

トピックス

食品・農産物の色計測およびその応用

1. はじめに

食品・農産物の色は、品質の重要な因子であるとともに、生産過程においても非常に有用な情報である。そのため、生産過程、品質管理で色評価、色管理が求められるが、色の情報は人間の感覚であり、心理的、経験的な要因を内包するため、その取り扱いには十分な知識が必要となる。本稿では色彩画像処理による色計測とその応用事例を紹介する。

2. 色表現・表色系

色という情報は、物理的な属性とみられることがあるが、正確には視知覚の属性、もしくは色刺激の表示と定義されており、物体固有の物性ではない。色に関わる物体固有の物性としては、物体の可視光領域の反射率特性が挙げられ、物体の色を計測するという場合には、この特性を測定した後、視知覚に関わる属性や色刺激の表示に基づいた表色系へ変換され、表現される。

色を表現するために体系化された系を表色系というが、表色系は混色系と顕色系に大別される。現在では、色彩学と計測機器の発展により、物体の反射率特性から人間の脳へ伝達される色刺激の情報を算出し、その情報を基にした色管理技術が普及したが、それ以前は、2つの物体の色を特定の条件で目視によって比べた色差（色の違い）を基にした色管理が一般的であった。前者のように

色刺激に基づいた色の体系を混色系といい、代表的なものにXYZ表色系、RGB表色系などがある。後者の色の知覚に基づいたものを顕色系といい、代表的なものにL*a*b*表色系、マンセル表色系などがある。

3. 色彩画像処理による色計測

色を計測する機器として、測色計がある。測色計は光源、積分球、受光素子などの独自の光学系を有し、測定部位の物体の反射光を測定し、その測定値と設定された観察条件と観察光源の情報から各種の表色系の値を算出し、色を表示する。色を数値で表現する場合には、観察条件と観察光源の設定が必須であるため、色の表記にこの2つの情報を必ず付与する必要がある。

測色計は、測定面が平面で単一色の対象を計測するためのものであるため、表面に凹凸があり、色模様を有する食品・農産物の色計測にはあまり適さない。また、農産物の場合は表面全体の色を測る必要がある。そこで利用されるのが、色彩画像処理による色計測である。色彩画像処理による色計測では、撮影した画像の画素値であるRGB値をもとに対象物の色を算出することになるが、ヤング・ヘルムホルツの三色説にもとづいて、RGB値からXYZ値への変換は可能である。ただし、測色計に比べ、色彩画像計測では計測システムが煩雑になるという問題点がある。また、撮像機器にデジタルカメラを利用する場合は十分な知識と配慮が必要となる。それは、最近のデジタルカメラでは受光素子と画像処理LSIが一体となって機能するものが多く、カメラ内部で様々な加工処理が施されるためである。色計測に悪影響を及ぼすカメラ側の画像処理を無効化した撮影が必要となる。また、画像を取得する設定においても、非可逆圧縮を行うJPEG形式などでは明るさの情報は保持されるが、色彩の情報は間引きされるため、色計測精度は低下する。画像形式はRAW形式か非圧縮もしくは可逆圧縮の形式での保存が必要である。

デジタルカメラなどの撮影機器で撮影された画像では、色は画素値としてRGB値で表現されてい

元永佳孝 (Yoshitaka MOTONAGA)

新潟大学農学部 准教授

1990年 三重大学水産学部水産学科卒業

2000年 三重大学大学院生物資源学研究所博士課程修了、博士(学術)

日本学術振興会特別研究員 (PD)

新潟大学農学部講師

2005年より現職

画像処理、光センシングを用いた食品・農産物の品質評価、および農業分野の情報技

術利用に関する研究に従事。

農業情報学会、農業食料工学会、計測自動制御学会、ALFAEの会員

るため、RGB表色系（CIEでもRGB表色系の規定があるが、ここではカメラが有する色空間としてのRGB表色系を意味する）での色の取り扱いとなるが、このRGB値は照明条件、撮影を行ったカメラ固有の受光特性と撮影時のカメラ設定によって決定されている。つまり、RGB表色系での値といっても、画像を撮影した条件によって異なった色空間の値となるため、照明条件と撮影条件を完全に一致させなければ、色の比較や解析は行えない。言い換えれば、照明条件と撮影条件によって、それぞれ異なったRGB表色系の画像が生成されるということである。そのため、色空間の同一性を精査することが色彩画像計測では重要である。

4. 色計測の事例

4.1 シャインマスカットの色変化

バナナやトマトなどの追熟生理を有する果実では、収穫後の果実を経時的に撮影し、色彩画像処理により、連続的な色変化を計測し、解析することが可能である。しかし、追熟生理を有さない果実では、収穫後の成熟が行われないため、色変化を計測することができない。そこで、用いられる手法としては、熟度の異なる様々な果実の色を計測し、それらの色空間での分布を解析することで、仮想的に色変化を捉えるという手法である。その事例として、シャインマスカット（ブドウ）で色変化を解析したものを紹介する。

シャインマスカットはマスカット系品種の特徴である白色系のブドウ品種である。そのため、収穫期になっても緑色もしくはやや黄色みのある緑色であり、未熟から完熟までの色変化は、赤系品種（オリンピック、安芸クイーンなど）や黒系品種（巨峰、藤稔など）と比較して小さいが、色変化は生じる。色変化が小さいため、精度の高い色計測が

求められる。そこで、照明のチラツキ、撮影面での照明斑などを考慮して、バックグラウンド補正、ガンマ補正、B値校正などの計測精度を高める補正を行った。その結果、未熟果から完熟果までの様々な熟度の果実の色をRGB色空間にプロットしたところ、シャインマスカットの果色分布は直線的なものとなり、その色変化は直線モデルで表現できることを示した。また、果色と開花後日数、糖度とのそれぞれの関係を解析したところ、それぞれ直線的であり、それらとの関係式を算出し、関係式のパラメータが生産年度、樹体で異なることを明らかにした。

4.2 果実カラーチャート

果実のカラーチャートは、生産や出荷の現場での色管理を行う上で最も利便性の高いツールの1つであるが、チャートは何段階がよいか、各段階の刻みの基準は何がよいかなど利用目的に適したものが必要となる。さらに、色の評価精度が重要になる。カラーチャートを用いた色評価の精度とは、複数の評価者が色評価を行った時の誤差と標準偏差を意味する。果実カラーチャートは人工物である限り、天然物である農産物の色を完全に表現することは不可能である。そのため、色の評価精度を高めるためには人間の視知覚を利用した擬似的な表現が必要となってくる。そこで、考えられたのが果実の色模様と果形を有したカラーチャートである。このような色彩画像処理をベースにした果実カラーチャートの開発の主な手順は、対象果実に適した撮影システムの構築、果実画像の取得、色彩解析、形状解析、カラーマッチングによるカラーチャートの試作、完成形カラーチャートの印刷である。代表例として図1にルレクチエ（セイヨウナシ）の果実カラーチャートを示す。



このカラーチャートは、40-50日間かかる追熟過程での追熟進度を評価するため、収穫時の未熟果の色から完熟果の色までを12段階で表現している。生産農家は、このカラーチャートで追熟進度を見ながら、出荷調整のための追熟管理を行なっている。

図1 ‘ルレクチエ’果実カラーチャート