

M S

U

† † †, † † †

† †

† † 464-8601 jff ffi y 0 fl ff
† † 500-8288 0fl 0fl ff 1-38
† † † 464-8601 jff ffi y 0 fl ff

E-mail: †{toriyamac,hosonot}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††takahashi@gifu.shotoku.ac.jp,
†††, †ddeguchi@nagoya-u.jp, †{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし は セ 手振り動作認識手 する セ は
ら る し空間の ま 温度 する あり の 一 し
の 動 とら る と ると し し のセ ら る温度 は 度
ある め の認識は ある 手 は手振り動作 認識 とし 動作 とに
データ と データ する 空間 に絞り込む と 手振り動作認識 のと の
の する め らし 温度に み と 温度の絞り込み ま 手 の
認する めに手振り動作の認識実験 結果および考察に する
キーワード セ 認識

A study on hand waving gesture recognition by thermo-spatial restriction using a far-infrared sensor array

Chisato TORIYAMA[†], Takashi HOSONO[†], Tomokazu TAKAHASHI^{††,†}, Daisuke DEGUCHI^{†††,†},
Ichiro IDE[†], and Hiroshi MURASE[†]

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

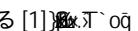
†† Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University
Nakauzura 1-38, Gifu-shi, Gifu, 500-8288 Japan

††† Information and Communications Headquarters, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601 Japan

E-mail: †{toriyamac,hosonot}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††takahashi@gifu.shotoku.ac.jp,
†††, †ddeguchi@nagoya-u.jp, †{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract We propose a hand waving gesture recognition method using a far-infrared sensor array. A far-infrared sensor array captures the spatial distribution of temperature as a thermal image by detecting far-infrared waves emitted from heat sources. It has an advantage of being able to capture the human position and movement while

1. はじめに

の タ 一 とし
る [1] 

bh\$BO\qUpVsM
q`oAUK}XW¹ C
SwOsCw; +
D¹ [4] wOs¹; +U; M¹M¹
T` | €w; +; M¹HeL^h; +;

EsZyssMh\$; +UiTsM¹b; b

\qUpVsM}M|€w; +; M¹a

x; +EASuX|D¹

aqètMy¹.w¹pb; pV¹ T` |

D¹ RGB-D¹ x; pV¹ v¹

qMOdUK}y|D¹ U

b\qUpVsMh\$ntsM¹pxb; pVsM}

#|D¹ RGB-D¹ q¹ px

DpK|¹ o tqèoMqMOg

SUTTqMOdUKh\$|Kewf"

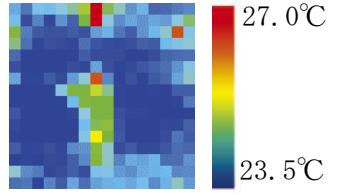
xEM}¹ w¹: t0bñwr>fq` oz¹

#b; UG¹

タ 一

RGB-D¹

[3] •



(a) D¹

(b) z¹

16 × 16 h z "

p

\$ 1 . D
h ffi

ffi t S M o b p
b ffi ffi fff t
h ffi t b ffi f
M ffi t . " " o U O b . U m T s
s ffi U b D U K ffi f
p ffi . M 9 S t O p 9 S
Offi O h p S b
p ffi t H s s Offi
" ffi 2. 9

3.

4.

[5], [6] z¹

1 tD¹

xæTL¹ G¹ s9Sü

b\qUpVsK¹\$

qz¹eh¹\wOt |

D¹xu¹.srwxOU-

pVo`D¹M|z¹pxq¹

B¹e|.w¹pxTSM}fwh

\$xw¹mm.w¹q'

Q\qUpV¹f\p¹x|z¹

Mh¹UZOtmMoCb¹tx¹

B¹omTm¹spK¹; +w¹W

Os¹s¹qUpVq¹h\$¹

W¹Aq`h¹

\ptem¹t¹et`o\,

} Fujii' [7] x¹ 3 i\$7wO¹; Mh¹

B¹tmMo¹S¹W¹bh¹

t Kinect [8]; Mo.w...; oM¹y¹

x| Ø T¹Z¹ bO¹soM¹

h¹hJ{¹hJ{¹b\qp

B¹oM¹T¹|z¹

xr¹pu¹lh¹W¹tq0\qUpVs

M¹h|u¹qUpVsMh¹

ØxpVsM¹fwh\$¹wOs¹

Øfw¹b\qxpVsM¹

f\p|fxz¹h¹

O¹z¹awG¹ s¹

Tq0\qUpVsMh¹

qx¹P¹K¹fwh\$¹

.o¹o|Ngt; M¹

W¹u¹h¹

2. 温度と空間の絞り込みによる手振り動作認識

手 は データ

事前に 1 m~ | fw%

qz¹h¹\qpwY

ø¹ø¹tS¹rgwv\$

2 t¹ø¹S

OxGVX¹ø¹gq¹gt¹

px| € M9Sj¹q`hO¹

ø¹M|ø¹ø¹t|ø

b-zb\qpw¹ø¹\

t¹tø¹ø¹HmpV¹

\wqV| € S¹z¹exp)Q'

hw¹M¹ø¹gpx€¹

ø¹Mo DP¹

[10]; Mo¹

qpw¹|ø¹ø¹sw¹

ø¹ø¹z¹ø¹

ø¹x|ø¹g¹p-Z¹h¹€¹

w¹ø¹tsgb\qpw¹b¹

rgtmMo¹X\, }

2.1 事前処理

2.1.1 9

3(b) wOt| ^b¹ntw¹aUOb

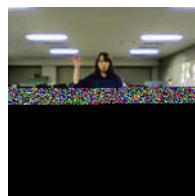
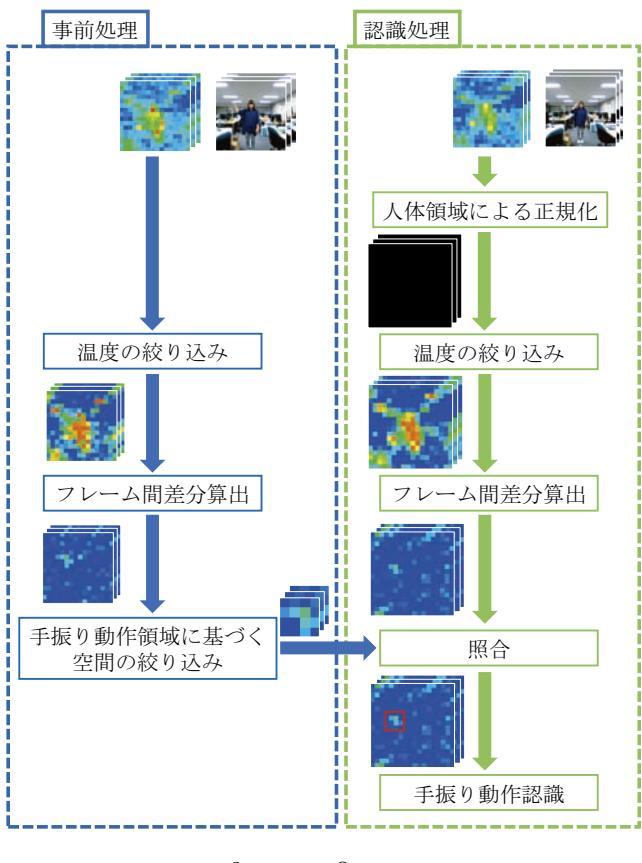
q| .qw¹aw¹mVtXXs¹fwh\$

. M9StO¹ø¹ø¹qp9S¹U.

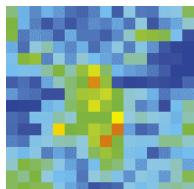
ø¹d¹ø¹

R

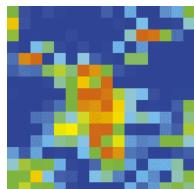
$$R_x^{(j)} = \exp \left(-\frac{|R^{(j)}(\mathbf{x}) - T_r^{(j)}|^2}{2} \right) R_x^{(j)} \quad (1)$$



(a) D



(b) $9SwO\zeta^2$



(c) 9SwO ζ TM

2.2 認識處理

2.2.1 .

9

t	s	Offi	pfffi	$R_x^{(j)}$	\mathbf{x}			j	j
S				x				$T_r^{(j)}$	i j
S		T							
K	K								
S									
S		S							

2. 2. 2

0 4 4 0 4

R'' /

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

W0t%a\+t^wT%

gUpVh\\$^{\wedge}eb\backslash gUpV\\$^{\wedge}b\mid

:w9SxB...srw*%*=bh\$

三

0 | ü 1 qsOt

1

“P66\wgV1\wg9\GSM

old SW%at = 86

px€~~MS~~4SZ

§

DP Vb

6

6

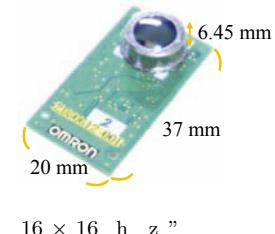
DP

$$g_c(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \times |$$

$$g_c(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = \min \begin{cases} g_c(R''^{(j-1)}, I''^{(k)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \\ g_c(R''^{(j-1)}, I''^{(k-1)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \\ g_c(R''^{(j)}, I''^{(k-1)}) + d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \end{cases} \quad (3)$$

$$d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \times |$$

$$\begin{aligned} d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) &= \sum_{n=0}^N \|R''^{(j)}_{x_n} - I''^{(k)}_{x'_n}\|^2 \\ &= \sum_{n=0}^N (||R''^{(j)}_{x_n}||^2 - 2R''^{(j)}_{x_n} I''^{(k)}_{x'_n} + ||I''^{(k)}_{x'_n}||^2) \end{aligned} \quad (4)$$



4 16 × 16 h z "



(a) 人物

(b) 背景



(c) 人物

(d) 背景

\$ 5

t3wqV|

N

K

(4) xHF =

$$S(R''^{(j)}, I''^{(k)})$$

Mo|

$$d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = \sum_{n=0}^N 2(1 - S(R''^{(j)}, I''^{(k)})) \quad (5)$$

qbV}m#

$$d(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \times hPSZ$$

ESl=tSpK\qUT\wqV|YF

$$S(R''^{(j)}, I''^{(k)}) \times |$$

$$S(R''^{(j)}, I''^{(k)}) = \frac{\sum_{n=0}^N R''^{(j)}_{x_n} I''^{(k)}_{x'_n}}{\sqrt{\sum_{n=0}^N (R''^{(j)}_{x_n})^2 \times \sum_{n=0}^N (I''^{(k)}_{x'_n})^2}} \quad (6)$$

q[^]Ot|€

€

%o|fw

L

T

$$g_c(J, K)$$

$$D(R'', I'') = \min_c \frac{g_c(J, K)}{L} \quad (7)$$

en4Zo`

oelO)\wz

qzb}Zahs

St`VMrg|`VMzpKy

oM}

3. 実験

手の 認する めに セ

OMRON の Thermal sensor D6T-1616L

oM|fwh; Mo; sh;

gtx|\$ 4 wOs| 16×16 h

Mh}qehhw

pK}Z|gp; h

ALqfw@tmMo\,

10 fps

3.1 データセット

実験における認識 動作 4 SPÉ 2 sÜ

qMO6q`o|hj

AbEq`o|zqY0`o

Mwq`h)j

% 1 mqow

1 h`o|-

8

En}€|z

zumU

150 cm wptAw

oMPK}z

qwmU

90 cm T'

270 cm w

30 cm pqe

sh}YAWs oM%

xM

€ ap. xC

blo

c c{v\$

d{bw|McTw^æ

sloMPK}\$

5 t

Ø;qex

4 |qxtäUsMØ

qKUM; Mh}\$

6(a) xtäUsMØ

\$ 6(b) xtäUKØpK}täUs

MØ|wU9SU^Os7o

msU0M}b|täUKØ|

MoMo7säU.qqt^

es|wU0M}

3.2 実験条件

手の 認する めに 実験

手には 12Sw&se0wÜ

wzOc

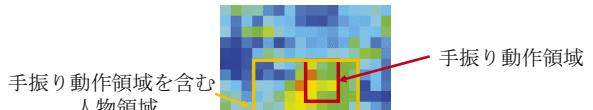
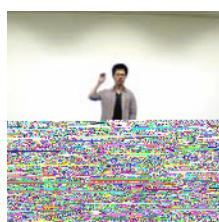
29Sw&seOUü

^wzssMOc

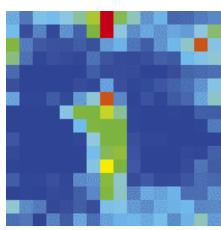
32Sw

moMO; Mh}ü

ff	o	9 S (S)	wU	9SwU	U
A	s`	1.00	1.00	0.77	0.82
B	s`	0.83	0.92	0.74	0.79
C	s`	1.00	1.00	0.74	0.71
D	K"	0.91	0.83	0.88	0.82
E	K"	0.88	0.90	0.85	0.86
F	K"	0.98	0.93	0.95	0.85
G	K"	0.88	0.79	0.81	0.77
H	K"	0.91	0.91	0.89	0.85
É	...	0.92	0.91	0.82	0.82



7 S - t M



(a) ès`



2	ff	C t S	s l h
	s s T l h	S	
		K	s
	j		j
	0.78	0.12	1.71 0.24
ä	1.31	0.07	1.91 0.07

(b) äK"

\$ 6

s M ffi .
p s Offi 7 t w

\t\9SqfqwU

*~h}h|Aix

SZ" VMx\At7wALU"

Otf`h}

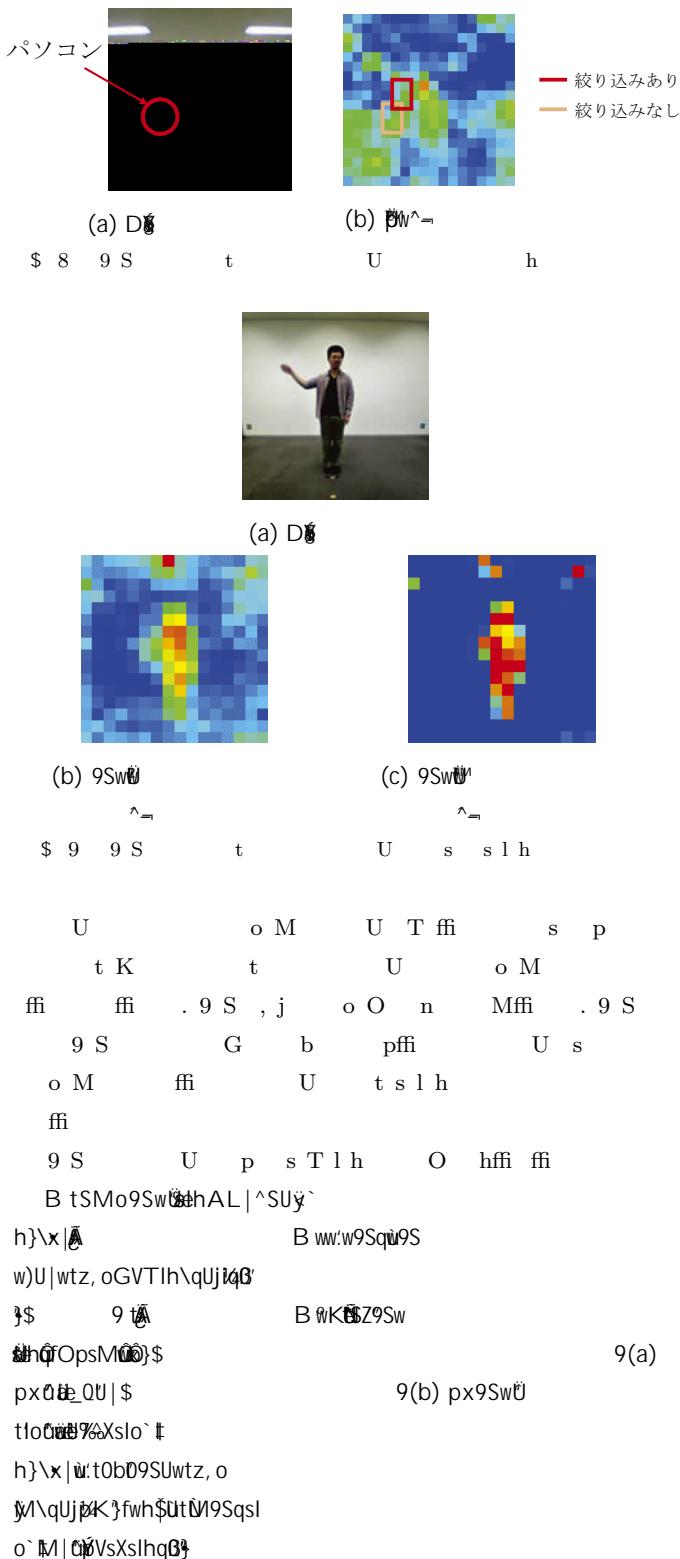
3.3 実験結果および考察

実験結果 1 t6}\x|fowA

SZ@w^S@oS|pX@t"
G@7@SUM\qUT}h|u
^w@t@K\qUTlh}z@
pqeh9Shpx@z@w3'
WsrT9SI=U\|f@isOK}
fwh\$@t,nM@pE
N@On^@SU@hq@-
Ä C tS@n@
OpsM@w@j)@wU
S@lqt@ISU@slom@q
UT}h|Y@S@UGVXslo
M}@w\qT|@On^h\q@
U@S@h|@qf@m`@XsI
hq@-

\$ 8 t9Sw@pKlh@
t@UK@9Sw@pKlh}\x|
9S@9S@lqt@9Sw@
w@w@pVhh@
U@h\q@h@Y@X@h\q@
A@nq@w@q.w@SU@M@
D@w@M@w@t@h@

D@OK@ \$ 8(b) px9Sw@U



4. む す び

は せ 手振り動作認識の
手 に 手 は データ 事前に
し データ と する とにより手振り動作の認識
ま セ ら し 動 に
し 温度と空間 絞り込む とにより認識 度の
認識実験 は 手 の 認する めに空間のみ絞
り込む手 温度のみ絞り込む手 絞り込み 手

と し 空間の絞り込みは ま ま にお
ある と 認し 温度の絞り込みは と の
する と る と ら に の ある に
認し
は は は とし の 動作
の に す する
謝辞 より の
に 謝する の は
による ま セ し
に 謝する

文 献

- [1] ff " ff t S ff " " G ff vol.10ffno.1ffpp.64-73ff Sept. 2002ff
- [2] 8ff Rff " C S t Off r ff vol.52ffno.6ffpp.1968-1979ff June 2011ff
- [3] U. Mahbub, H. Imtiaz, T. Roy, M.S. Rahman, and M.R. Ahad, "A template matching approach of one-shot-learning gesture recognition," Pattern Recognition Letters, vol.34, no.15, pp.1780-1788, Nov. 2013.
- [4] 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.
- [5] m ff " z " C ff " " C U CffIST2011-9ff Feb. 2011ff
- [6] i ff ff ff " z " M h t S rff " P 2008ff S G [Bff vol.A-2ffpp.417-418ff July 2008ff
- [7] 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 Int. MultiConference of Engineers and Computer Scientists, vol.1, pp.63-68, March 2014.
- [8] 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.
- [9] : Gff fff fff , fff " DP M h h T fff " U Cff PRMU2012-222ff March 2013ff
- [10] c ff "DP : , 7ff s fff " U Cff PRMU2006-166ff Dec. 2006ff