

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2007年～2010年
課題番号：19500245
研究課題名 (和文) α 次エントロピーなど拡張型エントロピーによる近代的信号・画像解析

研究課題名 (英文) Modern signal and image analysis by generalized entropy

研究代表者

吉川 昭 (KIKKAWA SHO)
近畿大学・生物理工学部・研究員
研究者番号：30075329

研究代表者の専門分野：情報工学

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード： α 次エントロピー、画像閾値決定、信号解析、独立成分分析、生体信号解析、ロボット、相互情報量、IPFM

1. 研究計画の概要

本研究は1) 画像認識のための新しい情報量基準の提案、2) 拡張型エントロピーによる独立成分分析 (ICA) とその応用、3) 時間一周波数表現 (TF) 理論とその応用、の3つの柱からなる。

1) 画像閾値決定は画像解析の基本であり、大きく、統計学的根拠と情報論的根拠に基づくものが提案されている。ここでは、それらの方法の本質的意味と関連性を考察するとともに、そこから生まれるより適切な最適基準について考え、それらの応用を図る。

2) ICA で主として用いられる相互情報量 (MI) 基準は、その概念から考えもつとも適用性の高いものといえる。しかし、その計算コストは高く、これを解決するための種々の手法があるが、それにより、局所解など重大な問題が生じる。ここでは、拡張型エントロピーを用い、一般性の犠牲のもとに問題に特化した効率的で直観的な方法を提案する。さらに、生体信号解析、ロボットの知覚・認識への応用を図る。

3) 人は時間変化する信号や画像の特徴を時々刻々知覚する。この能力を模した信号・画像解析理論として TF 解析は強力であるが、いまだに問題は山積みである。本研究ではそれら問題点を洗い出し、エネルギー分布としての TF 分布推定に必要な時間周辺分布 (TMD) や周波数周辺分布 (FMD) の推定法を提案する。TMD に関しては特に AM 変調型を想定し非線形処理の導入を図る。また、神経情報伝達に代表されるパルス列信号の TF 理論は未だなく、これに関する基礎的検

討も行うとともに、生体信号解析などへの応用も図る。

2. 研究の進捗状況

1) 従来見落されていた閾値決定の2階建て構造 (混合分布推定+閾値決定) の理論構造を明らかにし、従来の方法が本来的に分布推定基準にすぎないことを示した。また、MI 基準による新しい混合濃度分布推定と、その分布上での画像閾値決定についても MI 基準を提案し、それらの理論的裏付けおよび問題点の検討を行った。

2) シャノンのエントロピーが分布の広がりを表す尺度であることから、相互情報量による ICA は基本的に周辺分布の幅を最小にする基準であることを示した。その結果シャノンのエントロピーに限らず、より拡張された Renyi の α エントロピー (α -E) を ICA に利用できることを示した。これにより非常に簡単な Range 尺度とピーク尺度の提案が可能となった。特にピーク尺度は音声信号 ICA に有用である。さらに、Hermite 展開による α -E を用いた ICA の高次キュムulant近似を提案した。

3) 確率過程の TF 解析において、その TMD と FMD の推定は重要である。ここでは、TF 分布上での非線形操作により両者を推定する方法を提案した。これを用いれば Copula 法などにより、より精度の高い TF 解析が期待される。また、 α -E ($\alpha=2$) による時変等価帯域幅の提案を行った。これにより帯域幅の追跡が可能となり、生体信号解析に有用である。また、生体内情報伝達モデルとしての IPFM によりパルス列の TF 解析が可能であ

るとの考えから、IPFMの新しい復調法を検討中である。また、IPFMの精度保証復調についての理論検討を開始した。さらに、時間差をもって重畳した信号のTF解析の問題も興味深く、FMD(スペクトル)からの非線形変換により時間差の検出問題にも着手した。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

1) に関しては、従来の基準の提案者が陥っていた問題点(基準の2階建て構造)を明らかにし、その構造に基づいた新たな基準を提案できており、当初の目的に沿った進展といえる。

2) ICAの本質的基準であるMIが実は「エントロピーは分布の広がり尺度」を利用していることを示し、その結果、拡張エントロピーの適用が可能であることを示した。特にその中でもRange尺度は統計的な「分布の範囲」尺度であり、また、ピーク尺度は分布の最頻値に対応する。これらはきわめて直観的でありまたシンプルである。そして、たとえばピーク尺度は音声信号処理や、脳波解析などの問題に特化した効率的なICAとして大いに期待され、やはり当初の計画に沿った進展といえる。

3) においては、当初の目的であるAM変調型TMDの推定と等価帯域幅による時変帯域幅の追跡の理論と実際に関し、ほぼ予想通りの進展を見せている。加えて、発展的にIPFMの検討や時間差推定の問題に着手しており、この意味では、当初の計画以上に進展している面もある。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、さらに提案事項の完璧を図るため、問題点の検討と対策を行うとともに、特に、理論だけではなく、応用面の検討も深めて、実用性の確認を行う。

5. 代表的な研究成果

(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41件)

1. H. Yoshida, T. Higuchi, K. Shirasawa and S. Kikkawa, Analysis of Desynchronized Brain Activity in Wakefulness Maintenance State against Sleepiness by Instantaneous Equivalent Bandwidth, Proc. the 6th Internat. Workshop on Biosignal Interpretation, pp. 388-391, 2009/6.
2. T. Abe, M. Matsumoto, S. Hashimoto, Noise reduction utilizing cross timefrequency ϵ -filter, Journal of the Acoust. Soc. Am., 125(5), pp. 3079-3087, 2009 (査読有)
3. H. Yoshida, I. Fujimoto and S. Kikkawa,

A spectral estimation method by non-equiinterval smoothing of log periodogram, Proc. SPIE, 7074, 2008/9.

4. N. Nakasako, S. Hanabusa, T. Shinohara, T. Uebo, Distance Estimation and Compensation Method Using Band-limited Transmitted Wave with Uniform Amplitude and Random Phase Characteristics, Proc. 24th Internat. Tech. Conf. Circuits/Systems Computers and Comm., pp. 580-583, 2009 (査読有)

5. H. Yoshida, S. Kikkawa, Information theoretic equivalent bandwidths of random process and their applications, Methods of Information in Medicine, 46(2), pp. 110-116, 2007 (査読有)

[学会発表] (計52件)

1. 吉田久, 吉川昭, Copulaに基づく時間-周波数表現とその応用、京都大学数理解析研究所講究録、2009/10、京都大学(京都市)
2. 藤本勲, 吉川昭, 吉田久, 不等間隔平滑化によるスペクトル推定、平成21年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集、p. 27, 2009/11、大阪大学(大阪市)
3. 吉田久, 吉川昭, 「情報論的ダイバージェンスによる等価帯域幅の提案と生体信号処理への応用」、第18回インテリジェント・システム・シンポジウム論文集、2008/10. 広島
4. 佐藤 雄治, 吉田久, 吉川昭, Renyiのエントロピーから導かれるRange尺度及びPeak尺度の計算コストと分離性能---ICA簡素化と高速化に向けて---、平成19年電気関係学会関西支部連合大会、2007, 11, 18、神戸大学(神戸市)
5. 塚本祐一, 谷紳也, 橋爪辰徳, 吉田久, 吉川昭, IPFMモデルによる変調信号各種復調法の比較、平成19年電気関係学会関西支部連合大会、2007, 11, 18、神戸大学(神戸)