

国際シンポジウム「東アジアのメソスケール水循環と豪雨」の報告*

武田 喬 男*¹ 藤 吉 康 志*² 上 田 博*³
 加藤内蔵進*⁴ 坪 木 和 久*⁵ 吉 崎 正 憲*⁶

1. はじめに

1998年2月2日から4日にかけて名古屋大学シンポジウムにおいて、国際シンポジウム「東アジアのメソスケール水循環と豪雨」が名古屋大学大気水圏科学研究所の主催（文部省国際シンポジウム開催経費）で行われた。ここにそのシンポジウムの内容の概要を報告する。

梅雨前線は、東アジアの亜熱帯及び温帯モンスーン域におけるエネルギーと水の循環の大きな特徴であり、梅雨前線に伴うメソスケールの水循環の顕著な現象の1つとして豪雨があげられる。メソスケール水循環の変動と豪雨の形成の予測は、東アジアにおいて大きな問題である。この国際シンポジウムは、東アジアにおけるメソスケールの水循環と豪雨に関する最近の研究の結果について討論し、これらに関する研究活動の情報を交換することを目的として開催された。

3日間に渡るシンポジウムでは、6つのセッションに分かれて研究発表が行われた。それらの各セッションの題名は、東アジアにおける豪雨と水循環の気候学、フロントと低気圧、豪雨の形成、メソスケール降水システムの数値モデリングによる研究、メソスケール降水システムの観測的研究、メソスケール水循環と豪雨の観測実験であった。それぞれのセッションで、招待

講演が1件から2件、一般講演が3件から7件行われた。参加者は中国、韓国、インドネシアなどから25人、国内から約60人であった。

講演は中国、韓国、日本のそれぞれからの参加者によって行われ、梅雨前線に関係した水循環や豪雨についての観測、解析、数値モデリングなどが主なものであった。観測及び解析の研究については、GAME/HUBEX (GEWEX Asian Monsoon Experiment/Huaihe River Basin Experiment) に関係するものが多く、今年行われる特別集中観測の事前の研究成果交換として意義深いものであった。数値モデリングに関しては、最近の計算機の発達とともに雲を解像するモデルを含む解像度の高いモデルのシミュレーションの結果が多くあり興味深いものであった。また、TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) や航空機からのドップラーレーダー観測、中国の気象衛星など新しいリモートセンシング技術についての講演もあり、降水に関する観測技術のめざましい発展を知ることができた。

今回の国際シンポジウムはGAMEの特別集中観測の始まる直前の研究成果と情報の交換と議論の場として位置づけられる。このシンポジウムで中国、韓国、日本の研究者が意見を交換し、お互いにそれぞれの研究の現状を理解することができた。この点が今回のシンポジウムでたいへん意義深いものであった。

(武田喬男)

* Report on the International Symposium on Mesoscale Water Cycle and Heavy Rainfall in East Asia, Nagoya, 2-4 February 1998.

*¹ Takao Takeda, 名古屋大学大気水圏科学研究所.

*² Yasushi Fujiyoshi, 北海道大学低温科学研究所.

*³ Hiroshi Uyeda, 北海道大学大学院理学研究科.

*⁴ Kuranoshin Kato, 岡山大学教育学部.

*⁵ Kazuhisa Tsuboki, 名古屋大学大気水圏科学研究所.

*⁶ Masanori Yoshizaki, 気象研究所.

© 1998 日本気象学会

2. セッション1：東アジアにおける豪雨と水循環の気候学

中国で大雨が降った1991年、日本が冷夏であった1993年、そして1961年から1990年までの30年間の、東アジアでの降水分布の特性が報告された。特に着目されることは、メソスケールの雲群によってもたらされ

る強い降水と、全降水量とは年々の出現パターンが異なっている点である。韓国からは、Soil-Plant-Snow 結合モデル (Mesoscale Atmospheric Simulation Model; MAS モデル) を使って、1995年4月の1か月間の流域スケールの水/エネルギー収支を計算した結果が報告された。同じく日本からも、領域モデル (JSM88: Japan Spectral Model of 1988 version) を使った1991年の豪雨時のシミュレーション結果と、JSM88と土壌水文モデル (SiBUC: Simple Biosphere Model including Urban Canopy) を結合した計算結果が報告された。また、TRMMの降水レーダーによる最新衛星画像も報告された。これ以上、メソスケール雲システムと周辺大気場、および、広域陸面過程との相互作用について立ち入った研究を行うためには、やはり GAME のような広域/長期/同期観測が必要であるとの印象を強くした。

(藤吉康志)

3. セッション2: フロントと低気圧

2件の招待講演と4件の講演があり、梅雨前線帯の構造について議論がなされた。Si (杭州大学) は梅雨前線帯の強雨の発達と200 hPa の発散域の関係を調べた結果を示し、200 hPa 面での発散の重要性を指摘した。Wu (南京大学) は中国南部におけるフロントジェネシスについて、レビュー中心の講演を行った。別所 (気象研究所) は TREX (Torrential Rainfall Experiment) 期間の GANAL と GMS の解析結果を紹介し、IR の輝度温度の低い領域と可降水量の大きな領域に良い一致があることを示した。Wang (中国気候センター) は梅雨前線帯の渦の移動について統計解析の結果を示した。Li (安徽省気象台) は梅雨前線の二次循環に関する鉛直断面を中心とした解析結果を示した。セッション5から移動した上田 (北海道大学大学院理学研究科) は3次元レーダーデータを用いた、降雨タイプの客観的分類方法について述べた。

(上田 博)

4. セッション3: 豪雨の形成

豪雨システムは、大規模場やメソ α スケールシステムの「周辺場」の中で積乱雲の集団がメソ β スケールに組織化され、その進化の中で「周辺場」を変えようというマルチスケール相互作用によりライフサイクルが維持される。このセッションでは、より大きな場の発展も意識しながら、どの様にしてメソ β スケール豪雨

システムが形成されるのかを研究した発表がなされた。トピックスは、1) 韓国の梅雨 (Changma) における豪雨発生条件、2) 日本や韓国付近の豪雨システムの観測と、その生成に関する数値モデリング (これに関する発表が特に多かった)、3) 降水過程の観測、4) 中国淮河流域の91年大洪水年に関する洪水予測の試み (水文過程) などがあつた。

1) に関して、梅雨前線に関係する東アジアの豪雨ひとつを取り上げても、Changma における大規模場の環境と日本付近のそれとは、よく見ると違いも大きい。Dong-Kyou Lee (ソウル大学)、Jai-Ho Oh (韓国気象研究所) の各氏による朝鮮半島での豪雨の事例解析において、下層の湿った南風成分の流入はもちろんであるが、この領域では、北西側の深い上層寒冷渦 (北の寒帯前線帯には、日本よりも近い) の南縁付近であるという条件も、冷たく乾燥した空気の中層からの侵入、あるいは上層ジェット入り口に伴う2次循環のトリガー等を通して、日本列島以上に顕著に作用することが印象深かった。

2) に関して、上記の2氏も、それぞれ NCAR (National Center for Atmospheric Research)、CAPS (Center for Analysis and Prediction of Storms) の ARPS (Advanced Regional Prediction System) 等の数値モデルを用いたシミュレーションを行っていたが、新しいモデルの開発という点で、斉藤 (気象研究所) らのグループは、これまでの非弾性系のモデルから、圧縮性を考慮し音波もあらわに表現できる弾性系のモデルを開発し、そのチェックのためのシミュレーションを行っていたのは注目を引いた。弾性系では、気圧場の表現に優れているだけでなく、 Δt を長くして同じ時間ステップでより長時間の積分になるよう設計した場合でも、非弾性系のような水平格子間隔に対する制約があまりなく、鉛直分解能と同程度の細かい水平分解能を取れる利点がある。斉藤は、ルーチン JSM と同じ格子間隔でも海面気圧の場がそれなりに正しく表現された点、格子間隔を2 km にしてメソ対流モデルとして用いた場合の雨域の振る舞いがよりうまく出来たなど、上記の利点が実際に生かされた例を紹介した。

一方、加藤 (気象研究所)、瀬古 (気象研究所)、Geng Biao (名古屋大学) の各グループは、やはり気象研究所グループの開発した非静力学モデルを用いて (対流はパラメタライズ) 1993年8月 (冷夏・多雨年)、1996年梅雨 (TREX 特別観測年) 等に見られた事例につい

て、ドップラーレーダー等も含めた特別観測データの解析と併せて、シミュレーションを行ったり、予報結果を「データ」として解析を行った。非静力学モデルによっても、メソ β スケールに組織化された豪雨システムとその進化はそれなりによく再現されており、その発生過程について具体的に議論されていた。その中で、例えば β スケールレイnbandの周辺場としてメソ α スケール現象の「構造」の役割についても、色々と見えてくるようになった。今後の更なる議論が楽しみである（例えば、レイnbandの形成に関する気流場とフロントゲネシスの役割等）。

3) に関しては、高橋（桜美林大学）は、雲内の降水粒子の種類や数の鉛直分布を詳しく観測できるビデオゾンデを用いた鹿児島付近の豪雨とタイのチェンマイでの観測例を比較し、既に発達している積乱雲の下側に西側の新たな雄大積雲（鹿児島の場合）、あるいはモンスーンに伴う層積雲（タイ）と、過冷却水滴を多量に含む雲が潜り込むことにより降水が増幅され局地的な豪雨となる、という一種の新しいタイプの「種蒔き効果」の存在を示していた。また、荒尾（長崎大学）らは、土石流による被害も甚大だった長崎県の雲仙岳周辺の豪雨について、南側が開いた湾での地形効果により、降水エコーが雲仙のある島原半島に上陸する前に、既に成長し、上陸時にピークとなりがちであることを指摘した。

4) 中国の淮河水利委員会のメンバーであるCheng Xiangwuらは、淮河流域での1991年大洪水時の水平に密な降水量データを河道網と対応させて示したのは印象的であった（このようなデータは、なかなか出てこない）。また、降水量分布を入力して洪水予測のスキームを作り、実際に適応した例を示していた（モデルの詳細は、座長の不勉強でよく分からなかったが）。

筆者は、これまで総観規模を中心に東アジアスケールからメソ α スケールの現象を主に研究対象としてきたせいもあろうが、「少なくともメソ β 豪雨システム全体のライフサイクルは、2)で紹介したようなモデルである程度再現されるようになったんだ」と興奮するとともに、何とかそのようなモデルや出力をメソ α システム全体のマルチスケール進化過程の研究に使えるよう新たな勉強が必要だなあと、肝に銘じる契機となった。

（加藤内蔵進）

5. セッション4：メソスケール降水システムの数値モデリングによる研究

他のセッションでも数値モデリングによる研究が多くあるが、このセッションは特に数値モデルを用いた基礎的な研究の講演が多くあった。1件の招待講演と5件の一般講演があり、座長はソウル大学のDong-Kyou Lee教授であった。シンポジウムの中でこのセッションだけ例外的にすべて日本からの講演であった。

最初に行われた招待講演で山岬（東京大学）は、講演の前半で静力学モデルと雲解像モデルから非静力学メソスケールモデルへの発展のストラテジーを自分の研究を中心にまとめ、後半ではGCSS(GEWEX Cloud System Study)の紹介とその中で行われたTOGA-COARE (Tropical Ocean and Global Atmosphere Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment)のスコールラインについての2次元モデルの比較実験の結果について紹介した。つづく3件の講演はスコールラインの2次元の数値シミュレーションについてのもので、竹見・里村（京都大学）は中国乾燥地でのダストストームを伴うスコールラインについて、里村（京都大学）はインドシナ半島の対流活動の日変化に関係するスコールラインについて、また中村（東京大学）は山岬が先に述べたGCSSのモデル比較実験の一部としてTOGA-COARE期間中のスコールラインについてのシミュレーションを2つのモデルを用いた結果について述べた。重・里村（京都大学）はTOGA-COARE期間中に観測された重力波について、理想化した加熱を与えてモデル実験を行い、それに対する重力波の応答を調べた。最後の講演として加藤ほか（気象研究所）は、1996年の梅雨期の降水について、10 kmと20 kmの解像度の静力学モデル、10 kmの解像度の非静力学モデルの予報実験の結果を観測値と比較し問題点を明らかにした。

全体を通して座長のLee教授のセッション最後の総評にも述べられたことであるが、気象研究所のモデルをはじめとしてさまざまなモデルが用いられ、どれもがよい結果を出しており、数値モデルがメソ降水系の研究に非常に有効であり、今年から始まる特別観測で得られる結果に対するモデルを用いた研究が期待できる事を示唆している。

（坪木和久）

6. セッション5：メソスケール降水システムの観測的研究

このセッションはメソシステムに関する観測や解析的研究について、日本からと中国からのそれぞれ1件ずつの招待講演と4件の一般講演が行われた。招待講演の二宮(東京大学)はECMWFの再解析データを用いてクラウドクラスターや梅雨前線の小低気圧に対する大規模場の強制を定量的に評価した。続く3件は気象衛星とレーダーのリモートセンシングによる観測について、Zhang(中国国家気象局)は極軌道衛星FY-1と静止気象衛星FY-2を中心とする衛星からの観測例を示し、今年の淮河流域の特別観測で得られるデータについてまとめた。続いてこの特別観測で中国のレーダー観測の中心人物であるGe(南京大学)は、中国のレーダー観測の実態について示し、レーダー観測値を数値モデルの水蒸気の初期場の修正に用い豪雨のシミュレーションに対するインパクトを調べた。中井・川村(防災科学研究所)は梅雨前線帯のクラウドクラスターを解析し、前線からの距離が近いものほどより大規模で長寿命のクラウドクラスターが多い事を示した。たいへんユニークな研究として中田ほか(東京大学)は高層ゾンデのデータから対流圏の温度と水蒸気の微細構造を示し、これらの量の偏差に層構造があること、また温度と水蒸気の偏差に相関があることを示した。最後の講演はLiu(中国水利局)による淮河流域の水循環の特徴についてのもので、水文学の立場からの水循環について多雨年と少雨年の降水と蒸発の特徴を述べた。

(坪木和久)

7. セッション6：メソスケール水循環と豪雨の観測実験

最終日午後の最後のセッションであり3件しか発表がないということで人の減りが心配されたが、かなりの人が最後まで熱心に聞いていた。まず、吉崎(気象研究所)が1996年南九州で行われた豪雨観測(TREX)についてその期間の梅雨前線の構造について総合報告を行った。東シナ海から九州における梅雨前線の動態を見るのに、北側の傾圧不安定、南側のクラウドクラスター、地形効果、日変化の、少なくとも4つの要因が重要であることを示した。その後、今夏に東シナ海・九州で予定されているX(East China Sea, ECS)-BAIU計画についての紹介を行った。次に、Ye(南京大学)は、中国のMei-yuの降水についてZ-R関係の予備的観測結果の紹介を行った。よく用いられる関係値を使うと場合によって2倍以上のずれがあることがあった。次に、Wang(安徽省気象局)はHUBEXにおける中国における観測体制について発表した。観測体制はメソ- α 、メソ- β 、メソ- γ の三つに分かれていて、3月中に準備を完了して、4月はテスト・検定を行い、5月から本観測が始まることになる。最後に、このシンポジウムを組織した武田(名古屋大学)がまとめを行った。シンポジウムが成功に終わったことへの感謝、HUBEXへの期待、これまでの歴史、将来の研究体制として地球フロンティア研究システムの紹介などを行った。

(吉崎正憲)