

令和 4 年 6 月 19 日現在

機関番号：31303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12085

研究課題名(和文)脳活動・眼球運動計測に基づく協調作業で生じる「場の空気」の可視化に関する研究

研究課題名(英文)An experimental study to visualize an atmosphere of cooperative work based on the brain activation and eye movement

研究代表者

三浦 直樹 (Miura, Naoki)

東北工業大学・工学部・教授

研究者番号：70400463

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大規模システムの運用における共同作業者の相互影響を「場の空気」と定義し、複数参加者間の同時生体計測により「場の空気」の描出を試みた。その結果、脳活動同調計測実験においては、他者の存在によって明示的なコミュニケーションがなくとも脳活動同調度が変動することを明らかにした。それに加えて、脳活動と瞳孔径の同時計測を用いた共同作業実験においては、作業者の共同作業への関与度や課題実施中の協力関係の有無を反映して、脳活動同調度と瞳孔径が個別に変動することが認められた。以上の結果より、脳活動と瞳孔径の生体信号により作業中の「場の空気」を可視化であるとの知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非侵襲・低拘束な生体計測手法により「場の空気」を推定する本研究成果は、計測機器の小型化などハードウェア面での課題は残されているものの、作業現場での応用が期待できる。また社会神経科学の観点からも、本研究では明示的なコミュニケーション時の脳活動同調に加えて、暗黙の他者相互作用による脳活動の揺らぎを明らかにしており、他者意識の神経機序を解明する上での重要な知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have attempted to depict "atmosphere of cooperative work" defined as the mutual influence of collaborators in the operation of a large-scale system through simultaneous biological measurements among multiple participants. The result revealed that interpersonal neural synchronization fluctuates with the presence of others even in the absence of explicit communication. In addition, in a collaborative task using simultaneous measurement of brain activity and pupil diameter, it was observed that interpersonal neural synchronization and pupil diameter fluctuated separately, reflecting the degree of engagement of the workers in the collaborative task and the existence of a direct cooperative relationship during the task. These results indicate that biological measurements of brain activity and pupil diameter can be used to visualize the "atmosphere of cooperative work".

研究分野：認知神経科学

キーワード：生体計測 共行動 他者意識

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人間は他者との相互作用の中で生活しており、作業の現場においても例外ではない。一緒に作業する他者との相互影響、すなわち仕事の「場の空気」が作業の質に影響を与える事から、その相互影響の解明は重要な課題である。例えば、原子力発電所や航空管制のような高度に専門化された作業現場では、必ず複数人の協調作業が求められる。作業を適切に進めていくためには、個々の構成員が各々の作業に集中しているだけでは不十分であり、作業の「場の空気」を適切に維持することを全員が意識しなければならない。その「場の空気」の存在を学術的に解明するためには、単に作業を完了するまでの時間や作業ミスなどを評価するだけでは不十分であり、構成員同士の認知・心理的な相互影響を分析し、「如何に作業に集中できているか？」や「如何に他者の作業を意識できているか？」を評価する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、『協調作業を行う作業員間の「場の空気」は、生理信号により評価できるのか？』という学術的問いに答えるために、協調作業員同士の相互影響は(1)個人の作業への集中度、及び(2)作業員間の協調意識の、二つの指標により評価可能であると仮説を立て、それらを複数の作業員から同時に計測された脳活動及び瞳孔径信号を解析し、両者の相互影響について評価することを行った。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、本研究では大きく3つの研究課題に取り組んだ。

(1) 他者意識の変化による脳活動同調への影響の解析

作業員間の協調意識の認知メカニズムを調べるための基礎研究として、同一の作業環境下で複数の作業員が同時に作業をしている時の脳活動同調度を、近赤外線分光法を用いた複数人同時計測により計測し、他者間の相互作用と脳活動同調度の関係について解析した。

実験課題として2種類の課題を準備した。一つ目は単純加算課題を用いた隣接する他者の影響評価で、2名の参加者が独立に加算課題に取り組む際に、明示的なコミュニケーションを行わない他者の存在が、脳活動同調度に与える影響に焦点を当てた。そのため、二者が隣接して課題に取り組む条件と、別室で同時に課題に取り組む条件の2条件について二者間で同時に脳活動計測を行い、その際の脳活動同調度の解析を行った。二つ目は、社会的サイモン効果(文献)を用いて、二者間での作業分担意識が脳活動同調度に与える影響を評価した。実験課題において、参加者の座席配置と標的刺激的表示位置とを制御し、その組み合わせにより生じる社会的サイモン効果と脳活動同調度との関係について解析を行った、それに加えてこの社会的サイモン効果がリモート作業を模した遠隔作業条件下においても生じるか、そしてそれは脳活動同調度にどのような影響を与えるかについて解析を行った。

(2) マルチモダリティ複数人同時計測による共同作業時の認知状態変化の解析

作業現場での協力関係を想定した、3名の実験参加者による共同作業時の生体計測実験を実施した。実験課題としては、標的刺激に対し2名の参加者でボタン押しタイミングを調節し反応する共同作業課題(文献)を用いた。さらに本実験では、共同作業を実施する2名の参加者に加えて、反応に対するフィードバックの教示役を担当する、もう1名の参加者を実験に参加させた。そして、各試行でのボタン押しタイミングのフィードバックをPCにより自動提示し、教示役の参加者は何もしない二者協力条件と、教示役の参加者が残り2名にフィードバックを行う指導者教示条件の2条件を、実験条件として設定した。実験課題の実行順は、教示役参加者の課題への関与度が生体信号に与える影響を評価するために、二者協力条件・指導者教示条件・二者協力条件の順番に実施し、課題中の脳活動及び瞳孔径の変化を計測した。計測データから三者間の協力関係の変化及び課題への寄与度の変化と、参加者間の脳活動同調度及び瞳孔径の変化との関係について解析を行った。

(3) 作業への集中度に関する認知心理機序の解明

作業への集中度を生体信号から評価するための基礎研究として、下記の実験に取り組んだ。一つ目は、作業への没入度を眼電位から評価するための生体計測実験であり、視覚的分散注意課題を用いて、課題に没入することで生じる主観的楽しさと課題遂行時の眼電位との関係について解析を行った。二つ目は、作業中に予想外の事態が生じた場合において、事態に対処している際の脳活動を機能的MRIで計測し、その成否に影響する個人の性格特性との関係の解明に取り組んだ。実験課題はスマートグリッドシミュレータの運転とし、課題中に事前の訓練では発生しなかった事象を発生させ、その事象に対処している時の行動記録と、脳活動及び性格特性との間で関連性の解析を行った。3つ目は作業への集中を阻害する性格要因となりうる無気力さをアンケートで評価するために、質問紙及びweb調査への回答傾向と無気力性格特性との関係について分析を行った。

4. 研究成果

これらの研究課題を遂行した結果、以下に示す研究成果を得た。

(1) 他者意識の変化による脳活動同調への影響の解析

他者の存在が脳活動同調度に与える影響の二者間の脳活動同調度解析において、他者と隣接した状態で加算課題を実行した場合、同一の課題条件で両者が別室にて課題を実行した場合と比較して、左側前頭前野の脳活動同調度が促進され、前頭極周辺領域の脳活動同調度が抑制される結果が得られた。遂行している加算課題自体にコミュニケーション要素はないことから、この脳活動同調度の変容は隣接する他者の存在によって生じたと考察され、先行研究で報告されてきた明示的なコミュニケーションがなくても、他者の存在自体が脳活動に対し相互作用を発生させることを示した。

社会的サイモン課題を用いた実験では、二名の参加者が隣接した条件では、別室で実施した条件と比較して脳活動同調度が抑制される傾向が観察された。この社会的サイモン課題は隣接する他者を意識することによる社会的抑制効果を生じさせるものであり、その効果が同調度の抑制として観測されたと考察される。それに加えて、他者との隣接のない遠隔条件においても同様の脳活動同調度の抑制傾向が観察された。従って、脳活動同調に影響を与える他者意識は、実際に隣接する他者の存在だけでなく、遠隔下での共同作業者の存在にも影響を受ける可能性が示唆された。

(2) マルチモダリティ複数人同時計測による共同作業時の認知状態変化の解析

共同作業を行う二名の参加者と教示役の参加者との脳活動同調度を解析したところ、指導者教示条件において二者協力条件より脳活動同調度が増加する傾向が観察された。従って実際の作業には従事しない協力者であっても、作業遂行者との間で脳活動同調が生じており、作業者間の協力関係を生理信号から評価可能であることが示唆された。一方で瞳孔径信号においては、二者間協力条件2回目において、教示役参加者の瞳孔径変動が大きく揺らぐ傾向が観察された。教示役の参加者は、2回目の協力条件において、自身の関与する作業が全て完了しており、課題への集中度が低下していると推測される。従ってその心理状態の揺らぎを反映して、瞳孔径信号に変動が生じたと考察される。以上のように、参加者から同時に計測された2種類の生理信号により、協力状態と集中状態という異なる認知状態を推定し、その結果から「場の空気」を評価できる可能性が示された。

(3) 作業への集中度に関与する認知心理機序の解明

眼電位計測を用いた作業への没入度評価実験からは、没入によって増加する課題への主観的な楽しさと眼球運動量の間に関係性があることが示唆された。この結果は、視線移動量やその軌跡から集中度を評価するための、補助的な知見として利用可能である。また機能的MRIを用いた困難な事象に対処する際の脳活動と性格特性の解析では、左側前頭前野などの課題遂行関連領域の低活動が問題対処能力特性と関連していることが認められた。従って生体信号から作業集中度を分析するためには、単なる信号増加・低減を特徴量とするのではなく課題特性を考慮することでその尤もらしさを向上させられると示唆される。作業に対する無気力さの質問紙調査からは、他者への不信感の強さを示す性格特性と、回答精度との間に負の相関が認められ、他者意識と作業集中度との関係性に関する知見を得ることができた。

以上の研究成果をまとめると、脳活動同調度と瞳孔径信号を利用することで、共同作業者との協調度と作業への集中度が推定可能であると考えられ、本研究で定義する「場の空気」を評価可能であると結論づけることができる。利用した生体計測手法は非侵襲・低拘束であることから、作業現場での応用が期待できる方法であり、今後作業者の負担がより小さい計測機器を開発することによって、より広範囲の応用が期待できる方法である。また社会神経科学の観点からも、本研究では明示的なコミュニケーションを含む作業における脳活動同調度の変動に加えて、他者の存在を意識することのような暗黙の相互作用による脳活動同調度の揺らぎを明らかにしており、他者認知及びコミュニケーションの神経機序を解明する上での重要な知見を得ることができたと考えられる。

Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. (2003). Representing others' actions: just like one's own?. *Cognition*, 88(3), B11-B21

Cui, X., Bryant, D. M., & Reiss, A. L. (2012). NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage*, 59(3), 2430-2437.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 三浦 直樹, 吉井 慶人, 高橋 信, 杉浦 元亮, 川島 隆太	4. 巻 22
2. 論文標題 複雑な社会技術システムにおける想定外事象対応の機能的MRI：課題成績と問題対応特性は問題解決脳領域の低活動と関連する	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 43-54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.22.1_43	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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 間山千寛, 三浦直樹
2. 発表標題 共同サイモン課題による脳活動同調の解析
3. 学会等名 令和4年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 半田翔人, 三浦直樹
2. 発表標題 無気力度性格特性による質問調査への回答の不安定性
3. 学会等名 令和4年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤輝人, 三浦直樹
2. 発表標題 メガネ型ウェアラブルデバイスを用いた 没入度の評価に関する研究
3. 学会等名 令和2年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤輝人, 三浦直樹
2. 発表標題 メガネ型ウェアラブルデバイスを用いた没頭感の評価に関する研究
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019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
---------	---------