

Title	スマート農業における物理センサと人間センサからの知識抽出および知識共有・継承支援
Author(s)	遠矢, 健太
Citation	
Issue Date	2023-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18267">http://hdl.handle.net/10119/18267</a>
Rights	
Description	Supervisor: 内平 直志, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

修士論文

スマート農業における物理センサと人間センサからの知識抽出および  
知識共有・継承支援

遠矢 健太

主指導教員 内平 直志

北陸先端科学技術大学院大学  
先端科学技術研究科  
(知識科学)

令和5年3月

## Abstract

### Knowledge Extraction, Sharing and Transfer from Physical and Human Sensors in Smart Agriculture

Kenta Toya

Keywords: Knowledge Extraction, Knowledge Sharing, Knowledge Transfer, Awareness, Smart Voice Messaging System, Machine Learning, IoT(Internet of Things)

In recent years, Japan's agricultural sector has been experiencing a decline in the number of people employed in agriculture and an aging of farmers. In addition, the knowledge of older, skilled farmers is being lost without being passed on to younger farmers. In response to these issues, smart agriculture is being promoted in Japan. Based on their abundant experience, farmers detect pests and diseases and changes in the environment of crops, and make decisions and carry out their work. Physical sensor data from the Internet of Things (IoT) is not sufficient to collect knowledge about farmers' decisions and operations. Therefore, it is effective to collect audio and images of changes in crops and the environment that farmers perceive while working in the field and during their work. In this research, we call these "human sensors. We propose a method to collect the information about the farmer's work using human sensors, and the changes in the crops and environment that the farmer perceives during the work.

We are planning to support knowledge sharing and knowledge transfer by collecting and analyzing the knowledge of farmers using a Smart Voice Messaging System and integrating it with environmental data around crops using physical sensors.

In this study, we used multiple regression analysis and decision trees to extract agricultural knowledge, and were able to extract knowledge about watering in planter cultivation. We were also able to confirm the effectiveness of the system as a work support, decision support, and learning support. For knowledge sharing and knowledge transfer, we conducted an experiment at an agricultural field, and conducted a workshop to reflect on the results of the experiment using human sensor data and physical sensor data. In the second experiment, we were able to share and pass on knowledge about water management. Furthermore, we were able to clarify four aspects of effectiveness: effectiveness as a recording and countermeasure, effectiveness as a clarification of teaching methods, effectiveness as a decision-making support, and effectiveness as a learning support. For the third session, we were able to share and pass on knowledge

concerning the judgment of where to harvest turnips and the shape of the ridges. In addition, two aspects of effectiveness as decision-making visualization and effectiveness as work support were also clarified.

# 目次

<b>第1章 はじめに</b> .....	<b>9</b>
1.1 研究背景 .....	9
1.2 研究目的とリサーチクエスチョン .....	11
1.3 研究方法 .....	12
1.4 論文の構成 .....	12
1.5 本論文で扱う基本用語の定義 .....	13
<b>第2章 先行研究レビュー</b> .....	<b>15</b>
2.1 スマート農業の研究事例とその課題 .....	15
2.2 知識継承 .....	16
2.2.1 知識の整理 .....	16
2.2.2 知識継承のための知識の整理 .....	17
2.3 農業における知識継承の取り組み .....	17
2.4 人間の気づきの収集と活用 .....	18
2.4.1 AI(Agri-Informatics)に基づく学習支援システムの研究開発 .....	18
2.4.2 音声つぶやきシステム .....	18
2.5 先行研究のまとめおよび本研究の位置付け .....	19
<b>第3章 研究方法および提案システム</b> .....	<b>21</b>
3.1 研究方法および提案システムの概要 .....	21
3.2 プランター栽培における知識抽出実験の目的 .....	22
3.3 プランター栽培における知識抽出実験の方法 .....	22
3.3.1 知識抽出実験における人間センサデータの収集方法 .....	24
3.3.2 知識抽出実験における物理センサデータの収集方法 .....	26
3.3.3 決定木を活用した知識抽出 .....	28
3.4 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の目的 .....	29
3.5 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の方法 .....	30
3.5.1 知識共有・継承のための試行評価における人間センサデータの収集方法 .....	31
3.5.2 知識共有・継承のための試行評価における物理センサデータの収集方法 .....	32
3.5.3 知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップおよびインタビュー調査の方法 .....	35
<b>第4章 プランター栽培における知識抽出実験の結果および考察</b> .....	<b>39</b>
4.1 第1回知識抽出予備実験の結果 .....	39

4.2 第1回知識抽出予備実験の考察.....	43
4.2.1 作業支援としての有効性.....	43
4.3 第2回知識抽出実験の結果.....	43
4.4 第2回知識抽出実験の考察.....	48
4.5 第3回知識抽出実験の結果.....	49
4.6 第3回知識抽出実験の考察.....	50
4.6.1 意思決定支援としての有効性.....	51
4.6.2 学習支援としての有効性.....	52
4.7 知識抽出実験のまとめ.....	52
<b>第5章 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の結果および考察.....</b>	<b>54</b>
5.1 第2回知識共有・継承のための試行評価の結果.....	54
5.2 第2回知識共有・継承のための試行評価の考察.....	56
5.2.1 第2回知識共有・継承のための試行評価において共有・継承された知識.....	57
5.2.2 記録および対策としての有効性(人間センサデータのみを活用).....	58
5.2.3 指導方法の明確化としての有効性(人間センサデータのみを活用).....	58
5.2.4 作業支援としての有効性(物理センサデータのみを活用).....	58
5.2.5 学習支援としての有効性(人間センサデータおよび物理センサデータの活用).....	59
5.3 第3回知識共有・継承のための試行評価の結果.....	59
5.4 第3回知識共有・継承のための試行評価の考察.....	61
5.4.1 第3回試行評価において共有・継承された知識.....	62
5.4.2 作業判断の表出化としての有効性(人間センサデータのみを活用).....	62
5.4.3 作業支援としての有効性(物理センサデータのみを活用).....	63
5.5 知識共有・継承のための試行評価のまとめ.....	63
<b>第6章 結論.....</b>	<b>65</b>
6.1 本研究のまとめ.....	65
6.2 リサーチクエスチョンに対する回答.....	65
6.3 本研究の貢献.....	66
6.4 本研究の展望と限界.....	67
<b>謝辞.....</b>	<b>68</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>69</b>
<b>付録1 試行評価協力者へのインタビュー同意書.....</b>	<b>71</b>
<b>付録2 第2回知識共有・継承のための試行評価におけるワークショップ資料.....</b>	<b>72</b>
<b>付録3 第3回知識共有・継承のための試行評価におけるワークショップ資料(露地ファーモの</b>	

物理センサデータ).....	102
付録4 第3回知識共有・継承のための試行評価におけるワークショップ資料(音声つぶやき) .....	108

# 目次

図 1-1 基幹的農業従事者数およびそれに占める 65 歳以上の割合の推移(農業センサス(2021)をもとに筆者作成) .....	9
図 1-2 本論文における章構成 .....	12
図 2-1 SECI モデルの概念図(野中(1996)の図をもとに筆者作成) .....	16
図 2-2 知識の種類と継承の方法(中山, 2007)の図をもとに筆者作成.....	17
図 2-3 音声つぶやきシステムのユースケース(音声つぶやきによる気づきの収集と活用支援システム(内平, 2014)より引用) .....	19
図 3-1 研究方法の概要図 .....	21
図 3-2 プランター栽培における知識抽出実験の概要図.....	22
図 3-3 プランター栽培における人間センサデータの収集におけるシステムの概要図.....	24
図 3-4 プランター栽培における人間センサデータの収集状況.....	25
図 3-5 プランター栽培における音声つぶやきシステムを活用した農作業内容や作業中の気づきの記録 .....	25
図 3-6 プランター栽培における物理センサデータの収集におけるシステムの概要図.....	26
図 3-7 プランター栽培における知識抽出実験で構築した回路の組立図 ....	27
図 3-8 図 3-7 の回路図 .....	27
図 3-9 プランター栽培における物理センサデータのデータベースへの収集状況 .....	28
図 3-10 気温と湿度を用いた決定木による快適性の分類.....	29
図 3-11 農業現場における試行評価の概要図 .....	30
図 3-12 農業現場における人間センサデータの収集状況.....	32
図 3-13 農業現場における物理センサデータの設置状況.....	33
図 3-14 農業現場における物理センサデータの収集状況.....	33
図 3-15 第 1~2 回試行評価における物理センサの設置場所(地理院地図(国土地理院)を利用して筆者作成) .....	34
図 3-16 第 3 回試行評価における物理センサの設置場所 (地理院地図(国土地理院)を利用して筆者作成) .....	34
図 3-17 第 1~2 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップで使用した資料(詳細は付録に添付) .....	36
図 3-18 第 3 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークシ	

ヨップで使用した資料 1(ビデオカメラで音声つぶやきを収集し, 文字起こしを行い作成) .....	37
図 3-19 第 3 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークシ ヨップで使用した資料 2(詳細は付録に添付) .....	38
図 4-1 第 1 回知識抽出予備実験におけるプランター1 の水やり量の予測 .	41
図 4-2 第 1 回知識抽出予備実験におけるプランター2 の水やり量の予測 .	42
図 4-3 第 1 回知識抽出予備実験におけるプランター3 の水やり量の予測 .	42
図 4-4 第 2 回知識抽出実験におけるプランター1 の決定木 .....	47
図 4-5 第 2 回知識抽出実験におけるプランター2 の決定木 .....	47
図 4-6 第 2 回知識抽出実験におけるプランター3 の決定木 .....	47
図 4-7 第 2 回知識抽出実験における各プランターの測定重量.....	48
図 4-8 第 3 回知識抽出実験における全プランターを統合した場合の決定木 .....	50

# 表目次

表 3-1 プランター栽培における知識抽出実験の実施環境 .....	23
表 4-1 プランター栽培における第 1 回知識抽出予備実験の実施環境 .....	39
表 4-2 第 1 回知識抽出予備実験における重回帰分析で使 用した説明変数および目的変数 .....	40
表 4-3 第 1 回知識抽出予備実験における重回帰分析の結果 .....	40
表 4-4 プランター栽培における第 2 回知識抽出実験の実施環境 .....	44
表 4-5 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減の予測に用いた説明 変数および目的変数 .....	44
表 4-6 人間センサによる変数の順序尺度 .....	45
表 4-7 天気の変数におけるダミー変数変換 .....	45
表 4-8 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減およびその分類 .....	46
表 4-9 第 2 回知識抽出実験におけるプランターごとの平均精度 .....	46
表 4-10 プランター栽培における第 2 回知識抽出実験の実施環境 .....	49
表 4-11 第 3 回知識抽出実験における決定木に用いた特徴量 .....	49
表 4-12 第 3 回知識抽出実験における全プランターの人間センサデータおよ びを物理センサデータを統合した決定木の平均精度 .....	50
表 4-13 知識抽出実験のまとめ .....	52
表 5-1 農業現場における知識共有・継承のための第 2 回試行評価の実施環 境 .....	54
表 5-2 農業現場における知識共有・継承のための第 2 回試行評価の半構造 化インタビューで得られた発言内容の分類 .....	57
表 5-3 農業現場における知識共有・継承のための第 2 回試行評価の実施環 境 .....	59
表 5-4 農業現場における知識共有・継承のための第 3 回試行評価の半構造 化インタビューで得られた発言内容の分類 .....	62
表 5-5 知識共有・継承のための試行評価のまとめ .....	63

# 第1章 はじめに

本章では、農業分野において、音声つぶやきシステムにより収集した人間センサデータおよび IoT による物理センサデータを統合・活用した知識共有・継承支援の研究へ取り組むに至った背景および研究目的とリサーチクエスチョン、研究方法を記述する。その後、本論文の構成や論文中で用いる基本用語の定義を示す。

## 1.1 研究背景

農業は我々が生活する上で必要な米や野菜などの食糧を供給するだけでなく、国土・環境の保全を担う重要な役割を果たしている。しかし近年、日本の農業分野において、農業就業人口の減少と農業従事者の高齢化が問題となっている。図 1-1 に示すように農林業センサス（2021）によると、基幹的農業従事者数は 2011 年に 186.2 万人だったものが、2021 年には、130.2 万人となっている。また、基幹的農業従事者数に占める 65 歳以上の割合も 2011 年に 59.1%であったものが、2021 年には、69.5%となっており、今後もこのような傾向が継続すると考えられる。また、それに伴い、高齢の熟練農作業者の農業知識が若手農作業者に継承されることなく、失われるといった問題が発生している。農林水産省(2019)によると、経営主が 65 歳以上の販売農家 75 万戸のうち半数では後継者おらず、熟練の技術が継承されずに失われることが危惧されている。

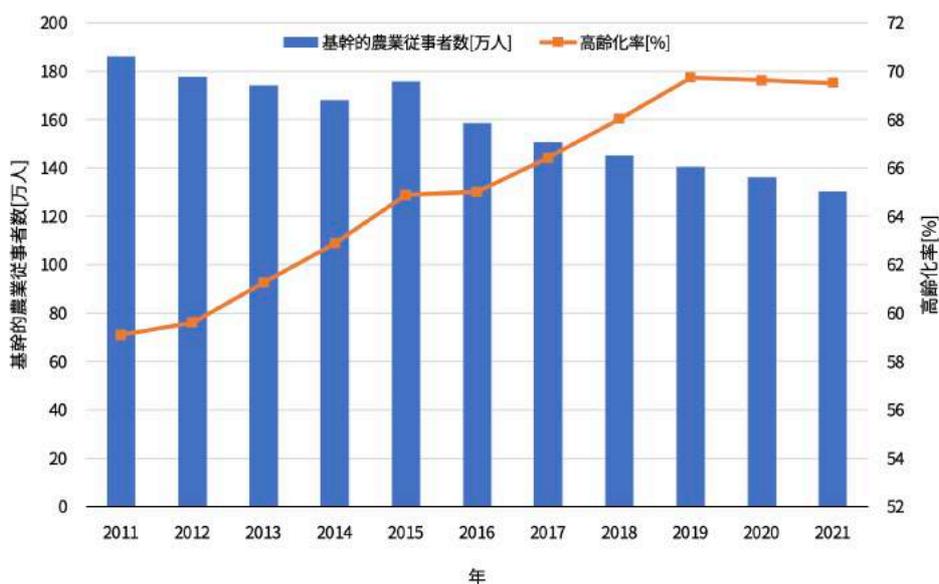


図 1-1 基幹的農業従事者数およびそれに占める 65 歳以上の割合の推移(農林業センサス(2021)をもとに筆者作成)

以上の状況から、ロボットや人工知能, IoT を活用した農業が進められている。このような取り組みは日本だけでなく、海外においても Smart Agriculture や Smart Agri, AgriTech と呼ばれ、広がりを見せている。日本においては、2013年に農林水産省が「スマート農業の実現に向けた研究会」を発足し、スマート農業の取り組みが推進されている。スマート農業とは、ロボット技術や情報通信技術を活用し、省力化、精密化、高品質生産等を推進する新たな農業であり、以下のような5つの方向性を掲げている。

**(1) 超省力・大規模生産を実現**

トラクター等の農業機械の自動走行の実現により、規模限界を打破。

**(2) 作物の能力を最大限に発揮**

センシング技術や過去のデータを活用したきめ細やかな栽培(精密農業)により、従来にない多収・高品質生産を実現。

**(3) きつい作業、危険な作業からの解放**

収穫物の積み下ろし等重労働をアシストスーツにより軽労化、負担の大きな畦畔等の除草作業を自動化。

**(4) 誰もが取り組みやすい農業を実現**

農機の運転アシスト装置、栽培ノウハウのデータ化等により、経験の少ない労働力でも対処可能な環境を実現。

**(5) 消費者・実需者に安心と信頼を提供**

生産情報のクラウドシステムによる提供等により、産地と消費者・実需者を直結。

(農林水産省, 2013 より引用)

以上のような方向性で取り組まれているスマート農業であるが、現在の日本においては、ロボットや人工知能, IoT を活用した農作業の効率化・省力化、作物・圃場状態の把握・制御に焦点が置かれた研究が多く進められている。しかしながら、農業の現場では、人手に頼らざるを得ない作業や熟練農業従事者でなければ実行できない作業が数多く残されている。川辺ら(2019)は、作物に今どのような異変が生じているかといった情報把握、影響する外部環境因子の変化の把握が完全ではなく、担当者の監督・確認等が不可欠であることを指摘している。また、亀岡(2017)は、農業において人の関与の重要性は今後も不変であり、圃場IoT や農業 CPS の実現により、人の重要性の質が変化することを意識した標準化・共通化活動、培われてきた技術と標準をベースとした体系化など、時代に即した技術教育と技術の普及体制の確立が求められていると述べている。さらに知識共有・継承の観点においても、高道(2021)は、作物の栽培方法が気候条件や

土壌条件により変化することから、一緒に作業をしながら口伝により知識を継承する現状があると述べている。以上のことから、スマート農業で活用されるIoTによる物理センサだけでなく、人間の五感を通じた気づきと併用することで、農業知識の共有・継承を進めていく必要がある。

## 1.2 研究目的とリサーチクエスション

前述したように、農業における知識共有・継承は、IoTによる物理センサのみでは不十分であり、人間の五感を通じた気づきとの統合によるアプローチが有効であると考えられる。高道(2021)は、農業現場において農作業間での知識共有に関する研究を行っていたが、農作業者の気づきの収集までに留まっており、物理センサの数値的なデータとの統合による検証には至っていなかった。これは、口伝やOJT等で知識を伝達することが主流である農業現場において、知識を共有するという観点においては有効である。しかしながら、継承の観点においては、熟練農作業者の知識は、経験や勘、現場のコンテキストに依存するものが多く、若手農作業者は共有された知識を咀嚼・理解することが容易でないため、継承に長期間を要する。そこで、物理センサにより収集された明示的な数値データと組み合わせることで、熟練農作業者の感覚的な判断知識を物理センサの数値的なデータの側面からも把握可能となり、知識継承を支援することができる。

よって、本研究では、農業分野において人間センサ(本論文中では、農作業中における作物や圃場の異変を感知する感覚器官と定義。後述の1.5を参照。)データおよび物理センサデータを統合した分析モデルにより、農業知識の抽出を行い、それらを活用した農作業間における知識共有・継承支援を目的とする。また、本研究のアプローチは世界的にもユニークであり、現場の状況を考慮した上で、作業判断や意思決定を行う農業分野における貢献性も非常に高く、学術的意義がある。以下にMRQおよびSRQを示す。

MRQ：農業分野における人間センサ・物理センサを統合した農業知識の抽出・共有・継承はどのように行えるか？

SRQ-1：人間センサ・物理センサを統合した農業知識の抽出は機械学習を用いて、どのように行えるか？

SRQ-2：人間センサ・物理センサを統合した農業知識の共有・継承はどのように行えるか？

### 1.3 研究方法

本研究では、音声つぶやきシステム(「気づき」を音声でその場で収集・蓄積し、活用するシステム、後述の 2.4.2 を参照。)および IoT による物理センサをプランター栽培、農業現場にそれぞれ導入し、農作業者の気づきと作物周囲の環境情報を収集・統合・分析する。プランター栽培については、SRQ-1 に対応し、機械学習を用いて、農業知識の抽出を図ることを目的とする。また農業現場については、SRQ-2 に対応し、収集・統合した人間センサデータおよび物理センサデータをもとに、振り返りワークショップを行い、農作業者間における知識共有・継承支援を目的とする。

なお、本研究では農業知識の抽出および農作業者間での知識共有・継承支援については、プランター栽培における知識抽出実験、農業現場における知識共有・継承のための試行評価とそれぞれ分けて実施している。この理由として、農業現場における知識共有・継承のための試行評価で設定した期間(約 2 週間)では、機械学習に必要なデータ数を収集しきれないと考えたためである。そこで、まずはプランター栽培により、約 2 ヶ月間のデータを収集・分析することで、農業知識の抽出を試みた。

### 1.4 論文の構成

本論文は、本章を含めた 6 章で構成する。これらの章について以下の図 1-2 に示す。

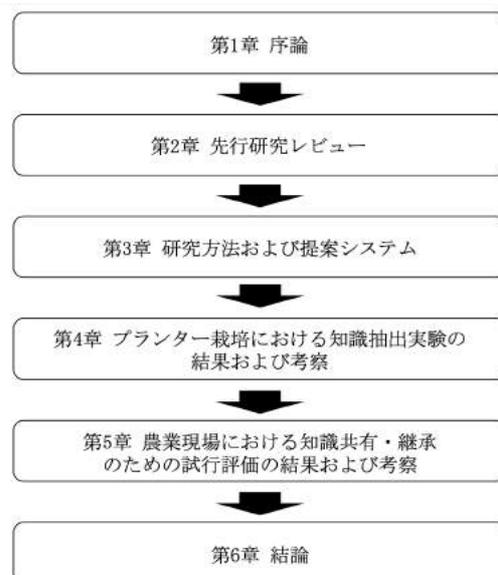


図 1-2 本論文における章構成

## 第1章：序章

本研究において設定したリサーチクエスチョンと研究背景，研究目的，研究方法，研究の意義を記述する．

## 第2章：先行研究レビュー

先行研究を整理するとともに，先行研究に対する本研究の意義を示す．

## 第3章：研究方法および提案システム

4章の知識抽出実験，5章の知識共有・継承のための試行評価における研究方法および提案システムについて述べる．

## 第4章：プランター栽培における知識抽出実験の結果および考察

学生寄宿舍ベランダで実施したプランター栽培において，音声つぶやきシステムにより収集した人間センサデータおよび IoT による物理センサデータを活用した知識抽出実験を行い，結果と考察を述べるとともに，得られた有効性について記述する．

## 第5章：農業現場における知識共有・継承のための試行評価の結果および考察

水稻や野菜の生産事業等を行っている農業法人の圃場において，音声つぶやきシステムにより収集した人間センサデータおよび IoT による物理センサデータを活用した知識共有・継承のための試行評価を行い，結果と考察を述べるとともに，得られた有効性について記述する．

## 第6章：結論

本研究のまとめを述べた後に，MRQ および SRQ へ回答し，研究の貢献，展望と限界について述べる．

## 1.5 本論文で扱う基本用語の定義

本研究で取り扱う用語に関して以下のように定義する．

### (1) 知識共有

個人の持つ知識を情報として表出化し，他者に共有することと定義する．なお，知識共有は，同一の組織や世代等は問わないこととする．

### (2) 知識継承

同一の組織内における知識移転を意味し，本論文では，熟練農作業から若手

農業者への継承と定義する.

(3) 知識抽出

個人あるいは組織のもつ情報と物理センサ等のデータを統合・分析することで、知識を発見することと定義する.

(4) 気づき

外界からの刺激の変化を認識することあるいはその状態. 本論文では, 農作業中および知識共有・継承時(振り返りワークショップ)における自己の内面変化を認識することと定義する.

(5) 人間センサ

人間の五感を通じた気づき. 本論文では, 農作業中における作物や圃場の異変を感知する感覚器官と定義する.

## 第2章 先行研究レビュー

第1章において農業では、農業従事者の人口減少と高齢化に伴う熟練農作業者の知識共有・継承が喫緊の課題となっており、それらを解決するためにスマート農業が推進されていることについて述べてきた。本章では、2.1でスマート農業の研究事例とその課題について述べ、2.2で知識継承について整理するとともに、2.3～2.4で農業における知識継承に関する研究をまとめ、2.5で先行研究に対する本研究の位置付けを述べる。

### 2.1 スマート農業の研究事例とその課題

現在日本で推進されているスマート農業であるが、さまざまな方面で研究が進められている。例えば、鈴木ら(2019)は、稲作における水管理に関して、圃場の水位や水温を遠隔で管理・制御する研究を行っている。これは圃場の水管理に費やす時間の削減に焦点を当てて、携帯端末から圃場内の水位・水温を確認・制御するといったものである。また、荒木ら(2021)についても、トマトの収穫作業において、自動収穫ロボットを開発・運用することで、農業における労働力不足への対策を講じている。そして、農薬散布に関しても、休坂ら(2019)がドローンやAIによる画像解析を用いて、病害などが発生している箇所のみ散布を行う研究を行っている。

さらに、以上のようなロボット技術や情報通信技術を活用した研究は海外でも取り組まれている。例えば、Jisha RC et al. (2019)は、農業用水のタンクの水位を監視し、水の浪費を避けるための警告システムに関する研究を行っている。また、Shunmuga Sundari.M et al. (2020)は、温室栽培において、画像解析による作物の健康診断とIoTを通じた環境パラメータの制御による農家の作業を効率化する研究を行っている。

以上のようなスマート農業の研究事例であるが、ロボットや人工知能、IoTを活用した農作業の効率化・省力化など作物・圃場状態の把握・制御に焦点が置かれた研究が多く進められている。しかしながら、農業の現場では、人手に頼らざるを得ない作業や熟練農業者でなければ実行できない作業が数多く残されている(農林水産省, 2020)。よって、IoTによる物理センサだけでなく、人間の五感を通じた気づきとの併用が有効である。

## 2.2 知識継承

### 2.2.1 知識の整理

知識は以下に述べるような分類が可能である。主要な分類として、「形式知」と「暗黙知」(Polanyi, 1966)がある。Polanyi は前者を言葉や数字で表現することができる明示的な知であり、後者を言葉や数値で表現することが不可能な知としている。また、野中ら(1996)は、暗黙知を非常に個人的かつ形式化しづらいため、伝達が困難な知と定義している。その一方で、森ら(2008)は、技能継承の観点からは、現在は熟練者の頭の中であり、明示的なものになっていないが、やり方によっては形式知化が可能となる知を含めて暗黙知と考える場合もあると述べている。本論文における暗黙知の定義についてもこのように解釈する。

また、野中ら(1996)は、暗黙知と形式知の社会的相互作用を通じて新たな知識を創造するフレームワークとして、図 2-1 のような SECI モデルを提唱している。この SECI モデルには、知識変換のモードとして、(1)個人の暗黙知からグループの暗黙知を創造する共同化(Socialization)、(2)暗黙知から形式知を創造する表出化(Externalization)、(3)個別の形式知から体系的な形式知を創造する連結化(Combination)、(4)形式知から暗黙知を創造する内面化(Internalization)の 4 つから構成されている。



図 2-1 SECI モデルの概念図(野中(1996)の図をもとに筆者作成)

## 2.2.2 知識継承のための知識の整理

知識継承において中山(2007)は、知識を定型的知識、経験的知識、感覚的知識の3種類に分けることができると述べている。これらの知識に関する内容・特性・継承の方法を図2-2に示す。さらに中山(2007)は、定型的知識は、技術や設計、規格に関する基本的な知識で、明文化された形式知であるとされ、教育およびテキストにより普及することができる。経験的知識は、設計や作業のコツ、設計時の見積もりや洞察力、製品ライフサイクル全体を見渡す知識など熟練的な暗黙知とされ、OJT(On the Job Training)や独自の職場活動といった業務経験により継承される。感覚的知識は、設計に関する世界観、良い設計を行うための感性やセンス、認知能力など個人の資質に依存する知識であるとされ、事例を体系化・モデル化する能力などがこれに相当し、継承には時間がかかると述べている。

	内容	特性	継承の方法
定型的知識	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術, 設計・製造技術</li> <li>設計・製造規格, 管理規格</li> <li>設計・作業要領</li> <li>設計の好事例, 失敗事例</li> <li>汎用的な設計モデル, ルール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>形式知</li> <li>標準・汎用</li> <li>普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育, 研修</li> <li>マニュアル, テキスト</li> <li>知識データベース</li> <li>ノウハウ集, ルール集など</li> </ul>
経験的知識	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術応用, 使い方</li> <li>設計・作業のコツ</li> <li>設計に取り組む姿勢</li> <li>設計時の見積り力, 洞察力</li> <li>協働作業の進め方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>暗黙知</li> <li>コンテキスト依存</li> <li>経験により獲得</li> <li>伝承</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OJT</li> <li>マンツーマン教育</li> <li>職場活動</li> <li>品質会議, 技術道場など</li> </ul>
感覚的知識	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計に対する世界観</li> <li>事例や現象を理解する認知モデル</li> <li>翻訳能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>暗黙知</li> <li>個人資質に依存</li> <li>ある程度先天的</li> <li>高度な伝承</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人材の投入</li> <li>徒弟教育</li> <li>実務研修</li> </ul>

図 2-2 知識の種類と継承方法の整理(中山, 2007)の図をもとに筆者作成

## 2.3 農業における知識継承の取り組み

農業では、熟練農作業者の高齢化や若手農作業者の人材不足を懸念として、これまでに様々な知識継承の研究がなされている。例えば、圃場の画像や動画を活用したものでは、村上ら(2018)が農業技術を継承するための圃場画像を用いた農作業記録に関する研究を行なっている。この研究では、圃場にカメラを設置・撮影し、農作業者の行動推定を行うことで、作業記録を行っている。また、南石(2013)は、農作業内容やGPS, RFID, 映像などを統合・可視化することで、農作業の再現および擬似体験を可能とする営農可視化システムを開発し、ノウハウ習得の促進を図るといった研究である。

以上のような、物理センサやカメラ等を用いた知識継承に関する研究についても数多く進められているが、天候や圃場の状況変化を逐次把握し、作業判断を行う必要がある農業においては物理センサのみでは限界があり、人間の五感を通じた気づきの活用は必要不可欠である。よって、スマート農業で利用されている物理センサのみならず、人間の五感を通じた気づきとの併用が知識継承において有効的なアプローチであると言える。

## 2.4 人間の気づきの収集と活用

### 2.4.1 AI(Agri-Informatics)に基づく学習支援システムの研究開発

人間の五感を通じた気づきを活用した知識継承についても様々な研究がなされている。その中でも神成ら(2015)のAI(Agri-Informatics)システムは、高付加価値な農産物生産を安定化するための農家の意思決定プロセスを形式知化することや、それを他の農業者へ普及展開する実証的研究からなると定義されており、(1)学習手法、(2)目標達成型プロジェクトマネジメント手法、(3)データ・情報の蓄積・活用基盤(共通的数据の収集基盤)から構成されている。神成(2015)は、農業のような状況依存の知識は事務所で聞いても出てこないが、現場で、その時、その場の状況になって初めて出てくると述べている。しかしながら、AIシステムは、人間の気づきの収集の際に、注目している点や状態、作業は、あらかじめ設定したメニューの中から選択する形式となっており、それ以外の農業現場での気づきの収集には至っていない。そのため、その時々、圃場の状況や天候、時期等により作業対応が変化する農業において、農作業の判断知識の再現性を維持したまま継承するには不十分であると言える。

### 2.4.2 音声つぶやきシステム

「音声つぶやきシステム」は、国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)社会技術研究開発センター(RISTEX)が実施した「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」に2010年に採択された「音声つぶやきによる医療・介護サービス空間のコミュニケーション革新」プロジェクト(研究代表者:内平直志)で開発されたシステムである(内平, 2013)。音声つぶやきシステムは、看護や介護に代表される動きながら、状況変化に適応して知的かつ肉体的な業務を伴う「状況適応・行動型サービス(Physical and Adaptive Intelligent Service)」における「気づき」を、音声によりその場で収集・蓄積し、活用するシステムであり、サービスの連携・記録・業務改善に効果があることが示されている(内平, 2014)。音声

つぶやきシステムを図 2-3 に示す。

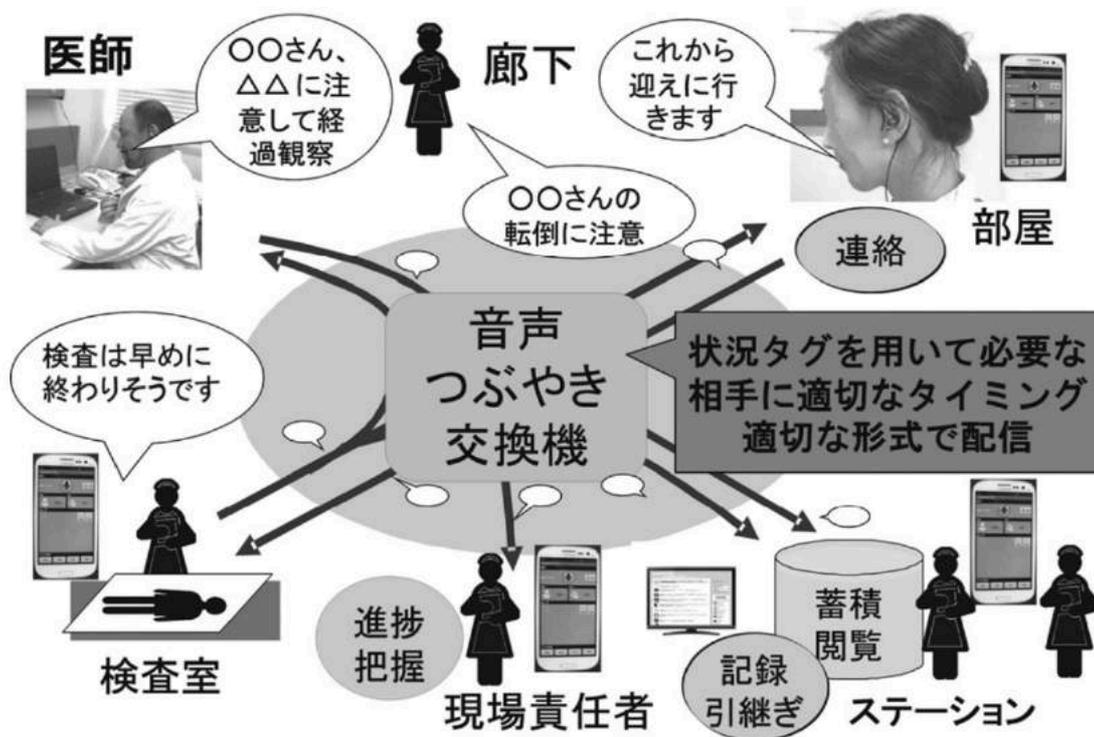


図 2-3 音声つぶやきシステムのユースケース (音声つぶやきによる気づきの収集と活用支援システム(内平, 2014)より引用)

音声つぶやきシステムは看護・介護の現場を起点とし、現在に至るまで警備(吉村, 2018)や農業(内平ら, 2019), (高道ら, 2021), 漁船の機関業務(井上ら, 2020)において、人間の気づきの収集・共有・活用として応用されている。

また、農業分野における内平ら(2019)の研究では、農作業者は、農作業内容や観察内容だけでなく、その時々作業員自身の考察をつぶやきとして自由に残している。また、この研究では、IoTによる物理センサを活用し、人間の気づきと組み合わせることで、農業ハウス内の状況把握についても行っている。しかしながら、機械学習などのデータ分析による知識抽出や、可視化されたデータおよび抽出された知識の解釈による知識の表出化については未だ至っていないのが現状である。

## 2.5 先行研究のまとめおよび本研究の位置付け

2.3 では、物理センサやカメラ等を活用した知識継承に関する研究について述べた。そこでは、天候や圃場の状況変化を逐次把握し、作業判断を行う必要がある農業においては物理センサのみでは限界があり、人間の五感を通じた気づきの活用が必要不可欠である点を指摘した。このようなことから、人間の五感を通

した気づきを活用したアプローチの有効性を示したが、神成ら(2019)の研究では、予め設定してある作業項目をメニューで選択する形式であったため、農作業者の気づきの文脈の収集までには至っていなかった。また、内平ら(2018)の研究では、農業ハウス内の状況を物理センサや人間の気づき統合・可視化するまでに留まっており、知識共有・継承のための「知識抽出」については未だ実現できていなかった。

よって、本研究は、人間の五感を通した気づきと物理センサデータを統合し、機械学習により農業知識を抽出することで、知識共有・継承支援を図るといった点で研究意義がある。

## 第3章 研究方法および提案システム

本章では、プランター栽培における知識抽出実験および農業現場における知識共有・継承のための試行評価の研究方法及び使用するシステムについて述べる。

### 3.1 研究方法および提案システムの概要

本研究では、図 3-1 のように、プランター栽培における知識抽出実験、農業現場における知識共有・継承のための試行評価をそれぞれ行う。

まず、知識抽出実験については、人間センサデータ(農作業内容・作業中の気づき)および物理センサデータを収集・統合し、機械学習により分析することで、農業知識の抽出を図る。

次に、農業現場における知識共有・継承のための試行評価については、人間センサデータ(農作業内容・作業中の気づき)および物理センサデータを収集・統合し、振り返りワークショップにおいて活用することで、農業知識の共有・継承支援を図る。

なお、本研究では農業知識の抽出および農作業間での知識共有・継承支援については、それぞれプランター栽培における知識抽出実験、農業現場における知識共有・継承のための試行評価とそれぞれ分けて実施している。この理由として、農業現場における試行評価で設定した期間(約 2 週間)では、機械学習による分析に必要なデータ数を収集しきれないと考えたからである。そこで、まずはプランター栽培により、約 2 ヶ月間のデータを収集・分析することで、農業知識の抽出を試みた。

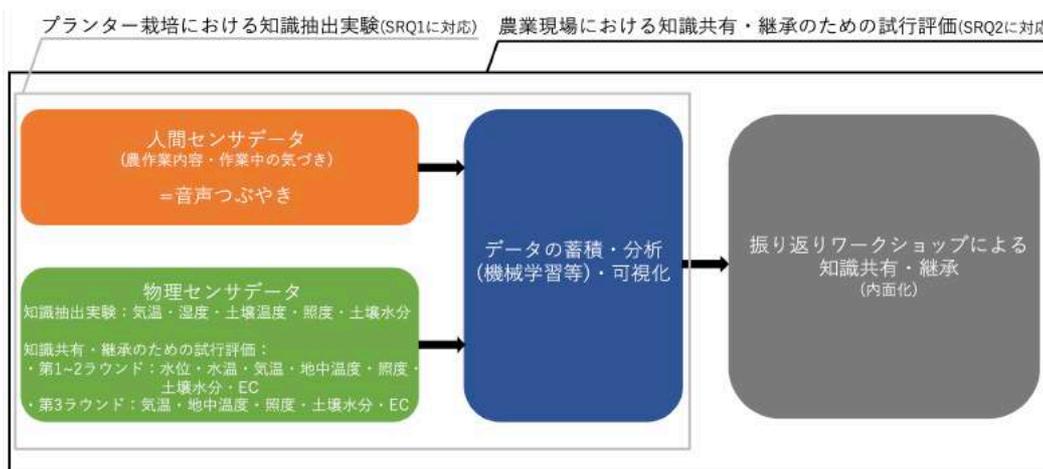


図 3-1 研究方法の概要図

### 3.2 プランター栽培における知識抽出実験の目的

本実験は、プランター栽培における音声つぶやきシステムによる農業者(筆者1名)の作業内容や気づき、IoTによる物理センサを活用してカブ・ダイコンの環境情報を収集・統合し、機械学習を用いて分析することで、知識共有・継承のための知識抽出を目的とする。また、実験の概要を図3-2に示す。

なお、今回はプランター栽培における水やりに関する知識抽出に焦点を当てた。この理由として、農業では、古くから「水やり10年」という言葉が存在するように、作物を育成するサイクルが長期に及ぶものが多く、水やりに関する経験や勘の習得に時間がかかることが課題となっているためである。そこで、機械学習による知識抽出を行うことで、経験や勘の習得および知識共有・継承の支援を考えた。

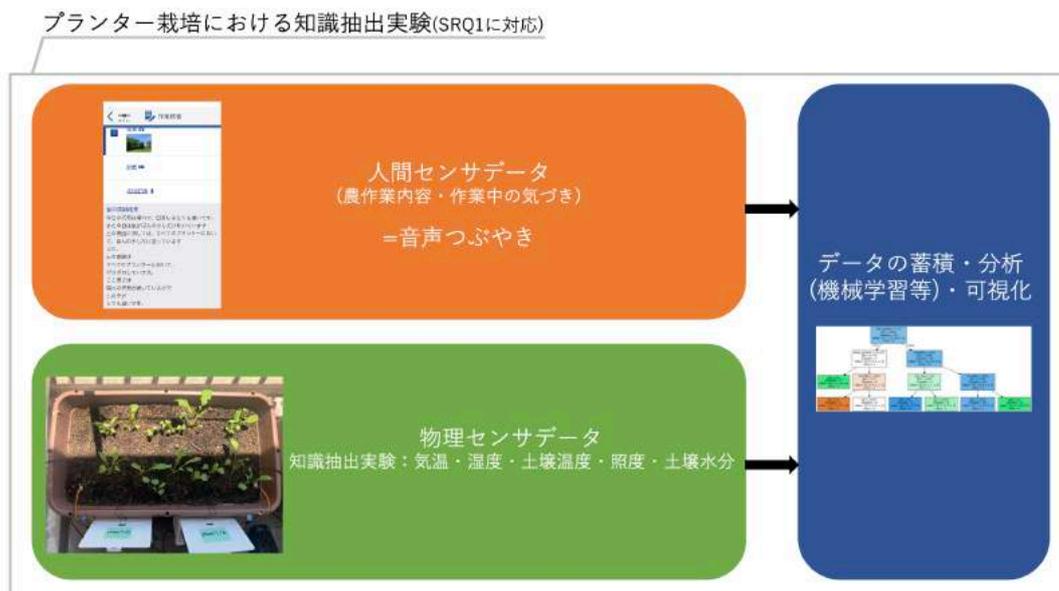


図3-2 プランター栽培における知識抽出実験の概要図

### 3.3 プランター栽培における知識抽出実験の方法

本節では、知識抽出実験の実施環境および人間センサデータ、物理センサデータの収集方法、機械学習(決定木)による分析方法について述べる。まず、実験の実施環境を表3-1に示す。

表 3-1 プランター栽培における知識抽出実験の実施環境

	場所/実施 期間/	収集した物理 センサデータ (/プランター)	収集した人間 センサデータ	プランターへ の水やり量
第 1 回知識抽出のための予備実験	北陸先端科学技術大学院大学学生 寄宿舍のベランダ/ 2021 年 9 月 16 日～ 12 月 23 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×1</li> <li>・湿度×1</li> <li>・照度×1</li> <li>・土壌温度×1</li> <li>・土壌水分×1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土の表面の 湿り具合</li> </ul>	プランター 1：土の表面 の湿り具合か ら自己判断で 投与 プランター 2：土の表面 の湿り具合か ら自己判断で 投与 プランター 3：土の表面 の湿り具合か ら自己判断で 投与
第 2 回知識抽出本実験	北陸先端科学技術大学院大学学生 寄宿舍のベランダ/ 2022 年 6 月 16 日～8 月 9 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×2</li> <li>・湿度×2</li> <li>・照度×2</li> <li>・土壌温度×2</li> <li>・土壌水分×2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日差しの強 さ</li> <li>・土の表面の 湿り具合</li> <li>・土の感触</li> </ul>	プランター 1：1L と 1.5L を 1 日毎に交 互に投与 プランター 2：1L と 1.5L を 1 日毎に交 互に投与 プランター 3：土の表面 の湿り具合か ら自己判断で 投与
第 3 回知識抽出本実験	北陸先端科学技術大学院大学学生 寄宿舍のベ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×2</li> <li>・湿度×2</li> <li>・照度×2</li> <li>・土壌温度×2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日差しの強 さ</li> <li>・土の表面の 湿り具合</li> </ul>	プランター 1：毎日 1L 投 与 プランター

	ランダ/ 2022年10 月20日～ 12月19日	・土壌水分×2	・土の感触	2：毎日2L投 与 プランター 3：毎日3L投 与
--	------------------------------------	---------	-------	---------------------------------------

### 3.3.1 知識抽出実験における人間センサデータの収集方法

本実験の人間センサデータの収集におけるシステムの概要図を図3-3に示す。今回は、音声つぶやきシステムとして、東芝デジタルソリューションズにより開発された RECAIUS フィールドボイスを採用し、人間センサデータ(農作業内容や作業中の気づき)を収集する。RECAIUS フィールドボイスは、スマートフォンアプリで、音声認識により発話を自動で文字起こし、写真や動画の記録が可能なアプリケーションであり、Web 上からも閲覧や CSV ファイルの保存が可能である。

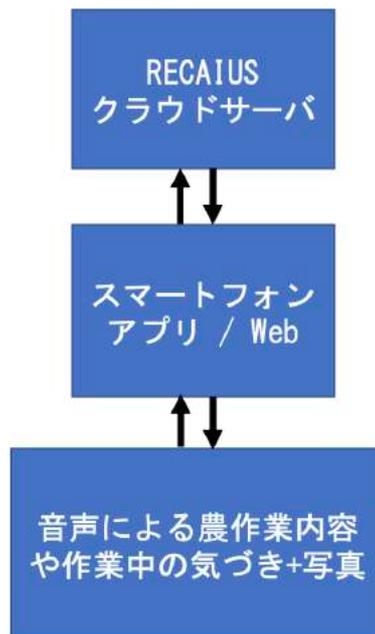


図3-3 プランター栽培における人間センサデータの収集におけるシステムの概要図

次に、音声つぶやきシステムを活用した人間センサデータの収集状況を図3-4に示す。図3-4は、プランター付近の日差しの強さ、プランターにおける見た目の土の湿り具合、土の感触について尺度を設定し、人間センサデータを収集する。また、本実験の分析では使用していないが、図3-5のように、農作業

内容や作業中の気づきについても収集することができる。これにより、音声つぶやき(人間センサデータ)が記録された時の作物周囲の状況を物理センサデータの面から捉えることができるため、例外的な状況が発生した際の状況を気づきとして記録可能であるため、発生要因の特定に繋げることができる。

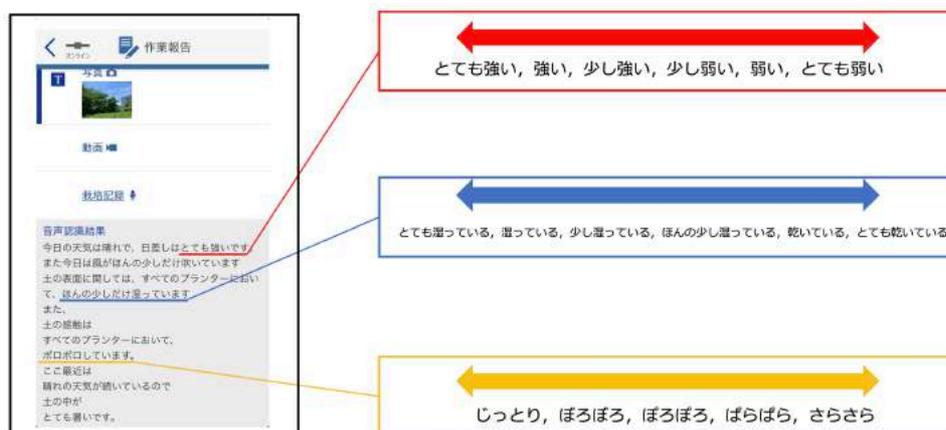


図 3-4 プランター栽培における人間センサデータの収集状況



図 3-5 プランター栽培における音声つぶやきシステムを活用した農作業内容や作業中の気づきの記録

### 3.3.2 知識抽出実験における物理センサデータの収集方法

本実験の物理センサデータの収集におけるシステムの概要を図 3-6 に示す。今回は、物理センサには、温湿度センサ (DHT11)、照度センサ (GY-302)、土壤温度センサ (DS18B20)、土壤水分センサ (SEN0193)、センサ制御のためのマイクロコントローラには、学内の無線 LAN での通信を考えたため、Wi-Fi に接続可能な ESP32 を採用し、回路を構築する。回路の組立図および回路図をそれぞれ図 3-7、図 3-8 に示す。また、物理センサデータの収集状況を図 3-9 に示す。ここでは、プランター1(plant1a, plant1b)、プランター2(plant2a, plant2b)、プランター3(plant3a, plant3b)の気温、湿度、照度、土壤温度、土壤水分率をデータベースに格納している。

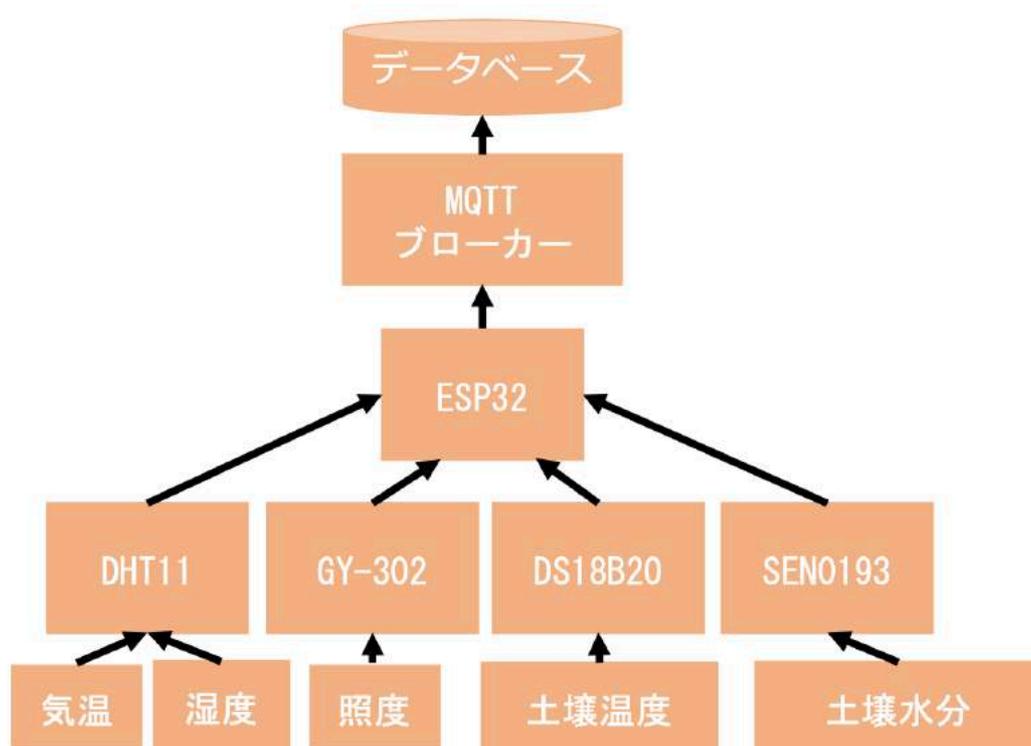


図 3-6 プランター栽培における物理センサデータの収集におけるシステムの概要図

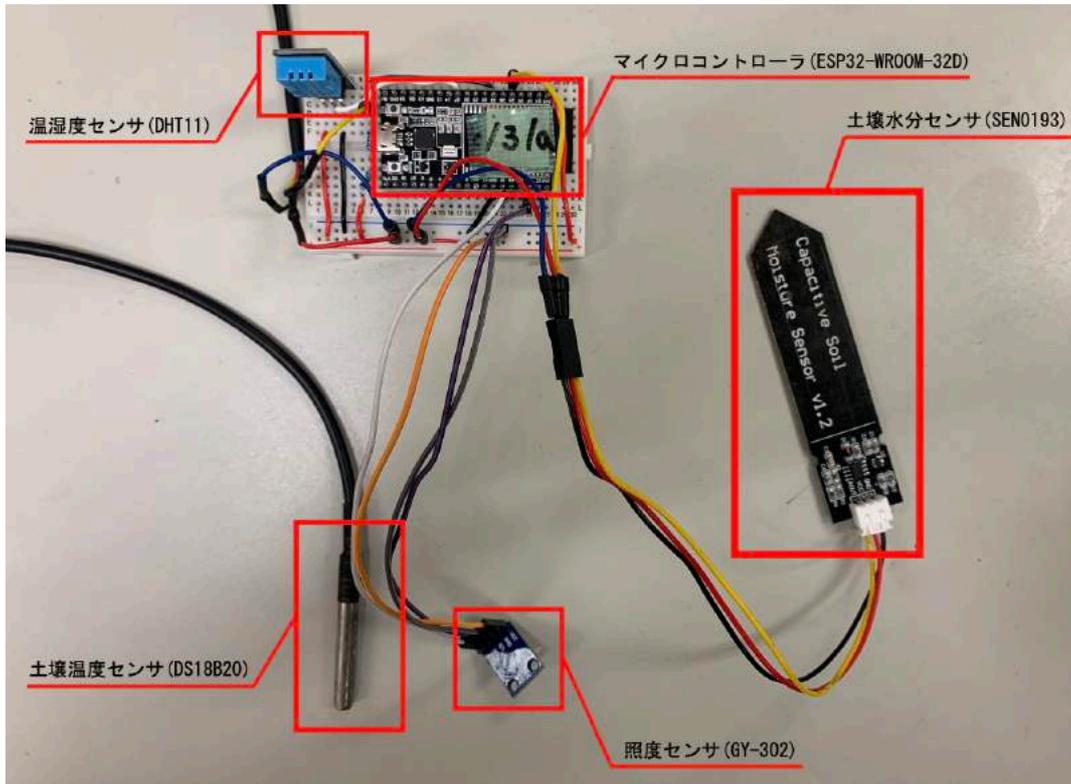


図 3-7 プランター栽培における知識抽出実験で構築した回路の組立図

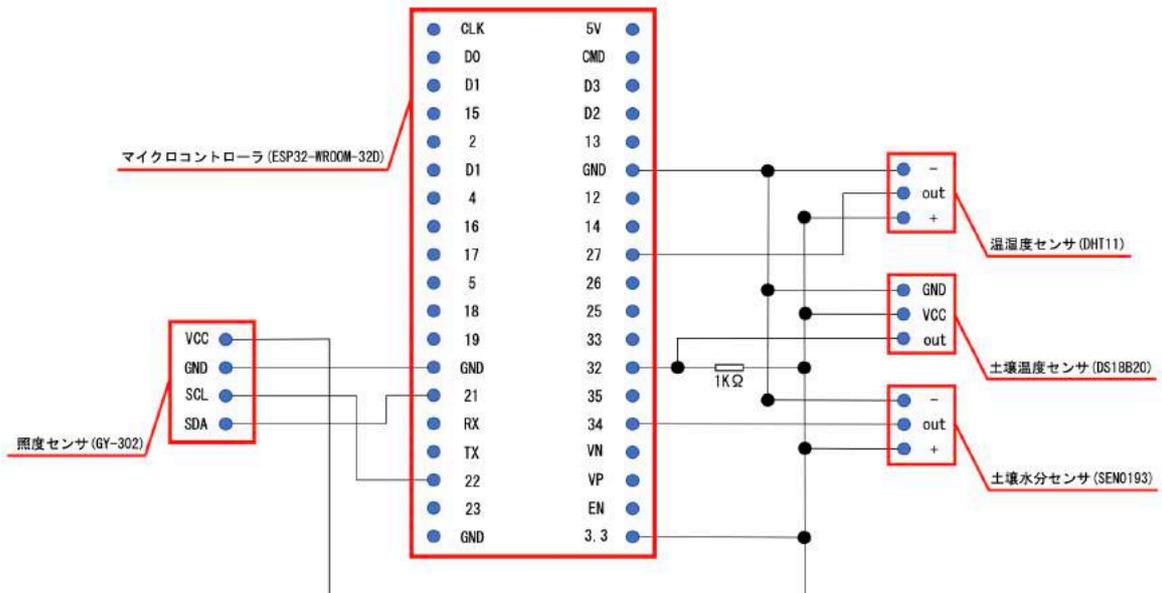


図 3-8 図 3-7 の回路図

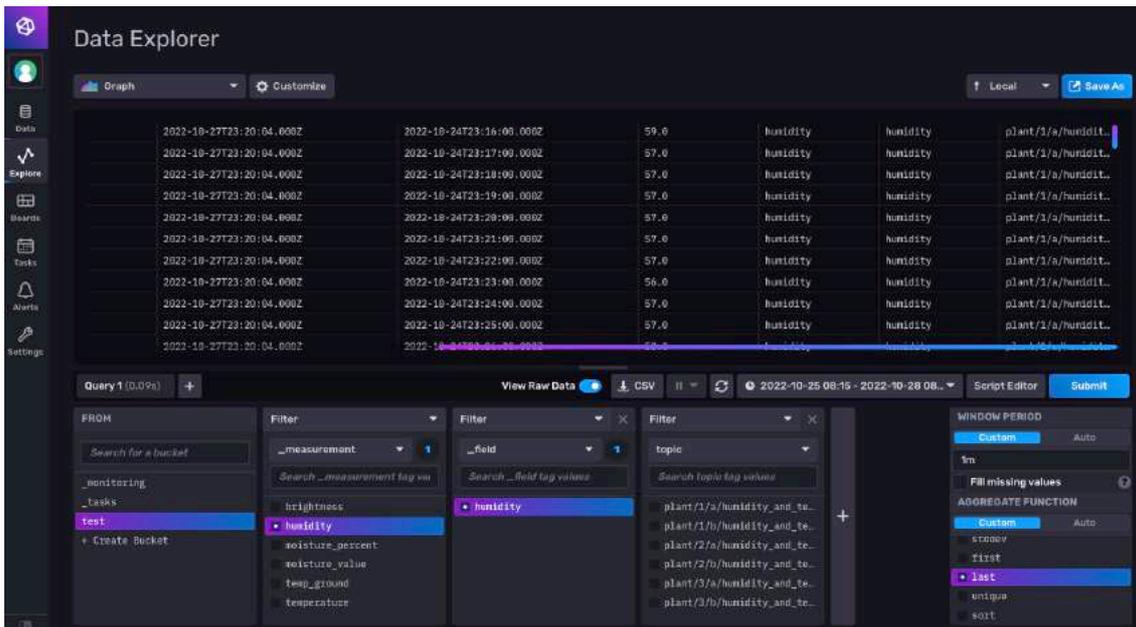


図 3-9 プランター栽培における物理センサデータのデータベースへの収集状況

### 3.3.3 決定木を活用した知識抽出

本実験では、機械学習の予測モデルである決定木を活用して、プランターに与える水やり量に関する知識抽出を行う。決定木とは、木の一番上の部分である根ノードから、末端の部分である葉ノードまでを特徴量(本研究では温度や湿度等)の値そのものの条件により分岐を行うことで、分類する機械学習の手法である。分類には、条件分岐の過程が出力され、学習結果の理解・解釈がしやすいといった利点がある。また、山口(2007)は、ナレッジマネジメントでは、発掘された知識の精度よりも了解性の高さが求められる場合があり、ニューラルネットの学習結果は精度が高いにも関わらず、了解性が低いことから採用されず、決定木学習の結果のほうが採用されやすいと述べている。以上のことから、物理センサデータおよび人間センサデータを統合し、抽出した知識は、決定木で可視化することで了解性が向上することに加え、農作業の判断支援においても有効であると考え、採用した。

次に決定木モデルの見方について、例を用いて概略的に説明する。図 3-10 は、気温と湿度がどの程度の値(条件)で、快適あるいは不快と感じるかに関する分類を行っている。まず、分岐 1 では、気温が 15°C よりも低いかどうかに関する条件分岐であり、気温が 15°C より低い場合は True の不快へ、15°C より高い場合は False へ進み、分岐 2 を実行する。これらを分岐 4 まで繰り返すことで、それぞれの条件分岐に応じた快適性を分類することができる。全ての分岐

が終了すると、気温が 15℃より高く 35℃より低い場合、かつ湿度が 30%よりも高く 80%よりも低い場合が快適であるといった知識を抽出することができる。

なお、この決定木の場合は、説明変数が気温および湿度となり、目的変数が快適性(快適あるいは不快)となる。

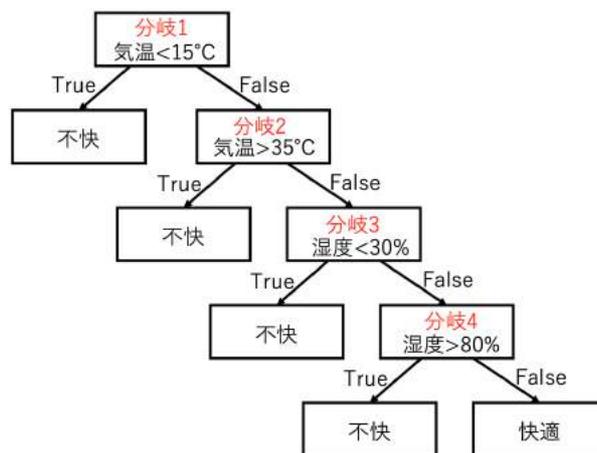


図 3-10 気温と湿度を用いた決定木による快適性の分類

### 3.4 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の目的

本試行評価は、音声つぶやきシステムによる農業者(株式会社ぶった農産の社員 2 名)の作業内容や気づき、物理センサを活用して、水田の水管理やカブの収穫作業における知識共有・継承支援を目的とする。また、試行評価の概要を図 3-11 に示す。

なお、今回はカブの収穫作業においては、音声つぶやきシステムの代わりにビデオカメラを使用して、音声つぶやき(人間センサデータ)を収集する。また、収集した人間センサデータおよび物理センサデータを時系列でグラフ上に可視化し、それをもとにワークショップ資料を作成する。その後、それらを用いて振り返りワークショップを行うことで、知識共有・継承を図る。

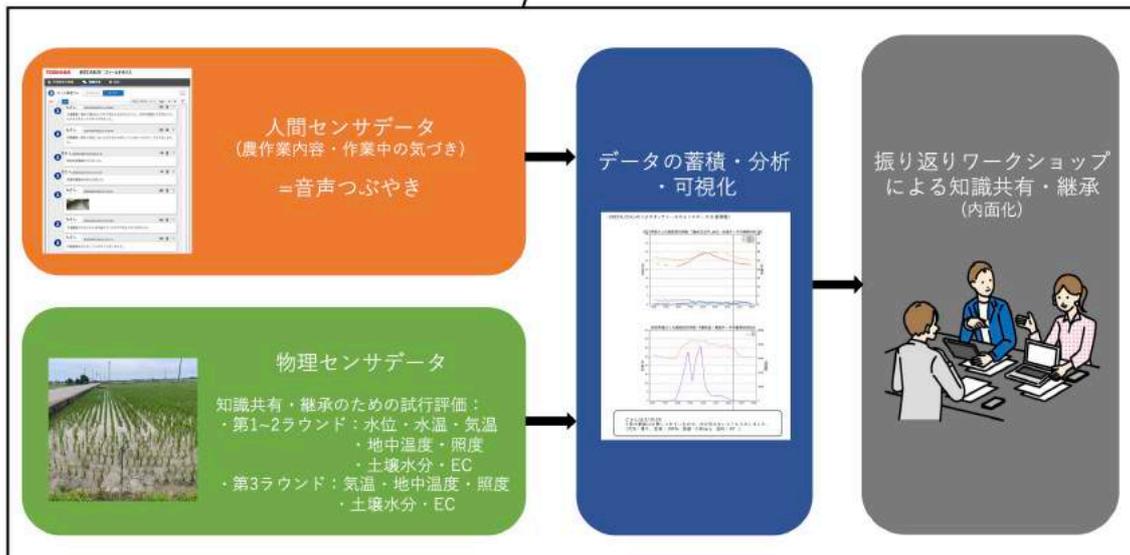


図 3-11 農業現場における試行評価の概要図

### 3.5 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の方法

本節では、知識共有・継承のための試行評価の実施環境および人間・物理センサーデータの収集方法、振り返りワークショップおよびインタビューについて述べる。

なお、農業歴1年のAさん、7年のBさん、2年をCさんとして、Bさんを熟練農作業者、AさんおよびCさんを若手農作業者として分類している。試行評価の実施環境を表3-2に示す。

表 3-2 農業現場における知識共有・継承のための試行評価の実施環境

	場所/データ収集期間 /ワークショップ日時	収集した物理 センサーデータ(/ プランター)	収集した人間 センサーデータ
第1回知識共有・継承のための予備試行評価	株式会社ぶった農産 が所有する水田/ 2022年6月30日~7 月13日/ 2022年7月26日(ワ	・露地ファーモ ×1(気温, 地 中温度, 照 度, 土壤水 分, EC)	水田の水管理に関 するつぶやき

	ークショップ1時間)	・水田ファーモ (水位, 水温) ×12	
第2回知識共有・継承のための試行評価	株式会社ぶった農産 が所有する水田/ 2022年8月2日～8 月12日/ 2022年8月18日(振 り返りワークショップ 1時間, 半構造化 インタビュー10分× 2)	・露地ファーモ ×1(気温, 地 中温度, 照 度, 土壌水 分, EC) ・水田ファーモ (水位, 水温)× 12	水田の水管理に関 するつぶやき
第3回知識共有・継承のための試行評価	株式会社ぶった農産 が所有する畑/ 2022年12月8日/ 2022年12月16日 (振り返りワークショ ップ1時間, 半構造 化インタビュー10分 ×2)	・露地ファーモ ×1(気温, 地 中温度, 照 度, 土壌水 分, EC)	カブの収穫作業に 関するつぶやき

### 3.5.1 知識共有・継承のための試行評価における人間センサデータの

#### 収集方法

本試行評価の人間センサデータの収集については、第1～2回は3.3.1で述べた手法と同じであるため、ここでは割愛する。第1～2回の音声つぶやきシステム(RECAIUS フィールドボイス)を活用した人間センサデータの収集状況を図3-12に示す。また、第3回は、カブの収穫作業を対象として、ビデオカメラを活用して、音声つぶやきを収集する。(図4-7参照)



図 3-12 農業現場における人間センサデータの収集状況

### 3.5.2 知識共有・継承のための試行評価における物理センサデータの

#### 収集方法

本試行評価の第1～2回物理センサには、株式会社 farmo の水田ファーモ12台(水位、水温)および露地ファーモ1台(気温、地中温度、照度、土壤水分、EC)を使用し、データを収集する。物理センサデータの設置状況を図3-13に、収集状況を図3-14に示す。水田ファーモとは、水田の水位および水温を測定する物理センサ、露地ファーモとは、気温、地中温度、照度、土壤温度、ECを

測定する物理センサである。なお、露地ファーモについては、第1～2回は、図3-15のように水田付近に設置し、第3回は、図3-16のように収穫作業を実施したカブの圃場付近に設置した。



水田ファーモ(水位, 水温)



露地ファーモ(気温, 地中温度, 照度, 土壤水分, EC)

図 3-13 農業現場における物理センサデータの設置状況



図 3-14 農業現場における物理センサデータの収集状況



図 3-15 第 1~2 回試行評価における物理センサの設置場所(地理院地図(国土地理院)を利用して筆者作成)



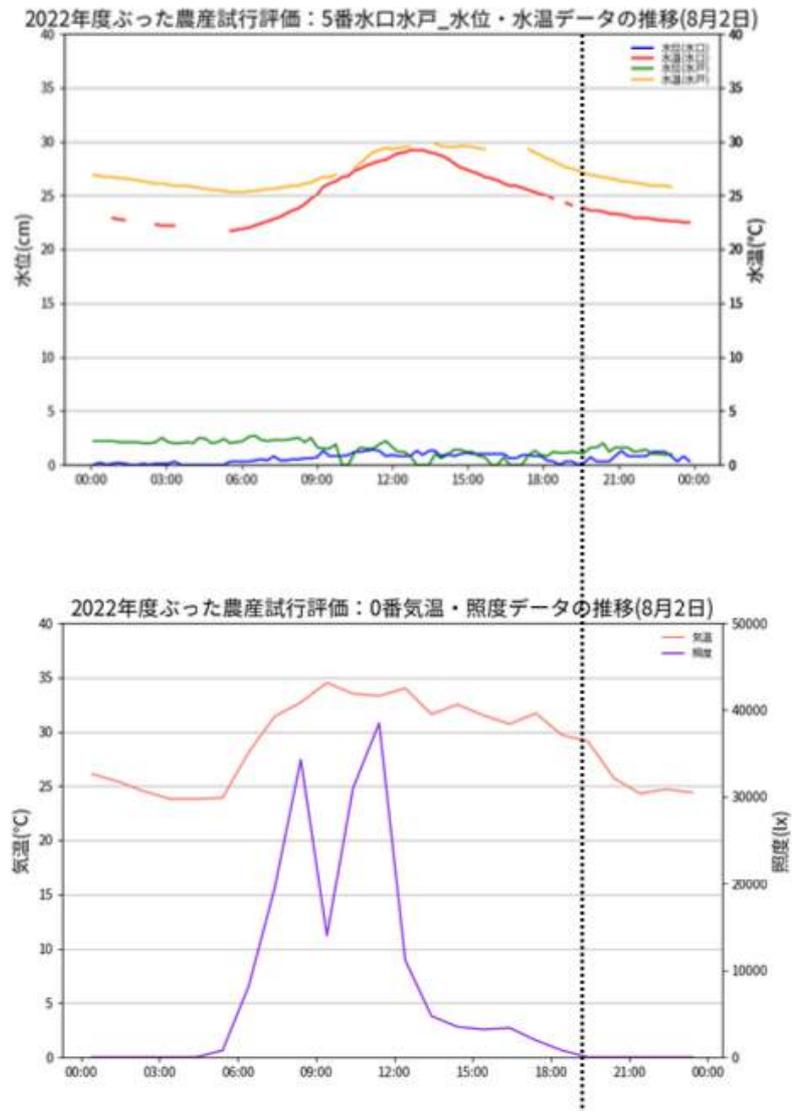
図 3-16 第 3 回試行評価における物理センサの設置場所 (地理院地図(国土地理院)を利用して筆者作成)

### 3.5.3 知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップ

#### ップおよびインタビュー調査の方法

株式会社ぶった農産における知識共有・継承のための試行評価の概要を表 4-2 に示す。まず、収集した人間センサデータおよび物理センサデータを統合し、振り返りワークショップで使用する資料を作成する。第 1～2 回で使用した資料を図 3-17 に示す。図 3-17 は、水温、水位、照度、EC についてプログラミング言語である Python を用いて描画し、音声つぶやきが投稿された時間と照合している。これにより、人間センサデータ(音声つぶやき)が投稿された時間前後の水田ファーモのデータを可視化することができる。第 3 回については、畑におけるカブの収穫作業を対象としている。そこで、ビデオカメラを用いて作業風景を撮影し、その時のインタビュー内容を文字起こしすることで、音声つぶやき(人間センサデータ)を収集する。図 3-18, 図 3-19 に振り返りワークショップで使った資料の図を示す。

・2022/8/2(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(5番圃場)



Cさん(8/2/19:12)  
 5番の圃場は出穂してきているので、水が切れないように入水しました。  
 (天気：曇り，雲量：100%，風速：0.85m/s，風向：68°)

図 3-17 第 1～2 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップで使用した資料(詳細は付録に添付)

グループ番号	つぶやき番号	つぶやき者	つぶやきの種類	写真	音声つぶやき内容
1	1	Bさん	収穫(サイズ)		採ったカブがこのゲージに入れば、この間に入れば、ここが引っ掛かれば、これはちょっと小さすぎる。逆にここが入らなかつたらちょっと大きすぎる。これ少し入っちゃうんで、大きき的にはもうちょっと大きい方がいいっていう形になります。
	2	Bさん	収穫(サイズ)		まず、こういうかたちでゲージで適切なものを。大体ここが10.5cmです。で、ここが12cmこれが直轄の目安になります。
	3	内平先生	収穫(サイズ)		これカブが埋まってるけれども測っちゃうんですね。
	4	Bさん	収穫(サイズ)		そうですね。まあだんだん慣れてくれば大ききあるんですけれども。埋まっているのは直轄のギリギリのところなんで、抜いたらちょっと大きいというのとはたまにありますんで。
	5	Bさん	収穫(サイズ)		ちょっとこの辺ちっちゃいんであれなんですけども、こういうふうにも、例えばこういう風に手頃なサイズがあったら引っっこ抜いてみて、ちょっとこれもまあギリギリちょっと小さいかなという形にはなります。
2	6	内平先生	収穫(埋め戻し)		そういう時には埋め戻しちゃって大丈夫なですか。
	7	Bさん	収穫(埋め戻し)		あんまり、埋め戻さない方がいいんですけど。抜いちゃったんで、まあでもこれが仮に適切なサイズとしたら、根っこを切って、これが回収する形なので、ちょっと畦場において最後に回収します。
3	8	Bさん	収穫(生育)		そしてこういった腐れたものもあるんですけど、これはもう土に還るだけなんです。
	9	速矢	収穫(生育・処分)		こういったものっていうのは、処分されたりとかなんでしょうか。
	10	Bさん	収穫(生育・処分)		そうですね。基本的にはこっちに置いておけばどのみち選ってきて春にまた1回おこすのでその時に選ざるというか、肥料になるという形ですね。
4	11	Bさん	収穫(サイズ)		このあたりどうでしょうかね。引っかかるんで、ちょうどここが10.5センチ以上で12センチ未満という形でこのぐらいがちょうどいいサイズになります。
	12	Bさん	収穫(サイズ・品質)		それで、かぶらずし自体この真ん中のとこ使うんで、やっぱりこの大ききが重要となりますので、実際ここここは機械でカットする形になります。なので、あとはこの辺傷がついてないかですね。
5	13	井上さん	雑草		雑草が結構生えているんですけど、これは問題ないんですか。
	14	Bさん	雑草		そうですね。一応播種時に除草剤を撒いたり、あとは間引きのときにちょっと取ったりするんですけど、栄養取られてる部分はちょっとよくはないんですけども。まだ許容範囲かなと。まだ(カブが)見えるというか。
	15	内平先生	収穫(量)		大体1日当たり(収穫量)どれくらい。

図 3-18 第 3 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップで使用した資料 1(ビデオカメラで音声つぶやきを収集し、文字起こしを行い作成)

・ 2022/11/11(木)~12/8(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壤水分)

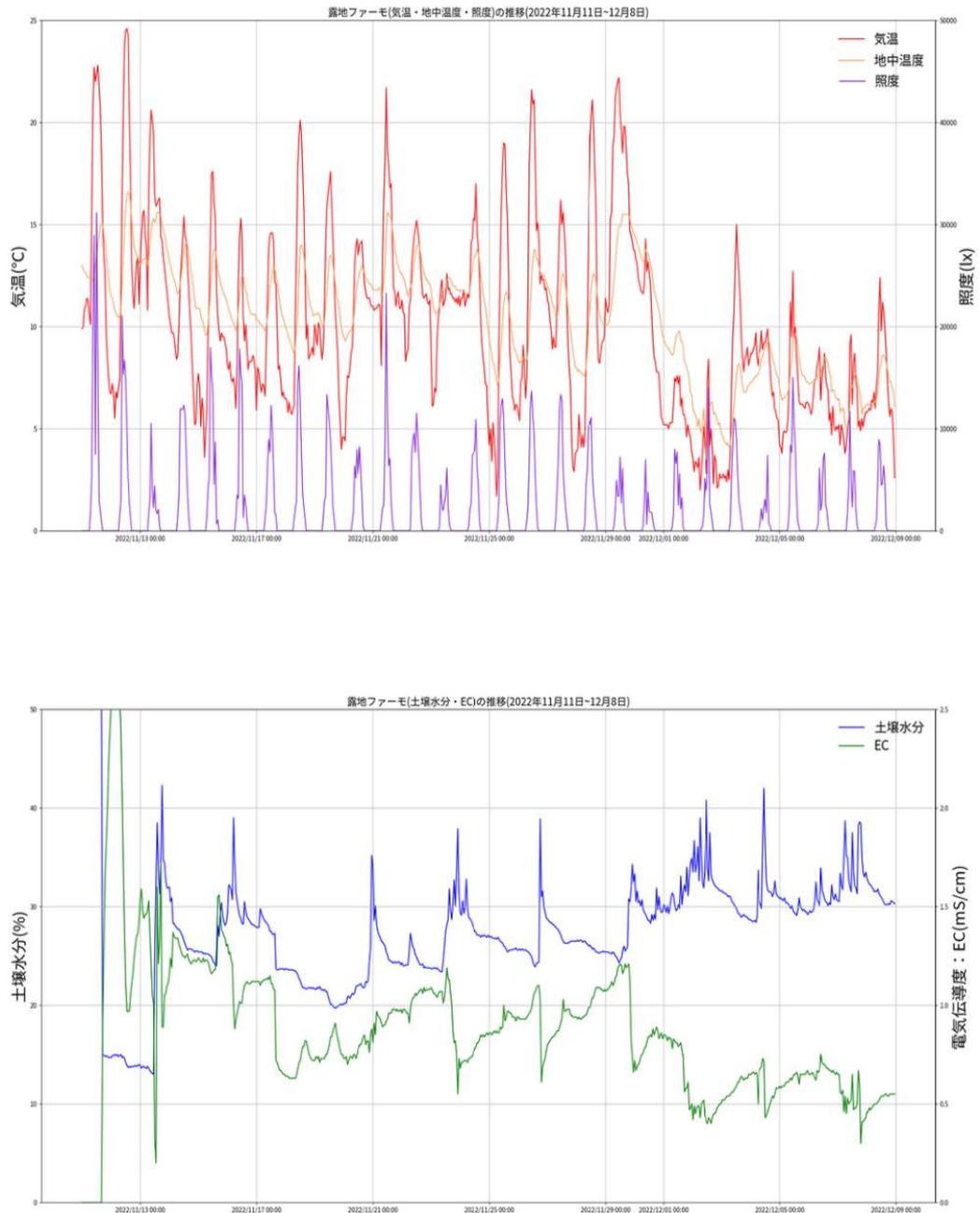


図 3-19 第 3 回知識共有・継承のための試行評価における振り返りワークショップで使用した資料 2(詳細は付録に添付)

## 第4章 プランター栽培における知識抽出実験の結果および考察

プランター栽培における知識抽出実験では、第1回の予備実験および第2回、第3回の知識抽出実験を行なった。本章ではそれぞれの実験における結果・考察を述べる。

### 4.1 第1回知識抽出予備実験の結果

まず、第1回知識抽出予備実験の実施環境を表4-1に示す。第1回目の予備実験では、物理センサデータを安定的に収集することができるか、人間センサデータはどのようなものが有効であるかに焦点を当てて実施した。物理センサデータの収集については、実験で使用したプランター3つそれぞれに気温・湿度・照度・土壌温度・土壌水分のセンサを1個ずつ接続した回路を1台ずつ設置し、人間センサデータについては、見た目の土の表面の湿り具合を収集した。

表 4-1 プランター栽培における第1回知識抽出予備実験の実施環境

	場所/実施期間	収集した物理センサデータ(/プランター)	収集した人間センサデータ	プランターへの水やり量
第1回知識抽出のための予備実験	北陸先端科学技術大学院大学学生寄宿舍のベランダ/ 2021年9月16日～ 12月23日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×1</li> <li>・湿度×1</li> <li>・照度×1</li> <li>・土壌温度×1</li> <li>・土壌水分×1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・見た目の土の表面の湿り具合</li> <li>・天気</li> </ul>	プランター 1：見た目の土の表面の湿り具合から自己判断で投与 プランター 2：見た目の土の表面の湿り具合から自己判断で投与 プランター 3：見た目の土の表面の湿り具合から自己判断で投与

また、第1回知識抽出予備実験では、見た目の土の表面の湿り具合の収集は行っていたものの、湿っているか否かのレベルであり、分析で使用できるものではなかった。そのため物理センサデータを用いて重回帰分析を行い、水を与えてから3時間後の土壌水分率の予測を試みた。その後、予測モデルから得られた重回帰式を変形し、プランターへ与えるべき適切な水やり量を予測した。予測に用いた説明変数および目的変数の表を表4-2に示す。なお、予備実験では、見た目の土の表面の湿り具合から与える水の量を自己判断で投与したため、人間センサとして与えた水の量を用いた。

表 4-2 第1回知識抽出予備実験における重回帰分析で使った説明変数および目的変数

	物理センサ	人間センサ
説明変数	温度[°C]，湿度[%]，土壌温度[°C]，水を与える前の土壌水分率[%]	与えた水の量[L]
目的変数	水を与えてから3時間後の土壌水分率[%]	

上記の変数を用いた重回帰分析の結果を表4-3に示す。

表 4-3 第1回知識抽出予備実験における重回帰分析の結果

	プランター1	プランター2	プランター3
重決定R2	0.9444	0.8289	0.7190
温度の重回帰係数[°C] : $a$	0.8395	-1.657	0.4135
湿度の重回帰係数[%] : $b$	0.1029	0.004999	0.08183
土壌温度の重回帰係数[°C] : $c$	-0.7600	1.653	-0.5091
水やり前の土壌水分率の重回帰係数[%] : $d$	0.8891	0.9988	1.024
晴れダミーの重回帰係数 : $e$	-0.0515	-0.02014	-0.001534
雨ダミーの重回帰係数 : $f$	-0.05474	-0.02839	-0.08960
水やり量の重回帰係数[L] : $g$	0.06280	-0.04922	-0.03107
切片 : $h$	-0.03958	0.05627	0.1567
学習データ数	67	67	68

表4-3より、プランター1, 2, 3の順番で予測精度が良いことが確認できた。次に、重回帰分析から算出された各説明変数における回帰係数を用いて、

本来プランターに与えるべき適切な水やり量の予測を行った。予測に用いた式を以下に示す。なお、式に用いる説明変数は、正規化しており、温度： $x_1$ 、湿度： $x_2$ 、土壌温度： $x_3$ 、水を与える前の土壌水分率： $x_4$ 、晴れダミー： $x_5$ 、雨ダミー： $x_6$ 、与えた水の量： $x_7$ とする。

重回帰分析により、算出された予測モデルの式は、

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + gx_7 + h \quad (1)$$

また、式(1)をプランターへの水やり量を左辺に移項して式変形すると、以下の式となる。

$$x_7 = \frac{y - (ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + g + h)}{g} \quad (2)$$

式(2)に各説明変数および回帰係数を代入して、プランターに与えるべき水やり量を予測した。また、予測した水の量と各プランターに実際に与えた水の量を比較したグラフをプランター1は図4-1、プランター2は図4-2、プランター3は図4-3にそれぞれ示す。

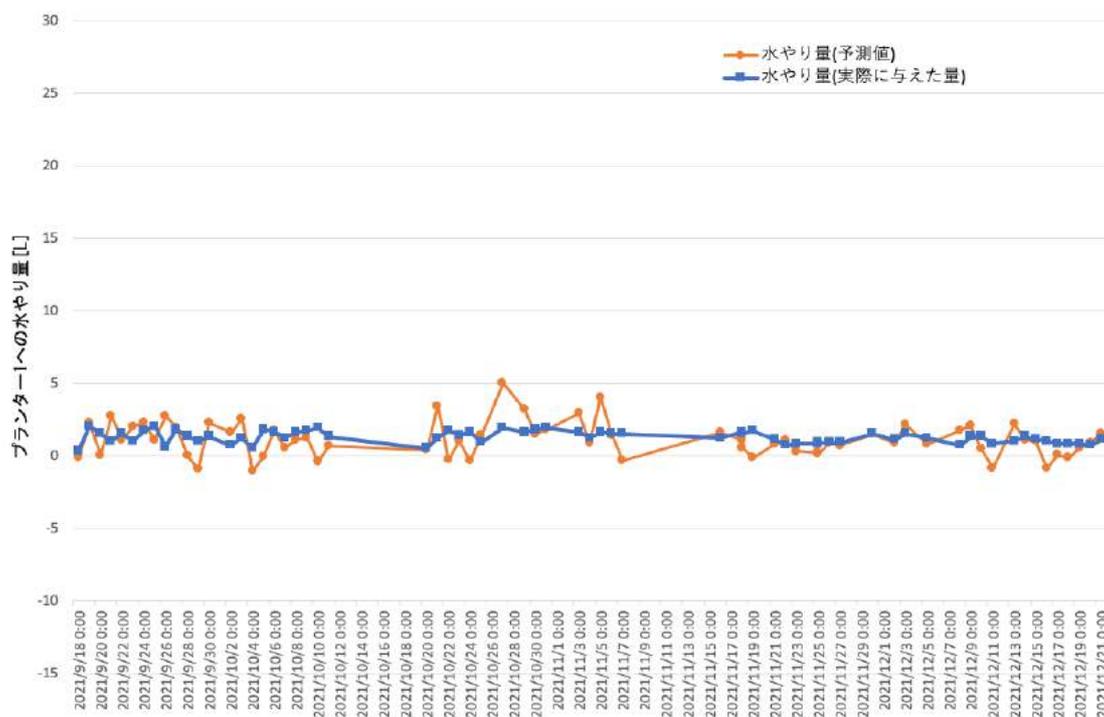


図 4-1 第 1 回知識抽出予備実験におけるプランター1 の水やり量の予測

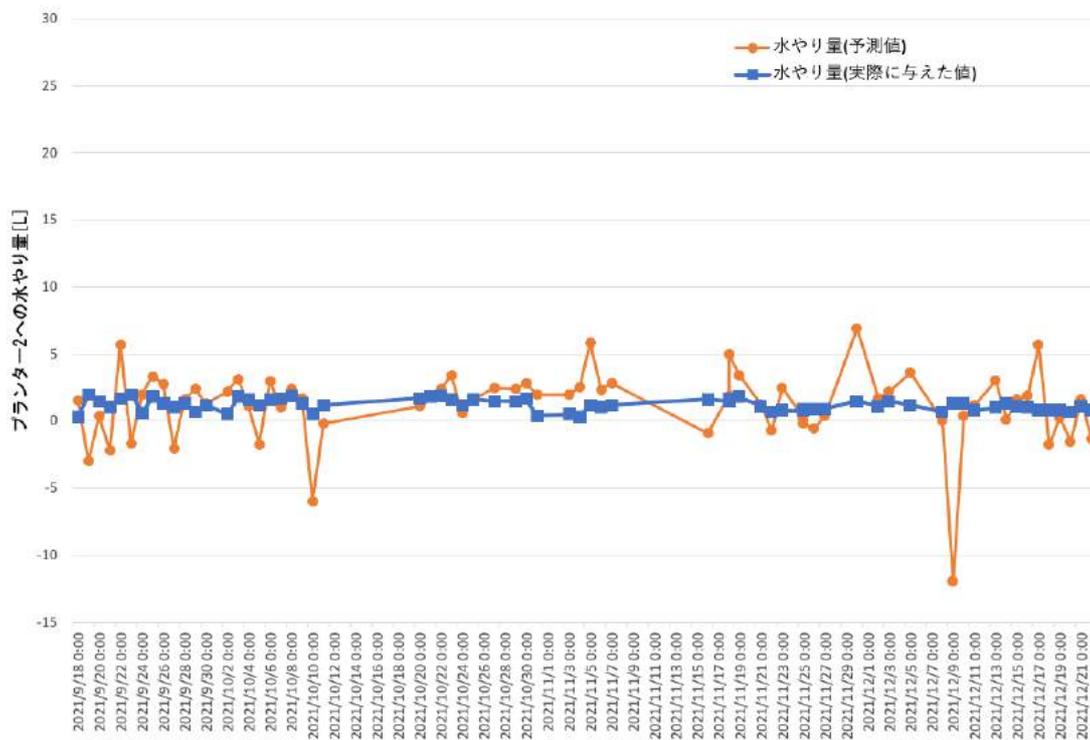


図 4-2 第 1 回知識抽出予備実験におけるプリンター2 の水やり量の予測

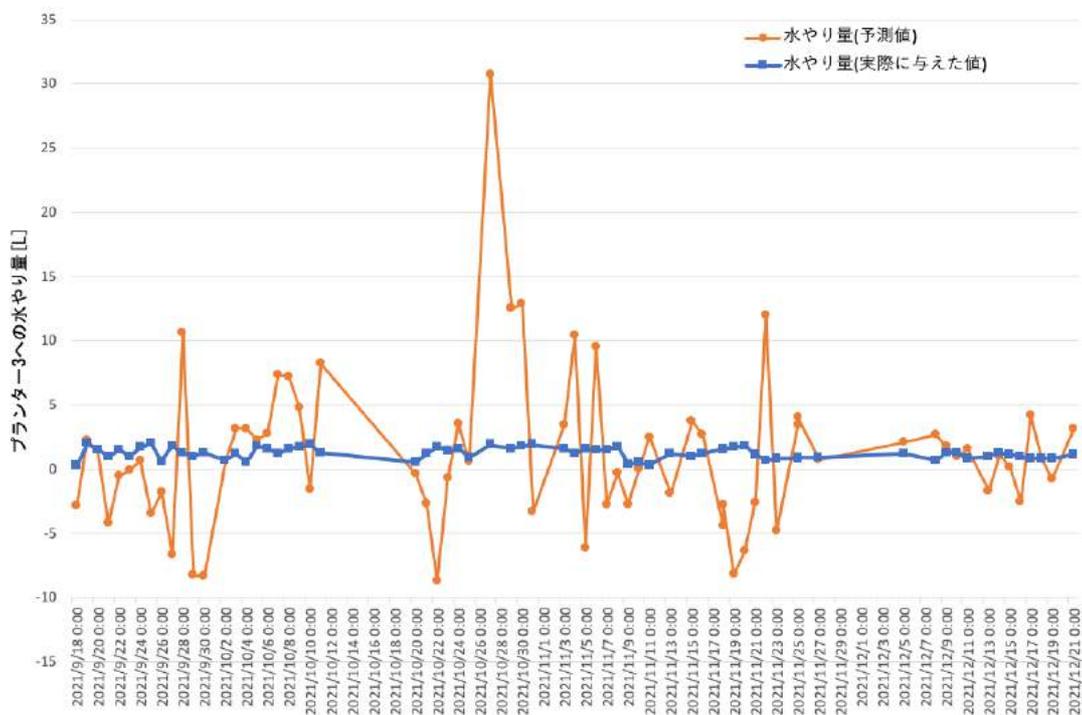


図 4-3 第 1 回知識抽出予備実験におけるプリンター3 の水やり量の予測

## 4.2 第 1 回知識抽出予備実験の考察

第 1 回知識抽出予備実験では、人間センサデータおよび物理センサデータを統合し、重回帰分析により水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の重回帰モデルを構築した。また、その重回帰モデルを式変形することで、プランターに与えるべき水やり量について予測した。ここでは、4.1 の結果について考察する。

### 4.2.1 作業支援としての有効性

第 1 回知識抽出予備実験を通して、作業支援としての有効性が挙げられる。図 4-1～図 4-3 をみると、プランターを適切な土壌水分率にするためには、実際に与えた水の量よりも何リットル多くあるいは少なく水を与えれば良いといった知識が抽出できた。これにより、予測モデルを用いることで、どの程度の水を与えるべきかに関する数値的な知識を抽出することができるため、プランターの状況に応じた最適な水やり作業を支援できる可能性が示唆された。

しかしながら、図 4-3 を見ても分かるように、約 30L あるいは、-10L を与える（つまり水を与えない）と予測する非現実的な結果も見られたため、予測に用いるデータ数の増加によるモデルの精度向上の必要性も見られた。さらに、今回の適切な水やり量の予測では、水をどれくらい与えるべきかといった数値的な知識の抽出は行えるが、実用化に際して、与えるべき水やり量は分かるものの、その水やり量を与えるべき状況（温度・湿度等）はどのような場合であるのかといったコンテキストが把握できないといった欠点があったため、それに対する改善の必要性も見られた。

## 4.3 第 2 回知識抽出実験の結果

まず、第 2 回知識抽出実験の実施環境を表 4-4 に示す。第 2 回目の実験では、第 1 回知識抽出予備実験を踏まえて、物理センサデータを収集するための回路をプランター 3 つそれぞれに 2 台ずつ設置することで、予測に使用するデータ数の増加を試みた。また、第 1 回知識抽出予備実験では、物理センサデータを安定的に収集することができたため、使用するセンサおよび回路構成は同様の条件で実施した。また、人間センサデータについては、見た目の土の表面の湿り具合に加えて、日差しの強さ、土の感触も収集した。そして、第 2 回目知識抽出実験以降は、決定木を活用した知識抽出を考えたため、表 3-3 のように尺度を設けて人間センサデータの収集を行った。プランターへの水やり量については、プランター 1 と 2 については、人間の判断を取り除くために、1L と 1.5L といった固定した水の量を交互に与えた。また、プランター 3 については、第 1 回知識抽出

予備実験同様に、見た目の土の表面の湿り具合から自己判断で水やり量を投与した。

表 4-4 プランター栽培における第 2 回知識抽出実験の実施環境

第 2 回知識抽出実験	北陸先端科学技術大学院大学学生 寄宿舍のベランダ/ 2022 年 6 月 16 日～8 月 9 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×2</li> <li>・湿度×2</li> <li>・照度×2</li> <li>・土壌温度×2</li> <li>・土壌水分×2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日差しの強さ</li> <li>・見た目の土の表面の湿り具合</li> <li>・土の感触</li> </ul>	プランター 1 : 1L と 1.5L を 1 日毎に交互に投与 プランター 2 : 1L と 1.5L を 1 日毎に交互に投与 プランター 3 : 土の表面の湿り具合から自己判断で投与
-------------	---------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

次に、プランター栽培で収集した人間センサデータおよび物理センサデータと決定木に使用した説明変数、目的変数との対応付けを表 4-5 に示す。

表 4-5 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減の予測に用いた説明変数および目的変数

説明変数	物理センサデータによる変数	\	temp(気温)
			humidity(湿度)
			brightness(照度)
			temp_ground(土壌温度)
	人間センサデータによる変数	\	sun_light(日差しの強さ)
			soil_surface(見た目の土の表面の湿り具合)
			soil_feel(土の感触)
		天気の変数	sunny_dummy(晴れダミー)
			rainy_dummy(雨ダミー)
目的変数	物理センサ	\	soilmoisture_fluctuation(水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減)

	一タによる変数		
--	---------	--	--

また、人間センサデータによる変数については、表 4-6 のように順序尺度を設けて分析に使用した。

表 4-6 人間センサによる変数の順序尺度

sun_light(日差しの強さ)		soil_surface(土の表面の湿り具合)		soil_feel(土の感触)	
とても強い	5	とても湿っている	6	じっとり	4
強い	4	湿っている	5	ぼろぼろ	3
少し強い	3	少し湿っている	4	ぽろぽろ	2
少し弱い	2	ほんの少し湿っている	3	ぱらぱら	1
弱い	1	少し乾いている	2	さらさら	0
とても弱い	0	乾いている	1		
		とても乾いている	0		

また、天気の変数は、表 4-7 のように晴れ・曇り・雨をダミー変数に変換して、分析に使用した。

表 4-7 天気の変数におけるダミー変数変換

	sunny_dummy(晴れダミー)	rainy_dummy(雨ダミー)
晴れ	1	0
曇り	0	0
雨	0	1

目的変数である水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減については、水を与えてから 3 時間後の土壌水分率からプランターに水を与える前の土壌水分率を差し引いた値を表 4-8 のように分類し、予測を行った。

表 4-8 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減およびその分類

分類のランク	水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減[%]
a	-20~-16
b	-15~-11
c	-10~-6
d	-5~-1
e	0~4
f	5~9
g	10~14
h	15~20

第 2 回知識抽出実験におけるプランター毎の決定木の平均精度を表 4-9 に示す。また、物理センサデータおよび人間センサデータを活用した決定木をプランター 1 は図 4-4、プランター 2 は図 4-5、プランター 3 は図 4-6 にそれぞれ示す。

表 4-9 第 2 回知識抽出実験におけるプランターごとの平均精度

	物理センサデータのみを 活用した決定木の平均 精度	物理センサデータおよび 人間センサデータを 活用した決定木の平均 精度
プランター 1	0.5625	0.375
プランター 2	0.3333	0.3333
プランター 3	0.2667	0.2667

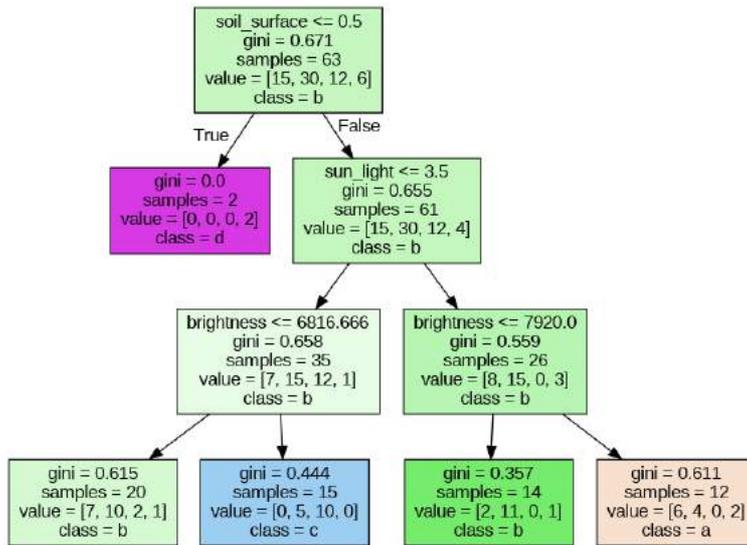


図 4-4 第 2 回知識抽出実験におけるプランター1 の決定木

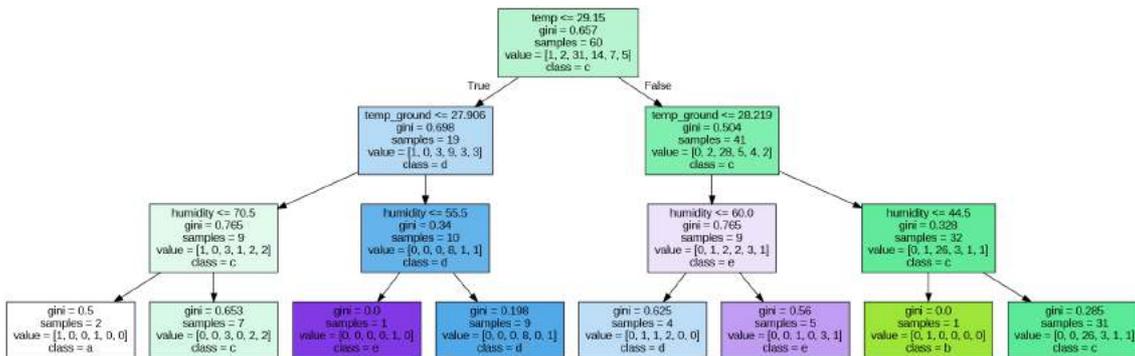


図 4-5 第 2 回知識抽出実験におけるプランター2 の決定木

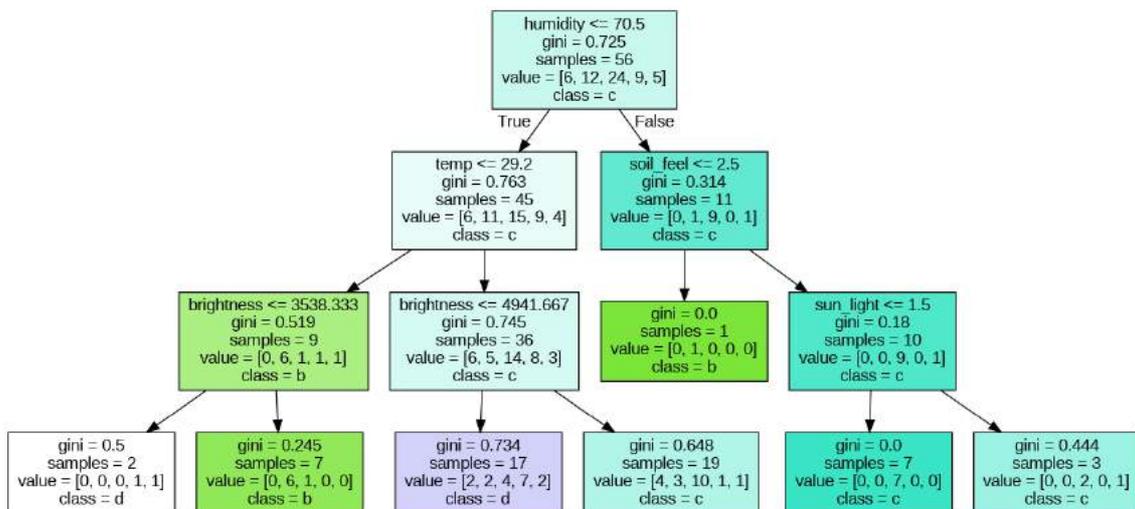


図 4-6 第 2 回知識抽出実験におけるプランター3 の決定木

## 4.4 第 2 回知識抽出実験の考察

第 2 回知識抽出実験では、人間センサデータおよび物理センサデータを統合し、決定木により、水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減を分類した。ここでは、4.3 の結果について考察する。

まず、第 2 回知識抽出実験では、図 4-4～図 4-6 のように人間センサデータおよび物理センサデータの収集および決定木による分析手法を確立することができた。

しかしながら、表 4-9 を見ても分かるように、全体的に平均精度が良くなかった。この要因の 1 つとして、第 2 回知識抽出実験では、図 4-7 のように水やり前とその日の夜にプランターの重量を測定したことから、回路の物理センサが動いてしまい物理センサの測定誤差が生じたことが考えられる。また、プランターの重量が安定するまでの約 1 週間は重量の変動が大きく、予測に使用することは困難であると判断した。さらに、プランターそれぞれにおいて、毎日与える水の量を可変させていたことから、分類自体は可能であるものの、分類結果に意味を持たないといったことが発生した。

以上のことを踏まえて、第 3 回知識抽出実験では、各プランターの重量測定を停止することに加え、水やり量を毎日固定する必要性が挙げられた。

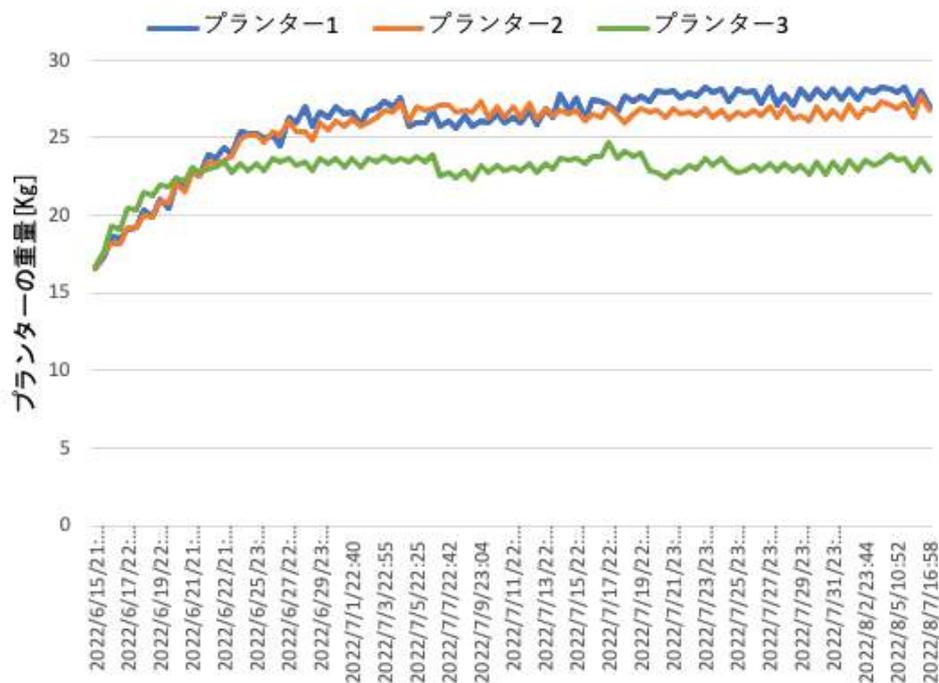


図 4-7 第 2 回知識抽出実験における各プランターの測定重量

## 4.5 第3回知識抽出実験の結果

第3回知識抽出実験の実施環境を表4-10に示す。第3回目の実験では、物理センサデータおよび人間センサデータの収集方法は第2回と同様の条件で行っている。変更点としては、前節で述べたようにプランターの重量測定の停止および3つのプランターそれぞれへ与える水やり量の固定を行った。また、知識の抽出手法は第3回では、プランターへの水やり量についても説明変数に加え、全てのプランターのデータを統合し、決定木を用いて分析を行った。表4-11に分析に使用した特徴量を示す。

表4-10 プランター栽培における第2回知識抽出実験の実施環境

第3回知識抽出本実験	北陸先端科学技術大学院大学学生 寄宿舍のベランダ/ 2022年10月20日～ 12月19日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温×2</li> <li>・湿度×2</li> <li>・照度×2</li> <li>・土壌温度×2</li> <li>・土壌水分×2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日差しの強さ</li> <li>・土の表面の湿り具合</li> <li>・土の感触</li> </ul>	プランター 1：毎日1L投与 プランター 2：毎日2L投与 プランター 3：毎日3L投与
------------	--------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

表4-11 第3回知識抽出実験における決定木に用いた特徴量

説明変数	物理センサデータ	temp(温度) [°C]
		humidity(湿度) [%]
		brightness(照度) [lx]
		temp_ground(土壌温度) [°C]
	人間センサデータ	sun_light(日差しの強さ)
		soil_surface(見た目の土の表面の湿り具合)
		soil_feel(土の感触)
		sunny_dummy(晴れダミー)
		rainy_dummy(雨ダミー)
	物理センサデータ および人間センサ データのどちらにも 属さない変数	spoiled_water(プランターに与えた水やり量) [L]

目的変数	物理センサデータ	Soilmoisture_fluctuation(土壌水分率の増減: 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率と最頻値の差) [%]
------	----------	-------------------------------------------------------------------

全プランターを統合した決定木の平均精度を表 4-12 に示す. また, 全プランターの物理センサデータおよび人間センサデータを活用した決定木を図 4-8 に示す.

表 4-12 第 3 回知識抽出実験における全プランターの人間センサデータおよび物理センサデータを統合した決定木の平均精度

	物理センサデータのみを活用した決定木の平均精度	物理センサデータおよび人間センサデータを活用した決定木の平均精度
全プランターを統合した場合	0.5938	0.7188

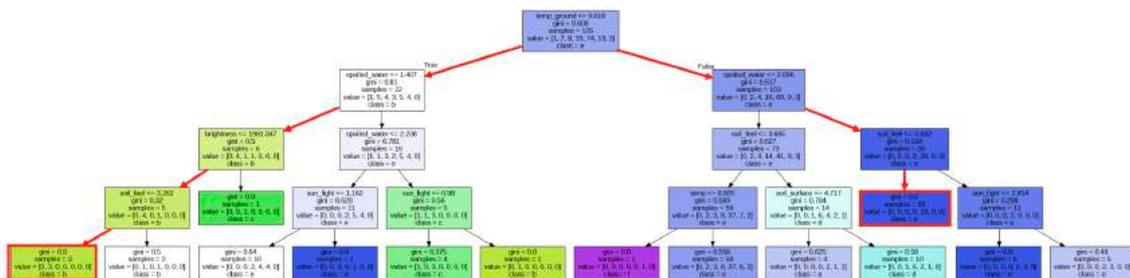


図 4-8 第 3 回知識抽出実験における全プランターを統合した場合の決定木

## 4.6 第 3 回知識抽出実験の考察

第 3 回知識抽出実験では, 人間センサデータおよび物理センサデータを統合し, 決定木により, 水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減を分類した. ここでは, 4.5 の結果について考察する.

まず, 第 3 回知識抽出実験により構築した決定木の平均精度は, 物理センサデータのみを活用した場合よりも物理センサデータおよび人間センサデータの両方を活用した場合は, 平均精度が向上した. これにより, 物理センサのみでなく, 人間センサによる五感を活用したアプローチの有効性を示すことができた.

次に, 各プランターの決定木により抽出できた知識について述べていく. 今回

の実験において、決定木により抽出された実用的な知識タイプは大きく 2 つある。1 つは、土壌水分率の増減が適正值である場合のプランターへの水やり量に関する知識である。もう 1 つは、土壌水分率の増減が例外値である場合のプランターへの水やり量に関する知識である。なお、これらの知識については、ダイコンの生育は、土壌水分が高い状態が継続すると根腐病が発生する恐れがあることから、3 時間後の土壌水分率と土壌水分率の最頻値の差が  $class=e(0\sim 4\%)$  の状態を維持するために必要な水やり量をだまかに把握するための知識とする。以上の点を踏まえ、図 4-8 の決定木から抽出される知識について述べる。

まず、図 4-8 の決定木より、土壌水分率の増減が適正值である場合では、全データ (samples=125) のうち、土壌温度が  $9.618[^\circ\text{C}]$  より高い、土の感触が“じっとり” よりも大きい、プランターへの水やり量を  $2.696[\text{L}]$  よりも多く与える場合、土壌水分率の増減が適正值  $class=e(\text{samples}=19)$  になる。以上のことから、正しく水やりをできている時の条件を把握することができる。

次に、図 4-8 の決定木より、土壌水分率の増減が例外値である場合では、全データ (samples=125) のうち、土壌温度が  $9.618[^\circ\text{C}]$  以下かつ照度が  $1981[\text{lx}]$  以下で、土の感触が“ぼろぼろ” 以下で、プランターへの水やり量を  $1.407[\text{L}]$  以下で与えている場合、土壌水分率の増減は  $class=b(\text{samples}=3)$  になる。よって、この時の人間センサデータおよび物理センサデータの条件の場合には、プランターへの水やり量を  $1.407[\text{L}]$  以上与えることで、適正值 ( $class=e$ ) に近づけることが期待できる。

以上のように決定木を活用することで、特定の条件時のプランターへの水やり量に関する知識を抽出することができる。また、第 1 回知識抽出実験で課題視していた水やり量に関する条件が把握しづらいことに関しても、条件分岐を辿ることにより明確に把握でき、改善できたと言える。よって、以上のことから 2 つの有効性が挙げられる。

#### 4.6.1 意思決定支援としての有効性

第 1 回知識抽出実験では、重回帰分析による出力が水やり量の数値のみであり、作業支援としてのみ有効であった。しかしながら、第 3 回知識抽出実験では、決定木を活用することで、プランターに与える水やり量をどの程度増やす(あるいは減らす)というレベルの知識であるが、抽出することができた。このように決定木で可視化するメリットとしては、どのような物理センサデータあるいは人間センサデータの条件で水を与えれば良いかといったことが把握できるため、ただ単に量的な方向性から水やり作業を支援するだけでなく、農作業者が持つ現場の判断知識と決定木を組み合わせることで、農作業者ベースの意思決

定支援が可能な点である。これは、天候や圃場の状況変化が著しい農業において、非常に有効的な手法であると言える。また、今回の物理センサおよび人間センサを用いる本提案手法では、目的変数を土壤水分率の増減に定めたが、実際の農業現場においては、育成する作物や農作業内容に応じた予測対象の設定が可能である。よって、季節性の高い作物の育成や特定の地域で生産が限定される作物を栽培するための学習においても汎用性が高いアプローチである。

#### 4.6.2 学習支援としての有効性

決定木を見てどのように水やり作業を実施すれば良いかといった学習支援としての有効性が挙げられる。これは、決定木を用いることで、土壤水分率の増減がどのような条件でどのクラスに分類されるかといったことが把握できるため、条件に応じた水やり学習を支援することができる。また、今回の実験では、目的変数を水を与えてから 3 時間後の土壤水分率の増減に定めたが、実際の農業現場では、育成する作物や農作業内容に応じて、予測対象を設定することが可能である。そのため、季節性の高い作物の育成や、特定の地域でしか生産できないような作物を育成するための学習においても汎用性が高いアプローチだと言える。さらに、熟練農作業員においては、決定木を活用した作業判断とその結果を照らし合わせることで、新たな気づきの発見、自身の知識のアップデートに繋げることも可能である。また、若手農作業員においても、物理センサデータおよび熟練農作業員の人間センサデータが組み込まれた決定木を参照することで、作業支援に活用することが期待できる。

#### 4.7 知識抽出実験のまとめ

ここまで、プランター栽培における農業知識の抽出について述べてきた。表 4-13 に第 1 回および第 3 回知識抽出実験のまとめを示す。

表 4-13 知識抽出実験のまとめ

	第 1 回知識抽出実験	第 3 回知識抽出実験
知識抽出手法	重回帰分析	決定木
抽出された知識	具体的かつ定量的な水やり量に関する知識	コンテキストを含めた定量的な水やり量に関する知識
抽出した知識の有効性	・作業支援	・意思決定支援 ・学習支援

表 4-12 より，第 1 回知識抽出実験は，重回帰分析を用いて，プランターの作物に与えるべき水やり量に関する具体的かつ定量的な知識を抽出することができた．また，抽出した知識の有効性として，作業支援としての有効性が示唆された．しかしながら，実用化に際して，与えるべき水やり量は分かるものの，その与えるべき水やり量は，どのような温度・湿度等の条件で発生するかといったコンテキストが把握しづらいといった欠点があった．そこで，第 3 回の知識抽出実験で作成した決定木では，水を与えてから 3 時間後の土壌水分率の増減がどのような条件でどのクラスに分類されるかについて，物理センサデータ，人間センサデータ，プランターに与えた水やり量に関する分岐を辿ることで把握することができる．また，抽出した知識の有効性として，意思決定支援，学習支援としての有効性が示唆された．

そして，本実験における物理センサデータおよび人間センサデータを併用した決定木による知識抽出アプローチは，予測精度の向上のみならず，圃場の監督が必要不可欠な農業現場において非常に有効である．

## 第5章 農業現場における知識共有・継承のための の試行評価の結果および考察

本章では、株式会社ぶった農産の農業現場(第1～2回:水田における水管理, 第3回:畑におけるカブの収穫作業)における音声つぶやきシステムおよび物理センサを活用した試行評価における結果・考察を述べる. なお, 今回は第1回目の試行評価については, 予備実験的に行ない, 振り返りワークショップは実施したものの, 半構造化インタビュー調査は行わなかった. そのため, 振り返りワークショップおよび半構造化インタビュー調査を行った第2回, 第3回の試行評価の結果および考察を述べる.

### 5.1 第2回知識共有・継承のための試行評価の結果

農業現場における第2回試行評価の実施環境を表5-1に示す. 第2回試行評価では, 2023年8月2日～8月12日の間, 水田の水管理に関する人間センサデータと露地ファーモおよび水田ファーモの物理センサデータを収集した. また, 収集した人間センサデータおよび物理センサデータを時系列のグラフ上で統合し, ワークショップ資料を作成・活用することで, 振り返りワークショップを行った. また, 振り返りワークショップ後には, 半構造化インタビュー調査を行った. なお, 振り返りワークショップおよび半構造化インタビューには, 農業歴1年目の若手農作業 Aさんと7年目の熟練農作業 Bさんの2名が参加した.

表5-1 農業現場における知識共有・継承のための第2回試行評価の実施環境

第2回知識共有・継承のための試行評価	株式会社ぶった農産が所有する田んぼ/ 2022年8月2日～8月12日/ 2022年8月18日(振り返りワークショップ1時間, 半構造化インタビュー10分×2)	・露地ファーモ×1(気温, 地中温度, 照度, 土壌水分, EC) ・水田ファーモ(水位, 水温)×12	水田の水管理に関するつぶやき
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	----------------

次に, 振り返りワークショップ後の半構造化インタビューで得られた Aさんの発言内容を以下に示す.

発言内容 1

A さん：今年入って田んぼがどの状況かっていうのは全然わからないのですが、B さんや C さんのつぶやきの内容とかで水の入れ方などについて、どういう対応をすればいいのかが分かりました。

発言内容 2

A さん：圃場の大きさによって、水を入れる量だっりの対応の仕方が全然違うんだなというのを知りました。

発言内容 3

A さん：水温とかを見ると結構私のところも高いなというのはありますね。

発言内容 4

A さん：つぶやきを見れば、他の人のを見て、どういう風に対応すればいいのかが分かった。例えば、C さんのつぶやきで、穴の大きさが次の日になったら大きくなっているとか。

発言内容 5

A さん：作業をしていて、ただもう水が抜けてたら水入れる、水戸から水が抜けてたら穴塞ぐとか単純作業だと思っていましたが、水温とかでも結構稲に影響があったりするということが分かりました。

発言内容 6

A さん：今担当しているところの圃場はデータを見て、水が抜けやすいのだなというのと、C さんの圃場は水位が安定しているので、水の抜け具合などが圃場によって結構違うの気づきました。

次に B さんのインタビュー調査で得られた B さんの発言内容を以下に示す。

発言内容 7

B さん：ちょっと何年か行っている部分で、このぐらいだったら大丈夫だろうと。例えば穴が開く頻度とかそういったものをちょっと私の感覚がどうしても去年がこうだったから今年もこのぐらいで大丈夫だろうっていうのがあったので、良くも悪くもそういう判断があったので、見るところは見る、見ないとか見ないとはっきりした部分があったのでそこはちょっと視点の違いになったのかなど。

#### 発言内容 8

Bさん：穴が空いているであったり，そういったものもつぶやけば，大体どの時期に穴が空き始めてくるかといったそういうのもわかりますし，次の作業の精度を上げるっているのもできるのではないかと思いました。

#### 発言内容 9

Bさん：結構，私は水温が気になりますね。結構この時期になると水温が大きくなるんですけども，水口の方が水温が低くなるので，水口の方が冷たい水が入ってくるので育ちが弱いんですね。それが何度も繰り返すと，差が出てくるので。水戸のところは温かい水になっているんですけども，水口の方は冷たい。その差がでてくるのはなるべく避けたいなと思っているので，水温データで水戸と水口の水温差が分かれば，なるべく水入れない方がいいなとか，温かいタイミングを狙ってなど調整できるのではないかなと思います。

#### 発言内容 10

Bさん：どうしても自分らの見た目だけでは水の状態っていうのはやっぱり思い込みっていう部分があるので，こうやってデータで実際にどのくらい入っているのかが分かれば，自分らの目とデータを照らし合わせて，もうちょっとこういう風に見た方がいいなっていう修正ができるのかなって思います。実際に水がないなって思ったところがグラフを見ると水が入っていましたね。

#### 発言内容 11

Bさん：今回つぶやいたのが水入れる，入れないっていうのがほとんどでしたけれども，それが結果として現れるので，それを振り返って，この日は水を入れたんだなといった実際の水を入れた感覚とかスパンとかがつぶやきによって振り返って分かるのかなと思います。

## 5.2 第 2 回知識共有・継承のための試行評価の考察

第 2 回試行評価の振り返りワークショップ後の半構造化インタビューで得られた発言内容について示してきた。ここでは，5.1 の結果について考察する。

まず，A さんおよび B さんにおける半構造化インタビューで得られた発言内容を分類すると表 5-2 のようになる。

表 5-2 農業現場における知識共有・継承のための第 2 回試行評価の半構造化インタビューで得られた発言内容の分類

	自分自身で気づいたこと	他の作業員から得られたこと
A さん(農業歴 1 年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発言内容 3</li> <li>・ 発言内容 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発言内容 1</li> <li>・ 発言内容 2</li> <li>・ 発言内容 4</li> <li>・ 発言内容 5</li> </ul>
B さん(農業歴 7 年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発言内容 8</li> <li>・ 発言内容 9</li> <li>・ 発言内容 10</li> <li>・ 発言内容 11</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発言内容 7</li> </ul>

表 5-2 より、A さんにおける他の作業員から得られたことについては、共有・継承された知識であり、B さんにおける他の作業員から得られたことについては、共有された知識である。

### 5.2.1 第 2 回知識共有・継承のための試行評価において共有・継承された知識

まず、A さんに共有・継承された知識としては、2 つある。1 つは、圃場への水の入れ方に関する知識である。まず、発言内容 1 からは、B さんおよび C さんの音声つぶやきの内容を見て、水の入れ方の対応が分かったと述べている。具体的には、発言内容 2 の圃場の大きさによって水を入れる量の対応が変わることや、発言内容 5 の水が抜けたら水を入れるといった単純作業ではなく、水温についても稲に影響があるため、その点も考慮しなければならないといったことから共有・継承できたと言える。

もう 1 つは、圃場に出来た穴への対処に関する知識である。これは発言内容 4 から分かるように、A さんは C さんのつぶやきから(圃場で出来た)穴の大きさが次の日に大きくなるといったことについて知ったと述べていたことから共有・継承できたと言える。

以上のことから振り返りワークショップでは、熟練者である B さんから、若手作業員である A さんに水田の水管理に関する 2 つの知識を共有・継承することができた。

さらに、発言内容全体を分析すると、振り返りワークショップでは、以下の 4

つの有効性が示唆された。

### 5.2.2 記録および対策としての有効性(人間センサデータのみの活用)

振り返りワークショップにおける人間センサデータを通して、記録・対策として活用することができた。例えば、Bさんの発言内容8では、田んぼに穴が空いていることを記録することで、どの時期に穴が空き始めるといったことを把握できるとともに、来年、再来年等に向けた次の作業の精度向上に繋がると述べている。よって、作業内容やそこで起きた現象等を記録し、振り返ることで、次の作業時の対策に役立てることができる。

### 5.2.3 指導方法の明確化としての有効性(人間センサデータのみの活用)

振り返りワークショップにおける人間センサデータを通して、個人のみにとどまっていた知識を農作業間で共有することにより、知識ギャップを明らかにすることができた。例えば、Aさんの発言内容の1~5を見てみると、圃場(田んぼ)の大きさによって、水を入れる量を調節しなければならない、水温も気にしなければならないなど、BさんやCさんのつぶやきを通して、水管理における知識ギャップを発見している。よって、農作業間で各々のつぶやきを振り返ることで、若手農業者に対する今後の指導方法の明確化として有効である。

### 5.2.4 作業支援としての有効性(物理センサデータのみの活用)

振り返りワークショップにおける物理センサデータを通して、どのような作業を行うべきかに関する作業支援として活用することができる。例えば、Bさんの発言内容9では、水温データで水口と水戸の水温差について物理センサデータを確認することで分かれば、なるべく水を入れない、あるいは水温が高いタイミングを狙って水を入れるといった水の入れ方の調整が行えると述べていることから、作業支援に繋げることができる。

## 5.2.5 学習支援としての有効性(人間センサデータおよび物理センサデータの活用)

振り返りワークショップにおける人間センサデータおよび物理センサデータを活用することで、例えば、Bさんの発言内容10では、実際に田んぼを見た時の水位は思い込みがあるため、自分の目とセンサデータを照らし合わせることで(水を入れる量などの)修正できると述べている。また、発言内容11からは、この日は水を入れた、入れていないなどをつぶやいて記録として残せば、振り返って学習することができるかと述べている。よって、自分の作業内容に対する結果の把握や今後似たような状況が発生した場合の学習に繋げることができる。

## 5.3 第3回知識共有・継承のための試行評価の結果

まず、農業現場における第3回試行評価の実施環境を表5-3に示す。第3回試行評価では、2023年12月8日から12月16日の間、カブが植えてある圃場に露地ファーモを設置し、物理センサデータを収集した。その後、物理センサデータについては、Pythonを用いることで時系列グラフとして可視化し、人間センサデータについては、ビデオカメラを用いて、収穫作業の風景を録画し、その際の音声を文字起こしすることでデータとして収集した。そして、ワークショップ資料を作成し、それらを用いて振り返りワークショップを行った。また、振り返りワークショップ後に半構造化インタビュー調査を行った。なお、カブの収穫作業はBさんのみが参加し、振り返りワークショップおよび半構造化インタビュー調査には、AさんおよびBさんの2名が参加した。

表5-3 農業現場における知識共有・継承のための第2回試行評価の実施環境

第3回知識共有・継承のための試行評価	株式会社ぶった農産が所有する畑/ 2022年12月8日/ 2022年12月16日 (振り返りワークショップ1時間、半構造化インタビュー10分×2)	・露地ファーモ×1(気温、地中温度、照度、土壌水分、EC)	カブの収穫作業に関するつぶやき
--------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------	-----------------

まず、第3回目(カブの収穫作業を対象)の振り返りワークショップおよび半

構造化インタビュー調査で得られた A さんの発言内容を以下に示す。

発言内容 12

A さん：先程、畝(うね)毎で“す”が入っているかどうか切るって B さんがおしやっていましたよね。それはちょっと行ったことなかったので、なるほどなと思いました。

発言内容 13

A さん：畝と畝の間の溝は)トラクターを動かす方向で斜面の向きが変わるみたいな。それで決まるんだなと思いました。圃場が真ん中に向けて深くなっていると思っていたので、そもそもその圃場が真ん中の方が深くなっているのかなと思っていたんですけども、畝を作る段階で変えられるんだなと思いました。

発言内容 14

A さん：肥料とかどのタイミングでまけばいいのかがわかるかなと。葉っぱの色をみて肥料をどれだけまくというのを教えてもらったのですが、目で判断するのは難しい。

次に B さんの発言内容を以下に示す。

発言内容 15

A さん：どうしても例えば私の A さんの会話になってしまうと、こういってところはもう 1 回伝えてはあるので、例えばちょっとこれ大きいかもしれないとか、ちょっとここは“す”が入っているからこの圃場はやめておこうとかそういった話はできるんですけど、どのような基準で判断してるかっていうのはやっぱり難しいのかなっていうのはありますね。

発言内容 16

B さん：こういった形である程度作業の説明をすることによって自分の作業の振り返りにもなりますので、こういった手順で人に伝えてるか。今回作ってもらった資料を見てみると自分はこう言ったふうに人に教えているんだという形で文章化されているので、こういうこといっているんだというふうな振り返りになりますし、ちょっとこの表現やめといた方がいいな、だったりそういうところに気をつけながらですね。自分でも気づかないところが見えてくるかなっていうのはありますね。

発言内容 17

B さん：思ったより照度が安定してるのかなと思いましたね。どうしても冬場とか日本海側ってそんなに天気が良いはないので、どうしても日照時間が普通の

ところよりは低いつて聞いているのですけれども、そこまで極端に日照が悪いとかそういったものがないかなっていうのはあります。

#### 発言内容 18

A さん：何日にその圃場に肥料をまいたっていうのがあればそこと照らし合わせて、ここはどういう変化があったってでますので。一応作業自体も例えばこの日、こういうことをしたっていう記録も残ってはいるんで、そこも照らし合わせれば水を切った日にもちゃんと日程を書いたり記録つけたりすれば、その時に何か変化が起きたっていうのも見えますので。

#### 発言内容 19

B さん：データがあれば生育速度とかそういったものをしっかり測れるのではないのかなと、圃場ごとに、一番わかるのはその“す”が入るタイミングっていうか、イレギュラーが起きるタイミングがわかるっていうのが一番嬉しいんですけど、そこまでいくとちょっとまた特殊なものになっちゃうのかなと。あと電気伝導度が分かれば、肥料を入れるタイミングですね。そういったものもわかれば、どうしてもその日数だったり、そういったもので判断をしていますので、これだったら数字で出るので、これを下回った時点で肥料を入れれば、栄養分が回復するという形になれば本当にやりやすいのかなというのがありますね。

#### 発言内容 20

B さん：結局その撒いたところも、これが多いのか少ないのかっていうのもやっぱりわかりにくいですから、結局は、できたものが答えになってしまうので、肥料過多になると肥料やけどか、肥料が変わったりとかそういったものもありますので、そういったところの判断基準が一つあれば、これ見て判断できるのであれば、まだ慣れてない人にも肥料をこのぐらい撒いてっていうのを伝えやすいですし、その人自体もこうなってるからこうという判断基準が知れますので、そこは作業的にだいぶ楽になるのかなとは思います。

## 5.4 第3回知識共有・継承のための試行評価の考察

第3回試行評価の振り返りワークショップ後のインタビュー調査で得られた結果について示してきた。ここでは、5.3の結果について考察する。

まず、AさんおよびBさんにおける半構造化インタビューで得られた発言内容を分類すると表5-4のようになる。

表 5-4 農業現場における知識共有・継承のための第 3 回試行評価の半構造化インタビューで得られた発言内容の分類

	自分自身で気づいたこと	他の作業員から得られたこと
A さん(農業歴 1 年)	・ 発言内容 14	・ 発言内容 12 ・ 発言内容 13
B さん(農業歴 7 年)	・ 発言内容 16 ・ 発言内容 17 ・ 発言内容 18 ・ 発言内容 19 ・ 発言内容 20	・ 発言内容 15

#### 5.4.1 第 3 回試行評価において共有・継承された知識

まず、A さんに共有・継承された知識としては、2 つある。1 つ目は、カブを収穫する畝をおおまかに判断に関する知識である。発言内容 12 からは、B さんがどの畝でカブを収穫するかの判断を(畝の一部のカブを採り)切って判断すると述べていたことに対して、A さんはそのような方法を知らなかったと述べていることから共有・継承できたと言える。2 つ目は、畝間の溝の形状に関する知識である。発言内容 13 からは、畝と畝の間の溝が真ん中に向けて深くなっていることは、畝によって元々決まっていると思っていたが、トラクターで畝を作る段階で形状を変えられるのを知ったと述べていることから共有・継承できたと言える。

以上のことから振り返りワークショップでは、熟練者である B さんから、若手作業員である A さんにカブの収穫場所の判断、畝の形状に関する知識を共有・継承することができた。

さらに、発言内容全体を分析すると、振り返りワークショップでは、以下の 2 つの有効性が示唆された。

#### 5.4.2 作業判断の表出化としての有効性(人間センサデータのみの活用)

振り返りワークショップにおける人間センサデータを活用することで、作業判断を表出化することができる。例えば、A さんの発言内容 12 では、収穫時における“す”が入っているかどうかの判断について、B さんが 1 つのカブを切っ

て収穫する場所の判断をしているということは初めて知ったと述べている。以上のことから、熟練者の作業判断の表出化としての有効性が挙げられる。

#### 5.4.3 作業支援としての有効性(物理センサデータのみの活用)

振り返りワークショップにおける物理センサデータを活用することで、どのような作業を行うべきかといった作業支援として活用することができる。例えば、Bさんの発言内容 18, 19, 20 では、肥料を入れるタイミングは日数等で判断しているため、(物理センサデータの)数字をみることで判断できれば、変化を可視化できたり、作業がしやすくなると述べている。また、Aさんの発言内容 14 からも肥料を入れるタイミングを葉っぱの色で判断するのは難しいと述べていることや、Bさんの発言内容 20 からもまだ慣れていない人にも肥料をこのぐらいで撒いてっていうのを伝えやすいといった発言からも、物理センサデータを活用した作業支援に繋げることができる。

### 5.5 知識共有・継承のための試行評価のまとめ

ここまで、プランター栽培における農業知識の抽出について述べてきた。表 5-5 に第 2 回および第 3 回知識共有・継承のための試行評価のまとめを示す。

表 5-5 知識共有・継承のための試行評価のまとめ

	第 2 回知識共有・継承のための試行評価	第 3 回知識共有・継承のための試行評価
作業対象	水田の水管理	カブの収穫
知識共有・継承手法	振り返りワークショップ	振り返りワークショップ
共有・継承された知識	<ul style="list-style-type: none"> <li>圃場への水の入れ方に関する知識</li> <li>圃場に出来た穴への対処の知識</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カブを収穫する畝をおおまかに判断に関する知識</li> <li>畝の形状に関する知識</li> </ul>
振り返りワークショップで得られた有効性	<ul style="list-style-type: none"> <li>記録および対策</li> <li>知識ギャップの可視化</li> <li>作業支援</li> <li>学習支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業判断の表出化</li> <li>作業支援</li> </ul>

表 5-5 より、第 2 回知識共有・継承のための試行評価は、水田の水管理を作業

対象として、物理センサデータおよび人間センサデータを収集した。その後、振り返りワークショップを実施することで、圃場への水の入れ方に関する知識、圃場に出来た穴への対処に関する知識を共有・継承することが可能である。また、振り返りワークショップで得られた有効性として、記録および対策、知識ギャップの可視化、作業支援、学習支援としての有効性が示唆された。また、第3回知識共有・継承のための試行評価は、カブの収穫を作業対象として、物理センサデータおよび人間センサデータを収集した。その後、振り返りワークショップを実施することで、カブを収穫する畝をおおまかに判断する知識、畝間の溝の形状に関する知識を共有・継承することができた。また、振り返りワークショップで得られた有効性として、作業判断の表出化および作業支援としての有効性が示唆された。

## 第6章 結論

### 6.1 本研究のまとめ

本研究は、先行研究調査において、スマート農業の研究事例とその課題や農業における知識継承についてまとめ、研究の位置付け整理した。また、神成(2015)の研究では、予め設定してある作業項目をメニューで選択する形式であったため、メニュー以外での農作業者の気づきの収集までには至っていなかった。これに対して、音声つぶやきシステムを活用することで、解決を目指した。また、内平(2018)の研究では、農業ハウス内の状況を物理センサや人間の気づき可視化までに留まっており、「知識抽出」については未だ実現できていなかった。これに対して、プランター栽培の知識抽出実験において重回帰分析や決定木を活用することで、物理センサデータおよび人間センサデータを統合した水やりに関する知識抽出を図るだけでなく、作業支援、意思決定支援、学習支援としての有効性を示した。さらに、農業現場における試行評価では、第2回については、水田の水管理における知識の共有・継承を実現するとともに、記録・対策、知識ギャップの可視化、作業支援、学習支援としての有効性を示した。第3回については、カブの収穫場所の判断、畝間の溝の形状に関する知識を共有・継承を実現するとともに、作業判断の表出化、作業支援としての有効性を示した。

### 6.2 リサーチクエスチョンに対する回答

SRQ1 への回答

SRQ-1: 人間センサ・物理センサを統合した農業知識の抽出は機械学習を用いて、どのように行えるか?

音声つぶやきシステムにより収集した人間センサデータと IoT による物理センサデータを統合し、決定木を用いること土壌水分率の増減が適正值あるいは例外値となる時のプランターへの水やり量の条件に関する知識の抽出を実現できた。なお、天候や圃場状況の変化を逐次把握し、作業判断を行う農業においては、条件分岐の把握が可能な決定木が知識抽出手法として有効なアプローチと言える。

SRQ2 への回答

SRQ-2: 人間センサ・物理センサを統合した農業知識の共有・継承はどのように行えるか?

音声つぶやきシステムにより収集した人間センサデータと IoT による物理セ

ンサデータを時系列で統合し、それらを参照しながら振り返りワークショップを行うことで、農業知識の共有・継承支援の有効性が明らかになった。また、半構造化インタビュー調査から、人間センサおよび物理センサの活用は、農業知識の共有・継承だけでなく、記録・対策、指導方法の明確化、学習支援、作業判断の表出化、作業支援としての有効性についても示唆された。

#### MRQ への回答

MRQ：農業分野における人間センサ・物理センサを統合した農業知識の抽出・共有・継承はどのように行えるか？

SRQ1, SRQ2 により、決定木を用いた知識抽出および振り返りワークショップにおける知識共有・継承支援の有効性をそれぞれ示した。本研究では、農業現場における振り返りワークショップにおいて、人間センサデータおよび物理センサデータを時系列で統合・可視化した資料を活用した。これらを用いることで、農業の現場で収集したデータを統合し、振り返りワークショップの議論の「きっかけ」として用いることで、従来のマニュアルや座学では困難であった「潜在的で経験的な知識」の継承が可能となる。

### 6.3 本研究の貢献

本研究の貢献は大きく2つある。1つ目はIoTによる物理センサと人間の五感を通じた気づきを統合・分析することで、作業判断を行うための条件を含めた農業知識の抽出を図った点である。神成(2015)や内平(2019)の研究では、農業における知識共有・継承を対象として、人間の気づきと物理センサデータの統合・分析は行っているものの、両者の関係性の把握・可視化に留まっていた。本研究では、決定木を活用することで、人間の五感を通じた気づきと物理センサデータからより正確性・了解性の高い知識抽出を図ることができた点において価値があると言える。

2つ目は、人間センサおよび物理センサを活用した振り返りワークショップにおける有効性を明らかにした点である。振り返りワークショップを行うことで、熟練農作業から若手農作業者に知識を共有・継承を図るとともに、人間センサを活用した場合には、記録・対策、指導方法の明確化、物理センサを活用した場合には、作業支援、人間センサおよび物理センサを活用した場合には、学習支援としての有効性を明らかにできた点において価値があると言える。

## 6.4 本研究の展望と限界

本研究の限界として 3 つ挙げられる。まず、プランター栽培における知識抽出においては、人間センサデータの収集を農業経験が乏しい筆者が行ったため、収集した種類・数が少なかったことや、五感の認識精度が低かった点である。これに対しては、熟練農作業者の五感を活用した試行評価を行うことで、人間センサデータの認識可能な種類を増やすとともに、正確性を向上させる必要がある。

2 つ目は、実際の農業現場における知識抽出を図れなかった点である。これに対しては、実際の農業現場のデータで、決定木のような機械学習モデル構築するためには、一作だけでなく、二作、三作といった長期間に及ぶデータを収集し、農業知識の抽出を試みる必要がある。

3 つ目は、振り返りワークショップで実際に抽出した知識を用いた検証を行えていない点である。これに対しては、決定木などの機械学習モデルを活用した振り返りワークショップを実施することで、知識共有・継承の有効性を検証する必要がある。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を賜りました内平直志教授に深く感謝の意を表します。内平直志教授には、2年間、研究計画書から修士論文の執筆に至るまで熱心なご指導をいただき、無事本研究を遂行することができました。また、勉強会やゼミ等でも大変お世話になりました。誠にありがとうございました。また、令和3年11月まで本学で助教を務められていた佐藤那央先生には、インタビュー手法等において多大なご助言を賜り、研究を進めることができました。心より感謝申し上げます。さらに、研究を形にしていく途中で、多くの先生方に、ご支援を頂きました。改めて感謝申し上げます。

さらに、本研究の遂行に際し、ご協力いただきました株式会社ぶった農産の佛田利弘様、佛田和弥様、西田様、小林様、亀田様には試行評価において、多大なるご指導・ご支援をいただきました。心から感謝を申し上げます。また、システム開発に関してご指導およびご助言をいただいた井上杜太郎氏をはじめ、研究室の皆様にも厚く御礼申し上げます。

そして、本研究を遂行および修士論文の執筆、大学院での生活は、数多くの方々の支えがあったためです。大学院に通わせてくれた両親、いつも支えてくれた兄弟、また、日頃の研究活動以外でも、相談に乗っていただいた先輩方、後輩、苦難を共に乗り越えた友人に感謝の意を表し、謝辞とさせていただきます。

## 参考文献

- Jisha RC, Vignesh G, Deekshit D, "IOT BASED WATER LEVEL MONITORING AND IMPLEMENTATION ON BOTH AGRICULTURE AND DOMESTIC AREAS", International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), 2019
- Shunmuga Sundari.M et al., "Secured IoT Based Smart Greenhouse System with Image Inspection", International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), 2020
- Polanyi, M., "暗黙知の次元 高橋勇夫訳", 筑摩書房, pp.18-20, 2003
- 荒木秀和, 戸島亮, "トマト収穫ロボット", 日本ロボット学会誌, Vol.39 No.10, pp.911-916, 2021
- 井上杜太郎, 内平直志, 佐藤那央, 中野和昌, 横田耕助, 薄光憲, "音声つぶやきシステムを活用した漁船向け機関業務支援システムの開発と評価", 第90回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp.291-292, 2020
- 内平直志, "音声つぶやきによる気づきの収集と活用で看護・介護サービスの質を向上する", サービスロジー, 1(2), pp.14-17, 2014
- 内平直志, 吉田正巳, "音声つぶやきシステムを活用した農業ナレッジマネジメントシステム-ハウス農業における試行評価-", 電子情報通信学会システム数理と応用研究会, 信学技報, Vol.118, No.384, 2019
- 亀岡孝治, "高品質果樹生産のためのIoT利用技術", 特集 農業 ICT -IoT・ビッグデータ・AI活用で農業を成長産業へ-, 2017
- 川辺眞一, "新スマート農業-進化する農業情報利用-", p7, 2019
- 休坂健志, "ドローン+AIを活用したピンポイント農薬散布テクノロジー", 第68回農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2019
- 神成淳司, 久寿居大, 工藤正博, 小野雄太郎, 沼野なぎさ, 神谷俊之, 島津秀雄, "AI(Agri-Infomatics)に基づく学習支援システムの開発", 特集「人口知能と農業」, 人工知能 30 巻 2 号, pp.174-181, 2015
- 鈴木翔, 坂田賢, 若杉晃介, "稲作の圃場水管理における遠隔・自動制御の取組", 農研機構研究報告, 1 号, pp.47-53, 2019
- 高道駿, 佛田利弘, 佐藤那央, 内平直志, "IoE を活用した農業における知識共有", サービス学会, 第9回国内大会
- 中山康子, "知識継承のしくみづくり", 特集「知識継承」, pp.467-471, 2007

南石晃明,藤井吉隆,江添俊明,"営農可視化システム FVS-PC Viewer の開発-農業技術・技能の伝承支援-",農業情報学会,農業情報研究 22(4),pp.201-211,2013

農林水産省,"スマート農業の推進状況と活用可能性 イ 誰もが取り組みやすい農業の実現",食料・農業・農村白書,2019,  
[https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h30/h30\\_h/trend/part1/chap0/c0\\_2\\_01\\_2.html](https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h30/h30_h/trend/part1/chap0/c0_2_01_2.html)

農林水産省,"「スマート農業」に向けた研究会」検討結果の中間取りまとめ"  
[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g\\_smart\\_nougyo/pdf/cmatome.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf)

農林水産省,"スマート農業の展開について", p5,2020

農林水産省,"農業労働力に関する統計",農林業センサス 2021,  
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>.

野中郁次郎,竹内弘高,"知識創造企業(新装版) 梅本勝博訳",東洋経済新報社, pp.104-105,2020

村上惇,中村嘉隆,稲村浩,高橋修,"農業技術伝承のための圃場画像を用いた農業従事者の負担の少ない農作業記録方法の検討",情報処理学会研究報告,2018

山口高平,"知識マネジメントと AI 技術",特集「知識継承」,pp.461-466,2007

吉村慎浩,内平直志,佐々木康朗,"警備業務におけるリアルタイム気づき組織学習の提案と有効性の評価",第 8 回知識共創フォーラム,2018

# 付録1 試行評価協力者へのインタビュー同意書

## 「農業における音声つぶやきと物理センサを用いた知識共有・継承」 に関するインタビュー同意書

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科  
内平研究室 修士2年 遠矢 健太

本研究を次のように実施いたします。研究目的や実施内容をご理解頂き、本研究にご協力いただける場合は、同意書にご署名お願い致します。なお、ワークショップ1回目(2022年7月26日(火))およびワークショップ2回目(8月18日(木))のワークショップおよびインタビューにつきましても、同様に同意頂ける場合は、「研究参加の同意書」にご署名お願いいたします。

### 1. 研究の意義・目的

本研究では、音声つぶやきシステムと物理センサ(ファーモ、カメラ等)を組み合わせることによって、熟練農業者から若手農業者への知識共有・継承支援を目的として、実施致します。

### 2. 研究方法

本研究では、1時間程度のワークショップおよび10~15分程度のインタビューを実施させていただきます。インタビュー内容はスマートフォンおよびボイスレコーダーで録音し、分析いたします。インタビューは1回を想定しております。

### 3. 研究成果の公表の可能性

本研究の成果は、修士論文や学会発表論文としてまとめます。公開前には、公開内容に関して、事前に確認・了解をいただきます。(公開に不適切な部分は、削除・修正いたします)

### 4. 守秘や個人情報、研究データの取り扱いについて

本研究でお話頂いた内容および実験データについては、研究以外に用いることはなく、守秘をお約束いたします。また、個人情報を保護するため、お名前は研究データから取り除き、符号に置き換えて管理いたします。

### 5. 研究者およびお問い合わせ先について

本研究は、北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科修士課程の遠矢健太が行います。研究内容に関するご質問は以下の連絡先までお願いいたします。

研究者： 遠矢 健太(北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科修士2年)  
住所：〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1  
E-mail: s2110118@jaist.ac.jp

## 研究参加の同意書

私は、「農業における音声つぶやきと物理センサを用いた知識共有・継承支援」について、以上の事項について説明を受けました。研究の目的・方法等について理解し、協力します。

参加者(署名)

日付： \_\_\_\_\_ 年 月 日

# 付録2 第2回知識共有・継承のための試行評価 におけるワークショップ資料

## 2022年度ぶった農産における知識共有のための 第2回ワークショップ

2022/08/18(木)

作成者：北陸先端大 遠矢 健太

連絡先：E-mail: s2110118@jaist.ac.jp

この度は2022年度のぶった農産における知識共有のための音声つぶやき試行評価にご協力いただき誠にありがとうございます。第3ラウンド以降も引き続きよろしくお願ひ申し上げます。

本資料は2022年8/2(火)~8/12(金)の期間中につぶやいて頂いた圃場の水管理等に関する気づきと水田ファーモ(水位+水温)、露地ファーモ(気温・照度)のデータを合わせたものを記載しております。本ワークショップでは、つぶやきとセンサデータを振り返りながら知識の共有や新たな気づきの発見に繋げて頂ければ幸いです。また、今回からインタビュー

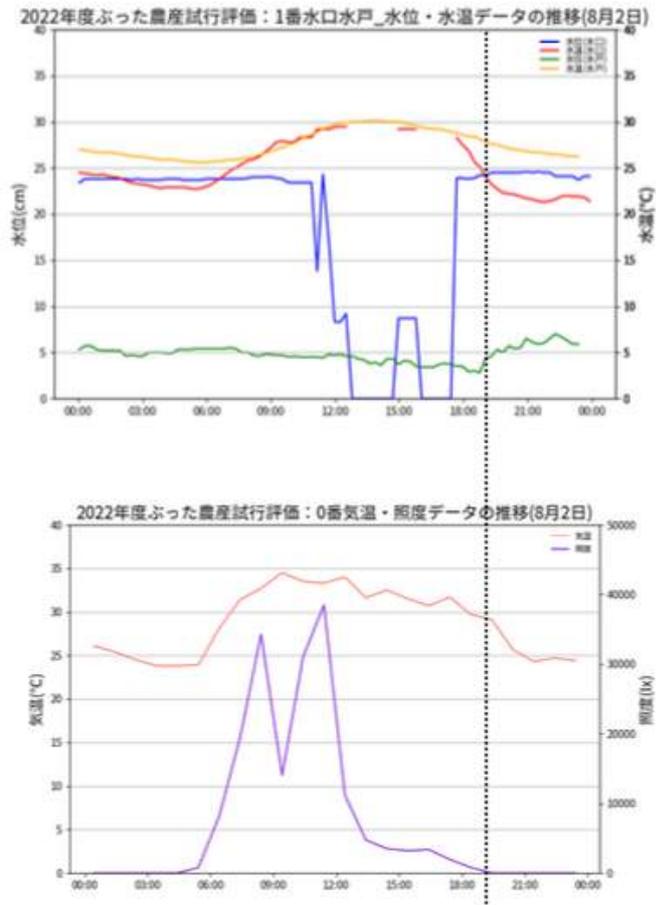
### 【ワークショップの進行について】

- ・ 9:00~10:00 ワークショップ(約1時間程度)
- ・ 10:00~10:30 インタビュー(Aさん、Bさん、Cさん)各7~10分程度

### 【目次】

- ・ 1 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.2-4)
- ・ 2 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.5-9)
- ・ 3 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.10-15)
- ・ 4 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.16-21)
- ・ 5 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.22-26)
- ・ 6 番圃場のつぶやき+ファーモのセンサデータ(pp.27-29)
- ・ 3 番圃場水戸のつぶやき+写真(p.30)

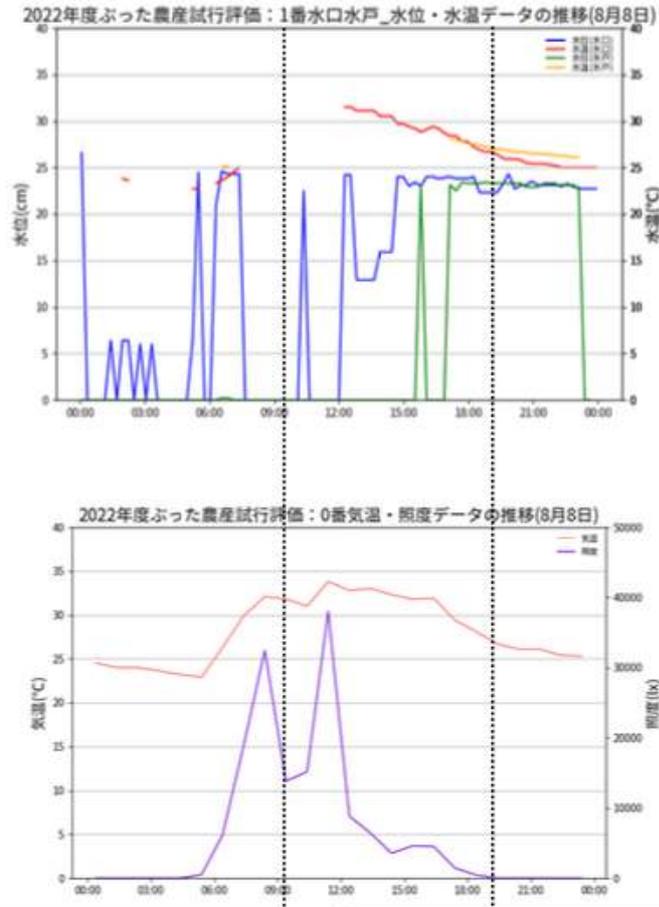
・ 2022/8/2(火)のつぶやき+センサデータ(1 番圃場)



B さん(8/2/19:17)  
 1 番圃場 2 番圃場ともに、連日の高温で、圃場が乾いているので本日の夕方  
 入水しました。明日の朝天気が悪くなりますが、その都度また確認する予定です。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：0.85m/s、風向：68°)

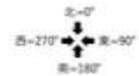


・ 2022/8/8(月)のつぶやき+ファームのセンサデータ(1 番圃場)

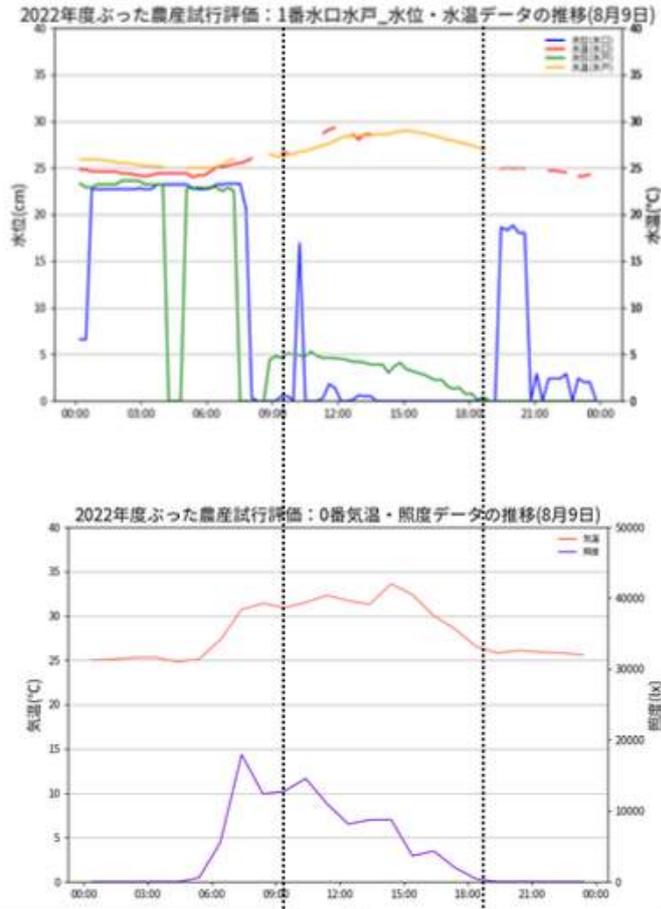


Bさん(8/8/9:11)  
 1番圃場 2番圃場は先日から水が来てない  
 ですが、やっと水が来ましたので、今日入  
 水しました。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：  
 1.63m/s、風向：232°)

Bさん(8/8/19:04)  
 1番圃場 2番圃場水板が抜けていたので、  
 さしました。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：  
 2.63m/s、風向：182°)

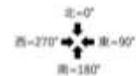


・ 2022/8/9(火)のつぶやき+ファームのセンサデータ(1 番圃場)

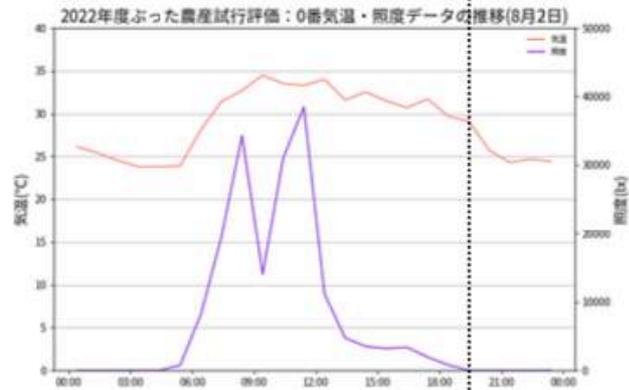
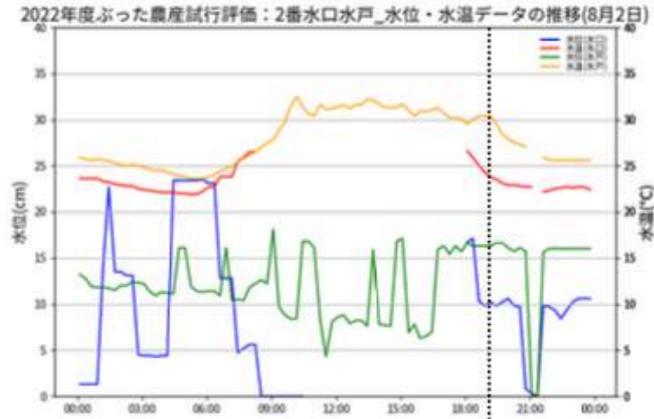


B さん(8/9/9:09)  
 1 番圃場 2 番圃場, 昨日水当てたところが  
 水入っていたので, 水止めました.  
 (天気: 曇り, 雲量: 85%, 風速:  
 4.92m/s, 風向: 229° )

B さん(8/9/18:40)  
 1 番圃場と 2 番圃場, 今朝  
 方水止めたので, 今日夕方は  
 水入れませんが, 思った  
 より水減っていますので,  
 明日の朝状況を見て水を入  
 れるかもしれません.  
 (天気: 曇り, 雲量: 98%,  
 風速: 2.96m/s, 風向:  
 225° )

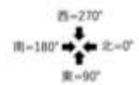


・ 2022/8/2(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(2番圃場)

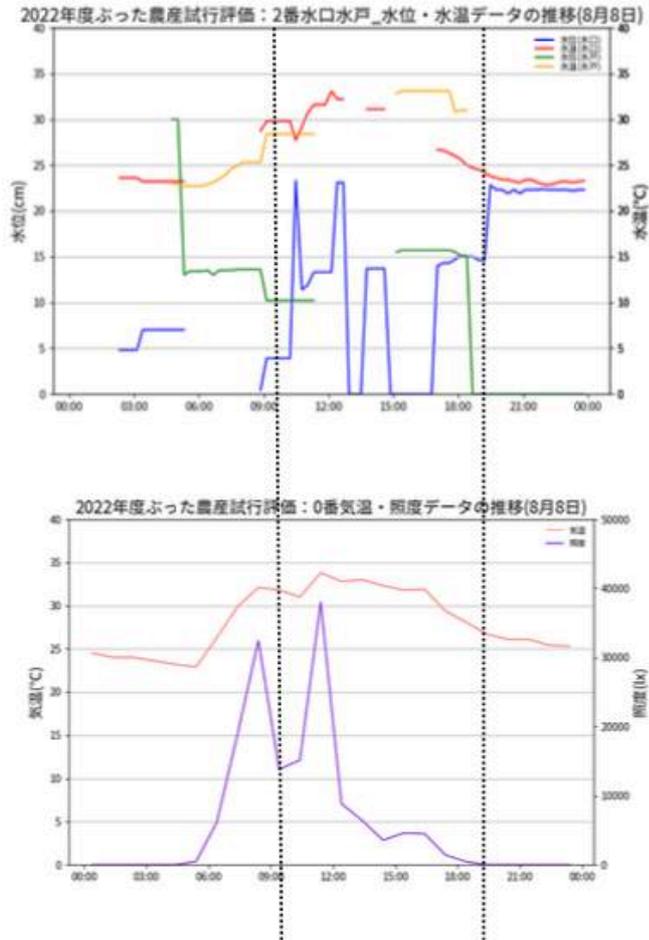


Bさん(8/2/19:17)

1番圃場 2番圃場ともに、連日の高温で、圃場が乾いているので本日の夕方入水しました。明日の朝天気が悪くなりますが、その都度また確認する予定です。(天気：曇り、雲量：100%、風速：0.85m/s、風向：68°)

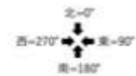


・ 2022/8/8(月)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(2 番圃場)

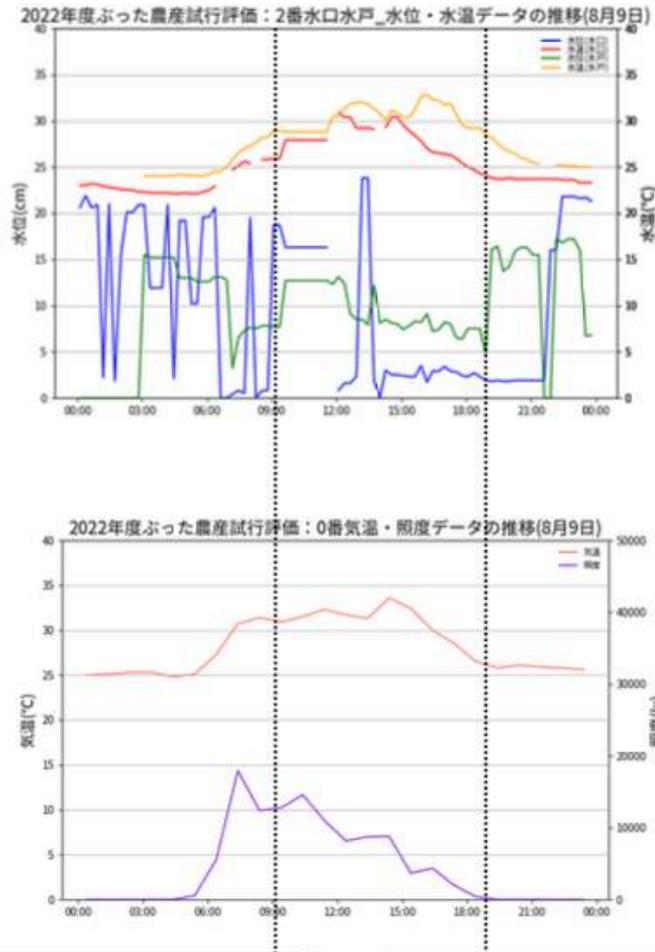


Bさん(8/8/9:11)  
 1番圃場 2番圃場は先日から水が来てないですが、やっと水が来ましたので、今日入水しました。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：1.63m/s、風向：232°)

Bさん(8/8/19:04)  
 1番圃場 2番圃場水板が抜けていたので、さしました。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：2.63m/s、風向：182°)



・2022/8/9(火)のつぶやき+ファームのセンサーデータ(2番圃場)



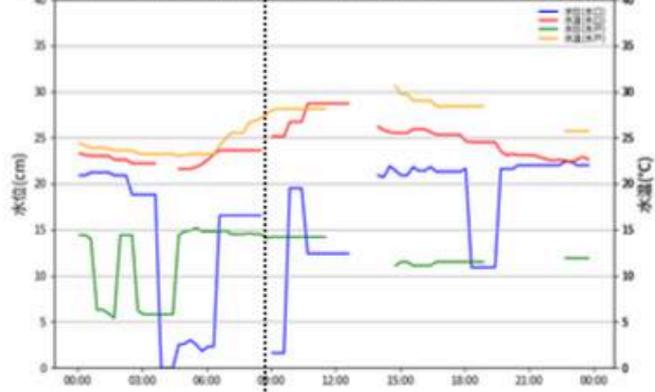
Bさん(8/9/9:09)  
 1番圃場 2番圃場, 昨日水当てたところが水入っていたので, 水止めました。  
 (天気:曇り, 雲量: 85%, 風速: 4.92m/s, 風向: 229°)

Bさん(8/9/18:40)  
 1番圃場と 2番圃場, 今朝方水止めたので, 今日夕方は水入れませんが, 思ったより水減っていますので, 明日の朝状況を見て水を入れるかもしれないです。  
 (天気:曇り, 雲量: 98%, 風速: 2.96m/s, 風向: 225°)

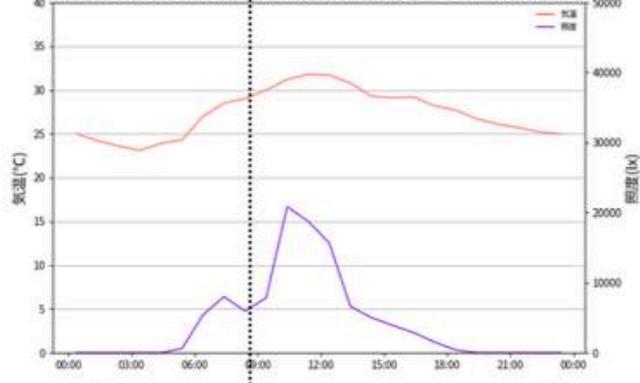


・ 2022/8/10(水)のつぶやき+ファームのセンサデータ(2番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：2番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月10日)



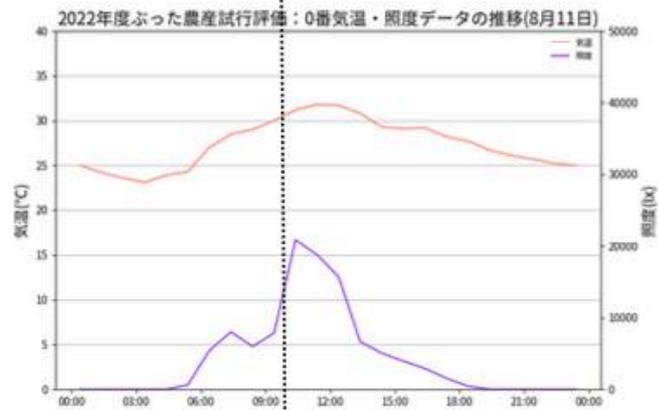
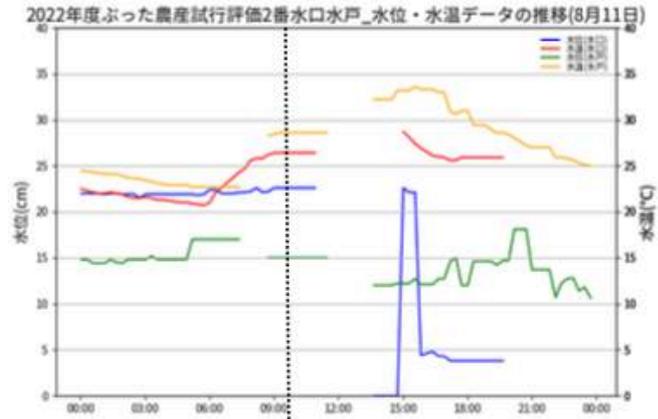
2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月10日)



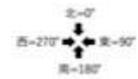
Bさん(8/10/8:41)  
 二番圃場水を止めました。  
 (天気：曇り，雲量：100%，風速：  
 4.7m/s，風向：224°)



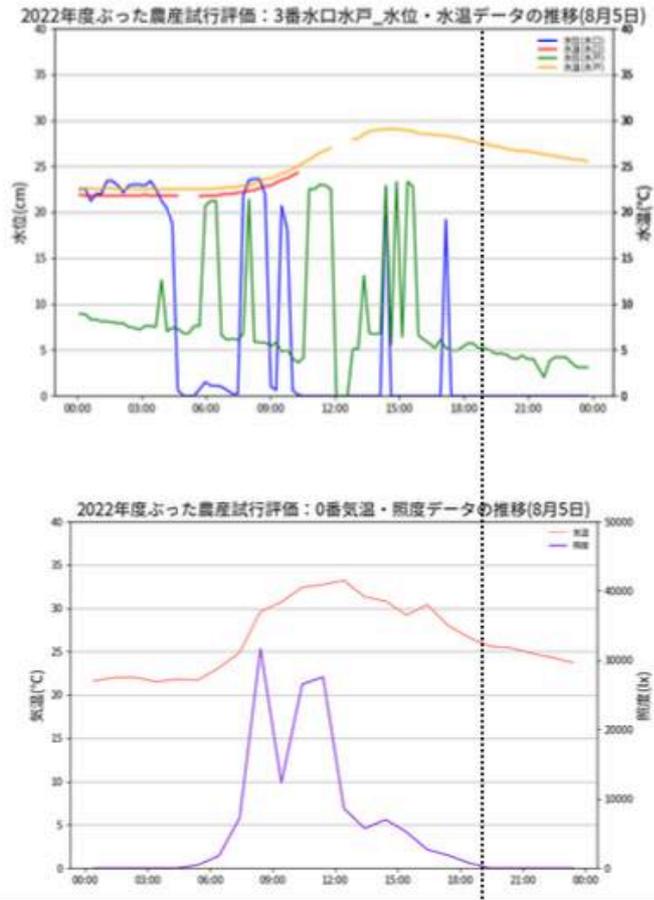
・ 2022/8/11(木)のつぶやき+ファーモのセンサーデータ(2 番圃場)



Bさん(8/11/9:20)  
 1番圃場, 2番圃場, 入水しました.  
 (天気:曇り, 雲量:95%, 風速:  
 1.52m/s, 風向:263°)



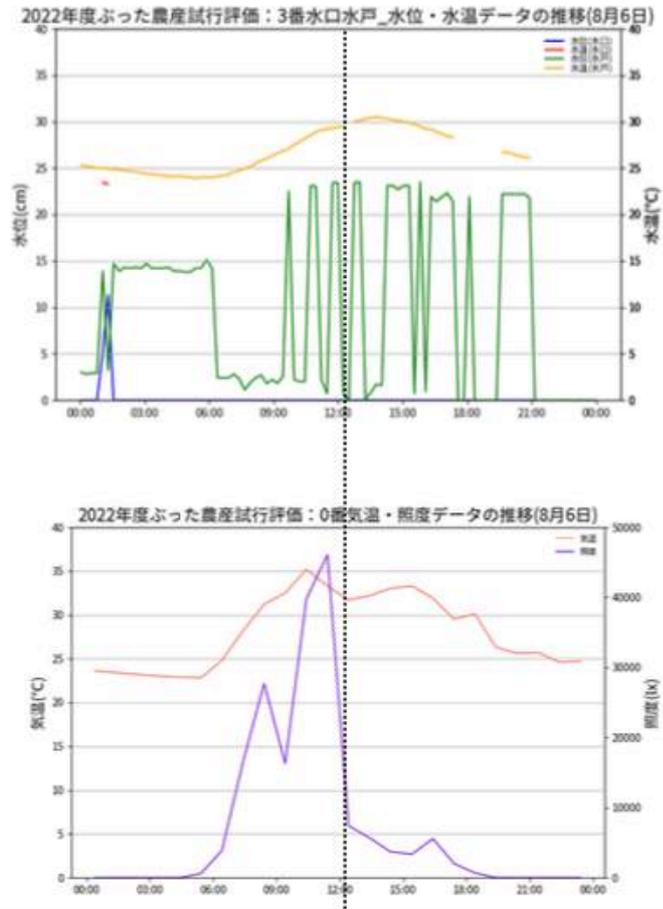
・ 2022/8/5(金)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(3番圃場)



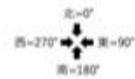
Aさん(8/5/18:51)  
 水が来ていなかったため、水回りはできませんでした。  
 (天気：曇り、雲量：63%、風速：1.1m/s、風向：246°)



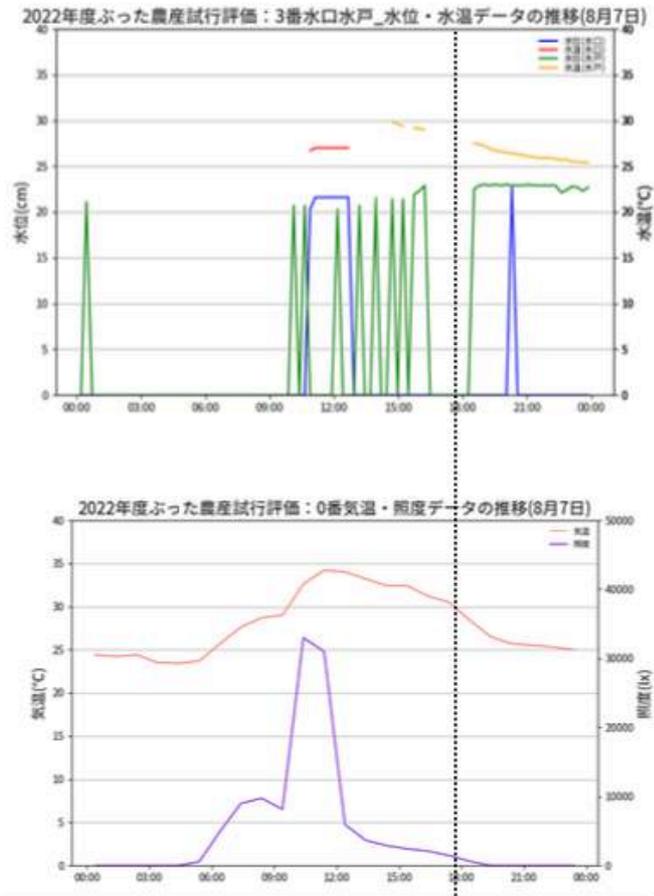
・2022/8/6(土)のつぶやき+ファームのセンサデータ(3番圃場)



Aさん(8/6/12:06)  
 3番の圃場水戸から漏水していたため、土を持って穴を塞ぎました。3番4番の圃場どちらも用水に水が来ていなかったため、入水できませんでした。  
 (天気：曇り、雲量：83%、風速：2.29m/s、風向：320°)

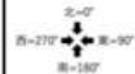


・ 2022/8/7(日)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(3番圃場)

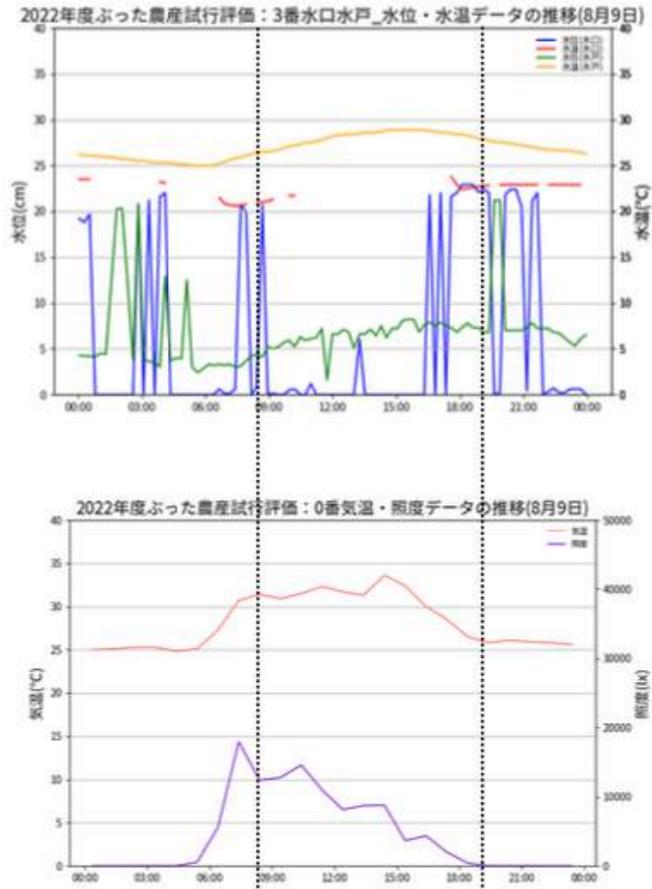


Aさん(8/7/17:40)  
 水回りに来ましたが、今日も用水に水が流れていなかったため入水はできませんでした。  
 (天気：快晴、雲量：6%、風速：1.05m/s、風向：283°)

Aさん(8/7/17:42)  
 川上の用水が崩れて、2、3日は川下に水が流れてこない状態が続くそうです。月曜日から修復工事に入るとお聞きしました。  
 (天気：快晴、雲量：6%、風速：1.05m/s、風向：283°)

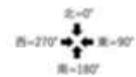


・ 2022/8/9(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(3番圃場)



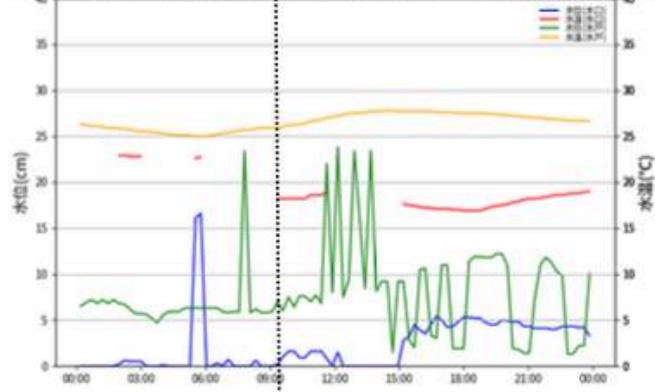
Aさん(8/9/8:15)  
 3番と4番の圃場、水が十分に入っていない  
 かったので、二番水を当てます。  
 (天気：曇り、雲量：99%、風速：  
 2.94m/s、風向：215°)

Aさん(8/9/18:55)  
 3番圃場二番水で満水にしたので、水は入れ  
 ませんでした。水戸の側面に穴が空いてい  
 たため、土を持って穴を塞ぎました。  
 (天気：曇り、雲量：99%、風速：  
 3.23.m/s、風向：204°)

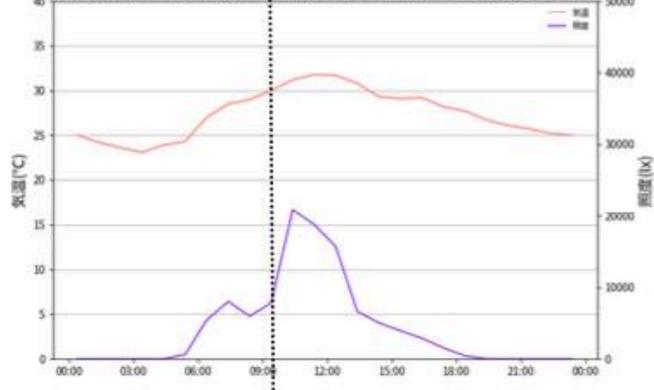


・ 2022/8/10(水)のつぶやき+ファーモのセンサーデータ(3番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：3番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月10日)



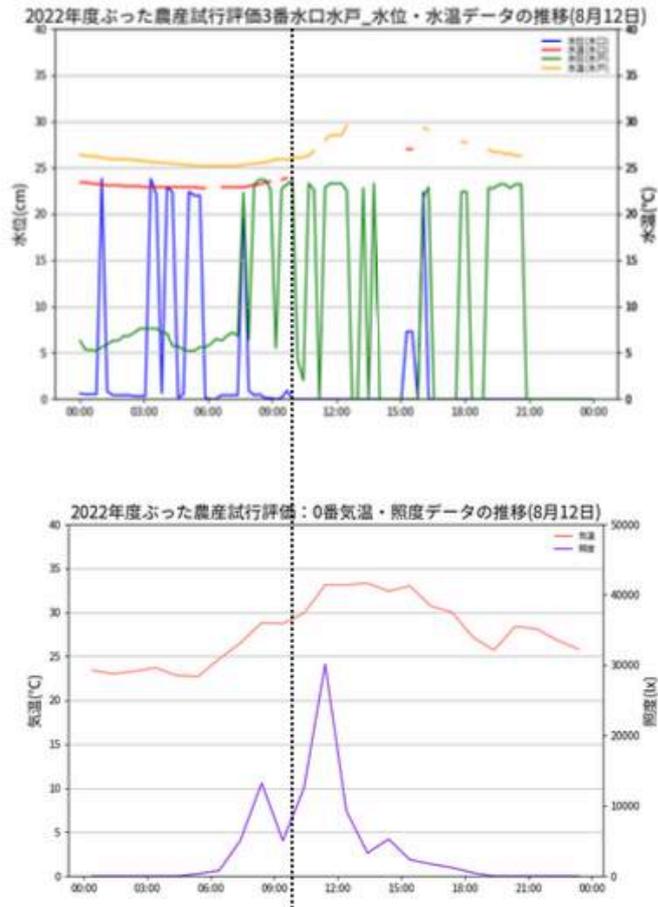
2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月10日)



Aさん(8/10/18:27)  
 3番圃場, 水戸から水が抜けていたので,  
 穴を土で塞ぎました。  
 (天気:曇り, 雲量:100%, 風速:  
 3.87m/s, 風向:257°)



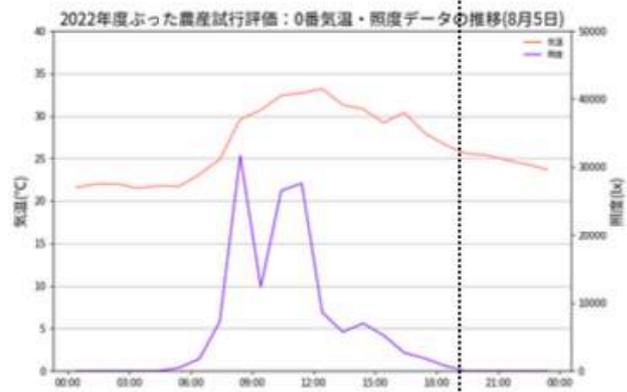
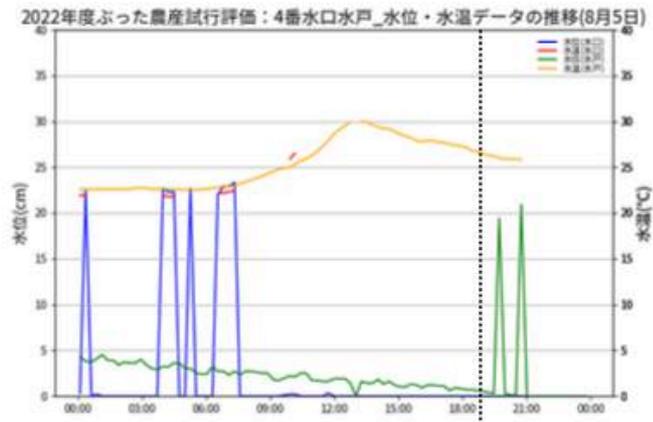
・ 2022/8/12(木)のつぶやき+ファームのセンサデータ(3番圃場)



Bさん(8/12/9:50)  
 社長から田面が柔らかい圃場は水戸を外してくださいと言われましたので、3番4番圃場、水戸を外してたまった水を排水します。  
 (天気：曇り，雲量：100%，風速：1.95m/s，風向：185°)



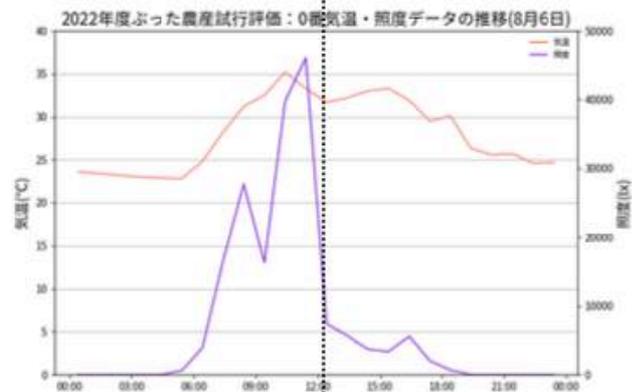
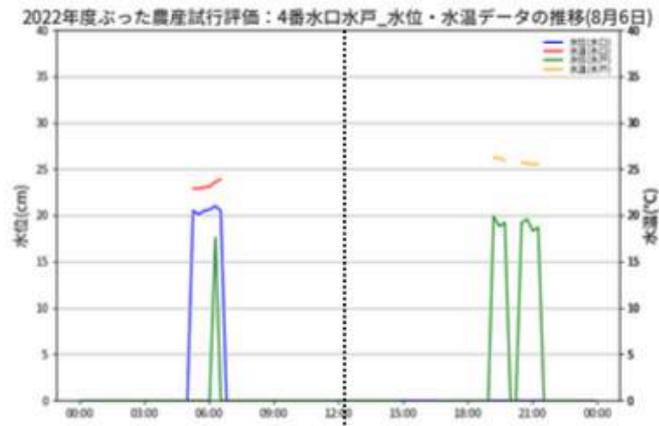
・ 2022/8/5(金)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(4 番圃場)



A さん(8/5/18:51)  
 水が来ていなかったため、水回りはできませんでした。  
 (天気：曇り、雲量：63%、風速：1.1m/s、風向：246° )



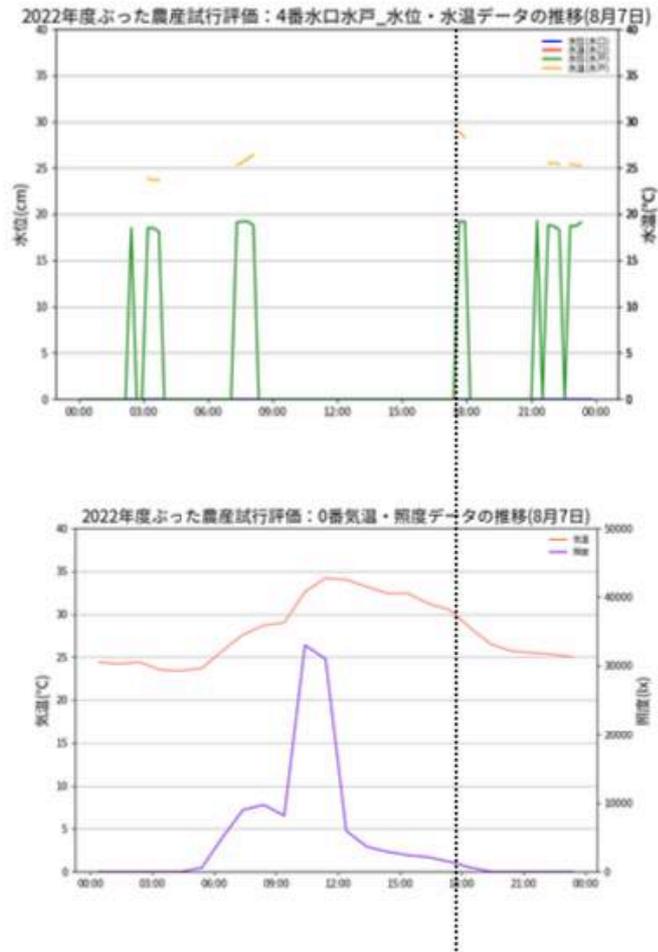
・ 2022/8/6(土)のつぶやき+ファームのセンサデータ(4番圃場)



Aさん(8/6/12:06)  
 3番4番の圃場どちらも用水に水が来ていなかったため、入水できませんでした。  
 (天気：曇り，雲量：83%，風速：2.29m/s，風向：320°)



・ 2022/8/7(日)のつぶやき+ファームのセンサーデータ(4番圃場)



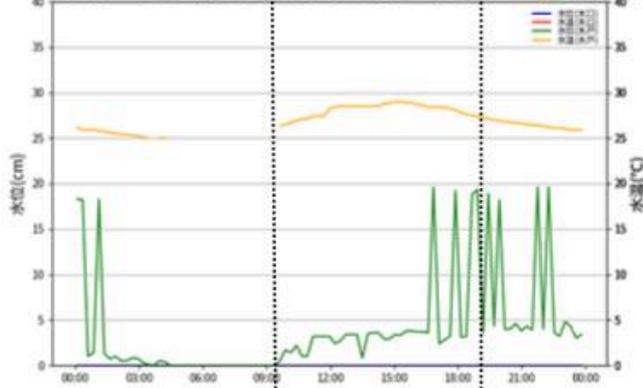
Aさん(8/7/17:40)  
 水回りに来ましたが、今日も用水に水が流れていなかったため入水はできませんでした。  
 (天気：快晴、雲量：6%、風速：1.05m/s、風向：283°)

Aさん(8/7/17:42)  
 川上の用水が崩れて、2、3日は川下に水が流れてこない状態が続くそうです。月曜日から修復工事に入るとお聞きしました。  
 (天気：快晴、雲量：6%、風速：1.05m/s、風向：283°)

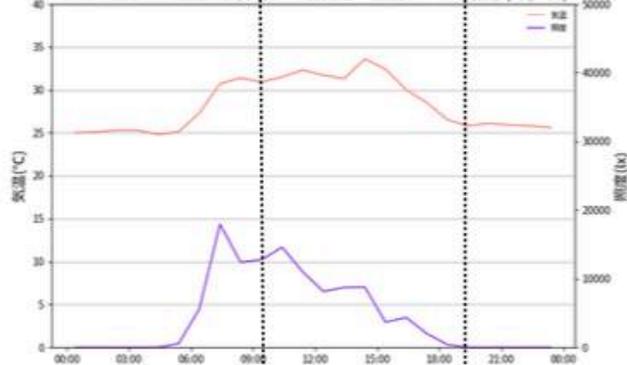


・ 2022/8/9(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(4 番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：4番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月9日)



2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月9日)



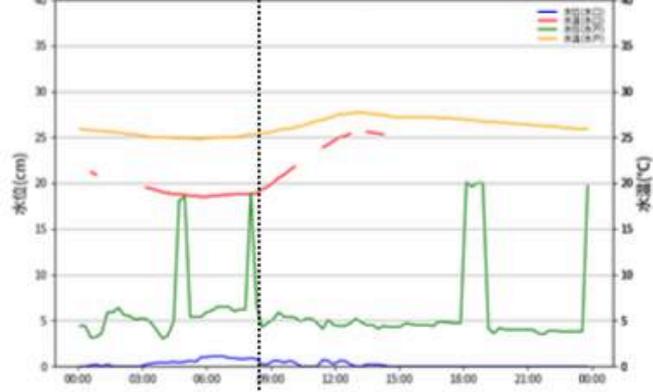
A さん(8/9/8:15)  
 3 番と 4 番の圃場、水が十分に入っていない  
 かったので、二番水を当てます。  
 (天気：曇り、雲量：99%、風速：  
 2.94m/s、風向：215° )

A さん(8/9/18:55)  
 4 番圃場二番水で対応しましたが、十分  
 に水が入っていなかったので、夕方入水  
 しました。(天気：曇り、雲量：99%、風  
 速：3.23.m/s、風向：204° )

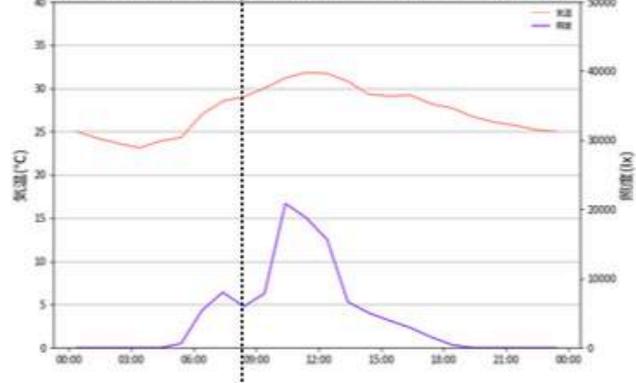


・2022/8/10(水)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(4番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：4番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月10日)



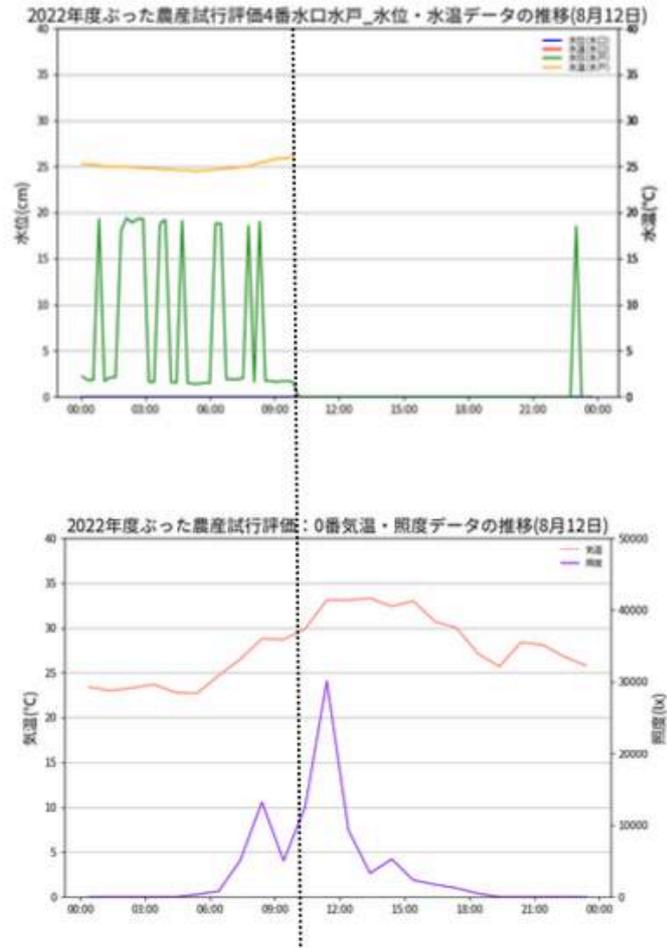
2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月10日)



Aさん(8/10/18:31)  
 4番圃場, 水が溜まっているので入水しません。  
 (天気:曇り, 雲量:100%, 風速:  
 3.87m/s, 風向:257°)



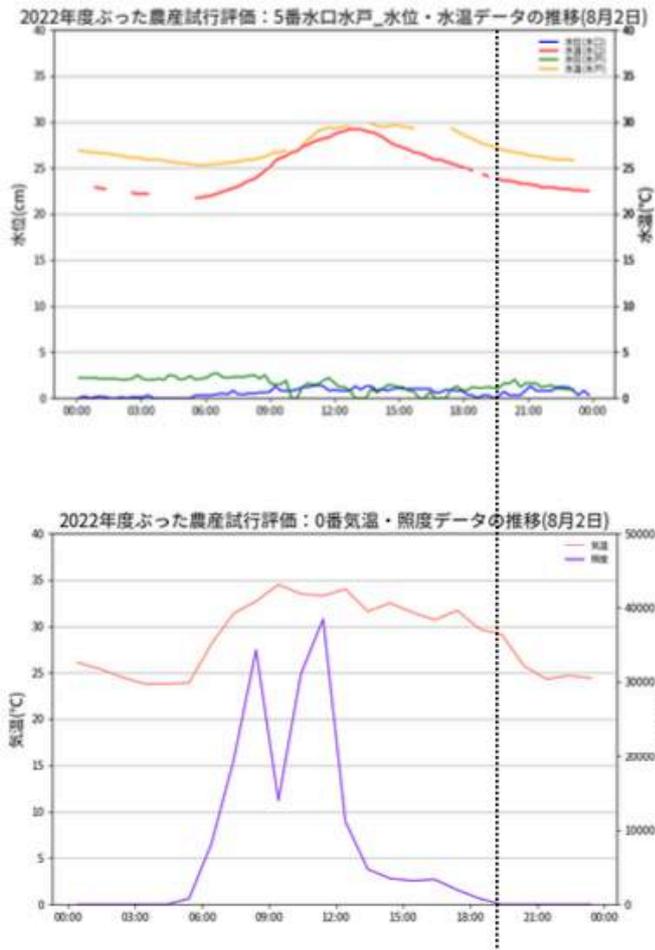
・ 2022/8/11(木)のつぶやき+ファームのセンサデータ(4番圃場)



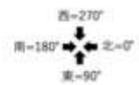
Bさん(8/12/9:50)  
 社長から田面が柔らかい圃場は水戸を外してくださいと言われましたので、3番4番圃場、水戸を外してたまった水を排水します。  
 (天気:曇り, 雲量:100%, 風速:1.95m/s, 風向:185°)



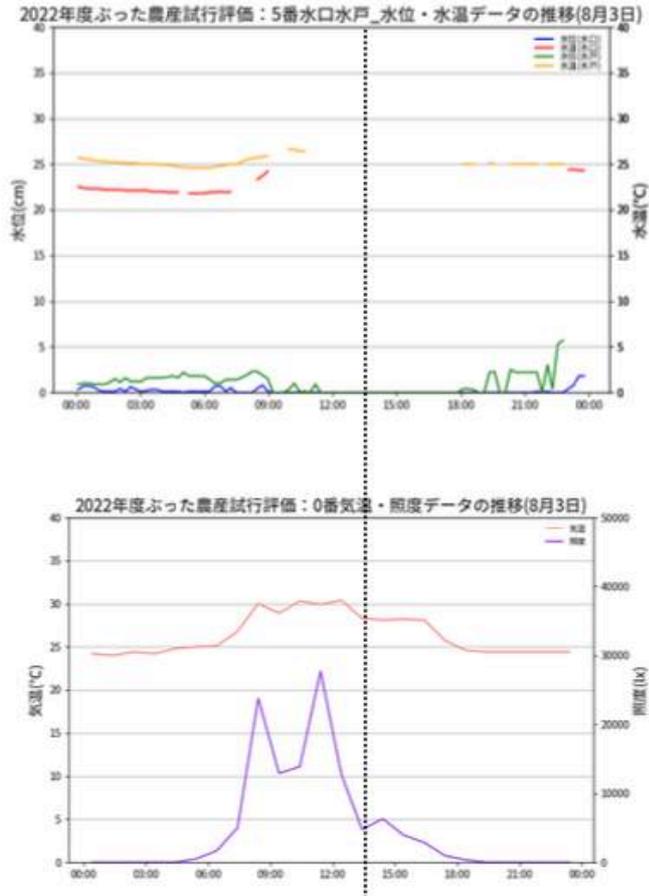
・ 2022/8/2(火)のつぶやき+ファームのセンサーデータ (5 番圃場)



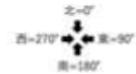
Cさん(8/2/19:12)  
 5番の圃場は出穂してきているので、水が切れないように入水しました。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：0.85m/s、風向：68°)



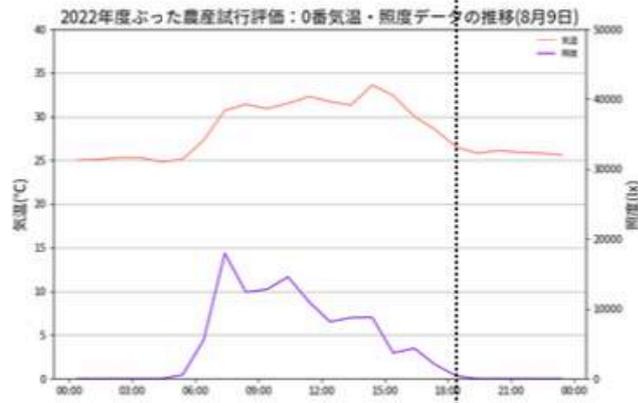
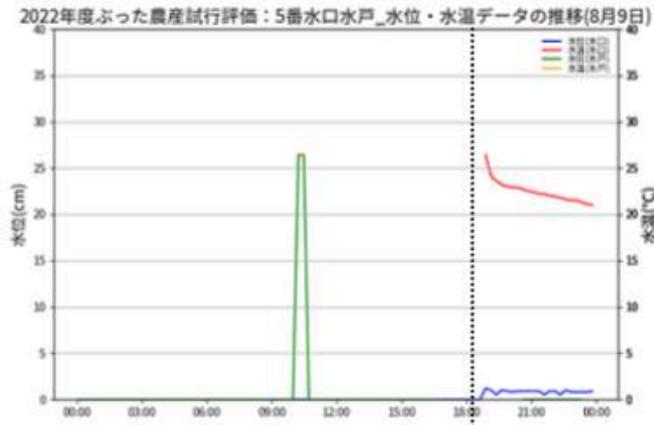
・ 2022/8/3(水)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(5 番圃場)



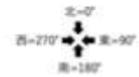
Cさん(8/3/13:33)  
 ・朝の水回り報告をしていなかったなので、お昼ですが報告です。  
 ・5番, 6番ともに水を止めました。  
 (天気：曇り, 雲量：48%, 風速：5.76m/s, 風向：247°)



・ 2022/8/9(火)のつぶやき+ファームのセンサデータ(5 番圃場)

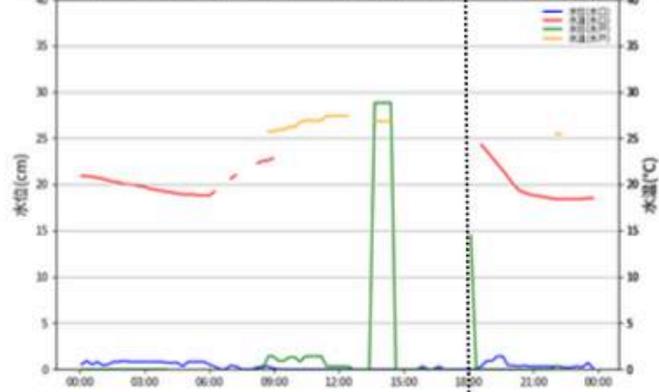


B さん(8/9/18:19)  
 5 番の圃場は入水しました。  
 (天気：曇り, 雲量：98%, 風速：2.99m/s,  
 風向：255°)

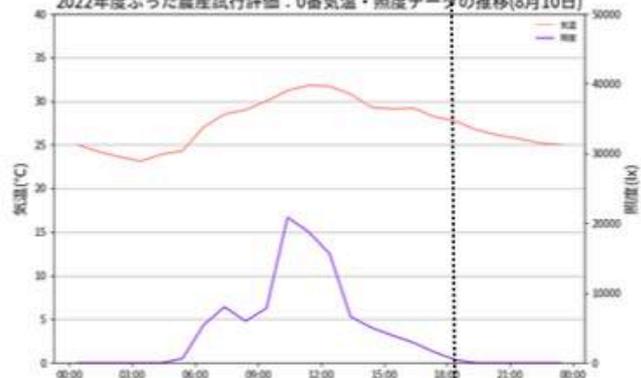


・ 2022/8/10(水)のつぶやき+ファームのセンサデータ(5 番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：5番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月10日)



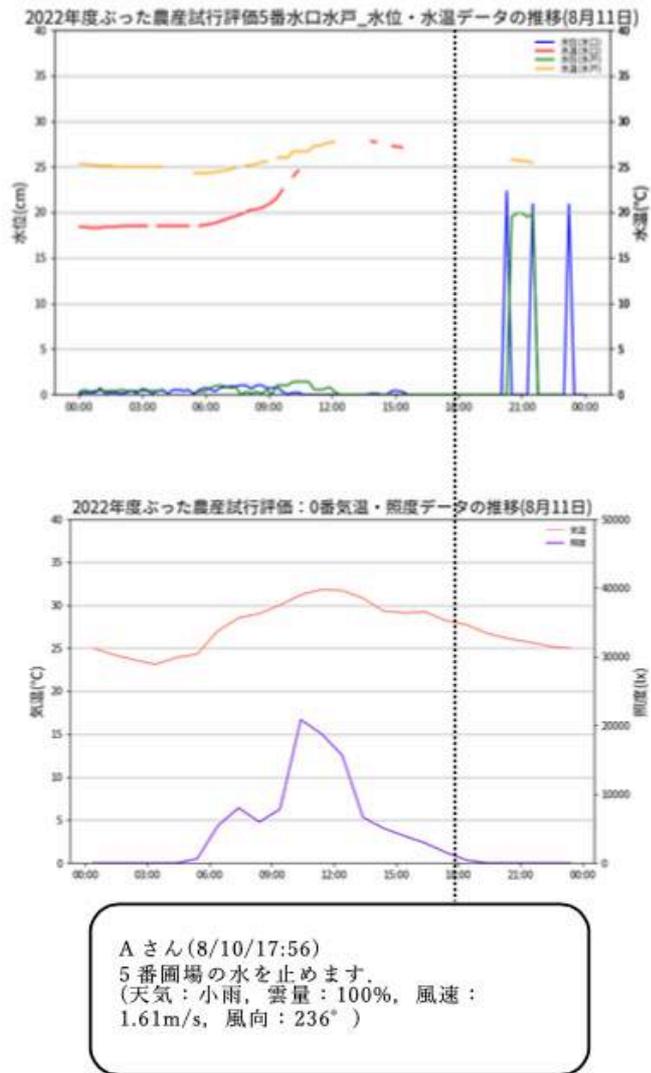
2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月10日)



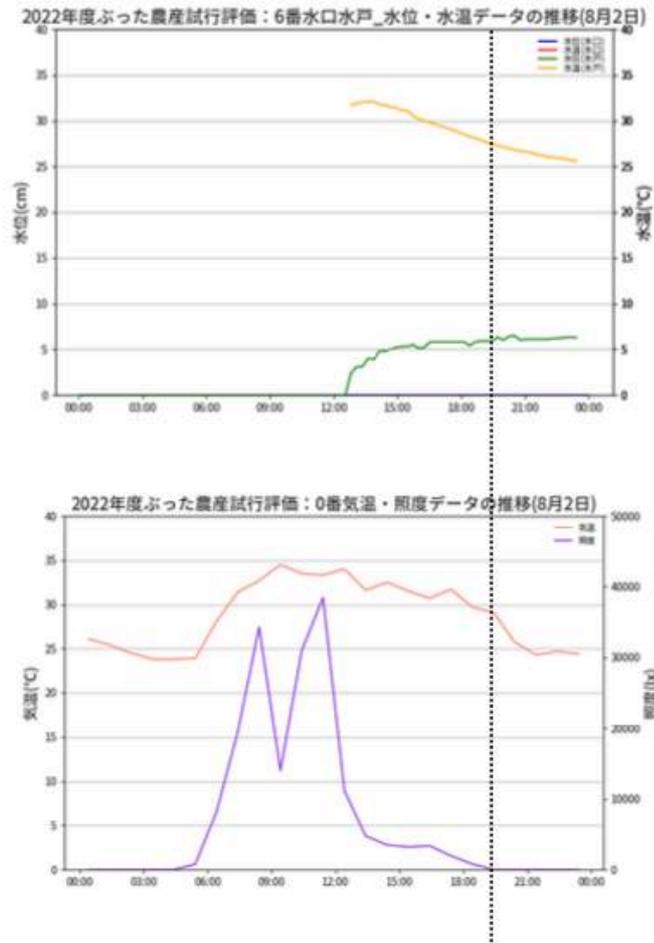
Bさん(8/10/18:19)  
 5番の圃場は水を入れました。  
 (天気：雨、雲量：100%、風速：  
 3.25m/s、風向：289°)



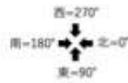
・ 2022/8/11(木)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(5 番圃場)



・ 2022/8/2(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(6 番圃場)

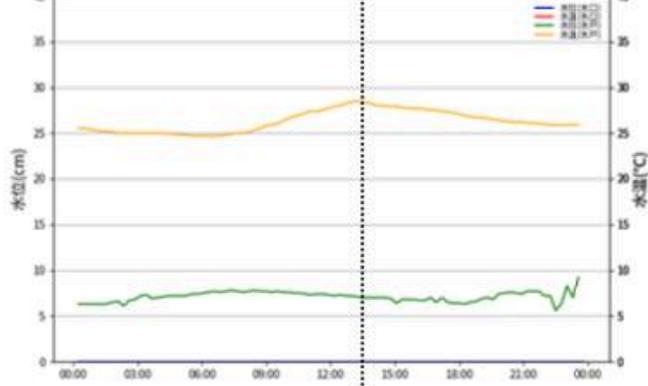


Cさん(8/2/19:14)  
 6番はここ数日、水を落としていたので、今日朝水を入れ始めました。水の入れ方が弱かったのかお昼と夕方に見ても満水ではなかったので、夜も水を入れます。  
 (天気：曇り、雲量：100%、風速：0.85m/s、風向：68°)

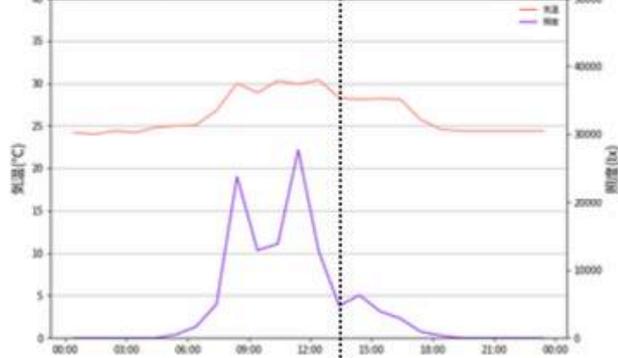


・ 2022/8/3(水)のつぶやき+ファーモのセンサーデータ(6 番圃場)

2022年度ぶった農産試行評価：6番水口水戸\_水位・水温データの推移(8月3日)

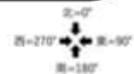


2022年度ぶった農産試行評価：0番気温・照度データの推移(8月3日)

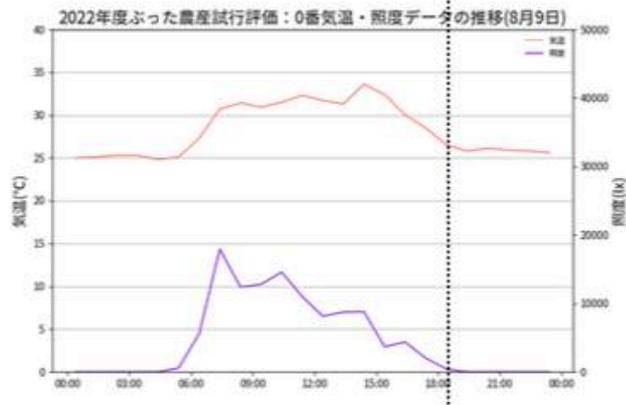
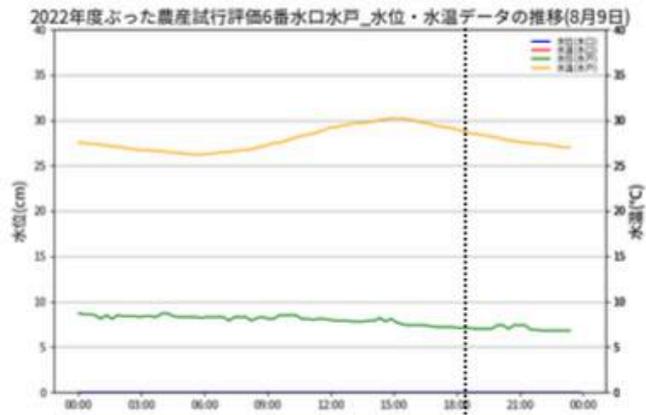


Cさん(8/3/13:33)  
 ・朝の水回りを報告していなかった  
 ので、お昼ですが報告です。  
 ・5番, 6番ともに水をとめました。  
 (天気：曇り, 雲量：48%, 風速：  
 5.76m/s, 風向：247°)

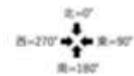
Cさん(8/3/13:34)  
 ・6番の水の溜まりが悪かった件  
 は、水戸近くの穴から漏水したため  
 でした。  
 ・昨日はわかりませんでした  
 が今日の朝穴が大きくなり気づいた  
 ので踏み固めました。  
 (天気：曇り, 雲量：48%, 風速：  
 5.76m/s, 風向：247°)



・ 2022/8/9(火)のつぶやき+ファーモのセンサデータ(6番圃場)



Bさん(8/9/18:27)  
 6番の圃場は草取りしたので、明日朝まで入れず、草取り終わったあと入れる予定です。  
 (天気：曇り、雲量：98%、風速：2.96m/s、風向：255°)



・3番圃場水戸のつぶやき+写真



Aさん(8/10/18:27)  
3番圃場、水戸から水が抜けていたので、  
穴を土で塞ぎました。  
(天気：曇り、雲量：100%、風速：  
3.87m/s、風向：257°)

# 付録3 第3回知識共有・継承のための試行評価 におけるワークショップ資料(露地ファー モの物理センサデータ)

## 2022年度ぶった農産における知識共有のための 第3回ワークショップ(露地ファーモのセンサデータ)

2022/12/16(金)

作成者：北陸先端科学技術大学院大学 修士2年 遠矢 健太

連絡先：E-mail: s2110118@jaist.ac.jp

この度は2022年度の農業における音声つぶやきと物理センサを用いた知識共有・継承のための試行評価にご協力いただき誠にありがとうございます。

本資料は2022年12/1(木)~12/8(木)の期間中の露地ファーモ(気温・地中温度・照度・土壤水分・EC)のデータを図にしております。本ワークショップでは、センサデータを振り返りながら知識の共有や新たな気づきの発見に繋げて頂ければ幸いです。

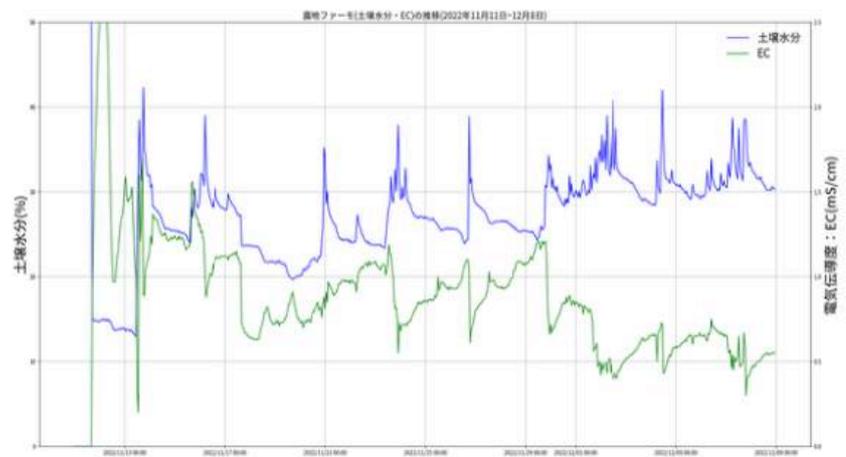
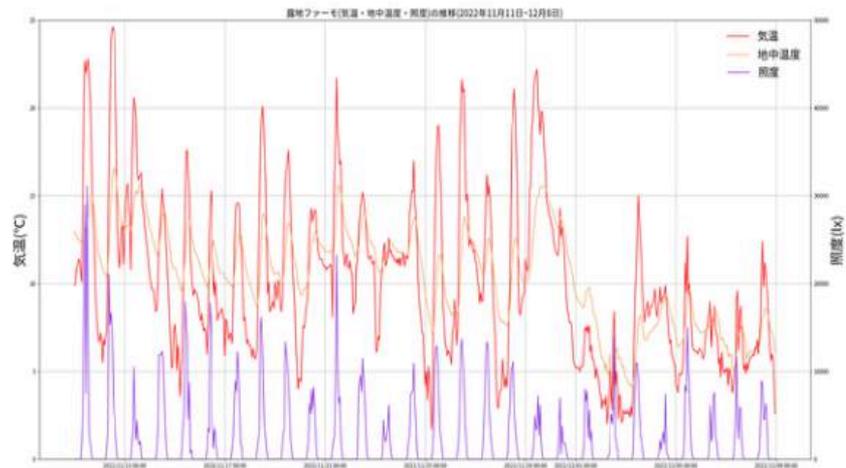
### 【ワークショップの進行について】

- ・13:30~14:30 ワークショップ(約1時間程度)
- ・14:30~14:50 インタビュー(Aさん, Bさん)各10分程度

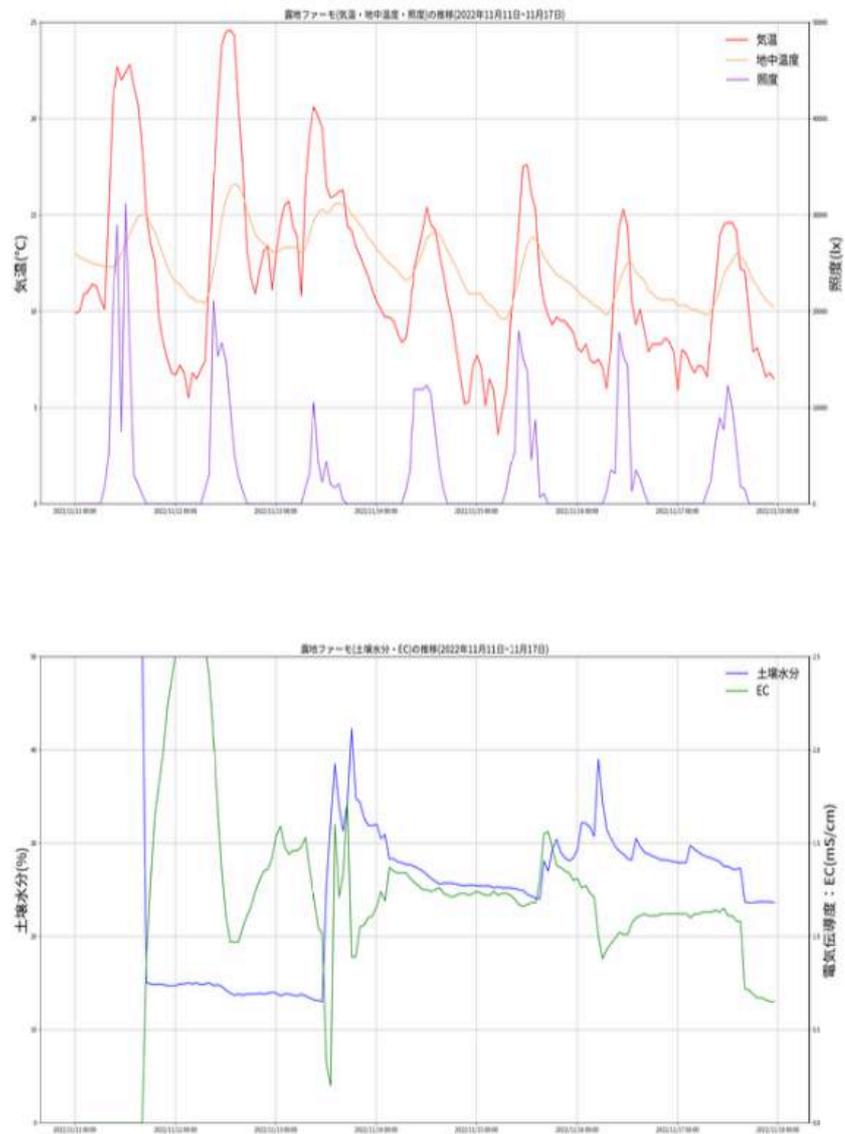
### 【目次】

- ・2022/11/11(木)~12/8(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度，下図：EC，土壤水分)p2
- ・2022/11/11(木)~11/17(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度，下図：EC，土壤水分)p3
- ・2022/11/18(木)~11/24(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度，下図：EC，土壤水分)p4
- ・2022/11/25(木)~12/1(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度，下図：EC，土壤水分)p5
- ・2022/12/2(木)~12/8(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度，下図：EC，土壤水分)p6

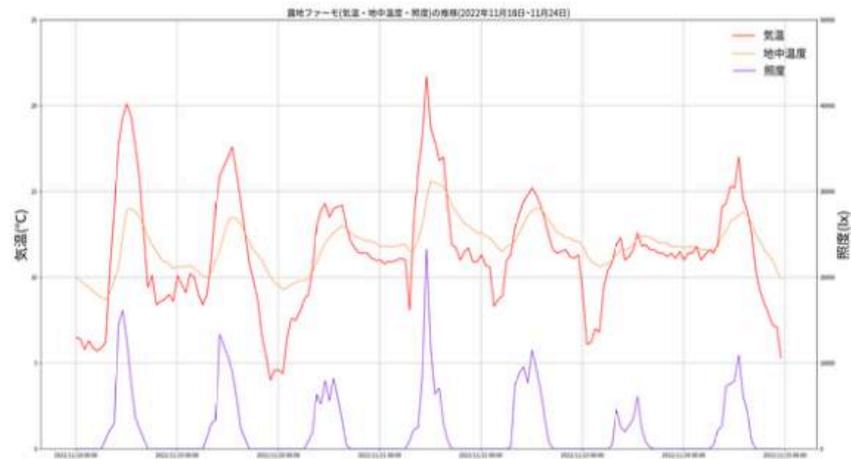
・ 2022/11/11(木)~12/8(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壌水分)



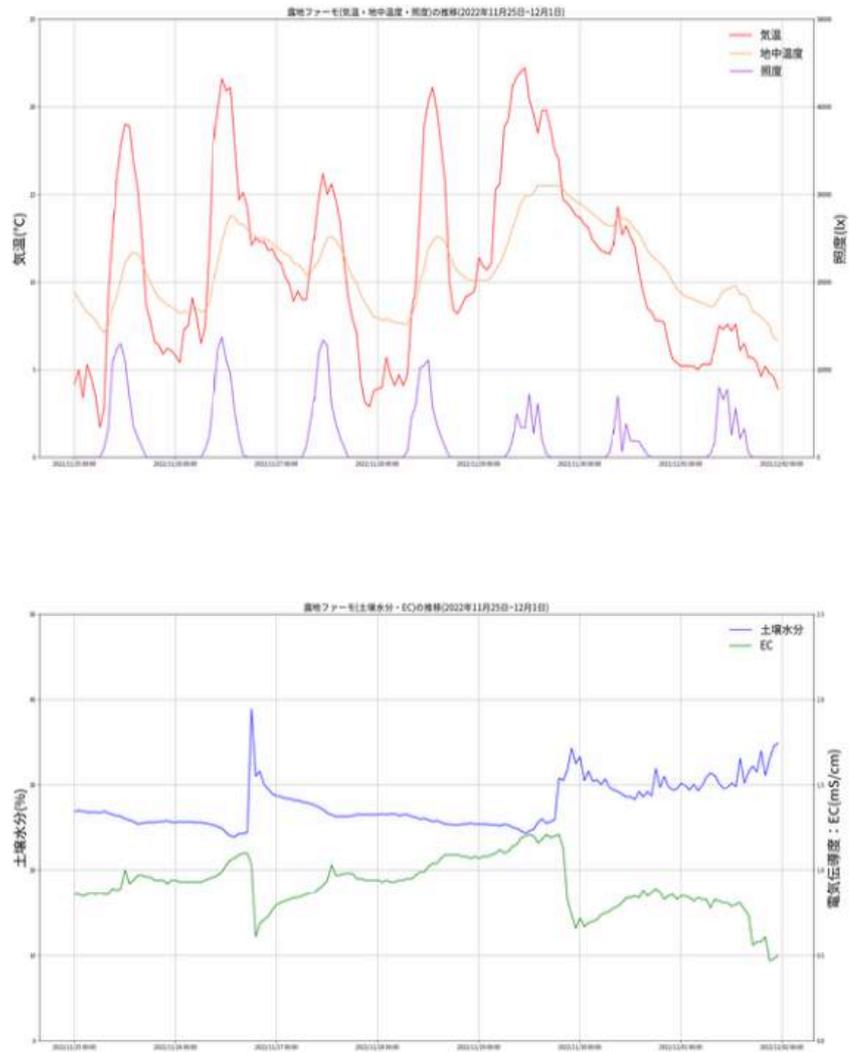
・2022/11/11(木)~11/17(金)の露地ファーモのセンサデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壌水分)



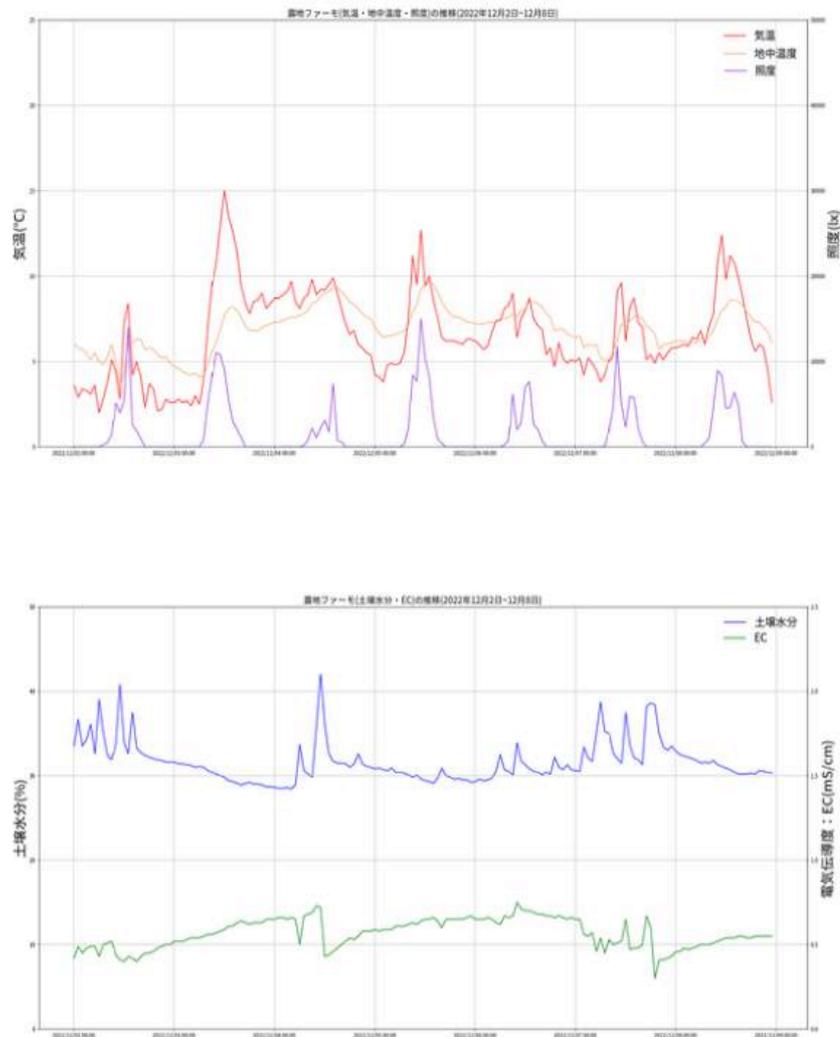
・2022/11/18(木)~11/24(金)の露地ファームのセンサーデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壤水分)



・ 2022/11/25(木)~12/1(金)の露地ファーモのセンサーデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壌水分)



・ 2022/12/2(木)~12/8(金)の露地ファーモのセンサーデータ(上図：気温・地中温度・照度, 下図：EC, 土壌水分)



# 付録4 第3回知識共有・継承のための試行評価 におけるワークショップ資料(音声つぶや き)

グループ番号	つぶやき番号	つぶやき者	つぶやきの種類	写真	音声つぶやき内容
1	1	Bさん	収穫(サイズ)		採ったカブがこのゲージに入れば、この間に入れば、ここが引っ掛ければ、これはちょっと小さすぎる。逆にここが入らなかったらちょっと大きすぎる。これ少し入っちゃうんで、大きき的にはもうちょっと大きい方がいいっていう形になります。
	2	Bさん	収穫(サイズ)		まず、こういうかたちでゲージで適切なものを。大体ここが10.5cmです。で、ここが12cmこれが直径の目安になります。
	3	内平先生	収穫(サイズ)		これカブが埋まってるけれども測っちゃうんですね。
	4	Bさん	収穫(サイズ)		そうですね。まあだんだん慣れてくれば大ききあるんですけども。埋まっているのは直径のギリギリのところなんで、抜いたらちょっと大きいというのはたまにありますんで。
	5	Bさん	収穫(サイズ)		ちょっとこの辺っちゃうやんであれなんですけども、こういうふうには、例えばこういう風に手頃なサイズがあったら引っこ抜いてみて、ちょっとこれもまあギリギリちょっと小さいかなという形にはなります。
2	6	内平先生	収穫(埋め戻し)		そういう時には埋め戻しちゃって大丈夫なんですか。
	7	Bさん	収穫(埋め戻し)		あんまり、埋め戻さない方がいいんですけど。抜いちゃったんで、まあでもこれが仮に適切なサイズとしたら、根っこを切って、これが回収する形なので、ちょっと畦場において最後に回収します。
3	8	Bさん	収穫(生育)		そしてこういった腐れたものもあるんですけど、これはもう土に還るだけなんです。
	9	逸矢	収穫(生育・処分)		こういったものっていうのは、処分されたりとかなんですか。
	10	Bさん	収穫(生育・処分)		そうですね。基本的にはこっちに置いておけばどのみち運ってきて春にまた1回おこすのでその時に混ざるといいうか、肥料になるという形ですね。
4	11	Bさん	収穫(サイズ)		このあたりどうでしょうかね。引っかかるんで、ちょうどここが10.5センチ以上で12センチ未満という形でこのぐらいがちょうどいいサイズになります。
	12	Bさん	収穫(サイズ・品質)		それで、かぶらずし自体この真ん中のとこ使うんで、やっぱりこの大ききが重要となりますので、実際こここは機械でカットする形になります。なので、あとはこの辺傷がついてないかですね。
5	13	井上さん	雑草		雑草が結構生えているんですけど、これは問題ないんですか。
	14	Bさん	雑草		そうですね。一応播種時に除草剤を撒いたり、あとは間引きのときにちょっと取ったりするんですけど、栄養取られてる部分はちょっとよくはないんですけども。まだ許容範囲かなと。まだ(カブが)見えるというか。
	15	内平先生	収穫(量)		大体1日当たり(収穫量が)どれくらい。

6	16	Bさん	収穫(量)		今のところ700、800とかそのあたりですけども。ただ、頑張れば1日2000とかそのあたりは。もうずっと1日作業という形になりますけれども。
	17	内平先生	収穫(量)		朝から晩までやって。4人ぐらいで？
	18	Bさん	収穫(量)		そうですねはい。4人5人ですね。
	19	内平先生	収穫(量)		それを5で割ったら1人400ぐらい。
	20	Bさん	収穫(量)		400ですけど。まあ、切って、集めて、運べば、結構集めるの方重さもあるんでちょっとしんどいというのがありますね。
7	21	内平先生	収穫(ノウハウの再現性)		あとこの仕事ってあれですかね。例えば僕らがアルバイトで入って、今のような割ってっていえばすぐある意味できちゃうもんなんですかね。
	22	Bさん	収穫(ノウハウの再現性)		ゲージがあればある程度目安はありますんで。はい。あとはもう傷がついてそういったものがちょっと目視にはなりますけども慣れてもらって虫が食ったらそうなるってすぐわかりますので、はい。
	23	内平先生	収穫(ノウハウの再現性)		なるほど。だからこれを見て、それが商品になるかの判断はある意味経験的なものなんですな。
	24	Bさん	収穫(ノウハウの再現性)		そうですね。経験。ただまあ1回もしわかんなかったら集めてもらってまた集めた時点で洗浄しますが、その時点でまた強いたりもしますので、ちょっとわかんないなと思ったらそのまま集めてもらえればただ、次の段階で選別することができます。
8	25	遠矢	収穫(葉からの収穫判断)		この(実の)大きさだけじゃなくて、葉っぱを見て何か判断とかをしたりとかするんですか
	26	Bさん	収穫(葉からの収穫判断)		そうですねー、現物がやっぱりもうこれなので、葉っぱっていうところはそこまで重視はしてないです。ただ葉っぱの大きさである程度成長具合というのはわかりますので、大体このあたりのうねは入った方がいいのかなっていうちょっとざっくりした目安にはしています。
	27	遠矢	収穫(葉からの収穫判断)		それではどの畑で収穫するかっていう目安として最初に確認してという形なんですな。
	28	Bさん	収穫(葉からの収穫判断)		畑の中でどの辺が成長してるか。あんまり大きすぎるとやっぱり規格外になってしまうんで、そうならないようにもう探ってしまうという形になる。
	29	内平先生	収穫(葉からの収穫判断)		これ(ゲージ)に入らないとじゃあ逆に。
	30	Bさん	収穫(葉からの収穫判断)		そうです。大きすぎてカブを次に加工する機械に入らない。
9	31	Bさん	収穫(す)		あとちょっと大きいと“す”が入りやすくなるんで、そうなるってやっぱり商品にはならないですね。
10	32	内平先生	収穫(場所の判断)		今日ここに来て大体どこら辺をやるのかなってというのは見て決める？
	33	Bさん	収穫(場所の判断)		見て決める。1つその、前回の収穫のときから大体何日経ったかというそれも含めて判断します。
	34	井上さん	収穫(す)		“す”が入ってるかなっていうのはなんとなく目で見て分かるもんなんですか。
	35	Bさん	収穫(す)		どうしてもちょっと経験という形にはなってしまうんですけども、ちょっと持ったときに、例えば形が悪かったり、何かちょっと違和感があるという。
	36	井上さん	収穫(す)		なんか軽いな、とかですか。

11	37	Bさん	収穫(す)		そうですね。例えば、こういうのは多分大丈夫だと思うんですがちょっと今実際切ってみて、そこまで、すというか、スカスカっていうのは、でもちょっと見られるかな。やっぱりちょっと大きさがある分だけ、はい。ちょっとやっぱり形に何か疑問がつくものに関しては例えば、ちょっとへこんだりしているもの。成長の度合いにちょっと何かしら障害があるというか、へこんでいるということは、ちゃんと真っ直ぐ円にならないのであるので、ちょっとその辺ですがあったりとか何かしら正常になってないかということで判断をします。
12	38	内平先生	収穫(品質)		そこは随分品質があれですね。かからずしっていうああいう形で売るから、かなりそこら辺は気にするんですね。
	39	Bさん	収穫(品質)		そうですね。厳しく。実際その加工している段階ではその入ってる入ってないという判断をしますので、ちょっとやっぱりこの外見だけじゃどうしてもやっぱり100%ではないので。例えばこれちょっともう正面から見てわかりにくいちょっと横から見てもらうとやっぱりでこぼこが少し、このあたりですわねちょっとありますんで、それがすになっていく。
	40	Bさん	収穫(品質)		あとは1回大丈夫でもやっぱり保管していくうちにちょっと乾いていきますんで、乾いてくれば水分が蒸発しますから。中の水分が抜けてやっぱりすがちょっとより目立ちやすくなってくる。
	41	内平先生	収穫(品質)		それは見た目の話なのか、味もやっぱり、影響するんですか。
	42	Bさん	収穫(品質)		その食感もまさにそうです。もちろん見た目もそうですね。本来もうぎっしり実が詰まっているのがやっぱりスカスカになってるっていうのもおかしい話になってしまうんで。
	43	内平先生	収穫(品質)		なるほど。まあかぶらずしのやつだから見た目が大事ってのもあるし、食感も違うとね。いやよくその形が悪くても味が同じってのもあるじゃないですか。
	44	Bさん	収穫(品質)		ぎっしりが詰まってやっぱり歯ごたえがあるという形になりますので、はい。
13	45	井上さん	収穫(量)		歩留まりってどれぐらいなもんなんですか。
	46	Bさん	収穫(量)		そうですねー。大体5割ぐらいですね。はい。実際その後5割というのも取れるのは普通に取れるんですけど、やっぱり一部生育不良もありますけども、やっぱり成長しきってやっぱりもうこの圃場ではもう取れないっていうのがやっぱり出てきますので。
14	47	Bさん	収穫(肥料・す)		あとはやっぱり、その肥料をやる量にもよるんですけど、やっぱり段々とすが入りやすくなってるのでその古い圃場から。それで、もうここはもうやめたっていうのがあったりします。
	48	内平先生	収穫(量)		なるほど。最初からチェックしないで、ここから先は。

15	49	Bさん	収穫(す・量)		はい。ちょっとすが入ってるかどうか怪しいのよりは、もうまですが全然入ってない方がやっぱり取ったときの。それはそのまま使えます。はい。てなるとやっぱりこの全体から使えるのは大体半分ぐらいになってしまうかなという。
	50	内平先生	収穫(量)		じゃあこの全体の中のここは結構良かったとか、ここはちょっとなかなか歩留まりが悪かったみたいなやつはあるんですか。
	51	Bさん	収穫(量)		ありますね。その播種して最初に芽が出たときにやっぱりちょっと成長。その例えば、この圃場の中でも真ん中の方はちょっと悪いけど端っこはちょっといいとかそういうずれがあるとやっぱりそれが今の段階で跳ね返ってきますので、じゃあ端っこの方だけ先に取ろう だったり、真ん中の方は全然、例えばさっきのちっちゃいのが結構多かったんでこの辺は全然後回してという形にもなります。
	52	内平先生	収穫(量)		そこで、やっぱり歩留まり上げた方がいいじゃないですか。それで何か工夫みたいなものがあるんですか。こっちはうまくいったけどこっちはみたいな時に。
16	53	Bさん	収穫(工夫・肥料)		追肥ですね。はい。追肥である程度、はい。弱いところに撒くという形です。
17	54	Bさん	収穫(計画)		さっきちょっとカメラ回してないところで話したんですが、やっぱり収穫の計画があります。取れるだけ取るって話ではやっぱりないので、使える分だけ取らないとやっぱり在庫としてあってそのままもう1週間2週間経っちゃって、もう使えなくなってるってのがあります。
	55	井上さん	収穫(計画)		加工のタイミングということですね。
	56	Bさん	収穫(計画)		そうですね。はい。加工で使う分だけ定期的に取らないとともやっぱり使わずに終わってしまうというのも出てきます。
	57	内平先生	収穫(計画)		ある程度たくさん畑持っという、それでいいタイミングで出るのをいいタイミングで採って、あとは使わなくてもそれはそれで。
	58	Bさん	収穫(計画)		はい。実際にこれこのまま放っておいて、春になると菜の花が出てきますので、その菜の花ちょっと芽というか蕾というかその部分をまた収穫して、それでまた漬物に使用しますので、それがちょっと出てなければ、その菜の花も出てこないんで、ある程度するようにもあるというのがあります。
18	59	井上さん	田んぼの水はけ(生育)		田んぼの水はけって結構生育に影響しますか。
	60	Bさん	田んぼの水はけ(生育)		そうですね。やっぱり畝立てて、水はけ良ければその分やっぱり生育にも良くなります。ただ水がたまってくると、例えばこういった真ん中でもたまってると、そうなるやっぱり生育も悪くなってしまいます。
	61	井上さん	田んぼの水はけ(生育)		腐りやすくなったりですか。
	62	Bさん	田んぼの水はけ(生育)		そうですね。生育不良という形で。

19	63	内平先生	原価		だからやっぱりビジネスモデルと関係してあってやっぱりあれですね。付加価値がものすごくかぶらずしてやっぱり高いから、それなりに多少歩留まりが悪かったとしても、いいものだけとって、いい値段で。ここの原価ってそんなに気にしないでいいんですか。
	64	Bさん	原価		そこまで、原価ある本当数十円ぐらいかなと人件費含めて。
	65	内平先生	原価		加工とか色々してそれが900いくらかで。でも魚も高いのか。
	66	Bさん	原価・収穫(時期)		そうですね。ブリとか、あとは鮭もありますので。ちょっと歩留まりの話とかしましたけど、実際大体1月に入ってから、年末までが最盛期なので、その2ヶ月間で取ればって話にもなりますので。
20	67	内平先生	収穫(場所)		これはまだ探っていないってことですか。それとももう探っちゃってるんですか。
	68	Bさん	収穫(場所)		いやここはもちろんやっぱり生育がちょっと悪いって部分があるんで飛ばしてっていう形にはなってます。
	69	内平先生	収穫(場所)		この中でもう(収穫が)終わっちゃったってところはあるんですか。
	70	Bさん	収穫(場所)		ちょっとこのバイパスの向こう側にあるんですけどそこはもう完全に終わって、ここもちょっとずつが入ってきたという情報聞いてますので、ちょっとそれ取って駄目ですというよりはもう全然綺麗などころから取ってしまおうという段階にはなってます。
	71	Bさん	収穫(時期)		残りもう1週間ぐらいが収穫のピークなんで逃げ切るって言ったら変ですけども、それさえ終わってしまえばあとはもう全然採らないんで。
	72	Bさん	収穫(場所)		であれば本当に綺麗なもの、ちゃんとしたやつ探してしまえばよくなりますんで。無理して悪いところから選別しながら探るというよりはもう採れるところから効率良くとってしまった方がという形になりますね。あと人件費的にもそんなに人を使わなくてもいいですし。
21	73	井上さん	収穫(天候)		収穫と天候の兼ね合いって難しいものなんですか。
	74	Bさん	収穫(天候)		そうですね。あんまり私たちも天気が悪いときに行きたくないっていうのもありますので、その辺ちょっと考えながら、この収穫以外にもカブ洗ったりとか、保管作業などもありますんで、そういったものを組み合わせると、その日で例えば今みたいに午後には天気が良ければ午前中にそういった作業先に行ってというそういう形で調整はしてます。
22	75	Bさん	収穫(天候・田んぼの水はけ)		やっぱり後々雨が降るとどうしても足跡が残りますので、そういった時には水はけがちょっと悪くなったりとか、この畝場の影響がありますので、あんまり柔らかい時には入りたくないっていうのはありますね。
23	76	Bさん	収穫(天候・モチベーション)		昨日とかちょっと大雨のときに入るとやっぱり働いてる方々のモチベーションにも影響しますんで。
	77	内平先生	収穫(天候)		あとあれですかね。雪とか何かそういうのが降っちゃったりするとダメージあるんですか。

24	78	Bさん	収穫(天候)	雪積もってしまつてうと、もう純粋にもう見えなくなってしまうので、やっぱり掘りながら探すのでちょっと手間がかかってしまう。
25	79	Bさん	収穫(天候・生育)	あとカブはそうでもないんですけど、大根に関しては大根が凍結してしまう。水分が多いんで。そうなるとやっぱり大根の中身にダメージが出てしまう。凍って。そうならないうちにちょっと0度以下になりそうなきはもう早めに収穫してしまう。そういった形にはなりません。カブはまだ大丈夫なんですけど大根だけちょっとそ、そういう形で気温には気をつけてます。
26	80	遠矢	収穫(時期)	カブの収穫自体は12月半ばまでがピークなんですか。
	81	Bさん	収穫(時期)	収穫自体は細々と大体1月終わりぐらいまではやってるんですけども、さっき言った800とか900とか、そんな数はいらなくて、2日か3日ぐらいに400を切るとかそういった形になるんで、それならしていくと、やっぱり100、200が1日あれば形になりますんで。
27	82	内平先生	販売	正月以降も多少は売れるから。
28	83	Bさん	販売・収穫(計画)	そうですね、2月ごろまでは販売しますんで。となるとやっぱり1月までやっぱり作るって形なると、それは収穫あるという形になります。
	84	内平先生	販売・収穫(計画)	例えば今とったやつを1ヶ月後に売ってというのはそれは賞味期限切れみたいになっちゃうんですか。
	85	Bさん	販売・加工	そうですね大体とったのをかぶらずしのサイズに切る加工し始めて、漬け込みがあるんで、そのつけ込みが大体2週間ぐらいとみてますんで、そこから商品に出して1週間大体3週間。商品に出すタイミングでずっと漬け込んであればずれたりはしますけども、基本的に出してから1週間って形になりますんで。
29	86	内平先生	品質	逆に探つてどこかに切るまでどこかに置いておくと品質が落ちちゃうんですか。2000個最初にとって、あとでっていうわけにもいかないんですね。
	87	Bさん	収穫(計画)・品質	そうですね、計画的に取らないとやっぱりあんまり古いのを出すのもちょっと失礼な話になってしまいますんで。あとはやっぱりその乾燥してやっぱり傷みややすくなって取った後にできるっていうのもありますので、なるべく新鮮なものを出せばと。
30	88	遠矢	収穫(ノウハウの差)	Bさんのような熟練者と初心者の方で収穫の量ってどれくらい違ったりするんですか。
	89	Bさん	収穫(ノウハウの差)	そこまでは違いはないですね。やっぱりこのゲージで測つたりするとその分だけやっぱり余計な手間がかかっちゃうんで、慣れてくるとやっぱり見て大きさを判断して使える、使えないっていうのはありますね。やっぱりその分の速さはありますんで、あとはちょっとこれあんまり大きくないんですけども、取ったときにいかにスムーズに切れるかで、やっぱり0.何秒の動きがずっと続きますんで、これがやっぱり重なりとやっぱり初心者の方と慣れてる方の差にもなってくるんじゃないかなと。1

					日400個やろうと思うと、この動きが1秒違えば結局400秒違いますんで、10分前後の違いになる。
31	90	遠矢	収穫(工夫)		こういう(収穫全体の)作業をする時に気をつけておくべきポイントとかはありますか。
	91	Bさん	収穫(工夫)		刃物を使ってるんで手は切らないっていうのはもちろんなんですけども。寒さとかそういったものもありますんで。無理せずにですね。
	92	内平先生	収穫(工夫)		声かけながらお互いに連絡するようなことってあるんですか。
	93	Bさん	収穫(工夫)		例えば端からば一っど作業していくんですけど、ある程度いってくと次また回収作業があるんで、もう全員がこっち行って回収するよりかはある程度何人で五月雨式にやっていって集めた、運んだ、軽トラに入れたそういったものを順次やればスムーズになります。やっぱり得意不得意がありますんで切って集めるのはちょっと苦手な人でも力があっても集めるのは早いですよという人もいますので、長所短所を見て、うまく指示できればやっぱり作業自体もスムーズにできるかなと。