

研究課題別研究評価

1. 研究課題名： EM アルゴリズムの数理的研究及びその工学的応用

2. 研究者名： 池田 思朗

3. 研究のねらい

近年、IT 技術の革新によって、膨大なデータを高速に処理できるようになっている。この処理能力によって膨大なデータに対し、以前ならば実現できなかった統計的处理が可能となった。音声認識や画像処理などでは、データの特徴を統計的处理によって機械が自動的に発見することは、工学的に非常に有益である。

このような統計手法による特徴抽出は古くから統計学において研究されてきた。統計学において理論的に導かれたアルゴリズムのなかには、しかしながら実際には用いられていないものが多い。これは理論自体の難解さと、現実の問題は理想的な状況ではなく、理論がそのままでは適用できない事実とからなる。本研究では、統計的な学習法の理論的な研究を行うとともに、統計的な学習アルゴリズムを現実の応用まで結びつける具体的な手法の提案を行った。

4. 研究結果及び自己評価：

研究結果：

本研究は 2 つの柱から成る。ひとつは理論的な研究であり、繰り返し推定法の数理的研究としてまとめることができる。もうひとつの研究の柱は、工学的応用を目指した研究であり、独立成分解析(以下 ICA)の工学的応用研究である。

理論的研究

1. 本研究では再帰的に EM アルゴリズムを用いることで、簡単に EM アルゴリズムを加速できることを示した。
2. EM アルゴリズムと類似した Wake-Sleep アルゴリズムという学習法が提案されていたが、収束性については理論的には明らかではなかった。このアルゴリズムに対して、情報幾何学を用いることで、一般的には収束しないことを示した。
3. 統計力学における平均場近似に対する新たな計算法を提案した。
4. 誤り訂正符号として、近年注目されているターボ符号に対し情報幾何に基づく解析を行った。この解析は、限界に近いと呼ばれるターボ符号の誤り訂正能力をさらに向上させる可能性を示唆している。

工学的応用研究

1. 音声の実時間分離を可能とするアルゴリズムを開発し、音声認識に適用した。
2. 生体計測データ、特に脳磁計データへの適用を行なった。

自己評価：

理論的研究

EM アルゴリズムの研究を中心として、理論的な研究を行ったが、この3年間で十分な成果を挙げることができた。EM アルゴリズムの加速法は今まで知られていた加速法とは異なり、乱数発生法を組み合わせた手法であり、高速な計算能力によって、これから応用の広がっていく手法である。

一方で、Wake-Sleep アルゴリズムや平均場近似法の解析を通じ、既存の手法の性質を明らかにし、改善手法を提案してきた。このときに用いたのは、情報幾何学と呼ばれる新たな分野による解析手法である。情報幾何学は確率分布の多様体に対して微分幾何学的な手法を組み合わせることによって、統計的推定や検定の性質を明らかにしようというものである。情報幾何学自体が確率・統計学と微分幾何学を結びつけた学問であるように、この学問によって様々な分野を結びつけることができる。本研究で行った平均場近似法は統計物理学の手法であり、また誤り訂正符号は符号理論の手法である。これらを統一的に情報幾何学で解析する試みは学問的に独創的であり、これからの学問、科学技術の発展のために有益である。

工学的応用研究

ICA を中心とした工学的応用では、音声分離アルゴリズムと生体計測データの解析手法を開発した。ICA は 80 年代後半に提案された手法であり、歴史は浅いがこれからの発展を期待される多次元データ解析手法である。しかし、オリジナルの問題設定は理想的な状況を考えており、実際に用いるためには、現実の問題にあわせてアルゴリズムを改良し、適用する必要がある。本研究で行った 2 つの応用では、それぞれ、今までの ICA の研究では適切に扱われていなかった問題点を解決し、適用をおこなった。音声分離においては、分離された信号がどの信号源からのものかという、並び替えの問題を解決し、実時間音声分離アルゴリズムを提案した。生体計測データ解析では、センサーノイズの問題を解決し、脳磁計 (MEG) データの解析手法を提案した。双方ともに工学的に有効な手法であり、これ以後のさらなる研究を通じて製品化も可能なものであると考える。

5. 領域総括の見解：

神経回路網モデルの中の隠れた変数(隠れ層)に着目し、理論的研究として統計的手法である EM アルゴリズムを再帰的に用いることでこのアルゴリズムを加速できることを示し、繰り返し推定の数理解的研究としての成果をあげたことは高く評価できる。また、その工学的な応用研究としては、統計的多次元処理の手法である独立成分解析(ICA)に挑戦して、音声の実時間分離を可能とするアルゴリズムを開発して音声認識に適用した。同時に生体計測データ、特に脳磁計データへの適用にも成果をあげたことも十分に評価できる。

さきがけ研究の期間中は積極的に外部発表を行い、世界的な研究者とも議論を重ねて、得た知見等を貪欲に自分の研究の糧とする積極的な姿勢が感じられた。さきがけ研究の終了後も今後の研究目標がはっきりしており、今後の研究発展に大きい期待をしたい。

6. 主な論文等：

- (1) 池田思朗. 再帰的学习による EM アルゴリズムの加速. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-II, No.12, pp. 2819--2827, December 1998.
- (2) *池田思朗, 田中利幸, 甘利俊一. ターボ符号と Gallager 符号の情報幾何. 電子情報通信学

会技術研究報告, 第 IT2001-26 巻, pp. 7--12, 大阪電気通信大学, July 2001.

- (3) Noboru Murata, Shiro Ikeda, and Andreas Ziehe. An approach to blind source separation based on temporal structure of speech signals. Neurocomputing, Vol.41, No. 1-4, pp. 1--24, August 2001.
- (4) 池田思朗. 独立成分解析の信号処理への応用. 計測自動制御学会「計測と制御」, Vol.38, No.7, pp. 461--467, July 1999.
- (5) * Shiro Ikeda and Keisuke Toyama. Independent component analysis for noisy data --MEG data analysis. Neural Networks, Vol.13, No.10, pp. 1063--1074, December 2000.

特許

池田思朗、梶原茂樹、外山敬介 生体信号計測装置 特開 2001-120511 号、October 1999

受賞

- ・ 日本神経回路学会研究賞 (1999 年)
- ・ 日本神経回路学会論文賞 (2001 年)