

論文要旨

論文題目: 独立成分分析法を用いた画像解析と画像認識に関する研究

Studies on Image Analysis and Recognition using Independent Component Analysis

近年, 科学技術の急速かつ広範な発展の成果は, 情報通信, 経済, 医療, 教育をはじめとしたあらゆる分野において大きな進展に寄与している。特に情報科学技術の進展は目覚しく, 計算機による画像や音声, 映像処理などのマルチメディア情報処理技術は指数的な進化を遂げ, 人間の知能から捉えた情報処理技術は社会的なニーズとしての期待も高まっており, 今日我々の生活において欠かせないものとなりつつある。この目覚しい情報化社会の進展の一方, 処理すべき情報も膨大となつてしまい, 処理能力環境や計算処理時間など計算処理能力は指数的な増加傾向をたどっている。よつて, 計算処理方法の改善なども今日, 情報科学分野における課題となっている。

計算機に人間のような極めて柔軟かつ信頼性の高い画像処理や認識などの処理を行うには, 人体の視覚情報処理能力や学習能力, ならびに適応能力などを融合した新たな画像処理法の確立が極めて重要となる。本研究では, より柔軟かつ信頼性の高い画像処理や認識, ならびに膨大な情報処理をできるだけ効率よく行うことを目指し, 独立成分分析法(Independent Component Analysis ICA) ならびに独立成分分析法を非線形問題に応用したカーネル独立成分分析法(Kernel Independent Component Analysis:KICA)を用いた画像認識, 画像処理解析法を提案し, 実際のシステムへ応用することでその可能性と有用性について研究を行っている。

ICAとはデータ間における統計的独立性という極めて単純な指標に基づき, 混合された観測信号から未知の原信号を分離する問題として定式化される。ICAを利用して画像から互いに独立した特徴抽出を行うことで画像の効率的表現が可能となる。これまで画像特徴量抽出はコサイン変換やWavelet変換など数学的に決定されていたが, ICAなど統計的多変量解析法を用いることで画像に適した特徴量を抽出することが可能となり, 柔軟かつ信頼性の高い画像解析・認識が期待できる。ICAを応用したシステムとして, 本研究では高解像度衛星画像分類の前処理としてICAを用いる手法を提案した。これまで衛星画像解析は主にスペクトル情報のみで領域分類を行っていたが, ICAから得られた独立成分(特徴量)は物体間のコントラスト強調した画像となり分類精度向上が可能となった。

ICAは線形変換を行うことで線形問題や低次元空間問題には有用ではあるが, 一方, 複雑な現象や非線形成分を含む現象に対して効率的な信号処理が難しいといった問題がある。そこで非線形問題へ対応するため, 本研究では低次元特徴ベクトルをカーネルトリックと呼ばれる非線形関数を用いて高次元特徴空間へ射影し, 高次元空間上でICAを行うKICAによる画像解析ならびに認識法について提案を行った。本手法の応用アプリケーションとして, MR画像(脳画像)から脳組織強調ならびに分類手法の提案を行った。検証に用いた画像はBrain Webより得られたPhantomデータならび, 実際の臨床医療データとして, Vanderbilt Databaseから得られた健常者データと病変部位の存在が認められた非健常者のMR脳画像を用いた。MR画像は磁場内において人体構成物質の大部分である水素原子核の磁気共鳴現象を利用したスピンエコー法によりコントラスト画像を得ている。ICAにより画像のコントラスト強調を行うことが可能であるが, 強調画像内には非線形要素も含まれているため, この非線形性要素を考慮したより高精度な脳組織解析が求められる。本研究ではKICAを用いた非線形画像解析により画像中に含まれる非線形組織を効率的に表現することで画像中の脳組織の特徴を捉えることが可能となり, 画像コントラスト強調のみではなく脳組織強調化を行い, MR画像からの高度な脳組織解析が可能となった。

また, KICAから得られた脳組織強調画像を特徴量としてパターン認識の入力情報に用いることで脳組織分類精度はMRコントラスト強調画像を入力情報とした分類精度と比較するとより高精度な脳組織対象分類を行うことが可能となった。本手法がMR画像からの組織解析に非常に有効な手法であることを示した。

氏名 健山 智子

2009年2月12日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 仲尾 善勝

副査 氏名 長田 康敬

副査 氏名 陳 延 偉



学位(博士)論文審査及び最終試験の終了報告書

学位(博士)の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記の通り報告します。

記

申請者	専攻名：総合知能工学専攻	氏名：健山 智子	学籍番号：[REDACTED]
指導教員	仲尾 善勝		
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	
論文題目	独立成分分析法を用いた画像解析と画像認識に関する研究 (Studies on Image Analysis and Recognition using Independent Component Analysis)		
審査要旨 (2000字以内)			
<p>本論文は、より柔軟でかつ信頼性の高い画像処理や認識、ならびに膨大な情報処理を効率よく行うことを目指し、独立成分分析法(Independent Component Analysis: ICA) ならびに独立成分分析法を非線形問題に適応させたカーネル独立成分分析法(Kernel Independent Component Analysis: KICA)を用いた画像認識、画像処理解析法を提案し、実際のシステムへ応用することでその可能性と有用性について検証をしている。</p> <p>ICA とはデータ間における統計的独立性という極めて単純な指標に基づき、混合された観測信号から未知の原信号を分離する手法として定式化される。ICA を利用して画像から互いに独立した特徴</p>			

抽出を行うことで画像の効率的表現が可能となる。これまで画像特徴量抽出は Cosine 変換や Wavelet 変換など数学的に決定されていたが、ICA など統計的多変量解析法を用いることで画像に適した特徴量を抽出することが可能となり、柔軟でかつ信頼性の高い画像解析・認識が期待できるようになった。

他方、ICAは線形変換を行うことで線形問題や低次元空間問題に有用ではあるが、非線形問題へ適応させるため、本研究では低次元特徴ベクトルを“カーネルトリック”と呼ばれる非線形関数を用いて高次元特徴空間へ射影し、高次元空間上でICAを行うKICAによる画像解析ならびに認識法の提案を行っている。

本研究の成果を要約すると以下の通りである。

1. ICA手法を適用したシステムとして、高解像度衛星画像分類の前処理としてICAを用いる手法を提案した。これまで衛星画像解析は主にスペクトル情報のみで領域分類を行っていたが、ICAから得られた独立成分(特徴量)は物体間のコントラスト強調した画像となり、より分類精度が向上したことを示している。

2. KICA手法のアプリケーションとして、MR画像(脳画像)から脳組織強調ならびに分類手法の提案を行っている。検証に用いた画像はBrain Webより得られたPhantomデータならび、実際の臨床医療データとして、Vanderbilt Databaseから得られた健常者データと病変部位の存在が認められた非健常者のMR脳画像を用いた。MR画像は磁場内において人体構成物質の大部分である水素原子核の磁気共鳴現象を利用したスピネコー法によりコントラスト画像を得ている。

ICAにより画像のコントラスト強調を行うことが可能であるが、強調画像内には非線形要素も含まれているため、この非線形性要素を考慮したより高精度な脳組織解析が求められ、本研究ではKICAを用いた非線形画像解析により画像中に含まれる非線形組織を効率的に表現することで画像中の脳組織の特徴を捉えることが可能となり、画像コントラスト強調のみではなく脳組織強調化を行い、MR画像からの高精度な脳組織解析が可能となることを示している。

また、KICA から得られた脳組織強調画像を特徴量としてパターン認識の入力情報に用いることで脳組織分類精度は、MR コントラスト強調画像を入力情報とした既知の手法による分類精度と比較すると、より高精度な脳組織対象分類が行えることを示している。本手法がMR画像からの組織解析に非常に有効な手法であることを示した。

以上のように、本研究は、工学的に価値のある新しい成果を得ているため、提出された学位論文は博士の学位論文に値するものとして学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答の結果、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに本学大学院博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験も合格とする。