

# ドローンによる可視・熱画像を用いた ショウガ根茎腐敗病発病株の検出の検討

松浦 颯大 【画像情報工学研究室】

## Detection of Diseased Ginger Rhizome Rot Plants Using Visual and Thermal Images Taken by Drone

MATSUURA, Hayato 【Image Processing and Informatics Lab.】

### 1 背景・目的

ショウガは高知県の主要な農作物の一つであり、県内の年間生産額は82億円、全国の総生産量の43.0%を占めている[1]。総生産量の占める割合に対して、作付面積は全国の総面積の25.7%と、狭い圃場内で多くの収量を得ているため、病害への対策は重大な課題となっている。現在の栽培方法では、生産者が圃場内を歩き、葉、茎色から根茎腐敗病の発病調査を行っているが、圃場内で生育されているすべての株の調査を行うには多大なコストがかかる。また、靴に付着した土から病原菌が圃場内に持ち込まれる恐れがあるため、ドローンを用いた画像での発病状況調査が求められている。

病害を発病したショウガは、株に目視で確認できる病徴があらわれる3~4日前に葉温の上昇が見られることが示されている[2]。またこの性質を利用し熱画像を用いた発病株の検出法が検討されている。葉の温度情報を用いた植物病害検出の先行研究としてChandelらは、可視画像と熱画像を用いて冬小麦の水ストレスの検出を行った[3]。水ストレスによる蒸散の減少で葉温が上昇する特徴を捉え、熱画像で98.4%、可視画像で96.9%と高い精度を示した。

本研究では、実際にショウガの栽培がおこなわれている圃場での根茎腐敗病発病株の検出を目的として、発病した株にあらわれる葉温の変化に注目し、可視画像と熱画像を用いた検出方法を検討した。

### 2 提案手法

#### 2.1 使用データ

本研究で使用したデータは、DJI社のMavic 2 Enterprise Advancedを用いて地上5mの高さで撮影し、可視画像サイズは8000×6000pixel、熱画像サイズは640×512pixelである(図1, 図2)。

表1: 撮影データの詳細

	撮影高度	解像度	画像サイズ
可視画像	5m	約0.9mm	8000×6000
熱画像		約7mm	640×512



図1: 可視画像

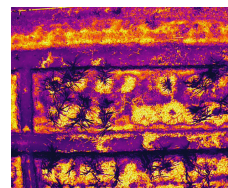


図2: 熱画像

撮影は高知県農業技術センターの屋外試験圃場と実際にショウガの栽培がおこなわれている高知県内の現地圃場の2か所で行われた。農業技術センターの屋外試験圃場では2023年7月13日から2024年8月23日までの9日間、現地圃場では2025年8月12日から2025年9月26日までの6日間の合計15日間のデータを使用する。

#### 2.2 発病症状の調査

検出法の検討にあたり検出の達成度を評価するため、農業技術センター専門員により目視で作成されたショウガの発病症状の記録を参照する。今回は、発病症状が目視で確認可能な、株の地際部が黄化している株、葉に黄化の見られる株を検出対象とした。

#### 2.3 可視画像と熱画像の融合

可視画像と熱画像の融合の流れを図3に示す。

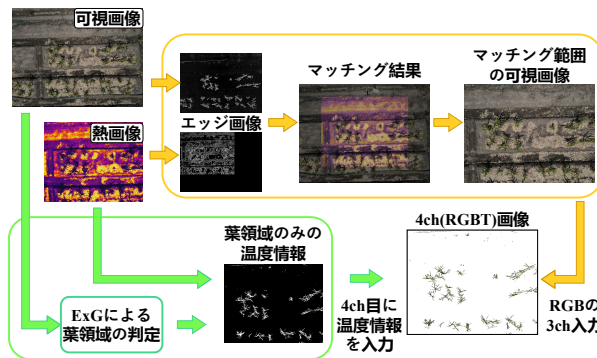


図3: 可視画像と融合画像の融合の流れ

可視画像、熱画像からそれぞれカラーエッジ画像と熱エッジ画像を生成し、位相限定相関法により2枚の画像が重なる位置を推定する。次に、熱画像に含まれる土

やパイプといった葉領域以外の余分な温度情報を削除するため、ExGを用いて葉領域の抽出を行い、ExGが15以上の画素を葉領域とした。

ExGは

$$ExG = 2g - r - b \quad (1)$$

と定義され、緑色を示す要素が大きい画素が大きい値をとる指標である。ExGで抽出した葉領域内の温度情報は葉領域内の最大値と最小値で正規化し、葉領域外の温度情報は0とする、8bit熱画像を作成した。

可視画像から熱画像と重なった領域を切り出したRGB画像と、葉領域内の温度情報で正規化した熱画像から、それぞれ、RGB画像に含まれるRGB値の3チャンネルと温度情報の1チャンネルを組み合わせて、4チャンネル画像であるRGBT画像を作成する。

### 2.4 ニューラルネットワーク

本研究ではUltralytics社が提供しているYOLOv8を元に、入力画像の特徴抽出を行う初段の畳み込みカーネルの入力チャンネル数を3チャンネルから4チャンネルに変更した(図4)。使用するデータは画像間でオーバーラップが発生しており、リークを避けるため畝ごとに分割し使用している。学習、検証データには農業技術センターと現地圃場の二つの圃場のデータを使用し、テストデータは現地圃場のデータのみを使用した。現地圃場の全発病株を検出対象とするため、データを学習用、検証用、テスト用に分割し、それらを入れ替えて検出を行った。1セットに使用したデータ数は学習データ415枚、検証データ77枚、テストデータ33枚となった。

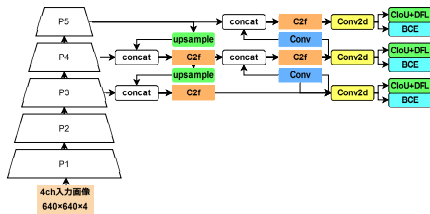


図4: RGBT画像を入力としたyolov8アーキテクチャ

### 3 結果と考察

現地圃場の発病株に対して正しく検出した株、未検出の株、健康株を発病株として誤検出した株の内訳を表2に示す。正しく検出できた実株数としては、どちらも4/9株であるが、発病株の画像が含まれる画像の枚数としては、10/29枚である。これは、多くの発病株で日数の経過とともに病害が進行し、葉に黄化のあらわれるタイミングで、検出できているためである。一方で、葉に黄化の見られない発病株は、検出できずに見逃している。また、発病株として誤検出された健康株の多くは、畝から横に飛び出した葉で発生している。

表2: 発病株の検出内訳

		画像の枚数	実株数
RGB	正しく検出	10/29	4/9
	未検出	19/29	5/9
	誤検出	12	12
RGBT	正しく検出	10/29	4/9
	未検出	19/29	5/9
	誤検出	6	6

未検出株の内訳を表3に示す。ドローン画像で葉色の黄化が確認できる発病株の内、2株で見逃しがみられた。この株は他の葉による被覆の多い発病株でみられた。目視調査では葉色の黄化が確認できるが、ドローン画像では確認できない株、地際部にのみ病徴のある発病株については、いずれも見逃している。ドローン画像では葉の黄化が確認できない株が含まれる画像、9枚の内、6枚は同じ株で発生しており、ドローン画像から確認できていた病徴が、日数の経過に伴う隣接株の生長によって、遮蔽され確認が困難となった。また、目視検査では健康と診断されたが、葉温の高い株については、熱画像上では特徴があらわれていたが、検出段階では、その特徴を捉えられていない。これは、同じ特徴(生育中期以降で、発病確認前に葉温の上昇が見られる)を持つ株が、データ内に非常に少なく、十分に学習が行えていないことが原因であると考えられる。

表3: 未検出株の内訳

株の状態	画像の枚数	実株数
ドローン画像で葉の黄化が確認できる株	4	2
ドローン画像では葉の黄化が確認できない株	9	3
地際部にのみ病徴のある株	5	4
目視では健康だが、葉温の高い株	1	1

### 4 まとめ

可視画像と熱画像を用いたショウガ根茎腐敗病発病株の検出法の提案を行った。発病状況が進行し、葉にあらわれる病徴をドローン画像で捉えられた発病株の多くは検出できているが、他の葉による被覆の多い株で見逃しがみられた。また、地際部にのみ病徴のある段階では、どの発病株も検出できおらず、見逃している。

### 参考文献

- [1] 高知県農業振興部農業政策課, "高知県農業の動向 令和7年度", pp.24, 5/15 2025.
- [2] 窪田ら, "葉の動きの定量化によるショウガ根茎腐敗病早期検出法", 計測自動制御学会論文集, Vol.59, No.11, pp.462-471, 2023.
- [3] N.S. Chandel, et al."Water stress identification of winter wheat crop with state-of-the-art AI techniques and high-resolution thermal-RGB imagery" Plants, Vol.11.23, 2022.