

氏名・(本籍)	Arindam Gajendra Mahapatra (インド)		
学位の種類	博 士 (工学)		
学位記番号	生工博甲第323号		
学位授与の日付	平成30年 6月28日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	<b>Classification of Epileptic Seizure EEG Signals in Time Frequency Domain – Focusing on Root Mean Square based Feature Extraction –</b> (時間周波数領域でのてんかん脳波識別に関する研究 –平均二乗根に基づく特徴抽出に着目して–)		
論文審査委員会	委員長	教授	夏目 季代久
		准教授	我妻 広明
		”	堀尾 恵一
		”	河野 英昭

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

てんかんは種々の病因によってもたらされる慢性の脳疾患であり、発作を伴うこともあるため患者に日常生活で不安、負担を強いることも多い。本研究は、てんかん患者の発作時の脳波、発作前の脳波、健常者の脳波の識別に関して、脳波から抽出する特徴量について考察を行い、従来広く用いられてきた特徴量の問題点を指摘し、適切な特徴量を提案するものである。

瞬時帯域幅平方 (Instantaneous Bandwidth Square: IBS) および帯域幅平方 (Bandwidth Square: BS) は、てんかん脳波の識別の他、信号処理の幅広い領域で用いられている特徴量である。我々は、これらの特徴量を詳細に検証した結果、ある条件下で2つの信号  $s_1$  および  $s_2$  が、同じ IBS および BS を有することを見出した。このことは、信号の識別に悪影響を及ぼすため、この問題点を改善しつつ、同程度の識別性能を実現することが本研究の目的である。

まず、Root Mean Square Frequency (RMSF) と、ヒルベルト限界スペクトルの別の特徴を抽出し、それらの特徴量およびパラメータ比を用いて発作時脳波と発作間脳波を高精度で分類できることを確認した。RMSF は、平方帯域幅と平方中心周波数の和の平方根である。そのパラメータ比は、平方中心周波数と平方帯域幅の比である。さらに、優位周波数とそのパラメータ比も利用した。優位周波数は RMS 周波数と同じ物理的関連性を持つが、瞬時周波数の2乗と瞬時周波数の2乗の和の平方根とは異なる。我々が使用した第3の特徴量は、RMSF と優位周波数の等価性を利用して、時間平均した

平均 BS と平方中心周波数の和の平方根として Root Mean Instantaneous Frequency Square (RMIFS) を定義することである。上記の特徴量を用いて、サポートベクターマシン (Support Vector Machine: SVM) を識別機として採用し、発作脳波と発作間脳波の分類において良好な識別能力を示した。これらの特徴 ( $fr$  と  $fd$  と再定義する) は、本研究の目的である IBS および BS の問題点を解決することが期待できる。ここで使用した RMSF、一般的な二乗平均平方根解析とは異なる。私たちは、偽陽性の問題に対処するために、適応的に閾値を調整するアルゴリズムをさらに提案した。これにより、特異度が平均で 5.9% 改善することができ、結果的に識別精度が向上した。

次に、優位周波数の部分的な寄与を表現する形態素成分分析 (Morphological Component Analysis: MCA) および帯域幅パラメータの寄与、RMIFS およびそれらのパラメータ比などの特徴量の適用を試みた。てんかん脳波には、スパイクなどの特徴的な波形が含まれていつが、これらは通常の周波数解析では抽出が困難な場合が多い。MCA は、任意の特徴的な波形を基底として利用することで、対象の信号に適した特徴が抽出可能である。

上記で提案した各種手法を公開データベースに適用した実験により、当初の目的である BS および BS の問題点が改善されたことを確認した。

## 学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から、新規性や有用性、関連手法との関係性、実応用に向けた課題などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足な回答が得られた。

また、公聴会においても、十分な数の出席者があり、提案した特徴量の物理的な意味、従来の特徴量との関係性、臨床応用の可能性など、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士 (工学) の学位に十分値するものであると判断した。