

氏名(国籍)	ちょう 張	きょう 強(中国)
学位の種類	博士(農学)	
学位記番号	博甲第3747号	
学位授与年月日	平成17年3月25日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
審査研究科	生命環境科学研究科	
学位論文題目	農業用車両による新たなハンドリング機能の開発研究	
主査	筑波大学教授	農学博士 小池正之
副査	筑波大学教授	農学博士 坂井直樹
副査	筑波大学助教授	農学博士 瀧川具弘
副査	筑波大学教授	農学博士 木村俊範

## 論文の内容の要旨

農作業には重量物のハンドリングが不可欠であるが、農業従事者の減少と高齢化・女性化の進行により、人力で重量物を取り扱うことが難しくなった。このため農作業用ハンドリング機器の利用が増えつつあるが、運動自由度が低いために応用できる作業に限界がある。ハンドリング機構の自由度を増加すれば、柔軟な運動ができるようになるが、機構の運動操作が複雑となり、操作に習熟することは農作業にとって困難である。そこで、本研究では自由度の高い機構をコンピュータ制御して、農作業の基本となる機能を柔軟に実現する制御の開発を行った。さらに、自律走行車両にこの機能を導入することによって、重量物の自動取扱いについて検討した。

まず、従来のハンドリング機器の得失を検討した結果、100 kg程度の重量物を取り扱うためにはフロントローダ型機構が適すると結論した。次にフロントローダのハンドリング機能を向上させるため、3自由度化したフロントローダを製作した。また、その運動分析に基づいて、フロントローダに取り付けたハンドの運動を制御するシステムを開発した。このシステムにより、ハンドの運動がコンピュータにより制御だけでなく、作業者のジョイスティック操作による制御も可能となった。このシステムを用いた実験により、未熟練者でも簡単に重量物を取り扱い可能であることを確認できた。続いて、精密な運動を繰り返し行う作業への応用のため、軌道に沿ってハンドを動作させる機能を検討した。軌道からハンドの移動方向を計算した制御では、50 kgの負荷を搬送した場合に、ハンド姿勢角で最大8.6°の誤差、軌道からの垂直、水平方向最大誤差がそれぞれ3.0 cmと2.7 cmとなり、目標とした2 cm以下の精度を達成できなかった。このため、位置誤差、速度誤差をフィードバックし、軌道追従精度の向上を図った。さらに、速度を低速から高速に台形状に変化させて停止精度を確保した。その結果、負荷が存在する場合でも、垂直と水平方向の最大誤差を-1.7 cmと-0.9 cmに、姿勢角の最大誤差を-2.5°以下にできた。

続いて第二段階として、開発した3自由度フロントローダを自律走行車両に装着してハンドリング作業の自動化を検討した。まず、新たに試作した3自由度フロントローダを装着したトラクタによって、架台に3段

に積み上げた 20 kg の錘を入れたコンテナの拾上げ実験を試みた。この装置の軌道追従性能は、水平と垂直方向の最大誤差でそれぞれ 0.5 cm と 1.3 cm、傾斜角度の最大誤差は 0.8° と優れていた。自動拾い上げの手順は、センサによるコンテナの発見とその位置及び姿勢の計測、自律走行機能を用いたコンテナへの接近、ハンドリング装置によるコンテナの拾い上げと運搬姿勢の保持の順序で行うと想定した。自律走行車両のコンテナへの接近には軌跡追従制御を用いた。この制御では、現在位置と目標位置をつなぐ滑らかな走行軌跡を計算し、これに追従することで目標地点に車両を誘導する。なお、接近に必要な旋回角が 90° 以上の場合は極座標系で、以下では直交座標系で軌跡を設計して制御を行った。走行中の車両位置はデッドレコニングで計算した。コンテナ位置を変化させて行った実験では、急激な旋回を要する場合に失敗が見られた。また、芝地や軟弱路面のように車輪の滑りが大きな場合には位置計測精度が悪化して拾い上げが困難であった。この問題を解決するため、スリップの影響を受けないレーザーセンサによる車両とコンテナとの相対位置計測を用いて再度実験を行った。その結果、滑りやすい路面でも拾い上げが可能となった。以上の通り、コンピュータ制御時には 2 cm 以下の駆動精度をもち、初心者でも簡単に取り扱える 3 自由度ハンドリング装置を開発し、さらに、この装置を自律走行車両と組み合わせることによって、コンテナの自動的に拾い上げ操作が可能となることを示した。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

重量物の取り扱いが困難になりつつある問題に対応して、作目に合わせたハンドリング専用機が開発されてきた。しかし、装置の運動が単純であるためにその適用範囲が限られていた。本研究ではハンドリング機構の自由度を増加して運動性能向上の検討をおこなっている。まず、従来のハンドリング装置を検討してフロントローダ型装置を選択し、その運動自由度を増加した機構を考案した。ただし、操縦が複雑化するため、コンピュータを介して操作を簡略化した。その結果、コンピュータ制御でも人による操縦でも使用できる 3 自由度型フロントローダの開発にこぎつけている。この装置は、ハンドを前後、上下に移動でき、ジョイスティックにより未熟練者でも簡単に操縦可能となることが指摘できた。ハンドの運動精度は、設定軌道からの誤差が 2 cm 以下に、また姿勢角誤差を  $-2.5^\circ$  以下とすることに成功しており、精度水準は良好であった。続いて、この装置を自律走行車両に搭載して、地上のコンテナを拾い上げる機能を検討した。車両の制御には軌跡追従制御法を用い、コンテナの相対位置計測にレーザーセンサを用いた場合にはコンテナの拾い上げが可能であることを実験により確認できた。以上の通り、人にも簡単に取り扱い、精度の高いハンドリング装置を開発し、自律走行車両と組み合わせることでコンテナを自動的に拾い上げ可能としている。これらの成果は、ハンドリング自動化、簡易化に向けた大きな進歩といえ、高く評価できる。残された問題点はあるものの、その実用可能性は高いと判断できた。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。