



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of a Robot Combine Harvester Based on GNSS [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 澤
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11394号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56099
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Zhang_Ze_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 張 澤

審査担当者	主 査	教 授	野口	伸
	副 査	教 授	柴田	洋一
	副 査	准教授	石井	一暢
	副 査	准教授	岡本	博史
	副 査	教 授	李	民賛（中国農業大学）

学位論文題名

Development of a robot combine harvester based on GNSS
(GNSS を用いたロボットコンバインの開発に関する研究)

本論文は、全 7 章からなる総頁数 103 ページの英文論文である。論文には図 88、表 3、引用文献 52 が含まれ、別に参考論文 3 編が添えられている。

先進諸国において農業の労働力不足は深刻な問題である。特に我が国において農業就業者人口は過去 20 年間でほぼ半減し、基幹的農業従事者の平均年齢は 66 歳となり、労働力不足は深刻な状況にある。今後ロボット化を含めた超省力技術の開発が、日本農業を持続的に発展させる上で必須である。今日までロボットトラクタや田植えロボットが開発されてきた。他方、収穫作業については多くの研究機関が取り組んでいるものの、未だ開発途上にある。通常コンバインは作業跡を参照しながら走行することから、マシンビジョン、レーザースキャナなどローカルセンサを航法センサとして用いた研究も行われている。すなわち、コンバインのロボット化については最適な航法センサがいまだ決まっていない。本研究では絶対位置が測定でき、ロボットトラクタなど他のほ場作業ロボットと共用できる GNSS (Global Navigation Satellite Systems) を使用したコンバインのロボット化を目的とした。

本研究では稲、麦、大豆などの収穫作業に使用できる普通型コンバイン（ヤンマー、AG1100）を供試した。供試コンバインは CAN バスインターフェイスを介して P C から制御が可能である。航法センサはロボット位置を水平方向 2 ～ 3 cm の誤差で取得できるネットワーク型 RTK-GNSS と 3 軸姿勢角が検出できる IMU (Inertial Measurement Unit) を使用した。さらにロボットの安全性を担保するために 2 次元レーザ（レーザースキャナ）を搭載した。このレーザースキャナはロボット前方周囲 270°、半径 30m の範囲内の障害物を検出できる。このレーザースキャナにより人間など移動障害物の検出も可能である。

ロボットコンバインに無人で作業走行させるために目標経路や作業速度などの情報

を持つ作業計画マップ(ナビゲーションマップ)を採用した。目標経路を点列で表現することで、不整形ほ場にも対応できること、それぞれの点に作業速度、ヘッダ位置などの作業仕様を属性として付加することができるので、マップの変更によって様々な作物の収穫作業にも容易に適用できることが採用の理由である。

また、本研究ではロボットコンバインについて操舵制御系の効率的な開発法を考案した。ロボット開発では走行制御の精度を上げるために、ほ場走行試験を繰り返し行うことによる制御系のパラメータ調整が不可欠である。このほ場における制御パラメータの調整作業は労力的に多大な負担になる。本研究ではロボットコンバイン開発者がほ場における調整作業を延々と繰り返さなくてすむよう、コンバインの運動シミュレーションモデルを構築して、ロボットコンバイン走行をPC上で高精度に再現できる手法を開発した。このモデルを用いて制御系を設計することでほ場試験にかかる労力を大幅に削減できる。本研究では制御系最適化の目的関数に目標経路までの所要時間と横方向偏差を設定し、シミュレーションによりロボットコンバインの制御パラメータの調整を行った。机上で最適化された制御パラメータの有効性を確認するために、ほ場において走行制御試験を行った。試験の結果、走行速度 1.2 m/s、初期偏差 0.7 m のもとで収束時間は 10s、収束後横方向偏差が 0.025m であった。この走行誤差は十分に実用に耐えられる精度であることから、開発したシミュレーションモデルによる制御系設計法の有効性が実証された。

さらに、本研究ではロボットによる収穫作業における合理的な経路計画法を2種類提案した。1つ目は通常人間が行う作業法を踏襲したもので、ほ場外側から中央に向けて螺旋状に収穫する方法である。もう1つの経路計画法はロボットがGNSSにより絶対位置を取得できるので自由に作業経路を選択できる特長を生かした手法である。この経路計画法を使用した場合、ロボットは旋回中に作業速度を落とすことなく高能率に作業ができる。

最後に水稻、小麦、大豆について実際の農家のほ場においてロボットコンバインの実証試験を行い、ロボット化の実用可能性を調査した。水稻収穫試験では横方向偏差と方位偏差のRMS値は0.053mと1.31 degであった。小麦は0.066m、1.24 deg、大豆は0.039m、1.03 degであり、全ての対象作物について刈り残しのない作業精度であった。

以上のように本研究ではGNSSを使用したロボットコンバインを開発し、実用可能な技術に到達させたもので国際的にも最先端の研究成果である。開発技術はメディアにも広く紹介されており、社会ニーズにも合致しており、社会貢献の点でも特筆される。よって審査員一同は、張 澤が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。