

10,000m級無人探査機「かいこう」用ソナーの 深海域試験結果について*

○網谷泰孝、中西俊之、中村敏明、土屋利雄（海科技センター）、渋谷正三（古野電気）
野田博昭（三菱重工）

1. はじめに

海洋科学技術センターでは、10,000m級無人探査機「かいこう」の建造を進めてきている。本システムは、母船「よこすか」上の船上装置、ランチャー及びビークルと、それぞれを接続する12,000mの一次ケーブル及び250mの二次ケーブルから構成されている。そして、海底地形及び海底下地層を観測するために、ランチャーにサイドスキャンソナー及びサブボトムプロファイラを搭載している。

サイドスキャンソナーでは、グレーチンググローブの抑圧のための素子の斜め配列及び送受波器の二重遮音を、サブボトムプロファイラーでは、パラメトリック音源及び送波器の三重遮音を採用しており、これらの詳細については、平成4年度研究発表会で発表している¹⁾、今回はこれらのソナーの深海

域における試験結果及び今後の課題について述べる。

2. 深海域試験

「かいこう」システムの深海域における海上試験は、1994年1月から3月にかけて実施し、そのうち、ソナーの試験は南西諸島海溝（25° 7' N, 128° 27' E 付近）の水深約6650mの海域で、高度約200m、曳航速度0.6ktで実施した。

(1) サイドスキャンソナー

図1はサイドスキャンソナーの試験結果の一例で、これから以下のようなことが解る。

- ①濃淡のコントラストが大きい部分では、片側2000m以上の範囲をカバーしていることが解る。ただし、この部分の地形的意味合いは、はっきりしない。また、左舷側1200mあたりに微妙な濃淡の差のある部分

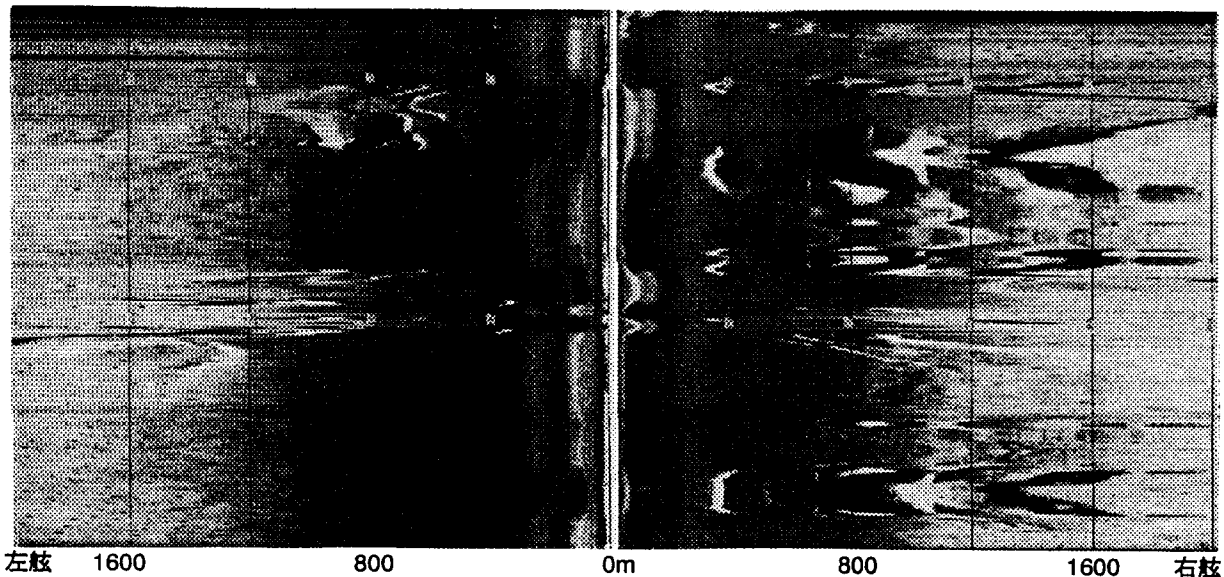


図1 サイドスキャンソナーのグラフィックレコード出力例（ランチャー高度200m、斜距離及び船速離補正済）

*Results of deep sea experiment about the side scan sonar and the sub-bottom profiler on 10,000m class ROV "KAIKO" by Yasutaka AMITANI, Toshiyuki NAKANISHI, Toshiaki NAKAMURA, Toshio TSUCHIYA (JAMSTEC), Shozo SHIBUTANI (FURUNO El. Co., Ltd), Hiroaki NODA (MHI)

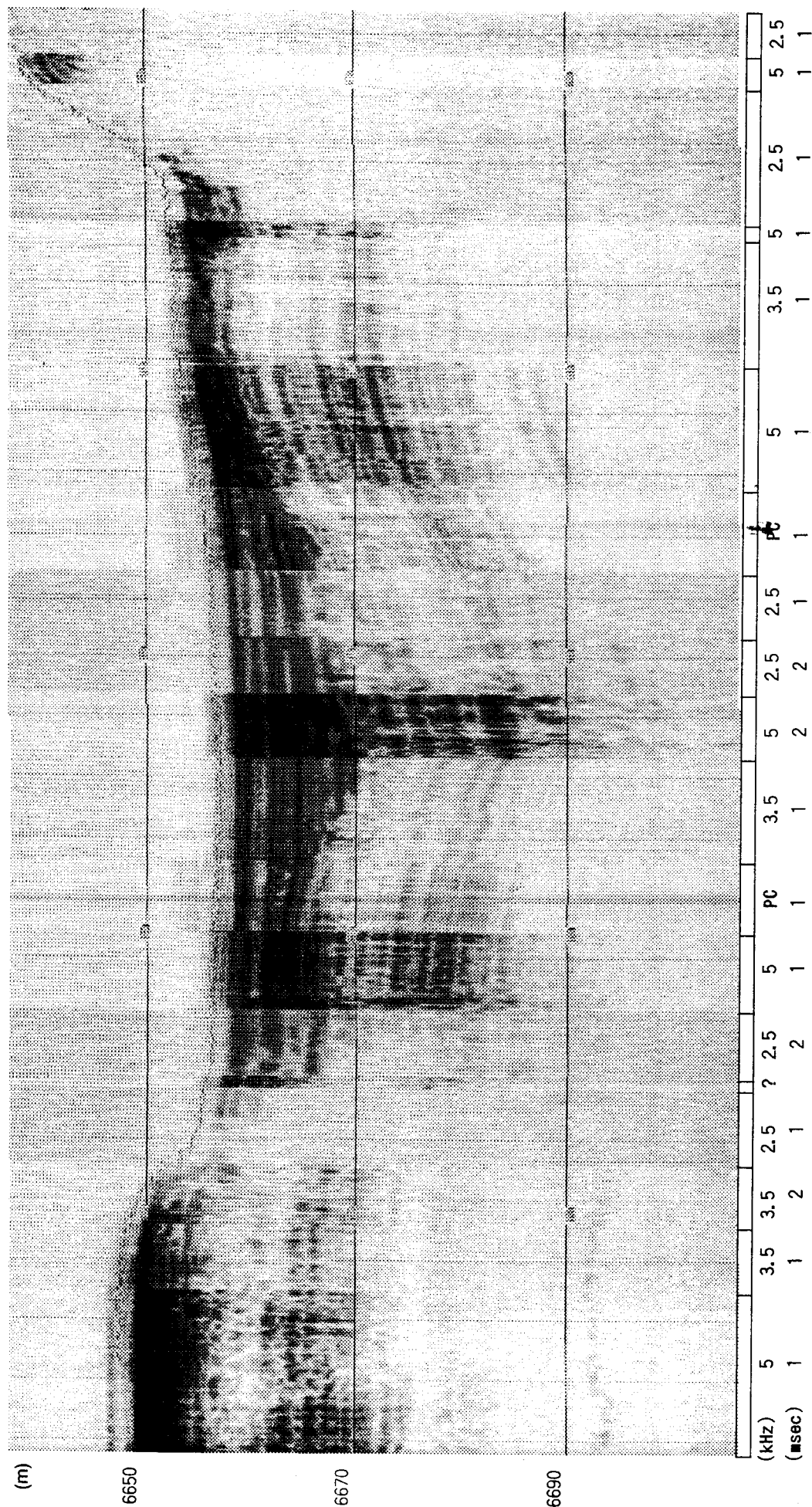


図2 サブボトムプロファイラーのグラフィックレコーダ出力例

深度スケールはランチャ深度にランチャ近傍の音速で換算した深さを加算した。
 下部の数値は、上段が周波数 (PC:パルス圧縮)、下段はパルス幅を示す。
 海底表面部の点表示は1次波 (60kHz) を用いた高度ソナーによる海底面を示す。

があるが、これは、平坦な海底でよく見られる結果である。したがって、目標探査幅片側1000mは十分達成できている。

- ②左舷が38kHz、右舷が42kHzを使用しているため、この周波数の差による伝搬損失の差、受波感度の差等が影響し、左舷側が濃くなっている。
- ③送受波の指向性偏差の影響で、縞模様がでている。
- ④特に左舷側に細かな点がでている。これは、ビークルのレスポンスの発信が干渉した結果であるが、海底地形の判別に大きく支障をきたすことはない。

(2)サブボトムプロファイラ

図2はサブボトムプロファイラの試験結果の一例で、周波数（PCは2.5～5kHzのFMパルス圧縮モード）及びパルス幅を変化させて比較を行っている。これから以下のようなことが解る。

- ①パラメトリック音源を用いて送波ビーム幅を狭くした（5kHz:5°）ことによって、従来型に比べて海底下の層状構造が鮮明に表されている。
- ②2.5kHzを除いて、探査目標であった、音速1500m/sec換算で海底下深さ30mまで探査できている。
- ③周波数の違いによって、海底表面の反射深度の違いがはっきりと確認できる。即ち、周波数が高いほど、表層から反射波が戻ってきている。また、海底下の層においても、周波数によって反射層の深さが微妙に異なっている。
- ④パルス幅が短いほど層の分解が良いが、浸透深さは浅い。
- ⑤2.5kHzは、傾斜地で反射波が戻りづらい。
- ⑥2.5kHzは、SN比が悪い。
- ⑦パルス圧縮モードにおいて、相関処理によるサイドローブが出てしまっている。
- ⑧前述のように周波数が高いほど表層から反射してきているが、60kHzの高度ソナー

による海底面は、5kHzの示す海底より深いところに出ている。

3. 今後の課題

(1)サイドスキャンソナー

左右舷の感度差については、受信アンプのゲイン調整で、指向性偏差による縞模様については、1°ごとの指向性補正係数の調整によって不具合は解消された。

(2)サブボトムプロファイラ

パルス圧縮モードにおけるサイドローブは、矩形の窓関数を用いていたため生じたもので、窓関数をハミングに変更することで問題は解決できると思われる。

サブボトムプロファイラで問題なのは、計画段階から、どの周波数においても海底下30mまで探査可能とするために、ラインアレイ状の受波器を採用して、雑音源方向の感度を抑えるとともに、ソナー方程式から許容雑音レベルを算出し、二重遮音等を採用して油圧装置の雑音低減を図ったにもかかわらず、2.5kHzにおいてその効果が現れていないことである。検波出力の電圧レベルから換算すると、2.5kHzでは許容雑音レベルを9dBオーバーしており、3.5kHzはほぼ許容雑音レベルと同等で、5kHzは5dBの余裕があった。

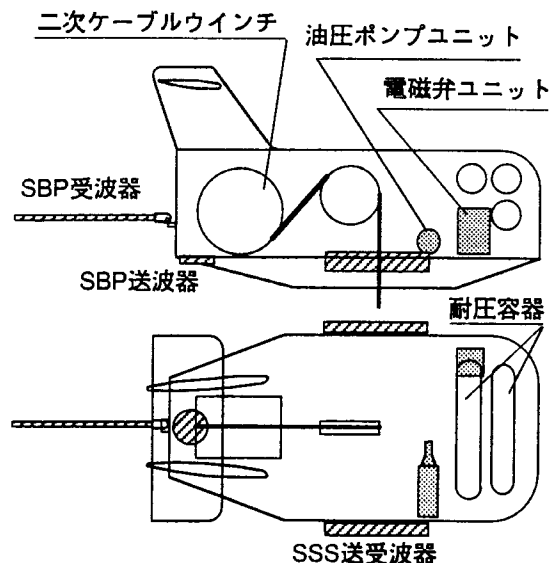


図3 ランチャーの主要機器の配置

図3にランチャーの主要機器の配置を示す。ここで、主な雑音源は、油圧ポンプユニットと電磁弁ユニットである。また、図4にサブボトムプロファイラ受波器基部に取り付けた無指向性ハイドロホンによる、水中雑音測定結果と許容雑音レベルを示す。これより、水中雑音は十分許容レベル以下になっていることが解る。

図5に受波器の指向性パターンを示す。これより、雑音源方向の感度は主ビームに対して計画通り30dB以上抑えられているが、その角度が2.5kHzがもっとも狭いことが解る。

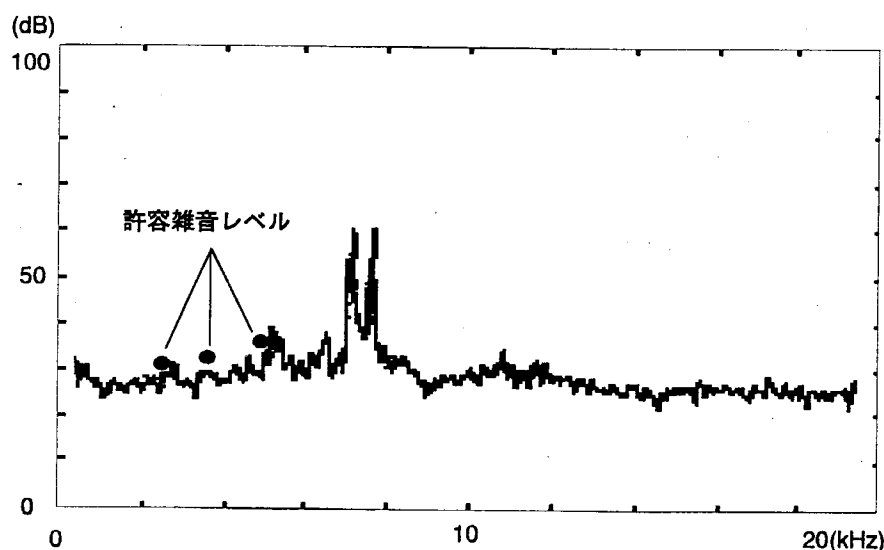


図4 サブボトムプロファイラ受波器基部における水中雑音

(縦軸はハイドロホンの周波数特性は補正しておらず、許容雑音レベルとの相対レベルを示す。)

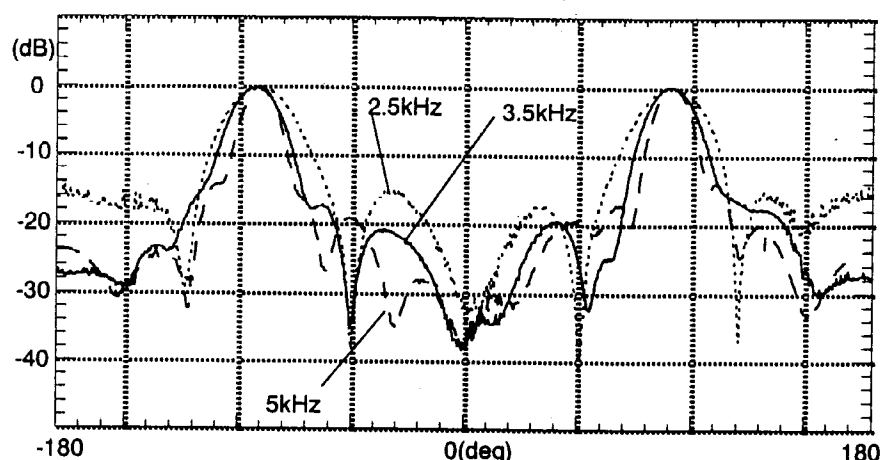


図5 サブボトムプロファイラ受波器の指向性パターン

(縦軸は主ビームの感度を0dBとした相対レベル
横軸は0degが受波機器部方向)

器具

以上のことを考慮すると、油圧装置の放射雑音が耐圧容器等ランチャーのフェアリング内の機器に反射していろいろな方向から受波器に到達していると考えられる。そこで、受波器の指向性をさらに向上させることとした。現在、受波器の長さを1.4(3.5kHz/2.5kHz)にして最低でも2.5kHzで、3.5kHzの現状の指向性を確保できるように検討中である。

4. おわりに

上述の課題以外にも、サブボトムプロファイラの出力結果で理解できない事柄がいくつ

かある。今後の試験でそれらを解明し、より完成度の高いソナーシステムにしていきたい。

参考文献

- 1) 中村 敏明 ほか、10,000m級無人探査機用サイドスキャン・ソナーとサブボトム・プロファイラの送受波器、海洋音響学会平成4年度研究発表会講演論文集、P17-20
- 2) 中村敏明ほか、深海無人探査機用パラメトリック・サブボトムプロファイラ、海洋音響学会誌69、P26-36