

2024 年度年次報告書

社会課題を解決する人間中心インタラクションの創出

2023 年度採択研究代表者

岩間 清太朗

慶應義塾大学 理工学部

助教(有期)

パフォーマンスを安定化する脳状態の自己調節訓練法の確立

研究成果の概要

2024年度は、ヒトの巧緻な運動制御に関わる脳の活動を自己調節することによって、その後の運動パフォーマンスが向上するかを検討した。このために、キーボードのタッチタイピングのパフォーマンスを実世界環境で計測するためのタスクを作成し、課題中のデータからタスクの制限時間と指運動の精度のトレードオフを安定的に観察できることを確認した。さらに、被験者の正中神経に与える電気刺激が頭皮脳波上に誘発する体性感覚誘発電位(SEP)を計測する評価系とともに、健康成人を対象とした単盲検ランダム化比較試験デザインのもとでの脳状態の自己調節訓練がもたらすパフォーマンスへの影響を評価した。本実験を通じて、以下の結果を得た。(1)自身の脳状態をフィードバックする自己調節訓練を通じて、実験群では被験者の一次体性感覚野から得るSEPの振幅サイズが増強した。その一方、脊髄あるいは末梢神経レベルでの変化は認められなかった。(2)訓練後に速度-正確性トレードオフが緩和し、短い制限時間であってもタッチタイピングを正確に行えることを見出した。この効果(1)・(2)は、他者の過去に記録された脳信号のフィードバックを受けた対照群では認められず、実験群に特異的であった。以上のことから、脳状態の自己調節訓練が必要であることが示唆された。さらに、同様の実験デザインのもとで単純反応課題を対象として行った別実験においても、実験群における反応時間の短縮を確認した。そのほか、これらの実験を通じて得られた健康成人の高密度頭皮脳波を一元的に前処理して構造化データとして集積するためのデータクレンジング・クオリティチェックのための解析パイプラインを新規に実装した。これにより、脳状態の変動とパフォーマンスの関係を複数実験データから横断的に分析するための基盤技術が確立したことから、2025年度はパフォーマンスのゆらぎを生み出す神経メカニズムをデータ駆動的に分析する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Iwama S, Tsuchimoto S, Mizuguchi N, Ushiba J. EEG decoding with spatiotemporal convolutional neural network for visualization and closed-loop control of sensorimotor activities: A simultaneous EEG-fMRI study. *Hum. Brain. Mapp.* 45 (9), e26767, 2024.
- 2) Muraoka Y, Iwama S, Ushiba J. Neurofeedback-induced desynchronization of sensorimotor rhythm elicits pre-Movement downregulation of intracortical inhibition that shortens simple reaction time in humans: A double-blind sham-controlled randomized study. *Imag Neurosci*, 2:1–15, 2024
- 3) Iwama S*, Ueno T*, Fujimaki T, Ushiba J. Enhanced human sensorimotor integration via self-modulation of the somatosensory activity. *iScience*, 28(4):112145, 2025.