

# GRUS衛星画像を用いたトウモロコシの収穫日予測

重松 康祐<sup>1</sup>・森田 昌孝<sup>2</sup>

<sup>1</sup>情報工学科, <sup>2</sup>一般科理系

トウモロコシは多岐にわたる用途で利用され、生産・収穫の効率化が求められている。現在トウモロコシの生育監視は主に現地調査によって行われている。本研究では、生育監視を効率化するため、アクセルスペース社のGRUS衛星から得られた画像と機械学習を組み合わせ、トウモロコシの収穫日を予測する方法を検討した。その結果、線形回帰モデルを用いることで収穫日を平均絶対誤差17.4日で予測可能であることを確認した。この技術の導入により、現地調査を行うことなく収穫時の人員と機材の効率的な配置計画を策定することが可能となり、トウモロコシ栽培のコスト低減が期待される。

**キーワード**：GRUS衛星、リモートセンシング、機械学習、トウモロコシ

## 1. 緒言

トウモロコシは食品からバイオ燃料まで、多岐にわたる用途で重要な作物である。日本はトウモロコシの大部分を輸入しているが、生産コストが削減できれば、国内生産の拡大が期待できる。

一般に、トウモロコシ収穫に至るプロセスにおける生育状況の監視は、現地調査によって行われている。このような監視作業を遠隔地から自動化する技術が確立できれば、労力と費用の大幅な削減が可能である。近年、高解像度の衛星画像技術が進展することにより、作物の状態を遠隔地から高精度に監視する方法が開発されている。特に、植物や土壌の情報を効率的に収集する手段として、高解像度光学衛星センサの有用性が示されている<sup>1)</sup>。加えて、収量予測においても高解像度衛星画像が用いられた例があるが<sup>2)</sup>、撮影頻度やデータ取得のコストの面で課題が残る。

このような状況を踏まえ、本研究ではアクセルスペース社が開発したGRUS衛星の画像データの利用を検討する。GRUS衛星画像の取得は比較的低コストであるため、小規模農業においても高い費用対効果が得られる。本研究はGRUS衛星の光学画像と機械学習を組み合わせたトウモロコシの収穫日予測を試みる。

本研究により、収穫時期を高精度に予測することができれば、現地調査を行うことなく収穫時における人員と機材の効率的な配置計画を事前に策定することが可能となり、トウモロコシ栽培のコスト低減につながることを期待される。

## 2. 実験圃場と栽培条件

本研究の実験圃場は、大分県豊後大野市に位置する大分県農林水産研指導センター内の畑地(黒ボク土)である(図-1)。播種は2022年4月20日に行い、収穫は同年9月4日に実施された。この期間中に、光学衛星画像の取得と並行して、トウモロコシの生育状態についても継続的な観察を行った。

栽培したトウモロコシには、食用品種「もちもち太郎パープル」と飼料用品種「KD641(RM114)」の2種類が含まれている。播種に際しては、株間を21~24 cm、条間を75 cmと設定した。



図-1 実験圃場 (大分県豊後大野市) <sup>3)</sup>

## 3. GRUS衛星画像<sup>4,5)</sup>

GRUS衛星は、アクセルスペース社が開発した小型の光学衛星であり、農業をはじめとする多様な用途への利用

が期待されている。画像の分解能は、パンクロマティック（全色）で2.5 m、マルチスペクトルで5.0 mであり、ビット深度は12ビットである。また、5機体制（2021年8月時点）での運用が行われており、2日に1回の撮影頻度となっている。

GRUSは表-1に示す通り、バンド0からバンド5までの観測波長を有する。地上分解能は直下撮影時においてパンクロマティック（バンド0）で2.5 m以下、マルチスペクトル（バンド1～5）で5.0 m以下であり、撮影幅は55 km以上、最長撮影距離は1,000 kmである。本研究においては、トウモロコシの栽培期間中に4日分のGRUS衛星画像データを取得した。取得した4日分の画像データには、それぞれバンド0からバンド5までの画像が含まれる。

表-1 GRUSの観測波長

バンド名	観測波長
バンド0	450 - 900 nm (パンクロマティック)
バンド1	450 - 505 nm (青)
バンド2	515 - 585 nm (緑)
バンド3	620 - 685 nm (赤)
バンド4	705 - 745 nm (レッドエッジ)
バンド5	770 - 900 nm (近赤外)

#### 4. 収穫時期の予測方法の検討

衛星画像中のトウモロコシが栽培されている領域の画素値の平均値をバンド毎に算出し、機械学習モデルの説明変数とする。算出した平均画素値を表-2に示す。目的変数は収穫日までの日数とする。

データ数が少ないため、複雑なモデルを使用すると過学習が生じる可能性が高いため、比較的シンプルなアルゴリズムである線形回帰、Ridge回帰、Lasso回帰、Elastic Net、決定木を用いた。一つ抜き交差検証 (Leave-One-Out Cross-Validation) により、それぞれのアルゴリズムで学習・推論を行い、平均絶対誤差を算出した。評価結果を表-3に示す。結果より、線形回帰が最も優れており、平均絶対誤差は17.4日であった。

#### 5. 結言

本研究では、GRUS衛星画像と機械学習技術を活用して、トウモロコシの収穫日を予測する基礎的な検討を行った。大分県豊後大野市のトウモロコシ圃場を撮影した衛星画像を用いて評価を行った結果、線形回帰モデルによる収穫日予測は、平均絶対誤差17.4日という結果を示し、高い精度での予測が可能であることを確認した。今後は、データ

量を増加させて、さらなる検証、精度向上を目指すとともに、他の作物や地域に対する適用可能性も検討していく予定である。

表-2 トウモロコシ栽培領域における各バンドの平均画素値

撮影日	2022年 5月4日 (収穫まで 125日)	2022年 6月30日 (収穫まで 68日)	2022年 8月6日 (収穫まで 31日)	2022年 8月30日 (収穫まで 12日)
バンド0	904.8	1342.8	1551.5	1536.4
バンド1	908.2	1084.4	1291.8	1115.1
バンド2	783.4	956.8	1122.8	1065.2
バンド3	662.0	672.0	772.3	818.9
バンド4	1030.6	1590.1	1549.2	1778.6
バンド5	1478.3	3357.9	3247.3	3353.2

表-3 各種アルゴリズムでの評価結果

アルゴリズム	平均絶対誤差 (日)
線形回帰	17.4
Ridge回帰	20.4
Lasso回帰	36.5
Elastic Net	22.7
決定木	47.0

謝辞: 本研究において使用した衛星画像は、令和5年度経済産業省の「衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」より提供を受けた。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 井上 吉雄: 高解像度光学衛星センサによる植物・土壌情報計測とスマート農業への応用, 日本リモートセンシング学会誌, 37巻, 3号, pp. 213-223, 2017.
- 2) Nahuel R. Peralta, Yared Assefa, Juan Du, Charles J. Barden and Ignacio A. Ciampitti: Mid-Season High-Resolution Satellite Imagery for Forecasting Site-Specific Corn Yield, Remote Sens, Vol. 8, Issue 10, 2016.
- 3) Google MAPS, <https://www.google.com/maps> (参照日 2023年9月29日)
- 4) AxelGlobe画像仕様書, <https://docs.axelglobe.com/ja/image-specifications> (参照日 2023年9月29日)
- 5) 一般財団法人リモート・センシング技術センター, <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html> (参照日 2023年9月29日)

(2023.9.29受付)