研究速報

水中映像取得装置の試作

松本 さゆり, 片倉 景義, 吉住 夏輝

(独立行政法人港湾空港技術研究所) *1

南利 光彦 (株式会社日立製作所) *2

武山 芸英 (株式会社ジェネシア) *3

鈴木 紀慶, 野口 孝俊 (国土交通省) *4

matsumoto-s@pari.go.jp

(2008年10月20日原稿受付)

Abstract :

At port areas, a wide-angle underwater imaging system has been in strong demand for wide-range inspections of undersea-structures for periodic maintenance and for rapid check in case of disaster-affected. However, seawater in such areas is often turbid due to urban activities, which makes underwater imaging more difficult.

Thus, we developed a prototype of three-dimensional sonar system 07 (hereinafter called System 07) with surveying support feature for portside underwater constructions.

System 07 was used in a water tank, and its image performance was experimentally measured for a 6 m × 6 m field of view, with 0.1 m × 0.1 m × 0.13 m spatial resolution at an approximately 10-m range. In addition, System 07 successfully acquired acoustic images for a 1-mm-thick H-shaped aluminum plate target 1.4 m wide and high at approximately an 11-m range.

分 類：その他(観測, 計測等)

キーワード：水中音響レンズ, 水中映像取得装置, 周波数掃引法

1. はじめに

羽田空港の沖合に埋立部と栈橋部からなる新しい滑走路(D滑走路)が建設されている¹⁾。一般に埋立部の捨石均し後の確認は、潜水士によるレベル測

量及び目視確認により実施される。しかしながら、東京湾は透明度が低く目視確認が難しいことから、音響技術による水中視認・測量支援法の開発が望まれている²⁻³⁾。

Prototype Three Dimensional Sonar System for Underwater Acoustic Imaging

*1 Sayuri MATSUMOTO, Kageyoshi KATAKURA, Natsuki YOSHIZUMI (Port and Airport Research Institute)

*2 Mitsuhiro NANRI (Hitachi, Ltd.)

*3 Norihide TAKEYAMA (Genesia Corporation)

*4 Noriyoshi SUZUKI, Takatoshi NOGUCHI (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

そこで、高性能な映像取得のために著者らの一部が研究してきた低収差音響レンズ⁴⁾を装備する水中映像取得装置07(以下、装置07)の試作を行ったので報告する。

2. 水中映像取得装置07の構成⁵⁾

装置07の外観写真をFig. 1に示す。性能等諸元は以下に示すとおりである。視野範囲、分解能については水槽実験にてその性能を確認済である。

視野範囲：縦6 m × 横6 m (視程距離10 m)

分解能：縦、横、奥行きのいずれも0.1 m (視程距離10 m)

装置サイズ：縦0.7 m × 横0.6 m × 奥行き0.8 m
本体重量：169 kg (レンズを含む)

送波器：2 ch. 周波数0.5～1.0 MHz

送波ビーム：縦30度以上、横0.5度程度の扇形

受波器：64 ch

音響レンズ：非球面、2枚組

有効径：0.25 m

視野：縦、横共に33.0度

口径比：1.3

また、水中の対象物を3次元的な音響映像として取得するため、周波数掃引法^{6,7)}を用いている。この方法の優れた点は、本体装置が座標系の原点となる座標軸を持つことにより、ターゲットまでの距離と大きさを映像から容易に取得できることである。

ここで、装置07は水槽内で装置原理及び性能の確認を目的としたため機能を限定した。ひとつは水槽サイズに合わせて視程距離を約10 mとした。また、

Fig. 1 Prototype of three dimensional sonar system for underwater imaging.

周波数掃引法の動作としては複数同時送受信機能を持たせ得るが、1周波の送信毎に受信するシステムとした。よって、全ての周波数に対応するデータを1つずつ取得した後、合成することにより初めて1枚の映像となり、実時間性は具備されない。

3. 水槽内映像取得実験

実験は港湾空港技術研究所が所有する幅10 m、長さ25 m、深さ6 mの水中作業環境再現水槽で実施した。装置07の性能確認のため、ターゲットを鋼材(約0.3 m³)として映像取得範囲の確認を実施し、視程距離10 mの場合、視野の左半分では縦6 m × 横3 mであること、ターゲットをブイ(φ0.1 m、長さ0.13 mの樽型)、視程距離を同上として、縦・横共に約0.1 mの分解能があることを確認している⁸⁾。

装置07の水中映像取得実験として、ターゲットはHの形状をしたアルミ板(縦、横共に1.4 m、厚さ1 mm、表面には約φ5～10 mmの小石を貼り付けた)を用い、X = 約11 m、左端をY = 0.0 m、その中心高さをZ = 2.0 mとなるよう設置した(Fig. 2)。装置07の中心位置を座標系の原点として、水槽の幅方向をY、長さ方向をX、高さ方向をZとする。次に、映像取得実験の結果をFig. 3に示す。受信信号は特別な処理をしておらず、単純な閾値処理のみを実施した。図中の色は高低(Z)を示し、赤が最も高く、青は最も低い。また、図中の1画素は縦0.1 m × 横0.1 mである。Fig. 3 (A)は鳥瞰図である。おおよそ“H”の字形が見て取れる。また水槽壁面(Y = 3.0 m)、水槽底面(Z = 2.0 m)が確認でき、装置07の位置と水槽の位置関係及びターゲットの大きさや位置関係を図より把握することができる。

Fig. 3 (B)は11 m ≤ X ≤ 15 m の範囲をYZ面として表示したものである。正面から見ておおよそ“H”の字形と分かる。Hの左端最上部はY = -0.2 m、Z = 1.1 mに位置し、全体の中1.7 m、高さ1.7 mであり、ターゲットの位置はおおよそ近いが、その大きさはターゲットよりもやや大きく表示され、また原点付近に比して原点から離れる方向にドットが歪んで見える。このことは、送受信方向が装置07の原

Fig. 2 Tank experiment setup for the system in Fig.1.

(A) is overview, (B) is YZ plane from the system and (C) is a target.

点を中心とした球の径方向であり、その音波経路に存在する反射点を $11 \text{ m} \leq X \leq 15 \text{ m}$ の奥行きをもって表示し、送受信方向と観察方向が異なることに起因する。ここでは音響レンズの収差やボケの影響も否定できないが、装置07の送受波原理と表示法による影響が支配的であると考えられる。

また、ここでは詳細を紹介しないが、性能確認及び画像取得実験を実施した中で、今後の検討課題

Fig. 3 Example results of acoustic image in tank experiment. (A) is birds-eye view and (B) is YZ plane.

が明らかになった。①今回の試験では送信信号をPCWとして一方位毎にデータを取得したが、リアルタイムデータ取得のためにFMパルスなどの効率的な送信信号の適用を検討すること、②受信信号から見易い画像表示とするため、描画法の工夫の他、ノイズ除去フィルタを含む信号処理法を検討すること、③方位方向の弁別性能を向上させるため、送波ビームのS/N改善をすることである。

4. おわりに

濁水中でも視認可能な超音波式水中映像取得装置の開発を目指した装置07を試作し、水槽内において所望の性能であることを確認し、装置07の位置と水槽の位置関係及びターゲットの大きさや位置関係が矛盾しない音響映像を取得した。これにより、装置07の有効性が確認されると共に改良への知見データを収集した。

現在、本試作装置の改良作業中であり、2009年1～2月に海上にて計測を行う予定である。

本試作は国土交通省関東地方整備局による“東京国際空港再拡張事業基礎調査”の一環として行われたものである。

謝辞

本研究を進めるに当たり、ご助言をいただいた神奈川大学工学部遠藤信行教授、穴田哲夫教授、土屋健伸助教に深謝する。また、本開発の一部はH17-19年度神奈川大学及び文部科学省ハイテクリサーチプロジェクト、文部科学省科学研費補助金18760624、財団法人日本科学協会笹川科学研究助成18-320Mによる基礎研究成果が反映された。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所ホームページ
(<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/haneda>)
- 2) 森屋陽一, 宮田正史, 長尾毅, "マウンド不陸を考慮したケーソン底版部材設計法の提案," 国総研資料, 94, (2003.6).
- 3) 野口孝俊, 鈴木紀慶, 松本さゆり, 宮田正史, "捨石マウンドにおける水中音響レンズによる不陸状況確認の適用性検討," 土木学会全国大会第63回年次学術講演会講演概要集CD-ROM, (2008).
- 4) 松本さゆり, 武山芸英, 土屋健伸, 穴田哲夫, 遠藤信行, "水中音響レンズの収束特性の計測," 信学技報, US2007-33, (2007).
- 5) 松本さゆり, 特許出願済, 特願2008-047401.
- 6) 片倉景義, 淡中泰明, 小林正治, 越川常治, "周波数掃引法による超音波水中映像装置," 日本音響学会誌, **31**, 716-724 (1975).
- 7) 片倉景義, 公開特許公報, 昭47-26160.
- 8) 松本さゆり, 片倉景義, 吉住夏輝, 南利光彦, 武山芸英, 野口孝俊, "超音波式水中映像取得装置の開発に関する検討," 海音講論集, 39-40 (2008).