

農業ロボットや自動化技術で省人化

高齢化、担い手不足など日本農業の課題を解決する決め手といわれるスマート農業。先端技術を活用して生産性を向上させ、競争力のある農業をめざす。政府も官民のコンソーシアムを設立して支援する。野菜や果実を中心に、農業の自動化やロボット研究の第一人者が開発の現状と未来を紹介する。

持続可能な農業へ作業の省人化

日本の農業は、農業従事者の減少や高齢化などによる労働力不足が進んでいる。農業人口に占める65歳以上の割合は、約70%と増え続けている。労働力不足は日本の構造的な問題で、他産業でも問題となっており、さらに加速することが危惧されている。また外国人技能実習生などの確保も、特に農業分野では今後厳しくなることが予想される。このような状況では、日本の農業は早晩行き詰まってしまいうだろう。

この状況を改善する手段として、ICT(情報通信技術)やAI(人工知能)、RT(ロボットテクノロジー)を活用したスマート農業への期待が高まっている。

日本の農産物は高品質をうたっているが、労

働生産性を犠牲にして実現されていることも多く、長時間労働を生む原因にもなっている。また、労働のピークが収穫時期の短期間に集中するなど、周年雇用で人を増やすことが難しい構造がある。

そこで、日本の農産物の品質のよさを保ったまま、農業が持続的に可能なものになるためのほぼ唯一の手段として考えられるのが、農作業の機械化・ロボット化による省人化である。

本稿では、日本農業の喫緊の課題として認識されている農作業の省人化について、我々の取り組んできたプロジェクト事例を紹介しながら、開発するべき自動機械やロボット、これらの導入に適した環境、牽引する人材などについて述べ、その実現には何が必要か、日本の農業が進むべき道について私の考えを述べたい。



東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 教授

深尾 隆則 FUKAO Takanori

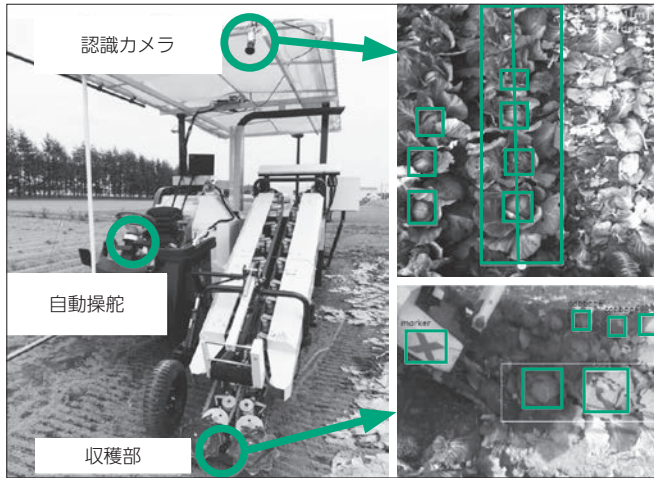
ふかお たかのり
1968年生まれ。京都市出身。96年京都大学助手、2004年神戸大学助教授、15年立命館大学教授、20年東京大学教授。01-03年カーネギーメロン大学客員研究員。博士(情報学)。飛行船ロボットなどの実験を北海道でしていた際に、農業の厳しい状況を知り、農業ロボットの研究を開始。

露地野菜の収穫、集荷、運搬の自動化

我々は、農林水産省などによる「革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト・人工知能未来農業創造プロジェクト)」「(2016)20年度」「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」「(18)22年度」「国際競争力強化技術開発プロジェクト」「(21)23年度」などのプロジェクトや企業との共同研究で、AIを活用した野菜(キャベツ、タマネギ、ジャガイモ、ブロッコリー、トマト)や果実(リンゴ、ナシ、ブドウ、かんきつ類)の収穫や運搬車両(コンテナ運搬車、フォークリフト、小型トラック)などの作業の自動化に関する研究開発を進めてきた。

プロジェクトではコンソーシアムを組み、自治体、農協、生産者や国立研究開発法人農業・食

図1 キャベツ自動収穫機(上カメラ画像(右上)/下カメラ画像(右下))



品産業技術総合研究機構、出口となる企業などと連携。品種の多様さ、利用環境の変動、気候・天候の影響などへの対応の困難さを感じながら、既存の機械の自動化技術や新しい農業ロボットを圃場で試行錯誤を重ね開発してきた。

現在の機械やロボットは人ほどの柔軟性をまだ持ち合わせておらず、生産者がおこなうすべての作業を、そのままのかたちでは実現できない。あるいは高価な機械やロボットが必要になるため、工夫が必要だ。また、対象が野菜と果実、露地栽培と施設栽培では、機械化やロボット化の実現方法が異なり、汎用性のある機械やロボットの研究開発を一気に進めることができない。

まず、露地野菜に関して、生産量が多い野菜は収穫機が導入されている場合が多く、それが利

図2 コンテナ収穫機・運搬車(左上)・自動小型トラック(右上)・自動フォークリフト(下)



用可能な環境では、自動化は比較的進めやすい。人の操縦などを自動化するため、収穫機に取り付けた距離計測可能なカメラなどにより、野菜の育成度合いをAIで認識し、自動収穫することができ(図1)。ただ、天候の影響や品種の影響も受けるため、それらに対応する技術が必要だ。

また収穫機と自動でドッキングし、コンテナを自動運搬するシステムや、コンテナをトラックなどへ移し替える自動フォークリフトなども開発している(図2)。これらは集荷場でも活用できる。さらに、ロボットトラクタなどを利用し、キャベツ栽培における耕起・畝立て・移植・防除・収穫を一貫して自動でおこなうことなども実証してきた。移植も自動化し、少し広い天面に畝立てすることで、キャベツが倒伏しづらくなるな

ど、機械収穫の効率を高めている。

これらの自動作業に必要な環境データや作業データは蓄積可能で、後年にもこれらの情報は活用できる。また、機械化やロボット化に適した品種もあり、機械で収穫しやすい育種や品種の選択も重要である。こうした技術やシステムはキャベツ以外の野菜にも展開可能であり、生産量の多い野菜から広がっていくだろう。

人手を多く要するにもかかわらず、開発に着手できていないのが、収穫機上での選果・調製・コンテナ収納などの作業である。ジャガイモ収穫機は土塊除去の自動化が進んできたが、キャベツやダイコンなど重量野菜のコンテナへの収納はこれからである。収穫機の操縦に比べ、熟練度が低くてもよいとはいえ、操縦者の3〜4倍の人手を要しており、自動化できれば省人効果は高い。圃場だけでなく、集荷場や選果場での高齢化と労働力不足も深刻で、都市部の野菜工場でも外国人技能実習生に多く頼っている状況で、農産物の供給は持続可能とは言えない。

これらに対応すべく、重量野菜をコンテナから取り出す2本の腕を持つロボット(図3)なども開発してきたが、現状は人ほどコンパクトではなく、利用に制約が多いうえ、柔軟で細かな作業もまだできない。

求められる汎用的機械

果実や施設栽培のトマトについては、ロボットアームとハンドを有し、自動移動可能な自動収穫ロボットを新規に開発した(図4・図5)。具体的には、野菜と同様に距離計測可能なカメラ

図3 重量野菜ハンドリングロボット

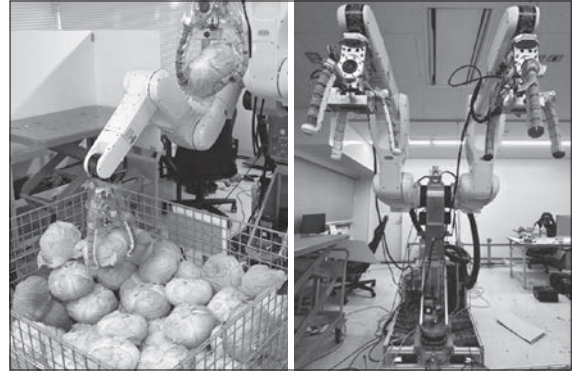


図4 ジョイントV字樹形用の自動収穫ロボット

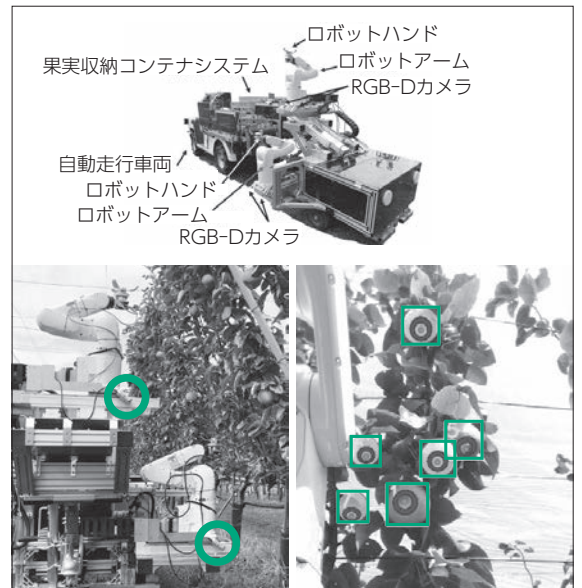


図5 ブドウ自動収穫ロボット



ラを通して果実などの育成度合いをAIで認識し、自動収穫・自動収納している。収穫適期に選択収穫するため、非接触の画像をベースにした収穫適期判断手法も開発している。

施設栽培の野菜の収穫ロボットについては、我々が企業との共同研究で開発したものなどにトマト用が販売されている。高い軒高のオーナダ型施設栽培は自動化しやすいが、慣行の施設栽培は、例えば自動収穫時の葉の扱いなどが難しいうえ、通路幅の制約も大きいことから、効率的に作業ができるロボットの開発が遅れている。同様に果実の自動収穫などの作業についても、枝葉の問題が大きく、果実はもちろん、枝などを傷めずに素早い動きで作業ができるロボットの開発は非常に難しい。

一方、導入には、ロボットが代替する作業により削減される人件費程度で購入できる価格が求

められる。このため、ロボットの作業効率を上げることが可能な樹形や摘果などによる事前の栽培作業が重要である。現在のロボット技術では、従来人の作業をそのまま代替することは困難だからである。

短期間に作業が集中するリンゴの摘果やブドウの摘粒などの作業の自動化についても現在開発を進めている。これにより、ロボットは長時間の利用が可能になるが、ロボットにとっては収穫よりも難しい作業になるため、対象となる果実や野菜の割合が減ることが懸念される。

図4のリンゴの自動収穫はジョイントV字と呼ばれる樹形を対象にしている。これは慣行樹形よりもロボットにとって非常に作業がしやすい樹形である。人が作業するにも軽労化が可能な樹形であり、ナシでは徐々に栽培面積が増えている。リンゴは、ナシに比べて栽培面積が広

がっていないため、現在はトルスピンドルという密植樹形に対応可能なロボットを開発している。さまざまな果実が同じような樹形で栽培されれば、対応するロボットも共通に利用でき、低コスト化や開発期間短縮が図れ、大変望ましい。果実は野菜と違って、1本の木を数十年にわたって利用するには数年かかるため、

簡単には樹形を変更できないという問題がある。さらに密植樹形には設備投資の必要もあり、投資の恩恵を十分に受けられる生産者でなければ、採用することが難しい。こうした状況を変えるためにも、スマート農業技術活用促進法が2024年に施行され、チャレンジする状況は整ってきている。現状では、これらの自動機械やロボットが対応できない野菜や果実、あるいは対応できない作業もある。労働力不足が深刻化するにつれて、他の作業も自動化が望まれる。

ただ、開発費や販売を考えると、生産量が少ない品目の多くをカバーするのは難しく、汎用的な機械やロボットが求められる。現在、急速なスピードで進むAIを活用した人型ロボット（ヒューマノイドロボット）は汎用性が高くなる可能性があるが、農業はまだ対象になっておらず、さらに人の手と同等の作業ができるロボッ

トハンドが開発されなければ、汎用性や柔軟性は低いままである。

生成AIなどを利用することにより、言葉で指示できるロボットも実現可能になってきている。今後開発を進める予定だが、かなり時間を要する状況である。特に日本では、農産物の見た目の品質が重要視されているが、これはロボットによる効率化にはあまり適していない。担い手不足で生産地が消滅する前に、流通・販売、あるいは消費者も含めて、品質について議論しておく必要があると考える。

地域連携でスマート農業活用

これまでに述べた自動機械やロボットは、販売に至っていないものも多いが、これらを導入し、効率的に利用するには、圃場もある程度の大きさが必要なため、受け入れ体制の準備が大切だ。

例えば、北海道鹿追町でキャベツ栽培の自動化に関するプロジェクトを推進してきたが、畝が200㎡程度の圃場が標準的であり、効率的に機械やロボットが稼働するためには直線部分が多いほうがよい。またトラクタや収穫機が旋回するためには、十分な枕地を圃場外縁部に設ける必要がある。「戦略的スマート農業技術等の開発・改良」(2022～24年度)では、作業にもよるが自動化により50%以上の労働力削減、所得2倍増などの実証結果が得られている。

また現在「スマート生産方式SOP(スマート農業技術導入・運用手順書作成研究」(25～26年度)において、全国にこのような方式を普及させる手順書の作成研究もおこなっている。ロボット

トラクタや小型トラックなどが圃場間を自動運転で移動するプロジェクトでは、分散圃場への対応も進んでいるものの、圃場が小さいと機械にとっては効率が悪い。一般的に農業機械を導入する場合も同様で、圃場を大きくすることにより、現在でも一定程度の効率化が可能である。

このような状況が整えば、メーカーによる自動機械やロボットの開発や販売も促進される。特に大きな企業にとっては、販売数が重要な動機となる。もちろん、北海道は機械化がしやすい環境ではあるが、北海道だからできるのではなく、耕作放棄地が増え続ける今こそ、その他の地域においても、どうすればできるのかを考え、実行に移す必要がある。中山間地・山間地など圃場の大規模化が難しい地域もあるが、そのような環境でも、根本的に大規模化が難しいのか、何らかの障害を取り除かれれば、解決できるのかを検討する必要がある。

もう一つの課題は機器の価格だ。自動機械やロボットを安価で提供できればよいが、現状はどうしても高価になる。今後の人手不足・担い手不足を考えると、周辺農家での共同利用、複数の生産者や地域で連携した法人化などを考えるべきだろう。効率的な機械やロボットの利用には、収穫日を分散する必要がある。それには生産計画や作業分担が重要である。また予備も含めて複数台の機械を持てば、柔軟性も向上する。さらに価格交渉力も高まると期待できる。

現在うまくいっている地域は既にこのようなことに取り組んでいるうえ、経営・販売にもIT技術を活用したシステムを導入している。人

には得手・不得手がある。役割の分担は重要だ。さらに、これらを最初に率いる人材が、農業に限らず、日本全体に不足している。勇気をもって、最初の一步を踏み出すことが大切だろう。

スマート農業で地域農業を次世代へ

高齢者の離農などにより、農地の供給が増え、人手不足で受け止めきれない現状もある。農作業のロボット化までには時間もかかる。その間をどのように埋めるのか。時間がかかるが故に、中長期的にフォローできる若い力が重要である。それを地域全体として考えずに、実現することは厳しい。

農作業の自動化・ロボット化の目的は生産の効率化・省人化であるが、これは地域に農業を残し、地域を存続させることにつながる。これが新規就農者呼び込みきっかけになり、農業を主軸とした周辺の産業を興す契機になる。

日本に限らず、世界的に、重労働は嫌われる傾向が強くなり、また都市に人口が集中してきている。しかし、それで本当の幸福が得られているかというと、必ずしもそのような状況でもない。生活の豊かさ、心の豊かさを持てる地域社会、地域経済をつくっていくことは大変重要であり、AIやロボット技術が進めば進むほど、このようなことは実感されるはずである。

農業も自動化・ロボット化を契機として、変革できるはずであり、そのためにも皆で若い力を育て、見守り、知恵を出し合う仕組みをつくることが重要である。ただし、時間の猶予がそれほどないことは心に留めておく必要がある。

