

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19360182

研究課題名（和文）カーネルパターン認識器の最適化と可視化方式の開発

研究課題名（英文）Optimizing and Visualizing Kernel Classifiers

研究代表者

阿部 重夫（ABE SHIGEO）

神戸大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50294195

研究成果の概要：

- KDA（Kernel Discriminant Analysis）を特徴選択の基準として特徴選択する方式を開発した。
- 特徴空間上の KDA に基づいてパターン認識する方式を開発した。またファジィ識別器の可視化のプリミティブな方式を開発した。
- カーネルファジィ識別器のメンバーシップ関数を SVM のマージン最大化の概念によりチューニングする方式を開発した。
- 関連のある複数のパターン認識問題が逐次的に与えられるマルチタスク学習問題に対し、少ない訓練データで高い汎化能力が得られるマルチプルクラシファイアシステムを開発した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
年度			
総計	5,400,000	1,620,000	7,020,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：システム情報（知識）処理，パターン認識

1. 研究開始当初の背景

任意に与えられたパターン認識の問題に対して、汎化能力の最も高いパターン認識器を構築する一般的な手順を開発することは永遠に解けない課題である。このため現実的なアプローチとして、与えられたパターン認識問題で、認識器への入力となる特徴量はすでに与えられているとして、汎化能力の高い

パターン認識器を構築することが行われる。そのためには、

- 与えられた特徴量から必要な特徴量を選択する特徴選択か、あるいは特徴量を線形あるいは非線形変換して新たな特徴量を得る特徴抽出のいずれかの方法により、特徴量を最適化する。
- パターン認識器の構成を最適化する必要がある。

パターン認識法として、最近サポートベクトルマシン(SVM)を中心としたカーネル法が全世界の注目を集めており、カーネル法に基づいて上記問題を解決しようとする試みが広く行われている。

特徴選択に関して例えば、分離超平面の係数が小さい値に対応する入力を一括して削除する方式があるが、特徴選択が正確に行えないこと、また特徴選択の終了がうまく判定できないという問題がある。

パターン認識器の構成の最適化に関してはSVMの構成(カーネルの選択およびマージンパラメータ)を最適化する、すなわちモデル選択の研究が活発化している。

SVMでは従来のパターン認識器より高い汎化能力が実現できるが、SVMは入力空間を高次の特徴空間に写像するために、認識処理の説明ができないために、判定の合理的な説明が要求される医療分野での診断等には、使えないという問題がある。

2. 研究の目的

研究背景における問題点を解決するために以下の項目を開発すべく研究に着手した。

- a) 特徴空間における複雑度に基づいた特徴選択: KDA(Kernel Discriminant Analysis)に基づいて、クラス間の重なりを反映した特徴選択基準を開発して特徴選択をさらに高精度に行う方式を開発する。
- b) カーネル特徴抽出法に基づいたパターン認識法: KDAとファジィ推論を組み合わせることにより、判別空間上でファジィルールを定義して、パターン認識する方式を開発する。
- c) SVMとファジィ推論の融合によるパターン認識器の可視化方式: SVMとファジィ推論とを組み合わせることにより、SVMを可視化する方式を開発する。
- d) 複数のパターン認識器の最適構成方式: 複数のパターン認識問題に対する汎化性能が、少ない訓練データでも最大となるように特徴抽出部と認識部を最適に構成する知識移転方式と追加学習方式を開発する。また、カーネル特徴空間や入力空間で固有ベクトルや判別ベクトルを追加学習し、オンラインで特徴抽出する方式を開発する。

3. 研究の方法

前節の各々の項目に対して以下の方法で研究を進めた。

- a) 特徴空間における複雑度に基づいた特徴

選択

カーネル分別関数(KDA)は入力空間を特徴空間に写像し、特徴空間上で2つのクラスを最もよく分離する直線を抽出するため、2つのクラスの分離のしやすさの尺度を定義するのに適している。以上の考え方にしたがって、分離可のとき、および分離不可のときにどのような定義がクラス間の分離度すなわち複雑度として適当か、理論的、および計算機実験により検証する。

さらに、求めた複雑度に基づいて、特徴選択する方式を開発する。

- b) カーネル特徴抽出法に基づいたパターン認識法

KDAの軸上にメンバーシップ関数を定義してパターン認識する方式を開発する。すなわちクラス間分離度が最大になる軸を抽出し、その軸上にメンバーシップ関数を定義してSVMのマージン最大化の概念を導入してパターン認識する方式を開発する。

- c) サポートベクトルマシン(SVM)とファジィ推論の融合によるパターン認識器の可視化方式

SVMでは分離超平面によりクラス間を分離するため、境界面から大きく離れていても、同じ側にあれば、そのクラスに判別される。このために、これに対して各クラスの領域を1クラスSVMにより近似し、ついで領域の中心からの領域の境界に平行なメンバーシップ関数を定義してパターン認識する方式を開発する。さらに汎化能力の向上を図るためにSVMの概念を導入して、メンバーシップ関数をチューニングする方式を開発する。

- d) 複数のパターン認識器の最適構成方式

パターン認識器は特徴抽出部と認識部に分かれる。前者をオンラインで更新するため、カーネル特徴空間や入力空間で固有ベクトルや判別ベクトルを逐次的に更新するための固有値問題を定式化し、追加学習型カーネル主成分分析などを開発する。また、複数のパターン認識問題が逐次に与えられるマルチタスク問題において、少ない訓練データでも高い性能が得られるよう、ニューラルネットワーク認識器と追加学習型判別分析の知識移転方式と追加学習方式を開発する。

4. 研究成果

研究方法により研究を進めた結果以下の研究成果を得た。

- a) 特徴空間における複雑度に基づいた特徴選択
多クラスKDAを特徴選択の基準として多クラスパターン認識問題の特徴量を選択する方式を開発した。またサポートベクトルマシン(SVM)の認識率を基準とする

特徴選択方式と比較して、多くのベンチマーク問題で高速にかつ汎化能力を落とさずに特徴選択ができることを検証した。さらに、汎化能力を判定基準にして、同時に追加・削除することにより、汎化能力の高い特徴量の集合を高速に選択する方式を開発した。

b) カーネル特徴抽出法に基づいたパターン認識法

2クラス問題に対して特徴空間上で KDA の軸上にメンバーシップ関数を定義してパターン認識する方式を開発した。さらにこれを多クラスに拡張してパターン認識する方式を開発した。

b) サポートベクトルマシン (SVM) とファジィ推論の融合によるパターン認識器の可視化方式

特徴空間上で構成したカーネルファジィ識別器のメンバーシップ関数を SVM のマージン最大化の概念によりチューニングする一般的な方式を開発した。これを KDA をベースにしたファジィ識別器、カーネルマハラノビス距離をベースにしたファジィ識別器に適用して、チューニングにより汎化能力が向上することを確認した。

多クラス問題に拡張した KDA をベースにしたファジィ識別器の可視化のプリミティブな方式を開発して、小規模な多クラス問題で有効性を検証した。

c) 複数のパターン認識器の最適構成方式

カーネル特徴空間や入力空間で固有ベクトルや判別ベクトルを逐次的に更新するカーネル主成分分析や判別分析などの追加学習アルゴリズムを開発した。また、相関のある複数のパターン認識問題に対し、共有できる識別領域や特徴空間の情報新しい識別タスクに移転し、少ない訓練データで高い汎化能力を得る逐次マルチタスク学習モデルを開発した。また、機械学習分野で一般的に用いられるベンチマーク問題や顔画像認識に適用し、その有効性を検証した。

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 6 件)

- ① Yusuke Torii and Shigeo Abe, Decomposition Techniques for Training Linear Programming Support Vector Machines, *Neurocomputing*, 72, 973-984, 2009, 査読有
- ② Seiichi Ozawa, Asim Roy, and Dmitri

Roussinov, A Multitask Learning Model for Online Pattern Recognition, *IEEE Trans. on Neural Networks*, 20, 430-445, 2009, 査読有

- ③ Tsuneyoshi Ishii, Masamichi Ashihara, and Shigeo Abe, Kernel Discriminant Analysis Based Feature Selection, *Neurocomputing*, 71, 2544-2552, 2008, 査読有
- ④ Seiichi Ozawa, Shaoning Pang, and Nikola Kasabov, Incremental Learning of Chunk Data for On-line Pattern Classification Systems, *IEEE Trans. on Neural Networks*, 19, 1061-1074, 2008, 査読有
- ⑤ Shinji Kita, Seiichi Ozawa, Satoshi Maekawa, and Shigeo Abe, A Learning Algorithm of Boosting Kernel Discriminant Analysis for Pattern Recognition, *IEICE Trans. Information Systems*, E90-D, 1853-1863, 2007, 査読有
- ⑥ Shigeo Abe, Sparse Least Squares Support Vector Training in the Reduced Empirical Feature Space, *Pattern Analysis & Applications*, 10, 203-214, 2007, 査読有

[学会発表] (計 12 件)

- ① Seiichi Ozawa and Asim Roy, Incremental Learning for Multitask Pattern Recognition Problems, *Proc. ICMLA 2008*, 747-751, 2008年12月11-13日, San Diego, USA, 査読有
- ② Masayuki Hisada, Seiichi Ozawa, Kau Zhang, Shaoning Pang, and Nikola Kasabov, A Novel Incremental Linear Discriminant Analysis for Multitask Pattern Recognition Problems, *Proc. ICONIP 2008 (in press)*, 2008年11月25-28日, Auckland, New Zealand, 査読有
- ③ Hitoshi Nishikawa, Seiichi Ozawa, and Asim Roy, A Neural Network Model for Sequential Multitask Pattern Recognition Problems, *Proc. ICONIP 2008 (in press)*, 2008年11月25-28日, Auckland, New Zealand, 査読有
- ④ Seiichi Ozawa, Kazuya Matsumoto, Shaoning Pang, and Nikola Kasabov, Incremental Principal Component Analysis Based on Adaptive Accumulation Ratio, *Proc. ICONIP 2008 (in press)*, 2008年11月25-28日, Auckland, New Zealand, 査読有
- ⑤ Shigeo Abe, Sparse Least Squares Support Vector Machines by Forward Selection Based on Linear Discriminant Analysis, *Proc. ANNPR 2008*, 54-65, 2008年7月2-4日, Paris, France, 査読有
- ⑥ Tsunekichi Ishii and Shigeo Abe, Feature

- Selection Based on Kernel Discriminant Analysis for Multi-class Problems, Proc. IJCNN, 2456-2461, 2008年6月1-6日, Hong Kong, China, 査読有
- ⑦ Kazuki Iwamura and Shigeo Abe, Sparse Support Vector Machines Trained in the Reduced Empirical Feature Space, Proc. IJCNN 2008, 2399-2405, 2008年6月1-6日, Hong Kong, China, 査読有
 - ⑧ Shinji Kita, Seiichi Ozawa, Satoshi Maekawa, and Shigeo Abe, Boosting Kernel Discriminant Analysis for Pattern Classification, Proc. ISPACS 2007, CD-ROM (4 pages), 2007年11月28日-12月1日, Xiamen, China, 査読有
 - ⑨ Seiichi Ozawa, Shaoning Pang, and Nikola Kasabov, Adaptive Face Recognition System Using Fast Incremental Principal Component Analysis, in Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science 4985, Springer, 396-405, 2007年11月13-16日, Kitakyushu, Japan, 査読有
 - ⑩ Ryota Hosokawa and Shigeo Abe, Fuzzy Classifiers Based on Kernel Discriminant Analysis, Proc. ICANN 2007, II, 180-189, 2007年9月9-13日, Porto, Portugal, 査読有
 - ⑪ Takashi Nagatani and Shigeo Abe, Backward Variable Selection of Support Vector Regressors by Block Deletion, Proc. IJCNN 2007, 1540-1545, 2007年8月12-17日, Orlando, Florida, USA, 査読有
 - ⑫ Yohei Takeuchi, Seiichi Ozawa, and Shigeo Abe, An Efficient Incremental Kernel Principal Component Analysis for Online Feature Selection, Proc. IJCNN 2007, 1603-1608, 2007年8月12-17日, Orlando, Florida, USA, 査読有

[図書] (計 2 件)

- ① Seiichi Ozawa, Shigeo Abe, Shaoning Pang, and Nikola Kasabov, Online Incremental Face Recognition System Using Eigenface Feature and Neural Classifier, in State of the Art in Face Recognition, Julio Ponce and Adem Karahoca, Eds., pp. 87-108, IN-TECH, 2009.
- ② Shigeo Abe, Optimizing Mahalanobis Kernels for Pattern Classification, in Pattern Recognition: Theory and Application, E. A. Zoeller, Ed., pp. 323-346, Nova Science Publishers, 2008.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 重夫 (ABE SHIGEO)
神戸大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：50294195

(2) 研究分担者

小澤 誠一 (OZAWA SEIICHI)
神戸大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：70214129

(3) 連携研究者