

# 複数対象物を検知可能な超音波距離センサを用いた 環境マッピング

○学 飯野 正和  
五福 明夫

Masakazu IINO, Okayama University, 3-3-1, Tsushima-Naka, 700-8530 Okayama  
Keiji NAGATANI, Okayama University

Akio GOFUKU, Okayama University

正 永谷 圭司  
正 田中 豊

Yutaka TANAKA, Okayama University

**Abstract**— We developed an intelligent ultrasonic range sensor for autonomous mobile robot. It can measure distances to multiple objects (up to 3) in the same direction at once. By using this sensor, there is a chance to improve environment mapping in indoor environment for autonomous mobile robot exploration and navigation. In this paper, we describe a specification of the sensor, and show one simple experimental result by using this sensor.

**Key Words:** Ultrasonic Range Sensor, Mapping, Autonomous Mobile Robot

## 1. はじめに

ロボットが自律移動するためには、センサを組み込み、環境を認識する必要がある。筆者らの研究室では、ロボットの環境認識センサとして、超音波距離センサを使用しているが、従来の装置では、最も近距離にある対象物の距離取得しか行うことができなかった。<sup>1)</sup>

しかし、もしロボットから最も近距離にある対象物の距離取得と同時に、その後方にある対象物の距離取得ができれば、今後は、より広域の環境認識が可能となる。そこで筆者らは、超音波距離センサの受信信号を処理することにより、同方向において一回のセンシングで複数の対象物までの距離を取得する移動ロボット用超音波距離センサを開発した。本稿では、このセンサの動作原理および、このセンサを用いた、屋内環境のマッピングの報告を行う。

## 2. 超音波距離センサ

### 2.1 一般的な超音波距離センサ

まず、環境マッピングを行う為に用いる超音波距離センサについて述べる。超音波距離センサは、トランスデューサより超音波を送信し、対象物で反射した反射波を受信するまでの時間を計測することにより距離を取得する。筆者らの研究室では、この研究を行う以前は、秋月製の超音波デジタル距離計キットの一部を用いて、反射波を検出し、その検出波を自作ISAボード上で処理していた。しかし、従来の市販の超音波センサと同様、この装置も最も近距離にある対象物までの距離取得しか行えず、その後方にある対象物の距離までは取得できなかった。

### 2.2 複数対象物を検知できる超音波距離センサの構築

もしも、大きな障害物の手前に小さな障害物があった場合、超音波の反射波は、2つの障害物の情報を含む。そこで本研究では、受信装置から出力される検出波を解析し、一回の測定で複数の対象物までの距離情報を獲得するセンサシステムを構築することにした。

例えば、超音波距離センサを壁から100[cm]のところ  
に設置し、装置と壁の中央50cmの位置に直径25[mm]  
のビニルパイプを設置した場合、Fig.1に示すような検  
出波形が得ることができた。

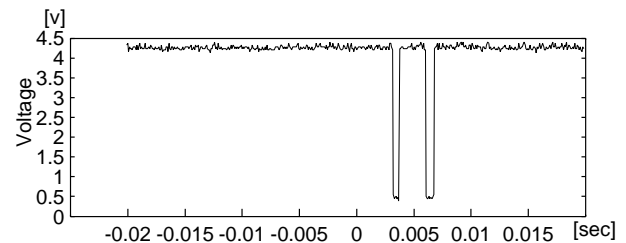


Fig.1 Round-trip distance pulse for two objects

このような検出波形を用いて、複数物体までの距離情報を得るために、本研究では、超音波距離センサ1つに対して3つのカウンタを準備することにした。超音波の送信と共に、全てのカウンタは一斉にスタートし、順次カウンタを止めていくことで、複数物体までの距離情報を取得する(対象物の数は最大3つまでとした)。

また受信波のノイズの影響を減少させるため、対象物を検知してから約2msの間、受信波形が干渉しないようにマスク時間を設けることにした。そのため、対象物間の距離が約30cm以内であれば、これら2つの対象物を検出することができなくなっている。

なお、Fig.1の波形を、ここで新たに構築したシステムに取り込み、実際に対象物までの距離を測定したところ、パイプまでの距離は50cm、壁までの距離は101cmが表示され、本装置が2つの対象物までの距離を取得していることが確認された。

### 2.3 提案したセンサの性能

本装置の最長測定可能距離は5[m]、最短測定可能距離は10[cm]であり、距離計測分解能は約1[cm]である。

超音波送信器には、高出力スピーカ(日本セラミック製, T40-16)、超音波受信器には高感度マイク(日本セラミック製, R40-16)を用いており、指向性は実験より求めたところ25°であった。

### 3. 超音波距離センサによる位置取得

超音波距離センサを用いることにより、対象物までの距離を取得することが可能である。しかし、本実験で使用している超音波距離センサには比較的幅が広い指向性があり、一地点からのセンシングだけで対象物の正確な位置を取得するのは不可能である。そこで、複数地点から距離計測を行うことで、対象物体の位置取得の精度を上げることにした。以下にその手法について述べる。<sup>2)</sup>

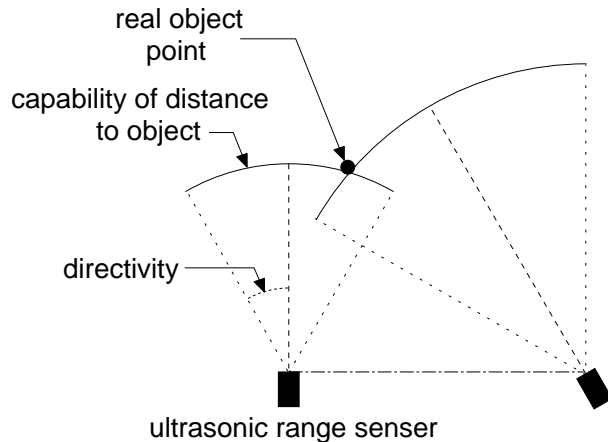


Fig.2 Technique for sensing real object points

ロボットがある地点で獲得した距離情報は、超音波の物体からの反射点が、その指向性内の円弧上にあることを示すのみであり、その位置を特定することはできない。そのため、様々な地点で獲得した距離情報によって作られる円弧の交点を計算することで、反射点の位置の特定を行う必要がある。(Fig.2)

しかし、もし対象物が面である場合には、必ずしも交点が反射点を表さない。したがって、表面がスムーズな壁などの検出においては、本手法を適用することは困難である。だが、実際、移動ロボットのナビゲーションや未知環境探索動作を行う上で重要となる環境の情報は、物体のコーナーなどであり、これらの位置を特定することは非常に重要である。

### 4. 環境マッピング

環境マッピング実験を、Fig.3に示す室内環境において行った。複数対象物を検知できる超音波距離センサを各計測地点におき、 $30^\circ$  から  $150^\circ$  まで、 $30^\circ$  毎に回転させ測距し、各角度における3種の距離情報を取得した。この作業を50cm毎に水平方向に移動させて行い、3mの範囲で測距実験を行った。各地点各角度における距離データが作る円弧を記入することで、Fig.4を得た。

この結果からわかるように、本手法の処理によって、近距離にある4本のポールを正確にとらえていることがわかる。さらに、ポールの影に隠れている別のポールの位置もとらえることができています。

しかし、平面を持つ対象物が近距離に存在する環境において、斜め方向から測距を行った場合、反射波を受信できず、距離取得を行うことができなくなる。このため、中央のcard boardの位置を、複数の観測位置からとらえることはできなかった。

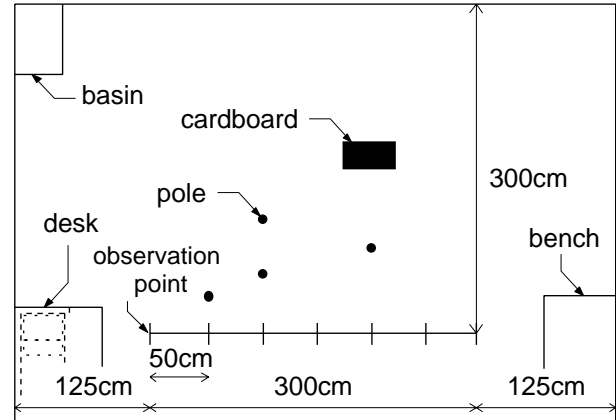


Fig.3 Environment of experiment

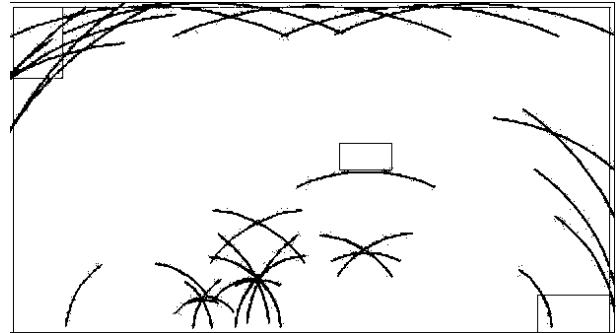


Fig.4 Mapping figure

### 5. おわりに

本研究では、超音波距離センサの受信信号を処理し、センサによる距離取得を単一対象物から複数対象物で行えるようにすることによって、環境マッピングの能力を向上させることができた。このセンサを用いることで、特にポールのような細く比較的小さな対象物の情報と同時に、遠方の壁情報も捉えることができるようになる。これは、自律移動ロボットのナビゲーションや未知環境探索動作を行う上で大変有益となる。

なお、現段階では、環境マッピングを行うための距離取得実験については、人間の手によって行っているが、この超音波距離センサを自律移動ロボット上に搭載し、環境マッピングを自律的に行わせることが、今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 矢田 晃子, 大矢 晃久, 油田 信一 “超音波センシングにおけるオクルージョン-超音波パルスエコー法による複数物体計測時の検出不可能領域”, 第17回 日本ロボット学会学術講演会, 1B31 pp.41-42, 1999-9, 平塚
- 2) 永谷 圭司 Howie Choset “超音波距離センサアレイによる環境情報獲得手法 — Arc Transversal Median (ATM) Method の紹介—” 第17回 日本ロボット学会学術講演会, 1999-09.