

スマート農業を支える基盤研究の現状と将来像

Agricultural Engineering Research for the Realization of Smart Agriculture in Present and Future

土居 邦 弘*
(Doi Kunihiro)

I. はじめに

総合科学技術・イノベーション会議 (CSTI) が、第 5 期科学技術基本計画においてわが国が目指す社会の姿としてサイバー空間とフィジカル (現実) 空間を高度に融合させたシステムにより経済発展と社会的課題の解決を両立する Society 5.0 の実現を提言してから 3 年が過ぎようとしている。農研機構では 2018 年 4 月、民間企業出身でかつ CSTI の議員を務めた新理事長の指揮のもと、農業分野での Society 5.0 を目指し、これを実現するための手段をスマートフードチェーンと名付け、育種、生産、加工・流通、消費に至る一連のプロセスすべてにおいて「AI+データ連携基盤」によりスマート化をはかり、生産性の向上、無駄の排除、トータルコストの削減、高付加価値化などを目指した研究を促進するとともにこれを効率的に推進するための組織改革を進めているところである。スマートフードチェーンのうち、生産に関わる部分はスマート農業と呼ばれ、農村工学研究部門では水管理、防災・減災対策、農地整備などにおいてスマート技術の開発を進めているところである。本報においては、現在、当部門が中心となって開発を進めている技術開発を通して、近未来の担い手に農地が集積した農業および農村の将来像について展望する。

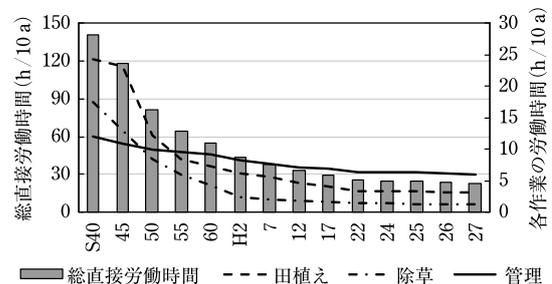
II. 水管理技術

1. 研究の現状

水管理に関しては、これまで ICT や IoT という言葉は使ってこなかったが、ダムや頭首工などの水資源施設を有する土地改良事業において公衆回線を利用した遠隔監視や遠隔操作などの技術が 1970 年代後半から導入されており、最新の技術との親和性が最も高い分野である。当部門においては、管理の効率化、コストの縮減という切り口でさまざまな研究を進めている。本節ではパイプライン地区での実証が進んでいる 2 つのスマート技術開発について紹介する。

(1) 圃場の水管理 圃場の水管理は、水田農業が農作業の機械化や大区画化によって効率化が進む中、最も効率化が遅れている作業である (図-1)。

圃場水管理システムは、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (以下、「SIP」という) において、民間企業と連携して開発したシステムで、水田の水位や水温をクラウド経由でユーザーに伝えるとともに、ユーザーが携帯情報端末を操作して給排水口に設置された装置を稼働させ、遠隔または自動で水田の水管理を行うものである¹⁾ (写真-1)。2018 年度までに、全国 9 地区、約 45 ha で現地試験を実施し、収量・品質に影響を与えることなく、水管理に要する時間を平均約 80%削減できることが実証された²⁾。本システムを活用した製品は 2018 年 3 月に先行的に販売され、



出展) 農林水産省農産物生産費統計。
注) 圃場の水管理は図中、「管理」に含まれる。

図-1 水稲作における労働時間の推移



写真-1 圃場水管理システムと iDAS (ポンプ場内)

*農研機構農村工学研究部門



スマート農業、水管理、防災・減災、農地整備、技術開発

2019年度より本格販売が開始された。今後、技術革新と普及の進展により価格が下がり、導入する農家も増加するものと考えられる。

(2) **水利施設の水管理** 圃場ブロックへの配水は農家の作付計画に合わせて土地改良区など水利施設の管理者が実施しており、配水時点での圃場状況を反映したものとなっていないのが一般的である。用水が不足しないことが大前提であるが、実際には必要用水量以上が配水され、余水や余剰な電気代が発生している。圃場—水利施設連携型水管理システム (iDAS) は、こうした課題に対応し、おおむね数 ha から数十 ha までの規模の水田を対象にポンプ場が圃場ブロックでの実際の水需要に対応して運転するような制御装置を設置するとともに、水掛の水田に設置される圃場水管理システムなどと通信連携して、遠隔または自動で配水管理を行うことを狙いとしたものである (図-2)。本システムにより、管理労力が軽減されるだけでなく、需要に応じた給水を行うことにより、ポンプの電力量が約 40%削減することが現地実証試験で把握されており³⁾、現在、実際の事業での導入に向け準備を進めているところである。

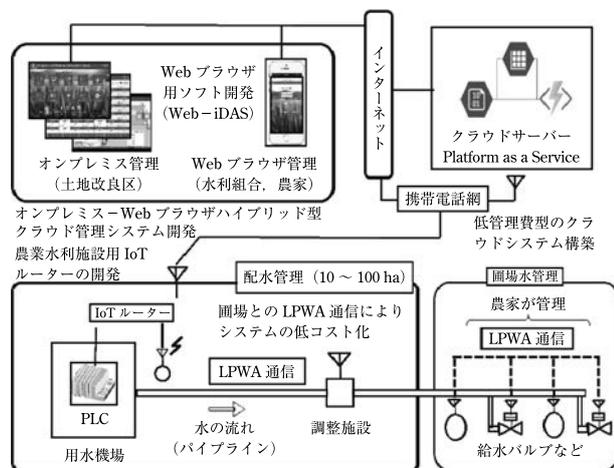


図-2 iDAS のシステム構成

2. 技術開発と農村の将来像

(1) **技術開発の将来像** 10年以内にセンシングとAIを組み合わせた開水路まで対象とした低コストの圃場水管理システムが開発される。また、圃場水管理システムは作物生育モデル、メッシュ気象データと組み合わせられ、作付けした作物(品種)と作付けの時期に応じた水需要を基本に、その時々降水量および圃場の水位情報に基づき、文字通り補給灌漑的な水管理が実現する。さらに、圃場での水需要がポンプ場や調整池といった水源施設に直結するようなシステムに拡充される。加えて、水源施設で実需要のデータが蓄

積され、中長期的にはAIなどによって現実的な水需要データが提供され、ダムや頭首工といった基幹水利施設からの配水も、水利権などの制度的にクリアすべき要件は存在するが、土地改良区単位、さらには流域単位で圃場の水需要をより高精度に反映したICT水管理システムが実現すると考えられる。

なお、ICT水管理システムは農産物の品質や収量を増加させるものではなく、労働コストを削減させるものであることから、機器導入や通信費など追加的に発生する費用について削減努力を継続するとともに導入メリットの活かし方に配慮する必要がある。

(2) **農業・農村の将来像** 農家は圃場に足を運ぶことなく一筆ごとの的確な水管理が可能になることから、遠隔地や点在した圃場での栽培、収穫時期を分散するための作付け、水需要の異なる品種の作付けなど、多様な栽培形態が可能になる。また、効率化によって生じた労働時間は規模拡大やより収益性の高い作物生産、あるいは加工商品開発や販売に当てることができるようになり、農業が産業として自立することを後押しする。

土地改良区は見回りや配水のための労力が削減されるだけでなく、無駄な配水がなくなり管理コストが低減し、また、流域単位の大規模な施設管理に発展し、さらに管理コストが低減する可能性がある。このことで受益農家への経常賦課金も安くなり、農家経営に好影響を与えることが期待される。

III. 防災・減災対策の技術

1. 現状

防災・減災に関して、スマートフォンにより地震・豪雨時の防災情報が閲覧でき、現地から被害報告ができる「ため池防災支援システム」については、2018年農業技術10大ニュースに選ばれ、先だって成立した「農業用ため池の管理及び保全に関する法律」の枠組みの中での活用が予定され、農研機構においても2018年度の重点普及成果として取り扱っている。同システムはこれまで繰返し紹介してきているため、本報ではとりあげず、防災技術としてのパイプラインと基幹水利施設(排水機場および防潮水門)に関する技術開発について紹介し、将来像を展望する。

(1) **パイプライン** 全国には約1万2千kmの基幹的農業用パイプラインがあり、老朽化に伴い漏水事故が増加する傾向にある(図-3)。

パイプラインの漏水の有無を把握するため、SIPの資金を活用して水中マイクを内蔵したロボットをパイプライン内に流下させ、収集した音のデータから漏水位置を探索する技術の開発を進めている。感知精度は

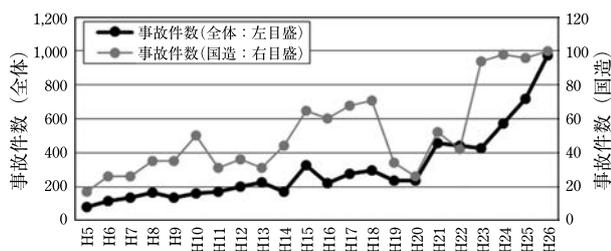


図-3 パイプラインの漏水事故件数の推移⁴⁾

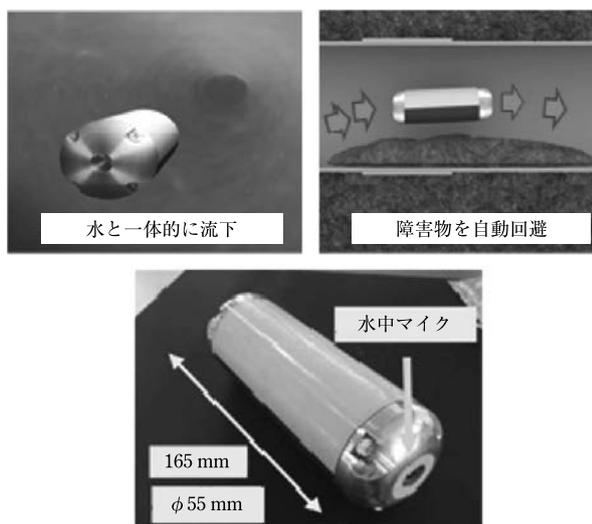


図-4 漏水探査ロボットのイメージ図

模擬管路（延長 150 m）で 4 m の誤差で漏水地点を検知でき、実証試験を進めている（図-4）。

さらに、パイプラインの圧力変動を観測して得られる圧力波形はシステム全体の情報を含み、パイプラインシステム固有の波形を示す。その性質を利用して、圧力波形の変化から漏水位置や漏水量を特定する技術についても開発を進めている。

(2) 基幹水利施設（防潮水門、排水機場など）台風や津波など大規模な海象が発生した際、防潮水門はその機能を発揮することが求められるが、通信網やアクセス道路の寸断などにより、現実にはその動作を確認できないことがある。農研機構では 2018 年 10 月、人工知能とデータ基盤を統合した農業情報研究センターを設立し、農業・食品産業分野のスマート化を推進しているが、当部門では同センターを活用し、AI による画像認識により高波・高潮・津波による浸水時の閘門・水門の開閉・閉塞状況を把握する技術開発を第 2 期 SIP の資金を獲得して進めており、5 年後の実用化を目指している。

また、広域の大規模災害発生時に直接現地へ赴き確認することが困難な基幹水利施設、たとえば、山間部のため池などの被災状況について衛星画像を AI により解析することで把握する技術開発を予定している。

さらに排水機場は、管理規則に基づき操作されるが、気象状況、およびそれに伴う流出量の変化などあらかじめ想定することが困難な要素も多く、実際には管理者の経験に依存するところも大きい。現在、ポンプの操作の基準となる遊水池水位を人工ニューラルネットワーク（脳の働きを人工的に再現したもの、AI の一種）によって推定する技術開発も進めており、シンプルな排水管理を行う流域で人工的に生成された降雨流出データを学習させた場合には、実験レベルではほぼ大きな誤差がなく予測できており、今後、学習に十分な観測データを用いる現地実証を経て排水機場の管理に適用していく計画である。

2. 将来像

(1) 技術開発の将来像 今後、非破壊での検知技術、たとえば経常的な水圧監視によってパイプラインの漏水などの異常を高精度で検知できる技術が 5 年以内に開発される。また、時間を要すると考えられるが検知した漏水箇所を開削することなく、通水状態で簡易に修復する技術も開発され、パイプラインの漏水事故は減少し、結果として施設全体の長寿命化も進展する。

ため池、排水機場、防潮水門といった基幹水利施設は、地震や台風といった大規模な災害要因の発生に際し、AI と ICT を駆使した技術開発により施設が最大限に機能を発揮し、災害の発生を最小限に抑制する。さらに、将来的には水源施設から水路、農地、排水路、排水機場、水門に至る水でつながるすべての用排水施設が AI と ICT により一元的に管理できるシステム開発へ進んでいくと考えられる。

(2) 農業・農村の将来像 農村は自然が豊かであることの裏返しであり、災害に対して脆弱であったが、安価でリスクを予知・低減させる技術開発により、日常的な管理・非常時の管理とも農家、農村居住者の負担が少なくなるだろう。このことは、人口減少・高齢化の進展が継続する中、災害への脆弱性が農村存続の致命的要因ではなくなると考えられる。また、当然のことながら、災害リスクの低下は中長期にわたる農業のコスト縮減につながり、産業化へ後押しをすることになる。

IV. 農地整備の技術

1. 現状

農地整備に関しては、TV 番組で取り上げられた自動走行農業機械（以下、「自動走行農機」という）に適した生産基盤について検討を進めている。自動走行農機の使用条件は、「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン（以下、「ガイドライン」という）」に定められおり、現在の使用条件はレベル 2、すなわ

ち有人監視下での圃場内走行に限定されている⁵⁾。この使用条件に適した生産基盤は大区画圃場などであり、これまでの農地整備の方針でおおむね対応できると考えられる。一方、将来的には一層の自動化を目指してガイドラインの対象がレベル2からレベル3（遠隔監視下での完全無人化）に引き上げられる動向を見据え、レベル3に対応した生産基盤の工学的要素、農道の配置、圃場進入路の構造などについて、第2期SIPに参画して研究を進めている。近い将来にはレベル3の使用条件と自動走行農機に対応した農地の基本的な規格が明らかにされるであろう。

2. 将来像

(1) **技術開発の将来像** 自動走行農機は代替えする農作業の効率化あるいは効率化した時間に生み出す別の利益が導入コストを上回ることが普及の前提となるが、早晚、技術革新と市場拡大により価格が下がり問題ではなくなるだろう。また、ブルドーザやトラクタといった土木機械は、機械の効率的運用の観点から、その施工能力を利用して農業に参入してくる可能性がある。その際、土木機械の規格（幅員、荷重など）に対応した農地整備（耕作道の幅員、転回半径、構造物の耐圧設計など）の面で、これまでと異なった観点での検討が必要になる。さらに、自動走行農機は平地農業を対象に開発されているが、対象地域はいずれ中山間地域に広がり、狭隘な圃場や急傾斜などを前提にした開発が進み、これに対応した農地整備が行われ、担い手農家により産業として自立した農業が展開される。他方で作業の効率化により生み出される便益には限界があり、投資規模が制限され、農作業の自動化、それに適応した農地整備は平地と異なる発展を遂げると考えられる。

(2) **農業・農村の将来像** AIやICTなどによる技術革新は農業を効率化させ農家の数を減少させることになるが、本地面積以外の土地利用、畦や法面、耕作道の管理は効率化が進むものの、農家だけでこれらを管理することは困難である。これまで同様に非農家も景観や生活道などの便益を享受することから、農村の社会的共通資本として管理していかざるを得ないと考えられる。その際、農業面以外の管理が荷重になる農地、たとえば山間部で鳥獣害への対応や長大な法面管理などが発生する場合、農地のセットバックも視野に入れる必要もあると料する。

V. まとめに

ここで紹介した技術の実現によって農業生産基盤の管理はスマート化が急速に進展、すなわち大規模、複雑な営農であっても農作業や水管理にかかる時間やコストは縮小し、農業が産業として自立する道を歩み始めるものと考えられる。繰り返すがICTやAIを用いた技術は効率的な農業を実現するが、農産物の増産や質の向上を約束するものではない。また、産業として効率化を進めることは、経済的に比較することが難しいが、農村の環境や景観に対してマイナスの影響を与える可能性があることは容易に想像できる。さらに農作業、用水管理、水路・農道の維持管理などを通じて醸成されてきた農村らしいコミュニティ活動や人間関係も変容することも間違いない。スマート農業という聞き心地のよい言葉に踊らされることなく、先に挙げた課題についても検討を進め、バランスよく農業と農村が発展できる基盤研究成果を提供することこそが当部門の使命と考えている。

引用文献

- 1) 若杉晃介, 鈴木 翔: ICTを用いて省力・最適化を実現する圃場水管理システムの開発, 水土の知 85(1), pp.11~14 (2017)
- 2) 鈴木 翔, 若杉晃介: 圃場水管理システムによる現地圃場の稲作水管理への効果, 水土の知 86(12), pp.17~20 (2018)
- 3) 中矢哲郎: 土地改良施設の管理におけるICTの活用—圃場と土地改良施設が連携した水管理制御システムの開発—, 材料と施工 56, pp.33~41 (2018)
- 4) 山口康晴: 農業用管水路の事故要因と対策に関する事例分析, 水土の知 85(8), pp.51~54 (2017)
- 5) 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について, http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/attach/pdf/index-5.pdf (参照 2019年5月31日)

[2019.7.24.受理]

略 歴

土居 邦弘 (正会員・CPD個人登録者)



1959年 香川県に生まれる
1982年 九州大学卒業
農林水産省入省
2019年 農研機構農村工学研究部門長
現在に至る