

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K19160

研究課題名（和文）農薬散布のリアルタイム計測と制御のための高周波電源供給型感水センサの開発

研究課題名（英文）Development of Digital Water Sensor by High Frequency Power Supply Typed for Real-Time Measurement and Control of Agrochemical Spraying

研究代表者

野口 良造（Noguchi, Ryozo）

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：60261773

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：無線通信自動認識技術(RFID)を利用し、基礎実験においてフェルトを巻いたタグへの水分供給において、明らかな電波強度の低下と、水分増加量と電波強度の低下の関係が、線形性を有することが示された。この結果から、RFIDタグを電子感水センサとして活用することによって、圃場でのリアルタイムに農薬散布状況を把握できる可能性を示した。また、スピードスプレーヤ(SS)を改造した自律走行型農薬散布用農業機械(京都大学管理)を用いて、人工果樹に装着したRFIDタグに対するRFIDリーダによる測定精度を検証し、水分の有無や程度による、自動SSによるフィードバック制御噴霧の可能性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発されたデジタル感水センサは、導電系もしくはRFIDタグによって構成され、風雨・太陽光への耐性を有し、農業現場での利用と応用において、長期間の耐候性、耐久性を有するセンサとなる可能性がある。また、HFES-DWS、散布アルゴリズムCAAは、圃場や農薬散布のばらつき管理、農業現場での農薬散布量削減に直結できるとともに、水や農薬を取り扱う農業分野、植物生産分野への農業DXへ向けたコア技術としての新規性と発展性を有している。

研究成果の概要（英文）：Using radio-frequency automatic identification (RFID) technology, it was shown in basic experiments that there was a clear decrease in radio wave strength in the supply of water to felt-wrapped tags and that the relationship between the amount of water increase and the decrease in radio wave strength was linear in nature. These results indicate the possibility of utilizing RFID tags as electronic water-sensitive sensors to monitor pesticide application conditions in the field in real time. In addition, using an autonomous agricultural machine for pesticide application (managed by Kyoto University) modified with a speed sprayer (SS), we verified the accuracy of measurement by an RFID reader against RFID tags attached to artificial fruit trees, and clarified the possibility of feedback control spraying by an automatic SS depending on the presence and degree of moisture content.

研究分野：農業情報工学、圃場センシング

キーワード：感水センサー 導電系 RFID 高周波 農薬散布

## 1. 研究開始当初の背景

飛躍的なスマート農業の実施には、農業工学に特有な「ばらつきの科学」、「多様性の科学」の飛躍のための革新的クラウドセンシングとDXが求められる。そのなかで、農薬散布状態を把握するためのデジタル型の感水センサの開発は必要不可欠である。

本研究における国内外の類似研究として「葉面濡れセンサー使用によるリンゴ枝幹への薬剤到達性判定方法(平成28年度 東北農業研究成果情報)などがあるが、本研究で目指すとコア技術の違いがあり、実用化に至っていない。また実際の農薬散布制御についても未検討である。一方で、藤川ら(2014)による導電糸とPETシートを用いた透明な漏液感知センサーの設計と評価、Denisら(2012)による超音波を用いた果樹園での農薬散布ターゲットプログラムの開発があるが、精密なセンシング情報と制御へのフィードバック、太陽光、風雨、気温の変化への耐性が必要な農業分野への応用は未着手である。

一方で、第二期SIP「マシンビジョンを活用した自動運転スピードスプレーヤの開発(2019～2020年度、(筑波大学)」から、自律走行型農薬散布用農業機械(ASS)の自律走行に加えて、農薬散布制御のデジタル化とAI化の促進が可能となった。プロトタイプ実験(防水透湿性素材布、導電糸利用)、果樹園圃場でSSを用いた布表面の水の付着・撥水性試験から、HFES-DWSの開発基盤を確保した

## 2. 研究の目的

農業工学分野特有の「ばらつきの科学」、「多様性の科学」での大きな変革をもたらす技術を、フィールドで刻々と変化する農薬散布状態を3次元情報として把握できる高周波照射疑似独立電源型デジタル感水センサ(HFES-DWS、的確な農薬制御を行う農薬散布アルゴリズム(CAA)の開発を通じて明らかにする。

果樹の葉の水分付着特性を擬した防水透湿性素材布と導電糸を用いた感水センサと、無線通信自動認識技術(RFID)を利用し、独自のHFES-DWSを開発する。また、スピードスプレーヤを改造した自律走行型農薬散布用農業機械(ASS、筑波大学所有)を基盤として、果樹園内のクラウドセンシングとして大量に設置したHFES-DWSに対する高周波電源供給、RFIDリーダによる測定精度を検証する。

HFES-DWSによる農薬散布状態センシングと、ASSによる農薬散布制御を結合させたCAAの開発を行い、これまで誰も達成できなかった果樹園での農薬散布量50%削減のための技術手法を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (3-1). 高周波電源供給型デジタル感水センサ(HFES-DWS)の開発

デジタル感水センサ(DWS)と高周波電源供給(HFES)によって構成され、圃場において、微弱電波による情報ネットワークを構築する。デジタル感水センサ(DWS)には、葉の撥水性と水滴定着を模倣するために、撥水性と透湿性を持つ防水透湿性素材布を用いる。水滴分布量(付着量)を、櫛歯状に編み込まれた導電糸の抵抗値の変化から、捉える。筑波大学での予備実験では、3cm×5cmの面積に対して水量30mgの測定精度を有する。導電糸の櫛歯間距離を変化させ、感水紙と同等の50μmの水滴跡まで計測可能とする。農薬の界面活性剤の利用、DWS表面の汚れを考慮し、水滴の接触角の変化の把握と農薬量と抵抗値の校正を行い、測定精度95%を達成する。

高周波電源供給(HFES)では、DWSからの非接触データ収集のために、RFIDの受動タグを利用し、3秒以内でのデータ収集を可能とする。非接触での電源供給のために電波方式RFID(920MHz帯)を採用する。

### (3-2). 農業散布アルゴリズム(CAA)の開発

CANBUS 仕様のスピードスプレーヤを改造した自律走行型農業散布用農業機械(ASS)と HFES-DWS を用いて、農業散布三次元データを把握する。果樹園での圃場実験を通じて、農業散布量 50%削減を可能とする、ASS の最適経路と農業散布制御を行う CAA の制御プログラムを開発する。・開発された HFES-DWS や CAA について、京都大学附属農場での屋外試験、実用化に向けた評価を行う。

## 4 . 研究成果

本研究の目的は、高周波照射擬似独立電源型デジタル感水センサ(HFES-DWS)、的確な農業制御を行う農業散布アルゴリズム(CAA)の開発を通じて明らかにすることにある。

まず、果樹の葉の水分付着特性を擬した防水透湿性素材布と導電糸を用いた感水センサ(DWS)の開発によって、DWS の液体付着量の増加と導体抵抗の減少の関係が対数関数によって示されることが明らかとなった。また、DWS の抵抗値の変化と農業の付着量の関係について感水紙(WPS)と比較し評価したところ、ほぼ同等の精度で液体付着量を測定可能であることを示した。さらに、センサーネットワーク技術を用いて、DWS の出力値リアルタイムでの遠隔取得を達成した。

つぎに、無線通信自動認識技術(RFID)を利用し、独自の HFES-DWS を開発した。基礎実験においてフェルトを巻いたタグへの水分供給において、明らかな電波強度の低下と、水分増加量と電波強度の低下の関係が、線形性を有することが示された。この結果から、RFID タグを電子感水センサとして活用することによって、圃場でのリアルタイムに農業散布状況を把握できる可能性を示した。なお、農業散布時の電波強度と閾値を設定するために、最適な被覆素材の検討、データ収集方法の検討が残された。また、RFID タグと RFID リーダの間に水分が含まれている場合、電波は減衰し電波強度が下がる場合と、反対に電波強度が上昇するという結果が得られ、原因は不明であることから今後の課題として残された。

最後に、スピードスプレーヤ(SS)を改造した自律走行型農業散布用農業機械(京都大学管理)を用いて、人工果樹に装着した RFID タグに対する RFID リーダによる測定精度を検証し、水分の有無や程度による、自動 SS によるフィードバック制御噴霧の可能性を明らかにした。

HFES-DWS は主に布と導電糸、あるいは RFID タグによって構成され、風雨・太陽光への耐性を有し、農業現場での利用と応用において、長期間の耐候性、耐久性を有するセンサとなる可能性が示唆された。また、HFES-DWS、散布アルゴリズム CAA は、圃場や農業散布のばらつき管理、農業現場での農業散布量削減に直結できるとともに、水や農業を取り扱う農業分野、植物生産分野への農業 DX へ向けたコア技術としての新規性と発展性を有していると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石崎理有、川本雅之、大塚俊彦、野口良造
2. 発表標題 農薬散布検出のための無電源リアルタイム電子感水センサの開発
3. 学会等名 第80回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小出空、野口良造、宮坂寿郎、大土井克明
2. 発表標題 疑似農薬散布での感水センサとRFIDリーダを用いた農薬付着量の即時測定の評価
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第149回例会プログラム、京都大学農学部総合館
4. 発表年 2023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	白井 善彦  (Usui Yoshihiko)  (40442777)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業機械研究部門・主任研究員   (82111)	
研究分担者	A h a m e d T o f a e l  (Ahamed Tofael)  (40593265)	筑波大学・生命環境系・准教授   (12102)	

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
---------	---------