可視化画像の固有パターンを用いた画像認識

高　翔　　小杉山　格　　齋藤　兆古
法政大学工学部システムデザイン学科

本論文では画像の幾何学的情報を画像の持つ幾何学固有パターンを用いて抽出する方法を検討する。人間の視覚情報処理能力を計算機によって実現する第二段階として,画像の色情報と幾何学的固有情報を用いる画像認識手法に関して述べた。具体的にはフーリエ余弦変換による幾何学的固有パターンを提案した。モノクロ静止画像,動画像から出発し,カラー静止画像,動画像へ拡張しその有効性を検証した。フーリエ余弦変換スペクトラムを直接 1 次元化して得られる幾何学的固有パターンでは,動画像の動きに制限が伴うが,比較的良好な結果が得られることが確認された。

1.　はじめに

現代社会システムの高度情報化に伴い,音声認識や画像認識をはじめとするパターン識別技術の工業的な応用が注目されている。人間は極め高度な画像認識能力を有している。例えば,近づいてくる小動物,それが犬であるのか,猫であるのか,あるいはその他の動物なのか,瞬時に判別できる。未知の小動物の特徴をつかみ,過去から現在まで記憶の中に蓄積された膨大なデータや経験を参照し,一瞬にして対象を識別し,認識を完了する。この人間の目と頭脳の持つ優れた機能・能力をコンピュータによって代行しようというのが画像認識であり,画像認識・識別技術はマシンインテリジェンスの一端を担う基幹技術である。

筆者らはこのような人間の視覚情報処理機能を機械で実現せんとする人工眼球計画を遂行してきた[1] [2]。

筆者らの画像認識手法は,セキュリティ,工程管理システムなどに於ける機械監視,機械診断,機械識別,機械検査などを可能とする画像の固有パターンを用いるものである。

本論文では,まず従来から筆者らが提唱している画像の色情報固有パターンを用いた画像識別の方法を述べ,次に画像の幾何学的情報を画像の空間周波数特性を用いて幾何学的固有パターンを抽出する方法を検討し,最後にこの画像の固有空間周波数特性を動画像へ拡張する。すなわち,本論文では,画像を構成する画素の濃淡分布情報と画素の空間的配置情報を持つ画像の固有パターン法の両者を考察し,フーリエ余弦変換を用いた動画像の幾何学的特徴抽出法が優れた画像の空間周波数固有パターン抽出法であることを報告する。

2．画像の固有パターンとその応用

2.1　画像の不変量抽出

計算機のスクリーン上へ可視化された画像は 2 次元平面上の画素（Pixel）で構成されており，画素の幾何学的配置と濃淡若しくは色情報によって表現される。すなわち,カラー画像の場合，各画素は可視光の波長によってそれぞれ赤,緑,青（以下それぞれ R，G，B と略記）成分の情報からなる。このため,各画像は固有の濃淡情報を持ち,このようなハードウェアに依存する性質を削減した可視化画像の不変量を本論文では画像の固有パターン(Eigen Pattern)と呼ぶ。

2.2　固有パターンの一致性

画像認識は,予め複数の画像から固有パターンを抽出しデータベースを構築しておく。その後,画像認識対象として与えられる任意の入力画像の固有パターンを抽出し,データベース画像と入力画像間の固有パターンの一致性を線形システム方程式の解から評価し,入力画像をデータベース画像中のいずれかの画像と識別するものである。

データベースに n 個の固有パターンが得られているとすれば,システム行列 C は,

$$C = \left[\mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{E}_3, ..., \mathbf{E}_n\right] \tag{1}$$

で与えられる,ここで,任意の入力画像の固有パターンを E_x とすると,式(2)の線形システム方程式が得られる。

$$\mathbf{E}_x = C \cdot \mathbf{X} \tag{2}$$

式(2)における X は,データベース画像の各固有パターンの重みを要素とする n 次のベクトルである。固有パターンの次数を m とすると,n = m でない限りシステム行列 C は m 行 n 列の長方行列となるので,式(2)は不適切な線形システム方程式となる。本論文における画像の濃淡情報固有パターンの次数 m は,カラー画像の場合 m = 768,モノクロ画像の場合 m = 256 である。従って,カラー画像の場合はデータベース数 n < 768,モノクロ画像の場合はデータベース数 n < 256 であれば, 解ベクトル X の算出に式(3)で示す最小自乗法を適用することができる。

$$\mathbf{X} = \left[C^T C\right]^{-1} C^T \mathbf{E}_x \tag{3}$$

Fig.1 に示すように，式(3)で得られた解ベクトル X の第 j 番目の要素が 1 で，他の要素が全て 0 である場合を考える。 解ベクトル中の横軸はデータベース番号と対応しているので,入力画像の固有パターン E_x はデータベース画像の第 j 番目の固有パターン E_j に等しい。よって入力画像をデータベースの第 j 番目の画像と識別される。

しかし,実際の問題では数値誤差やノイズが伴うため,必ずしも解ベクトル X の第 j 番目の要素が 1 で他の要素が全て 0 とはならない。このため,本論文では得られた解ベクトル中で最大値をとる要素を認識された対象とする。n > m となる不適切な線形システム方程式の解法として,最小ノルム解やベクトル型サンプルドパターンマチ

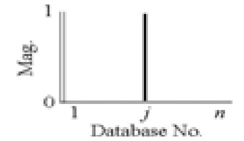


Fig.1 Example of solution vector

グ法（GVSPM）等が知られている[3]。

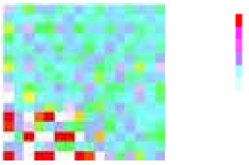
3．フーリエ余弦変換による幾何学的固有パターン

3.1　モノクロ静止画像

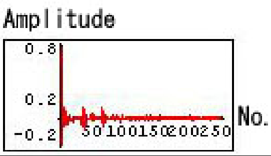
本章ではフーリエ余弦変換を画像の空間周波数成分抽出に用いる。フーリエ余弦変換は、与えられた画像データを偶関数と見なし,画素数に等しいフーリエスペクトラム全てを取り扱うことを可能とする。ここでは，数値の整数化に伴う桁落ちを削減するため，空間周波数スペクトラムから直接 1 次元ベクトル化した固有パターンを採用する。

本論文で考える幾何学的情報とは点,線,面の繋がり情報である。点は画像を構成する最小限要素でゼロ次元の要素であり,線は点を連続して配置することで得られる 1 次元要素である。そして,面は線を隙間無く並べることで得られる 2 次元要素である。これらの周波数情報を比較すれば,線の空間周波数は面の空間周波数よりも高く,点の空間周波数は線の空間周波数よりも高いため,可視化情報の幾何学的に固有な特徴量が算出される。また,画像のフーリエ余弦変換は主要な空間周波数分布を原点近傍領域に集中することを勘案し,フーリエ余弦スペクトラム中で原点を含む16×16の空間周波数スペクトラムを1次元化し画像の幾何学的固有パターンとする。

(a) Monochrome image



(b)Major16x16　Fourier Cosinusoidal spectra



(c)Geometrical Eigen Pattern derived from Fourier Cosinusoidal Transform

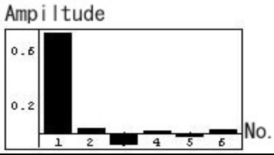
Fig.2 Example of Geometrical Eigen Pattern

Fig.2に,モノクロ供試画像に対する空間周波数スペクトラムと幾何学的固有パターンを示す。Fig.2中のモノクロ画像はカラー画像を構成する RGB 反射光ベクトルの大きさ分布から生成した[4]［5]。

Fig.2 に示したモノクロ画像の幾何学的固有パターンを用いて画像認識を行う。本章で取り扱う幾何学的固有パターンは原点近傍の 16x16 個のフーリエ余弦変換スペクトラムで構成している。このため,データベースと入力間の再現性を伴うことが原則であり,それを充分に満たすよう撮影された画像を用いる。これは空間位相大幅に変化しないことを意味する。Fig.3に認識結果の１例を示す[4] [5]。

(a) Test Image

(b) Cognized Image



(c) Elements of Solution vector **X**

Fig.3 Example of Image Cognition by means of Geometrical Eigen Pattern

3.2　モノクロ動画像

空間周波数成分による固有パターンと線形システム方程式を用いた静止画像認識手法を動画像認識へ一般化する。

動画像は複数のフレーム画像によって構成されるので,フレーム画像全体を通して固有パターンとなる特徴量を抽出する必要がある。単純なフーリエ変換と異なり,フーリエ余弦変換は画像中の対象物の空間位相情報に依存して異なるスペクトラムを与える性質がある。このため,式(4)に示すように各フレーム画像から空間間周波数情報を算出し,全フレームのスペクトラム情報を時系列方向に加算（積分）し動画像の固有パターンとする。

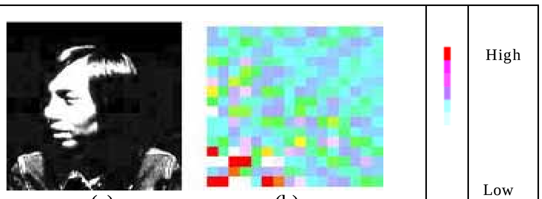
$$E_{geo,mono} = \sum_{i=1}^{n} (Frame \quad spectrum)_i \tag{4}$$

Fig. 4にデータベース動画像の１フレーム，フーリエ余弦スペクトラム，および幾何学的固有パターンを示す。ここでは紙面の都合上動画像を構成する全フレーム画像の中で 40 枚目のフレームを示している。また，動画像の固有パターンは，各フレームに於ける原点の一定値を含む 16×16 領域のスペクトラムを時間（フレーム）軸方向に加算（積分）し,1次元のベクトル化して生成した。

モノクロ動画像から算出された幾何学的固有パターンを用いて動画像認識を行う。ここでは、画像中を人物が大きく移動するような動画像ではなく,カメラの前で局所的変化はあるが全体として固定されている動画像を用いる。これは,フーリエ余弦変換は画像データを偶関数と見なすため空間位相情報が失われるためである。

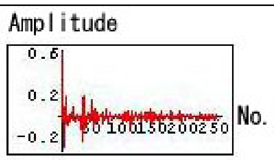
3.3　カラー静止画像

3.1 節で述べたモノクロ静止画像からの幾何学的固有パターンをカラー静止画像へ一般化する。カラー画像は赤（R）,緑（G）,青（B）の 3 要素によって構成される。このため,カラー画像の幾何学的固有パターンは各成分をフーリエ余弦変換し,それぞれのスペクトラムから 16×16 領域を 1 次元に結合して算出される。すなわち，カラー画像の幾何学的固有パターン E_{geo} は R 成分ベクトル $E_{geo,R}$，G 成分ベクトル $E_{geo,G}$，B 成分ベクトル $E_{geo,B}$ によ



(a) (b)

(a) 1 frame Monochrome image (b)Major 16x16 Fourier Cosinusoidal spectra

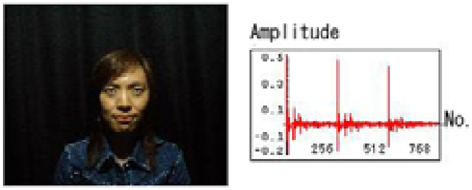


(c)Geometrical Eigen Pattern derived from Fourier Cosinusoidal Transform

Fig.4 Example of Geometrical Eigen Pattern

って構成され，式(5)で与えられる。式(5)の上添え字 T は転置を表す。

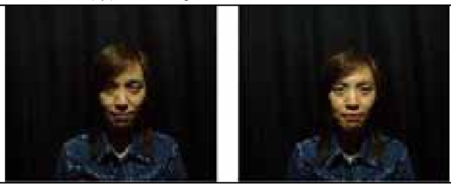
$$\mathbf{E}_{geo,color} = [\ \mathbf{E}_{geo,R}, \mathbf{E}_{geo,G}, \mathbf{E}_{geo,B}\ ]^{T} \qquad (5)$$



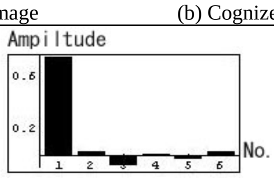
(a) Original Image (b) Geometrical Eigen Pattern

Fig.5 Color Image and Its Eigen Pattern

Fig.5 に示したカラー画像の幾何学的固有パターンを用いて画像認識を行った。Fig.6 はその結果を示す。3.1 節で述べたモノクロ画像も R,G,B 成分の結合によって表現されていることを考慮すると，色情報も包含した幾何学的固有パターンとして認識が行われる。したがって，モノクロの幾何学的固有パターンよりも精度の高い解を与えられることに繋がった。



(a) Test Image (b) Cognized Image

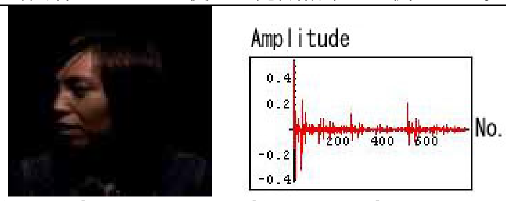


(c) Elements of Solution vector **X**

Fig.6 Example of Color Image Cognition by means of Geometrical Eigen Pattern

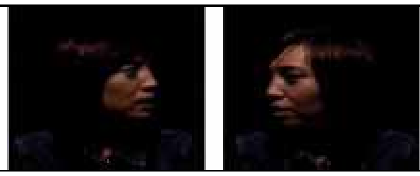
3.4 カラー動画像

3.3 節で述べたカラー静止画像の幾何学的固有パターン抽出法をカラー動画像へと拡張する。カラー動画像は R, G, B 成分で構成されたフレーム画像を時系列に並べて描かれるから，フレーム画像の各成分でフーリエ余弦変換し，スペクトラムを時間軸方向に加算（積分）して幾何学的固有パターンとする。したがって，カラー動画像の幾何学的固有パターンの情報量（要素数）はモノクロ動画像の要素の 3 倍となる。Fig.7 にカラー動画像と幾何学的固有パターンの例を示す。また，Fig.8 はカラー動画像の幾何学的固有パターンを使った認識結果の 1 例である。

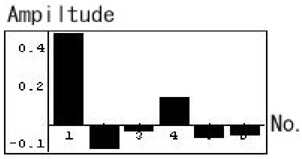


(a) Original Frame Image (b) Geometrical Eigen Pattern

Fig.7 Color Image and Its Eigen Pattern



(a) Test Image (b) Cognized Image



(c) Elements of Solution vector **X**

Fig.8 Example of Color Image Cognition by means of Geometrical Eigen Pattern

4．まとめ

本論文では，画像の色情報と幾何学的固有情報を用いる画像認識手法に関して述べた。具体的にはフーリエ余弦変換による幾何学的固有パターンを提案した。フーリエ余弦変換スペクトラムを直接 1 次元化して得られる幾何学的固有パターンでは，動画像の動きに制限が伴うが，比較的良好な結果が得られることが確認された。

参考文献

[1]佐藤隆紀，早野誠治，齋藤兆古，堀井清之，"知的可視化情報処理による動画像認識"、可視化情報学会誌、Vol.22, No.1(2002) pp.243-246.

[2]丸山和夫，早野誠治，齋藤兆古，堀井清之、"色情報を利用した知的動画像認識"、可視化情報学会誌、Vol.23,No.1(2003)pp.95-98

[3]Yoshifuru.SAITO、"APPLIED COMPUTER GRAPHICS"、研究室内部資料、1999 年

[4]小杉山格，早野誠治，齋藤兆古，堀井清之、"可視化画像の幾何学的複雑さ抽出の試み"、可視化情報学会誌、Vol.25, No.1(2005)pp.67-70

[5]小杉山格，早野誠治，齋藤兆古，堀井清之、"画像の固有パターンに関する一考察"、可視化情報学会誌、Vol.25, No.2(新潟 2005)pp.135-13

キーワード.

固有パターン、画像認識、離散二次元フーリエ余弦変換

Summary.

Characteristic Extraction of Dynamic Image by Fourier Cosinusoidal Transform

Xiang Gao　Toru Kosugiyama　Yoshifuru Saito

Art and Technology, Faculty of Engineering, Hosei University

This paper concerns with a methodology of geometrical characteristic extraction from visualized dynamic image. At first, we briefly describe the color Eigen pattern method, which has been proposed by us to cognize the static images realizing the fully automatic security and product inspection systems. Since this color Eigen pattern method is based on the color information of distinct target image, then it is possible to cognize the target having the same color information. On the other side, our color Eigen pattern method could not distinguish the different targets having the same color information.

To overcome this difficulty, we propose here a geometrical Eigen pattern method based on the Fourier Cosinusoidal transform. As a result, it is revealed that fairly good cognition may be promised by our geometrical Eigen pattern method at the initial test stage.

Keywords.

Eigen pattern, Image cognition, Discrete 2D Fourier Cosinusoidal transform