

コロラド州立大学大気科学共同研究所 (CSU/CIRA) 訪問記*

別所 康太郎*¹・山田 広幸*²・益子 渉*³・茂木 耕作*⁴

1. はじめに

2006年10月30日(月)に米国コロラド州フォートコリンズ市にあるコロラド州立大学 (CSU) 大気科学共同研究所 (CIRA) を訪問し、講演および情報交換をおこなってきた (第1図)。これは、翌日から同じくコロラド州ボルダー市にて開催された第5回メソ気象と台風に関する国際会議 (ICMCS-V) (吉崎ほか, 2007) にあわせて訪問したもので、わずか1日のみであったが、参加した当人たちには実りの多い時間となった。本報告では、CIRA の紹介と講演内容、およびその後に行われた議論について述べる。

2. CIRA

CIRA を紹介する前に、まず CIRA が設置されている CSU 大気科学部について手短かに触れておく。CSU 大気科学部は学部長の Rutledge 教授を筆頭に13名の教官と多数の研究者をそろえ、あらゆる気象分野を網羅する研究・教育体制を維持している。また、CSU の愛称「RAMS」を冠した地域気象モデルでも有名である。フォートコリンズ市内にそのキャンパスを持つが、CSU のメインキャンパスが市内のど真ん中にあるのに対し、大気科学部は車で西に進むこと10分の山裾に位置している。近年は CloudSat 衛星のデータ配布とその研究のための資金や、大気化学のための資



第1図 CIRA の Demaria 博士らとの集合写真、左から順に Schumacher 氏、Knaff 博士、別所、Zehr 博士、DeMaria 博士、茂木、益子、山田。

金を獲得し、本部ビルに加えてそれぞれの研究棟を増築している。今年になって気候学のための資金も獲得し、新たにビルを建てるそうで、学部全体が活況を呈していることがわかっていく。

その大気科学部のキャンパスに隣接して設置されているのが CIRA の建物である。CIRA は CSU と米国海洋大気庁 (NOAA) が共同で設立した研究所で、衛星気象学や気候学、予報技術開発や雲物理学に力を入れている。研究者は総勢146名 (兼業含む) で、所長は衛星気象学、大気放射学で著名な Vonder Harr 博士である。NOAA からは資金だけでなく人も出ており、NOAA 傘下の米国環境衛星データ情報サービス (NESDIS) の地域およびメソ気象部門 (RAMMB) の6名が NOAA 所属となっている。RAMMB のチームリーダーが、今回の訪問で受け入れ先になっていただいた DeMaria 博士である。大学と現業官庁の共同研究所は CIRA の他にも、ウィスコンシン大学と NOAA との共同研究機関である気象

* Visit to Cooperative Institute for Research in the Atmosphere in Colorado State University (CSU/CIRA).

*¹ Kotaro BESSHO, 気象研究所.

*² Hiroyuki YAMADA, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター.

*³ Wataru MASHIKO, 気象研究所.

*⁴ Qoosaku MOTOKI, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター.

衛星学研究所 (CIMSS) などがある。CIRA では研究だけでなく、CSU 大気科学部の大学院生教育も行っている。その一方、CIRA の研究者であるが Ph.D. を持っていないものは、大気科学部で博士課程を受講するなど、隣同士のメリットを相互に享受しているようだ。もちろん、大気科学部の教官・院生との共同研究やセミナー、勉強会なども盛んである。また、当然ながら NOAA からの要請を受けて行われている研究も多く、研究成果が比較的短期間で現業に反映される点も CIRA の特色である。さらに RAMMB では、NOAA の予報官向けに VISIT という衛星画像解析の通信教育も担当している。

気象庁や気象研究所と大学との共同研究はしばしば行われているが、共同の研究機関は存在しない。数値予報の黎明期には気象庁本庁と東京大学の間で活発な人の交流があったと聞いているが、共同研究機関などはなかったはずである。気象研究所も数年後に独立法人化されるが、その後は、気象研究所を媒介にした大学と現業機関との CIRA のような共同研究機関というものを考えてみてもよいのではないだろうか。

3. セミナー

CIRA でのセミナーについては、別所が DeMaria 博士に連絡を取って、開催していただくことになった。30日の9時30分から11時まで、1人あたり20分ちょっとの発表時間をいただいた。最初に別所が、衛星センターで行われている早期 Dvorak 解析の結果と JRA-25データから台風が発達したクラウドクラスターと発達しなかったクラスターの構造の差異について述べた。また、改良型マイクロ波探査計 (AMSU) の観測結果から、温暖核を抽出することにより、台風へと発達するクラスターを判別できる可能性について示した。

次に益子は、台風0422号に伴う関東南部で生じた進行方向後面左側の強風について、観測結果や数値実験の結果から、“gap flow”と同様な構造、メカニズムであったことを示した。

山田は、はじめに中国とアメリカの大陸平原上で発生する夏の大雨について、両者には総観場や陸面状態、そして日周期の特性に類似性があることを、過去の研究を引用して示した。続いて、中国大陸上の集中豪雨に関する非静力学雲モデルを用いた数値実験の結果を示し、停滞前線の南側に広がる晴天域での陸面加熱が、前線上での潜在不安定な環境場を深夜まで維持

させ、メソ対流系による大雨の持続に寄与していることを強調した。

最後に茂木が、2004年6月27日に東シナ海で実施した航空機観測のデータを用いて、梅雨前線帯には複数の前線構造が存在していることの観測的証拠を示した。この解析に基づき、南下していく古い前線の北側で新しい前線が形成されて前線の世代交代が起こり、それによって梅雨前線帯があたかも停滞しているかのように見えている場合がある、という仮説を提示した。

聴衆は RAMMB のメンバーを中心に、大気科学部の Johnson 教授など20名程度であった。質問やコメントを活発に出していただいたため、予定時刻を30分ほど超過した。

4. 議論等

講演後に、個々の研究者からそれぞれの研究の紹介をしていただき、個別に議論等を行った。

Andrea Schumacher 氏からは CIRA で開発した熱低の発生確率情報について紹介していただいた。これは DeMaria 博士と CIRA の研究者である Knaff 博士によって開発されたもので、気候値と NCEP の解析値、米国の静止気象衛星 GOES の水蒸気画像から 5度×5度の格子毎の熱低の発生確率を求めるものである。すでに北大西洋と北東太平洋におけるハリケーンについては開発が完了し、NOAA での現業運用に移っている。今後は北西太平洋に領域を移し、Schumacher 氏を中心に台風についてプロダクトの開発を行うとのことであった。熱低発生確率情報については、下記のホームページを参照して欲しい。

<http://rammb.cira.colostate.edu/projects/gparrm/genesis.asp>

次に CIRA で現在最も力を入れているといっても過言ではない、CloudSat のデータ処理と配布について、担当の Partain 氏から説明を受けた。CloudSat は2006年4月に NASA により打ち上げられた極軌道衛星であり、94 GHz 帯の周波数を持つ雲レーダーを搭載している。能動型のレーダーとしては、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の降水レーダー (PR) がよく知られているが、PR が降水からの反射因子を受信するのに対し、雲レーダーは文字通り、雲粒からの反射因子を受信する。このため、CloudSat の観測データから、雲水量や有効粒子半径といった雲物理量を求めることができる。データ処理と配布作業はほぼ自動化さ

れており、人気のない作業室でサーバーにデータが蓄積され、保存版のDVDが延々と作成されるところも見せていただいた。衛星直下の鉛直プロファイルしか観測できない難はあるが、上手に利用すれば、面白いものが抽出されるであろう。CloudSatについての詳しい説明は、下記のホームページを参照して欲しい。

<http://cloudsat.atmos.colostate.edu/>

CloudSatの説明後、毎日15時から30分程度行われている熱低と米国の天気の情報に参加させていただいた。ちょうど台風0619号Cimaronがフィリピンを通過するタイミングで、MTSATの画像などを用いて、その眼の構造などを論じあっていた。また、当日はコロラド上空を寒冷前線が通過しており、その時の様子などもGOESの画像などから議論を行っていた。気象研究所台風研究部でも2006年から台風について15時から会報を行っているが、衛星画像と共に予報結果も参照している。CIRAでは主に衛星画像のみで、予報結果はほとんど参照していないのが、意外であった。RAMMBで見ている衛星画像はウェブにも掲載されている。興味のある方は下記のリンクのホームページを見て欲しい。

<http://www1.cira.colostate.edu/RAMM/rmsdsol/TROPICAL.html>

さらに上述のKnaff博士と、台風域内における風速分布について議論をした。台風域内の風速分布についてはAtkinson and Holliday (1977)をはじめとして、多くの先行研究がある。Knaff博士は現業でよく使われている風速と中心気圧の関係式を再検討したとのことである(Knaff and Zehr, 2007)。現業関係者からの反応を期待しているそうである。

また、Zehr博士とも台風の発生や衛星観測について議論した。特にGOESによるRapid Scan Operationについて、米国の実情をうかがった。Rapid Scanとは、通常15分毎の観測に加えて、7.5分毎(Rapid Scan Operation: RSO)や1分や30秒毎(Super Rapid Scan Operation: SRSO)に行うGOESによる高頻度観測である。NOAAでは、ハリケーンや大陸上の顕著現象に対して、予報官の要請を受けて現業的にRSOが行われ、実況監視に利用されているそうである。その一方、SRSOによるハリケーン観測はまだ研究段階で、デモンストレーションに留まっているとのことであった。日本の気象衛星ひまわり7号もこのSRSOと同様の機能を持っており、日本でも早期に利用手法の開発に取り組む必要がある

と感じた。RAMMBによるRSOのリアルタイム画像表示ホームページは下記を参照。

<http://www1.cira.colostate.edu/RAMM/Rmsdsol/RSOMAIN.HTML>

また、日本の気象庁によるSRSOの紹介は以下のホームページを参照のこと。

<http://www.data.jma.go.jp/obd/sat/data/web/rapid.html>

山田と茂木は、講演後に大気科学部のJohnson教授と、博士課程に在籍するRuss Schumacher氏の4人で、メソ対流系の発達機構について議論した。ちなみにRuss Schumacher氏と前述のAndrea Schumacher氏は(若い)ご夫妻である。Schumacher氏は、夏季の米国中西部における大雨の特徴と、それをもたらすメソ対流系の構造と環境場について調査を行っている。山田は、夏の大雨に陸面加熱が効く点については、中国だけでなく陸面が割と湿潤な米国中～東部の平原においても共通しているはずだ、という質問をしたところ、彼らはそのような視点で調べたことはなかったが、その可能性はあるので今後調べてみたいと述べた。その後、Schumacher氏からバックビルディング型降雨バンドに関する最新の数値実験結果を見せてもらい、上流側に対流セルが次々と形成される過程には、どうやら重力波が関係していそうだと、という興味深い見解を聞かせてもらった。Johnson教授の多忙なスケジュールの関係で1時間程度しか時間が取れなかったが、有意義な議論ができたと感じた。

5. 雑感

小職は2002年から2003年まで、このCIRAに滞在し、DeMaria博士はじめRAMMBのお世話になっていた。3年ぶりに訪れたFort Collinsは何もかも懐かしく、楽しく過ごした日々を思い出させてくれた。それでもCIRAや大気科学部のキャンパスには、3年前にはなかったビルが建っていたり、大学前の大きなホテルの経営母体が変わっていたり、何よりあの頃共に過ごした日本人家族の皆さんがほとんど帰国されていたりと、過ぎ去った月日確かめる旅でもあった。次に訪れる時は、家族も連れて行きたい。

(別所康太郎)

山田にとってCSUは初めての訪問だったが、フォートコリンズは魅力のある街だと感じた。高台にあるCIRAは、西にロッキー山脈、東に大平原が眺望できる広々とした所にあり、街までは渋滞のない田

舎道を車で10数分走れば着く。街には地ビール「Fat Tire」を生産する醸造所があり、レストランやパブで旨いビールが頂けるし、街の道路のど真ん中にひかれた線路の上をけたたましい汽笛とともに過ぎ去る長大な貨物列車を眺めることも出来る。酒飲み鉄道オタクにとっての見所が散りばめられたこの街は、再訪の価値がある。今回は、街の東にあるCSU所有の「CHILLレーダー」も見学してみたい。(山田広幸)

CIRA訪問中に寒冷前線が通過するという貴重な体験をした。内陸の乾燥地帯だけに降水は伴っていなかったが、それまでのポカポカ陽気から一気に真冬の気温となり、長旅の疲れもあってすぐに体調を崩し風邪をひいてしまったのが残念であった。(益子 渉)

茂木にとっては、今回が初めてのアメリカ大陸上陸経験であり、風景や気候、街や研究所の雰囲気など全てがとても新鮮であった。発表では、あるいは緊張するかもしれないと思っていたが、DeMaria博士をはじめRAMMBの方々の暖かい雰囲気の中でリラックス

スして話すことができた。こちらに一度滞在するとなかなか帰りたくなくなる、とよく言われるそうだが、街や風景の美しさだけでなく、研究所の方々の雰囲気も含めて帰りたくないと思わせる魅力が確かにあり、是非また訪れたいと思った。(茂木耕作)

参 考 文 献

- Atkinson, G. D. and C. R. Holliday, 1977: Tropical cyclone minimum sea level pressure/maximum sustained wind relationship for the western North Pacific, *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 421-427.
- Knaff, J. A. and R. M. Zehr, 2007: Reexamination of tropical cyclone wind-pressure relationships, *Wea. Forecasting*, **22**, 71-88.
- 吉崎正憲, 加藤輝之, 柳瀬 亘, 楠 研一, 林 修吾, 別所康太郎, 沢田雅洋, 茂木耕作, 上田 博, 山田広幸, 益子 渉, 2007: 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, *天気*, **54**, 705-710.