

(様式 11)

平成 25 年 月 日

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	田中聡久	印
	副査	北澤仁志	印
	副査	関根優年	印
	副査	清水昭伸	印
	副査	近藤敏之	印

学位申請者	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
申請学位	博 士 (工学)
論文題目	Study of feature extraction for motor-imagery EEG signals
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>本論文は、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について論じている。</p> <p>Chapter 1 では、本論文で扱う運動想像時の脳波から脳状態を識別する問題の学術的意義と社会的意義について述べ、過去の関連研究について言及している。これを踏まえて、本研究で扱う課題である、識別における特徴抽出パラメータ設計に関する問題を設定している。具体的には、3 つの問題、(1) 周波数フィルタ、空間フィルタ、時間窓の同時設計、(2) 複数の特徴成分の個別抽出、(3) パラメータ最適化における過学習、を挙げている。問題 (1) は、個人によって反応時間が異なるにも関わらず、時間窓を考慮してパラメータを設計していないことを指摘している。問題 (2) は、運動想起によって複数の成分の変化が誘発されていることが、抽出モデルに考慮されていないことを指摘している。問題 (3) は、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を指摘している。これらの問題の解決手段を述べた上で、論文の構成を示している。</p> <p>Chapter 2 では、脳情報の観測方法について述べ、本論文で対象とする脳波の利点と欠点を述べる。さらに、脳波識別の応用技術の一つである Brain Machine Interface (BMI) の仕組みやその先行研究について述べている。</p>	

(様式 11)

論文審査要旨

Chapter 3 では、BMI に用いられるタスクの一つである運動想起によって誘発される脳波特徴と、その特徴抽出法を述べている。運動想起によって脳波に観測される特徴として、ある特定の周波数帯域のエネルギーの変化を挙げている。この特徴を抽出するために、周波数フィルタや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。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。そのため、観測データに利用したパラメータ設計手法がいくつか提案されている。本章では、このような方法の1つとして、有効な空間フィルタ設計法である Common Spatial Patterns (CSP) 法が紹介されている。さらに、CSP に基づく、空間フィルタと周波数フィルタを同時に設計する方法が示されている。

Chapter 4 では、問題 (1) と (2) を解決するために、観測信号を用いた学習によって、空間-時間-周波数フィルタバンクを設計する手法を提案している。提案手法は、空間フィルタ、周波数フィルタ、時間窓の3つを一つのフィルタセットとしている。さらに、フィルタセットを複数個並列に並べたフィルタバンクを定義し、特徴抽出に用いている。フィルタバンクのパラメータは、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。さらに、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。この最大化問題に対して、順次最適化と交互最適化を用いた近似解法が提案されている。人工データを用いた実験によって、提案手法の性能が実験的に示されている。さらに、運動想起タスク脳波の識別実験によって、提案手法は運動想像時脳波の識別精度を改善することが示されている。

Chapter 5 は、問題 (3) を解決するために、脳波電極間の距離情報を利用した正則化を提案している。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している。この仮定の下に、最適化問題において、近接する電極に対する重み係数や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を提案する。人工データを用いた実験と運動想起タスク脳波の識別実験によって、提案手法は、少ない学習サンプルでのパラメータ設計という状況において、識別精度を改善することが示されている。

最後に、Chapter 6 では、本論文の学術的貢献と、得られた知見についてまとめている。さらに、本章ではこの研究を通して明らかになった学術的課題を述べている。

本研究により、運動想像時脳波識別におけるパラメータ設計という問題において、新しい枠組みと方法が提案され、実験によってその有効性が実証された。脳波から脳状態を識別する技術は、身体障害者のためのインターフェイスや、バーチャルリアリティのためのインターフェイス、またリハビリテーションなどにおける発展が大きく期待される研究テーマであり、本研究はこの分野に学術的貢献をしていることが確認できる。したがって、博士学位を付与するに値すると判定した。