

第3回国際モンスーンワークショップ (IWM-III) 参加報告*

松本 淳^{*1}・高橋 洋^{*2}・篠田 太郎^{*3}
梶川 義幸^{*4}・井上 知栄^{*5}

1. はじめに

標記ワークショップは、2004年11月2日から6日にかけて、中国浙江省・杭州市内の西湖のほとりに建つ浙江西子賓館で開催された。この国際モンスーンワークショップは WMO Committee of Atmospheric Science/Working Group on Tropical Meteorology Research (WGTMR) の活動として、第1回 (IWM-I) が1997年2月に Project M1: East Asian Monsoon の主催でインドネシアのバリ、第2回が2001年3月に Project M2: Asian-African Monsoon の主催でインドのニューデリーで開催された会議の第3回目である。Project M1は、2000年に東アジア・東南アジア諸国が参加する IPEAM (International Panel for East Asian Monsoon) の一部となり、今回初めて Project M2および Project M3: American Monsoonとの共催が実現し、世界のモンスーンを網羅する形で開催された。この点、WMO ならではの画期的な会議であった。今回の会議は、C.-P. Chang 教授 (アメリカ海軍大学院) を委員長とする世界各国のモンスーン研究者28名からなる国際委員会により組織された。総参加者は101名、世界のモンスーンを網羅する WMO 主催の会議、ということで、アジア諸国や南北アメリカのみ

ならずアフリカからの参加者もあり、参加国は実に60を数えた。なお、WGTMR はこの会議の直前に Tropical Meteorology Research Programme (TMRP) に改組されている。

会場となった浙江西子賓館は、1927年に建てられ、かつては毛沢東をはじめとする中国の要人が利用していた汪荘が、1979年に改名、一般にも開放された格式高いホテルである(第1図)。秋の好天の下、世界のモンスーン研究の最前線的话题を5日間にわたって堪能することができた。C.-P. Chang 委員長ならびに現地事務局長の中国気象科学院の Sun Rui 博士には、会の開催にあたって大変にお世話になり、またこの記事を書くにあたって貴重な情報をいただいた。ここに記して御礼申し上げる。なお、会議の Proceedings を、会議中の議論を受けて改稿した報告書 (WMO, 2005) が発行されており、さらにウェブ上でも現在公開されている (http://www.wmo.ch/web/arep/tmrp/REPORTS/IWM_3.pdf)。

日本からは組織委員でもある安成哲三 (名古屋大学)、住 明正 (東京大学) のほか、二宮洸三 (FRCGC)、

* Report on the 3rd International Workshop on Monsoons (IWM-III).

*¹ Jun MATSUMOTO, 東京大学.

*² Hiroshi TAKAHASHI, 名古屋大学.

*³ Taro SHINODA, 名古屋大学.

*⁴ Yoshiyuki KAJIKAWA, 名古屋大学 (現所属: ハワイ大学).

*⁵ Tomoshige INOUE, 東京大学 (日本学術振興会特別研究員).

© 2005 日本気象学会



第1図 ワークショップ初日の開会挨拶の様子。

篠田・梶川・高橋 (名古屋大学), 井上・松本 (東京大学) の計8名が参加した。以下では, 日本から参加した若手研究者により, 主要なセッションの内容と会議の感想について報告する。 (松本 淳)

2. 南アジアモンスーン

このセッションでは, B. N. Goswami (インド科学大学) が本ワークショップの発表の1人目として, 講演した。このセッションでは, 南アジアモンスーンに関して, 季節進行, 季節内変動, 経年変動, 数十年規模変動とあらゆる時間規模の変動が議論された。

その中で, 最近の南アジアモンスーンの関心事として, 季節内変動とその経年変動が強調された。これまでも, 多くの研究で指摘されてきたとおり, 南アジアにおける季節内変動は, 非常に顕著であり, その季節内変動の強さ (対流活動の北進の回数, およびその強さ) によって, その年のモンスーンの強弱が決まることを述べた。その上で, 対流活動の経年変動の空間パターンと, 季節内変動の空間パターンとが非常に類似していることから, 経年変動は季節内変動の強弱によって決まることが示唆された。しかしながら, この季節内変動として特徴的な, 対流活動の北進モードのメカニズムについてはまだまだ未解明な点が多く, 今後の課題であろう。これに関連して最近, B. Wang (米・ハワイ大学) は, 季節内変動の北進には, 東西風の鉛直シア, 境界層の水蒸気移流, そして大気海洋相互作用が寄与していることを示している。また予測という観点から, 領域スケールでの降水量の予測が, 今後の課題であることは, 言うまでもない。

また, 高橋 (名古屋大学) は, 東南アジアモンスーン域において, 毎年同時期に起こる, 雨季の休止期があることを示した。それは, ベンガル湾上を北進する季節内変動と, インドシナ半島の地形が影響していることを示唆した。さらにこの休止期は, アジアモンスーンの季節進行に重要であることを指摘した。

筆者は本ワークショップで, 初めて T. N. Krishnamurti 教授 (米・フロリダ州立大学) にお目にかかった。本会議では, 著名なモンスーン研究者がかなりいらっしゃるっており, その方々とお話をするだけでも非常に有意義であった。 (高橋 洋)

3. 東アジア・西太平洋夏季モンスーン

このセッションでは, B. Wang (米・ハワイ大学), Y. Ding (中国国家気候センター), T. Li (米・ハワイ

大学) の3人による講演が行われた。最初に Wang が東アジア, 西太平洋モンスーンについての最近の研究についての概要紹介を行った。東アジア・北西太平洋モンスーンについて, 南アジア (インド) モンスーンとの共通点, 相違点の比較を行うことによって, それぞれのモンスーンの季節進行が海陸の分布や地形により支配されているという可能性を示した。また, それぞれのモンスーンにおいて季節内振動の影響が大きいことを示した。

Ding は東アジアモンスーンについての最近の研究紹介を行った。東アジアモンスーンの降水が, 東南アジア～南シナ海付近において最初にオンセットすること, アジアモンスーンのオンセットとともにインド洋からアジア域における水循環の形態が劇的に変わることを示した。また, 梅雨前線付近の気象擾乱の形態についての概観を行うとともに, 大陸上の Meiyu (梅雨) 前線と日本付近の梅雨前線の特徴を比較し, 両者の相違点を整理した結果についても示した。

最後に, Li が北西太平洋モンスーンについての最近の研究紹介を行った。北西太平洋モンスーンは北西～南東方向の走向をもつモンスーントラフであり, 太平洋高気圧の東方への後退とともに東へ進行することを示した。北西太平洋モンスーンが研究対象として注目され始めたのはごく最近であり, 引用されている論文としては新しいものが多いようであった。このうち, モンスーン進行方向の前面において, SST や海面からの潜熱放出量の傾度が大きくなっていることから, 北西太平洋モンスーンの理解には大気海洋相互作用についての理解をもっと進めるべきだとのコメントが興味深かった。一方, 北西太平洋モンスーンも季節内振動の影響を大きく受けることが示されているものの, 両者の関係についてはまだまだ明らかにされていない点が数多くあるということも示した。 (篠田太郎)

4. 冬季アジアモンスーン

冬季モンスーンに関するレビューについては, 最初に J. C. L. Chan (香港城市大学) によって冬季東アジアモンスーンのレビューが行われた。冬季東アジアモンスーンで特徴的なコールドサージには, 多くの研究で示される北風サージと, 東風サージの2つのタイプが示された。前者はシベリア-モンゴル高気圧の変動に伴う寒気の吹き出しで, 重力波的な伝播構造を伴い, 気圧・気温の降下も急激であるタイプである。一方, 後者はシベリア-モンゴル高気圧から切離した高圧部

が黄海付近に達した時に、中国南部で東風の強化が起こる現象であり、急激な気温低下は伴っていない。また、その伝播は沿岸ケルビン波的であると示された。しかしながら、シベリア-モンゴル高気圧からの切離プロセスなど未解明な部分が多く、特に2つのサージの励起に関しては筆者も興味が湧いた。その他、東アジア沖で大陸からの寒気の吹き出しと海洋上の暖気によって爆弾低気圧が発達するプロセスや、エルニーニョ発達期のモンスーンが弱いというような経年変動に関するレビューも短く紹介された。

また H. Hendon (豪・BMRC) によって、夏季オーストラリアモンスーンに関するレビューが紹介された。オーストラリアモンスーンは、東進成分の MJO、西進成分を持つ赤道ロスビー波に伴う擾乱、そして北半球からのサージによって特徴付けられる。講演ではそれぞれの平均的な時間発展構造が示された。また、モンスーンオンセット前後における対流活動・雲の立ち方についても言及された。オンセットの日付を MJO の位相(8段階)毎に描き、多くのモンスーンオンセットが MJO (対流活動活発) 通過時に起こる事を示した図には筆者は特に関心を持った。ENSO との関係に関しては、冬季(12~2月)の降水量より、遷移期にあたる秋季(9~11月)の方が ENSO インデックスとの相関が高く、オンセット後のオーストラリアモンスーンの降水量は ENSO と関係がないことが示された。夏季オーストラリアモンスーンの降水量は引き続きインドモンスーン降水量との関係もなく、ENSO と引き続きインドモンスーンの降水量との高い相関関係が示唆されていることと一致する。その他 C.-P. Chang (アメリカ海軍大学院) による海洋性大陸モンスーンに関するレビューも行われた。(梶川義幸)

5. アメリカモンスーン

このセッションでは、C. R. Mechoso (米・UCLA)、C. F. Ropelewski (米・コロンビア大学)、A. M. Grimm (ブラジル・パラナ連邦大学) の3人による講演が行われた。最初に Mechoso による南北アメリカモンスーンについての概観についての講演があり、アジアモンスーンとの類似点や南北アメリカモンスーン間の相違点などが示された。アメリカモンスーンは筆者の専門では無かったが、特に脊梁山脈の高さの相違により、降水をもたらす収束線の形状が南北アメリカモンスーンによって異なるという点は興味深いものであった。また、南アメリカモンスーンについては、Grimm による

講演があった。アンデス山脈の東側に沿ってアマゾン河流域から南下する SALLJ が中緯度帯への水蒸気輸送に強く寄与していることが、GCM や予報モデルではなかなか表現する事が難しいこと、地域毎の対流活動の日変化の特徴(発達の時刻)についても、同様に予報モデルでの再現性が悪いことなどが示された。また、最近の研究でモンスーンオンセット以前に、アマゾン域におけるボーエン比の変化(顕熱による対流圏下層の加熱が主だったものが潜熱による湿潤化への変化)により、大気鉛直プロファイルが変化し、降水システムが発達しやすい場が形成されるという内容は、筆者にとって大変興味深い点であった。

一般講演の方は LLJ と降水分布との関連など、現象のメカニズムなどに踏み込んだ研究が少なく残念であった。唯一、H. Wang (米・ジョージア工科大学) による南アメリカモンスーンオンセット前後におけるボーエン比や鉛直成層の時間変化を示す研究は、陸面過程とモンスーンシステムの類似性を考える上で、アジアモンスーン域における現象との比較を行うと興味深いのではないかと思われた。(篠田太郎)

6. モンスーンの数値モデリング

本セッションでは、モンスーン地域における数値モデリングの現状について議論された。まず、T. N. Krishnamurti (米・フロリダ州立大学) が、モデルによる予報についての講演を行った。その中で、近年のコンピュータの飛躍的な発達によって可能になった、空間解像度を細かくしたときの再現精度の向上について話した。空間解像度を50 km 程度の格子間隔にすることによって、モンスーン擾乱の予報が格段に向上することを報告した。その理由として、あるメソスケールの擾乱が組織化して、大規模なサイクロンやモンスーン擾乱を形成することが挙げられ、大規模な擾乱の予測にとって、空間解像度が重要であることを指摘した。

住(東京大学)は、モンスーンの再現性について、モンスーンオンセットを含む、季節進行がよく再現されてきていることを報告した。またこの中で、細かな空間解像度が、モンスーン地域のシミュレーションには重要であることを述べた。その理由として、モンスーン地域に顕著にみられる、北進する季節内変動の再現性に着目し、インドモンスーン地域のみられる、北進する季節内変動が空間解像度を細かくする(T106)ことによって再現されることを示した。以前から、空間解像度による影響に関して、多くの研究がなされてい

るが、今回の発表では、解像度を細かくすることによって、地形性降水、モンスーン循環、そして降水の予測精度が改善されることが報告された。

招待講演では、二宮 (FRCGC) が CCSR/NIES/FRCGC の AGCM を用いた1991年のモンスーン季節進行の解析結果を示した。それによると、大規模なモンスーンの季節進行はよく再現されているものの、インドの西側での地形性降水が、実際より過少評価であることが報告された。(高橋 洋)

7. モンスーンの子報

WMO が主催するワークショップであることもあり、モンスーン季の降水量を主な子報の対象として、子報を行う側からの話題や、子報への応用に関する話題がいくつか提供された。P. J. Webster (米・ジョージア工科大学) は、バングラデシュにおける短期～長期子報の実践例とその有用性を示した。特に夏のモンスーン季における20～30日周期の降水量の季節内変動については、統計的手法による子報が実際の降水量とよく一致し、実用的にはモンスーン季全体の長期子報より有用であることを示す図が印象的であった。また子報する側とユーザーとのギャップをどう埋めるかが最大の課題であり、確率子報を積極的に導入し、ユーザーの意志決定に役立てる、という仕組みの構築が重要であると述べた。A. R. Subbiah (タイ・ADPC) は、世界各国のモンスーン子報の現状および実例を多数紹介した。その中で、特に途上国において洪水など短期的な子報や警報を一般市民にいかに広めるかが大きな課題であると指摘した。また短期子報とモンスーン季全体の子報の中間にあたる、10～30日先の子報については、これまであまり注目されておらず、子報スキルの向上が期待されると述べた。Y. Ding (中国国家気候センター) は東アジアにおける夏季および冬季のモンスーン季節子報について、日本・中国・韓国の子報担当者が集まって議論する場が1998年以降設けられていることを述べた。また子報の公表についてはウェブサイトを積極的に利用し、一般のユーザーに広く伝えることの重要性を強調した。

また最終日に行われたモンスーンの子報に関する討論では、A. Gupta (インド・NCMRWF) が、子報する側の立場から、モンスーン子報の現状と問題点を総括する発表を行い、農業や水資源など、子報に対する需要や期待が大きくなる中で、どのモデルや予測方法を用いるべきか、絶対確実には当たらない子報をどの

ような形で一般市民に伝えるべきか、などについて議論がなされた。また、W. L. Chang (香港天文台) から南シナ海周辺地域における台風の進路子報に関する話題提供がなされた。子報に関する全体討論では、確率子報が十分に普及していないインドの研究者などが、曖昧さの残る確率子報に否定的な見解を述べたため、確率子報そのものの是非について激しい議論が交わされたが、全体的には確率子報について肯定的な意見が大勢のようであった。そのほか、詳しい子報を提示する際には、子報可能性に地域差があることを十分に考慮する必要があることも指摘された。(井上知栄)

8. 季節内変動・経年変動

このセッションではまず、D. E. Waliser (米・カリフォルニア工科大学) が、特にアジアおよびオーストラリア夏季モンスーンに関する季節内変動のレビューを行った。夏季アジアモンスーンの前半にあたる5～6月の対流活動の季節内変動は、赤道付近を東進する40～50日周期のMJOより伝播した変動であるのに対し、モンスーン後半にあたる8～10月の、特にフィリピン海付近における変動では、10～20日周期が卓越すること、NCEP-NCAR再解析データの対流圏上層の東西風に基づくMJO活動度に長期的な増加トレンドがあること、一方でSSTとの年々変動相関は無いことなどを述べた。質疑では、アメリカモンスーンに対する季節内変動の役割についても議論が行われた。

年々変動のレビューはK. M. Lau (米・NASAゴダード宇宙飛行センター) により行われた。ENSOとモンスーン経年変動との関係では、フィリピン海付近の高気圧偏差と夏季アジアモンスーン変動との結びつきが再認識された。また、エアロゾルの効果を含めたNASAの結合モデルの計算結果から、ユーラシア内陸部の春のダストがアジア夏季モンスーンに影響している可能性を指摘した。この点について、大気中の滞留時間がせいぜい数週間程度と考えられているエアロゾルが、夏季モンスーンの期間全体にとってどの程度の寄与をもたらすのかについての議論があった。

B. N. Goswami (インド科学大学) による数十年規模変動のレビューでは、南アジアモンスーン、特に100年以上の気象データが存在するインドの数十年規模変動を中心にレビューが行われた。これまで指摘されている通り、インド夏季(6～9月)降水量に50年程度の周期の変動が存在すること、ENSOとの有意な同時相関が1980年代になって急激に不明瞭になり、これは

過去120年でもっとも顕著であることなどが再確認された。しかしながら、大気場の解析に NCEP-NCAR 再解析データを用いた研究を紹介していたが、この再解析資料の長期的な品質についてはいくつかの問題点が指摘されているため、その信頼性には十分注意する必要があると感じた。

一般講演では、T. Li (米・ハワイ大学) がアジア太平洋域の TBO について、インド洋熱帯域と太平洋熱帯域とのテレコネクションの重要性を指摘した。また井上 (東京大学) は東アジア夏季季節進行について、中国大陸を含む東アジア全体における1980年代以降の梅雨前線帯北上の遅れと、日本の太平洋側における8月後半ごろの高日照化や残暑の長期化に対応する変動傾向を示した。(井上知栄)

9. メソ・総観システム

メソ・総観規模現象について、R. H. Johnson (米・コロラド州立大学)、Y. Ding (中国国家気候センター) による2つの講演が行われた。Johnson はアメリカ合衆国中西部において観測されたメソ対流システムの形態分類を行った結果を示した。この結果は大気中層が乾燥した場における形態分類であり、湿潤なアジアモンスーン域におけるメソ対流システムの研究においても、今後は個々のケーススタディだけではなく、同様の形態分類を行っていく必要があると考えられる。その際、Johnson の講演で示されたように、鉛直シアだけで形態分類を行えるか、他の要素 (例えば水蒸気の鉛直プロファイル) などがメソ対流システムの形態や潜熱加熱プロファイルについて影響を及ぼすか否かについての検討も必要であると思われる。Johnson の講演では、他にも対流活動の日変化や下層ジェットについても予定されていたようであるが、講演時間が十分でなく、これらの内容が割愛されたのは残念であった。

一方、熱帯低気圧については J. C. L. Chan (香港城市大学) による講演が行われた。東アジアや北西太平洋域におけるモンスーン循環の強さやモンスーントラフと台風発生の関係が示された。特に西太平洋やインド洋 (ベンガル湾) において、MJO の活動度と通過時の台風の発生と進路についての解析的な研究は興味深いものであった。(篠田太郎)

10. 物理プロセス

研究過程別に行われた物理プロセスに関するレビューについて、最初に N. C. Lau (米・NOAA/

GFDL) によって、大気海洋相互作用に関するレビューが行われた。話題は ENSO-モンスーン結合系を含めた経年変動が主であり、合成関解析を用いて、ENSO がインド洋 (アラビア海・ベンガル湾) の SST 偏差やフィリピン海の高気圧性循環・SST 偏差を介してアジアモンスーンへ影響を与えるプロセスが示された。特にフィリピン海上の高気圧性循環に関してはその発生・発達過程等などの解説もされた。同様に、アジアモンスーンが ENSO イベントの開始期に与える影響についても示され、筆者も既に読んだ事のある論文が総括されている印象を受けた。また、SST を境界条件にして動かす大気大循環モデルにおけるアジアモンスーン降水量の非再現性も紹介され、大気が海洋に与える影響をモデルに取り込んだ大気海洋結合モデルの必要性が強調された。

続いて、安成 (名古屋大学) によって大気陸面相互作用に関するレビューが紹介された。チベット高原上の積雪被覆によるアルベドの変化と融雪時の土壌水分量の変化がどのような過程を経てアジアモンスーンに影響を与えるかが紹介され、現状としてデータの限界からモデルでの応答実験に依存している点が示された。また、夏季オーストラリアモンスーンの開始時における大気陸面相互作用の役割についても紹介された。いずれのレビューの中でも、大気陸面相互作用のみが重要であると言うよりは、大気海洋相互作用を含めた、大気海洋陸面相互作用の理解が必要である事が強調された。その他、モデルの結果でも重要視されてきている、大陸スケールの植生が地表面のエネルギー収支に対して大きな影響を与える点や、永久凍土の融解・凍結も今後、大気陸面相互作用のプロセス中で考慮すべき要因であることが指摘された。(梶川義幸)

11. 感想など

今回のワークショップ参加が筆者にとって初めての中国であったが、何より西湖を望む景色景観は素晴らしいものであった。会場であるホテルが西湖に面しており、会議の合間の休憩時間や早朝などに、湖の周りを散歩できた時間はなんとも言えず優雅な気分させてくれた。筆者にとって毎回国際会議に出席する際の楽しみが、自分と同じ研究分野の著名な人たち (大御所) に会って議論・会話をすることである。個人的には、今回、自分が学部での3年の時に初めて読んだ英語の論文の著者である T. N. Krishnamurti (米・フロリダ州立大学) に初めて会えた事はもちろん、その事を

話した時に彼が本当に喜んで休憩時間中ずっと話してくれたことは本当に嬉しかった。国際会議における休憩時間中の些細な時間かも知れないが、刺激を受け、新たな研究に対する意欲を掻き立てられる瞬間でもあった。

その他、余談であるが、美味しかった食事、観光記録を差し置いて書きたい話題は、中国での携帯電話の話である。中国では携帯電話が急速に普及しているためか、どうも持っていて、着信音になることが一種の優越感をもたらすらしい。おかげで会議中、中国人の携帯電話の着信音がやたら鳴り響き、発表中に We wish you a merry Christmas が響き渡った教授までいらっしまった。いやはや。(梶川義幸)

今回は自分の不手際で一般講演の申し込みをしないまま参加することとなったが、一般講演にキャンセルが多かったこともあり、飛び入りでの講演希望を申し出たところ、発表させていただけることになった。貴重な発表の機会となり、質疑でも多くの先生からコメントなどをいただき、自分にとって非常にプラスとなった。講演を許可していただいた事務局の方に感謝したい。

会場となった浙江西子賓館は杭州市市街地西方にある観光地の西湖湖畔にあり、周囲には公園や観光スポットが並ぶ素晴らしい所であった。2004年春より日本の航空会社も成田・関西空港から直行便が就航しており、今後は訪れる日本人が増えることが予想される。

現地のレストランなどでは英語が通じないので、中国語で対応するしかなかった。自分は大学の教養学部時に習った中国語と筆談で対応しようとしたが、なかなか意思疎通できない。文字はすべて漢字なので、読む分には大まかな意味は推察できるし、話すほうは単語レベルで頑張ったが、とにかく速くて聞き取れない。中国語をもっとしっかり身につけておくべきだった、と痛感させられた。

なお、井上の本ワークショップ出席の旅費の一部に、科学研究費補助金(特別研究員奨励費)を使用させていただきました。ここに記して感謝の意を申し上げます。(井上知栄)

略語一覧

- ADPC: Asian Disaster Preparedness Center アジア災害予防センター
 AGCM: Atmospheric General Circulation Model 大気大循環モデル
 BMRC: Bureau of Meteorology Research Centre オーストラリア気象局気象研究センター
 CCSR: Center for Climate System Research 東京大学気候システム研究センター
 ENSO: El Niño-Southern Oscillation エルニーニョ-南方振動
 FRCGC: Frontier Research Center for Global Change 地球環境フロンティア研究センター
 GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory 米国地球流体力学研究所
 GCM: General Circulation Model 大循環モデル
 LLJ: Low Level Jet 下層ジェット
 MJO: Madden-Julian Oscillation マデン-ジュリアン振動
 NASA: National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局
 NCAR: National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
 NCEP: National Centers for Environmental Prediction 米国環境予測センター
 NCMRWF: National Centre for Medium Range Weather Forecasting インド中期天候予報センター
 NIES: National Institute for Environmental Studies 国立環境研究所
 SALLJ: South American Low Level Jet 南米下層ジェット
 SST: Sea Surface Temperature 海面水温
 TBO: Tropospheric Biennial Oscillation 対流圏二年振動
 UCLA: University of California Los Angeles カリフォルニア大学ロサンゼルス校
 WMO: World Meteorological Organization 世界気象機関

参考文献

- WMO, 2005: The Global Monsoon System: Research and Forecast, WMO/TD, 1266, 542pp.