

学位論文審査の結果の要旨
Summary of Doctoral Dissertation Examination

氏 名/Name	
審査委員 Examining Committee	Chief Examiner 主 査 野波和好 印
	Assistant Examiner 副 査 高橋肇 印
	Assistant Examiner 副 査 谷野章 印
	Assistant Examiner 副 査 山口武視 印
	Assistant Examiner 副 査 森本英嗣 印
題 目 Title	AI を適用した果樹栽培支援システムの開発 (Development of a fruit cultivation support system applying AI)
審査結果の要旨(2,000字以内)	
<p>ニホンナシ (<i>Pyrus pyrifolia</i> Nakai) は果樹の中で最も高度な栽培技術を必要とするとされている。つまり栽培技術は暗黙知により構成されるため習得するのに数十年がかかり、大部分の作業は作業者の感覚的経験に依存する。ナシ園管理における基準は10a当たり12,000個のナシを生産することが一般的な目標とされるが、園内を作業者が歩きながら芽や実の状態を確認することは熟練と多くの時間を要する作業である。先行研究では結果枝の仕立て方式と品質の相関関係を立証したが、農家の作業データを記録して活用までする研究は未開の研究領域である。</p> <p>本研究では、YOLOv3を用いた花芽及び発芽花粉検出することによって花粉の品質管理と芽かき、摘蕾作業の効率を高めるシステムとして花芽数マップ作成方法を検討した。さらに3次元レーザースキャナを用いてナシ園から点群データを取得することで、暗黙知である篤農家の栽培技術を見える化する点群データの処理方法を検討した。</p> <p>本研究で明らかにした結果は、以下のとおりである。</p> <p>1. 地上移動形花芽検出システムの開発</p> <p>適正な花芽数に管理することは重要であるが、全体の花芽数を把握することは困難であり、生産者自身の感覚に頼った管理がされているのが実状である。ナシの摘蕾作業を支援することを目的に画像処理による花芽検出システムを開発した。試作した画像取得システムはCCDカメラとRTK-GNSSから構成され、鉛直上方向きに撮影すると同時に撮影位置の緯度経度を取得した。画像処理にはYOLOv3を適用し、学習データとして1,800枚、評価データとして360枚を用いた。画像処理による花芽検出システムの推定した花芽数と、目視による実測値を比較した判定精度は86.1 %であった。さらに推定した花芽数と位置</p>	

情報を統合して1平方メートルメッシュのグリッドマップを生成するアルゴリズムを開発した。1グリッドあたりの推定花芽数と実測値を評価した結果、決定係数 $R^2 = 0.93$ 、RMSEは8.25であった。

2. 発芽花粉検出システム

花粉の発芽性は、花粉品質の最も重要な指標である。一般に発芽率調査は、光学顕微鏡を用いて人による目視での評価を行っているが、時間がかかることや見落としの発生が懸念される。この作業を自動化させることを目的に、ナシ花粉を対象とした深層学習による発芽花粉検出システムの試作および精度検証を行った。供試した花粉は、鳥取大学農学部附属大塚農場で採取されたナシの貯蔵花粉18品種を使用し、光学顕微鏡を用いて画像を撮影、取得した。学習データの作成において、花粉、発芽花粉、その他の3クラスに分類し、発芽花粉検出システムにはYOLOv3を適用した。本システムによる判定の結果、花粉のPrecisionとRecallは93.5 %、90.0 %、発芽花粉のPrecisionとRecallは90.2 %、72.3 %であった。

3. 3次元レーザースキャナを適用した樹木抽出手法

樹勢評価を形式化するため、非破壊で計測が可能な3次元レーザースキャナから得られる点群データを評価指標として用いた。ナシ園において3次元レーザースキャナを複数の器械点に設置するための測定治具の試作と、点群データ収集ならびに樹木抽出手法を開発して樹の点群データの自動抽出を試みた。樹木抽出手法では、グリッド化、地表の点群除去、反射強度をしきい値としたワイヤ除去、RORを適用した微小ノイズ除去の4つのアルゴリズムを開発した。実験においてナシ14本を計測した結果、13,843,644点の点群合成に成功した。さらに樹木抽出手法を適用した結果、地表、ワイヤ、微小ノイズの除去率はそれぞれ100、99.6、87.6 %であり、樹木抽出精度は94.5 %であった。また3次元点群データに基づく徒長枝抽出と徒長枝量推定手法を開発した。アルゴリズムは、点群のボクセル化、徒長枝抽出、DBSCANとRAN-SACを適用した葉の点群除去と徒長枝量推定の4つのサブルーチンで構成した。教師データとして0.56 aの点群を適用し、評価データには3.14 aの点群を適用して精度評価を行った。その結果、徒長枝の抽出精度は97.3 %、抽出された徒長枝の推定量と実測値との決定係数は $R^2 = 0.99$ であった。

以上、著者は本研究において、ICT を活用したデータ収集システムの開発として、ナシ園における花芽の検出、樹木の抽出および光学顕微鏡画像から発芽花粉の検出する技術を確立し、その検出精度についても高精度であることを実証した。これらの成果は、今後、果樹栽培におけるスマート農業技術の基幹技術として、円滑の技術伝承のみではなく、生産者の大幅な負担軽減に貢献できると考えられ、意義深いものである。このことから、本研究は博士(農学)の学位を与えるのに十分な価値を持つものと判定した。