

反射点の方位を計測する移動ロボット用ソナーリング

－ 第4報：実験システムの構築 －

A mobile robot sonar ring sensor

measuring the bearing angle to the reflecting points

－ the 4th report : construction of an experimental system －

矢田晃子 大矢晃久 油田信一 (筑波大)

YATA Teruko, OHYA Akihisa and YUTA Shin'ichi : Univ. of Tsukuba

A sonar ring sensor is widely used in research of mobile robots. In conventional ultrasonic sensing, accurate target bearing measurement is often regarded as difficult due to the wide beam angle of ultrasonic transducers. We have been trying methods driving multiple transducers simultaneously and using the specular reflection for making a better sonar ring sensor. This paper present a system which was made for fundamental experiment.

key words : Ultrasonic Sensor, Bearing Angle Measurement

1 はじめに

超音波センサは、軽量で低コストであるために、移動ロボットに幅広く使用されている。これらの超音波センサは、距離計測精度に優れているが、方位計測精度の良くない事が知られている。

人工建設物内の環境では、壁や家具などの表面のように、超音波の波長に比較してなめらかな鏡面反射特性を持つものが多い。そのような環境では、反射波のリーディングエッジは反射物体表面の法線方向からのみもどって来るといえる。そのような鏡面反射特性と複数の受信器を同時に利用する事により、壁などの法線方向を計測する方法が提案されている [2]。この手法では、リーディングエッジを計測する事ができるならば、方位計測精度はよい。

さらに、移動ロボットが行動を決定するためには、ロボットの周りの環境を幅広く知る事が不可欠である。[2]では、超音波トランスデューサの指向角により計測範囲が限られてしまうため、センサーヘッドを回転させ、より広い範囲を計測していた。しかし、この手法ではロボットが周りの環境を知るためには大変時間がかかる。

一方、ロボットの周りの環境を知るために幅広く使用されている超音波センサの配置方法の一つに、ソナーリングと呼ばれるものがある。従来のソナーリングでは、この鏡面反射の特性を十分に利用していないため、反射点の方位精度を超音波トランスデューサの指向角より向上させる事が難しいとさせてきた。また、超音波の干渉による誤計測を避けるために、隣り合うトランスデューサを同時に使用しないので、ロボットの周り全ての環境を計測するまでには時間がかかる。さらに、方位精度を確保するために、各々のトランスデューサの計測範囲が重なり合わないようになっている場合には死角がある。

これらの事を考慮して本研究では、鏡面反射特性を考慮して方向精度良く、複数の反射点を高速に計測できる、死角が少ないソナーリングセンサを製作する事を試みている。

2 手法の提案

複数の反射点を高速に、方位精度良く計測できるソナーリングセンサを実現するために、下記のような手法を提案している。

- 複数の受信器により受信して、その超音波伝搬時間の差を利用する事により方位精度のよい計測を行う [2]。
- より広い計測範囲を確保するために、複数の送受信器を円弧状に並べる [5]。

- その全ての送受信器にて同時に送受信する事により、高速な計測が実現できる [6]。

反射点の方位と距離は以下の手順で計測できる。

1. リング状に配置された広角の送信器から同時に超音波パルスを送信する。
2. 反射波をリング状に配置された受信器のそれぞれで同時に受信する。
3. それぞれの受信器で受信された反射波のリーディングエッジを閾値を用いて検出し、送信からの超音波伝搬時間を測定する。反射波の振幅が一度閾値より小さくなった後、再び閾値を越えることを検出して、複数物体からの反射波の検出をおこなう [4]。
4. 複数の受信器において受信された複数の物体からの反射波をそれぞれの反射物体ごとに対応付け、グループわけをする。超音波伝搬時間の差に閾値をおき、同一物体からの反射波であるかどうかを判断する。
5. 超音波伝搬時間と受信器間の角度の関数として、二次関数に近似する。その二次関数の頂点をその反射点の距離と方位の計測値とする [6]。

3 実験システム

提案した手法の実現について検討するために、システムを試作し実験をおこなった。

3.1 超音波トランスデューサ

複数のトランスデューサにて、同じ反射波を検出するためには指向性の広いトランスデューサを使用する必要がある。今回はトランスデューサとして、村田製作所製 MA40S4T/R [1] を使用した。このトランスデューサの特徴としては、送受信面が直径 1cm、半減指向角 80 度 という大変小型で幅広い指向角をもっていることである。

このトランスデューサを使用したソナーリングを製作し、実験用移動ロボット「山彦」 [3] の上部に搭載した。この際に問題となったのは、小型のトランスデューサを方向精度良く固定するのが難しいこと、トランスデューサの指向性が広いため、床などからの反射波を検出してしまうことなどであった。そこで、上下方向の

指向角を狭くする事を目的として、トランスデューサを固定する部分がついたホーンを製作した。

3.2 全方位超音波ホーンアンテナ

全方位超音波ホーンアンテナの断面図を Fig. 2 に示す。半径 11cm の円周上に 6 度 間隔にて 60 個のトランスデューサをはめ込んで、固定する穴がある。現在、送信器 30 個と受信器 30 個を交互に並べてある (Fig. 3)。ホーンの材質は、ポリスチレンフォームで、強度を維持するために、上下に金属の板が取り付けられている。

送信器を一つだけ使用して、このホーンの効果調べた。ここではホーンをつけた場合とつけない場合について、各々の送信器から見て同じ位置にて、直接波の振幅を計測してその比較を行った。その結果、送信器と同じ高さの前方 1m の点 (基準点とする) ではホーンがある方が 1.5 倍大きく、基準点より下の方へ 45cm (約 25 度) ずれた点ではホーンのある方が 1/10 倍、基準点より横の方へ 45cm ずれた点ではホーンのある方が 2 倍大きくなっていった。

これらの結果から製作したコーンにより、目的とした床面からの反射波を小さくする効果をえられるといえる。

3.3 送受信回路

送信では、高電圧パルスを送信器各々に同時入力している。この時に、一つの送信器にかかるピーク電圧は 150V となっている。

受信では、30 個のアナログ増幅回路にて各々の受信器において得られた受信信号を増幅している。その増幅された受信信号をオシロスコープを使用し A/D 変換して、計算機上に取り込み処理方法を検討する。

謝辞

全方位超音波ホーンアンテナを製作して頂いた、横須賀工業高校の小柳先生に感謝致します。

参考文献

- [1] “Murata Products” 村田製作所
- [2] Y.Nagashima, S.Yuta, “ Ultrasonic Sensing for a Mobile Robot to Recognize an Environment – Measuring the Normal Direction of Walls” *Proc.IROS*, pp.805-812 (1992).
- [3] S.Yuta, S.Suzuki, S.Iida, “Implementation of a small size experimental self-contained autonomous robot – sensors, vehicle control, and description of sensor based behavior” *R.Chatila et al Eds, Experimental Robotics II (The 2nd International Symposium, Toulouse, June 1991)* Springer-Verlag, pp.344-359(1993).
- [4] 矢田 晃子, 大矢 晃久, 油田 信一, “ 複数の受信器を用いた超音波センサによる複数物体位置の同時計測” 日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.967-968, (1995).
- [5] 矢田 晃子, 油田 信一, “複数の送受波器を同時に用いて反射物体の方向を得る移動ロボット用ソナーリング” 日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.515-516, (1996).
- [6] 矢田 晃子, 大矢 晃久, 油田 信一, “反射点の方位を高精度に同時計測する移動ロボット用ソナーリング” 日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.189-190, (1997).

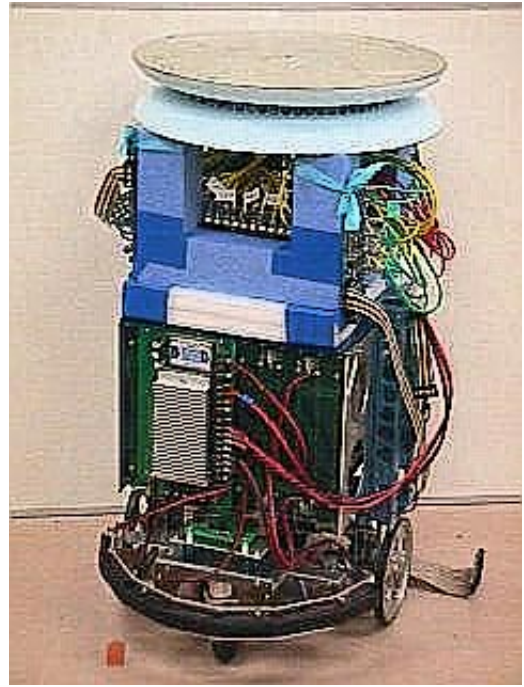


Fig.1: ONSiDe US System on the robot.

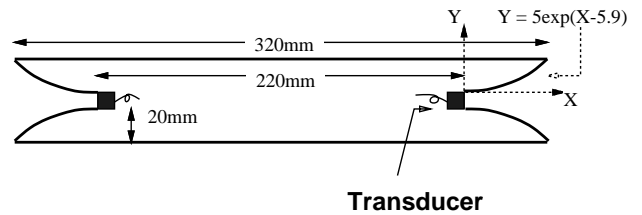


Fig.2: Omni-directional horn. (Side view)

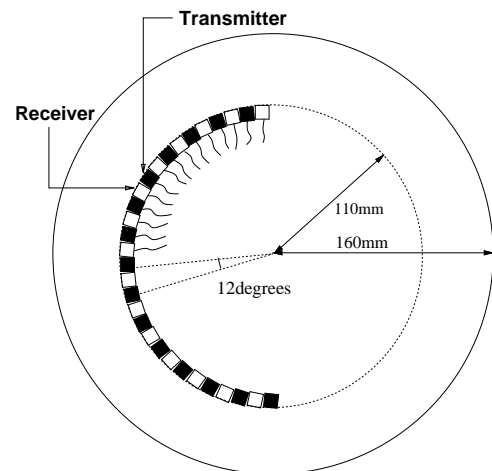


Fig.3: Omni-directional horn.(Top view) Transmitters and receivers are placed alternately.