

蚕の幼虫の把持と定置

Pick-and-place of silkworm larvae

○学 津田 裕大 (立命館大) 正 平井 慎一 (立命館大)

Yuta TSUDA, Ritsumeikan University, rr0129kr@ed.ritsumei.ac.jp

Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University, hirai@se.ritsumei.ac.jp

Most of the processes in the sericulture industry strongly rely on manual labor. In order to solve these problems, we propose to replace the current manual processes with robot automation. In this study, we propose a soft gripper that can pick and place silkworm larvae without damaging them. Gripping force measurements were performed for a rising gripper driven by a silicone belt. We measured the gripping force for various materials and dimensions of the silicone belt. In the gripping experiment, the objects to be gripped were a model and a silkworm, and six types of silicone belts were used.

Key Words: soft robot, grasping, air pressure

1 緒言

現在、養蚕業の工程の大半は手作業に依存しており、生産において多くの人手を要する。しかし、養蚕農家の少子高齢化、人手不足が深刻な問題となっており、今後、高齢化が進むことで養蚕農家の数が減少することも予想される [1]。これらの問題を解決するために、現在行われている手作業の工程をロボットによる自動化で代替することを提案する。養蚕業の工程をロボットが代替することによるメリットは、人手不足の解消だけではなく、養蚕業における蚕病の発生や農薬による蚕作不安定といった問題にも貢献できる。

本研究では、蚕の幼虫を簇へと移す工程に着目した。簇とは、蚕が繭を作るときの足場のことである。この工程をロボットで代替するために幼虫の把持と定置ができるグリッパを製作する。幼虫を傷つけずに把持することは、本研究において最大の課題である。幼虫は大きさや形に個体差があり、また柔軟であるため、通常のグリッパでは把持が非常に困難である。そこで、柔軟性を持ったシリコンを使用したソフトグリッパを提案する。

2 グリッパ

2.1 動作原理

先行研究 [2] を基に、図 1 に示すようなグリッパを製作した。グリッパの動作原理の概要図を図 2 に示す。空気圧シリンダの収縮による推力でシリコンベルトをを上昇させ、シリコンベルトと両端で固定された左右の爪が閉じることで把持する。この動作において、シリコンベルトを使用することで、過度な圧力の印加を防ぐことができる。

2.2 製作

製作したグリッパについて述べる。本グリッパのパーツ、型は 3D プリンタを用いて印刷した。空気圧シリンダは直径 10mm、ストローク 45mm のステンレススチールシリンダを使用した。グリッパのシリコンパーツは、シリコンベルトと把持する際の接触部分である爪のパーツであり、3D プリンタで印刷した型を用いて注型法により製作した。シリコンベルトは Ecoflex 00-30 と Ecoflex 00-50、爪のシリコンパーツは Ecoflex 00-50 を使用した。グリッパは把持状態のとき、爪が内側に 21 度回転し、把持接触面の間隔が 3.8mm 空いた状態で平行になる。シリコンベルトは、把持力を比較するために 3 つの寸法、2 種類の素材を用いて合計 6 種類を製作した。シリコンベルトの種類を表 1 に示す。6 つのベルトは、素材、寸法が異なる。

3 把持力測定

グリッパの把持力測定について述べる。力覚センサを用いて把持力測定を行った。グリッパの把持位置にあらかじめ力覚センサを設置し、測定を開始した後に空気圧をシリンダに印加し把持する。測定に用いるシリコンベルトは表 1 の 6 種類である。把持

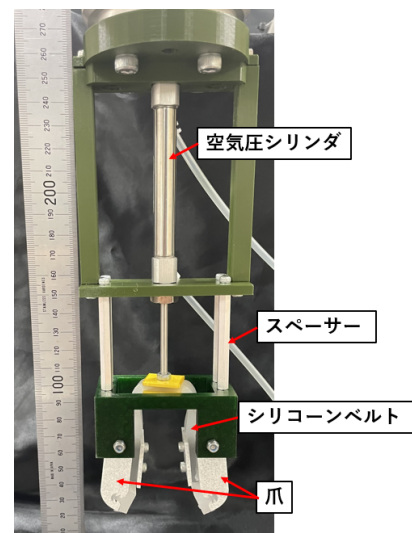


Fig.1: Overall view of gripper

Table 1: Types of silicone belts

番号	素材	寸法 [mm]
a	Ecoflex00-30	5 × 16 × 120
b		5 × 10 × 120
c		3 × 10 × 120
d	Ecoflex00-50	5 × 16 × 120
e		5 × 10 × 120
f		3 × 10 × 120

力測定の目的として、シリコンベルトの素材や寸法を変えることで把持力がどのように変わるかを比較する。また、測定によって得たデータをもとに、蚕の幼虫を把持するのに適したシリコンベルトを選定する。計測した把持力平均値の表を表 2 に示す。測定結果から、シリコンベルトの断面積を小さくする、または弾性率の小さい素材にするほど伸びが大きくなり、把持力が小さくなることが分かった。

4 把持実験

4.1 模型を対象とした把持実験

模型を対象とした実験では、自作の蚕の幼虫の模型を使用した。実験で使用する蚕の幼虫は熟蚕であるため、購入し育てる必要がある。また、実験ができる状態である時間が限られているため、頻繁に把持実験が行えない。そのため、自作の模型を用いて実験を行う。模型の模型は Dragonskin50 を注型することで製作

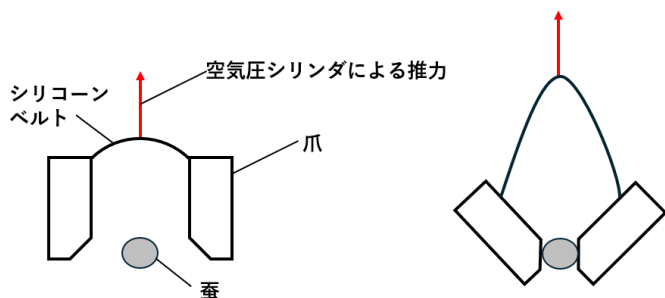


Fig.2: Operation principle

Table 2: Average value of gripping force

番号	把持力の平均値 [N]
a	0.47
b	0.27
c	0.19
d	0.72
e	0.65
f	0.43

した。実験目的は、グリップが模型の把持と定置ができるかを明確にすることである。使用するグリップはシリコンベルトを用いた上昇グリップであり、6種類のシリコンベルトを用いて実験する。1つのベルトにつき試行回数を5回とする。ロボットはUR ロボットを使用する。空気圧シリンダには1.5MPaを印加して把持する。模型は指定位置に置いた状態にする。ベルトaを用いて成功した実験のスナップショットを図3に、模型を対象とした把持実験結果を表3に示す。図3のスナップショットは実験開始から終了までの一連の流れを表している。

実験結果について考察する。把持に失敗したベルトは、模型を把持するのに十分な把持力がなかった。加えてベルトの厚みが十分ではなかったため、グリップの爪が左右対称に閉じることができず、模型を把持することができなかった。よって、シリコンベルトは不安定にならない程度の厚さが必要である。

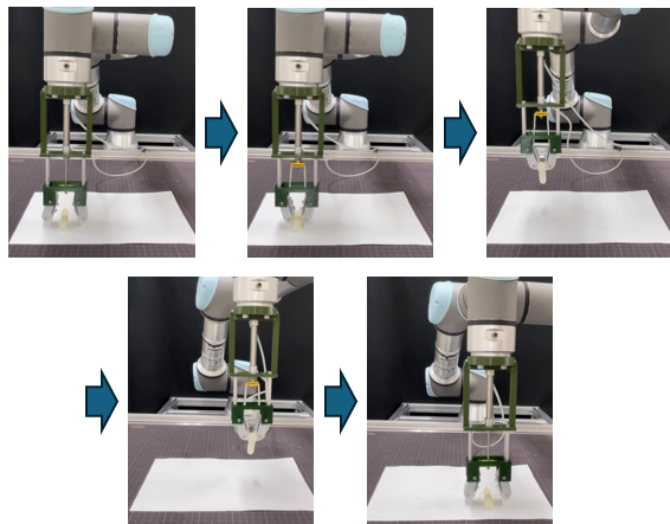


Fig.3: Snapshot of experiment on model

4.2 本物の幼虫を対象とした把持実験

蚕の幼虫を対象とした実験では、熟蚕まで育てた幼虫を使用した。実験目的は、グリップが蚕の幼虫を適切な力で把持できるか、定置ができるかを明確にすることである。また、把持実験後の幼虫への悪影響がないかを確かめる。実験環境は4.1節で行った実験と同様である。実験において、ベルトaは幼虫に対する把持力が高く、ダメージが大きいと判断したため1回の試行で終了した。また、ベルトa以上の把持力があるベルトd、ベルトeは

Table 3: Gripping experiment results for model

番号	把持成功率
a	5/5
b	3/5
c	0/5
d	5/5
e	5/5
f	2/5

実験を行わなかった。よって、ベルトa、ベルトb、ベルトc、ベルトfの4種類を用いて実験を行った。ベルトbを用いて成功した実験のスナップショットを図4に、実験結果を表4に示す。図4のスナップショットは実験開始から終了までの一連の流れを表している。

実験結果について考察する。表4より、実験結果はベルトbが最も成功率が高かった。一方、ベルトc、ベルトfはうまく把持ができなかった。把持できなかった原因として4.1節の実験結果と同じように、ベルトが薄すぎたため不安定になり、グリップの爪が左右対称に閉じることができず、模型を把持することができなかったためである。実験結果を模型を対象とした実験結果と比較する。蚕の幼虫は模型に比べて柔らかかったため、少ない力で把持することができた。しかし、蚕の幼虫の表面の摩擦力が模型に比べて小さい点、対象物がわずかながら動く点から模型と比べて把持中に爪のずれが生じた。そのため、うまく把持できない場面があった。最も成功率の高かったベルトbにおける失敗では、幼虫の動きによりグリップの爪にずれが生じ、移動中に落としてしまった。

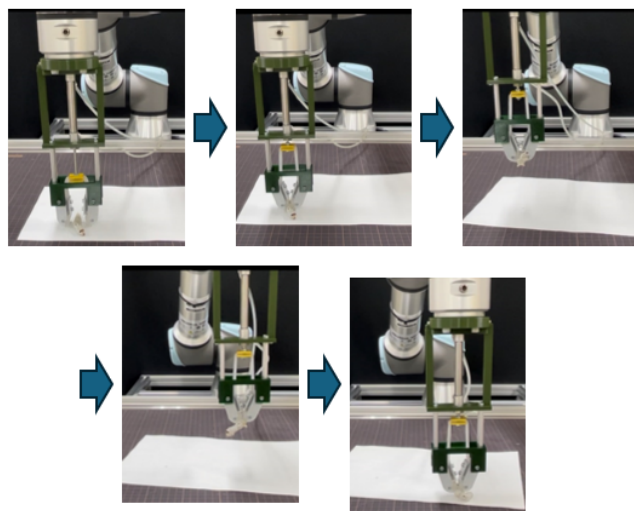


Fig.4: Snapshot of experiment on silkworm larvae

Table 4: Gripping experiment results for silkworm larvae

番号	把持成功率
a	1/1
b	4/5
c	0/5
f	1/5

5 結言

本研究では、蚕の幼虫の把持と定置が可能なグリップの開発と、そのグリップを用いて実験を行い、幼虫を傷つけずに把持と定置が可能かを明確にすることを目的とした。今後の展望として3点挙げる。第一に、グリップの改良である。本研究で用いたグリップの問題点として、グリップの爪が左右対称に閉じない場合があるという点がある。そのため、左右対称に閉じる機構を付け加える必要があると考える。第二に、幼虫の位置を認識する必要がある。実験では、把持する際に蚕の幼虫を定位置において

おく必要性があった。そのため、完全自動化を実現するためには、蚕の幼虫の位置や姿勢を検出するシステムの開発が求められる。第三に、シリコンベルトの形状の改良である。実験では寸法、素材を変えることによる把持力の変化を比較するために単純な形状にしたが、より適した把持力を求めるには新たに形状や寸法の改良が必要であると考ええる。

参考文献

- [1] 農林水産省, “蚕糸業をめぐる事情”, January 2024.
- [2] 盛影大樹, 平井慎一, 王忠奎, 野中明, “セパレートドライブグリップによる蚕の割愛操作”, 第 40 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2022), 東京都文京区・東京大学本郷キャンパス, Sept. 5-9, 2022.