

一体感の創出に向けた他者の生体情報フィードバックによる 集団の生体情報の分散減少手法

藤田直樹¹ 寺田 努² 塚本昌彦²

概要：映像コンテンツの視聴において他者と一体感を得ることは視聴体験を豊かにする。一体感とは会話により他者と内面状態を共有し一致することで得られる。視聴中は公共マナーやコンテンツへの没入により会話が減少するため、一体感を得るには会話に代わり内面状態を共有し一致させる方法が必要である。生体情報は内面状態の指標として扱われるため、被験者は他者の生体情報を見ることで内面状態を推定でき、その値が被験者と一致するとき一体感が創出される可能性がある。また、他者情報を含めたバイオフィードバックを行うと被験者の生体情報が他者の値につられて一致する可能性がある。そこで本研究では、集団に対する他者情報を含めたバイオフィードバックによる集団の生体情報の分散減少手法を提案する。また、集団のコンテンツ視聴において提案手法を用いた際の一体感の創出について調査を行う。本稿では生体情報に心拍数を用い、他者情報として集団の平均心拍数を提示する。映像コンテンツはホラーコンテンツを用いる。提案手法の有効性を評価するため、被験者本人の心拍数のみを提示する従来手法と集団の平均心拍数を含めて提示する提案手法の2つのフィードバックの実験を行い、一体感に関するアンケート調査を行った。提案手法を用いたフィードバックでは集団の心拍数の分散が減少し、特に実験中の心拍数が平均心拍数より高い被験者はつられやすい可能性があることを確認した。また、コンテンツ視聴における集団の平均心拍数の提示が一体感の創出に有効である可能性があることがわかった。

1. はじめに

映像コンテンツの視聴において、一緒に視聴する人と一体感を得ることは視聴体験を豊かにする。コンテンツを視聴する際の喜びや恐怖といった内面状態を会話やリアクションによって共有し、それが一致するとき一体感が創出される。特に会話は反応するシーンと内面状態を同時に共有できるので、一致した際には強い一体感が得られると考えられる。しかし、公共の場所における視聴マナーやコンテンツへの没入により、コンテンツ視聴中は通常よりも会話が減少する。そのため、コンテンツ視聴中に一体感を創出するには、会話に代わり内面状態を他者に共有して一致させる方法が必要である。ここで、人の内面状態を定量的に表す指標として生体情報を用いることがある。生体情報は内面状態と深く関わっており、センサで生体情報を取得し機械で推定することで他者の内面状態を知ることができる。そして、ホラー映画を視聴する際に心拍数が増加すると恐怖を抱いているとみなされるように、他者の置かれている状況と判断しやすい生体情報をもって他者の内面状

態を知ることができる。よって、映像コンテンツを視聴する場面において、被験者本人と他者の生体情報を提示し、その値が一致することで、会話を行わずとも本人と他者の内面状態が同じであると考え、他者との間に一体感が創出される可能性がある。

ここで、バイオフィードバックの分野では、被験者に本人の生体情報を提示することで生体情報を制御する研究が行われている。バイオフィードバックとは、人間の不随意的生理反応や知覚が困難な心身の活動を工学的手段によって取得し、処理をした情報を知覚に訴えることで心身の制御を行うことである [1] [2]。バイオフィードバックの分野の研究はほとんどが個人の生体情報のみに着目したものであり、他者の生体情報を用いていない。しかし、災害などの危機的状況において集団と同じ行動をとってしまう同調性バイアスや、動作を模倣する他者への好感度の上昇 [3] など、人は他者の存在や他者が提示する情報に影響を受けることがわかっている。このことから、他者の生体情報を含めたバイオフィードバックを行うとその値につられて変化し、他者と生体情報が一致する可能性がある。

そこで本研究では、被験者本人の生体情報に加えて属する集団の生体情報を提示することによる、集団の生体情報の分散減少手法を提案する。また、集団が同一の映像コン

¹ 神戸大学大学院国際文化学研究所
Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University
² 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

コンテンツを視聴する場面において、提案手法により他者の生体情報を視認することによる集団への一体感の創出についての調査を行う。本稿で用いる生体情報は心拍数とし、提示する他者情報は集団の平均心拍数とする。視聴する映像コンテンツは、心拍に影響しやすく個人によって感想が異なると考えられるホラーコンテンツを使用する。提案手法の有効性を評価するため、被験者本人の心拍数のみを提示する従来手法と集団の平均心拍数を含めて提示する提案手法の2つのフィードバックを用いて同一のホラーコンテンツを視聴する実験を行った。実験中の被験者の心拍数を記録し、コンテンツ視聴後に集団への一体感に関するアンケートに回答させた。

本論文は以下のように構成されている。2章で関連研究を紹介し、3章で評価実験と結果について述べる。4章で評価実験の結果をもとに議論し、5章で本論文をまとめる。

2. 関連研究

2.1 バイオフィードバックに関する研究

バイオフィードバックを扱った研究は人の支援を目的としている。渡部らは、簡易脳波計により取得した脳波から集中力の評価値を導出して視覚または聴覚へ提示すると、双方ともにフィードバック前に比べて集中力が向上することを確認した [4]。Brown らは、運動中の被験者に本人の心拍数をモニターに表示してフィードバックすると、精神的疲労が運動行動に及ぼす影響が減少することを確認した [5]。中村らは、医学におけるプラセボ効果の考え方をバイオフィードバックに取り入れ、虚偽の心拍情報をユーザ本人の情報として提示するシステムを作成し、運動時と緊張時において一貫してユーザの心拍が提示情報につられて変化することを確認した [6]。

このように、バイオフィードバックによる影響を調査した研究や活用を目指す研究は数多く行われているが、いずれも被験者のみに関連する情報のフィードバックを本人に対して行うものである。同時に複数人を被験者とする実験において、他者の生体情報をフィードバックした際の影響を調査した研究は、筆者の知る限り存在しない。

2.2 他者との相互作用による影響

人は他者から様々な影響を受けている。大森らは、映像を視聴する際に一緒に見る他者が存在する方がより面白く感じ、表情の表出頻度が増加するだけでなく表出の程度も大きくなることを確認した [7]。宮本は、選択反応課題の実験において、被験者と観察者が同室にいる場合、観察者がいない場合よりも実験の進行に伴う被験者の瞬時心拍数が上昇することを確認した [8]。田仲らは、人々が目標に向かって継続的に行う行動を対象に、自己の行動に加えて他者の行動を可視化することで効果的に行動を促進するメカニズムを提案した [9]。Guéguen は、男性の非言語的行

動を模倣した女性は、相手の男性からより高い好感度を得られることを確認した [3]。Wiltermuth らは、他の被験者と歩調を合わせて歩くよう指示された被験者は、歩調を合わせないように指示された被験者よりも相手とのつながりを感じることを確認した [10]。

また、他者から影響を受けて心拍が同期することがある。Golland らは、感情を刺激する映画を視聴する際、同席をしていない被験者同士よりも同席をしていた被験者同士のほうが心拍時系列が同期することを確認した [11]。Gordon らは、一緒にドラムを叩くグループのメンバー間に心拍間隔の同調性があることを確認した [12]。Mitkidis らは、レゴブロックを用いた模型製作のセッションを複数回行い、セッション間に信頼構築プロセスとして公共財ゲームを行ったところ、ゲームを行った被験者のグループは行わなかったグループよりも心拍の同期性が高まることを確認した [13]。

このように、人は無意識下で他者の存在や情報から相互に影響を受けており、その影響は心拍にも及ぶことから、集団が互いに他者の心拍数を知覚する場合も心拍に相互作用が生じると考えられる。よって、集団で同一の映像コンテンツを視聴する際に他者の心拍数をフィードバックすることで、被験者同士で心拍数がつられて一致する可能性がある。

2.3 生体情報と人の内面状態の関係

人の内面状態と生体情報と関係づける研究が行われている。隈元らは、氷刺激により痛みや不安を感じている際は鼻部皮膚温度が低下することを確認した [14]。Jap らは、単調な運転シミュレーションタスク中の脳波から抽出した4つの周波数成分を用いる脳波アルゴリズムを用いて疲労検出できることを確認した [15]。Hjortskov らは、身体的および精神的なストレス要因のかかるコンピュータ作業と、ストレス要因を除去したコンピュータ作業との間で心拍変動の副交感神経成分および LF/HF 比を比較し、明確な差が生じることを確認した [16]。

このように、機械を用いて生体情報から内面状態を推定することができ、バイオフィードバックによってさまざまな感情に関連する心身パラメータを制御できる可能性がある。本研究では人間が見てその精神状況が判断しやすい心拍を用いることから、機械を用いずとも、他者の置かれている状況と併せることで他者の内面状態を推定することができると考えられる。よって、同じコンテンツを視聴する場面で被験者と一致した他者の心拍数を視認することで被験者は他者の内面状態が本人と同じであると考え、一体感の創出に影響を受ける可能性がある。

3. 他者の生体情報の提示

他者の生体情報を含めたバイオフィードバックによる被

験者の生体情報への影響と、他者の生体情報を視認することによる集団の一体感への影響を調査する。そのため、被験者本人の生体情報のみをフィードバックする従来手法と他者の生体情報を含めてフィードバックする提案手法の2通りの実験を行い、実験中の被験者の生体情報を記録して比較する。ここで集団とは、同一のグループに所属して実験に参加する被験者を指す。

3.1 実験の設計

同一のコンテンツを視聴する集団に対して他者の生体情報を含めて提示するバイオフィードバックの実験を行う。生体情報に心拍数を用い、他者情報として集団の平均心拍数を提示する。図1、図2に示すように、以下のシステムを用いてPCに心拍数を表示しながらスクリーンでコンテンツを視聴させた。

実験に使用するシステムの構成を図3に示す。Seed studio社の心拍センサである Grove - Ear-clip Heart Rate Sensor [17]を各ユーザの耳たぶに装着して心拍数を取得し、センサに有線接続されたマイコンである M5StickC(送信用) [18]が心拍データを無線通信で全被験者の M5StickC(受信用)へと送信する。各被験者の PC に有線接続された M5StickC(受信用)が全被験者の心拍数から平均心拍数を算出し、被験者本人の心拍数と併せて送信して PC 画面上に表示する。心拍数の表示は、Processing [19]を用いて図4に示す画面を作成して行う。実験において、ユーザは映像コンテンツと心拍数を交互に見る必要があり、認知負荷が高いと考えられる。そこで、瞬間的に視認時点の心拍数が分かる瞬時値と直観的に心拍の変化を理解できる時系列グラフの2種類の表現を用いて心拍数の提示を行う。被験者本人の心拍数と集団の平均心拍数を表示するパターン(他者心拍の表示あり)と、被験者本人の心拍数のみを表示するパターン(他者心拍の表示なし)の2つの表示パターンを作成し、左上部にユーザ本人の心拍数の瞬時値、右上部に集団の平均心拍数の瞬時値、画面中央に両方の時系列グラフを重ねて表示する。視聴する映像コンテンツは、心拍に影響しやすく個人によって感想が異なると考えられるホラーコンテンツの『テケテケ』[20]とした。

実験の様子と実験中の被験者の様子を図1、図2に示す。1回の実験につき被験者は4名であり、被験者は壁側のスクリーンを正面に横一列で、1メートルの間隔をあけて椅子に座った。VDT(Visual Display Terminals)作業の最適な連続作業時間は60分[21]であり、本実験では被験者がVDT作業と同等の疲労を感じる可能性がある。そのため1回の実験は60分とし、前半30分と後半30分に分けて他者心拍の表示ありと表示なしの2つの表示パターンで実験を行う。表示パターンの順序によって他者心拍による影響に違いが生じる可能性を考慮して、他者心拍の表示あり→他者心拍の表示なしの順のグループ(グループ1)と、



図1 実験の様子

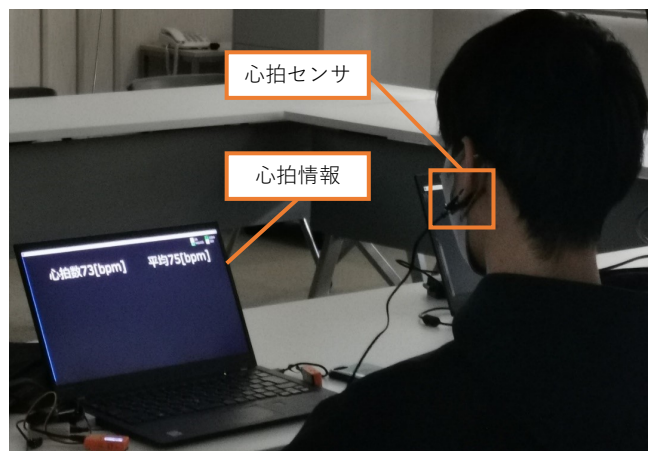


図2 実験中の被験者の様子

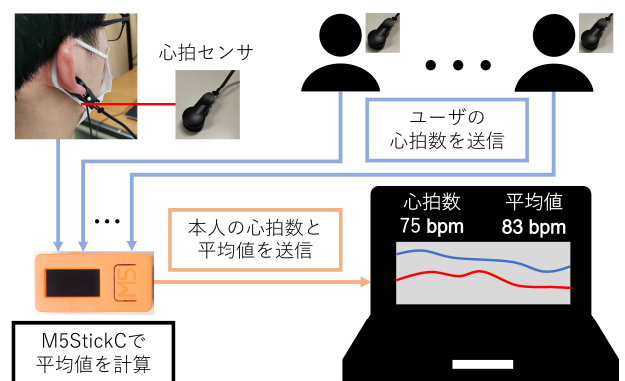


図3 システム構成

他者心拍の表示なし→他者心拍の表示ありの順のグループ(グループ2)に分けて実験を行った。また、被験者の心拍に及ぶ影響を正しく調査するために、実験開始前に被験者に対して心拍情報を見るように促し、心拍情報が恐怖感や緊張を表現することを説明した。

評価は実験中の被験者の心拍数を記録し分析することで行う。実験の各時刻における各被験者の心拍数と平均心拍数をもとに提示された値への近づき度合いを求め、その合

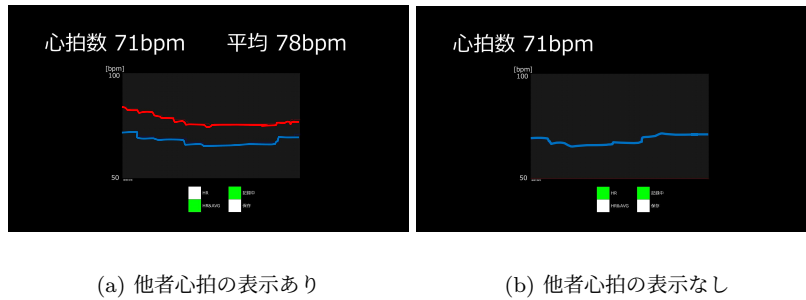


図 4 被験者に提示した PC 画面

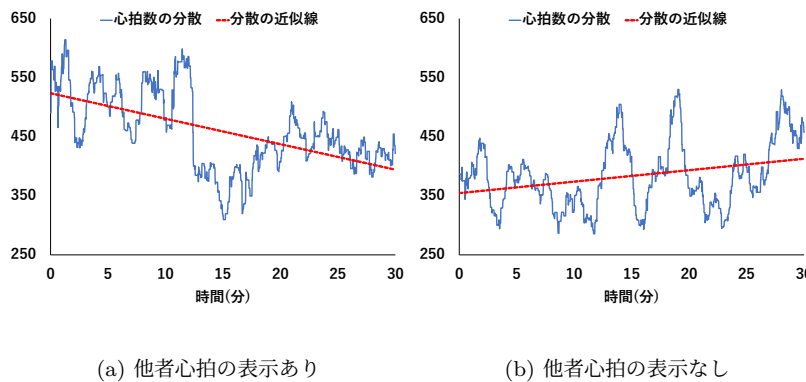


図 5 全被験者の心拍数の分散

計の値を集団の心拍数の分散とする。分散の変化を分析し、表示パターンや表示順序ごとに被験者の心拍数が提示された平均心拍数に近づくか調査することで、他者の心拍情報を見ることによる被験者の心拍への影響を評価する。

各表示パターン終了後に集団への一体感に関するアンケートを行った。「コンテンツ視聴中、集団に対して一体感を感じた」という項目に対して、「まったく当てはまらない」を1、「よく当てはまる」を5とする5段階のリッカート尺度で回答させ、その評価に至った理由を自由記述式のアンケートで取得した。アンケート回答の間に心拍が安静状態に戻り回答に影響を与えることを避けるため回答時間は1分程度とした。また、被験者同士の会話などによるコンテンツ視聴以外の心拍への影響を最小限に抑えるため無言で回答させた。

被験者は20代の男性8名であり、グループ1は4名(被験者A-被験者D)、グループ2は4名(被験者E-被験者H)である。

3.2 実験結果と考察

3.2.1 心拍数の分散と差

集団の心拍数の分散について、他者心拍の表示ありの場合と表示なしの場合の分散の時系列を図5に示す。各時刻において被験者の心拍数と平均心拍数からグループ1、2それぞれの分散を求めて合計した、被験者8名の心拍数の

散らばり度合いの時系列を示すものである。縦軸は被験者8名の心拍数の分散を表し、横軸は時間[分]を表す。被験者本人の心拍数と集団の平均心拍数を提示した場合、集団の心拍数の分散が減少することを確認した。

次に、グループ1、2それぞれについて被験者の心拍数と平均心拍数の差(以下、心拍数の差)を合計した、それぞれ被験者4名の心拍数の平均心拍数への近づき度合いの時系列を図6、図7に示す。縦軸は各グループに属する被験者4名の心拍数の差を表し、横軸は時間[分]を表す。グループ1は集団の平均心拍数を提示した場合には心拍数の差が減少しており、提示がない場合には増加の傾向にあることから、平均心拍数の提示に影響を受けていることがわかる。一方、グループ2は平均心拍数の提示によらず心拍数の差が減少する傾向にある。心拍数の差の時系列について、近似線の傾きは表1の示す通りであり、平均心拍数の提示に影響を受けたと考えられるのは被験者Fのみである。よって、グループ1とグループ2の心拍数の差の変化を比較することでは表示パターンの順序による心拍数への影響を判断できない。

また、提示した平均心拍数より心拍数が高い被験者A、被験者D、被験者F、被験者HをグループHigh、心拍数が低い被験者B、被験者C、被験者E、被験者GをグループLowとし、それぞれについて心拍数の差を合計した、各グループの被験者4名の提示した値への近づき度合いの時系

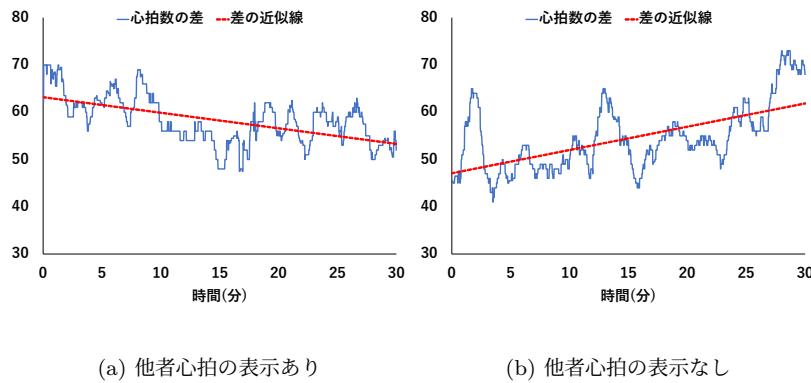


図 6 グループ 1 の心拍数の差

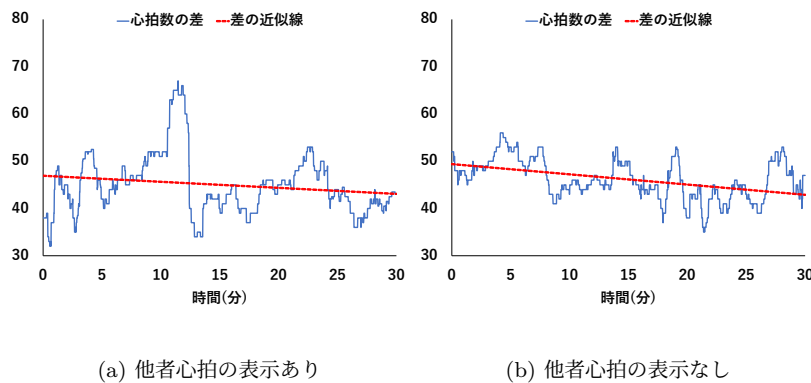


図 7 グループ 2 の心拍数の差

表 1 心拍数の差の時系列の傾き

グループ	被験者	他者心拍の表示	
		あり	なし
2	E	0.0687	0.0297
	F	-0.0246	0.0125
	G	-0.1039	-0.1337
	H	-0.0682	-0.1253

列を図 8, 図 9 に示す。縦軸は各グループに属する被験者 4 名の心拍数の差を表し、横軸は時間 [分] を表す。グループ High とグループ Low のいずれにも他者心拍の表示がある場合に心拍数の差の減少を確認し、特にグループ High はグループ Low に比べて強く影響を受けることがわかった。これは、ホラーコンテンツを視聴する場面において、平均心拍数よりも心拍数が高い被験者は周囲に比べて本人の心拍数が高く反応していると認識し、心拍数が下がるように落ち着きたいという心理から影響を受け、平均心拍数に近づく方向に強く影響を受けて心拍数が減少したと考えられる。一方、平均心拍数よりも心拍数が低い被験者は周囲に比べて心拍数が低いと認識しても、そこから周囲と同様に怖がり心拍数を高めようと焦る心理にはならず、平均心拍数に向かって心拍数が上昇する影響は弱かったと考えられる。これらのことから、ホラーコンテンツの視聴におい

て集団の平均心拍数を提示することは、特に実験中の心拍数が平均心拍数よりも高い被験者の心拍数を平均心拍数に近づけることに有効であると考えられる。

ここで、集団の心拍数の分散の減少が確認できたグループ 1 において、影響を受けやすいと思われるグループ High に属している被験者 A と被験者 D に着目する。被験者 A、被験者 D の心拍数の時系列を図 10, 図 11 に示す。縦軸は被験者本人の心拍数、被験者 8 名の平均心拍数、心拍数の差を表し、横軸は時間 [分] を表す。被験者 A は他者心拍の提示がある場合に心拍数の増加が抑えられ、心拍数の差の近似線の傾きは 0.0361 である。被験者 D は他者心拍が提示される場合に心拍数の差の近似線の傾きが -0.2241 であり、被験者 A よりも大きく減少する。このことから、被験者の心拍数が提示された平均心拍数よりも著しく高い場合、周囲に比べて高い心拍数を抑えようとする心理の影響が強く働き、心拍数が提示した値へとつられやすくなる可能性がある。

このことから、集団の平均心拍数を提示するバイオフィードバックは集団の心拍数の分散を減少させることができ、特に心拍数が著しく高く提示される平均心拍数との乖離が大きい被験者は提示した値につられる影響を強く受ける可能性がある。

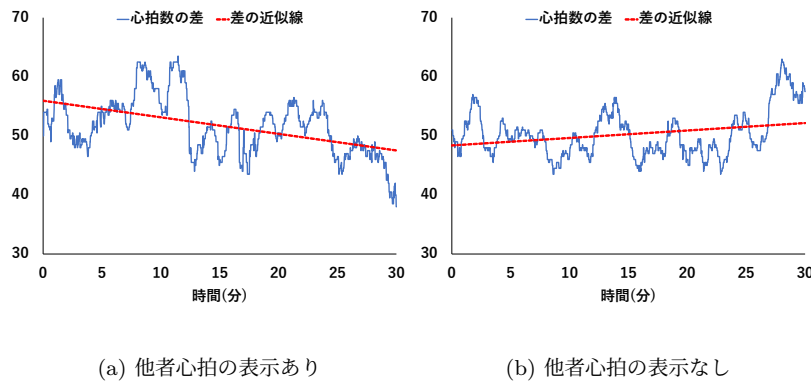


図 8 グループ High の心拍数の差

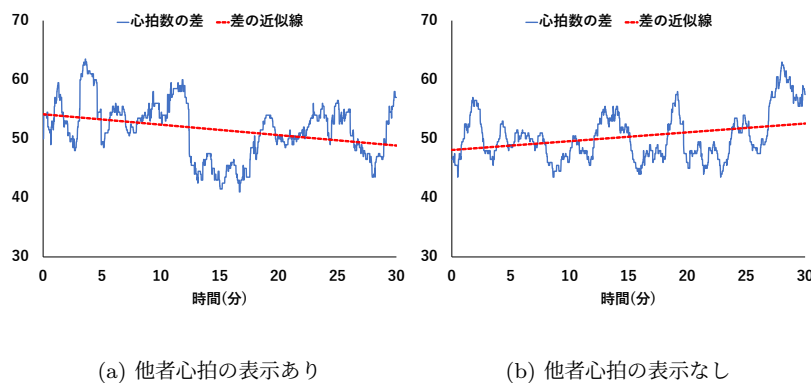


図 9 グループ Low の心拍数の差

3.2.2 恐怖の主観評価

他者心拍の表示ありと表示なしの2つの表示パターンのバイオフィードバックを行う実験において、各表示パターン終了後に被験者が集団への一体感を5段階のリッカート尺度で評価した値の分布を図12に箱ひげ図で示す。参加者間t検定を行った結果、有意差($t(7)=2.5553, p<0.05$)が得られた。従来手法よりも提案手法でバイオフィードバックを行うほうが被験者は集団への一体感を強く感じた。したがって、コンテンツ視聴時に被験者本人の心拍数と他者の平均心拍数を提示するバイオフィードバックは、被験者本人の心拍数のみを提示するバイオフィードバックよりも一体感の創出に有効であると考えられる。

4. 議論

4.1 心拍情報の表示の改善

実験中の被験者の様子や実験後のアンケート結果から、心拍情報の表示について複数の改善点が考えられる。今回の実験では被験者本人の心拍数と集団の平均心拍数をPC画面上に瞬時値と時系列のグラフで表示したが、被験者から心拍情報が視認しづらいという意見があった。被験者はコンテンツと心拍情報を別画面で視認し、さらに提案手法では本人と他者の心拍情報の認識や他者の内面状態の推定

を行う必要があった。これらは被験者の認知負荷が大きく、想定したフィードバックを行えなかった可能性がある。コンテンツ視聴の際に安定したフィードバックを実現するために、コンテンツに心拍情報を重ねて提示する、心拍の拍動に同期して点滅するハートマークに表示を変更するなどの改善を検討する必要がある。

4.2 調査方法の検討

各被験者の心拍の性質に配慮した調査方法について検討する。今回の実験では、事前に被験者の安静時の心拍数を記録せず、実験前の行動に制限を設けなかった。今後は被験者の基礎的な心拍数を考慮してグループを作り、実験前の安静を確保した状態で実験を行うことで、提案手法に対する被験者の心拍の性質による影響を検証する必要がある。また、VDT作業に適切な作業時間を参考にコンテンツの視聴時間を決定したが、心拍を扱う実験に適切な実験時間を設定する必要がある。さらに、コンテンツ視聴中に被験者が心拍情報を視認する様子を記録することで、心拍情報の視認回数や頻度が提案手法の有効性に影響があるかを検証する必要がある。

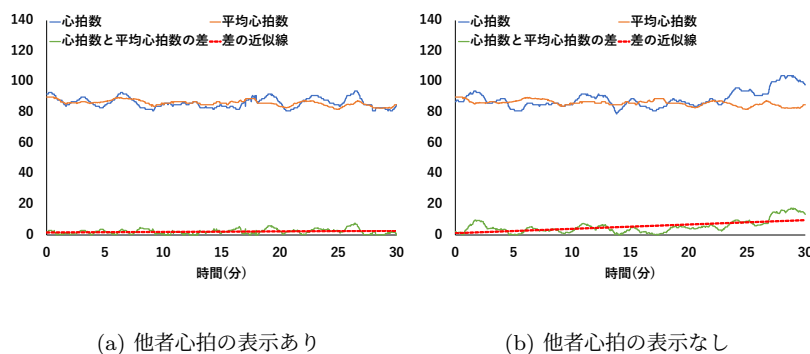


図 10 被験者 A の心拍数の時系列

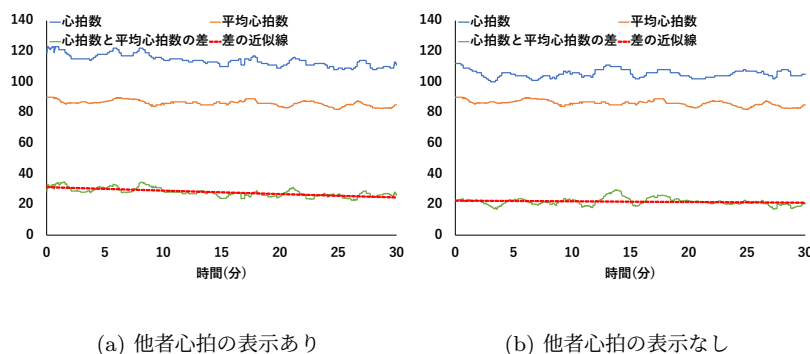


図 11 被験者 D の心拍数の時系列

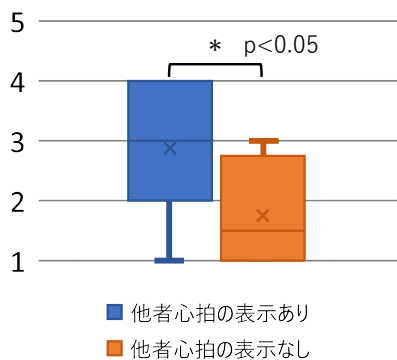


図 12 集団への一体感の評価値の分布

4.3 同期しやすい心拍情報の値の検討

提示する心拍情報について、被験者の心拍数が同期しやすい値を検討する。今回の実験では集団の平均心拍数の値を加工せずに提示した結果、提案手法によって被験者が受ける影響に差が見られた。特に平均心拍数よりも低い心拍数の被験者は他者心拍の表示から受ける影響が弱いと考えられる。被験者本人の心拍数として虚偽の値をフィードバックすると心拍数が変化することが確認されている [6] ので、平均心拍数よりも心拍数が低い被験者に対しては本人の心拍数として実際の値より高い虚偽の値を提示する虚偽情報フィードバックが有効であると考えられる。

4.4 生体情報以外の情報による一体感への影響の排除

生体情報以外の情報による一体感の創出への影響について検討する。実験後のアンケート結果から、コンテンツ視聴中に他の被験者が驚く体の動作に対して一体感を感じた被験者がいることがわかった。被験者同士が最低限視界に入る座席配置に変更するなどにより、心拍情報以外の影響を排除した実験環境を検討する必要がある。

4.5 一体感の評価方法の検討

一体感の評価方法について、被験者の一体感の客観的評価方法を検討する。今回の実験ではアンケートの評価に有意差があったが、同じ実験内で類似した心拍数を記録した複数の被験者が異なる点数で集団への一体感を評価をしていた。アンケートによる回答は主観的評価であり、アンケートのみでは一体感の創出の調査には不十分であると考えられる。主観評価の調査に加えて、共同作業や協力型ゲームを行い経過時間、成績で一体感を客観的に点数化するなどの調査方法の検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、集団の平均心拍数を含めたバイオフィードバックによる集団の心拍数の分散減少手法の提案と、集団がホラーコンテンツを視聴する場合に提案手法が一体感に

及ぼす影響の調査を行った。結果、平均心拍数を提示した場合に集団の心拍数の分散が減少することがわかった。特に実験中の心拍数が平均心拍数より高い被験者は強く影響を受けることが確認できた。また、ホラーコンテンツの視聴において提案手法を用いたバイオフィードバックは集団への一体感の創出に有効な可能性があることがわかった。今後の課題として、認知負荷の低い心拍情報の提示方法へ改善するとともに、被験者の安静時の心拍数や実験外の心拍への影響を考慮した実験設計を行う。また、心拍情報以外の一体感への影響を考慮して実験を行うとともに、客観的な指標を用いて一体感を評価することで一体感の創出への影響をより正確に調査する。

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] 西村千秋: バイオフィードバック, *BME*, Vol. 2, No. 9, pp. 618–625 (1988).
- [2] 平石 久: バイオフィードバック, *医用電子と生体工学*, Vol. 14, No. 4, pp. 279–288 (Aug. 1976).
- [3] N. Guéguen: Mimicry and Seduction: An Evaluation in a Courtship Context, *Social Influence*, Vol. 4, pp. 249–255 (Sep. 2009).
- [4] 渡部 真, 宍戸道明: 視覚と聴覚のバイオフィードバックにおける集中力向上効果の比較検討, *科学・技研研究*, Vol. 5, No. 1, pp. 41–46 (2016).
- [5] D. M. Y. Brown and S. R. Bray: Heart Rate Biofeedback Attenuates Effects of Mental Fatigue on Exercise Performance, *Psychology of Sport and Exercise*, Vol. 41, pp. 70–79 (Mar. 2019).
- [6] 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手法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 54, No. 4, pp. 1433–1441 (Apr. 2013).
- [7] 大森慈子, 千秋紀子: 他者の存在が映像に対する面白さと笑い表情の表出に与える影響, *仁愛大学研究紀要, 人間学部篇*, Vol. 10, pp. 25–31 (2011).
- [8] 宮本正一: 観察者の存在が自己評価反応と心拍とに及ぼす効果, *実験社会心理学研究*, Vol. 29, No. 1, pp. 35–43 (1989).
- [9] 田仲理恵, T. Tessa-Karina, 小西 琢, 板谷聡子, 土井伸一, 山田敬嗣: 他者行動の可視化による行動促進メカニズムの提案, 第 23 回人工知能学会全国大会論文集, pp. 1–4 (2009).
- [10] S. S. Wiltermuth and C. Heath: Synchrony and Cooperation, *Psychological Science*, Vol. 20, No. 1, pp. 1–5 (Jan. 2009).
- [11] Y. Golland, Y. Arzouan, and N. Levit-Binnun: The Mere Co-Presence: Synchronization of Autonomic Signals and Emotional Responses across Co-Present Individuals Not Engaged in Direct Interaction, *PLOS ONE*, Vol. 10, No. 5 (May 2015).
- [12] I. Gordon, A. Gilboa, S. Cohen, and T. Kleinfeld: The Relationship between Physiological Synchrony and Motion Energy Synchrony during a Joint Group Drumming Task, *Physiology & Behavior*, Vol. 224 (Oct. 2020).
- [13] P. Mitkidis, J. J. McGraw, A. Roepstorff, and S. Wallot: Building Trust: Heart Rate Synchrony and Arousal during Joint Action Increased by Public Goods Game, *Physiology & Behavior*, Vol. 149, pp. 101–106 (Oct. 2015).
- [14] 隈元美貴子, 柳田元継, 保富貞宏, 西田綾美, 玄 松玉, 杜 小沛, M. M. O. Rodis, 假谷直之, 西村美智子, 松村誠士, 下野 勉: ストレスおよびその回復の評価法に関する研究—鼻部皮膚温度と知覚レベルおよび心理状態—, *小児歯科学雑誌*, Vol. 46, No. 5, pp. 578–584 (2008).
- [15] B. T. Jap, S. Lal, P. Fischer, and E. Bekiaris: Using EEG Spectral Components to Assess Algorithms for Detecting Fatigue, *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 2, pp. 2352–2359 (Mar. 2009).
- [16] N. Hjortskov, D. Rissén, A. K. Blangsted, N. Fallentin, U. Lundberg, and K. Søgaard: The Effect of Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure during Computer Work, *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 92, No. 1–2, pp. 84–89 (June 2004).
- [17] Seeed studio: Grove - Ear-clip Heart Rate Sensor, https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Ear-clip-Heart_Rate_Sensor/.
- [18] M5Stack: M5StickC, <https://docs.m5stack.com/en/core/m5stickc>.
- [19] Processing, <https://processing.org/>.
- [20] アートポート: テケテケ, https://www.amazon.co.jp/gp/video/detail/B07KZLZFRB/ref=atv_dp_amz_det_c_Z0r2A3_1_1.
- [21] 堀江良典: VDT 作業における一連続作業時間と休憩に関する研究, *人間工学*, Vol. 23, No. 6, pp. 373–383 (1987).