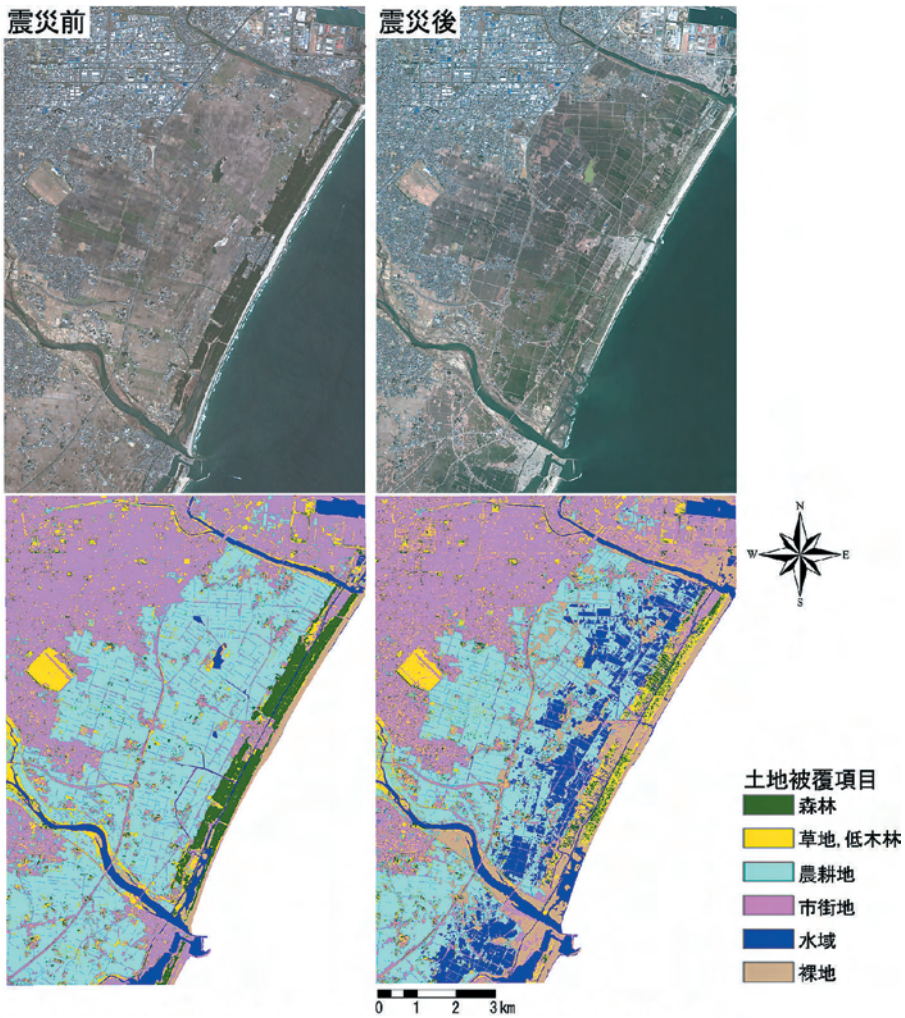
私立大学戦略的研究基盤形成支援事業

CROSSROADS

第28号 2012年10月　3rd Phase, Vol.11, No.1

学校法人 東京農業大学 東京情報大学



東日本大震災前後の衛星画像及び土地被覆（©GeoEye/日本スペースイメージング株式会社）

contents

巻頭言
衛星技術の経営と経済価値の創出 …… 2
VIIRS/NPP画像集 …… 3
高分解能衛星データを用いた仙台平野における東日本大震災前後の土地被覆変化 …… 4
情報基盤システム研究グループ（IIRG）研究状況 …… 6
Terra/MODISを用いた日本の現存植生の把握 …… 8
VIIRS/NPPの受信処理状況について …… 10
テキストマイニングによる「持続可能性」の概念の整理 …… 12
NDVIの時間周波数応答による水稲圃場自動抽出に関する研究 −ベトナム南部メコンデルタを事例として− …… 14
MODISデータを利用した稲の生育モニタリングに関する研究 15
出張記録／編集後記 …… 16

巻頭言　衛星技術の経営と経済価値の創出

経済・社会環境グループ　武井 敦夫

●衛星技術の経営　～衛星技術の重要性

東京情報大学の衛星リモートセンシング技術と衛星画像情報の活用は、これまでの単なる衛星画像の表示から画像を基盤とした分析へと展開した。画像の種類もよく目にするモノトーンの衛星画像から、目的に合わせた表面温度や植生指数の画像など多彩になり、衛星画像以外の画像も用いられている。戦略研究に用いられているMODISデータは中解像度であるため、解析精度は決して高くない。しかしながら撮影頻度が多いため、趨勢を分析するために役立つ。

われわれの研究は衛星画像を基盤とした分析から得られる情報を利用して、これと人的ネットワークを結び付け、発展途上国に対する農業と経済などの分析支援を実施した。研究成果については実用性を優先することとし、学術的な観点から評価を得ることを第一の目標とするのではなく、実現性を研究開発の目標とした。また、東京情報大学の衛星リモートセンシング技術の広報活動に寄与することも考慮した。

研究対象を観測範囲である東アジア東岸域とし、同地域の自然環境の変化が経済社会環境に及ぼす影響を考察した。経済社会分野は多岐に亘るが、農業を中心に検討を進めた。また経済社会分野の特徴として、情報のタイムラグおよび正確性に着目して研究した。衛星画像の利用においては、研究対象の広さを基礎として、画像の解像度と観測の精度が課題になる。今回の研究ではベトナム、韓国、中国などの幾つかの地域を取り上げて、衛星画像を利用して水稲栽培を分析した。

研究の結果、ある程度の広域における水稲栽培の状況把握においては、活用の可能性があると考えられた。得られる情報を蓄積するとともに、他の衛星画像や他の画像情報を使用することによって、活用の可能性はさらに高まる。また精度については分析技術を高めることによって、水稲栽培の実用に足る情報を得られる可能性があると思われた。現地情報を適切に組み合わせることによって、さらに精度を高めて実用のための価値を高めることができる。衛星技術は大規模であり、多様な技術の組み合わせで成り立っている。どの程度の範囲で活用するか、その程度の精度を求めるかなどについて適切に判断し、衛星技術の活用について経営を意識することによって、衛星技術の重要性は高められる。衛星技術を適切な規模で活用することは重要であると考える。

●経済価値の創出　～経済感覚の重要性

東京情報大学の衛星リモートセンシング技術の活用について、農業分野への活用を検討してきた。衛星技術を産業と結び付ける場合に重要な視点として、経済価値の創出が考えられる。情報全般に言えることだが、情報から実際に経済価値を生み出すことは難しい。衛星技術の活用について言えば、大規模な技術の利用は大きなコストを伴う、また極端に利用価格が高いと衛星画像は使えない。そのため経済価値が創出できないことになる。特に民間企業や組織で活用することを考えたとしても、経済価値が創出できない場合、事業継続することが不可能であり、産業として成り立たなくなってしまう。国家レベル、つまりマクロレベルであれば、公的な衛星画像の安価な利用が可能であることを考慮しても、衛星画像の活用の可能性はかなり高いと考えられる。これに対して民間レベル、つまりミクロレベルで衛星画像の活用を考えることはこれからの課題である。

産業の視点から考えた場合、衛星画像を使用することによって、既存産業の効率化を図ることができる。あるいは衛星画像を使用して新規産業を育成することができる。

例えばわれわれは営農効率化について考慮し、これまで航空写真を使用してきた圃場の測定を衛星画像に切り替えることによって、これまでよりも安価に実施することができることを確認している。また生育状況を把握し、衛星画像を用いた肥料散布などが可能であるか試行している。これは既存産業の効率化である。

●研究基盤の形成　～国際的関係作りの重要性

われわれの研究ではアジア東岸域および東南域にわたる広範囲の衛星画像を用い、経済的な結び付きも巨大なアジア経済を背景に広範囲にわたっている。そのため戦略研究ではこれらの地域における研究基盤づくりが最も重要であり、研究パートナーの発見と関係醸成は真に重要であった。衛星観測範囲を対象として、農業とくに水稲栽培に焦点を絞って研究を展開してきた。衛星技術の適切な活用を求める技術経営と経済価値の創造による継続的な事業の追求を考えてきた。これによって将来につながる研究基盤の基礎を形成することができたと思う。また学術活動を中核とする大学という組織において、東京情報大学の求める新しい実学を考えるための端緒となったと考える。これまでの研究をより具体化し、実際の経済や地域に役立つテーマの把握に努めたいと思う。

VIIRS/NPP画像集

東京情報大学　原田 一平、朴 鍾杰、張 祥光、浅沼 市男

米国航空宇宙局（NASA）により、2011年10月28日にNPOESSの事前衛星（NPOESS Preparatory Project（NPP））が打ち上げられ、2012年5月30日に東京情報大学、2012年6月21日にオホーツクキャンパス、2012年7月5日に宮古亜熱帯農場において、それぞれVIIRS/NPP観測データの受信を開始した（本誌p.10-11参照）。図1はSimulcast Viewerを用いたNPP画像の受信結果の例（2012年9月12日）、図2は補正済反射率画像（2012年6月27日）、図3は海域と雲をマスク処理した地表面反射率画像（2012年6月27日）である。

VIIRSのスペクトルバンドに相当するMODISのスペクトルバンド

VIIRS			MODIS		
Band	Spectral Range（μm）	Nadir HSR（m）	Band	Spectral Range（μm）	Nadir HSR（m）
M1	0.402 – 0.422	750	8	0.405 – 0.420	1000
M2	0.436 – 0.454	750	9	0.438 – 0.448	1000
M3	0.478 – 0.498	750	3	0.459 – 0.479	500
			10	0.483 – 0.493	1000
M4	0.545 – 0.565	750	4 or 12	0.545 – 0.565 0.546 – 0.556	500 1000
L1	0.600 – 0.680	375	1	0.620 – 0.670	250
M5	0.662 – 0.682	750	13 or 14	0.662 – 0.672 0.673 – 0.683	1000 1000
M6	0.739 – 0.754	750	15	0.743 – 0.753	1000
L2	0.846 – 0.885	375	2	0.841 – 0.876	250
M7	0.846 – 0.885	750	16	0.862 – 0.877	1000
M8	1.230 – 1.250	750	5	1.230 – 1.250	500
M9	1.371 – 1.386	750	26	1.360 – 1.390	1000
L3	1.580 – 1.640	375	6	1.628 – 1.652	500
M10	1.580 – 1.640	750			
M11	2.225 – 2.275	750	7	2.105 – 2.155	500
L4	3.550 – 3.930	375	20	3.660 – 3.840	1000
M12	3.660 – 3.840	750			
M13	3.973 – 4.128	750	21 or 22	3.929 – 3.989	1000
M14	8.400 – 8.700	750	29	8.400 – 8.700	1000
M15	10.263 – 11.263	750	31	10.780 – 11.280	1000
L5	10.500 – 12.400	375	31 or 32	10.780 – 11.280 11.770 – 12.270	1000 1000
M16	11.538 – 12.488	750	32	11.770 – 12.270	1000

（M：Marine, L：Land）

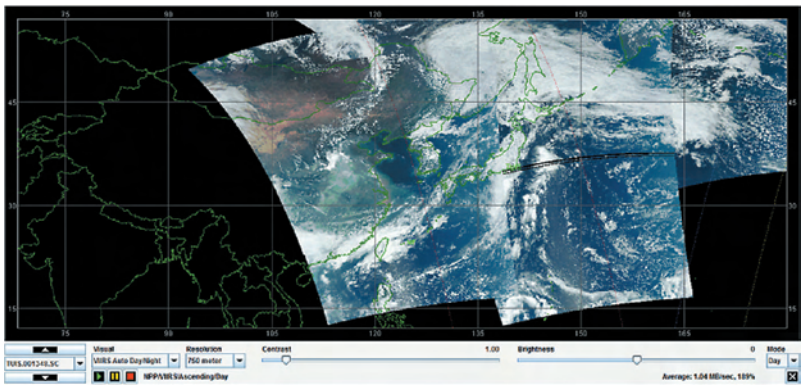


図1 Simulcast Viewerを用いた2つの地上局（東京情報大学、東京農業大学オホーツクキャンパス）によるNPP画像の受信結果の例（2012年9月12日）

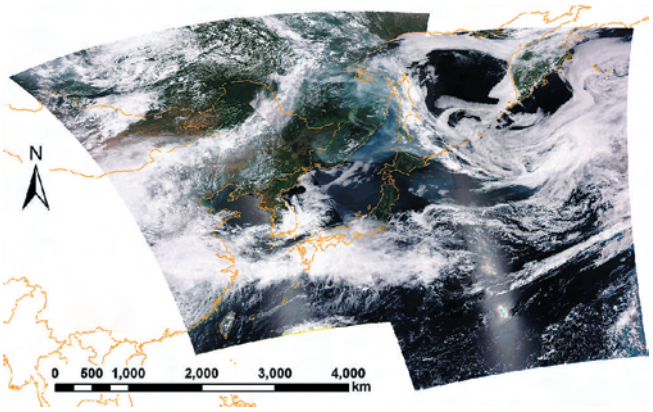


図2 VIIRS補正済み反射率（2012年6月27日）の画像
（東京農業大学オホーツクキャンパス：13:22 JST、
東京情報大学（TUIS）：11:39 JST）

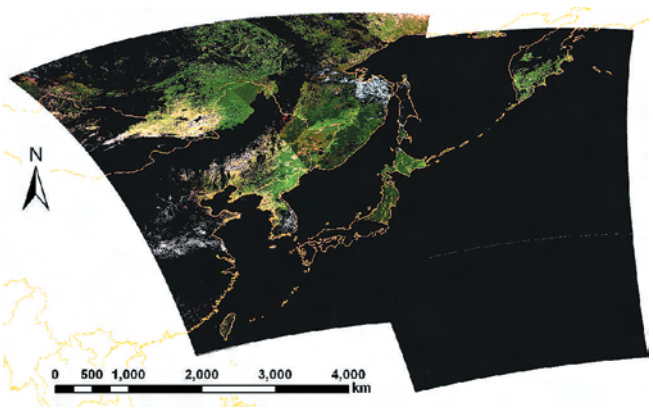


図3 陸域におけるVIIRS地表面反射率（2012年6月27日）の画像
（東京農業大学オホーツクキャンパス：13:22 JST、
東京情報大学（TUIS）：11:39 JST）

高分解能衛星データを用いた仙台平野における東日本大震災前後の土地被覆変化

東京情報大学 陸圏グループ　趙憶、富田 瑞樹、原 慶太郎

1. はじめに

2011年3月11日に起きた東北日本大震災とそれに伴った津波は仙台湾沿いの仙台平野にこれまでにない甚大な被害を及ぼした。被災地の多くは、陸地生態系と沿岸海域の水界生態系の間に位置するエコトーンであり生物多様性及び生物生産性の高い地域であった（Yang et al.,2009）。仙台平野は、この砂浜海岸エコトーン（平吹ほか2011）を含み、農耕地や住宅地などからなる地域である。このように、今回のような大規模な地震・津波は、仙台平野周辺の景観にどのような影響を与えたかを定量化し評価することは今後の当該地域における生態系の再生及び生物多様性保全に重要である。そのため、本研究は震災前後の高分解能衛星データを用いて当該地域における土地被覆分類図を作成し、地震・津波による土地被覆変化を明らかにすることを目的とする。

図1　仙台平野にて現地調査から撮影した現地グラウンド・トゥルースの写真. a:倒壊した海岸林、b:海水による塩害を受け耕作不能となった農耕地及び取り残された海岸林、c:仙台平野によくみられる水田の中にある高木性の木立を外縁とする屋敷林、d:完全に破壊された住宅地エリア.

2. 方法

本研究は、宮城県仙台市の宮城野区と若林区を含む約9km×12kmの範囲とした。大都市仙台の市街地に接して広がる仙台平野は、特徴的な自然地形や水条件を利用した古くからの農業地域でもある。解析には、空間分解能が2mのGeoEye-1の震災前と震災後の2時期の衛星データを使用した（図2a-b）。土地被覆分類図の作成には、オブジェクトベースに基づいた多層分類の手法を用いて各時期の衛星データについて土地被覆分類を行なった。また、解析には最近隣分類法とファジィ・ルール分類法の利点を生かして遂次処理（serial combination）と並列処理（parallel combination）を組み合わせたファジィ多重分類モデルを構成し分類に応用した（図3）。これらの解析は

図2a　解析に使用した2時期の高分解能衛星データ（震災前）（GeoEye-1 2010年4月4日©GeoEye / 日本スペースイメージング株式会社）

図2b　解析に使用した2時期の高分解能衛星データ（震災後）（GeoEye-1 2011年3月24日©GeoEye / 日本スペースイメージング株式会社）

eCognition ver.8.7.2を使用した。

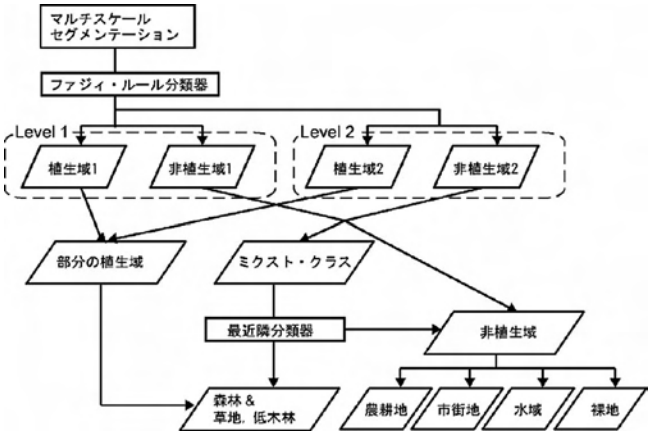


図3　多重分類モデルを用いたオブジェクトベースの多層分類の流れ

3. 結果及びまとめ

多重分類モデルを活用したオブジェクトベース多層分類の手法は、異なるスケールの対象物を効率的に抽出でき精確な土地被覆分類図を作成することができた（図4a-b）。土地被覆の分類結果から、震災に伴った津波の影響が著しく海岸に近いほど影響が大きいことが明らかになった。その中、森林、草地、農耕地、市街地の変化が最も大きかった。それぞれの面積は2010年の480.3ha（5.5%）、703.6ha（8.1%）、3573.5ha（40.9%）、3303.8haから2011年の231.8ha（2.7%）、554.9ha（6.4%）、2714.7ha（31.1%）、2912.6ha（33.4%）に減少した。海岸沿いにある多くの住宅地や農耕地が破壊され、当該地域の生物の生息地として重要な海岸林もほぼ壊滅的な状態になってい

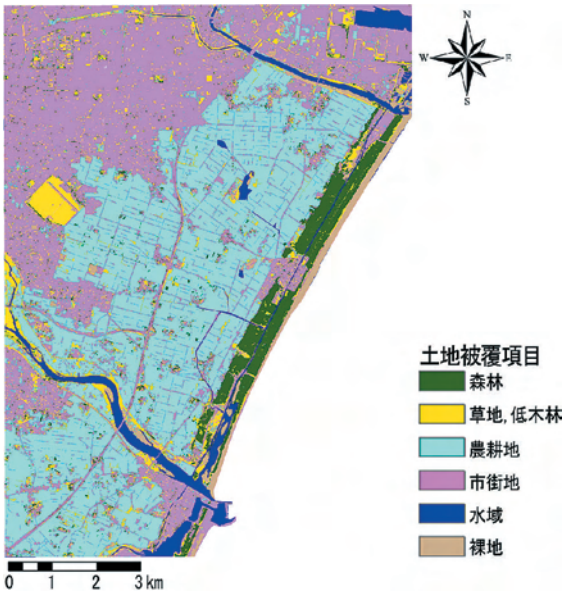


図4a　高分解能衛星データを用いた仙台平野における
土地被覆分類結果（震災前）

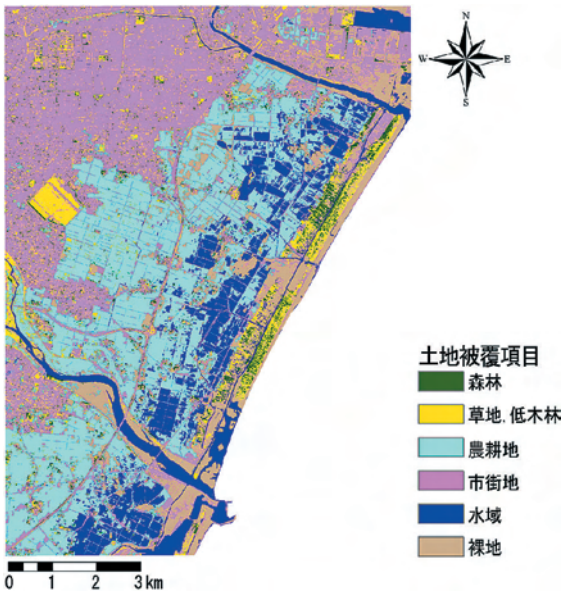


図4b　高分解能衛星データを用いた仙台平野における
土地被覆分類結果（震災後）

た。一方、地震・津波によって多くの海水が陸地に引き上げられたことや家屋が流されたため、水域と裸地の面積が著しく増加した。それぞれ2010年の372.4ha（4.3%）と294.2ha（3.4%）から2011年の1203.9ha（13.8%）と1107.7ha（12.7%）に増加していた。

以上のことから、今回の津波・地震から当該地域の景観、特に多様な生物の生息および生態系維持に重要な植生地に与える影響が大きいとみられた。今後、これらの土地被覆動態を継続的にモニタリングし適切な環境評価を行なうことは対象地域の生態系の再生と保全策の策定に重要であると考えた。

参考文献

Yang X.J：Remote Sensing and Geospatial Technologies for Costal Ecosystems Assessment and Management, Springer Berlin, 560pp, 2009

平吹喜彦, 富田瑞樹, 菅野洋, 原慶太郎：東日本大震災・大津波で被災した仙台湾砂浜海岸エコトーンとその植生状況，薬用植物研究, 33（2），pp.45-57, 2011

情報基盤システム研究グループ（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、花田 真樹、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）に関する情報を発信するための衛星画像データ解析システム（SIDAS : Satellite Image Data Analysis System）の開発、SIDASのシステム性能を向上させるための高性能コンピューティング技術の研究、そしてMODISデータを利用した災害マップの作成、土地被覆変化の抽出などの解析手法の研究を進めている。本報告では、「時系列データに潜在的に存在する周期性」、「SIDASのネットワーク監視・解析ツール」の研究状況について報告する。

2. 時系列データに潜在的に存在する周期性の研究

（柳澤 幸雄）

2.1　長周期の抽出

時系列データには、季節ごとにおこる現象や、あるいはもっと短期間に繰り返しがある現象、数年、数十年、数百年以上の周期をもつ現象、またこれらの周期とは全く関わりなく、無関係に偶然起こる現象が複雑に絡みあっていると思われる。時系列データは、時間的な経過により変動する連続な非線形関数と考えられ、ある条件の下でフーリエ級数は、任意の連続な非線形な関数に収束する。フーリエ級数の場合、無限個の直交する三角関数の線形結合として表せるが、実際のデータは離散的で有限個であるため、有限個の三角関数の線形結合として近似する。更に実際のデータには、誤差が加わっている為、有限個の三角関数の線形結合（モデル）の近似が良すぎることはかえって良くない。例えば、時系列データを観測した地点とその近くの地点では、かなり似通ってはいるが異なったデータが観測できるはずである。つまり、考えられるモデルが、観測された時系列のデータに当てはまりが良すぎることは、モデルが誤差に影響され、必要以上に複雑になる。そこで統計的な検定を行い、有意でない周期成分を削除し、適切なモデルを求める。更に、長周期成分のみをモデルから抽出すると、データに内在する長期的な変動が得られる。

図1はNINO1+2（0度～南緯10度、西経90度～西経80度）における1950年より現在までの海水面の温度を図にした。赤い点はエルニーニョの起こった期間、青い点はラニーニャが起こった期間を表している。この図によると季節変動の影響が大きく、エルニーニョやラニーニャの影響は見られない。紙面の制約上割愛するが、有意な周期成分のみを用いたモデルは、観測された時系列データに非常に良く適合している。

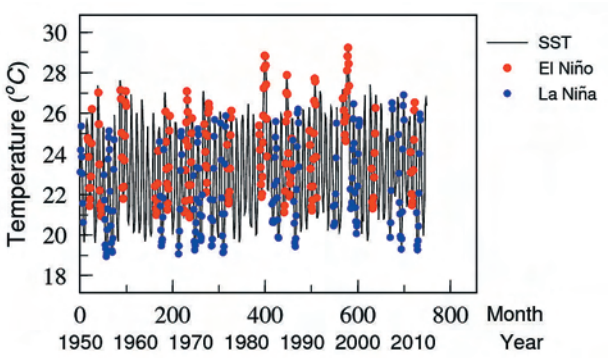


図1　NINO1+2における海水面の温度

図2は、推定されたモデルから1年以上の長周期成分のみを抽出し、その変化とエルニーニョやラニーニャの起きた時期を示した。エルニーニョが起きた時期は常に高い温度で、ラニーニャが起きた時期は常に低い温度を示している。これにより、エルニーニョやラニーニャが、海水温に大きな影響を与えたことが示された。

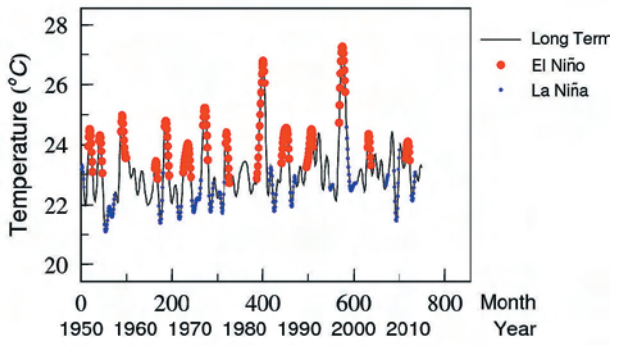


図2　NINO1+2における海水温の長周期成分の変動

この方法をNINO3（北緯5度～南緯5度、西経150度～西経90度）、NINO4（北緯5度～南緯5度、東経160度～西経150度）、NINO3.4（北緯5度～南緯5度、西経170度～西経120度）における1950年より現在までの海水面の温度のデータに適用したところ、NINO1+2における結果とほぼ同じ結果が得られた。更にKains Island, British Columbia, Canada（西経129度、北緯50度）における1935年から現在までの海水面の温度のデータを解析したところ、赤道付近と比較し、エルニーニョやラニー

ニャの影響はそれほど大きくない。

この方法を種子島（1983～現在）と根室（1880～現在）における気温に適用すると、エルニーニョやラニーニャの影響を全く受けていないようである。

2.2　結論

有意な周期成分を用いたモデルは、観測データに非常に良く適合しており、長周期成分を抽出することで、長期的な傾向、エルニーニョやラニーニャの影響があるかが分かる。

3. SIDASシステムのネットワーク監視・解析ツール

（花田 真樹）

SIDASでは、これまでの研究成果を基に様々な可視化情報を配信・提供している。次期バージョンではエリア指定による可視化情報のオンデマンドサービス等が予定されている。本研究では、SIDASのネットワーク／システム状態を監視し、さらに、ユーザにどのような品質で提供されているかを推定する手法及びツールについて報告する。

3.1 ネットワーク品質要求

リアルタイムで可視化情報（画像情報）を配信するオンデマンド型のサービスでは、要求を受け付けてからある一定の時間以内にユーザへの配信を完了する必要がある。この「一定の時間」は、一般的に応答時間（ネットワーク遅延も含む）と呼ばれ、3秒以内に配信を完了する「3秒ルール」や8秒以内に配信を完了する「8秒ルール」などいくつかのルールが存在している。

3.2 SIDASシステムのネットワーク監視・解析ツール

3.2.1 概要

3.1で述べたユーザの要求品質を提供するために、ネットワーク監視・解析ツールでは主に下記の2つの機能を提供する。

① ネットワーク／システム状態を常時監視する機能
② ユーザへ提供される品質を推定する機能

①の機能により、ネットワーク／システムが正常に稼動しているかを監視し、②の機能により、ユーザまでの配信にかかるネットワーク遅延を推定可能となる。これらの結果は、システム性能向上のために、システム設計にフィードバックされる。

SIDASのネットワーク監視システムの概要を図3に示す。ネットワーク監視サーバは、SIDASシステムにおける各サーバ（各機器）の入出力データ量、CPU使用率、空きメモリ容量を収集・監視する（①の機能）。さらに、ネットワーク監視サーバは、SIDASシステムのWebサーバから早稲田大学に設置した機器までの利用可能な帯域（可用帯域）を推定した結果を収集する（②の機能）。ネットワーク監視サーバは収集した情報を解析し、図4のような画面を表示する。画面の上部に推定可用帯域が表示され、下部の各サーバ（各機器）のリンクを押下するとそのサーバ（機器）の状態が詳細に表示される。

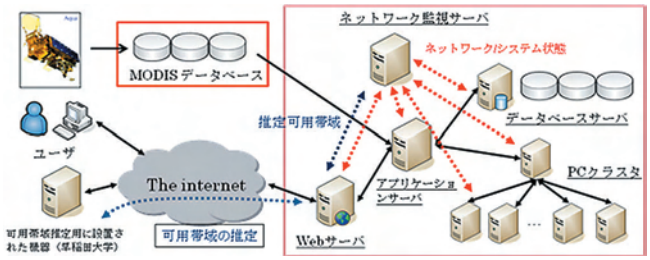


図3　ネットワーク監視・解析システム

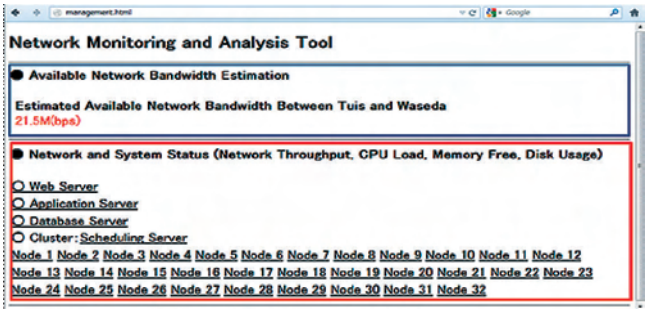


図4　ネットワーク監視・解析ツールの画面

3.2.2 可用帯域測定手法

3.2.1で述べた②の機能では、可用帯域推定手法を用いて可用帯域を推定する。この手法の原理を図5に示す。まず、送信側からパケットトレイン（パケットの集合）を受信側に送信する。このとき、パケット間隔をΔとし、パケット長をLとする。送信側で送信したパケット間隔Δが、受信側で受信したパケット間隔Δと一致する場合、可用帯域rは下記の式で表される。

$$r = L/(T + \Delta)$$

しかし、ネットワークの利用状況により、パケット間隔Δが変動するために、安定時のパケット間隔Δを求める必要がある。これまでに、いくつかの可用帯域推定手法が提案されているが、推定精度が十分でない点や推定に多くの時間を要する点などが挙げられている。今後は、これらを改善した手法を提案・開発していく予定である。

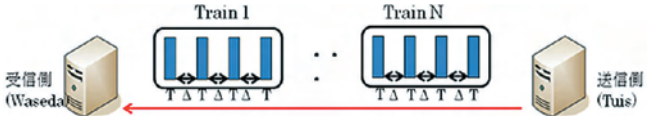


図5　可用帯域推定手法

Terra/MODISを用いた日本の現存植生の把握

陸圏グループ　東京情報大学　原田 一平、富田 瑞樹、原 慶太郎
情報基盤グループ　東京情報大学　朴 鍾杰

1. はじめに

人々は森林から様々な生態系サービスと呼ばれる恩恵を受けてきた。しかし、1950年代に薪炭からガスや石油などの燃料に転換したことにより、多くの里山は管理されなくなり、森林の遷移が進行しつつある。近年、国土保全やレクリエーションなどの環境機能面の見地から生物多様性の保全・再生に係わる里山が再認識されており、森林景観の定量的把握の必要性・重要性が増している。原田ほか（2011）はLUIS（Land Use Information System）を用いて、1900年から1985年までの85年間にわたる土地利用・土地被覆変化から森林変遷のタイプを日本全土で抽出し、気候的・地形的特徴から森林変遷を定量的に把握している。環境省の第6,7回自然環境保全基礎調査は2000年から2万5千分の1植生図の全国整備を進めているが、平成23年3月時点の整備率は55%と低く、里山の管理が放棄された地域の植生現況は把握できていない。そこで、本研究ではTerra/MODISを用いて2001年から2010年までの相観植生図を作成して、森林景観の変遷を把握することを目的とする。

2. 使用データ

東京情報大学では千葉市にあるキャンパスに地上受信局を2000年に設置し、米国航空宇宙局（NASA）が1999年12月に打ち上げた地球観測衛星EOS AM-1（Terra）に搭載されたModerate Resolution Imaging Spectroradiometer（MODIS）センサのデータの定常的受信に、2000年11月18日に成功し、継続的に衛星データを直接受信してきた。東京農業大学オホーツクキャンパス（網走市、2008年12月設置）及び東京農業大学宮古亜熱帯農場（宮古島市、2009年6月設置）に地上局を整備し、オホーツク海からフィリピン全域を含む東アジア域の陸圏及び水圏の現況をリアルタイムで取得・処理している（Crossroads, Vol.21, 4-5（2009））。本研究では東京情報大学で受信している2001年から2010年までのTerra/MODISデータを利用した。

3. MODISを用いた土地被覆図の作成

3.1 土地被覆分類図の作成

雲を除去した多時期のコンポジット（Surface Reflectance Bands1-7+NDVIの計40チャネル）データを作成し、教師なし分類を用いて土地被覆分類を行った。分類項目はISODATA法（クラスター分析）により、高山植生、常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林、混交林、農地（草地、畑地、水田）、都市域、河川・湖沼（8項目）を分類して日本全土の植生図を作成した（CROSSROAD, Vol.23, 4-5（2010））。植生図の精度検証は、第6, 7回自然環境保全基礎調査データ（環境省）を利用した。

3.2 WIと潜在自然植生との関係

原田ほか（2011）は吉良（1975）、野上（1994）の温量指数（Warmth Index; WI）を指標とした気候帯区分を図化して（Fig.1）、LUISの土地利用・土地被覆変化から85年間（1900～1985年）にわたる森林景観の分布を日本全土で把握している（Fig.2）。本研究では2001年から2010年までの多時期のMODISデータを用いて作成した日本全土の相観植生図、WIを指標とした気候帯区分の分布図および85年間継続して森林であった地域における森林変遷の分布図を地理情報システム（Geographic Information System; GIS）に整備して、現存植生の分布を把握する。

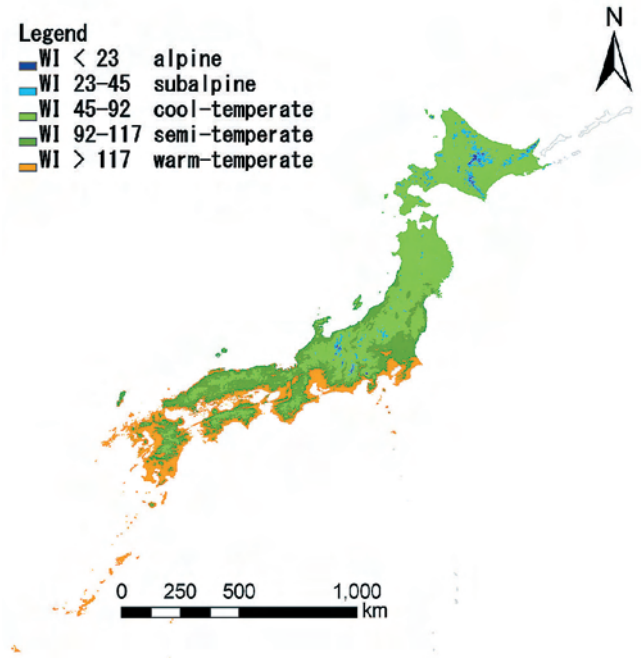


Fig.1 Climatic Zones according to Warmth Index (WI)

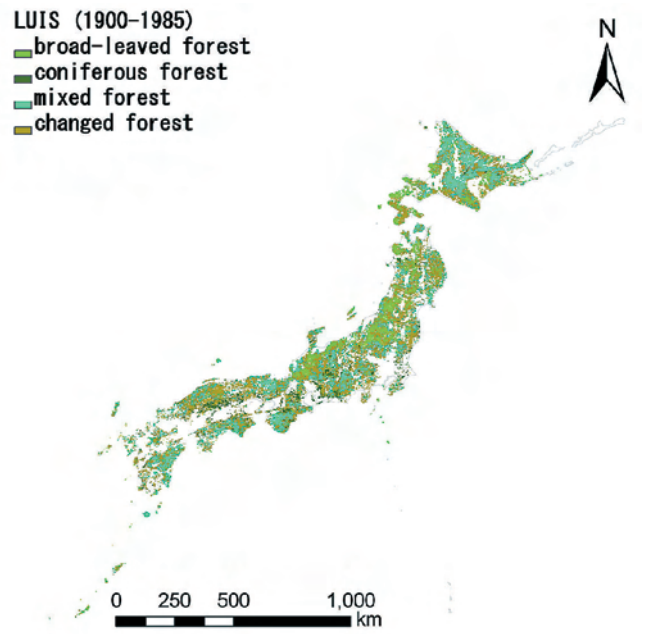


Fig.2 Distribution of areas that retained the same forest type and areas in which forest type changed

4. 結果および考察

2001年の多時期（7,8,9,10,11月）のTerra/MODISデータを用いて作成した相観植生図の結果をFig.3に示した。8クラスに分類した項目から高山植生、常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林、混交林、農地、都市域の土地被覆を東日本域（北海道・東北・関東・中部地方）および西日本域（近畿・中国・四国・九州地方）の気候帯区分ごとに占める画素数をFig.4およびFig.5に示した。東日本域と西日本域で最も多く分布している植生はアカマツ、スギ・ヒノキなどの常緑針葉樹林で、東日本域の常緑針葉樹は森林的利用域の36.0%、西日本域の常緑針葉樹は森林的利用域の53.5%を占めていた。冷温帯域に成立する森林タイプはブナ・ミズナラなどの落葉広葉樹林（森林的利用域の24.3%）であり、多雪という特殊条件の地域に成立している極相林としての性格が強い（野上1994; 福島ほか1995など）。また、冷温帯の常緑針葉樹林はスギ・ヒノキなどの植林が多く分布しており、混交林（森林的利用域全体の27.1%）は冷温帯の落葉広葉樹林が優先していた地域に、植林などの針葉樹林が混じって生育した森林景観であることを、WI分布図（Fig.1）、相観植生図（Fig.3）および85年間継続して森林的利用であった地域における森林変遷の分布図（Fig.2）より把握した。また、西日本域ではシイ・カシなどの照葉樹林（森林的利用域の18.5%）が温帯域および中間温帯域に分布していることを把握した。

西日本域の里山で普遍的に見られるアカマツ林は、森林に対する人為的干渉が極めて強かった地点に成立した森林であり、禿山とよばれる独特な森林景観を作り上げるため（千葉1991）、気候帯区分による森林景観を把握することは困難であるが、東日本域の森林景観は、冷温帯の落葉広葉樹林（ブナ・ミズナラ群落）、寒帯・亜寒帯の常緑針葉樹林、混交林の自然植生を区分できる見通しが得られた。2001年から東京情報大学で受信しているTerra/MODISを利用して、2001年から2012年までの日本スケールの相観植生図を作成することにより、森林の人為による変遷過程を持続的にモニタリングすることが可能となる。

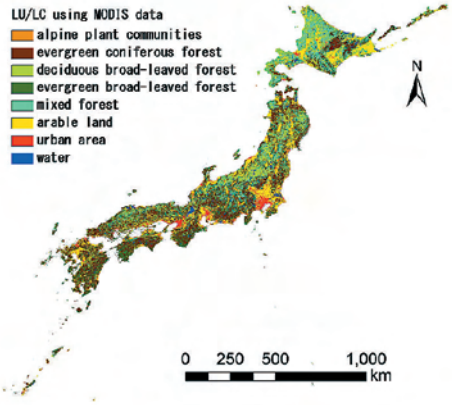


Fig.3 Land use/cover map using MODIS (2001)

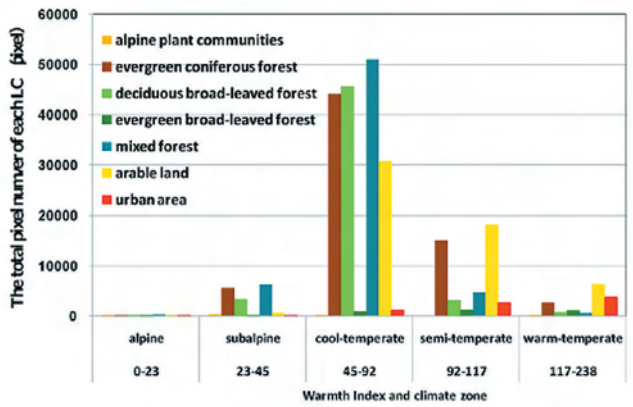


Fig.4 LU/LC in eastern Japan according to WI

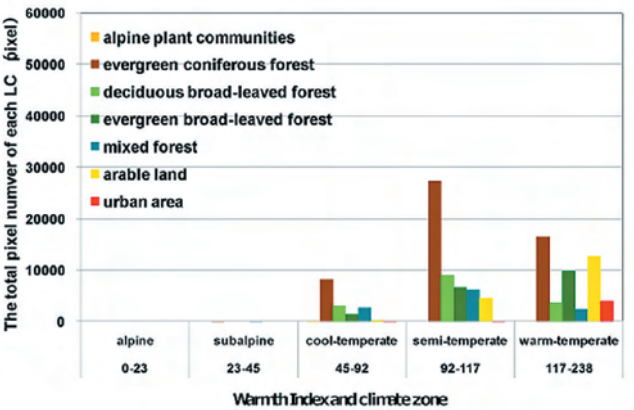


Fig.5 LU/LC in western Japan according to WI

VIIRS/NPPの受信処理状況について

東京情報大学（水圏グループ）　浅沼 市男、張 祥光

1. Suomi-NPPとVIIRSについて

米国政府は、1994年に米国の複数機関による複数の極軌道衛星計画を、国家極軌道実用環境衛星システム（National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System（NPOESS））として統合することを決定した。このNPOESSの事前計画として、米国航空宇宙局（NASA）により、2011年10月28日にNPOESSの事前衛星（NPOESS Preparatory Project（NPP））が打ち上げられ、極軌道へ投入された。2012年1月24日には、衛星気象観測の生みの親である米国ウイスコンシン大学の故Verner E. Suomi教授に敬意を表し、Suomi-NPP（スオミ国家極軌道パートナーシップ：Suomi-National Polar-orbiting Partnership）と名称が変更された。

Suomi-NPPは、環境観測衛星として、以下の5つのセンサーを搭載する。

- Advanced Technology Microwave Sounder（ATMS）技術改良型マイクロ波サウンダ
- Cross-track Infrared Sounder（CrIS）軌道直交近赤外サウンダ
- Ozone Mapping and Profiler Suite（OMPS）オゾン・マッピング・プロファイラ群
- Visible Infrared Imaging Radiometer Suite（VIIRS）可視近赤外画像放射計群
- Clouds and Earth's Radiant Energy System（CERES）雲・地球放射エネルギ・システム

これらの内、東京情報大学では、Terra/Aqua搭載のMODISを継続するセンサーとして、VIIRSデータの受信準備を進めてきた。Xバンド受信システムの更新を進め、2012年5月30日に東京情報大学における受信を皮切りに、2012年6月21日にオホーツクキャンパスにおいて、2012年7月5日に宮古亜熱帯農場において、それぞれVIIRS観測データの受信を開始した。

NPPとTerra/Aquaの軌道要素は、表1の通りである。軌道要素はほぼ同様であるが、NPPは若干高めの軌道を飛行し、これにより、VIIRSによる3000kmの観測幅を実現した。この観測幅の拡大により、ベトナム全域を含む赤道域を含むアジア東南域の定常的な観測が可能となった。

表1　衛星軌道要素比較表

	Terra	Aqua	NPP
軌道高度（km）	725	708	824
軌道傾斜角（度）	98.2	98.14	98.7
軌道周期（分）	98.8	98.4	101
周回数（回/日）	14.56	14.56	14.26

2. Simulcast serviceの利用について

同時伝送サービス（Simulcast service）は、MODISの運用時から利用されてきた受信データの同時伝送サービスである。VIIRSにおいても同様のサービスが提供され、同時伝送ビューアにより、受信時にリアルタイムでVIIRS観測データをモニター可能である。同時伝送サービスとビューアの最新バージョンは、64ビットのPCのみをサポートし、32ビットの従来のPCでは利用できない。

東京情報大学では、東京情報大学、オホーツクキャンパス、宮古亜熱帯農場の各地上局からの受信データを東京情報大学に設置したダウンストリーム・サーバーへ集約し、一般へ提供している。この東京情報大学のサイマルキャスト・ダウンストリーム・サーバーのアドレスは、以下の通りである。サイマルキャスト・ビューアをNASAからダウンロードし、インストールし、以下のホストを指定することで利用可能となる。

simulcast.tuis.ac.jp:3502

ここで、3502は同時伝送サービス指定のポート番号であり、ファイヤ・ウオールがある場合、3502の通過許可を得る必要がある。

3. IPOPPによる処理体制について

NASAの衛星データ受信研究室（DRL）の協力を仰ぎ、国際極軌道処理パッケージ（International Polar Orbiter Processing Package（IPOPP））の導入し、VIIRSデータの処理体制を整備しつつある。提供を受けたIPOPPは、バージョン2αであり、開発中のパッケージであることから、導入にともなうトラブルなどを報告しながら、導入を進めている。

図1、3、4、5は、東京情報大学において受信したVIIRS（2012年6月30日）のデータについて、IPOPPにより処理した結果の一部の画像である。図1はVIIRSの補

正済み反射率画像（crefl）であり、図2はMODIS（2012年8月22日）の補正済み反射率画像（crefl）である。MODISの走査幅が2000kmであるのに対して、VIIRSの走査幅が3000kmであり、明らかに観測領域の拡大と観測頻度の充実が図られた。MODISのバンド数が36バンドに対して、VIIRSのバンド数が22と少なく、多波長を利用した成果物に限定がある。一方で、300mと700mの空間分解能となり、MODISと異なる情報の提供の可能性があり、今後の展開が期待される。

図3は地表面反射率（scref）、図4は正規化植生指数（NDVI）、図5は地表面温度（LST）と、いずれも地理情報システムへ直接投影可能なGeoTiFFフォーマットが提供される。この他、IPOPPの標準成果物が生成される。

この他のIPOPPの成果物についても、HDFフォーマットとGeoTiFFフォーマットの画像が自動的に生成される。IPOPPの運用が軌道に乗り次第、これらの成果物については、FTPサーバーを経由し、一般へ公開する予定である。また、海洋に関する成果物についても近日中に公開する予定である。

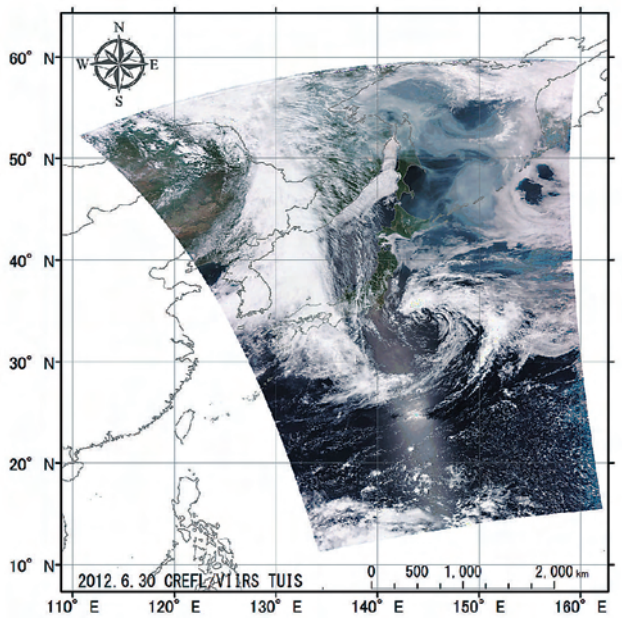


図1　VIIRS補正済み反射率（crefl）

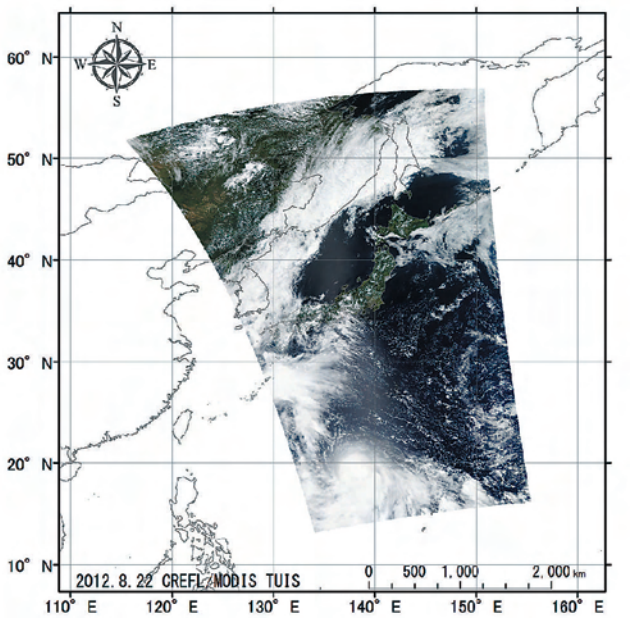


図2　MODIS補正済み反射率（crefl）

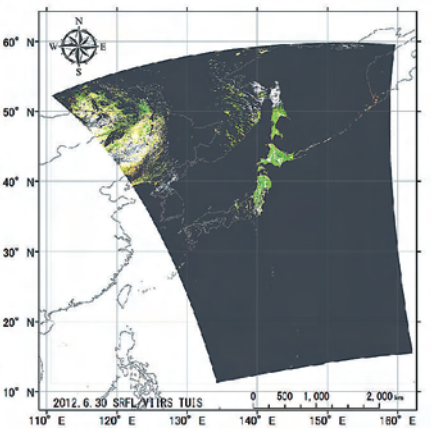


図3　地表面反射率（scref）

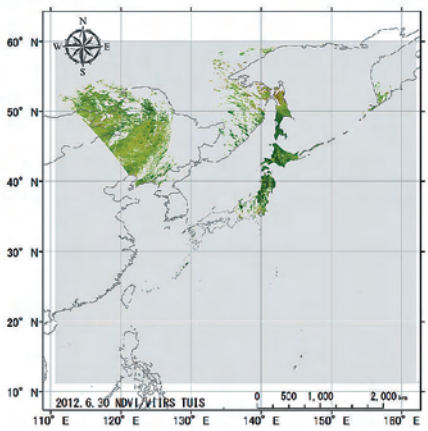


図4　正規化植生指数（NDVI）

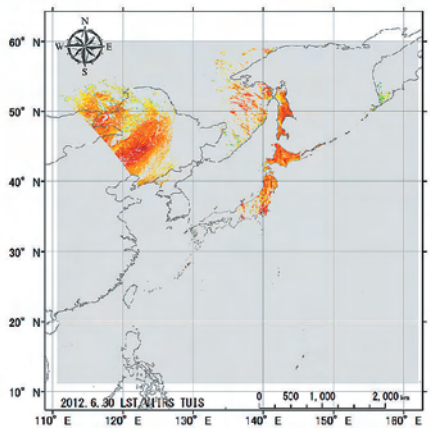


図5　地表面温度（LST）

テキストマイニングによる「持続可能性」の概念の整理

東京情報大学 総合情報学部　藤原 丈史、櫻井 尚子、吉澤 康介、三宅 修平、鄭 澤宇、高 翔、山崎 和子

はじめに

持続可能性（Sustainability）、持続可能な発展（Sustainable Development）という言葉が広く使われるようになってきて久しいが、その概念については明確に定義されているわけではなく、さまざまなものが存在する。その中でもっともよく引用されるのは、ブルントラント委員会（1987年）において定義された持続可能な発展の定義、すなわち、「将来の世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、現在の世代のニーズを満たす発展」である。しかしながら、この持続可能性、持続可能な発展という概念は、組織や個人、地域や国などによっても異なり、幅広い意味で受容できる定義というのは今をもってないといえる。

そこで本研究では、特に「持続可能な発展」という言葉が現在どのような概念として利用および広く受容されているかを、インターネットにおける情報検索の結果を利用し、そこからテキストデータに対するデータマイニング技術であるテキストマイニングを使って導き出すことを目標にした。

利用データ

本研究で対象としているデータは、“sustainable development”というキーワードに関してWeb検索した結果のデータである。その中でも、以下の3つのデータを分析対象とした。第1のデータは、Google Web検索エンジンで上記キーワードを検索した結果のWebページにおける各サイトごとのサマリーテキスト文章である。第2のデータは、第1のデータとほぼ同じであるが検索サイトとして Google Scholar 検索エンジンを利用している。これは第1のデータが一般的なWWW上で存在するWebページの情報を集約したものといえるのに対し、第2のデータは学術的な領域での情報を集約したものといえ、その対比を見るためである。そして第3のデータは、第1のデータをより詳細に分析するためのもので、検索結果のWebページ一覧にある各サイトのWebページにアクセスし、そのリンク先のページについてのテキストデータを対象とした。第1のデータがリンク先のWebページの一部（サマリー）を対象としていたのに対し、第3のデータはリンク先のWebページ全体を対象とすることで、よりキーワードに関する情報を網羅的に把握できる可能性がある。

分析方法

データの前処理としては、各データについてHTMLのタグを取り除き、トークン化、見出し語化、ストップワードの削除、品詞付けを行った（今回の分析では品詞としては名詞に限定した）。その後、データごとに単語の頻度を集計し、さらに文章内において2つの単語同士が同時に現れる頻度も集計した。後者の集計データは、ネットワーク分析に利用している。ネットワーク分析は、要素間の関係をノードとノード間のエッジで表し解析するもので、本研究においては、ノードの大きさはある単語の頻度、エッジは対象とする2つの単語が同時に出現する頻度を表すようにした。これにより、「持続可能な発展」という概念が、どのような単語、および単語の結びつきで表されているかを分析できる。

分析結果

まずはそれぞれのデータについて、多く使われている単語を抽出しグラフ化した。図1は第3データについての頻出単語のグラフである（第1データおよび第2データの頻出単語上位5個はグラフの欄外を参照）。この結果では、頻出単語は各データによって異なるものの、“environment”については3つのデータすべてで上位に位置しており、持続可能な発展の概念においては欠かせない要素になっているといえる。また、第3データの頻出単語上位5個は、第1データと第2データの上位5個の組み合わせになっていることは興味深い。参考としてこの第3データについてのタグクラウド（頻出単語上位100個）を図2に示す。

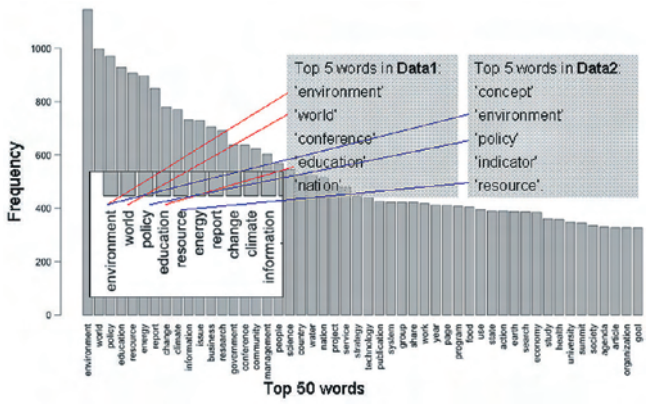


図1　第3データの頻出単語

Top 100 words

図2　第3データのタグクラウド

次にネットワーク分析の結果を図3～5に示す。全体的にみると、これらネットワークは容易に理解できる形では単語間の関連をみることはできないが、ある程度特徴的な部分はいくつか存在する。第1データ（図3）においては、まず中心となるのは“environment”と“world”であり、これらが概念として重要な位置づけであることが分かる。さらにその周りとして、互いに関係する組織がサブネットワークを作っている。第2データ（図4）においては、第1データに比べ、より具体的な単語がサブネットワークを形成している（例えば、“environment”、“resource”、“energy”のグループ、“management”、“theory”、“approach”、“system”、“framework”のグループなど）。第3データ（図5）については、他の2つほどは特徴的な部分は見られないものの、“environment”、“policy”、“resource”が概念の中心的な役割を果たしているといえる。

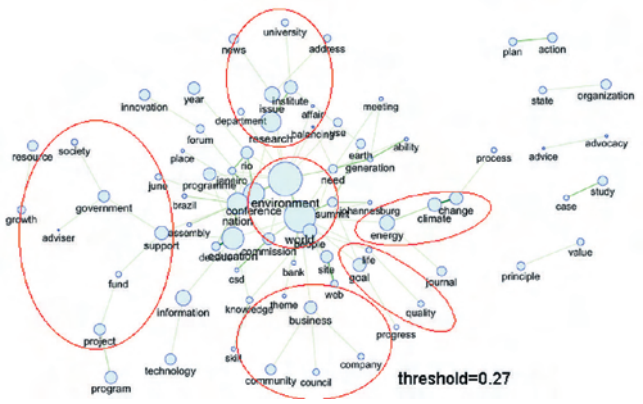


図3　第1データのネットワーク分析

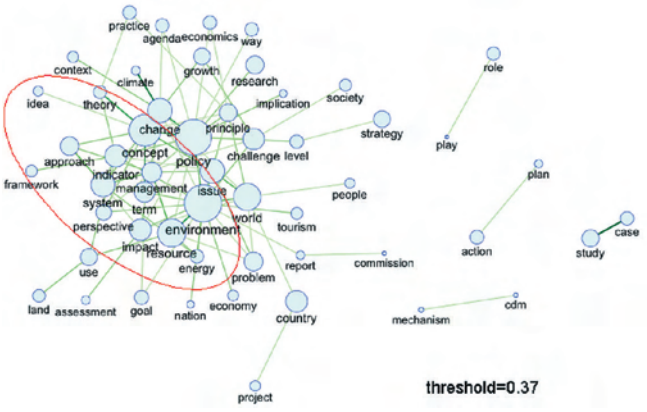


図4　第2データのネットワーク分析

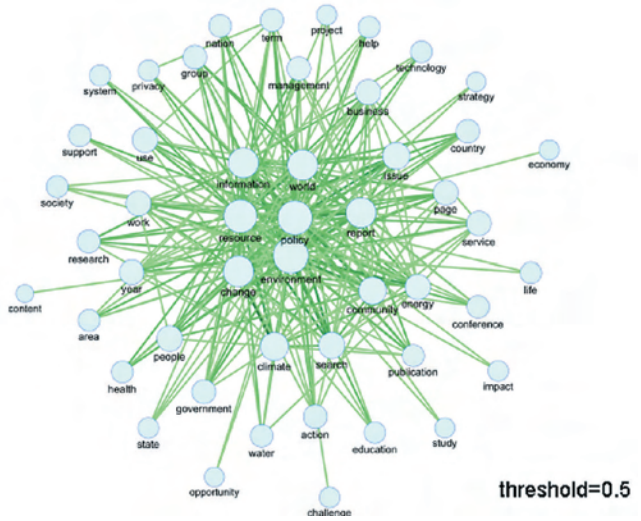


図5　第3データのネットワーク分析

NDVIの時間周波数応答による水稲圃場自動抽出に関する研究−ベトナム南部メコンデルタを事例として−

東京農業大学　畑中 勝守、ラマドナ・サフィル

1.研究手法の概要

MODISセンサを衛星リモセンに用いる最大の利点は、条件が整えば対象とする地域のデータがほぼ毎日得られることである。すなわち、MODISは空間解像度は低くとも時間解像度が高く、時間変化を伴う物性値の観測に適したセンサである。そこで本研究では、MODISにより観測された時系列NDVIの時間周波数応答解析を行い、波形特徴から自動的に水稲圃場を分類する手法を開発した。

時系列NDVIは、植生活性の応答性に優れており、水稲圃場における時間変化は稲の作付けカレンダーと良い一致を示す。田植前の圃場はNDVIが小さく、稲の成長とともに増加しやがてピークを迎え減少する正弦関数のような変化を呈する。この波形の周波数応答解析を行うと、パワースペクトルが最大となる周期は水稲生育期間と良い一致を示すことから、時系列NDVIの波形特徴抽出により当該データが水稲圃場のものか否かを判別することが可能になる。

本研究では、時系列NDVIの波形特徴抽出に一次元離散Wavelet変換を用いる。離散Wavelet変換は、異なるレベル（多重解像度解析アルゴリズムで定義されている用語で、周波数帯を指す）でウェーブレットパワー（WP）の時間変化を求める事ができ、波形変化の周波数成分と時間成分の両方を議論できることから、スペクトル解析に比べ有利と考えられる。特に、本研究の対象地域であるベトナム南部メコンデルタ地域では、水稲の二期作、三期作が盛んであることから、水稲圃場の抽出のみならず作付け期の分類にも利用でき、有利と期待できる。

2.解析適用例の紹介

解析対象として、2009年1月～2011年12月のベトナム南部メコンデルタ地域（220km×220km）のMODISデータから10日間コンポジットイメージを作成しNDVIを計算した。これらのうち、土地被服分類の教師データを水稲二期作、三期作ならびにその他の土地利用（果樹園や集落など）に分けてそれぞれ30点選択し、離散Wavelet変換にてWPの時間変化を求め、土地利用ごとの特徴抽出を行った。その結果、レベル−3（40～80日周期）において水稲圃場はWP値が他の土地利用よりも明らかに大きく、レベル−4（80～160日周期）でも同様の傾向が確認できた。すなわち、稲の生育によりNDVIが変化するとき、WPが他の土地利用より卓越する周波数成分は水稲生育期間（およそ90日）と良く一致し、同じレベルの他の土地利用ではWPがゼロに近いことが確認できた。また、WPが大きい期間の出現パターンにより水稲二期作、三期作を分類できることも確認できた。次に、WPのしきい値を決定し自動的に水稲圃場を分類するため、NDVIの基本統計量と各レベルのWPを使いSPSSにて線形判別関数を計算し、教師データ以外の残りのデータの土地利用分類を行った（下図参照）。紙面の都合上、2009年ならびに2010年の結果やそれぞれの詳細は割愛するが、水稲二期作、三期作の領域は年により変化しているものの水稲圃場全体の面積に大きな変化はなく、例えば洪水の有無により前年三期作だった圃場が二期作へと変化した領域を分類できるなど、現地調査と定性的に良い一致を示した。しかし、正確な統計情報が得られなかったため分類精度の比較は行えておらず、今後の課題であると考えている。

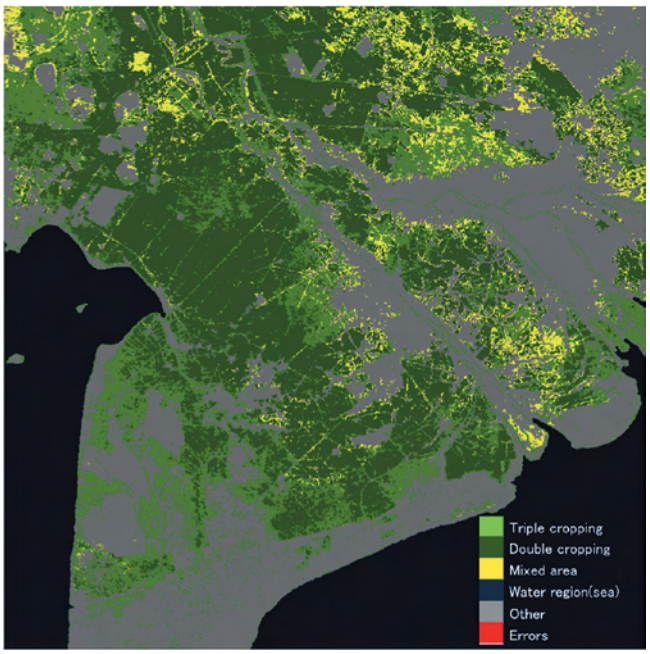


図　水稲圃場分類結果の例（2011年）

MODISデータを利用した稲の生育モニタリングに関する研究

鈴木 充夫、若森 弘二、市川ドルジュ
東京農業大学国際バイオビジネス学科、東京農業大学客員研究員（有人宇宙システム株式会社）

国内での衛星画像の農業利用が始まって以来、既に20年近く経過しているが、いまだ、実用化の段階には至っていない。本研究では、NASAが2003年から運用しているTerra, Aquaに搭載しているMODISデータを利用し、準リアルタイム自動処理システムにより計算された時系列NDVI（植生指標）とGISを組み合わせることにより、圃場段階の稲の生育状況を連続的にモニターする。MODISデータは250ｍの分解能であるが、毎日画像データを取得できる利点がある。また、250ｍの分解能とは6haから7haの圃場が固まっていれば衛星から圃場の判読が可能ということ意味している。これまで多くのリモートセンシングの研究者は、一筆20－30aの日本の圃場では、MODISによる稲のモニタリングは不可能だと考えていた。しかし、著者たちの長年の稲作地帯での現地調査の経験から、山形県などの日本のコメの主要産地では、栽培されている稲の品種は地域によりまとまっていることが確認できた。たとえば、JA山形おきたまで栽培されている稲の品種は、「はえぬき」が約60%、「コシヒカリ」が約40%であり、この2つの品種の栽培地域は、おおむね、まとまっている。稲の作付品種が特定品種に集中するのは、業務用需要がコメ販売の主流であることを考えれば当然の結果なのである。筆者たちは、研究対象地域の山形県川西町の6農家から6haの圃場の固まり6か所を提供してもらい試験圃場とした。図1に本研究で対象とした吉島地区の6か所の試験圃場の位置を示している。

図1のN2とN3は、「コシヒカリ」が80%以上作付されている試験圃場、N4とN5は「はえぬき」が80%以上作付されている試験圃場、N1とN6はいくつかの品種が混合作付されている試験圃場である。これらの試験圃場での生育モニター結果と6農家の現地での生育観察との意見交換から、6haのなかに同一品種が80%程度あれば、その品種の生育モニターはMODIS衛星でも有効であるとの結論に達した。

図2は、定点観測用の吉島地区のコシヒカリの試験圃場（6ha：N2）における2007年から2011年のNDVIの時系列変化を示したものである。2011年度の稲作期間は雪解けが4月中旬と遅れたために田植え時期が5月後半となった。その影響で、稲の生育が例年（2007、2008、2009）と比べて遅れたものの（2011年のNDVI値は小さい：(a)）、6月中旬以降は例年並みの成長に戻り（b)、出穂時期（NDVI値がピーク）も例年並みとなった。しかし、出穂後の日照量、また8月後半の長雨と夜間温度の低下等の影響で、吉島北地区の試験圃場のNDVI値は、8月下旬に例年に比べ急激に低下したことが確認できる（c)。その結果、2011年度の作柄は、NDVI値が例年とほぼ同じ大きさであることから平年並みかそれを若干下回り、また、NDVI値が8月下旬以降急激に低下したことにより、千粒重が平年より低いことを8月下旬時点で予測することができた。

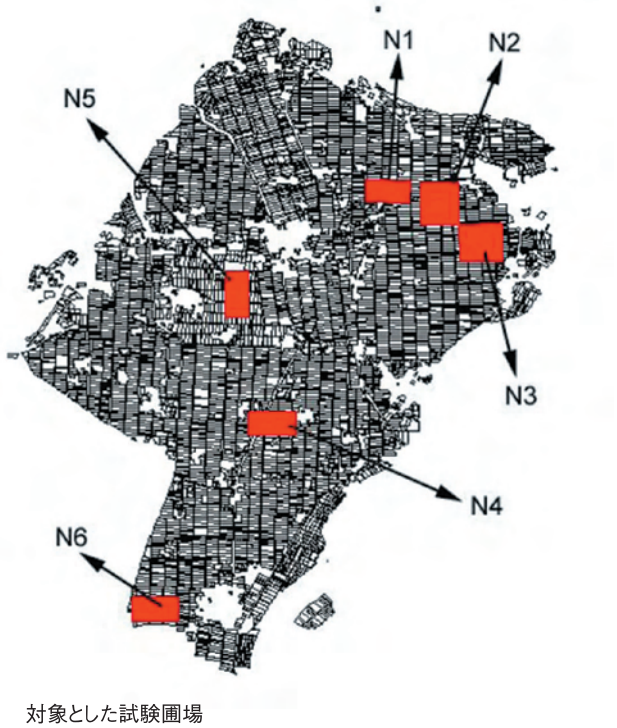


図1　対象とした試験圃場

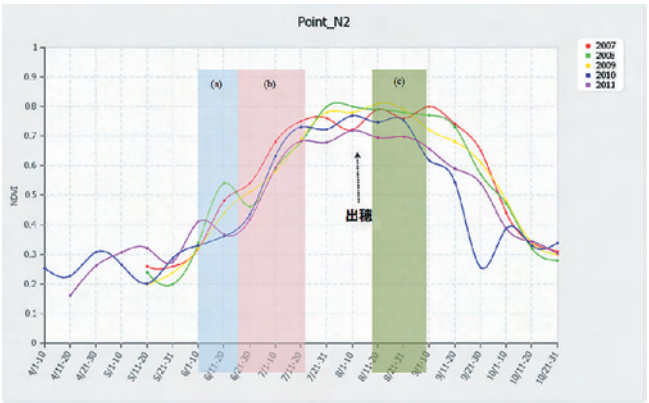


図2　稲の生育段階に対するNDVI値

出張記録

2012年4月～2012年9月の出張先と述べ出張者数

■学会・会議

国内・・・59

・5/12～13 とりぎん文化会館（鳥取県民文化会館）
システム農学会2012年度春季大会（1）

・5/31～6/1 東京ミッドタウン
第6回GISコミュニティフォーラム（2）

・6/14～6/16 山口県教育会館ほか
2012年度人工知能学会全国大会（第26回）（1）

・8/6～8/9 Crowne Plaza ANA Hiroshima
PRESCO 2012（The Pacific Rim Energy & Sustainability Congress）（1）

・8/6～8/7 東京情報大学
Workshop on the Research Project for a Sustainable Development of Economic and Social Structure Dependent on the Environment of The Eastern Coast of Asia（50）

・9/8～9/10 東京農業大学
ELR2012（緑化工学会・景観生態学会・応用生態工学会 3学会合同大会）（4）

国外・・・8

・7/22～7/27 ドイツ
IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium（IGRASS2012）（1）

・7/23～28 韓国
The 55th Symposium of the International Association for Vegetation Science（IAVS2012）（5）

・7/30～8/3 ドイツ　Computational Methods in Applied Mathematics（CMAM-5）（1）

・9/30～10/5 米国
4th International EcoSummit 2012 -Ecological Sustainability-（1）

■調査など

国内（21），ベトナム（3），中国（2），フィリピン（1），インドネシア（1），米国（1）

戦略基盤研究国際ワークショップ参加者の集合写真（2012年8月7日）．会場となった東京情報大学総合情報センターメディアサブホールにて．

戦略基盤研究国際ワークショップ懇親会参加者の集合写真（2012年8月7日）．会場となった三井ガーデンホテル千葉にて．

編集後記

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総合研究」が最終年度となり、国際ワークショップが2012年8月6日から8月7日に東京情報大学で開催された。国内だけでなく国外からの共同研究者も多数参加され、各グループ間の研究成果を報告した。東日本大震災後のモニタリングに関する研究テーマは、今後も継続的な調査が必要であり、被災地復興支援の一助となることを期待する。（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：　㈱高千穂ネットワーク