

物体の形状に関する情報の取得

– 反射点の方位を計測する移動ロボット用ソナーリングシステム：第6報 –

筑波大学 矢田晃子 大矢晃久 油田信一

Possibility of Detecting the Shape of a Reflecting Object

– A mobile robot sonar ring sensor system measuring the bearing angle to the reflecting point : the 6th rep.–

YATA Teruko, OHYA Akihisa, YUTA Shin'ichi : University of Tsukuba

Abstract – We are developing a new sonar ring sensor which is capable to measure accurate angle of reflecting points. In this system, multiple transmitters and receivers are driven simultaneously, and differences of time of flight are used for measuring the accurate angle. This paper discusses on the possibility of detecting shape of the reflecting object using this system.

Keywords : An Ultrasonic Sensor, Multiple Transducers, The Simultaneous Measurement

1 はじめに

著者らは、トランスデューサをリング状に配置して、複数の送信器で同時に送信した超音波パルスに対する反射波を、複数の受信器で同時に受信する事により、幅広い範囲を高速に方位分解能良く計測するソナーリングセンサの構築を目指している。このソナーリングセンサにより、全周方向に対して精度良く環境の様子を知ることのできる知能移動ロボット用超音波環境認識システムが実現される。これまでに、評価用の実験システムを製作して、検討を行ってきた [1]。著者らの研究用ロボット「山彦」に搭載した評価システムを Fig.1 に示す。このシステムでは、同一物体からの反射波を複数の受信器で同時に受信する。そして、各方向を向いた複数の受信器で同時に受信した反射波の超音波伝搬時間を、受信器の方向に対する二次関数に当てはめることにより、反射点までの距離だけでなくセンサから見た反射波の方位を求める。ここで用いる二次関数式は、超音波が鏡面反射すると仮定した超音波伝搬経路のモデルに基づくが、一般にこの種の方法では、当てはめることのできるモデルの違いを利用して反射物体の曲率を推定することができ、物体形状に関する情報を得ることができる [3]。

本稿では、筆者らの複数の受信器にて同時に計測するソナーリングセンサについて、反射物体の形状による超音波伝搬経路モデルの違いを利用することによる、反射物体の形状を推定する試みおよびその結果について述べる。

2 超音波伝搬経路モデル

超音波が鏡面反射をすると仮定した場合、レイトレーシングの手法を用いて超音波の伝搬経路をモデル化することができる [2]。このモデルでは、反射物体が角や細い棒のように点と考えられる場合には、送信器から反射点を経由して受信器までを結んだ線が超音波の伝搬経路となる。一方、反射物体が平面の場合には、送信器がその平面に対して線対称の位置にあると仮定して、送信器と受



Fig.1: A mobile robot “Yamabico AO” with a sonar ring sensor – ONSiDe.

信器を結んだ線を超音波の伝搬経路とする。

このモデルを筆者らが提案し開発しているソナーリングに当てはめる。

ソナーリングの円周上から二次元放射状に超音波を同時に発射した時に、反射波がソナーリングの正面から θ_0 方向の距離 L の点にある物体に反射して、ソナーリング上の各受信器まで戻ってきたとする。その反射物体が二次元平面上で一点とみなせる場合には、ソナーリングから発射された超音波が物体に反射してソナーリング上の θ 方向に配置された受信器に達するまでの超音波伝搬

経路は

Fig.2(a) のとおりにモデル化され、伝搬距離は

$$d_{point}(\theta) = \sqrt{L^2 + R^2 - 2LR \cos(\theta - \theta_0)} + L - R. \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 R はソナーリングの半径である。また、反射物体が平面状の反射板の時には、そこで反射してソナーリング上の受信器に戻るまでの伝搬経路は Fig.2(b) に示すとおり、その平面の線対称の位置に仮想的なソナーリングから送信されたものを受信したとしてモデル化され、その伝搬距離は

$$d_{plane}(\theta) = \sqrt{(2L)^2 + R^2 - 4LR \cos(\theta - \theta_0)} - R. \quad (2)$$

である。

筆者らの評価システム（直径約 30cm のソナーリング上に、受信器を互いに 12 度毎に配置）に対して物体までの距離が約 1m で、五つ以上の受信器が同一物体からの反射波を受信することができたとする時、これら各々のモデルに基づく式を当てはめると、トランスデューサが検出する超音波伝搬時間のモデル間での平均差が 1μ 秒となる。したがって、このシステムでは約 1m より近くの反射点については物体形状の認識がある程度可能そうである。

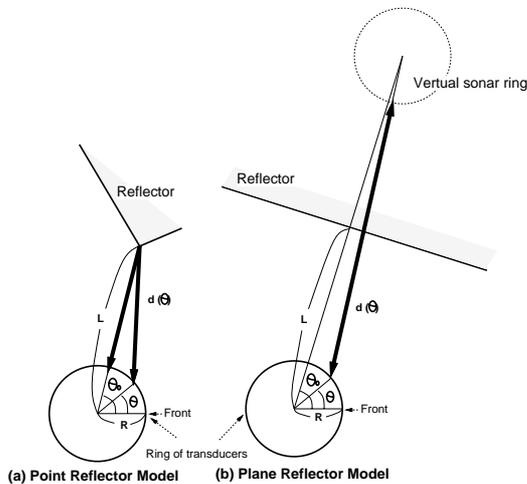


Fig.2: Ultrasound propagation models.

3 実験と検討

評価システム上で、棒と平面の反射物体からの反射波の伝搬時間が、それらのモデルにどの程度一致するのかを調べる実験を行なった。

ここでは、反射物体としての平面と細い棒を用い、複数の受信器で計測された超音波伝搬時間の中から短い五つのデータを取りだし、これをトランスデューサの向きに対する関数として扱い、各々のモデルに基づく伝搬時

間(式(1)(2))と比較した。伝搬時間のデータをモデルに当てはめた時の平均誤差を Fig.3 と Fig.4 に示す。

実験結果は、対象物体のモデルが正しい方が、伝搬時間をモデルに当てはめた時の誤差が小さくなる傾向を示している。しかし、その差は誤差の大きさそのものに比べてそれほど大きくなく、伝搬時間データから直接的に、実際に物体の形状を認識することは難しそうであることが判った。

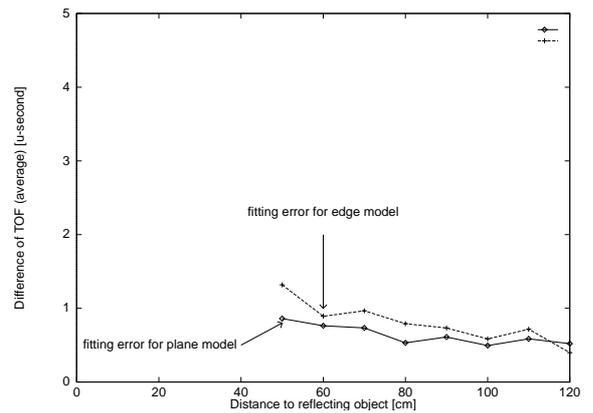


Fig.3: Fitting error for the plane reflector.

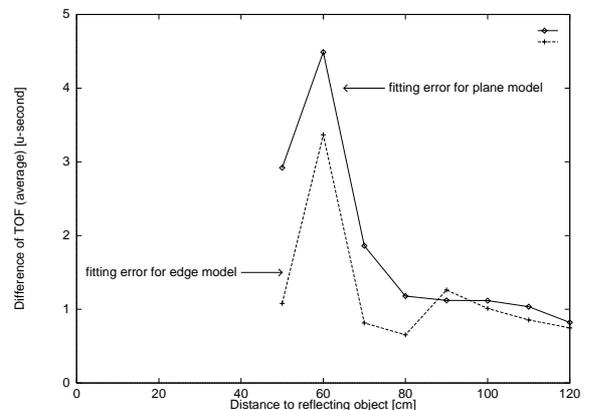


Fig.4: Fitting error for the edge reflector.

参考文献

- [1] 矢田晃子, 大矢晃久, 油田信一, “複数の物体検出のための 30ch 1bit 超音波反射波形成記憶システム - 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: 第 5 報 -” 日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.915-916, (1998).
- [2] Kuc,R., and Siegel, M.W. 1987. Physically Based Simulation Model for Acoustic Sensor Robot Navigation. *IEEE Trans. on PAMI*. Vol.9, No.6, pp.766 - 778.
- [3] Peremans,H. 1994. Tri-aural perception for mobile robots. *Ph.D. Thesis Universiteit Gent*.