

## fNIRS を用いた BCI ロボット ーリアルタイム動作が可能な実験環境の構築ー BCI-Robot using fNIRS

### -Establishment of Experiment Environment for Real-Time BCI-

○小松崎 諒<sup>1</sup>, 高橋 聖<sup>2</sup>, 中村 英夫<sup>2</sup>  
\* Ryo Komatsuzaki<sup>1</sup>, Sei Takahashi<sup>2</sup>, Hideo Nakamura<sup>2</sup>

Abstract: We are developing BCI using fNIRS for the purpose of health and welfare. In measuring brain activity, Bio-Feed-Back is important factor. At the first step for Bio-Feed-Back, we developed BCI-Robot for the establishment of experiment environment for Real-Time BCI. In this paper shows the detail of BCI-Robot and the results that verified the operation of BCI-Robot.

#### 1. はじめに

近年, 脳計測技術の発達により Brain-Computer Interface(BCI)が注目を集めている. BCI とは従来扱われてきた物理的な入力インターフェースに代わり, 手足を使わずに考えただけで機械を制御する技術である. 操作に手足を必要としないため, 四肢が不自由である人が義手・義足や車椅子等の制御をすることで自立した生活を可能にするといった応用が期待されている.

BCI を実現するに当たって脳活動の計測方法に, 時間分解能の高い Electroencephalogram(EEG)や空間分解能の高い functional Near Infrared Spectroscopy(fNIRS) が挙げられる. 電子機器の溢れる現代において, 電磁波の影響を受けずに計測できる fNIRS での BCI の実現はメリットが大きい.

脳活動には個人差も多く, 生体情報が定常的ではないため, 意図を判別するのは困難である. そこで, 訓練によって脳活動をセルフコントロールするため, 「使用者側へのフィードバックによる適応学習」が重要となる<sup>[1]</sup>. 生体情報のフィードバック技術であるバイオフィードバックは, 遅延のないリアルタイムでの適応学習が最も効果があるとされている<sup>[2]</sup>. よって本稿では, リアルタイム動作が可能な実験環境の構築を目的とし, fNIRS を用いた BCI ロボットについて述べる.

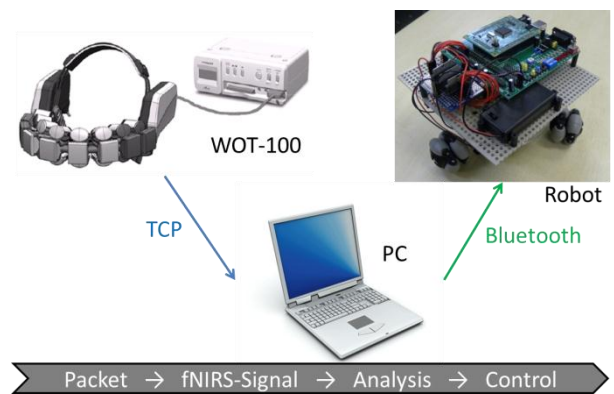
#### 2. BCI ロボットの構成

BCI ロボットの構成は Figure 1 のようになり, WOT-100・PC・ロボットの 3 つの要素に分けられる. また, PC では Packet~Control までの手順で情報処理を行う.

我々の提案する BCI ロボットは, 生活環境での実用性から WOT-100 (日立製作所) によって脳活動計測を

行う. WOT-100 は計測コントローラは 650g と携帯性が高く, 取り付けも容易であり, Windows 上で実行できる付属のソフトウェアによって 4 台同時計測が可能なモデルである. WOT-100 は Windows 上で実行できる付属ソフトウェアによって, 計測器の制御やモニタリングが可能だが, 計測データをリアルタイムで取り扱うことができない.

そこで, BCI ロボット開発には WOT-100 の計測データを通信できる新たなソフトウェアを開発した. 本稿では, このソフトウェアを “BCIs\_For\_WOT” と呼ぶこととする. “BCIs\_For\_WOT” の大まかな処理プロセスとしては, TCP 通信で計測データを受信し, パケットを fNIRS 信号に変換する. 得られた fNIRS 信号を解析し, シリアル通信でロボットを制御する.



**Figure 1 The Structure of BCI-Robot**

#### <2.1>BCIs\_For\_WOT

計測データを受信するための TCP 通信において, パケットを取得するための WinPcap ドライバから Network Interface Card(NIC)の一覧取得・NIC のオープン・パケット取得・パケット解析と順に処理を行う. まず, IP ヘッダにある送信先 IP アドレスによって,

1 : 日大理工・院 (前)・情報, 2 : 日大理工・教員・子情

WOT-100 以外からのデータを受信しないようフィルタリングを行う。次に TCP ヘッダとデータを分離し、独自ヘッダの情報からセンサデータかどうか判別する。センサデータならば、Lambert-Beer 則にのっとって fNIRS 信号に変換する<sup>[3]</sup>。

本稿では動作確認のため、シンプルな解析モデルを“BCIs\_For\_WOT”に組み込んだ。まず、Figure 2 のように位置により重みの違う空間フィルターによって、前頭前野における右外側・中央・左外側の賦活をベクトルとして抽出し、次に、パーセプトロンによって賦活部分の判別を行う。最後に、判別した情報を元にロボットへ移動命令をシリアルポートから送信する。

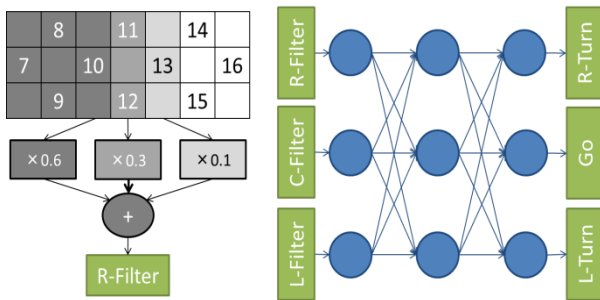


Figure 2 A Model of Space Filter and Perceptron

### <2.2>制御ロボット

制御対象であるロボットはオムニホイール 3 輪駆動によって全方向への移動が可能で、bluetooth シリアル通信によって操作する。マイコン(AKI-H8/3052F)を中心にモータードライバ IC(TA7291P)や bluetooth モジュール(VS-BT001)等で構成されている。総重量 870g、駆動時間 2h、通信距離 10m である。さらに、使用者に適した速度の調整が可能である。

### <2.3>動作検証

開発した“BCIs\_For\_WOT”が正しく動作することを確認するために、Figure 3 のようなネットワークを構築した。Port3 はインテリジェントスイッチによってポートミラーリングされており、Port2 と同じパケットが受信できる。その Port3 でパケット解析ツール“WireShark”を動作させ、“BCIs\_For\_WOT”と同じパケットが受信できているか検証した。TCP 通信の仕様であるパケットの分割にも対応し、同じパケットの受信を確認できた。

次に、付属ソフトウェアと“BCIs\_For\_WOT”と比較することで fNIRS 信号の正当性を検証した。パケット解析によって、各センサから得られた情報から Figure 4 のような fNIRS 信号が確認できた。

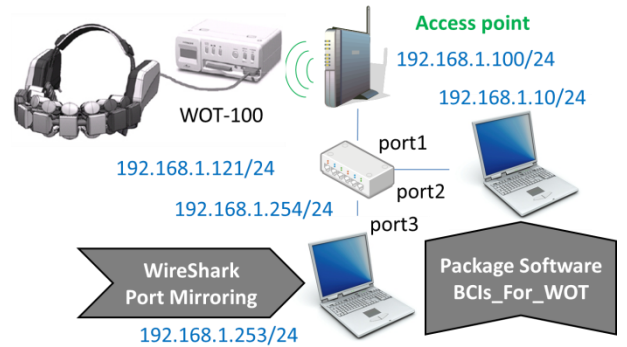


Figure 3 The Network for Operation Verification

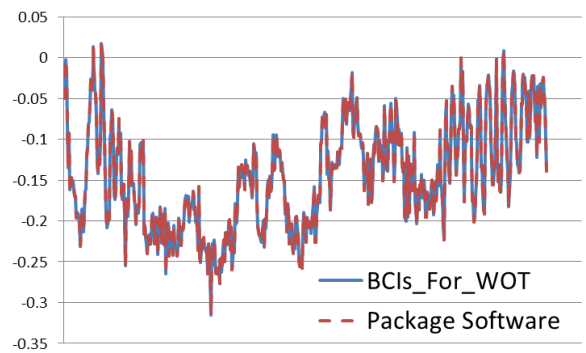


Figure 4 fNIRS-Signal

付属ソフトウェアと併用し、Figure 1 の構成で一連の処理に平均 5.61(ms/サンプリング周期)を要する。WOT-100 のサンプリング周期が 200(ms)であるため、リアルタイム動作に支障のない処理速度といえる。

### 3. おわりに

一般的な入力インターフェースに取って代わるためには、使用者が命令を出してから 3 秒以内に制御機器が反応し、命令の正答率 95%以上が必要であると言われている。本稿では、BCI ロボットの開発にとどまったが、今後使用者の適応学習によって、正答率や応答速度の検証を行い、実用性のある BCI の開発を目指す。

### 4. 参考文献

- [1] 相良和彦, 田中靖人, 他:「ブレインコミュニケーション-脳と社会の通信手段-」, 電子情報通信学会編・発行, 2011 年
- [2] 棟方渚, 吉田直史, 他:「生体信号を利用したゲームにおけるバイオフィードバックの効果」, 知能と情報 Vol.17, No.2, pp243-249, 2005 年
- [3] 佐藤大樹, 牧敦:「光による脳機能イメージング:光トポグラフィ」, Cognitive Studies, Vol.12, No.3, pp296-307, 2005年