

フロー理論に基づくゲームシステムデザインの提案

須甲 惇[†] 大久保 雅史[†] 山口 泰弘[†] 山下 翼[†]

同志社大学大学院 工学研究科[†]

1. 緒言

ビデオゲームに対する慣れやスキルは個人差があり、全てのユーザが満足できるレベルデザインを行うことは困難である。ユーザのスキルと難易度のバランスが不均衡であると、ゲームに対する「あき」や「あきらめ」といった感覚が生まれ、ゲームへのモチベーションが低下しやすい。この問題に対して、ユーザのモチベーションをゲーム中のスコアやユーザのスキルの変動から予測し、モチベーションが低下する前に難易度を調整するシステムが考えられるが、難易度を適切に調整するためにはユーザがゲームに対してどのような感情を想起しているのかを客観的に評価する必要がある。しかし、スコアやユーザのスキルからそれらを判別することは困難である。本研究では情動を推定する手段として比較的ユーザに負荷をかけずに測定できると思われる心拍変動解析によって推定を行う手法を提案している。

2. フロー理論

本研究では心理学者ミハイ・チクセントミハイが提唱するフロー理論に基づいて実験環境の構築、解析を行っている。フローとは人が特定の作業に完全に没頭し、のめり込んでいる精神的な状態である。フローは図1に示すようにユーザのスキルと難易度のバランスが均衡状態にあるときに想起しやすいと言われている[1]。そこで、ゲーム中のスコアやユーザのスキルから推定したモチベーションの変動に応じてゲームの難易度を変化させ、フローを想起させるシステムが考えられる。しかし、ユーザが図1の(A)、(B)、(C)のどの情動を想起しているかを判別するのは困難である。

そこで本研究では、情動の変動から影響を受けやすい生理指標である心拍変動を用いて、いくつかの評価指標とフロー状態との関係性について検証を行っている。

Method for Evaluation of Flow Components Based on the Analysis of Heart Rate Variability

[†]Jun Suko, Masashi Okubo, Yasuhiro Yamaguchi, and Tsubasa Yamashita, Graduate School of Engineering, Doshisha University

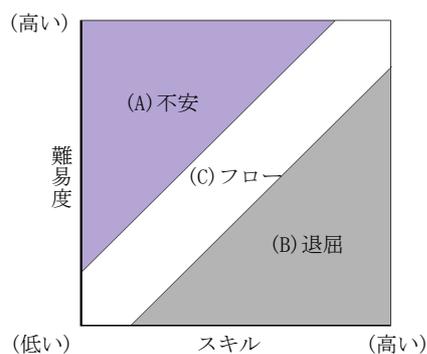


図1 スキルと難易度のバランス

3. 心拍変動測定によるゲーム中の情動の推定

3.1. 実験目的と方法

実験は、ゲームプレイ中のユーザの情動が図1の(A)、(B)、(C)のどの領域にあたるのかを推定する手法を確立することを目的としている。

実験では、被験者のスキルに基づいて作成した疑似的な対戦者との対戦型ゲームを構築し、ゲームプレイ中の心拍変動を測定している。被験者一人につき3人の異なる難易度の対戦者(コンピュータ)と対戦させ、アンケートによる主観評価と心拍変動の関連性を検証する。

実験は男性20名、女性10名の計30名の学生被験者に行わせた。

3.2. 実験に用いるソフトウェア構成

実験では、被験者のスキル以外の要素の影響を最小限に抑えるため、図2のようにルーレットの針を特定の位置を狙って止めさせる対戦型ゲームを開発し、被験者にプレイさせている。図2の左側が被験者、右側が対戦者である。針を回転させ、止めた時の黄色い線からの角度差をスコアとし、スコアに応じて画面中段部のアバターが綱を引く。対戦者の針が止まる位置は被験者に練習として20回試行させた際の角度データに基づいてランダムで決定する。被験者の角度と同じデータを「被験者と同等」、角度を2倍したものを「被験者より弱い」、0.5倍したものを「被験者より強い」としている。被験者にはルーレットの回転、停止を繰り返させ、3つの難易度の対戦者と3分間競わせる。



図2 システムの画面構成

3.3. 心拍変動解析

解析に用いるパラメータは、心拍時間間隔 (RRI), RRI の標準偏差 (RRV), RRI の中間周波数成分 (LF), RRI の高周波数成分 (HF) である。人が集中している時、RRI や RRV は小さくなると言われている。HF は副交感神経活動による影響を受け、LF/HF は交感神経の指標として用いられる。また、人がフロー状態の時、心拍間隔が広がりばらつきが小さくなる傾向があるとされていることから [2], フローの指標 F_1, F_2 を、次式を用いて求めている。

$$F_1 = V_{RRI}^5 / V_{RRV} \quad (1)$$

$$F_2 = V_{RRI}^5 - V_{RRV} \quad (2)$$

ここで、 V_{RRI} は対戦中の RRI を安静中の RRI で基準化し、 V_{RRV} は対戦中の RRV を安静中の RRV で基準化している。それぞれ V_{RRI} を 5 乗しているのは、RRV の変動が大きい為、RRI の変動の影響を RRV の変動とほぼ対等にするためである。

3.4. 実験結果と考察

「面白い」という情動は、その後の活動に対して動機付けを高める効果があり、これはフローの一要素として挙げられる [3]。3 回の対戦の内どの試行が面白いと感じたかをアンケートで答えさせたところ、「被験者よりも弱い」が 3 人、「被験者と同等」が 13 人、「被験者よりも強い」が 14 人となった。この結果から、想定していた「被験者と同等」の他に「被験者よりも強い」でもフローが想起される可能性が示された。また上記の項目とは別に、チクセントミハイが提唱するフローを構成する要素を基に、7 項目 (5 段階) の質問を作成している。すなわち、それらの総合点が高いとフローが想起されている可能性が高いと想定している。

表 1 は、アンケートの 7 項目の総合点と、心拍変動を用いた指標 (RRI, RRV, F_1, F_2 , HF, LF/HF), スキルと難易度のバランス (SB) の相関

係数 R の正負を示した被験者の数を表している。SB はスキルバランスであり、対戦者が針を止めた時の角度と、被験者が針を止めた時の角度の差の絶対値の平均である。この値が 0 に近いほど、被験者と対戦者のスキルがより均衡状態にあることを示している。RRI, RRV, F_1, F_2 , HF に関しては、正と負の相関を示した人数がほぼ同じであり、指標の妥当性を示すことができなかった。これらの指標は、個人により情動の変動から受ける影響が異なると考えられる。SB については正よりも負の相関を示した人数が多いことから、被験者と対戦者のスキルがより均衡状態にあるほどアンケートの総合点が高い傾向にあり、アンケートの項目設定はある程度妥当であると考えられる。LF/HF に関しては、正の相関を示した人数が多いことから、人がフロー状態にある時、交感神経活動が促進されている可能性が示された。

表 1 アンケート総合点と各指標の比較

| 相関 | RRI | RRV | F_1 | F_2 | HF | LF/HF | SB |
|----|-----|-----|-------|-------|----|-------|----|
| 正 | 12 | 10 | 11 | 10 | 10 | 17 | 6 |
| 負 | 10 | 12 | 12 | 10 | 13 | 8 | 12 |
| なし | 8 | 8 | 7 | 10 | 7 | 5 | 12 |

正: $R > 0.3$ 負: $R < -0.3$ なし: $-0.3 \leq R \leq 0.3$

4. 結言

本研究では、ユーザがゲームをプレイしている時に得られる生理指標を解析し、ユーザの情動の推定を行うことの可能性を検証している。

開発したゲームを用いた実験では、ゲームプレイ後のアンケートによる主観評価と、ゲームプレイ中の心拍変動を比較している。その結果、フローを評価する指標として LF/HF を用いるのが妥当である可能性が示された。また、LF/HF を除く心拍変動を用いた生理指標は、個人により情動の変動から受ける影響が異なり、フローを評価する一般的な手法としては妥当ではないと考えられる。

本研究ではフロー状態にあるか否かのみを評価する段階に留まっているが、今後、フローから外れた際の、不安や退屈といった情動を判別する指標を探り、その変動から動的に難易度を調整するシステム開発を目指す。

参考文献

- [1] フロー理論の展開, ミハイ・チクセントミハイ, 世界思想社, 2003
- [2] László Harmat: "Heart Rate Variability During Piano Playing", Music and Medicine (November, 2010)
- [3] フロー体験の促進要因とその肯定的機能に関する心理学的研究, 石村郁夫, 2008