

# 生体リズムと情報提示タイミングの同期による 情報選択への影響評価

石橋直人<sup>1</sup> 寺田 努<sup>1</sup> 塚本昌彦<sup>1</sup>

**概要:** 心理学の分野においては, 人の感情や意思決定に影響を与える心理効果が多数存在することがわかっている。例えば, 自身と同調した行動をとる人物に対して好感を抱く, ミラー効果と呼ばれる心理効果が存在する。このような心理効果を活用することで, ある人や物に対する印象を操作したり, 特定のものを強調して伝えたりできる。また, ウェアラブルセンシング技術の発達により心拍などの生体情報の常時測定が可能となり, 生体情報の情報提示への活用が期待されている。そこで本研究では, ユーザ自身の生体リズムと情報提示タイミングの同期による, ユーザの選択傾向への影響を評価する。特に本論文では, 利用する生体リズムを心拍, 表示する情報を PC 画面上のボタンとし, 心拍リズムと同期して点滅するボタンへの選択傾向を調査する。PC 画面上の 3 つのボタンから 1 つを選択する実験を行い, 被験者の選択結果を記録し, 被験者 13 名の内 8 名が自身の心拍に近い速度の点滅をするボタンを多く選択したことから, 心拍と情報提示タイミングを同期したことによる情報選択への影響が確認できた。

## 1. はじめに

心理学の分野においては, 人の感情や意思決定に影響を与える心理効果が多数調査されている。例えば, 同じ人や物に接する回数が増えるほどその対象の印象が良くなるザイオンス効果や, 同じ内容でも表現方法により意思決定が変化するフレーミング効果, 自分と同じ表情をしたり, 同じタイミングで腕を組むといった自身と同調した行動をとる人物に対して好感を抱くミラー効果などがある。本稿では, ミラー効果による感情や意思決定への影響に注目する。他者と会話をする際に, 腕を組むなどの非言語的行動を模倣することで相手から高い好感度を得られたり [1], 共同作業において, 同じコミュニティ内の人間が互いに行動を模倣しあうことで, 互いの好感度が高まり作業効率が上昇することがわかっている [2]。また, 他者と隣り合っただけで同じタブレット操作をする際, 自身を模倣した行動をとる他者に対して好感をもつことがわかっており, 会話のような言語的なコミュニケーションを行わない場合においても好感度への影響をもたらすことがわかっている [3]。このように, ミラー効果を引き起こすことで, 他者をもつ好感度などの心理を操作することができる。

近年, コンピュータの小型化によりウェアラブルデバイスの開発が進められている。また, ウェアラブルセンシ

ング技術の発達により心拍や体温などの人間の生体情報を常時測定できるようになり, 生体情報を活用したシステムの開発が可能になった。生体情報の中でも心拍や呼吸など一定のリズムを持つものは生体リズムといわれる。生体リズムの活用方法として, 情報をユーザ自身の生体リズムと同期したタイミングで提示することで, 前述のような身体動作との同期によって生じる心理効果を再現できる可能性がある。この心理効果によって, ユーザの情報選択の傾向を操作できると仮定すると, 例えば PC 画面上の文字やボタンをユーザの心拍などの生体リズムと同期して表示することで, ユーザが正しい選択を行えるように誘導することで, 従来より作業負荷を低減させることが期待できる。一方で, 特定の選択肢のみ生体情報に同期させることで, ユーザの意思とは無関係に特定の選択肢を選択させるといった用途に悪用される危険性がある。このように, 善用, 悪用の両面での使用法が考えられることから, 生体リズムと情報提示タイミングの同期による選択傾向への影響はウェアラブル環境での情報提示において考慮される必要があるが, 筆者らが知る限りまだ調査は行われていない。

そこで本研究では, ユーザ自身の生体リズムに同期したタイミングで情報を提示することによる, ユーザの情報選択への影響の調査を行うことを目的とする。特に本稿では, 利用する生体リズムを心拍, 表示する情報を PC 画面上のボタンとした。異なる速さで点滅する複数のボタンと, ユーザの心拍と同期した点滅をするボタンを提示し,

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University

ユーザのボタンの選択結果を記録することで、心拍に同期したタイミングで情報が提示されたことによる情報選択への影響を調査する。

本論文は以下のように構成されている。2章では本研究に関連する研究について述べる。3章では評価実験の概要を述べ、実験用システムの実装と実験手順について説明した後、実験結果について述べる。4章では評価実験の結果から議論を行い、5章で本論文のまとめを述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 コンピュータによる心理操作

これまでにウェアラブルデバイスなどのコンピュータ技術を用いて心理効果を発生させ、ユーザの心理や感覚に影響を与えるといった研究が行われている。本稿における心理効果とは、人が外部から受け取る聴覚や視覚への情報や刺激によって、感覚や感情に様々な影響を受けることである。磯山らは、被験者に頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を装着させ、歩行者の主観視点の映像の中にサッカーゴールの画像などのサッカーに関連した情報を提示することで、無意識に映像内のサッカーに関連した事柄の存在に気付くように誘導するなど、特定の情報を無意識に提示することでユーザの心理を誘導するシステムを開発し、その有用性を確かめた [4]。佐久間らは、HMD を用いて音楽鑑賞中に特定の演奏者の照度を下げる視覚効果を与えると、その演奏者の演奏の主観的音量が大きくなることを確認した [5]。清水らは、腕時計型デバイスを振動させて触覚刺激を与えるアプリケーションと、HMD の画面上に表示したオブジェクトの動く速度を変化させるアプリケーションを実装し、ウェアラブルデバイスによる知覚刺激を利用してユーザの主観時間を制御できることを確認した [6]。伴らは、制限時間内に PC 画面にランダムに表示されるボタンをクリックすることを一定回数繰り返す作業と、キーボードを用いて指定の文章を入力する作業において、PC 画面上に表示した時計の進む速度を操作し心理的プレッシャーを与えることで、ユーザの作業速度を制御できることを確認した [7]。このように、コンピュータから提示される情報を適切に制御することでユーザの心理操作を行うことが可能である。

### 2.2 生体情報を利用したシステム

ウェアラブルセンシング技術の発達により、ユーザの生体情報を容易に取得することが可能になり、生体情報を用いたアプリケーションの開発が可能になりつつある。大内らは、脈波・皮膚温・皮膚電気反射 (GSR: Galvanic Skin Reflex) のデータを用いて、ユーザの健康状態の記録と食事のタイミングの認識を行い、手首の加速度を用いて運動量などを推定する、ユーザの生活習慣の管理を補助するシステムを実装した [8]。また、生体情報をリアルタイムで取

得することで、ユーザの状態に対応したシステムの開発も行われている。福島らは、心拍データと GSR をリアルタイムで取得し、HMD による視覚刺激とマッサージの触覚刺激の強度をユーザの状態に最適な強さに制御するアルゴリズムを実装し、制御しない場合と比べて快適な状態をより長く継続できることを確認した [9]。岩崎らは、スマートフォンを用いたチャットにおいて相手の GSR の変化をデバイスの温度に対応させることで、ユーザが相手のストレスや苛立ちをデバイスの温度から感じ取ることができるシステムを実装した [10]。

生体リズムを利用した心理効果の研究も行われている。中村らは、虚偽情報の信頼により心身に影響が及ぶ、プラセボ効果の生体情報を用いた応用を確認するため、エアロバイクで運動を行う場合と複数の人の前でプレゼンテーションを行う場合に、実際とは異なるユーザの心拍数と心拍波形を PC 画面上に提示することで、ユーザの心拍が変化することが確認された [11]。鈴木らは、疑似的な手を実際の自分の手であるかのように感じるラバーハンド効果を、HMD 上の仮想的な手の映像を用いて再現した [12]。映像の中で仮想的な手に与えられた刺激と同じ刺激を実際の自分の手に与えた後、実際の自分の手があった位置はどこであったかを回答させる実験を行い、心拍に同期した点滅の表示により仮想的な手の映像が実際の自分の手であるような感覚が強まることがわかった [13]。このように生体リズムを活用して情報を提示することで、心理効果の利用や再現ができる。

### 2.3 情報提示による影響

情報提示の方法に関する研究が行われている。高田らは、加速度センサとジャイロセンサを用いてユーザの動作を認識し、走行中は概略情報を表示するなど、ユーザに提示する情報を切り替えるシステムを実装し、ユーザが情報を認識しやすくなることを確かめた [14]。志摩らは、環境に設置された案内板の情報を点滅させて表示し、必要な情報の点滅に同期した刺激を被験者に提示する実験を行った。イヤホン型デバイスによる聴覚刺激、メガネ型デバイスによる視覚刺激、リストバンド型デバイスによる触覚刺激の3つの知覚刺激を利用し、被験者が案内情報を識別しやすくなることを確認した [15]。

このように点滅をユーザ自身のもつ情報と同期させて情報提示するで、ユーザの心理に影響を及ぼす。したがって、生体リズムに同期した情報を提示することが、ユーザの感情や意思決定へ影響を及ぼす可能性がある。生体リズムに同期した提示情報がユーザの情報選択に影響を与える場合、ユーザを正しい選択肢へ誘導する作業支援が可能になる一方で、意図しない選択肢へ誘導されてしまう危険性もある。しかし、このような生体リズムと提示情報の同期による情報選択への影響を調査した研究は、筆者らの知る限

り存在しない。そこで本研究では、情報を生体リズムと同期したタイミングでユーザに提示し、ユーザの情報選択への影響が存在するかを調査する。特に本稿では、提示する情報として点滅するボタンを想定する。生体リズムとして心拍を利用し、ボタンの点滅をユーザ自身の心拍と同期させることによる、ユーザの情報選択への影響を調査する。

### 3. 生体リズム同期による影響評価

生体リズムに同期したタイミングでの情報提示を行うことによる、ユーザの情報選択への影響を調査するために、PC画面上に複数提示する選択肢の中の1つを生体リズムに同期させ、被験者の選択傾向を評価する実験を行う。

#### 3.1 実験概要

被験者に提示する情報はPC画面上の点滅するボタンとし、生体リズムとして心拍を用いる。点滅速度の異なる複数のボタンと心拍に同期した点滅するボタンをPC画面上に提示して被験者に選択させる。選択結果を記録することで、心拍に同期して点滅するボタンを提示することによる情報選択への影響を調査する。また、被験者の心拍変化による実験結果への影響を調査するため、運動前後に上記実験を行うことで、心拍数の異なる環境を実現する。

#### 3.2 実験用システムの実装

本実験では図1のシステムを用いた。システムは心拍計測部とボタン表示部で構成される。まず、心拍計測部はSpeakFun社の光学式心拍センサであるSEN-11574と、マイコンであるArduino UNOを用いた。指先に装着した心拍センサで取得したセンサ値をマイコンでPCに送信する。次に、ボタン表示部はProcessingを用いて、得られたセンサ値から作成した心拍に同期して点滅するボタンと、それ以外のそれぞれ周期の異なる速度で点滅する5種類のボタンの計6種類の中から3つを抽出してPC画面上に表示する。心拍に同期して点滅するボタンは図2に示すアルゴリズムにより実現した。リアルタイムに計測している心拍センサ値が閾値を超えているときにボタンの明度を高くし、閾値を下回っているときはボタンの明度を低くすることで点滅を表現する。閾値は、被験者ごとに実験開始直前に計測した10秒間の心拍センサ値の平均値を用いた。被験者が心拍を利用した実験であることに気づいた場合、情報選択への影響を正しく調査できない可能性があるため、心拍センサに加えて筋電センサを利き手と逆の腕に装着し、座面センサを被験者が座る椅子に装着することで、被験者に心拍センサを意識させないようにした。

#### 3.3 実験手順

被験者に提示したPC画面と実験中の被験者の様子を図3, 4に示す。被験者は椅子に座った状態で利き手でマウス

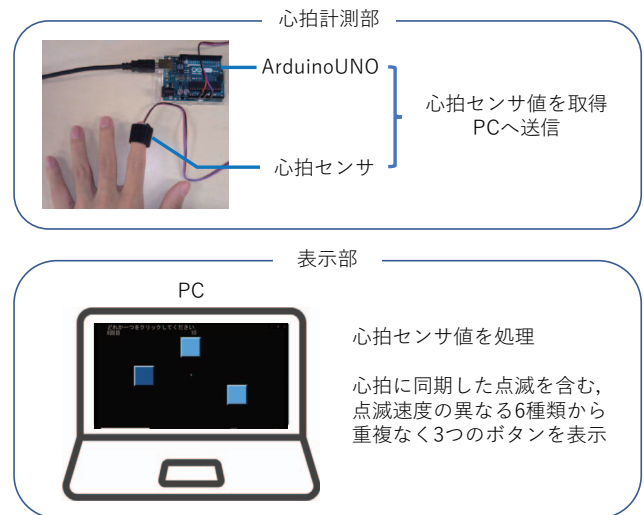


図1 システム構成

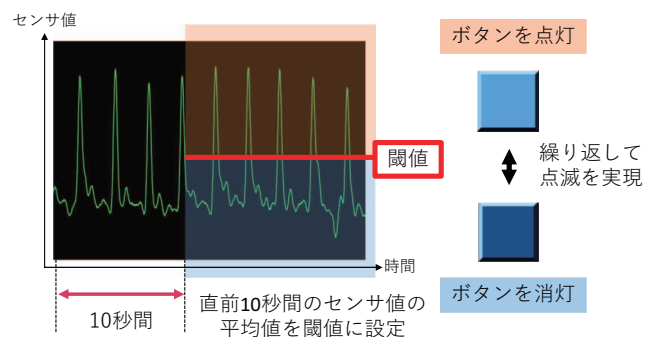


図2 心拍同期アルゴリズム

を操作し、PC画面上の3つの点滅するボタンから1つを選択する入力試行を行った。また、被験者の心拍数が変化したことによる実験結果への影響を調査するために、被験者にトレッドミルを用いて10分間のランニングを行わせ、心拍数を変化させた。ランニングの前後で被験者の心拍数が40 bpm程度上昇することを目安とし、20代の男女の運動強度と心拍数の関係[16]と、人の体感的な運動強度を表す主観的運動強度と心拍数の関係[17]から、トレッドミルの設定速度は、男性9 km/hとし、女性7 km/hとした。20回の入力試行を1セットとし、ランニングの前後に1セットずつ行った。

被験者に提示する情報として、心拍に同期した点滅のボタンと点滅速度の異なる5種類のボタンを用意した。点滅速度の異なる5種類のボタンについて、毎分の点滅回数を点滅速度とすると、点滅速度はそれぞれ140(回/m)、120(回/m)、100(回/m)、80(回/m)、60(回/m)とした。成人男女の平常時の心拍がおおよそ80 bpm程度であり、トレッドミルによるランニングにより心拍数を上昇させたときの心拍がおおよそ120 bpm程度になることを想定し、運動前後のいずれの試行においても心拍に同期した点滅よりも速い点滅とおおよび遅い点滅が存在するようにボタンの点滅速度を設定した。表示する3つのボタンの抽出では、用意した

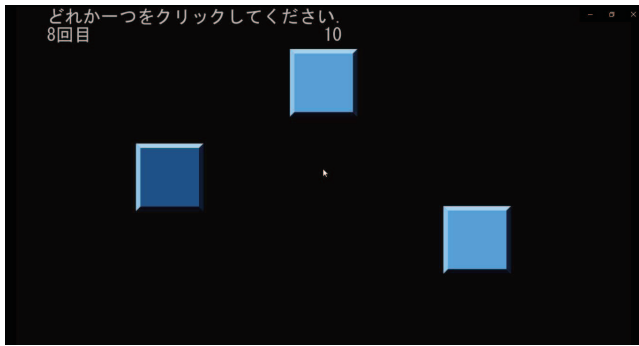


図 3 被験者に提示した PC 画面

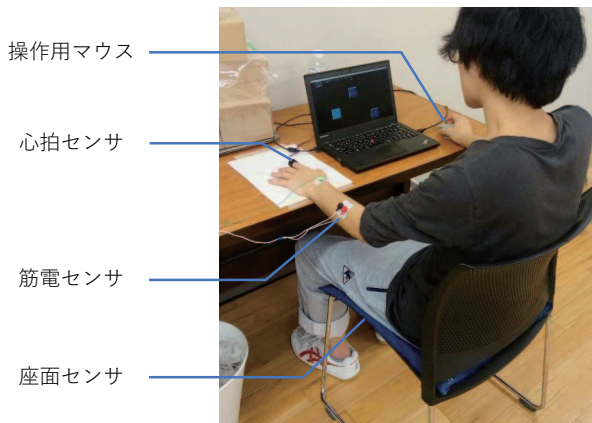


図 4 実験中の被験者の様子

6 種類のボタンが被験者に提示される回数を統一し、同じ点滅速度のボタンが重複して表示されないようにした。また、3つのボタンの配置については、PC画面上に3列4行の表示位置を用意した。各ボタンが重ならないように各列1つずつ配置し、行はランダムに設定した。さらに、被験者が各ボタンの点滅をよく見てから選択を行うように、ボタンが表示されてから10秒間は選択できないように設定した。その他に被験者の心理に影響を与える可能性のある表示方法として、同じ点滅速度のボタンが連続して表示されることで、被験者がそのボタンを意識することが考えられる。この影響を緩和するため、ボタンの選択を行った直後の2秒間は画面に何も表示しないようにした。

選択傾向を評価するためのデータとして、被験者の心拍センサ値、表示した各ボタンの配置と点滅速度、選択されたボタンの点滅速度、心拍計測の開始からの経過時間を記録する。また実験後にアンケートを行い、ボタンの選択に一貫した動機はあるか、心拍に同期した点滅に気づいたか、実験中に何か感じたことはあるか、という質問に対する回答を集めた。心拍に同期した点滅に気づいたと答えた場合、気づいたタイミングについて回答させた。被験者は20代の男性12名と20代の女性1名の計13名である。

### 3.4 評価結果

実験の結果から、被験者のボタンの選択傾向は4つのグ

表 1 実験結果

(a)グループ1

被験者	C		E		F		G		H		I		J		K		
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	
運動 HR(bpm)	90	115	74	118	81	123	94	122	78	86	100	133	94	115	86	113	
選択したボタン	140	0	2	2	4	3	2	1	4	1	1	3	5	2	7	2	6
	120	1	6	3	6	2	2	1	6	3	7	1	4	2	2	4	4
	100	1	8	6	3	2	4	3	6	4	6	5	2	6	3	5	4
	80	6	3	5	4	7	5	4	2	4	3	4	2	4	2	6	0
	60	10	0	1	0	3	2	9	0	4	0	4	1	3	4	1	3

(b)グループ2

被験者	A		B		L		
	前	後	前	後	前	後	
運動 HR(bpm)	77	115	61	90	115	137	
選択したボタン	140	1	3	4	3	1	1
	120	1	1	3	1	2	2
	100	1	3	1	1	3	5
	80	9	4	0	3	8	7
	60	7	7	5	8	3	5

(c)グループ3

被験者	M		
	前	後	
運動 HR(bpm)	89	121	
選択したボタン	140	7	9
	120	4	5
	100	4	3
	80	2	0
	60	2	0

(d)グループ4

被験者	D		
	前	後	
運動 HR(bpm)	71	115	
選択したボタン	140	5	1
	120	4	5
	100	3	4
	80	1	4
	60	1	3

ループに分けられた。選択結果を各グループごとにまとめたものを表1に示す。数値は各被験者ごとのランニング前後の試行における平均心拍数 (HR: Heart Rate) と各ボタンの選択回数を表し、心拍に同期した点滅のボタンを選択した回数を赤色で示した。また、カースケールを用いて選択回数が多いほど色を濃くすることで、被験者ごとにどのボタンの選択回数が多くなったかを示した。

グループ1はランニング前に比べ、ランニング後に点滅速度の速いボタンの選択回数が増える傾向がみられた被験者のグループである。特に、被験者 E, F, H, I, K はランニング前後のいずれの場合も、自身の心拍に近い点滅速度のボタンの選択回数が増える傾向がみられた。これらの被験者はPC画面上の点滅するボタンの選択において、自身の心拍による影響を受けたと考えられ、心拍に同期した点滅のボタンを提示したことによる情報選択への影響が存在するといえる。被験者 C, G, K は心拍と大きく異なる点滅速度のボタンの選択も多くなったが、ランニングの後に速い点滅のボタンの選択が増加する傾向は確認できることから、ランニングによる心拍の変化による影響を受けていると考えられる。以上のことから、グループ1の被験者は、情報選択において自身の心拍による影響を受けると考えられる。

グループ2は自身の心拍によらず、点滅速度が遅いボタンの選択回数が増える傾向がみられた被験者のグループである。実験後のアンケートで、被験者 A と B から遅い点滅の方が落ち着きがあって良いという回答が得られた。被験者 A と B は情報選択において自身の好みによる影響

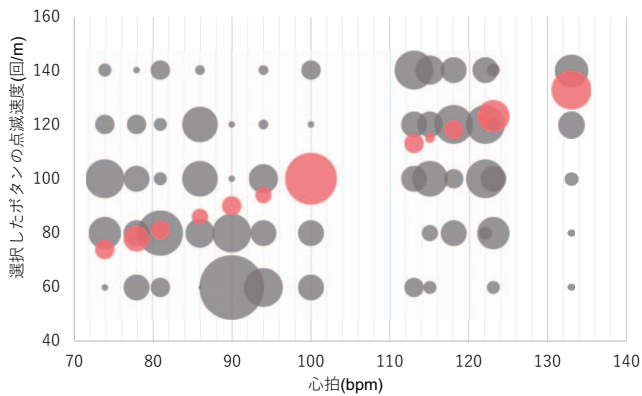


図 5 グループ 1 の被験者の心拍と選択されたボタンの点滅速度の関係

を強く受け、心拍に同期した点滅のボタンを提示することによる影響は受けなかったと考えられる。被験者 L は実験後にアンケートで、不規則な点滅をするボタンに対して不快感があったと回答しており、心拍に同期した点滅のボタンの選択回数も少なかった。被験者 L の心拍数はランニングの前後ともに想定した心拍数よりも高く、心拍認識が正確に行えなかった可能性があり、心拍に同期した点滅が不規則になったと考えられる。ボタンの点滅の違和感をなくすために、心拍の個人差を考慮したシステムに改善する必要がある。

グループ 3 は自身の心拍によらず、点滅速度が速いボタンの選択回数が増える傾向がみられた被験者のグループである。被験者 M は実験後のアンケートで、表示された中で最も速い点滅を選択するようにしたと回答しており、グループ 2 と同様に、心拍に同期した点滅のボタンを提示することによる影響は受けなかったと考えられる。

グループ 4 はボタンの選択結果の偏りが小さく、ランニング前後のいずれの場合も選択傾向に大きな変化はみられなかった被験者のグループである。被験者 D は心拍に同期した点滅のボタンを提示することによる影響を受けなかったと考えられる。

情報選択において心拍による影響を受けたと考えられるグループ 1 について、被験者の心拍と選択されたボタンの点滅速度の関係を図 5 に示す。円の大きさがボタンを選択した回数を表している。被験者の心拍が速くなると、点滅速度の速いボタンの選択回数が増える傾向があることがわかる。相関係数は 0.36 であり、被験者の心拍と選択されたボタンの点滅速度には、弱い正の相関があるといえる。また、赤色の円は心拍に同期した点滅のボタンを選択した回数を表している。赤色の円の付近に多くの円が集まっていることから、被験者が心拍に近い速度の点滅のボタンを多く選択したことがわかる。

PC 画面上の点滅するボタンの選択において、被験者により個人差はあるが、多くの被験者が心拍に同期した点滅のボタンを提示することにより情報選択に影響をうけるこ

とがわかった。情報を心拍に同期した表示で提示することによる情報選択への影響が存在するといえる。この影響を受けるユーザに対しては、心拍を利用した提示システムの活用が有用である可能性があるといえる。

## 4. 議論

3 章における実験結果をふまえ、評価実験に用いたシステムの改善や調査方法について検討を行う。また、心拍以外の生体リズムや、ボタンの点滅以外の情報の提示方法を活用した場合の情報選択への影響の調査について議論する。

### 4.1 心拍認識手法

実験後に行ったアンケートの結果から、実装した評価システムの改善点が考えられる。不規則なボタンの点滅に対して不快感があったとの回答があり、心拍に同期した点滅の実現方法を改善する必要がある。閾値を用いた心拍認識手法では、1 回の拍動中に複数回閾値を超えた場合、心拍に同期した点滅を実現できず、不規則な点滅が表示されると考えられる。また、アンケート結果からランニング後の試行においてボタンの点滅により強い違和感を感じることもわかった。心拍周期が短い場合の心拍に同期した点滅に違和感を感じたと考えられる。被験者の心拍波形から RR 間隔を算出し心拍認識を行うなど、心拍認識の手法を見直し、心拍に同期した点滅の動作を安定させる必要がある。

### 4.2 調査方法の検討

詳細な調査を行うための調査方法について検討する。今回の調査では、心拍と同期したタイミングで点滅するボタンを提示し情報選択への影響を評価したが、反対に心拍と異なるタイミングでボタンが点滅することによる影響は調査できていない。そこで、心拍と異なるタイミングだが心拍と同じリズムで点滅するボタンを提示することによる情報選択への影響の調査を行い、リズムの同期による影響が存在するか調査する。

### 4.3 心拍以外の生体リズムによる影響

ランニングを行ったことにより、心拍だけでなく呼吸や体温などの生体情報も変化していると考えられる。呼吸は心拍と同様に一定のリズムをもつ生体リズムであるため、点滅するボタンの選択に影響を与えた可能性がある。心拍以外の生体リズムとして、呼吸に同期した情報を提示することによる情報選択への影響を調査する必要がある。また、呼吸は自身の意思で操作することができる生体リズムであることを利用し、決められたリズムで呼吸を行うことによる影響が存在するか調査する。

### 4.4 ボタンの点滅以外の情報提示手法

今回の調査では情報提示手法として、点滅するボタンを

表示することを利用したが、その他の情報提示手法についても影響を調査する必要がある。ボタンの点滅の他に、生体情報にあわせて文字の大きさを変化させたり、画面上の文字やモデルの色を変化させたり、さまざまな情報提示手法を検討する。生体リズムに合わせて動くアバターを表示することでアバターへの親密度を調査するなど、動きのある映像を提示することによる影響についても調査を行う必要がある。また、視覚情報に限らず、聴覚情報や触覚情報の提示タイミングを生体リズムと同期させた場合の影響の調査を行う必要がある。

## 5. まとめ

本研究では、被験者自身の生体リズムに同期した点滅をするボタンを提示することによる被験者の情報選択への影響の調査を行った。被験者の心拍に同期した点滅のボタンと異なる点滅速度の5種類のボタンの中から、3つを抽出しPC画面上に表示し、その中から1つを選択をする実験を行った。結果として、13名の被験者のうち8名において、選択結果から心拍に同期した点滅のボタンによる情報選択への影響が存在することがわかった。5名の被験者において、情報選択への影響は確認されず、生体リズムに同期したタイミングで情報を提示することによる影響には個人差があることを考慮する必要があることがわかった。

今後の課題として、心拍に同期した点滅が不安定になることがあり、被験者の情報選択に影響が生じた可能性があったため、実装した評価システムの改善を行う必要がある。また、被験者を増やしさらなる調査を行う。さらに、ボタンの点滅以外の情報提示の方法や、心拍だけでなく呼吸などの生体情報を利用し、情報選択への影響の調査を行う。

**謝辞** 本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR18A3)の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] N. Guéguen: Mimicry and Seduction an Evaluation in a Courtship Context, *Social Influence*, Vol. 4, pp. 249–255 (Sep. 2009).
- [2] T. L. Chartrand and J. A. Bargh: the Chameleon Effect the Perception-Behavior Link and Social Interaction, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 76, No. 6, pp. 893–910 (1999).
- [3] M. J. Hove and J. L. Risen: It's All in the Timing Interpersonal Synchrony Increases Affiliation, *Social Cognition*, Vol. 27, No. 6, pp. 949–961 (Dec. 2009).
- [4] N. Isoyama, T. Terada, and M. Tsukamoto: Primer Streamer: a System to Attract Users to Interests via Images on HMD, *Proc. of the 11th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2013)*, pp. 93–99 (Dec. 2013).
- [5] 佐久間一平, 寺田 努, 塚本昌彦: 視覚効果を用いた主観的音量の制御システムの設計と実装, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, pp. 357–364 (Sep. 2015).
- [6] T. Shimizu, K. Futami, T. Terada, and M. Tsukamoto: In-Clock Manipulator: Information-Presentation Method for Manipulating Subjective Time using Wearable Devices, *Proc. of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM 2017)*, pp. 223–230 (Nov. 2017).
- [7] 伴 祐樹, 櫻井 翔, 鳴海拓史, 谷川智洋, 廣瀬通考: 時計の表示時間速度制御による単純作業の処理速度向上手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 21, No. 1, pp. 109–120 (Mar. 2016).
- [8] K. Ouchi, T. Suzuki, and M. Doi: LifeMinder: a Wearable Healthcare Support System Using User's Context, *Proc. of IEEE International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing (IWSAWC 2002)*, pp. 791–792 (Nov. 2002).
- [9] 福島省吾, 仲島了治, 野村淳二: HMD を利用した脈拍情報フィードバック型リラクセス・リフレッシュ・システムの開発, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 115, No. 2, pp. 222–229 (1995).
- [10] K. Iwasaki, T. Miyaki, and J. Rekimoto: AffectPhone: A Handset Device to Present User's Emotional State with Warmth/Coolness, *Proc. of Bio-inspired Human-Machine Interfaces and Healthcare Applications (B-Interface 2010)*, pp. 84–89 (Jan. 2010).
- [11] 中村憲史, 片山拓也, 寺田 努, 塚本昌彦: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1433–1441 (2013).
- [12] M. Botvinick and J. Cohen: Rubber Hands Feel Touch That Eyes See, *Nature*, Vol. 391, No. 751, p. 756 (Feb. 1998).
- [13] K. Suzuki, S. N. Garfinkel, H. D. Critchley, and A. K. Seth: Multisensory Integration Across Exteroceptive and Interoceptive Domains Modulates Self-Experience in the Rubber-Hand Illusion, *Neuropsychologia*, Vol. 51, No. 13, pp. 2909–2917 (Nov. 2013).
- [14] 高田大輔, 小川剛史, 清川 清, 竹村治雄: 身体動作に基づき提示情報を切り替えるコンテキストウェアなウェアラブル AR システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 47–56 (Feb. 2010).
- [15] 志摩駿介, 綾塚祐二, 寺田 努, 塚本昌彦: SyncBlink: 同期刺激によるナビゲーション方式の提案と評価, 日本ソフトウェア学会第 21 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2013) 論文集, pp. 85–90 (Dec. 2013).
- [16] 体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ, 講談社, p. 63 (1975).
- [17] 伊藤 朗: 図説・運動生理学入門—生理学の基礎からスポーツトレーニング・運動処方まで, 医歯薬出版, p. 129 (Oct. 1990).