



## 音声入力を用いた農作業記録管理システムの開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2021-11-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 竹口, 真理亜, 油田, 健太郎, 山場, 久昭, 岡崎, 直宣, Takeguchi, Maria メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/00010286">http://hdl.handle.net/10458/00010286</a>

## 音声入力を用いた農作業記録管理システムの開発

竹口 真理亜<sup>a)</sup>・油田 健太郎<sup>b)</sup>・山場 久昭<sup>c)</sup>・岡崎 直宣<sup>d)</sup>Development of  
Agricultural Work Record Management System Using Voice Input

Maria TAKEGUCHI, Kentaro ABURADA, Hisaaki YAMABA, Naonobu OKAZAKI

## Abstract

In recent years, in the agricultural field, the aging of agricultural workers and the decrease in the retention rate of new farmers have become issues. In order to solve this problem, promotion of smart agriculture is being promoted as an initiative. It is thought that the hurdles for farming will be lowered by visualizing the rules of thumb through data collection and analysis using sensors, which are ICT technologies, even for agriculture, which was difficult to do newly because there were many rules of thumb until now. Agricultural work record management system is one of the methods of collecting agricultural data. However, now that the labor shortage of producers is a problem, a system with less burden on elderly producers is needed. Therefore, in this study, we proposed and developed an agricultural work record management system using voice input. In particular, it is a system that considers two points: a voice dialogue system and an automatic work position registration system for workers using farm work position measurement by Beacon. This is expected to support new farmers and reduce the workload of elderly farmers. In the evaluation experiment, he showed that the position measurement method by Beacon is more accurate than GPS, and that it is useful in a field of about 10 m. In addition, as a result of usability evaluation experiments, we were able to show the usefulness of the proposed system compared with handwritten records.

**Keywords:** Agricultural work record, Voice input, Position measurement, Bluetooth low energy beacon

## 1. はじめに

現在、日本の農業において様々な問題を抱えている。大きな問題点として基幹的農業従事者の減少とその高齢化が挙げられる。農林水産省の調査<sup>1)</sup>では、基幹的農業従事者数は年々減少傾向であると示されている。また、農業従事者の平均年齢は66歳を超えており日本の農業の深刻さが窺える。しかし、メディアなどのおかげで昨今は若い人も含め毎年同じ程度の新規就農者が増えている。それでも、農業人口が増加しないのは農業の難しさが原因だと考える。海外から安い農作物が輸入されることによって、市場に出回る農作物の価格が下がっている。農業という肉体労働に見合った賃金を得られないために諦める人が多い。このままでは、日本の農業は今後も衰退する可能性がある。

それらの問題を解決する手段として期待されている手段の1つに農業のICT化がある。例えば、生産時に衛星写真やセンサーを利用するによって作物の状態をデータとして収集し、分析を行う。この結果、生産の効率向上とコスト削減が可能になる。さらに、今までは経験則が多かったため新規で行うこ

とが難しかった農業もデータ分析による経験則の可視化により、農業を行うハードルが低くなり新規農業従事者の定着に結びつくと考える。農業データ収集の方法の一つに農作業記録管理システムがある。作業記録は生産者自身が行っている作業であり、従来は紙媒体で行われていた。しかし、現在多くのICT企業からクラウドサービスやスマートフォンアプリケーション等で農作業記録システムが提供されている。

しかし、高齢農家にとってICT機器を利活用することは難しいと考える。生産者の人手不足が問題となっている現在、高齢生産者にとって負担が少ないシステムが必要である。

そこで本研究では、高齢生産者が労なく使えるような音声入力を用いた農作業記録管理システムの提案開発を行う。特に音声対話システムとBeaconによる農作業位置測定を用いた作業者の作業位置自動登録システムを活用し、高齢生産者の負担軽減を目指す。ICT機器を音声入力を用いて操作することで高齢生産者の苦手意識を減らすことができると考える。また、Beaconによる農作業位置の特定により収穫をしていない位置を減らし、成熟した農作物の収穫を逃す等の機会損失を減らすことが可能である。提案システムは農業データ分析のためデータ収集につながると考える。今後は収集データを見える化し、新規農業従事者の定着を目指す。本研究ではAndroid端末と安価で低電力であるBeaconを利用したシステム提案を行う。よって、安価で手軽に農業のICT化を導入できると考える。本研究での提案システムは新規農業者の支援と高齢

<sup>a)</sup>工学専攻機械・情報系コース大学院生

<sup>b)</sup>情報システム工学科准教授

<sup>c)</sup>情報システム工学科助教

<sup>d)</sup>情報システム工学科教授

農家の作業負担軽減につながる事が期待される。

以下に、本論文の構成を示す。2. 章では現在の農業分野が置かれている状況を説明する。3. 章は現在、農業分野で活用されている ICT システムを紹介する。4. 章では、本研究において関連する技術を紹介する。6. 章では、本研究における提案システムについて説明する。7. 章では、提案システムに関する評価実験について説明し、その有用性について議論する。最後に 8. 章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 農業分野における現状

現在、農業から離れる生産者が増加している。日本の農業就業人口は年々減少傾向にあり、今後も減り続けることが懸念されている。減少の理由の 1 つに農業就業年齢の高齢化がある。農林水産省が調査した販売農家の戸数の推移<sup>2)</sup>では、2011 年の販売農家の戸数は 1561 千戸であり、人口で考えると日本全体の人口を占める割合は 2%と少ない数字ではない。しかし、2019 年には 1130 千戸と減少しており、日本人口の占める割合の 2%を切っている。このまま減少が続くことで農業の衰退が懸念される。農林水産省による調査からわかった農業人口の平均推移<sup>1)</sup>は日本人の平均年齢上昇に伴い農業就業年齢も上昇している。したがって、高齢者にとっては肉体労働である農業を続けることが難しく、農業から離れる高齢農業就業者の増加が進んでいるのである。

この問題を解決するために ICT 技術を農業に取り入れようという取組として農林水産省のスマート農業の推進がある<sup>3)</sup>。しかし、デジタルデバイドという問題があるように高齢者にとって ICT 技術を取り入れ、活用することは難しい。実際、平成 24 年度の地域における ICT の利活用事業実施率は農林水産の事業で 39.8%と低い数値である<sup>4)</sup>。高齢者が多い農業分野でこの数値を増加させるためには、高齢者を中心とした ICT システムが必要であると考えられる。

また、近年消費者は食の安全に対する意識を持つ傾向にある。JC 総研による調査である「野菜売り場や商品に対する要望」<sup>5)</sup>では、「産地のことを紹介してほしい」、「収穫日・出荷日を紹介してほしい」、「農薬の使用状況を紹介してほしい」という要望が上位であり、消費者にとって農作物の生産の過程の情報が重要視されており、現状ではこのような情報を得ることができていないということがわかる。このことから、消費者は生産履歴についての関心が高く、生産者が生産履歴を消費者に開示するような機能が必要であると考えられる。そのためには正しく履歴を管理できるシステムがあると便利である。以上の現状から、ICT 技術を利用し生産履歴を登録できるシステムの開発を検討する。本研究では高齢生産者にとって負担の少ないシステムを目指す。

### 2.1 宮崎県きゅうり生産者の現状

宮崎県はきゅうりの生産が盛んであり、現在すべての季節において日本での生産量 No.1 を誇る。また、きゅうり栽培はハウスでの栽培が 60 %を占めており、気候や季節に影響されことなく出荷されている。

そこで、本研究ではきゅうり栽培を主として生産者が利用するシステムに絞って開発を検討している。

宮崎県の JA 産直店できゅうりを販売している生産者の方

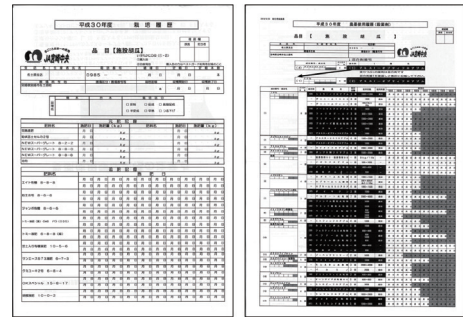


図 1. JA 宮崎県中央平成 30 年度栽培履歴用紙

に現状の農作業管理について取材を行った。JA の産直市へ農作物を販売する際に、栽培履歴の提出が求められている。これは図 1 のような紙媒体である。全 7 ページにわたる記入用紙であり、記入すべき事項としては、「生産者名」「播種日」「定植日」「定植本数」住所や面積等の「圃場情報」「品種名」である。そして、農薬や肥料を使用する場合、表形式に並んでいる農薬を見つけ、その行に使用日を記入していかなければならない。きゅうりの場合、使用可能な農薬・肥料合わせて 70 種類以上ある。また、農薬には農薬自体の規定使用回数、農薬に含まれる成分ごとの規定回数があり、ある農薬の含有成分が他の農薬にも含まれていたり複雑である。紙媒体での記録だと含有成分を見逃してしまう等の人的ミスが起こる可能性がある。ICT を活用し、使用農薬の登録を簡単にすることができると考える。話を聞いた生産者の農作業履歴の管理方法は主に手書きの手帳であり、毎日、作業日の日付に作業内容や使用資材、収穫量を記入していた。管理している農作業履歴は次年度の作業の参考にする他、使用資材や収穫量の計算に利用している。このような情報をデジタルデータ化することができれば、情報が見やすくなり、農作業の分析にも利用できると考える。

### 2.2 現状の課題と解決のためのシステム提案

本節では、現状の課題をまとめ、課題を解決するための本研究における提案システムについて説明する。生産者の現状を踏まえ、課題を大まかにまとめると (1) 高齢生産者の増加と新規農業従事者の定着率の低さ (2) 農作業記録用紙の負担が大きという 2 点である。

前節の通り、JA 産直市に農作物を販売するには宮崎県では栽培履歴の提出が求められている。7 ページにわたる農薬・肥料一覧から対象物を見つける作業を農作業記録システムを活用することで削ることができると考える。また、手書きでの農作業記録では電子データと比べ、天候との農作業の関係性や過去の作業との比較が難しい。電子データ化しデータ分析することにより、新規農業従事者が取り組みやすい農業につながると考える。そこで、本研究ではデータ化、そして分析につなげるための最初のステップであるデータ収集を行う農作業記録システムを開発する。特に農業従事者の高齢化は深刻であり、高齢生産者が手軽に使えるシステム開発が必要となる。

そこで、高齢者でも比較的入力が簡単である音声入力を取り入れた。その際、対話式のシステムを取り入れ、高齢者にとって自然な入力ができることを目指す。システム内への記録内容としては、記録の際に最低限必要ある (1) 農作業登録

(2) 農薬・肥料登録 (3) 収穫量登録の3つを取り入れた。特に農薬名は長い文字数のものが多く、紙媒体の農薬一覧から農薬を探し出し記入する作業は困難であるとする。よって、音声入力による記録が負担を軽減することにつながる。

提案システムには農作業を行っている圃場を自動的に登録できる機能を取り入れる。取材を行う中で、圃場で農作業をする際、畝<sup>4)</sup>一本ごとに作業を行っているということがわかった。その際、畝一本の中でもどの位置の作業を行っているかを自動的に登録可能となれば、農作業を必要としなかった位置や作業をより行った位置などをデータとして集めて、閲覧することができ次の日作業の参考になると考える。例えば、複数人での収穫となると、前日はこの位置での収穫が多かったから今日はこの収穫の作業が必要だという情報共有が大変である。しかし、それをデータ化することで収穫をしていない位置を減らし、農作物の成長しすぎを減らすことが可能である。本研究での提案システムは新規農業者の支援と高齢農家の作業負担軽減につながることを期待される。

### 3. 既存の農業支援システム

本章では現在実際に利活用されている二つの農業支援に関するシステムについて紹介する。特に農作業記録管理システムをメインの機能として持つシステムを調査した。

#### 3.1 ライブリッツ株式会社 Agrion (アグリオン)

Agrion<sup>6)</sup>はライブリッツ株式会社が提供している農業経営支援アプリケーションである。主な機能は農作業や資材、機材利用の登録と管理である。webとスマートフォンアプリで動作し、スマートフォンアプリでは図2のようにシンプルな農作業登録を可能とする。農作業の登録フェーズでは上部にアイコンがあり、アイコンを選択することで農作業一覧画面に進み、一覧から作業を選択することで作業の開始を登録することが可能である。農作業終了時に下部の終了ボタンを押すと、開始ボタンを押した時間から終了ボタンを押した時間とともに農作業が登録される。よって、作業登録をするタイミングは作業を開始するタイミングであり、終了ボタンを押すことで自動的に農作業時間が登録される仕組みである。複数同時に作業開始を登録すること、また、農薬や機材などの情報をあらかじめ登録することで資材コストや機材稼働時間を登録可能であり、大規模な圃場で作業をする場合でも利用可能である。また、有料プランではCSVデータのダウンロードやPCでの作業記録が可能となり、データを見える化することも可能となる。本アプリケーションはアイコンを多数利用しており、ユーザにとって見やすいデザインであると考えられる。初めて操作した際に迷うことなく操作することが可能であった。普段からスマートフォンを操作しているユーザであれば簡単に操作可能なシステムである。導入事例のうち半数以上は若手生産者であり新規農業従事者の支援につながると考える。したがって、若いユーザにとってはユーザインターフェース、機能ともに使いやすいシステムである。本研究では農作業時間の自動登録を参考にした。高齢農家にとって使

<sup>4)</sup>畝(うね): 畑で作物を作るために間隔を空けて、幾筋も平行に土を盛り上げた所



図 2. Agrion スマートフォンアプリ農作業登録画面

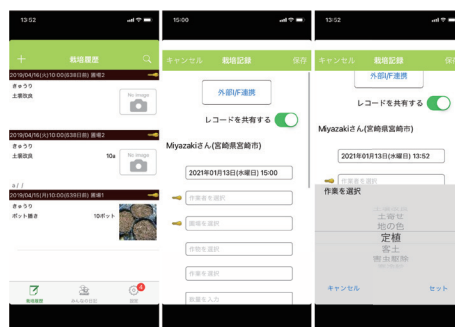


図 3. 畑らく日記スマートフォンアプリ農作業登録画面

いやしいシステムを目指すため機能を絞り、シンプルなデザインを目指す。

#### 3.2 株式会社イーエスケイ 畑らく日記

畑らく日記<sup>7)</sup>は株式会社イーエスケイから提供されている農作業登録アプリケーションであり、スマートフォン版とWeb版の二種類がある。主な機能は、農作業記録である。スマートフォンアプリの農作業登録画面を図3に示す。機能が一つのみであるため操作もシンプルである。図3の左画像のように農作業を閲覧する、右の二画像のように農作業を登録する、そして、他のユーザの農作業履歴を閲覧する機能の三種類のみである。操作について、テキストボックスへの入力は基本的には単語一覧から選択である。他にも音声入力も可能であり、高齢者でも入力は簡単に行えると考えられる。また、他のユーザの農作業履歴がタイムライン形式で閲覧できるため、得た情報を参考にして農作業をすることも可能である。操作が単純で機能もシンプルのため小規模から始める人、農作業記録のみで十分な人向けのアプリケーションだと考える。高齢農家にとって複雑な操作や多くの機能がついているICTシステムは使いやすいものとは言えない。したがって、このアプリケーションのように機能は最大限絞るべきだと考える。本研究では機能を農作業記録管理に絞りインターフェースを高齢者でも使いやすい形を目指す。

### 4. 関連技術

#### 4.1 提案システムで活用する技術

本研究ではICTを利用した農作業記録管理システムを開発し、新規農家を取り組みやすくなるような蓄積データの見える化につなげる一歩を作ること、そして、高齢生産者にも苦手を感じさせず、負担をかけない工夫を加えたシステムの実現を目指す。これを実現するために提案システムに「位置情報の取得」と「音声対話システム」、「使いやすいインターフェース」の三つを取り入れた。次節からこれらを実現するための三つの技術についての説明する。

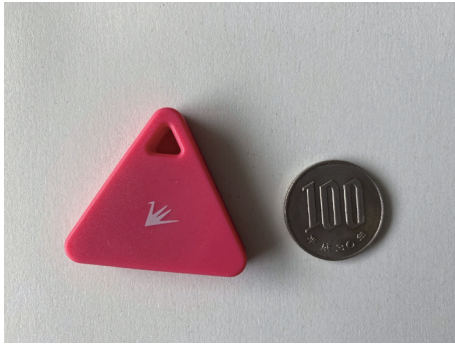


図 4. 実際の Beacon デバイス

### 4.2 Beacon デバイスとは

Beacon デバイスとは、Bluetooth Low Energy (BLE) という低消費電力の近距離無線技術を利用した技術である。Bluetooth 自体、スマートフォンやワイヤレスイヤホンなど様々なデバイスで活用されているため、耳にする機会が多い。図 4 は Shenzhen Feasycom Technology Co.,Ltd から販売されている FeasyBeacon Mini である。図を見て分かる通り beacon デバイスは小型かつ省電力で、半径数メートルから 100 メートルほどの狭い範囲に届く電波を数秒に 1 回ほど発信することが可能である。その特性ゆえに、株式会社 otta が提供している子どもの見守りシステム「otta」であったり、LINE 株式会社が提供している販売促進等に利用可能な「LINEBeacon」であったりと様々なシステムに活用されている。特に、スマートフォンなどと組み合わせた位置情報サービスが目目されている。本研究では、Apple 社から発売されている iBeacon の規格を利用する。iBeacon は図 5 のようにブロードキャスト通信により不特定多数の機器へアドバタイジングパケット (Advertising Packet) を送信する。アドバタイジングパケット (Advertising Packet) は 30 バイトほどの小さなデータであり、そのうち 9 バイトの中に iBeacon の識別データを格納している。その他のデータの内訳は、一意な値を持つ近接 UUID (Proximity UUID) が 16 バイト、Major と Minor がそれぞれ 2 バイト割り当てられている。このような単純なデータを利用した iBeacon の活用が多く分野でなされている。そして、iBeacon は「距離の測定」と「Beacon 領域の観測」という機能が用意されている。したがって、本研究ではこの機能を利用する。初めに圃場モデルを作成し、そのモデルを利用した Beacon での作業位置の測定を目指す。特に、iBeacon は位置測定を可能とする技術であり、安価で低電力であることから圃場でも大きな機械を取り入れずに導入可能である。また、生産者の話を聞いた際、農作業の邪魔になるので携帯端末は持ち込まないことが多いとの意見があった。そこで、小型である Beacon を農業者を持ち歩くことで位置測定が可能となれば、より利用しやすいシステムにつながると考える。

### 4.3 音声対話システムとは

近年の ICT 技術の発展に伴い音声対話システムが世の中に普及している。身近なものでいうと、Amazon から発売されている Alexa 等のスマートスピーカや iPhone に搭載されている Siri 等のスマートフォンアプリケーションである。音声対話システムとは音声を理解し、適当に応答するシステムである。図 6 に音声対話システムの基本的な構造を示す<sup>8)</sup>。大

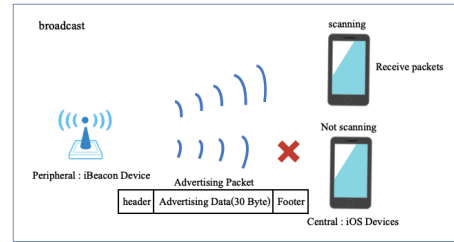


図 5. iBeacon デバイスのブロードキャスト通信

きく分けると、音声認識と音声合成の二つの機能に分かれる。発話すると音声を認識し、言語モデルを用いて発話内容の推定や固有の言葉を抽出する。発話内容を理解した後、対話管理のフェーズで発話により得られた情報を更新したり、理解した発話内容に沿った振る舞い処理を判断する。最終的に、生成された応答文を音声合成を行い応答がくる。この構造はタスク指向対話というユーザが目的を持ってシステムを利用するための構造であり、自由な会話を目的として利用するシステム構造とは違うものとなる。本研究では、作業を音声入力にて登録するというタスクを完了するためのシステムであるためこの構造に沿ったものである。

### 5.1 ユーザ中心デザインの原則

本研究ではシステムの利用者である高齢農家が簡単に操作できるものを提供することを目標としている。そこで、使いやすいインターフェースとは実際にどういうものであるべきかを示す。認知心理学者である D.A. ノーマンは認知心理学の観点からユーザーについて使いやすいデザインとはどういったものかを提唱している。ノーマンはユーザ中心デザインの原則を表 1 のように示している<sup>9)</sup>。また、よいインターフェースに欠かせないものとして、アフォーダンスが挙げられる。アフォーダンスとは知覚心理学者の J.J. ギブソンが提唱した言葉である。この言葉はノーマンによりデザインの世界で浸透した言葉であるが、ギブソンが提唱した本来の意味とは違う意味である。アフォーダンスは、システムをどのように操作すればよいかの強力な手がかりを提供してくれるものであり、知覚されないアフォーダンス、すなわち、誰かに気づかれないアフォーダンスは存在しないのと同じことであると示している。本章で示す原則はユーザデザインの基本であると考えられる。したがって、この原則に基づいて本システムのインターフェースの作成を行う。

Raskin<sup>10)</sup> の原則に「ユーザの入力は絶対である」「時間の無駄・不要な作業をユーザに要求しない」「ユーザのペースに合わせる」という主張がある。この 3 点を意識した機能を目指す。例えば、音声入力されたテキストと全く同じ単語が存在しない場合でも似た単語を提案し、できるだけもう一度入力する手間をかけさせない等の工夫をする。ユーザが最低限の作業で記録を可能にすることは基本において本研究でアプ

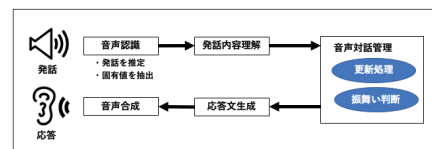


図 6. 音声対話システムの構造

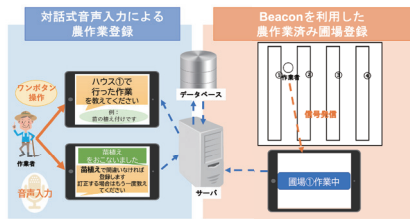


図7. 提案システムの概要図

リケーション開発を行う。

## 6. 提案システム

### 6.1 提案システムの要説

本節では本研究で提案する音声入力を用いた農作業記録システムについて簡潔に説明する。提案システムには(1)農作業登録(2)農薬・肥料登録(3)収穫量登録の3つの機能があり、農作業登録機能では農作業の時間を登録するために節3.1の農作業開始時に押す開始ボタンと終了時に押す終了ボタンを参考にした。また、農作業登録機能には位置情報を必要とするため iBeacon を用いる。提案システムは高齢者向けであるため、画面が大きく安価でも購入することができるタブレット端末用アプリケーションで実現する。AndroidOS にて利用できるアプリケーションを開発した。

### 6.2 システムの概要

本節では提案システムの具体的な概要を説明する。提案システムの仕組みを大きく分けると(1)対話式音声入力による農作業登録(2)Beaconを利用した作業済み圃場の登録の二つである。システムの概要を図7に示す。(1)の対話式音声入力は農作業を記録する際にシステムから音声で問かけられる質問に音声で答えることで記録が完了するという仕組みである。ユーザはボタン操作と音声入力のための複雑な操作を必要としない。また、画面に表示された長いテキスト形式の質問をシステムが読み上げるので画面上の文字を目視で読む必要がない。身体的機能が低下し、視力が落ちている高齢者にとってシステムによる聞き取りやすい音声の利用価値を高めると考える。(2)のBeaconを利用した作業済み圃場の登録はユーザはシステムを起動後農作業開始ボタンをタッチしBeaconを起動するとシステムがBeaconの電波を受信しシステムとの距離を計測するという仕組みである。よって、システムがインストールされているタブレット端末を圃場に置いておき、作業者はBeacon端末を保持しながら作業しなければならない。圃場計測の仕組みについては次節にて述べる。

### 6.3 提案システムに求められる要件の実現方法

提案システムに求められる要件の実現方法として、(1)高齢者にも使いやすいデザイン(2)Beaconでの位置推定(3)タスク対話の仕組みがある。これらを実現する方法を以下の節で説明する。

#### 6.3.1 高齢者にも使いやすいデザイン

提案システムのインターフェースについて高齢者が簡単に操作できるものを目指す。インターフェースは文献<sup>11)</sup>の高齢者のためのwebページ作成ガイドラインの提案を参考にし



図8. 提案システムアプリケーションメニュー画面

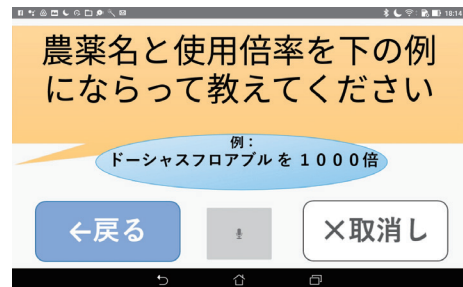


図9. 提案システムアプリケーション農薬散布登録画面

ている。実際のインターフェースが図8である。図8はアプリケーションを開いて最初のメニューページであり、ボタンの大きさを画面全体を使い大きく表示した。ホーム内で機能ごとにボタンを配置した。この理由については、「農作業登録」「農薬散布・散水登録」「収穫量登録」ごとに必要な処理が変わるからである。「農作業開始」ではBeaconを使用した作業圃場データの自動収集を行う仕組みがある。「農薬散布・散水登録」は基本的にはスプリンクラーを使い散布するので、作業圃場データを登録する必要がない。そして、「収穫量登録」は収穫後に計測し最終的に登録するものなので作業圃場を必要とせずに記録可能とした。また、農薬散布を登録する際の画面を図9に示す。音声入力は図9中央下部のマイクアイコンをタッチすることで可能となる。色については原色の色を避け、高齢者にとって「キャンセル」「ホーム」等のカタカナや馴染みのない言語は使っていない。長い文章を表示する場合、高齢者が読みやすいセンタリングをするよりも行頭に揃えた。以上を考慮したインターフェースを取り入れている。

#### 6.3.2 Beaconでの位置推定

##### 6.3.2.1 iBeaconの導入

提案システムでの作業済み圃場測定はBeaconを利用して行う。特に、節4.2でも述べたようにiBeaconは電波受信機との距離を測定することができるため、本研究の提案システムではiBeaconを活用する。しかし、iBeaconは直線距離のみの測定となるため工夫をする必要がある。よって、圃場での農作業時の移動の特徴に着目した。図10は実際のハウスでの農作業者の動きを図示したものである。ハウス内に畝が複数並んでいる場合、右利きの作業者は図10の赤矢印のように回り、進行方向右側の畝の作業を行う。作業者の開始位置は毎日の作業のため同じような動きであること、そして、直線移動の作業であることからiBeaconによる距離計測が活用できると考える。よって、圃場内にBeacon発信電波の受信機役割を果たす提案アプリケーションを起動させたタブレット端末を設置し、そこからの直線距離で畝のどの位置を作業

表 1. D.A. ノーマン「ユーザ中心デザインの7原則」

原則	
1	外界にある知識と頭の中にある知識の両者を利用する
2	作業の構造を単純化する
3	対象を目にみえるようにして、実行のへだたりと評価のへだたりに橋をかける
4	対応づけを正しくする
5	自然の制約や人工的な制約などの制約の力を活用する
6	エラーに備えたデザインをする
7	以上のすべてがうまくいかないときには標準化をする

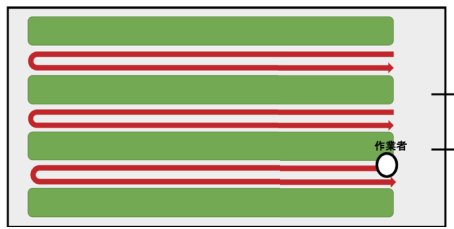


図 10. ハウスでの作業軌跡の例

表 2. ハウス各点の点 0 からの距離と各畝の一次関数

	点 0 との距離	一次関数
1	3.240284936	$y=0.0780971x-764766.4470525$
3	3.405952263	$y=0.0780970x-764765.4391956$
5	4.023277616	$y=0.0780969x-764764.1564664$
7	5.005894149	$y=0.0780967x-764762.7821133$
9	6.005041268	$y=0.0780966x-764761.5910109$

したのかを記録する。そのために、作業圃場内のモデル化が必要である。モデル化の具体的方法を次節で説明する。

6.3.2.2 位置測定のための圃場モデル化

本節では作成した具体的なモデルを利用して、位置測定のための圃場のモデル化について説明する。図 11 は圃場である実際のハウス画像とそのハウスの畝をモデル化したものである。この図のハウスは畝が 5 つで構成されている。モデル化したハウス図を見ると、それぞれの始点と終点に点 1~点 10、タブレット端末設置場所に点 0 を決定している。点 1~点 10 の位置情報は緯度経度で取得するが、距離計算を可能とするため国土地理院の文献<sup>12)</sup>を参考にし、平面直角座標に換算した。本モデル化には日本測地系、平面直角座標系は系番号 9 を利用した。平面直角座標を用い、点 0 から各畝の始点 (1, 3, 5, 7, 9) の距離と各畝ごと (1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10) に  $x$  についての一次方程式を予め算出した。この計算結果も含め位置測定のためのモデル化である。図 11 のハウスの描く直線距離をまとめた表が表 2 である。この値と iBeacon と電波受信機との距離を利用し、農作業位置を計算するという仕組みである。計算は三平方の定理や二次関数の解の公式等を使い、簡単に求められる。今回の提案手法での位置測定はあらかじめ圃場の登録が必要となる。図 11 のような各点番号の位置情報を圃場での GPS や map の利用し取得する。

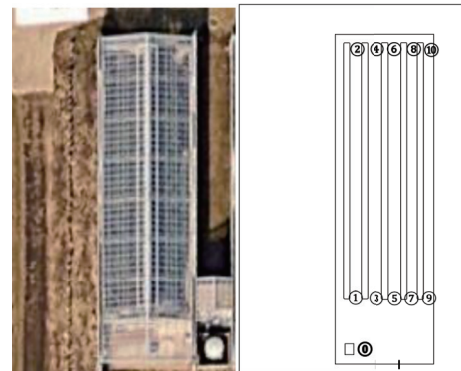


図 11. 実際のハウス画像とそのモデル化

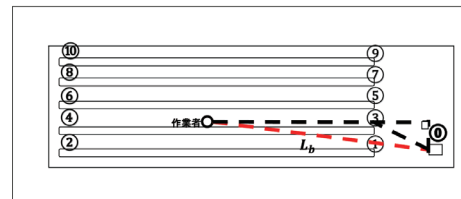


図 12. モデル化圃場での作業者の位置の算出

6.3.2.3 モデルを利用した農作業位置の計測手法

本節ではモデルを利用した農作業位置の計測手法を図 12 のように作業していると仮定し説明する。先ほど説明したように、農作業は畝一列ごとに順番に作業している。したがって、受信機と Beacon の直線距離 (以降  $L_b$ ) は遠ざかり、近づきを繰り返す。よって、点 0 (以降  $T_0$ ) から点 1 (以降  $T_1$ ) の一列の作業は  $T_0$  から  $T_1$  の距離 (以降  $l_1$ ) が  $L_b$  と初めに一致した時点から二度目に一致する間であると考えられる。同じように、点 3 (以降  $T_3$ ) から点 4 (以降  $T_4$ ) の一列の作業は  $T_3$  から  $T_4$  の距離 (以降  $l_3$ ) が  $L_b$  と初めに一致した時点から二度目に一致する間である。このように現在作業している圃場を推定し計測を行う。  $T_1$  から  $T_2$  が作業位置である場合、式 1 のような二次関数で作業位置  $x, y$  を算出可能である (表 2 から一次関数  $y = ax + b$ ,  $l_{01}=T_0$  から  $T_1$  の距離)。  $T_3$  から  $T_4$  以降の畝においては図 12 のように三平方の定理を用いて求めることができ、式 2 のようになる ( $l_{03}=T_0$  から  $T_3$  の距離)。同じように次作業を行う畝の位置測定を行うことが可能である。求めた  $x, y$  座標を緯度経度に換算することで実際の地図へのマッピング可能となる。

$$x = \frac{(a^2 + 1)x_0 + (L_b - l_{01})\sqrt{a^2 + 1}}{a^2 + 1} \tag{1}$$

$$x = \frac{(a^2 + 1)x_0 + (L_b - \sqrt{l_{03}^2 - l_{01}^2})\sqrt{a^2 + 1}}{a^2 + 1} \quad (2)$$

### 6.3.3 タスク対話の仕組み

提案システムには音声対話システムを取り入れている。音声対話システムについては節 4.3 で説明している。図 13 は農業登録を行う際の提案システム内部のフローである。フローのように提案システム自身のテキスト読み上げとそれに対する回答を発話することで操作できる。農業登録の他に農作業登録、肥料登録収穫量登録でも基本的な流れは変わらない。よって、農業登録を具体例にタスク対話の仕組みについて説明する。農作業登録が開始されると、「農薬名と使用倍率を教えてください」というテキストが読み上げられる。これにより、利用者が画面のテキストを閲覧することなく次の行動の理解を助けると考える。テキスト読み上げについては、Android 端末に搭載されているテキスト読み上げ機能を利用した。農業使用を記録する際、基本的には倍率や使用量を必要とすることはない。しかし、細かい記録を登録したいユーザの利用価値を高めるため使用倍率を記録できる仕組みを取り入れた。「農薬名」を「*n*倍」と発話することで「を」という単語を境に二つの単語に分解している。音声認識は Android アプリケーションパッケージを利用した。この音声認識は発話テキストから一から複数の候補を作成している。よって、候補が複数あること、また、農薬名は複雑であることから、データベースに登録している農薬名と発話テキストの文字列を比較して登録農薬の決定を行う。文字列の類似度計算には、メジャーな手法である Jaro-Winkler 距離を利用した。類似度スコアの最も高いものを登録農薬とすることで、完全に一致する農薬がなかった場合でも近い文字列の農薬を登録することができユーザの音声入力回数を減らすことが期待できる。提案システムは登録候補農薬で正しいかの確認が行われる。この際、登録候補農薬のユーザの使用回数が規定使用回数を超えている場合、使用回数を超えている旨をアプリケーションが知らせる仕組みである。また、農作業については「散水」をしたという記録をする場合、作業者が「散水」と発話するとは限らない。「水やり」「水撒き」等同じ意味でも違う単語、いわゆる類語が存在する。よって、農作業の類語をデータベースに登録しており、「水やり」という類語を発話した場合でも記録することが可能である。

### 6.4 開発環境

本節では提案システムの開発環境についてまとめる。実際に動作させる端末の Android バージョンは 6.1 であり、Android アプリケーションを開発した。サーバサイドについてはレンタル VPS、データベースは MariaDB を利用している。開発環境については表 3 にまとめる。

### 6.5 ユーザ操作の流れ

本節では提案システムのメインユーザである農作業者の操作の流れを説明する。ユーザの操作はタブレット端末にインストールされたアプリケーションを起動することで開始される。ユーザの操作の流れを図 14 に示す。初めに (1) 農作業登録 (2) 農薬/肥料散布/散水登録 (3) 収穫量登録という 3 つの選択が与えられる。どちらのフェーズも流れは変わらない。

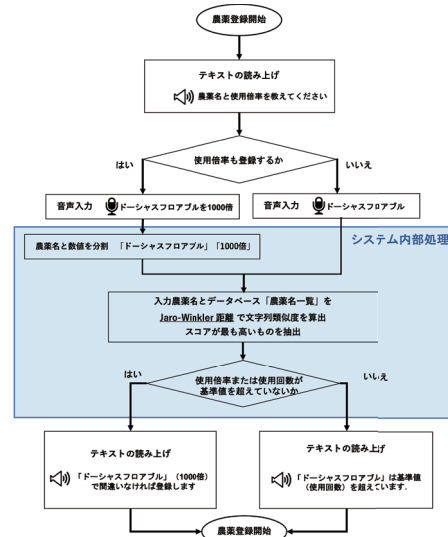


図 13. タスク対話農業登録のシステム内部のフロー

具体例として収穫の際の (1) 農作業登録の流れを以下にを説明する。

1. アプリケーションの農作業登録フェーズに進む
2. Beacon の起動
3. 収穫作業 (Beacon を所持) を行う
4. 収穫終了後、作業終了ボタンを押し Beacon を停止
5. 「収穫」と発話
6. 発話認識後、認識した単語が「収穫」の場合は 7、誤認識の場合は 5 に進む
7. 収穫作業の登録の完了

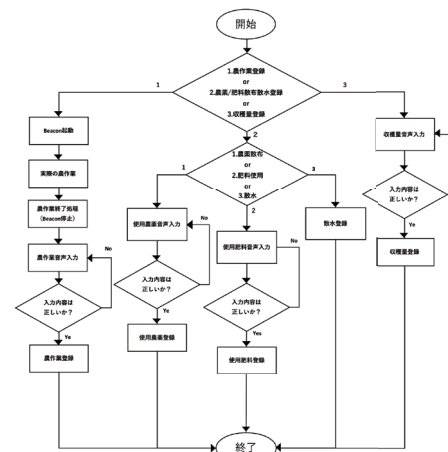


図 14. ユーザの処理

### 6.6 提案システムにより期待される効果

本節では提案システムにより期待される効果をまとめる。対話式を取り入れることで、ICT 機器を苦手とする 高齢農家が簡単に機器を操作することが可能になると考える。これにより、手書きによる 農作業登録を簡易化、システム内でデータ化し、農家の負担削減と新規農業や来期の農作業のためのデータの見える化につなげることが可能である。また、作業済み圃場の登録により複数人での作業等で圃場が作業済みであるか否かを把握しきれず、成熟した農作物の収穫を逃す



表 3. 開発環境

開発環境	Windows 10、Android studio
開発言語	Java
Android 導入ライブラリ	AltBeacon <sup>13)</sup> 、
使用プラットフォーム	Maps SDK for Android <sup>14)</sup> Places SDK for Android <sup>15)</sup>

等の機会損失を減らすことが期待できる。圃場のある位置での経過時間が知ることができれば、今後のデータ分析に活用し次期農作業の参考にすることができると考える。

## 7. 評価実験

本章では、評価実験について述べる。評価実験では、提案システムのユーザビリティやシステム設計の問題の発見やユーザの利用価値を明らかにするものである。評価実験は実際の圃場での実証実験を2回行った。また、提案システムの操作性と利用価値についての実験によりユーザビリティ評価実験を行った。

### 7.1 提案システムの実証実験

本節では、提案システムの実証実験についての説明を行う。実際の圃場で提案システムを利用し、システムの有用性を確かめる実験を行った。特に、Beacon による位置測定の性能の調査を行い、GPS との比較と Beacon の電波が受信可能かどうか検証した。性能が圃場の状況によって変化する可能性があるため、実証実験は異なる圃場で2回行った。

#### 7.1.1 実験条件

圃場が異なるため、それぞれの実証実験の条件が多少異なる。最初に起こった実験を実験 A、2 回目の実験を実験 B とおく。実験対象はきゅうりをハウス栽培で行う生産者である。しかし、本システムの農薬情報等はきゅうりに設定しているため、実験 B についてはトマト栽培のハウスでの実験では Beacon による位置測定の性能調査のみを行った。今回は収穫時期に実験を行ったため、農作業は収穫のみである。それぞれ実験ハウスのサイズについてを表 4 にまとめる。サイズが圃場により大きく異なるため圃場での実験時間は実験 A は約 70 分、実験 B は約 40 分であった。その間作業者が Beacon デバイスを保持し、Beacon の受信データを収集した。電波受信間隔 1 秒から 2 秒であり、電波受信時間と受信距離を使い Beacon の位置測定を行う。

実験圃場のモデル化はあらかじめ生産者への取材と googlemap を利用し行った。例として、実験 B のハウス距離 20m の圃場をモデル化した図を図 11 である。このようにあらかじめ実験圃場をモデル化している。図 11 のモデル化の具体的方法については 6.3.2.2 で説明している。受信端末であるタブレット端末は図 11 のように作業開始列に設置している。実験に使用した機器については表 5 にまとめた。Beacon デバイスが実験 A と実験的 B で異なるのは実験 A で使用した FeasyBeacon Mini の電波送信範囲が狭かったためである。実験 B では iPhone7 を Beacon と同じ Bluetooth 電波の発信が可能となるアプリケーションを利用した。また、GPS の位

表 4. 実験圃場

	実験 A	実験 B
ハウス数	8	2
ハウスサイズ	55m	20m/30m
各ハウス畝数	3	5

置測定と比較するために GPS の位置情報を同時に取得している。本実験は農作業には Beacon 機器と GPS を受信するための端末を持ち農作業を行った。実験 A のみ提案システムを生産者に利用してもらい、操作性や利用価値を調査するテストを行なっているが、結果は節 7.2 にまとめて検証する。

#### 7.1.2 実験結果と考察

実験 A と実験 B の Beacon で取得したデータでの位置情報計測結果をマッピングしたものをそれぞれ図 15、図 16、図 17 に示す。表 6 の緯度・経度は節 6.3.2.3 の通りに計算しており、算出した緯度・経度を使い図 15 を作成している。図 16、図 17 についても同等である。図 16、図 17 については実験 B の 30m、20m の圃場であり、この二つの図のマッピングには Carto 社が提供している CartoDB<sup>16)</sup> を利用している。

実験 A では入口をスタートにし農作業を開始したが、図 15 で分かる通り Beacon 電波はハウス入口付近の 1m 程度の距離で途切れてしまった。その可能性としては、(1) 提案システムの動作が停止した (2) ネットワーク環境が悪かった (3) Beacon デバイスは送信距離が狭かった (4) 障害物による Beacon 電波の妨害の 4 点が考えられる。(1) の場合はアプリケーションが動作停止した場合のエラー処理を取り入れること、(2) の場合はネットワークの環境を変えることですぐに対応が可能である。しかし、(3) (4) の場合、Beacon による位置測定法の見直しが必要である。実験 A の圃場は 1 つのハウス内に畝を 3 本設置しているため、通路が狭くなっている。さらに、きゅうりの葉が生い茂っているため障害となってしまった可能性がある。また、提案システムログデータから理由は不明だが強制終了した可能性が最も高いと考えた。

そこで、実験環境を変更し実験 B を行った。実験 B では Beacon デバイスと圃場を変更している。図 16、図 17 を見て分かる通り、Beacon での位置測定は 10m 程度で終了している。この原因は今回使用した Beacon の電波送信距離に限界があったという可能性が最も高いと考える。スマートフォンやタブレットは Bluetooth 通信可能範囲が「Class」という規格で決められている。基本的に流通しているスマートフォンは約 10m の通信が可能でありそれ以上になると通信が途絶える「Class2」という規格を用いている。今回利用したタブレット端末の「Class2」であったため最大受信距離が 9.21988m であった。よって、今後は約 100m までの通信を可能とする

表 5. 実験機器

	実験 A	実験 B
タブレット端末	ASUSZenPad8.0 (Android OS 6.0.1)	
Beacon 端末	FeasyBeacon Mini	iPhone7 (iOS 14.3)
ネットワーク環境	モバイルルーター (microsim y!mobile)	

表 6. 実験 A : Beacon 受信距離と緯度経度計算結果

日時	受信距離	緯度	経度
2021/1/6 8:47:58	0.0451709	32.0011244035964	131.4646814019120
2021/1/6 8:47:59	0.0455592	32.0011244070720	131.4646814019120
2021/1/6 8:48:01	1.42238	32.001136730648	131.464681401905
2021/1/6 8:48:02	1.79501	32.0011400659648	131.4646814019030
2021/1/6 8:48:04	1.91528	32.0011411424712	131.4646814019030
2021/1/6 8:48:06	1.7665	32.0011398107790	131.4646814019040
2021/1/6 8:48:07	1.10461	32.0011338863685	131.4646814019070
2021/1/6 8:48:08	1.10461	32.0011338863685	131.4646814019070

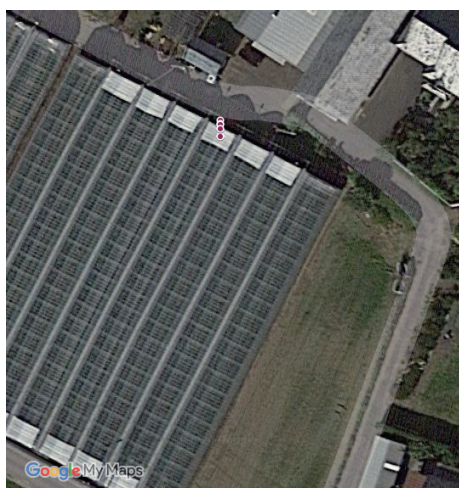


図 15. 実験 A : Beacon による位置測定データマッピング結果

「Class1」規格が用いられている端末での実験をする必要があると考える。

図 16、図 17 を情報の有用性の観点から検証する。検証ため GPS による作業位置測定結果をそれぞれ図 18、図 19 に示す。GPS データは作業者の軌跡を一定距離ごとに取得できる既存のアプリケーションを使い取得した。どちらの作業も図の左側の畝か順番に作業を行ったが、うまく取得できていないことがわかる。よって、屋内では GPS 精度が低下すると考える。本提案システムの位置測定は直線移動を考慮した測定であるため、Beacon データの取得をすることさえできれば、測定精度が低下する可能性は低い。また、図 16、図 17 はヒートマップのように作業位置にどの程度滞在しているか可視化している。黄色が滞在時間が長く濃緑が最も短い作業位置である、よって、図の黄色の位置では滞在時間が長いいためその位置では収穫作業を行ったと考えられる。提案システムにより Beacon 受信距離を利用し、作業位置の可視化が可能となった。

今回の実験ではタブレット端末の規格が原因で 10m 以内の測定であった。しかし、10m までの位置測定と位置ごとの作業時間の比較が可能であることから、小規模農家にとって提案システムの「Beacon による位置測定」について有用性があ

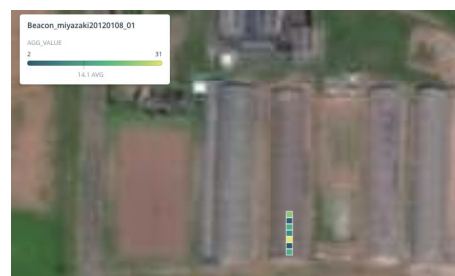


図 16. 実験 B : Beacon による位置測定データマッピング結果 (ハウス距離 30m)

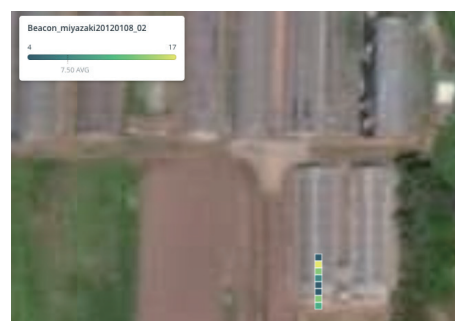


図 17. 実験 B : Beacon による位置測定データマッピング結果 (ハウス距離 20m)

ると考える。

## 7.2 提案システムのユーザビリティ評価

本節では提案システムのユーザビリティ評価実験の説明を行う。本実験ではインターフェース、操作性等のユーザビリティ設計の評価や提案システムの利用価値の調査が目的である。

### 7.2.1 実験条件

タスク対話システムについての性能や有用性を検証する。実験は生産者 1 名、大学生 6 名 (男性 2 名、女性 4 名) を対象に行った。実験は提案システムを利用し複数のタスクをこなしてもらう。本実験では、被験者には提案システムが何のためのものかのみを伝え、使い方は教えなかった。理由は見ただけで操作を判断できるシステムを目指しているため、そちらの検証をするからである。タスクとして「図 1 のような



図 18. 実験 B : Beacon による位置測定データマッピング結果 (ハウス距離 30m)



図 19. 実験 B : Beacon による位置測定データマッピング結果 (ハウス距離 20m)

手書きの栽培履歴用紙への記入」と「提案システムでの収穫量登録、農薬登録、肥料登録」を与えた。その後、操作性についてとインターフェースについてのアンケートに答えるという内容である。生産者のみアンケートの回答は行っていない。

## 7.2.2 実験結果と考察

ユーザビリティ評価実験でのタスク完了平均時間を表 7 に示す。タスク完了率は 88.9%と高い数値であった。タスクが完了できなかった被験者もいたので、未完了被験者の人数は計算に含んでいない。手書きでの記録は農薬表一覧から農薬を探さなければならず、平均時間が最も長かった。「手書きの記録と提案システムの記録どちらを使いたいか」というアンケートでも全ての人々が提案システムを選択した。時間がかかる手書きでの記録は利用者にとって良くないと考える。被験者の各タスクでの発話回数を表 8 にまとめている。発話回数が 6 回以上をタスク未完了被験者として数えた。発話回数から成功回数を引いた値が音声入力をしたが登録すべきでない農薬名がシステムから提案された回数である。未完了被験者はどちらも男性であり、男性の声の音声認識が悪い可能性が考えられる。また、農薬、肥料の読み方に迷って読み間違えている被験者が数名いた。そのために正しい入力ができず、発話の回数が増えている。

システムへの音声入力成功率は 48.6%であった。誤認識さ

れた音声入力単語と農薬一覧を Jaro-Winkler 距離で比較した時のスコア上位 10 個の一例を表 9 にまとめる。タスクで正しく入力すべき単語は「イオウフロアブル」である。表ではイオウフロアブルがどの入力単語に一番高いスコアであると同時に、同様のスコアの農薬が複数存在した。タスクの際に被験者がシステムから提案された農薬は「コテツフロアブル」であった。理由はデータベースに登録されている農薬の順番が関係していると考えられる。これにより、システムへの音声入力の成功率が下がったと考える。同じスコアがある場合には、選択肢を画面に提示し選択させるなどの工夫が必要である。

全ての被験者肥料登録以外は迷うことなく操作していた。肥料を登録する際、33.3%の被験者がメイン画面で 10 秒以上の迷いを見せた。これは、メインの画面に肥料登録のボタンがなかったからだと考える。また、音声入力を行う際にマイクボタンを押さずに発話を行った 3 名被験者がいた。質問テキストの読み上げが行われ、スマートスピーカーなどの連想させたためだと考える。よって、ボタンを押さずに音声入力を行わせる仕組みを取り入れて解決する。

提案システム 5 段階評価についてのアンケート結果についてを表 10 にまとめる。操作方法がの評価が低く、操作性の向上を検討する必要がある。理由としてボタン表現のわかり辛さが挙げられた。この理由の一つは今回のシステムでは高齢者に馴染みのないような「キャンセル」等を使っていないからだと考える。異なるボタンの表現方法を検討する必要がある。また、生産者から長い農薬名に関しては選択肢をスクロール式で選択させる方がわかりやすいとの意見があがった。音声入力とスクロール形式を組み合わせ、高齢農家が使いやすいシステムを再検討する。

## 8. まとめ

農業分野において、農業従事者の高齢化と新規就農者の定着率の低下が課題となっている。その課題を解決するために、スマート農業の促進が取り組みとして進められている。センサーによるデータ収集やロボットの活用で農家の負担を軽減しようというものである。今までは経験則が多かったため新規で行うことが難しかった農業もデータ分析による経験則の可視化により、農業を行うハードルが低くなると考える。また、農業の ICT 技術を導入する場合導入費や維持費などの多額のコストがかかる。これらの課題解決に向けた取組が必要であると考えられる。

そこで本研究では、音声入力を用いた農作業記録管理システムの提案と開発を行った。特に音声対話システムと Beacon による農作業位置測定を用いた作業者の作業位置自動登録システムの 2 点を考慮したシステムである。ICT 機器を音声入力を用いて操作することで高齢生産者の苦手意識を減らすことができると考える。また、Beacon による農作業位置の特定により収穫をしていない位置を減らし、成熟した農作物の収穫を逃す等の機会損失を減らすことが可能である。提案システムを利用した農業データ収集がデータの見える化につながると考える。したがって、本研究での提案システムは新規農業者の支援と高齢農家の作業負担軽減につながることを期待される。

表 7. タスク遂行平均時間

タスク	収穫量登録	手書きでの農薬記録	農薬登録	肥料登録
平均時間	0:30:29	1:23:56	0:34:45	0:41:44

表 8. 各タスクでの発話回数

	発話回数		
	収穫量登録	農薬登録	肥料登録
被験者 1	1	1	4
被験者 2	1	1	1
被験者 3	1	6	1
被験者 4	1	6	4
被験者 5	1	1	1
被験者 6	2	1	1

表 9. 音声入力単語と農薬名の Jaro-Winkler 距離比較スコア

入力単語	農薬名	スコア
洋 HIRO アブル	イオウフロアブル	55
	コテツフロアブル	55
	プレオフロアブル	55
	ライメイフロアブル	54
	ランマンフロアブル	54
	ピカットフロアブル	54
	スクレアフロアブル	54
	フルピカフロアブル	54
	モベントフロアブル	54
	シトラーノフロアブル	53
	ドーシャスフロアブル	53
魚ひろアブル	イオウフロアブル	62
	コテツフロアブル	62
	プレオフロアブル	62
	ライメイフロアブル	61
	ランマンフロアブル	61
	ピカットフロアブル	61
	スクレアフロアブル	61
	フルピカフロアブル	61
	モベントフロアブル	61
	シトラーノフロアブル	59
	ドーシャスフロアブル	59

表 10. 提案システムアンケート結果

	5 段階評価				
	5	4	3	2	1
操作方法	1	3	2		
文字の大きさ	4	2			
配色	4	2			
ボタン配置	3	3			

評価実験では、提案システムの実証実験を行い、提案システム内の Beacon による位置測定手法と音声対話システムの有用性について検証した。Beacon による位置測定手法の検証結果は GPS と比べると精度は良く、Beacon の通信範囲制限のため、提案システムでは 10m 程度の圃場であれば利用価値があることが示された。また位置測定手法が作業位置の滞在時間の比較のために有効であることを確認した。また、提案システムのユーザビリティ評価では、操作性、インターフェース、音声対話システムの有用性の検証を行った。

また、ユーザビリティ評価実験の結果、手書きの記録と比較した提案システムの有用性を示すことができた。操作の簡単さについても問題ないという結果が得られた。しかし、インターフェース、音声対話システムについて再検討が必要である。

最後に、今後の課題について述べる。本研究では、対話式音声入力での農作業記録管理システムの開発を行った、実験の結果から顕著となった問題点は (1) Beacon の通信範囲の限界 (2) ボタンデザイン (3) 農薬音声入力精度の 3 点である。(1) Beacon の通信範囲についてはより広範囲の通信が可能となる端末での実験を行い、再度検証を行う必要がある。また、圃場にゲートウェイを設置する新たな Beacon 位置測定手法も検討する。(2) ボタンデザインについては、文献<sup>11)</sup>を参考にし、ボタンの余白等に変更を加える。ボタン名を一般に広く利用されている単語にすることで操作性が高まると考える。また、文献<sup>17)</sup>(3) 農薬音声入力精度について音声入力成功率が半分を切っていたことから大きな改良が必要であると考え。農薬名の文字列が長いいため正しい入力を行うことが難しい。よって、音声入力と同時に選択肢が複数個表示されるような仕組みが必要であると考え。生産者の取材により、農薬が毎年変わり農薬成分の把握や効能を覚えること、また見つけることが困難であるという話があった。したがって、成分、効能検索機能を取り入れ、そこから農薬登録を行うという形式を検討することで価値が高まると考える。

## 参考文献

- 1) 農林水産省: 農薬就業人口及び基幹的農業従事者数, available at:<http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html> (accessed 2021/01/06).
- 2) 農林水産省: 2019 年農業構造動態調査, available at:<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukou/> (accessed 2021/01/06).
- 3) 農林水産省: 平成 26 年度食料・農業・農村白書 (平成 27 年 5 月 26 日公表), available at:[http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h26/index.html](http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h26/index.html) (accessed 2021/01/06).
- 4) 総務省: 平成 27 年版情報通信白書, available at:<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/>

- whitepaper/ja/h27/index.html (accessed 2021/01/06).
- 5) JC 総研: 野菜・果物の消費行動に関する調査結果, available at:[www.jc-so-ken.or.jp/pdf/agri/investigate/160115\\_01.pdf](http://www.jc-so-ken.or.jp/pdf/agri/investigate/160115_01.pdf) (accessed 2021/01/06).
  - 6) ライブリッツ株式会社: Agrion (アグリオン) - クラウドで農業経営をサポート, <https://www.agri-on.com>(accessed 2021/01/13)
  - 7) 株式会社イーエスケー: 無料で使える農業スマホアプリ「畑らく日記 (はたらくにつき)」, <http://www.hata-nikki.jp>(accessed 2021/01/13)
  - 8) 荒木 雅弘: 音声対話システム構築に役立つツールキット, 『日本音響学会誌 2020 年 76 巻 4 号』, pp.207-212, 2020.
  - 9) D.A. ノーマン: 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論, 新曜社, 1990.
  - 10) Jef Raskin (村上雅章 訳): ヒューメイン・インターフェース—人に優しいシステムへの新たな指針, ピアソン・エデュケーション, 2001.
  - 11) 濱本和彦: 高齢者のための web デザインとユーザビリティ評価に関する検討, 『情報処理学会研究報告システム評価 (EVA) 106, 2004』, pp.13-18, 2004.
  - 12) 河瀬和重: Gauss-Krüger 投影における経緯度座標及び平面直角座標相互間の座標換算についてのより簡明な計算方法, 国土地理院時報 2011, No.121, pp.109-124, 2011.
  - 13) AltBeacon: AltBeacon, <https://altbeacon.org>(accessed 2021/01/13)
  - 14) Google: Maps SDK for Android, <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/overview>(accessed 2021/01/13)
  - 15) Google: Places SDK for Android, <https://developers.google.com/places/android-sdk/overview>(accessed 2021/01/13)
  - 16) Carto: CartoDB, <https://carto.com>(accessed 2021/01/13)
  - 17) 南部 美砂子, 原田 悦子: 高齢者にとっての音声インタフェースデザイン: ATM 使用における音声フィードバックの効果, 情報科学技術フォーラム講演論文集, 2003, pp.553-554, 2003.