

1. 研究背景

現在農業従事者の高齢化が問題となっている⁽¹⁾。そのため労働力不足の解決を目指し、さまざまな側面から農業の自動化についての研究開発が行われている。中でも果実の収穫の負担は大きいと、本研究では果実の自動収穫に向けて、柔軟な姿勢を保つことができる連続体マニピュレータを用いた新しい構想を提案し、その実現に向けて、ステッピングモータによる駆動でのフィードフォワード制御を通して、今後の制御則の決定について考察する。

2. 収穫ロボットの構想

本研究で扱う収穫ロボットの構想を図1に示す。

提案するロボットはグリーンハウス内での運用を目指している。天井に敷設したリニアレールを用いて走行する機構から連続体マニピュレータを下に伸ばすという収穫ロボットを提案する。人間の活動スペースの確保とロボットの自由な走行を実現できるリニアレール走行と、葉や茎などの障害物回りこみを複雑な動作で実現するための連続体マニピュレータを用いたものである。

3. 実験用試作機の製作

本実験で使用する試作機を図2に示す。1つのセグメントは中心軸として、自転車のブレーキ用アウターケーブルを使用し、駆動ワイヤーをステッピングモータによって巻き取ることで動作する。駆動部は、ステッピングモータ3個を等間隔に並べている。

4. 連続体マニピュレータの動作解析

連続体マニピュレータのモデルを図3に示す。中心軸の根元を原点とし、座標軸をワイヤーのある位置にあわせてx,y軸をあわせるようにする。先端のx軸からの傾きを γ として、先端の座標軸は以下の座標軸変換から求めることができる。

$$A_i = Rot(z, \gamma) trans(x_1, 0, z_1) Rot(y, \beta) \quad (1)$$

中心軸の長さを l としたとき、中心軸、ワイヤーが曲率一定で曲がると考えれば、 x_1, z_1 は以下の式で求めることができる。

$$x_1 = \frac{l}{\beta} (1 - \cos \beta) \cos \gamma \quad (2)$$

$$z_1 = \frac{l}{\beta} \sin \beta \quad (3)$$

また、マニピュレータ先端の傾き方向を考慮して、ワイヤーの引っ張る長さを計算すると、各ワイヤーを引っ張る長さ q_1, q_2, q_3 は、中心軸とワイヤーの距離を r として、以下のよう求められる⁽²⁾。

$$q_1 = r\beta \cos \gamma \quad (4)$$

$$q_2 = r\beta \cos(-\gamma + \frac{2\pi}{3}) \quad (5)$$

$$q_3 = r\beta \cos(\gamma + \frac{2\pi}{3}) \quad (6)$$

(1)~(6)の式を用いることで、制御則を求めることができる。

5. 実際に運動学を用いての制御

上記の解析を用いて、等速円運動をさせた様子を真上から撮影したものを図5に示す。多少のズレはあるが、先端部は円運動をしていることがわかる。

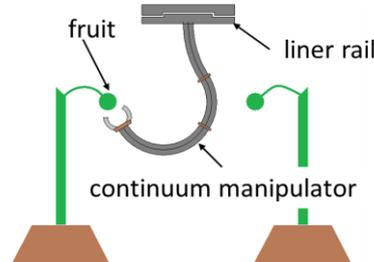


Fig.1 Initiative of harvesting robot

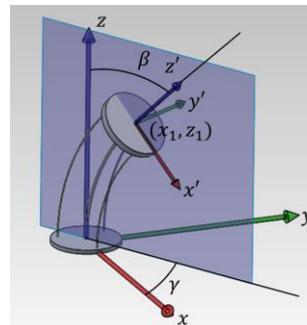


Fig.3 Model in solid

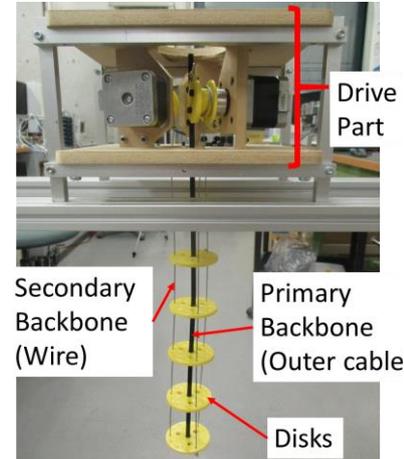


Fig.2 1segment prototype

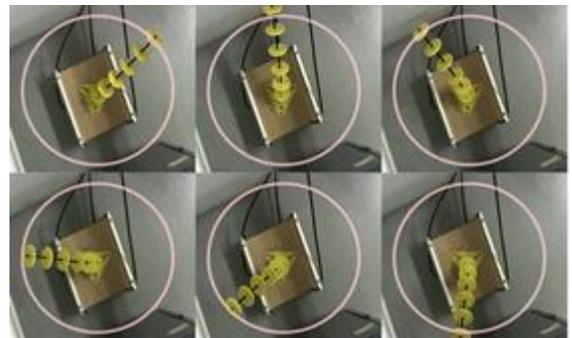


Fig.4 circular motion

6. まとめ

本研究では、連続体マニピュレータを用いた自動収穫ロボットの構想を示し、その実現のために、制御則を導き、1セグメントの試作機に適応した。今後は、本制御則を多セグメントに適用し、自動収穫のための障害物回避などについて研究を行う。

文献

- (1) 農林水産省
HP:<http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>
- (2) An analytic method for the kinematics and dynamics of multiple-backbone continuum robot
Bin He, Zhipeng Wang, Oiang Li, Hong Xie and Runjie Shen