

1 本書の概要

1.1 目的

本書は、漁港漁場における深淺測量で普及が進んでいるナローマルチビームと、近年、水中構造物の可視化技術として使用されている水中 3D スキャナーについて、漁港施設の機能診断への活用が増加することが予想されるため、両者の適用条件、活用・使い分けの考え方と計測、安全管理対策の留意点をまとめたものである。

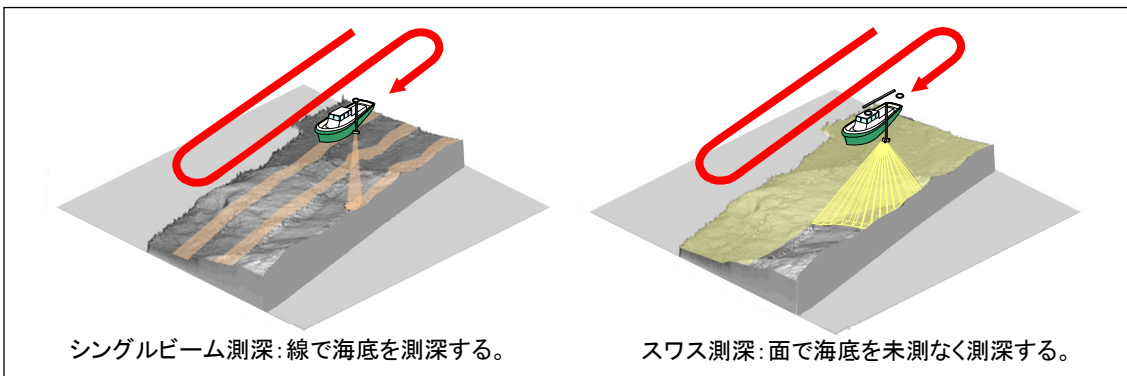
【解説】

深淺測量で従来用いられてきたシングルビーム測深は水深情報を線で計測しているのに対し、ナローマルチビームは詳細な水底地形や底面付近の構造物を面で計測するもの、水中 3D スキャナーは水中構造物の形状を立体的に計測するものである。

ナローマルチビームは 1990 年代、日本に導入され急速に普及している。詳細な地形データはデジタル解析技術や GIS など ICT 技術の発展に伴い、漁港・港湾・ダム・河川における調査、工事の分野で活用されている。

水中 3D スキャナーは 2014 年に日本に導入され、ナローマルチビームと同様に河川護岸や橋脚、港湾構造物の点検等に活用されている。

本書は、水中 3D スキャナーとナローマルチビームを漁港施設の機能診断に活用するための適用条件、活用・使い分けの考え方と計測、安全管理対策について留意点をまとめたものである。



「海洋調査技術マニュアル－深淺測量－（(社)海洋調査協会）」より転載

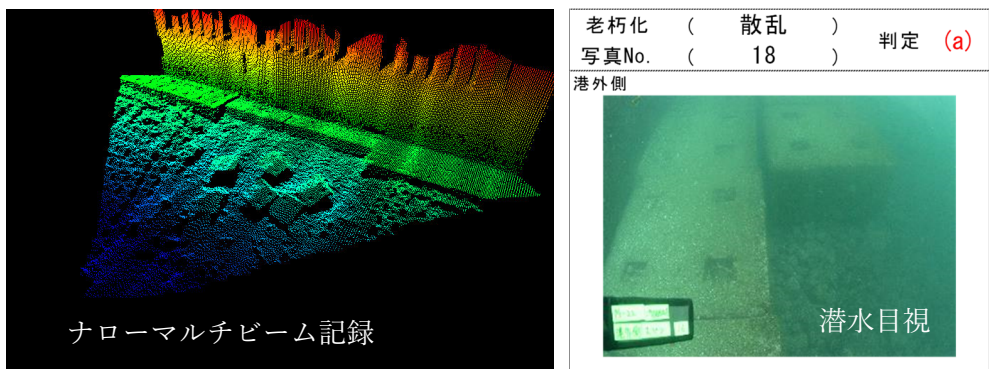


図 1-1 ナローマルチビーム計測の概念図および調査事例

1.2 本書の構成

本書の構成は、以下に示すとおりである。

表 1-1 本書の構成

章	頁	内 容
第 1 章	1	概要（構成・対象者・用語説明など）
第 2 章	10	漁港施設とセンシング技術
第 3 章	11	水中 3D スキャナーとナローマルチビームの適用条件
第 4 章	22	水中 3D スキャナーとナローマルチビームの活用と 考え方
第 5 章	55	安全管理対策

1.3 手引きの記載の仕方

本書は「基本的考え方」、「解説」、「参考情報」を以下の記述方法で記載する。

【基本的考え方】

各章の冒頭に基本的考え方を整理

【解説】

基本的考え方を文章、図表、写真などで解説

--- **【参考情報】** -----

・事例、参考データ等を掲載する場合はこの枠組み

1.4 位置づけ

本書は、水産基盤施設ストックマネジメントのための漁港施設機能診断における水中3D スキャナーとナローマルチビームの活用に応用する。

【解説】

社会資本の機能保全を効果的かつ効率的に実施していくために、施設の維持管理・更新等の最適化手法である「ストックマネジメント」が導入されている。

水産基盤施設ストックマネジメントにおいて、簡易調査や詳細調査等の実施、調査結果に基づく部材の老朽化度及び施設の健全度の評価、老朽化要因の特定、老朽化の予測並びに機能保全対策の必要性の検討を行う必要がある。

漁港施設機能診断のうち、水中部の点検診断は潜水調査により実施されているが、点検精度・作業環境・点検費用などの観点から、より効果的かつ効果的な機能診断を目指し、水中3D スキャナーとナローマルチビームの活用方法について取りまとめたものである。

表 1-2 水中部既往点検方法（潜水調査）と水中 3D スキャナー、
ナローマルチビームの相違点

【潜水調査と水中3Dスキャナー、ナローマルチビーム（センシング技術）との相違点】	
潜水調査	<ul style="list-style-type: none"> ・目視範囲が点的（スポット）で対象施設全体を俯瞰すると、<u>点検精度が不均一</u> ・陸上目視と比較し、<u>均一的かつ定量的な把握が困難</u> ・面的（2次元的）、空間的（3次元的）な評価ができないため、<u>定量的なモニタリングや災害前後の比較等への活用は困難</u> ・局所的な点検に適し、補修設計等に必要な寸法計測が可能 ・<u>小さなひび割れ、鋼材発錆、変色の有無および変状の把握が可能</u>
水中3Dスキャナー	<ul style="list-style-type: none"> ・面的（2次元的）、空間的（3次元的）な変状を把握可能であり、<u>対象施設全体を均一な精度で点検可能</u> ・時系列的な変化を定量的に評価ができるため、老朽化の進行や災害時の被災状況等（変化量）を<u>定量的に把握可能</u>、また、モニタリングへの活用に優れている ・<u>ひび割れ、鋼材発錆、変色の有無は判別困難</u> ・<u>10cm以上の変状を計測可能</u> ・<u>水面付近～水深15m付近までの水中構造物・水底の計測が可能</u>
ナローマルチビーム	<ul style="list-style-type: none"> ・面的（2次元的）・空間的（3次元的）な変状を把握可能であり、<u>対象施設全体を均一な精度で点検が可能</u> ・時系列的な変化を定量的に評価ができるため、老朽化の進行や災害時の被災状況等（変化量）を<u>定量的に把握可能</u>、また、モニタリングへの活用に優れている ・<u>ひび割れ、鋼材発錆、変色の有無は判別困難</u> ・<u>50cm以上の変状を計測可能</u> ・<u>水面付近は計測困難、水深12～15m以深の水中構造物・水底の計測も可能</u> ・<u>浅部は調査船の航行が困難なため計測困難</u>

※各調査項目において、困難な項目についてアンダーラインとしている

なお、ナローマルチビームを使用した深浅測量の実施にあたっては以下の基準等を参考に
する必要があるのである。

- ・漁港漁場設計・測量・調査等業務共通仕様書，平成 30 年 5 月，水産庁漁港漁場整備部
- ・海洋調査技術マニュアルー深浅測量編ー，平成 27 年 10 月，(社) 海洋調査協会
- ・水路測量法*

*水路測量法に該当する場合は、水路業務法施行令、水路業務法施行細則、海上保安庁告示、水路測量業務準則、
水路測量業務準則施行細則にもとづき、作業を実施する必要がある。

- ・マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編），令和 2 年 4 月改定版，国土交
通省 港湾局

1.5 用語の解説定義

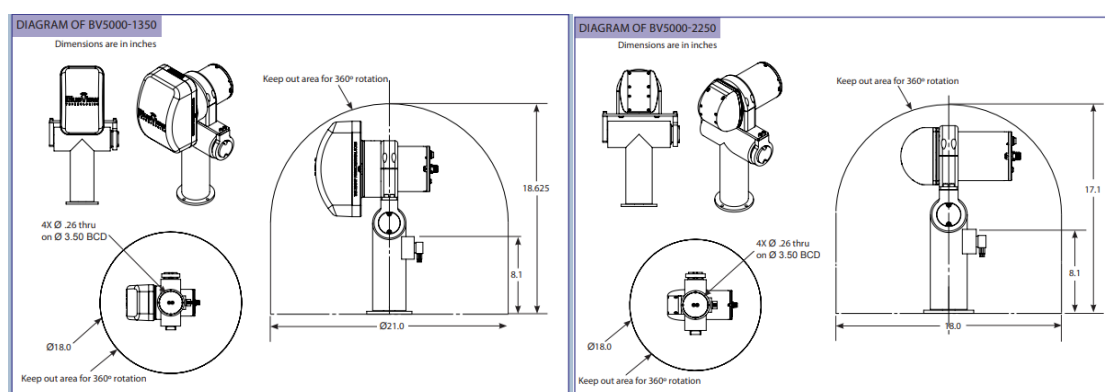
本書の記載内容に関して、基本的な用語を以下に解説する。

表 1-3 用語の解説

用語	解説
水中 3D スキャナー	ナローマルチビームと同様に水中構造物の形状を 3次元の点群データとして計測する音響機器。水中スキャニングソナー、3D スキャニングシステムと呼ばれることもある。
スワス測深	海底地形を面的にかつ詳細に計測する測深方法であり、ナローマルチビーム測深とインターフェロメトリ測深の総称である。
ナローマルチビーム	ナローマルチビームとは、ナロー（細かい）マルチ（複数の）ビームによる測深が名前の由来である。水中 3D スキャナー同様、水中構造物の形状を 3次元の点群データとして計測する音響機器である。
海上位置測位	水域において深淺測量等の調査作業、工事を実施する地点の位置の測定を行う作業をいう。その際、工事用基準点、港湾管理用基準面等の測量情報および利用する座標系情報が必要になる。
3次元点群データ	ナローマルチビーム機器で測深したデータであり、平面的な位置 (X,Y) と、深さ、あるいは高さ (Z) の 3要素で構成された 3次元データの集合体。
メッシュデータ	点群データを格子状に区切った単位で、その範囲における 3次元点群データを平均値化、最浅値を採択するなどの加工処理したデータのことである。
スクリーニング	一般的には「調査が必要な箇所の選定」を意味する用語であるが、音響計測では微細なクラックや変色等を把握することは困難である。そのため、本書においては、「音響機器で事前に大きな変状（約 20cm 以上、老朽化度 a 判定等）を把握しておくこと」を意味し、潜水目視作業の一部代替・軽減を目的とする。

(1) 水中 3D スキャナーによる計測

水中 3D スキャナーは、ナローマルチビーム同様、音波によって水中の構造物や地形の 3次元計測を行う音響機器である。ナローマルチビームと比較して周波数が高く(1350kHz)、上下・左右に回転する雲台を操作し、任意の角度から計測を行うことができることが特徴である。本来は海底面に三脚等で静置して、周囲 360° (最大計測距離 30m) の計測を行うが、慣性航法装置および GNSS アンテナと同期させることで、ナローマルチビームのように船舶に艀装して計測することが可能である。本書では、水中 3D スキャナーを船舶に艀装した移動計測での点検調査を想定している。



Model		BV5000-1350	BV5000-2250
Sonar & Software	Sector/Spherical Scan Area (°)	45 - 360	45 - 360
	Sonar Field of View (°)	45 x 1	45 x 1
	Update Rate (Hz)	Up to 40	up to 40
	Frequency (MHz)	1.35	2.25
	Maximum Range	30 m (98 ft.)	10 m (32 ft.)
	Optimum Range	1 - 20 m (3.2 - 65 ft.)	0.5 - 7 m (1.6 - 23 ft.)
	Number of Beams	256	256
	Beam Width (°)	1 x 1	1 x 1
	Beam Spacing (°)	0.18	0.18
	Time Resolution	0.015 m (0.59 in.)	0.010 m (0.39 in.)
	Data Output Format	.son, .off, and .xyz files	.son, .off, and .xyz files
Mechanical	Size (L x W x H in inches)	10.5 x 9.2 x 15.4	8.9 x 8.6 x 15.4
	Weight in Air/Water (lbs.)	21.7/8.2	19.1/6.0
	Depth Rating	300 m (1,000 ft.) / 4,000 m (13,123 ft.)	300 m (1,000 ft.) / 4,000 m (13,123 ft.)
	Coms (Sonar/Pan & Tilt)	Ethernet/RS485	Ethernet/RS485
	Power Consumption (W)	45 max.	45 max.
	Power Requirement (V DC)	20 - 29	20 - 29

Teledyne BlueView 社「BV5000」カタログより転載

図 1-2 本書で使用した水中 3D スキャナー (BV5000) と仕様

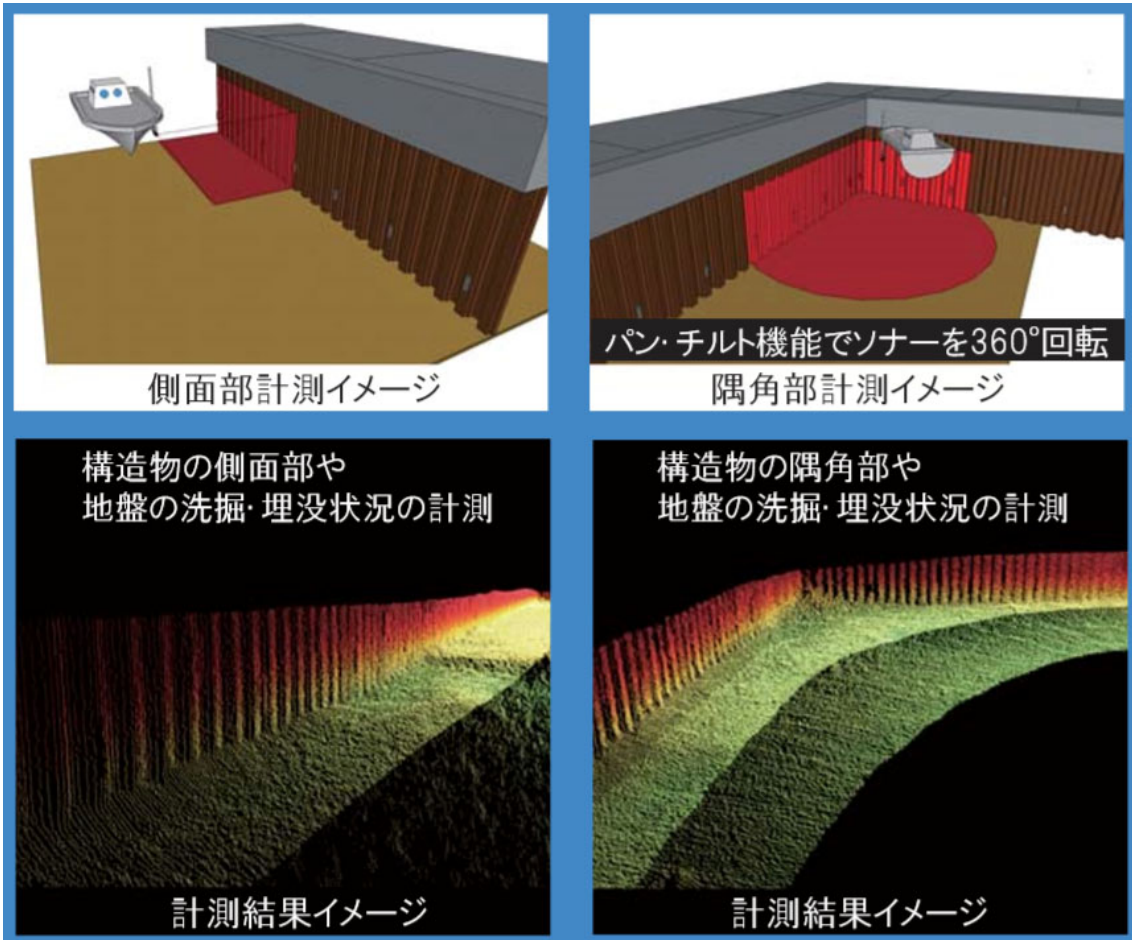


図 1-3 水中 3D スキャナー計測の概要

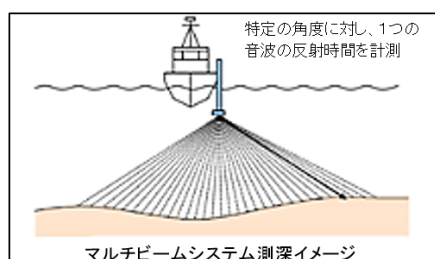
(2) スワス測深

スワス測深とは、測量船の左右方向に指向性の鋭い音響ビームを海底に照射し、船の進行とともに一括で多数点の水深値を計測する測深システムである。

海底地形を面的に詳細に計測するスワス測深には、主にクロスファンビーム方式に代表されるナローマルチビーム測深と、インターフェロメトリ方式に代表されるインターフェロメトリ測深の2つのシステムがあるが、構造物の変状を把握するための機能診断ではナローマルチビーム測深を用いる。

クロスファンビーム方式のビームフォーミングによる計測密度は、音波を照射する範囲（以下スワスと記す）の中心側に対して外側のデータが粗くなる。ただし、各角度に対する往復時間の解が1つであるため、高い施工精度が要求される岸壁前面や岩礁帯のような凹凸の激しい地形を正確に計測することができる。

一方、インターフェロメトリ方式の場合は、干渉波を使用するため、スワスの中心付近では極端に計測点が少なくなるが、スワス幅はクロスファンビームより広範囲（水深の8～12倍）にわたって大量の計測点を得ることが可能である。そのため特に極浅海域において、マルチビームよりも効率的な測深作業が期待できる。また、サイドスキャン機能を有しており海底反射強度データの取得も可能である（一部のマルチビームも可能）。ただし、岸壁や岩礁帯のような凹凸の激しい地形に対しては、海底面からの反響信号と壁の反響信号とが干渉してしまうため正確な計測が困難になる場合がある。



「海洋調査技術マニュアル－深淺測量－（(一社)海洋調査協会）」より転載

図 1-4 スワス測深システムの計測原理の主な特徴