

氏名	齋藤 淳		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博 甲 第 7 9 3 6 号		
学位授与年月日	平成 2 8 年 9 月 2 3 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	脳波と脳ヘモグロビン濃度の同時計測を可能とするウェアラブル・ハイブリッド脳活動計測法		
主査	筑波大学 教授	工学博士	山海 嘉之
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	葛岡 英明
副査	筑波大学 教授	Ph.D.(工学)	堀 憲之
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	鈴木 健嗣
副査	筑波大学 准教授	博士(医学)	鶴嶋 英夫
	(人間総合科学研究科)		

## 論文の要旨

本研究では、脳活動を利用する様々な領域に貢献できるウェアラブルな脳活動計測の実現を目指し、脳波と脳ヘモグロビン濃度の同時計測を可能とするウェアラブル・ハイブリッド脳活動計測法を提案・開発することを目的としている。本研究の目的を達成するために、従来存在しなかったセンシングデバイスとして、脳波計測機能と脳ヘモグロビン濃度計測機能を単一のセンサプローブに集約したハイブリッド小型センサモジュールを提案し、当該提案モジュールを実現するために、脳波計測のためのアクティブ電極を研究開発するとともに、ヘモグロビン濃度計測に特化した光半導体のシリコンウェハを新規に準備することで酸素飽和度の影響を受けず脳の総ヘモグロビン濃度計測技術の研究開発する。当該ハイブリッド小型センサモジュールは、高感度での脳波計測を可能とするアクティブ電極、ヘモグロビン濃度計測に特化した光半導体で構成される光センシング部、高性能プリアンプを基本ユニットとして構成される。この基本ユニットの基本性能を検証した後、これらを用いて、脳波と脳ヘモグロビンを同時計測可能な小型でウェアラブルな脳活動計測システムのプロトタイプを開発した。基礎実験により、当該センサモジュールは脳活動計測に必要な基本性能を有することを確認した。また、実際の脳活動計測実験として、脳活動に伴う脳波( $\alpha$ 波)の時間周波数変化と前頭前野の脳ヘモグロビン濃度の変化の計測実験を行い、両者が明確に計測可能であることを確認することができた。これらの評価試験を通して、提案・研究開発した脳波と脳ヘモグロビン濃度の同時計測が可能なウェアラブル・ハイブリッド脳活動計測法の有効性を確認することができた。

本研究で提案・開発したウェアラブル・ハイブリッド脳活動計測法が広く社会に実装されることにより、脳に関連した様々な健康リスクを軽減でき、人々のより健康的な生活の実現に貢献できると期待される。

## 審査の要旨

### 【批評】

本研究では、うつ病・睡眠障害・てんかん等の脳疾患といった脳活動に関する健康リスクを早期発見することを可能とすることを目指し、日常的に脳波および脳血流（脳ヘモグロビン濃度）を同部位で同時計測することが可能な新しい計測技術・手法の研究開発を行っている。従来、脳波計測は大型の医療機器であり病院内のシールドルームで計測されてきた。また、近年登場してきた脳血流を捉えるための脳ヘモグロビン濃度計測に関しても、光ファイバで連結された大型の医療機器として病院内で活用されてきた。これらは、高価で大型であるため、日常的に脳活動の重要な情報である脳波と脳ヘモグロビン濃度の変化を捉えることは不可能であった。さらに、別々の装置であるため、脳活動に伴う脳波と脳ヘモグロビンの変化の関わりを研究するための同時計測は極めて困難な状況でもあった。

本研究では、脳ヘモグロビン濃度計測のための特殊波長の光半導体をシリコンウェハーレベルから準備し、これを脳ヘモグロビン濃度の計測に特化したセンサモジュールとして研究開発している。さらに、この提案・開発した脳ヘモグロビン濃度計測センサモジュールに、脳波計測のための電子回路と電極で構成されるアクティブ電極化機能を組み込み、世界に類のない脳波と脳ヘモグロビン濃度を同部位で同時計測できる小型センサモジュールとして研究開発することに成功している。基礎実験と人への適用試験を通して、提案技術・手法の有効性を確認することで、脳活動計測に関して、工学的に新しい手法を提案・実現し、ウェアラブル・ハイブリッド脳活動計測手法として研究成果をまとめている。脳活動の計測を必要とする臨床活用や脳科学研究における様々な展開に加え、当該新技術を用いた新領域開拓への展開が期待される。

本研究は、工学的にも医学的にも社会的にも先進的かつ有用な研究であり高く評価され、博士論文として相応しいと判断される。

### 【最終試験の結果】

平成28年8月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。