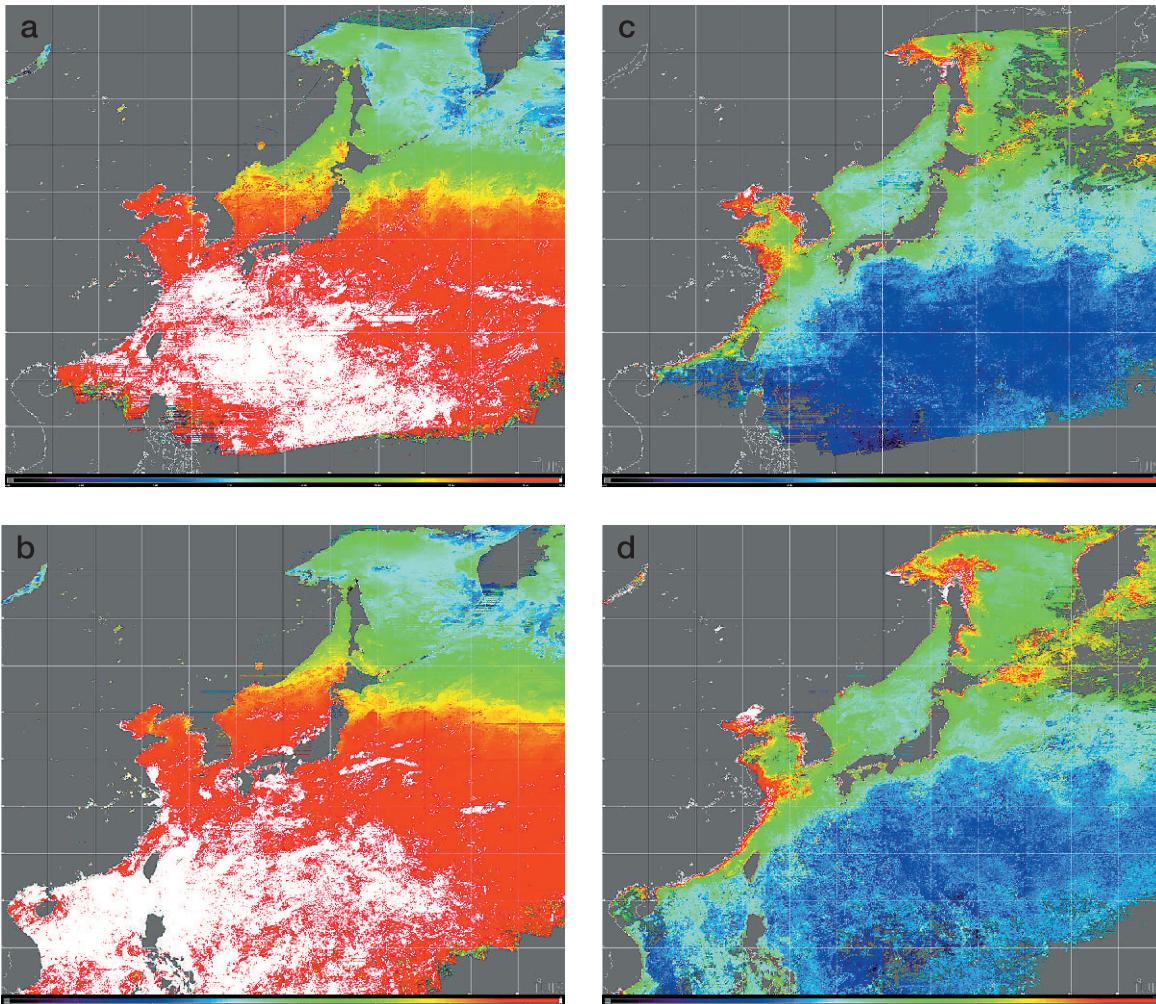


# CROSSROADS

第24号 2010年10月 3<sup>rd</sup> Phase, Vol.9, No.1

学校法人 東京農業大学 東京情報大学



月平均海表面温度分布 (a:2009年8月(左上)、b:2010年8月(左下))、月平均クロロフィル-a濃度分布 (c:2009年8月(右上)、d:2010年8月(右下)) 今年のサンマとネットワーク研究 (P4-5参照)

## contents

巻頭言 先端農業経営と情報	2	日本の47都道府県の産業連関表に基づく エコロジカル・フットプリントのネットワーク分析	12
MODIS画像集	3	中国(吉林省)における水稻栽培研究	14
今年のサンマとネットワーク研究	4	フィリピンにおける水稻生産と消費の研究	15
情報基盤研究グループ(IIRG)研究状況	6	会議記録／東京情報大学東アジア環境・経済研究棟 落成式／出張記録／編集後記	16
手賀沼流域における水生植物の現状	8		
データと画像を地理情報システムで表示	10		

現在、日本の農業経営は大きな変貌を遂げている。こうした農業経営をどのように評価するかは議論の分かれるところであるが、本論では情報の活用という視点から考えてみたい。農業経営において情報を戦略的に活用している事例は、大きく次の3つに整理することができる。第1は生産管理の局面での活用、第2は環境保全型農業構築場面での活用、第3はマーケティングでの活用である。以下、これらの内容について紹介し、農業情報利用の将来方向を考えみたい。

農業経営の生産管理における情報の活用は、施設園芸と水稻、麦、大豆などの土地利用型作物では大きく異なっている。施設園芸の場合は、水、温度、肥料、農薬などを施設内外の環境条件に従って自動調節する施設制御情報システムとしての活用である。一方、土地利用型経営の場面では、経営耕地面積規模の拡大に伴う圃場数の増加・分散・土地生産力の多様性に伴う、管理の複雑さ、困難性への対応の必要性から情報の活用が求められている。こうした土地利用型経営における農家主導型の情報システムの開発では、圃場一筆ごとの管理を徹底化することによる「作業・管理の見える化」と徹底した「コスト管理」が目指される。作業・管理の見える化では、雇用した従業員が膨大な数の圃場一枚一枚について毎日実施する作業の内容（播種・施肥・防除・除草・収穫などの作物管理、農業機械・施設の毎日の利用計画）を知るとともに、圃場単位の徹底したコスト管理の実践が目指される。しかし、農業経営は作る作物の種類、地域の農地の状況、農家の技術水準に従って多種多様であり、汎用的な「作業・管理の見える化システム」の開発は困難である。むしろ、ベースとなる情報システムを開発して、その後はクライアントとなる経営単位に独自のチューニングをして提供する方向が必要である。すなわち経営単位のオリジナル情報システムの開発を目指すべきである。

第2の環境保全型農業構築場面での情報システムも土地利用型経営での活用が中心となる。ここでは環境保全と生産性の同時追求を目指す精密農業（Precision Farming）が注目される。精密農業は第1の「作業・管理の見える化」を環境保全を含めてより大がかりかつ総合的に展開しようという狙いを持っている。精密農法は「圃場マッピング技術」「場所ごとの特徴に対応できる可変作業技術」「意思決定支援システム」の3つの要素から構成され、最適なマネジメントシステムの提供を目指している。まだまだ試験研究機関や情報関連企業による実験段階にあるが、GPSを活用し

た農業機械の利用、圃場マッピングシステムなどは一部の農家が既に利用している。また、精密農業とロボット技術との融合も検討されている。社会的にもGAPなどの生産工程管理、生産履歴情報等が求められる現在、精密農業の重要性は高まり、こうした技術を受容できる農家も着実に育っている。

第3の農産物マーケティング・市場に関する情報化は、卸売市場システムの硬直化、農協による卸売市場を中心とした農產物流通システムの採用から遅れていた。こうした状況の中で、インターネットを活用した電子商取引の普及は、市場流通を中心とした伝統的な農產物流通システムに革命的な変革をもたらした。従来の農產物流通ではなく市場ニーズ=消費者ニーズ>とみなされ、市場が求める厳格な規格、品質の統一、出荷資材の統一等が促進され、規格外品の増加、集出荷経費の増大、さらには市場価格の変動をもたらし、消費者の真のニーズからかけ離れた生産・流通システムが構築されてきた。しかし、電子商取引の普及は、農家と消費者との間の直接取引を促進し、消費者の真のニーズを農家が把握し、消費者ニーズに即した商品開発、生産システムの構築を可能とした。特に農家自らホームページを開設して電子商取引を実践したり、こだわりを持った農家を結集して農産物のインターネット販売を実践する専門企業も現れ、農產物流通システムは大きく変化した。

このように、先端農業経営の安定的な発展を支える情報技術、情報システムに関する最近の進歩はめざましいものがあり、そうした技術開発の成果を積極的に受け入れる農業経営も着実に育ってきている。こうした動きを加速化して本物にするために、最後に3つの提言をしておきたい。

第1は農産物価格の高騰が望めない現在、農業経営の高コスト構造を助長するような情報技術の開発・普及を行ってはならないということである。常にコストを意識して情報技術の開発に挑戦すべきである。

第2は農家の知恵を情報技術の開発に積極的に活かすべきである。農家の知恵と技術の特徴は総合化にあり、常に全体のバランスを考えた技術選択を行っている。開発技術を常に経営全体のバランスの中で評価してくれるのが農家であることを忘れてはならない。

第3は完璧な機械・施設とその情報による管理を求めるのではなく、地域条件・経営条件に従った柔軟な情報システムの開発を行い農家が個性的な経営を実践できる余地を残すべきである。

# MODIS画像集

気象庁によると2010年夏季（6,7,8月）の日本の平均気温は平年を1.64度上回り、1898（明治31）年の統計開始以降の113年間で最も暑い夏となった。2009年7月下旬の日中land surface temperature (LST) 画像（図1）と2010年7月下旬の日中LST画像（図2）を比較すると、2009年7月下旬よりも2010年7月下旬の地表面温度は3大首都圏（東京、名古屋、大阪）を中心に、相対的に高くなっている。

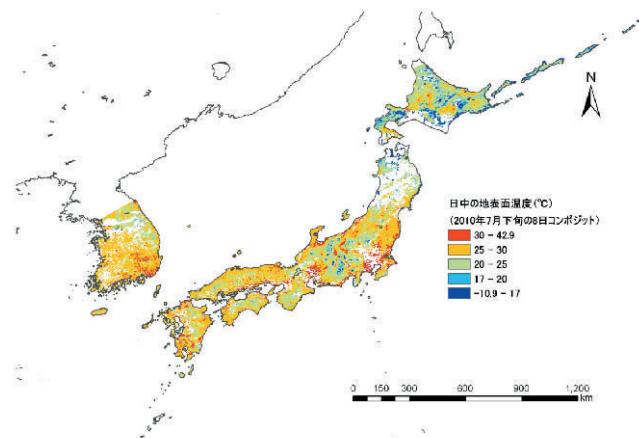
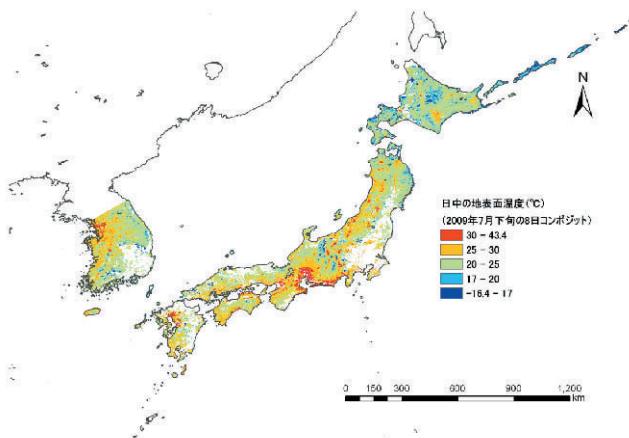


図1 Terra/MODIS衛星画像(解像度1km)による日中LST(2009年7月下旬8日コンポジット)。雲領域はマスク処理により白抜きで表示されている。

図2 Terra/MODIS衛星画像(解像度1km)による日中LST(2010年7月下旬8日コンポジット)。雲領域はマスク処理により白抜きで表示されている。

2009年7月下旬の夜間LST画像（図3）では熱帯夜日（日最低気温が25°C以上）の地域が少ないが、2010年7月下旬の夜間LST画像（図4）では3大首都圏（東京、名古屋、大阪）を中心に熱帯夜日の地域が広域に分布している。

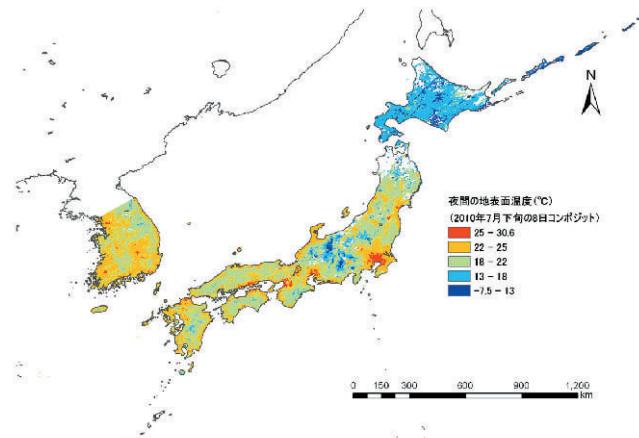
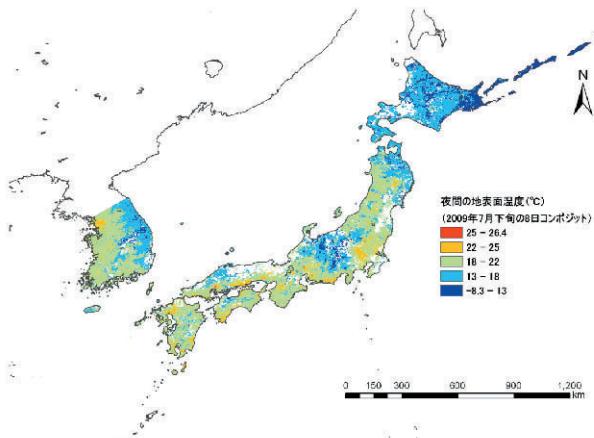


図3 Terra/MODIS衛星画像(解像度1km)による夜間LST(2009年7月下旬8日コンポジット)。雲領域はマスク処理により白抜きで表示されている。

図4 Terra/MODIS衛星画像(解像度1km)による夜間LST(2010年7月下旬8日コンポジット)。雲領域はマスク処理により白抜きで表示されている。

# 今年のサンマとネットワーク研究

水圏環境変動過程研究 浅沼 市男

## 今年のサンマ

今年の生サンマの水揚げ量は、漁期開始の時点であるものの、例年に比べ非常に少ない量となっている。図1は、漁業情報サービスセンターの統計データを基礎に、北海道から房総半島までの全漁港における生サンマの水揚げ量を求めたグラフである。北海道から三陸沖及び房総半島沖合の生サンマの水揚げであり、太平洋あるいは日本海を南下し、他の漁港へ水揚げされた生サンマを除いた量である。2010年8月19日に北海道花咲港に約60トンの生サンマが初水揚げされたものの、その量は昨年の5%程度にとどまり、1匹500円程度の競り値がついた（毎日新聞8月19日）。

一方、「我が国周辺水域資源調査推進事業」のもと、独立行政法人水産総合研究センターは、関連機関の6月から7月にかけての漁期前調査結果から、平成22年度北西太平洋サンマ長期漁海況予報を発表した。2010年8月3日に発表された北西太平洋サンマ漁況予報は、「来遊量は2009年を下回るもの、漁期全体での大型魚の割合は前年を上回る」と予報した。また、「大型船出漁後の漁場は択捉島南沖に形成され、三陸沖への南下時期は平年並みで、漁場形成は10月上旬になる」と、来遊量が下回るもの、いずれも平年並みの予報となった。

しかし、8月中旬の生サンマの水揚げ量は、前述の通り、極端に非常に少ない水揚げ量となったが、今後のサンマの南下に期待がもたれている。

## サンマの生息海域

この生サンマの水揚げ量の減少は、北海道から三陸沖合にかけての黒潮と親潮の分布と密接に関連する。黒潮本流は、銚子東方沖合から東に向かって流れるが、その一部は三陸沖暖水塊として分離し、時計回りの渦を巻きながら北上する。これらの三陸暖水塊の間を縫うように北からの親潮が南下する。

図2-bは、MODISにより得られた2010年8月の月平均海表面温度分布図である。三陸沖合の暖水塊が高水温を維持し、津軽暖流と根室半島沖合の暖水塊も高水温を維持した。三陸沖には、親潮が存在するものの、周辺海域と同様に昇温し、例年と異なり、高温水域が広がった。特に根室半島沖合の暖水塊の勢力が強く、親潮の南下を阻止するように存在した。これを図2-aの2009年8月の月平均海表面温度分布図と比較すると、三陸沖に暖水塊が存在するもののその勢力は弱く、根室半島から襟裳岬、さらに岩手県沖まで水温の低い親潮が勢力をのばしていた様子が分かる。

同様にMODISにより得られた2009年8月（図2-c）と、2010年8月（図2-d）の月平均クロロフィル-a濃度分布図を比較すると、根室半島から、国後島、択捉島の千島列島に沿ったクロロフィル-a濃度の大きな差に注目される。2009年8月には、クロロフィル-a濃度の低い親潮が三陸沖まで南下していたが、これに対し、2010年8月には、クロロフィル-a濃度の高い親潮の南下が、暖水塊により阻止され、

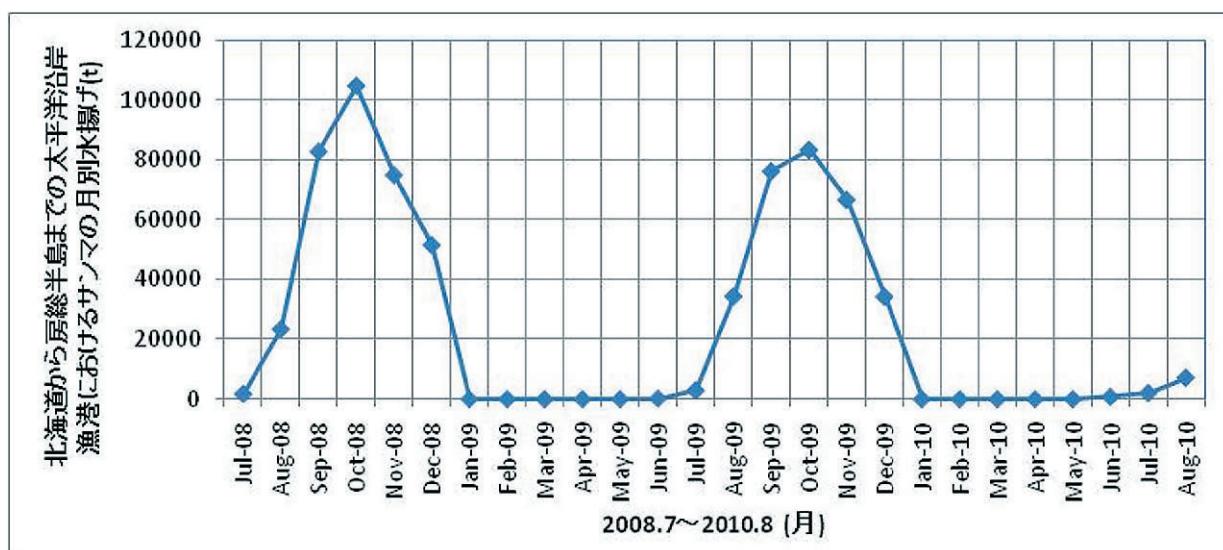


図1 北海道から房総半島までの太平洋沿岸の全漁港における生サンマの月別水揚げ量

択捉島南方沖合に留まった。

結果として、水温が低く、餌の豊富な海域を好むサンマは、南下せずに、択捉島南方海域のクロロフィル-a濃度が高く、動物プランクトンの多い海域に留まっており、日本漁船によるサンマの漁獲高低下となった。

## ネットワーク研究

さらに、このような海洋構造となった背景には、5月から始まったラ・ニーニャ現象が大きく貢献していると考えられる。昨年から継続していたエル・ニーニョ現象は、2010年5月で終息し、一転して、ラ・ニーニャ現象となった。

エル・ニーニョ現象時には、赤道上の偏東貿易風の勢力が弱まり、暖水プールが赤道上の日付変更線側に形成される。一方、ラ・ニーニャ現象時には、赤道上の偏東貿易風の勢力が強まり、暖水プールが赤道上の西部太平洋に

形成される。ラ・ニーニャ時には、西部太平洋側へ水塊が押し寄せられ、結果として、北緯15度付近を西向きに流れる北赤道回流も影響を受け、黒潮の勢力変化として表れる。

米国海洋大気庁（NOAA）の気候予測センタ（CPC）が2010年8月5日に発表したエル・ニーニョ南方振動診断報告によると、2011年にかけラ・ニーニャ状態が維持されると予報した。NOAAは、このラ・ニーニャ傾向の影響に長期的な気候変動を加味し、米国における異常気象を予測し、Webから発表している。

国内では、ラ・ニーニャ傾向による直接的な影響予測は発表されておらず、一般的なラ・ニーニャ発生時に現れやすい天候の特徴の発表に留まっている。

サンマの水揚げ量の変動は、ラ・ニーニャ現象との強い結びつきが考えられ、本研究における典型的な環境変動のネットワーク解析の指標となりうる。

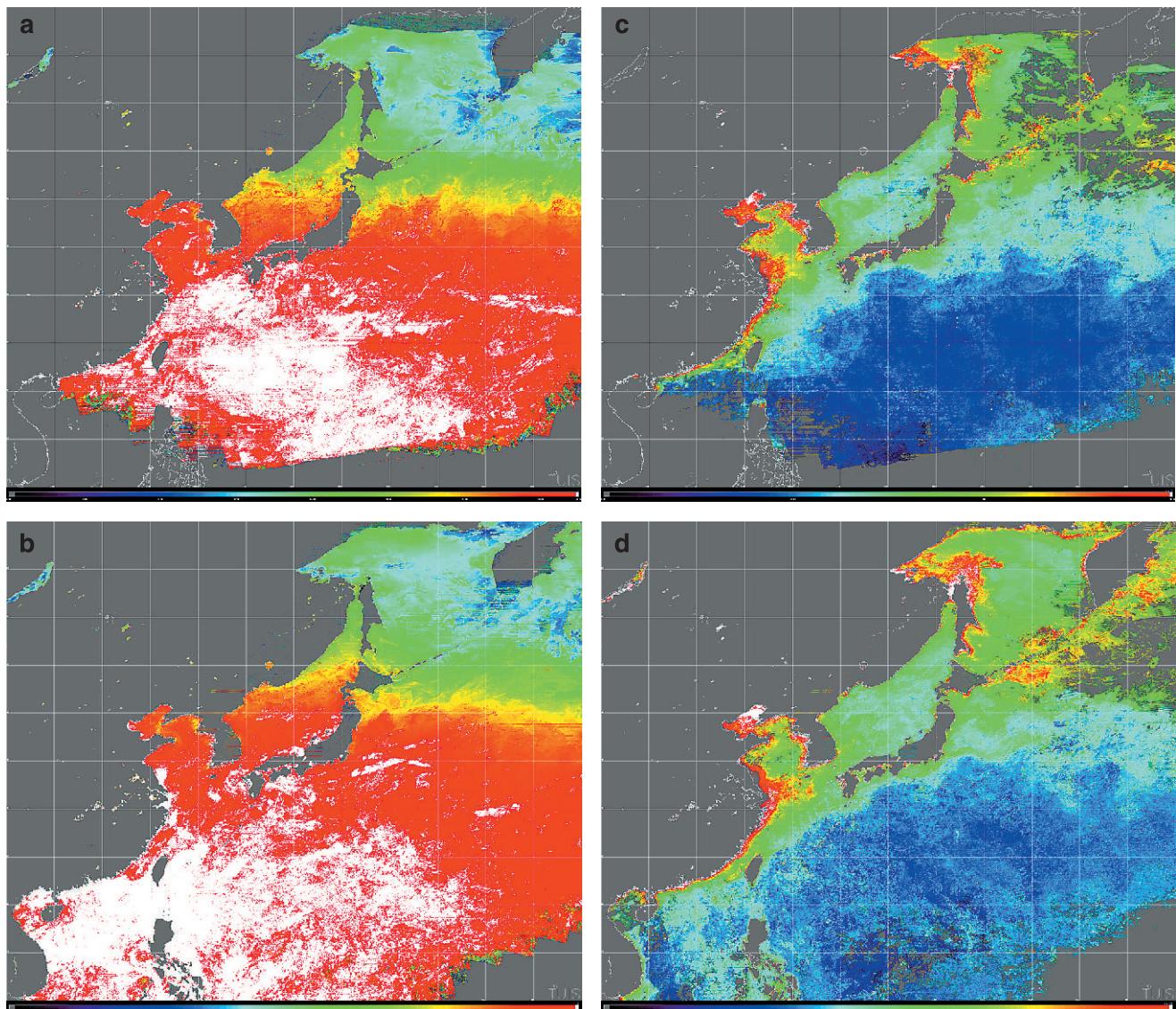


図2 月平均海表面温度分布(a:2009年8月(左上)、b:2010年8月(左下))、月平均クロロフィル-a濃度分布(c:2009年8月(右上)、d:2010年8月(右下))

# 情報基盤研究グループ(IIRG)研究状況

東京情報大学 布広 永示、マッキン ケネスジェームズ、朴 鍾杰、松下 孝太郎、山口 崇志、浅沼 市男、原 慶太郎  
日本大学 五十嵐 正夫、柳澤 幸雄

## 1. はじめに

情報基盤研究グループでは、広域衛星データ（NOAA, MODISデータ）を利用するための情報基盤である衛星画像解析システムの開発・MODISデータ配信や土地被覆変化の抽出、NDVIの時系列変化など、MODIS /NOAA衛星データの数理情報解析に関する研究を進めている。本報告では、「時系列衛星データを用いた土地被覆変化傾向抽出」の研究状況について報告する。

## 2. 時系列衛星データを用いた土地被覆変化傾向抽出（朴 鍾杰）

### 2.1 はじめに

土地被覆変化抽出研究では、広域性、均質性、周期性などの特徴を持つリモートセンシングデータが幅広く用いられ、特にNOAA/AVHRRやTerra/MODISなどの広域観測衛星から得られたNDVIを用いることが多い。NDVIは植物の光合成活動や植物の“greenness”と密接な関係があるため、大陸規模やグローバル異常気象の影響評価、熱帯林のモニタリングや植生分布図作成、グローバル炭素循環や水循環解析に多く用いられる。一方、NDVIの他に地表面温度（LST）を用いた研究も多い。干ばつの指標として蒸発散、植生水ストレス、土壤水分、熱慣性などの解析にLSTを用いている。特に植生がまばらに分布する地域における干ばつの影響解析はNDVIよりLSTが有効であると報告されている。本研究では18年間の時系列NOAA/AVHRRのNDVIとLSTを用いた土地被覆変化の傾向を調べるために、i) 18年間の月別異常変化抽出、ii) フェノロジーのずれを考慮した年度別変化量抽出、iii) NDVIとLSTの年度別変化量による18年間の傾向分析について行う。

### 2.2 使用データ

本研究で用いられる時系列NDVIとLSTは異なる機関から作成されたデータである。NDVIはGoddard Space Flight Centerによって作成された The Global Inventory Modeling and Mapping Studiesデータセットから、LSTはPathfinder Programの一部としてNOAA /NASAによって作成されたデータセットの熱赤外バンドから求めたものである。

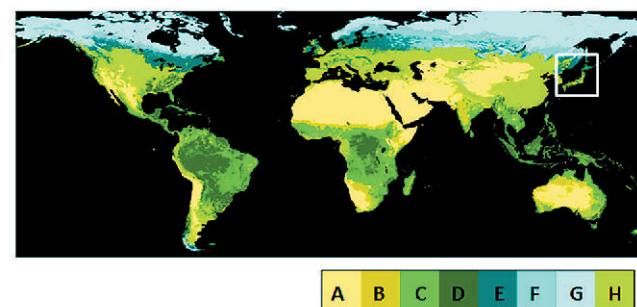
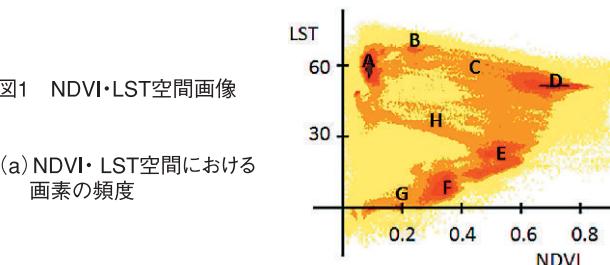
### 2.3 分析結果

#### (1) NDVI・LST空間画像

図1は18年間のNDVIとLSTの平均データを用いてNDVI・LST空間にプロットし（a）、頻度が多い場所を中心にAから

Hまで8つに分類した（b）。NDVIのみでは区別が困難な赤道付近の常緑森林と高緯度の落葉森林がLSTによってC、EとF域に分類できた。NDVI・LST空間の特徴からC点はDry Landの植生域、EとFはWet Landの植生域として区別できる。（c）の日本の場合、東京はA点で砂漠と同じ特徴を持ち、九州地方と四国地方の常緑林域はD点で南アメリカや中央アフリカの熱帯林と同じ特徴を持つ。また、北海道と本州の山間地域はE点、本州の平野部はH点でさまざまな特徴が広く分布しているといえる。

図1 NDVI・LST空間画像  
(a) NDVI・LST空間における画素の頻度



(b) AVG\_NDVIとAVG\_LSTを用いたNDVI・LST空間画像



(c) 日本におけるNDVI・LST空間画像

図2は、フェノロジーのずれを考慮した1984年の年度変換NDVI画像である。平均NDVIのピーク旬を中心に6ヶ月間の平均であるため、非成長時期（降雪時期や融雪時期のずれなど）の変化に影響されない。DIF\_NDVIの主な変化地域として、中央アフリカで月平均NDVIが0.1減っていること

が分かる。その地域は平均NDVIが0.3～0.5の草地であり、月平均0.1減の変化量は非常に大きいといえる。その原因是、7月から10月まで中央アフリカでは高温が続き、またガーナとナイジェリア周辺では7月から12月まで記録的な少雨（異常気象レポート'89）の影響であると考えられる。

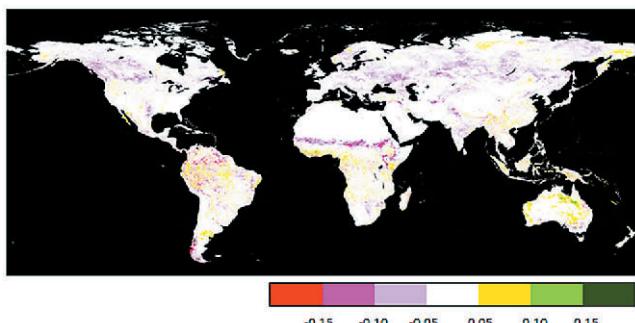
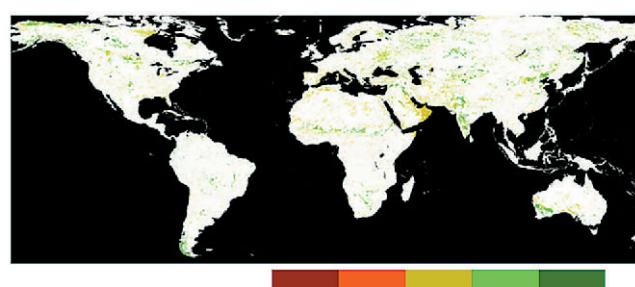


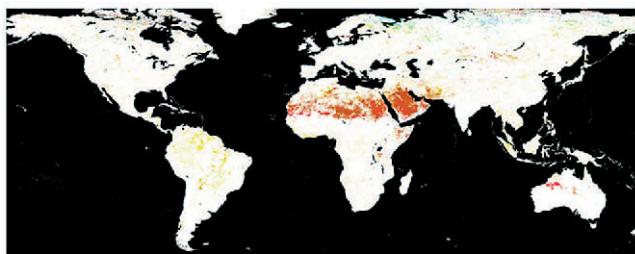
図2 フェノロジーのずれを考慮した1984年の年間変化NDVI

### (3) NDVIとLSTの経年変化

図3は、すべての画素に対して18年間のDIF\_NDVIとDIF\_LSTを用いて標準化残差法によって傾向を求めた。(a)は緑の色ほどNDVIの増加傾向、赤色ほどNDVIの減少傾向を示す。DIF\_NDVIの傾向が-0.005～0.005までは黄色として表した。時系列データを用いて傾向を調べる際、F分布の有意水準 $\alpha=0.05$ 以上で相関係数が0.5以上ののみを用いたため多くの画素が無効になった(白色)。DIF\_NDVIの経年変化が見られた多くの地域が増加傾向である。減少傾向地域としては中国香港周辺が広い範囲を示している。それ以外の地域では中央アフリカ西海岸とブラジルなど赤色が分布しているがまとまった地域は見られない。(b)は色が青



(a) 18年間のNDVIの傾向図



(b) 18年間のLSTの傾向図

図3 NDVIとLSTの経年変化

いほどDIF\_LSTの減少傾向、赤いほどDIF\_LSTの増加傾向である。

### (4) NDVI・LST勾配空間図

多くの地域は図4のようにNDVIのみの変化かLSTのみの変化である。NDVI増加傾向（緑）とLST増加傾向（赤）地域に分かれており、主に草地（農作地を含む）ではNDVIの増加傾向が見られ、赤道を中心とした砂漠域ではLSTの増加傾向が見られる。

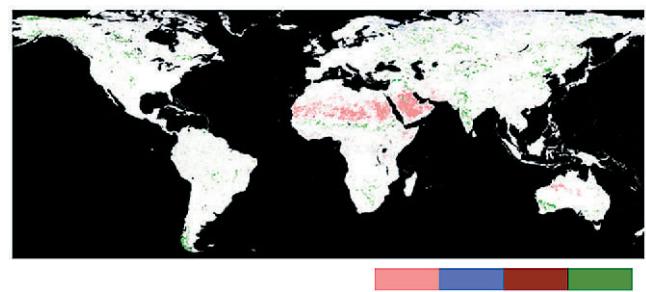


図4 NDVI・LSTの勾配空間領域図

LST+ LST- NDVI- NDVI+

### 2.4まとめ

本研究は1982年から1999年まで18年間の時系列NOAA/AVHRRによるNDVIとLSTを用いて土地被覆変化傾向について調べた。はじめに、年ごとの異常変化を調べるために、18年間の平均データを作成した。月別異常変化地域を抽出するために、平均データと標準偏差データを用いて月別の偏差値を求めた。その結果、1984年にアフリカ大陸に起こった大旱魃は7月に始まり1985年1月まで続いたことが分かった。また、フェノロジーのずれを考慮した年間変化量(DIF\_NDVIとDIF\_LST)を求めた。

次に18年間のDIF\_NDVIとDIF\_LSTを用いて線形回帰分析による傾向を求めた。2つの傾向を用いてNDVI・LST勾配空間に示した。その結果、NDVI増加傾向とLST減少傾向の特徴を持つ地域としてカザフスタンの湿地、チャド湖の東部の草地とベネズエラ東部の農作地が、NDVI減少傾向とLST増加傾向の特徴を持つ地域としてイラクの農作地を抽出することが出来た。しかし、多くの地域ではNDVIかLSTのみの変化であり、主に草地や農作地でNDVIの増加傾向、砂漠地域でLSTの増加傾向であることが分かった。

以上の結果から、NDVIは気象の影響や人為的影響で植被が変化し、その結果としてNDVIが変化する。しかし、LSTの場合、土地被覆の変化によりLSTが変化する場合もあるが、気象そのものがLSTに直接影響を与えるため、LSTの変化が必ずしも地表面の変化でないことが分かった。

# 手賀沼流域における水生植物の現状

東京情報大学 斎藤 康宏、富田 瑞樹、原 慶太郎  
千葉県立中央博物館 林 紀男

## はじめに

湖沼や河川沿岸の植生帯は、水域と陸域の生態系をつなぐエコトーンとして重要な役割を果たしている。たとえば、多くの魚類や水生昆虫、鳥類などに生息地や餌資源を提供することによって、高い生物多様性を維持している。一般的には、生物多様性が維持されることでその生態系が健全に機能すると考えられており、その結果、水質浄化・漁場提供・洪水制御などの多様な生態系サービスを提供するとされている。近年、これらのサービスを資源として定量的に把握し、将来にわたって持続的に利用することが求められている。

千葉県北西部に位置する手賀沼は、我孫子市・柏市・印西市・白井市にまたがる面積 $6.5\text{ km}^2$ 、水量 $650\text{ 万 m}^3$ の浅い小湖沼である。手賀沼は水生植物が旺盛に繁茂する水域であったが、1960年代に戦後の食糧不足を補うために行われた国営干拓事業により、植物が最も繁茂していた沼半分弱にもおよぶ $529\text{ ha}$ の浅瀬が陸化し、多くの水生植物が絶滅・減少した。その後の河川改修や、住宅団地や工業団地の造成とともに生活排水・工業排水の増加、農業排水に含まれる除草剤などが影響し、約30種近く生育していた在来水生植物のほとんどが消失してしまった。

一方、近年の手賀沼では、オオカナダモやオオフサモなどの外来水生植物が分布を広げつつある。特に、環境省が特定外来生物に指定するナガエツルノゲイトウは流域内で急速に分布を拡大していることから、在来種の保全や外来種の駆除の計画策定のために流域内における在来種・外来種の分布を把握し、地理空間上にデータベース化することが重要である。

本報告では、千葉県立中央博物館および手賀沼水環境保全協議会の共催事業として市民と研究者との協働下で実施された「手賀沼水草探検隊」によって得られた水生植物の分布図を、GISを用いて地理空間上にデータベース化し、手賀沼流域を構成する6つの流域における水生植物群集の種組成や空間分布を解析した結果から、現在の手賀沼流域における水生植物の現状について報告する。

## 調査地と方法

手賀沼流域( $156.2\text{ km}^2$ )は6つの流域から構成される(図1)。小規模な谷津が入り組む亀成川流域には、二次的自然が残存している。直接流入域は、手賀沼流域を構成して



図1 手賀沼流域の植生域画像。ASTERデータから算出したNDVI値が0.4以上のセルを植生域として表す。

いるすべての河川が流入してくる流域であり、手賀沼・下手賀沼を含むため他の流域に比べ流域面積が広い。大津川流域には面積の大きい谷津に川幅の広い河川が流れ、その下流域には水田がひろがる。大堀川流域の河川は市街地を流れ、その一部は暗渠となるなど、流域の大部分が都市的環境である。金山落流域には区画整備された用水路が流れ、上流から下流まで水田がひろがる。金山落流域と同様に、染井入落流域には区画整備された河川が流れるが、6流域の中で最も流域面積が狭い流域である。

地形データ(10m DEM)から河川の次数に対応する流域(以後、集水域とする)を作成し(図1)、集水域の面積や河川の総延長を算出した。集水域ごとに水生植物の在・不在を記録し、千葉県レッドデータブック掲載種か否か、および、外来生物法による指定外来種か否かを調べた。

ASTERデータ(2005年9月)から求めた正規化植生指数(NDVI)を用いて、NDVI値が0.4以上のセルを植生域、それ以外を非植生域に区分したうえで、各流域における植生域の面積割合をもとめ、それを植被率とした(図1)。

種の多様性(豊富さ)を表す指標として、 $\gamma$ 多様性、 $\alpha$ 多様性、および $\beta$ 多様性を用いた。ある地域が複数の生育地からなる場合、全生育地の多様性を $\gamma$ 多様性、1つの生育地の多様性を $\alpha$ 多様性、生育地間の種組成の違いを $\beta$ 多様性という(図2)。

本研究では、集水域ごとにGleasonの多様度指数を算出し、平均したものを各流域の $\alpha$ 多様度とした。各流域における最大次数の集水域の多様度指数を $\gamma$ 多様度とし、 $\beta$ 多様度を $\gamma/\alpha$ から算出した。

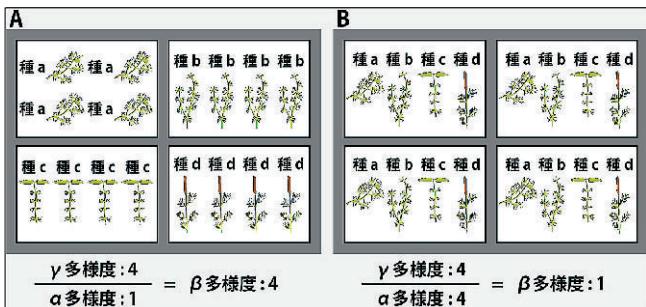


図2  $\gamma$ 多様性、 $\alpha$ 多様性、および $\beta$ 多様性の考え方を表す模式図。灰枠内は各流域を、白枠内は各集水域を表す。種数で考える場合、流域の多様性( $\gamma$ 多様度)は総出現種数、1つの集水域の多様性( $\alpha$ 多様度)は各集水域の平均種数として表すことができる。また、集水域間の種組成の違い( $\beta$ 多様度)は、 $\gamma/\alpha$ として表される。Aの流域は集水域の多様性は低いが、流域の多様性は高い。一方、Bの流域は集水域の多様性は高いが、集水域間の種組成に違いはない。

## 結果および考察

手賀沼流域に出現した21種のうち、約3割の6種が千葉県レッドデータブックに記載されている保護指定種であったことから、貴重な水生植物が数多く生育することが確認された。一方、外来生物法の指定種も6種と数多く出現していた。種数と多様度を流域ごとにそれぞれ比較すると、亀成川流域には18種、直接流入域には17種出現し、 $\gamma$ 多様度は5.65、4.57と、高い値を示した。その他の流域における $\gamma$ 多様度は2未満と低かったことから、手賀沼流域における種多様性は、亀成川流域と直接流入域によって引き上げられていると考えられた。すなわち、亀成川流域のような出現種の豊富な一部の流域が、手賀沼流域の水生植物の種多様性を高めていると推察された。

亀成川流域は流域面積が狭く、河川の総延長が短いものの、植被率は23.3%と他流域よりも顕著に高かった。また、 $\alpha$ 多様度が3.10と他流域に比べて非常に高い値を示した。一方、大津川流域と大堀川流域は、それぞれの流域面積を合計すると手賀沼流域の約4割を占めるものの出現種数は6種や4種と少なく、 $\alpha$ 多様度はどちらの流域も1未満(0.83と0.40)と低い値を示した。また、植被率もそれぞれ3.7%、1.9%と低かった。手賀沼流域の西部は1960年代から土地開発が進んでいるために市街地面積割合が高い一方、流域東部は市街地化の影響が低いため二次林などに由来する緑地面積の割合が高かった(図1)。すなわち、東西の開発程度の違いが水生植物の種多様性の差異に強く影響しているものと推察された。

亀成川流域には、ツツイモやイトモなどの千葉県レッドデータブック指定の沈水性保護生物が多数確認された。沈水性の水生植物は水底に固着しながら植物体全体が水中にあるため、他の生活型よりも水質や光環境の影響を受けやすい。

つまり、宅地開発や森林伐採による泥水の流入、宅地の増加に伴う生活排水の増加、ホテイアオイなどの外来性浮遊植物の繁茂によって水中へ届く光が大きく減少することで、沈水植物は急速に消滅してしまうことが予想される。また、保護生物の分布は、東西による開発程度の違いに加え、亀成川流域の谷津の多さにも影響されていると考えられた。すなわち、より小さい谷津が複雑に入り組んだ樹枝状の地形を示す亀成川上流部に残存する自然環境が、保護生物に区分される水生植物の生育を維持しているものと推察された。また、一部の水生植物は生育場所によって生活形態が変わる。たとえば、水深の確保された場所では、沈水植物として知られるササバモは、水中葉が乾出すると沈水葉が浮葉に形態変化する。さらに水位が低下し植物体が乾出する条件になると新たに陸生葉を形成し湿生植物になる。これらのような、水面に葉を広げる浮葉植物や、水面を浮遊する浮遊植物は流速の速い水域には定着できないため、ため池などの閉鎖性水系やワンドなど止水域の存在が重要である。直接流入域には手賀沼・下手賀沼が、亀成川流域にはため池などがあることが、これらの流域において水生植物の多様度が高い要因のひとつと考えられた。

一方、市街地が流域面積の多くを占める大津川流域・大堀川流域・染井入落流域では、ヨシやマコモといった抽水植物が主に確認された。抽水植物は、沈水植物と同じく水底に根をはるが、植物体の一部(茎や葉など)を空気中に出す。このため抽水植物は、好適な光環境に起因して生産性が高く、人間活動による汚濁の進んだ水系でもよくみられることが知られている。本研究結果でも同様の傾向が確認されたといえよう。

手賀沼流域における水生植物群集の種組成や空間分布は、多様な生育環境(河川・ため池・湿地・水田)の有無や、過去の宅地造成、河川改修によるハビタットの喪失などの直接的影響、その後の水質の変化、すなわち、農業排水・生活排水などによる間接的影響に大きく影響されながら形成されてきたものと考えられた。

現在、土地開発の影響が比較的少なかった亀成川流域においても2009年から河川改修工事が本格化していること、特定外来生物のナガエツルノゲイトウが手賀沼流域南東の印旛沼水系から農業用水路を介して侵入し、手賀沼流域全体に分布を広げたことなどにより、手賀沼流域における在来水生植物群集は依然として危機的状況にある。本研究結果が、今後の保全・復元活動の一助になれば幸いである。

この小文は日本景観生態学会第19回新潟大会で発表したものとまとめたものである。

# データと画像を地理情報システムで表示

東京情報大学 浅沼 市男

## データと画像

水圏環境変動過程研究グループは、MODISによる観測データから抽出した海表面温度分布、クロロフィル-a濃度分布、流氷分布、雲分布などのデータと画像をWebから提供している。

データとは、MODISの複数波長により観測された放射輝度値そのものの数値データ、あるいは、放射輝度値から経験式を介して求められた地球物理量の数値データである。ある特定波長の放射輝度値、地球物理量としての海表面温度、クロロフィル-a濃度分布などがデータである。データは、2次元の空間に配置された数値であり、データとして利用するためには、データに対応した処理プログラムが必要である。

画像とは、複数波長により観測された放射輝度値のデータを可視化した画像、あるいは、観測放射輝度値のデータから抽出された地球物理量を可視化した画像である。トルーカラー画像は、観測された複数波長のデータの中から、青緑赤の3原色の観測波長帯域のデータを、青緑赤の3原

色により再現したカラー画像である。フォールスカラー画像は、観測された複数波長のデータの中から、観測対象の特徴を判読可能なように観測波長帯域の組み合わせを選択し、青緑赤の3原色により再現したカラー画像である。また、ソードカラー画像は、一つのデータに別途用意したカラーテープルにより配色したカラー画像である。例えば、観測された複数波長の内、一つの観測波長帯域のデータに配色したカラー画像、あるいは、求められた地球物理量のデータに配色したカラー画像である。地球物理量の画像は、地球物理量の分布を分かりやすく表示したものであり、地球物理量そのものの詳細なデータを読み取るものではない。

図1は、海洋関連の成果物のブラウズ画像のWebサイトのトップページである。ブラウズとは、雑誌を拾い読みするように、Web上において画像を閲覧することである。アジア東岸域の全ての領域を一つの画像で取り扱うことも可能であるが、解像度を維持した場合に大きな画像となってしまうため、領域を分割した画像を用意した。例えば、トルーカラー東シナ海の画像をクリックすると、フォルダ内の画像のリスト

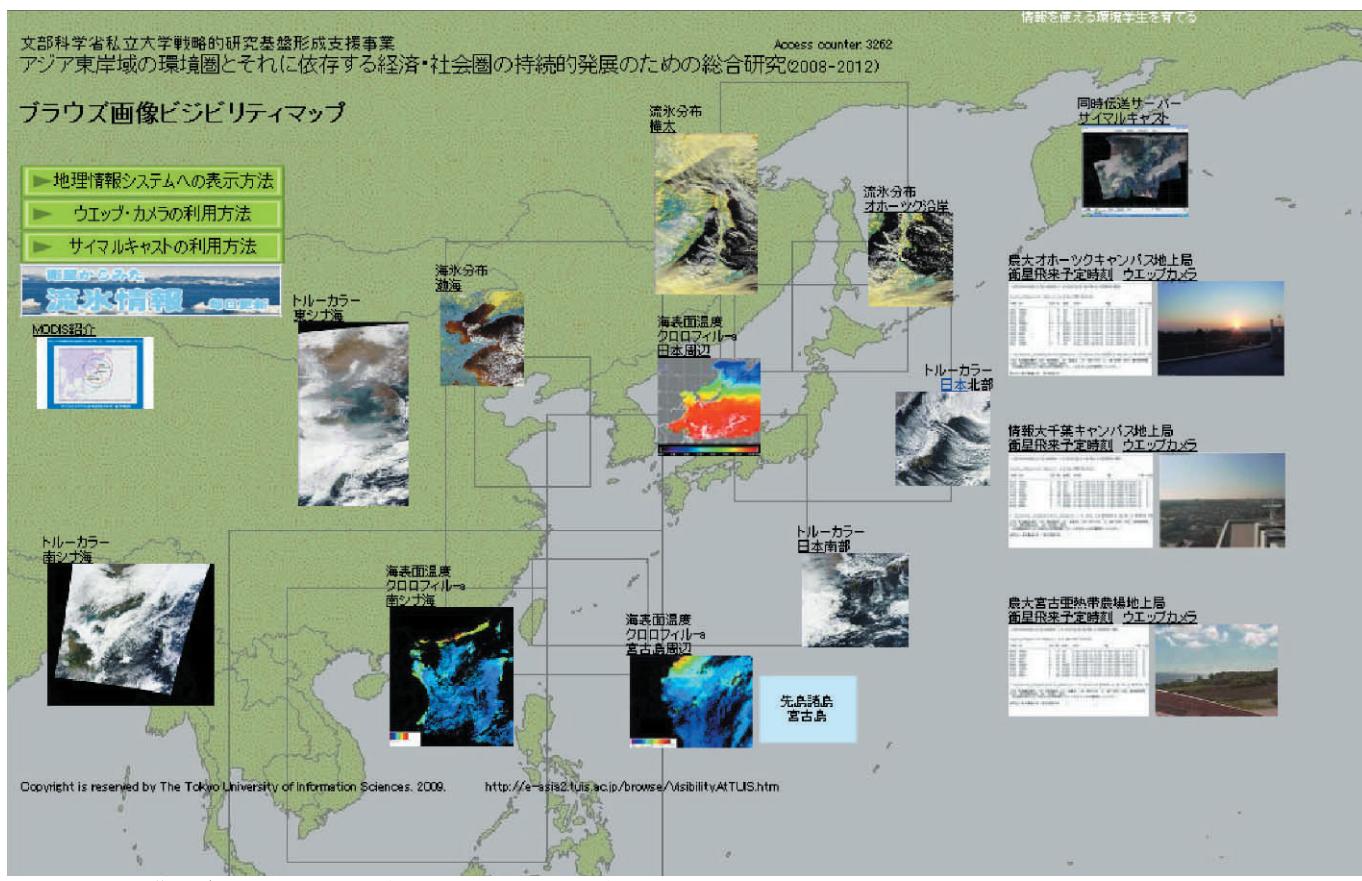


図1 データと画像のブラウズ用Webサイト (<http://e-asia2.tuis.ac.jp>)

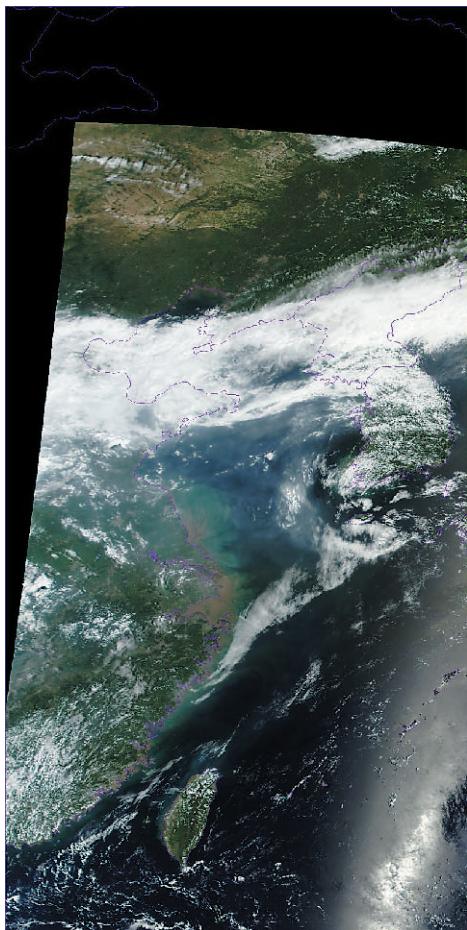


図2 2010年8月1日02:13Z観測の東シナ海トルーカラー画像

が表示される。さらに、ファイル名をクリックすると、図2のように画像が表示される。これらの画像は、衛星軌道により投影領域が異なるため、ときには、ほとんど衛星画像が含まれないこともある。また、ほとんどが雲のみの画像もあり、全域にわたり雲のない画像は非常に少ない。

### 画像の地理情報システムへの投影

本Webサイトの画像のフォーマットは、JPEGかPNGである。JPEGあるいはPNG自体は、地理情報システムへ投影するための位置情報を含まない。このため、画像の左端の緯度、経度、画素サイズ、軸の傾きの情報を持つワールドファイルを用意し、地理情報システムへ投影する。例えば、図2のファイル；

TCOLOR\_1000m.10213021339\_East\_China\_Sea.jpg  
に対して、ワールドファイル；

TCOLOR\_1000m.10213021339\_East\_China\_Sea.jgw  
を用意する。ワールドファイルのテンプレートをWebの「地理情報システムへの表示方法」に用意した。画像ファイルとワールドファイルを同一のフォルダへ配置し、ArcGISのような地理情報システムから画像ファイルを選択すると、地理

情報システム空間へ投影される。また、一部の成果物については、投影のための位置情報を含むGeoTIFFフォーマットの画像も用意している。

さらに、Google Earthのようなフリーウエアの地理情報システムへ画像を投影するためには、Googleの提唱するキー・ホール・マークアップ・ランゲッジ（KML）を用意する必要がある。KMLファイルは、画像ファイルの所在、画像の4隅の緯度経度情報を含むもので、テンプレートをWebサイトに用意した。例えば、図2の東シナ海の画像を表示するためには、テンプレートの

TCOLOR\_1000m.yyyddhhmmss\_East\_China\_Sea.kml  
をテキストエディタにより編集し、投影しようとする画像ファイル名を追記する。このKMLファイルをダブルクリックすると、Google Earthが起動し、通常の衛星画像上にMODISの観測データが表示される。

地理情報システムへ衛星観測画像を展開することにより、複数の画像をレイヤーとして選択表示が可能である。また、他の地理情報をオーバーレイし、付加価値を付けることができる。

### データの取り扱い

図1のWebサイトでは、海表面温度とクロロフィル-a濃度分布の画像に加え、数値情報の利用が可能なHierarchical Data Format (HDF:階層型データフォーマット) のデータファイルを用意している。このHDFフォーマットは、衛星観測の分野において一般的なフォーマットになっており、HDFをサポートするプログラムが豊富なことから、本プロジェクトにおいてもHDFを採用している。

HDFのデータの読み取りあるいは表示などの作業は、ウインドウズに付随する一般的な画像表示プログラムでは困難であり、HDFデータを取り扱い可能なプログラムが必要である。

海洋の分野では、米国NASAからフリーウエアのSeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS) が公開されている (<http://seadas.gsfc.nasa.gov>)。SeaDASには、Interactive Data Language (IDL) のランタイム・ライブラリが含まれ、無料で高度な画像処理が可能である。この他、HDFデータを取り扱い可能な画像処理プログラムが販売されている。

本プロジェクトにおいては、MODISから得られる成果物について、画像とデータを公開するためのサーバーを構築中である。

# 日本の47都道府県の産業連関表に基づくエコロジカル・フットプリントのネットワーク分析

東京情報大学 情報ビジネス学科 吉澤 康介／東京情報大学 環境情報学科 山崎 和子、櫻井 尚子、藤原 丈史  
東京情報大学 教養・教職・学芸員課程 柴 理子

## 1. はじめに

2010年6月7日から6月12日の日程で、イタリアのシエナ近郊コッレ・ディ・ヴァル・デルザにおいて、FOOT PRINT FORUM 2010 が開催され、各種セミナーや討論会など幅広い内容の議論が行われた。筆者らもアカデミック・カンファレンスにおいて標記の内容で発表を行った。今回はその概要を紹介することとした。

## 2. エコロジカル・フットプリントと産業連関表

エコロジカル・フットプリント（EF）は、人間が環境に与える負荷を、地球上の面積に換算して数値化したものである。一般的には、「平均的な生物生産力を持つ1ヘクタール=グローバル・ヘクタール（gha）」によって表現される。

一方、我々の経済活動は金額によって表現される。また、経済活動に伴う取引によって、EF そのものもグローバルに移転されていると考えられる。

そこで、この両者を結び付けることが、排出権取引を始めとする実際の環境問題への取り組みにおいて重要となってくる。例えば、「1万円分の電力は何 gha に相当するのか」といった計算が必要となるのである。

このような計算のために、産業連関表を利用することが提案されている。我々の研究グループでは、日本の48都道府県の産業連関表を用いて、「どの産業の産出金額がど

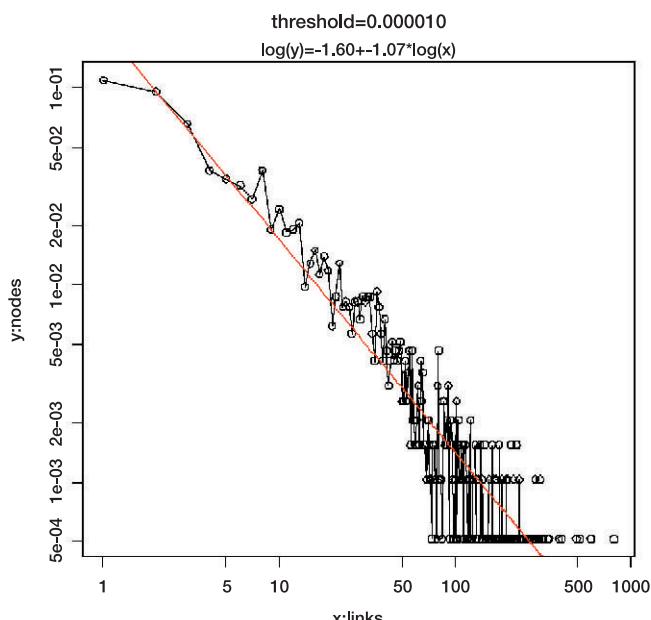


図1 べき乗則を示すセクタ間の依存関係

の産業の EF に依存しているか」を都道府県レベルで分析する手法を研究している。

## 3. ネットワーク分析

日本の産業連関表を用いた EF の分析では、48都道府県×47セクタ=2256の都道府県別セクタが登場し、各セクタ間の依存関係は 2256×2256 の行列（グラフ理論の用語を用いれば 2256 ノードの完全グラフ）で表現される。

単なる数値計算であれば、これで構わないのであるが、これを図示したり、「主要な部分」を抜き出したりするためには、何らかの工夫が必要である。

そこで筆者らは、セクタ間の依存関係を表す行列から、ある一定のしきい値以上のデータだけを抽出し、これによって得られた「EF 依存関係の主要な部分のネットワーク」がどのような性質を示すのか、分析することを試みた。

すると興味深いことに、適切なしきい値を選べば、複雑ネットワークの特徴の一つであるスケールフリー性を表すべき乗則が現れることを筆者らは見出した。（図1）

スモールワールド性、クラスタ係数などに関しても計算を試みており、現在、これらの値の評価分析を試みているところである。（図2）

Threshold (gha)	Node Count	Edge Count	Average Path Length	Clustering Coefficient	Average Degree	Diameter	Power Law Exponent
0.00001	1940	32026	2.75	0.39	33.02	6	1.07
0.000025	1617	15454	3.07	0.34	19.11	7	1.18
0.00005	1360	8580	3.43	0.26	12.62	8	1.33
0.0001	1147	4629	3.94	0.19	8.07	9	1.47
0.00025	789	1808	4.93	0.13	4.58	13	1.62
0.0005	467	754	5.63	0.09	3.23	16	1.82
0.001	179	236	5.63	0.08	2.64	13	1.80

図2 ネットワークの特性値(暫定計算値)

## 4. ネットワークの可視化

しきい値を設けて EF 依存関係の「主要な部分」だけを抜き出すことのもう一つのメリットは、「ネットワークの可視化」が行いやすくなる事である。

図3は、可視化例の一つである。ここでは、日本全体が一つの大きなネットワークとして表現されている。また、関連

の強いノードがクラスタを形成していることがわかる。

いずれも、日本の産業構造をある程度知る者からすれば、特に目新しさはないかもしれないが、様々な分野、知識レベルの者が混在するような議論の場においては、このような「視覚化」の役割は小さくないものと考える。

## 5. おわりに

EFの研究は、それ自体がまだ若い分野であり、同時に地球温暖化対策や排出権取引といった緊急にしてグローバル経済に大きく影響を与える問題とも大きく関連している。筆者らの研究グループでは、今回の発表の内容をベースに、より有意義な分析・評価や、ネットワークの可視化などを試みる予定である。

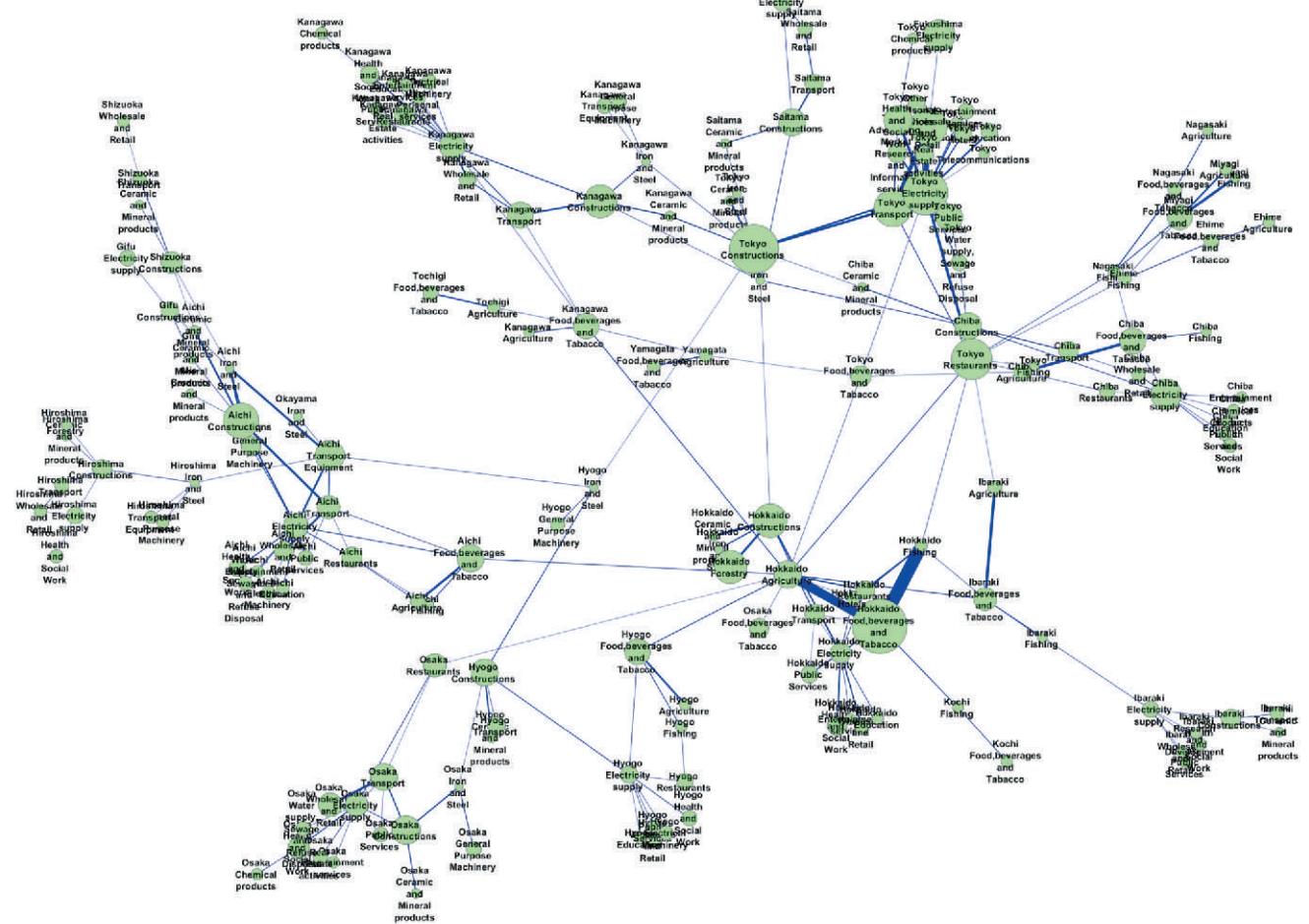
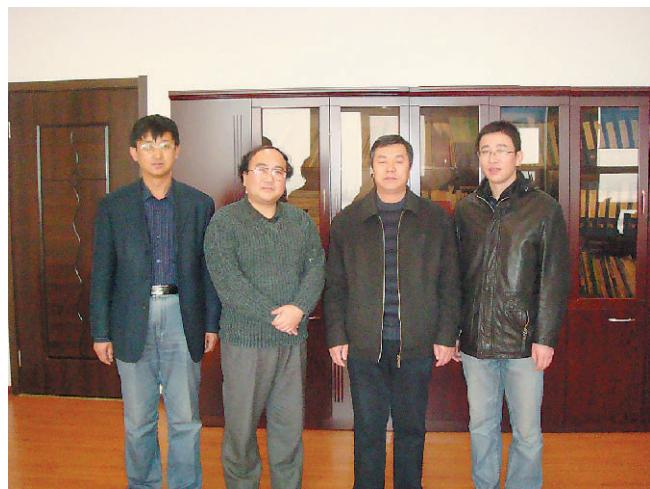


図3 EF依存関係ネットワークの視覚化の例

## 経済・社会環境グループ　中国(吉林省)における水稻栽培研究

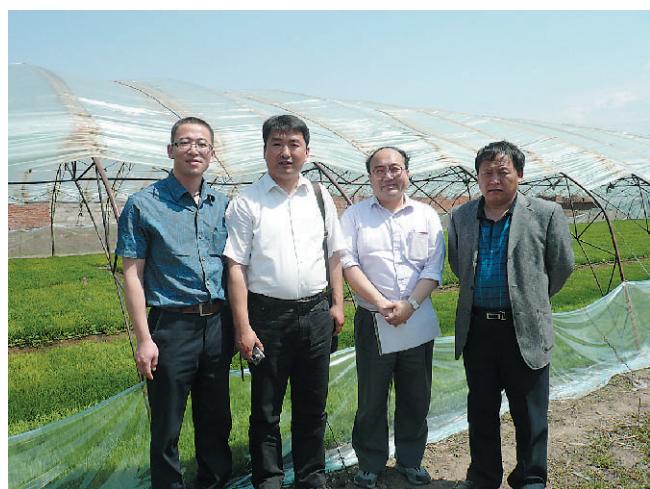
グループリーダー　武井 敦夫

東京農業大学の姉妹校である中国農業大学（北京）の安玉発教授の紹介を得て、吉林省農業科学院 農業環境與資源研究中心（長春）と水稻栽培の共同研究を進めている。冷害など気候の変動が水稻栽培に及ぼす影響を研究するため、共同研究の協定書を正式に取り交わし、中国東北部における水稻栽培の研究を進めている。



吉林省農業科学院農業環境與資源研究中心（長春）にて  
(左から李剛博士、武井敦夫、辺少峰副所長、曹鐵華博士)

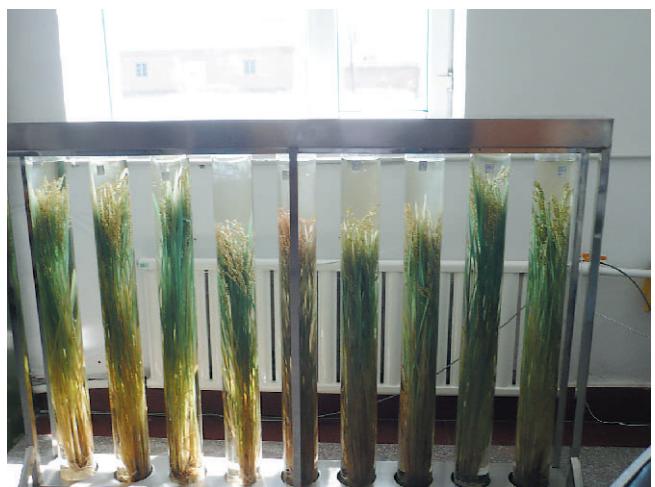
吉林省農業科学院と共同で、延吉（龍井市）の延辺農業科学研究院の圃場を使用し、同地域で主要に栽培されている水稻の苗を準備し、作付、栽培を行った。作付けに先立って、作付け予定の圃場を調査し、土壤や周辺環境あるいは衛星研究に繋げるために、緯度・経度測定と衛星データの必要項目について検討した。



延辺農業科学研究院の圃場（延吉：龍井市）にて  
(左から曹鐵華博士、候立剛博士、武井敦夫、元東林所長)

中国東北部の穀倉地帯においては、4月の移植期、6月から8月の出穂期から開花期を経て10月の収穫期まで水稻栽培が行われる。最終的な結果は収穫などの点から考えて10月頃となる予定であり、実際の結果と衛星データを比較検討して、衛星データによる農業研究の可能性を探ることになる。

水稻は夏が成長期から出穂期であり、この時期の気候が収穫に影響を与える。本年7月から8月にかけて吉林省は天候不順であり、長雨であった。新聞などで吉林省の洪水が話題になるほどであった。今回の研究に選定した圃場のある延辺地区については、洪水の心配はないが天候不順の影響はあると考えられる。この影響については収穫期の測定および最終的なタンパク質含有量などの品質要素を加えた分析によって明らかになる。



吉林省における主要水稻のサンプル  
(延辺農業科学研究院にて)

## 経済・社会環境グループ フィリピンにおける水稻生産と消費の研究

グループリーダー 武井 敦夫

フィリピンにおける衛星データを用いた水稻研究のため、フィリピン大学ロスバニヨス校および国際稲研究所（IRRI: International Rice Research Institute）に赴き、同大学の教授および同研究所の博士と研究対象等について検討した。



国際稲研究所 (IRRI:International Rice Research Institute)  
(ロスバニヨス)にて

同校農業ビジネス経営学科のロイダ・E・モヒカ教授と森林・自然資源学部のナザニエール・C・バンタイヤン教授のアドバイスを受けて、フィリピン水稻生産と消費について、経済面を主として研究することになった。水稻生産の技術的側面よりも、水稻の消費と貿易といった経済的側面に着目して研究を進めることにした。衛星データを使用した水稻生産の分析については、バンタイヤン教授と検討を進め、



フィリピン大学ロスバニヨス校にて  
(左から、武井敦夫、ナザニエール・C・バンタイヤン教授、ロイダ・E・モヒカ教授)

水稻の生産・消費・貿易といった一連の経済プロセスの分析については、ロイダ教授と東京農業大学 国際食料情報学部 国際バイオビジネス学科の井形雅代准教授の協力を得て進めていくことになった。

水稻栽培と消費の研究対象を視察・検討するために、フィリピン大学ロスバニヨス校および首都マニラのあるルソン島の南西に位置するミンドロ島東部、ミンドロ・オリエンタルに赴いた。



ミンドロ・オリエンタルの圃場にて  
(中央がミンドロ・オリエンタル地域の農業長Nilo Dimailig氏)

ミンドロ・オリエンタル地域の農業長である Nilo Dimailig 氏のアドバイスの下、同地域の中心的な水稻生産地域を視察し、GPS の point data をチェックした。

## 会議記録

### 1. 戦略基盤研究 研究検討会

日時：2010年5月11日12:30～

場所：東京情報大学 東アジア環境・経済研究棟

## 出張記録

2010年4月～2010年9月の出張先と述べ出張者数

### ■学会・会議など

国内…7

・5/19～21名古屋 国際会議 The 2nd International Conference of Urban Biodiversity and Design 2010 (URBIO2010) (4)

・5/29東京工業大学 経済物理学セミナー (1)

・6/3～4東京ミッドタウン

第6回GISコミュニティフォーラム (2)

国外…10

・6/6～13イタリア 国際会議 Footprint Form 2010 (4)

・9/1～9チェコ 国際会議 International Conference in Landscape Ecology (Middle-European IALE Conference 2010) (5)

・9/25～10/3米国

国際会議オーシャン・オプティックス（海洋光学）(1)

### ■調査など

国内 (10)、韓国 (2)、中国 (7)、フィリピン (2)

## 東京情報大学東アジア環境・経済研究棟落成式

本プロジェクト研究の拠点となるフロンティア研究棟東アジア環境・経済研究棟（鉄筋コンクリート3階建、約1,865m<sup>2</sup>）が3月末に完成し、2010年6月11日に東京情報大学東アジア環境・経済研究棟落成式が行われた。



東京情報大学東アジア環境・経済研究棟落成式にて  
学校法人東京農業大学松田藤四郎理事長の挨拶。



東京情報大学東アジア環境・経済研究棟落成式にて  
東京情報大学新沼勝利学長の挨拶。

## 編集後記

新しいフロンティア研究棟東アジア環境・経済研究棟（鉄筋コンクリート3階建、約1,865m<sup>2</sup>）が3月末に完成した。戦略的研究基盤形成支援事業「アジア東岸域の環境圈とそれに依存する経済・社会圏の持続的発展のための総合研究」の活動拠点となり、東アジアの広範囲にわたるMODISデータを受信し、情報大でアーカイブ化した大容量のデータサーバを構築しており、衛星データによる環境の研究に役立つことが期待される。  
(I.H.)

編集／発行： 東京情報大学総合情報研究所  
戦略的研究基盤形成事業部門 総括グループ  
発 行 人： 浅沼 市男  
編 集： 原田 一平  
印 刷： (株)高千穂ネットワーク