

ばらつきを考慮した食品形状のモデリング

○西田 賢生（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

食品産業は他産業に比べて生産ラインの自動化が進んでいないことが現状である [1]。理由として食品は形状のばらつきが大きく、柔らかく破壊されやすいといった特徴があり、モータ駆動のグリッパでは把持が困難であることがあげられる。その問題を解決するために柔軟素材を使用した空気圧駆動のグリッパが開発されている [2][3]。これらのグリッパは柔らかい特性から食材を傷つけることなく把持を行うことができ、グリッパの力制御を簡略化できる点において把持時間の短縮を実現している。しかし、現状食品特性が不足しているため、グリッパを製作するうえでの指標が非常に少ないという問題点がある。中でも、食品形状のばらつきは評価が難しく、グリッパの把持成功率にも大きな影響を与えている。

本発表では食品形状のばらつきを測定する方法を提案する。画像処理を用いて食品の基準となる二次元形状をモデリングし、オリジナルの食品形状と比較することで形状のばらつきを表現する。ばらつきの情報を用いることでグリッパの指間距離や指の曲率を設定することが可能になり、最終的な把持成功率の向上が期待できる。

本研究では冷凍食品のフライを対象として画像処理を行い、基準となる形状の導出およびそれを用いたオリジナル画像との大きさの比較を行い、食品のばらつきを導出した。

2. 食品の基準形状の定義

2.1 重ね合わせ法による基準形状の定義

食品には基準や標準といった形状が存在しない。そのためばらつきを測定するうえで基準となる形状の定義が必要となる。本研究では重ね合わせ法 (2.1 節) と基準形状法 (2.2 節) の 2 つの方法を用いて基準形状のモデルを作製した。本節で説明する重ね合わせ法は、あらかじめ用意した 10 枚のオリジナル画像を用いて、全ての画像の重なる面積が最大になるように重ね合わせを行い、共通部分を取り出す方法である。この方法を用いることでその食品の理論上の最小形状が導出できる。その最小形状を基準形状と定義して、オリジナル画像と比較することでばらつきを測定する。画像を重ね合わせて最大重なり面積を探す方法も逐次法と一括法の 2 つの方法で検証した。逐次法では 1 枚ずつ一定範囲内で画像を平行移動、回転させて最大面積を探す方法である。一括法では先にすべてのオリジナル画像を重ねて、全ての画像が重なっている面積を出す関数を作製し、その値が最大となるように最適化関数を用いて形状を導出する方法である。前者の方法は全ての位置で面積計算を行うため最終形状の信ぴょう性が高い反面、計算量が多く各画像の重みづけが異なってしまうデメリットがある。一方後者の方法は各画像の重



図 1 使用した冷凍食品のフライの画像

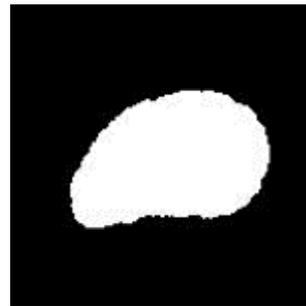


図 2 逐次法で導出した基準形状

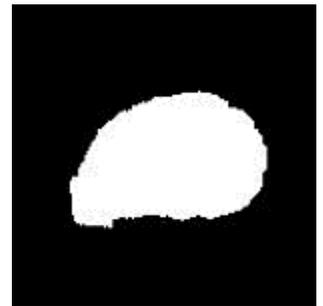


図 3 一括法で導出した基準形状

みづけは等しいが最適化関数を使用するため局所最小解に落ちてしまい最終形状の信ぴょう性に欠ける点がある。使用した食品画像を図 1、それぞれの方法で導出した基準形状を図 2、図 3 に示す。以上の結果から同じ画像を用いて処理を行ったが、二つの方法の間で基準形状に若干の違いが見られた。原因として、今回の実験ではサンプルデータが 10 枚と少なかったため方法の差によって違いが出たことが挙げられる。そのため、データのサンプル数を増やすことで同じ形状に収束すると考える。

2.2 近似形状法による基準形状の定義

食品の基準形状を定義する 2 つ目の方法として近似楕円による基準形状のモデリングを行った。オリジナル画像の二次中心モーメントと一致するような楕円を導出し基準形状としている。この方法は食品の傾き情報が得られるため把持計画に役立てることができるほか、単純な形状を基準にできるため 3 次元への応用にも期待ができる。その反面、各画像で基準形状を定義するため同じ基準形状が存在せず、各画像同士のばらつきの比較は難しい。近似した楕円とオリジナル画像を図 4 に示す。2.1 節で示した食品の画像 (図 1) に対する結果である。

3. ばらつきの測定

3.1 最小形状を基準形状としたばらつきの測定

本節では基準形状とオリジナル画像を比較しばらつきの測定を行った。最初に測定方法について説明する。

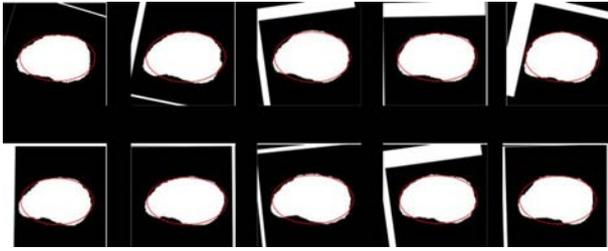


図4 近似した楕円

まず、基準形状とオリジナル画像を重ね合わせる。その後、基準形状の重心から基準形状およびオリジナル画像の各輪郭点までの距離を計測する。最終的に、得られた距離を補間し基準形状の重心から同一角度状の距離の差を取ることで、その値をばらつきとして表した。2.1節で導出した2種類の基準形状を用いてオリジナル画像の1つ(グラフ上での表記はcrop_img_1.png)と比較した。逐次法と一括法での基準形状の重心から輪郭点までの長さを表すグラフを図5、図6に示す。また、逐次法と一括法の同一角度上での長さの差分を表したグラフを図7、図8に示す。以上の結果から、ばらつきを基準形状を把持することができ、グリッパの指間距離が最大ばらつき範囲を許容していれば、理論上そのグリッパはその食品を全て把持することが可能であるという指標を作ることができると考えられる。

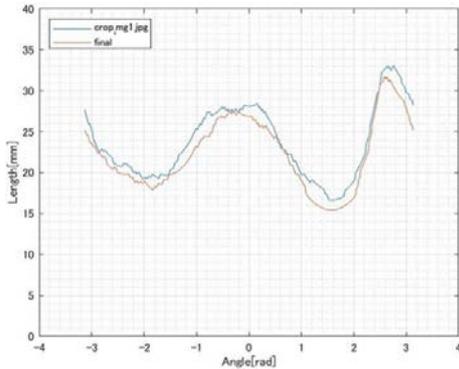


図5 逐次法での基準形状重心から各輪郭点までの長さ

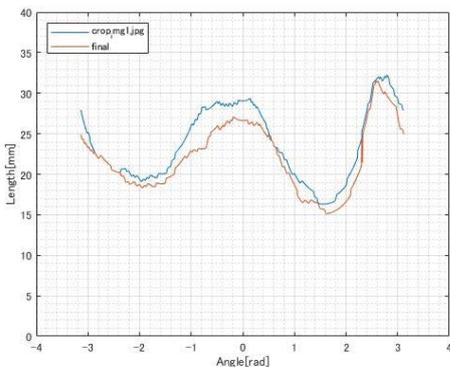


図6 一括法での基準形状重心から各輪郭点までの長さ

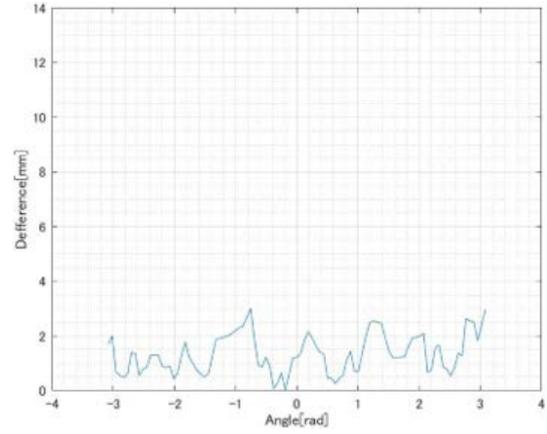


図7 逐次法での同一角度上での長さの差

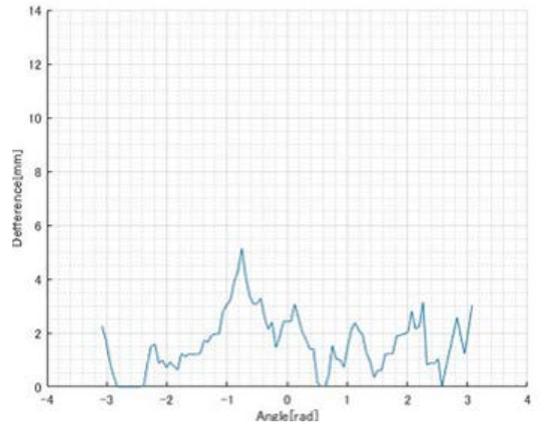


図8 一括法での同一角度上での長さの差

3.2 近似楕円を基準形状としたばらつきの測定

本節では、近似楕円を基準形状としたばらつきの測定結果を示す。測定方法は重ね合わせる位置関係を重心どうしで重ねている点以外は3.1章と同じ方法を使用している。また、この方法を用いた場合、全てのオリジナル画像でそれぞれの基準形状が導出される。本節では3.1章で比較を行ったものと同じ画像(crop_img_1.png)での結果を記述するものとする。基準形状の重心から輪郭までの距離を表すグラフを図9に、同一角度上での距離の差分を表したグラフを図10に示す。また、基準形状である近似楕円どうしを比較したグラフを図11に示す。以上の結果から、近似楕円を基準とした方法では、ばらつきの範囲や対象の食品の傾きが推定しやすいと考えられる。また、近似する形状を円や長方形など食品によって変更することで食品の分類分けを容易にすることができる。一方で2.1章でも記述している通り、各画像で基準形状が導出されてしまうので比較が難しく、それぞれのばらつきをどのように評価するかが課題である。

4. 結言

本論文では、食品の基準形状の定義およびそれを用いてオリジナル画像との比較を行い食品のばらつきの測定を行った。その結果、ばらつきデータをグリッパ作製の際の指標や食品特性の分類、把持計画などに役立てる可能性を示すことができた。一方で、近似楕円

- [3] Z. Wang, M. Zhu, S. Kawamura, S. Hirai. “Fabrication and performance comparison of different soft pneumatic actuators for lunch box packaging.” in Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Real-time Computing and Robotics, pp.22-27, July 14-18, Okinawa, 2017.

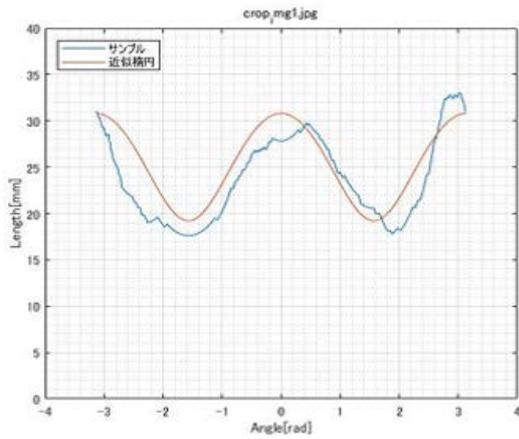


図9 近似楕円を基準形状とした重心から各輪郭点までの長さ

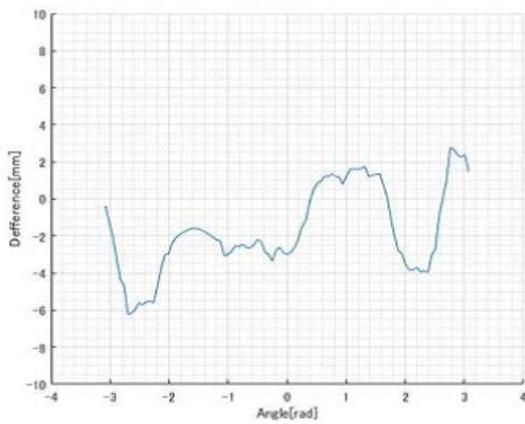


図10 近似楕円を基準形状とした同一角度上の長さの差

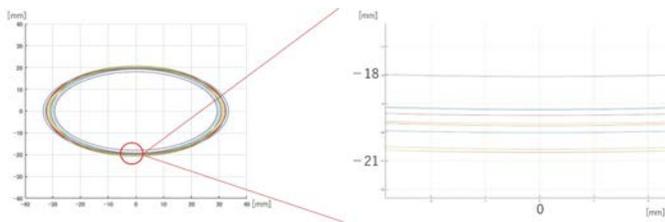


図11 近似楕円同士の比較

を基準とした場合は各画像の比較が難しいという課題も生じた。

謝辞 本研究の一部は、内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」(管理法人:NEDO) による支援を受けた。ここに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] N.P. Mahalik and A.N. Nambiar, “Trends in food packaging and manufacturing systems and technology,” Food Science & Technology, vol. 21, pp. 117-128, 2010.
- [2] Z. Wang, D.S. Chathuranga, and S. Hirai, “3D printed soft gripper for automatic lunch box packing,” in Proc.