

マルチビーム測深機を用いた水中河床計測法の紹介

○上西 孝博¹・鈴木 信幸²

^{1, 2}水圏調査部 調査技術グループ

1. まえがき

深浅測量は、基本的に測量船と音響測深機を用いて測深を行う作業であるため、測深の精度及び船体の動揺が測量成果の質に大きく影響する。

音響測深法は、測深機から発射した超音波が河床で反射したのち測深機で受信するまでの時間に水中音速度を乗じて水深を求める方法である。水中音速度は、水深に伴う温度や密度によって変化するため、水深に対して補正することが必要である。

この音響測深法には、シングルビーム（以下 SB）測深とマルチビーム（以下 MB）測深とがある（図 1）。

SB 測深は、測深機の真下のみを測深し、記録紙等に記録する線の測深法である。

MB 測深は、GPS 測位技術、音響測深技術、それらの信号制御やデータ収録・処理を迅速に行うコンピュータ技術の飛躍的な発展により、深浅測量の高精度化及び高分解能化を可能とした新しい面的測深法である。

当社は、この MB 測深機（Seabat8125 図 2）を平成 19 年 4 月に導入している。

本報では、この MB 測深機を用いた水中河床計測法を紹介する。

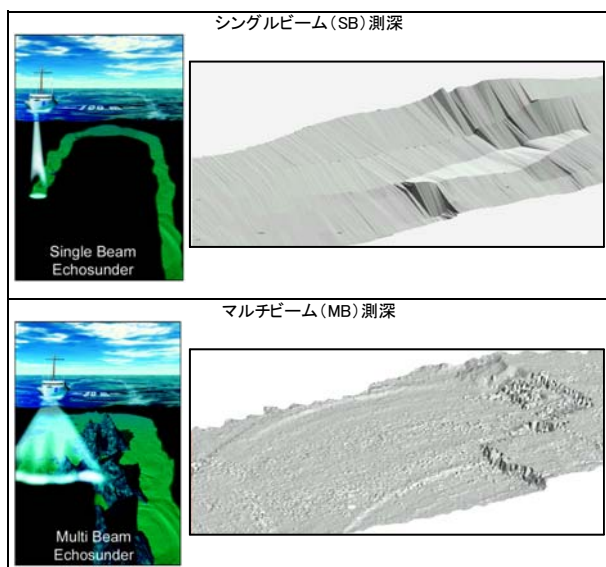


図 1 SB・MB 測深イメージ

2. 音響測深法

(1) マルチビーム (MB) 測深 (面的測深)

MB 測深は、測深機から扇状（120° の幅で 240 本のビーム）に発射した超音波ビームの反射波を受信し、水深の約 3.4 倍（ $2h \times \tan 60^\circ$ ）の範囲を測深する方法である（図 4）。

測深システムは、測深機、GPS、GPS コンパス、動揺センサーで構成されている。GPS コンパスは蛇行による船の向きを、動揺センサーは測深機の傾き（ロール、ピッチ、ヒープ）をそれぞれ計測する。ロールは進行方向に直角な揺れ（横揺れ）、ピッチは進行方向の揺れ（縦揺れ）、ヒープは鉛直方向の揺れ（上下の揺れ）を表す。

MB 測深による斜ビームの水深は、測深機の傾きや方向の影響により誤差が発生するので、GPS コンパス、動揺センサーを同期させて水深と位置との補正を行う。

測定水深の補正は、水中音速度計（図 3）を用いて、水中音速度を計測することで行う。



図 2 Seabat8125 測深機



図 3 水中音速度計

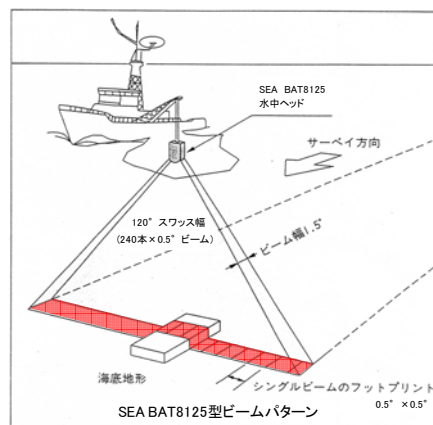


図 4 MB 測深ビームパターン

(2) シングルビーム（SB）測深（線的測深）

SB 測深は、測深機の直下（測深範囲 6° ）を超音波ビームにより測深する方法である。

測深システムは、測深機、GPS で構成されている。

ビーム照射範囲の反射強度が最も大きい部分（最浅部）を水深として採用する。そのため、発信音波の入射角、指向角が大きいほど、凸凹の大きな地形や斜面部では実水深より浅く計測されてしまう。

測定水深の補正は、バーチェック法（図 5、水中に吊下げた反射板からの反射信号の記録と深度が合致する音波伝搬速度を決定）により行う。

(3) MB測深とSB測深の比較

MB 測深と SB 測深のビーム照射範囲を水深 20m で比べると、SB 測深は直径約 2m の円で、MB 測深では $0.34\text{m} \times 0.17\text{m}$ の楕円となる（図 6）。

また、ビーム照射範囲の反射強度が最も大きい部分（最浅部）を水深として採用するため、MB 測深と SB 測深とで測深結果が変わってしまうことがある（図 7）。

SB 測深は、GPS によって所定の精度で位置測定しても、計画測線から外れてしまうと、その測線的水深を計測したことにならないが、MB 測深では、水深を計画測線に近傍するメッシュデータから距離重量配分により求めるため、ほぼ計画測線上の水深が得られる。



図 5 バーチェック

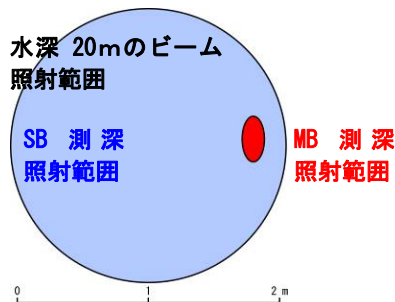


図 6 MB 測深と SB 測深のビーム照射範囲の違い

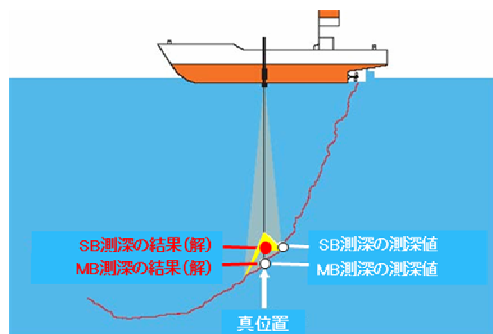


図 7 MB 測深と SB 測深における計測水深の違い

3. MB測深の調査工程（図 8）

(1) 現地観測

a) 現地調査計画策定

観測走行する観測測線の計画検討を行う。

計画検討については、平面図や航空写真、既往横断資料の他、河床形状、最深水深等を基に、調査の範囲、調査測線の方向、間隔、調査船の船速等を検討する。

b) 機装

機装は、船にパソコン、モニター、発電機等をセットし、曳航船に MB 測深機、GPS、GPS コンパス、動揺センサーをセットする（図 9）。この機装に 3～4 時間はかかる。

c) 観測

観測船が計画測線上を走行するように、リアルタイムで観測状況を確認しながら、欠測がないように注意する。観測は、測深のレンジ、音響発信強度、受信感度等をその地形にあうように調節し、地形データを収集する。

d) パッチテスト

機装した測深機、GPS、動揺センサーは、必ずしも水面に対して水平・鉛直に設定されていないため、各機器の傾き、ズレ等のキャリブレーションを行うことである。

e) 機装解除

観測終了後は、機装の解除を行う。

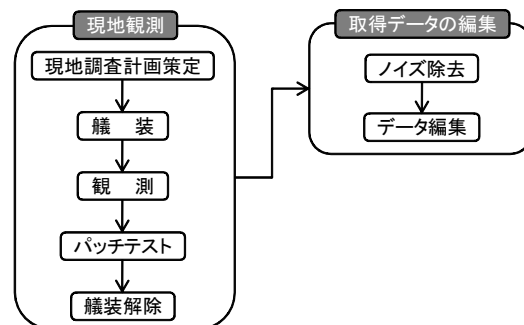


図 8 調査工程フロー



図 9 機装状況

(2) 取得データの編集

a) ノイズ除去

取得した水深データには、ダムの堤体、護岸などの音響の乱反射や、水中の気泡、ゴミなどによるノイズデータを含んでいる（図 10）。

そのため、それら不必要なデータの除去を行う（図 11）。

除去方法としては、ある程度は設定等により自動的に除去できるが、完璧には除去できないため、残ったノイズについては手作業で除去することになる。

b) データ編集

取得データは、ノイズ除去、音速度補正、パッチ処理の工程を経て、XYZ のテキスト形式の地形データとして得られる。このデータを基に、断面図、等深線図、鳥瞰図等を作成することができる（図 12～図 14）。

4. おわりに

本報告では、当社で平成 19 年 4 月に導入したマルチビーム測深機による水中河床計測方法について紹介した。

マルチビーム測深機の導入により、これまでのシングルビーム測深機による計測より観測精度の向上が期待できる。

また、面的に 3 次元データで取得できるため、河床状況の把握などが、これまでより簡単に行えることも利点の一つであると言える。

今後の活用としては、現在、シングルビーム測深機による観測が主であるダム堆砂測量に利用し観測精度を向上させていくことも可能であると考えられる。

また、これまで行えなかった水中の 3 次元地形計測データを用いた、新しい調査への利用・活用が期待できる。

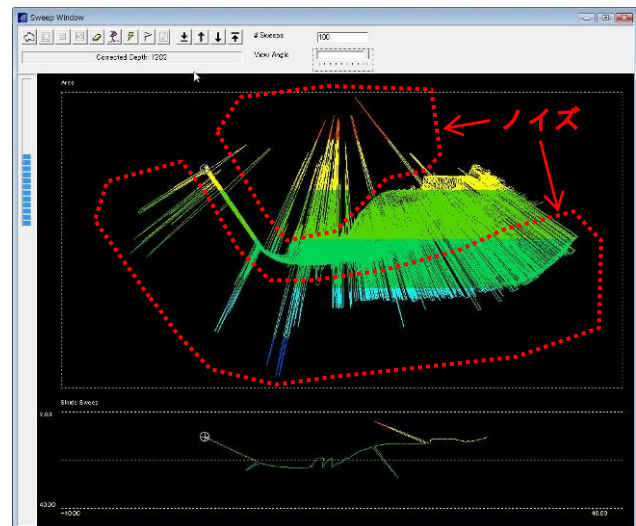


図 10 取得データのノイズ除去前

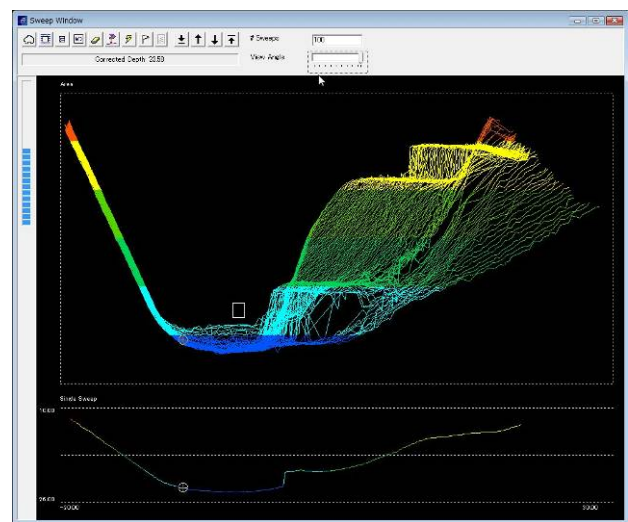


図 11 取得データのノイズ除去後

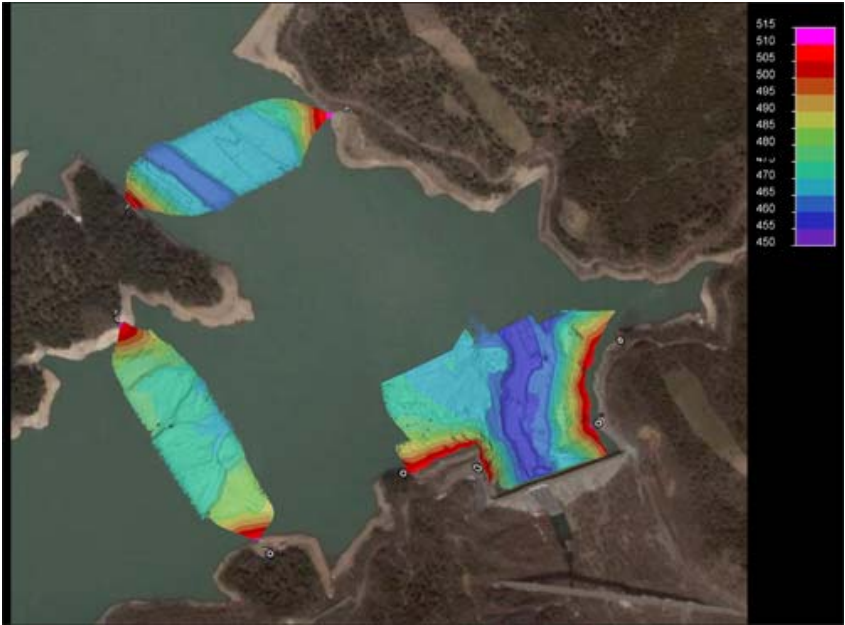


図 12 コンター図

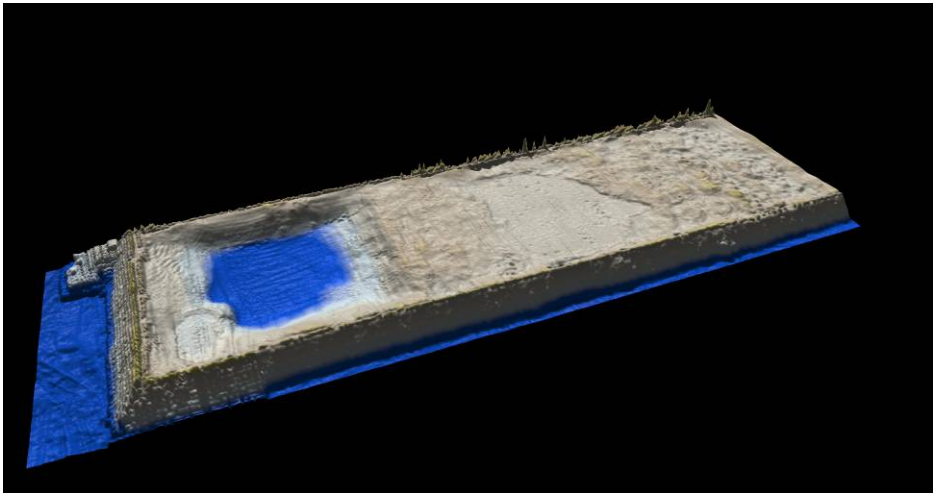


図 13 鳥瞰図

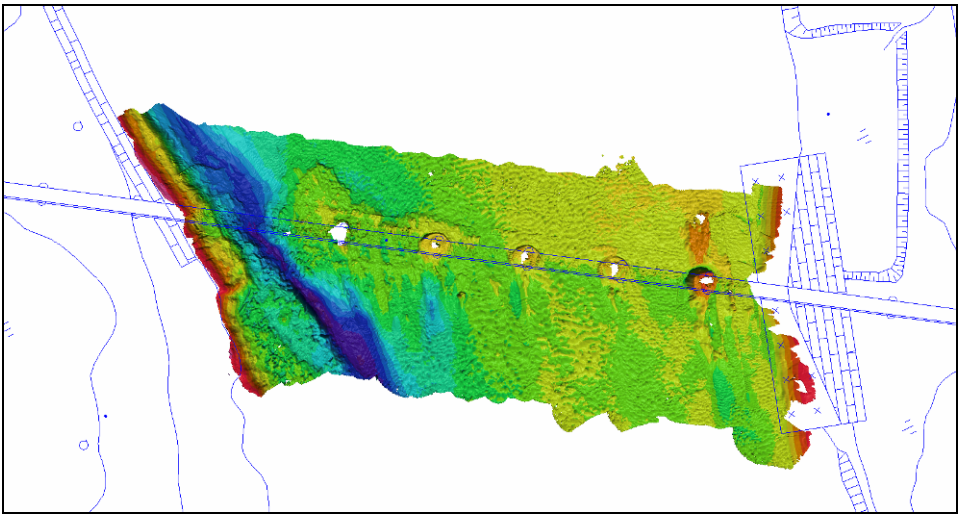


図 14 陰影図