

# 等黒色画像と等白色画像を用いた明るさの錯視画像

北岡 明佳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>立命館大学

## Lightness illusion using images of 'isoblackness' and 'isowhiteness'

Akiyoshi Kitaoka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ritsumeikan University

Keywords: 明るさの錯視, 等黒色画像, 等白色画像

### 1. はじめに

図1の左半分には白い馬, 右半分には黒い馬が描かれているように見えるが, 両者の輝度は等しい。すなわち, 明るさの錯視の画像である。明るさの錯視自体は珍しいものではないが, この錯視画像にはこれまでにない新しい技法が用いられている。その技法について解説する。

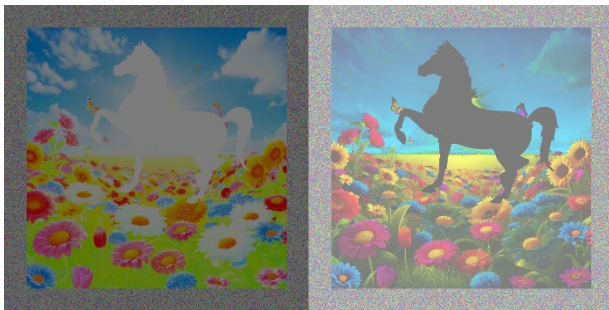


図1 等黒色画像 (左) と等白色画像 (右) を用いた明るさの錯視画像 (筆者作)

### 2. 等黒色画像と等白色画像

用語の説明を後回しにして, まずパラメータの説明を行う。図1左は黒色量が0.8の等黒色画像で, 図1右は白色量が0.2の等白色画像である。等黒色画像では無彩色は全面素中輝度が最大となり, 等白色画像では無彩色はそれが最小となる。無彩色では黒色量と白色量の和は1となることと, 図1の左右の馬は無彩色であることから, 左右の馬の輝度は等しい。しかし, 左の馬は白く見え, 右の馬は黒く見える。

ここで言う「等黒色」とは全面素の色の黒色量

が等しいという意味であり, 「等白色」とは全面素の色の白色量が等しいという意味である。ここで言う黒色量 (black content) は, 画素の RGB の値 (ただし sRGB における輝度値とする) のうちの最大の値を 1 から引いた値とする (図2)。同様に, ここで言う白色量 (white content) は, 画素の RGB の値の最小の値とする。これらはオストワルト表色系の考え方を sRGB に適用したものである<sup>1)</sup>。

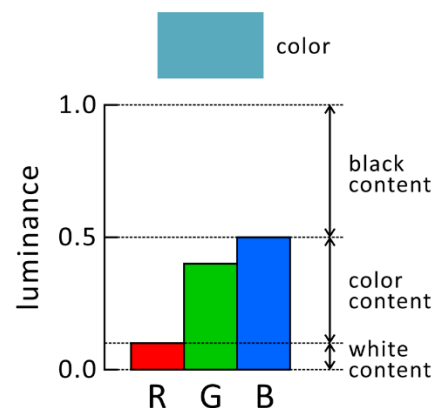


図2 本研究における黒色量 (black content), 白色量 (white content), 純色量 (color content) の定義<sup>1)</sup>

### 3. 等黒色画像と等白色画像を色空間にプロット

色空間を6面体と考えると, すべての画素の黒色量が0の場合は, 画素は上部の3つの面にプロットされ, 無彩色の色は白で輝度値が最大となる。一方, すべての画素の白色量が0の場合は, 画素は下部の3つの面にプロットされ, 無彩色の

色は黒で輝度値が最小となる．このことを，以下に説明する．

まず，図 1 左の画像と図 1 右の画像について，それぞれの画像の変換前の画像を図 3 に示した．図 3 左は，黒色量は 0.0 の等黒色画像であり，馬は白い．一方，図 3 右は，白色量は 0.0 の等白色画像であり，馬は黒い．これらの画像の全画素の色を，ある色度図(後述)にプロットしたものが，図 4 である．



図 3 黒色量 0.0 の等黒色画像 (左) と白色量 0.0 の等白色画像 (右)

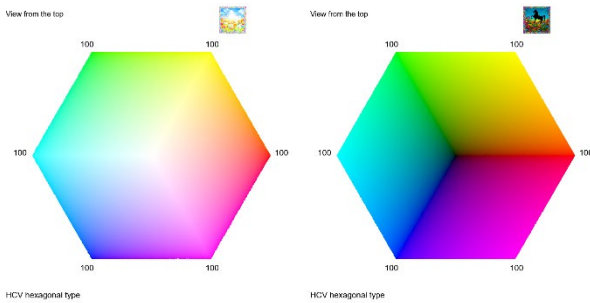


図 4 ある色度図に図 3 の画像をプロットしたものの

この色度図は，中心から水平に右方を赤色の色相とし，その方向を基準として 60 度反時計回りに回転した方向を黄色，120 度の方向を緑色，180 度の方向をシアン色，240 度の方向を青色，300 度の方向をマゼンタ色として，それぞれの色相の中間の色相は sRGB 値で計算したものをあてる．階調値ではなく輝度値計算となるので，たとえば赤と黄のちょうど中間の色相で彩度最大の色は，輝度値では  $(R, G, B) = (1.0, 0.5, 0.0)$  であり，階調値に変換すると  $(R, G, B) = (255, 188, 0)$  となる．すなわち，色相は回転角で表される．

一方，中心から各点までの距離は彩度を表す．ここでは，彩度は黒色量と白色量を 1 から引いた

値とする．図 2 において純色量 (color content) とラベルされたものに等しい．ただし，純色量は 0 から 1 の間の値を取るが，図 3 ではそれを 100 倍して表している．このため最大の彩度値は 100 ということになるが，赤・黄・緑・シアン・青・マゼンタの 6 色相以外の色相の最大の彩度の色のプロットは中心から 100 の距離ではなく，6 色相のうち隣り合う色相の座標を結んだ線上に置くことにすると，色度図上の色域は六角形となる．

図 4 は輝度軸の上方から見た図で，左右のプロット図は互いに似ているが，図 5 のように輝度軸と垂直な方向から俯瞰すると違いがわかりやすい．図 5 では，縦軸は輝度であるが，0 から 1 の間の値を取る sRGB の輝度を 100 倍して明るさ値 (value) とラベルしている．

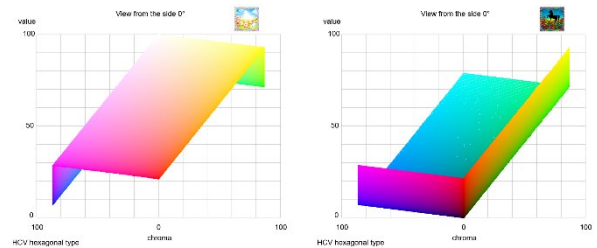


図 5 図 4 のプロットを「横」から見たところ (縦軸は輝度軸)

ここで，なぜ黒色量 0.0 の等黒色画像は図 5 左のように色空間の「屋根」の部分にプロットされるかということ，以下に説明する．黒色量が 0 ということは RGB 値のどれかが最大 (階調値では 255) であり，色空間を縦軸 (輝度軸) を通り縦に輪切りにした色票のような図 6 を考えると，その色域の上辺にプロットされるからである．同様に，白色量 0.0 の等白色画像は RGB 値のどれかが 0 であり，色域の下辺にプロットされる．

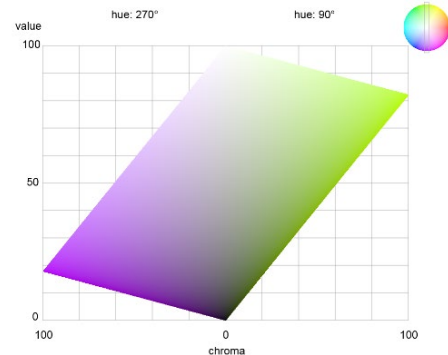


図 6 90° と 270° の色相の色の色票的表現

図7は、黒色量が等しい色を黒い斜線で、白色量が等しい色を白い斜線で、純色量が等しい色を灰色の垂直線で結んだものである。黒（一番下の正方形）は黒色量 1.0 で、隣接する3つの色は黒色量 0.8、さらに上方に隣接する5つの色は黒色量 0.6 という具合で、一番上の11個の色の黒色量は 0.0 である。白色量も同様で、白（一番上の正方形）は白色量 1.0 で、一番下の11個の色の白色量は 0.0 である。図8は、黒色量線と等白色量線を数値入りで示したものである。

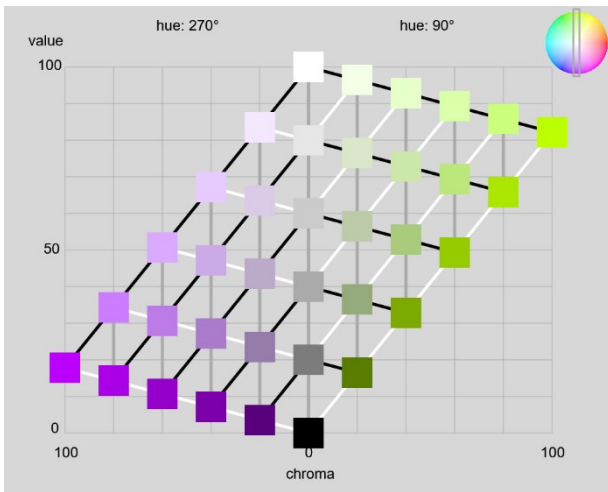


図7 等黒色量線（黒）と等白色量線（白）

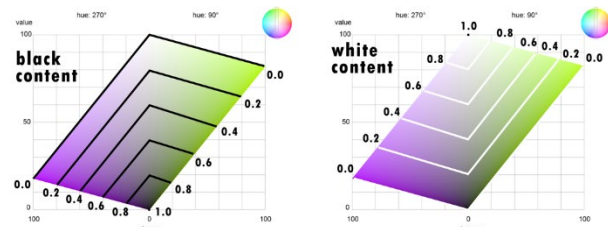


図8 数値入りの等黒色量線（左）と等白色量線（右）の図

#### 4. 等黒色画像と等白色画像による明るさの錯視

無彩色においては、黒色量と白色量の和は1となる。黒色量を  $b$  ( $0 < b < 1$ ) とした等黒色画像と、白色量を  $1-b$  とした等白色画像を考える。この場合、明度恒常性が機能する限りにおいて、等黒色画像の最大輝度の色は白く見え、等白色画像の最小輝度の色は黒く見えることになるが、両者の輝度は等しい。その予想通りの明るさの錯視画像は得られるだろうか？ この問いに対する答えが図1であり、このやり方で明るさの錯視を作

ることができる。図1左の黒色量は全画素で0.8であり、図1右の白色量は全画素で0.2である。

図1の2つの画像をそれぞれ図4のように色度図にプロットすると図9になる。これらを図5のように「横」から見ると図10になる。

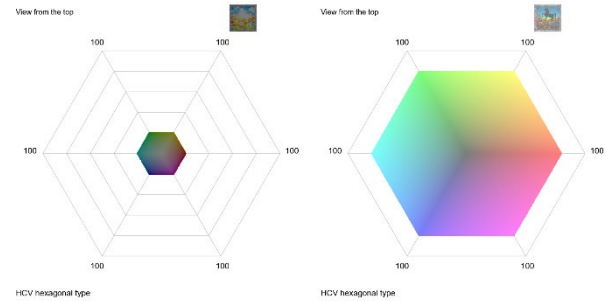


図9 色度図に図1の画像をプロットしたもの

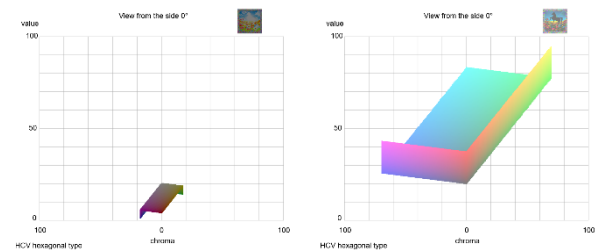


図10 図9のプロットを「横」から見たところ（縦軸は輝度軸）

#### 5. 最後に

等黒色画像と等白色画像を用いて、輝度が同じなのに片や白、片や黒に見える明るさの錯視画像をつくることができることがわかった。等黒色画像と等白色画像（これらのアイデアも新しい提案である）においては、黒色量や白色量も明度恒常性が成立するという性質（これも新しい知見である）を利用している。なお、等黒色画像や等白色画像は、下記 URL の筆者作の JavaScript プログラムを用いてウェブ上で作成できる。

<https://www.psy.ritsumei.ac.jp/akitaoka/JavaScript-isoblackwhite01j.html>

#### 参考文献

[1] 北岡明佳: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, 日本色彩学会第55回全国大会(九州大学大橋キャンパス), 2024.