

(論文内容の要旨)

食料・エネルギー・環境問題が人類の共通課題となるなか、我が国では食料自給率の向上が課題となっている。この問題の解決策の一つは経営規模の拡大であるが、水田は畦に囲まれているため、畑作のように機械を大型化するだけの単純な省力化では課題の達成は難しい。農業ロボットは、経営規模拡大の困難な水稻作での有力な手段の一つである。

本論文は、上記の問題を解決するため、航法システム、作業ソフト、センサ並びにコントローラを開発して市販のトラクタに搭載することにより、人間に代わって農作業を行う「ロボットトラクタ」を開発したものであり、以下の9章からなっている。

第1章では、農業ロボット開発の背景及び車両系ロボットの過去の研究開発事例を概観し、現在の技術で達成可能なロボットの作業能率と精度について検討した。この結果ロボットの開発目標を、人間の運転する現行のトラクタによる作業と同じ能率と精度と設定した。

第2章では、市販の自動追尾型測量装置を位置計測に用い、地磁気方位センサで進行方位の計測を行うことで精度を高めた航法システムと、これを搭載したロボットトラクタの開発について述べた。位置決め精度は位置誤差 5cm 以下、進行方位誤差 $0.3 \sim 0.5^\circ$ を実現した。ロボットトラクタは出力 24.3kW の市販のトラクタを用い、各操作を自動で制御できるように改造し、開発した航法システムを搭載して製作した。

第3章では、作業ソフトの開発について述べた。ロボットトラクタは作業区画をティーチングし、その情報から作業経路を生成してロータリ耕うん作業を行うため、中央部の往復作業と枕地部分を含めた周辺部を周り作業する「標準作業ソフト」を開発した。またこのソフトを構成する作業区画のティーチング・モジュール、作業計画モジュール、及び生成経路に沿ってロボット作業を行う走行・作業モジュールについて述べた。

第4章では、ロボット作業の性能評価法について述べた。この評価法に基づいてロータリ耕うん作業の評価試験を山形県の農家圃場他で実施し、開発したロボットは有人作業と同じ能率で作業を行うことが可能で、直進の精度は有人運転作業より優れていることを確認した。

第5章では、ロボットの信頼性と安全性を確保するための自己診断と異常時対応について述べた。自己診断は作業開始前に適正な設定や動作などを確認する機能を与えた。また異常時対応では、作業中に航法情報や走行・作業の状態などをチェックする機能に加えて、走行や作業の停止の警報が行われた後、オペレータとロボットの対話により、正常な状態への修正や復帰処理が進められる機能を持たせることに成功した。

第6章では、矩形でない圃場での作業を可能とするために、4 辺と斜め方向に作業を行う「斜め作業法」や、収穫作業や施肥作業に対応するために、旋回を最小限にとどめた「回り作業法」を実行する作業ソフトを開発し、圃場実験を行なった。これに

より、圃場の形状や作業にかかわらずロボットは良好な作業が行えることを確認した。

第7章では、有人運転作業を行いながら同時にロボットに作業を行わせる2台同時作業法について述べた。これによりロータリ耕うん作業は慣行作業の約1.8倍の能率で行えることを明らかにした。さらにムギ播種作業と代かき作業の圃場試験を行い、両作業とも効率的な作業が行えることを確認した。

第8章では、ロボットを農家に導入し普及をはかるための今後の課題について論じた。低価格化については、航法システムに精度は劣るが安価なGPSを採用することを検討した。安全性の確保については、レーザ・スキャナによる人や障害物検出センサの開発について述べた。信頼性についてはロボット自身が設定を行えるようにすることなどで向上させた。さらに、ロボットを導入の重要な要因となる費用対効果についても詳細に検討した。

最終章の第9章では、本研究の内容と得られた成果をまとめ、開発したロボットは慣行のトラクタによる有人運転作業と同じ作業能率・精度で農作業が行え、省力効果や取扱い性、信頼性、作業安全の点で実用利用が可能なレベルを達成したことを総括した。

(論文審査の結果の要旨)

我が国のかかえる農業問題の解決策の一つとして、農業ロボットの活用は有力な手段の一つである。本論文は、農作業にロボットを用いるために、必要な航法システム、作業用ソフトウェア、センサ並びにコントローラを開発し、市販のトラクタに搭載して人間に代わって農作業を行う「ロボットトラクタ」を開発したものであり、評価すべき点は以下のとおりである。

- (1) ロボットのハードウェア部分である航法システムを、光波測距儀を基幹とする外部標識方式で開発し、これを市販の改造トラクタに搭載してロボットトラクタを開発した。使用した車両や機器は、屋外環境での信頼性と耐久性を有する市販のものを使用したので普及を容易にするとともに、要素技術の他の農用車両への適用も可能とした。
- (2) ロボットで作業を行うための作業ソフトを開発した。これは通常の矩形の圃場で行う「標準作業」、矩形以外の圃場での作業に対応するための「斜め作業」及び耕うん作業のほか代かきやムギの播種作業にも対応できるようことを考慮した「周り作業」のソフトからなり、圃場の形状や各種の作業に広く対応できるようにした。
- (3) ロボットの性能評価については、無人作業を評価できる新たな試験方法を策定した上で、実用規模の農家圃場において慣行作業と比較した。開発したロボットトラクタの精度は位置誤差 5cm 以下、進行方位誤差 $0.3 \sim 0.5^\circ$ で、有人運転作業と同じ能率で作業可能で、直進性は有人作業より高精度となることを確認した。この結果、有人作業と同じ作業能率・精度でロボット作業を行うとの開発目標を達成した。
- (4) ロボット作業の開始前に実施する自己診断と作業中に実施する異常時対応の機能をロボットに備えたことで、実用化に向けた信頼性と安全性を確保した。
- (5) 有人作業を行いながらロボット作業を行う「2 台同時作業法」を農家圃場でも実施し、作業精度の評価と効果を検証した。
- (6) 開発ロボットを農家作業に導入・普及するための障害は価格であるため、導入時の費用対効果についても詳細に考察した。

以上のように本論文は、ロボットトラクタを開発して、その性能が実用的に十分であることを圃場試験により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、並びに我が国農業経営の改善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12月18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。