

柔軟指ハンドによる多種類の物体のハンドリング

石川 淳一(立命館大) 平井 慎一(立命館大)

1. 緒言

現在の食品機械は、1つの製品を対象とした装置が主流である。これらの装置は、製造、整列、運搬、包装、仕分け、箱詰めまでの工程を1通り自動で行うことが可能である。また、一度に大量の製品を取り扱い生産することが可能である。しかし、製品の形状や重量が変化した場合、調整や新しい装置に取り替える必要がある。そのため、バラツキが多い作業は、現状は人手による作業が行われている。しかしながら、近年食品産業は国内生産による人件費の高騰、低賃金による人手不足という問題を抱えており、バラ積み作業の自動化が求められている。食品産業でバラ積み作業の自動化による課題として、機械・電子部品に比べ商品の移り変わりが早いことである。そのため、現状のロボットシステムでは対象物が変わる度に治具、ロボットの位置、パラメータの設定を変更する必要がある。ロボットシステムを調整するには特定のスキルを持った作業員でしかできないため、設備が使用可能な状態にするまでに時間やコストがかかってしまうという問題がある。また、現状の産業用ロボットは、剛性が高く、高精度の動作が可能なロボットが主流である。ところが、食品産業は自動車部品産業や電子部品産業に比べ、高い精度を必要とする作業を行わないため、食品産業では高性能による高コストという問題がある。

本報告では、低コストかつバラツキに強いロボットハンドを提案し、8種類の形状が異なる物体を把持できることを示す。また、このハンドを用いた食品作業での使用例を示す。

2. 柔軟指ハンド

2.1 柔軟指ハンドの特徴

今回、提案する柔軟指ハンドを図1, 2に示す[1]。このハンドは、大きさが最大200 × 200 × 220 mmで重量が250 gである。図3に把持機構、図4に指機構を示す。図3に示す把持機構は、1自由度で3本の指連動して動かし、物体を把持する。図4に示す指機構は、1自由度で上下に動作する並進関節の指が2本あり、そ

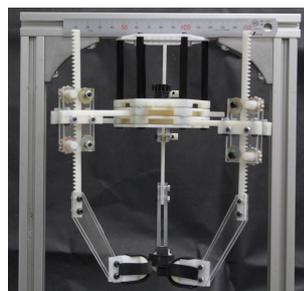


図1 正面

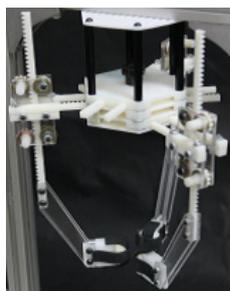


図2 アイソメ



図3 把持機構



図4 指機構

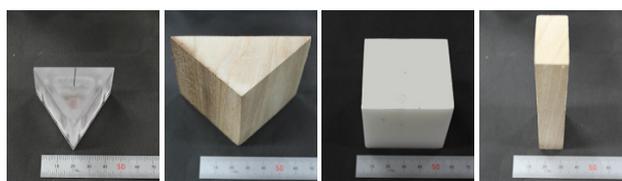
れによって物体の姿勢操作を行う[2]。このハンドは、計3自由度で動作し、把持機構、指機構には、ラックギヤを用いている。このハンドは、コスト削減を目指して軽量化を行っているため、剛性が低い構造となっている。

2.2 柔軟指について

柔軟指は、このハンドの指先に取り付けられている[3]。材質は、ポリウレタン製の半球であり、その表面にシリコンゴムが取り付けられている。シリコンゴムを取り付けることで、摩擦力が向上し安定した把持を行うことが可能となる。また、耐熱性・耐水性にも優れているため、食品に対しても適用可能である。柔軟指の利点として、3点が挙げられる。1点目は、柔軟指が変形することで、対象物と面接触で把持可能な点である。2点目は、外力の影響を小さく抑えることが可能な点である。3点目は、剛体指に比べ、少ない自由度で対処物の姿勢操作が行える点である。

3. 柔軟指ハンドを用いた物体の把持実験

柔軟指を用いることで、形状が異なる8種類の物体を把持が可能であることを確認する。今回の実験で使用した8種類の物体を図5に示す。



(a) 正三角柱 (b) 三角柱 (c) 立方体 (d) 直方体



(e) 台形 (f) 円柱 (g) 球 (h) 円錐

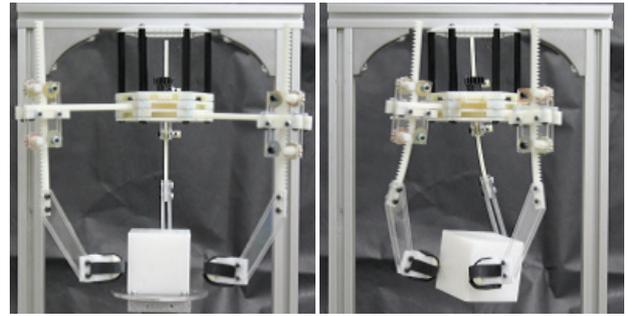
図5 8種類の対象物



図 6 実験環境

実験環境を図 6 に示す．以下に実験手順を示す．

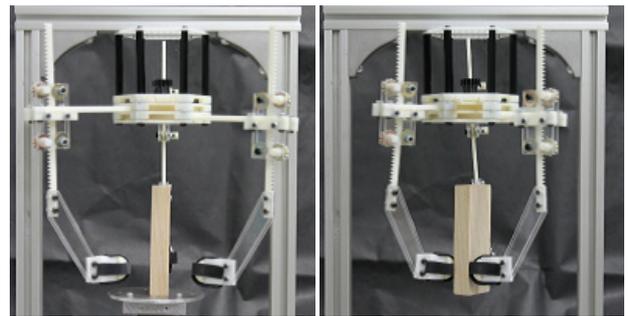
1. Z 軸ステージ上に物体を置く
2. Z 軸ステージを動かし，把持可能な高さまで移動させる．
3. 柔軟指ハンドの把持機構を動かし，物体把持を行う．
4. 物体が Z 軸ステージから離れるまで下げる．
5. 柔軟指ハンドが物体把持可能かどうかを確認する．
6. 1～5 の手順を 8 回繰り返し，8 種類すべての物体の把持実験を行う．



(a) 把持前

(b) 把持後

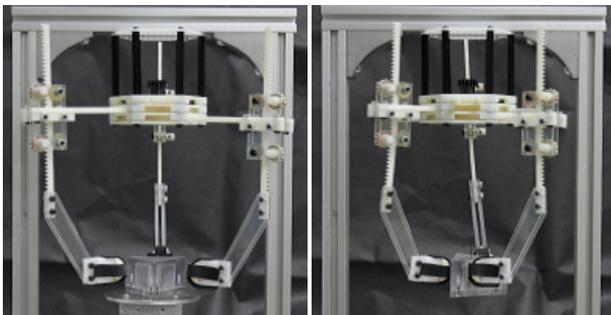
図 9 立方体の把持実験



(a) 直方体の把持前

(b) 把持後

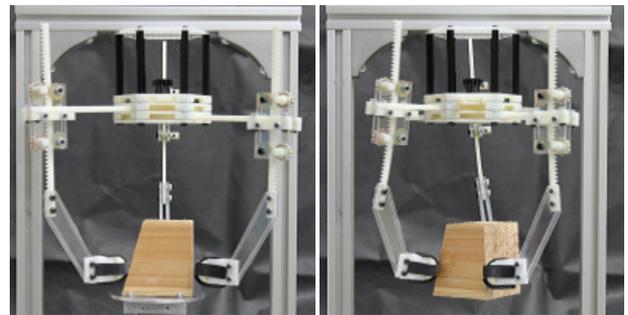
図 10 直方体の把持実験



(a) 把持前

(b) 把持後

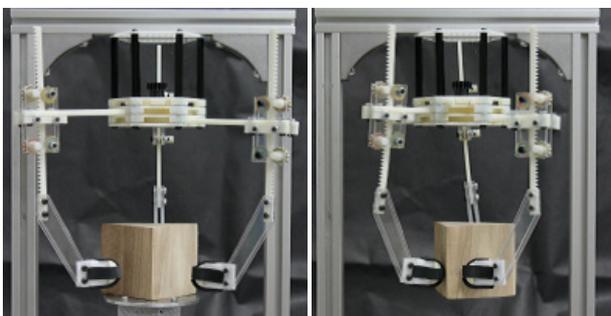
図 7 正三角柱の把持実験



(a) 把持前

(b) 把持後

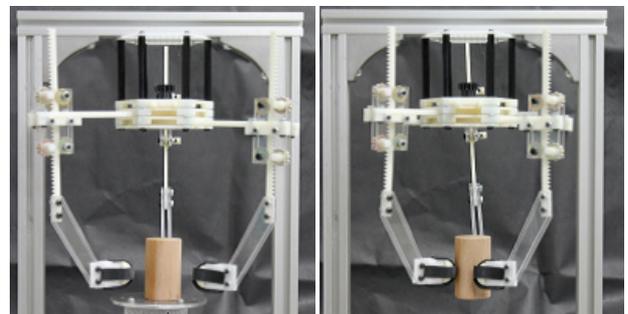
図 11 台形の把持実験



(a) 把持前

(b) 把持後

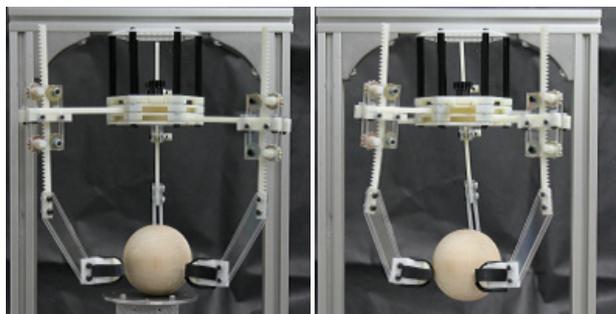
図 8 三角柱の把持実験



(a) 円柱の把持前

(b) 把持後

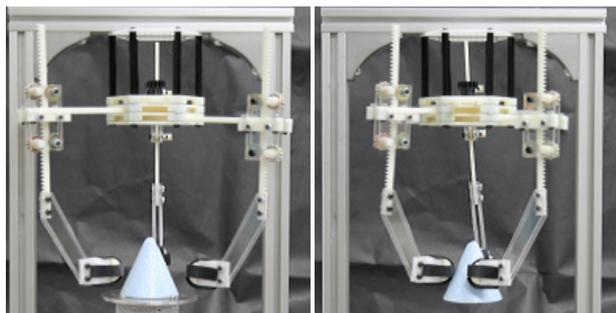
図 12 円柱の把持実験



(a) 把持前

(b) 把持後

図 13 球の把持実験



(a) 把持前

(b) 把持後

図 14 円錐の把持実験

実験結果を図 7 から図 14 までに示す．結果より，柔軟指を用いることで 8 種類の形状が異なる形状の物体を把持できることがわかった．対象物の初期位置に多少の位置誤差があっても，3 本の指が連動し把持動作を行うことで対象物を中心に巻き込みながら把持ができることがわかった．図 9(b)，10(b) から，指機構が物体を把持するときの反力を受けることで，指の配置が物体の形状に沿いながら把持することがわかった．これは，指機構のラックギヤも柔軟であったためである．

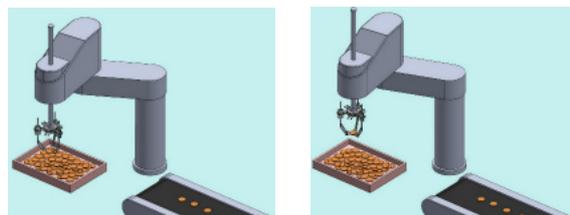
このことから，指機構自体も柔軟である方が，物体の形状に合った把持が行えるのではないかと考える．

4. 食品産業での柔軟指ハンドの利用

食品産業でのバラ積み作業の利用を図 15 に示す．ロボットハンドにカメラを取り付けて，物体を輪郭を検出する．物体の大きさまでハンドを開き，柔軟指によってバラ積みされた物体を把持する．物体の姿勢をカメラを用いて検出し，ビジュアルフィードバック方式を利用して，目標の姿勢に操作し物体を配置する．

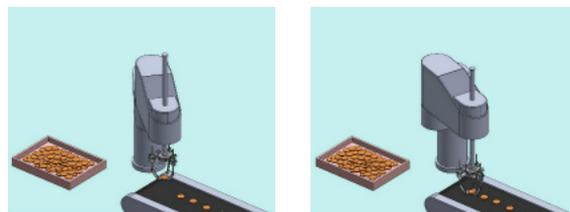
これにより，図 16 に示す現状の食品機械の整列・運搬作業をロボットアームと柔軟指ハンドを中心に作業を行うことで，図 17 のように簡略化できるのではないかと考えている．

これが実現すれば，工場内の設備の省スペース化や，中小企業のような小さな工場での導入が可能になると期待される．



(a) 把持

(b) 持ち上げ



(c) 移動

(d) 設置

図 15 柔軟指ハンドを用いたバラ積み作業例

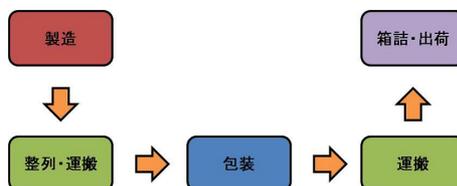


図 16 食品機械による作業工程

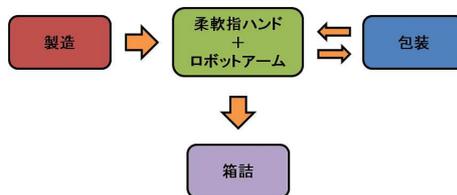


図 17 柔軟指ハンドによる作業工程

5. 結言

本報告では，食品産業で活躍可能なバラツキに強いロボットハンドを紹介し，8 種類の形状が異なる物体のピックアップに成功することができた．また，食品産業への利用例を示した．今後は，アクチュエータを搭載し，対象物の姿勢操作やレオロジー物体の把持・姿勢操作を行う．さらに，食品を扱うために安全性を考慮した素材や機器の選定が必要となる．

参考文献

- [1] 石川 淳一，平井 慎一，“並進関節を用いた柔軟 3 指による把持対象物の姿勢制御”，ロボティクス・メカトロニクス'13 講演会予稿集 CD-ROM, Tsukuba, May 22-25, 2013．
- [2] 中谷 泰隆，平井 慎一，“並進関節による把持物体操作”，第 29 回日本ロボット学会学術講演会，豊洲，Sept. 7-9, 2011．
- [3] 井上 貴浩，平井 慎一，“柔軟指による物体操作のダイナミクス”，ロボティクスシンポジウム予稿集，pp.156-162, 2007．