

車両系農業ロボットの現状と展望

野 口 伸

日本農業のおかれている状況は厳しさを増している。特に労働力不足は切迫しており、農業生産の軽労化、省力化はわが国農業を持続的に発展させる上で緊急課題である。一方、官学を中心に農業生産のロボット化にかかわる研究開発は進展している。特に高精度 GPS が低価格化し、電子基準点などのインフラも整備されたことは圃場で働くロボット技術の発展に多大に寄与している。本稿では農業機械のロボット化研究はどこまで進んでいるのか？実用化する上で何が残された課題か？車両系農業機械、特にトラクタのロボット化の現状と将来展望について紹介する。

キーワード：ロボットトラクタ、RTK-GPS、GIS、自律作業、安全性

1. はじめに

わが国の食料生産基盤は脆弱であり、自給率向上には多大な努力が必要であるのは言うまでもない。2005年の販売農家数は196万戸、このうち担い手として期待される主業農家は、43万戸となっており、毎年4～5%の減少が続いている。加えて、農村地域では、若年層の流出により、過疎化が進むとともに2004年の基幹的農業従事者の平均年齢は63歳で、社会全体に先行して高齢化が進行し、労働力不足は深刻な状況にある。ガット・ウルグアイラウンドの合意に基づく貿易障壁削減の中で、米を含む農産物の輸入の自由化が進み、競争力を確保するために、今まで以上の品質の向上や生産コストの削減が求められており、国内農業の構造改革とあわせて革新的な技術開発により、一層の品質の向上や生産コストの削減を図ることが喫緊な課題となっている。このような背景から、農業経営の経済的な採算性に適合するような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維持・発展させる上で必須である¹⁾。著者らは大規模な圃場でも使用できるGPSを航法センサとしたロボットトラクタを車輪型とクローラ型の両方について開発した。このロボット開発を通して、慣行のトラクタ作業を全てロボットに置換えることに成功した。本稿では開発したロボットを通して、トラクタロボット化の到達点を解説する。さらに今年度からスタートした農林水産省による農業ロボット研究開発プロジェクトについてもその概要を紹介する。

2. ロボットトラクタ

(1) 車輪ロボットトラクタ

ロボットトラクタを使用して耕うん、播種から最後の収穫まで全ての作業を行うためには、トラクタ本体のハードウェアの改造はもちろんのこと、ロボットの走行経路を含む作業計画を事前に作成する必要がある。図—1は北海道大学大学院農学研究院ピークルロボティクス研究室が開発したロボットトラクタの機能である。作業経路を含む計画作成機能と作成された計画を忠実に実行する自律作業機能に分類される。作業計画作成機能は無人で耕うん、播種など行うためのもので、GIS (Geographic Information System) でロボットの作業計画を立てることができる。作業計画とは経路情報のほかにロボットの前後進操作、変速、エンジン回転数、PTO (Power-Take-Off; 動力取出し軸)、3点リンク昇降など、通常のトラクタ運転時の操作項目を指し、これらの運転操作もGIS上で事前設定する。図—1後段の自律作業機能とは作成された作業計画に基づいて、完全自律で農作業を行わせるナビゲーションシステムのことである²⁾。

ロボットトラクタは通常の農用トラクタを改造したもので、制御用PCからCAN-BUSを介して操舵、変速、機関回転数設定、作業機昇降、PTO オン・オフを行うことができる。位置計測には誤差2cm、周期20HzのRTK-GPSを、方位計測に慣性航法装置 (Inertial measurement unit; IMU) を使用した。また、IMUから出力される傾斜角はGPSアンテナの傾斜補

ロボットトラクタの機能

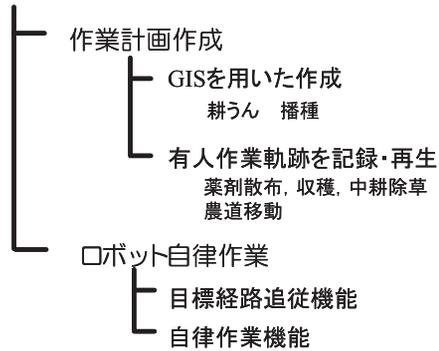


図-1 ロボットトラクタの機能



写真-1 車輪ロボットトラクタと航法センサ

正にも利用している。写真-1にロボットトラクタの全景と航法センサの配置を示した。

圃場内を自由に作業走行させるために作業計画が事前に用意されていることは前述した通りである。作業計画に基づいたマップベースガイダンスシステムを構築するために、経路情報とロボットの動作状態を含んだナビゲーションマップを作成した。ナビゲーションマップを構成するナビゲーションポイントはロボットの位置（緯度、経度）と動作状態を示す64 bit長データ群によって構成されている。

ロボットは走行開始命令を受けるとGPSによる位置とIMUによる方位の整合性をとるためにIMUの初期化を行い、これから走行する経路のナビゲーションマップを読み込む。その後、制御周期ごとにGPSから読み込まれた位置座標からナビゲーションマップ内のナビゲーションポイントを探索し、制御量を決定する。操舵制御を行った後に作業状態の判定を行い、予定作業全て終了した場合は作業を終え、直進走行終了の場合は旋回動作に移行する。旋回動作はわが国のトラクタ作業で多用される後進を含む方式と欧米で使用される前進のみで旋回を行う方式を選択できる。ロ

ボットが走行すべき経路を地図として持っている耕うん、播種、中耕、防除、そして収穫までの全作業を無人化できる。さらに、ロボット自身で格納庫から農道を通って作業すべき圃場へ移動して作業を行い、作業終了後に自ら格納庫に戻るといった一連の作業の完全無人化も可能である。すなわち、このようなロボットの場合、農家は圃場までロボットを運ぶ必要はない。図-2は旋回を含んで4行程の作業軌跡である。ロボットの作業時の走行誤差は±5cmであるため、人間の運転を超える作業精度を有している。

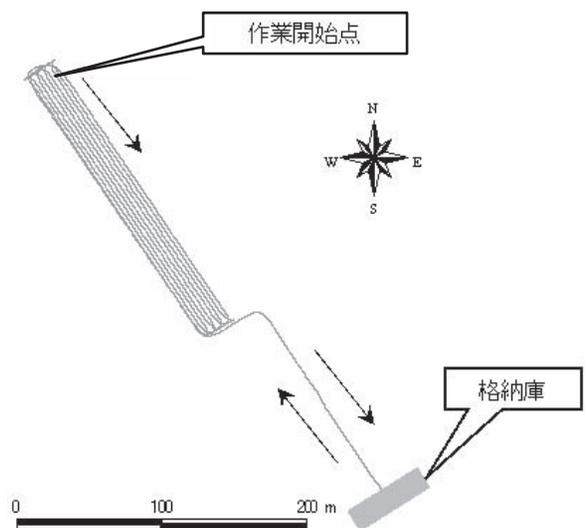


図-2 ロボットトラクタのロータリ作業軌跡

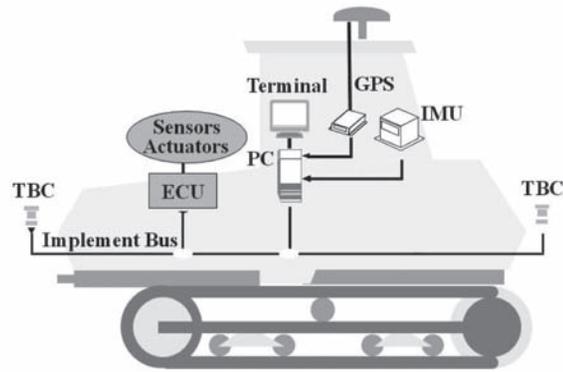
(2) クローラロボットトラクタ

農業ロボットは走路整備が施せないことから地盤支持力のばらつきに影響を受けにくい走行系を採用することが望ましく、クローラ走行系は注目に値する。クローラはすでにオフロード車両の走行系として広く利用されており将来性の高いロボットの走行系である。畑作地帯ではクローラは耕うん、整地、施肥に使用でき、春先の耕うん、整地などの作業が24時間体制で実現できる。特に、傾斜地や圃場のぬかるみなどに対してロバストなクローラはこの種の24時間作業に向いている。また、多雪地帯では融雪剤散布にも活用できる。春先の圃場の融雪を進め、土壌の乾燥を進めるうえで有効であり、春作業が早く始められるメリットは大きい。また、小麦の播種、最適なトラムライン生成や防除作業にも使用できる。輪距調整とクローラ幅の変更が可能であれば、土壌踏圧の低減、高いけん引能力などのメリットから判断してもクローラロボットは魅力的である³⁾。

このような背景から著者の研究室でもクローラトラクタのロボット化を進めている。クローラトラクタも



ヤンマー. CT801



TBC (Terminating Bias Circuit): 終端バイアス回路

Implement Bus: 作業機バス

図-3 クローラロボットトラクタ

車輪トラクタと同様に、位置・方位計測装置とロボットコントローラを用いた。システムの概略を図-3に示した。ベースマシンとしてヤンマー製CT801トラクタを使用した。トラクタの制御項目は操舵、前進・停止・後退の切り替え、変速機、副変速、エンジン回転数、ヒッチ高さとPTOのオン・オフである。また、トラクタから観測可能な情報は車速、エンジン回転数、ヒッチ高さである。航法センサは前述の車輪ロボットトラクタと同様、RTK-GPSとIMUを使用した。これらを統括してロボットを制御するためのECU (Electric Control Unit)を開発した。開発したECUはCAN-BUSでネットワーク化されており、センサなどの追加搭載に対して高い柔軟性を備えている。図-4は開発したクローラロボットの作業走行軌跡である。走行速度1.2 m/sで肥料散布作業を行った。作業開始地点から作業終了地点まで5 cm以内で走行しており、農作業には十分な精度である。また全作業経路において、横方向偏差rms誤差は1.1 cmで

あり、前述の車輪ロボットの走行性能を上回った。

3. 農業ロボット開発を目指す国家プロジェクト

平成22年6月から農林水産省の委託プロジェクト研究「農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発」が5カ年のプロジェクトとしてスタートした。本プロジェクトには「小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発」、「農業用アシストスーツの開発」など5課題が設定され、その中に「稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発」という土地利用型農業におけるロボットシステム開発を行う課題もある。

この課題は北海道大学大学院農学研究院が中核機関となり、著者が研究開発責任者を務めている。共同研究機関に京都大学大学院農学研究科、農業・食品産業技術総合研究機構（中央農業総合研究センター・北海道農業研究センター・近畿中国四国農業研究センター・生物系特定産業技術研究支援センター）、企業からはヤンマー(株)、日立ソフトウェアエンジニアリング(株)、(株)トプコン、ボッシュ(株)が参画しており、これら研究機関が結集してロボット作業体系を実現するロボットシステムを開発する。わが国農業は主に本州に展開する分散錯圃（小区画飛び地）による経営形態と北海道農業に代表される大区画圃場群により構成された大規模経営形態に大別でき、その両者でまったく異なるロボット作業体系が要求される。本プロジェクトでは機械コストや想定される利用形態などに配慮して「分散錯圃型農業」と「大規模農業」それぞれについて、ロボット農作業体系モデルを構築する。ロボット化のコスト削減には、要素技術の共通化が必須であることが

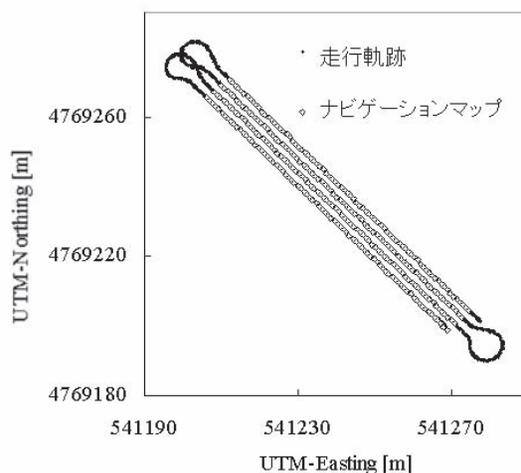
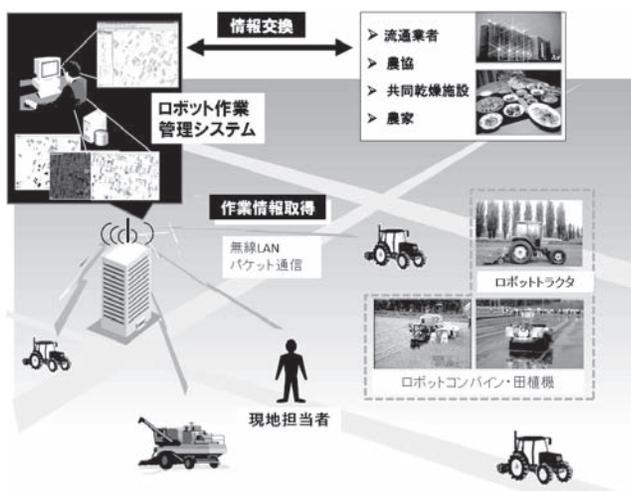


図-4 クローラロボットの施肥作業軌跡

ら航法システム、ロボット作業管理システム、障害物センサなどの基盤技術開発に関する課題群、耕うん・代かき・播種施肥・防除・除草・収穫などの無人作業を実現するロボット開発に関する課題群、そして開発システムの経済性評価と実証試験を実施する課題群の3大課題から構成されている。また、図一5に示したように作業従事者1人当たりの作業面積を飛躍的に増大させるために、地域内で複数のロボットに同時作業させられるシステム開発を行う。最終的には大規模農業のみならず30a程度の小型圃場が分散している生産環境下でも農業ロボットを導入して、経営的にも効果が発揮できるロボット作業体系の構築を目指す。



図一5 農林水産省委託プロジェクト「稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発」の技術パッケージのイメージ

4. おわりに

ロボット農業の実現は目前に迫っている。しかし、実用化にはいまだ大きな課題が残されている。その1

つはロボットの安全性の確保である。この安全性とはロボットを操作するオペレータとロボット周辺に対する安全配慮の両方を意味する。米国は特に安全性に対する意識が高い。通常のトラクタもオペレータが座席に座っていないと車両が動かないような仕組みをハード的に組み込んでいる。当然、オペレータ不在のロボットには、さらに高度な安全性が要求される。いままでにバンパースイッチ、レーダー、超音波センサ、レーザー距離計、マシンビジョンなど様々な方法が提案されてきた。しかし、どこまで安全性を確保すればロボットとして普及できるかは、技術的問題に留まらず、社会的な合意も不可避である。万が一の事故に対して、ロボットに全責任を負わせることは、ロボットの膨大なコスト高につながり、ロボット化の進展を妨げることになる。今後、ユーザーと製造者間の安全性に関するコンセンサス形成に加え、農業ロボットの安全基準策定に関する論議が関係行政機関、産学及び市民において進むことを期待する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 日本学術会議：IT・ロボット技術による持続可能な食料生産システムのあり方、第20期日本学術会議対外報告書（2008）
- 2) 野口 伸：ビークルオートメーション、農業ロボット（I）、コロナ社、143-205（2004）
- 3) 野口 伸：農業生産の軽労化・省力化を先導するロボット技術、農林水産技術研究ジャーナル、28（11）、5-9（2005）

【筆者紹介】

野口 伸（のぐち のぼる）
北海道大学大学院農学研究院 教授
日本学術会議 会員

