

原著論文

課題間の注意機能差異および二重課題の過負荷が 脳内血行動態と呼吸数、心拍変動に与える影響

長澤 大志¹⁾, 萩原 啓²⁾¹⁾立命館大学大学院 情報理工学研究科, ²⁾立命館大学 情報理工学部

Influence of Attentional Functions and Overload with Dual Task on Brain Hemodynamics, Respiratory Rate and HRV

Taishi NAGASAWA¹⁾, Hiroshi HAGIWARA²⁾¹⁾Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University²⁾Collage of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

Abstract: Nowadays, the study of image processing enable us to measure easily heart rate variability (HRV) and respiratory rate without contact. However, the influence of attentional function and overload with multi task is rarely studied. Therefore, the objective of the present study is to analyze the relationship of those. We measured the weighted workload (WWL) score, the mean concentration of oxygenated hemoglobin (oxyHb), the standard deviation of oxyHb concentration, respiratory data and electrocardiogram (ECG) data. In this experiment, we conducted n-back tasks, stroop tasks, visual search tasks and dual tasks. Each task require different attentional functions. As a result, respiratory rate was significantly increased in dual tasks. Therefore, the rise in divided attention increase respiratory rate. In addition, the high-load stroop task with the auditory task had high WWL score and low oxyHb concentration. This result indicates overload state. At that time, ECG data showed distinctive trends. According to the above results, the present study suggest that attentional functions and overload with multi task affect respiratory rate and HRV.

Keywords: Oxygenated Hemoglobin, Attentional Function, Overload, Respiratory Rate and HRV

キーワード: 酸素化ヘモグロビン, 注意機能, 過負荷, 呼吸数, 心拍変動

1. はじめに

近年の映像処理技術の進歩は著しく、人間の顔を撮影しただけの映像で様々な人間情報を取得できるようになった。例えば、視線の移り変わりを映像処理によって記録することで、ユーザが実世界のどの箇所に注目しているかを判別することができる技術等が挙げられる。このような顔情報から取得できる情報は、今まで表情や眼球などの目視でも確認できる情報に限られていた。しかし、最近では人間の顔の輝度変化から心拍変動や呼吸数を算出する技術が注目を集めており、独立成分分析を用いることによって体動にも強い実用的な技術にまで進化している[1]。心拍変動や呼吸数のような生理指標は、本来なら電極や胸部バンドを用いる計測が主流であるが、このような計測法は拘束感が強く、日常生活に向いているとは

言えない。よって、映像処理を用いた心拍変動、呼吸数の非接触計測は、ユーザの負担にならずに使用することができる簡易指標になり得る。

一方で、人間のパフォーマンスに影響する重要な概念の1つとして、タスクに対するワークロードが挙げられる。ワークロードが高いすぎる状態、つまりタスクの負荷が高い場合にパフォーマンスが落ちる。しかし、ワークロードが低ければパフォーマンスが上がるわけではなく、低負荷によるモチベーションの低下がパフォーマンスの低下に繋がる。よって、適切にワークロードを調整することで、人間は高いパフォーマンスを維持でき、ヒューマンエラーの防止にも繋がるとされている[2]。しかし、定量的なワークロードの推定は、従来では NASA-TLX のようなユーザの主観的な評価[3]、または EEG や NIRS 等の脳情報を使った推定が必要とされており、日常計測での活用が困難である。前述の通り、映像処理技術を用いた心拍変動や呼吸数は非接触で計測を行えるため、これらの指標を用いてワークロードを推定できれば非常に有用であると言えるだろう。

しかしながら、心拍変動や呼吸数を用いてタスクに対する難易度や心理状態を調査する研究は多くされているが、課題に

2016年1月15日受理。(2016年3月10-11日シンポジウム「モバイル16」にて発表)

対して使用される注意機能の差異が生むワークロードの変化に対しての調査は不十分である。作業負荷の増加に伴うストレスが注意資源の配分を阻害すると報告している論文もあるが、具体的な注意機能への考察は少ない[4]。また、ワークロードが高すぎる状態、つまり過負荷状態が簡易指標に与える影響の調査というのも不十分である。よって、本研究では、注意機能の種類が異なるタスクを負荷を変えて実施し、課題に対して使用される注意機能の差異と過負荷がこれらの簡易指標に与える影響について調査する。

2. 実験手法

2.1 概要

本実験では注意機能の異なる 3 種類の視覚課題と、副課題である聴覚課題を被験者に課した。中島ら(2006)によると、人間の注意機能は多種多様に存在するが、代表的な分類として(1) 注意のレベルを一定に維持する持続的注意機能、(2)情報の取捨選択を司る選択的注意機能、(3)複数の対象に注意を分配して情報処理などを遂行する分割的注意機能の 3 種類の注意機能に分類できるとされている[5]。また、猪又ら(2015)は選択的注意と分割的注意にまたがる注意機能として抑制的注意機能があるとしており、妨害刺激への反応を抑制し、本来達成すべき課題を遂行するために重要な注意機能であると述べている[6]。本実験では、これらの選択的注意、持続的注意、分割的注意、抑制的注意の程度が異なるタスクを用いている。このように、異なる注意機能が心拍変動や呼吸頻度などの簡易指標にどのような差異を生じさせるのかを統計処理を施し調査した。なお、本実験の視覚課題には低負荷課題と高負荷課題の 2 種類が存在する。

2.2 提示課題

2.2.1 n-back 課題

n-back 課題は、被験者のワーキングメモリ(短期記憶)のレベルを調査する代表的な課題の 1 つである。本実験では、被験者は 2 秒間隔で切り替わる画面上の 1~4 の数字を記憶し、数字の色が赤だった場合のみ n 個前の数字を答える視覚 n-back を行った。n-back 課題のようなは短期記憶でとらえたものの維持や処理をするワーキングメモリ課題は、持続的な注意機能が多く必要とされる[7]。なお、本実験では 1 個前の数字を答えさせる 1-back 課題と、2 個前の数字を答えさせる 2-back 課題の 2 種類のタスクを行った。

2.2.2 視覚探索課題

視覚探索課題は、目標となるオブジェクトを他のオブジェクトの中から探し出す課題である。本実験では、画面中央に印字された赤字のアルファベットを、画面内に表示されている文字群から探し出す探索課題を実施した。視覚探索課題のよう

な、多様な情報の中から目標となる文字を検出する作業は選択的な注意機能を多く必要とする[7]。なお、本実験では低負荷と高負荷の 2 種類の視覚探索課題を実施しており、高負荷の視覚探索課題は文字群の文字数が低負荷の視覚探索課題に比べて 4 倍となっている。

2.2.3 ストループ課題

ストループ課題は、色や文字などが不一致のものを混ぜることにより葛藤現象を引き起こし、反応時間の遅延を意図的に行う課題である。本実験では、図 1 のように色、オブジェクト、文字の 3 つの判別対象があり、被験者は全て一致しているグループの数を答える課題になっている。なお、被験者は色、オブジェクト、文字の正しい組み合わせを事前の練習で把握している。ストループ課題は、不一致情報という妨害刺激を抑制しながらタスクを遂行しなければならないため、抑制的な注意機能が多く必要とされる[6]。今回の実験では、高負荷と低負荷のストループ課題があり、低負荷では 2 グループの情報、高負荷では 4 グループの情報が表示される。

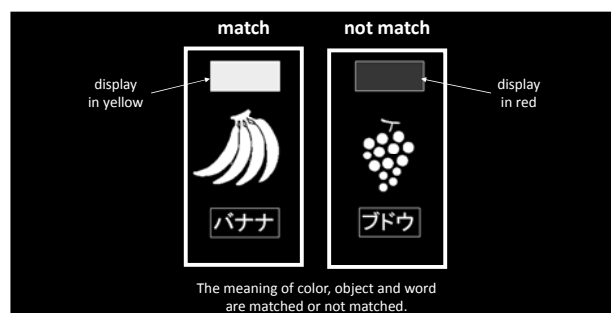


図 1 ストループテスト

2.2.4 二重課題

前述の 3 種類の視覚課題はそれぞれ持続的注意、選択的注意、抑制的注意を必要とする課題であるが、単体の視覚課題のみでは分割的な注意機能の影響を調べることは困難である。よって、本実験では各視覚課題に対して、副課題として聴覚課題を追加した二重課題を実施した。これによって、視覚と聴覚の認知課題に対する分割的注意が必要とされる課題を実施することができる。聴覚課題には、男性声が偶数、女性声が奇数の場合のみ被験者に反応してもらう課題を使用した。

2.3 実験準備

被験者は健康な成人 20~22 歳の 11 名(男性 10 名,女性 1 名)で、十分なインフォームド・コンセントを得て実験を行った。

脳内血中ヘモグロビン濃度変化の計測には近赤外光イメージング装置 (Near InfraRed Spectroscopy ; NIRS)である OMM-3000(島津製作所)を使用した。図 2 は NIRS のプローブ装着位置であり、図のようにチャンネルを設定し、受光プローブと送光プローブを装着した。発光プローブと送光プロ

ープの間隔は3cmである。国際10-20法でのCZに当たる箇所が13chの後方3cmに位置する様に全頭用計測ホルダを装着した。計測部位は認知判断や注意制御を司るとされる前頭葉と背外側前頭前野に当たる計28チャンネルである。

心電図の計測には、多用途脳波計 EEG-1100(日本光電)を用い、3点誘導法に則って被験者の左右鎖骨の下2箇所と左の肋骨下から2本目に当たる箇所に電極を装着した。また、呼吸計測も同様に EEG-1100 を使用し、被験者の胸部にバンドを巻いて呼吸波形を計測した。

2.4 実験プロトコル

実験プロトコルを図3に示す。安静座位開眼(前)～主観評価 NASA-TLX までを1サイクルとして、(視覚課題3種類)×(高負荷、低負荷)×(一重、二重課題)の計12種類の課題を行う。実施する課題は順序効果を考慮してランダムに行った。

NIRS の計測データは体動、特に頭部の動きによるノイズの影響が大きい。よって、本実験では被験者に顎を顎乗せ台に乗せてもらい頭部の動きを固定した。これによって、計測データのノイズを抑えることができる。

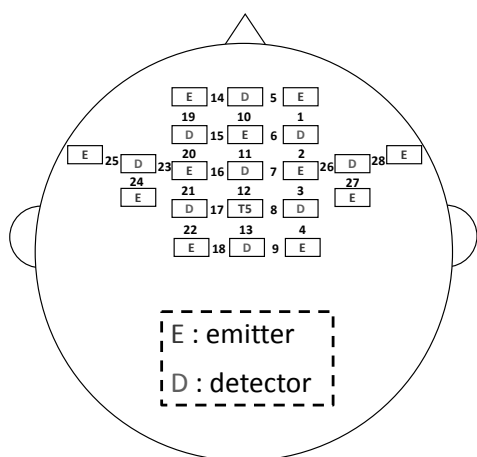


図2 NIRS 計測位置



図3 実験プロトコル

3. 解析手法

本章では、今回の研究において使用した指標の解析手法について述べる。ただし、NIRS データ、呼吸データ、心電図データのような生理指標は個人差が非常に大きいため、加算平均などの統計処理を行う前に被験者毎の正規化を行った。

3.1 NASA-TLX

本研究では、課題に対するメンタルワークロードの定量的な

評価に日本語版 NASA-TLX を用いている。NASA-TLX は精神的欲求、身体的欲求、時間的圧迫感、作業達成度、努力、不満の6項目に対する尺度を求めることができ、一対比較や重み付けによって6項目を統合したWWL(weighted workload)得点を算出することも可能である[8]。また、芳賀ら(1996)は日本でも使用できるように日本語版 NASA-TLX を開発しており、オリジナルの NASA-TLX とほぼ同様の結果を得ることができる[9]。本研究でも、この日本語版 NASA-TLX を採用し、課題間のメンタルワークロードの比較に用いた。

3.2 NIRS データ

本実験での近赤外光イメージング装置からは、酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化(deoxyHb)、総ヘモグロビン濃度変化(totalHb)などの指標を計測することが可能である。特に、酸素化ヘモグロビン濃度変化平均値はメンタルワークロードを計測する上で重要な指標の1つである。例えば、Hasanら(2012)は単独課題におけるoxyHb濃度変化平均値がメンタルワークロードの大小によって有意に変化すると報告している[10]。本研究でも、このタスク中のoxyHb濃度変化平均値に着目し、認知活動への関係性が深いとされる図2の前額部の10ch、左背外側前頭前野の24chでの値を解析した。しかし、oxyHb濃度変化平均値だけではタスク全体の傾向は把握のみで、oxyHb濃度がタスクを通して安定した状態であったのか、または変動が大きい傾向であったのかを読み取ることができない。よって、本研究ではoxyHb濃度変化平均値だけではなく、oxyHb濃度変化標準偏差を指標として取り入れている。これによって、oxyHb濃度のタスク中の変動の大きさを推定することができ、濃度変化平均値と組み合わせることによって、時系列的な傾向を読み取ることができると考えている。

3.3 呼吸データ

本来、胸部バンドから計測した呼吸波形からは呼吸深度や呼吸ゆらぎ等の情報が得られるが、顔映像から取得できる情報は現在の技術で呼吸頻度(呼吸数)といった情報に限られる[1]。よって、本研究は呼吸頻度だけに焦点を当て調査した。

3.4 心電図データ

心電図から得られる心拍変動(Heart Rate Variability ; HRV)は、従来タスクを評価する指標として多くの研究で使用されてきた。特に、HF(High Frequency Component)は、心拍変動の周波数解析で算出される0.15Hz-0.4Hzの周波数成分を累積したものであり、副交感神経系の活動度合を示すことができる指標である。一方で、交感神経系の活動を示すLF/HFも多くの研究で使用されているが、様々な要因に影響され、現実での応用の幅はそれほど広くない[11]。また、周波数解析以外でのデータとして有用な指標が、RRI(R-R Interval)平均、RRI

標準偏差、CV-RR(Coefficient of Variation of R-R Interval)等である。特に、RRI 平均や CV-RR は自動車運転等の状況下での有用性が確かめられている[12]。以上より、本研究ではユーザの心理状態をよりよく反映するとされている HF、RRI 平均、RRI 標準偏差、CV-RR に焦点を当てて調査をした。なお、心電図から得られるデータは疲労や概日リズムの影響を大きく受けるため、タスク前の安静座位状態をベースラインとした。

4. 結果

本章に各指標における実験結果を示す。なお、図中には略称を用いており、「低スト」は低負荷スループ、「高スト」は高負荷スループ、「低探索」は低負荷視覚探索、「高探索」は高負荷視覚探索、「+S」は聴覚課題を追加した二重課題を表す。また、今回の有意差検定では、「視覚課題は同じで単独課題と二重課題に差があるかの検定」と「聴覚課題の有無は同じで低負荷課題と高負荷課題に差があるかの検定」という 2 種類の検定を用いており、図中では前者を実線、後者を点線で示している。

4.1 パフォーマンス

図 4,5,6 は各課題における主課題の反応時間を示している。2back と低負荷スループに聴覚課題を追加した二重課題では反応時間が有意に増加し、低負荷探索課題での二重課題でも増加する傾向が見られた。また、高負荷課題の二重課題では、高負荷スループの二重課題で有意に増加し、2back の二重課題でも増加する傾向が見られた。

図 7 は各課題における主課題の正答率を示している(視覚探索課題には誤解答が無いため除外)。1back、2back、高負荷スループ課題では、二重課題で正答率が有意に減少していることが分かる。

図 8,9 は二重課題における副課題の反応時間、正答率である。反応時間には有意な傾向は見られなかったが、正答率では低負荷スループ時の副課題と高負荷スループ時の副課題に有意な差が見られた。

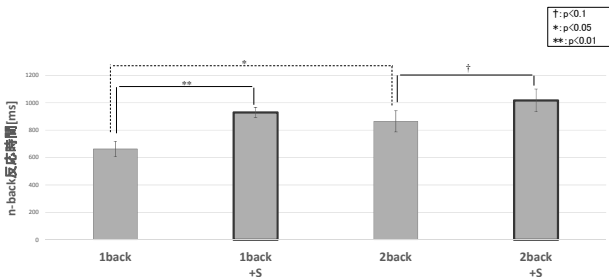


図 4 n-back 課題の反応時間

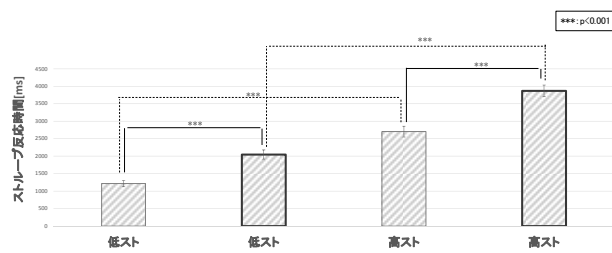


図 5 スループ課題の反応時間

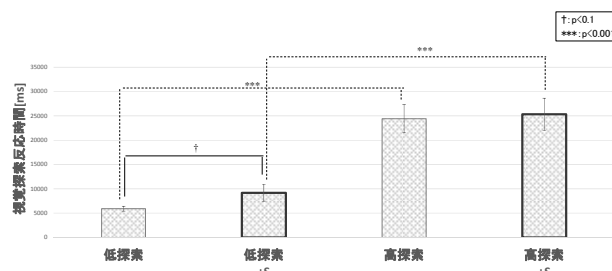


図 6 視覚探索課題の反応時間

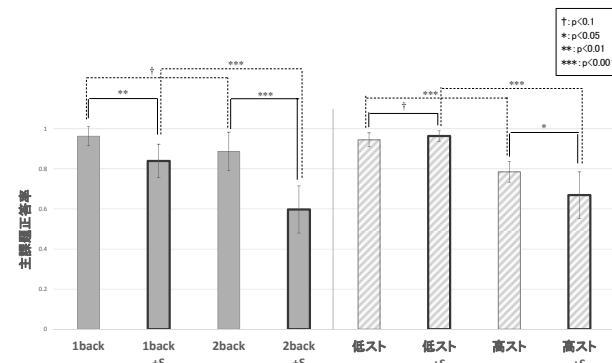


図 7 主課題の正答率

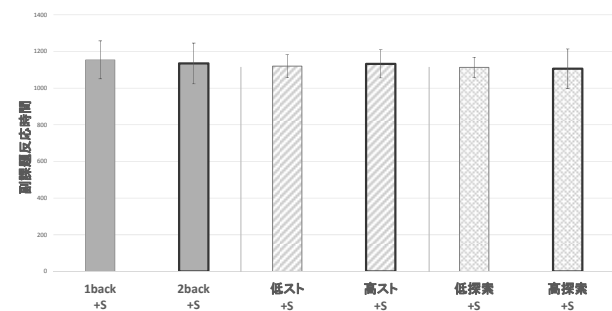


図 8 副課題の反応時間

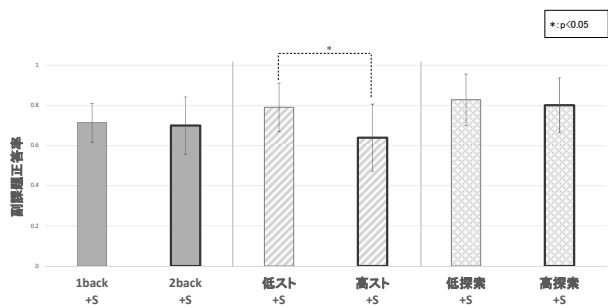


図9 副課題の正答率

4.2 NASA-TLX

図10は各課題におけるWWL得点の結果を示している。全ての課題において二重課題、または高負荷課題の際にWWLが上昇していることが分かる。特に、「低負荷課題での単独課題と二重課題の比較」と「単独課題での低負荷課題と高負荷課題の比較」では全てに対して統計的な有意差(低負荷視覚探索と低負荷視覚探索+Sでは有意傾向)が見られた。WWL得点の値が大きいことは、被験者の主観的なメンタルワークロードが大きいことを示し、今回の実験での高負荷課題が実際に大きい負荷を与えていると言える。反対に、「二重課題での低負荷課題と高負荷課題の比較」ではあまり大きな差は無く、統計的に有意な差も見られなかった。

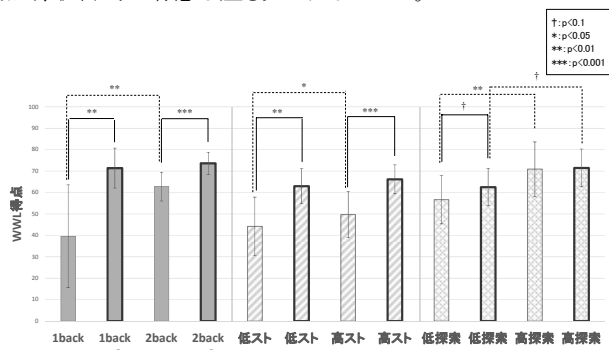


図10 タスクのWWL得点

4.3 NIRS データ

図11,12はタスク中における10,24chのoxyHb濃度変化平均値を示す。低負荷課題に聴覚課題を加えると濃度変化平均値が低負荷ストループでは有意に増加し、1backでも増加する傾向となった。また、1-back課題単独や低負荷ストループ課題単独を2-back課題単独や高負荷ストループ課題単独にする場合にも有意に増加する傾向があった。一方、低負荷ストループ課題+聴覚課題を高負荷ストループ課題+聴覚課題に変更すると濃度変化平均値が有意に減少した。「高負荷ストループ課題+聴覚課題」の濃度変化平均値は -0.760 ± 0.274 であり、11人中9人の被験者がベースラインと比べて低い値を

取っている。

24chでは低負荷課題に聴覚課題を加える場合や、低負荷課題を高負荷課題に変える場合にoxyHb濃度変化平均値が上昇する傾向にあった。特に、視覚探索課題では低負荷課題と高負荷課題の間に統計的に有意な変化が見られ、ストループ課題においても有意な傾向が示されている。しかし、高負荷課題に聴覚課題を加える場合には、濃度変化平均値が下降する傾向にあり、高負荷視覚探索課題で統計的に有意な傾向が見られた。

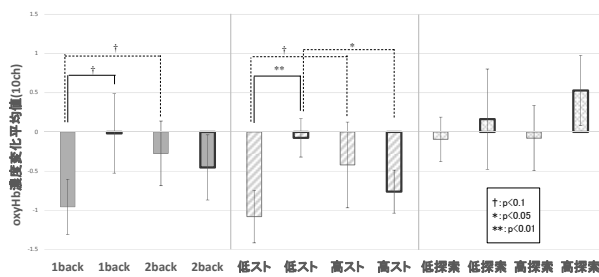


図11 タスク中のoxyHb(10ch)濃度変化平均値

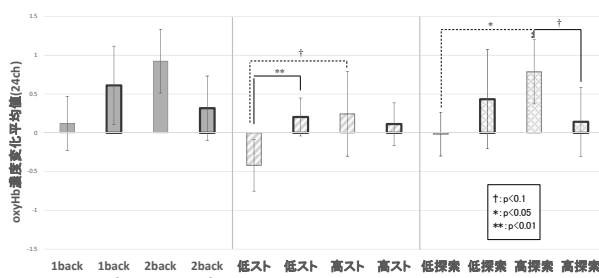


図12 タスク中のoxyHb(24ch)濃度変化平均値

図13,14はタスク中における10,24chのoxyHb濃度変化標準偏差を示す。どちらの部位でも、高負荷ストループ課題に聴覚課題を加えると標準偏差が有意に減少した。また、低負荷視覚探索課題に聴覚課題を加えると10chでの値が有意に増加し、24chでの値も同様の傾向が見られた。しかし、n-back課題において統計的に有意な差は見られなかった。

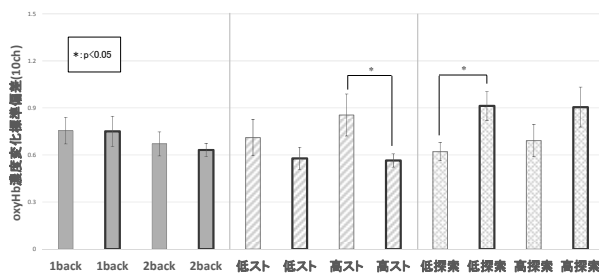


図13 タスク中のoxyHb(10ch)濃度変化標準偏差

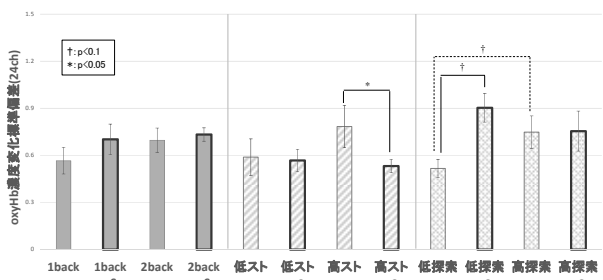


図 14 タスク中の oxyHb(24ch)濃度変化標準偏差

4.4 呼吸データ

図 15 はタスク中の呼吸頻度を示す。呼吸頻度は 1-back 課題、2-back 課題、高負荷スループ課題に聴覚課題を加えた二重課題で有意に増加し、低負荷スループ課題・高負荷視覚探索課題においても同様の傾向が得られた。低負荷視覚探索課題に聴覚課題を加えた場合は、平均値では上昇傾向が見られたが、統計的に有意な差は見られなかった。また、単独課題において低負荷と高負荷を変更する場合や、二重課題において低負荷と高負荷を変更する場合でも、統計的に有意な差は見られなかった。

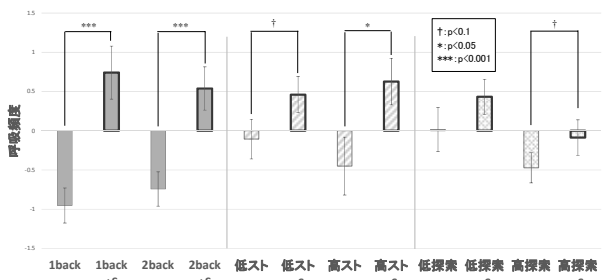


図 15 タスク中の呼吸頻度

4.5 心電図データ

図 16 はタスク中の HF の値を示す。2-back 課題に聴覚課題を加えた場合は HF が有意に減少する傾向となった。一方で、低負荷スループ課題+聴覚課題を高負荷スループ課題+聴覚課題に変更した場合、HF が有意に増加する傾向となった。特に、図 3 における高負荷スループ課題+聴覚課題の HF 値は 0.240 ± 0.277 であり、11 人中 8 人がベースライン時より HF が高い値となった。

図 17 はタスク中の RRI 平均の値を示す。高負荷スループ課題に聴覚課題を追加した二重課題では有意に増加する傾向を示した。

図 18,19 はタスク中の RRI 標準偏差と CV-RR の値を示す。どちらの指標においても、1-back 課題を 2-back 課題にする場合に有意に減少する傾向を示し、高負荷スループ課題に聴覚課題を追加する場合では有意に減少する傾向が見られた。また、RRI 標準偏差では 1-back 課題に聴覚課題を追加する

場合においても有意に減少する傾向が見られた。

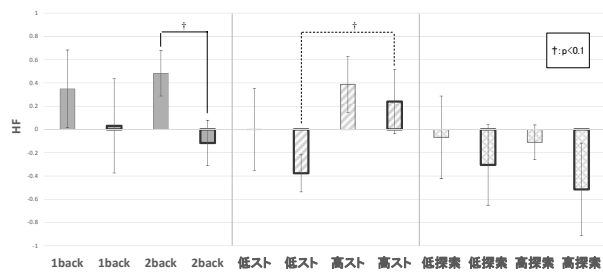


図 16 タスク中の HF

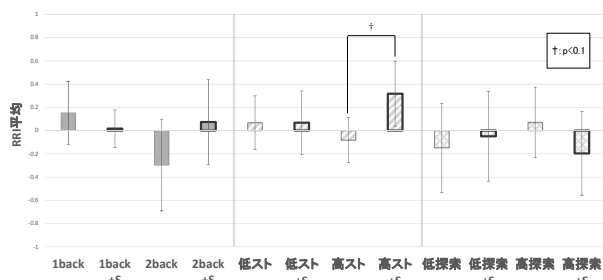


図 17 タスク中の RRI 平均

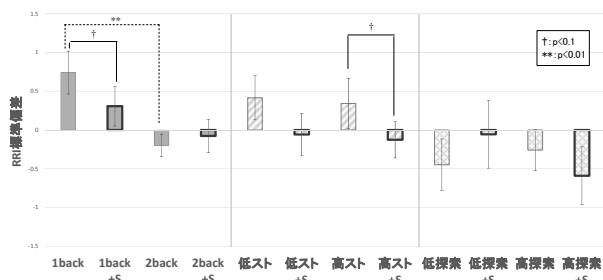


図 18 タスク中の RRI 標準偏差

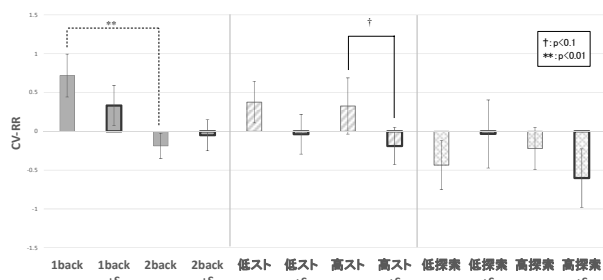


図 19 タスク中の CV-RR

4.6 結果のまとめ

結果全体をまとめると、まず主課題パフォーマンス結果(図 4-7)は高負荷課題の二重課題の際に悪化することが分かった。特に、正答率は「2back+聴覚課題」と「高負荷スループ+聴覚課題」で平均正答率が 70%を下回っている。また、副課題パフォーマンス結果(図 8-9)は反応時間では各課題の差異は少なかったが、正答率で「高負荷スループ課題+聴覚課題」

が低い値となっている。

WWL 得点の結果(図 10)では、高負荷課題や二重課題の際に値が高い結果となった。高負荷課題の二重課題では特に高い値を示していることが分かる。

NIRS データの結果(図 11-14)では、低負荷課題の二重課題で oxyHb 濃度変化平均値は上昇するが、高負荷課題の二重課題では減少する課題が存在することが分かる。特に、10ch での「高負荷スループ+聴覚課題」では有意な減少が起こり、24ch での「高負荷視覚探索+聴覚課題」でも減少傾向が見て取れる。「高負荷スループ+聴覚課題」は oxyHb 濃度変化標準偏差でも有意に低い値を示している。

呼吸データの結果(図 15)では、呼吸頻度が二重課題の際に上昇していることが分かる。しかし、低負荷課題を高負荷課題に変更するだけでは有意に上昇しないことが示された。

心電図データの結果(図 16-19)では、HF で「2back+聴覚課題」の減少、「高負荷スループ+聴覚課題」で上昇が示された。RRI 平均では、「高負荷スループ+聴覚課題」で上昇が示された。RRI 標準偏差と CV-RR では、両方の指標で「2back」と「高負荷スループ+聴覚課題」で減少が示され、RRI 標準偏差のみで「2back+聴覚課題」の減少が示された。

5. 考察

まず、主観的なメンタルワークロードと脳内 oxyHb 濃度変化の関係について考察を行う。日本語版 NASA-TLX から算出された WWL 得点(図 10)を見てみると、高負荷課題や二重課題になることによって有意に作業負荷値が上昇する傾向にある。低負荷課題+聴覚課題と高負荷課題+聴覚課題の間に有意差は見られないが、これは NASA-TLX の点数付けに上限があり、WWL 得点が高くなるほど差が生じにくいことが要因と考えられる。よって、本実験においてメンタルワークロードが最も高いタスクは高負荷課題+聴覚課題と予想される。

oxyHb 濃度変化平均値は、脳の計測された部位に処理資源(oxyHb)がどれだけ多く配分されたかを示すものである。よって、NASA-TLX の結果を踏まえると、より多くの処理資源が必要とされる「高負荷課題+聴覚課題」の場合に oxyHb 濃度変化平均値も高くなると考えられる。しかし、図 11,13 の結果からも分かる通り、タスクによっては「高負荷課題+聴覚課題」で oxyHb 濃度変化平均値が低い値を取る。特に、「高負荷スループ課題+聴覚課題」は「低負荷スループ課題+聴覚課題」に比べて 10ch で有意に低い値を取り、ベースラインと比較しても濃度変化平均は低い。また、図 13,15 の oxyHb 濃度変化標準偏差においても、「高負荷スループ課題+聴覚課題」は低い値を取るため、oxyHb 濃度変化平均値が低い値で安定していることが分かる。この oxyHb 濃度変化減少の要因として、処理資源の需要が供給を上回り、結果として処理資源がう

まく配分できないオーバーフロー状態に移行してしまったことが原因と考えられる。実際に、Zengyong ら(2009)は、長時間運転等による処理資源の需要増加によって処理資源配分が滞り、脳内血行動態の不活性が起こると報告している[13]。本実験の聴覚課題は不正解音声への反応を抑制して正解音声への反応をする抑制的注意が大きく必要とされる課題であるため、同じく抑制的注意機能を多く使う高負荷スループ課題との注意資源の奪い合いが起こり、顕著にオーバーフローが現れたのではないかと考えられる。パフォーマンス結果からも、「高負荷スループ課題+聴覚課題」は主課題の反応時間の遅延、正答率の低下、副課題の正答率の低下が示されている。主課題と副課題の両方に対して課題を十分に達成できない状態に移行していると考えられる。

以上のことを踏まえて簡易指標を考察すると、呼吸頻度(図 15)はオーバーフローの有無に関わらず二重課題時に有意に増加する傾向にあった。つまり、分割的注意が多く必要となる時に呼吸頻度は上昇するものと考えられる。分割的注意だけではなく作業負荷の増大も呼吸頻度の上昇に繋がることも考えられるが、WWL 得点(図 10)で有意差が見られる「単独課題の低負荷課題と高負荷課題の比較」や「二重課題での低負荷課題と高負荷課題の比較」では、呼吸頻度で有意な差は無い。単純な負荷増大ではなく、分割的注意を加えることによる負荷増大に対して呼吸頻度は顕著に反応するものと思われる。

また、心電図データ(図 16,17,18,19)は先ほどオーバーフローが起きていると述べた「高負荷スループ課題+聴覚課題」において有意な傾向が出ていることが分かる。特に、被験者にストレスが掛かる高負荷なタスクを行う際、一般的に HF は減少し、RRI 平均は小さくなると言われている。しかし、図 16,17 から分かる通り、「高負荷スループ課題+聴覚課題」では HF が高く、RRI 平均が大きい値を取っていることがわかる。以上のことより、過負荷による被験者への心理的ストレスが心電図データ、特に HF や RRI 平均に影響を与えた可能性が考えられる。

6. まとめ

今回の研究では、呼吸頻度と心拍変動が、課題に対して使用される注意機能の差異や過負荷の状況でのワークロード評価において有用であるかを調査した。注意機能の中でも、分割的注意の大きい状況では呼吸頻度が有意に増加されることが示され、人間が 2 つ以上のタスクを同時並行で遂行する場合等に有用であることが示唆された。また、本実験における高負荷スループ課題の二重課題のように、同じ注意機能を使う課題を併用することによって起こる過負荷が心拍変動に影響を与えることが示唆された。つまり、心拍変動は従来のような単純なストレス指標としての活用だけでなく、人間が過負荷な

タスクを遂行している状況を検出できるのではないかと考えられる。

7. 今後の課題

持続的注意・選択的注意・分割的注意・抑制的注意の4種類の注意機能のうち、呼吸頻度や心拍変動への明確な影響が見られた注意機能は分割的注意のみであった。他の注意機能はパフォーマンス指標、主観評価、中枢神経系への影響は見られたが、呼吸頻度や心拍変動への影響は明らかにすることができなかった。よって、今後は本研究で使用した課題以外でも影響が現れないのかを検証する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(平成25~29年)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Poh, Ming-Zher, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard.: Advancements in noncontact, multiparameter physiological measurements using a webcam, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 58, pp. 7-11 (2011).
- [2] Afergan, Daniel, et al. : Dynamic difficulty using brain metrics of workload., Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 3797-3806 (2014).
- [3] Hart, Sandra G, and Lowell E. Staveland. : Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of empirical and theoretical research , Advances in psychology 52, pp. 139-183 (1988).
- [4] 脇坂佳子 : 個人の不安特性が作業負担時の注意資源配分に及ぼす影響, 武蔵野大学大学院 博士学位論文, 甲第17号, (2013).
- [5] 中島義明, 安藤清志, 子安増生, 坂野雄二, 繁樹算男, 立花政夫, 箱田祐司:心理学辞典, pp.420, 有斐閣 (2006).
- [6] 猪又聡美, 橋本創一, 林安紀子:幼児の選択的・分割的注意における妨害刺激抑制機能に関する検討, 東京学芸大学紀要 総合教育科学系 II 66: pp.403-409 (2015).
- [7] 山下富美代: 注意機能測定に関する考察ー注意と精神的負荷作業の関係についてー, 立正大学心理学研究所紀要 第2号, pp.1-14 (2004).
- [8] 三宅晋司, 神代雅晴:メンタルワークロードの主観的評価法 NASA - TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案, 人間工学 29(6), pp.399-408 (1993).
- [9] 芳賀繁, 水上直樹:日本語版 NASA - TLX によるメンタルワークロード測定 各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度, 人間工学 32(2), pp.71-79 (1996).
- [10] Ayaz, Hasan, et al. :Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment, Neuroimage 59(1), pp. 36-47 (2012).

- [11] Reyes del Paso, G.A., Langewitz, W., Mulder, L.J.M., Roon, A., Duschek, S.:The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies, Psychophysiology 50(5), pp. 477-487 (2013).
- [12] 土川奏, 岩倉成志, 安藤章:心拍間隔指標を用いた長距離運転時のストレス計測実験と解析ーAHS の需要予測にむけてー, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集 IV - 425 (2002).
- [13] Zengyong Li, et al.: Assessment of cerebral oxygenation during prolonged simulated driving using near infrared spectroscopy: its implications for fatigue development, European Journal of Applied Physiology 107, pp.281-287(2009).

著者紹介

長澤 大志 (学生会員)



2015 年立命館大学情報理工学部知能情報学科卒業.同年 4 月立命館大学大学院情報理工学研究科人間情報科学コース入学,現在に至る.主に NIRS による脳内活動計測の研究に従事.

萩原 啓 (正会員)



1977 年大阪大学基礎工学部生物工学科卒業.同年松下電工株式会社入社.電器 R&D センター健康科学研究所主幹研究員を経て 2003 年立命館大学へ.現在,立命館大学情報理工学部知能情報学科教授.博士(医学).生体情報計測評価技術,特に睡眠・覚醒・生体リズムの研究に従事.