

研究開発項目

# 1. 強風雨波浪環境対応の Virtual Mooring (VM) 技術開発

## 2023年度までの進捗状況

### 1. 概要

海上無人観測機(USV: Unmanned Surface Vehicle)として、台風中心付近で運用可能な船体、マスト、セイル等の基本設計に加え、海上風および海流に基づき自律的な航行と仮想係留(VM: Virtual Mooring)を可能とする技術開発であり、本プロジェクトの最も基本的な研究開発テーマです。VM 機能や船体単体の技術開発はもちろんのこと、大気海洋観測センサー運用試験のために船体艤装が必要なため、研究開発テーマ2とも緊密に連携しています。

初(2022)年度に VM 機能や帆船型船体の基本設計、試作機による水槽試験(強度試験)や国内沿岸海域試験(船体制御や航行性能)を行った上で、本(2023)

年度には海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海を用いて、フィリピン東方沖

における初の短期外洋試を行ない、衛星通信による船体制御やデータ受信、および外洋における航行性能等を確認しました。

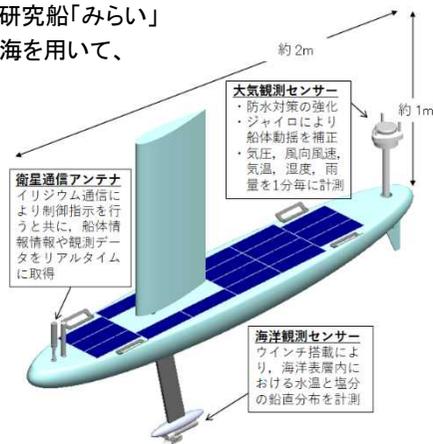


図1 当初計画における VM ドローン試作機の本体概要。各種試験に基づき改良が進められており、今後さらに仕様変更の可能性があります。

### 2. これまでの主な成果

- ①初(2022)年度に行った水槽試験など各種試験結果に基づき VM ドローン試作 2 号機を製作し、国内沿岸海域試験を繰り返した上で、船体構造や制御ソフトウェアの改良を進め、航行性能の向上を図りました。
- ②国内沿岸海域試験に基づき試作 2 号機を改良した上で、海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海を用い、主たる台風発生海域である夏季(6-7 月)フィリピン東方沖にて短期外洋試験を行いました。
- ③外洋試験では衛星通信経由での船体制御や航行性能、観測データ通信状況等を確認し、ここで発見された不具合(ジャイロや GPS など船体センサー類等に起因するものと推定)解消に向けた改良作業を継続中です。

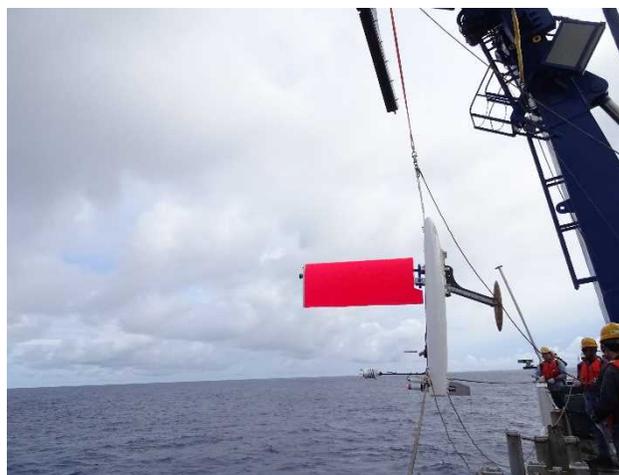


図2 「みらい」熱帯北西太平洋航海において、VM ドローン試作 2 号機を後部甲板の A フレームクレーン(写真右側の青い構造物)から海上へ展開する作業の様子。試験前には船体構造や航法機器、衛星通信、観測センサー等の入念な点検を行います。



図3 「みらい」熱帯北西太平洋航海において、フィリピン東方沖の発達した積乱雲の下で帆走する VM ドローン試作 2 号の様子(左図)。試験では「みらい」船上から衛星通信経由で船体制御を行ない、同時に船体データや観測データ等を受信することにより外洋試験を行いました。各試験の終了後には、ゾディアックボートに乗り込んだ観測技術員により「みらい」近くまで曳航され、A フレームクレーン(図2)により甲板上に揚収された後、また次の試験のために整備作業が行われます。

### 3. 今後の展開

これまでの各種試験結果に基づき改良した VM ドローン試作 3 号機により、最終(2024)年度の海洋地球研究船「みらい」を用いた長期外洋試験を実施し、船体制御や航行性能、衛星通信能力等の最終確認を行ないます。当初は熱帯北西太平洋航海(6-7 月)での試験を予定していましたが、台風付近による荒天(強風高波環境)で試験できる可能性が低いことが判明したため、確実に荒天に遭遇することができるであろう秋季(10-11 月)の「みらい」北太平洋航海(ベーリング海)での試験に変更を検討中です。荒天下における船体制御や航行能力など耐候性能を中心とした試験を行ない、本要素研究プロジェクト終了後における本格運用に向けてコア研究への合流など開発継続を目指します。

研究開発項目

## 2. 強風雨波浪環境対応の大気海洋観測センサー群開発

### 2023年度までの進捗状況

#### 1. 概要

VM (Virtual Mooring) ドローンに艦装した上で、台風中心付近における大きな船体動揺環境下でも十分な精度を保持し、かつ一時的な水没や大雨に対しても耐えうる防水機能を有する大気海洋観測センサー開発を行う研究開発テーマです。観測センサー単体の技術開発はもちろんのこと、船体へ艦装後の運用試験が必須であるため、研究開発テーマ1とも緊密に連携しています。

初(2022)年度に大気観測センサー類の防水加工やラボ検定、水槽試験等を行った上で、本(2023)年度には海洋観測センサーも加えた国内沿岸海域試験(海上での防水性能確認および船体動揺影響の補正等)を繰り返し行った後、



図1 「みらい」熱帯北西太平洋航海における、VMドローン試作2号機に艦装された改修済み大気センサー(赤破線丸)と海洋センサー(黄破線丸)。試作機の外洋展開前には、観測センサー類やデータ通信機器等の入念な点検を行います。

海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海を用い、フィリピン東方沖における初の短期外洋試を行ないました。

#### 2. これまでの主な成果

- ①前(2022)年度に引き続き国内沿岸試験を繰り返し、大気観測センサーの防水性能や船体動揺に伴う補正手法等について改良を行ないました。また、新たに(ウインチは未実装ながら)海洋観測センサーも試作機に艦装し、運用試験を開始しました。
- ②海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海を用い、主たる台風発生海域である夏季(6-7月)フィリピン東方沖にて短期外洋試験を行ないました。
- ③VMドローン試作機による大気海洋データは問題なく取得され、真値である「みらい」観測データ等と比較検討を行ないました。試験期間は風も弱く(< 10m/s)、有義波高も低い(約1m)、比較的静穏な環境であったものの、十分な精度で観測できていることが確認できました。

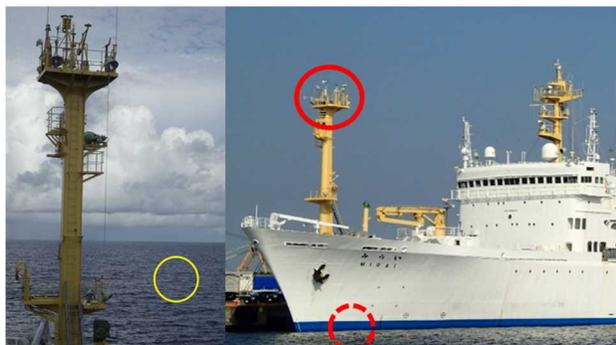


図2 海洋地球研究船「みらい」(右図)のフォアマスト頂部に設置された海上気象計測システム SOAR(海面高度 23m)(赤実線丸)、および船底部に設置されている表層海水分析装置(水深 5m)のおおよその位置(赤破線丸)。フォアマスト全景(左図)と外洋試験中のVMドローン試作機の遠景(黄実線丸)。

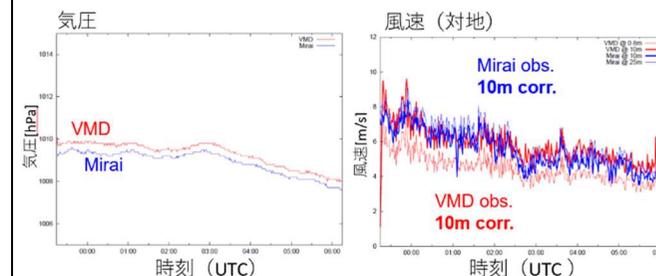


図3 VMドローン試作2号機(VMD, 赤線)および「みらい」(Mirai 青線)で取得された大気観測データの比較検証例(左:気圧, 右:風速, 2023年7月15日)で、気圧は海面高度、風速は10m高度に更正された上で比較されています。

- ・気圧については両者の変動傾向はほぼ一致しており、おおよそ0.5 hPaのバイアスが認められることが分かりました。
- ・風速については、ほぼ1m/s以内の差で一致していますが、誤差の傾向が時間帯によって大きく異なることから、その要因を検討中です。

#### 3. 今後の展開

これまでの各種試験結果に基づき改良した大気海洋センサー類(海洋センサーについてはウインチを実装予定)を艦装したVMドローン試作機により、最終(2024)年度の「みらい」を用いた長期外洋試験を行ないます。当初は熱帯北西太平洋航海(6-7月)での試験を予定していましたが、台風付近による荒天(強風高波環境)で試験できる可能性が低いことが判明したため、確実に荒天に遭遇することができるであろう秋季(10-11月)の「みらい」北太平洋航海(ベーリング海)での試験に変更を検討中です。荒天下における各観測センサーの耐候性能や観測精度を確認すると共に、本要素研究プロジェクト終了後における本格運用に向けてコア研究への合流など開発継続を目指します。

研究開発項目

### 3. 強風雨波浪環境にある熱帯北西太平洋域での試験運用

#### 2023年度までの進捗状況

##### 1. 概要

台風発生発達域である熱帯北西太平洋にて VM (Virtual Mooring) ドローン試作機を展開し、所要の短期運用試験を実施後に回収し、その後の技術改良に供する(第2年度)と共に、台風中心周辺域での位置制御機能や観測データ取得を評価検証する長期外洋試験を実施(最終年度)する研究開発テーマです。

第2(2023)年度は海洋地球研究船「みらい」(図1)熱帯北西太平洋航海を用い、VM ドローン試作2号機による初の短期外洋試験を行いました。また、最終(2024)年度の長期外洋試験に向け、関係国との国際事前調整を行った上で、MSR申請(Marine Scientific Research、外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意申請)を行いました。



図1 VMドローン試作機の外洋試験に用いた海洋地球研究船「みらい」。VMドローンの海上展開や揚収作業には船尾甲板上のAフレームクレーン(青破線)等を用い、船体中央のCバンド二重偏波レーダー(黄破線)ほか大気海洋観測装置によりVMドローン試作機の取得データ検証等を実施しました。

##### 2. これまでの主な成果

- ①海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海(6-7月)を用い、主要な台風発生域であるフィリピン東方沖(図2)でVMドローン試作2号機による初の短期外洋試験を行いました。試験では船体構造や航行性能、衛星通信による制御やデータ取得、および大気・海洋観測センサーの精度等の確認を行ないました(図3)。
- ②この短期外洋試験の実施に当たっては、VMドローン試作機の海上展開や揚収など、「みらい」甲板作業手順を設定し、代表機関内の研究安全委員会(研究観測の実施内容を機関内の専門家委員が安全上の観点から検討し、機関として当該観測の実施可否を判断する会議体)での審査など万全な安全対策を事前準備した結果、試作機を亡失することなく無事故で終了することができました。
- ③最終(2024)年度「みらい」航海による長期外洋試験の準備作業として、試験観測に係る関係国との国際事前調整を行った上でMSR申請を文部科学省(経由で外務省)へ提出しました。

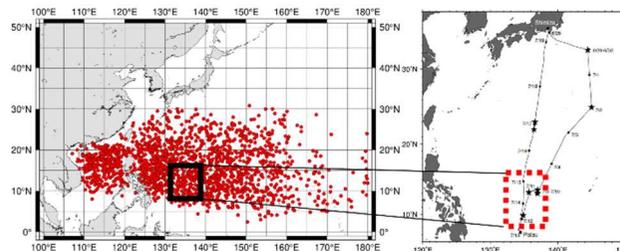


図2 気候学的な台風発生日点(赤丸、1951-2021年、デジタル台風\*より作成)(左図)、および海洋地球研究船「みらい」2023年航海の航路(右図)を示します。VMドローン短期外洋試験は右図の赤破線枠内の定点観測海域で実施されました。

\*1 <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/reference/birthplace.html>



図3「みらい」熱帯北西太平洋航海(MR23-05 Leg.1)においてVMドローン試作2号機を後部甲板から海上へ展開する作業の様子。この後、写真両側に見える青いAフレームクレーン(図1)で吊り上げ、クレーンアームを大きく海上へ振り出して安全にゆっくり着水させます。

##### 3. 今後の展開

これまでの各種試験結果に基づき改良したVMドローン試作3号機により、最終(2024)年度の海洋地球研究船「みらい」を用いた長期外洋試験を実施し、船体制御や航行性能、観測センサー精度等の最終確認を行ないます。当初は熱帯北西太平洋航海(6-7月)を予定していましたが、台風付近による荒天(強風高波環境)で試験できる可能性が低いことが判明したため、確実に荒天に遭遇することができるであろう秋季(10-11月)の「みらい」北太平洋航海(ベーリング海)での試験に変更を検討しています。

また、本要素研究プロジェクト終了後におけるVMドローン本格運用に向け、台風の予測精度向上や制御を目標とするコア研究プロジェクトとの協同や合流を目指します。