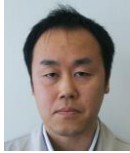


可搬ボート型マルチビーム測深機

—CARPHIN V—

コデン株式会社
製造技術課
新谷 徹行



株式会社オキシーテック
技術一部開発課
高橋 一成



株式会社ビーシステム
技術開発課
佐藤 浩司



はじめに

深浅測量は従来から様々な場所で行われているが、平成29年度から港湾工事の生産性向上を目指して浚渫工にICTを全面的に導入するICT活用工事(浚渫工)が開始され、音響測深機の需要が高まってきている。

このような状況の中、シングルビームリモコンボート測深機のコデン(株)、マルチビーム測深機の(株)オキシーテックおよびナビゲーション・データ解析ソフトウェアの(株)ビーシステムが3社協同で可搬ボート型マルチビーム測深機『CARPHIN V』の開発を進めている。

本稿では深浅測量に必要な現状の音響測深機を紹介した後に、開発中の『CARPHIN V』を紹介する。

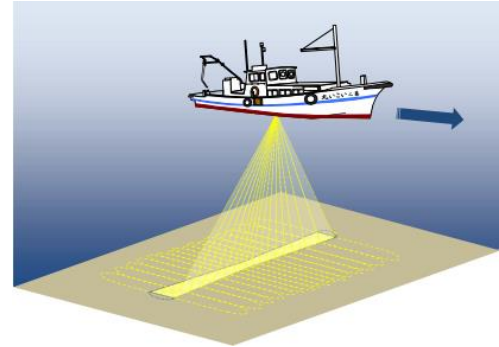


図 2 マルチビーム方式測深イメージ

船の動揺(ロール・ピッチ)を補正する為に動揺計が使用され、位置計測にはGNSS測位が主に使用される。しかしGNSS受信状況の悪い場所では(シングルビーム方式に限り)自動追尾トータルステーションが用いられる場合もある。

深浅測量は、船舶の航行安全のための水路測量、ダムや防波堤など水上構造物に関連した水深測定、防災や環境調査などにおける基礎データとしての詳細な地形把握などを目的として様々な場所で行われている。

深浅測量とは

深浅測量とは海底(湖底)の地形を把握する測量技術であり、測量船に取り付けた音響測深機(ソナー)から発射された音波が海底(湖底)で反射して戻ってくるまでの時間を計測し、別途計測した水中の音波伝搬速度(音速)から水深を算出するものである。音響測深機には測量船直下付近の水深を測定するシングルビーム方式や、扇状に音波を放射し指向性の鋭い複数のビームを使用することで測量船の進行方向に直交した方向の広い範囲の水深を測定するマルチビーム方式がある。図1および図2に各方式の測深イメージを示す。

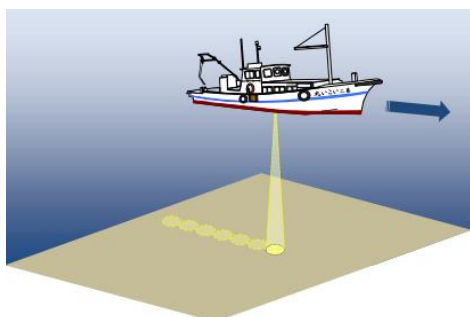


図 1 シングルビーム方式測深イメージ

現状の音響測深機

(1) シングルビームリモコンボート測深機『RC-S3』

(株)コデンではシングルビームリモコンボートの開発・製造を行った実績がある。(株)コデンにて製造している『RC-S3』の外観を図3に、仕様を表1に示す。



図 3 RC-S3 外観

表 1 RC-S3 仕様

全長	1200mm
全幅	350mm

高さ	250mm(突起物除く)
質量	12kg(バッテリー除く)
最大船速	4.5kt
連続航行時間	210分(静水、自律航行時) バッテリー交換可能
測深範囲(水深)	0.5m~80m
測深分解能	0.01m
ビーム幅	6°

『RC-S3』は GNSS 受信機およびシングルビーム測深機を搭載した国内唯一のリモコンボート型測深機である。自律航行・自動回帰機能も有しており日本およびアメリカで特許(特許第 3939710 号/US7,398,741B2)を取得している。また電動モーターを使用し排煙、油流出がなく環境に配慮している。

リモコンボートを浮かべるだけで簡単に 0.5m~80m の測量が出来、浚渫現場における出来高把握や、マルチビーム測深機を搭載した有人測量船が入れない浅い河川での補備測量等に使用されている。

またリモコンボートに自動追尾トータルステーションのターゲットを搭載することにより、GNSS 受信環境の悪い場所での測量も可能である。

測量したデータはテキスト形式として出力され、各種データ解析用ソフトウェアで解析する事が可能である。

(2) マルチビーム深浅測量システム『CARPHIN』

㈱オキシテックではマルチビーム測深機『OST4500』を、㈱ビーシステムでは専用ナビゲーションソフトおよびデータ解析ソフトを開発・製造した実績がある。マルチビーム測深機『OST4500』と専用ナビゲーションソフトを総合したマルチビーム深浅測量システムの総称が『CARPHIN』である。

① マルチビーム測深機『OST4500』

㈱オキシテックはマルチビーム測深機を国内で唯一開発・製造している会社である。

㈱オキシテックにおけるマルチビーム測深機の開発技術は、親会社である沖電気工業㈱により培われてきたものである。沖電気工業㈱が 1986 年に製造した国内初のマルチビーム測深機の外観を図 4 に示す。本装置は大型船に搭載されて使用されていたものである。

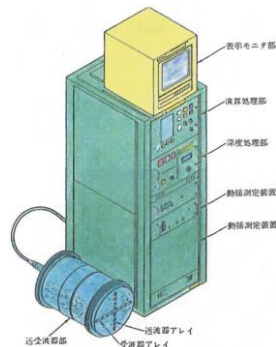


図 4 1986 年製造国内初マルチビーム測深機外観

㈱オキシテックで 2010 年に開発・製造したマルチビーム測深機『OST4500』の外観および運用風景を、図 5 および図 6 に、仕様を表 2 に示す。



図 5 OST4500 外観



図 6 OST4500 運用風景

表 2 OST4500 仕様

ソナーヘッド部寸法	φ 400×400mm
ソナーヘッド部質量	約 32kg
接続箱寸法	451×475×122mm
接続箱質量	約 11kg
測深範囲(水深)	2m~150m
測深分解能	0.01m
ビーム幅	約 1.0° × 約 1.0°
ビーム数	96 (等角度)
スワ幅	90° (固定)
測深回数	最大 5 回/秒
動揺計	ソナーヘッド部に内蔵

『OST4500』は、音を送信・受信する送波器・受波器がソナーヘッド部底面にあり、信号を処理する基板や電源等がソナーヘッド部および接続箱の中に搭載されている。小型・軽量であるため小型ボートに機装しての測量が可能である。

最大の特徴は、ソナーヘッド部の中に動揺計が内蔵されていることであり、NETIS にも登録されている(登録番号:

KT-120045-A)。通常のマルチビーム測深機では動揺計と送受波器が別々となっており、測量船に艙装するたびに送受波器水平面と動揺計水平面の誤差を補正するキャリブレーションが必要となる。『OST4500』ではソーナーヘッド部の中に動揺計が内蔵されているため、艙装毎のキャリブレーションが不要となり簡単な艙装で測量が可能となる。

運用の際には、専用金具によりソーナーヘッド部と連結された GNSS 受信機により位置を計測し、表示操作機(ノート PC)上の画面を見ながら運用する。

②ナビゲーションソフトウェア

『OST4500』のナビゲーションソフトウェアは株式会社システムにて開発されている。ナビゲーションソフトウェアの機能はデータ取得機能とデータ生成機能に分類される。

データ取得機能では『OST4500』を制御して測深データを取得するとともに、表示操作機(ノート PC)画面上に地図を表示し測深済みの箇所(計測範囲)を色つき表示する。運用者は本画面を見ながら操船することで効率的な測深作業を行うことができる。図 7 にデータ取得画面例を示す。

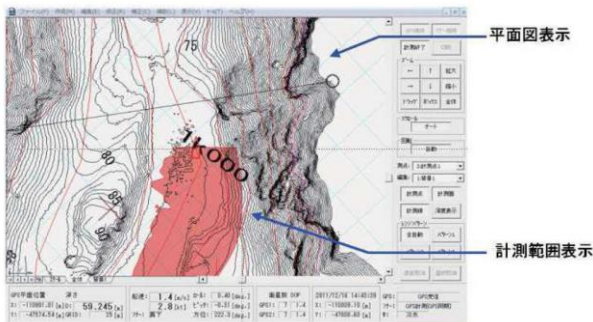


図 7 データ取得画面例

データ生成機能では、各種データを使用して 3 次元点群データを生成する。『OST4500』で取得・保存される測深データは、音速 1500m/sec 固定としてソーナーヘッド部底面(送受波器)を基準とした XYZ の座標データとして保存されている。この測深データに対して別途測定した音速データを使用して計算し直し、さらに GNSS データを使用してグローバル座標での 3 次元点群データを生成する。尚、全てのデータ(測深データ・音速データ・GNSS データおよび 3 次元点群データ)はテキスト形式として出力され、各種データ解析用ソフトウェアで解析する事が可能である。

(3) データ解析用ソフトウェア

測量した 3 次元点群データは各種データ解析用ソフトウェアを使用して数々の解析処理が行える。尚、株式会社システムではデータ解析用ソフトウェア『ScanSurveyZ』も開発している。

データ解析ソフトでは必要に応じて点群データの不要な点を削除するためのフィルタ処理を実施した後に、三角メッシュ(TIN)・四角メッシュを生成し、標高データ比較や過去データ比較、堆砂計算や貯水量計算等を行う。図 8 にデータ

解析画面例を示す。

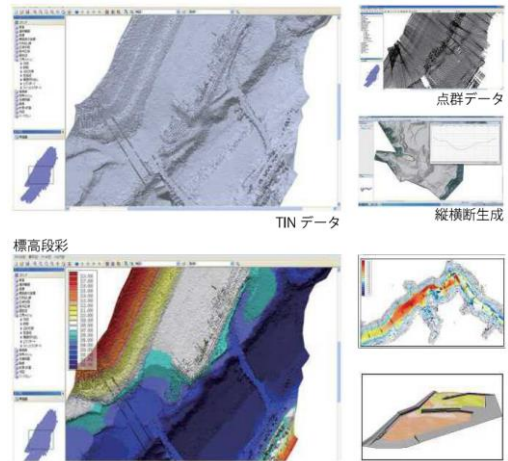


図 8 データ解析画面例

可搬ボート型マルチビーム測深機

前述したようにリモコンボートの株式会社コデン、マルチビーム測深機の株式会社オキシーテックおよびソフトウェアの株式会社システム、これら 3 社により協同開発に取り組んだのが可搬ボート型マルチビーム測深機『CARPHIN V』である。仕様を表 3 に示す。

表 3 CARPHIN V 仕様

リモコンボート部	
全長	1600mm
全幅	450mm
高さ	290mm (突起物除く)
質量	約 25kg (ソーナー部含む、バッテリー除く)
最大船速	4.5kt
連続航行時間	120 分(静水、自律航行時) バッテリー交換可能
ソーナー部	
測深範囲(水深)	0.5m~80m
測深分解能	0.01m
ビーム幅	1.5° × 1.5°
ビーム数	最大 256 (等角度/等間隔)
スワ幅	最大 150° (可変)
測深回数	最大 50 回/秒
動揺計/GNSS	内蔵/内蔵

『CARPHIN V』は前述した 3 社の技術を集結した未来の測深機である。

『CARPHIN V』はマルチビーム方式の測量に必要な機器(GNSS・動揺計・測深機)が全てリモコンボートの中に搭載さ

れている。必要な機器を測量船に艀装する必要がなく、またキャリブレーションも不要なので作業時間の短縮ができる。

・自律航行・自動帰船機能も搭載している。ボートコントローラで陸から操船することも出来るが、予めボートが航行する経路や目的地をセットしてリモコンボートを浮かべるだけで、誰でも簡単に正確な測量をする事が可能である。

・リモコンボートなので人的被害がなく安全である。浅海や河川浅所部においては砕波帯による横転や岩礁衝突等といった危険性を常に伴うが人的被害の心配はない。

・0.5mから測深可能で、有人測量船が入れないダム湖上流の河川極浅部等、様々な場所で使用する事が出来る。

・国内3社の実績ある技術を基にした開発で、装置使用方法等の問い合わせや保守・整備対応も万全である。

・このような特徴・利点がある『CARPHIN V』だが、中でも特筆すべきは機能を確保した中、小型・軽量化を図ったことである。『CARPHIN V』の質量は約25kgであり、渓谷のようなダム湖上流の河川や整地されていない浚渫工事現場にも、大人1人で運搬することが可能である。

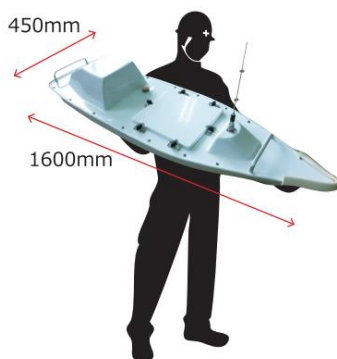


図 9 CARPHIN V イメージ

『CARPHIN V』のソーナー部容積は、2010年製造『OST4500』の容積(ソーナーヘッド部と接続箱の合計)と比べ6分の1以下(1986年製造の国内初マルチビーム測深機の100分の1以下)である。またソーナー部質量は7kg程度であり、『OST4500』の質量と比べ6分の1以下となっている。このような小型・軽量を実現できる理由を以下に述べる。

CARPHIN Vの測深範囲(水深)は最大80mで、浅い場所での使用に特化したものである。水中の音は距離の2乗に比例して弱くなるため、測深距離が短くなれば必要な音の大きさは小さくなり、音を出すためのパワーも小さくすみ小型となる。浅い場所での使用に特化したとは言っても、80mあれば国内ダムのほとんどは測定可能であり、浚渫工事現場等にも十分使用可能な性能である。また内蔵動揺計の小型化や、信号処理デバイスの性能向上等、昨今の技術進歩も小型化に起因している。さらに3社協同によって開発される『CARPHIN V』はソーナー部がボート内部に組み込まれ、ソーナー部をボート底面に取り付ける金具や、ソーナー部の水密構造が不要となりボート全体としての軽量化が実現できて

いる。

『CARPHIN V』は3社が従来の技術をさらに発展させ、その仕様を実現する。

リモコンボート部はシングルビームからマルチビームに変わったことで質量が増加するが、強力な電動モーターを搭載し最大船速(4.5kt)を維持している。これらの電力増加に伴い連続航行時間は短くなるが、従来通りバッテリーを容易に交換可能な構造で、運用に大きな影響はない。

ソーナー部は『OST4500』に比べビーム数が2.7倍に増加し、より細かい水平方向の分解能となっている。測深回数も4倍に増加し船の進行方向の分解能も増加している。またビームモードは従来の等角度モードに加えて等間隔モードを追加し、使用目的・状況に応じて選択する事ができる。さらにスワ幅も拡大され、より広い範囲での測量作業が可能となっている。尚、『CARPHIN V』のソーナー部性能は動揺計やGNSSも含めてi-Constructionに対応している。

ソフトウェアはソーナー部のビーム数・測深回数増加に伴う膨大な処理データに対応している。また従来はデータ取得時に計測範囲を色つき表示するのみであったが、測深データを使用しリアルタイムに水底地形を表示することも検討している。

さらに自動追尾トータルステーションのターゲットを2個搭載することで、GNSS受信環境の悪い場所でもマルチビーム方式で測深できるように検討を進めている。

(補足:マルチビーム測深機では船の進行方向に直行した方向の広い範囲を測定するため、シングルビーム測深機と異なり方位誤差が測深位置誤差に影響する。方位は船の進行方向前後に設置したGNSSにより算出している。)

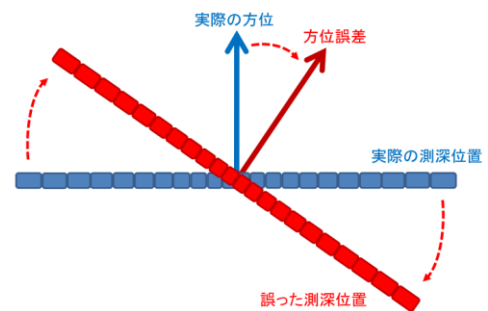


図 10 方位誤差による測深位置誤差

おわりに

紹介した『CARPHIN V』は3社各社において急ピッチで開発が進められており、本記事が掲載される頃には試作機が出来上がっていることだろう。2018年春には受注を開始し、2018年秋に納品予定である。皆様には期待してお待ち頂きたい。