

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 李明

本研究の目的はマシンビジョンによる農用車両の圃場内位置検出システムの開発である。低コスト農業のための無人走行車両では圃場内における位置検出がキーテクノロジーである。また有人車両であっても、作業跡の残りにくい牧草地などの農作業では走行中の車両の位置を把握しづらく、位置検出装置は有用である。また近年普及しつつある精密農法では、有人無人を問わず、車両の現在位置を自動的に測定し、生育マップの作成や、作業機の制御を行う必要がある。これらの目的のため GPS を使った位置検出法が一部で使用されているが、GPS はコストが高く、また周辺に山や木などの障害物がある場合に検出が不能になるという問題がある。更に、米国により運営される GPS を今後無償で使用し続けられる保証は無い。これにより、より低コストで環境に左右されないシステムの開発が望まれている。本研究では、比較的安価に入手できる全方位視覚センサを用いて、圃場に設置したランドマークを撮影し、得られた画像から現在位置を算出する、新たな車両位置検出システムを構築した。全方位視覚センサは、双曲面形の反射鏡とデジタルカメラを組み合わせたもので、360 度全方位の光景を一枚の画像として取得できる装置である。

論文は 9 章で構成されている。第 1 章では、農用車両の自律走行システムとそれに必要な圃場内の位置検出技術について、研究の意義と背景、実用化の現状、および既往の研究が紹介されている。自律走行システムは大別して、ナビゲーションセンサ、位置検出プログラム、経路計画、車両制御装置から構成される。これらの各技術について内外の研究がほぼ網羅されている。続く第 2 章では、現状の技術における問題点と、解決すべき課題が考察されている。

第 3 章では本研究で開発した位置計測法の原理と概要が述べられている。使用した全方位視覚センサは 360 度の視野をもち、全周の視覚情報が画像として記録される。これにより対象物の方向と距離が検出されるが、距離に比べて方向のデータが高い精度を持つ。本研究では既知の位置に設置した複数のランドマークを検出し、それらの方向からカメラの位置を計算する。

第 4 章では画像処理のアルゴリズムと、位置測定の具体的な計算プロセスが述べられている。圃場ではカメラとランドマークの距離が遠く、ランドマークの画像は微小である。また光環境の変化やノイズの存在により、場合によってはランドマークの検出は容易ではない。本研究ではノイズ除去の為に画像処理フィルタと色検出法、および一部のランドマーク画像が欠落した場合の対処法を工夫して、ロバスト性の高いアルゴリズムが構築されている。

第 5 章は視覚センサのキャリブレーションについて述べている。視覚センサは反射鏡とカメラで構成されるが、それら各々の歪と、組み合わせのずれによって、画像の方向デー

タに微小な歪が生じる。広大な圃場においてはこの歪が無視できない誤差を生むため、キャリブレーションデータに基づく補正が重要である。本研究では簡単かつ高精度のキャリブレーション手法を開発し、実験でその効果を確認した。

第6章はカメラの高さとランドマークの大きさに関する記述である。これらは画像内のランドマークの大きさに影響する重要なパラメータであり、現実的かつ適切に設定する必要がある。ここでは計算および実験によって、適切な値を提案している。

第7章は位置検出の実験結果を記載している。50m四方の土地で行った実験での位置検出誤差はRMSで約34cmであった。また車両が傾斜することを考慮して、カメラの傾斜の影響を調べた。その結果、5度の傾斜によりRMSで約19cmの誤差が生じた。これは作業の種類によっては許容できる範囲であり、本手法が実際の農作業に適用される可能性を持つことが明らかとなった。

第8章ではランドマークの方向のみではなく距離の計測値を用いた場合の位置検出精度の実験例が紹介されている。距離データは方向のデータに比べて精度が低い。しかし両方のデータを用いることで、少数のランドマークでも位置検出が可能になる。

第9章は研究のまとめと、今後の課題について述べている。

以上のように、本研究は全方位視覚センサとランドマークによって、圃場内での位置検出が行えることを実証したものであり、高い独創性を持つ。開発された方法は現実的な広さの圃場において、自律走行車両の誘導や、精密農法における車両のナビゲーションに適用できる、極めて実用性の高い研究成果である。また、位置検出の精度を向上させるため、画像処理のプロセスやカメラのキャリブレーションにおいて、独創的な方法が用いられている。これらはマシンビジョンと画像処理の分野において、学術上貢献するところが少なくないと考えられる。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。