

## O1-1

## 満足度計測に向けた体験満足度・期待・体験内容と生体情報の関係性分析

## Analyzing Relationships between Experiential Satisfaction, Expectation, Experienced Facts, and Bio-Data for Satisfaction Level Measurement

坂尾要祐 山口智治 藤田善弘 國枝和雄 山田敬嗣 (NEC)

横関秀樹 伊藤嘉博 (公立はこだて未来大学)

Yosuke SAKAO, Tomoharu YAMAGUCHI, Kazuo KUNIEDA, Keiji YAMADA, NEC  
Hideki YOKOZEKI, Yoshihiro ITOH, Future University Hakodate

**Abstract:** Achievement Experiential Satisfaction is One Major Factor of Motivation in Elderly People Life. Thus, Improvement of Experiential Satisfaction is Thought to Enhance Motivation in Life. However, Method for Automatic Satisfaction Measurement is not Established. On the Other Hand, Existing Researches Report that Bio-Data Change Depends on Satisfaction and Preexisting Expectation. Thus, We Made a Hypothesis that Subjective Experiential Satisfaction, Preexisting Expectation and Experienced Facts Have Deep Relationship, and Satisfaction, Expectation and Experienced Facts can be Analyzed from Bio-Data. We Verified the Hypothesis by Analyzing Relationship between Satisfaction, Expectation, Experienced Facts and two Bio-Data, Heart Rate (HR) and Electro Dermal Response (EDR).

**Key Words:** Wellbeing Science, Life Support, Biological Sensing

## 1. 研究の背景と目的

## 1-1 研究の背景

近年、日本においてはますます社会の高齢化が進行しており、高齢化の生きがいの重要性が主張されている。高齢者の生きがいの主要因のひとつに、旅行などを楽しむ・ボランティア活動で人の役に立つ等の体験で満足を得ることがあり、体験の満足度の向上によって生きがいの向上を感じさせることができると考えられる。

また、近年小型の生体情報計測機器が実用化されている。例えば、BlueTooth 通信機を内蔵した小型の筋電位計などが商用化されている<sup>(1)</sup>。

しかし、生体情報から満足度を推定する研究はまだ少なく、満足度を自動的に計測する方法は確立されたとは言えない状況である。

関連研究として曾我らのコンピュータ上で計算課題を遂行する際の被験者の生体情報を計測した研究が挙げられる<sup>(2)</sup>。この研究による分析結果は、心拍数および皮膚表面電位水準が満足度および集中度に反応することが示唆されている。しかし、この研究で対象としている満足度は負荷を解決した際に得られる満足度のみを対象としており、生きがいを得るために重要であると考えられる楽しさなどから得られる満足度も同指標で明らかになるか分からないという問題点がある。

別の関連研究として、川崎らの運転シミュレータ利用時の被験者の脳波を解析することで感情推定を試みた研究が挙げられる<sup>(3)</sup>。この研究では9チャンネルの電極による脳波計測を用いて「楽しさ」「達成感」「困難さ」の3種類の感情について75%以上の精度での推定を達成している。しかし、この研究では運転シミュレータ利用期間全てにおいて発生した脳波の分析を行っており、「シミュレータ利用時のどのタイミングで強い楽しさが生じたか」などの短時間で発生した満足度の分析には適さないという問題がある。

また、著者らの過去研究として被験者に既知の動画と未知の動画を見せた際の皮膚表面電気活動と心拍数を計測し比較した研究がある<sup>(4)</sup>。この研究では、既知体験に対する期待によると思われる皮膚表面電気活動と心拍数の反応の

生起タイミングの違いから被験者の体験が既知であるか未知であるかを判別できる可能性を示唆する結果を得たが、被験者数が少なく十分に分析を行うことができなかった。

## 1-2 研究の目的

本研究の目的は、将来の高齢者の生きがい向上に向けた満足度向上研究の足がかりとして、満足度の自動計測の枠組みを確立することである。曾我らの研究<sup>(2)</sup>や川崎らの研究<sup>(3)</sup>、著者らの過去の研究<sup>(4)</sup>により満足度や期待により生体情報が変動することが報告されており、これらを満足度の自動計測に利用できると考えられる。

そこで、著者らは生体情報の分析による満足度自動計測の枠組み確立に向け、「体験の主観的な満足度、事前の期待と実際の体験内容は深い関係性を持っており、これらは生体情報から分析可能である」との仮説を立て、仮説検証のために心拍数(HR)・皮膚表面電気活動(EDR)と満足度・期待・体験内容の関係性の分析を行った。

## 2. 実験

## 2-1 実験概要

本実験では、ルーレットとトランプを用いたゲームを設計・実施し、ゲーム中の生体情報としてHRとEDRの計測を行った。被験者は成人10名で、いずれも男性である。ゲーム内容は山札の1番上のカードの数字が7より大きい小さいかを当てるHigh & Lowゲームである。実験に際し準備した器具は、アプリケーションの動作と生体信号を計測するためのデスクトップパソコン、加速度センサ、EDRセンサ、HRセンサ、景品用の菓子詰め合わせ、7とジョーカーを除いたトランプ、および実験の様子を撮影するためのビデオカメラである。

## 2-2 ゲームの内容

本実験におけるゲームは下記のように進行する。

1) ゲーム開始前に、被験者自身に山札をシャッフルさせる。これは、実験者によるカード操作を被験者が疑うことで発生する感情が、ゲーム結果に対する期待や満足の感情

に混入してノイズとなることを防ぐための手順である。

2) 被験者はルーレットにより次の試行の得点を決定する。このルーレットには著者らが開発したゲーム用アプリケーション（以下ゲームAP）を用いた。ゲームAPの画面を Fig.1 に示す。ゲームAPのルーレット部分には1から6までの数字列が5列の合計30個の数字が表示されており、Start/Stop ボタンを1度押すとルーレットが始まり、もう一度Start/Stop ボタンを押すと数字列の中から1つ選び出される。この手順は、試行前に得られる得点の大小を認知させることにより、試行に対する期待の高低を操作することを目的としている。なお、ルーレットで1度選択された数字はゲーム AP から消え、次試行から選択されない。これは、得点の高低を分散させることで実験内において期待の高い試行と期待の低い試行の双方を充分数発生させるためであり、さらに、実験者による得点操作を被験者が疑うことで発生する感情が、ゲーム結果に対する期待や満足の感情に混入してノイズとなることを防ぐためである。

3) 被験者はゲーム AP により次に山札からめくるカードの数字が7より大きいのか小さいかの予想を入力する。この入力、7より大きいと予想した場合は Fig.1 のゲーム AP の右下にある High ボタンを押す、7より小さいと予想した場合は High ボタンの下にある Low ボタンを押すことを行う。

4) 被験者は山札からカードをめくる。3)で行った予想が正解であれば2)のルーレットによって決定した得点が合計点に加算され、不正解であれば加算されない。

5) 2)~4)の手順を24回繰り返す、合計得点を競う。試行回数を24回としているのは、得点の大小と予想の当たり外れの組み合わせによる試行結果の種類を全種類について実験内において充分数発生させるためである。また、被験者10名中の合計得点での上位5名には景品として菓子の詰め合わせが与えられ、上位の景品ほど菓子の量が多くなるようにした。この景品は、被験者のゲームに対するモチベーションを高め、期待や満足度を生じやすくするために用意したものである。

なお、本研究の考察において、ゲームの流れによる感情や生理情報を分析しやすくするために、このゲームの24回の試行をゲーム開始から8回ずつ第1、第2、第3の3つのセッションに分割して管理する。

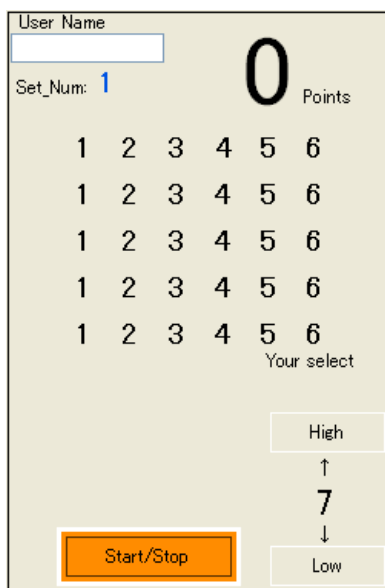


Fig. 1 Game Application

### 2-3 実験手順

実験は被験者1名毎に行った。

各被験者には、(a)胸部に HR センサの電極を、(b)左手首に EDR センサの電極を、(c)右手首にはトランプをめくったタイミングを測定するための加速度センサを装着させた。Fig.2 に各センサ接続時の写真を示す。

次に、安静時の HR と EDR を1分間測定し、その後、ゲームのルールについて説明し、事前アンケートに回答するよう指示した。また、右手の加速度センサでトランプをめくる動作を計測しているため、被験者にはゲームAPを扱うマウスは左手で、トランプをめくる動作は右手で行うよう指示した。

被験者が事前アンケートに回答した後、3 試行練習するよう指示した。練習時にルーレットが停止した得点の偏りが本番時の感情に影響を与えるのを防ぐため、練習時の Fig.1 のゲーム AP のルーレットの数字列は全て3に統一した。

練習後、ゲームを開始するよう被験者に指示した。合計得点の計算は実験者が行い、途中経過も被験者に示した。

ゲーム終了後には、事後アンケートに回答するよう被験者に指示し、最後に被験者のゲーム全体の流れに対する感想を求めた。事前・事後アンケートの内容は「緊張している」「5位以内に入る自信がある」などゲーム前後の感情状態について5段階で回答する形式のものである。

Fig.3 に被験者がゲームをしている様子を示す。

### 3. 実験結果と考察

#### 3-1 集中度の高まりと EDR

10名中7名の被験者において、第1セッションより第3セッションにおいて EDR が高くなっている様子が観測された。これは、ゲームの進行を通じて集中度が高まって行く様子が EDR に現れているものと推測される。

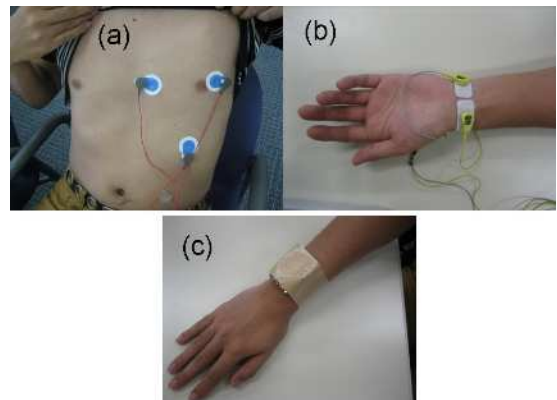


Fig.2 Attached Sensors (a) Electrodes of HR Sensor (b) Electrodes of EDR Sensor (c) Acceleration Sensor



Fig.3 Examinee Playing Game

Fig.4はこの傾向を持つ代表的な被験者のEDRについて、x軸にゲーム開始(1回目の試行でゲームAPのStart/Stopボタンを最初に押したタイミング)からの経過時間(秒)を、y軸に被験者のEDR(mV)を取ったグラフである。また、グラフ中の縦線はゲーム中にルーレットで高得点(5~6点)が提示された後にカードをめくった際のタイミングを表したものである。

Fig.4によれば、ゲーム開始直後は27mV~28mV程度であったEDRがゲームの進行につれて31mV~32mVまで上昇している様子が分かる。

### 3-2 ゲーム全体の流れの重視度合いとEDR

被験者10名中の5名が、ゲーム終了後にゲーム全体の流れの感想を求めた際に、「特に感想はない」「得点が高いと嬉しい。ゲームの流れはさほど気にしていない」などのゲーム全体の流れを重視していない感想を残した。残りの5名は「第1セクションで5位入賞をあきらめた」などのゲーム全体の流れを重視した感想を残した。

ゲーム全体の流れを重視しない被験者5名中の3名が「ゲーム内で最も高得点を獲得したセクション」においてEDRの平均値が3セクション中で最高となっていたのに対し、ゲーム全体の流れを重視する被験者5名全員が「ゲーム内で最も高得点を獲得したセクション」以外のセクションにおいてEDRの平均値が3セクション中で最高となっていた。

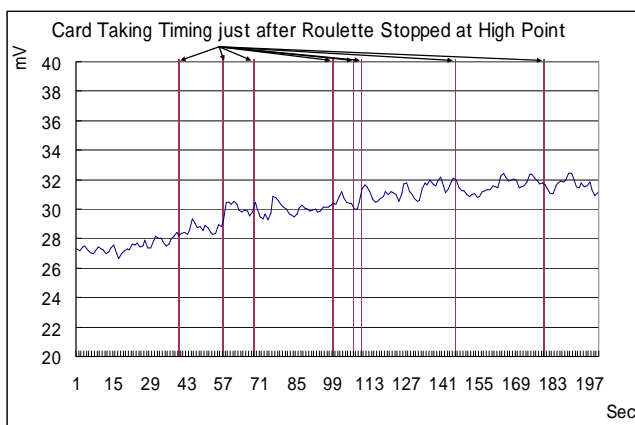


Fig. 4 EDR Increasing with Game Progress / EDR of Whole-Game-Oriented Player

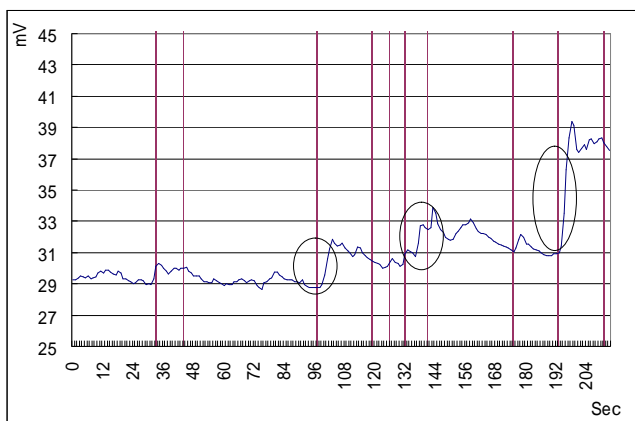


Fig.5 EDR of Each-Point-Oriented Player

このことから、ゲーム全体の流れを重視しない被験者では直近の体験による満足度がEDRに影響を与えやすく、ゲーム全体の流れを重視する被験者では直近の体験による満足度よりもゲーム全体の流れに対する満足度がEDRに影響を与えやすいと推測される。また、この性質は、短期的な体験と長期的な体験の流れどちらに満足度を感じるか個人を分類する際などに応用することができる可能性が在ると考えられる。

Fig.4は3-1.で先述した通りゲーム進行に従いEDRが上昇する傾向を持つ被験者の時間経過に伴うEDR変化のグラフであるのだが、ゲーム全体の流れを重視する被験者の時間経過に伴うEDR変化のグラフでもある。このグラフより、この被験者ではルーレットで高得点が提示された後にカードをめくった際も特に短期的に大きなEDRの反応が現れていないことが分かる。

一方、Fig.5はゲーム全体の流れを重視しない被験者のEDRについて、x軸にゲーム開始からの経過時間(秒)を、y軸に被験者のEDR(mV)を取ったグラフである。また、グラフ中の縦線はゲーム中にルーレットで高得点が提示された後にカードをめくった際のタイミングを表したものである。このグラフによると、グラフ中において丸で囲んだ部分において、この被験者ではルーレットで高得点が提示された後にカードをめくった際に3回ほど短期的に大きなEDRの反応(4~8mV)が現れていることが分かる。

### 3-3 飽きとEDR

事後アンケートにおいて、各被験者に「ゲームに途中で飽きた」という項目について「1(あてはまらない)」から「5(あてはまる)」までの5段階で回答してもらった。その結果、10名の被験者中で2名が飽きた(5段階で4か5)と回答し、残りの8名が飽きなかった(5段階で1か2)と回答した。

「ゲームに飽きた」と回答した2名の被験者全員において、「第1セクションよりも第2、もしくは第3セクションの方がEDRの平均値が低い」様子が観測された。一方、「ゲームに飽きなかった」と回答した8名の被験者において、「第1セクションよりも第2、もしくは第3セクションの方がEDRの平均値が低い」様子が観測されたのは1名のみであった。

このことから、作業開始から終了までのEDRの減少度合いにより、作業全体に対する飽きや満足度を計測できる可能性があると考えられる。

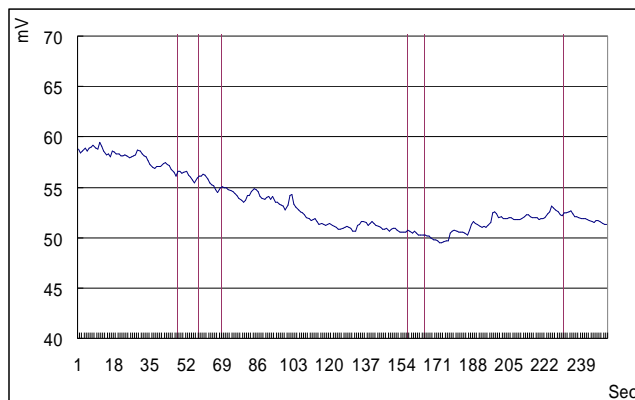


Fig. 6 EDR Decreasing with Bored Feeling

Fig.6 は、事後アンケートにおいて「ゲームに飽きた」と回答した被験者の EDR について、x 軸にゲーム開始からの経過時間(秒)を、y 軸に被験者の EDR(mV)を取ったグラフである。また、グラフ中の縦線はゲーム中にルーレットで高得点が提示された後にカードをめくった際のタイミングを表したものである。

Fig.6 によれば、ゲーム開始直後は 58mV～60mV 程度であった EDR がゲームの進行につれて 49mV～50mV まで下降し、最終的に少し回復しているものの 51mV～52mV 程度でゲームを終了している様子が分かる。

### 3-4 HR 分析

本実験においては、EDR の他に HR の計測も行った。計測した HR を分析してみたところ、大きな得点を獲得した際などに反応が表れているらしい箇所は散見されたが、反応が表れている箇所と反応が表れていない箇所の分離が困難であった。これは、HR が平穏時であってもある程度上下動する性質を持つことや、ゲーム中の発声や呼吸などの感情の変化以外の要因によっても HR が変化しているためと考えられる。

このため、HR は呼吸などの HR に影響を与える他の生理情報と共に計測・分析を行わなければ感情の変化が HR に与える影響を分析するのは困難であると推測される。

Fig.7 はある被験者の HR について、x 軸にゲーム開始(1 回目の試行でゲーム AP の Start/Stop ボタンを最初に押したタイミング)からの経過時間(秒)を、y 軸に被験者の HR(BPM)を取り、ゲーム中の一部の期間について切り出したグラフである。また、グラフ中の縦線はゲーム中にルーレットで高得点(5～6 点)が提示された後にカードをめくった際のタイミングを表したものである。

Fig.7 中に①で示される丸で囲った部分ではルーレットで高得点が提示された後にカードをめくった際のタイミングで HR が大きな変化をしており、なんらかの感情変化により HR に反応が表れたとも考えられるが、ルーレットで高得点が提示された後にカードをめくったタイミング以外の箇所でも Fig.7 中に②で示される丸で囲った部分のように HR が大きな変化をしている箇所があり、感情変化に対する HR の反応のみを抽出するのは困難であることが分かる。

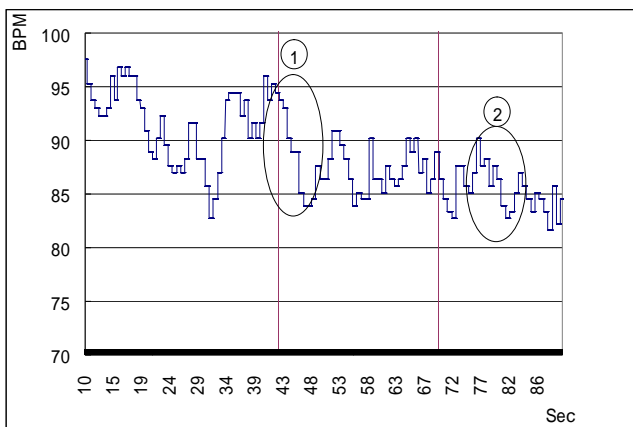


Fig.7 Heart Rate Example

### 4. まとめと今後の課題

本研究では、期待と満足度を変動させることを狙ったゲーム中のゲーム中の心拍数(HR)・皮膚表面電気活動(EDR)を計測し分析することで、生体情報と満足度・期待・体験内容の関係性の分析を行った。

分析の結果、以下の考察を得た。

- 1) 前半から後半に至る集中の高まりが EDR の高まりに表れると推測される。
- 2) ゲーム全体の流れを重視する被験者と一試行毎の結果を重視する被験者で EDR 変化の傾向が異なると推測される。
- 3) 「ゲームに飽きた」とアンケートで回答した被験者はゲームの進行に連れて EDR が減少していく傾向がある可能性がある。
- 4) 感情の変化による心拍数の変動を他の要因による心拍数の変動から分離するのは困難。

1)～4)の考察より、EDR は満足度・期待を計測する有効な指標と成りえる一方、HR は呼吸などの他の生体情報と組み合わせた方が有効な指標と成り得ることが分かった。

今回の実験では、HR と EDR のみを対象として満足度の分析を行ったが、今後は、感情により影響を受ける他の生理指標、例えば、脳波・瞬目の頻度・血圧や HR と関連が大きい生理指標、例えば呼吸なども計測・分析する実験を行っていく。

また、今回は各被験者に対し 24 試行からなる 1 ゲームを 1 回しか行わなかったため、各被験者のゲームの流れの違いによる生理情報の表れ方の違いを詳細に分析することができなかった。今後は各被験者に複数回のゲームをさせて生理情報を計測・分析する実験を行っていく。

### 参考文献

- (1) WINヒューマンレコーダー社 HRS-I, [http://www.winhr.co.jp/products\\_01.html](http://www.winhr.co.jp/products_01.html)
- (2) 曾我知絵, 三宅晋司, 和田親宗, 計算課題遂行における自律神経系指標の変化, 人間工学, vol. 45, no. 5, pp. 294-302, 2009.
- (3) 川崎真弘, 甲斐田幸佐, 岸浩司, 渡部生聖, 山田整, 山口陽子, シータ波と 波を用いた運転技能の向上に伴う喜びと満足度の推移, 人間工学, vol. 46, no. 5, pp. 307-316, 2010.
- (4) 坂尾要祐, 山口智治, 國枝和雄, 山田敬嗣, 体験価値の評価のためのウェアラブルセンサを用いた感動計測の試み, 電子情報通信学会第18回サイバーワールド研究会論文集, pp. 23-28, 2011.