

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名

メソ対流系の構造と発生・発達メカニズムの解明

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

吉崎正憲 気象研究所 室長

上田 博 名古屋大学地球水循環研究センター 教授
(平成10年10月～平成15年11月)

藤吉康志 北海道大学低温科学研究所 教授
(平成10年10月～平成15年11月)

新野 宏 東京大学海洋研究所 助教授
(平成10年10月～平成15年11月)

小林文明 防衛大学校地球海洋学科 助教授
(平成10年10月～平成15年11月)

橋口浩之 京都大学宙空電波科学研究センター 助教授
(平成10年10月～平成15年11月)

柴垣佳明 大阪電気通信大学工学部 講師
(平成10年10月～平成15年11月)

渡辺 明 福島大学教育学部 教授
(平成12年4月～平成15年11月)

村上正隆 気象研究所 室長
(平成10年10月～平成15年11月)

中村健治 名古屋大学地球水循環研究センター 教授
(平成10年10月～平成15年11月)

3. 研究内容及び成果

大気中の水やエネルギーの循環過程に関わる擾乱は一般に異なる水平スケールのものが階層構造を成し、相互に関係しあっている。その中でメソ対流系 (Mesoscale Convective System、以下 MCS) は水平スケール 100km のオーダーで対流性領域と層状性領域を持つ降水システムである。対流性領域は複数の積乱雲が組織化することにより形成し、時には自己増殖して、長時間持続して豪雨・豪雪をもたらすことがある。また、MCS は線状や塊状などの形態をとる。実際、熱帯から中緯度帯にかけて多様な MCS が発生するが、日本列島の周辺では梅雨前線、夏の雷雨、台風、冬の日本海上の带状雲や小低気圧などに伴ってしばしば災害をもたらすような MCS が発現する。近年 MCS を観測するのに適した観測測器 (境界層レーダー、GPS など) が利用できるようになり、一方、個々の積乱雲まで表現できる非静力学数値モデル (Non-Hydrostatic Numerical Model、以下 NHM) が開発され、それを高解像度の領域で計算できるコンピューター環境も充実してきた。

本研究ではこのような状況を考慮して、梅雨期の東シナ海・九州域と冬季の日本海・北

陸域におけるメソ対流系に注目し、ドップラーレーダー・境界層レーダー・高層ゾンデ等を使っての地上からの観測と航空機による観測を組み合わせた組織的な強化観測をそれぞれ3回行った。

梅雨期の東シナ海・九州では、水平温度傾度が顕著な梅雨前線と水平水蒸気傾度が大きい水蒸気前線の2つが存在することや、東シナ海から中国大陆にかけての大気は3つの気団に分類できることを示した。また、GPS データを用いて低気圧通過に伴って見られた可降水量の空間変動、境界層レーダーやドップラーレーダーによって捉えられた MCS の変動やそれらを構成している対流セルの形成過程などを調べた。また、冬季日本海・北陸では、帯状雲およびその周りの L モード雲（一般風に平行な雲列）や T モード雲（一般風に直交する雲列）について航空機観測を行い、T モード雲については層状雲から吹き出す層状性の一面が強く見られた。また、ポーラーローと呼ばれる小低気圧についても、高さ約 3km に暖気核を持つ構造を明らかにした。地上観測から、帯状雲の下流で発達する 100km スケールの渦列状擾乱の内部構造、金沢平野や上越地方の海岸線に沿って停滞する降雪バンドが高さ 300m ぐらいの冷たい陸風と季節風との収束帯に形成すること、その降雪バンド内における対流セルの形成過程、冬季雷の特徴などを明らかにした。

次に、水平解像度 5km~1km の NHM を用いて MCS の再現実験を行った。この強化観測と NHM の結果との定量的な比較から、気象庁現業モデルで表現できるような大きな擾乱（寒冷前線など）に対しては、NHM がその内部のメソ対流系を場所、時間、降水強度まで再現できた。MCS を再現した場合について、種々の要因の感度実験を行い、MCS が発生・発達するメカニズムを調べた。梅雨期の寒冷前線付近での MCS の持続過程を調べ、下層での高相当温位の南西からの流入と中層での低相当温位の北西からの流入→鉛直方向に対流不安定場の強化→対流セルの発生というプロセスの繰り返しが必要であることがわかった。また、降水システムは寒冷前線→MCS→対流セルという3層の階層構造をしていて、それぞれは異なる方向に移動していた。中層における乾燥気塊流入の強さの程度により、対流セルの発達高度には中層までと圏界面までとの2段構造が見られる。冬季日本海側における降雪バンドが停滞する過程では、陸風と季節風との下層収束だけではなく、雪の昇華による冷却が重要である。帯状雲およびその周りの雲列に関する再現実験では、帯状雲の南西側に最も高い積乱雲が形成され、また帯状雲の両側に見える L モード雲については南西側の方が背が高く、T モード雲については L モード的に発達した積乱雲であることが判明した。

しかしながら、NHM の初期値・境界値を与える気象庁現業モデルなどの粗い分解能の数値モデルが再現できないような擾乱、風上側に有効な高層観測がない地域で、発生・発達する擾乱等に関しては NHM でも再現できなかった。再現できなかった主な原因は不正確な下層水蒸気分布にあることが感度実験により示された。このように、MCS について NHM による予測と実況を定量的に比較したのは本研究プロジェクトの大きな成果である。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

新しいリモートセンシング観測技術、数値モデル等の開発に携わってきた全国の主要な気象研究者を組織し、メソ対流系の実態とその発達機構を把握するための(1)特別強化

観測と（２）数値モデルによる再現実験を行った。

（１）については梅雨期に東シナ海・九州域で、冬季に日本海・北陸域で、それぞれ３回各１ヶ月間、最新の観測機器を用いて稠密な特別強化観測を実施し、（２）については気象研究所で開発が進められていた非静力学数値モデルを用いて、メソ対流系の観測とモデルによる計算結果を定量的に対比し、さらに種々の要因についての感度実験を行うことによってメソ対流系の発達機構の解明を試みた。

梅雨期西日本で発現する MCS に関して、寒冷前線付近において対流圏下層で湿潤高温の南西気流・中層で乾燥した北西気流が流入することによって対流不安定層が形成・維持されることが MCS の発達に重要な役割を果たしており、そこで形成される前線、MCS、対流セルの階層構造とそれぞれの移動の機構が示された。

冬季日本海・日本沿岸域で発現する MCS に関して特筆すべき研究成果は、日本海西部に形成される北西から南東に延びた収束帯（Japan-Sea Polar-Airmass Convergence Zone、略称 JPCZ）である。JPCZ に伴う帯状雲の南西部に背の高い積乱雲が発達し、その両側に見られる L モード雲については共に対流雲で南西側の方が北東側より背が高く、北東側上層の T モード雲は、帯状雲から吹き出す層状雲か或は L モードの対流雲かの性状が見られることなど、これまでの仮説が地（海）上観測、航空機観測、NHM 再現実験により明らかにされた。

本研究で実施された特別観測はこれまでにない充実したデータセットを提供しているが、その解析はまだ不十分である。今後の更なる解析的研究の継続を期待すると同時に、気象観測・予報業務の高度化への提言をまとめることを望む。

4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

本研究は我国における気象災害の主要な原因となっている集中豪雨・豪雪をもたらすメソ対流系の研究を飛躍的に向上させるものであり、その成果は気象庁が推進しようとしている短時間予報・短期予報業務の改善に貢献するであろう。2002 年 6 月、本研究代表者を代表者とする「気象研究所メソ数値予報モデルの高度化研究グループ」が気象庁表彰を受賞していることからもうかがえる。

また、メソ対流系に関する知見は気象擾乱の監視・予測システムの構築に寄与するのみにとどまらず、降水過程の取り扱いが最も困難な問題の一つとされている地球規模水循環モデルの開発に貢献するであろう。

4-3. その他の特記事項（受賞歴など）

本研究代表者は、2002 年 10 月 29～31 日、東京品川コクヨホールで、“International Conference on Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/Snowfall in East Asia”を開催した。国内外から 100 余名の参加があり、本研究成果は広く関係研究者により議論され、世界的に共有された。