

氏名・（本籍）	大西 章也（ 三重県 ）		
学位の種類	博士（ 工 学 ）		
学位記番号	生工博甲第238号		
学位授与の日付	平成27年3月25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	事象関連電位を用いたブレイン-コンピュータ・インタフェース のための集合識別器に関する研究		
論文審査委員会	委員長	教授	夏目 季代久
		〃	粟生 修司
		〃	森江 隆
		〃	古川 徹生
		〃	石井 和男

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ブレイン-コンピュータ・インタフェース (BCI) は人間の脳から発する事象関連電位 (ERP) などの信号を、文字入力装置などの装置の制御命令に変換するインタフェースである。ERP を用いた BCI (ERP-based BCI) は内発的な脳波を用いていること、そして運動機能障害者への応用実績がある装置であり、障害者の生活の質の向上やリハビリテーションに貢献する技術である。ERP-based BCI において機械学習手法は脳の信号を識別し制御命令に変換する重要な役割を担う。近年、複数の識別器の結果を統合して識別を行う集合識別器が ERP-based BCI に応用され高い性能を示した。集合識別器は訓練データのばらつきに起因する誤差を低下させる手法であり ERP-based BCI に効果的である可能性がある。

本研究で上記の先行研究を踏まえ、その集合識別器をより実用的な手法にするため、実際に使用されている訓練データ数に近づけた場合によりよい性能を示すような手法であるオーバーラップト・パーティショニングを提案し、その性能を評価している。本論文は下記の全5章で構成される。

第1章では事象関連電位を用いたブレイン-マシン・インタフェースに関する研究動向について述べ、本論文の研究背景、研究意義及び目的を明らかにしている。

第2章ではBCIを構築する際に必要な脳信号計測手法や、脳波の種類、BCIの種類と応用についてまとめており、脳波を用いたBCIの基礎的な知見がまとめられている。

第3章では、ERP-based BCIの動作原理について詳細に記述している。装置を構成する方法や、脳波計測部位、刺激提示方法、識別器の学習方法、意思決定方法について述べ、脳波を計測してから制御命令に変換する一連の流れを説明している。

第4章では、ERP-based BCIの識別器を集合識別器に拡張し、提案手法であるオーバーラップト・パーティショニングにより学習した場合の性能の評価についてまとめている。集合識別器を学習する方法の一つに、与えられた訓練データを複数の訓練データ集合、すなわちパーティションに分解し、それらを持ちて集合識別器内の識別器を学習させる。このように訓練データをパーティションに分割する手法をパーティショニングと呼ぶ。先行研究では重複せず等しいサンプル数に分割するナイーブ・パーティショニングが用いられてきたが、実際に応用する際には訓練データが不足する可能性がある。本研究では重複して訓練データを分割するオーバーラップト・パーティショニングを提案し、900波形の訓練データを使用して評価を行ったものである。次元削減法の影響を調べるため、ステップワイズ法、主成分分析、そして次元削減を行わない場合についての評価が行われている。その結果、提案手法と次元削減を用いた場合、特にステップワイズ法を用いた場合に提案手法が最良となる場合があり、識別精度の向上が見られた。

第5章では、本論文の総括を行い、研究成果について結論している。

本研究で得られた成果は訓練データ数が少ない場合に集合識別器を実用する際に重要な知見を与える。訓練データが少ない場合においてもオーバーラップト・パーティショニングを用いればよく、そのことにより訓練時間の削減による被験者への負荷低減や、識別精度の向上によって正確に装置命令に変換することができるようになる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から、ステップワイズ法の特徴量次元は、パーティショニングに依存して変わるのか、本提案手法は他の事象関連電位にも使用できるのか、本提案手法を用いた応用事例として、どのようなものが考えられるか、などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足（明確）な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、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、論文調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。