

マルチモーダル環境観測が可能な小型農業ローバーによる病害予測

寺田 憲司† 藤波 香織††

† 東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 生物機能システム科学専攻

†† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

世界の農業をめぐる状況は急峻な天候変化、肥料価格の高騰等により深刻な食糧生産危機に直面している。更に日本では農業従事者の高齢化、後継者不足と労働力不足は喫緊の課題である [1]。そこで農場の省人化、データ化を目指したスマート農業、精密農業に大きな関心が寄せられている。営農者はIoT, AI, ロボット技術を利用し、農場内の「情報可視化」「作物毎への個別処置」が重要となる。近年では航空ドローンにより農作業支援が行われているが、果樹園やハウス栽培のような上部が枝や葉、人工物で覆われている栽培適用は難しい。一例として多くの農家は決められた時期に農場全体へ農薬を散布するカレンダー-散布が一般的である。そこで観測箇所の病害分類が可能となればハウス栽培や果樹園でも低コストな検出箇所のスポット農薬散布が実現できる。本研究では農場の不整地でも走破可能な小型農業用ローバーを用いて航空用ドローンでは観測が困難な作物の葉裏画像, 地上の環境値のマルチモーダル観測及び分析を行い、営農者の支援を行う事を目的としている。

2 小型農業ローバーによるデータ収集

2.1 課題

作物に寄り添って観測できる小型農業ローバーの観測情報は作物毎の状態をヒートマップ等で可視化でき、作物毎の観測情報の把握, 根元, 葉裏情報の取得等利点が多い。一方で困難な課題となるのが以下2点となる。

1. 不整地での一定速度の走破性能の実現
2. 1日1回の巡回による観測データの少なさ

「1」の課題を解決するために本研究では電動6輪駆動関連懸架構造を持った小型農業用ローバーを開発した [2] (図1)。小型農業ローバーに設置した Raspberry Pi4B+ に温度, 湿度, 照度, 紫外線量, 気圧, 二酸化炭素濃度を計測できるセンサー及び作物を撮影するためのカメラを搭載した。「2」の課題は仮にローバーが24時間稼働となった場合, 水たまりの原因となる土壌の軋生成の促進や運用コストの増大等の課題につながる。また海外営農に代表される大規模農場での運用となると更に1日の観測回数は減ると考えられる。予測技術として有効な機械学習は膨大なデータ数が必要となる場合が多いが, 1日1回の観測では得られるデータ数は乏しい。そこで, 小型ローバーの利点である1回の観測点集の多さに注目した。本研究の提案は観測点の病害予測に必要なデータを農場巡回時に得られた自然環

境値, 観測画像を利用することでデータ不足の課題を克服する狙いがある。



図1: 小型農業ローバー [2]

2.2 データ収集方法

データ収集は農場規模が約10[m] × 7[m]である屋外のマルベリー畑を利用した。マルベリーはある一定の間隔で直線上に植えられており, ローバーは12樹列を走破し2.1節に示すセンサー, カメラを利用し観測を実施した。ただし旋回については農場隅が公用道路のため旋回スペースが無く手作業で行った。観測は晴天時に気孔が安定して開くとされる夜明けから1時間以内に農場を巡回し計測した。農業用ローバーは土壌での軋抑制のため1日に1巡回の走破が望ましい。加えて雨天時は土壌を痛めるため未観測とした。環境値, 画像はセンサー精度の限界である3秒毎に計測した。よって1列当たり18点の観測を得た。農場は小さい枝やモグラ等がつくった段差がある不整地である。土壌は水はけが良いよう設計されているが, 日によって含水率の違いから走行にスリップが生じ, 1樹列当たりの観測点数は日によって±1個の差が生じた。

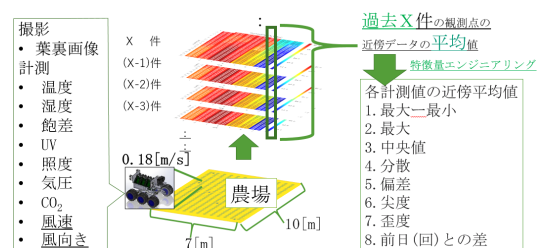


図2: 観測データと特徴量の生成方法

2.3 病害分類手法の提案

本研究では教師付機械学習を用いて分類器の構築を行う。特徴量は2.1節で示したセンサーにより観測した温度, 湿度, 照度, 紫外線量, 気圧, 二酸化炭素濃度を利用する。加えて農場座標に加え, 定点の風速, 風向きを利用する。更に特徴量エンジニアリングを起こった。病害は観測点周辺から影響を与える事を考慮し周囲±1か所の近傍エリア9ヶ所の平均値を算出し, 過去3日間の平均, 分散, 標準偏差, 最大値, 最大値と最小値の差, 尖度, 歪度を併用合計86個を使用した(図2)。そこに観測画像から検出した病害情報を付け加え

Disease prediction from multimodal environmental data collected by a small agricultural rover

† Kenji TERADA †† Kaori FUJINAMI

† Department of Bio-Functions and Systems Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

†† Division of Advanced Information Technology and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

るためにYOLOv5を利用した分類器を構築した。農場で2022年7月2日から7月22日に収集した葉裏画像を利用し、変色がみられる葉裏を病害とした。収集できた330枚の葉裏画像データに矩形アノテーション処理を行い、YOLOv5を利用した結果、適合率0.90、再現率0.91のベストスコアとなった(図3)。この分類樹により病害検出を1、病害未検出を0とする病害情報をセンサーによる観測点に付加することが可能となった。少量の画像でも高い精度を検出できた主な理由としては見上げる撮影をしたためと考えられる。どの観測点でも背景は上空の単色画像であり、観測時間も明け方であったため逆光による影響が少なくパターンが少ない分類となった。



図3: YOLOv5による病害分類

3 病害予測の評価

機械学習アルゴリズムは近年機械学習の競技会等で積極的に利用されている勾配ブースティングを用いたXGBoost及びLightGBMを利用した。ハイパーパラメータチューニングは実施しない。学習データは2022年9月2日から2022年9月26日である。予測で利用する日を2022年9月27日として観測結果の再現率評価を行った。ただし雨天時等の未観測日は除外した。更に観測点の近傍データを利用するために農場の端の観測点は除外した。そのため1日の観測で利用できるデータは10列×16点=160個の観測点となり、これら観測点に2.3節で説明した特徴量増加を行ったデータを利用した。目的変数は病害情報の2値(検出:1, 未検出:0)とした。病害検出箇所は観測点の29.4%と少ないため観測データが不均衡であると考えられる。そこで、不均衡なデータおよびデータ数が少ないカテゴリに対して有効となるオーバーサンプリング手法を実現するSMOTE+ENN[3]を適用した場合の比較を行った。

評価手法に再現率を利用した理由は本研究を利用する営農を考慮しているためである。営農では病害検出箇所への対応の優先順位が高い。例えば農薬散布の場合、病害が無い箇所への農薬散布より病害の未検出を避けたい。学習については図4に示す通り日毎の訓練データを増やししながら評価を行った。表1に示すように、SMOTE+ENNを適用したLightGBMの再現率が最も高い値となった。

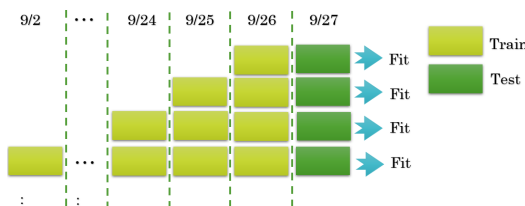


図4: 訓練データとテストデータの作成方法

表1: 各分析アルゴリズムの平均再現率

	XGboost	LightGBM
再現率 SMOTE+ENN 無	0.034	0.028
再現率 SMOTE+ENN 有	0.332	0.819

4 有効な特徴量の分析

続いて最も再現率が高かったSMOTE+ENNを適用したLightGBMについて特徴量重要度に注目した。特に影響が出ている値は図5に示す通り当日の風速、過去3日の観測点近傍エリア9点の温度の平均値を用いた標準偏差、風速の平均値を用いたの最大値、湿度の平均値を用いた最大値及び紫外線量である。風と紫外線はビニールハウスの防除目的と一致している。また、病害は数日の多湿の影響が大きいため湿度上昇に影響がある温度のバラツキが特徴量の重要度が大きい原因と考えられる。また、観測期間の9月下旬に2度の強い台風遭遇により連続した未観測日が発生している。台風後はどの営農でも農場を巡回するのでシステム上での予測ニーズは低い。風速は今回の特徴量重要度でも上位であるため台風後の観測データの適用について熟考する必要があると考えられる。

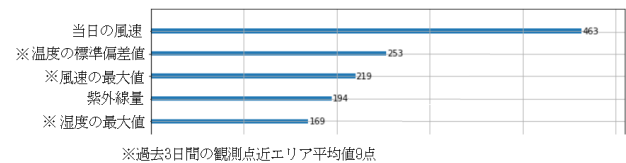


図5: 特徴量重要度の上位

5 おわりに

本研究では農業用ローバーを用いてマルチモーダルな観測情報から病害を予測する手法を提案して基礎検証を行った。特徴エンジニアリングにLightGBMを適用することにより、予測に適用できる可能性を見出した。

今後は観測当日のデータから数日先の病害予測手法の確立を目指す。加えて、精度向上のために今年度のデータを利用した病害検出器の精度を上げる。加えて、日本の小型農場の作物は今回の農場より密集した栽培が多い。より広範囲の作物観測のためにも現状3秒毎の観測時間を1秒以下とすることで、精密農業に必要な情報量増加を目指す予定である。

謝辞

小型農業ローバー開発はペンタリンク株式会社の技術提供により遂行された。

参考文献

- [1] 吉田真悟, 他. 労働力不足下にある農業法人の特徴と課題—日本農業法人協会アンケート調査に基づいて—. 農業経済研究, 2021, 93.3: 325-330.
- [2] 寺田憲司, 他. 精密農業のための観測可視化ローバー～不整地対応台車を利用した圃場走破小型6輪農業用ロボットの開発～. 機械化農業, 2022, No.3260: 14-19.
- [3] G.Batista, et al. A study of the behavior of several methods for balancing machine learning training data. SIGKDD Explor. Newsl. 6(1), pp. 20-29, 2004.