

令和 6 年 7 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K15338

研究課題名（和文）脳波を用いたニューロフィードバックによりエラー行動を予防する手法の開発

研究課題名（英文）Development of Methods to Prevent Error Behaviors Using EEG Neurofeedback

研究代表者

大良 宏樹 (Ora, Hiroki)

東京工業大学・情報理工学院・助教

研究者番号：80612069

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ヘッドマウントディスプレイを使ったバーチャルリアリティ（VR）を利用して、エラー行動の防止にむけて実験手法を多角的に評価しました。複数の種類の感覚を一定の方法で提示することで、仮想現実世界において高い臨場感が得られることが示唆されました。また、異なる視点でも同様の臨場感が維持できることが示唆されました。さらに、脳活動を計測しない行動実験であれば、遠隔でも実施可能であり、新型コロナウイルス対策としても有効な研究手法であることが示唆されました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、VRを用いた多感覚提示による臨場感の維持方法を明らかにし、エラー行動防止の新たな実験手法を提案しています。これにより、認知科学や人間工学の分野での仮想現実技術を活用した行動研究の発展に寄与し、異なる視点でも臨場感が維持できることが確認され、VRの応用範囲が広がります。また、脳活動を計測しない行動実験を遠隔で実施可能とすることで、新型コロナウイルス感染対策としても有効な手法を提供します。これにより、研究活動の継続性が保たれ、教育やリモートトレーニングなど広範な分野での応用が期待され、社会全体の安全性と効率性向上に寄与するための知見を提供します。

研究成果の概要（英文）：This study evaluated various experimental methods using virtual reality (VR) with a head-mounted display to prevent error behaviors. The preliminary results suggested that presenting multiple types of sensory information in a consistent manner can create a high sense of presence in the virtual world. Additionally, this sense of presence was maintained even from different perspectives. Furthermore, the study indicated that behavioral experiments not involving brain activity measurement can be conducted remotely, making this research method effective for COVID-19 prevention measures.

研究分野：認知神経科学

キーワード：エラー行動

1. 研究開始当初の背景

工作機器の操作や自動車の運転、さらには航空管制など、ヒトが重要な役割を担うシステムは多岐にわたるが、作業員や操縦者のエラー行動は、深刻な事故の原因となることが知られている。この様なエラー行動を事前に予知することができれば、ヒューマンエラーに起因する様々な事故を防ぐことが可能となる。エラー行動を事前に予知する手法としては、脳内のエラー行動の源となる神経活動を検出することが考えられる。

ブレイン・マシン・インターフェイス(BMI)は、脳波等の脳活動から患者・使用者の意図などを、機械学習手法を使用して読み取り、環境制御やコミュニケーション補助を行う技術である。この技術は、認知神経科学の知見に基づき脳活動を機械学習技術によって解読することで実現されている。もし(i)エラー行動に先行して脳活動に変化が生じ、(ii)それをBMIによって検出し、(iii)事前に注意を促す刺激を提示し、その刺激に反応することができれば、ヒューマンエラーに起因する様々な事故を回避することができる。

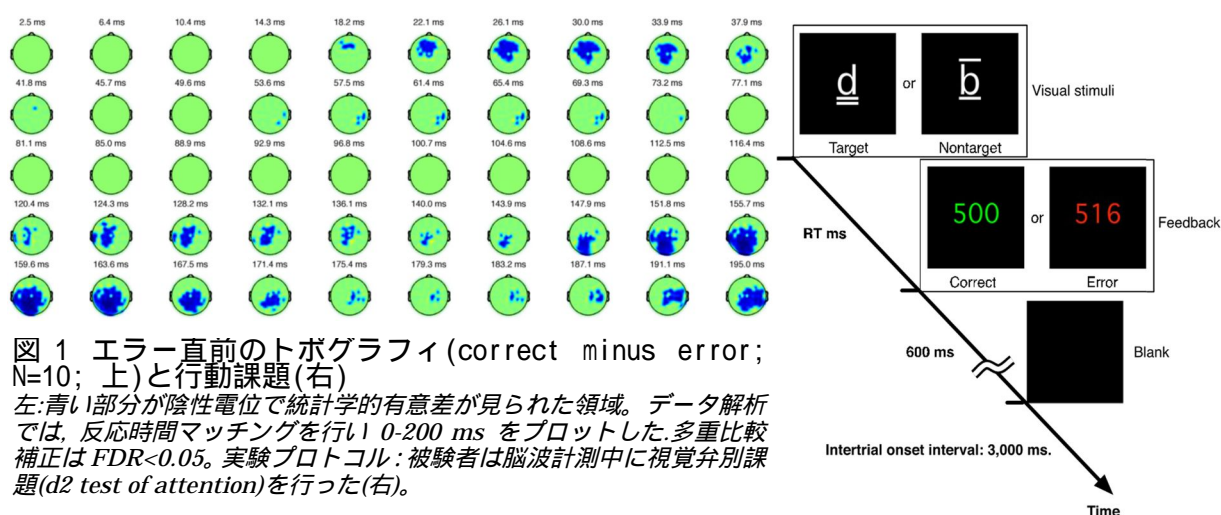


図1 エラー直前のトポグラフィ(correct minus error; N=10; 上)と行動課題(右)  
 左:青い部分が陰性電位で統計学的有意差が見られた領域。データ解析では、反応時間マッチングを行い0-200 msをプロットした。多重比較補正はFDR<0.05。実験プロトコル:被験者は脳波計測中に視覚弁別課題(d2 test of attention)を行った(右)。

(i)について、申請者らはこれまでに視覚弁別課題遂行中の健常被験者の脳波を計測し、エラー行動を含む試行では、視覚刺激提示から約25ミリ秒で前頭部、頭頂部(約130ミリ秒)、そして後頭部(約160ミリ秒)に陰性電位の減少を観測した(Ora et al., 2015, *Scientific Reports*, 図1)。この様に申請者はすでに脳波を使用し、エラー行動に先行する脳活動の観測に成功している。(ii)について、BMIの分野でこれまでに行われた先行研究では、エラー行動直後の脳活動を検出することでBMIの性能向上を図るものであり、エラー行動後の脳活動の検出にとどまっていた。申請者らは、前課題である科研費 研究活動スタート支援「脳波を用いたエラー行動事前予知手法の開発」(平成28年度～平成29年度)のもと、エラー行動に先行する脳活動を検出することで、エラー行動を事前に予知する手法の開発に成功している(Ora et al., under revision, *Scientific Reports*, 図2, AUC=0.72)。(iii)について、注意を促す刺激がどのようなものであれば脳が反応し、エラー行動を防ぐことができるのかについては、これまでにエラー行動を予知する手法がなかったため、ほとんど分かっていない。上記より、申請者らがこれまでに開発に成功した、エラー行動を予知する手法を使用して、注意を促す刺激に必要な条件を実験によって調べることによって、エラー行動を予防する手法の開発を行える状態であった。

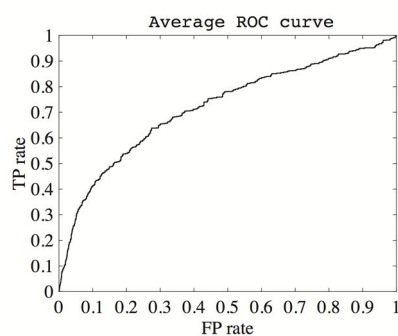


図2 エラー事前予知手法の性能  
 (未公開データ; Ora et al., under revision)

#### <参考文献>

Ora, H., Sekiguchi, T., Miyake, Y. Dynamic scalp topography reveals neural signs just before performance errors. *Scientific Reports*, 5: 12503, 2015.

#### 2. 研究の目的

以上の背景のもと、当初本研究では申請者が世界で初めて発見したエラー行動に關与する脳活動を検出する手法を活用することによって、エラー行動を事前に予知し、注意を促す刺激を提示することによって、エラー行動を予防する手法を開発することが目的であった。その後、新型コロナウイルスの流行などの理由によって、感染対策の必要から、仮想現実技術を利用した行動実験の検討を行った。

#### 3. 研究の方法

本研究課題では、エラー行動およびその予防手法を多角的に評価するため、ヘッドマウントディスプレイを使用したバーチャルリアリティを使用した行動タスクの開発に向けた検討を行った。具体的には、複数モーダルの感覚（視覚刺激及び触覚刺激、視覚刺激及び嗅覚刺激）を同期及び非同期で提示することで、仮想現実世界に対して臨場感を感じる場合とそうでない場合を皮膚表面電位及び質問紙によって評価した。また、視点と提示される触覚刺激位置が、通常的身體位置と異なっている条件に同様の方法で提示することで、仮想現実世界に対して臨場感が維持されるかどうかを検討した。さらに実験室外において遠隔で行うことができるかどうかを検討した。

#### 4. 研究成果

実験の結果、複数モーダルの感覚を一定の方法で提示することで、仮想現実世界に対して臨場感を感じることを示唆され、行動タスクの開発に必要な知見が得られた。また、視点が異なっても同様の方法で提示することで、仮想現実世界に対して臨場感が維持されることが示唆された。さらに開発を続けている手法では、脳活動を計測しない行動実験であれば、実験室外において遠隔で行うことができることが示唆された。これは新型コロナウイルス感染対策としても有効な研究手法の確立に繋がる知見である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tsuchiya Ayaka, Ora Hiroki, Hao Qiao, Ono Yumi, Sato Hikari, Kameda Kohei, Miyake Yoshihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Body Movement Synchrony Predicts Degrees of Information Exchange in a Natural Conversation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2020.00817	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Okumura Keisuke, Ora Hiroki, Miyake Yoshihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Investigating the Hand Ownership Illusion With Two Views Merged in	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/frobt.2020.00049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Tsuchiya, A., Ora, H., Kameda, K., Miyake, Y.
2. 発表標題 Body Movement Synchrony Captured by an Omnidirectional Camera predicts the Degree of Information Transfer during Dialogue: Toward Automatic Evaluation of Verbal Communication
3. 学会等名 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abe, Y., Ora, H., Miyake, Y.
2. 発表標題 Synchronized visual and olfactory stimuli induce VR-based out-of-body experiences
3. 学会等名 19th International Multisensory Research Forum (IMRF2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okumura, K., Ora, H., Miyake, Y.
2. 発表標題 The rubber hand illusion in merged vision with another person
3. 学会等名 19th International Multisensory Research Forum (IMRF2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Ora, H., Miyake, Y.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 339
3. 書名 Ayaz, H. and Dehais, F. (ed.), Neuroergonomics: The brain at work and in everyday life	

〔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
---------	---------