

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マルチウェイデータ解析のための特徴抽出および識別法
Title(English)	Feature Extraction and Classification Methods for Multi-way Data Analysis
著者(和文)	横田達也
Author(English)	Tatsuya Yokota
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9466号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山下 幸彦,高田 潤一,阿部 直也,花岡 伸也,杉山 将, Andrzej Cichocki
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9466号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	横田 達也	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	山下 幸彦	准教授	杉山 将	准教授
	審査員	高田 潤一	教授	Andrzej Cichocki	チームリーダー
		阿部 直也	准教授		
		花岡 伸也	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Feature Extraction and Classification Methods for Multi-way Data Analysis” (マルチウェイデータ解析のための特徴抽出および識別法) と題し、英文 8 章で構成されている。

第 1 章 “Introduction” では、行列あるいは高階のテンソルとして与えられるマルチウェイデータの特徴抽出や識別を行う解析手法が、実社会の問題解決のために重要であることを説明している。その上で、既存の解析手法の、抽出する特徴に対する制約の自由度が少ない、計算量やパラメータの数が多いという問題、および提案する新たな制約、評価基準、高速アルゴリズムの概要を述べている。

第 2 章 “Basic Methods and Algorithms for Data Analysis” では、データ解析のための基本的手法である、周波数解析、時間周波数解析、主成分分析やスパース主成分分析による次元削減、独立成分分析によるブラインド信号分離に関して説明している。

第 3 章 “Matrix/Tensor Based Feature Extraction” では、マルチウェイデータに対する既存の特徴抽出法を説明している。その中で、要素が非負である行列を非負の行列の積に分解する NMF (Nonnegative Matrix Factorization) において、信号を表現する基底関数をガウス関数の線形和に限り、スムーズな基底関数による NMF を可能にする GRBF (Gaussian Radial Basis Function)-NMF には、計算量が多く、現実の場面に適用できない問題があることを指摘している。そして、テンソル分解手法として、CP (Canonical Polyadic) 分解と Tucker 分解に関して説明し、複数のテンソルデータから、その共通成分と個別成分を抽出する手法が存在しない問題、およびスムーズな基底関数により分解する手法が存在しない問題を指摘している。

第 4 章 “Supervised Feature Extraction and Classification” では、脳信号処理で使われている CSP (Common Spatial Pattern) フィルタなどの既存の教師付き特徴抽出法や、最小二乗回帰、FDA (Fisher linear Discriminant Analysis)、SVM (Support Vector Machine) などの既存の識別法を説明している。そして、最小二乗回帰や SVM では、高い識別率が得られるように正則化パラメータを決定することが困難であること、識別率に基づいた評価基準でないことを、FDA では、2つのカテゴリーに不等分散性が存在する場合、識別のために最適な識別超平面を与えないことなどを問題点として指摘している。

第 5 章 “Proposed Feature Extraction Methods” では、GRBF-NMF の高速アルゴリズム (fastGRBF-NMF)、複数のテンソルデータから共通・個別成分を CP 分解、Tucker 分解によって抽出する手法、およびガウス関数の線形和で構成されるスムーズな基底関数によってテンソルの CP 分解、Tucker 分解を行う高速アルゴリズムを提案している。

第 6 章 “Proposed Classifiers” では、Chernoff 距離に基づいて FDA を拡張した CFDA (Chernoff FDA) とそのカーネル法による拡張、正則化パラメータを持たずカーネルパラメータだけを持つ事後確率に基づく識別器 QCMAP (Quadratically Constrained Maximum A Posteriori)、およびその知見に基づき SVM を拡張した WRSVM (SVM with Weighted Regularization) を提案している。

第 7 章 “Experiments” では、NMF や識別のためのベンチマークデータ、顔画像データ、脳信号データを使って提案手法の有効性を確認している。その中で、fastGRBF-NMF は GRBF-NMF に比べて、計算速度を 300 倍以上高速化したこと、QCMAP が持つハイパーパラメータは 1 つだけなのにもかかわらず、ハイパーパラメータを 2 つ持つ SVM に対して、同等以上の識別性能を持つことを示している。

第 8 章 “Conclusions” では、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題を述べている。

以上を要するに、マルチウェイデータ解析のための既存の特徴抽出および識別法の問題点を明らかにし、スムーズな基底関数による分解の高速アルゴリズム、共通・個別成分を求めるテンソル分解、正則化パラメータが不要な、事後確率に基づく識別器を提案し、その有効性を確かめたもので、工学上および工業上寄与するところが大きい。よって本論文が博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認める。