

課題情報シート

テーマ名：	トマト収穫ロボットの開発		
担当指導員名：	諏訪原秀樹、大島賢一、飯塚浩一 岩城健	実施年度：	28 年度
施設名：	九州職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産電子情報システム技術科、生産電気システム技術科
課題の区分：	開発課題実習	学生数：	6
		時間：	52 単位 (936h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

トマトロボット競技会の競技点は、ロボットの仕様によって収穫 1 個あたりの点数が変わるため、フリーエリアにおけるカメラによる遠隔操作で収穫を行う方法を選択しました。

台車の走行には、メカナムホイールを利用した全方向移動、収穫部の位置制御には、ロボシリンダ®とロボットアームを使用し縦方向 500mm、奥行き 300mm の制御を可能としています。遠隔操作には、学生が操作に慣れているゲームコントローラを使用し、無線通信に Wi-Fi を使用しています。画像は、ロボットのアーム位置の確認、前方向のトマトの確認（広範囲とズーム）、ロボットの停止位置の確認用に計 4 台のカメラを用いて Wi-Fi で操作しています。収穫方法については、過去のロボット大会画像を参考にハサミによる切断、手形のアームで掴んで引っ張る、バキュームによる吸引およびねじる方法を実験し、競技会参加のロボットで使用例の無いトマトの下方をバキュームで吸引し回転させて収穫する方法を選択しています。競技会に使用するトマトの実は、密集している場合が多く、ハサミだと切断する方向や移動中に他のトマトを傷つける可能性が高く、他の学校が苦戦する中 10 分間に 9 個の収穫が出来ました。

なお、生産電気システム技術科 3 名がハードウェア、生産電子情報システム技術科 3 名がソフトウェアをそれぞれ担当しました。

【訓練（指導）のポイント】

テーマ数の関係で生産機械の学生がいなかったが、生産電気に工業高校機械科卒の学生がおり、加工および設計も担当させました。難しい加工は、機械系の先生にお願いしました。機構部の設計など機械系が加わることが望ましいと考えます。開発 1 年目のため、予算も限られているので過去の課題の部品を多く利用して開発費を抑えました。スケジュールで気をつけた点は、実際のトマトによる収穫実験を行いたいため、競技会の 2 ヶ月前にベースを完成させ、菜園で 3 回の実験を行うことが出来ました。そのため検証による改良の時間が取れたことにより、より完成度を上げることが出来ました。競技会の参加という目標が決まっていたため、学生も共通認識を持って開発に取り組めたことが良かったと考えます。

課 題 に 関 す る 問 い 合 わ せ 先

施 設 名 : 九州職業能力開発大学校
住 所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1
電話番号 : 093-963-0125 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/fukuoka/college/>

課 題 制 作 ・ 開 発 の 「 予 稿 」 お よ び 「 テ ー マ 設 定 シ ー ト 」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

トマト収穫ロボットの開発

九州職業能力開発大学校
生産電気システム技術科
生産電子情報システム技術科

1. 目的

現在、日本の農業総産出額は減少傾向で推移している。これは高齢化や海外からの輸入品増加に伴う農家の収入の減少、後継者問題などにより農業の就業人口が減ったことが原因とみられている¹⁾。

この問題を解決するため、ロボット技術や ICT（情報通信技術）等の先端技術を農業に取り込む「スマート農業」が進められている。さまざまな農業現場でスマート農業が進んでいる中、特に注目を集めている農作物の一つがトマトである。トマトは収穫量が比較的多いことや、温室で育てるため雨風の影響が少ないことから、ロボットで収穫するメリットが大きい²⁾。

2014 年 12 月より北九州学術研究都市でトマトロボット競技会実行委員会主催『トマトロボット競技会』が開催されている。この大会は地域の農園や企業等と連携しており、トマトの収穫を通じて自然環境への興味とロボット技術への興味を融合させ、アグリロボットの発展・普及を目指している。

本開発課題ではトマト収穫ロボットの開発をおこない、将来の収穫ロボット実用化を目指す第一歩としてこの大会に参加することを目的とする。また他大学との交流を深め技術力の向上を図る。

2. 課題概要

今回製作するのは、第 3 回トマトロボット競技会の出場規定を満たし、競技会に特化したロボットである。本課題は、一年目の取り組みのため自動化や実用化の第一歩として「確実にトマトが収穫できる」「コントローラ制御ができる」「カメラ映像の表示ができる」ことを製作目標として掲げる。

2.1 要求仕様と競技規則³⁾

(1) 要求仕様

大会側からのロボットに対する要求仕様と推奨仕様は以下の通りである。推奨仕様は、満たさなくても失格にはならない。

- ① ロボットのアーム等を折りたたんだ状態におけるロボットの水平投影面積が、幅 800mm×長さ 800mm 以内（高さ制限なし）とする。
- ② 非常停止ボタンをわかりやすい位置に設置する。
- ③ 収穫したトマトを蓄える、300mm×600mm 以内（高さ制限なし）のコンテナをロボットに搭載する。
- ④ 推奨仕様として、重量は 50kg（コンテナを含む）以内、駆動部に使用するモータ 1 個あたりの出力が 80W 以下であることが望ましい。

(2) 競技規則と競技内容

競技規則と競技内容は以下の通りである。

① 収穫するトマト

収穫するトマトは 1 個 60～120g 程度の中玉トマト（カゴメ株式会社の「ラウンド」等）とする。

② 競技エリア

競技エリアはレール使用の有無に応じて 2 種類が用意されている。競技を行う競技エリアを予め申告する。本開発課題ではレールを使用しないフリースタイルに出場することにした。図 1 にフリースタイルの競技エリアを示す。フリースタイルの競技エリアは 3600mm×3600mm の人工芝で、競技エリア中央に 2400mm×100mm×10mm の青く塗装した段差を設置している。競技エリア内にはオペレータ 1 名のみ入ることができる。またトマトはロボットの走行可能面端から 20cm 離れた場所に設置している。

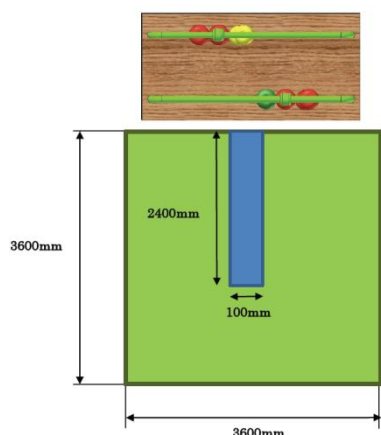


図1 フリースタイルの競技エリア

③ 操作方法

操作方は表1のように「トマトを直接見ながら操縦」「カメラ映像を見ながら間接的に操縦」「スタートとストップの指令のみ」の3種類が用意されている。ロボットの操作方を予め申告しておく。

表1 ロボットの動作カテゴリと倍率

制御方式	遠隔操作				自律	
操作方法	トマトを直接見ながら操縦		カメラ映像を見て間接的に操縦		スタートとストップの指令のみ	
競技エリア	レール	フリー	レール	フリー	レール	フリー
カテゴリ	T1	T2	T3	T4	T5	T6
倍率	1	2	2	4	8	16

※色つきの部分が今回選択したカテゴリ

④ 競技の流れと各ステージの説明

競技は3ステージに分けて行う。各ステージでの1回の競技時間は全て10分とする。

トマトの収穫は、トマトがコンテナに入った時点で収穫とみなす(但し、1stステージのみトマトに触れた時点で収穫とみなす)。

また、トマトは必ず1個ずつ収穫するものとし、房ごと採ると減点となる。なおトマトの果実は走行面から800mm～1200mmの高さになるように配置されている。

i)1stステージ

トマトが1つずつ吊り下げられている。

ii)2ndステージ

房の状態トマトが吊り下げられている。

iii)ファイナルステージ

植物体(トマト農園で生育されている状態)

で設置されている。そのため植物体の茎は走行面から20cmの場所に設置するが、トマト果実の高さには10cm～40cm程度のばらつきが生じる。

⑤ 採点方法

1stステージではトマトに1つでも触れれば2ndステージに進むことができる。

2ndステージ以降は、収穫したトマトの「個数」「状態」「色」から表2に示す項目に従い、トマトの基礎点を出す。次に表1に示すロボットの動作方式に従い、ロボットが当てはまるT1～T6の倍率を基礎点にかけ、最終得点とする。

表2 トマトの基礎点表

トマトの果実	個数	+1点 / 個
	収穫時に傷がない	+1点 / 個
	指定された色でない	-2点 / 個
トマトの株	収穫時に傷がついた	-5点 / 個

3. 装置仕様

開発するロボットは表2に示す「遠隔操作」の「ロボットのカメラ映像を見ながら間接的に操縦」、競技エリアが「フリースタイル」のカテゴリT4に出場できる仕様とした。

図2に今回製作したトマト収穫ロボットのシステム構成図を示す。

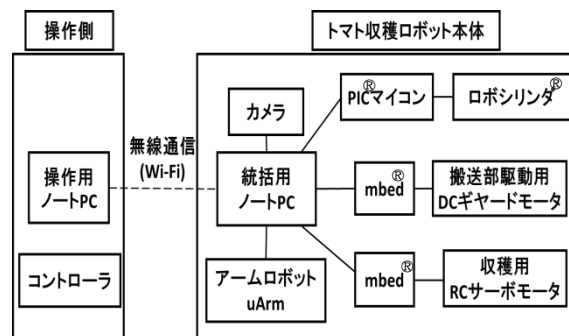


図2 システム構成図

ロボット本体に搭載している統括用PCと操作用PCはWi-Fiで無線通信をおこなっている。統括用PCにはカメラ、アームロボット(uArm)、各マイコンが接続されており、マイコンはロボシリンダやモータを制御している。操作用PCにはカメラ映像を映し出しており、パソコンに接続されたコントローラを使ってロボットを操縦する。図3にロボット外観、表3に仕様を示す。

表 3 トマト収穫ロボット仕様

外形寸法	700×500×1390[mm]	
電源	AC100V	
質量	49.5 [kg]	
通信方法	無線通信 (Wi-Fi)	
収穫可能範囲	地上から 800～1200 [mm]	
性能	移動速度	7.91 [m/min]
	通信距離	28.8 [m] (直線距離)
	収穫時間	約 56 [秒] / 個 (トマト直前にロボットがある状態から測定)
機能	操作	カメラ映像を見ながら遠隔で操作.
	移動	前後, 左右, 旋回移動が可能.
	収穫方法	バキュームでトマトを吸引した後, トマトを回転させ離層部から切り離す.
	カメラ	トマトの位置, 色, ロボットの現在地を確認する.

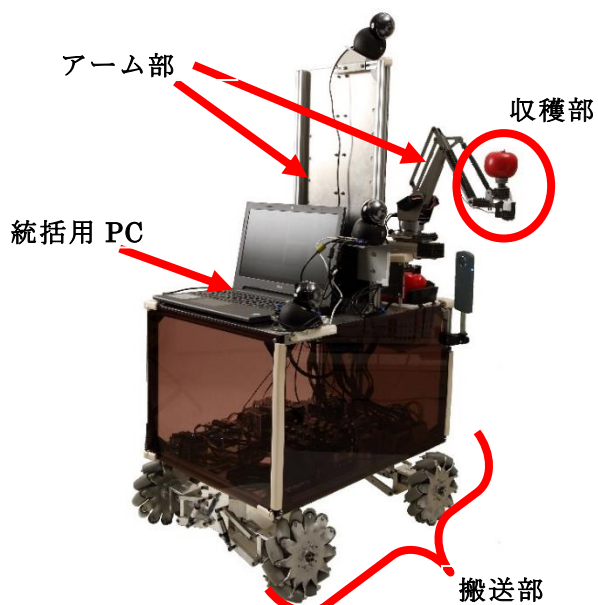


図 3 トマト収穫ロボット外観

4. 各部の説明

4.1 搬送部

図 4 に搬送部の外観を示す. フィールドを自由に動ける機構にするため, ロボットのタイヤにメカナムホイールを採用した. これにより前後・左右・旋回の移動をおこなう. 車軸にはサスペンションを使用しており, 凸凹道や段差を乗り越えるときの衝撃を緩和している. 段差は 55mm まで乗り越えることができる.

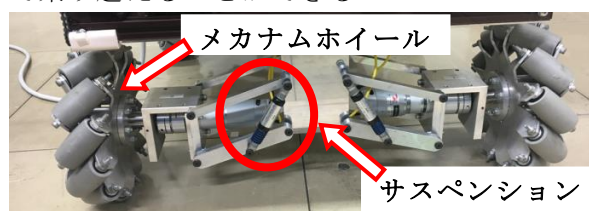


図 4 搬送部

4.2 アーム部と収穫部

大会ではトマトの果実は走行面から 800mm～1200mm の高さになっているため, 図 5 のように 2 台のロボシリンダ®を直行に取り付け上下・前後の動きをおこなうようにした. また水平方向のロボシリンダ®にアームロボット (uArm) を搭載し, 収穫・格納動作をおこなう.

トマトにはヘタのすぐ上に離層部があり, トマトを下から持って回転させるときれいに収穫できることが我々の予備実験で明らかになった. この方法を利用するため, アームロボットの先端を図 6 のような構造とした. バキュームパッドでトマトを吸着・固定した後, RC サーボモータでパッドとトマトを回転させる. これによりトマトを綺麗にすばやく収穫することができる.

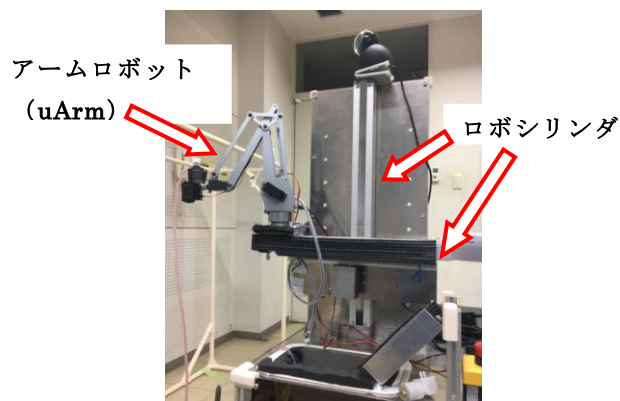


図 5 アーム部

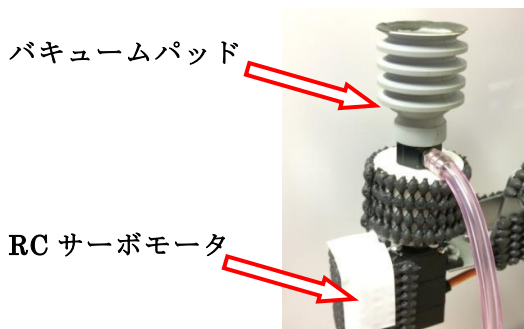


図 6 収穫部

4.3 カメラ

ロボットには USB カメラを 3 台、360 度カメラを 1 台搭載している。USB カメラでトマトの位置を確認し、360 度カメラでロボットの足元・アームの位置・格納の確認をおこなう。また USB カメラにはモータが搭載されており、操作側 PC からカメラの角度調整ができる。360 度カメラはタブレット端末から Wi-Fi でカメラと接続することでタブレット上に映像を映し出す。画面を上下左右にスライドさせると視点を動かすことができる。

4.4 操作

操作者はカメラ映像を見ながらデュアルショックコントローラを使ってロボットを操作する。コントローラのボタンにはあらかじめ各動作が割り振られており、ロボットやアームの移動ができる。

5. 製作費用内訳

今回製作したロボットの製作費用内訳を表 4 に示す。予算 42 万円に対し、3 万 1787 円オーバーした。機器の購入ミスや設計変更の繰り返しなどが原因として挙げられる。表 4 に予算執行結果を示す。

表 4 予算執行結果

部名	費用		
	電気	電情	全体
アーム・収穫	¥89,833	¥151,260	¥241,093
搬送	¥113,971	¥0	¥113,971
制御・画像認識	¥0	¥28,530	¥28,530
その他	¥26,796	¥41,397	¥68,193
合計	¥230,600	¥221,187	¥451,787

6. 製作品の評価

今回製作したロボットを評価したところ、本体の移動速度は 7.91m/min (0.475km/時) であった。またロボットの直前にトマトがある状態で収穫時間を測定すると 1 個当たり約 56 秒で収穫できた。これにより 10 分以内でトマト 10 個を収穫するという競技規則を満たすことができた。また操作側 PC からロボット本体を操作できる距離は直線で 28.8m であったが、大会の競技エリア範囲を十分満たしている。

7. まとめ

- 1) メカナムホイールにより前後・左右・旋回移動が可能となった。移動速度は 7.91m/min (0.475km/時) である。
- 2) トマト 1 個当たり約 56 秒で収穫できる。
- 3) デュアルショックコントローラにより直感的なロボット操作が可能である。またカメラ映像を操作側 PC に表示できる。
- 4) 制御範囲は操作側 PC から 28.8m である。
- 5) 大会において総合優勝とシニア部門優勝を果たすことができた。また他の大学との交流により自分たちの技術力向上に繋げることができた。電気科と電子情報科の共同開発という当機構の開発課題の強みを十分に活かすことができた。

【参考文献】

- 1) 「日本の食料を考える 2013 シリーズ第 2 回「日本の農業の現状」」全国農業協同組合連合会
https://www.zennoh.or.jp/japan_food/02.html
- 2) 「“トマト収穫ロボット”，機は熟した？ ロボット業界が注目する理由」
<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1512/02/news121.html>
- 3) 「第 3 回トマト収穫ロボット競技会競技規則（シニア部門）」
<http://www.lsse.kyutech.ac.jp/~socio-robo/tomato-robot2016>

【担当教官】

諏訪原秀樹 飯塚浩一 岩城健 大島賢一

課題実習「テーマ設定シート」

科名：生産システム技術系

教科の科目	実習テーマ名	
自動化機器等企画開発、生産システム設計・製作等実習 (開発課題実習)	トマト収穫ロボットの開発（1年目）	
担当教員	担当学生	
○生産電子情報システム技術科 諏訪原 秀 樹		
生産電子情報システム技術科 大 島 賢 一		
生産電気システム技術科 飯 塚 浩 一		
生産電気システム技術科 岩 城 健		
課題実習の技能・技術習得目標		
トマト収穫ロボットの開発を通して、「ものづくり」全工程を行うことで、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力,創造的能力,問題解決能力,管理的能力等）を習得することを目的としています。具体的には、プロセス制御系の設計・製作,センサー回路設計・製作,無線ネットワーク,アプリケーション開発を活用した監視や制御を複合的に活用した製品製造技術,製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。		
実習テーマの設定背景・取組目標		
実習テーマの設定背景		
2016年度で3回目となる「トマトロボット競技会」は、地域の菜園や地元の大学,企業等と連携して、将来における省力化や生産性の向上を図るためのシステムの実用化,製品化を目指して開催されています。実際の菜園での収穫をイメージして移動は、フリーエリアとレール上に分かちており、トマトも実際の枝を使用するなど実用化に向けた大会仕様となっています。また、多くの菜園では高齢化が進み、人手不足も問題化しており、自動で収穫できるロボット開発は急務となっています。そこで、将来、ロボット開発に着手できる人材を育成するために今回のテーマを開発課題テーマとしました。		
実習テーマの特徴・概要		
本開発課題は、一年目の開発になります。技術要素として台車の走行,電動アーム・電動シリンダの駆動,収穫部の機構,カメラ画像による遠隔操作,無線通信,パソコン・マイコン制御,および全体のシステム制御があり、複教科で取り組む開発課題に適したテーマになります。今回の製作したロボットで競技大会に参加することで、自分たちの技術レベルが客観的に判断でき、これから必要とする技術を明確にすることができると考えられるため、学生自らの向上心を高める課題としています。		
No	取組目標	
①	計測制御,システム制御等の各テーマを完成させます。	
②	課題装置を設計する際に品質,コスト及び納期をバランス良く調和させます。	
③	設計する際、先行知見を十分理解して創意工夫をします。	
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。	
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。	
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。	
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。	
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。	
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。	
⑩	5S（整理,整頓,清掃,清潔,躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。	