

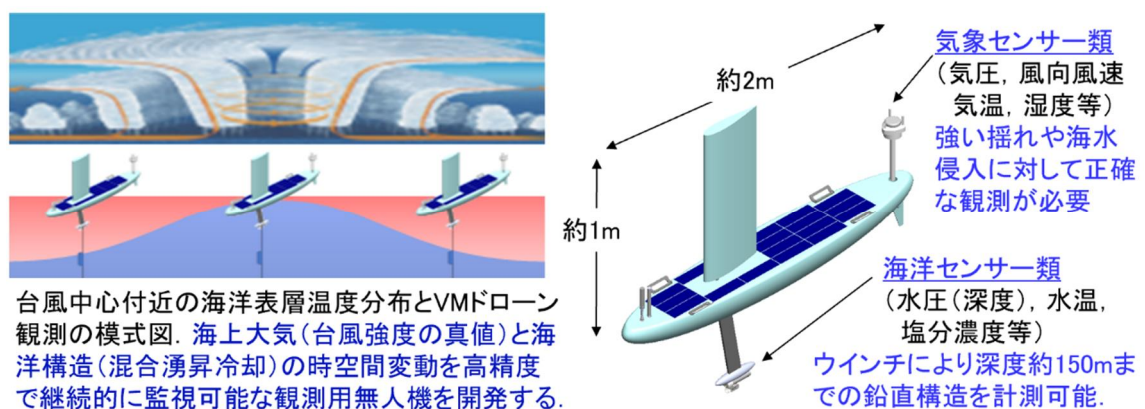
1. 研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

気象制御を行うための正確な予測を実現するためには、まず予測計算の初期値となる正確な観測データが必要である。また、人為的に介入した後の気象が予測された制御状態にあるか否か、その継続的な監視が重要となる。台風については、その発生発達に重要な中心周辺域の海上気象や海面水温、海洋表層(深さ150m程度まで)の熱構造について継続的な監視が求められるが、まだ航空機や衛星では難しくボトルネックとなっている。本プロジェクトでは、自律的に台風の中心周辺域を追跡可能な仮想係留(Virtual Mooring: VM)機能を持ち、台風の発生発達や移動と共に中心周辺域の海上気象と海洋表層を気象制御に必要な精度で継続的に監視可能な海上無人観測機(VMドローン)を開発する。

(2) 研究開発プロジェクトの実施概要

強風波浪環境でも機能する仮想係留(VM)技術の開発ならびに当該VM機能を実装する帆船型船体(VMドローン、VMD)を設計開発する共に、同環境下における大きな船体動揺の下でも十分な精度を保持し、かつ、一時的な水没に対しても耐え得る防水機能を持つ大気海洋観測センサー群の開発を行うことにより、台風制御に必要な予測と監視に貢献することを目的とするプロジェクトである。

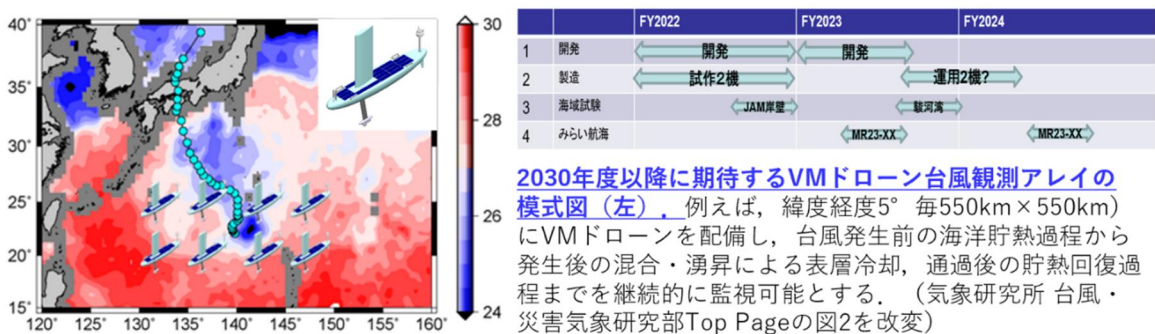


年次計画に沿って、初(2022)年度に基本設計および試作0号機の製作、ならびに水槽での強度試験等を実施。また、試作1号機を製作し、静岡県駿河湾にて国内沿岸試験を複数回実施することにより、VMD基本性能の確認と改良を繰り返した。さらに、大気海洋観測センサー群の防水機能向上や船体動揺補正手法の開発等についてもラボ試験等を繰り返したのち、試作1号機に艤装した上で国内沿岸試験に供した。

次(2023)年度には、上記国内沿岸試験に基づく改良を施した試作2号機を製作の上で、改良済み大気海洋観測センサー群を艤装し、海洋地球研究船「みらい」を用いた熱帯北西太平洋(フィリピン東方沖)にて初の短期外洋試験(約1週間)を実施した。試験では船体制御や航行性能、観測センサー精度、衛星通信機能等の確認を行なったものの、船体に一部トラブルもあり試験日数が短縮され、結果的に強風波浪環境での耐候試験には至らなかった。なお、外洋試験の実施に際しては、国際海洋観測に係る関係国との海域調整や文科省(経路で外務省)へのMSR(外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意)申請手続き等など1年以上前から多大な観測ロジ業務を

行ったほか、「みらい」における VMD 展開・回収に係る甲板作業員の安全作業手順徹底等により、結果的に外交問題も事故や亡失もなく外洋試験を終えることができた。

最終(2024)年度には、VMD 航行性能の向上を図るため船体やセイルの大型化など基本設計を見直し、試作 3 号機として製作した。国内沿岸試験により基本性能を確認した上で、海洋表層観測用ウインチも実装した大気海洋センサー群も艤装し、前(2023)年度の外洋試験で未了となった「強風波浪環境下における耐候性能確認」を行なうべく、台風(最大風速 $>17\text{m/s}$)相当の強風波浪環境に遭遇する可能性が高い秋季(10 月後半)「みらい」西部北太平洋・ベーリング海航海を用いた最終外洋試験を実施した。その結果、台風相当の強風波浪環境下における航行性能ならびに観測性能を示すことができ、所期の研究開発目標を達成することができた。



(3) プロジェクトマネジメントの実施概要

本プロジェクトは内製による研究開発を基本とし、代表機関1つで完結することにより、外部利用となれば膨大な経費が必要となる研究開発インフラを最大限に活用することが可能な環境の下で、研究費の効果的・効率的な活用ができる研究開発体制を構築してきた。その一方で、本プロジェクト終了後の発展的な開発継続に当たっては、技術的諸課題の解決に向けて民間企業と外製委託や技術協力について連携協議を進めてきた。

VMD の開発にあたっては、大気海洋無人観測機群(UAV/USV/AUV 等)の技術で先行している米国 NOAA に本 PM が代表機関から駐在派遣(2022-2023 年)され、国際的な相互技術協力を実施してきた。また、PM 補佐を中心とした PM 活動支援チームにより、本プロジェクトホームページを初(2022)年度 10 月に立ち上げており、これまでに実施した国内沿岸海域試験や外洋試験等の研究開発活動を当該ホームページに随時掲載するなど、広報・アウトリーチ活動に努めている。さらに、ラボ試験等における「機材開発に係る試験観測データ」は基本的に非公開としているが、外洋試験等で取得された大気海洋観測データは、品質管理終了後に代表機関データ公開サーバーから順次公開予定である。なお、それらのメタデータや観測短報は、各航海の Cruise Report として代表機関ホームページから公開済みである。

なお、当初計画では VMD を「回収不要(使い捨て)観測システム」としていたが、代表機関において「安全性や国内外法令には問題ないものの、海洋研究機関として ELSI 的に問題あり」との方針が示された。このため、「最終的な実運用に際しては回収断念があり得るとしても、できる限り回収可能な観測システムとして開発すべきであり、かつ技術的にも開発段階では回収前提とした運用とすべき」との判断から、特に外洋試験において大きな計画変更(「長期回収なし」から「短期回収前提」へ変更)を要することとなった。

2. 研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1: 強風雨波浪環境対応の Virtual Mooring (VM) 技術開発

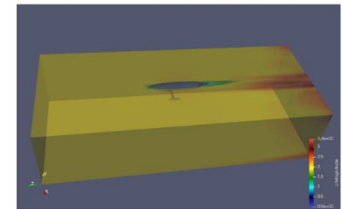
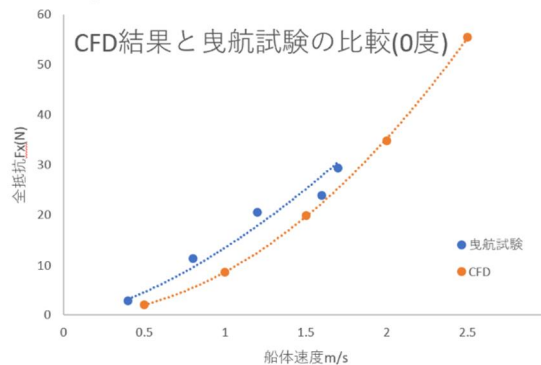
研究開発課題1: 強風雨波浪環境対応の Virtual Mooring (VM) 技術開発
実施内容:

台風中心周辺域で運用可能な船体、マスト、セイル等の基本設計に加え、海上風および海洋表層流に応じて自律的な航行機能と、台風中心周辺域に長時間の仮想係留 (VM) を可能とする技術開発であり、本研究開発プロジェクトの最も基本的な研究開発項目である。VM 機能や船体単体の技術開発はもちろんのこと、観測センサー運用試験のため船体艤装が必須であるほか、外洋試験に伴う国際的な海域調整や運用に係る安全管理に関わるため、研究開発項目 2 および 3 と緊密に連携する必要がある。

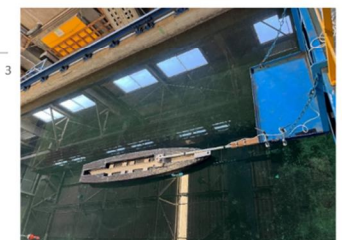
年次計画に沿って、初(2022)年度に基本設計および試作 0 号機を製作した。船体設計に当たっては、運用目標である風速 30 m/s、波高 10 m の強風波浪環境に耐え得る構造と航行性能を有することとし、それらを CFD シミュレーション実験等にて確認した。また、試作 0 号機を製作

し、代表機関の有する大型水槽を用いた曳航試験(強風環境下でセイルマスト系が受ける抵抗や応力と、それに伴う船体抵抗や歪みの計測等)や、波頭からの落下を模擬した強度試験等を行なった。これらの結果を基に試作 1 号機を製作し、研究開発課題 2 で開発された大気観測センサーも艤装の上で、静岡県駿河湾にて国内沿岸試験を複数回実施し、VMD 基本性能の確認と改良を繰り返した。

0 号機 [2022年度前半] < 船体作成試験・水槽試験用 >



CFD解析結果

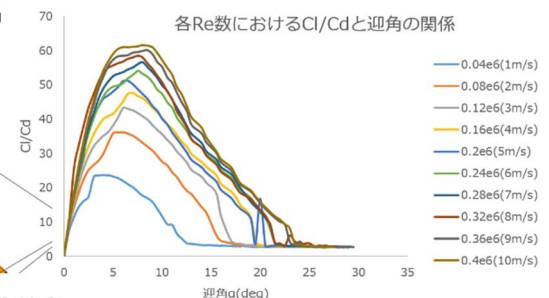
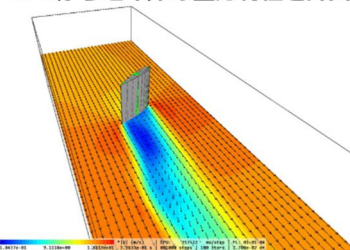


大型水槽における曳航試験

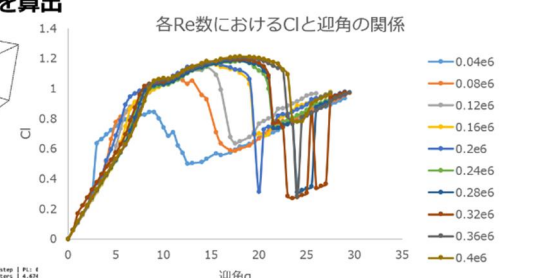
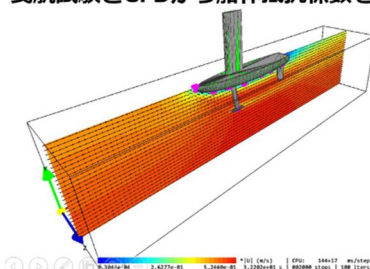
波頭からの落下を想定した大型水槽における強度試験



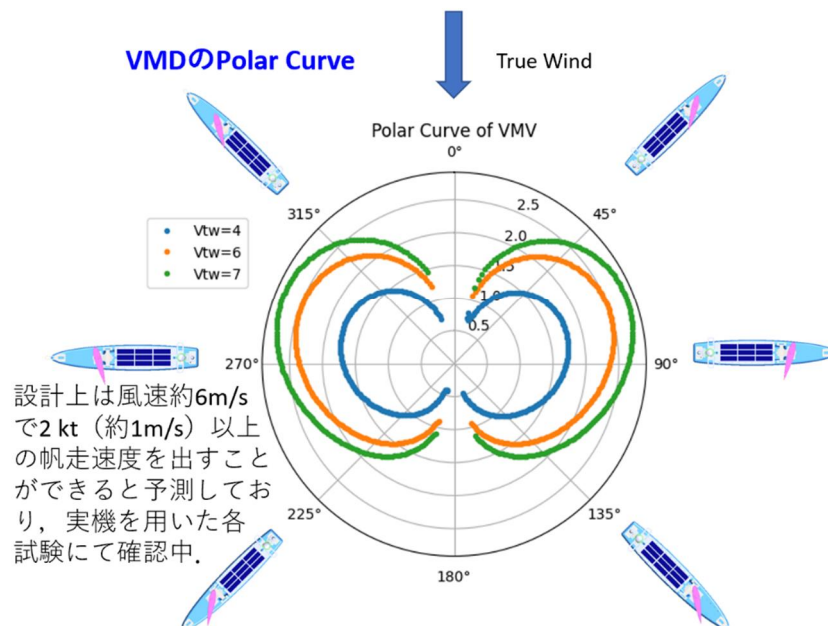
CFDからセイルの空力特性を算出



曳航試験とCFDから船体抵抗係数を算出



曳航試験とCFDから船体抵抗係数を算出の上でPolar Curveを作成



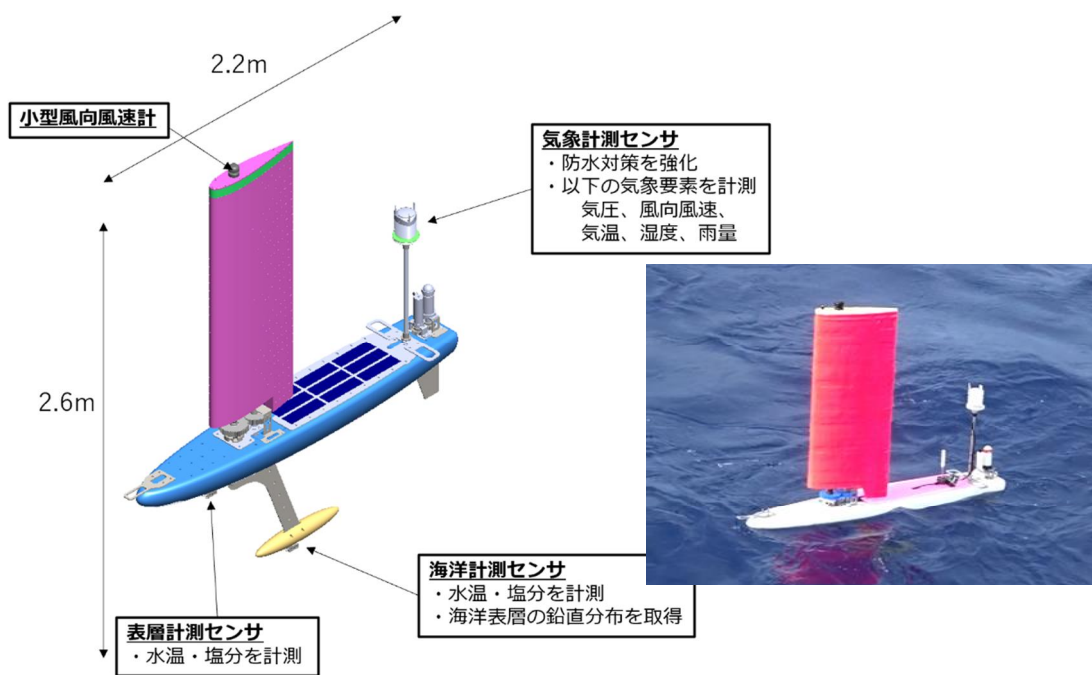
VMD試作1号機 国内海域沿岸試験（駿河湾 三津浜, 12/5-8の例）



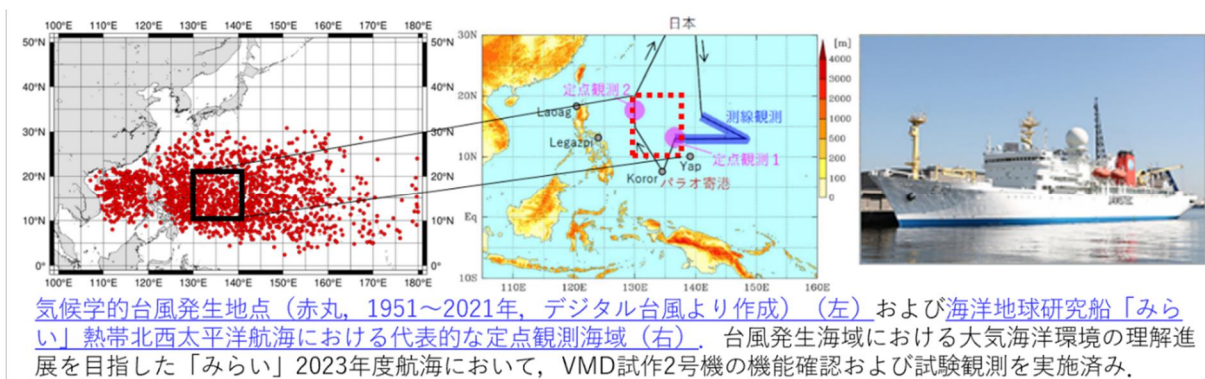
出典：国土地理院ウェブサイトをもとに加工して作成

(<https://maps.gsi.go.jp/#10/35.055631/138.832855/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>)

次(2023)年度には、上記国内沿岸試験による改良を施した試作2号機を製作の上、国内沿岸海域試験および「みらい」を用いた熱帯北西太平洋(フィリピン東方沖)航海にて短期外洋試験を実施した。しかしながら、外洋試験では十分な船体制御を得ることができない不具合があり、結果的に外洋試験実施期間が数日に留まってしまうなど予定外の結果となり、当初計画である「台風環境下における耐候性能確認」を行なうことができなかった。なお、外洋試験中に発生した不具合については、試験終了後における故障探求により不具合を特定でき(当初はGPSやジャイロなど船体センサーの熱暴走が想定されたが、結果的にはセイル制御機構の機械的トラブルであることが判明)、その後に改良が施された。



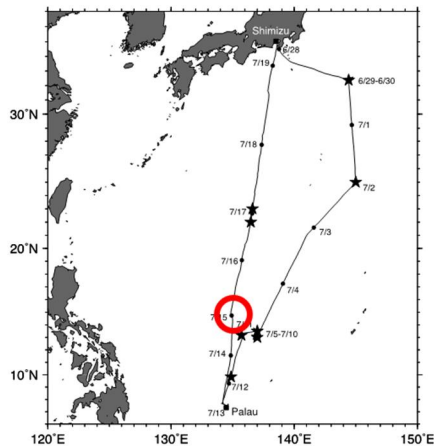
VMドローン試作2号機の概要(左)と国内沿岸海域試験(駿河湾、2023年6月)における実機写真(右)

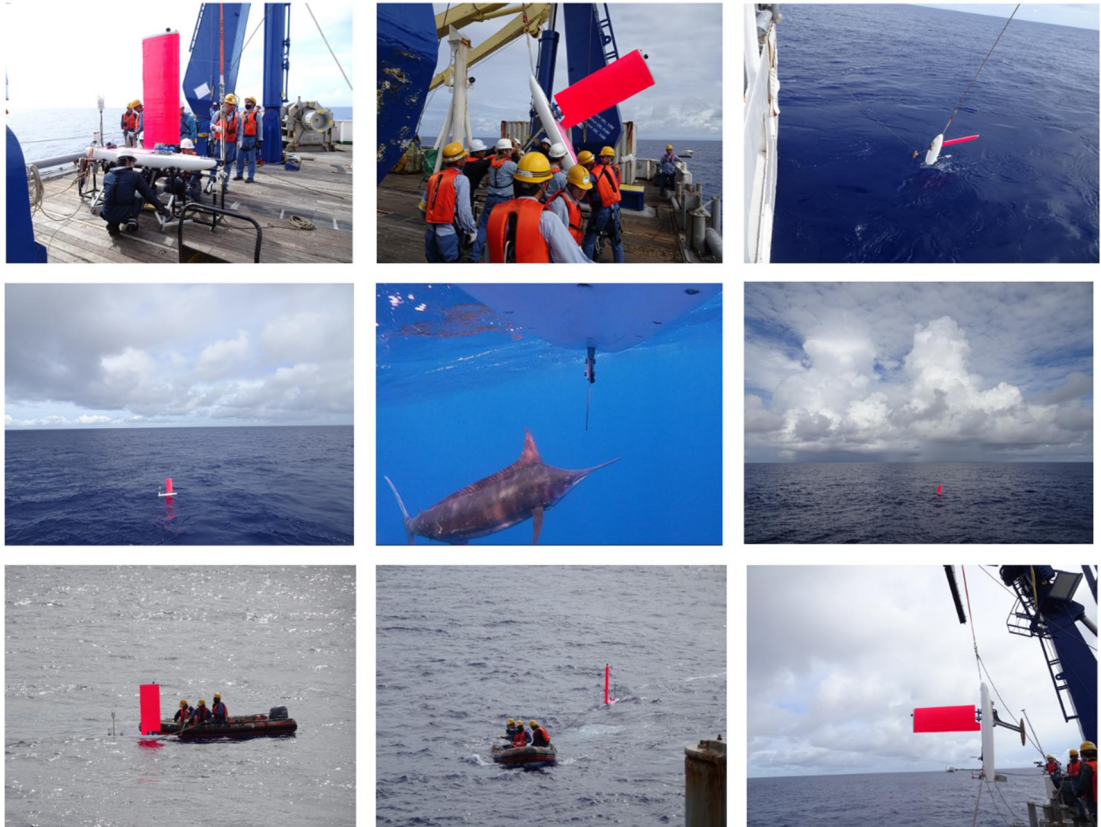


2023年度 短期外洋試験

「みらい」MR23-05 Leg.1 航海中の7月15日に実施

- ・ 時間: [投入]14日2315UTC → [回収]15日0623UTC (計 約7時間)
- ・ 場所: (14° 45' N, 139° 00' E) 付近
- ・ 天候: 晴れ(低い非降水性積雲多し); 風速 5～10 m/s; 波高～1 m





「みらい」熱帯北西太平洋航海(MR23-05 Leg.1)を用いた VMD 試作 2 号機による短期外洋試験の様子

船体開発進捗・推移

0 号機 [2022年度前半] < 船体作成試験・水槽試験用 >

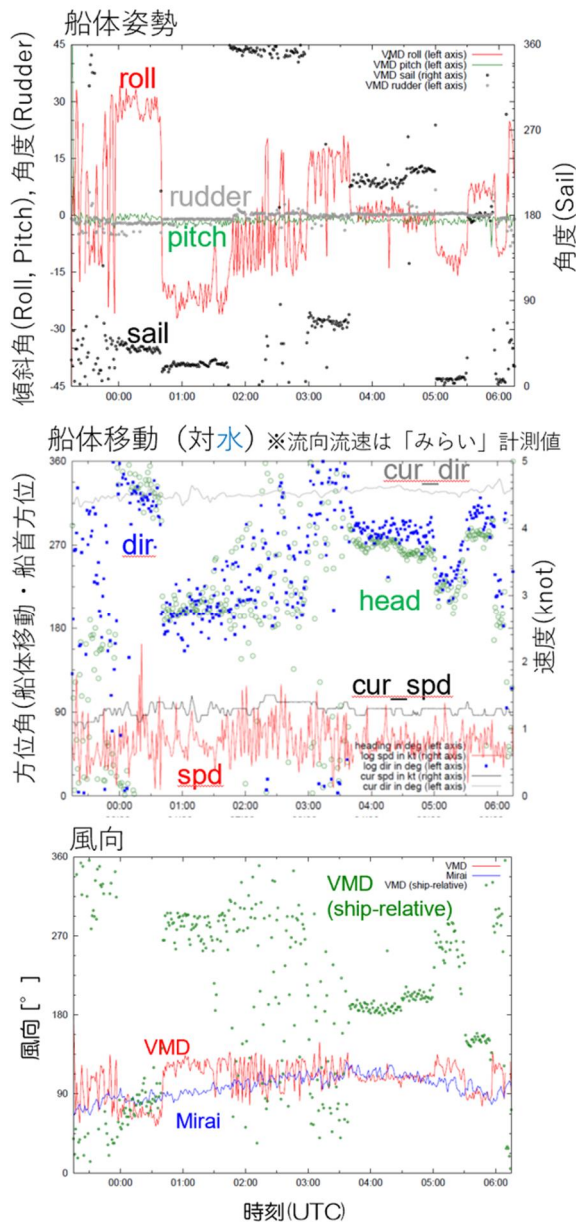
- ・ 実船体作成の基礎事項の实地確認（必要な費用・人員・期間等）
- ・ 船体抵抗実測試験（CFDとの整合性確認）
- ・ 船体強度実証試験（落下試験等）

1 号機 [2022年度後半] < 海域試験(近海)用 >

- ・ 必要装備の作成・実装
- ・ 帆・舵、制御・記録システム，電源，気象センサー， etc.
- ・ 船体への耐候性・視認性付与（塗装等）
- ・ 日本沿岸域での動作試験と改良

2 号機 [2023年度前半] < 実海域試験(外洋)用(初号機) >

- ・ 船体・帆の改良
- ・ 軽量化，強化，バランス調整，積載量増， etc.
- ・ 制御システム（ソフト・センサー等）の改良
- ・ 衛星通信の実装
- ・ 海洋表層用センサの実装
- ・ 日本沿岸域での動作試験 → 外洋での実海域試験



短期外洋試験(2023年7月14-15日)において、VMドローン試作2号機で得られた船体姿勢(上)、船体移動(中)、および風向(下)に関する取得データ(例)。

セイル角度を数十分毎に変更してデータを取得し、主に6つの期間に分けて詳細解析中。セイルの特性から計算される推進効率の良い条件を保持できている期間と、望ましくない(不安定にふらついた)状態が継続する期間が確認された。

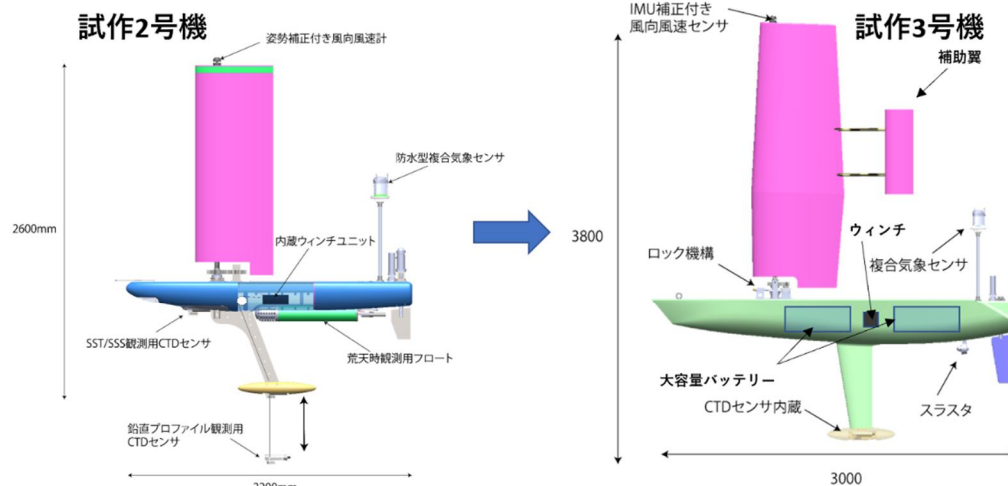
本試験結果を受け、セイルやラダーの設計変更や船体制御アルゴリズム改善し、試作3号機に実装の上で2024年度の「みらい」MR24-07外洋試験を実施した。

2023年12月試験 データ解析より

- ・外洋試験で発見されたセイル可動部を含めた制御系を改良
- ・アビーム航走は安定して可能
- ・船体に横滑りの傾向があり、クローズホールド性能(風上帆走能力)が弱い
- ・期待するほど風が吹かなかったため、7m/sを超える風速で試験できていない

最終(2024)年度は、前(2023)年度の外洋試験で予定していた「台風環境(風速 >17 m/s)下における耐候性能確認」が最大の課題となったため、対候性能の増強はもちろん、帆走性能の向上、ならびに海洋表層観測用ウインチ実装も含めた VMD 試作 3 号機を製作した。

VMドローン設計変更内容

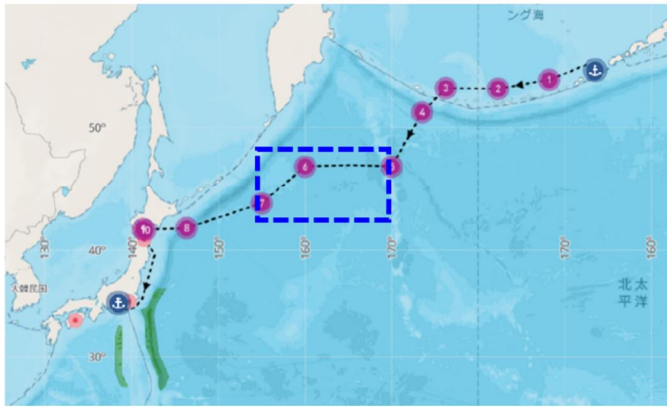


- ・ 電池容量の増設(12V30Ah⇒24V240Ah) 電力として16倍に増設。運用期間の大幅な延長
- ・ 船体横流れ対策としてリードの増大化、キールの強化、復原力の増加
- ・ 緊急時対応としてスラスタの増設
- ・ 小型ウインチ搭載、ウインチ用CTDセンサ搭載
- ・ 補助翼搭載

耐候試験の実施にあたっては、国内の大学や研究機関等が持つ大型風洞水槽試験や代表機関の「むつ研究所」における試験実施の可否について技術開発陣と長期にわたり議論した。その結果、それらは表面的に風速 17 m/s 以上の台風環境を模擬できるかもしれないが「技術的に無意味な試験結果にしかない」、また、現実的な耐候性試験としては「広い海上で強風波浪環境下に展開する」以外の方法がない、との結論に至った。その上で、外洋で VMD 運用実績があり、かつ耐候性が高い「みらい」が引き続き随伴船/試験船として最適であることが確認された。一方で、残念ながら本プロジェクト予算残額では(荒天状況で随伴が可能な)他の大型船を長期間(荒天状況を十分待てるほどの期間)傭船することは難しいことや、当初計画である熱帯北西太平洋(2024 年 6-7 月)の決め打ち日程では台風環境に遭遇できる可能性が高くないことから、同じく「みらい」を用いた(まったく台風が発生する環境ではないものの)強風波浪環境が最も期待できる秋季(10 月)の西部北太平洋/ベーリング海航海(MR24-07 Leg.1)における最終外洋試験の実施となった。

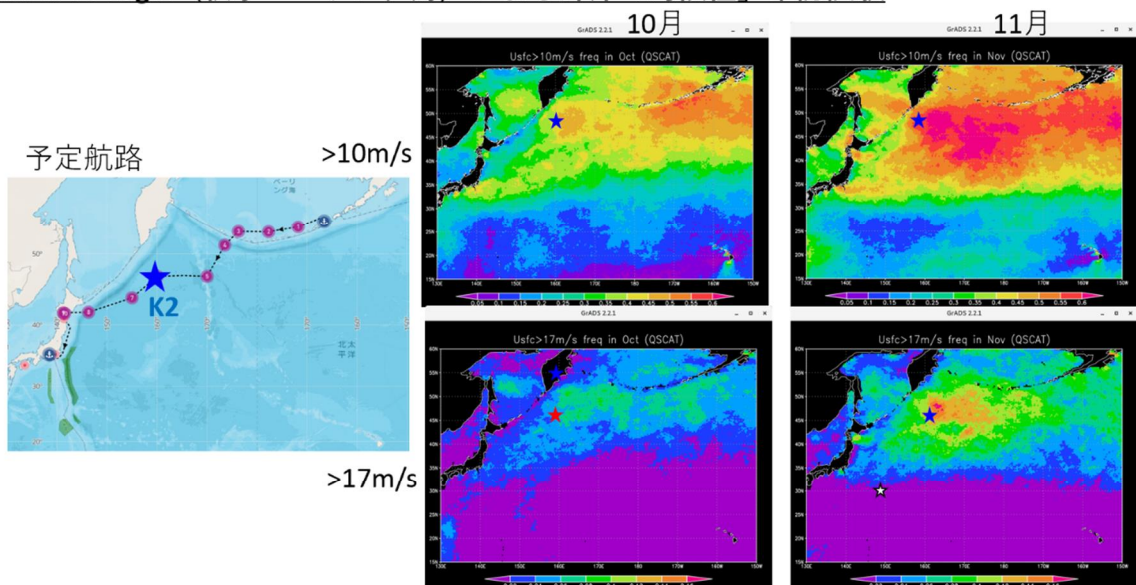
その結果、台風相当の強風波浪環境下における船体制御や航行性能、および(研究開発課題 2 に係る)観測性能を示すことができ、所期の研究開発目標を達成することができた。

「みらい」ベーリング海航海（MR24-07 Leg.1）（青字区間でVMD外洋試験を実施予定）



10/2 ダッチハーバー 出航
 10/3 Sta. 1
 10/5 Sta. 2
 10/9 Sta. 4
 10/11 Sta. 5 (K2 East)
 10/14 Sta. 6 (K2) 47N160E
 10/21 Sta. 7 (KNOT)
 10/24 Sta.8 (CT)
 10/25 Sta. 9
 10/26 Sta. 10
 10/29 清水入港

Image source: Marine Facilities Planning, © Mapbox, © OpenStreetMap
 MR24-07 Leg.1（秋季ベーリング海）による外洋「対候性」確認試験



- K2含めた主な観測点では、>17m/sの確率は>14%、>10m/sの確率は>55%
 → 7日連続で実施すると約65%の確率で>17m/sの環境に遭遇
- 秋季の当該海域は中高緯度の低気圧・高気圧で気象条件が支配される
 → 低気圧による周期的な気象変化（弱風状態が1週間以上続くことは非常にまれ）



海洋地球研究船「みらい」MR24-07 西部北太平洋/ベーリング海航海における最終年度の VMD 試作 3 号機を用いた外洋試験を実施（2024 年 10 月）。船体横揺れ角が 70° 以上となる台風環境（風速おおよそ 17 m/s）においても十分な船体制御や航行性能、ならびに（研究開発課題 2 に係る）観測性能を実証することができた。

課題推進者: 森 修一 (国立研究開発法人海洋研究開発機構)

(2) 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

研究開発課題1:強風雨波浪環境対応の大気海洋観測センサー群開発

実施内容:

台風中心周辺域における強風雨波浪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気象・海洋観測センサー開発を行う研究開発項目である。観測センサー単体の技術開発はもちろんのこと、試作機への船体艤装および制御通信など電装系との接続、および国内沿岸域や外洋上における運用試験も必須となるため、研究開発項目1および3と緊密に連携する必要がある。

年次計画に沿って、初(2022)年度には先ず一体型大気観測センサー(気圧、風向風速、気温、湿度)の防水機能を改良した。ラボ試験における防水性能は、当初計画通りに達成されて

第1回海域試験(静岡県沼津沖、2022年12月6日~8日)

試験実施海域



出典: 国土地理院ウェブサイトをもとに加工して作成
(<https://maps.gsi.go.jp/#11/35.141697/138.722031/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>)

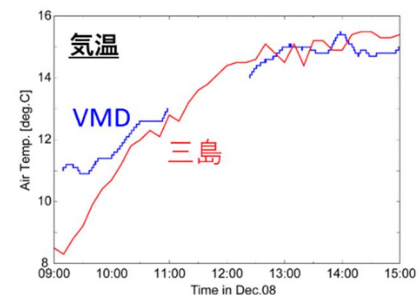
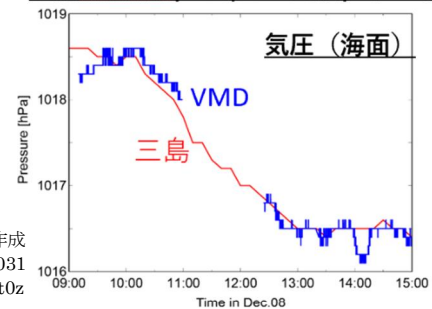
当日の海況



※静穏(弱風、波おだやか)な状況

船体動揺の影響が少ないと考えられるパラメータ(気圧・気温等)は順当に取得できている。

近隣AMeDAS(三島)との比較(12/8の例)

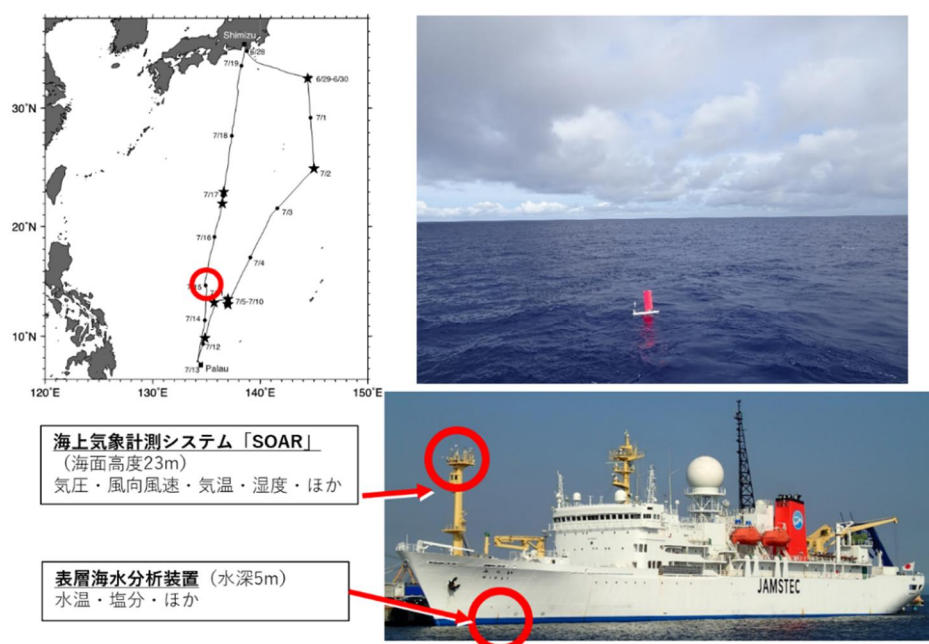


いるが、湿度センサーについては防水機能を優先したために極端に時定数が大きいという課題が残った。ラボ試験を繰り返した上で当該センサーを VMD 試作1号機に艤装し、駿河湾における国内沿岸試験に供した。当該試験では風も弱く(～5 m/s)波も穏やかで、船体動揺も少ない強風波浪環境ではなかったものの、近隣AMeDASと比較しても当初目標に沿った精度の観測データを得ることができた。

次(2023)年度には、上記国内沿岸試験に基づく改良を施した上で、海洋観測センサー(CTD)と共に VMD 試作2号機に艤装の上で、国内沿岸試験および海洋地球研究船「みらい」を用いた熱帯北西太平洋(フィリピン東方沖)にて短期外洋試験を実施した。外洋試験では、VMD 船体制御に不具合が生じたため試験期間が当初予定より短くなってしまったことや、風速が10 m/sの範囲内には制限されたものの、「みらい」船上観測データによる検証の結果、船体動揺も問題なく補正されており、十分に目標精度を達成していることを確認できた。

最終(2024)年度は、前(2023)年度の外洋試験で予定していた「台風環境(風速>17 m/s)下における観測精度確認」が最大の課題となった。耐候試験の実施にあたっては、国内の大学や研究機関等が持つ大型風洞水槽試験や代表機関の「むつ研究所」における試験実施の要否について技術開発陣と長期にわたり議論した。その結果、それらは表面的に風速17 m/s以上の台風環境を模擬できるかもしれないが「技術的に無意味な試験

結果にしかない」、また、現実的な耐候性試験としては「広い海上で強風波浪環境下に展開する」以外の方法がない、との結論に至った。その上で、外洋で VMD 運用実績があり、かつ耐候性が高い「みらい」が引き続き随伴船/試験船として最適であることが確認された。一方で、残念ながら本プロジェクト予算残額では(荒天状況で随伴が可能な)他の大

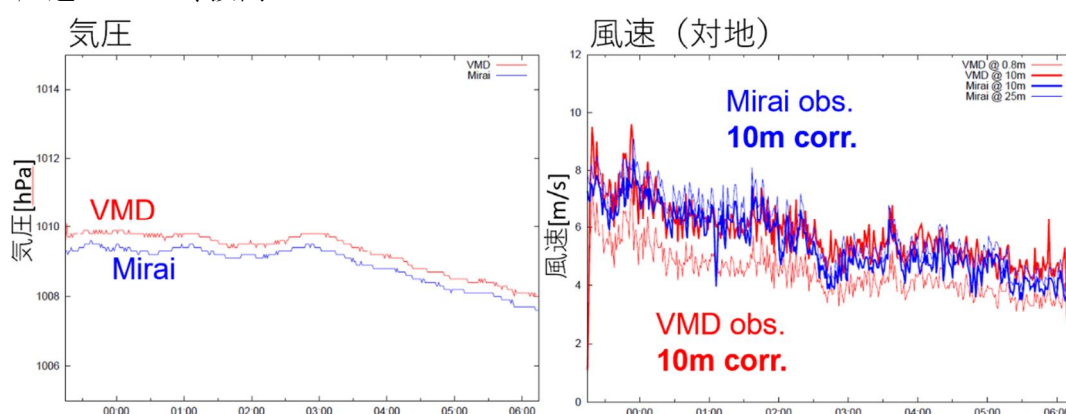


「みらい」MR23-05 Leg.1 航海の航路図(左上)に示した短期外洋試験の実施海域(赤丸)、外洋試験の検証に用いる「みらい」大気海洋観測センサーの種類と設置場所(下)、および「みらい」から見た外洋試験中の VMD 試作 2 号機と大気海洋状態(右上、2023 年 7 月 14-15 日)

投入時刻:14 日 2315UTC → 回収時刻:15 日 0623UTC(計約 7 時間)

海域:14°45' N、139°00' E、周辺天候:晴れ(低い非降水性積雲多し)

風速 > 5 m/s、波高 ~ 1 m



短期外洋試験(2023 年 7 月 14-15 日)において、VMD 試作 2 号機で得られた気圧(左)と風速(右)、および「みらい」観測データとの各比較(例)

気圧:ほぼ両者の変動傾向は一致するものの、0.5 hPa 程度のバイアスあり(課目標である 1 hPa 以下は満たしている)。VMD センサは高さ 0.8 m → 「海面」との差は約 0.1 hPa → 説明しきれない。「みらい」の海面更正にも問題ないかなど、引き続き詳細検討中

風速:10 m 高での風速に換算すると、ほぼ 1 m/s 以内の差で一致。誤差の傾向が時間帯で異なる(例: 0230~0415UTC は VMD > Mirai。差の大小が時間帯で異なる原因など、引き続き詳細検討中

型船を長期間(荒天状況を十分待てるほどの期間)傭船することは難しいことや、当初計画である熱帯北西太平洋(2024 年 6-7 月)の決め打ち日程では台風環境に遭遇できる可能性が高くないことから、同じく「みらい」を用いた(まったく台風が発生する環境ではないものの)強風波浪環境が最も期待できる秋季(10 月)の西部北太平洋/ベーリング海航海(MR24-07 Leg.1)における最終外洋試験の実施となった。

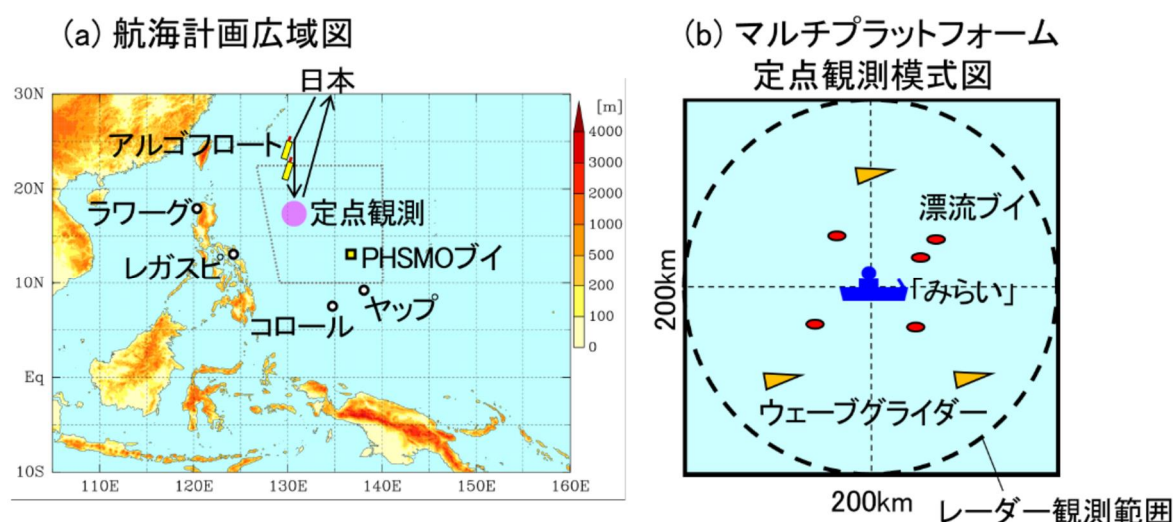
その結果、台風相当の強風波浪環境下における(研究開発課題 1 に係る船体制御や航行性能に加えて)大気海洋センサー群の観測性能を示すことができ、所期の研究開発目標を達成することができた。

課題推進者:勝俣昌己(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

(3) 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 研究開発課題1:強風雨波浪環境にある熱帯北西太平洋域での試験運用 実施内容:

台風発生発達域である熱帯外洋にて VM ドローン試作機を展開後、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(2023 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運用試験を実施(2024 年度)する研究開発項目である。

初(2022)年度には、翌(2023)年に計画されている「みらい」熱帯北西太平洋航海(6-7 月、フィリピン東方沖)を用いた VMD 試作機の短期外洋試験に対し、国際海洋観測に係る関係国との海域調整や文科省(経由で外務省)への MSR(外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意)申請手続きなど、約 1 年前からの準備や手続きが必要な観測ロジ作業を実施した。

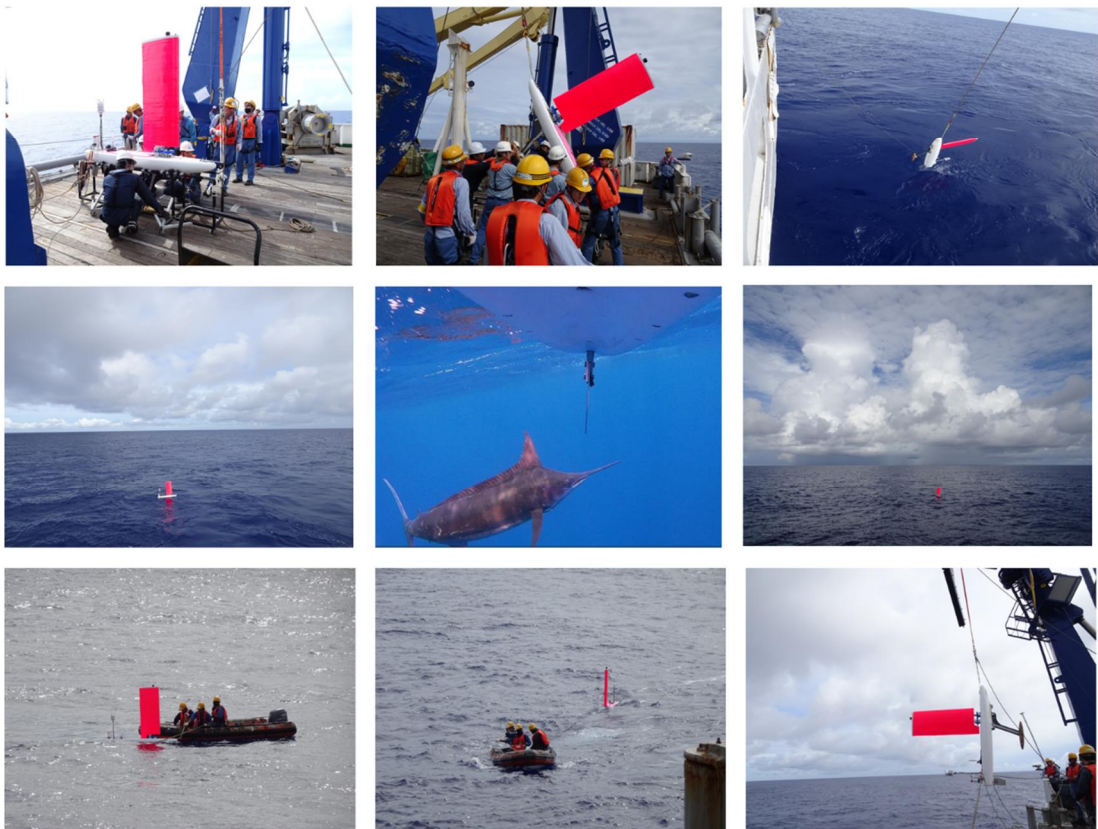
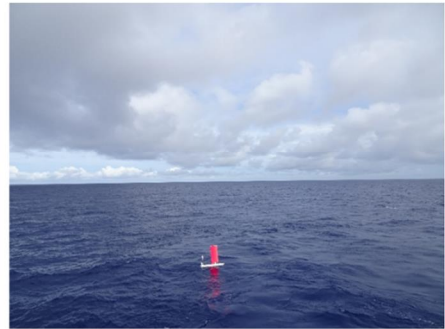
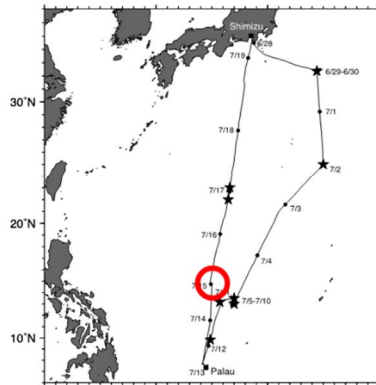


(2024 年度の「みらい」熱帯北西太平洋航海の当初予定航路(左)、および外洋試験海域(紫丸)、定点観測海域における VMD 試作機の検証に用いる各種観測プラットフォームの配置模式図(右)。当航海は 2024 年 6-7 月(計 45 日)で準備され、VMD 試作機の展開・回収時期や海上滞在期間は、航海計画や他の乗船研究課題との調整。VMD 試作 2 号機の仕上がり状況(性能向上の程度ほか)等のバランスで決定された。観測データは「みらい」および漂流ブイや Wave Glider など各種観測プラットフォームと相互比較検証。その他、上記「みらい」航海以外の試験機会(国内沿岸・外洋の両方)も検討されていた。

2023年度 短期外洋試験

「みらい」MR23-05 Leg.1 航海中の7月15日に実施

- 時間: [投入]14日2315UTC → [回収]15日0623UTC (計 約7時間)
- 場所: (14° 45' N, 139° 00' E) 付近
- 天候: 晴れ (低い非降水性積雲多し) ; 風速 5~10 m/s; 波高~1 m



2023年度の「みらい」熱帯北西太平洋航海(MR23-05 Leg.1)におけるVMD試作2号機機の展開・回収作業の様子。「みらい」後部甲板のAフレームクレーンによりVMD試作機を1本釣りした後、Aフレームクレーンを大きく海上に振り出してVMD試作機を着水させる。着水時には一時的に大気観測センサーも水没するが、研究開発課題2による防水改良の結果として試験観測に全く問題なし。また、試験終了後の回収時には遠隔操縦にてVMD試作機を「みらい」近くまで帆走させた後にゾディアックボートで曳航され、再びAフレームクレーンで釣り上げられ、甲板上で試験後の整備作業が行われた。

たかだか全長2mの船体であっても、帆船型USVの展開・回収作業には多数の甲板員(揺れる甲板上でのAフレーム操作等)や観測技術員(外洋でのゾディアックボートによる回収曳航作業等)、そして船員(「みらい」の定点船位保持操縦等)の協力なしには事故なく安全な外洋試験は不可能であり、そのための入念な事前調整等も当課題の責務であった。

次(2023)年度は、年次計画に沿って「みらい」熱帯北西太平洋航海(MR23-05 Leg.1)におけるVMD 試作機の短期外洋試験(6-7月、フィリピン東方沖)を実施した。前(2022)年におけるMSR申請など入念な事前準備に加え、「みらい」におけるVMD 展開・回収に係る甲板作業員の安全作業手順徹底等により、結果的に外交問題もなく、事故や亡失もなく外洋試験を終えることができた。並行して、最終(2024)年度「みらい」熱帯北西太平洋航海(同じく6-7月、フィリピン東方沖)に対する国際調整やMSR申請等の事前準備作業も前年度同様に実施した。

「みらい」ベーリング海航海(MR24-07 Leg.1) (青字区間でVMD外洋試験を実施予定)

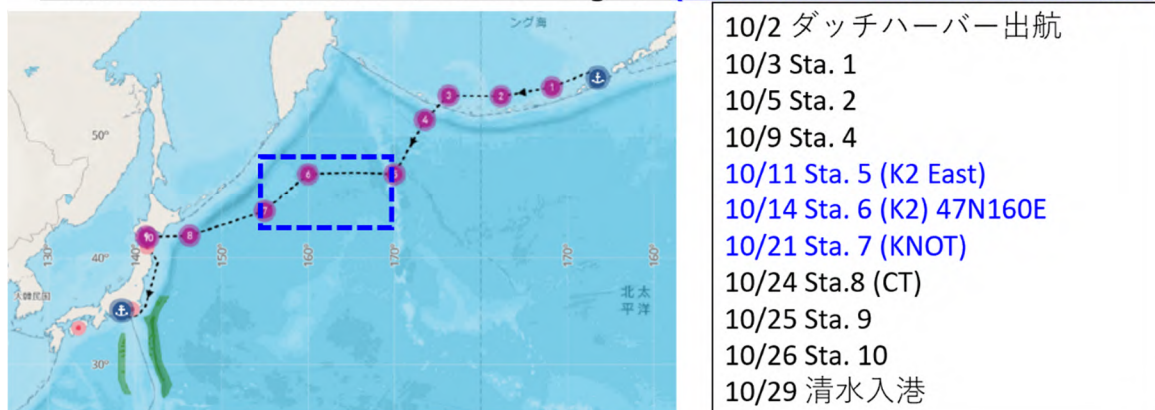
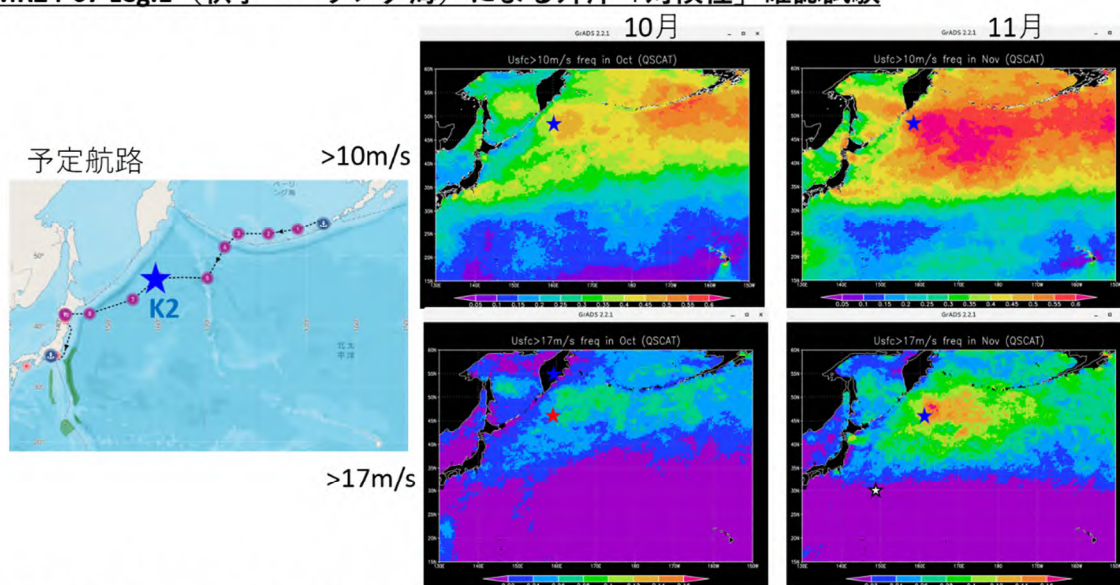


Image source: Marine Facilities Planning, © Mapbox, © OpenStreetMap

MR24-07 Leg.1 (秋季ベーリング海) による外洋「対候性」確認試験



- K2含めた主な観測点では、>17m/sの確率は>14%、>10m/sの確率は>55%
 → 7日連続で実施すると約65%の確率で>17m/sの環境に遭遇
- 秋季の当該海域は中高緯度の低気圧・高気圧で気象条件が支配される
 → 低気圧による周期的な気象変化(弱風状態が1週間以上続くことは非常にまれ)

2024年度の「みらい」西部北太平洋/ベーリング海航海(MR24-07 Leg.1)におけるVMD 試作3号機の外洋試験は、10月下旬にK2ポイント(47N、160E)付近で実施した主目的が耐候試験であるため、試験期間中は風速17 m/s以上の強風波浪環境を期待しているが、実際の甲板作業可否はその場における船長判断であるものの、一般的に「みらい」の甲板作業(Aフレーム操作)は波高約4 m、風速約10-15 m/sでは困難となるため、①弱風時に展開、②試験時に強風、③再び弱風時に回収、という試験実施可否判断をPMほかの陸上支援も得ながら実施した。

なお、当初計画では VMD を「回収不要(使い捨て)観測システム」としていたが、代表機関において「安全性や国内外法令には問題ないものの、海洋研究機関として ELSI 的に問題あり」との方針が示された。このため、「最終的な実運用に際しては回収断念があり得るとしても、できる限り回収可能な観測システムとして開発すべきであり、かつ技術的にも開発段階では回収前提とした運用とすべき」との判断から、特に外洋試験において大きな計画変更(「長期回収なし」から「短期回収前提」へ変更)を要することとなった。

その結果、最終(2024)年度は、前(2023)年度の外洋試験で予定していた「台風環境(風速 >17 m/s)下における観測精度確認」が最大の課題であるため、当初計画である熱帯北西太平洋(6-7 月、フィリピン東方沖)の決め打ち日程では台風環境に遭遇できる可能性が高くないことから、同じく「みらい」を用いた(まったく台風が発生する環境ではないものの)秋季(10 月)の西部北太平洋/ベーリング海航海での最終外洋試験へ計画変更した。

これは、ひとえに研究開発課題 1 による長期運用可能な機材が開発されていないことが原因である。対象航海および試験海域の変更により余計な事前準備が追加負担となったが、結果的には外交問題も発生せず、事故も忘失もなく終了することができた。

課題推進者:横井 寛(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

3. プロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

本プロジェクトは内製による研究開発を基本とし、代表機関1つで完結することにより、外部利用となれば膨大な経費が必要となる研究開発インフラを最大限に活用することが可能な環境の下で、研究費の効果的・効率的な活用ができる研究開発体制を構築してきた。

PM 活動支援チームとして、プロジェクトマネジメント全体を統括支援する PM 補佐(専任)1 名を置くと共に、研究推進部推進 1 課(兼任、日常的な PM 業務支援等)、海洋科学技術戦略部研究資源マネジメント課(兼任、データ管理、成果管理、知財戦略、国内外研究動向の調査検討等)、経理部外部資金課(兼任、委託研究契約等)など、代表機関の各関係部署が(個々人的対応ではなく)組織的に PM 支援を行う体制が整っていた。

PM、PM 補佐、PI すべてが同一研究機関に所属しているため、重要事項の連絡・調整は日常的な組織間の連絡体制で行うと共に、PM、PM 補佐、PI による概ね月 1 回の定例運営会議(オンラインを含む)を実施しており、研究開発状況の確認と問題点把握、今後のスケジュール調整などプロジェクト推進に関わる重要事項を関係機関の間で協議してきた。また、初(2022)年度および最終(2024)年度には、PD、SPD、AD、および JST 担当者による代表機関のサイトビジットが行われ、研究開発の進捗状況確認ならびに開発現場で海洋工学実験棟や VMD 試作機の現物確認が行われた。

研究開発プロジェクトの展開

VMD の開発にあたっては、大気海洋無人観測機群(UAV/USV/AUV 等)の技術で先行している米国 NOAA に本 PM が代表機関から駐在派遣(2022-2023 年)され、国際的

な相互技術協力を実施してきた。また、上記のように本プロジェクトではすべて内製による研究開発を行ってきたが、プロジェクト終了後の発展的な開発継続に当たっては、民間企業と外製委託や技術協力についても連携協議を進めてきた。ムーンショット目標 8 としての研究開発は終了したものの、引き続きの研究開発継続を目指し他の競争的資金獲得を目指したい。

なお、代表機関は「研究安全委員会」という会議体を持ち、野外観測を含めた全ての研究活動に対して、安全性の確保はもちろん、ELSI 的に問題のない内容であるか否かの審査を受ける。当初計画において VM ドローンを「回収不要(使い捨て)観測システム」としていたため、安全性や国内外法令には問題ないことは了解されたものの、海洋研究機関として倫理的あるいは社会的に問題あり、として厳しく追及を受けた経緯を持つ。このため、「最終的な実運用に際しては回収断念があり得るとしても、できる限り回収可能な観測システムとして開発することが肝要であり、かつ技術的観点からも開発段階では回収前提とした運用とすべきである」との判断から、特に外洋試験における多大な計画変更(「長期回収なし」試験から「短期回収前提」試験への変更)を要することとなった。

(2) 研究成果の展開

本プロジェクトにおける研究成果を基に、要素研究課題3年終了後の発展的な開発継続を目指し、民間企業(エバーブルーテクノロジー社、niho'ohe 社等)と外製委託や技術協力について連携協議を進めてきたが、ムーンショット目標 8 コア研究プロジェクトへの合流がなくなったため、いずれの協議もいったん終了した。

一方で、本課題で開発中の VMD 試作機は、昨(2023)年度から本プロジェクト代表機関を受託機関として始まった経済安全保障重要技術育成プログラム(K Program)「海面から海底に至る空間の常時監視技術と海中音源自動識別技術の開発」にて開発する USV のベースモデルとして採用されており、民間企業との協業も検討されている。運用環境は全く異なるものの、技術的ベースを同一とした USV として、今後も連携協力体制を推進する予定である。

(3) 広報、アウトリーチ

PM 補佐を中心とした PM 活動支援チームにより、本プロジェクトホームページを初(2022)年度 10 月に立ち上げており、これまでに実施した国内沿岸海域試験や外洋試験等の研究開発活動を当該ホームページに随時掲載するなど、広報・アウトリーチ活動に努めている。また、当該ホームページには英文版を設け、本プロジェクト代表機関の英文ホームページからリンクを張り、広く海外関係機関にも計画や実施状況を広報している。

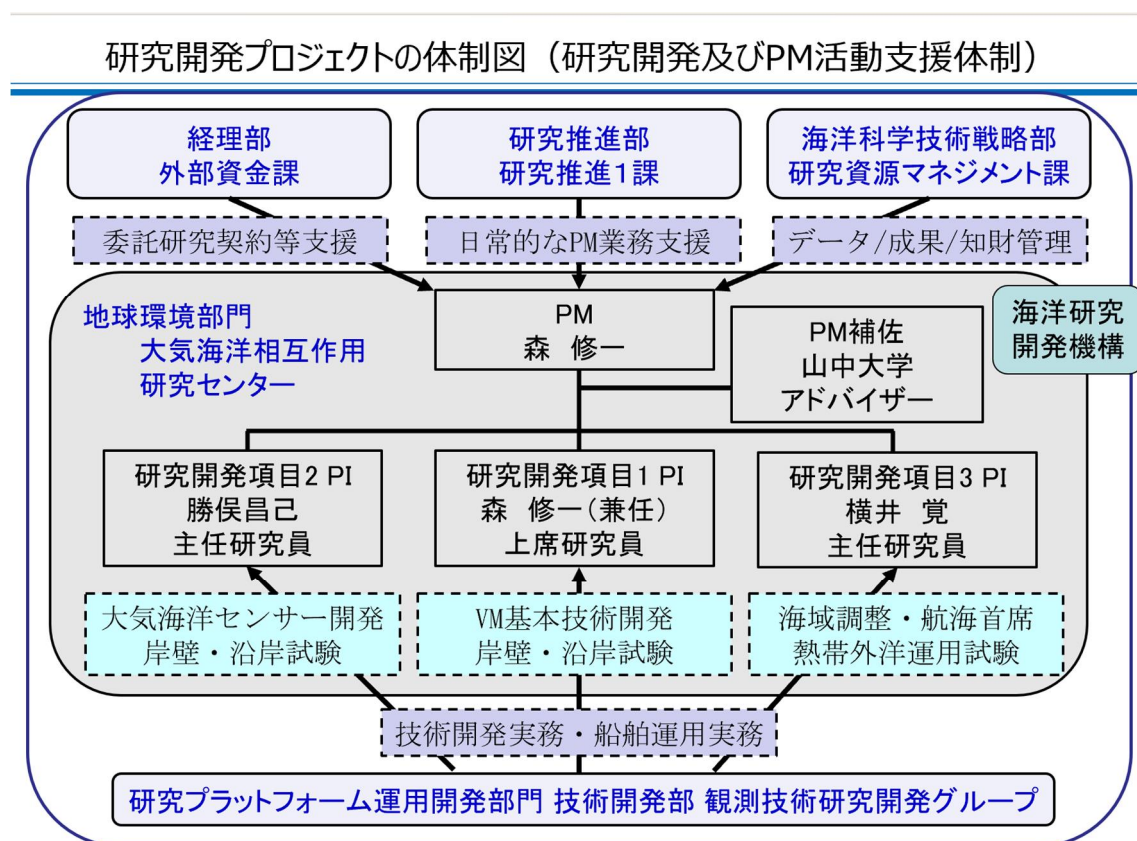
(4) データマネジメントに関する取り組み

ラボ、岸壁、国内沿岸海域、および短期外洋試験で取得した各種データは、基本的に研究開発プロジェクトホームページ上にインベントリのみ随時公開し、取得データそのものは「機材開発に係る試験観測データ」のため非公開としている。ただし、適切な共同研究実施契約等に基づく研究コミュニティ内における限定的な共同利用は妨げない。外洋試験等で取得された観測データ(海上大気、海洋表層)は研究開発プロジェクトホームページ上にイ

ンベントリを公開すると共に、品質管理終了後に本プロジェクト代表機関データ公開サーバー（航海・潜航データ・サンプル探索システム DARWIN (Data and Sample Research System for Whole Cruise Information) から公開することを計画しており、当該準備作業を行っている。また、それらのメタデータや観測短報については、すでに各航海の **Cruise Report** として代表機関ホームページから公開済みである。なお、ムーンショット目標 8 コア研究プロジェクトへは合流できなかったものの、新たな研究開発資金を得られた場合など発展的にプロジェクトの継続が可能となった場合には、未公開データを含めたすべての技術情報が新課題に継承されると共に、十分な事前調整を経た上で民間企業との協業や情報共有を図る方向で検討している。

4. 研究開発プロジェクト推進体制図

PM を中心とした当該年度の研究開発プロジェクト推進体制を以下の図に示す。研究開発事業実施規約に基づき、プロジェクト推進に関わる重要事項を関係機関の間で協議するための運営会議が設置されており、2023 年 6 月以降ほぼ毎月定例で実施されている（一部オンラインを含む）。また、知的財産権の協議のため知財運営会議を設置したが、プロジェクト期間中に知財申請を要する技術開発に至らなかったため、開催されていない。



5. 研究開発プロジェクト成果

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	0	0	0
口頭発表	1	1	2
ポスター発表	1	1	2
合計	2	2	4

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	0	0
(うち、査読有)	0	0	0

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	1	0	1
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	1	0	1

受賞件数		
国内	国際	総数
0	0	0

プレスリリース件数
0

報道件数
1

ワークショップ等、アウトリーチ件数
0