

7. 音響切離し方式海底地震計 (ERI-AR81 型)

地震研究所 { 南雲昭三郎
 { 笠原順三
 { 是沢定之
日油技研工業株式会社 村上英幸

(昭和57年2月16日受理)

1. はじめに

地震研究所型自己浮上式海底地震計 (ERI-P79 型) (笠原ほか, 1979) に音響切離し装置を付け加えたので, それを報告する. 海底地震計に音響切離し装置を付加することは新しいことではなく, すでに十数年前 テキサス・インストルメント 社の大型の海底地震計 (ARNETT and NEWHOUSE, 1965) にとりつけられており, 最近のアメリカ・ヨーロッパの小型の海底地震計のいくつか (PROTHERO, 1977; LATHAM *et al.*, 1978; LANGFORD and WHITMARSH, 1977; AVEDIK and RENARD, 1978) にも, 科学技術庁の海底地震計 (藤縄幸雄, 1981, 鈴木幹男ほか, 1981) にもすでについている. 海洋物理分野における流速測定には, その係留系にかなり前から音響切離し方式が用いられている. このように深海における音響切離し方式は新しいものではなく, 私達の海底地震計にも一日もはやくその装置を付け加えたかった所, 幸い文部省科学研究費補助金の交付を受けることができ, それを実施することができた. 従来, 海底地震計のアンカー切離しはタイマー式であったが, この方式の欠点は, 設置時に浮上時刻をあらかじめ指定しなければならないことである. このことは観測船の運航日程に大きな制約を加えるので, 観測船の便宜が得られる機会が著しく制限されていた. これに対し, 音響切離し方式では好きな時に回収できるので観測船の運航日程に自由度が増し, 運航計画に取り入れられ易くなって来るという長所がある.

2. 特徴と仕様

開発に当って, 次の諸点について工夫をこらした.

(1) 先づ今迄使っている海底地震計 ERI-P79 型の取扱簡便さを損なわないように音響切離し装置の小型化をはかった. 既存のものは大型過ぎて, そのままでは使えなかった. しかし, 超音波制御性能は小型化に際して低下させることはしなかった.

(2) 水中における姿勢のバランスをとるために受波子と符号解説, 応答励振などの電気回路部分を分離し, それぞれ別の耐圧容器に収め, 海底地震計の両側にかかえるように取付けた (Fig. 1).

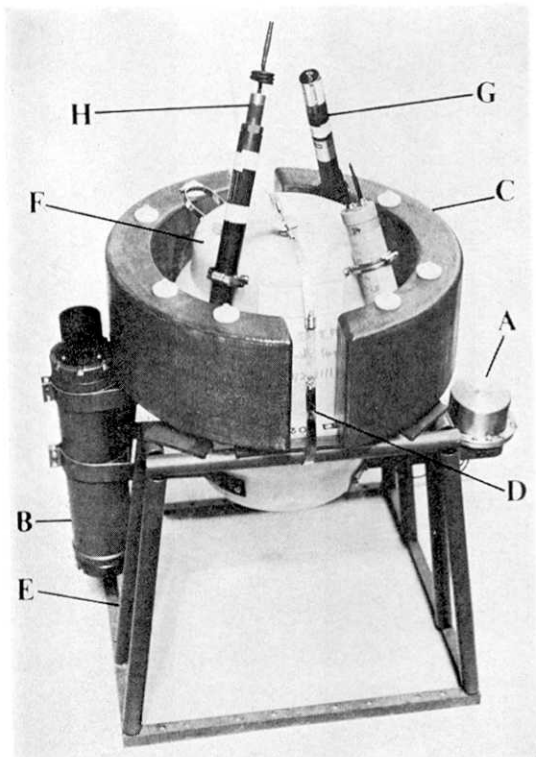


Fig. 1. Acoustic release-pop up OBS (Ocean-Bottom Seismometer), Type ERI-AR81. An acoustic release device is attached. A: Transducer, B: Transponder pressure vessel, C: Float, D: Stainless-steel belt for fastening to the anchor frame, E: Anchor frame, F: Main body (hard cover containing a glass-sphere pressure vessel inside), G: Flasher, H: Transmitter.

る。搬送波は 7~24 Hz にて FM 変調され、1 台の船上装置で最大 8 チャンネル迄トランスポンダを制御しうる。超音波制御モードには 3 通りあり、(i) 呼出し応答：海底地震計の存否を尋ねるもの、(ii) 距離測定：海底地震計と船との直距離を測定するもの、(iii) 切離し指令：海底地震計のアンカー切離し機構を作動させるもの、である。海中側のトランスポンダでは、受波子からの信号は前置増幅され、局部発振にて混合の後、帯域フィルタにより高・低周波数に分離され、検波・コンパレータにて整形の後制御モードの解読に入る。帯域フィルタによって呼出し信号・切離し指令信号が分離され、信号判定回路に入る。判定がパスすれば応答信号が出力される。Fig. 7 に以上のブロックダイアグラムを示す。

呼出し信号をうけた時は応答信号として 2 秒毎に 16 ケのパルスを送信する。距離測定信号を受けた時は受信に同期してパルスを 1 ケ送信する。切離し指令を受けた時は切離し機

(3) 音響切離し装置に対する浮力の追加が必要となったが、これは、ガラス球耐圧容器保護カバーの上部にとりつけ、従来の海底地震計 P-79 型 (Fig. 2) の本体には何らの変更も加えなかった。従って海底地震計の本体それ自体はタイマー式でも音響切離し式でもいづれも使えるようになっている。

(4) 音響切離し方式にタイマー方式も併用し、2 重とし、回収の信頼性を高めている。

音響切離し装置の構成・原理・仕様は次の通りである。先づ装置の構成は、船上側の超音波遠隔制御装置、海中側のトランスポンダ部と切離し機構部とから成る。トランスポンダ部は送受波子と電気回路部とから成り、後者は独立した耐圧容器に取められている。Fig. 3~6 に各部の写真を示す。切離し機構は自己浮上型海底地震計 (ERI-P79 型) に使用しているものと全く同じもの (笠原ほか, 1979) を用いている。

原理は次の通りである。船上側から 10 kHz 帯の超音波信号を送る。搬送波は高 (f_H) 低 (f_L) の 2 波を用い交互に発振する。今回の周波数は f_H : 11.0 kHz, f_L : 10.5 kHz に選んであ

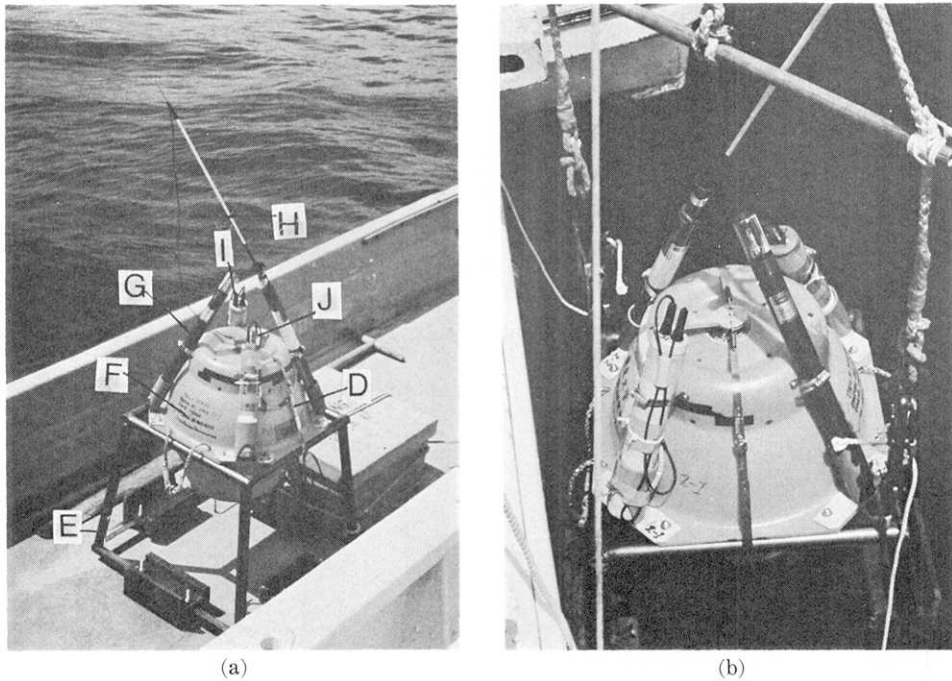


Fig. 2. Pop-Up OBS (Ocean-Bottom Seismometer), Type ERI-P79 (time release).

- (a) D: Stainless-steel belt for fastening to the anchor frame. E: Anchor frame, F: Main body (hard cover containing a glass-sphere pressure vessel inside), G: Flasher, H: Transmitter, I: Timer, J: Release mechanism.
- (b) Close-up of release device on the top of the hard cover.

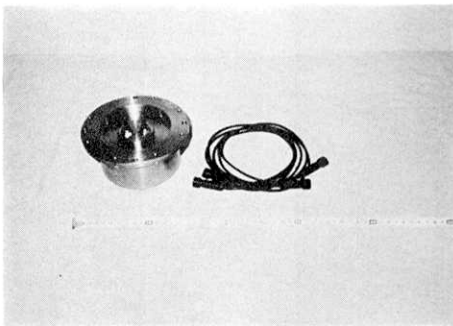


Fig. 3. Transducer (PZT cylinder, diameter 100 ϕ).

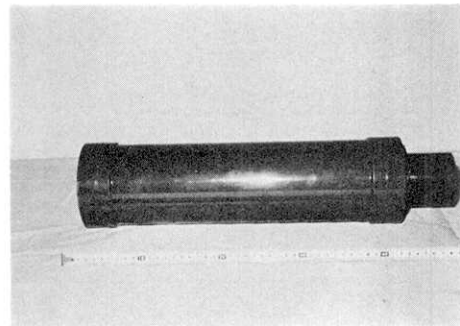


Fig. 4. Transponder pressure case (Al 7075-T6, OD: 120 ϕ , L: 440 mm).

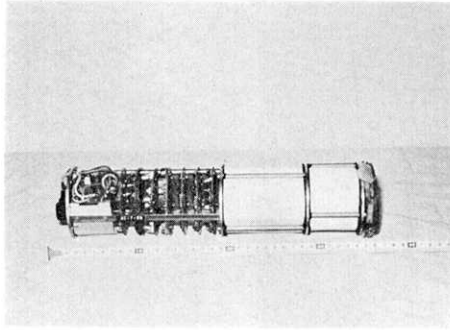
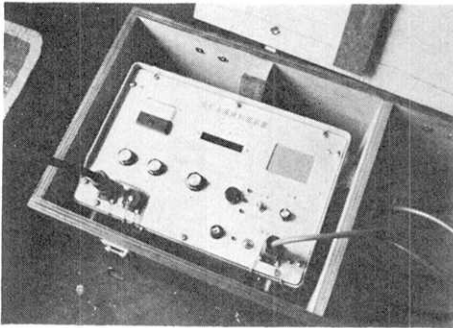
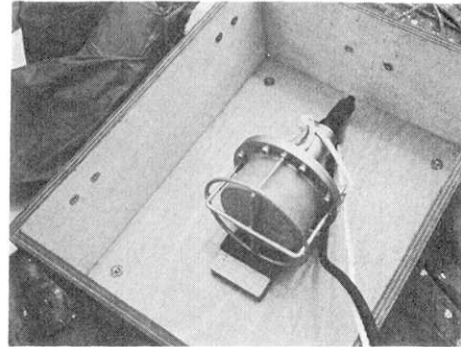


Fig. 5. Inside of the transponder (electronics boards and batteries).



(A)



(B)

Fig. 6. Ultrasonic remote control unit (ship side).

A: control unit, B: transducer.

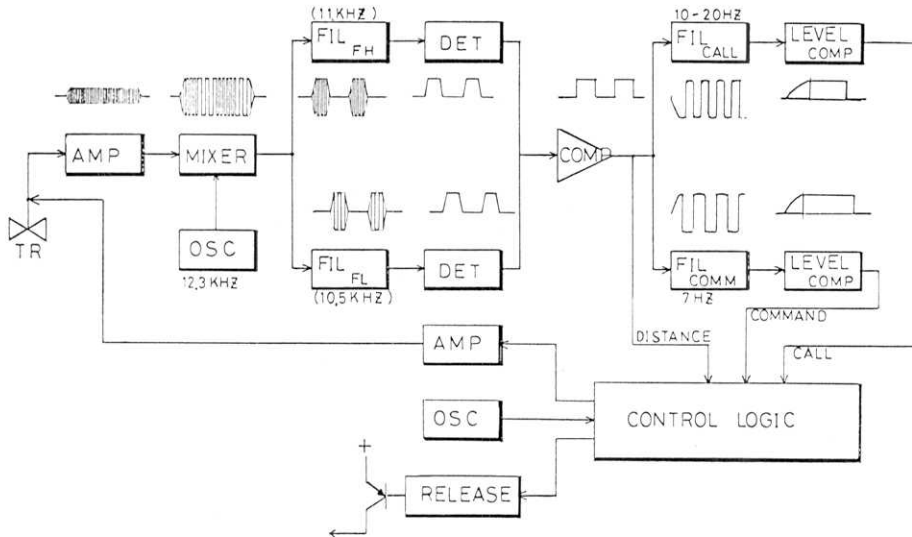


Fig. 7. Block diagram of decoding in the transponder.

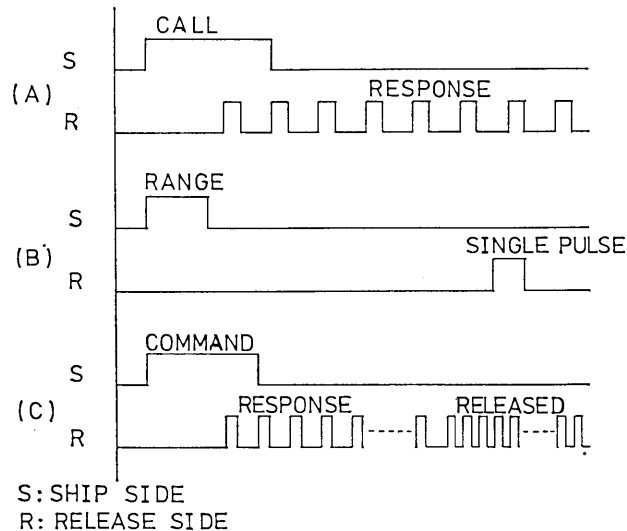


Fig. 8. Signal sequences. A: Call mode: interrogation. B: Range mode: measurement of the distance. C: Command mode: to activate the release mechanism.

構に電流を通電し、細いステンレス線を電気分解にてとかしてしまふ。同時に指令信号確認の信号を送信し始め、通電が確認されると、倍のピッチで切離し確認信号を送信する。Fig. 8 に以上の概念図を示す。

仕様は Table 1 に示す通りである。船上装置の送信周波数は 10.5 kHz と 11.0 kHz、送信出力最大 40 W、電源 100 VAC である。送受波子は円筒型 PZT、直径 100 φ。船上側、海中側とも同一仕様のものを使用している。海中側の送信周波数は 10.24 kHz、送信電力約 25 W (電源 DC 19.2 V、ニッケル・カドミウム電池)。受信用電源はリチウム電池 9 V×5 AH を用い、約 3 ヶ月動作しうる。切離し機構部への出力は DC 12 V。海中側の耐圧容器は小型軽量化をはかり、アルミニウム (7075-T6) 製円筒型 (外径 120 φ、長さ 440 mm) を用いた。海中側の装置の全重量は受波子を含め、空中 11.5 kg、水中 6.5 kg である。これは従来の市販のものにくらべて非常に小型軽量となっている。この重量を補うためにシタクティック浮力材 (残有浮力約 6.5 kg) を外部にとりつけた。

3. 実 験

昭和56年3月6～7日、相模湾伊東沖において東京水産大学練習船青鷹丸の協力によって実地試験を行い成功を収めた。設置地点 (北緯 35°02′.55, 東経 139°15′.81, 水深 1370 m) と回収地点 (北緯 35°02′.67, 東経 139°15′.90, 水深 1374 m) は約 0.1 海里内にあり、海底地震計はほぼ真下に沈降し、真上に浮上した。沈降速度は約 81 m/分、浮上速度は約 31 m/分であった。同時に超音波呼出し応答の特性試験を行った。呼出し応答、距離測定は水中直距離約 8 km まで充分到達した。距離測定には海底からの反射、設置地点付近

Table 1. Specifications of the acoustic release system. (A): Shipboard unit, (B): Transponder (water side) and release mechanism.

(A) Shipboard unit	
Carrier frequency	11.0 kHz and 10.5 kHz, dual
Modulation frequency	7.8 Hz-23.4 Hz
Number of codes	8 channels
Transmitter power	40 W
Operational range	8 km (max)
Control modes	1: Call, 2: Range, 3: Command
Dimensions	330 mm×215 mm×245 mm
Weight	12 Kg
Transducer	PZT, Cylinder, Diameter: 100 φ
Power	AC 100 V
(B) Transponder (water side) and Release mechanism	
Maximum depth	6 km
Operational range	8 km (max)
Transmitter power	25 W
Operational life	3 months (continuous)
Power	Dry batteries
Pressure case	Cylinder type, 7075-T6 Al-Alloy
Dimensions	120 φ×510 mm
Weights	11.5 kg (air), 6.5 kg (water)
Release mechanism	Hook-lever type with stainless-steel wire corrosion

の急斜面からの反射の影響によって、測定値がばらつく場合があった。このような反射の影響がない場合は測定値は安定した値を示した。次いで昭和56年6月上旬～7月中旬小笠原東方沖マーカス島海域（水深約6 km）における群列観測（南雲ほか，1981）に使用し、約1ヶ月間の係留を行った。応答特性の良否は水深によらず、海底地形が平坦な所程良好である。設置作業は航海衛星の Update に合わせて投入し、沈降途中時々深さを測定し、着底を確認し、次の観測点へ向う。回収作業は投入地点の真上に戻り、呼出し応答、距離測定にて位置を確認の上、切離し指令を発信する。浮上経過を距離測定にて追跡する。この間、船が風や潮にて漂流するので時々もとの位置に戻る必要がある。浮上すると距離は変らなくなる。船側の受信感度は船のエンジンによる船体振動に大きく依存する。エンジンの回転数をおとすと雑音レベルは低くなる。

4. おわりに

このたび音響切離し方式を付加することによって数年来進めていた自己浮上式海底地震

計の開発 (笠原ほか, 1974, 笠原ほか, 1979) に一応の区切りがつき, 多数の海底地震計を用いる群列観測が容易に行えるようになった. まだ長期間係留に対する耐腐食性の改善, 回収の信頼性の向上などいくつか改善すべき点は残っているが, この方式で整備してゆけばよいという見通しが得られた. この音響分離方式海底地震計は, 小型軽量, 取扱簡便であり, 記録時間は連続 900 時間までのびており, 観測船の便宜さえ得られれば, 約 1 ヶ月ごとに設置・回収を繰返すことによって, 長期間継続して観測を行えるという長所をもつものである. 今後この長所を生かして, 三陸沖から房総沖に至る日本海溝海域において観測を続け地震発生過程の具体例をとらえてゆきたいと思う.

謝 辞

本研究は文部省科学研究費補助金 (昭和 55, 56 年度一般研究 A, 課題番号 542017, 日本海溝付近の海洋プレートもぐりこみ構造運動の研究) によった. 超音波呼出し装置の実験にご協力頂いた東京水産大学石野誠教授, 青鷹丸磯打勉船長, 神鷹丸寶谷英生船長および乗組員の皆様に厚く御礼申上げる.

引用文献

- ARNETT, R.A. and T.W. NEWHOUSE, 1965, Ocean-Bottom Seismograph, *Proc. IEEE*, **53**, 1899-1905.
- AVEDIK, F. and V. RENARD, 1978, Ocean-Bottom Refraction Seismograph (OBSR), *Marine Geophys. Res.*, **3**, 357-379.
- 藤縄幸雄, 1981, 自己浮上式海底地震計 (CDPOBS IIa) の開発, 防災科学技術, No. 38, 12-17.
- 笠原順三, 是沢定之, 大内 徹, 南雲昭三郎, 1974, 自由落下, 自己浮上方式海底地震計の開発, 地震研究所速報, 13号, 1-16.
- 笠原順三, 是沢定之, 南雲昭三郎, 大工原保, 原 智美, 安藤誠一, 1979, 自己浮上式海底地震計 (ERI 型 P-79), 地震研究所彙報, **54**, 515-530.
- LANGFORD, J.J. and R.B. WHITMARSH, 1977, Pop-Up Bottom Seismic recorder (PUBS) of the Institute of Oceanographic Sciences, U.K., *Marine Geophys. Res.*, **3**, 43-63.
- LATHAM, G., P. DONOHO, K. GRIFFITHS, A. ROBERTS and A.K. IBRAHIM, 1978, The Texas Ocean-Bottom seismograph, *Proc. 10th Offshore Tech. Conf.*, 1467-1476.
- 南雲昭三郎, 笠原順三, 是沢定之, 西 裕司, 寺島 敦, 大内 徹, 杉本寛子, 1981, 北西太平洋プレート沈み込み運動に対する海底地震計群列観測, 地震学会講演予稿集, 1981, No. 2, A51.
- PROTHERO, JR., W. A., 1977, A digital event-recording ocean bottom seismometer capsule, *Marine Geophys. Res.*, **3**, 119-141.
- 鈴木幹男, 藤沢隆則, 後藤順一, 網倉 功, 中嶋博之, 川添哲郎, 比田井安則, 1981, 自己浮上式海底地震計測システム, 日本電気技報, No. 137, 52-57.

7. *Acoustic Release Ocean-Bottom Seismometer (ERI-AR81).*

By Shozaburo NAGUMO, Junzo KASAHARA, Sadayuki KORESAWA,

Earthquake Research Institute, University of Tokyo,

and Hideyuki MURAKAMI,

Nichiyugiken Kogyo, Co. Ltd.

An acoustic release control has been attached to the Pop-Up OBS (Ocean-Bottom Seismometer), type ERI-P79. The main features of this device are its light weight (11.5 kg in air, 6.5 kg in water) and its easiness of handling which allows us to conduct array observation using many OBS's. The carrier frequencies are dual, 10.5 kHz and 11.0 kHz. FM modulation frequencies for control codes range from 7.8 Hz to 23.4 Hz for 8 channels. The unit has three control modes, (1) Call: inquiry about its presence, (2) Range: measurement of the direct distance, (3) Command: to activate the release mechanism. The device worked successfully up to direct distance of 8 km from the ship to the OBS. The units were tested in March of 1981 in the Sagami Bay and were used in the OBS array observations in June-July of 1981 in the northwest Pacific.