

情報通信技術を備えた圃場給水機による減水深推定の課題

*Issues of Estimation of Water Requirement Rate from Irrigation Device
with Information and Communication Technology*

坂田 賢*
(SAKATA Satoshi)

友正 達美*
(TOMOSHO Tatsumi)

I. はじめに

未来投資戦略 2018 では、Society 5.0 の実現に向けた取組みとして「農林水産業のスマート化」が掲げられ「2025 年までに農業の担い手のほぼすべてがデータを活用した農業を実践」することを指標として「農業のあらゆる現場で、センサーデータとビッグデータ解析による栽培管理の最適化（略）による無人化・省力化や規模拡大・生産性向上を進める」ことが記されている¹⁾。情報通信技術（以下、「ICT」という）を活用した農業として、圃場ごとの作業記録などを行う営農管理システム、圃場にセンサを設置して気象要素や画像データの取得を行うセンシング技術、農家の知識や経験を形式化するシステムなどがあり、これらを統合した作物生育予測の精度向上に寄与することなどが期待されている²⁾。ただし、農業生産は気象や土壌などの多様な要素の影響を受け、条件を揃えたデータを多量に収集することが難しいため、データの標準化などビッグデータを再生産できるような基盤の整備が求められている³⁾。

農業水利施設では、頭首工から圃場まで、水利システムの要所に ICT が社会実装される段階にあると考えられる。たとえば、幹線水路と関連施設の重要度に応じてクラウドとオンプレミスを組み合わせた水管理システムが構築された事例⁴⁾、支線・配水施設の監視と最適制御が可能なシステム開発⁵⁾、圃場における通信が可能な給水機（以下、「ICT 型給水機」という）の実証試験^{6),7)}などがある。これらの技術は施設管理や営農の効率的かつ省力的な運用を実現することを一義的な目的としていると考えられるが、取得されたデータをさまざまな用途に活用することが期待される。

ICT 型給水機の場合、圃場の水位や取水に関するデータが取得できると、計画用水量の構成要素となる「ほ場単位用水量」⁸⁾の算定に活用することが期待される。ICT 型給水機を利用したほ場単位用水量の分析例として、湛水深が周期的に増減する期間を抽出して

減水深の推定が行われている⁹⁾。用水計画に反映させるためには、まとまりのある区域を対象に減水深推定を行う必要があり、多量のデータからほ場単位用水量を推定する場合には、湛水深データを目視で判別することは現実的ではなく、統一的な基準を設けて機械的に算出することが求められる。

本報では、圃場に設置された 15 機の ICT 型給水機から得られたデータを用いて減水深推定を行い、取得データの利用可能性と課題について検討を行った。

II. 調査および方法

1. 調査地・圃場概要

調査地は、新潟県燕市に位置するパイプライン水路が整備されている地区を選定し、図-1 に示すとおり、隣接する圃場 10 筆（以下、「調査圃場」という）を選定した。各圃場の面積は約 43 a~1.3 ha、品種は早生（こしいぶき）、中生（コシヒカリ）、晩生（新之助）から 1 品種ずつ計 3 品種選定した。

各圃場には給水栓が 1~3 カ所あり、20 分ごとに水位と給水栓開度の計測と通信が可能な ICT 型給水機（クボタケミックス製：WATARAS）がすべての給水栓に設置されている。水位は給水栓から有線で接続されているため、給水栓近傍の水位が記録される。ま

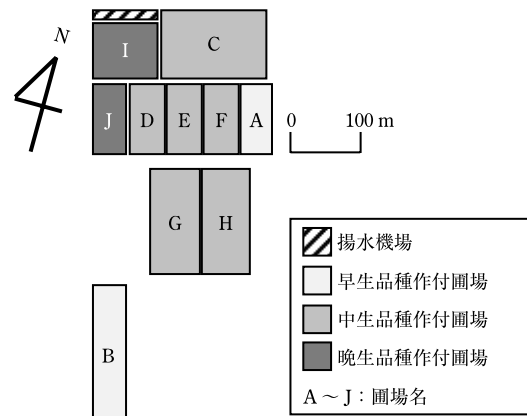


図-1 調査圃場と揚水機場の配置と作付品種の概要

*農研機構農村工学研究部門

ICT 型給水機、減水深、水位、給水栓開度、水収支項目、圃場水管理、用水計画

た、給水栓開度は閉栓をゼロ、全開を100として開栓の割合が示される。調査圃場では圃場整備により地下水水位制御システム¹⁰⁾が導入されている。ICT型給水機は既存の低圧用給水栓に接続させた。整備完了後の作付けは2018年度から行われ、調査を実施した2019年度は作付け2年目となる。排水側は地下水水位を調整する水位制御器と地表排水位を調整するスライド管が独立して施工されている。

2. 減水深の推定方法

減水深を蒸発散量と浸透量の和とし、ICT型給水機から得られた給水栓開度と水位データを用いて以下の水収支式より推定（以下、「推定値」という）した。

$$ET + P = (R + Q_{in}) - (Q_{out} + \Delta S) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、蒸発散量： ET 、浸透量： P 、降雨量： R 、取水量： Q_{in} 、排水量： Q_{out} および湛水深の変化量： ΔS である。なお、ICT型給水機では降雨量、取水量および排水量は得られないため、すべてがゼロとなる期間を抽出して推定値を得た。具体的には、連続する2時点（20分ごと）を比較して水位が上昇している場合と、給水栓開度がゼロを上回っている場合は圃場外からの流入があると判断して計算から除外した。排水に関しては、強制落水が必要な場合を除き、排水が生じないようスライド管を高く維持するよう耕作者に依頼し、常時ゼロと仮定した。

推定値の検証のために、揚水機場の敷地内で、降雨量を測定し、降雨イベントの影響を除外して減水深の計算（以下、「検証値」という）を行った。具体的には、降雨と取水の両方が観測されていない期間を抽出し、その期間の開始と終了時の水位データを用いて式（1）より減水深を求めた。なお、降雨前後12時間に降雨がない時系列を1降雨イベントとし、降雨イベント以外の期間（以下、「無降雨期間」という）を検証の対象とした。推定値と同様に、給水栓開度のデータから取水の有無を判断した。

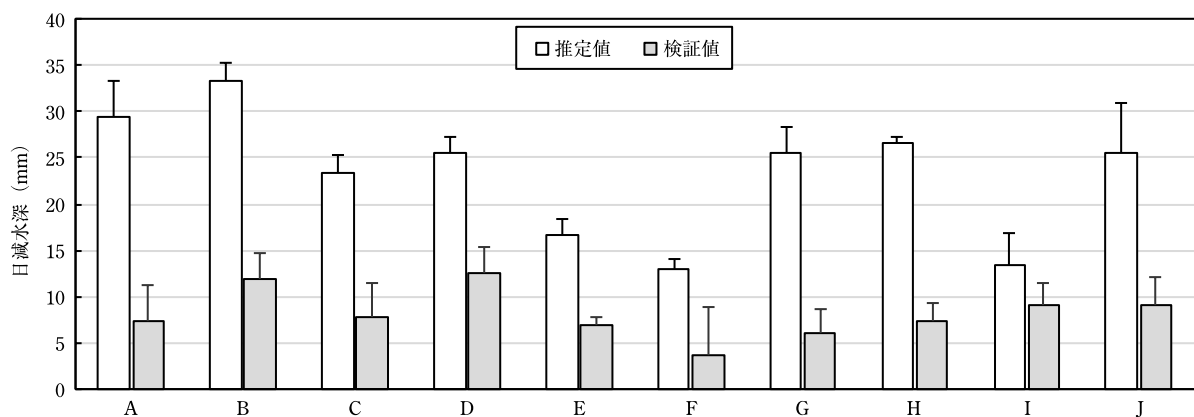
測定間隔はICT型給水機のデータ取得間隔に合わせて20分間とし、減水深計算の期間は2019年5月15日から8月31日までとした。

III. 結果と考察

1. 計算方法の違いによる減水深の相違

図-2に調査圃場における日減水深の比較を示した。詳細は後述するが、1つの推定値または検証値の計算期間は24時間未満の場合もあれば10日間程度の場合もあった。このため、図に示した平均値（棒グラフ）は減水深の総和を計算期間の総和で除した値を表記し、標準誤差（縦棒線）は計算期間ごとに求めた日減水深から算出した値を示した。

推定値はすべての圃場で検証値を上回っている。推定値と検証値の水位と給水栓開度のデータは同値であるため、両者に差が生じる要因は降雨の取扱いのみである。推定値の算定にはICT型給水機のデータのみで減水深を求めており、降雨データを用いていない。式（1）から減水深を求めるためには降雨量が必要となるため、降雨期間を除く必要がある。II.2.で述べたとおり、降雨時には水位が上昇すると考えられるため、水位上昇が観測される場合に推定値の計算から除外した。このため、無降雨であっても測定誤差により観測水位が上昇する場合には推定値の計算から除外し、低下する場合には減水深として付加されるため、減水深が検証値に比べて過大評価となる。同時に、水位上昇時は日減水深推定の計算期間に含まれないため、日減水深推定の除数が検証値に比べて過小評価となり、日減水深の値は過大評価となる。このほか、実際の水位が一定の場合であっても観測水位が変化する要因として、風の影響が考えられる。検証値では計算期間内に風の影響で水位が上下しても計算期間の開始と終了時の水位差から減水深を求めることで影響を相殺することが可能である。他方、推定値の計算では上



注：縦棒線は標準誤差を示す。また、横軸のアルファベットは図-1の圃場名を示す。

図-2 各圃場における日減水深の推定値と検証値

記と同様に水位上昇時は計算から除外し、低下時のみ計算期間とするため推定値が過大評価となる。

加えて、検証値では1降雨イベントの中で最後に降雨が観測されて以降の12時間は計算対象に含まれない。一方、推定値では降雨などによる水位上昇が観測された期間を除いて計算対象に含まれる。このため、1計算期間の開始時の水位は推定値の方が高くなる傾向にあると考えられる。水位が高い方が単位時間当たりの浸透量が大きくなり、結果として推定値の減水深が大きくなると考えられる。

上述のとおり、推定値と検証値では計算期間が異なる。推定値の方が1回当たりの計算期間が短くなり、データ数が増える。このため、推定値と検証値のそれぞれから求められる個別の日減水深の分布が異なる。図-3には個別の日減水深の分布を比較するために、推定値と検証値の日減水深の平均値の差が最も小さい圃場Iにおける相対度数分布を示した。検証値は、平均値である9.0 mm/dが含まれる0 mm/d以上10 mm/d未満の階級にほとんどの値が集中している。一方、推定値の平均は13.5 mm/dであるが10 mm/d以上20 mm/d未満の相対度数は最大ではなく分布は分散している。

以上より、ICT型給水機が取得できるデータのみでの推定は、減水深を過大評価し、値は分散する傾向を示すといえる。データを活用するためには、アメダス観測地点近傍など、水収支項目のうち少なくとも信頼できる降雨量データが入手できる環境が整っている圃場に限定して減水深の推定を行うことが望まれる。また、対象とする期間は灌漑期全体など比較的長期的な傾向を把握する目的で利用することが求められる。

2. 検証値における減水深評価

ICT型給水機のみから得られるデータを用いた減水深推定には課題があるものの、これら新技術の社会実装推進を目指す情勢¹¹⁾に鑑みて、将来的に多数の機

器が設置された場合、データを適切に活用することが重要になると考えられる。また、既往の圃場水収支に関する調査は何らかの目的を持って散発的に行われてきたが、ICT型給水機のデータを適切に活用することが可能となれば、継続的かつ広域に圃場水収支の状況を把握する一助となる可能性が考えられる。以下では、ICT型給水機の取得データと雨量データを用いて減水深を算定した検証値の特徴を述べる。

前節では推定値の分散が大きいことを指摘したが、検証値も同様の傾向を示す。その原因として計算期間の違いが考えられる。図-4には検証値を算定した際の計算期間と日減水深の関係を示した。計算期間が短いほどわずかな水位変化が日減水深に大きな影響を与えるため、値が分散する傾向がみられた。主要要因として以下の2点が挙げられる。第1に、前節で述べたとおり、水位計に含まれる測定誤差の影響が考えられる。どの時点でも日減水深の真値が同じであると仮定すれば、計算期間が短いほど開始と終了時点の水位差は小さくなり、相対的に測定誤差の影響は大きくなる。第2に、排水口管理の影響が考えられる。調査圃場では湛水の越流が生じないような管理を依頼したが、中干しや収穫前には排水を促す管理を行っていると考えられる。水位データを詳細に確認すると強制落水が行われていると推測できる変化がみられたが、合理的に除去することができない。排水口の設定を制御・記録できる装置は開発されている^{7),9)}が、必ずしも給排水同時に設置されるとは限らない。また、水位などを計測できる給水機のほとんどは排水口の管理を対象としていない¹²⁾。このため、通常の営農時には強制落水に加えて、掛流しによる越流などにより排水が生じ減水深の推定が困難になる状況が生じる可能性が考えられる。なお、品種によってイネの生育ステージに時間差が生じるため、同じ気象条件下でも水管理は異なると考えられたが分散傾向は共通していた。

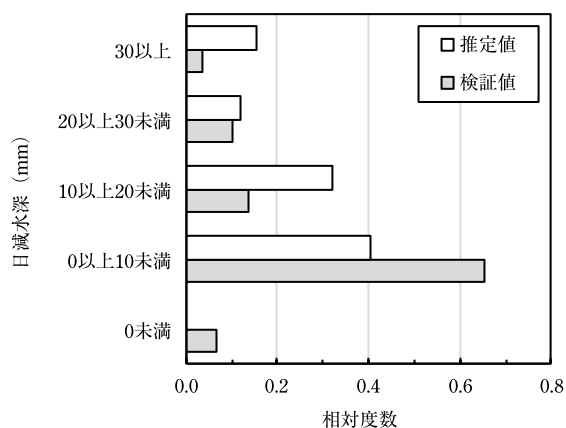


図-3 圃場Iにおける日減水深の度数分布

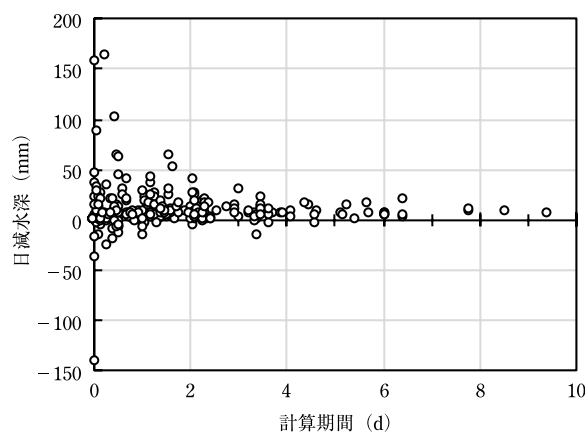


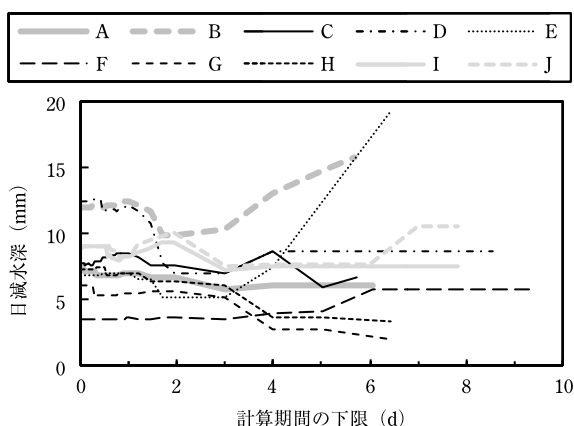
図-4 検証値の計算期間と日減水深の関係

第1の要因である水位計の測定誤差の影響を減らす方法として、ばらつきが大きくなる測定期間を除外することが考えられる。すなわち、測定期間に閾値(下限)を設け閾値以下の検証値を除外することである。図-5に計算期間の下限と日減水深の関係を示した。閾値の設定によって日減水深が大きく異なる圃場がある。また、下限となる計算期間を長くすると計算対象となるデータが少なくなる(図-4)ため、代表性が損なわれることが懸念される。したがって、将来的に多数の機器を用いてデータを総合的に判断することを念頭に置けば、合理的な閾値の設定は困難であるが、統一的な基準を設定してデータを収集、分析する必要があると考えられる。

IV. おわりに

ICTを活用した稲作水管理の進展を念頭に、ICT型給水機を実装した地区において減水深推定を行った。その結果、ICT型給水機から得られるデータに加えて、雨量など気象データとの組合せが求められる。その上で、得られた減水深を広く活用するためにはデータ処理の標準化など統一的な基準の設定が重要になると考えられる。

謝辞 ICT型給水機の設置に快諾くださった耕作者ならびに調査に協力くださった西蒲原土地改良区および北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所に深謝します。本研究は、農研機構生研支援センター「生産性革命に向けた革新的技術開発事業」(2018~2020年度)の支援を受けて実施した。



注：凡例のアルファベットは図-1の圃場名を示す。

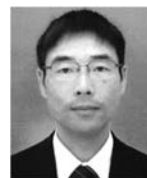
図-5 減水深推定の計算期間の下限と日減水深の関係

引用文献

- 1) 首相官邸：未来投資戦略2018—「Society 5.0」[データ駆動型社会]への変革— (2018), https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf (参照2019年12月25日)
- 2) 朱 成敏, 武田英明, 吉田智一：AI農業への道, 人工知能32(6), pp.921~926 (2017)
- 3) 二宮正士：ビッグデータでデザインするスマートな農業, 情報管理58(8), pp.589~596 (2015)
- 4) 倉田 進, 平井亨弥：九頭竜川下流地区におけるクラウド型水管理に関する現状と展望, 水土の知88(1), pp.31~34 (2020)
- 5) 中矢哲郎, 樽屋啓之, 浪平 篤, 中田 達, 中 達雄：節水・節電のための圃場と用水機場が連携した灌漑配水システムの試作, 水土の知84(10), pp.19~22 (2016)
- 6) 西岡 伸, 野坂浩司, 大塚直輝, 坂口桂祐：九頭竜川下流地区の生産基盤をフル活用した農業振興の取組み, 水土の知84(12), pp.35~40 (2016)
- 7) 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)
- 8) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水(水田)」, 農業農村工学会, pp.53~55 (2010)
- 9) 若杉晃介, 鈴木 翔, 丸山篤志：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, 水土の知86(4), pp.15~18 (2018)
- 10) 藤森新作, 小野寺恒雄：地下水水位制御システムFOEAS—導入と活用のポイント—, 農山漁村文化協会 (2012)
- 11) 農林水産省：農業新技術の現場実装推進プログラム (2019), <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/nousui/dai25/siryousu3-2.pdf> (参照2019年12月25日)
- 12) 農林水産省大臣官房：スマート農業技術カタログ(水稲・畑作) (2019), https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/gijutsu_portal/smartagri_catalog_suitou.html (参照2019年12月25日)

[2020.3.9.受理]

坂田 賢 (正会員)



略 歴
 1976年 大阪府に生まれる
 2003年 京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了
 2018年 農研機構農村工学研究部門 現在に至る

友正 達美 (正会員)



1963年 静岡県に生まれる
 1988年 京都大学大学院修士課程修了
 2020年 農研機構農村工学研究部門農地基盤工学研究領域 現在に至る