



VR コンテンツ体験時における生体・行動情報の統合に基づく リアルタイム感情推定フレームワーク

A Real-Time Emotion Estimation Framework Based on Integration of Physiological and Behavioral
Information During VR Content Experience

趙 聖化¹⁾

Sunghwa CHO

1) 関西学院大学 人間システム工学科 井村研究室 (〒 669-1330 兵庫県三田市学園上ケ原 1 番 1 号, fqd69170@kwansei.ac.jp)

概要: 本研究では,Unity で制作したランダム迷路型 VR ホラーゲームを用いて,体験者の生体信号の変化を統計的に分析し,集中・恐怖・驚き状態の生理的特徴を明らかにした.健康な男性 6 名(平均 25.33 歳)が参加し,手のひらの EDA,左胸部・腸骨稜の ECG,前腕筋 EMG(電極間 20mm)を 1kHz で測定しながら,約 5~6 分間ゲームをプレイした.セグメントごとにゾンビが出現した直後の平均 HRV(RMSSD)は安静時と比べて -44 %,EDA は +148 %,EMG は +37 %上昇し,恐怖刺激が交感神経系の活性化および筋緊張の増加を引き起こすことが確認された.結果分析では,VR の恐怖刺激時に心拍数の増加と HRV の低下,EDA の急激な上昇が観察され,恐怖状態では交感神経系の活性化が顕著であることが確認された.一方,VR コンテンツに没入して集中している区間では,比較的緩やかな生体信号の変化が見られ,これは高い恐怖区間に比べて生理的覚醒水準が低く,注意集中状態であると解釈される.以上の結果をもとに開発されたリアルタイム感情推定システムは,VR 環境下でユーザーの恐怖および驚き状態をリアルタイムでモニタリングし,フィードバックすることに活用できることを示唆している.

キーワード: VR, 感情推定, 生体信号, 行動情報

1. はじめに

VR コンテンツの評価は主観的であることが多く,制作者の意図した感情がユーザに伝わっているか客観的に把握することは難しい.本研究では,HMD(ヘッドマウントディスプレイ),皮膚電気活動(EDA)・心電(ECG)・筋電(EMG)の複数の生体センサを統合し,VR コンテンツ体験中のユーザの集中,恐怖,驚きといった感情を実時間で推定するフレームワークを構築する.

2. 関連研究

生体信号を活用した感情推定は EDA・HRV・EMG などを中心に活発に研究されてきた.EDA は交感神経活動を直接反映し,情動的覚醒度を定量化できる指標であり,HRV は自律神経系のバランス指標としてストレスや情動の極性を評価する際に主に利用される.EMG は筋収縮の電気信号を捉えることで,驚きやフリーズなどの急激な筋反応を検出する[1, 4].複数の生体信号を組み合わせることで単一センサーと比較して推定精度が向上し,視線や表情など非接触指標と融合して精度を高める試みも報告されている[5].VR 環境におけるリアルタイム感情分類の研究も増加傾向にある.Marín-Morales ら[2]は EEG と HRV をサポートベクターマシン(SVM)に入力し,VR シーンごとの覚醒度と情動価値(valence)を同時に分類した.Orozco-Mora ら[3]

は VR ゲームプレイ中に心拍数をモニタリングし,動的難易度調整(Dynamic Difficulty Adjustment)アルゴリズムを実装,ストレスレベルを一定範囲内に維持することで恐怖や興奮体験を最適化した.これらの先行研究は,VR コンテンツ内での生体信号に基づくフィードバックシステムがユーザー体験を向上させる可能性を示唆している.

3. 実験

本実験には平均 25.33 歳の健康な男性 6 名が参加した.実験に使用した VR コンテンツは Unity エンジンで制作されたランダム迷路型サバイバル脱出ホラーゲームであり,全 5 セグメントで構成されている.各セッションごとに地形やイベントの配置がランダムに変化するため,毎回新しい恐怖体験が提供される(図 2).生体信号の測定は以下の通り行った.ECG 電極(IN+/IN-)は左胸部と右側腸骨稜に装着し,EDA 電極は手のひら,EMG 電極(IN+/IN-間隔 20mm)は前腕中央,リファレンス電極は肘の突出部に装着した.図 1 は各センサーの装着位置を模式化したものである.すべての信号は BITalino(PLUX)ワイヤレスバイオセンサーパッケージを用いて 1,000Hz で同期収集した.

3.1 実験手順

1. 1 名の参加者が VR コンテンツ 1 回セッション(約 5~6 分)を行う間,生体信号と VR イベントログを同時に記

録した。2. コンテンツ進行中にゾンビ出現や脱出などの主要イベントをタイムスタンプとして記録し、事後分析に活用した。

3.2 実験結果

4. 各部分のレイアウトとフォントについて

本サンプルファイルは、日本語 L^AT_EX 2_ε の標準的なクラスである `jarticle` を使用し、本大会予稿集用独自のパラメータや定義を規定する `vrsjj.sty` を読み込んでいます。

4.1 タイトル部

タイトル部は、例のように1段組としてください。1 ページ目の左上には、日本バーチャルリアリティ学会のロゴマーク (VRSJ ロゴ) を縦 1 cm × 横 2 cm 程度の大きさになるように貼り付けてください。VRSJ ロゴについては、日本バーチャルリアリティ学会ホームページ (<http://www.vrsj.org/>) 等をご参照ください。また、1 ページのヘッダのみに、例のように右に詰めて、「第 30 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2025 年 9 月)」とゴシック体 9pt. を用いて記入してください。また、1p 目のヘッダに「This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.」と Times 8 pt で記入してください。

ヘッダより 1 行あけてタイトルを記述してください。タイトルはゴシック体 18 pt を用い、センタリングにしてください (`\JTtitle` を使用)。

英文タイトルは任意です。付けない場合は、タイトル著者名ともコメントアウトしてください。付ける場合は、Times 10 pt のフォントを用い、前置詞以外の単語の先頭は大文字で、センタリングにしてください (`\ETitle` を使用)。

1 行あけて、例のように著者名を明朝体 10 pt を用いて記述し、センタリングにしてください (`\JAuthor` を使用)。英文の著者名は日本語の著者名の下に Times 10 pt を用いて記入してください (`\EAuthor` を使用)。

1 行あけて著者の所属を明朝体 9 pt を用いて記入し、センタリングにしてください (`\Affiliation` を使用)。複数の著者の所属が異なる場合には、例のように著者名に付けた片カッコ付き数字を添えて記入してください。

1 行あけて和文概要を、明朝体 9 pt を用いて記入してください (`\Abstract` を使用)。「概要」という文字はゴシック体にします。左右のインデントは明朝体 9 pt で 5 文字程度になるようにしてください。次の行に 3-4 個の和文キーワードを例のように明朝体 9pt にて記入してください。「キーワード」という文字はゴシック体にします。

4.2 本文部分

キーワードの後、2 行あけて本文に移ります。本文は横 2 段組 (本サンプルファイルでは `\twocolumn` を使用)、50 行 (行間約 14.4pt)、明朝体 9 pt で作成してください。段落冒頭は 1 文字分下げします。

5. 見出し (見出しが複数行に渡る場合には、このようにインデントを付ける)

5.1 章の見出し

見出しのレベルは 3 段階とし、第 1 レベル (章) は、上に 1 行あけてゴシック体 10 pt により「3. 章の見出し」のように記入してください (`\section` を使用)。

5.2 節の見出し

第 2 レベル (節) の見出しは前後に空白行を設けず、ゴシック体 9 pt により「3.2 節の見出し」のように記入してください (`\subsection` を使用)。

5.2.1 項の見出し

第 3 レベル (項) の見出しも前後に空白行を設けず、ゴシック体 9 pt により「3.2.1 項の見出し」のように記入してください (`\subsubsection` を使用)。

6. 数式および数学記号

数式はセンタリングし、式番号はカッコ付きの通し番号で右詰めとしてください。

$$F(x) = \frac{a}{\sqrt{a+b}} \int_a^b g(t) dt \quad (1)$$

また、数式の前には半行 ~1 行程度の空白を設けてください。(L^AT_EX の場合、通常は `equation` 環境などの使用により自動的に挿入されます。)

7. 図表

図表は、図 1 のように、本文中で引用したページの四隅いずれかまたは上下端に置くことを推奨します。可読性の観点から、本文中の引用箇所より前のページに図を置くことや、原稿末尾にまとめて置くことは避けてください。図の前には空白行を 1 行設け、図のキャプションは図の下に、表のキャプションは表の上に置いてください。図番号、表番号は通し番号とし、ゴシック体 9 pt で記入してください。

8. 最終ページのレイアウトと参考文献

最後のページは左右の段落ができるだけそろうように調整してください。手動で調整する場合、適切な場所に `\newpage` を挿入してください。自動的に調整する場合、`balance` パッケージを使用できます。最後の `\section` の直前に `\balance` を入れると、自動的に調整されます。

参考文献は出現順に番号を付け、該当個所に [1][2][3][4] のようにカギカッコで指示してください。参考文献の引用リストは例を参考にして、文末に 1 行あけ、ゴシック体 10 pt センタリングで「参考文献」と記した後に、番号順に記入してください。姓名の記法や誌名巻号の略記法など形式について厳密な指定はありませんが、リストの中で統一を取るようにしてください。

9. PDF 出力

原稿は PDF にて投稿してください。投稿前に、

- 書式の乱れがないか



図 1: 図のキャプションは図の下に置く。図中のテキストはキャプションと同じかやや小さくなるように調整すること。

表 1: 表のキャプションは表の上に置く

No.	Real	Estimated
1	1.5	1.2
2	2.5	2.3
3	3.5	3.4

- 参考文献番号があっているか
- 画像は印刷に耐えうるクオリティか
- A4 サイズになっているか
- 白紙ページがないか
- 規定ページ数に収まっているか

などを必ず確認してください。また、出版プロセスで PDF を加工（ノンブル付与）するため、PDF のセキュリティなどは解除いただくようお願いいたします。

10. むすび

なお、この原稿は \LaTeX 2\epsilon を用いて作成したものです。この原稿は本執筆要領に基づいて作成されたサンプル原稿の一つであり、本スタイルファイルを使用する義務は全くありません。また、本スタイルファイルを使用することで発生するいかなる不具合についても対処することはできません。

謝辞 謝辞は結論の後に書いてください。

付録 付録は参考文献の前に書いてください。

参考文献

- [1] バーチャル太郎, 現実花恵: 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集の書き方, 日本バーチャルリアリティ学会第 1 回大会論文集, pp. 1-2, 1996.
- [2] バーチャル太郎, 現実花恵: 日本バーチャルリアリティ学会投稿論文の書き方, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 1, No. 2, pp. 201-206, 1996.
- [3] バーチャル太郎, 現実花恵: 日本バーチャルリアリティ学会解説の書き方, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 2, No. 4, pp. 11-16, 1997.
- [4] 人工現太郎, 実 感子: 日本バーチャルリアリティ学会大会論文の書き方, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 4, pp. 1-2, 1999.