

海底의 超音波散亂特性에 관한 研究-I

— 船體의 動搖와 Echo 信號의 變動 —

李吳在 · 辛亨鎰 · 朴仲熙

釜山水產大學

(1990년 1월 23일 접수)

Acoustic Scattering Characteristics of the Sea Bottom-I

— Echo Fluctuations due to Ship's Motion —

Dae-Jae LEE, Hyeong-Il SHIN and Jung-Hee PARK

National Fisheries University of Pusan

(Received January 23, 1990)

The authors carried out an experiment to investigate the echo fluctuations from ocean bottom due to ship's motion.

The bottom echoes was continuously measured, by using a 50 kHz echo sounder on board of the ship being at anchor under the sea condition of 15 knots in wind velocity and approximately 2 meters in wave height, to extract the information about the pulse stretching and the ship's motion from the first return and the second return.

A data acquisition system was used to record digitally the envelope of the echoes, and the analysis was applied to the echo data collected from the continental shelf in the South China Sea.

The results obtained can be summarized as follows :

1. The equivalent pulse width of the second return echoes from ocean bottom was 2.4 times longer than that of the first return echoes.
2. The echo peak values of the first return fluctuated markedly than that of the second return and was shown to be extremely sensitive to small change in ship's motion.
3. Energy target strength and peak target strength of the sandy-mud bottom were -13.4 dB and -14.6 dB, respectively.

序 論

일반적으로 風波가 있는 해상에서 魚群探知機를 사용하는 경우, 海底의 記錄이 船體의 動搖에 따라 不規則하게 變動하는 현상을 자주 관찰할 수 있다.

이와같은 현상은 船體가 傾斜함으로 인해 送受

波器의 音束軸에 角變位가 발생하여 海底로부터 散亂되는 Echo 信號의 振幅 및 波形이 현저하게 변동하기 때문에 초래되는 것으로서 이해된다. 이때 海底 Echo 信號의 強度로부터는 海底의 底質狀態에 관한 정보를 推定할수 있고, 또 海底 Echo 信號의 變動特性으로부터는 船體의 動搖에 관한 정보를 파악하는 것이 가능하다.

한편, 海底는 魚群探知機의 立場에서 볼 때,

海中에 고정되어 있는 超音波反射體이므로 이것을 이용하면 測定 시스템의 校正이 가능하다.

本 研究에서는 海底의 超音波散亂特性을 定量的으로 檢討하기 위한 基礎的 研究의 일환으로 船體의 動搖에 의해 초래되는 海底 Echo 信號의 振幅과 波形의 變動特性에 關하여 考察을 行하였다.

資料 및 方法

實驗은 1989年 7월에 인도네시아의 보루네오 西方海域(Lat. 1°18'N, Long. 108°20'E)에서 釜山 水產大學의 實習船 새바다號(Stern trawler, G/T 2,275)를 이용하여 行하였다.

魚群探知機에 의한 海底 Echo 信號의 計測은 錨船中에 行하였고, 實驗 當時의 海上狀態는 風向 SE~SW, 風速 14~16knots, 波高 1~2m이었고, 또 水深은 28m, 低質은 모래밭(MS)이었다.

Fig.1에 船體의 動搖에 기인하는 音束의 角變位를, Fig.2에는 魚探 시스템의 系統圖를 나타내었다.

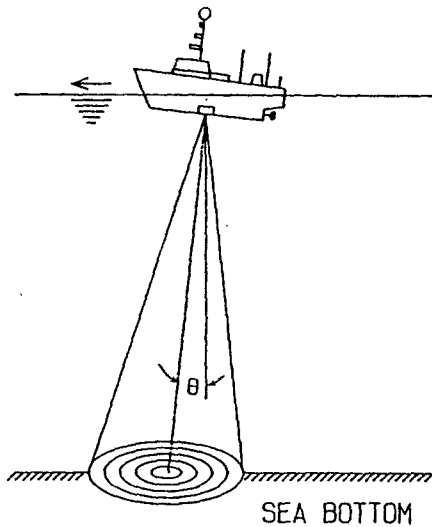


Fig.1. Illustration of the insonification of the sea bottom.

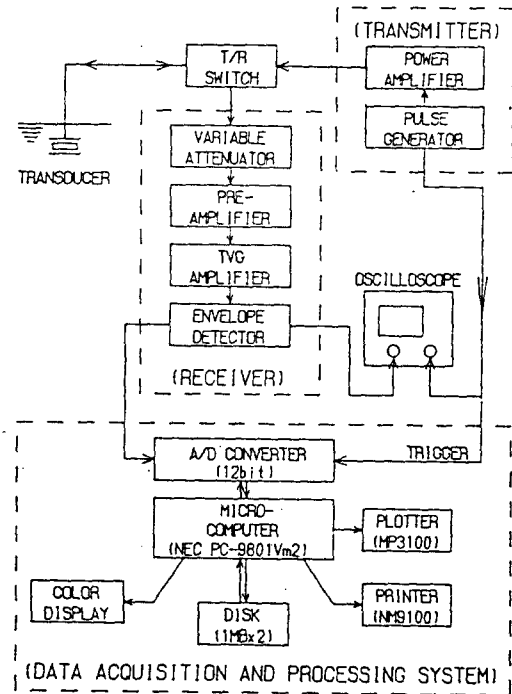


Fig.2. System block diagram.

本 實驗에 使用한 魚探시스템은 定量的으로 設계된 送受信部 (TVG機能具備)와 Micro-computer(NEC製, PC9801VM2), 또한 兩者를 연결하는 A/D變換部(ELM DATA製, EP-98ADCH)로 構成하였다.

Echo 信號의 收錄은 送·受信部에서 送信 Pulse信號와 同期하여 出力된 送信 Trigger信號를 Micro-computer 에 Interrupt 信號로서 入力하여 A/D 變換器에서 Echo 信號의 變換(sampling)이 개시되면, 이 定量化된 Echo data를 먼저 Color display(NEC製, PC-KD854)에 表示시킨 후, Floppy disk에 收錄하였다. 後日, 이 Data는 實驗室에서 再生하여 분석하고 處理結果는 Plotter(GRAPHTEC製, MP3100) 및 Printer(NEC製, MP-9100)에 出力하였다. A/D 變換器는 12 bit로서 A/D 變換速度는 最大 15μs 이며, Micro-computer의 Soft ware는 A/D 變換에 對해서는 機械語로, 周邊機器의 制御에는 Basic으로 작성하여 使用하였다.

Fig. 3에 海底로부터 散亂된 Echo 信號의 一例를 나타내었다. 本 研究에서는 海底로부터 1回 散亂된 1次 Echo 信號 (First return)와 2회에 걸쳐 散亂된 2次 Echo 信號(Second return)를 分析對象으로 하였다.

船體의 動搖에 따라 不規則하게 變動하는 海底 Echo 信號의 平均 Echo 波形 $V(t)$ 는 (1)式에 의해 구하였다.

$$V(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i(t) \dots \dots \dots (1)$$

(1)式에서 $S_i(t)$ 는 i 번째 送信 Pulse에 의한 海底 Echo 信號이고, N 는 測定한 Echo信號의 總數이다.

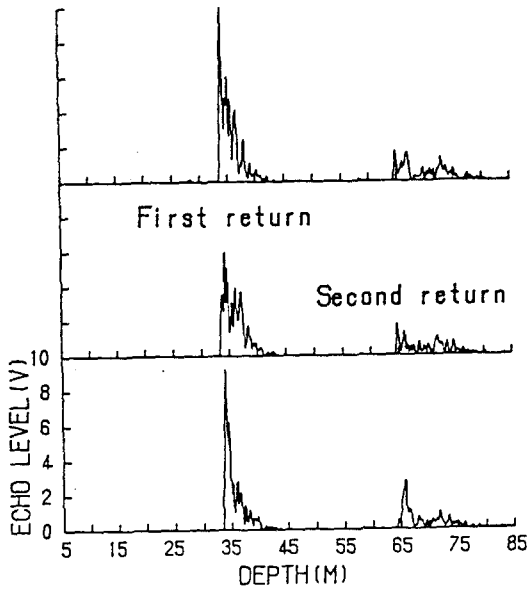


Fig. 3. Echo profiles of sea bottom.

結果 및 考察

1. 海底 Echo 信號의 波形變化

海中에 發射된 超音波가 海底, 水面, 海底를 통하여 多重散亂되는 경우, 海底로부터 2次에 걸쳐 散亂된 Echo 信號는 1次散亂信號와 비교하여

信號波形과 振幅에 상당한 變化가 초래된다. 즉, 振幅의 減衰와 波形에 歪(Distortion)가 發生한다. 특히 船體가 動搖하는 상황에서 受信되는 海底 Echo信號는 變動이 매우 不規則하므로 多重散亂에 의한 Pulse stretching 現象을 定量的으로 파악하는 것이 매우 어렵다. 船體의 動搖에 따라 시시각각으로 變化하는 海底信號를 集合平均하여 平均 Echo波形을 구한 結果를 Fig. 4에 나타내었다.

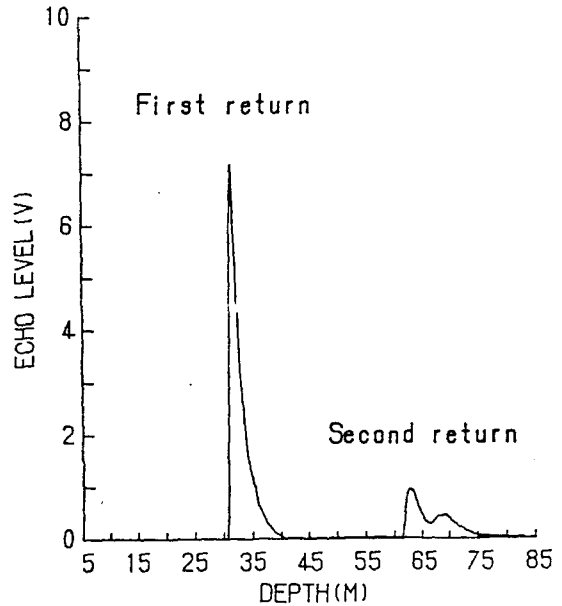


Fig. 4. Mean echo envelope from sea bottom.

Fig. 4에서 各 波形을 비교해 볼 때, 2次散亂波는 1次散亂波에 비해 信號가 後方으로 매우 길게 伸張되는 現象, 즉 Pulse stretching 現象이 발생하고, 또 波形의 形狀이 매우 다르다. 1次 및 2次信號의 等價 Pulse幅은 각각 1.8ms와 4.2ms로서 2次信號가 1次信號보다 約 2.4倍 伸張되었다. 이와같은 海底散亂信號의 Stretching現象과 波形의 變化는 海底의 低質狀態, 送受波器의 指向特性, 海面의 狀態, Pulse幅에 따라 다르고, 또 여기에 船體動搖의 效果가 부가되면 變化樣이 매우 복잡해진다. 따라서 海底를 대상으로 각종의 정보를 수집하는 경우 海底信號의 變動要因

에 대한 檢討가 필요하다.

2. 散亂振幅의 變動

海底散亂信號의 Peak 振幅과 強度(Energy)의 頻度分布는 Fig.5와 같다.

이 그림에서 (A-1), (A-2)는 각각 1次 및 2次散亂波의 Peak 振幅에 대한 頻度分布이고, (B-1), (B-2)는 각각 1次 및 2次散亂波의 Energy에 대한 頻度分布를 나타낸다. (A-1)에서 1次散亂波의 Peak 振幅은 船體의 動搖에 따라 현저하게 減衰하는 現象을 나타내고 있고, 또 이 振幅減衰에 상당하는 音束軸의 傾斜角은 (2)式에 의해 推定할 수 있다.

$$Z = k a \sin \theta \dots\dots\dots (2)$$

여기서, 送受波器의 音束軸에 角變位가 없을

때의 海底 Echo 信號의 Peak 振幅을 $P1$, 音束軸이 순간적으로 傾斜했을 때의 海底信號의 Peak 振幅을 $P2$ 라고 하면, $Z = P2/P1$ 이고, k 와 a 는 각각 波數와 送受波器의 半徑, θ 는 音束軸의 傾斜角이다.

Fig.5의 (A-1)과 (2)式으로부터 算出한 音束軸의 最大傾斜角은 約 11.5° 였다. 그러나 實驗當時, 船舶은 船尾 트림 狀態로서 船體가 船首方向으로 約 3.5° 傾斜한 狀態이었다. 따라서 船體가 動搖하지 않는 狀況에서도 送受波器의 音束이 振動子面 直下의 海底로 發射되지 않고 있었으며, 이러한 船體의 初期傾斜에 風波와 같은 外力으로 인한 船體傾斜가 부가되어 送受波器의 音束軸이 非對稱的으로 角運動을 하여 海底 Echo 信號가 매우 不規則하게 變動한 것으로 판단된다.

한편, Fig.5의 (A-1)과 (A-2)의 振幅分布를

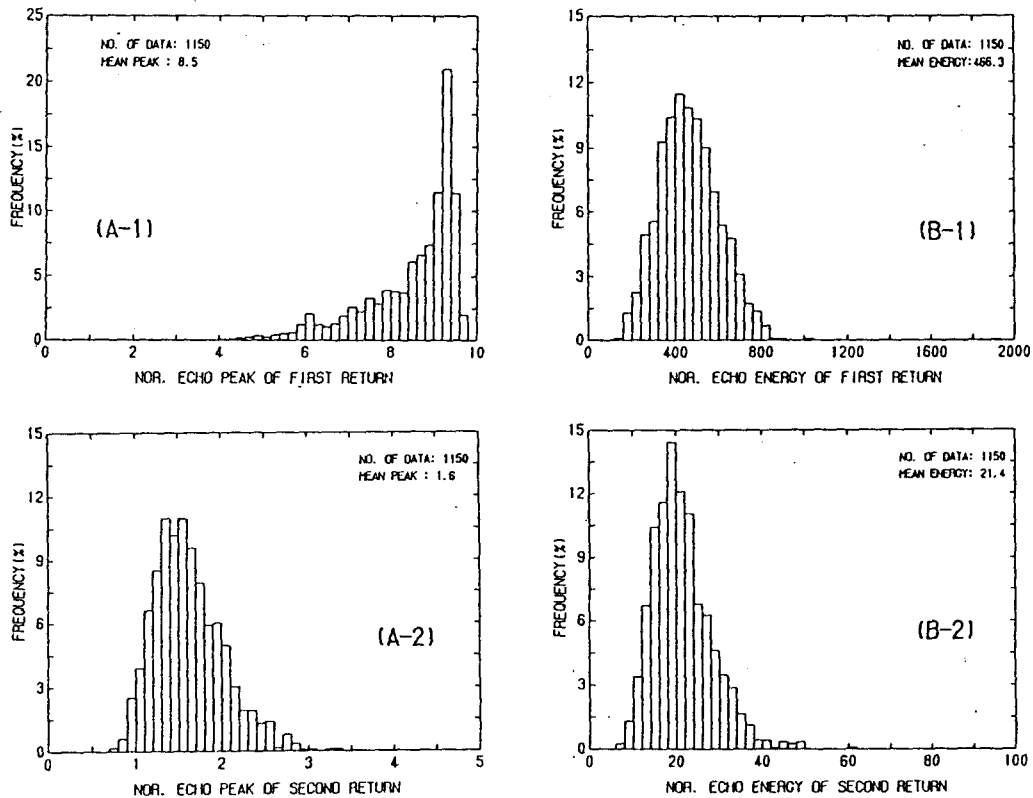


Fig.5. Histograms of the normalized echo peak(A) and the normalized echo energy (B) of the first bottom return and the second bottom return at Lat.1°18'S, Long.108°20'E.

비교하면, (A-2)의 2次散亂 Echo 信號의 Peak 振幅은 (A-1)의 1次散亂에 대한 경우보다 變動幅이 적고, 振幅分布의 형상도 매우 다르다. 즉, 2次海底信號의 振幅分布에서는 海底와 水面에서의 亂反射와 兩者間에 발생한 多重散亂의 영향으로 船體動搖의 效果가 Reileigh 分布에 유사한 分布樣相으로 나타나고 있다.

또, (A-1)의 1次海底信號에 대한 Peak 振幅과 (B-1)의 Echo energy의 頻度分布를 서로 비교하며 보면, 海底散亂波의 Echo energy는 Peak 振幅과 대조적으로 매우 완만한 變動특성을 나타내고 있다. 즉, Peak 振幅의 경우에 있어서는 音束軸에 角變位가 발생할 때 音束軸이 指向하는 방향의 海底에 超音波가 斜入射하는 관계로 振幅에 현저한 變動이 있었으나, Echo energy의 경우에 있어서는 비록 海底에 超音波가 斜入射하더라도 照射面積이 증가한 관계로 變動이 매우 완만하게 나타난 것으로 판단된다.

한편, 인도네시아의 보루네오 西方海域에서 실험을 행할 당시에는 季節風으로 인해 선체가 돌발적으로 경사하는 경우가 많았다. 따라서, 船體가 일정한 傾斜角 범위내에서 動搖하는 경우에 있어서는 海底 Echo 信號의 變動특성을 고찰하고자 우리나라 南海岸에서 低質이 펄(mud)인 海底를 대상으로 1次散亂信號의 Peak 振幅을 計測하여, 그 結果를 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6에서 Peak 振幅에 대한 頻度分布를 보면, 振幅 8.5~9.5 V 사이에 出現하는 振幅成分과

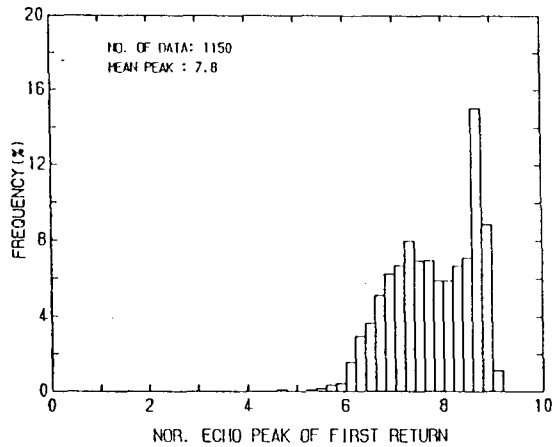


Fig. 6. Histogram of the normalized echo peaks of the first bottom return at Lat.34°25'N, Long 127°44'N.

振幅 6.0~8.5 V 사이에 出現하는 振幅成分이 서로 분리되어 존재함을 알 수 있다. 즉, 첫번째의 振幅成分은 船體動搖의 영향으로 海底 Echo 信號의 Peak 振幅이 減衰된 成分이고, 두번째의 것은 送受波器面 直下の 海底에 의한 成分으로서 船體動搖의 영향이 거의 없는 경우이다. Fig. 6의 振幅減衰成分에 상당하는 船體傾斜角을 (2)式으로부터 推정한 結果 約 8°였다. 이와 같이 船體가 一定 傾斜角 범위내에서 주기적으로 경사하는 경우, 船體動搖에 기인하는 海底 Echo 信號의 Peak 振幅에 대한 變動성분은 船體傾斜가 없는 경우에 대한 振幅成分과 분리되어 나타남을 알

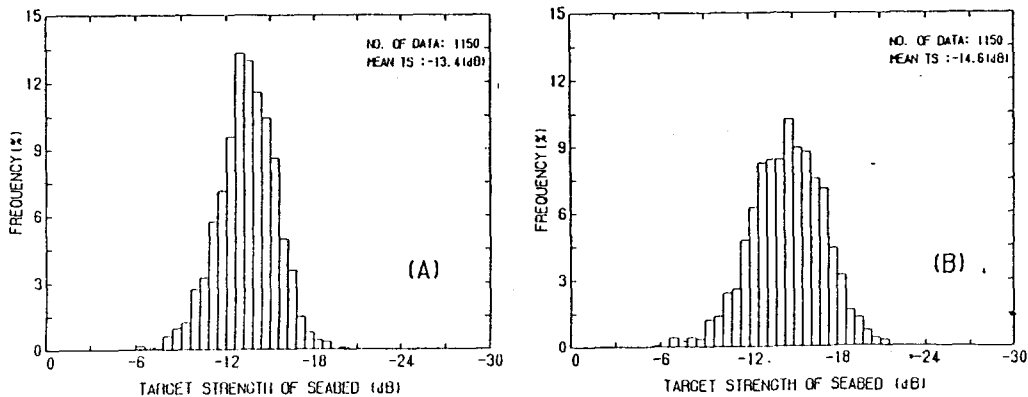


Fig. 7. Histograms of energy target strength(A) and peak target strength(B) of ocean bottom at Lat.1°18'S, Long.108°20'E.

수 있었다.

3. 海底의 散亂強度

海底의 散亂強度를 測定하기 위한 實驗은 低質이 모래펄(MS)인 海底를 대상으로 행하였고, 그 結果는 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 (A)는 海底 Echo 信號의 Energy 에 의한 散亂強度의 頻度分布이고, (B)는 Peak 振幅에 의한 散亂強度의 頻度分布이다.

Energy 散亂強度의 平均値는 -13.4 dB이었고, 變動範圍는 -6 dB~-19 dB이었다. 한편, Peak 散亂強度의 平均値는 -14.6 dB로서, Energy 散亂強度보다 1.2 dB적고, 變動幅은 Energy 散亂強度보다 큰 경향을 나타내었다.

要 約

海底의 超音波散亂特性을 定量的으로 檢討하기 위한 基礎的 研究로서 船體의 動搖로 인한 海底 Echo 信號의 波形과 振幅의 變動特性에 관하여 檢討를 행한 結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 海底 Echo 信號의 振幅은 1次散亂信號의 경우가 2次散亂信號보다 매우 不規則하게 變動하였으나, 信號波形의 等價 Pulse 幅은 2次 散亂信號가 1次散亂信號보다 約 2.4倍 伸張되어 受信되었다.

(2) 海底散亂波의 Echo Energy 變動은 Peak 振幅의 變動보다 매우 完단하고, 또 船體가 一定 傾斜角 범위내에서 不規則的으로 動搖하는 경우, 船體動搖에 기인하는 海底 Echo 振幅의 變動成分은 船體傾斜가 없는 경우에 대한 振幅成分과 서로 分離되어 나타났다.

(3) 低質이 모래펄(MS)인 海底의 平均 Energy 散亂強度는 -13.4 dB로서 平均 Peak 散亂強度 -14.6 dB 보다 1.2 dB 큰 값을 나타내었다.

文 獻

- 1) Stanton, T.K. and Clay C.S. (1986): Sonar echo statistics as a remote sensing tool: Volume and Seafloor. IEEE Journal Oceanic Engineering OE-11(1), 79-96.
- 2) Stanton, T.K.(1982): Effects of transducer motion on echo-integration techniques JASA 72(3), 947-949.
- 3) 紫田惠司·西ノ首英之·天下井清(1970): 船體動搖と海底 echo 音壓의變動. 日本航海學會誌 44, 26-28.
- 4) 浜野明·實藤了·水谷壯太郎·隅川芳雄·內田和郎(1988): 後方體積散亂強度に及ぼす船體動搖と調査條件の影響. 日本水産學會誌 54(9), 1533-1543.