解 説

農業機械のロボット化の現状と課題・将来への展望

Robots of Agricultural Implement and Machinery. Current State, Problem, and View in the Future

中 川 渉* *ヤンマー (株)
Wataru Nakagawa* *Yanmar Co., Ltd.

1. ロボット農機が必要とされる社会的背景

世界の人口は増加の一途をたどり、2050年には90億人を超えると予想されている。一方で農地面積は、2050年までに数パーセントしか増やすことができず、農業生産者は10%以上減少すると予想されている。少ない農業生産者で限られた農地面積を有効利用し、増え続ける食料需要を賄っていかねばならない。

このような農業が抱える課題に対しての一つのソリューションとして、農業機械のロボット化が提案されている。農業生産者がロボット農機を活用し、高効率な食料生産活動を実行することにより、増え続ける食料需要を賄うことが期待されている。

2. ロボット農機開発の歴史

農業機械のロボット化を考える上で、二つの要素技術の開発が必要である。一つめは農業機械を自律走行させる技術である。二つめは、作業機の操作を自動化する技術である。前者の技術としては、圃場の四隅にレーザー灯台を設置して、圃場内を自律走行させる技術、地磁気センサやジャイロセンサを利用して、農業機械を直進させる技術が研究・開発されてきた。しかしこれらの自律走行の技術は、残念ながらいずれも商品に至るレベルには到達できなかった。自律走行技術の開発に転機が訪れたのは、2000年にアメリカのGPS信号のスクランブルが解除され、高精度測位が商業利用できるようになってからである。農業機械の自律走行技術にとってのブレイクスルーとなった。現在開発が進められている農業機械の自律走行には、RTK-GNSS (Real Time Kinematic—Global Navigation Satellite System) と言われる高精度な衛星測位システムが利用されている。RTK-GNSSは、アメリカのGPS衛星だけでなく、ロシアのGLONASS衛星、欧州のGALILEO衛星の信号も利用し、基地局からの補強信号により、測位精度を ± 3 [cm]ま

図1 GNSS ガイダンス、自動操舵システム国内累計出荷台数 (北海道農政部技術普及課調べ)

で向上させた衛星測位システムである。農業機械の自律走行のための測位精度として十分な精度が確保できる。この技術を利用した自律走行の研究が2001年には報告されている。特に北海道では、この技術を利用した衛星測位ガイダンスシステムがすでに普及し始めており、平成25(2013)年以降は急速に普及が進んできている(図1)。

後者の作業機の操作を自動化する技術は、国内においては、1980年代前半から開発・研究されてきた。オペレータの操作をアシストする目的で、順次商品に織込まれてきた。トラクタでは、作業機の昇降や耕す深さを自動制御する技術、作業機を水平に保持する技術が開発され商品化されてきた。

3. ロボット農機開発の現状

農業機械をロボット化する一例として、ロボットトラクタについて、開発状況を説明する。ロボットトラクタのシステム構成図を示す(図2)。ロボットトラクタを自律走行させるためには、位置検出と姿勢検出の二つの要素技術が必要である。位置検出技術は、前述したRTK-GNSSの利用が一般的である。補強信号を配信する基地局の整備が現在全国的に進められている。位置検出のシステムとして、もう一つ期待されているのが、準天頂衛星システムである。2018年に4機体制となり、RTKレベルの測位精度がある補強信号のサービスが開始される。準天頂から補強信号が配信されるとともに、測位用衛星の一つが、必ず準天頂に

原稿受付 2017年2月28日

キーワード: Robots, RTK-GNSS, IMV, HMT

*〒521-8511 米原市梅ヶ原 2481

*Maibara-shi, Shiga

図 2 ロボットトラクタシステム図

図 3 RTK-GNSS と準天頂衛星 (PPP-AR) 直進走行制御実証試験結果 (2015 年総務省プロジェクトで実施)

あることは、農業機械の測位システムとしても有効である。RTK-GNSS と準天頂衛星のそれぞれの測位信号で圃場を直進させた実証実験の例を示す (図 3)。いずれも ± 5 [cm] 以内の精度で直進走行が行えた。測位技術と対をなす重要な技術として、IMU (Inertial Measurement Unit) の技術がある。IMU とは農業機械の姿勢を検出する慣性センサのことであり、ジャイロセンサ、方位センサ、加速度センサ等で構成される。ジャイロセンサとして従来は光ファイバージャイロが利用されていたが、最近では MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 素子を利用した安価でコンパクトなジャイロセンサが開発され、RTK-GNSS と IMU が一体化されたユニットが商品化され農業機械にも活用されている。測位センサと姿勢検出センサを組み合わせることにより、ロボットトラクタをあらかじめ計画プログラミングした作業計画に従って、自律走行させ、作業機の制御を行うことが可能となる。

図 4 電子制御トランスミッション I-HMT

次の要素技術としては、あらかじめ設定した作業経路に基づき、測位センサと姿勢センサから演算した走行・操舵の指令値に従って、農業機械を走行・操舵させる制御技術が必要となる。近年の農業機械は、走行用トランスミッションシステムや操舵システムが電子制御化されている。またこれらの ECU 間を CAN (Controller Area Network) によって接続することにより、お互いの ECU 間で情報交換し統合制御することが可能になっている。これらの制御技術を利用して、自律走行を実現している。電子制御トランスミッションの一例として I-HMT (Hydro Mechanical Transmission) システムを示す (図 4)。このシステムは、比例減圧弁を電気信号で制御することにより、HMT の回転数を無段階に制御する油圧システムである。また操舵システムとしては、オービットロール (パワーステアリング装置) に利用されている油圧装置) を電子制御するシステムが利用されている。

次に必要となる技術は、オペレータに代わって、決められた位置で、作業機の PTO (Power take off: エンジンの動力を作業機駆動のために取り出す装置) クラッチを入れたり、作業機を昇降させる技術である。位置情報に基づくシーケンス的な制御は、確立されており、ロータリーの耕深制御や水平制御については、オペレータの操作を必要としないレベルにほぼ達している。しかしトラクタは多種多様な作業に対応するため、それぞれの作業に適した作業機が存在し、すべての作業機について、オペレータの介在なしに作業できるレベルには現時点では達していない。

最後に、安全性を確保担保する技術が必要である。システムの構成要素が故障した場合に、安全側に動作するフェールセーフ機能、ロボット農機の監視者が、遠隔で停止させる等の遠隔操作機能、最近自動車で開発・商品化が活発になってきた、障害物や人を検知する機能が必要となってくる。安全性の担保については、農林水産省が主催するスマート農業実現に向けた研究会にて、産官学の有識者で検討され、ロボット農機に関する安全性確保ガイドライン (案) が、昨年 3 月に公開された。ロボット農機を開発している各社は、これに基づいたシステム開発を現在進めている。

4. 課題と将来展望

農業機械のロボット化における課題として、技術面と経営面の各側面に課題がある。技術面としては、自律走行技術については、自動操舵装置が商品化されているように、商品のレベルにはほぼ達していると考えられる。一方、安全を担保する人検知の技術においては、現時点では研究・開発段階である。また作業機制御技術においても、オペレータがまったく介在せずに行える作業は、まだ限られており、これからの制御技術の進展が望まれる。AI 技術を応用することにより、安全の担保、作業機制御の精度向上が期待される。経営面においては、ロボット化のためのコストアップをいかに抑えていくかが課題となる。現状では衛星測位システムは約 200 万円と高コストであり、安全担保のセンサ類においても、自動車用センサをそのまま農業分野に流用することが難しく、コスト高となっている。しかし、衛星測位システムや人認識システムは、目覚しく進歩しており、農業機械に転用可能な技術が開発されつつある。農業機械メーカー各社は、2018 年にロボットトラクタを商品化

する計画で開発が進んでおり、その後も人と協調作業を行う農業ロボットが、持続可能な農業生産の支えとなり、世界の食料生産を担うことを期待する。

参 考 文 献

- [1] 木瀬, 野口, 石井, 寺尾: “RTK-GPS と FOG を使用したほ場作業ロボット (第 1 報)”, 農業機械学会誌, vol.63, no.5, pp.74-79, 2001.
- [2] 農業用 GPS ガイダンスシステム等の出荷台数の推移, <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/jisedai/syukka.htm>
- [3] 農林水産省スマート農業実現に向けた研究会, http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g-smart_nougyo/index.html
- [4] ロボット農機に関する安全性確保ガイドライン (案), http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g-smart_nougyo/pdf/gl.pdf

中川 渉 (Wataru Nakagawa)

1983 年ヤンマー (株) 入社, アグリ事業本部開発統括部基幹開発部にて農業機械の制御開発業務に従事。戦略的イノベーション創造プログラムにて、『農業機械の自動化技術の高度化・複数の農作業ロボットによる無人作業システムの開発』プロジェクトに参画中。農業食料工学会正会員。農業 IT 検討委員。