

報酬と精度要求に伴う脳活動計測

伊藤 彰信[†] 細川 豊治^{††} 風井 浩志[‡] 片寄 晴弘[†][†] 関西学院大学理工学部 ^{††} 関西学院大学大学院理工学研究科 [‡] 関西学院大学理工学部ヒューマンメディア研究センター

1 はじめに

一般的に報酬や精度要求は人のパフォーマンスを向上させる要因とされている。先行研究では、課題が成功すれば報酬を得ることができる条件においてパフォーマンスは向上し、左前頭部が活性化すると報告されている [1]。一方、精度要求を高くすると、パフォーマンスは向上するが、ミスも増加し、実行速度が減少する報告がされている [2]。ところが、実際の業務において報酬と精度要求は常に関わってくる要因であり、これらの関係性が人に与える影響は報告されていない。本研究では、報酬と精度要求の関係性について検討する。

現在コンピュータを利用する場が増えており、タイピング作業がコンピュータでの作業効率に関わっている。このことから、本研究ではコンピュータ利用の基本的行為であるキーボードからの入力に着目し、パフォーマンスの指標とした。さらに、アーチファクトに対する耐性があり、コンピュータ作業時にも測定しやすい functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) を用いて脳活動も計測した。

2 方法

被験者: 実験参加に同意した男子大学生 13 名を被験者とした (平均 22.78 歳, 年齢幅 21~24 歳)。

測定装置: fNIRS 計測システム (OMM-2001, 島津製作所製) を用いて脳血中の oxyHb と deoxyHb の変化量を計測した。測定部位は、国際 10-20 法の Fpz を基点とした左右前頭部の 24 チャンネルであった。(図 2)

課題: 3 分間を 1 試行として被験者にディスプレイ上に呈示した文字を出来る限り早くタイピングさせた。その際、母音を除くひらがな 70 文字 (45 音+濁点・半濁点) をランダムな順序で呈示した。スコア = WPM (words per minute, 1 分間に打った文字数) - EPM (errors per minute, 1 分間に間違っ

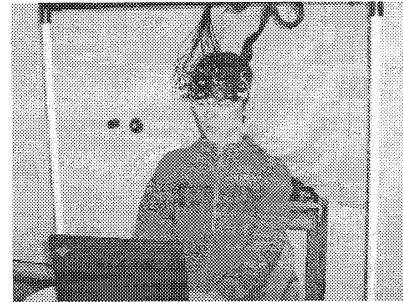


図 1: 実験の様子

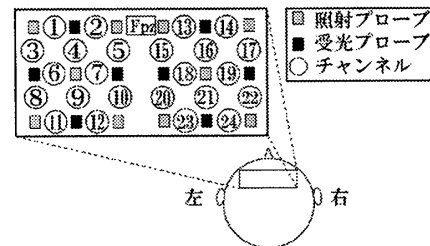


図 2: プローブの装着位置

と定義した。

目標設定試行: 報酬条件時の目標を定めるために被験者に 3 分間タイピングを行わせた。

条件: (A) 報酬あり+精度要求あり, (B) 報酬あり, (C) 精度要求あり, (D) 報酬なし+精度要求なしの 4 条件を設けた。条件の内容は下記の通りであった。

(A) 条件「目標設定試行の最大スコア+10%」のスコアに到達し、かつ、正確にタイピングを行う。(B) 条件「目標設定試行の最大スコア+10%」のスコアに到達する。(C) 条件 正確にタイピングを行う。(D) 条件何も教示しなかった。なお、A・B 両条件において報酬は 500 円を基本とし、課題成功時にはさらに 500 円を与えた。最大スコア+10% 以上となった場合、+1% ごとに報酬を+100 円ずつ増加させた。

手続き: 被験者に練習として 1 分間タイピングを行わせた。次に、目標設定試行を 2 試行行わせた。その後、各条件下で測定を行った。報酬条件時 (A,B) には課題前に被験者に報酬条件を満たせば報酬を得ることができると教示した。各条件を行う順番は被験者間でカウンターバランスをとった。実験終了後、被験者から内省報告させた。

Brain activity measurement with rewards and precision requirement

[†] Akinobu ITO

^{††} Toyoharu HOSOKAWA

[‡] Koji KAZAI

[†] Haruhiro KATAYOSE

School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University ([†])

Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University (^{††})

Research for human media, School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University ([‡])

分析: パフォーマンスはスコア・WPM・EPMを指標とした。脳活動の指標として oxyHb 変化量を分析した。測定したデータに対して各チャンネル内で標準化を行い、1秒ごとの標準得点 (z-score) を算出した。各試行前の 10 秒間の平均値を変化量のベースラインとした。全チャンネルを条件別に加算平均し、24 チャンネルを左前頭葉と右前頭葉に分割し、各 12 チャンネルを平均した。

3 結果

パフォーマンスの結果の例として全被験者の平均 EPM を図 3 に示した。全被験者から求められた oxyHb 変化量の総加算平均波形を図 4 に示した。

スコア・WPM・EPM の被験者間平均に対して、報酬 (あり・なし) × 精度要求 (あり・なし) の 2 要因分散分析を行った。その結果、EPM において精度要求で主効果 ($F(1, 12) = 16.8, p = .001$) がみられた。Bonferroni の多重比較法を行った結果、報酬がある場合、報酬がない場合のどちらにおいても精度要求の効果 (報酬あり: $p = .018$; 報酬なし: $p = .002$) がみられた。スコア・WPM では有意な差はみられなかった。

また、課題開始後 50 秒ごとの区間 (1~50 秒間・51~100 秒間・101~150 秒間) × 部位 (左・右) × 条件 (A・B・C・D) の分散分析を行った。その結果、部位と区間との交互作用 ($F(2, 24) = 5.61, p = .010$) が有意であり、部位と条件との交互作用に有意傾向 ($F(3, 36) = 2.54, p = .078$) が認められた。交互作用の下位検定として、Bonferroni の多重比較法を行った。その結果、区間 (1~50 秒間) において、左前頭部の賦活レベルが右前頭部よりも有意に高く ($p = .025$)、条件 (C) (精度要求あり) において、右前頭部の賦活レベルが左前頭部よりも有意に高かった ($p = .006$)。

部位 (左) に着目し、各区間で報酬 (あり・なし) × 精度要求 (あり・なし) の分散分析を行ったところ、報酬で主効果 (1~50 秒間: $F(1, 12) = 5.1, p = .043$; 51~100 秒間: $F(1, 12) = 7.46, p = .018$; 101~150 秒間: $F(1, 12) = 5.84, p = .033$) がみられた。

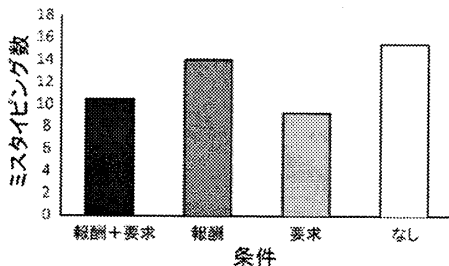


図 3: 全被験者の平均 EPM

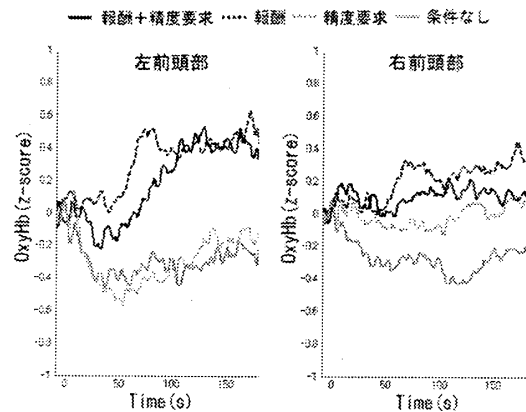


図 4: 全被験者の左右各 12 チャンネルの総加算平均波形

4 考察

本研究は、報酬と精度要求の関係性が人のパフォーマンスや脳活動に与える影響を検討した。その結果、先行研究 [1] と同様に報酬がない場合より報酬がある場合のほうが脳活動が上昇することが確認された。特に、左前頭部で有意な差が確認できた。このことから左前頭部に報酬の認知を司る部位が存在することが示唆される。

精度要求を高くした時に右前頭部の賦活レベルが左前頭部よりも有意に高いことが確認できた。パフォーマンスに関しては、EPM において精度要求で主効果がみられた。つまり精度要求でミスタイピング数が減少したということがいえる。しかし、先行研究 [2] では精度要求を高くするとミスの増加が報告されており、本研究とは異なっている。これは、本研究はタイピング課題で先行研究はマウス課題といった実験条件が異なることによるものと推測される。大半の被験者が精度を要求された時には「慎重かつ注意深く課題に取り組んだ」と内省報告していることから、ミスタイピング数の減少の要因として被験者の方略が考えられる。以上の結果から、右前頭部に注意、集中に関連する部位が存在する可能性が示唆される。

5 引用文献

- [1] Tanaka, S. et al. (2004). Prediction of immediate and future rewards differentially recruits cortico-basal ganglia loops. *Nature Neuroscience* 7, 887-893.
- [2] Visser, B. et al. (2004). Effects of precision demands and mental pressure on muscle activation and hand forces in computer mouse tasks. *Ergonomics* 47, 202-217.