

高齢者介護施設における夜間徘徊者の検出

中沢信明^{1, *}¹群馬大学大学院理工学府知能機械創製部門

* <n.nakazawa@gunma-u.ac.jp>

要旨：本研究では、高齢者介護施設において夜間徘徊者の発見、通報、声掛け、足止めを総合的に実行し、施設職員の支援・負担軽減を目的とした見守りロボットの開発を行った。ロボットに搭載された赤外線カメラにより施設廊下を監視し、HOG特微量ならびにフレーム間差分法による動体検知を併用することで、徘徊者の検出を行った。その後、施設職員への無線連絡を行うと同時に、徘徊者に近づき、職員の声による呼びかけで、職員が来るまでの時間稼ぎが可能なシステムを構築した。

1. はじめに

現在、日本における高齢者の総人口に占める割合は、毎年増加の傾向にあり、深刻な社会問題となっている。少子高齢化が進む中、医療・福祉分野においては、看護・介護者の不足が懸念されている。このような社会的背景から、近年、家庭や病院などにおいて、介護者を支援するロボットが注目されるようになり、それとともに人間とロボットとの共存に関する研究が盛んに行われるようになった¹⁾。少子高齢化が進む現代では、老人ホームなどの入居施設において高齢者の深夜徘徊が介護者の大きな負担となり、深刻な問題となっている^{2), 3)}。この問題の解決策として、介護者を支援するロボットやシステムの研究が行われてきた⁴⁾⁻⁶⁾。入居施設における既存の見守りロボットでは、設置型のカメラやセンサーによる定点的な情報を介護者に伝達するといった単一機能のみを有するものが多く見られる。

そこで本研究では、徘徊者の発見、通報、声掛け、足止めを総合的に実行し、施設職員の支援を行なう見守りロボットの開発を行った。ロボットに搭載されたUSB赤外線カメラにより施設内の廊下を監視し、HOG特微量ならびにフレーム間差分法による動体検知を併用することで、夜間徘徊者の検出が可能なロボットシステムを構築した。

2. ロボットの概略

群馬県桐生市の株式会社フューチャアンドスペースが経営する住宅型老人ホームでは、夜間に職員の数が少ないため、入居者の深夜徘徊の対応は、大きな負担となっている。そのため、同社から夜間における職員の巡回の負担を軽減することを目的とした見守りロボットの開発についての相談を受け、共同研究を行ってきた。試作したロボットの外観およびシステム構成を図1に示す。ロボットのデザインは施設職員によるものであり、親しみやすさが特徴となっている。鼻の布地網掛け部分にはUSB赤外線カメラが設置されており、PCに接続されている。なお、PC側では取得画像(10[fps])に対して画像処理を行い、人の検出を行う。駆動部にはPC側からシリアル通信によって制御信号を送信し、前後左右動作および左右旋回動作が可能である。駆動部には、Nexus robot社の3WDオムニホイールロボットを使用した。また、筐体内部には警報装置の発信機が取り付けられて

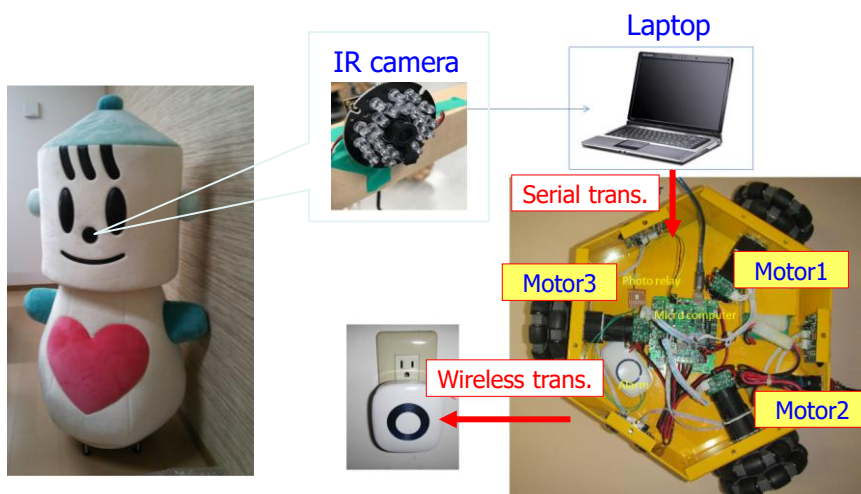


図1 ロボットの外観およびシステム構成

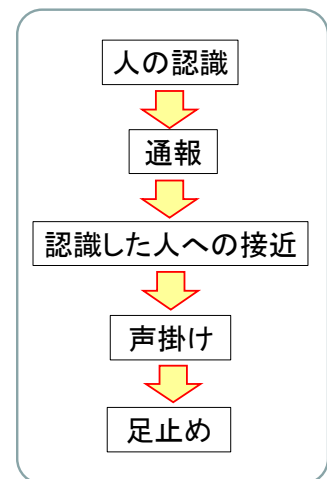


図2 動作の流れ

おり、職員室に設置された受信機へ信号を送信し、通報を行う。

図2は、動作の流れを示したものである。赤外線カメラで夜間徘徊者を検知した場合、通報が行われ、ロボットは徘徊者に近づく。その際、ロボットは声掛けを行うと同時に、進路を塞ぐように足止めを行い、職員への到着まで時間稼ぎし、建物外に出るのを防ぐことが本研究課題のコンセプトになっている。

3. 人の認識および通報

本システムでは、HOG特徴量⁷⁾を使用して人の検出を行った。その様子を図3に示す。なお、人が検出された場合には、検出された範囲内を長方形の枠で囲むように表示される。Detect 1, 2および3は、それぞれ正面、前傾姿勢正面および前傾姿勢側面の認識された様子を表しており、姿勢に関わらず、いずれも正確に人の検出が行われていることが確認できる。一方で、Detect 4は誤検出された場合の例であり、画像中では椅子が誤って検出されている。誤認識を防ぐため、ここではフレーム間差分法を併用することで、人と物体の識別を行った。図4に示されるように、検出された範囲に対して、時間経過で連続する3枚の画像 F_1, F_2, F_3 を切り出し、差の絶対値を計算する。

$$F_{d1}(x, y) = |F_1(x, y) - F_2(x, y)| \quad (1)$$

$$F_{d2}(x, y) = |F_2(x, y) - F_3(x, y)| \quad (2)$$

得られた差分画像 F_{d1}, F_{d2} の論理積を計算し、共通部分を抽出する。論理画像を F_L とすれば、

$$F_L(x, y) = F_{d1}(x, y) \wedge F_{d2}(x, y) \quad (3)$$

で表される。論理画像 F_L にメディアンフィルタをかけることで、ごま塩ノイズを除去し、次式で二値化画像 F_B を描画する。

$$F_B(x, y) = \begin{cases} 255 & (F_L \geq 5) \\ 0 & (F_L < 5) \end{cases} \quad (4)$$

この処理を施した結果を図5に示す。差分法により一定面積以上が検出された場合、人と判断する。この時、警報装置を作動させることで、施設職員への連絡を行う。警報装置は駆動部内部から信号を送信し、作動する仕様となっている。同時に、HOG特徴量のみによる人の検出に移行し、人への接近動作が開始される。

4. 人への接近動作

人が検出された後、見守りロボットは自動的に対象となる人へ接近する。なお、図4に示されるように、検出範囲の左上座標を (X_i, Y_i) とし、幅と高さをそれぞれ $Width, Height$ とした場合、次式により、人の全身が描画範囲内に収まるように、取得画像の拡大率を減少させる。

$$Y_i + Height < 200 \quad (5)$$

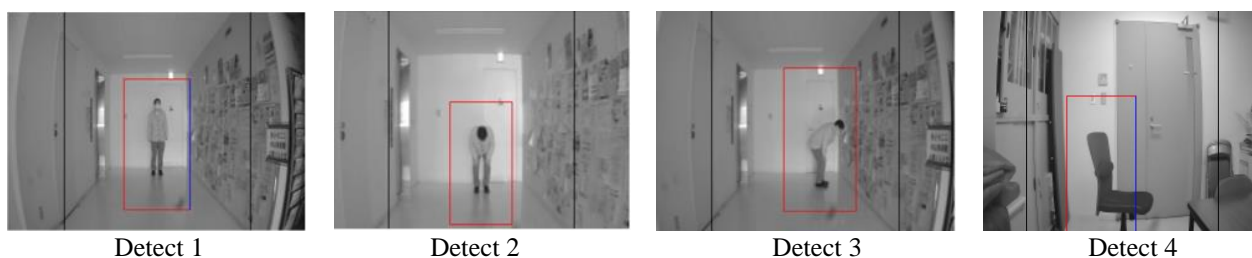


図3 HOG特徴量⁷⁾を利用した検出例

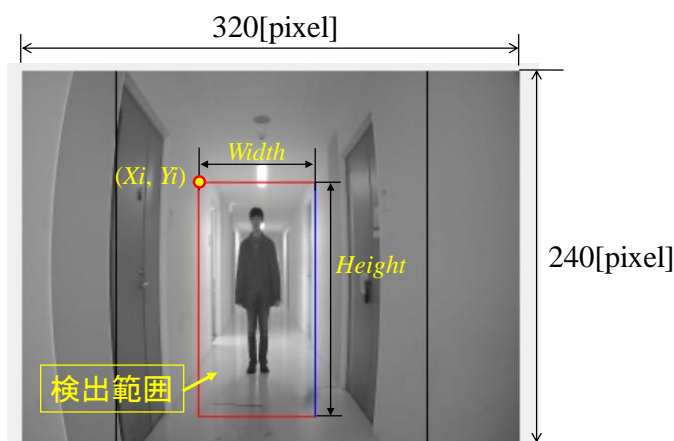


図4 検出範囲



図5 差分画像

また、検出された人物に対しての追尾を行うため、式(6)および式(7)により、ロボットの右旋回および左旋回の動作を行う。

$$X_i < 60 \quad (6)$$

$$X_i + \text{Width} > 260 \quad (7)$$

この動作により、認識した人を常に描画範囲内に収めることを可能とした。

5. 声掛けおよび足止め

HOG特徴量による検出では、取得画像上で体全体が映り込む必要があり、例えば、上半身のみの画像では、人として認識されなくなる。そこで、人への接近に伴って、体全体が映り込んだ状態から足先が徐々にフレームアウトし、人として検出されなくなった時点から、別の検出手法に切り替えを行った。ここでは照射された近赤外線の利用した。赤外線カメラより得られたモノクロ画像に対して、図6に示されるカラーリング処理を施した。このときの様子を図7に示す。図中では、近赤外線の照射強度が強い程、赤く描画される。描画画像の赤色領域の探査を行い、この面積と重心点を算出する。重心点(図8の白丸印)の座標(X_c, Y_c)における x 座標が常に $X_c = 160$ となるように駆動部に信号を送信する。廊下において、夜間徘徊者がロボットを避けようとした場合、赤色の濃い部分の動きに合わせて、ロボットが左右に移動させることで、足止め機能を実現した。図8は、足止めの様子を表したものである。人がロボットの左側を通る場合、左側にロボットは移動し、逆に右側を通る場合、右側に移動している様子が確認できる。なお、人がロボットの正面に位置している場合には、停止状態となる。対象へ約3[m]まで接近した際、ロボットによる声掛けが開始される。株式会社フューチャンドスペースが経営する住宅型老人ホームでは、施設職員の声を録音し、「どうかしましたか。職員が来ますのでしばらくお待ちください」の音声再生される仕様となっている。

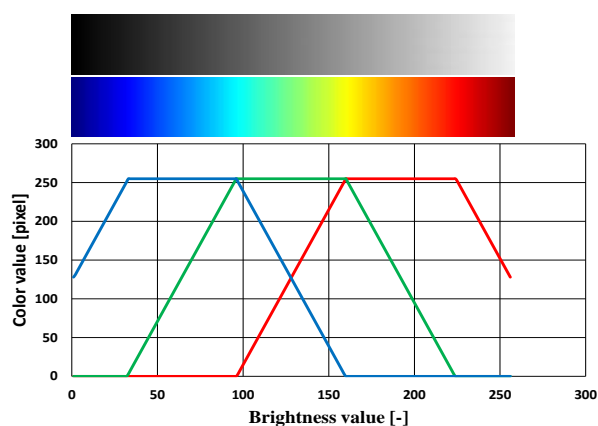
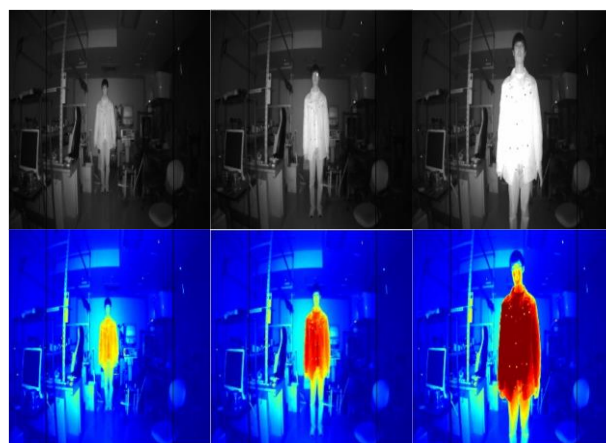


図6 取得画像とカラーリング処理



(a) 3.5m (b) 2.5m (c) 1.5m
図7 取得画像とカラーリング処理

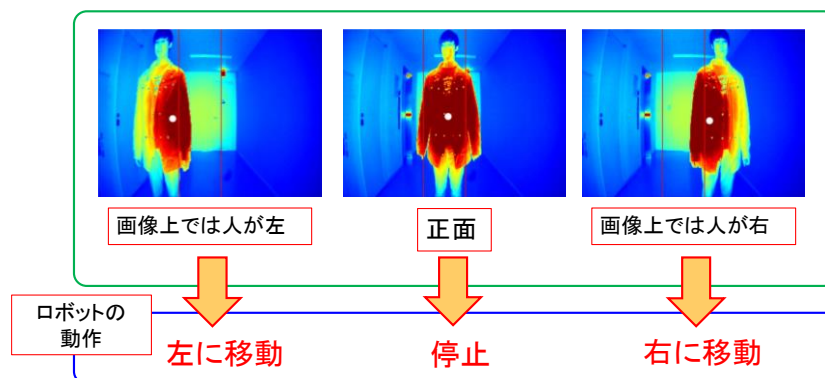


図8 足止めの様子

6. 検証実験

6.1 実験条件

本システムの評価として、ロボットを廊下に配置し、人が部屋から出て、廊下を歩いてロボットに近づいてきた際の認識について、検証実験を実施した。ここでは、ロボットが人を認識した際の距離を測定した。実験の様子を図9に示す。実験では、ロボットを廊下に配置し、被験者には17[m]先にある横開きのドアから出て、

ロボットの方向に歩くように指示を出した。歩行速度は約0.5[m/sec]、約0.8[m/sec]、約1.2[m/sec]とし、姿勢は任意とした。各パラメータを5回ずつ測定し、平均を算出した。被験者は20代の男性10名である。

6.2 実験結果

被験者a-j (10名)の実験結果を図10に示す。図中のデータは、それぞれの条件において、被験者がロボットに近づいてきた際に、人として認識された時点でのロボットから人までの距離を表しており、5回の実験施行の平均値となっている。本実験では、全ての被験者において、歩行速度が低下する程、遠くの距離で認識する傾向が見られる。特に0.5[m/s]では、平均認識距離が約14.6[m]と大変良好な結果が得られた。これは、動きの少ない0.5[m/s]での歩行でもフレーム間差分法が機敏に反応したことを示している。一方、歩行速度が速い場合、システムが人を認識する前に接近されてしまうため、認識距離が近くなったと考えられる。この結果より、歩行速度が遅く、動作が小さい傾向のお年寄りに対して有効であるということが確認された。

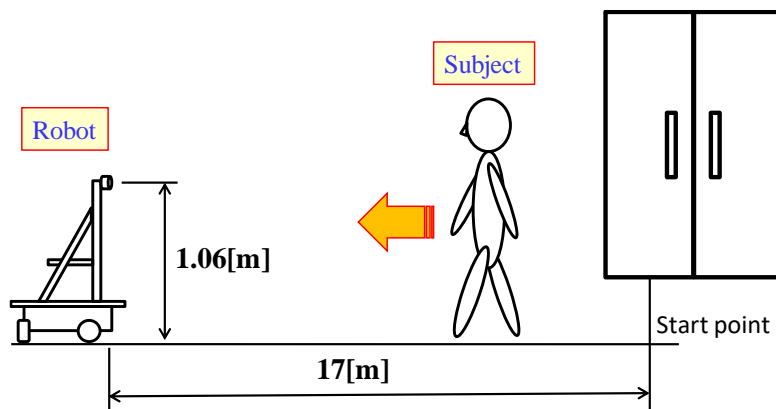


図9 検証実験の様子

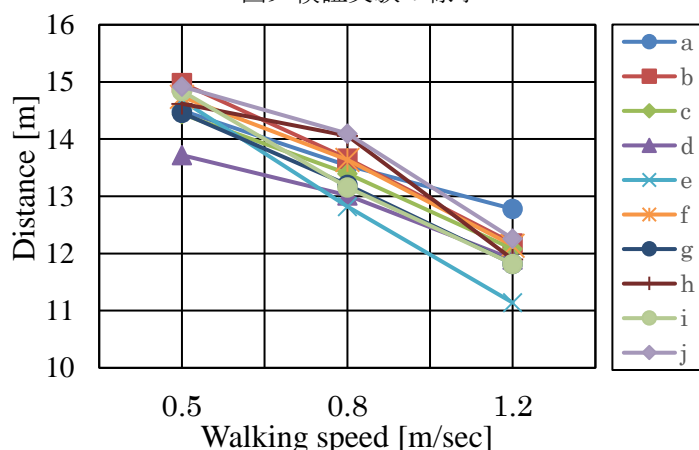


図10 検出結果

7. むすび

本研究では、HOG特徴量とフレーム間差分法による動体検知を併用することで、夜間徘徊者の検出を行い、施設職員の支援・負担軽減を目的とした見守りロボットの開発を行った。なお本稿では屋内の使用を取り扱ったが、今後の展望として、安全で快適なまちづくりを視野に入れ、街中の監視カメラと連携することで、夜間における道路徘徊者の検出、異常行動者の通報、声掛け等への応用が考えられる。

謝辞

本事業は、北関東産官学研究会の平成29年度ぐんま新技術・新製品開発補助金を受けて実施されました。関係者の皆様方に心より厚く御礼申し上げます。また、株式会社フューチャアンドスペースの関係者、ならびに若田知也氏、増田将氏、西森将氏をはじめ、実験にご協力頂いた群馬大学大学院理工学府中沢研究室の関係者に心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 猪岡 光, 池浦 良淳: 人間工学に接近するロボティクス, 人間工学, Vol. 38, No. 5, pp. 231-236 (2002)

- 2) 小川鑛一, 鈴木玲子, 大久保祐子, 國澤尚子, 小長谷百絵共著, 看護・介護のための人間工学入門, 東京電機大学出版局
- 3) 平井 達也, 島田 裕之, 牧 公子, 梅木 将史, 関谷 真紀子, 壹岐 英正, 岩田 容子, 施設入所高齢者の移乗による転倒要因調査に関する多施設間研究: 転倒回避能力評価の有用性, 理学療法学 Vol. 40, No. 2, pp. 134-135 (2013)
- 4) 伊丹 君和, 安田 寿彦, 豊田 久美子, 石田 英實, 久留島 美紀子, 藤田 きみゑ, 田中 勝之, 森脇 克巳, 下肢の支持性が低下した人に対する移乗動作の身体的・心理的負担の評価, 人間看護学研究 Vol. 3, pp. 11- 21 (2006)
- 5) 佐藤 帆紡, 川畑 共良, 田中 文英, 山海 嘉之, ロボットスーツHALによる移乗介助動作の支援, 日本機械学会論文集. C編 Vol. 76, No. 762, pp. 227-235 (2010)
- 6) 小田島 正, 大西 正輝, 田原 健二, 向井 利春, 平野 慎也, 羅 志偉, 細江 繁幸, 日本ロボット学会誌 Vol. 25, No. 4, pp. 554-565 (2007)
- 7) N. Dalal, B. Triggs, Histograms of Oriented Gradients for Human Detection proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893 (2005)



中沢信明 NAKAZAWA, Nobuaki
群馬大学大学院理工学府

1993年3月 富山大学工学部卒. 1998年3月 東北大学大学院情報科学研究科 博士後期課程修了. 博士(情報科学)取得. 1998年4月 日本学術振興会特別研究員(PD). 1999年4月 群馬大学大学院 助手を経て, 准教授, 現在に至る. 人の動作センシング, ヒューマンインタフェースの研究に従事.