

2色型色覚シミュレーションアルゴリズムの問題点とその解決策

Principles and Algorithms for Dichromats Simulation

原伸太郎	Shintaro Hara	北里大学	Kitasato University
福田 宏	Hiroshi Fukuda	北里大学	Kitasato University
勝矢光昭	Mitsuaki Katsuya	松陰大学	Shoin University
石川 均	Hitoshi Ishakawa	北里大学	Kitasato University
野城真理	Makoto Noshiro	北里大学	Kitasato University

Keywords: 2色型色覚, 色覚シミュレーション, 全色シミュレータ

1. はじめに

2色型色覚シミュレータは, 正常色覚者に2色型色覚者の見る色をディスプレイ上でシミュレーションする, カラーユニバーサルデザインには欠かせないシステムである. 1997年 Brettelらは, 片目色覚異常者のデータを使って, 色覚シミュレータを開発した¹⁾. しかし, その後1999年にディスプレイの国際標準規格 sRGB が策定されたため²⁾, 1999年同じ著者らによって, sRGBを念頭に, 1997年の論文を改良した色覚シミュレーションの方法が提案された³⁾. 我々の知る限り, 2色型色覚シミュレーションのアルゴリズムを論じた論文はこの2報だけである.

本報告では, 2色型色覚シミュレーションの原理を概観した後, これら2種類のアルゴリズムを紹介し, それぞれの問題点を指摘し, それらを克服する方法を示す.

2. 2色型色覚シミュレーションの原理

2色型色覚シミュレーションは次のように行われる. まず, シミュレーションしたい色光 C から, LMS 錐体の色感覚に比例した3刺激値 LMS を算出する. この算出方法には議論の余地があるが, 我々はそれには立ち入らず色光 C から LMS が得られたとする.

次に, 2色型色覚の型 P,D,T に応じて, L, M,S の値を変化させる. 以下, 話を簡単にするために P 型の2色型色覚について考える. P 型では, L 錐体が欠落しているため3刺激値のうちLの変化を感じない. したがって色光のLの変化を一定値 L' に置き換えた色 $C'=(L', M, S)$ を示せば, Lの変化を感じない色覚者の見る色をシミュレーションできる. ここで, L' は M,S に応じて変化するの

で, M, S の関数, $L'(M,S)$ である. これは, (L,M,S)3次元空間の曲面なので, 2色型刺激面(reduced stimuli surface)という.

次に, 分光スペクトルが同じで物理的な強度の異なる色の見え方について, 次のことが要請される. 「色光 C を λ 倍した色光を λC とする. C をシミュレーションした色光が C' であれば, λC をシミュレーションした色は $\lambda C'$ でなければならない.」これより, 2色型刺激面は原点からのびる半直線を動かした軌跡でなければならないことが導かれる.

3. 1997年のアルゴリズム

Brettel ら¹⁾は, 片目が正常, 片目が P 型または D 型の2色型の片目色覚異常者のデータに基づいて, 主波長が短い色は 475nm の青, 長い色は 575nm の黄色になるように, P 型と D 型の2色型刺激面を決めた. この2色型刺激面は, 等エネルギー白色 E と 475nm の A, 575nm の Y を通る, 図1のような平面を E で折り曲げた形である.

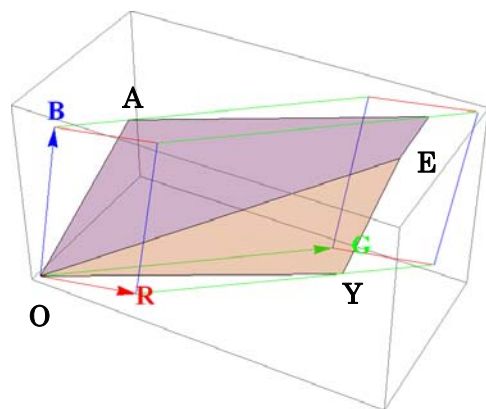


図1

この2色型刺激面は, 片目色覚異常者のデータを忠実に反映するが, sRGB ディスプレイ (あるいは一般に他のディスプレイでも), 発色できる

がシミュレーションできない色がかなりの比率で存在する。sRGB の発光体の色光を **R, G, B** とすると、sRGB ディスプレイの発色できる色は、原点 **O** と **R, G, B** を結ぶ線分を辺とする平行 6 面体 **V** の内部である。シミュレーションできない色とは、**V** 内部の点(**L,M,S**)のうち、その点を通り **L** 軸に平行な直線が **V** の内部で 2 色型刺激面と交わらない点である。その比率は 8bitRGB 値 1678 万色のうち、P 型で 468 万色、27.9%にもものぼる。

4. 全色シミュレータ

平行 6 面体 **V** 内部の全ての点で、その点を通り **L** 軸に平行な直線が **V** の内部で 2 色型刺激面と交わるような 2 色型刺激面の取り方は、一般には 1 通りしか存在しないことを幾何学的に示すことができる。それは、図 2 のように、**V** を **L** 軸から眺めた 6 角形の各頂点と原点 **O** を結ぶ 5 つの線分を通る 3 か所で折れまがった平面だけである。すなわち、第 2 節で述べたシミュレーションの原理に基づき、かつディスプレイで発色できる全ての色をシミュレーションできるアルゴリズムは、この 2 色型刺激面を使ったものだけである。

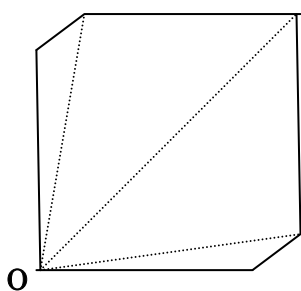


図 2

5. 1999 年のアルゴリズム

1999 年の論文³⁾のアルゴリズムは、片目色覚異常者のデータに基づく 1997 年の 2 色型刺激面に近い、sRGB の **B** と **G+R** を通る折れ曲がりの無い 2 色型刺激面を使う。この 2 色型刺激面は、シミュレーションできない色がほとんど生じない面であるが、前節の議論から逆に考えると、若干の色はシミュレーション不可能である。実際、1999 年の論文ではシミュレーション不可能な色を無くすために、**V** 内部の色光 **C** から **L** 軸に平行に引いた直線が **V** 内で 2 色型刺激面と必ず交差するように **C** を **aC+b** のように非同次変換している。もちろんこの変換は、影響は小さいが第 2 節に述

べたシミュレーションの原理に反す禁止された変換である。

この 1999 年のアルゴリズムは、sRGB を前提として、全色のシミュレーションが可能で、片目色覚異常者のデータもある程度反映したものであるために、2 色型色覚シミュレーションの標準となっている。しかし、ここで指摘したような原理的な問題をはらんでいるのである。

6. まとめ

ここでは、色覚シミュレーションの原理に忠実にアルゴリズムを構築すると、sRGB に限らずディスプレイで発色可能な色をすべてシミュレーションできるアルゴリズムは、ディスプレイ毎にユニークに決まってしまう事を述べた。発表では、さらに、1997 年の片目色覚異常者のデータに基づくシミュレータ、1999 年のシミュレータ、我々の提案する全色シミュレータによるシミュレーションの色調の違いを示し、1999 年の非同次変換の影響も論じたい。なお、現時点では 2 色型色覚者による我々の全色シミュレータの有効性の検証は行っていないが、学会報告までには、1997 年の論文で使われた図 3 のような画像を使った検証実験をおこなう予定である。



図 3

参考文献

- 1) H.Brettel, F.Viénot, J.D.Mollon: Computerized simulation of color appearance for dichromats, J. Opt. Soc. Am. A14 (1997) 2647-2655
- 2) Multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 2-1: Colour management - Default RGB colour space - sRGB, IEC 61966-2-1 (1999)
- 3) F.Viénot, H.Brettel J.D.Mollon: Digital Video Colourmaps for Checking the Legibility of Displays by Dichromats, COLOR research and application 24 (1999) 243-252