

## 第2回メソ気象セミナー開催報告

メソ気象セミナー事務局

(下瀬健一\*1・津口裕茂\*2・栃本英伍\*3・鶴沼 昂\*4・加藤亮平\*5)

### 1. はじめに

メソ気象セミナーは、「メソ気象研究のこれまで・今・これから」をコンセプトとしてセミナー形式で議論を行い、メソ気象研究への理解を深めることを目的とした集いである。セミナーの内容は、数多くの観測的、数値的、理論的な研究により明らかにされてきた『メソ気象』について、

- ・これまでどこまで理解されているのか
- ・現在はどのような研究が行われているのか
- ・さらに今後どのような研究を行っていくべきか

を議論することである。当セミナーは、メソ気象研究連絡会の傘下で活動しており、活動の詳細はWebページに掲載している (<http://meso.sakura.ne.jp/mesosemi>を参照)。なお、企画・運営は手弁当で行われている。

第2回目である今回は、「大規模観測プロジェクト」をテーマとして取り上げ、2015年6月6-7日、鹿児島県文化センター宝山ホールにて開催された。このテーマは、第1回メソ気象セミナー(下瀬ほか2014)において重要性が認識され、議論の課題として残ったものである。講師には、吉崎正憲氏をお招きした。吉崎氏は、メソ対流系・熱帯気象の研究で著名であり、つくば域降雨観測実験、東シナ海・九州梅雨特別観測(X-BAIU)、冬季日本海メソ対流系観測(Winter

MCSs (mesoscale convective systems) Observation over the Japan Sea, WMO) (それぞれの観測プロジェクトの詳細については、吉崎ほか1999, 2005を参照)の研究代表者を歴任された経歴を持つ。現在は、立正大学に籍を移し、若い学生達と共に精力的に研究活動を続けておられる。セミナーは以下のコンテンツで構成された。

- ・吉崎氏による基調講演
- ・簡易事例解析
- ・参加者によるポスターセッション
- ・総合討論

今回のセミナーには大学や企業など多岐に渡る所属の37名が参加し(第1図)、白熱した議論が行われた。特に総合討論では、観測プロジェクトに関わった経験がある研究者にも数多く意見をいただき、非常に実りのある議論を行うことができた。次節以降、これらのコンテンツの詳細を報告する。

### 2. 吉崎氏による基調講演

吉崎氏の講演は、「初期条件の重要性」、「回転系における安定成層した流体における初期値問題」、「赤道域の対流」という3つのトピックに分けて行われた。最初の2つの話題では、数値シミュレーションの解析結果や理論的考察により、中緯度域の大雨・豪雨発生において初期条件の重要性が述べられた。そして、3つ目の話題では、熱帯の対流と赤道域の中立波動的擾乱との関係について、「熱源応答」という吉崎氏独自の観点から議論が展開された。

#### 2.1 初期条件の重要性

まず、九州の地形性降水や2013年8月9日に秋田・岩手県で発生した豪雨の解析結果を基に、初期条件の重要性についての講演が行われた。吉崎氏は、非静力

\*1 (連絡責任著者) Ken-ichi SHIMOSE, 防災科学技術研究所, 〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1, mesodiscuss@gmail.com

\*2 Hiroshige TSUGUTI, 気象庁気象研究所.

\*3 Eigo TOCHIMOTO, 東京大学大気海洋研究所.

\*4 Takashi UNUMA, 京都大学防災研究所.

\*5 Ryohei KATO, 防災科学技術研究所.



第1図 第2回メソ気象セミナー参加者。

学モデル (NHM) を用いて1997年7月11日に出現した長崎ライン (長崎半島から北東にのびる線状降水帯) の形成メカニズムを調べた (Yoshizaki *et al.* 2000)。長崎半島やその周辺の山岳を除いた (標高を0 m にする) 感度実験を行い、長崎半島の山岳が長崎ラインの形成に重要であることを明らかにした。また、他の山岳では線状降水帯が形成されず、長崎ラインのみが形成されたのは、長崎半島の風上側 (南西側) における水平スケール100 km 程度のメソスケール収束域の存在が影響していることを示唆した。このメソスケール収束域の重要性を確かめるために、X-BAIU で観測された野母崎 (長崎半島の南西側先端部に位置) のゾンデデータによる水平一様な場を用いた理想実験を行った。その結果、実況とは異なり、長崎ラインだけでなく長崎半島周辺のほぼすべての山岳の風下に線状降水帯が形成された。このことから、長崎ラインのみが形成されるには、メソスケール収束域が長崎半島の風上側にあることが初期条件として重要であることを主張した。また、2013年8月9日の秋田・岩手県で発生した豪雨においては、豪雨が発生する直前に日本海上の北西側から水平スケール100 km 程度の収束域 (渦) が秋田・岩手県に接近していたことを示し、この事例でもメソスケール収束域 (初期条件) の重要性を示した。さらに、豪雨発生の源となる大気下層の多量な水蒸気を「火薬」に、豪雨発生のきっかけとなる大気下層の収束域に伴う上昇流を「マッチ」に例え、これら2つが揃うことで爆発する (積乱雲が生じる) と述べた。その上で、これら2つの条件が重なる頻度は一般に小さいと考えられることから、豪雨の発生頻度が少ないのではないかと指摘した。

## 2.2 回転系における安定成層した流体における初期値問題

続いて、理論的な観点から、初期条件の重要性についての講演が行われた。吉崎氏は地衡風調節に着目し、初期にどのような強制が与えられると大雨・豪雨の発生に対して有効であるかを力学的エネルギーの観点から考察した。ロスビーの変形半径が中緯度で1000 km 程度であることを考えると、初期に100 km 程度の熱源が与えられた場合は、大部分のエネルギーは重力波として散逸してしまう。一方で、初期に100 km 程度の渦度を持つ風の場が与えられた場合は、地衡風調節によってエネルギーの大部分は保存される。したがって、大雨・豪雨の発生予測において、水平スケール100 km 程度の渦 (収束) などの初期擾乱を見つけることが重要であると述べた。

## 2.3 赤道域における対流

3番目の話題は、中緯度域から離れて熱帯域の対流についての講演であった。吉崎氏は、MJO など熱帯域の大規模降水系で重要なのは対流であり、東進などの大規模降水系の持つ特性は対流がもたらすものであるという立場をとった。降水を伴う対流の簡単なモデルとして positive-only wave CISK (Conditional Instability of the Second Kind) を考えると、実現する対流は (水平方向に) 局所的に加熱する対流が実現し、周りには熱源応答パターンを作ることになる。観測される熱帯域の様々な“中立波動”はこうして説明できるという観点である。この観点は、多くの熱帯研究者が提唱している「波動論」とは異なっている。

3つの話題のうち、1・2番目が中緯度域のメソ降水系を扱い、3番目は赤道域の大規模降水系を扱ったので、3番目の話題が一見無関係に感じられたかもしれない。ところが、ロスビーの変形半径を眺めると、熱帯域ではコリオリ力の大きさが0に近くなるから、熱帯域における大規模降水系は実は中緯度域におけるメソ降水系に相当するもので同じように扱えると吉崎氏は主張している。

このトピックの最後に、吉崎氏自身が熱帯における対流について独自の視点から研究して得た教訓とし

て、「自分の直感を信じて人の意見に惑わされるな！いつか波は来る」と語られた。これは我々若手研究者や学生に対するメッセージでもあったと感じた。

### 3. 簡易事例解析

1日目の吉崎氏の講義の合間に、今回のメソ気象セミナーの開催地である鹿児島で2015年4月30日に発生した大雨についての簡易事例解析を、参加者全員で行った。この試みは、第1回メソ気象セミナー（下瀬ほか 2014）でたいへん好評であったことから、今回も行うこととした。スケジュールの都合上、30分間という限られた時間ではあったが、“メソ気象学”を専門としている参加者が多いこともあって、議論はたいへん盛り上がった。本事例は、4月としては前例がないほどの記録的な大雨であり、鹿児島県肝付町内之浦（アメダス）では、最大24時間積算降水量で551.5 mm、最大1時間降水量で128.5 mmを観測した。また、この大雨をもたらした降水系は、梅雨期によくみられる線状降水帯ではなく、団塊状の降水系であった。気象庁メソ客観解析データによると、大気下層の相当温位はせいぜい330 K程度であった。この値は梅雨期の大雨事例（～360 K）と比較するとかなり低かったことから、これだけ多量の降水をもたらしたメカニズムがたいへん興味深いという声の方々からあがった。現象の解析は腰を据えてじっくりと行うべきであるが、多くの研究者が集まっていれば“即興的”に解析することは、即時に多角的な視点で現象をとらえることができ、新たなアイデアを生み出す可能性を感じた。今後も同様の試みをぜひ行いたいと考えている。

### 4. ポスターセッション

1日目の吉崎氏の講義後の夕方に参加者によるポスターセッションが開催され、11件の発表が行われた。第1表に示すように、様々な現象について、観測・数値実験の解析やデータ同化・解析手法の開発に関する発表があり、最新の研究成果を聴くことが出来た。また、学生による発表も4件あり、学生と若手研究者の議論が活発に行われた。盛り上がった議論は2次会へとその熱を移し、黒豚やキビナゴなど鹿児島の郷土料理に舌鼓をうちつつ、深夜まで参加者同士の熱い交流が行われた。

### 5. 総合討論

基調講演で行われた理論的考察と実現象から得られた知見をもとに、吉崎氏の今後のメソ気象観測における展望が語られた。また、今後のメソ気象観測体制としてこれまでの観測体制を城攻めに例え、遠征型（例：X-BAIUやWMOのように対象となる現象を捉えるために多くの観測機器・人材を駆使し、特定の地域で観測しに行く）あるいは、籠城戦型（例：つくば域降雨観測実験のように観測機器が豊富にある地域で対象となる現象を待ち構える）の2つが提案された。続いて、計画内容について、以下の3点が挙げられた。

- 観測プロジェクトは、純粋な科学としての方向性を保ちつつ、社会のニーズに応える必要がある
- 観測対象とする現象を現在（および近い将来）の測器等で捉えられるかどうか
- 問題となるいくつかの対象のうち、少なくとも1つは具体的な観測対象に主力を投入し、その現象

第1表 ポスターセッションの内容。

氏名	所属	発表タイトル
大元 和秀	九州大学大学院	2014年8月の広島豪雨の要因
若月 泰孝	筑波大学	梅雨前線帯のメソスケール降水システムの理想化数値実験
吉田 龍二	理化学研究所計算科学研究機構	SCALE-LESモデルを用いた高解像度領域数値実験
横田 祥	気象研究所	二重偏波レーダーで推定した雨水量のアンサンブル同化
篠田 太郎	名古屋大学地球水循環研究センター	2013年6月にパラオ共和国で雲粒子ゾンデと偏波レーダを用いて観測された熱帯降水システム内の雲物理学的構造
吉住 蓉子	九州大学大学院	発達初期段階にある南岸低気圧に伴う降水雲の微物理的構造
伊藤 純至	気象研究所	カルマン渦列状雲の数値実験
末木 健太	東京大学大気海洋研究所	竜巻を発生させた台風の特徴 ～エントレインメントを考慮したCAPEによる解析～
山崎 哲	海洋研究開発機構	北西太平洋ブロッキングと関東・北日本東部での異常降水・降雪
渡邊 俊一	東京大学大気海洋研究所	冬季日本海上で発生する渦状擾乱の客観的追跡手法
前坂 剛	防災科学技術研究所	Kaバンドレーダーによる桜島噴煙観測

理解（成果確保）を目指す

特にこれまで研究を進めており、芽が出そうなものに対して5年計画の科研費等を申請し、期間内で成果を出せるようにすることも重要であることが提案された。

上記の吉崎氏の提案を踏まえ、参加者全員による議論へと移った。今後のメソ気象観測で見込まれる方向性が、水平スケール毎に以下の3つに分類された。雲物理スケールはビデオゾンデ観測、積乱雲スケールはレーダーや地上観測を駆使した稠密観測、そして大規模場は衛星観測・航空機観測・船舶観測といったものである。その後、どのように観測するか、というアプローチ面について議論は進んだ。豪雨予測にとって特に重要と考えられる水蒸気の観測については、海上ブイ・水蒸気ライダーを用いた航空機観測が挙げられた（特に航空機観測用の測器は航空機に合わせて改良する必要があるため、開発も必要である）。また、気温の観測については、マイクロ波放射計（対流圏下層では高精度で推定可能）・ラマンライダー（夜間だけ観測可能で、最大高度は対流圏界面に及ぶ）・RASS（騒音問題有り）などの候補が挙げられた。加えて、モデル開発・利用者であるが観測をしたことがない人に対し、実際に観測に関わってみると良いということが提案された。観測における特性を理解しておくことは、モデルの出力結果と観測結果とを比較・検証しそれらを理解する際に有効であるという観点である。観測体制については、城攻めに例えた議論が展開された。観測体制として籠城戦型と遠征型が挙げられたが、どちらにするかはターゲット次第であると吉崎氏は述べた。具体的には、まずターゲットをいくつか挙げ、その上で方向性を決めると良いと付け加えた。以上のように観測方法に関する議論が繰り広げられたあとで、純粋にサイエンスとして現象を見る視点について議論の内容は移った。何かワクワクするもの（＝未知の現象）に対して仮説を立てて明らかにしていくことが大切、ということが琉球大学の山田広幸氏により主張された。

続いて、観測プロジェクトを通して得られたものについて議論がなされた。観測－数値モデルの融合や、異分野交流（例えば、理工融合や、大気海洋・大気陸面相互作用における連携）を通して新知見を得たことが挙げられた。また、海外の研究者・機関との交流で、観測体制の違いを理解したり、論文で名前を知っている研究者の方と知り合いになれる・話せるといっ

た利点も挙げられた。研究生活に与えた影響としては、理論から実現象への橋渡しとなる考えが得られた、観測・数値モデルの両方に関わることができ、両方の理解が深まった、観測データに関する深い知識が得られた、研究者との繋がり・研究者仲間が増えた、プロジェクトに参加する度に興味の幅が増えたことなどが挙げられた。観測プロジェクトを通して様々な現象を見ることが出来たという観点から、現象を自分の目で見て感動することが大事であるということが名古屋大学の篠田太郎氏により強調された。また、同氏は、プロジェクトに参加するのはとても楽しいがプロジェクトをマネジメントする立場はとても大変である、という体験談も語った。さらに、プロジェクトに参加したことで、後世のためにマネジメントしなければいけないという覚悟が出来た、という意見も同氏により述べられた。

## 6. まとめ

今回のセミナーでは、大規模観測プロジェクトに関わった多くの研究者の意見が語られ、それらは実際の観測プロジェクトの楽しさ・苦勞が手に取るようにわかるような内容であった。その中で、観測機器の利用（航空機等）やその観測方法（ゾンデなどの高層観測）、研究者としてのモチベーション、そして研究費といった問題・意見が数多く述べられた。種々の問題点はあるものの、我々はそれらの問題に立ち向かう必要がある。講師の吉崎氏が観測プロジェクトを城攻めに例えた様に、積極的に意見して下さった参加者の多くは数多くの観測・研究という名の戦いを経験した名武將に例えてよいだろう。さまざまな経験を得て堂々と語る名武將達の生き生きとした姿は、武士の心（サイエンスとしての興味・飽くなき探究心）を忘れること無く戦い続けることの重要性を我々若い世代に教えてくれた。

何かワクワクするものを捉えるため、また、知見・経験の共有・伝承のため観測プロジェクトが重要であるとの議論を踏まえ、観測プロジェクトのアーカイブをメソ気象セミナーのホームページ上に公開している。過去に行われた・今後行われる予定の観測プロジェクトでアーカイブされていないものがあれば情報をお寄せいただきたい（事務局の連絡先は meso.discuss@gmail.com）。また、セミナー後にアンケートを行い、参加者のみなさまから多くの意見をいただいた。みなさまの意見は今後のセミナーに生かしていく

所存である。次回セミナーについては、2016年4月上旬ごろアナウンス予定である。また、運営に携わっていただける若手研究者も募集している。今後もみなさまと一緒にメソ気象コミュニティを盛り上げていけるよう、努力を続けていく。

#### 謝 辞

講師を快諾していただいた吉崎正憲氏に改めて謝意を表す。また、一人ひとりのお名前は挙げないが、我々の要請に応え、参加していただいた X-BAIU・WMO などの観測プロジェクトに携わった研究者の方々に謝意を表す。第2回メソ気象セミナーは当初福岡で開催予定であったが、残念ながら某アイドルイベントとの重複による宿泊施設の不足によりキャンセルせざるを得なかった。その際、九州大学の川野哲也氏

と仙台管区気象台の廣川康隆氏に大変お世話になった。この場を借りて謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- 下瀬健一，津口裕茂，栃本英伍，鶴沼 昂，2014：第1回メソ気象セミナー開催報告。天気，61，947-951。
- 吉崎正憲，中村 一，中村健治，1999：つくば域降雨観測実験。気象研究ノート，(193)，288pp。
- Yoshizaki, M., T. Kato, Y. Tanaka, H. Takayama, Y. Shoji, H. Seko, K. Arao, K. Manabe and Members of 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，村上正隆，加藤輝之，2005：メソ対流系。気象研究ノート，(208)，386pp。