

楕円型ホーンの副反射鏡位置に対する一検討 A Study on Position of Sub Reflector in Elliptical Horn

小野 蒼太¹, 佐伯 勝敏²*Sota ono¹, Katsutoshi Sacki²

Abstract: Ultrasonic sensor systems have been developed to prevent contact accidents at construction sites. The directivity can be changed by attaching a horn to the ultrasonic sensor. In this paper, in order to collect more received waves, we examine the position of the sub reflector away from the edge of the horn. As a result, it is clarified that the detection range and reception sensitivity were improved compared to the conventional model.

1. まえがき

近年、工事現場にて重機の死角や操縦者の不注意により重機と人や建築物などとの接触事故が起きている^[1]。それらの事故を防止するために、超音波センサを用いた接触事故防止システムの開発が行われている。このシステムで用いる理想的な超音波センサは無指向性かつ、受信感度が高いことが必要とされる。しかし、超音波センサは指向性が鋭く、空気中での減衰が大きい特性がある。また、超音波センサシステムは製造コストの面から送受信一体型の超音波センサを使用しており、送受信間で超音波が広く分散して検出範囲が狭くなる。さらに、検出距離により指向性が変化する。そこで反射鏡を用いて、受信波を効率よく受信面に収集させ検出範囲向上の検討^[2]、ホーンを装着し、超音波の送信波を変化させ音圧を制御することで受信感度向上のための検討が行われている^[3]。

本研究では従来の反射鏡を有する楕円型ホーンモデルを基に、副反射鏡の位置をホーンの淵からより距離を取ることで、ホーン指向性から、角度が小さい時の副反射鏡の裏面に当たり、減衰してしまう音圧をより主反射鏡へより受信波を集め、送信波を効率よく受信することで、さらなる受信感度、検出範囲の両方の面から特性向上の検討を行った。

2. 本論

2-1 測定系

図1に送受信一体型の超音波センサ用いた指向性の測定方法の概略図を示す。超音波センサから発信レベル $12V_{pp}$ の矩形波を $1ms$ の間隔で送信する。その後、測定物は $5m$ 先に一辺の長さが $30cm$ のアルミ板を用いて、測定物を反射した波面を、送受信一体型超音波センサにより受信する。

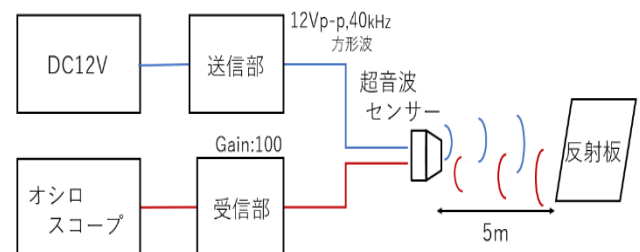


図1 測定系概略図

2-2-1 反射鏡を有する楕円型ホーン

図2に超音波センサのみ、楕円型ホーンおよび反射鏡を有する楕円型ホーンの指向性を示す。同図より、超音波センサのみの場合、検出範囲 32° で指向性が鋭く、より広範囲を検知しないと死角に対して検知を行うことができない。また、最大受信感度においても $4.1dB$ であり、受信感度が低いとシステムを構築した際に外乱の影響を受けやすいため、受信感度は高い方がよいといえる。これらの特性向上のために、楕円型ホーンを超音波センサに装着することで、指向性を変化させ、受信感度の向上、楕円型にすることで音圧を水平面に集中させ、検出範囲を拡大することを検討してきた。また、楕円型ホーンに反射鏡を付加することで、受信面へ効率よく受信させ、検出範囲、受信感度を向上させた。同図より楕円型ホーンは最大受信感度 $19.1dB$ 、検出範囲は 43.2° を示した。反射鏡を付加した楕円型ホーンは最大受信感度 $10.1dB$ 、検出範囲は 51.5° を示した。同図より、ホーンでは受信感度が大きく向上するものの、検出範囲の拡大については効果が得られなかった。しかし、反射鏡を用いることで高い受信感度を保ちつつ検出範囲の拡大を確認した。

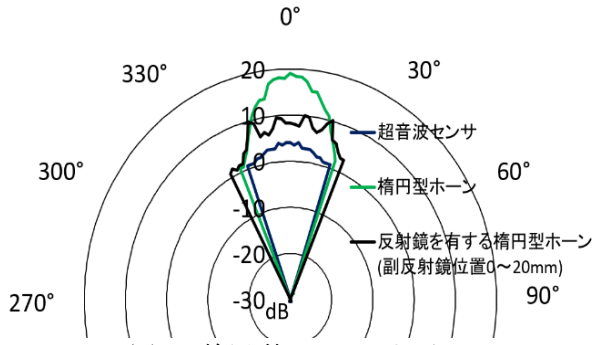


図2 楕円型ホーンおよび
反射鏡を有する楕円型ホーンの指向性

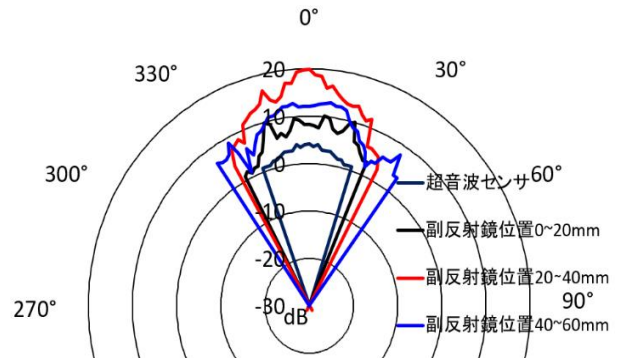


図5 副反射鏡位置をパラメータとした指向性

2-2-2 副反射鏡位置の調整

楕円型ホーンの指向性を考慮すると、送信波は角度が小さいほど音圧が大きい。したがって、副反射鏡の位置がホーンの淵に近いと副反射鏡の裏面に反射波があたり、反射鏡を通して受信面に返らない損失が多く生じてしまう。そこで、副反射鏡の位置を従来の反射鏡を有するホーンの淵から距離を取り、角度が小さい時の高い音圧をより集める。そして、送信波を受信効率を高め、受信感度、検出範囲の特性向上に繋がると考え検討を行った。

図3, 4に副反射鏡をホーンの淵から20mm, 40mm離れたものに合わせ、焦点距離や反射鏡の反りの再設計を行ったものを示す。

図5に図3, 4に示した、ホーンの指向性を示す。

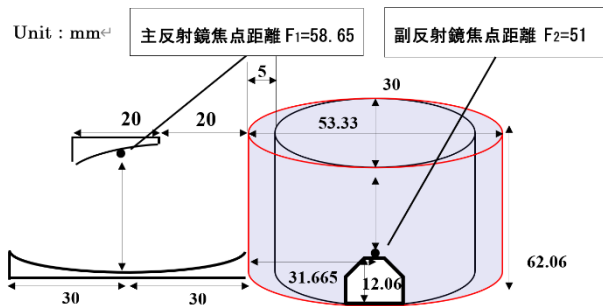


図3 副反射鏡位置 20-40mm 設計

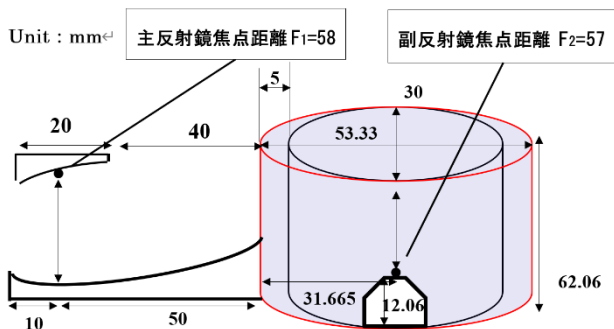


図4 副反射鏡位置 40-60mm 設計

同図より、副反射鏡位置をホーンの淵から、20mm離れたホーンは最大受信感度19.8dB、検出範囲58.1°を示している。40mm離れたものは、最大受信感度13.1dB、検出範囲71.4°を示している。これより、20mm離れたものが最も高い受信感度を示し、従来の反射鏡を有するホーンと比較すると受信感度は9.7dBの向上を示している。40mm離れたものは最も広い検出範囲を示し、従来の反射鏡を有するホーンと比較すると19.9°検出範囲が向上することを示している。

3. まとめ

本研究では副反射鏡の位置について検討することにより、20mm離れたものが最も高い受信感度を示し、従来の反射鏡を有するホーンと比較すると9.7dB向上し、40mm離れたものは従来の反射鏡を有するホーンと比較すると19.9°検出範囲が向上することを明らかにした。

今後、より細かく副反射鏡の位置を調整することで受信感度、検出範囲どちらの値も良い値を示すホーンの検討を行っていく。

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:“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]小野蒼太, 上田拓矢, 佐伯勝敏:“楕円型ホーンを用いた超音波の指向性拡大に対する一検討”, 平成30年度日本大学理工学部学術講演会, M-25, pp.1091-1092, 2018.
 [3]小野蒼太, 上田拓矢, 佐伯勝敏:“反射鏡を有する楕円型ホーンを用いた超音波センサシステムに対する基礎的検討”, 平成31年度光応用・視角計測合同研究会資料, LAV-19-10, IM19-10, pp.15-18, 2019.