

第5回「メソスケール気象と台風に関する国際会議」

参加報告*1

吉崎正憲*2・加藤輝之*3・柳瀬 亘*4・楠 研 一*5
 林 修 吾*6・別所康太郎*7・沢田雅洋*8・茂木耕作*9
 上田 博*10・山田広幸*11・益子 涉*12

1. 全体のまとめ

ICMCS (略語表参照) でなじみの国際会議が、2000年4月ソウル (吉崎ほか, 2000) を皮切りに、2001年9月台北 (加藤ほか, 2002), 2002年10月東京 (吉崎ほか, 2003), 2004年11月北京 (吉崎ほか, 2005) と行われてきて、このたびボルダーで2006年10月31日~11月3日に開催された。今回の国際会議の正式の名前は International Conference on Mesoscale Meteorology and Typhoon であるが、これまでの通称と5回目という意味から ICMCS-V と呼ばれた。この国際会議では、Bill Kuo (NCAR) が実行委員長を務め、韓国、台湾、日本、中国、アメリカなどから100名を超える多くの参加を得た (第1図)。

一般的にアメリカは研究者の数や観測測器や数値モデルの開発などでは他国よりも先んじていたが以前ほど大きな差を感じることはなく、またほかの国々の研究にも独自色を感じた。やはり、民謡と同じくメソスケール現象には地域毎に異なる側面があるからであろう。しかし中国や台湾のメソスケールに関する観測計画 (SCHEREX, COSMIC など) には目を見張るものがあり、やはり国のメソスケールに対する姿勢あるいはサポートが重要であることが再認識された。中国や台湾の観測計画は、これからのメソスケール研究をリードしてゆくかもしれない。また、今後メソスケール現象の研究は、数値モデルでいうとフル装備の物理過程を持ち、より厳密なものになってゆくと考えられる。そうになると、現象は非線形であるので頭の中ではもうその過程を追求できなくなってくる。そうした中でも、「どうして?」という素朴な疑問をもっと前面に出してその物理を理解したいと思ったりもした。

この国際会議の詳しい内容は後の報告を見てもらうとして、メソに関わる科学以外の側面も簡単に紹介したい。今回で開催地に関してほぼ一巡したということで、会議の性格等について議論した。その結果、これまでどおり開催する、会議は1~1.5年毎に開催する、この会議には国名はつけない、国際会議 (international conference) ではなく集会 (meeting) でも良い、などを確認した。国際会議に固執しないとか国名をつけないとかいうのは、外交問題による政治的圧力を避けるための知恵であり、「科学には国境はない」という原則を押し通すためである。また次回は、今年が台湾にとって TAMEX から記念すべき20周年ということで、これまでの回り持ちから外れて2007年12月頃に開催することになった。 (吉崎正憲)

*1 Report on "5th International Conference on Mesoscale Meteorology and Typhoon".

*2 Masanori YOSHIZAKI, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター。

*3 Teruyuki KATO, 気象研究所。

*4 Wataru YANASE, 東京大学気候システム研究センター。

*5 Ken-ichi KUSUNOKI, 気象研究所。

*6 Shugo HAYASHI, 気象研究所。

*7 Kotaro BESSHO, 気象研究所。

*8 Masahiro SAWADA, 東北大学。

*9 Qoosaku MOTTEKI, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター。

*10 Hiroshi UYEDA, 名古屋大学地球水循環研究センター。

*11 Hiroyuki YAMADA, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター。

*12 Wataru MASHIKO, 気象研究所。

© 2007 日本気象学会



第1図 ICMCS-Vの参加者。国際会議が開催された建物の前における写真 (B. Kuo 提供)。

2. 基調講演とメソ対流系 I

基調講演として NCAR の R. Carbone が「大陸上の降水からメソ対流系への気候学的挑戦」と題して過去の研究をレビューしながら、大陸で観測される降水系について、その移動を決める要因として以下に示す3つに分類し説明した。降水系により放出される潜熱や運動量輸送といった“内的な (endogenous)”力学で決定されるもの、微小波動や偏東風波動といった“外的な (exogenous)”力学で決まるもの、そして重力流、重力波、渦位偏差といった“外的な”要因により生じる“内的な”力学で決定されるものである。ただ、メソ対流系が長時間停滞することで豪雨が引き起こされるので、東アジア域で問題となるのは“移動”ではなく、むしろメソ対流系が“停滞”するメカニズムである。この一連の会議では今まで、米国の超一級の研究者に基調講演を行ってきてもらっているが、もうそろそろ脱却してもいいのではないかと思われた。

「メソ対流系 I」のセッションでは、R. Zhang (CAMS) が中国での今後の観測計画を説明した。2004年から2009年に行われている壮大な計画で、中国の華南に複数のドップラーレーダーによる観測や高層観測点・地上観測点を増強して高精度の解析データを作るというものである。C. Davis (NCAR) は米国中央平原で観測されるメソ対流系にともなう渦に着目して行った解析結果を紹介した。F.-C. Chien (台湾師範大学) が WRF を用いて再現実験を行った台湾で発生した豪雨について、H.-W. Kim (ソウル国立大学) がドップラーレーダーによる観測結果から韓国で発生

したメソ対流系にともなう豪雨について発表した。彼らの研究のみならずこの会議での多くの発表では、主にメソ対流系が作り出した結果を解析しており、なぜそのような結果を作り出したかに言及していないことが残念であった。 (加藤輝之)

3. 台風シミュレーション

本セッションでは全部で6件の発表があった。最初の2件は理想化実験による研究である。Y. Wang (ハワイ大学) は現実大気で観測される軸対称性の強い熱帯低気圧に興味を持ち、数値実験で壁雲の傾きや眼が顕著に大きい特徴について紹介した。Y.-L. Lin (ノースカロライナ州立大学) は台湾の山岳を台風が通過する際に渦の風速で定義されるフルード数が小さいほど移動経路は不連続になる傾向を示した。台湾の地形の影響を体系的に調べたという点で興味深かった。

筆者は NICAM による水平格子間隔3.5 kmと14 kmの全球高解像シミュレーションでの台風の様子を紹介した。全球高解像モデルを用いた熱帯低気圧研究のサイエンス面での意義について、発生機構を研究している C. A. Davis (NCAR) と発表後に議論したところ、メソスケールも含めた発生過程について海盆ごとの違いに興味があるというコメントをもらうことができた。

後半の3件は予報技術に関しての研究である。J.-S. Kim (大韓民国空軍) はボーストックと4次元同化の適用方法を工夫することで、台風の進路予測を改善した例

を示した。Q-H. Zhang (北京大学) は進路予測のばらつきの原因として、12時間以内の予測では初期場の違い、それ以降は境界値と物理スキームの違いが影響するという切り分けを示した。J. Lee (ソウル国立大学) はポーガスを与えることによって台風に伴う水蒸気輸送と韓国での強い降水がより良く再現された事例を示した。本セッションでは個々の内容が独立した感じであったが、台風シミュレーションに関する様々なテーマについて触れることができた点で有意義であった。(柳瀬 亘)

4. Nowcasting

本セッションの前半は、NCARのAuto-Nowcaster (ANC) の発表で占められた。ANCは雷雲の超短時間予報(0~1時間)システムで、筆者はナウキャストの専門家ではないが、聞きごたえのある内容だった。まず冒頭でT. Saxen (NCAR) が概要を紹介して、次に試験運用例としてE. Nelson (NCAR) が収束ライン上の雷雲の発生予報を示した。その中では超短時間予報というマン・マシンシステム特有の改良として、予報官が端末上で対流レジーム(前線性・MCS等)を事前指定することで精度を上げる工夫等が紹介された。ある条件ではうまく予報できる反面、それ以外ではどうしてもはずれてしまうとのことだった。ただし(1)雷雲の発生予測は非常に難易度が高くANCが世界唯一であること、(2)収束ラインと雷雲発生との関係を調べる研究や非降水エコーのソースである昆虫生態調査にいたる、関係者の10年以上の試行錯誤の元にANCが築かれていること、の2点を特に記しておきたい。我が国では現業レーダーのドップラー化が急速に進められようとしており、短時間予報の進展においてANCは注視すべきシステムである。

次にJ. Wilson (NCAR)・J. Sun (NCAR) によりANCによる北京とその周辺領域の短時間予報の紹介があった。これは北京2008予報実証プロジェクトの一環で、米国より湿潤で標高差が1000m以上ある場でANCの有効性が試されることになる。今回はいくつかの初期事例が紹介され、山岳から平野部(北京)へ移流する雷雲の発達に地形に明確に影響されることや、米国と同様に収束ライン上で雷雲が発生することが示された。

セッションの後半は、まず筆者が雷雲発生の短時間予報のカギとなる非降水エコーの出現特性を昆虫の生態と関連付けて発表し、Wilson (NCAR) からは米

国との違いや品質管理についてコメントを得た。そのほかY. Zhang (中国気象局) は中国の数値予報システムGRAPESによる雷の予報実験などの紹介を行った。(楠 研一)

5. ポスターセッション

このセッションは、1日目の最後にレセプションと並行して開催された。全部で21件の発表があり、集中豪雨6件、データ同化2件、台風5件、衛星データ比較2件、冬のメソ擾乱2件、その他4件と、内容は多岐に渡っていた。多くの研究で数値予報モデルが有用なツールとして使われていたが、MM5やWRFが多く使われていて、われわれのモデル(JMANHM)が日本の発表に限られていたことは残念であった。筆者の発雷の数値シミュレーションについては、中国で同様の研究が行われており、その研究者の方と議論することが出来たのは非常に有意義であった。ただ、並行して行われたレセプションがポスター会場の外であったため、ポスター会場への人の移動が少なかつたように感じられたのは発表している側としては残念であった。(林 修吾)

6. 大規模過程・理論・モデル

このセッションでは7件の発表が予定されていたが、1件キャンセルがあった。しかし、そこに翌日に発表が予定されていたD. Parsons (NCAR) が急遽入り、結局7件であった。ちなみにParsonsは、このセッションのチェアマンを務めた。吉崎(海洋研究開発機構)は熱帯を東進するスーパークラウドクラスターのメカニズムについて、NICAMの出力結果を利用して数値実験を行った。非断熱加熱としてpositive-only wave CISKの概念を適用すると、東進する擾乱が主モードとして現れたとのことである。Parsons (NCAR) は、THORPEXについて紹介した。THORPEXの一環として2008年に東アジアを舞台に行われる、野外観測と予報実験を組み合わせたT-PARCでは、日中韓に加えて、台湾、米国、カナダ、欧州連合などからの参加が見込まれる。対象は台風の発生や転向、温帯低気圧化過程である。この会議の参加者のほとんどがこれらの国々に属するとあって、高い関心を集めた。筆者は、台風が発達したクラスターと発達しなかったクラスターについて、その環境を比較した。また、マイクロ波探査計から温暖核を抽出することで、クラスターの台風への発達を予測できる可

性能があることを指摘した。幸いにもこの講演は好評で、筆者の尊敬する研究者達からコメントや質問をいただくことができたのは望外の喜びであった。

(別所康太郎)

7. 豪雨と台風

本セッションでは豪雨と台風に関する5件の講演があった。T.-Y. Lee (延世大学) は台風 Rusa に伴った豪雨についての再現実験の結果を発表した。台風の気圧分布や経路は再現されるものの、豪雨をもたらしたバンド状の雲を捉えることは出来ず、原因として初期値や境界値が不適切であると示唆した。C.-S. Lee (国立台湾大学) は台風 Mindulle が台湾に接近した際に形成した副低気圧に注目し、渦度収支解析を行った。それによると渦度の水平移流が重要であることを示した。M.-J. Yang (国立中央大学) は台風 Nari の特徴的な経路や降水が地形にどう影響するのか調べるため、台湾の標高を変えて数値実験を行った。標高変化に対する積算降水量の応答は線形に変化せず、台風経路も複雑に変化することを示した。P.-L. Lin (国立中央大学) は台風 Mindulle による豪雨の形成メカニズムを調べるため数値モデルを用いて感度実験を行い、地形が降水強度や分布に主要な役割を果たすことを指摘した。筆者は事例解析ではなく理想化した環境場で水相過程が台風の発達や構造に及ぼす影響について調べ、水相過程による冷却が台風の発達するタイミングや壁雲の傾きに大きく影響することを述べた。このように台風に伴う豪雨についての話題が多かったがそれぞれ違った特徴をもっており、1つ1つの事例の理解を積み重ねることが重要であると感じた。

(沢田雅洋)

8. 梅雨 (メイユ) 前線帯における現象に関する研究

本セッションでは、梅雨 (メイユ) 前線帯における降水系、低気圧などに関して観測解析や数値実験を用いた講演が8件あった。8件のうち4件が中国大陸上での現象を扱ったもので、上田 (名古屋大学地球水循環研究センター) は、Convection of Medium Depth と名付けた5-8 km のエコー頂を持つ対流について、耿 (海洋研究開発機構) は、地表の前線と上層の前線の位置関係による降水発達の違いについて、H. Zhou (中国国家気象中心) は、メソ渦を伴う降水系の三次元構造について、レディー (海洋研究開発機構) は、

対流混合層の深さと降水雲の寿命との間に見られる関係について示した。台湾周辺の現象としては2件あり、W. Sun (中国国家高速計算中心) は、台湾の島地形が寒冷前線の構造に対して与える影響、D. Chen (ハワイ大学) は、台湾沿岸での風や降水量などの日変化の特徴における季節ごとの相違を示した。茂木 (海洋研究開発機構) は、東シナ海上の梅雨前線帯に存在する複数の前線構造の観測解析を示し、田上 (東京大学) は、梅雨前線上のメソ α 規模低気圧について線形論を用いた議論を行なった。地域ごとに梅雨 (メイユ) 期の降水系には異なった特色があることは、各地域における様々なプロジェクトの成果として表れつつあると感じた。しかし、そういった各地域の違いに関する議論は、短い質疑ではなかなか噛み合わない場面もあった。筆者が休憩時間を使って各発表者と議論を行った感じでは、ゆっくり話せばお互い納得できることがかなりあったので、次回の参加もまた非常に楽しみである。

(茂木耕作)

9. 観測計画パネル討議

11月2日午後の COSMIC/Field experiment のセッションに引き続き、観測計画パネル討議 (Field Project Panel Discussion) が行われた。David Jorgensen (NOAA) が司会をし、パネラーは Yunqi Ni (CAMC), Ben Jou (国立台湾大学), 上田 博 (名古屋大学地球水循環研究センター), Dong-Kyou Lee (ソウル国立大学), Bill Kuo (NCAR), であった。Dave Parsons (NCAR) もパネラーの予定であったが、11月2日午後のセッションで話す予定であった THORPEX の紹介も前日に行い、パネル討議は欠席した。Bill Kuo から COSMIC データセンター構想など NCAR の計画の紹介があり、東アジアのメソ対流系 (MCS) に関する観測データの統合について提案があった。しかし、中国には、前のセッションで Ni が紹介したように、大規模な観測研究計画がある。日本にも、上田が海洋研究開発機構地球環境観測研究センターの2008年の観測計画や名古屋大学地球水循環研究センターの観測・研究計画を紹介したように、独自の計画が立てられている。また、日本でも新たなデータセンター構想が進行中である。データをどこかに集めようという議論では意見の収束を見ず、情報交換のパネルセッションになった。しかし、台湾の FORMOSA データセンターや日韓の協力などについての現状の紹介も含めて、MCS 及びその環境場に関する

観測データの統合の議論がなされたことは今後のMCSの国際的視野にたった研究に示唆を与えるものであった。メソ現象の理解のためには必ずしも早急に国際的なデータセンターを必要としないが、気候変動研究にメソ気象研究も協力・貢献していくためには、国際的なデータセンターのあり方について考え、早急に案をまとめて国内外に提案していくべき時期に来たと感じた。今回の会議では、新しい観測方法やデータ同化に関する研究の紹介があり、MCSの個々の研究は活発であるといえるが、観測計画パネル討議が今回の国際会議で初めてもたれたことの意義を見逃してはいけない。

(上田 博)

10. メソ対流系と降水の定量的な見積り

本セッションでは、メソ対流系の構造と環境場の特徴に関する5件の発表と、レーダー雨量の定量評価に関する2件の発表が行われた。最初に加藤(気象研究所)は、梅雨期における積乱雲の潜在的発達高度の地域特性と季節進行を調べた結果を紹介した。潜在的発達高度は対流圏下層の気温減率に強く依存し、減率が小さいと発達高度が下がることから、日本域で積乱雲の高さが6月に低いのは、中国大陸上の対流により加熱された中層空気の移流による、気温減率の低下が一因にあるという見解を示した。続いてJorgensen(NOAA)は、冬季のロッキー山麓におけるレーダーと地上の観測から、複雑地形におけるレーダー雨量の精度向上には、反射強度プロファイルの補正や、探知範囲の狭いレーダーの展開が欠かせないと述べた。Zhao(CAMS)は、梅雨期の中国南部における集中豪雨の事例について、雲システムの特徴と環境場の解析と数値実験の結果を紹介した。Trier(NCAR)は、米国中西部で発生するスコールラインの層状域に形成されるメソ渦(MCV)に伴う気流構造を解析し、渦に伴う鉛直流分布が、理論的な等温位面上の流れと同様に、風下の上昇流と風上の下降流とで構成され、その上昇流域で次の対流雲がしばしば励起されることを示した。筆者は、熱帯海上で観測した熱帯低気圧の発生初期における雲システムの環境場と内部構造を示し、中心気圧が低下する前から低気圧性の循環が既に形成されていたことを述べ、また台風の発生過程に注目した今後の観測計画について紹介した。Wei(台湾防衛大学)は、波状のパターンを持つ線状エコーの観測事例について、2つの渦のペアを伴うボウエコー(bow echo)とは違い、1つの渦により波状パターン

が形成されていたことを示した。Lei(台湾防災科学技術センター)は、レーダーで降水量を推定する際に、ドップラー速度から推定される風を用いて、風による降水粒子のドリフトの効果を補正すると、地上雨量計との対応が良くなることを示した。このように本セッションの発表は、地域も手法も多様であったが、データ解析技術の高い研究が多かった。午前中で閉会する最終日のセッションとはいえ、参加者の数が極端に減ることはなく、みな熱心に聞き入っていたようだ。会場の脇を時折通過する貨物列車の音が少し騒々しかったが。

(山田広幸)

11. 台風の構造と予報

このセッションは最終日の最後に行われ、6講演があった。ハリケーンの強度予報に関するものから台風コア域の微細構造、地形の影響を受けた台風に伴う局地的な強風、そしてハリケーン活動の長期トレンドなど多岐にわたるものであった。筆者は台風0422号の通過に伴い関東南部で生じた進行方向後面左側の強風について、台風と山岳の位置関係により下層の冷氣が“ギャップフロー(gap flow)”と同様なメカニズムで加速され強風がもたらされたことを示した。遊馬(北海道大学)は台風0418号に伴う北海道における強風について講演を行った。観測データや数値実験により、台風の温帯低気圧化に伴う構造変化だけではなく、札幌周辺の局地的な強風に関しては、おろし風や雨滴の蒸発に伴う下降流が影響したことを示した。今後は、これらのローカルな顕著現象にどれだけ一般性があるのか、という視点での研究が重要である気がした。最後にHolland(NCAR)から、この会議において場違いな感じがしたが、北大西洋上のハリケーン活動のトレンドについての講演があった。温暖化の影響で、発生数、強いハリケーンの数ともにすでに増加しているという主張であった。この発表の中で、地球シミュレーターを用いたモデル研究のOouchi *et al.* (2006)を引用し、ここで示した結果は彼らの温暖化実験と整合的であるということを確認していた。このセッションは話題が広がり過ぎてつかみどころがないような感じになってしまったが、将来は台風研究者の参加が増えてテーマ毎のセッションが充実することを期待したい。

(益子 渉)

謝 辞

本会議に出席するにあたり、別所は気象学会の国際

学術交流委員会より旅費の一部を援助していただきました。この援助に深く感謝します。

参 考 文 献

- 加藤輝之, 清水慎吾, 金田幸恵, 柳瀬 亘, 北畠尚子, 筆保弘徳, 前坂 剛, 吉崎正憲, 茂木耕作, 永戸久喜, 2002:「東アジアにおけるメソ気象と台風に関する国際会議」参加報告, 天気, 49, 227-231.
- Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki and A. Noda, 2006: Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses, J. Meteor. Soc. Japan, 84, 259-276.
- 吉崎正憲, 藤吉康志, 村上正隆, 耿 驃, 中村晃三, 加藤内蔵進, 斉藤和雄, 中井専人, 川島正行, 中村健治, 新野 宏, 上田 博, 小林文明, 加藤輝之, 2003:「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨・豪雪に関する国際会議」の報告, 天気, 50, 189-196.
- 吉崎正憲, 上田 博, 藤吉康志, 渡辺 明, 坪木和久, 小司禎教, 加藤輝之, 二宮洸三, 大野裕一, 茂木耕作, 前坂 剛, 瀬古 弘, 2000:「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨に関する国際会議」の出席報告, 天気, 47, 569-574.
- 吉崎正憲, 上田 博, 山田広幸, 坪木和久, クリシュナ・レディー, 耿 驃, 大淵 濟, 加藤輝之, 2005:「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨の国際会議 (ICMCS-IV)」報告, 天気, 52, 363-368.

略語一覧

ANC: Auto-NowCaster 自動ノウキャスト

- CAMS: Chinese Academy of Meteorological Sciences 中国気象科学研究院
- FORMOSAT/COSMIC 米国/台湾共同開発の小型衛星群による気象・電離層・気候総合観測システム
- GRAPES: Global/Regional Assimilation and Prediction System 中国数値予報システム
- ICMCS: International Conference on Mesoscale Convective Systems メソ対流系に関する国際会議
- JMANHM: Japan Meteorological Agency Non-Hydrostatic Model 気象庁非静力学モデル
- MCS: Mesoscale Convective System メソ対流系
- MCV: Mesoscale Convective Vortex メソ渦
- MM5: Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research numerical model ペンシルバニア州立大学/米国大気研究センター数値モデル
- NCAR: National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
- NICAM: Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model 正二十面体格子モデル
- NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁
- SCHEREX: South China HEavy Rainfall EXperiment 南中国豪雨実験
- THORPEX: THE Observing system Research and Predictability EXperiment 観測システム研究・予測可能性実験計画
- T-PARC: THORPEX Pacific-Asian Regional Campaign THORPEX 太平洋アジア地域観測計画
- WRF: Weather Research and Forecasting model 米国の次世代天気研究・予測モデル