

海中における電波利用 ーシステム構築と原理検証ー

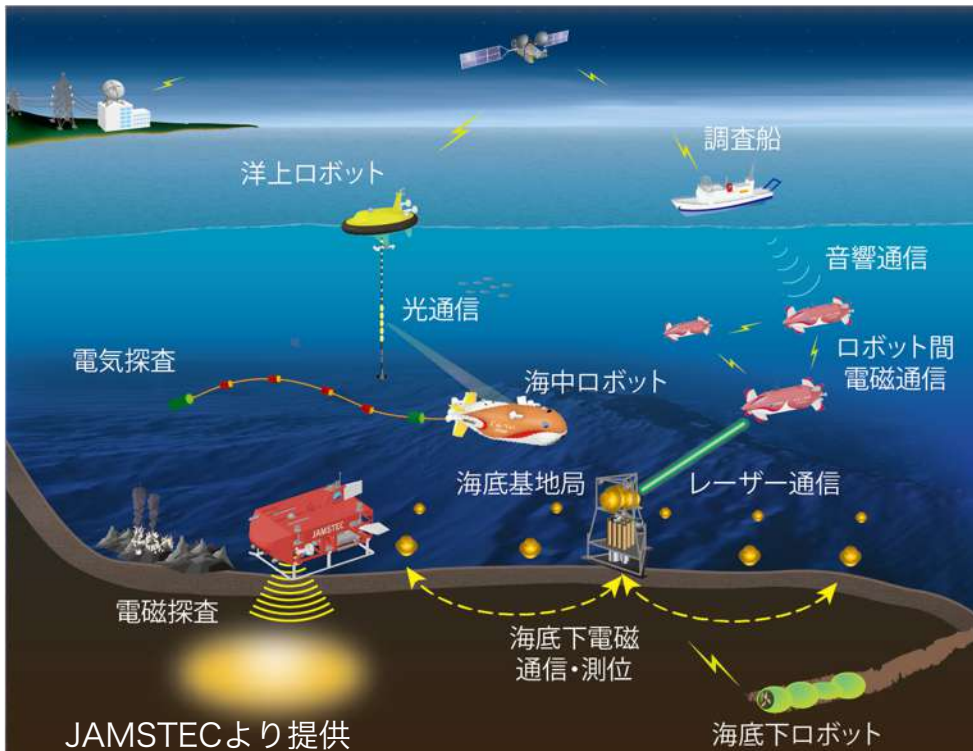
ワイヤレスネットワーク総合研究センター

ワイヤレスシステム研究室

菅 良太郎

電波利用における最後のフロンティア

JAMSTECが想定する海中無線利用シーン



- 我が国は世界有数の広さを持つ排他的経済水域を有しており、海洋資源大国となる可能性を持っている。将来の海洋資源調査においては、海中ロボットの遠隔制御や海底下探査など、海中における電磁波（電波や可視光等）を利用した技術への注目が高まっている。
- このような時代の到来を想定して、海中ワイヤレス通信技術及び海底下探査レーダ技術の研究開発を行っている

NICTにおける海中ワイヤレスの取り組み

■海中ワイヤレス通信

- 海中用チャンネルサウンディングシステム（UCS）による海中電波伝搬評価
- 深度10mから70m程度において10kHzから10MHzを用いて評価。
- 通信速度の向上（変調多値化、MIMO等）
- 通信距離の向上（海底下を使った通信）

■海底下センシング

- 電磁波による海中の見えないモノの見える化
- 海中アンテナの最適化
- 埋設物検出信号処理



我々が取り組んでいる海底下センシング技術

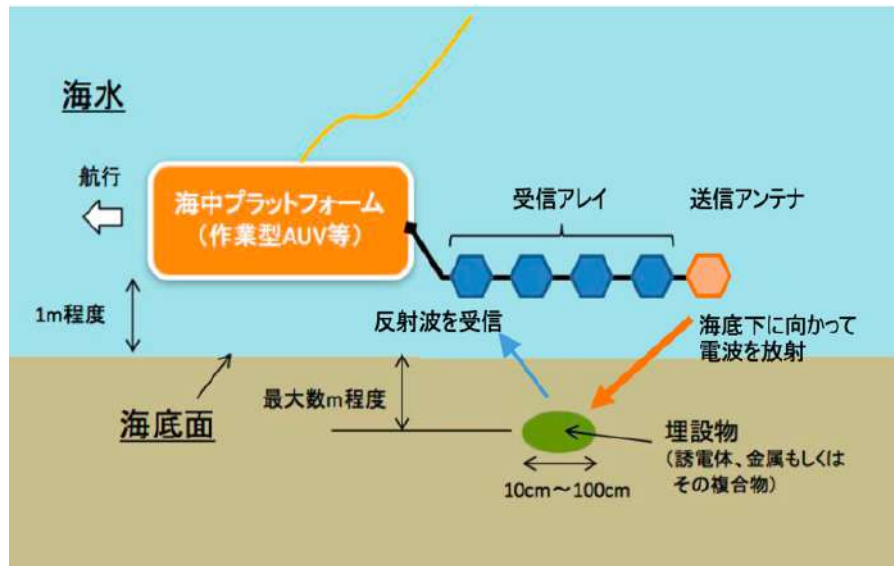
電波を用いた海底下センシング技術

物理的な接触なく海底下埋設物を検出することを目指す

埋設物サイズ：数十cm ~ 1 m四方形程度

海底面からの深さ：数m以内、

材質：金属、誘電体、またはその複合物



最終的なシステムのイメージ



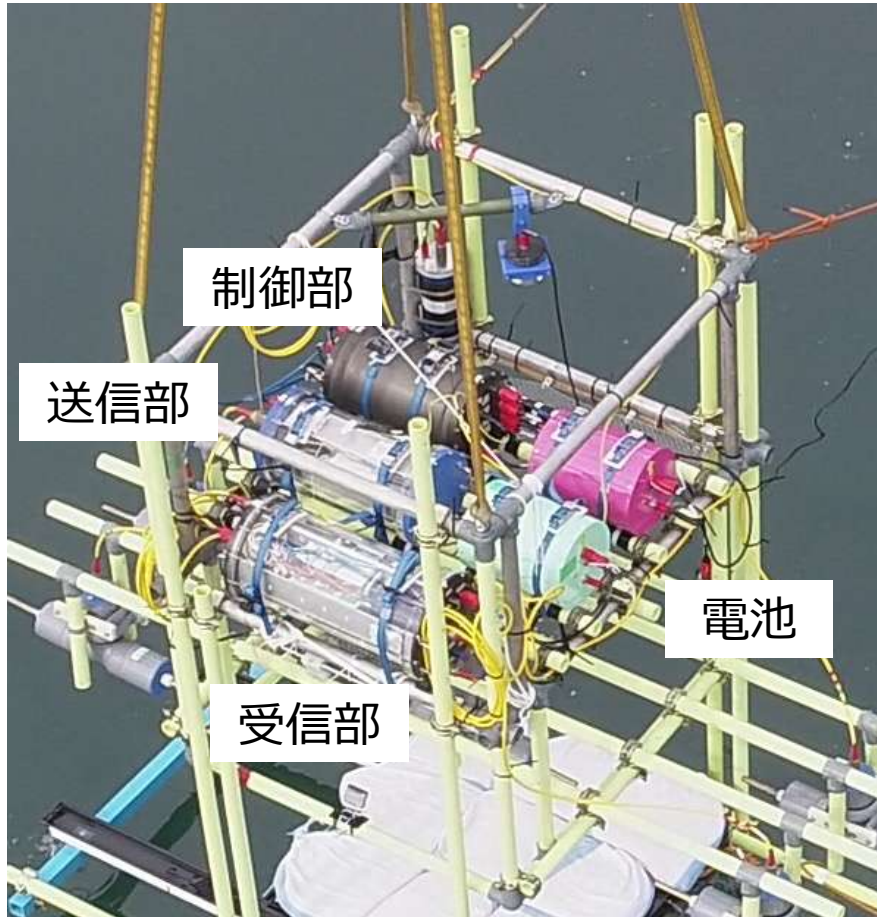
海中プラットフォームの例

海底下センシングシステムの構築



- ・フレームに機器を固定して搭載
 - 初めからAUVで実験する事は非現実的
 - 海中でアンテナを固定することは困難なため、アンテナの位置関係が崩れないようにし、再現性のあるデータ取得を目指す（海水は減衰が大きいため、わずかな位置変動で結果が大きく変わる）
 - 搭載機器の寸法・重量はAUVに搭載可能
 - トラックで輸送可能な寸法・重量

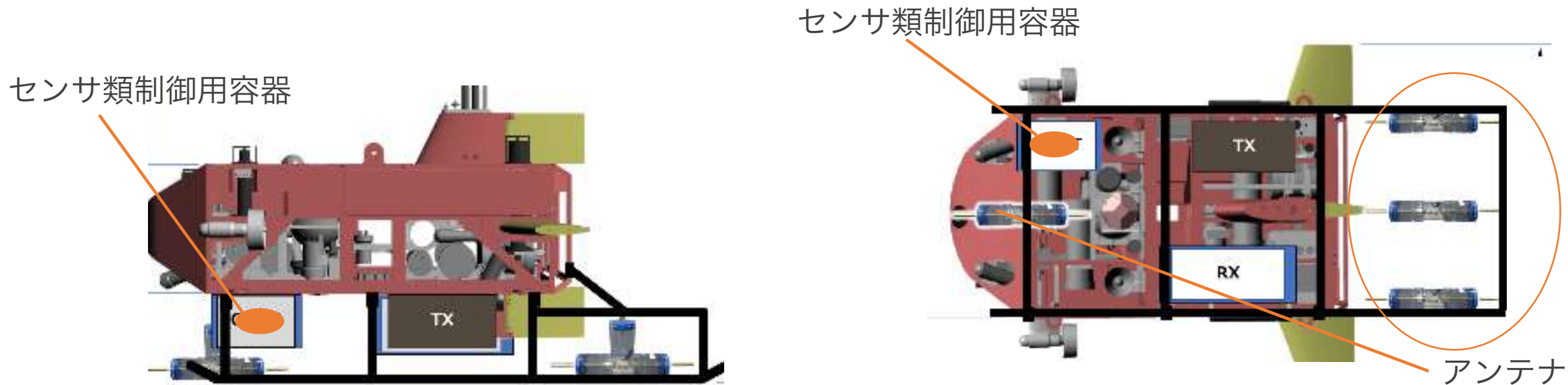
海底下センシングシステムの構築



- ・ 海中の状態を記録できるセンサを搭載
 - 海水の状態は時間・場所によって変わる
 - 搭載しているセンサ
 - ・ CTD計（導電率、海水温、深度）
 - ・ 高度計
 - ・ 方位角&姿勢角センサ
 - ・ ネットワークカメラ
- ・ 光ケーブル経由で遠隔操作・監視が可能
- ・ 機能ごとに耐圧容器を用意
 - 制御部、送信部、受信部、電池
 - ひとつの容器にまとめると重くて大きい

AUVへの搭載設計

海洋研究開発機構所有の作業型AUV「おとひめ」への搭載設計を行った

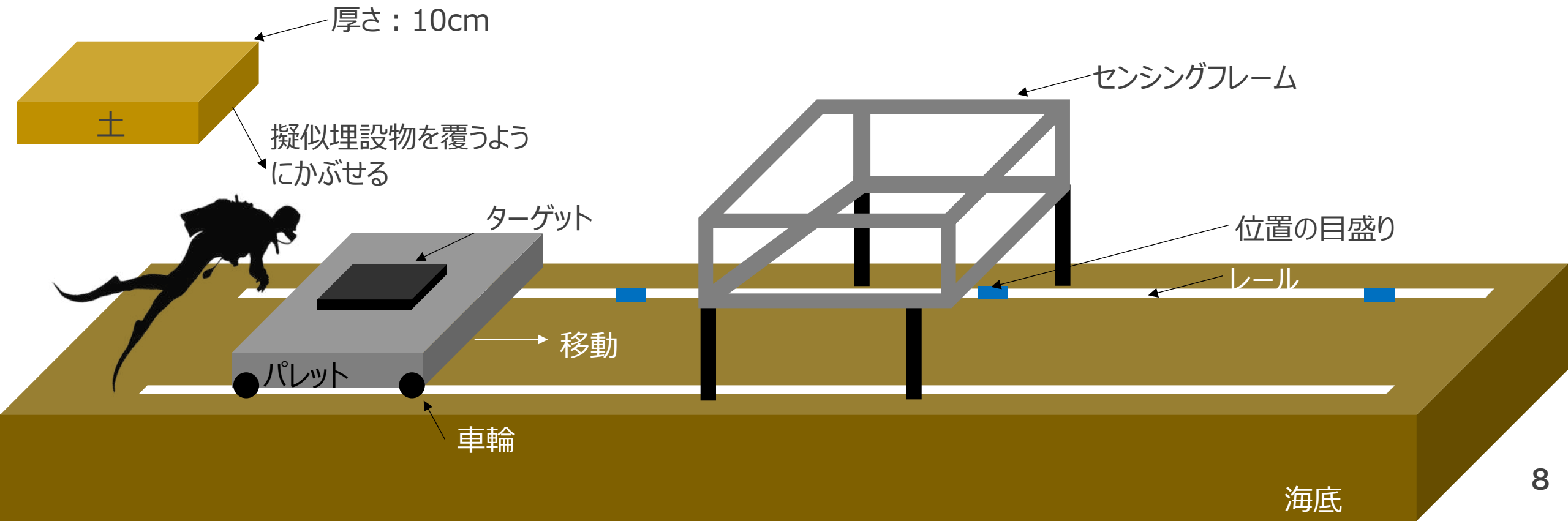


「おとひめ」への搭載実現性の確認（左）側面図，（右）下面図

- 機械I/F：「おとひめ」搭載可能であることを確認。ただし、受信アンテナアレイは後部のみとした
- 電気I/F：「おとひめ」の電源 3.4 kWh を用いた場合、約7時間の連続計測が可能。
また、通信は直接「おとひめ」のEthernetにリンク可能。

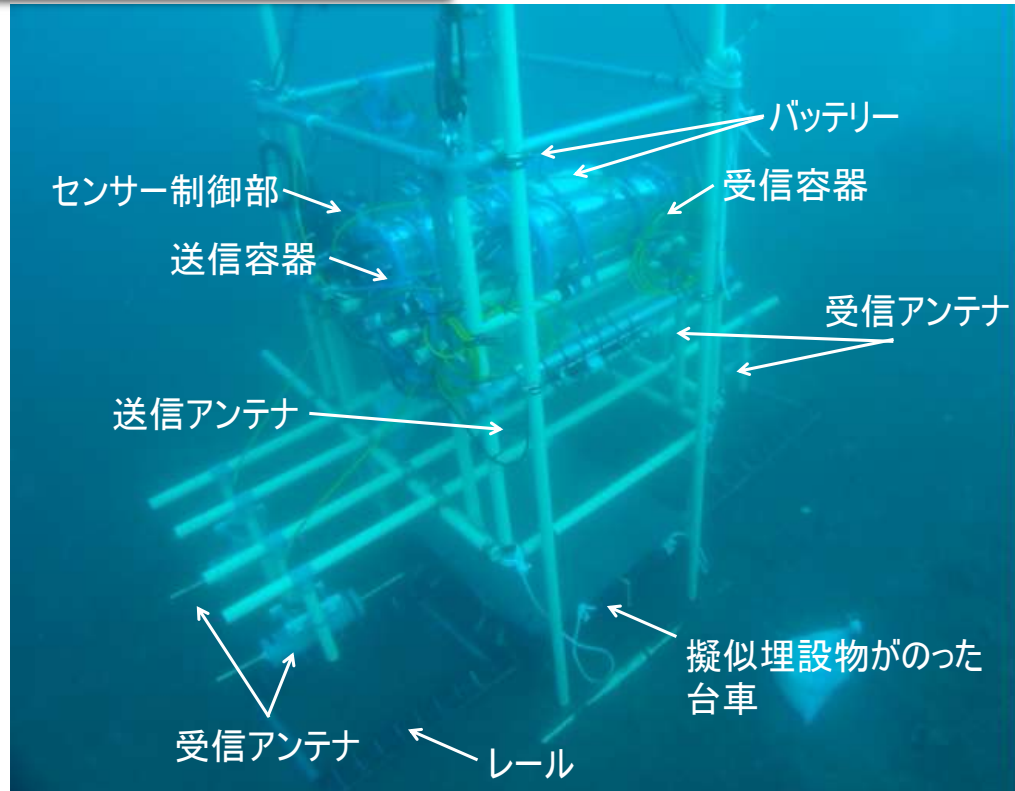
センシング実験方法

- ・ ターゲットを海底下に埋めることは困難
 - ターゲットの上に土のうをかぶせ、ターゲットが埋設されている状況を模擬
- ・ レールの上ののったパレットを、ダイバーが押して移動させる
 - AUVが高度を保持しながら航行している状態を模擬



実験風景

実海域試験の様子



海底下センシングシステムを搭載した
海中プラットフォーム(FRP製フレーム)

ターゲット	サイズ
金属 (アルミ板)	50cm×50cm、1mm厚 100cm×100cm、1mm厚
誘電体 (ポリカーボネート)	100cm×100cm、2mm厚

金属



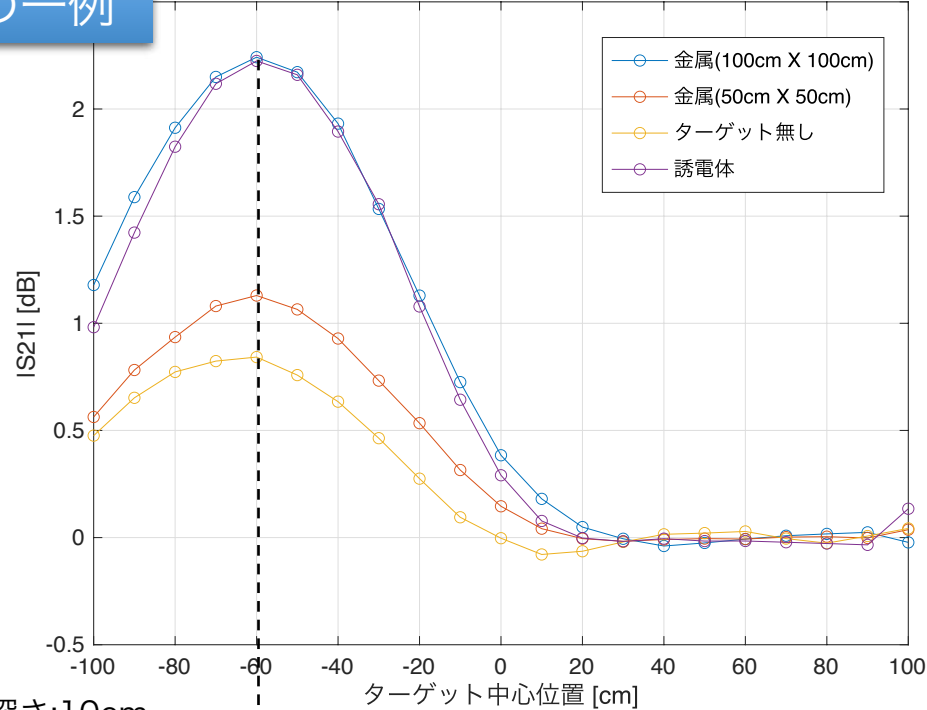
誘電体



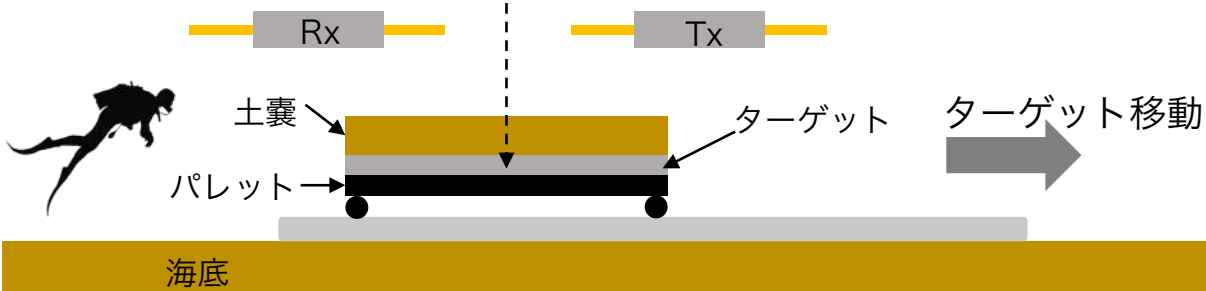
使用した人工の海底下埋設物の例

センシング実験結果の一例

測定結果の一例



周波数：1MHz
ターゲット埋設深さ：10cm



- ターゲットがある場合、ない場合で S21（レベル、位相）が変化することを確認した。
 - S21（レベル、位相）の変化量は送受アンテナ間の中心にターゲットがある場合で最大となった。
- 電波で海底下に埋もれた金属や誘電体の有無について判別できる可能性をしめせた

・評価関数（ノルム）を全候補位置に対して求めた結果から計算した尤度値によって、ターゲットが金属か誘電体か判別できることも確認した。

まとめ

- 海底下埋設物センシングシステムを製作した。
- 製作したシステムがAUVへの搭載できることを確認した。
- 実海域において測定を行い、電波による金属や誘電体の有無について、判別の可能性を示した。
- 今後は誘電体の種類や埋設物の大きさ等を変えて実験およびシミュレーションを行っていく予定である。