

氏名(国籍)	トファエル アハメド (バングラデシュ)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博甲第4019号
学位授与年月日	平成18年3月24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 Using Multiple Sensors (複数センサを用いた自律走行トラクタのナビゲーション)

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	佐藤政良
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	安部征雄

論文の内容の要旨

自律走行においては車両の位置計測精度を確保することが重要である。位置計測を単一のセンサ系を用いて行った場合には、信号の途絶、計測範囲の制限、センサの故障などの理由によって位置計測が不可能となり、車両が制御不能に陥ることがある。このため、冗長性を持った複数センサ系を装備して、選択的に利用する必要がある。また、農作業によく見られる対象物への接近を行う際には、対象物の大まかな絶対位置と、車両と物体との相対位置を知る必要がある。本論文の中心課題は、環境条件の変化に従って複数のセンサを切り替えながら、ランドマークを用いて農作業で求められる接近制御を実現することである。このため、本研究で次の四個のサブ目標を設定して実験を行った。つまり、レーザーレンジファインダー(LRF)を用いたランドマークの環境からの抽出と位置決め、ランドマークを取り付けた農作業機への接近、複数回の切り返しを利用した接近、そして車庫への自動駐車の実験的検討である。さらに、将来的に必要な作業機の自動着脱の実現可能性を検討した。まず、異なった形状の反射標識を20m×20mの区画内に設置して位置計測精度を検討した。平板、円柱形、台形のランドマークを作成して計測を行い、計測データを直線、円形への最小二乗フィッティング及びマッチング法を用いて処理し、反射標識の位置を計算し比較検討した。その結果、平板状の反射標識が最も優れており、LRFによって15mまでの範囲では5cm程度の誤差で位置計測が可能であることがわかった。また、LRFによる反射率データを利用することで、環境から標識を明確に識別できることが実証された。続いて接近制御実験を行った。実験は、プログラマブル・コントローラを介してコンピュータ制御可能とした15.4kWの四輪駆動トラクタに、LRF、GPS受信機、光ファイバージャイロ、車輪回転数計測用のエンコーダ、操舵角度計測装置を装着して行った。実験の結果、供試トラクタは目標とする作業機に、平坦なコンクリート路面及び草地において、最終誤差2cm、最終姿勢誤差1°程度で接近できることが確認された。

第3の実験では、反射標識がLRFの視野にない地点から出発し、標識が可観測になる場所にデッドレコーディングで前進し、続いて標識を用いて作業機に後退で接近する多段階の接近走行を行った。その結果、センサの切り替えは順調に行え、直交座標系で設計した2つの経路を通った場合でも、最終誤差が2cm程度、

最終姿勢誤差が1°程度となった。続いて、GPSの信号が利用できない屋内及び建物周辺において、デッドレコニングとLRFを用いてトラクタを車庫から出入りさせる実験を行った。その結果、90°の旋回を伴う極座標系で設計した経路と、直交座標系での接近制御とを組み合わせることによって、滑らかな走行制御が可能となった。このとき、最終誤差は2cm程度、最終姿勢誤差は1°程度となり、車庫の指定位置に駐車することができた。さらに、作業機の自動着脱実現のための実験を行った。実験的検討の結果、成功率は50%程度ながら自動装着できた。さらに、着脱にはクイックカプラー形状の変更や、近接センサの利用が有効であること、繰り返し接近で、誤差を縮小できる可能性があることが確認できた。複数センサの使用は、作業の環境条件によって特定のセンサが使用できないときにも、他のセンサで機能を代替して位置情報を供給可能にする利点を持つことがわかった。以上の研究成果により、自律走行車両の走行制御をより安定化するために、走行環境条件によってセンサ情報を統合し、センサを適宜切り替えるシステムを構築できた。

審査の結果の要旨

本論文は、複数のセンサを利用することで、環境の変化に対して頑健な車両の位置決めを行う手法を提案している。現在の自律走行では、GPSによる位置決めが採用されている。しかし、GPSでは、衛星や補正情報を送信する地上局からの信号が途絶すると、位置決め不能になるか、位置決め精度が極端に悪化する問題がある。本研究は、冗長度のある複数センサによる位置計測を採用することで、環境の変化に対応してセンサを切り替える手法を提案した。また、農作業の対象となる物体、例えば農作業機への接近を行う場合には、作業機の大まかな位置は既知でありGPSなどのセンサで作業機の周辺に到達できるが、作業機自体の位置は計測できないので接近は不可能である。そこで、本研究では、トラクタを接近対象物が観測可能な位置まで誘導し、その後LRFを用いて接近対象の位置を継続的に観測して接近を行う方法を提案し、コンピュータ制御可能とした15.4kWの四輪駆動トラクタによって検証した。また、この際、接近対象物を識別するために、光反射標識を利用することで、LRFによって物体の反射率に基づいて頑健な識別が可能であることも示した。さらに、GPSが利用不可能な屋内と屋外との往來をデッドレコニングとLRFを用いて実現させた。これら全ての実験で、最終誤差は2cm程度、最終姿勢誤差が1°程度となり、実用に問題ない範囲となった。さらに、作業機の自動着脱実現のための実験を行い、成功率50%程度ではあるが装着に成功した。複数センサの利用によって、作業環境条件が変化しても、センサを適宜切り替えることで、これまで不可能であった屋内外の往復や、対象物への高精度接近を可能にした。

本研究により開発された高精度接近技術は、ハンドリングや作業機の着脱など、今後の無人化技術の基礎となるものであり、広範な応用が期待できる。

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。