

## AM 変調型超音波を用いた指向性拡大に対する一検討

## A Study on Amplitude Modulation Signal of Ultrasonic Sensor for Directional Expand

○岡崎慎太郎<sup>1</sup>, 上田拓矢<sup>2</sup>, 佐伯勝敏<sup>3</sup>Shintaro Okazaki<sup>1</sup>, Takuya Ueda<sup>2</sup>, Katsutoshi Saeki<sup>3</sup>

Abstract : Recently, many accidents have occurred in which a construction vehicle and people come into contact with each other, so research on a system for preventing contact by using an ultrasonic sensor is being conducted.

In this paper, for the purpose of expanding directivity of ultrasonic waves, a signal obtained by amplitude modulating with 40 kHz high frequency and low frequency is outputted. It is supposed that the advantages of both the 40 kHz wave which can be transmitted far and the low frequency wave which spreads the directivity can be utilized. As a result, the directivity is expanded by 32 degrees compared to the case without modulation.

## 1. まえがき

近年、重機による人との接触事故が多発していることから超音波センサを用いた接触防止システムに関する研究が行われている<sup>[1]</sup>。とくに、検知できる範囲を広げることは、コスト削減や回路の効率化において重要な課題である。

今回、超音波の指向性拡大を目的に、40kHz のキャリアと低周波の信号を振幅変調した変調波を送ることで、遠くまで伝達できる 40kHz の波と、指向性が広がる低周波の波の双方の利点が活用できると考え、検討を行った。

## 2. 本論

## 2.1 変調型超音波センサシステム

図 1 に変調型超音波センサシステムの構成図を示す。発振回路の出力を変調させ、MOS 型アンプによってスピーカを直接駆動させ送信する。本システムから放射される送信波には 40kHz と 20kHz 両方の成分が存在する。このうち指向性が広く反射するのは低周波成分であり、超音波スピーカで検知することはできない。したがって可聴域用のマイクを使用し、この信号を 20kHz のバンドパスフィルターによって送信波のみを抽出することにより、反射波の特性を検知する。

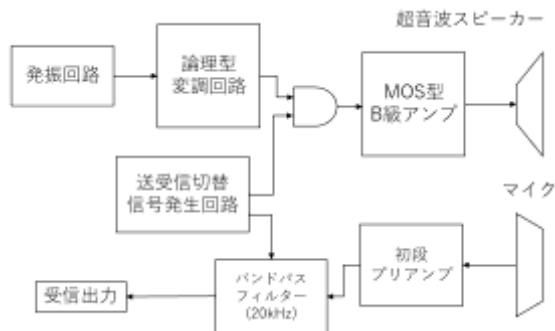


図 1 変調型超音波センサシステム

変調波の周波数は低周波であればあるほど指向性は広がるが、下げすぎると人間に聞こえる可聴域に入り、センサ周辺にいる人間に悪影響を及ぼす。したがって、可聴域 (20~18kHz) から少し高い 20kHz を本論では用いる。

## 2.2 送信回路の設計

送信回路は、図 2 の変調信号発生回路と、図 3 の MOS 型アンプ回路の 2 種類で構成した。図 2 の変調信号発生回路は、タイマー IC555 により 80kHz で発振したパルス波を、カウンターで分周し、それを NAND 回路で合成する。変調波と被変調波が 2 倍であることから実現可能である。

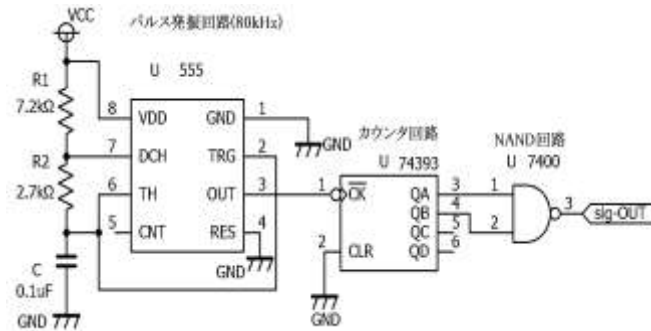


図 2 変調信号発生回路

また、この変調信号は論理素子を用いているため 5V の信号レベルであり、超音波スピーカの出力は 60Vp-p で印加することから、増幅回路が必要である。

図 3 に MOS 型アンプの回路図を示す。同図は、電源の駆動効率を考え、DC60V の電源から CMOS によって駆動する構成である。

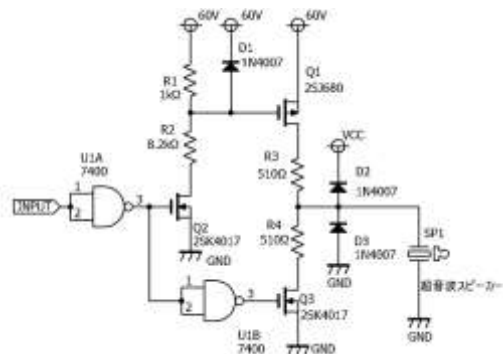


図 3 MOS 型アンプ

図 4 に図 3 の回路の周波数特性を示す。同図において、超音波センサを駆動させるのに十分な周波数帯域が得られることを示している。

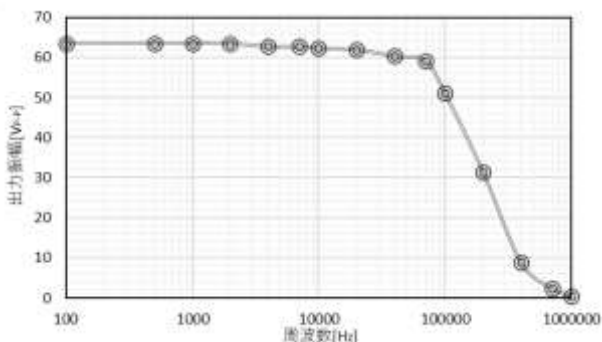


図 4 MOS 型アンプの周波数特性

### 2.3 受信回路の設計

図 5 に送信した超音波を受信するマイク回路を示す。

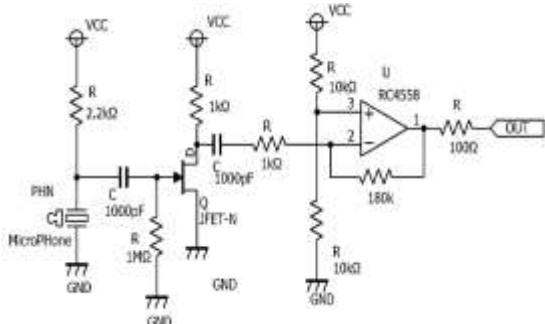


図 5 受信マイクの回路図

マイクには、可聴域の受信で一般的なコンデンサ式マイクを使用している。これを FET により初段増幅、さらにオペアンプの反転増幅回路により、信号として扱えるレベルまで増幅している。

### 2.4 指向性測定結果

図 6 に送信信号の波形と受信波の波形を示す。同図より、反射により返ってきた信号が確認できる。

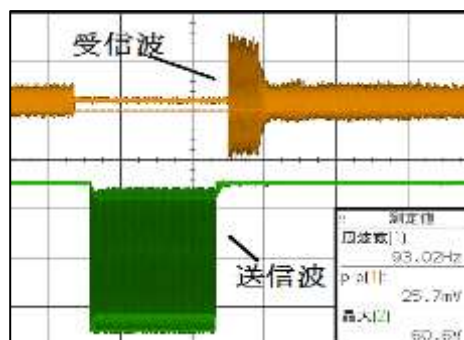


図 6 送信波と受信波

図 7 に反射板距離を 1m に設置し、変調あり、なしの場合における指向性特性を示す。

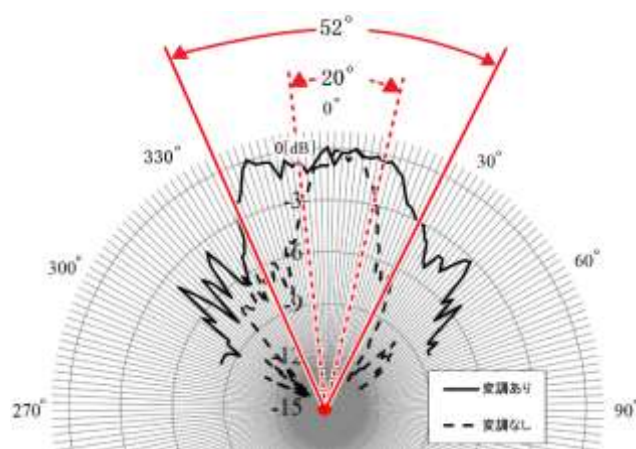


図 7 指向性測定結果

同図より、変調なしのときの指向性が $-3\text{dB}$ 時に $20^\circ$ なのに対し、変調ありでは $-3\text{dB}$ 時に $52^\circ$ まで拡大することを示している。

### 3. まとめ

今回、超音波の指向性拡大を目的に、 $40\text{kHz}$ のキャリアと低周波の信号を振幅変調した変調波を送ることで、高周波と低周波の双方の利点が活用できると考え検討を行った。その結果、指向性は、変調がない場合と比較して $32^\circ$ 広がることを明らかにした。

今後は、距離に対する特性について検討を行う予定である。

### 4. 参考文献

[1] 上田拓矢, 根口純一, 應後剛, 織田武浩, 佐伯勝敏, 「カセグレン方式の反射鏡を用いた超音波センサの指向制御」, 電気学会電子回路研究会, ECT-17-039, pp.63-66, (2017)  
 [2] 谷腰「センサーの仕組み」, 電波新聞社, (2002)