

交通運輸技術開発推進制度  
研究成果報告書  
(ダイジェスト版)

「沿岸・近海域に於ける小型船舶事故時の人命  
救出支援を目的とする船舶、ドローンの ICT 高  
度利用に関する研究」

令和 7 年 3 月  
海難事故救援支援開発共同企業体

## I. 研究開発成果の要約

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 作成年月          | 令和7年3月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 研究課題名         | 沿岸・近海域に於ける小型船舶事故時の人命救出支援を目的とする船舶、ドローンの ICT 高度利用に関する研究                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 研究代表者名        | オーシャンソリューションテクノロジー株式会社 水上 陽介                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 研究期間          | 令和4年10月25日～令和7年3月31日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 研究の目的         | 令和4年4月に発生した、知床沖での観光船事故は記憶に新しいが、救助を必要とする海難事故の事例が、例年数多く報告されている。人員の船からの転落事故に着目すれば、船上では波や風の影響により他の乗員が転落に気付くまでに時間を要することが多いため、転落者は潮流によって容易に自船から遠くに漂流してしまい、救助に至らない事例も多い。本研究開発は、準天頂衛星システムみちびきの高精度補強サービスを利用した位置情報、携帯電話網等を利用した安価で堅牢な海上の通信システム、高信頼性の国産ドローン等、最新の ICT を駆使して海難救助支援を行うシステムを創造し、人命ロスの軽減に貢献するものである。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 研究成果の要旨       | <p>研究開発として、以下の成果が達成された。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>全体システム <ul style="list-style-type: none"> <li>システム要求解析を実施し、全体システム構成、目標機能・性能を見直し、課題の解決のためのネットワークチャートと WBS 工程表に展開して進捗を管理した。</li> <li>沿岸から約 50km でのドローン飛行性能、船舶測位精度、LTE/LTE-M を利用したシステム実現可能性を解析的に証明し、サブシステム・組合せ検証を実施した。</li> </ul> </li> <li>自船システム (LoRa 通信距離改善・リピータ機能追加・転落検知アルゴリズム) <ul style="list-style-type: none"> <li>E/D～A/P 間の LoRa による通信距離が、E/D 側のアンテナ改善及び A/P の小型化により船舶高所への搭載が可能となり、社会実装に必要な到達距離を実現した。</li> <li>転落信号を転送する為のリピータ機能を新規開発し、沖磯や洋上風力発電機などからの転落への応用や、将来のドローンへの搭載による広域捜索への道筋をつけた。</li> <li>E/D ソフトウェアを修正し、E/D に搭載されている加速度センサのデータを直接取り込む事で開発効率の改善、及び船舶からの転落データの取得が完了した。<br/>(E/D : エッジデバイス、A/P : アクセスポイント)</li> </ul> </li> <li>救援支援センタシステム (みちびきを活用した高精度位置利用方法の確立) <ul style="list-style-type: none"> <li>測位精度を維持し通信費を軽減可能な最小データレートのサービス機能を付加した測位補正データ配信システム (CLARCS) を OST に構築し、実運用を開始した。</li> <li>救援支援用ドローンの効率的な制御・監視および自船 (漁船) と転落者の位置を救援支援センタに通報し、表示する自船・転落者監視システムを構築した。</li> </ul> </li> <li>救援支援ドローンシステム <ul style="list-style-type: none"> <li>令和5年度策定した要求仕様に基づき救援支援ドローンを製作した。</li> <li>基本性能の確認として画像、テレコマ通信を確認するとともに、風速 10m/s での飛行、最小回転半径 110m、約 70m 先の対象物を視認できることを確認した。</li> <li>白波等の影響で、転落者発見が困難と思われる洋上に於いて、体温に反応する赤外線カメラによる捜索に関する研究を行い、海水と人体のコントラスト差により捜索を可能とする道筋をつけた。</li> </ul> </li> </ol> |
| 知的財産権<br>取得状況 | <p>特許出願 0 件</p> <p>特許出願 (予定) 1 件 : 加速度を利用した人身転落事故自動検出方式</p> <p>著作権登録 0 件</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 研究成果発表実績      | <p>論文発表 : 国内 0 件、海外 0 件</p> <p>口頭発表 : 国内 1 件 (国交省交通運輸技術フォーラム)、海外 0 件</p> <p>その他 : 特になし</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

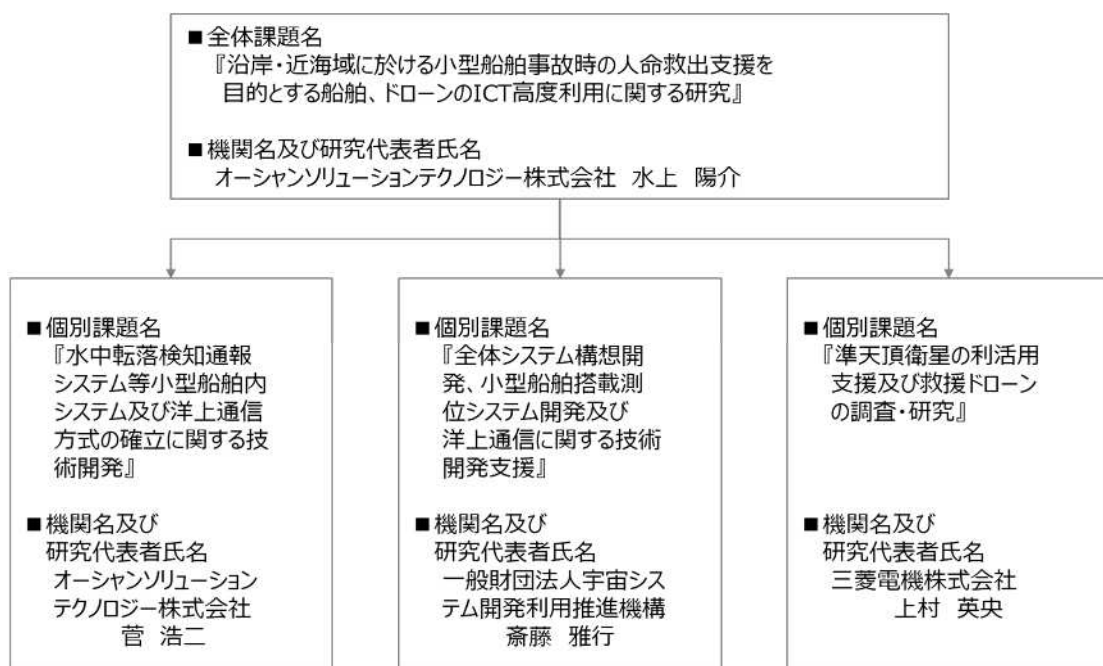
## II. 研究開発の目的と実施体制

### (1) 研究開発の目的

令和4年4月に発生した、知床沖での観光船事故は記憶に新しいが、救助を必要とする海難事故の事例が、例年数多く報告されている。人員の船からの転落事故に着目すれば、船上では波や風の影響により他の乗員が転落に気付くまでに時間を要することが多いため、転落者は潮流によって容易に自船から遠くに漂流してしまい、救助に至らない事例も多い。本研究開発は、準天頂衛星システムみちびきの高精度補強サービスを利用した位置情報、携帯電話網等を利用した安価で堅牢な海上の通信システム、高信頼性の国産ドローン等、最新のICTを駆使して海難救助支援を行うシステムを創造し、人命ロスの軽減に貢献するものである。

### (2) 研究実施体制

本研究は、オーシャンソリューションテクノロジー株式会社を総括研究機関とし、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、三菱電機株式会社と共同して実施した。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



### III. 研究開発の成果

#### 1. 序論

令和 4 年 4 月に発生した北海道知床沖での観光船事故では、多くの尊い命が犠牲になるなど痛ましい記憶が残っている。四方を海に囲まれた日本に於いて、海洋の有効利用は最も重要な課題の一つであり、水産物を始めとする海洋資源の獲得、運輸、レジャーなど幅広く利用されている反面、海洋での作業員や観光客などの海への転落事故は毎年発生している。

令和 6 年の海難発生状況の速報値が海上保安庁より出されており、毎年約 1,800 隻の船舶で事故が発生し、令和 6 年の死者・行方不明者は約 50 名となっている。知床の事故以降各種安全性の向上が図られているものの、今後も海難事故での人命救助を進めていく対策が不可欠である。

本研究開発では、図 1.1 のプロジェクト概要に示す通り、船上における転落事故の早期発見、海上での通信環境の確立、空からの救援支援としてのドローンの活用、及びドローン航行や救援支援のために必要となる、正確な船舶位置情報や転落者位置情報のドローンへの伝達を行う新しい救助支援システムの実現に向けた研究開発を行う。更に、令和 4 年 7 月 14 日に発表された知床遊覧船事故対策検討委員会の中間報告にて今後の検討課題として特記されている、航海日誌のリモート等による抜き打ち監査に貢献可能な、自動航海日誌作成ツールについても開発を行う。

本報告書は、上記の目的で実施する「沿岸・近海域に於ける小型船舶事故時の人命救出支援を目的とする船舶、ドローンの ICT 高度利用に関する研究」の研究開発内容を、海難事故救援支援開発共同企業体を取り纏めたものである。

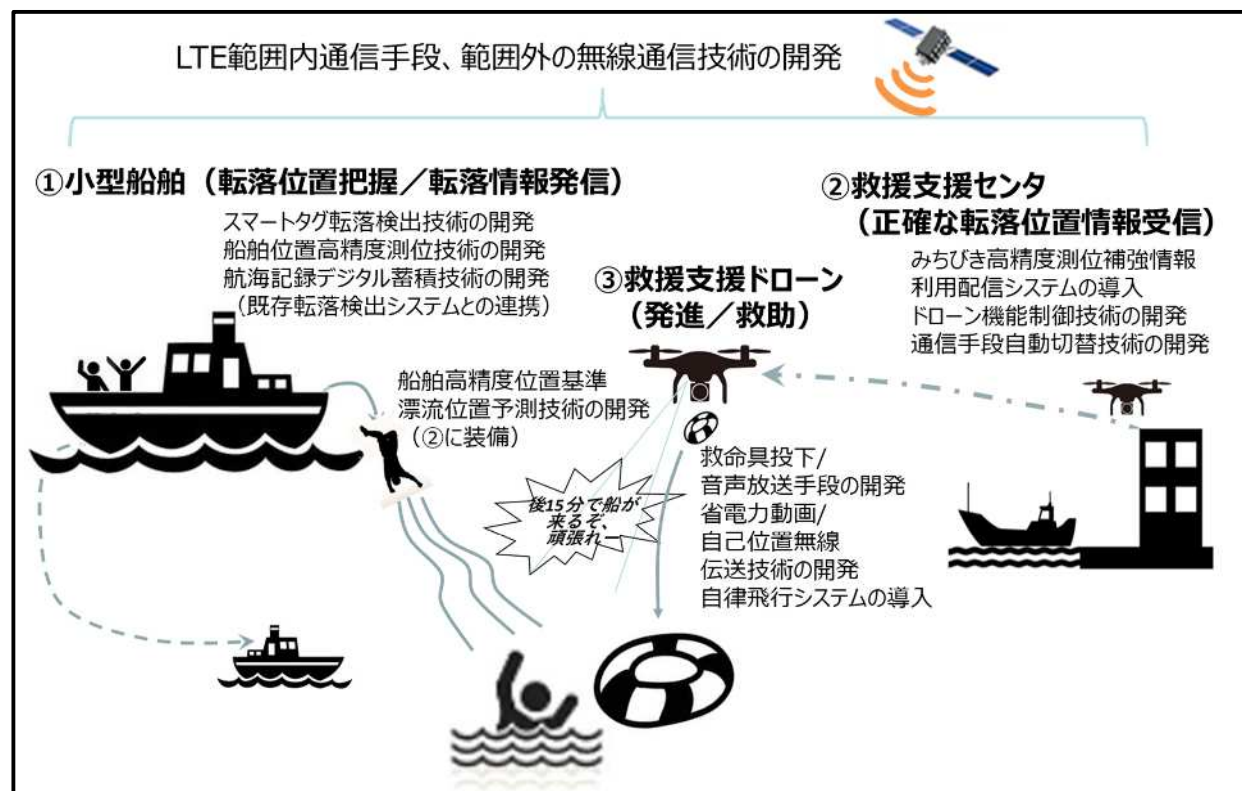


図 1.1 プロジェクトの概要

## 2. 研究開発ロードマップ

### 2.1 全体システム開発ロードマップ

図 2.1.1 に、海難事故救援支援システムの提案時の開発ロードマップを示す。

令和4年度は全体の基本設計を実施し、令和5年度はLTE利用可能な海域としたシステムを構築し、組み合わせ試験で基本性能・機能評価を実施した。令和6年度ではLTE利用範囲を越えた海域を目標とした。また、新たに令和5年度の総合組み合わせ試験で判明したシステムの更なる高度化を令和6年度に追加実施した。

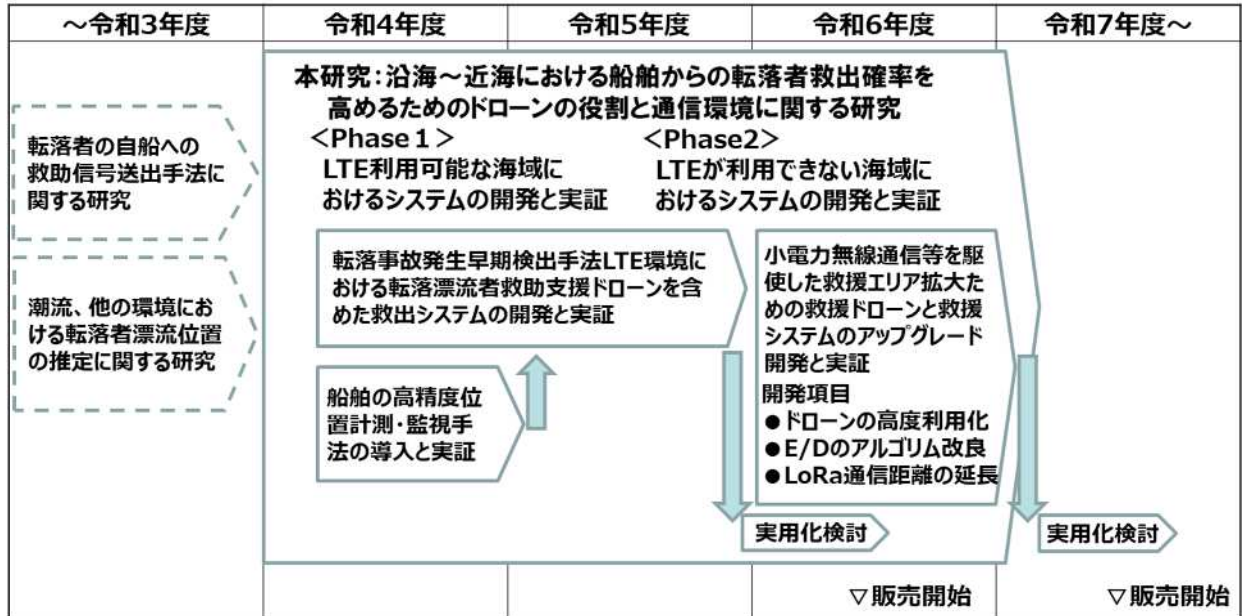


図 2.1.1 海難事故救援支援システム提案書内開発ロードマップ

### 3. 研究内容

【令和4年度 開発成果】

#### 3.1. 全体システム

沿岸および近海域での小型船舶事故時の人命救助を目的とした全体システムは、船舶とドローンを連携させ、ICT 技術を活用した高精度衛星測位やデジタル無線通信を組み合わせた救助支援を提供する。

##### 3.1.1 主要構成と目的

システムは、沿岸域向けの LTE 通信（Phase1）と、より広範囲に対応する LTE-M 通信（Phase2）を用いた 2 段階構成を持ち、救援センタ、自船システム、救援支援ドローンの各モジュールで構成される。救助時の動作として、転落者の位置特定や救援ドローンの派遣が迅速に行える仕組みを備える。

##### 3.1.2 主な機能

###### ① 救援支援センタ

- 準天頂衛星「みちびき」の CLAS 補正データを配信し、船舶やドローンの高精度測位を実現
- 救助活動の管理や救援ドローンの派遣・制御を担当

###### ② 自船システム

- 乗組員携帯端末（E/D）は、転落検出機能を備え、転落情報を LoRa 通信で自船へ送信
- 転落者の位置データを救援センタに通知し、ドローン派遣を要請

###### ③ 救援支援ドローン

- 高精度測位と長距離飛行性能（往復 100km 以上）を持ち、カメラ映像や救命具投下機能を装備
- ドローンは転落者の位置情報を基に現場へ派遣され、救援活動を支援

##### 3.1.3 性能要件

- 測位精度：10cm 以下（Fix 時）
- 通信コスト削減のため、CLAS データ配信間隔を 1 秒～10 秒で設定可能
- ドローンは耐風速 10m/s で、カメラ画像やテレメトリの 50km 伝送実績を持つ

表 3.1.1 全体システム構成表

| 大項目          | 中項目            | 小項目            | 細項目          |
|--------------|----------------|----------------|--------------|
| 救援支援センター     |                |                |              |
|              | CLARCS配信サブシステム |                |              |
|              |                | CLARCS生成部      | CLAS受信部      |
|              |                |                | RTK受信機       |
|              |                |                | CLARCS制御部    |
|              |                |                | CLARCS制御部配信部 |
|              |                |                | CLARCS MDL部  |
|              |                | 通信インタフェース部     |              |
|              |                | NW対応部          |              |
|              |                | WiFi部          |              |
|              | 制御監視サブシステム     |                |              |
|              | 自船・転落者監視部      |                |              |
|              |                | 船舶航行軌跡モニタ部     |              |
|              |                | 転落者漂流軌跡モニタ部    |              |
| 救援支援ドローンシステム |                |                |              |
|              | 既存機体部          |                |              |
|              |                | 本体部            | CLAS受信機      |
|              |                |                | 統合制御部        |
|              |                |                | 回転翼部         |
|              |                |                | カメラ部         |
|              |                | 通信部            | データ送受信部      |
|              |                |                | 画像送受信部       |
|              | 追加機能部          |                |              |
|              |                | 浮輪搭載部          |              |
|              |                | 音声放送部          |              |
| 自船システム       |                |                |              |
|              | 通信インタフェース部     |                | NW対応部        |
|              |                | NA             | WiFi部        |
|              | 自船制御監視タブレット部   |                |              |
|              |                | NA             | WiFi部        |
|              |                |                | アルテミス部       |
|              |                |                | 測位部          |
|              |                |                | LoRa送受信機部    |
|              |                | CLARCS/RTK受信機部 |              |
|              | 乗員携帯エッジ端末部     |                |              |
|              |                | NA             | LoRa送受信機部    |
| SoS/測位部      |                |                |              |
| 加速度検出部       |                |                |              |

### 3.2 自船システム

自船システムは、主に転落者検知、位置情報の可視化、通信環境の確立、転落検出アルゴリズムの検証を目的とした取り組みを実施した。

#### 3.2.1 主な構成と成果

##### ① 転落者検知通報システム

- 乗客が携帯するエッジデバイス（E/D）が、転落や転倒を検出し、LoRa 通信で SOS 信号をアクセスポイント（A/P）に送信。通信距離は海面影響を考慮し、1 海里以上を目標にアンテナの利得を改善。実験により最大 2.6km の通信到達距離を確認

##### ② 航跡位置情報の可視化

- 知床遊覧船事故を教訓に、船舶の航跡や気象データをクラウドに保存し、航海日誌の自動生成を目指しています。観光船での実証試験では、LTE 通信を用いて航跡の可視化を実現。出港判断の適正性を監視可能にする環境構築を実施中

##### ③ 通信環境の改善

- 長崎県海域で LTE-M の電波強度を測定し、離島や海域での通信到達性を確認。概ね良好な結果が得られたが、一部の影になるエリアでは弱い電波も観測され、再検証が必要と考察

##### ④ 転落検出アルゴリズムの検証

- 加速度センサを用い、転落時の衝撃加速度を分析。水中転落と船上での動作を区別するアルゴリズムを開発し、転落時は最大 12.5G の加速度が発生し、5G 以上の加速度が 5 回以上連続するパターンを検出基準とした。この結果から誤判定を防ぎながら正確に転落を判定するシステムを構築

#### 3.2.2 今後の計画

- ・ 自船システムと救援支援センタの連携強化
- ・ LTE-M の通信範囲と精度向上の追加検証

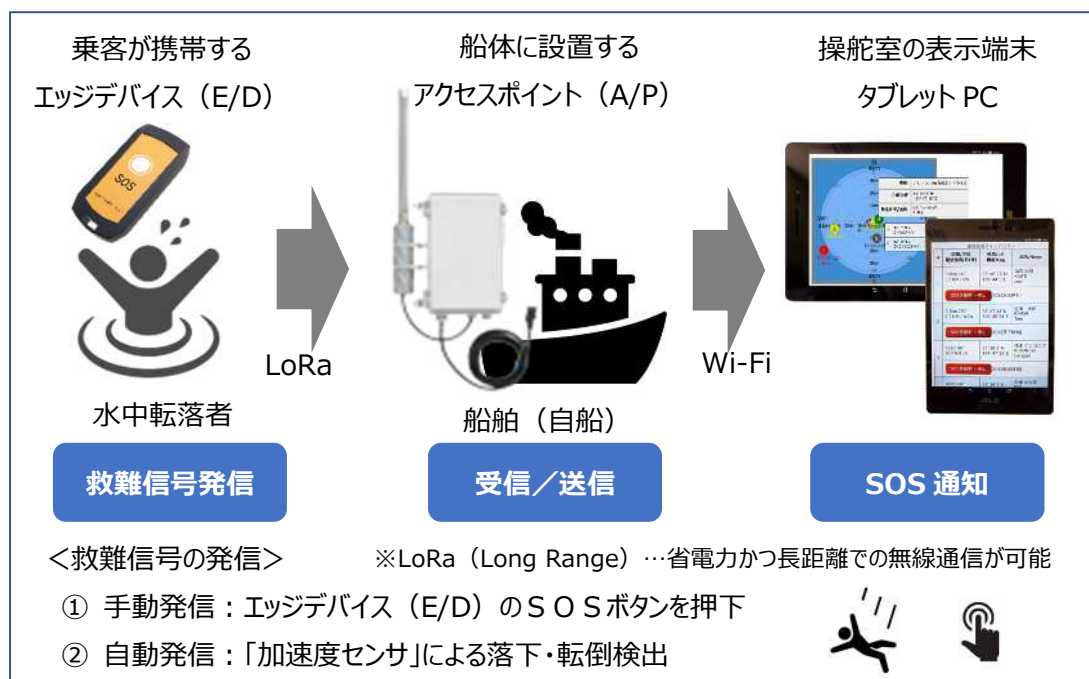


図 3.2.1 水中転落者等検知通報システムの機器概要

### 3.3 救援支援センタシステム

救援支援センタシステムは、CLARCS 配信サブシステムと制御・監視サブシステムの 2 つで構成され、転落者の迅速な救助や通信コスト削減、高精度測位技術の活用を目指している。

#### 3.3.1 主な構成と成果

##### ① CLARCS 配信サブシステム

- 準天頂衛星「みちびき」からの CLAS 補強情報を基に RTK 補正値を生成し、自船に配信。通信コスト削減のため、補正値の配信周期を 1～10 秒で設定可能に改良
- 実験により、10 秒周期の配信でも測位精度を平均 3cm に抑え、沖合 50km で目標精度（水平 10cm）を達成

##### ② 制御・監視サブシステム

- 転落者の位置情報を監視・表示し、ドローンを活用して救助活動を支援
- ドローンは CLAS を用いた高精度測位と自律飛行を可能とし、5.7GHz 帯のカメラ映像をリアルタイム送信

##### ③ 通信性能の評価

- LTE と LTE-M を利用し、沖合での通信範囲を確認。ドコモの LTE-M は最大約 70km の到達距離を記録し、離島や沖合での救助支援に有効であることを実証

##### ④ 精度の向上と改良

- 基線長の影響を評価し、50km の距離で水平精度 9cm を達成
- L6 デコーダと ART-X ソフトウェアを改良し、信頼性向上と低コスト運用を実現

##### ⑤ 海洋実証

- 宗像市沖ノ島周辺での実証実験を実施し、CLARCS による RTK 測位や LTE-M の通信性能を評価。CLARCS では汎用 RTK 受信機で測位品質を確認し、実用レベルでの応用可能性を検証

#### 3.3.2 今後の展開

- 救援支援システムの高度化を進めるとともに、ドローンの自律飛行と精度向上、通信ネットワークの強化

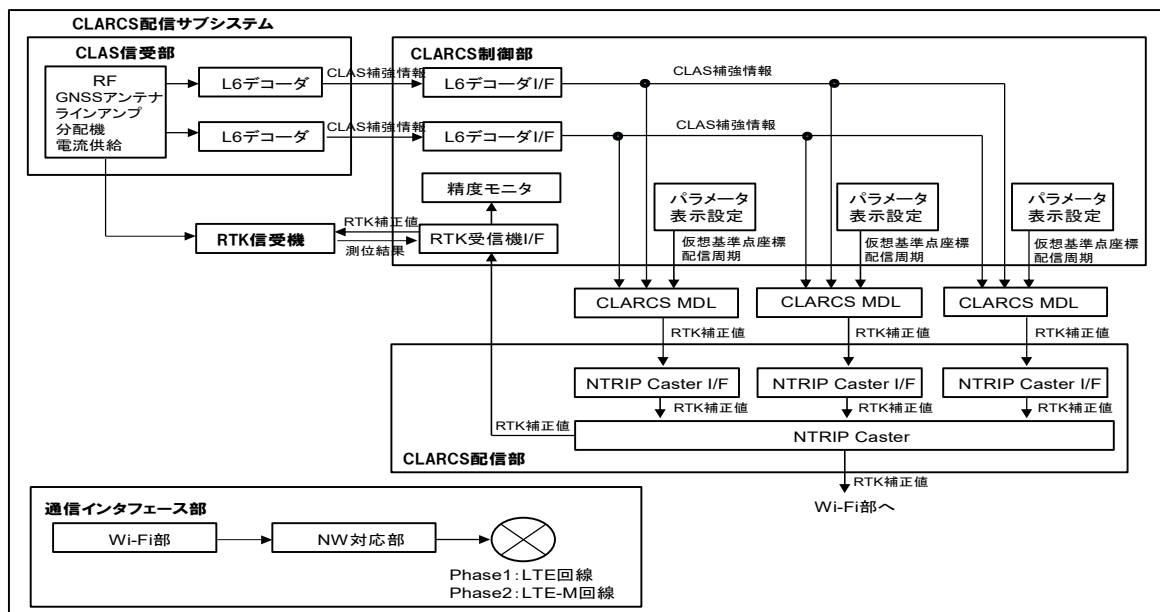


図 3.3.1 CLARCS 配信サブシステム構成



### 3.4 救援支援ドローンシステム

転落者救助を目的とした救援支援ドローンシステムは、長距離飛行、精密測位、救命具投下機能を備え、海上での救助活動を効率化するための設計と実証を行った。

#### 3.4.1 主な構成と成果

##### ① 運用フロー

- 転落者が携行するエッジデバイスから SOS 信号を受信し、救援センタがドローンを派遣。ドローンはカメラによる搜索、救命具の投下、音声誘導を行い、救護船が到着するまでの間、救助支援を継続

##### ② 機能・性能要求

- 長距離飛行（100km 以上往復）と 2 時間の飛行時間
- 耐風性能 10m/s、ペイロード 4.5kg 以上
- 高精度測位（準天頂衛星 CLAS 利用）と自律飛行機能
- 音声発信、救命具自動落下、高解像度カメラによる映像送信機能を搭載

##### ③ ベース機体の選定

- VTOL カーボンカイトプレーン VCK22-03「不死鳥」を選定。東京湾横断 50km の飛行実績があり、CLAS 受信機による自律飛行が可能
- 必要な機能拡張が容易で、災害対応に適したコストパフォーマンスを備える

##### ④ 画像伝送と通信

- 5.7GHz 帯の長距離映像伝送無線機（HN1000TR）を搭載し、50km 以上のクリアな映像伝送を実現
- 351MHz デジタル無線機を活用したコマンド・テレメトリ通信で遠隔操作を実施

##### ⑤ 高精度測位

- CLAS 受信機を搭載し、サービスエリア内での測位精度は 3cmRMS、50km 沖合でも 10cmRMS 程度を達成可能

#### 3.4.2 今後の計画

- ・ 救命具投下の精度向上と耐久性の強化
- ・ ドローンの制御ソフトウェア改良と運用訓練



図 3.4.1 救援支援ドローンの機能イメージ（点線は、通信の経路）

## 【令和 5 年 開発成果】

### 4.1 全体システム

転落者救助を目的とした全体システムは、救援支援センタ、自船システム、救援支援ドローンの 3 つの主要構成で成り立ち、迅速な救助と効率的な救援活動を目指している。

#### 4.1.1 主な構成と成果

##### ① 救援支援センタ

###### ○ CLARCS 配信サブシステム

準天頂衛星「みちびき」のセンチメートル級測位補正情報を生成し、LTE/LTE-M 回線を通じて自船に配信。高精度測位を可能にする

###### ○ 通信・制御サブシステム

自船や転落者の位置情報を地図上に表示し、ドローンの飛行制御や救援支援全体を管理

##### ② 自船システム

###### ○ 転落者検知装置（E/D）と船舶内アクセスポイント（A/P）で構成。LoRa 通信を活用して転落者の位置情報を送信

###### ○ 高精度測位を実現するため、CLARCS からのデータを基に測位補正を行う

##### ③ 救援支援ドローン

###### ○ 高速水平方向飛行を可能にするプッシャー推進機構、垂直方向の高精度飛行制御を担うマルチコプタ推進機構を採用。351MHz 帯無線通信で飛行制御し、5.7GHz 無線通信を用いてカメラ映像をリアルタイムで送信

###### ○ 転落者の位置情報に基づき、自律飛行で救命具を投下し、救助船到着まで待機。救助状況をモニタリングしつつ、救援支援センタに情報を送信する

#### 4.1.2 今後の計画

- ・ ドローンと自船システムの連携強化を図り、位置情報を統合表示する機能を開発
- ・ 転落者の早期発見率を向上させるための機器改良と救命具投下精度の向上

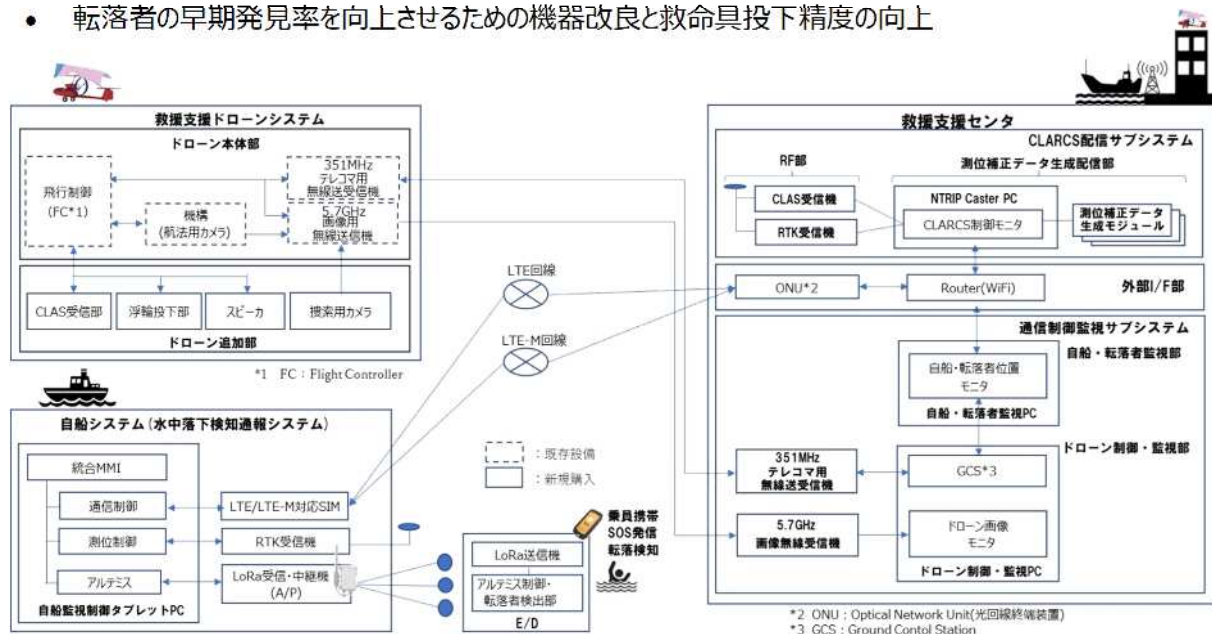


図 4.1.1 全体システム構成

## 4.2 自船システム

IoT 技術を活用した自船システムは、転落者救助を目的とし、転落検知、通信距離の改善、高精度測位を目指して設計され、多様な船舶に適用可能

### 4.2.1 主な構成と成果

#### ① システムの背景と目的

- 転落事故が多発する地域（例：長崎県男女群島）での救難体制強化を目指し、転落者検知デバイス（E/D）と船舶用アクセスポイント（A/P）を LoRa 通信で連携
- 長距離通信と高精度測位を組み合わせ、漁船やプレジャーボートなど幅広い船舶での利用を想定

#### ② 主要な技術成果

- 通信距離の改善：E/D と A/P の設計を最適化し、アンテナ配置やサイズ調整を行い、最大通信距離を約 3.5km に向上
- 転落検知アルゴリズム：水中転落時の加速度データを基にアルゴリズムを開発。転落者が着水時に発生する特徴的な加速度パターンを検知し、誤判定を防止。山形県加茂水産高校の協力で実施した転落試験を通じ、検出精度を向上
- リピータ機能の開発：通信が遮断される島影エリアに対応するため、リピータを設置し、転落者の救難信号を中継可能に。最大通信距離は 100km を想定

#### ③ 応用と事業化計画

- 「トリトンの矛 IoT」として市場展開予定。救命具に E/D を装着し、転落者の位置情報を A/P 経由でクラウドに送信、家族や関係機関に通知
- 知床遊覧船事故を教訓に、航海日誌自動生成システムを検討。気象データと航跡を記録し、監督官庁による出港判断の適正性確認に活用

### 4.2.2 今後の計画

- 転落検知アルゴリズムの精度向上と陸上での誤判定防止
- LoRa 通信プロトコルの国際標準化と東南アジア市場への展開
- デバイスの小型化・防水性強化を図り、社会実装を加速

表 4.2.1 E/D の海上での通信距離テスト結果

| 計測距離                                                                                                  | 1.2km   | 1.4km   | 1.8km   | 2.4km   | 3.0km   | 3.4km   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 現行型 E/D<br>内部アンテナ  | -137dBm |         |         |         |         |         |
| 改良版 E/D<br>内蔵アンテナ  | -129dBm | -131dBm | -128dBm |         |         |         |
| 改良版 E/D<br>内蔵アンテナ  | -117dBm | -131dBm | -143dBm | -139dBm | -137dBm |         |
| 現行型 E/D<br>外部アンテナ  | -107dBm | -121dBm | —       | —       | -128dBm | -136dBm |

### 4.3 救援支援センタシステム

救援支援センタシステムは、転落者の迅速な救助を目的としています。本システムは、CLARCS 配信サブシステムと制御・監視サブシステムの 2 つの主要構成で成り立っている。

#### 4.3.1 主な構成と成果

##### ① CLARCS 配信サブシステム

- 準天頂衛星「みちびき」の CLAS 補強情報を活用し、センチメートル級の測位精度（水平 6cm、高さ 12cm）を実現。測位補正データを LTE/LTE-M 回線を通じて配信
- 屋外での高精度測位を実現する為、GNSS アンテナ設置と信号減衰を抑える設計の最適化
- 測位補正データの配信周期を 10 秒に調整し、通信コスト削減を実現しつつ、精度を維持

##### ② 制御・監視サブシステム

###### ○ ドローン制御・監視部

ドローンの飛行制御とリアルタイム映像伝送を可能にする 351MHz と 5.7GHz の無線通信を活用。GCS（Ground Control Station）ソフトウェアでドローンの飛行経路を設定し、搜索画像を監視

###### ○ 自船・転落者監視部

自船と転落者の位置情報をリアルタイムで地図上に表示し、救援活動を効率化

##### ③ 性能評価

- 精度評価では、測位補正データを用いて 50km 離れた地点でも 10cm の精度を確認
- 実証実験により、救援支援センタのシステムが正常に動作することを確認

#### 4.3.2 今後の計画

- ドローンと自船・転落者監視システムの連携を強化し、リアルタイム位置情報の統合表示を実現
- システムの事業化に向けたコスト削減と信頼性向上を推進
- 転落者の早期発見と救助体制の効率化

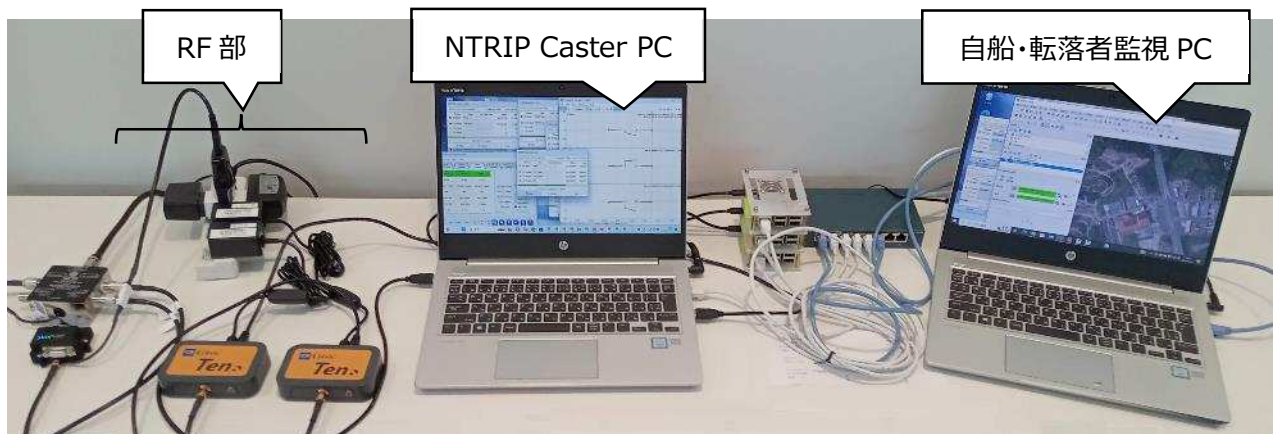


図 4.3.1 OST 書室内に設置した CLARCS 配信サブシステムと自船・転落者監視部



#### 4.4 救援支援ドローンシステム

落者捜索や救助活動を支援する「救援支援ドローンシステム」は、高い飛行性能と捜索機能を持つ VTOL（垂直離着陸）カイトプレーン「不死鳥」VCK22-03 を採用し、以下の主な機能を実装した。

##### 4.4.1 主な構成と成果

###### ① 高精度飛行性能

- 準天頂衛星「みちびき」の CLAS 測位補正を活用し、10m/s 以上の強風下でも高精度な飛行を実現
- 50cm 以内の着陸精度を確認

###### ② 捜索機能

- 捜索時は高度 50m、対地速度 15m/s（54km/h）で運用
- カメラ性能は、80°画角レンズで 110m まで良好に転落者を視認可能と評価
- 視認性はライフジャケットを基準に画素数で定量的に分析し、効率的な捜索エリア設計に活用

###### ③ 飛行試験と性能評価

- 最小回転半径は 110m と測定。プッシャー推進モードとマルチコプタモードを使い分けた捜索パターンを検討
- ドローン搭載の LoRa アクセスポイント（A/P）により、転落者の E/D デバイスとの通信範囲を最大 25km に拡大可能

###### ④ 救命支援機能

- 転落者発見時、ホバリングしながら音声メッセージを放送し、救命具（自動膨張浮輪）の投下を行う機能を次年度に向けて設計

###### ⑤ 電波伝搬特性の解析

- 反射波や回折による電波の減衰を解析し、最適な飛行パターンを導出。これにより、救援支援センタとの安定した通信を確保

##### 4.4.2 今後の計画

- 救命具の投下精度向上
- LoRa リピータ機能の搭載
- ドローンと自船システムの連携強化



図 4.4.1 救援支援ドローン搭載機器

【令和 6 年 開発成果】

5.1 全体システム検証項目チェックリスト

令和 6 年度の研究開発に際し、検証項目チェックリストとして、以下のペリフィケーションマトリックスを作成し、サブシステムの検証状況と組合せ検証状況について、全体を俯瞰して検証漏れが無い事を確認しながら事業を進めてきた。

表 5.1.1 全体システム検証項目チェックリスト

|                                            | 2023年度以前<br>実証済み | 部品、組立単位<br>単体試験段階 | 工場内<br>組合せ試験 | ドローン<br>受入試験 | 尾島SP等<br>ドローン飛行試 | 全系統組合再確認<br>試験 (OST) | 黒島システム<br>試験 | 大島・フェリー<br>間システム試験 |
|--------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|------------------|----------------------|--------------|--------------------|
| システム                                       |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| 救援支援シナリオに基づく海洋実証試験                         |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| ドローン派遣判断、派遣から帰還までの動作                       | —                | ○                 | ○            | —            | —                | —                    | ○            | ○                  |
| ・転落・救援要請受信機能 (自船、救援C)                      | —                | ○                 | ○            | —            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・ドローン派遣飛行機能 (40km実績あり)                     | —                | —                 | —            | ○            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・ドローン更新飛行機能 (40km実績あり)                     | —                | —                 | —            | ○            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・ドローン寄りつき飛行機能 (40km実績あり)                   | —                | —                 | —            | ○            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・救助支援飛行機能 (バッテリーによるホバリング)                  | —                | —                 | —            | ○            | ○ (短時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・救助支援機能 (カメラ切り替え、放送、切り離し)                  | —                | —                 | —            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| ・捜索飛行機能                                    | —                | —                 | —            | ○            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| ・帰還飛行機能                                    | —                | —                 | —            | ○            | ○ (数時間)          | —                    | ○            | —                  |
| 各要素                                        |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| 海上での通信環境確立のための研究                           |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| LoRa通信と A/P (小型化) によるLTE-M以外の伝送路と表示監視制御の実現 |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| ・A/P機能 (製品化含む)                             | —                | ○                 | ○            | —            | —                | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・LTE-M機能                                   | —                | ○                 | ○            | —            | —                | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・LoRa (E/Dー自船A/P間) 機能                      | —                | ○                 | ○            | —            | —                | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・LoRa (E/Dードローンリピータ間) 機能                   | —                | ○                 | ○            | —            | —                | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・LoRa (ドローンリピーター-自船A/P間) 機能                | —                | —                 | —            | —            | —                | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| 高精度測位についての研究                               |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| CLARCS配信システムのLTE-M、LoRa対応見直し               | —                | —                 | —            | —            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| 増備するドローン・転落者表示機能の実現                        | —                | ○                 | ○            | —            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ドローンについての研究                                |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| ドローンへの赤外線カメラ、救援支援機能、LoRaリピータの搭載            |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| ・赤外線カメラ機能 (水、人の温度画像差確認含む)                  | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | —                  |
| ・救命浮き輪投下機能                                 | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・音声放送機能                                    | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・リピータ機能                                    | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・赤外線・光学カメラ切り替え機能                           | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・上記機能を支える追加テレコマ機能                          | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・カメラ画像通信機能                                 | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・CLAS受信機測位機能                               | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ・その他の追加機能 (PL質量増加対応の機体増強策)                 | —                | ○                 | ○            | ○            | ○ (至近距離)         | ○ (至近距離)             | ○ (中間距離)     | ○ (遠距離)            |
| ドローン位置の自船・転落者監視PC表示とGCSへの入力による救援支援活動の実現    |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| ・自船・転落者監視PC機能                              | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| ・GCS機能 (無線で40km以上の実績あり)                    | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| 自船システムの研究開発                                |                  |                   |              |              |                  |                      |              |                    |
| 転落信号受信後のシステム動作                             | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| アンテナ含む小型化によるE/D機能、製品化                      | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| 電波到達距離安定化                                  | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |
| 誤発呼防止対策                                    | —                | ○                 | ○            | ○            | ○                | ○                    | ○            | ○                  |

なお、黒島でのドローンの衝突により検証できなかった試験項目は、実施済みの他の試験として全て完了している。  
LoRa 通信による遠距離制御の未完了部分については、長崎県西海市 (大島) と上五島行きフェリー間にてシステム試験を完了した。

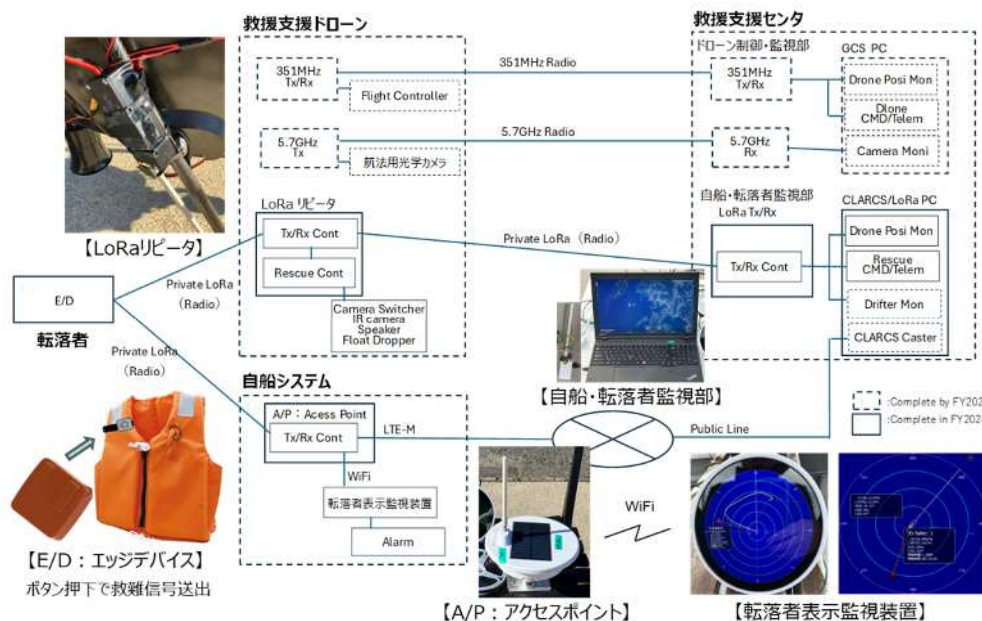


図 5.1.1 LoRa 通信・A/P を用いた LTE-M 以外の伝送路と表示監視装置

## 5.2 自船システム

令和 6 年度の開発に於いて、自船システムで必要とされる各サブシステムは、社会実装に向けた実用段階に到達した。LoRa 通信を搭載した E/D については令和 5 年度の実証により、自船システムと洋上に於ける通信距離 3.5 km を実現しており、令和 6 年度はアンテナ工夫により通信距離性能を維持しつつ、内蔵型ホイップアンテナを採用する事で、小型化への目途が立った。自船に取り付ける A/P については、船舶への取り付けを容易にするため、太陽光パネルを採用し、電源ケーブルによる配線を省き、更に WiFi モジュールを搭載する事で、本年度新規開発した転落者位置表示装置により、転落者と船舶の位置関係が容易に視認出来る環境の構築が完了した。これらの装置は、具体的な商品化に向けた開発のフェーズに入っており、令和 7 年度中に市場へ投入する計画である。

### ① LoRa 用エッジデバイス：E/D（転落者が事前装着）

- ・2023 年度開発品を 1/2 小型化して製品化を完了（5.6 cm×4.45cm×2.2cm 厚、80g）
- ・ボタン押下 + 水センサで救難信号誤発射のゼロ化を実現



図 5.2.1 エッジデバイス外観と救命胴衣装着イメージ

### ② LoRa 用アクセスポイント：A/P（自船装備）

- ・船内配線ゼロの太陽電池発電型
- ・E/D からの救難信号を受信し、自動で LTE-M、LTE 経由で救援支援センタに信号転送、ドローン派遣の必要性、支援センタでの救助プラン作成を支援
- ・船内 Wi-Fi で警報ベルを自動的に発呼し、他乗組員による早期救出を促す
- ・Φ20cm×H10cm(アンテナ有 29cm)、920g の小型軽量構造



図 5.2.2 アクセスポイント

### ③ 転落者位置表示装置（自船に装備）

- ・転落者位置と自船位置を重畳表示
- ・自船航跡、転落者移動軌跡を表示、転落者までの距離、予想到着時刻表示

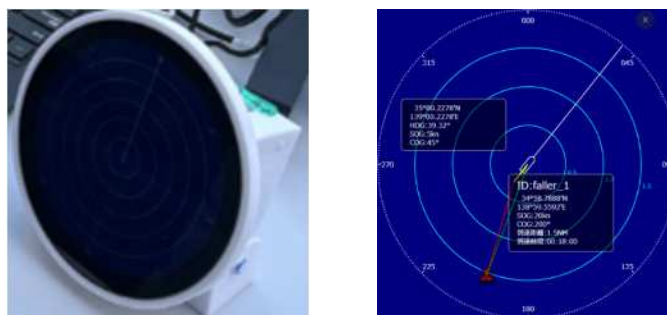


図 5.2.3 転落者位置表示装置



### 5.3 救援支援センタシステム

令和 5 年度までに構築した CLARCS 配信サブシステムおよびドローン制御・監視部と、令和 6 年度に再構築した自船・転落者監視部と自船システムの LTE-M による統合化、転落者位置情報の広域化のための LoRa リピータのドローンへの搭載、および、LoRa リピータを用いたドローン搭載の救援支援機材の救援支援センタからのリモート制御を実現した。

- ① LTE-M による各サブシステムの統合化：信頼性の高い公衆網を使い低消費電力を可能とした LTE-M で自船と救援支援センタを接続し、CLARCS 配信サブシステムからの RTK 補正情報の自船への配信、位置情報の救援支援センタへの集約が可能
- ② LoRa リピータのドローンへの搭載：海面上の E/D から自船までの転落者位置の伝達は数 km が限界であるが、100m 上空を飛行するドローンに LoRa リピータを搭載することにより、通信範囲が 15km 程度に広がり、広範囲の転落者の位置モニタが可能。
- ③ LoRa 通信を介した救援支援機材制御：LoRa リピータにドローン搭載救援支援機器（IR カメラ、スピーカ、浮き具切離し装置）の制御基板を同架することで 351MHz の追加の不要化と自船・転落者監視 PC へのテレコマソフト追加で簡素化、低コスト化を実現



図 5.3.1 救援支援センタ全体装置構成

自船・転落者監視部への、自船、転落者、ドローン位置の同一地図上への一括表示機能、および、ドローン搭載救援支援機材のリモート起動ボタンの搭載により、効率的な救援支援を可能にする救援支援センタを実現

- ① LTE-M を介して入力した自船・転落者位置情報とドローン搭載の LoRa リピータを介して入力したドローン位置情報から自船、転落者、ドローン位置を一括してリアルタイム表示し、救援支援センタで全体の位置関係および救援支援状況を監視可能
- ② ドローン搭載の航法用光学カメラと捜索用赤外線カメラの切り替えおよびメッセージ放送と浮き輪落下シーケンス起動ボタンを設け、救援支援センタからリモートで効率的な救援支援活動を実現
- ③ メッセージ放送と浮き輪落下の制御においては、それぞれの起動タイミングが密接に関連するため、それぞれを一つのシーケンスとしてまとめ、その起動ボタンを 1 つに集約



図 5.3.2  
救援支援センタ（自船・転落者監視部）



#### 5.4 救援支援ドローンシステム

救援支援ドローンに赤外線カメラ、リピータ、浮き輪、スピーカを搭載し、救援支援ドローンをホバリング状態で各機器の動作確認を実施した。

- ① 赤外線カメラ： 50m 先からの視認性を確認。洋上においても温度差の可視化による転落者の迅速な発見が可能
- ② リピータ： 救難信号を高い位置で中継する事で、信号が直接届かない位置にいる漁船等も受信が可能

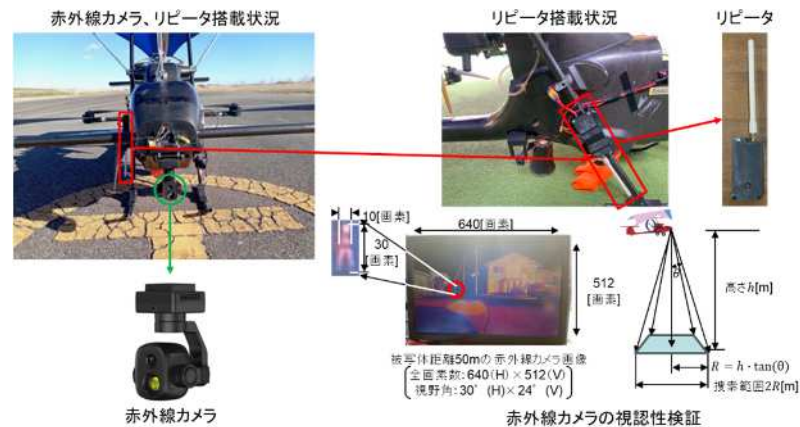


図 5.4.1 赤外線カメラの視認性検証とリピータ搭載状況

- ③ 浮き輪： 浮き輪を搭載の上、切り離し出来る機構を搭載。飛行試験において切り離しが可能な事を確認
- ④ スピーカ： 機体にスピーカを搭載。状況に合わせ、画面上で発話内容の選択が可能



図 5.4.2 浮き輪落下とスピーカによる音声発話試験

- ⑤ ホバリング試験： 転落者周辺を搜索する際にはホバリングで実施する事を想定。エンジン出力をアイドルに近い状態にした上で、ホバリング試験を実施。風速 3～4m 程度の風上に沿って飛行した結果、約 5 分の間に約 70%のバッテリー消費を確認



図 5.4.3 ドローンのホバリング試験

#### 4. 結論

本研究開発では、観光船や漁船に代表される中型から小型の船舶において発生する人員の転落等の事故に着目し、事故発生後の人命救助の確率を上げるために必要となる救援支援システムの実現とサービスの事業化を目指してきた。本システムは、衛星測位技術、通信ネットワーク技術、ドローン技術、エッジデバイス技術、情報処理技術、海洋関連技術、ソフトウェア技術、基礎物理学を含む、多くの異分野に跨る最先端の ICT 技術を駆使して構築するシステムであるため、宇宙開発や人工衛星開発を始めとした所謂大型システムに使用される手法を研究開始当初から導入している。

令和 4 年・5 年度までの研究開発の成果として、各サブシステムの機能及び特性についての検証が概ね終了しており、最終年である令和 6 年度は、①洋上での転落者の発見を容易にするために赤外線カメラを導入、転落者の体温を検知し識別を容易にする、②ドローンに搭載されている浮き輪切り離し制御、カメラ切り替え及びカメラ制御、音声メッセージ放送等の制御を当初計画していた 351MHz のテレコマでは実現困難である事が判明したため、新たに LoRa 通信制御装置の開発検証、③LoRa リピータをドローンに搭載し、島陰を超えた通信確認、④ドローンを飛行させた全体システム検証を計画した。

結果的に、令和 6 年 12 月 24 日にドローンを用いた検証を長崎県佐世保市黒島沖で実施したが、ドローンの飛行高度不足により、岸壁に衝突した為、全体を通しての検証は未検証である。しかしながら、各サブシステムの検証及び組合せ検証は、陸上での試験及び佐世保～上五島までのフェリーによる追加検証に於いて完了した。

追加検証の機会として、本事業年度中・令和 7 年 3 月に、毎年多くの釣り人が訪れ、転落事故が頻発する、長崎県・男女群島に於ける LoRa リピータを用いた、島陰にある磯からリピータを経由して自船システムとの通信の確認を行う際に、ドローンに搭載してテストを計画していた浮き輪切り離し等の制御系について、追加検証を予定していたが、海況状況の悪化に伴い、安全優先の観点より断腸の思いで中止と判断した。

令和 6 年度までの事業の成果を用いて、E/D 及び A/P については小型化や性能向上を実現しており、社会実装に向けて大きく前進した。

今後は、令和 7 年度中の転落者通報システムの市場投入を通じた社会実装を目指し、行政当局との協議や、漁業者・プレジャーボートの所有者及び遊漁船を利用する釣り人へのヒアリング等を通じ、本研究の成果を、沿岸・近海域に於ける海中転落者を出来るだけ救出する為に役立てたいと考えている。

なお、本事業に関する外部への PR 活動として以下活動を実施した。

- ・令和 5 年 9 月 29 日： 海洋 DX カンファレンス SASEBO にてプレゼンテーション
- ・令和 5 年 12 月 21 日： 長崎県・五島市からの要請で、本プロジェクトについて意見交換を実施
- ・令和 7 年 2 月 6 日： Namikaze x 衛星データ利活用 DX カンファレンスにてプレゼンテーション
- ・令和 7 年 2 月 7 日： 国際標準化に向け、「一般社団法人・日本航空宇宙工業会」にて登壇説明
- ・令和 7 年 2 月 26 日： 第 9 回交通運輸技術フォーラム 交通運輸技術開発推進制度成果説明

#### 4. 知的財産権取得状況

特許出願            0 件  
著作権登録        0 件

#### 5. 研究成果発表実績

- 1) 論文発表    国内 0 件、海外 0 件
- 2) 口頭発表    国内 1 件、海外 0 件

【1】第 9 回国土交通省交通運輸技術フォーラム（令和 7 年 2 月 26 日開催）

#### 6. 参考文献

・特になし