

# 空撮データ等を活用した露地ショウガの 収穫適期判定技術

農業技術センター

## [背景・ねらい]

高知県の重要な品目である露地ショウガでは、貯蔵中の腐敗が各産地で問題となっている。その原因の一つとして、乾物率が低く充実の悪い塊茎の収穫・貯蔵と考えられていることから、乾物率を高める栽培管理への関心が高まっている。そこで、ほ場へ立ち入ることなく収穫適期を判定するために、空撮データを活用して収穫適期を判定できる推定式を構築する。また、乾物率と貯蔵中の腐敗度の関係を明らかにすることで、収穫適期判定の目安とする。

なお、これまで空撮データを活用した収穫適期判定技術はなかった。

## [新技術の内容・特徴]

### 内 容

#### 1. 空撮条件

- 1) ドローンはDJI社製Inspire2、マルチスペクトルカメラ(以下、カメラ)はMicaSense社製RedEdgeM(解像度:1,280×960画素)もしくは、DJI社製ドローンカメラP4MULTISPECTRAL(解像度:1,600×1,300画素)を使用する。
- 2) 高度40~60m、飛行速度2~5m/秒、オーバーラップ率75~80%での飛行を推奨する。
- 3) 光の反射を避けるため、晴天の午前中に撮影する。

#### 2. 収穫1か月程度前に空撮用ドローンではほ場を撮影した画像を解析し、植生指数LCIを算出する。カラーマップ上の緑領域(%)+黄領域%(以下、緑+黄領域)と、定植日から収穫1か月前までの積算日射量(kWh/m<sup>2</sup>)を推定式(表1)に代入することで、収穫時の乾物率を推定することができる。

#### 3. 10月以降に空撮を行うことで、収穫適期が判定できる。

### 特 徴

1. 推定精度は乾物率の実測値と推定値から平均絶対誤差0.70%の傾向がある(表2、3)。
2. 収穫1か月前の植生指数LCI(緑+黄)領域と収穫時の乾物率には相関がある(図1)。
3. 収穫が10月かつ乾物率が7.25%以下の塊茎は、貯蔵開始初期から腐敗が発生し、収穫から1年後には15%以上の塊茎が深刻な腐敗を引き起こす可能性がある(表4~6)。そのため、収穫適期は11月以降または塊茎の乾物率が7.40%以上の傾向がある。

## [留意点]

1. 植生指数LCI(緑+黄)領域とSPAD値とは正の相関があり(図2)、空撮ができない場合は、ほ場への立入りが必要となるがSPAD値での推定が可能である(表1)。植生指数LCI(Leaf Chlorophyll Index)とは、葉のクロロフィル含量を推定する指標である。緑領域は濃い緑色の葉を示し、黄領域はやや薄い緑色の葉を示しているものとした。SPAD値は、ほ場内の生育が中庸な10株を選定し、一次茎の完全展開葉2枚目の中央付近の葉脈をはさんで左右3か所ずつ、計6か所測定した。
2. 推定式の構築には、2022年に担い手育成センター内試験と2023年に当センター内試験で得られた乾物率と空撮データおよびSPAD値を使用した。

3. 積算日射量は、ほ場近くのSAWACHI気象データの気象推奨モデル短期予報の日射強度を使用する。ただし、このデータを活用するためには単位をW/m<sup>2</sup>からkWh/m<sup>2</sup>に計算する必要がある。
4. 推定式の検証には、2022年と2024年の現地試験データを用いた(表3)。4月中旬ごろまでの定植日で得られた推定式のため、それ以降の定植日では推定精度が保証されない。
5. 2022年、2023年はドローンはDJI社製Inspire2、カメラはMicaSense社製RedEdgeMを使用し、高度は、2022年は40m、2023年は60mとし、飛行速度2m/秒、オーバーラップ率80%で撮影した。2024年はドローンカメラはDJI社製P4MULTISPECTRALを使用し、高度50mで飛行速度5m/秒、オーバーラップ率75%で撮影した。
6. 画像解析は、画像解析ソフトPix4DMapperを使用し、植生指数LCIの最大値および最小値の間を等間隔で高ピクセル値から低ピクセル値までの5段階の緑、黄、橙、茶、赤に分け、各色ごとの領域(面積率)を算出した(写真)。画像解析ソフトPix4DMapper(恒久ライセンス1デバイス版)は546,700円である(2020年現在)。
7. 貯蔵中の腐敗度調査では、収穫した新塊茎を土付きのまま約16kg(10株程度)を1コンテナに詰め、所内予冷库(14~15℃)で貯蔵した塊茎を2か月に1回調査した。
8. 推定式の適用には、栽培期間中の適切な管理が重要であり、病害が発生していない健全なほ場を対象とする。
9. 適用範囲は、県内の露地ショウガ産地とする。

## [評 価]

ほ場へ立ち入ることなく乾物率の推定ができることで、充実の良い塊茎の収穫が可能となる。

## [具体的データ]

表1 乾物率推定式

推定式	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
$y = -0.0259X_1 + 0.0115X_2 - 0.2443$	植生指数LCI緑+黄領域(%)	積算日射量(kWh/m <sup>2</sup> )
$y = -0.0665X_1 + 0.0103X_2 + 1.7939$	SPAD値	積算日射量(kWh/m <sup>2</sup> )

注) X<sub>1</sub>は、収穫1か月前の値を入力する。X<sub>2</sub>は、定植日から収穫1か月前までの積算値を入力する。

表2 乾物率推定式の検証結果

収穫日		10月20日	10月31日	11月11日	11月21日	12月1日	12月12日
2022年現地 ほ場:香南市 定植日:4月3日	乾物率(実測値)	6.13	7.40	8.71	8.83	9.77	10.30
	推定値(空撮)	7.16	7.99	8.47	9.12	9.50	9.75
	推定値(SPAD)	-	7.43	8.19	9.13	9.53	10.00
	推定誤差(空撮)	-1.04	-0.59	0.24	-0.29	0.27	0.55
	推定誤差(SPAD)	-	0.03	0.52	-0.29	0.25	0.30
	収穫日	10月17日	11月7日	11月14日			
2024年現地① ほ場:土佐市 定植日:4月12日	乾物率(実測値)	5.37	7.74	8.98			
	推定値(空撮)	7.01	7.97	8.30			
	推定値(SPAD)	6.66	7.95	8.68			
	推定誤差(空撮)	-1.64	-0.23	0.68			
	推定誤差(SPAD)	-1.29	-0.21	0.30			
	収穫日	10月17日	11月7日	11月14日			
2024年現地② ほ場:土佐市 定植日:4月27日	乾物率(実測値)	6.66	8.78	8.86			
	推定値(空撮)	6.46	7.21	7.60			
	推定値(SPAD)	5.92	-	7.91			
	推定誤差(空撮)	0.20	1.57	1.26			
	推定誤差(SPAD)	0.74	-	0.95			
	収穫日	10月17日	11月7日	11月14日			

注1) 推定誤差は実測値-推定値

2) 土壌分類:2022年現地;普通低地水田土、2024年現地①;不明、2024年現地②;普通低地水田土  
農研機構「e-土壌図Ⅱ」を参考にした。

表3 乾物率推定値の平均絶対誤差

	空撮	SPAD値
2022年現地	0.51	0.29
2024年現地①	0.89	0.64
2024年現地②	0.94	0.88
平均	0.70	0.47

注) 2024年現地②は定植日が4月下旬のため平均から除外。

表4 収穫日別の乾物率と貯蔵中の腐敗度との関係(2022)

	収穫日				
	10月18日	10月27日	11月8日	11月17日	
定植から収穫までの日数	194日	203日	215日	224日	
乾物率(%)	6.84	7.25	8.20	8.81	
腐敗度	1月15日調査	3.3	2.0	0	0
	3月11日調査	5.7	3.2	0	0.5
	5月14日調査	7.3	4.0	0	0.5
	7月19日調査	8.2	5.6	0	0.5
	9月17日調査	33.0	25.5	19.7	20.3
	11月12日調査	41.9(30.7)	31.3(15.0)	21.7(1.2)	21.5(8.7)

注1) 2022年担い手育成センター、定植日は4月8日

土壌分類：下層黒ボク灰色低地土

2) 腐敗度基準：無；腐敗なし

軽；茎落ち部から5mm未満の塊茎が褐色水浸状に腐敗

中；茎落ち部から5mm以上15mm未満の塊茎が褐色水浸状に腐敗

甚；茎落ち部から15mm以上の塊茎が褐色水浸状に腐敗

3) 腐敗度： $[(\text{甚} \times 3 + \text{中} \times 2 + \text{軽}) \div (\text{塊茎数} \times 3)] \times 100$ 

4) 表中( )は塊茎数における甚発生率(%)

表5 収穫日別の乾物率と貯蔵中の腐敗度との関係(2023)

	収穫日					
	10月20日	10月31日	11月9日	11月20日	11月29日	12月11日
定植から収穫までの日数	193日	204日	213日	224日	233日	245日
乾物率(%)	6.38	6.70	7.15	8.33	9.29	8.95
腐敗度	1月15日調査	0	1.1	0	0	0
	3月11日調査	5.6	0	0	0	1.1
	5月14日調査	7.3	0	0	0	1.1
	7月19日調査	17.4	0	0	0	1.1
	9月17日調査	18.2	1.4	0	0	2.2
	11月12日調査	38.2(25.6)	1.4(0)	0(0)	2.3(0)	2.2(0)

注1) 2023年当センター、定植日は4月11日、土壌分類：普通低地水田土

2)～4)表4の注2～4)と同じ。

表6 収穫日別の乾物率と貯蔵中の腐敗度との関係(2023)

	収穫日					
	10月20日	10月31日	11月11日	11月20日	12月1日	12月12日
定植から収穫までの日数	194日	205日	216日	225日	236日	247日
乾物率(%)	6.13	7.40	8.71	8.83	9.77	10.30
腐敗度	1月15日調査	0	0	0	0	0
	3月11日調査	0.4	0.4	0	0	0
	5月14日調査	4.0	0.4	1.1	0	0
	7月19日調査	11.5	0.4	1.1	0	0
	9月17日調査	33.2	3.8	6.6	8.3	3.0
	11月12日調査	51.1(45.2)	5.4(0)	6.6(1.1)	10.1(3.3)	3.0(1.4)

注1) 2023年香南市現地ほ場、定植日は4月10日、土壌分類：普通低地水田土

2)～4)表4の注2～4)と同じ。

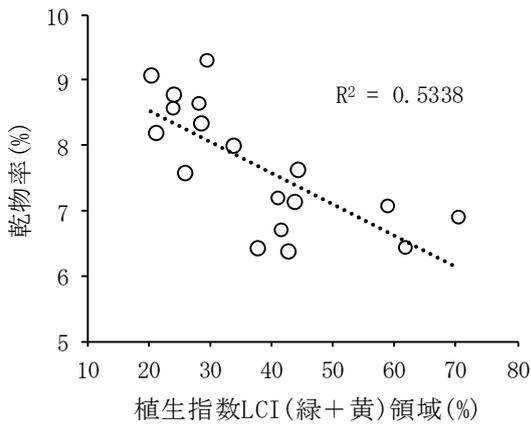


図1 植生指数LCI(緑+黄)領域と収穫1か月前の乾物率との関係(2023)

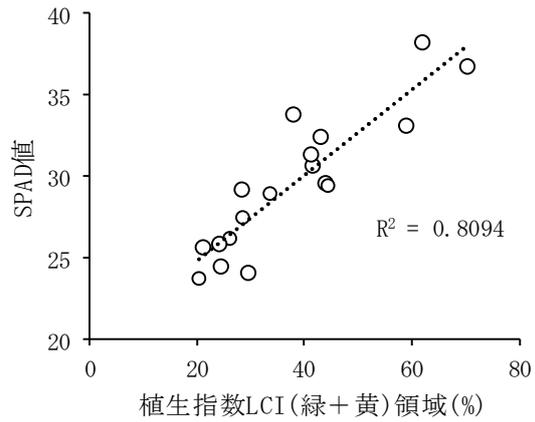


図2 植生指数LCI(緑+黄)領域とSPAD値との関係(2023)

注) 2023年当センター内試験においての  
9月19日, 10月3日, 10月11日, 10月24日, 11月1日,  
11月14日のSPAD値と植生指数LCI(緑+黄)領域

色	最小	最大	領域 [ha]	領域 [%]
緑	0.78	0.78	0.00	3.45
黄	0.67	0.78	0.01	39.34
赤	0.62	0.67	0.01	39.81
青	0.56	0.62	0.00	12.02
紫	0.51	0.56	0.00	5.38

領域(%)の列を使用

写真 Pix4D Mapper 解析画面

【その他】

研究課題名：空撮データを活用したショウガ土壌病害早期発見技術および生育診断技術の開発  
(その2)－生育診断技術の開発－  
(令和4年度要望課題 提出機関：中央西農振、中央西農振高知農改)

研究期間：令和4～6年度

予算区分：県単・国補(内閣府地方大学・地域産業創生交付金事業)

研究担当：土壌肥料担当

分類：普及