

時系列温度画像を用いた体動にロバストな生体情報検出に関する研究

永田 園実 指導教員：村上 和人

1 はじめに

生体センシングは、非接触かつ非侵襲であること、簡便であること、正確であることが望ましい[1]。生体情報は心拍や血圧、呼吸、体温、まばたきなど、人間が無意識に発している情報であり、患者の心理状態によって測定値が変化する恐れがある。非接触かつ非侵襲な生体センシングの例として、可視光カメラを用いた脈拍計測[2]が報告されているが、この手法には暗闇や照明環境の悪い場所では計測が困難であるという弱点がある。一方、サーモビジョンカメラは照明環境に依存しない計測が可能である。これに加え、体温計測、脈拍計測、呼吸数計測などの生体情報の計測にも応用可能である。しかしながら、サーモビジョンを用いた生体センシングでは、温度画像中から計測対象領域の自動検出することが難しい。対象領域の自動検出の例として、サーモビジョンカメラを用いた自動呼吸数計測[3]が報告されているが、患者が静止した状態でないと計測が難しいという課題が残されている。患者にストレスを与えないためには、体動があっても計測できるほうが望ましい。よって、筆者らは、体動がある場合でも生体センシングを可能にするために、体動にロバストな生体情報検出手法を検討した。生体情報として、まばたきと呼吸を検出対象にした。

2 基本アイデア

本研究では、サーモビジョンによって撮影した時系列温度画像を xyt 空間で捉える。提案手法の主な流れは、1. 体動追跡、2. 呼吸計測、3. まばたき検出である。以下は、各々の基本アイデアである。

1. xyt 空間顔領域を抽出した後、顔領域における重心と、顔領域内で重心から一番遠い点を求め、それらの前フレームとの差から移動量を求め、体動を追跡する。
2. 図 1(a)のように、呼吸にともなって鼻孔領域の温度は変化する。鼻孔領域の時系列ボリュームデータを作成し、鼻孔の中心を通るように yt 平面でスライスすると、図 1(b)の赤枠内のようにゆるやかな温度変化が確認できる。この温度変化を計測する。
3. 図 2(a)のように、まばたきによって、目領域の温度は変化する。目領域の時系列ボリュームデータを作成し、目の中心を通るように yt 平面でスライスすると、図 2(b)の赤枠内のようにまばたきによるスパイク状の変化が確認できる。このスパイク変化のタイミングをまばたきとして検出する。

3 提案手法

以下に、体動にロバストな生体情報検出手法の処理フローを示す。図 3 は各々のステップにおける処理結果である。

Step 0. 前処理

カメラに対して正面を向いた状態を初期状態として撮影した顔温度データから熱画像を作成する。画像の左下を原点とし、横幅を W 、縦幅を H 、フレーム数を N とする。

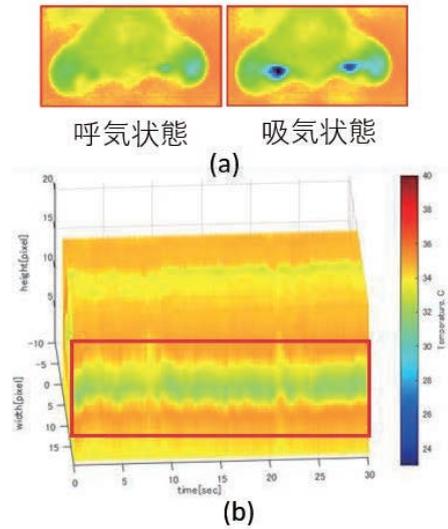


図 1: 呼吸による鼻孔領域の温度変化

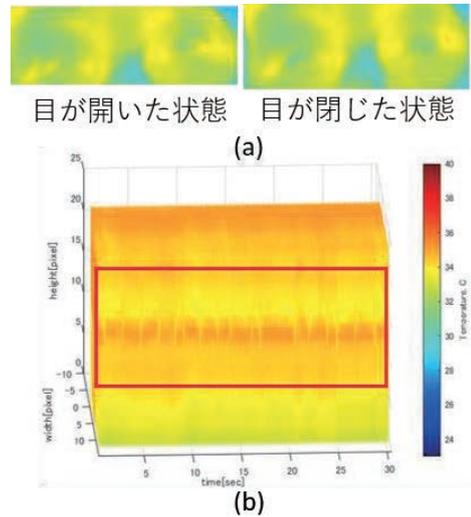


図 2: まばたきによる目領域の温度変化

各フレームにおける温度画像をメディアンフィルタによってノイズ除去処理を行う。3次元ボリュームデータ $V = \{(i, j, k) | i = 1, 2, \dots, W, j = 1, 2, \dots, H, k = 1, 2, \dots, N\}$ を作成する。

Step 1. 顔領域の取得

背景と人物領域を分離するために、判別分析法で求めたしきい値 t_1 で背景を除去し、人物領域のみを残したボリュームデータ V_1 を作成する。さらに、 V_1 から髪の毛や洋服等と顔領域を分離するために、しきい値 t_2 で低温領域を除去したボリュームデータ V_2 を作成する。

Step 2. 体動の検出

V_2 の各フレームにおける重心 $G(k)$ と、重心との距離が一番大きい点 $F(k)$ を計算する。それぞれ前フレームとの差 $dG(k)$ 、 $dF(k)$ を求め、体動を検出する。

$$dG(k) = G(k) - G(k-1) \quad (1)$$

$$dF(k) = F(k) - F(k-1) \quad (2)$$

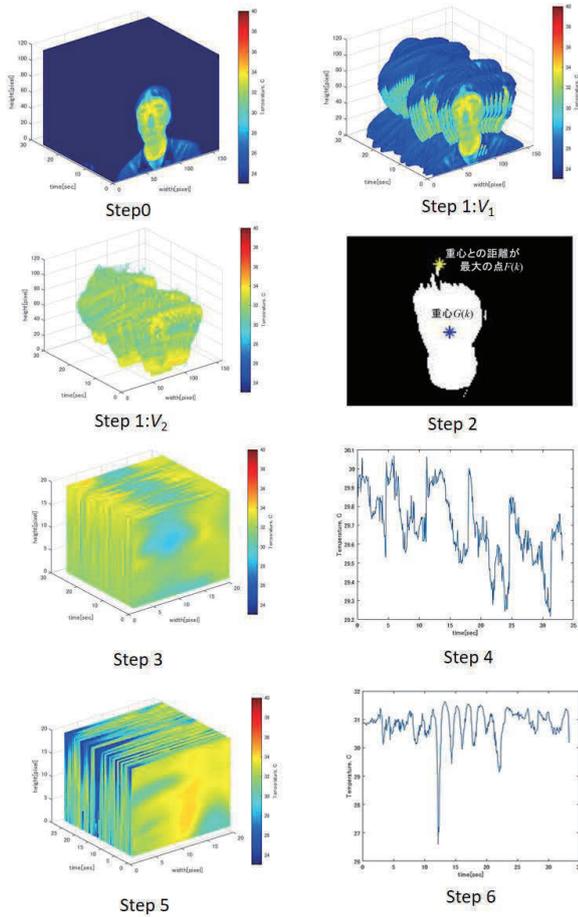


図3：各ステップにおける処理結果

Step 3. 鼻周辺領域の取得

一般的に鼻周辺は頬骨によって顔の横幅が大きいという性質を利用し、鼻周辺領域の初期位置を求める。初期フレーム $V_2(i, j, 1)$ のうち、行 j における和 $n(j)$ を

$$n(j) = \sum_{i=1}^H V_2(i, j, 1) \quad (3)$$

のように求め、 $n(j)$ が最大となるときの j を j_1 とする。 $V_2(i, j, 1) = 1$ の連結成分のうち、行 j_1 における i が最小となる座標を (i_1, j_1) とし、最小となる座標を (i_2, j_1) とする。

$$V_{\text{nose}} = \{(i, j, k) \mid i_1 + \frac{i_2 - i_1}{3} \leq i \leq i_2 - \frac{i_2 - i_1}{3}, \\ i_1 - \frac{i_2 - i_1}{3} \leq j \leq j_1, k\} \quad (4)$$

と鼻領域 V_{nose} を定義する。次に、体動を追跡するように、 $dF(k) \geq dG(k)$ のとき

$$V_{\text{nose}}(i, j, k) = V_{\text{nose}}(i, j, k-1) + dF(k) \quad (5)$$

$dF(k) < dG(k)$ のとき

$$V_{\text{nose}}(i, j, k) = V_{\text{nose}}(i, j, k-1) + dG(k) \quad (6)$$

とする。その後、[3]の手法を用いて、小鼻周辺領域を抽出し、 V_{nose} の中心にくるように補正する。

Step 4. 呼吸計測

各フレームにおける鼻周辺領域 V_{nose} の温度ヒストグラムを求め、下位 $p_1\%$ となる温度をしきい値 t_3 として、 t_3 以下の値をもつピクセルを平均化する。その後、メディアンフィルタを施した後、フーリエ変換をおこない、0.100Hz

以上のうち、最も周波数成分の多い周波数を呼吸の周波数として出力する。

Step 5. 目周辺領域の取得

鼻周辺領域 V_{nose} の位置から左右の目周辺領域 V_{left} , V_{right} の位置を計算する。

Step 6. まばたきの検出

各フレームにおける目周辺領域 V_{left} , V_{right} の温度ヒストグラムを求め、上位 $p_2\%$ となる温度をしきい値 t_4 として、 t_4 以上の値をもつピクセルを平均化する。その後、マイナスピークのタイミングを求める。

4 体動にロバストなまばたき検出実験

4.1 実験環境

温度 16.5~21.0°C、湿度 40~44.5%の室内で実験をおこなった。サーモビジョンカメラとしてNIPPON AVIONICS社の InfReC R500EX-Pro を使用し、フレームレートは15fpsとした。撮影画素は640×480 pixel だったが、Step 0. の前処理で160×120 pixel にリサイズした。

4.2 実験方法

被験者がカメラに対して正面を向いている状態を初期状態とし、メトロノームに合わせて呼吸をしてもらう様子をサーモビジョンカメラにより撮影した。撮影したデータを入力画像として、提案手法により呼吸計測とまばたき検出をおこなった。呼吸は、提案手法による計測結果とメトロノームの周波数と周波数を比較した。まばたきは、検出結果と可視光カメラで観察したまばたきの回数と比較した。

4.3 実験結果

3人の被験者において、まばたき検出率は91.1%であった。呼吸計測はメトロノームの周波数(0.25Hz)と比較したところ、平均二乗誤差0.0196Hzであった。

5 おわりに

今回、非接触かつ非侵襲的な生体センシングが可能であるサーモビジョンカメラを用いて、自動で体動を追跡し、まばたき検出と呼吸計測をおこなった。今後は、顔の向きなども考慮し、より体動にロバストな手法によって、生体情報を取得できるように検討する予定である。

参考文献

- [1] 水野康文. ヒューマンセンシング. YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW, 2004.
- [2] M. Z. Poh, D. J. McDuff, and R. W. Picard, "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation," Optics Express, Vol. 18, pp.10762-10774, 2010.
- [3] A. Ishida and K. Murakami, "Extraction of Nostril Regions using Periodical Thermal Change for Breath Monitoring," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), paper number 117, 5pages, Chiang Mai (Thailand), Jan. 2018.