

# 超音波センサの基本

超音波職人が語る、  
最低知っておいて欲しい事

## (1) 超音波とは？"超"が付くので高級なのか？

超音波と音波とは何が違うのか？超音波も音波ですが周波数(1秒間の振動数)が20KHZ(1秒間に20,000回振動する)を越える音波を超音波と呼んでいます。20KHZを越えると人の耳には聞こえない非可聴音域の音波です。なお可聴音域は20ヘルツから2万ヘルツで、超音波とは単に20KHZを超えてると言う意味だけで"超能力"とのイメージは有難いのですが残念ながらセンサの性能とは全く関係ありません。

## (2) 超音波センサとは？

何で超音波をセンサに使うのか？通常の音波も使えますが可聴音ですとまず、うるさいことと"聞こえる音"は世に溢れていて、音源がいたる所にあり誤動作の原因となり使いづらい点です。シュ音とかプシュ音などに超音波成分は含まれていますが、この自然界ではかなり限られていて少ないという利点があります。この超音波を一定周期で発生させ、発生時点からこの超音波が対象物にあたって還って来るまでの時間を計って対象物までの距離(=時間 音は1秒間に約330m進む)を測定するのが超音波センサです。対象物体が音波を吸収する綿とか新雪(夜中にシッシと降り積もった朝は、新雪に雑音が吸収されて静かさに包まれている)では音波が吸収され測定しづらくなります。超音波センサが唯一苦手とする被検知物体は黒色ではなく音波を吸収する材質(ビールの細かい泡・鉄鋼コイル側面のギザギザ等)です。

## (3) 超音波センサの原理とは？

私は登山で山頂に立つと大声で"ヤッホー"ではなく"アホー"と叫びます。少し遅れてお前が"アホー"やーと言返されます。いろんな位置で聳える山々に向かってこの"アホー"と叫んで、"アホー"と還って来るまでの時間を測ると山までの距離が大体判ります。2.5秒かかったとすると、音速(330m/秒) x 2.5S / 2 = 412m と判ります。同じ事を超音波センサも一定時間の周期で繰返し"アホー""アホー"と人様に聞こえぬ様にして測量を行なっている(音波の範囲に障害物が有るや否やを監視)とも言えます。

## (4) 原理をもう少し詳しく(OM8-5CNを例とする)

電圧をかけると振動して音波を発生(ピエゾ)し、同じ音波の反射波があたると電圧が発生(マイクロフォン)する部品を圧電素子(振動子)と呼んでいます。一つの振動子でピエゾとマイクロフォンの二役を懸命にこなしています(反射型超音波センサ)。電源電圧のDC12V or 24Vを昇圧回路を通じて80Vにして75KHZの振動子を振動させます。これが発振でマイクロフォンで最初に出す"ヤッホー"という大声に相当します。印可電圧が大きければ大きいほど(大声を出せば出すほど)遠くまで届きます。かけられる電圧は振動子の定格の範囲内となりますので限界があります。発振して音波が還って来るまでには時間がかかります。単純に5m距離ですと往復10mなので最低0.03秒(30mS)がかかります。最初の大声を出している時間とこの音波の往復時間、更に休憩時間(連続して大声を出し続けると疲れます、振動子も一緒です)をプラスして1周期を70mSとして設計しています。周期が短くぎりぎりだと"疲れ"とは別の深刻な"遅れ反射"の問題も派生します(詳細・対策は企業秘密なのだ)。

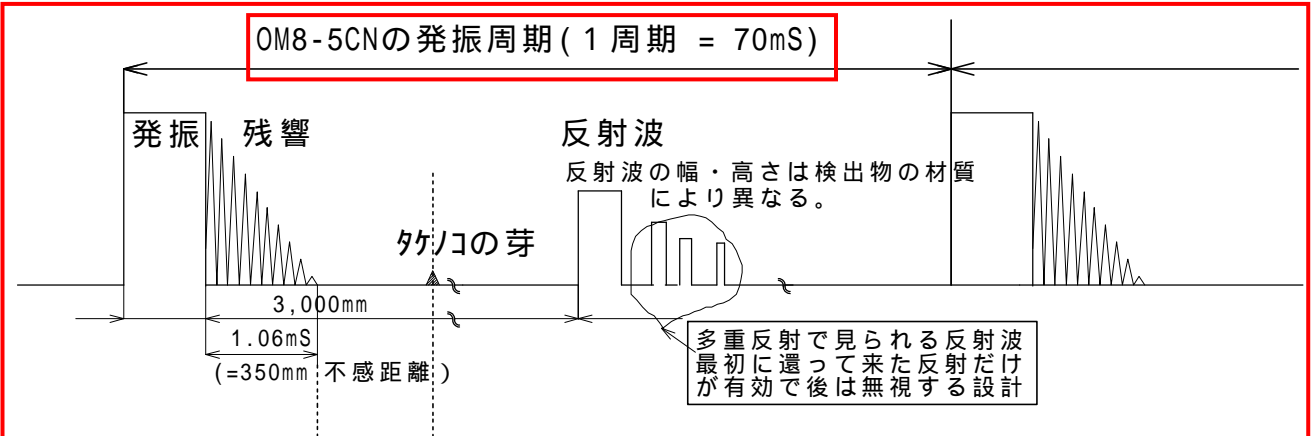
# 超音波センサの基本

超音波職人が語る、  
最低知っておいて欲しい事

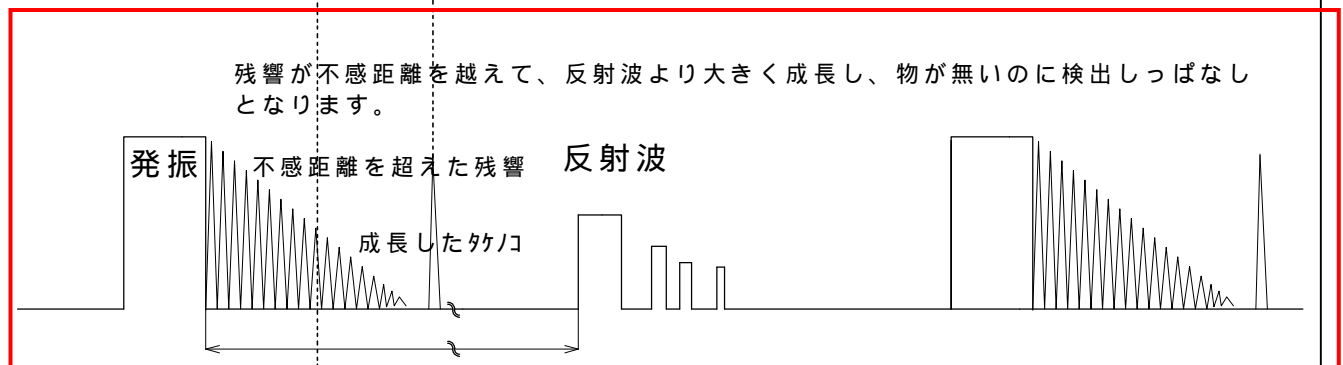
## (5) 不感帯と残響とタケノコ 少し難しいかも？

70ms毎の発振の様子をオシロスコープで見ると以下ようになります。

単純に言いますと"残響"とは文字どおり、"響き(びびき)が残る" だが、最初に出す大声をお寺の鐘に例えると、ゴーンと叩いた後にウーン・ウオンと響きが残りますが次第に消えていきます。大声を叫んだ直後(鐘を叩いた直後)にヤビコ(反射波)が還って来ても残響が大きいと聞こえません。従って設計上は振動子の残響時間を予め反射波が還って来ても無視する領域として設定します。この図では距離では最初の350mmで時間的には1.06msです。



残響にも色々あって、発振直後から段々と小さくなっていくのが一般的ですが振動子によっては下図のように突然、残響が収まる距離(=時間)の更に先に反射波より大きな形で出現する場合があります。波形がタケノコに似ているので社内ではタケノコと呼んでいます。もともと振動子の構造的な事に起因しているようで、このタケノコの"芽"は正常時にも窺え、同じ位置でウーンウーンとしています。外部環境条件(温度・湿度・筐体の音響条件)に依ってはタケノコの様大きく成長し返波信号の様に振る舞い検知対象物が無いのに"在る"と判断します(誤動作)。抜本的な対策は、タケノコの芽を潰す、不感距離をさらに延ばして削除する方法が最良・唯一の方法と考えます。幸い、OM8タイプ<sup>o</sup>の75KHZ振動子は構造的な問題が無いせいか、タケノコ対策を打つ必要はありません。話は変わりますが、発振された音波はいろんな所にあたり、多様な形で多数還って来ています。しかし、センサは一番速く還ってきた音波だけに反応し、後の反射波はすべて無視します。



タケノコが成長してしまうと検知対象物が在ろうが無かろうがタケノコのある距離で(大体不感距離のちょっと先)検出しばなしとなります。通常、"ロックする" "ロック現象"と呼ばれていますが、原因は殆どこのタケノコさんです。

# 超音波センサの基本

超音波職人が語る、  
最低知っておいて欲しい事

## (6) 測定原理をさらに詳しく二回一致方式とは？

70mS毎に75kHzの超音波を発振して5m以内に(監視範囲は1.2mから最大5m迄調整可能です)物体の有無を監視してありますが、物・障害物がある場合は念の為に2周期連続して音波が還って来て始めて"物が在る"という信号を出します。検知物が無くなる場合も同じ様に2回連続して外れて始めて出力オフとなるよう設計されています。従って出力のオンオフには2周期必要なので応答時間としては測定周期の二倍、 $70\text{mS} \times 2\text{周期} = 140\text{mS}$ となります。二回一致方式と呼ばれていますが外来の単発ノイズ対策としても有効です。1秒間に7回、最大5m距離と最大約1m幅の監視範囲内に物体・人の有無を判別して出力の体制を取っていると云えます。

## (7) 相互干渉とは？誤動作の原因 ノイズ

ノイズには電源ノイズと外来ノイズがあるとされています。電源ノイズはまさに質の良くないバッテリーやスイッチング電源などに見られ長いヒゲ状のノイズとして誤動作の原因となります。一方、外来ノイズは超音波センサの場合は、センサ設置環境周辺に同等の周波数を持った音源がある場合、センサがそれをキャッチして自分の発した音波の反射波と勘違いして信号を出し"物が無いのに在り"との間違った判断をする原因となります。この場合は音源を無くすか隠蔽すれば解決が着きます。偶然、飛び込んで来た外部からの単発ノイズは二回一致方式で排除されます。

問題は同じ周波数のセンサどうしが向い合ったり、隣接して設置された場合で対向するセンサ、又は隣のセンサが発した音波を自分で捉えて出力する場合があります。

相互干渉・ghost・混信と呼ばれる現象で干渉も一種の外来ノイズです。OM8が隣接する場合は2m以上離す(検知物体との距離が3mの場合)と干渉は避けられます。もしくは同期線を互いに接続する事でシンクノイズし2個の別個のセンサをあたかも1個のセンサとして使う方法もあります(出力は独立して個々に出せます)。

"同期"の意味は先のヤマビコ例で言いますと山頂で横に並んだ二人が声を揃えてそれぞれの好きな山に向けて"ヤッホー"なり"アホー"のどちらかを同時に叫ぶこととに例えられます。互いが叫ぶ声も聞けて時差で戻って還ってくるヤマビコも聞けます。対向・隣接して取付ける場合は片方は周波数の異なる超音波センサを使う方法もあります。相互干渉は超音波センサ独自の現象ですが、どうにでも対策は打てます。

## (7) "CN"タイプで採用しているフェールセーフ方式とは？

"CN"タイプの出力モードはN.C.(ノーマリ・クローズ)と呼ばれるものです。通常(非検知状態)トランジスタが切(LEDもトランジスタに連動してTr切の時に点灯)ですが、物体検知時にはトランジスタ出力が切となる(LEDは消灯)モード(様式)です。

このN.C.モードの特徴は特に車輛にセンサを取付け障害物検知に使用される場合に有効性を発揮します。例えばセンサ自体が何かにぶつかって壊れた場合、もしくは電源線が断線した場合等はトランジスタは切状態となり、"障害物が在る"との判断で車輛も停止となり、"安全方向(フェールセーフ)"の出力となります。

踏切りでの"尻抜け検知"ではセンサが何かにぶつかり壊れた場合、又は誰かがイタズラでセンサを壊した場合、又は電源が何等かの原因でシャットダウンした場合にはトランジスタは切状態となり、"電車が在る"との判断になります。

以上です。

オーミック電子株式会社 代表取締役 神谷康広