

MODIS 画像を用いた水田における作付面積の推定 Estimation of Actual Crop Planted Area in Paddy Field using MODIS Images

○中桐貴生* 吉崎弥代** 堀野治彦* 櫻井伸治* D. Agnes Rampisela**** ***** 加藤久明****

○Takao NAKAGIRI*, Miyo YOSHIKAZAKI**, Haruhiko HORINO*, Shinji SAKURAI*,

D. Agnes RAMPISELA****, Hisaaki KATO*****

1. はじめに 1960 年代に「国連開発の 10 年」が提唱されて以来、発展途上国では農地や灌漑施設の整備など様々な開発事業が行われてきた。これらの事業による効果の持続性や効率性を評価する際、対象地域や周辺地域における植生をはじめとする環境要素の広域的かつ長期的なモニタリングが必要となるが、技術的・経済的に困難とされる。こうした中で、衛星リモートセンシングは広域を長期間にわたり観測できるため、このような課題への対応には非常に有効な手段である。本研究では、撮影頻度が高く、しかも無料で入手できる MODIS 画像を用いた水田の作付面積推定の方法について検討した。

2. 使用データ インドネシア南スラウェシ州にある水田主体のビリビリ灌漑地域における GeoEye-1 画像（空間分解能 0.5m、撮影日 2012/07/29）と MODIS 画像（MOD09A1、空間分解能 500m、2012 年 1 月～12 月の 8 日間コンポジット画像計 46 枚）を使用した。MODIS 画像は、ほぼ毎日データが得られ、観測バンド数が多く、これらを組み合わせて植生指数や地表水指数など多様な指標を求めることもできることから、幅広い分野での活用が期待されている。一方で、解析に利用するバンドの多くは、空間分解能が約 500m メッシュ単位と粗く、ピクセル内に複数の地目が含まれることが多いため、いわゆるミクセル問題への対応が必要なることから、高空間分解能での土地利用解析には工夫が求められる。

3. 解析方法 Fig.1 に示す手順で解析を行った。対象地域の GeoEye-1 画像から 30 の区画（250m×250m）をランダムに抽出し、ArcGIS 上で水田・畑地・森林・裸地・水域・市街地の 6 地目に目視で分類し、教師データとした。これら 30 区画について、画像解析ソフト（eCognition）を使った自動判別による各土地利用面積の推定誤差が最小となる（ソフト上の）パラメータを試行錯誤的に決定し、得られたパラメータを用いて全域を対象に土地利用の自動分類を行った。その結果、教師データ

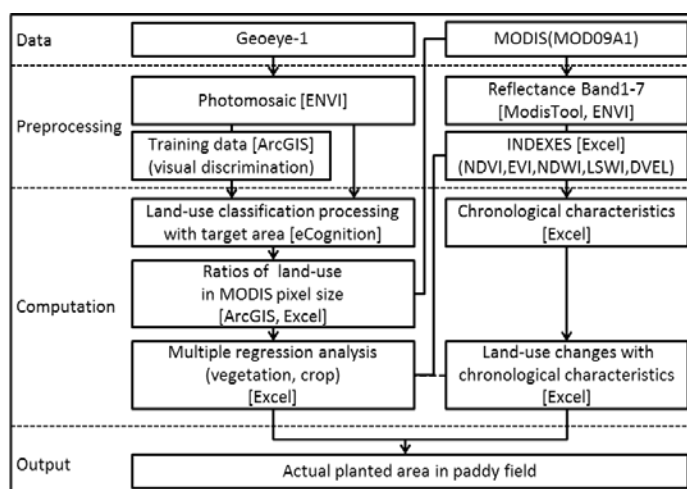


Fig.1 Procedure of analysis

タに対する判別誤差の指標として用いられるカッパ係数は 0.73 となり、高い一致度が得られた。

MODIS のピクセルと同じ境界で整理した土地利用分類結果（計 1189 ピクセル）をもとに、ピクセル単位での各土地利用の面積率を求め、ここではこれを Ground truth データに準ずるものとみなすことにした。1189 ピクセルの約 3 分の 1 となる 397 ピクセル分のデータを用いて重回帰モデルを作成し、残りのピクセルデータを用いて面積率の推定精度を検証した。重回帰モデルは、目的変数に作付（水田＋畑地）面積率 R_{crop} (%) を用いたものと、植生（水田＋畑地＋森林）面積率 R_{veg} (%) を用いたものの 2 つを作成した。いずれのモデルも MODIS のバンド 1～7 の反射率と、これらのいくつかを組み合わせる算出

* 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. University

** (株)三祐コンサルタンツ Sanyu Consultants Inc. *** ハサヌディン大学 Hasanuddin University

**** 総合地球環境学研究所 Research Institute for Human and Nature キーワード: リモートセンシング MODIS 作付面積

される NDVI, EVI, NDWI, LSWI, DVEL の 5 指標を説明変数とし、多重共線性の問題回避を考慮しながら、ステップワイズ法を用いて 4 変数まで絞り込んだ。

4. 結果および考察

(1) 作付面積率および植生面積率の推定結果

作付面積率および植生面積率についての重回帰分析結果を次式および Table 1 に示す。いずれの誤差指標を見ても植生面積率の方が作付面積率に比べ推定精度が高い。これは、重回帰分析では作物とその他植生との分離が難しいためであると推察された。したがって、重回帰モデルから直接的に作付面積率を精度良く推定するためには更なる検討が必要である。

$$R_{crop} = -2986 x_{band3} + 2860 x_{band4} - 494 x_{band7} + 134 x_{EVI} - 53 \quad \cdots (1)$$

$$R_{veg} = 599 x_{band1} - 576 x_{band3} - 341 x_{band7} + 206 x_{EVI} + 10 \quad \cdots (2)$$

ここで、 x_k :各バンドの反射率や各指標の値。

(2) 時系列特性を考慮した作付面積の推定 推定精度が比較的良好だった R_{veg} の重回帰モデルを利用し、農事期の時系列特性を考慮に加えて作付面積を推定する方法について検討した。対象地域では雨季と乾季が明確で、雨季 1 作、乾季 2 作の 3 作が基本となっており、Fig.2 に示すように、乾季における 2 作の合間において、植生面積率 R_{veg} が年間を通じて最小 ($minR_{veg}$) となる。なお、画像ソフト上での目視な

らびに各バンド値から、雲によるノイズの影響が強いと判断された画像データは解析から除外した。ここでは、各耕作期 i における R_{veg} の最大値 $maxR_{veg}(i)$ と $minR_{veg}$ の差が、耕作期ごとの作付面積率であると仮定し、次式により作付面積 A_{crop} (ha) の推定を試みた。

$$A_{crop}(i) = (maxR_{veg}(i) - minR_{veg}) \cdot A_{pix} / 100 \quad \cdots (3)$$

ここで、 A_{pix} :1 ピクセルの面積 (ha)。

乾季後半の耕作期における現地の作付面積データが得られた 2 ピクセル (Pix1, Pix2) を対象に、式(3)より作付面積を算出し、実績値と比較したところ、Table 2 のような結果となった。両ピクセルとも推定値の方が実績値より 20%以上過大となり、 R_{crop} の重回帰モデルから作付面積を直接求めた場合と比べて推定精度に向上はみられなかった。この理由として、本研究では重回帰モデル作成の際に乾季の衛星データのみを用い、植生がより多くなる雨季のデータが含まれなかったため、とくに植生面積率が高い時の推定精度が劣り、実際よりも過大に推定される結果となった可能性が挙げられる。また、その他の要因として、ソフトによる土地利用の自動判別時に誤差や、非植生地として判別された地目内に含まれる植生による影響なども考えられる。

5. おわりに 対象地域における植生面積変化や作付面積変化の定性把握を目的とする場合には、ここで試行した方法でも十分有効であるといえる。しかし、作付面積の変化を 10%オーダーの精度で定量的に推定したい場合には、更なる精度の向上が必要である。MODIS 画像を利用した作付面積推定法の精度向上に向けた具体策として、より厳密なノイズデータ除去、雨季のデータを含めての重回帰分析の実施、より多くの地上検証の実施、重回帰モデル以外のモデルあるいは重回帰モデルに何らかの改良を加えたモデルの適用などが挙げられる。今後、これらについて継続して検討を行ってきたい。

なお、本研究は、総合地球環境学研究所の基幹研究プロジェクト C-09-Init「統合的水資源管理のための『水土の知』を設える」の研究費によって実施した。また、本研究の遂行にあたり、神戸大学の小寺昭彦氏には解析技術に関して多大なるご支援を賜ったことをここに記して感謝する次第である。

Table 1 Results of multiple regression analysis

Error Index	Planted area ratio(%)		Vegetation area ratio(%)	
	Calibration	Verification	Calibration	Verification
R ²	0.54		0.81	
MAE	16.3	16.3	5.7	6.2
RMSE	13.4	13.4	7.6	8.3

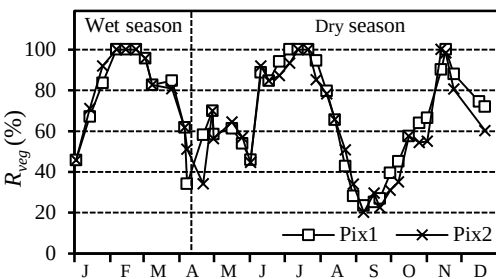


Fig.2 Transition of vegetation area ratios (2012)

Table 2 Results of estimation of actual planted area (ha)

	Pix1	Pix2
Observed	13.2	13.5
Estimated	16.2	17.1
Error(%)	+23	+27