

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011 年度～2012 年度

課題番号：23700243

研究課題名（和文）

バイオフィードバックを用いたユーザと人工物との持続的なインタラクションの構築

研究課題名（英文）

Development of sustained man-machine interaction using Biofeedback

研究代表者 棟方 渚 (MUNEKATA NAGISA)

北海道大学大学院・情報科学研究科・助教

研究者番号 30552351

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は人間と人工物の持続的なインタラクションをバイオフィードバックを使用して実現することを目的とした。主に研究は、ユーザの状態を推定する部分を重点的に行なった。実験の範囲内ではあるが、ユーザ状態を検知・推定し、その状態を人工物に反映させたシステムを構築し、いくつかの生体情報やアンケートを用いてそのユーザ状態推定精度の評価を行った。

## 研究成果の概要（英文）：

The final purpose of this study is to develop an interactive system that can realize a sustained man-machine interaction that is a bilateral interaction in which human and artifacts affect each other. As a preliminary trail to tackle this issue, we investigate the detailed interaction between the robot system using a biofeedback and its users, and then their interactions were evaluated by means of their biological signals (SCR: skin conductance response, SRL: skin resistance level) and questionnaires (e.g., personality trait, self-contemplation).

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：感性情報学・ソフトコンピューティング

科研費の分科・細目：

キーワード：インタラクション、バイオフィードバック

## 1. 研究開始当初の背景

バイオフィードバックとは、身体の状態を自身に知覚させる方法で、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。一方、近年では、エンタテインメントコンテンツとして生体信号を利用する試みもある(*Hand-held Doctor*, MIT Media Laboratory, (1997), *BREATHING SPACE*, Media Lab Europe, (2003))。しかし、それらの多くが、プレイヤーの健康の促進を目的とした健康器具として位置付けられ、セルフコントロールに成功することでその目的が果たされる。このような人間の興奮を抑制するような一般的なバイ

オフィードバックでは、ユーザの次の行動に対する動機を維持することができないため、インタラクションを成立させることが難しい。このように、一般的なバイオフィードバック利用では、ユーザをリラクセス状態へ導くことを目的としているため、「癒しロボット」などへの適応可能性はあると考えられるが、一般的なインタラクションにおける動機は減少、消滅してしまう可能性がある。

その中でも、応募者が着目したバイオフィードバックに関する興味深い現象が、「ヘルスケア・セルフコントロールを目的として用いられていたバイオフィードバックが、フィードバックする情報の提示の仕方によって

は、ユーザの興奮を促進させる効果がある」ということである。つまり、バイオフィードバックには、ユーザをリラックス状態だけではなく、興奮状態へも導くこと効果があることを考えると、ユーザの行動・言動などの外部の情報だけではなく、興奮などの内部の情報をモニタリングし、ユーザの状況を総合的に推定しながら、それに対する最適な人工物の振る舞いを提示するシステムが構築できると期待される。

## 2. 研究の目的

本研究では、ユーザの状態を理解し、その状況に対してバイオフィードバックを用いて、最適な人工物の振る舞いを付与することができるシステムの開発を目的とする。またその際に、本研究ではユーザの状態を行動学的・言語学的な特徴ではなく、どのタイミングで、ユーザが行動・発話を行ったのかの外部状態と、ユーザの生体信号から得られる内部状態とを同時に記録し、両者のインタラクションにおける時系列的・物理的な特徴に注目することで上記のシステム構築を目指す。時系列的・物理的な特徴から、ユーザの状態を理解し、バイオフィードバック的に必要なタイミングをロボットの動作トリガーとし、人工物の振る舞いを表現することとする。

応募者は、人間と人工物との持続的なインタラクションを実現するシステムの構築を目的としており、持続的なインタラクションを可能とするためには、人間側の動機を維持することが必要となる。そこで応募者は、ユーザとインタラクションを行う人工物の振る舞いについて、人間の興奮をより促すような一種のバイオフィードバック系を構成することで、インタラクションにおけるユーザの動機の持続を試みた。

## 3. 研究の方法

本研究では、ユーザの状態を理解し、その状況に対してバイオフィードバックを用いて、最適な人工物の振る舞いを付与することができるシステムの開発を行う。

まずは、ユーザ状態の時間的・物理的な特徴を抽出するシステムの構築を行う。ユーザの行動や言動を、対象となる人工物に取り付けたカメラやマイクなどのセンサから取得し、それらのデータから、ユーザの外部状態を推定する。また、ユーザに取り付けられた生体信号取得装置から、ユーザの内部状態を推定する。それらの内外の状態について、ユーザの言動と行動（アクション）と人工物側の言動・行動（イベント）を対応付け、ユーザ状態を把握するシステムを開発する。

また、把握したユーザ状態を反映させる人工物としてロボットを使用し、ロボットが持つ動作パターンに対して任意のユーザ状態の情報を付与することで、そのユーザ状態が

ロボットの動作を特定し、ユーザにとって最適なタイミングでイベントを発生させるトリガーとなるシステムを開発する。そして、このシステムが適切にユーザの状態を反映しているのかを調査する評価実験を行う。

ユーザの外部状態については、対象に取り付けたカメラ、マイクによって推定する、カメラによって、ユーザのロボットへの視線の有無、マイクから発話の有無を抽出する。ここでは、ユーザの行動：身振り手振りなど、ユーザの言動：発話内容など、それらの意味については一切特定しない。ユーザの外部状態は時系列的・物理的な情報のみで記録を行う。ユーザの内部状態については、ユーザに生体信号測定装置を装着し、絶えずモニタリングする。ここで使用する生体信号測定装置は、応募者の先行研究で開発を行った皮膚表面抵抗値の変動(SCR:Skin Conductance Response)を取得するものである。

上記のユーザ状態をロボット動作に付与するシステムの開発する。ユーザ状態の属性値を反映させる対象としてロボットを使用し、ロボットが持つ固有の動作パターンに対して任意のユーザ状態を付与することで、そのユーザ状態の属性値がロボットの動作に反映されるシステムを開発する。

## 4. 研究成果

主に研究は、ユーザの状態を推定する部分を重点的に行なった。実験の範囲内ではあるが、ユーザ状態を検知・推定し、その状態を人工物に反映させたシステムを構築し、そのユーザ状態推定の精度の評価を行った。

ユーザの外部状態については、対象に取り付けたカメラ、マイクによって推定する、カメラによって、ユーザのロボットへの視線の有無、マイクから発話の有無を抽出した。ここでは、ユーザの行動：身振り手振りなど、ユーザの言動：発話内容など、それらの意味については一切特定しない。ユーザの外部状態は時系列的・物理的な情報のみで記録を行った。



図1 開発した SCR 装置

ユーザの内部状態については、ユーザに生体信号測定装置を装着し、絶えずモニタリン

グした。ここで使用する生体信号測定装置は、応募者の先行研究で開発を行った皮膚表面抵抗値の変動(SCR:Skin Conductance Response)を取得するものである。

この装置は、手掌に装着した一対の電極から、ユーザの興奮状態を検知する。人間の興奮による精神性発汗によって生じる手掌の表面抵抗値の変動をとらえたものである。ユーザの一過性の興奮について、リアルタイムに評価することができる。ここで得られたユーザ興奮の正負(正:ポジティブなイベントによって生じる興奮[喜び等]か、ネガティブなイベントによって生じる興奮[怒り・悲しみ等]か)については一切特定しない。ユーザの内部情報は時系列的・物理的な情報のみで記録を行った。なお、これらのユーザ状態の数値設定は、応募者の主観によって行った。

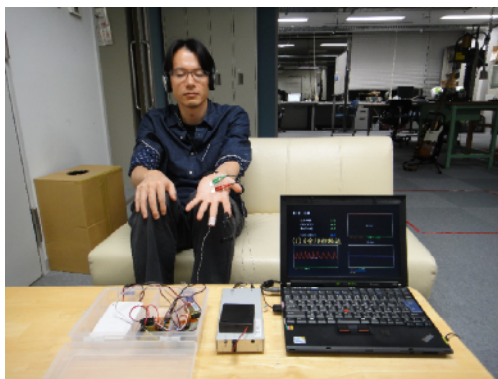


図2 測定装置とシステム応用(実験)

本研究で提案するバイオフィードバックを用いた人間と人工物とのインタラクション持続を試みるシステムは、ユーザの外部状態・内部状態を時系列的・物理的な情報で、定量的に計算されるため、どのようなユーザに対しても、その状態を定量的に計算することができる。よって、ユーザ状態について外部状態や内部状態のモデル化を行わないため、個人特性を特定するような膨大なデータを準備することなく、ユーザがその場で行った直観的かつ新奇な行動をも簡便に、リアルタイムに扱うことができる点に大きな獨創性があるといえる。

このシステムでは、ユーザ状態を、ユーザの視線が対象に向いているか(0 or 1)、ユーザが発話しているか(0 or 1)、ユーザの興奮(0 or 1)で表現される  $X_n\{A_n, B_n, C_n\}$  の8パターンのアクションについて、 $Y_n$  はロボットが現在行っている振る舞いの有無(0 or 1)とし、2パターンのイベントを組み合わせることで、 $8 \times 2$ パターンでユーザの状態を推定する。例えば、ロボット側のイベントについては、例えば、発話しながら道を案内するロボットについて考えると、ロボットが現在行っている振る舞い  $Y_n$  は、ロボットの発話や動

作の有無のみを判断する(0 or 1)。ユーザ状態については、アクション  $X_n\{A_n, B_n, C_n\}$  とイベント  $Y_n$  の組み合わせによって推定を行う。

例えば、ロボットが発話しながら道を案内している場合において、ユーザがロボットの発話を興味深く聞いていた場合、 $Y_n=1, X_n=\{1, 0, 1\}$  となり、この時ロボットの振る舞いは現状の発話を維持させる。しかし、ロボットが発話している場合で、ユーザがロボットの発話を全く聞いておらず、興味を抱かなかった場合では、 $Y_n=1, X_n=\{0, 0, 0\}$  となり、ユーザがロボットの発話を聞くような振る舞いを付加させる。例えば、ユーザに対して「聞こえていますか?」や「こちらをご覧ください」などの、ユーザの注意を喚起するような振る舞いを起こすようなシステムを構築した。

またユーザ状態を付与する対象として本研究ではロボットを使用するが、「ユーザ状態(アクション)」と「対象の行動(イベント)」との効果的な結び付きを、その他の人工物へ反映させることで、例えば、ホームオートメーション、ウェブサービス、ユーザのタスクを支援するCGエージェントなどへの応用も可能であると考えられ、ユーザ状態を付与する対象が限定されないという利点を生かして、ユーザへの支援が必要な様々な分野への応用が期待される。



図2 ロボットへの応用(プロトタイプ)

しかし、本研究ではユーザの外部・内部状態をシステムに応用し、ソフトウェア的に活用するといった方法を開発することに成功したが、ロボットの振る舞いへの応用については、プロトタイピングのみで、実験による評価を行うことができなかった。また、多様なロボットの振る舞いに対応できておらず、予備実験として動作の確認は行なっているが、ユーザに使用してもらう認知実験を行うには、課題が残る。

応募者は引き続き研究を進める予定としている。本研究で開発されるシステムが実現されることで、学術的にはユーザ状態を利用してユーザを支援する新たなインタフェースシステムの枠組みが提案され、また、この技術が広まることで、ユーザの感性活動を含む様々な行動を支援するような幅広い社会的な応用が期待されると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

棟方渚：生体情報と HCI, 人工知能学会, 査読無, Vol.27 No.2, pp 97-101(2012).

[学会発表] (計 8 件)

棟方渚, 清水雅俊, 松原仁：皮膚電気活動を用いた 数独問題の難易度評価, 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会, 査読無, 2012-EC-25(6), 1-4, (2012).

(2012 年 7 月 14 日 東北大学)

中村光寿, 棟方渚, 吉川浩, 小野哲雄：皮膚電気活動と指尖皮膚温を用いた 2 次元評価モデルの提案, 情報処理北海道シンポジウム 2012, 査読無

(2012 年 10 月 6 日 北海道大学)

代藏巧, 棟方渚, 小野哲雄：E3-player: SCR を利用した興奮促進動画鑑賞システム, 査読有, インタラクシオン 2013.

(2013 年 3 月 1 日 日本科学未来館)

Akira Imayoshi, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono: Robots that Can Feel the Mood: Context-Aware Behaviors in Accordance with the Activity of Communications, 査読有, International Conference on Human-Robot Interaction(2013).

(2013 年 3 月 4 日 日本科学未来館)

Takumi Shirokura, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, E3-player: emotional excitement enhancing video player using skin conductance response, 査読有, international conference on Intelligent user interfaces Companion (2013).

(2013 年 3 月 20 日 シェラトン デルフィーナホテルサンタモニカ, アメリカ)

Akira Imayoshi, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono: "Augmented Social Space: Robots Can Generate Context-Aware Adaptive Behaviors According to the Activity of Communications," 査読有, Proceedings of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012), Workshops and Tutorials, TW8\_0011, ISBN: 978-972-8822-26-2(2012).

(2012 年 10 月 11 日 The Hotel Tivoli Marina Vilamour, ポルトガル)

T. Nakamura, N. Munekata, F. Nakamura, T. Ono and H. Matsubara: "Universal Game Based on Traditional Children's Outdoor Games", IFIP 10th International Conference on Entertainment Computing (ICEC2011), 査読有, Vol.6972, pp.59-64 (2011).

(2011 年 10 月 7 日 Simon Fraser University, カナダ)

T. Hishikawa, A. Okayama, N. Munekata and T. Ono: "Humanoids that can feel the mood: Realization of smooth communications between humans and robots using "tweets" produced by Talking Social Space," 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 査読有, Workshop on Human-Robot Symbiosis: Synergistic Creation of Human-Robot Relationships (2011).

(2011 年 10 月 26 日 SAVA HOTELI BLED, スロベニア)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等  
<http://www.complex.ist.hokudai.ac.jp/>  
<http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/biosignal.html>  
<http://costep.hucc.hokudai.ac.jp/costep/report/article/510/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

棟方 渚 (MUNEKATA NAGISA)

北海道大学大学院・情報科学研究科・助教

研究者番号：30552351

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：