

平成22年6月10日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20880035
 研究課題名（和文） デジタル画像解析技術を用いた果実の色・成分の高精度評価法の開発

研究課題名（英文） Development of high-precision measurement method of fruit color based on digital image analysis

研究代表者

吉岡 洋輔（YOSHIOKA YOSUKE）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・野菜茶業研究所・野菜育種研究チーム・研究員

研究者番号：50462528

研究成果の概要（和文）：汎用性の高い果実の色・成分の新しい評価法を提示することを目的に、メロンとイチゴをモデルとして、画像検索システムで用いられている Color signature 法などの様々な画像解析法による新しい果実色・成分評価の有効性を検証した。その結果、Color signature に基づく果実色の新しい評価法は従来の目視による評価と比較し、より客観的で精度の高い評価が可能であり、育種における系統の評価・選抜に有効であるとともに、Color signature を用いた画像データベースは新しい育種素材（遺伝資源）管理システムの構築に有効であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：In breeding and in pre- and postharvest studies of fruit color, an effective method for evaluating color is needed to replace subjective evaluations by eye. We used a series of data processing and statistical analyses used in content-based image retrieval to evaluate melon and strawberry flesh color, and assessed the efficacy of this approach. This method relies on summarizing color information from images into color signatures, calculating the earth mover's distance (EMD) between color signatures, and multi-dimensional scaling based on an EMD matrix. This method revealed important color features, such as the yellowish-green strength in green-fleshed melons, the relative size of the green and red parts in red-fleshed melons, and the relative size of the white and red parts in strawberry flesh, without the need for an explicit definition of these features. Moreover, this new method performed better at detecting color differences among cultivars than traditional evaluation methods. The method provides effective, objective indicators of fruit color, and shows considerable promise for use in research and breeding programs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,050,000	315,000	1,365,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,250,000	675,000	2,925,000

研究分野：野菜育種

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：Color signature、果実、画像解析、画像データベース、紫外線、蛍光物質

1. 研究開始当初の背景

(1) 画像は植物やその器官の状態を記録す

る手段として古くから用いられてきたように、色、形状、大きさなど、外観特徴に関する多量の情報を含んでいる。近年、コンピュータや光学機器の著しい性能向上により、多量の情報を含む画像から有用な情報を客観的、定量的に抽出するデジタル画像解析が農学分野で適用されつつある。また、比較的均一な色で構成されるニンジンの根などでは、画像特徴量を用いて色素成分含量を評価する手法が構築されるなど、画像解析技術を用いた色素成分の簡易測定に基づく効率的な育種が展開されている。今後は色と成分が重要な形質である他の園芸作物の育種においても、画像解析技術の高度利用が期待されている。

(2) 果菜類や果樹類では、果皮や果肉の色は果実の外観価値を決める形質として、そして色素などの果実成分に密接に関連する形質として、特に重要な育種の対象形質である。しかし、果菜類の果実には、色相が大きく異なる質的な変異、同系色の連続的(量的)な変異、さらに果実内での空間的な色の分布の変異が存在し、このような複雑な果実色を正確に評価できる色彩評価法は現在でも構築されていない。そのため、定量値を前提とする高度な解析が行えず、これら形質の変異を生み出す遺伝学・栽培生理学的機構の大部分が依然として未解明のままであると同時に、画像解析技術を用いた果実色および果実成分の育種のための知見・技術の蓄積が進んでいない。

(3) 現在、情報科学分野の研究では画像の特徴を数値化するための理論・技術の開発が活発に行われており、その中で、最近になって開発された Color signature と呼ばれる新しい画像特徴量は、その算出過程で連続的な色の変異や色の空間分布の情報を加えられるなどの高い柔軟性を持つ。Color signature 法のこの柔軟性を利用し、最適な改良を加えることで、連続的かつ空間的に多様な様相を示す果実色を高い精度で評価できる新たな色彩評価法の開発が達成され、画像解析技術を利用した果実色ならびに果実成分の育種技術が大きく発展すると期待される。

2. 研究の目的

近年、様々な作物の遺伝学・栽培生理学的研究や育種事業において、デジタル画像解析技術が品種あるいは系統の形質評価に導入されつつあり、今後は果菜類や果樹類の果実形質においてもその利用が加速されていくと考えられる。本研究ではこのような動向に先駆け、果実色に特徴のある果菜類のメロンとイチゴをモデルとして、①Color signature 法を初めて果実の色彩評価に適用し、客観的

で精度の高い果実の色彩評価法・解析基盤を確立し、②得られた評価値に基づいた色と果実成分の関連性解析を実践し、新たに開発する色彩評価法に基づく果実成分の育種の可能性を探る。また、Java 言語などを用いたコンピュータプログラムを作成することで一連の画像処理・計算過程を大幅に効率化し、育種に応用可能な迅速な色彩評価を可能にする。

3. 研究の方法

(1) デジタルカメラまたはデジタルスキャナを用いて、果実断面の高解像度画像を安定して取得できる環境を整備する。またイチゴでは成分品質との関連性解析を行うため、可視領域だけではなく、紫外領域および近赤外領域での撮影環境を整える。質的および量的な果実色の変異をもつメロンとイチゴを数品種栽培し、果実表面および果実断面を撮影する。

(2) Color signature は画像の代表色ベクトル pi とその色の画素数の割合 wpi の組 (pi, wpi) の集合で構成される画像特徴量であり、代表色や代表色の数を決定する方法によって、同じ画像から作成される Color signature は大きく異なる。また、Color signature 作成時に色の空間分布の情報を加えることができる。この特徴量を用いた色彩評価の全体の流れは、①画像の取得、②Color signature の作成、③Color signature 間の距離の計算と多次元尺度構成法などの多変量統計解析による情報集約の順となる。本研究課題ではこの手順に改良を加えることで、果実色の定量的評価を可能にする。

4. 研究成果

(1) デジタルスキャナおよびデジタルカメラを用いたメロンやイチゴなどの果実画像の取得方法を構築するとともに、デジタル画像からの RGB 情報の抽出、色空間の変更 (RGB から CIE-Lab への変換)、Color signature (図 1) の作成 (Median cut algorithm に基づく代表色の決定と最近隣探索法による各画素の代表色への割り当て) までの一連の画像情報処理のためのプログラムを、コンピュータ言語 Java を用いて新たに作成した。

(2) Color signature の解析・評価 (Earth Mover's Distance (輸送問題) 及び多次元尺度構成法) のためのプログラムを C 言語及び統計言語 R を用いて作成した。

(3) 果実色が大きく異なる複数のメロン品種に対して本評価法を適用し、従来の評価法 (CIE-Lab の各要素の平均値など) と比較す

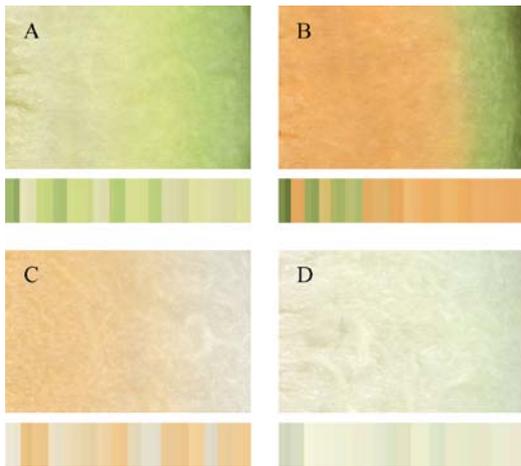


図1. 果肉画像と Color signature の例 (A: 緑肉、B:赤肉、C:赤肉、D:白肉メロン) .

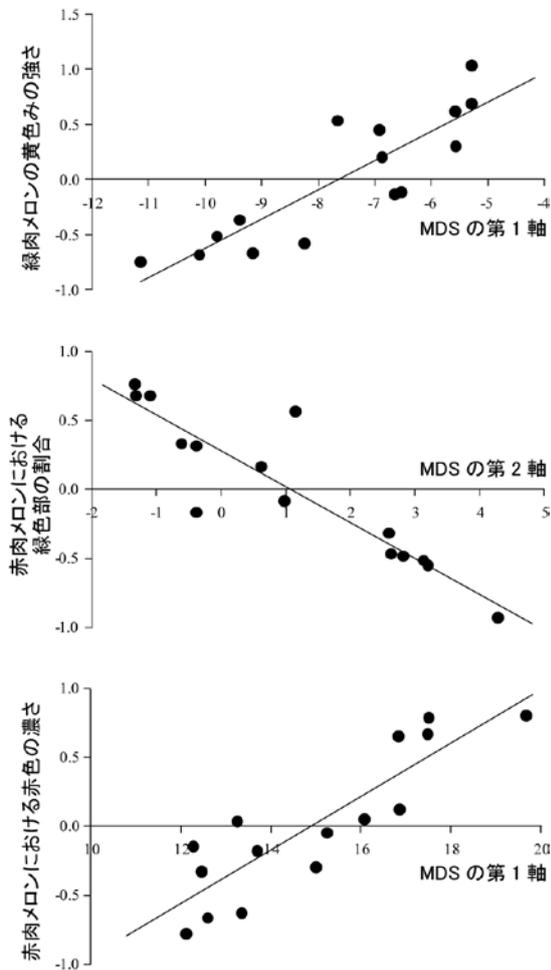


図2. Color signature の距離行列 (EMD) の多次元尺度構成法における第1軸および第2軸と目視評価値との関係

ることでその有効性を検証した。Color signature に基づく新しい評価法は、従来の評価法に比べて目視による色の評価との相

関が高く(図2)、品種効果の検出能力が優れていることが明らかになった(図3)。このことから、Color signature に基づく新しい果実色の評価法は色の分布位置の情報が無視される欠点はあるが、果実に含まれる色の情報を効率よく抽出・評価することが可能であり、今後、果実色に関する試験研究や育種において有効な評価法になると考えられた。

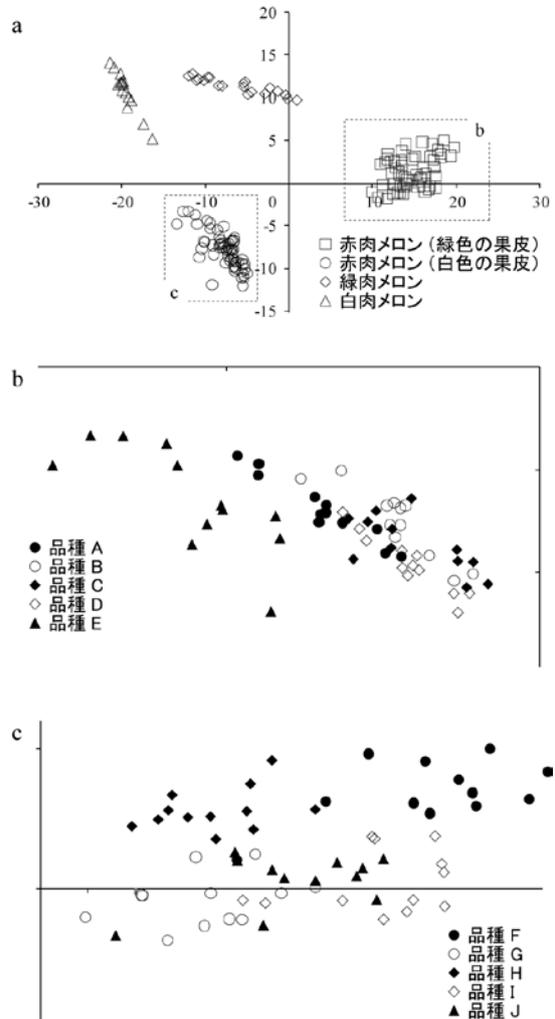


図3. Color signature の距離行列 (EMD) の多次元尺度構成法に基づく各果実の二次元配置

(4) (1)および(2)において構築した Color signature に基づく評価法は同系色の連続的な変異のあるイチゴの果実色の評価に有効であることを示すとともに、画像特徴量とイチゴの主要な色素成分であるアントシアニンとの関連性を明らかにした。

(5) 新たに構築したデジタルカメラを用いた紫外線撮影装置および紫外線励起蛍光撮影装置を用いた画像解析により、イチゴの果肉に 360nm 付近にピークをもつ紫外光源と 450nm 付近での透過率が 50%であるロングパスフィルターを用いた紫外線励起蛍光撮

影により、イチゴ果肉中に含まれる品種特異的な蛍光物質を検出できることを明らかにした(図4)。

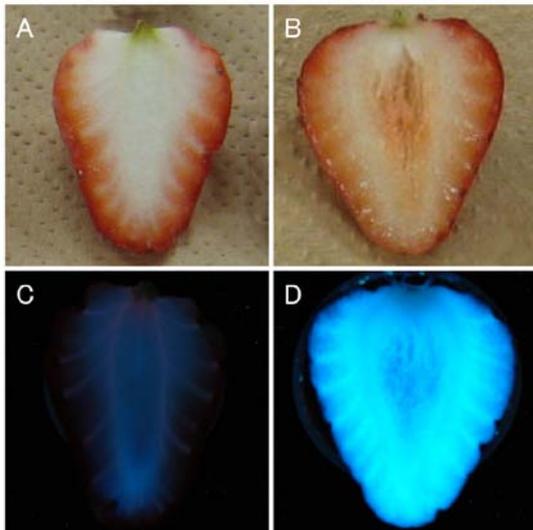


図4. イチゴ果実断面の可視光画像(A、B)と紫外線励起蛍光撮影画像(C、D)。AとC、BとDは同じ果実。

(6) 以上の結果から、Color signature に基づく果実色の新しい評価法は従来の目視による評価と比較し、より客観的で精度の高い評価が可能であり、育種における系統の評価・選抜に有効であるとともに、Color signature を用いた画像データベースは新しい育種素材(遺伝資源)管理システムの構築に有効であると考えられた。また、本研究課題で用いたデジタルカメラによる撮影(紫外線励起蛍光撮影などを含む)から画像情報の数値計算までの一連の画像解析法により、果実に含まれる色素成分や品種特異的な蛍光物質の評価・検出が可能であったことから、今後、本手法は果実成分の簡易評価法として、果実成分の試験研究や育種において活用できると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① Yoshioka Y., N. Fukino, Image-based phenotyping: use of colour signature in evaluation of melon fruit colour, Euphytica, 査読有, 171, 2010, 409-416

[学会発表] (計1件)

① 吉岡洋輔, Color signature に基づくメロン果肉色の画像解析、園芸学会、2009年3月20日、明治大学(東京)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉岡 洋輔 (YOSHIOKA YOSUKE)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究

機構・野菜茶業研究所・野菜育種研究チー

ム・研究員

研究者番号: 50462528

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: