

# 熱画像に基づく特徴量抽出を用いる寝返りの検出 -転落防止のための睡眠状態推定を目指して-

Detection of roll-overing using characteristics extraction based on thermal images  
-Aiming the estimation of sleep state for fall prevention from the bed-

善甫 啓一 \*1\*2  
Keiichi Zempo

岡田 みずほ \*3  
Mizuho Okada

松本 武浩 \*4  
Takehiro Matsumoto

本村 陽一 \*1  
Yoichi Motomura

佐藤 洋 \*5  
Hiroshi Sato

\*1産業技術総合研究所 サービス工学研究センター  
Center for Service Research, AIST

\*2筑波大学 システム情報系  
Faculty of Eng., Info. and Sys., University of Tsukuba

\*3長崎大学病院 医療情報部  
The Department of Nursing, Medical Informatics, Nagasaki University Hospital

\*4長崎大学 大学院医歯薬学総合研究科  
The Department of Medical Informatics, Nagasaki University Hospital

\*5産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門  
Human Technology Research Institute, AIST

Because of the bed fall accidents of inpatients / person requiring nursing care happen continuously, the technique of roll-over detection / posture estimation are required. With the respect of a person's privacy, we aim the watching system using thermal images. In this paper, we detect the events such as, roll-overing on or climbing off from the bed, with the characteristics of thermal images, by calculating the discrepancy from the right-posture thermal images.

## 1. はじめに

看護・介護施設などでは、入院患者や非介護者がベッドから転落する事故が絶えない。しかし、ベッドへの柵の取り付けや、壁に隣接した形での設置するなどの手段は、入院患者や非介護者に対して圧迫感を与えるなどの理由から一般的には用いられていない。従って、ベッド上の人々の姿勢・位置推定、寝返りを検出し、転倒原因となる姿勢の感知技術が望まれる。

カメラを用いて動画上の姿勢の推定を行う手法は、広く技術開発が行われているが、消灯をする睡眠時には動画の撮影が出来ない [Tanaka 08]。また、圧力センサーマットをベッド上に敷いて姿勢の推定を行う手法も考えられるが、蒸れてしまい入院患者や非介護者が正常な睡眠を行えないなどの問題点がある [Nishida 98]。

そこで本研究では、入院患者や非介護者に対して計測による影響を与えない方法として、熱画像を用いた姿勢推定を行う。本稿の目的は、転落防止のための睡眠状態推定を目指して、熱画像に基づく特徴量抽出を用いる寝返りの検出を行うことである。

## 2. 特徴量抽出法

入院患者や非介護者が正常に寝ている状態の熱画像を事前に定義し、その特徴量が大きく変化した際に警告を出す仕組みを提案する。特徴量として、高次局所自己相関特徴 (HLAC; Higher-order Local Auto-Correlation) を用いる [Ishihara 04]。

HLAC で計算される特徴量は、画像内に含まれる各ピクセル毎に隣接するピクセルとの相関値をテンプレートに基づく組み合わせで計算し、画像全てのピクセルの総和を取ったベクトルである。HLAC 特徴量は、位置普遍性および加法性を満

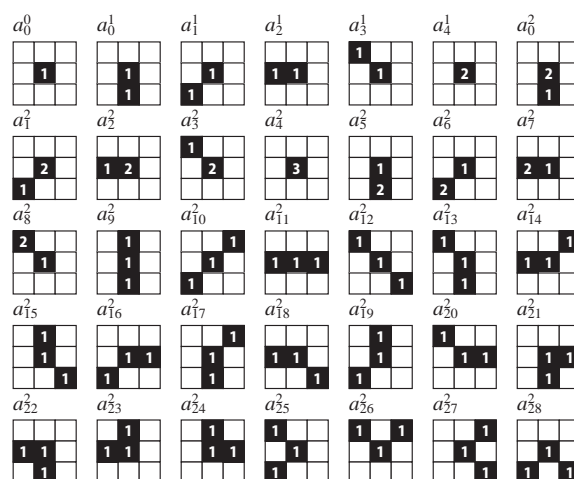


図 1: Combinations of HLAC,  $a_n^N$

たすため、サーモカメラの設置場所に依存したベッドの位置に寄らないことや、複数のベッドを同時に見守ることが出来る優位性がある。本論文では 2 次の HLAC を用いた。画像  $G$  の HLAC 特徴量  $R(G)$  は、

$$\underline{R}(G) \equiv [r_0^0(G), r_0^1(G), \dots, r_4^1(G), r_0^2(G), \dots, r_{28}^2(G)], \quad (1)$$

と定義される。ここで、 $r^0, r^1, r^2$  はそれぞれ 0 次, 1 次, 2 次の隣接ピクセルとの相関値である。位置  $x$  における局所的な HLAC 特徴量の各値  $r_n^N(x)$  は、輝度値  $\eta(x)$  と相関を取る組み合わせ  $a_n^N$  に基づいて (Fig. 1),

$$r_n^N(x) = \eta(x) \cdots \eta(x + \underline{a}_n^N), \quad (2)$$

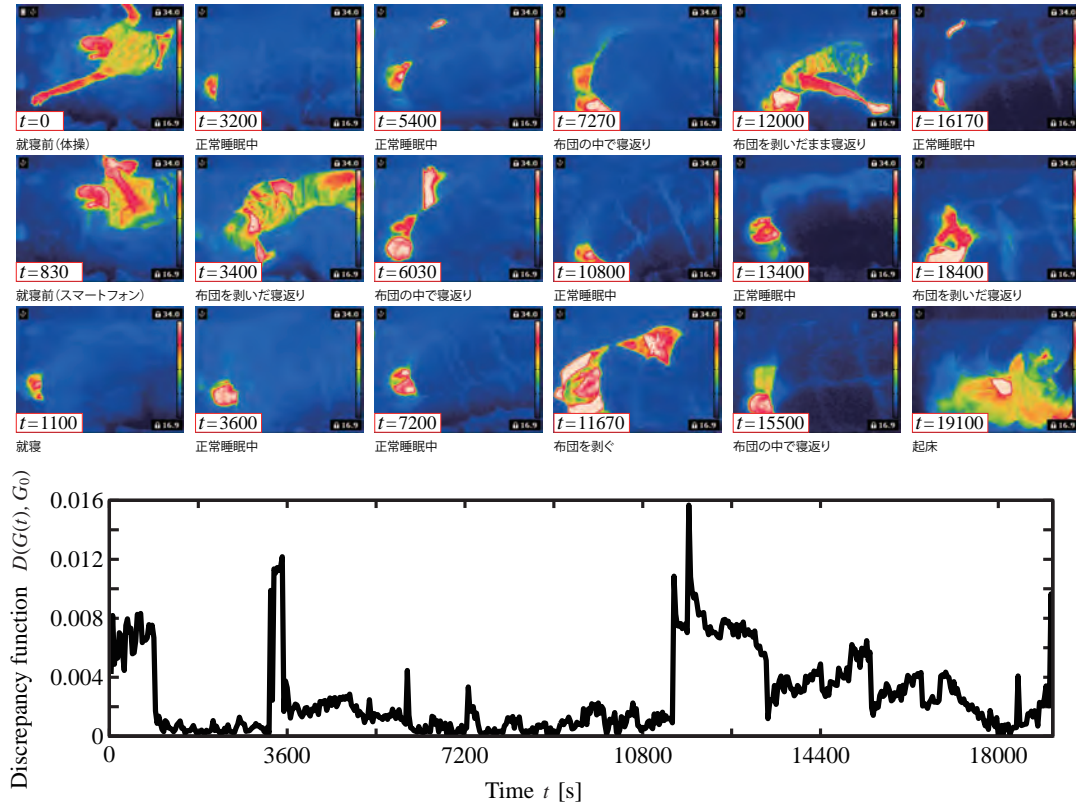


図 2: Thermal images and the discrepancy function

と計算される。下記の様に、画像に含まれるピクセルを総和を取ることで、HLAC 特徴量  $\underline{R}_G$  が求められる。

$$r_n^N(G) = \sum_{x \in G} r_n^N(x). \quad (3)$$

寝返りの検出は、逐次的に正常な体位における熱画像  $G_0$  の HLAC 特徴量  $\underline{R}(G_0)$  と時刻  $t$  における HLAC 特徴量  $\underline{R}(G(t))$  との乖離度合い  $D(G(t), G_0)$  を、ユークリッド距離を計算することにより行う。

$$D(G(t), G_0) \equiv \|\underline{R}(G(t)) - \underline{R}(G_0)\|. \quad (4)$$

### 3. 検証

提案手法の検討のために、睡眠時の計測を行い取得した熱動画像を用いて、有用性の検証を行った。対象データは、毛布を掛けた健常者（20代男性）の睡眠時の様子を約 19080 s（～5h20m）に渡っての録画した動画像である。録画には、赤外線式サーモグラフィー（解像度：80x60，視野角：約 55x35 (deg)，温度分解能：0.15°C）を用いた。

動画像中の計測対象者の挙動を Fig. 2 上段に示す。対象データには、数回の寝返りが含まれており、また一度ベッドから降りた動作も含まれている。

ここで、 $t = 8800$  s の熱画像を正常な姿勢の熱画像  $G_0$  と定義し、 $D(G(t), G_0)$  の変化を Fig. 2 下段に示す。 $D(G(t), G_0)$  の値が睡眠前  $t < 1000$  s、寝返りを行った時間  $t \sim 3400, 6030, 7200, 11670$  s、またベッドから降りている時間  $t \sim 19100$  s に大きく上昇していることが分かる。また、寝返り以外にも、本人によるベッドから降りる行為に対しても、

$D(G(t), G_0)$  が大きい値を示していることが確認される。入院患者や非介護者自身によるベッド昇降時の誤った転倒を防ぐ可能性を示唆している。

### 4. まとめ

本稿では、入院患者や被介護者のベッドから転倒予防のため、熱画像を用いた見守り技術の開発を行った。ベッド上で正常に眠っている状態を定義し、熱画像上で逸脱した特徴量を持つ状態の検出を行う。特徴量の定義方法として高次局所自己相関法を用いた結果、寝返りや起き上がりなど転落へ繋がるイベントの検出がなされた。今後の展望として、寝返りや起き上がりなどを引き起こすバイタルリズムとの関連付けにより転倒予防を目指す。

### 参考文献

- [Tanaka 08] 田中秀典, 中澤篤志, 竹村治雄, ポリウムデータの細線化とグラフマッチングを用いた事例ベース人体姿勢推定, 信学論 (D), 91, 1580-1591 (2008).
- [Nishida 98] 西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正, 圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測. 日本ロボット学会誌, 16(5), 705-711 (1998).
- [Ishihara 04] Ishihara, T., Otsu, N., Gesture recognition using auto-regressive coefficients of higher-order local auto-correlation features. Proceedings of Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 583-588 (2004).