

Title	独立成分解析の拡張とその視覚の計算原理としての可能性
Author(s)	橋本, 和歌子
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42453
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	橋本和歌子
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第16328号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	独立成分解析の拡張とその視覚の計算原理としての可能性
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 俊輔 (副査) 教授 田村 坦之 教授 潮 俊光 講師 野村 泰伸

論文内容の要旨

独立成分解析とは、多次元のデータが、いくつかの定ベクトルの、互いに独立な確率変数を係数とした加重和として得られるという仮定のもとで、これらの定ベクトルを推定し係数となる確率変数を復元する統計手法である。脳波などの脳のデータ、音声信号、画像データなどを想定している。これらの定ベクトルを基底関数と呼び、基底関数を並べた行列を混合行列と呼ぶ。係数となる確率変数を独立成分と呼ぶ。独立成分の確率分布をスパースな分布だと仮定した手法をスパース表現と呼ぶ。本研究では独立成分解析とスパース表現のいくつかの拡張を扱った。

まず、基底関数のデータ上でのシフトを考慮する独立成分解析とスパース表現を定式化し、最尤法によるアルゴリズムを提案した。この手法は、画像データでの位置のシフトやfMRIのデータでの時間方向のシフトを想定している。

独立成分解析やスパース表現は、生物の初期視覚野などの計算原理である可能性が指摘されている。そこでシフトを考慮したスパース表現を自然画像に適用した。結果として、学習される基底関数は、高次の視覚野である脳の下部側頭葉の特徴抽出細胞の位置不変な受容野のように、中程度に複雑な図形特徴であった。

次に、混合行列の候補が複数あり、1つのデータごとにその中の1つがランダムに選ばれてデータを混合するという拡張を考えた。この手法は、データの次元よりも独立成分の次元が大きくて、かつ同時に発生する独立成分の個数が制限されているような場合や、クラスタリングに応用できる。通常の独立成分解析では、独立成分の確率分布が未知でも最尤法で一致性を持って基底関数を推定できるが、この拡張では最尤法は一致性を持たない。高次のモーメントを利用する一致性を持つアルゴリズムを提案し、独立成分を再構成する方法を提案した。推定が一致性を持つために要求される細かい条件を考察した。

別の拡張として、係数となる確率変数が互いに独立ではなく、何らかの形で従属であると仮定して、これらの確率変数の値を復元する問題を扱った。新しい従属のモデルを提案し、そのモデルに合わせてデータから混合行列を推定するアルゴリズムを提案した。アーティファクトを多く含んだ脳磁図のデータに適用した。信号間の従属の構造を、独立成分解析や従属を仮定した先行研究よりも、正確に細かく取り出せることが示された。

論文審査の結果の要旨

独立成分解析とは、多次元のデータが、いくつかの定ベクトルの、互いに独立な確率変数を係数とした加重和として得られるという仮定のもとで、これらの定ベクトルを推定し係数となる確率変数を復元する統計手法である。脳波などの脳のデータ、音声信号、画像データなどを想定している。これらの定ベクトルを基底関数と呼び、基底関数を並べた行列を混合行列と呼ぶ。係数となる確率変数を独立成分と呼ぶ。独立成分の確率分布をスパースなものに制限した手法をスパース表現と呼ぶ。本研究では独立成分解析とスパース表現のいくつかの拡張を扱った。

まず、基底関数のデータ上でのシフトを考慮する独立成分解析とスパース表現を定式化し、最尤法によるアルゴリズムを提案した。この手法は、画像データでの位置のシフトやfMRIでの時間方向のシフトを想定している。

独立成分解析やスパース表現は、生物の初期視覚野などの計算原理である可能性が指摘されている。そこでシフトを考慮したスパース表現を自然画像に適用した。結果として、学習される基底関数は、高次の視覚野である脳の下部側頭葉の特徴抽出細胞の位置不変な受容野のように、中程度に複雑な図形特徴であった。

次に、混合行列の候補が複数あり、1つのデータごとにその中の1つがランダムに選ばれてデータを混合するという拡張を考えた。この手法は、データの次元よりも独立成分の次元が大きくて、かつ同時に発生する独立成分の個数が制限されているような場合や、クラスタリングに応用できる。通常の独立成分解析では、独立成分の確率分布が未知でも最尤法で一致性を持って基底関数を推定できるが、この拡張では最尤法は一致性を持たない。高次のモーメントを利用する一致性を持つアルゴリズムを提案し、独立成分を再構成する方法を提案した。推定が一致性を持つために要求される条件を詳細に考察した。

もうひとつの拡張として、係数となる確率変数が互いに独立ではなく、何らかの形で従属であると仮定して、これらの確率変数の値を復元する問題を扱った。新しい従属のモデルを提案し、そのモデルに合わせてデータから混合行列を推定するアルゴリズムを提案した。アーティファクトを多く含んだ脳磁図のデータに適用した。信号間の従属の構造を、独立成分解析や従属を仮定した先行研究よりも、正確に細かく取り出せることが示された。

このように、本論文は、独立成分解析の方法を現実の問題への応用が容易になるようにいくつかの方向に拡張し、またそのひとつの例として、視覚の計算原理としての可能性を示したもので、数理工学と計算論的脳科学の分野の発展に貢献した。よって、博士(工学)の学位論文として価値があると認める。