

PaDiM を用いたブドウ葉の健康状態識別システムの提案

下總 有芽[†] 小嶋 和徳[†] 伊藤 慶明[†]
Yuga Shimofusa Kazunori Kojima Yoshiaki Ito

1. はじめに

昨今、農業従事者の減少による人手不足が深刻な問題となっている。農作業では、栽培や収穫などの多岐にわたる業務があり、農業従事者一人あたりの負担が大きい。この問題を解決するため、IoT の活用による負担の軽減が図られている。そのうちのひとつとしてドローンを活用する試みが行われている。

農作業の一つに作物の管理が挙げられる。作物の管理は、作物の品質に大きく影響するため、異常の早期発見が重要になる。

本研究では、ドローンによって撮影した画像からブドウ葉の異常を検出することを試みる。先行研究では、GAN (Generative Adversarial Networks) を利用した異常検知手法である AnoGAN (Anomaly Detection with Generative Adversarial Networks) を用いることで、健康なブドウ葉の検出精度を向上させることができたが、異常葉の検出精度は高くなかった。そこで本研究では、異常検知手法の一つである PaDiM を用いて、異常葉の検出精度の向上を図る。

2. 先行研究

先行研究^[1]では、AnoGAN^[2]を用いて、ブドウ葉の異常の検出を行った。AnoGAN は、学習させた GAN の生成器と識別器を用いて異常検知を行う手法である。学習において正常画像のみを用いることで生成器は正常画像の特徴を持つ画像を生成することができる。一方で、異常画像に関する特徴を学習していないため生成することができない。この性質を利用し、生成器から生成された画像と入力画像の誤差を算出して異常値を測定し、異常判定を行う。この手法を用いることで、Precision 0.90, Recall 0.70, F1 0.79 という結果が得られた。

3. 研究概要

本研究では、異常検知手法の一つである PaDiM^[3]を用いて、異常ブドウ葉の検出を行う。PaDiM の概要図を図 1 示す。PaDiM は ImageNet で事前学習させた ResNet を特徴抽出器とし、画像の特徴を抽出する。学習時は、複数の正常画像を事前学習済みモデルに入力し、モデルの 1~3 層目から 1 画素ごとの特徴量を抽出する。その抽出した特徴量を使用し特徴ベクトルを取得する。次に複数の正常画像から得た特徴ベクトルの平均値及び共分散行列を算出する。そして特徴ベクトルの平均値と共分散行列から正常画像の確率分布を求める。推論時は、学習時と同様に評価する画像を事前学習済みモデルに入力し、特徴ベクトルを取得する。テスト画像の特徴ベクトルを、学習用画像から得られた特徴ベクトルの平均値と共分散を利用し、マハラノビス距離

を計算する。マハラノビス距離は、単純な距離計算とは異なり、相関関係を付与して距離計算を行うことができる。このマハラノビス距離から算出される最大値が異常値となり、一定の異常値を超えたものを異常と判定する。

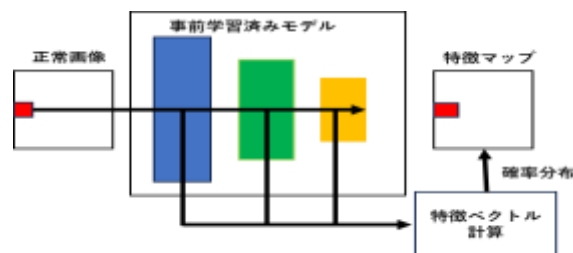


図 1 PaDiM 概要図

4. 評価実験

4.1 実験概要

本研究では、ドローンで撮影した広角画像から抽出されたブドウ葉画像 1,766 枚を用い、PaDiM による異常検知の精度評価を行う。ブドウ葉の画像は、学習用の正常画像が 1,603 枚、テスト用の正常画像が 136 枚、テスト用の異常画像が 27 枚に分割し使用する。なお PaDiM は ImageNet で学習された WideResNet50 を学習済みモデルとして用いる。そして、本研究の比較対象である AnoGAN の性能評価は、先行研究に記載された結果を用いる。加えて、PaDiM 同様に教師無し学習を用いた異常検知手法である PatchCore と Cs-Flow を比較対象として実装する。

4.1.1 PatchCore

PatchCore^[4]は、教師無し学習の異常検知手法の一つである。ResNet を事前学習済みモデルとして使用し、画像の特徴をモデルの中間層から抽出する。本実験では、モデルに ResNet101 を使用する。異常値の計算は、学習時に得た正常画像の特徴ベクトルと学習時と同様に特徴抽出したテスト用画像の特徴ベクトルとの距離を用いて求める。

4.1.2 Cs-Flow

Cs-Flow^[5]は、正規化フロー(Normalizing Flow)を用いた、教師無し異常検知手法である。事前学習済みモデルである EfficientNet を使用して画像の特徴の抽出を行う。本実験では、EfficientNet-B6 を使用する。画像の特徴を異なるスケールで取得し、特徴量を正規化フローに入力し、ガウス分布を持つ潜在空間に特徴量をマッピングしていく。これにより得られたマップのピクセルの値を合計し、異常値の算出をする。

4.2 実験結果

本研究における異常検知手法の性能比較結果を図 2 に示す。また、PaDiM で得られた混同行列を表 1 に示す。本研究では、異常葉を正確に検出できたことを示す Recall の値に注目し性能の比較を行う。異常を判断するための閾値は

[†] 岩手県立大学 Iwate Prefectural University

F1 が最大になるように設定する。これは Recall を最大になるよう閾値を設定すると、健康葉の識別精度が低下し、健康葉と異常葉の識別精度に偏りが発生するためである。

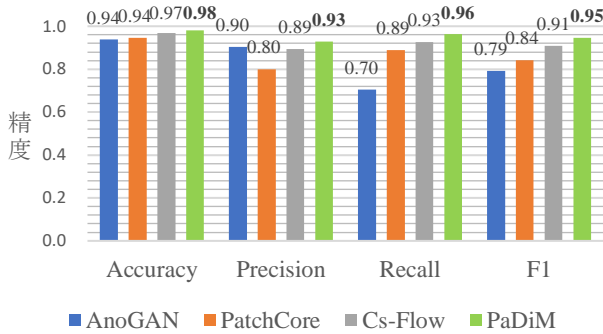


図 2 各異常手法の性能比較

表 1 PaDiM の実験結果 (混同行列)

		予測	
		異常葉	健康葉
正解	異常葉(27 枚)	26	1
	健康葉(136 枚)	2	134

先行研究に比べ、すべての指標で PaDiM の性能が上回る結果となった。先行研究の AnoGAN が Recall 0.7 であったに対し、PaDiM は Recall 0.96 と大幅に向上するという結果が得られた。また、PatchCore や Cs-Flow と比較してもすべての指標で上回るという結果を得ることができた。PaDiM は健康葉と異常葉の両方の検出精度が高く、本実験で実装した異常検知手法の中で最も優れているということが確認できた。

4.3 考察

異常葉を健康葉と誤検知した例を図 3 に、異常葉を正常に検知できた例を図 4 に、健康葉を異常葉と誤検知した例を図 5 に示す。これらの図では左から、元画像、GroundTruth、ヒートマップ、異常推測箇所(Mask)、異常推測箇所を示している。



図 3 PaDiM で誤検知した異常葉の例



図 4 PaDiM で正常に検出できた異常葉の例



図 5 PaDiM で健康葉を異常葉と誤検出した例

誤検出した画像の異常推測箇所は、正常に検出できた画像と比較すると、異常と判定できている箇所が少ないことが確認できる。PaDiM では、図 3 のようなブドウ葉の変色している箇所の少ない部分の検出に弱いと考えられる。正常に検出できた画像では、葉の大部分が変色している画像が多いため、大きな異常がある画像に対して PaDiM は強いということが考えられる。図 5 では、注目した葉に他の葉が映り込んでいる。そのため、映り込んだ葉の変色した部分に反応してしまったと考えられる。これらの性質は、特徴抽出器で CNN の浅い層の特徴を抽出し、使用しているためと考えられる。CNN は、層が深くなっていくことでより細かい特徴を抽出することができる。対して PaDiM では、CNN の浅い層を使用しているため、大まかな特徴を抽出し、異常の検出に使用しているため、異常箇所がブドウの面積に対し大きい画像を判定しているのに優れていると考えられる。

5. おわりに

本研究では、異常検知手法の一つである PaDiM を用いて異常ブドウ葉の検出する実験を行った。

結果として、先行研究や PatchCore や Cs-Flow のような異常検知手法と比較し、全ての性能指標において上回ったことを示すことができた。また、健康葉の検出精度に加え異常葉の検出精度も大幅に向上できるという結果が得られた。

今後は、データセットの前処理による異常葉の検出精度向上の検討が必要である。本実験の結果の中で、背景に影響されている画像がいくつか発見された。そのため、背景が除去されることでより、注目した箇所に焦点を当て異常検出ができるようになると考えている。また、本実験で使用した異常検知手法を組み合わせたアンサンブル学習も有効と考えられる。各異常検知手法は、使用する事前学習モデルが異なり、特徴抽出に使用する CNN の層も異なる。加えて、異常値の算出方法がそれぞれ異なることから、ほかの手法の欠点を補える可能性があると考えられる。そのため、アンサンブル学習を導入することを検討すべきだと考える。

参考文献

- [1] 山口幹生, AnoGAN を用いた異常ブドウ葉検出手法の検討, ソフトウェア情報学部卒業論文, 2021
- [2] Thomas Schlegl, Philipp Seeböc, Sebastian M. Waldstein, Ursula Schmidt-Erfurth, Georg Langs: "Unsupervised Anomaly Detection with Generative Adversarial Networks to Guide Marker Discovery", IPMI pp.146—157, 2017.
- [3] Thomas Defard, Aleksandr Setkov, Angélique Loesch, Romaric Audigier: "PaDiM: a Patch Distribution Modeling Framework for Anomaly Detection and Localization", Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges, pp 475–489, 2021. Springer International Publishing
- [4] Karsten Roth, Latha Pemula, Joaquin Zepeda, Bernhard Scholkopf, Thomas Brox, Peter Gehler: "Towards Total Recall in Industrial Anomaly Detection", arXiv 2021, arXiv:2106.08265
- [5] Marco Rudolph, Tom Wehrbein, Bodo Rosenhahn, Bastian Wandt: "Fully Convolutional Cross-Scale-Flows for Image-based Defect Detection", arXiv 2021, arXiv:2110.02855