

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	皮質脳波を用いた上肢ブレイン - マシン - インタフェース
Title(English)	Upper limb brain machine interface based on electrocorticography signals
著者(和文)	陳超
Author(English)	chao chen
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9600号, 授与年月日:2014年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 康晴,佐藤 誠,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9600号, Conferred date:2014/6/30, 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	陳 超	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小池 康晴	教授	金子 寛彦	准教授
	審査員	佐藤 誠	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)

脳の計測装置の開発や機械学習のアルゴリズムの進展から、脊髄損傷など身体機能が麻痺した患者への応用を目的とし、近年、脳活動から運動意図や運動の時系列パターンを推定することにより、コンピュータやロボットを操作するブレイン・マシン・インタフェース (BMI) の研究が盛んになっている。本論文は、「Upper limb brain machine interface based on electrocorticography signals (皮質脳波を用いた上肢ブレイン・マシン・インタフェース)」と題し、脳活動から運動を推定する BMI の研究に関し、サルの手先の位置や把持力を皮質脳波 (ECoG) を用いて推定した結果について述べたもので、英文全 6 章で構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、BMI 研究の背景と現状、針電極などを用いた侵襲性のある BMI、脳波などを用いた非侵襲な BMI、さらに、本論文で使用している脳の表面に留置する電極を用いる低侵襲 BMI の特性について述べている。また、BMI は、機能回復のための研究だけではなく、脳の運動機能を解明するための手法として、脳科学の研究としても重要な役割を果たしていると述べている。そして、多自由度の運動を推定し、上肢到達運動や把持運動を精度よく推定する方法を開発するため、どのような情報が運動を推定するために必要であるかを解析することが本論文の目的であると述べている。

第 2 章「Related research and methods based on ECoG signals (ECoG 信号を用いた関連研究とその手法)」では、ヒトやサルを対象とした ECoG を用いた BMI の特徴パラメータや、動きを推定するデコーディング手法を比較し、本論文の位置づけを示している。また、使用する特徴パラメータやデコーディング手法である Partial least square regression (PLS 回帰分析) と Sparse linear regression (スパース線形回帰) についてその計算手法を述べている。

第 3 章「Prediction of hand trajectory from ECoG signals (ECoG 信号を用いた手先の軌道推定)」では、2 頭のサルの一次運動野から 15 あるいは 32 チャンネルの ECoG を用いて手先の軌道を推定した結果について述べている。また、電極の位置や個数による推定精度の違いを詳細に調べ、中心溝に沿った電極が最も推定に寄与していること、さらに、電極の数を増やしても推定精度はその数に比例して高くなり、

10個程度の電極で最も高い精度を示すと述べている。特徴パラメータについても、デコーダの重みを解析することで、1.5 Hz~4 Hzの δ 波と90 Hz以上の γ 波が重要な情報を含んでいることが示唆されたと述べている。

第4章「Prediction of grasp force profile from ECoG signals (ECoG信号を用いた把持力の推定)」では、2頭のサル的一次運動野から15あるいは16チャンネルのECoGを用いて把持力を推定した結果について述べている。把持力を力センサで計測することにより、把持力の大きさだけでなく、その時間的な変化も記録し、推定を行っている。さらに、電極の位置や特徴パラメータについても手先の軌道推定と同様、90 Hz以上の γ 波が重要な情報を含んでいることが示唆されたと述べている。

第5章「Perspective of brain research and interface development with ECoG signals (ECoG信号を用いた脳研究やインタフェース開発の展望)」では、今後の展望について述べている。電極開発については、多チャンネル化が進むこと、全脳をカバーする高密度多チャンネル電極の方向性について述べている。さらに、多くの情報が記録された場合、すべての電極を使えば良い結果が得られるわけではないため、運動推定アルゴリズムの重要性を指摘している。また、脳研究の今後の課題について、一つ一つの神経活動を計測するレベルから行動を推定するレベルまでを考慮に入れ、ECoGの利用も含めて展望を述べている。

第6章「Conclusion (まとめ)」では、本論文をまとめ、今後の課題を述べている。

以上を要するに本論文は、ECoGを用いてサルの3次元の手先運動と把持力を精度よく推定し、推定精度に影響が大きい電極の数や位置、周波数などの特徴を詳細に調べたものである。さらに、低侵襲なBMIの実現可能性や、脳の運動に関わる一次運動野の情報表現に関する考察により、ECoGによるBMIの新たな可能性を示したことなど、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)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。