

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	叶賀卓
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 満倉 靖恵
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 村上 俊之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 岡田 英史
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 青木 義満
(論文審査の要旨)			
<p>学士（工学）、修士（工学）叶賀卓君提出の学位請求論文は「An Accurate Removal of Eyeblink Artifact from Single-channel Electroencephalogram by Supervised Tensor Factorization（教師付きテンソル分解を用いた単極脳波信号に対する高精度な瞬目アーチファクト除去）」と題し、7章から構成されている。脳活動をイメージングする技術は、ここ数十年間で注目を浴び続けている。近年では信号処理技術によって、脳波信号から得た特徴の提示や得られた特徴をコマンドとし、外部機器操作を行うブレインコンピュータインタフェースなどへの応用が増加している。この中で、計測用の電極が1つである単極脳波計は、利用者に対する精神的ならびに肉体的な負荷を軽減できることから、インタフェース向上やシステム改善への貢献が期待されている。しかしながら、単極脳波計を用いた場合、瞬目アーチファクトの混入が大きな問題となっている。そこで本研究では、瞬目アーチファクトを高精度かつ自動で処理できる新しい手法を提案している。</p> <p>第1章は序論を述べている。実環境下で計測を行う場合、開眼状態で脳波計測が行われることが望ましい。しかしながら、開眼状態で計測する場合、瞬目アーチファクトが、皮膚を通じて脳波信号に混入する。瞬目アーチファクトは、周波数が脳波信号と酷似しているため、混入されるとアーチファクトを脳波信号として扱ってしまう場合が少なくない。これらの点を考慮した背景および本研究の目的を述べている。</p> <p>第2章では、脳波信号および瞬目アーチファクトの発生機序に関して詳細に述べている。また、それぞれの発生源である脳および眼球に着目した生物学的な知識を記している。</p> <p>第3章では、工学的な知識として、アーチファクト除去の関連研究と本論文の位置づけを記している。脳波信号とアーチファクトの分解は、信号分解問題を解くことに他ならない。そこで、多極脳波信号および単極脳波信号に対する信号分解手法やアプローチの相違点を数式モデルに基づいて述べている。また、提案手法で用いるテンソル分解の特徴と利点を述べている。</p> <p>第4章では、単極脳波計測によって得られる統計的な値が1種類の信号に対して、効率的に教師付き学習を行うために、瞬目が脳波信号に与える影響を調査している。本研究によって、瞬目が脳波信号に与える影響の時間と周波数に関して、(1) 随意性と不随意性による影響は全脳部位で有意に異なる、(2) 瞬目が脳波信号に与える影響は約4秒継続する、(3) 4回符号反転をすることで影響は収束する、という3つの特徴を発見している。これらを既知の統計的な値として与えることは、高精度かつ自動で処理できる瞬目アーチファクト除去手法考案の一助となっている。</p> <p>第5章では、第4章で得られた統計的な値をテンソルとして教師値とした、教師付きテンソル分解を用いた瞬目アーチファクト除去手法を提案し、その精度を従来の手法と比較検討している。単極脳波信号を用いる従来手法では、複数成分への信号分解、分解した成分の自動判定、さらに分解した信号から脳波成分のみを用いた自動信号復元が課題である。本研究ではこれらをすべて解決し、主要な8つの従来法と比較した中で、最も高精度な信号復元精度が、単極脳波信号のみから得られることを示している。</p> <p>第6章では、第5章の手法を実際に単極脳波解析に適用している。さらに、瞬目アーチファクト除去を行わなかった場合と比較している。その結果、瞬目アーチファクトを適切に除去することで、分類精度が約30%向上することを示している。</p> <p>第7章では、本論文の結論を述べ、全体を総括している。</p> <p>以上要するに、本論文では単極脳波計における大きな問題点である瞬目アーチファクトを高精度かつ自動で処理できる新しいシステムを確立することに成功し、生体信号計測分野の発展において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（システム統合工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		