

カセグレンアンテナを用いた超音波センサの指向制御に対する一検討

A Study on Reflected Wave of Ultrasonic Sensor Using Cassegrain Antenna

○上田拓矢¹, 根口純一², 應後剛², 織田武浩², 佐伯勝敏³, 佐々木芳樹³*Takuya Ueda¹, Jyunichi Neguchi², Takeshi Ohgo², Takehiro Orita², Katsutoshi Saeki³, Yoshiaki Sasaki³

Abstract : Ultrasonic sensor are used for the contract prevention of heavy equipment or the quality inspection of building architectures. Without the horn antenna of ultrasonic sensor is a great loss, because it doesn't reflect parallel. In this paper, we investigate the attempt which control of ultrasonic directional using a transmitting and receiving ultrasonic sensor.

As a result, it is shown that the efficiently receive ultrasonic wave by optimization of cassegrain antenna. Moreover, it is able to control directivity, too.

1. まえがき

近年、重機と人との接触防止のために超音波センサを用いたシステムの開発が行われている。このような接触防止システムは、無指向性で受信感度が高いことと、低コストであることが望まれる。しかし、送受信一体の超音波センサは指向性が鋭く、測定範囲が狭くなる。ホーンを装着することで指向性の制御は可能であるが、受信時にホーンが反射波を遮蔽するため損失が大きい。また、測定物の位置や距離に影響されずに指向特性の制御を行う必要がある。そして製造コストを抑えるため、単一の超音波センサを用いる必要がある。

本研究では送受信を一体化した超音波センサを用いて指向制御について検討を行った。

2. 本論

図 1 にカセグレンアンテナを用いた超音波測定システムを示す。同図は超音波センサから放射された超音波を副反射鏡と主反射鏡により反射させ、測定物に照射させる。測定物から反射した超音波を送受信一体型の超音波センサにより受信することで、測定を行っている。また送受信のタイミングは発振時間を 1ms, 受信時間を 100ms とし、発振レベルを 12V_{pp} の矩形波とした。測定物のサイズは、重機と人との接触防止に使用されることを考慮し、距離 5m 先に縦×横 30cm となるアルミ板を測定物とした。このとき、超音波の伝搬遅延時間は 29ms となり、その時の反射波を測定した。

図 2 にホーン無しの指向特性を示す。この結果から水平面の放射角は -10dB 時で ±18° となり、副反射鏡の焦点距離 ℓ_1 と直径 D の比は $\ell_1/D=0.26$ となる。

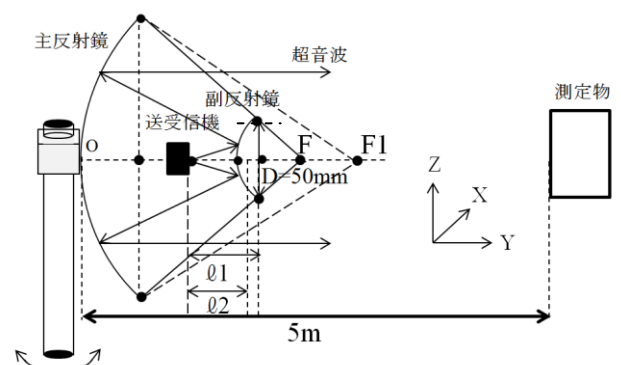


Figure 1. Cassegrain antenna model

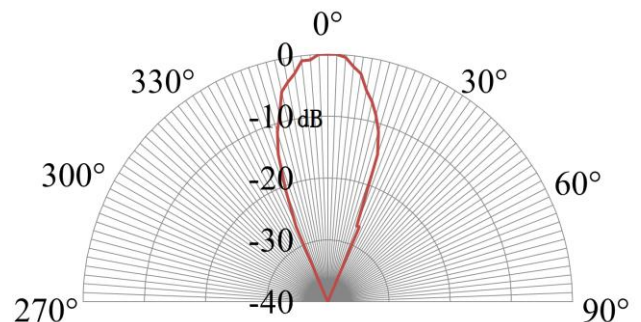


Figure 2. Directional characteristics of an ultrasonic sensor

図 3 に主反射鏡の焦点距離 F と F から 5cm 遠ざけた点を $F1$ としたときの指向性特性を示す。同図において、縦軸はホーン無しとの比較のため、角度 0° の反射波レベルを基準にした。焦点距離 F では ±8° の放射角においてホーン無しよりも +7dB 高くなっている。このことは ±8° の領域において損失が抑えられたことを示している。焦点距離 F と比較し $F1$ の利得分布は広がり、焦点距離 F の放射角は ±10° だったのに対して、焦点距離 $F1$ では ±58° となった。これは副反射鏡を主反射鏡から遠ざけることで放射角が広がり、広範囲で反射波の受信損失を抑えられている。

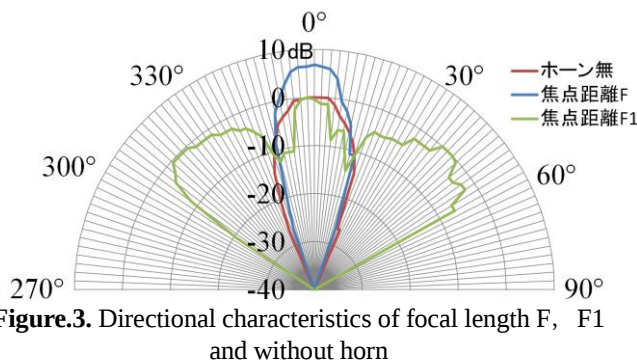


Figure.3. Directional characteristics of focal length F, F1 and without horn

図 4 に測定物を X 軸方向に移動させた時の指向特性を示す。焦点距離 F では $x=\pm 32\text{cm}$ の時、電圧振幅が $1V_{pp}$ を下回った。焦点距離 F1 では $3V_{pp}$ を上回っている。放射電力は一定であるため、焦点距離 F から F1 へずらしたことで、超音波の放射角が広がり、利得の減衰傾向が緩やかとなった。

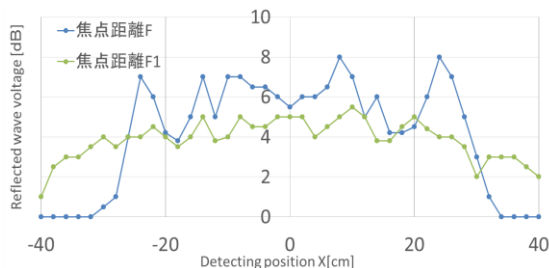


Figure.4. Measuring for parallel displacement of object

図 5 に焦点距離 F と F1 の時の距離特性を示す。カセグレンアンテナから各点に測定物を配置し、そのときの電圧振幅を測定した。焦点距離 F は 780cm まで測定可能であったのに対して、F1 では 605cm に留まっている。これは焦点距離 F1 において超音波が広範囲に分布したため、測定可能な距離が短くなったことを示している。

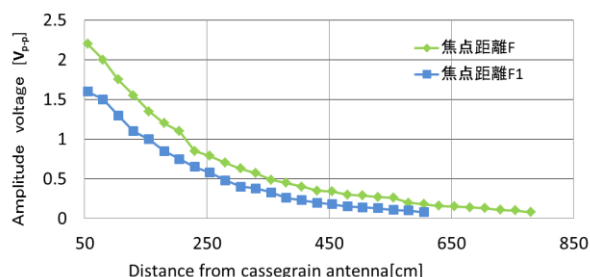


Figure.5. Amplitude voltage characteristics

図 6 に副反射鏡の焦点距離と直径の比の異なった二種類の副反射鏡の指向特性を示す。同図は主反射鏡と副反射鏡の距離を一定とし、二種類の副反射鏡を用い、それぞれの焦点距離を ℓ_1 、 ℓ_2 とした場合である。同図より、 $\ell_1/D=0.26$ において、指向性は鋭くなり、 $\ell_2/D=0.173$ に比べ $\pm 8^\circ$ の範囲で利得が上回っていることを示している。 $\ell_2/D=0.173$ は -20dB において放射角

$\pm 58^\circ$ に広がっている。以上より副反射鏡の焦点距離と直径の比を変えることで指向制御が可能であることを示している。

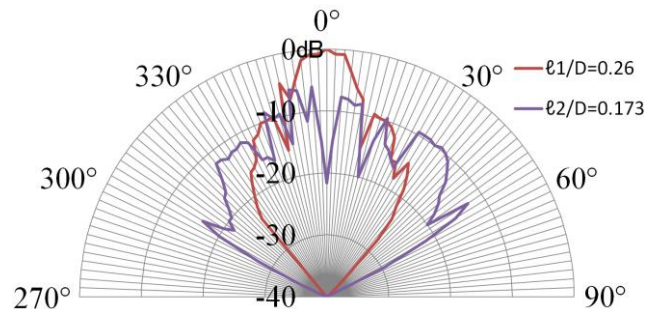


Figure.6. Directional characteristics of $\ell_1/D = 0.26$ and $\ell_2/D = 0.173$

図 7 に $\ell_1/D=0.26$ の ABS 樹脂で作製した副反射鏡と反射鏡表面をアルミ箔で覆ったものの指向特性の比較を示す。アルミ箔で覆ったものは無加工の利得と比較し、すべての放射角領域において利得が高く、放射角も $+5^\circ$ 以上の放射特性の改善が得られた。

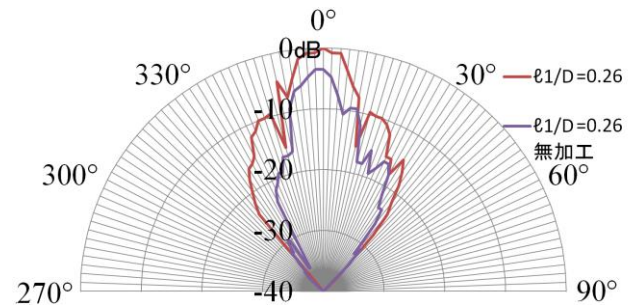


Figure.7. Directional characteristics of $\ell_1/D=0.26$ and $\ell_1/D=0.26$ Noneffect

3.まとめ

今回、送受信を一体化した超音波センサを用い、指向性制御の検討を行った。その結果、超音波センサに副反射鏡を用いることで測定物に反射した波面をより受信し、ホーン無しの超音波センサでは得られなかった受信感度を得ることが可能となった。また、副反射鏡の焦点距離と直径の比の変更や位置と焦点距離をずらすこと、および指向性の鋭い複数の反射板を用いることで超音波を広範囲に分布させ、指向性の制御が可能であることを明らかにした。

今後はアンテナの小型化を行い、メカニカルな部分の少ない超音波の指向制御の検討をする予定である。

5.参考文献

- [1] 内海祐之 大内博文 : 「厚い円形遮蔽板による回折波の解析」 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演予稿集, Vol.9 pp.61-62, 1988.
- [2] 卯尾豊明 戸田知朗 高野忠 : 「鏡面修整光アンテナの最適化設計と誤差解析」 電子情報通信学会, A-P2001-63, 2001.