

関数展開を用いた食品形状のモデリングと 形状バリエーションの生成

Modeling of Food Shapes via Functional Expansions for Generating Variation

○ 勝野 颯太 (立命大) 正 平井 慎一 (立命大)
正 松野 孝博 (立命大)

Sota Katsuno, Ritsumeikan, University,
Shinichi Hirai, Ritsumeikan University,
Takahiro Matsuno, Ritsumeikan University

This paper describes a method of modeling two-dimensional shapes of foods. Each food has its own approximated shape with variation. These variations make food handling more difficult. To make gripper for handling foods, analyzing food shapes are necessary. We apply an ellipse to represent the approximated shapes of frozen fries and Fourier series to formulate their shape variation. Binary photo of the fries made easy to extract only the shape from background of the photo. Using the approximated ellipse and Fourier series, we generate novel shapes of the frozen fries. Several generation trials are demonstrated to evaluate the generated shapes.

Key Words: food, shape, modeling, variation, fourier

1. 緒言

食品の形状は様々であり、ばらつきも大きい。同一の食品でも形状にばらつきが生じる場合が多い。そのため、このばらつきが食品ハンドリングでの食品の把持に影響を与えている[1]。そのため、食品把持にはソフトグリッパの導入が提案されている[2]。しかし、食品のばらつきを表現するデータが不足しており、食品の個体差を表現する方法が確立されていないため、グリッパ開発が工業分野に比べて遅れている。そこで、本研究では食品の基準形状を定義し、元の形状との差分をばらつきデータとして扱う。この差分にフーリエ級数展開を施し、関数による形状のモデリングを行う。同様の方法で食品の形状をモデリングする方法が既に提案されているが、高次元での実装が課題となっているため、関数展開の高次元化を試みる[3]。さらに、求めたフーリエ係数を操作することで元の形状とは異なる新規の形状を作り出す手法を提案する。

2. 二次元計測

本報告では、100個の冷凍フライ(味の素食品 エビ寄せフライ)を対象として食品形状のモデリングを行う。図1にフライを撮影した結果を示す。食品の輪郭を認識するために、食品と背景を分離する必要がある。このために、二値化処理を画像に施し、形状の二次元形状を得る。

3. 基準形状と関数展開による近似

食品には基準となる形状が存在しない。本研究では冷凍フライの基準形状を近似楕円を用いて定める。画像の中心に座標原点 O を置く。水平方向に x 軸と鉛直方向に y 軸をとる。100個のフライそれぞれの二次元形状を楕円で近似し、楕円の中心、長軸および短軸をそれぞれ画像中心、 x 軸および y 軸とそれぞれ一致させる。この結果を図2に示す。二次元形状を表すために、極座標系 $O-r\theta$ を導入する。二次元形状の輪郭点を極座標で表し、輪郭を関数 $r_{surface}(\theta)$ で表す。近似楕円の長軸の長さを $2a$ 、 $2b$ と表すとき、基準形状となる楕円は関数

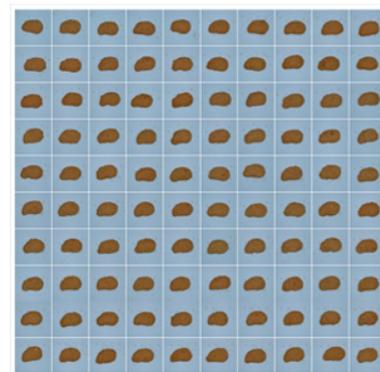


Fig. 1 Photos of fries

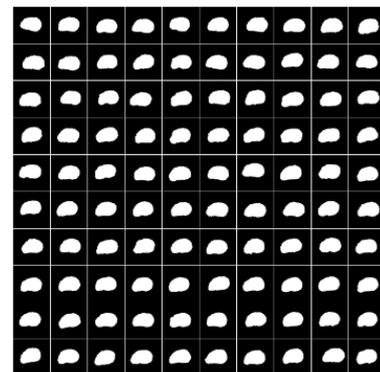


Fig. 2 Extracted shapes of fries

$$r_{standard}(\theta) = \frac{1}{\sqrt{\frac{\cos^2 \theta}{a^2} + \frac{\sin^2 \theta}{b^2}}} \quad (1)$$

と表せる。このとき、フライの輪郭と楕円の差分は

$$d(\theta) = r_{surface}(\theta) - r_{standard}(\theta) \quad (2)$$

と表せる。差分 $d(\theta)$ をフーリエ級数展開により、関数で近似する。近似された差分 $d(\theta)$ は

$$d(\theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{64} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \quad (3)$$

と表せる. 本研究では, フーリエ級数展開の周期に関して高次元を目指したため, 高速フーリエ変換を用いて 64 次で実装した. a_0 は差分 $d(\theta)$ の平均値であり, 二次元形状を表す係数として 0 であることが望ましい. a_0 を 0 とするためには長軸 $2a$ と短軸 $2b$ を修正する必要がある. そこで, 楕円の拡大率を α とし, 基準形状と差分 $d(\theta)$ の一意性を確保するために条件

$$\int_0^{2\pi} (r_{surface}(\theta) - \alpha r_{standard}(\theta)) d\theta = 0 \quad (4)$$

を導入する. これにより拡大率 α は

$$\alpha = \frac{\int_0^{2\pi} r_{surface}(\theta) d\theta}{\int_0^{2\pi} r_{standard}(\theta) d\theta} \quad (5)$$

となる. 基準形状の楕円の拡大率 α により最終的に差分 $d(\theta)$ は

$$d(\theta) = r_{surface}(\theta) - \alpha r_{standard}(\theta) \quad (6)$$

となる. 差分 $d(\theta)$ は周期 2π の周期関数であるため各フーリエ級数は

$$\begin{cases} a_0 = 0 \\ a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} d(\theta) \cos n\theta d\theta \\ b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} d(\theta) \sin n\theta d\theta \end{cases} \quad (7)$$

と表される. これにより, フライの輪郭 $r_{surface}(\theta)$ を関数で近似できる. 近似結果の例を図 3 に示す.

4. 形状生成

式(6)を変形すると

$$r_{surface}(\theta) = d(\theta) + \alpha r_{standard}(\theta) \quad (8)$$

と表すことができ, 極座標系でフライの形状を曲線で再現することができる. 式(8)を用いて生成した形状例を図 4 に示す. ただし, 極座標の θ の範囲は $0 \sim 2\pi$ [rad] とした. この結果より, フライの形状を関数を用いてモデリングできる.

ここで, 式(7)におけるフーリエ係数 a_n と b_n を操作することで新規の形状を作り出す方法を示す. 図 2 で示したフライの二次元形状全てにモデリング手法を適応する. その過程で導出される長軸, 短軸およびフーリエ係数 a_n と b_n を全て集計する. 以下このデータをパラメータと称す. 求めた各パラメータのうちランダムに選出する. ランダムに選出したパラメータをそれぞれ式(1)と式(7)に代入し, 式(8)を生成する. 生成した式(8)を極座標系で示した結果を図 5 に示す.

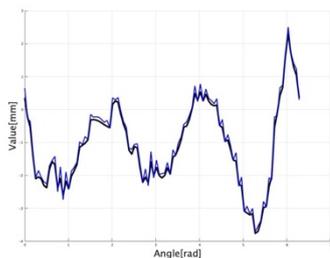


Fig. 3 Curve approximation

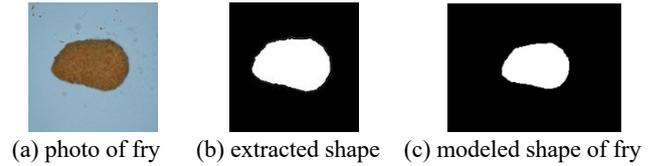


Fig. 4 Modeling of shapes



Fig. 5 New shapes of fries



Fig. 6 Misshapen new shapes of fries



Fig. 7 New shapes by limited parameters

5. パラメータの修正

4 章で示した方法で新規の形状を生成すると, 一部形状がいびつなもの存在する. 形状生成の失敗例を図 6 に示す. 本報告で用いたフライの形状と大きく離れている形状が生成されないように, パラメータの選び方に工夫が必要である.

長軸, 短軸およびフーリエ係数 a_n と b_n それぞれのデータの中で, 平均値を偏差値 50 とし, 偏差値でパラメータの選出範囲を制限する. 選出範囲を偏差値 45~55, 40~50, 35~65 の 3 つの範囲で生成した形状例を図 7 に示す.

6. 結言

本報告では, 食品形状の基準形状の定義と関数を用いたモデリング手法の提案および新規形状の生成について提案した. モデリングでは, フライの表面形状の特徴が反映できているように見える. 新規形状の生成についてはフライの特徴をそのままに, 一部異なる形状が生成できた. しかし, 中にはいびつな形状も存在しているため, パラメータの制限で形状の安定化を図った. 結果としていびつな形状ができにくくなったものの, 制限する範囲によってバリエーションが少なくなってしまう. パラメータ選出のチューニングをより工夫し, 形状のバリエーションとフライらしさの両立が必要となる.

参考文献

- [1] 川村貞夫, "今後の製造業のロボット研究に期待", 日本ロボット学会誌, Vol. 33, No. 5, pp. 298-299, 2015
- [2] 平井慎一, "食品ハンドリング", 計測と制御, Vol. 56, No. 10, pp. 787-791, 2017
- [3] 西田賢生, 王 忠奎, 平井慎一, "近似形状と関数展開を用いた食品形状のモデリング", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022, June 4-6, 2022