

見守りハウスシステムの開発

窪田 直樹 平湯 秀和

Development of Safety House System

Naoki KUBOTA Hidekazu HIRAYU

あらまし 近年、転倒や浴室での溺死など、屋内事故に起因する死者の数が、交通事故による死者の数を上回っている。これらの事故の中には、早期に発見すれば死に至らなかったケースが多く含まれる。本研究は、一人暮らしの老人を対象に、様々なセンサで事故を早期に発見するシステム(見守りハウスシステム)の開発を目標としている。本報告では、目標としている見守りハウスシステムの概要と、本年度開発した画像を用いた見守りシステムについて報告する。

キーワード 見守りハウス、画像センシング、センサフュージョン、CHLAC、RRC

1. はじめに

近年、一人暮らしの老人が誰にも看取られること無く死亡する「孤独死」という言葉がマスコミに取り上げられるようになった。孤独死は、定義が曖昧であることや直接の死因(病死、事故等)では無いことから全国的な統計が取られていないが、阪神淡路大震災復興住宅では震災後10年間に600人余りが死後に発見されている。また、国内の死亡事故のうち、転倒や浴室での溺死など屋内事故による死者の数は、交通事故による死者の数を上回っている^[1]。これらの死亡事故の大半は、老人の一人暮らし、または家族や介護者が留守の間に発生しており、早期発見ができていれば死に至らなかったと思われるケースも多く含まれている。このような事態は、家族との同居や介護サービスの充実が進めば減少すると考えられるが、核家族化、少子高齢化が進む現状では難しいと言わざるを得ない。一方、一人暮らしでも炊事・洗濯などの日常生活には支障がない老人も多い。これらの老人に対しては、事故が起きたときだけ手助けがあれば致命的な事故を避けることができると考えられる。

そこで本研究では、一人暮らしの老人を対象に、様々なセンサで事故を早期に発見し、家族・介護者等に迅速に連絡することで、事故の深刻化を防ぐシステム(見守りハウスシステム)を提案し、開発する。

2. 見守りハウスシステム

既存の見守りシステムの多くは、家電製品の利用量や利用時刻、ドアの開閉時刻などを調べ、定時、および平

常時と異なっているときに家族・介護者等に連絡するようになっている。しかし、このようなシステムは、「電源を入れる」「ドアを開ける」など、住人が行動を起こさなければ状況を把握することができない。例えば、ガスの利用を調べるシステムの場合、朝・昼・夕食の前にガスを利用していれば、住人は通常の生活を送っていると判断できる。しかし、朝食後に足を滑らせ大けがをしたとき、それを知ることができるのは、昼食前にガスの利用が無いことが判明したときである。また、住人に携帯電話や通報装置を持たせ、事故発生時に住人自ら通報するシステムもあるが、突然意識を失ったときに通報できない、入浴時には装置を持っていないなどの欠点がある。

本研究が提案する見守りハウスシステムは、複数のセンサを室内に設置し、各センサから得られる情報を統合することで、住人の行動を検知する密度を高め、早期に事故の発生を通報するシステムである。図1に、見守りハウスシステムのイメージ図を示す。図中、様々なセンサが配置されているが、これは、それぞれの場所に適したセンサを利用することを例示している。例えば、画像系センサは得られる情報量も多く、事故が発生したときの映像を家族・介護者等に提示することができるが、トイレや浴室などに設置することはプライバシーの観点から適していない。一方、超音波センサは人・物の通過しかわからないが、プライバシーの問題はほとんどない。このように、それぞれのセンサが互いの欠点を補い合うことで、リアルタイムに事故を発見することができる。

今年度は、廊下や居室などで人の転倒を検知することを目的に、画像を用いた見守りシステムを開発したので、報告する。

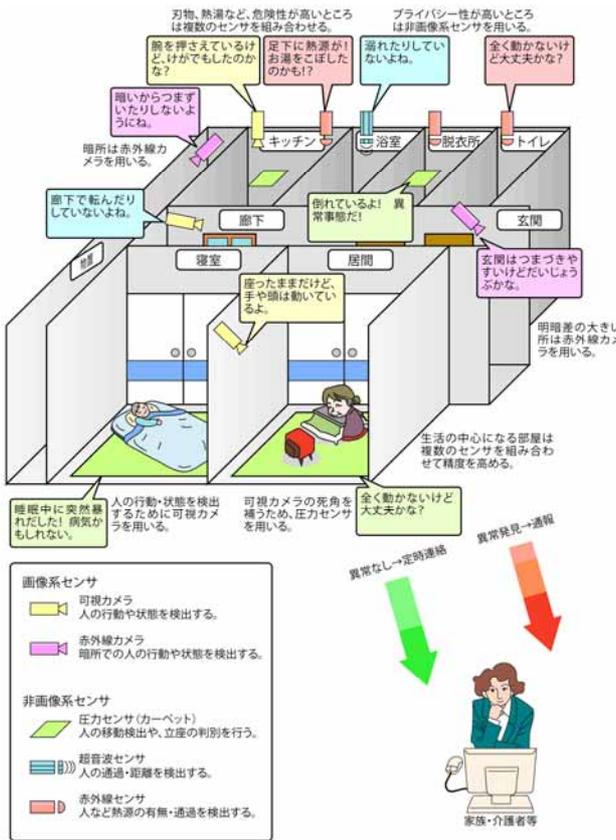


図1 見守りハウスシステムのイメージ図

3. 画像系見守りシステム

画像系センサは、秘匿性が低く、人の出入りが多い玄関・廊下の見守りに適している。このような場所で発生する事故としては、転倒があげられる。そこで、人の挙動判別および位置判別をすることで、転倒事故をリアルタイムに発見する手法を提案し、その手法を用いた画像系見守りシステムで実験を行った。

3.1 挙動判別

一般に、画像処理で人の動きを調べる場合、映像から人物領域を抽出し、その大きさと位置から姿勢や挙動を判別する方法が使われる。しかし、住居内にカメラを設置する場合、カメラの画角やカメラと住人との距離によっては、全身が写らない、奥行き方向への移動が多く住人の姿勢や挙動が判別できないなどの問題点がある。そこで、人物領域の抽出を行うことなく挙動を判別する手法を採用した。具体的には、入力映像(図2(a))のフレーム間差分をとり、さらに2値化処理を行った画像(図2(b))に対してCHLAC(立体高次局所自己相関)特徴^[2]を求め、挙動を判別する。

CHLAC特徴は、動きと形の情報を同時に表現できる特徴量であり、画像処理対象が画面のどこに写っているかを問わない位置普遍性がある。また、CHLAC特徴は局所変位の取り方により無数のバリエーションがあるが、本研究では独居老人の転倒検出に特化することから、動き情報のみを扱う限定CHLAC特徴を定義し使用すること



図2 処理中の画像

にした。限定CHLAC特徴は、次式のように表される。

$$x_n(t) = \sum_{x,y} f(t,x,y)f(t-1,x+\Delta x_n,y+\Delta y_n) \dots (1)$$

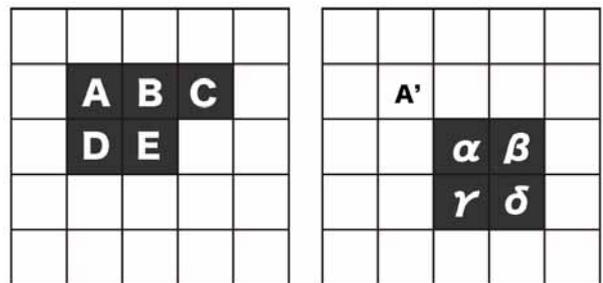
$$\begin{cases} \Delta x_n = n \bmod 3 - 1 \\ \Delta y_n = \lfloor \frac{n}{3} \rfloor - 1 \end{cases} \quad (n = 1, 2, \dots, 9)$$

$$f(t,x,y) = \begin{cases} 0: \text{画像処理対象が写っていない} \\ 1: \text{画像処理対象が写っている} \end{cases}$$

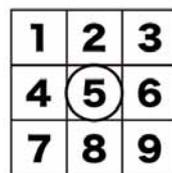
ここで、 x_n および y_n は座標 (x,y) を含む周辺9画素への局所変位を表す。 $f(t,x,y)$ は時刻 t 座標 (x,y) の画素値であり、図2(b)の場合、黒い画素では1、白い画素では0である。

図3(a),(b)に、画像全体を5画素×5画素、画像処理対象が映っている画素を黒で表した画像を、同図(c)に添字 n と局所変位の位置関係を、同図(d)に画素対応とCHLAC特徴を示す。また、同図(a)の黒画素をA,B,...,Eで、同図(b)の黒画素を $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ で表し、それぞれの座標は添字 x,y を用い (A_x,A_y) などと表す。

画素Aに注目すると、この画素は黒画素(画像処理対象)であるので $f(t,A_x,A_y)=1$ である。また、 $n=9$ のとき時刻 $t-1$ における座標 (A_x+x_9,A_y+y_9) は黒画素であり、 $f(t-1,A_x+x_9,A_y+y_9)$ の値は1になる。一方、 $n=1,2,\dots,8$ のときの時刻 $t-1$ における座標 (A_x+x_n,A_y+y_n) は白画素であり、 $f(t-1,A_x+x_n,A_y+y_n)$ の値は0になる。同様に画



(a) 時刻 t の画像 (b) 時刻 t-1 の画像



(c) n と局所変位

	A	B	C	D	E	CHLAC特徴
1						0
2						0
3						0
4						0
5					α	1
6				α	β	2
7			α	γ		2
8		α	β		γ	3
9	α	β			δ	3

(d) 画素対応と CHLAC 特徴

図3 限定CHLAC特徴

素Bに注目すると、 $f(t-1, B_x+ x_n, B_y+ y_n)$ の値は、 $n=8,9$ のとき黒画素、を示し1になる。これを、すべての画素に対して計算し局所変位ごとに和をとることで限定CHLAC特徴 $x_n(t)$ が得られる。なお、ここでは黒画素A,Bについて説明したが、白画素については $f(t,x,y)=0$ となり、積和も0となる。

この限定CHLAC特徴を図3(b)の局所変位と照らし合わせると、右下方向を表す $n=8,9$ のときの値 $x_8(t)=x_9(t)=3$ が大きく、左上方向を表す $n=1\sim 4$ のときの値が0であることから、時刻 t のときの画像処理対象は、右下方向から移動してきたと推測できる。

3.2 位置判別

3.1節で述べた挙動判別手法を用いれば人の移動方向を判別することができるが、この手法のみでは、人が転倒した位置を知ることができない。そこで、RRC^[3]を利用して人物の位置判別を行う。RRCは背景差分法的一种で、画像に含まれる模様(テクスチャ)を利用して背景画像と入力画像の差分を取るため、人物と背景の明度や色が似ている場合でも背景に模様があれば人物領域の抽出がしやすい、照明のオン・オフなどで画面全体の明度が変わったときにも対応しやすい等の特徴がある。

本位置判別手法では、あらかじめ撮影した背景画像と入力画像に対してRRC処理を行い、差分領域の外接矩形を求め(図2(c))、位置を判別する。なお、次章で述べる実証実験環境では、廊下の照明が天井埋め込み型のため場所によってかなり暗いことや、壁に殆ど模様がなことから、RRCを用いても背景差分をとれないことがあったため、RRC画像とフレーム間差分2値化画像との論理和を取ることで抽出性能を高めた。

ここで、実際の人物位置(3次元空間上の位置)は、カメラの画角や設置高および環境などの情報が必要となることから本手法では扱わず、外接矩形の座標をもって人の位置と定義する。この場合でも、ドアの前や棚の横といった場所を画像上の座標(2次元画像上の位置)に対応づ

けることで、どこで転倒したかを推測することができる。

4. 実証実験

前章で述べた挙動判別および位置判別手法を用いて、廊下での転倒を検出する実験を行った。カメラは、できるだけ広い範囲を撮影するため、廊下隅の天井付近に、長手方向やや下向きになるよう設置した。

図4に、廊下を手前から遠方へ向かって歩行している途中に転倒する映像での処理結果を示す。上から入力画像、目視による歩行・転倒の区別図、同時刻における9個の限定CHLAC特徴を正規化したグラフ、正規化した限定CHLAC特徴の分散、RRC画像の外接矩形の上端・下端位置である。限定CHLAC特徴は、対象の大きさによってその絶対量が変化することから、特徴量の二乗和が1になるよう正規化している。外接矩形の上端・下端グラフは、グラフ上端が画面上端を、グラフ下端が画面下端を表している。また、画像、グラフとも横軸が時間を表し、右が古く、左が新しくなっている。

正規化した限定CHLAC特徴およびその分散のグラフを見ると、歩行中は9個の特徴量に差が現れており、全体として分散も大きい。しかし、転倒中は9個の特徴量がほぼ同じ値になっており分散が小さい。転倒後は一時的にもとの状態に戻り、その後消える。これは、歩行中はフレーム間差分画像として人の輪郭周辺が抽出され(図5(a))、その抽出画素は総体として進行方向を持って進んでおり(人がフレームインした時は左から右へ、その後は下から上へ)、限定CHLAC特徴も進行方向を表す特徴量が多く、逆方向を表す特徴量が小さくなるためである。また、転倒中は、歩行中に比べて急激なフレーム間差分が生じるため、ほぼ全身の画素が抽出され(図5(b))、9つの特徴量すべてが同程度現れるためと思われる。転倒後は、対象が静止するためフレーム間差分が殆ど無くなる。外接矩形の上端は、歩行中は殆ど変化がない。これは、

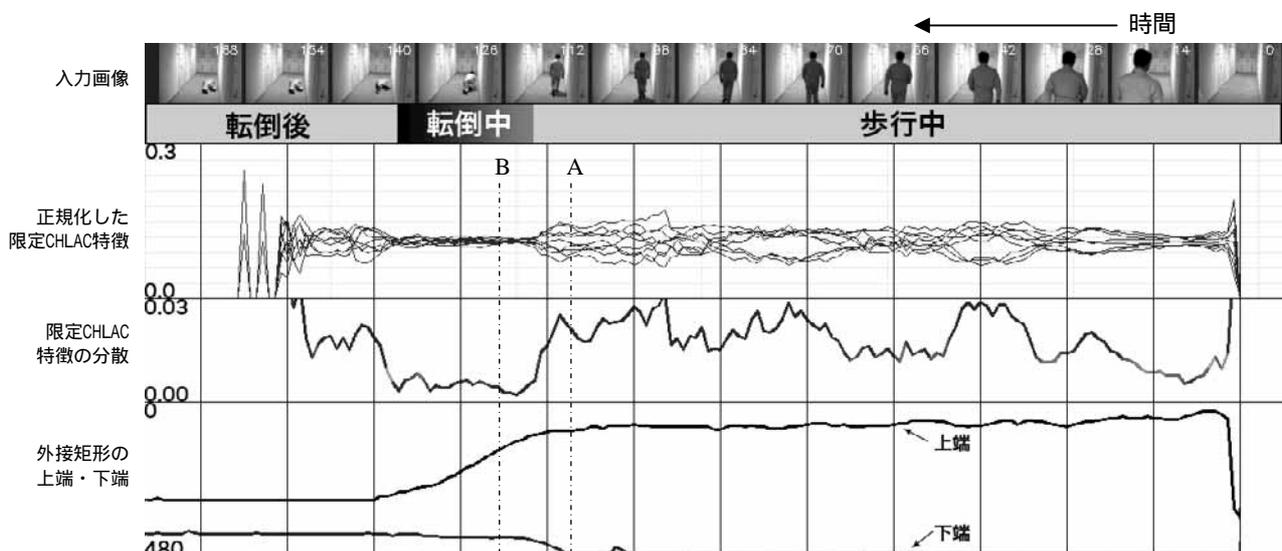


図4 転倒映像の処理結果



(a)歩行中(図4 Aに対応)



(b)転倒中(図4 Bに対応)

図5 入力画像とフレーム間差分画像

カメラの高さが頭の高さとほぼ同じ位置にあるためである。転倒中、上端は急激に低くなり、転倒後は同じ値を維持する。下端は、人がカメラの画角から外れている間、意味を持たないが、完全にカメラの画角内に入ってから、カメラからの距離に応じて変化するため、人の位置を算出することができる。転倒後は上端・下端とも変化が無いので、人に動きが無いことがわかる。

図6に、図4で使用したカメラとは設置位置の異なるカメラで撮影した映像での処理結果を示す。撮影対象は図4と同じ転倒の様子であり、図4で使用したカメラの左約70cmに設置したカメラで撮影した。限定CHLAC特徴、分散および外接矩形の上端・下端のグラフは、図4のグラフと類似していることから、本提案手法は、カメラを設置する水平位置に依存すること無く転倒を検出することができることがわかる。

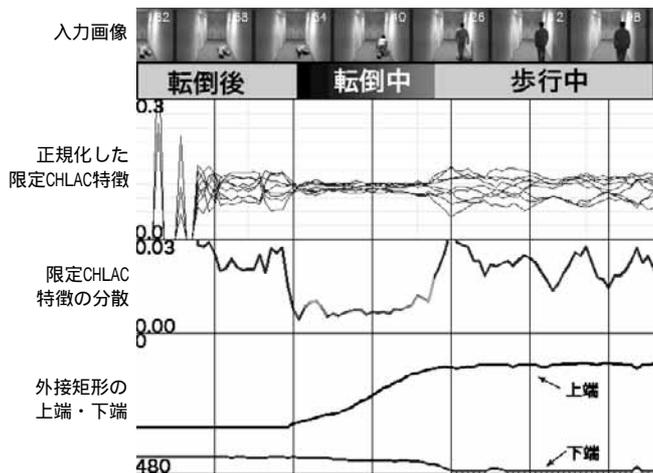


図6 図4と異なる位置で撮影した転倒映像の処理結果

図7に、遠方から手前に向かって歩いてくる途中に転倒する映像での処理結果を示す。図4.5と比較すると、転倒中の限定CHLAC特徴の分散がやや大きい、歩行中の値と比較すると小さく安定している。また、外接矩形の上端も図4.5と同様に高い位置から低い位置へと変化している。これらのことから、正規化した限定CHLAC特徴の分散と、RRC画像の外接矩形の変化を利用することで、

人の転倒の検出が可能であると思われる。なお、歩行中、外接矩形の上端の値が幾度か下がっている部分があるが、これは人がカメラから離れていることや、照明の直下にいるかどうかなどの条件により、正確な差分画像が得られなかったためである。このような状態でも、限定CHLAC特徴を組み合わせることで、転倒の検出が可能であると思われる。

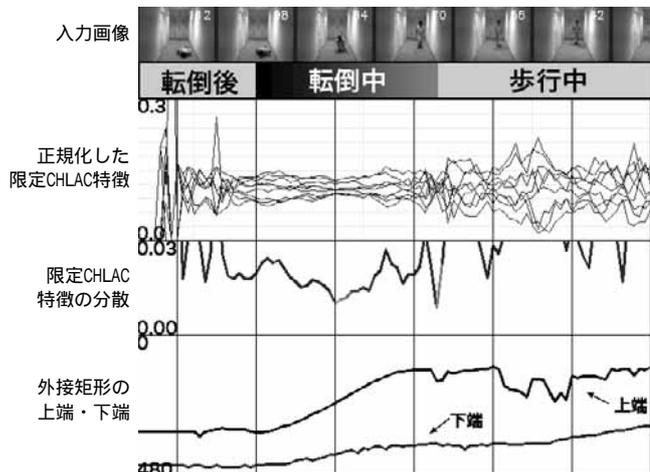


図7 手前に歩いてくるときの転倒映像の処理結果

以上のことから、本提案手法を用いることで、カメラの水平設置位置や人の移動方向によらない、人の転倒検出の見通しを得た。

5. まとめ

画像を用いた見守りシステムについて、人の転倒を検出する方法として限定CHLAC特徴と、RRCを利用した背景差分を組み合わせることで、廊下を歩いている最中に転倒する映像から、転倒を検出できる見通しを得た。

今後は、より実環境に近い環境において転倒の自動検出を含めた実証実験を行うほか、立ちくらみなどでゆっくり倒れ込むときの検出や、床に座る動作(日常動作)との判別などを行う。また、それと並行し、非画像系センサによる転倒検出を行い、適切なセンサの組み合わせと処理方法について開発を進める。

文献

- [1] 厚生労働省, “死因簡単分類別みた性別死亡率・死亡率” および “家庭内における主な不慮の事故の種類別みた年齢別死亡率・構成割合”, 平成18年人口動態統計(確定数)の概況, pp15-17, 2007.
- [2] 下島康幸, 大津展之, “立体高次局所自己相関特徴を用いた複数移動物体の同時認識”, 信学技報 PRMU2006-104, pp.1-6, 2006.
- [3] 佐藤雄隆, 金子俊一, 丹羽義典, 山本和彦, “Radial Reach Filter(RRF)によるロバストな物体検出”, 信学論D-II, Vol.86-D-II, No.5, pp.616-624, 2003.