

Development of a Method for Measuring the Range of Colors Indicated by Terms Used on Color Samples and Digital Cameras

Akinobu Hatada

Abstract

Color gamut of color word would be different by each personality, background of culture. In other hand, there is no standard method for measuring a gamut of color word. This paper reports a trial of developing a new method of measuring color gamut of color word, and some practical test result by pilot system. It use color chart with tag and digital still camera image as measuring source, then it detect list of color values as color gamut.

In this method, all of participant have to do is paste tag to color chip that represent target color word. After that, measuring operator takes a picture it, then removes all tag and take a picture again. Color measuring system subtracts these two still images to make new image. In new image, non blank area shall represent participant checked color chips. Which chip represents which color could be known before measuring and it must be register to color measuring system. Color measuring system report a list of color value by tag position and pre-registered color chart values.

色見本とデジタルスチルカメラを用いた 色言葉が指す色範囲の測定手法の開発

Development of a Method for Measuring the Range of Colors Indicated by Terms Used on Color Samples and Digital Cameras

畑 田 明 信

概要

色を指す言葉が示す色空間上の範囲は、その言葉を使う人間の文化的な背景や個人的な嗜好に大きく左右される。このような色を指す言葉が示す色の範囲を測定するための方法一般的には存在しない。本研究では実験協力者に色見本帳に色を指す言葉に対応する色見本に印をつけてもらい、それをデジタルスチルカメラで撮影した画像から、物理的な色範囲に変換する手法の開発を行った。

1. 色を指す言葉と絶対色

色という現象は、光によって引き起こされる物理的現象、光を検出する我々人間の目が引き起こす生理的現象、視覚情報を認識する心理的な現象の3つから構成されている。一般に、JIS Z 8701: 1999 (ISO/CIE 10526: 1991, ISO/CIE 10527: 1991)に見られる CIE XYZ などの表色系は、光学的な側面と人間の眼球に存在する受光体の特性から算出する、どちらかという、心理的な要素を排除した色の表現方法といえる。

「あか」や「あお」などの色を指す言葉がどのような色を指すのかは、心理的な要素と文化的な背景に極めて強く左右される。通常、これらの言葉が指す色というのは、CIE XYZ 表色系における特定の座標という意味での単一の色…というわけではなく、むしろ、ある一定の範囲の色を指している。これは心理学的には、色の恒常性と呼ばれる、異なる色であっても状況的にみて、同一のものと判断することが妥当と思われる場合にはそのように認識を行う機能が人間には備わっているということなどが原因として挙げられる。また、文化的な背景によるものとしては、例えば、過日の沖縄では、作物が食べられる状態になったときの色を「あか」、それ以外の状態の場合には「あお」と呼んでいたが、この分類に従うと、卵の黄身の色は「あお」であるため、「きみ」とは呼ばず「あおみ」と呼んでいた。これは極端な例であるが、色の言葉が指す範囲にはかなりのばらつきがあることが予想される。

こうした色の言葉が指す色の範囲を測定しようとすると、明らかに色彩輝度計や色度計などによる方法では対応ができない。そこで、色を指す言葉について、特定の色の範囲を判断することができる人にその範囲を示してもらい、その範囲を数値変換する方法が必要となる。

2. 測定の基本的な考え方

何らかの方法で実験協力者に「あか」や「あお」といった言葉に対応する色の範囲を示してもらうこと、そして、それを CIE XYZ のような絶対色座標の数値に変換することの 2 つを実現することで、色言葉が示す色の範囲を得ることができる。

まず、色の範囲の示してもらう方法として、予め各色見本（色紙によるカラーチップ）の物理的な色度座標が判明している色見本帳を用い、

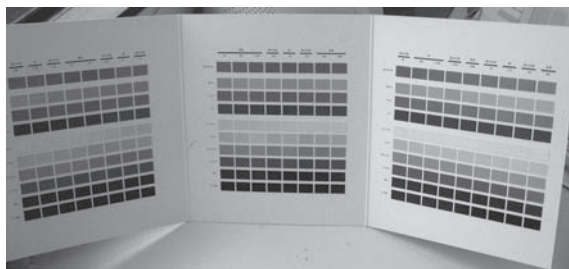


図1 今回使用した色見本帳

表1 色見本帳に対応する色度データ

	10RP	25R	7.5R	10R	5YR	10YR	5Y	7.5Y
あざやかな	10RP 5.0/14.0	25R 5.0/14.0	7.5R 5.0/14.0	10R 5.0/14.0	5YR 6.0/14.0	10YR 7.0/14.0	5Y 8.0/14.0	7.5Y 8.0/13.0
明るい	10RP 7.0/ 9.5	25R 7.0/10.0	7.5R 7.0/10.0	10R 7.0/10.0	5YR 7.5/10.0	10YR 8.0/ 9.5	5Y 8.5/ 9.5	7.5Y 8.5/ 9.0
つよい	10RP 5.0/10.0	25R 5.0/10.5	7.5R 5.5/11.0	10R 5.5/11.0	5YR 6.0/11.0	10YR 7.0/10.0	5Y 7.5/10.0	7.5Y 7.5/ 9.5
こい	10RP 3.0/ 9.5	25R 3.0/10.0	7.5R 5.0/14.0	10R 3.5/10.0	5YR 4.0/10.0	10YR 5.0/ 9.5	5Y 6.0/ 9.5	7.5Y 6.0/ 9.0
ごくうすい	10RP 9.0/ 2.5	25R 9.0/ 2.5	7.5R 5.0/14.0	10R 9.0/ 2.5	5YR 9.0/ 2.5	10YR 9.0/ 2.5	5Y 9.0/ 2.5	7.5Y 9.0/ 2.5
うすい	10RP 8.0/ 5.5	25R 8.0/ 6.0	7.5R 5.0/14.0	10R 8.0/ 6.0	5YR 8.0/ 6.0	10YR 8.5/ 5.5	5Y 9.0/ 5.5	7.5Y 9.0/ 5.0
やわらかい	10RP 6.5/ 6.0	25R 6.5/ 6.5	7.5R 5.0/14.0	10R 7.0/ 6.5	5YR 7.0/ 6.5	10YR 7.0/ 6.0	5Y 7.5/ 6.0	7.5Y 7.5/ 5.5
くすんだ	10RP 5.0/ 6.0	25R 5.0/ 6.5	7.5R 5.0/14.0	10R 5.0/ 6.5	5YR 5.5/ 6.5	10YR 5.5/ 6.0	5Y 6.0/ 6.0	7.5Y 6.0/ 5.5
暗い	10RP 3.0/ 5.5	25R 3.0/ 6.0	7.5R 5.0/14.0	10R 3.0/ 6.0	5YR 3.5/ 6.0	10YR 4.0/ 5.5	5Y 4.0/ 5.5	7.5Y 4.0/ 5.0
ごく暗い	10RP 2.0/ 3.0	25R 2.0/ 3.0	7.5R 5.0/14.0	10R 2.0/ 3.0	5YR 2.0/ 3.0	10YR 2.5/ 3.0	5Y 2.5/ 3.0	7.5Y 2.5/ 3.0

この色見本帳の色範囲を選択してもらうこととした。例えば、わが国では、日本規格協会 JIS 色名帳委員会監修・財団法人日本色彩研究所制作による JIS 色名帳などがこれにあたる（発行は財団法人日本規格協会）。

こうした色見本帳では、付属の解説資料などを参照することで、各カラーサンプルの色が HVC 「7RP 7.5/8」などと判明し、最終的に CIE XYZ などに変換して利用することも可能である。今回は、特に CIE XYZ などに変換する必要性がないので、HVC 表色系による表記をそのまま利用することとする。こうしたカラーチップの色度座標の色は表1のような形式で表計算ソフトウェアで予め入力して用意しておく。

色見本帳に色の範囲を示してもらう方法としては、はっきりとそれと

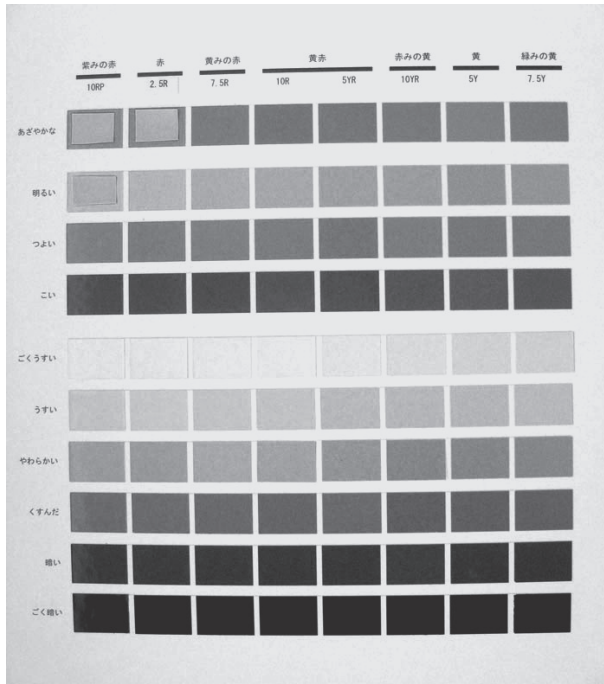


図2 色見本帳に印をつける（左上の3色）

分かる印を付箋や碁石のようなものでつけてもらい、それをデジタルスチルカメラで撮影することとする。マジックなどで印をつけてもらう方法でも技術的には構わないが、この方法では一度利用した色見本帳は二度と使えなくなるので、色見本にダメージが残らないよう、付箋や碁石などを利用することにする。

ここで、「はっきりとそれと分かる印」というのは、例えば、赤い色見本の上に赤い付箋を貼ってみても、分かりにくい。こうした場合には、青や白などの付箋を貼る必要がある。測定時に利用する印は1つだけである必要はなく、一度に複数の印をつけて構わない。また、印に利用する付箋などは、1種類の色である必要はなく、何種類でも構わない。一

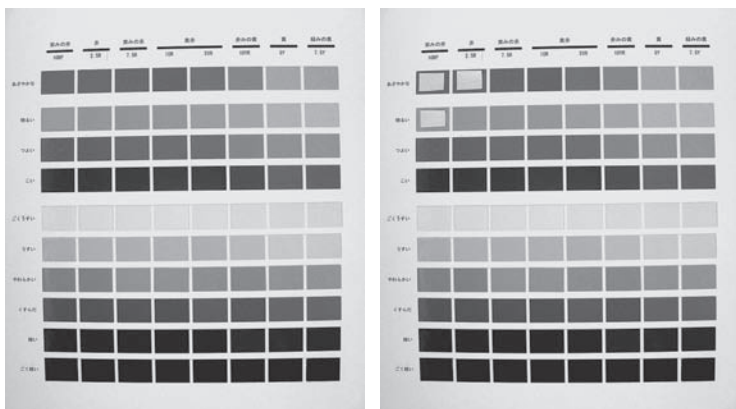


図3 うまく撮影された2枚の画像

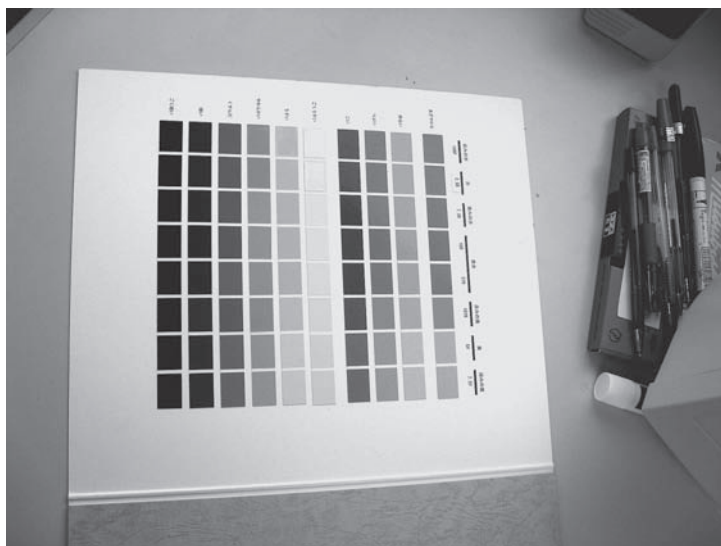


図4 撮影に失敗した例（画像内にカラーチャート以外の物品が入っている）

方、1つの印に複数の色が含まれるようであると、測定時のノイズになる可能性があるので、好ましくないと考えられる。

こうして実験協力者によって示された色の範囲を変換するために、2



図5 図3の画像を減算処理した画像

枚の静止画をデジタルスチルカメラで撮影する。色範囲を示す印がない状態の写真を1枚と、色範囲を示す印がついた状態の写真を1枚である。これらの写真の画角は同一で画素数も同一でなければならず、色見本帳のデータをまとめた際の1枚に相当するページが画角いっぱい撮影されていることが望ましい。

印をつけた部分だけを撮影した画像では、今回の用途には利用できない。また、余計なものが写りこんだ画像は、この後に行う検出処理の際にノイズ要素になる可能性があるため利用することができない。

こうして用意された2枚の画像を各画素毎に減算処理して、新しい画像を作成すると、印をつけた場所以外は差がないはずであり、RGBチ

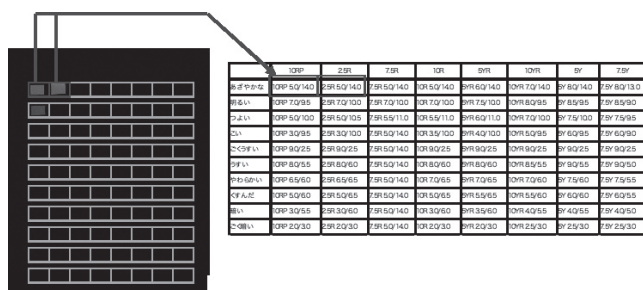


図 6 減算画像からカラーチップを検出する

チャンネル何れも 0 になるので、真黒に塗りつぶされる。逆に、印をつけた場所は、RGB チャンネル毎に差の絶対値を取って新しい RGB 画素の色を形成すれば、何らかの色が残る。

こうして得られた減算画像の、非ゼロ領域の座標から、予め用意しておいたカラーチップを探し当てることができれば、そのカラーチップの色座標を得ることができる。

こうした手法を用いて、複数のカラーチップの色座標を得ることで、色言葉が指す色の範囲を得ることができる。

3. ソフトウェアの開発

測定に必要な要素のうち、色見本帳やデジタルスチルカメラは既存のものを利用することが可能だが、デジタルスチルカメラで撮影した画像から色座標を計算する装置やソフトウェアは存在しないので、新しくソフトウェア開発を行った（図 7）。

3.1 ソフトウェア開発における要点

画像のロードや減算処理などは、特に目新しいところはないので、こ

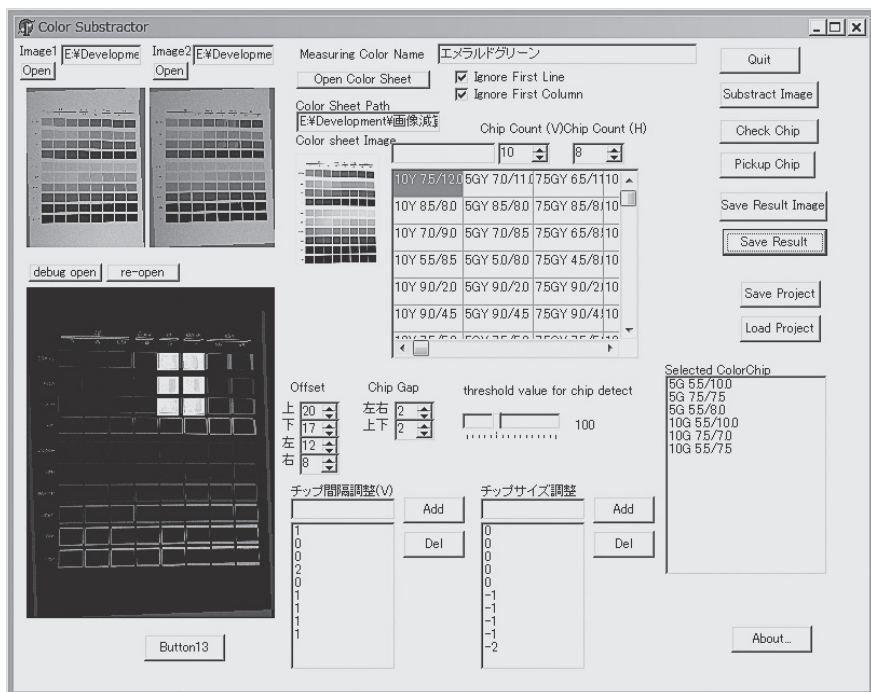


図7 試作したソフトウェアの動作画面

ここでは割愛する。開発時に問題になったのは、色見本帳の撮影時に三脚などを使っても少し画角がずれてしまったり、色見本に印が付いている場合とついてない場合では、デジタルカメラの露出（絞りとシャッター速度）が変化するので、2枚の画像を減算処理しても、カラーチップに付けた印以外の場所も、厳密には0にならないことである。

このため、実際の開発では、実装上の工夫として、カラーチップの位置を決めるために上下左右のオフセットと、カラーチップの数、カラーチップの間隔を予め入力するようにしたが、このおかげで各カラーチップの座標位置を予め予想して検出処理を行うことができる。

このことを利用して、2枚の画像の差分を検出したあと、カラーチッ

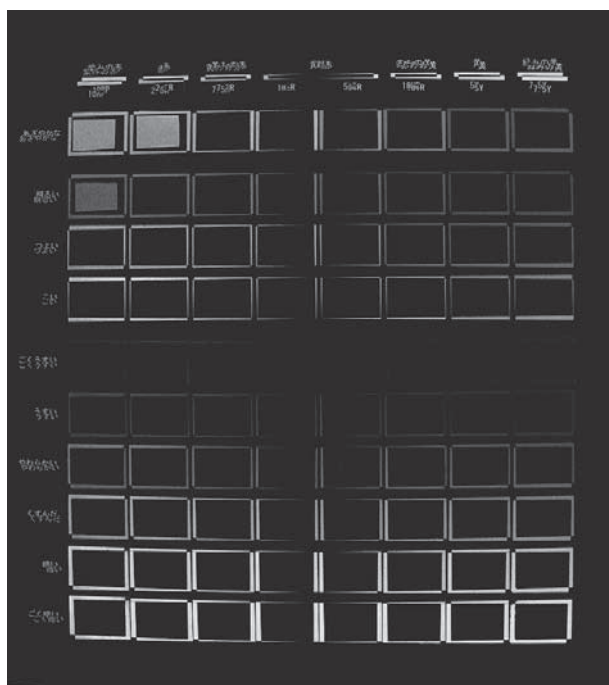


図8 実際に減算をしてみても印以外の場所も0にはならない

ブがあるはずの場所毎にデータ走査して、この範囲にある画素のRGB値を全て加算して、加算した値がある閾値以上になったときにそのカラーチップの上に印がついていると判断することにした。

これらの他に、カラーチャートを撮影する際、厳密にカメラとカラーチャートを正対させることが難しいため、実際の画像上では画像上部に写ったカラーチップと下部に写ったカラーチップでは、大きさが異なることが多いため、上下方向にカラーチップの高さをアドホックに調整できるパラメータを追加した。カラーチップの並びについては、今回利用した色見本帳では、上下方向の間隔が一律ではなく、一部広い部分があるため、これについてもアドホックに調整できるパラメータを追加して

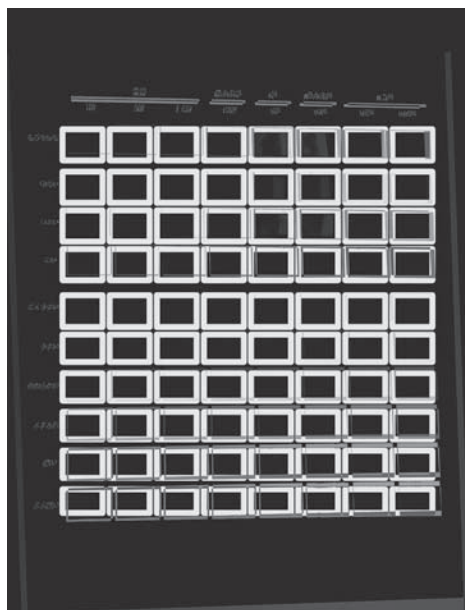


図9 カラーチップの位置を確認するためのプレビュー画像

いる。

3.2 ソフトウェアの操作

ここで開発したソフトウェアで、実際の測定を行う場合には、予め、表1で示したような利用するカラーチャートの色の値を入力して登録しておく。表の入力は、エクセルなどの票券ソフトウェアで行えばよい。そして、撮影した2枚の画像を開く操作を行ってソフトウェア上に登録する。そして、どちらかの画像を見ながら、カラーチップの位置を上下左右のオフセット、チップの間隔などを決定する。ここまでの操作が終了したら、差分画像を作成する。そして、カラーチップを検出する際の画像内の閾値を調整の上、この差分画像を解析して、タグ付けられたカラーチップの検出を行うコマンドを実行する。

3.3 カラーチップの検出

カラーチップの検出を行う前段階で行われる画像の減算処理については、ごく単純に、各画素における RGB 値をそれぞれ個別に減算処理したものを新しい画像の画素の RGB 値として転写している。

$$\begin{aligned} P_n(R) &= |P1(R) - P2(B)| \\ P_n(G) &= |P1(G) - P2(B)| \\ P_n(B) &= |P1(B) - P2(B)| \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

ここで、 P_n は新しい画像の画素、 $P1$ は 1 番目の画像の画素、 $P2$ は、2 番目の画像の画素、 (R) 、 (G) 、 (B) は各画素の RGB チャンネルの何れかの値であることを表す。

カラーチップの検出においては、上述したように、予めオペレータによって、各カラーチップが存在する画像内の座標を確認のうえ設定されることが期待できるので、位置の検出そのものについては、特にトピックスは存在しない。

従って、カラーチップにタグが付けられているか否かの判断は、特定の画像領域内の画素情報の評価方法という形に収束する。今回の開発では、RGB 各チャンネルの値を全て集計するという方法を採用した。

$$SV = \sum (R + G + B) \quad (\text{式 3})$$

実際の測定では、利用する画像の大きさがまちまちであることが予想されるため、1 枚のカラーチップが写っているであろう領域のピクセル数も、予め予想することはできない。このため、何らかの方法で正規化する必要がある。そこで、上記の（式 2）を修正して、ピクセルの総数（ N ）で除算を行った値を利用することとした。

$$SV = \frac{\sum (R + G + B)}{N} \quad (\text{式 3})$$

こうして得られた評価値 SV が、一定の値を超えたとき、その場所に対応するカラーチップにはタグが付いていたと判断を行うこととした。実際に、測定を行ってみた印象では概ね、100 前後の値を閾値として用いればよい結果が得られやすかった。

3.4 アルゴリズム

実際の計算手順を仮想 Pascal コードにて示すと、リスト 1 のようになる。

4. 測定例

ここでは、「エメラルドグリーン」を例に、実際の測定を行った事例を報告する。色のついた再剝離可能なカラーテープを、「エメラルドグリーン」という言葉に対応すると思われるカラーチップに貼り付けてもらい、その色見本帳を撮影した後、色見本帳とカメラを動かさないように貼り付けられたカラーテープを剝離して、再度撮影を行い、図 10 に示す 2 枚の画像を得た。

これらの画像は、実際には撮影したそのままの画像ではなく、カラーチップが水平になるように、若干の回転を行うなどの調整を行っている。今回はこのような調整を行ったが、予めカラーチップが画像内で水平になるように撮影しておけば、このような操作は必要ない。

図 10 の 2 枚の画像を減算処理の上、印がついているカラーチップを検出した部分を反転表示させて作成した画像が図 11 である。

これらの結果から、この色見本帳の対応するカラーチップの色情報を引いて図 12 のような測定結果が得られた。

```

procedure DetectColourChip;
var
  i, j, x: Integer;
  x1, y1: Integer;
  x_max, y_max: Integer; // 色見本帳でカラーチップが並べられている数
  r1,g1,b1: Integer;
  level: Integer; // 検出用の閾値
  s: string;
  Pixel : PByteArray;
begin
  calcChartChipAxis(x1_axis,y1_axis,x2_axis,y2_axis); // 各チップの座標を得る

  // 各チップ毎に計算を行う
  for i:=0 to (x_max-1) do
    for j:=0 to (y_max-1) do
      begin
        x := 0;
        // 各チップに相当する画像領域を走査する
        for y1:=y1_axis[j] to y2_axis[j] do
          begin
            for x1:=x1_axis[i] to x2_axis[i] do
              begin
                r1 := Pixel[R-channel];           // R チャンネルの値を読み出す
                g1 := Pixel[G-channel];           // G チャンネルの値を読み出す
                b1 := Pixel[B-channel];           // B チャンネルの値を読み出す
                x := x + (r1 + g1 + b1); // 評価値の計算 1/2
              end;
            end;
          end;
          x := x div ((x2_axis[i]-x1_axis[i])*(y2_axis[j]-y1_axis[j])); // 評価値の計算 2/2

          if x >= level then // 評価値を検査
            begin
              s := GetColorValue[i, j]; // 予め登録されているテーブルから色値を得る
              ListOfDetectedColorChip.Add(s); // 検出された値を保存
            end
          end
        end
      end;
    end;
  end;
end;

```

リスト 1 カラーチップ検出の手順を示す仮想 Pascal コード

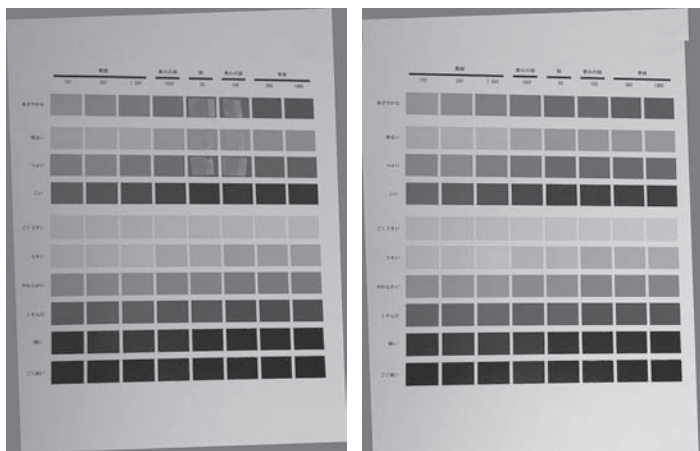


図10 エメラルドグリーンの測定に利用した2枚の画像

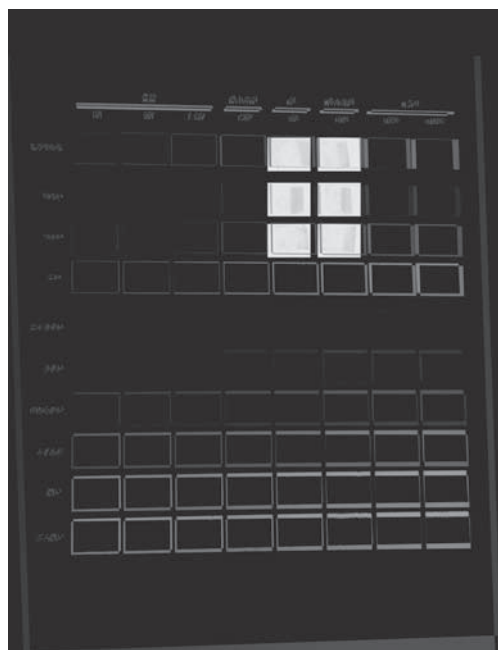


図11 エメラルドグリーンの測定時に作成された減算画像と検出結果

5G 5.5/10.0
5G 7.5/7.5
5G 5.5/8.0
10G 5.5/10.0
10G 7.5/7.0
10G 5.5/7.5

図 12 エメラルドグリーンの測定結果

5. 結論

今回は、色言葉から色度座標を得るための手法の開発を行った。何度かの測定を行ってみたが、実験室での測定であれば実用的に運用できるレベルであるとの実感をもった。利用する色見本帳は、原理的に対応するカラーチップの色度値が予め分かっているようなものでも利用できるし、色範囲が見本帳の上で連続していなくても問題はない。測定の手間さえ惜しまなければ、複数の色見本帳にわたる色の範囲も何回かに分けて測定を実施することで観測可能となる。東京近郊における詳細なグレーの分類を指す色を測定するなど、特殊な色の測定を行う場合には、専用のグレースケールを用意することさえできれば、本手法は、測定方法としては適用が可能である。

実際に測定を行ってみた感想では、コンパクトデジタルカメラの広角側の焦点距離ではタル型の歪みが画像に出やすく、使いにくいものがある。できれば、こうした歪みの少ないレンズを搭載したものが望ましい。また、本手法は、水平垂直方向にきれいにカラーチップが並んだ画像を撮影して利用することが前提となっており、水準器や格子スクリーンなどがあれば傾きの少ない画像を撮影することが容易になる。こうした問

題は、ソフトウェア側で画像の回転を行って補正することも可能と思われるが、こうした直接色度値の検出とは関係の少ない機能を増やすことはソフトウェア操作の複雑化を招くので、撮影時に考慮しておく方が望ましいと思われる。

理想的には、色見本帳を撮影するデジタルスチルカメラを三脚で固定した上、色見本帳を動かさずに2回の撮影を行えるよう、色彩測定ブースに三脚を固定した装置を作成することが望ましいが、一方で、デジタルカメラ付き携帯電話のようなデバイスで利用できるよう開発を行えば、より、多くの実験協力者を得ることができる事も予想される。これらは今後の検討事項としたい。

また、こうした手法を用いて観測された色言葉が示す範囲をデータベース化したうえ、利用する技術の開発を行っていきたいと考えている。例えば、言葉ではない形で保存されている絵画や道具（壺など）などの資料であっても、色を測定することができれば、その色を指す言葉をデータベースから検索することができ、どのような文化圏でその文物が利用されてきたのかを知る手がかりとなるかも知れない。そのためには、今回の手法で測定を行ったデータから色範囲（gamut）を算出するだけでなく、計算機での検索に向けたデータ格納方法や検索方法を考案することも検討したい。

参考文献

- Berlin B. & Kay P. (1969) Basic Color Terms: Their Universality and Evolution, University of California Press
- 福田邦夫 (1991) 色のはなし編集委員会編『色の話Ⅱ』、2. 色彩を言葉で表す、P. 5-12、技法堂出版
- JIS 色名帳 第2版、日本規格協会

JIS ハンドブック 2007 色彩、日本規格協会

三星宗雄・新山春道（2009）デジタルカメラの録画機能を用いた色名の色空間上の認知範囲測定
の試み（速報）、「神奈川大学人間科学研究年報第三号」、P. 73-77。

村山卓也（1988）人はなぜ色にこだわるか。KK ベストセラーズ