

# さくらんぼ自動収穫ロボット

## Automatic Cherry Harvest Robot

鈴木佑也, 金澤秀太, 佐々木成海, 小原永義,  
武士沢慎太郎, 瀬野智広, 峯田貴, 妻木勇一

Yuya Suzuki, Shuta Kanazawa, Narumi Sasaki, Eiki Obara,  
Shintaro Bushizawa, Tomohiro Seno, Takashi Mineta, Yuichi Tsumaki

山形大学

Yamagata University

キーワード： 農業用ロボット (agricultural robot), さくらんぼ収穫 (cherry harvest),  
ワイヤ駆動機構 (wire-driven mechanism), 技量 (human skill), マニピュレーション (manipulation)

連絡先： 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16  
山形大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻 妻木研究室  
鈴木佑也, Tel&Fax: 0238-26-3252, E-mail: tca44921@st.yamagata-u.ac.jp

### 1. 序論

現在, 高齢化によって農家の人手が不足している。そこで, 果実や野菜などを自動収穫する様々な農業用ロボットが研究・開発されている。これらのロボットには, 労働力不足の解消だけでなく作業者の負担の軽減も求められている。一方, 農家の人に必要とされ普及するためには, コストに見合った作業を実現でき, 安全で素早く動作できるロボットを実現する必要がある。

農業用ロボットの例として, 尾崎らが開発したイチゴ収穫ロボットが挙げられる<sup>1)</sup>。3自由度のアームを有しており, イチゴの果柄をカッターで切ることで収穫している。

また, 門田らはトマト収穫ロボットを開発している<sup>2)</sup>。このロボットは果実を直接ハンド部で掴み, ハンド全体を回転させて離層から果実をもぎ取って収穫する。

一方, さくらんぼはイチゴやトマトの果実と違い, 果柄を切ると鮮度が落ちるため果柄が付いたままもぎ取る必要がある。果柄の枝側の根本には離層(コルク質)があり, それにより鮮度が保たれるからである。また, さくらんぼをもぐためにはコツがあり, 正しい方向を判断し収穫しなければならない。さらに, 一般的な樹形では収穫する際に枝がたわむため, もう一方の腕で枝を固定して収穫する必要がある。このように, これまで対象とされてきた果実と比べると, より複雑で高度な収穫・技量が必要とされる。

これに対し, 現在作業者の軽労化を実現するため, Y字仕立て, V字仕立て, 棚仕立てなどの整列樹形と呼ばれる仕立て方が開発されている。これらの樹形は従来の樹形に比べると, 結実部位が直線上に並ぶと同時に枝が固定されているため, 片手による収穫が可能となっている。



Fig. 1 Concept design

このような整列樹形は人の軽労化に貢献するだけでなく、ロボット化の導入を容易にすることが期待できる。

そこで本論文では、整列樹形を対象とした新しいさくらんぼ自動収穫ロボットを提案し、第一試作機を設計・開発した。また、現地でマニュアル操作によるさくらんぼ収穫実験を行い、開発したロボットの有効性を検証した。

## 2. 自動収穫ロボットの設計

さくらんぼ自動収穫ロボットには、さくらんぼの商品価値を下げない収穫を実現することが求められる。さくらんぼの果柄を掴み、人と同じようにもいで収穫しなければならない。このためには、果柄の認識や位置・姿勢の計測が必要であることはもちろんであるが、ロボットの機構、特に姿勢に関して広い作業領域を実現すると共に、十分なパワーとスピードを兼ね備える必要がある。一方、農家に普及するためにはロボット自体も安価であることが必要である。さくらんぼ自動収穫ロボットのコンセプトを Fig. 1 に示す。以下にロボット化によりもたらされる効果を示す。



Fig. 2 Ultra-lightweight arm

- 炎天下における長時間作業からの解放
- 農作業の 24 時間化による効率アップ
- 農業の大規模化・企業化促進
- 他の作業や他の果実へ展開可能な基盤技術の確立

### 2.1 アーム部機構

さくらんぼ収穫用アームに求められるのは、人がいる環境でも動作できる安全性や、様々な方向を向いている軸を把持し、適切な方向に引っ張ることができる性能や作業領域である

産業用ロボットに代表される従来のロボットは各関節にアクチュエータを配置していることが多く、アームの重量が重いという問題を持っている。そこでワイヤを使用することで、全てのアクチュエータを肩部近傍に集約させアーム先端を軽量化した<sup>3)</sup>。また、新たに3自由度冗長手首機構を開発し、手首部の可動領域が広い超軽量アームを開発した<sup>4)</sup>。開発したアームを Fig. 2 に示す。アームの自由度は、人と同様に手首部3自由度、肘部1自由度、肩部3自由度の計7自由度である。肩部にはマクソン社製の20 W モータと減速比 1:100 のハーモニックギア

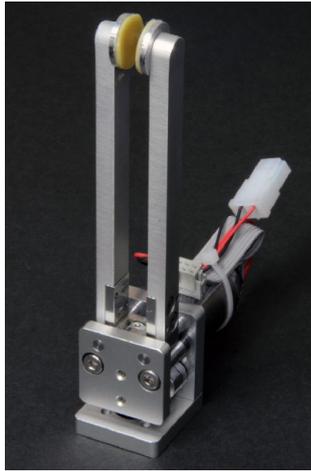


Fig. 3 Overview of hand

を3セット、手首部・肘部にはマクソン社製の11 W モータと減速比 1:50 のハーモニックギアを5セット使用している。このように、同サイズのモータを複数用いることで量産時のコスト低減が期待できる。また、軽量であるため、本質的な安全性を確保できる。

開発した3自由度冗長手首機構はR-P-Rの構造で、 $\pm 180$ 度、 $\pm 90$ 度、 $\pm 180$ 度の広い可動領域を実現している。また、4本のワイヤによるテンドン機構を構成しているため剛性も調整することができる。肘部は屈折側に手首部のワイヤを配置しているため、4つのモータの出力を合わせて用いることができ、力強い持上を実現している。

## 2.2 ハンド部機構

さくらんぼ収穫に求めるハンドの要求は以下のとおりである。

- 収穫に適した形状
- 小型かつ軽量
- 収穫に十分な把持力

低コストのために従来型の減速機を使用せず、スライダ・クランク機構を採用することにした。開発したハンドを Fig. 3 に示す<sup>5)</sup>。スライダ・クランク機構は思案点近傍で力を増幅することが可能である。また、葉や枝などの障害物を避けて収穫できるよう、指の長さを 10 cm 確保した。

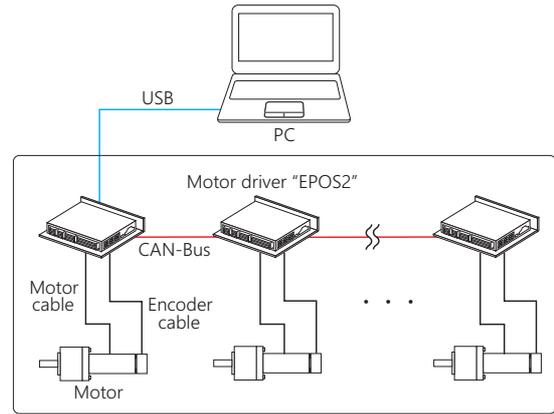


Fig. 4 Control system

## 3. 制御システム

マクソン社製のモータドライバを使用した。また、少配線にするために、モータドライバ同士の通信は CANopen を用いている。制御システムを Fig. 4 に示す。

## 4. 第一試作機

開発したさくらんぼ収穫ロボットの第一試作機を Fig. 5 に示す。

移動部は製作していないため、手押し台車を使用した。アームはアルミフレームに固定した。その上にはカメラのアタッチメントを取り付けることもできる。台車にはモータドライバや AC 電源が入った制御ボックスを搭載する。制御ボックスには緊急停止スイッチを取り付けた。

## 5. 実地試験

山形県農業総合研究センター園芸試験場で第一試作機を用いて、ロボットアーム及びハンドの有効性を検証するための実験を行った。実地試験の様子を Fig. 6 に示す。実験の結果、離層を残したままさくらんぼを収穫することが出来た。実験では、補助者の指示でさくらんぼの果柄の位置までアームを動作させ、収穫動作を行った。ハンドで果柄を掴んでいる様子を Fig. 7 に示す。7 回実施し 4 回収穫することができ、収

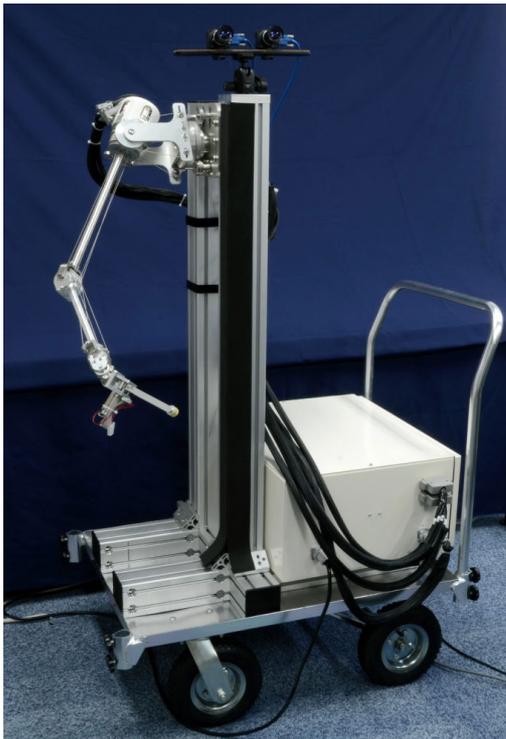


Fig. 5 The first prototype

穫成功率は6割程度である．収穫できなかったときは把持した部分が滑っていた．さくらんぼを把持した後に適切な方向にハンドを移動させる軌道が重要であると考えられ，その方向にハンドを動かすことが出来れば成功率の向上が期待できる．

## 6. 結論

さくらんぼ自動収穫ロボットを提案し概要について示した．第一試作機を使用しての实地試験を行い，さくらんぼを収穫することができた．また，開発したロボットアーム及びハンドの妥当性を検証することができた．

## 謝辞

本研究の一部は「山形さくらんぼ世界一プロジェクト」の助成を受け実施された．また，实地試験は山形県農業総合研究センターの協力の下実施された．



Fig. 6 Overview of field test



Fig. 7 A snapshot of cherry harvest

## 参考文献

- 1) 尾崎功一, 原紳, 鹿内佳人, 大山貴史, 出射聡明: “イチゴ摘みロボットの開発 - 果皮にふれないことによる高品質イチゴの摘み取り -”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'10 講演論文集, 1A1-A21, 2010.
- 2) 門田充司, 西崎典子, 濱田聡, 難波和彦, 陶山純, 本莊絵未, 久枝和昇, 西卓郎, 近藤直, 藤原久永: “大規模トマト生産施設における収穫ロボット - エンドエフェクタと外界センシングシステム -”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'07 講演論文集, 1A1-G02, 2007.
- 3) 鈴木佑也, 妻木勇一: “超軽量アームの肩部機構の設計”, 計測自動制御学会東北支部 297 回研究集会, 資料番号 297-8, 2015.
- 4) 鈴木佑也, 佐々木成海, 妻木勇一: “ワイヤ駆動式冗長手首機構の設計”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2U2-01, 2016.
- 5) 金澤秀太, 鈴木佑也, 佐々木成海, 妻木勇一: “思案点近傍を利用したさくらんぼ収穫用ロボットハンド”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3A3-02, 2016.