

2014 年度

VR・神経学研究室

「脳情報の計測基盤技術及び、コンピュータサイエンスに関する基礎研究」

ミッション最終報告書

代表 礒塚 龍望

## 1. 概要

近年、疾患由来の運動麻痺や脳障がい、加齢による身体機能の低下などを原因とする身障者の生活の質（quality of life, QOL）の低下に焦点を当てた、医学と工学の領域を融合した医工学と呼ばれる学問分野、とりわけ、脳と外部機器を直結する革新的な技術であるBMI（ブレイン・マシン・インタフェース）の観点からのアプローチにより、有効な対策を打ち出そうという研究が盛んに行われるようになりつつある。

世界中の先進諸国で顕在化しつつある社会問題である少子高齢化とも相俟って、BMI へ向けられる社会のニーズは益々増大してゆくものと考えられる。

しかし、現時点で研究の進められている高性能 BMI は大規模かつ高価なものがほとんどである。

そこで、本研究では、全くの同性能とは言わないまでも、可能な限り安全かつ安価で、利便性の高い BMI 技術の開発を目的として、研究を行った。

## 2. 活動内容

### <勉強合宿会実施>

脳情報通信融合研究センターCinetにおいて5日間、講習の受講や見学をさせて頂き、人間の脳を対象とした先端計測技術の現状、研究開発中のブレイン・マシン・インタフェース技術などを学習・体験をすることができた。

また、合宿終了後、ミッション内で意見交換会を行った結果、既に改良の余地がほとんど乏しいと認識していた1ch脳波測定器「B3-Band」に研究的価値がまだ残されているという結論に至ったため、引き続きB3-Bandを用いて研究を続けるという方針が決定した。

### <2進数コマンドを用いたロボットの多チャンネル操作>

昨年度までのブレイン・マシン・インタフェース関連の主な成果としては、B3-Bandを用いたロボットアームの1チャンネル2操作(ON/OFF)操作、並びに1チャンネル多操作の成功が挙げられる。その内容を簡単に下記する。

B3-Bandで生脳波データより取得・解析された集中度パラメータは1チャンネルデータであり、下限を0、上限を100として出力される。

集中度パラメータとロボットアームを連動させるにあたって、この特性を活かして、取得パラメータ中に閾値を設定するという手法を採用した。

つまり、プログラミングによりパラメータ中央値の50を閾値に設定し、50以上のパラメータを検出した時はアームの先端部分を閉じ、モノを掴む動作を、50未満のパラメータを検出した時はアームの先端部分を開き、モノを離す動作をさせることで、簡単ではあるが、脳波を用いたハードウェア制御（1チャンネル2操作）に成功した。（図1）



図1 集中度パラメータを利用したロボットアーム操作の様子

しかしながら、やはりアーム先端部位の開閉操作を行うだけでは、制御の自由度の不足感  
は否めず、改良を行った。

具体的には、閾値の数を増加させ、閾値ごとに可動部位を設定することで機器制御の自由  
度向上を図ろうと試みた。

結果から言えば、制御自由度を向上させることに成功したが(1チャンネル6操作,図2)  
複数の閾値を跨いでパラメータを変動させた時に、必然的に想起した操作意図とは関係の  
無い操作を数瞬、ロボットアームが実行してしまうことや、そもそも集中度パラメータを  
狭い範囲で長時間留まらせることが非常に困難であるなどの新たな問題が発生した。

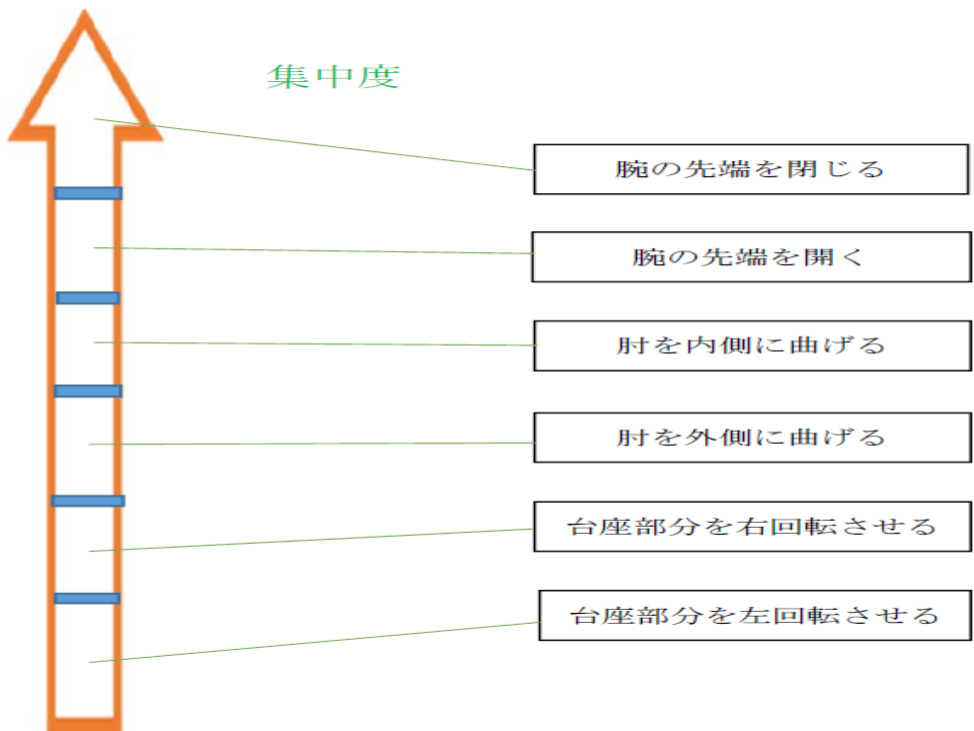


図2 集中度パラメータ閾値増加による多操作の図解

今回、これらの問題を解決するため、コマンド操作という概念を取り入れて、新たに改良を施した。また、この際、使用するハードウェアをロボットアームから、より可動部位の多い小型ロボット(図3)へと変更した。

今回実装したコマンド操作の具体的な内容としては、上述したロボットアーム先端部位開閉操作時に用いたシステム(図1)を改良して利用した。

30秒間集中度パラメータを取得し、その間15秒間以上、閾値50以上のパラメータを検出した場合はコマンドに[1]を振り分け、逆に、15秒間以上、閾値50未満のパラメータを検出した場合はコマンドに[0]を振り分ける。

この試行を2度連続して繰り返す。

そして前半の30秒間で振り分けられたコマンドを一桁目、後半の30秒間で振り分けられたコマンドを二桁目として、それらを合わせて2ビットのデータ量を持つ1つの2進数コマンドとみなし、[00],[01],[10],[11]の計4種類のコマンドを生成し、それぞれのコマンドに前進、左移動、右移動、後退の4種類の動作を割り当て、脳波を用いてロボットの多チャンネル操作を行うことに成功した。(図4)

また、操作性のレベルを確認するため、プロジェクトメンバー6名(男性4名、女性2名)で実際にコマンドを1種類につき5回ずつ取得を意図する試行実験を行った。(表1)に被験者全員の施行成功確率の平均値を百分率で表記する。

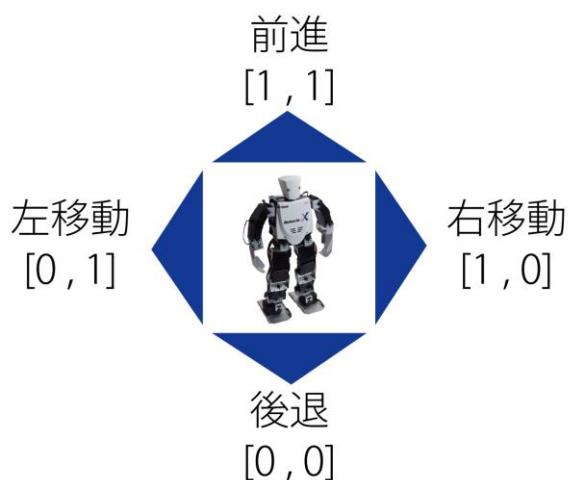


図3 集中度パラメータによるコマンド操作を実行したロボット「Robovie-X」

	[0 0]	[0 1]	[1 0]	[1 1]
男性A	100%	80%	100%	80%
男性B	100%	60%	60%	100%
男性C	60%	20%	80%	100%
男性D	60%	0%	40%	100%
女性A	80%	40%	80%	100%
女性B	60%	20%	60%	100%

表1 5度のコマンド取得試行における平均成功確率

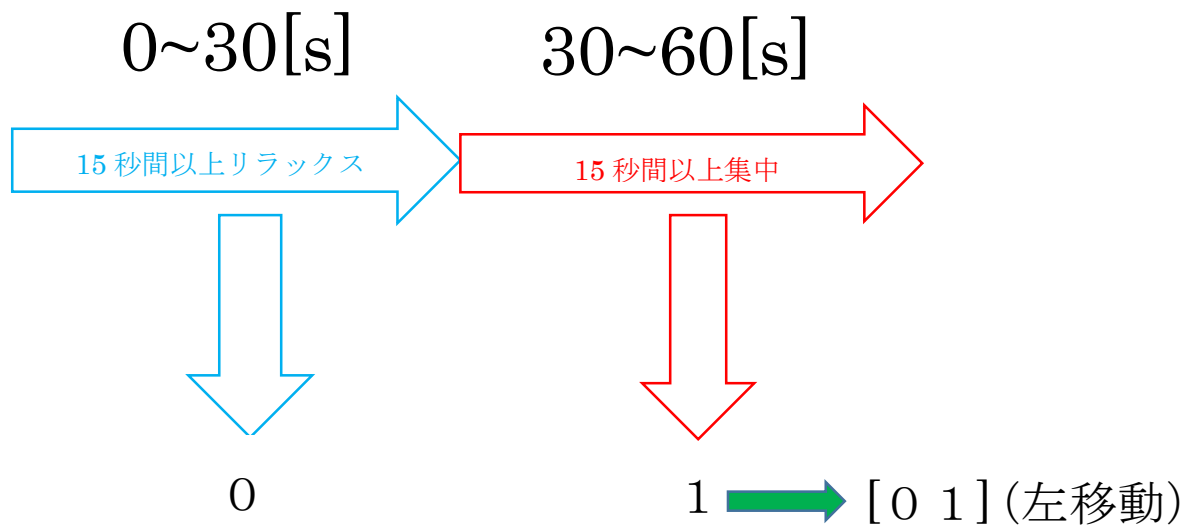


図4 集中度パラメータによる2進数コマンドの生成例

### 3. まとめ（課題や展望など）

今回実装した手法を用いて、操作コマンドの桁数を増加させ続ければ、理論上、制御対象のハードウェアの可動部位がいくつであろうとも、複雑な操作を行なうことが可能であるが、コマンドの桁数が多くなるほど、1操作にかかる時間が長くなるため、装着者の運動意図想起からハードウェアの操作実行までに、長時間のタイムラグが発生することになり、実用的であるとは言い難い。

また、表1を参照するに、操作の安定性に大小の個人差が認められた。

これらの問題点解決のアプローチとして、以下のような3つの手法を考えている。

1つ目は、コマンド取得時間のショートカットである。

つまり今回の手法では30秒間集中度パラメータを測定した後に、15秒間(過半数秒間)以上集中状態であったかどうかを判定するようにプログラミングを施しているが、その点を改良して、30秒間の測定途中であっても、判定条件が満たされた時点でコマンド取得を行うことでショートカットを試みるというものである。(図5)

2つ目は、個々人において閾値の再調整(キャリブレーション)を行うというものである。人の集中度のパラメータには個人差があり、平常状態が30程度の人もいれば、70程度の人もいる。

その差異を考慮して、現在50に設定している閾値を適当な値に推移させることで、操作性の向上を図るというものである。これについては、まず再調整に用いる計算手法を正確に確立することから急がなければならない。

3つ目は、集中度パラメータ取得の際に、重みづけという概念を取り入れるというものである。

パラメータが 50 では微弱な集中状態、100 では非常に高い集中状態といったように、集中状態を既存の手法の様にひとくくりにするのではなく、数値の大きさによってパラメータとしての重みを付加させることで、測定精度を向上させようという試みである。

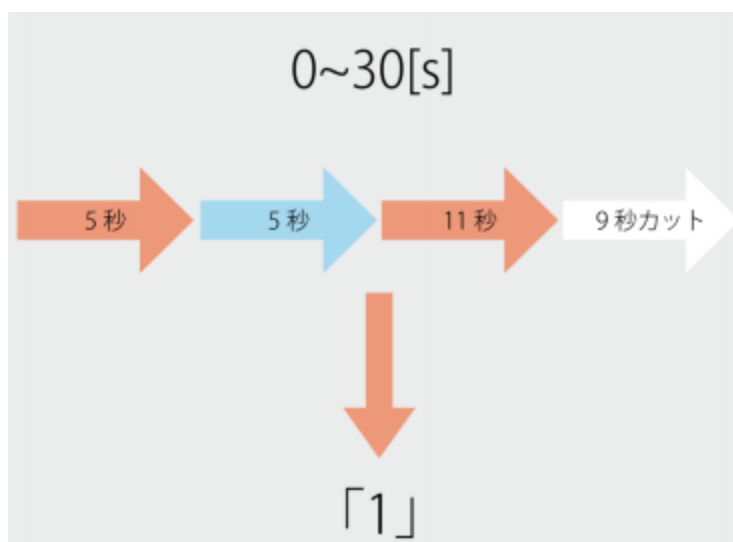


図5 コマンド取得のショートカット手法の図解

以上、今回行った研究に絞って反省点を記述したが、以下は、ミッションの方針について記述する。

まず、現在本ミッションでは社会福祉的な利用を理想として、運動代償型のブレイン・マシン・インタフェース開発に重きを置いて活動を行っているが、和歌山大学教員の方々や、合宿会やコンテストで出会った研究開発に精通しているの方々から頂いた指摘・指南を参考に、簡単なコミュニケーションツールとしての脳情報の利用や、脳波データが低スペックである分、多少の身体の挙動などをバイオ情報として利用してクオリティを向上させるなど、「実用的な BMI」という理想に新たなアプローチから歩みよる方法も模索してゆきたい。

また、本ミッションの目標の一つに、ミッション内で得た知識やデータをプロジェクト全体に円滑にフィードバックを行うシステムの確立を掲げているが、今回、プロジェクト全体が多忙な時期に、フィードバックが簡単な口頭によるものになってしまうという問題が多々あったため、これからは具体的にスケジュールや研究計画を考慮して、プロジェクト全体で理想的な体制を築いてゆきたいと考えている。