

## 熱帯気象・気候予測のための領域モデルに関する 国際ワークショップ報告\*

余田成男<sup>\*1</sup>・斉藤和雄<sup>\*2</sup>・里村雄彦<sup>\*3</sup>・瀬古弘<sup>\*4</sup>  
坪木和久<sup>\*5</sup>・堀之内武<sup>\*6</sup>

### 1. 概要

2006年3月1日から3日までインドネシア・バンドンのシェラトンホテルにおいて、京都大学21世紀COEプログラム「活地球圏の変動解明」(Kyoto University Active Geosphere Investigations for the 21st Century COE Program, KAGI21)の主催により、「熱帯気象・気候予測のための領域モデルに関する国際ワークショップ」を開催した。インド、インドネシア、シンガポール、タイ、フィリピン、ベトナム、マレーシア、ラオス、および日本の9か国から14名の講演者(第1図, 第1表)を招き、地元インドネシアからのポスター発表者、オブザーバーを加えて、約30名規模の参加者となった(バングラディシュからも参加予定者があったが、ビザの問題で直前にキャンセルとなった)。

「メソモデルによる領域天気予報」「領域気候モデルによる長期予測」「メソモデルによる数値実験」の3つのセッションに分け、講演と質疑応答の時間を十分にとって、2日半のプログラムとした。2日目午後はバンドン工科大学(ITB)の地球物理学・気象学教室



第1図 招待講演者の集合写真。会場としたシェラトンホテルの玄関にて。

第1表 招待講演者のリスト(国別, ABC順)。

India	Vijapurapu S. PRASAD (National Centre for Medium Range Weather Forecasting)
Indonesia	Tri W. HADI (ITB)
Japan	Takeshi HORINOUCI (Kyoto Univ.) Kazuo SAITO (Meteorological Research Institute/JMA) Takehiko SATOMURA (Kyoto Univ.) Hiromu SEKO (Meteorological Research Institute/JMA) Kazuhisa TSUBOKI (Nagoya Univ.) Shigeo YODEN (Kyoto Univ.)
Lao PDR	Palikone THALONGSENGCHANH (Department of Meteorology and Hydrology)
Malaysia	Mohan K. SAMMATHURIA (Malaysian Meteorological Department)
Philippines	Josefina C. ARGETE (University of the Philippines)
Singapore	Tieh Yong KOH (Nanyang Technological Univ.)
Thailand	Somchai BAIMOUNG (Thai Meteorological Department)
Vietnam	Kieu Thi XIN (National Univ. of Hanoi)

\* Report on the International Workshop on Regional Models for the Prediction of Tropical Weather and Climate

<sup>\*1</sup> Shigeo YODEN, 京都大学大学院理学研究科。

<sup>\*2</sup> Kazuo SAITO, 気象庁気象研究所。

<sup>\*3</sup> Takehiko SATOMURA, 京都大学大学院理学研究科。

<sup>\*4</sup> Hiromu SEKO, 気象庁気象研究所。

<sup>\*5</sup> Kazuhisa TSUBOKI, 名古屋大学地球水循環研究センター。

<sup>\*6</sup> Takeshi HORINOUCI, 京都大学生存圏研究所。

© 2006 日本気象学会



第2図 ITBで自作のPCクラスターの説明をする Tri Wahyu HADI 博士。この計算機で MM5を用いた実験的数値天気予報を行っている。

に会場を移して、PC クラスターの紹介（第2図）やメソモデルおよび解析ツールのデモンストレーションを行った。プログラムの詳細は、[http://kagi.coe21.kyoto-u.ac.jp/jp/workshop/2005/20060301-0000\\_a.html](http://kagi.coe21.kyoto-u.ac.jp/jp/workshop/2005/20060301-0000_a.html)にある。

数値モデル・解析データの公開、計算機能力の飛躍的向上、およびインターネットの普及により、メソスケールモデルを用いた予報実験がこれまでよりも簡単に行えるような時代となってきた。次節以降の日本からの参加者（50音順）の報告にも繰返し述べられているが、東南アジアの各国でもそのような取組みが進んでいる。しかし、研究者間で十分に連絡が取り合えているとは言い難く、それぞれが独自に予報実験研究をすすめているのが現状である。

昨年、ポストンで開かれたアメリカ気象学会「第15回大気・海洋流体力学に関する会議」の折に、シンガポール南洋理工大学の Tieh-Yong KOH（許 智揚）博士とそのような現状認識を共有し、東南アジア諸国を中心とした研究者が情報交換し連携して予報実験研究を進めていけるような繋がりができないか話し合った。まずは、本年（2006年）7月にシンガポールで開催される第3回 AOGS 年会で ‘Applied Mesoscale Numerical Weather Prediction in Southeast Asia（東南アジアにおける応用メソスケール数値天気予報）’ のセッションを呼びかけているところだが、大規模な国際会議よりもじっくりと議論ができるようにと KAGI21主催の国際ワークショップを企画した。数年前に京都大学で学位を取得した Tri Wahyu HADI 博

士が ITB 勤務で、やはりメソモデルを用いた予報実験研究を始めており、彼に地元の世話役となってもらって今回の研究集会の準備を進めた。彼らのような東南アジアの有為の若手研究者が中心となり連携して研究を推進していけば、この地域の数値天気予報研究や熱帯気象学は新たな局面を切り開いていくことになるであろう。

いまの時代展開が進めば、これからの5年10年で東南アジア域の気象学研究は大きな変革を遂げるに違いない。その過程において関連実績の豊富な日本の気象学コミュニティが積極的に関わっていければ、国際社会において名誉ある地位を占めることができると思う。KAGI21の活動もそのような一助になればと汗を流していく覚悟である。

（余田成男）

## 2. ワークショップ所感

小職は初日に ‘The JMA Nonhydrostatic Model—application to multi-scale researches and the operational NWP—’ の演題で気象庁非静力学モデルの紹介を行い、2日目にモデルのデモを行った。現在、東南アジア各国の研究者は領域モデルとして MM5や WRF などの米国製モデルを利用することが多いが、彼らは必ずしもこれらのモデルを使い続けることに満足してはいないようで、気象庁モデルに対する関心はかなり高かった。特に、積雲対流パラメタリゼーションについて、日本付近のメソ対流系やそれに伴う豪雨について、オリジナルの Kain-Fritsch スキームの表現は不十分で、海洋性暖湿気団が卓越する暖候期の日本に合わせたチューニングが必要であったことについて、帰国後も含め多くの質問が寄せられた。NHM のデモにおいては、ITB のワークステーションにモデルを移植して動かして見せることも検討したが、海外研究者へのモデルのオープンな貸与はまだ制度として確立していないということで、パソコン版 NHM を中心とした紹介にとどまらざるを得なかったのはやや残念であった。小職のデモの後、ITB の Hadi 講師が MM5と WRF のデモを行った。WRF では、ユーザーがワークステーション上のマウスドラッグの操作だけで計算領域の指定ができるなど、NHM にもあれば良いなと日頃想像していた形のユーザーインターフェースが用意されていた。

ベトナム気象庁ではドイツ気象局の全球モデル GME の 40 km 格子の予報値を境界条件にしてドイツ

気象局の静力学領域モデル HRM を運用している。ハノイ大学 Xin 教授に話を伺ったところでは、台風進路予報を含む熱帯域の予報は、GME の予報よりも気象庁全球モデル GSM の予報の方が良いことをご存知で、領域モデルの側面境界条件として、本当は気象庁モデルの予報を使いたいと考えているとのことであった。このような認識はタイ気象庁からの参加者も同じであった。現在気象庁では、韓国気象庁と香港天文台以外には、明確な形では数値予報業務の連携をおこなっておらず、領域モデル境界条件のための高解像度全球モデル GPV の提供も行っていないが、潜在的なユーザー要望はかなり大きいと感じた。現在の状況は、気象庁にその気があれば、境界条件とセットで非静力学メソモデルを東南アジア各国に提供することにより、この地域における国際協力に大きく貢献し、指導的立場を確立する良いチャンスのように思われた。

東南アジア研究コミュニティにおける米国製汎用モデルの席捲は憂慮すべき事態だが、このようなユーザー側の要望が大きいだけに、手をこまねいていれば、数年後には中国や韓国がこの地域における指導的立場を一気に確保してしまうのではないかと、という危惧を抱いた。気象庁では先進予報センターとは人的交流などを積極的に行っているが、東南アジアなどの気象機関や研究機関に対する協力は現時点では十分とは言えない。これらの国への協力関係の推進については短期的なメリットにばかり捉われるのではなく、より長期的な視野に立って判断して行くことが望ましいのではないかと、という思いを強くした。

(斉藤和雄)

### 3. 観測資料の共有化について

今回のワークショップで印象に残ったのは、モデルの検証を自国の観測資料のみで行っている例が散見された事である。日本のように国の周りを海洋で取り囲まれている場合はそれでも大きな不自然はないが、インドシナ半島各国は国境を陸上で接して並んでいる。発表で使われたモデルの領域はインドシナ半島を問題なく含む広さであることを考えると、自国の観測のみと比較してモデル結果を議論するのは不毛なものとは映った。しかし、国境を接しているとはいっても他国の観測資料を便利な形で直ぐに利用できる環境ではないことも事実である。日本を含め、今回参加した各国での今後の数値モデル利用・開発能力の発達には、最新のモデルが手引きや種々の計算機に対応した

Makefile の添付など使いやすい形で提供されると共に、必要な検証資料が必要ときに自由に使えることも大事な要素と考える。他国の資料を使って検証している例もあったが、アメリカの大学のサイトで公開している抜けの多い資料であったりした。アジアの研究者がアジアのデータを見つけるのがアメリカであるというのも、不健全な気がする。少なくともアジア各国の種々の生観測資料を、リアルタイムでなくて良いので収集し公開（提供）を行うアジア内での組織的な活動の必要性を強く感じた 3 日間であった。

(里村雄彦)

### 4. キーワードは“水蒸気”と“情報交換”

今回のワークショップは、私（瀬古）が参加した東南アジアでの初めての会議であった。ワークショップ会議での各国の研究者の発表を聞いて、東南アジアの多くの国々で NCAR 等が開発した MM5 が現業・研究用に使われているという現状を実感した。「メソモデルによる領域気象予報」のセッションでは、気象研究所の斉藤和雄室長から、水蒸気の多い大気が卓越する暖候期の日本付近のメソ対流系の予報のためには Kain-Fritsch スキームのチューニングが必要だったという報告があり、それを受けて、京都大学の余田成男先生から、“湿った気候である日本で開発された数値モデルの方が熱帯域の予報により適切ではないか？”という問題提起があった。本ワークショップでは、斉藤室長や名古屋大学の坪木和久先生が CReSS や JMANHM を紹介し、東南アジアの研究者から、それらを使ってみたいという声があがっていた。今後、これらのモデルが、東南アジアの方の数値モデルの選択肢に加われば、彼らの研究がより発展するのではないかと期待している。

また、シンガポールの Koh 博士は、熱帯域の予報には、水蒸気分布を正しく知ることが重要であると主張していた。私が水蒸気の鉛直プロファイルの情報を所持 GPS 掩蔽データの同化実験の結果を報告したところ、彼を含め東南アジアの研究者から、掩蔽データの取得法などの質問が寄せられた。京都大学生存圏研究所の津田敏隆先生が研究代表者である地球観測システム構築推進プラン「GPS 掩蔽による気温・水蒸気変動解析」では、CHAMP などの LEO 衛星で観測された掩蔽データから、水蒸気や気温の鉛直プロファイルをより下層まで正確に推定する研究が行われている。私は同データの同化を担当している 1 人である

が、本研究が東南アジアの研究者にも望まれているのだと、上記のプロジェクトの意義を確認すると共に、モチベーションが強まるのを感じた。

東南アジアの研究者の方の発表に関しては、里村先生と同様、必ずしも観測データの情報交換が十分に行われていないと感じた。上記のような数値モデルの情報を含め、情報や意見を交換できる場が作れると良いと思う。

最後に、本ワークショップに招待していただいた余田成男先生や KAGI21 の皆様、インドネシアのバンドン工科大学の Hadi 先生、local committee の皆様に深く感謝します。

(瀬古 弘)

### 5. 東南アジアにおけるモデル利用の模索

東南アジア各国で数値モデルを利用した研究や気象予測が始まりつつある。それはまさに模索の段階にあるが、その時期に KAGI21 の枠組みでこのワークショップが開かれたことは、参加した各国の研究者にとっても我々にとってもたいへん意義深いものであった。モデル利用に向けた積極的な姿勢はどの国にも共通していた。このワークショップによって東南アジアの参加国と日本との間にモデル利用についての一歩の道が開かれたような印象を受けた。それはこれまでこのような本格的なモデルのワークショップによるアジアの国々の情報交換がほとんど行われてこなかったからである。東南アジアにおけるモデル利用には、京都大学の教育的貢献と KAGI21 の貢献をのぞくと、残念ながら日本からの貢献がほとんどない。利用されるモデルはすべてが米国の MM5/WRF や欧州のモデルである。長期再解析として ERA-40 を利用するが、JRA-25 は知られていなかった。我が国には気象庁気象研究所の齊藤さんと瀬古さんが報告されたように洗練された非静力学モデルとデータ同化法がある。台風という大きな問題を共有し、豪雨の量的予測が急務であるようなアジアの国々にとって、それらの日本の技術を利用できないのは甚大な損失である。一方でそれは日本にとっても国際貢献という面から同じだけの大きな損失をしているといえる。モデル利用の模索が始まった今こそ、日本は東南アジア各国にその面でも貢献をするときである。このワークショップはその出発点となりうるもので、ここで開かれた道をより太いものにしていかなければならない。そのためにはモデルやデータの提供をはじめとして、それらの利用法の技術指導

など具体的な行動が必要で、またそれを可能にする枠組みをつくることが不可欠である。KAGI21 で始められたこのような内容のある情報交換を継続していくことも重要である。そのことを強く認識させられたこのワークショップは、私自身にとっても非常に意義あるもので、これに招待していただいたことを深く感謝いたします。

(坪木和久)

### 6. 東南アジアにおける数値予報の試み

本研究会は日本および東南アジア諸国の招待講演者の発表により構成された。オープニングでは余田氏が数値予報の歴史を紐解いた上で、低価格な計算機の発展のおかげで数値予報や気候予測計算が先進国だけのものとなりつつある現状について説いたのが印象的であった。東南アジアの参加者からは、様々な領域気象計算や数値予報に関する発表が行われた。現業で数値予報を行っている国は少ないが、多くの国で試験的な研究が行われていることが印象的であった。用いられたモデルは、ほとんどが MM5 か WRF である。現業で数値予報しているタイでも、サポートに費用がかかるなどの問題から、かつて移植を受けた UKMO モデルから MM5 への乗換えを検討しているとのことであった。アジア内での協力の強化をテーマとした会ではあったが、影の主役は米国になりつつあるような印象を受けた。ただし、かつてドイツなどで学んだハノイ大学の Xin 氏のグループは、ドイツから移植された数値予報システムを用いてデータ同化などの試みを精力的に行っており、内容も印象的であったが、人のつながりの重要性の示す好例であるようにも思えた。今後、日本の気象研究コミュニティを巻き込みながら、気象庁のモデルがアジアの国々で使われるようになれば、大きな国際貢献となるだけでなく、特に熱帯において良いフィードバックのかかる関係が築けるのではないかと思わされる会であった。その点、気象庁の NHM の開発を主導した齊藤氏が講演されたのは意義深かった。実際、参加者の住むアジア域で数値予報を行いながらパラメタリゼーション等を改良してきた経緯等に触れた講演には、多くの参加者から気象庁 NHM やその一部の利用に関し興味や質問が寄せられた。

(堀之内 武)

## 略語一覧

AOGS : Asia Oceania Geosciences Society アジア・大洋州地球科学学会, <http://www.asiaoceania.org/index.html>

CHAMP : ドイツの地球科学衛星, [http://www.gfz-potsdam.de/pb1/GASP/GASP2/CHAMP/index\\_champ.html](http://www.gfz-potsdam.de/pb1/GASP/GASP2/CHAMP/index_champ.html)

CRSS : Cloud Resolving Storm Simulator 雲解像ストームシミュレータ, <http://cf.tokyo.rist.or.jp/CRSS.top.html>

ERA-40 : ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast) Re-Analysis ヨーロッパ中期天気予報センター再解析データ, <http://www.ecmwf.int/research/era/>

GME : Global-Modell GME ドイツ気象局の全球大気モデル, <http://www.dwd.de/de/FundE/Analyse/Modellierung/model.htm>

GPS : Global Positioning System 全地球測位システム

GPV : Grid Point Value 格子点値, 特に気象庁数値天気予報の格子点値

GSM : Global Spectral Model 気象庁全球スペクトル

## モデル

HRM : High Resolution Model ドイツ気象局の高分解能領域モデル, ホームページは GME と同じ

ITB : Institut Teknologi Bandung バンドン工科大学

JMA : Japan Meteorological Agency 気象庁

JRA-25 : Japanese Re-Analysis 25 years 日本長期再解析データ, <http://www.jreap.org/index.html>

LEO : Low Earth Orbit 低高度軌道

MM5 : The Fifth-Generation National Center for Atmospheric Research/Pennsylvania State University Mesoscale Model 第5世代 NCAR/PSU メソスケールモデル, <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/>

NHM : Non-Hydrostatic Model 非静力学モデル

NWP : Numerical Weather Prediction 数値天気予報

NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター

UKMO : The United Kingdom Met Office 英国気象局

WRF : The Weather Research and Forecasting Model 次世代メソスケール数値天気予報モデルシステム, <http://www.wrf-model.org/index.php>