

対象物体の厚みを考慮した画像からの食品質量推定

1235062 澤村 優希 【 知能情報学研究室 】

Food Mass Estimation using Image Processing Considering Thickness of Target Objects

1235062 SAWAMURA Yuki 【 Intelligent Informatics Lab. 】

1 はじめに

計量は食品包装機械において重要な要素であり、商品の品質維持及び生産効率の向上のためには、正確かつ高速な計測が理想的である。そのため、様々な自動はかりが開発されており、導入している企業もまた少なくない [1]。画像を使った食品計量に関するもので、カロリー推定を行なう研究がある [3]。この研究ではスマートフォンなどの単眼カメラを用いており、機械学習により対象物体の種別の判別と、対象物体の大きさの測定を行なうことで、カロリー推定を行なっている。ここで、画像を用いる利点として、記録が容易であり、手間が不要であることが挙げられている。同様に、単眼 RGB 画像を用いた低コストで高速な計量が、工業分野での食品質量の計量へ適用可能であることを検証するため、過去に研究を行なっている [2]。ここで、単眼 RGB カメラによる画像から得られる対象物体領域の面積及び対象物体境界の面積を用いることで質量の推定を行なった。しかし、ここで使用した特徴は対象物体の厚みを考慮するものでないため、対象物体の重なりが大きい場合に対応できない。そこで本研究では、対象物体の厚みを考慮した特徴として透過光を用いて得られる明度を提案し、有効性の評価を行なう。

2 提案手法

本研究ではより高精度な質量推定を行なうために、厚みを考慮した特徴を使用する。透過光の、物体の厚みが多いほど光の透過が少なく、少ないと透過が多いという点に着目し、透過光を用いて得られる明度を特徴として用いた。ここで、対象物体の下方から光を当て、上方から撮影した、透過光画像を用いる。この透過光画像をグレースケール化し、各ピクセルの明度を反転させて合計したものを厚み特徴とする。グレースケール化にあたり、人の視覚特性を模倣することで精度が向上するかを検証するため、RGB 色空間によるグレースケール化と CIE $L^*a^*b^*$ 色空間 (以降 Lab と省略) によるグレースケール化の2種類を用いる。また、比較対象として、過去の研究で用いた反射光下で撮影した反射光画像、そして対象物体領域の面積及び対象物体境界の面積という2つの特徴も用いる。加えて、対象物体に合わせて使用する

る透過光の特徴を変える必要があるかを検証するため、二種類の対象物体と、異なる輝度と色を持つ光を透過光として与える。

これらの特徴を用いて、回帰分析による質量推定モデルを作成し、対象物体の質量を推定する。

3 実験方法

本研究において、平面に置かれた対象物体の質量の推定を行なう。そのためのデータ収集の方法及び取得した画像の前処理、推定手法について示す。

3.1 撮影環境

実験用のデータの収集には、画像の撮影のために USB カメラを使用し、対象物体としてニンジンとタマネギを使用した。透過光を利用した撮影を行うため、対象物体を配置するための台として透明なアクリル板と白紙を使用した。また、透過光の光源としてプロジェクターを使用した。これらを用いて USB カメラと対象物体を配置する面の間は 45.4cm、対象物体を配置する面と光源の間は 32.0cm という環境を用意した。透過光データ撮影環境を図 1 に示す。

ここで、0g から 100g までで計量された対象物体を台に乗せ、自然光の入らない環境にて天井照明の点灯による反射光を用いた撮影と、消灯した上でプロジェクターによる透過光を用いた撮影を行なった。透過光として、白、灰、赤、橙、黄、黄緑、緑、水、青、紫の十色を用いた。

3.2 前処理

撮影された画像について、ArUco マーカー [?]、[?] を用いて対象物体を配置する領域を認識し、これをもとに画像の切り出しを行なう。

グレースケール化した画像より背景差分法を用いることで対象物体領域を、Canny 法を用いることで対象物体境界を抽出し、これらのピクセル数を特徴として用いる。

また、RGB 色空間と Lab 色空間それぞれでグレースケール化を行ない、各ピクセルの持つ明度を反転して加算したものを厚み特徴とする。ここで、背景差分を用いて得られた対象物体領域内のみを対象に明度を加算し

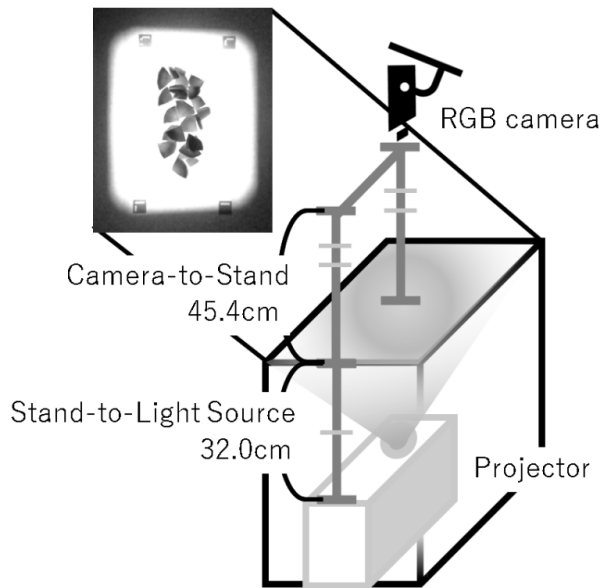


図1 透過光データ撮影環境

たものも特徴として用いる。

3.3 質量推定手法

推定の特徴として、対象物体領域の面積、対象物体境界の面積、明度の三種を標準化したものを用いる。学習の手法として、最小二乗法を用いた線形回帰、多項式回帰、RBF カーネルを用いた SVR (Support Vector Regression) の三種を用いる。評価の方法として、MAPE (Mean Absolute Percentage Error: 平均絶対パーセント誤差) を用いる。MAPE は式 1 によって求めるものとする。

$$\text{MAPE} = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{A_i - F_i}{F_i} \right| [\%] \quad (1)$$

ただし、 F_i は予測値、 A_i は実測値、 N はデータ数とし、MAPE の特性として F_i が 0 に近い時、誤差の影響が大きくなることと、はかりによる誤差が 1g 程度存在することを考慮し、予測値が 10g 未満のデータを MAPE の評価より除外する。

4 実験結果

画像と質量で構成される実験データを 5 分割の k-分割交差検証を用いて検証を行なった。5 分割した一つのみをテストデータとし、テストデータと学習データの比率は 2 : 8 である。多項式回帰は次数を 1 から 7, SVR は γ を -15 から 3, ε を -5 から 4, C を -5 から 15 とし、グリッドサーチを行なった [4]。ここで MAPE で評価した結果を表 1, 表 2 に示す。対象物体がニンジンとき、反射光を用いた場合と比較して、透過光及び厚み特徴を用いることで、MAPE が最大で 1/2 程度まで改善された。タマネギについては MAPE が最大で 1/3 程度まで改善された。また、今回背景として白紙を用いて

表 1 多項式回帰での最低 MAPE[%] (対象物体：ニンジン)

特徴	画像の種類										
	反射光	透過光									
		白	灰	紫	青	水	緑	黄緑	黄	橙	赤
物体領域面積	9.16	7.42	8.17	8.43	8.38	8.14	8.12	7.89	7.81	8.12	4.85
物体境界面積	9.23	13.23	40.35	30.96	42.33	32.69	30.26	20.92	12.59	13.45	18.17
RGB 厚み特徴	7.86	5.33	6.05	7.08	6.60	5.87	5.79	5.33	5.36	5.86	4.11
Lab 厚み特徴	7.68	4.87	6.49	7.19	6.71	5.79	5.82	5.23	4.89	5.34	4.05

表 2 多項式回帰での最低 MAPE[%] (対象物体：タマネギ)

特徴	画像の種類										
	反射光	透過光									
		白	灰	紫	青	水	緑	黄緑	黄	橙	赤
物体領域面積	36.29	11.42	11.51	10.64	11.04	12.61	11.15	10.64	11.12	11.11	10.91
物体境界面積	22.23	16.76	43.48	19.49	45.23	22.68	46.09	15.42	13.84	14.94	16.33
RGB 厚み特徴	31.30	10.79	17.87	13.36	12.46	11.28	14.70	10.64	10.71	11.04	10.70
Lab 厚み特徴	29.71	11.08	14.24	12.08	10.81	10.77	12.15	10.61	10.83	11.08	10.91

おり、対象物体と背景を分離しやすいニンジンの方が全体的に MAPE が低くなっているが、その中でも MAPE が改善された画像は異なる傾向が見られた。

5 まとめ

実験により、質量推定において、透過光を用いた単眼 RGB 画像により得られた厚み特徴が有効であることが確認できた。加えて、RGB 色空間と Lab 色空間で推定に差があまり見られなかったことから、明度特徴は人の知覚に合わせる必要はないと考えられる。また、透過光において、色毎に推定精度が異なっており、対象物体ごとにその特性は異なっていた。光の強度および光の波長、対象物体の違いが推定精度に影響を与えていることから、対象物体が持つ特有の波長ごとの透過特性に合わせた透過光を選定することにより、より高精度な質量の推定が可能であると考えられる。今後、光の強度を統制した条件下で、どのような光が適しているかを検討することで、より高精度な質量推定が可能になると考えられる。

参考文献

- [1] 経済産業省 (2018), “自動はかり実態調査 調査概要,” http://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun/techno_infra/000_keiryuu_minaoshi.html, 2019/3/11 閲覧。
- [2] 澤村優希, “カメラからの画像を用いた食品計量システム,” 高知工科大学, 修士学位論文, 2019。
- [3] 岡元晃一, 柳井啓司, “スマートフォンによる食事画像からの自動カロリー量推定システム,” 電子情報通信学会技術研究報告, 2016。
- [4] “A Practical Guide to Support Vector Classification,” Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang, and Chih-Jen Lin, <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf>, Initial version: 2003, Last updated: May 19, 2016。