

衛星データを用いた土地利用に関する研究 — 中国農業科学院農業資源与農業区画研との共同研究 —

内田 諭

JIRCAS

Abstract

Technology of observing ground surface features using satellite borne sensors has been rapidly developed since 1970s for public purposes. Characterization of state of land use especially agricultural land use is one of expected target of application because it might be difficult to obtain reliable information for wide area by only ground level survey. Under this circumstance, Institute of Natural Resources and Regional Planning (INRRP) of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS) and JIRCAS started the collaborative research project adopting this technology in 1998 and continued until 2008. During the period, it was objected to develop a method to estimate sown area of staple crops in major producing areas, i.e. winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain and rice in the Heilongjiang Province. In either case study, it was revealed that high temporal resolution satellite data with wide spatial coverage was capable to monitor the sown area with considerable accuracy by means of introducing sub-pixel estimation techniques. The project also contributed the capacity building for young researchers of INRRP, who presently become leading researchers of this field in China, by providing opportunity to study in Japan.

1 はじめに

土地利用は、特定の地点では変化がほとんどない場合もあるが、広がりを持った空間の中の事象として捉えると、時間と共に変化していることが一般的である。農業的土地利用という観点から見ると、ある作物の作付域は年々変化するが、こうした状況を把握することにより、土地・水等の資源が持続性を持って利用されているか、また、食料生産が需要に応じたものであるか、等を分析することができる。一方で、土地利用の状況は空間的に不均質であり、地上での計測や観察により広域をカバーすることには限界がある。そこで、地球観測衛星データを活用することが作付把握の手段の1つとして考えられるようになった。ことに、食料作物の一大生産・消費国である中国においては、この技術に対する期待は大きく、中国農業科学院においても、1990年代に衛星データの活用を推進する機運がある中で、国際農研との共同研究の枠組みの中に当該技術を利用した課題が設定された。筆者は、国際農研側の担当者として共同研究に携わったが、本稿において共同研究の概要と成果について紹介する。また、成果の一部については、参考文献に示された書籍として公表した。

2 共同研究の概要

国際農研と中国研究機関との間の共同研究について、以前は個別のテーマ毎に取り組んで

いたものが、多分野の研究者が参画して包括的な目的を持つ総合プロの形式を取ることとなり、1998年より総合プロ「中国における主要食料資源の持続的生産及び高度利用技術の開発」が開始された。当プロの1課題として、「地理情報システムを用いた農業環境変動の評価技術の開発」が設定され、筆者が担当することとなった。本課題では、衛星リモートセンシングデータを活用した主要作物の作付分布とその変動を広域的に把握するための技術開発を目指した。プロジェクト開始時、中国農業科学院において、農業資源与農業区間研究所（区画研）を中心に衛星情報や地理情報の農業分野への活用、特に主要作物の作付・生産の実態を把握するための研究開発の環境整備が進められている最中にあり、研究者の外国への留学、若手研究員の採用、衛星受信システムの導入等が行われていた。

当期プロジェクトでは、対象として黄淮海平原における冬小麦作付を選定した。黄淮海平原の北部には北京が含まれるが、同地域では冬小麦と夏作のトウモロコシの組合せが代表的作付パターンである。小麦は、中国において最も重要な食用作物の1つである一方、作付されている地域では都市化等の影響による土地利用転換や水不足による作付面積への影響が認められたが、年々の作付・生産動向を客観的かつ迅速に把握する手段が当時は確立されていなかった。そこで、衛星データを活用した技術開発が期待される中、本プロジェクトでは、冬小麦作付域の判別手法や多時期のデータを用いた土地利用動態の解析手法の開発を行うこととなった。

上述プロジェクトは2003年に終了したが、引き続き2004年より総合プロ「中国食料の生産と市場の変動に対応する安定供給システムの開発」が開始され、この中で衛星データ利用技術の高度化を図る課題を区画研と共同で取り組むこととなった。当プロジェクトでは、前期開発技術をさらに進めるとともに、対象を黒竜江省における水稻作付に拡張した。黒竜江省は水稻栽培の北限に当たる冷涼な気象条件下であり、冷害の発生の危険度が高いものの、良質米の産地として近年水稻栽培面積を拡大してきた地域であった。プロジェクト全体としては、冷害に対する早期警戒に資するシステムを開発することが目的とされていたが、その中で基盤となる水稻作付地の空間的な分布と経年変化に関する情報が必要であり、そのための衛星データを活用した技術開発を行うこととなった。

両期を通じた共同研究の実施に当たり、若手研究員の能力開発が重点的活動項目の1つとなったため、関連するワークショップの開催、若手研究員の日本への招へい等を実施した。表1は、共同研究員招へい事業により日本に招へいした若手研究員とその研究課題を記したものである。招へい期間中、国内学会への参加、また、他招へい研究員・国内関係研究者等との交流を行い、研究能力の向上に加え、研究ネットワークの進展につながる活動となった。

表1 共同研究員招へい実績

共同研究員名	期間	研究課題
Liu Jia	Jul.22 - Oct.19, 1999	Land Use/Cover Change Analysis in the Suburban Agricultural Area of Beijing Using Multi-temporal Landsat TM Data and GIS
Chen Zhongxin	Sep.4 - Dec.1, 2000	Estimating Winter Wheat Acreage Using Remotely Sensed Imagery with Sub-pixel Classification Algorithm

Yang Peng	Sep.26 - Dec.8, 2001	The Use of Linear Spectral Unmixing Model for Improving Estimation Accuracy of Winter Wheat Acreage
Wu Wenbin	Aug.8 - Oct.28, 2005	Study on Winter Wheat Sown Area Change Detection Using Multi-temporal NDVI Data Derived from Landsat TM Images
Zou Jinqiu	Oct.24 - Dec.21, 2005	Study on the Method of Extracting Winter Wheat Sown Area with Terra/MODIS and its Accuracy Analysis
He Yingbin	Sep.25 - Dec.15, 2006	Study on Effect of Cold Damage on Rice Yield Based on TERRA/MODIS and TM

3 衛星データを活用した主要作物作付状況把握技術の開発

1) 黄淮海平原における冬小麦作付

黄淮海平原とは、中国華北地域に広がる沖積平野であり、食料作物の一大生産地帯となっており、ここでは、晩秋に播種し春季の後半に収穫する冬小麦と夏季に作付けられるトウモロコシの二毛作が一般的である。小麦は、中国において食料作物として重要な作物であるが、黄淮海平原では近年都市的土地利用の拡大や水不足による耕作制限等の事情により、作付面積は変化してきている。そこで、空間分解能が 30m である Landsat/TM/ETM+ データから冬小麦作付域の判別が可能であるか、地表被覆状況の通年の変化を調べたところ、4 月から 5 月の間では冬小麦による植生活動が他の土地利用に比べて顕著に活発であり、この時期のデータによる土地被覆分類によって冬小麦作付域を容易に抽出できることが判明した。

作付面積精度の検証のため、北京市順義区における冬小麦作付域の区全体に対する面積率を統計値と比較したものが図 1 である。統計値では、1995 年から 1999 年の間の変化がないが、これは前年の値を引用している可能性があり、観測時点で即時に結果が得られることを含めて衛星データ活用の有効性が認められた。また、複数年次の衛星データ情報を重ね合わせることで、作付域の変化を詳細に捉えることも可能であった。図 2 は、2000 年、

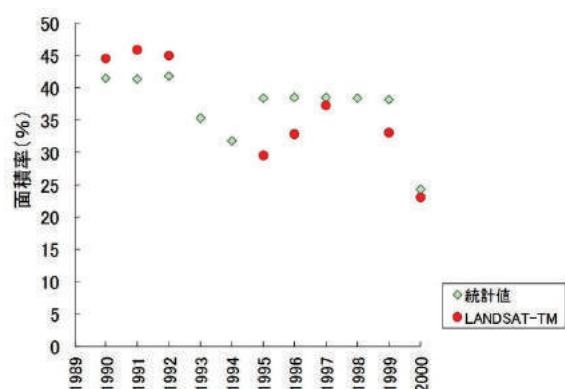


図 1 衛星から得られた冬小麦作付面積率と統計値との比較（北京市順義区）

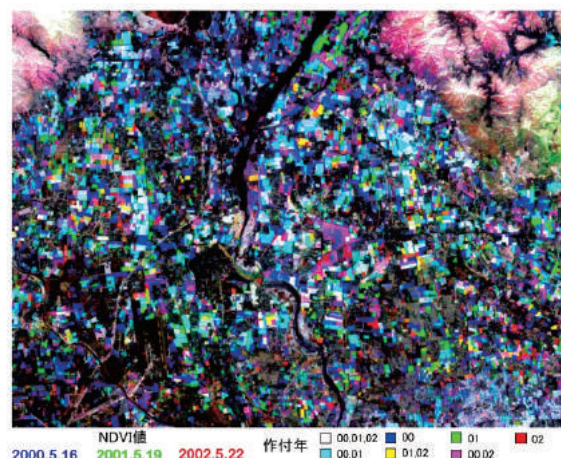


図 2 多年次植生指数カラー合成図による順義区における冬小麦作付域の変化

2001 年、2002 年の植生指数をカラー合成した画像である。この間に冬小麦作付域が大きく減少したが、図中水色が 2001 年から非作付地、青色が 2002 年から非作付地となった圃場であり、区内全域においてこの間に作付域が縮小してきた状況が明瞭に示された。

上記の Landsat データによる解析では、1 筆毎の作付状況を捉えることが可能であったが、黄淮海平原のような広域を対象とした場合には、最適な時期のデータが得られないといったデータの欠損が発生する。そこで、空間分解能が約 1 km と粗くなるが、観測幅が広く高頻度で観測する NOAA/AVHRR データを用い、5 月中旬と 6 月中旬の 2 時点の植生指数値の変化から画素内冬小麦作付面積率を広域に隙間なく推定する手法を開発した。

図 3 は、県区別の冬小麦作付面積率を表したものである。作付面積率が高い県区が Y 字状に存在するが、分岐より北部の西側の部分は平野上部の山麓地帯、東側の部分は黄河左岸に当たり、いずれも地下水が豊富な栽培適地であるが、これらの間には不適地が存在していることが明瞭に示された。図 4 は、作付面積率と 1998 年から 2003 年の間の変化傾向から類型化したものであるが、適地の周辺部や大都市近郊で減少傾向が強かった地域があることが判る。また、前述の順義区は、減少傾向が顕著な類型であったことが確認できた。

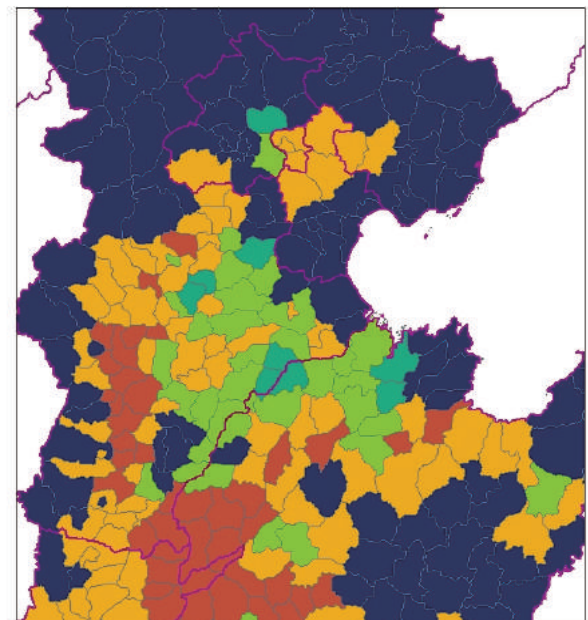
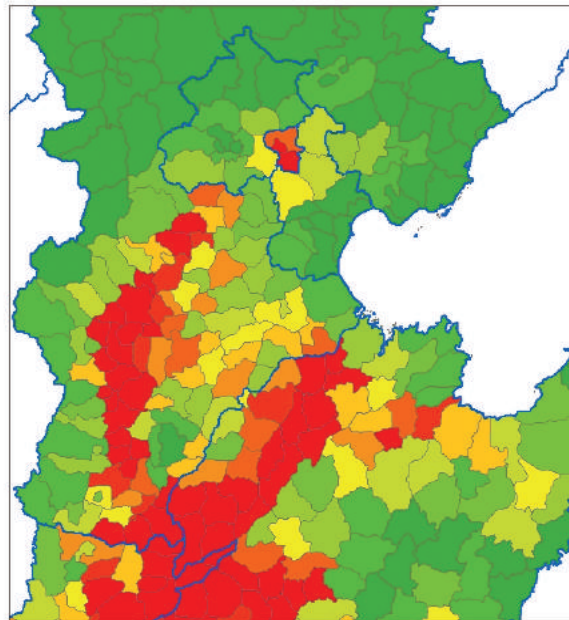


図 3 衛星データによる黄淮海平原における冬小麦作付面積率分布（県区単位）

図 4 1998 年～2003 年の期間の変化による冬小麦作付地域の類型化

2) 黒竜江省における水稻作付

中国東北部に位置する黒竜江省は、高緯度のため冷涼な気候帯に位置するが食料作物の重要な生産地域でもある。1980年代後半以降、コメの作付面積が急速に増加してきているが(図5)、これは良質米の生産地として水田開発が進められてきたからであった。一方で、コメの生育可能期間は限られ、冷害発生の危険性があり、また、利用可能な水資源も豊富ではないことがこの地域の特性でもあった。そこで、気象・立地条件に適応できる気象災害早期警戒システムの開発が必要であったが、水田開発の速度が速く、共同研究開始時に

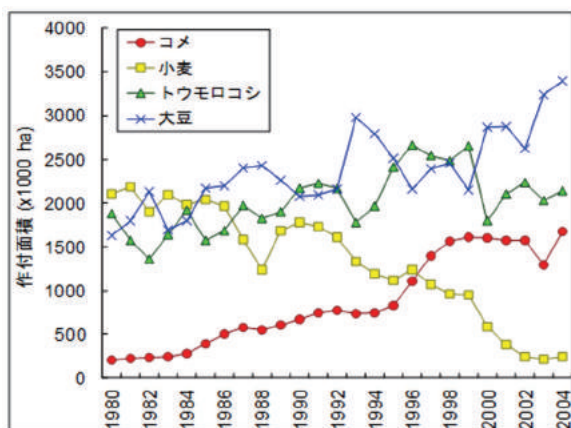


図5 黒竜江省における主要作物作付面積の推移

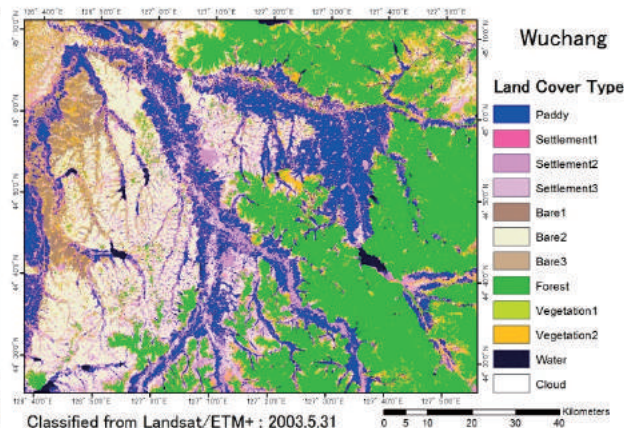


図6 水稻移植期の衛星データを用いた土地被覆分類図(五常県)

は、その分布を迅速かつ的確に把握するための手段は確立されていなかった。

図6は、五常県を対象とする水稻移植期に観測された Landsat データによる土地被覆分類図であり、この時期に湛水状態である水田の判別は十分に可能であった。しかし、46万平方キロに及ぶ省全域を対象とした分布を得るためには観測幅が広く高頻度で観測する衛星データが必要であり、空間分解能が 250m である MODIS データを利用することとしたが、上述の黄淮海平原のケースと同様、面積算定精度を向上させるため画素内面積率を推定する手法を開発した。本手法は、水稻移植期には、他の畑作地は裸地状になることを前提に推定するものであり、黒竜江省と同様の冷涼な気象条件下の他地域にも適用できるものと考えられた。

図7は、MODIS データから得られた黒竜江省における水田分布を示すものである。水稻作付域は年々変化しているが、この図は 2006 年と 2007 年の作付域を重ね、1 回以上作付があった場所(画素内面積率 50%以上)を表している。水田分布をみると、東部の三江平原に広く分布するが、ここでの標高は 60~70m であった。その他では、山麓部の谷筋沿いの地帯に広がるが、その標高は 100~200m であり、これらから水へのアクセスが良いということが重要な立地要因の 1 つと考えられた。ただし、元々のコメ生産地域は山麓部の方であり、東部の三江平原での水田開発は近年に急速に進められたものであった。こうした状況についても、MODIS データから得られる水稻作付面積の 2003 年から 2007 年の間の変化により明瞭に示すことができた(図8)。

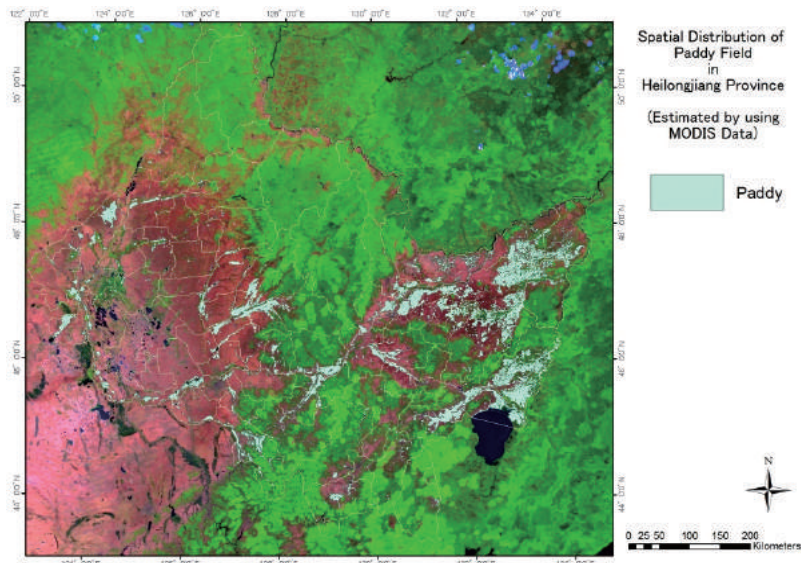


図7 MODIS データより抽出された黒竜江省における
水田分布

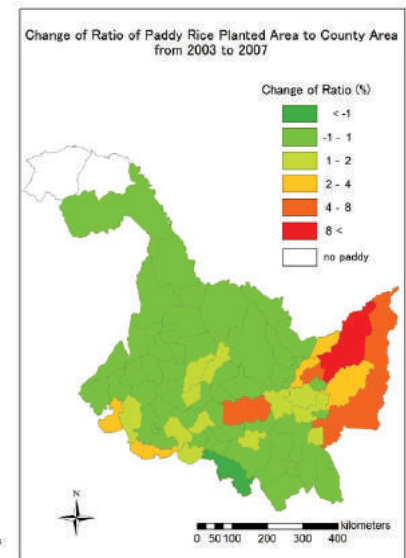


図8 県別水稲作付面積率の2003
年から2007年の変化

4 おわりに

衛星データ解析の技術開発に関連する共同研究課題は2008年に終了したが、その後も研究者間ではワークショップや会議を通じて情報交換を行ってきた。また、招へいを契機に日本で学位を取得したものも存在し、本共同研究がプロジェクトの目標に対して研究開発の面で貢献しただけでなく、人材育成の点でも有意義であった。さらに、かつての若手研究者は、現在では中核研究者や研究管理者となり、後進の指導にも当たっている。そして区画研は、現在では農業リモートセンシング研究の中国における一大拠点となり、主要作物の作付・生産状況に関するモニタリング情報を提供し、食料生産供給の安定化に大きく貢献する機関となった。このことは、国際農研と中国農業科学院との長年に渡る共同研究の重要な成果でもあり、筆者はその一端を担えたことで、関係各位に感謝したい。

参考文献

- 1 Uchida, S., Y. Chen and G. Saito (2002): Application of Remote Sensing Technology for the Management of Agricultural Resources. *China Agricultural Science and Technology Press*, 268p. (ISBN 7-80167-349-2)
- 2 Uchida, S. (2005): Development of a Method to Analyze Agro-environmental Changes in the Typical Foodcrop Production Area Using Geographic Information System (GIS). *JIRCAS Working Report No.42*, Development of Sustainable Production and Utilization of Major Food Resources in China, Ed. O. Koyama, pp.19-32.
- 3 Uchida, S. (2006): Development of Rapid Mapping Method of Paddy Fields Using Satellite Data Applied to Heilongjiang Province in China. *JIRCAS Working Report No.50*, Development of Early-Warning Systems for Mitigating the Risk Caused by Climate Disasters through Technological Enhancement of Resource Monitoring and Crop-Model Simulation, Ed. S. Uchida and O. Koyama, pp.1-8.