

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	CHEN DEPENG
論文題目	Autonomous Driving System for Agricultural Vehicles Using GNSS and LiDAR-SLAM Integration (GNSSとLiDAR-SLAMの統合を用いた農業用車両の自律走行システム)		
(論文内容の要旨)			
中山間地域の農地では、複雑な地形、樹木や構造物の影響のために全地球航法衛星システム (Global Navigation Satellite System、GNSS) の電波信号の遮蔽やマルチパスによって、GNSSによる高精度測位ができない領域 (GNSS-denied area) が存在する。このような環境では、ロボット農機は自動運転による作業ができない。 本研究では、このGNSS測位不可領域において、ロボット農機の自動運転を実現するために、GNSSとLiDAR (Light Detection And Ranging) を用いた統合自律航法システムを開発し、現地実験によって自己位置推定の精度を明らかにした。 第1章では、本研究の背景と目的について述べている。第2章では、研究に用いたロボット農機とセンサについて紹介している。第3章では、GNSSによる測位可能領域と測位不可領域を連続的に自動走行するための統合自律航法システムを提案し、そのシステムの概要について述べている。続いて提案システムを用いて、京都大学附属木津農場において、ロボットコンバインによる農道からガレージへの入出庫を行う実験を行い、自己位置推定精度と実際の走行精度を評価している。第4章では、中山間地域に多い傾斜地での草刈作業を安全に行うため、LiDARで検出した周辺環境の点群から傾斜地形の認識と、ロボットの姿勢変化 (ロール角) を推定するアルゴリズムを提案し、その推定性能を評価している。傾斜地における草刈時のロール角推定結果として、平均絶対誤差 (MAE)、二乗平均平方誤差 (RMSE)、および標準誤差が、それぞれ3.35°、4.78°、3.41°であったことを報告している。第5章では、兵庫県養父市の棚田の傾斜地で行った電動草刈ロボットによる自動草刈実験について述べている。急傾斜地において転落しないために等高線方向に往復しながら草刈りを行う目標経路の生成法を提案している。また、急傾斜地に対してロボットのロール角を小さく抑えるための左右クローラ高さを変える機構を説明すると共に、この機構により、急傾斜地 (傾斜角度36°) においてロール角を17.7°に調整したときに、目標経路に対して横偏差の平均が0.02 m、草刈達成率が99.3%で自動走行をできたことを報告している。最後に第6章で、本研究を総括すると共に、今後の課題についてまとめている。			

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、GNSSによる高精度測位ができない領域において、GNSSとLiDARを組み合わせた自己位置推定法を開発し、ロボットコンバインによるガレージ入出庫を実現したものである。また、急傾斜地において、安定した自動走行を行いながら草刈作業を実現したものである。評価できる点は、以下の通りである。

1. GNSSによる測位可能領域である農道と、GNSS測位不可領域であるガレージを連続的に往来するために、GNSSとLiDARを用いた統合自律航法システムを開発し、ロボットコンバインによる走行実験によって、その自己位置推定精度と実際の走行精度を明らかにした。
2. 車載したLiDARを用いて、傾斜地形の認識とロボットのロール角の変化を実時間で推定するアルゴリズムを提案し、その性能を明らかにした。
3. 急傾斜地において、電動草刈ロボットによる自動草刈実験を行い、高精度な目標経路追従走行によって高い草刈達成率を成し遂げた。これにより急傾斜地での自動草刈作業の可能性を示した。

以上のように、本研究はGNSSとLiDARを用いた統合自律航法システムを開発して適用することで、GNSSによる高精度測位ができない領域や急傾斜地における自動運転が可能となり、ロボット農機の利用拡大や安全な農作業に貢献できることから、フィールドロボティクス、農業システム工学、生物センシング工学の発展に寄与するところが大きい。

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、令和8年1月22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。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）