



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of a Harvesting Robot for Heavy-weight Crop [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Roshanianfard, Ali
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13151号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70189
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ali_Roshanianfard_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（農学）

氏 名 Ali Roshanianfard

審査担当者

主 査 教 授	野口 伸
副 査 特任教授	川村 周三
副 査 准教授	石井 一暢
副 査 准教授	岡本 博史

学 位 論 文 題 名

Development of a Harvesting Robot for Heavy-weight Crop

（重量作物のための収穫ロボットの開発）

本論文は、全 8 章からなる総頁数 151 ページの英文論文である。論文には図 114、表 36、引用文献 498 が含まれ、別に参考論文 1 編が添えられている。

日本農業は自給率の低下、農家の偏った年齢分布、農業就業者人口の減少、新規就農の研修期間が長いなど、様々な課題に直面している。カボチャ、スイカ、キャベツなどの重量作物は、日本では商品価値が高く農家は栽培面積を増やしたい作物である。しかし、農家の身体的疲労や労働力不足のため栽培面積の拡大が難しい。現在の収穫機械は、収穫精度とともに収穫物への扱いが粗雑なため技術的に問題を抱えている。そのため日本での重量野菜の収穫作業は主に手作業で行われる。ロボット技術は、これらの問題を解決する可能性を有している。しかし、既往の農業ロボットの開発事例は、ほとんどトマト、いちごなど小さく、軽量の作物を対象にしてきた。このような背景から、本研究では重量作物用の収穫ロボットの開発を目的とした。特に本研究では北海道で作付けが増えているカボチャを対象として収穫ロボットの開発に取り組んだ。本研究では収穫ロボットの設計・シミュレーション・試作を行い、ロボットの性能を評価した。収穫ロボットシステムは、ロボットアーム、エンドエフェクタおよび制御システムから構成されている。

ロボットアームはカボチャの栽培方法やロボットのコストなどを考慮して 4 自由度系のロボットアームを採用し、地表面付近の作動領域が広くとれること、所要ペイロードなど条件を満たすロボット機構をソリッドワークによってシミュレーションを行い設計した。設計したロボットの自重ペイロード比は一般の工業用ロボットアームが 0.084 に対して、試作したロボットアームは 0.2 と工業用ロボットアームと比較して十分に大きい可搬能力を有している。また、作動

領域は 8.024m^3 、収穫可能表面積は 3.518m^2 、アーム先端の前方到達距離は 80.8cm であり、カボチャ収穫作業に適したロボットアームが設計された。

ロボットハンドは「ジェジェ J」、「TC2A」、「えびす」、「すくなかぼちゃ」「菊水」などの品種について、カボチャ栽培中と持ち上げ時それぞれのツルの姿勢角、カボチャ果実の圧縮試験、果梗・つるのせん断試験を行い、果実に傷をつけることがなく確実に収穫できるロボットハンドの設計を行った。せん断試験の結果からは 60° の角度を有した切断刃がすべての供試品種について、せん断応力と切断時間の点で最適で、たとえば「ジェジェ J」は 2.84N/mm^2 、「TC2A」は 3.3N/mm^2 が切断に要するせん断応力であった。これらの物性試験で得られたカボチャの力学特性を考慮してロボットハンドを設計・試作した。ロボットハンドは5本指で構成し、直径 $170\sim 500\text{mm}$ の果実を把持でき、ハンド把持時の最大圧縮応力は 78N/mm^2 、ほとんどのカボチャの大きさ・質量のばらつき範囲をカバーするハンドを完成させた。また、4自由度のロボットアームとロボットハンドを制御するために PC、アンプ、サーボモータを構成要素とした制御システムを構築した。サーボモータはロボットアーム4台、ロボットハンド1台の計5台使用し、制御アルゴリズムとして Denavit and Hartenberg 法を採用した。

収穫ロボットシステムの性能評価は収穫成功率、収穫サイクルタイム、カボチャ損傷割合、ロボットアーム作動領域、ロボットアーム制御精度、繰り返し再現性、ロボット制御システムの位置制御分解能などの性能指標について行った。収穫成功率は 92%、カボチャ損傷割合は 0%、収穫サイクルタイムが 42s であった。また、ロボットアームの縦方向と横方向の制御精度はそれぞれ 10.9mm と 9.5mm 、制御分解能は前方向、横方向、鉛直方向それぞれ $1\pm 0.075\text{mm}$ 、 0.05mm 、 0.025mm であり、ロボット性能実験によって試作した収穫ロボットは要求性能を満足していることを確認した。以上のようにロボットの機構設計・シミュレーション・試作・性能評価の全プロセスを通して試作した収穫ロボットシステムは重量作物の収穫に適用できると結論づけた。

本研究ではカボチャを例に重量作物のための収穫ロボットの設計法を考案し、実機を試作して、その有効性を実証した。重量物野菜収穫を目的としてロボットアーム、ロボットハンド、制御システムの研究自体に学術的価値があるが、カボチャの栽培法や果実の力学特性を考慮してロボットを開発した点に高いオリジナリティがある。また本研究の成果は日本のみならず世界の農業分野の労働力不足を補う革新的技術であり、社会貢献の点でも評価できる。よって審査員一同は、Ali Roshanianfard が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。