



防衛装備庁

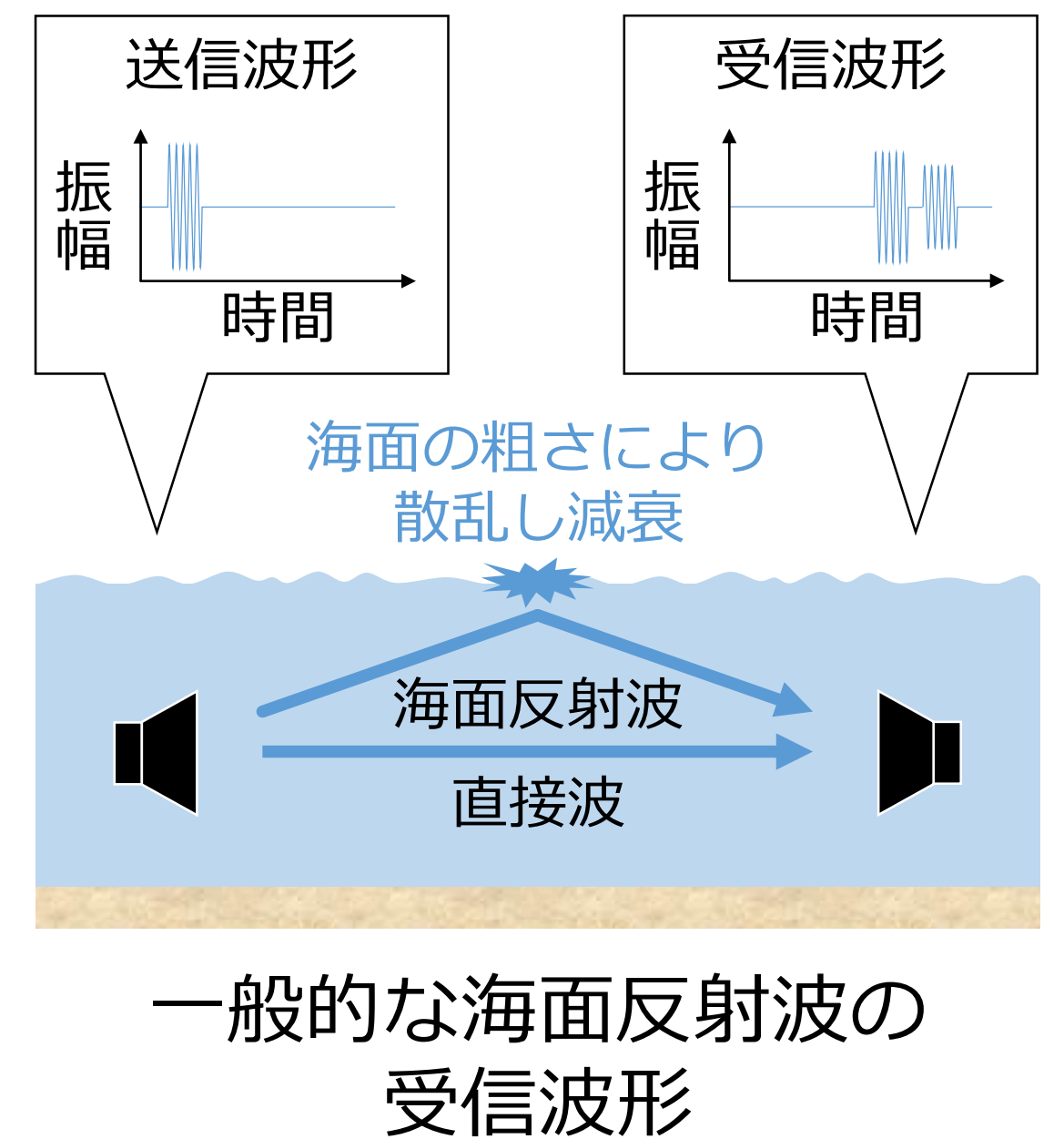
水中音響のトラップ～近距離伝搬異常について

(1 / 2)

防衛装備庁 艦艇装備研究所 海洋戦技術研究部 海洋戦闘指揮研究室

海面反射により生じる異常な現象の観測

- ◆ 潜水艦の静粛化により、我が国が水中優勢を獲得・維持するためには、ソナー探知能力のさらなる向上が必要となっている。
- ◆ しかし、実海面におけるソナー探知能力の評価は、時間的にも環境的にも制約が多く、機会の拡充は難しい。
- ◆ そのため、機械学習によりあらゆる環境における模擬時間波形を生成する技術を確立することで、ソナー探知能力評価の効率化を図ることができる。
- ◆ 本報告は、上記技術の確立を目的として実海面における学習データ収集を実施した際に、通常は直接波よりも小さくなる（右図）海面反射波の振幅のほうが大きくなる異常現象が発生したため、原因を分析・考察したものである。

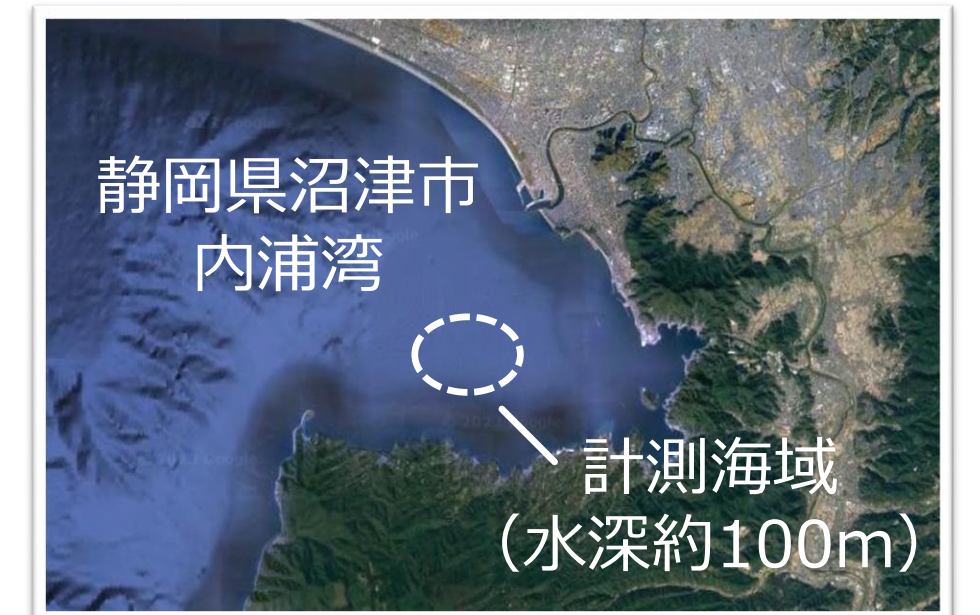


計測の概要

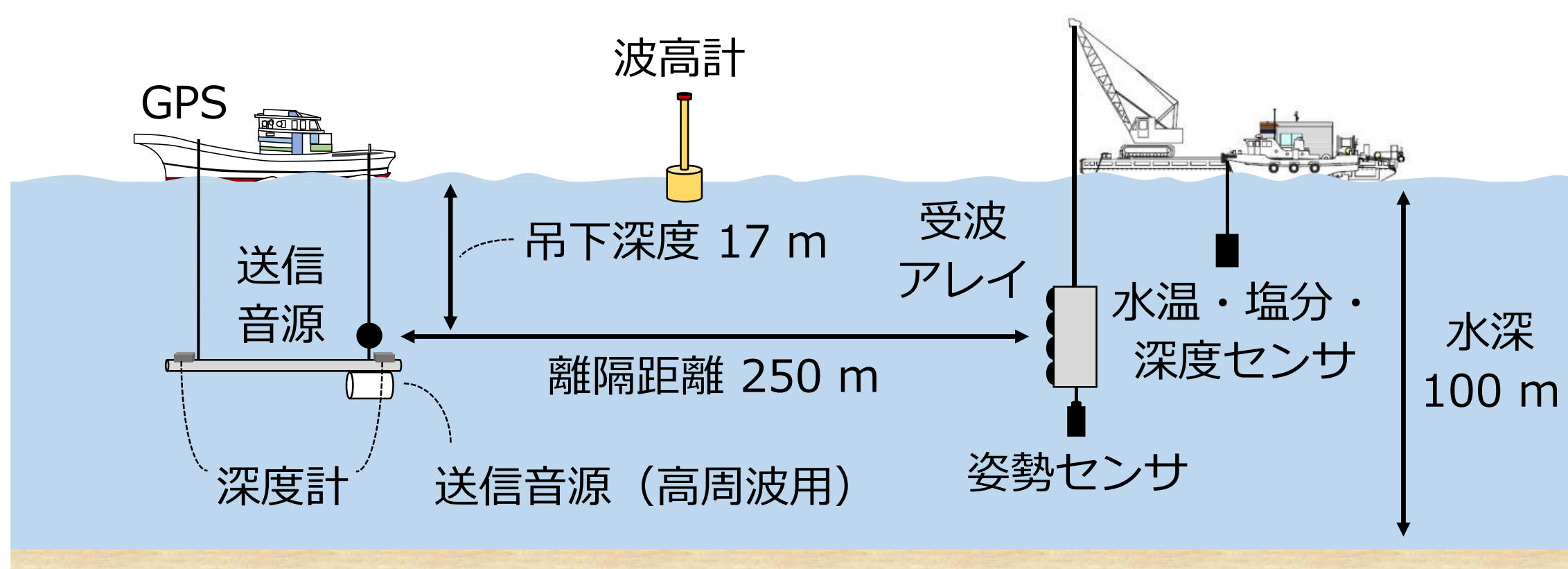
実施概要：2022年5月に沼津市内浦湾の水深100m海域（右図）にて実施

送信諸元：パルス長1msのトーンバースト波（PCW：Pulse Continuous Wave）
周波数は5.0kHz、6.5kHz、8.0kHz及び10kHz

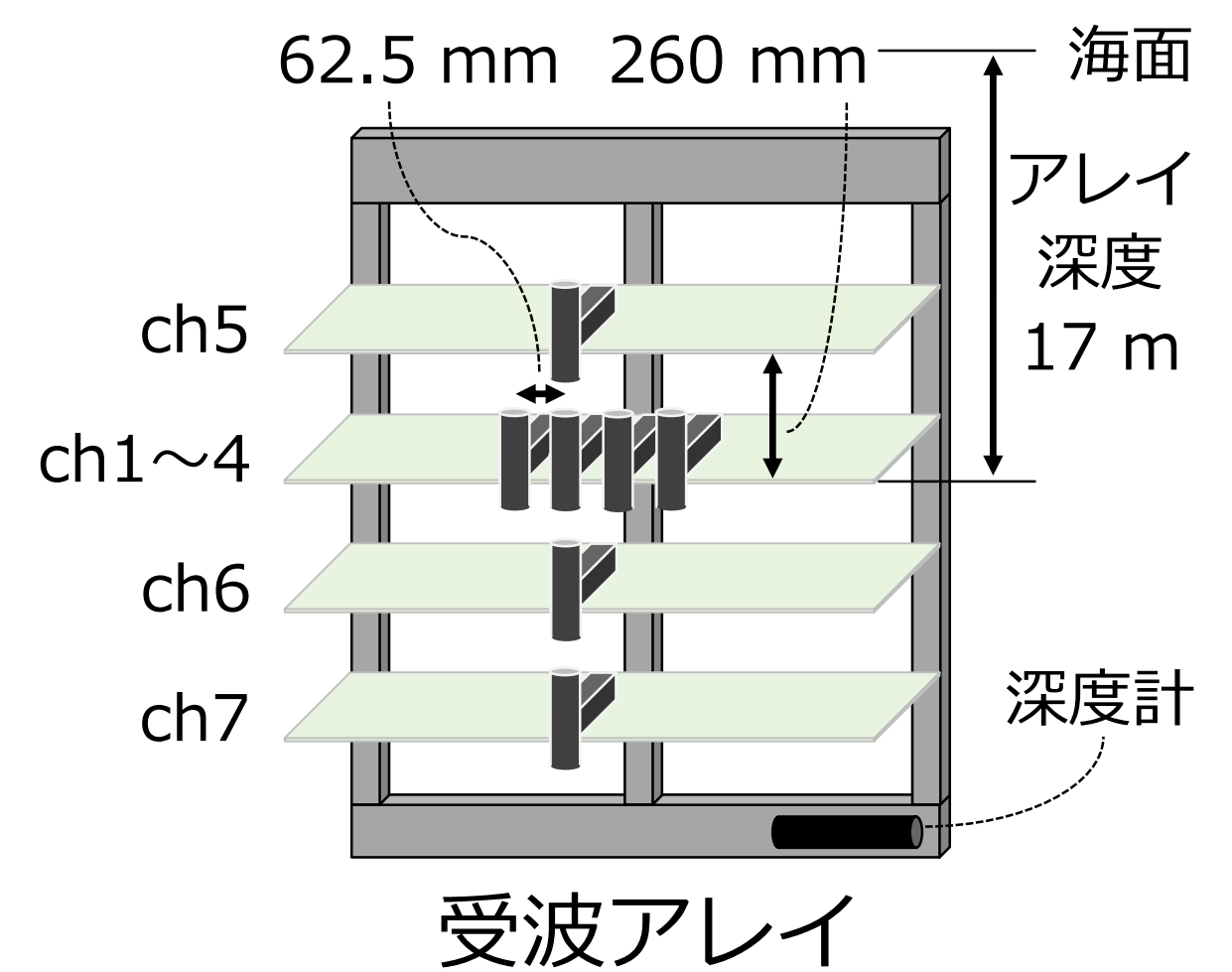
計測手順：左下図の計測体勢で、GPS信号をトリガとして0.5秒ごとに送波し、7chの受波器を配列したアレイ（右下図）で受信波形を1000回分記録



計測実施海域 (google mapより引用)



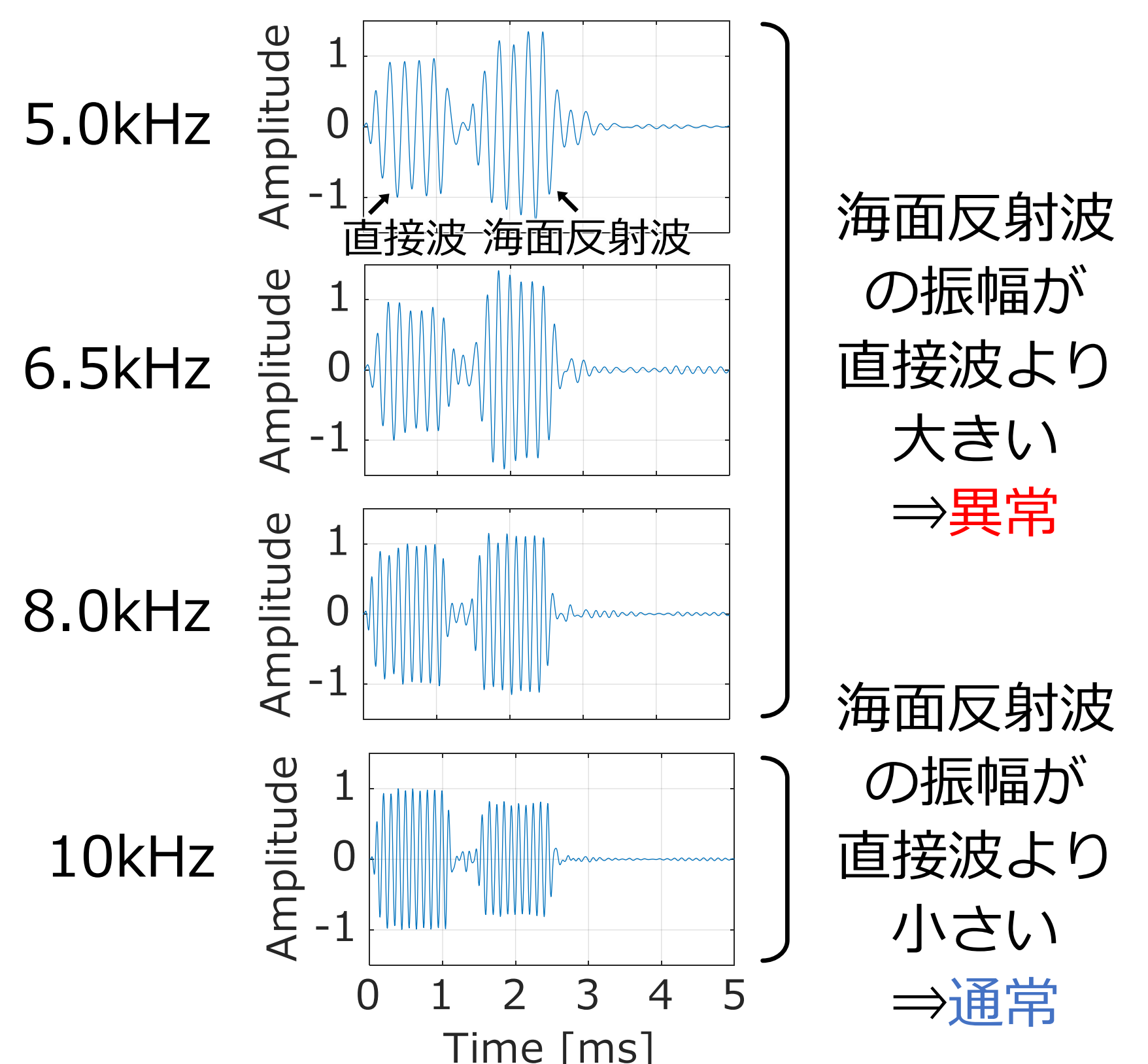
計測体勢



受波アレイ

計測結果

- ◆ 各送信周波数について、受波アレイのch2で計測した受信波形の平均値を右図に示す。振幅は直接波の最大振幅値で規格化したものである。
- ◆ 海面反射波の振幅は、10kHzでは想定どおり直接波よりも小さい。しかし、5.0kHz、6.5kHz、8.0kHzでは、海面反射波の振幅が直接波よりも大きい。これは、他のchにおいても同様であった。
- ◆ 海面反射波は、波浪によって生じる海面の粗さにより散乱することで減衰する。さらに、直接波よりも伝搬経路が長いいため、伝搬損失も大きい。そのため、通常では海面反射波の振幅は直接波よりも小さくなるものであり、本計測で発生した現象は異常であるといえる。



受波アレイch2における受信波形の平均値



海面反射波の振幅が直接波よりも大きくなる原因とは

この現象の原因として考えられる以下の現象について、分析・考察を行った。

1. 送信音源や受波アレイの取付用フレームからの散乱

送信音源フレームからの散乱波がある場合の受信波形をシミュレーションした結果、計測値とは一致しなかった。また、受波アレイフレームからの散乱波がある場合、受信波形のひずみはchごとに異なるはずだが、計測値にchごとの有意な差は生じていなかった。

2. 送受波器の動揺や海面波によるドップラ変位

受信波形から計測したドップラ変位に基づきシミュレーションをした結果、受信波形の平均は時間に対して単調減少になり、計測値のように海面反射波の振幅の方が大きくなることはなかった。

3. 送信音源もしくは受波器の指向性

送信音源のカタログ値より、計測した周波数で指向性が生じるとは考えにくい。また、姿勢センサのログ及び計測値から、受波アレイの傾斜・回転に伴う方位変化による受信波形の振幅変動は生じていなかった。

4. ch間のクロストークや信号処理の不具合

異なるchの計測値や、バンドパスフィルタ処理前後の計測値を比較したところ、これらの不具合によるものと思われる差は生じていなかった。

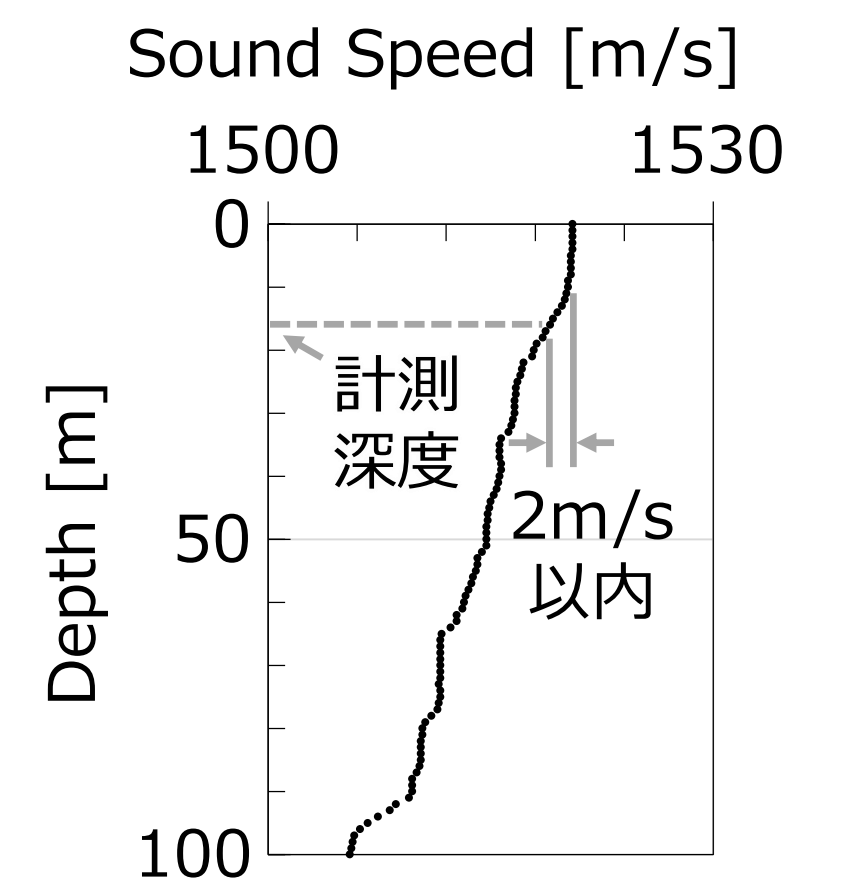
以上により、1～4は原因ではないことがわかった。

5. 音波伝搬アノマリー※ ※実際の伝搬損失から、球面拡散で計算した場合の伝搬損失を引いた値

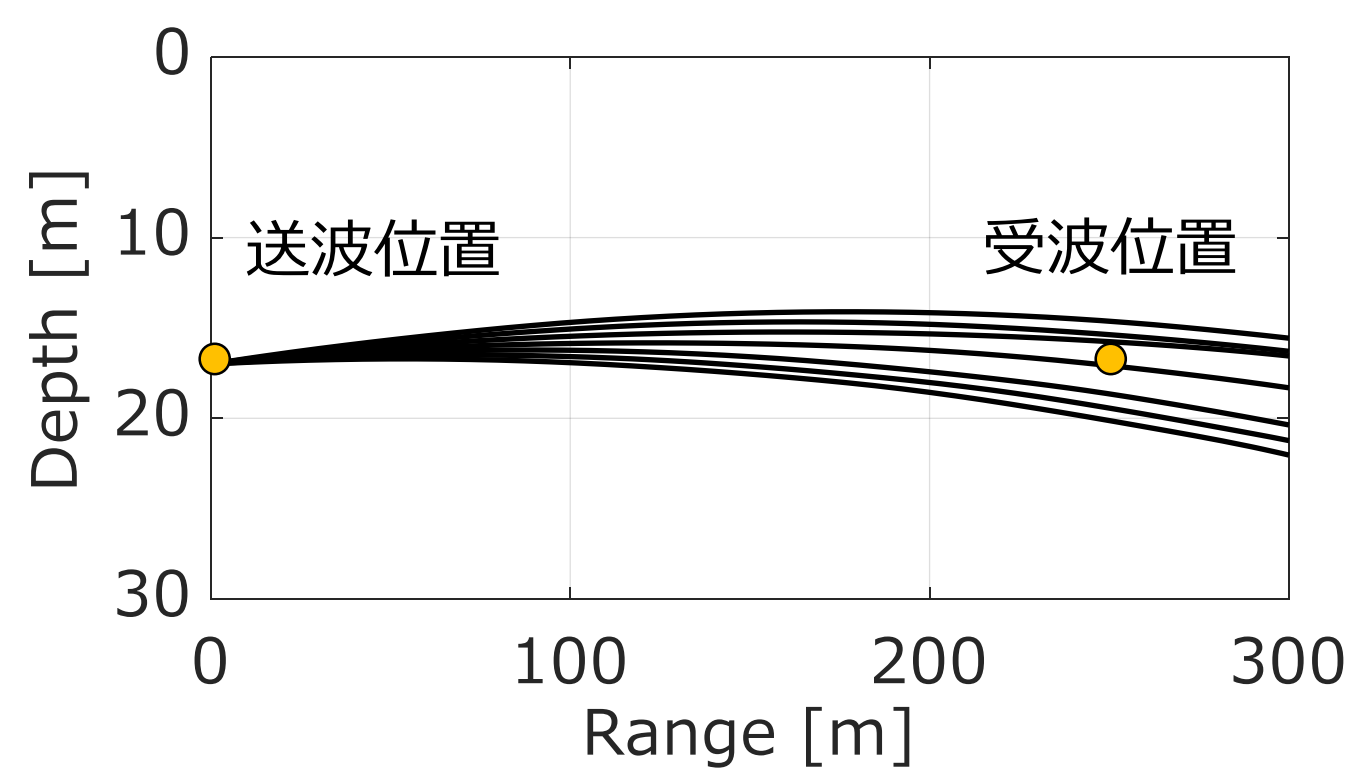
送受波器間距離が250mと近距離であり、鉛直方向の音速勾配は海面から計測深度まで2m/s以内とわずかであった(右図)。このような場合、一般的には海水は一様媒質とみなされ、球面に垂直な方向に拡散するものとして扱われる。

ところが、音速勾配による屈折を考慮し音線モデルで直接波及び海面反射波の音線(伝搬経路)を計算した結果、直接波の音線(左下図)は海面反射波の音線(中央下図)よりも大きく屈折しており、それにより受波位置における音線が疎となり受波信号のレベルが小さくなっていた。

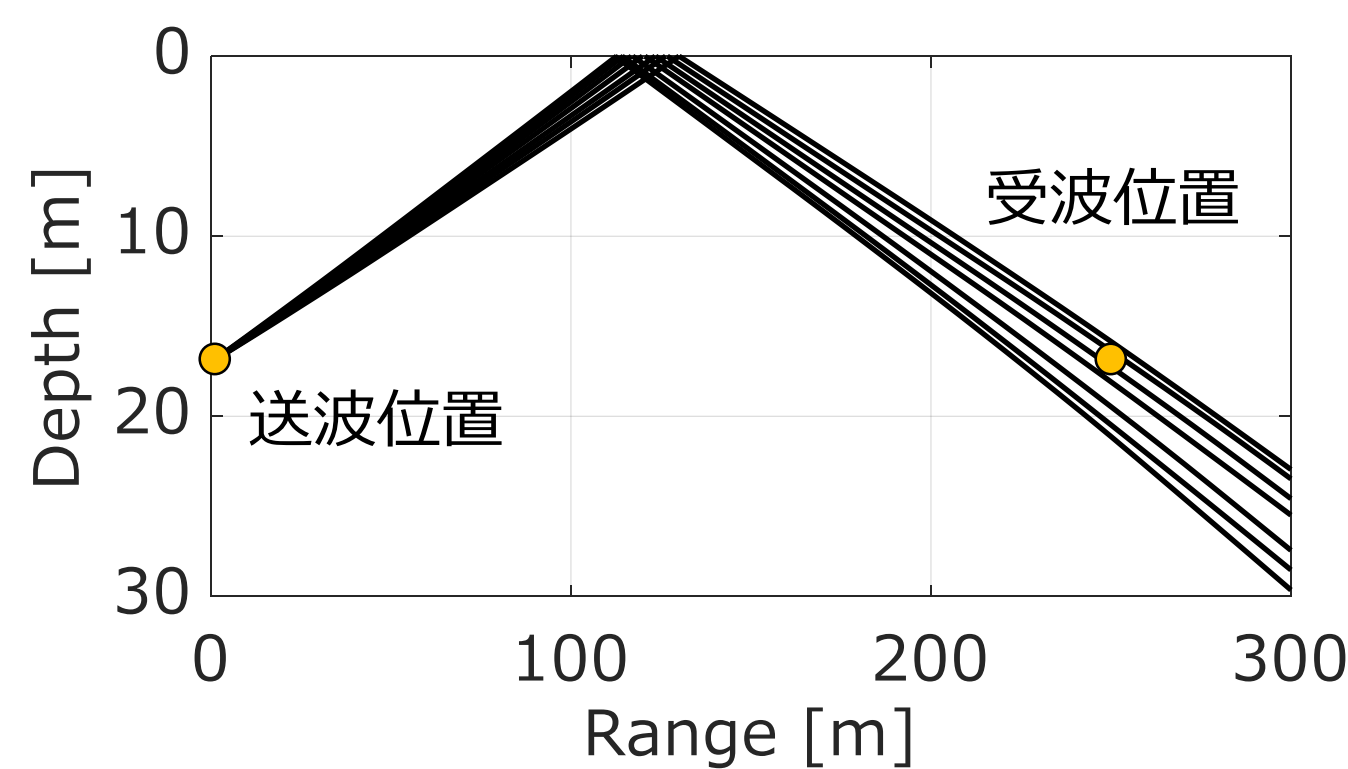
さらに、音線の密度から求めた伝搬損失を計算した結果、10kHzを除き直接波の方が海面反射波よりも大きくなった。直接波に対する海面反射波の振幅比について、計算値と全ch平均の計測値を計算した結果、右下図のように良く一致していた。よって原因は伝搬アノマリーによるものであると考えられる。



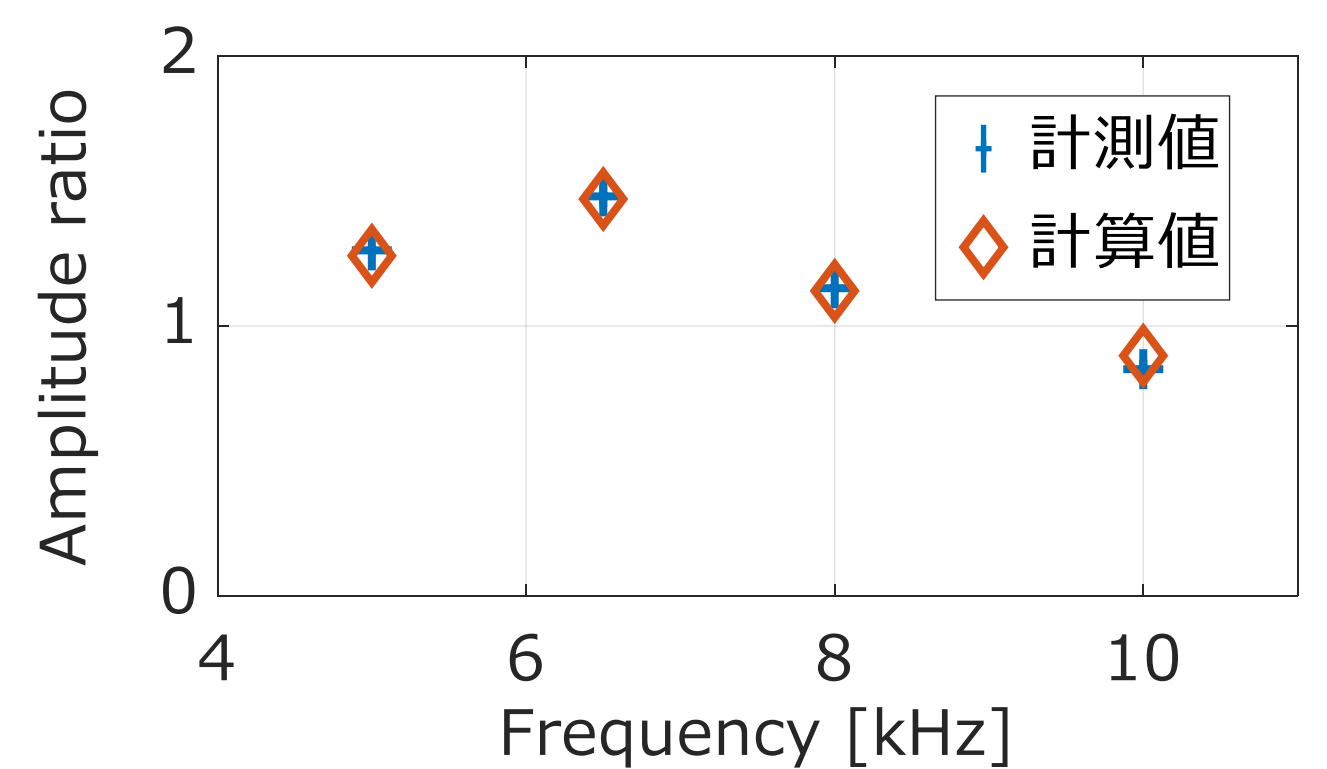
鉛直方向の音速勾配



直接波伝搬経路の計算結果



海面反射波伝搬経路の計算結果



直接波に対する海面反射波の振幅比

まとめ

- ◆ 近距離かつ鉛直方向の音速勾配がわずかな環境において、直接波よりも小さくなるはずの海面反射波の振幅が大きくなる現象が発生し、その原因について分析・考察を行った結果、音波伝搬アノマリーによって上記の現象が発生したことがわかった。
- ◆ この結果より、一見異常と思われる実海面収集データについても、正確に分析したうえで学習の対象とするか否かを判断することで、模擬時間波形の生成精度をより向上させることができる。
- ◆ 本研究についての詳細は、模擬時間波形生成技術の研究とあわせて海洋音響学会で発表予定である。