HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of Guidance System Using Local Sensors for Agricultural Vehicles [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	崔, 鍾民
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11393号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56097
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Choi_Jongmin_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　　崔　鍾 民

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

学 位 論 文 題 名

Development of guidance system using local sensors for agricultural vehicles
（ローカルセンサを用いた農用車両用ガイダンスシステムの開発）

本論文は、全６章からなる総頁数 76 ページの英文論文である。論文には図 46、表 10、引用文献 49 が含まれ、別に参考論文３編が添えられている。

農業の労働力不足は先進諸国の中で共通した課題であり、作業の軽労化に対するニーズは大きい。実際に欧米ではトラクタやコンバインの運転操作が楽になるガイダンスシステムやオートガイダンスシステムが広く普及している。たとえば、米国中西部ではほぼ半数の農家が、GPS(Global Navigation Satellite System)に代表される GNSS(Global Navigation Satellite Systems)を基盤としたガイダンスシステムを使用している。ガイダンスシステムやオートガイダンスシステムを使用すると作業の軽労化にとどまらず、日没後の作業時間の拡大を図ることもできる。夜間作業は適期作業を行う上で、すでに営農上不可欠であるが、夜間の防除作業は風が強くないため農薬ドリフトを抑えることができるなど作業性の点でもメリットがある。しかし、ガイダンスシステムやオートガイダンスシステムを使用しない夜間作業は、事故の危険性があるとともに目標経路が視認できないので作業精度を維持することが極めて難しい。このような背景から近年さまざまな農用車両用のガイダンスシステム、オートガイダンスシステムが商品化されている。しかし、現行のシステムは信頼性、安定性、精度、操作性などの点で発展途上の技術であるのは否めない。本研究では農用トラクタと普通型コンバインを対象にして、現在の GNSS を基盤技術としたガイダンスシステム、オートガイダンスシステムを発展させることを狙い、ビジョンセンサ、レーザースキャナなどローカルセンサを包含した新しいシステム開発を目的とした。

本研究では、まずトラクタを対象にして AR（Augmented Reality：仮想現実）技術を応用したトラクタ用ガイダンスシステムを考案した。航法センサとして GNSS、IMU(Inertial Measurement Unit)、ビジョンセンサを適用した。GNSS によってトラク

タの位置、IMU によってトラクタの姿勢（ロール角、ピッチ角、方位角）を計測した。このトラクタの位置・姿勢情報は仮想画像と実画像をスーパーインポーズするための座標変換に使用される。実空間を構成する画像の取得はトラクタ上部に設置したビジョンセンサにより行った。画像解像度は 480 ピクセル×640 ピクセル、画像リフレッシュ周波数は 30Hz である。AR 技術によって仮想画像とビジョンセンサによる実画像を重ね合わせることで、オペレータへの有用情報の提供が開発戦略である。仮想画像は事前に取得された地理空間情報であり、走行路・圃場境界・危険箇所・目標作業経路などの情報が含まれる。本研究では開発した AR 技術について、仮想画像と実画像のリアルタイムスーパーインポーズ試験を行った。２画像の表示遅延は 10ms 以内、重ね合わせ精度はトラクタ前方 3ｍの地点で 0.03m、19ｍの地点で 0.4m であり、実用上十分高い性能と判断された。この技術はトラクタで夜間作業時に周辺の様子が目視できない環境下でも仮想画像によって状況を把握できることを意味し、システムの有用性は大きい。

次に普通型コンバインについてローカルセンサを使用したガイダンスシステムを開発した。ガイダンスの原理は 2 次元レーザー（レーザースキャナ）によって取得された高さ情報から未刈領域と既刈領域の境界線を検出してコンバインの横方向偏差と方位偏差を表示することにある。レーザースキャナはパンチルトユニットに装着して普通型コンバインの前方 3.5ｍから 6ｍの範囲を周波数 2Hz で作物の高さ情報を検出できるように工夫した。作物生育のばらつきや欠株などの自然環境下特有の誤差要因に対してロバストなシステムとするために作物列に対して直交方向に相互相関関数を計算して横方向偏差と方位偏差を取得できるアルゴリムズを開発した。開発したガイダンスシステムの性能を把握するために実験室内の外乱のない条件下と収穫時期の大豆畑において作業試験を行った。その結果、横方向誤差は 0.07m、方位誤差は 3° で通常の GNSS を使用したガイダンスシステムよりも高い精度を有し、実際のコンバイン作業に適用できることを確認した。

最後に開発したコンバイン用ガイダンスシステムを自動走行可能なオートガイダンスシステムに発展させた。供試コンバインは CAN バス仕様のため操舵系、ヘッダ制御系および機械状態の検出ができる機能を実装している。開発したレーザースキャナを用いたガイダンスシステムから大豆列を検出して、横方向偏差と方位偏差をコンバイン制御用 PC に転送して車両操舵角を決定・制御した。コンバインの速度は 0.25m/s で自動走行を行った。ほ場試験では横方向誤差 0.31m で自動走行させることができた。大豆の条間が 0.7m であるため刈り残しのない収穫が可能であった。

以上のように本研究ではすでに世界的に広く普及している農用車両用のガイダンスシステム、オートガイダンスシステムを技術的に発展させるべくビジョンセンサ、レーザースキャナなどのローカルセンサを適用することで新しいシステムを開発した。すなわち、本研究の成果は高い学術的価値、オリジナリティとともに今後のトラクタ・コンバイン用ガイダンス技術の発展方向性を示す重要な研究成果と判定された。よって審査員一同は、崔　鍾 民が博士（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。