

# 位置情報に基づくウェアラブルデバイス向け 農作業支援システムにおける農作業記録作成機能の開発

## Development of Farm Work Record Creating Function For Farming Support System in Wearable Device Based on Location Information

吉田 崇洋† 田口 大悟‡ 井口 信和††  
Takahiro YOSHIDA Taigo TAGUCHI Nobukazu IGUCHI

### 1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末等の携帯端末の普及に伴い、農業において効率的な農業経営を目的として農作業現場である圃場に携帯端末を導入する事例が増加している[1]。携帯端末を用いることで、温度や湿度といった圃場の情報や農作業で用いる農薬の情報等を圃場から検索・閲覧可能になった。これにより、効率的な農作業や営農指導ができる。また、農業の大規模化や食の安心・安全に関心が集まる中、生産管理や生産技術の継承、トレーサビリティを目的に、実施した農作業について記録を作成することが重要となっている[2][3]。従来、作業記録は書面で作成していたため、保存や管理が困難であった。また、パソコン等電子機器を用いて作成する場合もあるが、作業終了後、事務所等に戻ってから作業記録を作成する必要があった。これに対して、携帯端末を用いることで圃場から作業終了後すぐに作業記録を作成できる[4]。

このように携帯端末を圃場に導入することには多くのメリットが存在する。しかし、携帯端末を用いて情報を閲覧する場合、通常、ユーザ自身が携帯端末を操作し希望する情報が記載されたページを探さなければならない。このため、閲覧の際には手間と時間がかかる。また、生産者は農作業に加えて作業記録を作成する必要があり、データ入力にかかる手間などが負担となっている。そのため、これらの負担について軽減する手法が求められている。

これらの背景から、我々はこれまでに位置情報に基づき生産者や営農指導員が必要とする情報を自動的に提示するプッシュ型サービス(以下、本システム)[5]を開発してきた。本システムは圃場に出向いた際、腕時計型ウェアラブルデバイスであるスマートウォッチを通じて、自動的に圃場に関する情報が提示される。提示される情報には、圃場の温度や湿度、あるいは作物の生育状況がある。これらの情報が圃場に出向くだけで自動的に提示されるため、ユーザ自身で携帯端末を操作し情報を確認する手間を削減できる。これにより円滑な農作業や営農指導が可能になる。しかし、本システムでは情報の提示を行うのみで、実施した作業について記録を作成できない。そのため、書面やパソコン等を用いて別途作業記録を作成する必要があった。

そこで、本研究ではこれまでに開発してきたシステムを

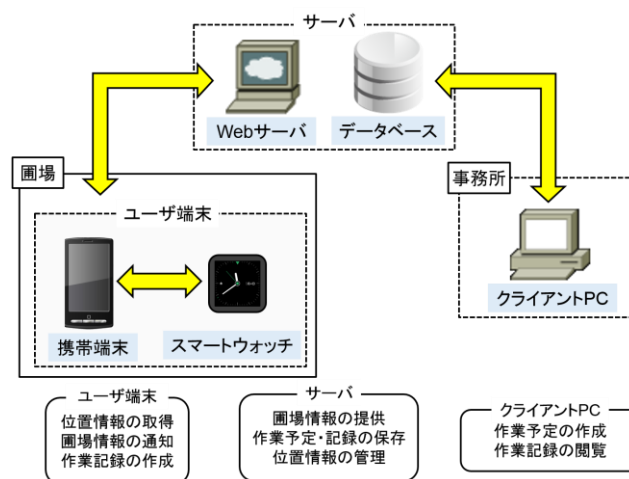


図1 システム構成図

基に、スマートウォッチに自動的に提示される情報から簡易な操作で作業記録を作成できる機能を開発した。本機能では圃場に出向いた際、自動的に直近の作業予定がスマートウォッチ上に提示される。作業予定を確認した上で作業を開始する場合は、表示されている作業予定から作業の開始を選択することで作業を開始したことが記録される。同様に、作業の終了時には再度表示される作業予定から作業の終了を選択することで作業を終えたことが記録される。これにより、スマートウォッチから簡易な操作で作業記録を作成できる。また、作業者が直近の作業予定に記載されている作業場所とは別の場所にいる場合、作業予定の提示とあわせて、作業場所が予定とは異なっていることを知らせる。これにより、作業者が誤った場所で作業することを防げる。

### 2. システム概要

本システムは、2種類の位置推定手法を組み合わせることでユーザがいる圃場を推定し、その場に応じた情報をスマートウォッチ上に自動的に提示する。また、気象警報注意報発令時には、作業者に注意喚起するメッセージを通知するとともに、天候に応じて圃場で必要となる作業がある場合には、その作業についても提示する。

#### 2.1 システムの構成

本システムの構成を図1に示す。圃場でユーザが使用する端末には、AndroidOS搭載の携帯端末とAndroidWear搭載のスマートウォッチを用いる。サーバは圃場や農作業に関する情報を保存・提供するDBサーバとWebサーバから構成される。また、スマートウォッチに提示する圃場の情報や作業予定の作成にはクライアントPCを用いる。

†近畿大学大学院 総合理工学研究科,  
Graduate School of Science and Engineering Research,  
Kindai University

‡NECソリューションイノベータ株式会社,  
NEC Solution Innovators, Ltd

††近畿大学理工学部情報学科,  
Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering,  
Kindai University

## 2.2 位置推定手法

本システムではユーザの位置情報に基づき情報を提示する。位置情報の推定にはジオフェンシング[6]と寺本らの研究[7]を参考に実装した音波を用いる手法の2種類を用いる。ジオフェンシングはセルベースで位置を取得するため省電力な測位技術であるが、測位可能な粒度が荒くなる。これに対して、音波を用いた手法ではジオフェンシングに比べ消費電力が増加するが、測位可能な粒度が細かい。そこで、この2種類の手法を組み合わせることで、スマートウォッチの消費電力の増加を抑制しつつ、詳細な位置情報を推定する。

位置推定手法の利用モデルを図2に示す。本システムでは、ユーザの位置情報をエリアとブロックの2つに分け、段階的に推定する。エリアとは半径100m以上の円形の領域であり、農場全体を覆う領域として設定する。ブロックとはエリア内に存在する個別の領域であり、圃場ごとに設定する。各ブロックにはスピーカを設置し、ブロックごとに異なる周波数の信号音を再生する。エリアは携帯端末に搭載されているジオフェンシングを用いて判定し、ブロックは音波を用いて推定する。音波により、GPSやセルベースでは難しい細かな粒度で位置を推定でき、ユーザがいる圃場の推定を可能にする。また、信号音に17~19kHzの周波数帯を用いることで、特殊な超音波発生器を用意する必要がなく、標準的なスピーカを利用できる。このため、Bluetoothビーコンを用いる手法[8]に比べ手軽に導入できる。さらに各圃場において固有の環境音が存在する場合、その環境音を活用できる可能性がある。以上のことから本システムでは音波の利用に着目した。

本システムの利用開始時、ユーザがいる農場を推定するため、エリアを携帯端末のジオフェンシングを用いて判定する。次に、ユーザがエリア内にいる場合、スマートウォッチで環境音を録音し、各ブロックで再生している信号音を計測する。信号音の計測に要する時間は1回あたり約3秒であり、ユーザがエリア内にいる間繰り返し計測する。各ブロックで再生する信号音はブロックごとに異なりエリア内においてユニークである。そのため、計測した信号音とエリアの組み合わせにより、ユーザがいるブロックを一意に識別できる。ユーザがいる圃場を推定できた場合、圃場に応じた情報をユーザに提示する。また、農場間の移動中などユーザがエリア外にいる場合、ブロックの推定を停止する。このようにエリアの入出状況に応じてブロックの

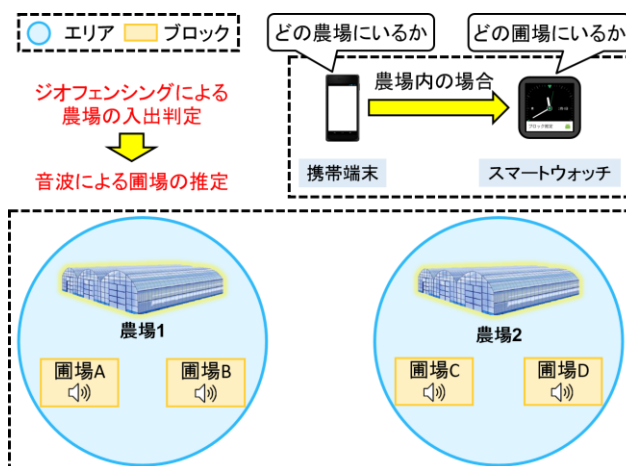


図2 位置推定手法のモデル



図3 スマートウォッチへの情報提示例

推定を制御することにより、スマートウォッチの消費電力の増加を抑制する。

## 2.3 位置情報に基づく情報の提示

ユーザがいるブロックを推定できた場合、そのブロックに応じた情報をスマートウォッチ上に自動的に提示する。提示される情報には図3左図のように、作物の出荷予定日や圃場の温度や湿度がある。また、気象警報注意報発令時には農作業中のユーザにその情報を通知し注意喚起するとともに、天候に応じて実施する必要がある農作業について提示する。例えば、強風注意報発令時に防風対策が未実施の圃場では図3右図のような情報を提示する。これにより、圃場に向いた際、農作業や営農指導に必要な情報を自動的に受け取ることができる。また、農作業中においても天候情報を入手でき、天候に応じて実施する必要がある農作業に迅速に取り組める。

## 3. 作業記録作成機能

作業記録作成機能は、農作業実施時にスマートウォッチ上に自動的に提示される作業予定を基に、簡易な操作で作業記録を作成できる。農作業実施時に作業記録を作成するため、事務所等に戻ってから作業記録を作成する負担を軽減できる。また、スマートウォッチ上に提示された情報に従いタップ操作だけで作業記録を作成できるため、携帯端末を取り出して作業内容を入力する手法に比べ、手間を削減できる。加えて、作業開始時に現在いる作業場所と作業予定に記載されている作業場所の比較を行い、異なる場合には予定とは作業場所が異なることを提示する。そのため、誤って別の場所で作業することを防げる。

本機能の利用にあたり、事前に携帯端末を用いて本システムにログインする。サーバでユーザ認証を行うことで、スマートウォッチ上にはログインしたユーザに該当する作業予定のみが表示される。この作業予定を基に作業記録を作成する。

### 3.1 作業予定の作成

作業記録の作成にあたり、事前に各作業者がいつでも作業をするのか作業予定を作成する。作業予定は、クライアントPCを用いてWeb上で作成しDBサーバに保存する。作業予定として入力する情報は、「作業員・作業場所・作業内容・開始予定時刻・終了予定時刻」の5項目である。作業場所は本システムにおけるブロック単位で設定する。また、作業予定は作業員別に作成する。

### 3.2 作業記録の作成

農作業実施時に特定のタイミングでスマートウォッチ上に作業予定が提示される。提示された情報に従い、タップ操作により作業記録を作成する。作業記録として保存できる項目は、「作業中・作業場所・作業内容・作業開始時刻・作業終了時刻・作業に要した時間、作業状態」の7項目である。作業状態とは、作業の進捗状況に応じて「未実施・作業中・中断・完了」の4種類で示され、初期状態は「未実施」である。作業開始時には、作業状態は「作業中」になり、作業を一時中断する場合は「中断」、作業終了時には「完了」と変化する。作業に要した時間は、作業状態が「作業中」であった時間の合計である。以下に、作業記録の作成にあたり提示される情報の種類と提示されるタイミングについて記述する。

#### (1) 作業開始通知

作業開始通知は、ユーザがいるブロックを推定でき、推定したブロックが作業開始予定時刻の最も近い作業予定に記載されている「作業場所」と一致した場合に提示される。作業開始通知では、作業予定に記載されている作業場所と作業内容が表示され、作業を開始するかを尋ねる(図4左図)。詳細な作業予定を確認したい場合には、スマートウォッチをスワイプすることで、詳細な作業予定を確認できる(図4右図)。作業予定を確認した上で、作業を開始する場合には「はい」をタップする。これにより、作業記録の作成が開始され、現時刻が作業開始時刻として記録される。作業状態は「作業中」になり、作業に要した時間の計測を開始する。作業を開始しない場合には、「いいえ」をタップする。この場合、次に同じブロックに入った時に再度、作業開始通知が提示される。

#### (2) 誤作業防止・作業内容修正通知

誤作業防止・作業内容修正通知は、ユーザがいるブロックを推定でき、推定したブロックが作業開始予定時刻の最も近い作業予定に記載されている「作業場所」とは異なる場合に提示される。誤作業防止・作業内容修正通知では、

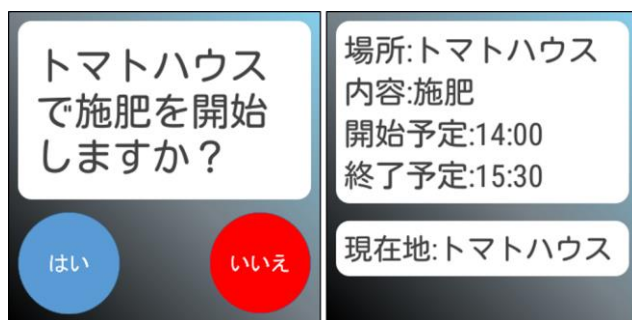


図4 作業開始通知



図5 誤作業防止・作業内容修正通知

作業予定に記載されている作業場所と作業内容を提示し、作業場所を間違えていないかを尋ねる(図5左図)。作業者が作業場所を間違えていた場合には、この通知により間違いに気づくことができる。これにより誤った場所で作業してしまうことを防ぐ。また、実施する作業が作業予定とは変更になる場合も想定される。この場合、「修正」をタップする。リスト形式で作業内容一覧が表示されるので、リストから実際に行う作業内容を選択する(図5右図)。これにより、作業内容は選択した内容に、作業場所は現在いるブロックに変更されて作業記録の作成が開始される。

#### (3) 作業完了・中断通知

作業完了・中断通知は、作業状態が「作業中」となっている作業記録があるときに、作業中のブロックからユーザが離れた場合に提示される。作業完了・中断通知では、作業状態が「作業中」となっている作業記録に記載されている作業場所と作業内容を提示し、作業が終了したかを尋ねる。「完了」と「中断」の二つのボタンが表示されるので、作業が終了した場合には「完了」を、中断する場合には「中断」をタップする。「完了」をタップした場合、現時刻が作業終了時刻として記録される。作業状態は「完了」になり、「作業中」となっていた時間の合計が作業に要した時間として記録される。これにより、作業記録の作成が終了する。「中断」をタップした場合、作業状態は「中断」となり、作業に要した時間の計測を停止する。

#### (4) 作業再開通知

作業再開通知は、ユーザがいるブロックを推定でき、推定したブロックが作業状態の「中断」となっている作業記録に記載されている「作業場所」と一致した場合に提示される。作業状態が「中断」となっている作業記録に記載されている作業場所と作業内容を提示し、作業を再開するかを尋ねる。作業開始通知と同様に「はい」と「いいえ」の二つのボタンが表示される。「はい」をタップした場合、作業状態が「作業中」となり、作業に要した時間の計測が再開される。「いいえ」をタップした場合、次に同じブロックに入ったときに再度、作業再開通知が提示される。

## 4. 評価実験

本研究で実装した作業記録作成機能について評価実験を実施した。実験では、作業記録作成機能で用いる4つの通知について提示に要する時間と作業記録のサーバへの反映に要する時間を評価した。また、作業記録の作成にかかるサーバの負荷について評価した。

### 4.1 実験環境

実験場所は、近畿大学東大阪キャンパスをエリアとし、キャンパス内にある2つの部屋を圃場に見立ててブロックとした。ブロックの見取り図を図6に示す。携帯端末はASUS ZenPadS8.0、スマートウォッチはSONY SmartWatch 3を使用した。サーバはホストPC上に仮想化ソフトウェアであるOracle VM VirtualBox[9]を用いて構築した仮想PCを用いた。ホストPCのスペックはOS: Windows10 64bit, CPU: Intel®Core™ i5-4460 CPU@3.20GHz, メモリ: 16GBであり、仮想PCはOS: CentOS7.0 64bit, CPUコア数: 1コア, メモリ: 480MBである。サーバには、WebサーバとしてApache/2.4.6, DBサーバとしてMariaDB/5.5.41を用いた。また、サーバと携帯端末は同一LAN上にある環境で実験した。

## 4.2 通知の提示に要する時間の評価

作業記録作成機能で用いる作業開始通知，誤作業防止・作業内容修正通知，作業終了・中断通知，作業再開通知の4つの通知について，通知の提示条件を満たしてから，実際にスマートウォッチ上に提示されるまでの時間を計測した．実験に利用する作業予定には，作業場所としてブロック A のみを設定し，ブロック B に入った場合は誤作業防止・作業内容修正通知が提示されるようにした．作業開始通知と作業再開通知は通路からブロック A に入った時点を計測開始とし，通知が提示された時点を計測終了とした．作業終了・中断通知はブロック A から通路に出た時点を計測開始とし，通知が提示された時点を計測終了とした．誤作業防止・作業内容修正通知は通路からブロック B に入った時点を計測開始とし，通知が提示された時点を計測終了とした．

各通知について 10 回ずつ計測した結果を表 1 に示す．実験結果から全ての通知において，提示条件を満たしてから実際に提示されるまで平均 10 秒以内であり，最大でも 11 秒である．このことから携帯端末を取り出して作業記録を作成する場合に比べ，携帯端末を取り出す手間を省き，短い時間で作業記録を作成できる．

## 4.3 作業記録の反映に要する時間の評価

作業記録作成機能にて作成した作業記録がサーバに反映されるまでの時間を計測した．実験では，作業完了・中断通知にて「完了」をタップした時点を計測開始とし，サーバから作業記録の保存完了のレスポンスが返ってきた時点を計測終了とした．10 回計測した結果を表 2 に示す．実験結果から，スマートウォッチで作成した作業記録がサーバに反映されるまでの時間が極めて短いことが確認できた．以上から，本システムにより作業記録を作成することで，作業終了後，即座にサーバに作業記録を保存できる．

## 4.4 サーバ負荷の評価

本システムにおける作業記録の作成にかかるサーバ負荷について実験した．実験には Web サーバの性能テストツールとして Apache に標準搭載されている Apache Bench[10] を利用した．Apache Bench を作業記録の作成時に携帯端末からアクセスされる URL に対して実行した．実験は，同時アクセス数を 100 とし，1000 リクエストを発行した．10 回計測した結果を表 3 に示す．この結果から，同時アクセス数が 100 の場合でも正常に動作することが確認できた．このため，複数の作業者が同時に作業記録を作成する場合でも十分対応できると考えられる．

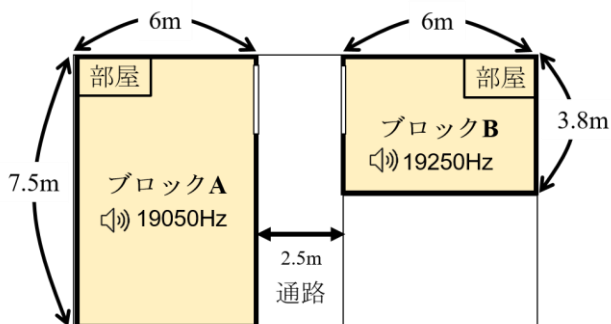


図 6 ブロックの見取り図

表 1 各通知の提示時間(単位：秒)

	平均	標準偏差	最小	最大
作業開始通知	4.70	0.71	3.53	6.03
誤作業防止・作業内容修正通知	4.32	0.86	3.53	5.87
作業終了・中断通知	7.05	1.72	4.88	11
作業再開通知	5.16	1.03	3.53	6.44

表 2 作業記録の反映時間(単位：ミリ秒)

平均	標準偏差	最小	最大
571.49	81.74	430.36	685.55

表 3 Apache Bench の実行結果

	平均	標準偏差
成功リクエスト数	1000	0
失敗リクエスト数	0	0
1秒あたりのリクエスト処理数	299.798	7.756
1リクエストあたりの処理時間(ミリ秒)	3.338	0.087

## 5. 結論

本研究ではこれまでに開発したシステムを基に，位置情報に基づくウェアラブルデバイス向け農作業支援システムにおける農作業記録作成機能を開発した．位置情報に基づき圃場の情報を提示するだけでなく，圃場で実施した作業について簡易な操作で作業記録を作成できる．これにより，作業の終了後に書面あるいは携帯端末を用いて別途作業記録を作成するのに比べ手間を削減できる．また，本システムで対応していない詳細な作業記録を作成する必要がある場合でも，本システムで作成した作業記録を基にすることで入力作業を削減できる．作成された作業記録からは，作業別別に各作業に要した時間を取得できる．この時間を比較することで，同じ作業でも作業によって時間が大きく異なるなどの気づきが得られる．これは，作業別別に作業の得手・不得手や作業における問題点の抽出などにも活用できるのではないかと考えている．

今後の課題として，実際に圃場で用いられている作業記録と照らし合わせて，作業記録として保存できる項目の拡張が挙げられる．また，圃場等実際の農作業現場における利用評価について検討していく．

## 参考文献

- [1] 栗田春奈，本條均，高橋行継，吉本要，下村祐一，“農業生産現場におけるタブレット端末導入事例の研究－JA たいせつにおける取り組みとアンケート調査から－”，農業情報研究，Vol.22，No.3，pp183-192，May.2013.
- [2] スラメットクリスタントティルトウトモ，村上幸一，重田和弘，“ICT を用いた農作業日誌作成支援システムの開発”，電子情報通信学会信学技報，LOIS2011-74，pp7-12，Mar.2012.
- [3] 新田仁，竹田裕紀，宝珍輝尚，越村惣次郎，松下隆，“携帯電話を活用した農作物トレーサビリティ支援システム”，情報処理学会論文誌，Vol.48，No.3，pp1010-1019，Mar.2007.
- [4] クラウド農業生産管理システム，入手先 (<http://agri-s.com/>) (参照 2016-07-10)
- [5] 吉田崇洋，野田潤，兵頭睦夫，田口大悟，井口信和，“位置情報に基づくウェアラブルデバイス向け圃場情

報提示システムの開発”，農業情報学会 2016 年度  
年次大会講演要旨集，pp.91-92，May.2016.

- [6] Creating and Monitoring Geofences ， 入手先  
(<https://developer.android.com/training/location/geofencing.html>) (参照 2016-07-10)
- [7] 寺本幸生，野田潤，“O-MUSUBI：環境音を利用する  
アドホックグループピングー音波の情報理論的素性に基  
づく類似度ー”，情報処理学会研究報告(UBI)，  
Vol.37, No.16, pp1-7, Mar.2013.
- [8] 高階孝敏，藤井雅弘，渡辺裕，伊藤篤，“携帯電話の  
Bluetooth 受信強度を用いた位置認識システムの開  
発”，情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集，  
pp137-138, Mar.2009.
- [9] Oracle VM VirtualBox ， 入手先  
(<https://www.virtualbox.org/>) (参照 2016-07-25)
- [10] ab – Apache HTTP server benchmarking tool, 入手先  
(<https://httpd.apache.org/docs/2.4/programs/ab.html>)  
(参照 2016-07-25).