

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	坂上 友介 (さかうえ ゆうすけ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1069 号
○授与年月日	2015 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	分圧抵抗スイッチング電極による生体内電気信号の信号源推定 に関する研究
○審査委員	(主査) 牧川 方昭 (立命館大学理工学部教授) 小西 聡 (立命館大学理工学部教授) 手嶋 教之 (立命館大学理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

本論文では、分圧抵抗スイッチング電極による生体内電気信号の信号源推定方法について論じている。この方法では、生体信号源を電圧源、生体組織を抵抗素子から構成される電気回路網と仮定し、信号電極間に分圧抵抗を接続/切り離しを高速にスイッチングすることで、信号源に関する電圧情報と位置情報を同時に取得する方法を検討している。電圧のみを用いる従来方法よりも少ない電極数での信号源推定が可能となるとしており、信号源推定システムの開発を最終目標として、論文では基礎的な検討をしている。

まず、分圧抵抗スイッチング電極を利用した新しい生体内部抵抗計測方法を提案しており、下肢の浮腫に着目し、細胞外液の貯留に伴う生体内内部抵抗の変化が定量的に計測できることを示している。次に、脳波の聴覚性誘発電位に着目し、分圧抵抗を高速に切替可能な計測システムを開発し、この誘発電位の P300 成分の発生が脳の深部にあることを示している。更に、ラプラス方程式から導いた信号源によって生じる体表面電位分布の理論式と、鳳 - テブナンの法則を利用して算出された生体内内部抵抗を組み合わせた信号源推定理論を考案し、信号源が存在する曲面方程式を求めると共に、複数の信号電極から得られた曲面の交点として信号源が推定できることを水槽実験で確認している。最後に、この理論式を用い、体表面心電図による心臓信号源の推定方法を適用し、心臓電気生理学の知見に一致する場所に R 波の推定された信号源位置が求まることを実証している。

<論文審査の結果の要旨>

本論文の取り扱っている分圧抵抗スイッチング電極は、従来の皮膚表面に現れる電位を利用する方法と異なり、分圧抵抗を電極間に適用することによって生体信号源の電圧と位置情報を同時に取得する新しい試みあり、以下の3点において評価できる。

第1に、電極間に分圧抵抗を設置することによって、生体内部抵抗の変化を計測する方法を提案しており、下肢の浮腫に着目し、細胞外液の貯留に伴う生体内内部抵抗の変化が定量的に計測できることを示している。

第2に、分圧抵抗のスイッチングを生体信号の変化に比して高速に行うことができるシステムを開発し、脳波を対象に、サンプリング時点の分圧抵抗による分圧電圧と、開放電圧を同時に計測できることを実証している。また、開発システムによって脳波の聴覚性誘発電位のP300成分の発生が脳の深部にあることを明らかにしている。

第3に、ラプラス方程式から導いた信号源によって生じる体表面電位分布の理論式と、鳳-テブナンの法則を利用して算出された生体内内部抵抗を組み合わせた信号源推定理論を考案し、信号源が存在しうる曲面方程式を求めると共に、複数の信号電極から得られた曲面の交点として信号源が推定できることを水槽実験で確認している。また、心電図のR波を対象に、同推定方法で信号源位置を推定し、生理学的な心室表面での電位分布に一致した推定が出来ることを明らかにしている。

本論文の審査に関して、2015年7月25日(土)10時30分~11時30分イーストウイング4階機械システム系演習室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者坂上友介に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、電極の設置方法、従来の脳機能計測との違い、計測精度などに関する質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科機械システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士(工学 立命館大学)」の学位を授与することが適当であると判断する。