

## 論文内容要旨 (英文)

平成 22 年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学 専攻

氏 名 Maen M. R. Alaraj



論 文 題 目 Research on the Detection of Human Drowsy State using Approximate Entropy in Electroencephalography.

In this thesis, the wakefulness state of the subjects whether fully awake or light drowsy state (stage 1) was distinguished by developing two different approaches based on complexity metrics of electroencephalogram (EEG) signals.

In the present study, the complexity of EEG signals means unpredictability of a signal (i.e., irregularities). The common theme for the developed approaches is to identify the complexity behavior of occipital-alpha enhancement and suppression due to fully awake and light drowsy states respectively during eye closure when that the subject is relaxed.

The detection of light drowsy state is important in medical diagnosis because EEG routine examination lasts for prolonged time, and triggers fatigue which sometimes cause drowsiness. In such cases, the wakefulness state of the subjects tends to be an early drowsy state and it is difficult to be detected as it represents a mixture of alertness and sleep states. However, this transition can complicate the interpretation of EEG signals and disable the doctors from making precise diagnosis and interpretation. Therefore, a new complexity metric-based measure was proposed in the current study for distinguishing fully awake from light drowsy states.

To show the effectiveness of the complexity metric in distinguishing the wakefulness state, quantitative comparisons were performed between the average of misclassification rates across the rounds of cross validation method by using ApEn-based measure and spectral analysis-based measures.

Furthermore, quantitative comparisons were performed between ApEn-based measure and frequency spectral analysis-based measures by using receiver operating characteristics (ROC).

All the reported results showed ApEn-based measure outperformed other best conventional frequency spectral-based measures used for evaluating the wakefulness state of the subjects including relative delta (sub band) power, relative theta (sub band) power, power ratios between theta and beta and between theta and alpha bands over occipital lobe.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成25年8月5日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 ..... 深見 忠典 .....

副査 ..... 田村 安孝 .....

副査 ..... 野本 弘平 .....

副査 ..... 湯浅 哲也 .....



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 ..... 電子情報工学 ..... 専攻  
氏 名 ..... Maen M. R. Alaraj .....

2. 論文題目（外国語の場合は、その和訳を併記する。）

..... Research on the Detection of Human Drowsy State Using Approximate  
..... Entropy in Electroencephalography .....  
..... (近似エントロピーを用いた脳波による人間の傾眠状態検出に関する研究) .....

3. 審査年月日

論文審査 ..... 平成 25 年 7 月 29 日 ~ 平成 25 年 8 月 5 日  
論文公聴会 ..... 平成 25 年 8 月 5 日  
..... 場所.....工学部8号館410号室.....  
最終試験 ..... 平成 25 年 8 月 5 日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果（「合格」・「不合格」で記入する。）

(1) 学位論文審査 ..... 合 格 .....  
(2) 最終試験 ..... 合 格 .....

5. 学位論文の審査結果の要旨（1,200 字程度）

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別 紙

専 攻 名	電子情報工学 専攻	氏 名	Maen M.R. Alaraj
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本学位論文では、近似エントロピーを用いた脳波信号解析により、人間の傾眠状態の検出を目的とした計算機による覚醒／傾眠状態の自動判定を試みている。</p> <p>第一章では、脳波計測方法及び睡眠深度における覚醒及び傾眠状態の定義について説明を行っている。また、類似の先行研究における問題点について示し、本研究の目的と本研究分野における位置づけについて述べている。すなわち、従来の近似エントロピー解析では、解析に必要とされるパラメータに関して、脳波解析における最適値についての議論はなされておらず、開発者である Pincus らが推奨するパラメータが用いられてきた。そこで、本論文では、脳波解析に最適なパラメータ値を獲得し、最適条件下における解析のもと、従来傾眠状態推定に最も良いとされてきた周波数成分を反映した指標と検出精度の比較を行っている。</p> <p>第二章では、予備実験として、単純な正弦波を用いてシミュレーション実験を実施し、パラメータが近似エントロピー値に与える影響について考察している。</p> <p>第三章では、脳波ルーチン検査で行われた健常例及び精神疾患症例の開閉眼脳波検査データに本手法を適用し、得られた近似エントロピー値に対し、被検者の状態に関する要因（覚醒、傾眠）と疾患の有無に関する要因を設定し、二次元配置分散分析を行っている。結果として、これらの2要因における交互作用は見られず、Scheffe 法による多重比較では、健常例と疾患例の両者において覚醒群と傾眠群間で統計的な有意差は得られなかったと述べている。</p> <p>第四章では、前章で覚醒群と傾眠群間で有意差が得られなかったため、解析手法の改善に取り組んでいる。ここでは、後頭部の閉眼時脳波に対して逆高速フーリエ変換を用いて<math>\alpha</math>波成分を抽出し、近似エントロピー値を算出した。これらの値を基にした指標と従来から一般的に使用されている周波数スペクトルを基にした指標を交差検証による平均誤識別率において比較を行ったところ、近似エントロピーによる指標では従来法に比べ 4.74～10.25%の高い検出精度を示している。また、ROC 曲線を用いた比較においても優れた識別精度を得ている。</p> <p>第五章では、前章までの結果に基づき、覚醒状態では、近似エントロピー値が傾眠時に比べ小さくなり、これは覚醒状態では定常性の高い<math>\alpha</math>波の出現によるものであると考察している。</p> <p>最終章では、結論として、脳波信号の近似エントロピーが、被検者の傾眠状態を検出する上で従来の指標に対して優位であり、本研究において、新たに有用な指標が得られたことを述べ、本論文を結んでいる。</p> <p>本学位論文に関する内容は、査読付き国際学術雑誌である International Journal of Innovative Computing, Information and Control 及び Journal of Biomedical Science and Engineering において2論文が掲載された。さらに査読付き国際会議抄録として2論文が公表済みであり、1論文が採択決定の通知を受けている。</p> <p>従来の傾眠状態検出において、脳波周波数成分を用いた指標が最も良いとされていたが、本研究において時系列信号の複雑度を反映した近似エントロピーを用いることにより、より高精度の傾眠状態検出が可能であることを示した。これは、今後の脳波による人間状態推定の研究に新たな知見を示した点において、十分評価できる。よって、合格とする。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>本研究における信号処理アルゴリズムや統計解析の詳細について、口頭による質疑応答がなされた。審査員による質問に対して、論文申請者より適切な回答がなされ、審査員全員の合意のもと、合格と判定した。</p> <p>よって、最終試験を合格とする。</p>			