

## [研究助成 (A)]

大規模水田における人間-機械協調のための  
作業情報取得システムの開発Developing a system for acquiring work information for  
human-machine cooperation in a large-scale rice field

2211005



研究代表者

大阪府立大学 教授 大山 克己  
大学院人間社会システム科学研究科  
(現 大阪公立大学 大学院現代システム科学研究科)

## [研究の目的]

近年、たとえば 100 ha を超えるような大規模水田では、規模が拡大した結果、熟練者だけではなく、非熟練者も作業員として雇用して作業にあたっている。このような状況下で労働生産性を向上させるためには、人間と様々な機械（トラクタ、コンバインなど）とが協調して、作業を計画通りに完了する必要がある。そこで本研究では、大規模水田における人間-機械協調を促進することを目的として、作業情報（位置や進捗状況）を遠隔でリアルタイムに取得するための安価なシステムを開発した。本研究で開発したシステムにより大規模水田における人間と機械の協調が促進されれば、機運が高まっているわが国の食糧安全保障が担保されると期待される。

## [研究の内容, 成果]

## 1. 背景

現状では、大規模水田において、作業情報を遠隔でリアルタイムに取得する測位精度の高い手段が普及していない。そのために、水田の管理者、とくに大規模水田の管理者は、自身による見まわりを実施している。しかし、大規模であるがゆえに、見まわりだけでは作業情報を把

握できず、結果として労働生産性が低下してしまっていた。そこで本研究では、GPS, Galileo, GLONASS のような GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機搭載の端末を農業用機械の作業者に所持させることによって、作業情報を遠隔でリアルタイムに取得するために、位置情報取得端末、位置判定手法および作業情報把握手法を開発した。

## 2. 位置情報取得端末の開発

本研究では、当初、小型シングルボードコンピュータ（たとえば、Raspberry Pi）と GNSS 受信アンテナとを利用して、位置情報取得端末を開発することを試みた。しかし、最近の半導体不足に起因して、部品等の入手が困難になったために方針を変更し、汎用性の高いスマートフォンの有効活用を試みることにした（図 1）。ただし、スマートフォンに搭載された GNSS



図 1 本研究で利用した位置情報取得端末

受信部は、それほど正確ではない。そこで、比較的安価であり、かつ正確な外部アンテナとスマートフォンとを Bluetooth 接続することにより、測位データを収集することにした。なお、スマートフォンと Bluetooth 接続することのできる外部アンテナは、複数社から市販されている。本研究では、その中から 2 社の外部アンテナを候補とし、屋外での精度比較結果より、ある 1 社の外部アンテナを選択し、位置情報取得端末を構成することとした。

### 3. 位置判定手法の開発

位置情報取得端末の測位結果にもとづいて作業者のいる水田を判定する手法を開発した。GNSS による測位結果は、数メートル程度の誤差が定常的に生じる場合がある。また、GNSS 衛星の位置や捕捉数、電離層の状態により、数十メートル程度の誤差が瞬時的に生じる場合がある。したがって、そのままの測位結果にもとづいて農業用機械がある（作業者がいる）水田の位置を判断した場合、隣接する水田と誤る可能性がある。この技術的課題を解決するために、以下に示すような新たな判定法を導入した（図 2～4）。

#### 1) 測位結果が水田の近傍であるか

本研究で開発した手法では、まず、位置情報取得端末での測位結果が、ある水田の近傍であるかを判定する。判定のための任意の大きさの枠を設定し、あらかじめ座標を定義してある水田の四隅の 1 点以上が枠内にある場合、位置情報取得端末をもつ作業者は水田の近傍にいると判断する（図 2）。

#### 2) 測位結果が水田内であるか

つづいて、定義済みの水田の任意の点（たとえば、重心）と位置情報取得端末での測位結果の線分と水田の四隅の点でなされる辺との交点を求める。交点がない場合、位置情報取得端末をもつ作業者は水田の中にいると判断する（図 3）。交点がある場合、作業者は水田の近傍にあるが水田の外にあると判断する。

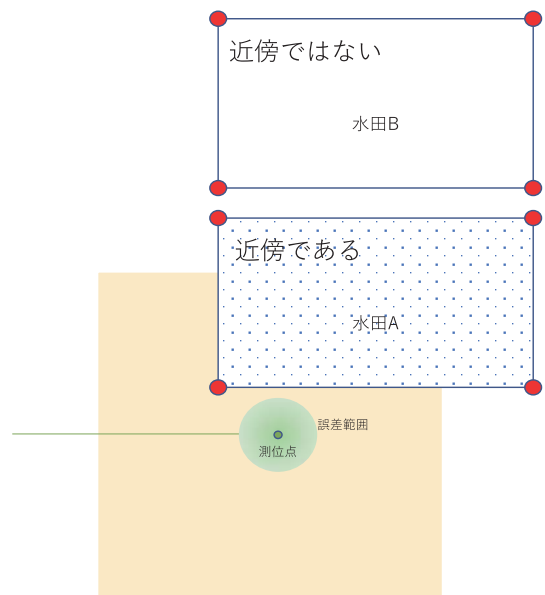


図2 測位結果が水田の近傍であるかを判定する方法。水田の四隅の点が判定の枠に含まれるか否かで近傍かどうかを判定する。

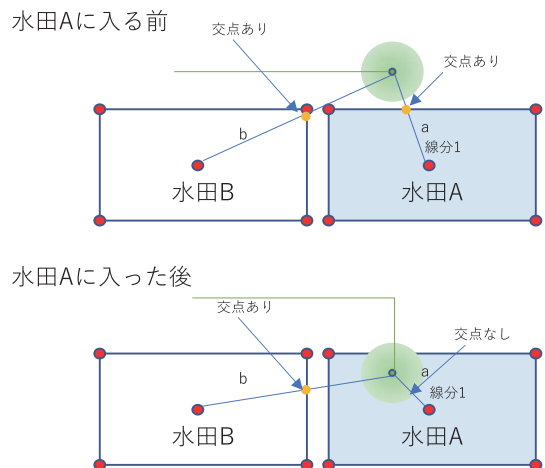


図3 測位結果が水田内であるかを判定する方法。線分の交点の有無により、測位結果が水田 A 内かを判断する。

#### 3) 測位結果が基準の確率で水田内にあるか

位置情報取得端末での測位結果が水田の近傍にあり、かつ、水田の中にあると判断した場合、測位誤差円（95% の存在で存在することを示す円）と水田とが重なる部分の面積を求める。重なる部分の面積が測位誤差円の面積に占める百分率を求め、任意の値以上の場合には、位置情報取得端末をもつ作業者は水田内にいると判断する（図 4）。なお、上記の百分率は、作業者が水田内にいる確率を示す。

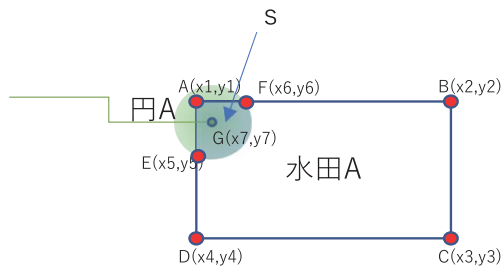


図4 測位結果が基準の確率で水田内にあるかを判定するための方法。円Aの面積に占めるSの百分率より、測位結果が水田Aにいる確率を求める。

#### 4) 一時的に水田から離れた場合の対応

水田での農作業では、一時的に水田を離れた後、元の水田に戻り、作業を再開する場合がある。たとえば、田植時に苗が不足し、苗を取りに行き、戻ってきた場合が想定される。ここでは、任意に設定した時間以内に作業者が戻ってきた場合、作業は継続して実施されたと判断することとした。

#### 4. 作業情報把握手法の開発

位置情報取得端末および位置判定手法を用いて、作業者が水田で作業を実施しているかを判定した。作業者（20歳台、男性）に位置情報取得端末を持たせ、大阪府立大学内にある水田（40a）において、徒歩で機械作業の動きを模擬した。

その結果、図5に示すように、位置情報取得端末および位置判定手法を用いて、作業者が水田内外にいることを遠隔でリアルタイムに判別できた（●は水田外、●は水田内であることを示す）。これより、この方法を応用することで、管理者による作業者の管理がこれまでよりも容易になることが示唆された。とくに、広大な圃場や複数圃場が点在する場合など、管理者の目が行き届きにくい場合の作業者の管理に効力を発揮すると考える。

他方、スマートフォンに残された測位結果のログを解析した結果、作業者の作業動線を描画できた（図5）。圃場における動線の確認は、作業者による作業を円滑に実施する上で重要である。動線が不適切な場合、作業に不必要な時

間を浪費することにつながる。それを回避する上で、動線の解析は必要になる。

動線の把握とともに、測位結果にもとづいて、作業速度を推定することもできた（データ未掲載）。作業速度は、作業者の必要人数を把握するとともに、作業に必要な時間（日数）を推定する上で重要な資料となる。

本研究で用いた手法は、作業者の作業状況の把握だけではなく、作業の改善のための動線解析や作業計画の立案に必要とされる作業速度の把握にも利用することが可能である。したがって、本研究の手法は、水田における労働生産性向上に寄与すると考えた。

本研究の手法は、水田での利用だけではなく、野菜や花き、果樹を生産している圃場でも利用可能である。多くの圃場において、本研究の手法が普及すれば、従来の経験や勘によっていた作業者の管理を改善することが可能となり、労



図5 水田における作業者の動き。オレンジ色の四角の枠は水田を示す。水田内と判定した場合には青で、水田外と判定した場合には赤で、それぞれ測位点を示した。測位点の大きさは、distance root mean square ( $d_{rms}$ )を示す。

働生産性の向上に寄与すると予想した。

#### [今後の研究の方向, 課題]

本研究では、位置情報取得端末の開発、位置判定手法の開発および作業情報把握手法の開発を実施した。一連の開発により、作業者がどの水田にいるのかを遠隔でリアルタイムに把握できるようになった。現状では、管理者は見まわりをすることにより作業者の状況を把握している。広大な圃場や点在する圃場を有する場合、管理者は作業者の状況を把握しきれない場合がある。本研究の成果は、そのような状況を改善する一助になる。

本研究の手法を用いることで、作業者を管理するための情報、たとえば、作業動線や作業速度を把握できる。これらの情報を利用することで、作業の改善が進むとともに、作業に必要な人数の把握や必要とする時間の推定が可能になる。このような情報は、水田における労働生産性向上に寄与する。今回の一連の開発は、小規模な大学内の水田で実施したが、今後は、より大規模な水田で実証していきたい。

水田だけではなく、野菜や花き、果樹を生産している圃場においても、その面積が広大、または、点在している場合、管理者が作業者の状況を把握できない場合がある。先に考察したよ

うに、野菜や花き、果樹を生産している圃場は、水田と同様に扱うことが可能である。それゆえ、本研究は、水田だけにとどまらず、他の圃場においても有効活用できるよう改良を進めていきたいと考える。なお、その改良は、比較的軽微であると予想している。

本研究では、1名の作業者のデータのみを取りまとめた。技術的には、複数名の作業者がいる場合でも、対応可能である。今後は、複数名で作業にあたった場合の作業情報の同時取得に取り組んでいきたい。また、様々な農機具（たとえば、トラクター、コンバイン）を利用している作業員の作業情報取得に利用することを予定している。今回の研究期間内では、作業情報の取得が可能かに重点をおいて研究を実施した。実務上は、測位データにもとづいた作業員の適切な配置に結び付けるためのデータの取得およびその実践が必要となってくる。今後、今回開発した手法を改良し、実際に農作業の行われている現場に導入し、労働生産性向上に寄与することを目指したい。

#### [成果の発表, 論文等]

- 1) 大山克己, 田中紫門 “大規模水田における作業情報取得システムの開発”, 日本農作業学会, 2022。(発表予定)