

光学衛星画像解析による植生指数の時系列データを用いた作物判別

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム ○大津 武士
神戸大学大学院農学研究科 食料共生システム学専攻 水環境学研究室 田中 健二
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 鷗木 啓二

北海道東部の畑作地帯において、光学衛星画像解析による植生指数の時系列データを用いた作物判別の可能性を検討した。本稿での作付け調査圃場数は169であり、対象とした作物数は9種、播種時期の違いから10パターンである。その結果、光学衛星画像解析による植生指数は現地の作物の成長状況と対応していると考えられた。一方、作物の判別では、植生指数の時系列データの波形パターンが類似するものがあり、その場合、判別は困難であると考えられた。

キーワード：光学衛星画像解析、作物判別、EVI

1. はじめに

近年、我が国では豪雨が増加しており、農地の土壌侵食などによる土砂流出が発生することで濁水が流下し、流域に影響を及ぼすことが懸念されている。農地の土壌侵食は生産性を低下させ、水域に流出した土砂は下流の水環境に影響を及ぼす。そのため、土砂流出対策は喫緊の課題である。

土砂流出対策の効果予測には、流域の土砂動態を定量的に評価できる水・物質循環モデルの適用が有効である。モデルの解析精度を高めるには、土地利用（作付作物）を正確に把握し、植生のパラメータを適正に設定する必要がある²⁾。土地利用を把握するには、現地で確認することが確実であるが、多大な労力を費やすため、それを省力化できれば有益である。地表の植生状態を評価するには、植物の活性状況を示す植生指数を用いた手法が有用^{3,4)}である。植生指数の算出に光学衛星画像を活用できれば広範囲での解析が可能である。作物の植生指数は成長時期により変化し、その変化は成長状況や農事暦等の違いから作物ごとに異なることが予測される。そのため、植生指数の時系列データから作物を判別できる可能性がある。本稿では、畑作地域において光学衛星画像解析による植生指数の時系列変化と現地の作付け状況を基にした農事暦とを比較し、作物判別の可能性を検討した事例を報告する。

2. 対象地域と現地調査概要

作物判別の対象地域は北海道網走郡津別町であり、169筆の畑圃場において2023年5月～11月の期間に概ね3

OTSU Takeshi, TANAKA Kenji, UNOKI Keiji

週間間隔で作付け調査を行った（図-1）。調査対象の作物は、当該地域における主たる作物を網羅できるように、秋に播種を行うコムギ（以下、コムギ（秋））、春に播種を行うコムギ（以下、コムギ（春））、ダイズ、ジャガイモ、テンサイ、タマネギ、アズキ、インゲンマメ、デントコーン、牧草とした。作付け調査では、圃場ごと

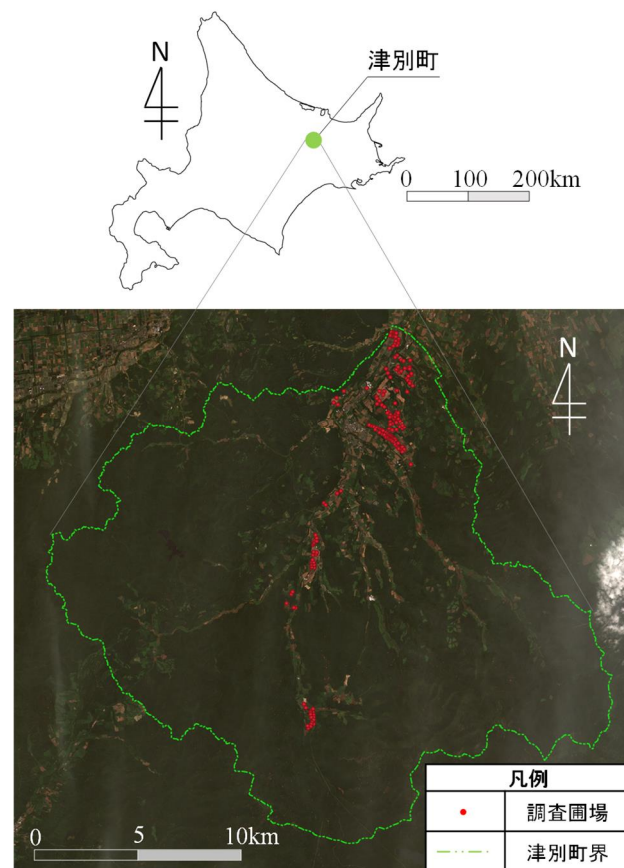


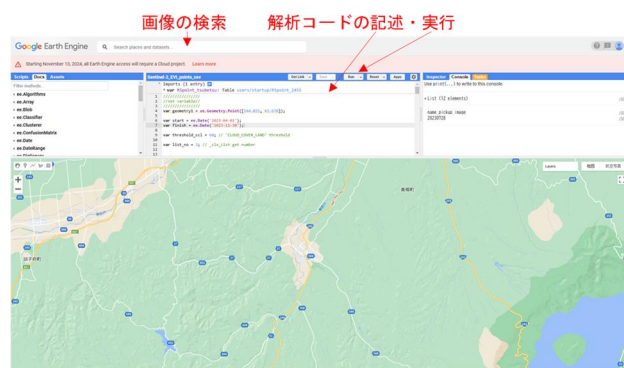
図-1 調査圃場

の作付作物を把握するとともに、毎回、作物の繁茂状況の写真を撮影し、耕起・出芽・収穫などの営農管理や圃場の状況を記録した。

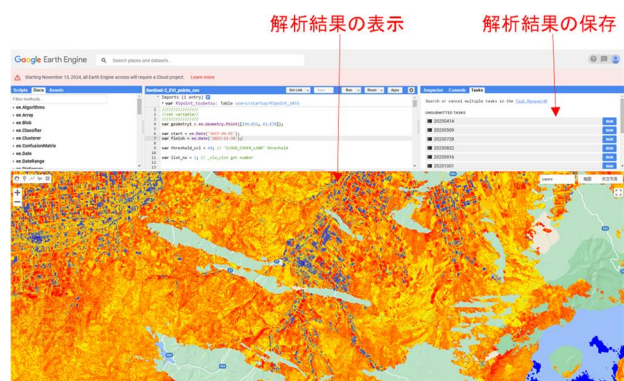
3. 植生指数の算出方法

(1) 解析ツールと衛星画像

光学衛星画像解析では、そのコストを抑えるため、無料で扱うことが可能な次に挙げるツールや光学衛星画像を用いた。光学衛星画像解析のツールは、Google Earth Engine（以下、GEE と記す）を用いた。GEE は地理空間情報を分析するためのツールで、Web ブラウザ上において JavaScript で解析コードを記述し、膨大なデータ数となり得る光学衛星画像をダウンロードすることなく扱うことが可能である⁵⁾。すなわち、Web ブラウザ上の統合開発環境で、衛星画像データなどの検索・収集から、解析の実行、解析結果の保存・分析まで一体で行うことができる（図-2）。また、解析コードのスクリプトや基本操作の解説は、Web 上に多く公開されている。さらに、本稿での光学衛星画像は、United States Geological Survey（米国地質調査所）が運用する Landsat や European Space Agency（欧州宇宙機関）が運用する Sentinel のデータを利用した。



(a)解析実行前の画面



(b)解析実行後の画面

図-2 GEE の画面（Web ブラウザ）

今回利用した衛星画像の諸元を表-1に示す。プロダクト欄のLevel 2とは、大気補正済みのデータである。バンド欄に記したQA_PIXELおよびSCLは、画像内の各ピクセルにおける雲、雲影、巻雲などを区別し、その雲などの影響をマスク処理するために必要なバンドである。光学衛星画像は、雲の影響により地表面の状態が不明となる場合がある。今回は、衛星画像の雲被覆率が60%を超えるシーンを解析の対象外とした。衛星画像のシーン数は、積雪期を除く4月～11月でLandsatが30シーン、Sentinelが49シーンである。そのシーンのうち、雲被覆率による選別後において利用可能となったのは、Landsatは13シーン、Sentinelは10シーンである。解析の対象に残った画像は、雲、雲影、巻雲の対象バンドを基にマスク処理をした。

(2) 植生指数の解析方法

植生指数を求める計算式は、いくつかある。たとえば、比植生指数（Simple Ratio Index）や正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index）などがある⁴⁾。今回は、大気の影響を受けにくく、高密度の植生に対する感度が高いと言われている⁶⁾拡張植生指数（Enhanced Vegetation Index⁷⁾（以下、EVI と記す）を、調査地点ごとに式(1)により算出した。

$$EVI = 2.5 \cdot \frac{NIR - RED}{NIR + 6.0 \cdot RED - 7.5 \cdot BLUE + 1.0} \quad (1)$$

ここで、NIR は近赤外域の分光反射率、RED は赤域の分光反射率、BLUE は青域の分光反射率である。

衛星の違いによるEVIの差を確認するため、LandsatおよびSentinelが同日に撮影した2シーンを対象とし、のべ234地点分のEVIを比較した（図-3）。同日における各衛星間のEVIには、高い相関（ $r=0.98$ 、 $p<0.01$ ）が認められるが、1：1のライン（図中一点鎖線）から外れるため、空間解像度の高いSentinelの値を真値とし、Landsatの値を近似式により補正して用いることとした。

表-1 衛星画像の諸元

人工衛星	Landsat		Sentinel	
	8号	9号	2A	2B
プロダクト	Level 2,Surface Reflectance		Level 2,Surface Reflectance	
バンド	B2(Blue),B4(Red), B5(NIR),QA_PIXEL		B2(Blue),B4(Red), B8(NIR),SCL	
空間 解像度	30m		10m	
時間 解像度	16 日		10 日	
回帰 日数	8 日		5 日	
	3.3 日			

4. 結果

(1) 各作物のEVI値および農事暦の比較

各作物のEVI時系列データおよび農事暦を図-4に示す。なお、EVIは、全作付け圃場の中央値である。また、農事暦の作成根拠とした各作物の現地状況を写真-1に示す。

道東畑作地域において主たる作付作物の畑作四品（コムギ（秋）、ダイズ、ジャガイモ、テンサイ）のEVI時系列データおよび農事暦における比較は、つぎのとおりである。コムギ（秋）は前年の秋に出芽が完了しており、EVIは融雪直後の4月には他の作物よりも高い状態から始まる。また、4月から5月まで上昇した後は7月にかけて低下し、収穫期の7月下旬に0.2以下となった。ダイズのEVIは、4月では0.2以下であり、出芽した5月から7月のピークまで上昇した後は10月にかけて低下し、収穫期の10月上旬には0.2以下となった。ジャガイモのEVIは、4月では0.2以下であり、出芽した5月から7月のピークまで上昇した後は7月から9月まで低下し、収穫期の9月中旬には0.2以下となった。テンサイのEVIは、4月では0.2以下であり、5月から8月まで上昇した。8月のピークから10月中旬まで徐々に低下した後は10月下旬にかけて低下し、収穫期の10月下旬には0.2以下となった。以上のように、EVIの時系列変化は現地の状況を基にした農事暦に対応していた。このことは畑作四品目以外の作物についても、同様であった（図-4）。

(2) EVI波形パターンによる作物判別

前節では、各作物のEVI値の時系列変化と農事暦とを比較し対応を確認した。ここでは、EVI値の時系列変化から、作付作物を判別可能か検討する。作物の判別ポイントは、各EVI時系列データの波形パターンを比較し、

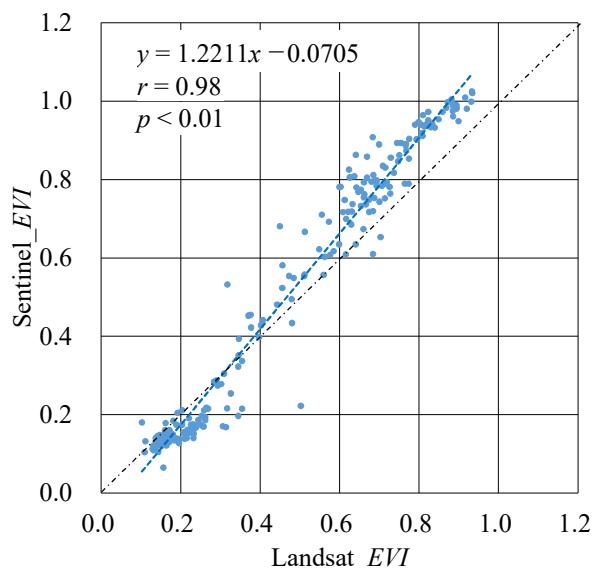


図-3 Landsat および Sentinel の EVI の比較

次のようになると考えられた。1)融雪直後の4月の値。2)出芽後の上昇開始～ピーク値出現の期間の長短。3)ピーク値。4)ピーク値出現～0.2以下となる期間の長短。5)7月以降において値が0.2程度以下となる時期（収穫期）。6)収穫期での急変化。これら、1)～6)の判別ポイントを組み合わせると波形パターンの違いを見いだすことで、作物判別は可能であると考えられる。しかし、6つの判別ポイントの全てが同程度となる場合には、判別は困難である。判別が可能と判断したEVI時系列データにおける波形の典型パターンを図-5に示す。パターン1の特徴は、EVI値が4月において0.2よりも高い状態から始まり、5月～6月においてピークになり、その後は7月に0.2以下となる。パターン1の波形にはコムギ（秋）が該当する。パターン2の特徴は、EVI値が4月において0.2以下で始まり、5月に上昇を開始して6月にピークとなり、その後は7月に0.2以下となる。パターン2の波形にはコムギ（春）が該当する。パターン3の特徴は、EVI値が4月において0.2以下で始まり、5月に上昇を開始し、6月下旬の上昇度合いの変化後7月にピークとなり、その後は9月に0.2以下となる。パターン3の波形にはダイズ、アズキ、インゲンマメが該当する。パターン4の特徴は、EVI値が4月において0.2以下で始まり、5月に上昇を開始して8月にピークとなり、その後は10

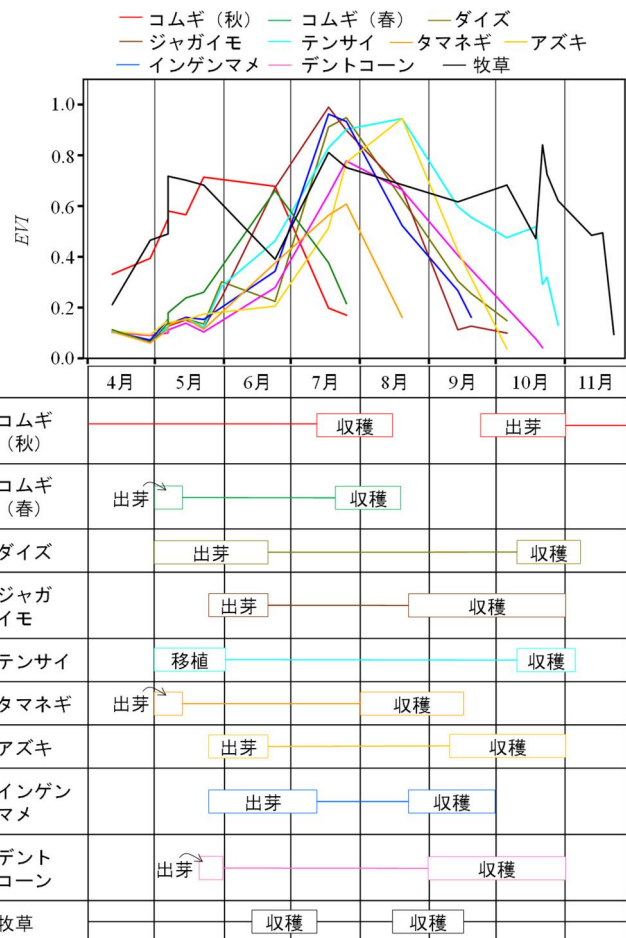


図-4 EVI 時系列データおよび農事暦

月中旬まで徐々に低下し、10月下旬に下降度合いが変化した後、0.2以下となる。パターン4の波形にはテンサイが該当する。パターン5の特徴は、EVI値が4月において0.2以下で始まり、5月に上昇を開始して7月にピークとなり、その後は8月に0.2以下となる。なお、こ

のパターン5のEVIのピーク値は、他のパターンと比較すると低い値である。パターン5の波形にはタマネギが該当する。パターン6の特徴は、EVI値が4月において0.2以下で始まり、5月に上昇を開始して7月にピークとなり、その後は9月に0.2以下となる。パターン6の

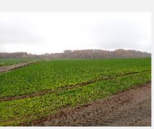
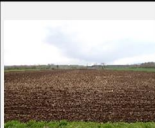
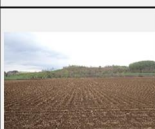
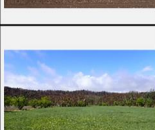
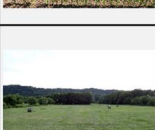
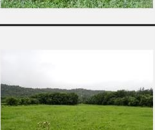
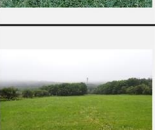
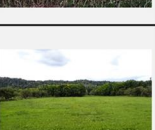
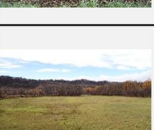
	5月10日	6月21日	7月12日	8月8日	9月14日	10月2日	11月7日
コムギ (秋)							
コムギ (春)							
ダイズ							
ジャガイモ							
テンサイ							
タマネギ							
アズキ							
インゲン マメ							
デント コーン							
牧草							

写真-1 作物ごとの同一圃場の写真

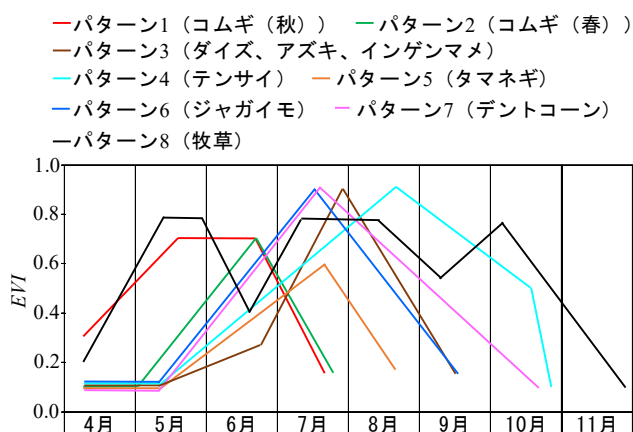


図-5 EVI 時系列データにおける波形の典型パターン

波形にはジャガイモが該当する。パターン 7 の特徴は、*EVI* 値が 4 月において 0.2 以下で始まり、5 月に上昇を開始して 7 月にピークとなり、その後は 10 月に 0.2 以下となる。パターン 7 の波形にはデントコーンが該当する。パターン 8 の特徴は、*EVI* 値が 4 月または 11 月において 0.2 程度以下であるが、5 月～10 月の期間では 6 月および 9 月に一時的に低下する以外では比較的高い値である。パターン 8 の波形には牧草が該当する。分類した各パターン間では、それぞれの波形の違いにより判別は可能である。一方、パターン 3 のように 1 つのパターン内にいくつかの作物が属している場合は、その作物の判別は困難であるが、成長時期や *EVI* 値のピークが同程度を示し、水・物質循環モデルの植生パラメータを同様に設定できる可能性がある。今後、パターン 3 のような判別が困難である作物については、今回の光学衛星画像解析による植生指数以外の指標も組み合わせた判別方法を検討する必要があると考えられる。

5. まとめ

北海道東部の畑作地帯において光学衛星画像解析による植生指数を用いた作物判別の可能性を検討した。その結果、次のことが分かった。*EVI* 時系列データと現地の状況を基にした農事暦とを比較したところ、*EVI* 時系列データは作物の生育状況と対応していた。*EVI* 時系列データの波形パターンによる作物の判別ポイントは分かったが、波形パターンの類似する作物があり、その場合、作物判別は困難であると考えられた。

これらのことから、作物判別を正確に行うためには、さらに検討を進める必要がある。

引用文献

- 1) 気象庁：大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化（オンライン）
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html（2024 年 10 月 17 日確認）
- 2) 田中健二、鶴木啓二：農地の水文水質過程の再現に向けた SWAT モデルの作物生育に関する設定方法、寒地土木研究所月報、No.843、pp.53-58、2023.
- 3) 秋山侃、斎藤元也：リモートセンシング技術の応用（その 2）－農作物調査への適用－、農業土木学会誌、54（10）、pp.57-63、1986.
- 4) 大政謙次：農業・環境分野における先端的画像情報利用－ファイトイメージングからリモートセンシングまで－、pp.117-125、2007.
- 5) Google Earth Engine（オンライン）<https://earthengine.google.com/>（2024 年 10 月 17 日確認）
- 6) 大政謙次、竹内俊郎、木部勢至朗、北宅善昭、船田良：閉鎖生態系・生態工学ハンドブック、pp.379-385、2015
- 7) Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. and Ferreira, L. G. :Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83, pp.195-213, 2002 .