

卒業論文要旨

コイルばねを用いた柔軟支持機構による果実摘み取りハンドの開発

Development of fruit picking hand with a flexible support mechanism using a coil spring

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230002 赤塚 広洋

1. 緒言

果実の収穫のためには葉や茎の間にある実を収穫する必要がある。ロボットハンドの動作によっては収穫の際に障害となる葉や茎を避ける必要がある。ピーマンの果実は比較的軽量であり傾いている場合もある。このためこれらの状態に対応した収穫動作が必要である。本研究ではこの問題を解決させるための摘み取りハンドを開発することを目的とする。

2. 摘み取りハンドの概要

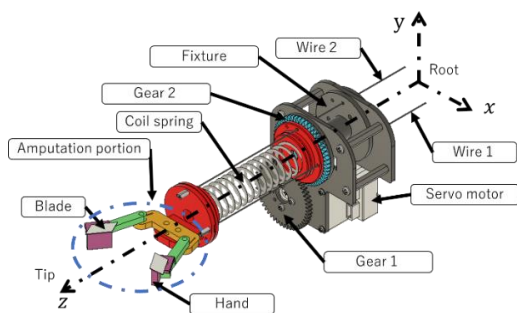


Fig. 1 Configuration of fruit picking mechanism

製作した摘み取り機構を図1に示す。手先の姿勢制御のために3自由度、ハンド開閉のために1自由度の計4自由度で構成されており、駆動のためには4つの駆動機構が必要である。しかし手先の軽量化のためには摘み取り機構に取り付ける駆動機構の数は少ない方がよい。今回の提案では手先に取り付ける駆動機構は軸まわりの回転に使用する駆動機構のみとし、残りの自由度はワイヤ駆動を用いる。ワイヤ駆動機構をマニピュレータの根元に設置することで軽量化を図る。なお図には記入していないがハンド部を開閉するために別のワイヤ駆動機構が存在する。

図1に示すようにハンドはばね機構で支持されておりワイヤを制御させることによりハンド部が柔軟に動くようになっている。十分長いコイルばねを用いることにより駆動機構を摘み取り部から距離を取ることができ、果実や茎がハンドの移動の妨げになることを軽減する。また、今回の機構に付けられたワイヤ1、ワイヤ2の長さを調整することによりハンド部をワイヤ1の場合ではy軸方向、ワイヤ2ではx軸方向に回転を行うことができる。このような機構では柔軟性を持つバネの支持、剛性がハンドの位置決めや運動に重要な要素となる。このためハンド付近の軌道シミュレーションと軌道実験を行った。

3. 先端の軌道実験

3.1 シミュレーション

軌道実験の計測のためにモーションキャプチャを用いて行った。そのときの計測ではハンド部を取り外して行った。そのモデル図を図2に示す。図2中の青丸はマーカ位置を示す。コイルばねはワイヤ1の長さ調整を行うことにより図2の左図のように屈曲する。そこでハンド部がどのような軌道を描くのか、また葉や茎の奥にある果実が収穫可能かを調べるためにシミュレーションを行った。

コイルばねの円心の長さ L [mm]、屈曲角度 θ_1 [°]より半径 r を求めることができる。

$$r = \frac{360L}{2\pi\theta_1} \quad (1)$$

次に余弦定理を用いて半径 r の弦 L_θ [mm]を求める。

$$L_\theta = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2 \cos\theta_1} \quad (2)$$

弦 L_θ [mm]を求めたことにより三角関数から X_2 [mm]、 Z_2 [mm]を求めることができる。

$$X_2 = L_\theta \cos\theta_2 \quad (3)$$

$$Z_2 = L_\theta \sin\theta_2 \quad (4)$$

図2より青丸の位置 X_1 、 Z_1 は X_2 、 Z_2 に加えてコイルばねの厚み t [mm]を考慮しなければならない。

$$X_1 = X_2 + t \cos\theta_2 \quad (5)$$

$$Z_1 = Z_2 + t + t \sin\theta_2 \quad (6)$$

この様にMATLABを用いて屈曲角度 θ_1 [°]が0[°]から90[°]までの各状態をシミュレーションした。そのシミュレーション結果を図3に示す。

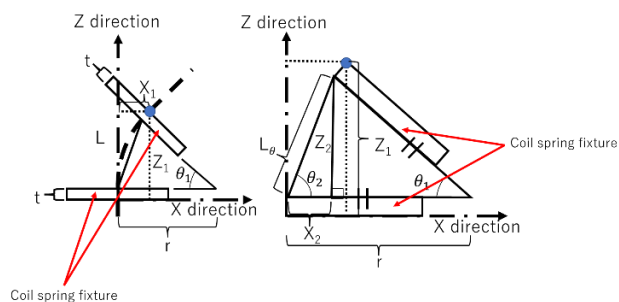


Fig2 Diagram of the tip position of the plucking hand viewed from the Y-axis (left) and its enlarged view (right)

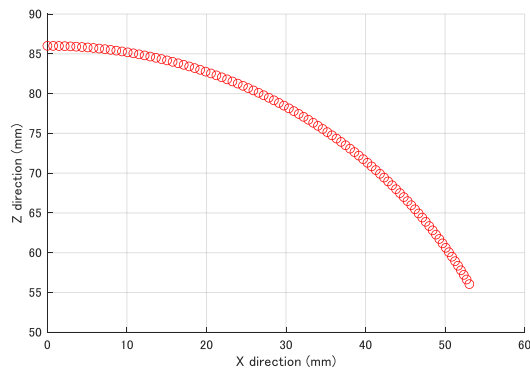


Fig3 Trajectory of the tip when bent

図 3 は屈曲角度 θ_1 が 0° から 90° まで動かした時、図 2 中の青丸の軌道を表している。図 3 より屈曲角度 θ_1 が 0° の場合、青丸の位置はX方向が 0mm, Z方向が 86mm であった。 90° の場合ではX方向が 53.05mm, Z方向が 56.05mm である。

次に屈曲角度 θ_1 が 0° から 90° までの各状態で Z 軸を中心左右 130° ずつ計 260° 駆動機構を動かした場合のシミュレーションを行った結果を図 4 に示す。

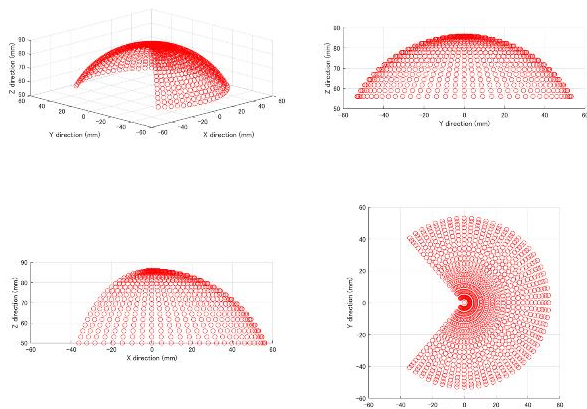


Fig4 Trajectory of the tip when rotated

X 方向の最大値は 53.05mm, 最小値は-34.10mm, Y 方向の最大値は 53.05mm, 最小値は 53.05mm, Z 方向の最大値は 86mm, 最小値は 56.05mm であった。 Z 方向から見ると扇型となっており X 方向では球体の上を切り取った形となっている。

3.2 軌道実験

モーションキャプチャ OptiTrack V120 を用いて図 2 の青丸の軌道を調べる。ワイヤ 1 の長さを制御する際、屈曲角度 θ_1 が 90° になるような巻き取り量を求めたが、 90° まで曲げることが出来なかった。そのため、目視ではあるが 90° まで曲がるように巻き取り量を調整した。その軌道を図 5 に示す。

図 5 より屈曲角度 θ_1 が 0° の場合、青丸の位置はX方向が 0mm, Z方向が 86mm であった。 90° の場合はX方向が 58.37mm, Z方向が 53.12mm であった。今回の実験では屈曲角度 θ_1 を 0° から 90° までを 20 秒間繰り返し動作させた

が、図 5 を見てもわかるようにさほどぶれがない軌道となっており、ばねによる振動などは発生していないと考える。

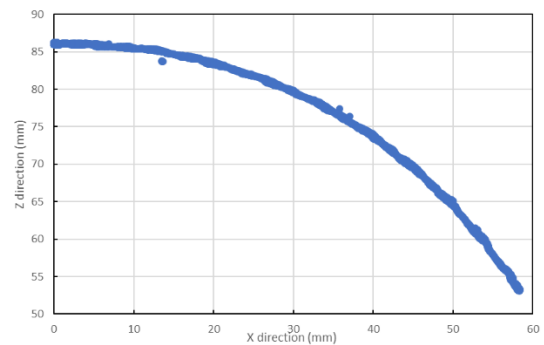


Fig5 Trajectory when bent to 90 degrees

4. 比較と考察

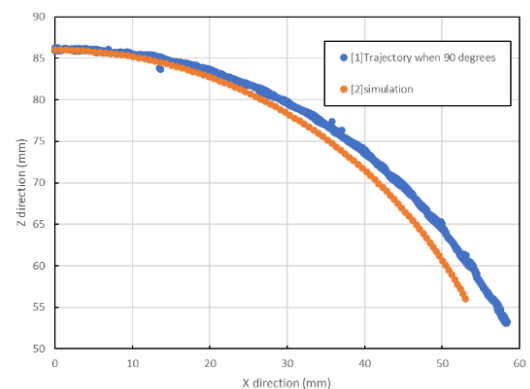


Fig6 Comparison of each trajectory

1

図 6 は図 3 のシミュレーションと図 5 の軌道実験で得た軌道と比較する図である。図 6 より X 軸が 30mm でのシミュレーションと軌道実験の差は 1.47mm, X 軸が 50mm での差は 4.37mm である。屈曲角度が大きくなるにつれてシミュレーションと軌道実験の差は広がっている。

次に Z 軸が 80mm でのシミュレーションと軌道実験の差は 2.79mm, Y 軸が 60mm での差は 3.48mm であった。Z 軸と同様に屈曲角度が大きくなるにつれてシミュレーションと軌道実験の差は広がっている。屈曲時の計算はばねの反発力を考慮せず、三角関数を用いた簡易的なシミュレーションを用いたため誤差が発生したと考えられる。今回の結果を考慮すると図 5 のシミュレーションも軌道は外側を通ると考えられる。

5. 結言

コイルばねによる柔軟性とワイヤ駆動による軽量化を用いた摘み取り機構を提案し、実際に製作した。手動でコイルばねを屈曲可能であることを確認し、駆動軌道を用いて手先の回転を制御可能であることを確認した。MATLAB やモーションキャプチャを用いて摘み取り機構の軌道シミュレーションや軌道実験を行い比較した。今後は今回の実験結果を考慮し、収穫実験のプログラム作成に役立てる。

謝辞

本研究は、高知県プロジェクト[“IOP(Internet of Plant)”が導く「NEXT 次世代型 施設園芸農業」への進化]の助成により行っています。

