

海の次世代モビリティの種類・特性・役割

はじめに

背景（沿岸・離島地域の課題、海洋の持続可能な開発等）

- 我が国の沿岸・離島地域では、交通、水産業、インフラ維持管理、海洋調査等の様々な活動における担い手不足や地球温暖化等に伴う海洋環境の変化等の課題が深刻化しており、これらの課題の解決に向けて、海洋の持続可能な利用・開発・保全を進める必要性が高まっている。
- 持続可能な海洋利用の要請は国際的にも強まっており、国連の定める持続可能な開発目標（SDGs）14「海の豊かさを守ろう」においては、海洋汚染防止、海洋生態系の保護、持続可能な漁業、海洋資源の持続可能な利用等のターゲットが規定されている。
- さらに、国連においては、2021年から2030年までを「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年」とすることを宣言し、海洋の持続可能な開発のための課題を海洋科学で解決する取組を開始している。

上記の課題解決等に寄与する技術として注目される「海の次世代モビリティ」

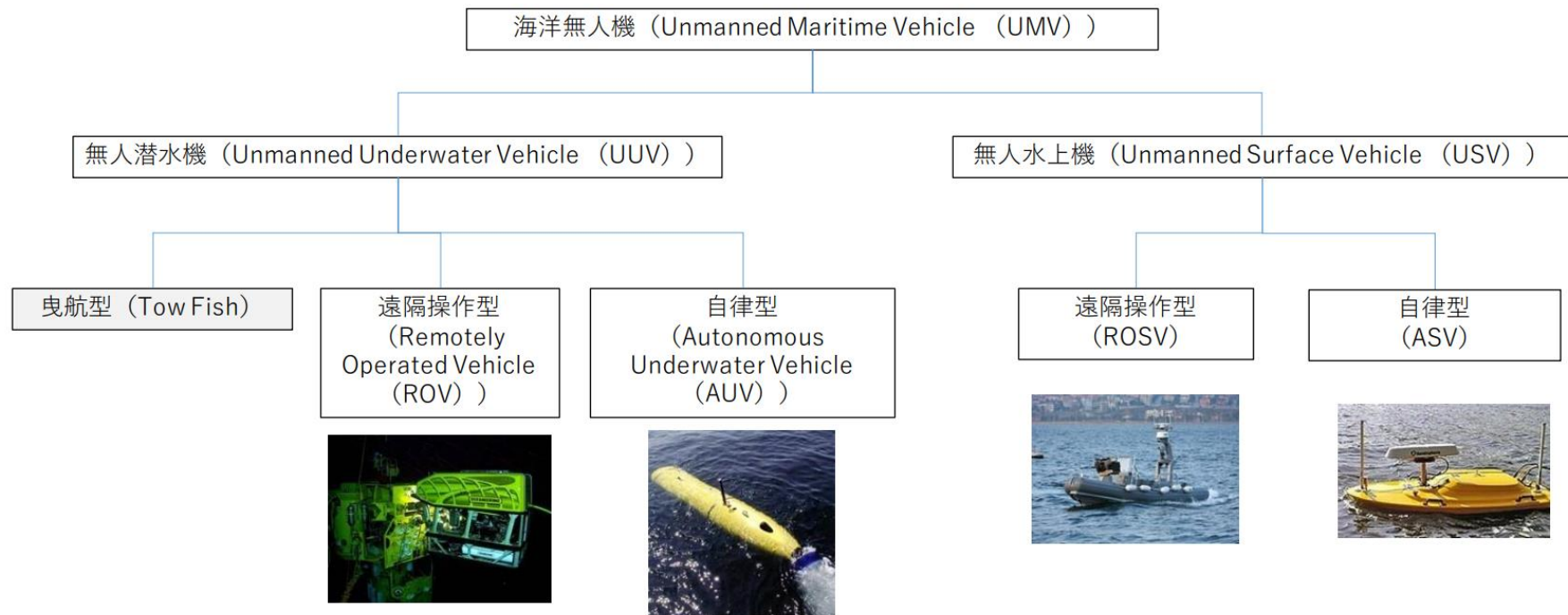
- こうした中、近年、ASV（小型無人ボート）や、いわゆる海のドローンとして活用が期待されるAUV（自律型無人潜水機）、ROV（遠隔操作型無人潜水機）等の「海の次世代モビリティ」（以下「次世代モビリティ」という。）の開発が進展しつつあり、また社会実装可能な機体も増加している。
- 本書では、海洋産業の活性化につながるとともに、沿岸・離島地域の活性化に資することが期待される「次世代モビリティ」に着目し、次世代モビリティの概要のほか、次世代モビリティの活用ポテンシャル・活用事例、支援施策等について紹介する。



海の次世代モビリティの種類

- 本書で扱う次世代モビリティは無人で航行する「海洋無人機」に属する。海洋無人機には、水中を潜航できる「無人潜水機」と、水面上を航行する「無人水上機」に大別される（下図）。
 - 無人潜水機には、母船に曳航される曳航型のほか、母船もしくは基地局から操作する遠隔操作型（ROV）、遠隔操作を必要としない自律型（AUV）がある。
 - 無人水上機についても遠隔操作型のほか、自律型（ASV）がある。

海洋無人機の分類




(出所) 国土交通省「AUVの安全運用ガイドライン」

海の次世代モビリティの種類

- 本書では、主にASV、AUV、ROVを対象とする。各次世代モビリティの概要を下図に示し、詳細を次頁以降に示す。

次世代モビリティの概要

	ASV(小型無人ボート)※遠隔操作の場合	AUV(自律型無人潜水機)	ROV(遠隔操作型無人潜水機)
概要	自律制御又は遠隔操縦により制御され、水上を航行する総トン数20トン未満の <u>小型船舶、ミニボート</u> 。	人が操作せずに全自動で行動する自律型海中ロボット。蓄電池や燃料電池等を動力としており、推進装置と動力源が活動範囲に直結。	海中ロボットの種類で、 <u>ケーブルを介して人が操縦する遠隔操縦無人機</u> 。カスタマイズによりアーム等を取り付け、一定の作業能力を付加することが可能。
活動領域	海上	海中	
機体例	 <p>出典:ヤンマー(株) 出典:(株)かもめや</p>	 <p>出典:ヤマハ発動機(株) 出典:東京大学 巻研究室</p>	 <p>出典:(株)いであ 出典:(株)FullDepth</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・海上で活動するため、GPS等による船体の位置特定が容易。 ・貨物の輸送のほか、ソナーによる浅瀬の調査・観測等が可能。 ・目視可能であり、運用に安心感がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操作を想定しないため、完全無人での作業が可能。 ・水中の対象物に接近しての画像撮影が可能。 ・ケーブルがないので、より深い海底の調査・観測が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水中の対象物に接近しての画像撮影が可能 ・目視は困難だがケーブルにつながっており、運用に安心感がある。 ・ケーブルを介しての電源の確保が可能。 ・アームの取り付けにより作業が可能。
	<ul style="list-style-type: none"> ・水中の対象物に接近しての画像撮影や作業は困難。 ・波浪等の影響や他船との衝突を回避するための遠隔操船技術が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・海中のため目視や電波による機体の位置特定が困難。 ・ケーブルがないので、紛失の恐れがある。 ・動力に限界があり、活動時間の制限がある。 ・事前に航行計画をプログラミングする等高度な技術が求められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルが到達する範囲での調査に限られる。 ・操作が必要であり、完全無人化は困難。 ・操縦者を乗せる船舶が必要(備船料がかかる)。 ・高度な操縦技術が必要。

海の次世代モビリティの特性 ～ASV～

- ASVとは、遠隔操縦または自律航行により制御され、水上を航行する小型船舶を指す（小型無人ボート：Autonomous Surface Vehicle※）。本書では主として総トン数20トン未満の小型船舶、ミニボートを対象としている。

※USV（Unmanned Surface Vehicle）と呼称されることもある

- ASVはクレーンによる積み下ろしが必要となる大型のものから、人による持ち運びが可能な小型のものまで様々な大きさのものが存在し、調査、観測や人や貨物の輸送などその用途も様々である。
- 近年、ASVの活用が進んでおり、国内においても以下の取組が進められている。



国内におけるASVの活用方法

活用方法	概要
海洋調査	<ul style="list-style-type: none"> ● 海上保安庁では、特殊搭載艇「マンボウII」という無人調査船を保有しており、「マンボウII」は西之島周辺の噴火警戒範囲内での海底調査にも用いられた。 ● 日本原子力研究開発機構（JAEA）、JAMSTEC と国内企業により、ファイバー型の放射線検出器による海底表面の放射線測定、音波測量機器による海底測量、海底土の採取装置による海底土コアサンプルの採取等が可能なASVの共同開発も行われている。
洋上中継器	<ul style="list-style-type: none"> ● 深海調査や海底地形測量において、AUVによって調査された海中のデータを地上に送信するための洋上中継機として用いられることもあり、SIP「次世代海洋資源調査技術」（2014-2018 年度）、「革新的深海資源調査技術」（2018年度-）においてもその開発が進められている。
物資輸送	<ul style="list-style-type: none"> ● （公財）日本財団による「無人運航船の実証実験にかかる技術開発共同プログラム」において、水陸両用自動運転バスの開発や横須賀市の三笠棧橋から猿島までの約1.7kmの無人運航等の実証実験が実施されている。 ● 都市河川における水上交通ASVの開発など人の運送に向けた開発、離島への貨物の無人輸送を目指した開発なども行われている。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 全長約3mとワンボックスカーにも搭載可能な比較的小型のASVが国内において製品化されており、これらのASVでは、遠隔操縦に加えてあらかじめ設定した経路の自律航行機能を有するものもある。 ● これらにより、カメラによる水上警備や環境調査への利用のほか、マルチビームソナー搭載によるダムの深淺測量や、給餌ユニット搭載による生簀や養殖場での餌の自動散布といったオプション機能を追加することが可能となっている。

海の次世代モビリティの特性 ～AUV～

- AUVとは、水中への潜航から水中の航行、水面への浮上までを全自動で行う機能を有する無人潜水機（Autonomous Underwater Vehicle）。
- 潜航前に機体へインプットしたプログラムに基づいて自律的に観測計画を遂行する。また、水面からの潜航深度や水底からの高度等、周囲の状況を把握するためのセンサ類を有し、水底や水中障害物への接触を避けながらの自律航行が可能である。
- AUVは移動の自由度が高く、広範囲に渡る連続調査が可能であるほか、海氷下など水面が閉鎖された場所での調査も可能である。他方、動力源の容量に依存して航続距離が制限される、全自動で動作するためROVのような複雑な行動が不得意である、外部との通信に伝送速度の遅い水中音響を用いるため収集したデータをリアルタイムで確認することが極めて困難といった制約がある。
- AUVは、主に航行型AUV、ホバリング型AUV、水中グライダーに分類される（下表）。



AUVの分類

分類	概要
航行型AUV	<ul style="list-style-type: none">● 水中を安定的に巡航しながら観測を行うAUV。● 魚雷型の形状で、海底から数十m～100m程度の高度を確保して運用されることが一般的。● 海底地形の調査のほか、海底面及び海底下の異常物把握、水質調査など、広範囲のマッピングを得意とする。
ホバリング型AUV	<ul style="list-style-type: none">● 海底や海中に存在する物体への接近を前提として設計されたAUV。● 垂直方向や横方向への移動のための推進器を備え、複雑な動きを得意とする。海底等への接近により、生物や水中構造物の光学画像撮影といった用途で活躍する。水中設備の保守・点検等の目的のため、水中の構造物に触れて作業を行うことができる機体もある。
水中グライダー	<ul style="list-style-type: none">● 機体形状及び運用方法は航行型AUVに類似するが、プロペラによる推進はせず、浮力制御のみで航行を行う点で構造が異なる。● グライダーは主に水温や塩分濃度等、水質調査の用途に用いられる。

海の次世代モビリティの特性 ～ROV～

- ROVとは、遠隔操作により水中を潜行できる無人潜水機（遠隔操作型無人潜水機：Remotely Operated Vehicle）の総称。
- 一般的なROVは、船上又は陸上の制御装置と無人潜水機の間をテザーケーブルと呼ばれるケーブルを介して接続し、カメラの映像等を確認しながら遠隔操作により水中の映像や情報をリアルタイムで船上に伝送する機能を有するほか、マニピュレータを備え、海底で機器設置や物品回収などの諸作業が行えるものもある。
- ノルウェー石油産業界が開発した石油・ガス開発に関する国際規格であるNORSOK規格（2020年版）によると、ROVは主に以下のClass I～Vに分類される（下表）。近年では、Class I 又はIIを中心に、汎用性の高い製品が販売され、活用事例も出てきている。



ROVの分類

分類		概要
Class I	観測用ROV	<ul style="list-style-type: none"> ● カメラ、ライト、ソナー（搭載していない場合もある）のみを有するROV。 ● 観測のみを目的としているが、追加のセンサ1個又は2台目のカメラを搭載可能。
Class II	ペイロードオプション付き観測用ROV	<ul style="list-style-type: none"> ● 本来の性能を維持しつつ、センサを2個以上追加した運用が可能なROV。 ● デジタルスチルカメラや防食効果確認システム、追加のビデオカメラやソナー等の他、軽作業用のマニピュレータ等を搭載して軽度の建設作業支援や調査・検査等を行うものも含まれる。
Class III	ワーククラスROV	<ul style="list-style-type: none"> ● 最低2つのマニピュレータを備え、標準の航行システムやカメラに加えて追加のセンサや機材を搭載可能なROV。 ● 本来の性能を損なうことなく追加のセンサや機材を追加しうる複合的な能力を有する。
Class IV	曳航型・海底移動型ROV	<ul style="list-style-type: none"> ● 船舶やウインチで水中を曳航されるよう設計されたROV及び無限軌道式駆動装置で海底を移動するROV。 ● 海底移動型ROVは一般的に非常に大きく、船上から供給される動力で運用され、主に海底ケーブルやパイプラインの埋設、掘削、浚渫などの特定の海底土木作業のために用いられる。
Class V	—	プロトタイプ等で他のクラスに該当しないもの。

海の次世代モビリティの役割

- 我が国の沿岸・離島地域では多様な課題を抱えている中、海の次世代モビリティの活用によって様々な効果が生み出され、沿岸・離島地域の諸課題を解決するポテンシャルを秘めている（左下図）。
- 次世代モビリティの活用が期待される分野は多様にある（右下図）。本プラットフォーム上で、各分野の次頁以降では、次世代モビリティの活用が期待される分野別に、先進的な利活用事例を紹介する。

沿岸・離島地域の課題と、次世代モビリティの活用効果

課題

- 作業員の高齢化・減少・担い手不足
- 作業の危険性
- 水中の状況が不透明
- 膨大な点検ニーズ
- 経済活動の停滞
- 新たなビジネスニーズ
- 海洋の持続可能な利用・開発・保全の必要性

活用効果

- 作業の効率化・省人化
- 作業の代替・自動化
- 作業の高度化
- 作業員の安全確保
- コスト削減
- 水中の可視化
- 新たな移動・物流手段
- 新たなコンテンツ開発

次世代モビリティの活用が期待される分野

漁船漁業

養殖業

インフラ管理

洋上風力

海洋ごみ

観光・教育

災害対策

その他
(船舶検査、離島物流等)