



Title	Research on Autonomous Driving Control of Electric Vehicle for Orchard Application [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	山崎, 歓友
Citation	北海道大学. 博士(農学) 甲第15762号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/92046
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	YAMASAKI_Yoshitomo_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

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	山崎 欽友
審査担当者	主査	教授	野口 伸
	副査	教授	岩淵和則
	副査	准教授	岡本博史
	副査	准教授	石井一暢（国際食資源学院）

学位論文題名

Research on Autonomous Driving Control of Electric Vehicle for Orchard Application (果樹園用ロボット車両の自律走行制御に関する研究)

本論文は英文 107 頁、図 55、表 19、6 章からなり、参考論文 5 編が付されている。果樹生産の現場は他の農畜産物の生産同様、生産者の減少や高齢化、後継者不足が深刻である。そのため果樹農業の生産基盤はぜい弱化し、労働力不足による廃園も増えている。特に、果樹園は傾斜地が多く疲労が大きく、農薬散布の回数も多いため作業者の健康被害も懸念される。また、環境面における生産の持続性は、果樹農業に限らず農業に使用されている車両のほとんどが温室効果ガスである二酸化炭素を排出する化石燃料を使用する車両であり、将来的には農業で使用される車両の排気ガスをゼロにすることは志向すべきである。このような背景から本研究では、果樹園での農作業で使用できる電動自律走行車両を開発することを目的とし、果樹園用電動自律走行車両の具備すべき諸機能を網羅的に解決することを目指した。

1) 電動車両走行制御系の開発

農用車両の電動化を実現するために、自動車用の駆動モータを転用した。自動車用モータは舗装路での使用を前提に設計されている。しかしながら、本研究において対象とする走行路面は、凹凸があり塑性変形をする土壌と植生により構成された路面である。そのため、安定した定速走行を実現するためのモータ制御系の開発が不可欠であった。本研究では、転がり抵抗・登坂抵抗・前輪操舵抵抗などの走行抵抗をモデル化し、予測外乱をフィードフォワード項とした導入したモータ制御器を開発した。開発した走行制御器は、走行抵抗を考慮しないものと比べて、傾斜走行時や旋回時の走行安定性を大きく向上させることに成功した。

2) 準天頂衛星システムを用いた自律走行

自律走行車両はリアルタイムでの自己位置の取得が必要である。本研究では、ナビゲーションセンサとして準天頂衛星システム (QZSS) に着目した。QZSS は車体傾斜や GNSS 電波の障害となる樹林近傍の環境下でも、安定して高精度測位ができ、山間部の農地でも使用可能である。またネットワーク環境が整備されていない中山

間地域においても使用できるメリットを有している。本研究では、準天頂衛星からの測位補強信号を使用する CLAS (Centimeter-Level Augmentation Service) により、6cm の誤差で測位できることを確認した。さらに、既存のリアルタイムキネマティック GNSS (RTK-GNSS) と比較して、車体傾斜、周辺の樹林など植生の影響が小さくロバストであることを明らかにした。本研究では CLAS を用いた自律走行制御システムを開発し、ネットワーク環境の無い中山間地域でかつ傾斜農地においても実用に耐えられる安定した自動走行ができることを実証した。

3) 樹園内作業計画法の考案

複数の樹列からなる果樹園全体を自律作業する場合、どのような経路選択で作業するのが作業時間・エネルギー消費のもと適切か検討を要する。特に車両が後進無しで前進のみによる作業法を採用した場合、隣接樹列でなく複数樹列をスキップして作業する必要がある。しかし、そのスキップ数によっては余計に大きな作業時間・エネルギーが必要になる場合がある。スキップ数が増えると、無駄時間となる枕地移動距離が長くなり、エネルギーロスが大きくなるのである。そこで、果樹園の総樹列数と車両の制約条件を考慮して、枕地移動距離を最小化する最適作業計画法を考案した。この最適作業計画法は、想定される全ての果樹園において走行距離を最小化し、エネルギー消費も低減できることを確認した。

4) けん引作業時の巡回経路生成法の考案

自律走行車両後方にトレーラなどけん引車両を装備した場合の巡回経路の生成法を考案した。けん引作業の場合、自律走行車両だけでなくけん引車両の挙動も考慮しないと樹列に接触や衝突してしまう。そこで、自律走行車両とけん引車両の連結車両運動モデルを構築し、連結車両が農地境界や樹列に接触しない巡回経路生成法を考案した。経路生成には遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた準最適化手法を採用した。経路生成法の有効性についてはシミュレーションとともに、果樹園での実走行結果により評価した。

以上、本研究は地球環境再生にも有効な電動車両を用いて果樹園用自律走行車両を開発し、QZSS の効果的利用、樹園内作業計画最適化、連結車両系の経路生成法など果樹園用ロボット農機に対して必要となる要素技術を網羅的に扱い、大きな成果をあげた。以上の成果は、果樹園用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、山崎歓友が博士 (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。