

5. 紙で作った使い捨てフィンガー部を有する ロボットハンドに関する研究

ものづくり支援グループ
公立はこだて未来大学

○高橋滉平
三上貞芳、安藤直輝、山本黎真

1. はじめに

近年、日本では人口減少克服への対応策として人手作業の依存性が高く自動化が難しい「三品産業（食品・医薬品・化粧品）」においてロボットの導入が推進されている。北海道の基幹産業である食料品製造業でも、深刻な労働力不足に直面しており、同様に推進が図られているが、衛生管理や多岐にわたる食材への対応性など多様な課題から導入まで至らないことが多い。

そこで、食料品製造業で幅広い製品に利用でき、さらに衛生管理の問題点に着目し、短冊形の厚紙を数回折り込むだけで製作可能な使い捨てフィンガー部を有するロボットハンドを考案・試作し、基本性能について検証した。

2. ロボットハンドの基本形状

考案したロボットハンドを図1に示す。本ロボットハンドは、紙材料を用いて製作したフィンガー部と、リンク機構及びエアシリンダから成るドライバーから構成されている。フィンガー部には図2に示す少ない入力で複雑な動作が可能な劣駆動機構を採用し、支点を固定し、駆動点を押し出すことで2関節指型の包み込みハンドを実現している。ここで2つの節を指先から末節、基節、その中間部を中間節とする。フィンガー部は把持対象物に応じて、自由に長さを変更することが可能であるが、本稿においては人間の親指の長さの比率を参考に厚さ 0.45 mm、幅 40 mm、末節長さ 40 mm、基節長さ 60 mm、中間節長さ 25 mm のフィンガー部を基本形とした。さらに油污れや水濡れ対策として両面 PE 加工の厚紙を用いた。フィンガー部は図3に示す組立手順の通り、1枚の短冊形の厚紙を5回折り、3か所の切込みをかみ合わせるだけで製作可能であり、糊付けや他部品が不要である特徴を持つ。

3. 食料品のハンドリング試験

食料品の把持状況と柔らかい食料品を掴んだ後の形状変化の確認を行うためハンドリング試験を行った。把持対象物は、大きさが同程度で重さが異なる4品とした(図4)。試験方法は対象物を上方から掴み、持ち上げ、5秒間保持した後、初めの位置に戻す動作を1サイクルとした。試験の結果、4品とも全て持ち上げることができ、さらにパンやシュークリームなどの柔らかい食料品に関してはハンドリング後、潰れなどの形状を損なう様子は目視で確認されなかった。これはハンド材質及び形状によって包み込み把持が可能となり、把持対象物への圧力が分散されたためであると推測される。

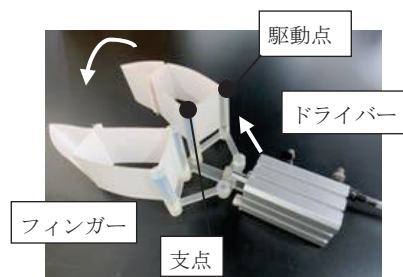


図1 ロボットハンド

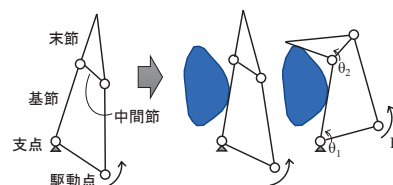


図2 駆動原理

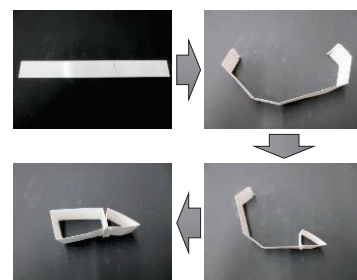


図3 フィンガー部組立手順

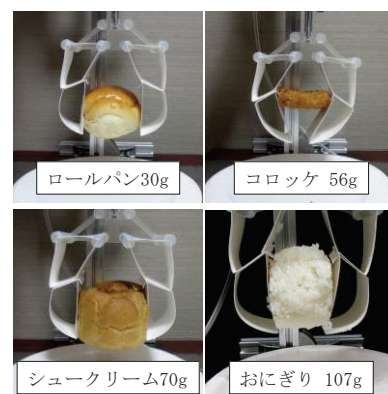


図4 食料品のハンドリング

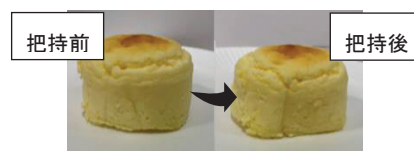


図5 柔らかい食品のハンドリング

そこで、人の手で持ち上げても跡が残るほど軟らかいチーズフレのお菓子を対象にハンドリング試験を行った(図 5)。その結果、形状を損ねることなく持ち上げることができたため、従来のロボットハンドでは、把持が困難である軟らかい対象物に対しても使用の可能性が確認された。

4. フィンガー部長さと把持力の関連性検証

フィンガー部を試作する中で、長さによって把持能力の違いが確認された。そこでフィンガー部長さと把持力の関係について検証するために図 6 に示す実験装置にて把持力の測定を行った。把持力の測定にはデジタルフォースゲージを用いて、片側のフィンガー部の押し付け力を測定し、その 2 倍の値を本ロボットハンドの把持力として算出した。なお、エアシリンダの空気圧と把持力の関係を確認するため、低圧かつ微小な圧力変化でも動作できる低フリクションシリンダと精密レギュレーターを用いて、空気圧を 0.01 MPa から 0.10 MPa までは 0.01 MPa 刻み、0.10 MPa から 0.30 MPa までは 0.05 MPa 刻みで測定を行った。またフォースゲージの接触位置は、各フィンガー部の支点から 30 mm とした。次に、表 1 に示す基節、末節、中間節の長さを変更したフィンガー部を準備し、それぞれの把持力測定実験を実験 1、実験 2、実験 3 とした。

実験 1 の把持力測定結果を図 7(1)に示す。この結果から全てのフィンガー部において把持力は加圧とともに増加し、0.10 MPa 以上では一定の値で推移した。また、フィンガー部長さによる把持力変化の効果は見られなかった。次に、実験 2 の把持力測定結果を図 7(2)に示す。実験 1 と同様に全てのフィンガー部において加圧を続けると把持力の増加が止まり一定の値で推移する特性が確認された。さらに、基節が長くなるほど、把持力が低下する傾向が示された。最後に、実験 3 の把持力測定結果を図 7(3)に示す。実験 1、2 と同様に全てのフィンガー部において加圧を続けると把持力の増加が止まり一定の値で推移する特性が確認された。さらに、中間節が長くなるほど、把持力が低下した。以上より、基節、中間節の長さを変更することで、把持力をコントロールでき、各節を短くするほど大きな把持力を有することが確認された。これは把持部の剛性に起因すると思われる。

5. おわりに

食料品のハンドリング試験の結果、100 g 程度の食料品に対して使用の可能性が確認されたことから、類似する食料品については現場導入も可能であると考え。なお、現場が求める耐久性、位置制御や高速運動時の挙動などに関しては今後検証が必要である。また、フィンガー部の長さによって把持力をコントロールできる傾向が得られたことから、大きさや重さの異なる対象物に対して適切な把持力を有するロボットハンドを作製できると考える。

<謝辞>

本研究の一部は、2022 年度 ノーステック財団「若手研究人材育成事業」によって実施しました。関係各位に謝意を表します。

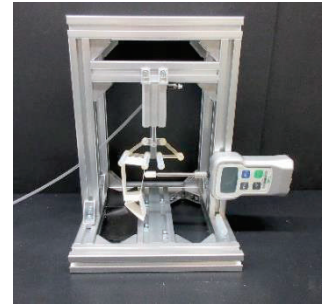


図 6 実験装置

表 1 フィンガー部の長さ
単位 [mm]

	実験1 A:末節	実験2 B:基節	実験3 C:中間節
①	20	40	5
②	30	50	15
③	50	70	35
④	60	80	45

※その他の長さは基本形の通り

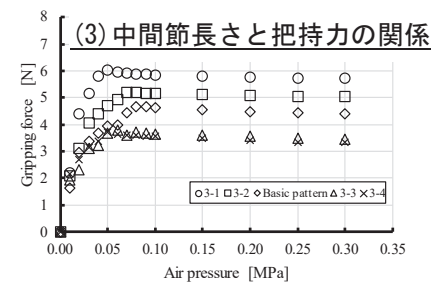
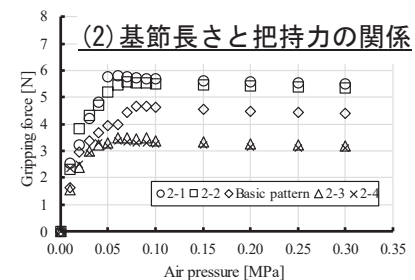
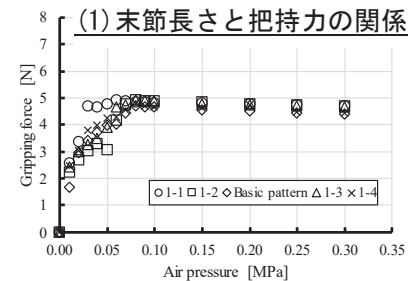


図 7 実験結果