

● 濡潤・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



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)

// 研究目的

降水は水循環の基本的要素であり、水資源のおおもとである。降水分布は大気水循環によりおおまかには決まっているが、様々な要因によりその分布を変えている。この降水について、近年は特に大気境界層の役割が重要視されている。大気境界層は海洋、陸面で異なる。陸面でも地形、土壤水分また植生により変化しており乾燥域と湿潤域とでは異なる。一方、東アジアには中国大陸南部の湿潤域と内陸の広大な乾燥域が広がっている。本研究では、東アジアの湿潤域と乾燥域の境界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東アジアの水循環へ与える影響について研究する。さらに、この結果を踏まえ、人为的地表面改変が将来の降水分布、また水資源に与える影響についての予測研究を行う。

// 研究体制

本研究計画は大気境界層および降水構造の現場観測、衛星データ、解析データ等による広域データ解析、およびモデル研究からなる。

// 研究概要

大気境界層はだいたいが乱流であり、モデルでは大気下層の風速、大気安定度、また地面の起伏、植生などから熱、運動量、水蒸気などの交換係数を決める乱流パラメタリゼーションがなされるが、これは大気境界層の乱流を「個性の無い」乱流とみているとも言える。実際の大気境界層の構造は複雑であり、簡単に総体としてみることのできるものではない。大気境界層は大気側からは大気下層の風、大気安定度などで、地表からは熱放射、蒸発散、地面起伏、植生、土壤水分量などによりコントロールされる。地面付近はかなりの観測があるが、これらの境界層中上層を抜け自由大気への輸送の実態は観測例が少ない。そこでターゲットを大気境界層全層の観測による熱や水蒸気の輸送の実態解明において、特に降水システムのトリガーとなる熱と水蒸気の鉛直輸送に焦点を絞った。

観測

まずは自然の実態を捉えることが第一である。大気境界層全層の観測にはリモートセンシング手法を用いざるを得ず、その第1の武器としてウインドプロファイラを設定した。ウインドプロファイラは高感度ドップラーレーダーの一種であり、我々は周波数1.3GHzの低層ウインドプロファイラと呼ばれる種類のものを選んだ。さらに地表からの熱、運動量、水蒸気などのフラックス測定のため観測タワーや水蒸気ラジオメータ等も設置した。観測場所が大きな問題であったが、大気境界層全層の観測を主体としており、未知な部分が多いことから地表はなるべく単純な場所を選ぶこととした。さらに季節変化の大きいことを条件として、中国淮河流域を選んだ。この地域は冬は寒く乾燥し、日本の梅雨にあたる5、6月の梅雨の雨期を越えて湿潤となる。またこれに対応して作物も変化する。このために乾燥期、湿潤期、そして移行期の観測ができる。中国の観測は中国国家気象局国家気候センターとの協力により実行することとし、基

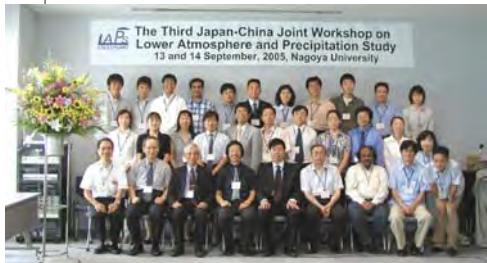


【図1】中国の観測サイトの位置。



【図2】中国観測点における地面状態の季節変化(小麦畑～裸地～水田)と観測施設。

【図3】2004年5月31日における植生のない時期のABL構造と地表面フラックスの典型的な日変化。
(a)水平風速、(b)風向、(c)鉛直風速、(d)WPRエコー強度、(e)純放熱量(黒)、仮顯熱フラックス(赤)、および、潜熱フラックス(青)。



第3回日中合同ワークショップ(2005年9月)

本的に通年観測を、そしてメイユ期に集中観測を行うこととした。

また、南西諸島における大気境界層の観測を設定した。夏の南西諸島は大気擾乱が少なくかつ海上は表面状態がほぼ一様であるので、ここでの境界層観測は中国での観測に対する良いリファレンスとなることを期待したが、実際に良い対照データが得られた。

その他の観測としては、南西諸島における降水システム本体の観測も組み入れた。降水システム本体の観測は当センターにおいて大きな実績を積んでおり、観測そのものには特に支障はない。それよりも大気境界層との関係という新たな視点でデータを見るを中心とした。さらに沖縄本島には(独)情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターが高性能偏波ドップラ降雨レーダー、ウインドプロファイラなど大気観測用電波センサを研究用に整備しており、この施設による観測も行うこととした。この施設は恒常的な施設であり、観測設定が容易であることは大きな利点であった。

広域解析

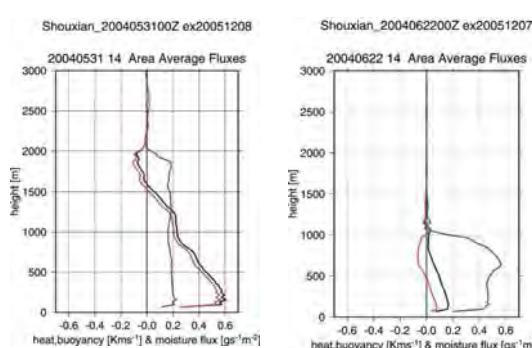
大気境界層も外的条件に大きく左右される。地面の影響を大きく受けるとはいっても、大気側の条件特に放射と風の影響を強く受ける。大気境界層と降水システムとの関係は総観規模擾乱など広域スケールのコントロールにあることを踏まえなければその実態には迫ることができない。このため広域の状況把握も研究として組み入れた。そのためのデータは現業気象官署が出している客観解析データセットと衛星データセット、それに中国の雨量計データなどとした。

モデル研究

モデルは境界層の内部構造を表現するモデルといわゆるLarge Eddy Simulation (LES)を行った。これは大気境界層内の熱や水蒸気輸送の大部分を担うとされる大きな渦は露わに表現するが、小さい渦は通常の乱流パラメタリゼーションに組み込むやり方である。本プロジェクトでは観測データが一応出揃った後で、モデル研究に力を注いだが、これは観測結果を解釈する上で非常に良い結果となった。観測ではすべてのことを知ることはできず、どうしても推測の部分があるが、モデルにより観測結果を再現できると、モデル内部の構造も実際の構造であろうと考えることができる。これにより本研究では観測とモデルとの良い相補性が実現された。



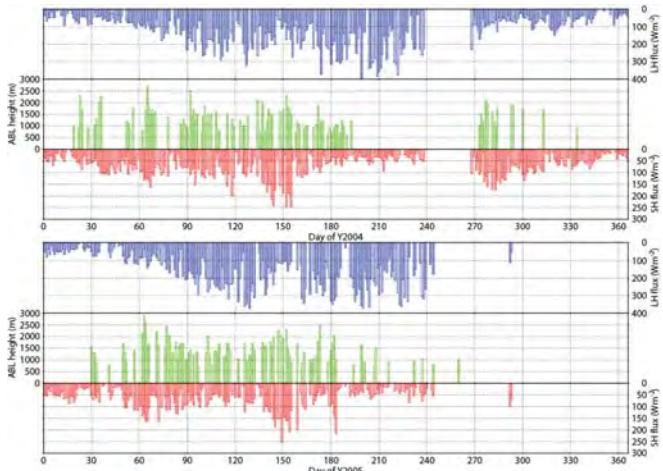
【図4】
南西諸島における大気境界層観測。
Aerosonde、ドップラソーダ、
ゾンデ飛揚、マストによるフ
ラックス観測、等を行った。



【図6】LESモデルによる中国乾燥期(左)、湿潤期(右)の顕
熱フラックス(赤)、水蒸気の寄与を含めた浮力フラック
ス(黒)、水蒸気フラックス(青)のプロファイル。

// 成果と今後の取組み

中国の長期観測からは大気境界層の厚さの季節変化の実態を地表面状態との関連のもとに示すことができた。これまで中緯度湿润陸上での長期にわたる大気境界層の厚さの観測はほとんど無かった。またモデルによりそれぞれの季節における大気境界層の駆動源の差異、亜熱帯海洋上の大気境界層との差異が確認できたことは成果である。沖縄本島の事例に関するモデル計算では、熱フラックスとともに地表の起伏(山)による強制上昇が重要であることも示されている。



【図5】日最高境界層高度(緑)、日中平均顕熱フラックス(赤)、日中平均潜熱
フラックス(青)の季節変化。

観測に合わせたモデルによる研究から、境界層を駆動する浮力フラックスの鉛直構造の季節変化が観測とLESモデルを併用することにより分ってきた。これはいくつかの典型観測結果とそれを再現するLESモデルによっている。またそれらが特異ケースではないことは長期観測データから示唆されている。乾燥期の大気境界層は教科書的な構造を示している。それに対して海上は熱フラックスが小さいが水蒸気フラックスが大きい。そして水蒸気は乾燥大気よりも軽いので水蒸気フラックスによる浮力フラックスが生じている。湿潤期の陸上は海上と乾燥期の陸上との中間の特性を示している。海上では水蒸気フラックスにより大気境界層が作られていることはこれまで僅かな観測例しかない。また湿潤期の陸上でのフラックスのプロファイル特性は認識されていない。今回これらが確認された。本研究により大気境界層の構造、特に内部のフラックスの構造が明らかとなった。広域の場との関係は現在検討中であり、またモデルのパラメタリゼーションへの反映が今後の課題である。