

M+á&k K 2 Ç 7Á Ê _ 3ú™ Û
 -£ {¤©®-¤°- {ª|{ § ž -ª©¤ž®‡{
 ¤©ªª-¨œ-¤ª©{œ©ÿ{žª¨°©¤žœ-¤ª©{ ©¤¤© -®{
 { {™ Û• {
 {{{¤ ¤ž { -À ¼ Ā Ē Ą ¼ Ç { -À Ē Ē Ĩ {
 {{{ « -¨°•œ'ª•‡®«•œ'ªœ(‡²¤•œ'ªœ(f

z Ž ¢ · ĩ ± ž è T ' ~ ' · " 9 S ü Í w Ì ! = t , n X
 æ ^ Ý Ý t b " U |

' a É í · ' b Á · Z ± G 5 " a ° à · | 8 ·
 ì ' œ " " ' Z m "

• Ê y 0 G ¶ G ¶ Ā Ø C J ¶ Z ∈ J β 464...860 ¶ œ] Ê y 0 ¢ · à Æ Ý Ê
 • Ê y 0 G ¶ Ø C " t è β 464...860 ¶ œ] Ê y 0 ¢ · à Æ Ý Ê

•• ! Ü é ĩ Ò Ü q p U [~ œ R Š æ · ĩ ³ ĩ - Z ∈ % C · ĩ » β 619...0283 N Ĩ æ á ' ¢ æ á ' F 9...1
 E-mail: • {kawashimat}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, • {kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,
 •• ddeguchi@nagoya-u.jp, •• {aizawa,kawade}@ari.ncl.omron.co.jp

K ' ‡ ` Û à | ô , = p q w 2 t P M | % ô , w : U ÿ C ` o M " } f w h Š | f w Ô x \ Æ > _ " | 2
 æ · £ n ~ l q q M l h Ô x æ ^ · 8 W q M l h Ÿ x æ ^ s r 7 ' s æ ^ Ý Ý > æ s O ³ µ Ā Ü · w ú U ô † l o
 M " } ‡ h | ô , w \ Æ > _ " h Š t | Ó á ĩ ³ t ∈ ` h · ĩ ± U « è ^ · o M " } Š C p x | Ÿ r p
 S s z Ž ¢ · ĩ ± ž è T ' ~ ' · " 9 S ü Í h p T ' æ ^ Ý Ý > æ s O O > Š b " } H R O p x | £ n q l
 q w ' O t ^ ^ w ' Ì U Ò M æ ^ à p V s M q M O ð J U K l h } f \ p | 9 S ü Í h p T ') üt '
 " . - - " Z ' | " Z ^ · h . - - w J { ~ Ý ~ 9 S t b " > Ā ; M " \ q p | f · ' w æ ^ < Ý Ý p
 V " ' O t b " O > Š b " }
 © " è " Ā z Ž ¢ · ĩ ± ž è | æ ^ Ý Ý | . - - " Z |) ü

A Study on Activity Recognition based on Temporal Change of the Temperature Distribution obtained from a Far-Infrared Sensor Array

Takayuki KAWASHIMA *, Yasutomo KAWANISHI *, Daisuke DEGUCHI*,

Ichiro IDE*, Hiroshi MURASE*, Tomoyoshi AIZAWA***, and Masato KAWADE***

• Graduate School of Information Science, Nagoya University
 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464...8601 Japan

•• Information Strategy o ce, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464...8601 Japan

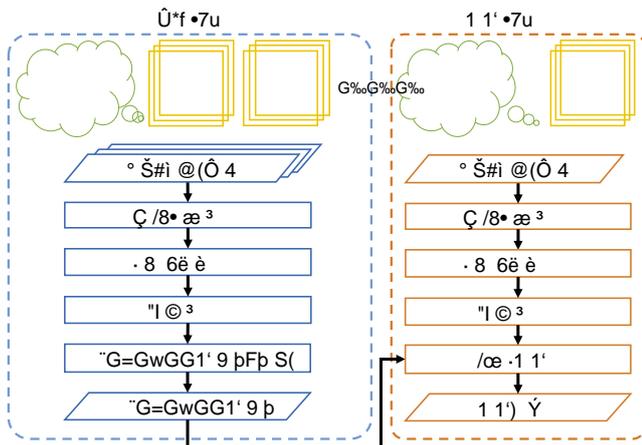
••• Corporate R&D, OMRON Corporation 9...1 Kizugawadai, Kizugawa, Kyoto, 619...0283 Japan

E-mail: • {kawashimat}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, • {kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,

•• ddeguchi@nagoya-u.jp, ••• {aizawa,kawade}@ari.ncl.omron.co.jp

Abstract Recently, the number of single-living elderly people is increasing along the aging of our society. Thus, there is a growing interest in systems that monitor them that can recognize daily and abnormal activities, while preserving their privacy. Here, daily activities include walking, sitting down, and standing up, and abnormal activities include falling. In this research, we propose an activity recognition method using the temperature distribution image obtained by a low-resolution far-infrared sensor array. A conventional method could not recognize the difference between activities where motion durations are similar, such as sitting down and standing up. The proposed method recognizes such activities using the features on trajectory, shape, and temperature of the human body region segmented from the temperature distribution image by background subtraction.

Key words Far-infrared sensor array, activity recognition, human body segmentation, background subtraction



§ 2 Š Owrq q

'•"Ä" » qC S .i±T'•"Ä" » Ê^ù
 ~do;M" \qp|Äls úæ^ÝÝ'æsq" DóQt
 mMo<U|`oM"} `T`|^wè" |C S .i±>
 ;M" Ôùx|b; U .i±> ÷ È`oM" `TÝÝ' b
 "\qUpVsM)
 Hevesi' [15] x| .i±Z—<w!=T' úw O Áw
 Q qæ^ÝÝ'æslom"} \w Opx|FttSZ"
 5 "wæ^q%o tSZ" 9 "w úæ^`ô^StÝÝ
 `oM"} `T`|ÝÝALx .i±T'•" hþaw•
 "t' `oS" |«Qy|~ •Ç ÛwhÉ<w!=UGV
 MÔùtx~ •>~; `oM"qQ b"} fwhŠ|8W
 srw"t' `sMæ^xÝÝpVsM)
 ý• [16] x|„Ítf" `h 8x8 hÉwzŽç .i±ž
 è >;MhÝÝ O> Š`oM"} \w Opx| .i±
 Z—<w! M²t b"9Sü„>;M" \qp| úw
 q>Q `|Ët2æ~£n~8Ww úæ^`ô^StÝÝ'
 oM"} `T`|^w' `i > s`Ä"q`o;Mh
 OpK" hŠ|ÝÝ0Áw "UÿQ|^w' `i UÙM
 úæ^U Ob" `Ots"q|f•wà U Éqs"}
 3. 9SüÍw! !=t, nXæ^ÝÝ O

2. p\, h'Ot|ý• [16] w Opx|~ 1p [`h
 @£n~q@lq~w'Os^w' `i UÙM úæ^wà
 U ÉpK"} f\pŠZ€px|^w' `i Zpx
 à U Ésa^pKlo<| .w^V•ÝNw!=tx§
 MUK" \qt£è`|\•> `qb"> Ä> ýht<Öb
 "\qpæ^`ÝÝb"} é.\$tx|.i±T'•" h
 þaw .—wJ{~ Ý~9St b"> Ä>b;b"}
 \•t" |ý•w Opxà pVsT|h|^w'
 `i UÙM@£n~q@lq~w'Os úæ^`à pV"
 `Otb" \q>è|b)

§ 2 t Š Owrq q, Ôb} Š Ox|¶6^Šq
 ÝÝ^Šw 2 mtüZ'•"}
 ¶6^Špx|.i±T'~h¶6;wÖ—hp% » T'
 úæ^]qt> Ä> `Z`|^Z`h`Ä">;Mo «âµ

§ 3 Ö—hpT' .—> `Z`h«

Ý +> i™b"} > Ä> `Zb" hŠt|±cxÖ—hpT
 ')üt'lo .—> `Zb"} fw™|Ö—hp%
 » T'^^à > p~`Z`|^~`Z`hó:Ñè" ÜT
 ' .—wJ{~ Ý~9St b" » Ä> `Zb"} f
 `o|^Z`h`Ä">;Mo «âµÝ +> i™b"}
 ÝÝ^Špx|¶6^Špĩ™`h «âµÝ +>;Mo
 Ö—hp% » pæ~•oM" úæ^`ÝÝb"} qq
 `o|±c¶6^Šq%7t)üt'lo .—> `Z
 b"} fw™|ý• [16] q%7t .i±Z—<w! M²t
 b"9Sü„>;M" \qp|^w' à UZb"} UZ^
 •h^à wÑè" ÜT' .—wJ{~ Ý~9St
 b" » Ä> `Z`|^¶6^Špĩ™`h «âµÝ +t
 'loæ^`ÝÝb"} Ž<|p rgwÄ|\,")

3.1 .—> `Z

> Ä> `Z>æsohŠt|±c|.i±T'~hÖ—hpT
 ')üt'lo .—> `Zb"} fwM| ü`çµ
 üí>;Mh)ü [17] >b;b"} \w)üx|
 >hÉ]qt ü`çµü|p~qb" \qp w!=tJ
 Èt0rpV" ú. —Z OpK"} `T`|\w Op
 x| ÞÄç>^\$tËý`oMXhŠ|Zqú.Uhp°
 p`y`Xi~`oMhÔùt|f't ÞÄçt " ±
 •o`±OqMOðJUK"} f\p| Š Opx ÞÄ
 ç> i™b" M|^² U Ob"qQ...^•hhÉtmMox
 ÞÄçwËý>æ~sM'Ot b"} \•t" |hp
 op úUi~`oM" Ôùt< .—w`Z`Dóqb"}
 § 3 tÖ—hpT' .—> `Z`h«>Öb}

3.2 ^à UZ

ÝÝ^Špx|^w`Ñè" ÜwUZ>æso)^wà
 wUZtx|ý• [16] q%7t .i±Z—<w! M²t
 b"9Sü„>;M"} qOÑè" Ü kc tSZ" hÉ (i,j) w
 9Sü„ vkc(i,j) x|ì í [Ñè" Ü]>;MoÍÜp-
 %o^•"}

$$v_{k_c}(i,j) = \frac{1}{k_c \tilde{S}(\tilde{S}1)} \prod_{l=k_c \tilde{S}(\tilde{S}1)}^{k_c} I_k(i,j) \tilde{S} \frac{1}{l=k_c \tilde{S}(\tilde{S}1)} \prod_{l=k_c \tilde{S}(\tilde{S}1)}^{k_c} I_l(i,j) \quad (1)$$

\p| I_k(i,j) x W x H hÉwzŽç .i±žè T'~
 •"Ö—hp% » w kÑè" Üèw9SüÍhp I_k tSZ"
 hÉ (i,j) wZ—<pK"} ±h|9Sü„ vkc(i,j) U`VM
 <T_v> ÒQhhÉw: > pkc qb"} pkc xé.\$txÜ (2)
 p{Š'•"}

$$p_{k_c} = \sum_{i=0}^{w \tilde{S}1 H \tilde{S}1} (v_{k_c}(i,j)) \quad (2)$$

表 3 実験結果

	平均 F 値	
	データセット 1	データセット 2
提案手法	0.743	0.738
比較手法 [16]	0.706	0.502

表 4 データセット 1 の Confusion matrix

		認識された行動 [フレーム]				
		歩行	着席	起立	転倒	静止
正解行動	歩行	652	8	0	256	20
	着席	46	271	16	0	147
	起立	0	9	243	0	127
	転倒	70	4	0	872	55
	静止	11	83	118	111	2,328

表 5 データセット 2 の Confusion matrix

		認識された行動 [フレーム]				
		歩行	着席	起立	転倒	静止
正解行動	歩行	1,535	0	24	36	175
	着席	0	388	113	0	134
	起立	0	4	447	23	136
	転倒	42	6	41	269	152
	静止	219	104	405	6	5,285

Confusion matrix をそれぞれ表 4 と表 5 に示す．表 4 より，人体の正面から撮影されたデータセットに対しては，「歩行」を「転倒」と誤認識した数が多いことが分かる．これは，データセット 1 の歩行データはセンサ検知範囲外から検知範囲内へと進み，そのまま再び検知範囲外へと進んでいくものであったことが影響していると考えられる．提案手法では，動作区間検出において背景差分の結果を考慮していないため，背景差分において前景が抽出されていない場合にも動作区間だと判定される可能性がある．そのため，前景抽出が行なわれていないフレームを動作区間であると判定した場合，特徴抽出がうまく行なわれず，誤認識につながってしまう．したがって，今後は動作区間検出を行なう際に背景差分の結果も考慮するように改良する必要があると考えられる．

また，表 5 より，人体の頭上から撮影されたデータセットに対しては，「着席」を「起立」と誤認識した数が多いことが分かる．これは，人体の頭上から撮影したデータでは「着席」と「起立」における軌跡や形状の変化の仕方が似ているためであると考えられる．頭上から撮影したデータに対しては，センサが取得する温度が有効に働くと考えて温度特徴を定義した．比較手法よりは性能が向上したものの，さらなる性能向上のためには特徴量の再検討が必要であると考えられる．

5. む す び

本報告では，赤外線センサアレイから得られる温度分布の時間変化に基づく行動認識手法を提案した．背景差分によって抽出された人体領域の軌跡・形状・温度に関する特徴を利用することで認識性能が向上することを確認した．今後の課題として，特徴量のスケール変化への対応や，様々なセンサ設置位置に対

して有効な特徴量について検討する必要がある．

謝辞 本研究の一部は，科学技術研究費補助金による．

文 献

- [1] 内閣府，“平成 27 年版高齢社会白書”，http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/27pdf_index.html．(2016/05/11 参照)．
- [2] 出村慎一，佐藤進，“日常生活動作 (ADL) を用いた高齢者の機能評価”，*体育学研究*，vol.49，no.6，pp.519–533，Nov. 2004．
- [3] 上田敏，“日常生活動作を再考する 「できる ADL」，「している ADL」から「する ADL」へ”，*リハビリテーション医学*，vol.30，no.8，pp.539–549，Aug. 1993．
- [4] A.M. Khan, Y.-K. Lee, S.Y. Lee, and T.-S. Kim, “A tri-axial accelerometer-based physical-activity recognition via augmented-signal features and a hierarchical recognizer,” *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol.14, no.5, pp.1166–1172, Sept. 2010.
- [5] X. Su, H. Tong, and P. Ji, “Activity recognition with smartphone sensors,” *Tsinghua Science and Technology*, vol.19, no.3, pp.235–249, June 2014.
- [6] J.K. Aggarwal and M.S. Ryoo, “Human activity analysis: A review,” *ACM Computing Surveys*, vol.43, no.3, pp.16:1–16:43, April 2011.
- [7] L. Xia and J. Aggarwal, “Spatio-temporal depth cuboid similarity feature for activity recognition using depth camera,” *Proc. 2013 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.2834–2841, June 2013.
- [8] E.E. Stone and M. Skubic, “Fall detection in homes of older adults using the Microsoft Kinect,” *IEEE J. on Biomedical and Health Informatics*, vol.19, no.1, pp.290–301, Jan. 2015.
- [9] S. Tao, M. Kudo, and H. Nonaka, “Privacy-preserved behavior analysis and fall detection by an infrared ceiling sensor network,” *Sensors*, vol.12, no.12, pp.16920–16936, Dec. 2012.
- [10] 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．
- [11] 大平真琴，森口誠，佐々木昌，大場正利，高畑智之，下山勲，木股雅章，“マイクロミラーアレイを用いた高感度サーモパイル型赤外線アレイセンサの開発”，*信学論 (C)*，vol.J94-C，no.11，pp.433–440，Nov. 2011．
- [12] C. Toriyama, Y. Kawanishi, T. Takahashi, D. Deguchi, I. Ide, H. Murase, T. Aizawa, and M. Kawade, “Hand waving gesture detection using a far-infrared sensor array with thermo-spatial region of interest,” *Proc. 11th Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2016*, pp.545–551, Feb. 2016.
- [13] 岡田遼太郎，矢入郁子，“プライバシーに配慮した屋内行動モニタリングシステムの提案”，第 27 回人工知能学全大，no.1D3-6，June 2013．
- [14] 岡田遼太郎，矢入郁子，“赤外線グリッドセンサを用いた屋内位置・行動推定の粒度及び精度の検討”，第 28 回人工知能学全大，no.2J1-4，May 2014．
- [15] P. Hevesi, S. Wille, G. Pirkl, N. Wehn, and P. Lukowicz, “Monitoring household activities and user location with a cheap, unobtrusive thermal sensor array,” *Proc. 2014 ACM Int. Joint Conf. on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp.141–145, Sept. 2014.
- [16] 増山翔太，洪志勲，大槻知明，“低解像度赤外線アレイセンサを用いた行動識別”，*信学技報*，ASN2014-113，Jan. 2015．
- [17] P. Kaewtrakulpong and R. Bowden, “An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection,” *Video-based surveillance systems*, pp.135–144, Springer, 2002.