

インタラクション応用に向けたマスクを用いた呼吸計測

塩澤 大地^{1,a)} 鈴木 亮太¹ 小林 貴訓¹

概要：新型コロナウイルスの蔓延による生活様式の変化により、日常生活においてストレスを感じる機会が増えている。本研究では、マスクの温度変化の計測というユーザの呼吸を簡易な手法で計測することで、ユーザのストレスなどの内部状態の推定とインタラクションへの応用をめざす。ユーザに負担の少ない手法で呼吸を計測するために、室内での着用が恒常化しているマスクに着目し、呼吸の際のマスクの温度変化を計測することで、簡易的に呼吸を計測する手法を提案する。実験により、異なる種類のマスクを着用した場合でも、個人の呼吸の違いを計測できることが分かった。

1. はじめに

昨今の新型コロナウイルス感染症の蔓延により、我々のこれまでの生活は一変した。旅行や食事などの外出には一定の制限が課され、オンラインでの作業によるコミュニケーションの制限や慣れないツールへの対応なども余儀なくされ、その影響は現在も解消されていない。このように、新しい生活様式におけるストレスは増大しているが、ストレスを自覚したり、直接的に計測したりすることは難しい。一方で、我々が普段何気なくしている呼吸にはストレスや体調不良が現れやすいとされている [1]。ため息や寝不足の時のあくび、発熱時の呼気の温度などは、その一例として分かりやすい。このような、普段無意識に行っている代謝性呼吸や心の動きが現れる情動呼吸だけでなく、人は深呼吸のような自分の意志で行う随意呼吸も行うことができ、これは高齢者や障がい者の呼吸スイッチなどで用いられるなど、インタラクション手段としても重要視されている。そこで本研究では、新型コロナウイルス感染症の影響で室内での着用が恒常化したマスクに着目し、マスクの表面温度を計測することで、手軽に呼吸計測を行う手法を検討する。

呼吸の計測は、運動機能の測定や心肺機能に関する研究などでこれまで数多く行われてきている。しかし、その際に着用するデバイスは計測や実験に特化した日常的な使用に適さないものが多い。例えば、体に取り付けて胸部の周径変化から呼吸を計測するものや、気流計のチューブが接続されたフェイスマスクのようなものが挙げられる [2]。これに対して、本研究では、日常生活における呼吸の変化を

計測することを目標とし、一般の人が日常的に無理なく着用できるようなデバイスを提案する。

2. 提案手法

新型コロナウイルス感染症の蔓延による生活の変化の一つとして、マスク着用の恒常化があげられる。そこで、多くのユーザにとって身近であり、着用に伴う負担が少ないマスクに着目し、呼吸の際のマスクの変化を計測することを検討した。マスクを着けた状態で呼吸を行うと、マスクの形状や温度の変化が起きる。具体的には、息を吸うとマスク内の気圧が下がるためマスクが萎み、また外気を取り込むためマスクの表面温度が相対的に下がる。一方で、息を吐くと、マスク内の気圧が上がるためマスクが膨らみ、また体温に近い温度の空気が吐き出されるためマスクの表面温度が相対的に上昇する。これらを計測することで呼吸を測定できると考えられるが、マスクの形状変化は微小であることが多く計測が難しい。そこで本稿では、マスクの表面温度に着目し、その変化から呼吸を計測することを試みた。

2.1 システム構成

今回、作成したデバイスを図 1 に示す。ヘッドセットの先端のマイク部分に温度センサ（オムロン製 D6T-44L-06）が位置するようにコードを取り付け、Arduino を介して温度データを PC で受信する。温度センサは計測範囲が縦 4 × 横 4 で 16 分割されており、16 個の温度データが一度に送られてくる。それらのデータを温度によって色が変わる 16 マスのウィンドウで表示したものが図 2 である。また、16 個の温度データの平均値をプロットするウィンドウを用意し、リアルタイムでグラフとして表示することで、呼吸による温度変化を確認することができる（図 3）。

¹ 埼玉大学

^{a)} d.shiozawa.545@ms.saitama-u.ac.jp

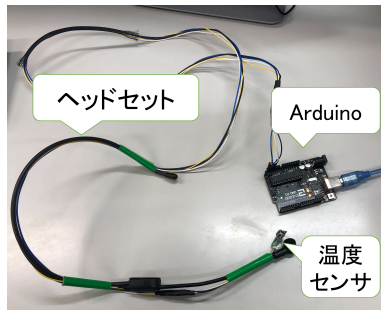


図 1 作成したデバイス

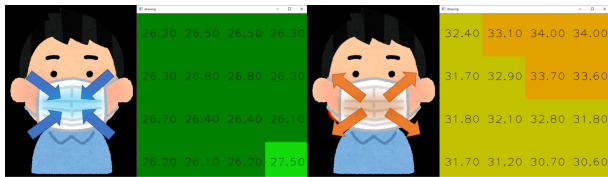


図 2 マスク目による温度の表示

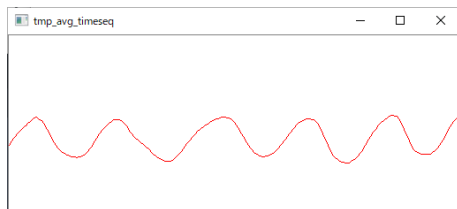


図 3 実際に呼吸をしたときのグラフの様子

3. 実験

3.1 実験の目的

マスク、呼吸法、人の3つの条件を変更して計測するどのような結果になるかを調べるために実験を行った。具体的には以下の4つを検証することを目的とした。

- マスクの種類によって温度の差は現れるか。現れる場合はどの程度であり、問題なく計測が可能であるか。
- 呼吸の違いによって温度の差は現れるか。現れる場合はどの程度であり、問題なく計測が可能であるか。
- 個人によって温度の差は現れるか。現れる場合はどの程度であり、問題なく計測が可能であるか。
- 意図的に大きく吸ったり吐いたりした場合の検出はどの程度可能であるか。

3.2 実験の概要

本実験を行うにあたり、埼玉大学に在籍する6名の学生に協力を要請した。また、6人とも実験を行う際に発熱や体の冷えは訴えておらず、平熱であった。実験参加者には、日常的に使う可能性のあるマスクを中心に用意した4種のマスク（不織布のマスク、医療用マスク、ウレタンマスク、布マスク）を用いて、指定した順で8種類の呼吸をしても

らった。呼吸の種類は、以下の8種類である。

- (1) 普段通りの呼吸
- (2) 大きな深呼吸
- (3) ため息
- (4) ペースのみを指定した呼吸（遅め）
- (5) ペースのみを指定した呼吸（早め）
- (6) 特定のタイミングで大きく吸う・吐く呼吸（ペース指定）
- (7) ペースを指定し、大きさに指標を設けた呼吸（遅め）
- (8) ペースを指定し、大きさに指標を設けた呼吸（早め）

呼吸(4)、(5)、(6)、(7)、(8)でのペース指定のために図4のようなウィンドウを用意した。計測開始とともに赤い線が左端から右端に向かって進んでいき、右端に到着すると左端からまた進み始める形で時間進展が表示される。実験参加者には線が波の山に向かうにしたがって息を吐き、谷に向かうにしたがって息を吸うように指示をした。また、実験参加者がより簡単に実験を行えるように波の極値で小さく音が鳴る仕組みとなっている。

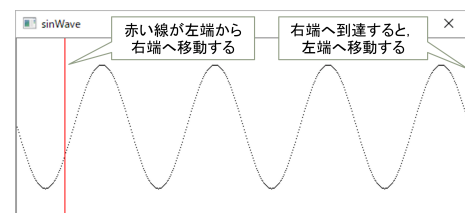


図 4 ペース指示用ウィンドウ

呼吸(4)と呼吸(7)の際は赤い線が約2秒おきに極値に到達するよう設定し、呼吸(5)と呼吸(8)の際は赤い線が約1秒おきに極値に到達するよう設定した。呼吸(6)は呼吸(4)、(7)と同様のペースで行い、赤い線の移動の1周期目の3つ目の山で大きく吐き、移動の2周期目の3つ目の谷のときに大きく吸うように指示をした。計測時間は呼吸(1)、(2)、(4)、(5)、(7)、(8)は約30秒とした。呼吸(3)は時間に制限を設けることで正確なため息ができないことを避けるために時間は問わずに3回と指定した。呼吸(6)は赤い線の1周期ごとに指示があるため30秒とはせず2周期分とした。呼吸(7)と呼吸(8)では、図3のウィンドウに2本の緑色の線をプロットし、吸うときは下の線を下回り吐くときは上の線を上回るようなイメージで呼吸をするように指示することで、実験参加者に呼吸の大きさの指標を与えた(図5)。実験の様子を図6に示す。

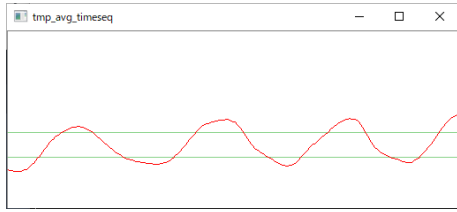


図 5 呼吸の大きさ指示用ウィンドウ



図 6 実験の様子

4. 実験結果

マスクの種類, 呼吸法, 実験参加者の3つの条件の違いによる結果を以下に示す.

4.1 マスクの種類による違い

気温 21.0 度~22.5 度の室内で実験を行ったところ, 図 7 のように, マスクの種類によって温度の変化に差が現れることが分かった. 他の実験参加者及び他の呼吸法での結果の比較も行ったところ, ウレタンマスクと布マスクは温度の変化が大きく, どの条件においても分かりやすく結果が現れた. 不織布と医療用マスクの温度の変化はウレタンマスクと布マスクに比べて緩やかであり, 温度の変化が全く現れないという事例は存在しなかったが, 変化が非常に緩やかである時があった. これらの結果から, 温度の計測はどのマスクでも問題なく可能であるが, ウレタンマスクか布マスクの方が比較的計測に向いていることが分かる.

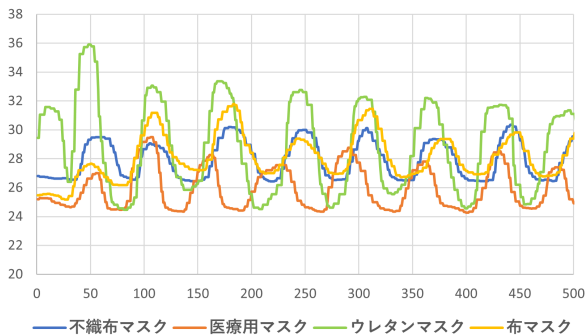


図 7 マスクによる温度変化の違い (実験参加者 2 の呼吸 (7) の様子)

4.2 呼吸法による違い

実験参加者 2 の普段の呼吸, 大きな深呼吸, ため息を計測した結果を図 8 に示す. これらの結果から, どのような呼吸をした場合でも計測が可能であるといえる. また, 普段の呼吸と深呼吸, ため息では, 波形に違いが見られることから, これらの呼吸を区別できる可能性があると考えられる.

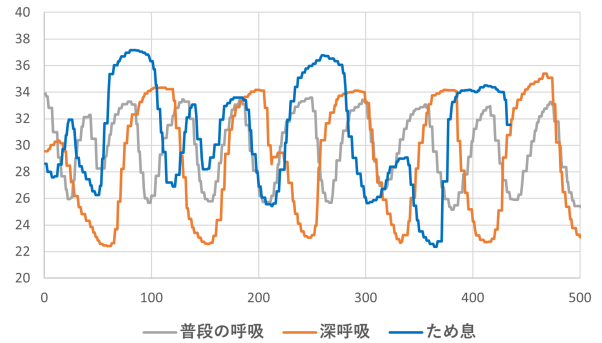


図 8 呼吸による温度変化の違い (実験参加者 2 のウレタンマスクでの呼吸の様子)

実験参加者 1 の特定のタイミングで大きく呼吸した場合の計測結果を図 9 に示す. 普段の呼吸と特定のタイミングで大きく呼吸した場合で区別できることから, 意図的な呼吸を区別できることが分かる.

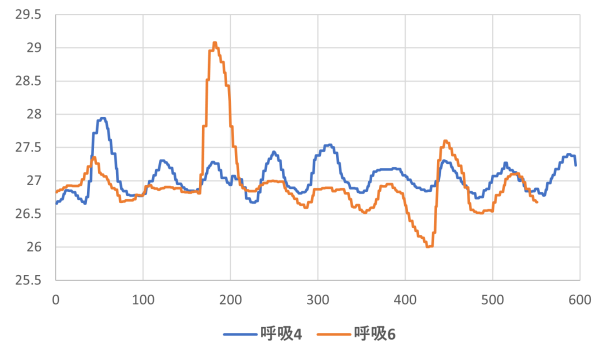


図 9 意図的な呼吸による温度変化の違い (実験参加者 1 の不織布マスクでの呼吸の様子)

図 10 のように, 指定したペースを変えたところ, その通りに変化した. また, 呼吸の大きさの指示を加えたところ, その通りに計測された. このように, ユーザへの呼吸の指示が温度変化に現れていることが確認できることから, 呼吸法の練習などへ応用できる可能性があると考えられる.

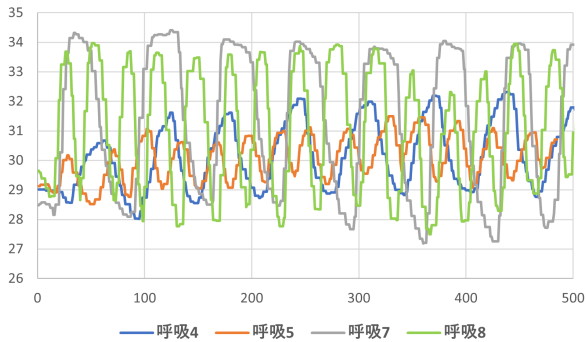


図 10 呼吸指示による温度変化の違い（実験参加者 2 の布マスクでの呼吸の様子）

4.3 実験参加者による違い

図 11 のように、実験参加者の違いによって温度の変化に差が現れることが分かった。実験参加者ごとに計測開始時点での温度の差があっても、吸うタイミングと吐くタイミングでの温度差を見ることができている。これらの結果から、デバイスに人による使用制限はなく、体温などの個人差があっても計測が可能であるといえる。

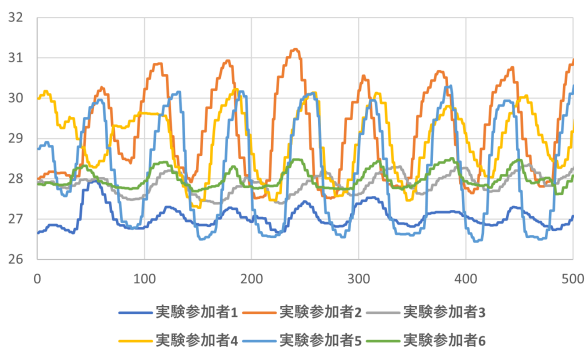


図 11 実験参加者による温度変化の違い

また、5 人の実験参加者の普段通りの呼吸（呼吸（1））を計測した結果を図 12 に示す。個人ごとに普段通りの呼吸が異なっていることから、呼吸の個人差を計測できる可能性があると考えられる。

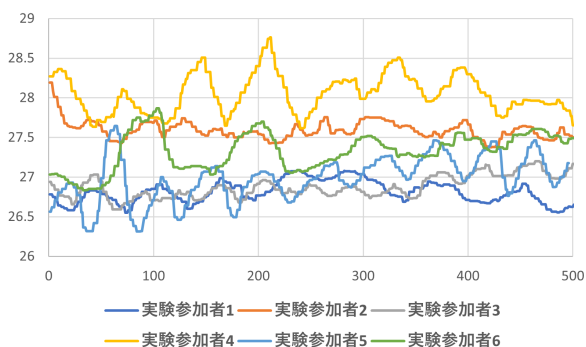


図 12 個人による温度変化の違い

5. 呼吸計測デバイスの応用

実験の結果より、今回作成したデバイスは意図的な呼吸や吸気の検出が可能であることが分かった。これをもとに、インタラクションへの応用例として呼吸によって弾丸を発射するシューティングゲームを作成した。

赤いティーポットが自機となっており、息を吐くことによってマスクの温度が一定以上になっている間は黄色い球が発射される仕組みとなっている。画面奥から手前にかけて向かってくる緑色の敵機に当たるとゲームオーバーとなる。また、自機の移動は Arduino に繋げた加速度センサによって行う。体や頭に取り付けることで、その部位を動かすことで自機が移動するという仕組みとなっており、ハンズフリーでゲームを楽しむことができる（図 13）。

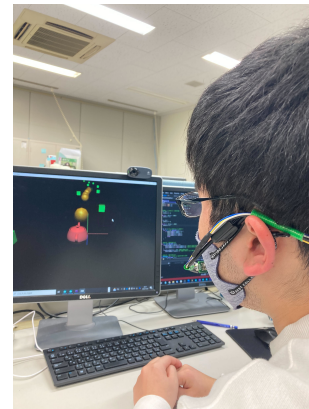


図 13 呼吸を使ったゲームのプレイ中の様子

6. まとめと今後の展望

本研究では、新型コロナウイルス感染症によって着用が当たり前となったマスクとストレスや体調が現れやすい呼吸に着目し、マスクの温度を計測するという発想をもとに着用が容易な温度計測デバイスを作成し、条件を変えて温度データを取得する実験を行った。また、作成したデバイスを用いて呼吸と体の動きを応用したシューティングゲームを作成した。今後は呼吸の判別をするシステムや、ストレスや体調不良による呼吸の乱れを検知した際にユーザーに休憩を促すようなインタラクティブシステムなどを検討していきたい。

参考文献

- [1] 高瀬弘樹. ストレスおよびリラックス状態の呼吸運動. 人文科学論集, 人間情報学科編, Vol. 45, pp. 81-94, 2011.
- [2] 株式会社ストライド. Prtimes【コロナ禍でのランニング調査】 マスク着用のランニングで心肺への負担が増大、呼吸困難もスポーツ科学の専門家「マスクランはゆったりとしたペースで」, 2020. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000004.000052355.html>.