

タイトル	自律移動ロボットによる人間追尾走行：第2報
著者	深谷，健一；今北，直樹；平山，智也
引用	北海学園大学工学部研究報告，33：135-141
発行日	2006-02-20

自律移動ロボットによる人間追尾走行（第2報）

深谷 健一*, 今北 直樹**, 平山 智也

Human Tracking by Autonomous Mobile Robot (2nd Report)

Ken-ichi FUKAYA*, Naoki IMAKITA** and Tomoya HIRAYAMA

要 旨

自律移動ロボットが先導する人間を追尾して各種のサービスを実施するニーズが生まれている。ロボットに搭載した各種センサ（人体検知，視覚，超音波）データを統合して，ロボットと人間との相対距離・方向をリアルタイムに計測し，その結果を利用して，先導する人間を追尾走行するシステムを構築・実験した結果を報告する。

1. まえがき

産業用ロボットからサービスロボットへの発展が将来のロボット応用分野として有望視される中で，自律移動ロボットを基礎とする多くのサービスが具体的に提案，研究されている^{1),2)}。人間を追尾する機能が用いられる場面も増えてくると考えられ，その例として福祉施設での介護士や入居者に追尾しての荷物運搬，スーパーや飛行場での顧客の荷物運搬，工事現場での作業者に追尾する資材運搬，さらにペットロボットでの飼い主への追尾などがあげられる。ロボットが人間を追尾するには追尾すべき人間を識別し，ロボットと人間との相対距離・方向をリアルタイムに計測する必要がある。二つの機能を実現するセンサを表1に示す。視覚センサでは両機能を兼ねられ，ステレオカメラで色のついた服を着た人間を抽出して距離，方向を求める³⁾，単眼カメラで人間の着た服を抽出しその面積，重心から距離，方向を算出する⁴⁾，さらにロボットに搭載した全方位カメラで服を着た人間の方向を，光（レーザ）距離センサで人間までの距離を求めて両者を用いて追尾する研究⁵⁾がなされている。これらは画像処

* 北海学園大学工学部電子情報工学科

* Department of Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering, Hokkai-Gakuen University

** NECマイクロシステム株式会社

** NEC Micro Systems Ltd.

表1 人間追尾に必要な機能と利用可能センサ

必要機能	利用可能センサ
人間検知	人体検知センサ (焦電型赤外線センサ)
	視覚センサ(視覚認識)
相対距離・方向計測	超音波センサ
	光距離センサ(Lidar) (Light Detection and Ranging)
	視覚センサ(視覚認識)

理の負担が大きく、リアルタイムの処理には画像専用の計算機が要求され、また複数の人間の中から追尾する人間を特定するためには予め服の色やテクスチャの選別が必要である。一方、追尾される人間がロボットに協力して、超音波を発信するタグを携帯することで追尾を容易にする試み^{6),7)}もなされており、リアルタイム性と追尾人間の特定が容易で今後有望な方式と考えられる。

前報⁸⁾では移動ロボットに搭載した22.5度間隔の人体検知センサ（焦電型赤外線センサ）と対になった超音波距離センサを用いて追尾する人間の方向と距離を計測した。角度の分解能が不足しているため、ロボット自体を回転させて人間の方向を探す過程を含めたので、処理時間がかかってしまった。ステッピングモータの上に人体検知センサ（焦電型赤外線センサ）と超音波距離センサを搭載し、モータを回転させて人間の方向を検知する人間追尾センサ方式の基本性能を報告している⁹⁾。この複数センサ融合方式に、さらに人間検知用として視覚センサを追加し、移動ロボット（Scout）にセンサシステムを搭載した実験システムを構築して、人間追尾実験を実施した経過を報告する。

2. 人間追尾移動ロボット実験システム

図1に構築した実験システムを、図2にその構成を、図3に追尾処理手順を示す。3種類のセンサ（焦電型赤外線、超音波、視覚）をステッピングモータ（日本サーボ、ステップ角1.8度）上に搭載し、モータを回転させて焦電型赤外線センサで人間の方向を検知する。超音波センサにより人間までの相対距離を計測し、モータステップ角度から相対方向を算出する。焦電型赤外線センサでは電燈、ヒータなどの熱源に対しても反応するので、その誤りを防ぐため視覚センサにより人間であることを確認する。モータ駆動、焦電型赤外線センサと超音波距離センサの計測にはH8/3048Fマイコンボードを使用し、結果のデータを移動ロボット上のオンボード計算機へシリアル通信で送る。一方、カラーCCDカメラ（542×496画素、1/4インチCCD）画像の処理は画像処理専用ソフトHALCONを搭載した画像処理専用計算機で行い、

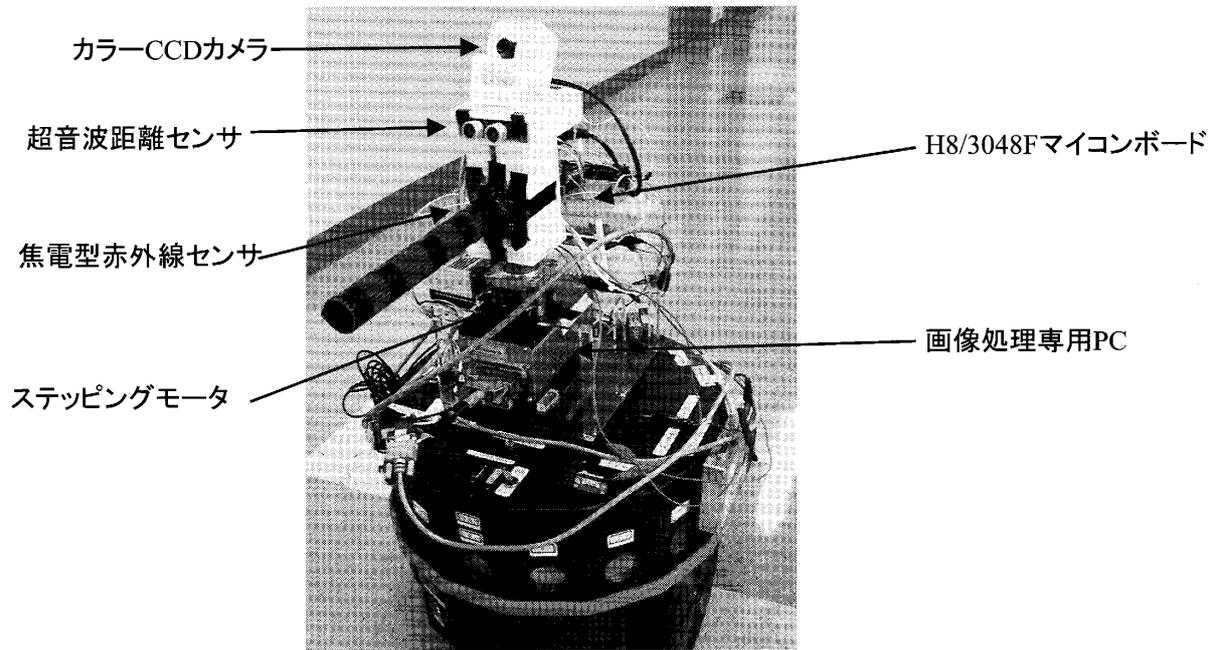


図1 人間追尾移動ロボット実験システム

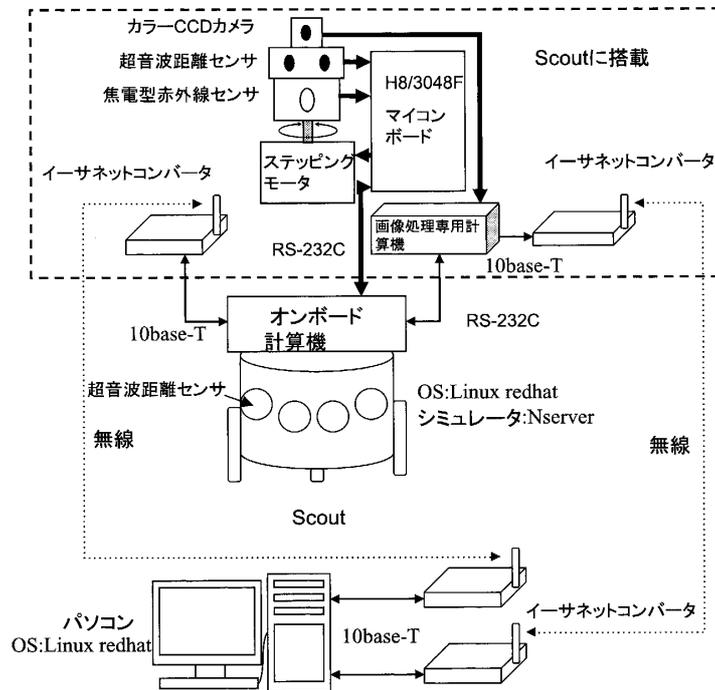


図2 人間追尾移動ロボット実験システムの構成

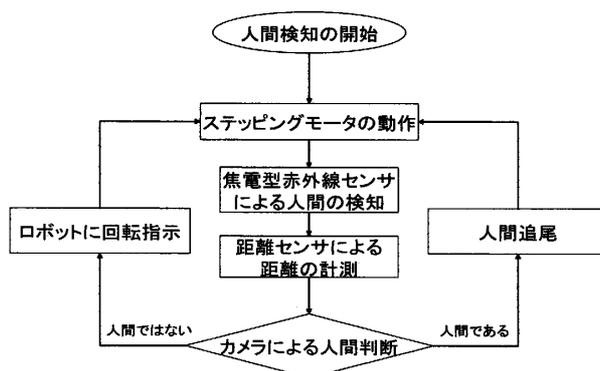


図3 人間追尾処理手順

処理結果はロボットのオンボードコンピュータに渡される。追尾運動を開始すると、センサシステムで人間が存在することを認識し、人間までの距離（超音波距離センサ）と角度（ステッピングモータの回転角）に応じて移動ロボットは前進し、さらに計測を繰り返すことで人間追尾を継続する。視覚センサが人間と判断しない場合には、センサの範囲外に人間が存在する可能性があるため、ロボットに回転指示を与え、再び人間検知を行う。単一のセンサだけでは人間検知に誤りを生ずる可能性が高いが、二つのセンサ情報を統合することで追尾対象人間検知の確率が上がる。また視覚センサの画像処理は焦電型赤外線センサが作動したときのみ実施するので処理効率も向上する。

3. センサ特性

3.1 焦電型赤外線センサによる人間検知

人間を発見するための第一段階として、焦電型赤外線センサ（RE8145S [日本セミック]、秋月電子通商キット）を使うが、室温と人間の体温との温度差で人間を検知することができる。図4に示すように本センサにはフレネルレンズと20cm円筒を装着して視野角を3度に制限することで人間検知幅を距離1mで6cm、4mで24cmとしている。

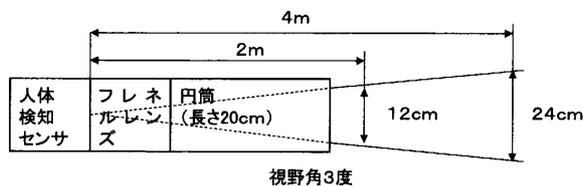


図4 焦電型赤外線センサ詳細

3.2 超音波センサによる距離計測

人間とロボットの距離を測るために、広く普及していて安価な超音波距離センサ（秋月電子通商キット）を使用する。距離の算出は超音波を送信してから受信するまでの時間から求めるが、計測する対象により性能差があり、壁や板などの表面が平らな場合には約4～5mまで計

測できるが、人間の様に表面が凹凸している場合は約3mまでしか正確な値が出ない。

図5に焦電型赤外線センサと超音波距離センサの計測結果を融合した場合の人間までの方向と距離を示す⁹⁾が、ほぼ45度方向、1、2、3m位置の人間を示している。

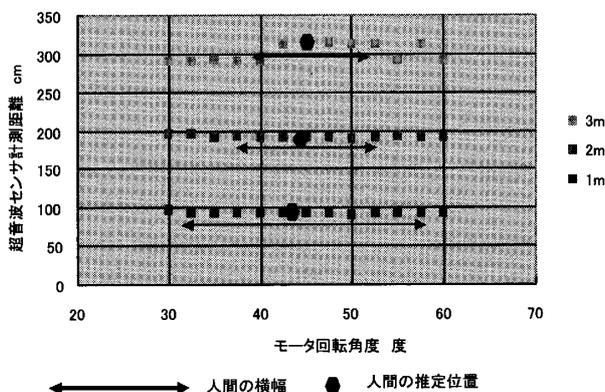


図5 焦電型赤外線センサと超音波距離センサの計測融合結果
(ロボットから45度方向1m、2m、3mの位置に人間が立っている状態)

3. 3 画像処理による人間検知

人間追尾では移動ロボットは人間の後ろ姿を追いかけるので、ここでは後頭部の髪で人間検知を行う。図6に画像処理手順を、図7にその処理結果画像を示す。まず、取り込んだカラー画像を白黒に変換し、エッジ処理で輪郭を取り出し、次に画像の幅と領域の指定を行い人間の後頭部を見つける。移動ロボットの追尾する人間はほぼ真正面におり、追尾途中で別の人間が横に来てこれを除いて追尾人間を特定している。これにより、追尾対象とする人間以外のヒータ、人間などの温度差検出による誤りを減らせる。

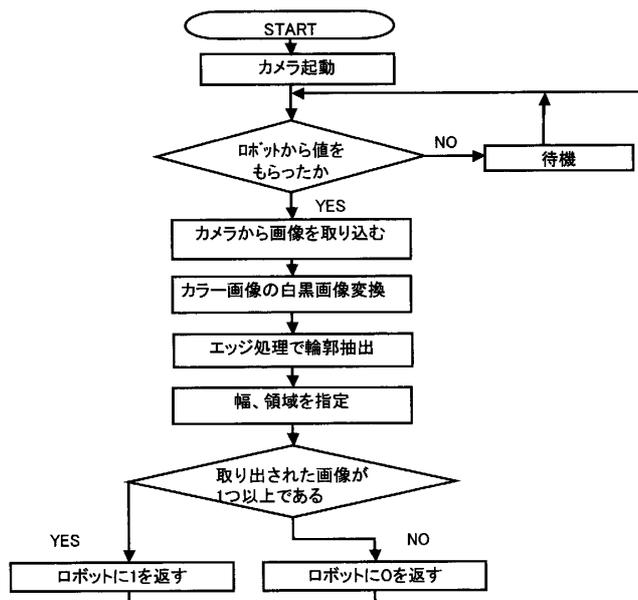


図6 視覚センサの画像処理手順

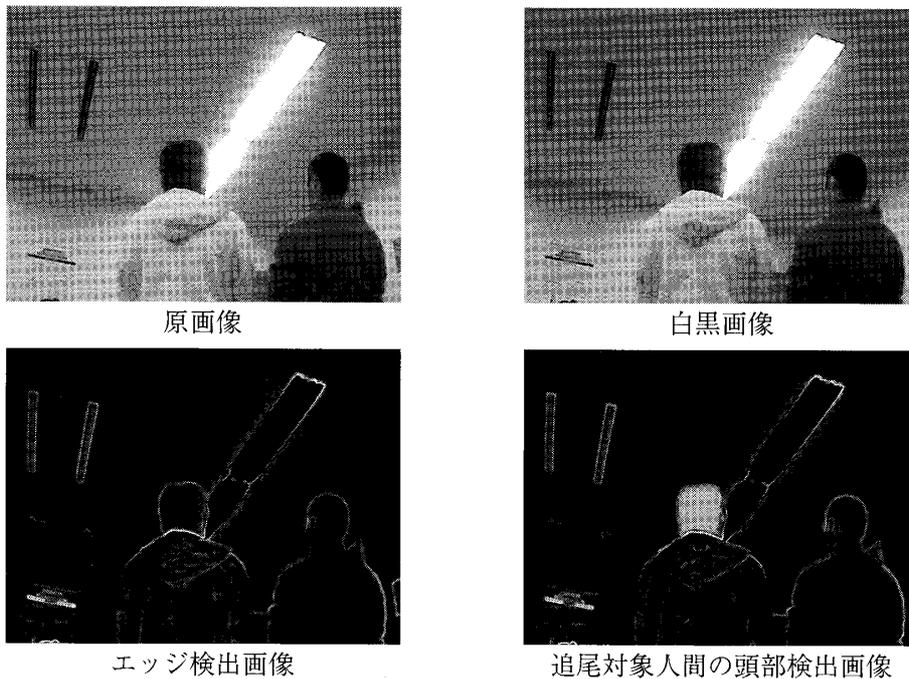


図7 人間検知画像処理結果

4. 追尾走行実験

実験1：図8に北海学園大学ハイテク・リサーチ・センターの廊下にロボットを配置し、その前方に人間が立っている状況での追尾実験結果を示す。焦電型赤外線センサにより人間を検知し、カメラ画像から人間抽出を行い、人間の方向にロボットが回転し追尾している。

実験2：廊下に人間がいない状況で追尾を開始したところ、焦電型赤外線センサが廊下壁面の誘導灯を感知してしまったが、視覚センサで人間ではないと判断しロボットを回転させ再び人間検知を開始した。

今回の実験では、人間は距離3m以内として行った。実験結果として、焦電型赤外線センサによる人間検知は距離に関係せず約7割正解となった。また、画像処理による人間検知は距離1m前後では約9割と、ほぼ人間検知が出来たが、距離が2～3m前後では約7割となり距離が遠くなるほど検知率が下がった。

5. あとがき

開発した人間検知センサシステムを移動ロボットに搭載して人間追尾を実現できた。焦電型赤外線センサによる追尾対象人間以外の検知誤作動を視覚センサで減らすことができるが、そのための処理時間がかかること、超音波センサが得られる人間までの距離が短く一度の移動距離が少ないことから、きびきびした動きは達成できなかった。

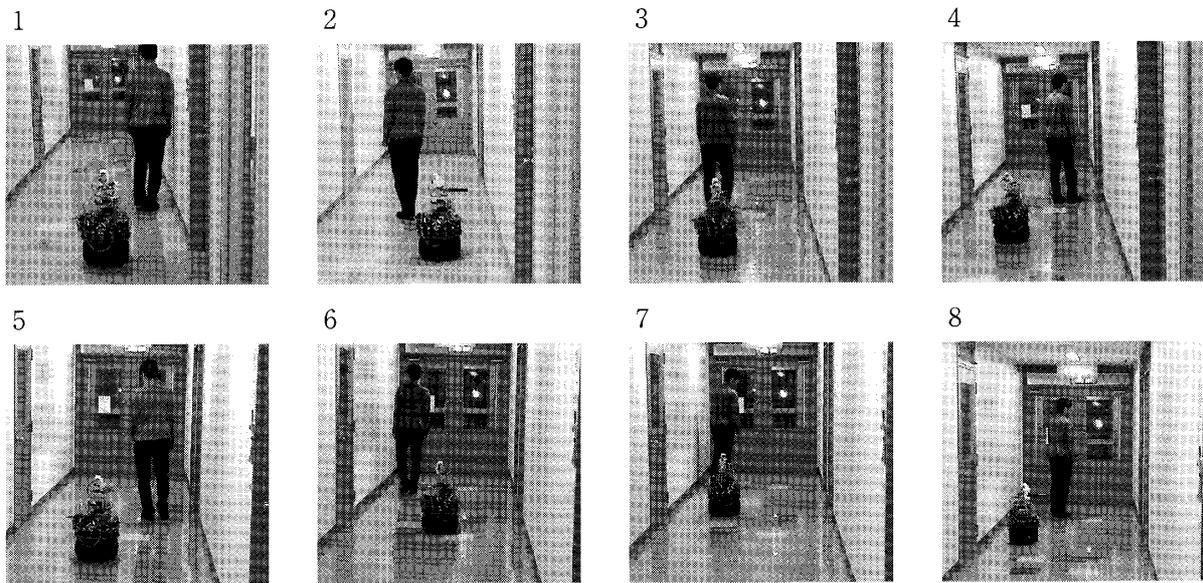


図8 人間追尾実験結果

本研究は北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター研究費の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) R.D.Schraft, G.Schmierer : Service Robots, Products Scenarios Visions, A K Peters, 2000.
- 2) 経済産業省：技術戦略マップ（2-4.製造産業分野，ロボット分野の技術戦略マップ），www.meti.go.jp/press/20050330012/20050330012.html, 2005.
- 3) 岡野，榎田，江島：色ヒストグラム特徴に基づく輻輳ステレオ視を用いた人物追跡，第23回日本ロボット学会学術講演会講演論文集，p.2B18，2005.
- 4) 坂口，赤坂，坂口，深谷：レーザポインタ付き赤外線リモコンを用いた移動ロボットの動作指示とその応用，北海学園大学大学院工学研究科紀要，No.5，pp.51-56，2005.
- 5) Y.ITO, K.KOBAYASHI, K.WATANABE : Development of a dynamic robust human tracking algorithm for a mobile robot capable of following a human, SICE Annual Conference in Sapporo, pp. 1984-1988, 2004.
- 6) 岡本，後藤，姉崎他：人追従荷物搬送ロボットの開発—第2報：技術内容—，第23回日本ロボット学会学術講演会講演論文集，p.1I22，2005.
- 7) 船田，西沢，長田他：チャイルドケアロボットPaPeRoにおける超音波タグの利用，第23回日本ロボット学会学術講演会講演論文集，p.1I13，2005.
- 8) 深谷，西田，垣見，下野：自律移動ロボットによる人間追尾走行，北海学園大学工学部研究報告，No.30，pp.183-188，2003.
- 9) 深谷，佐藤，布施：自律移動ロボット用人間追尾センサシステム，北海学園大学工学部研究報告，No.29，pp.305-313，2002.
- 10) 今北，平山，深谷：焦電型赤外線・超音波距離・視覚センサを統合した移動ロボット用人間追尾システム，第37回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集，pp.13-14，2005.
- 11) 齊藤力弥：TekuRobo工作室，<http://homepage1.nifty.com/rikiya/index.htm>