

研究テーマ

- (1) 研究領域 : 地球変動のメカニズム
- (2) 研究総括 : 浅井富雄
- (3) 研究代表者 : 東京大学大学院工学系研究科、教授、小池俊雄
- (4) 研究課題名 : 大気-陸域相互作用のモデル化と衛星観測手法の開発
- (5) 研究期間 : 平成10年12月1日～平成15年11月30日

1. 研究実施の概要

“世界各地で水不足、洪水被害が増大し、水質汚染や生態系の破壊など水に関わる深刻な環境問題が発生している。これらに起因する食糧難や伝染病の蔓延など、その影響は開発途上国においてますます拡大している。これらの水問題の背景には、急激な人口増加による水需要の増大や、都市開発、産業発展などの社会的要因があることはいうまでもないが、これら水問題の深刻さを増幅させ、破局的な被害をもたらす要因のひとつは水循環の大きな変動性にある。そこで、水循環変動の予測精度の向上し、その情報を国際的に共有できるシステムを構築することは、水危機回避の最も有望な手段の一つである。

地球―大気システムは、大気運動と海流による水とエネルギー輸送によって結合されており、異なる場所での諸現象が時間的ずれを伴って相互に関連している。したがって、ある場所での水循環の変動現象が離れたところのしかも季節が異なる現象と密接な関連性を有している場合がある。したがって、たとえある特定の河川流域の水管理を考える場合にも、地域規模、地球規模の水循環変動を観測し、理解し、予測し、その変動が局所的な水循環特性との相互作用を通して、対象とする河川流域の水循環にどのように反映されるかを、定量的に把握しなければならない。一方、地球規模、地域規模の水循環変動には、それぞれのスケール内での地表面、特に陸面の多様性が大きく影響しており、そこに介在する大気―陸面相互作用を観測し、定量的に理解し、多様性を踏まえた物理モデルを開発しなければならない。

そこで本研究では、多様な大陸上に全球規模のモデルのグリッドスケールに相当する集中観測領域を複数設定し、それぞれの観測領域においてその領域の特徴的な気候条件下で、衛星と地上集中観測により、地表面水文状態、フラックス、大気状態の空間分布を様々な空間スケールで計測してその実態を把握するとともに、広域で長期的な観測体制を確立するために衛星観測手法の開発を目指すこととした。次にそれぞれの領域での地形や地表面の不均一性など地域的な多様性を考慮した大気―陸面相互作用モデルを開発し、そこに介在する物理プロセスを明らかにし、それを異なる気候条件下で相互に比較することによって、空間平均化手法を組み込んだ包括的で普遍的な大気―陸面相互作用モデルを開発することとした。

本研究では、チベット高原とタイチャオプラヤ川を中心とする領域において大気―陸面相互作用に関する強化観測体制を確立した。同時にそれぞれの観測領域において、衛星と地上集中観測により地表面水文状態、フラックス、大気状態を計測する手法を開発し、その実態を把握した。また大気―陸面相互作用を記述するモデル群を開発し、観測データでその妥当性を検証するとともに、モデルを用いて大気―陸面相互作用の物理的メカニズムを探索し、メソスケールの山谷地形が境界層の発達に与える影響や、地表面の不均一性が領域平均フラックスに与える影響を明らかにした。また得られた広域観測データおよび開発されたモデルを用いて、チベット高原およびタイにおける大気―陸面相互作用における水・エネルギー収支の季節変化特性を明らかにした。またチベット高原では、地形の影響を受けた局所循環と谷部での境界層の発達過程のメカニズムを明らかにするとともに、チベット高原の加熱がアジアモンスーンの開始に与

える影響を示した。

本研究では、チベット高原とタイチャオプラヤ川における強化観測に加えて、世界気候研究計画(WCRP)における国際プロジェクト統合地球水循環強化観測期間(CEOP)プロジェクトの立案・実行を国際的にリードして、全球規模の観測データを国際協力で取得する体制を確立した。その上で、地域の特徴的な大気―陸面相互作用に介在する水循環に焦点を当てて観測研究、モデル研究、プロセス研究を進めるとともに、チベット高原とタイチャオプラヤ川にて得られた成果を適用して、衛星観測手法およびモデルの普遍化を目指す研究基盤を確立した。

CEOPを通して、衛星データ、世界36箇所のリファレンスサイトのデータ、10の数値気象予報機関のモデル出力を利用する体制が整ったことは、チベット高原、タイで成し遂げた本研究を地球規模の適用する可能性を得たという意味において本研究にとって大変重要な展開の機会を与えた。また、これらの研究活動が契機となって日本政府と共同で、平成14年8～9月にヨハネスブルグで開催された首脳級の『持続可能な開発のための世界サミット(WSSD)』にて地球規模の水循環変動の統合的な観測の重要性を指摘して国際世論を形成し、地球水循環の観測、理解、情報共有の推進を実施計画書に盛り込むことに貢献した。さらに平成15年3月の第3回世界フォーラムでは、世界の水管理の多様性、統合的水管理、地球環境変動と水資源などについて議論し、『閣僚宣言』に気候変動の影響を含む地球規模の水循環の予測及び観測に関する科学的研究を推進し、データ共有のための情報システムを開発することが盛り込まれた。

これらの成果は、平成15年6月エイビアンで開催されたG8サミットにて水情報の国際的な共有と能力開発の推進、地球観測の推進へと発展し、同年7月にはワシントンにて地球観測サミットが開催されて、包括的で、強調的で、持続的な観測システムを構築することが合意された。

このように本研究は、国際研究協力の下で、包括的で高度な水循環データを取得し、変動プロセスを理解し、予測性能に資するという科学的成果に加えて、これらの高度情報を翻訳して各地で共有することによって国際的な水危機を回避するための枠組み作りのための国際的なリーダーシップを発揮したという点において、社会的貢献度も高い。

本研究は、2つの地域観測研究グループ(チベット高原、熱帯モンスーン地域(タイ))と衛星観測研究グループ、および陸面スキーム・陸面―大気結合モデル研究グループから構成される。

(1) チベット高原観測研究グループ

チベット高原中央部のメソスケール観測領域に、既存の観測ネットワークに加え、フラックス観測が可能な自動気象観測装置(AWS)4機、土壌水分観測装置4機を設置して観測を開始するとともに、その中心に小型境界層タワー観測ネットワーク、ウィンドプロファイラ(2機)、電波音響サウンディング装置(2機)、ライダー、精密放射観測装置および太陽光発電装置を備えた観測基地を建設して、強化観測体制を確立した。

得られた観測データを用いて、チベット高原での各熱・水フラックスに関するエネ

ルギー収支不整合問題，土壤水分の不均一性が蒸発に及ぼす影響の評価，チベット高原での山谷循環，境界層の発達に関する研究を実施し，そのメカニズムを定量的に明らかにした。

(2) 熱帯モンスーン地域観測研究グループ

タイ北部と東部のそれぞれチーク林，キャッサバ畑にフラックス観測が可能なAWSを設置して観測を開始し，既存の灌漑水田，非灌漑水田の観測拠点の維持管理により，タイの典型的な土地利用における大気－陸面相互作用観測体制を確立した。また，チャオプラヤ川中上流域の中心にウィンドプロファイラ，電波音響サウンディング装置を設置して大気境界層の日周変化，季節変化を捉える集中観測体制を確立した。

(3) 衛星観測研究グループ

新世代大型衛星といわれるAqua，ADEOS-IIに搭載されたマイクロ波放射計データを用いた積雪，土壤水分，地温，植生水分量，降水量の算定アルゴリズムの開発を目的として，オクラホマ，長岡，若狭湾，千葉，コロラド，アイオワ，福井にて，地上マイクロ波放射計観測を実施し，詳細なマイクロ波放射伝達過程の理解とアルゴリズムの高度化のための基礎データを収集した。またチベット高原，タイでの強化観測を含むCEOPプロジェクトおよび衛星検証実験で収集された地上データを用いてアルゴリズムを検証し，その妥当性を確認した上で，全地球スケールおよび地域スケールの土壤水分，積雪プロダクトを作成した。

(4) 陸面スキーム・陸面－大気結合モデル研究グループ

大気の領域モデルや大循環モデルと結合できる陸面での水・エネルギーフローを表現するスキームの改良し，土壤の凍結・融解プロセス，陸面不均一性に起因する領域平均顕熱・潜熱フラックス，陸面での水平方向の表面流・地中流を表現できるモデル群を開発した。

また，衛星リモートセンシングで用いられる放射伝達モデルと陸面モデルとを組み合わせ，衛星観測データを用いた陸面の1次元データ同化スキームを開発した。ここではsimulated annealing法（焼きなまし法）による誤差低減手法を新たに導入しており，熱帯降雨観測衛星（TRMM）に搭載されているマイクロ波放射計（TMI）を用いてチベット高原に適用した結果，初期条件が改善され，土壤水分，地温の推定精度が著しく向上した。

2. 研究構想

本研究は、大気－陸域相互作用における科学的不確実性の部分に焦点を当て、包括的な衛星観測システムを国際的な共同研究体制を基盤に、グローバルな検証実験と比較研究によって、(1)大気－陸面相互作用の中で鍵となるプロセス解明、(2)新しい地球観測衛星を用いたグローバルモニタリングシステムの確立、(3)モデルのグローバルな適用の可能性の検証、を達成しようという目的で提案された。

これまでに(1)の目的に対して、地球エネルギー・水循環観測研究アジアモンスーン観測実験(GAME)で取得されたデータおよび本研究でチベット高原とタイに新たに設置した自動観測装置（気象、土壌水分）のデータを用いた解析を行うとともに、チベット高原とタイにウィンドプロファイラ、電波音響サウンディング装置、ライダー、ゾンデ観測装置などを設置して集中観測の準備を整え、予備観測実験も順調に実施し、定常観測体制を確立した。本研究で鍵となる衛星の打ち上げが遅れ(ADEOS-II：平成14年12月に打ち上げ)のために集中観測実験を平成15年春～夏に実施することとしたが、同時期に発生したSARSの影響で集中観測実験を実施できなかったのは残念である。ただし、中国側、タイ側の共同研究者の努力で、観測機器の保守、データ収集が順調に進められ、衛星アルゴリズム開発、モデル開発に役立てられ、この両分野において本研究が予定進んだのは幸いであった。

(2)の目的に対しては、地上マイクロ波放射計による土壌水分観測、積雪観測、降雪観測を、それぞれ米国アイオワ州エイム、米国コロラド州フレーザー、日本福井県で実施して、衛星用アルゴリズムのための放射伝達方程式の確認およびパラメータ設定を行った。さらに、土壌水分、積雪のアルゴリズムを、Aqua搭載のマイクロ波放射計(AMSR-E)データに適用し、チベット高原観測およびモンゴルおよびシベリアのCEOPリファレンスサイトのデータを用いて検証し、良好な結果を得た。これらの成果は、2000年7月のIEEE国際地球科学リモートセンシング会議での2件の招待講演として本研究代表により発表された。またモンゴルでの地上データを用いた土壌水分の検証結果、本アルゴリズムの性能が極めてよいことが示され、その結果は全球エネルギー水循環観測実験プログラム(GEWEX)ニューズレターおよび同ホームページのトップ面で紹介されている。

(3)の目的については、本研究で開発した陸面スキームを組み込んだ領域モデルを用いてチベット高原での地形による局所循環と谷部での境界層の発達過程を調べたところ、小規模乾燥対流の伝播とマージによる境界層の発達過程が示唆され、この現象がウィンドプロファイラによって観測されるという画期的な成果を得た。また、本研究で開発された衛星データと陸面スキームを組み合わせて陸面データ同化システムを開発し、衛星および地上データを用いて良好な性能を有することを確認した。このデータ同化システムの開発は当初の予定にはなかった新たな研究の展開であり、現在わが国の次期の現業気象数値予報モデルに組み込むことが検討されており、気象庁と東京大学でそのための共同研究が実施されているに至った。

3. 研究内容

3. 1 地球観測衛星を用いた陸面水文量のモニタリングシステムの確立

既存の衛星搭載マイクロ波放射計（TMI, SSM/I, SMMR），および新世代大型衛星といわれるAqua,ADEOS-IIに搭載されたマイクロ波放射計データ(AMSR-E,AMSR)を用いた水文量算定アルゴリズムを開発し，地上データを用いて検証し，衛星プロダクトを作成した.

(1) 土壌水分・植生水分・地温算定アルゴリズム

土壌面－植生層放射伝達モデルに土壌の体積散乱の影響を組み込むことによって，新たな土壌水分算定アルゴリズムを開発した. 植生パラメータには米国アイオワ州にて実施した衛星検証実験（SMEX02）での現地実験により得られた値を導入した. これらの成果により土壌水分の算定精度は格段に向上し，**図1**のようにCEOPモンゴルリファレンスサイトでの面積平均の土壌水分算定結果は推定誤差2～3％という高精度を得た.

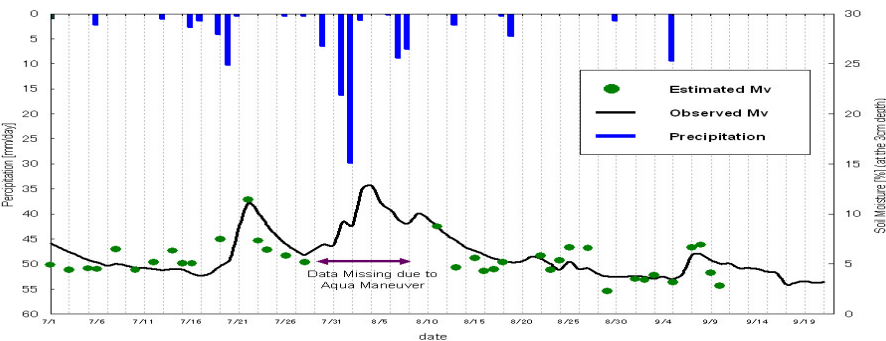


図1 CEOPモンゴルリファレンスサイトでの検証結果

改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E, AMSR)は，土壌水分の観測に有効な低周波数帯(6.9GHz)で地上分解能50～70km程度のデータが利用可能となり，既存の衛星搭載マイクロ波放射計（TMI, SSM/I, SMMR）を大幅に改善した. **図2**，**3**はそれぞれチベット高原，モンゴル高原での土壌水分マップで，高精度，高分解能の土壌水分マップは世界で初めての成果である.

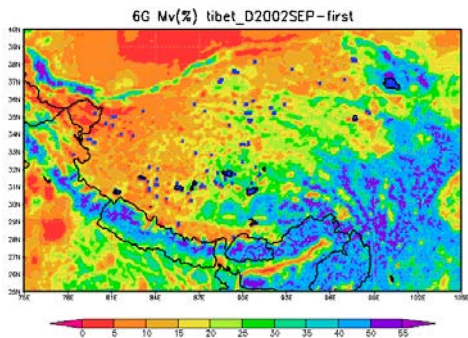


図2 チベット高原での土壌水分分布
(2002年9月最初の10日平均)

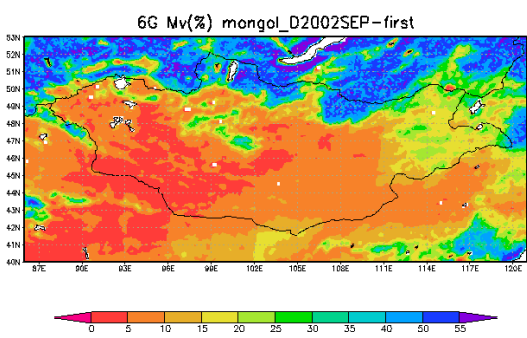


図3 モンゴル高原での土壌水分分布
(2002年9月最初の10日平均)

(2) 積雪量算定アルゴリズム

2周波数の衛星搭載マイクロ波放射計データから積雪深、温度(土壌温度,雪温)の算定する手法が確立されているが、これはあくまでも積雪粒径を一定の値に仮定することが条件となる。そのため実際の積雪粒径が仮定粒径と大きく異なる場合、算定される積雪深に大きなずれが生じる可能性が高い。そこで、本研究では、衛星データのみから自動的に積雪粒径を検出した上で、積雪深,雪温(土壌温度)を算定する積雪量推定アルゴリズムを考案した。そのアルゴリズムの流れを図4に示す。

まず、19GHzと37GHzの2周波数を用い、積雪粒径0.3mm,0.4mm,0.5mm,0.6mm,0.7mm,0.8mmの6種類を仮定し、〔19GHz,37GHzの2周波数の輝度温度〕から〔積雪深,土壌温度〕への変換テーブル(以下、積雪深変換テーブルと呼ぶ)を各々算定する。それと同時に19GHz,37GHzに最も近い10GHz(10.65GHz)を用い、〔積雪深,土壌温度〕から〔10GHz輝度温度〕への変換テーブル(以下、輝度温度変換テーブルと呼ぶ)を積雪深変換テーブル算定時の6種類の積雪粒径に対応する6種類の「相当粒径」毎に算定しておく。各積雪深変換テーブルに19GHz,37GHzの衛星輝度温度を入力して積雪深,土壌温度を算定し、その値を各々に対応する輝度温度変換テーブルに入力することにより、10GHzの輝度温度を算定する。次に、その算定された10GHz輝度温度と同じ10GHzの衛星輝度温度との差の絶対値(以下、輝度温度差と呼ぶ)を計算する。この中から各積雪粒径に対応する輝度温度差を比較し最小となる輝度温度差を選定し、それに対応する積雪粒径,積雪深,温度(雪温,土壌温度)を積雪量に決定するというものである。

2002～2003年冬期の北半球のGTSサイトデータにおいて、対象期間を通して実測積雪深が40cm以下のサイト41地点に着目すると、図5に示す推定値と実測値との相関図にも見られるように、良い相関性が確認できる。同図は地上の一点の観測値との比較結果であり、衛星のフットプリントが使用している最大の周波数でも10km程度あることを考えると妥当な値であると判断される。

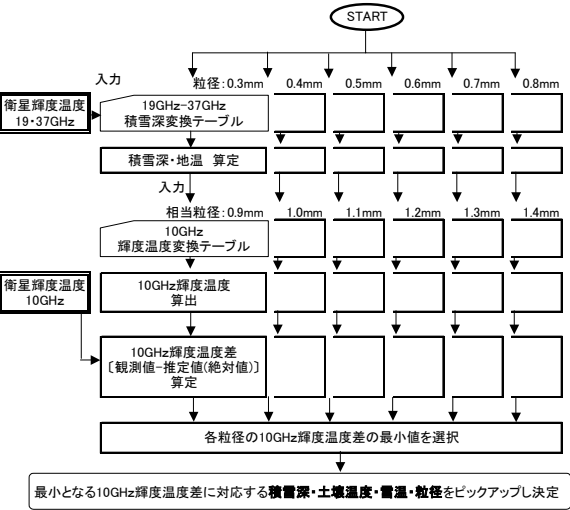


図4 粒径算定を含む積雪深算定アルゴリズム

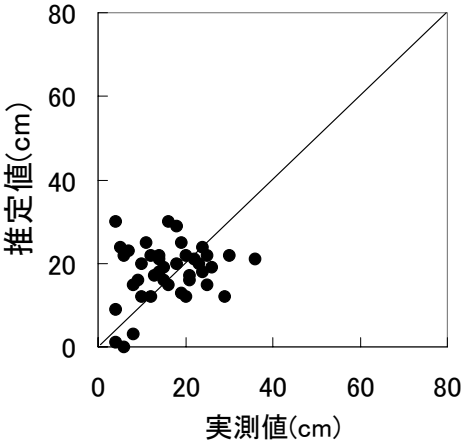


図5 北半球のGTSデータによる検証結果

(3) 陸域降水量算定アルゴリズム

マイクロ波領域では、陸面からの放射が強く、また、その不均一性が大きく、一方で大気中の降水層の消散、射出のシグナルが弱いために、マイクロ波放射計による陸域降水量の算定は困難であると考えられてきた。これに対して、陸面での土壌水分による放射率の変化の効果を主として低周波数帯で、降水の散乱による消散の効果を高周波数帯で表すアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムをチベット高原でのTMI観測データに適用した結果が図6で、地上での3次元ドップラーレーダによる観測値との比較を表している。図6-(b),(c)にあるように、TMIと地上レーダによる降水パターンはよく一致しており、2つの測線A-A'、B-B'に沿ったTMIアルゴリズム推定値とレーダ反射因子は図6-(d),(e)に見られるようによく一致している。ただし降水現象の時間的変動が大きいために、衛星の観測頻度の向上が必要であること、また降水層の鉛直プロファイルに関して気候学的な情報が必要であることが示された。

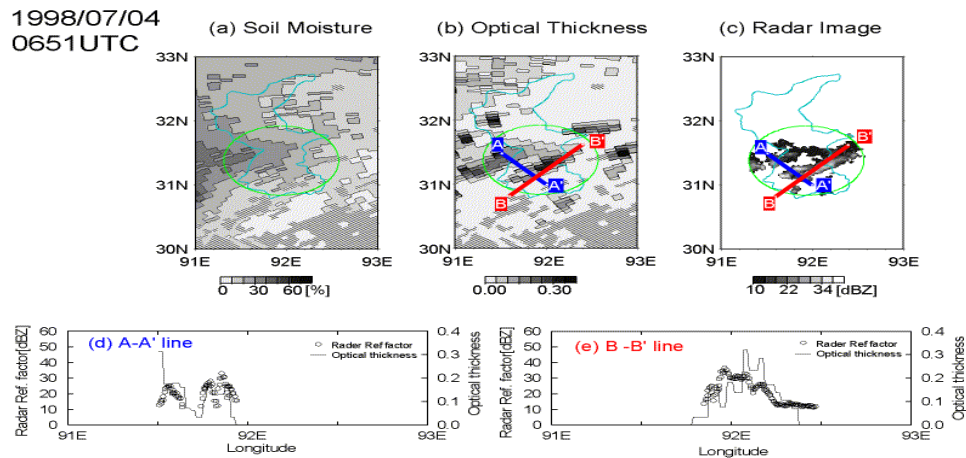


図6 チベット高原における3次元レーダを用いた降水アルゴリズムの検証結果
下図はそれぞれA-A'、B-B'線上での衛星算定値とレーダ反射因子の値。

陸域降水量算定アルゴリズム開発の基礎研究の一環として、大気中での下向きの放射伝達モデルを用いて、地上マイクロ波放射計用の降雪量および雲水量算定アルゴリズムを開発した。気温および水蒸気量の鉛直分布ならびに雲頂、雲底高度は所与の条件として、36.5GHzと50GHz帯の輝度温度を用いて降雪量および雲水量を同時に算定するものであり、これを福井で実施された衛星検証実験データに適用したところ、図7のように降雪量、雲水量ともに妥当な値が得られた。この大気中での放射伝達モデルを上向きに用い、(1)で開発された土壌水分アルゴリズムと組み合わせることにより、より精度の高い陸域降水量算定アルゴリズムの開発が可能である。

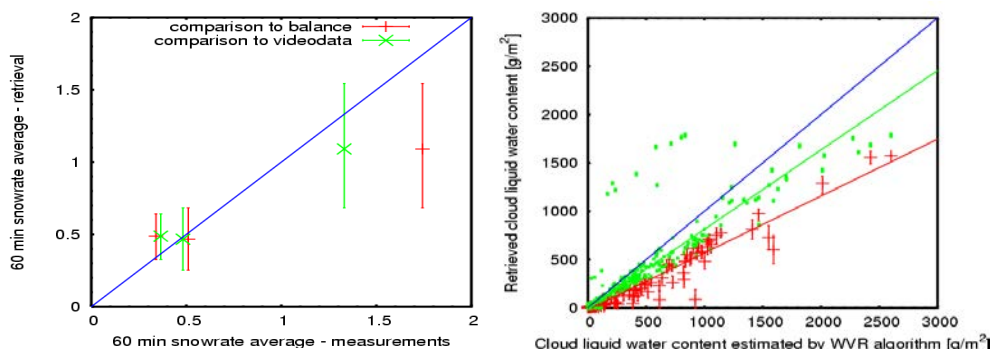


図7 福井での下向きマイクロ波放射伝達による降雪量（左図）と雲水量（右図）の算定アルゴリズムの検証結果．降雪量は地上観測の1時間平均値との比較結果，雲水量は降雪なしの場合，降雪ありの場合について別のマイクロ波放射計による算定値との比較結果．

3. 2 大気－陸面相互作用モデルの開発

チベット高原での大気－陸面相互作用を表すために，陸面モデルの開発を行うとともに，大気領域モデルとの結合モデルを開発した．

(1) 陸面フラックス算定手法の開発

これまで有効な推定手法がなかった陸面での乱流による顕熱フラックス算定のための乱流粗度について，境界層の乱流理論の展開により，場所によらない新たな気温プロファイル算定手法を開発した．気温に関する乱流粗度 z_T を，運動量フラックスのアナロジーで，

$$kA^{-1} \equiv \ln(h_T / z_T)$$

$$h_T \equiv \frac{70\nu}{u_*}$$

で定義し， h_T を限界レイノルズ数と渦粘性係数を用いて下記の通り表した．

これにより h_T の場所，季節依存性がなくなり，下記の通りパラメータ化できた．

図8は，このスキームによるチベット高原での顕熱フラックス算定結果を表しており，バイアスもなく高い精度を有していることが示されている．

$$kA^{-1} = \beta u_*^m |\theta_*|^n \quad \beta = 10$$

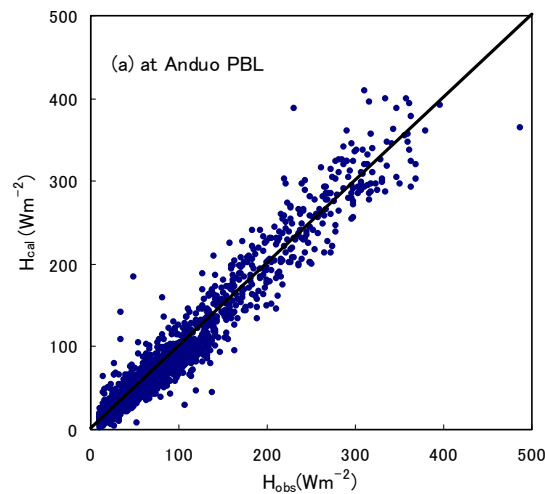


図8 顕熱フラックス算定スキームのチベット高原での検証結果

(2) 1次元陸面モデルの開発

本研究では、鉛直一次元の水、熱フローおよび凍土の融解、凍結プロセスを表すモデルとして、その物理プロセスの理解と凍土融解深の算定に重点をおいた1次元モデル(1D-PF)と、凍土の融解、凍結のプロセスを踏まえ大気モデルとの結合に重点をおいた1次元陸面スキーム (SiB2-PF)を開発した。

1) 1D-PF

水分移動については、リチャーズの方程式を差分化し、土層を鉛直5層に分割し、各土層での水収支を計算した。一方、熱移動については、熱拡散方程式を基礎として、10cm間隔で細かく計算するモデルを開発した。本モデルの特徴は凍結面境界を層区分と独立して決定ができる点にある。

2) SiB2-PF

既存のSiB2スキームに、積算気温を用いた凍結、融解深算定スキームを導入するとともに、鉛直方向の土壌パラメータの不均一性を導入し、チベット高原での土壌水分変動を適切に表現できる陸面スキームを開発した。

(3) 準3次元陸面モデルの開発

上述の鉛直一次元の水、熱フローおよび凍土の融解、凍結プロセスを表す二つのモデルを用いて、平坦な地域での水平2次元の地表面不均一性を表すモデル (Hetero-PF) と、斜面での地表面流、地中飽和斜面流を表すことのできるモデル(Quasi3D-PF)を開発した。

1) Hetero-PF

平坦な地域における土壌水分の不均一性の再現を目的として、1D-PFに微地形による凹凸に起因する水分の貯留効果を考慮するために表層に薄いタンクを導入した。タンク貯留能力は最大貯留高として表され、地形起伏によって最大貯留高が変化すると考える。このモデル化の特徴は水平方向の水分移動を直接記述せず、結果として生じた貯留分布の効果に着目した点である。そのため、微小な地形起伏の凹凸を最大貯留高と捉え、領域内に分布するとし、最大貯留高分布をモデルの境界条件として与えることにより、領域内の土壌

水分分布変動を再現するモデルである。図9は、計算結果と観測結果を積算相対度数分布デ比較した結果であり、実線が観測結果を点線が計算結果を示し、両者がよく一致することが示されている。

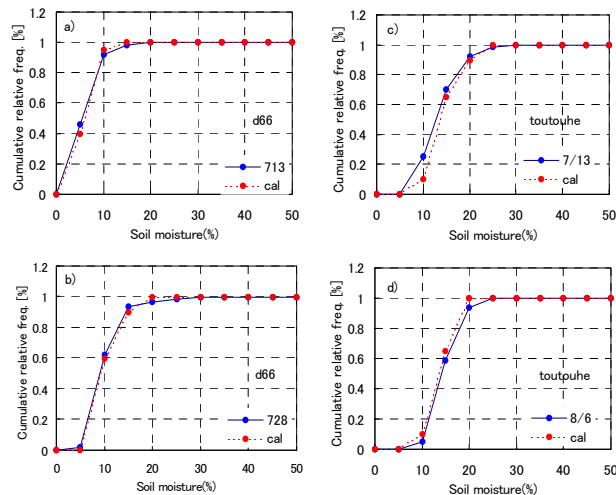


図9 土壤水分分布の再現性（チベット高原）：a)-b)はD66の、c-d)はToutouhe地点

2) Quasi3D-PF

SiB2-PFと2次元分布型流出モデルを組み合わせ、流域の斜面地形による地表面流や斜面側方浸透流，河道流による水分の水平2次元的配分の影響を考慮できるモデルで，しかも大気モデルと結合可能な準三次元陸面スキームを開発した。

これをチベット高原の小流域に適用した結果が図10で，湿潤期の流域平均の顕熱，潜熱，地表面温度の値が流れの水平成分を考慮しない場合（白棒）と考慮する場合（青棒）とで大きく異なることが示された。

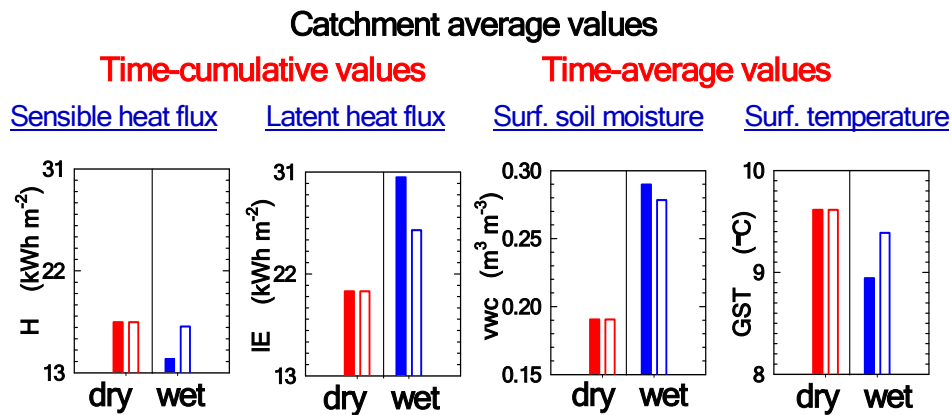


図10 チベット高原小流域での流域平均の顕熱，潜熱，土壌水分，地表面温度の算定値
赤棒，青棒：流れの準三次元性を考慮する場合，白棒：鉛直成分のみを考慮する場合

3.3 陸面データ同化手法

衛星観測データは地上観測データと比較すると、一般に広い空間を同時に観測するが、回帰軌道衛星の場合は時間的には間欠的なデータとなる。静止衛星は時間的にも連続的なデータの取得が可能であるが、空間分解能が劣り、しかも水循環観測に有利なマイクロ波帯での観測が現状ではできない。また、衛星データのほとんどは陸域や海洋の表面データの取得は可能であるが、土壌や海洋内部のデータ取得は困難である。また、衛星データは瞬間的な観測（スナップショット）であるので、原則的に蒸発や河川流量などのフラックスを直接観測することは出来ない。そこで、陸面での水・熱フローを表現する一次元モデルとリモートセンシングで用いられる放射伝達モデルとを組み合わせ、衛星観測データを用いた4次元データ同化の手法開発に着手した。

(1)土壌水分の同化システム

土壌水分と地温プロファイルに焦点を当て、チベット高原での陸面での水・熱フローを表現できる陸面スキームを開発した。

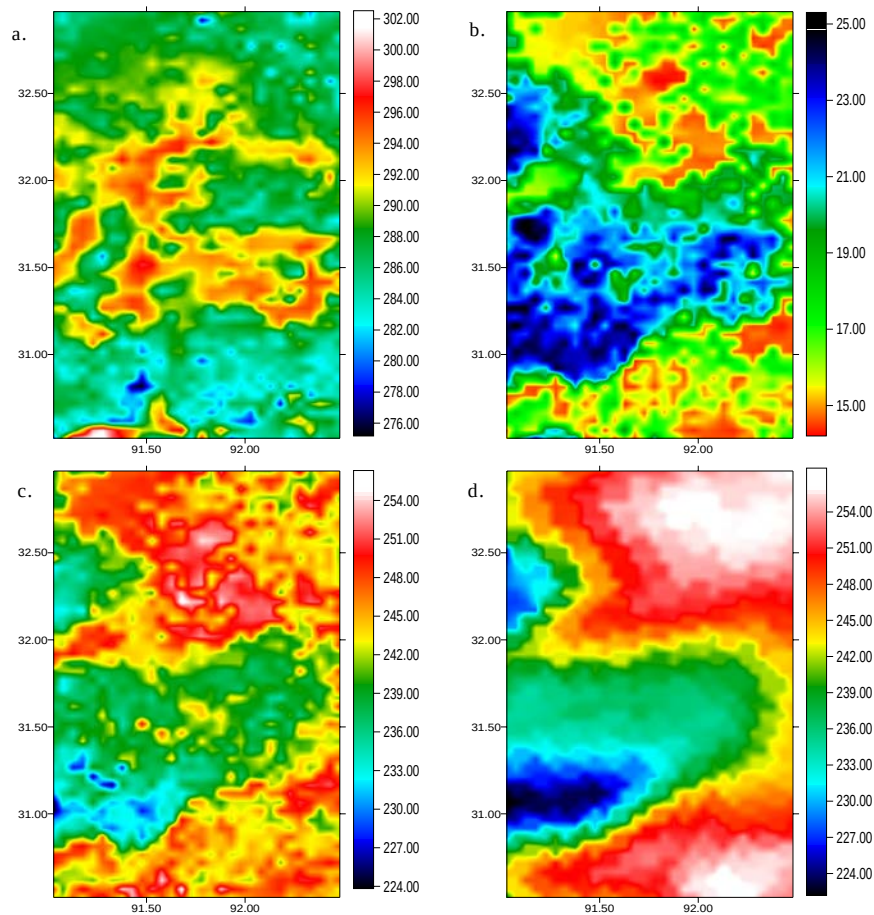


図11 SiB2-PFとマイクロ波放射伝達モデルを用いた土壌水分データ同化システムの検証結果。チベット高原で観測されたforcingデータとTRMM/TMIデータを用いて算定した結果。上左：地温分布，上右：土壌水分分布，下左：同化されたマイクロ波輝度温度分布，下右：観測されたマイクロ波輝度温度分布。

土壌水分と地温プロファイルに焦点を当て、チベット高原での陸面での水・熱フローを表現できる陸面スキームを開発した。モデル研究で開発したSiB2-PFと衛星研究で開発した土壌水分・植生水分・地温算定アルゴリズム（ここでは植生水分を無視）とアニーリング手法を組み合わせた土壌水分のデータ同化の結果を、データ同化をしないSiB2-PFのみの算定結果と比較すると、同化手法の推定精度が格段に改良されていることが示された。そこでチベットにて観測された各地点でのforcingデータを内外挿することによりメソスケール観測領域を覆う2次元データセットを作成し、TRMM/TMIデータを組み合わせて、同領域の土壌水分分布を算定した結果が図11である。本手法を適用することで初期条件が改善され、プロファイルの推定精度が向上し、土壌水分の空間分布が得られることが確かめられた。

(2) 積雪の同化システム

土壌水分と同様に、積雪変態モデルとマイクロ波放射伝達モデルを組み合わせることにより積雪の同化システムを開発することができる。本研究ではその一段階として、ある期間の新雪の増加がその期間の降雪量であるとして、古い積雪の状態に変化がない場合の輝度温度値が変化することが、降雪量と新雪密度に依存するという考えから、降水観測値や気象観測値をフォーシングとして、降雪量と新雪密度を同化した。図12はその結果で、良い精度で算定できている。ただし、これは観測輝度温度を用いているのではなく、対象とする積雪の物理量を取り込んだ放射伝達計算よりシミュレーションによって得た輝度温度計算値を用いているのでよい結果が得られることが当然と考えられるが、放射伝達モデルを適切に選択することによって、降雪量と新雪密度の精度の良い同化の可能性を示唆するものである。

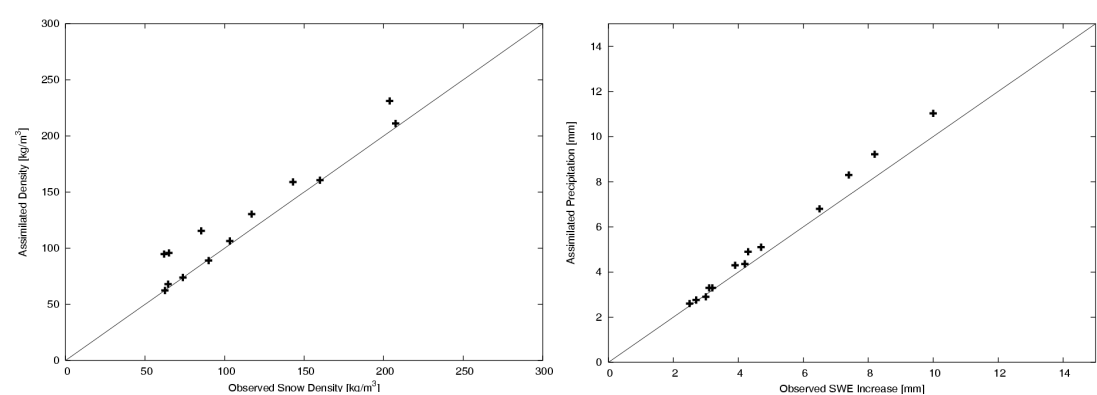


図12 新雪密度（左図），降雪量（右図）のデータ同化（シミュレーション）

3. 4 大気－陸面相互作用の中で鍵となるプロセスの解明

(1) チベット高原での山谷循環、境界層の発達メカニズムの解明

チベット高原では境界層の発達により風速に顕著な日周変化が見られること、また山谷循環に伴う特徴的な降水系の発達が指摘されている。そこで本研究で開発された陸面モデルを大気領域モデルに組み込みチベット高原を想定した仮想的な鉛直2次元断面に適用して、チベット高原での境界層発達、山谷循環のメカニズムを調べた。その結果、一般に言われる日周変化を伴った山谷循環ではなく、局所的な対流セルが正午から午後にかけて南北の山岳域で発生し、夕刻になるにしたがってそのセルが南北山岳域から谷部中央に移動し、中央で合流する現象がみられ、対流セルの移動に伴って谷部の境界層厚が発達することがわかった。これより、平均的に見ると昼間に山岳域で上昇風、夜間に谷部で上昇風という山谷循環と傾向は一致するものの、**図13**に示されるように構造は局所的で背の高い大きな渦度を持った対流セルの移動であることが示され、またこの背の高い対流によって上空の運動量の大きな空気が下層に運ばれるために、顕著な日周変化が表れることを示している。平成14年8月に試験的に設置されたウィンドプロファイラを用いて1日だけの詳細な風速場の観測データが得られているが、局所的な対流セルの通過に伴う上昇、下降風と見られる現象が観測されており、モデルによるシミュレーション結果と整合している。

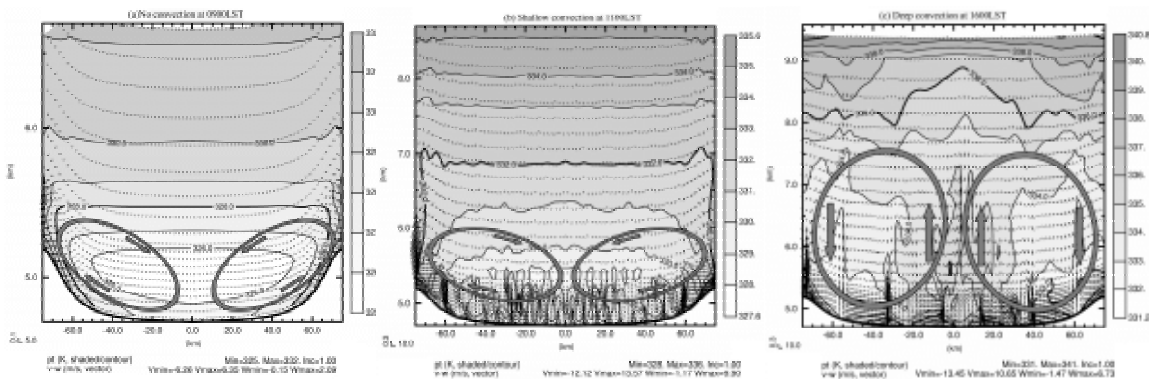


図13 チベット高原における日収変化を伴う大気境界層の発達プロセス

(2) データ統合化によるインドモンスーン開始のメカニズムの解明

衛星観測データ、客観解析データなど多様な地球環境データの統合活用を行い、夏季インドモンスーン期に降水をもたらす西風の形成に着目して、大気場の季節進行を記述し、インドモンスーンの開始にはサイクロンによって大気場の変化がもたらされる場合と特別なイベントによらず徐々に西風が吹く場が形成されるふたつの季節進行のパターンがあることがわかった。徐々に場の形成が起こる場合には、西風形成期にはアラビア半島とアラビア海および中東域とアラビア海の温位差が大きくなる必要があることもわかった。SSTが大気場に与える影響は、季節進行の中ではさほど大きくないが、年ごとの基本的な場の形成には寄与していることがわかった。

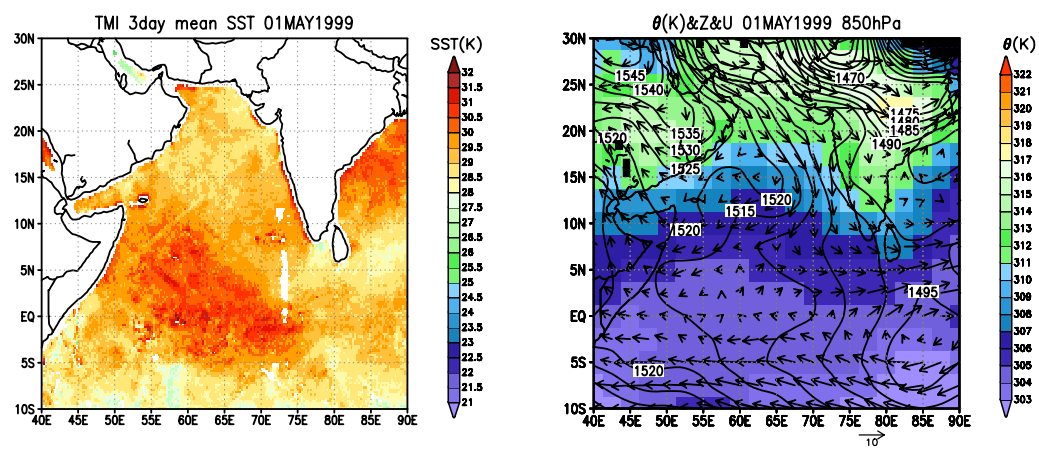
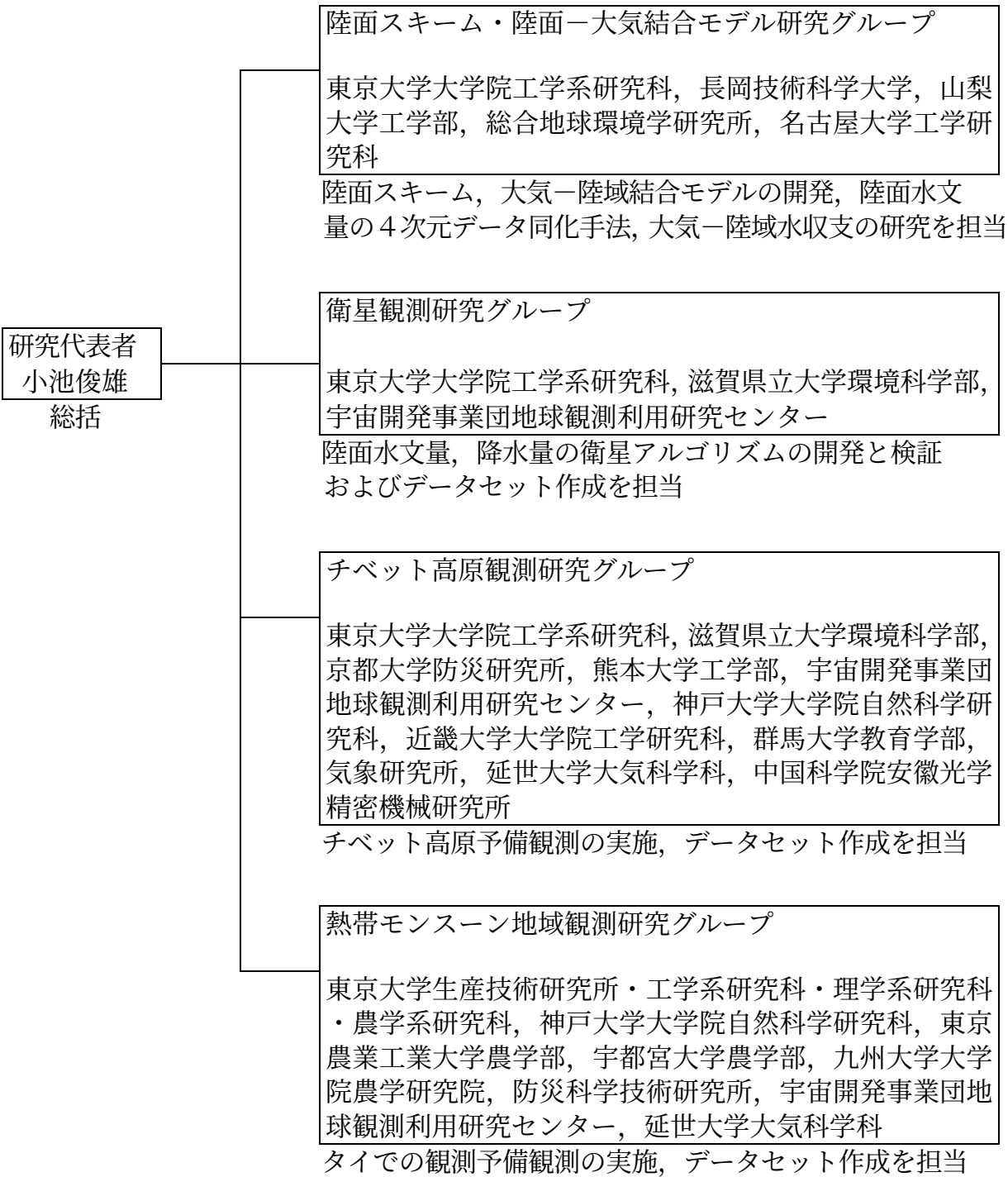


図14 アラビア海の海面温度分布（左図）と周辺域を含む風系，気温，気圧分布（右図）

4．研究実施体制

(1) 体制



(2) メンバー表

研究グループ名：陸面スキーム・陸面－大気結合モデル研究グループ

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
小池俊雄	東大大学院工学系研究科	教授	モデルの統合化	H10.10-H15.11	
Yang Dawen	同上	助教授	陸面スキームの開発	H13.4-H15.11	
Mahadevan	同上	研究員	4次元同化手法の開発	H12.4-H15.11	
Pathmatheban					
Petra	同上	研究員	結合モデル開発	H12.4-H14.9	
Koudelova					
広瀬望	同上	研究員	陸面スキーム開発	H10.10-H15.3	
谷澤寛	同上	院生	陸面スキーム開発	H13.4-H15.3	
渡邊亮太	同上	院生	結合モデル開発	H13.4-H15.3	
Roberto Nino	同上	院生	結合モデル開発	H13.10-H15.9	
田村 徹	同上	院生	結合モデル開発	H14.4-H15.11	
山本太朗	同上	院生	大気－陸面相互作用	H14.4-H15.11	
Yang Kun	同上	助教授	結合モデル開発	H13.4-H15.11	
合田昭子	科学技術振興機構	技術員	国際調整	H13.7-H15.11	
陸 旻皎	長岡技術科学大学工学部	助教授	陸面モデル研究	H10.10-H15.11	
石平 博	山梨大学工学部	助教授	陸面モデル研究	H14.4-H15.11	
谷田貝亜紀代	総合地球環境学研究所	助手	大気－陸面水収支	H14.4-H15.11	
辻本哲郎	名古屋大学工学研究科	教授	水・物質循環	H14.4-H15.11	

研究グループ名：衛星観測研究グループ

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
小池俊雄	東大大学院工学系研究科	教授	アルゴリズムの統合化	H10.10-H15.11	
森田正人	同上	技官	衛星データ統合化	H14.4-H15.11	
江村元行	同上	院生	降水観測手法の開発	H13.4-H14.3	
Tobias Graf	同上	院生	積雪観測手法の開発	H13.10-H15.11	
花原優佑	同上	院生	衛星データの統合化	H13.4-H15.3	
中村将	同上	院生	積雪観測手法の開発	H13.4-H15.3	
Thomas Pfaff	同上	院生	降水観測手法の開発	H13.10-H15.9	
中村佳照	同上	院生	土壌水分観測手法の開発	H14.4-H15.11	
関口大樹	同上	院生	土壌水分観測手法の開発	H13.4-H14.3	

福崎耕平	同上	院生	積雪観測手法の開発	H13.4-H14.3	
渋谷隆史	同上	院生	土壌水分観測手法の開発	H14.4-H15.3	
藤井秀幸	科学技術振興機構	研究員	降水・土壌水分観測手法の開発	H12.4-H15.11	
玉川勝徳	科学技術振興機構	技術員	積雪観測手法の開発とデータセット作成	H12.4-H15.11	
田殿武雄	宇宙航空研究開発機構	研究員	積雪・土壌水分観測手法の開発	H11.4-H15.11	
清水収司	同上	研究員	降水観測手法の開発	H12.8-H15.11	
村本健一郎	金沢大学工学部	教授	降雪観測手法の開発	H15.1-H15.11	
久保守	金沢大学工学部	助手	降雪観測手法の開発	H15.1-H15.11	
古川政弘	金沢大学工学部	技官	降雪観測手法の開発	H15.1-H15.11	

研究グループ名：チベット高原観測研究グループ

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
小池俊雄	東京大学大学院	教授	観測の統括	H10.10-H15.11	
Petra Koudelova	同上	研究員	土壌水分観測	H12.4-H13.10	
広瀬望	同上	研究員	土壌水分観測	H10.10-H15.3	
谷口健司	同上	院生	大気観測	H13.4-H15.11	
藤井秀幸	科学技術振興機構	研究員	降水・土壌水分観測	H12.4-H15.11	
玉川勝徳	科学技術振興機構	技術員	積雪観測	H12.4-H15.11	
Yang Kun	東京大学大学院	助教授	大気観測	H13.4-H15.11	
石平博	山梨大学 工学部	助教授	水文観測	H11.4-H15.11	
石川裕彦	京都大学 防災研究所	助教授	境界層観測	H11.4-H15.11	
堀口光章	京都大学 防災研究所	助手	同上	H13.4-H15.11	
奥 勇一郎	京都大学 防災研究所	院生	同上	H13.4-H15.11	
田中健路	熊本大学 理学部	助手	同上	H12.4-H15.11	
萩野谷成徳	気象研究所	研究員	同上	H11.4-H15.11	
竹内延夫	千葉大環境リモートセンシングセンター	教授	エアロゾル観測	H12.4-H15.11	
上野健一	滋賀県立大学環境科学部	講師	観測の統括	H12.4-H15.11	
萩野慎也	神戸大大学院自然科学系	助手	大気観測	H13.4-H15.11	
野津雅人	同上	院生	同上	H13.4-H15.11	
沼口敦	北大大学院地球環境科学	助教授	大気観測	H10.10-H13.6	
森田格	同上	院生	大気観測	H13.4-H14.3	

岩崎博之	群馬大学教育学部	助教授	大気観測	H12.8-H15.11	
田殿武雄	宇宙航空研究開発機構	研究員	積雪・土壌水分観測	H11.4-H15.11	
清水収司	同上	研究員	降水観測	H12.8-H15.11	
津田敏隆	京都大学宙空電波科学研究センター	教授	境界層観測	H13.6-H15.11	
古本淳一	同上	院生		H13.6-H15.11	
岩井 聡	同上	院生		H13.6-H15.11	
野村茂行	筑波大学地球科学系	院生	降水観測	H14.4-H15.11	
坊野浩規	近畿大学工学研究科	院生	放射観測	H14.4-H15.11	
上甲実	岡山大学大学院	院生	境界層観測	H14.4-H15.11	
Joon Kim	延世大学	教授	同上	H13.4-H15.11	
Jinkyu Hong	同上	院生	同上	H14.4-H15.11	
Hyumgjun Kim	同上	院生	同上	H14.4-H15.11	
Jianguo Liu	中国科学院安徽光学精密機械研究所	助教授	ライダー観測	H14.4-H15.11	
Wenqing Liu	同上			H14.4-H15.11	
Mike Chen	同上		同上	H14.4-H15.11	
高橋清利	Iowa State University	教授	境界層観測	H15.3-H15.11	
松村崇行	気象研究所気候研究部	研究員	数値予報データの利用	H15.3-H15.11	
Yaoming Ma	気象庁予報部数値予報課	予報官	数値予報データの利用	H15.3-H15.11	
Wenjie Dong	中国科学院	教授	アジア大気陸面相互作用	H13.4-H15.11	
Gombo Davaa	中国大気物理研究所	教授	観測	H15.3-H15.11	
生駒栄司	モンゴル気象水文研究所	教授	同上	H15.3-H15.11	
Ben Burford	東京大学空間情報科学研究センター	助手	データ総合/マイニング	H15.3-H15.11	
Yunqi Ni	同上				
Xu Xiangde	RESTEC	研究員	データ総合/マイニング	H15.4-H15.11	
Baek-Jo Kim	中国国家気象科学院	教授	アジア大気陸面相互作用	H15.3-H15.11	
Tien	中国国家気象科学院	教授	観測	H15.3-H15.11	
Sribimawati	韓国気象局	研究員	同上	H15.3-H15.11	
	TSI-PPP TISDA	所長	同上	H15.3-H15.11	

研究グループ名：熱帯モンスーン観測研究グループ

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期	備考
虫明功臣	東大生産技術研究所	教授	観測の統括	H10.10-H15.11	
沖大幹	同上	助教授	水資源への影響度調査	H10.10-H15.11	
Herath,A.S.	同上	教授	水資源への影響度調査	H10.10-H15.11	
鼎信次郎	同上	助手	大気陸域相互作用観測	H11.10-H15.11	
小池雅洋	同上	技官	土壌水分観測	H10.10-H15.11	
金元殖	同上	特別 研究員	大気陸域相互作用観測	H10.10-H15.11	
瀬戸心太	東大生産技術研究所	院生	土壌水分観測	H10.10-H15.11	
松本淳	東大大学院理学系研究科	助教授	降水量観測	H10.10-H15.11	
藤井秀幸	科学技術振興機構	研究員	降水・土壌水分観測	H12.4-H15.11	
萩野慎也	神戸大大学院自然科学系	助手	大気観測	H13.4-H15.11	
山中大学	同上	教授	同上	H12.4-H15.11	
菊地文孝	同上	院生	同上	H13.11-H15.11	
木口雅司	東京大学大学院理学系研究科	院生	大気観測	H15.1-H15.11	
立花義裕	東海大学総合教育センター	助教授	気象観測	H13.11-H15.11	
東 永祥	同上	院生	同上	H13.11-H15.11	
鎌田義紀	同上	院生	同上	H13.11-H15.11	
上明戸優子	同上	院生	同上	H13.11-H15.11	
横井 覚	京都大学大学院理学研究科	院生	同上	H13.11-H15.11	
佐賀勝己	福岡大学大学院理学研究科	院生	大気観測	H15.05-H15.11	
佐藤弘樹	茨城大学大学院理工学研究科	院生	同上	H15.05-H15.11	
渡部洋平	北海道大学大学院地球環境科学研究科	院生	同上	H15.05-H15.11	
中村 哲	東海大学工学研究科航空宇宙学専攻	院生	同上	H15.05-H15.11	
小木雅代	北海道大学大学院地球変動環境科学研究科	院生	同上	H15.05-H15.11	
藤縄龍治	東京大学大学院理学系研究科	院生	同上	H15.05-H15.11	

井上 知栄	東京大学大学院 理学系 研究科 地球惑星科学専攻	院生	同上	H15.05-H15.11	
鈴木雅一	東京大学院農学系研究科	教授	森林域観測	H12.4-H15.11	
渡辺明	福島大学 教育学部	教授	大気観測	H13.4-H15.11	
青木正敏	東京農工大 農学部	教授	境界層観測	H12.4-H15.11	
小森大輔	同上	院生	同上	H12.4-H15.11	
永吉信二郎	同上	研究生	同上	H12.4-H15.11	
黄 龍川	同上	院生	同上	H13.11-H15.11	
林 和志	東京農工大 大学院	院生	同上	H15.05-H15.11	
Pedram Attarod	東京農工大 連合農学研究科	院生	同上	H15.05-H15.11	
堀江勝年	東京農工大 農学部	技官	同上	H15.05-H15.11	
石田朋康	宇都宮大学農学部	教授	同上	H12.4-H15.11	
福村一成	同上	講師	土壌水分観測	H12.4-H15.11	
Osama E. Mohawesh	同上	院生	同上	H14.9-H15.11	
真木太一	九大大学院農学研究院	教授	境界層観測	H13.4-H15.11	
中根和郎	防災科学研究所	研 究 官	水収支観測	H12.4-H15.11	
Joon Kim	延世大学	教授	境界層観測	H13.4-H15.11	

※CEOPアジアリファレンスサイト研究グループメンバーはチベット観測研究Gに含めた。

（３）事業団が雇用し派遣する研究員等

氏名	現職	派遣先	担当する研究項目	参加時期	備考
藤井秀幸	研究員	東大大学院 工学系研究科	チベット・衛星研究	H12.4－H15.11	研究員
Yang Kun	助教授	同上	結合モデル開発	H13.4-H15.11	研究員
Petra Koudelova	研究員	同上	結合モデル開発	H14.10-H15.11	研究員
玉川勝徳	技術員	同上	衛星データ処理	H12.4－H15.11	技術員
合田昭子	同上	同上	国際調整・事務	H13.7－H15.11	技術員

5. 研究期間中の主な活動

(1) 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12年4月13日	チベット高原陸面エネルギー・水循環過程会議	気象庁気象研究所	10人	チベット高原観測でのAWS試験運用および調整
平成12年5月22から5月23日	チベット観測に関する日中枠組み会議	北京市内ホテル	30人	日中に関する共同水循環研究とチベット高原での共同観測の枠組みと観測の役割分担に関する合意
平成13年1月4日から1月6日	チベット観測に関する日中共同観測会議	中国科学院	20人	戦略彙基礎研究での中国科学院とのチベット高原での共同観測の実行計画とMOUの内容の調整
平成12年3月7日	タイ集中観測会議	プーケットホテル (GAME-Tワークショップ会場)	25人	2001-2003年の観測実施計画の提案とMOUの基本的枠組みの合意
平成13年9月30日	CEOP/CAMPワーキンググループ準備会合	KKRホテル名古屋	25人	名古屋で行われたGAME国際科学パネル開催を機に、アジアにおけるCEOP Reference Siteの定義づけを明確にした。
平成14年3月6日から3月9日	CEOP/Kickoff Meeting CAMP International Science Panel Meeting	宇宙開発事業団 地球観測利用研究センター	64人	CREST本チームのチベット高原、タイでの研究が核となって取り纏められたCEOP（統合地球水循環強化観測計画）の実施について、同様の観測計画を有する世界の研究グループの代表者に参集いただき、大気・陸面相互作用の観測研究計画の紹介とデータ共同利用に関する討議を行った。
平成14年12月15日から12月16日	Tibet研究会	KKRホテルびわこ	28人	CREST本チームのチベット高原研究のこれまでの成果をレビューし（25件の発表）、平成15年度現地集中観測計画立案のための議論を行った。
平成15年3月31日から4月1日	CEOP Reference Site Managers Workshop CEOP	Harnack House, Max Planck Institute of Meteorology	35人	CREST本チームのチベット高原、タイでの研究が核となって取り纏められたCEOP（統合地球水循環強化観測計画）の実施について、同様の観測計画を有する世界の研究グループの代表者が参集し、大気・陸面相互作用の観測データの相互利用について討議した。
平成15年4月2日から4月4日	CEOP Implementation Planning Meeting	Harnack House, Max Planck Institute of Meteorology	80人	小池俊雄研究代表が先導科学者となっている、国際プロジェクトCEOPの運営推進について、各国の科学者と意見交換を行った。

(2) 招聘した研究者等

氏名	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Dr. Wen Yang	日中共同研究を進めているチベット高原上の高精度放射計観測について、観測機器の現地設置運用に関わる準備作業、観測計画打ち合わせなどを行った。	東京大学大学院 工学系研究科 小池俊雄教授室	平成14年3月17日 から 3月23日
Dr. Lu Naimeng	第二回全球降水観測計画（GPM）国際ワークショップにご参加いただき、アジアでの衛星による降水観測について発表いただいた。	宇宙開発事業団 全球降水観測計画 ワークショップ 組織委員会 品川プリンスホテル	平成14年5月19日 から 5月23日
Dr. He Zeyong	チベット高原上での日中共同研究の一環として、エネルギー・水循環と大気陸面相互作用の数値的研究をさらに進めるため、招聘者の数値モデルと本研究チーム研究メンバー石川助教授の数値モデルで、比較研究を行うことにした。	京都大学 防災研究所 石川裕彦 研究室	平成14年10月31日 から 12月30日

6. 主な研究成果

(1) 論文発表（国内6報，海外15報）

(H11)

国内

- 1) 平博・小池俊雄・広瀬望・Shen Yongping・Wang Shaoling・Ye Bosheng：永久凍土の融解過程に及ぼす地形効果の観測的研究，水工学論文集43巻，pp.97-102,1999.
- 2) 広瀬望・小池俊雄・石平博・田殿武雄・Shen Yongping・Wang Shaoling・Ye Bosheng：土壌水分算定のための凍土一次元モデルの開発，水工学論文集43巻，pp.103-108,1999.
- 3) 小池俊雄・吉本惇一・藤春兼久・柴田彰：グローバルな積雪量分布推定のための衛星アルゴリズムの開発と検証，水工学論文集43巻，pp.211-215,1999.
- 4) 田殿武雄・小池俊雄・Jiancheng Shi：地表面粗度を考慮したSARによる土壌・積雪パラメータ推定のための数値シミュレーション，水工学論文集43巻，pp.217-222,1999.

(H12)

海外

- 1) Tadono, T., Koike, T., Shi, J., Ding Y., Chen, X., Wang, S., Yang, M., 2000: Development of an algorithm for soil moisture mapping based on single-parameter SAR images in permafrost regions including the effect of surface roughness, *Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering*, Vol.18, No.1, 29-38.
- 2) Njoku E., Koike T., Jackson, T., Paloscia, S., 2000: Retrieval of soil moisture from AMSR data, *Microwave Radiometry and Remote Sensing of Earth's Surface and Atmosphere*, edited by Pampaloni and Paloscia, *VSP 2000*, 525-233.
- 3) Chang, A. and Koike, T., 2000: Progress in AMSR snow algorithm development, *Microwave Radiometry and Remote Sensing of Earth's Surface and Atmosphere*, edited by Pampaloni and Paloscia, *VSP 2000*, 515-523.
- 4) Ueno, K., H. Fujii, H. Yamada and L. Liu, 2001: Weak and Frequent Monsoon Precipitation over the Tibetan Plateau. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1B, 419-434.

国内

- 1) 広瀬望・小池俊雄・石平博：土壌水分算定の空間不均一性が領域平均蒸発量算定に及ぼす影響，水工学論文集44巻， pp.169-174,2000.
- 2) 小池俊雄・下茂力・太田哲・藤井秀幸・柴田彰：陸面水文分布のグローバル推定のためのマイクロ波放射計アルゴリズムの開発と検証，水工学論文集44巻， pp.247-252,2000.

(H13)

海外

- 1) Ueno, K., H. Fujii, H. Yamada and L. Liu, 2001: Weak and Frequent Monsoon Precipitation over the Tibetan Plateau. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1B, 419-434.
- 2) Shimizu, S., K. Ueno, H. Fujii, H. Yamada, R. Shiroyaka and L. Liu, 2001: Mesoscale Characteristics and Structures of Stratiform Precipitation on the Tibetan Plateau. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1B, 435-461.
- 3) Uyeda, H., H. Yamada, J. Horikomi, R. Shiroyaka, S. Shimizu, L. Liu, K. Ueno, H. Fujii and T. Koike, 2001: Characteristics of Convective Clouds Observed by a Doppler Radar at Naqu on Tibetan Plateau during the GAME-Tibet IOP. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1B, 463-474.
- 4) Fujii, H. and T. Koike, 2001: Development of a TRMM/TMI Algorithm for Precipitation in the Tibetan Plateau by Considering Effects of Land Surface Emissivity. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1B, 475-483.
- 5) Koke, T., Fujii, H., Ohta, T., Togashi, E., 2001: Development and validation of TMI algorithms for soil moisture and snow, Remote Sensing and Hydrology 2000, *IAHS Publ.* 267, 390-393.
- 6) Yang, K., Tamai, N. and T. Koike, 2001: Analytical Solution of Surface layer Similarity Equations, *J. Applied, Meter.*, Vol.40, No.9, 2001.

(H14)

海外

- 1) Yang, K. and T. Koike, 2002: Estimating Surface Solar Radiation from Upper-air Humidity, *Solar Energy*, Vol.72, No.2, pp.177-186.
- 2) Yang, K., T. Koike, H. Fujii, K. Tamagawa, N. Hirose, 2002: Improvement of Surface Flux Parameterizations with a Turbulence-Related Length, *Quarterly Journal of Royal*

Meteorological Society 128, Part B, No.584, 2073-2088.

- 3) N.Hirose, T.Koike, and H. Ishidaira, 2002: Study on Spatially Averaged Evaporation under Soil Moisture Heterogeneity Affected by Permafrost Micro-topography, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.80, No.2, 191-203

(H15)

海外

- 1) Yang, K., T. Koike, D. Yang, 2003: Surface Flux Parameterization in the Tibetan Plateau, *Boundary-layer Meteorology* 106 (2): 245-262
- 2) M. Pathmathevan, T.Koike, and X.Li, 2003: A New Satellite Based Assimilation Algorithm to Determine Spatial and Temporal Variations of Soil Moisture and Temperature Profiles, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 81, No.5, 1111-1135, 2003.
- 3) M. Pathmathevan, T. Koike, and X. Li "One-Dimensional Soil Moisture Profile, Surface Temperature and Canopy Temperature Retrieval by Assimilation of Ground-Based Microwave Radiometer Measurements: A Simplified Land Data Assimilation Scheme and Field (SMEX02) Application", *Water Resources. Res.*, accepted.

(2) 口頭発表 (国内5報, 海外40報)

(H12)

海外

- 1) Ma, Y., Wang, J., Koike, T., Ishikawa, H., Tsukamoto, O., Kim, J., Menenti, M., Su, Z., Hu, Z., Wen, J., Gao, Z. : Determination of regional land surface heat flux densities for Tibetan Plateau area, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, pp.5 - 7, 2000.
- 2) Yasunari, T., Kanehira, A., Koike, T. : Seasonal and interannual variability of snowcover over the Tibetan Plateau and associated atmospheric circulation changes, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, p.23, 2000.
- 3) Koike, T., Hirose, N., Ishidaira, H., Ding, Y., Shen, Y., Wang, S., Ye, B., Yang, M. : Hydrological variability in the Tibetan permafrost, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, p.24, 2000.

- 4) Xin, L., Koike, T. : Incorporate frozen soil parameterization in Sib2 and validation with GAME-Tibet soil moisture observation, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, pp.25-27, 2000.
- 5) Fujii, H., Koike, T. : TRMM/TMI algorithm for simultaneous observation of precipitation and soil moisture, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, p.72, 2000.
- 6) Yunjun, Z., Rongzhong, C., Chenpin, C., Jingmin, F., Tong, Z., Xinming, S., Liping, L., Kajikawak, M., Fujii, H., Aoi, Y., Koike, T., Shimizu, S., Ueno, K. : The characteristics of Precipitation and electric fields in strong convective weather in Naqu area of Qinghai-Xizang plateau in 1998 GAME-Tibet, *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, pp.115-116, 2000.
- 7) K.Tamagawa, T.Koike, H.Fujii: An introduction to GAME-Tibet Data Information System (DIS), *Proc. of the 2nd session of international workshop on TIPEX-GAME/Tibet, Kunming, China*, pp.172-173, 2000.
- 8) Koike, T., Njoku, E., Jackson, T., Paloscia, S.: Soil moisture algorithm development and validation for the ADEOS-II/AMSR, *Proc. of 2000 IEEE IGARSS*, pp.1253-1255.(invited paper),2000.
- 9) Fujii, H., Koike, T., Ohta, T., Ishidaira, H., Jackson, T., Heathman, G.: Soil moisture observation under different vegetation conditions by GBMR, *Proc. of 2000 IEEE IGARSS*, pp.1268- 1270,2000.
- 10) Koike, T., Togashi, E., Fujii, H.,: Validation and application of a snow algorithm, in the Eurasian continent, *Proc. of 2000 IEEE IGARSS*, pp.1558-1560. (invited paper) ,2000.
- 11) Koike, T., Fujii, H., Tamagawa, K. : Development and validation of microwave radiometer algorithms for land surface hydrology, *Proc. of international symposium on remote sensing 2000, Kyongju, Korea*, pp.503-508, 2000. (invited paper)

(H13)

海外

- 1) Yang, K., Koike, T. : Modeling analysis to energy closure problem at a GAME/Tibet Site, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.36-41, 2001
- 2) Pathmathevan, M., Koike, T., Xin, L. : Incorporation of four dimensional data assimilation of microwave remote sensing observations into a land surface scheme (LSS), Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.229-234,2001.
- 3) Koike, T., Xin, L. : Data assimilation of observations from microwave remote sensing into land surface model, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.246-249,2001.
- 4) Wang, J., Koike, T., Fujii, H. : The retrieving of surface parameters with microwave remote sensing, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.343,2001.
- 5) Yinsheng, Z., Ohata, T., Kadota, T., Koike, T., Hirose, N. : Water budget in the surface soil layer in the region of central Tibet Plateau, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.419-425,2001.
- 6) Koudelova, P., Koike, T., Herath, S., Dutta, D., Li, X. : Testing and modifications of the SiB2 land surface model for the purpose of its use for hydrological modeling in the Tibetan Plateau, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.470-475,2001.
- 7) Koike, T., Stewart, R., Leese, J., Lawford, G. : The coordinated enhanced observing period, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.613-618, 2001.
- 8) Hirose, N., Koike, T. : The effect of the soil moisture heterogeneity on the spatially averaged evaporation at the permafrost plain area in Tibetan Plateau, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.655-660, 2001.
- 9) Fujii, H., Koike, T. : Development of a TRMM/TMI algorithm for precipitation in the Tibetan Plateau by considering effects of land surface emissivity, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.772-777,2001.

- 10) Ma, Y., Ishikawa, H., Tsukamoto, O., Wang, J., Koike, T., Yasunari, T. : Regionalization of surface heat flux densities over inhomogeneous landscape of Tibetan Plateau area combining satellite remote sensing and field observations, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.798-803,2001.
- 11) Taniguchi, K., Koike, T. : Effects of the temporal variations of air temperature and westerly jet over the Tibetan Plateau in the Somali Jet formation, Proc. The Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Nagoya, Japan, pp.804-809,2001.
- 12) T. Koike: Coordinated Enhanced Observing Period (CEOP) - Integration of In-situ Observations, Satellites and Models, The International Workshop on Observation and Forecasting of Severe Weather, Jeju, Korea, November 13-14, 2001 (invited paper)

国内

- 1) 谷口健司・小池俊雄（2001）チベット上空の気温及び偏西風の変化とソマリジェット形成に関する考察．水文・水資源学会2001年研究発表会要旨集，138-139.
- 2) 広瀬望・小池俊雄（2001）チベット高原の広域観測点への凍土一次元モデルの適用と表層土壌水分の再現性．水文・水資源学会2001年研究発表会要旨集，152-153
- 3) 小池俊雄：衛星でみる陸域の水循環．第16回「大学と科学」公開シンポジウム『宇宙からみる地球の姿』．東京，2001年10月23-24日．10-11

(H14)

海外

- 1) Koike: CEOP and the Contribution to GCIP/GAPP, Mississippi River Climate and Hydrology Conference, New Orleans, LA, May 13-17, 2002. (invited paper)
- 2) T. Koike: GPM Contributions to Global Water Cycle Variation Studies and Local Water Resources Management in Asia, Second Global Precipitation Measurement (GPM) International Planning Workshop, Shinagawa Prince Hotel, Tokyo, Japan, May 20-22, 2002. (invited paper)

- 3) T. Koike: CEOP as the 1st Element of IGOS Water Cycle Theme, Seminar on A Mission to Aqua Planet Earth -A Challenge by IGOS-P, World Summit for Sustainable Development in Johannesburg, 26 August-September 4, 2002. (invited paper)
- 4) T. Koike: Co-ordinated Enhanced Observing Period: Observations for monsoon system studies, The Global Climate Observing System (GCOS) Regional Workshop for East and Southeast Asia, Singapore, 16-18 September 2002 (invited paper)
- 5) T. Koike: Observation of changes in precipitation patterns and extreme weather events induced by water variation due to climate change, The eighth session of the Conference of the Parties (COP8) and the seventeenth sessions of the Subsidiary Bodies (SBSTA7) of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), New Delhi, 23 October - 1 November 2002. (invited paper)
- 6) T. Koike: The GEWEX CEOP Project, 2nd AMIP Workshop, Toulouse, 12-15 November, 2002. (invited paper)
- 7) Y. Ma, J. Wang, T.Koike, et al. 2002: Determination of Regional Land Surface Heat Flux Densities for Tibetan Plateau Area, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 40-43.
- 8) K. Tanaka, H. Ishikawa, 2002: Estimation of Soil Heat Flux Using in-Situ Soil Parameters, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 48-53.
- 9) K. Tanaka, H. Ishikawa, I. Tamagawa, 2002: The Bulk Transfer Coefficient in the Eastern Tibetan Plateau Using GAME/IOP Data, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 54-59.
- 10) S. Haginoya, 2002: Study on the Surface Heat Balance in the Tibetan Plateau-Precision of Bowen Ratio Method, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 60-64
- 11) T. Yasunari, A. Kanehira, T. Koike, 2002: Seasonal and Interannual Variability of Snow Mass on the Tibetan Plateau and Its Impact on Asian Summer Monsoon, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 77-76.

- 12) T. Koike, N. Hirose, H. Ishidaira, et al., 2002: Hydrological Variability in the Tibetan Permafrost, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 77-81.
- 13) X. Li, T. Koike, 2002: Validating a New Frozen Soil Parameterization Using GAME-Tibet Observation, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 82-86.
- 14) H. Fujii, T. Koike, 2002: TRMM/TMI Algorithm for Simultaneous Observation of Precipitation and Soil Moisture, The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 113-117.
- 15) K. Ueno, H. Fujii, N. Grody, et al., 2002: Estimation of Precipitation with Weak Intensity in the Tibetan Plateau by Using SSM/I Satellite Data, , The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 132-136.
- 16) K. Tamagawa, T. Koike, X. Li, 2002: An Introduction of GAME-Tibet Data Information System(DIS) , The Second Tibetan Plateau Experiment of Atmospheric Sciences, China Meteorological Press, 234.

国内

- 1) M. Pathmathevan, T. Koike, and X. Li (2002) “ Land Data Assimilation System for Field with Heterogeneity from Remotely Sensed Data at Different Resolutions ” Second International Summer Symposium, JSCE, Japan
- 2) M. Pathmathevan, T. Koike, and X. Li (2002) “ Integration of Remote Sensing and Surface Based Observations into a Land Surface Model ” Annual Conference of Japan Society Hydrology and Water Resources, JSHWR,, Japan.

(H15)

海外

- 1) T. Koike: WCRP and CEOP Observational Activities, Water and Climate: Water Cycle Research and Observational Activities for Water Management and Sustainable Development, The 3rd World Water Forum in Kyoto, March 16-24, 2003・(invited paper)

(3) 特許出願 なし

(4) 受賞等

①受賞

- 小池俊雄 気象学会（堀内賞）2001年10月
小池俊雄 土木学会（水工学論文賞）2002年3月
小池俊雄 NASAアメリカ航空宇宙局
Group Achievement Award 2003年8月
陽 坤 Young Scientist Award,
International Symposium on Climate Change 2003年3月

②新聞記事報道（国内）

(H13)

- 1) 2001年7月1日付 日本経済新聞：特別プロジェクト記事 「異常気象が経済を変える」

- 2) 2001年10月28日付 読売新聞：社説 「国際観測の先導役を果たしたい」

(H14)

- 2002年8月19日付 日本経済新聞：蘇れニッポン人「地球水循環研究者」

(H15)

- 2003年1月21日付 読売新聞：知を創る「水循環の全容解明に挑む」

③その他 なし

(5) その他特記事項 なし

7. おわりに

本研究は、世界気候研究計画(WCRP)におけるCEOPの立案、実施を実質的にリードしてきた。一方、衛星データのみならず、本研究対象領域のチベット高原、タイを含む世界36箇所のリファレンスサイトのデータ、9つの数値気象予報機関のモデル出力を利用する体制が整ったことは、チベット高原、タイで成し遂げた本研究を地球規模に適用する可能性を得たという意味において本研究にとって大変重要な展開の機会を与えた。また、これらの研究活動が契機となって日本政府と共同で、平成14年8～9月にヨハネスブルグで開催された首脳級の『持続可能な開発のための世界サミット(WSSD)』にて地球規模の水循環変動の統合的な観測の重要性を指摘して国際世論を形成し、地球水循環の観測、理解、情報共有の推進を実施計画書に盛り込むことに貢献した。さらに平成15年3月の第3回世界水フォーラムでは、世界の水管理の多様性、統合的水管理、地球環境変動と水資源などについて議論し、『閣僚宣言』に気候変動の影響を含む地球規模の水循環の予測及び観測に関する科学研究を推進し、データ共有のための情報システムを発展させることに貢献した。

2003年6月にフランスで開催されたG8エヴィアンサミットにおいて「全地球観測のための国際協力強化」が合意され、7月に米国ワシントンで第1回地球観測サミット(Integrated Earth Observation Summit)の開催が実現し、2004年末までに今後10年間の地球観測の実行計画を策定する予定である。本研究が国際的にリードするCEOPはこの地球観測サミット

の目的に合致しており、地球変動の中の水循環変動のメカニズムの解明と予測精度の向上に向けて、科学的にも社会的にも国際的なインパクトを与え、多大な貢献をもたらすと期待できる。

以上のように、本研究は大気－陸面相互作用の衛星観測手法とモデルの開発と現象の解明に関する科学的成果に加えて、国際社会における地球変動の研究の推進とその成果を公共の福祉へ役立てる体制づくりの観点から、社会的に重要な役割を演じていると評価できる。



平成14年3月6-9日 CEOP Kickoff Meeting (宇宙開発事業団 地球観測利用研究センター)

研究テーマ

- (1) 研究領域 : 地球変動のメカニズム
- (2) 研究総括 : 浅井富雄
- (3) 研究代表者 : 気象研究所予報研究部、室長、吉崎正憲
- (4) 研究課題名 : メソ対流系の構造と発生・発達メカニズムの解明
- (5) 研究期間 : 平成10年12月1日～平成15年11月30日