

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：56101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K08024

研究課題名（和文）篤農家の換気判断を伝承するミニパイプハウス栽培支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of mini pipe greenhouse cultivation support systems to hand down ventilation judgment of diligent farmers.

研究代表者

吉田 晋（Yoshida, Susumu）

阿南工業高等専門学校・創造技術工学科・教授

研究者番号：10607310

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：徳島県特産の春夏ニンジン栽培におけるミニパイプハウス内環境データと生育状況から、農家向けハウスの穴開け換気量判断支援システムを開発した。本研究成果は、ハウス内生育判断用リモートカメラシステムの開発を行い葉の写真からAIによるハウス内温度環境判断実証実験を行った。さらに、独立電源込みで1台1万円以下の材料費、年間通信費1,100円で、温度・湿度・日射量・土壌湿度を測定し、Webブラウザからデータ参照可能な環境センサシステムを開発した。各種データグラフに加え、ハウス内日積算気温グラフを、標準栽培時の推定ハウス内日積算気温グラフと重ねて確認でき、栽培ハウスの換気量判断に活用できるシステムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電源の無い圃場での簡易施設であるミニパイプハウス栽培において、生育状況と栽培環境をモニタリングできる独立電源を含めた低価格モニタリングシステムを開発した。生育状況リモートカメラシステムと画像強化学習によりハウス内温度環境判断を可能とした。また、農研機構「メッシュ農業気象データ」と、NEDO「年間月別日射量データベース」を用いて、試験圃場での栽培実績から作成したハウス内気温推定モデルより、播種日からの標準栽培時の推定ハウス内日積算気温データを算出しグラフ化、環境センサで測定した温度・日射量データからハウス内日積算気温グラフと重ねて確認でき、ハウス温度管理判断支援可能なシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：In the carrot cultivation for the shipment of the Tokushima special product in the spring and summer, I developed the perforator amount of ventilation judgment support system for farmers using the environmental data and growth information in mini pipe greenhouses. The result of this study, I developed the remote camera system for the growth judgment in the greenhouse and tested the temperature environment judgment proof in the greenhouse by the AI from the photograph of the leaf. Furthermore, I developed the system which displayed quantity of temperature, humidity and sunlight data measured using the low-priced environmental sensor for the mini pipe greenhouse by a Web browser. In addition, I developed the system which put “an estimated multiplication temperature graph at the standard cultivation” on “the multiplication temperature graph by measurements” and could display. Therefore, cultivation farmers became able to conjugate in the amount of ventilation judgment of greenhouses.

研究分野：農業情報工学

キーワード：フィールドモニタリング 独立電源 農業ICT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

農業従事者の高齢化と後継者不足により日本の農業は衰退しており、後継者や新規就農者を増やす取り組みが課題である。近年 ICT を活用した先進的な農業に取り組む農業法人や新規就農者が出てきているが、ハウス内温度制御機能を持つ大規模なハウス設備を導入する場合、その投資コストが大きな負担となっている。徳島県では、比較的設備投資の少なく栽培面積の拡大縮小が容易で安定収入が得られる小型のビニールハウス(ミニパイプハウス)を用いた春夏ニンジン栽培が普及しており、栽培規模の拡大や後継者確保、新規就農者を増やす産地強化に取り組んでいる。

このミニパイプハウスを用いた春夏ニンジンの栽培は、10月～12月に播種し、3月～5月に出荷を行っている。この栽培の特徴として図1のようにビニールハウスに直径約8cmの穴を開けて換気を行う、穴開け換気によるハウス内温度の調節がニンジンの生育や品質を左右する重要な技術である。穴の開け方によっては低温や高温による生育遅延や品質低下が発生するが、一度開けた穴を塞ぐ



図1 ミニパイプハウス穴開け換気

ことができない為、穴開けの判断が難しく、栽培マニュアルの換気指標をベースに気温や生育の様子をみながら農家の経験により行われる。しかし、ミニパイプハウス内環境は気象変動に左右されやすく、近年気象変動幅が大きくなり農家の経験が通用せず生育遅延や品質低下が発生するケースが増えている。また、早期出荷による価格安定化を目的に播種期の前進化や早生系品種の導入が進み、従来の換気指標が使えず、農家の経験に基づく勘で換気判断が行われている。このことから新規就農者の参入が難しく、経験の少ない後継者にとっての規模拡大の障害となっている。

本研究では、篤農家の判断基準を適用しハウス内環境データに基づいたミニパイプハウス栽培支援システムの開発を目指している。

2. 研究の目的

全国で普及している冬期のミニパイプハウス栽培は、高度な環境制御が必要な大規模施設栽培と異なり設備投資が少なく、栽培面積の拡大が容易である。ミニパイプハウス栽培の代表例として徳島県特産の春夏ニンジンがあり、端境期出荷による安定した収益が優れた特徴である。本栽培手法においては、気温や生育に応じたハウスの穴開けによる換気量の調整が非常に重要であるが、その判断には長年の経験と勘が必須であり、新規参入や規模拡大への課題となっている。本研究では、圃場ごとのミニパイプハウス内の環境データと生育状況から、ハウスの穴開け換気量の最適値を指示してくれる農家向け栽培支援システムを開発し、新規参入や経営規模拡大に役立てる。

本研究では、篤農家の判断基準を適用しハウス内環境データに基づいたミニパイプハウス栽培支援システムの開発を目指している。そのためには、ミニパイプハウス内の温度・湿度・日射量・土壌水分データ、葉の状態などを低価格で収集可能とする。これに加えて篤農家の換気情報とニンジン生育情報データを収集し、分析・研究することでハウス内環境データに基づく最適換気判断アルゴリズムの確立と、圃場ごとのミニパイプハウス内環境データから最適換気量を表示可能な農家向けミニハウス栽培支援システムの開発を行う。

3. 研究の方法

研究代表者が所属する阿南高専、鳥羽商船高専の研究分担者、研究協力者である地元徳島県の農林水産総合技術支援センター、ニンジン生産者が連携し、以下の研究を推進した。

ミニパイプハウス用低価格環境センサの開発

農業用低価格環境センサをミニパイプハウス栽培用に改良したプロトタイプからさらに低価格化を進め独立電源込み1台2万円以下を目標に開発する。

ハウス内生育判断用カメラシステムの開発

環境センサにカメラを組み込み、ニンジンの葉の成長状況を、撮影画像を自動解析することで、生育指標を抽出するシステムを開発する。

栽培期間中のニンジン生育情報、ハウス換気量の情報の収集とデータ解析

早生系統品種を栽培する複数のニンジン生産者の協力のもと、栽培期間中のニンジン生育情報、ハウス換気量の情報を記録してもらい、ハウス内の環境データと葉の生育データの関連性についてデータ解析を行い、ハウス換気量指標を抽出する。

春夏ニンジンミニパイプハウス換気量支援システムの開発

上記の成果からニンジンのハウス栽培期間における適切な換気量を算出するための、最適手法として、機械学習を応用することにより、播種日、生育情報、環境情報に応じた最適ハウス換気量を支援可能なミニパイプハウス栽培支援システムを確立する。

4. 研究成果

(1) ミニパイプハウス用低価格環境センサの開発

本研究で開発した環境センサの外観は図2の通りで、図3に示す内部構成となっており、温度・湿度・日射量を測定する。測定した環境データは、低消費電力の Sigfox ボードを用いて Sigfox バックエンドにアップされる。日射量測定を兼ねた太陽光パネルと内部バッテリーで独立電源を構成し、商用電源の無いミニパイプハウス内へ設置可能とし、電池交換



図2 環境センサ

やデータ取得作業を不要としている。低コスト化のために汎用部品を組み合わせ、無線装置を含めて一台の部品代を 1.5 万円未満で構成している。尚、2,000 円程度の湿度センサを追加接続できるようになっている。本研究で開発した環境データ収集・閲覧システムの構成を図4に示す。消費電力の少ない LPWA の Sigfox を採用することで、通信モジュールコストを 6 千円、独立電源も小型化しコスト削減を実現した。

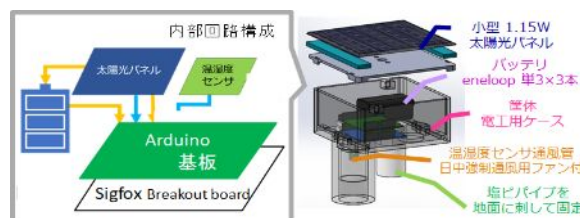


図3 環境センサのハード構成

データ閲覧サイトは Google スプレッドシートを用いて開発し、環境センサから 10 分毎に、測定されたデータはリアルタイムで Google スプレッドシートに反映され、農家の人がハウス内温度および日射量をブラウザで確認可能としている。環境センサは電池交換不要で、クラウド側のシステムコストも不要のため、本システムの 1 台あたりの運用コストは Sigfox の年間通信費 1,100 円のみで実現できている。

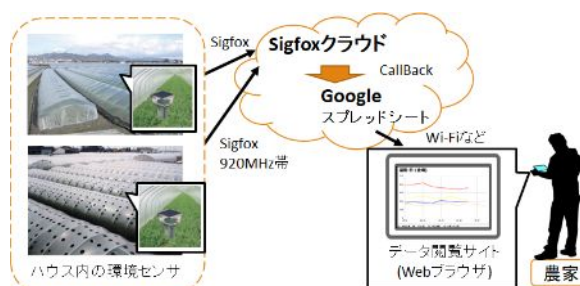


図4 環境センサシステム構成

データ閲覧サイトは Google スプレッドシートを用いて開発し、環境センサから 10 分毎に、測定されたデータはリアルタイムで Google スプレッドシートに反映され、農家の人がハウス内温度および日射量をブラウザで確認可能としている。環境センサは電池交換不要で、クラウド側のシステムコストも不要のため、本システムの 1 台あたりの運用コストは Sigfox の年間通信費 1,100 円のみで実現できている。

実証実験は、徳島県名西郡石井町の試験場と、阿南市と板野郡藍住町の春夏ニンジン栽培農家にて実施し、ハウスの日照時間が短い 12 月下旬～1 月上旬でも安定してデータが収集できることを確認済である。

(2) ハウス内生育判断用カメラシステムの開発

今回開発したハウス内生育判断用カメラシステムの外観を図5に示す。システムの構成は、2W の小型太陽電池と Eneloop を用いた独立電源に Arduino マイコンを組み込み、太陽電池により日の出を検出して 20 分間モバイルルータと M5Camera に電源を供給する、また日の出から 4.5 時間後にも 15 分間電源を供給することで、日の出時と日中の 2 つのニンジンの葉の写真を撮影する。M5Camera は、ESP32 (WiFi 機能有り) とイメージセンサ OV2640 が小さいケースに入ったカメラユニットで、プログラムにより起動すると 5 分間隔でニンジンの葉を撮影し、WiFi 通信によりモバイルルータを経由して画像データを GoogleDrive 上にアップする。アップ



図5 カメラシステム

WiFi 通信によりモバイルルータを経由して画像データを GoogleDrive 上にアップする。アップ

された写真はユーザーのスマホや PC から Web ブラウザで確認できる。

撮影した画像を、熟練農業者の知識をもとに、ニンジンの葉の立ち具合を図 6 の三段階に分類し、画像学習を行った AI (人工知能) を用いて判断し、その結果を農家の気温調節判断の手助けに用いる。

AI による画像判別の正解率は 95% と良好な結果を得た。

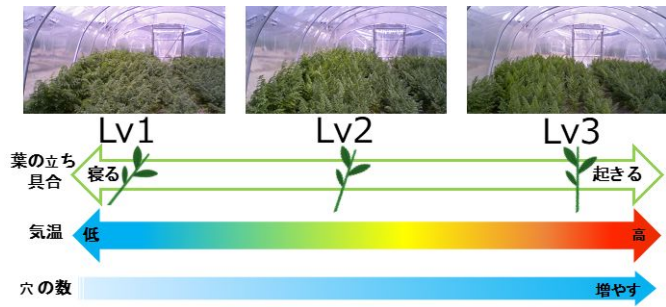


図 6 葉の立ち具合と気温の相関関係

(3) 栽培期間中のニンジン生育情報、ハウス換気量の情報の収集とデータ解析

複数のニンジン生産者の協力と、徳島県立農林水産総合技術支援センターの試験圃場で、栽培期間中のニンジン生育情報、ハウス換気量の情報を記録し、ハウス内の環境データと葉の生育データの関連性についてデータを収集した。また、栽培時期をずらして栽培したハウス環境データを蓄積し、日平均気温と平均日積算日射量からハウス内気温推定モデルを作成した。

(4) 春夏ニンジンミニパイプハウス換気量支援システムの開発

春夏ニンジンミニパイプハウス換気量支援システムのデータ閲覧サイトは、Web ブラウザから図 7 に示すような画面で確認でき、環境センサで計測した温度、湿度、日射量のデータの直近 72 時間分のグラフと数値を確認できる。また、播種以降のデータもシート上に蓄積されており、図 8 のような日平均温度の積算温度グラフも確認できる。

緯度・経度を用い、農研機構「メッシュ農業気象データ」の日平均気温の平年値(外気温)と、NEDO「年間月別日射量データベース(MONSOLA-11)」の平均日積算日射量を用いて、徳島県立農林水産総合技術支援センターが試験圃場での栽培実績から作成したハウス内気温推定モデルより、播種日からの標準栽培時の推定ハウス内日積算気温データを算出し、グラフ化している。

Web ブラウザから標準栽培時の推定ハウス内日積算気温グラフと重ねて、栽培中のミニパイプハウス内の日積算気温グラフを見ることができ、栽培ハウスの換気量判断に活用できるシステムを開発できた。

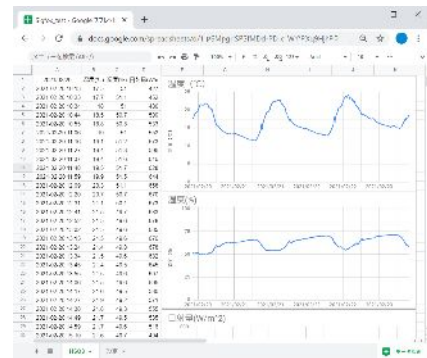


図 7 ハウス内環境グラフ



図 8 日積算気温グラフ

< 引用文献 >

谷口響・吉田晋ら(2018)ミニパイプハウス用環境センサーの通信コスト改善検討, 農業環境工学関連 5 学会 2018 年合同大会, PA-24

吉田晋・神原太陽ら(2021) LPWA を用いたミニパイプハウス環境データ収集システム開発, 農業情報学会 2021 年度年次大会, P159-160

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 吉田晋, 植野慎介, 福見淳二, 原田陽子
2. 発表標題 ミニパイプハウス内環境データ収集・閲覧システムの検討
3. 学会等名 農業情報学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿久保智貴, 吉田晋, 福見淳二, 福田耕治
2. 発表標題 簡易環境センサへの低価格雨センサの実装検討
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口響, 吉田晋, 福見淳二
2. 発表標題 ミニパイプハウス用環境センサーの通信コスト改善検討
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植野慎介, 吉田晋, 福見淳二
2. 発表標題 簡易環境センサへの土壌水分センサの追加検討
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷口響, 吉田晋, 福見淳二
2. 発表標題 ハウス内環境データのインターネット上でのデータ確認方法の検討
3. 学会等名 平成30年度計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植野慎介, 吉田晋, 福見淳二
2. 発表標題 簡易環境センサへの低コスト土壌水分センサの実装検討
3. 学会等名 平成30年度計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植野 慎介、吉田 晋、原田陽子
2. 発表標題 ミニパイプハウス栽培用低価格環境センサーの開発
3. 学会等名 農業情報学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植野 慎介, 吉田晋, 福見淳二, 原田陽子
2. 発表標題 ミニパイプハウス用環境センサの温度精度向上検討
3. 学会等名 2017年農業施設学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinsuke Ueno, Susumu Yoshida
2. 発表標題 Improving thermometer's accuracy on low-price environment sensor for the mini-pipe greenhouse
3. 学会等名 The 2018 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	白石 和章 (Shiraishi Kazuaki) (40442454)	鳥羽商船高等専門学校・その他部局等・准教授 (54102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------