



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on tracked dynamic model and optimum harvesting area for path planning of robot combine harvester [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Rahman, Md. Mostafizar
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13158号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70144
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Md._Mostafizar_Rahman_review.pdf, 審査の要旨



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	Md Mostafizar Rahman
審査担当者	主査	准教授	石井一暢
	副査	教授	野口 伸
	副査	教授	柴田洋一
	副査	准教授	岡本博史

学位論文題名

Studies on tracked dynamic model and optimum harvesting area for path planning of robot combine harvester

(ロボットコンバインのダイナミックモデル構築と走行経路生成のための収穫領域最適化に関する研究)

本論文は英文 133 頁、図 54、表 6、6 章からなり、参考論文 1 編が付されている。

農用ロボットを適切に運用するための経路自動生成法は社会実装していく上での課題の一つである。特に作業適期の短いコンバイン収穫作業においては、収穫損失を低減しつつ効率良く収穫する作業経路の生成は重要となる。一般的に圃場外周部には入出水口があるためロボットによる走行は大変危険を伴う。そのため、従来は圃場外周部を複数回、有人コンバインによる収穫作業を行い、ロボットコンバインが旋回するための十分な領域を確保した後、収穫領域の形状からロボット収穫経路の作成を行っていた。しかしながら、有人コンバインの作業経路は正確な直線ではないため、目視による作業経路計画には誤差を多く含む。もし計画経路が収穫領域よりも小さく設定された場合には収穫損失の原因となる。また収穫領域外周部の計測は圃場面積が大きくなる程、時間損失にも繋がる。圃場外周部での有人収穫作業時において、収穫領域が計測出来れば、最適経路生成が可能である。しかし履帯車両であるコンバインは作業時間短縮のため急旋回を行うことが多く、この際に方位計測センサである IMU (Inertial Measurement Unit) に内蔵するジャイロセンサにバイアス誤差を生じやすい。その結果、作業領域外周部を正確に計測するためには、方位計測誤差の低減が必要不可欠となる。そこで、本研究は履帯車両であるコンバインのダイナミックモデルを構築することで高精度な方位計測アルゴリズムを開発することを目的とした。さらに本手法を用いて圃場外周部における有人作業時に作業領域を計測し、その形状から自動的にロボットコンバインが作業を行う走行経路を生成する手法を考案した。

1) コンバインの履帯車両ダイナミックモデル構築と旋回動作時における方位角推定

旋回動作時における絶対方位推定のために履帯車両であるコンバインのダイナミックモデルを構築した。位置・方位計測センサには RTK-GPS と IMU を用いた。ロボットコンバインは事前に与えられた操舵角に従って走行させることが可能で

あり、内蔵するセンサにより履帯回転速度などの内部パラメータを計測することが出来る．そこで任意の条件下で定常円旋回や正弦曲線走行を行い、その挙動から内部変数の推定を行うことで、ダイナミックモデルを作成した．コンクリート路面および圃場内での走行におけるセンサ出力および内部計測値から、土壤に係わる変数や係数、旋回半径、横滑り角などを推定し、これらを用いることで履帯車両であるコンバインのダイナミックモデルを構築することが出来た．さらに本ダイナミックモデルを拡張カルマンフィルタに適用し、急旋回時でも絶対方位可能なアルゴリズムを構築した．本アルゴリズムを用いて、圃場外周部での収穫作業時における方位計測を行ったところ、ジャイロセンサ特有のドリフト誤差のみならず、急旋回時に発生するバイアス誤差も推定することが可能となった．

2) ロボットコンバインの作業経路生成のための収穫領域最適化

ロボットコンバインを用いて収穫作業を行うための作業経路生成法を考案した．圃場形状は長方形、多角形、凹部を含む多角形と様々であり、その中で最適な作業経路を目視により設計するのは多大な労力を要する．そこで、圃場外周部の収穫時に RTK-GPS と IMU によって計測した位置・方位を用い、刈り取りヘッダの軌跡を推定することで収穫領域輪郭線を推定した．圃場輪郭線に対し、凸包を求めることで輪郭形状の単純化を行った後、その形状によってユーザが長方形、多角形、凹部を含む多角形の 3 種から選択することによって自動的に最適作業経路を生成するアルゴリズムを作成した．長方形形状の場合は、ローテーションキャリパー法を用いた．多角形の場合は、任意の N 角形をユーザが指定することで、作業経路長が最短となる N 角形ポリゴンを作成し、収穫領域を含む最適な経路を作成する．さらに凹部を含む多角形形状の場合は、 N 角形ポリゴンを分割、再結合することにより、最適収穫領域を算出するアルゴリズムを考案した．作成したアルゴリズムを用いて圃場での実作業を行い、その作業経路長、未収穫領域の有無について評価を行った．その結果、本アルゴリズムは短時間で収穫損失なく収穫作業可能であることが確認出来た．

以上、本研究では主として履帯車両であるコンバインのダイナミックモデルを構築することで方位計測精度を向上させ、最適作業領域決定アルゴリズムによるロボットコンバイン運用法を提案した．以上の成果は、ロボットコンバインを社会実装する上で必要となる課題を解決し、労働力不足を迎える日本農業の省力化研究に大きく寄与するものである．

よって審査員一同は、Md Mostafizar Rahman 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．