

氏名・(本籍)	Guangyi Ai ( 中国 )		
学位の種類	博 士 ( 工 学 )		
学位記番号	生工博甲第262号		
学位授与の日付	平成28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	Development of EEG Measurements Coupling with Ocular Information Toward Daily Use Free-Viewing Applications (自然視条件下脳波計測の精度向上を可能にする眼球運動情報を用いた解析方法に関する研究)		
論文審査委員会	委員長	教授	石井 和男
		”	森江 隆
		”	古川 徹生
		”	夏目 季代久
		”	田中 啓文

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、自然視条件下で脳波計測する際に問題となる眼球運動由来のノイズ除去において、従来から用いられる信号解析の **Linear Regression** 法に対し、眼球運動の方向と視線が動く領域を特定して個別解析することで、脳波に混在した眼電位をより高い精度で除去可能と仮説を立て、脳波実験計測において同解析法を導入し仮説検証した。眼球運動由来ノイズは、時空間ダイポールモデルで説明できることから、個別解析で得た係数の補間により任意の視線領域の係数を適応的に導出可能となり、自然視条件下での脳波計測の展望が得られたことを示すものである。

学位論文は、序論として、研究概要、研究背景・目的から、近年注目される自然視条件下での脳波計測に焦点をあて、眼球動作時の脳波計測の問題点と課題を取り上げている。仮説として、本研究の中心課題である眼球運動の方向と視線が動く領域を特定した個別解析が、脳波に混在した眼電位をより高い精度で除去可能であり、個別解析で得た係数の適用により中心視により補正された眼球由来ノイズの除去よりも有効な手法であることが述べられている。論文構成は、第2章として脳波計測におけるノイズの問題、第3章としてノイズ除去のための信号処理技術、第4章として提案方法の実験的検証、続章で眼球運動の方向と視線が動く領域を特定した個別解析と従来法の比較検証が詳解、分析され、最終章で考察と今後の展望がまとめられている。

第3章では、**Linear Regression** 法を分析し、従来研究では、眼球運動方向3次元性を考慮したモデルについて議論し、視線が動く対象領域と眼球運動の方向を総合的に導

入することが可能であることを、Plöchl らの先行研究を検討し、分析している。第4章では、眼球運動の方向と視線が動く領域を特定した個別解析を実験検証する12方向の新たなサカード課題の提案から、Linear Regression 法による分析までが定式化されており、脳波トポグラフィによる分析ならびに Linear Regression 法の係数において、眼球運動の方向と視線が動く領域によって差異が存在することが、統計的優位差により示されている。

差異存在の仮説検証に加え、提案方法によるノイズ除去の有効性検証のため、サンプル一個抜き交差検証 (Leave-one-out Cross Validation) が続章で解析され、中心視による補正を行う従来法と、本研究における眼球運動の方向と視線が動く領域を特定した個別解析の結果を比較し、統計的優位差を示し、ことに側部領域の脳波計測チャンネルにおいて従来法よりも約10%性能向上することが示されている。

本研究の提案解析手法は、自然視条件下で脳波計測する際に問題となる眼球運動由来のノイズ除去において、BCIなどで計算負荷が小さいために簡便に用いることができる Linear Regression 法においてノイズ除去性能を向上させ、眼球運動由来ノイズを時空間ダイポールモデルでより詳細に説明できる現象論が示され、自然視条件下での脳波計測の展望が得られたことを示すものである。

## 学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から脳波計測データの左右の偏りが認められる理由、従来法と比較し10%の性能向上が妥当なものかどうか、あるいはどのような条件下で有効といえ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、BCIなどリアルタイム計測におけるノイズ処理への応用の展望、学習・適応的ノイズ除去手法と身体動作を反映した信号処理との比較など、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。