

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00385

研究課題名(和文)人の情動変化の低負担検出と円滑なヒューマンロボットインタラクションへの応用

研究課題名(英文) Non intrusive assessment of human affection and its application on human-robot interaction

研究代表者

大須賀 美恵子 (MIEKO, OHSUGA)

大阪工業大学・ロボティクス&デザイン工学部・教授

研究者番号：10351462

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：心拍と呼吸は人の情動変化を捉えるのに有用な指標である。人に負担をかけずに測れるように、センサ装着なしで衣服のまま座るだけで心拍と呼吸を計測する手法と装置を開発した。居間やホールなどゆったりした姿勢で座って測る椅子と事務椅子の上に置いて用いるクッションを作成した。背もたれと座面につけた容量結合型電極で心電図を計測し、座面に埋め込んだ圧力センサで呼吸を計測するものである。心拍・呼吸情報が取得できることは確認できたが、体動に対する対策が必要である。

研究成果の概要(英文)：Heart rate and respiration are useful measures to capture human emotional changes. In order to measure without burdening people, we developed a method and apparatus to measure heartbeat and breathing by simply sitting in clothes without attaching sensors. We prepared a chair to measure by sitting in a relaxed posture used in a living room or a hall and a cushion to be placed on the office chair. Electrocardiogram is measured with a capacitive-coupled electrodes attached to the backrest and the seat surface, and respiration is measured with a pressure sensor embedded in the seat surface. It is confirmed that heart rate and respiration information is acquired by developed apparatus, however the countermeasures for body movement are future tasks.

研究分野：生理心理工学

キーワード：低負担計測 心拍 呼吸 感性ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

生活場面で人を支援する知的システム（ロボット）の実用化が進んでいる。人に受け入れられるためには、人の気持ちを汲んで、適応的に対応を変える必要がある。これをリアルタイムに行うには、人の情動変化を他覚的に捉える手法が求められる。これまでに、心拍や呼吸などを用いて TV 視聴や PC 作業をしている人が集中しているか否かを判定し、ロボットが働きかけるタイミングを決定する手法を開発した¹⁾。これを実用化するには、対象者に継続的な利用が受容される程度に、低負担、すなわち、じゃまにならない (non-intrusive) 計測手法が必要である。

センサを装着しないで心拍（脈拍）情報を捉える方法としては、容量結合型電極を用いて心電図を計測するもの、背面や座面の圧力変化を捉えるもの、マイクで心音・脈音を捉えるもの、超音波やマイクロ波で心臓の収縮に伴う胸郭の動きを捉えるもの、脈動による顔面の色変化を捉えるものがある。呼吸の低負担計測では、鼻孔付近の温度変化、呼吸音、胸部・腹部の動きをマイクロ波や CCD カメラ・距離画像を用いるもの、ベッドや椅子に組み込んだ圧力センサ、空気動圧センサ、ゴム製の柔軟な静電容量型触覚センサを利用する手法が検討されている。いずれも研究段階であり、生活場面で継続的に利用されるには至っていない。

2. 研究の目的

車のドライバモニタリングを目的として我々のグループで進めてきた心拍・呼吸情報の検出手法を、生活場面に適用する。衣服のまま、座るだけで計測できる手法をめざす。

3. 研究の方法

心拍は容量結合型電極²⁻⁴⁾、呼吸は背面のエアバッグ、あるいは座面に組み込んだ圧力センサ⁵⁾を用いて計測する。非接触計測としてカメラを用いた計測も検討する。研究協力者より、ドライバモニタリング用に開発した容量結合型電極および検出回路、呼吸計測用のシート式の圧センサの提供を受ける。これらを背もたれや座面に組み込んだ椅子を開発し、リラックスした姿勢とデスクワークでの計測を試み、センサ装着して計測した結果と比較する。さらに、眼球運動・脳波の簡便計測装置の試作、非接触計測にも取り組む。これらを用いて、人の状態・情動変化推定手法を開発する。

4. 研究成果

(1) 容量結合型電極とエアバッグを用いた心拍の計測

スプリングのついたオフィスチェアの背もたれにエアバッグを配置し、その表面と椅子の座面に容量結合型電極を張り付け心電図を計測した (図 1 左)。エアバッグの圧を背中の接触が保てるように調整する。この椅

子を用いてデスクワークに適用した。実験参加者は謝金雇用し書面によるインフォームド・コンセントを得た 4 名の男子大学・大学院生である。実験は大阪工業大学ライフサイエンス研究倫理委員会の審査を経て実施した (承認番号 2015-16)。PC 模擬作業として、ディスプレイとキーボードを用いたクレペリンテストを用いた (図 1 右)。3 分の練習、3 分の安静のあと、40 分のタスクを課した。胸部心電図から得た R 波検出時点と比較し、検出ミス (False Negative: FN) と誤検出 (False Positive: FP) を求めて評価した。Ch. 4 (CR-CF) では計測不備が多かったが、体動がなければ ch. 2 (BR-CL) では 4 名とも、ch. 3 (BL-CL) では 3 名、ch. 1 (BR-BL) では 1 名で良好な計測結果が得られた (FN, FP ともに 5 % 以下)。



図 1 センサを付けた椅子(左)と実験風景(右)

(2) バイタルセンシングチェアの開発と評価

市販のリクライニング可能で背もたれが高くくつろげる椅子 (SWITCH 製 Bulb Chair) を採用し、背もたれと座面に心電図計測用の容量結合型電極、座面に呼吸計測用の圧力センサを埋め込んだ。電極部分の表面は導電糸入りの布で覆った。図 2 に外観と組み込んだセンサを、図 3 に心電計測例、図 4 に呼吸計測例を示す。

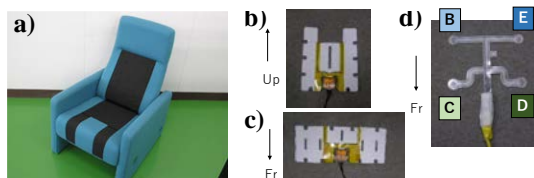


図 2 バイタルセンシングチェアの外観 (a) と心電図用の容量結合型電極 (背もたれ用 (b)、座面用 (c))、呼吸用圧力センサ (d)

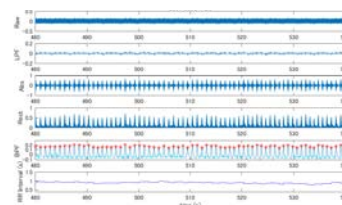


図 3 心電計測と R 波検出例

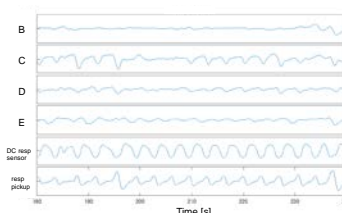


図 4 呼吸計測例

評価実験は謝金雇用し書面によるインフォームド・コンセントを得た 5 名の男子大学・大学院生を対象に実施した (承認番号 2016-35). 40 インチ相当のプロジェクト画面で好きな映画を視聴する条件と手元でスマートホンの操作をさせる条件を、それぞれ薄着 (T シャツ 1 枚) と厚着 (T シャツとトレーナなど) でそれぞれ 15 分ずつ実施した. バイタルセンシングチェアによる心電 (以下, c-ECG (conductive-ECG)) 2 チャンネル (BR-BL, CR-CL) と呼吸 4 チャンネルに加え, 比較のため胸部心電図 (d-ECG (direct-ECG)), 呼吸ピックアップセンサと DC 呼吸センサを用いて呼吸を計測した.

R 波検出の評価は, c-ECG の R 波ピーク時点に d-ECG の R 波ピークがない誤検出 (False-positive, 以下 FP) と, d-ECG の R 波ピーク時点に c-ECG の R 波ピークがない検出漏れ (False-negative, 以下 FN) の 2 種類のエラーについて行った (図 6). 各ピークからの時間ずれの許容範囲は, $\pm 0.1 + dt$ [s] とした. dt は, c-ECG と d-ECG ピークのずれを勘案し, 各データの最適値に設定した. 結果を表 1 に示す. FP, FN とともに 5 %以下になったのは 2 名のみで計測部位は CR-CL (座面) で前方画面を見ているときであった. 着衣による違いは明確ではなかった. FP, FN が多い例でも体動の少ない箇所では良好な結果が得られている. 呼吸センサで体動を検出し, 体動のない区間のみを利用することが考えられる.

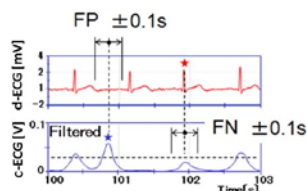


図 6 誤検出 (FP) と検出漏れ (FN) の定義

表 1 計測部位, 条件ごとの FP, FN の割合 [%]

Participant	clothes	BR-BL				CR-CL			
		FP	FN	FP	FN	FP	FN	FP	FN
1	heavy	×	×	35.4	32.4	22.6	32.2	0.4	0.6
	light	11.2	18.0	29.3	×	0.7	0.9	0.3	0.7
2	heavy	10.7	9.5	×	34.2	9.8	15.5	8.7	25.1
	light	14.1	10.6	×	×	31.7	21.1	3.0	×
3	heavy	×	×	5.4	9.7	×	×	2.5	5.5
	light	9.7	12.9	13.3	32.0	×	×	12.5	17.5
4	heavy	×	×	×	×	×	×	33.0	32.0
	light	30.7	30.1	35.2	36.9	16.2	20.5	5.8	8.5
5	heavy	×	×	9.3	7.6	×	×	×	31.4
	light	×	×	22.1	18.2	×	×	35.8	23.1

4 つの圧力センサ (図 2 の B~E) で計測した呼吸波形にアンチエイリアシングフィルタをかけて 50 Hz でリサンプルし, 0.05-0.6Hz バンドパスフィルタ (2 次バターワース, 位相補償) をかけた. 1 分区間ごとにフィルタ出力波形と DC 呼吸センサで計測した呼吸の相互相関係数を求め, 絶対値の最大値を求め, 2~14 分の 13 区間の平均と標準偏差を求めた. 結果を図 7 に示す. 相互相関の値には個人差があるが, 5 名とも座面の前方 (C, D) の計測状況が良好であった. 呼吸も体動の影響が大きく, 体動のある区間を除けばさらに相関は高くなる.

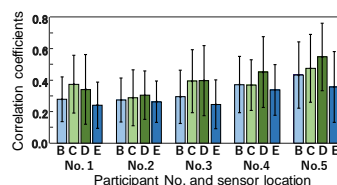


図 7 圧力センサと呼吸センサで計測した呼吸波形の相互相関係数の平均と標準偏差

(3) バイタルセンシングクッションの開発

図 2 の電極とセンサと同じものを市販の姿勢矯正用クッション (Back joy Posture Plus) と特注の背もたれに組み込み, 事務椅子の上に置いて利用できるようにした (図 8). さらに背もたれに自動車シート用の Air Lumbar を入れて接触状態を維持できるようにした. このクッションの評価は継続中である.



図 8 バイタルセンシングクッション

(4) 眼球運動・脳波の簡便計測装置の試作, 非接触計測

眼球運動については JINS 社の眼鏡組み込み式の計測装置 (JINS-MEME) を導入し, 独立成分分析を用いて水平・垂直眼球運動の分離が行えることを確認した. 脳波については, 自作のヘアバンドと市販のゲル電極を用いてペースト不要の計測を実現した.

椅子に組み込んだセンサだけでは, 体動や姿勢変化のある状況で, 常時良好な計測が行うことは難しい. 計測結果の信頼性 (計測状況が良いかどうか) を合わせて出力する必要があると考える. また, 着座状況が椅子による計測に適さないときに非接触で得られる顔画像からの情報を組み合わせることを考え, 顔 (頬領域) の色変化から脈拍情報を得て, データを補完する方法を検討した.

(5) 人の状態・情動変化推定手法

低負担計測データへの適用には至らず, 接触型センサを用いて取得したデータを用いて集中度・覚醒度を推定する手法を検討し, 主観評定結果と比較した.

<引用文献>

- Ohsuga, M., Boutani, H.: Detection of a decrease in concentration using indices derived from heart rate and respiration toward affective human-robot interaction, Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, pp.1462-1467, Kraków, Poland, 2014
- Ohsuga, M., Sugiyama, S.: Obtaining

- heart rate information from a driver using capacity coupled electrodes (4th report), Proceedings of JSAE Annual Congress in spring of Society of Automotive Engineers of Japan, 2015
- 3) Ohsuga, M., Sugiyama, S.: Obtaining heart rate information from a driver using capacity coupled electrodes (5th report), Proceedings of JSAE Annual Congress in spring of Society of Automotive Engineers of Japan, 2016
- 4) Ohsuga, M., Sugiyama, S.: Obtaining heart rate information from a driver using capacity coupled electrodes (6th report), Proceedings of JSAE Annual Congress in autumn of Society of Automotive Engineers of Japan, 2016
- 5) Iida, S., Kuriyagawa, K., Kageyama, I., Kobayashi, H., Ohsuga, M., Itoh, T., Sugiyama, S.: Obtaining of respiratory information from a driver using seat pressure, Proceedings of JSAE Annual Congress in spring of Society of Automotive Engineers of Japan, 2013

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

- ① Mieko Ohsuga: Development of chairs for noninvasive measurement of heartrate and respiration and its application, 20th Congress of International Ergonomics Association (IEA 2018), 2018.8., Firenze Fiera Congress & Exhibition Center, Florence Italy
- ② 大須賀美恵子: 心拍と呼吸の無拘束計測とその応用, 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2017, 2017. 11. 25, 静岡大学浜松キャンパス(浜松)
- ③ 大須賀美恵子: バイタルセンシングチェアの応用可能性について, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, 2017. 9. 6, 大阪工業大学梅田キャンパス(大阪)
- ④ 大須賀美恵子: 心拍の無拘束計測とその応用, 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2016, 2016. 12. 7, ウカルちゃんアリーナ(滋賀)
- ⑤ Mieko Ohsuga: Non-intrusive measurement of heartrate during computer work, Human Computer Interaction 2016 (HCI2016), 2016. 7. 20-22, The Westin Harbour Castle, Hotel, Toronto, Canada
- ⑥ 大須賀美恵子: 心低負担の呼吸計測法について, 第45回日本バイオフィードバック学会学術総会, 2016. 6. 12, 日本大学文理学部百年記念館(東京)

⑦ 大須賀美恵子: 容量結合型電極を用いた non-intrusive な心拍計測~PC 作業への適用~, 平成 27 年度第 3 回電子情報通信学会福祉情報工学研究会, 2015. 10. 25, 川棚グランドホテル(山口)

[図書] (計 2 件)

- ① 大須賀美恵子: 呼吸の測り方・ノウハウ, (監修)三宅 晋司, (編集), 日本人間工学会 PIE 研究部会, 商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ, 第 II 編第 3 章第 5 章第 2 節, 全 298 ページ(pp. 125-132), 2007
- ② 大須賀美恵子: 眼球運動・瞬目の測り方・ノウハウ, (監修)三宅 晋司, (編集), 日本人間工学会 PIE 研究部会, 商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ, 第 II 編第 5 章第 2 節, 全 298 ページ(pp. 164-172), NTS, 2007

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大須賀 美恵子 (OHSUGA, Mieko)
大阪工業大学・ロボティクス&デザイン工学部・教授
研究者番号: 10351462

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

栗谷川 幸代 (KURIYAGAWA, Yukioyo)
日本大学・生産工学部・准教授
研究者番号: 90350032

(4) 研究協力者

杉山 慎二 (SUGIYAMA, Shinji)
テイ・エステック(株)・主席研究員
鎌倉 快之 (KAMAKURA, Yoshiyuki)
大阪工業大学・情報学部・准教授
研究者番号: 60635423