

(様式D-2)

(別 紙)

令和 5 年度 海外派遣研究員研究報告書

令和 5 年 9 月 2 0 日

日本大学理事長 殿

日本大学学長 殿

所 属 理工 学部 (研究所)

資格・氏名 教授・羽多野正俊

■本報告書の内容を公表することは了承しております。

(公表可の場合、チェック■すること)

令和 5 年度海外派遣研究員 (短期 B) の研究実績を、下記のとおり報告いたします。

記

1 区 分 短期 B

2 研究 課題

スマート農業システムにおけるロボット技術に関する調査研究

3 派遣 期間 西暦 2023 年 8 月 1 日 ~ 2023 年 8 月 31 日

4 派遣 先 オランダ, 台湾

5 研究 目的

本研究の目的は、スマート農業システムを構築し社会実装する際に用いられるロボット本体またはロボット技術について、どのような技術が既開発・未開発であるかを調査し、日本における地域連携活動に必要な技術・問題点・解決策等を明らかにすることである。筆者はこれまで移動と作業を同時に行うロボットである移動マニピュレータの運動制御について研究を行い、農業ロボットや沿岸調査ロボットなど、地域ニーズに対してロボットの機構や構造、制御系の研究開発を行ってきた。特に地域で求められるのは屋外での利用であり、動作する複雑な屋外環境において、まず AI (人工知能) 等を用いて環境認識を行い、その認識結果をロボットの制御に用いる手法について研究を行ってきた。この地域連携研究の中で、特に農業ロボットについて、近年、ヨーロッパ式のコンピュータ制御により環境制御を行うスマートハウスが主流になりつつあるが、収穫作業を行うロボットはあまり研究されていない。日本においては、環境制御ハウスが少しずつ導入され始めている程度であり、世界標準からは遅れている。よってヨーロッパ各国にて農業やロボットに関する調査を行い、日本で地域連携としてスマート農業ロボットを導入・普及させるための要素技術を明らかにすることを目標とする。またアジアでのスマート農業の実情として IT 化が進む台湾においても調査を行う。

6 研究概要

本研究の研究背景から目的、計画などの概要について、下記に述べる。

本研究の学術的背景：

ロボット技術を用いて地域課題を解決しようとする活動が広がりつつあり、特に農業について、近年、ヨーロッパ式のコンピュータ制御により環境制御を行うスマートハウスが主流になりつつある。日本においては、環境制御ハウスが少しずつ導入され始めている程度であり、世界標準からは遅れている。一方、収穫作業を行うロボットについては、日本で研究開発されつつあるが、ヨーロッパではあまり研究されていない。現在の日本の就農人口の減少に対して、栽培から収穫まで一貫したロボット化を行い、農業をスマート化する必要があるが、研究開発・普及が進んでいない。この理由を明らかにすることが学術的背景である。

本研究を企画するに至った経緯：

これまで移動と作業を同時に行うロボットである移動マニピュレータの運動制御について研究を行ってきた。その研究成果を生かして、農業ロボットや沿岸調査ロボットなど、地域ニーズに対してロボットの機構や構造、制御系の研究開発を行ってきた。特に地域で求められるのは屋外での利用であり、動作する複雑な屋外環境において、まずAI（人工知能）等を用いて環境認識を行い、その認識結果をロボットの制御に用いる手法について研究を行ってきた。また現在、理工学部と富里市の研究連携協定の中で多くの農家・JA・農政課と意見交換を進めると共にロボットの新規研究開発を行っている。よって本研究成果を、地域連携で求められている農業のスマート化に応用し、就農人口減少への解決方法を提案する研究を着想するに至った。

本研究期間内に何をどこまで明らかにするか：

本研究期間の約1ヶ月において、ヨーロッパ各国において農業のスマート化に対する要素技術の現状と課題をまずは明確することを目的とする。そのため、各種国際会議にて情報収集を行ったり、現地調査を行ったりする。その中で、農業の一貫したロボット化の遅れがどのような問題によって生じているのか、またそれを解決するために必要な事項は何かを明らかにすることを目標とする。

本研究の学術的な特色・独創的な点・予想される結果と意義：

コンピュータ制御式の環境制御ハウスは、種苗の改良も含めて、主に農学やバイオサイエンスおよび農産物生産者によって発展してきた。一方、ロボット開発は、大学・研究所・メーカーのロボット研究者によって発展してきた。そのため両方の分野を横断的に研究開発することがほとんど無かった事に対し、本研究は両方の基礎技術を横断的に調査研究しようとする試みであり、学術的に特色があり、また独創的である。さらに、この研究によって国際的な現状の技術を調査し、得られた情報を応用してスマート農業ロボットを新たに研究開発する。これにより、日本で地域連携として就農人口減少問題に対する解決策を提案できる可能性があると共に、日大校友会・台湾支部と連携し台湾での農業の発展に寄与できる可能性があり意義がある。

7 研究結果・成果

前述の目的に対して、2023年8月1日～2023年8月16日の期間においてはオランダ、2023年8月17日～2023年8月31日の期間においては台湾にて調査研究を行い、その結果・成果について述べる。オランダは日本の九州ほどの国土であり、またその4分の1が海拔ゼロメートル地帯であるにもかかわらず、コンピュータ・ロボット技術を用いた環境制御型ハウスをはじめとするスマート農業化を早くから開発・推進してきたため、アメリカに次ぐ世界第2位の農産物・食品の輸出大国である。その最も有名な農産物の一つとしてトマトがあり、単位面積比で日本のトマト農家の約5倍の生産量である。主にこの技術について、現地にて調査研究を行った。現地では様々な場所を訪問したが、まずそれらの中で「World Horti Center」について述べる。このセンターはオランダの農業関連会社が共同で運営している施設であり、海外からの農業視察対応や、新しい生産方法の研究開発をしている。図1にセンター玄関前の様子を示す。また図2に研究施設の一例を示す。ここではオランダ式施設園芸システムの全容を理解することが出来た。まずハウスの高さは7mであり、日本の標準的なハウスの3～5mに比べて室内高が高い。これには理由があり、まずオランダ式では土は使わず、ロックウール（鉱物を高温で熱し遠心力により繊維状にしたもの）と呼ばれる人造鉱物繊維を10cm角のボックスに詰めて播種し、これを地面から70cm程度の高さに金属フレームを介して設置されたベッド上に配置する。この一個一個のボックスに点滴と呼ばれる養分溶液を供給するチューブを設置する。供給する溶液の成分バランス調整・供給量・供給タイミングを始め、ハウス内の温度・湿度・Co2濃度・日照量・外気取り入れ調整などの様々な要素を全てコンピュータで管理調整し、さらにはそのようなコンピュータ制御式に特化したバイオテクノロジーによる品種改良を進めてきたものがオランダ方式であることが分かった。この方式では作物の生育が非常に早いことが特徴である。トマトの場合は、苗の生長に従い下方から収穫を行い、収穫し終わった枝は全て切り落とし、主枝のみを伸ばしながら収穫を繰り返す。この方式では最終的に主枝の長さは10m以上になる。日本の標準的な手法では3～5mほどである。このような理由によりオランダ式ハウスの全高が高いことが分かった。また、収穫し終わった部分の主枝は不要になるが、オランダ式ではパイプに巻き付けて処理していく。これに対し、図2に示すような苗をハウス上部に設置し、上から下に主枝を伸ばしながら生育させる新しい方法が研究されていた。この方法は情報がほとんど無く、現地にて調査研究を行うことにより知ることができたものの一つである。また収穫方法については、現在オランダでは人手による方法であるが、センター内の世界中の共同研究紹介では日本のデンソーが開発中の収穫ロボットがあったり、また韓国メーカーとの共同研究が盛んであったりすることが分かった。さらにこのオランダ方式で生産されたトマトのスーパーマーケット等での販売方法についても調査を行った。その一部を図3に示す。図より枝付きで販売されており、少なくとも日本ではほぼ見られない販売方法である。これはスマート農業においてロボットによる収穫を行う際に非常に重要な点である。これに対し、ロボットで枝ごと収穫する方法は比較的容

(様式D-2)

〔7 研究結果・成果 (つづき) 〕

易であり，そのまま出荷・販売することが出来ればロボット化によりコスト削減に有用である．また紙面の都合上，写真は割愛するが，都会の公共公園の一部を企業に貸し出し，障害者雇用を目的として農園が経営され，その販売物により収益を上げると共に雇用を生み出していたり，運河や海上に浮体構造物を浮かべ，その上で農場を運営する新しい方法について運営から販売までの様子を知ることができた．



図1 World Horti Centerにて 図2 研究施設の一例 図3 販売例

一方，台湾でも同様にスマート農業のロボット技術について調査研究を行った．展示会「Taiwan Smart Agriweek」および「Taiwan Automation Intelligence and Robot Show」に参加し，台湾における最新のスマート農業技術・ロボット技術について調査研究を行った．ここでもオランダ式栽培方式の展示が多く見られ，導入が始まっているようであった．それに対し，トラクターやバギーを改造した運搬車などの展示が多く見られ，PC製品などの工業生産が盛んな台湾ではあるが，農業へのロボット技術の導入は始まったばかりであることが分かった．また新しい農業の取り組み事例として「Metro Fresh」の調査研究を行った．これは地下鉄構内にLEDによる環境制御式の水耕栽培システムを構築し，主にレタス等の葉物野菜を栽培・販売する取り組みである．ビル型野菜工場はコスト高で廃業する例も多く見られるが，もともと電気を多用する地下鉄と組み合わせることにより両立していることが分かった．なお複数のスーパーマーケット等で販売方法についても調査を行ったが，トマトについては枝付きで販売されている例は無く，日本と同様であった．

以上のように，オランダ・台湾にてスマート農業のロボット技術について調査研究を行い，最新の栽培方法や，まだ研究開発が進んでいない部分が明確になり今後のロボット化すべき研究開発テーマなどの農業技術が明らかとなった．

以 上