

水田の水管理における 遠隔・自動制御システム

農研機構 農村工学研究部門
農地基盤工学研究領域
鈴木 翔

水稲栽培に必要な水管理の労力は担い手農家たちの大きな負担となっている。近年では、農地集積の進捗により移動距離が増加することや複数品種、栽培方法などの組み合わせにより水管理が複雑化することも大きな問題である。そこで、ICTを活用し、水管理状況のモニタリングおよびそれに基づいて灌漑・排水を遠隔および自動制御することで、水管理の省力化と最適化を実現する圃場水管理システムを開発した。本システムは給水バルブと落水口に接続する水位センサーが付属された制御装置、通信用の基地局、サーバーソフトで構成されており、様々な状況に対応した水管理が可能である。現地実証試験では、水管理労力を約8割削減し、それによる減収や品質低下は見られなかった。

はじめに

我が国における水稲作の労働時間のうち灌漑や排水に係わる管理作業は全労働時間の約3割（農林水産省農産物生産費統計）を占めている。その中でも、日々の経常的作業である水管理は作業自体が単純であるにもかかわらず、機械化が行われていないため、他作業に比べて省力化が十分に進んでいない現状にある。特に、分散農地を含む数10～100筆を耕作するような担い手農家にとって、水管理作業は相当に大きな負担になっている。また、水稲を大面積に耕作するには、飼料用米を含めた複数品種の作付け、および移

植や直播などの栽培方法の組み合わせは不可欠であり、必然的に水管理は従来よりも複雑化している。そのため、適切な水管理が困難になっており、水稲の品質維持にとって大きな障害になっている。

既存の給排水技術として、給水は設定した水位を一定に維持する機能を持つ自動給水栓（オートバルブ）が広く用いられているものの、モニタリング機能や水位調節機能、遠隔制御機能などは有しておらず、圃場の水位だけではなくオートバルブ自体の稼動状況も現地で確認する必要がある、十分な省力化技術とは言い難い。また、整備された水田の落水口（排水口）はコンクリート枡が備わっており、堰板による調節によって湛水と排水の操作を行う場合が多いが、遠隔または自動で制御するような技術は皆無である。そのため、排水作業や降雨時の臨機応変な対応は各落水口まで行って手作業で行う

必要があり、負担が大きいだけではなく、安全面からも問題である。このように、既存の技術では十分な省力の達成や複雑な水管理に対応できるような精緻な水管理を行うのは難しい。

1. ICTを活用した圃場水管理システム

(1) 圃場水管理システムの概要

水稲作における水管理労力を大幅に削減するには、現地に行かずに水位が確認でき、生育状況や気象状況に応じて、水位を遠隔または自動制御することが必要となる。そこで、ICT（Information and Communication Technology）を活用し、水位や水温などの水管理状況をパソコンやモバイル端末などによって遠隔でモニタリングする機能を有し、その数値に基づき、各水田に備わった給水バルブや落水口



図-1 圃場水管理システムの概要図

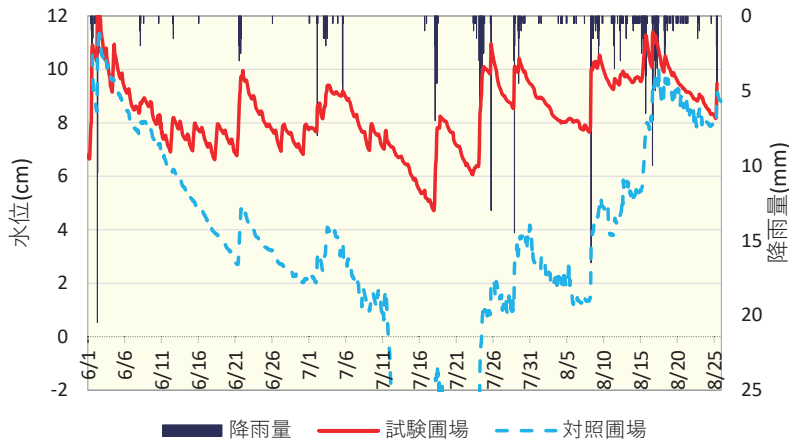


図-2 システムの有無による水位変動の違い (地区C)

に制御信号を送って給排水操作が可能な圃場水管理システムを開発した (若杉・鈴木 2016)。本システムは給水と排水の操作を行う制御装置および水位・水温センサー、インターネット通信を行う基地局、およびクラウド上のサーバーソフトによって構成されている (図-1)。

(2) 給水バルブ・落水口制御装置の特徴

本システムで開発した制御装置は、遠隔による制御信号を受信して給排水操作を行う装置である。装置は、ソーラーパネル・バッテリー・アンテナ・通信機器・手動操作パネル・制御基板・モーター・ギア・水位センサー・水温センサーを一体化し、小型化を図っている。

この制御装置の特徴の1つとして、既存の給水バルブならびに落水口に後付けできる仕様が挙げられる。従来の自動給水栓は専用バルブであるため、設置するには土木工事が必要となっていた。また、給水バルブは公共の水利施設の一部であり、農家による交換は行うことができないため、自動給水栓を容易に導入することは困難であったことに配慮した結果である。特殊なアタッチメントと回転軸を採用しているため、国内主要メーカーの多くのバルブ

に取り付けることができ、バルブの開度レンジの設定や任意の開度調整が可能であることから異なる規格にも柔軟に対応することができる。

その他の特徴としては、開水路の制御にも対応していること、給水口と同一の機械で落水口の制御も可能であり、給排水操作を連携して行うことができることなどを挙げる事ができる。

(3) 通信システムとサーバーソフトの特徴

水管理に必要なセンシングデータは給水バルブに設置した制御装置に有線で接続された水位・水温センサーにより一定間隔 (本システムでは1~20分間隔) で取得し、制御装置に内蔵される通信機器 (子機) から基地局 (親機) に送信される (図-1)。複数の給水側制御装置から基地局に集められたセンシングデータは携帯通信のインターネット回線を通じてクラウドおよびサーバーに送信する。得られたデータを基に管理者はPCやタブレット、スマートフォン等の端末からサーバーにアクセスし、水田から離れた場所から水田内の水管理状況をモニタリングすることができる。加えて給水と排水の制御信号をセンシングデータと同様に基地局を経由して、各給水バルブや落水口 (子機) に送信することができ、

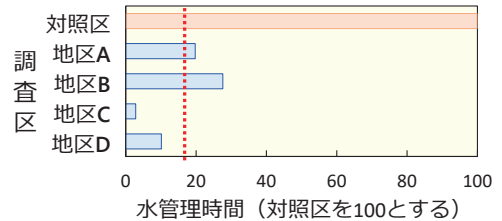


図-3 現地実証試験における水管理労力の削減率 (農研機構, 2018より一部改変して引用)

※水管理の調査日数:A:84日, B:65日, C:42日, D:110日

離れていても給水や排水の制御が可能である。

以下、基地局から送られたセンシングデータを収集し、様々な機能を実行できるサーバーソフトについてまとめる。①データ表示閲覧機能:水位や水温センサーのデータを表示、グラフ化する。②バルブの遠隔操作機能:給水バルブと落水口をリアルタイムに遠隔操作する。③水管理の自動制御機能:センシングデータを元に設定した水位を自動制御する。④時間灌溉機能:夜間灌溉など灌溉する時間を設定する。⑤気象災害時の警告機能:設定した水位よりも実際の数値に差が生じた際に警告 (メール) する。また、想定される水温よりも高温または低温の場合についても同様。⑥圃場間連携機能:数10~100枚程度の圃場を同一の作付け体系でグルーピングし、同一の水管理体系で管理する。

2. 現地実証試験

本システムは、現在全国の複数箇所で行われている現地実証試験を実施している。実証地区では、本システムを設置した試験圃場と一般的な整備が施されている対照圃場を設け、それぞれで水稲作時の水位変動や水管理にかかる労力を調査した。調査期間中の水管理は、試験圃場は若杉・鈴木 (2016) に倣って、任意の設定水位と制御レンジを用いる制御レンジ設定管理を行った。対照圃場に関しては、各地の耕作者が従来か

●品種、移植日、地点の登録で最適水管理が可能

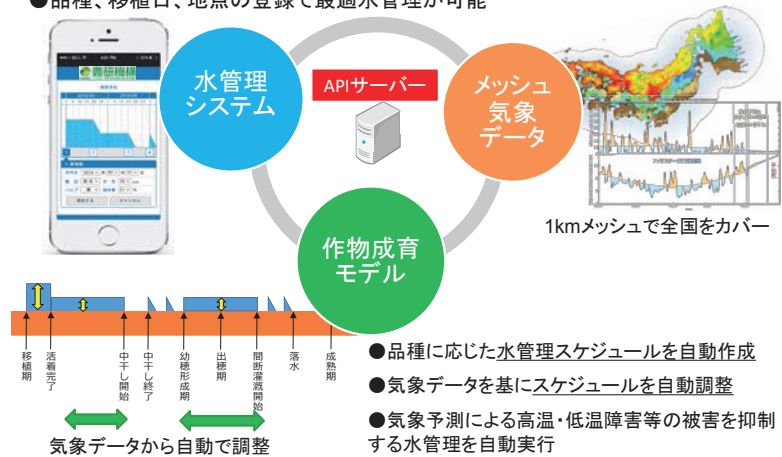


図-4 最適水管理アプリの概要図

ら行っている水管理手法そのままとした。水管理労力は、試験圃場および対照圃場それぞれの水管理にかかった時間を作業日誌に記録させ、それを集計することで求めた。それぞれにかかる時間は、試験圃場では携帯端末から各水田の水位などを閲覧する時間および遠隔制御にかかる時間の合計、対照圃場では各耕作者の拠点から水田までの移動および現地での水管理作業にかかる時間の合計となる。

本システムを用いた水管理による水位変動の一例として地区Cの結果を示す(図-2, 期間6/1~8/26)。期間中の7/11~7/25においては、耕作者の意向により、給排水口での水の動きを完全に止め、浸透および蒸発散のみで水位が減少している期間である。試験圃場の水位変動は、設定水位を8cm(制御レンジ1cm)に設定したため、雨による急激な水位上昇がない場合においては水位7~8cmに安定して保たれていた。一方、対照圃場は試験圃場に比べ、水位の変動幅が大きかった(大雨を除き、水位2~8cm程度)。

実証地4地区の水管理労力の削減率は、平均で約8割減少させる結果となった(図-3)。4地区の削減率には7~9割とばらつきがあるが、これは各地の圃場の整備状況や水利条件の違い、圃場の位置などによるものである。また一部ではシステムの利用に慣れておらず、必要がなくても携帯端末などから水位確認をしてしまうことや不慣れによって操作に時間がかかる

ことなどのシステムの習熟度も関係していると考えられる。

水稻の収量や品質については、詳細な数値は掲載していないが対照圃場と同等の値を得た。つまりは、システムにより水管理を大きく省力しつつも、同等の収量と品質を確保できることがわかった。

おわりに

(1) 今後の展開

本システムをAPI(Application Programming Interface)によって他のコンテンツと連携することで更なる効率化と高度化が可能である。その一例として、本システムと1kmメッシュで気温や湿度、降水量や気象予測が得られるメッシュ農業気象データ(農研機構2014)と栽培品種ごとの発育モデル(堀江・中川1990)を連携することで、品種や移植日、地点の情報を使用して、気象条件の変化にも対応した最適水管理スケジュールを作成し、それを本システムで実行することが可能となる(図-4)。これによって、作期を通じて最適水管理を自動で行うことができ、水管理労力の大幅な削減に加えて、天候を起因とする減収の

抑制や品質の向上などの効果も期待できる(若杉ら2018)。

(2) まとめ

本研究では新たに開発した圃場水管理システムの概要と機能について整理し、全国各地で行われている現地実証試験の結果の一部を報告させていただいた。

圃場水管理システムは給水バルブと落水口のIoT(Internet of Things)によって高度な機能を有しており、クラウド上で様々なツールと連携することでより利便性を高めることができる。例えば、本システムと幹線水路やポンプなどを制御する広域水管理システムと連携することで、水資源を効率的かつ安定的に供給することがこれまでよりも容易になるほか、ポンプ場などの水利施設の維持管理労力や費用の低減にもつながる。また、営農面では近年普及しつつある営農計画支援ソフトと連携することで、本システムの利便性が向上するだけでなく、田植えや防除といった営農計画にあわせた細かな水管理作業を自動で行わせることも可能になり、より大きな省力効果を生むこともできる。

謝 辞

本研究は、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」(管理法人：農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター) によって実施された。本稿に執筆にあたり、農林水産省の若杉晃介氏には多くのご助言をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 農林水産省 2016. 農産物生産費統計, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/
- 農林水産省 2014. 土地改良事業計画設計基準 計画 ほ場整備 (水田)
- 若杉晃介・鈴木翔 2016. 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. 農業農村工学会誌 85(1), 11-14.
- 農研機構 2018. 農業農村整備のための実用新技術成果選集 (2018), 12.

- 農研機構 2014. メッシュ農業気象データ利用マニュアル, <http://adpmit.dc.affrc.go.jp/paper/index.html>
- 堀江武・中川博視 1990. イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 第1報モデルの本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日本作物学会紀事 59(4), 687-695.
- 若杉晃介ら 2018. 圃場水管理システムを用いた ICT のフル活用による高機能水田地帯の構築. 農業農村項学会誌 86(4), 289-292.

統計データから

平成 30 年集落営農実態調査 ① —構成する農業集落と農家数—

平成 30 年 2 月 1 日現在の集落営農数は 15,111。その集落営農数を全国農業地域別 (表-1) にみると、東北が最も多く、次いで九州、北陸の順となる。そのうち、集落営農に占める法人数は 5,106 で、その法人の割合をみると、全体では 33.8% であるが、地域別では北陸が 50.1% と最も高く、次いで中国 41.6%, 東海 35.7% の順となっている。その割合が低い地域は、北海道 14.9%, 東北 26.0%, 近畿 26.5% である。

集落営農を構成する農業集落数規模別に集落営農数割合 (表-2) をみると、一つの農業集落で構成されている集落営農が

73.7% と大半を占めている。また、法人の集落営農では、5 集落以上で構成されている集落営農数の割合は 9.5% となっている。

集落営農を構成する農家数規模別に集落営農数割合 (表-3) をみると、10～19 戸で構成されている集落営農が 26.6% と最も高く、次いで 20～29 戸が 19.3%, 9 戸以下が 19.0% の順となっている。また、1 集落営農当たり構成農家数でみると、法人は 41.0 戸であるのに対し、非法人は 30.1 戸となっている。

(K.O)

表-1 全国農業地域別の集落営農数

全国	北海道	東北	北 陸	関東・東山	東 海	近 畿	中 国	四 国	九 州	沖 縄
15,111	269	3,344	2,383	1,055	788	2,147	2,144	559	2,415	7
法人割合 (%)	14.9	26.0	50.1	33.3	35.7	26.5	41.6	30.6	30.6	-

表-2 集落営農を構成する農業集落数規模別にみた集落営農数割合 (全国)

農業集落数	1	2	3	4	5～9	10集落以上
割合 (%)	73.7	10.3	5.1	3.6	4.6	2.6

注) 集落営農を構成する農業集落数は 30,708 集落。

表-3 構成農家数規模別にみた集落営農数割合 (全国)

構成農家数	9戸以下	10～19戸	20～29戸	30～49戸	50～99戸	100戸以上
割合 (%)	19.0	26.6	19.3	18.4	11.7	5.0

注) 構成農家数は 510,680 戸、1 集落営農当たり構成農家数は平均 33.8 戸。