

# 賀茂ナスの果実光沢の定量的な評価手法の検討

黒須暖加\*

キーワード: ナス、果実光沢、分光反射率、画像解析

## I 緒言

京都府特産の大型丸ナスである‘賀茂ナス’の産地では果実の光沢の有無や果皮表面における光沢部分の割合を目視により評価しているが、生産者間で評価に差が生じている。ナスでは果実の光沢は等級を区分する際の重要な指標の一つであり、光沢の定量的な評価を可能にすることによって選果精度の向上が期待できる。また、定量化により、光沢部分の割合等の年次間差を把握でき、気象及び栽培条件と光沢との関連を詳細に解析できるため、そこから得られる知見を栽培技術の改善に活用できるものと考えられる。

果実の光沢の消失は、果皮表面に微細な凹凸<sup>(1),(2)</sup>(しわ<sup>(3)</sup>)が生じ、光が乱反射することで発生する<sup>(1),(2)</sup>ことが明らかにされている。このため、果皮表面の反射光の特徴を捉えるべく、分光反射特性を調べる手法<sup>(3),(4)</sup>や可視光画像を解析する手法<sup>(2)</sup>が検討されてきた。

松岡らは分光反射率を測定することで同じ果皮色の果実における光沢の有無を判別している<sup>(3),(4)</sup>。しかしこれらの事例は長ナスを用いたものであり、賀茂ナスのような丸ナスでの測定事例は見当たらない。また、果皮色の違いによる光沢評価への影響も示唆されている<sup>(3),(4)</sup>。

可視光画像を解析する手法では、画像中の任意の色について解析できるため、果皮色に関わらず光沢を判別できることが期待できる。森本はデジタルカメラ撮影画像を処理ソフトによって解析している<sup>(2)</sup>が、この手法は使用者がやや煩雑な画像処理を行う必要がある。一方、工業分野においては、製品の光沢に応じて規格品と規格外品を撮影から短時間で判別できる小型の画像判別センサが利用されているが、農業分野での利用事例は見当たらない。

以上のことから、本研究では、賀茂ナスの果実光沢と分光反射率との関係を調べるとともに、画像判別センサを用いた画像解析による果実光沢の判別の可能性を調べ、定量的な評価手法を検討した。

## II 材料と方法

京都府農林水産技術センター農林センター内の水田転換畑で、京都府野菜栽培基準<sup>(5)</sup>に準じて栽培した賀茂ナス

の果実(約 250g、形の違いや凹凸が少ないもの)を供試した。供試果実は目視評価で「光沢あり」と「光沢なし」及び果皮色が「黒紫色」(全面が着色しムラがないもの)と「赤紫色」(全体的に着色が薄いもの)にそれぞれ分類した。

本試験に先立ち、マイクロスコープ(株式会社キーエンス VHX-2001)で果皮表面の微細構造を観察した。試料には「黒紫色・光沢あり」と「黒紫色・光沢なし」の果実を複数供試し、それぞれの赤道面(最大径)から果皮を直径約 3cm の円状に切り出した。設定倍率は 300 倍とした。その結果、複数の果実で光沢の有無により表面構造が物理的に異なることを確認した(図 1)。

### 1. 分光反射率の測定

分光反射強度の測定には携帯型分光放射計(英弘精機株式会社 MS-720)を使用し、300~1130nm の分光反射強度を測定した。光源には顕微鏡用ハロゲンランプ(30W)を使用した。

試料に「黒紫色・光沢あり」及び「黒紫色・光沢なし」各 2 個、「赤紫色・光沢あり」及び「赤紫色・光沢なし」各 1 個を供試した。それぞれの赤道面周上に光源からの光が当たるようにし、光源と試料表面の距離は約 50cm、試料表面と分光放射計の距離は 5cm に固定、入射角は 20 度とした。この条件下での分光放射計による試料表面の測定範囲は直径約 3cm であった。また、光源以外から混入する光の影響を考慮し、測定は暗室内で行った。

分光反射率は、試料と同じ方法で測定した写真撮影用グレースケール(反射率 18%、銀一株式会社 シルクグレーカード)の分光反射強度を分母に、試料の分光反射強度を分子とし、相対分光反射率として算出した。

### 2. 画像判別システムによる画像解析

撮影には画像判別センサ(株式会社キーエンス IV-H500CA、以下、センサ)を使用し、データ処理はセンサ付属ソフトウェア(キーエンス、以下、センサと合わせて画像判別システムとする)を用いて行った。なお、センサの光源には白色 LED ライトが用いられている。

最初に光沢が強い果実 1 個を選んで撮影し、基準画像として画像判別システムに登録した。基準画像内の果実部分

\* 農林センター園芸部

を萼が入り込まないように留意しつつ測定範囲として指定し、範囲内で光沢が強い部分の色を検出色として指定した(図 2)。次に試料の「黒紫色・光沢あり」及び「黒紫色・光沢なし」各 1 個を撮影し、得られた画像の測定範囲において、基準画像を 100 とした場合の検出色の画素数の比率(以下、画素数比率)を測定した。撮影は試料の赤道面周上の 4 点(回転角度 90 度)を捉えるように行い、1 点につき 5 回測定した画素数比率を平均した。

### III 結果

#### 1. 分光反射率

試料表面の分光反射強度は波長域による差が大きく、グレースケールの分光反射強度を大きく上回った波長域も見られたため、相対分光反射率は 0~983 %と幅広い値をとった(図 3 左)。光沢の有無及び果皮色に関わらず、約 300~400nm の青色光波長域と約 900nm 以上の赤外光波長域では相対分光反射率の変動が大きく、光沢及び果皮色は判別できなかった(図 3 左)。約 700~800nm の赤色光波長域では、果皮色が赤紫色の果実の相対分光反射率が高くなった。一方、同一の果皮色では光沢ありと光沢なしの果実の相対分光反射率に差が見られなかった(図 3 右)。

#### 2. 画像判別システム

検出色の画素数比率を表 1 に示す。「光沢あり」、「光沢なし」の果実のいずれも 1 つの撮影点での画素数比率の標準偏差は小さく、値の精度は比較的高いと考えられた。「光沢あり」の果実の光の強反射部分は基準画像と同様に光沢として判別でき、画素数比率も平均 67.4%と比較的高い値を得た。一方、「光沢なし」の果実では光の強反射部分の白色が検出色と異なるものとして判別され、画素数比率は平均 13.4%と低い値であった。しかし、「光沢あり」の果実においても撮影点によっては画素数比率が低くなった。

### IV 考察

マイクロスコープによる観察により、光沢の有無によって表面構造が物理的に異なることを確認できた。このため、目視評価した「光沢あり」と「光沢なし」の果実には明らかな違いがあり、少数の試料による評価が可能であると考えられた。

分光反射率では同じ果皮色の果実の光沢の有無を判別することはできなかった。この原因の一つとして、分光放射強度測定時の測定範囲が影響していると考えられる。賀茂ナスは丸型ナスであり、今回のような点光源では図 4 のように光の強反射部分の周縁に弱く光が散乱する部分が生じる。松岡らの方法<sup>(3) (4)</sup>では試料果実に測定孔固定板を取り付けており、光の強反射部分のみを測定していた。一方、本

研究では将来的な現場での導入を考慮し固定板は使用せずに測定したため、測定範囲が広くなり、光の強反射部分に加えその周縁部からの弱い散乱光まで受光していた。その結果、周縁部からの散乱光の放射強度は光沢の有無による差が小さいため、こうした散乱光が入り込むことにより全体の分光反射強度が平均化され、差として検出できなかったのではないかと考えられる。

一方、画像判別システムによる画像解析は、指定した色の画素を検出する手法であるため、光の強反射部分中の特に光沢が強い部分を検出でき、固定板を使用しない撮影方法でも周縁部の散乱光の影響を受けずに光沢の有無を判別できた。また、光の強反射部分のみを解析できる点から、果皮色の違いにも影響されずに光沢の強さを評価できると考えられる。このため、果実光沢の定量的な評価手法としては、光の強反射部分の画素の色データを評価する画像解析が適していると考えられる。

しかし、今回の結果では、「光沢あり」とした果実でも撮影点によっては検出色の画素数比率が低くなるなど、変動が見られた。この主な原因としては、「光沢あり」の果実にも光沢を失っている部分が混在していたことが挙げられ、そうした部分的な光沢の差を捉えたと見られる。さらに今回は、センサに組み込まれている点光源を使用したため、光の強反射部分が小さくなり、光沢の評価が果実表面の一部に留まったことにより、このような撮影点による変動が大きく表れたと考えられる。ナスの果実光沢はムラがあることがしばしばあるため、部分的な評価では撮影角度によって光沢の有無を誤判定する恐れがあり、果実表面全体における光沢の範囲を評価することが今後の課題として挙げられる。全体的な光沢評価を目指す手法としては面光源の利用が挙げられ、面光源による果実表面全体の画像の撮影方法やその解析方法の検討が必要であると考えられる。

また、本研究では光沢の有無を判別できたが、今後現場での評価基準を定めていく場合には、光沢部分の割合や光沢の程度別に多くの測定が必要であると考えられる。

### V 引用文献

- (1) 加藤ら、1970、ナスのつやなし果発生現象、農業および園芸 第 47 巻 第 10 号、91-92
- (2) 森本、2001、青果物の品質評価に関する基礎的研究—ナスのつやなし果判別手法の考察—、岡山大学大学院環境学研究科生物生産システム工学研究室ウェブサイト論文一覧、<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/kenkyu/01/jun/jun.html>(最終閲覧 2020 年 6 月 3 日)

- (3) 松岡ら、1996、農産物の品質判定に関する基礎的研究  
(第2報)―ナス表皮の色及び光沢評価と光沢消失過程―、農業機械学会誌 58(6)、69-77
- (4) 松岡ら、1995、農産物の品質判定に関する基礎的研究  
―分光反射特性によるナス光沢の定量化―、農業機械学会誌 57(1)、33-40
- (5) 京都府農林水産部、1996、京都府野菜栽培基準



図 1. 果皮表面の微細構造  
(左: 光沢あり果実、右: 光沢なし果実、  
それぞれ代表的な画像を示す)

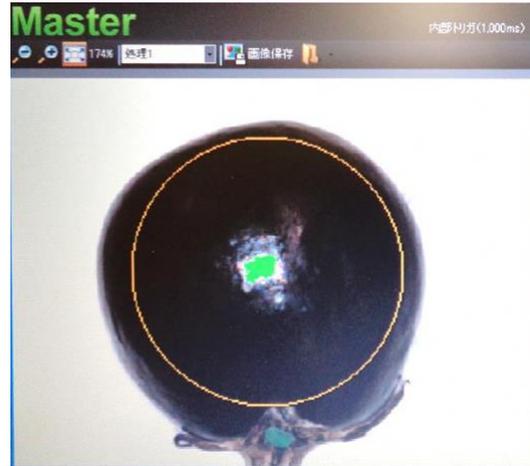


図 2. 画像判別システムでの測定範囲及び  
検出色の指定

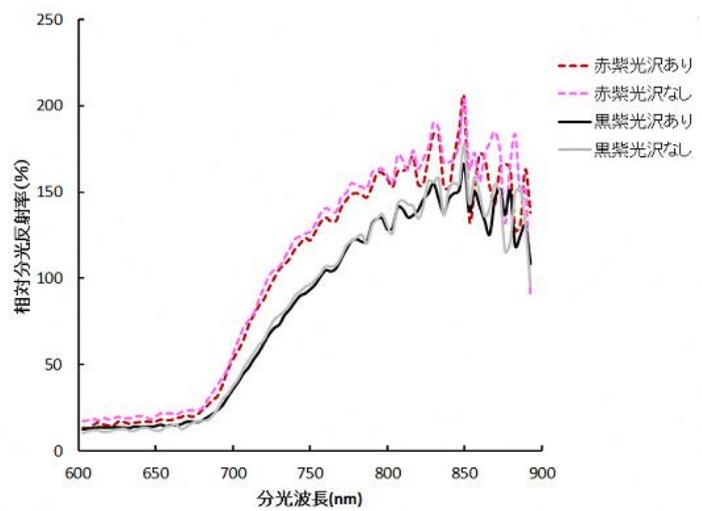
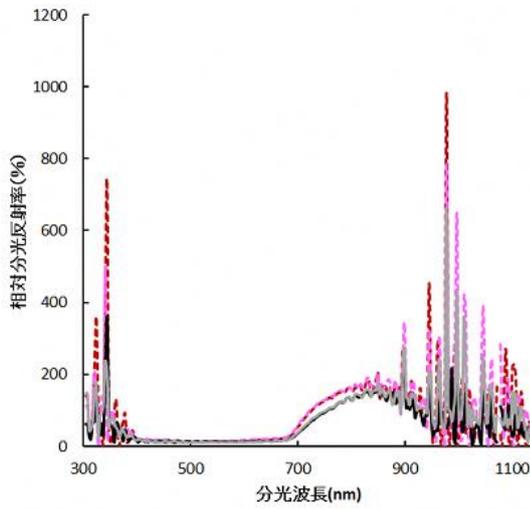


図 3. 光沢の有無及び果皮色別の果実の相対分光反射率  
(左: 測定した全波長域、右: 600~900nm の波長域の拡大図)  
※「黒紫色・光沢あり」、「黒紫色・光沢なし」は 2 果の平均値

表 1. 基準画像に対する撮影画像の検出色の画素数比率

撮影点	検出色の画素数比率(%)	
	光沢あり	光沢なし
1	63.4 ± 1.52	0.0 ± 0.00
2	34.6 ± 2.97	0.0 ± 0.00
3	71.4 ± 1.14	21.0 ± 0.71
4	100.0 ± 0.00	32.4 ± 1.82
平均	67.4 ± 26.9	13.4 ± 16.1

※撮影点 1~4 は 5 回測定の平均値±標準偏差、  
平均は 4 撮影点の平均値±標準偏差

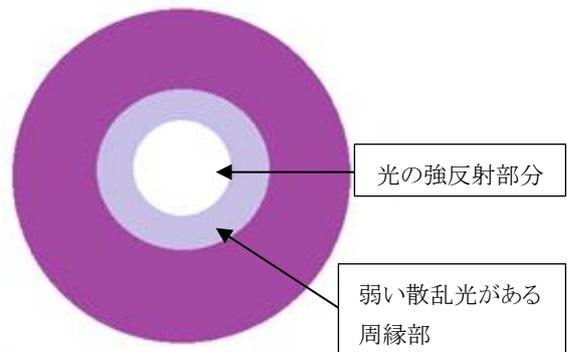


図 4. 果実表面の光の反射模式図