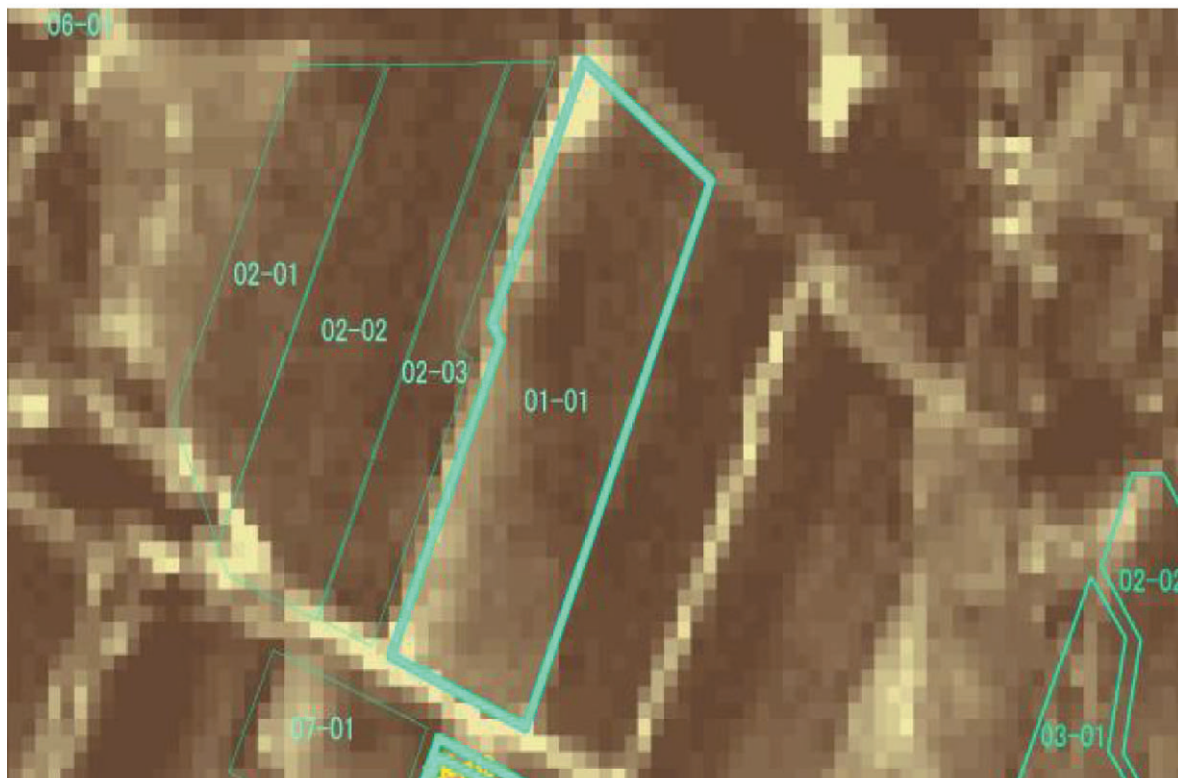


# CROSSROADS



土壌水分、有機物分布図  
2010年11月18日 AVNIR-2 赤 (R)

AVNIR-20101118-No261.tif

Value

低濃度 : 45

高濃度 : 25

## contents

巻頭言		漁業支援のためのMODIS観測データと補助データ	10
研究成果の「見える化」と社会還元	2	気象ネットワークダイナミクスが捕らえたエルニーニョ現象Ⅱ	12
MODIS画像集	3	衛星データを用いたベトナムの稲発育量と 収量予測の可能性	14
【コラム】オホーツク沿岸の農業のこれから —営農効率化の支援—	4	フィリピンの稲作を調査して	15
情報基盤研究グループ (IIRG) 研究状況	6	学会・出張記録／編集後記	16
岩手県・宮城県の津波被災地の植生の現況 および保全上の課題	8		

東京情報大学の特色ある研究の柱である、文部科学省の私立大学戦略的研究基盤形成支援事業による「アジア東岸域の環境圏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」は、本学及び東京農業大学はじめ国内外の多くの研究者の参画を得て、2008年から2012年までの5カ年で研究が進められ、3年目の昨年には中間報告をもとにした中間評価で〔A・A〕の結果を得ている。

この研究の中心は、第1期学術フロンティア推進事業（2000－2004年）によって開始された、NASA（米国航空宇宙局）が打ち上げたTerra（EOS-AM1）衛星のMODISデータの受信とアーカイブである。その後、今期の戦略的研究基盤形成支援事業によって、本学（千葉市）の衛星観測データ受信のための地上局に加え、東京農業大学オホーツクキャンパス（北海道網走市）と東京農業大学宮古亜熱帯農場（沖縄県宮古島市）に、衛星観測データ受信のための地上局を新たに設置し、後続の衛星AquaのMODISデータとともに、本学において集中管理とデータ処理を継続している。これらのデータを研究者に公開するとともに、衛星画像は、網走市や宮古市、東京農業大学の併設中学・高等学校、本学と連携している県内の高等学校などに設置したモニターを通じて広く一般にも公開している。本学が受信している衛星データそのものは0と1のデジタルデータであるが、それを高性能のPCで高度な処理を加えることによって、衛星画像として「見える」形で利用に供している。

現在、地球には地球温暖化や生物多様性の低下、酸性雨、化学汚染物質の問題など、一時にくらべて報道は減ったものの、問題そのものは山積している。加えて、今年の3月11日に起きた巨大地震と大津波、そしてそれに続く福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の拡散などの東日本大震災は、日本そして東アジアの環境にとって大きな影響を及ぼした。これまでの本学の研究からは、先の中間報告で示されるように数多くの優れた研究成果が生み出されているが、それをこれらの具体的な環境問題の解決にどのような形で活かしていくことができるのかを、地域社会との連携などを通じて示していかなければならない。それが「現代実学主義」を掲げる本学で実施されている研究の使命である。そのためには、それぞれの研究成果を一般の人が理解できるようにして、ホームページなどで公開する「見える化」が重要であると考える。

大学の存在意義は、研究と教育を通じて社会貢献することであり、研究成果を社会還元し地域社会との結びつきを強め、より一層地域に愛される大学となるために、このプロジェクトが牽引役となることを強く願っている。

# MODIS画像集

東京情報大学 原田 一平、朴 鍾杰、張 祥光、浅沼 市男

図1は2011年3月11日に発生した東日本大震災のMODIS夜間熱赤外画像（3月11日22時22分JST）、図2は、東日本大震災の翌日である2011年3月12日10時24分（JST）にMODISにより観測された津波の引き潮の画像である。地震当日（3月11日）から翌日の昼近くまで、東京情報大学の受信設備は停電のため機能しなかった。しかし、網走市の東京農業大学オホーツクキャンパスと宮古島の東京農業大学宮古亜熱帯農場のMODIS受信設備は継続して機能しており、貴重な観測データを与えた。

図1は、赤色の地域ほど地表面温度が高く、青色の地域は雲や火災の煙を示しており、宮城県仙台市、石巻市で発生した津波による火災だけでなく、宮城県多賀城市、名取市、千葉県市原市、神奈川県川崎市ではコンビナートによる火災の被害が数kmの広範囲に及んでいることを確認した。MODIS熱赤外画像の空間分解能は1kmであるが、日中だけでなく夜間の観測が可能であるため、東北から関東の広大な範囲で被害が発生した東日本大震災のモニタリングに有効である。

図2は、MODISの250m空間分解能の赤と近赤外のバンド、500m空間分解能の緑のバンドを組み合わせ、海洋部分を強調した画像である。緑色に再現された部分が津波の引き潮に相当する。通常、このような緑色の部分は、植物プランクトンの増殖にともない観測されるが、地震当日には観測されなかったことから、津波の引き潮の分布と考えられる。

3月12日には、この画像を海上保安庁へ提供し、捜索と救難活動の一助として頂いた。

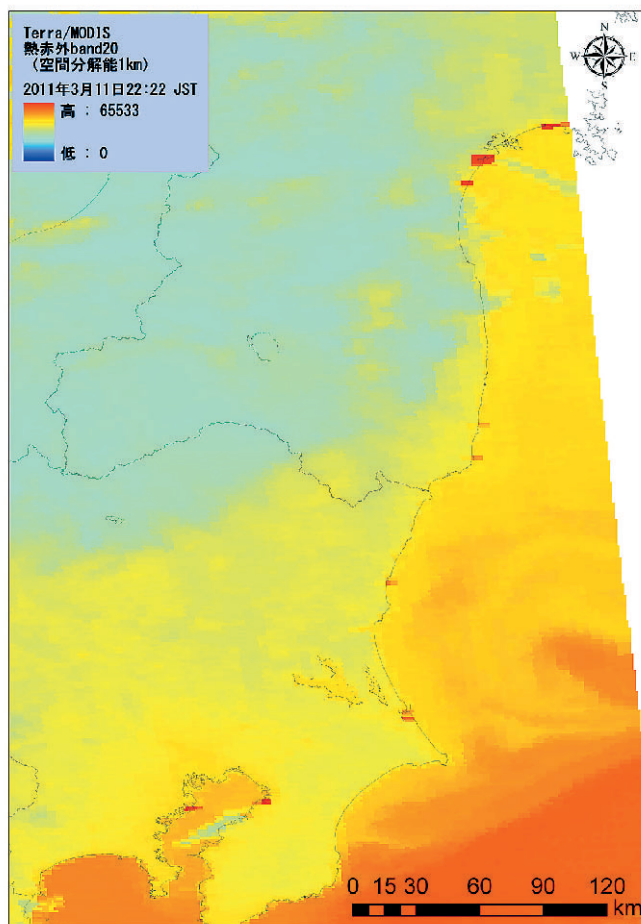


図1 Terra/MODIS熱赤外band20（空間分解能1km）による夜間熱赤外画像（2011年3月11日22時22分（JST）観測）

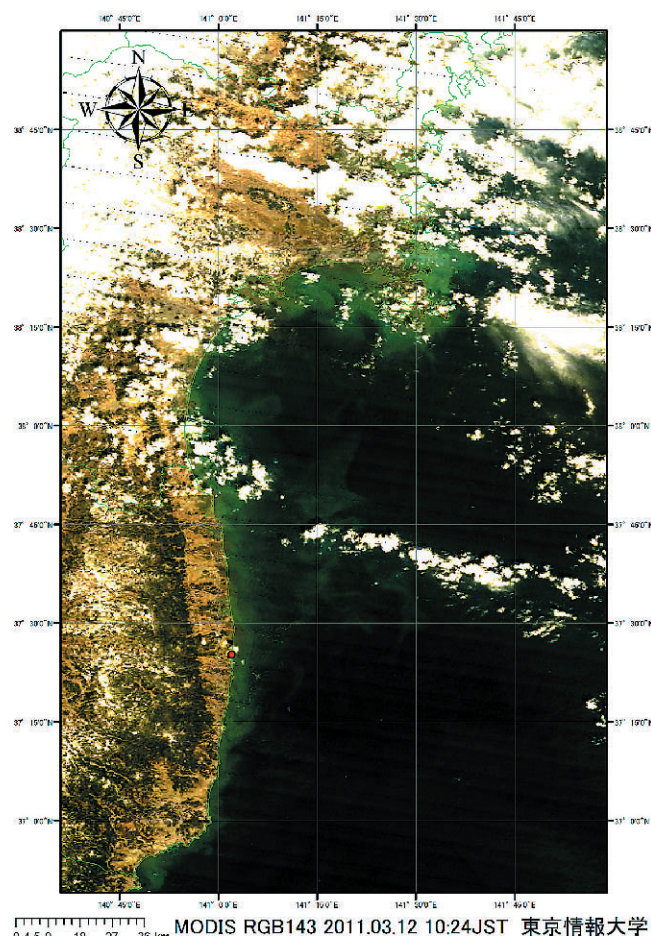


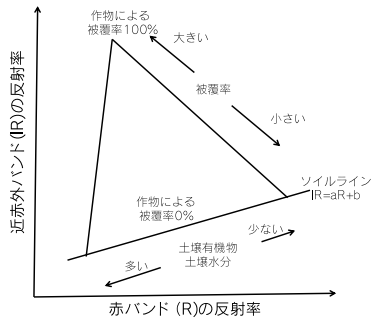
図2 MODISが捉えた津波の引き潮（2011年3月12日10時24分（JST）観測）

# 【コラム】オホーツク沿岸の農業のこれから — 営農効率化の支援 —

東京情報大学（私立大学戦略的研究基盤形成支援事業）研究代表 新沼 勝利

## 農業効率化と高度化を目指して

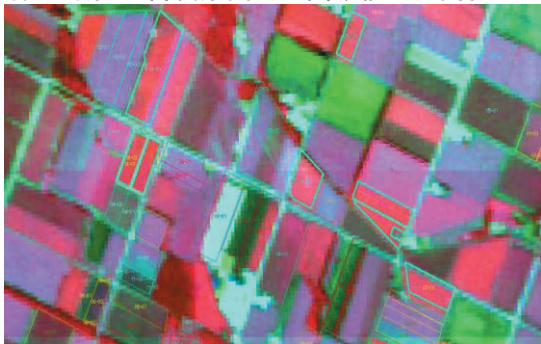
北海道網走市並びに南網走農協（現JAオホーツク網走）をはじめオホーツク沿岸は、昭和30年代から農業基本法の政策による農業構造改善事業を導入して近代的農業に取り組み、営農集団方式を確立し、飛躍的な発展を遂げた地域である。本研究はオホーツク沿岸地域のこれからの農業について、東京情報大学が文部科学省の戦略研究<sup>注1)</sup>の成果を地域産業、特に農業分野で農業生産の効率化のためにどのように役立てられるかを検討するために、人工衛星データを農業生産現場に応用しようというものである。特に、土壤の肥沃度に関する先行研究において、1980から1990年代の農地試験場によるランドサット搭載TMの利用と土壤肥沃度の判読は、土壤指数、植生指数、ソイルライン<sup>注2)</sup>によって行われてきた。



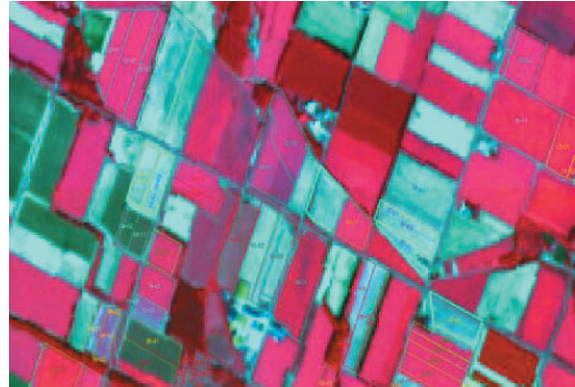
赤バンドと近赤外バンドの反射率による土壤指数モデル (福原他, 1993)

近年の観測機械の変化として2006年1月からALOS衛星（陸圏観測衛星）搭載のAVNIR-2による高解像度観測（高性能可視近赤外放射計2型：観測バンド青、緑、赤、近赤外、空間分解能10m）データが安価に公開されている。この発展によって圃場単位の観測から圃場内の観測が可能になった。JAオホーツク網走第26営農集団圃場を観測対象として、このAVNIR-2を使用して、2010年5月18日（幼穂形成期～止葉期）、6月25日（出穂期～登熟期）、8月18日（収穫後）、11月18日（裸地状態）を観測した。特徴的な6月25日、8月18日、11月18日の観測写真は次のようである。

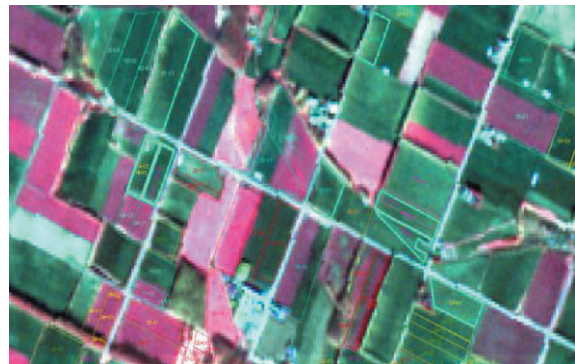
### 浦士別第26営農集団周辺圃場植生の変化



2010年6月25日 AVNIR-2 RGB:432 赤=植生:秋まき小麦(出穂期～登熟期)

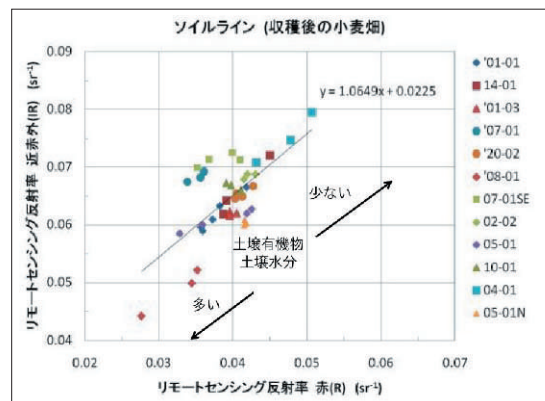


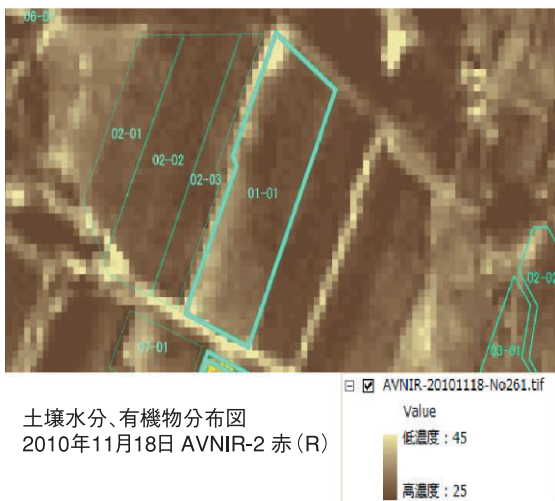
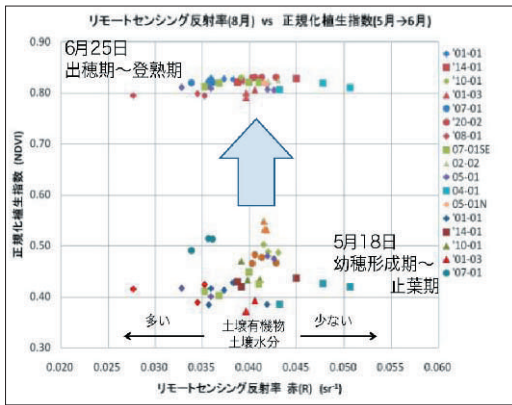
2010年8月18日 AVNIR-2 RGB:432  
赤=植生:秋まき小麦(収穫後)



2010年11月18日 AVNIR-2 RGB:432  
赤:植生(ほとんどの圃場が裸地状態)

ソイルライン（収穫後の小麦畑）は土壤水分が多い場合、あるいは、土壤有機物が多い場合、暗い色に観察される。リモートセンシング反射率と正規化植生率（5月→6月）は5月中旬の幼穂形成期から止葉期は、正規化植生指数のばらつきが大きい。元来の土壤の栄養分に依存すると考えられる。6月後半の出穂期から登熟期は化学肥料が十二分に供給され、麦穂が完全に生長きったと考えられ、圃場に関わらず同等の植生指数を示したと考えられる。

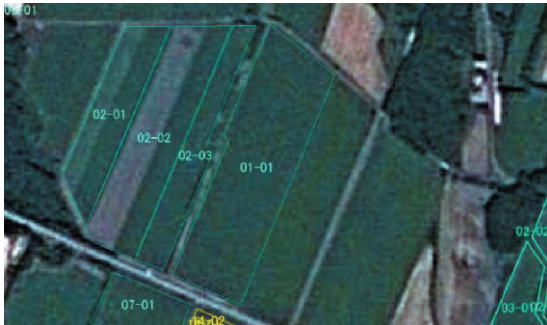




土壌水分、有機物分布図  
2010年11月18日 AVNIR-2 赤 (R)

圃場の土壌肥沃度を均一にするため、人工衛星を用いたトラクターによる肥料散布が考えられる。

準備作業1 圃場の特定 地理情報システムの利用 (ポリゴン)



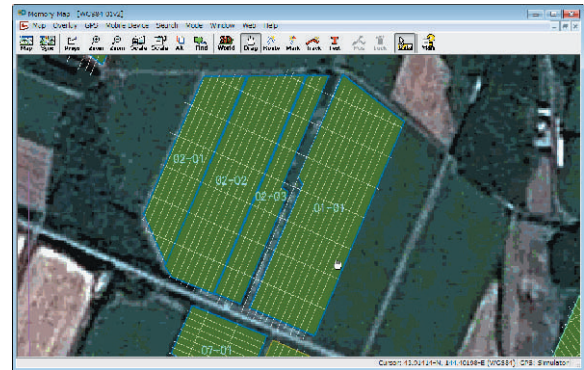
圃場作業1図のサンプルは、肥料散布対象圃場について、地理情報システムを用いてポリゴンを作成した例である。

準備作業2 耕作線の設定 地理情報システムの利用 (ライン描画)



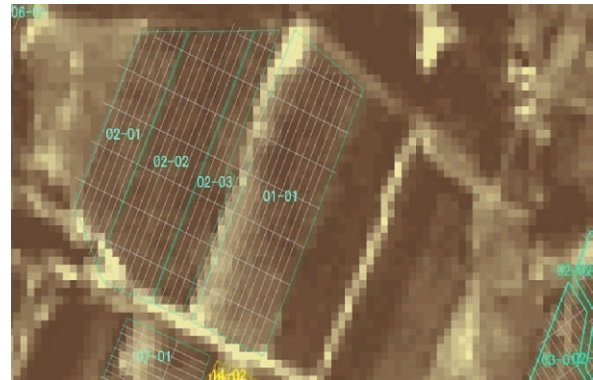
圃場作業2図のサンプルは、21m幅の散布機を想定し、10.5m間隔で耕作線を引いた。

GPSによるトラクター運用支援2 GPSによる走行軌跡



トラクター運用支援2図は一つの地図の一部を拡大したものである。10.5mの耕作線と直交する線は、50m間隔の目印であり、GPSによって走行軌跡を追い、圃場の長編方向の長さを知る。

今後の肥沃度に合わせた肥料散布の検討



色の濃い領域は、土壌水分と有機物の多い領域。圃場内でムラがある。この図を見ながら、肥料散布を制御できるかということが今後の実証すべき課題である。

まとめ

1. 土壌マップの発展

- ① 1980年から2000年のリモートセンシングから、現在にかけて、大きな変化(空間解像度)
- ② ソイルライン(福原,1993)による圃場内の肥沃度判読
- ③ 秋まき小麦と土壌肥沃度の検証→土壌マップ

2. GPSを利用したトラクター運用支援の検討

3. 今後の課題

- ① 土壌肥沃度情報とGPSによるトラクター運用支援

注1) 文部科学省戦略的研究基盤形成支援事業「アジア東岸域の環境圏とそれに依存する経済・社会圏の持続的発展のための研究拠点形成」(平成20年～24年) 研究代表。

注2) 土壌指数:ソイルライン上では土壌が湿っているほど、あるいは有機物が多いほど原点に近い位置にプロットされる。植生指数:リモートセンシングの多バンドデータから求められる植生の有無・多少・活性度を示す指標。ソイルライン:横軸に赤、縦軸に近赤外の反射輝度(あるいはデジタル値)をとり、植生と土壌からなる地域の画素の散布図を作成すると、土壌のみからなる画素はソイルラインと呼ばれる直線上に並ぶことが経験的に知られている。

# 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) を活用するための研究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、植生指数の時系列変化など、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、「衛星画像を用いた地域別水田域の自動判別の研究」、「知能情報処理を応用したMODISデータのコンポジット手法検討」の研究状況について報告する。

## 2. 衛星画像を用いた地域別水田域の自動判別

(山口 崇志)

米を主食とし稲作を主たる農業とするアジア諸国において、水田域の変化を観測することは収穫量予測や開墾計画、農業政策を決定する上で非常に重要である。本研究ではリモートセンシングによる自動水田域判別について検討し、機械学習を用いた水田域判別器を構築した。

衛星画像により水田域を観測した時、稲作の過程によって異なる被覆として観測される為、1枚の画像からの判別が難しくなる。このような年間を通じ動的に変化する被覆の判別には、周期の短い中解像度衛星等の衛星画像を複数用い時空間的情報として扱うのが有効であるが、水田の年間サイクルは国や地域毎にその気候や文化、栽培方法により異なる為、ある地域のデータを基に分析し生成された水田域判別器を、そのまま他の地域において適用することは困難である。その為、機械学習を用い自動的に国や地域毎に異なる水田域判別器を生成するシステムを構築した。

提案システムではニューラルネットワーク (ANN) を基にした分類器により水田域判別器を自動生成する。誤差逆伝播学習 (BP学習) を用いた ANN は、入力信号と正しい出力信号 (教師信号) の組を繰り返し提示することで、その入出力パターンを近似する関数を得る機械学習手法である。衛星画像は大気の影響により観測時に誤りや欠損等のノイズが生じ易いデータであるが、ANNはこれらのノイズに対して頑強な手法である。

BP学習を用いる ANN は局所探索手法であり、ANNの初期パラメータにより最終的に得られる近似関数が異なる。その為、通常、複数の ANN で学習しそれらの結果を統合することでより良い近似関数を求める。提案手法では精度向上の為、複数の ANN 間での情報交換により各 ANN のパラメータを最適化する大域的学習手法を導入した。具

体的には、各 ANN は BP 学習により局所的な探索を行いつつ、より広域的な探索が可能な多点探索手法の一種である粒子群最適化 (PSO) を応用し複数の ANN のパラメータを調整する。図1は提案手法と一般的な ANN の学習過程の比較として出力誤差 (学習データに対する近似誤差) をグラフ化したものである。一般的な ANN では10回程度で局所解に落ちているのに対し、提案手法では PSO の学習により誤差が一時的に増加することもあるが、最終的に一般的な ANN に比べて良い近似精度を得ていることが分かる。

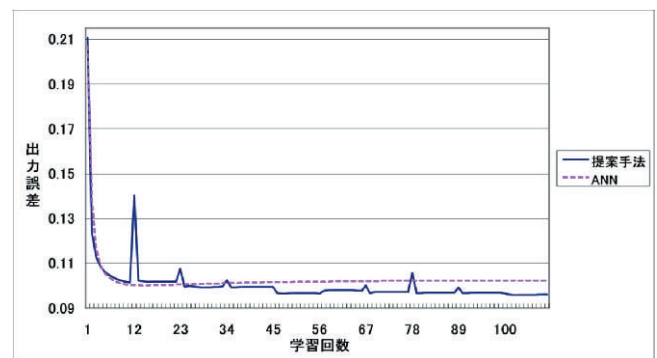


図1 提案手法と一般的なANNの学習誤差比較

本研究では、国土数値情報の土地利用3次メッシュ (1kmメッシュ) に相当する地図を作成することを目標とする為、MODISの500m解像度1ヶ月コンポジットデータより、1km四方の対象4ピクセルの赤、近赤外、短波赤外の反射率を用い、その12ヶ月分、計144を入力信号とした。土地利用3次メッシュとMODISのピクセルが1対1で対応しない為、土地利用3次メッシュをポイントデータとしMODISのピクセルに合わせて線形補間した上で教師信号としている。図2に示した千葉県房総半島周辺のデータを対象とし提案システムの分類精度を検証したところ、全体で88.94%、水田域に関しては94.64%という非常に高い分類正解率を得ている。実験の過程で、図2に示した領域内でも、山間部が多い北部と平野の多い南東部を切り分けて学習することで精度が向上することが明らかになっていることから、今後は実用に向けて学習に用いる領域をどのように切り分けるかを検討していく予定である。また、これに際して学習に多くの計算が必要になる為、新しい対象領域の学習に過去の学習結果を利用する手法等を検討する。

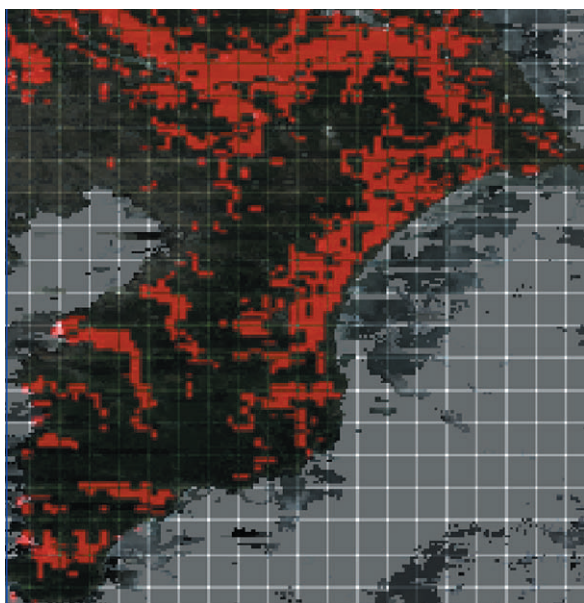


図2 千葉県の衛星画像と水田域分布

### 3. 知能情報処理を応用したMODISデータの

#### コンポジット手法検討 (マッキン ケネスジェームス)

衛星によるリモートセンシングデータは、雲等のノイズ除去のため、複数日分のデータを画像合成するコンポジット処理が広く利用されている。コンポジット処理により、特定日数の画像データの内、雲等に覆われていない最もクリアなデータを集めてノイズの少ない画像を作成することが目的である。

その際、コンポジット処理ではノイズの少ない「最良」データを選択するための基準、およびアルゴリズムが重要となる。衛星データのコンポジット手法は、最大NDVI法 (MaxN)、最大温度法 (MaxT)、NDVI制約付き最小走査角法 (NMinS)、温度制約付き最小走査角制約法 (TMinS)、NDVI ならびに温度値制約付き最小走査角法 (NTMinS)、最小青チャンネル法 (MinB)、温度拘束条件付き最小青チャンネル法 (TMinB)、等すでに多くの方法が提案されている。

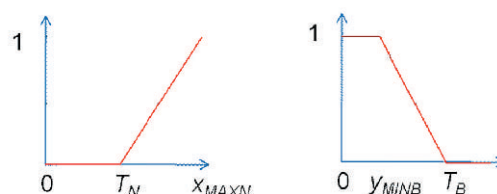
本研究では、知能情報処理を用いて、コンポジット処理の精度改善を検討する。過去に提案されている手法の多くが制約または条件を設けている点に着目し、この制約条件のパラメータ設定および制約の処理順序によって、コンポジット結果が大きく変わることを問題として取り上げる。本研究では、この問題を解決するため、新たにファジィ集合を用いたコンポジット手法を提案する。ファジィ集合論を応用することにより、従来のクリスプな制約条件と比べ、より柔軟に多目的な制約を満たすデータ選択が可能になると期待する。また、ファジィ集合を用いることにより、制約条件を同時に評価できるため、従来の手法のように制約条件の処理順序の影響もなくなる。

実験では、まず最小青チャンネル法 (MinB) を元に、ファジィルール化を行った。

NDVIが高い  $m_N(x)$  かつ 青が低い  $m_B(y)$   
 → 雲が少ない  $m_N(x) \wedge m_B(y)$

$$m_N(x) = \begin{cases} \frac{(x - T_N)}{(x_{MAXN} - T_N)}, & x \geq T_N \\ 0, & x < T_N \end{cases}$$

$$m_B(y) = \begin{cases} \frac{(T_B - y)}{(T_B - y_{MINB})}, & y \leq T_B \\ 0, & y > T_B \end{cases}$$



$T_N, T_B$  事前決定された固定の閾値とする。

提案するファジィ集合を用いたコンポジット手法を用いて、従来の MinB 法とほぼ同等 (90% 一致) の結果を得ることができた。今後は、提案手法と MinB 法で違う結果が出たデータの検証を行い、精度検証を行うことを予定している。

# 岩手県・宮城県の津波被災地の植生の現況および保全上の課題

千葉県立中央博物館 原 正利

2011年7月20日および22日に、ごく短期ではあるが、今回の東日本大震災の津波被災地（宮古市田老、仙台市東部）の植生の現況を視察する機会があった。今回の災害が沿岸部の植生や生物多様性にどのような影響を及ぼしたのか、情報も少なく不明なままであったが、直接、現地を見ることで、衛星写真では分からない被災の状況について理解が進み、また今後の保全に向けての問題点も感じた。ごく短時間の観察であるし、浅学非才、間違いも多いかもしれないが、ここに速報しておきたい。短期間でありながら、現地を効率よく見られたのは、宮古市在住の大上幹彦さん、湯浅俊行さん、中村致孝さん、盛岡市在住の小水内正明さん、そして本プロジェクトのメンバーでもある東北学院大学の平吹喜彦さんに御案内、御教示して頂いたおかげである。ここに感謝します。

## 1. 宮古市田老

青野滝の視察地（N39°46' 37.4", E141°59' 45.1"）は、北側に開いた浅い沢状の岩礁海岸で、もともとはシナノキなどの海岸林やその下部の岩礁植生があった場所である。ここでは、目測だが津波は汀線付近で15mくらい、沢奥（汀線より200m）で25mから30m付近にまで到達したと推定される。倒れた樹木は全て海側に倒れていることから、引き波が大きく影響したと考えられる。沢底の部分は土壤が失われ、基盤岩が露出した状態になっていた。汀線付近の海崖の下部は、樹木の生育しない無植生あるいは草本のみの植生となって海に落ち込んでいるが、この部分の上限が、ほぼ津波到達高に相当すると思われた。海岸植生の構成種は、沢筋よりもやや上側の岩上に比較的、多くの種が残存し、エゾスカシユリなど開花している種も見られ、今後、植生遷移が進行し再生していくと思われる。津波は土壤を流し去り岩盤を露出させることで、海岸植物にとって、むしろ新たな再生を促す効果もあるかもしれない。津波は50年～100年くらいの間隔で襲来する自然かく乱の1種であり、海岸部の定常的な地形形成営力としても作用していると思われる。

宮古市沼の浜の視察地（N39°46' 24.2", E141°59' 16.1"）は、青野滝とは異なり、キャンプ場として使用されていた海際の平地である。津波は汀線付近で20mくらい、沢奥では未確認だが30m以上に達していると推定される。汀線に沿って通っていた自動車道路は完全に破壊されたが、元々、キャンプ場に接してあった沼は残存し、ヨシが再生していた。津波をかぶったスギ、アカマツは全て枯死していたが、落

葉期にあった広葉樹は生存し葉を開いていた。キャンプ場の炊事場の隣にあったケヤキは、地上1.5mほどで幹が折れ、物凄い力がかかったことがわかるが、周囲にはキャンプ場の芝地が断片的に残されていた。ハマナスやハマヒルガオなどの砂浜植物も生存していた。

このように岩礁海岸では、津波が直接ぶつかることにより斜面が壊された場所では、そこに生育していた植物が失われるなどの影響はあるとしても、総じて、津波自体が定期的には生じるかく乱の1種であり、植生はそれに対する耐性を有し、今後、再生が進むのではないかと推定された。しかし、三陸海岸においても、失われた貴重な植物や植生も多くあるはずで、さらに調査が必要である。

## 2. 仙台市東部の沖積平野

仙台平野では非常に広い範囲が津波に襲われ、多くの人命が失われた。現在、被災地のガレキ撤去はほぼ終了し、その処理が進められつつある。海岸部にあった堤防の多くも破損し、また海岸沿いに細長く分布していたマツ林も多くが失われた。

しかし、一部にマツ林が残された場所があり（南蒲生、N38°14' 05.4", E140°59' 29.1"）、本プロジェクトの研究費を活用して、海岸から内陸に向けての帯状調査区が設置して植生回復のモニタリングが開始されている。ここでは、砂をたぶん10cm前後かぶっている場所が多いものの、元々の地形は比較的、保存されているようである。入り組んだように分布する湿地ではヨシが再生しつつあった。林床を見ると砂をかぶりながらも元々のマツ林の林床植物が再生してきており、その中には宮城県のRDBにも登録されている、やや乾性な立地を含む草原性の植物が含まれるようである。思いのほか多くの種が生き残っている可能性があり、今後、植物相全般についての調査が必要である。一方、最前面に位置する砂浜は、えん堤などの構造物が破壊されたことにより、砂の動きが活発化し、ある意味で本来の姿に戻った感じのように思われる。本来の砂浜植物は散布体の分散力も高く、耐砂や塩分に対する耐性も高いので再生する種が多いと思われる。

保全上の問題点は、マツ林であった場所の多くがガレキの一時置き場や処理場建設、埋め立て処理の場所として、どんどん転用、開発されていきつつあることである。ガレキ置き場に転用可能な最も身近な公有地としては、マツ林のあった場所しか無いと思われるので止むを得ない面もあるが、このことにより、後背地のマツ林の下層に生育していた草



原性の植物や、後背湿地の湿性植物が急速に失われつつあるのではないかと懸念される。これらの中には貴重種も含まれるはずである。マツ林などの残存植生は、今後の植生保全・復元上、在来種のジーンバンクとしても重要なはずである。このような後背地は、植物だけでなく昆虫や淡水生物の生息地としても重要であろう。

また、ハリエンジュなど外来種の繁茂、侵入も今後、大きな問題となると推測される。実際、今回もハリエンジュの根萌芽シュートが多数、発生しているのが見られた。元々、侵入していたのであろうが、マツが枯れたり密度が低下したりして明るくなっており、放置するとあっという間に繁茂してしまう可能性がある。在来の貴重種を含む植生を守ることと表裏一帯の取り組みとして、外来種への取り組みが必要であろう。



図3. 南蒲生。調査区を設置してある仙台市南蒲生の残存マツ林。マツは全て内陸側に倒されている。



図1. 青野滝。沢筋の斜面を覆っていたと考えられるシナノキなどの低木林は、津波を受けた部分は、引き波により刈り取ったように失われている。沢底の部分は土壌が失われ、基盤岩が露出した状態になっている。正面の沢奥まで津波は到達した。



図4. 藤塚 (N38°10'53.9", E140°57'23.5") から閑上方向を望む。奥に見えるのはガレキの山。中央を走るのは貞山堀。



図2. 青野滝。エソスカシユリなど海崖の植物は、汀線から水平距離で10mほどの岩上にも残存していた。



図5. 閑上付近 (N38°09'51", E140°57'18")。津波によって倒されたクロマツ林。再生中のハリエンジュ。

## 1. はじめに

MODISによる海洋の観測データとして、海表面温度、クロロフィル-a濃度分布データについて、本学のWEB (<http://e-asia2.tuis.ac.jp>) を通して各方面へ提供してきた。しかし、雲の存在により、観測の困難なことが多いことから、5日間合成などの期間合成により観測頻度の向上に努めてきたが、常に衛星データを見ている漁業関係者からは、さらなる観測データの提供が求められていた。ここでは、宮古島漁業組合を対象に提供中のMODIS観測の海表面温度、クロロフィル-a濃度分布と、JASON-2観測の海面高度変異データについて概説する。

## 2. 海表面温度とクロロフィル-a濃度分布図

図1-aと1-bは、それぞれ、2011年8月29日から9月2日の期間合成の海表面温度分布図とクロロフィル-a濃度分布図である。

海表面温度は、熱赤外波長帯域により観測される海面のごく表面の水温であり、非線形海表面温度 (NLSST) の経験式により大気補正を施したデータである。ここでは、雲の影響と走査角による温度差の影響を削減するため、5日間の最大値を求めた。夏季は、海水温度が昇温し、表層成層状態となり、黒潮と周辺水塊との温度差の観察が困難となる。図1-aによると、台湾東方沖合に海表面温度が31℃近くの水塊が認められるが、黒潮の流れとして判読することが困難である。また、この期間は、台風11号が台湾を北西方向へ縦断し、台湾海峡から中国大陆へ移動した時期であり、台湾西方の台湾海峡では台風による鉛直混合により海水温度が低下したと考えられる。宮古島周辺では、海水温度が昇温し、水塊分布を判読することは困難である。

クロロフィル-a濃度は、植物プランクトンに含まれるクロロフィル-a (葉緑素) 濃度であり、植物プランクトンの種に関わらず、植物プランクトンの総量を示す値として利用されている。ここでは、可視波長帯域の観測データに大気補正を施し、経験式により求めたクロロフィル-a濃度について、5日間の平均値を求めた。また、0.01~10.0mg/m<sup>3</sup>の濃度範囲を対数表示により与え、クロロフィル-a濃度の低い範囲から高い範囲までの変化を観察可能とした分布図である。灰色の部分、5日間の平均値によっても海面が観測できなかった

海域であり、現在のクロロフィル-a濃度推定手法の限界である。雲の合間からかろうじて、与那国島海峡 (台湾の東側の海峡) から東シナ海へ入り、西表島と石垣島の北側を流れるクロロフィル-a濃度の低い黒潮の流れを観察することができる。宮古島周辺は雲に覆われ、水塊分布を観察することができない。

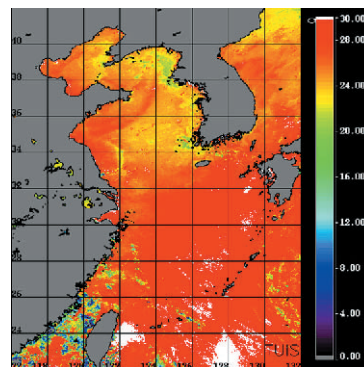


図1-a 2011年8月29日~9月2日期間合成海表面温度分布図

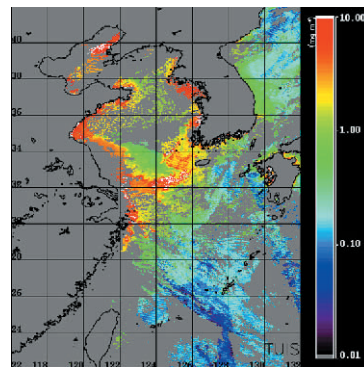


図1-b 2011年8月29日~9月2日期間合成クロロフィル-a濃度分布図

## 3. 海面高度変異分布

MODISによる海表面温度とクロロフィル-a濃度分布図において、雲のため観測の困難な海域に対して、各種のマイクロ波波長帯域の観測データの利用可能性がありうるが、空間解像度、観測頻度等に難点があり、必ずしも熱赤外あるいは可視光観測を補間するものが少ない。ここでは、米国と仏国の共同プロジェクトである海表面高度ミッション (OSTM/JASON-2) のPoseidon-3マイクロ波高度計により与えられる海面高度変異 (アノマリ) データを利用し、平均海面からの変異成分を可視化している。

海面高度計は、10日間周期で全球をカバーするため、リアルタイムの海面高度を観測することは困難であり、10日間の期間合成データとなる。空間解像度については、進行方

向に11.2km、走査方向に5.1kmであり、MODISと比較すると、より低解像度である。OSTM/JASON-2により与えられる各種成果物のデータは複数のサイトから利用可能である。ここでは、米国NOAAの国立海洋データセンター(NODC)のFTPサイト(ftp.nodc.noaa.gov)から2~3時間遅れで配信される海洋地球物理量記録データ(OGDR)の海面高度変異データ(ssha)をダウンロードしている。海面高度変異データは、平均海面からの変異量であり、高度(m)により与えられる。海面高度変異データは、10日間のサイクルごとに一つのフォルダにまとめられ、フォルダには1日当たり10~12周回の周回ごとのファイルが存在する。

ダウンロードした海面高度変異データの可視化には、データ読み取りソフトウェアであるベシック・レーダー・アルチメトリ・ツールボックス(BRAT)を利用する。BRATは以下のサイト(<http://earth.eo.esa.int/brat>)からダウンロード可能である。BRATには利用手引きがPDFファイルで提供されるが、プログラムが独自の構成となっており、理解が困難な点がある。基本的な流れは、①データセットとして可視化するサイクルのデータセットフォルダを作成し、ダウンロードした海面高度変異データを選択的に追加する。②オペレーションとして、経度と緯度に対して可視化する変数(ssha)を選択し、欠測画素への外挿を設定し、実行する。③画像表示として、表示海域と海面高度変異のレンジを設定する。

この結果、図2のような画像が表示される。赤い海域が平均海面より0.5m高く、空色の海域が平均海面前後と判読できる。

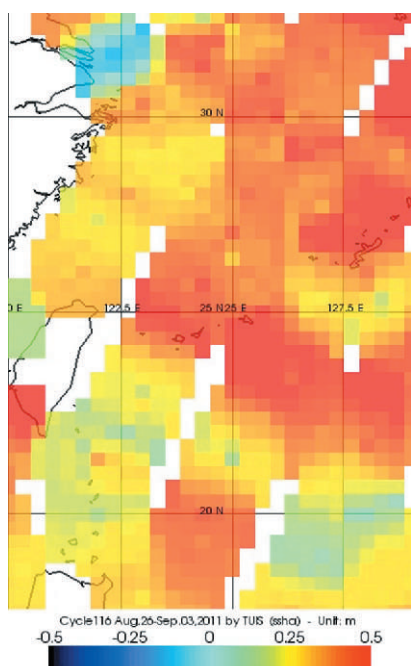


図2 JASON-2海面高度変異分布図  
観測期間:2011年8月26日~9月3日

#### 4. 海面高度変異の解釈

海面高度変異データは、10日間の合成画像であるため、海面高度を決定する潮汐、黒潮などの潮流、気圧配置の影響が複雑に含まれ、その貢献度の解釈も難しい。また、海面高度の持続期間についても、前後の10日間の海面高度変異の分布を考慮し、要因とともに説明する必要があり、簡単な説明ができない。

図3は、低気圧と高気圧のもとでの水塊の構造を示した概念図である。低気圧下では、低気圧への吹込みの風があるため、吹込み風の進行方向に対して右側へ海水が押し流されるエクマン流が発達する。このため、低気圧下では、水塊が発散する流れとなり、結果として表層混合層が浅くなり、温度躍層が上昇する。台風が接近した場合、台風の目付近では海面が低くなるが、周辺において海面が高くなる。これに対して、高気圧下では、高気圧からの吹出し風があるため、吹出し風の進行方向に対して右側へ海水が押し流されるエクマン流が発達する。このため、高気圧下では、水塊が収束する流れとなり、結果として表層混合層が深くなり、温度躍層が降下する。

図3は、水塊が渦を構成する場合の説明図であるが、海面高度変異データの解釈においても、水塊の鉛直構造については同様の説明が可能である。漁業実績との照合が必要であるが、海面高度変異データにより表層混合の深さが変動し、温度躍層付近の漁業資源の深さも変動すると考えられる。今後、衛星データの利用実績との照合を進めたい。

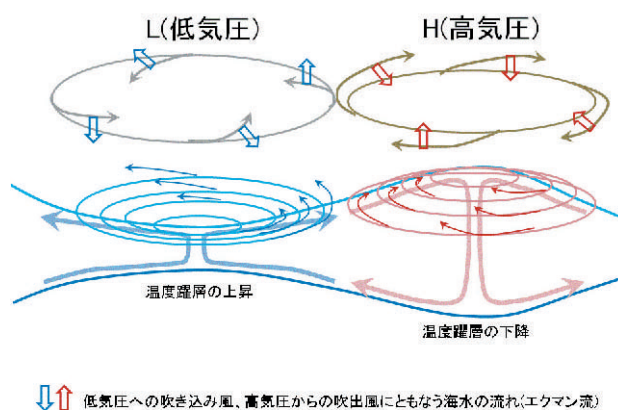


図3 低気圧と高気圧下において、風により形成されるエクマン流とそれにとまう水塊構造の説明概念図

# 気象ネットワークダイナミクスが捕らえたエルニーニョ現象Ⅱ

東京情報大学総合情報学部 山崎 和子、櫻井 尚子、吉澤 康介、藤原 丈史、鄭 澤、Xiang Gao

## はじめに

前号までのクロスローズで以下のような報告をした。遠く太平洋赤道上で起こるエルニーニョの影響が日本にも及ぶことはよく知られているが、このような気象の遠隔作用（テレコネクション）は各地に見られ、異常気象と深く関係している。それらは、大気の非常に長波長でゆっくりした振動である南方振動、北大西洋振動などや、海洋の大規模な循環の結合によって起こると言われている。それらに注目し、地球上の気象を振動するノードが結合したネットワークと捉える。

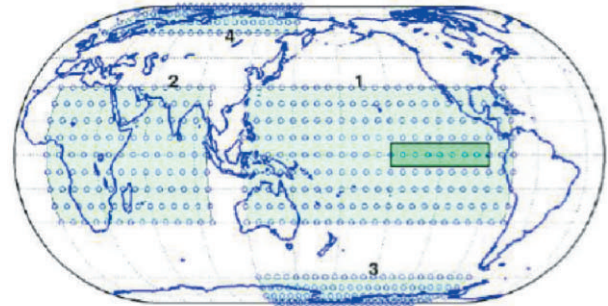


図2

## 方法

一般に2地点の気象データ間には、時間遅れを伴う影響が見られる。我々は、これを捕らえるために、リンクの強さを、2地点で時間のずれを持つ相関を計算し、特定の時間遅れを伴う相関が通常の相関よりどの位大きいかをリンクの強さとした。したがって、各リンクは、リンクの強さの他に、時間遅れを持つ。これを有効重み付きネットワークとして分析を行った。

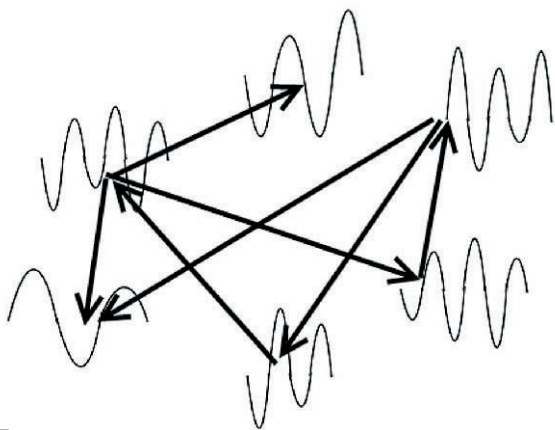


図1

図2のような地球上の格子点をノードとして、その地点の温度や気圧について、ノード間の相関による気象ネットワークを作ってその性質を調べた。そして、エルニーニョなどの大きな気象変化がネットワークによってどのように捕らえられるか、あるいは、気象変化が起きた時、リンクがどのようなダイナミクスを示すかについて研究を行った。

特にエルニーニョの期間に海面温度の上昇がみられる地図上の濃い長方形の領域（NINO3.4、これよりエルニーニョ域と呼ぶ）から遠くはなれた領域でも、エルニーニョの期間にリンクの数の落ち込みが見られる。エルニーニョにより地球上の各地で（約6000メートルの上空でも）、たとえ平均気温は影響を受けなくても気温のネットワークは大きな影響を受けていることが解った。

しかし、エルニーニョの期間にネットワークのリンクが弱まることは、この期間に各地で異常気象が頻発することと一見矛盾しているように見える。これを解明するために、以下のような分析を行った。

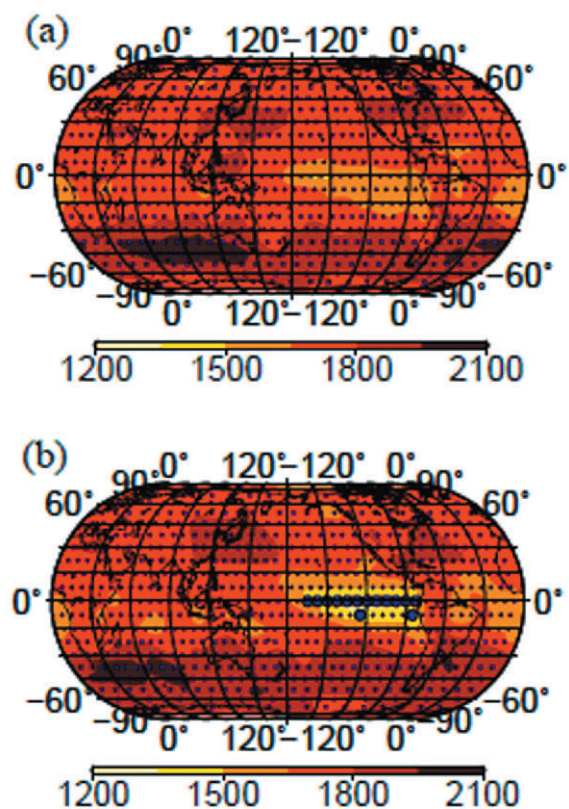


図3

図3は各ノード（図の黒点）に入方向のリンクの重みの合計 (in-weighted degree of nodes) を表す。(a) は通常の期間、(b) はエルニーニョが起きている期間の図である。エルニーニョ期間中は、エルニーニョ域（大きい黒点で表されたノード）で強さが弱まっていることがわかる。これは、前回の分析の結果、「エルニーニョの期間にネットワークのリンクが弱まる」が主に入方向のリンクの強さが弱まることから生じていることを表す。

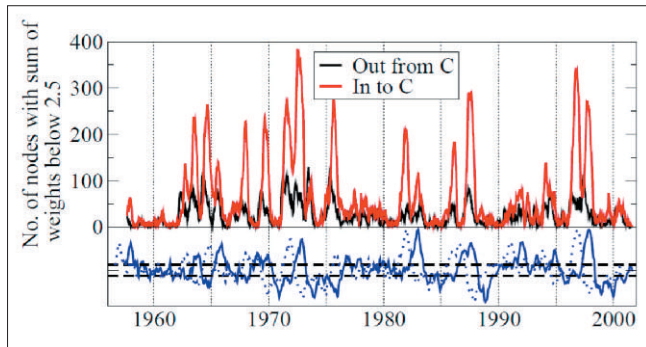


図4

図4は、エルニーニョ域外のノードにおいて、そのノードからエルニーニョ域に入方向のリンクの強さの和（赤ライン）と逆方向のリンクの強さの和（黒ライン）が2.5より小さいノードの数を年ごとに示す。青ラインは、エルニーニョ指標の1つである、NINO3.4における海面温度の平均を表し、上下2本の破線は、それぞれエルニーニョ（ラニヤニヤ）期間となる下限（上限）を示す。エルニーニョ期間には、エルニーニョ域への影響を弱めたエルニーニョ域外のノードの数（赤ライン）が多くなっていることがわかる。それは、エルニーニョ期間には、エルニーニョ域が、他の地域から影響をうけずに自律系として振る舞う傾向があることを表す。

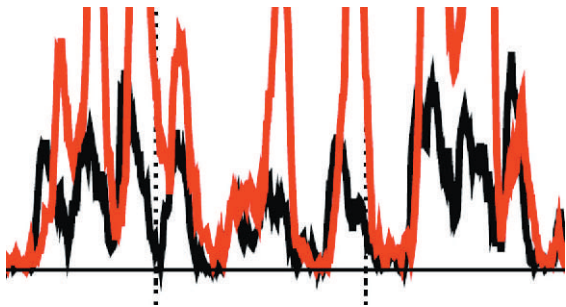


図5

さらに図4の一部を拡大した図5を見ると、エルニーニョ期間にエルニーニョ域が自律系として振る舞い始める少し前に、エルニーニョ域から域外のノードへの影響が弱くなったノードの数が増えていることわかる。

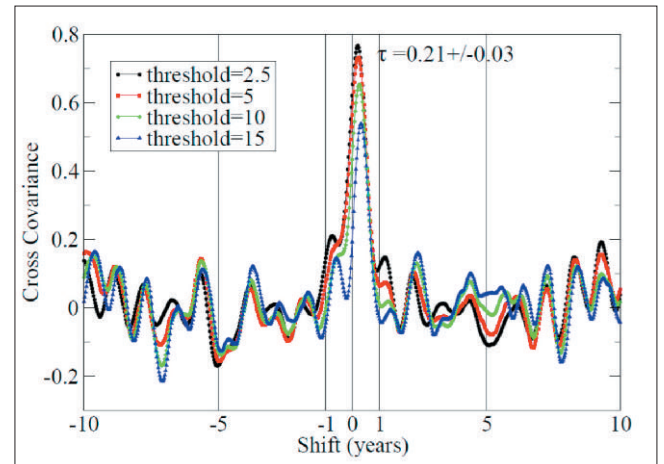


図6

これをはっきり見るために、図4の赤ラインと黒ラインの共分散をとったものを図6に示す。ラインの色の違いは、図4において閾値以下のノードの数を計算しているため閾値の違いを示す。それによると、図5におけるタイムラグは約3ヶ月であることがわかる。

## 結論

エルニーニョの期間に気象ネットワークのリンクが弱まることを更に詳しく調べた。エルニーニョ期間が始まる頃に、まずエルニーニョ域から外向きのリンクが弱まるが、少しおいて（約3カ月の後）、それが回復すると共に今度はエルニーニョ域への内向きのリンクが明らかに弱まることが解った。つまり、エルニーニョ域は、エルニーニョ期間中（初期の頃を除いて）、外部からの影響を受けずに外部へ影響を及ぼす「自律系」のように振る舞うということが明らかになった。エルニーニョ域は「地球のへそ」と呼ばれ地球全体の気象へ特異な影響を及ぼすことは知られていた。ネットワークを使うことで「自律系」という視点で捉えることができた。今後は、それを基にモデルを作って研究することが可能である。

以上のような解析は、様々な気象現象に対して、各地点での気象データの類似性をネットワークを通して見るという統一された方法を与える。この一連の研究は、Physical Review Letterなどに掲載され、この研究に関して共著者のインタビューが英科学雑誌New Scientistに掲載された。

# 衛星データを用いたベトナムの稲発育量と収量予測の可能性

経済・社会グループ 新部 昭夫

## はじめに

ベトナムのコメ輸出量は世界の20%を占め、タイに次いで世界第2位である。同時に、コメの国内消費量が圧倒的に多く、国民の消費カロリーの3分の2を占めている。そのため、ベトナムのコメ輸出量は国内のコメ消費動向に大きく影響されるとともに、国内の米価はコメの国際価格の変動に直接影響される。2007年から2008年にかけての国際的な米価高騰はベトナム国内の米価の高騰をもたらし、政府の米価抑制政策が結果的にコメ輸出規制につながった。しかしながら、これらの米価高騰に稲作農家が敏感に反応し、2008年から2009年にかけてのコメ生産量はメコン川流域を中心に飛躍的に増加した。

このようにベトナム政府にとってはコメの生産量の動向は国家的政策決定に重要な要因であり、しかも輸出米生産の殆どを占めるメコン川流域のイネ生育状況や生産量予測は最も注目される。

今回の研究は、このような背景から、メコン川流域におけるイネ生育状況やコメ生産量を、衛星データを利用して広域で予測が可能かどうか検討するものである。

## 調査地域とデータ

稲の栽培記録は、図1に示したメコンデルタ中心部にあるカントー市郊外の4農家で、2009年11月から2010年2月の第一期作で得られたものである。収集された栽培記録は、品種、播種日、施肥量その他、播種後10日、20日、30日、45日、60日及び収穫時（約95日）におけるSPAD値（葉色）、分けつ数/m<sup>2</sup>、LAI、乾物重kg/ha、子実収量（水分含量14%）である。これらのデータは研究パートナーであるメコンデルタイネ研究所の協力のもとに収集された。

同時期の衛星（MODIS）から得られるNDVI値は、調査ほ場が中心に入るように250m四方のメッシュを合計9個設定して、そこから得られたNDVI値の平均値を算出して利用した。ただし雲等の影響で経時的に増加すべきNDVI値が減少してしまう場合は、この9メッシュ中で最も高い数値を示したNDVI値を採用した。



図1. ベトナム・カントー市

## 結果および考察

播種後10日から収穫時まで得られたイネ発育値であるSPAD値、分けつ数、LAI、乾物重及びNDVI値との相関係数行列を表1に示す。イネ個体群のLAI値とNDVI値の相関係数は0.74を示しており、イネ発育値の中では最も高い値であった。LAI値とNDVI値は、いずれも播種後日齢60日まで増加し、その後収穫期（日齢95日）に向けて同様に減少する。2測定値の関係を図2に示した。

表1. イネ発育値とNDVI値の相関係数

	SPAD	No. Tiller	LAI	DM	NDVI
SPAD	1	0.39	0.59	-0.35	0.23
No. Tiller	0.39	1.0	0.06	-0.75	0.26
LAI	0.59	0.06	1	0.44	0.74
DM	-0.35	-0.75	0.44	1	0.30
NDVI	0.23	0.26	0.74	0.30	1

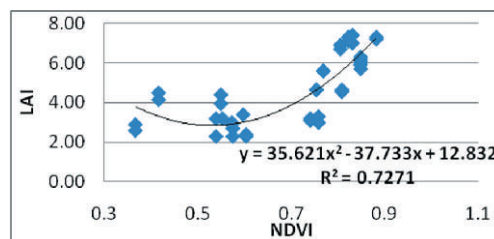


図2. NDVI値とLAI値の関連性

次に、収量に対するLAI値、NDVI値の関連の強さを検討するために相関係数を求め表2に示した。表より、日齢60日のLAI値と収量には-0.64の相関が認められ、NDVI値は収穫時の値に収量と-0.75のいずれも負の高い相関が認められた。これらの数値から、LAIについては収穫時より播種後60日のLAI値の低い方が、またNDVI値については収穫時の値の低い方が高い収量を示すことが認められた。図3に収量とNDVI（収穫時）の具体的傾向を図示した。収穫時のNDVI値が0.6以上である場合は、7,000kg未満の収量であるが、0.57の近傍では7,500kgに近い収量を示した。R<sup>2</sup>も0.96を示したが、今回の測定数が4か所と少なく、収量予測式作成には更なるデータの追加と作物モデルでの検証が必要である。

表2. 収量に対する相関関係

測定値	収量
LAI値（収穫時）	-0.10
LAI値（60日）	-0.64
LAI値（60日－収穫時）	-0.27
NDVI値（収穫時）	-0.75
NDVI値（60日）	0.04
NDVI値（60日－収穫時）	0.30

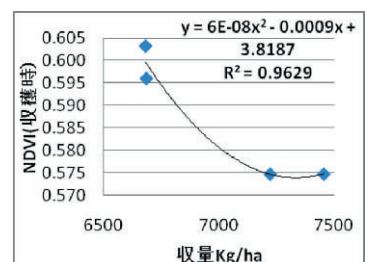


図3. 収量とNDVI（収穫時）の関係

# フィリピンの稲作を調査して

経済・社会グループ 井形 雅代

2011年5月21日から28日のあいだフィリピン出張の機会を得た。前年度の東京情報大学武井教授の訪問によって、ミンドロ島カラパン市 Biga 地区が調査地として選定されていたため、今回の出張ではミンドロ島での調査を中心に、アジアモデルの確立に寄与すると思われるデータをできるだけ多くの収集することを心がけた。

フィリピンは、気候的には稲作には適するものの、大規模な稲作が展開できるようなデルタには恵まれておらず、米の自給率は80%程度となっており、不足分はベトナム等からの輸入でまかっている。他の穀物類と比較すると、米は生産量に対する貿易量の割合が小さく、また、バイオ燃料の生産拡大により穀物需給が逼迫するなか、米の消費国での自給達成は農政の重要な課題のひとつであることが指摘されている。

フィリピンの稲作は、フィリピンで最大の島であり、また、マニラ首都圏も位置するルソン島で最も発達し、灌漑などのインフラの整備も進んでいる。調査地として選定したミンドロ島は、ルソン島南端から高速船で約1時間、フィリピンの7,000以上あるとされる島の中では7番目の大きさ（1万245km<sup>2</sup>）で、海岸線に沿って市街地や農地が開発され、島の中央部の山岳部には少数民族が住む。ミンドロ島は2つの州からなり、調査地のカラパン市は東ミンドロ州に位置する。東ミンドロ州は島の北側・東側を占める。州の総面積は4,365km<sup>2</sup>で、このうち、49%を森林が占める。2009年の人口は75万人余り、人口の約16%が州都であるカラパン市に集中する。カラパン市はフィリピンを南北縦断する交通の要衝ともなっている。2009年の稲作延べ面積（雨季・乾季合計）は111,679.0ha、米の生産量は43万トン、平均収量は1ha当たり3.82トン（雨季4.31トン、乾季3.30トン）であった。他の部門としては、とうもろこし、野菜、果実、コナツ、畜産などがある。

稲作に関しては、ルソン島ほど大規模な経営は展開できないが、水田は比較的平坦な海岸地域に展開されており、灌漑の整備率も高く、稲作の条件としては恵まれている。また米の品質は比較的優良とされ、ルソン島南部の重要港であるバタンガス港まではわずかな距離で、米のマニラ首都圏方面への移出に関しても好条件にあるといえる。

今回調査した Biga 地区は、カラパン市のなかでも平坦で稲作に適しており、水田面積は約500haである。今回の訪問においても、知事、市長、また農業長を表敬訪問することができ、調査への協力を了解いただいた。また、県庁、

市役所において、地域農業の一般的な資料を入手するとともに、Biga地区の農家の数戸に集合してもらい、地域の一般的な作付体系に関する聞き取り調査を実施した。さらに、Biga地区の一部の農家（水田面積合計で約100ha）に関して、さらに農家調査を実施させてもらうこととなった。



地元農家への集団聞き取り調査を行うUPLBのLoida Mojica先生

一方、米の流通に関しては、National Federation of Agriculture (NFA)、Plant Quarantine Serviceおよび集出荷業者を訪問することで、東ミンドロ州におけるおおよその集荷、流通形態および移出量を把握することができた。



地元集荷業者の事務所に並ぶ米のサンプルと「ミンドロ米」として出荷される米

今後は Biga 地区での農家調査の準備を進めるとともに、Biga地区の衛星情報を収集し、Biga地区の農業の変遷と農家経済の変遷を地上と衛星の両面から検討する予定である。

## 学会・出張記録

2011年4月～2011年9月の出張先と述べ出張者数

### ■学会・会議

国内・・・17

- ・5/23～24 幕張メッセ  
地球惑星科学2011年連合大会 (1)
  - ・6/2～3 東京ミッドタウン  
第6回GISコミュニティフォーラム (1)
  - ・6/4～5 仙台国際センター  
フォーラム仙台湾/海岸エコトーンの復興を考える (2)
  - ・6/24～26 東京情報大学 第21回日本景観生態学会 (10)
  - ・6/25 東京情報大学 公開シンポジウム  
生物多様性をまもる景観生態学-愛知ターゲットの実現をめざして- (1)
  - ・7/14～16 京都大学 経済物理学2011学会 (2)
- 国外・・・7
- ・7/10～16 米国  
The 31th ESRI International User Conference (1)
  - ・8/10～23 中国  
The 8th IALE World Congress (5)
  - ・8/13～21 米国  
Dream Ocean Satellite Image Workshop (1)

### ■調査など

国内 (18), 中国 (5), フィリピン (1), 米国 (1)



中国吉林省長白山麓にみられる長白赤松は、火山灰土壌に生育する(2011年8月11日)。



長白山(標高2,744m)は暖温帯・冷温帯・亜高山帯・高山帯まで4タイプの気候帯が成立し、植生の垂直分布が明瞭な活火山である。長白山の森林限界(標高2,000m付近)を超えると、多年生草本や地衣類、蘚苔類などが見られる(2011年8月12日)。



中国黒龍江省大慶の龍鳳湿地自然保護区管理センター龍鳳湿地公園の湿地帯。ヨシなどの水生植物が一面に茂り、サギ類やシギ類などの野鳥が多数見られる(2011年8月15日)。

## 編集後記

東日本大震災により被災された皆様には心よりお見舞いを申し上げますと共に、皆様の安全と一日も早い復興を祈念いたします。リモートセンシングは広域の状況を即時的に把握でき、アクセスが困難な災害地域における調査解析方法として多くの期待が寄せられています。東京情報大学では、東日本大震災発生以降の千葉県北部から青森県までの沿岸域のMODIS観測画像を次のサイトにおいて公開しており、データを無償供給しています。被災地の支援や復興計画の策定などの一助となれば幸いです。  
(<http://e-asia2.tuis.ac.jp/browse/Sanriku/indexSanriku.html>)  
(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