

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：53302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750072

研究課題名(和文)脳波とタブレット端末を用いたシステム制御情報教材の開発

研究課題名(英文)Development of teaching material for system control using brain waves and tablet devices

研究代表者

藤島 悟志(Fujishima, Satoshi)

金沢工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授

研究者番号：10411787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：脳波を利用した小中学生向け体験型教材および、高専生向け制御学習教材の開発を行った。小中学生向け体感型教材では、入力として簡易脳波計による脳波に加えて身体や指の動作認識を組み合わせ、画面上のキャラクタやボール型ロボットを動作させるシステムを開発した。外部イベントに出展した際のアンケートは高評価であった。高専生向け教材では、脳波計測、脳波認識、小型マイコンボードによる外部制御アプリケーションの開発の要素を取り入れた1年間の講義項目が完成した。

研究成果の概要(英文)：Experience-based learning materials using EEG brainwave for elementary and junior high school students and learning materials of system control information for technical college students were developed. For the experience-based learning materials for children, the EEG brainwave observed with portable headset and hand track observed with handheld motion capture device are combined to control movement of game character or robotics ball. The experience-based learning materials were exhibited at local government event and a questionnaire survey were conducted. According to the questionnaire survey, 80% of children answered that they were interested in the material and engineering. For the system control information learning materials for technical college students, the lecture contents that are brainwave measurement, brainwave recognition, and development of an application for controlling external devices were prepared. A lecture using the material is actually scheduled in the year 2017.

研究分野：知識情報工学

キーワード：Brain Machine Interface Brain Computer Interface 簡易脳波計 高専生向け教材開発 タブレット  
端末 ボール型ロボット

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 「脳波」の計測もしくはそれ自身を利用した研究は、近年盛んに行われている。ある特定の動作、想像や学習などを行っている際の脳波を計測する研究では、脳のどの部分が活性化しているかなど、出力としての脳波から脳自体の働きを探るものである。また、計測した脳波の違いによってコンピュータからの出力を変え、外部機器(車椅子など)を操作する、BMI (Brain Machine Interface) の研究では、脳波をある目的を達成するための入力装置として利用している。BMI の研究は肢体不自由者を対象としたものが多く、義肢などの補助道具への応用が期待されている。また健常者を対象とした研究も併せて行われており、身体を動かしながら脳波で機器を制御することができれば、例えば両手で作業しながら脳波でロボットアームを動かすことなどが可能になる。これら研究は、脳を対象としていることから研究内容も高度なため、大学や研究機関で行われていることが多く、使用している装置も大がかりであることが多い。特に脳波計測には多数の電極が配線されたキャップ型の計測装置を被ることになる。そのため、一般的には脳や脳波への壁は非常に高く、触れる機会も少ない。

(2) 一方、小中学生の理科離れの深刻化から、興味を惹かせるための教材や教育方法の開発などが行われ実際に教育現場に導入されている。内容としては、日常生活において頻繁に目にしたり身近に存在していたりする物や現象を利用することで、工学(理科系)を身近に感じて興味や関心を持たせることが多い。実際に小中学生にとっても、身近なところに工学が存在している驚きと面白さを実感できることの影響は大きい。そのような教材に加えて、普段触れる機会がなく(もしくは少なく)難しすぎて敬遠してしまう題材を用いた教材も、利用価値として高いのではないかと考える。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では工学に興味や関心を持たせられる教材開発として「脳波」の利用を目的とする。普段は触れたり目にしたりすることが少なく、一般的に「難しいもの」とされている「脳波」を題材に、小中学生向けと高専生向けの教材開発を行う。小中学生向け教材としては自身の脳波を使ってゲーム感覚でキャラクタなどを操作させるシステムの構築を行う。脳波計測には大学や研究機関で使用しているものではなく、容易に計測が可能なヘッドセットタイプの脳波計測器を使用することで、「脳波」に対する先入観の壁を可能な限り下げて、楽しく触れることを目指す。そのため、システム内部は小中学生からはブラックボックスとし、入出力のみを意識させる。高専生向けとしては脳波を用いた制御を目的に、小中学生向けにブラックボックスと

していたシステム内部の処理(脳波計測から脳波認識、外部機器制御の一連)を理解し、プログラムを実装させる教材を開発する。

(2) 本研究によって開発した一連の教材によって学生が製作した「脳波による外部機器制御システム」の外部展示も検討している。小中学校への体験授業において、学生製作のシステム一式も同時に展示し体験してもらう。小中学生への対応や説明は製作学生本人が行う。高専生から小中学生へ説明することで、より親近感が湧き、小中学生の興味を向上させる可能性は高い。また、対応する高専生の発表技術(説明の仕方、専門用語の使い方や人との接し方など)の向上に大いに貢献できると考える。

## 3. 研究の方法

(1) 小中学生向けの教材としては、「脳」・「脳波」と非日常的な題材のため、難しい内容は極力避ける。よって、簡単に脳波が使えて、一見して「面白そう」「楽しそう」と思ってもらえる教材が必要となる。そこで、大学や研究機関で使用している脳波計測器ではなく、容易に計測が可能なヘッドセット型の脳波計測器(NeuroSky MindWave Mobile)の使用を試みる。これにより「脳波」に対するハードルを可能な限り下げて、楽しく触れることを目指す。システム内部は小中学生からはブラックボックスとし、入出力のみを意識させる。内部処理(脳波認識など)を理解させるのではなく、脳波を通じて難しいことへのハードルを下げる意識を植え付けることが大きな要素となる。

(2) 高専 4,5 年生向け脳波制御教材では、小中学生向けにはブラックボックスとした脳波解析に関連する知識や手法の基礎(情報工学の要素技術)を学ぶ内容を取り入れる。脳波計測は小中学生向けと同様に MindWave Mobile を使用し、脳波信号の解析を講義内容とした教材開発を試みる。また、高専生による小中学生向けシステムの開発についても試みる。

## 4. 研究成果

(1) 小中学生向け教材開発の内容を以下に説明する。脳波は $\alpha$ 波や $\beta$ 波など、含まれる周波数によって種類が分けられるが、小中学生向けには単純に「集中」と「リラックス」の2つのみを意識させることにした。そして、集中とリラックスに対応する効果が得られるようなシステムを開発した。タブレット端末を出力対象とした脳波制御ゲームとして2人対戦型エアホッケーゲームや脱出ゲームなど直感で触れることができるシステムの提案を行った。システム開発に際しては、学生の開発可能性を測るために、本校電気電子工学科5年生数名に開発依頼を行った。開発された脳波制御ゲームの画面例を図1に示す。

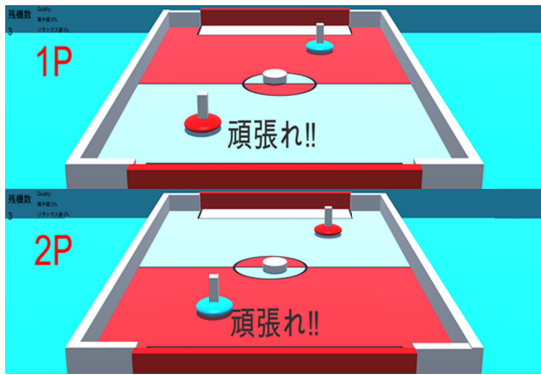


図 1 脳波エアホッケの実行画面例

簡易的な画面例であるが、開発に時間が掛かり、実際の講義内で取り組むには時間的に困難であることが分かった。特に、タブレット端末向けのデザインや制御に時間を費やしていたため、外部制御についてはもう少し簡単に扱えるものの検討を示唆する結果となった。

(2) 小中学生向けのアプリケーションには脳波だけでなく、Kinect V2 を用いたコンピュータによるユーザの動作認識も取り入れた。そのシステム概要図と実行画面例を図 2 に示す。キャラクタの空中浮遊には脳波値を、前後左右の移動には手の振りの認識を適用した。これにより、自身の脳波に加えて、手の動作によってアプリケーション内のキャラクタを操作することが可能となり、小中学生により興味を持ってもらうシステムへと近づいたと考える。



図 2 Kinect V2™ を用いた脳波システム概要図(上)と実行画面例(下)

(3) 小中学生向けシステムの開発を進める中で、出力先をタブレット端末だけではなく、実際に物体を動かせるシステムの方が小中学生の興味を引けるのではと考え、ボール型ロボットへの制御を検討した。ゲーム性を高めるために 2 人对戦とし、各々に装着した脳波計から脳波を読み取り、その集中(またはリラックス)度の高い方へ、ボール型ロボット(Sphero)を転がすシステムを開発した(図 3)。ユーザには色(青もしくは赤)を割当てる。Sphero は集中値が高いユーザの色を発しながらそのユーザへ近づく仕組みとしたことで、視覚的な効果も期待できる。

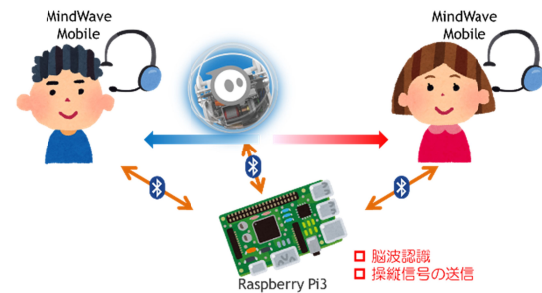


図 3 脳波による対戦型ボール型ロボット制御システムの概要図

MindWave Mobile からの脳波取得とそれに伴う Sphero の制御は Raspberry Pi3 にて行うことにした。各機器の制御に Raspberry Pi3 を用いることで携帯性が向上し、外部展示が容易になる。また、近年活発になっている IoT の開発を手軽にできるシングルボードコンピュータとして広く利用されていることから、高専生向け教材への応用も期待できる。

(4) 高専 4,5 年生向け脳波制御教材では、小中学生向けにはブラックボックスとした脳波解析に関連する知識や手法の基礎(情報工学の要素技術)を学ぶ内容を取り入れた(図 4)。脳波計測は小中学生向けと同様に NeuroSky MindWave Mobile を使用し、脳波信号の解析を講義内容とした以下の教材開発を行った。

- 脳波信号のフーリエ解析(周波数解析):  $\alpha$  波から  $\delta$  波のパワースペクトル
- 1 秒ごとのパワースペクトルデータから、脳波データセットの作成
- 脳波データセットを用いた脳波認識アルゴリズム(ナイーブベイズ)の実装
- 認識結果による外部機器への制御信号の出力(外部機器制御)

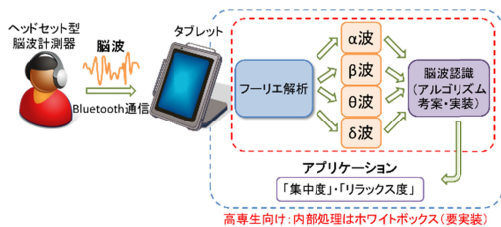


図 4 高専生向けシステムの概要図

脳波認識のアルゴリズムは、条件付き確率を利用したナイーブベイズを用いた。ナイーブベイズはプログラムの実装も容易なことから、高専 4,5 年生向けには適切と考える。外部制御にはタブレット端末向けの簡単なアプリケーションの開発を予定していたが、先に記載のように、試験的に行った開発演習の結果から、電気電子工学科学生にとっては高度なプログラム技術が必要となることが分かった。そのため、制御対象を電気機器とした。これにより、学生が学んできた「ものづくり」の技術を駆使して自身で電子回路やロボットハンドの製作と制御などを考案することができる。

(5) 高専生向け教材における脳波認識および外部機器への制御出力において、Raspberry Pi3 を導入した。これにより、外部制御の機器として学生自作の電子回路やロボットハンドなどを Raspberry Pi3 に接続して制御することが容易となる。加えて、Raspberry Pi3 上で動作する OS (Raspbian) は Linux であり、Linux に触れる機会が同時に得られることから、学生への学習効果が高まると考える。教材として利用するために、Raspberry Pi3 の使用方法 (OS インストール、Linux の基礎的な使い方) の教材開発も行った。Linux に触れる機会がほとんどない学生向けの教材となるため、難易度は比較的低い。また、計測した脳波を解析するためのフーリエ解析やパワースペクトルの算出などの教材も開発してきた。数学で学んだフーリエ変換を実際に使用することで一般科目と専門科目の連係が期待できる。実際には、脳波計測による合成波の読み込みプログラムは教材として準備し、学生にはフーリエ変換による周波数解析を行い  $\alpha$  波から  $\delta$  波のパワースペクトルを求めるプログラムの実装を演習課題とした。

高専生向け教材として開発した講義項目を以下に示す。

- C 言語の学習
- 脳波信号から周波数成分の解析
- 機械学習の基礎を理解
- マイコンボードの設定
- 外部機器制御への応用

平成 29 年度の講義で実施するための準備が整った。平成 29 年度は実際に担当科目において、本研究で構築した教材を使用して講義

を行う。年度末の授業アンケートを行い、講義を受けた学生からのフィードバックを今後の研究活動や論文執筆に活かしたい。

(6) 地元自治体主催のイベント(平成 28 年度科学のまち・つばた「科学の祭典」)において本研究内容の展示を行った。イベントに出展したのは、図 3 で説明した「脳波による対戦型ボール型ロボット制御システム」と新たに開発したシステムである。新しいシステムは図 5 に示すように、Sphero の制御をモーションキャプチャコントローラ (LeapMotion™) にて行うものである。LeapMotion 上部でかざした掌の傾け方に応じて Sphero が前後左右に転がる。脳波計測も同時に行っており、集中が高ければ赤く、リラックスが高ければ青く、両方高ければ紫色に Sphero が発光する。簡単なコース上で転がすだけのシステムであったが、小中学生が楽しくも真剣に取り組む様子を見ることができた。また、そのアンケート調査では「興味を持った」、「科学へのイメージが変わった」そして「仕組みを知りたい」といった回答が回答者の約 8 割から得られた。その様子は地元新聞紙にも取り上げられたことから本研究の有用性は示されたと考える。



図 5 脳波と LeapMotion による Sphero 制御システムの概要図

## 5. 主な発表論文等

〔その他〕

- 平成 28 年度 科学のまち・つばた「科学の祭典」出展
- 朝日新聞石川版 (平成 28 年 12 月 11 日) の平成 28 年度 科学のまち・つばた「科学の祭典」の記事において、本研究の出展内容が掲載

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

- 藤島 悟志 (FUJISHIMA SATOSHI)
- 金沢工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授
- 研究者番号: 10411787