

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	歩行のための皮質電流源推定に基づく脳信号デコーダ
Title(English)	A Brain-signal Decoder Based on Cortical Current Source Estimation for Walking
著者(和文)	MejiaT. Alejandra
Author(English)	Alejandra Mejia Tobar
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11008号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉村 奈津江,小池 康晴,熊澤 逸夫,中村 健太郎,金子 寛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11008号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Alejandra Mejia Tobar	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	吉村 奈津江	准教授	審査員	金子 寛彦	教授
	審査員	小池 康晴	教授			
		熊澤 逸夫	教授			
		中村 健太郎	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A brain-signal decoder based on cortical current source estimation for walking」と題し、英文5章からなっている。

第1章「序論 (Introduction)」では、まず研究背景として、歩行障害の原因となる片麻痺が脳卒中、両麻痺が脊髄損傷により起こり、歩行をサポートする手段として、車椅子、機能的電気刺激、足に装着する外骨格スーツがこれまで利用されている他、近年の取り組みとしてブレイン・コンピュータ・インタフェースが注目され始めていることを述べている。そしてブレイン・コンピュータ・インタフェースは、頭で考えただけで、車椅子や外骨格スーツなどこれまで使われていた手段を制御できるため、麻痺度の重篤な患者にも適用できる可能性があるが、脳を傷つけない非侵襲的な計測方法では時間分解能と空間分解能の両方を兼ね備えた手法がなく、歩行における足の左右や角度の違いまでを判別できるほどの精度が得られないことから、脳波の信号源を推定することが有効であると述べている。また、脳波の信号源を推定する手法として階層変分ベイズ法: Variational Bayesian Multimodal Encephalography (VBMEG) を紹介している。また、数多くの信号源から識別器を作成するために、スパース推定手法を用いたと述べている。最後に、非侵襲の脳波計測手法を用いて、外骨格ロボットや機能的電気刺激を用いてブレイン・コンピュータ・インタフェースを作成することが本論文の目的であると述べている。

第2章「実験方法と前処理 (Experimental and Preprocessing Methods)」では、本論文で用いる実験デザインと信号処理の手法について説明している。一つ目の実験では、脳波から足首の曲げ伸ばしを識別するために、左右の足首を異なる強さで屈曲伸展した時の脳活動を、核磁気共鳴画像法 (MRI) を用いて脳画像を撮像するために必要となるプロトコルを説明し、VBMEG に利用するための前処理手法について詳細を述べている。また、信号源を推定するために、同様の実験中の脳波を計測し、信号源推定を行う処理方法について述べている。さらに、第3章、第4章で行う実験手法について説明している。

第3章「足首の識別タスク (Classification of Motor Tasks in the Ankle)」では、第2章で説明した VBMEG を用いた信号源推定において、事前情報として MRI 画像を用いて確定した位置の情報と機能的画像について全ての実験参加者を基に決定した結果を示している。また、脳波のセンサデータを直接用いて識別した結果と信号源を推定してから識別した結果を比較し、信号源推定を用いた手法が有意に推定精度が高かったと述べている。さらに、識別器の重みを解析することで識別するために利用された信号源が、一次体性感覚野、一次運動野、運動前野、補足運動野に広がっていることを確認している。

第4章「推定精度に関する脳波電極数の影響 (Effect of the Reducing Number of EEG Electrodes on the Classification Accuracy)」では、ブレイン・コンピュータ・インタフェースを一般的に利用するためには、できるだけ少ない電極で利用できることが重要であると述べている。また、信号源を推定する場合においても MRI を利用しない場合でも推定できることが重要であると述べている。このことを確認するために、全脳を対象として活動レベルも均一と仮定した場合の推定精度を比較している。脳波の電極数に関して、32、16、8個の場合と8個の場合の電極配置の違いについて比較した結果、16チャンネルの脳波信号であれば、信号源推定を行なった場合には、識別精度が60%以上となり、脳波のセンサデータを用いた場合の識別精度20%程度よりも高くなることを示している。さらに、電極数8個の脳波信号であっても全脳をカバーするように電極を配置した場合には識別率が高くなることも確認している。

第5章「まとめ (General Discussion)」では、本論文で得られた結果をまとめ、本手法の限界を議論している。また、実際の応用に関して MRI を利用せず信号源推定を行う必要性と、オンライン識別を実現することが今後の課題であると述べている。

以上を要するに、本論文では歩行中の脳波信号から信号源を推定して足首の運動を推定することを目的とし、MRI の事前情報の検討や電極数の削減などを検討し、非侵襲ブレイン・コンピュータ・インタフェースの構築を行い、推定された信号源の位置の分布と精度の関係を詳細に議論したものであり、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(学術)の学位論文として価値あるものと認められる。