

研究室紹介

筑波大学大学院生命環境科学研究科生命共存科学専攻 環境創生モデリング分野

松下文経

1. はじめに

筑波大学大学院生命環境科学研究科生命共存科学専攻は、2001年4月に誕生した5年一貫制の専攻で、「生命共存の基盤である地球環境を物理化学的手法により解析する地球科学と、生命と環境の相互作用を生命の側から解明する生命科学を融合させ、激変する地球環境と生命の相克を複合的・動的に解析し、両者の調和をもたらす方策を立案できる新たな科学分野の創生」を目的としています。専攻の教育・研究分野として7つの分野と連携大学院方式による2つの分野を設けています。これらの分野で急速に変貌する生活環境と地球生命との新たな関連を解明し、人類と他の生物が共存できる理想的地球環境を提言できるとともに、さまざまな環境問題に柔軟に対応できる独創的研究者、高度専門職業人の養成を目指しています。筆者が所属している環境創生モデリング分野は、その7つの分野の一つです。

2. 研究室の構成と研究教育の理念

環境創生モデリング分野の人員は平成22年3月現在、教員2名（福島武彦教授と松下文経准教授）、研究員1名（吉村和也さん）、博士6名、修士7名、4年生3名で構成されています。そのうち、リモートセンシングに関する研究を行っている学生は、博士4名、修士2名、4年生2名となっています。当分野の研究教育は「これ以上の地球生命環境の悪化を防ぐこと」、「深刻化する環境負荷と地球生命環境の悪化を分子生物学から地球レベルにわたる解析手法によって、より発展的で具体的な環境の改善と修復の方策を探ること」の2つの目標を有機的に結びつけ、相互に関連づける役割をはたすべく位置づけられています。すなわち、他分野で蓄積されたデータ、他専攻から収集した情報にもとづいて、モデルを構築してシミュレーションを行い、人類の持続的発展が可能な安全な環境のあり方を探る、得られた結果を各分野にフィードバックを繰り返すことから「より効果的な保全」と「より安全で信頼できる改善と修復」をめざす、ことがミッションです。

3. 研究室の設備

当分野の教員室、学生室、データ解析室および実験室は大学の総合研究棟Aの4階（1部屋）と5階（5部屋）にあります。リモートセンシングの研究や教育に必要な機器やソフトウェアに関しては以下のようなものをそろえています。

す。

- 分光放射計 2台（FieldSpec Pro FR 1台、FieldSpec HH 1台、Analytical Spectral Devices INC 製）
- 分光光度計 1台（UV1700、島津製作所製）
- 水中消散係数連続測定装置（Satlantic 社製）
- 水中分光反射率測定装置（Analytical Spectral Devices INC 製）
- 積分球 1台（SphereOptics）
- 水色シミュレータ Hydrolight（SEQUOIA）
- ERDAS/Imagine（2ライセンス）、ArcGIS（2ライセンス）、ArcView（1ライセンス）、ENVI/IDL（1ライセンス）など。

基本的な画像処理は商用ソフトを利用しますが、新たなアルゴリズムの開発には、IDL（Interactive Data Language）やC言語などを用いてプログラミングすることによって、データ解析を行っています。

4. 研究の概要

当分野では、リモートセンシングとGISを用いて地球環境変化の解明に関する研究を行っています。最近、以下のようなテーマの研究を進めています。

(1) 衛星データによる湖沼水質の推定

湖沼、内湾、沿岸水域など水域には植物プランクトン以外に、無機懸濁物、溶存有機物が存在し、反射スペクトルに相互影響を及ぼし、植物プランクトン情報の抽出が難しい。この問題点を解決するために、我々は、Spectral Decomposition Algorithm (SDA)を開発しました。SDAは、水体からの分光反射スペクトルを、それに影響を及ぼす4つの主要成分、すなわち、純水・植物プランクトン・無機懸濁物・溶存有機物（以降エンドメンバーと呼ぶ）に分離することによって、各エンドメンバー間の相互影響を除去し、それぞれのエンドメンバーからの情報を強調する方法です。SDA法に基づいた水質濃度の推定モデルは、対象とした水質濃度の情報のみを含む分解指数をモデルの独立変数として利用するため、室内実験用、及び衛星画像用の各エンドメンバーをそれぞれ適切に選定できれば、実験室で作成した推定モデルがそのまま衛星画像に適用できると考えられます。この手法を用い、二時期のLandsat/TM画像（1994年と2006年）から、室内実験で作成した同一の推定モデルを用いてクロロフィルa濃度を算出した結果、それぞれ土

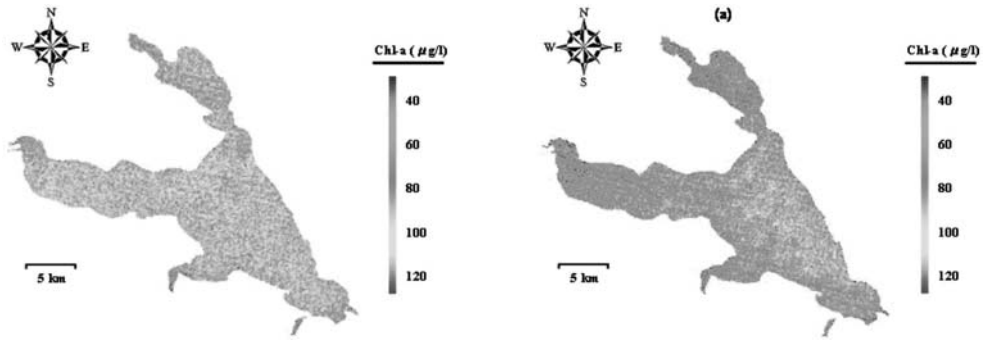


図 1 霞ヶ浦でのクロロフィル a 濃度の分布図 (左 : 1994 年 4 月, 右 : 2006 年 2 月)

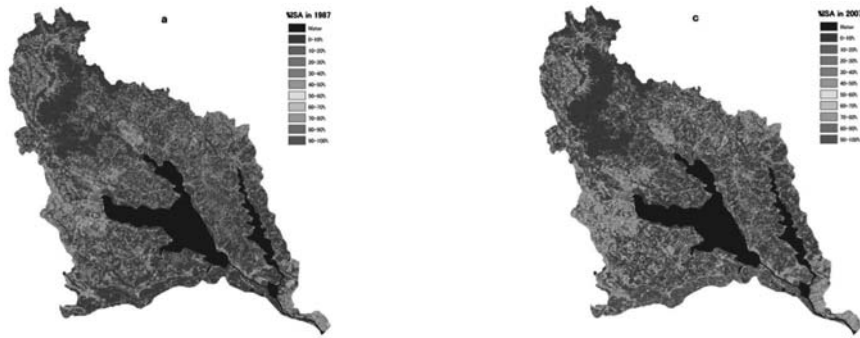


図 2 霞ヶ浦流域における ISA% の分布図 (左 : 1987 年, 右 2007 年)

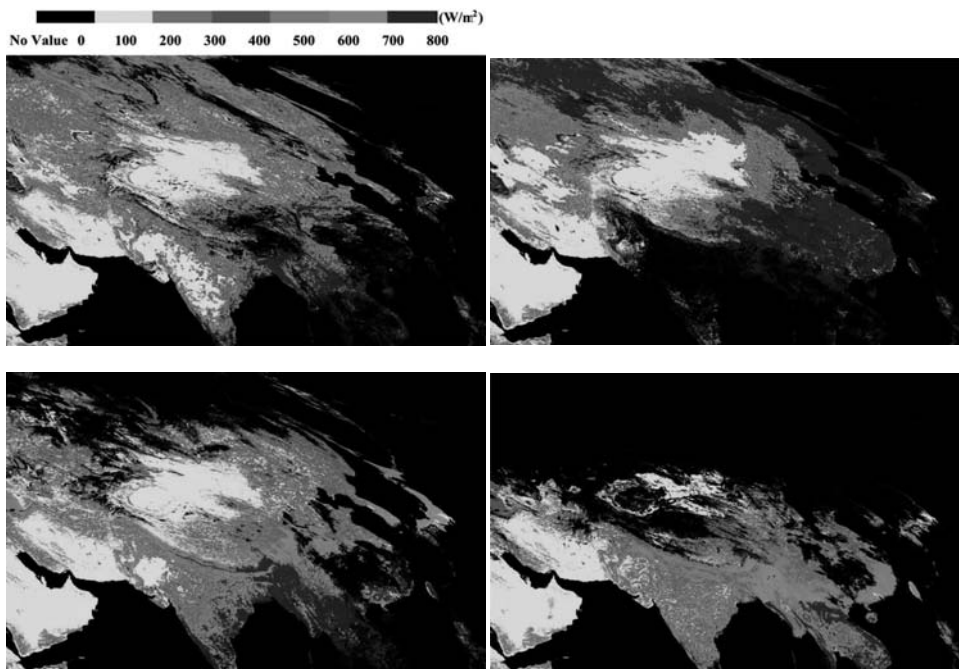


図 3 東アジア地域における 2000 年の蒸発散量の分布図 (左上 : 春, 右上 : 夏, 左下 : 秋, 右下 : 冬)

7.3%, ±10.5%の精度で同時に推定可能であることを確認し, 推定モデルの頑健性を示しました (図 1, Oyama et al. 2009)。SDA 法に基づいたモデルの作成は実験室における小型容器の測定データを用いることも可能となるため, エンドメンバーを確定するための生物光学モデルに必要な最

小限の情報がわかれば, 実験室レベルで作成したモデルはそのまま衛星データに適用でき, 従来の衛星データを用いた水質推測の際には必須であった大量のグラウンドトゥースデータの取得は必要がなくなり, 衛星データのみで水質の評価が可能となります。

(2) 衛星データを用いて流域不浸透面面積の推定

流域において、舗装された道路やセラミック・金属などでできた屋根は水の浸透がほとんどなく、「不浸透面 (Impervious Surface Area : ISA)」と呼ばれています。こうした不浸透面は都市化の進行により増加しつつあり、流域において、表面流出水量の増加、流出負荷量の増大、蒸発散量が少ないことからヒートアイランドの形成などを、引き起こすと考えられてきました。従って、ISAの流域面積に占める比率であるISA%は流域の持続性指標として利用されています。一般的に、ISA%が1~10%であると流域の水循環に「ストレスを与えている」、10~25%であると「影響を及ぼしている」、25%以上であると「悪影響を与えている」と言われています。以上のように、健全な水循環システムを構築するために、流域でのISA%の現状を把握し、計画的に開発を行う必要があります。

このようなISA%を数百km²以上の規模で推定するには、衛星データを用いる方法が有効ですが、ISAのサイズはほとんど画素サイズより小さいため、混合画素分解によるサブピクセルスケールでの解析が必要です。我々は、線形ミクスチャ解析モデルに基づいて、流域の各エンドメンバーの複雑性を考慮し、新たなアルゴリズムを開発しました。解析例として、図2には霞ヶ浦流域を対象としてLandsat/TM画像から推定した1987年、2007年のISA%分布を示します。図から、流域の西部(つくば市、土浦市周辺)、南部(龍ヶ崎市周辺)でISA%の増加がはっきりと観察されます。また、流域北部でのISA%の増加はビニールハウス等の建設によるものと考えられています。

(3) 衛星データのみで広域蒸発散量の推定

陸域からの蒸発散は水循環機構解明や水資源管理の観点から非常に重要です。しかし、この蒸発散量の広域的な推定には、まだ幾つかのチャレンジが残されています。そのうちの一つは、広範囲で地上観測データの収集は困難であるため、蒸発散量推定モデルの入力に必要な地上観測データの使用は、できれば最小限に抑える必要があります。我々は、衛星画像に含まれている蒸発散量がない特殊な画素(Dry Pointと呼ぶ)を利用することによって、衛星データのみを必要とするモデルを開発しました(Sun et al. 2009)。図3には、MODIS衛星データを用いて東アジアでの蒸発散量を計算した結果です。衛星データから推定した正味日射量、地中伝道熱、植生キャノピ高、地表面温度、植生比

率を、熱収支モデルに基づいた蒸発散量推定アルゴリズムに統合することによって作成したものです。アジア大陸における蒸発散量の空間分布や季節変化が明らかです。

(4) その他の研究

当分野は他の研究室や研究機関などと連携しながら、研究も進めています。例えば、同大学の恩田研(恩田裕一教授)との「衛星データを用いて荒廃した人工林の抽出」、奈佐原研(奈佐原顕郎准教授)との「全天デジタルカメラ画像を用いて葉面積指数の季節変化」、中国北京師範大学の陳晋教授との「衛星データから火災跡地の抽出方法の開発」、「滇池水質のモニタリング」、中国科学院武漢水生生物研究所の李仁輝教授との「高原湖沼の固有光学特性に関する研究」、などが挙げられます。

5. おわりに

21世紀に入り、私たちの社会は自然との共生が求められています。リモートセンシングによる地球の監視技術は、これからますます重要な存在となるでしょう。衛星画像を利用して我々の地球を空からモニタリングすることは、人間の「定期健康診断」と同じように、地球の「病気」の早期発見につながります。また定期的・長期的に観測を継続することにより、よりの確な「治療法」を見出すこともでき、そこから地球の「病気」の予防法もみつかるのではないのでしょうか。ご関心を持たれた方は、お気軽にお問い合わせ下さい。

研究室ホームページ：

<http://www.ies.life.tsukuba.ac.jp/~modeling/>

引用文献

- 1) Y. Oyama, B. Matsushita, T. Fukushima, K. Matsushige & A. Imai : Application of spectral decomposition algorithm for mapping water quality in a turbid lake (Lake Kasumigaura, Japan) from Landsat TM data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64, 73-85, 2009.
- 2) Z. Sun, Q. Wang, B. Matsushita, T. Fukushima, Z. Ouyang & M. Watanabe : Development of a Simple Remote Sensing EvapoTranspiration Model (Sim-ReSET) : Algorithm and Model Test. *Journal of Hydrology*, 376, 476-485, 2009.