

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

A Study on Directivity Expansion of Ultrasonic Wave Using Elliptical Horn

○小野 蒼太¹, 上田 拓矢², 佐伯 勝敏³*Sota ono¹, Takuya Ueda², Katsutoshi Saeki³

Abstract :In recent year, a system using an ultrasonic sensor has been developed to prevent contact between a heavy machine and person. In order to prevent accidents by using ultrasonic sensor with integrated transmission and reception. but attenuation is large with only the ultrasonic sensor. In this paper, we investigate the directivity expansion of ultrasonic wave using a ultrasonic sensor with elliptical horn. As a result, it is shown that the reception the reception range is expanded by $\pm 19^\circ$ at 0 dB.

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. このような事故を未然に防ぐために超音波センサーを用いた事故防止システムの開発が行われている^[1]. このようなシステムで用いる理想的な超音波センサーは無指向性かつ, 受信感度が高い必要がある. しかし, 超音波は指向性が鋭く, 空気中での減衰が大きい. また, 使用する超音波センサーは製造コストの面から送受信一体型を使用しており, 測定範囲が狭くなる. さらに, 超音波が広く分散してしまい, 検出範囲が狭くなる. そこでホーンを装着することで指向性を制御し, 検出範囲拡大のための検討が行われている^[2].

本研究では楕円型ホーンを用いて送受信一体型超音波センサーの指向性拡大について検討を行った.

2. 本論

送受信一体型の超音波センサーを用いた測定方法は, 超音波センサーから発信レベル $12V_{pp}$ の矩形波を 1ms の間隔で送信する. その後, 測定物として 5m 先に一辺の長さが 30cm のアルミ板を用いて, 送信波が測定物に反射して返ってくる反射波を, 超音波センサーにより受信する.

図 1 に超音波センサーの指向特性を示す. この結果から, 測定距離 5m において 0dB 時 $\pm 2^\circ$ また, -10dB 時 $\pm 7^\circ$ の指向特性が得られることを示している.

図 2 に指向性拡大のため, 直径 40mm, ホーン長 50mm の exponential ホーン^[3]を装着して実験を行ったときの指向特性を示す. 縦軸は超音波センサーとの比較を行うため, ホーン無しの角度 0° を基準とした. exponential ホーンは, 0dB 以上が得られた受信範囲は $\pm 12^\circ$ であり, ホーン無しの場合と比較すると $\pm 10^\circ$ 受信範囲が広がることを示している. また, +10dB 以上の受信範囲は

$\pm 7^\circ$ となった. この結果から, 検出範囲を広げるだけでなく, ホーン無しに比べ 0° の角度において +13.38dB 高い受信感度が得られることを示している.

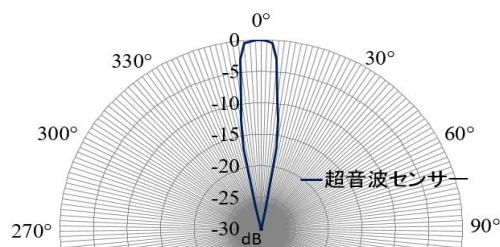


図 1 超音波センサーの指向性

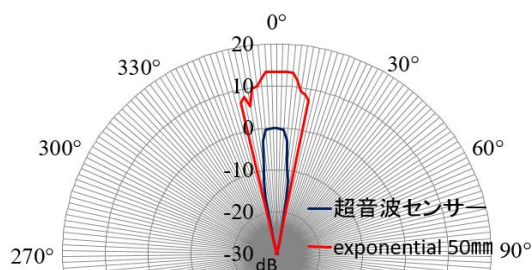


図 2 exponential ホーンの指向性

図 2 より exponential ホーンを用いることで超音波センサーよりも指向性が低く, 高い受信感度を得ることが示された. そして, 更なる特性の向上のため楕円型ホーンを用いて, 垂直面の指向性を鈍くすることで不要な超音波の放射を抑え, 検出範囲の拡大が行えると考えた. 今回, exponential ホーンの水平側を長軸, 垂直側を短軸として, 比率を変化させ楕円型ホーン的设计を行った.

図 3 に楕円型ホーンの外形図を示す. 楕円型ホーンの長軸側の比率を変化させ, 水平面での送信波が広がり, 高い受信レベルが保たれ, 受信範囲が最も広がる形状について検討を行った. 比率は基準となる exponential ホーンの直径に対してかけたものである.

1: 日大理工・学部・電子 2: 日本理工・院(前)・電子 3: 日本理工・教員・電子

設計した楕円型ホーンを用いてシミュレーターの Femtet を用いて測定距離 5m のときの指向性のシミュレーションを行なった。

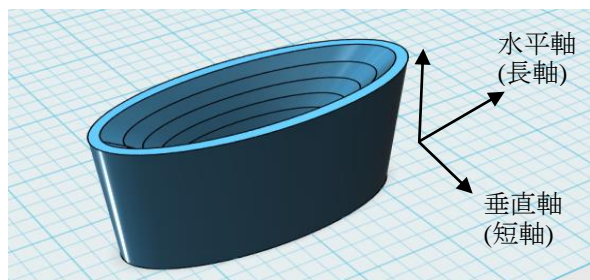


図 3 楕円型ホーン 外形図

図 4(a), (b)にシミュレーションによる解析結果を示す。同図(a)は(b)と比べて長軸の比率が小さいものである。長軸の 4/3 の比率では 5dB を上回っている範囲での放射角度が $\pm 6^\circ$ あり exponential ホーンと長軸 3/2 の比率より $\pm 2^\circ$ 放射角が広がることを示している。(b)では長軸 2/1 および 5/3 の比率では $\pm 15^\circ$ にて+5dB を上回った。長軸の比率 2/1 では前方方向の放射角において長軸の比率 5/3 より+0.4dB 程度高いレベルを示した。また、長軸の比率 11/6 は 0° 付近において-0.5 dB を示している。シミュレーションの結果より、2 種類のホーンを作成した。一つは、 $\pm 25^\circ$ で 1.4dB を示している、長軸の比率が 4/3 ホーン。もう一つは、シミュレーション結果にて、最も低い指向性で放射角 $\pm 15^\circ$ において+5dB の高い受信感度を得られることが示された長軸の比率 2/1 ホーンである。

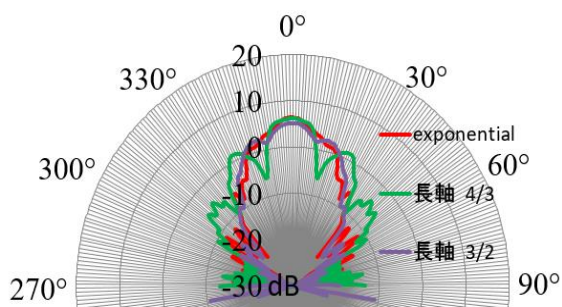
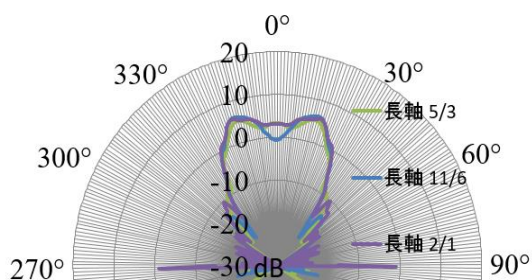


図 4 (a) 長軸 4/3 および 3/2 における特性



(b) 長軸 5/3, 11/6, 2/1 における特性

図 5 に 2 種類の楕円型ホーンの測定結果を示す。長軸の比率 4/3 ホーンは exponential ホーンに比べて最大受信レベルは 1.3dB ほど低下した。しかし、受信範囲が $\pm 15^\circ$ において 5dB 以上を示し、0dB においては $\pm 19^\circ$ を示した。長軸の比率が 2/1 ホーンは 5m のとき、受信波を確認することができなかった。このことは、送信波のホーン指向性を低くしたことにより反射波波面が広がり受信レベルが低下したと考えられる。同図から、比率 4/3 ホーンが 0dB において、 $\pm 19^\circ$ を受信でき、exponential ホーンと 0dB 時を比較すると、 $\pm 7^\circ$ 広い指向特性が得られることを示している。

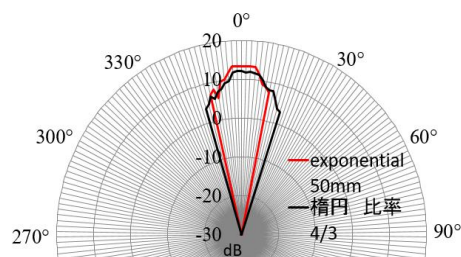


図 5 楕円型ホーンの指向特性

3. まとめ

本研究では楕円型ホーンを用いて送受信一体型超音波センサーの指向性拡大について検討を行った。exponential ホーンを用いることにより、超音波センサーのみの場合と比較して $\pm 10^\circ$ 低い指向性かつ 13.38dB 高い受信レベルが得られた。また、長軸の比率を 4/3、短軸 3/4 の比率の楕円ホーンの形状にすることにより、受信範囲を exponential ホーンよりも $\pm 7^\circ$ 広がることを明らかにした。

今後の課題として、楕円型ホーンの長軸あるいは短軸側を直線にするなどホーンの形状を変えて、指向性拡大を検討していく。

4. 参考文献

- [1] Takuya Ueda, Jyunichi Neguchi, Takeshi Ohgo, Takehiro Orita, Katsutoshi Saeki, "A Study on Directional Control of Ultrasonic Sensor Using a Couple Reflector" Proc. International Technical Conference on Circuits/Systems Computers and Communications ,CS-04, PID190, pp.74-77, 2018.
- [2] 川崎達也, 上田拓矢, 根口純一, 應後剛, 織田武浩, 佐伯勝敏: "指向制御のためのクワッドリッジホーンを用いた超音波センサに対する一検討", 平成 29 年度 日本大学理工学部学術講演会 M-22, pp. 1061-1062, 2017.
- [3] 新井 悠一: 「デジタル時代のホーンスピーカー製作」, 誠文堂新光社, pp. 22-25, 2015.