

デプス情報に基づく裁断食品のピックング

○沖野友亮 (立命館大学) 栗山佳之 (立命館大学)
王忠奎 (立命館大学) 平井慎一 (立命館大学)

1. 緒言

現在、日本のコンビニエンスストアなどで販売されている弁当の盛り付け作業は人の手によって行われている。食品は大きさや形状が様々なため、ロボットによるピックングが難しい。中でも刻みネギや千切りキャベツに代表される裁断食品はこぼれ落ちやすいため、従来のロボット用グリッパでは把持ができなかった。Tsummori Hand[1]は円周状に配置した複数の剛体の指を用いることで、切り干し大根などの把持を実現した。他方、我々は包み込みグリッパ [2]を開発した。裁断食品を包み込むように把持することで、食品がこぼれ落ちることを防ぐという特徴をもつ。

ハードウェアの工夫により裁断食品の把持が可能であることは示されたが、ピックング量のばらつきが大きいという課題がある。裁断食品はたとえ表面を均してもある程度の凹凸が残る。先行研究では、この凹凸に合わせてグリッパの位置を調節していないため、ピックング量にばらつきが生じると考えられる。そこで本研究では、裁断食品のピックング位置の決定方法を提案し、その位置から裁断食品をピックングすることでピックング量のばらつきを抑制できることを示す。

2. リーチングポイントの定義

図1に、本稿で用いる用語の定義を示す。食品にグリッパを挿入する際に基準となる位置をリーチングポイント \mathbf{p} と定義し、 \mathbf{p} を基準点としてどの程度グリッパを降下させるかというパラメータを差込深さ d とする。また、バットの底面と \mathbf{p} との距離を h_p とする。

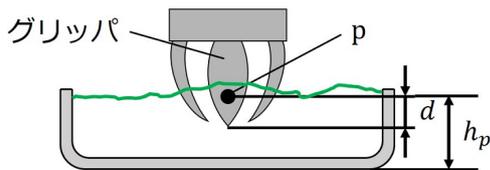


図1: リーチングポイントと差込深さの定義

3. 裁断食品ピックングシステム

図2に、製作した裁断食品ピックングシステムを示す。システムは主に、包み込みグリッパ、ロボットアーム (デンソーウェーブ製 VP-6242)、デプスカメラ (Intel 製 RealSense D435)、電子天びん (島津製作所製 UX6200H) から構成される。また、空気圧弁はグリッパの開閉を行うために用いており、マイクロコントローラ (STMicroelectronics 製 STM32F303K8T6) によって制御される。これらの構成要素は ROS (Robot Operating System) により統合されており、食品のピックングおよびピックングした食品の計量を自動で行う。

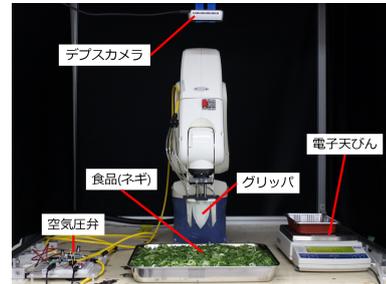


図2: 実験システム

4. リーチングポイントの決定

図3に、リーチングポイント \mathbf{p} の決定方法を示す。まず、デプスカメラを用いて、裁断食品の表面形状を3次元点群データとして取得する。次に \mathbf{p} の xy 座標 (p_x, p_y) を決め、中心軸がロボットの基準座標系 z 軸と並行でかつ (p_x, p_y) を通る直径 50 [mm] の円柱を考える。この円柱の内部に含まれる全ての点群の高さの平均値を計算し、その値を h_p とする。ピックングの際、まずグリッパの先端位置が \mathbf{p} に一致するようにグリッパを移動する。その後グリッパを d だけ降下させ、ピックングを行う。

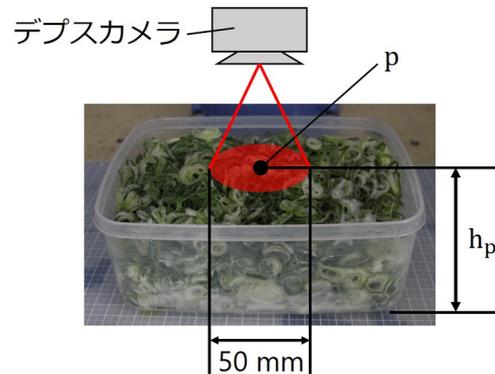


図3: デプス情報に基づくリーチングポイントの決定

5. 実験

5.1 実験方法

バット (340 × 260 × H40 [mm]) 内に敷き詰めた刻みネギをピックングし、電子天びんによりピックング量を計測した。ネギの表面の高さは目視でバットの高さ (40 [mm]) と一致させ、実験前にはネギの表面を手で十分に均した。リーチングポイントの z 座標は、デプス情報を用いない場合は一定とし、デプス情報を用いる場合は図1および図3に示す h_p とした。グリッパの差

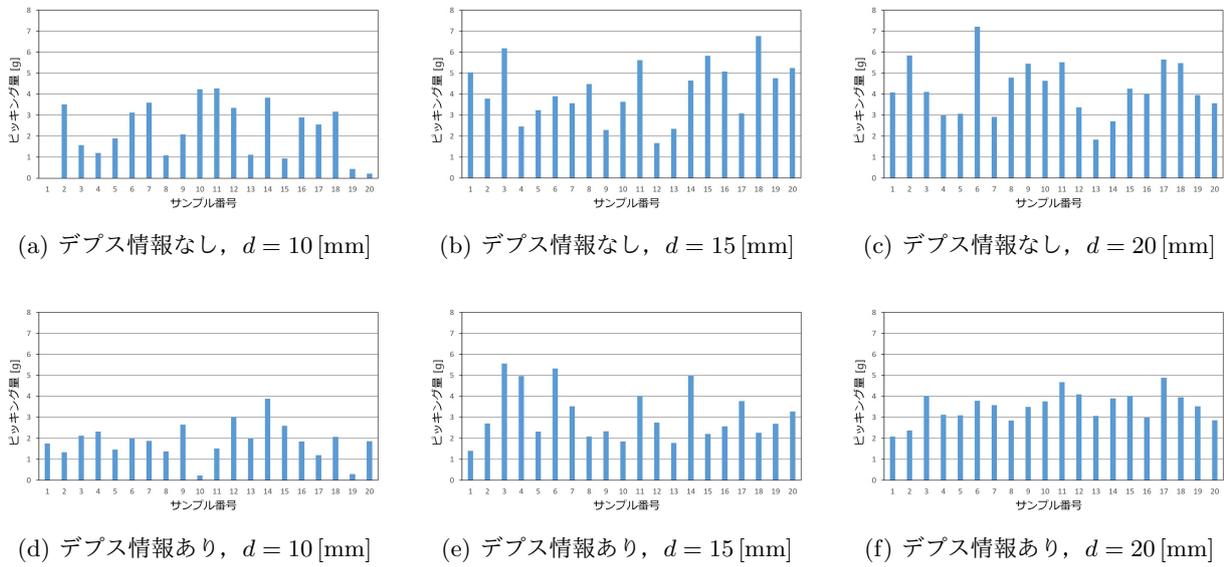


図 4: デプス情報の有無による刻みネギのピッキング量の変化

表 1: 刻みネギのピッキング量のばらつき

デプス情報の利用	差込深さ d	平均値	最小値	最大値	標準偏差	相対標準偏差
なし	10 mm	2.3 g	0 g	4.3 g	1.3 g	0.59
	15 mm	4.2 g	1.7 g	6.8 g	1.4 g	0.33
	20 mm	4.3 g	1.8 g	7.2 g	1.3 g	0.30
あり	10 mm	1.9 g	0.22 g	3.9 g	0.82 g	0.44
	15 mm	3.1 g	1.4 g	5.6 g	1.2 g	0.39
	20 mm	3.5 g	2.1 g	4.9 g	0.69 g	0.20

込深さ d は 10 [mm], 15 [mm], 20 [mm] の 3 種類で比較を行った。

5.2 実験結果

図 4 に、実験結果のグラフを示す。また、表 1 に、実験結果を各種統計量を用いて示す。デプス情報を利用し、かつグリッパの差込深さを 20 [mm] としたときが最も相対標準偏差が小さくなった。また、デプス情報の有無に関わらず、グリッパの差込深さを増加させると平均値は増加し、相対標準偏差は減少した。

6. 考察

グリッパの差込深さが小さい場合、表面近くに位置する食品だけをピッキングすることになる。そのため、表面付近の食品の高さに大きなばらつきがあると、ピッキング量のばらつきも大きくなる。デプス情報に基づいてリーチングポイントを決定したことで、グリッパが裁断食品の内部へ確実に挿入され、ピッキング量のばらつきが小さくなったと思われる。また、差込深さを増加させたことも、同様の効果をもたらしたと考えられる。従って、裁断食品の定量ピッキングにおいては、デプス情報を用いるとともにグリッパを食品の内部へ十分に差込むことが有効であると考えられる。

7. 結言

デプス情報に基づいてピッキングすることで、裁断食品のピッキング量のばらつきを抑制することができた。しかしながら少量の裁断食品をピッキングする際には量のばらつきが大きいという課題が残された。今後は、裁断食品の表面を均さずにピッキングをする等、より実用性を考慮した環境において提案手法の有効性を検証する。

謝辞

本研究の実験を行うにあたり、日本製粉株式会社生産・技術本部プラント部の本田敦氏と石田沙弥香氏にデプスカメラをご提供頂くとともに有益なご助言を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] G. Endo and N. Otomo: "Development of a food handling gripper considering an appetizing presentation," 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Stockholm, pp. 4901-4906, 2016.
- [2] Y. Kuriyama, Y. Okino, Z. Wang and S. Hirai: "A Wrapping Gripper for Packaging Chopped and Granular Food Materials," 2019 2nd IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft), Seoul, Korea (South), pp. 114-119, 2019.