

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 海中・水中IoTにおける無線通信技術の研究開発
- ◆受託者 国立大学法人九州工業大学、パナソニック株式会社
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和6年度(4年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額189百万円(令和3年度66百万円)

## 2. 研究開発の目標

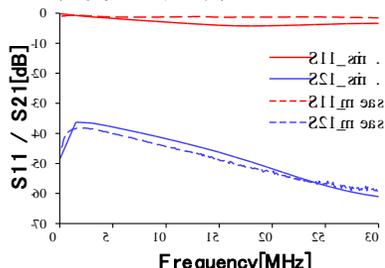
2024年度までに海中/水中での中距離通信(4m, 1Mbps)を実現する通信システムを開発し、水槽や実海域での実験により技術確立を行う。また、中距離通信と連携し、海中での中継局を利用したデータ収集を想定した長距離通信(10m, マルチホップ数10以上)システムの技術確立を行う。

## 3. 研究開発の成果

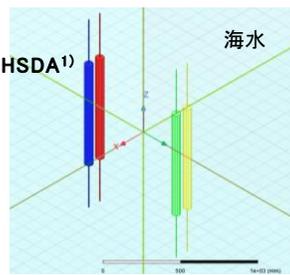
### 研究開発項目1: 中距離電波伝搬の理論解析とアンテナの開発

- 高効率なアンテナの開発と評価  
電磁界シミュレーション/実測値(塩水)

<ダイポールアンテナ>



- 海中・水中MIMO技術の開発と評価  
MIMO(2×2)環境における電磁界シミュレーション(海水)



1) HSDA: Half-Sheath Dipole Antenna

### 研究成果1: 海中での電波損失の知見を得た

- 直径1.6m水槽中から放射された電波の水面上の電波漏洩を測定、電磁界シミュレーションと比較し**海中での電波損失の知見**を得た。

### 研究成果2: 海中アンテナの開発と1mで4Mbps通信に成功

- 塩水中でのループ/ダイポールアンテナのシミュレーションを実施、小型水槽に各アンテナを沈めてVNA<sup>2)</sup>およびOFDM<sup>3)</sup>通信機により伝送特性と通信速度を実施。伝送特性はシミュレーションと測定値が3dB以内の精度で一致し、シミュレーションの有用性を確認した。さらに**通信は1mで4Mbpsの伝送に成功**した。
- MIMOに適するループ/ダイポールアンテナ組合せ実験とシミュレーションを実施し、アンテナ間の伝送特性を把握した。

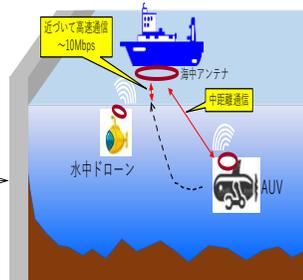
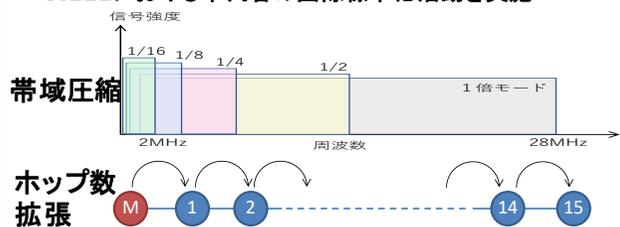
### 研究成果3: 海中MIMO技術開発の知見を得た

- 電磁界シミュレーションにより送受信アンテナが2つのMIMO環境でのアンテナ間に発生する全てのパスの固有値を計算し、海中MIMO技術開発の知見を得た。

2) VNA::Vector Network Analyzer 3) OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing

### 研究開発項目2: 通信システム・装置の開発と評価

- 帯域圧縮・マルチホップ技術を付与したOFDM通信方式による10m超えの長距離通信装置開発
- 近距離・長距離通信のシームレス接続技術開発
- IEEEにおける本内容の国際標準化活動を実施



### 研究成果: OFDM海中通信装置の開発に成功

- 長距離 海中通信装置開発
  - ①帯域圧縮モードの追加 ②ホップ数拡張を開発・実装 ③AGC機能強化
- 通信速度の向上・安定化
  - ①時間スケジューリング機能実装 ②同期ブロードキャスト通信仕様策定 ③パケットロス率削減・低遅延化システム実装
- 近距離高速・長距離通信シームレス化  
自動切替えについての要件定義と、全体概要設計
- IEEE国際標準化  
**PAR(Project Authorization Request)ドラフトを作成**

#### 4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

**【出願】**

水中・海中における移動装置について3件の出願を準備中  
 水中・海中におけるシームレスチャネル切替え方式について1件の出願を準備中

**【研究論文】**

上記以外に、査読付国際会議発表2件採択済み(2022年5月および7月に発表予定)

**【標準化】**

IEEE 1901において、水中・海中通信を含む新たなPAR(Project Authorization Request)案を作成して、WG立ち上げ準備中  
 (通信方式としての標準化)  
 水中・海中通信全体を網羅したような標準化について調査中  
 九州工業大学がIEEE SAのアドバス・コーポレート・メンバーとして加入

**【プレスリリース】**

本研究で使用している、Wavelet OFDM無線通信方式を”PaWalet Link”としてパナソニックから発表  
 (<https://news.panasonic.com/jp/press/data/2021/11/jn211110-1/jn211110-1.html>)

#### 5. 今後の研究開発計画

**【研究開発項目1】**

単一もしくは複数のアンテナを組み合わせたMIMO技術による海中/水中の伝搬特性改善を目標としている。2022年度はダイポールアンテナ・ループアンテナ・進行波アンテナを基本とし、アンテナの形状変更などによる特性改善を検討する。また、大型水槽を用いた海中/水中実験を実施し、アンテナの性能評価を行う。

**【研究開発項目2】**

Wavelet OFDM技術の高帯域通信特性やマルチホップ技術を活用した水中での長距離通信システムの構築することを目標としている。2022年度は本機能の仕様開発・実装・評価を行い、研究開発項目1にて検討した水中アンテナと結合させ、水槽内において開発した通信装置とアンテナにおいて実際にどの程度の通信が可能であるかの、水中通信実験を実施する。

