

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500338

研究課題名(和文) 陰陽ガウス分布に基づくパターン認識手法の開発と大規模データへの適用

研究課題名(英文) novel probability Pattern Recognition derived from a density function consisting with normal samples and their mirror ones

研究代表者

堀田 政二 (Seiji, Hotta)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90346932

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、あるサンプル集合(陽サンプル)と、その原点対象となる鏡像サンプル(陰サンプル)を一つのガウス分布で表現する分布を提案し、これらから導かれる統計的パターン認識手法を開発し、これまで発見的に拡張されてきた相互部分空間法や複数サンプルの同時クラス分類を効率的に行う手法を統計的に導くことを可能とした。これらの手法を画像認識、音声認識、動画像認識などの大規模データに適用して、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：This research presents a novel probability density function (PDF) consisting with normal samples and their mirror ones. We can derive heuristic classifiers such as simple and multiple subspace classifiers from this PDF. The performance of our approach is verified by experiments on big data recognition such as image, audio, and video.

研究分野：情報科学

キーワード：パターン認識

1. 研究開始当初の背景

2000年代のクラウド技術の発展を背景に、パターン認識の分野は、大量のデータを用いる新たな時代に突入したと言われている。この大量のデータに基づくパターン認識の代表的なものとして、Harr-Like 特徴量に基づく顔検出が挙げられる①。この手法は、さまざまな形と大きさを持つ矩形内における平均輝度値の差(特徴量)を大量の顔と顔以外の画像から求め、Adaboost により顔検出に有効な特徴量を選択する(図 1)。これにより、高速・高精度な顔検出を実現できるが、輝度値を反転させた顔画像は輝度値の差分の符号が反転するため、最も顔らしくないと判定されてしまい、人間の認知能力と矛盾する結果を与える。計算機によるパターン認識は認知心理学、脳神経生理学等と共に発展してきた分野であり、このような矛盾は本来好ましくない。また、大量データを扱うことから莫大な記憶容量と長時間の学習時間が必要となってしまうという問題がある。

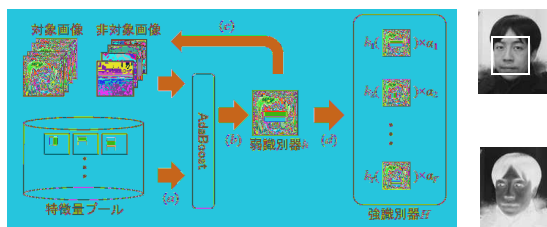


図 1 顔検出の概念図

2. 研究の目的

本研究では、上記の矛盾を解消するために、あるサンプル集合(陽サンプル)と、その原点对称となる鏡像サンプル(陰サンプル)を一つのガウス分布で表現する陰陽ガウス分布を提案し、これから導かれる統計的パターン認識手法に関する研究を行う。ここで用いる陰陽ガウス分布とは、画像を例にとれば、ある画像と、その輝度値を反転させた画像に対して同じ尤度を与えることを意図した分布(図 2 右)といえ、この分布を用いてベイズ決定則を導くと、圧縮を伴う重み付き部分空間法が導かれることが示される。これにより、エントロピー最小化やテンプレートマッチングの拡張として提案されてきた部分空間法を、統計的な側面から拡張することが出来るようになる。

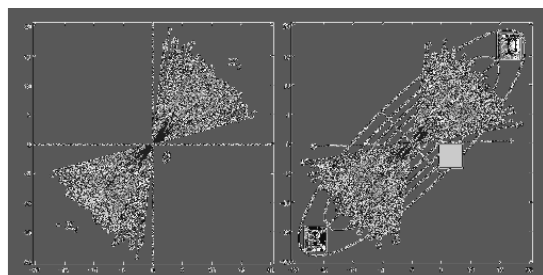


図 2 鏡像サンプルと陰陽ガウス分布

3. 研究の方法

本研究では、大量データ時代のパターン認識問題に有用なアルゴリズムの開発と有効性の解明を目的として以下の三点について研究を行った：

[1] 異なる陰陽ガウス分布間のカルバック・ライブラー情報量から導かれる相互部分空間法：相互部分空間法とは、同一クラスから由来する複数の未知サンプルが与えられたとき、その未知サンプル集合を部分空間で圧縮表現し、その部分空間と訓練サンプルの部分空間との角度(正準角)に基づいて未知サンプル集合をクラス分類するためのパターン認識手法である。陰陽ガウス分布とベイズ決定則から部分空間法が導かれたのと同様に、カルバック・ライブラー情報量から相互部分空間法を導くことができれば、これまで発見的に拡張されていた相互部分空間法を統計的な観点から拡張でき、またこれまで不明瞭であった正準角の統計的意味を明らかにできると期待できる。

[2] 複合決定問題への陰陽ガウス分布の適用：複合決定問題とは、ベイズ決定則を複数のサンプルの同時クラス分類問題に拡張したものである。具体的には、連続して観測された複数のサンプルに対応する連続したクラスラベルを、統計的独立性を仮定しないで決定する問題である。この問題に陰陽ガウス分布を適用すれば、少ない記憶容量と計算量で複数のサンプルに対し同時にクラスラベルを付与できるアルゴリズムを導くことができると期待できる。また、統計的独立性を仮定することで、異なる複数の特徴量に基づいて未知サンプルを分類するための識別器を導くことも可能である。

4. 研究成果

(1) ここでは、公開画像データベース ETH-80 と、Caltech-101 を用いた実験結果を示す。ETH-80 を用いた実験では、1枚1枚未知標本を従来の部分空間識別器(SC)で分類した場合と、本研究で導かれた複合部分空間識別器(CSC)と呼ばれる手法によって識別した場合との比較を行う。Caltech-101 を用いた実験では、複数の特徴量を用いた識別と、複数の未知サンプルを同時に識別した場合の結果について述べる。

(2) ETH-80 は 80 個の 3 次元物体を 41 視点から撮影した画像からなるデータセットである。クラスは図 3 左にあるように、apples, pears, tomatoes, cows, dogs, horses, cups, cars の 8 つであり、1 クラスあたり 10 個の物体を含んでいる。各物体には、カメラ角度を変えながら物体を回転させて撮影した 128 × 128 ピクセルの画像 41 枚が用意されており、全ての画像には背景除去のためのマスク画像も用意されている(図 3 右)。カメラ移動と物体の回転が加わっているので、一つの物体の姿勢変動が大きいデータといえる。

図4に部分空間の次元数を1から100まで変化させた場合の、SCとCSCで求めた未知標本に対するクラス平均認識率を示す。図から、CSCの認識率98.75%はSCのもの88%よりも高いことがわかる。ただし、この結果から、姿勢変動が大きくても、CSCでは高い認識率を達成でき、それは複数の未知標本を同時に識別に用いていることと、クラス毎に求めた自己相関行列の固有ベクトルがクラス固有のパターン変動をうまく吸収しているためと考えられる。

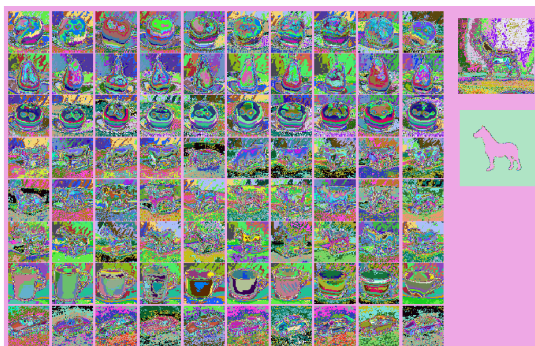


図3 ETH-80 データセットの例

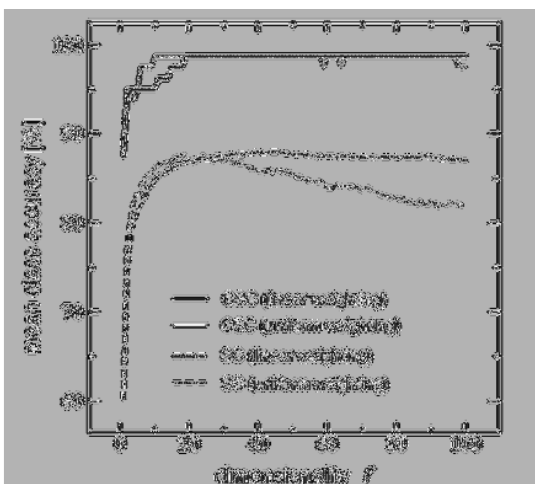


図4 ETH-80 における認識率

(3) 次に、複数の特徴量に基づいた認識について Caltech-101 を用いた実験結果を示す。Caltech-101 とは 101 種類のクラスの画像を Google Image Search を用いて人手で収集した 9144 枚の画像から構成されるデータセットである。ただし、画像の枚数はクラス毎に異なり、最小は 31 枚 (inline-skate)、最大で 800 枚 (airplanes) である。多くの物体は大きさと向きがクラス毎にほぼ揃えられており、アノテーションを用いれば背景をある程度除去することが可能である。そのため、各クラスごとの平均画像から、それが何であるかを正しく認識できるクラスも多く存在する。

図5に訓練画像の枚数(部分空間の次元数)を5から30まで変化させた場合の、特徴量ごとのクラス平均認識率と、全ての特徴量を

用いた CSC のクラス平均認識率を示す。図から、CSC の認識率は個々の特徴量を単独で用いた場合よりも高いことがわかり、本手法が有効であることがわかる。

(4) 本研究では、陰陽ガウス分布に基づいて、[1]同じクラスに由来していることが既知の複数の未知標本が与えられた場合、[2]未知標本から複数の特徴量が得られる場合、[3]それらが組み合わさった場合の複合決定問題に対応する部分空間法を導いた。それぞれの識別器の有効性を ETH-80 や Caltech-101 などの画像認識によって検証した結果、それぞれが非常に高い認識率を達成できることを示した。今後の課題として、未知標本数や特徴数と認識率の関係を明らかにすることや、未知標本も圧縮した場合の認識率への影響などを調査することが挙げられる。

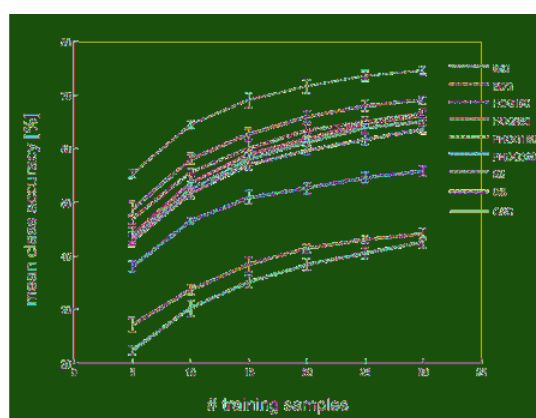


図4 Caltech-101 における認識率

<引用文献>

① Viola and Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, CVPR2001.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① Yoshikazu Washizawa and Seiji Hotta, Mahalanobis distance on extended Grassmann manifolds for variational pattern analysis, IEEE Trans. Neural Networks and Learning Systems, 査読有, Vol. 25, No. 11, pp. 1980-1990, 2014. DOI:10.1109/TNNLS.2014.2301178

[学会発表] (計 4 件)

① Kouta Tanaka and Seiji Hotta, Local Subspace Classifier with Gabor Filter Decomposition for Image Classification, Recent Advances in Computer Vision and Pattern Recognition (RACVPR2013), Nov. 5th, 2013, Loisir Hotel & SPA Tower Naha (那

- 覇)
- ② Keisuke Higa and Seiji Hotta, Local Subspace Classifier with Transformation Invariance for Appearance-Based Character Recognition in Natural Images, Proc. of The 12th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2013), Aug. 26th, 2013, ワシントン (アメリカ)
 - ③ 堀田政二, 画像認識における幾何学的不変性の扱い, 画像応用技術専門委員会報告, 2013年7月19日, 東京電機大学 (東京).
 - ④ Keisuke Higa, Takashi Higa, and Seiji Hotta, Character Recognition and Human Localization with Subspace Classifier, Proc. of The 16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013), Jun. 11th, 2013, 東大寺 (奈良)

[その他]

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~s-hotta/ss2010/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀田 政二 (Seiji Hotta)

東京農工大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：90346932