

映像からの簡便な人物行動検出と閾値の自動決定法 Detecting Human Behavior from Surveillance Video with Automatic Threshold Setting

松本 亜沙美†
Asami Matsumoto

椋木 雅之†
Masayuki Mukunoki

1. はじめに

近年社会の高齢化が進む中、老人ホームなどで高齢者を支える存在である介護福祉士の数が不足しており、それによって介護福祉士 1 人 1 人の負担が大きくなっている。老人ホーム等施設内に設置したカメラの映像から入居者の転倒などの行動を検出し、介護福祉士に知らせることで定期的な廊下の見回りなどの負担を軽減できると考えられる。この見守りシステムを開発するための実験段階として、廊下を図 1 のように奥行き方向に向けてカメラで撮影した映像から、人物の行動検出を行う手法の開発を目標とする。

見守りシステムについての研究はこれまでも行われている。[1]や[2]は赤外線センサーやベッドセンサーのような特殊なセンサーを使用して人物の行動を観測している。本研究では廊下を実験場所とするため、より広範囲をカバーできるカメラを採用する。[3]では機械学習を用いて異常行動を検出している。機械学習は実際に検出を行うために大量のデータが必要であり、簡便な手法とは言えない。そこで、より簡便な手法を用いて人物の行動検出を行うため、1 台のカメラで撮影した映像のみを用いて行動検出を行う手法を提案する。本研究では、自動検出した人物が一定フレーム間に移動した距離と傾きに閾値を設定することで、動画内の人物の行動検出を行う。この提案手法では、カメラの設置位置や角度によって、行動検出を行うための閾値が変化する。それを解決するため、カメラの設置状況に合わせた閾値の自動設定方法の開発も同時に行う。

2. 人物の行動検出

2.1 行動検出の流れ

提案する行動検出処理では、まず動画をフレームごとに分割し、10 フレームごとに人物検出を行う。動画は、640×480、60fps で撮影したものを使用した。検出した人物領域の重心の座標を取得し、フレーム間での座標の距離と傾きを用いて行動検出を行う。

以下に行動検出の対象行動と各行動の判定基準について説明する。

2.2 対象行動

本研究において、主に検出したい対象行動は「転倒」である。これに加え、転倒に似た動作である「しゃがむ」と、動画の撮影場所である廊下でおこる頻度が高い「停止」の 3 つを対象行動とした (図 1)。本研究で使用する動画は、三脚上に固定したカメラを用いて廊下を奥行き方向に撮影したものである。また、人物は奥から手前に向けて歩行して、その途中で上記のいずれかの行動を行っている。



図 1 検出対象行動

2.3 人物検出

動画内の人物を検出するための手法として本研究では HOG 特徴量を用いた人物検出[4]と SSD を用いた人物検出[5]の 2 手法で人物の検出精度についての比較実験を行った。

実験の結果、9 割以上の優れた人物検出精度であった SSD を本研究では用いることとする。

2.4 対象行動の検出

2.4.1 しゃがむ

本研究では、人物が歩行状態からうずくまる様な行動を「しゃがむ」と定義する。「しゃがむ」という行動について、歩行状態からしゃがんだ場合、人物の検出領域の高さが歩行状態時よりも短くなる (図 2) ことによって、検出領域の重心が大きく下方に変化するという特徴が挙げられる。そのため重心座標間の傾きと距離が大きくなることを利用して「しゃがむ」という行動の検出を行う。



図 2 「しゃがむ」時の検出領域の変化

具体的には、『重心座標間の距離と傾きが設定した閾値を連続して超えた場合』しゃがんでいると判定する。距離の閾値については、行動速度による距離の変化を考慮して

短距離閾値 $[D_1]$ 、長距離閾値 $[D_2]$ の2つの閾値を設定する。傾きの閾値は 1.5 とする。また、カメラとの距離によって行動の大きさも離れた場所では小さく、近い場所では大きく変化する。それにあわせて、重心座標間距離もカメラから離れた場所では変化するため判定基準を以下のように設定する。

- ・ 3 回連続で重心座標間距離と傾きが短距離閾値 $[D_1]$ と 1.5 をそれぞれ上回った場合「しゃがんだ」と判定する。
- ・ 2 回連続で重心座標間距離と傾きが長距離閾値 $[D_2]$ と 1.5 をそれぞれ上回った場合「しゃがんだ」と判定する。
- ・ 重心座標間距離と傾きが長距離閾値 $[D_2]$ と 1.5 を上回っており、かつ前後どちらかの重心座標間距離と傾きが短距離閾値 $[D_1]$ と 1.5 を上回った場合「しゃがんだ」と判定する。

2.4.2 転倒

本研究では、人物が床に倒れる等した後自力で起き上がれない状態を「転倒」と定義する。「転倒」という行動について、「しゃがむ」という行動同様人物の検出領域の重心座標が大きく下方向に変化するという特徴があるため、本研究では「転倒」という行動を「しゃがむ」という行動の延長上の行動として考える。

具体的な判定方法としては、『「しゃがんだ」と判定された後、一定時間内に立ち上がらなかった場合』転倒したと判定する。立ち上がったかどうかの判定は以下の手法で行う。

○立ち上がりの基準:

- ・ しゃがんだと判定された際の重心座標間 (図 3 青線) の中間地点の y 座標 (図 3 赤線) を判定ラインとして設定する。
- ・ しゃがんだと判定されてから 200 フレーム (約 3.3 秒) 経過するまでに人物検出領域の重心の y 座標が判定ラインより上になった場合立ち上がったと判定する (図 3 水色線)。

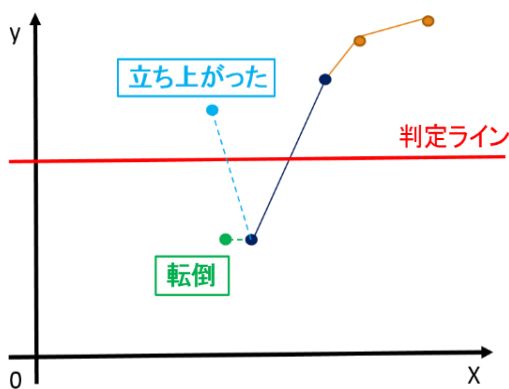


図 4 立ち上がり判定

「転倒」に関しては、重心座標間距離を用いる方法とは別に、人物の検出領域を用いた判定方法も設定する。これは、図 4 のように転倒時の人物の検出領域の「高さ」と「幅」の比率が歩行時と大きく異なることを利用した判定方法である。



(a) 歩行時の検出領域

(b) 転倒時の検出領域

図 3 「転倒」時の検出領域の変化

具体的には『検出領域の「高さ/幅」の値が設定した閾値 $[R]$ を下回った場合』転倒したと判定する。

2.4.3 停止

本研究では、人物が 1 か所にとどまっている状態を「停止」と定義する。「停止」という行動については、人物検出領域の重心座標があまり変化しないということが特徴として挙げられる。したがって重心座標間の距離も非常に短くなる。これを利用して「停止」という行動の検出を行う。

具体的には、『重心座標間の距離が連続して設定した閾値 $[S]$ 以下になった場合』停止していると判定する。

3. 閾値の自動決定

2 節で述べた手法で行動検出を行うにあたって設定しなければならない閾値は、

- ・ 「しゃがむ」の短距離閾値 $[D_1]$
- ・ 「しゃがむ」の長距離閾値 $[D_2]$
- ・ 「転倒」の閾値 $[R]$
- ・ 「停止」の距離閾値 $[S]$

である。

これらの閾値はカメラの設置角度や高さなどの違いによって変化する。また、重心座標間の距離がカメラと検出対象人物との距離によって変化するため、それに合わせて変化する必要がある。

この問題を解決するため、カメラの設置後廊下を歩いている様子を撮影し、その動画をもとにカメラの設置状況に対応した検出閾値の設定を自動で行う手法を提案する。

閾値設定のために撮影した動画に対して、行動検出を行うときと同じように人物検出と検出領域の重心座標の取得を行う。動画内の人物は奥から手前に向けて移動しているため奥を始点、手前を終点とする。得られた重心座標の軌跡の始点と終点の y 座標間の距離を水平方向に 10 分割し、各領域を始点に近い方から順に $Sp1$ - $Sp10$ とする (図 5)。 $Sp1$ より上の領域は $Sp1$ 、 $Sp10$ より下の領域は $Sp10$ とする。

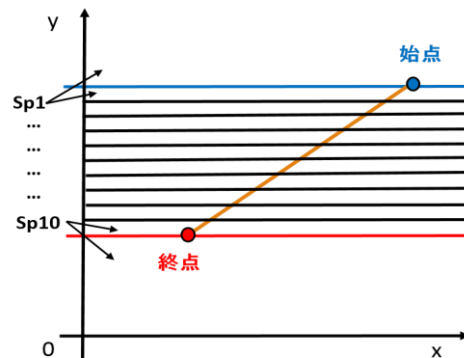


図 5 閾値設定

その後、各領域内に存在する重心座標間の距離の平均値を領域ごとに求める。この平均値を用いて閾値の自動設定を行う。閾値の計算法は以下の通りである。

○Sp1-Sp3:

- ・ [D1] = 平均値
- ・ [D2] = 平均値×4
- ・ [S] = 平均値/4

○Sp4-Sp10:

- ・ [D1] = 平均値/1.5
- ・ [D2] = 平均値×3
- ・ [S] = 平均値/3.5

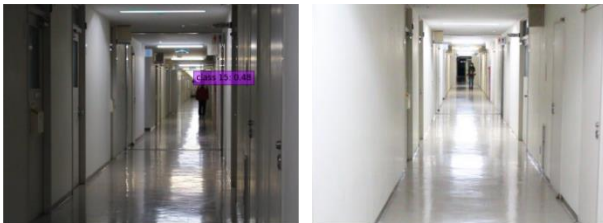
ただし、[S]については重心座標間距離の 0 以上の最低値が 0.5 であるため、計算結果が 0.5 を下回った場合は 0.5 と設定する。

閾値[R]に関しては、人物検出領域の「高さ/幅」の平均値を用いて閾値の自動設定を行う。閾値の計算法は以下のとおりである。

- ・ [R] = (平均値-0.5) / 2

4. 実験

3 節で述べた閾値の自動決定法を用いた場合での、対象行動の検出精度を調査した。「しゃがむ」を行っている動画 5 本・「転倒」を行っている動画 5 本・「停止」を行っている動画 6 本の計 16 本の動画、および閾値設定用の歩行動画 1 本を 1 つのデータセットとする。実験ではカメラの設置状況（廊下を撮影するカメラ角度、カメラの高さ）が異なる 2 種類のデータセット A、B（図 6）を使用する。



(a) データセットA

(b) データセットB

図 6 実験に用いたデータ

閾値の設定と行動検出の精度の算出はデータセットごとに行う。データセット A での閾値を閾値 A、データセット B での閾値を閾値 B とする。実験では、異なるデータセットの閾値を用いた場合との比較も行った。行動検出の精度については、動画内で対象行動を行っているフレーム区間で、その対象行動の検出に成功しているフレームの割合が 30% を超え、かつ「転倒」と「しゃがむ」に関しては立ち上がり判定に成功した動画を行動検出成功動画とし、行動検出成功率

$$\frac{\text{行動検出成功動画数}}{\text{16}}$$

16

として求める。実験結果を表 1 に示す。また、しゃがんでいない場所でしゃがんだと判定するなど、行動を誤検出したフレーム数を表 2 に示す。

表 1 行動検出成功率

	閾値 A	閾値 B
データセット A	94%	88%
データセット B	63%	94%

表 2 行動誤検出フレーム数

	閾値 A	閾値 B
データセット A	27	206
データセット B	67	43

同じデータセットから自動設定した閾値を使用した方が正解率は高かった。また、異なるデータセットの閾値を使用した場合は、停止していない場所で停止したと検出されるなどの誤検出も多かった。特にデータセット B にデータセット A の閾値を用いた場合、しゃがんだ後立ち上がりの判定が行われないことがあり、これにより転倒していないのに転倒したという誤検出があった。これは[D1]の値が短すぎたことが原因であると考えられる。本研究で最も検出したい行動は「転倒」であり、この誤検出は非常に良くない結果である。これらのことから、閾値の自動設定が有効に機能していると言える。行動検出できなかったものに関しては、人物の検出自体がうまくできていなかった。

5. おわりに

本研究では、1 台のカメラの映像から人物の行動検出を行う手法と、システムの設置を簡略化するための閾値の自動設定方法を提案した。実験により、自動設定した閾値に基づく簡便な処理で、行動検出が精度よく行えることを示した。行動検出のさらなる精度向上には、人物検出精度の向上が必要である。また今回は「三脚を使用し廊下を奥行き方向に撮影する」、「人物はカメラの奥から手前に向けて行動する」という制限を加えての実験だったため、今後はこの制限の緩和と人物検出の精度向上が課題である。

謝辞

本研究は、受託研究「歩行者の転倒するリスク等の数値化及び転倒を検出するカメラの位置・角度などの設置指針の研究」及び宮崎大学機能強化経費「ロコモティブシンドローム（ロコモ）の病態解明・対策」の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] 田中仁, 中内靖, “ユビキタスセンサによる独居高齢者見守りシステム”, 日本機械学会論文集 C 編, 75 巻 760 号, (2009), pp.3244-3252.
- [2] 前川泰子, 他, “居住空間のスマート化に向けた高齢者見守りシステム開発の取り組み”, ヒューマンケア研究学会誌, 5 巻 2 号, (2014), pp.51-54.
- [3] 関弘和, 堀洋一, “高齢者モニタリングのためのカメラ画像を用いた異常動作検出”, IEEJ Transactions on Industry Applications, Volume 122 Issue2, (2002), pp.182-188.
- [4] N.Dalal, B.Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection”, IEEE CVPR, (2005), pp.886-893.
- [5] Liu, Wei, et al, “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, ECCV, (2016), pp.21-37.