



REPORT

3

オランダの施設園芸を先行研究とした Raspberry Piを用いた環境測定機の開発 ～夏いちご収穫ロボットハウスにおけるデジタルツイン構想～

AgriNova Investigator

1年 川上 洸世 (秋田県／大館国際情報学院高校出身)

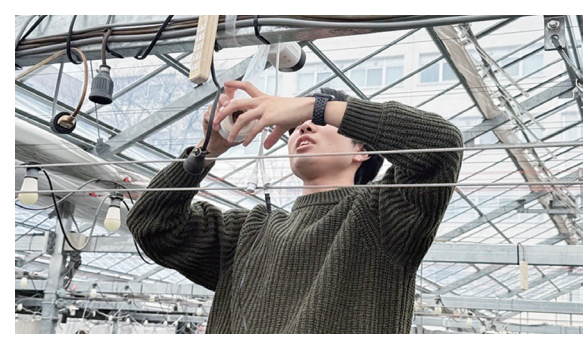
システム科学技術学部／情報工学科

指導教員 森田 純恵 教授(情報工学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

オランダの施設園芸を参考に、Raspberry Piを用いた環境測定機を開発し、夏いちご収穫ロボットハウスのデジタルツイン構想を修得しました。先行研究でオランダの植物工場の高度な環境制御技術とデータ活用の有効性を確認し、東京ビッグサイトで開催されたアグリビジネス創出フェアや宇都宮大学の圃場でのフィールドワークで無線通信環境、画像認識、環境センシングの現状と課題を把握しました。

Raspberry Piを用いた環境測定機を開発し、デジタルツイン構想の基盤として組み込みました。今後はデータ一元管理とAI活用が期待されるとともに、データ連携基盤の統合と実証評価が課題となると考えます。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

研究費がもらえるため自分の興味のある研究を行うことや実際に現地へ足を運び実情について学ぶことができます。1・2年生のうちから、研究室の専門的な実験装置や機材、実験スペースを使わせてもらえます。1人で研究するのではなく指導教員の先生や先輩がしっかりアドバイスをくれます。その過程で3、4年生や大学院の先輩とも関わりを持つことができたり研究室に入ることができたりします。最後の報告書を作成するときに卒業研究でも必要となる論文の書き方を学ぶことができます。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

秋田県立大学は、1年生の枠にとらわれず、自分の興味のあることに挑戦させてくれる大学です。充実した予算や手厚いサポート環境が整っているため自分の夢を応援してくれます。ぜひ県大で、自分だけの研究に挑戦してみてください！



情報工学科

教授 森田 純恵

PROFILE
学位 一位／博士(経営情報学)
専門分野 システムデザイン

指導教員がきめ細かく研究をサポート
SUPPORT

研究内容 AI・ロボットと情報技術で未来のスマート農業をデザインする

私の研究室では、「人とAI・ロボットが協力する地域DX」をテーマに、ソフトウェア工学を基盤としてスマート農業や地域防災、見守りシステムなどの研究を進めています。現在は、NTTアグリテクノロジーや宇都宮大学との共同研究や地域のIT企業とともに、いちご収穫ロボットやハウス全体をデジタル化する「デジタルツイン」の研究に取り組んでいます。ロボットだけでなく、センサー、通信、AI、クラウドを連携させることで、農作業の省力化や品質向上を目指しています。また、学生は実際の農場や企業を訪問し、現場の課題を調査しながら、自らプログラムやIoT機器を開発します。社会の課題を情報技術で解決するためには、AIだけでなく、人と協調するシステム全体を設計する視点が重要です。地域の未来を支える新しいスマート農業を、学生と一緒に創り上げています。

高校生へのメッセージ

情報工学は、パソコンの中だけで完結する学問ではありません。AIやロボット、ドローン、IoTを活用し、農業や医療、防災など社会の課題を解決します。高校で専門知識がなくても大丈夫。「なぜだろう」「もっと便利にできないかな」という好奇心が研究の第一歩です。ぜひ秋田県立大学で、未来社会と一緒にデザインしていきましょう。

1 要旨

本研究では、NTTアグリテクノロジーおよび宇都宮大学が進めるいちご収穫ロボット実証研究を参考に、ハウス栽培におけるデジタルツイン構想と環境測定機の開発を行った。先行研究としてオランダの施設園芸および植物工場の事例を調査し、高度な環境制御技術とデータ活用の有効性を整理した。さらに、潟上市および宇都宮大学の圃場におけるフィールドワークを通じて、無線通信環境、画像認識、環境センシングの現状と課題を確認した。その上で、Raspberry Piを用いた温湿度等の環境測定機を試し、ハウス内の物理環境データを取得する仕組みを設計した。本研究を通じて、いちご収穫ロボットと環境情報を統合するデジタルツイン実現に向けた基礎的知見を得ることができた。今後はデータ連携基盤の統合と実証評価が課題である。

2 研究の背景と目的

近年、農業人口の減少・高齢化という社会課題に対して、高校時代より、海外を含む「スマート農業」に興味をもっていた。本自主研究の目的は、ハウス栽培における環境制御の仕組み(いちごハウスやオランダのスマート農業)の現状を調査し、農家の負担を削減するためのハウス全体にサイバー・フィジカル・システム(CPS)適用のためのデジタルツインシステムを構想し、その課題を明らかにすることである。

3 リサーチクエスションと研究方法

当システムデザイン研究室がNTTアグリテクノロジー、宇都宮大学と共同研究をしている潟上、及び、宇都宮大学の圃場で進めているいちご収穫ロボットに関する農林水産省関連事業[1]において、ハウス全体にCPS適用構想があるものの、その具体化は事業のスコープには入っていないことがわかった。そこで、本自主研究のリサーチクエスションでは、「サイバー・フィジカル・システムの仕組みをハウス栽培に利用できないか」と設定し、そのデジタルツイン構想を具体化するとともに、自らは環境測定機器の開発を行う。

4 先行研究

先行研究では、以下の2本を調査した。オランダは自然光を用いた植物工場のモデルを世界に普及させている。世界に普及させることでそれぞれの気候で発生する課題を取得しそのモデルを改良し続けてきた。しかしながら、以下に示す調査結果より、秋田県でこれらを導入するにあたっては、デジタル化の浸透においてコスト・知見ともに課題があることも判った。

- ①紺野登(2012年)、『幸せな小国オランダの智慧 災害にも負けないイノベーション社会』[2]
- ②NPO植物工場研究会(2013年)、『太陽光型植物工場の現状と将来』[3]

オランダの植物工場では、大型ガラス温室施設で高い生産技術を活用して計画生産を行っている。世界の自然光植物工場(spf:Solar light type Plant Factory)で使用されるコンピュータソフトウェアのほとんどはオランダ製である。1975年あたりに開発され、改良が続けられてきた。植物工場の経営と運用には環境制御・経営管理の面できわめて複雑なソフトウェアが求められ、現段階ではオランダが抜き出ている。オランダ企業はインターネットを通じて世界の植物工場からのデータを収集・解析し、ソフトウェアを改良しつづけているのがさがる強みとなっている。オランダは、農業輸出額世界2位(1位は、アメリカ)を維持している。その成功要因は、①利益がでる作物への集中、②技術開発重視の農業政策、③ICTを駆使して生育環境を整える技術力、④市場原理に則った支援体制の4つといわれている。

5 調査したこと(フィールドワーク)

いちご栽培ハウスの現状調査のため、潟上のハウスと宇都宮大学を訪ねて行った実験の内容を以下に紹介する。

5.1 2025年10月 潟上の圃場における無線環境調査

以下に測定結果を示すが圃場における4棟のハウス内の無線環境は、ルーターからの距離に比例して、条件が悪くなる。これはロボット導入に当たっては極めて危機的な課題であるため、ロボット自体とあわせた対策が効果的として、検討をすることとした。図1のその測定維時の様子を示す。

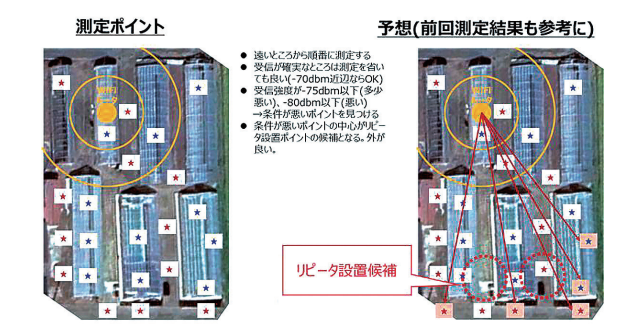


図1 潟上の圃場における無線環境調査

5.2 2026年3月 宇都宮大学における環境調査

宇都宮大学の圃場においては、フィジカルな領域ではいちご収穫ロボット本体にハウス内を走行するためにMAP情報が蓄積されていたり、いちごを認識するための画像認識カメラ、収穫ハンドが取り付けられていたりする。また、環境測定のための装置も設置されている。

一方、サイバー上では画像判定モデル、Raspberry Piからの気温や湿度などの環境データ、機械からの光量をセンサー情報結合に送っている。また、AIを使い画像判定モデルを作り収穫するいちごそうではないものを区別するためのものがある。この2つをRaspberry Pi Connectによりデータベースから相互に接続されている。サーバーは、宇都宮大学独自のものを使っているため、本学の研究と連携するためにもこれらを統合するためには、課題がある。

そこで、今回の自主研究では、このフィジカルとサイバーを結合する手段としてのシステムデザインで構築中のものにならって「ハウス栽培」向けのデジタルツイン構想を検討した。図2に「いちご収穫ロボットシステム構成図」を示す。図2に緑色で示した環境測定を今回の自主研究で設計した。詳細は、5節に示す。

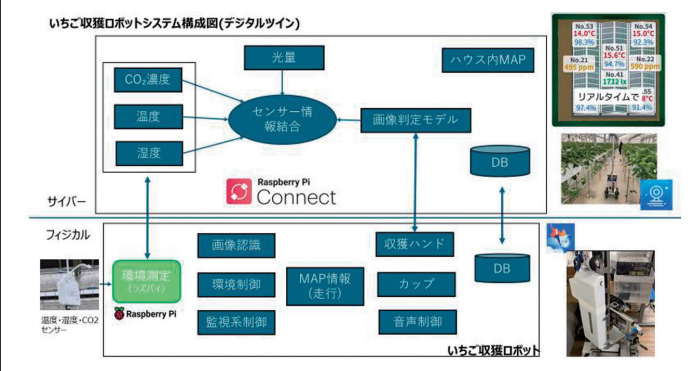


図2 いちご収穫ロボットシステム構成図(デジタルツイン)

また、この訪問時には、いちご収穫の状況を監視するため、市販の防犯カメラであるEsee Cloudカメラを圃場に設置してきた。図3は、その設置時の写真と画像をカメラアプリから見たものである。ここにもこのカメラ画像とそれ以外の情報が連携できないという課題がある。



図3 Esee Cloud カメラの圃場設置と監視画像

Raspberry Piを用いた環境測定機の開発

プログラミングのスキル習得を目的に今回の自主研究では図4に示す「環境測定」(ラズパイ)のモジュールをシングルボードコンピュータであるRaspberry Piを用いて設計した。以下が手順。開発環境を表1に示し、図5に設計した環境測定結果を示す。

- ① Raspberry Pi Zero2 Wを購入しセットアップ
- ② 専用の書き込みソフトからRaspberry Pi OSをマイクロSDカードにインストール
- ③ Raspberry Piに挿入してPCへ接続。SSH接続を行いログイン
- ④ プログラミング要件：環境センサーからの取得データを入力とし温度、湿度、気圧を10秒ごとに接続

表1 開発環境

Raspberry Pi	Raspberry Pi Zero 2 W
言語	Java

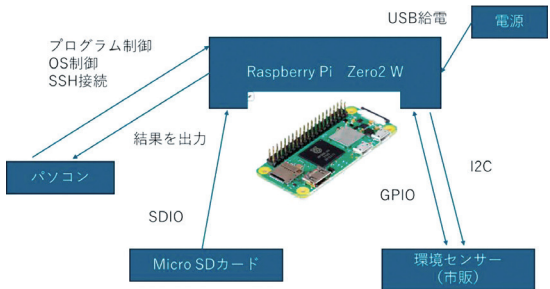


図4 環境測定機のシステム構成図

```
[kawakamikousei@kawakamikousei:~ $ python3 ~/share/sensor_logger.py  
【計測開始】通信エラーが起きても自動でリトライします  
記録OK: 2026/03/28 16:23:24, 温度:21.5C, 湿度:34.3%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:34, 温度:21.4C, 湿度:34.1%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:44, 温度:21.3C, 湿度:34.4%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:54, 温度:21.3C, 湿度:34.6%, 気圧:994.1hPa
```

リビングで計測したデータ

```
kawakamikousei@kawakamikousei:~ $ python3 ~/share/sensor_logger.py  
【計測開始】通信エラーが起きても自動でリトライします  
記録OK: 2026/03/28 16:17:29, 温度:23.8C, 湿度:43.9%, 気圧:993.7hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:39, 温度:25.1C, 湿度:35.8%, 気圧:993.8hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:49, 温度:24.9C, 湿度:31.1%, 気圧:993.8hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:59, 温度:24.7C, 湿度:30.7%, 気圧:993.7hPa
```

自宅で取得したデータ

図5 測定結果

考 察

本研究を通じて、いちご収穫ロボットの導入にはロボット本体の性能だけでなく、ハウス全体の通信環境、環境センシング、画像認識、データ連携基盤を含めたシステム全体設計が重要であることが明らかになった。特に、潟上圃場で確認された無線環境の不安定さは、ロボットの遠隔監視やデータ取得に大きく影響する課題である。また、宇都宮大学圃場では各種センサーや画像データが活用されている一方で、システム間の統合には課題が残されていた。今回試作したRaspberry Piによる環境測定機は、物理空間の状態をデジタル空間へ反映する第一歩であり、デジタルツイン構想の基盤として有効であると考えられる。今後は取得データの一元管理とAIによる生育・収穫支援への応用が期待される。

参考文献

- [1] 農林水産省、令和6年度～令和8年度、「次世代スマート農業技術の開発・改良・実用化―イチゴ収穫ロボット×スマートハウスによるロボット普及モデル実証」、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター(BRAIN)。
- [2] 紺野登、(2012年)、『幸せな小国オランダの智慧 災害にも負けないイノベーション社会』(PHP新書)新書,PHP研究所。
- [3] NPO植物工場研究会(2013年)、『太陽光型植物工場の現状と将来』<https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/107541/kozai-2013-3.pdf>(最終閲覧日:2026.3.31)



espresso

2年 伊藤 仁 (秋田県/由利高校出身)
中村 珠風 (岩手県/盛岡北高校出身)
阿部 悠世 (岩手県/水沢高校出身)
飯濱 成希 (新潟県/国際情報高校出身)
佐藤 陽斗 (岩手県/黒沢尻北高校出身)
篠原慶太郎 (栃木県/矢板東高校出身)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちは、木材の新しい使い方を考え、近年人気が高まっているサウナに注目しました。そこで、誰でも気軽に利用でき、好きな場所へ持ち運べるサウナを制作しました。材料には秋田県でも身近なスギ材を使用し、軽くて運びやすいだけでなく、高い断熱性によって快適なサウナ空間を実現しています。木の温もりを感じながら自然の中でも楽しめる、新しい木造建築の可能性を提案しています。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

この研究を通して感じたのは、「まずはやってみること」の大切さです。最初は実現できるか分からなかったサウナづくりも、試行錯誤を重ねることで形にすることができました。高校生の皆さんにも、興味を持ったことに積極的に挑戦し、自分のアイデアを形にする楽しさを味わってほしいと思います。

システム科学技術学部 建築環境システム学科

指導教員 板垣 直行 教授
(建築環境システム学科)

Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

この自主研究を通して、木材の特性や建築材料としての可能性について深く学ぶことができました。また、断熱性や軽量性などの性能を考慮しながら設計を進めることで、建築における材料選択の重要性を実感しました。さらに、アイデアを形にする過程で、課題を発見し改善する力や、チームで協力してものづくりを行う力を身に付けることができました。自分たちの考えたサウナが実際に形となり、木材の新たな活用方法を提案できたことが大きな成果でした。



研究内容 秋田スギを活用した新たな建築部材・構法の開発

秋田は全国に知られるスギの産地で、人工林面積も日本一です。しかしながらその豊かな資源が活用されず、森林が更新されない状況にあります。森林は木材を供給する以外にも多くの役割を担っています。近年では地球温暖化を抑制するために、森林の炭素吸収が注目されていますが、それを促進するためには、成長した樹木を建築などに利用して長年に炭素を固定すると共に、新たな森林を育てていく必要があります。スギの用途拡大を図るために、新たな建築部材や構法の開発に取り組んでいますが、スギは密度が低いことから木材の中でも断熱性に優れています。また軽いため持ち運びや施工性に優れています。今回はそれらの性質を活かして、セルフビルド可能なサウナキットの開発に取り組みました。スギ材の性質を活かして、建築をはじめ様々な活用方法を開発していきたいと思っています。

高校生へのメッセージ

皆さんは日々の勉強で様々な科学の知識を身に付けていると思いますが、その知識を活かすには“知恵”を働かせて“技術”を生み出す必要があります。またそのためには、その原動力となる“熱意”が重要です。より良い社会の実現のために、様々な知識や経験を総動員して知恵を絞り、課題を解決していく研究者になってほしいと思います。



建築環境システム学科

教授 板垣 直行

PROFILE

学 位/博士(工学)
専門分野/建築材料学

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT