

## 農作物画像のためのAR技術を用いた自動色補正ビューアの開発

## Development of the Automatic Color Correction Viewer Using AR Technology for Farm Products Images

島田 善一郎\*<sup>1</sup> 小林 一樹\*<sup>2</sup> 斎藤 保典\*<sup>1</sup>  
 Zenichiro Shimada Kazuki Kobayashi Yasunori Saito

\*<sup>1</sup>信州大学 工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University

\*<sup>2</sup>信州大学 大学院 工学系研究科

Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

In this paper, we propose an automatic color correction system with augmented reality (AR) technology for farm products images. We developed an AR color chart that includes an AR marker and automatically extract color values of color chips in the chart. The system requires no exact alignment and no manual color extraction from color chips. The experimental result suggested that the developed system is easy to use but needs improvement about the color correction method by multiple linear regression analysis.

## 1. はじめに

農作物の生育状態の比較において、生長や形態形成変化を正確かつ客観的に把握するために画像データの利用は有効な手段の1つである。たとえば、イチゴの成熟度評価 [Yamamoto 10] やトマトの表面色評価 [Furusawa 10] といった研究では、画像データベースの構築が行われている。このような画像データを用いた評価では環境光や撮影機器の設定を一定に保って作物の撮影を行う必要があり、非常に煩雑な手順を必要とする。また、画像の色調を補正する場合には、撮影対象物の近くにカラーチャートを写し込み、多くの場合手作業で画像処理ソフトウェアを操作し、カラーチャート上の見本色をピックアップしながら補正作業を進める必要がある。

そのような現状に対し、本研究ではAR技術 [加藤 99] を用いることで、非常に安価かつ、自動的な画像の色調補正方法を提案する。カラーチャート内にARマーカーを配置するためカラーチップが画像内のどの位置にあるか自動的に検出でき、撮影時に厳密な位置合わせや姿勢調整が不要であり利便性が高い。画像の評価者は比較したい画像を選択するだけで色補正済みの画像を得ることができ、光源色に依存しない画像の比較が可能となる。本研究により、複雑な手順を排除した上で作物の生長や形態形成変化の度合いを利用者が客観的に判断することが可能となり、作物の品質管理や生長管理の効率を向上させることができると考えられる。

## 2. AR技術を用いた自動色補正

本研究では、AR (Augmented Reality) 技術を応用することで、農作物画像の自動的な色補正を実現する。AR技術とは、カメラで撮影したマーカーの姿勢を取得することで、実画像上に仮想画像を重ねて表示する技術である [加藤 99]。ここでは、カラーチャートにARマーカーを配置したARカラーチャートを作成し、撮影された画像内のカラーチャートから各カラーチップの画素値を自動的に取得する。各カラーチップの画素値を比較したい農作物画像からそれぞれ取得することで、各農作物画像のカラーチップの画素値が同じになるように変換パラメータを求めて画像全体の色補正を行う。農作物の近くにAR

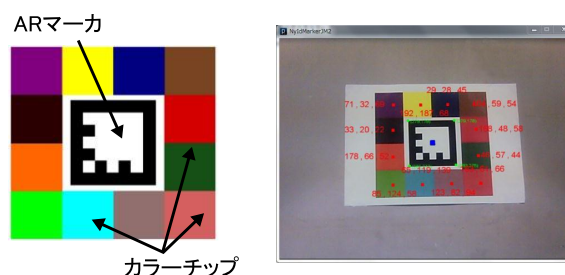


図1: ARカラーチャートと自動抽出の様子

カラーチャートを配置し、作物と一緒に撮影するだけよい。

## 2.1 ARカラーチャートと画素値抽出

図1に作成したARカラーチャートと、カラーチップの自動抽出の様子を示す。ARマーカーの周囲に12色の異なるカラーチップを配置した。各カラーチップはARマーカーの中心からの相対距離で管理されており、ARマーカーの位置と姿勢が固定されると各カラーチップの画素値が自動的に抽出できる。

カラーチップの画素値を取得するために、NyARToolkitを用いてARマーカーを検出した。マーカー座標系から画像座標系への変換を行うことで、画面上のどこに何色のカラーチップがあるのかを把握することができる。画像座標系を得る前段階として、マーカー座標系からカメラ座標系への変換を行う。マーカー座標系からカメラ座標系へと変換する行列を変換行列と呼ぶ。これは回転成分と並進成分からなる4行4列の行列である。変換行列はARToolkitから提供され、これを(1)式のようにしてカメラ座標系を得る。

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 & r_4 & r_7 & t_x \\ r_2 & r_5 & r_8 & t_y \\ r_3 & r_6 & r_9 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで  $X_c, Y_c, Z_c$  はカメラ座標を表し、 $r$  は回転成分、 $t$  は並進成分、 $X_m, Y_m, Z_m$  はマーカー座標である。このカメラ座標系に射影行列を適用し、クリップ座標系を得る。そこから正規化デバイス座標系に変換し、アプリケーションのウィンドウサイズに合わせた画像座標系を得る。これらの座標変換により画像上の各カラーチップ座標を得てそれらの画素値を抽出する。

連絡先: 小林一樹, 信州大学大学院工学系研究科

〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1,

Tel: 026-269-5456, E-mail: kby@shinshu-u.ac.jp

## 2.2 色変換

線形重回帰分析により、比較する2枚の画像同士の各カラーチップ色が最も近づくようにする変換行列（回帰係数行列）を求める。補正画像を求める変換式を(2)式に示す。 $C'$ は補正後の画素値（添字の $r, g, b$ はそれぞれ赤、緑、青を表す）、 $a$ は3行4列の回帰係数行列、 $C$ は補正前の画素値を表す。補正画像の全画素に変換行列を適用することで色補正された画像を得る。

$$\begin{bmatrix} C'_r \\ C'_g \\ C'_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_4 & a_7 & a_{10} \\ a_2 & a_5 & a_8 & a_{11} \\ a_3 & a_6 & a_9 & a_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_r \\ C_g \\ C_b \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

## 3. 実験

提案手法の有効性を検証するために、色補正実験を実施した。室内において、人工光源（蛍光灯）の光を照射した条件と光を遮った条件とで観葉植物の撮影を行った。照明条件以外は同じ条件に設定し、構図の変化や撮影時間の大きなずれは生じないようにした。光を照射して撮影した画像を基準画像とし、光を遮って撮影した画像をARカラーチャートを利用して色補正を行った。図2に撮影結果を示す。ARカラーチャートの認識と色抽出、変換処理はプログラミング言語 Processing を用いて開発したソフトウェアを用いた。線形重回帰分析は、統計解析システム R を利用した。Rserv を利用することで、Processing との連携を実現している。

撮影結果をみると(a)の補正前では照明光が遮断されているため、画像全体が暗いことが分かる。色補正後の画像(b)では、光を照射して撮影した基準画像(c)と色調が近づいている。しかし、細部を拡大して比較すると、葉の表面の色調が異なることが分かる。たとえば、補正後画像の表面の50×50pxの平均RGB値は(131, 151, 60)であるのに対し、基準画像での同じ箇所の平均RGB値は(122, 137, 72)であった。

## 4. 考察

提案手法による色変換により色補正の自動化が可能となったが、実験結果では補正精度に改善の余地があることが分かった。補正精度の改善には、色変換方法の変更が有効であると考えられる。なぜなら、カラーチャート上のカラーチップ色の抽出は正しく行われており、手作業で色を抽出する場合と同様の結果が得られるためである。現状では色変換方法に線形重回帰分析を用いているが、非線形重回帰分析の利用が有効である可能性がある。

実験では簡便な方法としてA4の普通紙にARカラーチャートを印刷して利用したが、圃場などの屋外で定点観測用として設置する場合、印刷用紙の選択やラミネート加工などが必要となる。特に、色変換は各カラーチップ照射される光が均一であることを前提としているため、カラーチャート上で部分的に光が反射してしまうような表面加工では正しく補正できない可能性がある。また、カラーチャート上に部分的に影が作られるような設置状態でも同様の問題が生じる。今後、現場での利用に関して具体的な対応を検討し、実用システムとしての完成度を高める必要がある。

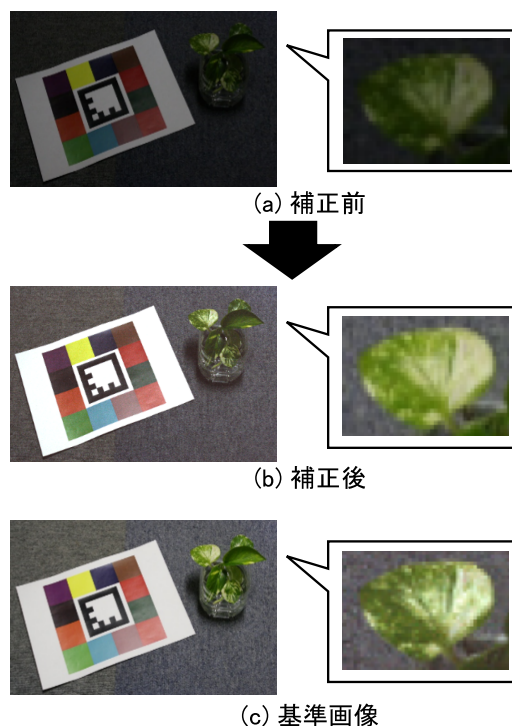


図2: 補正前後画像と基準画像

## 5. まとめ

本研究ではAR技術を用いた自動的な色調補正方法について述べた。カラーチャート内にARマーカを配置することで、補正に必要な各カラーチップ色の自動抽出を行い、自動的な色補正を実現した。開発したシステムは撮影時にカラーチャートの厳密な位置合わせや姿勢調整が不要であり利便性が高い。実験の結果、極端に照明条件が異なる場合においても、概ね良好な補正画像を得ることができたが、画像細部を観察したところ変換精度に改善の余地があることが分かった。本研究を進めることで、複雑な手順を排除した上で作物の生長や形態形成変化の度合いを利用者が客観的に判断することが可能となり、作物の品質管理や生長管理の効率を向上させることができると考えられる。今後、色補正精度の向上とともに、農作物の比較結果の記録や管理といった機能強化に取り組む予定である。

## 謝辞

本研究の一部は総務省戦略的情報通信開発制度(SCOPE, 課題番号102304002)により実施されました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- [Furusawa 10] Furusawa, K., Suehara, K., Kameoka, T., and Hashimoto, A.: Color appearance evaluation of agricultural products image based on spectral information of lighting, in *Proc. of SICE Annual Conference*, pp. 2447–2450 (2010)
- [Yamamoto 10] Yamamoto, K., Kimura, Y., Togami, T., Hashimoto, A., Kameoka, T., and Yoshioka, Y.: Color image database construction for the strawberry breeding, in *Proc. of SICE Annual Conference*, pp. 2451–2454 (2010)
- [加藤 99] 加藤 博一, Billinghamurst, M., 浅野 浩一, 橘 啓八郎: マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 4, No. 4, pp. 607–616 (1999)