

脳波を用いて VR（仮想空間）を操作する  
Immersive Interaction に関する研究  
報告書

VR・神経学研究室 VR グループ  
代表 東野 利貴

2015 年 3 月 5 日

今年度の成果として、今年度参加したイベント等により達成された成果と、脳波データの BMI 利用に関する検討結果に分けて報告する。

## 1 参加したイベント等により達成された成果

### 1.1 2014 年度クリエ予算審査会

2014 年 6 月、クリエプロジェクトのミッション審査会（予算審査会）が行われた。私が所属する VR・神経学研究室では、3 つのミッションの申請を行った。私は、VR グループの代表として、書類作成、プレゼンを行った。

審査会では、過去の成果を中心に今年度の方針をプレゼンテーションした。しかし、発展性が見えない、独創性が不十分等の意見をいただいた。後日公開された評価は、非常に厳しいものとなった。その評価を検討し、研究内容をより具体的にする必要がありと考え、活動方針を再構成した。

### 1.2 知能メカトロニクスワークショップ

2014 年 7 月 12 日、13 日と、高野山で行われた、知能メカトロニクスワークショップに参加した。発表は 2 日目であったので、1 日目は、他のセッションを見学した。発表を見学することで、学会の雰囲気、発表の仕方など学べるのが非常に多かった。

翌日の発表は、同じプロジェクトの 1 年生の福井と発表した。発表は、クリエの説明、研究背景、実験手法、評価、展望という流れで行った。

質疑では、「脳波計を自作したほうがいいのではないか」、「もっと高価な脳波計で研究を進めたほうがいいのではないか」、「ロボット等の動作をさせる時、作動条件を限定したほうがいいのではないか」といった、貴重な意見をいただくことができた。

この学会を通じて、研究とはどのようなものか、今後どのように研究を進めていくべきかを考えるよいきっかけになった。今後も、このような機会を大切に、積極的に参加していきたい。



図 1 知能メカトロニクスワークショップ 1



図 2 知能メカトロニクスワークショップ 2

### 1.3 オープンソースカンファレンス 2014 Kansai@Kyoto

脳波計のデータを新たな利用方法を探るため、8 月 2 日、京都で開催されたオープンソースカンファレンスに参加した。

カンファレンスは、ソフトウェア系のイベントであったが、デバイス操作系の展示もあった。その中では、コンピュータから、デバイスを操作する展示などがあり、今後利用法を検討するよいきっかけとなった。

#### 1.4 オープンソースカンファレンス 2014 Tokyo/Fall

前回、「オープンソースカンファレンス 2014 Kansai@Kyoto」に参加したことを踏まえて、さらなる脳波データの利用法を議論するため、「オープンソースカンファレンス 2014 Tokyo/Fall」に展示参加した。

ここでは、カンファレンスに参加されている一般参加の方、出展者の方、企業の方と有意義な議論をすることができた。

オープンソースに関するカンファレンスという分野違いというのはあるが、それゆえに、問題に対する切り口が斬新で非常に参考になることが多かった。



図3 オープンソースカンファレンス 2014 Tokyo/Fall

#### 1.5 NICOGRAPH2014

2014年11月3日、4日と愛知工業大学で開催された、芸術科学会主催「NICOGRAPH 2014」に論文を投稿し、「簡易脳波計を用いた仮想物体の操作と多チャンネル操作への提案」という題目で、ポスター発表を行った。発表内容は、安価な簡易脳波計で実現する意義、取得できた脳波データを閾値として利用するアルゴリズム、テトリスなどを操作する実験と今後の課題を発表した。当日、多数の先生方から質疑があり、今後の発表方法やポスターのレイアウト、実験の指針など、非常に有意義な議論をすることができた。

また、後日、床井先生から「3年生とは思えない受け答え」だとの評判だった」と聞き、今後の活動への自信になった。

#### 1.6 公開体験学習会

2014年11月24日、和歌山大学で開催された公開体験学習会では、所属するクリエの団体の研究内容の展示を行った。展示は、脳波玩具であるMindFlex、集中度を利用して操作できるロボットアームや、2足歩行ロボットの体験。昨年度に制作を開始した透過スクリーンを改良し、Kinect2と3Dプロジェクタを利用した、大型透過スクリーンを展示した。

## 1.7 わかやま自主研究フェスティバル

2014年12月13日、和歌山大学で開催された、わかやま自主研究フェスティバルにも、「脳波で実現する世界と仮想世界を創造する研究」という題目で展示参加を行った。3D プロジェクタと透過スクリーン、Wii リモコンを使用した3D 宇宙旅行（図4）、脳波で操作できる2足歩行ロボット（図5）を展示した。3D 宇宙旅行に関しては後述する。

このフェスティバルには、審査会があり、優秀な研究を行っている団体に表彰される。私が所属するクリエの団体は、参加者投票 銀賞、和歌山発明協会会長賞、優秀賞（図6）の3つを獲得することができた。



図4 3D 宇宙旅行



図5 2足歩行ロボット



図6 入賞した賞状

### 1.7.1 3D 宇宙旅行

3D 宇宙旅行は、3D プロジェクタ、透過スクリーン、Wii リモコンで構成されるシステム。昨年度課題になった、映像コンテンツには、サイドバイサイド形式に対応するプラネタリウムコンテンツを用意した。今回は、素材として、4次元デジタル宇宙プロジェクトのMitakaを使用した。3D メガネを使用することにより、宇宙空間を旅行しているかのように体験することが可能になった。その効果を相乗させるのは、図1にもある、スクリーン後部の箱である。この箱は、中に黒い用紙を張り付けてある。これにより、透過スクリーンに投影され切れなかった光が背景に映ることで、スクリーン部分で3D化、背景の黒い壁で3D化の2段階の3D化によって、ユーザは、より宇宙を空間として知覚できるようになった。

また、コントローラに、Wii リモコンを用いた。サイドバイサイド状態のスクリーンでは、マウスでの操作は難しい。そのため、Wii リモコンをコントローラとして使用した。これにより、ユーザは、直感的な操作が可能となった。

今後としては、透過スクリーンによる没入感の拡張、Kinect2を用いた操作を実現していきたい。最終的には、人間丸ごと宇宙空間にいるような感覚を体験してもらおうとともに、脳波を利用したインタラクションも検討していきたい。

## 1.8 第4回サイエンス・インカレ

2014年11月に、第4回サイエンス・インカレに「ウェアラブル脳波計を用いた VR(Virtual Reality) の操作の実現に関する研究」という題目で、論文を投稿した。この論文は、「脳波を用いて、VR を操作すると共に、ユーザに没入感を効果的に与える方法として、3D プロジェクタと透過スクリーンを利用して行った実験と評価、展望」を論じたものである。

所属するクリエの団体では、2件論文を投稿し、過去最高の競争率の査読の中、無事2件とも採択され、2月28日、3月1日の2日間、神戸国際会議場でのポスター発表した。

サイエンス・インカレに参加する学生は、どの大学も非常に高いレベルの発表ばかりだった。学会での学生発表のレベルを超えているイメージを受けた。また、大学が総力を挙げて学生の研究を支援しているように感じ、和歌山大学の弱さを痛感した。

私たちの全力を出し切って発表したが、残念ながら、入賞には及ばなかった。

しかし、他大学のレベルの高い発表を聞いたことで、効果的な発表方法の参考にもなり、来年度参加への士気が高まった。来年度サイエンス・インカレに参加できた際は、入賞を狙いたいと考えている。

## 2 脳波データの BMI 利用に関する検討

### 2.1 脳波テトリスのカットポイントの調整

昨年度の成果である B3-Band を用いて、脳波テトリスゲームの操作は、集中度が閾値を上回ることにより動作する。その際の閾値を個々人で設定する必要がある。

閾値を設定する際、現在は固定値で設定しているが、過去のデータを10個ほどバッファにため、平均値を算出し、それを閾値とするプログラムを作成した。それにより、随時閾値が変動し、疲れによる集中度の低下にも対応できるようになった。また、個々人のキャリブレーションの必要も最小限にすることが可能になった。

現在、プログラムの最終調整段階であり、調整を行っている。

### 2.2 脳波オセロ

脳波テトリスの発展として、脳波オセロの実装に試みた。

脳波オセロは、碁のあるディスプレイの座標をマウス自動制御プログラムにおぼえさせ、ゆっくりと1つずつマウスポインタが動いていくものである。そして、オセロの碁を打ちたいときに集中することで碁が打てるというものである。

問題点としては、タイムラグの問題である。集中して碁を打つときには、本来打つべきだったところの隣に打ってしまうという問題が起こる。これは、脳波に集中が現れるまでの時間がかかるからである。

### 2.3 開眼時と閉眼時の $\alpha$ 波の関係

今回使用する脳波計は、イベント等では利用しなかった16chを持つ脳波計 Emotiv である。サンプリングレート 128Hz で、以下計測を行った。

Emotiv を用いて、開眼時と閉眼時の脳波を計測した。計測場所は、後頭部で計測を行った(国際 10-20 法の O1, O2)。外部から刺激を与えずに自発的に発せられる脳波のことを自発脳波と呼ぶ。自発脳波のうち、

閉眼時に後頭部より  $\alpha$  波が発せられることは有名である。今回、その測定を行った。

取得できるデータは、 $\mu V$  の電位の値で取得出来る。その取得出来たデータをフーリエ変換を用いて周波数分析を行った。分析には、MATLAB を使用し、変換用に関数を自作した。変換結果が以下 (図 5,6) である。

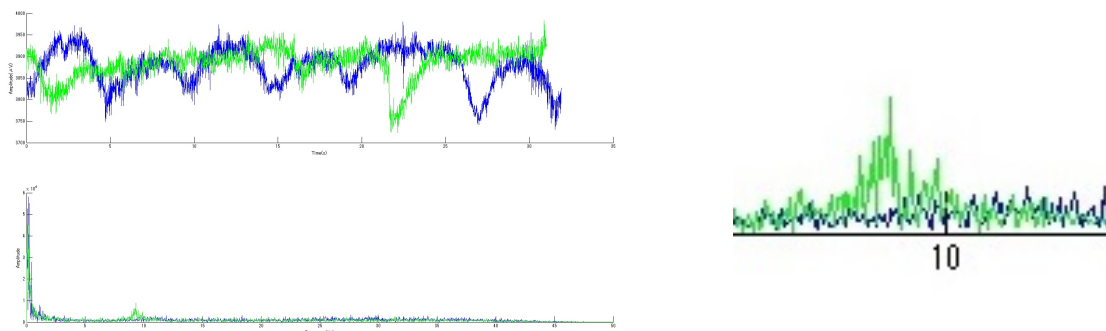


図 7 開眼時と閉眼時の脳波

図 7 が、開眼時と閉眼時の結果をプロットしたものである。青線が開眼時、緑線が閉眼時である。2つのグラフがあるが、上部のグラフは、電位 ( $\mu V$ ) を縦軸、時間 (Sec.) を横軸にプロットしたものである。下部のグラフは、上部のグラフを周波数分析した結果をプロットしたものである。縦軸が Amplitude(強さ)、横軸が周波数 (Hz) である。分析の結果、図 8 に拡大表示したとおり、10Hz 付近で閉眼時の脳波に  $\alpha$  波成分が検出されていることがわかった。

以上のとおり、脳波計から、開眼時と閉眼時の自発脳波を計測することができた。

## 2.4 市松模様を用いた誘発脳波 SSVEP の検出

前項で、開眼時と閉眼時の自発脳波を計測することができた。その結果より、Emotiv で、自発脳波を計測することが可能であることが証明された。

次に、市松模様 (図 9) を用いた誘発脳波 SSVEP の検出を行った。誘発脳波とは、外部より何らかの身体に刺激を与えることで 100ms, 300ms 遅れて反応する脳波のことである。これを、P100,P300 と呼ぶ。今回は、視覚の検査でも用いられることがある SSVEP (定常状態視覚誘発電位) の計測を市松模様を反転させることを刺激として行った。定常状態視覚誘発電位 (Steady State Visual evoked potentials, SSVEP) とは、定常的な刺激を与えることで大脳皮質視覚野 (後頭部) に生じる視覚誘発電位である。今回、定常的な刺激として、市松模様 A, B (図 9, 10) を交互に表示されることで刺激を行った。表示間隔は 15Hz とし、 $\beta$  波帯域の反応を観察した。計測結果を図 11 に示す。



図 9 市松模様 A

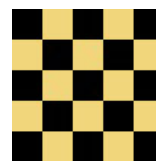


図 10 市松模様 B

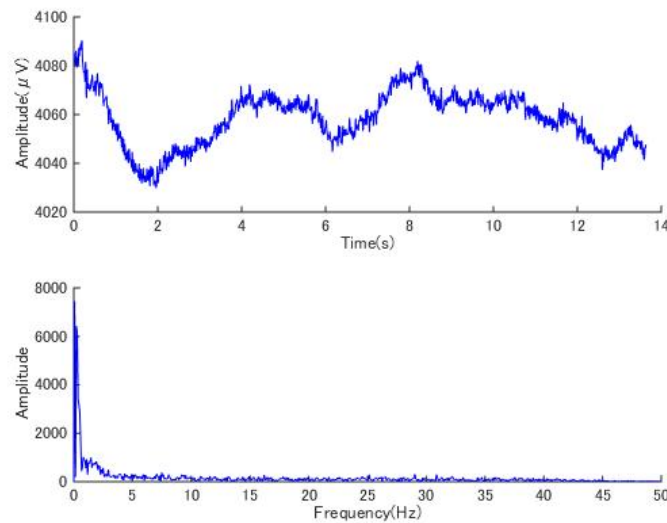


図 11 計測結果

計測結果より、15Hz 付近の脳波の検出は確認できなかった。図 11 のグラフは、前項同様、上部が、電位グラフ、下部が周波数分析の結果のグラフである。

SSVEP の検出の実験を行う際には、複数回のデータサンプリングが必要になる。通常は 10 秒を 5 回ほど行い、そのデータを加算平均することで検出できるようになる。今回、この加算平均を行うタイミング、市松模様の反転を開始するタイミングがずれてしまったことにより検出できなかったのではないかと考えている。データを取得する際に、データにフラグを立ててタイミングを調節する。その作業は手作業で行った。つまり、被験者が実験を行っている間に、実験者が市松模様の反転開始ボタンと同時に、フラグを手作業で立てていた。

加算平均は、非常に時間に厳密な計測を必要とする。ms 単位の精度が必要になってくる。今後、この実験の失敗を通して、フラグを立てる作業をコンピュータに任せることで続けていきたい。

## 2.5 まとめと今後の課題

B3-Band を用いた研究の今後の予定として、カットポイントの自動設定、キャリブレーションの自動化をより安定的に行えるようにプログラムを修正していきたい。

また、脳波オセロの問題を解消する方法として、カーソルが移動する速度をより遅くする方法を現在検討している。

さらに、脳波計から取得されたデータを利用する新しい方法として、マジカルスプーンで利用されている、0, 1 のコマンドをリアルタイムで利用する方法も検討している。

また、複数人で操作する取り組みも行ったが、脳波計からのデータの処理が遅れ、フィードバックが追い付かなくなり、システムが停止してしまった。今後、データ処理を効率的に行う方法も検討していく必要がある。

次に、脳波計 Emotiv を用いた成果として、開眼時と閉眼時の自発脳波を計測することは可能であった。しかし、BMI の胆と呼ばれる、誘発脳波に関しては計測できなかった。その原因は、人間が人の目で、データに

フラグを立てていたために、脳波とフラグと差ができてしまったものと考えている。

今後は、この問題を解消するため、液晶モニタに、フォトダイオードを設置し、センサーとして利用して、市松模様が反転し始めると同時に、フラグをコンピュータが立ててくれるように改良し、今後とも研究により一層の注力をしていきたい。