

近赤外線を含むカラー画像のスーパーピクセル分割を用いた色調補正手法の提案 A color correction method of the color images with the near-infrared light by using the super pixel

宮尾恵十 島田裕幸 谷口行信十
Megumi Miyao Yutaka Shimada Yukinobu Taniguchi

1. はじめに

近年、防犯・監視を目的として、街中や車内等の至る所に様々なカメラが設置されている。防犯・監視用途のカメラとして、可視光(VL: Visible Light)に加えて、一般的な可視光カメラ[1]では除去される近赤外線(NIR: Near Infrared)にも感度を有し、RGB画像を撮影するものがある(以降、赤外線カメラと呼ぶ)。図1に示すように、可視光カメラと赤外線カメラでは、同一物体であっても色の見えが大きく異なる。このように特性が異なるカメラ間で人物や物体の照合を行う場合に、色の見えの違いが照合精度低下の大きな原因となる。

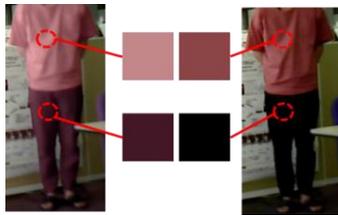


図1. 赤外線カメラ(左)と可視光カメラ(右)で撮影した画像の例

本研究では、色特徴を用いる物体照合の精度向上を目的として、赤外線カメラで撮影した画像(以降、NIR画像と呼ぶ)を可視光カメラで撮影された画像(以降、VL画像と呼ぶ)へ変換する色調補正手法を提案する。

2. 従来法

従来法として Brightness Transfer Function(BTF)[4]や日照条件を考慮した複数カメラ間の色調補正手法[5]がある。これらの手法では、複数カメラ間の色調補正はカラーチャンネル毎に独立に行われる。しかし、カラーチャンネル間の相関性を考慮しない手法では、大きな色変動に対応しきれない。



図2. ごま塩状ノイズの例

そこで、我々は、カラーチャンネル間の相関性を考慮したk近傍法による色調補正手法[2],[6]を提案した。次の手順で色補正を行なっている。(1)同一視点から同一シーンを撮影したVL画像とNIR画像の組みに対して、対応する位置にある画素の画素値(RGB値)の組をルックアップテーブルに格納し、ルックアップテーブルに保存する。(2)VL画像での見えが未知のNIR画像(以下、入力画像)の画素に対し、色空間における近傍画素、つまり色が類似する画素をルックアップテーブルからk個探索する。ただし、距離はRGB色空間のユークリッド距離とした。(3)k個の近傍画素に対応するVL画像の画素の画素値をルックアップテーブルから取り出し、その平均値を補正值とする。入力画像の画素値と補正值を置き換えることで色調補正を行う。この手法は、各画素に対して補正值を求めるため、画像中の陰影や画素値に含まれる微小なノイズが原因で誤った近傍の画素値が選択されてしまい、補正

後の画像にごま塩状のノイズが発生する問題がある(図2)。

3. 提案法

本研究では、ごま塩状のノイズを低減するために、入力された補正対象のNIR画像(入力画像)をスーパーピクセルに分割し、スーパーピクセル単位で推定した補正值を各画素に加算することで色調補正する手法を提案する。提案法の具体的な流れを以下に示す(図3)。

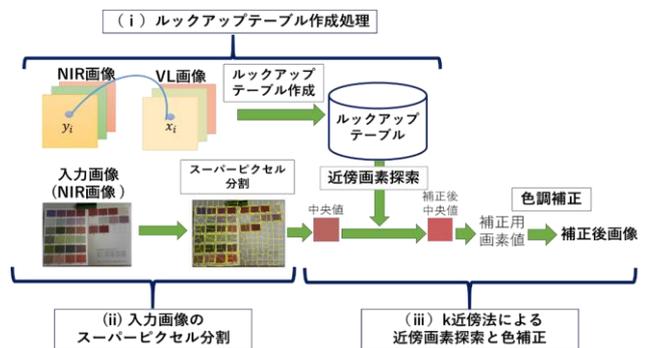


図3. 提案法の流れ

(i) ルックアップテーブルの作成処理

同一視点の赤外線カメラと可視光カメラで様々な被写体を撮影し、画素ごとの画素値の対応関係を格納したルックアップテーブルを作成する。このとき、各画素に対してRGB色空間での画素値を求め、2枚の画像の同じ位置にある画素の画素値を対応付けてルックアップテーブルに保存する。

(ii) 入力画像のスーパーピクセル分割

入力画像に対してスーパーピクセル分割を行う。本稿では、AchantaらのSLIC(Simple Linear Iterative Clustering)を用いた[6]。SLICは、Lab色空間のL,a,b値および画素の座標値(x,y)の5次元空間において画素値の局所クラスタリングを行うことにより、類似した特徴をもつ画素値の集合になるように画像をスーパーピクセルと呼ばれる部分領域に分割する手法である。

まず、入力の各画素の画素値をRGB色空間からLab色空間へ変換する。スーパーピクセルの数 $M(> 0)$ を指定する。次に、入力画像を格子状に分割することで M 個の初期スーパーピクセルを定める。その後、各スーパーピクセルの中心にある画素の8近傍の画素の中で色の勾配が最も小さい画素をスーパーピクセルの代表点 q とする。そして、(I)入力画像の i 番目の画素 I_i に対して、色と座標情報が I_i と最も類似する代表点 q を探索し、 q を代表点とするスーパーピクセルに I_i を所属させる。この操作を全ての画素に対して行う。(II)代表点 q をスーパーピクセル内で最も色勾配が小さい画素に更新する。操作(I)と(II)を代表点 q と各画素間の残差が閾値より小さくなるまで繰り返す

ことで、輝度や画素値が類似している領域単位に画像を分割できる。最後に、各スーパーピクセル内の画素値の平均値を算出する。

(iii) k 近傍法による近傍画素探索と色調補正

(ii)の分割で得られたスーパーピクセル毎の画素値の平均値に対して近傍画素探索をする。具体的には、平均値に対して RGB 色空間内で画素値間のユークリッド距離を求めることで、ルックアップテーブルから k 個の近傍画素を求める。探索した k 個の画素値に $1/k$ の重み付き平均を算出して、類似画素探索による画素値を算出とする。探索して得られた近傍画素の画素値から平均値を引いたものを補正值とする。この補正值を、スーパーピクセル内の各画素の画素値に加算することで色調補正をおこなう。

4. 実験結果・考察

4.1 実験方法

提案法の有効性を示すために、研究室内で撮影した NIR 画像と VL 画像を用いて実験を行った。学習用画像として、布サンプルや衣類、人物を撮影した 702 組の画像を用いた。評価用画像として、色の偏りがないように収集した布サンプルの画像 9 組と、人が写り込んでいる NIR 画像と VL 画像 (正解画像) 11 組の計 21 組を撮影した。本研究では、補正後画像 S' と正解画像 A の差異の評価指標として、以下の PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) を用いた。

$$\text{PSNR} = 20 \times \log_{10} \frac{\text{MAX}}{\sqrt{\text{MSE}}}, \quad \text{MSE} = \frac{1}{3N} \sum_{q=1}^N \|S'_q - A_q\|^2.$$

ここで、 N は S および A の総画素数であり、 S'_q と A_q はそれぞれ補正後の赤外線画像と正解画像の q 番目の画素の RGB 値を並べたベクトルである。また、MAX は画像が取りうる最大画素値である。今回の最大画素値は、8bit の RGB 画像を用いたので 255 である。また PSNR は値が大きいくほど高画質、すなわち VL 画像に近いことを示す。補正後の画像をそれぞれの手法で作成し、対応する正解画像 (VL 画像) の差異を PSNR によって評価した。本実験では、類似画素探索における近傍数 k を 150、初期スーパーピクセル数 M を 100 とした。

4.2 実験結果・考察

表 1 に各手法を用いた場合の PSNR の平均値を示す。表 1 より、従来法 [2],[4] よりも提案法の PSNR が高く、スーパーピクセル分割を用いて色調補正を行う提案法が有効であると示された。しかし、評価用画像 21 組のうち、2 組は従来法 [2] による色調補正後の画像の方が PSNR は高くなっていた。これは、色が異なる複数の物体がスーパーピクセルに含まれていたことが原因であると考えられる。この場合、スーパーピクセル内の画素値の平均値と各画素の値の差が大きくなり、正しい補正值を推定できず、誤差が大きくなると考えられる。図 4 に補正前の画像と各手法の色調補正後画像の例を示す。図 4 から、提案法による結果が従来法 [2] よりもノイズが低減したことが確認できる。

表 1. 色補正後画像の PSNR 値の比較

補正前画像	従来法[4]	従来法[2]	提案法
18.164	18.475	18.582	19.22



図 4. 補正前の画像(上段右)と色調補正後の画像(下段)

5. おわりに

本稿では、色特徴を用いた画像認識の精度向上を目的とし、スーパーピクセル分割を用いた赤外線カメラと可視光カメラ間の色調補正手法を提案し、従来法よりも PSNR 値が高いことを確認した。しかし、VL 画像と NIR 画像で色の見えが大きく異なる場合が多い衣類の色補正の精度は改善されなかった。そのため、色相ごとに着衣領域を収集した複数のルックアップテーブルと、着衣領域以外を収集したルックアップテーブルを用意し、入力画像に応じてルックアップテーブルを切り替える色調補正手法を検討したい。また、実際の画像認識、特に監視カメラ映像を用いて、異なるカメラで撮影された人物を対応付ける人物同定問題に対する有効性の検証が今後の課題である。

本研究は JSPS 科研費 17K06608 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 青野康廣, “デジタル写真の基礎(5) デジタルカメラの光学系(I),” 日本写真学会誌, vol.73, pp.175—179 (2010).
- [2] 宮尾恵, 島田裕, 谷口行信, “ k 近傍法による赤外線カメラ画像の色調補正,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, ISS-P-44, 学生ポスターセッション (2017).
- [3] R. Achanta, A. Shaji, K. Smith, A. Lucchi, P. Fua, S. Süsstrunk, “SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 34, no. 11, pp.2274—2282, (2012).
- [4] F. Porikli, “Inter-camera color calibration by correlation model function,” Proc. Int. Conf. Image Proc., vol. 2, pp.II:133—136 (2003).
- [5] 川西康友, 福井啓允, 椋木雅之, 美濃 導彦, “非一様な照明変動環境下におけるカメラ間人物対応付けのための人物色補正,” 第 15 回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2012, OS13-05, (2012).
- [6] 宮尾恵, 島田裕, 谷口行信, “着衣領域の認識に基づく近赤外線を含むカラー画像の色調補正,” 映像情報メディア学会年次大会, 13B-5 (2017).

† 東京理科大学工学研究科経営工学専攻 Graduate School of Engineering Department of Management Science, Tokyo University of Science

‡ 埼玉大学大学院理工学研究科 Graduate School of Engineering and Science, Saitama University