

水底観測システムの試作および水底の三次元観測 一 探触子法による水深測定とExcelを用いた三次元表示

沖縄ポリテクカレッジ
(沖縄職業能力開発大学校)

仲田 善計・小波津 諒
石本 直幸

1. はじめに

地球表面積の70%を占有する海洋では相応の確率で事故、災害が起こる。2004年末にはスマトラ沖大地震、津波による被災状況を報じた映像が世界中を駆けめぐった。このような事故、災害後は、海中、海底作業およびサルヴェージ等を伴うことが考えられる。しかし、海中、水底の作業は陸上とは全く環境が異なるため、様々な危険を伴う。そこで、海中、海底での安全作業を目的として、その様子を事前に把握しておくことが重要である。我々は超音波を利用し⁽¹⁾、簡易な水底観測システムを検討した。90×45×45 [cm] の水槽を海に見立て、この水槽の底を海底に見立て、試作機の検討、作製した結果を本報により報告する。本報における水底観測とは、水面から水底間の距離測定、および水底描画と定義する。

2. 試作機

図1に試作機の全体を示す。水槽上部にX軸およびZ軸方向の2台のボールねじを垂直に交差させ、Z軸方向の台座に振動子を固定し、X-Z方向への振動子移動を可能とした。また、本試作機は一探触子法を採用し、同一振動子で超音波の送受信を行い振動子直下の水深を測定し、三次元表示に必要なデータ収集を可能とした。7セグメントLEDには振動子から水底までの距離を表示する。振動子は5 [mm]程度水に浸し、水中へ超音波を射出可能な状態とす

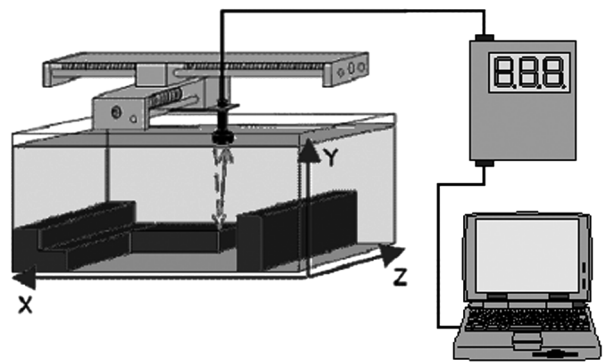


図1 試作機概略図

る。また、本試作機の測定可能範囲は、ボールねじのサイズおよび水槽の最大水深から70×40×20 (X×Y×Z) [cm] となる。

3. 水底観測システムの構成

図2にシステム構成図を示す。本システムは①超音波送信ユニット、②超音波送受信切替回路、③超音波受信ユニット、④描画システムユニットにより構成している。①超音波送信ユニットはタイミングパルス回路、共振周波数発振回路、ドライブ回路によって構成しており、このユニットで形成した信号は水中モールド型振動子（以下、振動子という）へ入力される。振動子を用いた水底観測は一般的に二探触子法⁽²⁾、一探触子法⁽²⁾との2種類があり、魚群探知機や測探機等に使用されている。図3-(a)に、二探触子法の原理を示す。この測定法は、超音波を水底に向け射出する振動子と、水底からの反射波を受信する振動子とを2本別々に利用することに

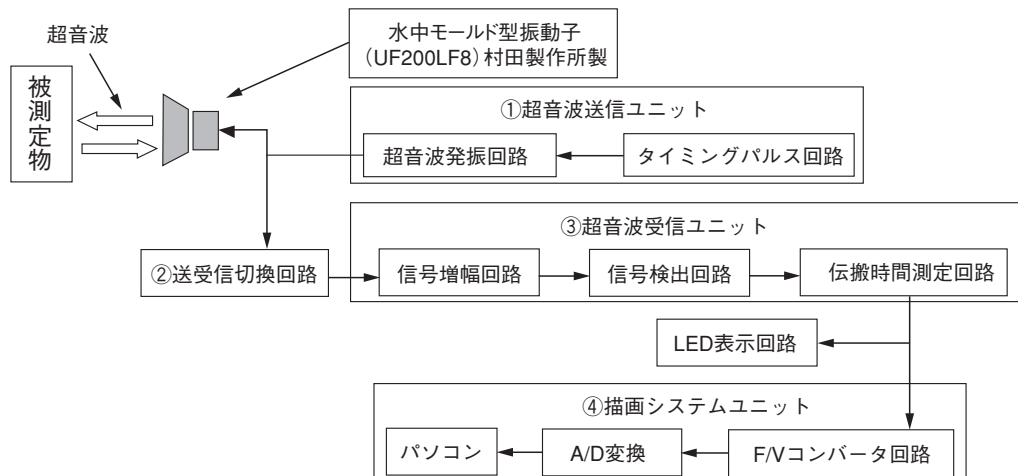


図2 システム構成図

より送受信する。距離算出は超音波の射出から反射波受信までの時間 T [s] と、水中での音の伝搬速度 V [m/s] の積によって算出する。図3-(b)に一探触子法の原理を示す。一探触子法とは超音波の射出、受信を同一の振動子を利用する測定法である。距離算出は二探触子法と同様の方法で算出する。本試作機は一探触子法を利用し、水底観測を可能とする装置を試作した。②超音波送受信切換回路は混在した送受信信号から受信信号のみを検出し、次段回路へ入力する。③超音波受信ユニットは超音波増幅回路、超音波信号検出回路、超音波伝搬時間形成回路により構成されており、距離測定に必要な伝搬時間を形成する。④描画システムユニットはF/Vコンバータ回路、A/D変換カード、パソコンおよびLED表示回路から構成されている。このユニットは計測された伝搬時間信号を用いてLED表示、およびVisual Basic (ビジュアルベーシック) を利用し二次元表示を行った。この二次元表示データを複数得ることにより、汎用表計算ソフトであるExcelの機能を利用し、三次元表示を可能とした。以下に各ユニットの詳細を示す。

① 超音波送信ユニット

図4に超音波送信ユニットの内部回路を示す。TP (タイミングパルス) 回路はタイマIC (NE555) を用いてタイミングパルスを形成し、抵抗値を変化させることで周波数を容易に決定することができる。こ

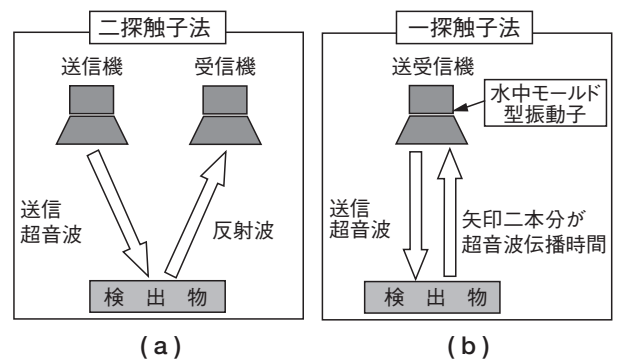


図3 二探触子法と一探触子法

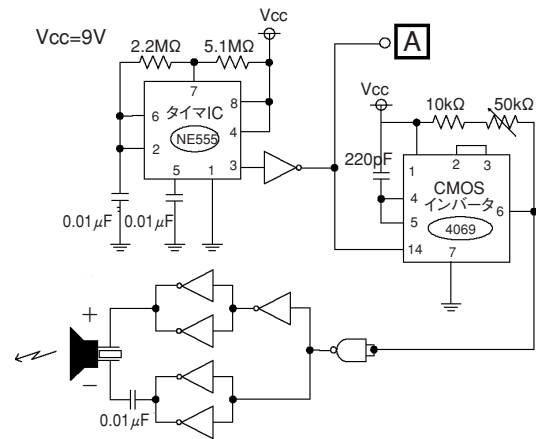


図4 超音波送信ユニット

のタイミングパルスは超音波が射出される超音波送信時間 (H) と、反射波信号を受信するためのサンプリング時間 (L) の2つに分けられる。試作機は観測対象として $90 \times 45 \times 45$ [cm] の水槽を利用したためサンプリング周期を短時間とした。次に共振周波数発振回路について示す。この共振回路は図5に示

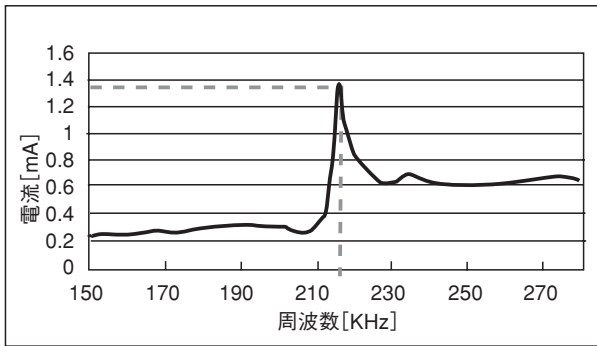


図5 水中モード型振動子の共振周波数と出力の関係

す特性を持った水中モード型振動子の駆動を目的としている。この振動子は逆圧電効果⁽³⁾を原理としており、214 [kHz] 付近が共振周波数となり、最大出力を示す。この振動子からの超音波射出は、タイミングパルスがアクティブ時に行われる。また振動子入力はコンデンサ、デジタルICを用いたドライブ回路により $-9 \sim +9$ [V]の電圧を形成し入力した。

② 送受信切換回路

図6に送受信切換回路を示す。この回路は汎用トランジスタを用いており、コレクタ部は超音波射出パルスと受信信号の2種類の信号が端子共有している。スイッチングを利用し、前述した受信信号のみをエミッタへ出力する。スイッチングには超音波射出タイミングパルスを反転させた信号を利用することで、超音波射出時はトランジスタをOFFとし、超音波射出後はトランジスタをONする。したがって、射出後に水底からの反射波を常時受信することが可能となる。しかし、トランジスタがOFF状態の時でもコレクタに印加される超音波射出パルスによってエミッタに微小の信号(ノイズ)が現れ、システムの誤動作を起こす可能性がある。そこでノイズを除去する目的で、③超音波受信ユニット内(図7)のコンパレータ(LM358)によりバッファする。

③ 超音波受信ユニット

図7に超音波受信ユニット回路を示す。送受信切換回路の出力信号をOPアンプで約130倍に増幅し、ショットキーバリアダイオードで検波する。検波後、コンパレータ(-)端子へ入力される受信信号には、超音波射出用パルスの影響によるノイズ信号も含ま

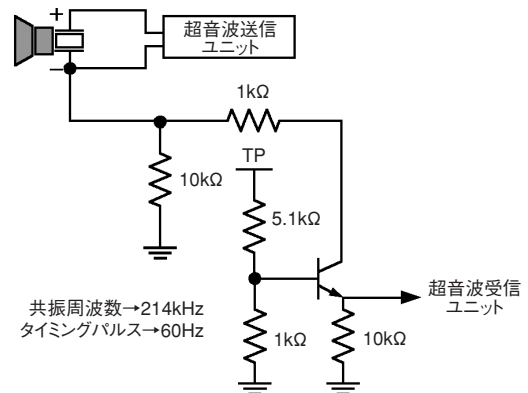


図6 送受信切換回路

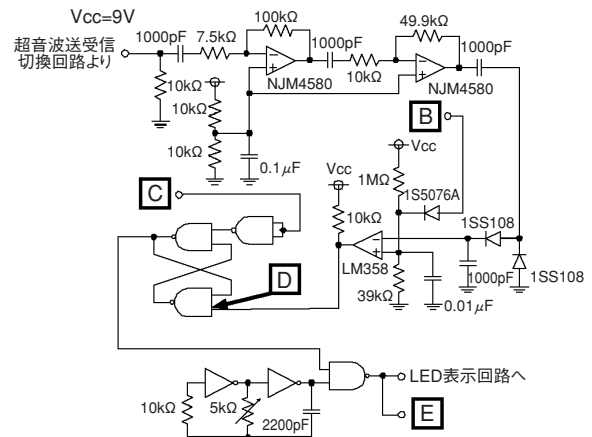


図7 超音波受信ユニット

れる。②超音波送信ユニットで形成したタイミングパルスをA端子(図4)よりB端子に入力し、約0.34 [V] バイアスした電圧を、比較回路の基準電圧とすることでノイズに影響されずバッファすることが可能となった。コンパレータ出力は受信信号が基準電圧を超える瞬間に立ち下がる。これは振動子が伝搬時間差をもって反射波を捕捉したことを意味しており、振動子直下の深さの変化に伴った伝搬時間の変化する様子がオシロスコープにより確認できた。次にこの信号をSR-FF回路のD端子へ入力し、A端子よりタイミングパルスをC端子へ入力する。その結果、振動子が超音波を射出し、反射波をとらえるまでの時間をパルスとして出力側に形成する。この伝搬時間に比例したパルス数を発振回路で形成しLED表示回路、E端子へ出力する。

④ 描画システムユニット

図8に描画システムユニットを示す。F端子には、E端子(図7)より出力されたパルスが入力される。

振動子から水底までの距離変化は超音波受信ユニットで測定された超音波の伝搬時間に反映する。すなわち、深い測定地点の場合は伝搬時間が長くなり、浅い測定地点の場合は伝搬時間が短くなる。よって、E端子より出力されるパルス数も伝搬時間によって増加、または減少する。F端子に入力したパルスはF/Vコンバータ回路によって直流電圧へと変換する。入力パルス数と出力電圧は比例則があるため、パソコンでの処理が容易である。F/Vコンバータの出力をA/D変換カード(5054B)で、0~5[V]をバイナリ12bitのデジタル信号に変換しパソコンで処理する。図9にVisual Basicの操作Formを示す。Formの[→] (右計測ボタン) をクリックすると、水槽のX軸を左から右へ二次元的な水底観測を行う。観測されたデータをFormの左側に表示し、実際の水底と目視確認できるようにした。二次元表示データはExcelのA1~A92まで順次入力し、右計測を終えるとZ軸へ振動子を移動する。その後、同様に二次元観測を行い三次元表示に必要なデータをExcelへ保存する。このデータによりExcelで等高線グラフを作成し、三次元表示を可能とした。実際の測定対象である水底を図10に示す。この水底を本試作機により観

測し、作成した三次元表示を図11に示す。

4. まとめ

トランジスタを利用した送受信切替回路により一探触子法が可能となった。また、水面から水底までの距離である水深データを汎用表計算ソフトExcelで処理することにより、水底の三次元表示化が可能となった。今後の課題として、パソコン上から振動子の移動、振動子による水深の測定およびその水深データを基とした水底の三次元表示等、試作機による水底観測の完全自動化を検討する。

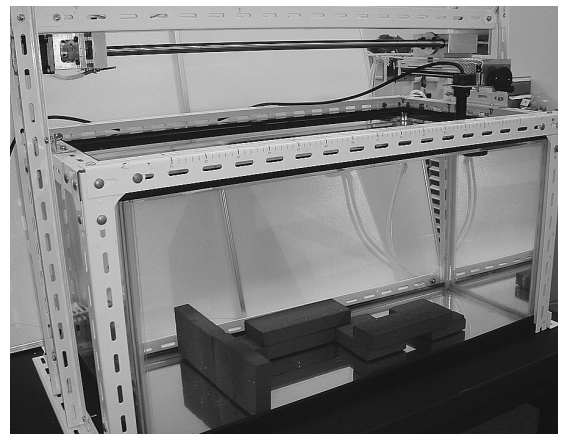


図10 水底観測を行った水槽の様

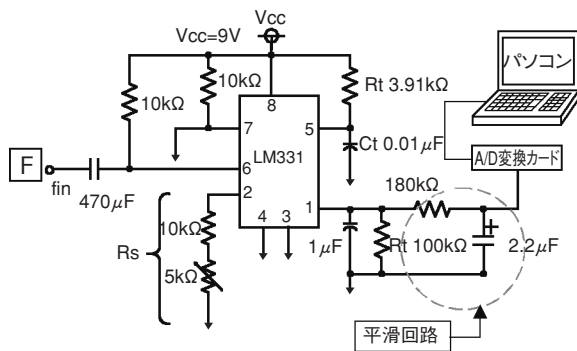


図8 描画システムユニット

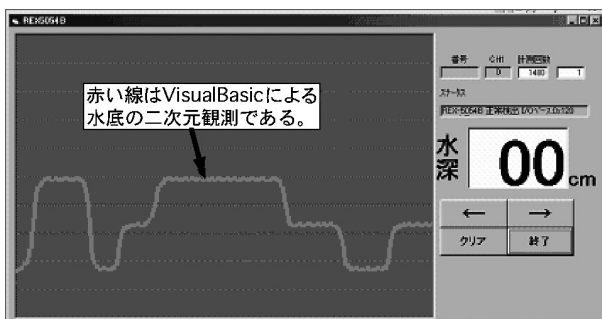


図9 Visual Basicの操作Form

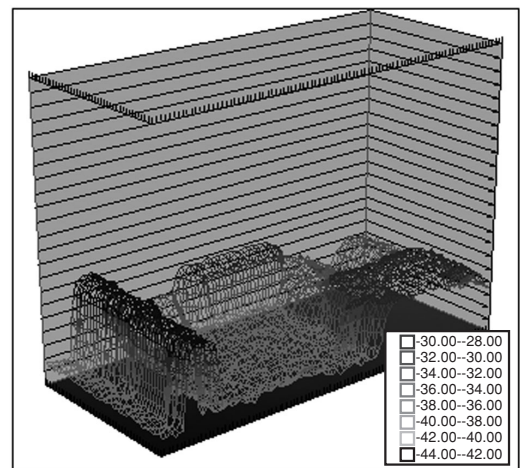


図11 Excelを用いた三次元表示

<参考文献>

- (1) 丹波登：『超音波計測』，株式会社昭晃堂，pp.1-2
- (2) 坂田亮：『超音波と材料』，株式会社裳華房，pp.46-47
- (3) 超音波便覧編集委員会：『超音波便覧』，株式会社丸善，P.579