

平成22年 5月20日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19700267

研究課題名 (和文) 高次元信号に適用可能な独立成分分析の開発と応用

研究課題名 (英文) Development and Application of an ICA algorithm for quite high-dimensional signals

研究代表者

松田 源立 (Matsuda Yoshitatsu)

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号：40433700

研究成果の概要 (和文)：人間の脳は、画像のような非常に大量の信号を含む複雑なデータを、一瞬で単純化して学習し、重要な特徴をつかむことが出来るが、同様の処理をコンピュータで自動的に行うには非常に時間が掛かる。本研究では、従来手法を統計学的、情報理論的な知見に基づき改良して、処理速度を大幅に向上させることに成功した。更に、改良手法を画像等の実際のデータに適用して、その有用性を実証した。

研究成果の概要 (英文)：Though human brains can learn quickly the significant features from complicated data of a quite large number of signals such as natural scenes and recognize them, computers spend quite long computation time on doing the similar processing. In this project, the previous method has been improved by the statistical and information-theoretical analyses and the computation time has been reduced drastically. Besides, the validity of the proposed method is verified by numerical experiments on practical data such as natural scenes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	0	2,200,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	360,000	3,760,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：(1)統計数学、(2)画像、文章、音声等認識、(3)信号処理

1. 研究開始当初の背景

独立成分分析(ICA)は、近年発展著しい信号処理手法の一つであり、従来解決困難であったいくつかの信号処理や学習の問題に対して、非常に有効であることが知られていた。しかし、従来のICA手法では、信号数の増加

に伴って計算時間が爆発的に増大するため、実用的アプリケーションへの適用においては大きな制限があった。これに対し、研究代表者等は、既にICAの効率化に取り組んでいたが、改良はまだまだ予備的なものに留まっていた。

2. 研究の目的

(1) ICA の計算速度を大幅に向上させるための手法の開発

(2) 提案手法による画像データの分析と評価

(3) 実用的アプリケーションへの提案手法の適用と評価

3. 研究の方法

(1) ICA に適応的主成分分析を組み込み、推定すべきパラメータ数を減少させることで高速化する。

(2) ICA にモデル選択理論を適用し、収束判定を最適な閾値で行うことにより、高速化する。

(3) ICA の前処理を不要とするような改良を適用し、高速化する。

(4) 画像や遺伝子データ等の大規模データを収集し、様々な実験条件で提案手法を適用し、その性能を検証する。

4. 研究成果

(1) ICA に、適応的主成分分析を組み込むことにより高速化した (図1)。画像を入力した数値実験により、提案手法は、大幅に少ない計算時間で、他手法とほぼ同様の性質の独立成分群を抽出出来ることを実証した。また、提案手法はサンプル数が少なくても有効であることを示した。従来の独立成分分析では、十分なサンプル数が存在することが前提であったが、実問題ではこの前提が満たされない場合が多い。従って、この知見により、提案手法の実問題における優位性が実証された。国内外において、匹敵する効率性と頑健性を持つ他の ICA 手法は提案されておらず、今後、本提案手法は、ICA の適用可能性を大きく広げるものと期待される。

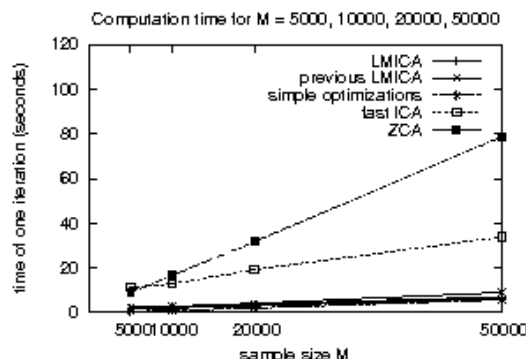


図1 : 信号数による計算時間の増加グラフ。提案手法が、従来手法と比べて、信号数の増加によらず極めて効率的であることを示している。

(2) ICA における最適化の収束条件に関して、情報量基準を用いた分析を行い、動的な閾値に基づく収束条件を提案した。この結果、最適化初期には大まかに、収束期にはより精密に、最適化が行われるようになり、ICA が高速化された (図2)。従来手法では、このような収束条件は一般に経験的に定められていたが、本研究では、情報量基準に基づき理論的に導出出来ることを示した。

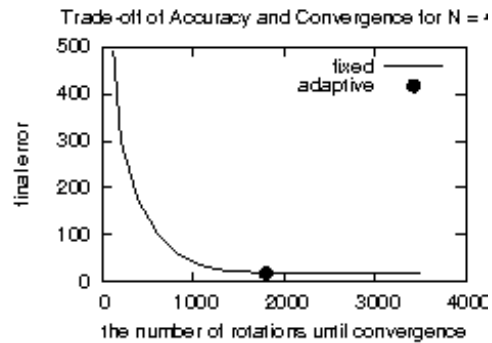


図2 : ICA における精度と計算時間のトレードオフカーブ。提案手法 (黒点) が最適な結果を与えることを示している。

(3) ICA を拡張し、前処理無しに元データを直接処理出来るようにした。更に、その手法の収束性を証明した。この結果、従来手法に比べて前処理分の計算コストを削減することが出来た。更に、その副産物として、観測信号数が元信号数より多い over-complete な場合においても有効な ICA の新手法を構築した。

(4) サイズの大きな画像に対して提案手法を適用する数値実験を行い、小画像と大画像から edge filter を抽出し、その性質の違いを詳細に調べた。その結果、edge filter の位置や選好角度の分布に関しては目立った違いは見られなかったが、edge の形状に関しては、大画像から抽出されたものの方がより長く、より鋭いという性質を持つことを見出した。このことから、大画像は単なる小画像の拡大ではなく、本質的に異なる統計的性質を持っているという興味深い知見を得た (図3、図4)。更に、適用データとして、画像以外にも、文書データ、遺伝子データ等を収集し、提案手法の適用実験を行い、適用範囲が拡大出来ることを示した。

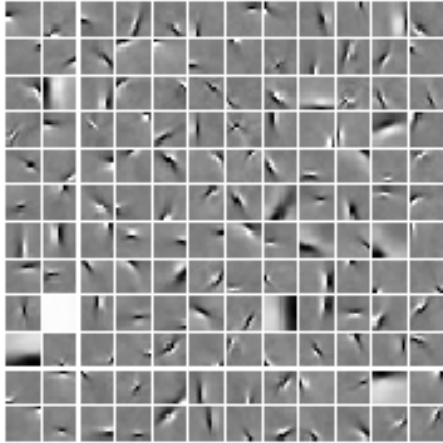


図 3 : 小画像から抽出された edge filter

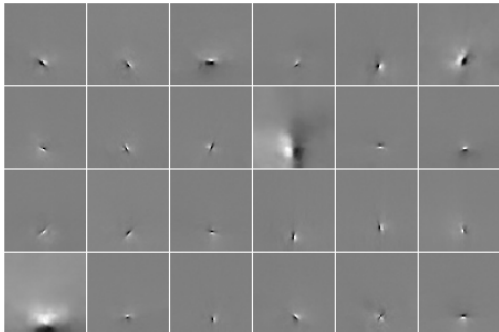


図 4 : 大画像から抽出された edge filter

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 10 件)

- ① Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2010). A Probabilistic Framework for Joint Approximate Diagonalization. *Proceedings of IJCNN2010*, vol. 0, IEEE, in press. 査読有
- ② Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2009). Linear Multilayer ICA Using Adaptive PCA. *Neural Processing Letters*, vol. 30 (2), pp. 133-144. 査読有
- ③ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2009). An Adaptive Threshold in Joint Approximate Diagonalization by the Information Criterion. *ICONIP2009*, LNCS, vol. 5863, Springer-Verlag, pp. 204-211. 査読有
- ④ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2009). Joint Approximate Diagonalization Utilizing AIC-based Decision in the Jacobi Method. *ICANN2009*, LNCS, vol. 5769, Springer-Verlag, pp. 135-144. 査読有
- ⑤ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2009). A Simple Overcomplete ICA Algorithm by Non-Orthogonal Pair Optimizations. *Proceedings of IJCNN2009*, vol. 0, IEEE, pp. 2027-2031. 査読有
- ⑥ Takayuki Sekiya, Yoshitatsu Matsuda, and Kazunori Yamaguchi (2009). Analysis of Curriculum Structure Based on LDA. *International Conference on Education and Information Technology*, vol. 0, pp. 561-566. 査読有
- ⑦ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2008). An Overcomplete ICA Algorithm by InfoMax and InfoMin. *ICANN2008*, LNCS, vol. 5163, Springer-Verlag, pp. 136-144. 査読有
- ⑧ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2008). A Connection-limited Neural Network by Infomax and Infomin. *Proceedings of IJCNN2008*, vol. 0, IEEE, pp. 2531-2537. 査読有
- ⑨ Takayuki Sekiya, Yoshitatsu Matsuda, and Kazunori Yamaguchi (2008). Systematization of Course Syllabi Based on LDA. *SCIS&ISIS2008*, vol. 0, pp. 166-171. 査読有
- ⑩ Yoshitatsu Matsuda and Kazunori Yamaguchi (2007). Extraction of Approximate Independent Components from Large Natural Scenes. *ICONIP2007*, LNCS, vol. 4984, Springer-Verlag, pp. 635-642. 査読有

[学会発表] (計 3 件)

- ① 松田源立, adaptive PCAを利用した画像からの独立成分の高速抽出, 日本神経回路学会 第19回全国大会 2009年9月26日, 東北大学

- ② 松田源立, 独立成分分析と情報量基準に基づく最適な線形特徴の推定, IBIS2008, 2008年10月29日, 仙台国際センター
- ③ 松田源立, 巨大画像より近似的に抽出された独立成分の解析, neuro2007, 2007年9月, パシフィコ横浜

[その他]

ホームページ等

<http://www-haradalb.it.aoyama.ac.jp/~matsuda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 源立 (Matsuda Yoshitatsu)

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号：40433700