

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11981

研究課題名（和文）遠赤外線画像を用いた口呼吸の非接触計測

研究課題名（英文）Non-contact measurement of human oral breathing by using far infrared imaging

研究代表者

埴 大（Hanawa, Dai）

名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・教授

研究者番号：50422506

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、遠赤外線画像を用いて人間の口呼吸における流量を非接触かつ定量的に計測する方法の実現に向けた検討を行った。はじめに、遠赤外線画像上の口腔領域を自動抽出する方法の考案を行った。次に、口呼吸中に変化する呼気・吸気の気温と流量の比較を行った。さらに、呼気・吸気の気温と口腔の表面温度の比較を行った。その結果、口呼吸における流量を、遠赤外線画像を用いて非接触かつ定量的に推定できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、人間の口呼吸における流量は、ユーザに計測機器を装着させる接触型の方法でのみ、定量的な計測が可能であった。そのため、日常生活への応用に向けては、身体的・精神的な負担、計測機器脱着の危険性、複数人の同時計測が困難などの課題があった。本研究では、遠赤外線画像を用いた方法により、口呼吸における呼気・吸気の流量を、非接触かつ定量的に推定できる可能性、および、可視光画像の併用による自動化の可能性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we studied the feasibility of a method for non-contact measurement of quantitative flow volume in human oral breathing by using far-infrared imaging. We first study a method to extract the region of interest including mouth on far-infrared images and its automation. We next compared the flow volume of oral breathing and the air temperature of inhalation/exhalation by conducting experiments. Moreover, we compared the oral regions on far-infrared images and the air temperature. As a result, we found the possibility that the quantitative flow volume of oral breathing can be estimated in a non-contact manner by using far-infrared images.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：遠赤外線画像 非接触計測 口呼吸 流量

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、我々の日常生活における行動を支援し、かつ、ユーザや環境にとってより負担の少ないユーザインタフェースを有するシステム開発の重要性は、益々高まりつつある。このような背景の中、各種センサを用いて、人間の脈拍、心拍、血圧、呼吸、体温などの生体情報を計測し、日常生活における健康管理、行動支援、娯楽、医療などを目的としたシステムに活用する研究が盛んに行われている。これらのシステムの開発においては、生体情報を簡易かつユーザや環境に低負担な計測方法で取得することが、最も必要な技術課題の1つといえる。特に、人間の心身の状態を把握する上で、重要な生体情報の一つである呼吸については、これまでに様々な計測方法が検討されてきた。特に、口呼吸の計測方法に着目すると、そのほとんどが計測機器をユーザに装着させる接触型の方法がよく用いられてきた。そのため、日常的な計測や長時間の計測に接触型の方法を用いる場合、ユーザの身体的負担が大きい、ユーザの体動に伴い計測機器が脱着する危険性がある、といった課題があった。一方近年では、呼吸計測の非接触化についても、いくつか研究が行われている。しかしながらそのほとんどが、鼻呼吸と口呼吸の区別が不可能、もしくは、鼻呼吸のみを対象としており、口呼吸計測への適用は難しい。

2. 研究の目的

本研究では、人間の口呼吸における流量を、遠赤外線画像を用いて非接触かつ定量的に計測する手法について検討する。呼吸の特徴を客観的に表す指標としては、呼吸数、呼吸波形、呼吸量、流量などが挙げられる。これらの中で、単位時間あたりに口腔より排出・吸入される空気の量、すなわち流量は、呼吸数や呼吸量を算出するために必要不可欠であるばかりでなく、人間の生命活動や心理状態とも密接に関係する重要な指標である。本研究でははじめに、可視光画像を用いて遠赤外線画像上の口腔領域を自動抽出する手法を考案する。次に、人間の口腔より排出・吸入される呼吸・吸気について、流量と気温の関連性の分析を行う。得られた分析結果に基づいて、流量の推定に有用な特徴量の選定を行う。さらに、口呼吸中の呼吸・吸気の気温と鼻腔の表面温度の関連性の分析を行い、流量の推定に必要な特徴量を、遠赤外線画像を用いて非接触で計測する手法の考案を行う。

3. 研究の方法

(1) 遠赤外線上の口腔領域の自動抽出

人間が口呼吸を行う場合、口腔より吸入・排出される空気は、口腔に吹き付けられる。そのため口腔の表面温度は、呼気・吸気の気温の上昇および下降に連動すると考えられる。この現象は遠赤外線画像を用いることで観測できる。そこで、口呼吸中に温度が顕著に変化すると考えられる口腔領域を遠赤外線画像より厳密に抽出する方法の検討を行う。

(2) 呼気・吸気の気温と流量の関連性の分析

口呼吸中に口腔より吸入・排出される空気の気温と流量を比較する実験を行う。ヒトが口から息を吸う場合、一般的に体温よりも冷たい空気が口腔より吸入される。一方、口から息を吐く場合、外気よりも暖かい空気が口腔より排出される。そこで、椅子に着座した実験参加者に対して、熱電対センサとスパイロメータを用いて、口呼吸を行う際の気温および流量の同時測定を複数の条件下で行う。得られた結果より、流量の推定に有用な気温の特徴量の選定を行う。

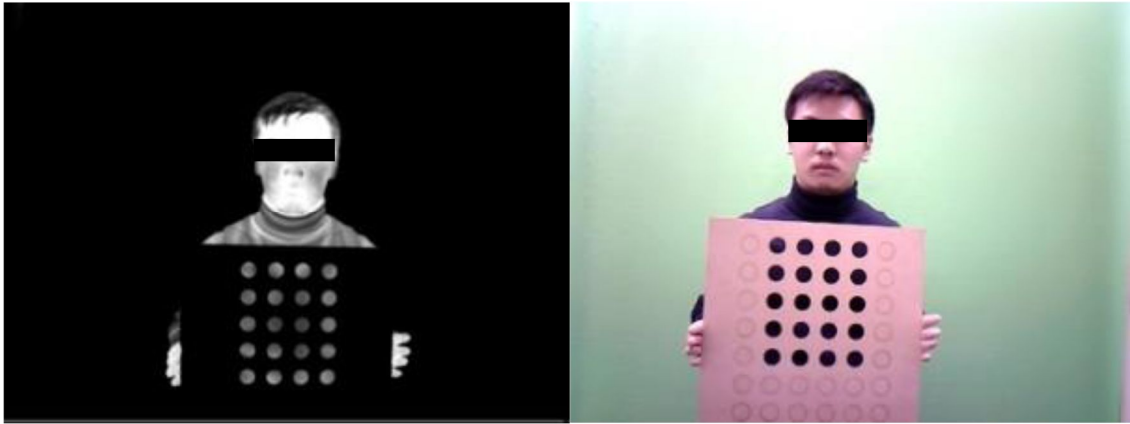
(3) 口腔の表面温度と呼吸・吸気の気温の関連性の分析

口呼吸中に口腔より吸入・排出される空気の気温と、遠赤外線画像より抽出した口腔領域を比較する実験を行う。具体的には、椅子に着座した実験参加者に対して、熱電対センサと遠赤外線カメラを用いて、口呼吸を行う際の気温と口腔の表面温度の同時測定を複数の条件下で行う。得られた結果より、気温の推定に有用な特徴量の抽出を行う。

4. 研究成果

(1) 遠赤外線上の口腔領域の自動抽出

遠赤外線画像と可視光画像を用いて、口呼吸中の口腔領域を厳密かつ自動で抽出する手法の考案を行った。具体的にはまず、口腔領域を抽出する遠赤外線画像と同時刻の可視光画像を取得できる環境を構築した。次に、遠赤外線画像と可視光画像の歪み補正およびレジストレーションを行うための専用のキャリブレーションボードを制作した(図1)。その後、可視光画像上から、汎用的な画像処理ライブラリを用いて顔のランドマークを検出し、その結果に基づいて遠赤外線画像上から口腔領域の抽出を行った。実験参加者12名に対して性能評価を行った結果、3%以下の精度で口腔領域を検出できることが判明した。



(a) 遠赤外線画像で撮影した結果 (b) 可視光画像で撮影した結果
 図1 制作したキャリブレーションボード

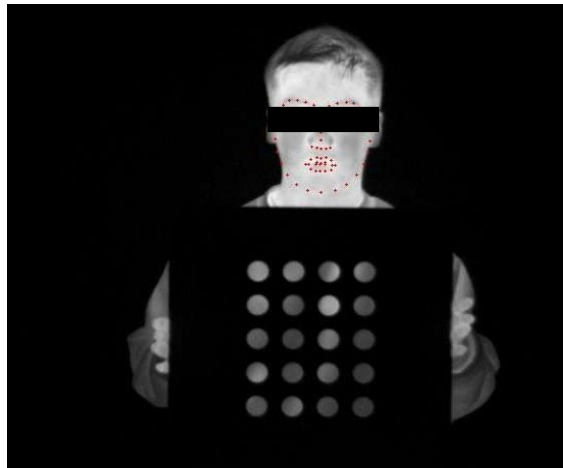


図2 ランドマークの検出結果

(2) 呼気・吸気の気温と流量の関連性の分析

はじめに、実験参加者 15 名に対して、表 1 に示す呼気および吸気の強弱を変えた 5 パターン
 の方法で口呼吸を行ってもらい、口呼吸中の呼気・吸気の気温と流量の同時測定を行った。実験
 参加者に対して、図 3 に示す通り、口腔付近の気温を計測できるように熱電対センサは専用のチ
 ューブを用いて口腔付近に固定した上で、スパイロメータと接続した医療用マスクを装着して
 測定を行った。測定結果に対する前処理として、呼気・吸気の気温および流量に対して正規化を
 行った後、各時系列パターンを比較した。その結果、呼気・吸気の強さに比例して、単位時間あ
 たりの気温の変化速度が増加・減少する傾向がみられた(図 4)。さらに、気温の変化速度と流量
 の交差相関を算出した結果、いずれのパターンにおいても、両者の間に強い正の相関($r > 0.84$)が
 みられた。これらの結果より、口呼吸における気温の変化速度は、流量の瞬時値の推定に有用な
 特徴量となりうるということが判明した。

表 1 口呼吸のパターン

| 呼吸方法 | nn | sn | ns | wn | nw |
|------|----|----|----|----|----|
| 呼気 | 通常 | 強い | 通常 | 弱い | 通常 |
| 吸気 | 通常 | 通常 | 強い | 通常 | 弱い |



(a) 概観



(b) 熱電対センサの固定方法

図3 実験で使用した熱電対センサ

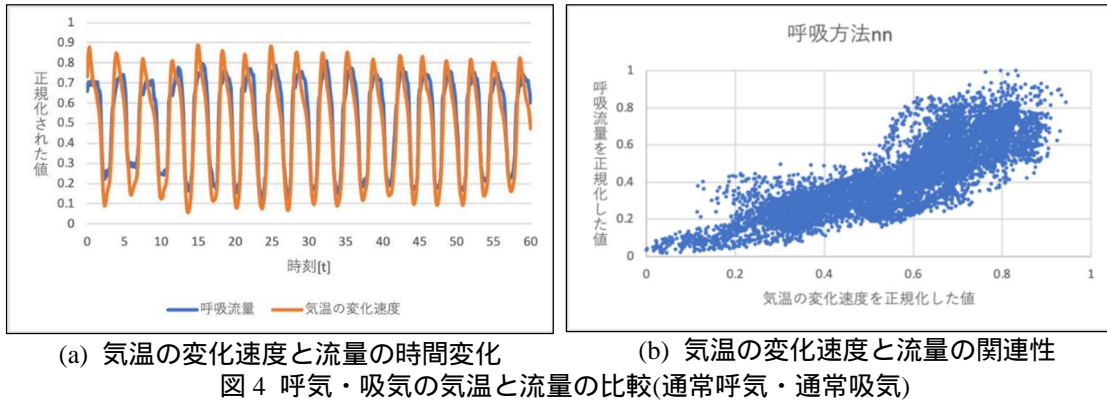


表 2 呼気・吸気の気温の変化速度と流量の相関

| 呼吸方法 | nn | sn | ns | wn | nw |
|------|------|------|------|------|------|
| 相関係数 | 0.85 | 0.87 | 0.84 | 0.84 | 0.85 |

(3) 口腔の表面温度と呼気・吸気の気温の関連性の分析

はじめに、実験参加者 15 名に対して、(2)と同様に表 1 に示す 5 パターンの方法で口呼吸を行ってもらい、口呼吸中の呼気・吸気の気温と口腔の表面温度の同時測定を行った。ここで、呼気・吸気の気温は、(2)で述べた熱電対センサを口腔付近に固定して測定した。一方、口腔の表面温度についてはまず、(1)で述べた手法を用いて遠赤外線画像上の口腔領域を抽出した。その後、抽出した領域の平均温度をすべてのフレームで算出し、これらを口腔の表面温度に用いて分析を行った。測定結果に対する前処理として、呼気・吸気の気温および口腔の表面温度に対して正規化を行い、各時系列パターンを比較した。その結果、一部の実験参加者について、口腔の表面温度は、気温に連動して増加・減少する傾向がみられた(図 5)。しかしながら、呼気・吸気の気温と口腔の表面温度の交差相関を算出した結果、両者の間に相関はみられなかった(表 3)。実験において撮影した遠赤外線画像を検証した結果、口呼吸において最も顕著な温度変化がみられる口腔の中央部分が熱電対センサで遮蔽されてしてしまうことを確認した。より厳密な分析を行うためには、熱電対センサの設置箇所および形状について再検討する必要があることが判明した。

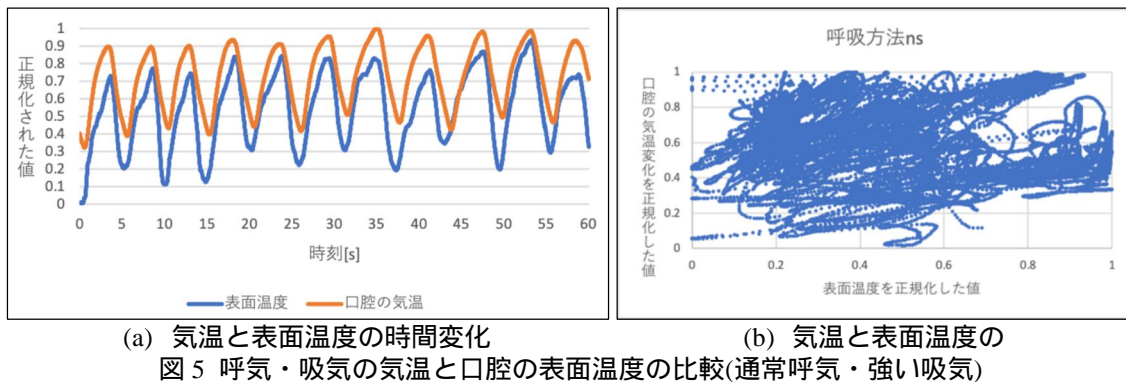


表 3 呼気・吸気の気温と口腔の表面温度の相関

| 呼吸方法 | nn | sn | ns | wn | nw |
|------|------|------|------|------|------|
| 相関係数 | 0.42 | 0.00 | 0.03 | 0.29 | 0.49 |

以上の成果より、人間の口呼吸における流量を、遠赤外線画像を用いて非接触かつ定量的に計測できる可能性が示された。その一方で、実用化に向けた課題が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Dai Hanawa, Kimio Oguchi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Relationship between the nasal region on facial thermal images and the flow velocity of nasal breathing | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Science and Technologies | 6. 最初と最後の頁 34-35 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Dai Hanawa, Sho Akahori, Kimio Oguchi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A feasibility study on noncontact estimation of the flow volume of nasal breathing by using far infrared imaging | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of 121th Int. Multi-Conf. on Eng. and Technol. Innovation 2023 | 6. 最初と最後の頁 F2313 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 赤堀祥，埴大，小口喜美夫 | 4. 巻 123 |
| 2. 論文標題 遠赤外線画像と可視光画像を用いた口呼吸の非接触型流量推定手法の検討 | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 159-164 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 小口 喜美夫 (Oguchi Kimio) | 国立台湾科技大学・電子工程系・教授 | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|----------|--|--|--|
| 台湾 | 国立台湾科技大学 | | | |