

# 自己の心拍を触覚提示するデバイスの検討

西村奈令大<sup>†</sup> 石井明日香<sup>†</sup> 佐藤未知<sup>†,‡</sup>  
福嶋政期<sup>†,‡</sup> 梶本裕之<sup>†,††</sup>

人は好みの異性を目にする、紅潮・発汗・心拍数の上昇といった様々な生理反応を表出する。我々は逆にこのような自律的な生理的興奮を提示することによって、人物に対する好意を人為的に操作する事を目指す。ユーザの胸部にスピーカを装着し、そこから心拍を模擬した振動を触覚として提示する。これにより、ユーザはその振動があたかも自身の心拍であるかのように感じる。本稿ではユーザに異性のヌード写真を提示し、この状態で胸部に提示した振動の周波数を様々に変化させる事で、異性に対する魅力がいかに変化するかを実験によって検証した。また、本手法を人と対面した環境や視聴覚コンテンツに応用する際の設計についても検討した。

## Study of Tactile Device for Presenting Heartbeat of Oneself

NARIHIRO NISHIMURA<sup>†</sup> ASUKA ISHI<sup>†</sup> MICHI SATO<sup>†,‡</sup>  
SHOGO FUKUSHIMA<sup>†,‡</sup> HIROYUKI KAJIMOTO<sup>†,††</sup>

When a person is attracted by the opposite sex, some characteristic physiological responses are expressed, such as flush and perspiration. Our goal is to artificially control this positive feeling by presenting these autonomous physiological reactions. To achieve this goal we present vibration which simulates a heart-beat to subject's chest with a voice-coil speaker and change the positive feelings toward the person by controlling the vibration frequency. In this paper, we verified how an attraction to the woman's nude photos was changed by changing the frequencies. We also discussed the suitable implementation of our method for applications such as movie and daily communications.

### 1. はじめに

#### 1.1 研究目的及びその応用

人は好みの異性を目にしたとき、紅潮・発汗・心拍の上昇といった生理反応を表出する。これは人が人物に好意を抱くという感情的刺激により生じる自律反応の一種である<sup>1)</sup>。この感情と感情及び情動に伴う生理反応の関係については未だ断定できないものの、人は興奮するような出来事を知覚すると、まず身体の生理的变化を表出し、その結果として感情を経験するとの主張がある(ジェームズ=ランゲ説)<sup>2)</sup>。そこで本研究ではこのジェームズ=ランゲ説に準じて、人が好意を抱いた際の身体の生理変化を外部から促進・抑制する事で、人物に対する好意を人為的に操作することを目指す。これにより、例えば映画・アニメ・音声などの視聴覚コンテンツ中の人物に対して抱く好意を促すことができると考えられる。また、人と対面した状況

において、特定の人物に対して抱く好意を適した場面で人為的に促進・抑制する事で、人物との関係をより良好なものに変化させられると考えられる。

#### 1.2 心拍情報を用いた心拍・意思決定の操作

身体に生理的な興奮反応を表出する感情は好意の他にも多数存在する。例えば、緊張、驚き、怒りなど様々な感情を経験した際にも興奮反応が身体に表出される。どれも生理的な興奮反応であるが、身体に表出される反応の特徴は感情により異なる。人の怒りや驚きの場合は立毛現象が特異的な反応であり、人の好意の場合は、胸部に生じる心拍の急激な変化が特徴的であると考えられる。この事は、一般的に好意を抱いた人が、その状況を「胸がドキドキする」、「胸が高鳴る」といったように表現していることからうかがえる。

また、心拍情報を視覚・聴覚的にフィードバックすることで人の感情・意思決定・心拍にも影響を与えられる事が実証されている。例えばValinsは男子学生を対象にセミヌード写真提示と同時に自身の心拍であると信じ込ませた低周波の音を聞かせ、再生速度を人工的に上昇・下降させることで写真に対する評価が変化を加えない場合よりも高くなったと報告している<sup>3)</sup>。

<sup>†</sup> 電気通信大学

The University of Electro Communication

<sup>‡</sup> 日本学術振興会特別研究員

Japan Society for the Promotion of Science

<sup>††</sup> 科学技術振興機構さきがけ

Japan Science and Technology Agency

同様の心拍音による情動の操作はメディアアート作品にも用いられている。安藤らの心音移入<sup>4)</sup>は、ユーザの心拍を聴診器で聴取し、アンプを介してヘッドホンから出力する。同時に画面上に様々な風景を表示し、ユーザは強弱をつけた心拍音と視覚刺激を提示される。これにより、ユーザは提示されている映像の中の人物の緊張感や心の動きについて様々な想像を喚起する。横坂らのドキドキ<sup>5)</sup>は、脈波センサを用いて取得した心拍をヘッドホンから出力することによって、ユーザのエンタテインメントに対する“ドキドキする”感覚を誘発する。また、中村らは外部からユーザの心拍を制御する方法として心拍の虚偽情報を表示する方法を提案している。実験では心拍の虚偽情報を視覚的にディスプレイ上に表示させることでエアロバイクをこいでいた被験者の心拍が虚偽情報に影響されたと報告している<sup>6)</sup>。

つまり心拍は、人が人物に好意を抱いた際に生じる生理変化の中でも最も特徴的な反応の一つであり、心拍及びそれに伴う感情と意思決定は、心拍情報を人にフィードバックすることで操作できると考えられる。

### 1.3 提案手法

前述のように、視覚や聴覚を利用して心拍状態の虚偽情報を提示することで、ユーザの生理的状态を操作する研究は一定の成果を上げてきた。一方で、これらの手法を視聴覚コンテンツ鑑賞に適用する場合、視覚・聴覚はユーザの鑑賞しているコンテンツそのものを阻害してしまう可能性がある。例えばテレビを見ている際、画面上に心拍の変化を表示するとコンテンツ鑑賞を阻害する恐れがある。また心拍音をスピーカやヘッドホンから再生するとコンテンツ本来の音が聞き取りにくくなる。

そこで本研究では、触覚によって心拍状態の虚偽情報を提示することを提案する。触覚は自己の身体感覚であるがゆえに鑑賞しているコンテンツを阻害せず、そのうえ複数人でコンテンツを鑑賞する際にもそれぞれのユーザに独立して刺激を与えることができる。また、スピーカを皮膚に接触させるだけの簡素な実装でさまざまな生き物の鼓動を提示できる事が示されている<sup>7)</sup>。

本稿では心拍変化を触刺激によってフィードバックすることで、静止画で提示された人物に対するユーザの評価が影響を受けるかどうか検証した。また、この実験結果に基づいて、ユーザがコンテンツ鑑賞中に自身の生体情報をリアルタイムに触刺激として認識できるデバイスの製作を検討した。

## 2. 実験 1

触刺激によって人物に対しての好意が操作できることを検証するために、実験を行った。被験者は 21~24 歳の健常な男性 6 名である。

被験者の左胸部に触覚提示装置を装着し、この装置から疑似的な心拍の振動を左胸部に提示した。一般的に人が自身の心拍を確認する際に左胸部に手をあてるため、今回は装置を左胸部に装着させた。被験者にはこの心拍が自身の心拍から生成されていると教示した上で実験を行った。触刺激によって人物に対しての好意が操作できることを検証するために、振動パターンとして上昇・下降・変化しない（定常）の 3 条件を用意した。視覚刺激は女性の写真を 12 枚用意した。被験者には 12 枚の写真をランダムな順番で提示し、同時に 3 条件のいずれかの振動刺激を左胸部に提示した。12 試行終了後、被験者は写真の女性の魅力を 100 点満点で評価し、再度 12 試行を繰り返した。そのため、被験者は合計 24 試行を繰り返した。

### 2.1 実験システム

#### 2.1.1 触覚提示装置

触覚提示装置を図 1 に示す。この装置はスピーカ (NSW2-326-8A、Aurasound 社製)、マイク (WM-61A、Panasonic SC Device Solutions 社製) から構成されており、被験者はこの触覚提示装置を左胸部に装着する (図 2)。スピーカはデジタルアンプ (RSDA202、ラステームシステム社製) を介して PC のヘッドホン端子に接続されている。PC からの出力をデジタルアンプで増幅し、スピーカから出力することで触刺激を胸部に提示した。また、マイクは被験者に心拍数を計測していると思わせるためのダミーであり、実際には計測していない。

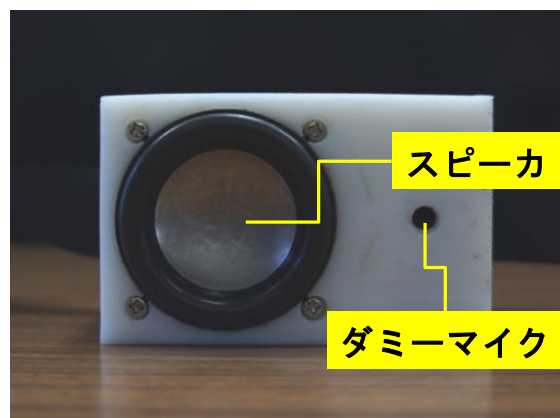


図1 触覚提示装置

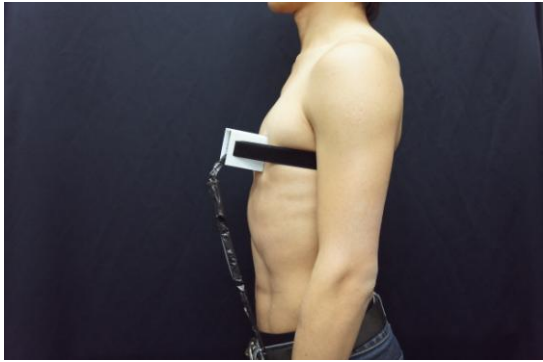


図2 装置を装着した際の側面図

### 2.1.2 振動提示パタン

触覚提示装置から出力した波形のオシロスコープによる計測結果を図3に示す。この振動波形を1拍とし、実験で使用した3条件の周波数変化はこの波形の再生速度をPCで変化させることで実現した。振動波形の周波数変化の詳細を表1に示す。

実験では、60秒のインターバルを挟んで視覚刺激が15秒間提示された。振動は実験中常に胸部に提示され、視覚刺激の開始と同時に3条件いずれかの周波数変化がランダムで提示された。なお、インターバル中は定常条件の振動が提示された。定常条件では5秒おきに提示周波数がランダムに変動するため、写真提示5秒前に指定の振動数になるように設定した。この値は、上昇の場合で72bpm、下降の場合で66bpmとした。例として図4の場合を考える。まず実験開始60秒後から写真が表示され振動周波数が72bpmから90bpmまで15秒かけて変化する。そして写真提示終了と同時に90bpmに達したのち、15秒かけて72bpmまで下降しその後は定常状態に戻る。下降はこの逆の流れをたどる。



図3 提示した振動波形

表1 振動波形の周波数変化の詳細

状態	心拍数の変化
上昇	72bpm から 90bpm へ 15秒で変動
定常	66~72bpm の範囲を 5秒おきにランダムに変動
下降	66bpm から 48bpm へ 15秒で変動

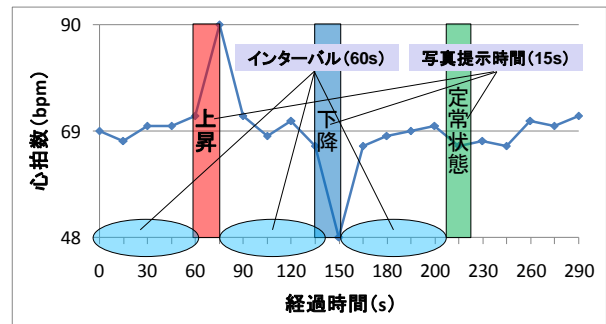


図4 視覚刺激の提示タイミングと振動刺激の周波数変化の関係

### 2.1.3 視覚刺激

実験に用いた12枚の写真は、全て異なる女性が1人で映っているヌード写真とした(PLAYBOY, Playboy Enterprises, Inc.). 1回目と2回目の実験では写真の順番を入れ替えて提示した。それぞれの実験終了後、写真の人物の魅力を0~100点(0点:極めて魅力的でない 100点:極めて魅力的である)の範囲で被験者に評価させた。写真は図5に示すようにスクリーンに写真が1枚につき15秒間提示され、インターバルの間は黒い画面が1分間表示されるようにした。



図5 実験の様子

## 2.2 実験手順

被験者には実験開始前に、「この実験は、心拍をリアルタイムにモニタリングした状態でユーザの心拍にどのような変化があるかを調べるものである」という説明を行った。さらに、提示される振動が被験者自身の心拍であると教示した。まず、被験者の胸部の素肌に触覚提示装置を装着させ、被験者は触刺激を知覚できる閾値の強度（電圧値）に調整した。実験中はこのボリュームの15倍の電圧値でスピーカを駆動させた。実験では、最初の1分は触刺激に順応させるため視覚刺激を提示せず、心拍刺激のみを定常状態で提示した。1分後、最初の視覚刺激が提示され、心拍数が定常、上昇、下降のいずれかの状態になる。15秒間写真を提示した後、1分間のインターバルを挟む。この間、上昇、下降の場合は更に15秒かけて定常状態に戻る。これを12回繰り返した後、写真に写っていた女性の魅力を写真付きの評価用紙に記入させ、3分間の休憩を挟んだ後、同様の実験を再度行った。なお、触覚提示装置からの音が被験者に聞こえないようにするために、被験者には常にホワイトノイズを聞かせた。

## 2.3 実験1結果

実験の結果を図6に示す。実験中は振動刺激が自身の心拍と同期していないと気付いた被験者が1名いたため、結果からこのデータを除いた。縦軸は被験者が写真の人物の魅力を評価した際の平均点、横軸は3条件の振動提示パターンを表す。平均点はそれぞれ、下降の場合で69.4点、上昇の場合で65.9点、定常状態で74.2点となり、定常状態での評価が上昇・下降と振動を変化させた場合よりも高くなった。また、分散分析を行った結果、有意傾向にあることがわかった ( $F(2,117)=3.07, .05 < p < .10$ )

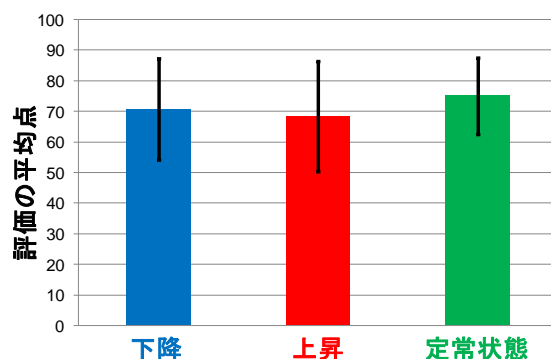


図6 実験1結果

## 2.4 考察1

本実験では、心拍数を変化させた際に提示された写真が定常状態の場合よりも評価が低いという結果が得られたが、これは当初予想していたものとは異なる結果であった。要因として次のようなことが考えられる。

本実験では刺激強度（ボリューム）を閾値の15倍に設定したが、この刺激が強すぎたために被験者にとって不快なものとなってしまったと考えられる。

実際、内観報告では、「実験中はつねに振動が邪魔に感じた」、「途中で少しではあるが痛みを感じた」などの意見を得ている。特に振動周波数を上昇させる条件ではそれが顕著に感じられたため、ある特定の写真に好意を抱いても振動がそれを減退させるような方向に働いてしまったと考えられる。

触刺激については6名中5名の被験者が自身の心拍と同期していると思い込んでいたことから、振動は心拍をよく再現できていたと考えられる。

## 3. 実験2

実験1での考察を踏まえ、実験2を行った。被験者は21~26歳の健康な男性8名である。被験者は実験1とは異なる。ここでは、実験1において実験中の振動の強度を閾値の15倍としていたのに対し、閾値の2倍とした。その他の実験プロトコルは実験1と同様である。

### 3.1 実験2結果

実験の結果を図7に示す。実験中は振動刺激が自身の心拍と同期していないと気付いた被験者が1名いたため、結果からこのデータを除いた。縦軸は被験者が写真の人物の魅力を評価した際の平均点、横軸は3状態それぞれの名称である。平均点はそれぞれ、下降の場合で61.9点、上昇の場合で71.6点、定常状態で61.5点であった。上昇・下降共に定常状態に比べ評価

が高いという結果となり、特に上昇させた群においてはその傾向が顕著に表れた。また、分散分析を行った結果、有意差があることがわかった ( $F(2,153)=3.06, p<.01$ )。

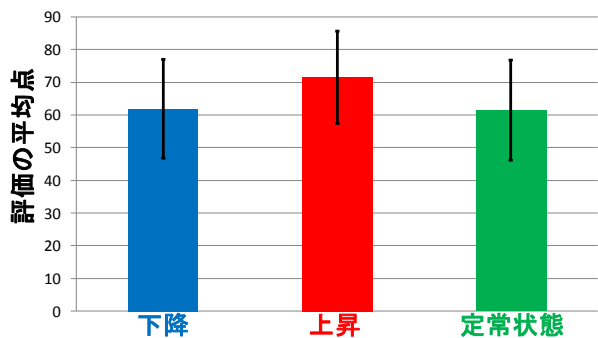


図7 実験2結果

### 3.2 考察2

今回の実験では、心拍数を変化させた際に提示された写真が定常状態の場合よりも評価が高いという結果が得られ、特に上昇させた際にはその傾向が著しく表れた。被験者の内観報告からも触刺激によって痛みを知覚したなどの内観報告はなかった。

実験 1,2 共に視覚刺激として女性のヌード写真を用いている。内観報告より、写真が提示されて好意を抱いた際に振動周波数を上昇させると、より魅力を感じたという意見を得た。このことから、疑似心拍の振動を触覚として胸部に提示しその周波数を上昇させることで、異性への好意を増幅できることが示された。しかし同時に、提示された写真に好意を抱いていないにもかかわらず、上昇する振動を提示されると不愉快な気分になるという意見も得られたため、好意を抱いていない場合に周波数を上昇させても効果がないと考えられる。

また、当初は下降の群においてもっとも評価が低くなると予想されたが、実際には定常状態の群とほとんど差がなかった。これについて被験者からの内観報告から、下降する振動を提示されると安心感を得るという意見が聞かれた。これは心拍数の下降が徐々に平穏に遷移する感覚に感じられ、その結果定常状態と同様の評価点となったものと考えられる。

## 4. 心拍情報に基づいた触覚提示デバイスの設計

実験結果より、擬似的な心拍を触覚的に胸部に提示することで人物に対しての好意を増幅できることが示された。本章では、本手法を人と対面する実環境や視

聴覚コンテンツに応用することを目指した装置の設計について述べる。

### 4.1 心拍計測に基づいた振動提示

実験2の考察より、本手法の効果はユーザ自身の好意喚起の有無に依存することが示唆された。例えば自身の好意が喚起した際に振動の周波数が上昇すると好意が増幅する。よってユーザの喚起する好意に応じて、胸部に触刺激を提示する事によって、より効果的にユーザの好意を増幅できると考えられる。1章でも述べたように、人の好意は心拍の変動として身体に表出される。そこで心拍を常時計測し、その情報を振動出力としてフィードバックするという単純な仕組みによって、初期の好意喚起⇒心拍の変動⇒変動の知覚⇒好意の増強というループが形成されると期待される。システムのブロック図を図8に示す。脈波センサによってユーザの心拍情報を取得し、それに応じた情動を提示する。ここで、出力される振動は図3に示したような心拍の WAVE ファイルの再生速度を変化させることで実現できると考えられる。

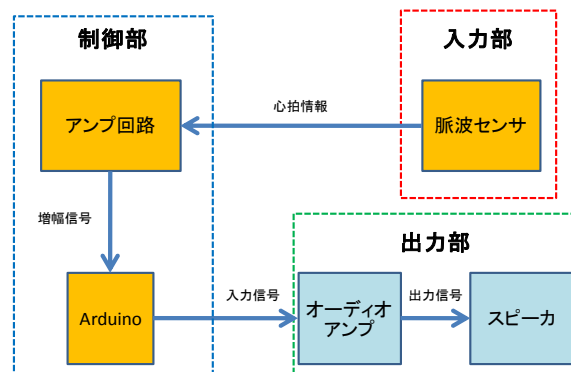


図8 システムのブロック図

### 4.2 デバイスの外観イメージ

実験で使用した装置は胸部に固定するためにバンドを体幹部に巻く必要があり、人と対面した環境や映画やテレビなどを視聴している際の使用には適さない。そこで、日常で使用する家具や情報端末に本装置を内蔵することを考える。

#### 4.2.1 クッション型デバイス

我々は椅子やソファに座った際に近くにクッションがあると、無意識にそれを手に取り自分の前に抱える(図9)。我々はこれをヒトの自然な行動ととらえ、今回のデバイス設計に応用することを考える。

振動子は実験で用いた装置と同一のスピーカを用いる。これをクッションに埋め込み、抱えた際に振動が胸部に提示されるようにする。これにより、自然な形

でユーザのコンテンツへの好意が増幅されると考えられる。

また、就寝時に仰向けになっていると自身の鼓動を背面で感じ、身体が揺れているような感覚になることがあることから、胸部だけでなくソファや椅子などの背面や背もたれに敷いたクッションを介して、腎部や背中へ振動提示することでも同様の効果が得られると考えられる。



図9 クッションを抱える様子

#### 4.2.2 スマートフォン型デバイス

デバイスの形態がより簡便になれば、より幅広いユーザ層が日常的に本手法を体感することができると考えられる。ここではボイスコイル型の振動子を内蔵したスマートフォンを利用して胸部に振動を提示するデバイスを実用例として考える。図 10 に示すように、ユーザはデバイスを胸ポケットに入れて使用する。この状態で図 11 に示すように、人物と対面する状況になった際に相手に対する好意が増幅されると期待できる。



図10 スマートフォンを胸ポケットに入れた様子



図11 人物と対面した状況での利用

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、触刺激によって好意を外部から操作することを目的に、疑似的な心拍を触刺激として胸部に提示し、好意を変化させることができるかどうかを実験によって検証した。実験の結果、①触刺激によってヒトの好意は増幅させられる可能性があること、②触刺激には、好ましくないものに好意を抱かせるような効果は確認できないということ、③触刺激の強度が強すぎると、被験者はそれを不快に感じるということがわかった。今後はこれらの知見をもとにデバイスの開発及びその評価実験を行っていく。

### 参考文献

- 1) ベアー他著 加藤他監訳 神経科学～脳の探究～ 15章 p380、2007 西村書店
- 2) “What is emotion?” Mind, vol 9, 1884, pp.188-255
- 3) S.Valins. COGNITIVE EFFECTS OF FALSE HEART-RATE FEEDBACK, Journal of personality and social psychology, Vol4, No.4, pp.400-408, 1966
- 4) 安藤英由樹、渡邊淳司、佐藤雅彦、心音移入：<http://www.junji.org/eh/index.html>
- 5) 横坂拓己、服部響、砂川未佳、杉崎有、安藤英由樹、前田太郎：ドキドキ：心音提示を用いたドキドキ誘発デバイスの設計、エンタテインメントコンピューティング 2011 論文集、pp203-206, 2011
- 6) 中村憲史、片山拓也、寺田努、塚本昌彦：生体情報の可視化システムにおける虚偽情報の影響の評価、情報処理学会研究報告、Vol.2011-UBI-30、No.1、2011
- 7) 橋本悠希、中田五月、梶本裕之：Hi-Fi 触覚提示に関する研究：ハードウェアの基礎的検討、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.14、No.4、pp.491-499, 2009.