

ロボットハンドによる粒の認識および流量制御に関する研究

A Study on Particle Recognition and Flow Control Using Robot Hand

○ 尾関沙羅 (農工大) 正 水内郁夫 (農工大)

Sara OZEKI, TUAT, ozeki@mizuuchi.lab.tuat.ac.jp

Ikuo MIZUUCHI, TUAT, ikuo@mizuuchi.lab.tuat.ac.jp

Pizza has a number of toppings and human sprinkle them skillfully with their hands. When such a sprinkle operation is realized by a robot hand, it become possible to recognize the size, shape, and hardness of the object and drop it evenly, that is, by controlling the flow rate of the grain. Therefore, the purpose of this study is to recognize various information of objects and to evenly sprinkle using a hand. In this paper, we focused on the position, and made a hand to control the flow rate of the grain from the information.

Key Words: Robot hand, Manipulation

1 緒言

ピザには数多くのトッピングとなる食材があり、人間はそれらを手を使って匠みに撒く。このような料理における撒くという動作をロボットハンドで実現する場合、撒く対象の大きさや形状、硬さを認識し、均等になるように落とす、つまり粒の流量を制御することでそれが可能になると考えた。対象となる物が違えば撒き方も変わっているため、その特徴を認識し撒き方を判断することが望ましい。また、物体を均等に落とす方法はベルトコンベアや目の粗さが可変なふるいを使うなどいくつか考えられるが、そのような撒く専用機は他の作業に対して汎用性がない。料理では撒く以外の動作も求められるため、本研究では汎用性のあるロボットハンドを使用する。ロボットハンドを使って複数の物体を操作する研究として、力覚情報から注ぎ動作を行う研究 [1] がある。この手法でも撒く動作は可能だが、対象物が袋などに入っていないなければならないという条件が付いてしまう。しかしハンドで直接撒くことができればそのような制限はなくなる。そこで本研究では撒く対象となる物のさまざまな情報を認識し、ハンドを利用して均等に撒くことを目的とする。その中でも本稿では位置に着目し、その情報から粒の流量を制御することを目的としたハンドを製作した。

2 粒の位置が認識可能なハンドの製作

粒の情報には形状、大きさ、硬さ、触感、位置、姿勢、重なり合いなど複数あるが今回は粒の位置情報に着目する。図2に粒と指先までの距離を測定するためwebカメラを組み込んだロボットハンドを示す。指は2枚の透明なアクリル板を使用し、把持部は60x56mmの長方形である。一方の板はサーボモジュールによって回転開閉動作をし、またその動的な板には厚さ10mmのスポンジを設け、複数の粒を把持した際、粒の小さな形状の差によって板に接触しない粒が生じることを防ぐ。このハンドはロボットアームに取り付けることが可能で、ハンド自体の位置と姿勢はアームによって制御する。

3 実験

製作したハンドを用い、任意の時間間隔にひと粒落とすことで粒の流量制御を行う。粒がハンドからこぼれ落ちる方向は鉛直方向のみを想定し、その端部から粒までの鉛直距離に応じて開き角度つまりサーボモジュールの角度を操作する。

3.1 製作したハンドの評価

はじめに粒の位置情報と開き角度の関係を得る。予めひと粒挟んだ状態から目標角度まで一定時間でハンドを開き、落下が確認されるまで目標角度を 0.1° ずつ増やしていく。本章第二節の実験では、初期角度から目標角度まで一定時間で連続的にハンドを開くため、ハンドが開く速度によって粒にハンドと平行方向の力がかかる。断続的に試行してしまうとその影響が考慮されなくなるため、試行ごとに初期角度から開くようにする。しかしスポ

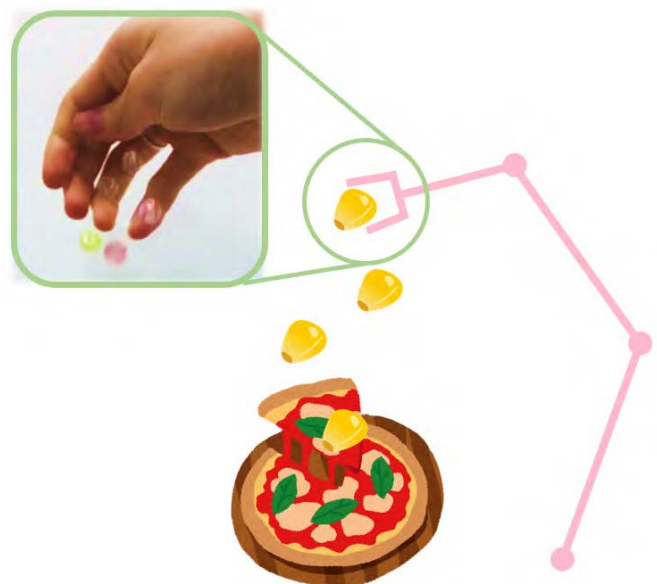


Fig.1 Robot sprinkling ingredients

ンジやビーズの微小な凹凸のため、落下を確認した1-5サイクル前間で粒が落ち始めても途中で引っかかってしまう場合があり、粒が初期位置からずれてしまう。そこで記録する位置は落下が確認された1-2サイクル前の位置とする。二枚の指となる板が平行となる角度を初期角度とし、開くまでの時間は0.8秒、垂直にしたとき 0° とするとハンドの姿勢は 10° で行う。粒は直径11.6-11.9mmの球状のビーズをランダムに使用する。実験結果を図4に示す。近似直線に対してハンド端部からの距離が18mm未満のときではおよそ $+0.1^\circ$ 、 -0.2° 、18mm以上のときではおよそ $+0.4^\circ$ 、 -0.1° のばらつきが生じている。この結果から開き角度と粒の位置 x は二次関数近似で

$$\theta = -1.16x^2 \times 10^{-4} + 3.40x \times 10^{-2} + 0.20 + 0.10 \quad (1)$$

と表すことができる。これにばらつきの影響を考慮させた式を、

$$\theta = \begin{cases} -1.16x^2 \times 10^{-4} + 3.40x \times 10^{-2} + 0.20 + 0.10 & (x < 18) \\ -1.16x^2 \times 10^{-4} + 3.40x \times 10^{-2} + 0.20 + 0.10 & (x \geq 18) \end{cases} \quad (2)$$

とする。

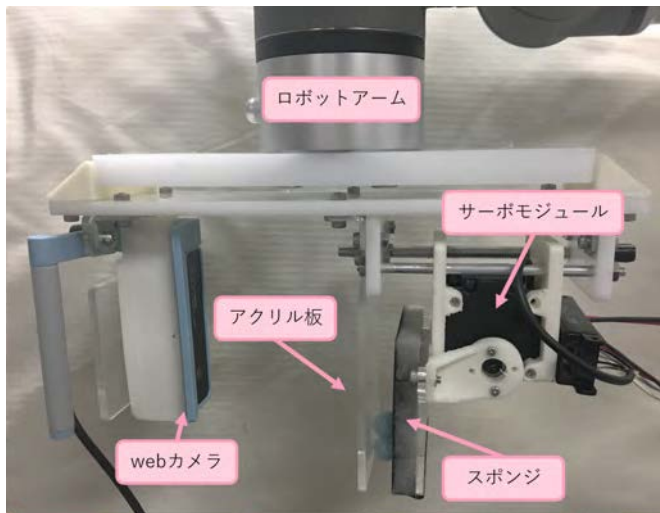


Fig.2 Hand

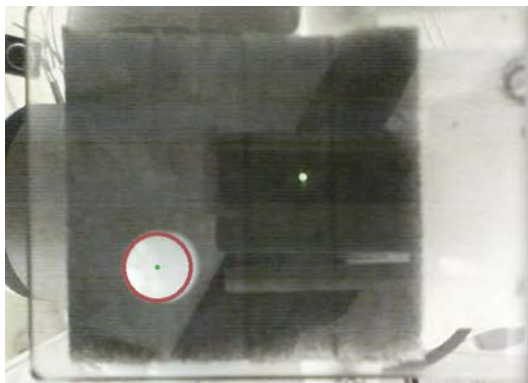


Fig.3 Image seen from camera

3.2 粒の流量制御のための実験

粒の流量制御を行うには任意の粒だけを落とすことが求められる。従って粒の間隔が粒の直径より 0.4-0.1mm 大きい 12mm 以下である 2 つの粒を挟んだ状態で以下の手順を実行し、任意の粒以外が落ちないかを検証する。粒とハンド端部までの距離が 5mm 間隔ごとに評価を行い、各検証数は 10 回以上とする。

- ハンド端部からの距離が一番短い粒の位置を測定。
- 式 (2) から開き角度を求め、その角度に移動。
- 粒の数を確認。
- 初期角度に移動。

実験結果を表 1 に示す。ここで、成功とは粒を 1 サイクルでひと粒落とすことができることである。粒がハンド端部から 15mm までの距離にある場合の成功率は 100% となったが、15mm を超えたところから成功率が下がった。これは図 2 の結果から分かるように、粒がおよそ 18mm 以降にある際の特性が 18mm 以下の際と比べて違うことや、その特性の変化に対してハンドの評価に対するデータが不足していることから式 (2) を断続的な場合分けとしてしまったことが原因であると考えられる。しかしハンドの微細な動きにより任意の粒を落とすことの可能性は示されたため、それを一定時間間隔で行えば粒の流量制御が実現する。

4 結言

本研究では様々な大きさや形状、硬さの物体を認識し均等に撒くことを目的とし、本稿では粒の位置情報に着目した上で粒の流

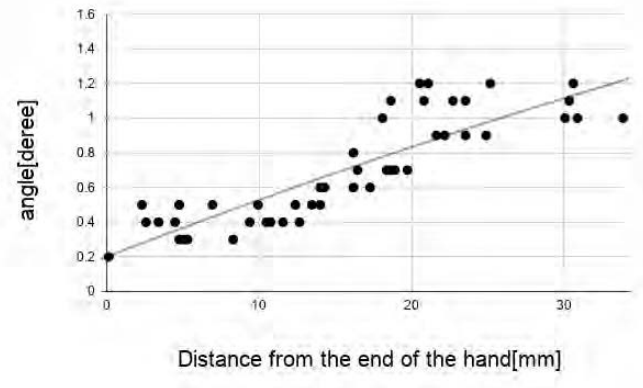


Fig.4 A characteristic of hand

Table 1 Success rate of the experiment

ハンド端部からの距離 [mm]	成功率 [%]
0-5	100
5-10	100
10-15	100
15-20	74
20-25	70
25-30	70

量制御を行った。予め粒の位置とハンドの開き角度の関係を実機での実験で取得することによって動作の実現が可能となった。しかし実機での検証には膨大な時間がかかり、今回のようにデータ不足になってしまう場合があるため、モデル化を行いシミュレーションや学習 [2] を活用した動作計画が求められる。また、本研究の目的を達成するためには位置情報だけでなく形状、大きさ、硬さ、触感、姿勢、重なり合いなどを認識し、自由度の多いハンドを利用することが望ましい。認識では外部から見えない手の中のそれらの情報を取得する手法として触覚センサが有用であると考えられる [3]。また他自由度な機構を有する手段としてソフトロボティクスや磁力を活用したロボットの製作にも取り組んで行く。

参考文献

- [1] 土屋裕社, 清川拓哉, Gustavo Alfonso Garcia Ricardez, 高松淳, 小笠原司. 双腕ロボットを用いた力覚情報に基づく柔軟容器からの注ぎ動作. 第 19 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2018), pp. 3A2-07, 2018.
- [2] Sergey Levine Anusha Nagabandi, Kurt Konoglie and Vikash Kumar. Deep dynamics models for learning dexterous manipulation. *arXiv preprint arXiv:1603.04467*, 2019.
- [3] Takamitsu Matsubara and Kotaro Shibata. Active tactile exploration with uncertainty and travel cost for fast shape estimation of unknown objects. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 91. pp. 314326, , 2017.