

複数のカラー画像による低ビット領域の高精細化

近藤 秀樹[†] 山口 友之[‡] 橋本 周司^{†‡}

早稲田大学大学院 先進理工学研究科[†]

早稲田大学 理工学術院 先進理工学部[‡]

1. はじめに

カメラやパソコン、テレビなどをはじめとするデジタル機器の普及に伴い、デジタル画像の高品質化が求められている。画質や再現性の向上を目的とした研究として、露光時間の異なる複数の画像を統合することで白とび・黒つぶれを補正する手法[1]や視覚特性を考慮した手法[2], 上田らの照明成分を抽出・圧縮し反射率成分と統合することで局所的コントラストを再現する手法[3]や山口らのマルチスペクトルカメラを用いた手法[4]などが提案されている。しかしながら、いずれの手法も出力画像を人間の知覚の限界とされる24ビットに合わせて圧縮伸張処理したものであるため、忠実な画像再現とはいえない。

我々は、画像の色分解能(量子化ビット数)を高めることで、画質の向上を目指している。ここでは、撮像条件の異なる2枚のカラー画像を用いて、画像内のコントラストの低い注目領域 ROI (Region of Interest) の色階調を増加させることにより、高階調画像を生成する手法を検討した結果を報告する。

2. 高階調化の原理

異なる階調数の2枚の画像を合成することで階調を増やすことができる。図1に提案手法の高階調化の原理を示す。画像A, Bの階調幅(量子化幅)を p_A, p_B , 階調数を N_A, N_B , 最大階調値を L としたとき、階調幅と階調数の関係は式(1)のように表せる。

$$p_i = \frac{L}{N_i} \quad (i = A, B) \quad (1)$$

2枚の画像の階調幅が互いに異なり、かつ階調数の差が小さいとき、階調値が互い違いに存在する。このことから、階調数が増加し、より真に近い階調値が得られることが判る。これまでの事前実験により、差が2倍以上ある場合は高階調化の効果があまりないことが判っている[5]。

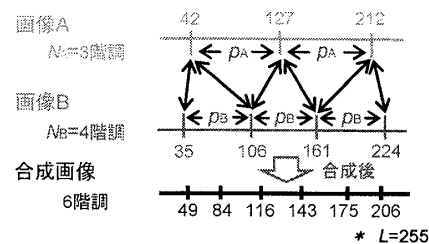


図1 高階調化の原理

ここでは、画像合成の手法として対応する画素の輝度値を α ($0 < \alpha < 1$) と $1 - \alpha$ の係数で足し合わせる α ブレンド法(式(2))を用いた。

$$h_{R,G,B}(i, j) = (1 - \alpha) \cdot A_{R,G,B}(i, j) + \alpha \cdot B_{R,G,B}(i, j) \quad (2)$$

$$\begin{cases} A_{R,G,B}(i, j): \text{画像Aの画素値} \\ B_{R,G,B}(i, j): \text{画像Bの画素値} \\ h_{R,G,B}(i, j): \text{合成画像の画素値} \end{cases}$$

3. 成分分解による合成

これまで、対応する画素間のみで色(RGB)情報を合成したが、新たに、入力画像を色成分と空間周波数成分に分解した上で合成処理を行うことで、画像の色分布を考慮した高階調化を試みた。

まず、カラー成分は、入力画像から輝度画像 $I = 0.27 * R + 0.67 * G + 0.06 * B$ を差し引いたものとする。続いて、低周波成分は輝度画像にガウシアンフィルタをかけた画像とする。さらに、高周波成分は輝度画像から低周波成分を引いた画像とする。図2に成分分解を用いた高階調化処理のフローを示す。ここで点線は α ブレンド法による合成を表している。

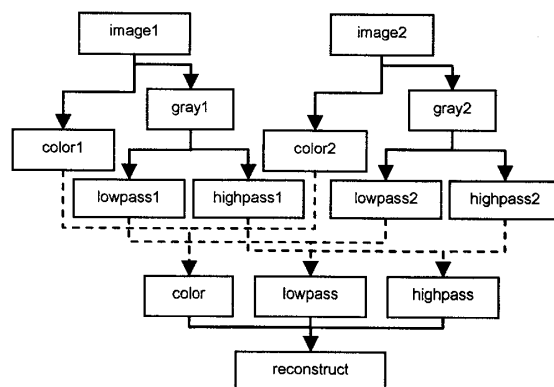


図2 成分ごとの合成処理

High-color-resolving a low-bit-rate region from multiple color images

[†]Hideki Kondo · Tomoyuki Yamaguchi · Shuji Hashimoto
e-mail : hideki@shalab.phys.waseda.ac.jp,
gucci@shalab.phys.waseda.ac.jp, shuji@waseda.jp
Department of Applied Physics, Waseda University

4. 高階調化画像の評価

これまで高階調化画像の評価として、正解画像との MSE (最小二乗誤差) や階調数の増減および従来手法との視覚による主観的な比較を行ってきた。

新たな評価として、色空間分布を用いた手法を検討した。テスト用の正解画像から低階調画像を2枚作成し、それらから生成した高階調化画像の RGB 値を式(3)に基づき XYZ 色空間を通して xy の2次元平面に射影し、正解画像との分布差を求めた。その指標として、高階調化画像そのものの重心からの分散 γ を用いた。

$$\begin{aligned} X &= 0.412 \cdot R + 0.356 \cdot G + 0.180 \cdot B \\ Y &= 0.213 \cdot R + 0.715 \cdot G + 0.072 \cdot B \\ Z &= 0.019 \cdot R + 0.119 \cdot G + 0.950 \cdot B \end{aligned} \quad x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (3)$$

図3は3階調画像と4階調画像を用いて高階調化した結果画像とその輝度ヒストグラム(上から輝度, R, G, B)および xy 色空間での分布と分散を示す。また、図4にはシャッタースピード(Tv)を変えて撮影した2枚の実画像を高階調化した結果を示す。以上より、RGB のみでの合成に比べ周波数分解を含んだ合成は、輝度分布を維持しつつ階調数を増加させることが可能であることを確認した。

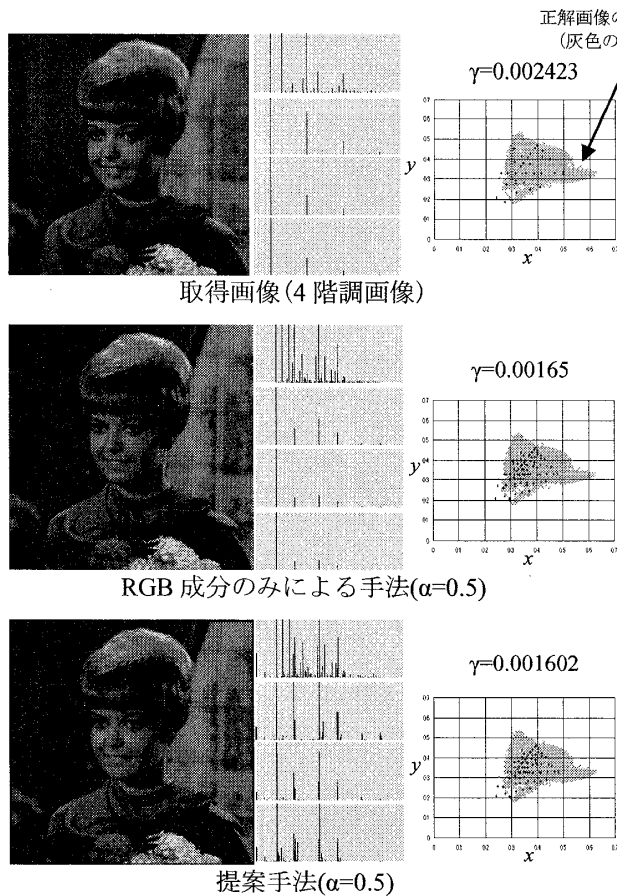


図3 3階調画像と4階調画像からの高階調化の結果

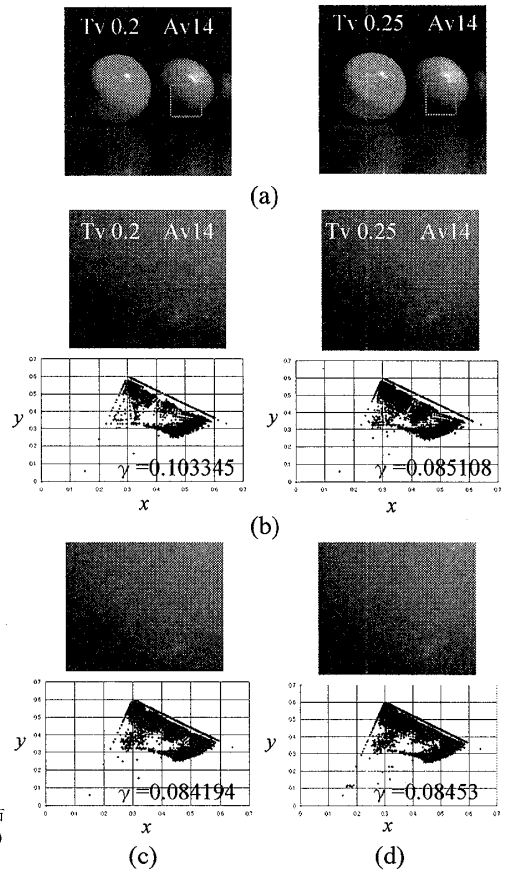


図4 実画像における高階調化の評価

- a) 取得画像と ROI の表示
- b) 取得画像を各々広レンジ化したもの
- c) RGB 成分のみで広レンジ化したもの
- d) 提案手法で広レンジ化したもの

5. 結論

階調数の異なる2枚のカラー画像を RGB のみで合成する手法と周波数分解を行い合成する手法を比較し、ROI において後者ではより階調数が増加していることを確認した。ただし、情報量はどちらも同等であるので、見かけの階調増による画質の主観的な向上であることに注意すべきである。今後は、人間の視覚特性を考慮した合成法の検討を行いたい。

謝辞

本研究の一部は、グローバル COE プログラム「グローバル ロボットアカデミア」、2008 年度早稲田大学特定課題(課題番号:2008B-094)、「自然と共生する知能情報機械系に関する基盤的研究」早稲田大学理工学研究所の研究助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] T. Mitsunaga 等, "Radiometric Self-Calibration," Proc. CVPR '99, Vol.2, pp.374-380, 1999
- [2] 平井ら, 「視覚モデルに基づいた高ダイナミックレンジ動画の見え再現」, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J89-A, No. 11, pp. 922-931, 2006
- [3] 上田ら, 「広ダイナミックレンジカメラ用階調変換処理の開発」, 映像情報メディア学会誌 Vol. 56, No. 3, 2002
- [4] 山口ら, 「ナチュラルビジョンによる高色再現ディスプレイ」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 55, No8/9, pp. 1084-1088, 2001
- [5] 近藤ら, 「撮像条件の異なる複数の画像を用いた画像の高階調化」, 情報処理学会第 69 回全国大会講演論文集, CD-Proc., pp. 255-256, 2007