

カラライゼーションにおける不良設定問題の解決 —色相と輝度の対応およびその統計的検証—

小泉 真也[†] Prima Oky Dicky Ardiansyah[‡]

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ^{†‡}

1. はじめに

カラライゼーションは、白黒映像の着色を効率的に行うために、近年急速に進歩している技術である。カラライゼーションでは着色のために教師データを用いるため、処理結果は、オペレータが教師データとして選択した色に依存する。従来研究では教師データを効率的に拡散する手法として、Welsh ら(2002)¹⁾に代表されるパターンマッチングを用いた手法や、Levin ら(2004)²⁾に代表される最適化問題の解法を用いた手法が提案された。ここで、モノクロ画像の元の色を推測する目的でカラライゼーションを行う場合、教師データは、オペレータの誤認や主観などの影響を受けることが考えられる。著者らは教師データを用いることなく、モノクロ階調から色を推測する手法を志向する。この考えの下では、輝度に複数のカラー値が対応する不良設定問題を解決することが必要である。本稿ではこの不良設定問題を解決するための基礎的なアプローチとして、輝度と色相の数理的な関係を調べる。

2. 色相の重要性

色相は、照明に関係なく色を認識でき、形状を把握できる要素である³⁾。特に、HSV および HSL で用いられる色相は、オブジェクト領域との相関が高く、異なる色の識別に優れていることが証明されている⁴⁾。以上のことから、カラライゼーションの評価において、適切な色相を求めることは重要である。以降、「色相」とは HSV および HSL の H を指す。

3. 輝度と色相の関係

ここでは、不良設定問題解決の基礎データとして輝度と純色の対応を考える。純色は明度および

彩度に依らない色であるため、輝度と色相の関係式として考える。輝度値 Y は、以下の線形結合式を用いて、 R, G, B から求めることができる。

$$Y = m_r R + m_g G + m_b B \quad (1)$$

ここで m_r, m_g, m_b はモノクロ変換の係数である。色相値 H は、色相環上で赤 (0 度) を基点として 0 ~ 360 度の範囲をとり、以下の式を用いて、 R, G, B から求めることができる。

$$H = \begin{cases} \frac{60(G-B)}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} & [\max(R,G,B) = R \text{ の場合}] \\ \frac{60(B-R)}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} + 120 & [\max(R,G,B) = G \text{ の場合}] \\ \frac{60(R-G)}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} + 240 & [\max(R,G,B) = B \text{ の場合}] \end{cases} \quad (2)$$

純色とは、 $\max(R, G, B) = 255, \min(R, G, B) = 0$ を示す色であり、 $\max(R, G, B)$ および $\min(R, G, B)$ 以外の 1 色の変化に伴って H および Y が変化する。これを H の変化に伴う Y の変化とみなすことによって H と Y の関係を以下の 6 つの線形式として導くことができる。

$$Y(H) = \begin{cases} \frac{m_g}{60} \cdot H + m_r & (0 \leq H \leq 60) \\ -\frac{m_r}{60} \cdot H + (2m_r + m_g) & (60 \leq H \leq 120) \\ \frac{m_b}{60} \cdot H + (m_g - 2m_b) & (120 \leq H \leq 180) \\ -\frac{m_g}{60} \cdot H + (4m_g + m_b) & (180 \leq H \leq 240) \\ \frac{m_r}{60} \cdot H + (-4m_r + m_b) & (240 \leq H \leq 300) \\ -\frac{m_b}{60} \cdot H + (m_r + 6m_b) & (300 \leq H \leq 360) \end{cases} \quad (3)$$

図 1 は、 $0 \leq R, G, B, Y \leq 255$ について、単純平均法 ($m_r = 1/3, m_g = 1/3, m_b = 1/3$), NTSC 係数 ($m_r = 0.299, m_g = 0.587, m_b = 0.114$) および HDTV 係数 ($m_r = 0.222, m_g = 0.707, m_b = 0.071$) による加重平均法に対する式(3)のグラフを示す。図 1 は、いかなる (m_r, m_g, m_b) の組み合わせにおいても、式(3)の各線形式において、 $Y(H)$ に対応する H があるときは、その対応が一意であることを示す。 $Y(H)$ がどの H にも対応しない区間は、その区間において対応する純色が無いものとして取り扱う。以上より、全区間において $Y(H)$ に対応する

“The study of the ill-posed problem-solving in colorization - The relation of hue and luminance, and statistical verification to the relation -”

[†] Shinya KOIZUMI, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural Univ.

[‡] Prima Oky Dicky Ardiansyah, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural Univ.

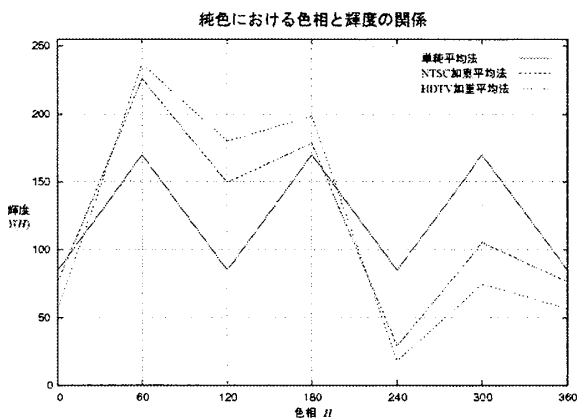


図1 モノクロ変換係数による純色の色相 H と輝度 $Y(H)$ の数理的關係

H の個数は、単純平均法では最大 6 個、NTSC および HDTV 係数による加重平均法では最大 4 個である。このことは、元の画像が純色で構成されており、モノクロ変換の係数が明らかである場合、画像から取得した画素値に対して色を復元できるカラー値の候補が最大 4 または 6 個あることを意味する。

ここで、式(3)が不良設定問題をどの程度解決するかは、全ての (R, G, B) の組み合わせの数に対して式(3)を満たす (H, Y) を持つ (R, G, B) の度数の割合として求めることができる。図 2 は NTSC 係数による加重平均法を例に、計算機で表現される全ての (R, G, B) の組み合わせから算出した (H, Y) の三次元ヒストグラムを示す。

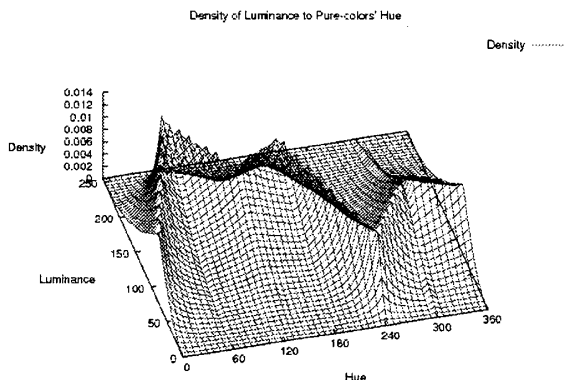


図2 (H, Y) の三次元ヒストグラムの例 (NTSC 加重平均法)

図 2 から、それぞれのヒストグラムは、様相として、 H について Y の最頻値の変化を $Y_m(H)$ と置くと、図 1 に示す $Y(H)$ との類似性が確認できる。実際に $Y_m(H)$ と $Y(H)$ は、モノクロ変換の係数に依らず、相関係数が 1 に極めて近い値を示した。このことは、不良設定問題の解決において輝度と純色を対応づけることが最も効果的

あることを意味する。 (R, G, B) 全ての組み合わせに対して $Y(H)$ を満たす (R, G, B) の割合は、どのモノクロ変換手法においても約 1.44% であった。この値は、式(3)が不良設定問題を解決する割合を表す。

4. おわりに

本稿では、色の手がかりを用いることなくカラライゼーションを行うための基礎研究として、輝度と色相の関係を明らかにした。輝度と色相の関係は $H = 0$ から 60 度ごとに区切った 6 つの区間それぞれについて線形式で表わされ、輝度と純色の対応規則を明らかにした。この関係が不良設定問題を解決する割合は 1.44% であることが分かった。本研究の成果は、純色に限定した基礎的なものであり、一般的な画像への適用に際して、純色を示すと思われる画素を見つけ出すことが今後の課題となる。

参考文献

- 1) T. Welsh, M. Ashikhmin, K. Mueller, "Transferring color to grayscale image", Proc. ACM SIGGRAPH 2002, 20(3), pp.277-280 (2002).
- 2) A. Levin, D. Lischinski Y. Weiss, "Colorization using Optimization", Proc. ACM SIGGRAPH 2004, pp.689-694 (2004).
- 3) たとえば SM. Zeki, "Colour Coding in the Cerebral Cortex: the Reaction of Cells in Monkey Visual Cortex to the Wavelength and Colours", Neuroscience, 9(4), pp.741-765, 1983.
- 4) たとえば F. Perez, C. Koch, "Toward Color Image Segmentation in Analog VLSI: Algorithm and Hardware", International Journal of Computer Vision, 12:1, pp. 17-42, 1994.