

SEABAT による水路測量

森 弘和, 山本 正, 手登根功 : 第五管区海上保安本部

Hydrographic Survey using SEABAT

Hirokazu Mori, Tadashi Yamamoto, Isao Tedokon : Hydro. Dept., 5th. R. M. S. Hqs

1. はじめに

水路部に浅海用ナローマルチビーム測深機 (RESON 社 SEABAT9001型, 以下 SEABAT) が導入されて約 4 年が経過しているが, 沈船や浅所確認等の調査では有効に活用 (古市他, 1997) されているものの海図水深を得るための水路測量においては, 従来型の測深機に取って代わるだけの実績をあげていない。その理由として, 以前から指摘されている SEABAT を使用した具体的な測深方法や処理方法について十分な検討が行われていないこと, 機器のバイアス調整 (浅田他, 1998) に必要なデータの測得法など未解決な部分が多いこと, また, このようなことから運用規則が整備されていないことなどがあげられる。

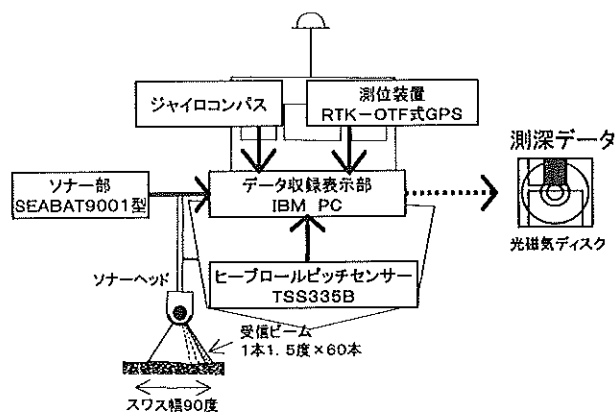
第五管区海上保安本部では, 前述のような問題点を解決するため港湾測量や補正測量をはじめ魚礁等の海底障害物調査などに積極的に使用し, 水路測量として水深を採用するための測深方法やデータ処理方法をほぼ確立したのでその概要を紹介する。

2. 機器構成とデータ処理の流れ

(1) 機器構成

当部に整備された SEABAT9001型は, ソナー部, ヒープ・ロール・ピッチセンサー部, ジャイロコンパス, 船位測定部, データ収録表示部で構成される。(穀田他, 1996)

・ソナー部は, 455kHz のナロービーム (1.5°×1.5°) 60本で形成された90°のスワ幅 (以下, 走査線) をもつ送受波器 (以下ソナーヘッド) とこれから発信するビームの制御をおこなう船上の制御器からな



第1図 機器構成

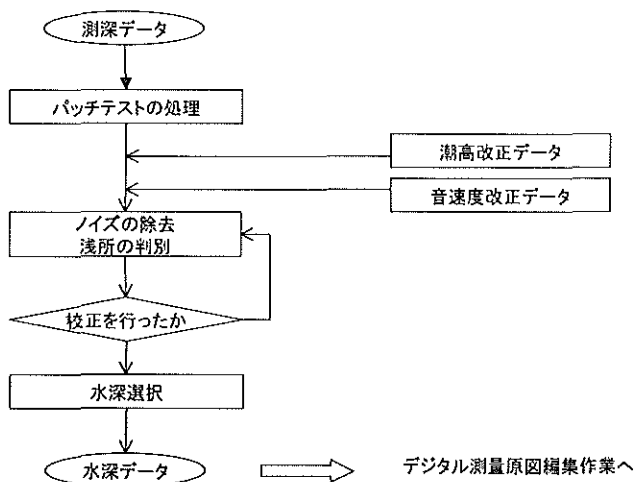
る。なお, 当管区のソナーヘッドは, 着脱式であり, 測深作業の都度, 測量船の舷側に固定する必要がある。

・ヒープ・ロール・ピッチセンサー部 (TSS335B 以下, 動揺センサー) は, 船体の動揺による傾斜を測定するもので, 斜め方向の測深値を水深に換算するために必要不可欠である。

・船位測定部は, 各発信ビームから得た水深値の位置を算出する基準となるため, 高精度で決定しなければならない。そのため, RTK-OTF 方式による GPS 測位をおこなっている。

・ジャイロコンパスは, 測量船の位置を基準として個々ビームの測深位置を測定するために必要で, 現在は, 測量船装備のジャイロコンパスから数値を取り込み使用している。

・データ収録表示部は, 前述のデータを測定時刻とともに一括収録する (ソフトウェアは, HYPACK を使用) とともに, 入力される各データをモニタリングしこれを参考に機器の調整をおこなう。



第2図 作業の流れ

(2) 処理の流れ

測得したデータは、光磁気ディスク等を介して処理装置へ受け渡し、水深採用のため以下の処理を行う。

- ・測量船の動揺センサー（ロール、ピッチ、ヨー）のバイアス誤差及び内部遅延の補正（以下パッチテスト）
- ・水中音速度、潮高の改正
- ・ノイズの判別・除去、魚礁等の海底障害物の分布や浅所の検討
- ・水深選択

測深作業から処理まで、すべてデジタル処理となるため、大量のデータの保管、管理についても考慮が必要で、データを不用意に削除したり破損して、処理に支障が出ないように対処していくことも重要である。

3. データの処理

海底を面的に測深したデータを効率的に処理し、水深として採用するために必要な作業及びデータの処理を以下に記す。

(1) パッチテスト

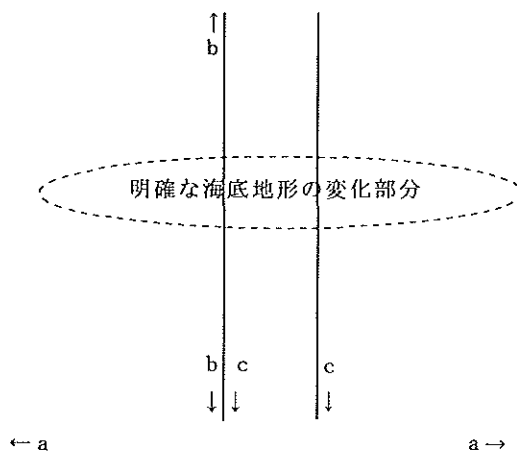
SEABATのような広い走査範囲を有する機器の水深値は、測量船の動揺センサーで測定されたロール、ピッチ及びヨーの各動揺要素をもとに算出されるが、正確な水深値を得るためには、送受波器等各センサーの取り付け時における鉛直軸及び方位軸と

の間のずれやこれらを計測した時刻からデータを取録するまでの内部遅延、測位装置の内部遅延の補正が必要である。特に測位装置の内部遅延量は顕著であり、SEABATに限らずどのような測深でも測定する必要がある。

以上の補正を施すためには、第3図のような測線を測深し得られたデータをもとに HYPACK の Patch Test プログラムにより補正量を算出する。また、測位装置の内部遅延は、測量船の速度差によって算出する方法もあるが、第4図のように顕著な異物や浅所で同一測線を往復観測して得られた異物が合致するよう補正時間を算出するほうが効率的である。この方法によって求まる値は、アンテナの位置のずれ等の他の誤差要因も含んで検出する。

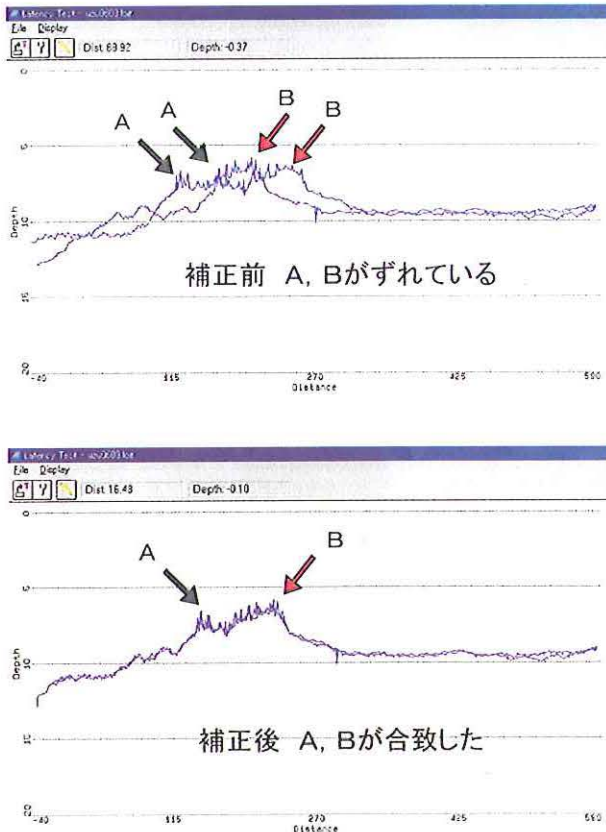
(2) 動揺補正値の異常

最近、動揺センサーの故障等により異常計測を引き起こす事例が幾つかある。動揺センサーの値がおかしいと、水深値が異常に補正されてしまう。たとえば、第5図のように記録の一部だけが異常値を示していた場合、これに気付かずに処理をすると、その部分だけ異常な値で補正がなされ、あたかもそこ

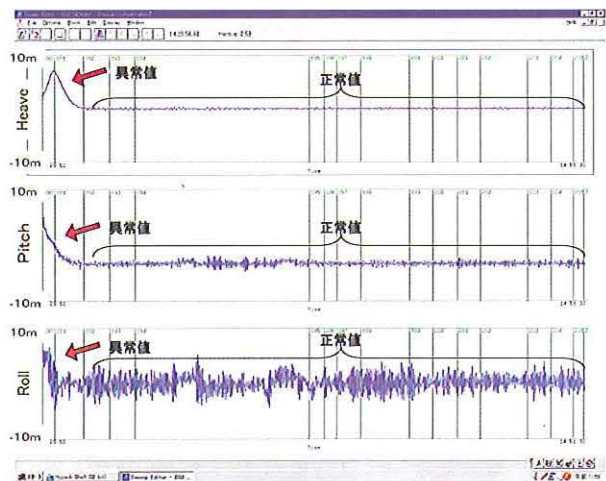


第3図 パッチテスト測線図

a：ロール角の補正値の検出（平坦な海域で測深速度の往復測深）
 b：内部遅延、ピッチ角の補正値の検出（明確な海底地形の変化部が存在する海域で測深速度の往復測深）
 c：ヨー角度の補正値の検出（明確な海底地形の変化部が存在する海域で走査範囲の1/2が重なるような平行測線の同一方向測深）



第4図 測位装置の内部遅延の検出
測位時刻と収録時刻の間の遅延を補正するため往復観測を実施し、この差から求まる時間が測位装置の内部遅延である。



第5図 動揺センサーの記録
矢印部分のように異常な値のまま処理をすると、平坦な海底面に比高8mの突起が発生する。

に異物があるようになる。現在は従来型の測深機(以下PDR601)と併用しているので同機の測深記録紙を照合すれば異常に気付くかもしれないが、PDR601では未測部分が存在することから、架空の浅所ができあがってしまう可能性は否めない。これを防ぐためにも動揺センサーの記録の確認は特に重要であり、必要に応じ第5図のような画面を出力し点検すべきである。

(3) ノイズの除去と浅所の検討

デジタル記録では、反射強度による判別ができない。そのため、海底なのか浮遊物、ノイズ等であるのか判断が難しく、現在はPDR601の記録紙や測深簿を参考にして判別しているが、SEABATの走査線の幅(以下走査範囲)を考えれば完全とはいえない。

第6図のようにスパイク状のノイズ(航跡など気泡が原因で発生)は、無条件で削除すればよいが、魚礁等の浅所が存在する場所では、浮遊物やノイズによって海底面の記録が抜けるので、最浅部であるのか判断に困る時がある。

このような場合は、隣接測線のビームと十分に重複させ、異物に照射されるビームの向きを変え、同様の記録が現れるかどうか確認する必要がある。たとえば、第7図のように北上コースの記録では、Aは直下、B、Cは右舷側に魚礁と思われる物体が見られる。次に走査範囲の1/2が重複した東側のコースを南下するとAが右舷側、C、Bは直下に記録が現れる。この記録から物体の形や分布、比高を比較し、魚礁かノイズかを判断する。

掘り下げ区域や岸壁前面など、異物の存在が予想される場所も同様である。

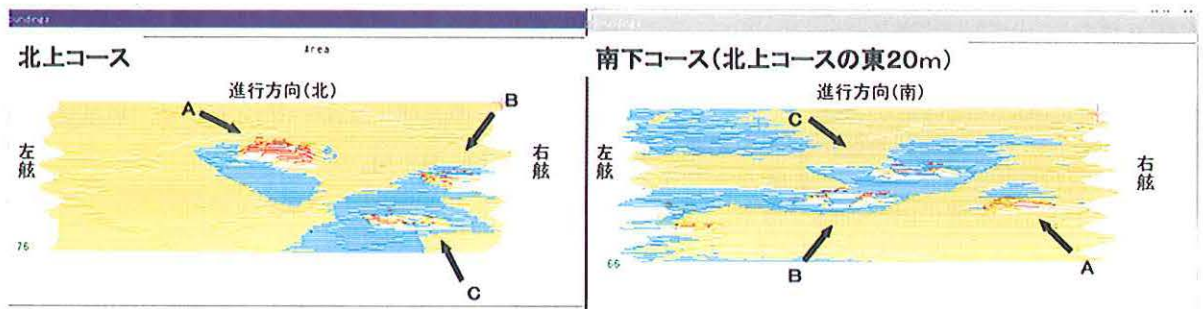
(4) 水深採用に有効な走査範囲

水深を採用するに際し90度の走査範囲すべての値を使用できれば理想的であり現地作業は短時間で効率よくなるのだが、動揺補正が完全でないため、走査範囲の端(ビームの角度が大きくなる)の方に行くに従ってその影響が顕著になり、両端での水深値の差が1mに達することもある(第8図)。第9図は、ビーム幅すべての水深データを採用したため、隣接する測線の記録の接続部が畝上に盛り上った例であ



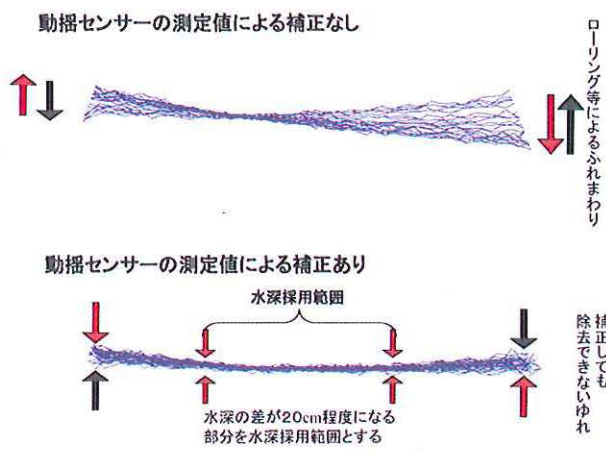
第6図 ノイズ等の除去

上図のように明確なノイズは容易に除去できるが、自然石等で構成される魚礁上に魚群などがあると判別が難しくなる。

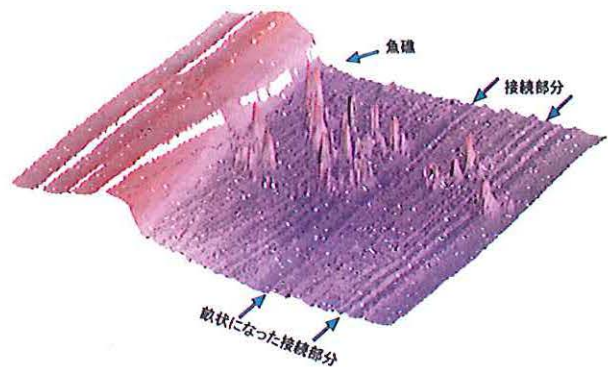


第7図 隣接曲線の比較 (測線間隔20m水深20m)

北上コースと南下コースで異物の位置が反転しているが走査範囲の1/2が重複しており、異物の分布、比高を確認する。



第8図 水深採用の有効範囲



第9図 水深データから作成した鳥瞰図
走査範囲の縁の接続部分が畝状に盛り上がった例。この山が測深精度内(±10cm)に収まらなければならない。

る。サイドスキャンソナーのように海底の地形などの把握が目的であれば差し支えないが、海図の水深として採用するには問題であり、これを防ぐ方法として有効範囲を設定する必要がある。

水深採用の有効範囲は、平坦な海底面上で水深値の差が直下水深と比較して20cm (±10cm) 程度になる範囲とし (第8図)、それ以外は、PDR601型の斜測と同様に地形を把握するための参考水深とする。当管区の機器では、経験的に45度の範囲までは20cm以内となり採用可能であるが、海面状況等によっては30度位まで絞る必要もあるので、一様に設定するのではなく、すべてのデータを確認した上で決めた方がよい。

4. 測深作業

前項のデータ処理作業を踏まえ、マルチビームの特性を生かし高精度な水路測量を効率よく行うために必要な測深方法について記す。

(1) 砂泥質の一般測深区域

走査ビームは、角度が大きくなるに従って反射面 (フットプリント) が大きくなり、また音速度の影響を受けやすく、異常な記録を示すことがあるので、水深処理の参考とならない事がある。計画段階で未測幅を設定しておく、端のビームに異常値が出た場合、確認するために補再測の本数が増え非効率である。よって、砂泥質の海底で30m以浅の区域は未測幅0mで行うことが望ましい。

(2) 岩礁等の測深区域

面的な測深ができることから岩礁等の分布や形状の把握、最浅部の特定に有効であり、補・再測の測線数をかなり減らすことが出来る。しかし、形状や比高によって陰となる部分ができたり、最浅部とノイズの判別を行う必要があるので水深として採用できる範囲を考慮し隣接測線と十分重複させた方がよい。(第10図 a)

(3) 魚礁等の海底障害物が存在する区域

最浅部の特定を要するので基本的には岩礁等の測深区域と同様であるが、砂泥質の浅い海底 (送受波器から約4m以内) に魚礁や石が存在する場合、反射強度の違いからデータに抜けが生じたり、セカン

ドエコーを取録する場合がある。感度の調整等で対処できるが、場合によっては、海底と魚礁等のそれぞれに感度をあわせて2回測深する必要がある。

(4) 掘り下げ区域

走査範囲を考えると測線は2本か3本で終了してしまうように思えるが、異物等の存在を考慮し走査範囲を隣接測線と十分重複させる必要がある。その他に、測線の設定によっては、掘り下げののりによって陰が生じるため、必ずのり面が明確になる測線を走り掘り下げ区域内に未測ができないよう測深する必要がある。また、岸壁面も明確になる測線を走り、敷石等の状況を把握する。(第10図 b, c, d)

(5) パッチテスト

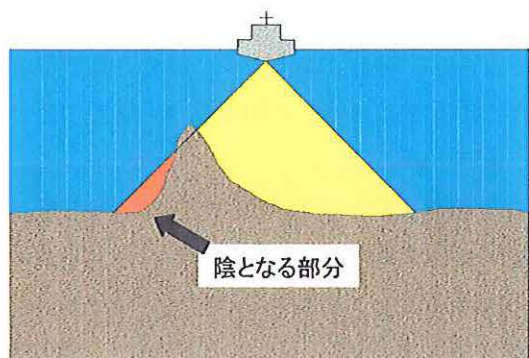
送受波器を装着した場合、パッチテストを必ず実施しなければならないので、実施する場所の確保や作業時間を割かねばならない。できるだけ測深線と重複させ効率化をはかる。

5. 今後の課題

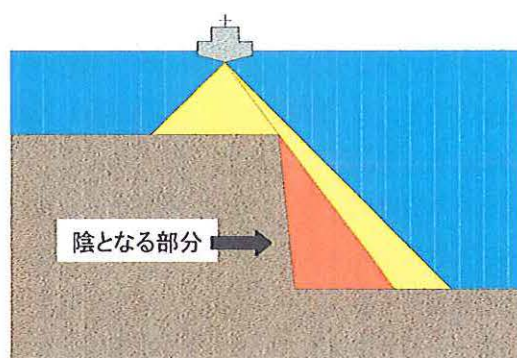
当部では、SEABAT を積極的に使用し概ね水路測量に適用できる用途をたてた。しかし、走査範囲の縁辺部のデータは水深として採用できず問題を残している。船体の動揺補正が完全ではなく、海面状況によって縁辺部の誤差が大きくなる現象は、参考に入手した平成11年3月に導入されたSEA-BAT8101型 (スワ幅150度、おきしお等に船底装備) のデータを見た限りでは当部の記録ほど顕著ではない。この原因として次のような理由が考えられ今後の課題としたい。

- ・送受波機を鉄パイプの先に取り付け、舷側に設置しているため、水の抵抗で発生するパイプの振動が影響している。
- ・船体の動揺補正に使用するセンサー類が送受波機の直上に置けず、センサーと送受波機の間距離がある。
- ・音速度の測定は、1日1ヶ所で行わないので、音波の屈折の補正が完全でない。
- ・動揺要素を検知するセンサーの性能 (追従性や内部遅延等)。

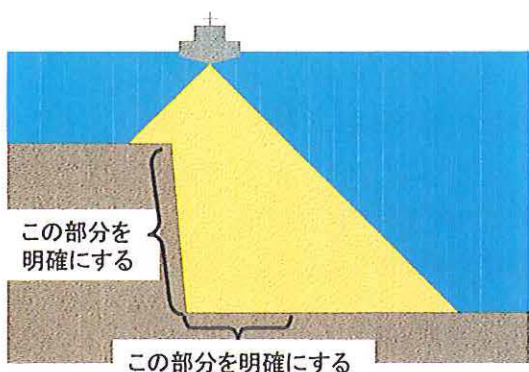
また、取得データ量が莫大であることから、デー



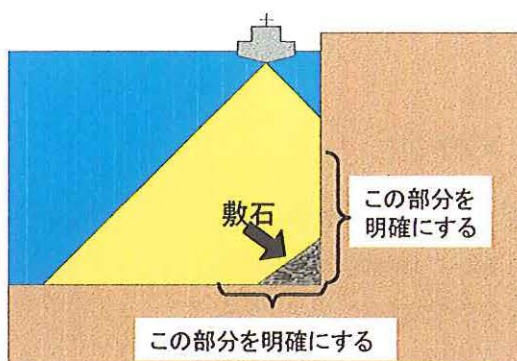
a) 異物によって陰ができ、その範囲を特定できない場合、陰の中を確認できる測線を測深する。



b) 掘下げによって生じたのりによって陰が生じる場合、陰の中がどのような状況か判らなくなる。



c) b) の問題を解決するため一般測深とは別に陰のできない測線を測深する。



d) PDR601では、岸壁面が写らないような測線を走ったが、SEABATでは敷石などの状況を見るため、岸壁面が写るような測線を測深する。

第10図 測深作業の注意点

タのグラフィック表示や補正值算出等が迅速にできる処理装置の性能アップ、デジタルデータの転送や保存・管理について考慮したシステムを構築する必要もある。

6. おわりに

SEABATによる水路測量は、現場作業における測線数の減少やデジタル測量原図作成に至るデータ処理において効率化を図ることが可能である。しかし、当部所有機の送受波器は着脱式であるため、着脱に時間を要し装着の都度パッチテストが必要であること、水中の送受波機の抵抗が大きく5ノットを越える速度で測深が出来ないこと、水深採用に制限があることなど制約を受けることが多く、送受波器の早急な船底装備が望まれる。

水路部は現在6台のSEABAT(9001型スワ幅

90度×3台、8101型スワ幅150度×3台)を保有している。また、民間や地方公共団体においても浅海用ナローマルチビームの導入あるいはその意向が見られるので、SEABATを運用し、かつ、外部機関を指導し得られた成果を審査する立場として、運用規則を早急に整備することが課題であり、本稿や当部で有するノウハウが幾らかでも活用されれば幸いである。

最後に本稿作成にあたり、助言、ご指導いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

浅田昭 穀田昇一 松本良浩 政岡久志：
SEABATを使ったデジタル水深測量におけるバイアス調整法，水路部技報第16号，103～107，(1998)

古市善典 政岡久志：浅海用ナローマルチビーム測
深機 (SEABAT) を使用した障害物調査, 水
路部技報第15号, 64~67, (1997)

穀田昇一 長野勝行：浅海用ナローマルチビーム測
深装置 (SEABAT) について, 水路部技報第
14号, 56~64, (1996)