

特集「肌・皮膚の色彩と質感に関する諸相」

Special Issue: Various Aspects of Color and *Shitsukan* of the Skin

静脈は青くない：肌に特有の色の錯視と虹の知覚

Veins Are Not Bluish: Skin-Specific Color Illusion and Perception of Rainbow

北岡 明佳

Akiyoshi Kitaoka

立命館大学

Ritsumeikan University

キーワード：静脈, 色の錯視, 肌, ヒストグラム平坦化, 虹

Keywords: Keywords: vein, color illusion, skin, histogram equalization, rainbow

1. 静脈は青く見えるが青くない

手足の皮下静脈は青く見える。しかし、それは色の錯視である [1]。これが本稿のテーマである。

静脈の写真撮って1つ1つの画素を確認すると、実は画素は青くない (図1)。それらの色の色相は、いわゆる肌色の色相、すなわち黄色から橙色、赤にかけての色相である。静脈部分とそれ以外の部位との大きな違いは、静脈部位は静脈のない肌の部分と比較すると彩度が低いことである。

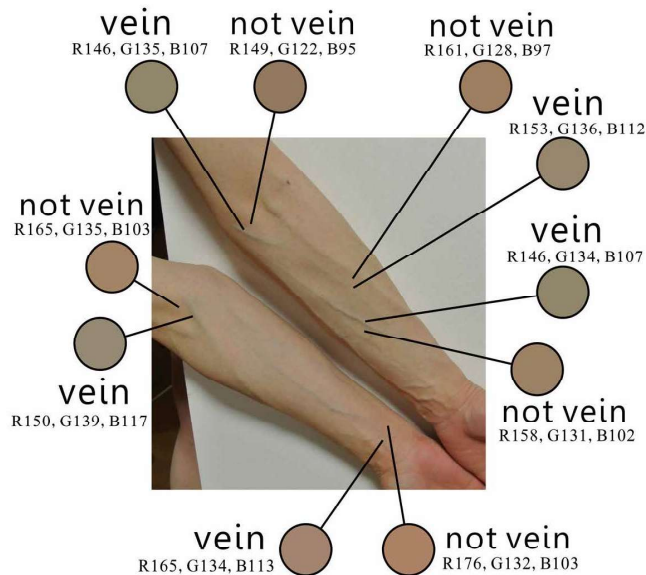


図1 静脈部位 (vein) とそれ以外の肌部位 (not vein) の画素の RGB の階調値

図1は、静脈部位とそうでない部位のいくつかの点をスポイトツールで色を調べたものであるが、定量的に色を調べたものが図2である。静脈部位の特定の範囲を選び、それと同じ形の範囲で静脈でない部位を選んで、それぞれの範囲内のRGB値を比較した。標本の大きさ (各画素数) は、それぞれ1536個であった。

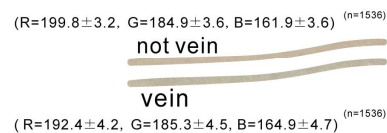


図2 静脈部位とそれ以外の肌部位の画素のRGBの階調値の平均と標準偏差

それらの平均値、標準偏差を図2の下方に示した。

平均値で見ても、静脈部位でもR値が最も大きく、G値がそれに次ぎ、B値が最も小さかった。このことは、2要因 (2つの肌部位 × 3原色) の分散分析と多重比較を用いた統計学的検定でも確認された (以下、数値は省略)。RGB値それぞれにおいて2群の平均値を比較したところ、静脈部位のR値はそれ以外の肌部位よりも有意に小さく、G値とB値はともに有意に大きかった。すなわち、静脈部位はそうでない部位と比較して赤みが少なく、緑みと青みが多かった。ただし、緑みの差は統計学的に有意ではあるが僅かであった。静脈部位とそうでない部位の違いは、各画素の色相の最大の彩度の色で画像をマッピング [2] することでも確認でき、静脈部分は相対的に黄色みが強い



図3 各画素の色相の最大の彩度の色で図2をマッピングしたもの（無彩色の画素は黒に変換）

ことがわかる（図3）。

2. ヒストグラム圧縮による錯視画像の生成

静脈が青く見える錯視に類似した錯視を人為的に生成することができる。まず、青い対象が写った写真を用意する。イラストでもよい。たとえば、図4左の写真には、青い車体のクルマが写っている。これを図4右の写真のように変換すると、変換後のクルマは青く見えるが、各画素は青くなく、黄色から橙色にかけての色相である。

筆者は、図4の変換を「ヒストグラム圧縮」(histogram compression)と呼んでいる。これはヒストグラム平坦化(histogram equalization)(コントラストの低い画像を鮮明化する方法の一種)と反対の変換で、鮮明な自然画像であればRGB値は最小値(0)から最大値(255)まで分布していることが一般的であるが(ただし様に分布しているとは限らない)、そのヒストグラムを特定の範囲に偏らせる変換がヒストグラム圧縮である[3]。図4右の画像では、RGB値は比較的狭い範囲の分布となっており、R値は相対的に高い値に分布し、G値の分布がそれに次ぎ、B値の分布は最も低い(図5)。

ヒストグラム圧縮は画像のコントラストを低下させる変換なのであるが、RGB値によって異なる範囲に圧縮することで、「画素は青くないのに対象は青く見える」錯視を生成できることがわかる。この方法を用

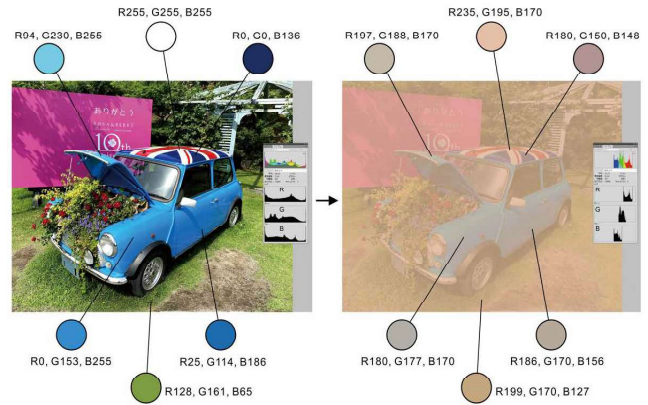


図4 静脈が青く見える錯視に類似した色の錯視の画像の生成

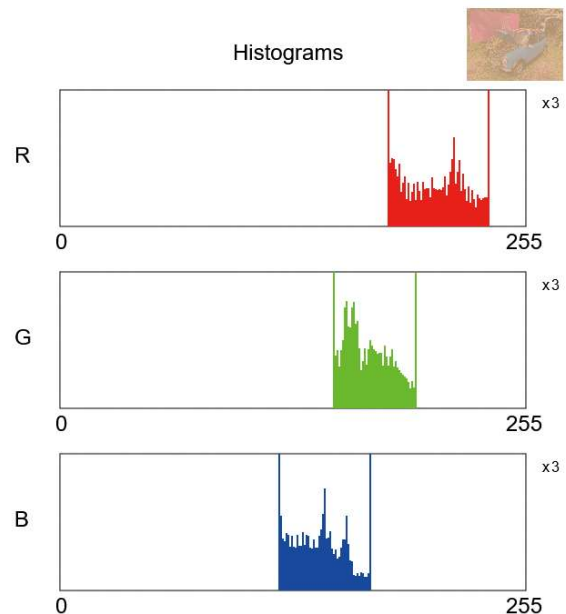


図5 車体は青く見えるが各画素は青くない図4右の錯視画像のRGB値のヒストグラム

いると、「画素は赤くないのに赤く見える」錯視(図6)をはじめ、任意の色相の錯視を生成できる。

3. 肌のRGBのヒストグラム

肌の画像のRGB値の分布は、多くの画像とは異なり、独特である。その分布は、図7のように偏っている。RGB値は比較的狭い範囲の分布となっており、R値は相対的に高い値に分布し、G値の分布がそれに次ぎ、B値の分布は最も低い。これらの形状は、クルマの錯視のRGB値の分布(図5)と類似している。このことは、これまで指摘されてこなかったと思われるが、この種の色の錯視においては本質的な特徴である。

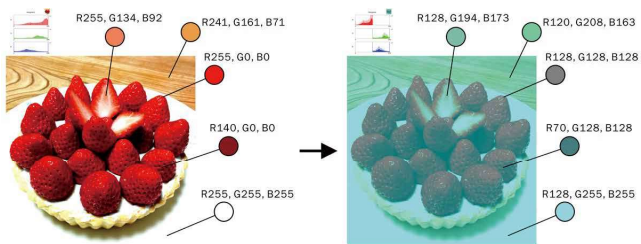


図6 右のイチゴは赤く見えるが、画素はシアン色か灰色である。

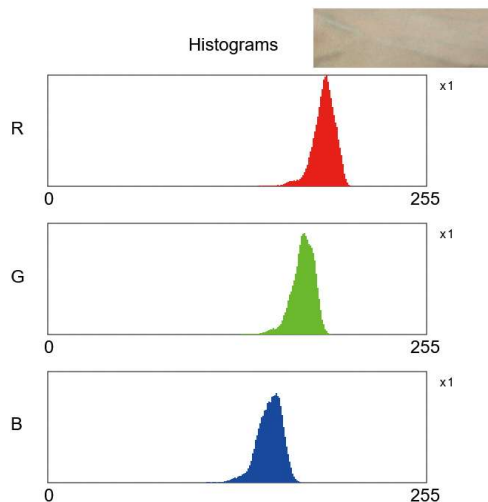


図7 青く見える静脈を含む肌の画像とRGB値のヒストグラム

4. 色の錯視を説明するヒストグラム平坦化仮説

この種の色の錯視に関する我々が提唱した「ヒストグラム平坦化」仮説 [4] によれば、視覚系は (1) 自然な画像の画素の色は最小値から最大値まで分布すると仮定し、(2) 分布が一定の範囲内に圧縮されている画像は乗算的色変換や加算的色変換によって本来の画像が歪んでいるとみなし、(3) ヒストグラム平坦化によって分布の範囲を最小値から最大値まで広げてその画像を知覚する。このはたらきによって、たとえば図4右の錯視画像を見ると図4左の画像が脳内で生成され、錯視的に青いクルマが知覚される。同様に、図6右の錯視画像を見ると図6左の画像が脳内で生成され、錯視的に赤いイチゴが知覚される。この仮説で色の恒常性を説明できる。

この考え方を肌の画像に適用すると、脳内で静脈部分の画素は青い色相に変換されることになり (図8)、それを評価して静脈は青く見えると説明することができる。なお、クルマやイチゴの例では、色の恒常性ははたらきを色の錯視と言い換えているとも言えるのであるが、皮下静脈は取り出してみても青くはないので、

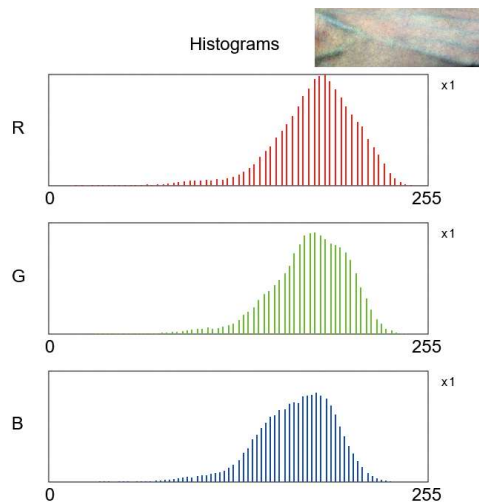


図8 肌の画像 (図7) にヒストグラム平坦化変換を施すと静脈の画素は青い色相になる。

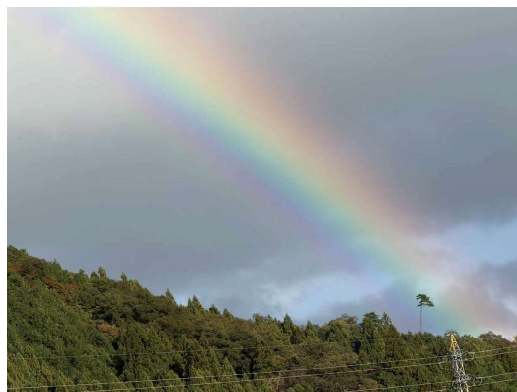


図9 京都府船井郡京丹波町で撮影された虹の写真

静脈が青く見える現象は「色の恒常性の機能を誤動作させた錯視」で、「誤った知覚」であると考察することもできる。

5. 虹のRGBのヒストグラム

「肌の画像のRGB値の分布は、多くの画像とは異なり、独特である」と本稿の第3項で書いたが、虹の画像も肌の画像と特徴が似ていて、独特である。以下、図9の虹の写真为例にとって説明する。

図10は、図9の虹の一部 (空にかかる部分) を取り出した写真とそのRGB値のヒストグラムである。肌の写真と同様、RGB値は比較的狭い範囲に分布している。ただし、肌の写真とは逆に、R値は相対的に低い値に分布し、G値の分布がそれに次ぎ、B値の分布は最も高い。これは日中の空のスペクトル組成を反映したものと考えられる。虹は雨滴による分光によって得られた色の帯の知覚であるが、背景を完全に遮蔽

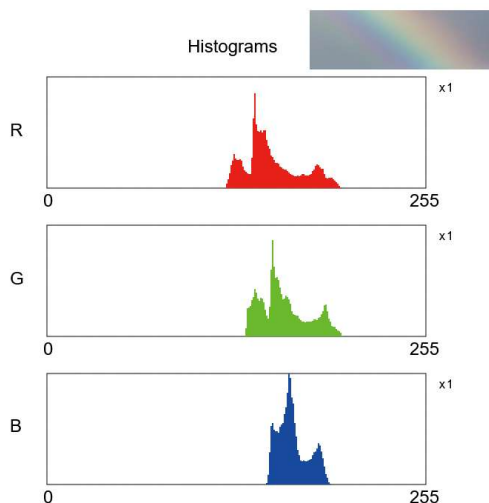


図 10 虹の画像の RGB 値のヒストグラム

するわけではないから、知覚される虹は色の帯と背景（図 10 の場合は空）が加算的な色変換によって（混色して）できた映像である。

図 10 の虹の画像をヒストグラム平坦化によって分布の範囲を最小値から最大値まで広げると、鮮やかな色の画像が得られる（図 11）。こうして見ると、紫（堇色）のさらに内側に緑色の帯（さらに紫の帯）が続いていることがわかる。これは過剰虹と呼ばれる物理現象である。

6. 虹における色の錯視

肌には静脈が青く見える錯視があるように、虹にも色の錯視がある。青空を背景とした虹の赤の部分の色錯視となっているケースがある。図 12 では、青空にかかる部分の赤い帯の画素の色相は緑みの青である。そのメカニズムは静脈の錯視の場合と同じと考えられる。

7. おわりに

静脈が青く見える説明としては錯視説は新顔で、「肌に入射した光の散乱により静脈部位では短波長光が相対的に多く戻ってくるから」という物理学的な説明が広く受け入れられている [5]。この説明は上記の虹の錯視の説明と親和性がある。すなわち、静脈が青く見える錯視は、散乱によって多めに返ってきた短波長光を、錯視的メカニズム（ヒストグラム平坦化）を通じて、知覚として再構成されたものとして理解することができる。



図 11 虹の画像（図 10）をヒストグラム平坦化して得られた画像

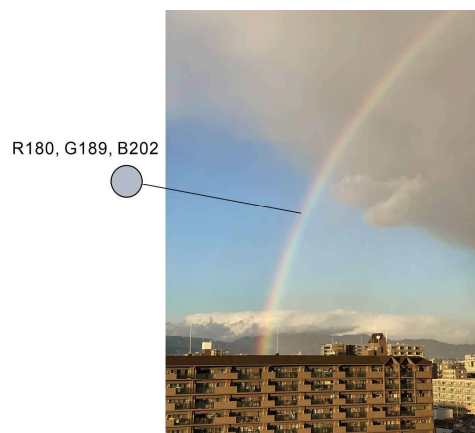


図 12 大阪府茨木市で撮影された虹の写真

参考文献

- [1] 北岡明佳, “色の錯視いろいろ (13) 静脈の色の錯視”. 日本色彩学会誌, 38(4), 323-324, 2014.
- [2] 色相, 輝度, 彩度などの属性について画像をマッピングするプログラム
https://www.psy.ritsumei.ac.jp/akitaoka/JavaScript-color_maps01i.html
- [3] 画像にヒストグラム圧縮あるいはヒストグラム平坦化を施すプログラム
<https://www.psy.ritsumei.ac.jp/akitaoka/JavaScript-convert-histogram01h.html>
- [4] A. Shapiro, L. Hedjar, E. Dixon, & A. Kitaoka, “Kitaoka's tomato: Two simple explanations based on information in the stimulus”. I-Perception, 9(1), 1-9, 2018.
- [5] A. Kienle, L. Lilge, I. A. Vitkin, M. S. Patterson, B. C. Wilson, R. Hibst, & R. Steiner, “Why do veins appear blue? A new look at an old question”. Applied Optics, 35(7), 1151-1160, 1996.