

カラー画像のスペクトル傾斜における一検討

望月 美里¹・西村 広光²・富川 武彦²

¹ 電気電子工学科 ² 情報工学科

A study of spectrum slope in color images

Misato MOCHIZUKI¹), HIromitsu NISHIMURA²), Takehiko TOMIKAWA²)

Abstract

If the music can be automatically generated, in relation to the scenes imagined by the human's thoughts, those handicapped persons might survive by themselves from some inconvenient circumstances without having the help of other persons. In this sense, we have studied and tried to analyze the features of images in various kinds as a primary step. There are, such as, the two-dimensional FFT to obtain spectrum tendencies, the multi regression analysis to represent the surface inclinations, and the principal analysis to find some statistical differences among the sample images. As a result, we have learned a kind of positive correlations between the images and the human's sensitivities although it has not always true

Keywords: image, spectrum, slope

1 まえがき

社会のあらゆる分野で情報化が進み、障害者・高齢者などと健常者の間に情報格差が生じている。様々な情報の中で特に画像は、TV、インターネット、雑誌などに多用されているが、視覚障害者にとって見る事が出来ない為、情報になりにくいものと言える。

そこで、誰もが画像をイメージできるような音楽を自動的に生成する事が出来れば、人の手を借りる事なく視覚障害者自身で一部の格差を解消できるのではないかと考えた。その過程として、画像の特徴を解析、分類する事を試みた。

処理として今回は、表色系の変換、離散フーリエ変換、重回帰分析、主成分分析を使用する。

2 概要

2.1 表色系

色を表示する体系を表色系と呼ぶ。この表色系には、心理物理色を表示する体系である混色系と知覚色を表示する体系である顕色系の2種類がある。

1) 混色系：異なる色を混合して別の色を生じさせる体系の事を言う。これには加法混色(異なる色の光をスクリーン上に重ねて投影し別の色を作る混合法)と減法混色(白い光の前に色フィルムを重ねておき透過光の色を変える混合法)の2種類がある。

2) 顕色系：人間が心理量として知覚する知覚色を色相、鮮やかさ、明るさと言った心理的な色の属性によって系統的に配列した体系の事を言う。

有彩色や無彩色と色の3属性には係わりがある。赤、緑、青などの色味を持つ有彩色は、色相、彩度、明度の3属性で定量的に扱われる。それに対し、白、灰、黒の色味を全くもたない無彩色は、色相、彩度がなく、明度だけで定量的に扱われる。

2.2 表色系の変換

画像は、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の 3 刺激値で定量的に扱う RGB 表色系である。そこで、これを心理量を基準とした色相 (H)、彩度 (S)、明度 (V) の 3 属性で定量的に扱う HSV 表色系に変換する。

附録 1 に示すように RGB 表色系から HSV 表色系に変換する。但し、R,G,B はそれぞれ 0~256、H は -1~360、S は -1~100、V は 0~100 の範囲とする。

2.3 離散フーリエ変換:DFT

1 次元の DFT を

$$Z(X) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-\frac{2\pi nX}{N}} \quad (1)$$

とする。2次元 DFT は、

$$\begin{aligned} Z(X, Y) &= \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n)e^{-\frac{2\pi mX}{M}} e^{-\frac{2\pi nY}{N}} \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{m=0}^{M-1} f(m, n)e^{-\frac{2\pi mX}{M}} \right\} e^{-\frac{2\pi nY}{N}} \end{aligned} \quad (2)$$

となり、式 (2) の右辺の { } 内を

$$F(X, n) = \sum_{m=0}^{M-1} f(m, n)e^{-\frac{2\pi mX}{M}} \quad (3)$$

と置くと、式 (2) は、

$$Z(X, Y) = \sum_{n=0}^{N-1} F(X, n)e^{-\frac{2\pi nY}{N}} \quad (4)$$

となる。

2.4 重回帰分析

3 個の変数 (X,Y,Z) に対し N 個のデータ (X₁, Y₁, Z₁), (X₂, Y₂, Z₂), ..., (X_N, Y_N, Z_N) が得られたとする。これは空間の点で表せる。この時の平面の式を Z = aX + bY + c とする。又、Z とその推定値 Z' との誤差を ε をする。最小 2 乗法の原理より、

$$E = \sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^N (Z_i - aX_i - bY_i - c)^2 \quad (5)$$

を最小にする a,b,c を定める。

2.5 平面の式と法線ベクトルの関係

平面の式 Z = aX + bY + c と平面の法線ベクトル A = (A_x, A_y, A_z) との間には、

$$A_x = a \quad A_y = b \quad A_z = -1 \quad (6)$$

の関係がある。これでは、A_z が「-1」と一定である為、法線ベクトルを Δ = √(a² + b² + c²) で割る事により、単位法線ベクトルは、

$$A_x \leftarrow \frac{A_x}{\Delta} \quad A_y \leftarrow \frac{A_y}{\Delta} \quad A_z \leftarrow -\frac{A_z}{\Delta} \quad (7)$$

となる。

2.6 主成分分析

3 個の変数 (A_x, A_y, A_z) に対して N 個のデータ (A_{x1}, A_{y1}, A_{z1}), (A_{x2}, A_{y2}, A_{z2}), ..., (A_{xN}, A_{yN}, A_{zN}) が得られたとする。3 個の変数が重み a,b,c で重み付けされた合成変数は f = aA + bA_y + cA_z となる。

$$F = \sum_{i=1}^n f_i = \sum_{i=1}^n (aA_{xi} + bA_{yi} + cA_{zi}) \quad (8)$$

この式の分散が最大となり、a² + b² + c² = 1 の条件を満たす a,b,c を定める。

3 処理手順

画像の 2 次元性を考慮して 2 次元高速フーリエ (FFT)、及び重回帰分析を適用する。その後、平面の傾きを単位法線ベクトルとして捉え、得られた 3 変数を用い、22 画像 (附録 2 参照) について主成分分析を行う。

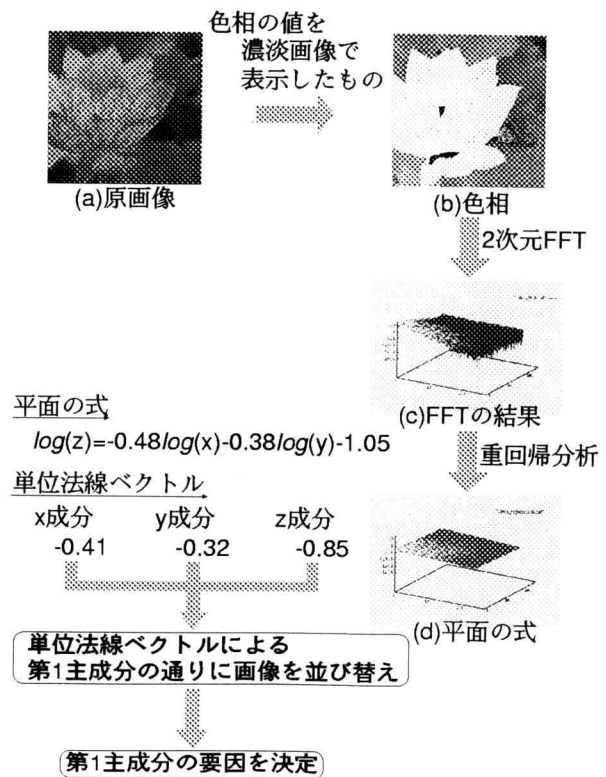


図 1: 色相における処理手順

画像を RGB 表色系から HSV 表色系に変換し、H,S,V それぞれの値に対して下記の 1)~6) の手順を行う。

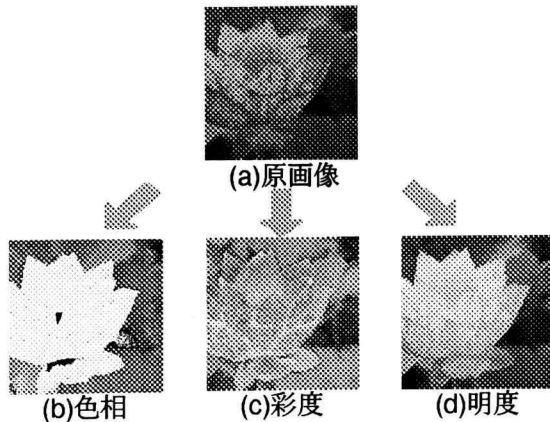


図 2: 表色系の変換

図 2(a) を原画像とし、表色系の変換後の H,S,V それぞれの値を同図 (b)~(d) に濃淡画像で表示する。

- 1) 画像の 2 次元性を考慮して 2 次元 FFT を行う。但し、2 次元 FFT を行う前に画像全体の画素の値の平均が 0 となるように画像の各画素の値から画像全体の画素の平均を引いて標準化を行う。又、2 次元 FFT を行った後、図 3 に示すように対称性を利用して全データではなく、 $\frac{1}{4}$ のデータを使用し、常用対数で表す (図 1(c) 参照)。

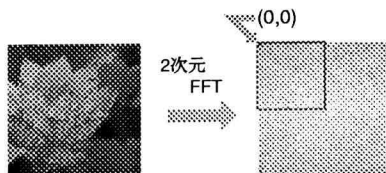


図 3: FFT 後の結果

- 2) 2 次元 FFT の結果のスペクトルに重回帰分析を適用し、平面の式を求める (図 1(d) 参照)。
- 3) 求めた平面の傾きを単位法線ベクトルとして捉える。
- 4) 単位法線ベクトルとして得られた 3 変数を用い、22 画像について主成分分析を行う。
- 5) 主成分分析で求めた第 1 主成分の通りに 22 画像を並び替える。
- 6) 並び替えられた画像がどの様に配置されているのかと言う事を考え、その要因を分析する。

4 処理結果

法線ベクトルの x,y,z 成分をそれぞれ A_x, A_y, A_z とする。

4.1 色相 (H)

H は -1 を無彩色、 0 を赤として環状に $-1 \sim 360$ で量子化を行う。各画像における法線ベクトルの x,y,z 成分の値を表 1 に示す。

表 1: 法線ベクトルの x,y,z 成分の値

画像名	x 成分 A_x	y 成分 A_y	z 成分 A_z
airplane	-0.42667	-0.26568	-0.86451
alps	-0.40280	-0.42218	-0.81211
bud	-0.43290	-0.32236	-0.84184
butterfly	-0.56952	-0.42589	-0.70304
glory	-0.26585	-0.14788	-0.95261
grass	-0.16816	-0.37635	-0.91109
harbor	-0.38714	-0.30940	-0.86856
kite	-0.38199	-0.48035	-0.78952
lotus	-0.40945	-0.32411	-0.85282
metal	-0.27569	-0.26622	-0.92365
plain	-0.43313	-0.29278	-0.85246
planet	-0.18748	-0.29750	-0.93613
plum	-0.37624	-0.35431	-0.85610
rice	-0.52842	-0.35756	-0.77001
rose	-0.42109	-0.39076	-0.81853
sky	-0.36516	-0.33261	-0.86950
soccer1	-0.41895	-0.42178	-0.80410
soccer2	-0.38986	-0.40216	-0.82842
swimming	-0.49901	-0.35247	-0.79168
vegetable	-0.37287	-0.37435	-0.84902
woman	-0.25745	-0.25020	-0.93334
wool	-0.29368	-0.19853	-0.93506

各画像における第1主成分の値は、

$$f_1 = 0.74A_x + 0.46A_y - 0.49A_z \quad (9)$$

により求められ、寄与率は79%である。

例えば、図4においてgloryの第1主成分の値は約0.2である。

図4から全体を大きく2つに分けられる。第1主成分の値が0.1~0.2の間にある画像は、水平方向、及び垂直方向ともに広がりがあるように思われる。又、第1主成分の値が0より小さい画像は水平方向、又は垂直方向のどちらかに広がりがあるように思われる。

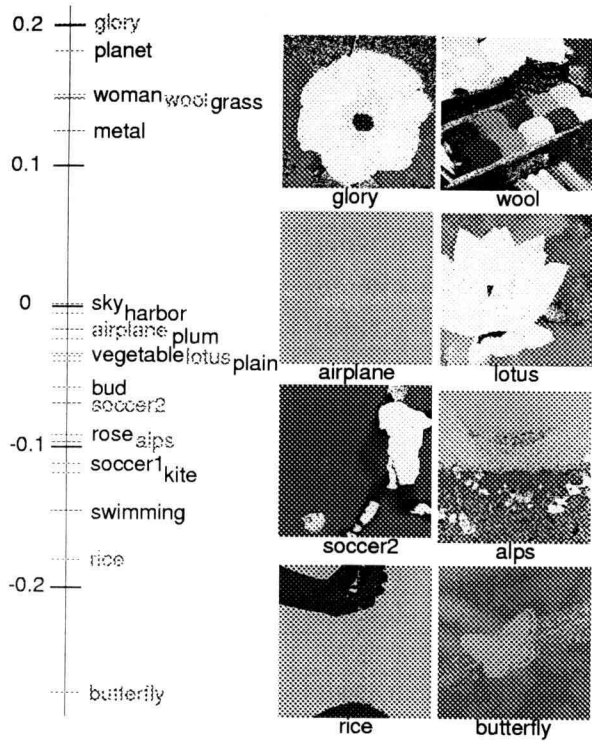


図4: 色相の結果

4.2 彩度 (S)

Sは-1を無彩色とし-1~100で量子化を行う。各画像における法線ベクトルのx,y,z成分の値を表2に示す。

表2: 法線ベクトルのx,y,z成分の値

画像名	x成分 A_x	y成分 A_y	z成分 A_z
airplane	-0.63120	-0.32222	-0.70552
alps	-0.49356	-0.45709	-0.73991
bud	-0.63149	-0.40776	-0.65950
...
woman	-0.49409	-0.52185	-0.69538
wool	-0.48852	-0.35966	-0.79498

各画像における第1主成分の値は

$$f_1 = 0.71A_x + 0.27A_y - 0.66A_z \quad (10)$$

により求められ、寄与率は68%である。

図5から第1主成分の値が全体的に広がっている。つまり、分散が大きく、画像を分類するのに都合が良いことになる。

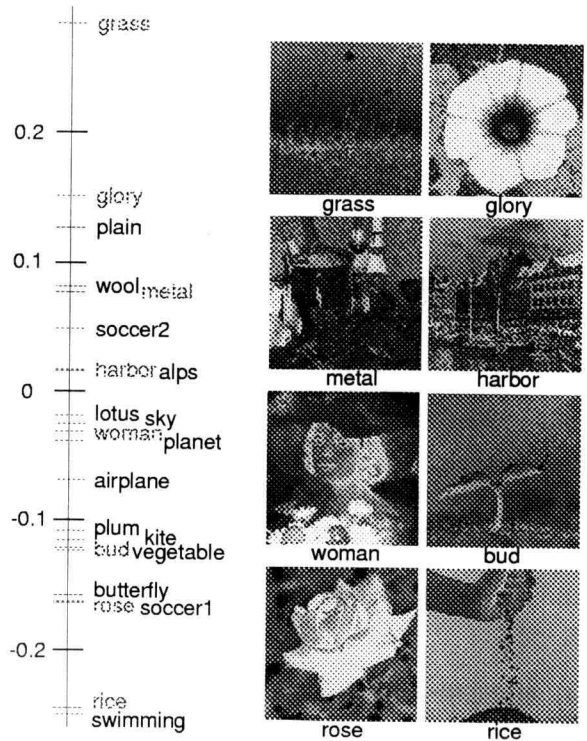


図5: 彩度の結果

4.3 明度 (V)

V は 0~100 で量子化を行う。各画像における法線ベクトルの x, y, z 成分の値を表 3 に示す。

表 3: 法線ベクトルの x, y, z 成分の値

画像名	x 成分 A_x	y 成分 A_y	z 成分 A_z
airplane	-0.65187	-0.47799	-0.58872
alps	-0.56017	-0.53359	-0.63363
bud	-0.69046	-0.46614	-0.55316
...
woman	-0.60147	-0.43913	-0.66738
wool	-0.45857	-0.41111	-0.78785

各画像における第 1 主成分の値は

$$f_1 = 0.85A_x + 0.50A_y - 0.16A_z \quad (11)$$

により求められ、寄与率は 67% である。

図 6 から grass と lotus を除けば、第 1 主成分の値が 0 より小さい所に集中している。つまり、分散が小さく、どの画像にもあまり変換がないと言う事なり、分類するのは困難である。又、grass と lotus の画像には高周波成分が多く含まれる画像ではないかと考えられる。

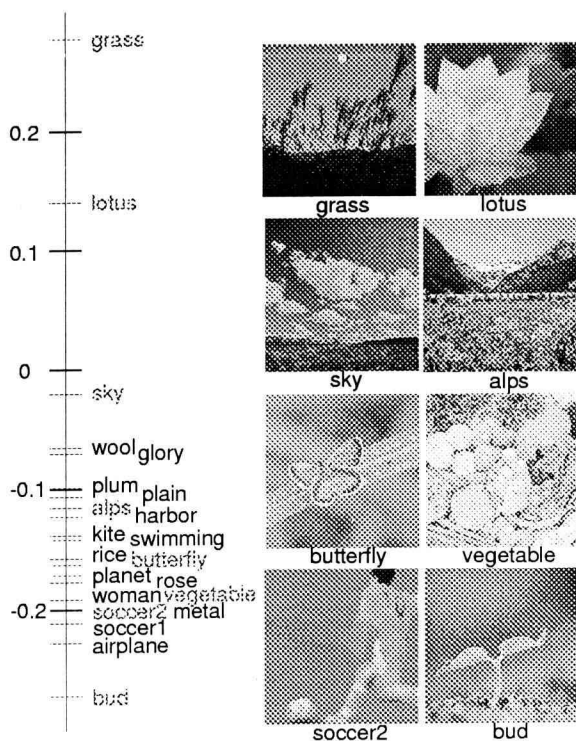


図 6: 明度の結果

5 あとがき

人間は画像を見て何らかのものを感じ取るので、画像と人間の感性には相関があるのではないかと考えられる。そこで、画像の特徴量としてスペクトルの傾きに注目し、そこから人間の感性に変換できないかと考えた。例えば、人間が美しい・心が和む・陽気などと感じる強さに影響され主成分分析による各主成分ごとの画像が並んでいるのではないかとと思われる。

画像の 2 次元性を考慮し、2 次元的な処理で画像とスペクトル傾斜についての検討を行った。その結果、画像を 2 次元で処理可能である事が分かった。又、一部ではあるが画像と各主成分の値との相関が得られたと共に、画像の持つ視覚的な感性を 2 次元的に捉えられようと思う。

色相の定量化において赤を 0 として環状に考えている為、値が不連続であると言う短所がある。又、画像数によって各主成分の要因が変化し、その要因を客観的に評価できていないと言う短所もある。今後は短所を含め、データ数が 22 画像と少ないので、データ数を増やしていきたいと思う。その他に 1 次元的な処理との比較、窓関数の適用とその影響、人間の心理とスペクトル傾斜との相関、画像の音楽への変換などを含めて検討していきたいと思う。

参考文献

- [1] 望月 美里・白滝 順・富川 武彦著「カラー画像のスペクトル傾斜における一検討」(平成 13 年電気学会 電子・情報・システム部門大会 講演論文集 II)
- [2] 武者 利光著「ゆらぎの世界—自然界の 1/f ゆらぎの不思議—」(ブルーバックス)
- [3] 藤沢 偉作著『多変量解析法』(現代数学社)
- [4] 和田 孝雄著「生体のゆらぎとリズム」(講談社)
- [5] 宮脇 一生・宮原 進著「プログラミングによる捺染柄の作成に関する研究」(埼玉県工業技術センター研究報告 2000 年 第 2 巻)
- [6] 奥谷 巖・高瀬 達夫著「色の空間ゆらぎと景観評価の関連性」(計測自動制御学会中部支部信州地区計測制御研究委員会講演論文集 1998 年 第 11 巻)

附録 1

まず、

$$\max = \text{Max}(R, G, B) \quad \min = \text{Min}(R, G, B) \quad (12)$$

$$\Delta = \max - \min \quad (13)$$

とする。

$$V = \frac{\max}{255} \times 100 \quad (14)$$

- 1) $\Delta = 0$ の時
 $S = \text{不定}$ $H = \text{不定}$ (但し、不定を「-1」とする。)
- 2) $\Delta \neq 0$ の時

$$S = \frac{\Delta}{max} \times 100 \quad (15)$$

$$\begin{cases} R = max \text{ ならば、} H = \frac{G-B}{\Delta} \\ G = max \text{ ならば、} H = 2 + \frac{B-R}{\Delta} \\ B = max \text{ ならば、} H = 4 + \frac{R-G}{\Delta} \end{cases} \quad (16)$$

但し、 $H < 0$ の時は $H \leftarrow H + 6$ とする。

$$H \leftarrow H \times 60 \quad (17)$$

附録 2

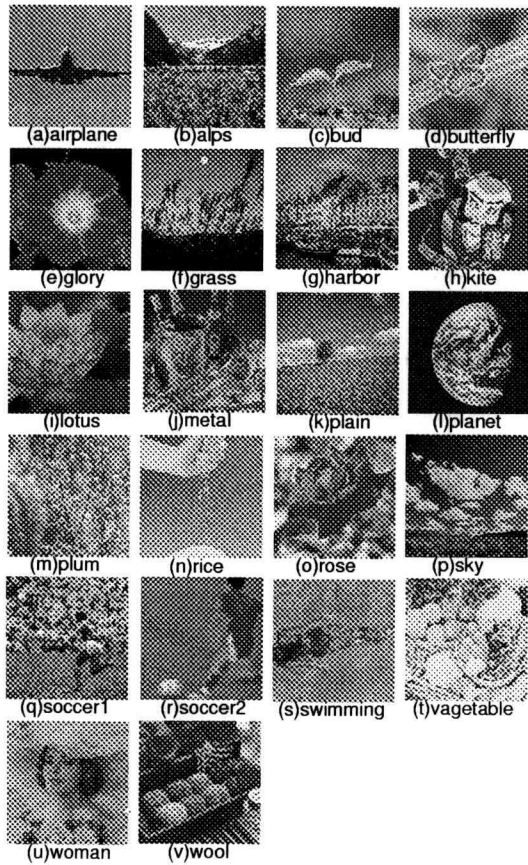


図 7: 22 画像