

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 年 月 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 電子情報工学専攻 平成 23 年度入学 学籍番号 11834201 氏名 東 広志 印
主指導教員 氏 名	田中 聡久
論文題目	Study of feature extraction for motor-imagery EEG signals (運動想起脳波の特徴抽出に関する研究)
論文要旨 (2000 字程度)	
<p>頭皮上に設置された電極によって観測された信号（脳波）を用いて、人の脳状態を推定・識別するための信号処理手法を提案する。脳波から人の脳状態を識別する課題の解決は、脳信号を入力として用いるインターフェイスである Brain computer/machine interface (BCI/BMI) の実現や、脳信号を用いたリハビリテーション技術のために重要である。</p> <p>本研究における識別対象は、手足などの運動を想起するタスクを行ったときの脳状態である。タスクを行ったときに観測された脳波から、右手・左手・足といった運動想起部位の識別を行なう。運動想起によって脳波に観測される特徴として、運動野周辺の電極に観測される、ある特定の周波数成分のエネルギーの変化が知られている。この特徴を抽出するために、各電極に対してそれぞれ異なる重みを加える空間フィルタや、特定の周波数成分のみを通過させる周波数フィルタ、特徴が誘発された期間のみを切り出す時間窓が用いられる。これらのフィルタや窓の係数といったパラメータは、神経科学の知見に基づき、経験的に決定される場合が多い。例えば、電極の設置場所は運動野付近、周波数フィルタの通過帯域は、運動想起によってそのエネルギーが減少するとされるミュー波の帯域を含む 7Hz から 30 Hz 程度、時間窓はタスク開始の合図が出てから終わるまでに設定される。しかし、測定環境の違いや個人差によって最適なパラメータは異なる。このため、データに適したパラメータの決定法が必要である。</p> <p>本研究では、観測信号を用いた学習によって、これらのパラメータを決定する手法を提案する。提案手法は、2 クラスの運動想起タスク脳波識別の特徴抽出において、有効な空間フィルタを設計できることで知られる Common Spatial Patterns (CSP) 法の考えを拡張したものである。提案手法は次の手順を用いて信号を抽出する。まず、周波数フィルタとし</p>	

て、FIR (Finite Impulse Response) フィルタを適用する。次に、空間フィルタとして全ての電極信号に対する重み付き和を用いる。最後に、タスク開始指示後のある期間に観測された信号に対して、サンプルごとに通過・遮断を行なうための、バイナリ符号を持つ時間窓を適用する。これらの3つの要素(周波数・空間・時間)を持つフィルタのパラメータを決定するために、学習データとして、あらかじめ収集した、クラスラベルを含む脳波データを利用する。パラメータは、学習用の観測信号において、2クラス間の抽出信号のエネルギーの比が最大になるように決定される。この最大化問題に対して、各要素に対して交互に最大化を行なう方法を用いた近似解法を提案する。さらに、最適化対象であるFIRフィルタ係数において、複数のフィルタの係数ベクトルに対する直交制約を導入する。この直交制約を条件として含む最適化問題のために、順次最適化を用いた解法を提案する。これによって、提案法は、それぞれ異なる特性を持つ周波数・空間・時間フィルタの複数の組(フィルタバンク)を設計することができる。提案するフィルタバンクを用いることで、運動想起によって誘発されるそれぞれ異なる特徴を持つ成分を、個別に抽出することが可能になった。

また、脳波データの収集には長い時間を必要とするため、多くの学習サンプルを用意できないことがある。学習サンプル数が十分でない場合、パラメータ最適化において、解の過学習が起きたり、問題が不良設定になったりする可能性がある。このような問題を解決するために、空間フィルタ係数の最適化問題に対する正則化手法を提案する。ここでは、空間的に近い場所に位置する電極は共通の神経細胞による電気活動を観測することを仮定する。この仮定の下に、最適化問題において、提案する正則化は近接する電極での空間重みを加えたあとの信号が同じ値になるように働く。正則化によって電極配置情報といった前情報を最適化問題に加えることで、頑健な空間フィルタを設計することができる。

人工データを用いた実験によって、提案手法の解析を行なう。さらに、運動想起タスク脳波の識別実験を行い、提案手法はBCIの識別精度を改善することを示す。