

ショウガ乾物率推定のための マルチスペクトル画像から得られる植生指数の研究

1265098 久保田雄斗 【画像情報工学研究室】

A Study on the Estimation of Dry Matter Content of Ginger Using Vegetation Indices Derived from Multispectral Images

1265098 KUBOTA Yuto 【Image Processing and Informatics Lab.】

1 はじめに

ショウガは高知県の基幹品目として重要な青果物の一種であるが、県内の露地ショウガの1-2割程度の塊茎が貯蔵中に腐敗してしまう。その原因はあまりよく知られていないが、原因の一つとして、乾物率が低く充実の悪い塊茎の収穫及び貯蔵が挙げられる。高知県農業技術センターの内部調査により、SPAD¹と乾物率に相関があることが明らかになった。先行研究として、岡 美佐子らは発病したショウガ種根茎からだけでなく、ほ場周辺の植物の根圏で生息・増殖し、雨水や小動物などが貯蔵根茎腐敗病の病原菌をもたらす可能性を示唆した [1]。そのため、感染リスクを減らすためにできる限りほ場内に立ち入らないことが求められるが、SPAD の測定にはほ場内に立ち入る必要がある。そこで本研究ではほ場外から測定できる手法としてドローンによる空撮で得られるマルチスペクトル画像から乾物率の推定を行う。

著者らは生育度を示す指標として植生指数の日別積算値 (以下 x の日別積算値は Σx と記す) を、「枯れ度」を示す指標として $\Sigma (1 - \text{植生指数})$ を説明変数に含めた重回帰分析による乾物率推定法を提案した [3]。その一方で、日別値の推定に p-spline を使用しており、最終撮影日以降の植生指数の信頼性が不明であった。そのため、本研究では最終撮影日以降の植生指数を ARMA モデル及び ARIMA モデルで比較し、植生指数の推定精度の検証を行う。その後、様々な説明変数を用いて主成分分析や重回帰分析を行い、乾物率推定に最適な植生指数の組み合わせを提案する。

2 手法

2.1 測定方法

本研究ではドローン (Inspire2) とマルチスペクトルカメラ (RedEdgeM) を用いた空撮と、実際に収穫を行い乾物率の実測値を測定する乾物率測定を行った。マルチスペクトルカメラの仕様を表 1 に示す。表 1 の通り、RGB のほか NIR や植物に大きく関わりがあるとされる RedEdge を含めた計 5 チャンネルで構成される。

また、撮影期間、回数及び乾物率の測定期間、回数を

表 1: マルチスペクトルカメラの仕様

Channel	Center Wavelength(nm)	FWHM(nm)
Blue	475	20
Green	560	20
Red	668	10
NIR	840	40
RedEdge	717	10

表 2 に示す。撮影はおよそ 1-2 週間間隔で行った。甘藷についての論文ではあるが、施肥が塊茎乾物率に影響を与えている可能性が示唆されており [2]、担い手センター及び農技センターは施肥の種類ごとに複数区画存在するため、乾物率の測定は全て区別して行った。

表 2: データ取得期間及びその回数

場所	撮影期間	撮影回数	収穫期間	収穫回数
担い手センター	2022/8/9-11	11	10/18-11/17	4*3area
現地ほ場	2022/9/13-11/16	7	10/20-12/12	6
農技センター	2023/8/1-11/20	14	10/20-12/11	6*7area

2.2 提案手法

提案手法では様々な植生指数の日別値を利用する。そのため、本研究では撮影していない日の植生指数を p-spline を適用することで推定した。

2.2.1 日別値の計算

しかし、本研究における最終収穫日は最終撮影日より後であり、未来の植生指数の推移において p-spline で正確に推定できるとは限らない。そこで、未来の植生指数の予測精度を確認するために最も撮影期間が長い農技センターのデータに対して以下の 4 つを比較した。

- 撮影開始日から最終撮影日までの全データを使用した p-spline 曲線 (真値)
- 撮影開始日から最終撮影日-30 日までのデータを使用した p-spline 曲線 (現行)
- 撮影開始日から最終撮影日-30 日までのデータを使用し最後 30 日のみ ARMA モデルで推定した曲線 ($p=3, q=5$)

¹SPAD:葉クロロフィル量と大きく関係する値

- 撮影開始日から最終撮影日-30 日までのデータを使用し最後 30 日のみ ARIMA モデルで推定した曲線 ($p=20$, $d=1$, $q=20$)

本研究では全データを使用した p-spline を真値とし、残り 3 種類が真値にどれだけ近いかを RMSE を用いて比較した。このうち、RMSE が最小となった手法を用いて最終撮影日以降の植生指数の日別値を推定した。

2.2.2 乾物率推定

乾物率の推定は播種日から 5 か月後を起点として経過日数、 ΣLCI , $\Sigma (1 - LCI)$, $\Sigma NDVI$, $\Sigma (1 - NDVI)$, $\Sigma RedEdgeNDVI$, $\Sigma (1 - RedEdgeNDVI)$, $\Sigma MTCI$ [4] の 8 つの説明数のうち 1 つから 3 つまでを用いた単回帰及び重回帰分析を行い、その調整済み決定係数及び絶対誤差平均値、絶対誤差最大値を比較した。

3 実験結果及び考察

3.1 植生指数の日別値推定精度

表 3: 各条件における LCI 日別値の RMSE

手法	RMSE
p-spline のみ	0. 0174
ARMA	0. 0089
ARIMA	0. 0103

実際の植生指数の 1 つである LCI の日別値の RMSE を表 3 に示す。表 3 より、RMSE が最小であることから最も真値に近いと考え、この ARMA モデルを採用した。

3.2 重回帰分析

表 4: 各条件の決定係数及び調整済み決定係数

X1	経過日数	$\Sigma (1-LCI)$	経過日数	経過日数
X2		(1-RENDVI)	$\Sigma (1-RENDVI)$	$\Sigma (1-RENDVI)$
X3			$\Sigma RENDVI$	ΣLCI
adjustedR ²	0.7683	0.7936	0.7983	0.7922
max abs error	1.2821	1.1522	1.2083	1.0929
mean abs error	0.4385	0.4124	0.3807	0.4116

単回帰及び重回帰分析で精度が良かったものを表 4 に示す。表 4 より、単回帰では経過日数の決定係数が最大であることから乾物率に強く関係すると考えられる。

また、重回帰分析の決定係数が単回帰を上回っていることから、 Σ 植生指数は組み合わせ次第で乾物率予測精度向上に貢献すると考えられる特に、決定係数が 0.79 を上回った組み合わせは全て $\Sigma (1 - RedEdgeNDVI)$ を含めたものであった。そのため、植生指数の中でも RedEdgeNDVI は乾物率の精度向上に、LCI は最大誤差の減少に貢献していると言える。

この時の乾物率の予測値と実際の乾物率を図 1 に示す図 1 から、乾物率が低いほど予測値が高く、高いほど予測値が低くなる傾向が見られる。また、絶対誤差が 1 を上回るものは 2/60 であり、最終撮影日から 1 か月後

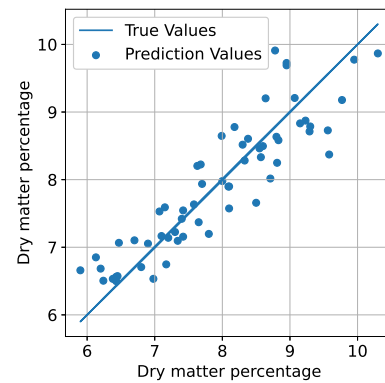


図 1: 調整済み決定係数が最大となる説明変数での乾物率予測値

までの乾物率であれば誤差 $\pm 1.0\%$ での推定は十分できると考えられる。しかし、経験的に貯蔵根茎腐敗病の目安となる。乾物率は 8% であり、この時の誤差が 0.5% 以上のデータは 20/60 だった。1% 刻みで乾物率の比較を行う場合、誤差 0.5% 以上となるデータ数は最大でも 5%(3/60) 以下になる程度の精度は必要であると考えするため、更なる精度の向上が求められる。精度が足りない原因として、乾物率の推移が線形回帰では表し難く、上手く推定できなかった可能性がある。そのため、今後の精度上昇には非線形回帰モデルとの比較が必要であると考ええる。

4 まとめ

本研究では、まず植生指数の日別値の推定精度を検討するために最終撮影日以降の植生指数の日別値を ARIMA モデル及び ARMA モデルにより推定したその結果、ARMA モデルを適用することで p-spline のみによる推定と比較して RMSE が半分程度に減少した。

その後、乾物率推定に最適な説明変数を調べるために重回帰分析及び主成分分析を行った。その結果、単回帰では経過日数が最も決定係数が高いが、植生指数、特に RedEdgeNDVI が決定係数の向上に LCI が最大誤差の減少に貢献したまた、最大の調整済み決定係数は約 0.79、最小となる最大誤差は約 1.1% であり、最終撮影日から 1 か月後までの乾物率を誤差 $\pm 1.0\%$ で推定ができると考えられるが、更なる精度の向上が求められ、非線形回帰モデルを検討する必要があると考える。

参考文献

- [1] 岡ら：ショウガ貯蔵根茎腐敗病の発生生態，高知県農業技術センター研究報告，2021.
- [2] 津野ら：甘藷の乾物性産に関する研究 第 10 報 肥料条件と乾物生産よりみた塊根乾物率の決まりかた，日本作物学会紀事 37 巻 1 号，1968.
- [3] 久保田ら：ショウガ乾物率推定のための植生指数の検討，第 40 回センシングフォーラム計測部門大会，2023.
- [4] Paul J Curran ら：The MERIS terrestrial chlorophyll index, International Journal of Remote Sensing 25, 2003.