

小型水中ロボット用の音響測位技術

2020年11月6日

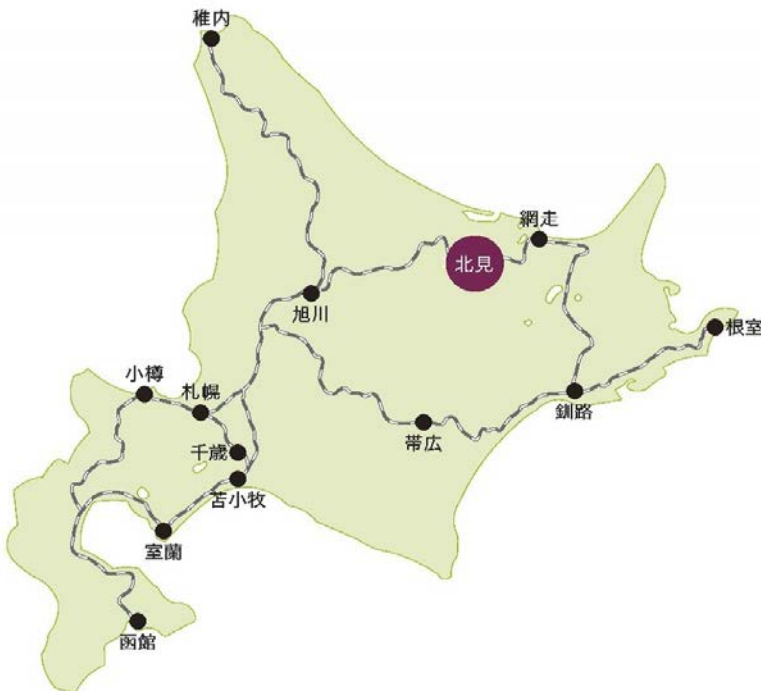
水域ロボットシンポジウム

北見工業大学 工学部 情報通信系
集積システム研究室

吉澤 真吾

北見工業大学とは？

- 北海道北見市にある日本で最北の国立大学
 - － オホーツク地域に立地する唯一の工業大学として強みを生かした研究・教育を行う

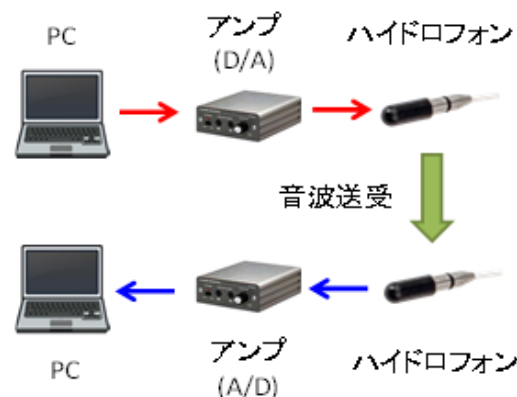
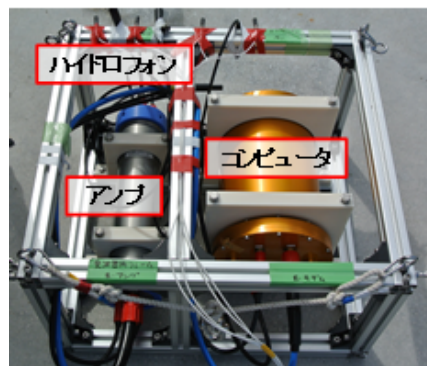


アルゴグラフィックス北見カーリングホール
2020/10/31 オープン

研究紹介(北見工業大学 吉澤研究室)

海の中のIoT (モノのインターネット, Internet of Things)

- ✓ 電磁波は海水中で著しく減衰する
- ✓ 海中通信では音波がメイン



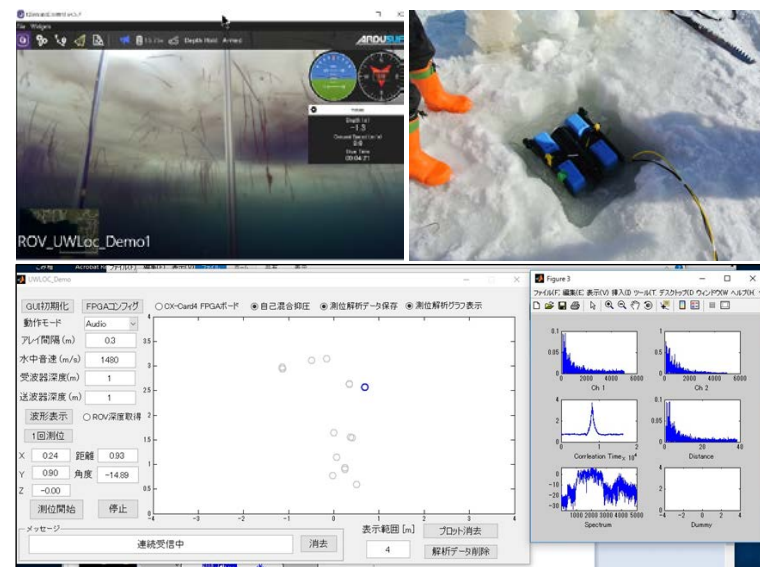
従来技術では困難な
浅海域(港湾)水中音響通信・
測位の実用化を目指す

水中音響通信試験装置の開発

北海道紋別港試験



実海域での実証試験



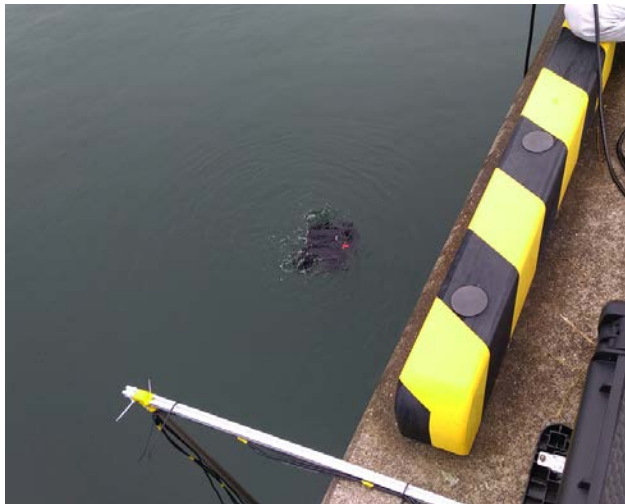
水中音響測位装置の開発

水中音響測位とは？

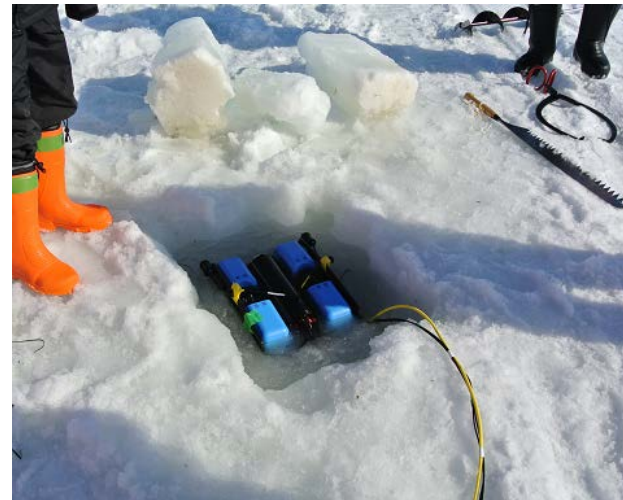
- 水中ロボット(ドローン)は海中での位置が把握しにくい
 - 濁度の高い水域
 - GPS衛星からの電波が海中(水中)で減衰して届かない



対象物が発する音波を手掛かりに位置を見つける



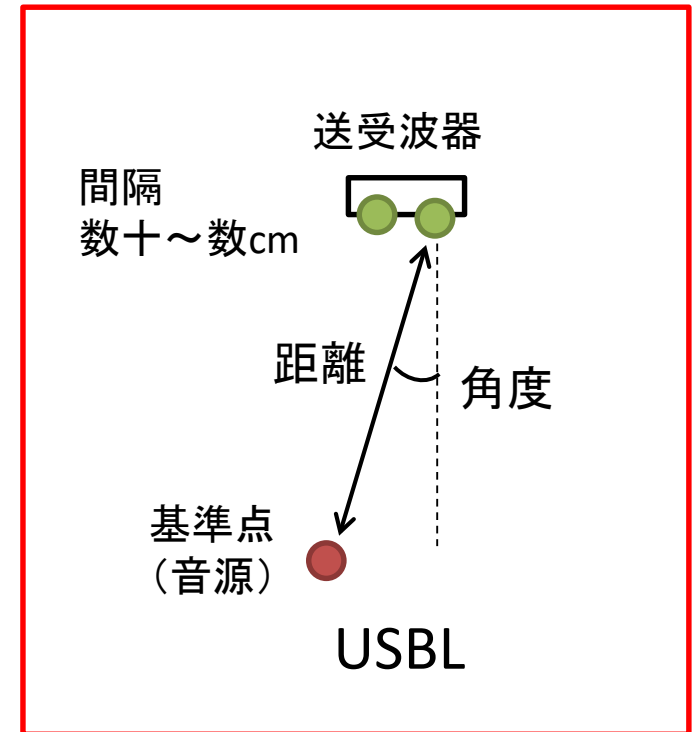
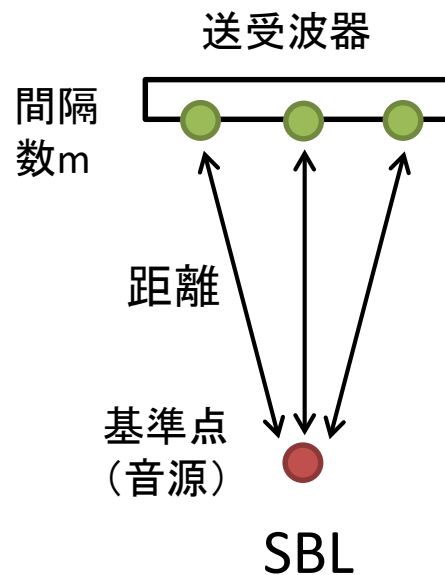
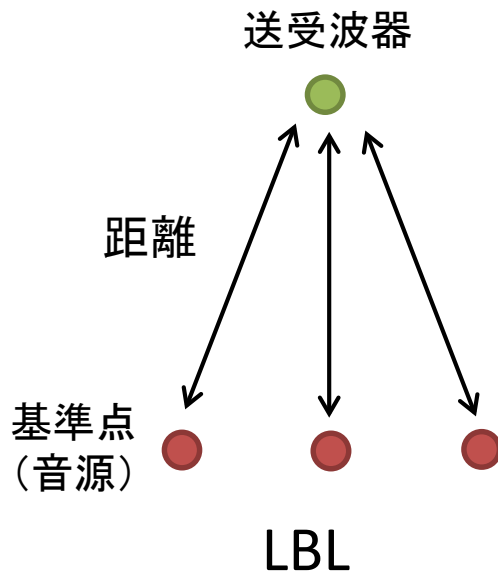
千葉県浦安市河口付近



北海道サロマ湖氷上

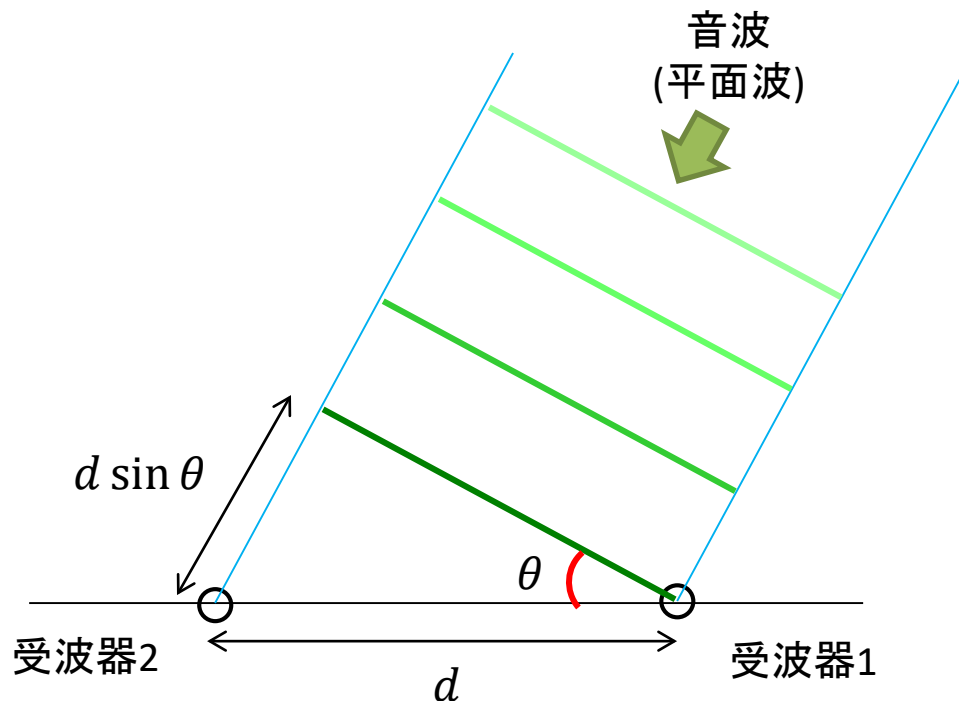
音響測位方式

- 基準点からの相対的な距離や角度を音波で測る
 - LBL (Long Base Line)
 - SBL (Short Base Line)
 - USBL (Ultra Short Base Line)



到来方向推定

- 2つの受波器に到達する音波から到達時間差(TDOA, Time Difference of Arrival)を計測
- 時間差を角度に換算



$$d \sin \theta = c\tau$$

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{c\tau}{d} \right]$$

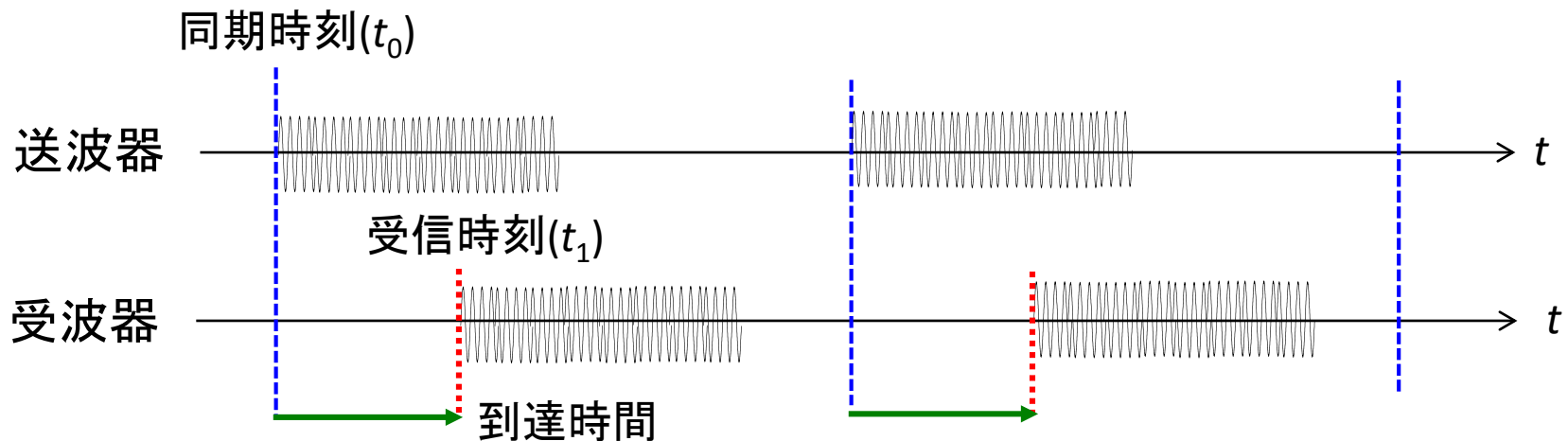
c : 水中音速 [m/s]

d : アレイ間隔[m]

τ : 到達時間差 [s]

距離計測

- トランスポンダ方式
 - 2点間の音波往復時間から距離を計測
- 同期信号方式
 - 送信側と受信側で時刻を合わせ、音波受信時刻から距離を計測



コンパクト・低コスト化の取り組み*

- 小型水中ロボットに適した構成
 - できるだけ装置構成を簡素にする
 - 水中ロボットと連携して必要な機能を補う

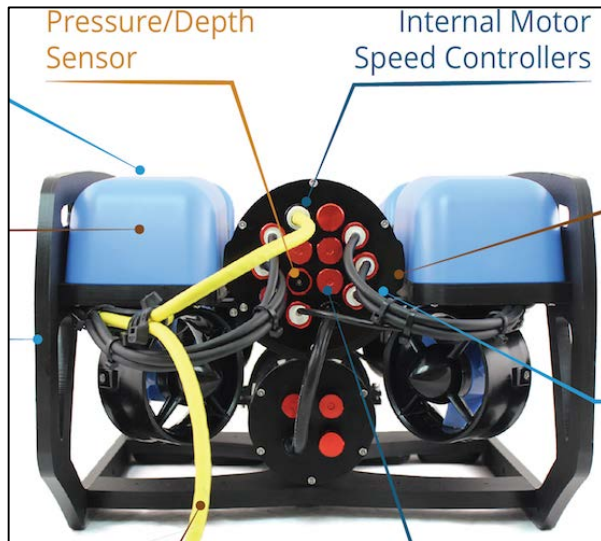
	送波器数	受波器数	必要機能
従来装置A	1	4	時刻同期装置**からの同期信号取得
従来装置B	1	4	トランスポンダによる距離測定
本装置	1	2	水中ロボットから 深度情報 を取得

*水中ドローン社(株式会社SIX VOICE)との共同研究

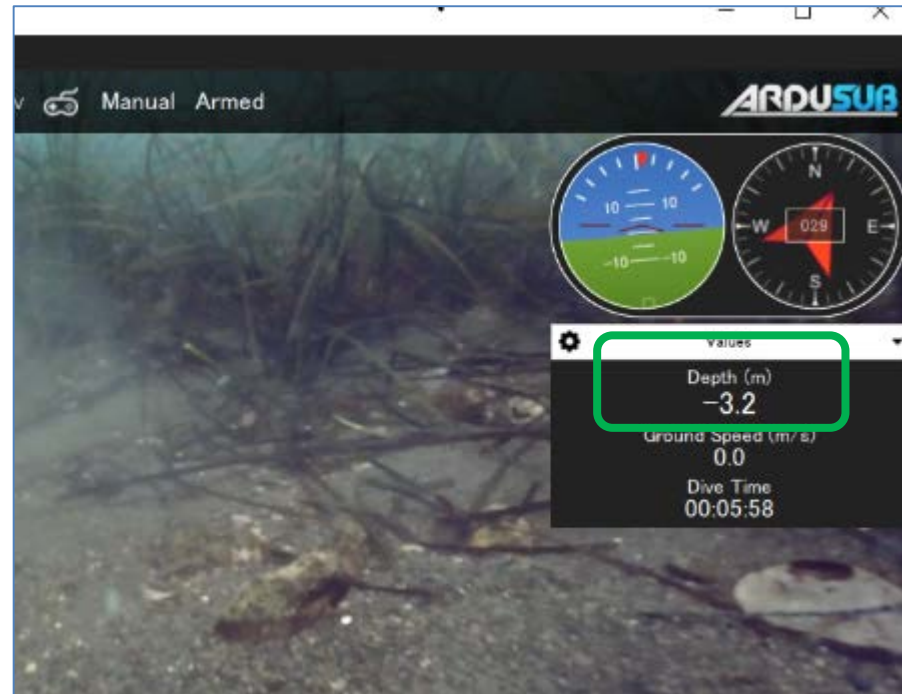
**装置が海上にある時にGPS受信機から1PPS同期信号を受け取り時刻同期を行う場合が多い

深度センサーから情報取得

- 小型水中ロボットに搭載可能な深度センサーを用いる



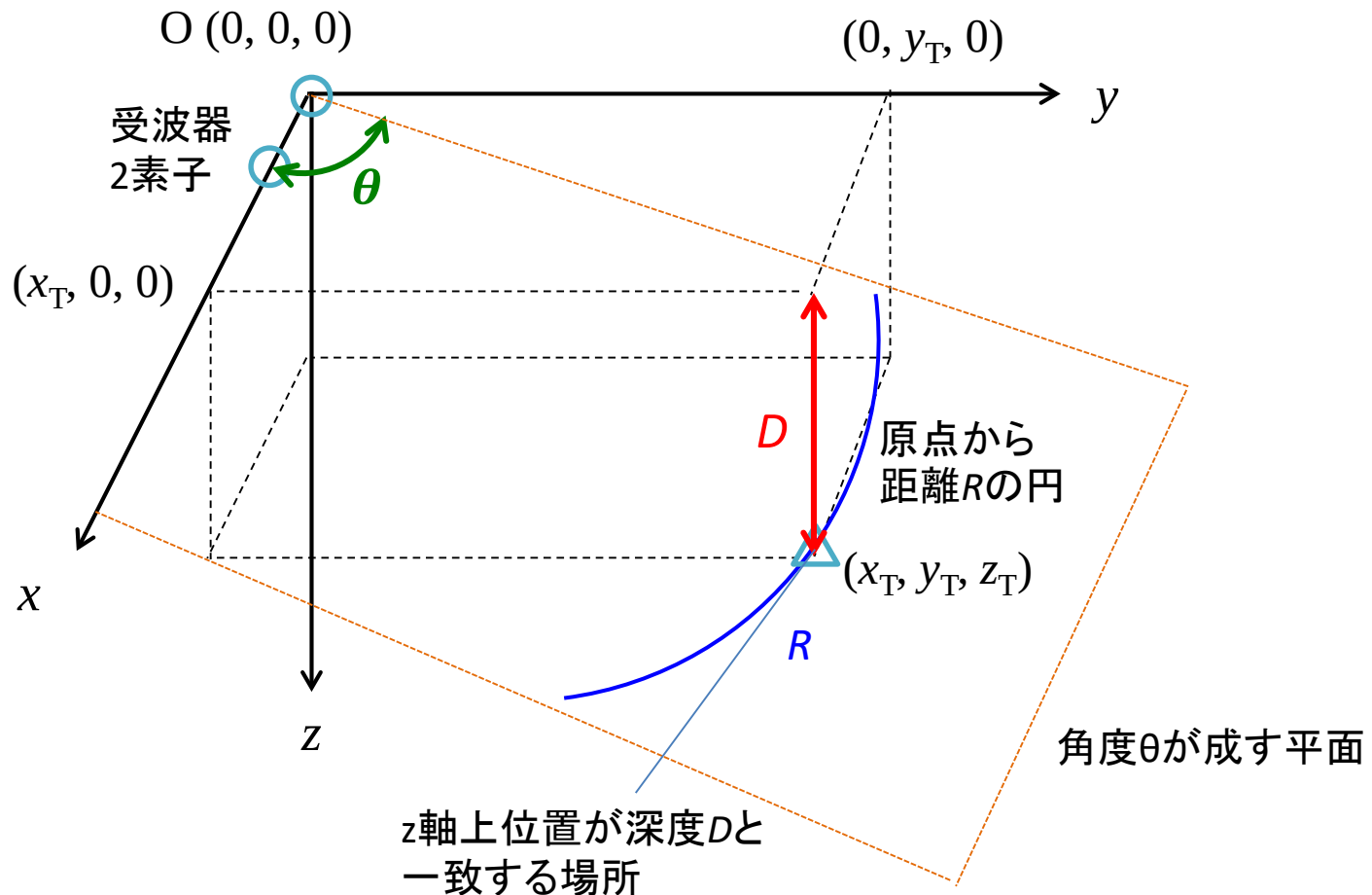
図はBlue Robotics社
Bar30 High-Resolution 300m
Depth/Pressure Sensor製品紹介より
引用



Blue Robotics BlueROV2 操作ソフトウェア
(QGroundControl)画面
最近のバージョンは深度情報をcsvファイル
形式でリアルタイム出力が可能

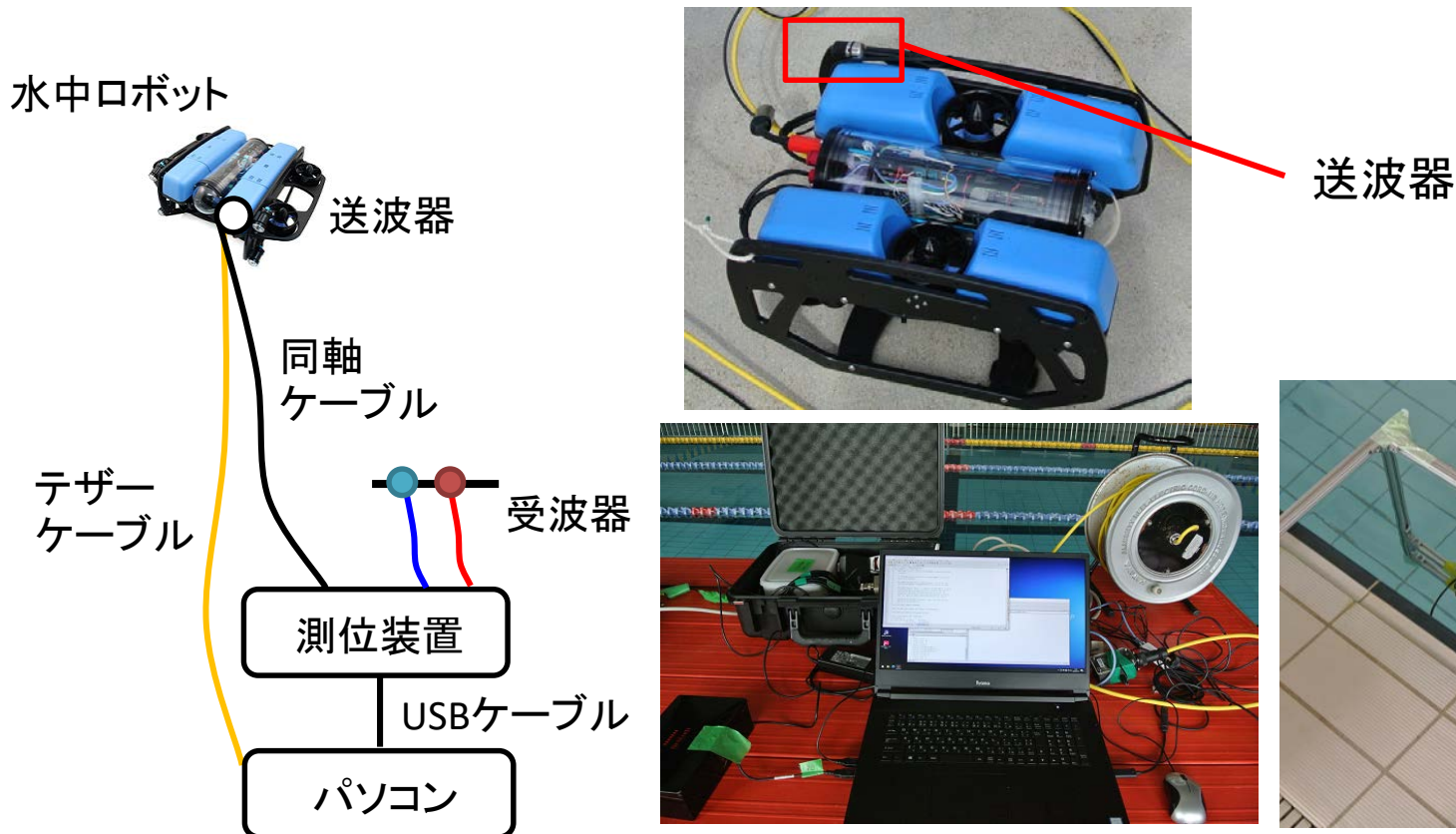
深度情報を用いた測位

- 距離、到来方向、深度(z軸上位置)で3次元位置を特定

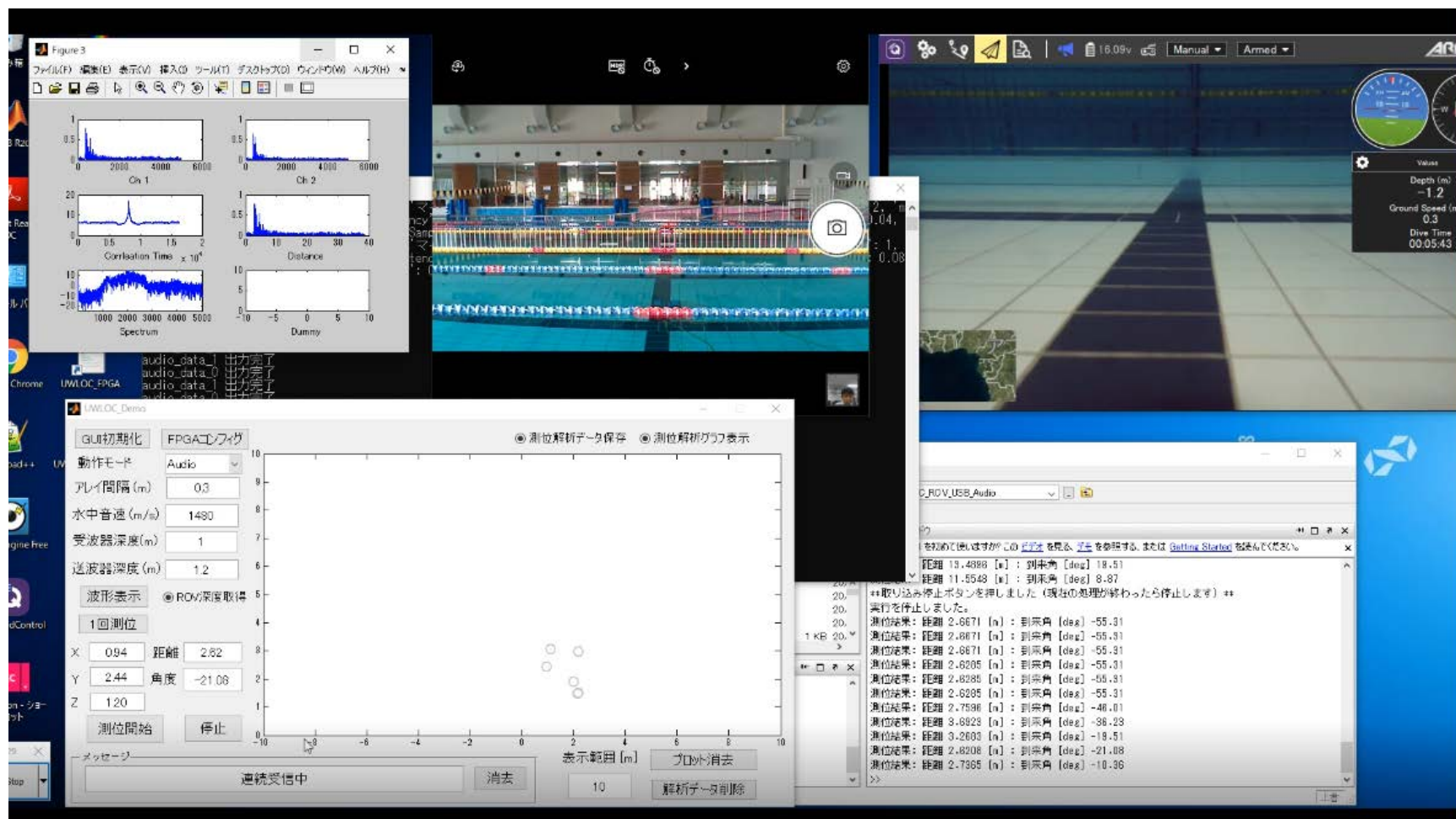


測位装置構成

- 送波器(トランスデューサ)を水中ロボットに取り付ける
- 受波器(ハイドロフォン)アレイを水中に入れて測位装置に接続



装置動作デモ



音波反射に強い測位技術

- 浅海域や港湾での位置計測
 - 海底、海面、岸壁などで音波が反射した影響を受ける
 - 測位性能の大幅低下(外れ値として計測)
- 音波反射に強い角度推定アルゴリズム
 - インパルス応答型一般化相互相関関数(IR-GCC-PHAT)*

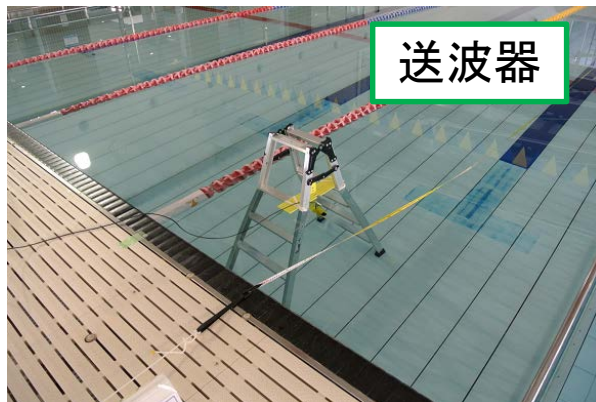
アルゴリズム	参照信号**	音波反射耐性	雑音耐性
GCC	不要	弱	弱
GCC-PHAT	不要	強	弱
MF	必要	弱	強
IR-GCC-PHAT	必要	強	強

*Takada, Yoshizawa et al., IEEE OCEANS 2019 – Seattle, Oct. 2019.

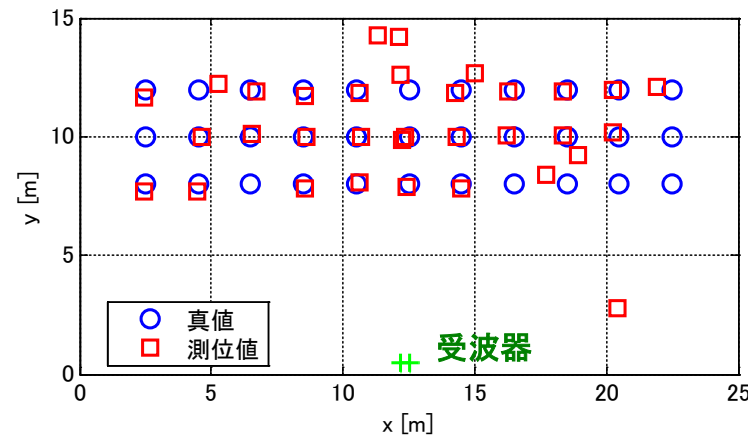
**送信信号の波形が受信側でも既知であること

プールでの測位実験

- 最も劣悪(?)な環境での音響測位
 - 周囲壁から音波反射が強く影響する

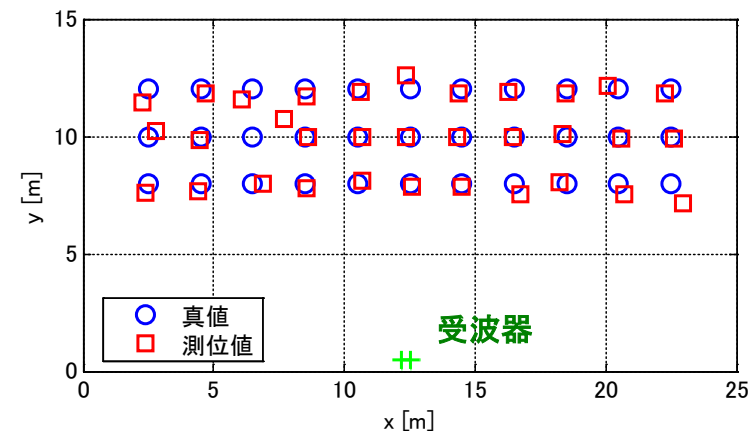


受波器間隔 0.3 m



従来方式
(GCC-PHAT)

誤差平均
1.63 m



提案方式

誤差平均
0.34 m

まとめ

- コンパクト・低コストな音響測位装置
 - ROVと連携することで装置構成をできるだけ簡素化
 - 最小送受波器数での測位を実現
 - 音波反射に強い測位技術を搭載