

Title	Neural decoding using gyral and intrasulcal electrocorticograms
Author(s)	柳澤, 琢史
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/54111">https://hdl.handle.net/11094/54111</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【18】

氏 名	やなぎ きわ たく しみ 柳 澤 琢 史
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 3 4 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 医学系研究科外科系臨床医学専攻
学 位 論 文 名	Neural decoding using gyral and intrasulcal electrocorticograms (脳表および中心溝内皮質脳波による神経情報復合化)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 峰 俊 樹 (副査) 教 授 佐 古 田 三 郎 教 授 山 下 俊 英

## 論文内容の要旨

### 〔 目 的 〕

脊髄損傷や筋委縮性束索硬化症などによる重度閉じ込め症候群患者の運動機能再建やコミュニケーションツールとして、Brain machine interface (BMI)技術が注目されている。BMIは、体を全く動かさない患者の脳信号から、その患者の意図を推定し（復号化、decoding）、それに基づいてコンピュータやロボットなどの外部機器を制御する技術である。近年、脳信号から多くの情報を正確に抽出する復号化技術が発達したことでBMIは飛躍的に進歩を遂げ、ヒトでの臨床研究がなされるようになった。

復号化に適した脳信号としては非侵襲的に頭皮に電極を貼付して計測する頭皮脳波（Electroencephalogram: EEG）、侵襲的に頭蓋内の脳表面に電極を貼付して計測する皮質脳波（Electrocorticogram: ECoG）、脳に剣山状の微小電極を刺入して個々の神経細胞活動を記録するmulti-unit法などがある。皮質脳波は頭皮脳波と比較して、信号の減衰・歪みが少なく、多くの情報を復号化できる。またmulti-unit法と比べて信号安定性に優れ、長期に安定した計測ができるため、臨床応用可能なBMIのための脳信号として期待されている。

特に一次運動野上から記録した皮質脳波は、運動意図の予測に優れ、2次元平面上での腕の軌跡を皮質脳波だけから正確に推定するなど、BMIの脳信号として有用であることが示されている。しかし、ヒトの一次運動野は中心溝の中に入り込んで存在しているため、単に脳表へ留置した電極では、これまで中心溝内の一次運動野活動を計測できなかった。本研究ではヒトの中心溝内に電極を留置して中心溝内皮質脳波を計測し、BMI脳信号としての有用性を検討した。

### 〔 方法ならびに成績 〕

脳表および中心溝内へ硬膜下電極を留置した難治性疼痛患者5名に協力を得た。電極は大脳皮質刺激療法（motor cortex stimulation: MCS、大脳皮質運動野を電気刺激することで卒中後疼痛や幻肢痛などの難治性疼痛を軽減する治療法）の為に留置した。中心溝内運動野側に4極（‘中心溝M1’）、感覚野側に4極（‘中心溝S1’）、脳表の感覚運動野に12～20極の電極（‘表面’）を留置した。患者が3種類の四肢運動課題（拇指屈曲、握手、肘屈曲）を施行し、その際の皮質脳波を記録した。上肢に麻痺がある2人の患者には、実際に施行するつもりで運動を想像して頂いた。

記録した皮質脳波を運動前後の1秒間で切り出して規格化した。更に50msずつスライドする100msの時間区間で電極毎に平均し平滑化した。これを入力（特徴量）として、パターン認識プログラム（linear support vector machine (SVM)を基に作成）を用いて弁別した。つまり運動1回毎の皮質脳波から施行した運動を推定した

患者が運動課題を施行している際の皮質脳波から、施行した3種の課題を推定した結果、運動1回毎の皮質脳波だけから、実行もしくは想像した運動を70-90%の精度で推定することができた（偶然での一致確率、33%）。また、中心溝M1の4極を用いるだけで、留置した全電極（12～20極）を用いた場合とほぼ同等の推定精度を得ることが出来た。電極の数を調整し、脳表から運動推定に寄与していると考えられる4極（脳表4極）を選び、中心溝M1及びS1と比較したところ、中心溝M1が統計学的に有意に高い推定精度を示した。また、正答率は運動開始直前直後のデータを利用した場合が最も高かったが、運動開始より700ms前の中心溝M1信号を用いた場合でも有意に偶然の一致確率より高い正答率が得られた。

### 〔 総 括 〕

中心溝内運動野の皮質脳波を用いることで、運動の意図、あるいは、準備状態の内容をより高精度に復号化できることを示した。独自開発した中心溝内電極が運動内容の復号化によるBMIに有用であることが示唆された。ヒトの一次運動野の皮質脳波を中心溝内も含めて解析した研究はこれまでにない。今後、より高性能で実用的なBMIを開発するためには、中心溝内運動野に注目した研究が重要になると考える。

## 論文審査の結果の要旨

Brain-machine interface (BMI)とは脳信号だけで思い通りに機械を制御する技術であり、体が動かさず意思疎通困難な患者のQOLを改善する技術として期待されているが、ヒトではまだ実用化されていない。本研究では脳表電極留置患者を対象として、3種類の四肢運動を施行もしくは想像する際の脳表脳波を計測し、support vector machineという機械学習プログラムを用いて、脳表脳波だけから逆に運動内容を推定した。特に、一次運動野が多く分布する中心溝内から脳表脳波を計測し、運動推定精度を比較検討した。その結果、中心溝前壁（運動野）の脳表脳波は、他の部位と比較して有意に高い精度で運動内容を推定できた。また、運動開始700ms前でも運動の推定が可能であった。これらの結果は運動情報の最終出力部位としての中心溝内運動野の特性を反映するものと考えられた。上肢の運動内容を高精度で推定し、中心溝内電極がBMIに有用であることを示した研究はヒトでも動物でも初めてであり、本研究は学位に値するものと認める。