

「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・乾燥大気境界層が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

本プロジェクトは大気境界層と降水システムとの関係を乾燥季、湿潤季の差異に注目して研究し、予測モデルの向上を目的としている。このため、これまで実際の観測を通じて地面状態と大気境界層の構造に着目して検討を進めてきた。

今年度のもっとも大きな進展は、モデル計算による各観測結果の理解である。これまで、観測中心に作業を行ってきており、モデルによる検討は遅れていた。観測は継続したが、観測結果は一応出揃い、その結果の理解に中心を移した。この時の強力な武器がモデル計算であった。観測結果の再現をすることによりモデルをチューニングし、その後、モデルの結果を用いて観測からは直接には得られない熱や水蒸気のフラックスの鉛直プロファイルを得た。これにより、地面状態によって大気境界層が大きく変化することが分った。これらは予測モデルにおける大気境界層の扱いにおいて寄与するものである。

降水システムと大気境界層との関係は手を付け始めた状態である。観測結果そのものが少ないことが一つの障害である。モデルでは境界層上部で雲が形成され弱いながらも降水があることも再現されつつある。この部分は次年度に努力すべき部分である。

中国観測の終了は本年度の実作業の大きな部分を占めた。測器はすべて日本に持ち帰り、現在、名古屋大学で保管している。

2. 研究実施内容

中国観測

Meiyu 期間を含み秋まで観測を継続した。図 1 は長期観測の例を示す。降水量、正味放射量、顕熱放射量、潜熱放射量などの時系列から、地面状態との関係が示された。地面状態は、麦畑、裸地、そして水田と変化するが、それに従い、顕熱放射量と潜熱放射量に変化していることが分る。一般に、裸地では顕熱放射量が多く、それに従い大気境界層も高くまで発達する(図 2)。しかしながら、大気境界層高度は地面からのフラックスのみでは説明できなかった。図 3 は大気境界層高度の日変化を観測と地面からの熱フラックスにより

推定した結果との相関を示すが、場合によりかなり異なる。この原因は、環境場が沈降場か上昇場であったか、ということと関係していることが示された。つまり、沈降場では地面からの熱フラックスが大きくても大気境界層の発達が悪い。

平成17年度後半には、中国観測は撤収作業に入った。本プロジェクトは2001年から5年の予定で開始されており、本年度秋で4年が過ぎた。最終年度は成果の取りまとめを行うこととして4年目には中国観測測器の撤収を予定していた。観測は2年以上にわたり実行され、データ取得については所期の目的を達成したと判断し、本年度撤収することとした。このため音波レーダ、地上フラックス観測機器、本ウィンドプロファイラレーダを日本に持ち帰ることとした。実作業は1月、中国の正月（旧正月）前に測器類の撤収を行い、その後、名古屋大学には3月下旬に到着した。

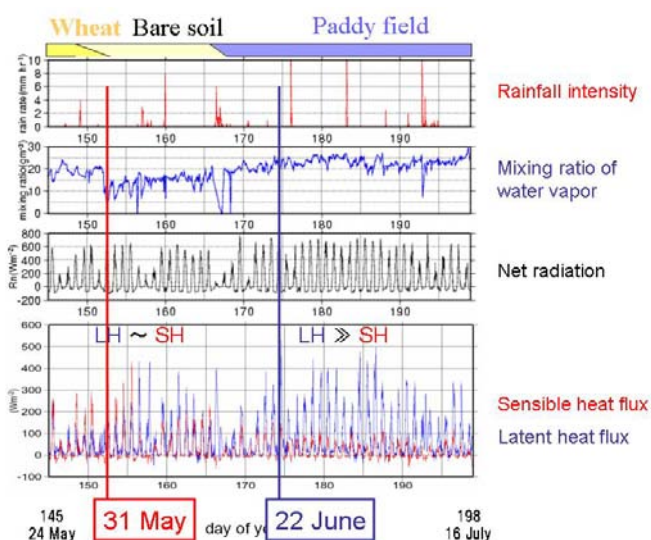
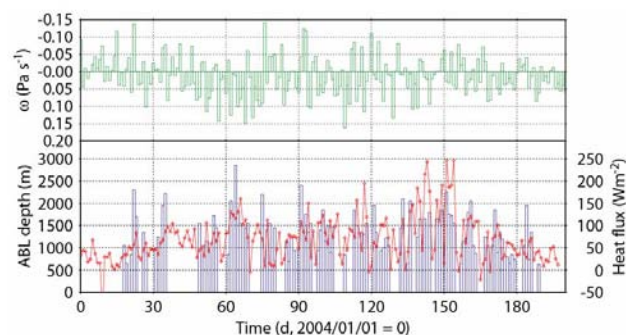


図1 中国における長期観測の結果の例。降水量、水蒸気混合比、正味放射量、顕熱 (SH)・潜熱 (LH) フラックス量を示す。



Maximum BPL height and heat flux (lower), and vertical velocity at 925 hPa at 32.5 N, 117.5 E at 00Z (08:00 LT)

図2 大気境界層の最大高度（下）と客観解析データから得られた環境場の上昇・下降流（上）

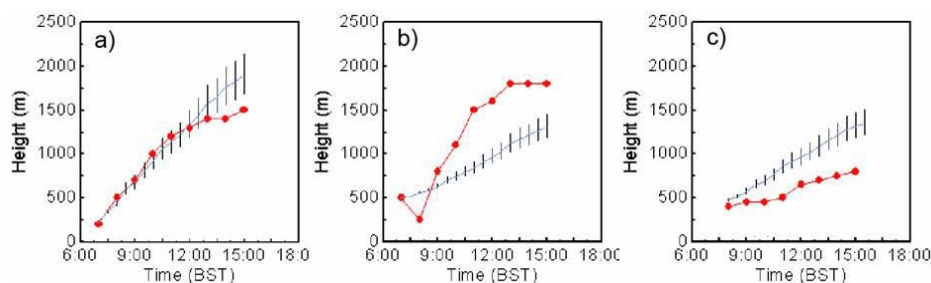


図3 大気境界層高度の日変化の観測値と地面熱フラックスから推定された値との比較。

モデルによる検討

大気境界層観測は、2002 年度の宮古島周辺における観測、中国における観測、そして沖縄本島における観測が行われた。宮古島では無人気象観測飛行機（aerosonde）が、中国ではウィンドプロファイラ、そして沖縄本島では高性能偏波ドップラレーダが主力として使われた。これらの観測結果を解釈するために、Large Eddy Simulation（LES）によるモデル計算を行った。観測値からは境界層高度の時間変化、気温、水蒸気の鉛直分布などが得られている。まず、モデルでこれら観測値の再現を試みた。表 1 はモデルのパラメータの例である。解像度は鉛直方向は 30m 程度、水平は 100m 程度である。図 4 には中国での観測とモデルによる再現結果の例であり、両者は良く似ている。これを踏まえて、次にモデルの結果から熱や水蒸気のフラックスの鉛直プロファイル調べた。図 5 はその結果である。中国の乾燥季は熱フラックスは地面付近で大きく、高度が上がるにつれて小さくなる、という教科書的な結果を示している。その一方、海上では、境界層の発達が悪く、また熱フラックスは必ずしも上向きではない。熱に替わって、水蒸気による浮力（水蒸気は乾燥大気に比べて軽いので、水蒸気が多く含まれる大気塊は浮力を持つ）のフラックスが多くを占めることが分る。中国の湿潤季（水田が広がった季節）は海上での結果と似たプロファイルとなっている。これらから、地面が湿潤な場合、また海上では、大気境界層の形成には水蒸気による浮力フラックスが重要であることが分った。

モデル	CRSS2.1
乱流	1.5次 TKE
雲	Warm rain
地表面過程	Louis et al.(1980)
大気放射 雲放射	なし
領域	水平 100 x 100 (10km x 10km) 鉛直 120層 (5888m)
解像度	水平 100 m 鉛直 30m ※3000m以上はtanhでストレッチング
地面	0.1 m x 30 層
時間ステップ	1s 非音波 0.1s 音波
側面境界	周期境界条件
上面境界	固定壁境界条件
下層境界	地表面
外力	短波放射の日変化
初期条件	QOUTC (08LST)の阜陽ゾンデ
積分時間	10時間

表 1 Large Eddy Simulation のモデルのパラメータの例

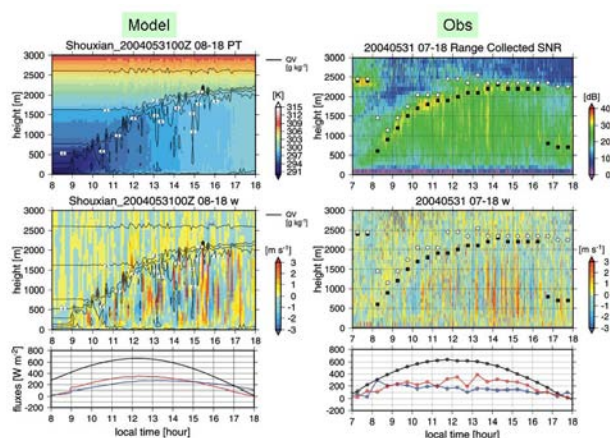


図 4 地面が裸地の時の大気境界層の発達の観測値（右）とモデルによる再現（左）

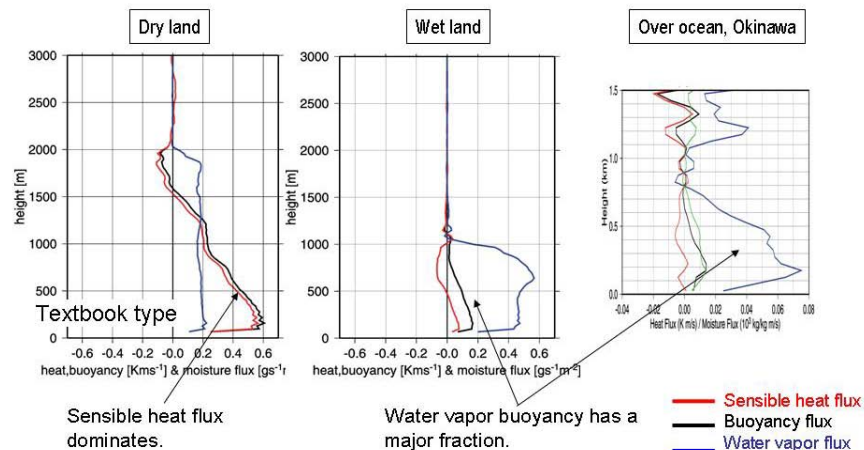


図5 モデルで得られた顕熱、潜熱、水蒸気のそれぞれのフラックスの鉛直分布。
左上：裸地面、中上：水田、右下：海上

その他

沖縄本島において、情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターの施設を用いた大気境界層の観測を再度行った。ここでは約2週間にわたり、昼間2時間毎、夜間は3時間毎のゾンドの集中観測を行った。結果そのものは昨年度の結果と同様であったが、データ量の格段に増やすことにより、様々な状況でのデータが得られた。

広域解析では、東シナ海領域で梅雨・Meiyu季と夏の終りの時期の大気場の変動状況が、梅雨・Meiyu季と比較し、夏の終りの時期は5-30日の短周期の循環場の変動が見られるように、大きく異なることが見いだされた。

衛星データ解析では、中国域の植生の変動と降水との関係について、AVHRRデータや熱帯降雨観測（TRMM）データによる検討を進めた。

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：中国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：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及び観測

「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：広域水循環解析

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

（1）論文（原著論文）発表

- Taro Shinoda, Hiroshi Uyeda and Kei Yoshimura, 2005: Structure of Moist Layer and Sources of Water over the Southern Region Far from the Maiyu/Baiu Front. Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.83, No.2, pp. 137-152
- Tanaka H, Hiyama T, Nakamura K, 2006: Turbulent flux observations at the tip of a narrow cape on Miyako Island in Japan's Southwestern Islands, Journal of Meteorological Society of Japan (submitted)
- FUJINAMI, H., S. NOMURA and T. YASUNARI, 2005: Characteristics of Diurnal Variations in Convection and Precipitation over the Southern Tibetan Plateau during Summer. SOLA
- Tanaka H, Hiyama T, Yamamoto K, Fujinami H, Shinoda T, Higuchi A, Endo S, Ikeda S, Li W, Nakamura K, 2006: Surface flux and atmospheric boundary layer observations from the LAPS project over the middle stream of the Huaihe River basin in China, Hydrological Processes (accepted)

（2）特許出願

H17 年度出願件数：0 件（CREST 研究期間累積件数：1 件）