

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成13年度採択研究代表者

中村 健治

(名古屋大学地球水循環研究センター 教授)

「湿潤・乾燥大気境界層の降水システムに
与える影響の解明と降水予測精度の向上」

1. 研究実施の概要

大気境界層は海洋・陸面や乾燥域・湿潤域で異なり、さらに陸面でも地形、土壌水分また植生により変化している。本研究では、アジアの湿潤域と乾燥域の境となる領域において大気境界層が降水システムに与える影響とそれが中緯度アジアの水循環へ与える影響を研究する。さらにこの結果を踏まえ、降水予測精度の向上や人為的地表面改変が将来の降水分布・水資源に与える影響等の予測のための解析等を行う。

南西諸島においてはドップラレーダまたゾンデの集中観測による降水システムの観測、また独立行政法人情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターの偏波ドップラレーダによる大気境界層の観測を行った。後者では大気境界層上端の乱流構造の観測に成功した。

中国観測は引き続いて行われた。停電等のトラブルはあったものの多量のデータが蓄積され、それらから地表面状態の変化と大気境界層（大気混合層）の発達との関係を示唆するデータが得られた。

モデル研究は遅れていたが、簡単な条件下でのLarge Eddy Simulation (LES)による結果が出始めた。広域データ解析、衛星データ解析は順調に進展しているが、未だ現地観測との対応までは至っていない。

もっとも大きな課題は、各班の研究内容の関連である。各班の成果はプロジェクト会合を通じて互いに把握しているが、その研究内容の連携、特に「降水システムと大気境界層の関係」というテーマについての連携が弱い。大気境界層本体、降水システム本体、乾燥過程のモデル、広域の実態、などほぼ材料は揃ってきたが、降水システムと大気境界層の同時観測データが未だ不足である。この点は、中国におけるデータが主要となるが、沖縄におけるドップラレーダの観測にも大きな期待を持っている。

局所的観測結果の理解は、中国観測、沖縄観測、そしてモデルによる検討により進展させることができよう。晴天時の大気境界層の形成、そして降水システムの開始による境界層の消滅、降水システムの終了にともなう境界層の再形成、それらの日変化への同期、中層大気の乾燥・湿潤と降水システムの発達、などが目標となろう。広域解析との関連では、大気境界層と降水システムとの関係が、湿潤域の拡大縮小に本質的役割を果たすのか否か、

が大きな目標である。

2. 研究実施内容

本年度は、中国国家気象局との合同ワークショップ、南西諸島における集中観測、中国国家気象局との共同研究による梅雨期の集中観測、会合、打合せを行った。

南西諸島における観測

南西諸島付近における梅雨前線内の降水システムの内部構造を調べるために、CREST・H14年度採択岡本チームと合同で、沖縄本島の勝連町と宮古島平良市北部にドップラレーダを設置し、2003年に引き続き2004年5月13日～6月6日にかけて連続観測を実施した。同期間中に、大気鉛直構造を調べるために、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）沖縄亜熱帯計測技術センター・大宜味大気観測施設にて6時間ごとのラジオゾンデ観測とともに、ウィンドプロファイラレーダ観測を行った。また、同センター・恩納大気観測施設にて偏波ドップラー降雨レーダ（COBRA）観測を行った。

本観測においては、NICTの偏波ドップラー降水レーダ（COBRA）とドップラレーダとのデュアル・ドップラレーダ解析で、2003年5月24日の線上降水システム内の三次元気流を計算し、梅雨期の南西諸島周辺における降水システムの発生・発達に果たす湿潤な下層大気の影響を明らかにした。宮古島のドップラレーダ観測では、梅雨期における台風の目の構造を観測することができた。また2004年8月31日にCOBRAで晴天エコーを観測することができた。

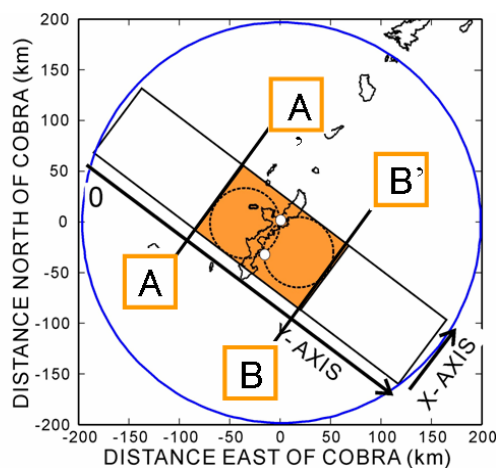


図1：観測領域

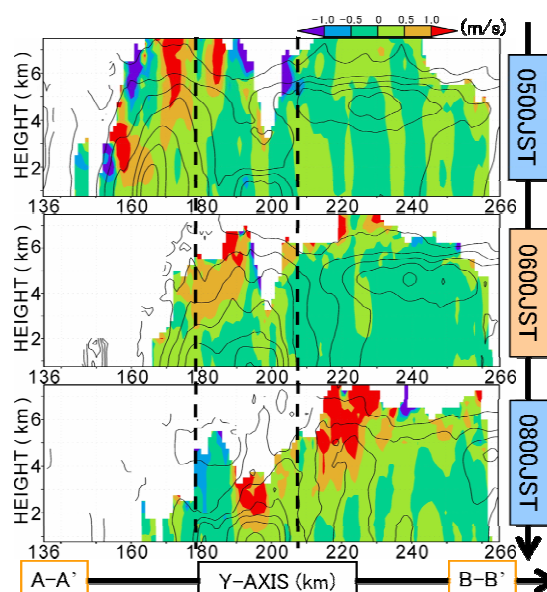


図2：X-軸方向に平均した反射強度（コンター）と鉛直速度（カラーシェード）の鉛直断面図の時間変化

Time-Height Cross Section (Refractive Index [N unit])

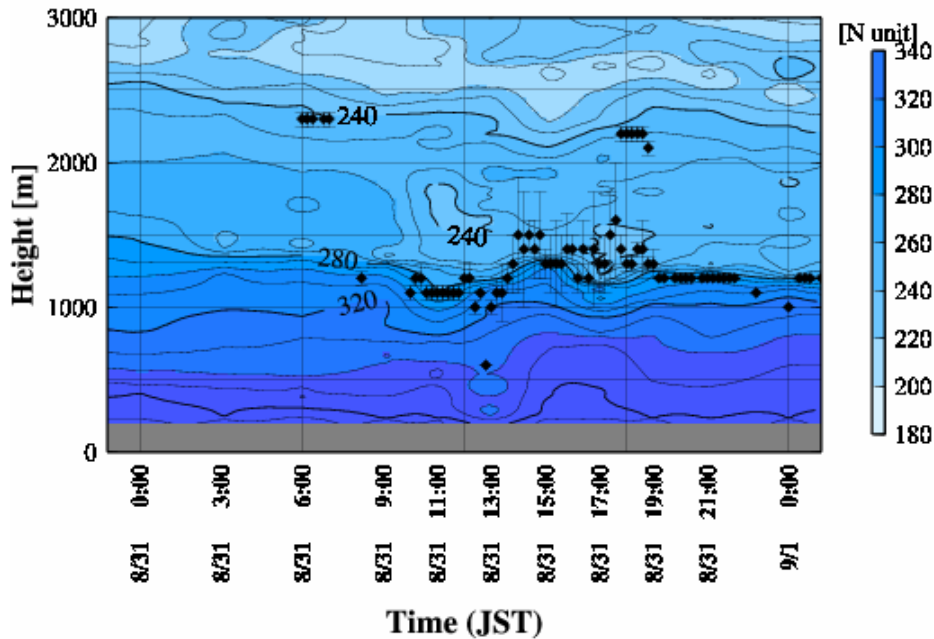


図 3 : COBRAで観測された晴天エコー高度 (◆) とゾンデ観測から得られた屈折率 (color map) の勾配が大きい高度が一致した (2004年8月31日)

中国における観測

中国安徽省寿県気象局、肥西気象局、肖県気象局内において、2003年8月より大気境界層 (ABL) モニタリングが開始され現在も継続中である。2004年梅雨期前後の5月24日～7月16日にかけて、寿県気象局内観測地において地表面状態の調査を含む集中観測を行った。

2004年集中観測で得られた植生高、葉面積指数、灌漑水位、および、日射の放射反射率 (アルベド) から地表面状態の変化が明らかになった。本期間中に見られた大気水蒸気濃度の増加は、灌漑による地表面の湿潤化、および、地表面からの水蒸気供給の増大がその一因である可能性が示唆された。各地表面状態について、代表的と思われる晴天日5日について、地表面フラックスの日変化とウィンドプロファイラレーダによるエコー強度の時間高度断面を見ると、日中の顕熱フラックスと潜熱フラックスの大小関係に着目すると、小麦の刈り入れ前の5月22日は、いずれも同程度の規模で、日射量の変化と対応した日変化を示した。裸地となった5月31日と6月3日は顕熱フラックスが潜熱フラックスを上回り、灌漑により地表面が湿潤となった6月中旬を境として、6月22日と7月3日はその大小関係が逆転し、顕熱フラックスが非常に小さくなった。一方、乱流強度の指標であると考えられるウィンドプロファイラレーダエコーから、対流混合層の構造と変化が読み取られた。混合層上端の高度をABL高度とみなすと、地表面が乾燥し、顕熱フラックスの大きな5月31日に2200mと非常に高いABL高度が観察された。一方、顕

熱フラックスがほとんど検知されなかった7月31日にも同程度までの高度のABLが観察された。これらの観測結果から、今後の解析課題が整理された。

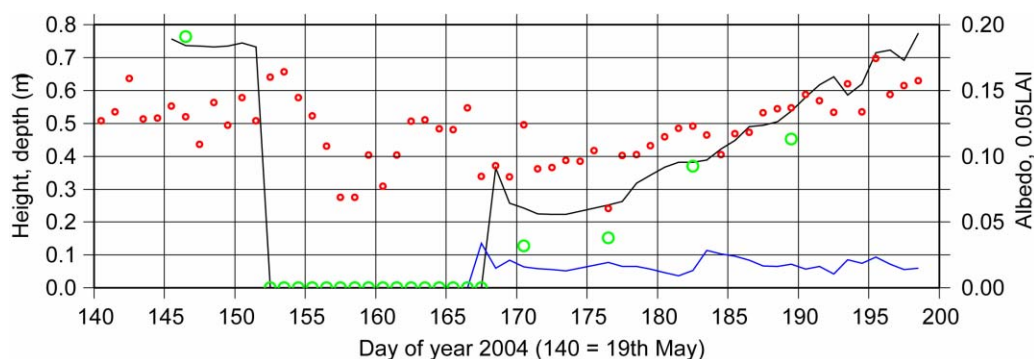


図4：2004年集中観測期間の植生高（黒線）、水深（青線）、アルベド（赤丸）、LAI（緑丸）の変化

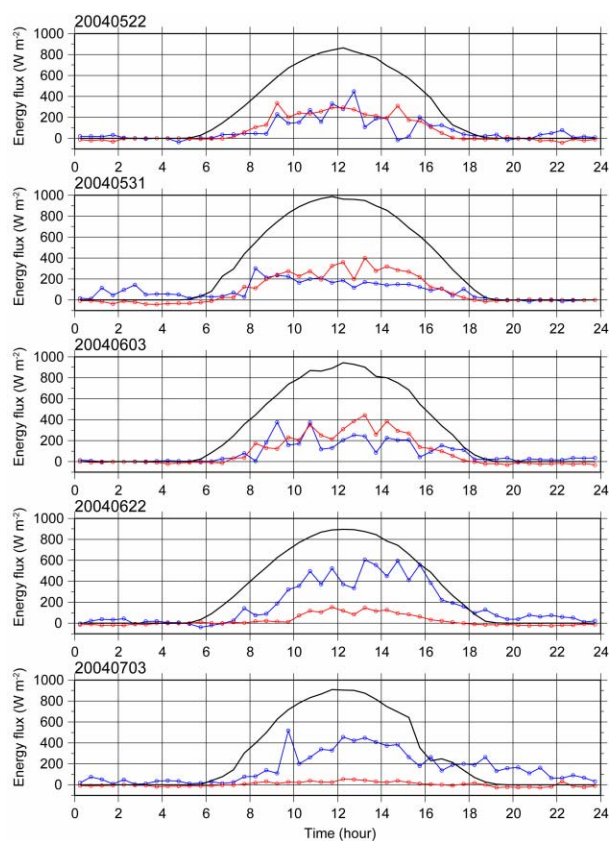


図5：代表的な晴天日における日射量（黒線）、顕熱フラックス（赤）、潜熱フラックス（青）の日変化

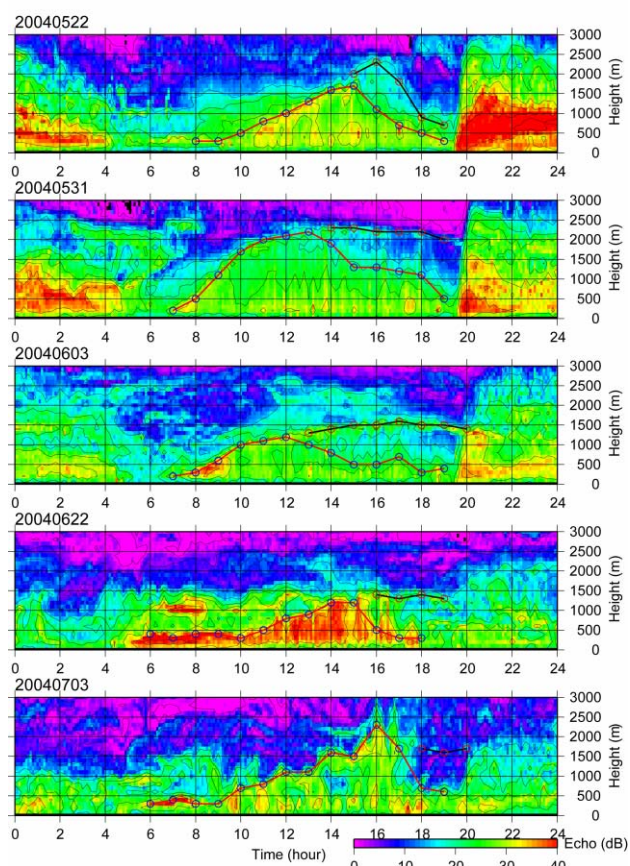


図6：図2と同じ日のウィンドプロファイラレーダにより観測されたエコー強度の時間高度断面図（図中にABL高度を示した。青丸+赤線：混合層上端高度、赤丸+黒線：残余層上端高度）

モデル

モデル研究はもっとも遅れていたが、単純地表面上の湿潤過程を含まない単純な条件下ではLESにより混合層の発達についてある程度の結果が出てきている。

広域解析

熱帯降雨観測衛星TRMMに搭載された降雨レーダPRとマイクロ波観測装置TMI、可視・赤外放射計VIRSに加え、GMSとNOAAの可視・赤外放射計VISSRとAVHRR、DMSPのマイクロ波放射計SSM/I等で観測されたデータを元に、各センサーの特性を生かし、降水分布の三次元構造と短期長期変動や地表面状態の変化の把握を行った。また、気象官署の作成するNCEP、ECMWF、GAME再解析データ等に基づき、降水域への水蒸気の起源や水輸送構造の維持過程、広域大気陸面相互作用の役割、及び、水のリサイクル、湿潤地と乾燥地の接点としての季節進行の位置づけ、などにも着目した解析を行っている。一方、データの質の向上に向けたセンサー間の比較研究も行っている。

3. 研究実施体制

大気境界層グループ

- ① 研究分担グループ長：檜山 哲哉（名古屋大学地球水循環研究センター、助教授）
- ② 研究項目：南西諸島における大気境界層の観測

降水構造観測グループ

- ① 研究分担グループ長：上田 博（名古屋大学地球水循環研究センター、教授）
- ② 研究項目：南西諸島における降水観測・観測データ解析

モデルグループ

- ① 研究分担グループ長：玉川 一郎（岐阜大学流域圏科学研究センター 助教授）
- ② 研究項目：大気境界層のモデル研究および観測
大気境界層モデルおよび南西諸島観測による構造研究

広域解析グループ

- ① 研究分担グループ長：中村 健治（名古屋大学地球水循環研究センター、教授）
- ② 研究項目：衛星データ解析
広域水循環解析
衛星データによる地表面状態の季節変化の研究

4. 主な研究成果の発表

(1) 論文発表

- Fumie A. Furuzawa and Kenji Nakamura, 2005: Differences of Rainfall

Estimates over Land by Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Precipitation Radar (PR) and TRMM Microwave Imager (TMI) - Dependence on Storm Height. *Journal of Applied Meteorology*, 44(3), 367-383

- Minda, H., and K. Nakamura, 2005: High temporal resolution path-average rain-gauge with 50 GHz band microwave. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 22(2), 165-179.
- 中川 勝広、北村 康司、花土 弘、高橋 暢宏、井口 俊夫, (2005) : 沖縄偏波降雨レーダ (COBRA) を用いた降雨の鉛直構造特性に関する研究、土木学会水工学論文集, vol. 49, pp.277-282
- Bhatt, B. C. and K. Nakamura, 2005: Characteristics of Monsoon Rainfall around the Himalayas Revealed by TRMM Precipitation Radar. *Monthly Weather Review*, 133, 149-165.
- 松原卓美・樋口篤志・中村健治・秋元文江, 2005: 熱帯降雨観測衛星データを用いたイラワジ川、メコン川流域における降水量分布の特性. *水文・水資源学会誌*, 18, 2, 116-131.
- Hatsuki Fujinami and Tetsuzo Yasunari, 2004: Submonthly Variability of Convection and Circulation over and around the Tibetan Plateau during the Boreal Summer. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 82, 1545-1564
- 玉川一郎、田中賢治、石田祐宣、樋口篤志、松島 大、浅沼順、小野圭介、多田毅、林泰一、石川裕彦、田中広樹、檜山哲哉、岩田徹、田中健路、中北英一、CAPS観測グループ, 2004: 琵琶湖プロジェクト2002年フラックス面的集中観測 (Catch A Plume by SATs: CAPS : その概要). *水文・水資源学会誌* Vol.17, No.4, pp.392-400