

(様式第 1 4 号)

学 位 論 文 要 約

氏名: L E E J A E H W A N

題目: 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)

ニホンナシ (*Pyrus pyrifolia 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、大部分の作業は労働者の感覚的経験に依存する。ナシ園管理基準は10a当たり12,000個のナシを生産することを目標とする。しかし問題点は園内を労働者が歩きながら芽や実の状態を簡単に確認することは時間が沢山かかる作業である。先行研究では作業方式にともなう品質など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まだ活性化されていない。

本論文では、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発芽率の測定及び花芽数マップ作成方法を検討した。

また、3次元レーザースキャナでナシ園の点群データを取得しすることで、篤農家の栽培技術を見える化を目的にした。そのため点群データの処理方法を検討した。

以下に、本論文において実験により明らかになった項目は以下のようである。

[地上移動形花芽検出システム]

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した画像と緯度経度を同時に取得した。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。画像処理の結果、花芽検出システムが推定した花芽数と目視での実測値の判定精度は86.1 %であった。さらに推定した花芽数と位置情報を統合して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。

[発芽花粉検出システム]

果樹栽培において、受粉作業に使用される花粉の発芽性を調査する発芽率調査は人による目視での作業を自動化させる。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。今回供試画像に使用した花粉は、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、光学顕微鏡で画像を取得した。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次元レーザースキャナを適用した樹木抽出手法]

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。

[点群データによる徒長枝量推定手法]

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RANSAC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。

今後の課題は、3次元点群データから算出した樹冠面積と剪定枝重量関係で樹木樹勢の強弱判定評価手法を適用。多年間の蓄積したデータを解析して、個々の樹木の樹勢変動を可視化することが考えられる。そのデータを元ついで実際に熟練者が樹木の樹勢別に分類して作業したのかを検討する。

さらに、地上移動観測ロボットによる生育情報自動収集システムの構築によって芽の数をカウントだけではなく、実の数も把握可能なシステムを開発する。データ解析を行なって芽と実の数をカウントして、摘果作業の最適化技術に適用する。そのため花芽と果実の画像収集方法を改良し、花芽検出システムの精度向上や、RTK-GNSSの位置情報やLiDARを活用する。これによって検出された花芽・果実と点群データを連携し、作業計画の参考になる生育マップ生成、評価を行う必要があると考えられる。

※なお、一部図表等を割愛しています。