

生体情報を用いた作業支援手法に関する考察*

山本 翔太 林 剛史 宮田 章裕 林 雅樹 岡田 謙一†

慶應義塾大学大学院理工学研究科‡

1 はじめに

仮想環境に没入した状態で個人作業を行うことで、より集中して作業を行うことができるが、その効率は作業者の状態によって左右されてしまう。そこで、本研究では作業者の状態を推定する情報として、作業者の頭の活動状態と関連の深い脳波や呼吸といった生体情報に着目する。そして、複数の生体情報を利用した仮想環境における同期的な作業支援手法を提案し、生体情報と難易度の関係について調べる。

2 仮想環境における作業

近年、大型のスクリーンを用いて強く没入する事が可能な仮想環境が増加してきている。仮想環境に没入することでユーザに高臨場感を与え、作業への没頭を促すことができる。また、この環境を個人作業へ応用させることで、作業空間に強く没入し、より集中した状態で作業を行うことが可能になると考えられる。しかし、個人作業においては、作業者の状態によって作業効率が大きく左右される。例えば、頭が働いている時に難しい作業をしたり、逆に頭が働いていない時に難しい作業をしてしまうと作業の効率は低下する。そのため個人作業空間において、作業者の状態に合わせて作業を行うことで、作業の効率をさらに高められる。本研究では作業者の状態を推定する情報として、脳波や呼吸といった生体情報に着目する。

3 生体情報

生体情報とは人間の自律神経が支配する活動の中で、人間が意識せず発している情報と本研究では定義する。脳波、脈拍、呼吸などは、無意識に人間が発する情報であり、これらが生体情報の例である。生体情報は自律神経が支配する指標であり、覚醒度、生体リズム、ストレス、メンタルワークロード、疲労度など、人間の心身状態との関連性がある。本研究ではその中でも作業への集中具合や疲労といった、作業者の頭の活動状態と関連の深い指標である脳波と呼吸に着目する。

脳波は、その周波数(f Hz)帯域から δ 波($f < 4$ Hz)、 θ 波(4 Hz $\leq f < 8$ Hz)、 α 波(8 Hz $\leq f \leq 13$ Hz)、 β 波(13 Hz < 30 Hz)、 γ 波(30 Hz $< f$)の5つに分

類する事ができる。この中でも特に、作業へ集中している際は β 波が活性化するとされている。

呼吸は、体内で利用される酸素を体外から取り入れ、また体内で作り出される炭酸ガスを体外に排出する一連の活動である。指標としては、呼吸時間、呼気時間、吸気時間、呼吸回数などがあり、リラックスしていると深くゆっくりに、精神的作業負荷が大きいときは浅くゆっくりになることが多い。

生体情報をアバタに反映させ、仮想環境上でのコミュニケーションへ応用している先行研究もあり[1]、作業支援への期待は高い。

4 提案

仮想空間に没入した環境で作業を行うと、高い没入感を得ながら個人の作業に没頭できる。また、個人作業においては、作業効率は作業者の状態に関係が深い。そこで作業者の状態を考慮して作業を支援することによって、作業時間をより短縮することや、作業の精度を上げることができると考えられる。作業への集中具合や疲労といった、作業者の頭の活動状態と関連の深い指標として作業者の生体情報がある。しかし、既存の研究では生体情報を非同期的に解釈するため同期的に用いることは不可能であったり、単一の生体情報のみを用いたために精度の低い状態推定となっている。

そこで本稿では、複数の生体情報を利用した仮想環境における同期的な作業支援手法を提案する。本研究では脳波情報と呼吸情報に基づいて作業者の頭の活動状態を推定する。脳波情報からは脳の活発度をあらわすBA-Levelを5段階で導出し、呼吸情報からは呼吸時間、呼吸回数を取り、リラックス状態と比較することで頭の活動状態を5段階で導出する。そして、これらの情報を複合的に扱い、作業者の頭の活動状態 Vital-State を推定する。Vital-State 導出式は以下の通りである。

$$Vital - State(t) = \frac{BAL(t) \times Breath(t)}{5}$$

ここで、各パラメータは以下の通りである。

- $Vital - State(t)$: 時刻 t 時の作業者の頭の活動状態値 (5 段階)
- $BAL(t)$: 時刻 t 時の脳波情報から導出される頭の活動状態値 (5 段階)
- $Breath(t)$: 時刻 t 時の呼吸情報から導出される頭の活動状態値 (5 段階)

*Consideration about work support technique that used bio-information

†Shota Yamamoto, Takefumi Hayashi, Akihiro Miyata, Masaki Hayashi, Kenichi Okada

‡Keio University

この式で表されている *Vital - State*, *BAL*, *Breath* はそれぞれ 5 段階の数値で頭の活動状態をあらわしているが、数値が大きいほど頭の働き具合が活発である事を示している。

そして、このように推定された作業者の頭の活動状態を、仮想環境における作業の難易度へ反映させる。本研究の将来的な目標は、作業者の頭の活動状態に合わせて作業の難易度を切り替えることで、作業者の状態に合わせた作業を可能にし、全体の作業時間の短縮、精度の向上などの作業効率の向上させることである。本稿では、その第一歩として作業の難易度に対する作業者の状態の変化について調査、考察する。

5 実装

5.1 作業環境

本研究では、作業者が作業空間へ没入することを支援するためにヘルメット型のデバイスを用いる。このヘルメットには以下の装置が付いている。

Head Mounted Display(HMD): PC 上の映像を投影し、ユーザに没入感を提供する

簡易脳波計: 3つの電極で前頭葉の電位を測定し、脳波を計測する

呼吸センサ: 温度検出素子を用いて、呼吸時間・呼吸回数を計測する

5.2 BA-Level と呼吸時間・呼吸回数の導出

BA-Level は $14 - 27\text{Hz}$ 帯のデータを平均して 1 サンプルの脳波データとし、その最低値と最高値から相対的に過去のサンプルの値を用いて数値化することで導出している。また、呼吸センサでは素子の温度変化を読み取り、呼気・吸気のタイミングを推定することで呼吸時間・呼吸回数を導出している。本研究ではこれらのデータを導出するアプリケーションを実装した。

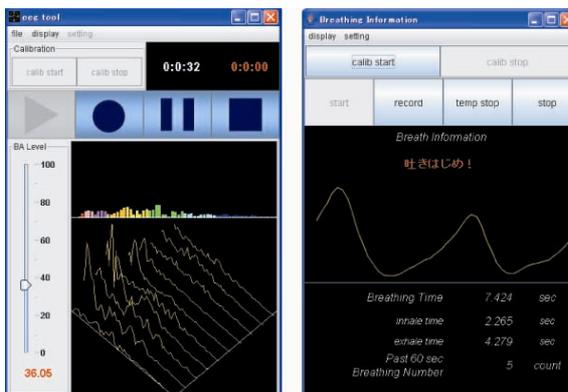


図 1: BA-Level 導出アプリケーション (左) と呼吸情報解析アプリケーション (右)

6 評価実験

評価実験を行う前に頭を活発に働かせている状態の生体情報のパラメータを予備実験によって決定した。計

算問題を解くタスクを行った結果、BA-Level の値が大きい時や呼吸回数がリラックス時と比べて増加している時ほど頭を働かせていることが分かった。

6.1 評価実験 1

評価実験 1 では、予備実験によって決定したパラメータを用いて、仮想環境における作業の難易度と生体情報の関係を調査する。被験者はタスクとして 3 段階で難易度を設定できるピッキングを行う (図 2)。そして、被験者に流れてくる数種類のブロックの中から指定ブロックを指定個数拾うことを促し、その時の BA-Level、呼吸回数を計測することで、難易度との関係を調べ、評価する。



図 2: 実験で用いたピッキングタスク

6.2 評価実験 2

評価実験 2 では、仮想環境における作業の難易度の変化が生体情報にどのような影響を与えるかを調査する。被験者は実験 1 と同じピッキングタスクを行うが、3 段階の難易度が一定時間で変化する点で実験 1 とは異なる。難易度はレベル 1-2-3, 3-2-1, 1-3, 3-1 の 4 種類で変化させる。また、1 つの難易度の連続時間を 30 秒、60 秒の 2 種類で測定する。そして、タスクを行っている時の BA-Level、呼吸回数の変化を導出し、難易度の変化が生体情報に及ぼす影響について調べる。

7 おわりに

本稿では作業者の状態に応じて作業を行うことで、作業効率を高めることを目的として、複数の生体情報を利用した仮想環境における同期的な作業支援手法を提案した。そして現在、難易度と作業者の生体情報の関係を調査するために評価実験を行っている。

参考文献

- [1] 石井裕, 渡辺富夫: VirtualActor を対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.225-234, 2003.