

8 画像認識技術を用いた牡蠣の味の特徴推定技術の開発(第1報)

友國慶子、小玉龍、佐野誠、二瓶泰範*

Development of a farmed oyster profiling system using image recognition technology (1st Report)

TOMOKUNI Keiko, KODAMA Ryu, SANO Makoto and NIHEI Yasunori*

With regard to shell-on oysters, we considered the possibility of substituting the taste test results of the most important product characteristics, specifically flavor (umami and sweetness), with component analysis values. Upon verifying the relationship between the results of taste tests using raw oysters and the component analysis values, it became clear that sweetness has a strong correlation with total sugar content, while umami strongly correlates with the taste analysis results (aftertaste of umami). Moreover, these analysis values were confirmed to correlate with variables obtained from images of the edible parts of the oysters in shells, as well as with features calculated by combining these variables. This suggests that there is potential for evaluating the flavor characteristics (umami and sweetness) of products using image data.

キーワード：画像処理、商品評価、増養殖、デジタル化、主観評価、感性工学、予測プログラム

1 緒 言

広島県の特産品である牡蠣（かき）の商品形態は、むき身処理した可食部だけを流通させる形態（むき身）と、殻がついたままの牡蠣を流通する形態（殻付き）の2つに大別される。このうち、殻付き牡蠣商品はむき身と比べて1個当たりの単価が高く、近年はブランド名の付いた高付加価値商品も多数開発されている。ブランドは自社銘柄の特徴を把握し、他との差別化を図ることで成り立つため、商品特徴を評価する手法へのニーズが高まっている。これまでの知見で、牡蠣の旨味や甘味は各種のアミノ酸量で評価可能で、牡蠣の主要な蓄積物質であるグリコーゲン量により強化されることが確認されている^{1) 2)}。一方で、これらの成分含量分析には時間と専門技術や装置が必要であり、牡蠣の生産現場での評価は難しい。このような状況から、我々は殻付き牡蠣について、最も重要な商品の特徴項目6項目（「旨味」「甘味」「サイズ」「身のボリューム」「食感」「香り」）を設け、画像から自動推定するシステムの開発を目指してい

る（図1）。本研究では、この6項目のうち、画像からの特徴推定が最も難しいと想定される食味に関する項目の「旨味」、「甘味」について、画像から得られる情報を元に評価値を推定できるか可能性を検証した。

2 食味の主観評価と分析値の関連性検証

2.1 主観評価データの取得

大阪公立大学養殖場高度化推進研究センター（以下、CAINES という。）の協力の下、同センターコンソーシアムの第17回セミナーに参加した会員のうち29名を評価者として、令和6年5月14日に4種類の殻付き牡蠣商品の実食による食味試験（官能試験）を行った（図2）。



図2 殻付き牡蠣の食味試験（官能試験）実施状況

食味試験に供した商品の銘柄及び産地を表1に示す。牡蠣サンプルは調理者が殻を開け、可食部を身殻（膨らみの大きい方の殻）に入れた状態で評価者に提供した。食味評価は前述の6項目について行い、評価は5段階評

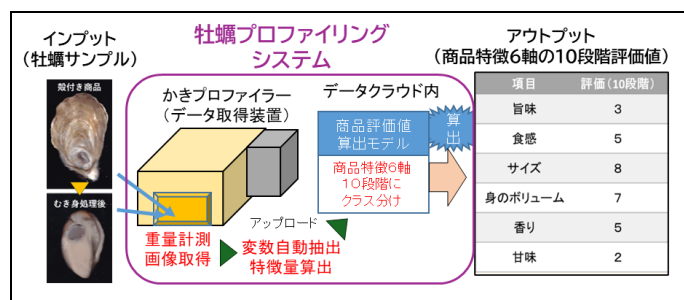


図1 牡蠣プロファイリングシステムの構想

*大阪公立大学大学院

価とした。各評価者、サンプルを1つ試食することに1枚のアンケート回答を作成した。

表1 食味試験対象サンプルの銘柄と産地名

記号	銘柄名	産地（都道府県）
Ka	華漣	長崎県
Mo	かきえもん	北海道
Na	七尾	石川県
To	桃こまち	三重県

試食の順番は評価者に一任し、実食する銘柄数も個々の評価者の自己判断に任せ、同一銘柄を同一評価者が複数回試食・回答することも可とした。（有効回答＝107、個々の評価者の回答数＝1～7件）。取得した主観評価値を、銘柄ごとにまとめ、6項目それぞれの平均値を算出し、銘柄の代表値とした（N＝21～29、**表2**）。

表2 各銘柄の主観評価値（平均値、5段階評価）

記号	旨味	甘味
Ka	2.90	3.00
Mo	2.31	2.86
Na	3.43	3.05
To	3.00	2.75

2.2 全糖量および味覚分析値の取得

前項で食味試験に供した牡蠣と同一銘柄、同一日採集個体群（4銘柄、各20個）を全糖分析と味覚分析に供した。サンプルは外部計測や画像取得等を行った後に銘柄ごとに可食部をホモジナイズし真空パックした状態で、-18℃で凍結しそれぞれの分析委託先に冷凍のまま送付した。全糖分析は株式会社つくば食品評価センターに、味覚試験は株式会社ベジテックにそれぞれ委託して実施した。なお、全糖分析はアンスロン硫酸法に、味覚分析は味覚分析装置（株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製「TS-5000Z」）により実施した。

分析結果のうち、全糖分析値と旨味（先味・後味）のデータを**表3**に示す。

表3 各銘柄の全糖分析結果と味覚分析装置の分析結果のうち旨味（先味・後味）。全糖量はg/100g、味覚分析結果はKaを基準として相対値で記載。

記号	全糖量	旨味（先味）	旨味（後味）
Ka	8.0	0	0
Mo	5.4	-0.79	-0.18
Na	8.0	-0.09	0.01
To	4.6	-0.35	-0.08

2.3 主観評価値と分析値の関連性検証

対象の4銘柄について、食味試験結果と分析結果の関連性を検証した。単回帰分析を行った結果、決定係数は**表4**のとおりであった。

食味試験結果のうち甘味は、全糖量の分析結果と高い相関性が確認された（ $R^2=0.954$ 、 $N=4$ ）。一方で旨味は、食味試験機による分析結果のうち旨味（後味）と相関があることが確認された（ $R^2=0.753$ 、 $N=4$ ）。これ

表4 食味試験結果と分析結果の相関性検証

（決定係数 R^2 ）

		食味試験結果	
		旨味	甘味
分析結果	全糖量	0.262	0.954
	旨味（先味）	0.648	0.371
	旨味（後味）	0.753	0.453

によって、食味試験結果の旨味と甘味は、分析値から推定できる可能性が示唆された。ただし、本研究は同シーズンに採取された4サンプルのみを対象としており、関連性の解明にはさらなる検証が必要である。

3 分析値と画像由来変数・特徴量の相関

3.1 画像取得と画像由来変数の自動取得プログラムの開発

殻付き商品の外観画像と、殻付き商品をむき身にした中身の画像を平面画像取得装置（Canon 製、CanoScan LiDE 400）で取得した（**図3**）。この画像から、商品特徴の推定に利用する複数の変数を自動取得するプログラムを開発した。このプログラムにより変数を取得するまでの工程を**図3**に例示する。

取得した変数は、殻付き商品の画像から投影面積、殻高、殻長、可食部画像からは身の色味（RGB）、身の投影面積、貝柱の面積などである。また、殻付き商品と、むき身処理後の可食部の重量を計測し、変数に加えた。画像を取得した牡蠣サンプルは令和6年1月に5銘柄、令和6年5月に**2章1項**食味試験に供した4柄を含む5銘柄、及び令和6年9月から令和7年1月にかけて1銘柄5シーズン、計15区について、1区当たり20から25個の殻付き個体についてデータ取得した（合計305個体）。これらのデータを各区でまとめて平均値を算出し、各区の代表値として使用した。この後に記載するN＝15のデータセットでは、305個の個体データを元に算出した15区の代表値を使用する。画像から取得したデータの精度を検証するため、画像取得時に、殻付き商品及び



図3 牡蠣画像から変数自動取得プログラムにより変数を出力するまでの工程

可食部サンプルについて、ノギスを使用して各部の長さ等を実測し、画像から自動取得した各部の長さとの誤差 $= |\text{実測値} - \text{画像由来変数}| / \text{実測値} (\%)$ を確認した ($N=305$)。この結果、殻高(殻の長さ)で $2.8 \pm 5.0\%$ (平均±標準偏差、 $N=305$)、殻長(殻の幅)で $5.3 \pm 6.0\%$ (平均±標準偏差、 $N=305$) だった。殻長で誤差が大きい要因としては、撮像平面上に取得したい殻高と殻長が平行になるように牡蠣を静置するのが難しいためだと考えられる。しかし、精度については、サイズ感などの商品特徴評価に使用可能であると判断した。

3.2 特徴量エンジニアリング

前項で取得した画像由来変数及び重量データを利用して、牡蠣の特徴を評価する特徴量(算出モデル)を探索した。開発にあたっては、牡蠣の生態や身体的特徴と味の特徴とが関連付けて語られることの多い項目などで、画像から直接的には得られない情報だが、これに近い数値(または指標)を画像由来変数から算出できる計算式をを探索した。開発した特徴量は、「殻付きの厚み」「身の白さ指数」「身の赤み指数」「身の厚み指数」「貝柱の発達度」「身の充満度」などである。これらの特徴量も含めて、データセットとした。

3.3 分析値の取得

前前項で画像等データを取得した15区について、**2章2項**に記載した手法によって全糖分析、味覚分析を行い、それぞれの分析値($N=15$)を得た。対象サンプルの取得期間は令和6年1月、2月、5月、9月、10月、11月、12月、令和7年1月で、産地は北海道から九州までの10都道府県である。分析委託は5区ずつ3期に分けて行い、相対評価法である味覚分析装置による味覚分析は、データ連結用標準試料を同時に分析し、後日データ連結を行った。

3.4 画像由来変数と分析値の関連性検証

15区分のデータセットを用いて、**2章**で味の主観評価値との相関が確認された2つの分析値を目的変数として、画像由来変数(＋重量データ)や、複数の画像由来変数から作成した特徴量との単回帰分析を行った。それぞれの目的変数に対して、最も決定係数の高かった変数及び特徴量3つとスコアを**表5**に示す。

表5 分析値と画像由来変数・特徴量の単回帰分析結果

目的変数	変数・特徴量	決定係数 R^2
全糖量	身の白さ指数	0.610
	身の厚み指数	0.554
	身の充満度	0.464
旨味(後味)	身の白さ指数	0.574
	身の厚み指数	0.436
	身の充満度	0.2237

画像由来変数よりも、牡蠣の生態等を基に設計した特徴量の方が高い決定係数を得る結果となった。全糖量の方が旨味(後味)の分析結果よりも全体的に決定係数が高いが、いずれの目的変数も「身の白さ指数」が最も高い決定係数を示した。2つの目的変数と「身の白さ指数」の関係を**図4**、**図5**に示す。身の充満度(身の重量/殻付き重量)は、牡蠣の業界では身入りの良さ(グリコーゲンの蓄積度合い)を示す用途で頻繁に使用される指標であるが、今回の検証で、身の表面の色彩を用いて算出する指標である「身の白さ指数」が、全糖量(グリコーゲンの蓄積状況)の指標として、より有効であることが

確認された。

また、画像由来変数及び特徴量を複数使用した多重回帰分析を行った。サンプル数が15区であるため、使用する変数・特徴量は合わせて最大6個までとし、決定係数が高いものや、負の相関がみられるものなどを選択して検証した。この結果、全糖量では最大 $R^2=0.694$ 、旨味（後味）では最大 $R^2=0.633$ であった。このことから、現在扱っている画像由来変数を加工することで、全糖量及び味覚分析結果（旨味：後味）を高い精度で推定できることが示唆された。

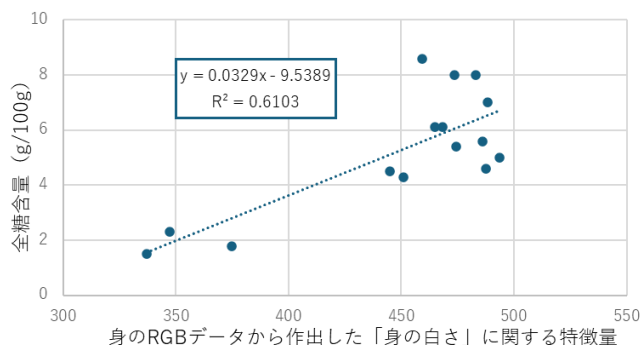


図4 特徴量「身の白さ指数」と全糖含量の関係

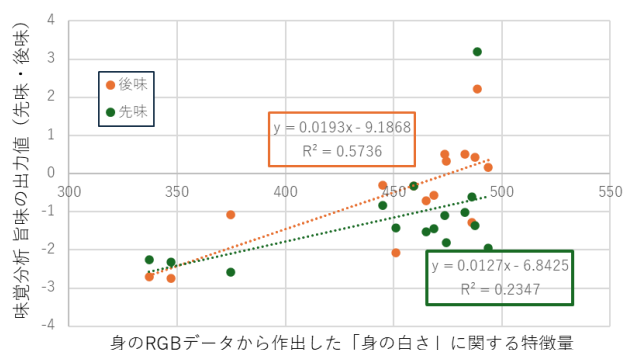


図5 特徴量「身の白さ指数」と味覚分析結果旨味（先味・後味）との関係

4 結 言

本研究の結果から、殻付き牡蠣（生牡蠣）における食味試験結果（旨味・甘味）は分析値（味覚分析のうち旨味（後味）、全糖量）と強い相関がみられ、これらの分析値は殻付き商品の外観と殻付き商品をむき身にした可食部の画像から得られる変数を用いて推定できる可能性が示唆された。つまり、画像から得られる変数を使用し、分析値を介して食味試験による主観評価を推定できる可能性があることが明らかとなった。今後は、推定精度の向上を目指し、サンプル数の追加、撮像条件の改良、取得する変数の追加、より有用な特徴量の探索、算定式の改良などを行っていく。

謝 辞

食味試験（官能試験）にご協力いただきました大阪公立大学養殖場高度化推進研究センターコンソーシアムの皆様、食味試験会場を提供いただきましたアルマンドリーノ（広島市中区）様に、厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Kitaoka et al. 日本食品化学学会誌 (Japanese Journal of Food Chemistry and Safety, Vol. 23(2), 63-71 (2016)
- 2) 村山他：日本調理科学会誌 (J. Cookery Sci. Jpn. Vol. 53, No. 6, 395~400 (2020)
- 3) 友國：CAINES Journal No. 5 (2023)