

画像の固有パターンと画像認識への応用

若林 健一[○]、早野 誠治、斎藤 兆古 (法政大学工学部)
国井 利泰 (法政大学計算科学研究センター)

Eigen Pattern of the Computer Graphics and Its Application to the Image Identification

Kenichi WAKABAYAASHI* , Seiji HAYANO, Yoshifuru SAITO
and Toshiyasu L. KUNII (Hosei University)

Abstract

A new concept is introduced to extract the essential and distinct characteristics of images. A key idea is to introduce the eigen patterns, which represents the characteristics of images independent of the resolutions and position of images on the screen. The eigen pattern of an image is obtained by projecting the pixel information in x-y screen coordinate to a red, green and blue coordinate systems. Thereby, this projection removes the location, angle and size information in a screen, and extracts the essential characteristics of the target image. We apply the notion of eigen patterns to human faces identification/synthesis with high resolution. As a result, we have succeeded in recovering and identifying the 10 human faces.

Keywords: Eigen pattern, Image identification, Wavelets transforms

1. まえがき

自然界の多くは固有の特性を持つ。たとえば、車のサスペンションはバネ定数とバネの質量で決まる固有振動数を持つ。特に車の場合、サスペンションの固有振動数は乗り心地を左右する重要な要素である。ところで、完全な人工的構築物であるコンピュータグラフィックスでは、自然界に存在する固有値に相当する画像の不変量が存在するであろうか？これが、本論文の主な課題である。画像情報は、人間の視覚情報処理能力を前提とした場合、画像中の不変量を感じ、認識することが可能である。機械に画像中の不変量を感じさせることが可能であれば、その延長線上に存在する認知も可能であろう。本論文では、画像中の不変量を自然界の固有値へ対応させ、固有パターンと呼ぶこととする。この固有パターンが完全に抽出可能であれば、人間の視覚情報処理能力を

必要とする多くの作業が機械で処理可能な形態へ変わるであろう。

計算機のスクリーン(x,y 直交座標)上に表現される画像データは、通常、x,y 直交座標上の赤(R),緑(G)そして青(B)画素成分から構成される。このため、画像は画像を構成する画素数、画像のx,y座標上の位置・角度などのハードウェアに依存する成分を持つ。このようなハードウェアに依存する性質を削減し、画像本来の性質を抽出する方法として、R,G,B直交座標を考え、この3次元直交座標上へx,y座標上の原画像を投影することで、画像の固有パターンを抽出する方法を提案する。このようにして導出された画像の固有パターンの具体的な応用例として、低解像度画像から高解像度原画像を再現する画像の再構成・認識問題を取り上げる。離散値系ウェーブレット変換は情報リッチな低解像度画像を作成するために用いる[1]。

2. 画像の固有パターンとその応用

2.1 画像の固有パターン

コンピュータグラフィックスで表現される画像は、スクリーン上の x, y 直交座標上の R, G, B 画素成分の組み合わせである。すなわち、 m, n を、それぞれ x, y 方向の画素数とすれば、画像は以下の関係式で表現される。

$$\begin{aligned} \text{image} &\in \text{pixel}_{i,j}, \\ \text{pixel}_{i,j} &\in f_r(x_i, y_j), f_g(x_i, y_j), f_b(x_i, y_j), \quad (1) \\ i &= 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \end{aligned}$$

(1)式で、 f_r, f_g, f_b はそれぞれ、R, G, B 成分を与える関数であり、(2)式の条件を満足する。

$$\begin{aligned} 0 &\leq f_r(x_i, y_j) \leq 1, \\ 0 &\leq f_g(x_i, y_j) \leq 1, \\ 0 &\leq f_b(x_i, y_j) \leq 1, \quad (2) \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

(1)式では、画像は画素の集合で表現され、画素はスクリーン上の x, y 直交座標の関数で表現される。ここで、赤、緑、そして青のカラー成分を 3 次元直交座標系の x, y, z 成分へ対応させた R, G, B 直交座標系を考え、この 3 次元直交座標上で画像が表現されるとしよう。すなわち、画像は R, G, B 座標に投影され、R, G, B の座標値はスクリーン上の x, y 直交座標の各座標点の R, G, B 成分の大きさで決まるとする。この関係を数式で表現すれば、(3)式となる。

$$\begin{aligned} \text{image} &\in g(r_o, g_p, b_q), \\ r_o &\in f_r(x_i, y_j), \\ g_p &\in f_g(x_i, y_j), \\ b_q &\in f_b(x_i, y_j), \quad (3) \end{aligned}$$

$$o = 1, 2, \dots, R, \quad p = 1, 2, \dots, G, \quad q = 1, 2, \dots, B,$$

$$i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

ここで、(3)式中の、 o, p, q はそれぞれ、R, G, B を最大値とする整数である。また、関数 $g(r_o, g_p, b_q)$ は

$$\begin{aligned} 0 &\leq |g(r_o, g_p, b_q)| \leq 1, \quad (4) \\ o &= 1, 2, \dots, R, \quad p = 1, 2, \dots, G, \quad q = 1, 2, \dots, B. \end{aligned}$$

を満足するものとする。本稿では、関数 $g(r_o, g_p, b_q)$ の初期値はすべてゼロとし、座標値 (r_o, g_p, b_q) が与えられる毎に関数値は

$$g(r_o, g_p, b_q) = g(r_o, g_p, b_q) + 1 \quad (5)$$

と加算され、すべての座標値について投影が終了した時点で、(4)式を満足する形へ変形するため、最大値で正規化する。図 1 に画像を x, y 直交座標系から R, G, B 直交座標系への投影する概念を示す。

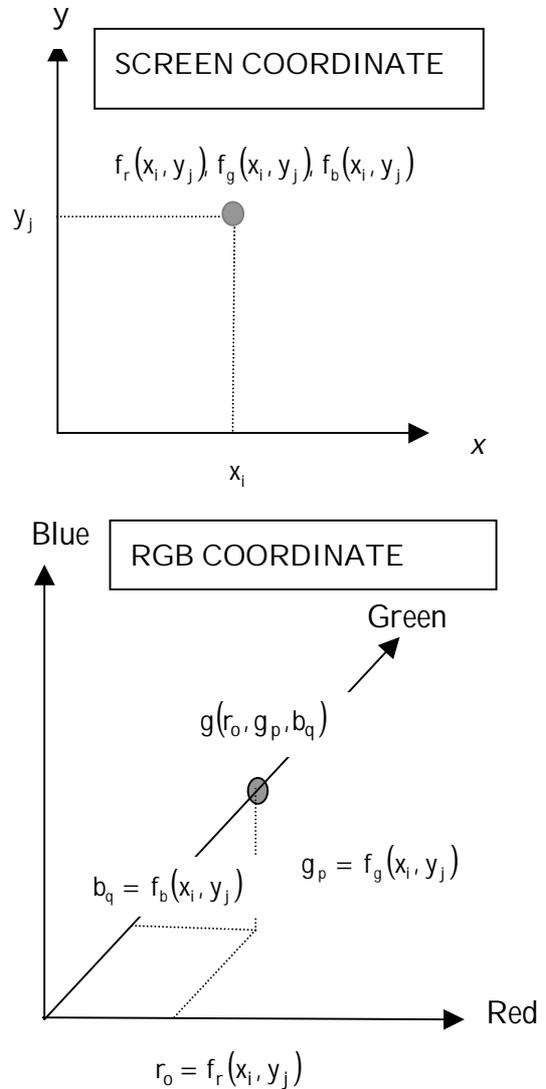


Fig. 1 Projection from the original screen to RGB coordinate systems

2.2 画像の再構成（認識）

ここでは、まず最初に図 2 に示すような高解像度画像を、図 3 に示す単純な低解像度画像から高解像度画像の再構成（認識）を行う。再構成は最小自乗型逆問題的定式化を用いて行う[2]。なお、低解像度画像はリッチな情報を持たせるため、離散値系ウェーブレット変換法を用いた後変形して作成した[1]。



Fig. 2. High resolution image to be recovered or



Fig.6. Recovered/Identified high-resolution images from the poor images in Fig.3

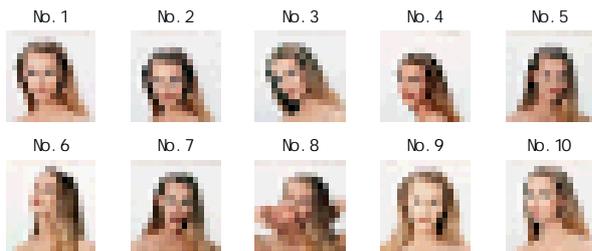


Fig.3. Low-resolution images



Fig.4. Recovered/Identified images from the images in Fig.3

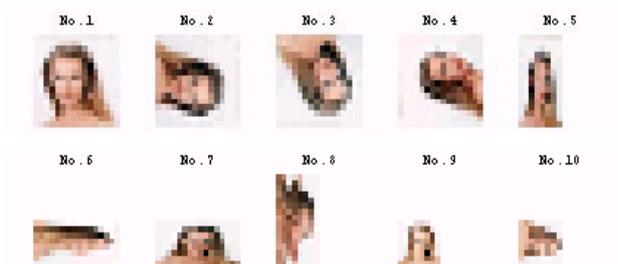


Fig. 5. Low-resolution images with modifications

図 4 に図 3 の低解像度画像から再現（認識）された画像を示す。図 4 の結果は図 2 の高解像度画像を完全に再現（認識）している。

次に、図 5 に示すように低解像度で且つ、変形された画像から再構成を行う。図 6 が結果である。図 5 の低解像度画像が相当に厳しい画像で、人間の視覚情報処理機

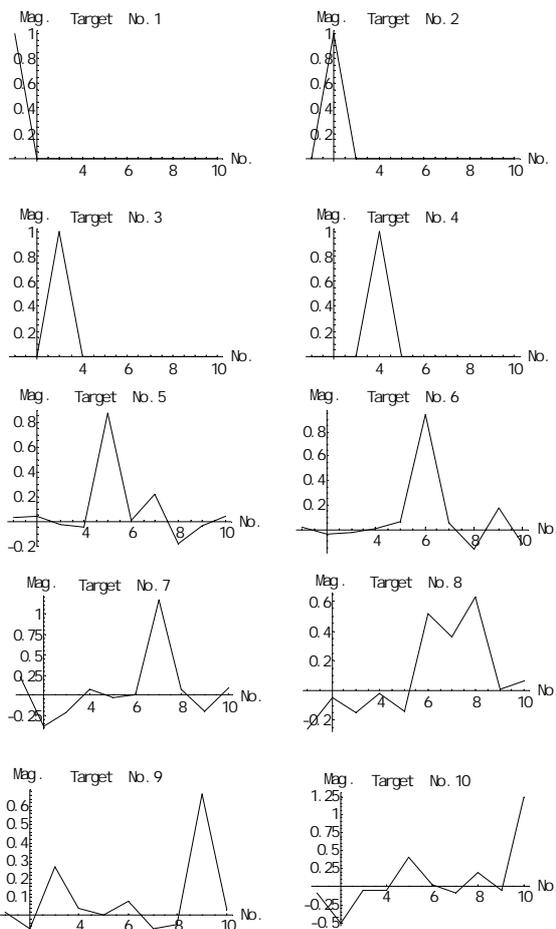


Fig.7 The element values of a solution Vector [2].

能を用いても識別不可能に近い画像であるにも拘らず、かなり良好な再構成画像が得られることがわかる。No.1 から No.4 の画像の再現性は良いが、No.5 以降の画像は、完全とは言えない。これは与えられた図 5 の画像の情報欠落が大きいためである。

図 6 に示されている再構成画像の妥当性を吟味するため、線形システムの解として得られた解を図 7 に示す。No.1 から No.4 までの画像が、正しい高解像度画像に対する係数が 1 で他はゼロである。これは、No.1 から No.4 の再

構成画像が 100%完全に再現されたことを意味する。他方、No.5 以降の画像はすべて、正しい高解像度画像に対する係数が 1 とはならず、他の高解像度画像に対する係数も非ゼロとなる。すなわち、他の画像の影響を含み、特に No.8 は No.6 の画像成分の影響を大きく受けている。

以上の結果から、本論文で提案する画像の固有パターンは画像がハードウェアに依存する性質を削減した固有の情報を持つことが確認された。

3. 結論

本論文では、画像が画像を構成する画素数、画像のスクリーン x, y 座標上の位置・角度などのハードウェアに依存する性質を削減するため、カラー画像の赤、緑そして青成分が構成する R, G, B 直交座標を考え、この 3 次元直交座標上へ x, y 座標上の原画像を投影することで、画像の固有パターンを抽出する方法を提案した。画像の固有パターンの具体的応用例として、低解像度画像から高解像度原画像へ再構成（認識）する画像の再構成（認識）問題を最小自乗型逆問題として解いた。その結果、画像の固有パターンは、画像の画素数依存性や角度・位置に対する依存性を大幅に削減した、画像本来の情報を有することを示した。

参考文献

- [1]石田、他、" ウェーブレット変換を用いたカラー画像の縮小・拡大について、" 第 27 回可視化情報シンポジウム講演論文集 1999 年 7 月
- [2]高橋、他、" データベース型逆問題解析法へのウェーブレット変換応用、" 第 27 回可視化情報シンポジウム講演論文集 1999 年 7 月