

海洋分野における電気電子技術 ～水中音響通信に関する研究紹介～

2018年7月19日

平成30年度 第2回

北見工業大学研究交流会

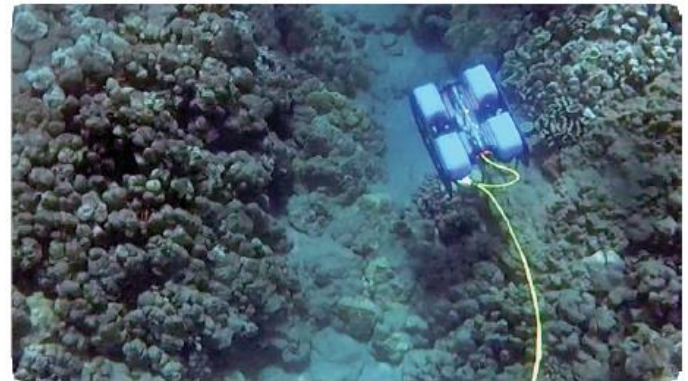
北見工業大学 電気電子工学専攻

集積システム研究室

吉澤 真吾

無線通信が利用される空間

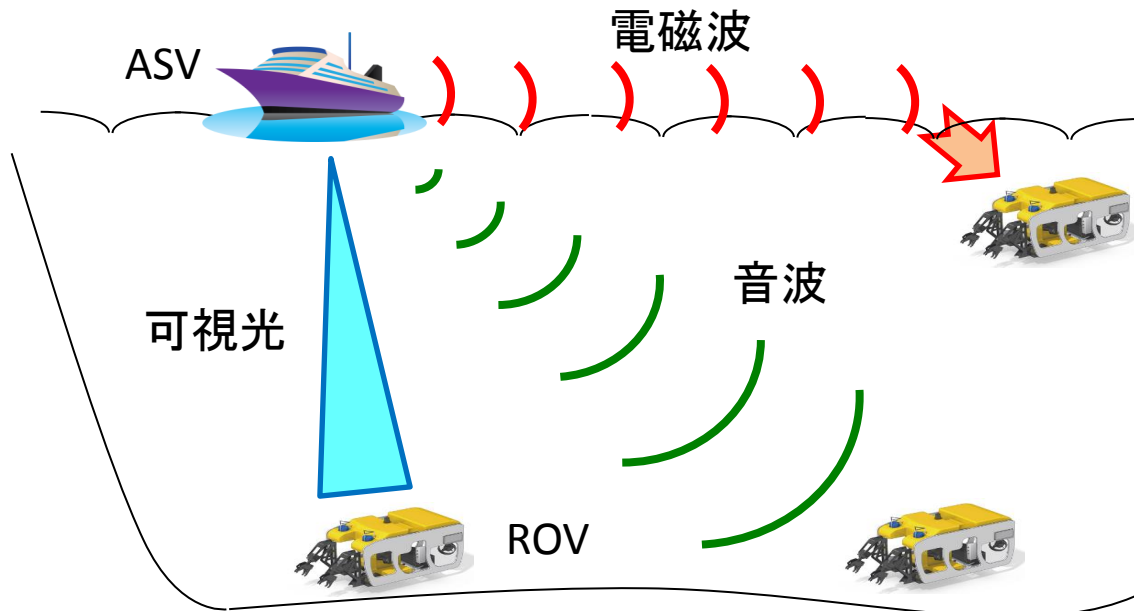
- 陸上（スマートフォン, テレビ）
- 海上（船舶）
- 上空（航空機, ドローン）
- 宇宙（人工衛星, 宇宙探査機）
- 海中！？
 - 潜水艦、有人探査機
 - AUV (自律型無人潜水機)
 - ROV (遠隔操作型無人探査機)
 - 無線通信技術としては最も難しい



ROV (BlueROV2)

水中無線通信技術

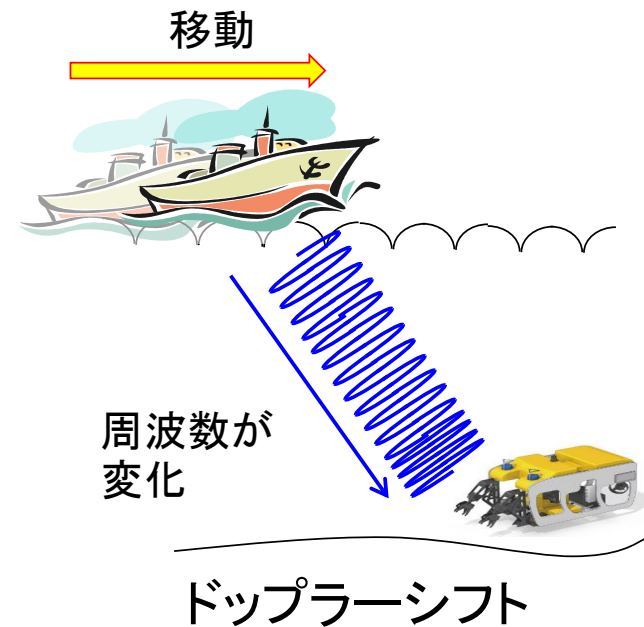
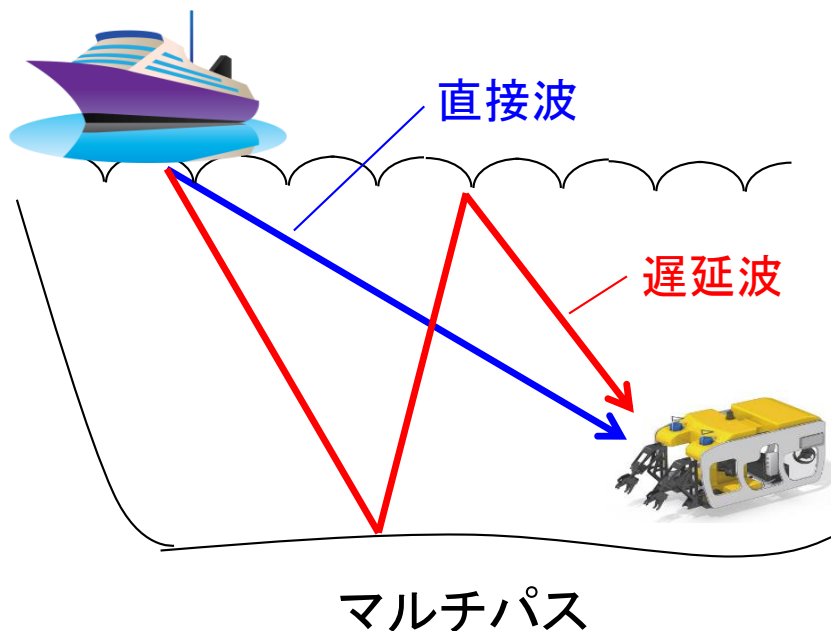
	電磁波	可視光	音波
通信範囲	10 m	30 m	2 km
伝送レート	100 kbps	10 Mbps	10 kbps
指向性	広	狭	広
通信方向	水平・空中	鉛直	水平・鉛直
妨害要因	吸収減衰 (海水が導体)	濁度・ 太陽光	反射による妨害 ドップラーシフト



それぞれの
長所・短所に
応じて使い分ける

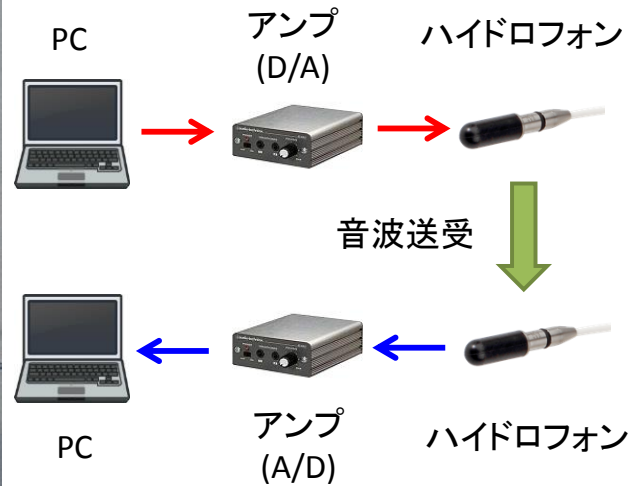
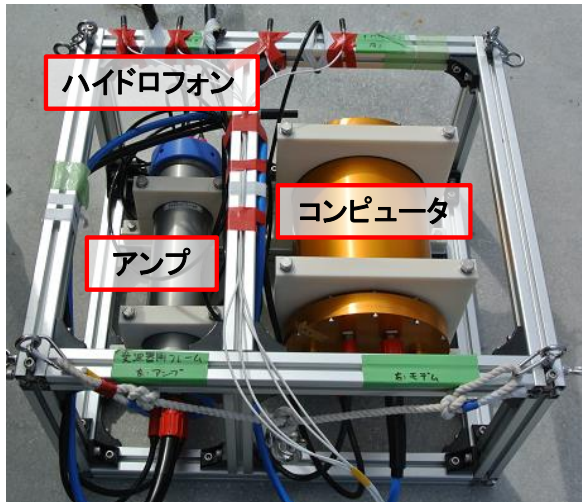
水中音響通信の研究

- 浅海域（港湾）での水中音響通信技術の開発
 - 周囲から反射した音波が干渉（マルチパス）
 - 送受信機の相対速度の影響（ドップラーシフト）



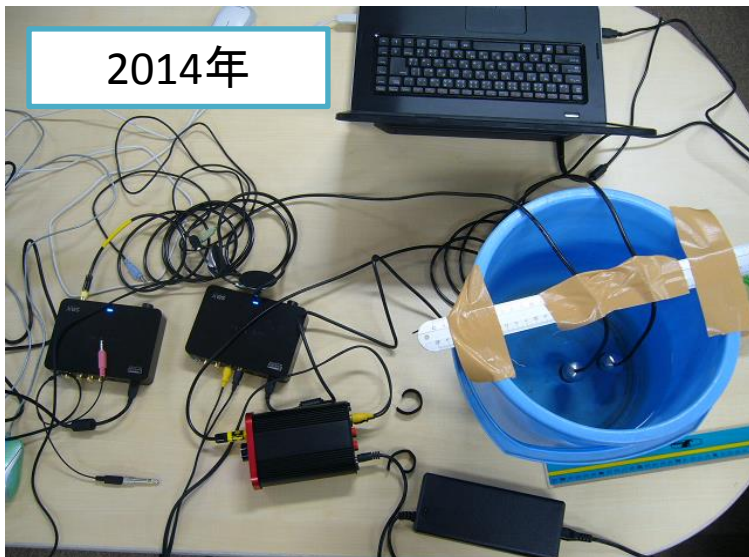
試験装置開発

- ハイドロフォン, PC, AD/DA, 増幅器で構成
- 変復調処理や通信性能測定などをソフトウェア上で行う
 - 搬送波周波数 30~60 kHz, 伝送レート 50 kbps
 - 通信距離 最大 3 km



装置開発の歴史

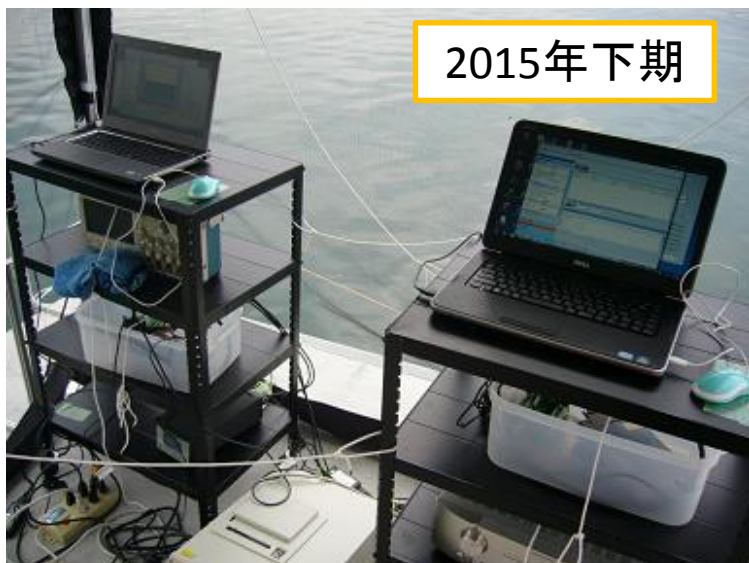
2014年



2015年上期



2015年下期

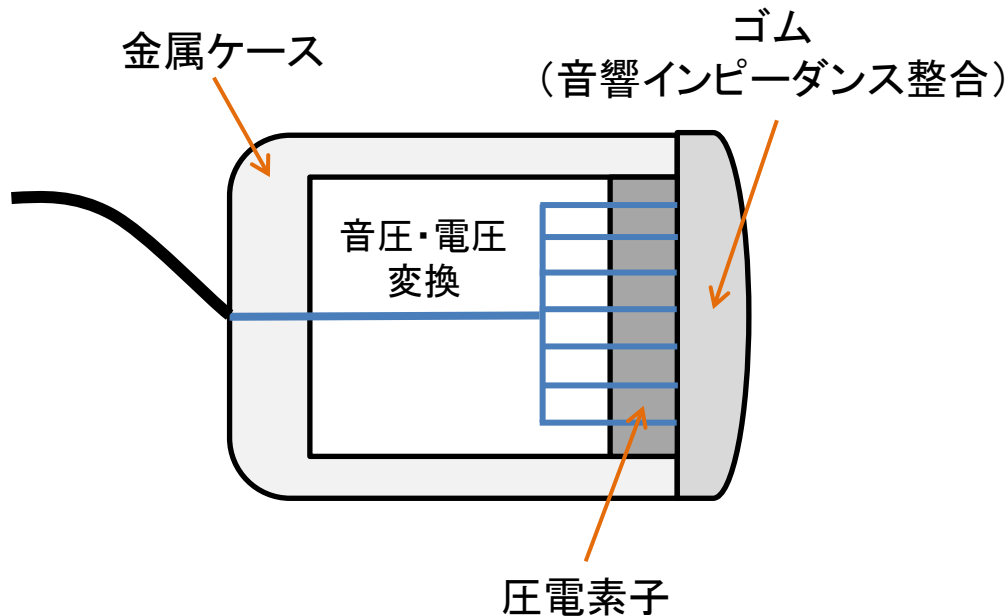


2016年～



ハイドロフォン

- 水中の音圧変化を電圧に変化するセンサ
 - 原理はマイクロフォンと同じで圧電素子を用いる
 - 逆変換(電圧から音圧)も可能
- 水中音響通信はハイドロフォンで音波を送受し、電気信号で変復調を行う



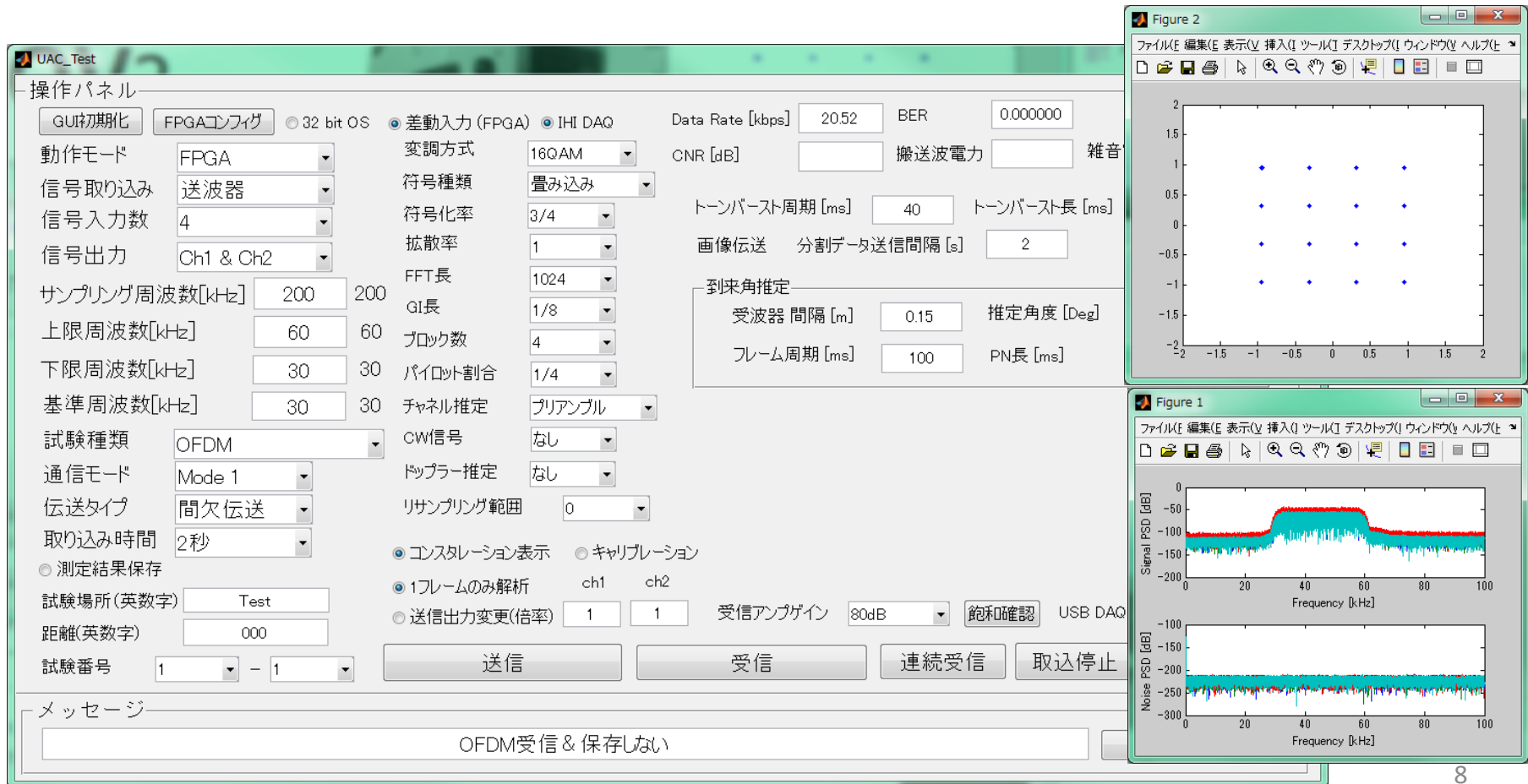
ハイドロフォンの構造



Aquarian Audio H1a

試験ソフトウェア

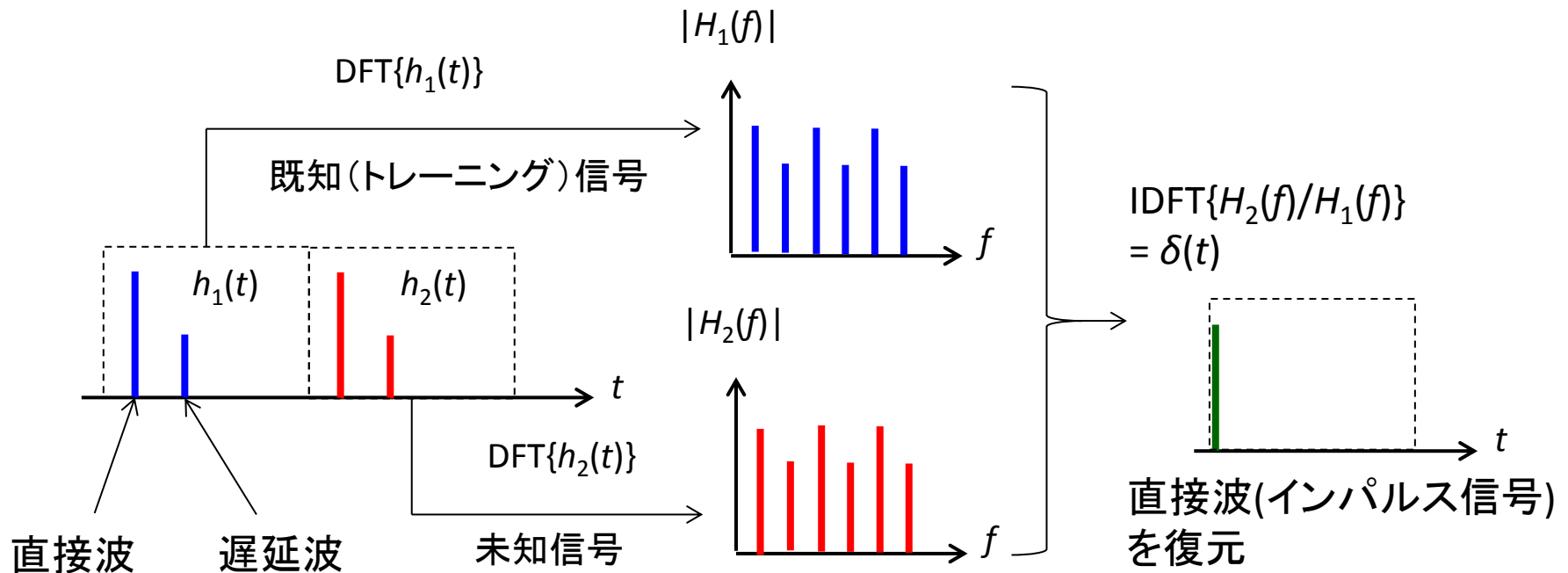
- プログラミングに詳しくない人でも試験が行えるようにGUI化
- 研究では信号処理部での通信方式やアルゴリズムを改良する



マルチパス対策(1)

• 周波数領域等化

- 遅延波による干渉成分を周波数領域での除算で取り除く
- 送信信号をインパルス信号としたときの等化例

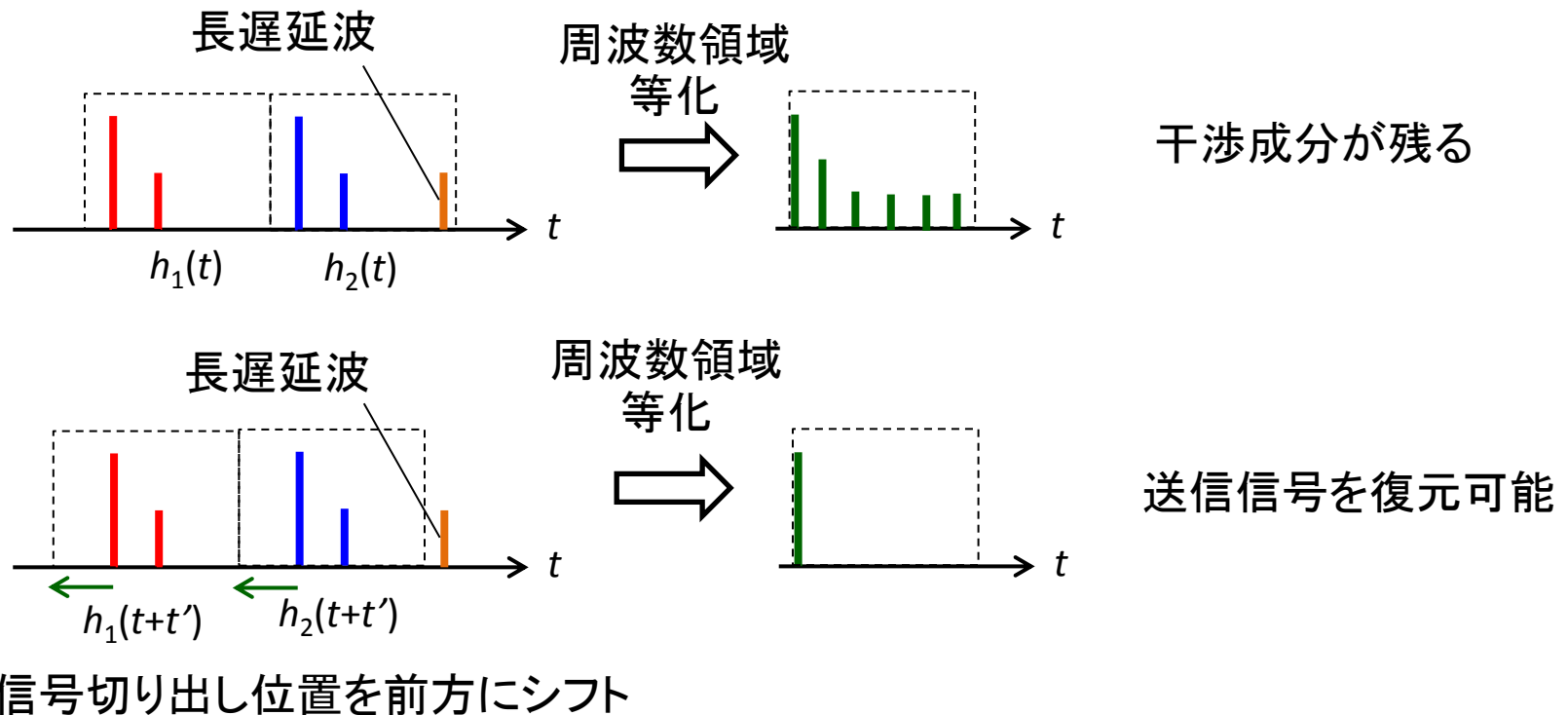


マルチパス下の受信信号 周波数領域で各周波数毎に除算し、時間領域に戻す

マルチパス対策(2)

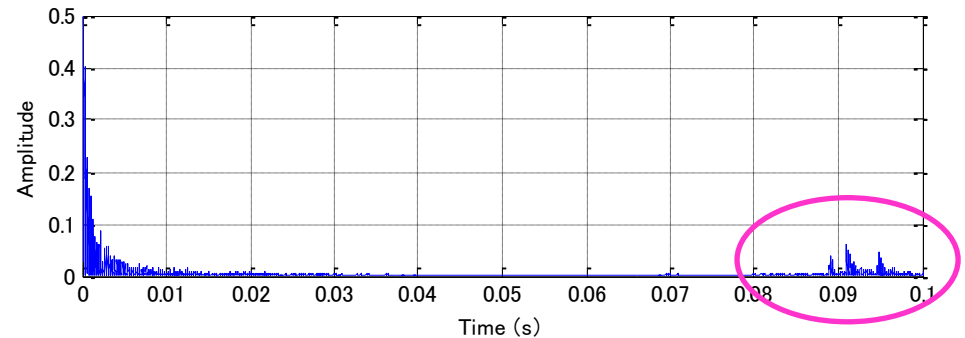
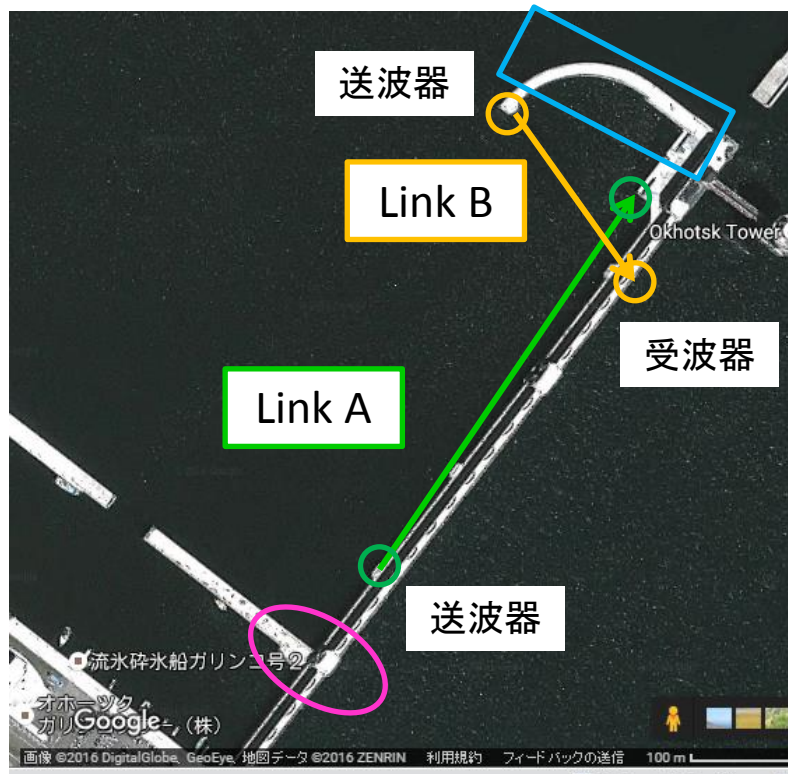
• 長遅延波の干渉対策

- 信号切り出し位置を変えることで遅延波干渉を軽減
- 遅延波の到来時間は未知なので受信タイミングをブランチとしたレイク受信を行う

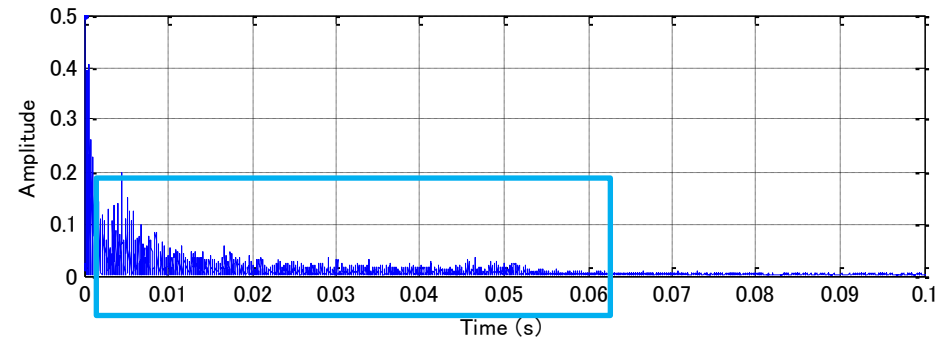


港湾試験(1)

- 水中音響伝搬測定
 - 遅延プロフィール測定の様子
 - 水平方向通信なので岸壁からの反射が顕著に表れる



Link A

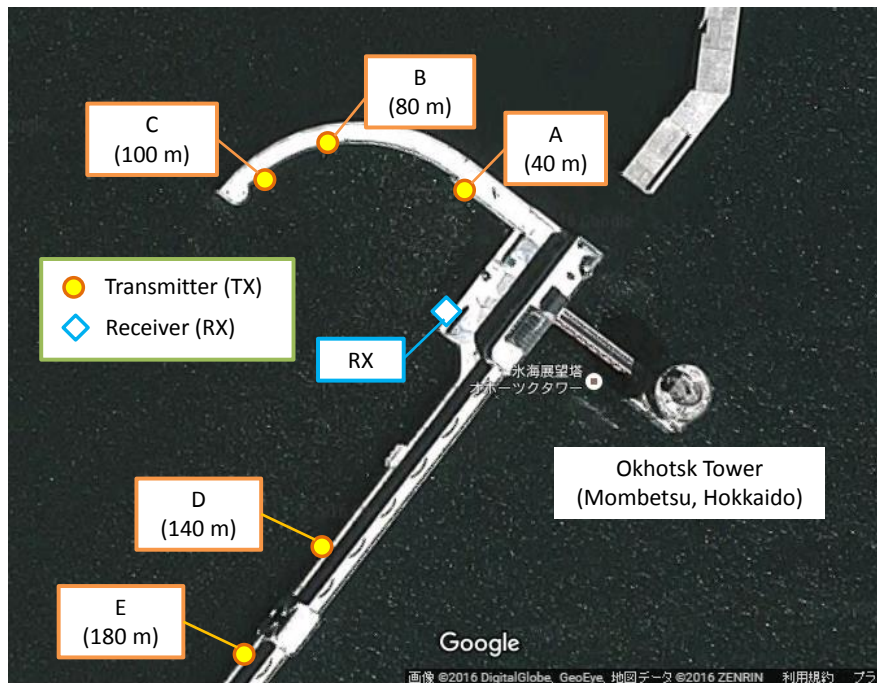


Link B

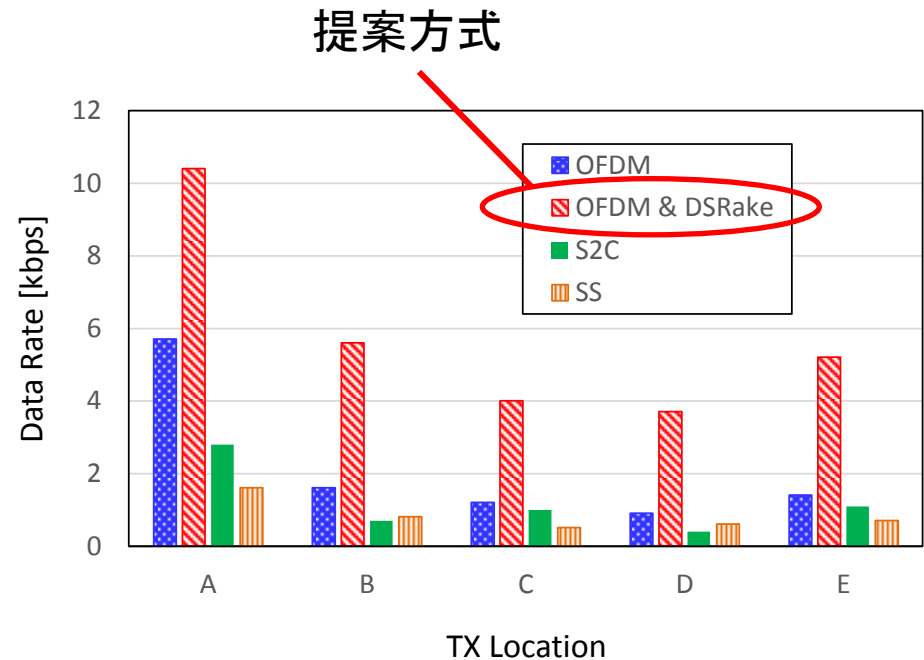
遅延プロフィール(縦軸は振幅)

港湾試験(2)

- 従来方式と提案方式を同一信号処理部に実装しての比較
- 提案方式が実伝送レートで約2～5倍向上させることを確認



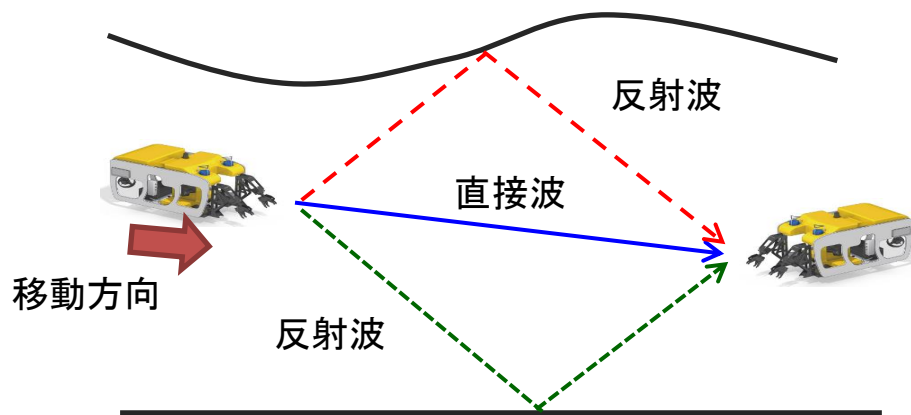
送受波器配置図
(北海道紋別市オホーツクタワー周辺)



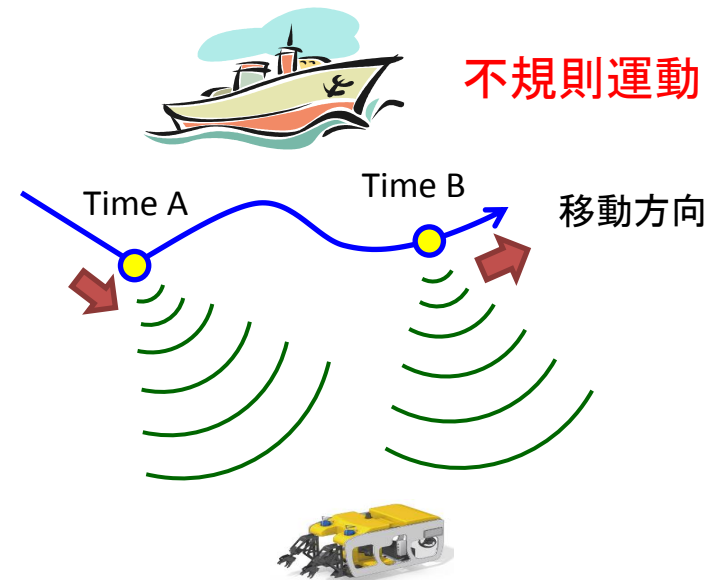
実伝送レートの比較
(フレーム誤り率を基に算出)

ドップラー対策(1)

- 従来技術
 - 音響通信装置が一定速度で動くときのみ
- 提案技術
 - 音響通信装置が不規則に動くときにも対応



従来技術(ドップラー広がり対応)

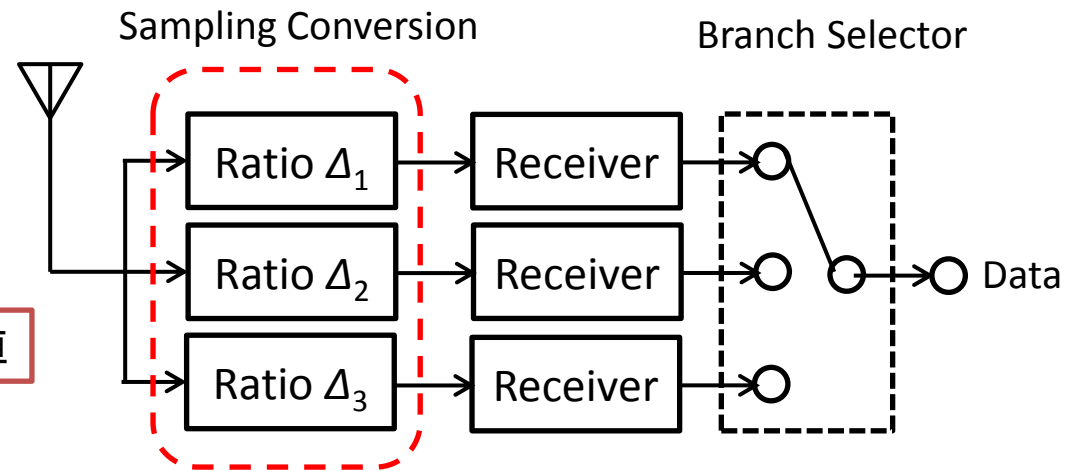
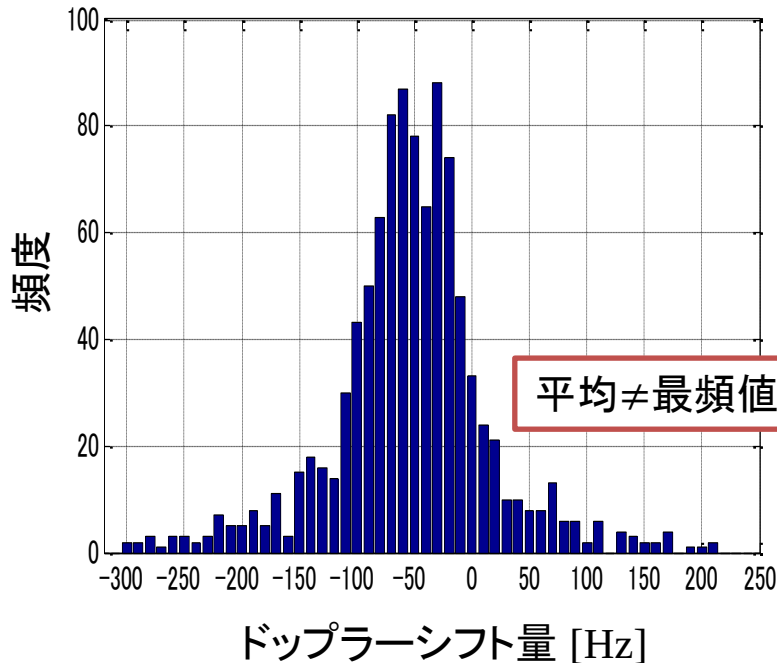


提案技術(ドップラー変動対応) 13

ドップラー対策(2)

- ドップラーシフトはばらつきの影響大
 - 不均一移動速度やマルチパスによる影響
 - ドップラーシフト補正量をブランチとしたレイク受信を行う

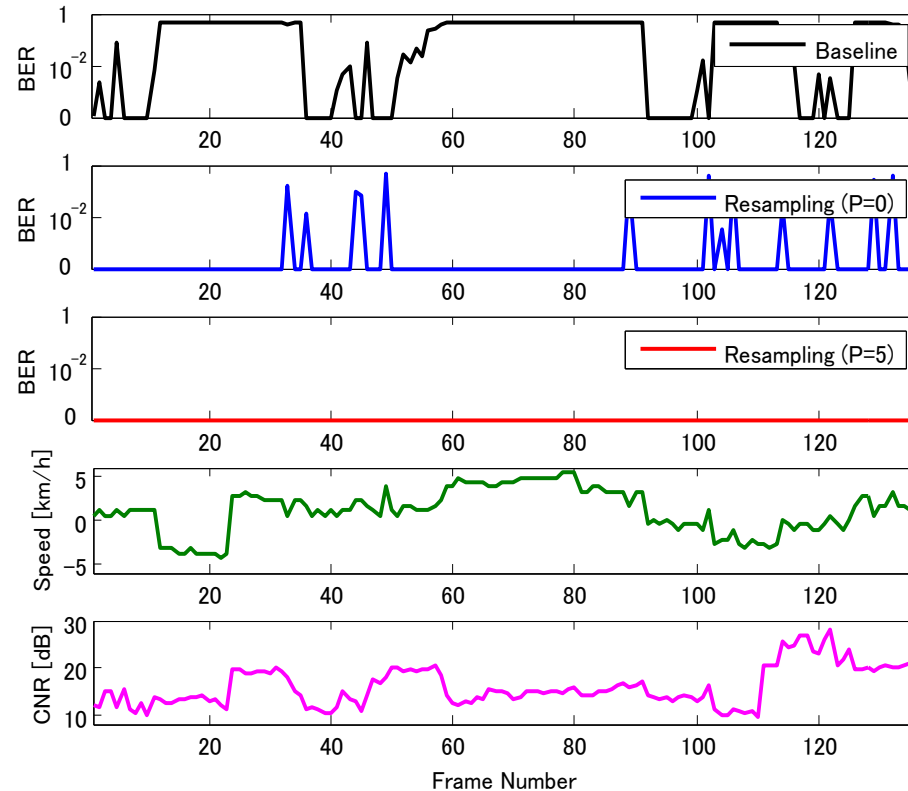
海域試験で観測した1フレーム内の
ドップラーシフトばらつき例



リサンプリングレートをブランチとする

ドップラー試験

- 音響通信装置を船で蛇行運動しながら牽引
- 提案法は安定した通信を実現



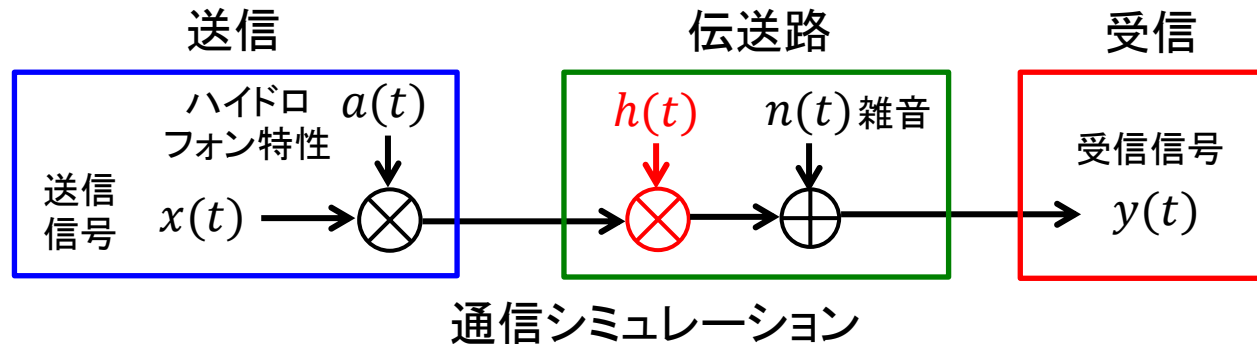
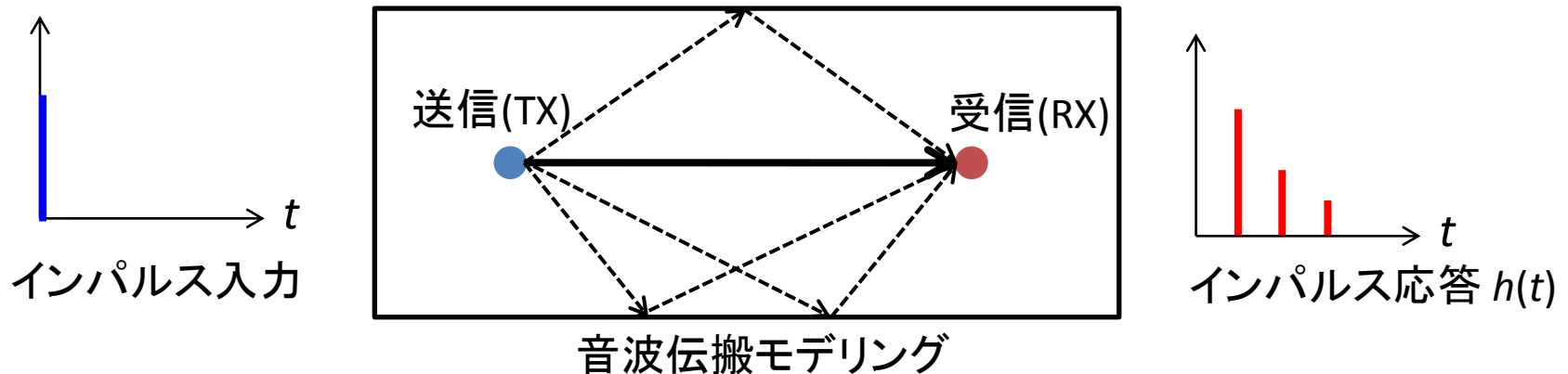
従来法

提案法

通信誤り
(BER)が0

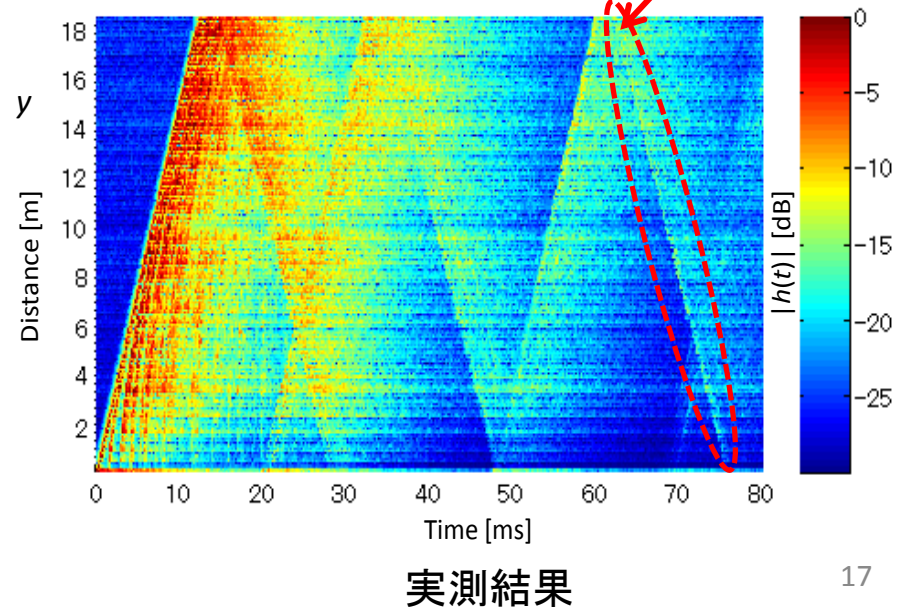
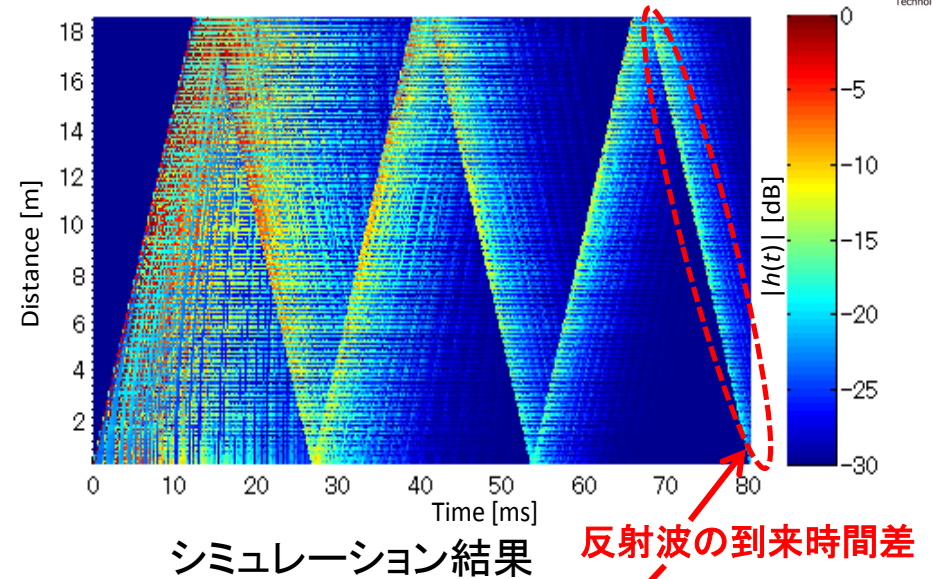
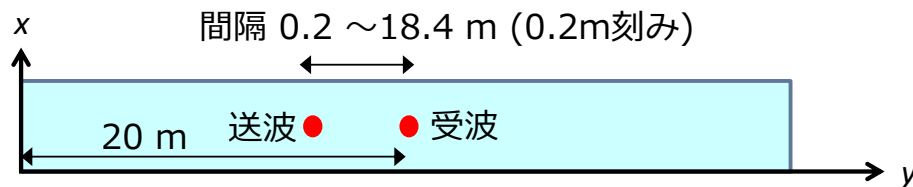
音波伝搬モデリング

- 音響通信性能をシミュレーションで推定するにはマルチパス（多重反射）やドップラーを正確にモデリングする必要がある
- 高精度な音波伝搬モデリングを行い実測と比較評価



測定試験

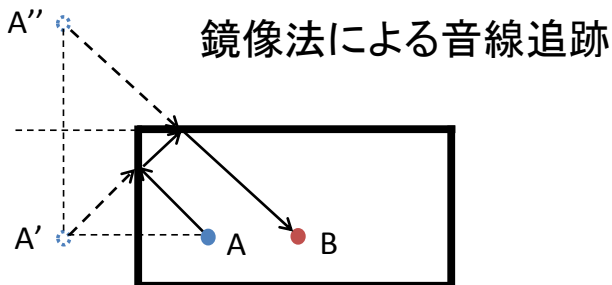
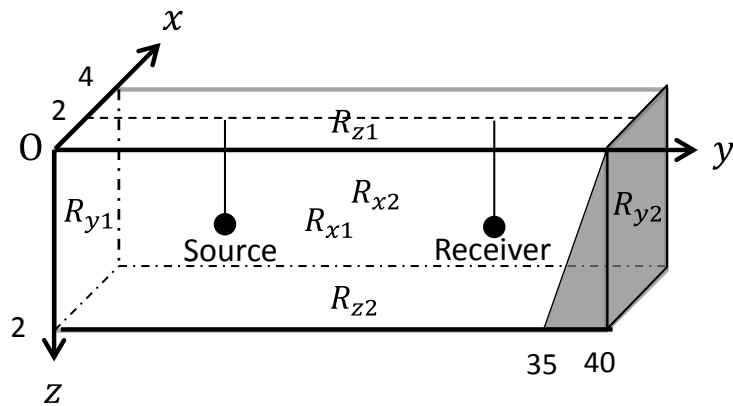
- インパルス応答をシミュレーションと実測結果で比較
- 一致する・異なる箇所での要因を考察



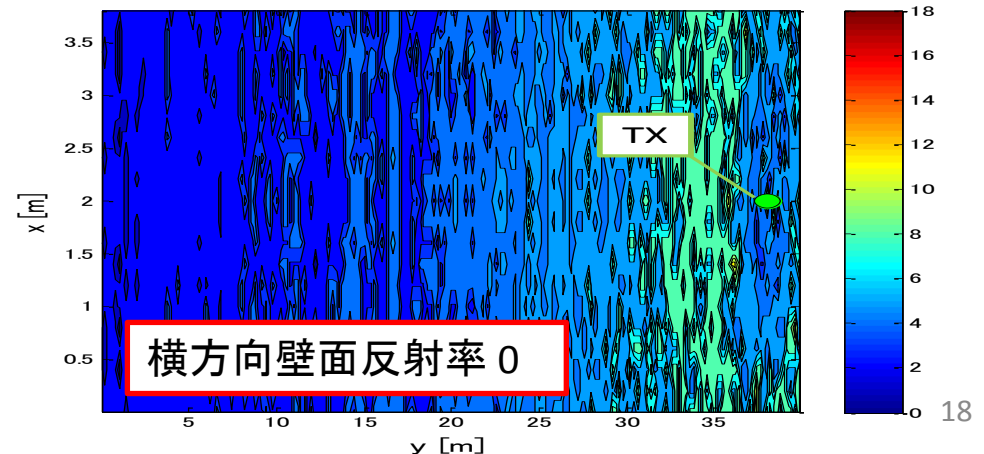
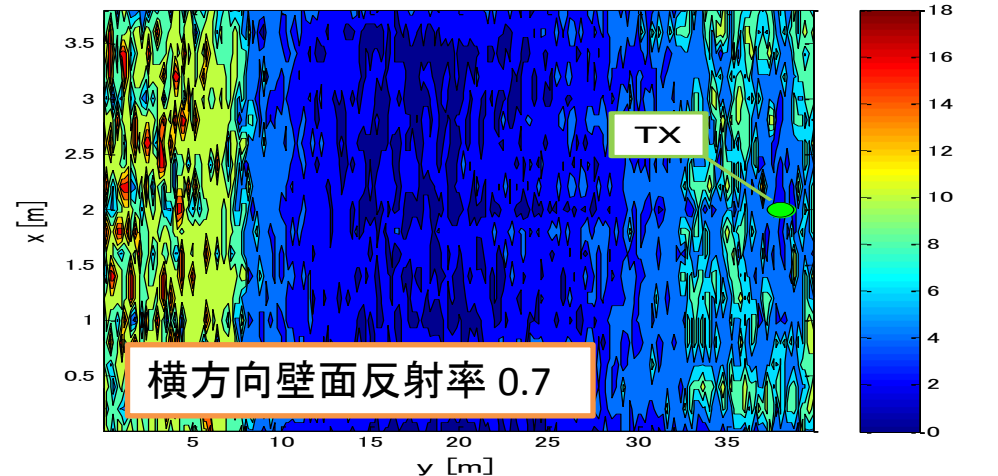
通信性能の解析

- 音波伝搬モデリングを用いて送受信機位置を変えたときの通信性能を評価

音場サイズ、送信機、受信機位置を指定



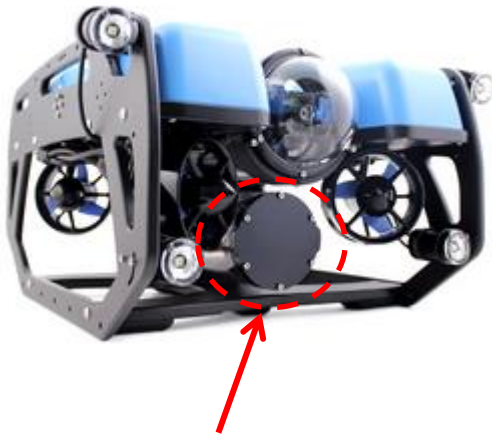
実効伝送レート [kbps]



水中ドローン組み込み型装置開発

- 低価格水中ROV (< 100万円)
 - 水中ROV を用いた新規事業が立ち上がり中
 - 水中撮影、海洋工事調査、学術調査委託など
 - 自分で組み立て・カスタマイズ可能 (DIY)
 - 測位装置、高精度カメラ、ソナーなど

BlueROV2



この部分に音響装置
を収納する予定



いいね!

コメントする

ROV組み立て
および実地調査

まとめ

- 海洋分野における電気電子技術
 - 新規技術で新しい産業が生まれる余地あり
 - 普及には低コスト化が重要
- 水中音響通信に関する研究
 - 水中音響通信におけるマルチパス・ドップラー対策
 - 音波伝搬モデリング
 - 水中ドローン組み込み型装置開発