

吉崎 CREST に対する名大 HyARC の貢献 梅雨期と冬期の観測を一つのプロジェクトとして行ってみて

Summary of Single Observation Projects on Mesoscale Convective Systems
in the Meiyu Front and Winter Monsoon Outbreak

篠田太郎 (名古屋大学地球水循環研究センター)

1. はじめに

本報告書(名大担当分)において、名古屋大学地球水循環研究センターが参加してきた戦略的基礎研究「メソ対流系の構造と発生・発達メカニズムの解明」によって解析を行った個々の現象について示してきた。ここでは、最終的な研究成果報告書の執筆に向けて、これまでに発表された研究成果の意義を振り返るとともに、今後に残された課題について概観していく。

2. 研究手法の変化

最初に本戦略的基礎研究において、現象に対する解析手法が1990年代以前に比べて大きく進歩したことを挙げておきたい。これまでも梅雨前線内で発生するメソ対流システムを対象とした特別観測は数多く行われてきている。1988年に九州西部で行われた観測については浅井(1991)が、1996年に九州南部で、1997年に九州西部で行われた降雨特別観測実験については武田(1999)がまとめている。一方、冬期日本海側で発生する降雪システムを対象とした特別観測については、1984年と1985年に北陸地方で行われた観測で得られた雪雲の構造については、Sakakibara et al. (1988)やIshihara et al. (1989)による研究成果がある。1992年に北海道の石狩平野において行われた降雪についての特別観測については菊地(1993)がまとめている。しかしながら、これらの観測は少数の研究機関により行われたものであり、ドップラーレーダー(場合によってはデュアルドップラーレーダー観測が行われている)と高層気象観測データ、アメダスデータなどを用いたデータ解析が中心であった。

今回の観測プロジェクトにおいては、数多くの

研究機関が同時に参加することにより、観測測器を集中的に運用することができた。さらに、従来の観測測器に加えて、気象庁の現業レーダーデータや新たに全国に配置されたウィンドプロファイラーデータ、気象庁の観測船により取得された各種データ、および北陸電力の二重偏波ドップラーレーダーデータ(冬期観測)などを用いることにより、現象を多角的に観測することができた。例えば、茂木(本報告書)による水蒸気前線の概観は、宇宙開発事業団と北海道大学のデュアルドップラーレーダーデータ解析に加えて、気象庁の現業レーダーと啓風丸によるレーダーデータの解析により得られたものである。このように観測測器を集中運用することにより明らかにされた現象もある。

一方、領域気候モデルや雲解像モデルなどの数値モデルの進歩や研究者への利用情報の公開も研究手法の変化として挙げられる。これまでは数値モデルはその開発者のための研究ツールであったものが、気象研・数値予報課統合雲解像モデル(MRI/NPD-NHM: Saito et al. 2001)や名古屋大学において開発中のCloud Resolving Storm Simulator(CReSS: Tsuboki and Sakakibara 2001)の一般公開により、観測された現象の再現実験、感度実験を行えるようになった。また、気象庁の再解析データ(GANAL、RANAL)が公開されたことにより、これまで観測結果では議論を行うことが難しかったメソ対流系が発生、発達する温度場や湿度場についての議論も行えるようになった。その結果、観測された現象の熱力学過程についての考察を行うことが可能となった。

このように観測測器を集中運用することにより取得されたデータに対して、数値モデルという

解析ツールを適用することにより、現象に対する理解を進めることができたという点は、本研究プロジェクトの最大の特徴であると言える。

3 . X-BAIU により得られたもの

X-BAIU 観測において、茂木（本報告書）は九州西岸付近で発達した降水システムの起源を遡って解析することにより、梅雨前線を構成する気団として、北側の寒冷気団と南側の温暖湿潤気団という分け方ではなく、温暖湿潤気団として、東シナ海上に起源を持つ海洋性湿潤気団と中国大陸上に起源を持つ大陸性湿潤気団が存在することを示し、両者の境界として「水蒸気前線」が存在することを示した。この「水蒸気前線」に対する概念モデルの検証を行うために、航空機観測を実施するための観測プロジェクト「梅雨前線帯のメソ降水系の海上における発生・発達機構の解明（研究代表者：上田博）」が平成 15 年から新たに科学研究費補助金に採択された。この研究計画の概要を図 1 に示す。この研究計画では平成 16 年度と 17 年度に航空機観測が予定されており、下層（高度 500m）における温度、湿度場のその場観測に加えて、上層（高度 10 km 以上）からのドロップゾンデ観測を行い、梅雨前線と水蒸気前線を構成する 3 つの気団の温度場や湿度場の鉛直プロファイルなどの特徴を明らかにすることを目的としている。このような新しい観測計画に繋がる概念モデルの提示を行えたことは、本研究プロジェクトの大きな成果の一つである。

一方、九州が梅雨前線帯の南側に位置し、湿潤気塊に覆われると、しばしば九州西岸で地形性の降水バンドを観測することができる。主な地形性降水バンドとしては、甑島より発生する甑島ライン、長崎半島から発生する長崎ライン（もしくは諫早ライン）、そして五島列島から発生する五島ラインがある。これらの線状降水ラインはしばしば、その長さが 70km から 100km を越える場合がある。中村（本報告書）は甑島ラインに対するドップラーレーダー観測の結果を用いて、ライン状降水システムを構成する個々の対流セルの時間

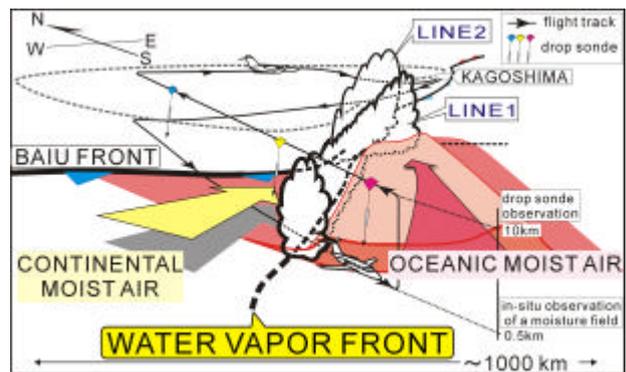


図 1 .「梅雨前線帯のメソ降水系の海上における発生・発達機構の解明（研究代表者：上田博）」による航空機観測の概念図。

変化を追跡することにより、甑島の北東側の海上や長島付近においても新しい対流セルが次々に形成されることにより、ライン状降水システムが維持されることを示した。このことから地形に影響されたライン状降水システムの理解のためには、降水システムの形状だけに注目するのではなく、降水システムを構成する個々の降水セルとセル間相互作用についても検討する必要があることを示した。

また、名古屋大学が関係している梅雨前線観測プロジェクトとしては、X-BAIU だけでなく、中国大陸において実施された GAME-HUBEX や長江下流域の観測的研究などもある。これらの中国大陸上の梅雨前線に対する研究成果から、梅雨前線が北上する場合と南下する場合で、形成される降水システムの構造や発達に影響を及ぼす環境場が異なることが示されている（Maesaka 2003）。今後、中国大陸上の梅雨前線と東シナ海上の梅雨前線の構造を比較することにより、より統一的な梅雨前線に対する理解を深めていく必要があると考えられる。

4 . WMO により得られたもの

WMO 観測では、北陸地方の日本海沿岸において観測網を展開し、日本海上および海岸線付近で発達する降雪システムについての研究が行われた。大東（本報告書）によって示されるとおり、日本海沿岸に降雪（豪雪）をもたらすメソ対流システ

ムとしては、渦状擾乱、小低気圧、停滞性の降雪バンドなどが挙げられる。このうち、渦状擾乱については高松（2002）がドップラーレーダーの観測結果を用いて、JPCZ 上に形成された水平スケールが 15~20km の渦ファミリーの構造を示した。長谷川（2003）は同様に JPCZ 上で観測された水平スケールが 80km の渦状擾乱の形態と環境場について論じた。長谷川（2003）は、シアラインに沿って形成される渦状擾乱について、理想化された条件下における数値実験も実施した。その結果、シアラインにおける温度傾度の大きさがシア幅を、水平シアの強さがシア幅に対する卓越波長を決定付ける要因であること示した。すなわち、これらの要素（環境場）が渦状擾乱の水平スケールに影響を及ぼすことを示した。さらに、水蒸気の凝結過程を除いた感度実験において、シアラインが維持できなかったことから、これらの渦状擾乱の形成、維持過程は湿潤大気特有の現象であることを示した。今後、実際の現象に対する再現実験を行い、渦状擾乱の発生を決定付ける環境場の検討を行うことが望まれる。

一方、停滞性の降雪バンドについて大東（本報告書）は、海岸線付近に 2 本の降雪バンドが長時間にわたって停滞することにより大量の降雪がもたらされたことを示した。降雪バンドの形成と維持に対しては、下層に内陸側から弱い陸風（風速は 4m/s 程度）が継続して存在することが重要であることを示した。この結果は、Ishihara et al. (1989) によって指摘された陸風の存在が降雪バンドの維持において重要であるという結果と一致する。今後、海陸分布により形成される温度場や気流場が陸風の形成にどのような影響を与えていくかについての検討を行っていく必要があると考えられる。

また、日本海上で観測された T モード降雪バンドについて、清水（本報告書）はドップラーレーダーの観測結果を用いて、個々の対流セルの時間変化を追跡することにより、一つのセルから T モード降雪バンドが形成される過程を示した。このことは、バンド状降雪システムの発達過程にお

いて、対流セル間の相互作用が重要な役割を果たすことを示唆していると考えられる。そして、水平スケールが数 100km に及ぶような T モード降雪バンドは、このように発達した複数の降雪バンドが一行に並ぶことによって形成されることを示している。

現時点では、停滞性の降雪バンドや T モード降雪バンドの発達、維持過程については数値モデルを用いた再現実験、感度実験が行われていない。今後、数値モデルを用いた研究を通じて現象の理解を進めることも期待される。

5 . 梅雨期と冬期の観測を一つのプロジェクトとして行ってみて

本戦略的基礎研究「メソ対流系の構造と発生・発達のメカニズムの解明」においては、一つのプロジェクトとして梅雨期と冬期の観測を同時期に行うことができた。このことは特に大学において観測経験者の増加をもたらし、学生が現象を観る目を養うことに好影響があった。同時にレーダーや数値モデルなどの解析ルーチンの共有化などを通じて、解析効率が飛躍的に向上したことも挙げられる。これらは目に見える形での成果ではないが、結果として業界全体における人材育成という点で本研究の大きな成果であると考えられる。

また、観測測器を揃えて集中観測を行うことによって、梅雨期、冬期とも従来に比べて高時間分解能、高空間分解能の観測結果を多数取得することができた。このため、対流システムという現象を解析するに際して、個々の対流セルの振る舞いに注目して研究を行うという手法が行われた。中村（本報告書）は梅雨期に九州西岸で観測される甑島ラインに対して、清水（本報告書）は冬期に日本海上で形成される T モード降雪バンドに対して、この手法を用いて解析を行っている。これらの研究は数値モデルによる再現実験の対象を提供したと言える。さらに、これらの現象に対する数値モデルを用いた研究を行う際には、対流システムの構造だけでなく、構成要素である対流

セルの振る舞いについても注目すべきであるという示唆を与えた。

最後に、従来の梅雨前線と降雪システムの研究を比較することにより、特に降雪システムの今後の研究について提言を試みる。梅雨前線はその観測が九州西岸で行われることが多いため、過去の観測成果に基づいて観測計画を立案することが可能であった。すなわち、知見の積み上げにより新しいプロジェクトは立案されてきた。このため、本研究プロジェクトにおいても、「水蒸気前線」という新しい概念モデルの構築を行うことができた。そして、その概念モデルを評価するために、新しい観測計画を立案することができた。その一方、冬期観測については従来の研究が北海道から北陸地方のさまざまな場所において行われてきたため、降雪システムの地域比較を行っている研究があまり見られない。こちらは、各地域において発生した現象に対する知見が並立していると言える。本研究プロジェクトにおいても北陸地方において観測された個々のケーススタディに対する解析が多く、降雪システムについての概念モデルを提示し、新しい観測計画を立案するような成果はまだ出ていない。今後、本研究プロジェクトで得られた観測結果に対するケーススタディを充実させるとともに、過去に様々な地域で行われてきた観測結果をレビューすることによって、降雪システムについての理解をより一層深めることができると考えられる。

参考文献

- 浅井富雄, 1991: 集中豪雨のメカニズムと予測に関する研究. 文部省科学研究費補助金重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果報告集. 485pp.
- 長谷川晃一, 2003: 日本海寒帯気団収束帯上に発生したメソスケール渦状擾乱の構造と発達過程. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻(大気水圏科学系)修士論文. 129pp.
- Ishihara, M., H. Sakakibara and Z. Yanagisawa, 1989: Doppler radar analysis of the structure of mesoscale snow bands developed between the winter monsoon and the land breeze. J. Meteor. Soc. Japan, 67, 503-520.
- 菊地勝弘, 1993: 都市の豪雪災害の予測と軽減・防除に関する研究. 文部省科学研究費補助金重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果報告集. 609pp.
- Maesaka T., 2003: Study on the formation process of precipitation systems in the Meiyu Front on the China Continent. Doctor paper of Dep. Geophysics, Faculty of Sci., Hokkaido Univ., Japan., 122pp.
- Saito, K., T. Kato, H. Eito and C. Muroi, 2001: Documentation of the Meteorological Research Institute / Numerical Prediction Division Unified Nonhydrostatic Model. Technical reports of the Meteorological Research Institute, No. 42, 133pp.
- Sakakibara, H., M. Ishihara and Z. Yanagisawa, 1988: Squall line like convective snowbands over the Sea of Japan. J. Meteor. Soc. Japan, 66, 967-977.
- 高松尚子, 2002: 日本海寒帯気団収束帯上の帯状雲とその南側で発生した渦状擾乱の3次元構造について. 名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻(大気水圏系)修士論文. 98pp.
- 武田喬男, 1999: 豪雨の形成過程のマルチスケール研究. 研究成果報告集. 450pp.
- Tuboki and Sakakibara, 2001: Cloud Resolving Storm Simulator (CreSS) User's Guide (Second Edition). 210pp. (in Japanese).