

第67回(2023年度) 北海道開発技術研究発表会論文

Google Earth Engineによる農業地域の 実態把握事例

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 ○田中 健二
鵜木 啓二
大津 武士

農業地域の実態を把握するため、クラウドベースの地理空間データ解析プラットフォームであるGEEを用いて、農地の衛星画像解析や地形解析を実施した。本研究では、タイムラプスによる農地の把握、植生指数を用いた飼料作物農地判別、農地の傾斜角度の集計を事例に、解析スクリプトおよび結果を紹介した。GEEは地理情報を容易に扱えるため、農業地域の実態を広範囲かつ時系列的に把握することに有用であることが示された。

キーワード : Google Earth Engine (GEE) 、クラウド型GIS、衛星画像解析、地形解析

1. はじめに

農業地域の作物の生育状況や農地の地形条件などを把握する際に、Geographic Information Systemによる衛星画像解析や地形解析が用いられる。特に、解析領域が広範囲で経時的な変化を把握する場合に有効である。近年では、無償で利用できる光学衛星画像の利便性が向上しており（例えば、Sentinel-2では分解能が10m、回帰日数が5日）、農業地域の実態を把握するのに適している。また、各機関でそれぞれ運用されている人工衛星は、地球観測衛星委員会により撮影日が重なりにくくなるよう調整されており、複数の衛星を組み合わせることで、より時間間隔が密なデータを得ることが可能である。一方で、利用可能な衛星が増えることで、ダウンロードするデータ容量が数GB×シーン数と膨大となり、ストレージを圧迫する。そこで、データをダウンロードすることなく、クラウド上で解析することができるプラットフォームが利用されてきている。Google Earth Engine（以下、GEE）は、クラウドベースの地理空間データの解析プラットフォームの一つであり、衛星画像などのデータをダウンロードすることなく一括処理し、解析結果だけを取得することができる。GEEは、教育・研究が目的の場合、無償で利用でき、森林、海洋、農業などの分野で様々な研究に利用されている。また、GEEは科学の健全な発展のため、スクリプト（簡易的なプログラミング言語）や解析結果を共有することが推奨されている。そこで、本稿では、農業地域の実態を把握するためのGEEの活用事例および解析スクリプトを紹介する。なお、本稿は、寒地土木研究所月報「農業地域におけるGoogle Earth Engineの活用事例」²⁾をもとに、加筆・修正を加えたものである。

2. Google Earth Engine(GEE)とは

GEEによる解析は、Webブラウザ上の統合開発環境で行う（図-1）。基本的な解析手順は、黒字で記載しており、①画面上部真中にスクリプトを記述、②Runボタンで実行、③画面下部に解析結果の表示、である。衛星データの選択手順は、赤字で記載しており、①画面の最上部のSearch places and datasetsで検索、②利用する衛星画像のプロダクトを選択、③スクリプトのコピー、である。本稿では、光学衛星画像としてアメリカ航空宇宙局のLandsat 8、Landsat 9と欧州宇宙機関のSentinel-2の大気補正済みのLevel-2プロダクトを利用し、数値表層モデルとしてJAXA（宇宙航空研究開発機構）の全球高精度デジタル3D地図（ALOS AW3D30）を利用した。データのアップロード手順は、橙字で記載しており、①画面上部左のAssetsタブにあるNewボタンにより新規作成、②ファイルを選択、③アップロード、であり、解析に用いるオリジナルデータをGEEで利用することが可能になる。本稿では、国土交通省が提供している「行政区域データ」と、農林水産省が提供している「農地の区画情報（筆ポリゴン）データ（2022年度公開）」（以下、筆ポリゴン）を利用した。データのダウンロード手順は、緑字で記載しており、①画面上部右のTasksタブにあるRunボタンでファイルを選択、②ダウンロード、であり、解析結果のファイルを保存することができる。本稿では、解析結果であるtiffファイルや解析結果を集計したcsvファイルをダウンロードした。

GEEの解析プログラムは、オブジェクト指向のプログ

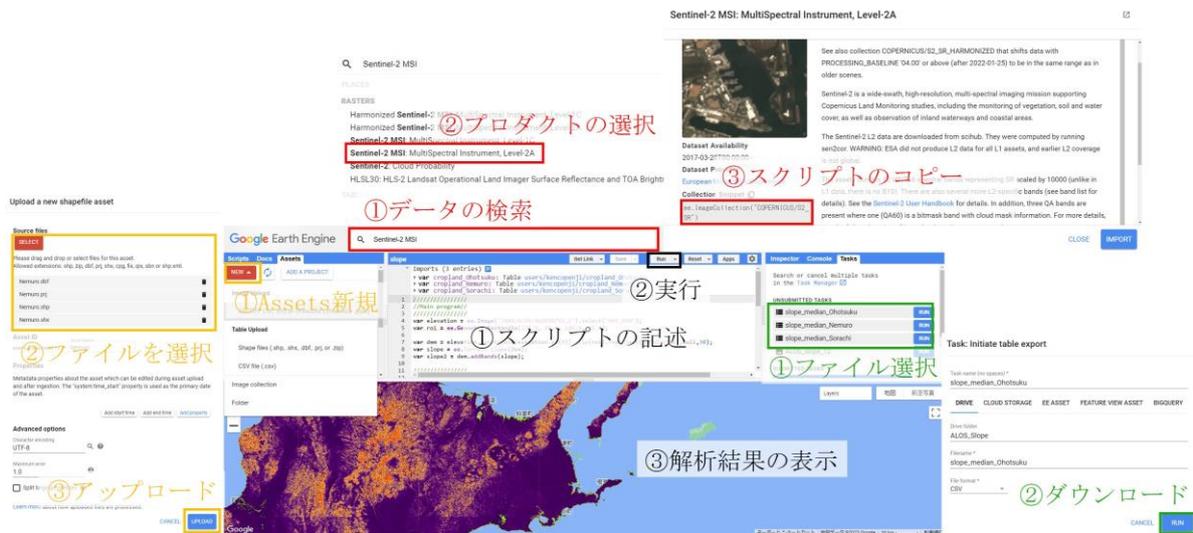


図-1 GEE統合開発環境の操作画面（黒字は基本的な解析手順、赤字は衛星データの選択手順、橙字はデータのアップロード手順、緑字はデータのダウンロード手順を示している）

ラム言語であるJavaScriptで記述する。GEEの解析機能は、公式のAPI Reference³⁾において、Client LibrariesとCode Editorが解説されている。Client LibrariesはGEEのサーバ側の処理であり、オブジェクトの`ee.ImageCollection()`やメソッドの`.map()`などがある。オブジェクトは「`ee.oo()`」と記述し、メソッドは「`.oo()`」と記述する。Code EditorはPC側の処理であり、`Export()`、`Map()`、`ui()`、`print()`などがあり、「`oo()`」と記述する。

Web上にはGEEの基本操作を解説したページや、多くのスクリプトが公開されており、組み合わせることで様々な解析が実行できる⁴⁾。本稿では、GEEの活用事例を紹介し、農業地域の実態を把握した。

3. 農業地域の実態把握事例

本稿では、農業地域の実態を把握することを目的としたGEEの活用事例（タイムラプスによる農地の状況把握、植生指数を用いた飼料作物農地判別、農地の傾斜角度の集計）を紹介する。実際のスクリプトの全文は、寒地土木研究所月報²⁾の付録を参照願いたい。

(1) タイムラプスによる農地の状況把握

GEEを農地の状況把握に活用するため、指定した期間・場所での衛星画像のタイムラプスが作れるスクリプトを作成した。利用した衛星画像は、Sentinel-2 (Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A) であり、2Aと2Bの2機体制のため、回帰日数は5日と短い。使用したGEEの主な解析機能は、衛星画像を選択する`ee.ImageCollection()`オブジェクト、衛星画像を抽出する`.filter()`、`.filterBounds()`、`.filterDate()`、`.select()`などのメソッド、ユーザーインターフェイスを作成する`ui()`である。

TANAKA Kenji, UNOKI Keiji, OOTSU Takeshi



図-2 タイムラプスのスクリーンショット（タイムラプスはQRコードから視ることが可能）：(a) 空知地域の水田地帯、(b) 上川地域の事業地区

本解析では、スクリプトを実行し、地図上をクリックするとコンソール画面に約2km×4kmの領域のタイムラプスが作成される。なお、Sentinel-2は、日本の領域では2019年から利用可能であり、それより以前のタイムラプスを作成する場合は、他の衛星画像（例えばLandsatシリーズ）を選択する必要がある。

北海道空知地域における水田地帯の東経 141.71° 北緯 43.22° 付近をクリックし、2022年4月から12月の衛星

画像からタイムラプスを作成した(図-2(a))。実際のタイムラプスはQRコードから視ることが可能である。空知地域の水田地帯は、水田で小麦などを生産する転作が進んでいる。5月中旬には転作農地の小麦は緑に生長し、水稲作農地は水が張り、7月中旬には小麦は収穫され、稲は緑に生長していることを視ることができる。

北海道上川地域における農地再編整備事業地区の東経142.51° 北緯43.73° 付近をクリックし、2022年4月から12月のタイムラプスを作成した(図-2(b))。実際のタイムラプスはQRコードから視ることが可能である。6月上旬から9月上旬にかけて約140haの範囲で事業による工事の様子がみられる。圃場の大きさは、事業前の短辺30m、長辺90m、面積0.27haから、事業後の短辺120m、長辺180m、面積2.16haに大区画化されている。

以上のように、タイムラプスにより農地の状況を時系列で視ることで、水田地帯の転作の実態を把握することや事業による圃場の整備状況を把握することが容易に可能である。

(2) 植生指数を用いた飼料作物農地判別

GEEを酪農地域の飼料作物農地の判別に活用するため、衛星画像解析を実施するスクリプトを作成した。利用した衛星画像は、Landsat 8 (USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1)、Landsat 9 (USGS Landsat 9 Level 2, Collection 2, Tier 1)、Sentinel-2 (Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A) である。合計4機の回帰日数は3.3日となり、高頻度で観測されている。利用したポリゴンデータは、国土数値情報の行政区画データで、根室振興局内の5つの市町村を統合してGEEにアップロードした。使用したGEEの主な解析機能は、複数衛星のデータを結合する.merge()、EVI中央値を計算する.median()、複数シーンのデータを結合する.mosaic()などのメソッドである。

本解析では、衛星画像の各波長帯における地表面反射率から拡張植生指数(EVI: Enhanced Vegetation Index)を計算した。EVIは、植物の光の反射特性を基に算出される指標であり、植物が生い茂ると値が大きくなる。

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

ここで、NIRは近赤色域の反射率、REDは赤色域の反射率、BLUEは青色域の反射率である。飼料用トウモロコシ農地と牧草地のEVIの変動を図-3(a)に示す。飼料用トウモロコシは夏場の時期に生育するため、EVIは7月から急激に上昇し、8月から9月にピークとなり収穫期を迎える。一方で牧草地は通年で葉が茂っているため、EVIは5月、8月、10月にピークとなり、年2回から3回の収穫期がある。4月から11月で中央値を算出すると、飼料用トウモロコシ農地は0.1、牧草地は0.4である(図-3(b))。本解析では、EVI中央値の閾値を0.16として、飼料用ト

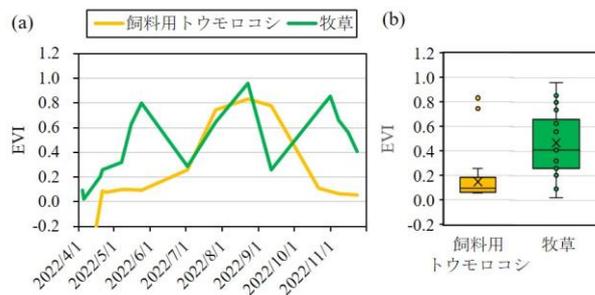


図-3 作期間の飼料用トウモロコシのEVI: (a) EVIの時系列変化, (b) EVIの箱ひげ図

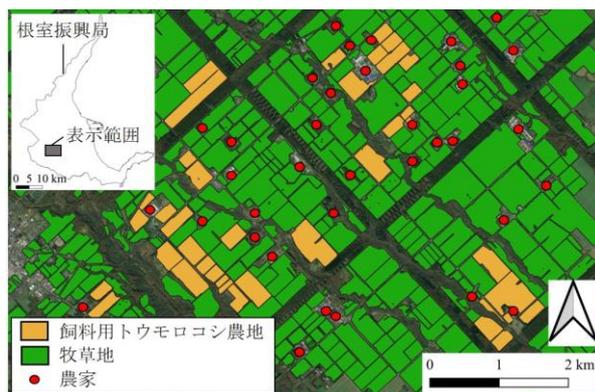


図-4 飼料作物農地の判別結果

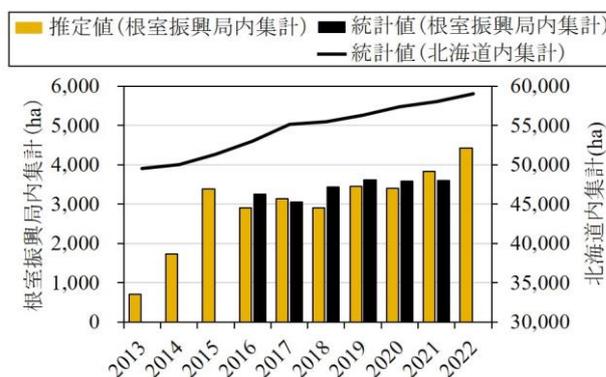


図-5 飼料用トウモロコシの作物面積

ウモロコシ農地と牧草地を判別した。飼料作物農地の判別結果を図-4に示す。根室振興局管内では、内陸部の積算気温が比較的高い地域で飼料用トウモロコシが作付されている傾向がみられた。また、判別結果と農家の位置関係から、飼料用トウモロコシ農地を作付している農家と作付していない農家に分かれ、一部の農家が大きい面積を作付していることが推察された。

本解析を北海道根室振興局の全域に2013年から2022年の期間で適用し、飼料用トウモロコシの作付面積を集計した(図-5)。根室振興局内で集計した統計値が揃う2016年から2021年の期間では、作付面積が増加傾向を示し、概ね統計値を再現した。2013年と2014年は面積の集計方法に課題があり過小推定の可能性があるが、10

年間で飼料用トウモロコシの作付面積が増加傾向であり、北海道統計値の傾向と類似した。以上から、GEEにより広域かつ長期的に飼料用トウモロコシ農地の面積を推定することが可能である。

(3) 農地の傾斜角度の集計

GEEを農地の傾斜角度の集計に活用するため、地形解析を実施するスクリプトを作成した。利用した標高データは、ALOS AW3D30 (ALOS DSM: Global 30m v2.2) である。利用したポリゴンデータは、農地の筆ポリゴンデータで、振興局の領域ごとに統合してGEEにアップロードした。使用したGEEの主な解析機能は、標高データから傾斜角度を計算する`ee.Terrain.slope()`オブジェクト、ポリゴンで統計量を集計する`.reduceRegions()`メソッドである。

本解析では、北海道全域において傾斜角度を計算した(図-6)。図中の数値は農地の筆ポリゴンごとに傾斜角度の中央値を計算し振興局の領域で集計した値である。傾斜角度の中央値が高かったのはオホーツク総合振興局、後志総合振興局、十勝総合振興局であり、畑地主体の地域であった。一方で、低かったのは石狩振興局、空知総合振興局、上川総合振興局の水田主体の地域であった。さらに、オホーツク総合振興局、根室振興局、空知総合振興局で集計した農地の傾斜角度のヒストグラムを作成した(図-7)。オホーツク総合振興局のヒストグラムは右に裾が長い分布形状で、傾斜角度が大きい農地が多い。畑作物の生産が盛んな地域で、傾斜角度が2.5°から5.0°までの農地が42%、5.0°以上の農地も30%以上あり、傾斜地でも畑作農業が営まれていることがわかった。空知総合振興局のヒストグラムは左に集中した分布形状で、傾斜角度が小さい農地が多い。水田による稲作や転換作物の生産が盛んな地域で、傾斜角度が2.5°以下の農地が58%あり、比較的平坦な地形で農業が営まれていることがわかった。根室振興局のヒストグラムは、オホーツク総合振興局と空知総合振興局の中間的な分布形状であった。酪農による生乳生産が盛んな地域で、2.5°から5.0°までの農地が47%あり、傾斜地でも牧草などの飼料作物を生産していることがわかった。地域ごとの農業形態は、気象条件や土壌条件との関係性もあるが、地形条件である農地の傾斜角度との関係性もみとれた。

4. まとめ

本稿では、GEEの解析手順と農業地域の実態を把握する活用事例を紹介した。タイムラプスによる農地の状況の把握では、光学衛星画像を時系列で抽出するタイムラプスの作成方法を解説し、水田地域の転作状況や圃場の大区画化の様子を視覚的に把握した。植生指数を用いた飼料作物農地判別では、複数の衛星画像を組み合わせ

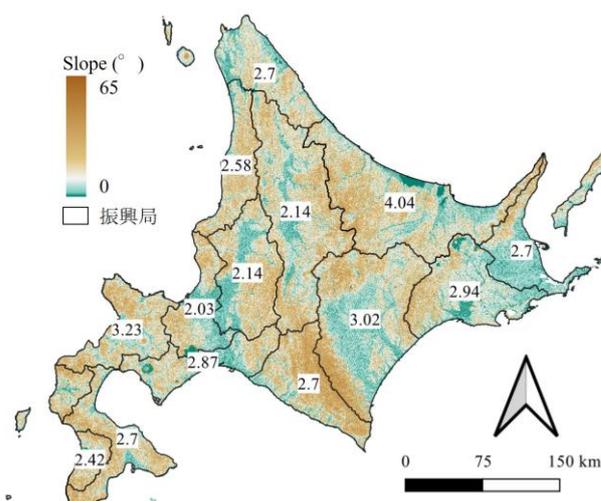


図-6 北海道全域の傾斜角度分布

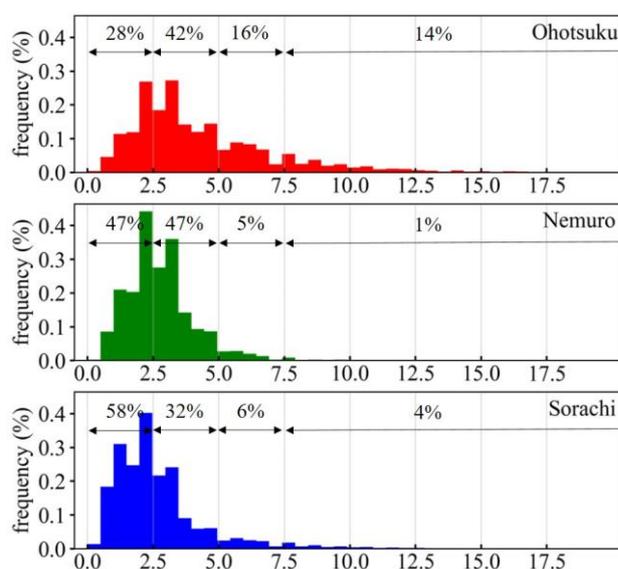


図-7 農地の傾斜角度(°)のヒストグラム

閾値判別する解析方法を解説し、根室振興局の飼料用トウモロコシの作付分布や作付面積を把握した。農地の傾斜角度の集計では、傾斜を算出する地形解析手法と筆ポリゴンで集計する方法を解説し、農地の傾斜角度のヒストグラムを主たる作付作物が異なる振興局間で比較した。以上から、GEEでは、様々な衛星画像をクラウド上で容易に扱えるため、農業地域の実態を広範囲かつ経時的に把握することに有用であることが示された。GEEの解析機能は、多種多様であり、多くの事例が蓄積し、多くのユーザーでスクリプトが開発、共有されることが望まれる。

参考文献

- 1) Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R.: Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202, pp.18-27, 2017.

- 2) 田中健二：農業地域における Google Earth Engine の活用事例、寒地土木研究所月報、851、pp.74-80、2023.
- 3) Google: Google Earth Engine API Reference (オンライン) . <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs> (2023年9月26日確認)
- 4) 小林秀樹：クラウドベースの地理空間データ解析プラットフォーム「Google Earth Engine」、日本リモートセンシング学会誌、38 (2) 、pp.125-130、2018.
- 5) 藤原洋一、田中丸治哉、多田明夫：Google Earth Engine によるスーダン・洪水灌漑地区の土地利用解析、農業農村工学会誌、88(1)、pp.7-10、2020.