

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16042

研究課題名(和文) 遠赤外線画像を用いた複数ユーザの非接触型同時呼吸計測法の検討

研究課題名(英文) Noncontact and simultaneous measurement of human breathing for multiple users 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) 3,000,000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、複数ユーザの呼吸を同時かつ非接触で計測できる手法の検討を行った。はじめに、単一ユーザの顔面熱分布が撮影された映像から、呼吸部位(鼻腔部、及び口部)を精度よく検出する方法を考案した。次に、呼吸部位における温度変化の時系列パターンを用いて、呼吸における定性的な流速を概ね良好な精度で推定できる手法を考案した。最後に、これらの方法を応用して、複数ユーザの呼吸を同時かつ非接触で計測できることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we studied on noncontact and simultaneous measurement of human breathing for multiple users, by using far infrared (FIR) imaging. We first proposed methods to extract the regions including nasal cavity or oral cavity from FIR images which was capturing a single user's face. We next proposed methods to estimate qualitative strength of flow velocity in nasal breathing and oral breathing. Finally, we showed that noncontact and simultaneous measurement of human breathing for multiple users can be realized by using the above two methods.

研究分野：情報通信工学

キーワード：遠赤外線画像 非接触計測 呼吸 流速 複数ユーザ

1. 研究開始当初の背景

近年、各種センサを用いて脈拍、心拍、呼吸、脳波などの人の生体情報を取得し、日常生活における健康管理、行動支援、娯楽、医療を目的としたシステムへ応用する研究が国内外でさかんに行われている。総務省統計局の調査結果によれば、2015年4月の時点で、65歳以上の人口が国民総人口に占める割合は26%を越えており[1]、高齢化社会が着々と進みつつあることが伺える。このようなシステムの開発において、できるだけユーザな負担をかけずに生体情報を計測できる方法の開発は、最重要課題の一つである。とりわけ、呼吸動作に関する計測技術は、例えば香り提示システム、ユーザの感情推定システムなどの娯楽分野や、乳幼児の睡眠時無呼吸症候群等の早期発見、介護施設における恒常的なモニタリングなどの医療分野への応用にも繋がることから、これらの実現のための重要な基礎技術の一つといえよう。

一般的に、ユーザの呼吸計測を行う場合、スパイロメータ、サーミスタピックアップ、ベルト型センサなど、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る。しかしながらこれらの計測方法は、計測機器の定常的な装着が必要となる。さらに複数人の呼吸計測を同時に行う場合、ユーザ数に比例する測定機器が必要となる。一方、日常生活への応用を想定する場合、呼吸を含む生体情報の計測においては、定常的な計測、身体的・精神的な負担、計測機器脱着の危険性、複数人の同時計測などの観点から、非拘束、非侵襲、かつ非接触による方法が望ましい。そこで現在までに、呼吸計測の非拘束化、非侵襲化を目的とした研究がこれまでに幾つか試みられている(例えば[2]-[5])。しかしながらこれらの多くは、計測環境やユーザが比較的強い制約条件を満足する必要がある、測定対象者が1名に限定される、などの理由から、複数人を対象にした同時計測は困難であった。

2. 研究の目的

本研究では、複数ユーザの呼吸を、1台の遠赤外線カメラのみを用いて、同時かつ非接触で計測できる手法の確立を目指す。申請者らはこれまでに、遠赤外線画像を用いた鼻呼吸計測法について検討を行ってきた[6][7]。しかしながら、申請者らの従来の方法では、ユーザの顔面を遠赤外線カメラの真正面で撮影する必要があった。また、口呼吸計測、流速の計測、ならびに複数ユーザを対象とする計測などへの応用については未検討のままであった。そこで本研究課題では、遠赤外線画像の利用を前提に、これらの課題の解決を含む新たな呼吸計測法を考案する。

具体的にはまず、単一ユーザの顔面熱分布が撮影された映像から、呼吸部位(鼻腔部、及び口部)の自動検出法の考案を行う。ここでは、ユーザの顔面と遠赤外線カメラの相対

的な位置関係が不変であれば、概ね良好な精度で呼吸部位が検出可能な手法の実現を目指す。次に、鼻呼吸および口呼吸における流速の推定法の考案を行う。上記の検出結果より算出可能な、呼吸部位における温度変化の時系列パターンを用いることで、呼気また吸気における流速の定性的な強度を概ね良好な精度で推定できる手法の実現を目指す。最後に、これらの結果を基に、複数ユーザの同時計測へ適用する方法の考案と評価を行う。これらの検討により、従来の呼吸計測法と比較して、汎用的、高精度かつロバストな非接触型呼吸計測法の実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) 呼吸部位の検出

遠赤外線画像を用いた呼吸計測を自動で行うためには、顔面熱画像上の鼻腔もしくは口腔の領域を正確に抽出する必要がある。また、可能な限り頭部の姿勢に頑健であることが望ましい。そこで、鼻腔内壁もしくは口腔内壁の温度が、呼気の吸入時には一時的に下降すること、呼気の排出時には一時的に上昇することに着目した検出法を検討する。

(2) 流速の推定

人が鼻もしくは口で呼吸を行う場合、その呼吸の強さによって、吸気または呼気の流速が変化する。その際の鼻腔内壁もしくは口腔内壁の温度に着目すると、流速の変化に伴い、温度の上昇・下降の速度が変化すると思われる。そこで、呼吸部位より抽出した温度の変化を用いて、流速の定性的な強度を推定する方法を検討する。

(3) 複数ユーザの同時計測

(1)(2)の手法を、複数ユーザの顔面熱画像が撮影された遠赤外線画像に適用し、個々のユーザの呼吸を同時に計測する方法について検討する。すなわち、遠赤外線画像上の各ユーザの呼吸部位を検出すると共に、検出結果を用いて、各ユーザの呼吸について、流速の定性的な強度をリアルタイムで推定する方法について検討する。

4. 研究成果

(1) 頭部姿勢に頑健な呼吸部位の検出

ユーザの顔面と遠赤外線カメラの相対的な位置関係が不変であるという条件下で、遠赤外線上の鼻腔もしくは口腔を自動で検出する方法について検討した。具体的にはまず、最新数フレームの遠赤外線画像から、ピクセルごとに一定の時間間隔における温度のばらつき、すなわち分散を算出する。ここで呼吸部位のピクセルの温度は、時間の経過と共に他の領域と比べて大きく変化することから、ばらつきは他のピクセルよりも大きくなると考えられる。そこで次に、上記の分散に対して閾値処理を行い、二値画像を生成する。

この二値画像に対してラベリング処理を施した後、各領域に対して面積、円形度、並びに領域内の平均温度を用いて、呼吸部位と考えられる領域を選出する。呼吸部位検出法の具体的なフロー、および検出結果の一例それぞれ図1, 2に示す。

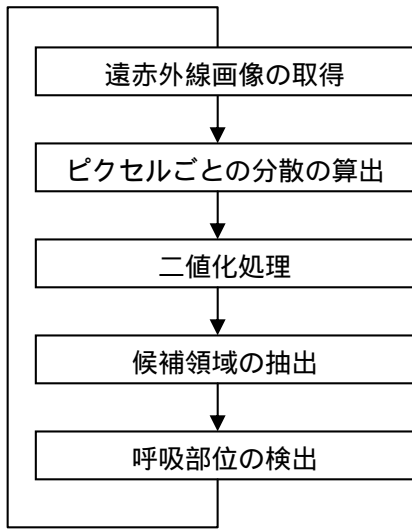


図1. 呼吸部位検出法の処理手順



(a)入力画像の例 (b)鼻腔の検出結果

図2. 入力画像に対する鼻腔の検出結果 (640×320[pixel], 8bit Gray Scale)

評価実験の結果、鼻腔および口腔の検出精度はそれぞれ、約76~80%および約45~89%であった。実験結果の一部(鼻腔の検出精度)を図3に示す。これらの結果より、考案した手法は、概ね良好な精度で呼吸部位の検出が可能であることを確認した。中でも鼻呼吸については、呼吸の仕方、および、頭部の回旋や側屈に対して一定の頑健性を有することを確認できた。一方口呼吸については、頭部の側屈に対して検出率の低下がみられた。さらに呼吸時の口の形状が検出精度に少なからず影響を与えることも確認された。

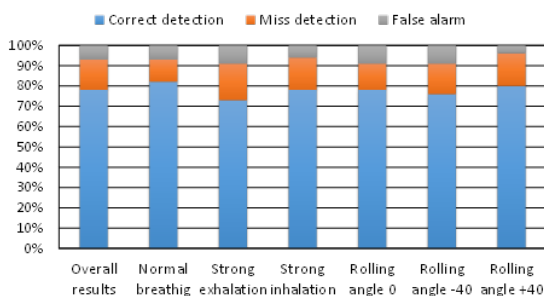


図3. 鼻腔の検出精度

(2) 呼吸における流速の推定

本研究では、ユーザの鼻呼吸および口呼吸には、(a)強吸気、(b)通常吸気、(c)通常呼気、(d)強呼気、の4種類の状態があると仮定し、呼吸部位の温度変化を用いて、流速を定性的に推定する方法について検討した。具体的にはまず、遠赤外線画像より抽出された鼻腔また口腔の領域に対し、呼気または吸気の開始から終了までの間での温度の平均変化速度を算出する。算出された平均変化速度に対し、2種類の閾値を用いて、~のいずれの状態に該当するかを判別する。考案した推定法の具体的なフローおよび流速の判別方法を図4, 5に示す。

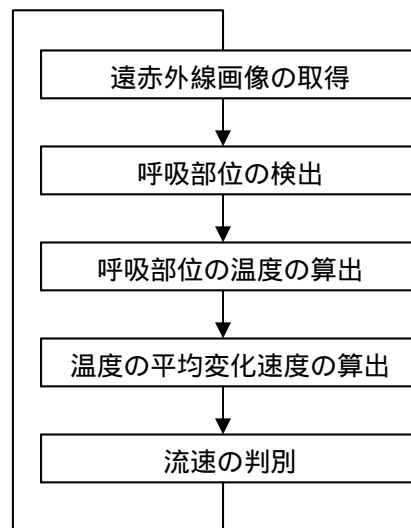


図4. 流速の推定法の処理手順

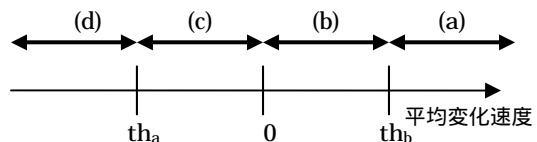


図5. 流速の判別方法 (th_a , th_b は判別に用いる閾値)

評価実験の結果、鼻呼吸および口呼吸における流速の推定精度はそれぞれ約66~100%および約33~94%であった。実験結果の一部(鼻呼吸における流速の推定精度)を表1に示す。これらの結果より、考案した手法は、概ね良好な精度で流速の推定が可能であることを確認した。とりわけ、呼気((a)もしくは(b))か吸気((c)もしくは(d))かの判別については、いずれも推定結果に誤りがみられなかった。したがって、呼気・吸気の判別に、呼吸部位の温度の変化速度を用いることの有用性が確認できたといえる。一方、強呼気または強吸気となる場合の推定については、特に口呼吸の場合に推定精度の低下がみられた。主な原因として、温度の変化が鼻腔よりも小さいことなどが考えられる。口腔内で温度変化がより顕著であった舌の領域の温度を用いて推定した結果、約5%の精度向上が

みられた。

表 1. 鼻呼吸における流速の推定精度

		推定結果			
		(a)	(b)	(c)	(d)
正 解	(a)	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%
	(b)	16.7%	83.3%	0.0%	0.0%
	(c)	0.0%	0.0%	85.7%	14.3%
	(d)	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

(3) 複数ユーザの同時計測への適用

(1)(2)で考案した手法を、複数ユーザの顔面熱画像が撮影された遠赤外線画像に適用するための方法について検討した。本研究では、その第一段階として、計測対象のユーザは2名、かつ、全ユーザの顔全体が遠赤外線画像に含まれていることを前提条件として検討を行った。

はじめに、ユーザの体温および呼吸に伴う呼吸部位の温度変化には個人差があることを考慮して、遠赤外線画像を二つの領域に分割することを試みた。ここでは、分割後の領域にいずれか一方のユーザの顔面のみが含まれるように領域分割を行った。本研究では、この領域の境界線は垂直方向の直線とし、原点から水平方向の距離での一定以上の温度を持つピクセル数の分布(図 6)から判別分析法を用いて境界線の算出を行った。境界線決定後は、各領域に対して(1)で述べた手法を用いて、鼻腔の抽出を行う。次に、(2)で述べた手法を各領域に対して用いて、各ユーザの鼻呼吸における定性的な流速を推定する。検出結果の一例を図 7 に示す。

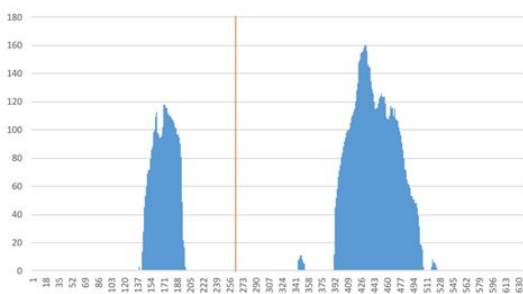


図 6. ピクセルの距離分布と境界線の例



(a)入力画像の例 (b)鼻腔の検出結果

図 7. 入力画像に対する鼻腔の検出結果 (640×320[pixel], 8bit Gray Scale)

評価実験の結果、2名のユーザに対する流速の推定精度は約14~91%であった。またこのときの鼻部の検出精度は約72%であった。呼吸が吸気か呼気かの判別については、いずれも推定結果に誤りがみられなかった。さらに呼吸の仕方、および、頭部の側屈に対する精度の低下はみられなかった。

一方で強呼吸または強吸気となる場合の推定については、推定精度の大きな低下がみられた。さらに頭部の側屈に対しては、検出精度の低下がみられた。主な原因としては、遠赤外線画像の解像度の影響が考えられる。2名のユーザの顔を画像に収めるため、カメラとユーザの距離を(1)(2)の評価実験よりも倍近くに設定する必要があった。これにより、呼吸部位の温度変化を正確に捉えきれず、精度が低下したと考えられる。これらの結果より、考案した手法を3名以上のユーザの計測に用いる場合、より解像度の高い遠赤外線画像を用いる必要があることが判明した。

(4) まとめ

本研究では、従来の呼吸計測法では困難であった、複数ユーザの呼吸を同時かつ非接触で計測する方法について検討した。遠赤外線画像を用いた独自のアプローチにより、呼吸部位の検出、流速の強度の推定共に、比較的単純な手法を用いたにも関わらず、比較的良好的な精度と一定の頑健性を実現することができた。併せて、精度の向上、およびユーザ数の拡張に向けて、今後クリアすべき課題を明確にすることができた。

参考文献

- [1] Statistics Bureau, <http://www.stat.go.jp/english/data/jinsui/tsuki/index.htm>, 最終アクセス日: 2018年6月15日.
- [2] 西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正, “圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測”, 日本ロボット学会論文誌, vol. 16, no. 5, pp.705-711, 1998.
- [3] 中井宏章, 渡邊睦, 三宅哲夫, 高田敬輔, 山下馨, 新盛英世, 石原謙, “動画処理による呼吸モニタリングシステム タリングシステム タリングシステム”, 信学論(D-II), Vol. J83-D-II, No. 1, pp. 280-288, 2000.
- [4] 東桂木謙治, 中畑洋一郎, 松波勲, 梶原昭博, “超高帯域無線を用いた呼吸監視特性について”, 電学論(C), vol.129, no.6, pp.1056-1062, 2009.
- [5] C.B Pereira, X. Yu, V. Blazek, S. Leonhard, “Robust remote monitoring of breathing function by using infrared thermography”, IEEE, Proc. of EMBC 2015, pp.4250-4253, 2015.
- [6] 埴大, 小出泰介, 小口喜美夫, “ホーム

ヘルスケアシステムにおける遠赤外線画像を用いた鼻呼吸検出法の提案”, 信学論(D), Vol. J94-D, No. 1, pp.260-263, 2011.

- [7] D. Hanawa, T. Morimoto, S. Shimazaki, K. Oguchi, “ Nasal cavity detection in facial thermal images for non-contact measurement of breathing ”, IATES², vol. 2, no. 1, pp.34-39, 2013.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

D. Hanawa, K. Oguchi, Noncontact estimation of qualitative flow velocity in nasal breathing by using far infrared imaging, Proc. of IEEE Int. Conf. on Consumer Electronics - Taiwan, 査読有, pp.135-136, 2018.

D. Hanawa, R. Takatori, K. Oguchi, Non-contact estimation of the strength of human nasal airflow by using Far Infrared Imaging, Proc. of the 5th Int. Multi-Conf. on Eng. and Tech. Innovation, 査読有, F7036, 2017.

D. Hanawa, T. Ohguchi, K. Oguchi, Basic study on non-contact measurement of human oral breathing by using far infra-red imaging, Proc. of 37th Int. Conf. on Telecommun. and Signal Process., 査読有, pp.681-684, 2016.

大口朋美, 埴大, 小口喜美夫, 遠赤外線画像を用いた口呼吸の非接触計測手法の検討, 信学技報, 査読無, MVE2015-99, pp.245-256, 2016.

D. Hanawa, A. Murakami, K. Oguchi, Non-contact estimation of nasal airflow velocity using far infrared imaging, Proc. of 37th Int. Conf. of the IEEE Eng. in Medicine and Biology Society, 査読有, Paper FrFPoT6.14, 2015.

D. Hanawa, A. Murakami, K. Oguchi, Nasal cavity detection for non-contact nasal airflow estimation using far infrared imaging, Proc. of 37th Int. Conf. of the IEEE Eng. in Medicine and Biology Society, 査読有, Paper FrFPoT 6.20, 2015.

〔学会発表〕(計1件)

高取陵平, 小口喜美夫, 埴大, 遠赤外線画像を用いた複数ユーザの非接触計測法の検討, 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予稿集, 査読無, ISS-SP-098, p.213, 2018.

6. 研究組織

(1)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