HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of machine vision-based autonomous navigation systems for agricultural vehicles [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	SAHA, Sristi
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16091号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93390
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	SAHA_Sristi_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　氏　名　SAHA Sristi

審査担当者　主査　教授　野口　伸
副査　教授　岩渕和則
副査　助教　ｵｽﾋﾟﾅ ｱﾗﾙｺﾝ ﾘｶﾙﾄﾞ
副査　准教授　石井一暢（国際食資源学院）

学位論文題名

Development of machine vision-based autonomous navigation systems for agricultural vehicles

（マシンビジョンによる農用車両の自律走行システムの開発）

本論文は英文 99 頁，図 42，表 4，５章からなり，参考論文４編が付されている．世界的に増加する食料需要を満たすには，農業生産性の向上が必須である．農業の担い手の減少と高齢化による労働力不足は，国際的にも大きな問題であり，労働生産性が格段に向上するスマート農業技術の社会実装が急務となっている．そのため，様々な圃場環境で使用できる農業用自律走行車両は，農業生産の持続性確保において国際的に大きなニーズがある．多様な形状・起伏を有する農地において作業をする農業用自律走行車両は，通常 RTK-GNSS(Real-time Kinematic Global Navigation Satellite System)と IMU（Inertial Measurement Unit）をナビゲーションセンサとして利用する．しかし，RTK-GNSS の信号は建物，斜面，植生などの遮蔽物に遮られたり，GNSS 補強信号の無線通信が不安定な場合には，測位精度は低下するため，いまだ農業用自律走行システムはその完備性に問題を抱えている．

そこで本研究では農業用自律走行車両のナビゲーションをロバストにするためにマシンビジョンを利用した自律走行システムの開発を目標とした．一つは圃場間移動の無人化を想定した農道走行用の自律走行システムである．未舗装路と舗装路を対象として自律走行システムを考案した．さらに GNSS が適用しづらい傾斜地に展開する果樹園用の自律走行システムも検討した．研究の狙いは作業走行を GNSS に頼らず RGB 画像から路面環境を認識して，正確で信頼性の高いオートナビゲーションシステムの実現である．

１）圃場間移動を念頭においた自律走行システム

自律走行車両が道路走行を含んだ圃場間の移動ができるシステム開発をビジョンベースで行った．このシステムは，自律走行車両が農器具庫から圃場まで，あるいは圃場間の移動を無人で行う技術の確立を意味している．開発システムは，高解像度の車載カメラで撮影された RGB 画像を利用し，カメラの歪み補正，画像フィル

タリング，道路エッジ検出などに画像処理理論を適用し，車両の横方向偏差を計算する．道路端が判然としない未舗装路は 0.2m，舗装路が 0.4m の誤差で走行でき，システムの有効性を明らかにした．これらの結果は RTK-GNSS が使用できない通信環境の多い中山間地域において使用できる可能性を示した．

２）マシンビジョンと YOLOv8 を用いた果樹園用自律走行システム

ワイン用ブドウ園における電動自律走行車両（EV）のナビゲーションのために，YOLOv8 物体検出モデルを採用した新しいマシンビジョンフレームワークを考案した．このシステムは中山間や山間部に多いブドウ果樹園での無人作業を実現するうえで必要となるオートナビゲーションシステムである．ブドウ園が多い山間部では圃場に勾配があり，通信インフラの整備率も低く，RTK-GNSS が使用できない場合が多い．

本研究ではブドウの木の根元をマシンビジョンにより高精度に検出することに焦点を当てた．北海道浦臼町の鶴沼ワイナリーで様々な背景・時間・天候のもと映像データを数多く収集した．このデータセットは YOLOv8 モデルの学習に使用し，高精度に車両横方向偏差と方位誤差を算出することに成功した．自律走行試験では横方向誤差は 5cm，方位誤差は 2° で自動走行でき，開発したビジョンベースナビゲーションシステムは走行経路の検出精度が高いことが実証された．さらに開発システムは樹列の最終端を自動検出し，その端までの距離を推定し，自律 EV が適切な地点で安全に停止できることも確認した．今後は自律 EV が樹列間の移動ができるシステムに拡張する必要がある．本研究は従来のコンピュータ・ビジョン技術と YOLOv8 による AI モデルを統合した新規性の高い画像処理手法である．従来のナビゲーションセンサの代替となるマシンビジョンの可能性が明らかになった．

以上，本研究ではフィールド系農業機械の自動化・ロボット化に多用されている RTK-GNSS に頼らないマシンビジョンを使用した自律走行システムの開発を行った．GNSS の安定した使用が難しい中山間や山間部における自動化農業に有用な技術開発であり，研究のオリジナリティとともに，実用技術としての意義も大きい．以上の成果は，農業ロボットの技術向上に多大に貢献するものである．

よって審査員一同は，Saha Sristi が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた．