海底地震計の設置・回収用超音波位置検知遠融制御装置

著者	江口 孝雄, 藤縄 幸雄, 佐藤 弘
雑誌名	国立防災科学技術センター 研究報告
巻	33
ページ	69-76
発行年	1984-11
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00000911

550.34：681

海底地震計の設置・回収用超音波位置検知遠隔制御装置

江口孝雄*・藤縄幸雄*

国立防災科学技術センター

佐藤　弘

日油技研工業株式会社

Acoustic Locating and Controlling System for the Deployment and Recovery of OBS

By

Takao Eguchi and Yukio Fujinawa

National Research Center for Disaster Prevention, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki-ken, 305 Japan

And

Hiroshi Sato

Nichiyu Giken Kogyo Co. Ltd., Japan

Abstract

We developed a new type of acoustic locating and controlling system for the deployment and recovery of the Ocean Bottom Seismometer (OBS). Using this system, it is possible to identify the particular OBS up to 7,000 m distance, to determine its location on the sea bottom and/or send OBS control commands such as switching-off the cramp of geophones and releasing the pressure vessel from its anchor.

Locating of the OBS is carried out by measuring the distance between the research vessel and the OBS as well as the azimuthal direction and incidence angles of acoustic signal waves emitted from the OBS.

The accuracy of distance and direction measurement is less than ±100 m and ±5°, respectively. This system makes it possible to reduce greatly the operating time for the deployment and recovery of the OBS.

* 第2研究部地殻変動研究室

1. 序

プレート沈み込み帯で発生する大地震の予知研究に有効な資料を得るためには，海底地震計を用いて繰り返し微小地震活動を観測する必要がある．この目的で，国立防災センターは自己浮上式海底地震計（Pop-up type Ocean Bottom Seismomter，以下OBSと略称する）を開発し，数度の海域観測を実施してきた．OBSの布設・回収作業は海洋観測船を使用して行うが，時間的にはかなり制約を受ける．そこで，観測船からの投下後，海底に設置されたOBSの位置決定と制御を迅速かつ正確に行い，さらに，一定期間の観測後，OBSの回収のために用いる「超音波位置検知遠隔制御装置」を開発・製造した．

ＯＢＳ等の設置・回収作業用として使用してきた従来型の超音波機器と比較して，本装置は作業に要する時間を飛躍的に短縮させることが可能である．ＯＢＳの設置回収作業の中で超音波機器が果す主な機能は，以下の通りである．

〔設置時〕

1）観測船から投下したＯＢＳを追跡し，着底を確認する．

2）着底点の位置を決定する．

3）ＯＢＳ内の換振器の耐衝撃用クランプのＯＦＦを指示する．

〔回収時〕

1）回収しようとするＯＢＳを呼び出し，その着底位置を再確認する．

2）換振器のクランプON，および，アンカー切離しを指示する．

3）海底から自己浮上したOBSを追跡し，海面浮上点を推定する．

従来型の装置では，OBSの位置計測上必要なデータとして，OBSと観測船との距離データを提供するのみであった．従って，従来型の装置では，OBSを取り囲な3点（又はそれ以上）に観測船を移動させ，各点においてOBSとの距離計測を行い，最小自乗法を用いてOBSの着底点を推定しなければならない．これらの作業に伴う観測船の移動と距離計測に要する時間は相当のものとなる．

深さ数1,000ｍの海底にOBSを設置・回収する時間を短縮し，OBSの正確な位置検知を行う目的で開発した本装置は，距離計測に加えて，方位角，および，垂直角の計測が行える．従来型の装置を用いて1点のみの距離計測を行っただけでは，観測船を中心として得られた距離値を半径に持つ球面上の何処にOBSが存在するかは決定不能であったが，本装置を用いると，1回の計測のみでOBSの位置が球面上の1点に求められる．これ迄にも，観測船からみた海底機器の方位角と垂直角を計測する製品があった（日油技研工業（株））が，使用可能な距離は最大2,000ｍと短く，OBS用としては不向きであった．

本論文中の位置検知とは，距離計測，および，方位角・垂直角計測により，海中側の超音波音源（OBS）の位置を，観測船からみた3次元空間の一点に決めることである．なお，

OBS の位置検知に際しては，検知された位置を，緯度，経度，深度で表現するために，観測船の船位をできるだけ正確に決めておく必要がある．（船位決定には，ロランL，デッカ，NNSS などが用いられる．）

2. 構　成

本装置の主な構成品は，(1)音響制御ユニット，(2)位置検知・表示ユニット，(3)制御用及び位置検知用トランスジューサ，(4)コンパス・傾斜計（位置検知用トランスジューサーの姿勢検知に使う），(5)ペンレコーダ，(6)プリンターである．本装置のブロック図をFig. 1 a，b に示す．構成品(1)および(2)，(5)，(6)はラックを用いて船室内に固定するか，或いは，作業用の机に各構成品毎に固定する．超音波送信，応答信号受信時には，(3)と(4)は船側からつり下げる．以下で各構成品の機能を解説する．

3. 構成品の機能

3.1　音響制御ユニット

本ユニットは，OBSの設置・回収作業に伴う，①海中側の OBS の呼び出し・号機識別(

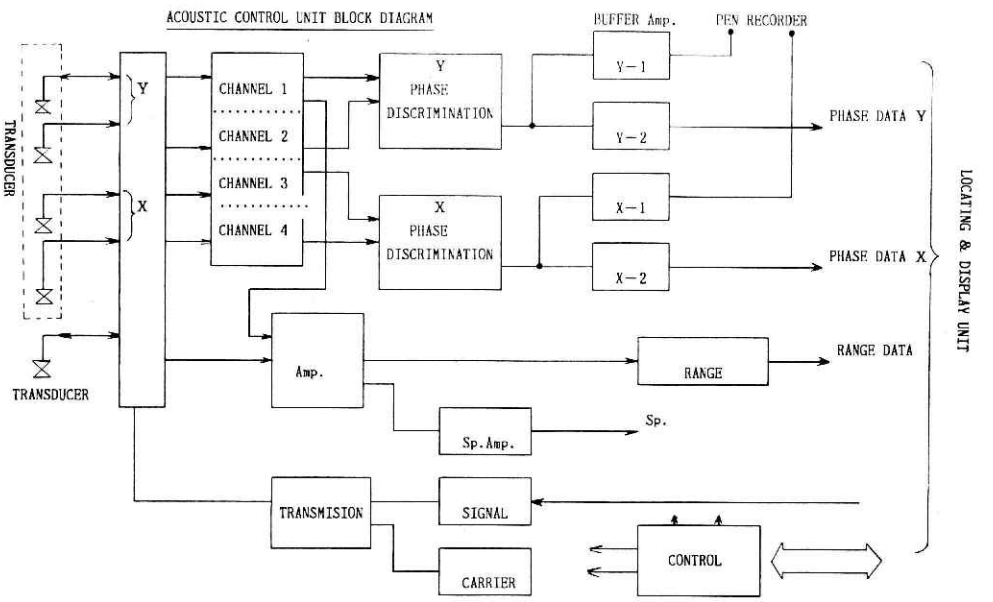


図1(a)　超音波位置検知遠隔制御装置のブロック図．音響制御ユニット．

Fig. 1 (a)　The block diagram of the 'Acoustic Locating and Controlling System'. Acoustic Control unit.

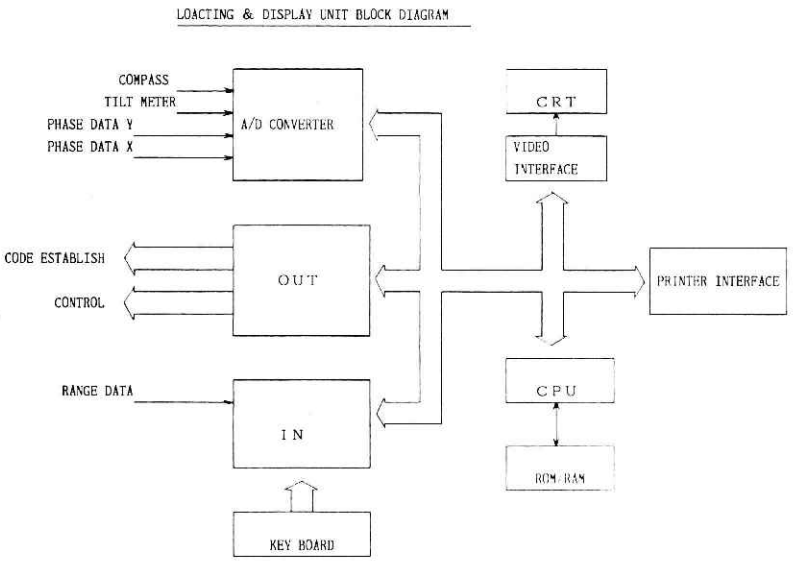


図1(b)　超音波位置検知遠隔制御装置のブロック図．位置検知・表示ユニット．

Fig. 1 (b)　The block diagram of the 'Acoustic Locating and Controlling System'. Locating & Display unit.

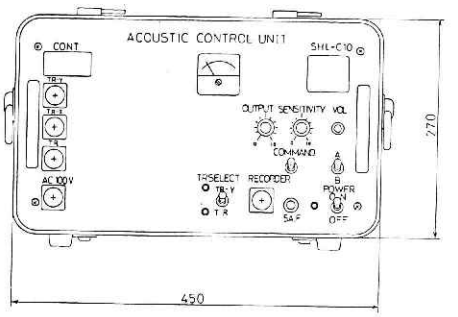
最大24台まで），および，②位置検知（距離，方位角，垂直角），③換振器のクランプのOFF（コマンドA），④クランプONとOBS アンカー切離し（コマンドB）という4種の制御に必要な超音波指令送信・応答信号受信を行う（Fig. 1a，Fig. 2a）．これらの送受信は，FM変調を用いてコード化された約10KHzの超音波により，制御用，あるいは，位置検知用トランスジューサを介して行われる．超音波送信出力は，最大50Wである．信号到達距離は，目標値として10km以上となっている．

上記4種の制御の中で，①および②の操作は次に述べる位置検知・表示ユニットパネルで実施する．そのために，本ユニットで検波された受信信号のうち，制御項目①および②用のものは演算部ユニットへ出力する．送受信信号のモニターは，ペンレコーダに検波信号を出力するか，あるいは，内蔵スピーカーで可聴周波数帯成分を聞くことにより行える．

3.2　位置検知・表示ユニット

音響制御ユニットから送られる信号を用いて，①海中側のOBSの呼び出し・号機識別を行い，さらに，②位置検置用受信信号を用いてOBSの位置を算出するのが本ユニットの主な機能である（Fig. 1b，Fig. 2b）．制御項目①は，これ迄の超音波検知装置でも行われているものなので，解説を省略する．以下では，制御項目②について解説する．

まず，観測船の舷側に取付けられた位置検知用トランスジューサで受信した，OBSからの



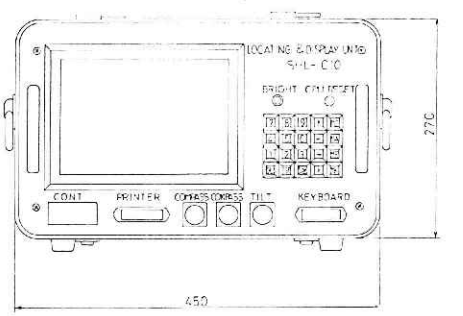


図2　a）音響制御ユニット（正面図）．　b）位置検知・表示ユニット（正面図）．

Fig. 2　a) Acoustic Control unit (front view).　b) Locating & Display unit (front view).

位置検知用超音波応答パルスの位相差を検出することにより，パルスの到来方位角〔θ_H(O)，北から時計廻りの角度〕，および，垂直角〔θ_V（O），鉛直下方からの角度〕が計算される．同時に，OBS 迄の距離（L）もパルス伝播時間差から算出される．ここで，θ_H（O）と θ_V（O）は，位置検知用トランスジューサーからみた値であり，観測船に固定された座標系に対する値ではない．従って，位置検知用トランスジューサーには，コンパスおよび（2個の）傾斜計が付いている．これらの姿勢検出器により，位置検知時のトランスジューサーの方位角（θ_H（S）〕と鉛直下方からの傾斜角〔θ_{V1}（ピッチング角）；θ_{V2}（ローリング角）〕のデータが得られる．これらのデータを用いて，風や波浪等に起因するトランスジューサの動揺を補正する．補正して得られた OBS の方位角 θ_H(C)と垂直角 θ_V(C) を用いると，OBSの深度（h），および，直距離（L）を水平面に投影した水平距離（D）が計算される（Fig. 3参照）．本ユニットは，これらの演算用にマイクロプロセッサ 80 ZB（16ビット）を使用している．計算された OBS の位置データは，9インチ CRT ディスプレイ上に表示さ

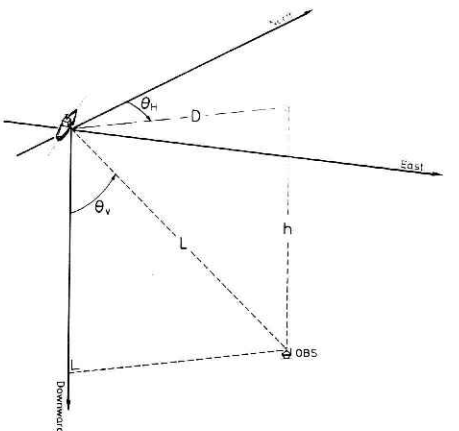


図3　観測船からみた海底地震計の位置を表わすパラメータの定義（θ_H：水平角，θ_V：垂直角，L：直距離，D：水平距離，h：深度）．

Fig. 3　The definition of location parameters, indicating the **OBS** (Ocean Bottom Seismometer) position with respect to the research vessel [θ_H: azimuthal angle, θ_V: vertical angle, L: direct distance, D: horizontal range, h: vertical distance].

れ（Fig. 2 b），同時にプリンターに出力される．CRT 上での表示は，角度表示，および，距離表示A（レンジは 20m，100m，200m，1km，2km，5km の何れかが選択可能），距離表示B（レンジはフリーに設定される）の各モードが可能である．CRT 上での表示例を Fig. 4 に示した．位置検知範囲は（海中側 OBS のトランスジューサーの性能にもよるが），

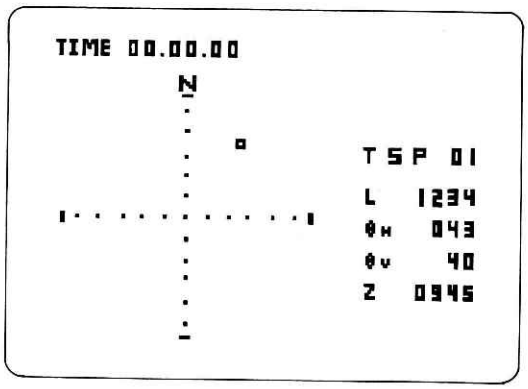


図4　位置検知・表示ユニット上でのＯＢＳ位置表示例（ここでは深度ｈがｚとなっている）．

Fig. 4　An example of displayed positions of the DBS. (Here, the vertical distance 'h' is presented as 'Z' instead of 'h').

距離が 7,000 m以上，方位角が 0°～ 360°，垂直角が 0°～ 60° となっており，総合的な位置検知精度は，各々，± 100 m以内，± 5°以内，± 5° 以内を目標としている．

本ユニットで得られる OBS の位置は観測船に対する相対位置である．位置検知時の船位データをキーボード（5 × 4 キー）により入力すると，プリンターに記録され，OBS の位置（緯度，および，経度，深度）決定に使用される．キーボードでは，この他，気温，気圧，風速海流等のデータを入力することができる．

3.3　制御用及び位置検知用トランスジューサー

制制御用トランスジューサー，および，位置検知用トランスジューサーには，各々，1個，2 × 2個のジルコンチタン酸鉛系の円筒型磁気振動子が入っている．

何れのトランスジューサーを用いても，OBS の呼び出し，識別，距離計測，換振器のクランプ ON/OFF，アンカー切離し用の超音波送受信が行える．さらに，位置検知の際には，位置検知用トランスジューサーは，距離（L）計測に加えて，方位角〔θ_H (O)〕と垂直角〔θ_V (O)〕検知も行えるように，互いに直交する水平2方向に向いた，2本のトランスジューサー（振動子は各々に2個ずつ入っている）で構成されている．2本のトランスジューサーの間隔は，超音波の反射・屈折の影響ができるだけ少なくなるよう経験的に決めている．また，船や海面からの反射波の影響を軽減化するため，トランスジューサーの上部には，吸音材（コルク・ゴム）を付けた．トランスジューサーの取付けには専用の取付具を用いる．

3.4　コンパス・傾斜計

コンパス（1個）と傾斜計（2個）は，ともに，位置検知用トランスジューサーの上部に取付けられており，その向きを検知する役目を果す．位置検知時には，観測船から吊り下げられた位置検知用トランスジューサーの動揺を補正するためのデータを位置検知・表示ユニットへ送る．傾斜角は，ピッチング角（θ_{V1}）とローリング角（θ_{V2}）の2種が出力される．方位角（θ_{H2}）を計測するコンパスと傾斜角（θ_{V1}，θ_{V2}）を計測する傾斜計の検知範囲は，$0 \leq \theta_{H2} \leq 360°$，$-45° \leq \theta_{V1}$，$\theta_{V2} \leq +45°$ であり，単体としての精度は共に±1° 以内である．信号は，何れも0～1VのDC電圧により出力される．また，これ等のセンサーの追随周波数は，1Hz 以上であり，船の動揺や波浪による動揺には，実質上十分追随すると考えられる．

3.5　印字記録装置（信州精器，MP－80Ⅲ），ペンレコーダー（三栄測器，レクチホリ－8K－21）

印字記録装置は1行最大80文字印字可能であり，識別されたOBSの号機番号，観測船からみたOBSの相対的な位置検知データ（L，θ_H（C），θ_V（C））とそれらの補正に用いたコンパス・傾斜計のデータ（θ_{H2}；θ_{V1}，θ_{V2}）に加えて，OBSと観測船間の水平距離（D）とOBSの深度（h）を記録することができる．また，演算部ユニットに連結したキーボートより入力された風速，風向，気温，海流，船位等のデータをプリント・アウトする．

ペンレコーダは，OBSの呼び出し，識別，位置検知コマンドA・Bの超音波交信に際して，トランスジューサーで送受信される信号波形を記録し，超音波伝播状況や信号レベルをモニターするためのものである．

3.6　ラック

上記構成品のうち，音響制御ユニット，位置検知・表示ユニット，印字記録装置を収納するためのものである．（これらの構成品はラックがなくても，専用ケースに入れて使用することが可能である．）ラックには防振用のゴムマットが付いており，船のエンジンや波浪による振動・衝撃を緩和させる働きをする．

なお，上記各構成品は電源電圧 AC100V/210V（50Hz/60Hz）±20Vで使用できる．又，使用可能な周囲条件は，0～45°C，相対湿度85％以下と設定してある．本装置は海域で使用するために，防湿，防温，防錆処置を施してある．

本装置は，科学技術庁，科学技術振興調整費「インド洋・太平洋プレート境界海域における島弧・海溝系の地質構造に関する調査研究」により製作したものである．

4. 謝　　辞

本装置の製造後の海域評価試験の際に，当センター平塚支所，東海大学丸Ⅱ世の乗組員等の方々に大変世話になった．又，海洋技術研（株）の村上英幸氏にもいろいろ御世話になった．ここに，謝意を表する．

（1984年6月8日　原稿受理）