



# リラックス状態への誘導システム「Healing VR」 の製作と誘導効果の研究

A Prototype of Healing VR: a System to Induce a User to Relaxed State to Control Respiration

岩下直人<sup>1)</sup>, 倉掛正治<sup>2)</sup>, 上岡玲子<sup>3)</sup>

Naoto IWASHITA, Shoji KURAKAKE, and Ryoko UEOKA

1) 九州大学大学院芸術工学府 (〒 815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1, 2DS18111K@s.kyushu-u.ac.jp)

2) NTT ドコモ先進技術研究所 (〒 239-8536 横須賀市光の丘 3-6 NTTドコモ R & D センタ, kurakake@nttdocomo.com)

3) 九州大学大学院芸術工学研究院 (〒 815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1, r-ueoka@design.kyushu-u.ac.jp)

**概要:** 本研究は呼吸状態に応じた触覚刺激を提示することで深い呼吸状態に誘導してリラックス効果を実現する「Healing VR」のシステム構築を目的とする。本論文でははじめのプロトタイプとして、呼吸・吸気・休止状態をリアルタイムに計測するテキストイルセンサを用いた呼吸取得システムを製作し、ユーザーの呼吸状態に応じてバルーンを用いた触覚刺激を両手の平に提示し、徐々に深い呼吸状態へ誘導するよう触覚刺激の提示タイミングを変えていく触覚フィードバックシステムによって呼吸の誘導が可能であるか検討した。

**キーワード:** 呼吸誘導, リラックス効果, テキスタイルセンサ

## 1. はじめに

現代は経済の成長や科学技術の発展により便利な時代になったが、仕事が忙しいなどの社会的要因や将来への不安などの心理的要因や睡眠不足などの身体的要因によって私たちは様々なストレスにさらされている。過度なストレスは私たちの身体と精神に悪影響を及ぼし、仕事効率や運動能力の低下だけではなく、うつ病や精神疾患など「こころの病気」の原因になる可能性も懸念されており [1], 私たちの多くはストレスを軽減する為にリラックス効果や癒し効果のあるものを求める傾向が強くなり、社会的にもこの要求は高まっている。リラックス効果と関連が深いものとして呼吸があげられ、峯松 [2] による腹式呼吸が身体反応に与える影響を調査した研究では、腹式呼吸によって  $\alpha$  波の優位な増加が示されており、副交感神経が優位となりリラックス効果が得られた事例がある。

そこで本研究ではリラックス効果と関連が深い呼吸に着目して、ゆっくりとした呼吸状態に誘導することでリラックス効果を誘発する触覚フィードバックシステムを取り入れた「Healing VR」を製作し、「Healing VR」の体験を通してユーザーをリラックス状態へ誘導することを目指す。本論ではバルーンを用いたプロトタイプシステムを試作して、呼吸の状態に応じた触覚フィードバックの提示タイミングを徐々に変えていくことで深い呼吸状態へ誘導が可能であるか検討した。

## 2. 関連研究

櫻井ら [3] により制作されたインタラクティブアート「Interactonia Balloon」は、ユーザーの呼吸に合わせてバルーンを制御して呼吸の状態とバルーンの膨らみ具合を対応付けることで、自分の呼吸とバルーンの動きが同期している感覚を誘発することが可能であると実証した。また呼吸の状態とバルーンの状態の対応付けを変化させることで意図しないバルーンの動きを提示して緊張感の喚起と増幅を実現した。

また、ユーザーの呼吸を誘導するシステムとして、Banら [4] による呼吸のリズムを操作するリラクゼーション・システムを導入した「Relaxushion」が挙げられる。内蔵されたモーターによる Relaxushion の動きのリズムを触覚刺激として提示することで、ユーザーの呼吸のリズムが無意識的に Relaxushion の動きのリズムに誘導されることが実証された。

そこで本論におけるプロトタイプシステムでは、ユーザーの呼吸に応じたバルーンによる触覚刺激の提示を行うことで、自分の呼吸とバルーンの動きが同期している感覚を与えた後、徐々に触覚刺激の提示タイミングを変化させていくことで無意識的に理想的な呼吸の状態へ誘導することを目指す。

## 3. 理想的な呼吸の状態

自律神経の調整やリラックス効果を誘発する呼吸法は数多く存在するが、その中でも特に「丹田呼吸法」や「4-7-8呼吸法」は誰でも簡単に行える呼吸法でありながら、大き

なりリラックス効果が得られるとして、多くの人々に取り入れられている呼吸法である。これらの呼吸法は、1回あたりの呼吸の時間が長いほど効果的であり、呼吸によって繰り返される呼気時間と吸気時間の比率が「呼気時間：吸気時間 = 2：1」であるという共通点がある。

本研究では1回あたりの呼吸時間がより長く、呼気時間と吸気時間の比率が「呼気時間：吸気時間 = 2：1」に近似するものを理想的な呼吸の状態とする。

#### 4. 呼吸を誘導するプロトタイプシステムの概要

呼吸を誘導するプロトタイプシステムのフローチャートを図1に示す。

プロトタイプを体験中のユーザーから、呼吸取得システムによって呼気・吸気・休止の3つの呼吸状態をリアルタイムに計測する。呼吸状態に応じて触覚フィードバックシステムによりバルーンの収縮と膨張を制御することで触覚刺激を両手の平に提示する。徐々に深くてゆっくりとした呼吸の状態へ誘導するように触覚刺激の提示タイミングを変えていくことで、呼気時間と吸気時間の比率が理想的な呼吸に近づくよう誘導する。

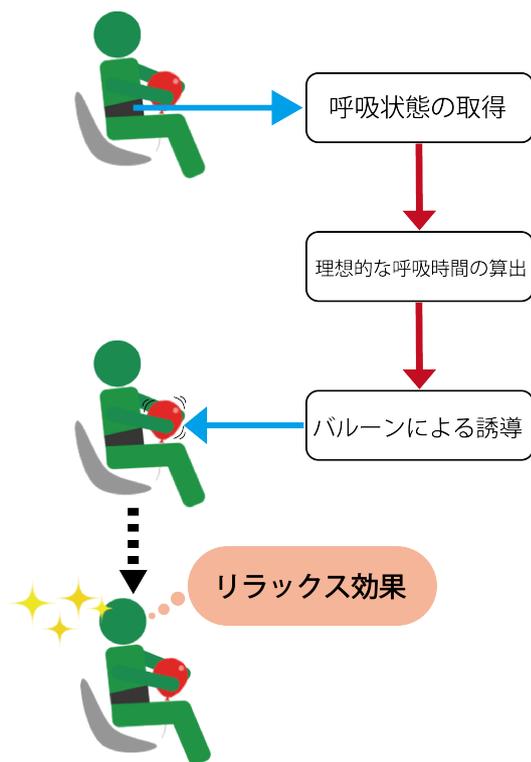


図1: プロトタイプシステムのフローチャート

### 5. プロトタイプのシステム構成

#### 5.1 呼吸取得システム

ユーザーの呼吸状態の取得には導電糸が織り込まれた布状のセンサで静電容量の変化を利用して圧力値を計測できるテキスタイルセンサを使用する(図2左)。テキスタイルセンサを内蔵した腹巻きを下腹部に巻きつけて装着することで(図2右)、呼吸によって生じる下腹部の膨らみ具合を計測する。計測したデータはBluetooth通信により呼吸判

定用のアプリケーション側に随時送信され、圧力の計測データをリアルタイムでグラフ描画する。描画されたグラフの傾きから呼気・吸気・休止の3つの呼吸状態を判定して、呼吸や呼吸によって繰り返される呼気と吸気の平均時間を算出する。



図2: 左: テキスタイルセンサ 右: 装着時の様子

#### 5.2 バルーンを用いた触覚フィードバックシステム

##### 5.2.1 呼吸状態に応じたバルーンの制御

呼吸取得システムにより呼吸数1回目から10回目までの呼吸の状態から1回あたりの呼吸の平均時間(BMT: Breathing Mean Time)と、呼気の前平均時間(EMT: Expiratory Mean Time)と吸気の前平均時間(IMT: inhale mean time)を計測する。バルーンへの空気の排気と吸入にはArduino-Nanoを用いて制御するProgrammable-Air[5]を使用し、呼気と吸気の周期に合わせてバルーンの収縮と膨張による触覚刺激をユーザーの両手の平に与えることで、自身の呼吸の動きとバルーンの動きが同期している感覚を与える。

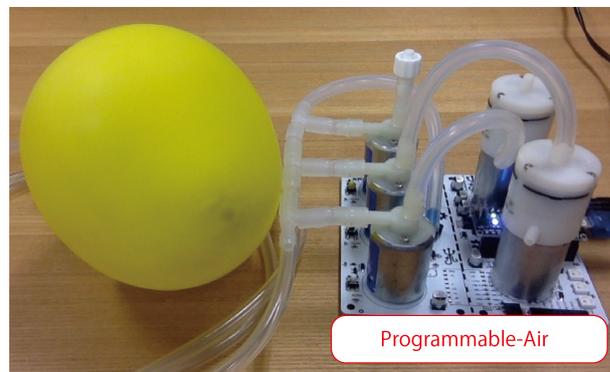


図3: Programmable-Air

##### 5.2.2 バルーンの収縮・膨張時間の変動による呼吸の誘導

呼吸数11回目から50回目までの間で「理想的な呼吸の時間」と「理想的な呼気時間と吸気時間の比率」へ誘導する。計測した呼吸の平均時間(BMT)を2倍したものを理想的な呼吸の時間(IBT: Ideal Breathing Time)とし、IBTの2/3を理想的な呼気時間(IET: ideal expiratory time)とし、1/3を理想的な吸気時間(IIT: ideal inhale time)とした(図4)。

呼吸数11回目から50回目までの間でIETとIITへ誘導するために、計測したEMTとIET、IMTとIITの差をそれぞれ求め、呼吸数11回目から50回目までの40回分の呼吸数で割った値を呼気の追加時間(ATFE: additional time for exhalation)と吸気の追加時間(ATFI: additional time for inhale)とする。

バルーンの収縮時間 (BCT:Ballon Contraction Time) と膨張時間 (BET : Ballon Expansion Time) をそれぞれ ATFE と ATFI ずつ伸ばしていくことで理想的な呼吸時間と吸気時間 (IET , IIT) へ誘導し, 理想的な呼吸の時間 (IBT) を実現する.(図 5)

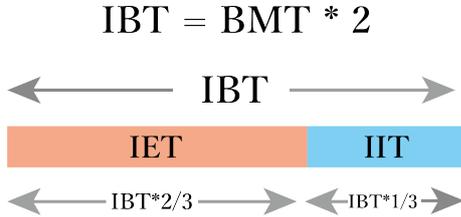


図 4: IET と IIT の計算式

$$ATFE = (IET - EMT) / 40$$

$$ATFI = (IIT - EMT) / 40$$

$$BCT_n = EMT + (ATFE * n)$$

(n = 1,2,...,40)

$$BET_n = IMT + (ATFI * n)$$

(n = 1,2,...,40)

図 5: IBT,IET,IIT への誘導

## 6. システムの評価実験

呼吸誘導に関する予備実験を, 被験者 2 名 (男性 1 名, 女性 1 名, 平均年齢 22.5 歳) を対象に行った.

### 6.1 実験方法

実験環境を図 6 に示す.



図 6: 実験環境

被験者はテキスタイルセンサを内蔵した腹巻きを下腹部に装着し, 触覚フィードバック用のバルーンを両手の平で持った状態で楽な座位姿勢をとってもらった. 実験中は被験者に 50 回分の呼吸を行なってもらい, 最初の 10 回分の呼吸状態から呼気と吸気の平均時間 (EMT , IMT) を算出して, 10 回目以降は徐々にバルーンの収縮と膨張の周期をそれぞれ ATFE と ATFI ずつ伸ばしていくことで理想的な呼吸の時間 (IBT) と, 理想的な呼気時間と吸気時間 (IET , IIT)

へ誘導する. 体験中は被験者の 1 回あたりの呼吸時間と呼気時間・吸気時間を計測した.

## 6.2 実験結果

### 6.2.1 呼吸時間の誘導に関する評価

計測した 2 名の被験者の呼吸時間の推移を図 7 に示す.

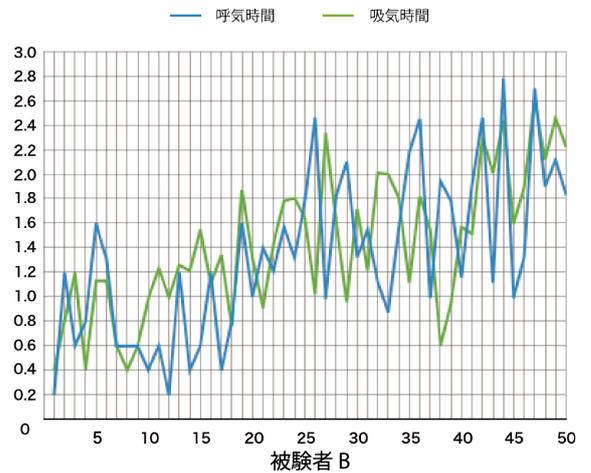
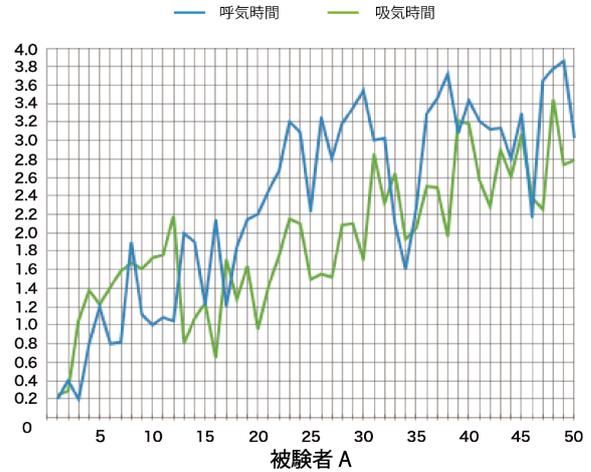


図 7: 呼吸数と呼吸時間のグラフ

呼吸時間の誘導効果を評価するため, 50 回分の呼吸から 10 回分の呼吸ごとに呼吸の平均時間を求めて, 平均時間の変化を調査した.

被験者 A と被験者 B の呼吸数 10 回ごとの呼吸時間を表 1 に示す.

表 1: 呼吸の平均時間

	1-10 回	11-20 回	21-30 回	31-40 回	41-50 回
被験者 A	2.1s	3.0s	4.8s	5.4s	5.9s
被験者 B	1.6s	2.1s	3.1s	3.0s	4.0s

被験者 A の場合, 呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸の平均時間は 2.1 秒であった. 呼吸数 11 回目以降から開始するシステムによる呼吸時間の誘導により徐々に呼吸時間は伸びている傾向を示した. 呼吸数 41 回目から 50 回目までの呼吸の平均時間は 5.9 秒であり, 呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸の平均時間から 3.8 秒伸びた結果が得られ

た。

被験者 B の場合、呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸の平均時間は 1.6 秒であった。31 回目から 40 回目のように呼吸時間が減少する様子も見られたものの、41 回目から 50 回目の平均時間は 4.0 秒であり、最終的には呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸の平均時間から 2.4 秒伸びた結果が得られた。

#### 6.2.2 呼気時間と吸気時間の比率の操作に関する評価

呼気時間と吸気時間の比率の誘導効果を評価するため、50 回分の呼吸から 10 回分の呼吸ごとに呼気時間と吸気時間の比率を求めて、比率の変化を調査した。

被験者 A の場合、呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸のうち、呼気時間と吸気時間の比率は平均で 0.7:1 であったが、呼気時間と吸気時間の誘導により「呼気時間：吸気時間 = 2 : 1」の比率に近づく傾向が見られ、特に呼吸数 21 回目から 30 回目までの呼気時間と吸気時間の比率の平均は 1.7:1 であり、理想的な呼気時間と吸気時間の比率に最も近づいた結果が得られた。

被験者 B の場合、呼吸数 1 回目から 10 回目までの呼吸のうち、呼気時間と吸気時間の比率は平均で 1.1:1 であったが、呼気時間と吸気時間の誘導により「呼気時間：吸気時間 = 2 : 1」の比率に近づく傾向はみられず誘導効果は得られなかった。原因として腹式呼吸ができておらず呼吸による体内への十分な空気の循環が行われていなかったことが考えられる。

### 7. リラックス効果に関する主観評価

体験前後のリラックス効果を評価するため、リラックス程度に関する 5 段階尺度の主観評価を行ってもらった。

「現在、最も当てはまるリラックスの程度」に対して、体験前は被験者 A、被験者 B 共に「全くリラックスしていない」「リラックスしていない」と回答したが、体験後は「非常にリラックスしている」「リラックスしている」と回答している。また、「現在、最も当てはまる感情」に対して体験前の被験者 A、被験者 B 共に「緊張・不安」などのネガティブな回答が見られたが、体験後では「リラックス・冷静・集中」などの回答が見られた。

### 8. まとめと今後の展望

本論ではユーザーの呼吸の誘導効果を検討するために、バルーンを用いたプロトタイプシステムを試作し、予備実験によって呼吸の誘導が可能であるか検討した。実験結果ではプロトタイプシステムによって、両手への触覚刺激の提示タイミングを徐々に変えていくことで呼吸時間の誘導が可能であり、呼気時間と吸気時間の比率を理想的な状態に近づけることがある程度可能であることが示された。また主観評価から、プロトタイプシステムの体験後は体験前と比べてリラックスできたという結果が得られ、呼吸の誘導によりリラックス効果を誘発する可能性がある程度示された。

今後は被験者の数を増やして実験を行い、呼吸の誘導効果に対する検証を進めていく。ユーザーへの身体的負担を軽減して呼吸の誘導が可能な触覚フィードバックシステム

を製作し、リラックス効果を実現する「Healing VR」の製作を目指す。

### 参考文献

- [1] 津田 彰, 牧田 潔, 津田茂子: ストレスはどのように健康を左右するのか・その心理社会生物学的メカニズム, 日本行動医学会, pp. 91-96, 2001
- [2] 峯松 亮: リラクゼーション法の相違が身体反応へ及ぼす影響, 理学療法科学学会第 25 回, pp251-255, 2010
- [3] 櫻井 翔, 鳴海 拓志, 勝村 富貴, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝: Interactonia・Balloon: 風船を用いた能動的呼吸の誘発による緊張感の喚起・増幅, 第 18 回日本バーチャルリアリティ学会論文誌, pp.361-370, 2013
- [4] Yuki Ban, Hiroyuki Karasawa, Rui Fukui, Shin'ichi Warisawa: Relaxushion: Controlling the Rhythm of Breathing for Relaxation by Overwriting Somatic Sensation, SIGGRAPH Asia 2018 Emerging Technologies
- [5] tinkrmind: Programmable Air, <https://www.programmableair.com/>, 2019( 2019 年 7 月閲覧 ).