

氏 名 Md. Ashad Alam

学位(専攻分野) 博士(学術)

学位記番号 総研大甲第 1716 号

学位授与の日付 平成26年9月29日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 Kernel Choice for Unsupervised Kernel Methods

論文審査委員 主 査 教授 栗木 哲
教授 福水 健次
准教授 持橋 大地
研究グループ長 赤穂 昭太郎
産業技術総合研究所

論文内容の要旨
Summary of thesis contents

提出論文は、非線形データ解析手法であるカーネル主成分分析とカーネル正準相関分析について、カーネルの選択法やロバスト性を論じたものである。英文で書かれており、全6章で構成される。

1章は、研究の背景と問題設定を説明している。教師なし学習とよばれるカーネル主成分分析や正準相関分析では、教師あり学習で標準的に用いられる交差検証法を直接用いると、カーネルのパラメータなどが適切に選択されないという問題点を説明し、研究の動機づけとしている。また、正準相関分析のロバスト性に関する背景を説明している。

2章は、本論文で議論する方法の基礎として、カーネル法や再生核ヒルベルト空間に関する必要な定義と概念の準備を行っている。

3章から5章で本論文の主要な結果が述べられている。まず3章では、カーネル主成分分析のハイパーパラメータ（カーネルおよび主成分数）を選択する方法が論じられている。通常の主成分分析と同様に、カーネル主成分分析は回帰問題として定式化できるが、回帰の誤差評価がカーネルに依存するため、その値をカーネル選択のための交差検証法に用いることができないという問題点が指摘されている。これを解決するために、カーネル主成分分析の結果を元空間に引き戻す原像問題を解き、元空間における再現誤差に交差検証法を適用する方法が提案されている。提案手法は、多くの人工データや実データを用いて実験的に検証されており、特に、識別問題の前処理として用いた場合、識別率を最大にするハイパーパラメータとほぼ同様のものが選択され、提案手法が有効であることが示されている。

4章は、カーネル正準相関分析のロバスト性に関して論じている。カーネル主成分分析に関しては、有界なカーネルがロバスト性を持つことが知られているが、カーネル正準相関分析も同様のロバスト性を持つかを実験的に検証している。その結果、非線形な相関が存在する場合には、既存手法に比べてロバストかつより適切な相関構造を抽出できることが示されている。

5章は、カーネル正準相関分析に対する高次の正則化を議論している。カーネル正準相関において適切な結果を得るためには、カーネルや正則化係数を適切に定めることが重要であるが、従来は発見的方法が用いられることが多かった。カーネル正準相関分析は、通常の正準相関分析と同様、交互の回帰問題として定式化可能であるが、この回帰に対して交差検証法を用いると、強い過適合を起こすことが示されている。これを解決するために、4次モーメントに関する正則化項を導入した新しいカーネル正準相関分析法が提案されている。人工データ、実データを用いて提案手法を検証した結果、既存のカーネル正準相関分析よりも、より望ましい相関構造が抽出できることが示されている。また、高次元のビデオの識別問題の前処理として用いた場合、そのデータに対する既存の識別率を超える結果が得られている。

6章は論文のまとめである。

(別紙様式 3)
(Separate Form 3)

博士論文の審査結果の要旨

Summary of the results of the doctoral thesis screening

審査委員会の審査結果は以下の通りである。教師なし学習におけるカーネル選択の方法には標準的な方法がなく、そのことは重要な課題となっている。3章で提案されているカーネル主成分分析のハイパーパラメータ選択法は、元空間が距離空間である場合、この問題に対して合理的な解決策を与えている点で一定の価値を持つと考える。また、5章で提案されている高次正則化項付きカーネル正準相関分析は、交差検証法による適切なカーネル選択を可能にするとともに、得られた正準変数がより正規分布に近い形状を持つなどよい性質を有し、新たな相関分析法としても有望と思われる。

また本論文の3章および4章の内容は、査読付き国際学術雑誌 *Journal of Computer Science* および *Journal of Multimedia* にそれぞれ採録されている。また5章の内容をまとめた論文を査読付き国際学術雑誌に投稿中である。

以上の状況に基づき、本審査委員会は、申請者の学位請求論文が学位に十分に値する水準にあると全員一致で判定した。