

生体信号を利用したゲームのエンタテインメント性

Nature of entertainment of a game using a biological signal

吉田 直史 櫻沢 繁 棟方 渚 塚原 保夫 松原 仁

Naofumi Yoshida Shigeru Sakurazawa Nagisa Munekata Yasuo Tsukahara Hitoshi Matsubara

公立ほこだて未来大学
Future University Hakodate

Abstract: There are many computer games in the world, but all players of the games take on the computer or the other players on many person games. In view of the strong connectivity between communication and entertainment which has been advocated in the field of entertainment computing, the use of biological signals for computer game is interesting. Here, a new type of game using a biological signal was developed as an entertainment device. Skin conductance change caused by mental sweating was selected as the signal to reflect player's agitation into the game. This type of game has the following characteristics from the viewpoint of communication. First, the player of the game takes on oneself due to viewing the biological signals detected from oneself. In this situation, a kind of self-reference system is constructed. Second, the environments in which the game is played change how to make the game enjoyable. Third, the game system reveals differences of context between the player and the observer. From these characteristics, it is thought that the biological signals are available for the entertainment computing.

1. はじめに

生体から得られる様々な電気的信号は、心理状態や身体の生理機能を反映した客観的、且つ定量的なデータである。このため、医療における診断や治療、犯罪取調べにおける嘘発見器などに用いられてきた[1]。

さらに近年の情報工学においては、システムの制御に生体信号を応用し、より直感的に機械を制御するための、または、ユーザの情動をシステムの動作に反映するためのインターフェイスが研究されてきた。それは従来の機械の操作感を大きく変えるインターフェイスであることから、システム設計のみならずアートやエンタテインメントでの利用が期待されてきた。にもかかわらず、現状では生体信号を利用したシステムが市場に出回っているとは言い難い。実際に生体信号を利用する際には、生体信号の特徴を十分に把握し、その利点を活用する必要があるものと考えられる。

そこで我々は、独自に開発した生体信号を用いたコ

ンピュータゲームから、生体信号をゲームに利用することの効果と本質を調べた。本稿では、それに基づいて生体信号のエンタテインメント性を論じ、その効果的な利用法について提言する。

1.1 精神性の不随意な生体信号

生体信号には多くの種類があるなかで、脳波、心拍、汗腺活動などによる一部の生体信号は人間の動揺、焦り、驚き、興奮といった心理状態を反映する[2]。嘘発見器は、そのような生体信号の特性を利用し、これらの変動の様子から嘘の判定を行うというものである。嘘発見器で用いられる生体信号は皮膚導電率反応 (Skin Conductance Response: SCR) といい、皮膚の汗腺活動を電気的にとらえた生体信号である。これは、驚きや緊張などによって現れる精神性発汗により、皮膚表面の導電率 (Skin Conductance: SC) が変化する現象として表れるものである。

我々は自分の身体のことはよくわかっているつもりであるが、実は身体の生理機能のほとんどは不随意であり、自分の意思ではコントロールできない。この SCR も同様であり、動揺に伴って皮膚に微量な発汗が起きていることなど、手に汗握るといったよほど大きな動揺のとき意外には、ほぼ意識することはない。自

櫻沢 繁 公立ほこだて未来大学 システム情報科学部
〒041-8655 北海道函館市亀田中野町 116-2
Tel: 0138-34-6335, Fax: 0138-34-6301,
E-mail: sakura@fun.ac.jp

分自身の SCR を見ている人が、瑣末な刺激に対しても自分の身体が反応している様子を見ると、自分の身体が自分の身体でないような不思議な感覚に陥る。このとき自分の中に自分ではない自分がいることを認識させられる。

また、日常生活のコミュニケーションの中では、多少の精神的な動揺は隠せるものだと思っているが、仮にこの SCR の様に、自分の意思ではコントロールできないインジケータが取り付けられてしまったとしたら、その人にとってのコミュニケーションモードは大きく変更を迫られてしまう。特に、ポーカーなどのように動揺を相手に隠すことにより駆け引きを進めてゆくような状況では、この問題は特に大きな影響をもたらすことになる。

1.2 従来のゲームの問題点

複数の大手ゲームメーカーから、生体信号を用いたゲームが製造・販売されている。

しかし、生体信号を正しく測定するためには、センサーの状態や貼り付け位置、信号取得の原理、生理学、解剖学などの専門的な知識が必要である。これらのゲームでは、それを簡便にするために、多少正しく取られていない信号であっても、それをごまかすことのできる表示法が採用されている。これに起因する直感的なズレやおかしさに対して、一般ユーザの評価はいずれも厳しく、既に生産が打ち切られたものもある。自らの身体の情報には確かにユーザの興味を誘うものであるが、興味本位に利用しても好ましい結果にはならない。その身体情報がゲームへ如何に反映されるかによっては、ゲームは全くつまらないものとなってしまう。

また、身体に取り付けるセンサーは一般に不快感を伴うが、本来のゲームだけで十分楽しめる場合などは、センサーをつけることの不快感はかえって強められてしまう。この不快感に耐えゲームを続けるためには、本来のゲームの面白さに加え、生体信号がそれをはるかに上回って、よほどプレイヤーの興味を引き続ける必要がある。結果として、本来のゲームだけで十分楽しめる場合は、センサーをはずしてしまい、通常のゲームとして使用するユーザが多かった。

1.3 コミュニケーションとエンタテインメント性

通常、「人間と機械が関係する際のインターフェイス」には、人間から見た機械の完全な可制御性が大きな価値として求められている。しかし、生体信号は人間の無意識な身体機能を反映していること、また個人差が大きいことなどから、意思による機器制御に際して度々障害をもたらす。

一方で、人と人とのコミュニケーションにおいては、可制御性の高いインターフェイスを導入することは相手に不快感を与えるばかりであり、むしろそこに求められるのは、一方が他方を制御することではなく、相互の同期である[3]。

中津[4]は、コミュニケーションとエンタテインメントは、「体験の共有」、「身体的体験と精神的体験」、「能動的没入と受動的没入」の要素を共通に包含していることから、コミュニケーションとの関連が強いことを指摘している。また、生体信号の「通常知らない身体の活動を知る」という性格は、使い方によっては通常のコミュニケーションスタイルを一時的にシフトさせたシステムの構築を可能とする。そのような観点から、生体信号はエンタテインメントコンピューティングへの応用に非常に大きな可能性を秘めていると期待される。

そこで我々は、生体信号の制御不可能な特徴を逆に利用し、人間と機械の間に相互同期が要求されるインターフェイスを構成することによって、楽しく人間と機械の双方が能動的に関わるエンタテインメントコンピューティングシステムを構築できないかと考えた。

2. 生体信号を利用したゲーム

ここで作成されたコンピュータゲームは、皮膚表面導電率の変動からゲームプレイヤーの動揺を検知し、動揺しているときには敵を増やし、それによってさらにプレイヤーの動揺を促すという「動揺の悪循環」を構成したゲームである。

2.1 SCR の測定

SCR の測定部位は、汗腺密度の高い手掌を選び、心電図モニタ用の電極(日本光電ディスプレイ電極 J ビットロード、Ag/AgCl ソリッドゲルフォームテープ)を図 1 のように貼り付けた。



図1 電極を貼り付けた手

SCRは図2、図3に示す自作のアナログ電子回路により計測した。ホイートストーンブリッジ回路によって電極間抵抗の相対変動を電圧信号に変換した。その電圧信号は、10倍の非反転増幅回路、ハイパスフィルタ、50Hz ツインT可変Qノッチフィルタ、ローパスフィルタ、1~100倍の可変非反転増幅器によって構成される増幅器で増幅した。

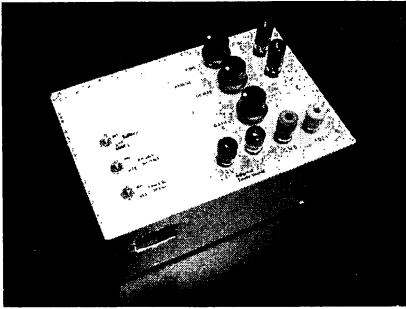


図2 SCR 測定器

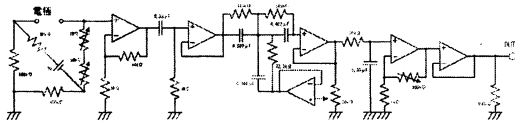


図3 SCR 測定器の回路図

この測定器によって取得されたSCRを図4に示す。これは、被験者の背後で突然クラッカーを鳴らしたときに測定したSCRである。被験者の動揺による精神性発汗がSCRとして表れた。一般にSCRの波形は刺激呈示から約2秒後に立ち上がり、4秒後にピークに達するという性質を持つ[5]が、この図の波形はそれを再現する結果となった。

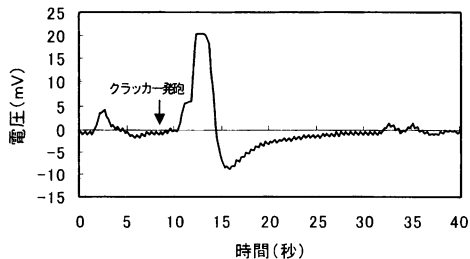


図4 クラッカーの発砲によるSCR

2.2 ゲームシステムの構成

図5にシステムの概要を示す。プレイヤーは片方の手掌に電極を貼り付け、もう片方の手でコンピュータゲーム用のコントローラーを持ち、PC (Celeron 1.2GHz, 128MB, Windows XP) に表示されるゲーム画面のキャラクターを操作する。正常な信号の取得のため、電極を装着している手は膝の上に安静な状態で置いてもらい、プレイヤーの着座する椅子にはシールドシートを施してノイズを防いだ。電子回路によって増幅したSCRは、A/D変換 (PIC16F873, 20MHz) を行い、RS232C通信でPCに転送した。

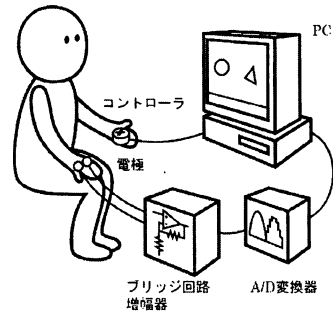


図5 システムの概要

2.3 ゲームの内容

ゲームは、図6に示すような画面構成で、一定の速度で左にスクロールするフィールドで、プレイヤーの操作するキャラクターが、次々に現れる障害物を避け、ゴールに向けて旅するという「横スクロールアクションゲーム」となっている。キャラクターを囲む風船に5回障害物が接触するとゲームオーバーとなる。ゲームシステムはSCRを監視し、その強度に応じて図7に示すように障害物の数や動きの複雑さを増す。SCRは画面下部にグラフやレベルメータとして表示される。

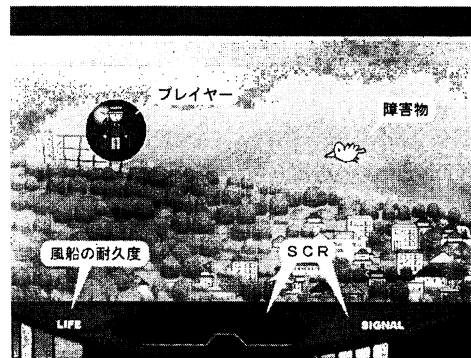
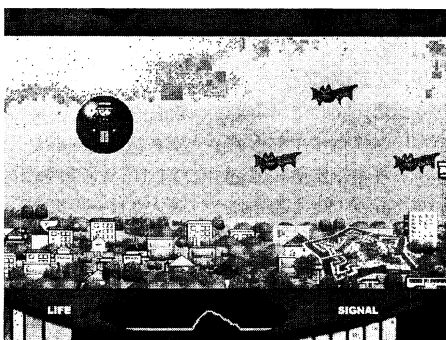


図6 ゲームの画面構成

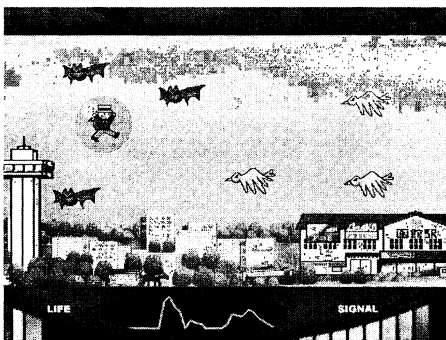
このゲームは、生体信号の効果を明確にするために、プレイヤーの操作を最低限にし、ゲームのルールも単純なものとした。ただし、プレイヤーのゲームへの意欲を高めるために、ゲーム中に点数を取る仕組みもオプション機能として追加した。これはゲーム画面中に一定の割合で現れる図8に示すようなハートの図形に接触することによって、点数が加算されるという仕組みである。このオプションを設けることによって、単に障害物を避けるのみであったプレイヤーの行動が、障害物を避けつつ点数を取るという複雑なものとなる。



平常時



SCR変動時 (中)



SCR変動時 (大)

図7 ゲームの進行例

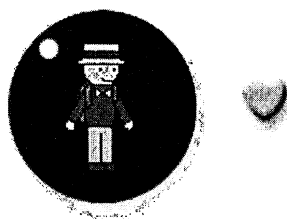


図8 ハートの取得

3. ゲームの実践と結果

生体信号の本質と効果を調べるために、本研究で試作した生体信号を用いたゲームシステムを、以下のような条件で実際に被験者に実践してもらった。それぞれの結果を以下に示す。

3.1 SCR表示と観覧者の効果

SCR表示の効果を調べるために、様々な状況でゲームを実施し、ゲームプレイ中のSCRを記録した。また終了後、プレイヤーにアンケートを実施した。同じゲームについて、まずプレイヤー独りで部屋に入り、SCRのグラフを表示した状態で3回プレイした6人(A群)、次いで表示しない状態で3回プレイした6人(B群)、さらに二人組みで部屋に入り、SCRのグラフを表示した状態で3回プレイした8人(C群)の三つのグループについて記録したSCRの波の出現回数(SC変動回数)を表1に示す。

平均SC変動回数	1~3回目	4~6回目
A群	16.50	11.78
B群	16.56	13.39
C群	22.58	-

表1 ゲーム中の平均SCR変動回数の評価

t検定の結果より、A群の1~3回目とB群の1~3回目の間、およびB群の1~3回目と、4~6回目の間の各々の動揺の大きさには $P=0.05$ で有意差が認められなかったが、A群の1~3回目と、4~6回目の間に、 $P=0.05$ で有意差が認められた。ゲームへの慣れの効果を考慮すると、この結果からSCR変動の表示がゲーム中のプレイヤーの動揺を促していることが示された。またアンケートには、被験者の58%がSCRを表示したゲームの方が動揺した、21%がSCRを表示しないゲームの方が動揺し

た、21%がどちらでもないと回答し、被験者の68%がSCを表示したゲームの方が面白い、16%がSCを表示しないゲームの方が面白い、16%がどちらでもないと回答した。多くの被験者が、冷静にゲーム操作をしているつもりでも無意識に動揺していることを生体信号から自覚し、思い通りにならない自分の身体の反応に更に動揺していた。

次に、周囲の環境によって、ゲームの楽しみ方や面白さが変化した。表1のA群とC群について1~3回目の平均SC変動回数は、 $P=0.05$ で有意差が認められ、Cが大きかった。狭い部屋の場合、友達との会話の中で自分のSC変動を指摘され、更に動揺するケースが多く見られた。更に興味深いことに、親友が親友ならでは知り得る秘密などを面白おかしく暴露することで、平然を装いながらも信号として現れる動揺と、それによって窮地に立たされる滑稽さを、プレイヤー、観覧者共々楽しむケースが観られた。一方、多数の他人が観覧する場所ではSCは頻繁に変動した。その変動によりゲーム画面上の障害物が増え、観覧者から歓声が起こり、それによりさらにSCが変動するといったケースが頻繁に観られた。その場合、被験者から「多くの人に見られていると考えたことで動揺した。」という内観報告が得られた。

3.2 没入の効果

ゲームへの没入による生体信号の変動への影響を検証した。オプション機能である点数制のゲームに注目し、点数とSC変動回数との関係に没入の効果が現れると考え、実験を行った。その結果のグラフが図9である。ハートの取得はゲームの展開に何の有利性ももたらすことはなく、特に取得を義務付けてはなかったが、そんなハートに執着したプレイヤーには、SC変動が大きく現れる傾向にあった。

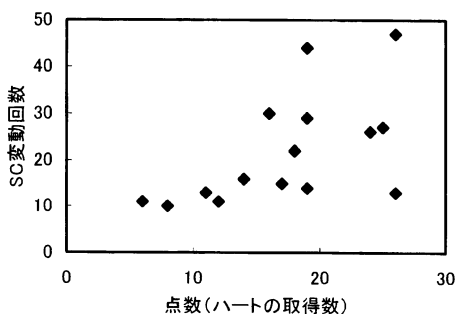


図9 点数とSC変動回数の関係 ($r=0.57$)

3.3 信号の遅延表示の効果

生体信号を見て、それが自分の生体信号であるとする認識は、どのレベルでなされているかを調べるため、生体信号の表示を遅らせることで、動揺に影響を及ぼすかどうかを調べる実験をおこなった。生体信号は刺激から4秒遅れてピークを迎えることから、実際の信号から更に4秒の時間遅れを加えて表示した。リアルタイムに表示した群と、4秒遅延して表示した群で、SCの変動量 (SCの積分値) の比較を行った結果を図10に示す。プレイ時間にはほぼ差はないものの、生体信号の変動量にはノーマル群と遅延群との間に、 $P=0.01$ で有意差が認められた。

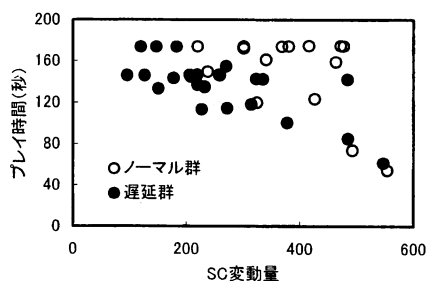


図10 信号の遅延表示の影響

また、ゲーム終了後にアンケートを実施したところ、「無意識に信号が変動していた回数」が、ノーマル群では10回程度が20%、5回程度が20%、3回程度が40%、0回が20%、遅延群では10回程度が12.5%、5回程度が25%、3回程度が50%、0回が12.5%で、「動揺を意識しても変動していなかった回数」が、ノーマル群では3回程度が20%、0回が80%、遅延群では3回程度が25%、0回が75%と、いずれもノーマル群と遅延群の間に大きな差は認められなかった。また遅延群で、4秒遅延を与えていたにもかかわらず、遅延を与えられていたことに気づいた者はいなかった。

4. 考察

大抵のコンピュータゲームでは操作技術の熟練が要求されるが、このゲームではそれが必要とされず、5~68歳まで幅広い人々に楽しんでもらえた。その理由は、生体信号を利用したゲームが、日頃なじみない独特のコミュニケーションの場を提供するからではないかと考えられる。

3.1で、信号の表示によって生体信号の変動が異なる

ことが示された。つまり、プレイヤーは自分自身の生体信号を見ることで、更に動揺しているということが示された。

また、3.3の遅延群で、信号を遅延させたことにより、SC変動は少なくなっているにもかかわらず、プレイヤーの意識の上では、それらの信号を自分のものとして、特に問題なく受け入れていることが示された。すなわち、無意識な身体的体験としては、明らかに遅延した信号に反応していないにもかかわらず、表示されている信号が自分の生体信号であると思い込んでいるため、意識の上では自分は動揺に動揺させられていると意識上で思い込んでいる。

つまりこのシステムは、無意識の自分の身体と、一人称として意識して自分の概念の中で創り上げている自分とのズレを露呈することによって、コミュニケーションを創出している。

このシステムによってプレイヤーは、身体的体験としての無意識な自分と、精神的体験としての意識している自分とを同時生成して、且つ生物の特徴である自己言及的なパラドックスの形で統合されることによって矛盾を自覚する。ここで生成する矛盾を解消しようとする欲は、このゲームを続けるべきモチベーションの元となり、これがすなわちエンタテインメント性である。

また3.1で、このゲームは周囲の環境によって面白さが変わることが示された。三人称の観覧者は観ることで不意にゲームシステムに取込まれる。つまりこのシステムは、コンピュータとプレイヤーとの間だけで成り立つものではなく、環境を有効に取込み、さらに第三者との体験の共有をもたらす、広い意味でのコミュニケーションシステムであるといえる。

更に、プレイヤーと観覧者の「観る」、「観られる」の関係においては、このシステムは双方のコンテキストの差異を露呈し、滑稽な共通の体験としてそれを埋め合わせるという意味でのコミュニケーションの場を提供している。

また3.2で、義務付けられていないハートを獲得しようとする試みは、能動的な没入と考えられる。その結果、ある個数以上のハートを獲得しようとするときSC変動は急激に増え、個人差が広がったことは、生体信号のフィードバックにより受動的没入を余儀なくされている結果と解釈される。生体信号のフィードバックゲームでは、ゲームの困難さが適度なときに、能動的没入から受動的没入を誘発すると考えられる。

このように生体信号は、コミュニケーションの観点から、中津[2]が指摘する「体験の共有」、「身体的体験と精神的体験」、「能動的没入と受動的没入」の要素をそれぞれ包含していることから、エンタテインメント

にも有効に利用できると考えられる。

謝辞：このゲームシステムは、2002年度公立はこだて未来大学システム情報科学実習において、プロジェクトチーム2(有馬亮太、尾見亜沙美、古東宏美、関谷哲也、森大樹、源津かおり、河村潔寛、木村圭太、古川透、竹嶋秀樹、橋本雄介、宮本政輝、沼田寛)のプロジェクトによって試作されたものを基礎に改良を加えたものである。また、PICによるA/D変換器の設計・製作にあたって、同大学の秋田純一氏に、多忙の中、多大な助力を得た。

参考文献

[1] Geddes LA, History of the polygraph, an instrument for the detection of deception, Biomed. Eng., Vol. 8, No. 4, pp.154-156, 1973.

[2] 藤澤 清, 柿木 昇治, 山崎 勝男(編), 新生理心理学, 1巻, 生理心理学の基礎, 北大路書房, 1998.

[3] S. Sakurazawa, How is Communication of Molecules Possible?, Hierarchies of Communication, Hans H. Diebner and Lehan Ramsay ed., ZKM(Center for Art and Media), Germany, 2003.

[4] 中津 良平, 特集・エンタテインメントコンピューティング, コミュニケーションとエンタテインメント, 情報処理, Vol. 44, No. 8, pp.803-806, 2003.

[5] 高橋 雅延, 谷口 高士, 感情と心理学, 北大路書房, 2002.