

(論文内容の要旨)

世界的な水不足の中、我が国のような水の豊富な国がいつまでも食料を他国に頼ることは許されなくなる。このためには、耕地面積の減少をくい止め自給率の向上をはかる必要がある。農作業の自動化は高能率な作業を可能とし、オペレーター一人当たりの栽培面積を拡大することでこれらの問題の解決につながる。

本論文は、水稻作の圃場作業の中でも運転が困難な移植作業を自動化することを目的として、RTKGPS と姿勢センサで位置と進行方位を計測することで、枕地を含む圃場一筆の作業を行う自動田植機を開発したものであり、以下の 6 章からなっている。

第 1 章では、日本の農業就業者人口、耕地面積の現状から、圃場作業の自動化の必要性を示し、自動田植機開発の意義について述べた。目標経路からの偏差目標を熟練オペレータの作業精度から $\pm 0.06\text{m}$ 以内とした理由について述べ、さらに圃場作業分野での自動化研究の現状について述べた。

第 2 章では、位置の計測に RTKGPS、進行方位偏差の計測に FOG センサ、車体傾斜の計測に IMU を使用する位置計測システムを構築し、田植機に搭載してその計測精度を測定した。GPS 受信機から出力される WGS84 座標系の緯度経度の平面直角座標系への変換、IMU を使用した車体の傾斜補正、FOG センサを使用した位置計測データ出力の時間遅れ補正を行い、傾斜の影響と時間遅れを補正した田植機の位置を計算した。田植機の計算位置と光波距離計で測量した轍の跡を比較した。その差の平均値は 0.02m 以内で、補正方法は自動田植機の位置計測に十分な精度を有することを明らかにした。

第3章では、市販の6条植乗用田植機の手動操作部にアクチュエータを取り付けて、コンピュータ制御できる自動田植機を開発した。これに開発した位置計測システム

(第2章)からの情報に基づき、直進走行と圃場端での旋回を行なうプログラムを開発し、搭載した。この田植機で、コンクリート路面及び代かき3日後の水田で走行実験を行った。コンクリート路面では目標経路からの偏差はRMS 0.03m 以内、代かき水田ではRMS 0.08m 以内であった。しかし、代かき水田では田植機が旋回時に作った轍に陥ってしまうことがあり、目標経路に移動できないことが生じた。このため、代かき後の水田では旋回後に目標経路に移動させるためには、前後進の距離をコンクリート路面より 1.4m 大きくとることが必要であることを明らかにした。

第4章では長方形の圃場での作業を前提に、圃場四隅の頂点と圃場入口の位置座標から作業経路を作成して、圃場外から圃場内への進入、往復作業、枕地作業、圃場内から圃場外への移動等すべての作業を自動で行った。ただし、低コスト化のため位置計測には基準局の不要なネットワーク RTKGPS を、姿勢計測に圧電振動ジャイロと傾斜センサを利用した。1行程では80%が目標偏差の $\pm 0.06\text{m}$ 以内となったが、7工程全体では $\pm 0.06\text{m}$ 以内のものは50%にとどまり、全作業での偏差はRMS $0.05\sim 0.15\text{m}$ であった。旋回後に前進する距離を2m、後進する距離を1m大きくしたが、 180° 旋回6回中3回は轍に陥ってしまい、目標経路に収束しなかった。この問題は第5章で改善した。

第5章では、自動田植機と他の農業機械とセンサを共用するため、CANバスを使ってセンサやアクチュエータと、メインコンピュータの通信を行って制御する2号機を開発した。制御プロトコルはISO11783規格を参照した。また、旋回後に轍に陥ってしまう問題を、旋回後の後進時に旋回した方向と逆方向に操舵することで解決した。2号機にロングマット水耕苗を搭載して17行程の直進作業を行った。17行程中8行程で走行軌跡の90%以上が目標偏差 $\pm 0.06\text{m}$ 以内であった。作業全体では82%が $\pm 0.06\text{m}$ 以内であった。旋回方法を改善したことで、旋回16回中で轍に陥ったのは3回だけであった。全体で目標経路からの偏差はRMS $0.03\sim 0.10\text{m}$ であった。目標から外れることもあったが、実用上は十分使用できることを圃場実験にて確認した。

最終章の第6章では、本研究により得られた知見を総括し、開発した自動田植機の特長を示すとともに、今後の水稻作自動農作業体系の構築に向けた研究の方向について述べた。

氏 名

長坂 善禎

(論文審査の結果の要旨)

作業能率を向上させ、オペレーター一人当たりの栽培面積を拡大するため、農業機械の自動走行に関してこれまで多くの研究が行われてきた。田植作業は代かき圃場を走行せねばならないため作業の中でも自動化が困難とされてきた。本研究は移植作業の自動化を目的として自動田植機を開発し、その有用性を圃場実験によって明らかにしたものであり、評価すべき点は以下のとおりである。

- (1) はじめに、位置の計測に RTKGPS、進行方位偏差の計測に FOG センサ、車体傾斜の計測に IMU を使用する位置計測システムを開発した。GPS 受信機から出力される WGS84 座標系の緯度経度の平面直角座標系への変換、IMU を使用した車体の傾斜補正、FOG センサを使用した位置計測データ出力の時間遅れ補正を行い、その精度が実用上十分であることを明らかにした。2 号機の実験では低コスト化のため装置を変更したが、同精度が確保できることを確認した。
- (2) 市販の6条植乗用田植機の手動操作部にアクチュエータを取り付け、開発した位置計測システムからの情報を用いて直進走行と旋回のプログラムを開発し、操作部をコンピュータ制御できる自動田植機を開発した。移植作業中の苗補給が不要のようにロングマット水耕苗を用いた。
- (3) コンクリート路面と代かきした水田で自動走行実験を行った。代かきした水田はコンクリート路面とは異なり、圃場端で旋回する際に轍の影響を受け、移植開始位置での目標経路からの偏差が大きくなるため、旋回後の後進時に旋回した方向と逆方向に操舵することで解決した。
- (4) 長方形圃場での作業を前提に、圃場四隅の頂点と圃場入口の位置座標から圃場一筆の作業経路を作成した。作成した作業経路に沿って自動走行させて移植作業を行った。圃場外から圃場への進入、往復作業、枕地作業、圃場内から圃場外への移動をすべて自動で行った。
- (5) この結果、作業の 82%がベテランオペレータの作業精度である目標の $\pm 0.06\text{m}$ 以内となり、全体で目標経路からの偏差は $\text{RMS}0.03\text{m}\sim 0.10\text{m}$ を達成した。

以上のように本論文は、自動田植機を開発しその有用性を実験によって明らかにしたもので、フィールドロボティクス、農業システム工学の発展、並びに我が国農業の生産性向上に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成20年6月24日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、

博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。