

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13904

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0280

研究課題名（和文）極度の忘我状態が引き起こす脳状態の変容 - 対人相互作用時のフローとチョーキング

研究課題名（英文）Altered brain states at high engagement performance: "flow" and "choking" during interpersonal interaction

研究代表者

中内 茂樹 (Nakauchi, Shigeki)

豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：00252320

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、チームフローと関連する認知プロセスの理解を深めるために、複数の研究プロジェクトを統合して実施している。また、リアルタイムEEGハイパースキャンニングや電磁駆動システムなどの革新的な方法を用いることで、最適な共同作業状態の神経的および心理的基盤に焦点を当て研究を実施した。

主な成果として、特性-状態の階層構造を捉える潜在的な神経空間の開発、リアルタイムの脳間接続性分析のためのRHYTHMEの作成、低遅延の動作転送システムの実装を挙げることができる。さらに、フロー状態における意志とエージェンシーの感覚の探求は、個人およびチームレベルでの相互作用について貴重な洞察を提供することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、社会神経科学、認知心理学、および人工知能の分野に重要な貢献をしている。技術の進歩を通じて、共同作業の強化や人間の認知パフォーマンスの最適化を目指す将来の研究に対する科学的また技術的基盤を提供するものである。チームフローの理解を深めることにより、これらの発見は、協力的なタスクやインタラクティブなゲームから、先進的なAIシステムやインテリジェント環境まで、さまざまな応用分野に適用することが可能と考えている。

研究成果の概要（英文）：This comprehensive study integrates multiple research projects to advance our understanding of team flow and related cognitive processes. By employing innovative methods such as real-time EEG hyperscanning and electromagnetic actuation systems, the research sheds light on the neural and psychological underpinnings of optimal collaborative states. Key achievements include the development of a latent neural space capturing trait-state hierarchies, the creation of RHYTHME for real-time inter-brain connectivity analysis, and the successful implementation of low-latency motion transfer systems. Additionally, the exploration of volition and sense of agency in the flow state provides valuable insights into individual and team-level interactions.

研究分野：人間情報学

キーワード：チームフロー 神経同期 ハイパースキャン 潜在神経空間

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

チームフローとは、個人が高い調整力を持って協力してタスクに取り組む状態であり、パフォーマンスや社会的相互作用を大幅に向上させる。このチームフローの神経的および心理的基盤を理解することは、さまざまな文脈での共同活動の理解の基盤となることから、チームフローおよび関連する認知プロセスのさまざまな側面に焦点を当てた研究が必要とされている。そこで、本研究課題では、深い関与、楽しさ、エネルギーギッシュな集中を特徴とするチームフローの神経メカニズムおよび認知プロセスを調査する。これまでの研究では、社会的タスク中の神経同期に生来の特性と柔軟な状態の両方が影響を与えることが示されている。本研究は、EEG ハイパースキャニングや電磁駆動システムなどの先端技術を用いて、神経表象、意志、エージェンシーの感覚、および脳間ダイナミクスを検証することで、理解のギャップを埋めることを目指している。

2. 研究の目的

本研究の主要な目的は以下の通りである：

1. 社会的相互作用中の神経活動と状態を捉える解釈可能なモデルを開発すること
2. 脳間の接続性を分析するためのリアルタイム EEG ハイパースキャニングのオープンソースプラットフォームを作成すること
3. 低遅延の動作転送システムを使用して共同作業を強化すること
4. フロー状態に対する意志とエージェンシーの感覚の影響を調査すること
5. EMAS 実験中にアーティファクトを特定し、軽減することで EEG ハイパースキャニングデータの精度を向上させること
6. 人間の認知プロセスと先進的なインテリジェントシステムを統合することで、ハイパーインテリジェンスの可能性を探求すること
7. 商標の類似性についての AI と人間の評価を比較すること

3. 研究の方法

- **チームフロータスクにおける特性-状態階層を捉える潜在神経空間：**
EEG データに対して二段階の次元削減パイプラインを適用する。第一段階では、非負値行列因子分解 (NMF) を用いて、高次元の EEG データを意味のある成分に削減し、第二段階では、線形判別分析 (LDA) を使用して、これらの成分をさらに削減し、特性と状態の両方を捉える 7 次元の潜在空間を形成する。
- **RHYTHME：**
EEG 解析のためのリアルタイムハイパースキャニング Python メソッド：RHYTHME は包括的な解析パイプラインを採用する。EEG データは、Fieldtrip バッファを使用しリアルタイムでストリーミングする。データは、ダウンサンプリング、バンドパスフィルタリングなどの前処理ステップを経て処理され、リアルタイムで視覚フィードバックが実験者および参加者に提供されます。
- **共同動作のための電磁駆動：**
電磁駆動システム (EMAS) により、ネオジム磁石付きの指アタッチメントと電磁石のアレイを使用して、リアルタイムの動作転送を実現する。このシステムの総運動転送遅延は平均 22.9 ミリ秒であり、さまざまな操作モードをサポートする。
- **EMAS および EEG を使用した意志、エージェンシーの感覚、およびフロー状態の関係：**
実験参加者は、EEG ヘッドセットと EMAS 用の磁気リングを装着しながら、リズムゲームを行う。
- **デバッグ解析：**
EMAS デバイスを使用するハイパースキャニング実験における EEG アーティファクトの調査：潜在的なアーティファクトの発生源を分離するために、通常のタスクパフォーマンスのコントロール条件、手と磁石が EMAS に置かれたままスクリーンなしで行われる予期効果の条件、手を EMAS から離し磁石を EMAS 上に置くハードウェア条件、およびクリックなしで手を EMAS に置き、磁石を使用しない磁石/筋肉運動の条件で計測されたデータに対してアーチファクト源を調査する。
- **人間の認知とハイパーインテリジェンス：**
認知の限界、意識機能の AI 実装、および組み合わせ融合アルゴリズム (CFA) を使用したモデル融合を探求し、認知の多様性の強化を行う。また、AI、機械学習 (ML)、プロセスマイニング、IoT センサーネットワーク、および自然言語処理を統合したハイパー自動化サプライチェーンの開発にも焦点を当てる。
- **商標類似性の評価におけるニューラルネットワークと人間の比較：**
商標の類似性に対するディープニューラルネットワーク (DNN) と人間の評価を比較する。DNN は日本特許庁が提供するデータベースを使用してトレーニングされ、人間の実験には、

オンライン行動研究と、参加者が画像の特徴を視覚的に探り、商標の類似性を評価する方法を研究する眼球運動計測実験を含んでいる。

4. 研究成果

主な研究成果は以下の通りである：

- **潜在神経空間:**
特性-状態の階層構造を明らかにする7次元の潜在的なEEG空間を特定することができた。
- **RHYTHME:**
リアルタイムEEGハイパースキャンニングプラットフォームを開発し、脳間ダイナミクスの即時フィードバックと解析が可能になった。
- **EMAS:**
動作転送の遅延を削減し、共同作業における効果的な同期と調整が可能となった。
- **フロー状態研究:**
システム制御条件でのパフォーマンスの向上と類似のフロー状態を示した。
- **アーティファクト解析:**
手の動きや筋肉の活動がEEGアーティファクトの主な原因であることを特定し、より良い実験設計に貢献した。
- **ハイパーインテリジェンス:**
認知の限界を超え、AIと人間の認知を統合する方法を探求し、インテリジェントシステムの開発に貢献した。

本研究課題では、チームフローと関連する認知プロセスの理解を深めるために、複数の研究プロジェクトを統合して実施している。また、リアルタイムEEGハイパースキャンニングや電磁駆動システムなどの革新的な方法を用いることで、最適な共同作業状態の神経的および心理的基盤に焦点を当て研究を実施した。

主な成果として、特性-状態の階層構造を捉える潜在的な神経空間の開発、リアルタイムの脳間接続性分析のためのRHYTHMEの作成、低遅延の動作転送システムの実装を挙げることができる。さらに、フロー状態における意志とエージェンシーの感覚の探求は、個人およびチームレベルでの相互作用について貴重な洞察を提供することができた。

また、EMAS実験中のアーティファクトを特定して軽減することで、EEGハイパースキャンニングにおける実践的な課題にも対応した。また、ハイパーインテリジェンスとAIモデルの統合を通じて、認知プロセスの研究を拡張する方向性を示した。さらに、商標の類似性に関するAIと人間の評価の比較は、現在のAI技術の可能性と限界を明らかにした。

以上、本研究課題では、社会神経科学、認知心理学、および人工知能の分野に重要な貢献をしている。技術の進歩を通じて、共同作業の強化や人間の認知パフォーマンスの最適化を目指す将来の研究に対する科学的また技術的基盤を提供するものである。チームフローの理解を深めることにより、これらの発見は、協力的なタスクやインタラクティブなゲームから、先進的なAIシステムやインテリジェント環境まで、さまざまな応用分野に適用することが可能と考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 MARTINSEN Michael Makoto, KINZUKA Yuya, SATO Fumiaki, MINAMI Tetsuto, NAKAUCHI Shigeki	4. 巻 22
2. 論文標題 Breakthrough Time Depends on Letter Type and Upright Orientation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Affective Engineering	6. 最初と最後の頁 157 ~ 165
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5057/ijae.TJSKE-D-22-00074	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 Shehata Mohammad, Cheng Miao, Leung Angus, Tsuchiya Naotsugu, Wu Daw-An, Tseng Chia-huei, Nakauchi Shigeki, Shimojo Shinsuke	4. 巻 8
2. 論文標題 Team Flow Is a Unique Brain State Associated with Enhanced Information Integration and Interbrain Synchrony	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 eNeuro	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1523/ENEURO.0133-21.2021	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 該当する

1. 著者名 Shimojo Shinsuke, Toma Filip-Mihai, Noguchi Masaiko, Cole Elijah, Marks Markus, Shehata Mohammad, Wu Daw-An	4. 巻 23
2. 論文標題 Comparing Neural Networks and Human Subjects in Assessing Trademark Similarities	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 5553 ~ 5553
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.23.9.5553	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 該当する

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件/うち国際学会 12件）

1. 発表者名 吉野魁莉, 田村秀希, 中内茂樹, 南 哲人
2. 発表標題 状態不安が連続フラッシュ抑制下における顔検出力に与える影響
3. 学会等名 日本視覚学会2023年夏季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 マーティンセン マイケル誠, 田村秀希, 南 哲人, 中内茂樹
2. 発表標題 無意識下の顔知覚において顔の赤みは検出時間に影響する
3. 学会等名 日本視覚学会2023年夏季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Wu Q., Shimojo S., and Shehata M.
2. 発表標題 An interpretable EEG latent space captures inter- and intra-individual variability in a team flow task.
3. 学会等名 Neuroscience 2021. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shehata M., and Shimojo S.
2. 発表標題 Team flow: the science, forecast, and augmentation.
3. 学会等名 University of Tokyo Institutes for Advanced Studies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shehata M.
2. 発表標題 Implicit Perception and the Neuroscience of teams.
3. 学会等名 NuVu Neuro-Architecture studio
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shehata M., and Shimojo S.
2. 発表標題 Wearable “Team Flow” Realtime Monitoring and Modulation System
3. 学会等名 NASA HRP-IWS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mohammad Shehata, Miao Cheng, Angus Leung, Naotsugu Tsuchiya, Daw-An Wu, Chia huei Tseng, Shigeki Nakauchi, Shinsuke Shimojo
2. 発表標題 Team in the Zone (Flow) have unique connected brains
3. 学会等名 Society for Neuroscience press conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shehata M.
2. 発表標題 The Neuroscience of Team Flow
3. 学会等名 Sony Computer Science Lab
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shehata M., C. M., Wu D., Tseng C., Nakauchi S., Shimojo S.
2. 発表標題 Specific neural correlates integrate flow and social experience
3. 学会等名 Society for Neuroscience Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shirai, Y., Suegami, T., Shehata, M., Shimojo, S., Nakauchi, S.
2. 発表標題 Vision in the extreme-periphery (3b): effects of eccentricity and foveal input on color perception
3. 学会等名 Vision Sciences Society 19th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shehata, M., Suegami, T., Shirai, Y., Wu, D., Nakauchi, S., Shimojo, S.
2. 発表標題 Vision in the extreme-periphery(3a):color perception is induced by foveal input
3. 学会等名 Vision Sciences Society 19th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shehata, M., Cheng, M., Tseng, C., Nakauchi, S., Shimojo, S.
2. 発表標題 Neural correlates of interpersonal flow experience.
3. 学会等名 Organization of Human Brain Mapping Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shehata, M., Elnagar, S., Yasunaga, S., Nakauchi, S., Shimojo, S.
2. 発表標題 Flow of the eye: Gaze direction as an objective measure of flow experience
3. 学会等名 Annual Meeting of the Vision Science Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tanaka, H., Tajima, D., Kasahara, S., Gallego, S., Nakauchi, S., Shimojo, S., & Shehata, M.
2. 発表標題 Volition and Sense of Agency as a Dimension for the Flow State
3. 学会等名 Chen Institute Retreat, California Institute of Technology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tajima, D., Tanichi, T., Shehata, M. H., & Kasahara, S.
2. 発表標題 Low-Latency Motion Transfer with Electromagnetic Actuation for Joint Action
3. 学会等名 SIGGRAPH Asia 2022 Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hsu, D. F., Schweikert, C., Shehata, M., Hung, S.-M., Shimojo, S., & David, M. W.
2. 発表標題 Human Cognition and Hyper Intelligence
3. 学会等名 IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Pervasive Intelligence and Computing, Cloud and Big Data Computing, Cyber Science and Technology Congress (国際学会)
4. 発表年 2021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
研究分担者	松井 淑恵 (Matsui Toshie) (10510034)	豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13904)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	Shehata Mohammad (Mohammad Shehata) (60444197)	豊橋技術科学大学・エレクトロニクス先端融合研究所・准教授 (13904)	
研究分担者	日根 恭子 (Hine Kyoko) (70625459)	豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・助教 (13904)	

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