

並進 4 自由度柔軟 3 指ハンドによる多様な物体の把持

Grasping of Various Objects by Four Degree of Freedom Three-Fingered Hand with Soft fingertip by Translational Joints

○望月 大督 (立命館大学) 平井 慎一 (立命館大学)

Daisuke MOCHIZUKI, Ritsumeikan University
Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

It is difficult for a grasping mechanism used for industrial robots to correspond to various shaped objects. This is because the grasping mechanism of industrial robots are designed to each object. A human finger can grasp and operate objects well because a human finger is soft and flexible. So, this article focuses on the three-fingered hand with soft fingertips with translational joints. The touch area of soft fingertips is wider than that of hard fingertips, so soft fingertips are able to grasp various objects. We verified whether this hand could grasp various objects.

Key Words: Soft fingertip, Grasping, Translational joint

1. 緒言

近年、労働人口の減少や人件費の上昇により、食品製造業における生産ラインの自動化が求められている[1]。しかし多様な形状を持つ食品に対し、一対一の対応でそれぞれ別のロボットハンドを導入しようとすれば手間やコストがかかる。そのため、対象物の形状の違い、または向きのバラつきに対処できる、すなわちそれ 1 つで多種多様な物体の把持が可能なロボットハンドが必要とされている[2]~[4]。

人間は柔軟な指先を持ち、多様な形状の対象物を安定して把持することができる[5]。柔軟指の特徴として、対象物の形状に応じて指先の形状を柔軟に変形できるため、対象物を面接触で安定して把持することができる。また、指先が変形することで外力による影響を抑えることができ、把持の失敗や対象物の損傷などを防げることがある。

そこで、本研究室で製作された、並進関節を用いた柔軟 3 指のハンドに注目する。このハンドは 3 本の柔軟指が連動して開閉する。またそれぞれの指が左右に 6° ずつ回転するため、様々な把持対象物の形状に対応して把持できると予想される。

本報告は、並進関節を用いた柔軟な指先を有する柔軟 3 指ハンドを用いて、多様な物体の把持ができるかどうかを検証する。

2. 並進 4 自由度柔軟 3 指ハンド

2.1 ハンド

本実験で使用する並進関節を用いた 4 自由度柔軟 3 指ハンドを図 1 に示す。このハンドは、把持機構に 1 自由度、指機構に 3 自由度の合計 4 自由度から構成されている。このハンドの重量は、490 g であるため、要求仕様の 500 g 以内に収めることができた。また、最大可搬重量は 900 g であった。3 本の指先に柔軟指がそれぞれ 1 個ずつ取り付けられている。株式会社エクシールコーポレーションの人肌ゲルの硬さ 0 を用いて柔軟指を製作した。柔軟指の形状は半径 10mm の半球である。

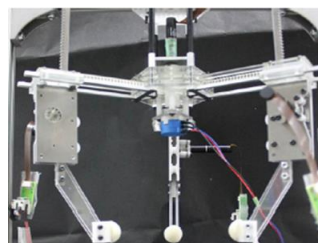


Fig.1 Front view of hand

2.2 指機構

指機構の機構を図 2 に、動作を図 3 に示す。このハンドの指機構には、図 2 のような機械的な隙間がある。指機構のラックギヤ部分が前に 2 度、後ろに 3 度に傾く。これにより、対象物を把持したとき、物体の形状になじむことを期待している。また、指機構の指が左右 6 度ずつ回転をする。これにより対象物を把持するときに、対象物の形状に沿って把持することが期待される。

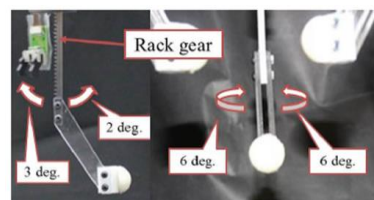


Fig.2 Flexible motion range

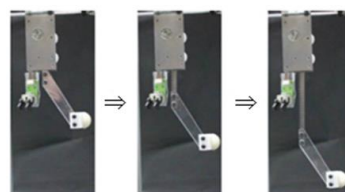


Fig.3 Motion of finger mechanism

3. 食品サンプルの把持実験

3.1 実験方法

本実験では2節で述べたハンドを用いて、3種類の食品サンプルの把持を行う。実験環境を図4に、対象物を置くZ軸ステージを図5に示し、実験で使用する3種類の食品サンプルを図6に示す。今回、対象物を置く位置はZ軸ステージ上の9通りで行い、対象物の向きは 0° 、 90° 、 180° の3通りで行う。また、同じ位置、同じ向きでの把持実験をそれぞれ10回ずつ行う。よって全部で270回の把持実験を行う。図7にZ軸ステージ上の対象物設置位置を示す。また、図8に示すようにZ軸ステージ上に9つの点を1cm間隔で網目上でとり、左上から右下まで順に1~9までの番号をつけた。

実験の手順としては、まず対象物をZ軸ステージ上に任意の位置と向きに合わせて置いたあと、ハンドが対象物を把持できるようZ軸ステージの高さを調節する。次にハンドを起動させ対象物の把持を行い、そのまま対象物がZ軸ステージから離れるまでステージの高さを下げる。最後にハンドが対象物を把持できているかを10秒間確認する。

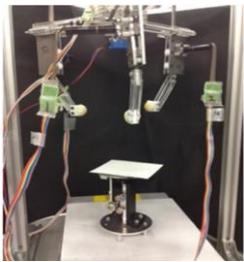


Fig.4 Experimental setup

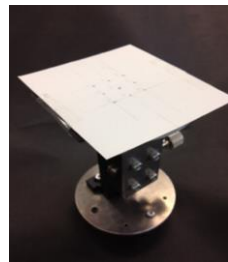


Fig.5 Z-axis stage



(a) Egg



(b) Fried chicken



(c) salmon

Fig.6 Food samples

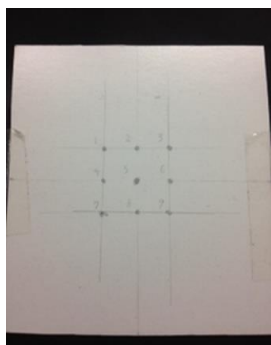


Fig.7 Position of the object

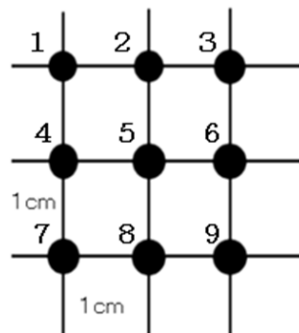


Fig.8 Number of position

3.2 実験結果

実験結果を図9~11に示す。各表は図8で番号をつけたそれぞれの位置と、その位置で対象物を10回中何回把持できたかを示しており、0~10までの11段階である。また各表の下は柔軟指と対象物の位置関係と向きを示しており、○は柔軟指の位置を示す。図9に示すように、ハンドはたまごの切り身の食品サンプルを常に把持することがわかった。また、図10に示すようにからあげの食品サンプルを多くの場合で把持することがわかった。図11に示すように鮭の切り身の食品サンプルに関しては、姿勢が 0° あるいは 180° のときは、多くの位置で把持することができた。しかし、位置によっては10回中0回ないしは6回という低い成功率に留まった。切り身の食品サンプルが姿勢 90° のとき、ハンドはサンプルをほとんど把持することができなかった。

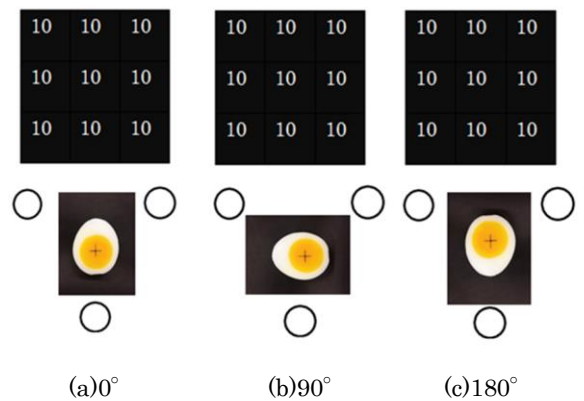


Fig.9 Experimental result of egg sample

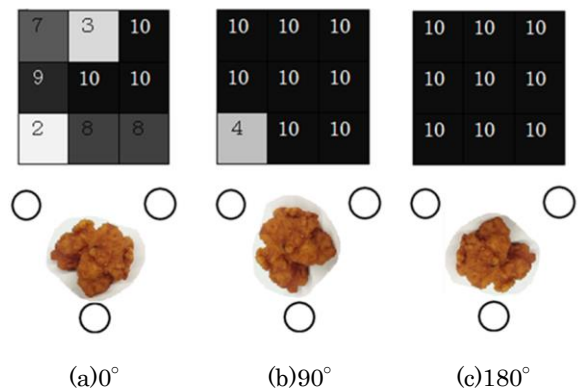


Fig.10 Experimental result of fried chicken sample

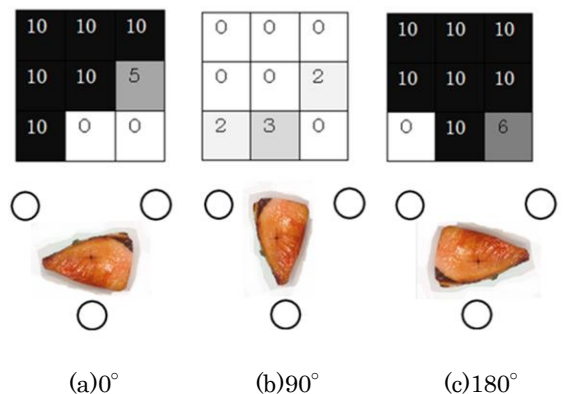


Fig.11 Experimental result of salmon sample

4. 側面の傾斜角度が異なる対象物の把持実験

4.1 実験目的

3 節の実験において、鮭の食品サンプルが 90° の場合、把持成功率が低かった。これは用いた鮭の食品サンプルの側面が傾斜しているためであり、その傾斜角度によって対象物を把持できるかどうかが変わってくると考えた。そこで、本節では側面の傾斜角度が異なる 6 種類の対象物を用意し、どの角度で把持可能であるかを検証する。

4.2 実験方法

図 12 に実験で使用する 6 種類の対象物を示す。対象物の形状は、側面のうち 1 つに $90^\circ \sim 15^\circ$ までの決まった角度がつけられたものであり、その傾斜角度は左上から右下まで順に 90° , 75° , 60° , 45° , 30° , 15° となっている。実験環境は図 5 と同様である。この実験では、図 13 のように 3 指のうち 2 指を用いて、傾斜のある面とその反対の面とを挟み込むようにし、把持実験を行った。またそれぞれの対象物に対し 10 回ずつ把持実験を行った。

実験の手順は、1 種類の対象物に対して複数の位置や角度で試すという点と、ハンドの 2 本の指飲みを使って行うこと以外は 3 節の実験と同様である。

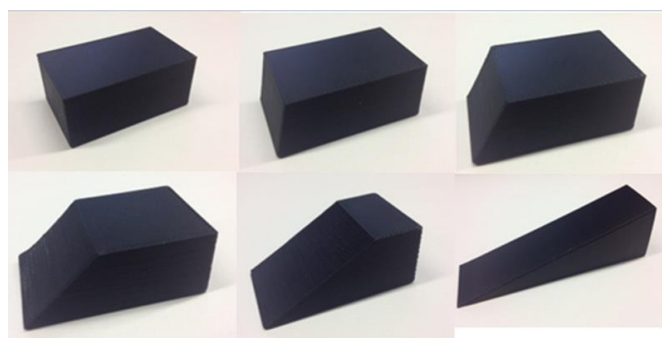


Fig.12 Six grasped objects

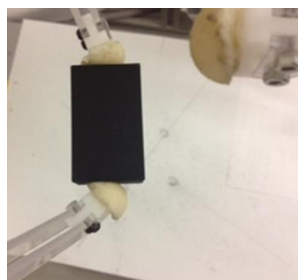


Fig.13 Grasping of two fingers

4.3 実験結果

実験結果を図 14 に示す。側面の傾斜角度が 90° , 75° , 60° の 3 つの対象物は 10 回中 10 回把持することができた。 45° の対象物は 10 回中 3 回しか把持できず、今実験の条件下で把持できたとみなした場合でも約 20 秒で落としてしまった。 45° の対象物を把持した時の写真が図 14 (d) である。また 30° と 15° の対象物に関しては傾斜が急であったため一度も把持することはできなかった。この結果より、対象物の側面の傾斜角度が小さくなるほど把持成功率が低くなると考えられる。また、10 回中 10 回の把持ができなくなる側面の傾斜角度が $60^\circ \sim 45^\circ$ の間に存在していることが予想される。

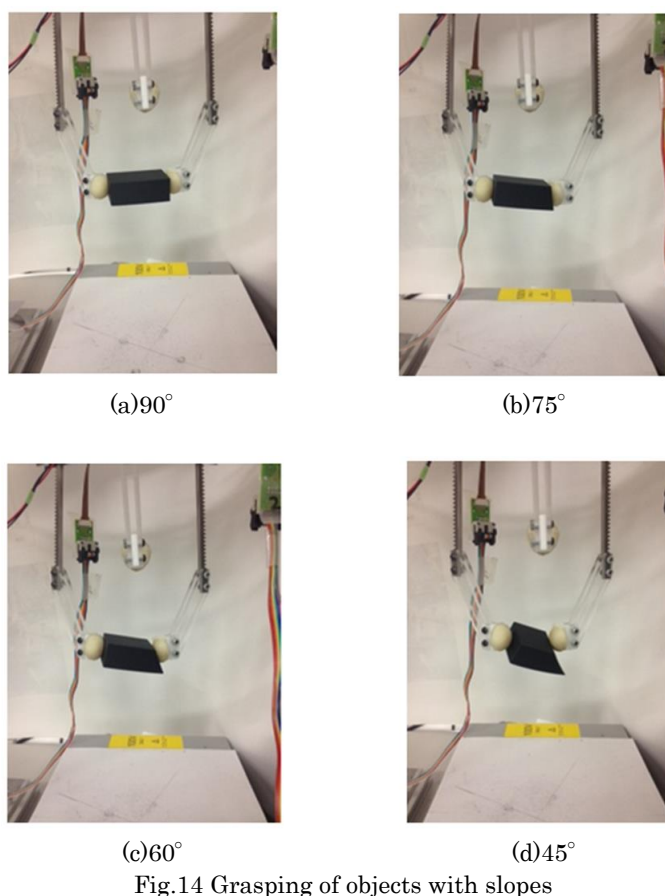


Fig.14 Grasping of objects with slopes

5. 結言

本報告では、並進 4 自由度柔軟 3 指ハンドを用いて、3 種類の食品サンプル及び側面の傾斜角度が異なる 6 種類の対象物の把持実験を行った。たまごの食品サンプルは全ての位置と向きに置いて把持することがわかった。からあげの食品サンプルには多くの位置や向きで安定して把持することがわかった。鮭の切り身の食品サンプルにおいては、位置や向きによって把持が難しい場合があるということがわかった。

また、側面の傾斜角度が 60° までの対象物は安定して把持することができ、傾斜角度が小さくなるほど安定した把持ができなくなることがわかった。

文 献

- [1] 弘中泰雅: “ムダをなくして利益を生み出す食品工場の生産管理,” 日刊工業新聞社, 2011.
- [2] 野田哲男, 田中健一: “産学連携による産業用ロボットの知能化技術の開発事例,” 第 30 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 札幌, Sept. 17-20, 2012.
- [3] B.-S. Kim and J.-B. Song: “Object Grasping Using a 1 DOF Variable Stiffness Gripper Actuated by a Hybrid Variable Stiffness Actuator,” Proc. of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.4620-4625, 2011.
- [4] H. Choi, M. Ko: “Design and feasibility tests of a flexible gripper based on inflatable rubber pockets,” International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.46, no.12-13, pp1350-1361, 2006.
- [5] T. Inoue, S. Hirai: “Mechanics and Control of Soft-fingered Manipulation,” Springer-Verlag, 2008.