

# 赤外線センサアレイを用いた温度と空間の絞り込みによる 手振り動作検出

Hand waving gesture detection using a far-infrared sensor array  
with thermo-spatial region of interest

鳥山 千智†, 川西 康友†, 高橋 友和‡, 出口 大輔††,  
井手 一郎†, 村瀬 洋†, 相澤 知禎‡‡, 川出 雅人‡‡

Chisato TORIYAMA†, Yasutomo KAWANISHI†, Tomokazu TAKAHASHI‡, Daisuke DEGUCHI††,  
Ichiro IDE†, Hiroshi MURASE†, Tomoyoshi AIZAWA‡‡, and Masato KAWADE‡‡

†: 名古屋大学 大学院情報科学研究科

‡: 岐阜聖徳学園大学 経済情報学部

††: 名古屋大学 情報連携統括本部

‡‡: オムロン株式会社 技術・知財本部 センシング研究開発センタ

E-mail: †toriyamac@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, †{kawanishi, ide, murase}@is.nagoya-u.ac.jp,  
‡ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp, ††ddeguchi@nagoya-u.jp, ‡‡{aizawa, kawade}@ari.ncl.omron.co.jp

概要: 本発表では, 赤外線センサアレイを用いた手振り動作検出法を提案する. 赤外線センサアレイは, 個人のプライバシーを保護しつつ人物の位置や動きを取得ができる, 暗闇の中でも人物を検知することができるといった利点を持つ. しかし, センサが取得する温度画像は低解像度かつノイズが多く, 動作部分が区別しにくい問題点がある. そこで, 提案手法では温度と空間を絞り込むことでノイズの影響を抑制し, 動作部分を強調することでノイズと動作部分を区別しやすくする.

## 1. はじめに

機器への入力インタフェースとして, ジェスチャインタフェースが注目されている[1]. ジェスチャは自身の体のみを用いて直感的に行なうため, ジェスチャインタフェースを用いて家電機器などを簡単に操作できる. ジェスチャの中でも, 手振り動作は最も単純かつ直感的に行なうことができる. 例えば, 手振り動作のような一つのジェスチャをあらかじめインタフェースに登録しておき, それを認識できれば, 家電操作において重要である機器のオン/オフの操作が可能になると考えられる.

ジェスチャインタフェースを実現するためには, 人物の動きを取得し, 特定のジェスチャを検出することが必要である. 人物の動きを取得する装置には, 接触型のものと非接触型のものがある. 接触型の装置には, 加速度センサ等の複数のセンサを搭載した指輪型の装置[2]等がある. しかし, 接触型の機器はユーザが装置を装着しなければならないため, 装置が

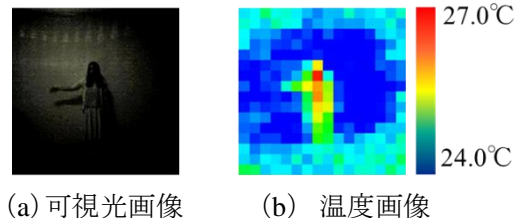


図1 人体を暗闇の中で撮影した例

手元になければ利用することができない. 一方, 非接触型の装置を用いる場合は, ユーザが装置を身につける必要がない. 非接触型の装置としては, 可視光カメラ[3]や RGB-D[4]カメラが主に利用される. これらの装置を用いる場合, カメラの撮影範囲内にユーザがいれば, ユーザの位置や動きを取得することができる.

しかし, 可視光カメラや RGB-D カメラには, 利用できる場所が限られるという問題がある. 例えば, 可視光カメラは暗闇で人体を検知することができないため, 照明のない場所では利用できない. 図 1(a)に暗闇の中で可視光カメラを用いて人物を撮影した例を示す.

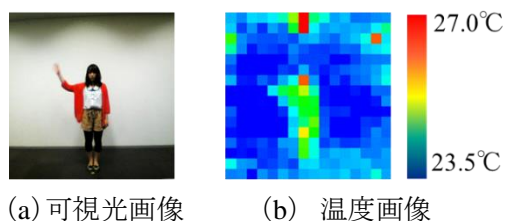


図 2 人物を可視光カメラと  $16 \times 16$  画素の赤外線センサアレイで撮影した例



図 3  $16 \times 16$  画素の赤外線センサアレイ

このように、人物の位置すらも明確にはわからないため、人物の動きを取得することは困難である。また、可視光カメラと RGB-D カメラは撮影画像から個人を特定できてしまう。図 2(a)に可視光カメラを用いて人物を撮影した例を示す。図からは人物の顔や性別といった個人情報や、人物の様子を明確に取得できず、ユーザに常に撮影されているという心理的負荷を与えてしまう。そのため、プライバシーの問題が発生しうる寝室等には可視光カメラや RGB-D カメラの設置は困難である。

これらの問題に対する解決策の 1 つとして、赤外線センサアレイの利用が考えられる[5]。図 3 は  $16 \times 16$  画素の赤外線センサアレイである。赤外線センサアレイは熱源から放射される赤外線を検知し、空間の大まかな温度分布を取得することができるセンサである。そのため、暗闇の中でも人体の位置や動きを検知することができる。図 1(b)は図 1(a)と同時刻に赤外線センサアレイで人物を撮影した例である。図のように、温度画像では可視光画像に比べてノイズが多いものの、人体の位置が読み取りやすくなっている。また、図 2(b)は図 2(a)と同時刻に撮影した例である。赤外線センサアレイが取得する温度画像からは、人物の大まかな形状は読み取ることが可能だが、テクスチャまでは画像に現れない。そのため、個人のプライバシーを保護しつつ、人物の位置や動きを取得することができる。

そこで本発表では、赤外線センサアレイを用いた手振り動作検出手法について報告する。ここでは、ユーザが事前に手振り動作を 1 パターン登録することで利用できる状況を想定している。利用時は、赤外

線センサアレイで取得した系列を一定の時間幅の解析窓で区切り、その解析窓が手振り動作を行なっているか否かを認識する。赤外線センサアレイが取得する温度画像は低解像度かつ、人体以外のノイズの影響が多く含まれるため、人体と他の熱源の区別が困難である。そのため、温度と空間を絞り込むことでノイズの影響を抑制し、動作部分を強調する。温度の絞り込みにより、人体以外の熱源による影響を抑制し人体を強調することで、動作部分と他の熱源を区別する。また、空間の絞り込みにより、ノイズの影響を削減し動作部分のみを考慮することで、手振り動作を正しく認識できるようにする。1 つの解析窓で区切られた区間に対する認識が実現できれば、解析窓ずらしながら評価する[6]ことで手振り動作の検出が可能になる。

## 2. 関連研究

Hosono[7]らは、赤外線センサアレイを用いて、低解像度温度画像系列における人体追跡手法を提案している。人体追跡ができれば、ジェスチャ認識等のインタラクティブなシステムに応用可能であると考えられる。

ジェスチャ認識は、可視光カメラや RGB-D カメラなど、様々なセンサに対して研究されている。高解像度可視光画像を用いたジェスチャ認識の研究として、Fujii[8]らは腕の 3 次元的な向きの情報を用いたジェスチャ認識手法について提案している。腕の向きを推定するために Kinect[9]を用いて人体の関節点を取得している。Mohamed[10]らは肌色情報とその動き情報を用いて手領域を検出し追跡する手法を提案している。しかし、赤外線センサアレイは解像度が低いため人体の形状を正確にとらえることができない。また、人体のテクスチャも取得することができないため色情報は取得できない。そのため、これらのようなジェスチャ認識手法をそのまま適用することはできない。

一方、低解像度可視光画像を用いたジェスチャ認識の研究として、Takahashi[11]らや Cutler[12]らは離散 Fourier 変換を用いた周期ジェスチャ認識手法を提案している。前者は各画素における輝度の時系列変化に対して、後者はセグメントされた物体の自己相似性に対して離散 Fourier 変換を行なっている。しかし、赤外線センサアレイでは、取得画像に多くのノイズが含まれ、画素値の周期性に大きく影響してしまう。そのため、これらの手法は赤外線センサアレイを用いる場合には適さない。

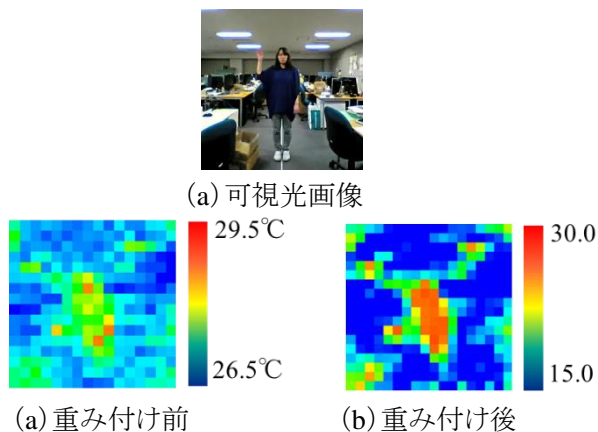


図4 温度の絞り込み例

### 3. 温度と空間の絞り込みによる手振り動作認識

赤外線センサアレイを用いる場合、ノイズが多い温度画像から手振り動作部分を切り出すことが困難である。赤外線センサアレイは熱源を検知するため、ユーザ以外の熱源や空気の流れがノイズとなってしまう。ノイズの影響が大きいと、人体とそれ以外の区別が困難になる。そのため、人体らしい温度に重み付けを行なうことで温度を絞り込む。重み付けを行なうことで人体とそれ以外の温度差を大きくし、人体を強調する。図4(a)に背景に熱源が含まれる場合の例を示す。

また、赤外線センサアレイでは人体の大きな形状しか取得できずノイズも多く含まれるため、人体領域から腕部分を見つけ出すことは困難である。そのため、人体の動きに着目して、腕領域も含めた手振り動作部分全体を手振り動作領域として空間的に絞り込み、認識処理において動作領域のみで相違度を算出する。

この2つの絞り込みにより、低解像度かつノイズの含まれる温度画像系列における手振り動作認識を実現する。

#### 3.1. 認識手法の処理の流れ

参照系列として、認識対象の手振り動作をあらかじめ撮影しておき、人体領域と動作領域は事前に矩形で与えておく。手振り動作の認識は、参照系列と一定の時間幅で切り出した入力系列の相違度を算出することにより行なう。手振り動作検出を、解析窓を系列上でずらしながら行なうことを前提としているため、認識処理には一定の時間幅で切り出した入力系列を用いる。また、特定の箇所に設置されたセンサから特定のジェスチャ(手振り動作)を認識することを目的としているため、1つの参照系列を基準とすれば十分

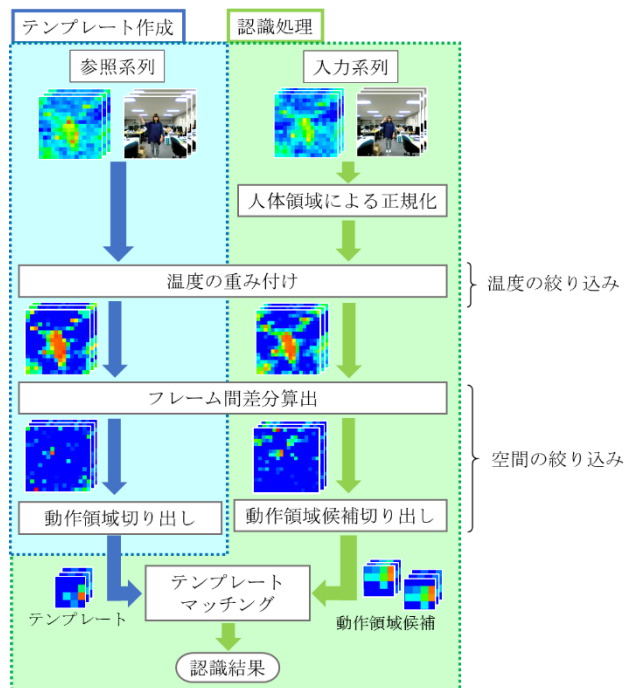


図5 認識手法の処理の流れ

である。認識手法の処理の流れを図5に示す。

テンプレート作成段階では、人体を強調するために参照系列に人体らしい温度を基準とした重み付けを行ない、フレーム間差分を算出する。さらに、動作領域のみで相違度を計算するために、人体の動きに着目して手振り動作領域を時空間的に切り出し、テンプレートとする。

認識処理では、時空間のテンプレートマッチングを行なうことで、手振り動作の認識を行なう。マッチングの際の相違度計算にはDPマッチングを用いる。これにより、参照系列と入力系列における手振り動作時間の違いを吸収する。算出された相違度がしきい値以下であれば手振り動作として認識する。以降、各処理について詳しく述べる。

#### 3.2. テンプレート作成

##### 3.2.1. 温度の絞り込み

参照系列において、人体らしい温度を基準とした温度の重み付けを行ない、人体を強調する。参照系列  $R$  に対する重み付けは、

$$R_x^{(j)} = \begin{cases} \exp\left(-\frac{|R_x^{(j)} - T_r|^2}{2}\right) R_x^{(j)} & (R_x^{(j)} < T_r), \\ R_x^{(j)} & (\text{otherwise}), \end{cases} \quad (1)$$

により行なう。ここで  $R_x^{(j)}$  は参照系列の  $j$  番目のフレームにおける画素  $x$  の値である。また、 $T_r$  は最初のフレームにおける人体領域内の画素値を昇順に整理した時の上位4分位数であり、これを基準温度とする。

温度の重み付けを行なうことにより、人体以外の熱源の影響を抑制する。

図 4(c)に式(1)を用いて温度の重み付けを行なった例を示す。温度画像中の背景と人体との温度差がより明確になっていることがわかる。

### 3.2.2. 空間の絞り込み

動作領域のみを考慮するために、フレーム間差分の算出を行なう。参照系列における、フレーム間差分  $R''$  の値は、

$$R''_x^{(j)} = R'_x^{(j)} - R'_x^{(j-1)} \quad (2)$$

のように算出する。これにより、熱源が動いている箇所のみから値を得ることができる。また、背景や人体の温度は季節などの周辺環境により変化するため、フレーム間差分値をフレームごとに平均 0、分散 1 に標準化する。この系列から、手振り動作領域のみを時空間的に切り出し、テンプレートとして認識処理に用いる。

## 3.3. 認識処理

### 3.3.1. 人体領域による大きさの正規化

参照系列取得時と入力系列取得時でセンサから人体までの距離が異なる場合、取得できる温度画像上の人体領域の大きさが変化する。そのため、人体領域を基準として入力系列を空間方向に拡張する。参照系列に比べて人体領域が小さい場合は、バイキュービック補間を用いて入力系列を拡大する。参照系列に比べて人体領域が大きい場合は、入力系列を十分な大きさに拡大してからダウンサンプリングすることで、目的の大きさに縮小する。これにより、縮小時に発生するエイリアシングを抑制する。

### 3.3.2. テンプレートマッチング

テンプレートマッチングは以下の手順で行なう。

1. 入力系列のフレーム間差分結果から複数の動作領域候補を切り出す。
2. 切り出した動作領域候補とテンプレートの相違度をそれぞれ算出する。
3. 算出した相違度のうち最も小さいものが、しきい値以下であれば手振り動作として認識する。

入力系列に対して、参照系列と同様に温度の重み付けとフレーム間差分の算出を行なう。次に、入力系列における手振り動作領域を参照同様に切り出した。しかし、入力系列における動作領域の位置は分からない。そのため、参照系列における、人体領域に対する動作領域の相対位置に基づいて、その周辺から複数の動作領域候補を切り出す。

テンプレートと各手振り動作候補領域との相違度は DP マッチングを用いて算出する。相違度  $D(R'', I'')$  は

$$D(R'', I'') = \min_c \frac{g_c(R''^{(J)}, I''^{(K)})}{L} \quad (3)$$

のように算出する。ここで、 $J$  と  $K$  はそれぞれ参照系列と入力系列の系列長、 $g_c(R''^{(J)}, I''^{(K)})$  はテンプレートとある動作領域候補  $c$  の相違度、 $L$  は DP マッチングの経路長である。相違度  $g_c(R''^{(J)}, I''^{(K)})$  は、

$$g_c(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = \min \begin{cases} g_c(R''^{(j-1)}, I''^{(k)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}), \\ g_c(R''^{(j-1)}, I''^{(k-1)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}), \\ g_c(R''^{(j)}, I''^{(k-1)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \end{cases} \quad (4)$$

のように算出する。テンプレートの  $j$  フレーム目  $R''^{(j)}$  と動作候補領域の  $k$  フレーム目  $I''^{(k)}$  の相違度は、

$$d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = \sum_{n=1}^N (R''_{x_n}^{(j)} - I''_{x'_n}^{(k)})^2 = \sum_{n=1}^N (R''_{x_n}^{(j)2} - 2R''_{x_n}^{(j)} I''_{x'_n}^{(k)} + I''_{x'_n}^{(k)2}) \quad (5)$$

と定義する。このとき、 $N$  は動作領域の総画素数である。入力系列と参照系列は分散 1 に標準化されているため、式(5)はフレーム間の正規化相互相関  $S(R''_{x_n}^{(j)}, I''_{x'_n}^{(k)})$  を用いて、

$$d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = 2(1 - S(R''_{x_n}^{(j)}, I''_{x'_n}^{(k)})) \quad (6)$$

と変形できる。このとき、正規化相互相関  $S(R''_{x_n}^{(j)}, I''_{x'_n}^{(k)})$  は、

$$S(R''_{x_n}^{(j)}, I''_{x'_n}^{(k)}) = \frac{\sum_{n=1}^N R''_{x_n}^{(j)} I''_{x'_n}^{(k)}}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (R''_{x_n}^{(j)})^2 \times \sum_{n=1}^N (I''_{x'_n}^{(k)})^2}} \quad (7)$$

のように計算する。

## 4. 手振り動作検出

解析窓を入力系列上で 10 フレームずつずらしながら手振り動作認識を行なうことで、手振り動作を検出する。

ある入力地点  $t$  において手振り動作の認識を行なう場合、 $t$  を始点として系列長が  $J-10$  から  $J+10$  までの 21 個の解析窓で入力系列を切り出す。切り出した入

表 1 データセット

データセット	A	B	C
背景熱源	なし	あり	なし
センサの位置	前方	前方	上方
撮影距離(参照)	150 cm	150 cm	200 cm
撮影距離(入力)	90~270 cm	90~270 cm	200 cm
入力動作	手を振る, 伸びをする, 体をひねる, 頭を掻く, 腕を組む	手を振る, 伸びをする, 体をひねる, 頭を掻く, 腕を組む	手を振る, 伸びをする, 体をひねる(寝返り), 頭を掻く, 物を取る
姿勢	立つ, 座る	立つ, 座る	寝る, 座る, 寄りかかる
撮影人数	6	5	3
データセット数	9	13	8

力系列に対して認識処理を行ない, 認識結果の多数決を取る. これにより, 入力系列に含まれる手振り動作の動作時間が, 参照の動作時間と異なる場合も検出できるようにする. 手振り動作と認識した系列が多ければ, 入力地点 $i$ を始点とする区間では手振り動作を行っていたものとして検出する. このとき, 手振り動作であると認識した系列の平均系列長を検出区間とする. さらに, 検出区間に重なりがあれば, 1つの検出区間として統合する.

## 5. 実験

提案手法の有効性を確認するために, 赤外線センサアレイ(OMRON 社製 Thermal sensor D6T-1616L)で動画を撮影し, 認識実験を行なった. 撮影した動画のフレームレートは 10 fps である. この実験では, 解析窓で切り出された系列が手振り動作か否か正しく認識できるかどうかを評価する.

### 5.1. データセット

本実験における認識対象動作を「4 秒程度で右手を 2 回振る」という手振り動作として 30 組のデータセットを構築した. 各データセットは同一環境, 同一人物, 同一姿勢における 1 つの参照系列と複数の入力系列で構成されている. 参照系列は人物が手振り動作のみ行なっている系列である. 入力系列は, 長時間の系列から人物が何かしらの動作を行なっている地点を解析窓で切り出したものである. 各データセットは, 撮影環境によって 3 つのグループに分類される.

- A) 背景に熱源がなく人物の前方から撮影
- B) 背景に熱源があり人物の前方から撮影
- C) 人物の上方から撮影

構築したデータセットの詳細を表 1 に示す. また, データセットの画像例を図 6 に示す.

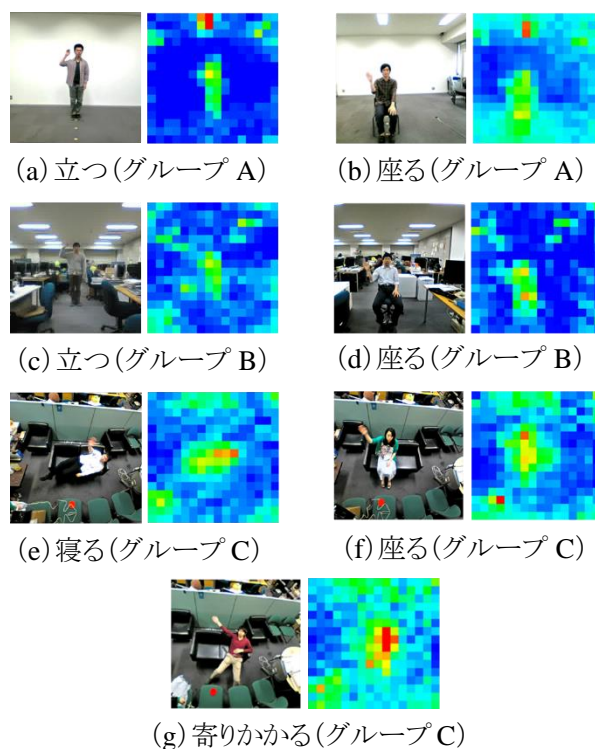


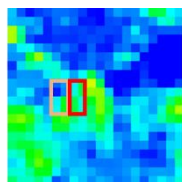
図 6 データセット画像例

### 5.2. 実験条件

提案手法である温度と空間の絞り込みの有効性を確認するために, (ア) 空間の絞り込みのみ行なう手法(イ) 温度の絞り込みのみ行なう手法(ウ) 温度の絞り込みも空間の絞り込みも行わない手法と比較した. 提案手法の有効性を確認するために, (エ) 離散 Fourier 変換(DFT)を用いる手法[10]と比較した. 空間の絞り込みを行わない場合は, 手振り動作領域を含む人体領域全体でテンプレートマッチングを行なった. 評価はデータセットごとに, 最も精度が良くなるしきい値を用いた場合の認識率で行なった. 認識率 $C$ は,

表 2 認識実験結果(平均認識率)

	空間	温度	データセットグループ			
			A	B	C	全て
提案	✓	✓	0.75	<b>0.79</b>	<b>0.91</b>	<b>0.81</b>
比較(ア)	✓		<b>0.79</b>	0.77	0.87	0.80
比較(イ)		✓	0.75	0.70	0.84	0.75
比較(ウ)			0.77	0.74	0.87	0.78
比較(エ) DFT			0.62	0.59	0.59	0.60



— 絞り込みあり  
— 絞り込みなし

(a) 可視光画像 (b) 絞り込み前後での動作領域  
図 7 温度の絞り込みが有効であった例

$$C = \frac{TP}{TP + FP} \quad (8)$$

と定義した。ここで、TP は手振り動作を正しく手振り動作として認識した系列数、FP は手振り動作以外を手振り動作として認識してしまった系列数とした。

### 5.3. 結果および考察

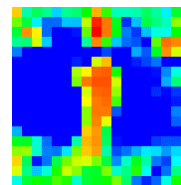
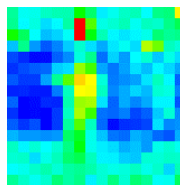
実験結果を表 2 に示す。これは、各グループにおける認識率の平均を示している。表より、提案手法が最も精度が良いことがわかった。

グループ A と B の結果より、空間の絞り込みが特に有効であることが分かった。赤外線センサアレイで撮影した温度画像には、熱源以外にも外気の揺らぎなどから温度変化が生じるため、非常にノイズの影響が大きい。そのため、手振り動作領域のみに空間を絞り込んだことで、ノイズの影響を削減できたと考えられる。また、正事例の相違度が小さくなっていったことから、手振り動作とそれ以外の動作を分離しやすくなったと考えられる。

温度の絞り込みは、空間の絞り込みと組み合わせることで有効性を確認した。空間の絞り込みにおいて入力系列の動作領域を決定する際に、温度の絞り込みを行なうことで正しく決定できるようになった。これは、人体温度周辺の温度に重み付けをして人体を強調したことで、他の熱源の影響を抑制できたためと考えられる。図 7 に温度の絞り込みが有効であった例を示す。図より、温度の絞り込みを行なわなかった場合は、背景の人体温度に近い箇所に動作位置が決定されてしまった。しかし、温度の絞り込みを行なった



(a) 可視光画像



(a) 温度の絞り込み前 (a) 温度の絞り込み後

図 8 温度の絞り込みが有効ではなかった例

結果、正しく人体の右腕部分に動作領域が決定されていることが分かる。これは、人体温度付近の温度変化の影響が大きくなったためと考えられる。

また、温度の絞り込みが有効ではなかった例も存在した。図 8 に温度の絞り込みが有効ではなかった例を示す。図 8(a) では、人物の腕が観測できるが、図 8(b) では腕の観測が困難になっている。これは、観測者の胴体の温度と腕の温度の差が、他の観測者に比べて大きかったことが原因だと考えられる。腕の胴体に対する相対温度が低かったため、温度の絞り込みによって腕が背景に近い温度となってしまう、認識できなくなったと考えられる。

比較(エ)の離散 Fourier 変換を用いる手法は、各画素値における時系列変化に対する周期性に着目している。しかし、赤外線センサアレイが取得する温度画像はノイズの影響が大きい。そのため、各画素値の時系列変化の周期性が乱れ、認識精度が低下してしまったと考えられる。一方、提案手法ではノイズの影響が大きい温度画像系列に対しても、精度よく手振り動作を認識することができる。

## 6. 実運用における有効性評価

提案した認識手法を用いた手振り動作検出の有効性を確認するために評価を行なった。評価データとして、実験に用いたデータセットと同条件の物を用いた。ただし、入力系列として手振り動作やそれ以外の動作を含む 6 分程度の系列を用いた。各解析窓に対して認識を行なう際に、実験で最も認識率が高かった時のしきい値を各データセットに適用した。評価には適合率と再現率を用いた。適合率は

$$\text{適合率} = \frac{\text{検出区間に対する正検出数}}{\text{検出区間数}} \quad (9)$$

とした。ここで、正解区間は事前に人手で与えており、検出区間に対する正検出は、検出区間において正解区間と重複する割合が 0.5 以上であるものとする。また、再現率は

$$\text{再現率} = \frac{\text{正解区間に対する正検出数}}{\text{正解区間数}} \quad (10)$$

とした。ここで、正解区間に対する正検出は、正解区間において検出区間と重複する割合が 0.5 以上であるものとする。

評価の結果、全データセットの平均適合率は 0.51、平均再現率は 0.89 となった。再現率が高いことから、検出漏れが少なく、手振り動作を正しく検出できることを確認した。しかし、適合率が低いことから、誤検出が多く含まれることが分かった。検出された誤検出も含めて検出区間の統合を行なうことで、検出区間に対する正検出が減少してしまった。

## 7. むすび

本発表では、赤外線センサアレイを用いた手振り動作検出方法を提案した。提案手法では、参照系列を事前に取得し、入力系列とテンプレートマッチングを行なうことで手振り動作の認識を行なった。認識の際に、人体と他の熱源の区別が困難であったため、人体温度に着目した温度の絞り込みを行なうことで人体を強調し、人体以外の熱源の影響を抑制した。また、ノイズなどの動作部分以外の影響を削減するために、熱源の動きに着目した空間の絞り込みを行ない、手振り動作領域のみを考慮した相違度計算を行なった。さらに、長時間の入力系列に対して、解析窓をずらしながら認識処理を行なうことで、手振り動作の検出も行なった。

認識実験では、温度と空間の絞り込みの有効性を確認するために比較実験を行なった。結果より、空間の絞り込みはノイズの影響を削減するため、様々な環境において有効性を確認した。温度の絞り込みは、空間の絞り込みと組み合わせることにより有効性を確認した。また、提案手法を用いて手振り動作検出を行なった結果、再現率は約 9 割を達成したが、適合率は約 5 割程度にしか満たなかった。

今後は、手振り動作検出の精度向上を図りたい。そのため、検出区間の統合方法の改良や、検出に最適なしきい値などのパラメータ決定方法について検討する。

**謝辞** 本研究の一部は科学技術研究費補助金による。また、赤外線センサアレイを提供していただいたオムロン株式会社に感謝する。

## 参考文献

- [1] 楠見孝, “インタフェースデザインにおけるメタファ,” デザインと記号論, vol.10, no.1, pp.64-73, Sept. 2002.
- [2] L. Jing, Y. Zhou, Z. Cheng, and T. Huang, “Magic ring: A finger-worn device for multiple appliances control using static finger gestures,” Sensors, vol.12, no.5, pp.5775-5790, May 2012.
- [3] H.-K. Lee and J.H. Kim, “An HMM-based threshold model approach for gesture recognition,” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.21, no.10, pp.961-973, Oct. 1999.
- [4] U. Mahbub, H. Imtiaz, T. Roy, M. Rahman, and M. Ahad, “A template matching approach of one-shot-learning gesture recognition,” Pattern Recognition Letters, vol.34, no.15, pp.1780-1788, Nov. 2013.
- [5] 木股雅章, “赤外線センサの開発動向,” 映像情報メディア学技報, IST2011-9, Feb. 2011.
- [6] M. Elmezain, A. Al-Hamadi, and B. Michaelis, “A novel system for automatic hand gesture spotting and recognition in stereo color image sequences,” Journal of WSCG, vol.17, no.1-3, pp.89-96, Feb. 2009.
- [7] T. Hosono, T. Takahashi, D. Deguchi, I. Ide, H. Murase, T. Aizawa, and M. Kawade, “Human tracking using a far-infrared sensor array and a thermo-spatial sensitive histogram,” Computer Vision — ACCV 2014 Workshops, Lecture Notes in Computer Science, vol.9009, pp.262-274, Apr. 2015..
- [8] T. Fujii, J.H. Lee, and S. Okamoto, “Gesture recognition system for human-robot interaction and its application to robotic service task,” Proc. of the 2014 Int. MultiConference of Engineers and Computer Scientists, vol.1, pp.63-68, March 2014.
- [9] J. Shotton, R. Girshick, A. Fitzgibbon, T. Sharp, M. Cook, M. Finocchio, R. Moore, P. Kohli, A. Criminisi, A. Kipman, and A. Blake, “Efficient human pose estimation from single depth images,” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.35, no.12, pp.2821-2840, Dec. 2013.
- [10] M. Alsheakhali, A. Skaik, M. Aldahdouh, and M. Alhelou, “Hand gesture recognition system,” In Proc. of the 2nd Int. Conf. on Information & Communication Systems, pp.132-136, May 2011.
- [11] M. Takahashi, K. Irie, K. Terabayashi, and K. Umeda, “Gesture recognition based on the detection of periodic motion,” In Proc. 2010 Int. Symposium on Optomechatronic Technologies (ISOT), pp.1-6, Oct. 2010.
- [12] R. Cutler and L. Davis, “View-based detection and analysis

of periodic motion,” In Proc. 14th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, vol.1, pp.495-500, Aug. 1998.

**鳥山千智**: 平 26 年名大・工・情報卒. 現在, 同大大学院情報科学研究科博士前期課程在学中. 低解像度画像を用いたパターン認識に興味をもつ. 電子情報通信学会学生会員.

**川西康友**: 平 18 京大・工・情報卒. 平 24 同大大学院情報科学研究科博士後期課程修了. 博士(情報学). 平 24 同大学術情報メディアセンター特定研究員. 平 26 名大未来社会創造機構特任助教. 平 27 同大情報科学研究科助教. 現在に至る. 防犯カメラ・車載カメラ映像を対象とした, 人物検出・追跡・検索を含む人物画像処理に関する研究に従事. 平 23 年度 PRMU 研究奨励賞受賞. 電子情報通信学会会員.

**高橋友和**: 平 9 茨城大・工・情報卒. 平 12 同大大学院理工学研究科博士前期課程了. 平 15 同研究科博士後期課程了. 博士(工学). 同年より 2 年間名古屋大学大学院情報科学研究科 COE 研究員. 平 17 より 3 年間日本学術振興会特別研究員. 平 20 より岐阜聖徳学園大学経済情報学部准教授, 現在に至る. 平 25 から1年間米国コロンビア大客員研究員. 画像認識の基礎研究ならびにその応用に興味を持つ. 画像電子学会会員.

**出口大輔**: 平 13 名大・工・情報卒. 平 18 同大大学院情報科学研究科博士後期課程修了. 博士(情報科学). 平 16~18 まで日本学術振興会特別研究員. 平 18 名大大学院情報科学研究科研究員, 平 18 名大大学院工学研究科研究員, 平 20~24 まで同大大学院情報科学研究科助教, 平 24 より同大情報連携統括本部情報戦略室准教授. 現在に至る. 主に画像処理・パターン認識技術の開発とその ITS および医用応用に関する研究に従事. CARS2004 Poster Award, CADM2004 大会賞, 平 18 日本医用画像工学会奨励賞, 平 18 日本コンピュータ外科学会講演論文賞. 電子情報通信学会, IEEE 各会員.

**井手一郎**: 平 6 東大・工・電子卒. 平 8 同大大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程了. 平 12 同研究科電気工学専攻博士課程了. 博士(工学). 同年国立情報学研究所助手. 平 16 名古屋大学大学院情報科学研究科助教, 平 19 より准教授. この間, 平 14~16 総合研究大学院大学数物科学研究科助手併任, 平 16~22 情報・システム研究機構国立情報学研究所客員助教・准教授兼任, 平 17, 18, 19 フランス情報学・統計システム研究所(IRISA) 招聘教授. 平 22~23 オランダアムステルダム大学情報学研究所上級訪問研究員. パターン認識技術の実応用や映像メディア処理全般に興味を持っている. 電子情報通信学会, 情報処理学会各シニア会員, 映像情報メディア学会, 人工知能学会, 言語処理学会, IEEE, ACM 各会員.

**村瀬洋**: 昭 53 名大・工・電気卒. 昭 55 同大大学院修士課程了. 同年日本電信電話公社(現 NTT)入社. 平 4 から1年間米国コロンビア大客員研究員. 平 15 から名古屋大学大学院

情報科学研究科教授. 現在に至る. 文字・図形認識, コンピュータビジョン, マルチメディア認識の研究に従事. 工博. 昭 60 電子情報通信学会学術奨励賞, 平 6 IEEE-CVPR 最優秀論文賞, 平 7 情報処理学会山下記念研究賞, 平 8 IEEE-ICRA 最優秀ビデオ賞, 平 13 高柳記念奨励賞, 平 13 本会ソサエティ論文賞, 平 14 電子情報通信学会業績賞, 平 15 文部科学大臣賞, 平 16 IEEE Trans. MM 論文賞, 平 22 前島密賞, 平成 24 紫綬褒章, 他受賞. IEEE フェロー, 電子情報通信学会フェロー, 情報処理学会会員.

**相澤知禎**: 平 7 北大・工・電子卒. 平 9 同大大学院工学研究科修士課程了. 同年オムロン入社. 現在, 技術・知財本部 センシング研究開発センタ画像センシング研究室にて文字認識, 物体検出・追跡の研究に従事.

**川出雅人**: 昭 56 名工大・計測卒. 同年立石電機(現オムロン)入社. 平 2 から3年3ヶ月間米国カーネギメロン大訪問研究員. 現在, オムロン株式会社 技術・知財本部 センシング研究開発センタ画像センシング研究室長. 人・顔画像処理, FA 画像処理, 車載・社会インフラ画像処理の研究・開発に従事. 平 21 SSSI 高木賞受賞. 電子情報通信学会, IEEE 各会員.