

20. MODIS を用いたアジアの水田分布図の作成

キーワード：アジア、NDXI、水田分布、データ配信、分布図作成モデル

1. 本研究の背景と目的

水田は、世界の総面積のおよそ90%がアジアに分布するとされており、数十億人の食料源である米の生産場所として重要な地位を占めており、これから抱える人口増加問題や水問題においてその重要性を増すと考えられる。さらに近年は、地球温暖化ガスの一つであるメタンの主要な発生源として、西シベリアやカナダに分布する泥炭湿地とともに、その重要性が指摘されはじめた (Takeuchi et al. 2003)。現在、全地球レベルでの水田での環境変動が激しく、どのような水田がどこに分布しているのか、また、その水田環境がどのように変動しているのか、正確な情報は極めて少ない。本研究では、これまで衛星観測の適用が限られてきた水田の分布図作成について、MODIS と ASTER による可視・赤外のリモートセンシングを利用することにより、世界最大の稲作地帯であるアジアに適用する研究を行った。

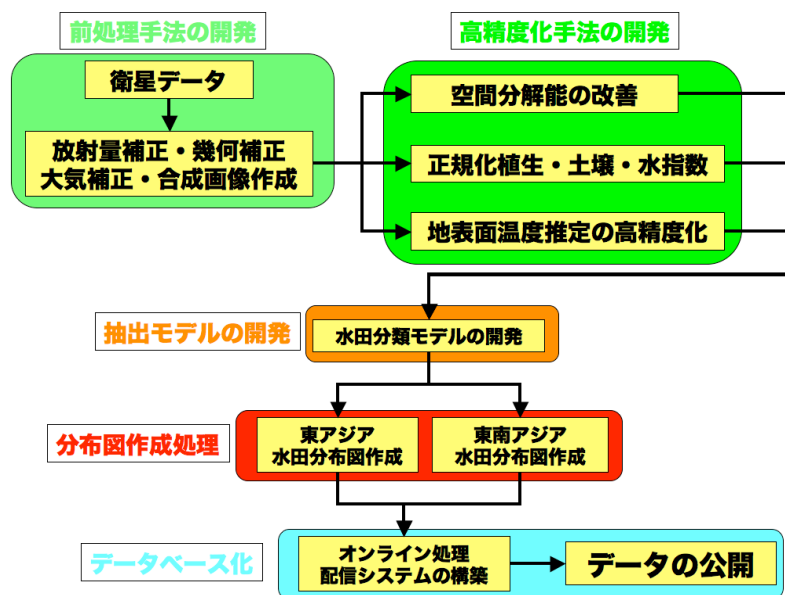


図1 衛星データを用いたアジア水田分布図作成手法

2. 水田分布図の作成

2.1 衛星データ前処理の高精度化 (図1 上段の「前処理手法開発」)

リモートセンシングの画像処理は、同一物体は常に同じ電磁波特性を示し、二次元画像平面上で常に同じ幾何学的形状を示すという前提条件に基づいているが、実際の画像はさまざまな歪みを受けており、この前提条件を満足しないことが多いので、この歪み補正が最も重要な前処理となる。また可視赤外データの欠点である雲をはじめとしたノイズを合成画像作成手法の開発により最小限に抑え、大気補正、放射量補正、幾何補正といった前処理手法にも新たに検討を加えた (竹内・安岡 2003b, 2004)

2.2 空間分解能の低下問題の克服および水田観測指数の開発 (図1 上段の「高精度化手法の開発」)

水田のように季節変化を考慮した分類が必要な場合には、MODIS のように一年を通じて多数の画像を入手できるデータを利用することが必要不可欠である。しかしながら、MODIS の空間分解能は 250m から 1000m と比較的低いため、平滑化された粗い画像しか得られない。一方、ASTER のように 15m から 90m の高い空間分解能を持つ画像を用いれば、地表の細かいレベルの情報も判別することができる。MODIS が持つ高い時間分解能と広い観測範囲を保持しつつ、ASTER の持つ高い空間分解能を補完的に利用することにより、MODIS の画素内に混在している土地被覆情報を抽出する手法について検討を行った。また、従来よく用いられてきた正規化植生指数 (NDVI) の考えを拡張し、水田観測に有効な短波長赤外チャンネルを利用することにより正規化土壌指数 (NDSI) と正規化水指数 (NDWI) を提案し、湿地観測への有効性を確認した (竹内・安岡 2005, 2003a)。さらに、地表面における熱エネルギーの交換、それに伴う水の移動を支配し、地球規模での環境を評価するために重要なパラメータである地表面温度 (LST) にも着目した。MODIS データ (広域高頻度観測性) と ASTER データ (高空間分解能) を組み合わせることにより空間分解能の改善と放射率の補正を同時に行い、地表面温度を推定する簡便な手法を開発した (竹内・安岡 2003a)。

2.3 分布図作成モデルの開発 (図1 中段の「分布図作成モデルの開発」「分布図作成処理」、図2, 図3)

単期作と多期作の観点から、東アジアと東南アジアに分けて分布図作成を行った。東アジアは、日本、韓国、北朝鮮、中国を含む水田分布図を作成した。まず、空間分解能 250m のチャンネル 1 および 2 の 15 日間 MODIS 合成画像を用いて評価基準画像を作成し、季節変動を失わないようにデータ圧縮を行った。これに、ASTER データから作成した水田分布図を教師として、水田とそれ以外のカテゴリについて、クラス平均および分

散を用いた判別距離を算出した。次に、判別率の高さに従って重み付けをした NDVI 画像を作成し、カテゴリ分解を行うことにより水田の分布図を作成した。最後に、作成した水田分布画像を、現在大陸レベルで唯一入手可能な IGBP-DIS データと国際稲研究所 (IRRI) が公表している国別統計データとの比較を行った結果、IRRI が公表している値と矛盾しない結果を得た。

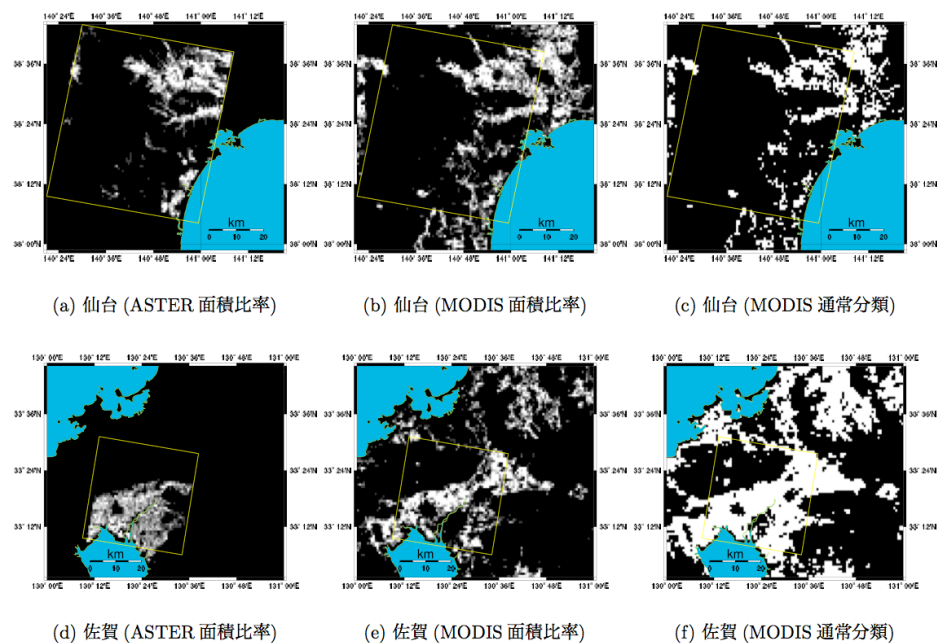


図2 ASTER と MODIS から求めた水田分布図の比較

(c)と(f)は通常のカテゴリ分解を行った結果を表している。画像の濃淡は、各画素における水田の面積比率を表しており、白の濃淡が濃いほど水田が多く含まれていることを意味している。図中の矩形領域は解析に使用した ASTERの範囲を表している。

東南アジアは、カンボジア、ラオス、ミャンマー、タイ、ベトナム、マレーシア、インドネシア、バングラディシュ、インド、ネパールを含む水田分布図を作成した。まず、MODIS データから正規化植生・土壌・水指数(NDVI, NDSI, NDWI)を総じて NDXI と呼ぶと地表面温度および季節変動を失わないように評価基準を行った。次に、ASTER データおよび現地調査により取得した水田の緯度経度情報を用いて教師データを作成し、

評価基準画像を使用して水田の一期作と二期作を区別した分布図を求め、湛水時期と稲の生長度合いの年間変動を空間的に求めた。

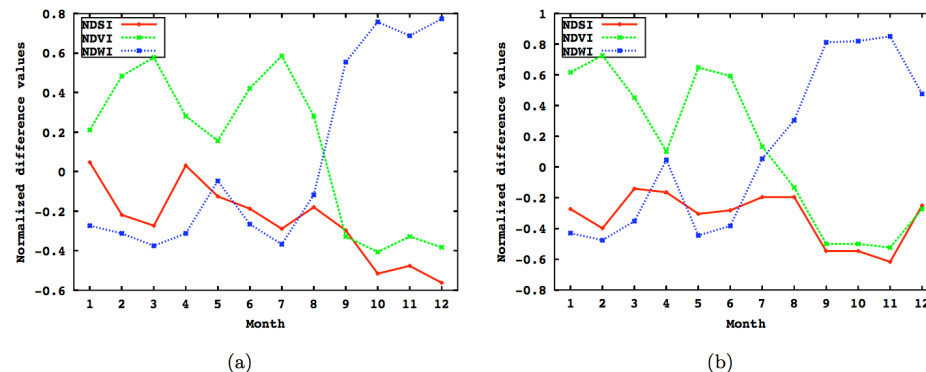


図3 東南アジアの代表的な水田地帯における MODIS NDXI の時系列変動

(a)チャオプラヤ川流域の二期作水田, (b)メコン川流域の二期作水田. NDVI が稲の成長を NDWI が水田の湛水状態をそれぞれ表している。

現在のところ世界最高精度である 500m 空間分解能での水田および湿地分布図をアジア全域にわたって作成した(竹内・安岡 2005, 2006)¹. 作成した水田分布画像を、IGBP-DIS データと IRRI が公表している国別統計データとの比較を行った結果、MODIS を用いて作成した水田分布画像から求めた水田面積は、従来の AVHRR を使用して求めた推定値よりも大きく精度が向上した。

3. データ配信・公開システムの構築および次世代観測計画の利用 (図 1 下段の「データベース化」)

衛星データのオンライン配信を行っている機関は世界各国に存在するが、その分布は欧米に限られており、いずれのシステムにおいてもレベル 1b データの FTP 配信にとどまっている。本研究では、東京およびバンコクで東大生研が受信している MODIS データを対象とし、放射量補正・幾何補正・切り出し・雲なし合成画像作成などの処理を施してユーザにデータを配信するシステムを構築した。2002 年の運用開始からアジアの国々を中心に多数のユーザを集めており、毎月 15 万件のアクセスがあるサイトに成長した (竹内・安岡 2004b, . ま

た、

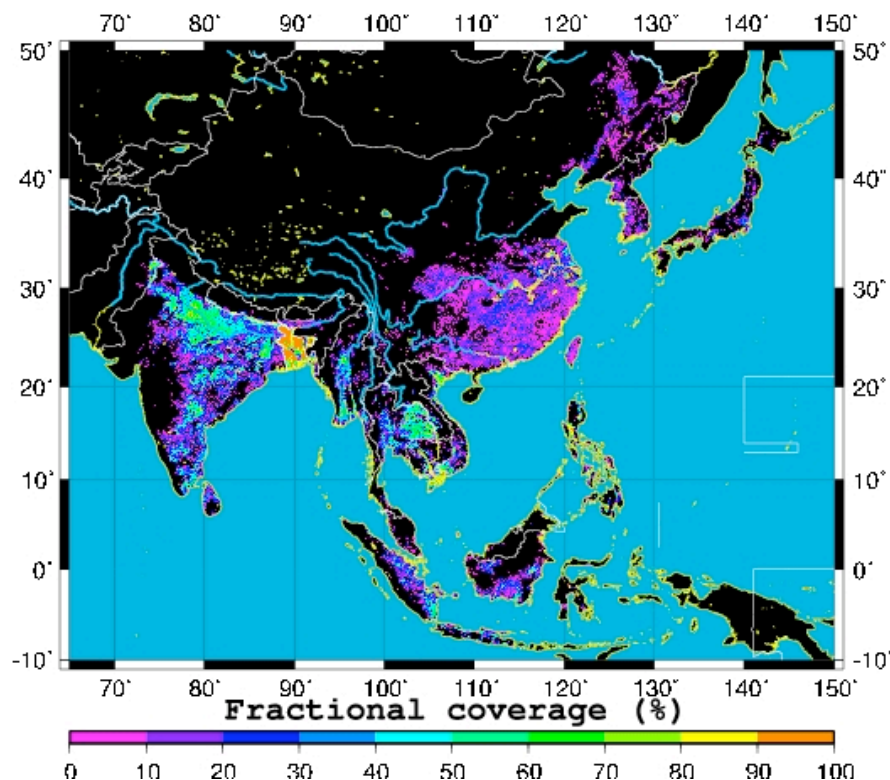


図4 アジアの水田面積比率画像。

画像の濃淡は、各画素における水田の面積比率を表しており、1画素の大きさは500m四方に相当する。

計画の継続性を考慮するために現在稼働しているMODISセンサが提供する情報を最大限活用し、次世代への知見として蓄積をしていくことを念頭に置いた。本研究で開発した水田分布図作成手法は、次世代観測衛星であるNPOESSに搭載予定のVisible and Infrared Imaging Radiometer Suite(VIIRS)センサへと即座に適用可能であり、水田観測について長期的な展望を持つ観測手法が構築された(竹内ら2005)。

参考文献

竹内 渉, 安岡善文. 水田面積比率分布図作成手法の時空間的安定性の評価. *日本リモートセンシング学会誌*, 26(2), pp. 146-153, 2006.

竹内 渉, 根本利弘, P. J. Baruah, 安岡善文. アジア環境災害観測のための衛星データオンライン配信システムの構築. *写真測量とリモートセンシング*, 44(2), pp. 68-72, 2005.

竹内 渉, 安岡善文. 衛星リモートセンシングデータを用いた正規化植生, 土壌, 水指数の開発. *写真測量とリモートセンシング*, 43(6), pp. 7-19, 2005.

竹内 渉, 安岡善文. MODISデータを用いた東アジアの水田面積比率分布図の作成. *写真測量とリモートセンシング*, 43(6), pp. 20-33, 2005.

竹内 渉, 安岡善文. MODISデータを用いた合成画像作成手法の開発. *写真測量とリモートセンシング*, 43(5), pp. 36-48, 2004.

竹内 渉, 安岡善文. WWWを用いたASTERデータ管理システムの構築. *写真測量とリモートセンシング*, 43(4), pp. 35-40, 2004.

竹内 渉, 安岡善文. MODISとASTERのスペクトル分解による地表面温度分布図の作成. *写真測量とリモートセンシング*, 42(5), pp. 27-39, 2003.

竹内 渉, 安岡善文. Terra ASTERのシステム幾何補正と精度検証. *写真測量とリモートセンシング*, 42(2), pp. 38-41, 2003.

竹内 渉, 根本利弘, P. J. Baruah, 越智士郎, 安岡善文. WWWを利用したTerra MODISデータ前処理システムの構築. *写真測量とリモートセンシング*, 42(2), pp. 21-27, 2003.

Takeuchi, W., Tamura, M., and Yasuoka, Y. Estimation of methane emission from West Siberian wetland by scaling technique between NOAA AVHRR and SPOT HRV. *Remote Sensing of Environment*, 85(4), pp. 21-29, 2003.

竹内 渉, 根本利弘, 越智士郎, 安岡善文. WWWを利用したAVHRRデータ処理システムの構築. *写真測量とリモートセンシング*, 41(3), pp. 23-27, 2002.

(竹内 渉)