

携帯端末を使用した際の脳機能活動性の評価

藍野大学医療保健学部臨床工学科

畑辺 珠里

HATABE, Juri

健常者を対象に携帯端末操作によるストレス課題時の脳機能活動を評価した。健常成人 9 名を対象に脳波を測定し、 θ 波帯域及び α 波帯域の事象関連脱同期・同期を解析した。 θ 波帯域の脳機能活動性について、前頭領域では 200ms、後頭領域では 200ms と 400ms で有意に高値、また高難易度は中難易度と比較して 200ms で高い傾向にあった。結果より、操作性が難しい課題は脳で処理する情報量が多くなると示唆された。

1. 背景・目的

インターネットの発達や SNS の普及により、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末は様々な場面で利用されており、医療現場においてもその利用は広がっている。これらの携帯端末は利便性が高いものの、長時間の使用や操作上の不具合で操作者が強度のストレスを伴うことがあり、極端な場合には睡眠障害や依存症などの精神面への影響が認められている^{1, 2)}。しかしながら、これらのストレスが健常者の脳機能活動にどのような影響を与えるのか、またその尺度や評価手法は十分に検討されていない。

そこで本研究は、健常者における携帯端末の操作時によるストレス課題時の脳機能活動について評価した。

2. 方法

被験者は健常成人 9 名 (平均年齢 21.7 ± 0.5 歳) とし、十分なインフォームドコンセントの上で、実験参加の同意を書面にて得た (藍野大学研究倫理委員会受付番号: Aino2016-016)。

実験課題は携帯端末の画面上に表示された標的を制限時間中にタッチパネル操作で選択し続ける内容とし、標的の大きさや動作の有無により低、中、高難易度の 3 種類を用意した。実験課題はハードウェアに Raspberry Pi 3 (Raspberry Pi 財団)、課題操作時のトリガ信号出力に D/A コンバータ MPC4725 (秋月電子通商)、操作画面の表示に HTML、トリガ信号の制御に Python を用いた (図 1)。

実験は安静閉眼を 30 秒間、課題を 120 秒間、安静閉眼を 120 秒間について、課題内容を難易度別にランダムな順番で 3 回連続して行うことで 1 施行とし、合計 3 施行を行った。実験後は課題の主観評価を 10 段階の Visual analog scale で行った。測定は脳波計 EEG-9100 (日本光電工業) を用い、国際電極配置法 (10-20 法) により 19 部位に電極を装着した。電極のインピーダンスは $10k\Omega$ 以下、サンプリング周波数は 500Hz とした。解析は MATLAB R2016a

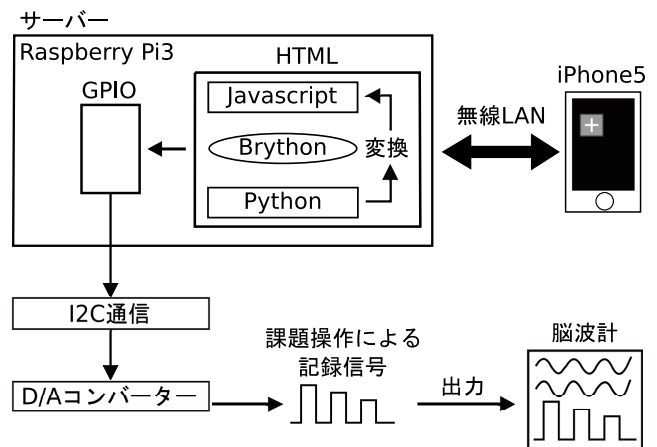


図 1 実験の構成図

(The MathWorks 社) を用い、 θ 波帯域 (4-8Hz) と α 波帯域 (8-14Hz) について事象関連同期 (Event-related synchronization: ERS) と事象関連脱同期 (Event-related desynchronization: ERD) を評価した。ERD/ERS は課題刺激などの事象により生じる特定の周波数成分における脳機能活動変化を評価する手法であり、活動性の減少を ERD、増加を ERS として表す。解析結果は被験者の標的選択 (0ms) から -200~600ms を抽出し、200ms の間隔で平均した後に、標的選択前の -200~0ms を基準に変化率を算出した。

実験課題の主観評価の比較には一元配置分散分析を行い、多重比較には Bonferroni 法を採用した。脳機能活動は周波数帯域別に領域、時間、難易度で反復測定を行った。

3. 結果

実験課題の主観評価では、高難易度は低難易度と比較して高いストレスを受ける傾向にあり ($p = .068$)、課題自体の難易度には差が認められなかった。

θ 波帯域の脳機能活動では、領域と時間の主効果で有意差が認められた ($F_{(1.6, 12.4)} = 6.3, p < .05$) (図 2, 図 3)。交互作用では、刺激直後の 0ms と比較して前頭領域は 200ms、後頭領域は 200ms と 400ms で活動電位が有意に高値を示した ($p < .01$)。また、前頭領域は後頭領域と比較して、全ての時間で有意に高値を示した (0ms と 200ms では $p < .01$, 400ms では $p < .05$)。時間と難易度の主効果には有意な傾向が認められ ($F_{(4, 32)} = 2.3, p = .08$)、交互作用より 200ms において高難易度は中難易度と比較して活動電位が高い傾向にあった ($p = .054$)。

α 波帯域では、時間の主効果のみで有意差が認められ ($F_{(2, 16)} = 22.1, p < .001$)、交互作用より 200ms ($p < .01$) と 400ms ($p < .001$) は刺激直後と比較して有意に高値を示した。

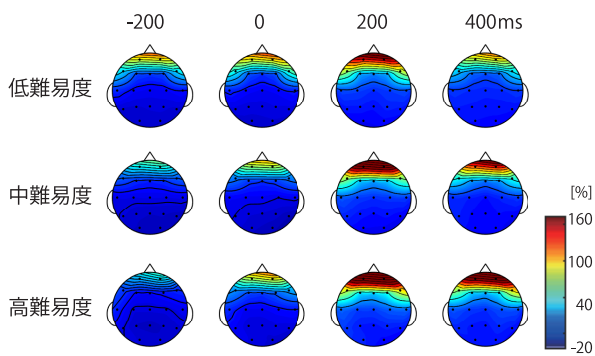


図 2 θ 波帯域における脳機能活動性の等高線図

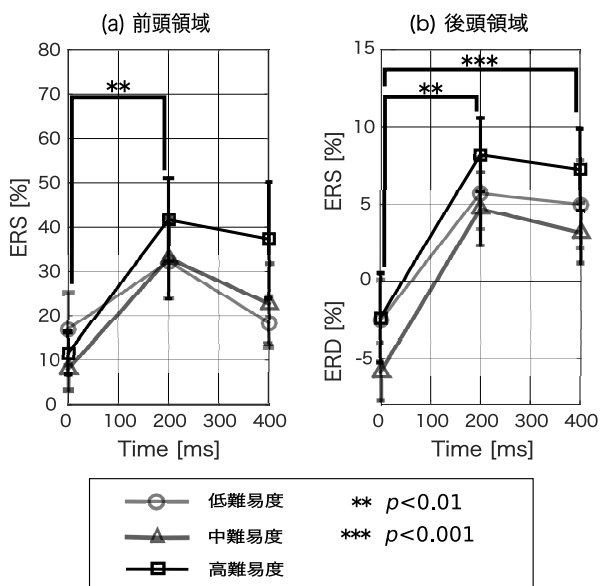


図 3 前頭領域及び後頭領域における θ 波帯域の脳機能活動性変化

4. 結論

携帯端末によるストレス課題操作に伴い、 θ 波帯域及び α 波帯域において、刺激直後の 200ms と 400ms で脳機能活動性の上昇が認められた。また、高難易度課題は中難易度課題と比較して、 θ 波帯域の脳機能活動性が高くなる傾向にあった。先行研究では、単純な検知課題は複雑な認知課題と比較して θ 波帯域事象関連同期が高くなると報告されている³⁾。また、課題の難易度が低いと位相同期成分、難易度が高いと位相非同期成分で有意に高くなり⁴⁾、これらは対象の心理状態と相関関係が示されている⁵⁾。課題から受けたストレスは低難易度と比較して高難易度でより高い傾向にあったことから、高い難易度の課題ではより精密な処理が必要となり、脳内で処理する情報量が多くなることで活動電位の上昇と処理に要する時間の延長が発生するものと考えられる。

近年では透析装置、人工呼吸器、術中モニターなどの様々な医療機器でタッチパネル式の操作画面が採用されている。医療現場において、操作者は手袋をした状態や緊急の状況下で画面を操作することがあり、誤操作が生じやすい環境にある。誤操作によるストレスや疲労の蓄積はヒューマンエラーを引き起こす要因となり、特に継続的な集中力が必要となる医療現場においては、致命的な問題に発展することになる。本研究において、短時間による実験課題の作業難易度の違いで脳機能活動性に異なる反応が認められていることから、医療機器を操作する頻度や画面の大きさに違いはあるものの、医療現場の操作者においても同様の反応が生じていると予想される。これらの反応による影響は、操作者が認知できる負荷ばかりではなく、認知することが難しい心身への負荷として蓄積する可能性があるため、長時間の操作や誤操作の頻度が高まっている状況は、特に注意が必要になると考えられる。また、本研究の内容を発展させることで、操作時の様子を主観的評価だけでなく、脳機能活動などの生体信号による客観的評価を加えた、人間工学と心的負担の両面よりヒューマンエラーを考慮したシステムの開発や評価への応用が可能になると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、平成 28-30 年度科学研究費補助金（若手研究（B））（16K16582）の助成を受けて行われた。

指導教員：藍野大学医療保健学部臨床工学科

林 拓世

■ 文献

- 1) 陳玉, 関宏幸, 斎藤むら子: テクノストレス要因分析と自覚的健康度への影響, 人間工学 31 (specialize): 360-361, 1995.
- 2) S. Thomee, A. Hagemstam, and M. Hagberg: Computer use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults – a prospective cohort study, BMC Psychiatry 12 (176): 1-14, 2012.
- 3) P. Missonnier, M. P. Deiber, G. Gold *et al.*: Frontal theta event-related synchronization: comparison of directed attention and working memory load effects, Journal of Neural Transmission 113 (10): 1477-1486, 2006.
- 4) 木本和樹: 携帯端末を模擬した画面操作の作業難易度に伴う脳機能活動性の評価, 平成 28 年度卒業論文集, 藍野大学医療保健学部臨床工学科 4: 79-83, 2016.
- 5) 林拓世, 馬場宏貴, 鳥毛逸平ほか: 嗅覚刺激環境下における脳機能活動性と心理状態の関連性, 臨床神経生理学 45 (5): 427, 2017.