

## M-12

## 段差型主反射鏡と 2 焦点凹凸型副反射鏡を用いた超音波システムに対する検討

## A Study on Ultrasonic System Using Multilayer Main Reflector and Concavo-Convex Curve Subreflector

○上田拓矢<sup>1</sup>, 根口純一<sup>2</sup>, 應後剛<sup>2</sup>, 織田武浩<sup>2</sup>, 佐伯勝敏<sup>3</sup>\*Takuya Ueda<sup>1</sup>, Jyunichi Neguchi<sup>2</sup>, Takeshi Ohgo<sup>2</sup>, Takehiro Orita<sup>2</sup>, Katsutoshi Saeki<sup>3</sup>

Abstract: In recent years, in order to prevent conflicts between heavy machinery and people, development of a system using supersonic sensing with high reception feeling and direction controllable has been performed. In the past, we investigated directional control of ultrasonic waves using a multilayer main reflector and a concavo-convex curve sub-reflector.

In this paper, we propose dual focal concavo-convex curve sub-reflector and a multilayer main reflector. As a result, the size was reduced by half compared with the conventional reflector, and the detection distance of 4 m or more became possible. It is clarified that directivity control is possible in the range of  $\pm 16^\circ$  to  $\pm 38^\circ$ .

## 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<sup>[1]</sup>。超音波センサを用いた接触防止システムは、検出範囲が広く、様々な使用条件に対応すべく指向制御が可能であること、そして超音波センサ数の少ないことが望まれている。先に我々は、超音波センサに段差型主反射鏡と凹凸型副反射鏡を用いて指向制御について検討を行い<sup>[2]</sup>、副反射鏡と主反射鏡を焦点距離からずらすことで指向制御が可能であることを示した。しかし、主反射鏡のサイズが横幅 300mm と大型であるため、小型化を行う必要がある。小型化を行うことで、超音波の反射面積が少なくなり受信感度が低下する。本研究では、垂直面と水平面において別々の指向性を持たせる小型な 2 焦点凹凸型反射鏡を用いて、超音波の指向制御を行い従来と同様な検出距離と検出範囲が得られるシステムの検討を行った。

## 2. 本論

## 〈2.1〉 反射鏡の概要

図 1 に凹凸型副反射鏡の断面図を示す。重機に対して人検出の場合、垂直方向への検出範囲は不要となる。超音波センサは球面波を発信するため、垂直方向へも水平方向と同様に超音波を放射する。そこで、水平の走査方向は凸型の反射面とすることで球面

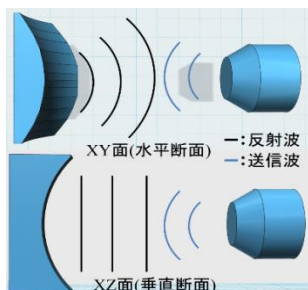


図 1 凹凸型副反射鏡の断面図

波を反射、垂直方向には凹型の形状とすることで平面波を反射し、平面方向にのみ音圧を集中させる副反射鏡を提案する。

図 2 に 2 焦点凹凸型副反射鏡を示す。同図は先に検討した凹凸型副反射鏡を 2 焦点化したものである。主反射鏡と副反射鏡の距離が 45mm であるとき、反射鏡中央の両矢印の範囲が超音波の反射面

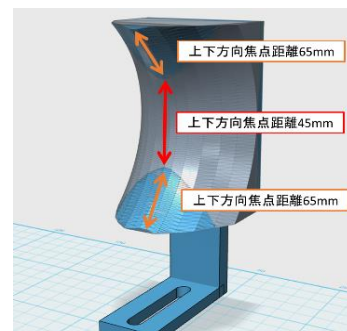


図 2 2 焦点凹凸型副反射鏡

となる。主反射鏡と副反射鏡の距離が 65mm であるとき、両焦点の反射面が有効となる。

図 3 に 2 焦点凹凸型副反射鏡と段差型主反射鏡を用いた超音波システムの概略図を示す。先に提案した旧反射鏡は横幅 300mm、高さ 120mm であるのに対して、今回提案する反射鏡は横幅 130mm 高さ 63mm と横幅、高さともに約半分のサイズであることを示している。

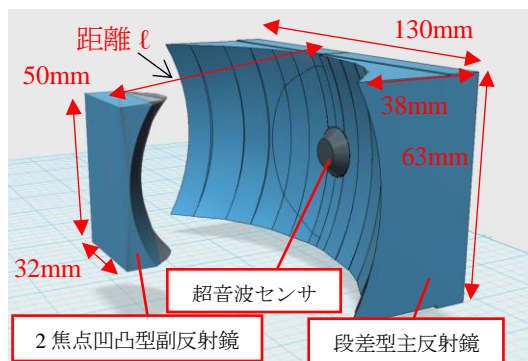


図 3 2 焦点型凹凸副反射鏡と段差型主反射鏡を用いた超音波システム概略図

〈2・2〉 反射鏡の距離特性

図4に2焦点型凹凸副反射鏡(焦点距離 45mm-65mm)と段差型主反射鏡間の距離 $l$ を変化させたときの距離特性を示す。 $l=6.5\text{cm}$ のとき、水平面の指向性は低く4m以上の検出距離において $+38^\circ, -50^\circ$ となることを示している。主反射鏡と副反射鏡の位置が焦点距離であるとき、指向性は鋭くなり、4.5m以上の検出距離において $\pm 12^\circ$ となることを示している。同図から2焦点凹凸型副反射鏡を用いた場合でも指向制御が可能であることを示している。また、垂直面の指向性を鋭くすることで、小型化した反射鏡で旧反射鏡と同様の広い検出範囲が得られることを示している。

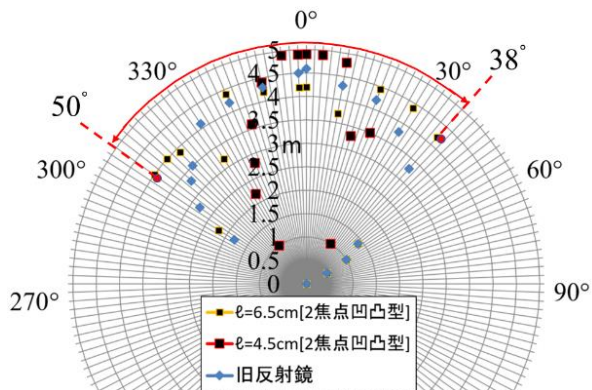


図4 2焦点型凹凸副反射鏡(焦点距離 45mm-65mm)と段差型主反射鏡の水平面距離特性

図5に副反射鏡と主反射鏡間の距離 $l$ を変化させたときの垂直面の距離特性を示す。同図は、図4と同様の副反射鏡と主反射鏡を用いて垂直面の距離特性の測定を行なった。 $l=6.5\text{cm}$ ときは水平面において指向性が低いのにに対して、垂直面は3.5mの検出距離において放射角度が $\pm 26^\circ$ の鋭い指向性が得られたことを示している。 $l=4.5\text{cm}$ とき、水平面に比べて指向性は低くなっているが3.5mにおいて $+28^\circ, -24^\circ$ となり焦点距離から副反射鏡を遠ざけた場合でも、 $l=6.5\text{cm}$ と同等の指向特性であることを示している。

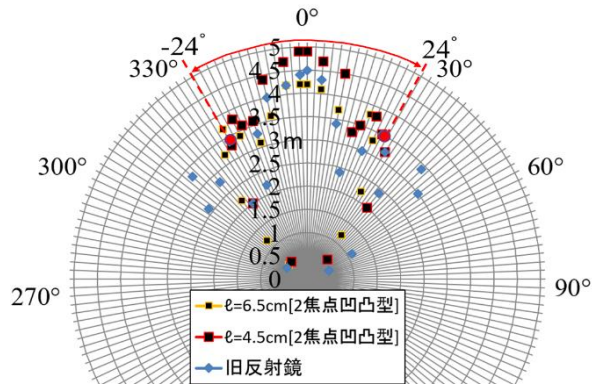


図5 2焦点型凹凸副反射鏡(焦点距離 45mm-65mm)と段差型主反射鏡の垂直面距離特性

図6に2焦点型凹凸副反射鏡(焦点距離 60mm-80mm)と段差型主反射鏡の距離特性を示す。副反射鏡の焦点距離が2焦点ともに15mm延長したことで、主反射鏡から見た副反射鏡のサイズが小さくなり、4.5m以上の検出距離において $\pm 38^\circ$ の検出範囲が得られている。また、 $l=6.0\text{cm}$ とき指向性が鋭くなり、 $\pm 16^\circ$ の放射角度が得られ、焦点距離(45mm-65mm)の副反射鏡に比べ4.7m一定の検出距離が得られることを示している。

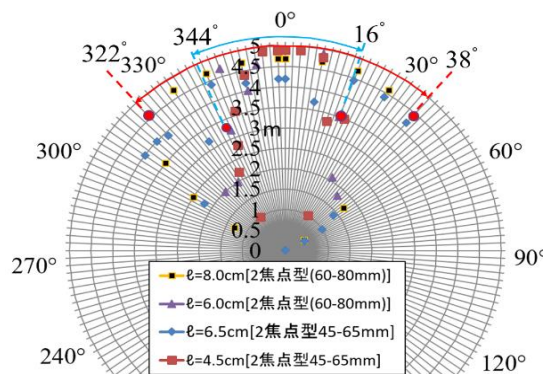


図6 2焦点型凹凸副反射鏡(焦点距離 60mm-80mm)と段差型主反射鏡の水平面距離特性

3. 結論

段差型主反射鏡と2焦点凹凸型副反射鏡を用いて超音波システムに対する検討を行った。その結果、主反射鏡と副反射鏡を小型化し、垂直面の指向性を鋭くすることで、不要な音波の放射を抑え、反射鏡小型化前と同様の4m以上の検出距離が得られることを明らかにした。また、同反射鏡においても主反射鏡と副反射鏡の距離を変化させることで $\pm 16^\circ$ から $\pm 38^\circ$ の範囲で指向制御が可能であることを明らかにした。指向性を低くした場合に $\pm 38^\circ$ の放射角度において検出距離4.5m以上で安定した検出距離が得られることを明らかにした。

今後は、段差型主反射鏡の段差部分のギャップを抑えて受信感度の安定化を行う。

4. 参考文献

[1] 矢島清志, 藤井裕之: “超高層建物閉鎖型解体工法の開発: (その8)天井走行クレーンの接触防止システムの開発”, 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, 1091, pp. 181-182, (2012)

[2] 上田拓矢, 根口純一, 應後剛, 織田武浩, 佐伯勝敏, “段差型主反射鏡と凹凸型副反射鏡を用いた超音波システムのオフセット構成に対する検討”, 日本大学理工学部学術講演会, M-10, pp.1081-1082, (2017)