

令和 3 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：2018～2020

課題番号：18K11401

研究課題名（和文）遠赤外線画像を用いた呼吸流速および呼吸流量の非接触計測

研究課題名（英文）Noncontact measurement of flow velocity and flow rate in human 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・准教授

研究者番号：50422506

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000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ヒトの呼吸における流速および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、ヒトの鼻呼吸を対象に、呼吸中に変化する呼気・吸気の気温、流速、ならびに鼻腔の表面温度を比較を行った。次に、呼気・吸気の気温、および、鼻腔の表面温度を用いて、流速を推定する手法の考案を行った。その結果、鼻呼吸における流速の瞬時値を、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

生体情報において重要な指標である呼吸の流速や流量は、これまでは、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アプローチにより、鼻呼吸中の呼気および吸気の流速を、非接触かつ定量的に推定できる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 velocity and flow rate in human breathing by using far-infrared imaging. We first compared the air temperature, flow velocity, and surface temperature in the nasal cavity during human nasal breathing by conducting experiments. We next proposed a method for estimating the flow velocity from the air temperature and the surface temperature based on the experimental results. As a result, we found that the quantitative flow velocity in nasal 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 鼻呼吸 非接触計測 流速 流量

1. 研究開始当初の背景

近年、人間の心拍、血圧、呼吸、体温などの生体情報を計測し、健康管理、行動支援、スポーツ、エンタテインメントなどに活用する研究が盛んに行われている。人間の心身の状態を把握する上で、呼吸は最も重要な生体情報の一つである。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、流速、流量などが挙げられる。これらの指標の中で、呼吸における流速は、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。一方、その計測方法に着目すると、例えばスパイロメータなど、ユーザに計測機器を装着させる接触型の方法でのみ、流速の定量的な計測が可能であった。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、といったことが主な問題点として挙げられる。そこで、流速の定量的な計測を非接触で実現できることが望ましい。

2. 研究の目的

本研究では、呼吸における流速を、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。具体的にはまず、ヒトの鼻呼吸を対象に、鼻腔より排出・吸入される呼気・吸気について、流速と気温の関連性の分析を行う。その後、得られた分析結果に基づいて、流速の推定に有用な特徴量の選定、および、気温の時間変化パターンを用いた流速の推定手法の考案を行う。次に、鼻呼吸中の呼気・吸気の気温と鼻腔の表面温度の関連性の分析を行い、流速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) 鼻腔内の気温を用いた流速の推定

ヒトが鼻から息を吸う場合、一般的に体温よりも冷たい空気が鼻腔より吸入される。一方、息を吐く場合、外気よりも暖かい空気が鼻腔より排出される。そこではじめに、鼻呼吸中に鼻腔より吸入・排出される空気の気温と流速の各瞬時値を比較する被験者実験を行う。具体的には、椅子に着座した被験者に対して、熱電対センサとスパイロメータを用いて、鼻呼吸を行う際の気温および流速の同時測定を複数の条件下で行う。得られた結果より、流速の推定に有用な気温の特徴量の抽出を行う。さらに、呼気・吸気の気温から流速を推定する具体的な手法を考案する。

(2) 鼻腔の表面温度を用いた鼻腔内の気温の推定

ヒトが鼻呼吸を行う場合、鼻腔より吸入・排出される空気は、鼻腔の内壁に吹き付けられる。これにより、鼻腔の内壁の表面温度は、鼻呼吸に伴う鼻腔内の気温の上昇および下降に連動すると考えられる。そこではじめに、鼻呼吸中に鼻腔より吸入・排出される空気の気温と、顔面熱画像を比較する被験者実験を行う。具体的には、椅子に着座した被験者に対して、熱電対センサと遠赤外線カメラを用いて、鼻呼吸を行う際の気温と鼻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。さらに、鼻腔の表面温度から呼気・吸気の気温を非接触で推定する具体的な手法を考案する。

4. 研究成果

(1) 鼻腔内の気温を用いた流速の推定

はじめに、被験者 12 名に対して、呼気および吸気の強弱を変えた 5 パターンの方法で鼻呼吸を行ってもらい、その際の気温と流速の同時測定を行った(表 1)。その後、測定結果に対して、正規化処理を行った後、各時系列パターンを比較した結果、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も連動して増加・減少する傾向がみられた(図 1)。さらに、気温の変化速度と流速の各瞬時値を比較した結果、いずれのパターンにおいても、両者の間に強い正の相関($r > 0.76$)がみられた(図 2 および表 2)。これらの結果より、鼻呼吸における気温の変化速度は、流速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。

そこで、以上の結果に基づいて、単回帰分析を用いた流速の推定手法を考案し、推定精度を評価するためのシミュレーション実験を行った。実験結果より流速の推定値と正解値を比較した結果、考案した手法は概ね良好な精度で流速を推定できることを確認した。一方、推定値の時系列パターンを検証した結果、流量の推定に向けては、ピーク値付近の推定精度をより向上させる必要があることが判明した。

表 1. 被験者実験における鼻呼吸のパターン

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	Pattern 5
呼気	通常	通常	強い	通常	弱い
吸気	通常	強い	通常	弱い	通常

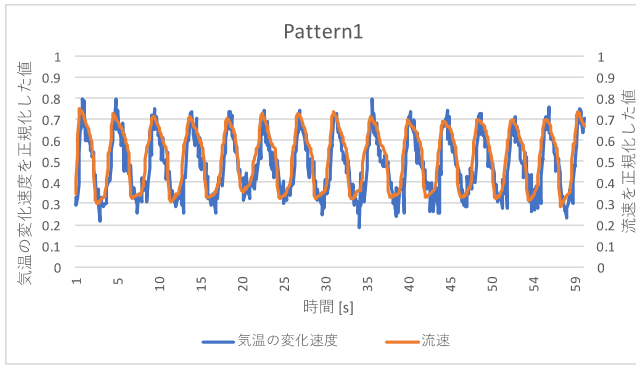


図 1. 気温の変化速度と流速の時間変化

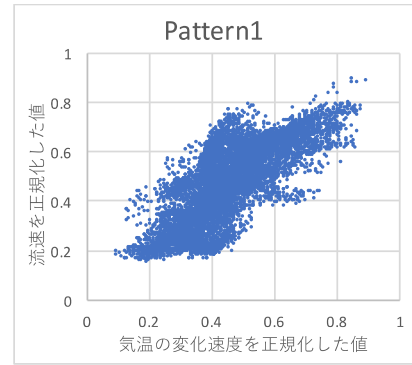


図 2. 気温の変化速度と流速の比較

表 2. 気温の変化速度と流速の相関

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	Pattern 5
相関係数	0.79	0.78	0.79	0.76	0.77

(2) 鼻腔の表面温度を用いた鼻腔内の気温の推定

被験者 12 名に対して、表 1 に示す 5 パターンの方法で鼻呼吸を行ってもらい、その際の気温と顔面熱画像の同時測定を行った。次に、顔面熱画像の各フレームより鼻腔領域の抽出と表面温度(抽出した鼻腔領域の平均温度)の算出を行った。その後、気温と表面温度に対して正規化処理を行い、各時系列パターンを比較した。その結果、鼻腔の表面温度は、気温に連動して増加・減少する傾向がみられた(図 3)。さらに、気温と表面温度の各瞬時値を比較した結果、いずれのパターンにおいても、両者の間に強い正の相関($r > 0.77$)がみられた(図 4 および表 3)。これらの結果より、鼻呼吸における鼻腔の表面温度は、気温の瞬時値の推定に有用な特徴量となりうる事が判明した。

そこで、以上の結果に基づいて、単回帰分析を用いた気温の推定手法を考案し、推定精度を評価するためのシミュレーション実験を行った。実験結果より気温の推定値と正解値を比較した結果、考案した手法は概ね良好な精度で気温を推定できることを確認した。さらに、流速の推定に必要な気温の変化速度の算出に、遠赤外線画像を用いたアプローチが有用であることを確認した。一方、推定値の時系列パターンを検証した結果、ピーク値付近で推定精度が劣化する傾向がみられ、実用に向けてはさらなる推定精度の向上が必要であることが判明した。

以上の成果より、遠赤外線画像を用いてヒトの鼻呼吸における流速を非接触かつ定量的に計測できる可能性が示されたと考えられる。

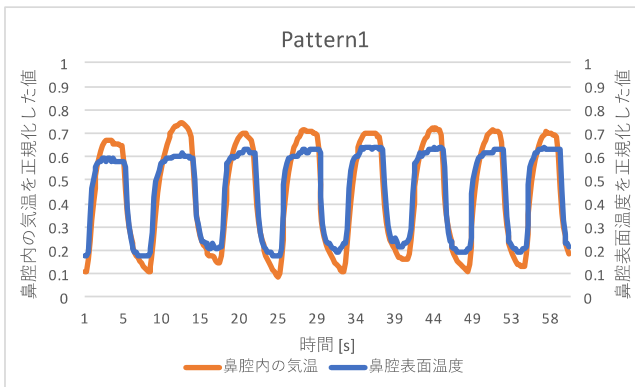


図 3. 気温と表面温度の時間変化

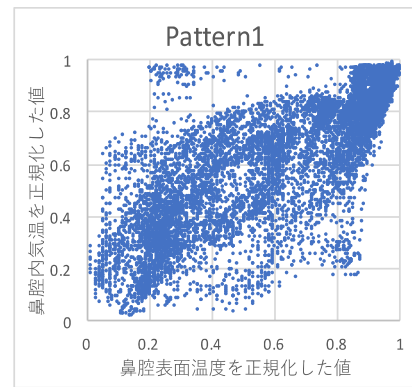


図 4. 表面温度と気温の比較

表 3. 気温の変化速度と流速の相関

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	Pattern 5
相関係数	0.77	0.81	0.79	0.83	0.81

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Dai Hanawa, Ryohei Takatori, Seiya Mishima, Satsuki Yamada, Kimio Oguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Improvement on the accuracy of the measurement of multiple users' breathing by using far infrared imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of the 8th Int. Multi-Conf. on Eng. and Tech. Innovation	6. 最初と最後の頁 99
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 -
1. 著者名 Dai Hanawa, Ryohei Takatori, Kimio Oguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Basic Study on Measurement of Multiple Users' Breathing by Using Far Infrared Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE Int. Conf. on Consumer Electronics - Taiwan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICCE-TW46550.2019.8991825	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 -
1. 著者名 Dai Hanawa, Ryohei Takatori, Riana Uchima, Kimio Oguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Multiple Users Simultaneous Measurement of Human Breathing by using Far Infrared Imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of the 7th Int. Multi-Conf. on Eng. and Technol. Innovation 2018	6. 最初と最後の頁 28
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 -
1. 著者名 Dai Hanawa, Hanaka Inou, Seiya Mishima, Kimio Oguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Basic Study on Noncontact Sensing of Flow Velocity in Nasal Breathing by using Far Infrared Optical Imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 2020 Optoelectronics and Commun. Conf.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/OECC48412.2020.9273662	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

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 稲生華佳, 三嶋聖也, 埴大, 小口喜美夫
2. 発表標題 遠赤外線画像を用いた鼻呼吸の流速の非接触推定に関する基礎検討
3. 学会等名 社会情報学会中部支部・芸術科学会中部支部研究会・情報文化学会中部支部研究会合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三嶋聖也, 小口喜美夫, 埴大
2. 発表標題 遠赤外線画像を用いた鼻呼吸の流速の非接触計測法の基礎検討
3. 学会等名 信学総大 情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション
4. 発表年 2019年

〔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)	國立臺灣科技大學・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
---------	---------