

# 論文審査の結果の要旨

氏名 川倉慎司

農業の機械化、情報化は進みつつあるが、手作業に頼る部分は依然として大変多く残されている。その中で農作業に従事する人々の高齢化は急激に進んでおり、作業中の病気や事故など安全上の問題が顕在化している。その一方である種のレクリエーションや社会参加の一環として農業に携わろうとする需要も存在しており、幅広い年代の初心者が農業に参加する機会も増えつつある。その結果、高齢農業者にとっては作業の安全確保や作業中の身体的トラブルの検知サービスなどのニーズがあり、農業に初めて参加する人々にとっては作業スキルを効果的に習得・向上させたいというニーズがある。これはまた農業熟練者の視点から見ると、スキルを初心者に効率的に伝達したいニーズとも言える。

こうしたニーズに対応する技術的な提案として、ウェアラブル・センシングシステムの利用がある。すなわち、動作を計測することによって、転倒などを検知して安全確保を支援する、動作のなめらかさなどを評価して作業の熟練度などを把握するといった利用である。ウェアラブル・センシングシステムの利用はグーグル・グラスに代表されるように近年、優れたデバイスやシステムが次々と提案されている。またスポーツ工学、医療工学等の分野で計測を中心とした利用は着実に進みつつある。

本論文はウェアラブル・センシングシステムを利用して農作業の計測を行い、その計測結果を利用して作業スキルの向上を支援することを目的としている。具体的にはウェアラブル・センシングシステムとそれを補完する画像計測システムを開発し、実データの計測、解析・評価を行った。さらに実データを利用して農作業の計測、熟練度の評価を行い、さらに評価結果に基づいた音声教示をリアルタイムで与えることで動作がどの程度改善するのか、その可能性を示した。本論文は全5章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。特に計測結果から作業の熟練度を判断するにあたり、熟練者と初心者の作業特性を比較して、初心者の特徴が熟練者のそれにどの程度接近するかという視点で評価している。農作業においては何が理想的な作業動作であるのかが明確ではないことが多く、この評価視点は大変重要である。

第2章はウェアラブル・センシングシステムの構築であり、農作業計測用のセンシングシステムを開発している。ウェアラブル・センシングシステムは加速度センサや角速度センサを腰部、胸部、下腕部等に設置し、そのデータをリアルタイムに取得するものである。特にクワによる耕し作業を計測対象の一つにしていることから、クワの柄にもセンサを装着している。また、組み合わせてデータ取得することを目的として非接触型の画像計測システムを開発している。そしてこれらのセンシングシステムについて基本的な動作確認を行っている。

第3章はセンシングシステムを用いた屋内外における基礎測定実験である。まず屋内環境において基礎的な計測を通じてシステム機能を確認し、作業姿勢の判別などに適用できることを示した。さらに姿勢や動作に着目してさまざまな農作業を整理し、代表的な作業形態（例えば、座位でのタマネギ収穫や立位でのクワでの耕し作業等）を選定した上で、計測実験を行った。実計測データに基づいて熟練者と初心者の作業の差異、特徴を表すいくつかの指標を選定した。

第4章は音声指示伝達型ウェアラブルシステムによる農作業支援である。熟練者と初心者の差異が

明確に現れている指標を第3章の検討に基づいて選定した上で、各指標に対して「トリガー条件」を設定した。動作から得られる指標データがトリガー条件を満たすと動作の変更を指示する音声教示が与えられる。音声教示が行われる過程でどの程度、初心者の動作が熟練者の動作に近づくのかを、実験を通じて明らかにした。被験者の数を十分確保することが困難であったため、統計的に十分な検定は行っていないが、音声教示を行うことで動作が改善することを、動作指標値の変化や音声教示の発生頻度や間隔から明らかにした。またビデオ画像を利用した動作計測システムからも定性的ではあるが、同様の傾向を捉えることが出来た。

第5章は結論と今後の課題をまとめている。

以上まとめると、ウェアラブル・センシングシステムによる農業動作の計測を実現し、計測結果に基づく音声教示を行うことで動作改善の可能性が実データにより示した点が大きな成果である。対象動作の拡大、作業サンプルの増加などの課題も残されているものの、ウェアラブルシステムを身にまとい、ゲーム感覚で作業改善トレーニングを行える可能性が示された点も大きく、空間情報科学の発展に大きな貢献をしている。さらに論文の成果は柴崎亮介らと共著で公表されているが、論文提出者が主体となって研究を実施しており、論文提出者の寄与は十分である。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。