

北海道大学工学部 ○深谷健一 帯広大谷高校 佐藤宣理 富士通北海道通信システム 布施昌彦
アドバンスド・ソフト・エンジニアリング 川村竜太 エスイーシー 三井教彦

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。人間追尾センサシステムを提案し、その可能性を調べる実験システムを構築して基本データを得た。

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知る必要がある。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

方式1：人体検知センサ+超音波センサ

方式2：視覚センサ（人間が画像標的を携帯）

を試み、実現可能性を検討した。

必要機能	利用可能なセンサ
人間識別	人体検知センサ (無電型赤外線センサ) 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. 方式1：人体検知センサ+超音波センサ

2個の人体検知センサと3個の超音波センサを組み合わせると図1に示す配置に設置する。人体検知センサはおおよそ±50度の検知範囲を有するので、検知範囲の重複(表2参照)から、人間の存在するおおよその領域(A,B,C,D)を判別できる。また3個の超音波センサはA,B,C領域の中心方向を向いており、その方向にいる人間までの距離が計測できる。

センサ情報の処理にはZ80マイコン(Super AXI80)を使用し、ロボットとはRS-232Cで接続する構成とした。壁の前方を人間が右から左に横切る(領域D→B→A→C→D、図2参照)時の人体検知センサと超音波センサの測定結果を図3に示す。人体検知センサによる領域判定では連続する

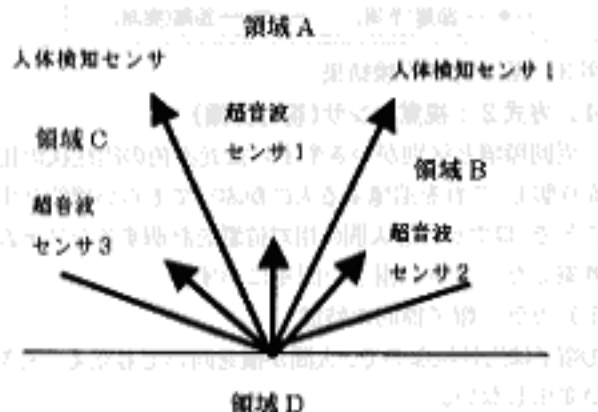


図1 センサの配置と検出領域区分

領域	人体検知センサ1	人体検知センサ2
A	ON	ON
B	ON	OFF
C	OFF	ON
D	OFF	OFF

表2 人体検知センサの組み合わせによる領域判定

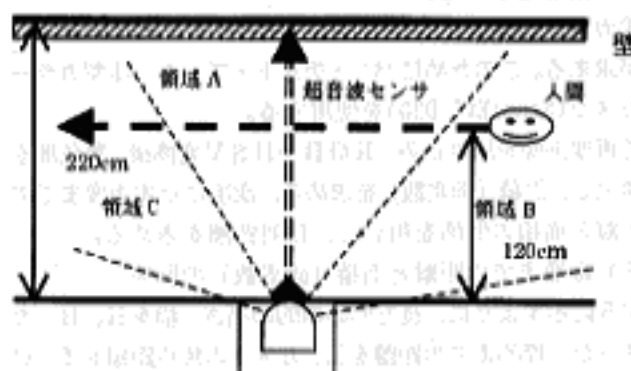


図2 基本特性測定実験

データ3個を多数決で平滑化した。概ね予測した領域判定になっているが、時々予想と異なる結果が出る。距離は予測に近い値が得られる。本方式は簡便な構成でリアルタイムに人間識別と相対距離・方向計測の追尾必要データが得られる。しかし、人体検知センサは人の動きによる温度変化をとらえているので、人が静止したままではセンサに反応しない。人体検知センサと超音波センサをモータに搭載して回転させると、静止した人間も検出可能で、方向・距離も精度良く計測できるので、今後この方向への改良を進める。

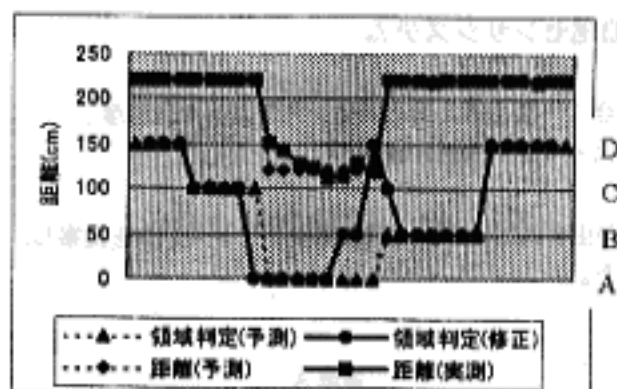


図3 基本特性実験結果

4. 方式2: 視覚センサ(視覚認識)

周囲環境と区別が付きやすい蛍光赤色の円柱状の帽子を作製し、これを追尾する人にかぶってもらい標的とすることで、ロボットと人間の相対位置を計測するシステムを考案した。用いた帽子を図4に示す。

1) カラー帽子標的の特徴

- ①帽子は円柱状なので、人間が横を向いても見え、大きさが変化しない。
- ②着脱が容易である。

2) 相対位置計測の手順

- 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設定値により帽子の着色部を抽出し、重心を求める。
- ④カメラを横移動させ重心に一致させることで相対角度が求まる。このためにパン・チルト・ズーム一体型カラーカメラ(Sony: EVI-D30)を使用する。
- ⑤再度画像を取り込み、RGB→HSV変換後、着色部を抽出し、面積(画素数)を求める。次項に示す画像までの距離と面積の関係を用いて、相対距離を求める。

3) 画像までの距離と面積(画素数)の関係

図5に示すように、長方形の標的の高さ、幅を H 、 B 、カメラから標的までの距離を L 、カメラの焦点距離を f 、CCD受光面に写った長方形標的の高さ、幅、面積を h 、 b 、 a とすると、式(1)~(4)の関係が成立する。カメラから標的までの距離を変えて、標的の面積(画素数)を計測した結果を図6に示す。距離が300cm($\log 300=2.48$)以上ではカメラ画像が小さく誤差が大きい。実験式($Y=-1.88X+7.7$)を用いることで、標的の面積から距離が求まる。

考案した方法を検証するために、帽子標的をかぶった人間をこの方法で計測した結果を表3に示す。①帽子をかぶった人間が頭を傾けると値が変動する、②カメラ制御・画像処理に時間がかかる。など解決すべき課題がある。

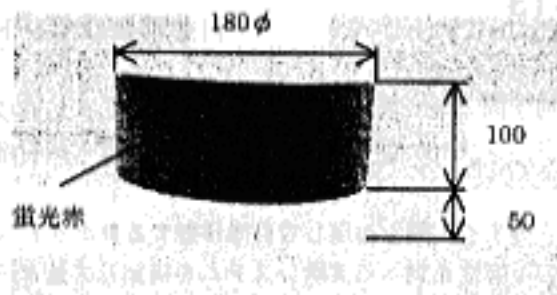


図4 帽子標的

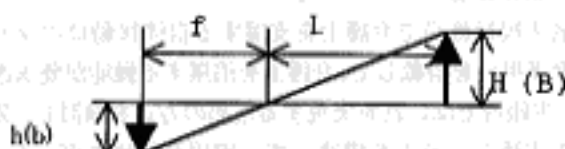


図5 カメラと標的の幾何関係

$$\frac{H}{L} = \frac{h}{f}, \quad \frac{B}{L} = \frac{b}{f} \quad (1)$$

$$a = bh = \frac{B^2 H^2 f^2}{L^2} = \frac{k}{L^2} \quad (2)$$

$$\log a = -2 \log L + \log k \quad (3)$$

$$X = \log a, Y = \log L, K = \log k \text{ とおくと} \\ Y = -2X + K \quad (4)$$

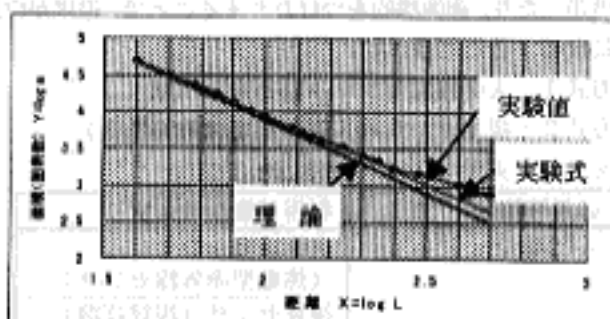


図6 距離と面積(画素数)の関係

設定値	測定値	設定値	測定値
距離 (cm)	角度°	距離 (cm)	角度°
100	16	100	12
200	16	191	12
300	18	283	13
400	18	377	10
500	18	490	9

表3 測定結果の一例

5. あとがき

自律移動ロボットでの使用を想定した人間追尾センサシステムを考案し、実験装置を構成して試験した。今後、改良を進めて、移動ロボットへ搭載した追尾実験を実施する予定である。

謝辞

本研究は道立工業試験場からの委託研究の一環として実施されたことを記し、関係者に感謝の意を表す。また北海道大学ハイテク・リサーチ・センター研究費の支援を受けて行われたことを付記する。