

## 要旨

先導する人間を追尾して自律移動するロボットへのニーズが生まれている。ロボットに搭載した各種センサ（視覚、人体検知、超音波）を使って、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

老人福祉施設で介護士を支援する自律移動ロボットでは介護用品を搭載して、介護士を追尾する機能が要求される。本報告ではこれを実現するための方式を検討し、2方式の実験システムを構築して、実現可能性を調べた。

## 2. 人間追尾センサシステム

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る。追尾される人間がロボットに協力して、電波・音波・光を出す装置を携帯したり、画像標的をつけたりすることで、追尾が容易になる。ここでは次の2方式を試みる。

方式1：人体検知センサと超音波センサの融合

方式2：視覚センサ（人間が画像標的を携帯）

必要機能	利用可能なセンサ
人間識別	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)
	視覚センサ(視覚認識)

表1 人間追尾に必要な機能とセンサ

## 3. 人体検知・超音波センサ融合による人間追尾走行

## 3.1 追尾走行システムの構成

図2に二つのセンサを搭載する移動ロボットを示す。移動ロボットには外周に16個の超音波センサ(Polaroid社、計測可能距離15cm~650cm)が22.5度間隔で配置されており、前方の5個の真上に人体検知センサ(焦電型赤外線センサ：秋月電子通商キット)を設置する。センサのON,OFF信号はオンボードPCの平行ポートから取り込む。人体検知センサにはフレネルレンズと20cm円筒を装着することで、視野角を3度に制限し、距離1mで6cm、4mで23cmが人体検知幅となる。

## 3.2 処理手順

1) 人体検知センサを用いて追尾する人間を探し、検知

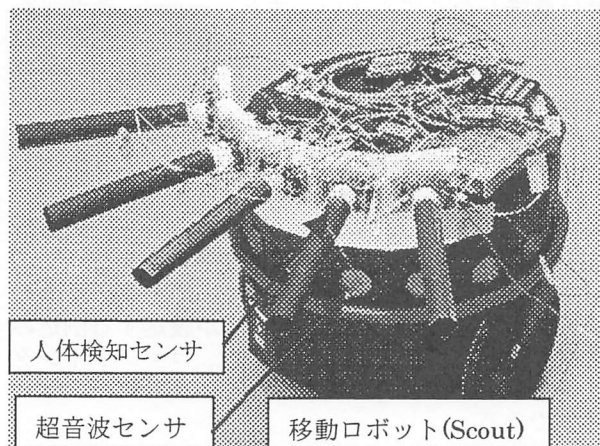


図2 人体検知センサを搭載した移動ロボットした人間の方向へロボットを回転させる。

2) 超音波センサを用いて人間までの距離を計測し、ロボットを移動させる。

3) 1)と2)を繰り返す。

## 3.3 追尾走行実験

実験1：廊下を歩く1人の人間を追尾する→ロボットの移動速度(最大1m/sec)に合わせて歩く場合には追尾できた。速く歩くとロボットが取り残される。

実験2：周囲に物品のある実験室で1人の人間を追尾する→ロボットの前1m程度以内を歩く人間は追尾できるが、距離がそれより開くと超音波センサによる距離計測で周囲の物品を計測することもあり、追尾ができなくなることがある。周囲が開けた空間では追尾可能である。

実験3：ロボット左前方40cmと右前方1mにそれぞれ1人の人間がいて、近い側の人間を追尾する→距離が近い側の人間を選択するルールを適用することで追尾できる。しかし、人間が交差して歩くと追尾する人間を間違える。問題点：人体検知センサは人の動きによる温度変化を検出するので静止した人間を検知できない。またロボットを回転させる、あるいは直接センサを回転させれば人間を検知できる<sup>2)</sup>が、リアルタイムの追尾が難しくなる。人間と発熱源との区別や特定の人間の区別は難しく、装置は安価であるが、この方式は今のままでは使用上の制約がある。

#### 4. リアルタイム視覚センサによる人間追尾走行

##### 4. 1 追尾走行システムの構成

前報<sup>1)</sup>で提案したカラー帽子と同様の蛍光赤色の円柱状標的(直径 20cm、高さ 27cm)を追尾する人間が携帯し、それを目印にロボットが追尾する。画像処理のリアルタイム性を確保するために、画像処理エンジン HALCON (MVTec 社)をインストールした専用 PC をロボットに搭載する。画像ボードに接続したパン・チルト・ズーム一体型カラーカメラ (Sony 社、EVI-D30)からのカラー画像を HALCON で処理し、標的の画素数と重心座標を RS232C 経由でロボット内部のオンボード PC へ送り、それに基づき追尾する。

##### 4. 2 処理手順

- 1) カラーカメラにより RGB 画像を取り込む。
- 2) 対雑音性を強化するため、RGB 表色系から HSV (色相、彩度、明度) 表色系へ変換する。
- 3) 予め学習した HSV 設定値により標的の着色部を抽出し、面積(画素数)と重心を求める。複数の領域が抽出される場合には最大面積を標的と見なす。
- 4) カメラ正面に標的がある時の画像面積  $A$  は距離  $L$  の 2 乗に反比例する関係があるので、図 3 に示す校正を予め作成しておけば画素数から距離が求まる。また重心の移動量から方向が求まる。正確な測定にはカメラ中心を標的の重心に横移動させ、その時のカメラ回転角から方向が、移動後計測した標的の面積から距離が求まる<sup>1)</sup>。しかし、カメラ移動には時間がかかり、リアルタイムの追尾に不都合なのでカメラ固定の近似値を用いる。

##### 4. 3 追尾走行実験

実験 1: 廊下を歩く 1 人の人間を追尾する→ロボットから 40cm~400cm 前方をロボットの速度に合わせて歩く人間を追尾できた。ロボットからの距離がこれより大きくなると標的の面積が小さくなり、複数の抽出領域から標的を特定できず、距離計測の誤りが発生して追尾できない。実験 2: 周囲に物品のある実験室で追尾する→カメラ視野内に標的がある場合には左右に人間が移動しても追尾できるが、視野を越えての移動では標的を見失ってしまい追尾できなくなる。

問題点: 専用画像処理 PC を使用することで、リアルタイムの追尾が可能となったが、カメラのズーム、パン機能による標的探索ではリアルタイム追尾が困難である。

##### 5. あとがき

移動ロボットに人間追尾用のセンサを搭載して追尾実験をおこなった。ロボットに都合のよい条件下では普通に歩く人間の追尾はできる。しかし、多様な条件下では十分な追尾はできず、今後さらに改良を進める必要がある。

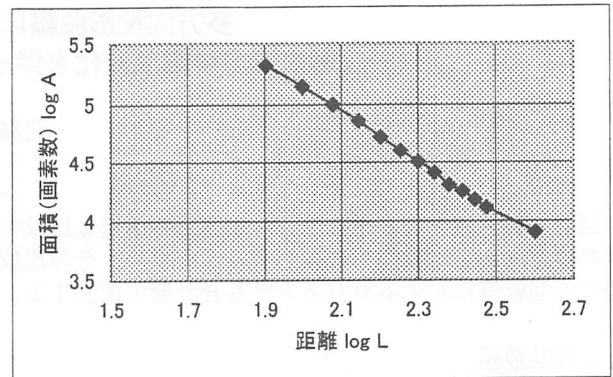


図 3 距離と面積(画素数)の関係

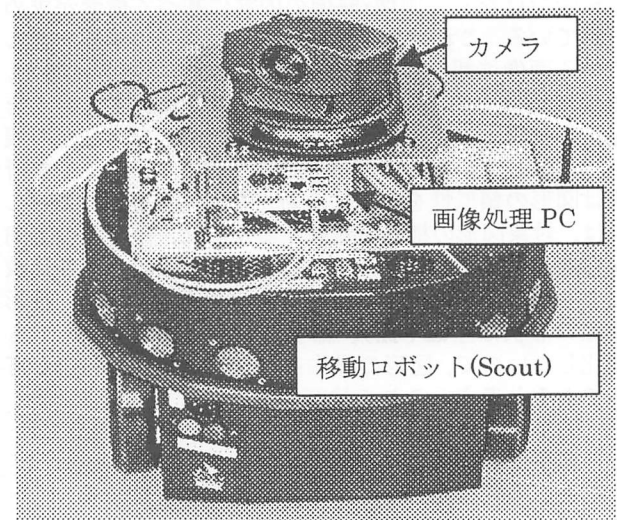


図 4 視覚センサを搭載した移動ロボット

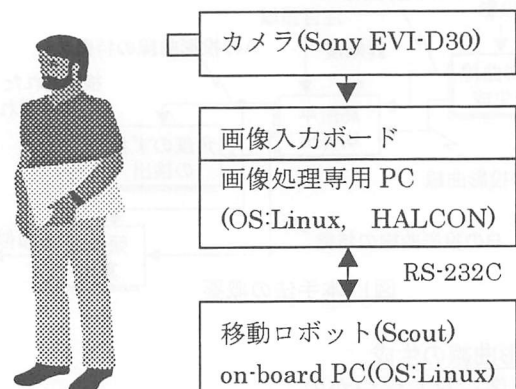


図 5 システムの構成

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) 深谷他: 自律移動ロボット人間追尾センサシステム、2000 年度精密工学会北海道支部学術講演会、413、pp. 106-107、2000. 9.
- 2) 深谷健一: 自律移動ロボット人間追尾センサシステム(第 2 報)―人体検知・超音波センサ融合システム―、平成 13 年度電気関係学会北海道支部連合大会、209、p. 253、2001. 10.