

## 生理指標を含むマルチモーダルデータを用いた 運動中のストレス状態の推定と仮想空間への反映\*

武田星児 †

西田豊明 ‡

大本義正 ‡

† 京都大学工学部情報学科

‡ 京都大学大学院情報学研究科

### 1 はじめに

近年、センサのウェアラブル化によって心拍などの生理指標や動作データの計測が容易になっており、これらを用いることで、仮想現実において、利用者の内部状態の計測に基づくより密なサービスの実現が期待される。そこで本研究では、VR 運動ゲームにおいて、プレイヤーの内部状態を推定することを目的とした。

これまでも、運動中に心拍や SCR 等の生理指標を計測し、解析による運動中の内部状態の推定を試みる研究は存在している ([1],[2] など)。しかし、これらの研究ではヨガやエルゴメータなどの単純な運動をタスクとして設定しているため、ルールに基づいた運動ゲームにおいて、これらの知見を活かせるかどうかを検討する必要がある。また、生理指標データを用いるためには、データをリアルタイムで解析する必要があり、精度がオフラインによる解析よりも低いため、変則的な運動の場合は、LF/HF がノイズの影響を大きく受け、正しく計測されない恐れがある。

そこで、我々は実際に VR 運動ゲームを製作し、そのゲームタスク実施中のマルチモーダルデータを計測し、運動中のストレスがどのように生理指標に反映されているか、またリアルタイムの解析においてノイズの影響で計測に支障が出ないかを検討した。

### 2 運動タスク

図 1 は、VR 運動ゲーム実施中の様子を表している。運動タスクの基本ルールは、プレイヤー三人がフィールド内にいるキャラクターを拾い、制限時間以内に得点エリアに運んだ数を競うという単純なものである。仮想空間内でプレイヤーが行える操作は大きく分けて移動と投擲の

二つである。移動はジョギングのように足踏みを行うことによって行われる動作で、プレイヤーが向いている方向に移動する。投擲は腕を上からすばやく振り下ろすことによって行われる動作で、プレイヤーが向いている方向にボールを射出する。なお、プレイヤーの向いている方向は腰に装着したセンサによって装着する。仮想空間内の相手プレイヤーにボールをぶつけることによって、相手が持っているキャラクターと得点を奪うことが出来る。

タスク実施の環境として、没入型協調的インタラクション環境 ICIE\*を用いた。プレイヤーの周囲をスクリーンで囲うことによって、仮想空間内での操作を身体の動作によって直感的に行うことが可能となっている。タスク実施中にはワイヤレス生体計測装置 Polymate mini で SCR と LF/HF を計測し、9 軸ワイヤレスモーションセンサ IMU-Z2 で加速度や地磁気を計測することで、動作データの計測と VR 運動ゲームでの操作を行う。

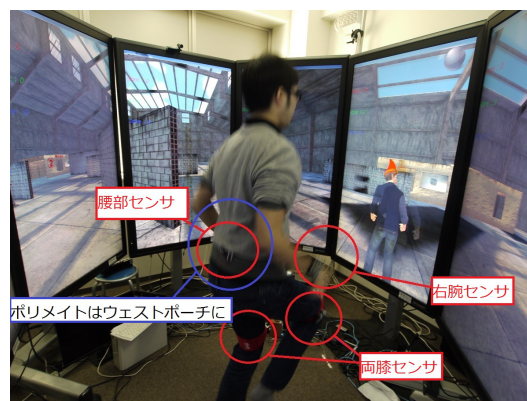


図 1 タスク実施中の様子

### 3 実験

開発した VR 運動ゲームを用いて、生理指標データと動作データの計測を行った。参加者は男性 4 名、女性 2 名である。参加者はゲームのルールと操作方法の説明を受けた後、器具を装着した状態で 1 回 8 分の運動タスクを

Estimation of User's Stress Using Multimodal Data Including Physiological Indices and Reflection to Virtual Avatar Behavior  
Seiji TAKEDA † Toyoaki NISHIDA ‡ Yoshimasa OHMOTO ‡  
†The School of Information and Mathematical Science, Faculty of Engineering, Kyoto University  
‡Dept. of Informatics, Kyoto University

\*Immersive Collaborative Interaction Environment

3セット行う。タスク実施者内訳はすべて参加者一人、エージェント二人である。運動中の様子を撮影し、計測した生理指標データと合わせて解析を行った。

## 4 実験結果

SCR が顕著に反応した例を図2に示す。このグラフは、ある実施者の3セット目の運動におけるSCRを表したものである。この実施者は過去の2セットで勝利していなかったので序盤は一生懸命運動し、運動中のイベントに対応してSCRも連続して大きく反応していたが、中盤に大量に得点を稼ぎ、勝利がほぼ確定するようになり、それに伴ってSCRの変動も小さくなった。

また、辺りを見渡し、妨害をされないように対戦相手から遠ざかるといった戦略的な動作を行っているときにSCRが連続で大きく反応する様子が多くみられた。

これらのことから、SCRを計測することによって運動中にタスクに対する集中度を大まかに推定することが出来ると考えられる。

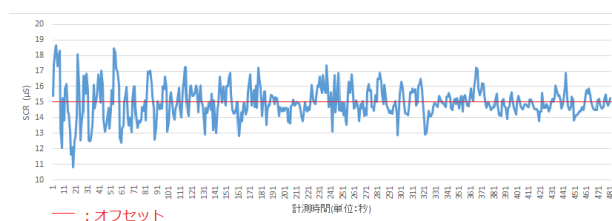


図2 SCRの反応例(縦軸SCR( $\mu$ S), 横軸計測時間(秒))

LF/HFが顕著に反応した例を図3に示す。このグラフはある実施者の2セット目の運動におけるLF/HFの一部を抜き出したものである。運動中のノイズにより心拍が正しく検出されないこともあったが、安静時や単純な運動時に見られる波形と同様の、はじめは緩やかに上昇し、勾配が徐々に急になるといった波形が見られた。

一方で、心拍の誤検出によるノイズはトレンドが生じた時点でLF/HF比が急激に上昇しているのので、反応が出始めた時点での勾配を確認すれば、その値の上昇が緊張によるものなのかノイズによるものなのかを分別することが出来る。また、LF/HFの反応は先行研究と同様の現象が起こることがわかったので、ノイズを省くことで通常通りストレス指標として用いることが出来る。

## 5 議論

今回の実験結果から、運動ゲームにおいて、タスクに対する集中度はSCRで大まかに推定出来ることが分かっ

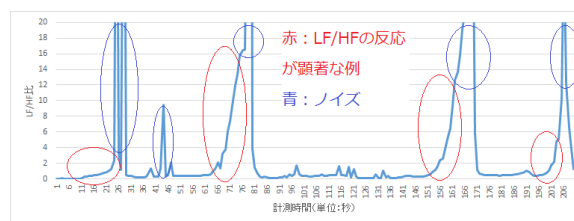


図3 LF/HFの反応例(縦軸LF/HF, 横軸計測時間(秒))

た。また、LF/HFに関しては、ノイズを省くことによって先行研究で得られた知見を用いることが出来ることが確認された。

この結果の妥当性を検討するために、運動中の集中度を評価する方法を考案し、さらに実験を行う必要がある。

## 6 今後の展望

これらの集中度推定が確立することによって、運動ゲームで以下のようなサポートの実現が期待される

- タスクに対する集中度を操作するアバタに反映させ、集中が切れた際に操作するアバタが飽きを感じているような挙動を取ることでアバタに対する自己投影を誘発し、没入度を向上させる
- 運動に集中しているが得点がうまく稼げないプレイヤーに対してアドバイスを行うことによってゲームの上達を支援する。

運動中の集中度推定法を評価した後、これらの実装を行っていきたい。

## 7 謝辞

本研究(の一部)は独立行政法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援によって行われた。

## 参考文献

- [1] Jelena Nikolic-Popovic, Rafik Goubran (2011) "Measuring Heart Rate, Breathing Rate and Skin Conductance During Exercise"
- [2] AURELIEN P. PICHON<sup>1</sup>, CLAIRE DE BISSCHOP, MANUEL ROULAUD, ANDRE DENJEAN, and YVES PAPELIER (2004) "Spectral Analysis of Heart Rate Variability during Exercise in Trained Subjects"