

自動色再現のための色票位置推定手法の検討

A Study on Color Chart Position Estimation for Automatic Color Reproduction

山内 俊明†
Tosiaki Yamanouchi

1. まえがき

従来のカラー画像処理・表示システムの実用的な研究開発は、主に画面解像度や色解像度の拡張に向けられてきた。そして、電子デバイス技術の急速な発達とあいまって、安価な携帯電子機器の小さなディスプレイにおいても、数年前では想像もつかないような画面解像度と色解像度に対応したコンテンツを閲覧できるようになった。

しかし、遠隔医療・電子商取引・遺跡や美術品の画像アーカイブといった分野からの要請で、これまでほとんど行われていなかった色再現も積極的に研究されるようになってきた[1]。色再現とは、文字通り、画像の色情報を閲覧・利用時に忠実に再現することであるが、その目的により3種類に大別することができる。

(1) 映像そのものを絶対的なものにとらえ、当該色情報を忠実に表示することを目的とする。

(2) 撮像時の照明条件に左右されない、物体の分光反射率そのものを推定・記録することを目的とする。

(3) 撮像時の照明条件を考慮して、映像中の色情報を補正することを目的とする。

(1)については、モニタの色補正システムがすでに実用化され、デザイナー等の色情報を忠実に表示することが必要な利用者に広く用いられている。(2)については、マルチスペクトルカメラや多原色表示システムを用いたナチュラルビジョン[2]と呼ばれる研究が知られている。原理上、非常に理想的な結果が得られるが、高価な機器を必要とするため、普及にはまだ時間がかかると思われる。

本稿で対象とするのは、(3)に分類される色再現処理である。一般には、色票を用いて撮像時の照明条件の影響を軽減する方法が用いられるが、撮影した画像内の色票位置を手作業でシステムに指示する必要がある。使用する色票に多数の色が使われている場合には、非常に手間がかかる。

そこで、近年発達著しい画像認識技術を用いて、画像内の色票位置を推定する手法を検討する。詳細は後述するが、まず使用する色票の特徴点を学習しておく必要がある。次いで、処理対象画像内の特徴点と照らし合わせることで、色票位置を把握するというものである。ここで重要な点は、学習用画像の色票内の各点が処理対象画像内にどのように写像されるかを算出するため、色票内の各色領域の中心点が写像される点も簡単に求めることができることである。従って、この写像の推定精度が十分高ければ、色票と一緒に写っている写真に対して色再現処理を自動的に施すことが十分可能である。また、事前に学習する色票の種類を増やし、処理対象画像内で使用されている色票を自動判定することができれば、より実用的なシステムとなる。

2. 事前学習

事前に、使用する色票を中央に大きく写した画像を用意し、Scale Invariant Feature Transform (SIFT) [3]を用いて特徴点を算出する。また、色票の四隅の頂点の座標および各色領域の中心点の座標も記録しておく。SIFTは輝度情報を利用し、以下の手順で算出できる。

- (1) カラー画像をグレースケール画像に変換する。
- (2) 様々な解像度の Differential of Gaussian (DoG) 画像から、特徴点候補を検出する。
- (3) 特徴点候補から DoG 出力の小さい点とエッジ上の点を除き、サブピクセル単位での特徴点位置を推定する。
- (4) 各特徴点付近の領域について勾配ヒストグラムを作成し、度数最大となる勾配方向を決定する。
- (5) (4)で求めた勾配方向に合わせて特徴量記述領域を回転させ、当該領域を $4 \times 4 = 16$ のブロックに分割する。各ブロック内において、8方向に量子化した勾配ヒストグラムを算出する。結果、 $16 \times 8 = 128$ 次元の特徴ベクトルを得る。

図1に事前学習に使用した色票の画像を示す。今回は24色入りのマクベスカラーチェッカーという色票を採用した。画像に上書きされた大小の矢印は、色票内部で検出されたSIFTの特徴量を示している。矢印の根元が特徴点の位置を、矢印の向きと長さが度数最大の勾配方向とスケールを表している。

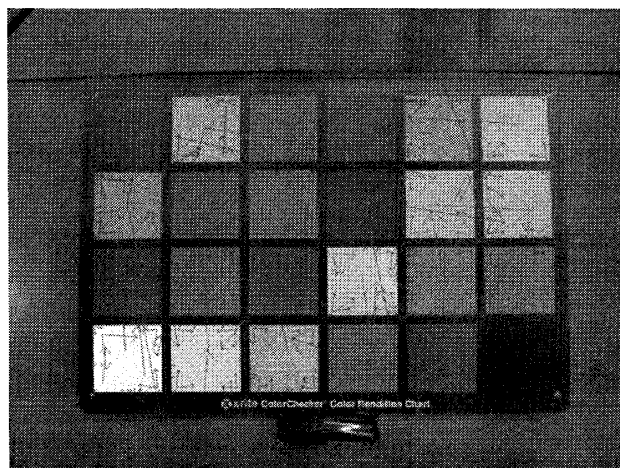


図1 事前学習に使用した色票画像

3. 色票位置推定手法

被写体と色票と一緒に写った画像に対して、以下の手順で色票位置を推定する。

- (1) 対象画像をグレースケール画像に変換し、SIFT 特徴点を算出する。
- (2) 事前に学習した色票内の SIFT 特徴点と(1)で検出した SIFT 特徴点の対応付けを行う。

† 神奈川工科大学, Kanagawa Institute of Technology

(3)対応する SIFT 特徴点のペア 3組で求めることができる画像間の射影変換[4]を算出する。

(4)(3)で求めた写像により,学習時に記録した色票の四隅の頂点の座標および各色領域の中心点の座標を変換し,色票位置と各色領域の位置を得る。

上述の(3)のような問題に対しては,一般に outlier の存在に強い Random Sample Consensus(RANSAC)[5]という統計的な手法が用いられる。しかし,認識対象があまり特徴のない色票であるため,今回は RANSAC に改良を加えることにした。具体的には,まず,ランダムにサンプリングした3組の特徴点のペアから算出した射影変換によって,学習時に記録した色票の四隅の頂点の座標を変換する。変換された4頂点で囲まれる面積が予め定めておいた閾値より小さい場合には,当該射影変換を求める際に用いたデータが outlier であったと判断してサンプリングからやり直すというものである。色再現を行うに際して,色票を極端に小さく写すことはないかと仮定すれば,合理的なアルゴリズムであると考えられる。

4. 実験

照明条件や背景などを換え,被写体と想定したスニーカーと色票が同一フレーム内に収まるようにデジタルカメラで20枚の画像を撮影した。これらの画像に対して上述の手法を適用し,色票の位置および各色領域の中心点が推定できるかどうかを検証した。

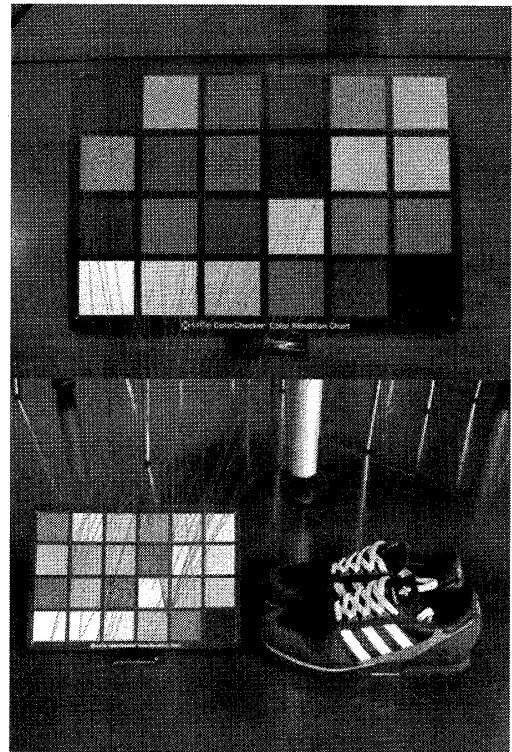
全20枚の内,従来の RANSAC では14枚,改良した RANSAC では17枚の画像でほぼ正確な推定結果を得ることができた。図2に実験結果の一例を示す。従来の RANSAC では色票が大きさ0の一点として推定されてしまうのに対し,改良した RANSAC ではほぼ正確な位置推定が行われていることがわかる。

5. むすび

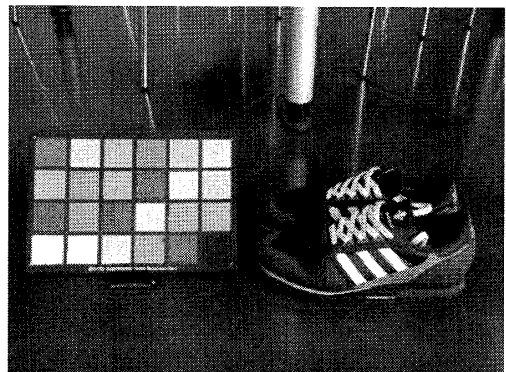
自動色再現を目的として,画像内の色票位置推定手法を検討した。提案手法では85%の画像でほぼ正確な推定結果が得られたが,実用化のためには更なる推定精度の向上が必要である。

参考文献

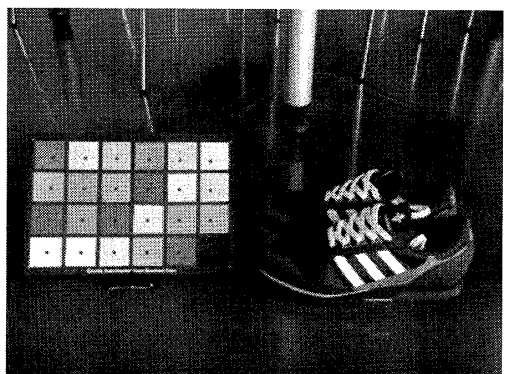
- [1] 三宅, "再現技術～最近の動向～", 映情学誌, Vol.58, No.12, Dec.,2004,pp.1715-1721
- [2] 山口, "ナチュラルビジョン～多原色に基づく新しい映像システム～", 映情学誌, Vol.58, No.12, Dec.,2004,pp.1722-1727
- [3] David G.Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", Int. Journal of Computer Vision, Vol.60, No.2, 2004,pp. 91-110
- [4] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple view geometry in computer vision", 2nd edition, Cambridge University Press, 2003
- [5] M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random Sample Consensus: A paradigm for model fitting with application to image analysis and automated cartography", ACM Graphics and Image Processing, Vol.24, No.6, 1981,pp. 381-395



(a) SIFT 特徴点の対応づけ



(b) 従来の RANSAC によって推定した色票位置



(c) 改良した RANSAC によって推定した色票位置
図2 実験結果の一例