



オンライン学習におけるストレス反応の個人差とマインドフルネス特性 (2) — 身体動作による検討 —

○張 帆, 倉住 悠希, 長田 典子(関西学院大学大学院 理工学研究科)

Individual Differences in Stress Responses and Mindfulness Traits in Online Learning (2)

— Analysis of Bodily Movements —

Fan ZHANG, Yuki KURAZUMI, Noriko NAGATA

(Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University)

1. はじめに

オンライン学習場面における心理的ストレスは、認知成績のみならず身体反応にも影響を及ぼすことが知られている。一般に、心理的ストレスは運動制御に影響を与え、震えや動作の乱れを引き起こすと考えられてきた。これに対し、近年、急性ストレス下では姿勢動揺がむしろ抑制される「フリーズ反応」が報告されており¹⁾、これは認知資源を課題遂行に集中させる適応的な戦略として解釈されている。さらに、こうしたストレス反応にはマインドフルネス特性による個人差がみられることが報告されている²⁾。本研究では、倉住ら³⁾による心拍変動分析に関する研究に続く第2報として、モーションキャプチャおよびハンドトラッキングセンサを用いて計測した身体動作を対象に分析を行い、ストレス反応の個人差とマインドフルネス特性との関連を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

健常大学生15名(全員男性, 平均21.3歳)が参加した。被験者内2×2要因計画(社会的プレッシャー(SP)×時間的プレッシャー(TP), 各2水準)を採用し、各参加者は4条件を2回ずつ計8セッション実施した。8セッションの実施順序は、条件順序効果の偏りを防ぐためあらかじめカウンターバランスした。課題は5分間の暗算課題であり、TPあり条件では画面上に制限時間バーを表示した。SPあり条件では誤答時に負のフィードバックを提示した。上半身動作はモーションキャプチャ(Azure Kinect, 30 Hz)で頭部・脊椎・骨盤の位置変動を記録し、手部動作はハンドトラッキングセンサ(Leap Motion, 120 Hz)で両手の速度・加速度・微動成分を記録した。マインドフルネス特性の評価にはFive Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ) 日本語版を用いた。分析

には線形混合モデル(LMM; 被験者ランダム切片; SP + TP + SP:TP)を適用し、Nonjudgingの調節効果は標準化した交互作用項($z_{\text{Nonjudging}} \times \text{TP}$)を用いて検討した。

3. 結果

動作指標として、上半身位置変動に基づく指標と、手部の速度・加速度・微動成分に基づく指標を算出した。図1に、TPの主効果が認められた動作指標を示す。頭部水平動揺(頭部X座標の標準偏差)は、TPなし条件では $M = 17.7 \text{ mm}$ であったのに対し、TPあり条件では $M = 12.6 \text{ mm}$ であり、約29%低下した($b = -0.64, p < .001$)。TPあり条件で頭部水平動揺が顕著に抑制された。操作手(右手)の加速度変動(加速度の標準偏差)もTPあり条件で有意に低下し($b = -0.79, p < .001$)、手部動作がより安定化したことを示した。

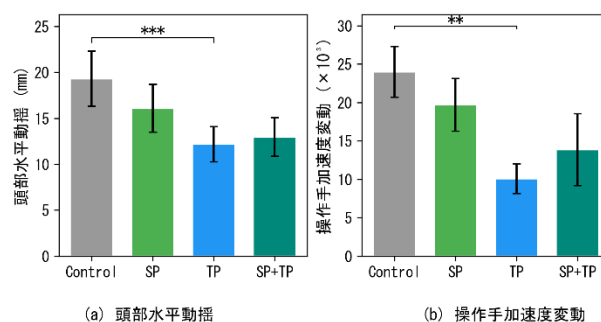


図1 条件別の動作指標

(誤差バー: SE; 有意水準はLMMによるTP主効果, *** $p < .001$, ** $p < .01$)

非操作手(左手)の微動パワー(不随意的な手部振動の強度)は、TPあり条件で有意に減少した($b = -0.55, p = .013$)。操作手(右手)の動作停止比率(速度ゼロのフレームの割合)もTPあり条件では有意に減少した($b = -0.30, p = .036$)。非評価的態度の調節効果を検討したところ、頭部水平動揺に対するNonjudging × TP交互作用が有

意であった ($b = -0.47, p < .001$; 図2a). なお, 図2の群分けは中央値分割による可視化を目的としたものであり, 統計的推論はNonjudgingを連続変量として扱ったLMMに基づく. 図2aの可視化では, Nonjudging高群ではTPあり条件で頭部水平動揺が36%低下したのに対し, Nonjudging低群では10%の低下にとどまった. 非操作手の低周波ドリフト (手部位置の緩やかな変動成分) に対しても, Nonjudging \times TP交互作用が有意であった ($b = -0.33, p = .042$; 図2b).

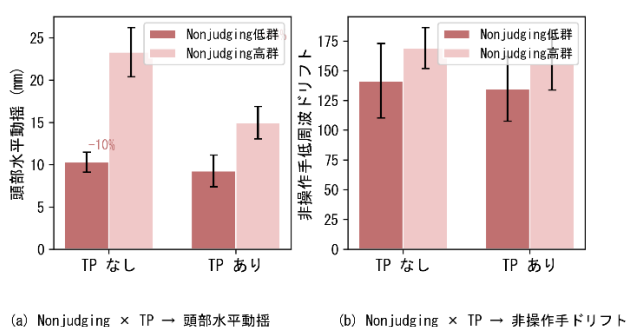


図2 Nonjudging群別の動作変化

4. 考察

本結果は, TPが頭部および手部における動作の収束を伴うことを示した. 頭部水平動揺の29%の低下と操作手加速度変動の低下は, ストレス下で不要な運動を抑え, 認知資源を課題遂行に集中させるための運動簡素化を反映していると考えられる. Roelofs¹⁾が報告した姿勢フリーズ反応と一部共通するメカニズムが, 課題遂行場面にも関与している可能性がある. 特に, Nonjudging高群はTPあり条件でより顕著な頭部水平動揺の低下を示した. Nonjudgingが高い者は, ストレス状況を過度に脅威化せず受け止め, 身体の過剰反応を抑えて効率的な運動戦略をとる可能性がある. 倉住ら³⁾が報告したNonjudgingによる心拍数 (HR) 上昇の緩衝とあわせると, Nonjudgingは生理的および動作のストレス反応の調節に関与する特性である可能性がある. 探索的追加分析では, 頭部水平動揺と操作手加速度変動を統合した運動安定化指標が, 主観的ストレス (VAS) を統制した後も課題成績 (正答数) と有意に関連した (GEE Poisson, $b = 0.12, p = .002$). このことは, TPあり条件の動作変化が単なる緊張反応のみならず, 課題遂行に資する運動の収束・簡素化を一部反映している可能性を示唆する. ただし, この分析は

追加的・探索的なものであり, 独立サンプルで再検証する必要がある. 第1報の心拍変動結果とあわせると, オンライン課題時のストレス反応は, 生理と身体動作の両面に現れる多層的な過程として理解できる.

5. まとめ

本研究では, オンライン暗算課題における時間的プレッシャー (TP) が, 頭部水平動揺および操作手加速度変動を低下させ, 身体動作の収束を伴うことを示した. さらに, マインドフルネス特性の一側面であるNonjudgingは, 頭部水平動揺と非操作手ドリフトに対するTPの影響を調節し, ストレス下の動作反応に個人差があることが示唆された. 加えて, 探索的追加分析では, 頭部水平動揺と操作手加速度変動を統合した運動安定化指標が, 主観的ストレスを統制した後も課題成績と関連した. これらの結果は, オンライン学習場面におけるストレス反応が, 主観指標や心拍変動だけでなく, 身体動作からも捉えられること, および一部の動作変化が課題遂行に資する適応的反応を反映する可能性を示している. とくに, 時間的プレッシャーに対する反応が, 主観的負担の増大だけでなく, 課題遂行を支える運動の収束として現れる可能性が示された. 今後は, サンプルの拡大と独立データによる再検証に加え, 心拍変動・主観指標・身体動作を統合したモデルにより, ストレス反応の適応性と学習成績との関係をさらに明らかにする.

文献

- 1) Roelofs, K. Freeze for action: Neurobiological mechanisms in animal and human freezing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017, 372(1718), 20160206.
- 2) Baer, R. A.; Smith, G. T.; et al. Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment*. 2006, 13(1), p. 27-45.
- 3) 倉住悠希, 張帆, 長田典子. オンライン学習におけるストレス反応の個人差とマインドフルネス特性 (1) -心拍変動の検討-. 日本人間工学会第67回大会講演集. 2026.