

時系列衛星画像を用いたミクセル分解による作付暦推定 Estimation of a crop calendar by mixel decomposition of time-series satellite images

藤田藍斗 小寺昭彦 長野宇規
(FUJITA Aito, KOTERA Akihiko, NAGANO Takanori)

1.はじめに 近年、灌漑農業の生産性把握手法として衛星画像を用いた農地分類が多く試みられてきた。分類には植物の活性を表す植生指標 NDVI がよく用いられている。中でも、多時期の時系列衛星画像から得られる NDVI の季節変化は作物のフェノロジーを反映しており、この情報を活用することによってより精度の高い農地分類が可能になると考えられる。

しかしながら、現在のところ多時期衛星画像には解像度が低いという欠点がある。そのため、1つのピクセルの中にはさまざまな地目が存在することになり、多時期衛星画像を用いた土地利用分類で誤分類を生む原因となる。これがいわゆる「ミクセル問題」である。

そこで本研究では、簡単な仮定を設けることでミクセルを分解し、ミクセルを構成する個々の地目の NDVI 時系列変化の抽出を試みた。

2.仮定と理論 ミクセル(mixel; mixed pixel)とは1つのピクセルの中に複数の地目を含むピクセルのことであり、たとえば図1のようになる。衛星センサにはこれら複数の地目の NDVI 情報が1つの NDVI 情報として記録される。

1つのミクセルに含まれる各地目の NDVI とセンサに記録された NDVI の間に式(1)のような線形結合の仮定を設ければ、ミクセルにおける NDVI を個々の地目の NDVI に分解できる。ここで N_c は地目の数、 y はセンサに記録された1ピクセルにおける NDVI、 f_i と x_i はそれぞれ1ピクセルにおける地目番号 i の面積率と NDVI である。

この式(1)を N_p 個のピクセルに拡張し、さらに NDVI の時系列変化を考慮して N_t 枚の画像に適用できるようにすれば、式(1)は式(2)のように行列形式で書き換えられる。ここで、 \mathbf{Y} は $N_p \times N_t$ の行列、 \mathbf{F} は $N_p \times N_c$ の行列、 \mathbf{X} は $N_c \times N_t$ の行列である。 \mathbf{Y} の各行が1つのピクセルにおける NDVI 観測値の1から N_t までの時系列変化を、 \mathbf{F} の各行が1つのピクセルにおける1から N_c 個の各地目の面積率を、そして \mathbf{X} の各行が1つの地目の NDVI の1から N_t までの時系列変化を表している。

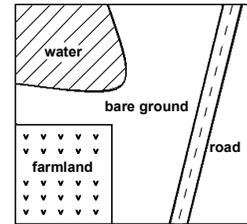


図1. ミクセルの例

An example of a mixel

$$y = f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_{N_c} x_{N_c} = (f_1 \ f_2 \ \dots \ f_{N_c}) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N_c} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F} \times \mathbf{X} \quad (2)$$

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N_t} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N_t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{N_p1} & y_{N_p2} & \dots & y_{N_pN_t} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1N_c} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2N_c} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{N_p1} & f_{N_p2} & \dots & f_{N_pN_c} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N_t} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2N_t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N_c1} & x_{N_c2} & \dots & x_{N_cN_t} \end{pmatrix} \quad (3)$$

3.使用データ 3.1 NDVI 多時期衛星画像データ(行列 Y) SPOT/VEGETATION により観測された2003年の NDVI 時系列データを用いた。空間解像度は1 km、時間解像度は10日間である。雲ノイズ除去には HANTS のアルゴリズムを用いた¹⁾。

(所属)神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

【キーワード】NDVI、多時期衛星画像、土地利用分類、ミクセル

3.2 土地被覆面積率データ(行列 F) 長野ら (2007)²⁾ により作成された、トルコセイハン川下流域の2003年の冬-春(12月~5月)と夏(6月~8月)における2つの詳細な土地被覆分類図を面積率算定に使用した。

4.方法 30 m 解像度の土地被覆分類図を1 km解像度に低解像度化し、その際に1 km×1 km のピクセルにおける各地目の面積率を算出した(図 2)。求めた面積率を行列 **F**、NDVI データを行列 **Y** として式(2)を解き、各地目の NDVI 時系列変化 **X** を算出した。

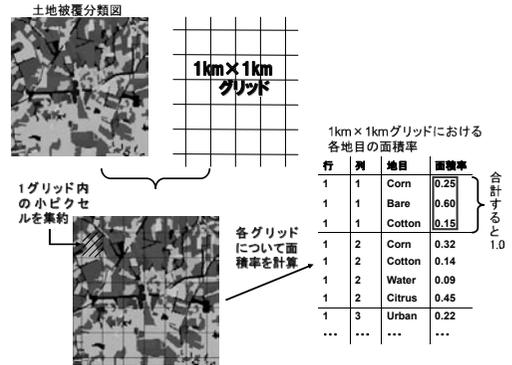


図2.土地被覆分類図の集約化(30 m→1 km)と集約化後のピクセルにおける各地目の面積率算出の流れ

The aggregation of 30 m resolution pixels into 1 km resolution and the calculation of each class fraction in 1km × 1km grids

5.結果 夏における土地被覆分類図をもとに推定した各地目の NDVI 時系列変化を図 3 に示す。作物や果樹に関してはそのフェノロジーをよく表しており、他の地目に関してもその NDVI 変化の性質をよく表しているのがわかる。

また、現地の聞き取り調査結果をもとに作成した主要作物の作付暦と比較した結果、作付け時期に関しては高い適合性が確認できた。このことから、作物の NDVI 変化が分かっているような地域においては、式(2)より粗い解像度の画像から行列 **F** の面積率を算出することができると思われる。

6.おわりに 本研究では、ミクセルの内部構造に着目し、ミクセルにおける NDVI は各地目の面積率と NDVI の線形結合で表されると仮定することで、ミクセルを分解し各地目の NDVI 時系列変化を得ることを試みた。今回は、現地の各作物の NDVI 変化についてのデータが得られず、代わりに高解像度の土地被覆分類図を得ることができたため各地目の NDVI 変化を算出したが、NDVI 変化が予め分かっているような地域においては、その作物の NDVI 時系列変化と低解像度の画像をもとに各ピクセルにおける作物の面積率を推定できると思われる。今後はこれについても検討していきたい。

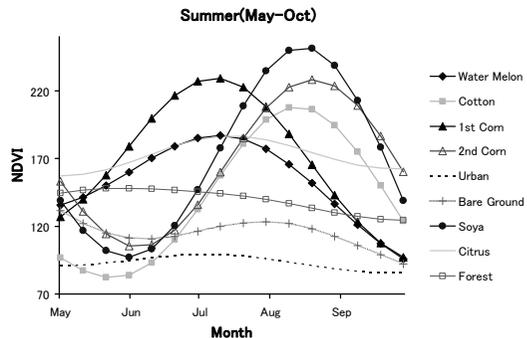


図3.夏季の各地目のNDVI時系列変化の推定結果
Estimated time-series variation of each class NDVI in summer. NB: This result is only based on the period June-August.

謝辞:本研究は、JST-CREST(研究代表者:東京工業大学情報理工学研究所 鼎信次郎准教授)および科研費課題番号 22405034 の補助を受けて実施した。

【参考文献】

- 1) G. J. Roerink et al. : Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series, International Journal of Remote Sensing, VOL.21, NO. 9, pp1911-1917, 2000.
- 2) T.Nagano et al. : Long-term Changes of Level and Salinity of Shallow Water Table in the Lower Seyhan Plain, Tukey, The Final Report of ICCAP(2007), p213.