

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成15年度採択研究代表者

小池 俊雄

(東京大学大学院工学系研究科 教授)

「水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発」

1. 研究実施の概要

本研究は、衛星を用いた水循環観測手法、大気-陸面相互作用モデル、陸面データ同化スキーム、分布型流出モデル等のこれまでの研究開発実績、および国際協力で進められるCEOPから得られる地球水循環統合データセットを踏まえ、これに「大気-陸面結合データ同化スキーム」、「物理的ダウンスケーリング手法」、「大気-陸域相互作用予測モデルと分布型流出モデルの結合モデル」をそれぞれ開発、検証することによって、全球規模、地域規模の水循環変動様相を取り込んだ大循環モデルから分布型流出モデルまで物理的にダウンスケーリングする手法を実現しようというものである。

平成16年度は各研究を実施するため必要な観測データを収集と、大気データ同化スキーム、陸面データ同化スキーム、ダウンスケーリングにおける高分解能での初期条件の算定手法の基礎的な開発に取り組んだ。

1) 地上マイクロ波センサによる特別観測データを用いた大気-陸面結合データ同化スキームの開発

平成15年度、東京大学田無農場に設置した可搬型の低周波帯マイクロ波放射計による土壌面観測を実施する傍ら、高周波帯マイクロ波放射計を北海道大学低温科学研究所露場に設置して積雪観測を実施した。これらの観測データを用いて、土壌中および積雪中でのマイクロ波放射伝達に関する基礎データを取得し、データ同化に用いる放射伝達モデルの改良を行なった。

2) 大気-陸面結合データ同化スキームを組み合わせたダウンスケーリング手法の開発

大循環モデルから領域モデルへ、さらにメソスケールモデルへのダウンスケーリングを目的として、土壌水分の空間不均一性を考慮した初期条件の設定を行うために、まず、陸面スキームとマイクロ波放射伝達モデルを組み合わせた陸面同化システムによって土壌水分の初期条件を算定し、これと大気モデルとを組み合わせた結合システムを開発した。また、単純な雲微物理スキームとマイクロ波放射伝達モデルとを組み合わせた雲物理同化システムを開発し、海洋上の大気初期条件の算定に必要な積算雲水量算定手法を開発した。

3) メソスケール、領域スケールの高密度観測網を有するチベット高原でのモデル開発と検証

大気-陸面結合データ同化スキームの開発、検証を目的として、CEOP年間強化観測と同期して、チベット高原において春期～夏期に集中観測実験を実施した。また、チベット高原での長期にわたる観測体制の確立のための中国、日本の関連各機関との調整を行い、その体制を確立した。

2. 研究実施内容

研究目的：

豪雨災害、水不足、水質汚染、生態系の破壊など水に関わる深刻な問題が世界各地で近年広がってきており、21世紀は水危機の時代といわれている。これらの問題は、人口増や都市化などの社会的諸要因を有する地域で、水循環の大きな変動が生じた場合に一層深刻となります。水循環変動のメカニズムを理解し、その予測精度を向上させる科学的基盤を形成することは、水危機回避の有力な解決策の一つと言える。本研究は、全球規模、地域規模の水循環変動様相を取り込むために、海洋-陸面-大気結合全球モデルから分布型流出モデルまで物理的にダウンスケーリングする手法を、衛星観測を用いたデータ同化手法の開発により実現し、大陸河川の流域スケールの極端事象の予測精度の向上や、広域の長期（一ヶ月、季節）予報精度の向上に貢献することを目的としている。

方法

大気-陸面結合データ同化スキーム、大循環モデルから領域モデル及び領域モデルから局所モデルへの物理的ダウンスケーリング手法を開発し、分布型流出モデルと組み合わせ、流域スケールの流出予測システムの開発を行うことにより、地球規模から地域規模の変動を組み込んだ河川流域の流出予測精度の向上を目指す。具体的には、全地球の水循環系を記述する「統合地球水循環強化観測期間プロジェクト（CEOP）」の統合データセットと地上での集中観測データを用いて、

- 1) 複数の地上マイクロ波センサを統合的に用いた大気-陸面結合データ同化スキームの開発
- 2) 大気-陸面結合データ同化スキームを組み合わせたダウンスケーリング手法の開発
- 3) メソスケール、領域スケールの高密度観測網を有するチベット高原での統合的な観測データを用いたダウンスケーリングシステムの開発と検証

を実施する。

結果

物理的ダウンスケーリングのためには、モデル初期値に必要な土壌水分、積雪、降水・雲水量を衛星観測と大気-陸面相互作用を表す数値モデルから精度良く算定することが鍵

である。そのために、1) これら水文要素に高い感度を有するマイクロ波の放射伝達モデルを高度化・精緻化し、2) それと各水文要素を表す物理的な数値モデルを組み合わせた同化システムを開発した。またこれらを開発、検証するために必要な現地観測、衛星観測、数値気象も出る出力の統合的なデータセットを作成するために、3) 世界気候研究計画（WCRP）のもとでCEOPを国際的にリードし、チベット高原を含む世界35箇所の統合データセットを作成している。

1) 放射伝達モデル／アルゴリズムの高度化・精緻化

東京、札幌で実施した地上マイクロ波観測や若狭湾でのマイクロ波集中観測実験から得られたデータを用いて、土壌-植生系、積雪層、および降水・雲水量を含む大気層のマイクロ波放射伝達モデルの高度化・精緻化に取り組んだ。平成16年度に開発された積雪、降水・雲水量のマイクロ波放射伝達モデルには4ストリームモデルを適用し、積雪にはさらに高い粒子密度条件での散乱効果を導入した。これらの成果を踏まえて開発された積雪量算定アルゴリズムは高い精度を有することが実証され、2005年夏に予定されている国際比較実験に提出の予定である。

2) 同化システムの開発

マイクロ波放射伝達モデルと陸面スキームまたは雲物理スキームを組み合わせた1次元のデータ同化システムをそれぞれ開発し、これらをそれぞれ大気の領域モデルと組み合わせた同化システムを開発した。前者はチベット高原に適用し、後者は若狭湾実験領域に適用し、それぞれ大気-陸面相互作用と降雪雲の雲水量分布特性について解析した結果、それぞれの現象を的確に表現されていることが確認された（図1）。今後、定量的に検証して改良を加え、両者の結合システムの開発を目指す。

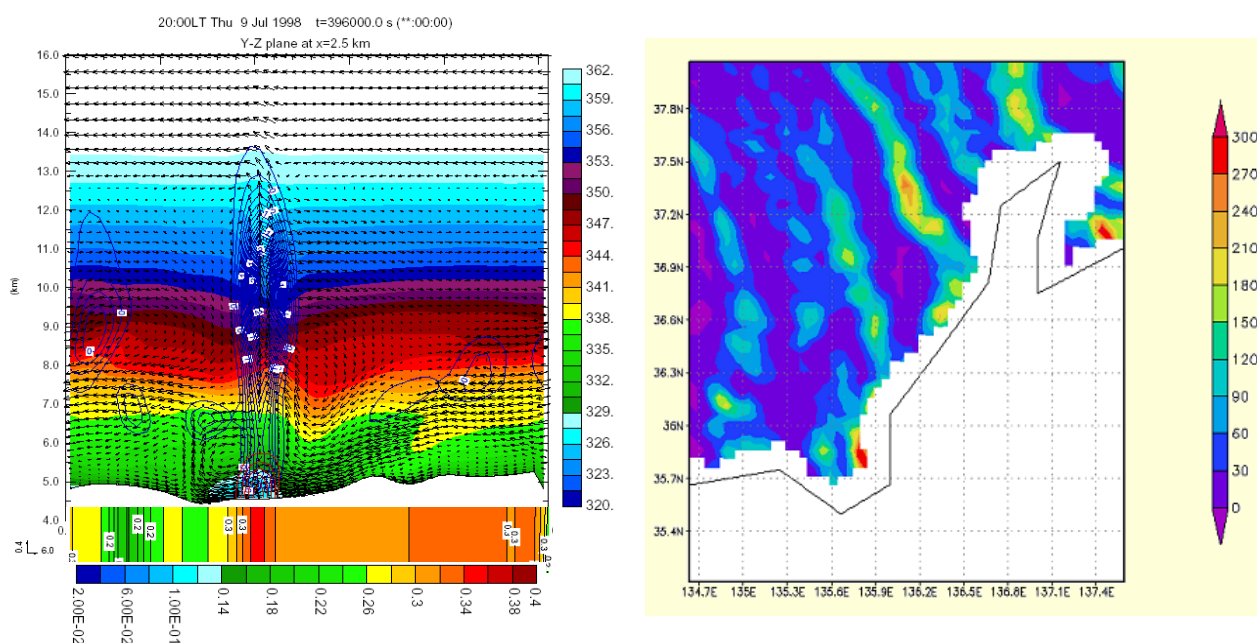


図1 データ同化システムの適用結果（左：チベット高原，右：若狭湾）

3) 統合的データの収集とシステムの検証

2004年2, 4, 8月にチベット高原において大気-陸面相互作用の集中観測実験を実施した。またWCRP/CEOPにおける強化観測期間(2002年10月~2004年12月)のうち最初の1年間のリファレンスサイトでの地上観測データを収集, アーカイブした。衛星データ, 世界11の数値気象予報センターのモデル出力のアーカイブも進めている。

3. 研究実施体制

システム開発研究グループ

① 研究分担グループ長: 小池 俊雄 (東京大学大学院工学系研究科, 教授)

② 研究実施項目:

「大気-陸面結合データ同化スキーム」, 「物理的ダウンスケーリング手法」, 「大気-陸域相互作用予測モデルと分布型流出モデルの結合モデル」の開発, 検証を目的とする, 観測データ収集のための基盤整備。

チベット観測研究グループ

① 研究分担グループ長: 上野 健一 (滋賀県立大学環境科学部, 講師)

② 研究実施項目:

チベット高原での集中観測の一部実施と, 集中, 長期観測のための基盤整備。

4. 主な研究成果の発表

(1) 論文発表

- Yang, K., T. Koike, H. Fujii, T. Tamura, X. Xu, L. Bian, and M. Zhou, 2004: The daytime evolution of the atmospheric boundary layer and convection over the Tibetan Plateau: observations and simulations, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **82 (6)**, 1777-1792.
- M. Pathmathevan, T. Koike, X. Li, H. Fujii: A GBMR Experiment and Validation of 1DVAR-LDAS in Different Bare Soil, *水文・水資源学会誌*, **第18巻3号**, pp. 233-243, 2005.
- Souhail BOUSSETTA, Toshio KOIKE, Mahadevan PATHMATHEVAN, and KunYANG: A basic study on the development of a satellite data assimilation OF A land-atmosphere coupled system, *水工学論文集49巻*, pp. 283-288, March, 2005.
- Cyrus Raza MIRZA, T. Koike, Yang, K., Graf, T.: Development of 1-D Cloud Microphysics Data Dssimulation System (CMDAS) by using AMSR-E Data, *水工学論文集49巻*, pp. 289-294, March, 2005.
- 筒井浩行・小池俊雄・玉川勝徳・藤井秀幸・Tobias GRAF: マイクロ波放射伝達理論に基づく積雪量・積雪粒径推定衛星アルゴリズム開発の基礎研究, *水工学論文集49巻*, pp. 319-324, March, 2005.

- Tobias Graf, Toshio Koike, Hideyuki Fujii, Richard Armstrong, Mary J. Brodzik, Marco Tedesco and Edward J. Kim: Integrated Snow Observation during the Cold Land Processes Field Experiment and its Application for the Development of Radiative Transfer Model for Snow, **水工学論文集49卷**, pp.325-330, March, 2005.
- Bashir AHMAD, Dawen YANG, Toshio KOIKE, Hiroshi Ishidaira , Li Chong and Tobias GRAF: Remote sensing based snowmelt runoff model coupled with distributed hydrological model in upper yellow river basin, **水工学論文集49卷**, pp. 331-336, March, 2005.