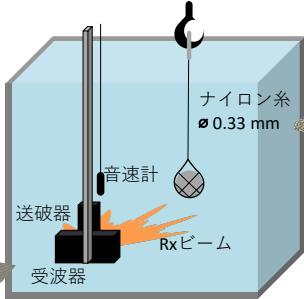
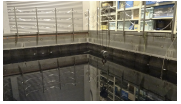


概要

マルチビーム測深機(MBES)のフットプリントは、測深や海底異常物検出の解像度を定める重要な指標。一般的にはカタログ記載の直下ビーム幅から推定されるが、1m大のターゲットを用いた実験^{*1}において、実際のフットプリントがカタログ値の2倍程度に広がっているとみられるケースがあった。そこで、MBESが生成するビームの指向性をより詳細に確認するため、小球ターゲットを用いた観測実験を2023年に実施した^{*2}。その結果をもとに、MBESの実効ビーム幅を評価するための簡易な実験手法について提案する。

初期実験とその結果

東京大学生産技術研究所
地下水槽
7m x 7m x depth 8.7m



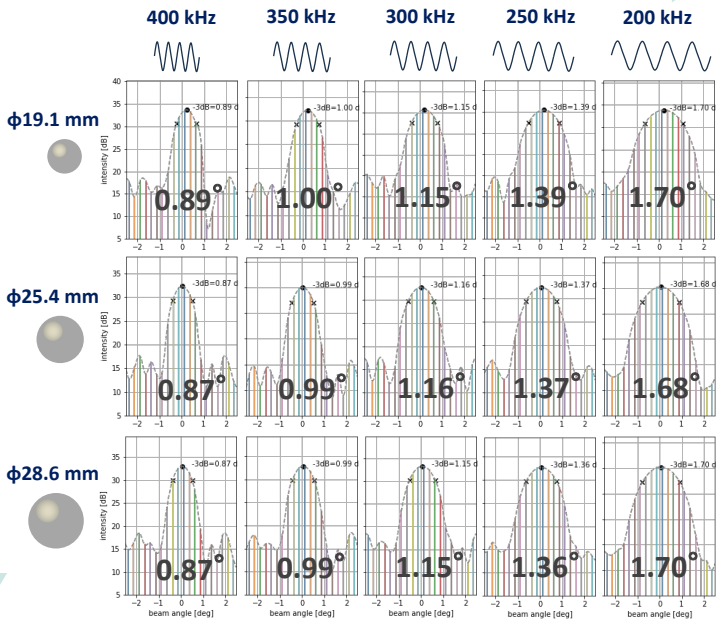
ターゲット
タングステンカーバイド球
 {
 ø 19.050 mm
 ø 25.400 mm ...3通り
 ø 28.575 mm

マルチビーム測深機
(R2Sonic Sonic 2024)

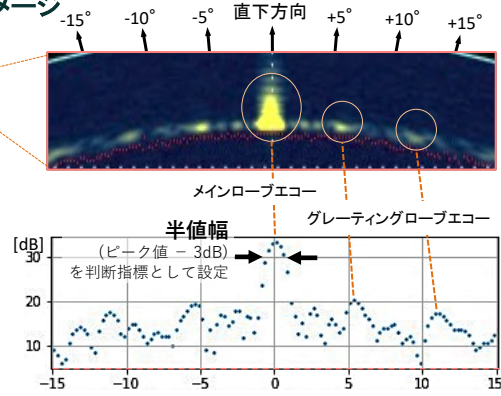
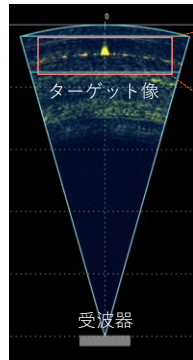
直下ビーム幅 0.5 deg@400kHz
 発振パルス 30 µs CW
 スワ幅 64 deg
 発振周波数 {
 200 kHz
 250 kHz
 300 kHz ...5通り
 350 kHz
 400 kHz

周波数を下げると・・・ 半値幅が広がる

球径を大きくしても・・・ ほぼ影響なし

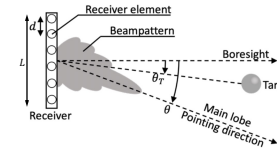


ウォーターカラムイメージ



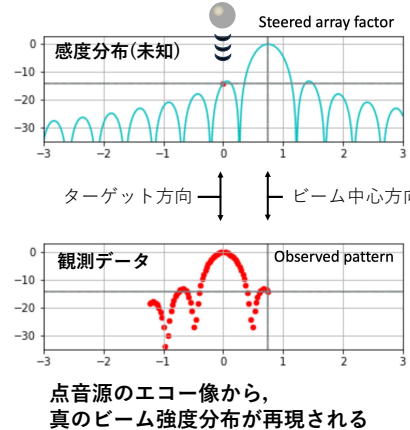
観測モデル: ステアリングした受波ビームの受信感度分布

受信感度のモデル式



$$\frac{\sin \left[\frac{\pi(L+d)}{\lambda} (\sin \theta_T - \sin \theta) \right]}{\left(1 + \frac{L}{d} \right) \sin \left[\frac{\pi d}{\lambda} (\sin \theta_T - \sin \theta) \right]}$$

線形アレイのアレイファクタ
ステアリングした受波ビームの感度パターン... 実際はアレイ固有の強度分布(エレメントファクタ)との掛け合わせだが、本実験では角度分布のみ分かればよい。



結果からわかること:

受波ビーム強度の角度分布は上記実験で評価可能

Result 1:

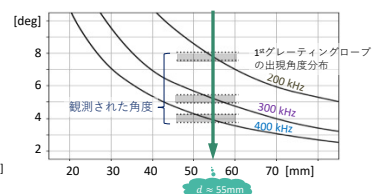
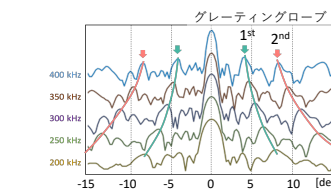
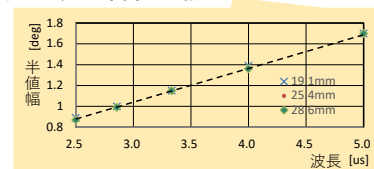
エコー半値幅は球の大きさによらない ※さらに、球までの距離を変えても半値幅には影響せず^{*2}
 → ターゲットは点音源(点散乱源)として機能!

Result 2:

エコー半値幅は波長に比例し、モデル式に整合的
 → 周波数設定によるビーム幅変化は定量評価可能!

Result 3:

グレーティングローブ分布もモデル式に整合的
 → 実効素子間隔 d も推定可能



上記実験に足りないもの

送波ビーム形状も知るためには...?

→ ターゲット球の上下移動を追加する必要がある

送波ビームは通常ステアリングしないため、ターゲットを移動させないとビームの形状が把握できない。球の上下移動を計測しつつ、同様にデータ取得

MBESの“実際の”ビーム幅を求めるには...?

→ ウォーターカラムイメージと測深点の対応をみる

上記実験では便宜上、エコーの-3dBまでを評価指標とした。実際のビーム幅は、ターゲット上に測深点が落ちなくなる最大幅を見ることで評価できる。

提案する実験内容まとめ

200 - 400 kHz帯のMBESと、20 - 30mm程度の任意直径のタングステンカーバイド小球の組み合わせ。
 球はMBESから数mの任意の距離に横向きで吊下し、球を上下に動かしつつ測深。測深点分布から有効ビーム幅を見積もる。可能であればウォーターカラムイメージとの対応状況も確認。

謝辞

本実験にあたり、(株)東陽テクニカ 柴田耕治様に技術的助言をいただきました。東京大学 河野賢司様、井上智裕様に実験補助を頂きました。実験施設の使用にあたり、東京大学 巻俊宏様に協力いただきました。記して感謝いたします。

参考文献

*1 住吉ほか、マルチビーム測深機の精度検証実験手法と初期結果、海洋音響学会誌 49(4), 2022。
 *2 長澤ほか、小球を用いたマルチビーム測深機の受波指向性検証に関する初期実験結果、海洋音響学会2024年度大会, 2024。