

豚肉色評価装置の開発(第2報)

浅井 博次 吉岡 豪*

Development of Pork-Color Digitization Device (2nd Report)

Hirotsugu ASAI Go YOSHIOKA

あらまし デジタルカメラを用いて対象の豚肉を撮影することで肉色を客観的に評価できる携帯型肉色評価装置の開発を進めている。今年度は、前年度までの基礎検討に基づいて試作機を製作し、試作機の色評価能力を検討した。また、ハイパースペクトルカメラで豚肉の分光画像計測を行い、現に流通している豚肉の肉色分布状況を確認した。

キーワード 豚肉, 肉色, 定量化, デジタルカメラ

1. はじめに

肉色は食肉の品質推定に活用される重要な指標の1つであり、一般的に格付員による感性評価に基づいて評価されている。人には色の見え方を一定に保とうとする色順応や見えていない部分を脳が補間してしまう機能などが備わっているため、色の評価に人は元来適していない。また、感性評価は個人差を排除できないことから、客観的な肉色の評価が強く求められている。

この課題に対応すべく、本研究ではデジタルカメラを用いて対象の豚肉を撮影することで肉色を客観的に評価することが可能な携帯型装置の開発を進めている。本報では、製作した試作機の概要、及び、試作機を用いて行った色評価の検討について報告する。また、ハイパースペクトルカメラで豚肉の分光画像計測を行い、豚肉の肉色の分布状況を調査したので報告する。

2. 携帯型肉色評価装置

2.1 装置概要

製作した携帯型肉色評価装置を図1に示す。外形寸法は横32cm、奥行き40.6cm、高さ18.5cm(ハンドル、ノブ部を除く)である。本装置は、豚枝肉の肉色評価を主目的としており、ハンガーに吊り下げられた枝肉の切断部に本装置を差し込んで切開面のロース芯部分の画像を撮影し、肉色の評価を行う。装置底面にある撮影用の窓部分を枝肉の切断面に密着させて撮影することで、被写体との距離・角度の変動を抑えた安定した撮影を可能としている。撮影用窓サイズは200mm×140mmであり、一回り小さい領域が肉色評価可能領域である。装置前方をくさび型とし、

そこに反射鏡を設置することで、反射鏡に向けて設置したデジタルカメラにより、装置の高さを抑えつつ、対向して撮影したような試料画像を取得することが可能となっている。また、装置上面に設置したタブレットにより、カメラのリモートシャッター、及び、撮影する画像のモニタリングが可能である。

装置には、ソニー製ミラーレス一眼レフカメラα6000に単焦点レンズSEL20F28を装着したデジタルカメラを搭載した。また、光源には平均演色評価数Ra90以上の高い演色性を有するCOB型LEDを採用した。豚肉はドリップの発生が多い傾向にあることから、撮影する画像中の正反射領域抑制のため、撮影領域の左右下方に1つずつCOB型LEDを配置した。

デジタルカメラとタブレットは内部バッテリー駆動、LED照明は外部接続のモバイルバッテリーから電源を供

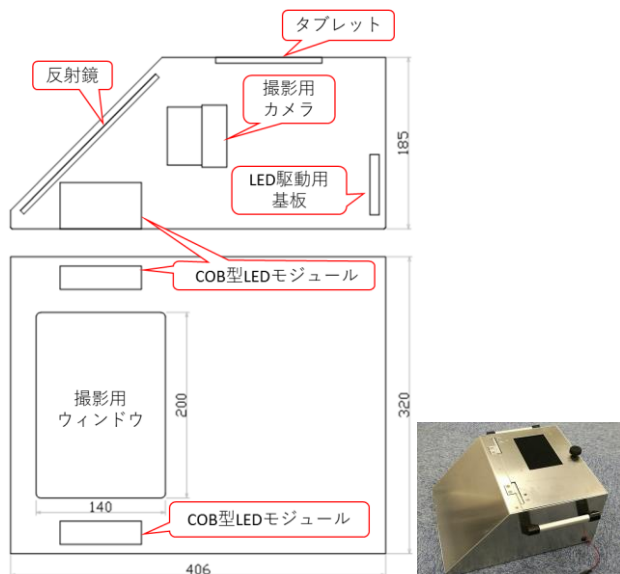


図1 携帯型肉色評価装置

* 岐阜県畜産研究所

給し、駆動する。モバイルバッテリーには小型・軽量・大容量(23000mAh)かつ高速な蓄電(約5時間)が可能なサンワサプライ製700-BTL017BKを採用し、コードレスで長時間の使用が可能である。

2.2 色推定能力の評価

本研究では、白色板補正後の画像に対し、更に、豚肉赤身の肉色が分布する色領域を囲むように設定した色の色票(基準色票)を撮影した画像を用いて補正し、色を推定する手法を用いる。昨年度、豚肉標準肉色模型(PCS)を分光測色計で計測し、その計測結果に基づいて作成した基準色票を図2に示す。

本装置の色推定機能を確認するため、基準色票を試料とし、標準白色板による補正のみで、どの程度の色推定能力があるのかを確認した。なお、実験では、本装置の肉色評価可能領域である約17.0cm×13.5cmの矩形領域(領域L:180×120ピクセル)とロース芯を写す領域である中心部分の約13.0cm×10.0cmの矩形領域(領域S:165×105ピクセル)について、 $L^*a^*b^*$ (D65)の値を推定し、評価した。表1に、結果を示す。

L^*, a^*, b^* は対象領域の全ピクセルの推定値の平均、「平均値との色差」欄には、各ピクセルの推定値と平均値(L^*, a^*, b^*)との間で計算した色差の平均値、及び標準偏差である。平均的なバラつきだけを考慮しても、領域Lで色差4弱、領域Sで色差3弱のばらつきがあることが分かる。色の許容差の基準について、米国標準局が規定し

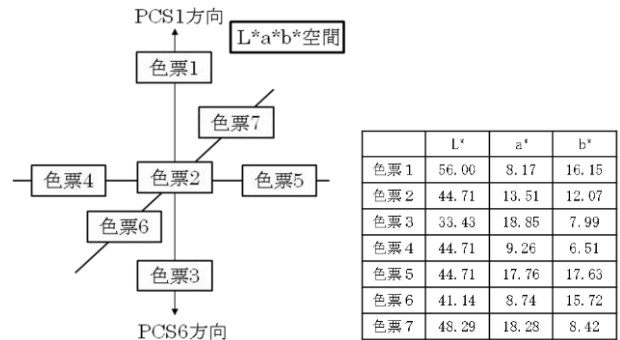


図2 基準色票の設定

ているNBS単位や日本電飾工業(株)ホームページ内^[1]を参照すると、色差3を超えてくると一般的に違う色と感ずるようである。つまり、標準白色板による補正のみでは、色の違いを正しく識別することができないことが分かる。

次に、本研究で提案する手法(白色板補正+基準色票補正)を適用し、色票2を囲む色票2以外の6枚の基準色票画像を用いて色票2の色推定を行った結果を表2に示す。

L^*, a^*, b^* は対象領域の全ピクセルの推定値の平均、「真値との色差」欄には、各ピクセルの推定値と真値(L^*, a^*, b^*)との間で計算した色差の平均値、及び標準偏差である。領域L、領域S共に、真値と推定値との色差が2シグマで1.7程度とAA級許容誤差^[1]を少し超える程度に収まっており、提案手法により色推定の高精度化が図れることが確認できた。

表1 基準色票の色推定結果

(a) 領域Lの色推定結果

	L*	a*	b*	平均との色差		真値と平均との色差
				色差	標準偏差	
色票1	44.20	6.39	15.56	1.04	0.55	12.02
色票2	34.48	10.70	12.14	1.34	0.75	10.58
色票3	25.36	15.70	8.42	1.84	1.11	8.89
色票4	34.17	6.97	7.05	1.34	0.78	10.79
色票5	34.60	14.75	16.60	1.36	0.75	10.52
色票6	30.86	7.04	14.91	1.40	0.79	10.50
色票7	37.86	14.56	9.46	1.36	0.79	11.29

(b) 領域Sの色推定結果

	L*	a*	b*	平均との色差		真値と平均との色差
				色差	標準偏差	
色票1	44.09	6.45	15.60	0.78	0.38	12.12
色票2	34.30	10.77	12.20	0.99	0.52	10.73
色票3	25.18	15.76	8.43	1.39	0.81	9.04
色票4	33.97	7.02	7.09	0.98	0.52	10.97
色票5	34.42	14.84	16.66	1.01	0.53	10.67
色票6	30.62	7.12	14.98	0.99	0.53	10.71
色票7	37.69	14.64	9.50	1.01	0.54	11.43

表2 提案手法による色票2の色推定結果

	L*	a*	b*	真値との色差	
				色差	標準偏差
領域L	44.79	13.73	12.04	0.47	0.19
領域S	44.81	13.67	12.00	0.53	0.32

2.3 装置使用上のシチュエーション別評価

2.3.1 代替白色板の利用

被写体にあたる光強度のむらなどを補正するため、一般的に拡散反射率が既知の標準白色板が用いられるが、取扱いに注意を要する物が多く、かつ、高価である場合が多い。本装置では、被写体に密着して撮影するため、補正に使用する白色板は傷や汚れ・ほこりに強いものが望ましい。そこで、標準白色板の代替として取扱いが容易で安価な高白色印刷用紙の使用可能性を検討した。結果を表3に示す。

標準白色板を用いて校正を行った表2の結果とほとんど変わらない色推定結果が得られており、校正用白色板として使用可能であることが確認できた。

表3 印刷用紙(高白色)校正による色票2の色推定結果

	L*	a*	b*	真値との色差	
				色差	標準偏差
領域L	44.79	13.72	12.02	0.52	0.31
領域S	44.81	13.70	12.03	0.52	0.28

2. 3. 2 ポジション不全時の色推定能力評価

本装置は試料切断面に装置を密着させて計測することを前提としているが、実際の計測においては、しっかりと密着できない状態で計測してしまうことも考えられる。例えば、図3は肉厚2cm程度の切り身の豚肉を本装置で撮影したものであるが、装置を切り身の切断面に密着させることができないため、装置下面と切断面が一致するように気を付けながら、装置を宙に浮かせて計測している。



図3 撮影例 (豚肉切り身)

この例のように、試料切断面と十分に密着することができない場合、被写体である切断面との距離・角度が白色補正で想定している条件から外れてしまい、色の推定結果に悪影響を与える可能性が考えられる。そこで、色票2との距離・角度を変えて計測を行った場合の色票2の色推定結果への影響を確認した。

実験では補正に高白色印刷用紙を使用し、領域Lについて色推定を行った。結果を表4に示す。

表4 試料までの距離・傾きと色推定結果

装置下面と被写体間の距離 (cm)		指定領域全画素の平均			各画素と真値との色差	
装置右側	装置左側	L*	a*	b*	平均	標準偏差
0	0	44.83	13.71	12.04	0.52	0.27
0	5	44.76	13.71	12.03	0.52	0.29
0	10	44.77	13.72	12.03	0.50	0.22
0	15	44.79	13.70	12.03	0.54	0.40
5	5	44.79	13.69	12.01	0.55	0.34
5	10	44.85	13.68	12.12	0.63	0.30
5	15	44.79	13.72	12.05	0.52	0.29
10	10	44.77	13.74	12.02	0.48	0.23
10	15	44.85	13.72	12.02	0.53	0.34
15	15	44.78	13.72	12.03	0.49	0.22

表2、表3の結果と比べて、真値と推定値との色差が平均、標準偏差とも多少増加しているものの、2シグマで1.9以下に収まっており、実際の撮影においても、十分許容可能な範囲であると思われる。

3. 豚肉の肉色分布調査

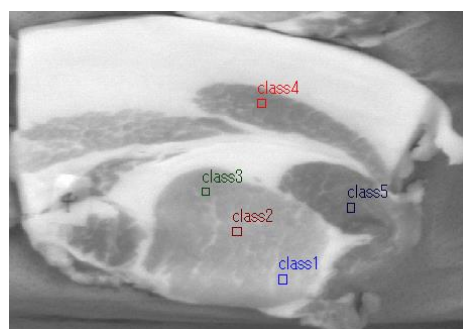
エバ・ジャパン(株)のハイパースペクトルカメラNH-7を用いて豚肉の分光画像計測を行い、現在流通している

豚肉の肉色の分布状況を調査した。

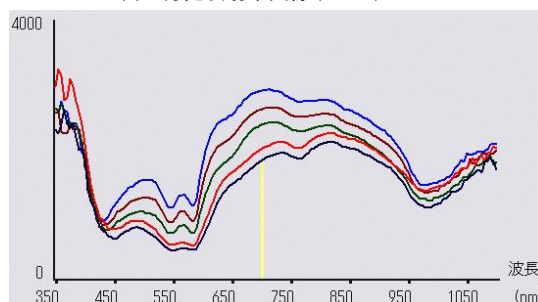
図4は取得した分光画像データ例を示したものである。同一試料の中でも、場所によって分光特性に大きな違いが見られることがわかる。



(a) カラー画像



(b) 分光反射率画像 (700nm)



(c) 分光反射率グラフ (図中矩形選択領域の平均)

図4 分光画像データ例

そこで、撮影した12枚の試料に対し、同一試料内で分光特性に違いがみられる赤身領域を数か所選定し、当該領域の色を導出して色の分布状況を調査した。色分布の結果を図5に、色分布データについて主成分分析を行った結果を表5に示す。

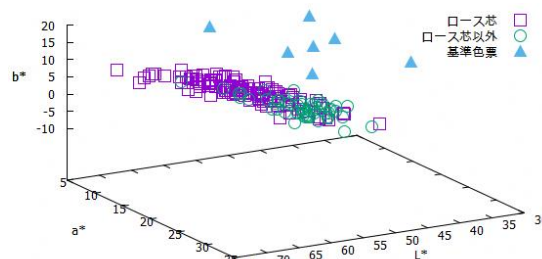


図5 豚肉赤身と基準色票の色分布

表5 豚肉赤身色分布の主成分負荷量と寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	2.27	0.64	0.08
標準偏差	1.51	0.80	0.29
寄与率	0.76	0.21	0.03
累積寄与率	0.76	0.97	1
主成分 負荷量	L*	0.64	0.16
	a*	-0.49	0.84
	b*	0.59	0.52

第2主成分までの累積寄与率が0.97となっており、豚肉の肉色がL*a*b*色空間において、ほぼ平面上に分布していることが分かった。

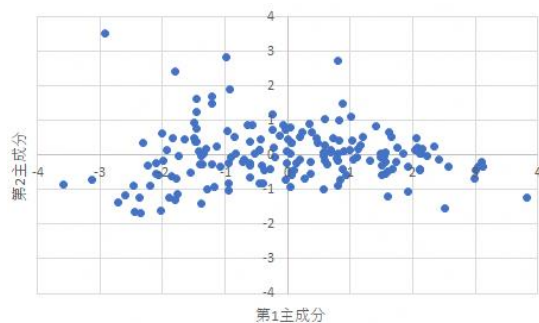


図6 赤身肉色の分布状況

図6は第1主成分と第2主成分について主成分スコアをプロットしたものである。今後、図6の分布状況を参考に、関係者と協議しながら新たな豚肉肉色指標を決めていく予定である。

豚肉は色ムラが出やすい傾向にあることが知られており、図4(b)に示すように、同じ一つの肉であっても、部位によって分光特性に大きな違いがある。この結果からも、一切れの肉を1つの色指標で表現することは実情に合っていないことが理解できる。新たな肉色指標の設定においては、色ムラなども含め、分かり易く、実情に合った評価指標となるよう、十分に留意して決める必要がある。

図2に示した基準色票の妥当性を確認するため、図5上に基準色票の色分布を合わせて表示した。基準色票の色が豚肉赤身の色分布領域と大きくずれており、豚肉の肉色分布領域をカバーできていないことが分かる。そのため、図5および図6の分布状況を参考に、豚肉の肉色分布をカバーできるよう色票を再設定する予定である。本報で述べた色評価検討では良好な結果が出ているが、すべて昨年度設定した基準色票を用いたものであるため、色票を再設定した折には、製作した装置で、新しい基準色票による豚肉肉色推定の評価検討を実施し、その性能について確認する予定である。

4. まとめ

製作した携帯型肉色評価装置の概要、及び、豚肉赤身

の色分布調査結果について報告した。

当該装置による色評価検討により、基準色票を用いた手法により高精度な色推定が可能であることを確認できた。また、計測において、試料と装置の密着状態が多少不十分であっても、色推定の精度がほとんど低下しないことを確認した。

今後は、豚肉肉色分布領域をカバーできていない現行の基準色票を更新し、製作した装置による豚肉計測を通し、関係者と連携しながら新たな色指標を決めていく予定である。

文 献

- [1] https://www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/08_allowance_by_color.htm