

令和元年6月25日現在

機関番号：12608

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06789

研究課題名（和文）脳波を用いたエラー行動事前予知手法の開発

研究課題名（英文）A method for prediction of performance errors

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） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：エラー行動を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できる。しかしこれまでのエラー行動検出手法は事後的なものにとどまっていた。そこで本研究では、申請者が発見したエラー行動に関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する手法を研究開発した。結果、単一試行の脳波信号でエラー行動を予知することができることを示唆した。さらに当初予期していなかった成果として、バーチャルリアリティ環境での自己身体認知について、新たな錯覚を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳波信号からエラー行動を事前に予知することに成功した。このことは、将来ヒューマンエラーに起因する様々な事故などを防ぐことにつながることを期待される。また、当初予期していなかった成果として、バーチャルリアリティ (VR) 環境において自己の身体についての情報を脳内でどのように処理しているかについて、新たな錯覚を発見した。この知見を応用することによって、VR環境での高い学習効果を支える要素であると考えられる「臨場感」を操作する新たな手法の開発が期待される。

研究成果の概要（英文）：If performance errors can be predicted, various accidents resulting from human error can be prevented. However, previous performance error detection methods detects performance errors after it occurred. In this study, we developed a method to predict performance errors in advance by using brain activity involved in the performance errors reported by the applicant. Our results suggested that the performance errors could be predicted by electroencephalogram signals in single trial. Furthermore, we discovered a new illusion of self-body recognition in a virtual reality environments.

研究分野：ブレイン・マシン・インターフェイス

キーワード：遂行エラー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

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(Brain-Machine Interface; 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釈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できる。

(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。申請者らもこれまでにエラー行動直後の脳活動からエラーを検出する手法を開発している。この手法をもとに事前にエラー行動を予知するための信号処理や特徴量の調整を行えば、エラー行動を事前に予知するための手法の開発が可能となる状態であった。

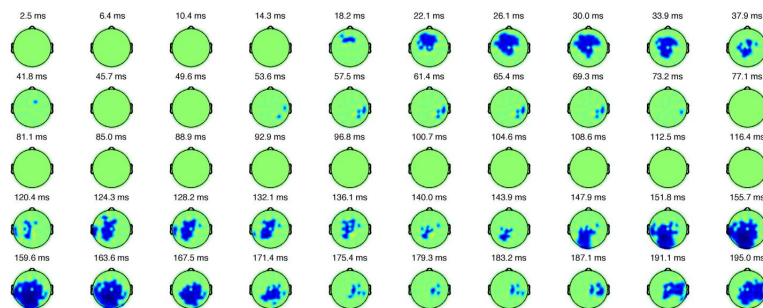


図1 エラー直前のトポグラフィ(correct minus error; N=10)
青い部分が陰性電位で統計学的有意差が見られた領域。データ解析では、反応時間マッチングを行い0-200 msをプロットした。多重比較補正はFDR<0.05。

<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

本研究では申請者が発見したエラー行動に関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できるようにする。このために、まず申請者らが発見したエラー行動に先行する脳活動を単一試行で検出できるようにし、それをリアルタイムで検出できるようにし、さらにエラー行動予知の対象行動課題を増やしていく。

3. 研究の方法

視覚弁別課題を遂行中の被験者の脳波信号から、機械学習手法を用いてエラー行動を事前に予知する手法を開発し、実験により性能を評価した。視覚刺激には、申請者らの先行研究で使用した、d2-test of attention (図2)を使用し、エラー行動を事前に予知する手法としては、申請者がエラー行動を事後検出するために使用した方法をもとに、信号処理や機械学習のための特徴量などを調整した。

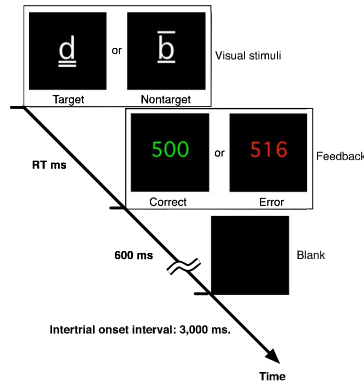


図2 行動課題
被験者は脳波計測中に視覚弁別課題(d2 test of attention)を行った。

さらに、開発した脳波によるエラー行動事前予知手法を用いてリアルタイムでエラー行動を予知するシステムを構築し、このシステムによって使用者が実際に機器の操作などを間違えたときに事前に予知することができるかを検証するために、ヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display; HMD) を使用したバーチャルリアリティ環境での自己身体認知についての課題を開発した。

4. 研究成果

視覚弁別課題を遂行中の被験者の脳波信号から、機械学習手法を用いてエラー行動を単一試行で予知する手法を開発し、実験により性能を評価した。視覚刺激には、申請者らの先行研究で使用した、d2-test of attention を使用し、エラー行動を事前に予知する手法としては、申請者がエラー行動を事後検出するために使用した方法をもとに、信号処理や機械学習のための特徴量などを調整した。実験の結果は、単一試行の脳波信号でエラー行動を予知することができることを示唆した。

さらに、開発した視覚弁別課題を遂行中の被験者の脳波信号から機械学習手法を用いてエラー行動を単一試行で予知する手法を改良し、実験により性能を評価した。視覚弁別課題には、申請者らの先行研究で使用した、d2-test of attention を使用し、エラー行動を事前に予知する手法としては、申請者がエラー行動を事後検出するために使用した方法をもとに、信号処理や機械学習のための特徴量などを調整するとともに不均衡データに対する性能向上を試みた。実験の結果は、単一試行の脳波信号でエラー行動を予知することができることを示唆するとともに、その性能が向上することが判明した(図3)。さらに研究開発を進めていくことによって性能を向上させていきたい。

そして当初予期していなかった知見として、ヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display; HMD) を使用したバーチャルリアリティ環境での自己身体認知について、新たな錯覚を発見した。この結果を応用することによって、バーチャルリアリティ環境での臨場感を操作する新たな手法の開発が期待される。

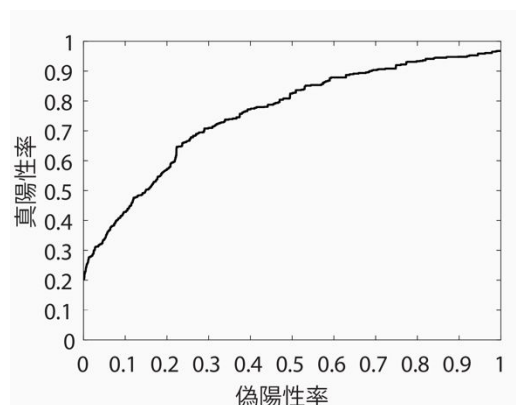


図3 エラー行動予知手法のROC (Receiver Operating Characteristic) 曲線
Area under curve (AUC)=0.76

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

- [1]. Abe, Y., Ora, H., Miyake, Y. Synchronized visual and olfactory stimuli induce VR-based out-of-body experiences, 19th International Multisensory Research Forum (IMRF2018), 2018.
- [2]. Okumura, K., Ora, H., Miyake, Y. The rubber hand illusion in merged vision with another person, 19th International Multisensory Research Forum (IMRF2018), 2018.
- [3]. Hiroki Ora, Yoshihiro Miyake. A method for prediction of behavioral errors from single-trial electrophysiological data. 1st International Neuroergonomics Conference, AXA Headquarters, Paris, France, 2016.
- [4]. Hiroki Ora, Yoshihiro Miyake. A method for prediction of performance errors from single-trial EEG data. The 46th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, San Diego Convention Center, San Diego, CA, USA, 2016.

〔図書〕(計1件)

- [1]. Ora, H., Miyake, Y. “A method for prediction of behavioral errors from single-trial electrophysiological data” In Ayaz, H. and Dehais, F. (ed.), Neuroergonomics: The brain at work and in everyday life, Academic Press, p. 271, 2019.

〔その他〕

- [1]. において“幽体離脱”：東京工業大学，2018年11月5日(月曜日)．日刊工業新聞．
- [2]. において“幽体離脱”ってどんな研究？，2018年11月10日(土曜日)．ニュースイッチほか．

6．研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。