



2 農業機械の自動化・ロボット化の現状と将来像

応
専

野口 伸（北海道大学大学院農学研究院）



日本と世界の食料生産事情

我が国の食料生産基盤は脆弱で、食料供給の安全保障体制を強化するためには多大な努力が必要である。食料自給率（熱量ベース）は39%（2013年）にすぎず先進諸国の中で最低である。農業就業人口は1990年には482万戸であったのに対して、2014年には227万戸と過去24年間で47%にまで激減した。加えて、農村地域では、若年層の流出により、基幹的農業従事者の65歳以上が65%、平均年齢も67歳である。他方、農業経営改善のために1戸あたりの耕作面積は増加している。農産物の輸入自由化が進む中で、日本農業が国際競争力を確保するためには、今まで以上の品質の向上と生産コストの削減が不可欠である。すなわち日本農業は構造改革とあわせてロボット化を含めた超省力技術の開発が、農業を持続させる上で必須である¹⁾。一方、ロボットを少子高齢化の中での人手不足やサービス部門の生産性の向上という日本が抱える課題の解決の切り札にすると同時に、世界市場を切り開いていく成長産業に育成していくためにロボット革命実現会議が2014年9月に首相官邸に設置され、2015年1月23日に報告書「ロボット新戦略」がまとまった²⁾。新戦略では5産業分野について具体的な技術政策が提言されたが、その1つが「農林水産業・食品産業分野」であり、農業をロボット化の重要産業と位置付けている。他方、世界に目を転じると世界人口は2010年で70億人、2030年には84億人になり、2030年時の食料需要は現在の50%増との国連の予測があり、今後世界の食料の需給バランスは崩れ、食料不

足になるとされる（世界食糧サミット、2008年6月）。さらに日本農業が抱えている労働力不足は先進諸国・新興国でも共通である。農業従事者の減少、特に技術を有した人材の不足が問題になっており、国際的に車両系農業機械のロボット化はニーズが高い。現在ロボット農機は米国・欧州・中国・韓国・ブラジルなどで研究開発中である。

GPSを活用したロボット農機

我が国においてロボット農機の社会実装は目前である。基本的にロボット農機は高精度な測位ができるRTK（ネットワーク型リアルタイムキネマティクス）-GPSと姿勢角センサを使用して、PCなどで作成した作業計画マップを参照しながら走行誤差5cm以下、作業速度も慣行の有人作業以上を可能にする技術である。また、ロボット農機は障害物認識センサを装備して、自動作業中に人や障害物を検出してアラーム、一時停止、待機など適切な行動をとることもできる³⁾。しかし、ロボット農機はいまだ世界的に実用化していない。その理由はロボットの安全性にある。これは障害物検出センサを装備してもゼロリスクでないという技術の限界に起因する。この社会実装に向けた障害を解消するために本年（2017年）3月31日に農林水産省は農業機械（ロボット農機）を無人で自動走行させる技術の実用化を見据え、安全性確保のためにメーカーや使用者が順守すべき事項を定めた「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を策定・公表した⁴⁾。このガイドラインの対象とするロボット

2. 農業機械の自動化・ロボット化の現状と将来像



図-1 ロボットトラクタ施用方法の一例（有人・無人の随伴型）

農機は使用者が圃場（ほじょう：田畑，農場）内や圃場周辺から監視することが前提である。たとえば、①隣接した圃場で行っている複数台のロボットトラクタの耕うん作業を圃場隅から監視する、②使用者がロボットトラクタに装着された作業機に搭乗して補助作業しながらロボットを監視する、③通常の有人トラクタが随伴作業しながらロボットトラクタを監視するという使い方である。③の使用法では2台

が同じ作業をして能率を2倍にすることもできる、そのほか、ロボットトラクタが先行して整地作業を行い、後方から有人トラクタが追従して肥料や種の散布作業を行うことで2工程同時作業することもできる（図-1）。

圃場内や周辺からの監視の次は遠隔監視による完全無人作業の実現である。日本政府の達成目標は2020年である。遠隔監視によるロボット作業システムは基本的に図-2のように地域内で複数のロボットに同時作業させるシステムで、ロボット管制室にいる1人のオペレータが離れた複数の圃場で作業しているロボットを管理することができる。この場合、作業監視のために2種類の通信系が必要になる。1つはテレコントロール・データ伝送であり、ロボットの状態を伝送する機能と管制室からロボットを制御する機能を担う通信系である。この伝送系は作業の安全性を確保する上で非常に重要である。もう1つはロボット周辺の画像伝送である。ロボットの作業状況を視覚で把握できる意味は大きい。人による農作業では耕うんの仕上がりや作物生育状態を常に観



図-2 遠隔監視による完全無人作業システム

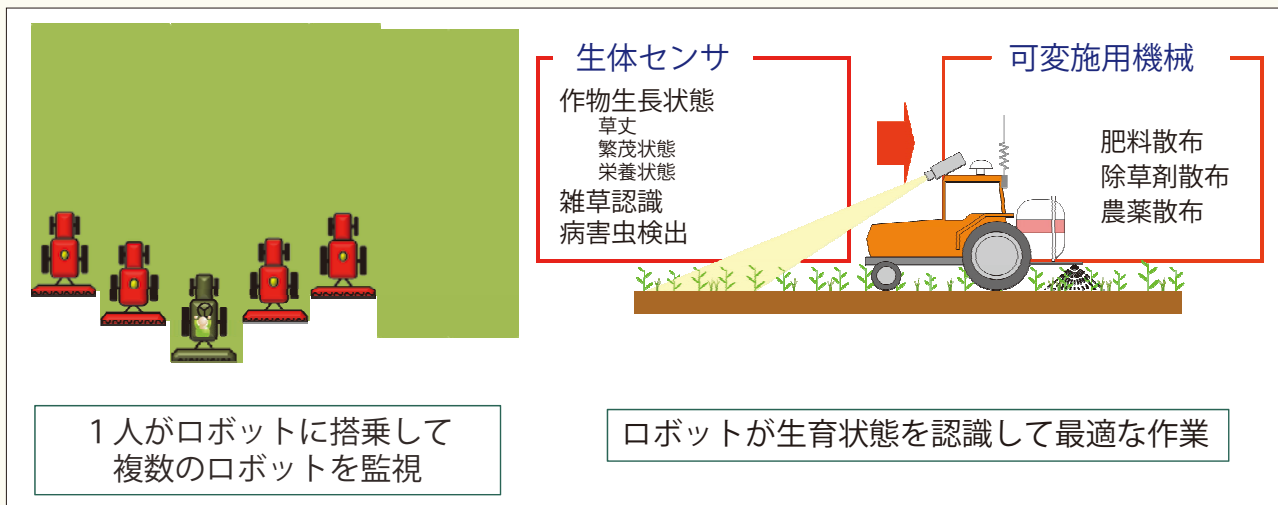


図-3 ロボット農機の将来展望

察しているわけで、この圃場状況の画像伝送機能は農作業を行うロボットにとって必要である。ただし現状ではロボット作業の遠隔監視用の電波がないため安全な遠隔監視ロボットの実現には課題が残っている。また道路交通法の制約から公道をまたぐ圃場間移動ができないことも遠隔監視ロボットが効率的に使用できない制限要因となっている。

ロボット農機の将来展望が図-3である。1つ目は1人がロボットに搭乗して複数のロボットを監視するシステムである。3台以上のロボットによる協調作業であり、人間は自動運転のロボットに搭乗し、ロボット群の監視が任務となる。このシステムの場合、複数のロボットを同時に使用するので作業能率は格段に向上する。また、運転操作が必要でないため高齢者、女性、初心者などでもオペレータの役割を果たすことができる。現在、筆者の研究チームは内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」においてロボットの台数に制限がないマルチロボットを開発中である。個々の圃場の大きさや作業の進捗に合わせて台数を変更して作業する。さらにマルチロボットは車輪の接地圧を下げるので、圃場の土壌踏圧を軽減できる。他方、中山間の集落営農では、マルチロボットを使用して作業の進捗に応じて農家がロボットを貸し借りして柔軟な作業体系を組むことができる。いま SIP では現在 200 万円程度する高精度 GPS

受信機を 30 万円程度まで低価格化することを目標に新しい受信機を開発中である。これが商品化したあかつきには日本各地で使用されている小型トラクタもロボット化し、このマルチロボットのアイデアが日本農業を大きく変える可能性がある。

もう1つの将来像はロボットが生育状態を認識して最適な作業を行うことができるスマートロボットである。ロボットが篤農家に匹敵する農作業の知識を有する。インターネットに接続してさまざまな情報を収集・解析して的確な作業を自律的に行う。この技術では IoT, ビッグデータ, AI の利用を想定しており、拡張性が高い生産システムである。いわばスマートロボットとは「単純作業ロボット」から農業を知った「知農ロボット」への進化である。

準天頂衛星システムの農業ロボットへの利用

日本版 GPS とも呼ばれる準天頂衛星システム「みちびき」も農業のロボット化に有効である⁵⁾。準天頂衛星システムは、常に日本の天頂付近に衛星1機が見えるように、軌道設計された衛星測位システムであり、現在1機のみでの運用であるが、2018年には4機体制になり、その後は米国のGPSに依存しない衛星測位システムが確立できる7機まで拡充する計画である。準天頂衛星システムの機能は高仰

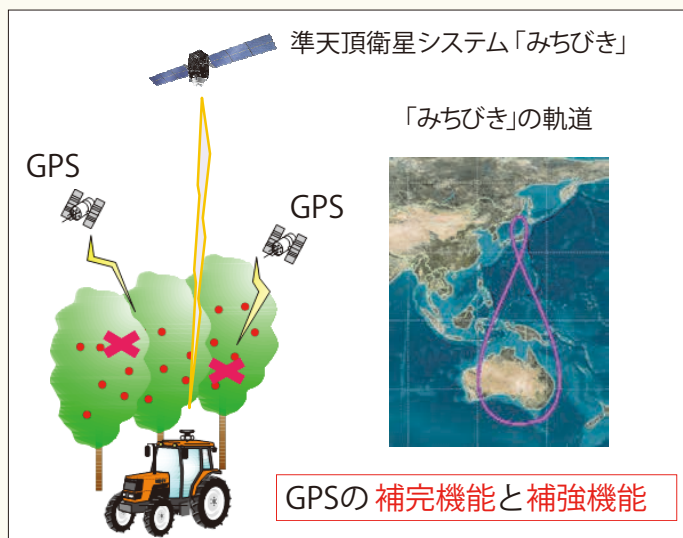


図-4 準天頂衛星システム「みちびき」

角から航法信号（軌道情報および時刻情報）を提供する「補完機能」と測位精度を向上させる補強信号を送信する「補強機能」があり、前者は中山間地域など十分に可視衛星数が確保できない場所において測位の安定性を高め、後者は準天頂衛星からの補強信号を受信することにより、センチメートル級の測位精度を実現する（図-4）。ここでは準天頂衛星システムの「補強機能」がロボット農機の性能に及ぼす効果について若干説明したい。農業用ロボットのGPSの補強信号にVRS（Virtual Reference Station）と呼ばれるRTKや地域に設置した基地局を使用した場合、前者は補強信号取得のための携帯端末・通信費、後者は基地局設置コストと通信費が発生する。特に前者の場合、携帯電話はすでに我が国の広いエリアをカバーしているが、中山間地域、農村地帯、起伏のある圃場では、その電波の安定性が低く、その電波を使用した補強信号ではロボット走行に支障をきたすことがある。その点で準天頂衛星からの補強信号が利用できれば航法システムの信頼性が格段に向上する。準天頂衛星のセンチメートル測位補強サービスをCLAS（Centimeter Level Augmentation Service）と呼ぶが、無人農作業を可能にする測位精度である。要するに準天頂衛星は防風林や建物など畑周辺にある電波を遮蔽する障害物の影響を低く抑えることができ、さらに衛星から補強信号が

放送されるので受信しやすい。すなわち、測位システムの使用環境がさまざまな農業には準天頂衛星がきわめて有効である。

規制・制度の整備による農業技術のイノベーションに向けて

日本農業の持続性をロボットによって確保できるかどうかは、今後これら革新技術を最大限活用できる農業経営組織や作業体系を生み出せるかどうかにもかかっている。経営の大規模化による生産コストの削減にロボットが貢献することは言うまでもない。基本的にロボット1台は労働者1人に相当し、人手不足の解消に有効であることは明白である。実際にはロボットは昼夜を問わず24時間連続作業が可能であり、その労働生産性は2～3人の労働力に匹敵する。今後ロボット技術は国際市場を念頭に置き、しかも要素技術の共通化を図ることで製造コストの削減に努める必要がある。またロボットの開発・普及には技術的課題に加え、制度の整備も重要となる。特に水田作、畑作、飼料作などオープンフィールドで作業を行うロボットは行政主導による制度の整備なくして普及は難しい。技術と施策が連動することで本当のイノベーションが起る。日本農業は着実にその方向に進んでいると信じている。

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、日本学術会議提言（2008）。
- 2) 日本経済再生本部：ロボット新戦略（2015）。
- 3) Noguchi, N. : Agricultural Automation - Fundamentals and Practices, Agricultural Vehicle Robot, pp.15-39 (2013)。
- 4) 農林水産省：農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン（2017）、<http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/sizai/170331.html>
- 5) 野口 伸 監修：ICTを活用した営農システム—次世代農業を引き寄せる、ニューカントリー 2015 秋季増刊号（2015）。（2017年5月18日受付）

野口 伸 ■ noguchi@cen.agr.hokudai.ac.jp

1990年北海道大学大学院博士課程修了。農学博士。同年北海道大学農学部助手。2007年助教授、2014年より教授。現在、内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」プログラムディレクターを兼務。専門は生物環境情報学、農業ロボット工学。