

研究テーマ     インテリジェント F E S システム基盤技術の開発  
                  ( 随意的 F E S 機器制御のための脳波解析と信号処理方式の開発 )

研究者         加納慎一郎         東北大学大学院工学系研究科         客員研究員

## 1 フェーズ

### (1) 研究の概要

FES による麻痺肢制御のためには、刺激装置に患者の意図を伝達する必要がある。しかし FES の適応対象が頸髄損傷による四肢麻痺のように重篤な患者である場合には、刺激装置に与える患者の随意的な意思を反映した生体情報に限られてしまうために、思うような制御をすることが困難であった。そこで本研究では、四肢麻痺患者の脳波から制御命令を取得する新しいインターフェースの実現可能性を検討する。脳波の特定周波数帯域成分から外部機器の随意的な制御命令を取得するために必要な解析・処理方式、およびこの手法の FES システムへの適用可能性について考察する。

### (2) 研究の目標

Brain-Computer Interface (BCI) という名称で呼ばれる、脳波などを用いたヒト・コンピュータ間インターフェースについて、用いられる方式、特徴、性能、現状での問題点の観点から先行研究の動向調査を行い、それらの手法に基づいた予備的実験を行う。また、システム実装を想定して実時間動作が可能な計測・処理系を構築する。

### (3) 実施内容

BCI に関する文献調査を行い、さまざまな手法の具体的方法、およびその可能性について考察した。電極の設置位置や、それによって得られる情報についての考察を行い、脳波の周波数領域に含まれる情報の抽出法に関する予備的実験を行った。さらに、計測上問題となるアーチファクトや外来雑音についての検討、実時間動作が可能な計測・処理系を開発するにあたり必要な仕様の策定などを行った。

### (4) 結果

BCI のこれまでの研究状況の概要についての知識が得られた。P300 や徐波などの事象関連電位を対象とする時間領域でのデータ解析は、その性格から信頼性に乏しいことが予想されるが、やはり多くの研究では周波数領域の解析を採択しているようである。また、患者への適用の前に、患者による脳波成分の随意的制御を行えるように訓練を行う必要がある。その際に患者に与えるバイオフィードバック情報の質が、訓練の進展に重要であることが推測された。

脳波の周波数領域に含まれる情報に注目し、予備的実験を実施した。脳波信号波

形あるいは短時間スペクトルを被験者にフィードバックした状態で、10Hz 近辺( $\mu$ 波)あるいは 20Hz 近辺( $\beta$ 波)の周波数成分を意識して強めるように被験者に意図させた際の脳波を計測した。その結果、被験者の意図が脳波の特定周波数成分の強弱に反映される場合が認められた。また、手運動、およびそのイメージを被験者に課した場合も、同様の脳波の変動が生じる場合があった。しかし、現在のところ十分な再現性が得られていない。被験者の習熟度に大きく依存して大きく結果が変化することが予想されるため、今後は被験者の訓練を視野に入れて研究を進める必要があると思われる。

脳波計測の上で問題になるアーチファクトの低減に関する基礎的な検討を行った結果、時間領域では眼球の動きや、電極やケーブルの動揺に依存する外来雑音が問題になりうるという結果が得られた。眼球に近い位置に電極を設置すると眼電によるデータ品質の低下が危惧される。しかし、逆に眼電を信号源として補助的かつ能動的に利用することで、系の信頼性を向上させることができる可能性もあることがわかった。

実時間動作が可能な系を構成するために、RT-Linux と呼ばれる OS で動作する計算機を用いる方法について検討した。脳波を周波数領域で解析するためには、FFT などの必要計算量の多い演算が必要になる。RT-Linux を用いてこれらの計算を実時間で行う方法、また他に RT-Linux と FPGA、DSP などを併用してシステムを構成する方法を検討する必要がある。

## 2 フェーズ の取組み予定

- (1) 報告されている各手法の精度や応答速度、また動作上問題となるアーチファクトの処理などの観点から、引続き研究動向の調査を続ける。
- (2) 従来報告されている手法に基づいた予備実験を続行する。
- (3) 被験者の訓練方法(バイオフィードバックの具体的提示手法)、アーチファクト処理手法、最適な電極位置や脳波誘導法の検討を行う。
- (4) 脳波以外の信号源を補助的に用いる手法についての検討を行う。
- (5) 実時間処理に適するデータ処理系の構築を行う。