

機関番号：50101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13251

研究課題名（和文）地域に根差した脳波セルフコントロールによる集中力向上支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of a community-based support system for improving concentration through EEG self-control

研究代表者

圓山 由子（Maruyama, Yoshiko）

函館工業高等専門学校・生産システム工学科・准教授

研究者番号：80723353

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではバイオフィードバックによる脳波セルフコントロールの原理を応用した低コスト集中力向上支援システムの開発を提案した。研究開始当初はガンマ波及びアルファ波帯域の振幅及びコントロール精度の比較を行った。その結果、集中力を向上させたいという意欲が高い被験者はトレーニング効果が高く、有意差も認められた(Kruskal Wallis test, $P<0.01$)。最終年度では被験者の意欲を上げる研究を中心に行った。2022年度はスマートフォンが与える影響についての研究を行い、成績にかかわらずスマートフォン操作が思考力と集中力を阻害することが分かった（2023年8月第46回日本神経科学大会で発表）。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の高価な医療用脳波計を用いなくとも、バイオフィードバックにより有効な脳波コントロールトレーニングが可能になることが分かった。これにより、小規模な施設や家庭でも脳波コントロールによる集中力向上や衝動性抑制のトレーニングの実施が可能となる。しかしながら、トレーニングの効果は被験者の意欲に大きく依存することが分かった。先行研究における難治性てんかん患者の脳波コントロール成績が良好であったのは、治療への意欲が高かったためと考える。一般のADHD患者、特に小児においては必ずしもトレーニングに意欲的に取り組むとは限らないため、負担なく意欲を向上させる手法を考える必要がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, I proposed the development of a low-cost concentration support system based on the principle of EEG self-control by biofeedback. At the beginning of the study, the amplitude and control accuracy of gamma and alpha wave bands were compared. The results showed that subjects who were highly motivated to improve their concentration had a higher training effect, with a significant difference (Kruskal Wallis test, $P<0.01$). In the final year of the project, we focused on research to increase subjects' motivation. In 2022, we conducted research on the effects of smartphones and found that smartphone operation inhibited thinking and concentration, regardless of performance (presented at the 46th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society in August 2023).

研究分野：神経科学

キーワード：脳波 バイオフィードバック 集中力 意欲

1. 研究開始当初の背景

脳波のバイオフィードバックによる難治性てんかん患者への治療から ADHD 患者の衝動抑制

1960 年代より、医療現場においては薬で発作を抑えられない難治性てんかん患者に対して、脳波の状態を音や映像としてフィードバックするバイオフィードバックの手法により正常な脳波の状態をセルフコントロールするリハビリが行われ、大きな成果を挙げた(Sterman et al., 1969)。近年では、ADHD 患者に対し、集中しているときに増大する脳波帯域(ガンマ波)を増強させるために同様のリハビリを行った結果、衝動性の抑制及び認知機能の向上に効果があったとの報告がなされている(Zuberer et al., 2015)。

ネコ視覚野神経細胞の相関活動が符号化する視覚情報

圓山はこれまでネコ視覚野神経細胞間の相関する活動について研究を行ってきた。この研究では、従来ノイズと考えられてきた相関活動が大脳皮質の情報処理に關与している可能性を示唆する結果を得られた(Maruyama & Ito, 2013)。脳波は、個々の神経活動の総和である。脳波において特定の周波数帯域が増大することは、記録部位周辺の神経活動が何らかの相関活動を示した結果であると考えられる。圓山の研究結果である神経の相関活動の大脳の情報処理への関与は、ガンマ波の増大が認知機能の向上に寄与することを、電気生理学的に裏付けるものである。

2. 研究の目的

地域社会で利用できる脳波セルフコントロールによる集中力向上支援システムを開発する。実現のために「低コスト」「簡単に使える」「楽しく使える」を柱に以下の項目について研究・開発を行った。

チャンネル数が少ない脳波計を用いた記録システムの開発

開発コストを下げるためには、脳波計のチャンネル数をできるだけ減らす必要がある。少ないチャンネル数でコントロール精度を上げるために全脳型医療用脳波計を用いて、被験者が集中しているときにガンマ波が出やすい部位をあらかじめ特定し、その箇所のみを記録チャンネルとする。これにより、記録部位を被験者一人ひとりに合わせ、開発コストを低減した脳波記録システムを実現する。

タブレットを用いた脳波バイオフィードバックゲームアプリの開発

集中力を持続するのが困難な ADHD 患児にとって、一定のタスクを継続して行うことには困難さが伴う。この困難さを軽減するために、患児が楽しんでトレーニングできるようゲームによるガンマ波バイオフィードバックシステムを開発する。従来のシステムではパソコンモニタ上にフィードバック刺激を提示していたが、本研究では家庭や療育施設、学校で広く普及しているタブレットで操作するゲームアプリを開発する。

3. 研究の方法

本研究では「記録システムの開発」「脳波バイオフィードバックアプリの開発」の2項目に分けて、初年度及び次年度以降の計画を立てた。

記録システムの開発

初年度は自作脳波計を製作した経験がある研究者数人に対し聞き取り調査を行った。その結果、十分な精度の信号取得を行うには電極やアンプ等の回路製作に多大な時間を割く必要があることが分かった。このため、電極やアンプは出来るだけ市販のものを使用する方針に転換した。本研究では装着感の良い脳波計の形状を検討するため、2種類の形状の異なる脳波計を購入し、記録信号の比較を行った。1つ目は、Neurosky社のヘッドセット型脳波計 Mindwave Mobile を使って記録される脳波を解析した。その結果、アルファ波が精度よく弁別できたが、無線通信 (bluetooth) のため通信がしばしば中断された。2つ目は、backyard brains社製のヘアバンド型脳波計を購入し、計測を行った。こちらは有線のため安定した脳波計測が可能となった。2年目以降はこれらの電極をヘアバンドから取り外し、任意の位置で固定し、記録するシステムを開発した。

また、安定して信号を取得できる記録部位を探るため、長岡技術科学大学の和田研究室所有の BIOSEMI社製医療用脳波計を用いて脳波コントロールを最も行いやすい記録個所の同定を行った。

脳波バイオフィードバックアプリの開発

記録されたガンマ波の大きさに応じて音声もしくは視覚刺激をタブレット上に提示するシステムを作成する。ここではどのような音声刺激と視覚刺激がガンマ波の増大及び維持に有効かを検証した。2021年度の研究において、コントロールの精度は被験者のやる気に大きく依存することが分かった。このため、被験者が楽しく訓練を行うためにコントロール精度をスコアとして反映させるゲームアプリを作成した。

4. 研究成果

2020年度及び2021年度は長岡技術科学大学の和田研究室との共同研究を行った。BIOSEMI社製医療用脳波計を用いて脳波コントロールを最も行いやすい記録個所の同定を行い、脳の部位ごとのガンマ波及びアルファ波帯域の振幅及びコントロール精度の比較を行った。その結果、集中力を向上させたいという意欲が高い被験者はトレーニング効果が高く、有意差も認められた (Kruskal Wallis test, $P < 0.05$)。2022年度及び最終年度である2023年度は被験者の意欲を上げるための研究を中心に行った。2022年度はスマートホンが思考力、集中力に与える影響についての研究を行い、テストの結果にかかわらずスマートホン操作が思考力と集中力を阻害することが分かった (2023年8月第46回日本神経科学大会で発表)。また、ゲームの成績と集中力の関係を解析し、前頭部から計測した脳波の全帯域における振幅が高いほどゲームの成績が高くなる傾向があることが分かった (2024年7月第47回日本神経科学大会で発表予定)。

本研究により、従来の高額な医療用脳波計を用いなくとも、バイオフィードバックにより有効な脳波コントロールトレーニングが可能になることが分かった。これにより、小規模な施設や家庭でも脳波コントロールによる集中力向上や衝動性抑制のトレーニングの実施が可能となる。しかしながら、トレーニングの効果は被験者の意欲に大きく依存することが分かった。先行研究における難治性てんかん患者の脳波コントロール成績が良好であったのは治療への意欲が高かったためと考える。一般のADHD患者、特に小児においては必ずしもトレーニングに意欲的に取り組むとは限らないため、負担なく意欲を向上させる手法を考える必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yoshiko Maruyama, Ryosuke Sato, Kenji Moriya
2. 発表標題 Analyzing relationships between reaction time and EEG signals during computer gaming
3. 学会等名 The 47th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yoshiko Mauryama, Reishu Tamura, Kenji Moriya
2. 発表標題 Investigation of stress levels during thinking tasks just before using the mobile phone to analyze EEG signals.
3. 学会等名 The 46th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Daiki Nishiura, Isao Nambu, Yoshiko Maruyama, Yasuhiro Wada
2. 発表標題 Improvement of human error prediction accuracy in single-trial analysis of electroencephalogram
3. 学会等名 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Yasuhara, Masaki, Isao Nambu, Yoshiko Maruyama, Yasuhiro Wada
2. 発表標題 Decoding Individual Finger Movements from Single Trial EEG of Motor Execution and Imagery Using CNN
3. 学会等名 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 圓山 由子
2. 発表標題 安価な生体情報計測システムを用いた福祉機器開発
3. 学会等名 第158回次世代教育研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiko Maruyama
2. 発表標題 簡易脳波計を用いた集中力向上支援システムの開発
3. 学会等名 第147回次世代教育研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関