



株式
会社



森



Seven to Five

令和5年度
ドローン社会実装促進実証事業
第3回有識者会議

ドローンを用いた船舶点検実証実験 ～兵庫から世界へ～

2024年3月18日

株式会社國森 / セブントゥーファイブ株式会社

1. 事業の背景・目的

2. 実施内容

3. 実証結果

4. 船舶ドローン点検の評価

5. 今後の展開

【補足資料】

- ・ 実施体制
- ・ 使用機体
- ・ 実施場所
- ・ 海神丸の概要

事業の背景・目的

【本事業の背景】

近年の荷役装置の発達により、洋上の航行から寄港した船舶の停泊時間はより短くなり、**船舶の日常点検は、航海中に船員が行っている**。しかしながら、大型船舶の船倉は非常に大きく、人の目視点検には限界がある。特に洋上における**高所部・狭小部・暗所部・閉鎖区域等の塗装の劣化・割れ、錆の点検等は、点検作業員のリスクも大きく、乗組員の安全性の担保という観点からも課題となっている**。



船舶を運航している船主様から、「**ドローンを用いた船倉内・バラストタンク内の点検**」が出来ないかとの問い合わせが数多く寄せられている。



【本事業の目的】

大型船舶における各種点検の実証実験を実施し、様々な船主様のご意見をお聞きしながら、法的問題をクリアした上で、**安全で効率的な船舶でのドローン利活用手法の確立**を目指す。

- ① 屋内点検用ドローンによる船舶内部の点検
- ② 屋外ドローンによる船舶外部の点検
- ③ 水中ドローンによる船舶下部（船底）の点検

実施内容① 屋内点検用ドローンによる船舶内部の点検

【概要】

非GPS環境下である船舶内で屋内用ドローンを飛行させ、

(1) E/R スカイライト

(2) E/R 床下点検

(3) CO2 ボトルルーム

(4) 煙突内部

(5) No.1 清水タンク

(6) No.2 清水タンク

の6箇所を撮影した。

- ・ 使用機体：ELIOS2、AIR HOPE-SP
- ・ 飛行方法：手動操作
- ・ 実施体制：操縦者 1人、補助者 2人
- ・ 実施場所：神戸大学 深江キャンパス（海神丸）、新神戸ドックNo.1（海神丸）

実施内容① 屋内点検用ドローンによる船舶内部の点検

【撮影箇所】

(1) E/R スカイライト

右画像赤枠内のスカイライト部の水密状態（ペイント剥がれや錆及びパッキンの状態）の確認を目的とした。飛行高度は3m程度、付近の通路より離陸させて開口部天井付近を主に撮影した。



(2) E/R 床下点検

エンジンルーム前の床（下画像参照）から機体を投入し、天井高700mmの空間を飛行させた。狭所の先にある変圧器の目視確認や、床下の落下物確認を目的とした。



実施内容① 屋内点検用ドローンによる船舶内部の点検

【撮影箇所】

(3) CO2 ボトルルーム

CO2 シリンダー口金の状態（劣化等）の確認を目的とした。別室より離陸して通路を飛行、CO2 シリンダーが保管されている室内へ直接アクセスして対象物を撮影した。飛行高度1.5m程度。



(4) 煙突内部

追加で撮影を実施した。天井付近の照明やダクトの劣化状況などを確認した。設備出入口付近にて離陸し、天井付近まで上昇して撮影した。飛行高度は4m程度。

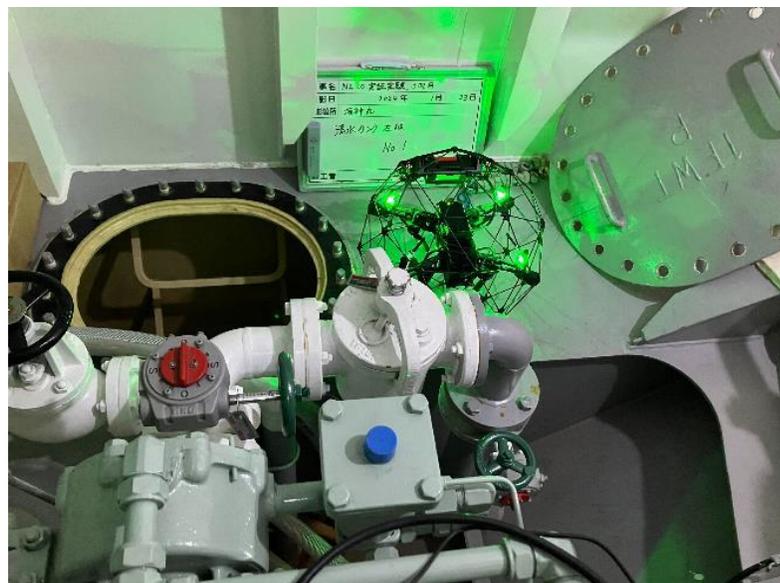


実施内容① 屋内点検用ドローンによる船舶内部の点検

【撮影箇所】

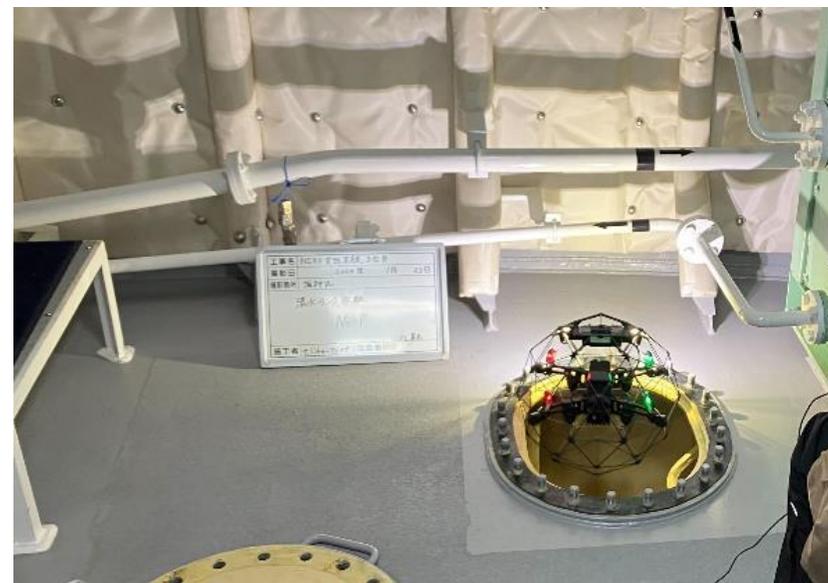
(5) No.1 清水タンク（表側バウスラスター付近）

タンク内ペイント状態及び錆の有無、汚れや不要物の有無などの確認を目的とした。タンク外から離陸して直接タンク内へ進入、飛行高度1m前後で撮影を行った。



(6) No.2 清水タンク（操舵機手前）

No.1と同様にタンク内ペイント状態及び錆の有無、汚れや不要物の有無などの確認を目的とした。タンク外から離陸して直接タンク内へ進入、飛行高度1m前後で撮影を行った。



【概要】

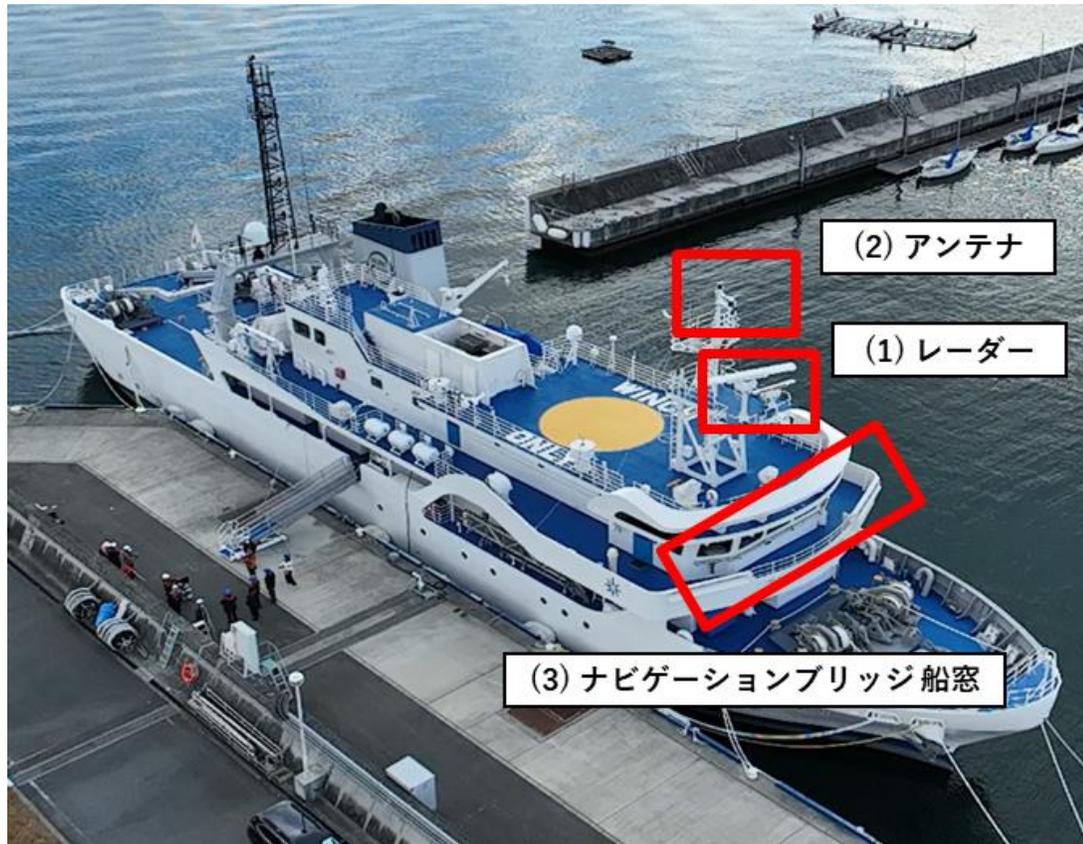
外装の錆や塗装の剥がれなどの劣化状態を確認することを目的とした。対象物を拡大して撮影するにあたって、安全を確保しつつ対象を鮮明に撮影できる最適な高度として、飛行高度を最大30m程度に設定した。また、離着陸地点は船舶横の岸に設定した。

(1) レーダー (2) アンテナ (3) ナビゲーションブリッジ 船窓 (4) 船窓
の順に撮影を行った。

- ・ 使用機体：Matrice 210 RTK
- ・ 飛行方法：手動操作
- ・ 実施体制：操縦者 1人、補助者 2人
- ・ 実施場所：神戸大学 深江キャンパス（海神丸）

実施内容② 屋外ドローンによる船舶外部の点検

【撮影箇所】



実施内容③ 水中ドローンによる船舶下部（船底）の点検

【概要】

錆や塗装の剥がれなどの劣化状態や、付着物の有無を確認することを目的とした。
水深は最深で約4mであり、この深度で船底まで撮影することができた。

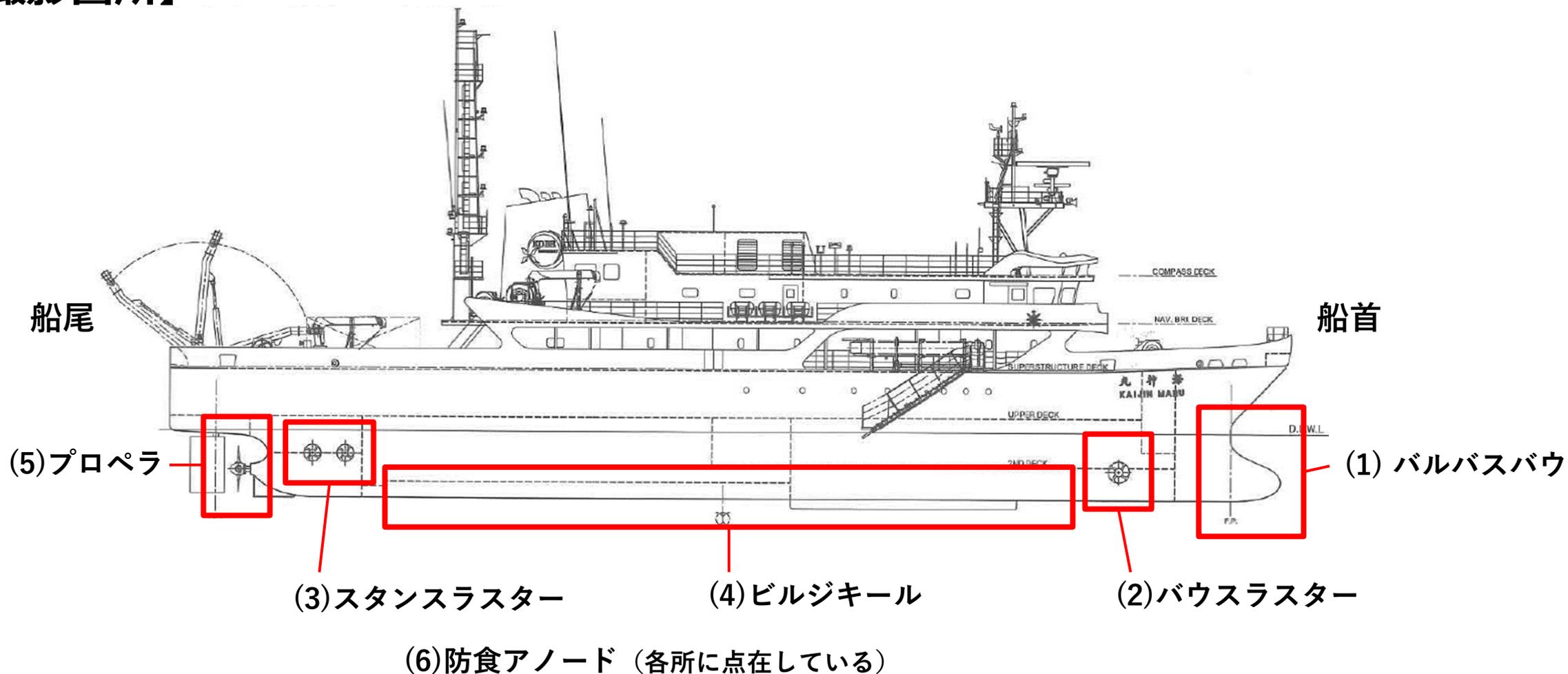
- | | | |
|------------|-------------|--------------|
| (1) バルバスバウ | (2) バウスラスター | (3) スタンスラスター |
| (4) ビルジキール | (5) プロペラ | (6) 防食アノード |

の順に撮影を実施した。

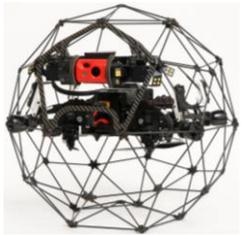
- ・ 使用機体：M2
- ・ 飛行方法：手動操作
- ・ 実施体制：操縦者 1人、補助者 2人
- ・ 実施場所：神戸大学 深江キャンパス（海神丸）

実施内容③ 水中ドローンによる船舶下部（船底）の点検

【撮影箇所】



実施概要

内容	①船舶内部の点検	②船舶外部の点検	③船舶下部（船底）の点検
使用機体	  ELIOS2 AIR HOPE-SP	 Matrice 210 RTK	 M2
飛行方法	手動操作	手動操作	手動操作
実施内容	非GPS環境下である船舶内で、屋内用ドローンを飛行させた。各箇所にて錆や塗装の剥がれ、汚れなどの有無を確認した。	光学30倍のズームカメラをドローンに搭載して、外装の錆や塗装の剥がれなどの劣化状態を確認した。	水中ドローンを使用して錆や塗装の剥がれなどの劣化状態や、付着物の有無を確認した。
飛行経路・高度	対象設備付近から離陸させ、床から天井までの高さで飛行させた。（～4000mm）	飛行高度を最大30m程度に設定した。また、離着陸地点は船舶横の岸に設定した。	水深約4mまで潜って撮影を行った。岸、船上の二箇所から機体を投入した。
実施体制	操縦者 1人、補助者 2人	操縦者 1人、補助者 2人	操縦者 1人、補助者 2人
実施場所	海神丸（神戸大学 深江キャンパス、新神戸ドックNo.1）	海神丸（神戸大学 深江キャンパス）	海神丸（新神戸ドックNo.1）
飛行日時	令和5年12月19日（火）12時～17時 令和6年1月16日（火）10時～16時 令和6年1月23日（火）8時～11時	令和6年1月16日（火）10時～16時	令和6年1月16日（火）10時～16時
飛行時間	1時間50分	50分	1時間
データ処理時間	4時間	1時間	2時間

結果① 船舶内部の点検

(1) E/R スカイライト

ペイントの剥がれは所々見られたが、錆は見られなかった。問題なく飛行させられる環境であること、劣化状況を把握するのに十分な手法であることを確認できた。



(2) E/R 床下点検

変圧器の目視が可能であることが確認できた。天井高700mmではあったが問題なく飛行したため、十分に点検可能な環境であるということは立証できた。



結果① 船舶内部の点検

(3) CO2 ボトルルーム

別室から離陸して、CO2 シリンダー口金の状態が確認できた。立入禁止区域であったとしても同様に、遠隔地から状態確認が可能であることが立証できた。



(4) ファンネル内部

通常の点検では近寄って確認することが難しい天井付近においても、ドローンで安全に点検できることが確認できた。



結果① 船舶内部の点検

(5) No.1 清水タンク

天井が結露しており湿度の高い環境だったが、撮影が可能であることが分かった。天井面と比較して、床面の汚れが目立った。



(6) No.2 清水タンク

No.1と同様に天井が結露しており湿度の高い環境だったが、撮影は問題なく実施できた。No.2と比較して、床面の汚れが少なかった。



結果② 船舶外部の点検

撮影対象となる船舶から20m～30m程度離れた空中から、カメラをズームさせて撮影した。安全を保てる距離からでも、問題なく錆や塗装剥がれの状況を把握することができた。

(1) レーダー



(2) アンテナ



(3) ナビゲーションブリッジ 船窓



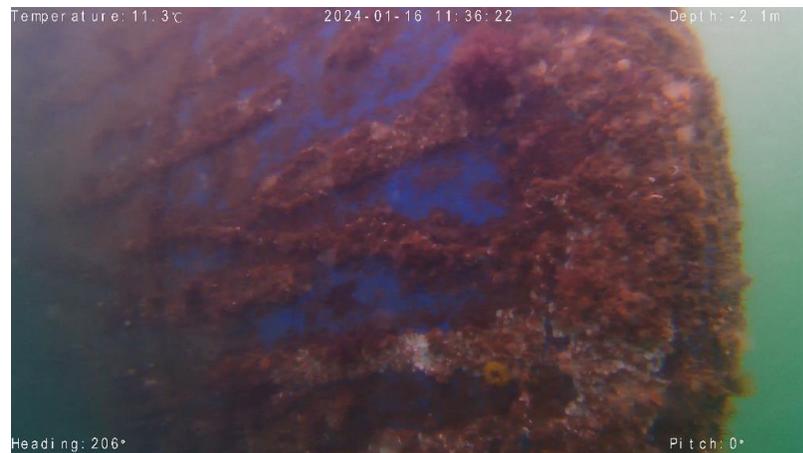
(4) 船窓



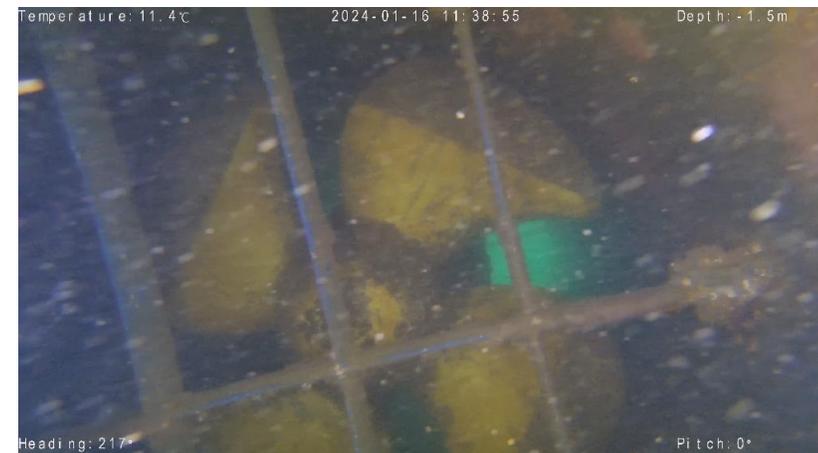
結果③ 船舶下部（船底）の点検

対象まで数十センチメートルまで接近して撮影を行うことで、錆や塗装剥がれなどの劣化状況や、付着物の状態を詳細に確認することができた。前半は岸から、後半は船上から機体を投入した。これにより、運航中の船舶が沖合で停泊している船上から、水中ドローンを投入して点検を行うことが可能であるという立証ができた。

(1) バルバスバウ



(2) バウスラスター

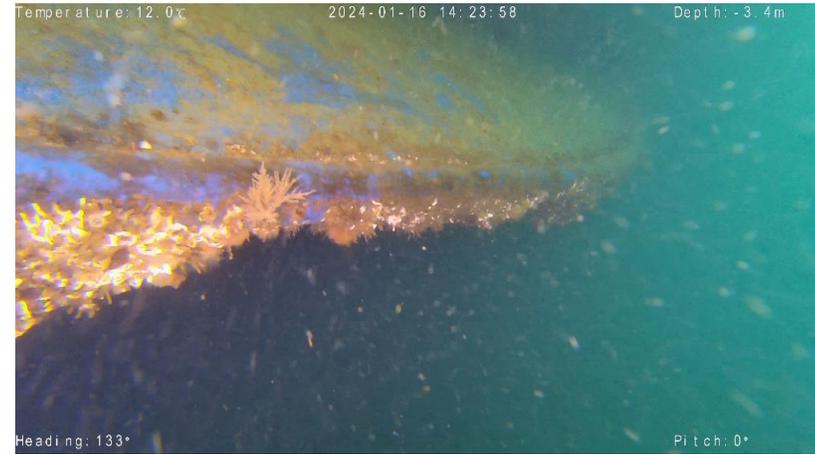


結果③ 船舶下部（船底）の点検

(3) スタンラスター



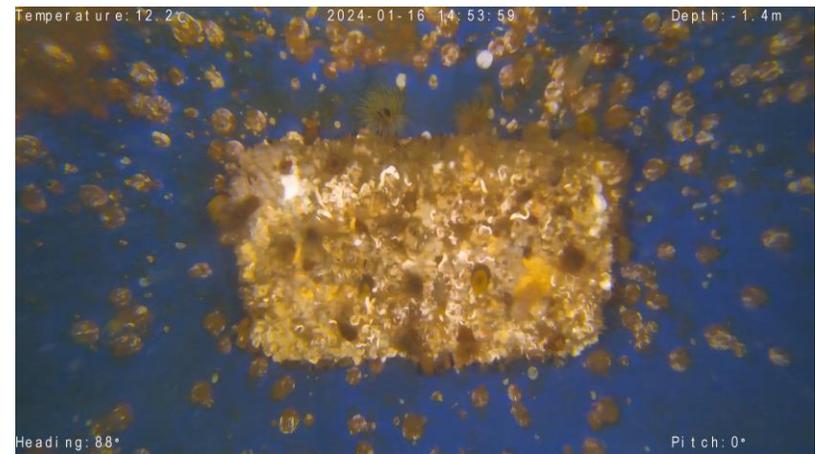
(4) ビルジキール



(5) プロペラ



(6) 防食アノード



船舶ドローン点検の評価（概要）

評価項目	①船舶内部の点検	②船舶外部の点検	③船舶下部（船底）の点検
目視点検の代替性	錆や塗装の剥がれなど、確認したいポイントを点検することができた。暗所を含む屋内で飛行は問題なく実施でき、人が入れない場所にも入れたため、人が直接行うより、目視点検の範囲を広げることができた。	錆や塗装の剥がれなど、確認したいポイントを確認することができた。	錆や塗装の剥がれ、付着物の状況など、確認したいポイントを確認することができた。
作業時間	今回船舶内部の6箇所に入射した。計12回のフライトで約1時間50分の点検を行った。	今回船舶外部の4箇所を撮影。計3回のフライトで約1時間の点検を行った。	今回の対象の船舶は、全長約60mで、6箇所を撮影。計5回の入水で約1時間の点検を行った。
安全性	非GPS環境下かつ狭小空間の飛行のためドローンが壁等に当たることがあったが、対象設備や機体に損傷はなく、飛行自体にも問題はなかった。	点検対象物から30mほど離れた箇所から、カメラのズーム機能を使用して撮影できたため、安全性の確保に問題はなかった。	モニター上で船舶下部の状況を確認しながらの目視外の操作であったため、水中ドローンのケーブルが設備等に引っかかるリスクがあった。しかし今回は投入箇所を調整する、ケーブルの取り回しに注意する、などの対策をとることによって問題なく撮影ができた。
操縦技術	GPSの届かない屋内環境下で手動で操縦を行った。屋外での手動操縦と比較して操縦の難易度は高い。	屋外飛行でありGPS受信状況も良好であったため、安定した飛行ができた。4m/s程度の風速があったが、風の影響はあまり受けなかった。今回は全て手動で操縦を行ったが、操縦の難易度は高くない。	湾内に停泊中の船舶であったため、波は小さく水流による影響はほとんど受けなかった。濁度はあったものの、対象物に近づいて撮影する上で支障のない程度だった。手動操作だが難易度はやや高い。

今回の対象の船舶は、全長59.6m、総トン数892トンの多機能練習船『海神丸』

船舶ドローン点検の評価（その他）

今回の実証実験に立ち会った有識者からは以下のような感想があった。

- 水中ドローンで、付着物の度合が見れるのは、メンテナンスを検討する観点からも有意義である。
- 防食アノードの腐食具合がドックに入らずに見れるのは、交換目安の推定だけでなく、効果確認の点からも意味がある。
- 床下など狭い空間が多く、人が入り込むのに不自由な箇所が簡単に確認できるのはとても助かる。

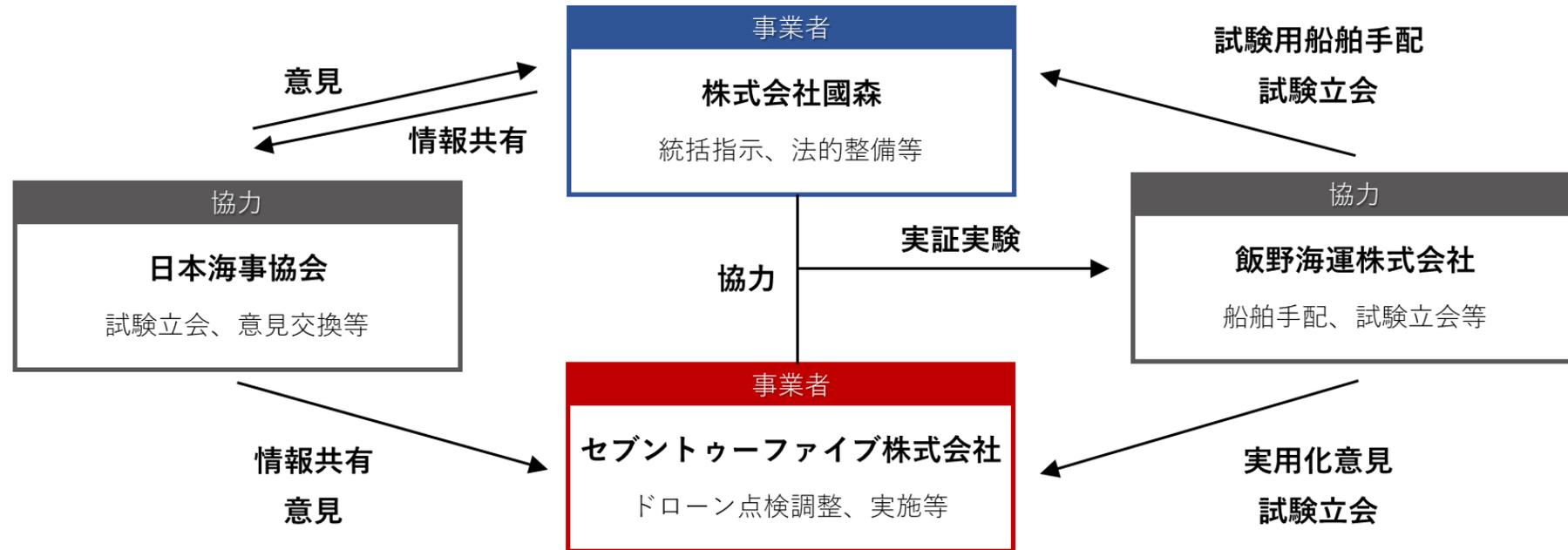
船舶ドローン点検の今後の展開について

今回の実証実験によって、屋内外及び水中のドローン点検は、目視点検の代替できることがわかった。一方で、ドローン操縦に熟練したスキルが必要な点、人の目視点検にない安全上の留意点があることも確認できた。また、作業時間の削減（作業効率化）が図れるかという点では、大きな削減効果はなかったが、より大きな船舶であれば作業時間の削減メリットが大きくなる可能性があることも確認できた。来年度以降、より大型の船舶での実証、航行中の船舶での実証、定期点検時の実証など、追加の実証を行うことで、船舶ドローン点検の実用化に近づいていくと考えられる。

補足資料

実施体制

本案件は、以下の体制で連携を組んで行う。



【アドバイザー】

国立大学法人神戸大学大学院 海事科学研究科 海神丸船長 藤本教授
神戸市立 工業高等専門学校 清水研究室 清水准教授

使用する機体①

【AIRHOPE SP-0502】セブントゥーファイブ(日本)

■ 機体性能

サイズ	375 × 375 × 198 [mm]
最高速度	10m/s
最高到達高度	100m
電波到達距離	100m
最大飛行可能時間	7分
推奨動作環境温度	-10°C~40°C
防水性能	なし

■ 搭載カメラ

センサー	
画素数	
画質	
形式(動画)	MP4



使用する機体②

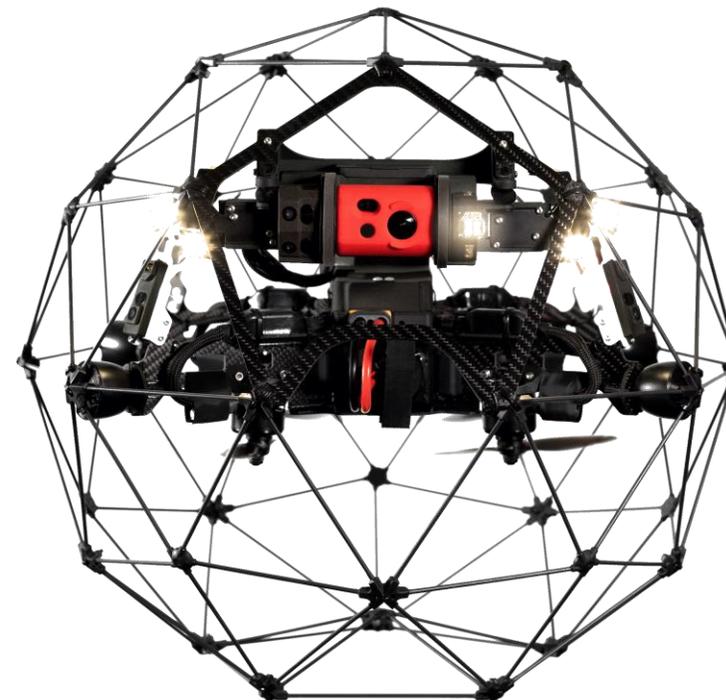
【ELIOS2】 Flyability(スイス)

■ 機体性能

サイズ	400 × 400 × 400 [mm]
最高速度	6.5m/s
最高到達高度	100m
電波到達距離	500m
最大飛行可能時間	10分以内
推奨動作環境温度	0°C~45°C
防水性能	あり

■ 搭載カメラ

センサー	1/2"CMOS
画質	4K
形式(動画)	MOV



使用する機体③

【Matrice 210 RTK】 DJI(中国)

■ 機体性能

サイズ	887 × 880 × 408 [mm]
最高速度	82.8km/h
最大飛行可能時間	32分
推奨動作環境温度	-20~45°C
最大風圧抵抗	12 m/s
防水性能	IP43

【Zenmuse Z30】 DJI(中国)

■ 搭載カメラ	センサー	CMOS, 1/2.8"
画素数	213万画素	
形式(動画)	MOV, MP4	



使用する機体④

【M2】 CHASING (中国)

■ 機体性能

サイズ	380 × 267 × 165 [mm]
最高速度	3Kn (1.5m/s)
最高深度	100m
平均稼働時間	2~4h
推奨動作環境温度	-10°C~45°C

■ 搭載カメラ

センサー	1 / 2.3 (SONY IMX377)
画質	4K
形式(動画)	MP4



海神丸の概要

■海神丸の特長

先代「深江丸」から継承する海技者養成をはじめとして、海事社会・海事産業分野の発展および地球環境保全に先導的役割を果たす優秀な人材を育成を目的とし、科学の探究ならびに新技術の創出にも対応できる神戸大学の多機能練習船として建造。

■主要寸法等

全長（垂線間長）	59.60m（54.00m）
型幅	11.00m
型深さ	6.70m（船楼甲板）、4.25m（上甲板）
計画満載喫水	3.50m
総トン数	892トン
航海速力	約12.0ノット
航海距離	約5,000海里
最大搭載人員	65名（士官8名、部員3名、教員6名、学生48名）



▲海神丸
参照：神戸大学大学院海事科学研究科・海事科学部ホームページ

参照：国立大学法人神戸大学 練習船 海神丸パンフレット

海神丸の概要②

