

オストワルト表色系の考え方を適用した並置混色の新技法

A new way of spatial color mixing adapting the Ostwald color system

北岡明佳 Akiyoshi Kitaoka 立命館大学

Ritsumeikan University

Keywords: 並置混色, オストワルト表色系

1. はじめに

本発表では、オストワルト表色系の考え方を適用した並置混色の新技法を紹介する。オストワルト表色系は、あらゆる色は「白色」「黒色」「純色」の合成比で記述できると考える。また、オストワルト表色系は回転混色盤を用いた継時混色で実現する色を想定していたというが、本研究においてはこの考え方を並置混色に適用する。具体的には、各色相における白色、黒色、純色の「3原色」を sRGB²⁾ に準拠して定義した上で、3原色をそれらの量に応じた面積で表示する。本技法を用いると、たとえば図1のように変換される。

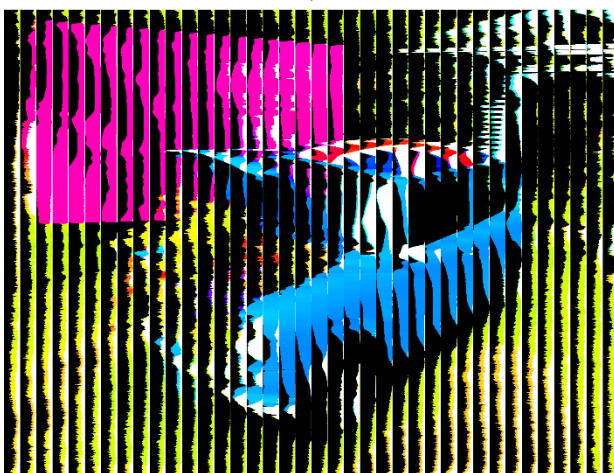


図1 オストワルト表色系の並置混色変換の例。上は元の画像（2021年6月20日、ローザンベリ一多和田にて筆者が撮影）。下の画像は変換後の画像で、白、黒、有彩色の3領域で構成され、その面積比で明度と彩度がコントロールされる。

2. 並置混色

並置混色とは、適切な原色を空間的に並列に配置することで視覚的に混色を起こさせ、観察者にフルカラー画像を知覚させる手法である。今日のカラーディスプレイの大半は RGB を原色とした加法混色の並置混色を色表現の手段として採用している。それらのカラーディスプレイでは原色のサブピクセルは肉眼では弁別できないほど小さいが、サブピクセルを弁別できるほどの大きさで表示しても、一定の範囲内でフルカラー画像は知覚できる。原色としては RGB 以外に CMY の並置混色がある（図2）。その他、RGBCMY を原色とする並置混色や、色の錯視を生じる並置混色を筆者は開発している³⁾。

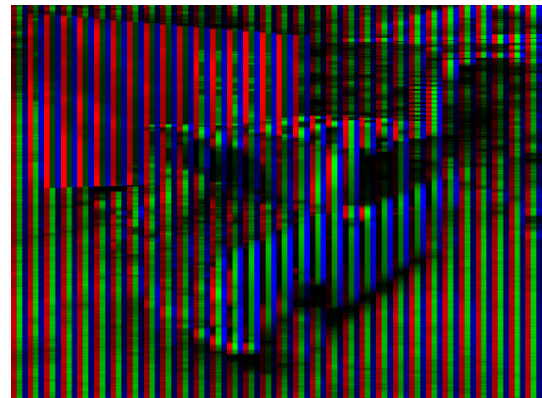


図2 並置混色の例。上は RGB を原色とした並置混色図。下は CMY を原色とした並置混色図。

3. オストワルト表色系的な並置混色における色の分解方法

図2に示した並置混色法は、画素の色を特定の少数の色相の原色たとえば RGB に分解して、それぞれをサブピクセルとして並置している。同様に、オストワルト表色系的な並置混色では、画素の色を白色、黒色、純色の3原色に分解する。

例として、RGB 値が (89, 170, 188) のシアン色(図3上部の長方形)を考える。0 から 255 までの RGB の階調値を sRGB に従って 0 から 1 までの輝度値に変換すると、(0.1, 0.4, 0.5) となる。この時、最小値である 0.1 を白色量と考え、最大値である 0.5 を 1.0 から引いた値 0.5 を黒色量と考える。残り 0.4 を純色量と考える。

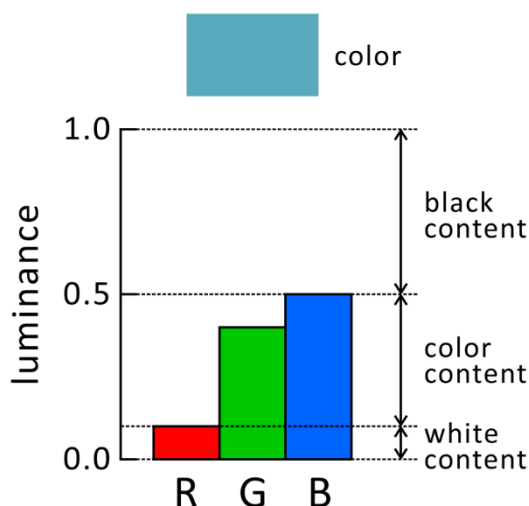


図3 RGB 階調値 (89, 170, 188) のシアン色を例にとって、オストワルト表色系的に色を白色 (white content)、黒色 (black content)、純色 (color content) に分解する概念図。

純色の求め方は、以下の通りとする。純色部分の RGB 量は (0.0, 0.3, 0.4) である。ここで最大値である B 量 (0.4) を 1.0 になるよう変換した (0.0, 0.75, 1.0) (階調値: 0, 225, 255) の色を純色とする。この色を面積比で 40%、白色を 10%、黒色を 50%描いて、並置混色させる(図4)。他の色相の色も同様に変換する(図5)。

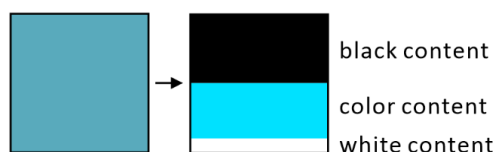


図4 図3のシアン色を白色、黒色、純色に分解し、面積比でそれぞれを描画した例。

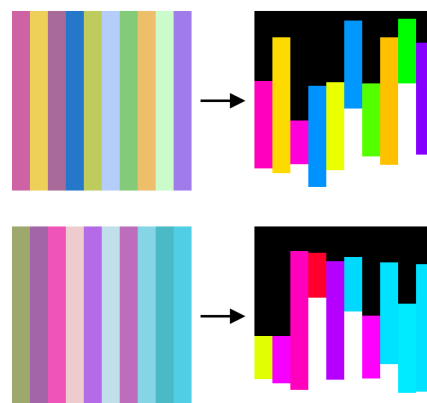


図5 いろいろな色におけるオストワルト表色系的な並置混色変換の例。

4. オストワルト表色系的な並置混色作品の制作

まず、図1のクルマの写真を縦長の短冊状の単位に分割し、各単位内のピクセルの色を平均した色を求め、その色でそれぞれの単位を塗りつぶす(図6上)。続いて、それらの色を白色、黒色、純色に分解して面積比で表示する(図6下)。

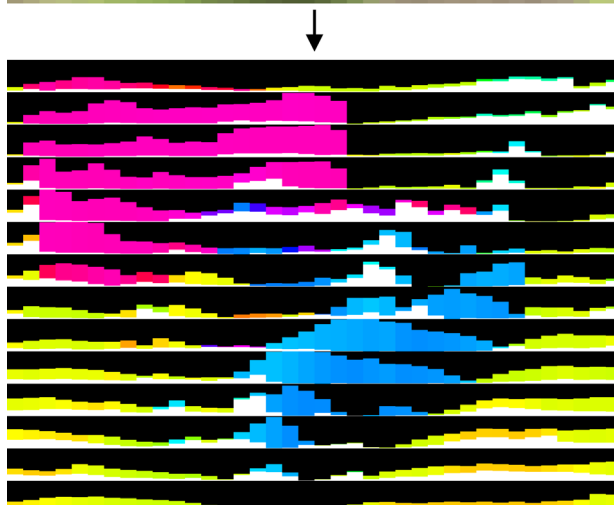


図6 縦長の長方形領域を単位としたオストワルト表色系的な並置混色変換。

図 6 は、本稿の説明用に変換の単位を大きく取っている（縦 100 ピクセル×横 50 ピクセル）ため、空間解像度は低い。単位を小さくすれば空間解像度は上がるが、本技法は色を白色、黒色、純色の面積比で表現するものなので、単位をあまり小さくすると色の解像度が下がる。白色、黒色、純色の面積比を比較的忠実に表すためには、10 ピクセル程度は欲しいところである（図 7）。



図 7 縦長の長方形領域を単位としたオストワルト表色系的並置混色変換画像。1 単位は縦 10 ピクセル×横 1 ピクセル。

もっとも、画像にわざわざ並置混色変換を施す目的の 1 つは、「劣化画像なのに元の画像がわかるという面白さを作り出すこと」（錯視的画像を制作すること）であるから、色の解像度をどこまで下げて大丈夫であるかについては興味のあるところである。図 8 は、最小の縦 1 ピクセル×横 1 ピクセルを単位としたもので、各ピクセルは白色、黒色、純色のどれかとなる。それでも元の写真がどのようなものであったかはわかる。



図 8 変換単位を縦 1 ピクセル×横 1 ピクセルとしたオストワルト表色系的並置混色変換画像。

5. オストワルト表色系的な並置混色の色立体

本技法のオストワルト表色系的な並置混色は sRGB に従っている。このため、純色量 100% の色の明るさの次元はその色の輝度となるので、色相によって異なる。例えば、青と黄の色相において、縦軸を輝度、横軸を純色量として色票を作成すると、純色量の多い青は暗い位置に、黄は明るい位置にプロットされる（図 9）。同様に、各色相面は色相によって辺の長さが変わる不等辺三角形となる（二等辺三角形となる色相もある）。

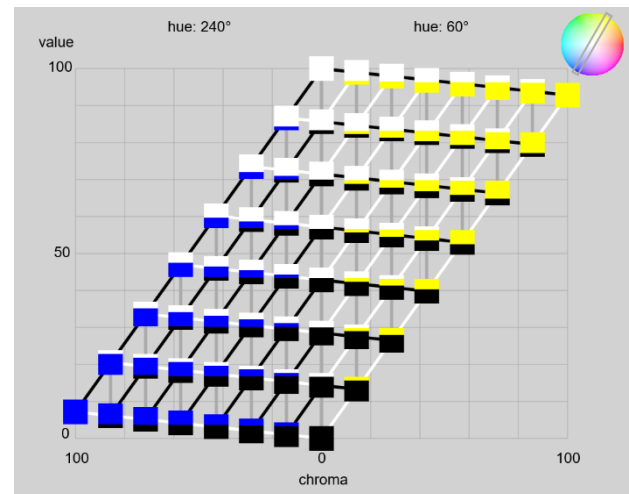
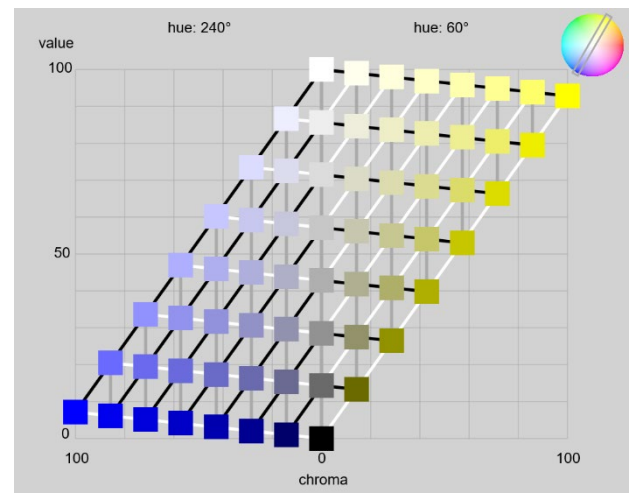


図 9 縦軸は sRGB の輝度に 100 を掛けたもの（図では value と表記）、横軸は純色量に 100 を掛けたもの（図では chroma と表記）。左半分は青の色相、右半分は黄の色相、純色量が 0 の縦線上の色はグレースケール。白い斜線上の色は白色量が等しく、黒い斜線上の色は黒色量が等しく、暗い灰色の縦線上の色は純色量が等しい。それぞれ、オストワルト表色系における等白系列、等黒系列、等純系列に対応する。上図はそれぞれの色、下図はそれらをオストワルト表色系的な並置混色に変換したものである。

オストワルト表色系の色立体は、複円錐形すなわち2つの円錐を底面で貼り合わせたそろばん玉のような形状であるが¹⁾、本技法では図10のようないびつな形となる。

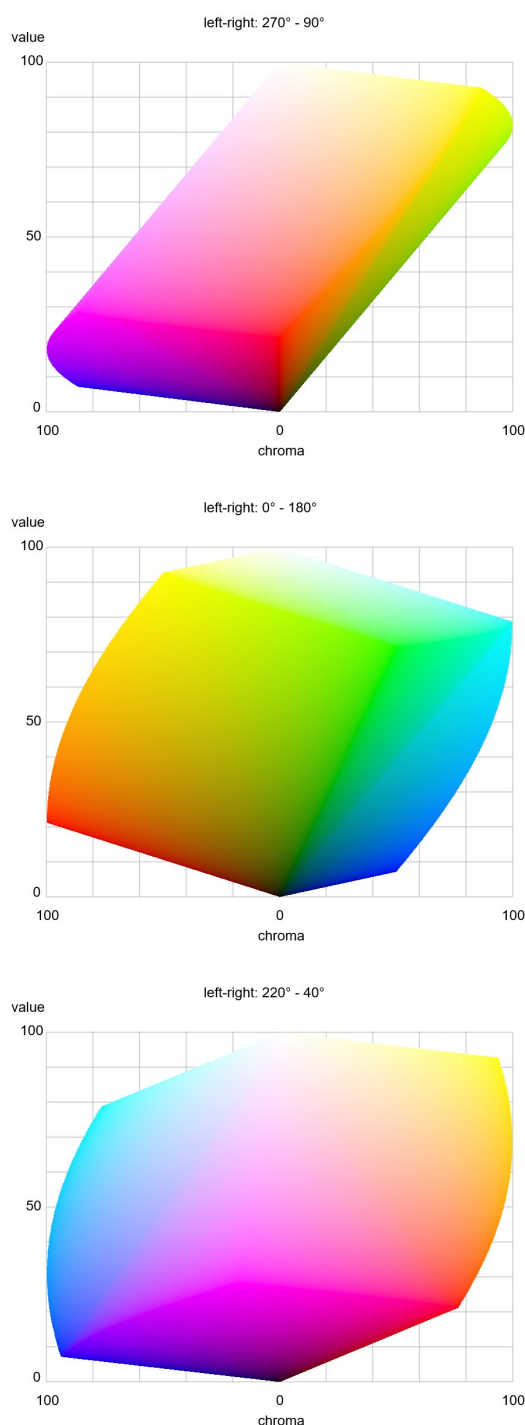


図10 本技法のオストワルト表色系的並置混色の色立体。上図は赤の色相の方向から、中央図は黄緑の方向から、下図は赤紫の方向から見たものである。下記URLは、この色立体を回転させて形状を把握しやすくした動画である。

<https://www.psy.ritsumei.ac.jp/akitaoka/cHCV-surface03-5step-72frames-30msss.gif>

6. おわりに

本研究は、オストワルト表色系の考え方を並置混色に適用できることを示した。一方、オストワルト表色系はオストワルトの色彩調和論の表現でもあるので⁴⁾、オストワルト表色系的並置混色法においてその点を検討することは今後の課題である。

参考文献

- 1) 日本色彩学会編：新編色彩科学ハンドブック 東京大学出版会（1998）（2.4 オストワルト表色系）146-152
- 2) 河村尚登・杉浦博明：sRGB色空間と国際標準化 画像電子学会誌 35(6) (2006) 935-943 <https://doi.org/10.11371/iieej.35.935>
- 3) A. Kitaoka: Spatial color mixing and color illusions. Proceedings of the 4th International Symposium 2023 by the International Research Center for Color Science and Art (2003) 1-4 https://collab.t-kougei.ac.jp/wp-content/uploads/2023/03/Proceedings_collab4ths3.pdf
- 4) 日本色彩学会編：新編色彩科学ハンドブック 東京大学出版会（1998）（7.5 Ostwaldの色彩調和論）705-706