} の移動速度で南西から北東に動いた。2) 対流セルの高さは北東側ほど高くなっていた。3) 長崎ラインのまわりでは、下層には湿潤で対流不安定な大気があり、地上付近は南寄りの風で900 hPa から500 hPa までは $15 \sim 20 \text{ m s}^{-1}$ の南西風の鉛直シアが大きい風の間が見られた。次に、気象庁領域スペクトルモデル(RSM)と気象研非静力学雲モデル(NHM)を用いて長崎ラインの再現実験を行った。RSMは九州西部に弱い降水域を再現しただけであったが、NHMは長崎バンドの対流セルの特徴などをよく再現した。さらに長崎ラインの発生メカニズムを調べるために、山岳、湿度、風分布に関する感度実験を行った。これから、長崎ラインの形成には、湿潤で対流不安定な下層大気、高さ3~4 kmに南西風のジェットを持ち下層で鉛直シアが大きいような風の間、メソスケールの収束が必要であるのがわかった。特に、まわりに高い山があるにもかかわらず長崎半島の500 m ぐらいの山が長崎ラインを際立たせたのは、NHMの初期場にあったメソスケールの収束が重要であった。なおこの研究はX-BAIU-98観測メンバーの協力で遂行され、Yoshizaki *et al.* (2000) にまとめられている。

4. レーダーデータを用いた甌島風下側に形成される線状降水システムの解析

田代誠司(気象庁・予報課)

1997年7月10日に鹿児島県出水市に土石流災害をもたらした大雨の調査を事例として、気象庁の現業用のレーダーデータを使って、レーダーエコーの動きや盛衰を調べた。それによると、出水付近には盛衰を繰り返しながら12時間を超えてほぼ停滞する線状エコーが見られ、それは少なからず甌島の地形的影響を受けていたと推察された。また、甌島で発生する停滞性メソ対流系の盛衰に、よりスケールの大きな移動性メソ対流系が影響を与えていることも分かった。

さらに、1988年から1998年までの11年間の現業用のレーダーデータを使った調査でも、鹿児島県北西部の大雨は、甌島の地形的な影響に加えて、より大きなスケールを持った移動性のメソ対流系の影響を受けたものがあつた。

これらのことから、鹿児島県北西部の大雨の一部は、梅雨末期に九州中部付近に梅雨前線帯が停滞している場合に、前線帯を東進するより大きなスケールのメソ対流系と、それと連動して甌島付近から伸びる線状の

メソ対流系の相互効果により発生すると考えられる。

5. 境界層レーダーを用いた梅雨前線近傍のメソスケール擾乱(甌島ライン)に関する研究

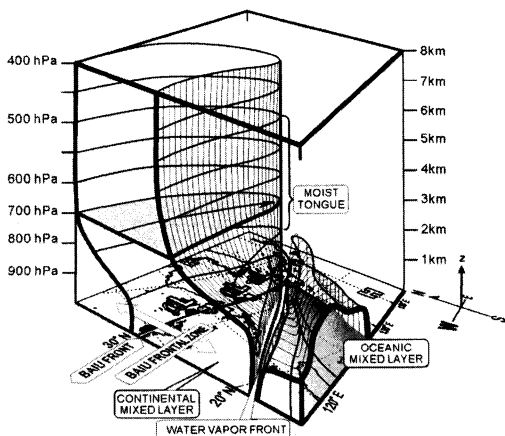
手柴充博(京都大学宙空電波研究センター)

1999年のX-BAIU-99観測で得られたレーダーデータ、GPSゾンデデータを用いて甌島の地形に起因する降水帯(甌島ライン)について、その特徴を調べた。この観測期間中に甌島ラインは数例みられたが、今回は6月29日の事例について調べた結果、発達度合いの異なる2種類の降水帯が見られた。降水帯の内部での平均風速を調べた結果、発達した降水帯ではその走向と垂直な方向について強い水平風の鉛直シアが見られた。このような水平風の鉛直シアについては、降水帯周辺でのゾンデサイトでも同様に観測されていた。また、降水帯が発達した時間帯には降水帯の北をメソ α スケールの擾乱が東進していた。このメソ擾乱が通過後、甌島ラインはあまり発達しなかったことから、このメソ擾乱に伴って鉛直シアが形成され、甌島ラインを強化したものと考えられる。

6. プロジェクトX-BAIU-99が捉えた梅雨前線の実態—二本の線状降水域の起源を探れ：水蒸気前線の発見—

茂木耕作(名古屋大学地球水循環研究センター)

本研究では、X-BAIU-99期間中の6月27日に併合することにより急激に発達した二本の線状降水域の階層構造、発達過程及び発生起源を明らかにした。2台のドップラーレーダーで観測されたデータと数値モデルを用いた解析から梅雨前線帯には、地表付近に弱いながらもある程度の温度傾度と強い水蒸気傾度を持つ収束線と南西風場である高度1 km付近に強い水蒸気傾度のみを持つ収束線が存在した。二本の線状降水域は、この異なる2種類の収束線上で形成されていた。本研究では、後者を「水蒸気前線」と名づけた。梅雨前線本体と思われる前者と「水蒸気前線」の位置関係に対する主要な2つの湿潤気塊の三次元構造を第1図に示す。東シナ海上では、大陸性、海洋性の混合層発達の結果を反映する2つの湿潤気塊が存在し、「水蒸気前線」はその合流域に位置する。梅雨期の東アジア域全体から見ると、九州西方海上は梅雨前線本体の南側における水蒸気場の非一様性が最も大きくなる領域であり、この領域での下層水蒸気場の観測強化は予報精度向上に非常に大きなインパクトを与えられられる。



第1図 梅雨前線帯を構成する主要な2つの湿潤気塊の三次元構造の概念図。

7. 1999年に福岡に豪雨をもたらせたメソ対流系の発生機構とその構造

加藤輝之 (気象研究所)

1999年6月29日午前6時頃から9時までに福岡市付近で発生した豪雨は最大1時間降水量95.5 mmを観測した。豪雨発生前には東シナ海上を東進するメソ α 低気圧、上層に顕著な気圧の谷の接近が解析できる。豪雨はこの低気圧にともなう寒冷前線通過時に発生した。衛星データを見ると寒冷前線にともなうと考えられる雲システムの急激な発達が午前4時頃に見られた。

対馬海峡上空約5 kmに低相当温位 θ_e の気塊が下層の低 θ_e 気塊に先行して流入してきた。このことにより対流不安定が強化された中、下層の強い南西風によりもたらされる高 θ_e 気塊の流入で強い収束ラインが形成され、湿潤対流が一気に発達したと考えられる。

気象庁領域モデルでは寒冷前線にともなう降雨域を九州北部に予想はしているものの、予想された降雨域は観測より広く、降水強度も20 mm hour⁻¹に満たない。この結果だけでは九州北部に豪雨を予報することはできない。一方、2 km分解能の非静力学モデル(2 km-NHM)で再現された午前8時の1時間降雨分布は、レーダー・アメダス解析雨量分布とよく合っており、寒冷前線にともなう線状の降雨域をよく再現した。

寒冷前線内の降水セルの動きを気象庁レーダーの観

測から分析すると、前線が5 m s⁻¹弱の速度で南進している中、5 m s⁻¹程度で北進するメソ β スケールの降水システム(M β PS)が4~5本存在していた。そのシステムの中で10 m s⁻¹以上の速度で北進する降雨セルが繰り返し発生していることにより、それぞれのM β PSはマルチセル型の構造を持っていることが分かった。この構造も2 km-NHMで再現できた。

寒冷前線の鉛直構造を2 km-NHMの予想結果から調べてみた。前線の西側約150 kmの領域では、降雨セルは5~7 km程度にしか発達していない一方、それより東側では、圏界面(約14 km)近くまで発達した深い対流が多く見られた。さらに、興味深いことは約14 km以外にも、5~7 kmまでにはしか発達しない背の低い降雨セルが数多く存在することである。この発達高度の2分化については、降水セルの水平スケールに依存することが分かった。降雨セルが小さい前線の西側では対流の発達に阻害要因となる中層での低 θ_e 気塊の対流への侵入が大きく、降雨セルは低 θ_e 気塊が存在する中層までしか発達できない。一方、東側では一部の大きくなった降雨セル内への低 θ_e 気塊の侵入は小さいため、対流は深く発達しえたと考えられる。

参考文献

Kato, T., 1998: Numerical simulation of the band-shaped torrential rain observed over southern Kyushu, Japan on 1 August 1993, J. Meteor. Soc. Japan, **76**, 97-128.
 TREX 観測グループ, 1998: 九州南部豪雨観測実験報告, 天気, **45**, 137-144.
 吉崎正憲, 永戸久喜, 加藤輝之, 室井ちあし, 林 修吾, 足立アホロ, X-BAIU-01観測グループ, 2001: 東シナ海・九州梅雨観測-2001 (X-BAIU-01) の概況報告, 日本気象学会秋季大会予稿集, **80**, A208.
 Yoshizaki, M., T. Kato, Y. Tanaka, H. Takayama, Y. Shoji, H. Seko, K. Arao, K. Manabe and X-BAIU-98 Observation Group, 2000: Analytical and numerical study of the 26 June 1998 orographic rainband observed in western Kyushu, Japan, J. Meteor. Soc. Japan, **78**, 835-856.
 吉崎正憲, 瀬古 弘, 加藤輝之, 小司禎教, 永戸久喜, 別所康太郎, 郷田治稔, X-BAIU-99観測グループ, 2000: 1999年東シナ海・九州梅雨特別観測 (X-BAIU-99) 報告, 天気, **47**, 217-224.