

攻撃行動をともなうバイオフィードバックゲーム

棟方 渚^{†1} 中村 光寿^{†2} 田中 伶^{†2}
土門 裕介^{†2} 松原 仁^{†2}

本研究では、ユーザがリラックスするよう心がけるだけではなく、攻撃行動を行いながらゲームクリアを目指す、新しいバイオフィードバックゲームを構成した。具体的には、ユーザが自身の精神状態を確認しながらタイミングをはかり、リラックスしている状態で攻撃行動を行うと、攻撃が成功するといったゲーム設定とした。評価実験より、リラックスしなければならぬ状況下で、身体的な動作をともなう入力方法を採用することで、ユーザの興奮をより促進させ、エンタテインメント性を高めることができたことが示された。

A Biofeedback Game Adding Physically Aggressive Behavior

NAGISA MUNEKATA,^{†1} TERUHISA NAKAMURA,^{†2}
REI TANAKA,^{†2} YUSUKE DOMON^{†2}
and HITOSHI MATSUBARA^{†2}

We developed and suggested a biofeedback game which was not only the player's "Relax" for general biofeedback game. Specifically, we used a skin conductance response for sensing a player's surge of excitement. In addition to, we set up a game rule that a player got disadvantages if a player did not attack enemies in a situation that a player must keep a calm. Then, we conducted an experiment to investigate the effectiveness of this game to see whether a player played that was enjoyable. From the result, most participants felt this game was enjoyable. It was confirmed that this biofeedback game had a significantly enjoyment.

^{†1} 札幌市立大学
Sapporo City University

^{†2} 公立はこだて未来大学
Future University-Hakodate

1. はじめに

近年、老若男女問わず様々なユーザ層が楽しめる、バイオフィードバックを利用したエンタテインメントコンテンツの開発がさかんに行われている。任天堂株式会社¹⁾では、ゲーム機「Wii」の新しい周辺機器として、脈拍やその他の生体信号を計測する「Wii バイタリティセンサー」とその対応タイトルを2010年に発表するとコメントし、動向が注目されている²⁾。バイオフィードバックを利用したゲームはユーザの精神統一が勝敗の鍵を握るといった、通常のゲームとは異なる性質を持つ^{3),4)}。バイオフィードバックを利用したゲームで最も有名なものは、ビデオゲームシリーズ：“The Journey to Wild Divine (Wild Divine)”⁸⁾である。このWild Divineには“A dairy mind and body practice for healthy living”というキャッチコピーが付されており、精神と肉体の健康のための呼吸法および瞑想方法をバイオフィードバックによって習得できるような仕組みになっており、ゲーム設定として、精神統一やリラックスするとゲームが次のステージに進むようなものがある。

しかしながら、多くのバイオフィードバックゲームでは、ユーザのヘルスケアを目的とした健康器具として位置付けられ、エンタテインメント性を重視しているとはいえないものが多い。それは、それらのコンテンツにおいて、バイオフィードバックの応用法が、医療や心理学で用いられてきた従来のバイオフィードバックを構成していることに起因しているからだと考えられる。バイオフィードバックとは、人間の心身の状態を自身に知覚させ、それらの制御を可能とする技術であり、バイオフィードバック療法は、緊張や興奮を鎮める効果、つまりリラクゼーションに有効であることが知られている⁹⁾。リラクゼーション効果のあるバイオフィードバックを利用したエンタテインメントコンテンツは、ユーザの情動の表出の抑制が働くようなフィードバックとして構成される。このことは、ゲーム中のユーザがリラックス状態に陥ることで、かえってゲームがつまらなくなってしまう可能性を示唆している。また、それらのゲームの共通の特徴として、ユーザが落ち着くことで、ゲームを有利な方向へ導いていけるため、ゲーム中、ユーザは落ち着く(リラックスする)よう心がけ、それが成功するとゲームクリアとなり、失敗するとゲームオーバーとなる、という設定であるということがあげられる。ユーザが落ち着かない場合では、いったんゲームを中断し、初めからやり直すなどといった、ゲームとして成り立たないものが多かった。このようなゲームでは、バイオフィードバックのエンタテインメントコンテンツへの応用として、設定に限界があると考えられる。

これまで我々は、リラクゼーションを目的とせず、ユーザの興奮をより促すような、様々

なバイオフィードバックゲームを構成した^{6),7)}。構成したゲームでは、ユーザが落ち着くことで、ゲームを有利な方向へ導いていけるだけではなく、ユーザが落ち着いていない場合に、ゲームを不利な方向へ導いていくという設定を加えた。つまり、ユーザがリラックスすることができれば、ゲームを有利な方向へ導いていけるのに対し、それが失敗した場合にはゲームを不利な方向へ導いてしまうため、一種の綱渡りのように制御不能な自身の情動の表出を楽しめる設定とした。そして、これらの先行研究において、バイオフィードバックのエンタテインメント利用の有効性を示した¹¹⁾。

このように、バイオフィードバックを利用したゲームは数多く開発されている。しかし、多くのゲーム（我々が開発したものを含む）では、安静状態を保つため、座位で肩の力を抜くようユーザは指示される。それらのゲームの入力方法は、バイオフィードバックによる情動の表出のみ、または、それに加えてコントローラのボタンや十字キーなどの簡単な操作を用いるものが多い。そこで本研究では、ユーザの興奮をより促すことを目的として、リラックスするのみでゲームクリアを目指すものではなく、身体的な動作をともなう入力が必要とする新しいバイオフィードバックゲームを構成した。具体的には、ユーザが落ち着くことで、ゲームを有利な方向へ導いていけるだけではなく、ユーザが落ち着いていない場合に、ゲームを不利な方向へ導いていくというゲームに、片方の手で把持したコントローラを振るというユーザの入力を付加した。これにより、リラックスしなければならない状況下であるにもかかわらず、身体的な動作をともなう入力方法を採用することで、ユーザの興奮をより促進させ、エンタテインメント性を高めることができると考えた。また、このバイオフィードバックゲームについて、ユーザの印象やユーザの興奮が促されたかどうかを調べる実験を行い、システムの評価を行った。

2. システム構成

本章では、実装したバイオフィードバックゲームについて具体的に説明する。

ユーザは図 1 のように、片方の手掌に貼り付けた電極から皮膚電気活動の変動を測定される。ゲームでは、取得した皮膚電気活動の変動から、「ユーザの興奮」を評価するとともに、ゲーム内容に反映させている。具体的に、ユーザの皮膚電気活動が大きく変動した場合には、ゲームが不利な状況に導かれるという設定とした。また、本研究で提案した、身体的な動作をともなう入力方法として、強く振ることで入力される刀型のコントローラを自作した。ユーザは、この刀型コントローラでゲーム内の敵キャラクタを斬るという設定とした。以下、ゲームの構成要素について、詳細な説明を行う。

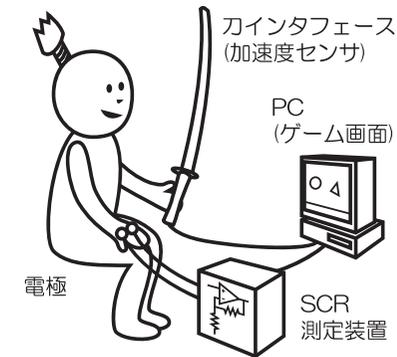


図 1 システム構成
Fig. 1 System configuration.

2.1 皮膚電気活動

本研究で使用した皮膚電気活動は、人間の精神性発汗を電氣的にとらえたものである。人間の手掌や足底は、緊張や動揺などの心的興奮によって発汗を生じる。これらの精神性発汗は、自分では感じられないほどの微量のものから、手掌が湿ってしまうほどの大量の発汗まで様々である。それらの皮膚電気活動のうち一過性の反応を測定した Skin Conductance Response (SCR) は、交感神経支配下の汗腺活動を電氣的に測定して、情動状態、認知活動、情報処理過程を評価する方法である。たとえば、SCR は精神的ストレスや、感情の指標として、医学や心理学などで注目されている¹⁰⁾。我々が構成したゲームでは、SCR が大きく変動した場合に「ユーザの興奮」が確認されたと判断した。

2.2 刀型コントローラ

この刀型コントローラは、市販の刀型玩具（株式会社ポニー製）の柄に 3 軸加速度センサを内蔵したものである（図 2）。3 軸加速度センサ（AE-KXP84）によって得られたアナログデータをマイクロプロセッサ（PIC12F675）によってアナログ-デジタル変換し、USB 変換モジュール（AE-UM232R）と USB mini ケーブルによって PC に接続し、データを取得した。図 2 のような 2 × 6 cm の基盤に 3 軸加速度センサとマイクロプロセッサ、USB 変換モジュールを刀の柄に内蔵した。刀の柄に施した小さな穴から USB mini ケーブルを通し、PC に接続した。この刀型コントローラの操作方法は、ユーザが刀型コントローラを強く振る（0.20 m/s² 以上の加速度を与える）ことで、ゲーム内の敵キャラクタを斬ることができるという仕組みとした。「強く振る」という判定基準は、数十名の被験者に刀型コン

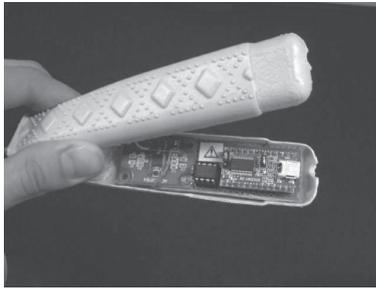


図 2 刀型コントローラの内部 (柄)
Fig. 2 Inside a KATANA type controller (handle).

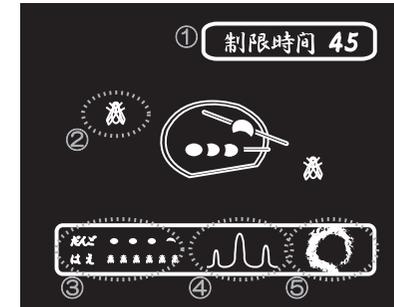


図 3 画面構成
Fig. 3 Display configuration.

トローラを強く振るよう指示し、得られたデータの最小値を採用したものである。

2.3 ゲームのストーリー

ゲームのストーリーは、ゲームの設定である「ユーザが自身の興奮を抑えながら、身体的動作をともなう攻撃行動を行う」ことを必要とする例として「ハエたたき」に着目した。いうまでもなく、日常生活において「ハエたたき」を成功させることは容易ではない。無闇に攻撃を続けると、ハエに危険を察知されて逃げられてしまう。「ハエたたき」を成功させるという目的を達成するために、ユーザは自身の動作を見透かされないよう落ち着いて振る舞う必要があり、機会が訪れたときには素早く攻撃行動を行わなければならない。つまり、そのような「ハエたたき」の「ユーザが自身の興奮を抑えながら、身体的動作をともなう攻撃行動を行う」という特徴が、本研究のゲーム設定と類似しており、応用の可能性があると判断し採用した。また、攻撃行動の成功には冷静な判断を必要とするため、ゲームにおいても、ユーザの興奮が確認されているときには冷静な判断ができていないと見なし、攻撃行動を行えないという設定とした。

ゲームはストーリー紹介のアニメーションが流れるところから始まる。アニメーションでは、武士が峠の茶屋で休憩しており、団子をほおぼる際に、団子の先にハエが止まり、怒りを覚えた武士がそのハエを斬ろうとするというストーリーが紹介される。ストーリー紹介のアニメーションが終了した後にゲーム画面が表示され、ユーザが刀型コントローラでそのハエの駆除を行うという設定とした。

2.4 ゲームルール

画面構成は図 3 のように、(1) 制限時間、(2) ハエ (攻撃対象)、(3) 団子ゲージ (後述の dangoRemainder) とハエゲージ (後述の flyRemainder)、(4) SCR のグラフ、(5) 攻撃行

動の合図 (興奮している \times / 興奮していない \circ) といった項目をそれぞれ表示した。(5) の攻撃行動の合図は SCR の変動による「ユーザの興奮」の評価によって制御した。

ユーザは制限時間内に、画面上に出現するハエを斬り続ける。ユーザの SCR の変動が閾値を超えたときには、「ユーザの興奮」が確認されたと評価し、画面上には \times マークが表示される。また、ユーザの SCR の変動が閾値を超えない場合には、「ユーザの興奮」が確認されていないと評価し、画面上には \circ マークが表示される。ユーザが、 \circ マーク表示時に刀型コントローラを振ることで、ハエを斬ることができるが、 \times マーク表示時に刀型コントローラを振ってしまうと、ハエへの攻撃に失敗するばかりではなく、隙を突かれハエに団子を盗られてしまう。つまり、ユーザが自身の状態を確認せずに、闇雲に攻撃行動を行った場合には、ハエを攻撃できないばかりか、ハエに団子を盗られてしまうといった不利な状況へとゲームが進行する設定とした。また、制限時間が設けられているため、攻撃行動の機会が訪れたときには、素早くハエを攻撃しなければゲームクリアできない設定とした。なお、閾値の設定は先行研究のバイオフィードバックゲームを参考とした^{(6),(7)}。また、ハエの出現には乱数を利用し、平均として 5 秒間に 3 匹程度のハエが出現するよう設定した。

また、ゲーム終了時には、ゲーム中のユーザの振舞いを評価した「武士度」という得点を示したランクを用意した。得点に応じて、ランク上位では剣豪や達人、ランク下位では見習い、門前払いなどを表示する (図 4)。得点は、各パラメータに対する評価値で計算した。武士度は、連続で体験したときには、これまでの自分のランクと比較したり、友達同士などでランクを競い合ったり、ゲーム結果の比較を容易にし、よりエンタテインメント性を高める目的で用意した。以下、得点に関わる各パラメータについて記述する。



図 4 武士度画面構成

Fig. 4 Display configuration of BUSHIDO.

プレイヤーの行動判定		得点
escapeFly	ハエ出現時に攻撃行動をとらない	-1
overThreshold	SCRが閾値を超える	-5
stolenDango	SCRが閾値を超えているときに攻撃行動をとる	-10
crackDisplay	画面にハエがいないときに3回攻撃行動をとる	-10
brokenTeahouse	crackDisplayを4回する(game over)	-30
gameClear	すべてのハエを駆除する	+30

図 5 ユーザの行動判定とその得点

Fig. 5 Detection of player's behavior and each scores.

- flyRemainder ゲーム中の残りのハエの数（初期値 12 匹）
- dangoRemainder ゲーム中の残りの団子の数（初期値 4 個）

武士度について、図 5 のような、ユーザの行動に対して判定を用意し、その判定が満たされるたびに図 5 に示した得点の減点を繰り返した。escapeFly では、ハエが画面にいるにもかかわらず、ユーザが攻撃行動を行わない、あるいは画面 (5) におけるマークが \times で攻撃することができず、ハエを斬り損ねたときに適応した。overThreshold は、ユーザが興奮し、SCR の変動が閾値を超えたときに適応した。その適応の基準として、SCR の変動が再び閾値以下となるまで、適応しない設定とした。stolenDango は、overThreshold 状態にもかかわらず、攻撃行動を行ったときに適応した。このとき、減点と同時に dangoRemainder の値（初期値 4）が 1 減少する。そして、dangoRemainder が 0 になるとゲームオーバーとした。crackDisplay は、ハエが画面上に現れていない状態にもかかわらず、ユーザが無闇な攻撃を加え続けたときに適応した。これが適応された場合、自身の興奮を抑えられず闇雲に攻撃行動を行うといった武士としてあるまじき行為であると判断し、大幅な減点とともに画面上にヒビが入り、得点を 30 減点するペナルティを用意した。brokenTeahouse は、

質問	YES	NO	備考
普段ゲームをプレイするか	13人	6人	平均時間:4.92時間/週
本ゲームを楽しむことができたか	19人	0人	主観評価平均:8.11点/10点
ハエを斬ったときに爽快感を感じたか	17人	2人	主観評価平均:7.59点/10点
動揺や興奮、緊張などを感じたか	17人	2人	

図 6 アンケートとその結果

Fig. 6 Questionnaire and its result.

crackDisplay を 4 回行ってしまったときに適応した。このときの適応の基準として、ユーザが闇雲に攻撃を加え続けた結果、ステージである茶屋を壊してしまうといった設定とし、強制的にゲームオーバーとした。gameClear は、flyRemainder（初期値 12）が 0 となり、すべてのハエを斬ることに成功したときとし、ボーナス得点として +30 を加算した。また、最高得点は 100 点、最低得点は 0 点とした。ゲームのクリア条件は、flyRemainder が 0、つまりハエゲージが 0 になった場合とした。次に、ゲームオーバーの条件としては、limitTime が 0、つまり、制限時間が 0 となった場合や dangoRemainder が 0、つまり、すべての団子がハエに盗られてしまった場合、さらに brokenTeahouse（茶屋の倒壊）となった場合にゲームを強制的に終了させた。

3. 実験 1

実験 1 では、本研究で提案したバイオフィードバックゲームの体験がユーザにとって楽しめるものであるかどうかを調査することを目的とした。

3.1 実験方法

実験に参加した被験者は計 19 人（男性 16 人、女性 3 人：19 歳から 23 歳の大学生）で、実験の開始前に、被験者には約 3 分間の教示ビデオによりゲームルールや操作方法などの説明を行った。その後、被験者の手掌に SCR 測定器を取り付け、実験は 1 人につき計 3 回試行した。全試行の終了後、すべての被験者に対してアンケートを実施した。アンケートでは、「普段ゲームをプレイするか、また週にどの程度プレイするか」「このゲームを楽しむことができたか、またどの程度楽しむことができたか」「ハエを斬ったときに爽快感を感じたか、またどの程度感じたか」「ゲーム中に動揺や興奮、緊張などを感じたか、またどのような場合に感じたか」という 4 項目の質問のほかインタビューを行い、被験者に回答を求めた（図 6）。

3.2 結果

「普段ゲームをプレイするか」「本ゲームを楽しむことができたか」という質問については

19人すべての被験者がYESと回答しており、本ゲームを楽しめた度合い(日常生活において最も楽しかった体験を10点とした場合)の主観評価の平均値は8.11点(日常生活において楽しい体験であった)と示された。また、「八エを斬ったときに爽快感を感じたか」という質問については、17人(89%)の被験者がYESと回答しており、その爽快感の度合い(日常生活において最も爽快感を感じたものを10とした場合)の主観評価の平均値は7.59点(日常生活において強い爽快感を感じた)と示された。「ゲーム中に動揺や興奮、緊張などを感じたか」という質問については17人(89%)の被験者がYESと回答しており、また、どのようなときにユーザ自身の興奮を感じたのかという質問からは、「と書かれていて振った時」、「画面にヒビが入った時」、「×がでた瞬間」、「八エにだんごをとられたとき」、「振った時に×になった時」、「八エがたくさん出てきて刀を振った時、そしてミスってダンゴを持っていかれた時」、「心の状態のグラフが高いとき、攻撃ができないとき」、「八エをきれなかったとき」、「はえがいっぱいできたのに×になったとき」(すべて原文より抽出)などの回答(自由記述)が得られた。

3.3 考察

アンケート結果から、質問項目である「このゲームを楽しめたか」において、すべての被験者が、「楽しかった」と回答しており、普段のゲーム経験の有無にかかわらず楽しむことができることが示された。また「八エを斬ったときに爽快感を感じたか」の回答では、八エを斬るといった攻撃行動によって、主観的に強い爽快感が得られたという結果が示された。これは攻撃行動をとまなうゲーム特有の要素であり、本ゲームのエンタテインメント性に影響を与えるものである。また「どのようなときに動揺や興奮、緊張などを感じたか」に対しては、被験者が自身の興奮を自覚することで、さらに興奮が促されていたと考えられる。また、連続で体験した場合などに、ゲーム結果の比較を容易にする目的で設定した武士度であるが、インタビューから、多くの被験者が「自分にとって武士度が妥当なものであった」と回答しており、武士度が被験者のゲーム内容を効果的に反映することができていたことが示された。

また、実験結果の解析により、それぞれの被験者のSCRの変動と武士度には相関関係が確認されなかったことから、SCRの変動の個人差が、ゲーム結果に対して直接的な影響を与えていないことが示された。これは、他の被験者と比べてSCRの変動が多い被験者であっても、タイミング良く八エを斬り続けることができれば、高得点を獲得できるためである。つまり、多くのユーザに適応できるバイオフィードバックゲームであり、様々なユーザが楽しむことが可能であることが示唆された。また、実験終了後のインタビューから、被験者はこ

の武士度を目安に自分のプレイ結果のよし悪しを判断し、次の試行への対策を考えており、次はもっとランクの高い武士度を獲得したいなどといった回答が多く得られた。このことから、武士度の「ゲーム結果の比較を容易にし、よりエンタテインメント性を高める」といった目的を果たしたと考えられる。

4. 実験 2

実験2では、本研究において自作したバイオフィードバックゲームの特性について評価する実験を行った。このゲームにおける「ユーザの興奮」がどの要素から促されているのかを調査する実験を行った。具体的には、本研究で提案する身体的動作を要する入力方法である「刀型コントローラを振ることで画面上の八エを斬る」という行動が促す「ユーザの興奮」について、このゲームの設定である「ユーザが自身の興奮を抑えながら、身体的動作をとまなう攻撃行動を行う」ことによって促されたものなのか、単に体を動かすことで促される運動性の興奮によるものなのかを調べる実験を実施した。

4.1 方法

実験に参加した被験者は計4人(男性3人、女性1人:20歳から27歳の大学生)で、実験では、5秒間隔で画面中央に出現する八エを、刀型コントローラで斬るといったシンプルなシステム(Session 2B)を体験させ、その試行の後、実験1で用いた通常のバイオフィードバックゲーム(Session 2A)を体験させ、それらの比較を行った。Session 2Bについて、通常のゲームでは、八エ出現の時間間隔は乱数を用いた(平均5秒に3匹)が、2Aのシステムと比較できるよう、八エの出現間隔を5秒間に統一した。実験の開始前に、被験者には、刀型コントローラの操作方法、画面中央に八エが出現したときに強くそのコントローラを振るよう指示した。また、1人の被験者について、Session 2Aを3回、2Bを3回(2A-2A-2A-2B-2B-2B)を連続で試行した。

4.2 結果

特に差異がみられた被験者の試行の比較結果を図7に示す。図7では、被験者が5秒間隔で出現する八エを斬ることに成功したポイントを八エのマークで示した。結果から、画面上に出現する八エを斬るだけのシンプルなシステム(Session 2B)では通常のゲーム(Session 2A)に比べて、被験者のSCRの変動が小さかったことが示された。また、被験者の攻撃行動がさらに自身の興奮を促しているのかどうかを調査するために、八エを斬ることに成功した時間を起点とし、その後3秒間の被験者のSCRの変動を抽出し、すべての被験者のログデータを加算平均した。その結果を図8に示す。図8の結果から、Session 2Aにおける攻

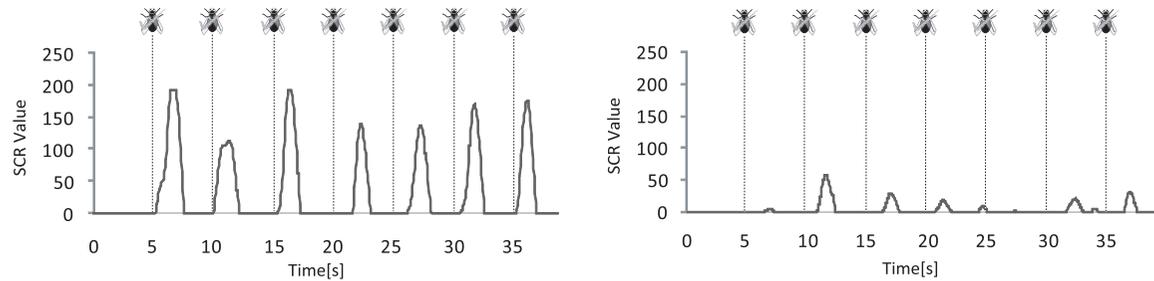


図7 Session 2A (左)と2B (右)のSCRの変動の比較
Fig. 7 SCR values comparison of Session 2A (left) with Session 2B (right).

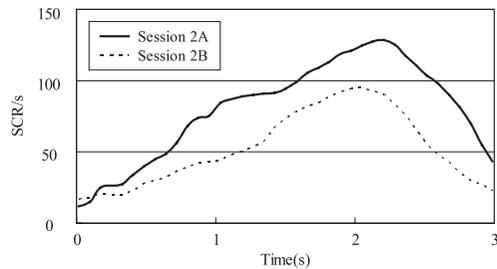


図8 Session 2A, 2BのSCRの加算平均の比較
Fig. 8 Average of SCR values comparison of Session 2A with Session 2B.

撃行動が Session 2B における攻撃行動よりも「ユーザの興奮」を促すことができていたことが示された。

4.3 考察

結果から、ハエを斬るという攻撃行動後においても、SCRの変動が確認されない箇所が複数存在していることが示された。よって刀型コントローラを振る動作自体が、必ずしもユーザの興奮を誘発しているわけではないことが示された。つまり、刀型コントローラを振るという行為そのものだけではユーザの興奮は引き起こされないと考えられる。また、図8から、Session 2A については、ハエを斬ることによるユーザの興奮が確認された。つまり、身体的動作をとまなう攻撃行動のみが、単にユーザを興奮させていたのではなく、ユーザが自身の興奮を抑えて確認するという状況下での攻撃行動が、ユーザの興奮を引き起こしていたことが理解できた。

5. 実験 3

実験3では、このゲームのエンタテインメント性に対して、バイオフィードバックがどのように影響を及ぼしているのかを調査する実験を行った。具体的には、通常のバイオフィードバックゲームと、バイオフィードバックを行わなかった場合のゲームとで、被験者のSCRの変動の比較を行った。

5.1 実験方法

実験に参加した被験者は計9人(男性8人,女性1人:20歳から23歳の大学生)で、本実験では、通常のゲームとまったく同じ設定でバイオフィードバックを用いないゲームを体験させた。ここでは、ゲーム画面上(図3参照)の(4)SCRのグラフ、(5)攻撃行動の合図(興奮している×/興奮していない)に関しては、ダミーとして、実験1のすべての被験者のSCRの変動を加算平均したものをを用いて表示した。実験の開始前に、被験者には約3分間の教示ビデオによりゲームルールや操作方法などの説明を行った。被験者には、1人につきバイオフィードバックを用いたゲームと、用いていないゲームをそれぞれ3回、計6回のゲームを体験させた。また、それらのゲームの違いについては教示せずに全試行の終了後、ゲームの評価アンケートを記述するよう教示した。また、ゲームの慣れや順序の影響を考慮し、2つのグループを用意し、Aグループ(5人)ははじめに通常のバイオフィードバックゲーム(Session 3A)を体験させ、その後にバイオフィードバックを用いていないゲーム(Session 3B)を体験させ(3A-3B-3A-3B-3A-3B)、Bグループ(4人)は、Session 3Bを体験させた後、Session 3Aを体験させ(3B-3A-3B-3A-3B-3A)、どちらのグループも各Sessionを交互に計6回体験させた。

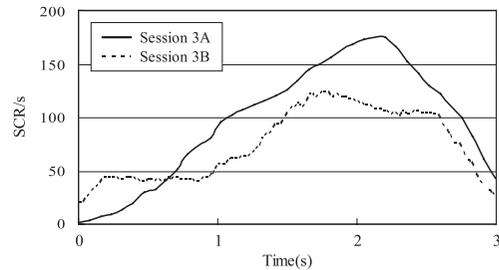


図9 Session 3A, 3BのSCRの比較
Fig.9 SCR values comparison of Session 3A with Session 3B.

5.2 結 果

被験者に体験してもらった Session 3A と Session 3B のログデータの解析を行った (図9)。図9では、それぞれのゲーム中に八工を斬ることに成功した時間を起点とし、その後3秒間のSCRのログデータを抽出して、SCR/s (単位時間あたりのSCR変動量) を計算し、分散分析を行った。分散分析の結果、Session 3Aの被験者のSCRの変動がSession 3Bに比べて有意に高いことが示された ($F(1, 202) = 26.20, p < .01$)。これにより、バイオフィードバックを用いないゲーム (Session 3B) よりも、本研究で提案したバイオフィードバックゲーム (Session 3A) の方が、有意にユーザの興奮を促すことができていたことが示された。アンケートやインタビューでの被験者の回答から、別のゲームを交互に体験しているという印象や Session 3A と 3B の違いなどについて、まったく気付いていなかったことが示された。

5.3 考 察

結果から、Session 3B は Session 3A に比べて、八工を斬る攻撃行動後に促される被験者の興奮が有意に小さかったことが示された。これは、ゲーム画面上の (4) SCR のグラフ、(5) 攻撃行動の合図 (興奮している×/興奮していない) が、それだけで興奮を促しているわけではなく、ユーザ自身のSCRの変動そのものが反映されているということが、ユーザの興奮を促す機能として非常に重要な要素であることが示された。それぞれの試行3回、計6回という実験の範囲内ではあるが、実際の被験者の興奮には、このような有意差が生じており、今後長期的にこのゲームを体験させることで、Session 3A と 3B の違いによる影響 (たとえば、被験者の「慣れや飽き」) が顕著に現れる可能性を示唆している。被験者はそれらの違いに気付いていなかったにもかかわらず、自然で偽りのない反応であるSCRの

変動には、影響を及ぼす結果となった。このように、本研究で構成したゲームは、よりユーザの興奮を促すことを目指すバイオフィードバックゲームの特性を有効に利用したシステムであることが示された。

ここで、本研究で提案したゲームにおける (4) SCR のグラフ、(5) 攻撃行動の合図 (興奮している×/興奮していない) の持つ意味について考察する。

日常生活において、ユーザが機器を用いて、自身の生体信号の振舞いをモニタリングする機会は多くはない。一方で、機器を用いなくても、一部の心身状態は把握できる。たとえば、心拍数の上昇を「ドキドキしている」と表現し、胸に手をあて、深呼吸をするなどして、自身の心身状態を定常状態へ導くよう努力する。そのほか、本研究で用いた手掌の発汗に関しては、「手に汗握る」と表現されることが多い。それらの信号はすべて人間の自然な偽りのない反応を示しており、ユーザ自身、その身体的変化の原因がすぐに認識できない場合においても、記憶をたどることで、原因を突き止めることができる場合もある。このように、人間は自身の状態をつねにモニタリングし、状況に応じた最適な行動をとる。本研究で提案したゲームの被験者においても、ゲームにとって理想的な状態を目指す様々な試みがみられた。たとえば、深呼吸をする、鼻歌をうたう、肩の力を抜いてゆったりとした姿勢をとるなど、様々な方法でセルフコントロールを行う様子が見られた。しかし、それらの行動は、自身の状態への興味をむしろ増大させ、さらに動揺や緊張、興奮を生じさせる結果となりうる。これがこのゲームの面白さでもあり、難しさでもある。

実際のところ、本研究で提案した単純なゲームにおいて、個体の生存の危険を意味するような危機的な状況を再現できていないとは考えにくい。多くの人間の手掌の発汗という自律神経系の著しい活動が示されていたことは事実であり、ここに、生体信号を用いたゲームのエンタテインメント性が存在していると考えられる。

6. おわりに

本研究では、ユーザの興奮をより促すことを目的として、リラックスするのみでゲームクリアを目指すものではなく、身体的な動作をとまなう入力が必要とする新しいバイオフィードバックゲームを構成した。具体的には、ユーザが落ち着くことで、ゲームを有利な方向へ導いていけるだけでなく、ユーザが落ち着いていない場合に、ゲームを不利な方向へ導いていくというゲームについて、片方の手で把持したコントローラを振り、攻撃行動を行うというユーザの入力を付加させた。また、このバイオフィードバックゲームについて、ユーザの印象やユーザの興奮が促されたかどうかを調べる実験を行い、システムの評価を行った。

実験結果から、このバイオフィードバックゲームが楽しめるものであり、SCR の変動の個人差によるゲーム結果への影響が少ないため、より多くのユーザが楽しめるゲームが構成できていたことが示された。また、身体的動作をともなう攻撃行動のみが、単にユーザを興奮させていたのではなく、ユーザが自身の興奮を抑えて確認するという状況下での攻撃行動が、ユーザの興奮を引き起こしていたことが示された。それに加えて、ユーザ自身の SCR の変動そのものが反映されているということが、より興奮を促すバイオフィードバックゲームにとって、非常に重要な要素であることが理解できた。

本研究で提案したバイオフィードバックゲームは、ユーザから取得した SCR の変動が、ゲームに与える影響が明確で、「攻撃行動の成功には冷静な判断を必要とする」といった基本コンセプトから、ユーザが興奮している状態では、ハエを斬ることができないということに関しても、ユーザは直観的に理解していた。また、従来のバイオフィードバックを利用したゲームにおける問題としてあげられる、個人差についても、その影響をユーザ自身の攻撃行動で回避させることで、様々なユーザが楽しめ、エンタテインメント性が向上したのではないかと考えられる。また、これまでのバイオフィードバックを用いたゲームには採用されてこなかった、身体的動作をともなう入力方法を採用し、その入力方法がバイオフィードバックゲームの概念を逸脱することなく、ユーザの興奮を促す機能を含んでいたことも示された。これにより、問題とされてきた、バイオフィードバックのエンタテインメントコンテンツへの応用として、様々な展開が期待できることが示唆された。

今後の展開として、さらに新たなバイオフィードバックのエンタテインメント応用の可能性を模索するとともに、本研究で提案したバイオフィードバックゲームとその評価について、将来的には、より情動的なエンタテインメントコンテンツの開発や、ユーザの状態をモニタリングしながら、ユーザにとって適切なイベントを発生させるようなシステムなど、様々な分野での応用可能性を明らかにしていきたい。

参 考 文 献

- 1) 任天堂株式会社 . <http://www.nintendo.co.jp/index.html>
- 2) 任天堂株式会社ニュースリリース . <http://www.nintendo.co.jp/n/10/>
- 3) BREATHING SPACE, Media Lab Europe (2003).
- 4) Hand-held Doctor, MIT Media Laboratory (1997).
- 5) 小松孝徳, 棟方 渚: ポジティブバイオフィードバックのエンタテインメント利用, 人工知能学会誌, Vol.23, No.3, pp.342-347 (2008).
- 6) 棟方 渚, 吉田直史, 櫻沢 繁, 塚原保夫, 松原 仁: 生体信号を利用したゲーム

におけるバイオフィードバックの効果, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.17, No.2, pp.243-249 (2005).

- 7) 棟方 渚, 吉田直史, 櫻沢 繁, 塚原保夫, 松原 仁: モーションメディアコンテンツを利用したバイオフィードバックデザイン, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.275-282 (2006).
- 8) The Wild Divine Project. <http://www.wilddivine.com>
- 9) 久野能弘: 行動療法, ミネルヴァ書房 (1993).
- 10) 山崎勝男, 藤澤 清, 柿木昇治, 宮田 洋: 新生理心理学 3 巻, 北大路書房 (1998).
- 11) Munekata, N., Yoshida, N., Sakurazawa, S., Tsukahara, Y. and Matsubara, H.: Design of positive biofeedback using a robot's behaviors as motion media, *Proc. IFIP 6th International Conference on Entertainment Computing (ICEC2006)*, pp.340-349 (2006).
- 12) 堀 哲郎: 脳と情動—感情のメカニズム, 共立出版 (1991).

(平成 21 年 3 月 23 日受付)

(平成 21 年 9 月 11 日採録)



棟方 渚 (正会員)

2004 年公立はこだて未来大学システム情報学部卒業。2008 年同大学院システム情報科学専攻博士後期課程修了。同年日本学術振興会特別研究員 (PD)。2009 年札幌市立大学デザイン学部助手。現在に至る。人間と人工物との持続的なインタラクションに興味を持つ。



中村 光寿

1988 年 8 月 5 日北海道生まれ。2007 年公立はこだて未来大学システム情報学部入学。ゲームプログラミング, 生体情報処理に興味を持つ。



田中 伶

1989年2月1日北海道生まれ。2007年公立はこだて未来大学システム情報科学部入学。ヒューマンインタフェース、ロボット工学に興味を持つ。



土門 裕介

1988年4月5日北海道生まれ。2007年公立はこだて未来大学システム情報科学部入学。エンタテインメントコンピューティング、プログラミング、コンピュータグラフィックスに興味を持つ。



松原 仁（正会員）

1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。同年通産省工技院電子技術総合研究所（現、産業技術総合研究所）入所。2000年公立はこだて未来大学システム情報科学部教授。現在に至る。人工知能、エンタテインメントコンピューティング、災害情報学、観光情報学等に興味を持つ。