

Development of an Artificial Intelligence-based Plant Phenotyping Platform and Verification of Its Validity

ファム タン ドン

<https://hdl.handle.net/2324/7329537>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (農学), 課程博士
バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)



氏 名	ファム タン ドン (Pham Thanh Dong)			
論 文 名	Development of an Artificial Intelligence-based Plant Phenotyping Platform and Verification of Its Validity (人工知能に基づく植物フェノタイピングプラットフォームの開発とその妥当性の検証)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教 授	岡安崇史
	副 査	九州大学	教 授	田中史彦
	副 査	九州大学	准教授	平井康丸
	副 査	九州大学	准教授	安武大輔

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、施設園芸における植物の栽培管理、生育診断・予測、育種等の高度化を目的に、人工知能に基づく植物フェノタイピングプラットフォームの開発とその妥当性について論じたものである。同プラットフォームは、植物の生育画像を連続的かつ網羅的に自動計測・収集可能なロボット、機械学習に基づく植物画像品質評価、深層学習に基づく生育特徴量検出、植物の3次元形状モデルの再構成・利用等から構成され、植物生育に関わる各種情報を高精度に計測・収集・評価可能である。

まず、廉価なシングルボードコンピュータ、電子デバイスおよび複数のカメラから構成される高速植物フェノタイピングロボットを開発している。同ロボットは、園芸施設内のレール上を移動する方式で、マーカを用いた高精度位置認識機構、パン・チルト・ズーム (PTZ) カメラの自動昇降・制御機構、安全装置等から構成される。栽培期間全体にわたる計測実験を行った結果、同ロボットが植物生育に関わる各種情報を高精度に自動計測・収集できる能力を有することを明らかにしている。

一方、同ロボットで自動計測された植物画像には、撮影環境・条件が原因で発生する不鮮明画像が含まれる。この問題を防ぐため、機械学習に基づく不鮮明画像自動検出器を開発している。同検出器は、ランダムフォレストと5つの画像特徴量（ラプラシアン分散、コントラスト、パワースペクトル平均、エッジ密度、平均勾配振幅）を用いて開発され、不鮮明画像を90%以上の精度で検出可能であることを実証している。

次に、深層学習に基づく物体検出モデルとして定評のある YOLO (You Only Look Once) を用いたキュウリ植物の生育特徴量検出器を開発している。同検出器は、キュウリ植物を対象とした5つの特徴量（頂芽、雄花、雌花、未熟果、成熟果）を検出可能である。しかし、検出部位の拡大画像を含まない画像データセットを用いた検出器では、頂芽と雌花を除いて検出率が低くなることを指摘している。そこで、検出対象部位の拡大画像を含む画像データセットを用いた新検出器を開発することにより、雄花と成熟果の検出率を20%以上向上できることを示している。また、Optical Flow 法と ONVIF (Open Network Video Interface Forum) に基づく PTZ カメラ自動制御プログラムを開発し、低 IoU (Intersection over Union) 領域の拡大画像の自動取得と新検出器の適用により、特徴量検出率の大幅な改善に成功している。さらに、各画像フレーム間で検出された特徴量に対する自動追跡アルゴリズムの実装により、各特徴量を正確に計数する手法も確立している。

最後に、より高次元の植物生育特徴量を収集するため、上記ロボットで計測された植物画像を用いた 3 次元形状モデルの再構成を行っている。実用的な再構成手法を選定するため、NeRF (Neural Radiance Fields) と Gaussian Splatting の両手法に関して、再構成ならびにレンダリングの速度や精度を評価している。その結果、Gaussian Splatting が総合的に優れていることを明らかにしている。さらに、再構成した 3 次元形状モデルを用いた植物個体全形の 2 次元パノラマ画像の生成と、同画像への深層学習に基づく葉検出器の適用により、植物 1 個体の全葉とその分布を同時に評価できる手法の開発にも成功している。

以上要するに、本論文は、植物の栽培管理、生育診断・予測、育種等の高度化に資する植物生育に関わる各種情報の高精度計測・収集・評価技術の開発・実証を行ったものであり、農業生産システム設計学の発展に寄与する価値ある業績と認める。

よって、本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。