

論文和文概要

(2000字程度)

報告番号	甲第	19	号	氏名	吉岡 将孝
------	----	----	---	----	-------

近年、人の脳情報を活用した Brain Machine Interface (BMI) によるロボット操作技術の研究が進められている。光や音による刺激に対する脳の反応や運動想起などの自発的な脳活動を利用したコンピュータカーソル・電動車いす・ロボットアームの操作の研究および実用化がされている。

そして、体が動かすことが出来なくなった肢体不自由者に対して、BMI を活用して脳情報を用いて外骨格ロボットを操作し、歩行や物体把持が行われている。さらに、まひの部位を外骨格ロボットによって動かすリハビリテーションの応用の研究もされており、医療・福祉分野での応用が期待されている。本研究では、障害者の脳波で外骨格パワーアシスト装置による動作支援を行う BMI パワーアシストシステムの構築を目的とする。これまでの外骨格パワーアシスト装置を操作する信号は力/トルクセンサや筋電位センサから取得されているのが主流であったが、身体障害者ではその信号となる力や筋電位を十分に発生させることは困難であるため、外骨格パワーアシストを行うことが出来ない。そこで、筋電位の代わりに脳波から関節トルク情報を抽出し、外骨格ロボットの制御信号として使用することで、身体障害者でもパワーアシストを実現することが可能となると考えられる。

本論文では、まず脳波から運動に関する特徴量の抽出を行う。閉眼時、開眼時、運動時の α 波・ β 波における変化を観測する。そこで得られた α 波・ β 波のパワースペクトルの変化は計測点1点による解析ではタスク間で異なる変化を見せ、脳の左右差の解析においても、左腕の運動に関するタスク時に左脳側のパワースペクトルが大きくなることが観測された。そして、得られたパワースペクトルの特徴をマハラノビスの汎距離を用いて判別器を生成し、運動の有無の判別を行った。

次に、それらの得られた脳波の特徴量と人の運動と関連している筋電位を主成分モデルを用いて脳波・関節トルク間の線形モデルを作成し、脳波からの関節トルクの推定を行う。これまでの運動情報の推定には脳波との線形モデルを用いられてきたが、作成されたモデルは時系列線形モデルとなっており、歩行などの周期性のある運動にしか適応せず、また、多くのパラメータが必要となっていた。さらに、これまでの手法ではタスクごとにパラメータを学習しており、学習したタスクと異なるタスクを行った場合は再構成の精度が落ちる傾向がある。そのため、タスクに影響されないパラメータの逐次更新方法を導入する必要がある。したがって、得られた線形モデルを障害者に適応させるための手法として、ロボットアームから得られる角度情報を用いて逐次最小二乗法の教師信号を生成し、脳波・関節トルク間の線形モデルの更新を行った所、オフライン推定で計測された筋電と高い相関を得ることが出来た。

そして、脳波・関節トルク間の線形モデルを生成するためには、脳波から関節トルクとの線形関係のある特徴量が必要であることがわかった。 α 波・ β 波のパワースペクトルは運動に関連していることが分かったが、線形関係のある信号とは言えなかった。そのため、逐次最小二乗法による線形モデルの収束解を得ることが困難であった。そこで、本研究では α 波・ β 波のパワースペクトルの周期の変化に着目し、新たな特徴量を算出を行う。運動に関する脳波に対して新たな解析手法となる周期パワースペクトル解析を行い、特徴を抽出した。その結果、筋電位を使ってロボットアームを動かした際に α 波と β 波の変動は各計測点において α 波では20-25Hz、 β 波では10-15Hzの帯域で運動に関連していることが確認された。そして、主成分分析による脳波の周期パワースペクトル・関節トルク間の線形モデル作成手法を作成し、さらに、本手法を用いた脳波からの関節トルク推定、また得られたトルクからロボットアームを動かす実験を行い、その有効性を確認した。