

S-1 21世紀のアジアにおける科学的陸域炭素管理に向けた統合的炭素収支研究  
 テーマ III アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討

- (3) 二酸化炭素収支のモデルによる予測のための情報基盤整備
  - 2) 衛星データ検証用地上測定データベースに関する研究
  - 3) 地上データによるリモートセンシング手法の検証と改良

独立行政法人産業技術総合研究所	グリッド研究センター	土田聡
筑波大学大学院生命環境科学研究科		西田顕郎

〈研究協力者〉	独立行政法人産業技術総合研究所	
	地質情報研究部門地質リモートセンシング研究グループ	佐々井崇博
	グリッド研究センター	山本浩万
	独立行政法人国立環境研究所	
	地球環境研究センター	小熊宏之・岩男弘毅
	岐阜大学流域圏科学研究センター	村岡裕由

平成14～18年度合計予算額	46,925千円
(うち、平成18年度予算額)	12,297千円)
※上記の予算額には、間接経費	10,826千円を含む

[要旨] 東アジアの陸域生態系における2000年から2005年までの二酸化炭素収支の時空間変動について、衛星対応型陸域炭素収支モデル(BEAMS)を用いた推定を行った。高精度かつより現実的な推定を行うため、BEAMSに入力する衛星データプロダクトの検証と新規プロダクトの開発に重点を置いた。検証については、地上検証情報が特にアジアでは不足しており、そのことがモデル推定精度に影響していたため、テーマ1で展開されたFlux観測網との連携のもとで、衛星データの地上検証を行うための統合的な観測網“Phenological Eyes Network”を展開した。この長期地上観測結果から、衛星分光指標やPARやLAI(葉面積指数)、fPAR(光合成有効放射吸収率)、植物フェノロジーといった、衛星プロダクトについて検証し、品質を担保することに成功した。同様に、広域土地被覆図は、これまで全くといってよいほど系統的な地上検証がなされていなかったが、有志による世界的な地上踏査活動“Degree Confluence Project”の情報が有用であることを見出し、それを用いた土地被覆図のための地上検証システムを提案し、既存の代表的な土地被覆図を検証した。さらに、この結果をもとに、既存の代表的なデータセットを統計的に統合し、新規の土地被覆図を作成し、既存の土地被覆図と比較して5-10%程度の精度が改善されたことを確認した。また、植物の光合成活動を見積もる上で重要な光合成有効放射量について、簡易な大気放射伝達過程と衛星データによって、高分解能かつ高頻度で推定できた。さらに、ネットワーク上に分散する各種地球観測データと大規模な衛星データとの統合利用を目指し、地上観測、衛星データ・プロダクト、モデル推定結果までの一連のデータを統合的に扱うことを可能とする研究支援環境の構築にも着手した。このよ

うなこのようなデータセットと支援環境を利用して、BEAMSを用いて東アジア5年間平均の年間積算NPP値を推定したところ、平均値は595.6(g C/m<sup>2</sup>/yr)であった。特に、2003年の夏の日照不足によって、日本列島の広範囲で炭素吸収量が減少したことが判明した。

[キーワード] PAR マップ、新土地被覆図、地上検証システム (PEN)、衛星重視型陸域炭素収支モデル (BEAMS)、研究支援システム (GEO Grid)

## 1. はじめに

アジアは、世界的に見ても、複雑な地形・土地被覆、多様な植生・農業形態、激しい土地変化や季節変化などのために、空間・時間的に不均質な地域である。そのような地域では、逐次変化する状況を空間的に把握できる、衛星リモートセンシングが有力なツールである。衛星データは、直接的に炭素動態に関する情報を与えはしないが、衛星データから導出されるいくつかの重要な情報を陸域生物圏モデルに入力することで、炭素動態の時空間変動を推定することができる。従って、衛星リモートセンシングのデータを最大限に陸域生物圏モデルに統合することが、アジア地域の炭素動態の解明において重要なアプローチである。ところが、多くの地球観測衛星より得られた陸上生態系に関する広域データについて、アジア地域のみならず、世界的にもその精度検証を統合的に行った例は少ない。また、高精度の衛星プロダクトが出来たとしても、それらを最大限に利用し、より現実的な炭素収支解析を行うことが可能な衛星重視型の陸域生物圏モデルも非常に限られてきた。最終的な炭素動態のモデル推定結果についても、特にアジアではきちんと現地検証結果との精度評価を行った例は極めて少ない。それらがアジアの炭素収支の広域推定における不確定要因となってきた。こういった地上観測と衛星、あるいはモデルとの比較が十分に行われてこなかった一因としては、地上観測から衛星観測、モデル推定結果までの膨大でかつ、多種多様なデータを効率的に処理するためのインフラが特にアジア地域において十分に整備されてこなかったことも一因と考えうる。

## 2. 研究目的

本研究の目的は、アジア陸域生態系における炭素動態の過去・および現状の二酸化炭素収支の時空間変動について、衛星重視型のモデルを用い、より高精度かつ現実的な推定を行うことである。これを実現するため、これまで不十分とされてきた、衛星データ・プロダクトを検証するための地上観測網を整備し、精度保証を十分に行うことで、信頼性を向上、担保するとともに、地上観測、衛星データ・プロダクト、モデル推定結果までの一連のデータを統合的に扱うことを可能とする研究支援環境を構築することを目的とする。

## 3. 研究方法

陸域炭素収支の推定には、植物が光合成を行うための光合成有効放射量 (PAR) と、どこに植生があるか (土地被覆図)、さらに、植物の生産性のポテンシャルを規定する重要なパラメータである植生季節変動の3つが入力情報としての衛星プロダクトとして特に重要となる。植生季節変動は、衛星データから得られる Leaf Area Index (LAI) と a fraction of absorbed Photosynthetically Active Radiation (fPAR) によって規定される。本研究では、これら主要3パラメータのうち PAR

と土地被覆図について、新たなプロダクトの作成を試みた。LAI、fPARについては、大気補正済反射率、さらには大気補正済み反射率を元に作成された NDVI から算出する場合が多い。そこで、今回は Terra/MODIS について独自の大気補正処理を行い大気補正済反射率プロダクトを作成を試み、既存の大気補正済み反射率プロダクトの精度評価を行った。

さらに、こうして作成された PAR、土地被覆図といった衛星プロダクトについて、S1 テーマ 1 のグループとも連携を図りつつ、アジアの主要な土地被覆に現地観測網を整備し、検証を行った。

こうして得られた、高精度の精度検証済み衛星プロダクトを入力データとし、衛星重視型モデルである、陸域生物圏モデル“BEAMS (Biosphere model integrating Eco-physiological And Mechanistic approaches using Satellite data)” (Sasai et al., 2005)<sup>1)</sup>を用いて東アジアの炭素収支と植生変動のマッピングを行った。モデルで推定された炭素収支動態の季節変動について、テーマ 1 で得られた地上検証との比較から、検証およびその要因を検討した。さらに、地上観測から衛星観測、モデル推定結果までの膨大かつ、多種多様なデータを効率的に処理するための研究支援環境(GEO Grid)の開発も試みた。対象地域は、日本列島を含む東アジア(東経 125 度～150 度、北緯 30 度～50 度)、解析対象期間は 2000-2005 年である。システムの全体構成を図 1 に示す。

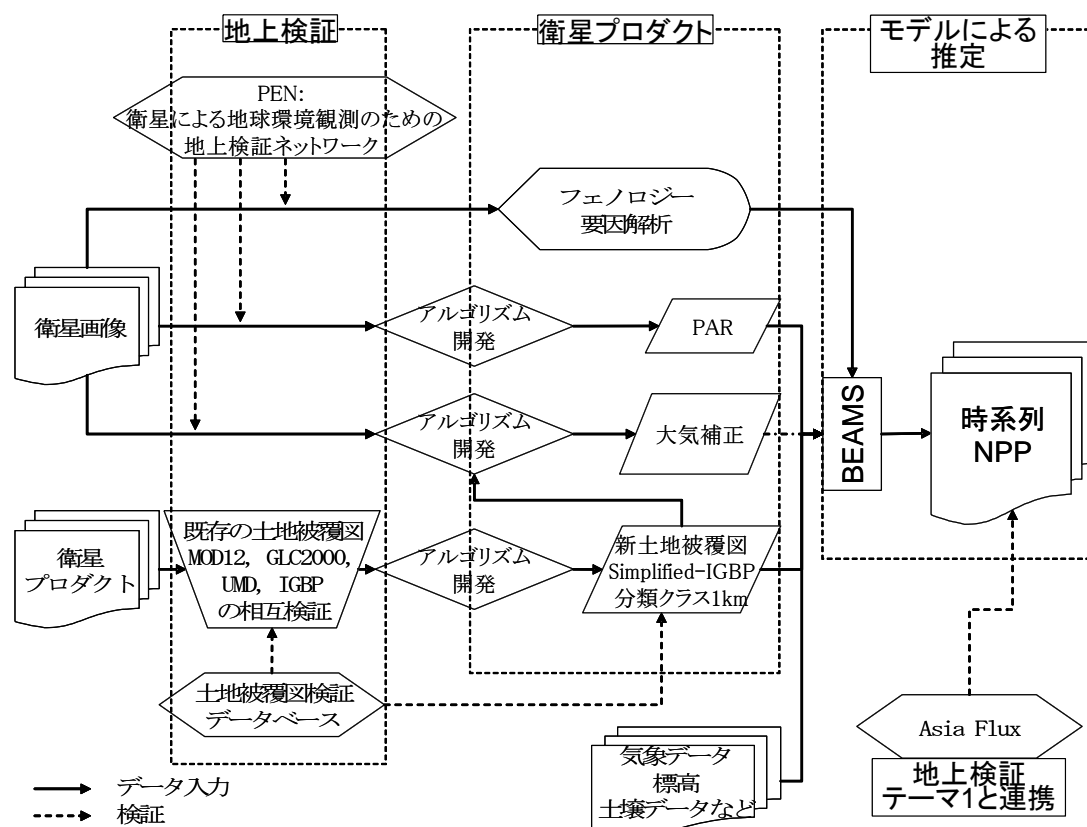


図1 システムの全体構成

#### 4. 結果・考察

本研究で得られた結果は大きく 4 点に集約される。1 点目は衛星データを元に作成したオリジナルの衛星プロダクトである。今回は光合成有効放射量および土地被覆図について独自プロダクトの作成を行ったのでその成果について紹介する。2 点目は、地上検証データを用いた衛星デー

タ・プロダクトについての精度検証に関する成果である。3点目は衛星重視モデル BEAMS についての解析結果および、テーマ1から提供された地上検証情報との比較結果について紹介する。さらに、4点目として、これら膨大でかつ、多種多様なデータを効率的に処理するための研究支援環境 (Geo Grid) を新たに提案するに至ったのでその紹介を行う。最後に、本研究で得られた東アジア地域における炭素動態についていくつかの観点から考察を試みた。

## (1) オリジナルプロダクト

### 1) 光合成有効放射 (PAR) のマッピング

簡易的な一次元放射伝達モデルを開発し、Terra/MODIS と Aqua/MODIS の L1B データから地表入射 PAR の日積算値の空間分布を 500m 分解能で推定し、その結果をテーマ1から提供された、地上検証データと比較したところ、良好な結果を得た。これを元に、5km 分解能で、毎日の PAR のマップを作成し、月毎に積算した (図2)。

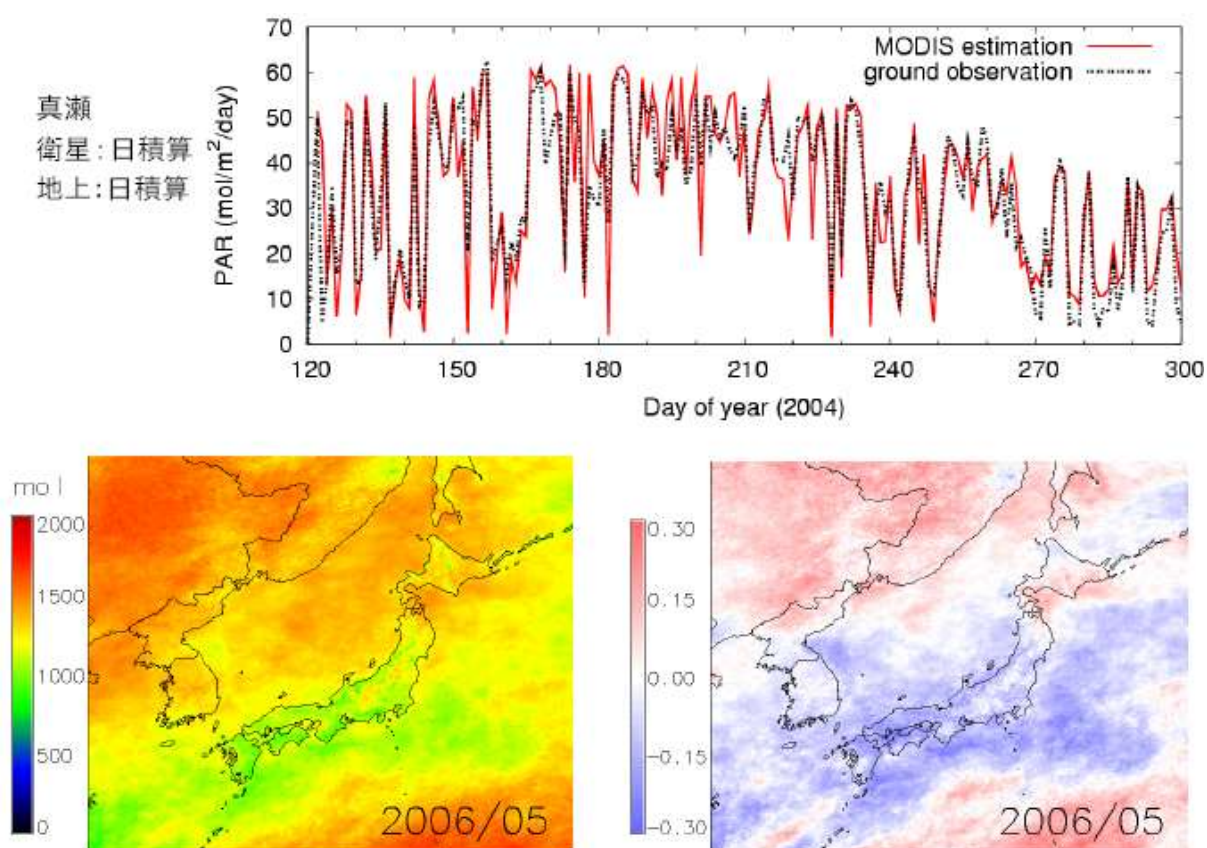


図2 MODISによって推定された、地上入射 PAR。上: 地上検証結果; 左下: 地上入射 PAR の月積算量分布、右下: そのアノマリー (2002年-2006年の平年値からの相対的な差)

### 2) 新土地被覆分類図の作成

現在、広域生態研究によく使われる土地被覆図としては、Global Land Cover 2000 (以下 GLC2000)、MODIS Land Cover (以下 MOD12)、メリーランド大学 (以下 UMD)、USGS-Global Land Cover Characteristics Version 2 (以下 IGBP) などがある。しかし、それらの精度検証は十分には進んでいない。実際、全球の NPP のモデル推定から、入力する土地被覆図の種類、空間分解能の違いが、

その空間分布に大きな違いを及ぼすことが指摘されている(DeFries et al., 1999<sup>2)</sup>; Ahl et al., 2005<sup>3)</sup>)。そこで、本研究では既存の土地被覆図のうち、上位3プロダクトを統合する手法を新たに提案し、図3に示す新たな土地被覆図を作成した。

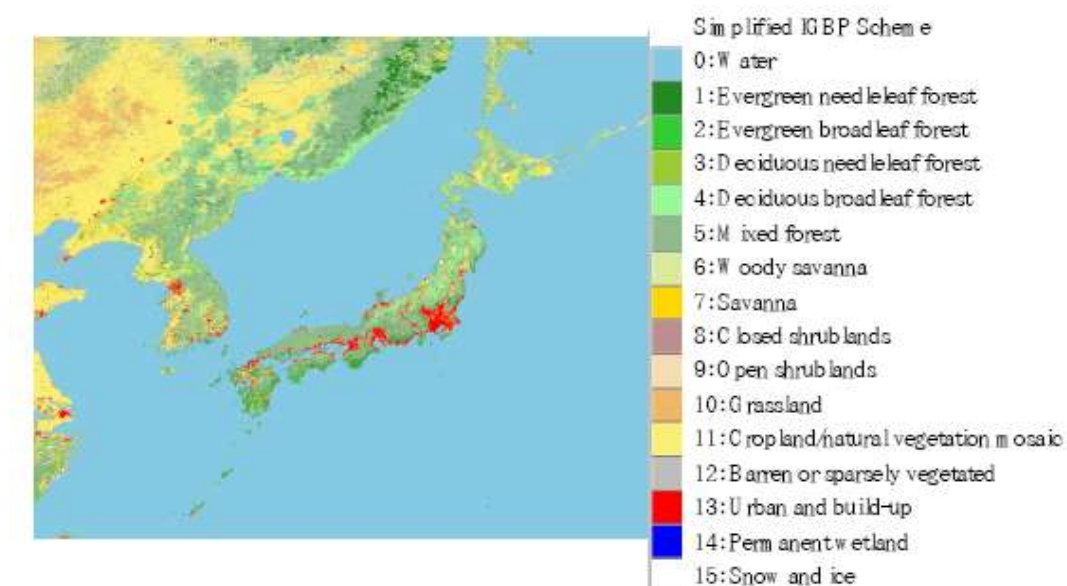


図3 新土地被覆図

### (3) 地上検証

地上検証としては、衛星データのための地上検証データベースシステム PEN で得られた情報を活用した、大気補正に関する検証、植生指標に関する検証、fPAR/LAI に関する検証と、衛星プロダクトとしての土地被覆図を検証するシステムおよび検証、既存の大気補正と独自に大気補正した場合の大気補正済反射率の違いに関する検証、衛星データから推定した広域植生に関する検証、衛星データ間の感度および精度の相互検証、さらにはそのフェノロジー動態についての検証を行った。

#### 1) Phenological Eyes Network 全体構成

本研究では、衛星リモートセンシングのための地上検証データセットネットワーク Phenological Eyes Network (PEN) を展開した(土田ら、2005)。PEN は自動撮像型魚眼デジタルカメラ (ADFC: Automatic capturing Digital Fisheye Camera) をメイン機器として、半球分光放射計 (HSSR: Hemi Spherical Spectro Radiometer) やサンフォトメータ (SP: Sunphotometer) を AsiaFlux サイトを中心に全国に配置し、分光植生指標やフェノロジーを始め各種植生パラメータの地上定点観測を実施している。

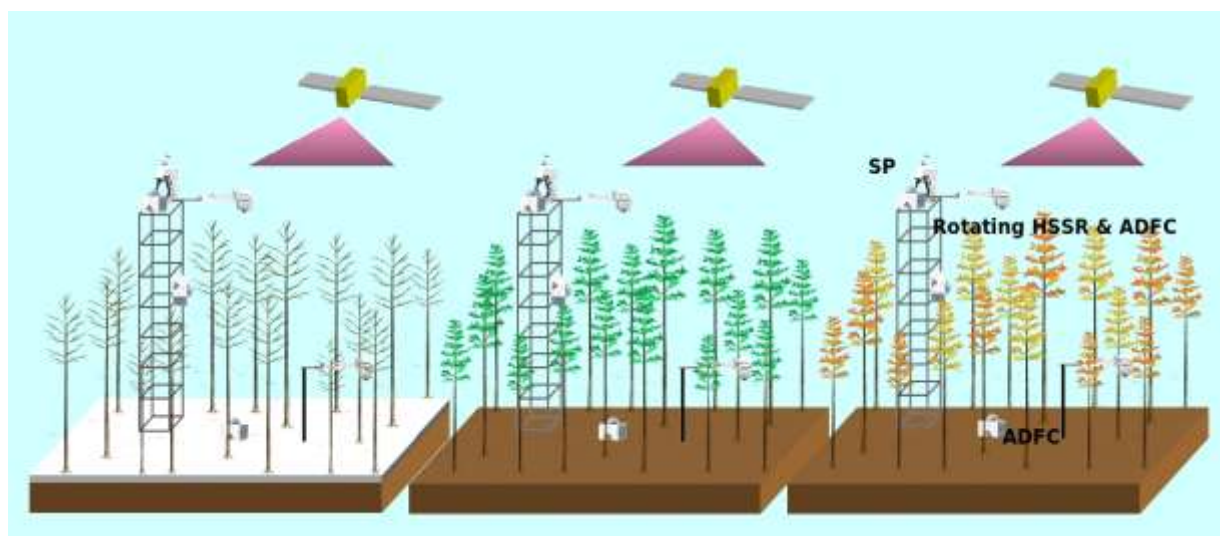


図4 PENの概念図

この地上定点観測により、地球観測衛星データの検証・校正もしくは同化、さらに、植生に関するパラメータ算出アルゴリズムの検証を行い、より高精度な衛星観測データの取得、より高度な解析手法の研究・開発を行ってきた。2006年9月の現在で、高山・筑波大学陸域環境センター・富士北麓・真瀬水田・菅平・桐生のそれぞれで、これらのシステムの一部もしくは全部が稼働中である。苫小牧と総合地球環境学研究所のそれぞれでも約1年間、稼働したが廃止した。高山では、3年分のデータが蓄積され、衛星観測された分光反射率や植生指標、LAI、FPAR、雲ノイズ除去、大気補正などの検証が進んでいる。真瀬水田では2年のデータが蓄積され、衛星観測された分光反射率や植生指標、LAI、FPAR、雲ノイズ除去、作物フェノロジーなどの検証が進んでいる。筑波大学陸域環境研究センターでは4年分、桐生では2年分のデータが蓄積され、主にPRI (photochemical reflectance index) と光合成光利用効率の対応に関する検証が進んでいる。菅平では、2年のデータが蓄積され、草原のフェノロジーに関する観測・検証が進んでいる。富士北麓は、倒壊した苫小牧の代替サイトとして開始し、1年分のデータの蓄積が進んでいる。これらのデータに基づいて、衛星データ検証だけでなく、LAIなどの各種の地上計測手法の開発・相互検証やモデル開発も行われている。



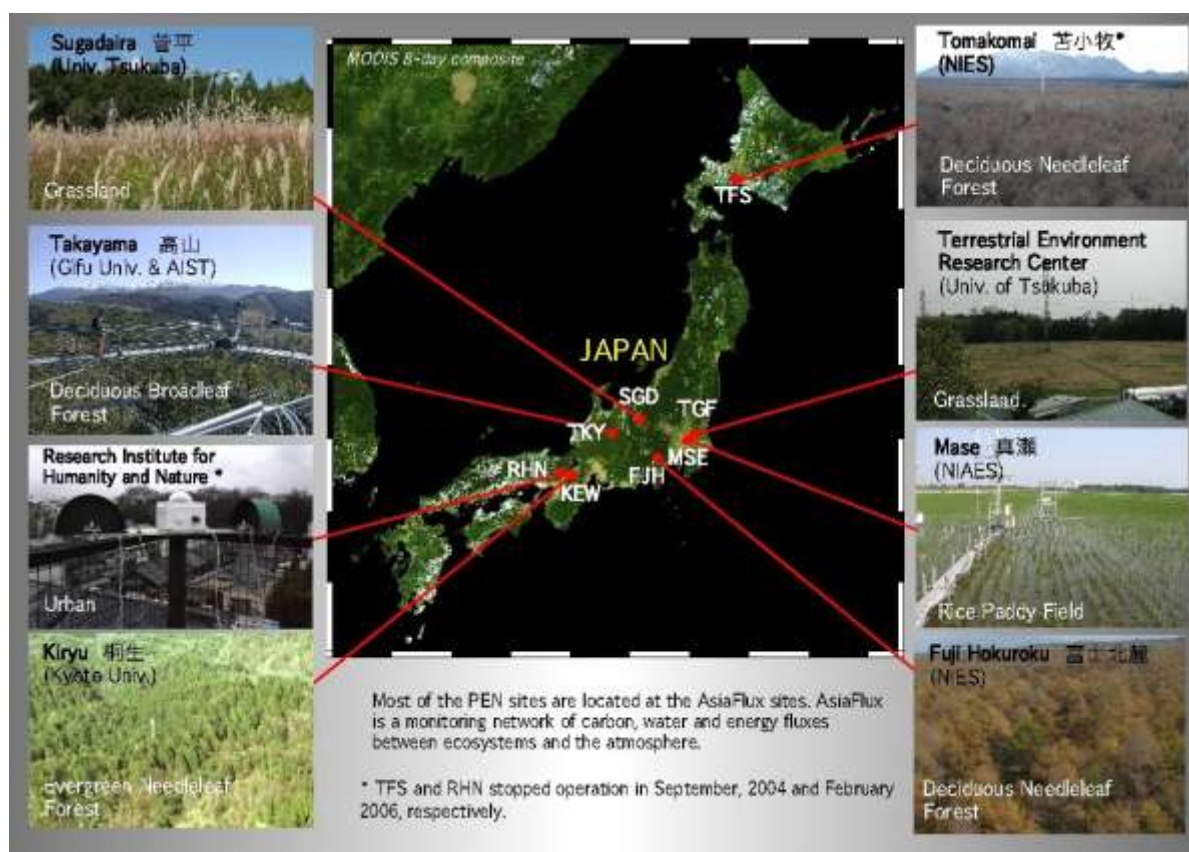


図5 PEN観測サイトの分布

#### 大気補正データ検証

衛星から地球を観測する場合、必ず大気を介して地表面を見ることから、衛星によるリモートセンシングデータには雲やエアロゾルによるノイズが含まれており、より正確な地表面情報を得るためにはこのノイズを除去(大気補正)する必要がある。PENでは、衛星データを検証するための大気補正用データ取得を目的として、筑波大学陸域環境研究センター(TGF:2003年5月～)と、岐阜大学高山試験地(TKY:2004年8月～)、富士北麓フラックスサイト(2005年12月～)にスカイラジオメータを設置し、エアロゾルの自動連続観測を行っている。このうち、筑波大学陸域環境研究センターと岐阜大学高山試験地で得られた観測データの解析を行い、エアロゾルの光学的パラメータ(光学的厚さ、粒径分布、複素屈折率)のサイト間の傾向や季節変化について調べた。データ解析には、インバージョン法による解析プログラムであるSKYRAD.pack(Ver. 4.2)を用いた。

図6にTGFとTKYにおいて得られた観測データからSKYRAD.packにより導出した光学的厚さ(500nm)と、季節毎の粒径分布、複素屈折率実部(500nm)、複素屈折率虚部(500nm)を示す。光学的厚さには、両サイトともに春～夏にかけて増加、秋～冬にかけて減少する傾向が見られた。粒径分布は、年毎および季節毎による違いが見られた。春季に粗大粒子が多いのは、黄砂の影響であると考えられる。また、TGFとTKYで分布形状が異なることから、両サイトのエアロゾル組成に違いがあることが推測される。複素屈折率については、実部は両サイトで安定した同程度の値を示すが、虚部は両サイトではっきりとした値の違いが見られた。TGFでは虚部の値がばらつき、標準誤差が大きい日も多いが、TKYでは解析対象期間を通してほぼ一定の値で、標準誤差が大き

いは少なかった。TGF では 2005 年秋の前後で虚部の値の傾向が異なるのは、装置改良作業を行ったためセンサー感度に変化が生じたからだと思われる。今後、より詳細な解析から結果の改善が期待され、衛星データの大气補正手法の高精度化にもつながると考えられる。

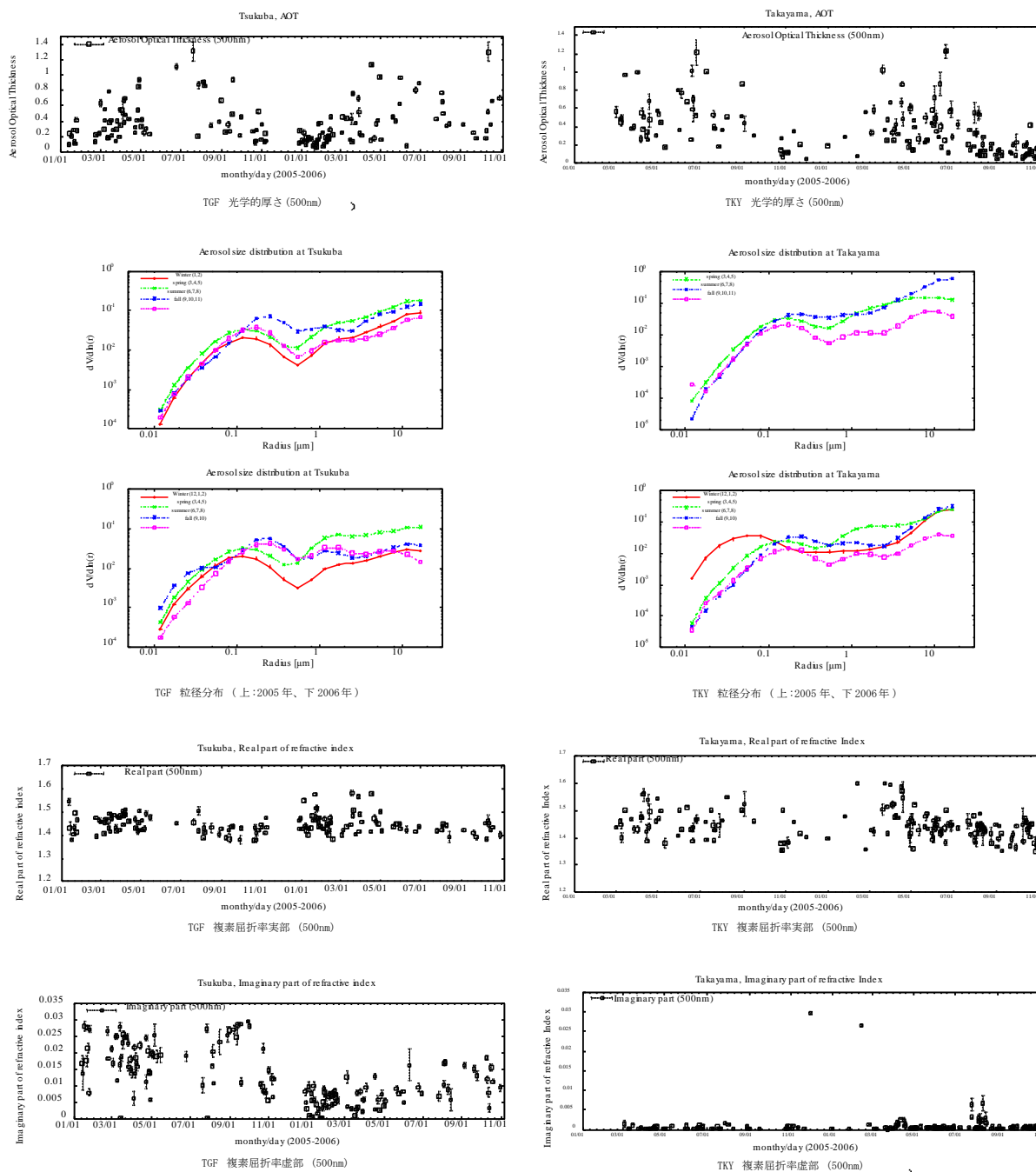


図6 TGFとTKYで得られた大气補正に関する観測結果

植生指標の検証

PEN真瀬水田サイトで自動連続観測された分光反射率から計算した植生指標を利用し、TerraとAquaのそれぞれのMODISによる大气補正なし大气上端反射率(MOD02:L1B)および大气補正済み地表面反射率(MOD09)から計算した植生指標を比較検証した。LAI、fAPAR、LUE (Light Use Efficiency;



光合成光利用効率)等の基本となる植生物理量は、大気補正済反射率もしくは大気補正済反射率から算出される植生指数から算出する機会が多い。ここでは、植生指標としてNDVI(Normalized Differential Vegetation Index)、SAVI(Soil Adjusted Vegetation Index)、EVI(Enhanced Vegetation Index)を検討した。検証の前準備として、雲が被覆したデータは、MOD09に付属の雲フラグとADFCによる天空画像を用いて除去した。MODISよりも高空間分解能であるASTER(約15 m)の観測データを利用し、地上観測の空間代表性がPEN-MODIS比較検証に十分であることを確認した。検証の結果、Terra MODISによる反射率や植生指標は必ずしも地上観測値と整合的ではなく、大気補正の有無、観測波長域(バンド)や植生指標の種類、季節などによって異なる対応が見られた(図7)。植生指標の中でも、大気補正なしのL1BデータによるEVIが年間を通して地上観測値とよく一致した。なお、Aqua MODISによる結果も、Terraと同じ傾向であった。

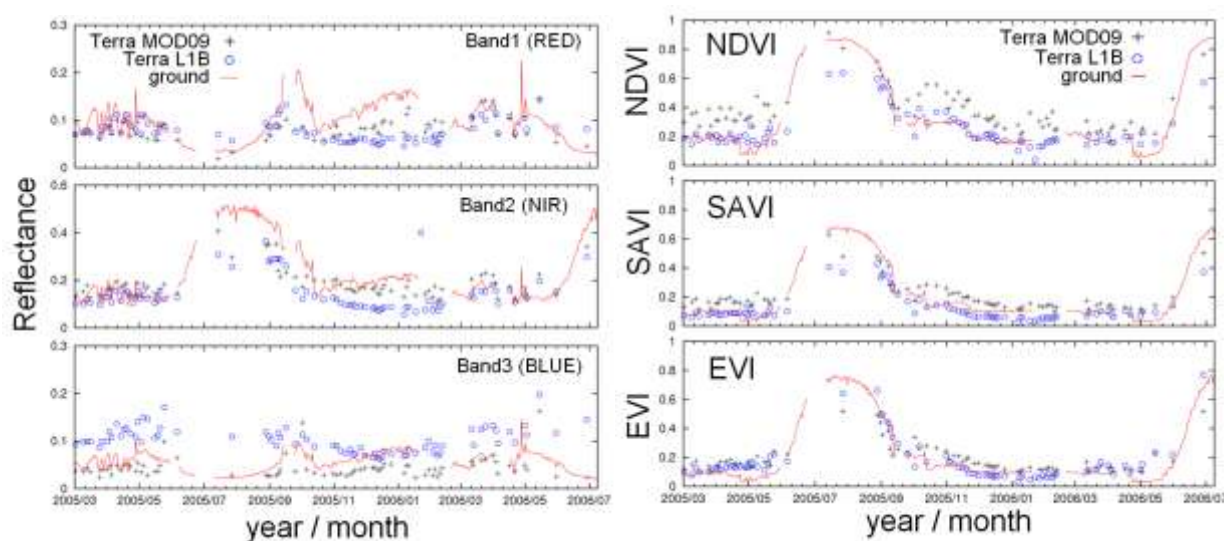


図7 PEN真瀬水田における、地上観測と衛星(Terra MODIS)観測による反射率と植生指標の季節変化(2005年3月～2006年7月)

また、衛星データからLUEを推定するためのPRIについて、MODIS陸域及び海域バンドを用いてオリジナルのPRIを模した代替指標の有効性を検討した。代替指標では、植物の生長段階ごとに代替することは可能であるが、1つの式で植物の異なる生長段階のPRIを代替することは困難であることが確認できた。重回帰分析による代替指標では、陸域及び海域バンドの対数を用いた場合に、全ての期間を通して1つの式で精度良く代替することが可能であり、PRIの代替指標として有効であることが確認できた。また、MODIS海域バンドの対数を用いた重回帰分析による代替指標を、PENで取得された、様々な観測期間・場所のデータを用いて精度検証を行った。その結果、RMSEで0.0112の誤差があり、LUE推定時に約10%の誤差となることが確認できた。これらの検証から、MODIS海域バンドの対数を用いた重回帰分析による代替指標によるLUE推定精度は、既往研究におけるMODISのGPPプロダクトのLUE推定精度より高いことが示された。

また、衛星観測で得られた植生指数とGPP(Gross Primary Production)の相関関係に対する普遍性を検証するために、季節ごとに異なる植生の生理生態現象に着目して、高山サイトでのPENの可視分光放射計で得られた植生指数とフラックス観測に基づいたGPPの関連をフェノロジース

ページごとに議論した。この結果、(1) 植生指数は、葉の生理的な機能ではなく、形態上の特徴を良く捉えていること、(2) 植生指数と GPP の関連は、年間を通して 1 対 1 の線形な関係があるわけではなく、非線形性がみられること、そして、(3) NDVI は EVI と同様に GPP と相関関係があることが分かった。

また、葉面積指数 (LAI) の地上検証データ取得のために、デジタル魚眼カメラによる樹冠画像から LAI を推定する手法を検証し、高精度化した。

## 2) 土地被覆検証データベースの構築および精度検証

本研究では Degree Confluence Project (以下 DCP) による土地被覆地上検証データの構築を提案した (Iwao et al., 2006)<sup>4)</sup>。DCP は、緯度と経度が整数値で交わる地点を踏破 (踏査) し、その場所の様子を写真と文章で記録することを目的とする有志によるプロジェクトである。京都議定書で、陸域生態系の土地被覆・利用変化について議論する際の土地利用、土地利用変化及び林業 (LULUCF: Land Use, Land-Use Change and Forestry) の定義に準拠した上位 6 クラス (1: 森林、2: 草地、3: 農地、4: 湿地、5: 居住地、6: その他) に基づき、既存の土地被覆図の精度評価を行った。対象としたのは GLC2000、MOD12、UMD、IGBP の 4 種の土地被覆図である。さらに、既存の土地被覆図を統合した新土地被覆図についても、土地被覆図検証 DB を元に精度検証を行ったところ、既存の最高精度 58% (MOD12) を上回る、精度 60% が得られた (表 1)。

表1 土地被覆図精度検証結果

DCP (848 point)	New Map		MOD12		GLC2000		UMD		IGBP		
	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	
Forest	244	199	108	183	118	182	118	193	170	123	107
Grass	194	53	62	50	48	52	71	76	134	43	25
Crop	256	193	146	194	155	178	175	109	109	215	269
Water	79	41	8	40	12	33	5	40	9	40	15
Residential	14	4	7	5	14	2	3	2	4	2	3
Others	61	19	8	20	9	20	9	2	0	5	1
Total		509	339	492	356	467	381	422	426	428	420
一致度 (%)		60.0		58.0		55.1		49.8		50.5	

## 3) 大気補正済反射率の違いに関する検証

衛星データには大気ノイズ (分子やエアロゾルによる吸収・散乱の影響) が混入している。したがって、衛星データから陸域生態系の情報を得るには、高精度な大気補正が重要である。ところが、一方で、一般的に用いられている LPDAAC 配布の MODIS 地表面反射率プロダクト (MOD/MYD09) は、考えられうる大気の影響を全て除去しようとするため、特にエアロゾルによる影響に対する大気補正において過補正などが生じ、逆に地上観測値と整合性が取れないケースもしばしば報告されている。そこで、本研究では大気未補正 NDVI/EVI とレイリーオゾン補正済 NDVI/EVI と LPDAAC が配布する植生指数プロダクトとの比較を行った。LPDAAC が配布する植生指数プロダクトには、16-day 1 km VI (MOD13A2, MYD13A2), Monthly 1 km VI (MOD13A3, MYD13A3), 16-day 500m VI (MOD13A1, MYD13A1), 16-day 250m VI (MOD13Q1, MYD13Q1) 16-day 25 km VI (MOD13C1, MYD13C1), Monthly 25km

VI (MOD13C3, MYD13C3)があるが、本研究では 500m 解像度 16 日間コンポジットを用いていることから MOD13A1 を用いて相互比較を行った。全体の処理の流れとしては、L1A/L1B から地図投影処理を施し、MVC 法による 16 日間コンポジット処理による雲除去、レイリー・オゾン補正済反射率・植生指数 NDVI/EVI を算出した。その結果下記のことが明らかとなった。

- ・ MODIS L1A/L1B にレイリーオゾン補正を行った NDVI/EVI は、LPDAAC で配布している NDVI/EVI プロダクトとコンポジット手法、大気補正手法などが異なるのにも関わらず極めて近くなった。
- ・ 本研究で対象としている対象領域では NDVI は植生の繁茂する時期に飽和するが EVI では飽和しない。
- ・ 本研究ではレイリーオゾン補正済 EVI が最も MOD13A1 プロダクトに近い。

図 8 に MODISNDVI と大気未補正 NDVI の差分を示す。

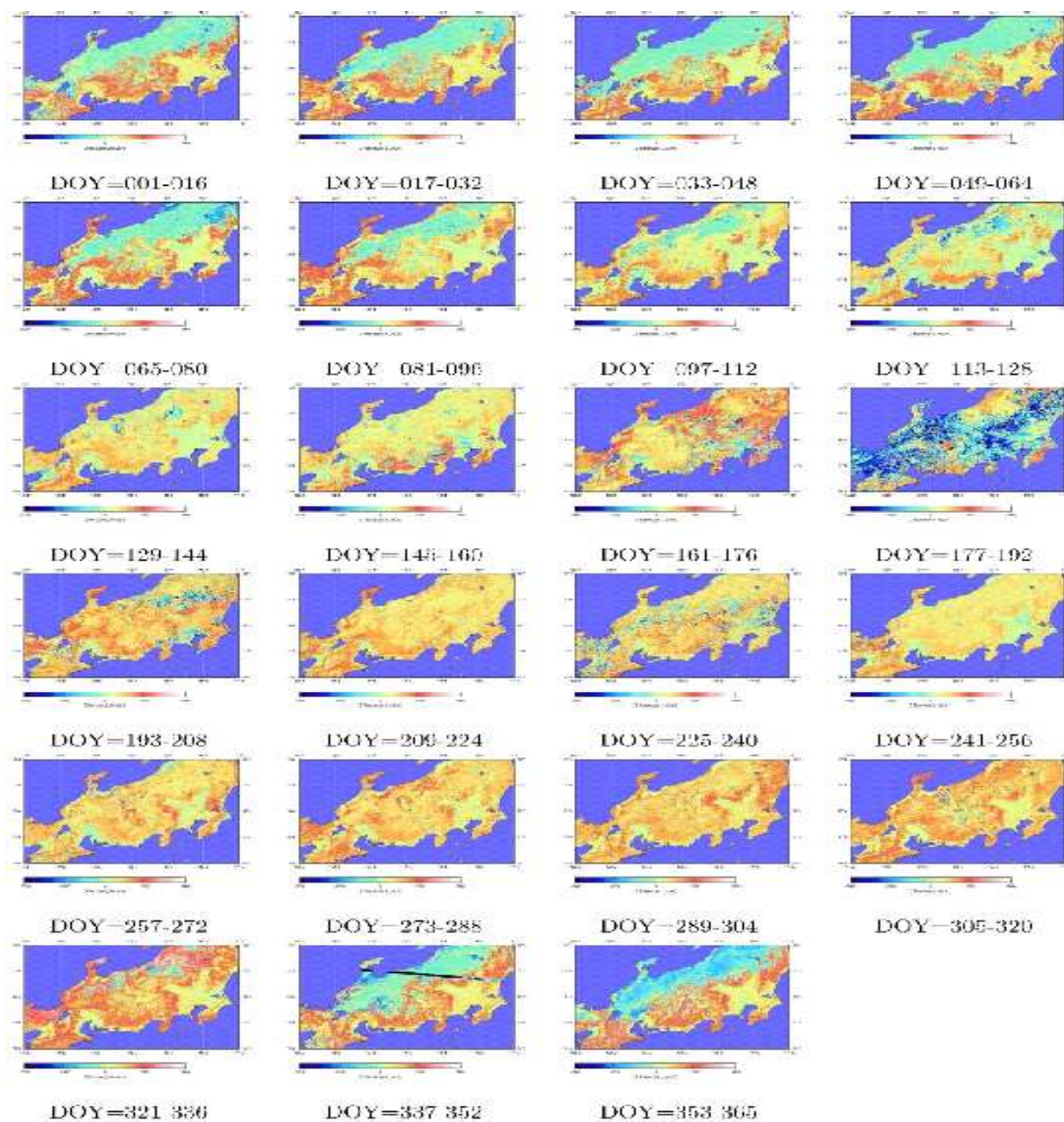


図8 MOD13A1 NDVIと大気未補正NDVIの差分

#### 4) フェノロジー

春の芽吹き時期(オンセット)は、気候変動の影響の指標として有用であり、衛星観測であることができる。しかし、その検出手法や結果に関する地上検証は十分ではない。本研究では、いくつかのPENサイトで検出手法を確立し(図9)、SPOT-VGT衛星センサーのNDVIを用いて、1999年から2005年までの東アジアのオンセットの分布と変動を調べた。その結果、春のオンセットは、特に2002年に顕著に早かったことが確認された(図10)。



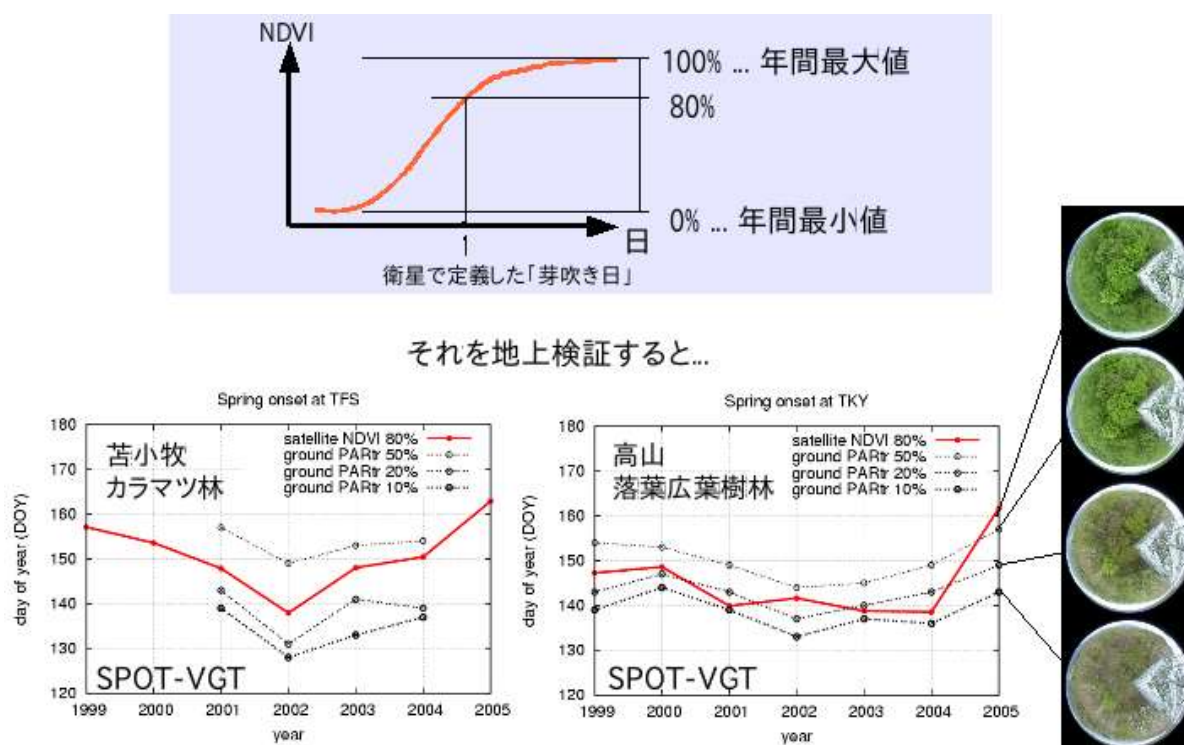


図9 衛星観測によるフェノロジーオンセット検出手法。衛星 (SPOT-VGT) による NDVI の変動 (冬から夏にかけての上昇) が 80% に達する時期が、地上での樹冠透過 PAR の変動が 20% から 50% に達する時期によく一致する。

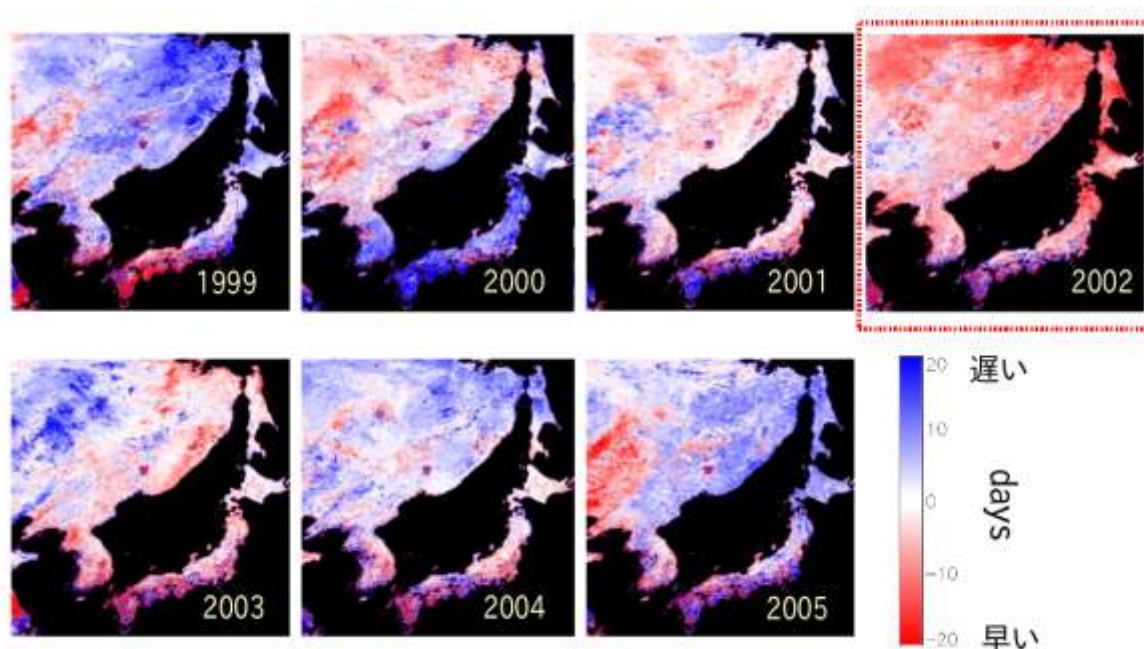


図10 衛星データ (SPOT-VGT) から推定した、春のオンセットのアノマリー分布



### 5) 広域植生

東アジアの、2000年から2005年にかけての植生の増減の様子を、Terra/MODISとSPOT-VGTという2つの衛星センサーで独立に調べ、比較した。各年の最大NDVI値を年で回帰して増減トレンドを求めた。その結果、2つのセンサーからそれぞれ得られた傾向はほぼ一致し、中国東北部で増加トレンド、モンゴル東部で減少傾向がみられた(図11)。中国での変化傾向は、中国国内の植林政策などを反映している可能性がある。

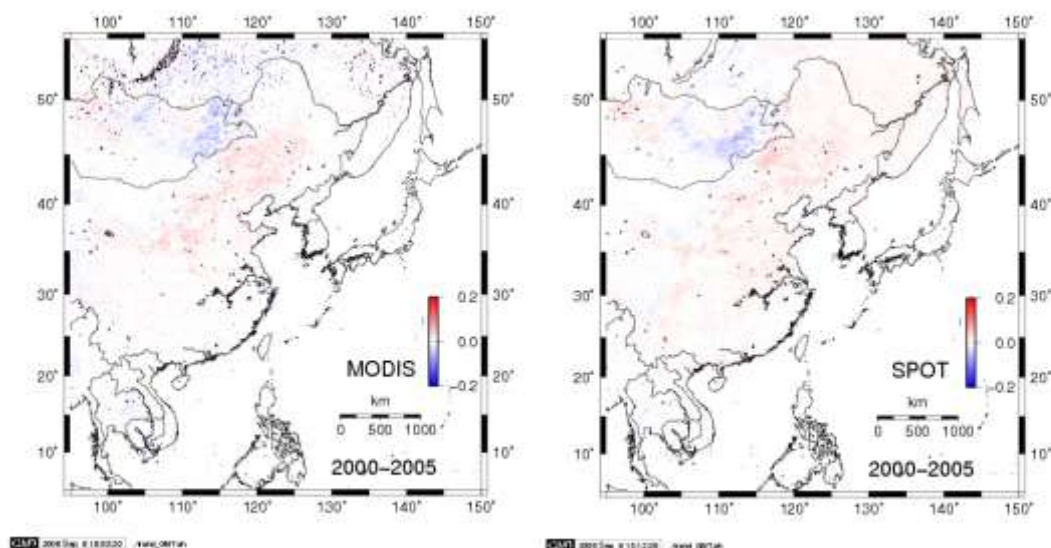


図11 東アジアの植生の増減傾向(赤が増加、青が減少)

### (3) 陸域生態モデル BEAMS による東アジア生態系の炭素循環推定

BEAMSの特徴は、植生季節変動を、衛星データから得られるLAI(Leaf Area Index)とfPAR(a fraction of absorbed Photosynthetically Active Radiation)を用いて規定する点にある。衛星による観測値を用いることで、より現実的な植生活動分布の再現が期待できる。BEAMSは、陸域の炭素プロセスと水・熱プロセスを考慮し、必要に応じて各プロセスがリンクする構造となっている(図12)。

BEAMSは、4種類の固定データ、9種類の時系列データを入力データとして必要とする。これらのデータは、出来る限り衛星観測データを採用し、足りないデータはNCEP/NCAR re-analysis dataで補った。固定データは、標高データ(GTOP030)、土壤分類図(FAO/UNESCO)、土壤深さ(Webb et al.)、土地被覆(S1オリジナルプロダクト)。時系列データは、fPAR(MOD15)、LAI(MOD15)、LST(MOD11)、日射量(S1オリジナルプロダクト)、降水量(TRMM/3B43)、大気CO<sub>2</sub>濃度(Mauna Loa実測データ)、水蒸気圧(NCEP/NCAR)、風速(NCEP/NCAR)、気温(NCEP/NCAR)、アルベド(NCEP/NCAR)である。解析条件は、空間分解能は1km x 1km、時間分解能は1ヶ月。対象領域は、東アジアの日本を中心とする緯度30-50度、経度125-150度(2400 x 3000 pixels。そのうち、陸域は2306181ピクセル)。解析期間は、2001-2005年で、初年度である2001年でspin-upし、モデルの初期条件を求めた。図13にその結果を示す。BEAMS推定結果に関する考察は4-5を参照のこと。

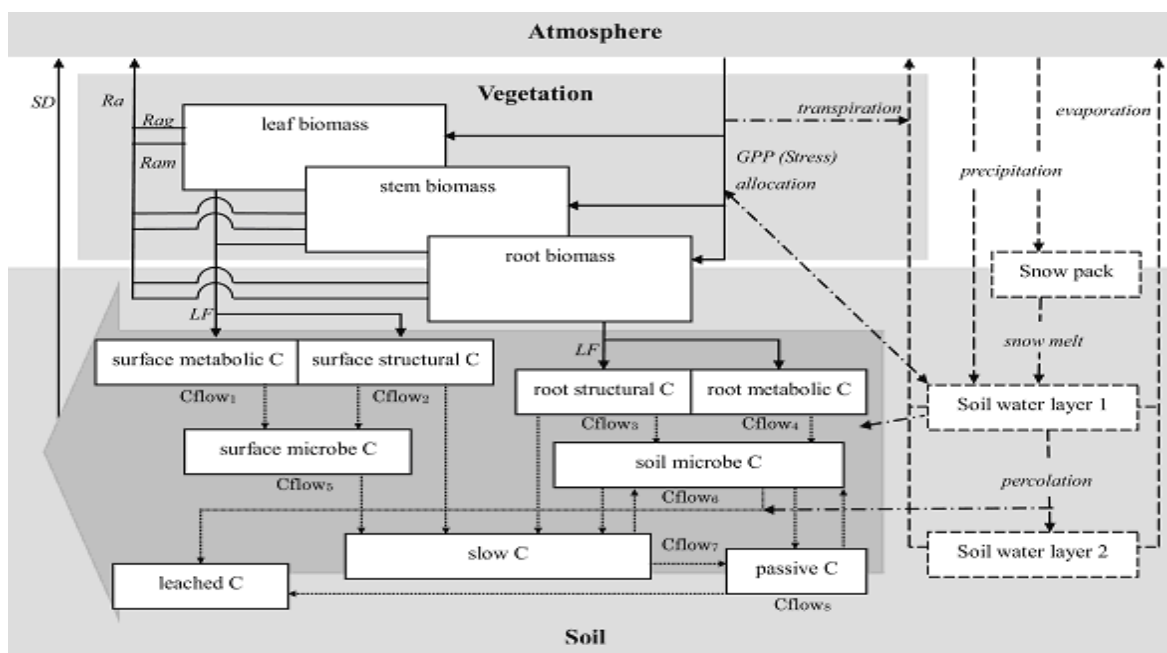


図12 BEAMSモデル構造の概略図

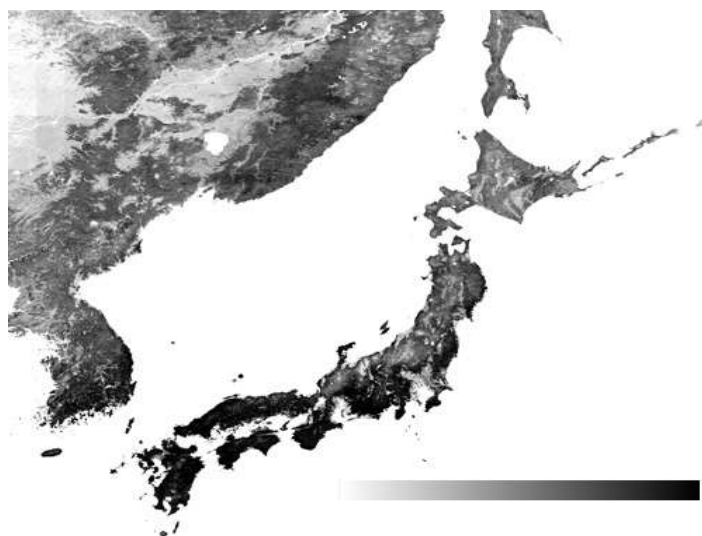


図13 東アジア地域のNPP空間分布

(4) 解析支援システムの構築

GEO Gridとは、Global Earth Observation Grid(地球観測グリッド)の意味で、グリッド技術を用いて、地球観測衛星データの大規模アーカイブ・高度処理を行い、さらに各種観測データベースや地理情報システム(Geographic Information Systems: GIS)データと融合し、ユーザが手軽に扱えることを目指したシステムである。GEO Gridは、産総研が推進するイノベーションハブ構想を具体化した分野融合課題として位置づけられている。本プロジェクトでは、「全地球を対象とした衛星などの大規模データに対応した高度処理技術」、「協力機関とのセキュアな相互運用性」、「多様なユーザに対するセキュリティの維持」を可能とするシステムを開発し、また、「標準的な

Web サービスのインターフェース」を使用することで、ネットワーク上に分散する各種地球観測データ(地上観測データや地図情報など)と大規模な衛星データとの統合利用の実用化研究を行っている。二酸化炭素収支研究を行うに際しての GEO Grid が提供する研究支援環境を示す(図 14)。

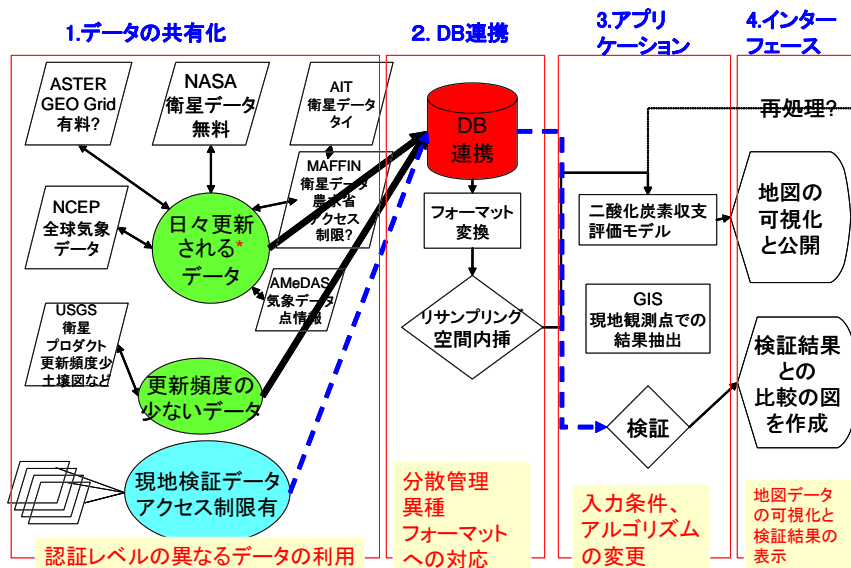


図14 GEO Gridでの二酸化炭素収支のマッピング支援環境

S1 プロジェクトでは、図に示した各要素のうち、MODIS データの共有化に関するデータベースの構築、および、地上検証データベースシステムである PEN の実装を行うと共に、インターフェースとして、PEN より得られた地上検証データと日々更新される衛星情報との比較を容易に可能とするため、観測データのクイックルック機能を持ったウェブポータルシステム “串” (<http://kushi.geogrid.org>) の開発および実装を行った(図 15)。

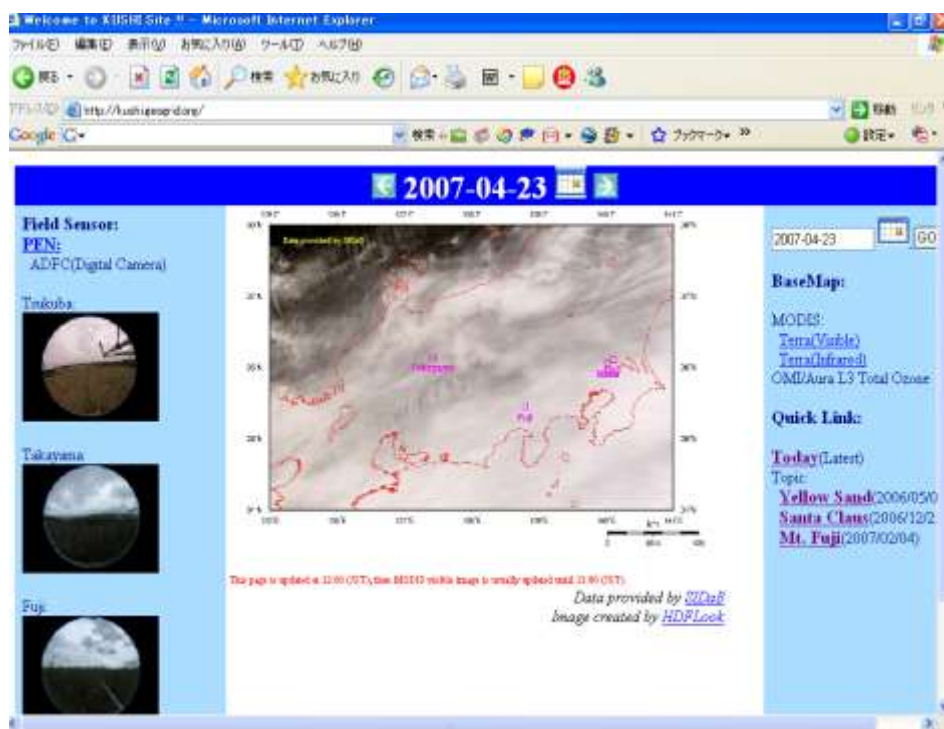


図15 ウェブポータルシステム“串”

#### (5) 東アジア地域における炭素動態に関する考察

対象地域について、まず、BEAMS を用いた 5 年間平均の年間積算 NPP 値を空間分布として推定した。東アジア地域の NPP 平均値が  $595.6 \text{ (g C/m}^2\text{/yr)}$  であった。その NPP 空間分布パターンを見ると、全体的に北から南に向かって高くなる傾向を示した。地域別に見ると、平野部や高山地帯では低い NPP 値を示し、植生で被われた森林・草地地帯では高い値を示した。これらの傾向は、都市化や森林限界等の影響によって植生密度が増減することを考慮すれば、妥当だと考えられる。

次に、地上観測と衛星観測、モデルを組み合わせ、2003 年冷夏の解析を行った。地上観測グループの結果では、複数の地上観測サイトで、2003 年 7 月に日射量と GPP (Gross Primary Production) の減少傾向が観測された (表 2)。この結果を衛星観測データや BEAMS のモデル推定結果と比較するため、例年 7 月と 2003 年 7 月との偏差を空間分布で推定した (図 15)。まず、衛星観測データ MODIS から得られた日射量データでは、日本の東北地方から九州や韓国南部にかかる梅雨前線に沿った日射量の減少分布を示した。また、日射量に呼応するように、BEAMS から推定された GPP も減少分布のパターンが確認できた。つまり、地上観測結果を裏付けるような衛星観測・モデル結果が得られたことから、2003 年冷夏時には梅雨前線の停滞によって日射量が減少し、植生活動が例年と比べて著しく抑制されたことで、結果として植生の炭素吸収量が減少したことがわかった。

表2 2003年7月と例年7月(平均)との比較

	PAR (%)	気温 (平年)	GPP (%)
高山	32	15 (19)	19
富士吉田	44	17 (22)	36
桐生	35	23 (26)	7

(三枝 S1ワークショップ発表資料より抜粋)

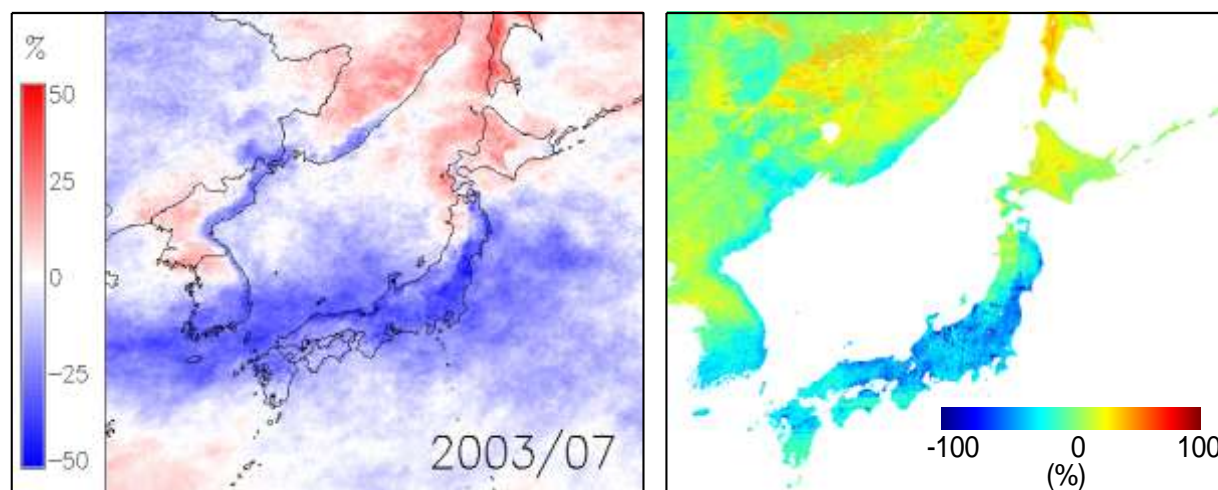


図15 例年7月を基準とした2003年7月の偏差を例年平均値に対する割合で示した日射量(左)

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

アジアで Flux 観測と連携を図った衛星リモートセンシングのための地上検証システムを構築し、過去数年に及ぶこれまでにない、貴重な長期現地検証データが整備されている。

衛星プロダクトとして新たに PAR と土地被覆図を作成した。これらは、陸域の植生についての基盤情報であり、今後炭素収支研究だけでなく、地球温暖化、エネルギー研究、防災といった多彩な分野で利用が期待される。

衛星重視型モデル BEAMS の開発により、対象地域においてより高精度な炭素収支の動態についてのマッピングが可能となった。この成果は、予報型モデル Sim-CYCLE などとの比較にも用いられることで、予報型モデルの将来予測に対する信頼性評価にも活用される。

### (2) 地球環境政策への貢献

本研究で得られた炭素収支モデル BEAMS の推定結果は、京都議定書で課題となっている植生炭素吸収量の算定に関わる重要な資料として、温暖化防止政策に関する議論の場へ提供することが期待できる。また、本研究で提案した GEO Grid 研究支援システムは、現在世界規模で進められている地球観測サミットで決定された GEOSS の「10年実施計画」や総合科学技術会議の「地球観測の推進戦略」に対し、あらたな研究支援システムとして寄与することが期待しうる。



## 6. 引用文献

- 1) Sasai, T. K. Ichii, Y. Yamaguchi, Nemani, R. R.: J. Geophys. Res., 110, G02014, doi:10.1029/2005JG000045 (2005)  
 “Simulating terrestrial carbon fluxes using the new biosphere model BEAMS: Biosphere model integrating Eco-physiological And Mechanistic approaches using Satellite data”
- 2) DeFries, R. S., Field, C. B., Fung, I., Collatz, G. J., and Bounoua, L.: Global Biogeochemical Cycles, 13, 803-815 (1999)  
 “Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity”
- 3) Ahl, D. E., Gower, S. T., Mackay, D. S., Burrows, S. N., Norman, J. M., and Diak, G. R.: Remote Sensing of Environment, 97, 1-14 (2005)  
 “The effects of aggregated land cover data on estimating NPP in northern Wisconsin”
- 4) Iwao, K., K. Nishida, T. Kinoshita, and Y. Yamagata: Geophys. Res. Lett., 33, L23404, doi:10.1029/2006GL027768 (2006)  
 “Validating land cover maps with Degree Confluence Project information”
- 5) Huete, A.R.: Remote Sens. Environ., 25, 295-309 (1988)  
 “A soil adjusted vegetation index (SAVI)”

## 7. 国際共同研究等の状況

米国のモンタナ大学・NASA、MODIS Evapotranspiration Project (MOD16)と「MODIS 衛星リモートセンシングデータを用いた陸域植生の蒸発散と炭素収支に関する研究」で研究協力をしている。

## 8. 研究成果の発表状況

## (1) 誌上発表

〈論文(査読あり)〉

- 1) 土田聡、西田顕郎、岩男弘毅、川戸渉、小熊宏之、岩崎晃: 日本リモートセンシング学会誌, 25, 282-288 (2005)  
 「Phenological Eyes Network-衛星による地球環境観測のための地上検証ネットワーク-」
- 2) K. Iwao, K. Nihida: Proceedings of The second VEGETATION International Users Conference (2005)  
 “Gap filling in 10-day composite datasets for terrestrial CO2 Flux monitoring in SE Asia”
- 3) 石原光則、松永恒雄、土田聡、西田顕郎、小熊宏之、田村正行: 日本リモートセンシング学会誌, 26 (2), 125-137 (2006)  
 「MODIS 波長特性を考慮した Photochemical Reflectance Index の代替指標に関する研究 -地上観測分光反射率データを用いた検証-」
- 4) 中西理絵、小杉緑子、大久保晋治郎、西田顕郎、小熊宏之、高梨聡、谷誠: 水文・水資源学会誌, 19 (6), 475-482 (2006)

- 「温帯ヒノキ林における分光反射指標 PRI (photochemical reflectance index) の季節変動」
- 5) 岩男弘毅、西田顕郎、山形与志樹：写真測量とリモートセンシング, 45 (4), 35-46 (2006)  
「緯度経度整数地点の土地被覆情報を用いた土地被覆図の検証手法」
  - 6) 三上寛了、西田顕郎、村岡裕由：写真測量とリモートセンシング, 45 (5), 13-22 (2006)  
「魚眼デジタルカメラ画像による、林冠の開空域の自動識別と葉面席指数の推定」
  - 7) Iwao, K., K. Nishida, T. Kinoshita, and Y. Yamagata: Geophys. Res. Lett., 33, L23404, doi:10.1029/2006GL027768 (2006)  
“Validating land cover maps with Degree Confluence Project information”
  - 8) Hiroki Yoshioka, Tomoaki Miura, Hirokazu Yamamoto: Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability III. Edited by Gao, Wei; Ustin, Susan L., Proceedings of the SPIE, Volume 6298, 629813-21, San Diego, CA (2006)  
“Investigation on functional form in cross-calibration of spectral vegetation index”

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 西田顕郎：日本リモートセンシング学会誌, 25 (1), 114-116 (2005)  
「研究室紹介 筑波大学流域管理学研究室」
- (2) 口頭発表(学会)
- 1) Nishida, K.: Synthesis Workshop on the Carbon Budget in Asian Monitoring Network, Takayama, Japan (2003)  
“Values of Takayama as a core test site of ecosystem remote sensing”
  - 2) Nishida, K.: The CERES International Symposium on Remote Sensing - Monitoring of Environmental Change in Asia -, Chiba Univ., Chiba (2003)  
“Local phenology makes troubles in remote sensing of global vegetation dynamics”
  - 3) 川戸渉、土田聡、西田顕郎：日本リモートセンシング学会第 36 回学術講演会, 77-78, (2004)  
「短波長赤外反射を用いた草地植生のフェノロジー観測」
  - 4) 西田顕郎、川戸渉、土田聡、三枝信子、岩男弘毅、村岡裕由：日本写真測量学会平成 16 年度春季大会(2004)  
「衛星観測による落葉樹林の季節変化の推定」
  - 5) Nishida, K., Tsuchida, S., Oguma, H., and Kawato, W.: The 6th International Symposium on Plant Response to Air Pollution and Global Changes (APGC), Tsukuba, Japan (2004)  
“Combination of ecophysiological remote sensing and an ecosystem - radiative transfer model and its validation with a ground observation system”
  - 6) 石原光則、松永恒雄、土田聡、西田顕郎、田村正行：日本リモートセンシング学会第 37 回学術講演会, 189-192 (2004)  
「地上観測データを用いた MODIS 陸域及び海域バンドによる PRI の妥当性の検討」
  - 7) 土田聡、小熊宏之、西田顕郎、川戸渉、石原光明、松永恒雄：日本リモートセンシング学会第 37 回学術講演会, 195-198 (2004)  
「MODIS 海洋域バンドを利用したキサントフィルサイクルの指標化」

- 8) 土田聡、西田顕郎、岩男弘毅、川戸渉、小熊宏之、岩崎晃：日本リモートセンシング学会日本リモートセンシング学会第 37 回学術講演会，245-246 (2004)  
「リモートセンシングデータ地上検証研究のための Phenological Eyes Network (PEN)」
- 9) 川戸渉、土田聡、西田顕郎：日本リモートセンシング学会第 37 回学術講演会，247-248 (2004)  
「短波長赤外反射を用いた植物群落の水分状態の推定」
- 10) 蒲生 稔、前田 高尚、岩男 弘毅、三枝 信子、田口 彰一：日本気象学会 (2004)  
「北半球の中高緯度落葉樹林帯の展葉時期の経年変化(その 2)」
- 11) 岩男 弘毅、Venkatesh Raghavan、西田顕郎、土田 聡、三枝 信子、近藤 裕昭、山本 晋：FOSS/GRASS Users Conference (2004)  
“Internet GIS for ASIA Flux Database”
- 12) 武田洋紀、西田顕郎：日本リモートセンシング学会 平成 16 年度秋季学術講演会 (2004)  
「地上観測による分光データと炭素収支モデルを用いた純一次生産量推定」
- 13) 西田顕郎：平成 16 年度 HyARC 計画研究研究集会「衛星データの融合 (Data Fusion) が織りなす新たな地球システム理解」 (2005)  
「植生モニタリングにおける雲被覆の問題」
- 14) 岩男弘毅、三枝信子、土田聡、近藤裕昭、山本晋、西田顕郎、山下恵、吉村充則：第 14 回東京大学生産技術研究所フォーラム (2005)  
「自動撮像型魚眼デジタルカメラを用いた日射および光合成有効放射量の推定」
- 15) 西田顕郎：第 52 回 日本生態学会 大阪大会，自由集会 (2005)  
「森林の衛星観測の地上検証--岐阜県高山サイトでの実例--. MAFES「衛星生態学の目指すもの」
- 16) 西田顕郎、武田洋紀：岐阜大学 高山セミナー (2005)  
「高山サイトにおけるリモセン地上検証観測の現状と次年度計画」
- 17) 石原光則、松永恒雄、土田聡、西田顕郎、小熊宏之、田村正行：日本リモートセンシング学会第 38 回学術講演会、千葉 (2005)  
「異なる地上観測場所データを用いた MODIS 海域バンドによる PRI の評価」
- 18) 岩男弘毅、三枝信子、土田聡、西田顕郎、山下恵、吉村充則：日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会 (2005)  
「自動撮像型魚眼デジタルカメラを用いた日射および光合成有効放射量の推定」
- 19) 西田顕郎、土田聡、三枝信子、村岡裕由：日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会 (2005)  
「地上と衛星観測による落葉樹林の季節変化の観測」
- 20) 西田顕郎、岩男弘毅、土田聡：日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会 (2005)  
「可視近赤外衛星センサーにおける雲被覆の影響」
- 21) 土田聡、岩男弘毅、西田顕郎、小熊宏之、岩崎晃、川戸渉：日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会 (2005)  
「Phenological Eyes Network における地上観測機器およびその観測手法開発」
- 22) 土田聡、川戸渉、西田顕郎、下田星児：日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会 (2005)  
「クロロフィル指標と水指標による秋期の草地フェノロジーの抽出」
- 23) 岩男弘毅、土田聡、西田顕郎、小熊宏之、岩崎晃、川戸渉：1st International Symposium of 21st Century COE Program “Satellite Ecology” (2005)

- “PHENOLOGICAL EYES NETWORK - Ground-based Measurement for Remote Sensing Studies”
- 24) 川戸渉、土田聡、西田顕郎：日本リモートセンシング学会第39回学術講演会（2005）  
「実測とモデルの分光反射率による枯れ葉中の水分量変化の検出」
- 25) 西田顕郎：日本気象学会2005年度春季大会「複雑多様な陸面諸過程の全体像の把握はどこまで可能か？ その方策を模索する」セッション（2005）  
「衛星リモートセンシングによる陸域生態情報の定期的な観測における問題」
- 26) 西田顕郎、岩男弘毅、土田聡：日本写真測量学会平成17年度年次学術講演会（2005）  
「可視近赤外センサーにおける雲被覆の影響」
- 27) 西田顕郎、土田聡、三枝信子、村岡裕由：日本写真測量学会平成17年度年次学術講演会（2005）  
「地上と衛星観測による落葉樹林の季節変化」
- 28) 西田顕郎：第53回日本生態学会新潟大会，公募シンポジウム JX10 陸域生態系の炭素循環と温暖化、新潟（2005）  
「リモートセンシングによる広域観測」
- 29) Nishida, K.: 1st International Symposium of the 21st Century COE Program “Satellite Ecology,” Gifu Univ., Japan (2005)  
“Influence of stems and branches on the reflectance and ecophysiological process of forest canopy”
- 30) Iwao, K., Tsuchida, S., Nishida, K., Oguma, H., Iwasaki, A., and Kawato, W.: 1st International Symposium of the 21st Century COE Program “Satellite Ecology,” , Japan (2005)  
“Phenological Eyes Network ... Ground-based measurement for remote sensing studies”
- 31) Maki, M., Nishida, K., Saigusa, N., and Akiyama, T.: 1st International Symposium of the 21st Century COE Program “Satellite Ecology,” , Japan (2005)  
“The relationship between NDVI and LAI at the Takayama Asia Flux Site”
- 32) Alexandrov, G.A., Iwao, K., Yamagata, Y., Ito, A., Krapivin, V.F., Mokhov, I.I., Nishida, K.: V European Conference on Ecological Modelling, Pushchino, Russia (2005)  
“Analysis and interpretation of satellite data in connection with global carbon cycle modeling”
- 33) Iwao, K., Saigusa, N., Tsuchida, S., Nishida, K., Yamashita, M., Yoshimura, M., Kondo, H., and Yamamoto, S.: The 26th Asian Conference on Remote Sensing, Hanoi, Vietnam (2005)  
“Estimation of solar radiation and Photosynthesis Active Radiation using automatic capturing Digital Fisheye Camera”
- 34) Nishida, K.: Phenological Eyes Network (PEN): Global Vegetation Workshop 2006, University of Montana (2006)  
“A Ground network for satellite ecological data validation”
- 35) Nishida, K. and Muraoka, H.: Global Vegetation Workshop 2006, University of Montana (2006)  
“Scaling up ground vegetation data by inversion of a radiative transfer model with MODIS data”

- 36) Nishida, K., Iwao, K., Kinoshita, T. and Yamagata, T. : Global Vegetation Workshop 2006, University of Montana (2006)  
 “Validating land cover maps with degree confluence project Information”
- 37) 西田顕郎、岩男弘毅、土田聡：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「衛星リモートセンシングによる炭素動態解析」
- 38) 村岡裕由、西田顕郎、村山昌平、三枝信子、小泉博：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「冷温帯落葉広葉樹林(高山サイト)の炭素吸収過程」
- 39) 西田顕郎、土田聡、本岡毅、岩男弘毅、小熊宏之、小杉緑子、関川清広：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「PENによる衛星データ検証」
- 40) 岩男弘毅、西田顕郎、木下嗣基、山形与志樹：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「DCP データによる土地被覆分類図の検証と高精度化」
- 41) 西田顕郎、村岡裕由：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「放射伝達モデル逆計算による炭素吸収モデル」
- 42) 池田崇史、亀井秋秀、本岡毅、土田聡：環境省地球環境研究総合推進費戦略プロジェクトワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」，東京（2006）  
 「衛星データ検証のためのスカイラジオメーターによるエアロゾル観測」
- 43) 西田顕郎：日本気象学会関西支部 2006 年度第 1 回例会(中国地区)（2006）  
 「衛星リモートセンシングは、陸面過程研究に何を与えてくれるのか」
- 44) 西田顕郎：衛星＋地上観測による、本州中央部の長期広域マルチスケールモニタリング戦略（2006）
- 45) Iwao, K., Nishida, K., Kinoshita, T., and Yamagata, Y. : The 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover (2006)  
 “Validation method for land cover maps using Degree Confluence Points information”
- 46) 西田顕郎：第 53 回 日本生態学会 新潟大会，公募シンポジウム(及川武久先生主宰)JX10 陸域生態系の炭素循環と温暖化，新潟（2006）  
 「リモートセンシングによる広域観測」
- 47) 岩男弘毅、西田顕郎、山形与志樹：日本リモートセンシング学会第 40 回(平成 18 年度春季) 学術講演会(2006)  
 「Degree Confluence Points 情報を用いた土地被覆図精度検証手法の開発」
- 48) 岩男弘毅、西田顕郎、土田聡、川戸渉、小熊宏之、岩崎晃：日本リモートセンシング学会第



- 40 回(平成 18 年度春季)学術講演会 (2006)  
「衛星による地球環境観測のための地上検証ネットワーク (PEN) を用いた観測結果」
- 49) 西田顕郎、今泉文寿、眞板秀二、宮本邦明：平成 18 年度砂防学会研究発表会 (2006)  
「山地における凍結融解による土砂生産量の推定」
- 50) 松野潤、西田顕郎、宮本邦明、澤田豊明：平成 18 年度砂防学会研究発表会 (2006)  
「水文長期観測資料のデータベース化」
- 51) 岩男弘毅、木下嗣基、山形与志樹、西田顕郎：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「DegreeConfluence Project を用いたユーラシア地域の土地被覆図精度検証」
- 52) 西田顕郎、村岡裕由：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「森林の葉面積指数 (LAI) の時系列観測と、それによる衛星推定 LAI の検証」
- 53) 西田顕郎、村岡裕由：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「多層モデル逆解析によって、衛星の分光情報から森林樹冠の光合成と呼吸を推定する」
- 54) 西田顕郎：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「Terra/MODIS と Aqua/MODIS による、光合成有効放射量の日積算値の高分解能簡易推定」
- 55) 本岡毅、西田顕郎、宮田明、間野正美：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「水田の分光反射特性の季節変化とクロップカレンダーの関係」
- 56) 池田崇史、西田顕郎、本岡毅、土田聡、川戸渉：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「スカイラジオメーターによるエアロゾル光学特性の観測」
- 57) 三上寛了、松下文経、西田顕郎、土田聡、川戸渉：日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会、横浜 (2006)  
「LAI 推定高度化のための魚眼デジタルカメラ放射量補正」
- 58) 佐々井崇博、西田顕郎、伊藤昭彦、三枝信子：日本リモートセンシング学会 平成 18 年度秋季学術講演会、沖縄 (2006)  
「衛星データ重視型モデルによる東アジア地域の陸域炭素フラックス推定」
- 59) 本岡毅、西田顕郎、土田聡、宮田明、間野正美：日本リモートセンシング学会 平成 18 年度秋季学術講演会、沖縄 (2006)  
「水田における MODIS 可視近赤外バンドと植生指標の地上検証」
- 60) 小柳智和、西田顕郎：日本リモートセンシング学会 平成 18 年度秋季学術講演会、沖縄 (2006)  
「SPOT-VGT と MODIS による東アジアの植生変動域の抽出」
- 61) Hirokazu YAMAMOTO: APAN 22th Eearth Monitoring WG, NUS, Singapore (2006).  
“ASTER and MODIS Data Processing Based on GEO Grid systems”
- 62) Hirokazu YAMAMOTO, Ryosuke NAKAMURA, Naotaka YAMAMOTO, Satoshi TSUCHIDA, and Satoshi SEKIGUCHI: Global Vegetation Workshop 2006, Montana (2006)  
“ASTER and MODIS Data Processing System --- GEO Grid ---, Poster session”
- 63) Hirokazu YAMAMOTO: Global Vegetation Workshop 2006, Montana (2006)  
“GLI/ SGLI experience with VI's”

- 64) Hirokazu Yamamoto, Hiroki Yoshioka, Hiroshi Murakami, Akiko Ono, Yoshikai Honda: Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability III. Edited by Gao, Wei; Ustin, Susan L.. Proceedings of the SPIE, Volume 6298, 62980S-0S8, San Diego, CA (2006)  
“The possibility of aerosol correction over land using ADEOS-II GLI 380nm reflectance”
- 65) Hirokazu YAMAMOTO, Akihide KAMEI, and Satoshi TSUCHIDA: 30th Aster Science Team Meeting, Pasadena (2006)  
“ASTER & MODIS/Terra atmospheric corrections in AIST GEO Grid System”
- 66) 中村良介、土田聡、山本直孝、山本浩万、関口智嗣、浦井稔、児玉信介、在岡麻衣、亀井秋秀、佐々井崇博：情報統合の新展開，地質ニュース、第 626 号、19-24 (2006)  
「地球観測グリッドシステム(GEO Grid)」
- 67) 佐々井崇博、三枝信子：秋葉原、Geogrid シンポジウム (2006)  
「地上観測・衛星データ・モデルを用いた炭素フラックスの推定」
- 68) 佐々井崇博：日本気象学会 2007 年度秋季大会・第 1 回統合的陸域圏研究連絡会、名古屋 (2006)  
「陸域生物圏モデルを用いた炭素フラックスの推定」
- 69) 佐々井崇博、西田顕郎、伊藤昭彦、三枝信子：(社)日本リモートセンシング学会第 41 回学術講演会、那覇 (2006)  
「衛星データ重視型モデルによる東アジア地域の陸域炭素フラックス推定」
- 70) 池田崇史、西田顕郎(農林工学系、亀井秋秀、川戸渉、本岡毅、土田聡：平成 18 年度 陸域環境研究センター年次研究報告会 (2007)  
「スカイラジオメーターを用いた筑波におけるエアロゾル光学的特性の観測」
- 71) 永井信、三枝信子、村岡裕由、森本宏、西田顕郎：第 15 回生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリングフォーラム」 (2007)  
「日本の冷温帯落葉広葉樹林を対象とした植生指数と GPP の関連についての考察」
- 72) 関川清広、川尻浩史、藤島理、村岡裕由、西田顕郎、鞠子茂：日本生態学会全国大会 ESJ54、松山 (2007)  
「LAI に基づく冷温帯半自然草原の NPP 推定」
- 73) 村岡裕由、吉野純、斎藤琢、李美善、牧雅康、児島利治、西田顕郎、玉川一郎、秋山侃、安田孝志、小泉博：日本生態学会全国大会 ESJ54、松山 (2007)  
「中部山岳地帯における生態系機能評価の試み」
- 74) 西田顕郎 (代理発表：村岡裕由)：日本生態学会全国大会 ESJ54、松山 (2007)  
「地球生態系における衛星リモートセンシング観測とモデリング」
- 75) Hirokazu YAMAMOTO, Shinsuke KODAMA, Naotaka YAMAMOTO, Ryosuke NAKAMURA, Satoshi TSUCHIDA, and Satoshi SEKIGUCHI: APAN 23th Eearth Monitoring WG, Manila Philippines (2007)  
“The progress report on GEO Grid”

### (3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)  
なし

(5) マスコミ等への公表・報道等  
なし