

# 仮想現実環境下での訓練と行動選択情報収集の為の生体情報利用の試み

## Attempt to Utilize Biometric Information for Training and Action Selection Information Collection under Virtual Reality Environment

三橋拓真<sup>†</sup>, 飯島正<sup>‡</sup>

Takuma Mitsuhashi<sup>†</sup>, and Tadashi Iijima<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 理工学部

<sup>‡</sup> Faculty of Science and Technology, Keio Univ.

### 要旨

現在, VR(仮想現実)は多岐にわたる分野において活用され始めており, 医療にまでその技術は及んでいる. 本研究プロジェクトでは, 避難訓練や被災時の被験者の行動選択情報の収集への適用を目指し, 侵襲的にセンシングできる心拍揺らぎや前頭前野の脳血流といった生体情報の活用を目的としている. 心拍揺らぎは心理的負荷の度合の推定, 前額部の脳血流は思考・計画が活発に行われている状況の推定に役立つことを期待している. 本報告では, その予備実験として, 「VR環境下での三次元迷路からの脱出」といった基本課題を設定し, 様々な心理的負荷を加えて生体情報を収集することを試みた結果について報告する.

## 1. 序論

### 1.1. 研究背景

現在, VR(仮想現実)は多岐にわたる分野において活用され始めている. 即座に思いつくのはエンターテインメントへの活用だろう. しかし, そのような分野だけではなく, 自動車や広告, 果てには医療分野にまでその活用は及んでいる.

その中でも教育分野への活用は今後大いに活躍してくるだろうと予想される. VRを用いてシミュレーションを行い, 実地の教育に活かす為の研究が行われているし, VRのような器具を用いれば, 実技的な訓練を行うことが難しい整備士や外科医などの職業のトレーニングに使っていきける可能性もある.

そういった現実で行うことが難しい事の訓練への適応, といった意味では, 日本のような災害大国だと避難訓練への活用が期待できる. 近年では世界中で安全に避難することへの関心が高まっており, 災害での犠牲者を少しでも減らす為に, 様々な場所で避難訓練が実施され, 地域や建物ごとの避難マニュアルが作成されている.

一般的な避難訓練は, 避難のスキルを上げることで, 実際の災害避難時に安全な避難行動をとるという趣旨のもと行われている. しかし, 1年に数回しか行われない避難訓練によって, 避難のスキルがどれほどあがるのだろうか, また人によって避難訓練の効果は様々でそれらを評価する手法はあまり考えられていないと言える. そのため, 避難行動を疑似体験することができる避難シミュレーションによって, 手軽にリアルな避難訓練を行うことが求められており, また避難スキル向上などの避難訓練の効果の評価する手法を検討する必要がある.

### 1.2. 研究目的

本研究では屋内火災における避難行動に注目し, 避難状況によって避難者に起こりうる様々な状態を, センサーによって得られた生体情報から推定することで, 避難シミュレーションの設計, 避難スキルの評価に応用することを目的とする.

## 2. 三次元迷路の設計及び生体情報取得に関する提案

本節では, 予備実験として行う「VR環境下での三次元迷路からの脱出」という基本課題及び生体センサーに対する概要を述べる

### 2.1. 三次元迷路の設計

今回の基本課題は, 人型アバターを操作してUnityを用いて作成された一定の広さの三次元迷路から規定時間以内に出口まで脱出することを目的としている. 迷路作成の手順としては以下の様になっている.

1. 開始するとInspectorにて指定された数値に応じた広さのサイズの迷路の外壁が生成される.

2. 迷路内部の壁ではないマス目選ばれ、そのマスから上下左右何れかの方向に外壁にぶつかるまで壁が延長されていく
3. 2の動作が適当な回数繰り返される
4. 四隅の何れかがゴールとして選ばれ、接触することで脱出が成功した事をテキストで表示する立方体を配置する
5. 迷路の中央にプレイヤーが配置される

尚、時間内にゴールまで辿り着くことが出来なかった場合、脱出に失敗したことをテキストで表示する。プレイヤーの操作は十字キー或いはAWSDのキーで行う。これは利き手でプレイヤーを操作し、利き手ではない手に生体センサを装着した状態で実験を行うことを想定してのものである。生体情報取得に際しては、種々のストレス要因をこれらに加えて実験を行うものとする。

## 2.2. 生体情報とストレスの関係

生理学知見と先行研究から、複数の生体情報とストレスの関係について述べる。

### 2.2.1. 自律神経の働きとストレス

人間の自律神経には2種類あり、つが体を活発に活動させる時に働く交感神経であり、もう1つが、体がゆったりとしているときに働く副交感神経である。ストレスは、この2つのバランスによって定義することができる。交感神経が優位な状態はストレス状態であり、血管収縮や血圧上昇、瞳孔散大などを引き起こす。逆に、副交感神経が優位な場合は、リラックス状態であると定義でき、心機能抑制や胃酸分泌、腸管運動促進などを引き起こす。

### 2.2.2. 様々な生体情報

外部からの何らかの刺激が加わることによって、ストレスが生じた際には、自律神経のバランスに変化が生まれ、それに伴い、様々な生体情報に変化が生じる。この変化をとらえることでストレスを検知することを検討する。生体情報には、主に中枢神経系の反応・末梢神経系の反応・内分泌系・免疫系の反応がある。本研究で注目したのは、鼻部皮膚温・呼吸・心拍・心拍変動・唾液アミラーゼ・まばたき・脳活動である。これらの生体情報は、生理学的知見や先行研究でもストレスとの関連が検討されている

### 2.2.3. 脳活動

人間が知的能力を使用する場合、その能力に応じた脳の部位が活性化することが知られている。脳細胞が活性化するためには、酸素が必要なので、作業時には血流量が増加するとともに、酸素化ヘモグロビン濃度(oxy-HB)が増加する。つまり、酸素化ヘモグロビン濃度比率を調べることで脳の活性状態を計測することができる。内藤らは、単純動作と複雑動作時における脳活動の比較を行っている。[1]単純動作として、ゴムボールを繰り返し握る動作を行い、複雑動作として、ピンポン玉とゴルフボールを各2個ずつ掌で回転させる作業を行い、その際の脳血流を測定した結果、酸素化ヘモグロビンの増加、脱酸素化ヘモグロビンの減少が観察されたことを述べている。なお、脳活動の変化は、自律神経のバランスに直接影響を受けて変化するパラメータではないので、その点において、今回注目した生体情報の中で他と異なるパラメータであるが、脳の活性度合いは、人物のストレス状態との関連が示唆されており、ストレス評価のパラメータとしても期待されている

### 2.2.4. 心拍ゆらぎ

心電図においてある周期の中で最も高い波のことをR波という。心拍ゆらぎは、そのR波とR波の間隔のゆらぎのことである。通常の状態、安静でいる状態の際、R-R間隔は一定ではなくゆらいでいる。一方、交感神経が優位な状態(ストレス状態)では、ゆらぎが小さくなり間隔が一定に近付くと知られている。

### 2.2.5. 皮膚コンダクタンス

皮膚抵抗とは、皮膚に電流を流した際に、体表部位に生じる電気抵抗をいう。皮膚コンダクタンスは皮膚交感神経機能の評価法として用いられており、その生理的調節には自律神経が大きく関わっている。

皮膚に微弱な電流を流すと、電流は発汗している時に主に汗腺を通り、発汗していないときは毛嚢を通るとされる。この毛嚢と交感神経系との関係に焦点を当てると、交感神経の興奮が高まると立毛筋が収縮し、皮脂の分泌が促進され電流が流れやすくなる。

### 2.3. 生体情報と利用するセンサー

本研究で使用する生体情報と取得の為に使用するセンサーを表に示す

表 1: 使用する生体情報とセンサー

生体情報	センサー
脳活動	NIRS
心拍ゆらぎ	心電計
皮膚コンダクタンス	皮膚コンダクタンスセンサ

### 2.4. 生体情報取得システムの構築

本節ではセンサーを使用した生体情報取得システムの構築について述べる生体情報システムは、以下のサブシステムに分割することができる。

- 脳活動活性度の測定
- 心拍揺らぎの測定
- 皮膚コンダクタンスの測定

#### 2.4.1. 生体情報検出プログラム

- 脳活動活性度の測定

酸素化ヘモグロビン濃度の検出酸素化ヘモグロビン濃度は、NIRS を用いて測定した。本研究で用いた NIRS は 2 2 チャンネル計測可能で、酸素化ヘモグロビン濃度、脱酸素化ヘモグロビン濃度をチャンネルごとに測定することができる。2 2 チャンネルの内の 2 つのデータを時系列で取得した。

- 心拍揺らぎの測定

心拍ゆらぎは、心電計を用いて測定する。被験者が胸に電極パッドを張り付けることで、コンピュータにワイヤレスで心電図情報が送信される。この心電図の時系列データに対し、閾値を設定し、閾値を超える範囲内の最大値を R 波として検出する。この R 波から次の R 波までの時間を R-R 間隔とし、R-R 間隔を記録することで心拍ゆらぎを算出している。

- 皮膚コンダクタンスの測定

皮膚コンダクタンスは、NeXus-4 の皮膚コンダクタンスセンサを用いて測定する。被験者が利き手ではない方の手の人差し指と中指の腹に装着することで、コンピュータに測定情報が送信される。

## 3. 検証実験

本節では、生体情報があるストレスの負荷によって有意な変化が生じるかどうか、検討するための実験について述べる。実験は、前節で述べた三次元迷路を用いて行った。尚、以下の三種類の条件下で実験を行った。

- 時間圧の有無による比較

ここでは、時間制限が生体情報に及ぼす影響について評価する。実際の避難には時間制限という目に見えるものは存在しないが、刻一刻と悪化していく状況下の中で早く脱出したいという意思は存在する。時間制限を可視化することによる切迫状況に対する焦りを評価する。

表 2: 三次元迷路課題による実験に於ける条件

条件 1	条件 2
通常の迷路 (迷路 1)	制限時間の表示 (迷路 2)
迷路 2	煙によって視界を制限した迷路 2
迷路 2	出口のたまかな方向を表示する迷路 2

- 視界制限の有無による比較

ここでは、煙による視界の制限が生体情報に及ぼす影響について評価する。時間経過によって濃度の変化する煙を実装することで、実際の避難における状況へとシミュレーションを近付けることになり、それによって起こる時間経過による焦りなどの評価を行う。

- 出口方向の知識の有無による比較

ここでは、屋内火災の避難時に避難者が地図を持っている場合、及び避難経路を知っている場合を想定したもので、そのような状況と何も知らない状況でどのような違いが生体情報に現れるのかを評価する。仮説として、自身で出口の方向を予測して最初の移動方向を決めるという行動が不要になるので脳活動が抑えられ、行き止まりに辿り着いてしまった際などの焦りなども小さくなるのではないかと予想される。

#### 4. 結論と今後の課題

##### 参考文献

- [1] 内藤 幾, 大西 秀 他:単純動作と複雑動作時における脳活動の比較: 近赤外分光法 (NIRS) による検討 理学療法学, 公益社団法人日本理学療法士協会, 2008, p35, 50-55,