

氏名	THANPATTRANON Pawin		
学位の種類	博 士 (生物資源工学)		
学位記番号	博 甲 第 7758 号		
学位授与年月日	平成 28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	Navigation of an Autonomous Tractor for a Row-Type Tree Plantation (列状に配置されたプランテーションによる自律走行ナビゲーションシステム)		
主査	筑波大学教授	農学博士	瀧川 具弘
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	野口 良造
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	トファエル アハメド
副査	筑波大学助教	博士(農学)	源川 拓磨

## 論 文 の 要 旨

東南アジアにおけるプランテーションでの列状配列された樹木間において、将来的にロボット化された農産物の輸送、積み込みや積み下ろしを効率的に行うためには、二輪トレーラを牽引する農業用トラクタ(以下「トラクタ」)を対象とした、プランテーションの樹木の検知とトラクタの操縦レーザセンサを用いた、農業用トラクタ自律走行ナビゲーションシステム(以下「ナビゲーションシステム」)の開発が求められる。本研究では、レーザセンサの低コスト化を図るために、単一のレーザ距離計(LRF)を用いたシステムとし、プランテーションの樹木間で目印地点を識別し、原点から次の目的地点、また次の目的地点へとナビゲートする手法を確立した。

まず、プランテーションで列状に配置された樹木間を往来できる車両用センサの制御アルゴリズムを開発した。目印地点はLRFから得られたデータをもとに、周囲の物体との距離を計算したデータにもとづき選定した。目印地点が選定されると、トラクタは目的地点に向けてリアルタイムでナビゲートされた。ナビゲーションの実験結果から、トラクタは周囲の物体と衝突することなく、選定された経路上での走行が可能であった。また、自律走行のための自動制御と手動制御の位置を比較するために、干渉測位方式GPS(RTK測位)を用いた。その結果、それぞれの制御による経路の差は、大きなカーブ、小さなカーブ、Uターン経路において、それぞれ0.264 m、0.370 m、0.542 m、角度はそれぞれ $3.139^\circ$ 、 $4.394^\circ$ 、 $5.217^\circ$ となり、ゴムやパームのプランテーションを想定したトラクタの自律走行として実用上十分な結果を得た。

つぎに、二輪トレーラを牽引するトラクタの走行を、狭い樹木間でも容易に行えるようにするために、トラクタと二輪トレーラの連結位置を調節することでトレーラの走行経路を制御できるスライディングヒッチバー(以下「SHB」)を開発した。開発したSHBによる制御システムは人間が操作するトラクタと比較して、二乗平均平方根(RMS: Root Mean Square)が、大きなカーブ、小さなカーブ、Uターン経路において、それぞれ0.275 m(標準偏差: 0.009 m)、0.373 m(標準偏差: 0.030 m)、0.518 m(標準偏差: 0.022 m)となった。その結果、SHBユニットはナビゲーションシステムによって従来の一点連結されたトレーラに比べ、狭いカーブでのターンが容易になった。また、大きなカーブ、小さなカーブ、Uターン経路における経路の差は、それぞれ0.383 m(5 m幅の経路の7.66%、標準偏差: 0.028 m)、0.762 m(5 m幅の経路の15.23%、標準偏差: 0.010 m)、

1.094 m (5 m幅の経路の21.88%、標準偏差：0.037 m)となった。さらに、ナビゲーションシステムにおける自動制御システムでは、トラクタを指定した地点で停止させることができた。

以上の研究成果により、トラクタは実用上十分な精度でナビゲートできるとともに、実験での狭いカーブでの牽引する二輪トレーラのターンを、SHBによって制御できることを実証した。したがって、本研究で提案されたナビゲーションシステムによって、単一のLRFによって十分な精度での目印地点の識別とトラクタ位置情報の取得とともに、車両センサのコストを低減することが可能となった。さらに、SHBユニットは、列状に配置された樹木プランテーションでの二輪トレーラを牽引するトラクタの走行制御を可能にするるとともに、その他の農作業を行う農業機械への応用が期待される。

## 審 査 の 要 旨

本研究の目的は、GPS信号の受信が障害を受けやすいプランテーションでの利用を想定した、トラクタのナビゲーションシステムの開発を通じて、単一のLRFを利用して目印地点の位置を認識して目印地点を識別し、原点から次の目的地点、また次の目的地点に到達するアルゴリズムによって、相対的位置決め原理からトラクタを目的地点へナビゲートするとともに、トラクタ本体とトレーラの連結位置の調節をSHBユニットを用いることによって、狭い走行経路において牽引されるトレーラの走行操縦性を向上させることにある。

本研究の成果として、単一のLRFセンサを用いて自律走行システムのための導入コストの削減を可能にした点、指定された目印地点の樹木の配置パターンを認識するアルゴリズムによって農産物の輸送、積み込みや積み下ろしを行うために樹木が列状に配置されたプランテーションを想定したなかで、トラクタを目的位置で停止させることができた点、二輪トレーラを牽引する乗用トラクタが自律走行によって、ゴムやパームのプランテーション内の狭い列での直線経路での走行、Uターンを含む曲がった経路での走行、転回について安全かつ正確な操縦を可能にする点が評価しうる。特に、本研究を通じて、シミュレーションだけでなく、自律走行実験において、二輪トレーラを牽引する乗用トラクタを用いて、大きなカーブ、小さなカーブ、Uターン経路での走行経路精度の検証結果から、走行制御システムが実用上十分な精度でトラクタの走行経路を算出するとともに、ナビゲートを行い、十分な位置決めを正確さを示したことが評価しうる。

平成28年1月14日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（生物資源工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。