

台風制御に必要な予測と監視に貢献する海の無人機開発 2023年10月までの研究開発進捗状況と成果の概要

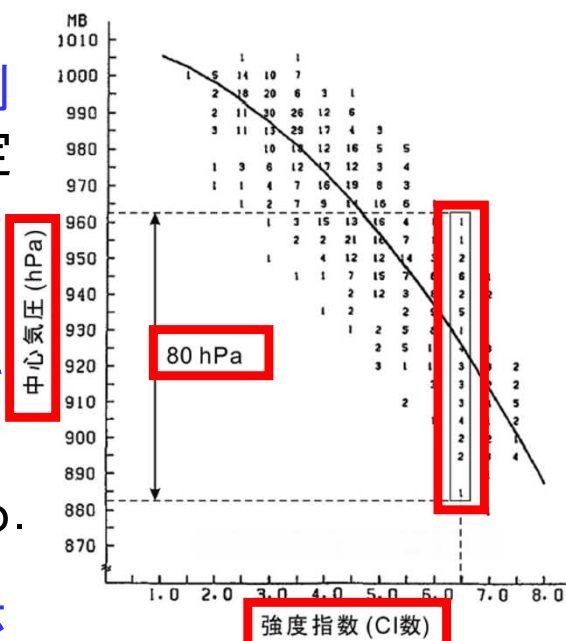
森 修一 (PM/PI-1) , 勝俣昌己 (PI-2) , 横井 覚 (PI-3)
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

2023/10/29 MS8国内シンポジウム@アキバホール



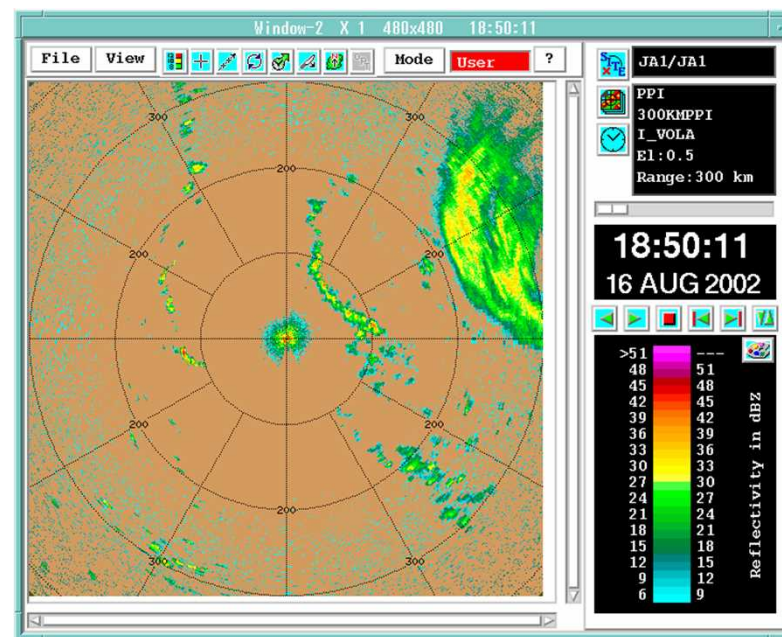
1. 背景と目的

- ・台風は日本社会にとって最大の自然災害の1つであり、その被害軽減が期待されている。
- ・近年の気象学発展により、その進路予測は著しく進展しているものの、**台風強度の予測は大変難しく、その精度向上は特に近年停滞気味である。**
- ・これは、**そもそも台風の強度（中心気圧と最大風速）の実測値がなく、衛星観測による推定値に依存していることによる。**
- ・**米軍航空機観測があった時代（～1980年代）と衛星観測だけの現代では、その精度に大きな差があることが知られている。**
- ・**航空機観測は大変有力な方法であるが、日本の民間機ではその安全性や経費の高さから継続的に観測するのが困難。**



第2図 衛星画像から推定した強度指数 (CI 数) と航空機観測による中心気圧の散布図、木場ほか (1990) の図2a を改変した。

米軍航空機観測による台風強度の真値と衛星観測による強度推定の誤差 (山田 2016) .

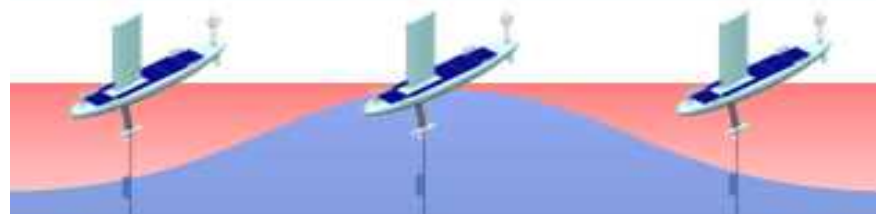
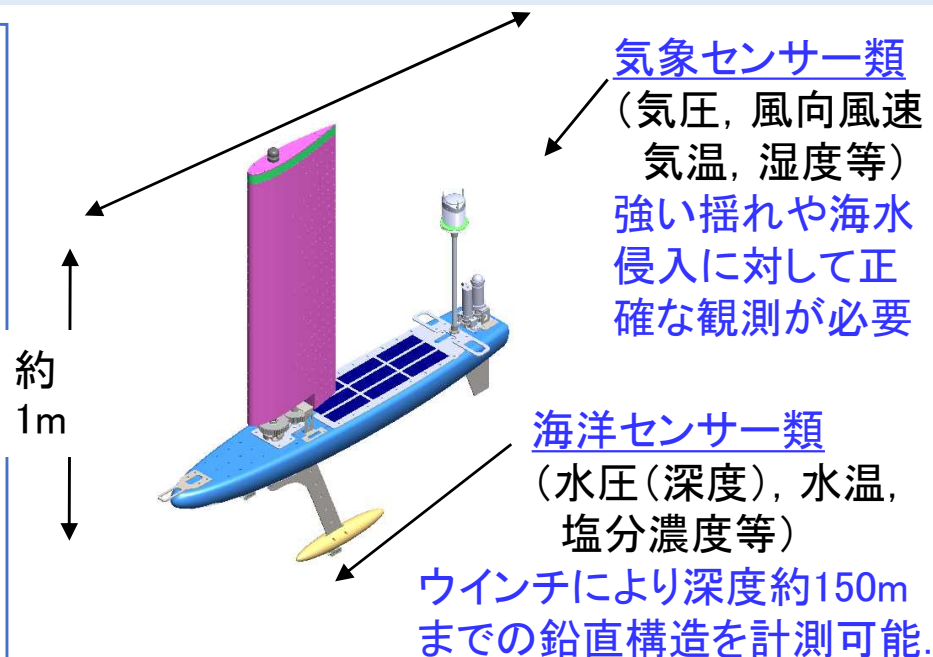


海洋地球研究船「みらい」MR02-K04航海で捉えたTS200213 (Phanfoe) のドップラーレーダー観測。大型研究船であっても、台風中心から200km程度までしか接近することができず、正確な台風の強さ等（真値）を得ることができない。

1. 背景と目的

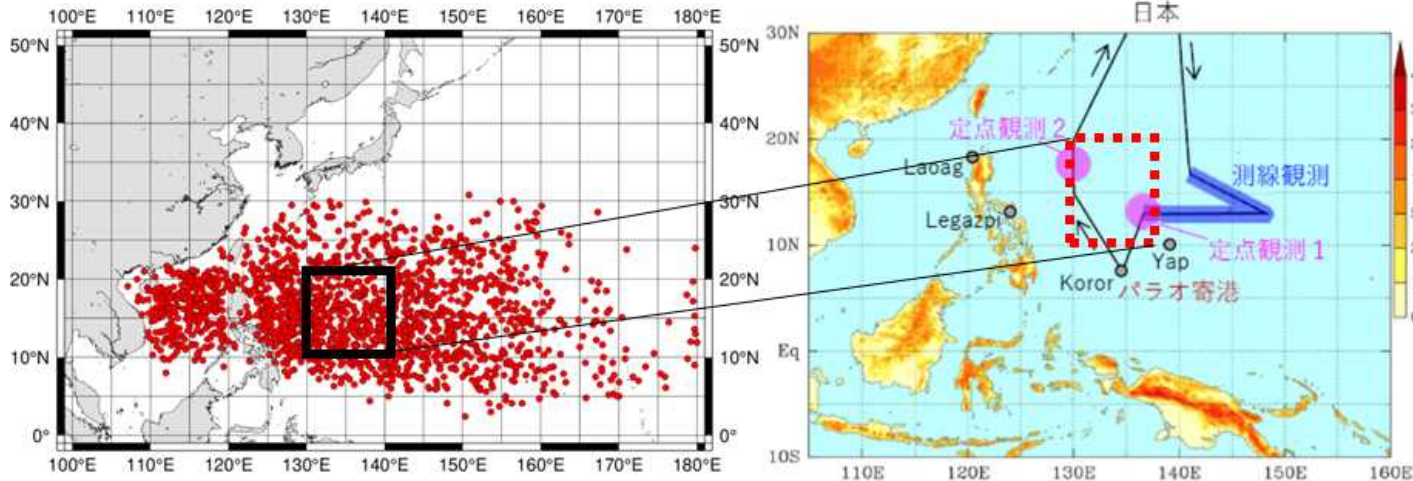
- 台風の発生発達には、海洋からの熱供給が大変重要であるが、衛星観測等では海面温度 (SST) しか知ることができず、海洋表層 (深度約 150m まで) の海洋貯熱量を得ることが不可能。
- 一方で、台風通過後は強風による混合等で海水温が大きく低下し、次の台風発生や進路の予測に大きな影響を与える。
- このため、台風の現況監視と予測には強度の真値 (中心気圧, 最大風速) と共に、海洋表層の継続的な観測が極めて重要であり、台風制御を行うための大前提。

自律的に台風中心周辺域へ留まり続け、台風の発生発達に伴う移動と共に継続的に台風の真値および海洋貯熱量を継続観測可能な「海の無人機 (VM (Virtual Mooring) ドローン)」を開発し、「台風制御に必要な予測と監視に貢献する技術開発」として貢献。



台風中心付近の海洋表層温度分布とVMドローン観測の模式図. 海上大気 (台風強度の真値) と海洋構造 (混合湧昇冷却) の時空間変動を高精度で継続的に監視可能な観測用無人機を開発する。

1. 背景と目的

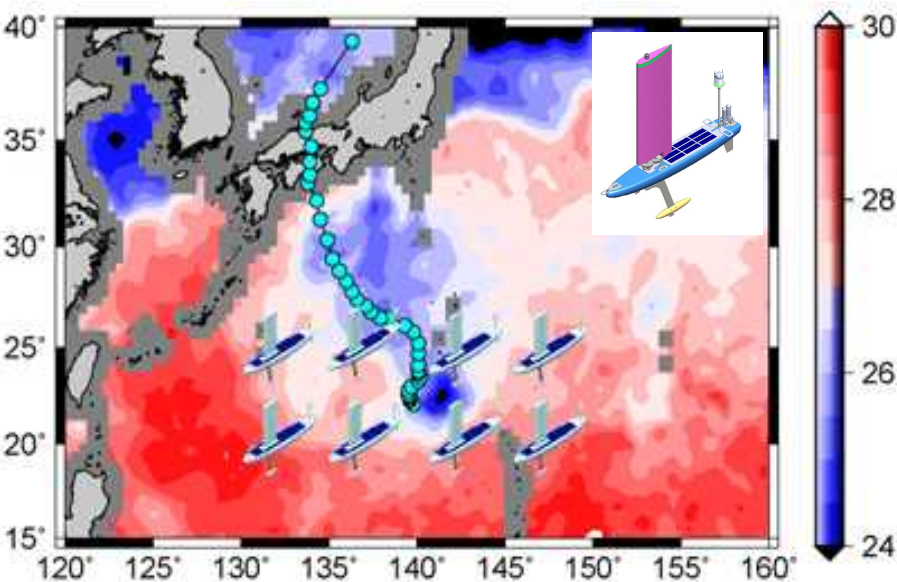


海洋地球研究船みらい

台風発生地点（赤丸，1951～2021年，デジタル台風より作成）（左）

および海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海における代表的な定点観測海域（右）。台風発生前後の環境場把握を目指し，海洋地球研究船みらい2024年度航海の定点観測2においてVMドローン試作機の機能確認および試験観測を実施予定。

開発3ヶ年計画の概要

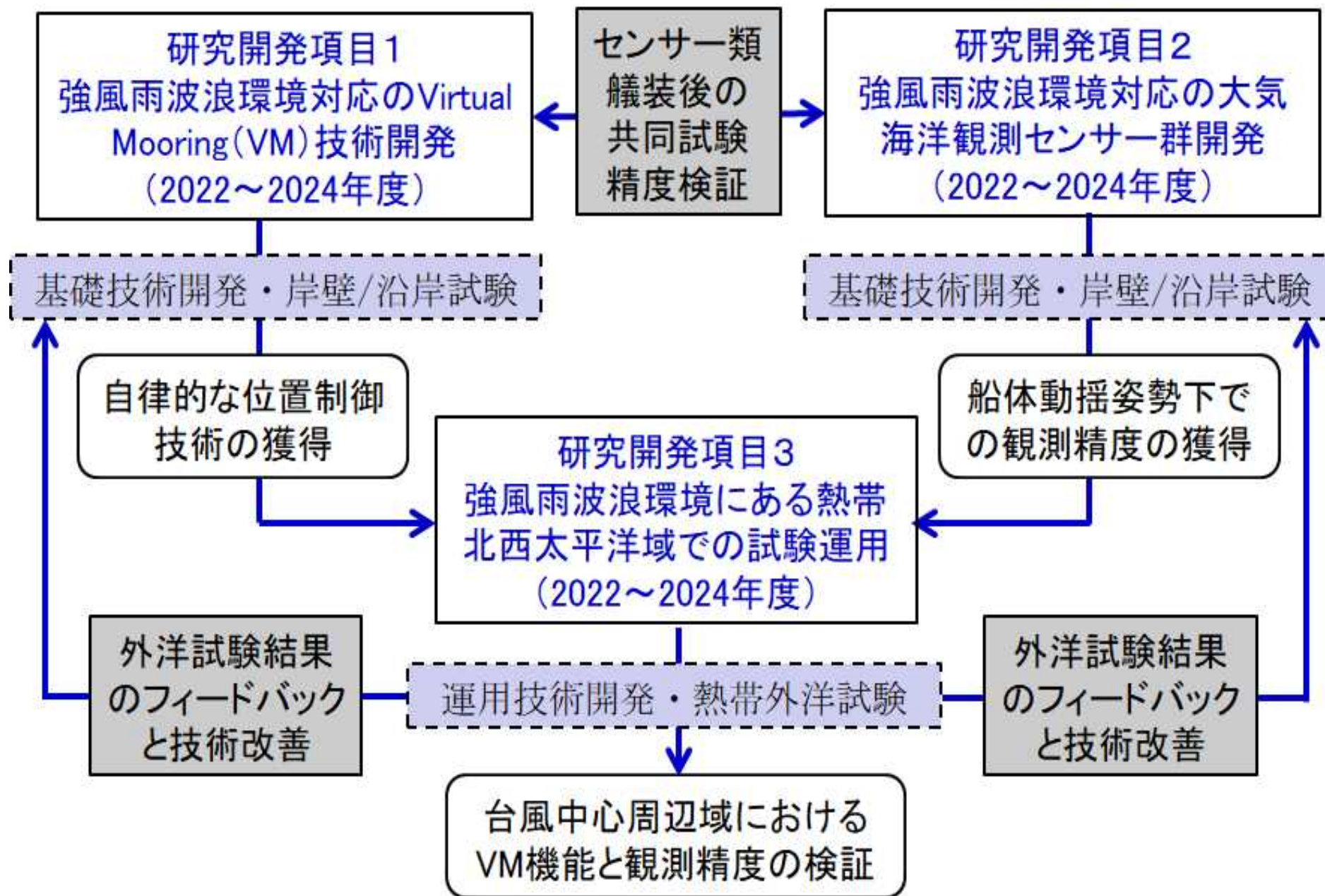


		FY2022	FY2023	FY2024
1	開発	開発	開発	
2	製造	試作2機		運用2機?
3	海域試験		JAM岸壁	駿河湾
4	みらい航海		MR23-XX	MR23-XX

2030年度以降に期待するVMドローン台風観測アレイの模式図（左）。例えば，緯度経度5° 毎550km×550km)にVMドローンを配備し，台風発生前の海洋貯熱過程から発生後の混合・湧昇による表層冷却，通過後の貯熱回復過程までを継続的に監視可能とする。（気象研究所 台風・災害気象研究部Top Pageの図2を改変）

1. 背景と目的

研究開発実施体制の概要



2. 昨年度における研究開発状況

VMD船体開発コンセプト

- 船体製造方法
 - 3Dプリンタを基材としたCFRPのハンドレイアップ工法により、軽量化、強度UP、簡易な製造を実現。専用の製造設備を持たない施設でも製造可能で、金型を起型しないため、設計変更が容易
- 法規・手続き上の扱いの簡略化
 - 長さ3m未満 → 小型船舶としての登録が不要なため、自由な設計が可能
 - 資産上の消耗品 → 強風高波海域での破損・損失時の煩雑な手続きの回避
- 運用の簡略化
 - 小型化 → 投入・回収作業に大型船や専用装備を必要としないよう、小型軽量化を図る
- 運用ポリシー
 - 最終的に回収不要を目指す
 - 目的は、回収（船舶運用、探索、等）にかかるコストの削減
 - 但し、ここに至るのは運用段階にて（要素研究終了後）
 - 開発段階（要素研究期間中）は船体回収を前提
 - 回収した機体及び収録データを検証し開発へフィードバック

2. 昨年度までの研究開発状況

初期構想

小型風向風速計

2.2m

気象計測センサ

- ・ 防水対策を強化
- ・ 以下の気象要素を計測
気圧、風向風速、
気温、湿度、雨量

2.6m

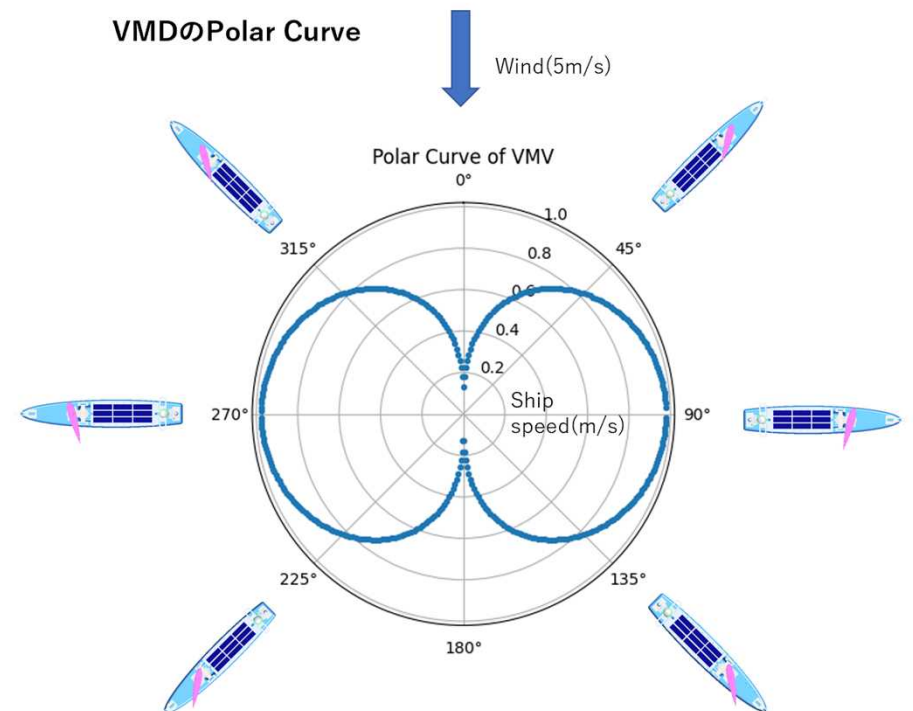
表層計測センサ

- ・ 水温・塩分を計測

海洋計測センサ

- ・ 水温・塩分を計測
- ・ 海洋表層の鉛直分布
を取得

VMDのPolar Curve



注：分かりやすく簡略化した
カーブであり参考値です。

2. 昨年度までの研究開発状況

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）



水槽試験の一例。（左）試作船体のマスト取付位置に6軸力覚センサを設置，曳航角度や曳航速度を変化させ，船体抵抗やマストに掛かる力を測定し，CFD結果との比較検証。（右）落下試験による船体強度や復元力の測定。

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、気象センサー等
- ・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



3. 今年度における研究開発成果

- ・～2023年5月末 試作2号機完成
- ・2023/05/31-06/02 沿岸海域試験#3@駿河湾三津浜
- ・2023/06/28-07/20 短期外洋試験@熱帯西部太平洋
- ・2023年後半 短期外洋試験(上記)結果まとめ, 今後の改良方針, 作業工程調整
2024年夏季の長期外洋試験@熱帯西部太平洋にむけた準備作業

		FY2022	FY2023	FY2024
1	船体	0号機試作・試験	1号機製作 試験・改良	運用2号機製作・試験・改良
2	センサー	0号機製造	試作 比較検証試験・改良	運用センサー作成・試験 運用センサー改良
3	海域試験	近海	近海 近海 近海 未来	近海 近海 未来

船体開発進捗・推移

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、……
- ・ 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

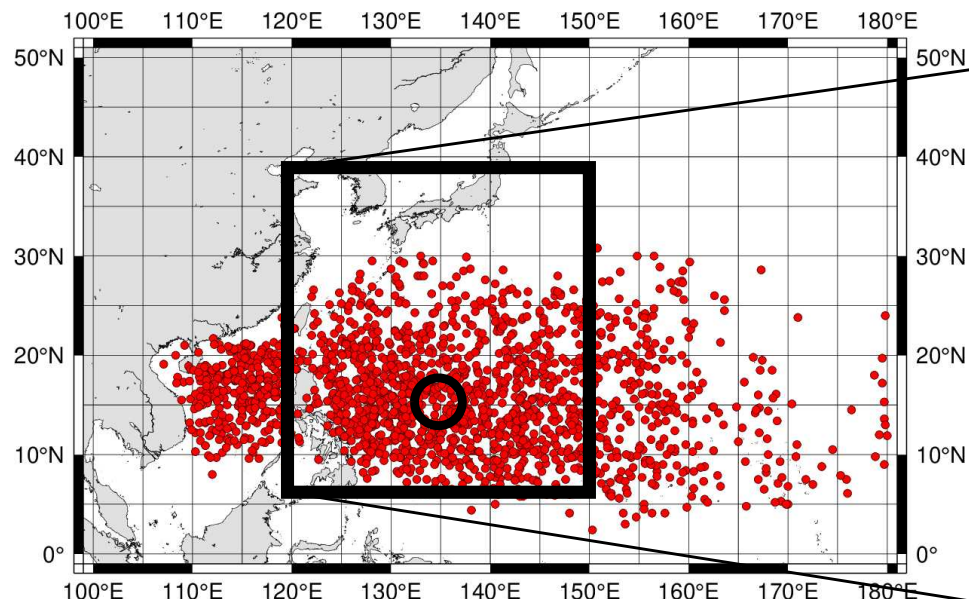


3. 今年度における研究開発成果

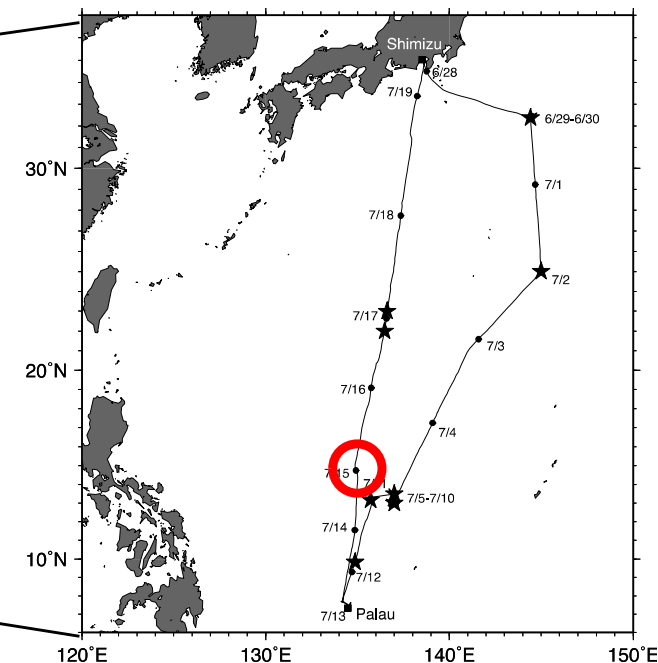
短期外洋試験

「みらい」MR23-05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 > 5m/s; 波高~1m



気候学的台風発生地点 (赤丸, 1951~2021年, デジタル台風より)



海上気象計測システム「SOAR」

(海面高度23m)
気圧・風向風速・気温
湿度ほか

表層海水分析装置 (水深5m)

水温・塩分ほか



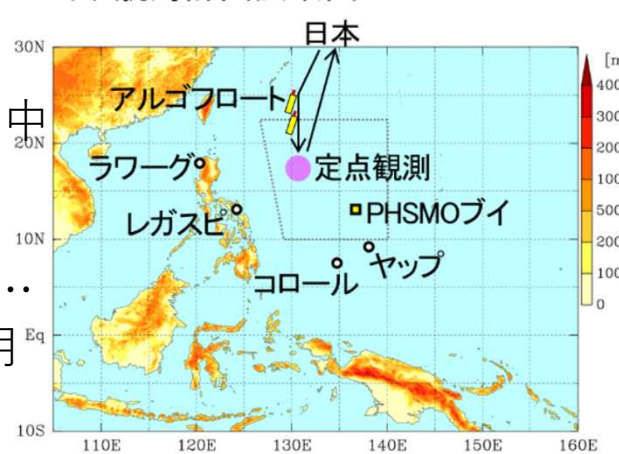
4. 今後の予定とまとめ

		FY2022	FY2023	FY2024
1	船体	0号機試作・試験	1号機製作・試験・改良	運用2機製作・試験・改良
2	センサー	0号機製造	試作	比較検証試験・改良
				運用センサ作成・試験
				運用センサ改良
3	海域試験		近海	近海
			近海	近海
			みらい	みらい

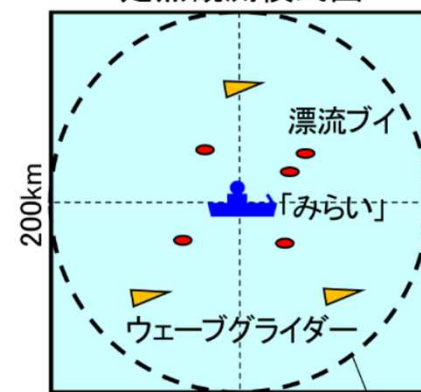
長期外洋試験（西部熱帯/亜熱帯太平洋）

- ・「みらい」MR24-XX航海で実施
- ・航海は2024年6-8月[計45日程度]で準備中
- ・航海期間中に投入および回収
- ・VMDの海上滞在期間は今後調整
- ・航海計画との調整、VMD性能向上幅……
- ・観測データは「みらい」及び各種観測用プラットフォームと比較予定

(a) 航海計画広域図



(b) マルチプラットフォーム
定点観測模式図



「みらい」航海応募書類（横井, 2023）より引用

1. 台風制御に向けた予測精度の向上や制御状態を監視するため、台風の真の強さ（中心気圧と最大風速）および海洋貯熱量の継続的観測が可能な、「海上無人機（VMD：Virtual Mooring Drone）」を開発中。
2. 当初計画3年の約半分が経過した現在ところで、順調な進捗状況にある。
3. 台風周辺域など強風波浪環境下における検証に向け、引き続き船体制御やセンサー類の改修改良を進め、来年度に最終的な長期外洋試験を行う予定。