

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」  
研究課題  
「水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発」

## 研究終了報告書

研究期間 平成15年10月～平成21年3月

研究代表者：小池 俊雄

(東京大学大学院工学系研究科 教授)

## § 1 研究実施の概要

### (1) 社会的背景

豪雨災害、水不足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。同時に、人類が排出を続ける温室効果ガスによって気候変動が生じていることが確認され、その結果、豪雨頻度が増加し、渇水の影響を受ける領域が拡大し、熱帯低気圧の強度が増加する傾向が、20 世紀後半の観測データから確認されるとともに、将来についても数多くの気候変動予測モデル出力の統合解析によって示唆されている。

これら現状と将来における水循環変動、とりわけ豪雨や渇水などの極端事象は、人口が集中する都市部、防災力の脆弱な中山間地など、災害に関して脆弱な地域で生じた場合に深刻な被害をもたらす。とりわけ、気候変動にともなう水循環の極端事象の発生に対しては、「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）」（社会資本整備審議会、平成 20 年 6 月）にあるように、これまでのような防災・減災対策のみならず、モニタリングの強化と災害に強い社会構造への転換が必要である。その施策の一つは、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し、社会に対して危機回避の有用な情報を提供することである。

水循環はエネルギーフローとあわせて地球気候システムを形成する重要なサブシステムであり、全球規模、地域規模の水循環が流域規模の水文現象と密接に関係している。つまり、流域規模の降雨や河川流出は全球規模、地域規模の水循環変動の影響を色濃く受けている。したがって、たとえ流域規模の洪水や水不足の問題に対応する場合にも、全球規模、地域規模の水循環変動情報を効果的に流域規模の予測情報にダウンスケーリングする手法の開発が有用である。

一方途上国では、予測システムはおろか観測システムの整備も遅れている。第 3 回地球観測サミットで合意された複数の観測システムからなる統合的な地球観測システム(GEOSS)10 年実施計画(2005 年 2 月)では、「特に開発途上国に対して、データ及びモデルへのアクセスを奨励する。」としており、地球観測データや地球規模の予測モデルの利用により、途上国へ有用な情報、手法を提供し、災害の軽減や環境改善の能力開発を強化することが謳われている。さらに G8 北海道洞爺湖サミットの首脳宣言には、「開発途上国、とりわけ最も脆弱な国々の、気候変動に適応する能力を強化するため、共に努力していく」と明文化されている。これらを実現する一つの手法は、地球観測データや全球規模、地域規模の水循環変動予測情報を用いて、各国、各河川流域規模の予測情報を抽出する手法の開発である。

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、地球観測衛星データを数値気象予測モデルに同化する手法を開発することにより実現し、河川流域規模の極端事象の予測精度の向上と予測情報に基づく適切な河川・水資源管理情報を提供することを目的としている。

### (2) 科学的背景

全球規模、地域規模の予測情報を局所規模の情報にダウンスケーリングするために、数値気象予測モデル分野ではネスティングや、広域予測のための粗いグリッド規模のモデル出力の統計的性質と対象とする局所規模の観測データの統計的性質を合わせる手法が用いられてきた。しかしこれらの手法では、短期の数値予測において重要な初期値、つまり大気中の水蒸気量や雲水量、土壌水分量などの陸面水文条件を、対象とする狭域規模で物理的整合性をもって得ることはできず、それがゆえに広域規模の予測情報を効果的に狭域規模に利用し、その予測精度を向上するには至っていなかった。その理由は、全球規模で土壌水分の推定が困難なこと、また推定された土壌水分を数値モデル上で表現する手法が確立されていなかったことにある。さらには、大気中の水蒸気量や雲水量は海洋上では算定する手法が開発され、数値モデルへの導入も図られてきたが、大陸上での定量的観測手法

は確立されていなかったからである。

また、より長期の数値予測においては、物理的妥当性と安定性を有する境界条件のモデル化が不可欠である。全球モデルの場合の境界条件は海面と陸面であり、海面の場合は海洋モデルと大気モデルを結合することによって境界条件を物理的整合性を持って作り出していく努力が重ねられてきた。一方、陸面の場合にも、鉛直一次元のエネルギー、水フローを記述するモデルが数多く提案されたが、陸面の多様性、とりわけ土壌の物理的性質や植生の季節変化については、十分な精度が確保されていないにもかかわらず、全球的に利用可能であるという理由から選択されたデータセットの制約条件下で陸面モデルが開発され、数値予測に利用し、結果を観測データを用いて検証するという、いわば一方通行のシステムであった。観測データとモデル出力が整合する条件下でモデルパラメータを同定するなど、いわば双方向の検討による予測精度の向上は図られてこなかった。

近年の地球観測衛星によるリモートセンシングの発展は、これらの状況の改善に大きく貢献した。とりわけ昼夜を問わず広域、全天候観測が可能なマイクロ波放射計は、波長、偏波の組み合わせによって、水面、土壌水分、植生水分量、雨滴、雲水、水蒸気、雲氷、積雪、氷粒子の定量観測の可能性を有している。衛星搭載マイクロ波放射計による定量的な地球観測は、1987年の米国軍事気象衛星プログラム(DMSP)の機械走査型マイクロ波放射映像センサ(SSM/I)によって確立され、1997年の熱帯降雨観測衛星(TRMM)マイクロ波観測装置(TMI)では赤道から中緯度の限定された範囲ではあるが、陸面観測に有利な太陽非同期の10GHz帯の観測が実現し、2002年には土壌水分観測に有利な比較的高い空間分解能を有する6.9GHzの観測周波数を有する我が国の高性能マイクロ波放射計 AMSR および AMSR-E が相次いで打ち上げられた。AMSR は衛星本体の故障で1年足らずで観測を終えたが、AMSR-E は設計寿命の5年を超えて今なお観測を継続している。

また、世界気候研究計画(WCRP)のプロジェクトとして実施された統合地球水循環強化観測期間(Coordinated Enhanced Observing Period(CEOP))プロジェクト(代表、小池俊雄)の貢献も非常に大きい。CEOPは地上観測研究グループ、衛星機関、気象機関が協力して、局所的～地域規模～地球規模の全水循環過程のデータセットを作成し、それをを用いて水・エネルギー循環プロセスの理解と予測研究、モンスーンシステムの研究、地球規模の広域予測情報を流域規模にダウンスケーリングする研究をおこなうことを目的とした国際プロジェクトである。このプロジェクトにおいて、2002年10月1日～2004年12月31日の2年3カ月間におよぶ、さまざまな気候条件下に分布する35か所のリファレンスサイトと衛星観測データと、11の数値気象予報センターのモデル出力が収集された。さらに同時に進められた平成15年度科学技術振興調整費先導的研究等の推進『地球水循環インフォマティクスの確立』(代表、小池俊雄)が採択され、東京大学、気象庁、宇宙開発事業団(後に宇宙航空研究開発機構)が協力して、点から三次元までの多種多様な数百テラバイトにおよぶCEOPデータがアーカイブされ、統合・解析する基盤の基礎研究が実施された。この中で、CEOP衛星データとして、強化観測期間中に利用可能なすべてのマイクロ波放射計データ(SSM/I、TMI、AMSR、AMSR-E)が収集、アーカイブされたことは言うまでもない。

### (3) 本研究の内容

本研究では、システム開発研究として、衛星マイクロ波放射計観測データを効果的に用いたデータ同化手法を開発し、このデータ同化手法を効果的に取り込んだ全球規模～地域規模～流域規模を一貫して記述できる物理的ダウンスケーリングシステムを開発した。このシステム開発は、以下の2つの研究領域から構成されており、それぞれ下記の研究項目を設定し、有用な成果を得た。

#### 研究領域(1) 大気-陸面結合データ同化スキームの開発とダウンスケーリング

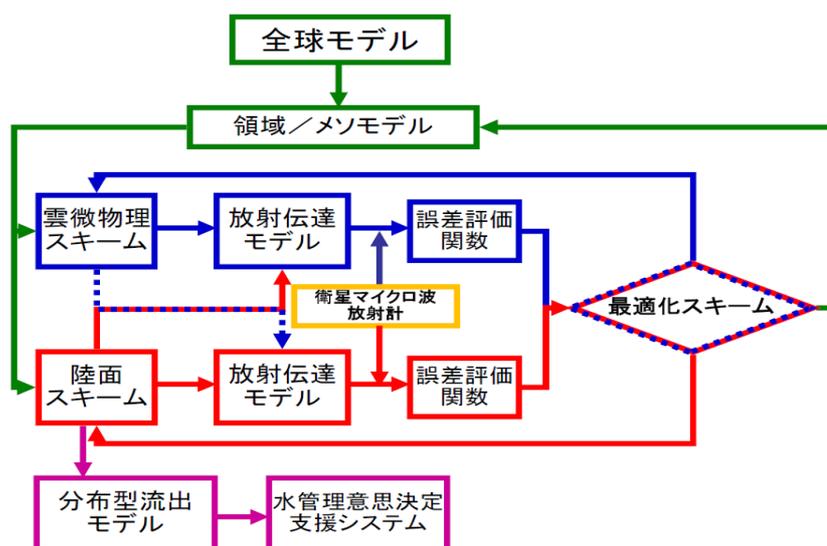
- 1) マイクロ波放射伝達モデルの開発(陸面、大気)
- 2) 陸面データ同化システムの開発
- 3) 雲微物理データ同化システムの開発とダウンスケーリング

4) 大気-陸面結合データ同化手法の開発とダウンスケーリング

研究領域(2) 河川流出の予測と河川・水資源管理の最適化

- 1) 分布型流出モデルへの陸面スキームの導入
- 2) 水管理意思決定支援システムの開発

研究全体の構造を下に示す.



- 研究領域(1) 大気-陸面結合データ同化スキームの開発とダウンスケーリング  
 (陸面(赤)、雲微物理(青)、ダウンスケーリング手法(緑))  
 研究領域(2) 河川流出の予測と河川・水資源管理の最適化(ピンク)

また、ダウンスケーリングシステムの開発、検証のためのチベット観測研究を実施し、2004年度に「チベット高原における春期～夏期集中観測実験」を実施し、得られたデータの品質チェック、アーカイブを行った。チベット高原では、1991年以来観測研究を継続してきており、2004年度の集中観測実験を期に、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、JICA「日中気象災害協力研究センタープロジェクト」を2005年12月に立ちあげ、JICAおよび中国国家気象局、中国科学院の協力を得て、観測機器の拡充と長期定常観測体制が整い、その中で2008年2-3月、5-6月、6-7月に集中観測が実施された。

同時に、本研究で開発されるデータ同化、ダウンスケーリングシステムの地球規模の適用の可能性の研究、および水・エネルギー循環プロセスの理解と予測研究、モンスーンシステムの研究の推進のために、チベット観測を含め世界35の地上観測拠点を組織化して地球規模のリファレンスサイトネットを構築し、衛星機関、数値気象予報センターの協力を得てCEOPを実施した。

## § 2 研究構想及び実施体制

### (1) 研究構想

本研究開始時の目標は下記の通りである。

---

地上観測、衛星観測、数値気象予報モデルを用いて全地球の水循環系を記述する統合データセットを作成する国際プロジェクト「統合地球水循環強化観測期間プロジェクト (CEOP)」が開始され、地球規模～地域規模～局所規模の水循環系をつなぐ包括的な水循環データが得られることとなった。そこで、これらの統合データセットを用いて、

- 1) 衛星観測のための放射伝達モデルと大気－陸面結合モデルを組み合わせた水循環系の大気－陸面結合データ同化スキームの開発と検証。
- 2) 衛星データを用いた水循環系データ同化システムから得られる地域規模、局所規模の初期条件をそれぞれ組みこんだ大循環モデル→領域モデル、領域モデル→局所モデルへの物理的ダウンスケーリング手法の開発と検証。
- 3) 局所スケールの大気－陸域相互作用予測モデルの出力を組みこんだ分布型流出モデルを用いた流出予測システムの開発と検証。

を実施することにより、地球規模から地域規模の変動を組みこんだ河川流域の流出予測精度の向上を目指す。

---

また当初計画における5年間の研究計画・進め方の概要は下記のとおりであった。

- 1年度目：地上マイクロ波放射計を用いた集中観測
- 2年度目：マイクロ波放射伝達モデルの構築
- 3年度目：データ同化システムの開発
- 4年度目：ダウンスケーリングシステムの開発と分布型流出モデルへの結合
- 5年度目：とりまとめと広域適用の課題の整理

以上の当初設定した目標、計画、進め方に対して、実際の研究の進捗度は早く、上記1)～3)の目標に加えて、下記研究項目を実施できた。

- 陸面データ同化システムの開発対象は当初、土壌、植生面だけであったが、積雪、凍土に対してもそのマイクロ波放射伝達特性を明らかにして、基礎的システムが開発された。
- 陸面モデルを分布型流出モデルの開発に加え、その出力を用いた河川・水資源管理の最適化システムが開発された。

このように当初計画を超えて多大の成果を得られた背景としては、以下が考えられる。

- GEOS10年実施計画の進展に伴い、国内外で本研究の意義が高く認められ、データ提供など多くの支援を得ることができた。
- GEOS10の枠組みの下で、地球観測データの効果的利用と能力開発によるアジア域の河川・水資源問題の解決を目指して、アジア域内の多くの賛同が得られ、データ提供や共同研究など多くの支援が得られた。
- 日中共同研究の枠組みで進めてきたチベット高原観測が、中国気象局の要請によって JICA 技術協力プロジェクト「日中気象災害協力研究センタープロジェクト」として、2005年12月より衣替えして開始され、長期定常観測体制が整い、その中で集中観測が実施された。
- CEOPは2007年をもって終了したが、その成功に鑑み、後継プロジェクトとして大規模なスケールの Coordinated Energy and Water Cycle Observations Project (略称は同じく CEOP) が新たに立ち上げられ、2007年～2010年の強化観測が開始された。
- CEOPの成功と GEOS10年実施計画の進展に伴い、データ統合・解析に関する意義が認められ、下記の国家プロジェクトが推進され、本 CREST 研究で開発されたダウンスケーリング手法開発のデータ基盤整備とダウンスケーリング手法の利用研

究が積極的に進められた。

- 科学技術振興調整費（先導的研究等の推進）『地球水循環インフォマティクス  
の確立』（平成 15～17 年、代表：小池俊雄）
- 科学技術振興調整費（重要課題解決型研究等の推進）『地球観測データ統合・  
情報融合基盤技術の開発』（平成 17～19 年、代表：高木幹雄、柴崎亮介）
- 国家基幹技術（海洋地球観測探査システム）『データ統合・解析システム』（平  
成 18～22 年、代表：小池俊雄）

## (2)実施体制

研究チーム構成は下記の通りであるが、チベット観測研究グループはその研究活動経験を活かして、JICA プロジェクトおよび新たな CEOP（とりわけ高標高気候帯のエネルギー・水循環観測研究）の立案、実施においても重要な役割を担った。

グループ名	研究代表者又は 主たる共同研究者氏名	所属機関・部署・役職名	研究題目
システム開発研究グループ	小池俊雄	東京大学・大学院工学系研究科・教授	データ同化, ダウンスケーリング手法の開発
チベット観測研究グループ	上野健一	筑波大学・生命環境科学研究科・准教授	チベット高原観測とチベット高原の水循環プロセスの解明

## § 3 研究実施内容及び成果

### 3. 1 研究チーム全体として

#### (1)チーム全体の実施内容

本研究は、システム開発研究とシステム検証のためのチベット観測研究から構成されている。システム開発研究は、衛星マイクロ波放射計観測データを効果的に用いたデータ同化手法を開発し、このデータ同化手法を効果的に取り込んだ全球規模～地域規模～流域規模を一貫して記述できる物理的ダウンスケーリングシステムを開発した。チベット観測研究では、2004 年度に「チベット高原における春期～夏期集中観測実験」を実施した。得られたデータは、システム開発研究において、特に大気－陸面結合データ同化システムの基本概念の整理およびシステムの検証に用いられた。

#### (2)チーム全体の成果の位置づけ

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、地球観測衛星データを数値気象予測モデルに同化する手法を開発することにより実現し、河川流域規模の極端事象の予測精度の向上と予測情報に基づく適切な河川・水資源管理情報を提供することを目的としている。

システム開発の成果の科学的意義は、これまでのダウンスケーリングに欠けていた下記の 2 点を解決に導いたことである。

- 対象とする狭域規模で数値予測の初期値を物理的整合性をもって推定
- 観測データとモデル出力が整合する条件下で陸面の多様性を表現するモデルパラメータを同定

これらを実現するため、本研究では昼夜を問わず広域、全天候観測が可能なマイクロ波放射計の多波長、2偏波情報を効果的に組み合わせることで水面、土壌水分、植生水分量、雨滴、雲水、水蒸気、雲氷、積雪、氷粒子の定量観測を実現するためにマイクロ波放射伝達式の高度化研究を実施した。得られた研究成果は、本研究に限らず衛星観測アルゴリズム開発にも反映され、土壌水分については世界でもっとも高性能な手法として宇宙航空研究開発機構が定常的に作成する世界の土壌水分マップ作成の標準アルゴリズムとして採用されている。積雪アルゴリズムについても、安定性に問題があるため標準アルゴリズムとしては採択されていないが、推定精度では世界で最も高性能であることが示されている。本研究では、このような高性能の陸面状態の推定結果を大気中における放射伝達方程式の境界条件として利用することにより、世界で初めて衛星搭載マイクロ波放射計を用いた陸域上の大気での雲微物理データ同化に成功した。

米国航空宇宙局(NASA)のゴッダード宇宙飛行センターで全球規模陸面データ同化(GLDAS)プロジェクトを始め、プリンストン大学やワシントン大学など衛星データ同化研究は世界各地で進行中であるが、衛星搭載マイクロ波放射計を用いた陸域上の大気での雲微物理データ同化はもとより、これをダウンスケーリングに用いる研究も始まっていない。その背景は、これらの研究の推進にはマイクロ波放射伝達理論とモデル化、大気、陸域におけるエネルギー・水フローのモデル化、データ統合・解析の研究蓄積が必要であり、これらを併せ持つ研究機関が希少だからである。

チベット高原観測は、本研究におけるシステム開発に不可欠なものであるが、同時に本研究を地球規模に展開するために不可欠な地球規模の統合水循環データセットの整備においても国際的リーダーシップを発揮した。世界気候研究計画(WCRP)のプロジェクトである統合地球水循環強化観測期間(Coordinated Enhanced Observing Period(CEOP))プロジェクトでは、地上観測研究グループ、衛星機関、気象機関が協力して、局所的～地域規模～地球規模の全水循環過程のデータセットを作成し、それを用いて水・エネルギー循環プロセスの理解と予測研究、モンスーンシステムの研究、地球規模の広域予測情報を流域規模にダウンスケーリングする研究を推進した。チベット観測研究は、さまざまな気候条件下に分布する35か所のリファレンスサイトの活動を牽引し、その結果、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、米国航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)など衛星機関から衛星観測データ、気象庁(JMA)、欧州中期気象予報センター(ECMWF)、米国数値環境予測センター(NCEP)、英国気象庁(UKMO)などの数値気象予測センターからモデル出力が提供され、2002年10月1日～2004年12月31日の2年3カ月間におよぶ統合地球水循環データセットが作られた。

また、流域規模の降雨や河川流出は全球規模、地域規模の水循環変動の影響を色濃く受けており、たとえ流域規模の洪水や水不足の問題に対応する場合にも、全球規模、地域規模の水循環変動情報を効果的に流域規模の予測情報にダウンスケーリングする手法の開発が求められている。本研究のその基礎研究開発として、社会的意義も極めて高い。

### (3) 研究成果の波及効果

本研究においては、「研究成果の世界展開のためのデータ収集」という位置づけで進められたCEOPは、GEOSS10年実施計画においてGEOSSのプロトタイプであると高く評価され、国内外でその科学的、社会的意義が高く認められた。その結果、国内ではデータ統合・解析に関する研究、国際的にアジア域での利用研究が、それぞれ推進された。

まず国内では、科学技術振興調整費(重要課題解決型研究等の推進)『地球観測データ統合・情報融合基盤技術の開発』(平成17～19年)が開始され、本研究で開発したダウンスケーリングシステムの一部である予測降雨を用いた洪水予測およびダム最適運用研究成果を用いた実流域への適用研究が実施された。その結果、第3期科学技術基本計画の国家基幹技術(海洋地球観測探査システム)『データ統合・解析システム』

(平成 18～22 年)においては、国土交通省との協力でオンライン、リアルタイムデータの利用の開発研究の段階まで進行しており、現業の河川・水資源管理システムへの導入が検討されている。

国際的には、GEOSS のもとでデータ統合・解析研究開発を国際的に展開していく目的で立ち上げられたアジア水循環イニシアチブ(AWCI)において、本研究で開発された水循環系の物理的ダウンスケーリングシステムの利用によるアジア域での統合的水資源管理の実現を目的とする国際共同実施計画がまとめられ、すでにベトナム、フィリピン、インドネシア、バングラディシュ、パキスタン、カンボジアの河川への適用研究が進められている。AWCI は GEOSS10 年実施計画の中でも早期に実績を上げた取り組みであると第 4 回地球観測サミットで高く評価されるとともに、国内にあっては総合科学技術会議で取りまとめられた「科学技術外交の強化に向けて」(平成 20 年 5 月)において、戦略的に実施すべき課題として特筆されている。

以上のように、本研究成果はその研究開発段階においてすでに広く国内外において高く評価され、応用研究が進められており、その科学的、社会的波及効果は大きい。

### 3. 2 データ同化、ダウンスケーリング手法の開発

(東京大学 システム開発研究グループ)

#### (1) 研究実施内容及び成果

#### 研究領域(1) 大気-陸面結合データ同化スキームの開発とダウンスケーリング

##### 1) マイクロ波放射伝達モデルの開発 (陸面, 大気)

マイクロ波の放射伝達特性を詳しく理解するために、AMSR/AMSR-E と同様の性能を持つ地上設置型マイクロ波放射計(GBMR)を用い、砂層を対象として、その厚さや含水量、砂層の下層境界条件を変化させて観測実験を実施した。東京大学農場(西東京市)の実験圃場に 2 つの地上マイクロ波放射計を設置し、両放射計の共通の観測フットプリントをターゲット領域とし(図 1)、ここに金属板もしくは電波吸収剤を置き、その上に観測対象である砂層を築いた。その両隣はそれぞれの放射計の参照地面とした。土壌水分と地温は 6 本の TDR と 10 本の白金センサを用いて、鉛直、空間分布を計測し、地表面温度は赤外温度計を用いて計測した。なお、実験時には土壌のサンプリングを行い、土壌水分・土壌密度を計測した。

砂層は図 2 にあるように多くの球形粒子が密につめられたスラブ構造としてモデル化された。砂層を均一な媒体と仮定すると、放射伝達モデルは下記のように表現できる(L. Tsang et al., 1977):

$$\mu \frac{d}{d\tau} \begin{bmatrix} I_v(\tau, \mu) \\ I_h(\tau, \mu) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_v(\tau, \mu) \\ I_h(\tau, \mu) \end{bmatrix} - (1 - \omega_0) B(\tau) \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \frac{\omega_0}{2} \int_{-1}^1 \begin{bmatrix} P_{VV} & P_{VH} \\ P_{HV} & P_{HH} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_v(\tau, \mu') \\ I_h(\tau, \mu') \end{bmatrix} d\mu' \quad (1)$$

ここで、 $I_p(\tau, \mu)$  は光学的厚さ  $\tau$  での放射強度、 $\omega_0$  は単一散乱アルベド、 $B(\tau)$  は Plank の放射則、 $P_{ij}$  は散乱位相関数である (Lu et al. (2006)、太田他(2007)、Lu et al. (2008))。

式 (1) については、離散的な手法と Henyey-Greenstein 位相関数を用いることによって効率よく解を得ることができる。表面散乱には AIEM を、土壌粒子の体積散乱の計算には稠密媒体の放射伝達モデル(DMRT)を用いた。また、図 3 にあるように人工的に砂層表面に凹凸をつけ、観測角によって生じる陰が引き起こす地表面反射率の低下(Shadowing効果、図 4)を地表面粗度と関連付けて表面散乱モデルに取り入れた。

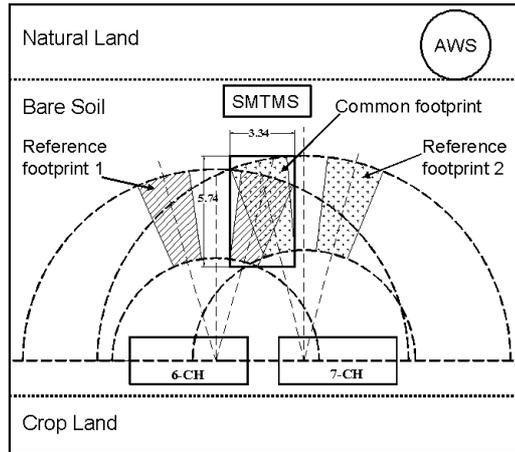


図1 2台のマイクロ波放射計による地上観測実験  
(左：観測風景，右：共通のターゲット領域)

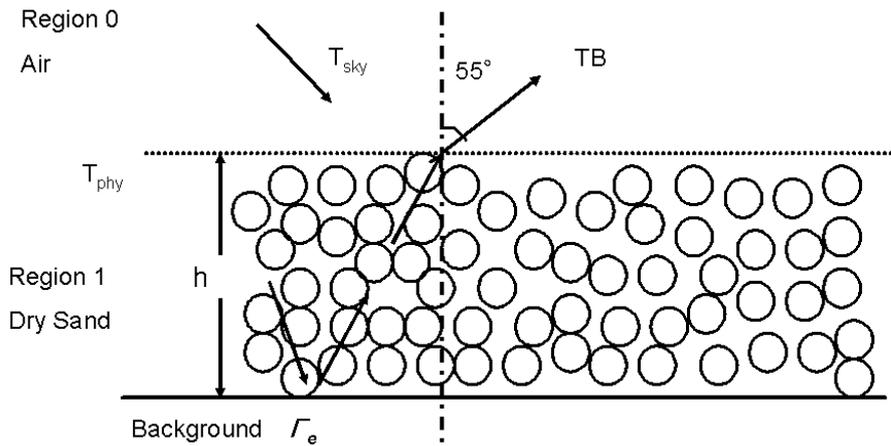


図2 放射伝達モデルの幾何的な構成



図3 地表面粗度の形成

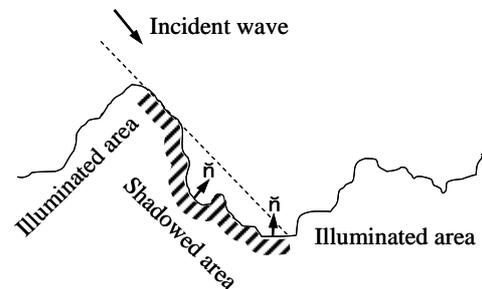


図4 Shadowing 効果の導入

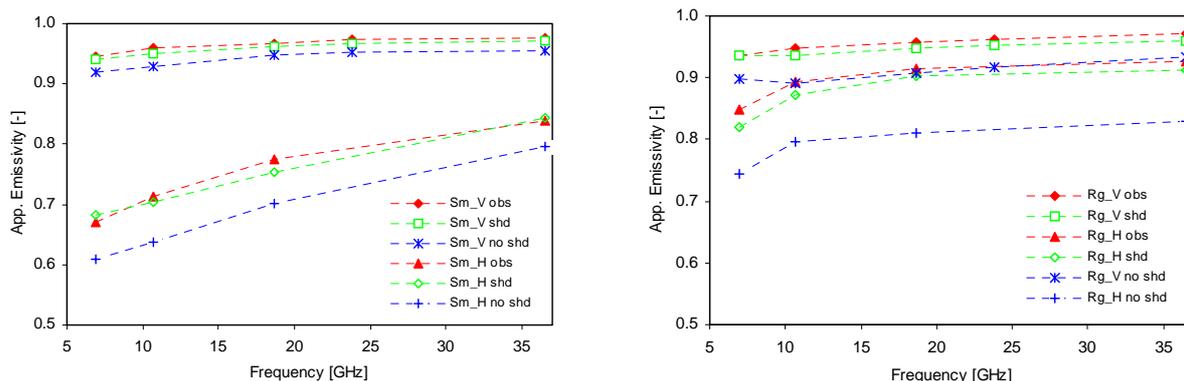


図5 Shadowing 効果を含んだ AIEM と稠密媒体の放射伝達モデル(DMRT)による砂層の放射伝達モデルの周波数ごとの見かけの放射率の検証結果 (左: なめらかな面、右: 人工粗度を付加した面)。観測値 (赤) に対して、Shadowing 効果を含まないもの (青) は特に水平偏波 (+) で観測値から離れているのに対して、Shadowing 効果を含む (緑) 結果は水平 (○)、垂直 (□) 偏波いずれも全周波数にわたって観測値に近い。

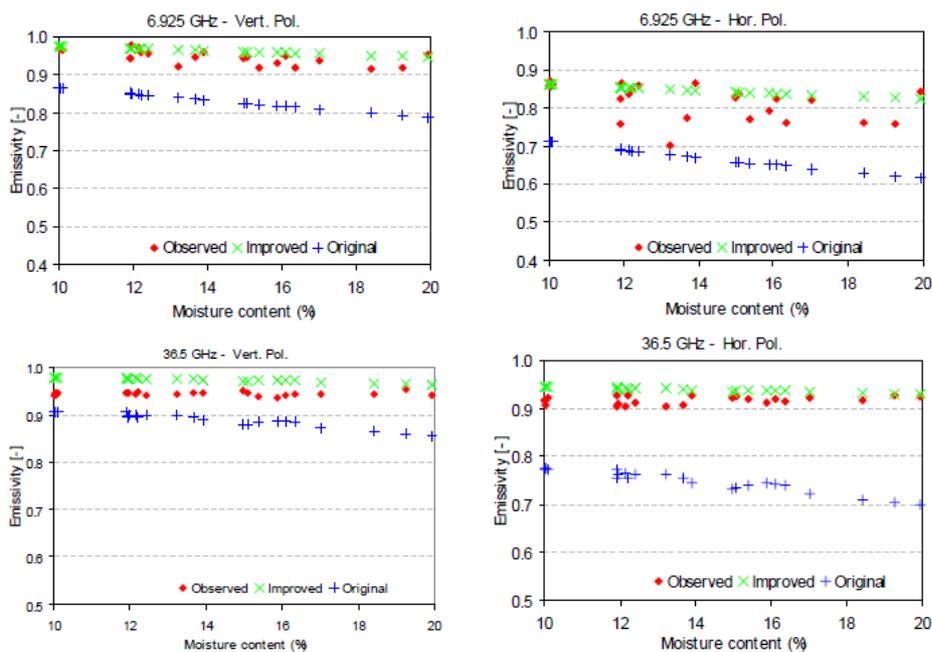


図6 CEOP モンゴルリファレンスサイトでの土壌マイクロ波放射伝達モデルの検証結果。6.9GHz (上段)、36.5GHz (下段) の垂直 (左)、水平 (右) 偏波において、体積含水率 10-20% まで観測放射率 (●) に対して、Shadowing を含まないもの (+) は水平偏波で低めに推定されるが、Shadowing を含めた結果 (×) は観測値とよく一致している。

これまででは垂直偏波については絶対値、傾向とも良好な結果が得られているものの、水平偏波に関してはモデルの推定値が絶対値としては過小であるという問題があったが、地表面での Shadowing 効果を導入することにより、図5、6にみられるように水平、垂直両偏波で定量的に妥当な値が得られるようになり、定量的な推定精度が飛躍的に改善された (Kurita et al. (2007))。

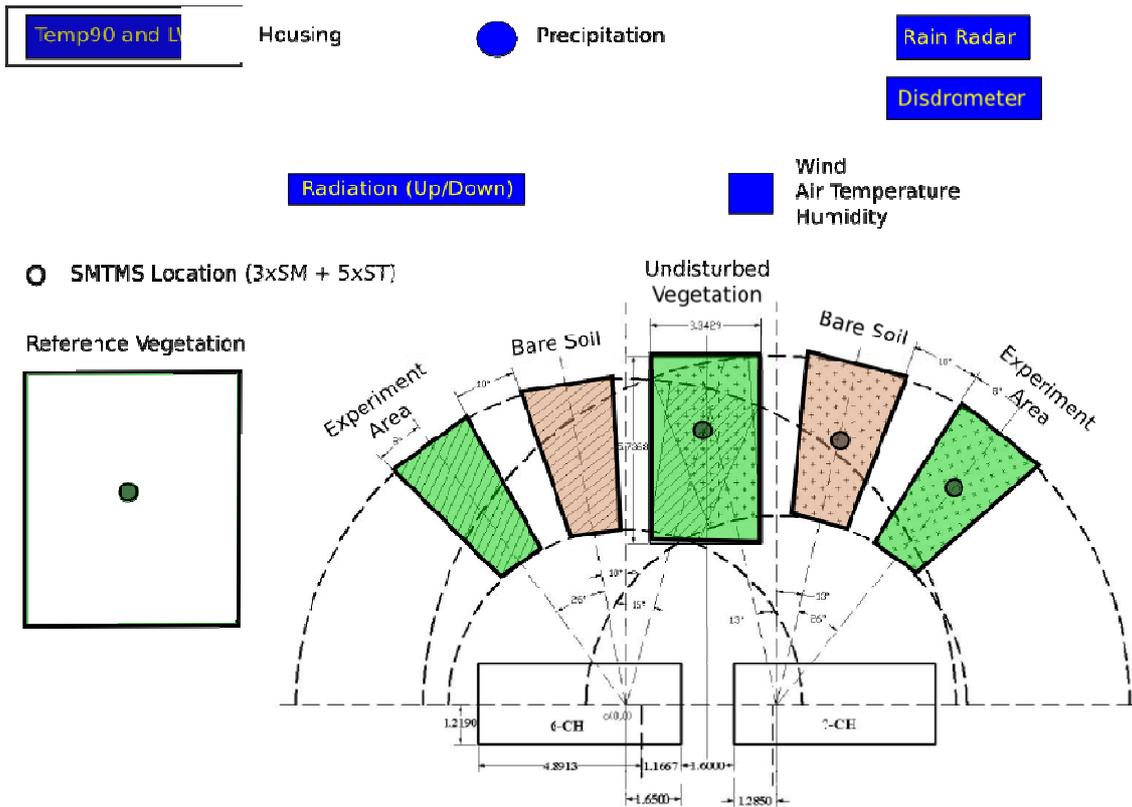


図7 東大農場における2台のマイクロ波放射計を用いた植生観測実験

積雪に関しては、積雪層内では土壌層と同様に 4 stream fast 放射伝達モデルと Dense media 放射伝達モデルを組み合わせ、積雪表層では土壌表層とは異なり表面散乱を含まず大気-積雪層の誘電率の違いを考慮したフレネルの屈折率を組み込んだマイクロ波放射伝達モデルを用いている(筒井他(2005)、筒井他(2006)、Tsutsui et al.(2007)、筒井他(2008))。

植生は、土壌からの射出に対する減衰効果と植生自身の放射特性により衛星輝度温度に影響を与える。植生が考慮された従来のアプローチとして $\omega-\tau$ モデルがあるが、このモデルにおける更なるパラメータ ( $\omega \cdot \tau$ ) 評価手法の改良は、土壌水分観測技術の改良だけでなく植生水分量と植生温度の評価手法を提供する。ここで $\omega$ は散乱特性、 $\tau$ は吸収特性を示し、 $\tau$ はNDVIに基づくLAIにより算定される植生水分量に基づき評価されるパラメータである。しかし、これまで $\omega-\tau$ モデルは、植生放射伝達過程への適用には成功しているものの物理的制限により未だに課題が残された状況にあった。また、高い周波数が大気パラメータに強い感度を持つことから、通常、大気観測には、高周波数が用いられているが、地表面からの放射の影響を受け、現時点では定量的な計測が困難な状況にある。故に、陸面上の大気パラメータの観測において高周波数と低周波数の輝度温度を関連付けることのできるモデルの開発が必要となる。

以上より、土壌水分条件が比較的安定する寒候期に、植生として小麦を対象とし、図7に示すように異なる植生状態の複数領域を2台の地上マイクロ波放射計および可視・赤外放射計を用いて観測し、 $\omega$ 、 $\tau$ のパラメータ、低周波数と高周波数の関係を把握した(Lu et al. (投稿中))。

## 2) 陸面データ同化システムの開発 (土壌・植生)

陸面データ同化システムでは、まず大気モデルと陸面の結合に使われる鉛直一次元

の陸面スキーム (SiB2、新 SiB) や、積雪量変化や雪崩シミュレーションに用いられる積雪モデルにおける初期値を設定し、観測データや数値気象予報モデルの出力を入力して、土壌水分や地温、積雪量や積雪温度などの土層、積雪層の状態量の変化を予測する。次に、この状態量の予測値を土層内および積雪層におけるマイクロ波放射伝達モデルに入力して衛星で観測されるマイクロ波輝度温度を算定する。このマイクロ波輝度温度の算定値と衛星搭載マイクロ波放射計観測値を比較し、その誤差が許容範囲に入るように様々な最適化手法 (Simulated Annealing 法 (焼きなまし法)、Ensemble Kalman Filter 法、Shuffled-Complex Evolution 法) を適用して妥当な初期値を推定している (Pathmathevan et al. (2005), Graf et al. (2005), Pathmathevan et al. (2007))。

ただしここで用いられる陸面スキームには、透水係数や地表面粗度を記述するパラメータが含まれており、またマイクロ波放射伝達モデルにも地表面粗度や土粒子径、植生水分モデルパラメータなどが含まれており、そのパラメータの推定が鍵となる。そこで本研究では、長期間(数週間から数ヶ月)の同化ウィンドを設定して、モデルの鍵となるパラメータを同定し、そのパラメータを用いて、衛星データ取得ごとに土壌水分などを同化する 2 段階の陸面データ同化システムを開発した (Yang et al. (2007))。

	Opt	Obs
SAND	28.5	26
CLAY	37.6	43
WSAT	0.390	0.725
b	2.36	1.15
rms h	0.825	1.01
cor l	0.386	1.16
www1	0.30	0.3270

表 1 同定されたパラメータ (Opt) と観測値 (Obs)

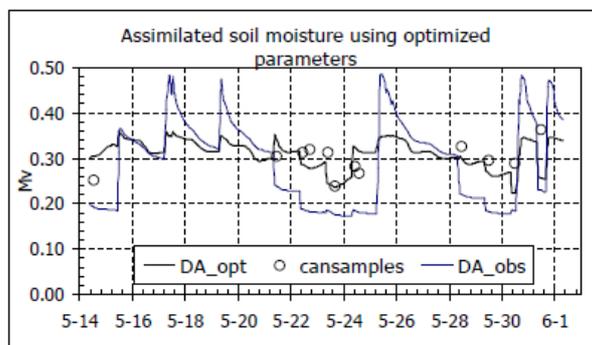


図 8 小麦の濃い植生下での土壌水分のデータ同化結果 (太線: 2 段階同化結果、細線: 通常の同化、○: 観測値)

表 1 に見られるように、植生の 2 つのパラメータ ( $\omega_{sat}$ 、b パラメータ) および粗度の相関長さ (corl) には大きな差が認められるが、土壌水分の同化結果は、図 8 に見られるように 2 段階同化を行ったほうがよく一致している (Lu et al. (投稿中))

そこで本手法を、CEOP チベット Gaize リファレンスサイトに適用し、リファレンスサイトデータと比較した結果を図 9 に示す。

データ同化による土壌水分は乾燥期間に過大推定となっているが、地温およびフラックスが適切に算定されていること、および微量の降雨が雨量計でも観測されていることから、表面の土壌水分はデータ同化結果のほうが適切で、観測値は 5 cm の深さを計測しているために地表面値とは違いが生じているものと考えられる (玉川他 (投稿中))。

### 3) 雲微物理データ同化システムの開発とダウンスケーリング

領域数値気象モデル (ARPS) に組み込まれているリンによる雲氷微物理過程モデルをモデル操作子 (Model Operator) として、大気中の放射伝達モデル (4 ストリームファーストモデル)、発見的な誤差最小化手法である Shuffled Complex Evolution (SCE) と AMSR-E データを用いた図 10 の雲微物理同化システムを開発した (Mirza et al. (2005, 2006, 2008))。

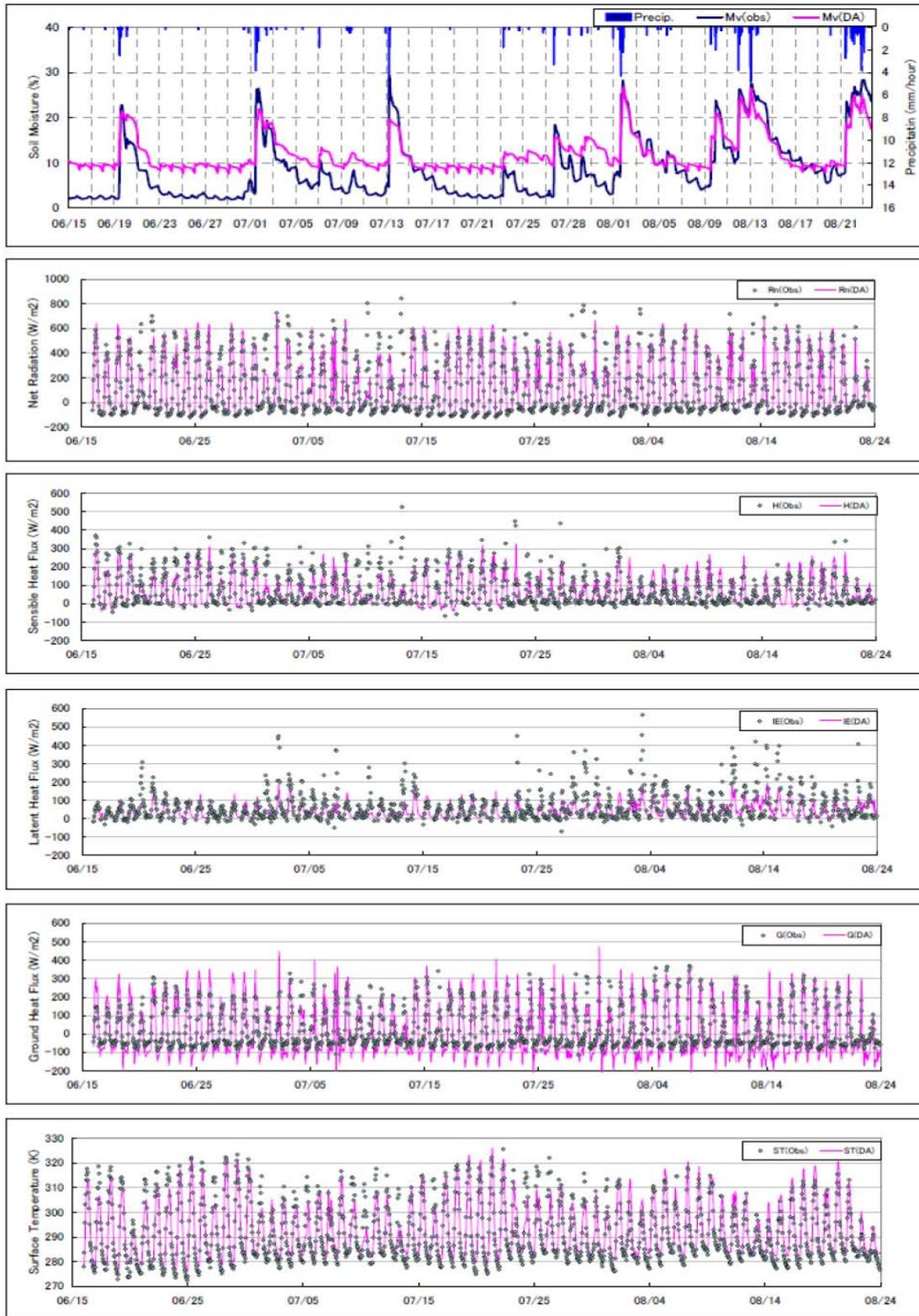


図9 2007年6月16日～8月23日における、CEOPチベットGaize観測所への陸面データ同化の適用結果。(上段より、降水量と土壌水分、正味の放射収支、顕熱フラックス、潜熱フラックス、地中熱流量、地表面温度。フラックスはボーエン比法により算定。ピンク線がデータ同化結果、青線もしくは青点が観測値。)

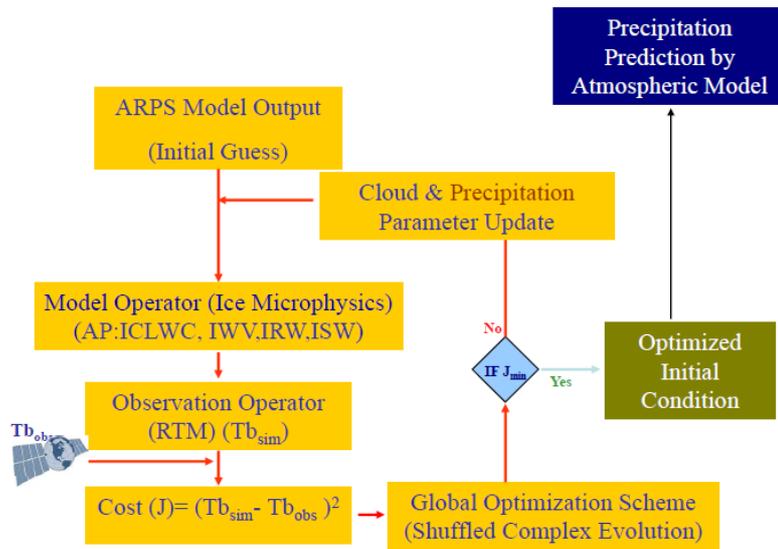


図 1 0 雲微物理データ同化のフロー

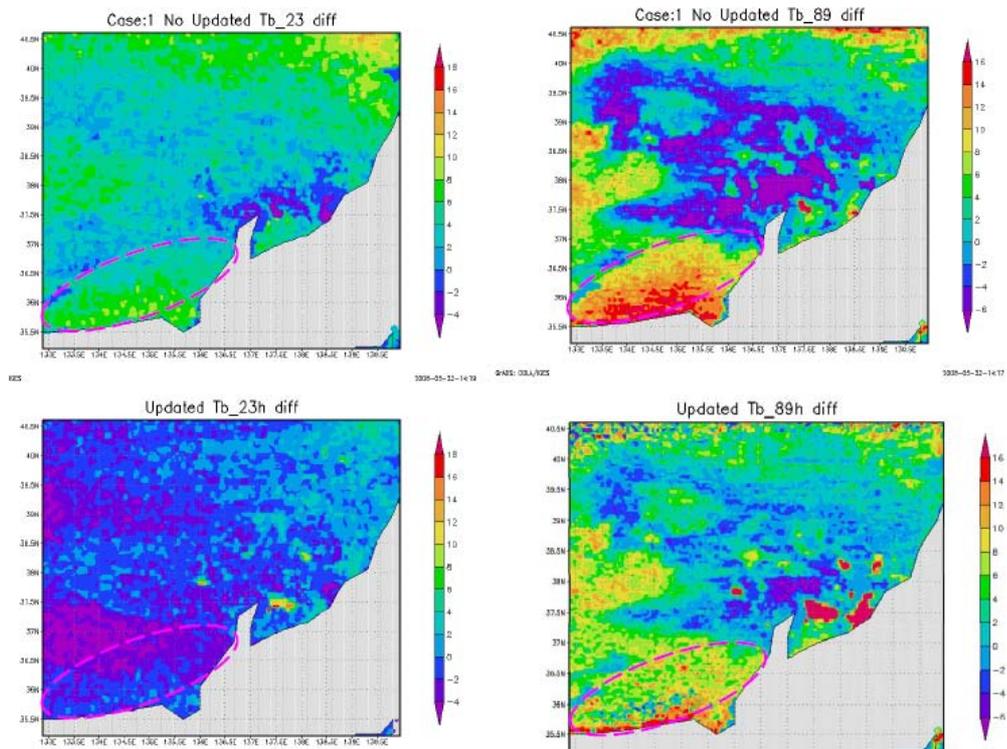


図 1 1 輝度温度の同化結果（上段：同化前、下段：同化後、左：23GHz、右：89GHz、ピンク点線で囲まれた領域の輝度温度の誤差が、同化後に著しく減じている。）

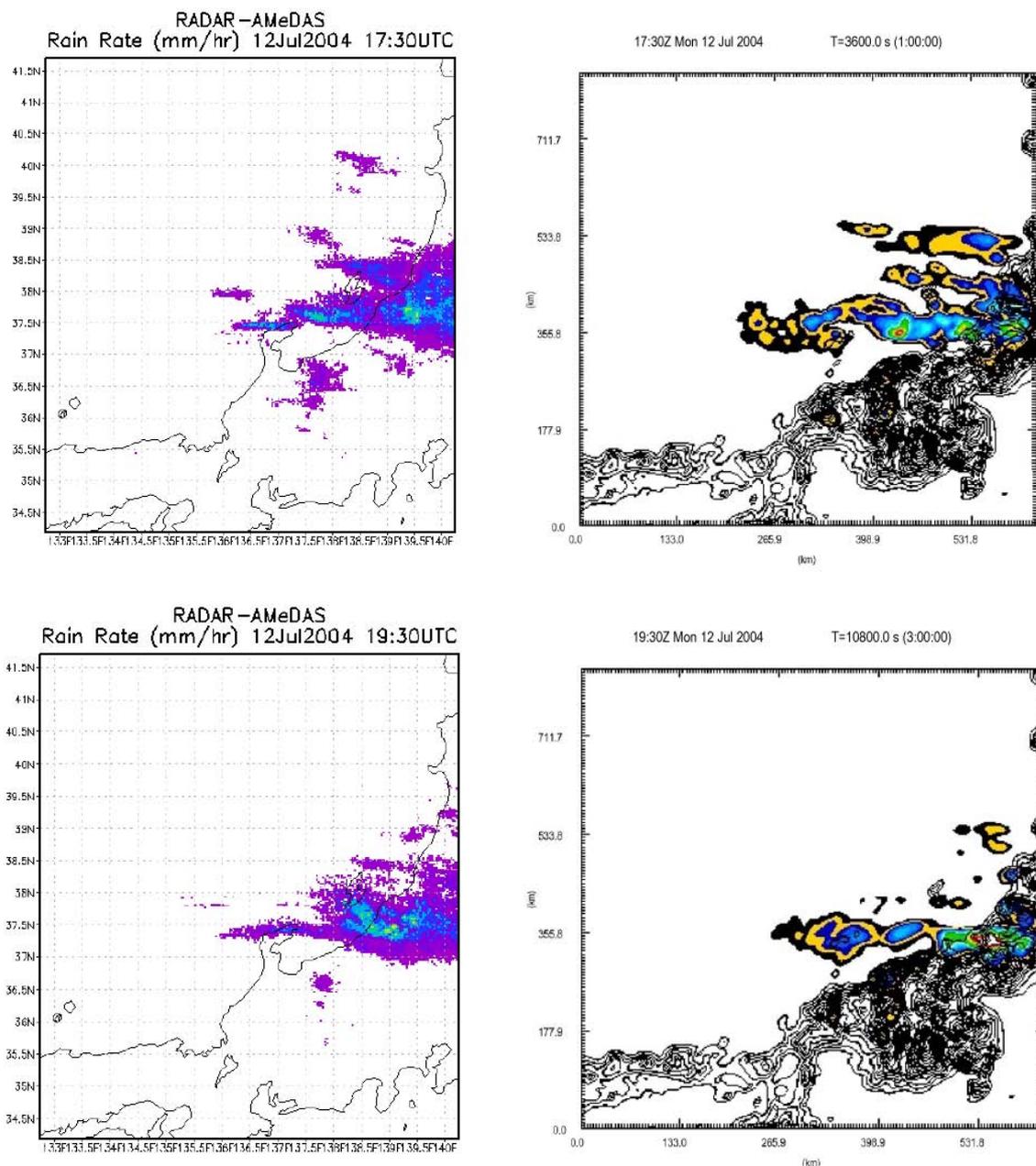


図 12 雲微物理同化システムを組み込んだ物理的ダウンスケーリングによる豪雨予測（上段：1時間先、下段：3時間先のレーダ・アメダスによる降雨分布観測結果（左）、予測結果（右））

図 11 は、2004 年 7 月の新潟・福井豪雨の事例を対象として、NCEP Global Forecast System (GFS) 出力を約 5km の水平解像度の ARPS によってダウンスケーリングした結果に、本研究で開発された雲微物理データ同化システムを当てはめた結果である。同化によって、水蒸気吸収帯の 23GHz ならびに雲水量に感度のある 89GHz の両周波数帯にわたって全体に輝度温度の誤差が改善されていることが示され、特に若狭湾周辺の大きな輝度温度差が著しく改善されている。

同化の結果得られた雲水量、水蒸気量を初期値として ARPS によって降雨を予測した結果が図 12 であり、高い精度の降雨予測を実現している。

4) 大気-陸面結合データ同化手法の開発とダウンスケーリング

マイクロ波放射計による雲、水蒸気観測は、均一でマイクロ波輝度が低い海洋上では有効であるが、不均一性が著しく、強い陸面放射を背景とする陸域上の大気では不可能とされてきた。したがって本研究で開発した雲微物理データ同化手法も海洋上大気への利用が限定されていた。ただし、本研究では陸面データ同化により陸面放射を精度よく算定することができるため、この値を境界条件とする大気中のマイクロ波放射伝達モデルを開発し、その精度を検証することにより、陸域上大気でのマイクロ波放射計を用いた雲微物理データ同化の実行可能性を検討する。

まず、大気の影響が少ない低周波数帯を使った陸面データ同化によって得られた低周波数帯での陸面放射率と、東大農場で得られた多周波観測によって得られたデータを用いて、高周波数帯の放射率を推定し、陸面の輝度温度を算定する。次に、陸面輝度温度を境界条件とする大気中のマイクロ波放射伝達モデルに、数値気象モデル ARPS を全球モデルにネスティングして得られる大気プロファイル情報を入力して大気上端の輝度温度を算定する。この両者と衛星観測データを比較したのが図 13 で、低周波数側は観測値によく一致しているが、高周波数側は陸面輝度温度との差は大きくなる。大気の影響を導入した場合は、観測値に近くなる。すなわち大気モデルが大気状態を正しく推定した場合には観測輝度温度との差が小さくなることに着目し、陸面データ同化と雲微物理データ同化を組み合わせた 2 段階のデータ同化システムを開発し、チベット高原の CEOP リファレンスサイトを中心とするメソ領域に適用し、その結果を図 14 に示す。

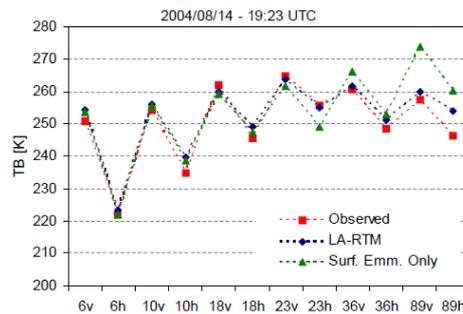


図 13 周波数別の輝度温度（観測値：赤、大気の影響を考慮しない陸面データ同化による陸面での計算輝度温度：緑、陸面での計算値を境界条件として大気の影響を考慮した大気上端での計算輝度温度：青）

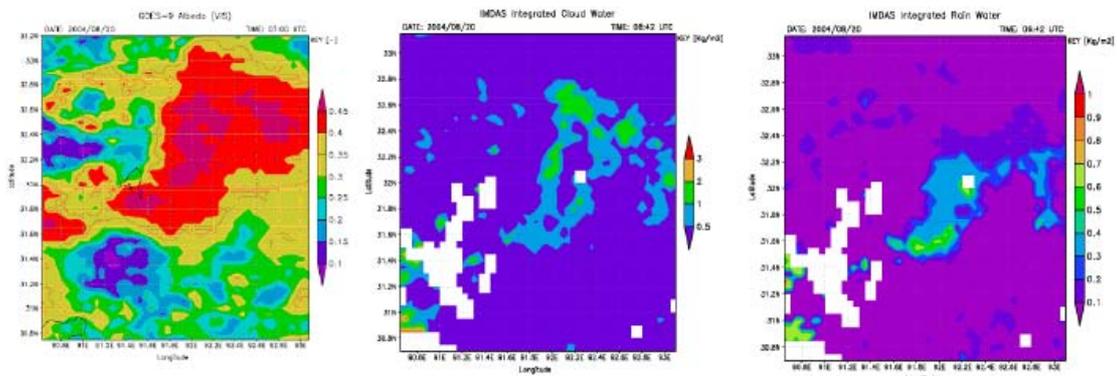


図 14 大気-陸面結合データ同化の適用結果（左：静止衛星赤外面像、中：同化された雲水量、右：同化された降水量。赤外面像で赤く示される背の高い雲の形状に、雲水量の分布形が一致しており、雲水量分布の中心部に降水が集中している。）

以上のように、陸面データ同化と雲微物理データ同化を、陸面から大気までの連続したマイクロ波放射伝達モデルを用いて結合することにより、陸域大気上でのマイクロ波放射計によって大気水文情報（水蒸気量、雲水量、降水量など）が得られ、これらを初期値として、陸域での降水系の物理的ダウンスケーリングによる降雨の短期予測の可能性が示された(Kuria et al. (投稿中))。

## 研究領域(2) 河川流出の予測と河川・水資源管理の最適化

### 1) 分布型流出モデルへの陸面スキームの導入

研究領域(1)で開発された物理的ダウンスケーリングによる降水過程および陸面過程を的確に取り込んで河川流出を予測するには、陸面データ同化ならびに大気-陸面結合データ同化に用いられた陸面スキームを分布型流出モデルに結合することが必要となる。ここで陸面スキームは鉛直方向のエネルギーと水のフローを記述するモデルであるが、一般に大気モデルとの結合を目的としたものであるため鉛直方向のエネルギー・水の収支計算には適しているものの、水の不飽和浸透の動態を記述するには鉛直層構造の離散化が粗いのが欠点である。一方、分布型流出モデルにおける斜面流出過程では、水の鉛直不飽和浸透に加えて、斜面方向の表面流、中間流、地下水流の力学を組み込んだモデルが開発されているものの、鉛直方向のエネルギーフローを十分に組み込めていない。本研究では、この両者を物理性を保って合理的に結合する点を重視した。

本研究で用いた分布型流出モデルはグリッド型 Geomorphology-Based Hydrological Model (GBHM) である。これは対象流域をグリッドで分割して、さらに各グリッドを構成する DEM グリッドを用いて河道網を作成し、Phafstter Scheme を用いて全体の流域をサブ流域に分割する。サブ流域内は、流出点からの距離に応じて Flow Interval という領域に区分され、Flow Interval 内の複数のグリッドからの流出量を集中化して、それを各 Flow Interval からの流出量とみなして河道流出追跡計算を行う (図 15)。各グリッドでは河川を集中化し、その主河道を中心として左右対象に斜面を設定する。斜面毎に表面流出、地下水流出を計算し、設定したタイムステップ (例えば 1 時間) ごとの主河道への流出量を求める (図 16)。

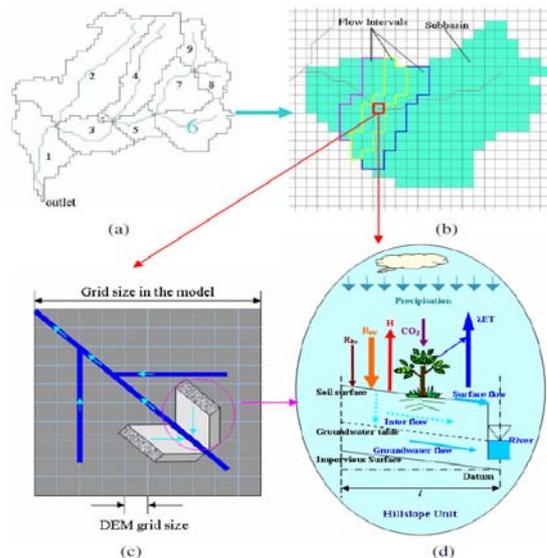


図 15 グリッド型 GBHM の構成：(a) 流域をサブ流域に分割、(b) 複数の Flow Interval からなるサブ流域、(c) Flow Interval を構成するグリッド (DEM グリッドにより斜面、河道が特徴づけられる)、(d) 各グリッド斜面に適用される陸面スキーム

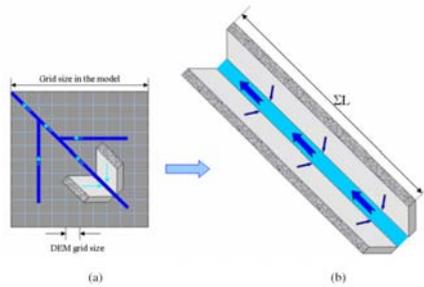


図 16 DEM グリッド情報を用いて斜面と主河道にモデル化されるグリッド

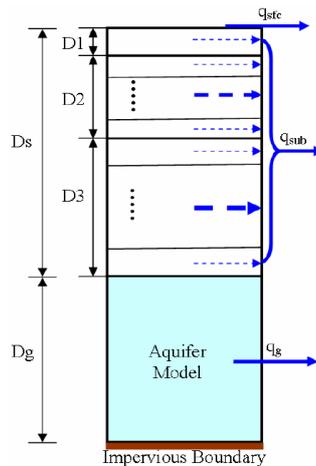


図 17 陸面スキーム (SiB2) のサブレイヤ化と地下水層の追加および側方流出成分

こうして求めたグリッドからの流出量は同じ Flow Interval 内で集中化されて、それが当該 Flow Interval からの流出量となる。次に、サブ流域の中で上流の Flow Interval から順に流出追跡計算がなされ、一番下流側の Flow Interval の流出量が求まれば、それを当該サブ流域からの流出量とする。サブ流域からの流出量は河道網に沿って追跡計算され、最終的に全流域からの流出量が求まる。(Yang et al. (2004), Ahmad et al. (2005))。

このグリッド型 GBHM において、各グリッドの斜面に陸面スキームを適用して、鉛直方向のエネルギーフローを求めるとともに、蒸発散、表面貯留と浸透、地下水涵養を求め、各グリッドにおける斜面長ならびに勾配を用いて斜面流出を高い精度で算定するのが本研究で開発したモデルの特徴である。用いた陸面スキームは陸面データ同化で用いた SiB2 であるが、鉛直不飽和浸透をより精度高く解くために、SiB2 の表層、根系層、深層の 3 層構造をサブレイヤに分割するとともに、グリッド型 GBHM の地下水層を記述するために深層の下部に下層固定境界を有する地下水層を設け、深層下部のサブレイヤと連動させて地下水位の上下動を表現した(図 17)。

以上のように本研究では陸面スキームと分布型流出モデルを組み合わせることで大気-陸面間のエネルギーと水のフローを流域規模で表現できるモデル (WEB-DHM) を開発した。本モデルを米国オクラホマ州の Little Washita 流域で 1997 年に実施された集中観測実験 SGP97 で得られたデータに適用した結果を図 18~図 20 に示す。流出ハイドログラフ(図 18)だけでなく、航空機搭載マイクロ波センサー (ESTAR) で計測された面的な土壌水分分布(図 19)、地点フラックス(図 20) のすべてを精度よく再現できるモデルが構築されたことが示されており、この結果を同流域で 1999 年に実施された SGP99 に適用し、図 21、図 22 に示されるように、妥当な検証結果を得た(Wang et al. (印刷中))。

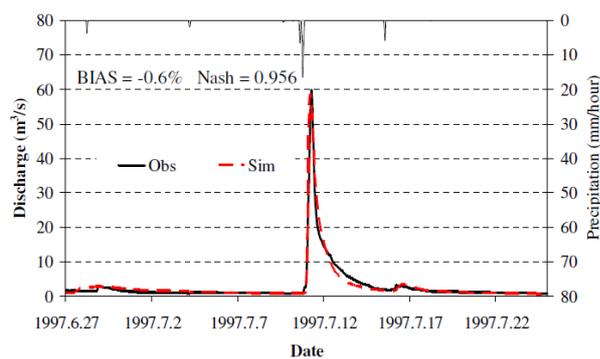


図 18 WEB-DHM による Little Washita 流域の河川流出量の再現性

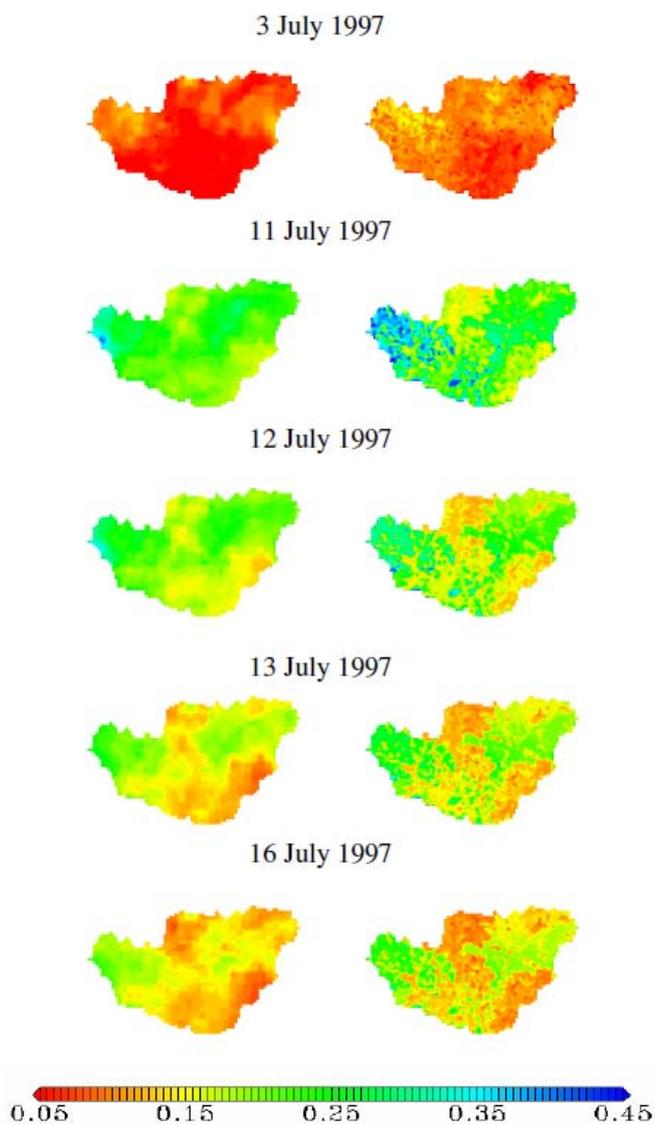


図 19 1997 年 SGP97 において航空機搭載マイクロ波放射計 (ESTAR) で観測された土壌水分(体積含水率%) 分布 (左) と WEB-DHM の算定結果 (右)

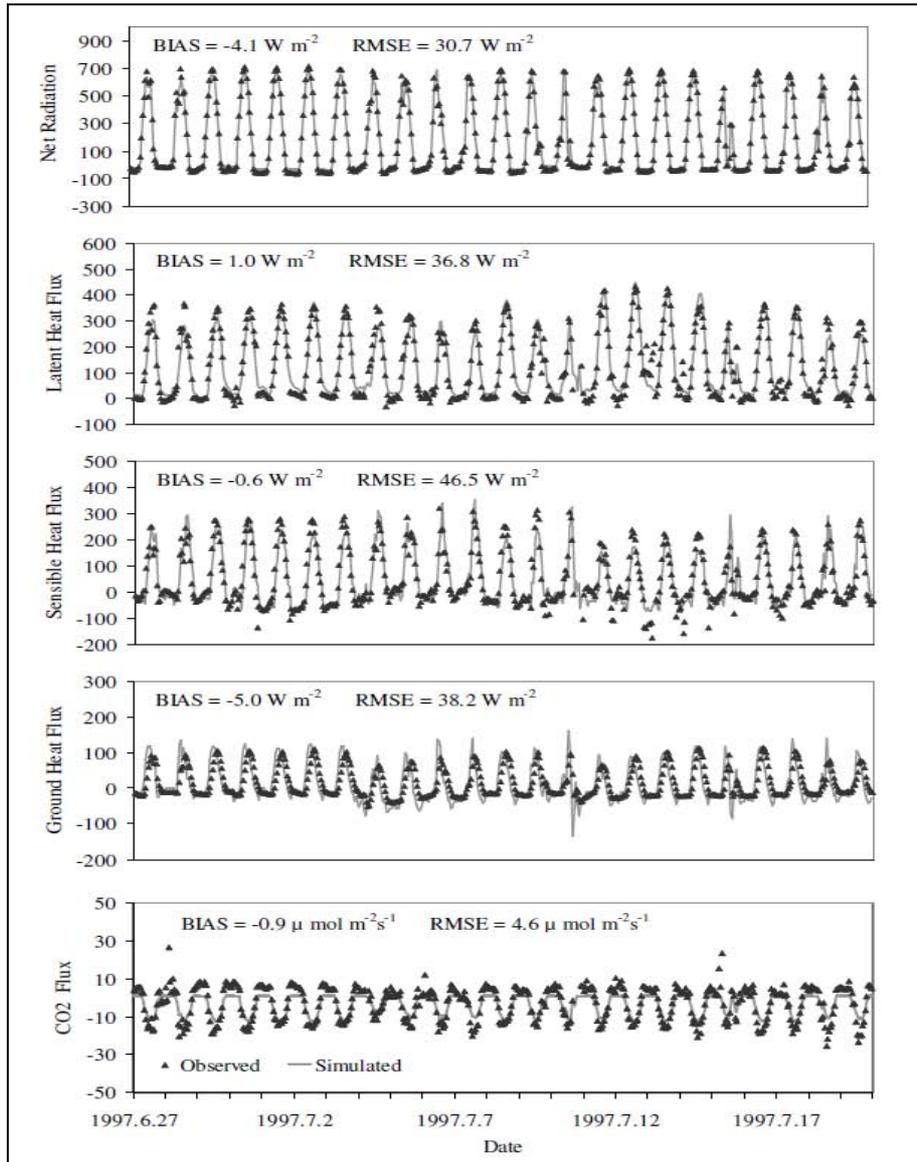


図 20 Little Washita 流域内のフラックス観測サイトで観測された各フラックス (▲、上から正味放射、潜熱、顕熱、地中熱流、二酸化炭素) と WEB-DHM の計算値 (実線)

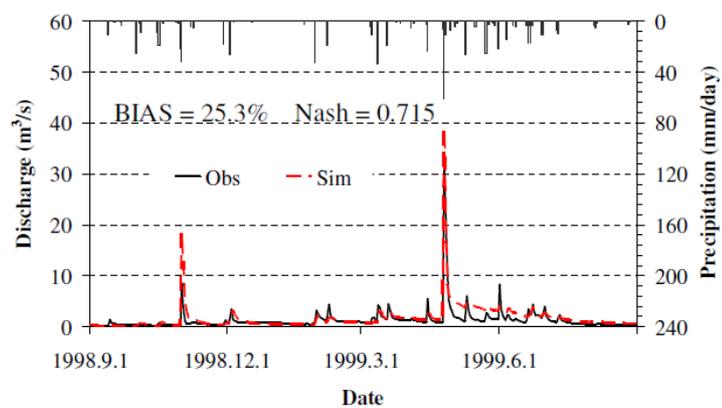


図 21 Little Washita 流域における WEB-DHM の検証結果

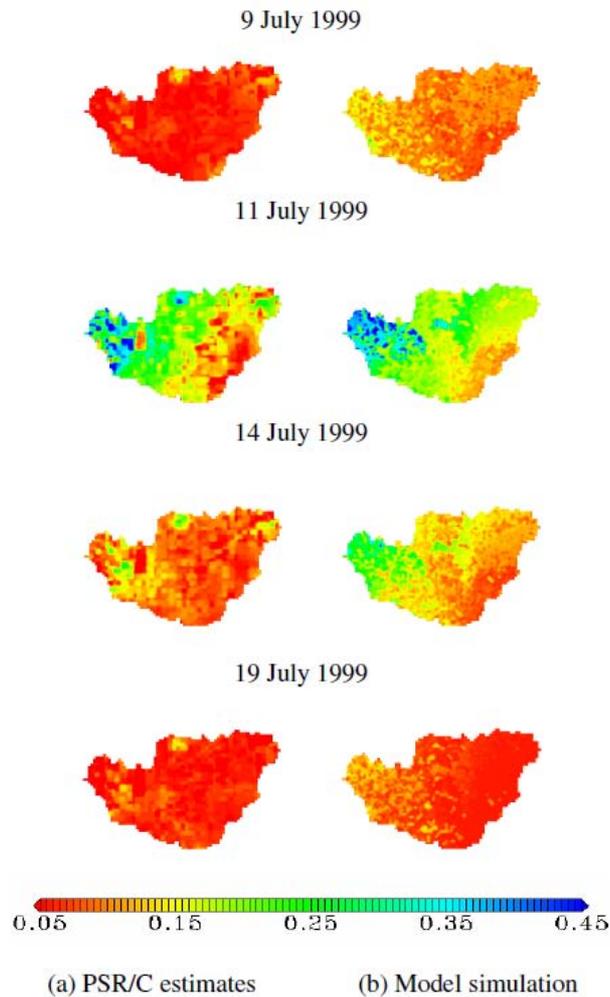


図 22 1999 年 SGP99 において航空機搭載マイクロ波放射計 (PSR/C) で観測された土壌水分(体積含水率%) 分布 (左) と WEB-DHM の算定結果 (右)

## 2) 水管理意思決定支援システムの開発

物理的ダウンスケーリングシステムを洪水防御や渇水管理などのためのダム操作に適用するには、システムの予測精度を加味したダムの最適操作情報の提供が必要である。本研究ではダムの操作規則の最適化操作において遺伝アルゴリズムの 1 種である Shuffled Complex Evolution (SCE) algorithm を用いた。遺伝アルゴリズムとは、システムの中で自然淘汰、交叉、突然変異などのシミュレーションを行い、複数個の候補解(集合)を保持しながら最適解の探索を進めるというものである。

SCE アルゴリズムの概要は以下の通りである。まず、解の候補群は最適化される各変数の上・下限を定めることにより、確率的にパラメータの実行可能領域に分布される。それぞれの点は、母集団のうち 1 つの点で、一番適したもののみが保存され、遺伝情報(パラメータの値の完全セット)で特徴付けられる。この遺伝情報(パラメータの値)を変えることで、母集団は適応度の最適化を図っていく。本研究ではダム操作モデルを組み込んだ GBHM に、SCE アルゴリズムをカップリングすることで、ダム操作規則の最適化を行う。この最適化にとって最も重要といえるのが、それぞれのダム操作のニーズに即した目的関数の設定である。

主な目的としては、洪水ピーク流量の軽減や渇水対策、利水、発電、灌漑用水など

が挙げられる。多くのダムの場合、ダム操作の目的は一つに限られず複数存在しているが、それぞれのニーズは相反することも多い。例えば、洪水制御や洪水ピーク流量の軽減が目的として挙げられる場合、洪水が生じる前にダム貯水池の水が事前放流され、洪水が生じている間は、ダムのゲートを閉め、下流に水が流れないようにすることが求められる。一方で、利水や灌漑用水、発電が目的に挙げられる場合は、将来の水利用や乾期、高エネルギー消費に備えて、出来るだけ長期間最大限の水をダム貯水池に貯めておくことが求められるが、この場合、最大限貯水池に水がある状態で激しい降雨が生じてしまうと、下流に水を放流せざるを得ず、洪水被害を増大させてしまう危険性がある。このように洪水が起こる前の時機を得た放流が実現するのは難しいと言える。

下流での洪水被害を軽減するような、洪水制御を目的とする目的関数を考えるとき、まず、洪水時においての下流における最適な流量  $Q_{opt\_gauge}$  を考える必要がある。同じ下流域でシミュレートされた、 $Q_{sim\_gauge}$  と  $Q_{sim\_gauge}$  とが最初に交わる時間を Critical hour とし、その前では上流のダムから水を放流し、理想流量  $Q_{opt\_gauge}$  との差を少なくし、Critical hour の後の  $Q_{opt\_gauge} < Q_{sim\_gauge}$  となっている間は、その差の合計が潜在的洪水量であり、この期間は部分的・もしくは全体的にダムのゲートを閉めることで洪水流量を減らすべきである。この2つの条件を満たすために SCE アルゴリズムを用いて、以下の式で定められる RMSE を最小化する。

$$Error = \sqrt{\frac{\sum (Q_{sim\_gauge} - Q_{opt\_gauge})^2}{N}}$$

同時に、ダムの下流域での洪水制御軽減及び洪水が生じたあとの水利用に備えるための貯水を満たせるような目的関数を考える。そこで、ダムの操作がない場合の対象下流域の流量を計算し、その流量が  $Q_{opt\_gauge}$  を超えないようであれば、システムは適用されず、超えるようであれば、ダムの操作を含んだ流量を計算する。次に、図 23 のピンク色の部分で表されているようにダムの操作なしのシミュレーション流量とダムの操作ありの流量との差で  $Q_{opt\_gauge}$  を超える部分を洪水流量とし、 $Q_{without\_dam}$  と  $Q_{opt\_gauge}$  とが交わる時間を Critical hour とする。

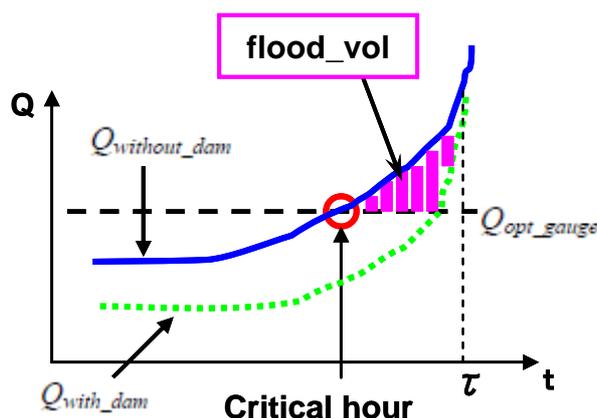


図 23 洪水調節と水利用を最適化するためのスキーム

このとき、Critical Hour より前に出来るだけ早くダムへの流入量と同じ、もしくはそれ以下の水を放流することが求められ、Critical hour になると、ダムの貯水池に十分に水を貯める余力があることを前提に、ダムは完全に閉められる。ダムが閉められている期間は、図の時刻  $\tau$  で決められる。この  $\tau$  は、リードタイムと一致するか、

シミュレートされた流量が  $Q_{opt\_gauge}$  より少なくなるまでである。目的関数は、図 23 の Flood\_vol と全放流量との絶対差であり、これを最小化する最適化変数を探索し、放流量を決定させる。

$$Error = abs(flood\_vol - released\_vol)$$

この最小化によって、最適な放流量が求められる。

これまでの最適操作と異なる点は、流域全体の面的雨量予測情報とその誤差情報を用いるという点であり、降雨の予測誤差が大きい時は、最適化の重みを下げるといった手法が組み込まれている。

図 24 は本システムの概要を示しており、その成果は、科学技術振興調整費（重要課題解決型研究等の推進）『地球観測データ統合・情報融合基盤技術の開発』や国家基幹技術（海洋地球観測探査システム）『データ統合・解析システム』の研究の一環として、国土交通省河川局との共同により、利根川上流域に適用され、実運用を目指した研究開発が進められている。

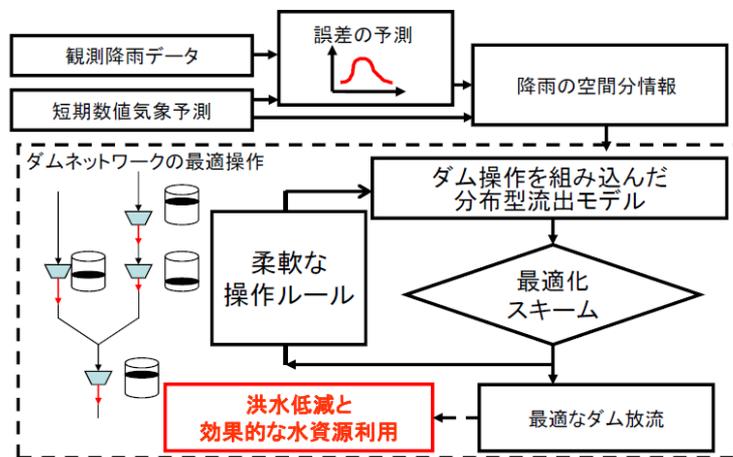


図 24 気象予測値と分布型流出モデルを組み合わせたダム最適操作システムの概要

## (2) 研究成果の今後期待される効果

本研究で開発された水循環系の物理的ダウンスケーリングシステムの利用による統合的水資源管理技術は、GEOSSのもとでデータ統合・解析研究開発を国際的に展開していく目的で立ち上げられたアジア水循環イニシアチブ(AWCI)において、科学技術振興調整費（重要課題解決型研究等の推進）『地球観測データ統合・情報融合基盤技術の開発』や国家基幹技術（海洋地球観測探査システム）『データ統合・解析システム』の研究の一環として、アジア各国への適用が進められている。2007年には国際共同実施計画がまとめられ、すでにベトナム(フォン川)、フィリピン（パンパンガ川アンガットダム）、インドネシア（マベラーノ川）、バングラディシュ（メグナ川）、パキスタン（インダスが上流）、カンボジア（トンレサップ湖周辺の局所水循環）への適用研究が進められている。

## 3.3 チベット高原観測とチベット高原の水循環プロセスの解明

(筑波大学 チベット高原観測研究グループ)

### (1) 研究実施内容及び成果

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。

2月の観測実験では、チベット高原において初めて厳冬期の地表面状態が観察された。特にパッチ状の残雪と裸地の共存が特徴的であり、例年に比べてこの冬は比較的積雪が存在した可能性があることが示され、残雪の形成過程と観測地点での吹き溜まりの影響について、基礎的な検討が開始された。

2004年2月3日から11日にかけてチベット高原東部を北（Gormud）から南（那曲）へ移動しつつ積雪観測を行った際、那曲流域の観測ステーションも2月8日に経由したが、観測ステーションには、図25(a)に示すように雪がステーションの囲いのために吹き溜まり、十数cmの積雪が堆積していた。積雪密度が $0.30\sim 0.45\text{g/cm}^3$ と比較的大きく、上層が雪粒子径 $0.55\sim 1.75\text{mm}$ のしまり雪、下層が雪粒子径 $4.00\text{mm}$ でシモザラメ化がかなり進行していることから1月初旬から堆積し始めた積雪であることが分かる。しかし、観測ステーションの周囲は、図25(b)に示す通り、目視で5~10%のパッチ状の積雪が所々に分布するのみであった。即ち、観測ステーションでは、吹き溜まった積雪により強い日射による加熱が遮断され、その下の活動層が地表面まで凍結するが、観測ステーションを除くその周囲は、5~10%のパッチ状の積雪を除く90%以上が裸地であった。



図25 那曲付近の地表面状態 (a)観測ステーション、(b)周辺部 (2004年2月)

上記観察と衛星を用いた凍土データ同化システム結果を組み合わせると、図26に示すように、チベット高原での凍土融解層の発達状況が整理された。すなわち、降雪イベントが発生すると地表一面に乾いた密度の小さな浅い積雪で被覆される。しかし、チベット高原特有の午後に発生する強風が吹くと軽く浅い積雪は、強風により高原上に多く分布する窪地へ吹き飛ばされ、チベット高原特有のパッチ状の積雪分布が短時間で形成される。積雪が吹き飛ばされた後の裸地では、強い日射を数日間続けて直に受けることにより20cm弱の融解層が活動層の表層に形成されるが、深い積雪が堆積した窪地では、積雪が強い日射による土壌の加熱を遮るため次第に地温が低下し、活動層が地表面まで凍結する（筒井他、投稿中）。

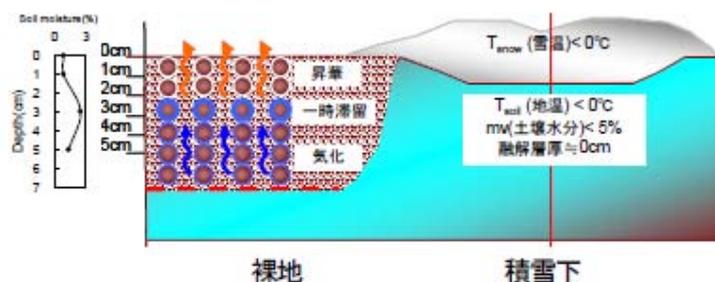


図26 チベット高原での積雪と裸地における凍土融解層の発達状況の違い

4、8月の集中観測実験では、ウィンドプロファイラおよびレーダ音波サウンディングシステム、ラジオゾンデ、陸面フラックスの集中観測が実施された。特にラジオゾンデ観測では、山岳域から谷に向かって伝播する擾乱の発生メカニズムの解明を目的とする昼間の2時間ごとの集中観測が実施された。

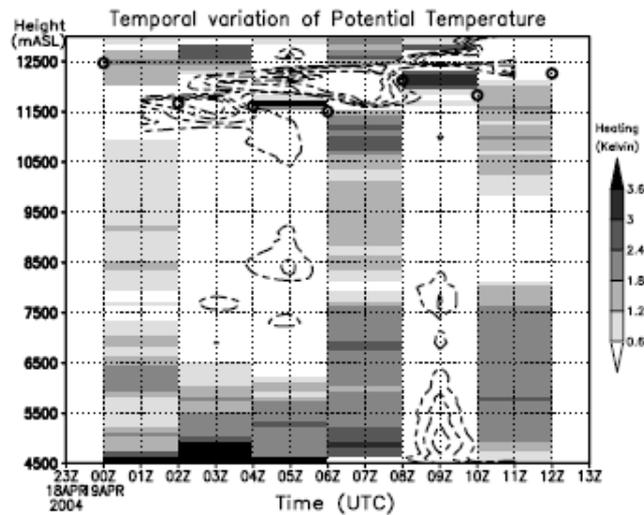


図 27 ラジオゾンデ観測結果を用いた各 2 時間毎の大気昇温量。破線は負の値を示し、等値線間隔は 0.6K。白丸はゾンデ観測より算定された対流圏界面 (2004 年 4 月 19 日)

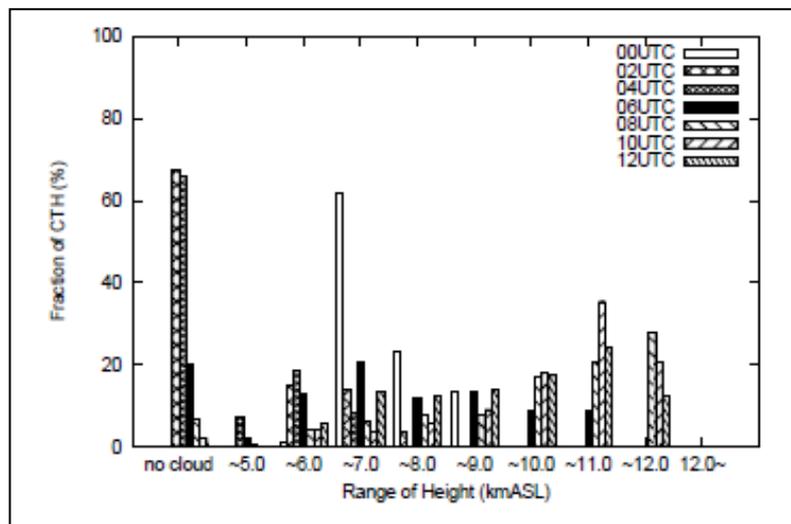


図 28 GOES9 による 2 時間毎の観測地点周辺の雲頂高度分布ヒストグラム (2004 年 4 月 19 日)

得られたゾンデ観測データの解析より、日中の大気昇温が対流圏界面まで達する場合と比較的地表面付近に限られる場合がみられた。図 27 に見られるように、温位の鉛直分布より、大気昇温が地表面付近に限定された場合の混合層深さと大気昇温が生じる気層深さに対応がみられ、混合層内の対流活動による顕熱輸送によって大気昇温がもたらされたことが示唆された。大気昇温が対流圏界面までに達した場合には、混合

層深さは昇温がみられた気層深さより小さく、対流圏上層における大気昇温は乾燥対流によるものではないことが示唆された。一方、図 28 に示されるように、衛星データ (GOES-9) を用いた雲活動の解析から、対流圏上層での大気昇温がみられた場合には明確な日周変化を伴う活発な積雲活動が生じ、また、雲頂高度と顕著な大気昇温が生じた気層深さとに対応が見られた。昇温が下層に限定されている場合には雲頂高度は低く、積雲活動も限定された領域でしかみられなかった (Taniguchi and Koike, 2007)。

#### (2) 研究成果の今後期待される効果

チベット観測は、35 の CEOP リファレンスサイト一つであり、地球水・エネルギー循環の中で重要な役割を占めるチベット高原での高度で集中的な観測研究の実施によって、CEOP は加速され、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、米国航空宇宙局 (NASA) から提供された衛星観測データ、気象庁 (JMA)、米国数値環境予測センター (NCEP)、英国気象庁 (UKMO) から提供されたモデル出力は、集中観測データと合わせてチベット高原での物理的ダウンスケーリングの基礎データとして、システム開発と検証に効果的に用いられた。加えて、2002 年 10 月 1 日～2004 年 12 月 31 日の 2 年 3 カ月間におよぶ統合地球水循環データセットは、本研究で開発されたダウンスケーリングシステムを地球規模に拡大するために極めて有用である。

チベット高原では、1991 年以来観測研究を継続してきているが、2004 年度の集中観測実験を期に、長期にわたる観測体制への移行を準備した。中国側の要請に基づいて、JICA「日中気象災害協力研究センタープロジェクト」が 2005 年 12 月に開始され、JICA および中国国家気象局、中国科学院、東京大学、筑波大学、京都大学の協力で、観測機器の拡充と長期定常観測体制が整った。2008 年 2-3 月、5-6 月、6-7 月には集中観測が実施され、チベット高原およびその東部周辺地域が、中国頭部～朝鮮半島～日本の豪雨や渇水に与える影響の研究はもとより、この領域スケールの気象予測からローカルな極端事象の予測へのダウンスケーリングの研究開発に有用である。なお、JICA プロジェクトで得られたデータは本研究のシステム開発研究でも利用されている。

## § 4 研究参加者

### ① 「システム開発研究」グループ

(「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の研究)

	氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
○	小池俊雄	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	教授	研究の総括・モデルの統合化	H15.10～H21.3
	陽 坤	中国科学院チベット高原研究所	教授	大気陸面結合モデル開発	H15.10～H21.3
*	Petra Koudelova	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	CREST 研究員	陸面-流出結合モデルの開発と国際調整	H15.10～H21.3 (H18.4～CREST 研究員)

	森田正人	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	技官	土壌水分観測	H15.10～H17.10
	松本 淳	東京大学大学院理学研究科 首都大学東京大学院都市環境科学研究科	助教授 教授	大気モデルの開発	H15.10～H21.3 H18.8～H20.3 (東京大学併任)
	李 新	Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS	教授	大気陸面結合モデル開発	H15.10～H20.3
	藤井秀幸	独)宇宙航空研究開発機構	研究員	マイクロ波放射モデル開発	H15.10～H20.3
	三阪和弘	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	研究員	統合データベース化	H15.10～H20.3
	太田 哲	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	研究員	データ統合/マイニング	H15.10～H20.9
	谷口健司	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	助教	大気観測とモンスーン研究	H15.10～H21.3
	Tobias Graf	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	同化手法の開発	H15.10～H19.7
	Ahmad Bashir	パキスタン水資源研究所	研究員	流出モデルの開発・積雪観測	H15.10～H21.3
	Cyrus Raza Mirza	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	ダウンスケーリング手法の開発	H15.10～H20.3
	Boussetta Souhail	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	ダウンスケーリング手法の開発	H15.10～H20.3

*	田村 徹	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	研究補助員	結合モデル開発	H15.10～H16.8
	山本太朗	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	M2	大気－陸面相互作用	H15.10～H17.3
	Lu Hui	東京大学地球観測データ 統融合連携 研究機構	研究員	大気－陸面相互作用	H15.10～H20.3
	David Kuria	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	D3	大気－陸面相互作用	H15.10～H19.9
	Kunze Rouven	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	研究員	大気－陸面相互作用	H15.10～H16.3
	長谷川 泉	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	研究員	土壌水分観測	H17.10～H20.3
	Oliver Saavedra	東京大学地球観測データ 統融合連携 研究機構	研究員	結合モデル開発	H16.10～H20.3
	Wang Lei	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	CREST 研究員	陸面－流出結合モデル の開発とデータ同化 手法の開発	H16.10～H20.9
	Mahdi Erfanian	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	D3	大気陸面結合モデル 開発	H17.10～H20.3
	Todd Dean Brackett	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	M2	結合モデル開発	H17.10～H19.3 H19 リストに無
	Abdul Wahid Mohamed Rasmy	東京大学大学院工学系 研究科 社会 基盤学専攻	D1	大気－陸面相互作用	H16.10～H20.3
	Rauniyar Surendra Prasad	The ACME Engineering College	講師	データ統合/マイニング	H16.10～H20.3

	知花 武佳	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	講師	流出モデルの開発	H16.10～H20.3
	吉村 耕平	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	D1	流出モデルの開発	H16.10～H20.3
	林 融	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H16.10～H19.3
	鈴木 高	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H16.10～H20.3
	辻本 久美子	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	D3	河川環境モデリング・(カンボジアトネレサップ湖のダウンスケーリング)	H18.4～H21.3
*	亀山 千佳	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2 (CREST 研究補助員)	ダウンスケーリング手法の開発	H18.10～H20.3 (H19.12～H20.3 CREST 研究補助員)
	Cho Thanda Nyunt	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	ダウンスケーリング手法の開発	H18.10～H20.9
	横田 尚之	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H18.10～H20.3
	浅井 竜也	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H18.10～H20.3
	辻之内 和基	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	ダウンスケーリング手法の開発	H18.10～H20.3
	箕原 一樹	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H19.4～H20.3
	富田 惇	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	豪雨解析	H19.4～H20.3

	齊木 圭	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	流出モデルの開発	H19.4～H21.3
	後藤 祐樹	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	大気モデルの開発	H19.4～H20.3
	池田 麻衣子	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M1	結合モデル開発	H19.8～H21.3
*	齋藤 亜沙美	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	退職 (CREST 研究補助員)	データの解析,書類の作成等	H16.5～H20.3
*	松平 典子	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	CREST チーム事務員	チーム事務	H18.10～H21.3
	Sam Benedict	CEOP International Coordination	技術員	CEOP国際調整	H15.10～H21.3
	Massimo Bolasina	Epson Meteo Center, ITALY	研究員	大気陸面相互作用	H15.10～H20.3
	Mike Chen	Iowa State University	教授	境界層観測	H15.10～H20.3
	Tien Sribimawati	TSI-PPP TISDA	研究員	境界層観測	H15.10～H19.3
	M.Sulchan Darmawan	インドネシア Climate System Core Competence	研究員	アジア大気陸面相互作用観測	H15.10～H20.3
*	広瀬望	松江工業高等専門学校	講師	陸面スキーム開発及び 土壌水分観測	H15.10～H21.3 (H17.4～H19.3 CREST 研究員)
	Mahadevan Pathmatheban	ハーバード大学	研究員	同化手法の開発	H15.10～H20.3
	Gombo Davaa	Institute of Meteorology and Hydrolo	Division Head	土壌水分観測	H15.10～H21.3
	Ben Burford	リモートセンシング技術センター	研究員	データ統合/マイニング	H15.10～H20.3
	Baek-Jo Kim	韓国気象局	研究員	データ統合/マイニング	H15.10～H20.3

	高橋清利	気象研究所 気候研究部	研究員	数値予報データの利 用	H15.10～H20.3
	松村崇行	気象庁予報 部数値予報 課	予報官	数値予報データの利 用	H15.10～H17.3
	開発一郎	広島大学総 合科学部	教授	土壌水分観測	H15.10～H21.3
	楊 大文	清華大学	教授	流出モデルの開発	H15.10～H21.3
	Ming-Chang Yen	台湾国立中 央大学	教授	流出モデルの開発	H15.10～H20.3
	Yunqi Ni	中国国家気 象科学院	教授	アジア大気陸面相互 作用観測	H15.10～H20.3
	Xu Xiangde	中国国家気 象科学院	教授	アジア大気陸面相互 作用観測	H15.10～H20.3
	Wenjie Dong	中国大気物 理研究所	教授	境界層観測	H15.10～H20.3
	生駒栄司	東京大学地 球観測データ 統融合連携 研究機構	助教	データ統合/マイニン グ	H15.10～H21.3
	根本利弘	東京大学生 産技術研究 所	助教	データ統合/マイニン グ	H15.10～H21.3
	辻本哲郎	名古屋大学 大学院	教授	河川環境モデリング	H15.10～H20.3
	Steve Williams	米国大気研 究センター	研究員	データ同化/マイニン グ	H19.8～H21.3
	Lawrie Rikus	Bureau of Meteorology Research Centre	Research Scientist	同化手法の開発	H19.8～H20.3
	Wu Zhang	College of Atmospheric Sciences of Lanzhou University	教授	同化手法の開発	H19.8～H20.3
	Samakkee Boonyawat	Faculty of Forestry, Kasetsart University	教授	同化手法の開発	H19.8～H20.3
	Kaur Surinder	Hydrology, India Meteorologica l Department	Director	同化手法の開発	H19.8～H21.3

	Htay Htay Than	Department of Meteorology and Hydrology	Staff Officer	同化手法の開発	H19.8～H20.3
	Zhang Shengjun	中国气象科学研究院	准教授	数値気象予測モデルとデータ同化手法の開発	H19.12～H20.3
	荒木 裕	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻	M1	水循環データの収集と提供	H20.7～H21.3
	漆島 亮彦	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻	B4	水循環データの収集と提供	H20.7～H21.3
	Shakil AHMAD	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻	D1	水循環データの収集と提供	H20.7～H21.3
	S.M.Quamrul Hassan	Bangladesh Meteorological Department	Assistant Meteorologist	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Mafizur Rahman	Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET)	教授	大気－陸面相互作用のモデリング	H20.4～H21.3
	GKARMA CHHOPEL	NATIONAL ENVIRONMENT COMMISSION	WATER RESOURCES SPECIALIST	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Karma Chhophel	Hydro-met Services Division, Department of Energy, Thimphu, Bhutan	Chief Engineer/Head	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	So Im Monichoth	Department of Hydrology and River Works	DEPUTY DIRECTOR	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Mingkai Qian	Bureau of Hydrology, Huaihe River Commission, Ministry of	Director	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3

		Water Resources (common) P.R.C.			
	Rakesh KUMAR	National Institute of Hydrology	Scientist	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Fadli Syamsudin	Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT)	Manager, Geosystem Technology and Mitigation Laboratory	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Deghyo Bae	Department of Civil and Environmental Engineering, Sejong University	教授	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Flaviana HILARIO	PHILIPPINE ATMOSPHERIC, GEOPHYSICAL AND ASTRONOMICAL SERVICES ADMINISTRATION	Weather Services Chief	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	S.B. Weerakoon	Department of Civil Engineering, University of Peradeniya	教授	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Hansa Vathananukij	Faculty of Engineering, Kasetsart University	教授	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Sergey Myagkov	Hydrometeorological Research Institut	Deputy Director of NIGMI of Uzhydromet	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Khanh Van Duong	National Hydro-meteorological Services of MONRE VIETNAM	Hydrologist	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3

	BILQIS AMIN HOQUE	ENVIRONME NT AND POPULATIO N RESEARCH CENTER	Director of Research	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Richard G LAWFORD	International GEWEX Project Office	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Ai Likun	International Program Office (IPO), Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS)	Deputy Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Y.V.N. Krishna Murthy	Department of Space, Government of India ISRO	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Joesron LOEBIS	Research Institute for Water Resources	Chairman, Indo nesia Hydrological Society	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Azzaya DOLGORSUR EN	Institute of Meteorology and Hydrology	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Somchai Baimoung	Thai Meteorologica l Department	Director of Weather Forecast Bureau	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Steven R GREB	IGOS-,IGWC O Wisconsin Department of Natural Resources	Senior Hydrologist	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	TAN THANH THINGUYEN	Aero - Meteorologica l Observatory (AMO) of NHMS	Deputy Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Congbin Fu	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	教授	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3

	CHANTHAC HITH AMPHAYCHI TH	Lao National Mekong Committee	Director of Water Resources Development	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Subramaniam Moten	Malaysian Meteorologica l Department	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Madan Lall SHRESTHA	Nepal Academy of Science and Technology	Academician	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Sap Van Tran	National Hydro - Meteorologica l Service (NHMS) of Vietnam	Engineering Meteologist	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Iqbal Bg.Gen. ShahMohamm ad Sultanuddin	Beer Protik NDU PSC MINISTRY OF DEFENCE	Bir Protik Joint Secretary	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	SHIV KUMAR SHARMA	MID WESTERN REGIONAL IRRIGATION DIRECTORA TE	Regional Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Muhammad Akram Kahlown	Pakistan Council of Research in Water Resources	Chairman	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	THADA SUKHAPUNN APHAN	Hydrology and Water Management Center for Upper Northern Region, Office of Hydrology and Water Management, Royal Irrigation Department, Ministry of Agriculture and	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3

		Cooperatives. Thailand			
	Rick Lawford	International GEWEX Project Office (IGPO)	Scientific Advisor	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Peter van Oevelen	International GEWEX Project Office (IGPO)	Director	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Hugo Berbery	University of Maryland	Research Professor	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Pasha Groisman	National Climatic Data Center; UCAR	Project Scientist	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Amadou T. Gaye	LABORATOI RE DE PHYSIQUE DE L'ATMOSPH ERE ET DE L'OCEAN; UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DAKAR	Research Professor	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Eliza Vuillermoz	Ev-K2-CNR Committee	SHARE Project Executive Coordinator	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Alessandro Araujo	Department of Hydrology and Geo-Environ mental Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam	LBA program Research Assistant	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Luiz Horta	National Institute for Space Research (INPE/CPTE C)	LBA-DIS Manager	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3
	Guo Weidong	Institute of Atmospheric Physics, Chinese	Researcher	水循環データの収集と 提供	H20.4～H21.3

		Academy of Sciences; START TEA-RRC			
	Guoxiong Wu	LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	Academician	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Jianping Huang	College of Atmospheric Science, Lanzhou University	Dean and Professor	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Yongkang Xue	University of California, Los Angeles (UCLA), Dept. of Geography	Professor	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Emanuela Manfredi	Ev-K2-CNR Committee; CEOP-HE Secretariat	CEOP-HE Secretary	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3
	Renjian Zhang	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences; START TEA-RRC	Professor	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3

(2) 「チベット高原観測研究」グループ

(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の研究)

	氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
○	上野健一	筑波大学大学院生命環境科学研究科	准教授	観測の統括	H15.10～H21.3
*	広瀬望	松江工業高等専門学校	講師	土壌水分観測	H15.10～H21.3 (H17.4～H19.3 CREST 研究員)

	小澤 晃	筑波大学大学院	M2	境界層観測	H15.10～H16.3
	野村茂行	筑波大学地球科学系	M2	降水観測	H15.10～H16.3
	Ahmad Bashir	パキスタン水資源研究所	研究員	積雪観測	H15.10～H20.3
	Boussetta Souhail	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	大気観測	H15.10～H20.3
	Cyrus Raza Mirza	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	大気観測	H15.10～H20.3
	Petra Koudelova	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	CREST 研究員	土壌水分観測	H15.10～H21.3 (H18.4～CREST 研究員)
	Tobias Graf	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	積雪観測	H15.10～H19.7
	玉川勝徳	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	積雪観測	H15.10～H20.3
*	合田昭子	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	CREST 技術員	国際調整	H15.10～18.9
	山本太朗	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	土壌水分観測	H15.10～H17.3
	小池俊雄	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	教授	観測の統括	H15.10～H21.3
	谷口健司	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	助教	大気観測	H15.10～H21.3
	中村 将	東京大学大学院工学系研究科 社会	M2	積雪観測	H15.10～H16.3

		基盤学専攻			
	中村佳照	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	土壌水分観測	H15.10～H16.3
	田村 徹	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	研究補助員	大気観測	H15.10～H16.8
	筒井浩行	東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	研究員	積雪観測	H15.10～H20.3
	藤井秀幸	独)宇宙航空研究開発機構	研究員	降水・土壌水分観測	H15.10～H20.3
	野本卓也	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻	M2	大気観測	H15.10～H17.3
	陽 坤	中国科学院チベット高原研究所	教授	大気観測	H15.10～H21.3
	岩井 聡	京都大学宇宙電波科学研究センター	B4	大気観測	H15.10～H20.3
	古本淳一	京都大学宇宙電波科学研究センター	ポスドク	大気観測	H15.10～H21.3
	青木 正敏	東京農工大	教授	大気観測	H15.10～H20.3
	Mahadevan Pathmatheban	ハーバード大学	研究員	土壌水分観測	H15.10～H20.3
	清水収司	独)宇宙航空研究開発機構	研究員	降水観測	H15.10～H20.3
	田殿武雄	独)宇宙航空研究開発機構	研究員	積雪・土壌水分観測	H15.10～H20.3
	Hyumgjun Kim	延世大学	研究員	積雪・土壌水分観測	H15.10～H20.3
	Jinkyu Hong	延世大学	研究員	積雪・土壌水分観測	H15.10～H20.3
	Joon Kim	延世大学	教授	境界層観測	H15.10～H20.3

	上甲実	岡山大学大学院	B4	大気観測	H15.10～H16.3
	萩野谷成徳	気象研究所	研究員	大気観測	H15.10～H21.3
	石川裕彦	京都大学 防災研究所	教授	境界層観測	H15.10～
	奥 勇一郎	京都大学 防災研究所	研究員	境界層観測	H15.10～H18.3
	津田敏隆	京都大学生存圏研究所	教授	境界層観測	H15.10～H21.3
	十倉崇行	京都大学防災研究所	研究生	境界層観測	H15.10～H20.3
	田中健路	熊本大学 工学部	助教	境界層観測	H15.10～H20.3
	岩崎博之	群馬大学教育学部	准教授	大気観測	H15.10～H20.3
	萩野 慎也	海洋研究開発機構/地球環境観測研究センター	研究員	大気観測	H15.10～H20.3
	楊 大文	清華大学	教授	陸面スキームの開発	H15.10～H20.3 ?
	竹内延夫	千葉大学環境リモートセンシングセンター	教授	エアロゾル観測	H15.10～H20.3
	Sun Rui	中国科学院	研究員	エアロゾル観測	H15.10～H20.3
	Yao Tangdong	中国科学院チベット高原研究所	所長・教授	アジア大気陸面相互作用	H15.10～H21.3
	Yaoming Ma	中国科学院チベット高原研究所	教授	アジア大気陸面相互作用	H15.10～H21.3
	Jianguo Liu	中国科学院安徽光学精密機械研究所	准教授	ライダー観測	H15.10～H20.3
	Wenqing Liu	中国科学院安徽光学精密機械研究所	研究員	ライダー観測	H15.10～H20.3
	杉本 志織	筑波大学大学院	D3	降水現象再現シミュレーション	H15.10～H21.3
	余 偉明	東北大理学研究科惑星物理	准教授	境界層シミュレーション・観測	H15.10～H21.3
	高野 真之	筑波大学大	D1	降水セル解析	H16.4～H20.3

		学院			
	Ben-Jei TSUANG	国立中興大 学(NCHU) 環 境工学科	教授	アジア大気陸面相互作用観 測	H19.1～H20.3
	Liu Huizhi	中国科学院 大気物理研 究所	教授	境界層観測	H19.3～H21.3
	Gianni Tartari	国家研究機 関水資源研 究所	President	境界層観測	H19.3～H21.3
	浅沼 順	筑波大学陸 域環境研究セ ンター	准教授	境界層観測	H19.3～H20.3
	Tien Hong Truong	Regional Flood Management and Mitigation Centre (RFMMC), Mekong River Commission (MRC)	Scientist	水循環データの収集と提供	H20.4～H21.3

## § 5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Dr. Yao Tandong 中国気象科学院 チベット高原研究所 所長	GEWEX/GAME 国際研究会議出席 発表	京都市国際交 流会館 京都ハートンホ テル	2004年 12月4日から6日
Dr. Liu Huizhi 中国科学院 大気物理研究所 教授	CEOP/IGWCO 国際会議出席 ・発表	東京大学山上 会館会議場 ホテルフォーレ スト本郷	2005年 2月27日から 3月5日
Dr. Sun Rui 中国気象科学院 主任研究員	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Yaoming Ma 中国気象科学院 チベット高原研究所 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Yang Dawen 清華大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. M. Sulchan Darmawan インドネシア Climate System Technology Agency for the Assessment and	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ

Application of Technology (BPPT) 部長			
Dr. Panya Polsan タイ王立灌漑局 中部流域局長	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Samakkee Boonyawat カセサート大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Ming-Cheng Yen 台湾中央大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Tsing-Chang Chen アイオワ州立大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Sam Benedict CEOP国際調整局(国際GEWEXプロジェクトオフィス)国際調整官	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Ron Stewart マックギル大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Yuqing Wang ハワイ大学 教授	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Mr. Li Maoshan 中国科学院寒冷乾燥地域環境工学研究所(蘭州) 研究員	チベット高原観測データ解析共同研究	京都大学 防災研究所 石川裕彦研究室	2005年 2月5日から 3月4日
Mr. Yu Wusheng 中国科学院寒冷乾燥地域環境工学研究所(蘭州) 研究員	チベット高原における降水の安定同位体観測共同研究	北海道大学 低温科学研究所 および、海洋研究開発機構 地球環境観測研究センター	2005年 2月21日から3月22日
Dr. Li Xin 中国科学院寒冷乾燥地域環境工学研究所(蘭州) 教授	観測実験に基づく数値シミュレーションによる同化スキーム, また, ダウンスケーリング手法の開発は世界でも例がなく, 国際的に最先端の成果が期待できるが, この目的達成のためには, 衛星データの扱い, また, 放射伝達モ	東京大学大学院 工学系研究科 小池俊雄 研究室	2005年 4月1日から 2006年 3月25日まで

	デルとデータ同化の知識を有する人材が必要不可欠であるため、これらの知識をさらに飛躍させた新たなモデル構築を行う。		
Dr. G.S. Bhat インド科学研究所大気海洋科学センター 教授	アジア水循環シンポジウム 出席・発表	東京大学本郷キャンパス 山上会館会議場	2005年11月2日から4日
Dr. Bashir Ahmad パキスタン水資源研究所 主任研究員	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Muhammad Akram Kahlowan パキスタン水資源研究委員会 委員長	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Gombo Davaa モンゴル気象水文研究所 水文部部长	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Dolgorsuren Azzaya モンゴル気象水文研究所 所長	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ
Dr. Sewa Ram Kalsi インド政府 インド気象部 事務局長	上記に同じ	上記に同じ	上記に同じ

## §6 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 19件、国際(欧文)誌 21件)

国際(欧文)誌

- 1) Taniguchi, Kenji and Toshio Koike (2008) Seasonal Variation of Cloud Activity and Atmospheric Profiles over the Eastern Part of the Tibetan Plateau, J. Geophys. Res., Vol.113, D10104, doi:10.1029/2007JD009321. (2008).
- 2) Mirza, C. R., T. Koike, K. Yang, and T. Graf: The Development of 1-D Ice Cloud Microphysics Data Assimilation System (IMDAS) for Cloud Parameter Retrievals by Integrating Satellite Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46,

- No.1, 119–129, January 2008.
- 3) Souhail BOUSSETTA, Toshio KOIKE, Kun Yang, Tobias GRAF, and Mahadevan PATHMATHEVAN: Development of a coupled land–atmosphere satellite data assimilation system for Improved local atmospheric simulations, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, 2008; DOI 10.1016/j.rse.2007.06.002.
  - 4) David Kuria, Toshio Koike, Hui Lu, Hiroyuki Tsutsui and Tobias Graf: Field–supported verification and improvement of a passive microwave surface emission model for rough, bare and wet soil surfaces by incorporating shadowing effects, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No.5, pp. 1207–1217, May 2007.
  - 5) Lu Hui, Koike Toshio, Ohta Tetsu, Kuria David Ndegwa, Tsutsui Hiroyuki, Graf Tobias, Fujii Hideyuki, Tamagawa Katsunori, Development of a soil moisture retrieval algorithm for spaceborne passive microwave radiometers and its application to AMSR–E and SSM/I: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007. IEEE International*, pp: 1177 – 1180, 23–28 July 2007.
  - 6) Kun YANG, Mohamed RASMY, Surendra RAUNIYAR, Toshio KOIKE, Kenji TANIGUCHI, Katsunori TAMAGAWA, Petra KOUDELOVA, Masaru KITSUREGAWA, Toshihiro NEMOTO, Masaki YASUKAWA, Eiji IKOMA, Michael G. BOSILOVICH and Steve WILLIAMS: Initial CEOP–based Review of the Prediction Skill of Operational General Circulation Models and Land Surface Models, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.85A, 99–116, February 2007.
  - 7) Kun YANG, Takahiro WATANABE, Toshio KOIKE, Xin LI, Hideyuki FUJII, Katsunori TAMAGAWA, Yaoming Ma and Hirohiko Ishikawa: Auto–calibration System Developed to Assimilate AMSR–E Data into a Land Surface Model for Estimating Soil Moisture and the Surface Energy Budget, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.85A, 229–242, February 2007.
  - 8) Kenji TANIGUCHI and Toshio KOIKE: Increasing Atmospheric Temperature in the Upper Troposphere and Cumulus Convection over the Eastern Part of the Tibetan Plateau in the Pre–Monsoon Season of 2004, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.85A, 271–294, February 2007.
  - 9) Pathmathevan Mahadevan, Toshio Koike, Hideyuki Fujii, Katsunori Tamagawa, Xin Li, Ichiro Kaihotsu: Modification and Application of the Satellite–Based Land Data Assimilation Scheme for Very Dry Soil Regions Using AMSR–E Images: Model Validation for Mongolia– a CEOP Data Platform, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 85A, , 243–260, February 2007.
  - 10) Hiroyuki TSUTSUI, Toshio Koike and Tobias GRAF: Development of a dry–snow satellite algorithm and validation at the CEOP Reference Site in Yakutsk, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.85A, 417–438, February 2007.
  - 11) Mirza, C. R., Toshio Koike, Kun Y., and Tobias G., Retrieving cloud parameters over oceans from AMSR–E data by developing an 1–D Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS), *Journal of Hydrosience & Hydraulic Engineering, JHHE*, Vol. 24 (1), pp. 57–72, May 2006.
  - 12) Kun Yang, Toshio Koike and Baisheng Ye : Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 137, Issues 1–2, Pages 43–55 , 1 March 2006.
  - 13) Taniguchi, K., and T. Koike, Comparison of definitions of Indian summer monsoon onset: Better representation of rapid transitions of atmospheric conditions, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02709, doi:10.1029/2005GL024526, 2006.
  - 14) Yang, K. and T. Koike: A general model to estimate hourly and daily solar radiation for hydrological studies, *Water Resources Research*, 41, W10403, 10.1029/2005WR003976,

2005.

- 15) Yang, K., T. Koike, B. Ye, and L. Bastidas, Inverse analysis of the role of soil vertical heterogeneity in controlling surface soil state and energy partition, *J. Geophys. Res.*, 110, D08101, doi:10.1029/2004JD005500, 2005.
- 16) Boussetta, S., T. Koike, M. Pathmathevan, K. Yang: Investigation of the effect of a coupled land-atmosphere satellite data assimilation system on land-atmosphere processes, *Predictions in Ungauged Basins: Promises and Progress*, IAHS publ. 303, 2005.
- 17) Yang, K., and T., Koike: Comments on “Estimating soil water content from soil temperature measurements by using adaptive Kalman filter”, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 44, No.4, pages 546-550, 2005.
- 18) Dawen Yang, Toshio Koike, Hiroshi Tanizawa: Application of a distributed hydrological model and weather radar observations for flood management in the upper Tone River of Japan, *Hydrological Processes*, Volume 18, Issue 16, Pages 3119 - 3132, 2004.
- 19) Yang, K., T. Koike, H. Ishikawa, and Y. Mao: Analysis of the surface energy budget at a site of GAME/Tibet using a single-source model, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 82, pp.131-153, 2004
- 20) Yang, K., T. Koike, H. Fujii, T. Tamura, X. Xu, L. Bian, and M. Zhou: The daytime evolution of the atmospheric boundary layer and convection over the Tibetan Plateau: observations and simulations, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 82 (6), 1777-1792, 2004.
- 21) T. Koike: The Coordinated Enhanced Observing Period - an initial step for integrated global water cycle observation, *WMO Bulletin*, Vol.53, No.2, pp.115-121, 2004.

#### 国内(和文)誌

- 1) Hui LU, Toshio KOIKE, Hiroyuki TSUTSUI, David Ndegwa KURIA, Tobias GRAF, Kun YANG and Xin LI: A long term field experiment for radiative transfer model development and land surface processes remote sensing, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol. 52, pp 13-18, March, 2008.
- 2) 辻本 久美子, 小池俊雄: トンレサップ湖周辺域における局地循環による対流発生メカニズムと水蒸気輸送への影響, *水工学論文集* 52 巻, pp.247-252, 7 March 2008.
- 3) 筒井浩行, 小池俊雄: SSM/I 衛星データに基づく長期的な積雪深の推定とその考察, *水工学論文集* 52 巻, pp.223-228, 7 March 2008.
- 4) 富田惇・谷口健司・小池俊雄: 気象庁長期再解析データを用いた夏季前線性豪雨時の広域的大気構造の研究, *水工学論文集* 52 巻, pp.319-324, 7 March 2008.
- 5) 太田 哲, 小池俊雄, Hui LU, David N. KURIA, 筒井浩行, Tobias GRAF, 開発一郎, Gombo DAVAA, 松浦直人, 特殊センサー・マイクロ波画像装置(SSM/I)による土壌水分の長期観測手法の開発, *水工学論文集*, 第 51 巻, pp.205-210, February 2007.
- 6) Surendra Prasad RAUNIYAR, Mohamad RASMY, Katsunori TAMAGAWA, Kun YANG, Toshio KOIKE, PREDICTION SKILL ASSESSMENT OF NWP MODELS IN SIMULATING DIURNAL CYCLE OF PRECIPITATION, *水工学論文集*, 第 51 巻, pp.97-102, February 2007.
- 7) Mohamed RASMY, Surendra Prasad RAUNIYAR, Katsunori TAMAGAWA, Kun YANG, Toshio KOIKE, ASSESSMENT OF ENERGY BUDGET IN WEATHER FORECASTING GENERAL CIRCULATION MODELS, *水工学論文集*, 第 51 巻, pp.1-6, February 2007.
- 8) Tobias GRAF, Toshio KOIKE, Hideyuki FUJII: TOWARDS THE DEVELOPMENT OF A LAND DATA ASSIMILATION SYSTEM FOR SNOW, *水工学論文集* 50 巻, pp. 1-6, March, 2006.
- 9) Hui LU, Toshio KOIKE, Nozomu HIROSE, Masato MORITA, Hideyuki FUJII, David Ndegwa KURIA, Tobias GRAF, Hiroyuki TSUTSUI: A BASIC STUDY ON SOIL MOISTURE

ALGORITHM USING GROUND-BASED OBSERVATIONS UNDER DRY CONDITION, 水工学論文集 50 卷, pp. 7-12, March, 2006.

- 10) Oliver SAAVEDRA, Toshio KOIKE, Dawen YANG: APPLICATION OF A DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODEL COUPLED WITH DAM OPERATION FOR FLOOD CONTROL PURPOSES, 水工学論文集 50 卷, pp. 61-66, March, 2006.
- 11) 谷口健司・小池俊雄: アラビア海における低気圧の発生および発達過程に関する研究, 水工学論文集 50 卷, pp. 391-396, March, 2006.
- 12) 広瀬 望・小池俊雄: チベット高原における凍土融解過程の長期変動, 水工学論文集 50 卷, pp. 415-420, March, 2006.
- 13) 筒井浩行・小池俊雄・Tobias Graf・兒玉裕二・青木輝夫: 地上マイクロ波放射計を用いた地上積雪観測に基づく積雪量推定衛星アルゴリズム検証, 水工学論文 50 卷, pp. 433-438, March, 2006.
- 14) 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 卷, pp. 283-288, March, 2005.
- 15) Cyrus Raza MIRZA, T. Koike, Yang, K., Graf, T.: Development of 1-D Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS) by using AMSR-E Data, 水工学論文集 49 卷, pp. 289-294, March, 2005.
- 16) 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 卷, pp. 319-324, March, 2005.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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 卷 3 号, pp.233-243, 2005.

(2)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

① 招待講演 (国内会議 3 件、国際会議 13 件)

国際会議

- 1) T. Koike: Remote Sensing on Observation and Modeling of Hydrological Processes in the Coming Era of Earth Observation, International Symposium on “Hydrology delivering Earth System Science to Society”, Tsukuba, Japan, 28 February – 2 March, 2007.
- 2) Toshio Koike, Tetsuo Ohata, Coordinated Enhanced Observing Period (CEOP) in the International Polar Year, The International Symposium, Asian Collaboration in IPY 2007-2008, 東京, 1 March 2007.
- 3) T. Koike: CEOP Phase 1 Achievements and the Implementation Plan for Phase 2, Fall Meeting of American Geophysical Union (AGU), 11-15 September 2006.
- 4) T. Koike: Toward Comprehensive Understanding of the Roles of the Tibetan Plateau in the Asian Monsoon, International workshop on energy and water cycle over the Tibetan Plateau, Lhasa, China, September 2-11, 2006.
- 5) Toshio Koike, Architecture Overview. IEEE GEOSS Workshop – The User and the GEOSS, Beijing, 22 May 2006.
- 6) Kenji Taniguchi, Toshihiro Nemoto, Eiji Ikoma, Masaki Yasukawa, Toshio Koike and Masaru

- Kitsuregawa: CEOP centralized data system and integrated analyzing tools, The 11th CEResS International Symposium on Remote Sensing, 13-14 December 2005, Chiba, Japan.
- 7) Toshio Koike, "Brief update on CEOP", The 19th Plenary meeting of CEOS, London, England, 13-17 November 2005.
  - 8) Yang, K. and T. Koike, 2005: CEOP Research Progress in Understanding Land Processes, Model Development, and Data Assimilation: Experiences in Tibet, CAS-TWAS-WMO Forum International Workshop on the Land Surface Models and Their Applications, Nov. 15-18, 2005, Zhuhai, Guangdong Province, China.
  - 9) Toshio Koike, GEOSS Global Water Cycle Observation, The 5th GPM International Planning Workshop, November. 2005.
  - 10) Toshio Koike, "CEOP/GEOSS" CEOS WGISS Plenary and Subgroup Meetings, Kiev, Ukraine 10-12 September 2005.
  - 11) Toshio Koike, "The 3rd Science and Technical Board(STB3) meeting" Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics(GOFC-GOLD), Beijing, CHINA 19-22 April 2005.
  - 12) Toshio Koike, "Cryosphere, The Frozen Frontier of Climate Science: Theory, Observation, and Practical Application" First CliC International Science Conference, Beijing, CHINA 11-15 April 2005.
  - 13) T. Koike: Monsoon System and Water Resources in Asia - Challenges by CEOP, Proceedings of the 2nd APHW Conference, Singapore, 5-8 July, 2004.

#### 国内会議

- 1) 小池俊雄: 陸面-大気データ同化(Land-atmosphere coupled data assimilation), 2008 土壌水分ワークショップ, 東京, 2008年3月26日.
- 2) 小池俊雄: 東京大学公開講座「グローバル化とローカルをつなぐ水循環の科学」東京大学 安田講堂 2007年5月12日.
- 3) 小池俊雄: 科学ゼミナール「水の世紀を科学する」渋谷電力館, 2006年2月11日.

#### ② 口頭発表 (国内会議 13 件、国際会議 81 件)

##### 国際会議

- 1) Oliver Saavedra and Toshio Koike: Towards Improvement of Water Resources Management of La Plata Basin. XV CBMET Meteorological Congress, Sao Paulo, Brazil, 24-29 August, 2008.
- 2) Oliver Saavedra and Toshio Koike: Towards the effective Flood Management of Meghna River Basin using a Distributed Hydrological Model, Capacity Building on Climate Change and Adaptation in Bangladesh, SAARC Meteorological Department, Agargaon, Dhaka, Bangladesh, 7 August, 2008.
- 3) Oliver Saavedra; DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODELING USING THE GLOBAL DATA SET, International Workshop on Use Satellite Based Information in Flood Risk Management, Jakarta, Indonesia, 21 July 2008.
- 4) Toshio Koike; INTEGRATED WATER CYCLE PREDICTION DEVELOPED BY THE ASIAN WATER CYCLE INITIATIVE OF THE GLOBAL EARTH OBSERVATION SYSTEM OF SYSTEMS (GEOSS/AWCI), International Workshop on Use Satellite Based Information in Flood Risk Management, Jakarta, Indonesia, 21 July 2008.
- 5) Toshio Koike; LAND-ATMOSPHERE COUPLED DATA ASSIMILATION BY AMSR-E, International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS08), Boston, USA, 11 July 2008.
- 6) Cyrus Raza MIRZA, Toshio KOIKE, Kun YANG, Tobias GRAF; RETRIEVAL OF ATMOSPHERIC INTEGRATED WATER VAPOR AND CLOUD LIQUID WATER

- CONTENT OVER THE OCEAN FROM SATELLITE DATA USING THE 1-D-VAR ICE CLOUD MICROPHYSICS DATA ASSIMILATION SYSTEM (IMDAS), International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS08), Boston, USA, 8 July 2008.
- 7) Hui LU, Toshio KOIKE, Tetsu OHTA, Hedyuki FUJII, Hiroyuki TSUTSUI; IMPROVING THE AMSR-E SOIL MOISTURE ALGORITHM OF THE UNIVERSITY OF TOKYO THROUGH FIELD EXPERIMENTS AND PARAMETERS OPTIMIZATION, International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS08), Boston, USA, 8 July 2008.
  - 8) Hui LU, Toshio KOIKE, Hiroyuki TSUTSUI, Tobias GRAF, David KURIA; MONITORING WINTER WHEAT GROWTH WITH GRAND BASED MICROWAVE RADIOMETERS (GBMR), International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS08), Boston, USA, 7 July 2008.
  - 9) Oliver Saavedra and Toshio Koike: Towards Global River Discharge using a Distributed Hydrological Model, Global Mapping Forum, UNU, Tokyo, 5-6 June 2008.
  - 10) Oliver Saavedra and Toshio Koike: Update status of Asian Water Cycle Initiative (AWCI). Global Precipitation Measurement (GPM) Asia Workshop 2008, Hamamatsu, 2-4 June 2008.
  - 11) Toshio Koike : The influence of global hydroclimate on the predictability of changes in water resources, First International Conference: From Deserts to Monsoons, Crete, Greece, 5 June 2008
  - 12) Toshio Koike : Atmosphere and land surface monitoring by AMSR-E, AMSR/GLI PI Workshop 2008, Atami, Japan, 23 January 2008.
  - 13) Toshio Koike : Atmosphere-Land Coupled Data Assimilation by Using Satellite Microwave Radiometers, Third WCRP International Conference on Reanalysis, Tokyo, Japan, 31 January 2008.
  - 14) Oliver Saavedra Valeriano, Toshio Koike, Yang Kun, Yang Dawen : Real-Time Operation Of A Multipurpose Multi-Reservoir System Using A Distributed Hydrological Model And Quantitative Precipitation Forecast, 2007 AGU Fall Meeting, San Francisco, 12 December 2007.
  - 15) Toshio Koike : Integrated Water Resources Management System, 3rd Asian Water Cycle Symposium, Oita, Japan, 3 December 2007.
  - 16) Toshio Koike : Satellite-based Land-Atmosphere Coupled Data Assimilation, the 2nd AMY08 Workshop, Bali, Indonesia, 3 September 2007.
  - 17) Toshio Koike : Coordinated Energy and Water Cycle Observation Project (CEOP), the 2nd AMY08 Workshop, Bali, Indonesia, 3 September 2007.
  - 18) Toshio Koike : Data Integration: River Basins/ Satellite, the 7th CEOP International Implementation Planning Meeting, Bali, Indonesia, 7 September 2007.
  - 19) Katsunori Tamagawa, Eiji Ikoma, Tetsu Ohta, Masaru Kitsuregawa, Toshio Koike : Introduction to In-situ Data Management and Quality Control System in Asia, the 7th CEOP International Implementation Planning Meeting, Bali, Indonesia, 7 September 2007.
  - 20) CYRUS RAZA MIRZA, Toshio Koike, Kun Yang, Tobias Graf : 1-D ICE CLOUD MICROPHYSICS DATA ASSIMILATION SYSTEM (IMDAS) DEVELOPMENT FOR RETRIEVING CLOUD PARAMETERS BY USING AMSR-E SATELLITE DATA, XXIV IUGG General Assembly, Perugia, Italy, 13 July 2007.
  - 21) Souhail Boussetta, Toshio Koike , Tobias Graf , Kun Yang , Toward physically-based downscaling by a coupled land-atmosphere satellite data assimilation system, XXIV IUGG General Assembly, Perugia, Italy, 13 July 2007.
  - 22) Souhail BOUSSETTA, Tobias GRAF, Toshio KOIKE, Kun Yang, Xin Li, Masayuki Hirai, Coupling of a regional atmospheric model with an Ensemble Kalman Filter based Land Data Assimilation System and its application to North-East Asia during the 2003 Monsoon Season., 2007/IAHS-HW2005 , Perugia Italy, July 2007.

- 23) Toshio Koike : Asian Water Cycle Initiative (AWCI) Contributing to Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), AOGS2007 4th Annual meeting, Bangkok, Thailand, 31 July 2007.
- 24) Toshio Koike : Downscaling Coupled with Satellite-based Data Assimilation, AOGS2007 4th Annual meeting, Bangkok, Thailand, 31 July 2007.
- 25) KUN YANG, MOHAMED RASMY, SURENDRA RAUNIYAR, TOSHIO KOIKE: Initial CEOP-based Review of the Prediction Skill of Operational General Circulation Models and Land Surface Models, AOGS2007 4th Annual meeting, Bangkok, Thailand, 31 July 2007.
- 26) Toshio Koike : Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), A Scientific Collaboration to the Global Changes Study at High Altitude, Tokyo, Japan, 6 June 2007.
- 27) Kun Yang, Toshio Koike : Satellite Monitoring of Surface Water and Energy Budget on the Tibetan Plateau, 21st Pacific Science Congress, Okinawa, Japan, 6 June 2007.
- 28) Yang Kun, New Opportunities Provided by LDAS-UT for Asian Monsoon and Weather Forecasting Research, Asian Monsoon Year (AMY08) Beijing International Workshop, Beijing, China, 24 April 2007.
- 29) Yang Kun, From Field Experiments And Processes Analysis To Model And Land Data Assimilation System Development, Tibet Observation 10 Years Anniversary, Lanzhou, China, 22 April 2007.
- 30) Toshio KOIKE, Remote Sensing and Data Assimilation of Hydrological Components in the Coming Era of Earth Observation, Hydrology delivering Earth System Science to Society, Tsukuba, 1 March 2007.
- 31) Cyrus Raza Mirza, Toshio Koike, Kun Yang, Tobias Graf, Retrieval of integrated cloud liquid water content and integrated water vapor by Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS) over ocean by integrating satellite data, AGU Fall Meeting 2006, San Francisco, 12 December 2006.
- 32) Keiji Taniguchi, Toshio Koike, The Role of Lower Tropospheric Temperature On Indian Summer Monsoon Onset And Cyclogenesis Over The Arabian Sea, AGU Fall Meeting 2006, San Francisco, 12 December 2006.
- 33) Rauniyar. S P, Yang, Kun, Koike Toshio, Characteristics and Mechanism, Analysis of Precipitation's Diurnal Cycle, AGU Fall Meeting 2006, San Francisco, 12 December 2006.
- 34) Tobias Graf, Data Assimilation Experiment for Soil and Snow Using CEOP EOP 3 Data for Application and Validation, AGU Fall Meeting 2006, San Francisco, 12 December 2006.
- 35) Kun YANG, Mohamed RASMY, Surendra RAUNIYAR, Toshio KOIKE, An Assessment of Prediction Skill of Operational General Circulation Models and Land Surface Models, AGU Fall Meeting 2006, San Francisco, 12 December 2006.
- 36) Kun Yang, Toshio Koike, Establishing a satellite-based method for long-term monitoring of water and energy cycle in the Tibetan plateau, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
- 37) Kun Yang, Toshio Koike, Hirohiko Ishiawa, Joon Kim, Xin Li, Huizhi Liu, Shaomin Liu, Yaoming Ma, Jieming Wang, Surface Flux Parameterization Schemes for Bare Soil Surfaces, Physics and Scheme Evaluation, Asia Flux Workshop2006, Chiang Mai, 30 November 2006.
- 38) Toshio Koike, Satellite Data Integration and Data Assimilation by CEOP, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
- 39) Toshio Koike, Coordinated Enhanced Observing Period (CEOP) Phase 1 and 2, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
- 40) David Kuria, Hui Lu, Toshio Koike, Hiroyuki Tsutsui, Tobias Graf, An improved radiative transfer model for soil considering both volume and surface scattering phenomena, An Earth

- System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
- 41) Hui Lu, Toshio Koike, David Kuria, Tobias Graf, Hiroyuki Tsutsui, Hideyuki Fujii, Improving the accuracy and applicable range of soil moisture measurement by spaceborne passive microwave remote sensors, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
  - 42) Abdul Wahid Mohamed Rasmy, Kun Yang, Toshio Koike, CEOP-based diagnosis of prediction skill of current operational general circulation models, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
  - 43) Lei Wang, Toshio Koike, Kun Yang, Dawen Yang, A new biosphere hydrological model using satellite data for water resources estimation, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
  - 44) Kun Yang, Toshio Koike, Establishing a satellite-based method for long-term monitoring of water and energy cycle in the Tibetan plateau, An Earth System Science Partnership Global Environmental Change Open Science Conference, Beijing, 10 November 2006.
  - 45) Toshio Koike: Toward Comprehensive Understanding of the Roles of the Tibetan Plateau in Asian Monsoon, 1st International Workshop on Energy and Water Cycle over the Tibetan Plateau Proceedings, p9, Lhasa, Tibet, China, 3–12 September, 2006.
  - 46) Kun Yang, Toshio Koike, Hirohiko Ishikawa, Joon Kim, Xin Li, Huizhi Liu, Shaomin Liu, Yaoming Ma, Jieming Wang: Turbulent Flux Transfer Over Bare Soils in Arid and Semi-arid Regions, 1st International Workshop on Energy and Water Cycle over the Tibetan Plateau Proceedings, p36, Lhasa, Tibet, China, 3–12 September, 2006.
  - 47) Kun Yang, Takahiro Watanabe, Toshio Koike, Xin Li, Hideyuki Fujii, Katsunori Tamagawa , Yaoming Ma, Hirohiko Ishikawa: Land Data Assimilation-Derived Spatial Distributions and Seasonal Variations of Water and Energy Fluxes in Tibet, 1st International Workshop on Energy and Water Cycle over the Tibetan Plateau Proceedings, p39, Lhasa, Tibet, China, 3–12 September, 2006.
  - 48) Kenji Taniguchi, Toshio Koike: Seasonal Variation of Cumulus Convection and Tropospheric Temperature Increase over the Tibetan Plateau, 1st International Workshop on Energy and Water Cycle over the Tibetan Plateau Proceedings, p62, Lhasa, Tibet, China, 3–12 September, 2006.
  - 49) David Kuria, Hui Lu, Toshio Koike, Hiroyuki Tsutsui and Tobias Graf: A radiative transfer model for soil incorporating volume and surface scattering phenomena, The Second International Conference on Environmental Science and Technology 2006, Proceedings (CD-ROM), Houston, Texas,, USA, August 19–22, 2006.
  - 50) Toshio Koike, Xin Li, Tobias Graf, Kun Yang, Mirza Cyrus Raza, Souhail Boussetta: Data Assimilation of Hydrosphere by AMSR, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS, Proceedings (CD-ROM), Denver, Colorado, USA, July 31 – August 04, 2006.
  - 51) Kenji TANIGUCHI and Toshio KOIKE: Cumulus Convection and Upper Tropospheric Temperature Rise and Its Seasonal Variation over the Tibetan Plateau, The Western Pacific Geophysics Meeting Proceedings (CD-ROM), Beijing, China, 24 –27 July, 2006.
  - 52) Kun Yang, Toshio Koike, Wenjie Dong, Huizhi Liu, Shaomin Liu, Jieming Wang: Overall Evaluation of Surface Flux Parameterization Schemes for Bare Soil Surfaces, The Western Pacific Geophysics Meeting Proceedings (CD-ROM), Beijing, China, 24 –27 July, 2006.
  - 53) K. Yang, T. Watanabe, T. Koike, X. Li: A two-pass method to assimilate microwave data into a land model for improving soil moisture and energy partition, European Geosciences Union General Assembly 2006 Geophysical Research Abstracts (CD-ROM), Volume 8, 2006,

- Vienna, Austria, 2 – 7 April 2006.
- 54) K. Yang, T. Koike: A wide evaluation of surface flux parameterization schemes for bare soil surfaces, European Geosciences Union General Assembly 2006 Geophysical Research Abstracts (CD-ROM), Volume 8, 2006, Vienna, Austria, 2 – 7 April 2006.
  - 55) Koike, T., Yang, K., T. Watanabe, X. Li, H. Fujii, K. Tamagawa, Y. Ma, H. Ishikawa, 2006: An Auto-calibration System to Assimilate AMSR-E data into a Land Surface Model for Estimating Soil Moisture and Surface Energy Budget, CEOP Implementation Planning Meeting, Paris, 26 February – 1 March 2006.
  - 56) Kenji Taniguchi: Increasing of atmospheric temperature in the upper troposphere and cumulus convection over the Tibetan Plateau, CEOP Implementation Planning Meeting, Paris, 26 February – 1 March 2006.
  - 57) Katsunori Tamagawa: CAMP Quality Control Data System, CEOP Implementation Planning Meeting, Paris, 26 February – 1 March 2006..
  - 58) Kun Yang, Mohamed Rasmy, Surendra Rauniyar, Toshio Koike, Kenji Taniguchi, Katsunori Tamagawa, Michael G. Bosilovich, Steve Williams: CEOP-based Diagnosis of Prediction Skill of Current Operational General Circulation Models and Land Data Assimilation Systems, CEOP/IGWCO Joint Meeting, 26.Feb – 4. Mar, 2006.
  - 59) Souhail Boussetta, Toshio Koike: Improved Physical Downscaling for better Integrated Water resources Management, Joint Tunisia-Japan workshop on “GEOSS-based Water Resources Management System under Climate Change” Tunisia, INAT January 2006.
  - 60) Toshio Koike: Data Integration and Information Fusion Dedicated to GEOSS, 21st APAN (Asia-Pacific Advanced Network) Meeting, 22-26 January, 2006.
  - 61) Katsunori Tamagawa: In-situ Data Quality Check and Integration System, 21st APAN (Asia-Pacific Advanced Network) Meeting, 22-26 January, 2006.
  - 62) Toshio Koike: Coordinated Enhanced Observing Period( CEOP), Asian Water Cycle Symposium, 2-4, November 2005.
  - 63) Katsunori Tamagawa: User Interface for In-situ Data Archive in Asia, Asian Water Cycle Symposium, 2-4, November 2005.
  - 64) Kenji Taniguchi: Centralized Data Integration System + Demonstration, Asian Water Cycle Symposium, 2-4, November 2005.
  - 65) Hui Lu, Toshio Koike, Hideyuki Fujii, Nozomu Hirose, Katsunori Tamagawa: A Radiative Transfer Model and an Algorithm for Soil Moisture Including Very Dry Conditions, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS, Proceedings. 2005 IEEE International , Volume: 2, pp.1131 – 1134, 25-29 July. 2005.
  - 66) Nozomu Hirose, Toshio Koike: Long term simulation of thawing and freezing process of permafrost in the Tibetan Plateau, CliC First Science Conference, Beijing, China, 11-15 April 2005.
  - 67) H. Tsutsui, T.Koike, T.Graf, K.Tamagawa, H.Fujii: A basic study on a new satellite algorithm for snow, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp.59-62, Tokyo, Japan, March, 2005.
  - 68) Kun Yang, Toshio Koike, Katsunori Tamagawa, Petra Koudelova: Inverse estimation of soil moisture and surface energy budget from in-situ soil temperature data, The 85th AMS Annual Meeting (CD-ROM), San Diego, USA, 9-13 January, 2005.
  - 69) Kun Yang, Toshio Koike, Katsunori Tamagawa, Petra Koudelova: Model uncertainties correlated with spatial scale of prognostic variables, The 85th AMS Annual Meeting (CD-ROM), San Diego, USA, 9-13 January, 2005.
  - 70) Katsunori Tamagawa, Toshihiro Nemoto, Tetsu Ohta, Toshio Koike, Masaru Kitsuregawa: Introduction to the CEOP Data Integration System, Proceedings CD-ROM of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (GAME CD-ROM

Publication No. 11), Kyoto, Japan, 3–5 December, 2004.

- 71) Kun Yang, Toshio Koike, Katsunori Tamagawa, and Petra Koudelova: Model Predictability and Uncertainties Correlated with Spatial Scale of Prognostic Variables, Proceedings of 80th Chinese Meteorological Society Annual Meeting (CD-ROM), Beijing, China, 18–21 October, 2004.
- 72) Graf, T.; Koike, T.; Nishimura, K.: Correcting snowfall from gauge observations using passive microwave brightness temperature data and data assimilation, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International ,Volume: 1 , pp.448 – 451, 20–24 Sept. 2004.
- 73) Toshio Koike: Data Integration toward Understanding of the energy and water cycle in the: Observations and simulations, The 4th International Symposium on the Tibetan Plateau, Lhasa, China, 4–7 August, 2004.
- 74) Kun Yang, Toshio Koike, Hideyuki Fujii, and Toru Tamura: The daytime evolution of the atmospheric boundary layer and convection over the Tibetan Plateau: Observations and simulations, The 4th International Symposium on the Tibetan Plateau, Lhasa, China, 4–7 August, 2004.
- 75) Petra Koudelova, T. Koike: Estimation of Spatially Distributed Rainfall Rate in Naqu Basin Using Data of Ground-based Radar and Precipitation Gauge Network of GAME-Tibet 1998, The 4th International Symposium on the Tibetan Plateau, Lhasa, China, 4–7 August, 2004.
- 76) Nozomu HIROSE, Toshio KOIKE: Dependence of the soil moisture distribution in the Tibetan Plateau on the Micro- Topography, The 4th International Symposium on the Tibetan Plateau, Lhasa, China, 4–7 August, 2004.
- 77) Hideyuki Fujii, Toshio KOIKE: Boundary layer observation on Tibetan Plateau by Windprofiler and Rass system, The 4th International Symposium on the Tibetan Plateau, Lhasa, China, 4–7 August, 2004.
- 78) Kun Yang, K. Tamagawa, P. Koudelova, T. Koike: Studies on Model Predictability in Various Climatic Conditions: an Effort Using CEOP EOP1 Dataset, Proceedings of the 2nd APHW Conference, Vol. 2, 515–523, Singapore, 5–8 July, 2004.
- 79) Kun Yang, Toshio Koike, and Baisheng Ye: Inverse Estimate of Soil Parameters and Surface Energy Budget from in situ Measurements, Proceedings of the 2nd APHW Conference, Vol. 2, 773–781, Singapore, 5–8 July, 2004.
- 80) Dawen Yang: Validation of a hydrologically enhanced landsurface process model using the CEOP EOP-1 data, Proceedings of the 2nd APHW Conference, Singapore, 5–8 July, 2004.
- 81) Mahadevan Pathmathevan, Toshio Koike, A Simplified Satellite Based Assimilation Framework for hydrologic Data and Simulations and Its Applications to CEOP Reference Sites, Proceedings of the 2nd APHW Conference, Singapore, 5–8 July, 2004.

#### 国内会議

- 1) Hui Lu : Toshio Koike, Tetsu Ohta, Hideyuki Fujii, Hiroyuki Tsutsui : Updating status of the AMSR-E soil moisture algorithm development – Field experiments and data assimilation --, 2008 土壌水分ワークショップ, 東京, 2008年3月26日.
- 2) 小池俊雄, 陽坤, 渡辺崇弘, チベット高原における地表面フラックスの時空間分布の算定, 日本気象学会 2007年度春季大会, 東京都, 2007年5月3日.
- 3) 谷口健司, 小池俊雄, 春季チベット高原東部域における対流圏上層大気昇温と積雲活動, 日本気象学会 2007年度春季大会, 東京都, 2007年5月3日.
- 4) 小池俊雄, チベット高原の大気加熱の定量的評価に向けて, 2007年 チベット研究会, 栃木, 2007年4月2日.
- 5) 谷口健司, プレモンスーン期のチベット高原上の大気昇温と積雲活動, 2007年 チベット研究会, 栃木, 2007年4月2日.

- 6) 玉川勝徳, 小池俊雄, 開発一郎, Gombo DAVAA, 今岡啓治, 高性能マイクロ波放射計 AMSR-E と AMSR を用いた土壌水分推定結果の比較検証, 第5回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, 千葉, 2006年12月7日.
- 7) 太田哲, 小池俊雄, Hui LU, David N. KURIA, 筒井浩行, Tobias GRAF, 開発一郎, Gombo DAVAA, 松浦直人, 特殊センサー・マイクロ波画像装置(SSM/I)によるモンゴルにおける土壌水分の長期変動傾向, 第5回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, 千葉, 2006年12月7日.
- 8) 筒井浩行・小池俊雄・Hui Lu・David Kuria・Tobias Graf, 西東京市観測フィールドにおける地上型マイクロ波放射計に基づく観測実験, 第5回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, 千葉, 2006年12月7日.
- 9) 筒井浩行, 積雪を対象とした衛星アルゴリズムの発展, 第5回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, 千葉, 2006年12月7日.
- 10) 藤井秀幸・広瀬望・森田正人・久保田浩史・小池俊雄・米川智司:地上観測に基づく地表面不均一性を考慮した植生域地表面マイクロ波放射伝達モデルの検討. 第18回水文・水資源学会研究発表会, 筑波大学:P-50. 2005/08/04.
- 11) 筒井浩行, 小池俊雄, Tobias Graf, 玉川勝徳, 藤井秀幸:マイクロ波放射伝達理論に基づく積雪量推定衛星アルゴリズム開発の基礎研究:第4回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, 岐阜大学流域圏科学研究センター, 2004/12/17.
- 12) 広瀬望, 小池俊雄:チベット高原における土壌水分形成メカニズムの検証. 2004年度日本雪氷学会全国大会, 滋賀県立大学, 2004/9/27-9/30.
- 13) 筒井浩行, 小池俊雄:積雪深推定衛星アルゴリズムの基礎研究. 2004年度日本雪氷学会全国大会, 滋賀県立大学, 2004/9/27-9/30.

③ ポスター発表(国内会議0件、国際会議34件)

国際会議

- 1) Hiroyuki TSUTSUI; Toshio KOIKE, LONG-TERM CHANGES OF SNOW DEPTH IN THE NORTHERN HEMISPHERE BASED ON THE SNOW RETRIEVAL ALGORITHM, International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS08), Boston, USA, 10 July 2008.
- 2) Lu Hui, Toshio Koike, Yang Kun, Li Xin, Graf Tobias, Boussetta Souhail, Hiroyuki Tsutsui, Kuria David : Estimation of Land Surface Parameters by LDAS-UT: Model Development and Validation on Tanashi Field Experiment, 2007 AGU Fall Meeting, San Francisco, 12 December 2007. (Poster)
- 3) C. R. Mirza; T. Koike; K. Yang and T. Graf; Improvement of Initial Conditions of Numerical Weather Prediction (NWP) Model by the Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS) over the Oceans, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), Bangkok, Thailand, 3rd August, 2007.
- 4) C. R. Mirza; T. Koike; K. Yang and T. Graf; The role of Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS) in the Numerical Weather Prediction (NWP) Model, EGU General Assembly 2007, Vienna, Austria, 16 April 2007. (Poster)
- 5) Kun YANG, Takahiro WATANABE, Toshio KOIKE, Xin LI, Hideyuki FUJII, Katsuroni TAMAGAWA, Yaoming Ma, Hirohiko Ishikawa, Auto-calibration System Developed to Assimilate AMSR-E Data into a Land Surface Model for Estimating Soil Moisture and the Surface Energy Budget, 6th CEOP Science Meeting, Washington D.C., 12-16 March 2007.
- 6) Tobias Graf, Xin Li, Toshio Koike, Hiroyuki Tsutsui, Masayuki Hirai., CEOP-based Diagnosis of Prediction Skill of Four Operational GCMs and One Land Data Assimilation System, 6th CEOP Science Meeting, Washington D.C., 12-16 March 2007.
- 7) Kenji Taniguchi and Toshio Koike, The Variation of Lower Tropospheric Temperature and

- Indian Summer Monsoon Onset, 6th CEOP Science Meeting, Washington D.C., 12-16 March 2007.
- 8) Katsunori Tamagawa, Eiji Ikoma, Tetsu Ohta, Masaru Kitsuregawa and Toshio Koike, Introduction to the CAMP data management, 6th CEOP Science Meeting, Washington D.C., 12-16 March 2007.
  - 9) Hui LU, Toshio Koike, Tobias Graf, Hiroyuki TSUTSUI, David Ndegwa, KURIA, Hideyuki FUJII, Masato MORITA: A Radiative Transfer Model for Soil Media with Considering the Volume Effects of Soil Particles: Field Observation and Numerical Simulation., International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS, , Proceedings (CD-ROM),, Denver, Colorado, USA, July 31 – August 04, 2006.
  - 10) David Ndegwa KURIA, Toshio Koike, Hui LU, Hiroyuki TSUTSUI, Tobias Graf: Multi-Frequency Microwave Response to Periodic Roughness, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS, Proceedings (CD-ROM), Denver, Colorado, USA, July 31 – August 04, 2006.
  - 11) Tobias Graf, Toshio Koike, Xin Li, Masayuki Hirai, Hiroyuki TSUTSUI: Assimilating Passive Microwave Brightness Temperature Data into a Land Surface Model to Improve the Snow Depth Predictability, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS, Proceedings (CD-ROM), Denver, Colorado, USA, July 31 – August 04, 2006.
  - 12) Hiroyuki TSUTSUI, Toshio Koike, Tobias Graf: Snow Satellite Algorithm Development and Verification Based on the Ground Snow Observation Using a Ground Microwave Radiometer, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS, Proceedings (CD-ROM), Denver, Colorado, USA, July 31 – August 04, 2006.
  - 13) Kun YANG, Mohamed RASMY, Surendra RAUNIYAR, Toshio KOIKE, Kenji TANIGUCHI, Katsunori TAMAGAWA, Petra KOUDELOVA: CEOP-based Diagnosis of Prediction Skill of Four Operational GCMs and One Land Data Assimilation System, The Western Pacific Geophysics Meeting Proceedings (CD-ROM), Beijing, China, 24 –27 July, 2006.
  - 14) Kun YANG, Takahiro WATANABE, Toshio KOIKE, Xin LI, Hideyuki FUJII, Katsuroni TAMAGAWA, Yaoming Ma, Hirohiko Ishikawa: An Auto-calibration System to Assimilate AMSR-E data into a Land Surface Model for Estimating Soil Moisture and Surface Energy Budget, The Western Pacific Geophysics Meeting Proceedings (CD-ROM), Beijing, China, 24 –27 July, 2006.
  - 15) Tobias Graf, Toshio Koike, Xin Li, Masayuki Hirai and Hiroyuki Tsutsui: Assimilating Passive Microwave Observation into a snow model to improve the snow depth estimation, Abstracts of 1st Asia CliC Symposium, p31, Yokohama, Japan, 20 – 26 April 2006.
  - 16) Hiroyuki Tsutsui, Toshio Koike, Tobias Graf: Development of a dry snow satellite algorithm based on a microwave radiative transfer theory, Abstracts of 1st Asia CliC Symposium, p68, Yokohama, Japan, 20 – 26 April 2006.
  - 17) Petra Koudelova<sup>1</sup> and Toshio Koike: Basic Study on Coupling a Land Surface Scheme and Distributed Hydrological Model for Cold Regions, Abstracts of 1st Asia CliC Symposium, p72, Yokohama, Japan, 20 – 26 April 2006.
  - 18) K. Yang and T. Koike, A wide evaluation of surface flux parameterization schemes for bare soil surfaces, Abstracts of 1st Asia CliC Symposium, p72, Yokohama, Japan, 20 – 26 April 2006.
  - 19) K. Yang, T. Koike, P. Stackhouse, C. Mikovitz: Evaluate the accuracy of surface radiation budget of satellite products and GCM outputs in the Tibetan Plateau, European Geosciences Union General Assembly 2006 Geophysical Research Abstracts (CD-ROM), Volume 8, 2006, Vienna, Austria, 2 – 7 April 2006.
  - 20) Cyrus Raza Mirza; Toshio Koike; Kun Yang and Tobias Graf: The development of an 1-D Cloud Microphysics Data Assimilation (CMDAS) to retrieve the cloud parameters over the

ocean by integrating satellite data, European Geosciences Union General Assembly 2006 Geophysical Research Abstracts (CD-ROM), Volume 8, 2006, Vienna, Austria, 2 - 7 April 2006.

- 21) Souhail BOUSSETTA, Toshio KOIKE, Mahadevan PATHMATHEVAN, and Yang KUN: A 2-D Process study through the development of a satellite data assimilation by A land-atmosphere coupled system, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp.63-66, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 22) ashir AHMAD, Dawen YANG, Toshio KOIKE and Tobias GRAF: Application of Remote sensing based Snowmelt Runoff Model in Upper Yellow River Basin for Snowmelt Simulation, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 67-70, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 23) 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, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 71-74, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 24) Cyrus Raza MIRZA, T. Koike, Yang, K., Graf, T.: The development of 1-D Cloud Microphysics Data Assimilation System (CMDAS) by using AMSR-E Data, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 75-79, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 25) Dawen Yang, Katsunori Tamagawa, Toshio Koike: Hydrological Improvement of the Land Surface Process Scheme Using the CEOP Observation Data, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 103-106, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 26) Kun Yang, Toshio Koike: Can we derive soil moisture from soil temperature data, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 119-122, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 27) Kun Yang, Toshio Koike, Baisheng Ye, Luis Bastidas: The role of vegetation roots in controlling surface soil state and energy partition, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 119-122, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 28) Kenji Taniguchi, Toshio Koike: Cloud convection and atmospheric temperature rising over the eastern part of the Tibetan plateau in pre-monsoon season, CEOP/IGWCO Joint Meeting Proceedings, pp. 119-122, Tokyo, Japan, March, 2005.
- 29) Nozomu Hirose, Toshio Koike: Validation of the process for generating soil moisture distribution in the Tibetan Plateau, Proceedings CD-ROM of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (GAME CD-ROM Publication No. 11), Kyoto, Japan, 3-5 December, 2004.
- 30) Petra Koudelova, T. Koike: Introducing Lateral Subsurface Flow in Permafrost Conditions in a Distributed Land Surface Scheme, Proceedings CD-ROM of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (GAME CD-ROM Publication No. 11), Kyoto, Japan, 3-5 December, 2004.
- 31) H. Tsutsui, T. Koike, T. Graf, K. Tamagawa, H. Fujii: A basic study on a new satellite algorithm for snow, Proceedings CD-ROM of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (GAME CD-ROM Publication No. 11), Kyoto, Japan, 3-5 December, 2004.
- 32) Kun Yang, Toshio Koike, and Baisheng Ye: Inverse Analysis of the Effect of Soil Vertical Heterogeneity on Land Surface and Subsurface Processes, Proceedings CD-ROM of The 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (GAME CD-ROM Publication No. 11), Kyoto, Japan, 3-5 December, 2004.
- 33) Graf, T., Koike, T.; Pfaff, T.; Muramoto, K.; Aonashi, K., Estimation of snowfall over the sea of Japan using AMSR-E passive microwave remote sensing observation, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International ,Volume: 2 , pp.865 - 868, 20-24 Sept. 2004.
- 34) Petra Koudelova, T. Koike: Introducing Lateral Subsurface Flow in Permafrost Conditions in

a Distributed Land Surface Scheme, Proceedings of The 4th Study Conference on BALTEX, May 2004.

国内会議  
該当なし

(3) 特許出願  
該当なし

(4) 受賞等

① 受賞

- 1) 小池俊雄：IPCC ノーベル平和賞受賞への貢献に対する表彰、2008年3月  
気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が2007年ノーベル平和賞を受賞した。  
小池は、IPCC 第4次評価報告書第1作業部会（自然科学的根拠）の評価編集者として参画し、IPCCを運営する世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）より、感謝状が授与された。

② 新聞報道

- 1) 2007年9月8日 KOMPAS (Web版) インドネシア  
小池俊雄他：インドネシア気象庁長官と気候変動・水循環に関する記者会見が紹介された。  
<http://www.kompas.com/kompas-cetak/0709/08/humaniora/3822224.htm>
- 2) 2004年8月 人民日報 (Web版) Tibet 総合科学  
小池俊雄他：チベット高原における集中気象観測の様子が紹介された。  
<http://www.people.com.cn/GB/keji/25509/36375/index.html>

③ その他

- 1) 小池俊雄：特集-3 わが国の土木技術はどう対応するか？” 亜熱帯化する日本” に対処できる土木学とは、第91巻第6号 土木学会誌 6月号 2006年, 137, pp. 43-55, 2006年3月.

(5) その他特記事項

① ニュースレター発行

- 1) GEWEX NEWS CEOP Special Issue, August 2008.
- 2) CEOP Newsletter, No. 10, August 2006.
- 3) CEOP Newsletter, No. 9, February 2006.
- 4) CEOP Newsletter, No. 8, August 2005.
- 5) CEOP Newsletter, No. 7, January 2005.
- 6) CEOP Newsletter, No. 6, July 2004.

## §7 研究期間中の主な活動

ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成16年11月1～2日	CEOP 国際メタデータ会合	東京大学生産技術研究所	25名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発に必要な、衛星観測、地上観測、モデル出力データを記述する統一されたフォーマットを作成するために、各データ提供者による意見交換と方針策定を行った。
平成17年2月28日～3月4日	CEOP/IGWCO 合同会議	東京大学本郷キャンパス 山上会館	151名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発に必要な、衛星観測、地上観測、モデル出力データ提供者と、それらを使って水循環変動を研究する科学者が一同に会し、これまでの研究成果と今後の方針についての報告と議論を行った。
平成17年11月2～4日	アジア水循環シンポジウム	東京大学鉄門記念講堂 武田ホール (東京)	117名	水循環系の物理的ダウンスケーリングの手法を、統合的な地球観測と組み合わせ、アジア各国の河川に適用し、洪水・渇水対策に活用していくための国際協力の枠組みづくりに関する協議を行った。
平成18年2月26日～3月3日	CEOP/IGWCO 合同会議	ユネスコ国連本部 (パリ、フランス)	143名	水循環系の物理的ダウンスケーリングの手法の開発の研究推進に不可欠な地上、衛星、モデル出力のデータ取り纏めを世界規模で行っている統合地球水循環強化観測期間プロジェクトの全体計画会議(統合地球観測戦略水循環テーマ(IGWCO)と共同開催)において、JST 主催のCREST 水循環ワークショップを同時開催し、それぞれの研究チームからの具体的な発表内容・成果に基づく横断的議

				論及び、次年度のデータ収集、アーカイブの詳細について実施計画を作成した。
平成 19 年 3 月 12 日～ 3 月 16 日	CEOP/IGWCO 合同会議	The National Academy of Sciences (ワシントン D.C.アメリカ)	60 名	H18 年度 3 月に行った CREST 水循環ワークショップでの議論を下敷きにして、CREST 研究課題『水循環系の物理的ダウンスケーリングの手法の開発』の更に精度を高めた よりグローバルな研究成果を発表し、世界貢献の為 議論した。
平成 19 年 9 月 6 日～ 9 月 7 日	CEOP 実施計画会議	Ramada Bintang Bali Resort (バリ,インドネシア)	80 名	CREST 研究課題『水循環系の物理的ダウンスケーリングの手法の開発』を推進するために、地球規模の水循環観測データを統合化状況を相互に確認し、今後の研究方針について議論した。
平成 19 年 9 月 8 日	GEOSS/AWCI 国際調整グループ会議	Ramada Bintang Bali Resort (バリ,インドネシア)	70 名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法をアジア各国の河川に適用する可能性と有効性を明らかにするために、アジアの諸外国が直面している水にかかわる問題を取りまとめ、収集、アーカイブすべきデータを国際的に共有する方法論を議論した。
平成 19 年 12 月 2 日 ～12 月 4 日	アジア水循環シンポジウム	大分国際交流会会館 (大分・日本)	87 名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法をアジア各国の河川に適用するための実施計画を取りまとめ、合意した。
平成 20 年 4 月 16 日 ～4 月 17 日	GEOSS/AWCI 国際調整グループ会議	東京国際交流会会館 (東京・日本)	80 名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法のアジア各国の河川への適用状況を報告すると共に、気候変化が水循環過程に与える各国の状況について意見交換し、温暖化に対する適応策として、物理的ダウンスケーリング手法の利用可能性を議論した。
平成 20 年 9 月 15 日 ～9 月 17 日	CEOP 実施計画会議	WMO building (ジュネー)	60 名	全世界から、各国の数値予報センター、衛星機関、地上観測を行っている研究機

		ブ、スイス)		関の代表者や、水・エネルギー循環に関わる研究者が集まり、水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の研究成果や、これらの研究に必要な CEOP の各種データの取得状況、また、集中型・分散型データ統合化システムの開発進捗状況などについて報告・議論を行った。
平成 21 年 2 月初旬予定	GEOSS/AWCI 国際調整グループ会議	京都・日本 (予定)	60 名	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法のアジア各国の河川への適用事例を検証するとともに、温暖化に対する適応策として有効性を協議する。

## §8 結び

本研究の発想の発端は1990年代の初めで、IPCC第1次評価報告書(FAR)の発表(1990年)、全球エネルギー水循環実験研究(GEWEX)アジアモンスーン観測実験(GAME)の計画準備(1991年開始)、地球観測衛星の利用に関する活発な議論の展開(1991年開始)にある。

FARに対して、我が国の河川を管理する建設省では、本報告書を受けて地球温暖化が河川管理に与える影響を評価するWGをつくり、研究分野では当時の中堅研究者であった砂田憲吾先生(山梨大学)と、まだ若手研究者のグループにいた筆者(当時、長岡技術科学大学)が参加した。気温が1度あがると日本の雨の降り方、流出はどのように変わるかがテーマであったが、将来の地球規模の変化に対する水循環の変化を、過去の我が国のみの地点データだけで考えることに限界を覚え、何とか地球規模の予測データや観測データを各河川管理に利用できないものかという欲求が筆者自身のなかで高まった。

GAMEの計画立案段階では、水文学分野の取りまとめを担当したが、当時の我が国の水文学研究では、気象分野との研究協力や外国での共同観測研究に対して消極的な意見が多く、その中で際立ったのが、「なぜ大循環モデル(GCM)を研究する気象学者のために、われわれ水文学者が外国の地べたを這いずりまわって観測してやらなければならないのか」というものだった。私は、モデルの素過程のデータ取得と大循環モデルの出力を最も効果的に使う、つまり研究の入口と出口を担うのが水文学グループで、実は共同研究の果実を最も得るのは水文学であると主張していた。しかし実は、入口のほうは具体的な方法論が固まり、1996年の研究開始時よりうまく進んだが、出口のほうはまだ構想すら考えついていなくて、ダウンスケーリングにより河川管理に有用な情報をいかに得ることができるかが課題であった。

当時の宇宙開発事業団(現、宇宙航空研究開発機構)が推進した地球観測衛星委員会の活動は、衛星による地球観測研究に関わっていた研究者に大きな刺激となった。それまでは打ち上げられた衛星から得られるデータの利用方法を考えていたのが、自分が目指す現象の解明や実際の利用のためにどのような衛星観測システムが必要かを考え、委員会で議論調整して、実際の衛星観測計画を立て、そのミッションを進めるという新しい枠組みを提供していただいたからだ。その結果は、ADEOS-2(みどり2)の2002年打ち上げとして実現した。この衛星は残念ながら電気系統の故障で1年未満で運用停止となったが、本衛星の主要センサとして開発された改良型マイクロ波放射計(AMSR)と同型センサ(AMSR-E)が米国のAqua衛星に搭載され、いまでも観測を継続している。このセンサ開発、利用研究に直接関わることができた経験が、本研究の基盤となる衛星観測研究の基礎を形成することとなった。この過程で、衛星データをいかにモデルに組み込むかを課題としたが、その段階ではまだ同化に結びつける発想はなかった。

これらの貴重な機会を踏まえて、まずは衛星による水循環観測の研究に取り組んだが、ちょうどその折り、1998年にCREST研究領域「地球変動のメカニズム」において「大気-陸域相互作用のモデル化と衛星観測手法の開発」が採択され、以来5年間、衛星観測の高度利用と陸面モデル研究、およびチベット高原の大気-陸面相互作用の研究に取り組むことができた。この中で衛星観測研究成果の特筆すべき点は、国際比較研究を経て、AMSRおよびAMSR-Eの土壌水分標準アルゴリズムとして、筆者らの開発アルゴリズムが採択されたことであり、現在も引き続き改良を加えながら筆者らのアルゴリズムで全球の土壌水分データセットが作成され、世界に公開されている。

CREST研究の開始と時を同じくして、WCRP/GEWEXの枠組みで全球スケールの地上観測、衛星観測、数値気象予測モデルの統合化プロジェクトである「統合全球水循環強化観測期間(CEOP)」を立ち上げたが、そのサイエンスを議論していたときに、本研究の課題である「水循環の物理的ダウンスケーリング」の構想が固まった。きっかけは大循環モデル研究グループとの議論で、衛星観測によってやっとのことで全球の土壌水分観測データセットを作る目処が立ったところだったが、当のモデルグループはその使い方がわからないという。つまり、衛星観測では、マイクロ波の放射伝達理論により、地上が湿った時は地表のごく表層の土壌水分しか観測できないが、乾いたときは数cmから数十cmの土壌水分を観

測することになる。モデルは表層、根系層などある厚さをもった層構造になっており、衛星観測データを数値モデルに直接利用できないというのである。ここで、水・エネルギーフローを記述する陸面モデルと衛星観測に用いるマイクロ波放射伝達モデルと観測データを同化する必要性が明らかとなった。さらにこのように同化すると、そのまま予測モデルの初期値として使えるわけで、特に全球スケールから領域、メソスケールにダウンスケーリングする際に有効に利用できることが明らかであった。同じ方法は陸面だけでなく、大気にも応用することが可能となり、それが雲微物理データ同化に取り組む背景であった。このようにして、本研究の基本構想が固まったが、ちょうどそのとき、1998年にはじまったCREST研究「大気-陸域相互作用のモデル化と衛星観測手法の開発」が2003年に終了し、引き続き本研究課題が採択された次第である。

以降の経緯は§1,2に記したが、2件の科学技術振興調整費（『地球水循環インフォマティクスの確立』、『地球観測データ統合・情報融合基盤技術の開発』）の支援をいただき、CEOPのデータ統合を実施し、地球観測の政府間部会 GEO による GEOSS10 年実施計画の立案に参画し、さらに GEO 設立後は GEOSS のもとでのアジアにおける地球観測による水循環に関わる国際協力 AWCI を計画し、実行に移すことができた。さらに第3期科学技術基本計画における国家基幹技術（海洋地球観測探査システム）「データ統合・解析システム」プロジェクトの実施という機会に恵まれた。

また、チベット高原での集中観測研究は、1998～2003年の「地球変動のメカニズム」において企画・準備されたが、衛星打ち上げが遅れたこと、中国国内でのSARSによって期間中に実施できなかった。しかし、引き続き本プロジェクトの機会に恵まれ、2004年に冬季、プレモンスーン期、モンスーン期の集中観測実験を、CEOPの一環として実施することができた。これらの観測実験の成功は、本共同研究者の上野健一筑波大学准教授の卓抜したリーダーシップのお陰である。この集中観測の準備中に、チベット高原およびその東部周辺域の気象観測の強化と得られるデータを用いた気象予測精度の向上を目指す、JICA技術協力プロジェクトが中国政府から提案された。これは、GAME、CEOPと継続してきた日中の研究者の協力によるチベット高原観測研究の成果を、現業の気象予測に役立てたいという中国政府の要請に基づくものであり、国内の調整、中国国内および現地での事前評価に積極的に加わった。さらにこれまでの共同研究実績があつて初めて実施できる案件であることを痛感し、小宮山東京大学総長の力添えを得て、独立行政法人化したばかりの東京大学をJICAコンサルタントととして登録する手続きを実施していただき、プロポーザルを提出して本案件を本学が受注し、2005年12月よりJICA「日中気象災害協力研究センタープロジェクト」として開始できたことは誠に幸いであった。このようにして、GAMEで築き、2件続いたCREST研究によって実施したCEOPチベット集中観測資産の多くが、中国気象局の現業観測の枠組みとして、長期的に実施されることとなった。

以上のように、筆者は極めて恵まれた環境の中で研究を継続させて頂いてきた。とりわけこの5年間は、水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発という基礎的科学技術研究に打ち込みつつ、それを実装し、応用化していく場に恵まれた。このような機会を頂いた(独)科学技術振興機構、要所でアドバイスをいただきながら温かく見守ってくださった水循環研究領域研究総括の虫明功臣先生、次々と持ち込む様々な難題を真摯に受け止め、プロジェクト運営を懇切丁寧にサポート頂いた八重洲事務所の皆様に心から御礼を申し上げたい。また、本プロジェクトは§4に記すように、共同研究者の上野健一筑波大学准教授をはじめ、実に多くの国内外の研究者の協力を得て実施された。本報告にあるように、当初の予定を超える実りある成果を上げることができたのは、これら共同研究者個々の知の結集の成果である。記して感謝の意を述べたい。

私は土木技術者であり、水災害で失われる人命を一名でも減らし、経済的被害を少しでも軽減させることを本務としている。本研究で築いた基礎的科学知見をさらに発展、活用し、国内外の協力の輪を広げ、本務を全うしていきたい。

2008年12月7日 小池俊雄



CEOP 国際会議における集合写真  
[米国 National Academy of Sciences (NAS) にて (2007 年 3 月 14 日撮影)]