

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

中 村 憲 史^{†1} 片 山 拓 也^{†1}
寺 田 努^{†1,*1} 塚 本 昌 彦^{†1}

近年、生活様式の変化に伴い、人々の健康管理サービスに対する関心が高まっている。また、ウェアラブルコンピューティングの発展によりリアルタイムに情報を確認できる健康管理サービスが多数提案されている。このようなサービスの普及により、人は自分の体調を提示される情報から判断するようになりつつある。一方、医学の分野では、思い込みが身体に影響を及ぼすという事例があり、これはプラセボ効果と呼ばれる。そこで本研究では、健康管理サービスにおいて本来の生体情報の測定値に処理を加えた虚偽情報を提示し、プラセボ効果を引き起こして生体情報を操作するシステムを提案する。プロトタイプシステムの評価結果より虚偽情報によって心拍数を操作できる可能性が示唆された。

Evaluation on Effect of Presenting False Information for Biological Information Visualization Systems

KENJI NAKAMURA,^{†1} TAKUYA KATAYAMA,^{†1}
TSUTOMU TERADA^{†1,*1} and MASAHIKO TSUKAMOTO^{†1}

Recently, the increase of concern on health care services leads many proposals on health management services that present real-time biological information as the spread of wearable computing. These services make people judge their condition from the presented biological information. On the other hand, in medical field, the placebo effect is well known, which is the effect that people's condition is influenced by sham medical invention. In this research, we propose a system that controls biological information by presenting false information to realize placebo effects. From the results of experimental evaluation, we confirmed that there is a possibility that we can control the heart rate by presenting false information.

1. はじめに

近年、生活様式の欧米化による肉食の増加に伴い、今まで日本人に見られなかった大腸がんや乳がんの発病者が増加している。この事例以外にも、現在人々は健康面におけるさまざまな問題に直面しており、人々の健康管理サービスに対する関心が高まっている。また、コンピュータの小型化・高性能化により、コンピュータを常に体に装着し、いつでもどこでも情報を得られるウェアラブルコンピューティングに注目が集まっている。ウェアラブルコンピューティング環境ではセンサを常時身につけて日常生活の中で常時センシングを行いながらリアルタイムに生体情報を確認できるようになっており、生体情報を健康管理に活かしたサービスが多数提供されている。例えば、カロリーズム¹⁾は常時小型の装着型デバイスを身につけ、間接熱量と3軸加速度の値から消費カロリーを測定して提示する。このような健康管理サービスにおいて、人は自己の体調等を提示される情報により判断し、提示内容に疑うことはほとんどない。一方、医学の分野では、本物の薬と外見が同じで薬効がない偽薬を本物の薬と思い込ませた上で服用させることがある。偽薬なのでそれ自体に症状を改善する効果はないが、本物の薬であると思い込むことにより症状が改善される例がある。これはプラセボ効果と呼ばれる²⁾。これらのことから、生体情報を提示する健康管理サービスにおいてセンシングされた値と異なる値(以下、虚偽情報)を提示しても、提示内容が正しいという思い込みが働いて身体に影響を与えられる可能性がある。そこで、本研究ではセンサから得られた測定値に対して処理を加えて、虚偽情報として提示することで生体情報の操作を行うシステムを提案する。提案システムにより、日常生活において様々な効果が期待される。以下に提示する生体情報として心拍数を例にとって具体例を挙げる。重要な会議やプレゼンテーションの場では、緊張状態に至りやすく、その影響で意図した通りの発表を行えない可能性がある。しかし、心拍数の上昇から緊張状態を検知した際でも心拍数はあまり変わっていないという虚偽情報を提示すれば、実際の心拍数も低下し、落ち着きを取り戻して円滑に発表を行えるかもしれない。また、居眠り運転が原因の交通事故が多数発生しているが、急な眠気を催しても眠気により生じる心拍数の下降を妨げて眠気を覚ますことで、事故を未然に防ぎ、安全に車の運転を行える。さらに、運動時では運動の目的により最適とされる

^{†1} 神戸大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Kobe University

*1 現在、科学技術振興機構さきがけ

Presently with PRESTO, Japan Science and Technology Agency

心拍数は異なる．心拍数の操作が実現すれば目的にあった心拍数を維持して運動を行える．本研究では，心拍数を操作するための虚偽情報を提示するシステムを実装し，緊張時と運動時を例にとり，虚偽情報が生体情報に与える効果の検証を行った．検証の結果より，心拍数を操作できる可能性を確認した．以下，2 章では関連研究について説明し，3 章で提案手法について述べる．4 章で実装したシステムについて説明し，5 章で評価実験について述べる．最後に 6 章でまとめを行う．

2. 関連研究

コンピュータやセンサ，記録デバイスの小型化・高性能化や無線通信技術の発展により，コンピュータを装着して利用するウェアラブルコンピューティングが注目され，様々なセンサを組み込むことで，日常生活における生体情報を収集できるようになった．センシングされた情報からユーザがどのような状態にあるか推定する状況認識技術^{3),4)} は，治療支援，健康管理支援，早期異常検知⁵⁾ など様々なサービス実現の基礎となるため，生体情報について様々な点から研究が行われている．

まず，生体情報の取得に関する関連研究を述べる．ウェアラブルコンピューティングの利点は日常生活において常時利用できる点である．鈴木らの LifeMinder⁶⁾ は，腕時計型生体センサを用いて，手首の加速度・脈波・皮膚温・皮膚電気反射 (GSR: Galvanic Skin Reflex) を取得し，日常生活におけるユーザの生活状況を認識し，健康管理を支援するシステムである．また，Asada らは，従来では限られた場所で一時的なデータしか記録できなかった血圧をいつでも記録できるウェアラブル血圧計⁷⁾ を開発した．これらの研究により，様々な生体情報を常時取得できるようになった．

複数のセンサデータを長時間取得し続けると，膨大なデータ量を扱うことになり，ユーザの異常に即時に対応するのが難しい．そのため，センサデータの処理に関する研究も多数行われている．小林らの健康支援システム⁸⁾ は多数の対象者の健康状態を見守る共生健康支援システムにおいて，データストリームマイニングとセンサネットワークの流量調整を組み合わせることにより，深刻な体調急変にも即座に対応し，ユーザ数が増加しても生体情報を効果的に獲得できる．また，榎らのウェアラブル生体情報記録システム⁹⁾ は，ユーザが心臓に異常を感じてから，前後 2 分間の心音図をホストコンピューティングに記録し，家族や医師に自動的に送信するようになっており，緊急時にも即時対応できる．これらの研究によって膨大な生体情報から必要な情報を効率よく取得でき，医師との連携も取りやすくなる．

さらに，様々な場面で取得できるようになった生体情報の活用方法についても多数研究さ

れている．Iwasaki らの Affectphone¹⁰⁾ は生体情報を利用した新しいコミュニケーションシステムである．GSR を取得しペルチェ素子を用いて温度提示を行い，相手の心理状況を温度変化として自然に感取できる．他にも，柳原らは車のハンドルに取り付けた心拍センサにより眠気を予測するシステム¹¹⁾ を提案している．この研究では，心拍数により平常・緊張・眠気を判定できると示唆しており，客観的に感知された眠気を自覚することで事故を未然に防止する．このような研究により，生体情報の利用頻度が高まり，健康管理システムとして様々なサービスが浸透しており，人々は生体情報の提示が便利なものであるという意識をもちつつあるといえる．

一方，プラセボ（偽薬）は，新薬の効果を調べる 2 重盲検という臨床試験において比較対象として用いられる．本物の新薬と比較するために区別のつかないプラセボを作り，新薬を投与する患者の群とプラセボを投与する患者の群に分けて，新薬とプラセボとの効果を比較する．しかし，薬効成分を含まないプラセボをよく効く薬だと偽って投与された場合，患者の病状が良好に向かう治療効果や副作用などの有害事象が発生する事例がある．これをプラセボ効果（またはブラシーボ効果）と呼ぶ．森昇子らは重心動揺におけるプラセボ効果の検討¹²⁾ を行っている．重心動揺とは身体のバランスの保持の状態を客観的に表現したものであり，様々な心理的・精神的負荷に影響され，容易に変動する．これによると，重心動揺を抑えるという偽薬を飲ませると身体に影響があることが示唆されている．また，T. J. Kaptchuk らはプラセボをプラセボと認識して服用しても，効果が生じることを発表した¹³⁾．これは医師がプラセボを投薬するという儀式的な医療行為が特異的效果を有しているからだと推測されている．それに対して本研究は，正確な値を測定するという認識をユーザが抱いているセンサを「医者」，提示する虚偽情報を「プラセボ」に見立てることでプラセボ効果と同じ効果を目指す．

3. 提案手法

本研究では日常生活において生体情報を常時提示する健康サービス上で動作するシステムを想定している．システム構成を図 1 に示す．システムは通常は装着したセンサから得られる値をそのまま提示するが，生体情報の操作が必要な場面では虚偽情報を提示する．被験者は提示されている生体情報の値は間違っていないという先入観があるため，被験者は提示されている虚偽情報を正しい生体情報であると思い込むと考えられる．この思い込みによるプラセボ効果を利用して，意図的な生体情報の操作を行うことがシステムの目的である．

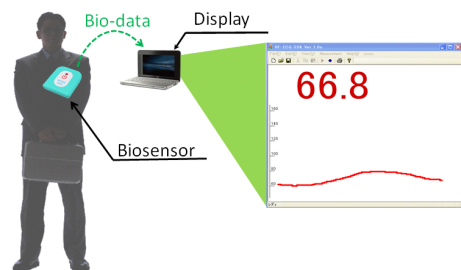


図 1 システム構成
Fig.1 System configuration

3.1 心拍数提示システム

本研究では、操作対象となる生体情報として心拍数を取りあげる。心拍数はユーザの健康状態や心理状態に関して有用な情報を含んでいるため、心拍数の操作によって多くのサービスが実現できる。例えば、人は交感神経が高まると心拍数が上昇し、副交感神経が高まると心拍数は低下する。交感神経は、緊張・興奮状態やストレスを感じている時に働く。つまり、心拍数から緊張の程度が分かり、心拍数を操作すればその度合を制御できる。また、安静時の心拍数が平均より高い人は低い人と比べ死亡率が高いことが報告されている。つまり、ストレスを感じ交感神経が高まって心拍数が上昇してしまうのは、健康上望ましくない。そこで、ストレスを感知したら心拍数を下げる健康管理サービスが実現できる。さらに、有酸素運動を行う時や肺活量を強化する時など、運動の目的により適正とされる心拍数は異なるため、一般的には目的に応じて負荷を調整することが望ましいが、それには専門知識が必要であり、煩わしい作業である。提案システムを用いて心拍数を操作すれば、運動の目的に対して最適な心拍数を容易に維持できる。

3.2 虚偽情報

提示する心拍数を正しいと思い込ませるために、虚偽情報の提示には自然な変化が必要である。そのためには被験者の生体情報の変化に応じた虚偽情報を提示しなければならない。以下に、提案する 4 種類の虚偽情報の生成手法と、それによって期待されるユーザの生体情報の変化を示す。

- (1) 隠蔽: 図 2 のように、センサ値の異常を検知した場合に平常値と同じ値を提示し続ける。ユーザは同じ値を提示されているので、身体の変化に気づかず、生体情報のセンサ値は平常値に戻ると予想される。

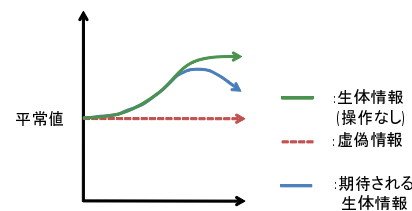


図 2 隠蔽
Fig.2 Hiding

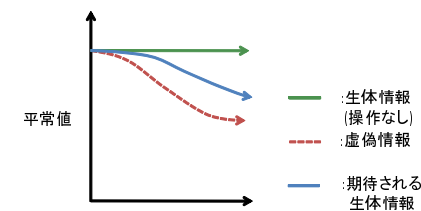


図 3 緩和
Fig.3 Relaxation

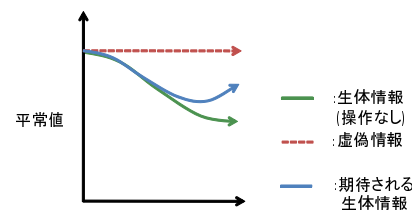


図 4 維持
Fig.4 Keeping

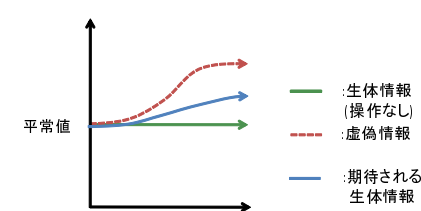


図 5 発起
Fig.5 Raising

- (2) 緩和: 図 3 のように、異常値を示し続けている場合に平常値に近づくように値を加工する。ユーザは異常状態が緩和の方向に向かっていると錯覚し、生体情報のセンサ値が平常値に近づく予想される。
- (3) 維持: 図 4 のように、異常値から平常値に近づく場合に異常値を持続しているように値を加工する。ユーザは異常値を提示されているので、身体は異常状態がまだ続いていると錯覚し、生体情報のセンサ値が異常値をとり続けると予想される。
- (4) 発起: 図 5 のように、平常状態が続いている場合に徐々に異常値を示すように値を加工する。ユーザは身体が異常状態に陥ったと錯覚し、生体情報のセンサ値が異常値をとるようになると予想される。

提案システムではこれら 4 種類の虚偽情報を組み合わせることで意図する生体情報の操作を目指す。

4. 評価

本研究では、前述したシステムの有効性を検証するために、各種の虚偽情報を提示した際の心拍数の変化について、提案システムのプロトタイプを用いて評価を行った。ここで、本稿では心拍数を操作する場面として運動時と緊張時を採用した。

4.1 評価に用いたシステム

虚偽情報を提示するプロトタイプシステムを実装した。本稿では、虚偽情報の身体への影響を Wizard-of-Oz 法を用いて検証を行う¹⁴⁾。Wizard-of-Oz 法とは、人間 (Wizard) がシステムのふりをして被験者と対話することで、実際のシステムとの対話に近いデータを取得する手法である。被験者には、センサから取得された心拍数を提示していると申告しておくが、実際には被験者の心拍数の状況に合わせて心拍数を操作した虚偽情報を提示する。以下に、プロトタイプシステムの詳細を示す。

まず、心拍数を取得するために生体センサとして常時心電図を計測できる GM3 社の RF-ECG¹⁵⁾ を用いる。このセンサは小型かつワイヤレス接続なので、胸につけるだけで筋肉または神経組織内の生体電気信号を検知して心電を計測できる。

次に虚偽情報生成方法として、キーボードの操作により本来の心拍数に ± 1 ずつ数値を付加できるようにした。これにより前述した 4 種類の虚偽情報を生成する。被験者にはこの操作された虚偽の心拍数の数値と遷移を提示する。また、この操作は無線キーボードを用いて遠隔から行い、情報提示は被験者が常に心拍数を確認できるように常に目視できる場所に行う。

4.2 運動時の評価

運動時における提案システムの有用性の検証として 20 代の男子大学生 5 名がエアロバイクを用いて運動をした際の心拍数の変化を取得した。2 回の 10 分の運動の間に 5 分の休憩を挟んだ計 25 分を 1 セットとし、計 4 セットを行った。ここで、表 1 に示すように、各セット内の前半と後半でエアロバイクの目標回転数 (2 種類) と提示内容 (2 種類) を変化させた。表 1 中の rpm (rotation per minute) とは、回転などの周期的現象が 1 分間に繰り返される回数を示す単位である。また、心拍数の提示画面はエアロバイクの正面に置いた。

提示内容

まず、1・2 セット目は前半に 60rpm で、後半に 80rpm で走る。1 セット目の後半の運動開始から 1 分毎に心拍数を 1 ずつ上げた値を虚偽情報として提示する。これは、3 章で述べた虚偽情報提示手法のうちの発起にあたる。この心拍数の上昇を被験者は負荷の上昇による

表 1 運動項目

Table 1 Contents of exercising

	運動	休憩	運動
第 1 セット	10 分 (60rpm)	5 分	10 分 (80rpm)+虚偽情報
第 2 セット	10 分 (60rpm)	5 分	10 分 (80rpm)
第 3 セット	10 分 (80rpm)	5 分	10 分 (60rpm)
第 4 セット	10 分 (80rpm)	5 分	10 分 (60rpm)+虚偽情報

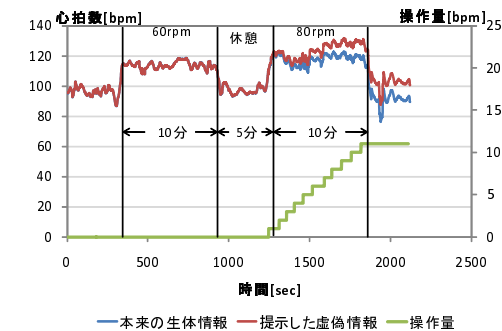


図 6 心拍数の変化 (被験者 A の 1 セット目)

Fig. 6 Change in heart rate (first trial for participant A)

ものと錯覚し、追隨して実際の心拍も上昇すると予想される。2 セット目は、虚偽情報を提示せずに実際の値を被験者に提示した。これは 1 セット目の虚偽情報を提示した場合との比較対象となる。

3・4 セット目は 1・2 セット目と異なり、前半に 80rpm で、後半に 60rpm で走る。3 セット目は虚偽情報を提示せず、実際の値を被験者に提示した。4 セット目は 3 セット目の比較対象として、後半の運動開始から心拍数を 1 分毎に 1 ずつ下げて提示する。これは前章で述べた緩和にあたる。この心拍数の下降を被験者は運動に対する慣れによるものと錯覚し、実際の心拍数も徐々に下降すると予想される。

結果

取得した心拍の例として被験者 A の 1 セット目のグラフを図 6 に示す。運動中における心拍数を対象とし、心拍数ごとの 10 秒間における虚偽情報の変化量の 1 次近似的傾きの平均と、同じ 10 秒間における心拍数の変化量の 1 次近似的傾きの平均を求めた。結果を表 2

表 2 運動時の心拍数の変化
Table 2 Change in heart rate in exercising

被験者	心拍数の傾き							
	1 セット目		2 セット目		3 セット目		4 セット目	
	60rpm 0 集計	80rpm +0.1 集計	60rpm 0 集計	80rpm 0 集計	80rpm 0 集計	60rpm 0 集計	80rpm 0 集計	60rpm -0.1 集計
A	-0.0015	0.0312	-0.0015	-0.0053	-0.0008	0.0042	0.0101	-0.1018
B	0.0114	0.0034	0.0145	0.0144	0.0283	0.0098	0.0135	-0.2274
C	0.0305	0.0202	-0.0082	0.0154	-0.0128	-0.0007	0.0229	0.0035
D	0.0185	0.3326	0.0184	0.0257	0.0040	-0.0002	-0.0071	0.1854
E	0.0254	-0.1169	-0.0052	0.0044	0.0008	0.0064	0.0011	-0.0911

に示す．+0.1 集計とは 10 秒間に加えた虚偽情報の変化量が+1であることを示し，0 集計とは 10 秒間虚偽情報を加えていないことを示している．以下で，虚偽情報として発起，緩和を提示した際の影響について考察する．

(1) 発起による影響

1 セット目の 80rpm 時に提示した発起の虚偽情報による影響を確認するために，1 セット目の 80rpm 時における 0.1 集計の心拍数の傾きと，2・3・4 セット目の 80rpm 時における 0 集計の心拍数の傾きを比較する．発起の虚偽情報を提示した 1 セット目の値は，センサ値をそのまま提示する 2・3・4 セット目の値に比べて高い値を取ると予想されたが，実際に 1 セット目の値が高くなったのは全 15 回の試行のうち 8 回であった．この 8 回分のデータに対して有意水準 5 % の t 検定を行った結果，被験者 D の 2 セット目 ($p=3.07E-2$)，3 セット目 ($p=1.14E-2$) と 4 セット目 ($p=3.68E-3$) の 3 回の試行において 1 セット目の値との間に有意差がみられた．これから被験者 D に対しては発起の虚偽情報が有効に働いたと考えられる．一方で，予想に反して全 15 回のうち 7 回の試行において 1 セット目の値が 2・3・4 セット目の値を下回る結果になった．特に，被験者 B と E については発起の虚偽情報を提示した際の方が他の全ての試行の値を下回った．その理由として，疲労の蓄積による心拍数の上昇や，発起の虚偽情報によって上昇していく心拍を下げようとする心理的作用が働いた可能性が考えられる．

(2) 緩和による影響

4 セット目の 60rpm 時に提示した緩和の虚偽情報による影響を確認するために，4 セット目の 60rpm 時における -0.1 集計の心拍数の傾きと，1・2・3 セット目の 60rpm

時における 0 集計の心拍数の傾きを比較する．緩和の虚偽情報を提示した 4 セット目の値は，センサ値をそのまま提示する 1・2・3 セット目の値に比べて低い値を取ると予想され，実際に 4 セット目の値が低くなったのは全 15 回の試行のうち 10 回であった．この 10 回分のデータに対して有意水準 5 % の t 検定を行った結果，被験者 A の 1 セット目 ($p=1.41E-6$)，2 セット目 ($p=5.75E-5$) と 3 セット目 ($p=6.47E-4$) と，被験者 B の 1 セット目 ($p=2.22E-19$)，2 セット目 ($p=7.09E-6$) と 3 セット目 ($p=4.46E-6$) と，被験者 E の 1 セット目 ($p=3.78E-2$) と 3 セット目 ($p=1.30E-2$) の 8 回の施工において 4 セット目の値との間に有意差がみられた．これらから半数以上被験者には緩和の虚偽情報が有効であり，それによって何らかの影響を受けて心拍数が下降したと考えられる．一方で，予想に反して 5 回の試行において 4 セット目の値が 1・2・3 セット目の値を上回る結果になった．さらに，その 5 回の試行中，被験者 D の 1 セット目 ($p=3.36E-7$)，2 セット目 ($p=1.55E-10$) と 3 セット目 ($p=3.64E-7$) の 3 回の試行において 4 セット目の値との間に有意差がみられた．その理由も，疲労の蓄積などによるものであると考えられる．

(3) 個人による影響

提案システムの与える影響の個人差について述べる．個人ごとのデータを分析すると以下の 4 パターンに分類される．

第一に，あらかじめ想定していた通りの心拍数の変化が起こった例である．被験者 A は全ての試行において，あらかじめ想定していた通りの心拍数の変化が起こり，さらに緩和の虚偽情報の影響が全ての試行において認められた．

第二に，緩和には想定通りの影響を受けるが，発起には想定とは逆向きの影響を受ける例である．被験者 B の全ての試行，被験者 E の 1 セット目と 3 セット目に想定していた通りの緩和の虚偽情報の影響が認められたが，発起の虚偽情報では全ての試行で有意差認められなかったものの想定とは逆向きの影響がみられた．彼らは自己の心拍数が徐々に上げていく様子を見た際に，自分の心拍数を抑えようという心理的作用が働いたと予想される．

第三に，発起には想定通りの影響を受けるが，緩和には想定とは逆向きの影響を受ける例である．被験者 D の全ての試行において何らかの虚偽情報の影響が認められた．彼が緩和の虚偽情報を見た際に，徐々に下がっていると提示されている心拍数を維持しようという気持ちが働いた可能性がある．

最後に，特に影響を受けない例である．被験者 C がそれにあたる．彼は全ての試行に

において虚偽情報を見た時と見ていない時の差が認められなかった。この理由として、被験者がセンサの値を信じきっていない、どの程度の心拍数が基本かを把握していない、などが考えられる。

以上より、虚偽情報に対する影響は個人ごとに異なるものの一貫した傾向があるので、それを考慮することで心拍数を操作できる可能性がある。

4.3 緊張時の評価

緊張時における提案システムの効果を評価するため、被験者に多数の人の前でプレゼンテーションを2回行ってもらった際の心拍数の変化を取得した。1回目はセンサ値から計算される本来の心拍数を被験者に提示し、2回目は状況に合わせて虚偽情報を提示した。この実験は、20代の男子大学生2人を被験者として行った。

提示内容

被験者には、緊張状態に至りやすい人と至りにくい人が存在すると考える。緊張状態に至りやすい人は心拍数の大きな変化が予想される。その場合に提示する虚偽情報として、前章で述べた隠蔽、維持、緩和が適用できる。隠蔽の場合は、緊張状態に至る前の心拍数を、緊張状態に至ってもそのまま提示し、維持の場合は、緊張状態が次第に緩和し心拍数が下降しても、緊張状態の心拍数をそのまま提示する。また、緩和の場合は、緊張状態に至った際に心拍数を次第に下降させるように虚偽情報を提示する。一方、緊張状態に至りにくい人は心拍数の変化はあまりないと想定される。その場合に提示する虚偽情報として、前章で述べた発起が適用できる。この場合、平常状態であるが心拍数を次第に上昇させて提示し、緊張状態に至ったように提示する。しかし、実際にプレゼンテーションを行わないと被験者の心拍数がどの状態に至るか分からない。そのため、常に心拍数を監視し、適宜その状態に適した虚偽情報を提示する。

結果

1回目と2回目の被験者Aのプレゼンテーションにおける心拍数の変化をそれぞれ図7、図8に示す。1回目と2回目の被験者Bのプレゼンテーションにおける心拍数の変化を図9、図10に示す。ここで、プレゼンテーションにおいて、発表開始前、発表中と質疑中ではそれぞれ緊張の度合いは異なると考え、データを発表前と発表中と質疑中の3つに分けて比較した。

まず、1回目の状態を分析し、提示する虚偽情報を決定した。被験者Aは1回目の発表が始まると同時に心拍数が上昇して緊張状態になったと考えられる。また、質疑が終わる頃には心拍数はプレゼンテーション開始前に近い値まで落ち着いている。そこで、2回目は図8

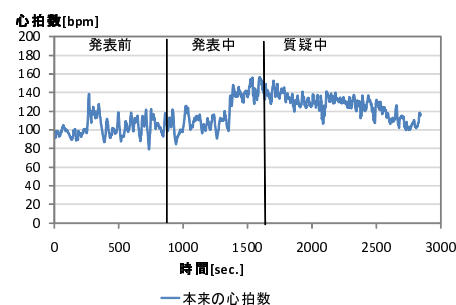


図7 被験者Aの心拍数の変化(1回目)

Fig.7 Change in heart rate of participant A at the first trial

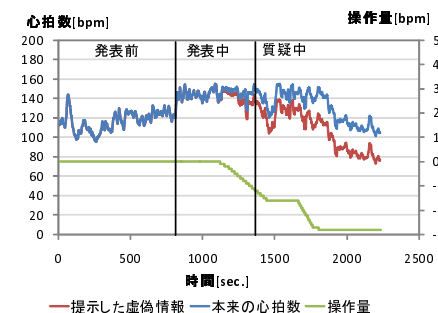


図8 被験者Aの心拍数の変化(2回目)

Fig.8 Change in heart rate of participant A at the second trial

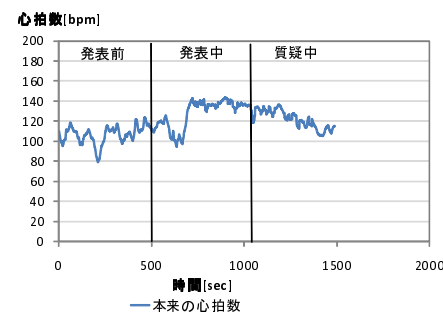


図9 被験者Bの心拍数の変化(1回目)

Fig.9 Change in heart rate of participant B at the first trial

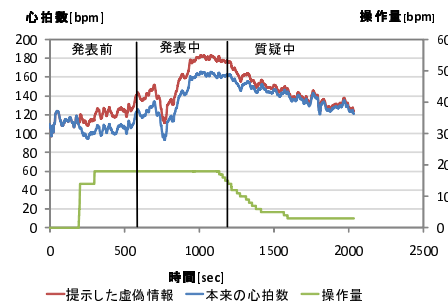


図10 被験者Bの心拍数の変化(2回目)

Fig.10 Change in heart rate of participant B at the second trial

に示すように、被験者Aが緊張状態に至った際に緩和の虚偽情報を提示した。具体的には、発表と質疑の途中の2回について、心拍数に負の値を加えた値を提示する。それによって、被験者Aは緊張状態が緩和したと錯覚し、徐々に心拍数が下がると予想される。被験者Bも同様に、1回目は発表開始後に心拍数が上昇して緊張状態になったと考えられる。そこで、2回目は緊張状態に陥る発表前に正の方向に数値を加えて発起の虚偽情報を提示し、発表中に操作量を減らして緩和の虚偽情報を提示した。それによって、発表前は緊張を自覚して1回目よりも高い心拍数を取るが、発表開始後は徐々に心拍数が低下し落ち着きを取り戻すと

表 3 プレゼンテーション時の心拍数の変化
Table 3 Change in heart rate in presentation for presenter A

タイミング	心拍数の傾き：データの個数			
	1 回目		2 回目	
発表前	0 集計	0.0559 : 2178	0 集計	0.0419 : 1573
発表中	0 集計	0.0655 : 2034	0 集計	0.0592 : 1218
			-0.1 集計	-0.2443 : 132
			-0.2 集計	0.0277 : 120
質疑中	0 集計	-0.0102 : 1302	0 集計	0.0021 : 1507
			-0.1 集計	-0.2529 : 111
			-0.2 集計	-0.1142 : 109

予想される．運動時と同じように 10 秒間における虚偽情報の変化量の 1 次近似の傾きの平均と，心拍数の変化量の 1 次近似の傾きの平均を数値化したものと各集計におけるデータの個数を，被験者 A，B のデータとしてそれぞれ表 3 と表 4 に示す．

(1) 緩和による影響

緩和による影響を考察する．1 回目の発表中の 0 集計に対して 2 回目の発表中の負の傾きをもったデータ（被験者 A の -0.1 ~ -0.2 集計，被験者 B の -0.1 ~ -0.4 集計）と比較し，また，1 回目の質疑中の 0 集計に対して 2 回目の質疑中の負の傾きをもったデータ（被験者 A，B の -0.1，-0.2 集計）と比較する．まず発表中であるが，被験者 B の -0.4 集計と -0.3 集計はデータ数がごく少ない．比較対象として省くべきであると考えられる．4 個中全てのデータが 0 集計に対し傾きが下降している．この 4 個のデータに対し有意水準 5 % の t 検定を行ったところ，被験者 A の -0.1 集計 ($p=0.000206$) に有意差がみられた．これは，提案システムにより被験者 A が発表時における緊張状態による心拍数の上昇を抑制できていることを示している．次に質疑中であるが，4 個のデータのうち被験者 A の 2 個のデータが 0 集計に対し傾きが下降している．この 2 個のデータに対して有意水準 5 % の t 検定を行ったところ，被験者 A の -0.1 集計 ($p=-0.25293$) に有意差があった．これは提案システムにより質疑中における緊張状態による心拍数の上昇を抑制できていることを示している．

(2) 発起による影響

発起による影響を考察する．1 回目の開始前の 0 集計に対して 2 回目の発表前の正の傾きをもったデータ（被験者 B の 0.1 ~ 1.4 集計）と比較する．しかし，図 10 から分かるように，急激な正の方向への操作を加えており，正の方向に変化量があった時

表 4 プレゼンテーション時の心拍数の変化
Table 4 Change in heart rate in presentation for presenter B

タイミング	心拍数の傾き：データの個数			
	1 回目		2 回目	
発表前	0 集計	0.0232 : 1192	1.4 集計	-0.4385 : 3
			1.3 集計	-0.3702 : 3
			1.2 集計	-0.3575 : 2
			1.1 集計	-0.2611 : 3
			1.0 集計	-0.3036 : 2
			0.9 集計	-0.5429 : 1
			0.8 集計	-0.3074 : 2
			0.7 集計	-0.3090 : 2
			0.6 集計	-0.4175 : 3
			0.5 集計	-0.0060 : 9
			0.4 集計	0.0361 : 6
			0.3 集計	-0.2020 : 6
			0.2 集計	-0.0881 : 4
			0.1 集計	-0.1773 : 6
			0 集計	0.0713 : 2236
発表中	0 集計	0.0449 : 1325	0 集計	-0.0467 : 853
			-0.1 集計	-0.0386 : 88
			-0.2 集計	-0.0053 : 110
			-0.3 集計	-0.4142 : 8
			-0.4 集計	-0.4628 : 3
質疑中	0 集計	-0.0508 : 413	0 集計	-0.0396 : 1027
			-0.1 集計	0.1535 : 17
			-0.2 集計	0.2408 : 17

間は非常に短くなっているため，表 4 に示すように正の傾きをもったデータはごく少ない．よって，それらは比較対象として省くべきであると考えられる．しかし，急激な正方向への操作は後の 0 集計に影響を与えていると考えられる．実際に 2 回目の 0 集計は 1 回目の 0 集計よりも傾きが上昇している．また，有意水準 5 % の t 検定を行うと有意差がみられた ($p=0.0092249$)．これは発起により心拍数が上昇した可能性があることを示している．また，最大心拍数について考察すると，被験者 A は，1 回目と 2 回目の緊張状態における最大心拍数は 155.66bpm と 154.81bpm でほぼ同じとなっている一方で，被験者 B は 1 回目の最大心拍数の 144bpm に比べ，2 回目の最大心拍数は 165.33bpm であり，21.33bpm 高くなっている．これは発起により，

1 回目よりも極度の緊張を自覚することにより、緊張状態がさらに高まった結果であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、医学におけるプラセボ効果を応用し、装着したセンサから得られる生体情報の値に対して処理を加え、虚偽情報としてユーザに提示することで、ユーザの思い込みを利用して生体情報を操作するシステムを構築した。また、得られた生体情報に対する虚偽情報の提示手法を提案した。本稿では、提案システムを用いて操作する生体情報として心拍数を取り上げ、運動時と緊張時において提示した虚偽情報がユーザに与える影響を調査した。これにより、運動時における目的に応じた適切な心拍数の維持や、緊張状態に至った際の緊張の緩和が実現できる可能性を確認した。しかし、我々の予想に反した心拍数の動きとは逆の動きを取った事例も存在した。これは、疲労の蓄積などの個人差や実験環境に問題があったと考えられる。そこで、今後は評価実験を続け、操作される人の割合や個人差の生まれる原因を追究する必要がある。また、提案した4つの虚偽情報提示手法の与える影響や有効性の差についても調査を行う。さらに、心拍数以外の生体情報についても評価を行い、操作できる生体情報の種類についても考察を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業（さきがけ）および文部科学省科学研究費補助金基盤研究（A）（20240009）によるものである。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) カロリズム, available from <http://www.tanita.co.jp/products/calorism/>.
- 2) 中野重行: 臨床薬功評価: Placebo をめぐる諸問題のポイント, 臨床薬理, Vol. 2, pp. 611–615, 1995.
- 3) L. Bao and S. S. Intille: Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, *Proc. of International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2004)*, pp. 1–17, 2004.
- 4) 村尾和哉, クリストフファンラールホーフェン, 寺田 努, 西尾章治郎: センサのピーク値を用いた状況認識手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 3, pp. 1068–1077, 2010.
- 5) 生天目直哉, 中澤 仁, 高汐一紀, 徳田英幸: Life2Guard: カメラ利用が制約される環境下でのセンサ群を用いた異常検知手法の研究, 電子情報通信学会技術研究報告 (USN, コピキタス・センサネットワーク), Vol. 108, No. 399, pp. 139–144, 2009.
- 6) 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, 2002.
- 7) H. H. Asada, A. T. Reisner, P. A. Shaltis, D. B. McCombie, Towards the Development of Wearable Blood Pressure Sensors: A Photo-Plethysmograph Approach, *Proc. of IEEE Engineering in Medicine and Biology Conference (EMBC 2005)*, pp. 4156–4159, 2005.
- 8) 小林有佑, 和泉 諭, 高橋秀幸, 菅沼拓夫, 木下哲男, 白鳥則郎: やさしい見守り型健康支援システムにおける生体情報の効果的な獲得手法, 第8回情報科学技術フォーラム (FIT2009) 講演論文集, M-041, pp. 333–334, 2009.
- 9) 槇 弘倫, 小川英邦, 米沢良治, 岩本純一, 二宮石雄, 佐田孝治: ウェアラブル生体情報記録システム, 医療機器学, Vol. 80, No. 4, pp. 281–289, 2010.
- 10) 岩崎健一郎, 味八木崇, 暦本純一: AffectPhone: 生体情報を利用した電話機型プレゼンス提示装置, 情報処理学会インタラクシオン 2010 論文集, SA01, 2010.
- 11) M. Yasushi and M. Yanagidaira: Estimating Sleepiness during Expressway Driving, *Journal of International Society of Life Information Science*, Vol. 21, No. 2, pp. 442–448, 2003.
- 12) 森 昇子, 坂本正裕: 重心動揺における偽薬効果の検討, 文京学院大学研究紀要, Vol. 7, No. 1, pp. 331–338, 2005.
- 13) T. J. Kaptchuk, E. Friedlander, J. M. Kelley, M. N. Sanchez, E. Kokkotou, J. P. Singer, M. Kowalczykowski, F. G. Miller, I. Kirsch, and A. J. Lembo: Placebos without Deception: A Randomized Controlled Trial in Irritable Bowel Syndrome, *PLoS One*, Vol. 5, No. 12, Published online, 2008.
- 14) 岡本 昌之, 山中 信敏: Wizard of Oz 法を用いた対話型 Web エージェントの構築, 人工知能学会論文誌, Vol. 17, No. 3, pp. 293–300, 2002.
- 15) RF-ECG, available from <http://www.gm3.jp/>