

自律型無人探査機（AUV）官民プラットフォーム
第1回全体会議

AUVに関する 最新研究開発動向

国立研究開発法人海洋研究開発機構
理事補佐／技術開発部 部長

永橋 賢司

nagahashik@jamstec.go.jp

目次

1. 世界における
AUVの最新研究開発動向
2. 日本におけるAUVの研究開発動向と
今後活躍が期待される場面
3. 日本のAUV開発の課題
4. まとめ

国別AUV開発動向(米)



**Bluefin Robotics
Hydroid Inc.**

◆AUVに関する最近の動向◆
-アメリカAUV産業における2強-

Bluefin Robotics



Bluefin-9



- ・潜航深度：約200m
- ・航続時間：約12時間

Bluefin-12



- ・潜航深度：約1500m
- ・航続時間：約30時間

Bluefin-21



- ・潜航深度：約4500m
- ・航続時間：約25時間

(画像引用：<https://gdmissonsystems.com/underwater-vehicles/bluefin-robotics>)

Hydroid Inc.



REMUS 100



- ・潜航深度：約100m
- ・航続時間：約12時間

REMUS 600



- ・潜航深度：約600m
- ・航続時間：約70時間

REMUS 6000



- ・潜航深度：約6000m
- ・航続時間：約22時間

(画像引用：<https://www.seanet.co.jp/index.html>)

概要

アメリカAUV産業における2強は、Bluefin Robotics社（親会社：General Dynamics Mission Systems社）とHydroid社（親会社：Huntington Ingalls Industries社）の2社である。

«AUV「REMUS」の軌跡»

Hydroid社は、2001年にWoods Hole海洋研究所から開発中のAUV「REMUS」の技術移転ライセンスを付与されたスピンオフ企業として設立。Hydroid社により学術、軍事、商業いづれにも応用可能な汎用性が高いAUVとなった「REMUS」は産業化に成功。Hydroid社は2008年にノルウェーのKongsberg Maritime社に買収されたものの、2020年にアメリカのHuntington Ingalls Industries社が再度買収（併せてKongsberg Maritime社と戦略的提携も確立）した。

充実した多用途AUVのラインナップ

国別AUV開発動向（中国1/2）



中国地質調査局
青島海洋地質研究所

◆AUVに関する最近の動向◆
-6000m級AUV「問海1号」-

「問海1号」の母船「海洋地質九号」



(画像引用：<https://funeco.jp/news/news-17536/>)

AUV「問海1号」



概要

2022年7月、深海探査観測／作業一体型の6000m級AUV「問海1号」が使用者に引渡し（中国科学院瀋陽自動化研究所開発）。広範囲の自動巡回型無人探査・定点精密遠隔操作サンプリングの機能を備え、自律・遠隔制御・混合の「3in1」のマルチ作業モードを持つ（母船は「海洋地質九号」）。

海洋環境調査、生物多様性調査、海底特定目標物探査、深海鉱産物資源調査などの深海科学観測作業に寄与する見込み。

（参考文献：中国国際放送局HP. 中国科学院、6000m級自律型長距離水中ロボット「問海1号」を引き渡し。

<https://japanese.cri.cn/2022/07/20/ARTIwoTcjD5raJAt1BuLHQ78220720.shtml>

科学技術振興機構. SciencePortal China. 6000メートル級自律型・遠隔制御水中ロボット「問海1号」が引き渡し

https://spc.jst.go.jp/news/220703/topic_4_03.html)

国別AUV開発動向（中国2/2）



中山大学
海洋科学工学研究所

◆AUVに関する最近の動向◆
-世界初の半自律型海洋調査船「珠海雲」-

スペック

排水量	約2,000トン
全長	88.5m
幅	14m
速力	18ノット (巡航13ノット)
所属	中山大学 海洋科学工学研究所

半自律型海洋調査船「珠海雲」



概要

2022年、世界初の半自律型海洋調査船「珠海雲」が進水（試験期間を経て、2023年1月より正式に運用開始）。数十機レベルの航空・水上・水中無人機を搭載し、開発されたAIシステム（インテリジェント移動海洋ステレオ観測システム：IMOSOS）でそれらを一元的に管理・運用できる。

表向きは3次元的な海洋観測・調査を行う海洋研究調査船だが、防衛設備や監視機能への応用を意識した、軍事・防衛用向きの設計になっているとの見方が強い。

(参考文献：J. Trevithick and O. Parken (The Warzone). China Launches Drone Ship That Acts As A Mothership For More Drones.

<https://www.thedrive.com/the-war-zone/china-launches-drone-ship-that-acts-as-mothership-for-more-drones>

科学技術振興機構. SciencePortal China. 世界初のスマート型無人システム科学調査母船

「珠海雲」が引き渡し

https://spc.jst.go.jp/news/230102/topic_5_05.html)

国別AUV開発動向（ノルウェー1/2）



◆AUVに関する最近の動向◆ -AUV「HUGIN Endurance」-

Kongsberg Maritime



(画像引用：
<https://www.oedigital.com/news/500427-kongsberg-maritime-nets-delivery-contract-for-largest-hugin-auv>)

全長 (mm)	11,000
幅 (mm)	1,200
最大潜航深度 (m)	6,000
空中重量 (kg)	7,000

AUV「HUGIN Endurance」



概要

2021年、世界でも広く利活用されているAUV「HUGIN」シリーズから、より 長期間・長距離（15日間・2,200km）を航行できる「HUGIN Endurance」 が登場した。耐性に加え、HISAS 合成開口ソナーやEM マルチビーム音響探査機による水深測量を用いた 1,100km²もの広範囲マッピング も特徴である。

軍事・防衛分野やカーボンフットプリント・調査コストの削減などを意識した組織からの需要が高い。

(参考文献：Naval Technology. HUGIN Endurance Autonomous Underwater Vehicle (AUV).

<https://www.naval-technology.com/projects/hugin-endurance-autonomous-underwater-vehicle-auv/>

Kongsberg Maritime社HP.

<https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2022/endurance/>)

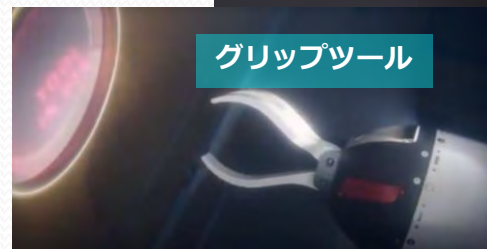
国別AUV開発動向(ノルウェー2/2)



◆AUVに関する最近の動向◆ - AUV「Eelume」 -

Eelume

※NTNU（ノルウェー科学技術大学）のスピノフ企業



グリップツール



概要




ウミヘビのような動きをして移動するAUV「Eelume」を、国営石油企業 Equinor社などからの資金援助を受けて開発中。水中で常時待機しており、命令を受けると稼働する設計となっているのが特徴。

また、モジュール化システムを採用しており、何かを採集する「グリップツール」、バルブを閉める「トルクツール」、「クリーニングツール」や様々なセンサーを搭載できる。洋上風力発電や養殖、Oil & Gas分野における施設・パイプライン点検などでの活躍が期待される。

(参考文献：ZDNet Japan. ノルウェーの海底で活躍が期待されるウミヘビ型ロボットと海底基地。

<https://japan.zdnet.com/article/35139610/>
Equinor社. 公開動画「The Good Snakes End Up In Åsgard」.
<https://www.youtube.com/watch?v=ACC0-HcULoo>)

国別AUV開発動向(まとめ1/2)

	 アメリカ	 中国	 ノルウェー
動向	<p><u>MDA提唱国</u>ということもあり、科学・研究に加え、<u>軍事・防衛</u>がAUVの主要な用途となっている。2025年を目途に海軍は攻撃型原子力潜水艦が現在担っているタスクを<u>AUVに移転</u>するという計画も策定しており、今後の開発方針は「<u>Endurance (どれだけ早く遠くへ行けるか)</u>」・「<u>Autonomy (意思決定機能)</u>」の向上と銘打っている。</p>	<p>国家戦略においてAUV開発の主要な<u>大学、研究機関、企業へ重点的に支援</u>をしている。2035年を視野に、開発シナリオは<u>より遠く深く(10,000m)、高い知能、有人・無人・大型・小型全てが共同し合うオペレーション</u>を目指している。</p>	<p><u>Kongsbergグループ</u>は「<u>HUGIN</u>」という汎用性が非常に高いAUVシリーズの生産・販売を行っており、<u>世界のAUV市場でトップシェア</u>を占める(2020年、同様に汎用性が高い「REMUS」の製造を行う子会社を米国企業に売却)。近年はOil & Gas分野から資金を獲得した民間企業がAUV開発に参入しており、<u>民間を中心とした新型AUVの開発も推進</u>されている。</p>
主要 関連 機関/ 企業	<ul style="list-style-type: none"> Woods Hole海洋研究所 Scripps海洋研究所 Huntington Ingalls Industries社 Bluefin Robotics社 <p style="text-align: right;">など</p>	<ul style="list-style-type: none"> 中国科学院瀋陽研究所 SIAコンピュータービジョングループ 中国造船工業株式会社 (CSIC) ハルビン工程大学 <p style="text-align: right;">など</p>	<ul style="list-style-type: none"> Kongsberg Maritime社 NTNU SINTEF Eelume社 <p style="text-align: right;">など</p>

国別AUV開発動向(まとめ2/2)



イギリス



オーストラリア

動向

2014年にNOCと海軍がグライダー型AUVの開発・運用をはじめとする様々な活動の協力へ向けた覚書に署名をするなど、学术界と軍事・防衛分野の距離は比較的近い。世界最大の発電量を誇る洋上風力発電事業に関連したAUVの需要が高まる一方、例えばNOCではLong Range型、民間企業では地震計型等、多種多様なAUVが開発されている。

海洋環境保全を目的としたAUVの利用が活発。「IMOS (Integrated Marine Observing System)」は、大学などを中心とした海洋観測ネットワークであり、AUVを活用して、サンゴをはじめとする海洋生態系の中長期モニタリングを国内沿岸の広範囲で実施している。取得されたデータはステークホルダーや海外の協力者に無償で公開するなど、情報公開に対しても積極的な姿勢である。

主要
関連
機関/
企業

- National Oceanography Centre (NOC)
- Ocean Infinity社

など

- シドニー大学 Australian Centre for Field Robotics

など

目次

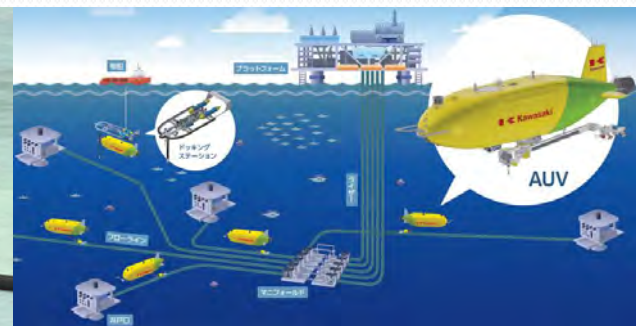
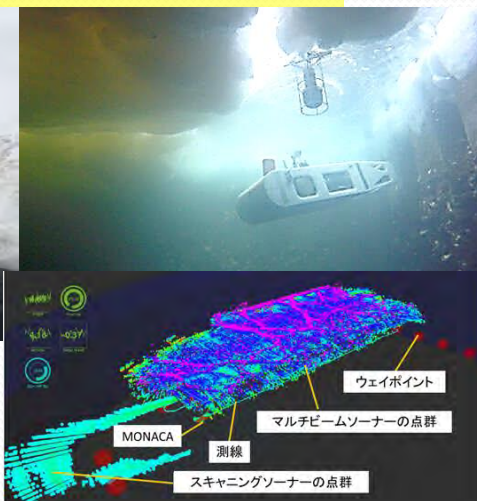
1. 世界における
AUVの最新研究開発動向
2. 日本におけるAUVの研究開発動向と
今後活躍が期待される場面
3. 日本のAUV開発の課題
4. まとめ

国内AUV開発動向

大学、防衛分野、民間調査など多岐に渡って、研究開発が進展中。

海水や棚氷下の調査用AUV
-東京大学 MONACA-

海底パイプライン検査用AUV
-川崎重工業 SPICE-

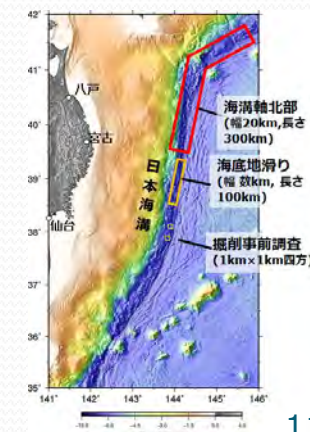
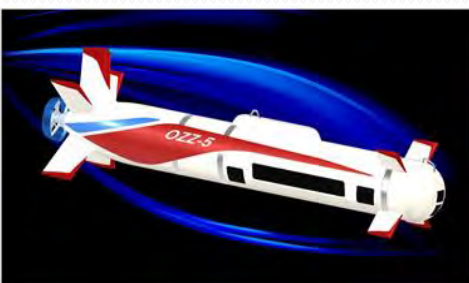


東京大学 巻研究室
<http://makilab.iis.u-tokyo.ac.jp/equipment/>

川崎重工業
https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20210518_1.html

機雷探知用AUV
-三菱重工業 OZZ-5-

地震発生帯を調査する大深度AUV
-JAMSTEC うらしま8000-



三菱重工業
https://www.mhi.com/jp/news/210330.html?utm_source=spectra&utm_medium=referral&utm_campaign=/jp/sensing-danger-how-mine-detectors-protect-shipping-routes&_ga=2.230924703.182720307.1670486076-894530456.1670486075

高速音響通信技術

信号処理部を
インハウスで開発



よこすか



カメラの映像を
キャプチャーして
静止画にし、
音響通信で
デジタル伝送する。



しんかい6500

80kbps@6.5km



FF11K

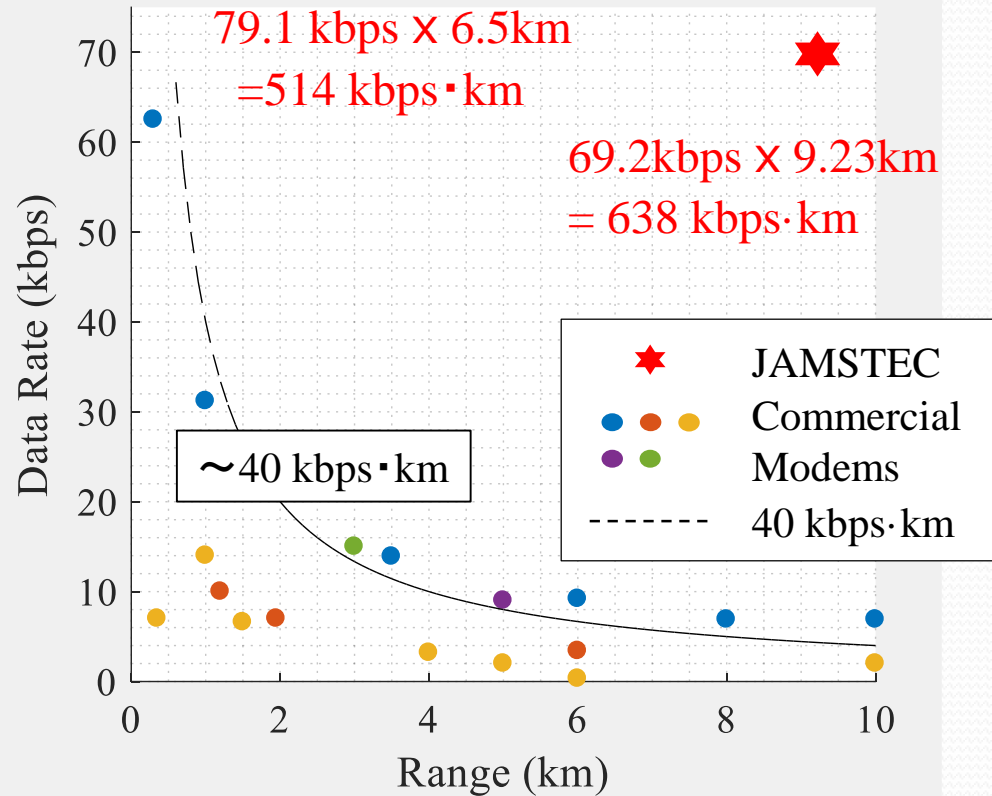
100kbps@6km

70kbps@9.2km

98.9 kbps × 6.18km ★
= 611 kbps·km

79.1 kbps × 6.5km ★
= 514 kbps·km

69.2 kbps × 9.23km ★
= 638 kbps·km



マルチパス波の無い鉛直方向の通信では、
高速化を実現し、実用化している。

今後、AUVの活躍が期待される場面

○洋上風力発電における展開

2050年のカーボンニュートラル宣言、グリーン成長戦略を踏まえ、洋上風力発電の開発が盛ん。今後の建設はより沖合へ移動することから、予定候補地の事前調査メンテナンスコストが重要となる。基数が増えるとロボット化は必須。水中構造物の目視検査から画像検査へ移行するべき。事業成立にはコスト削減が必須で事前調査やメンテナンスでロボットを活用。



出典：<https://rief-jp.org/ct8/97830>

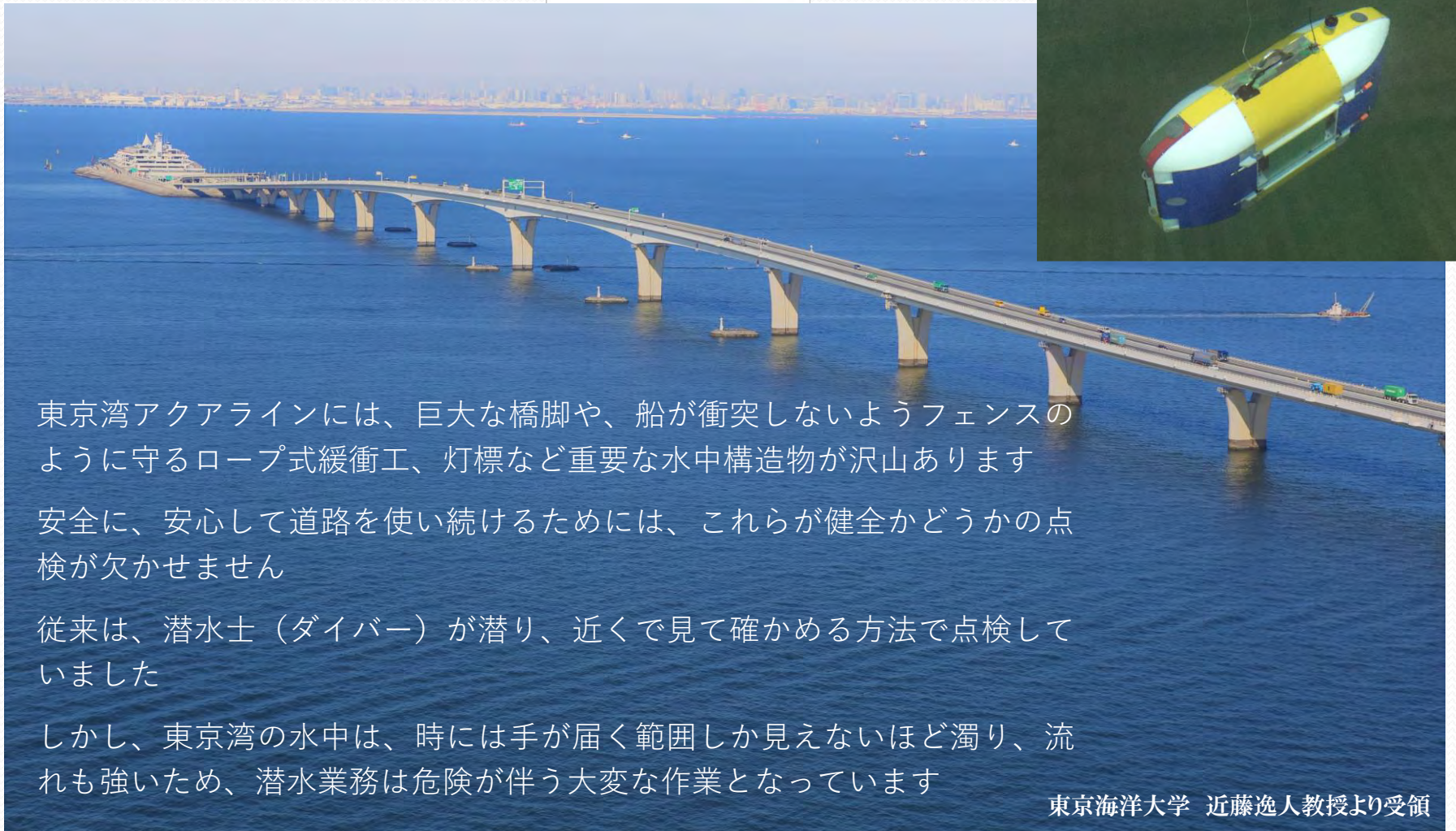
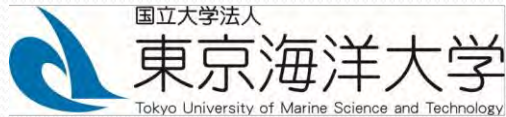
この他にも、

○水中構造物の点検

○沿岸域の緊急地震調査システム

などへ応用に期待が集まっている。

水中構造物点検ロボットの開発(1/2)



東京湾アクアラインには、巨大な橋脚や、船が衝突しないようフェンスのように守るロープ式緩衝工、灯標など重要な水中構造物が沢山あります
安全に、安心して道路を使い続けるためには、これらが健全かどうかの点検が欠かせません

従来は、潜水士（ダイバー）が潜り、近くで見て確かめる方法で点検していました

しかし、東京湾の水中は、時には手が届く範囲しか見えないほど濁り、流れも強いため、潜水業務は危険が伴う大変な作業となっています

水中構造物点検ロボットの開発(2/2)

フォトグラメトリによる
3次元観測結果



オルソ画像



将来のAUV活用のビジョン

JAMSTECが考える 将来のAUV活用ビジョン

1 : 海底鉱物資源調査



広域を効率的に調査する技術開発目標が達成された場合、AUVで日本のEEZ全域の海底鉱物資源をある程度妥当な期間とコストで調査することが可能に。

2 : 海底地震・火山観測



水中光・音響通信技術の高度化の向上によりAUVで海底地震計のデータを短時間で回収できるようになった場合、海底地震・火山観測の手段として海底地震計+AUVの組み合わせが検討可能に。

3 : 科学調査



生物を自動識別できる画像観察機器を搭載・運用できるAUVを開発することで、海洋生態系の変動や環境変動のモニタリングが可能に。大深度化することで未知の生物の観測も可能に。

4 : 環境モニタリング

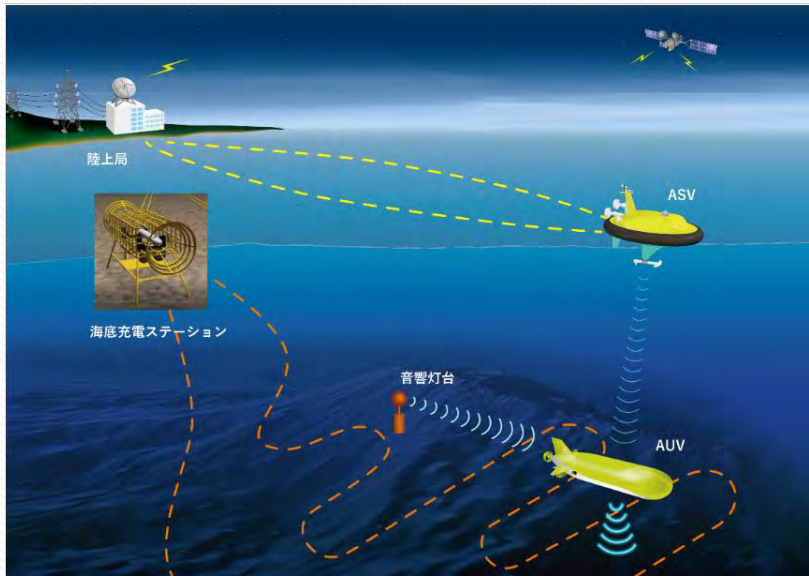


生物多様性条約第15回締約国会議において、世界の陸と海の少なくとも30%を保全することを柱とする新たな目標（30 by 30）が合意。航行型AUVやホバリング型AUVを組み合わせた、広域的な環境モニタリングシステムの確立が必要に。

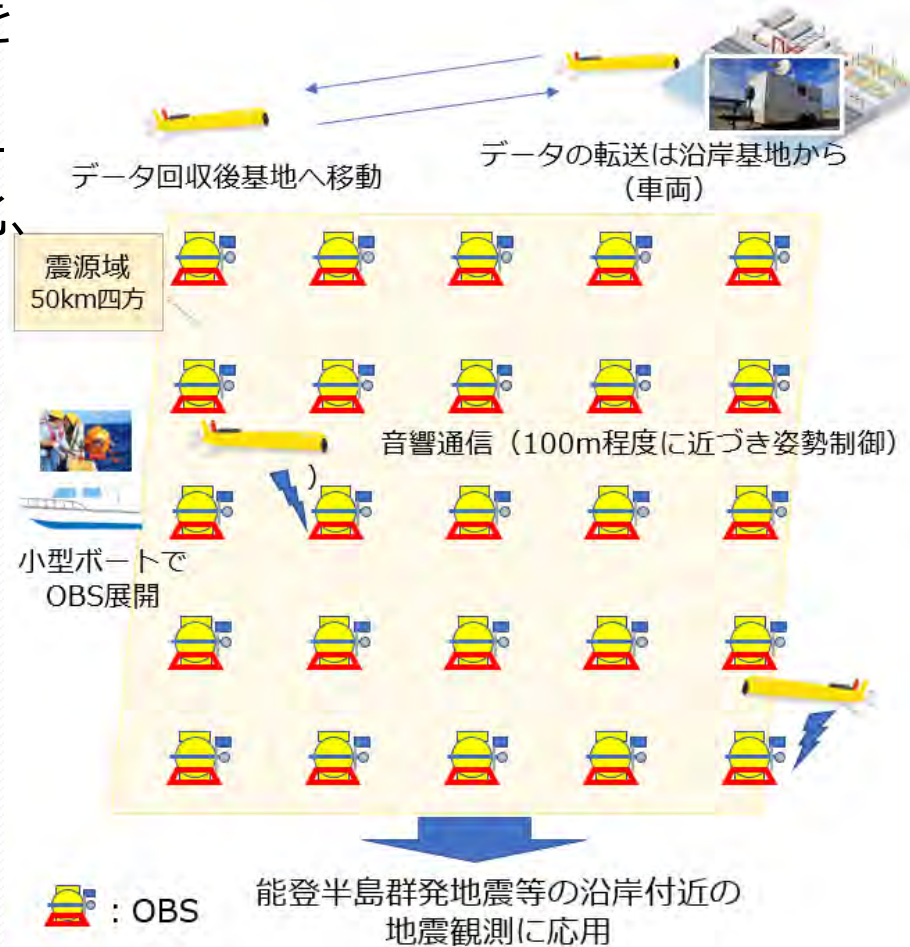
(画像引用：
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/ocean_policy/content/001378597.pdf)

将来ビジョンの例（海底地震観測）

●沿岸域の緊急地震調査システム
AUV、ASV、海底充電ステーション等を用いて、有人調査船舶に頼ることなく、低コストで高頻度に海底地震計からデータを回収する。地震情報などの高精度化、高信頼性確保に貢献する。



調査船舶に頼らない自動データ回収システム



光通信技術

海中において観測装置から高速にデータを回収することが可能となる。



緑LD

赤LD

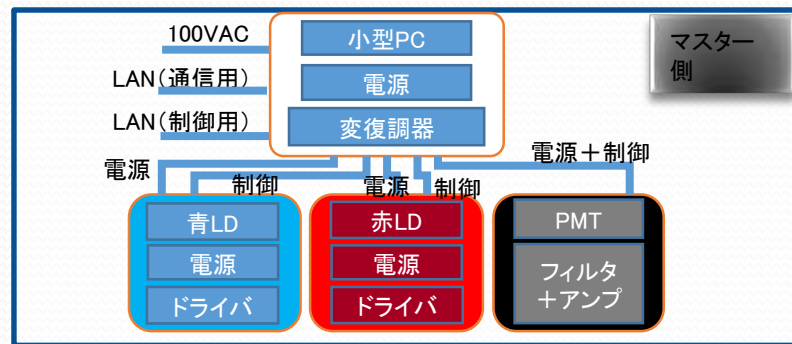
青LD

耐圧容器 (PMT用)



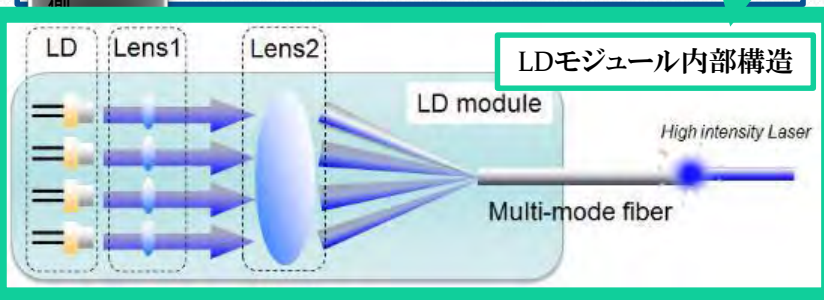
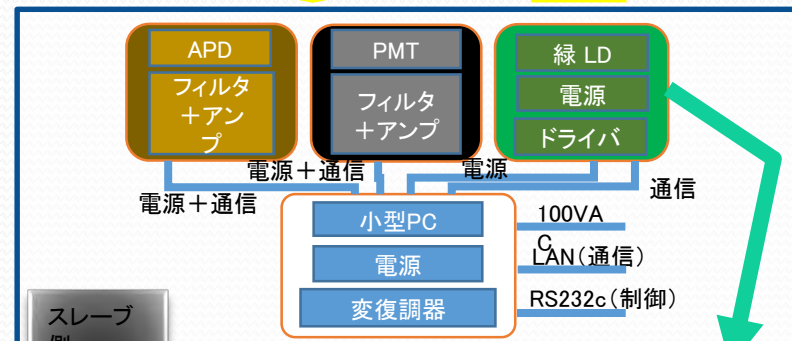
重量	全40kg (気中)
消費電力	最大350W
波長	450,525,640nm
光出力	5w以上
ビーム角度	レンズ調整により可変
耐圧深度	1000m
通信符号	100Mイーサ(TCP,UDP)

Li-Fi



赤, 青光

緑光



通信距離 **120m** で通信速度 **20Mbps**

目次

1. 世界における
AUVの最新研究開発動向
2. 日本におけるAUVの研究開発動向と
今後活躍が期待される場面
3. 日本のAUV開発の課題
4. まとめ

日本のAUV開発環境の課題とその解決策

〈とりまく2つの大きな課題〉

① 高い市場進出の壁

世界：多用途AUVは寡占が進む

国内：オイル業界がなく、市場規模が小さい

② 高い開発/運用コスト

開発：海外製部品が多い、各機関が独自開発、少ない生産台数

運用：常時モニタリング、異なるオペレーション手順

〈解決策〉

① 差別化による市場の開拓

世界：目的に特化し、独自性を持ったAUVを開発して差別化

国内：市場を自ら掘り起こす(例えば、洋上風力発電、老朽化が進む海中構造物等のモニタリング/メンテナンス)

② 開発/運用コストの低減

開発：部品共通化や協働によってロボット自体の価格を抑制

運用：ロボットの自律化機能を強化や、着揚収の共通化/省人化によるオペレーション負荷の軽減および調査人件費の抑制

日本のAUV関連技術の優位性と課題

<日本に優位性のある技術>

- ・ 高速音響や光などの通信技術について、世界最先端の技術開発を実施。
- ・ 大学主導でホバリング型AUVを世界に先駆けて研究開発。
- ・ KUROSHIOの母船レス運用技術。

<日本が今後強化すべき技術>

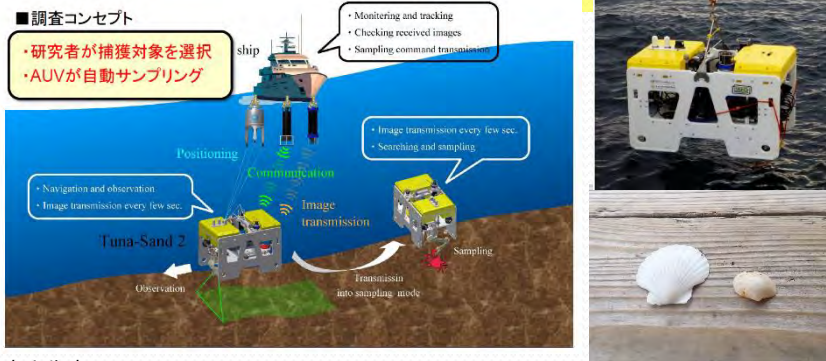
- ・ **自律性の高度化/省人化・無人化レベルの向上（欧米が先行）**

加えて、センシングや自動化技術など、日本企業が持つ優れた陸上で利用されている技術を海中へ取り込み、AUVシステムとして作りこみ、技術の厚みを増して特色を出すことが重要

自律化技術/省人化・無人化技術

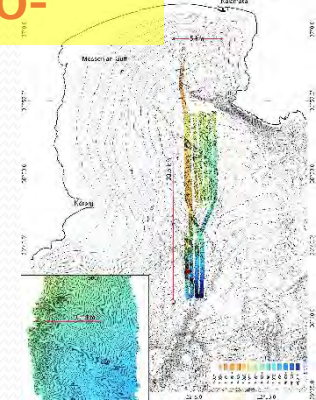
従来は潜航中における「ルートトラック」「障害物回避」程度であった自律性のレベルが、CPUの高性能化およびソフトウェア技術によって向上し、さらには運用の省人化・無人化へと進展してきている。今後、AI技術も取り込みながらさらに進展していくと考えられる。

全自動生物サンプリング -東大生産研/九州工業大-



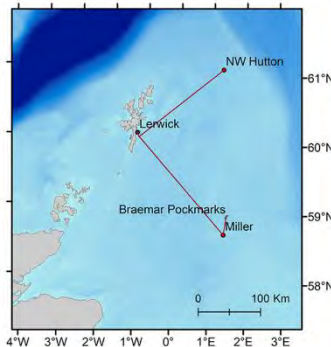
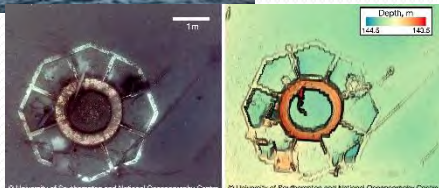
東大生産研 <https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/news/2894/>
九州工業大学 <https://www.kyutech.ac.jp/whats-new/press/entry-5428.html>

ASVを用いた母船レス運用 -Team KUROSHIO-



Team KUROSHIO <https://www.jamstec.go.jp/team-kuroshio/>

1000km,22日に渡る廃止石油サイト調査 -サザンプトン大・NOC-



サザンプトン大学 <https://www.southampton.ac.uk/news/2022/11/biocam-at-sea-mission.page>

遠隔操縦水上艇「Armada」 -Ocean Infinity社-



写真は全長78m型
現状は乗組員あり
将来的に無人化計画

Ocean Infinity <https://oceaninfinity.com/armada-launches-to-sea/>

目次

1. 世界における
AUVの最新研究開発動向
2. 日本におけるAUVの研究開発動向と
今後活躍が期待される場面
3. 日本のAUV開発の課題
4. まとめ

まとめ

- ・世界では、航行型の汎用AUVは寡占状態であり洗練度も高い。多用途AUVから**目的特化型AUV**へシフト段階。ホバリング型/作業型は発展途上。
- ・日本では、科学調査が先行/牽引する形で研究開発が進んでおり、高速音響や光などの通信技術や、KUROSHIOの母船レス運用技術など、世界水準レベルの技術を有する。
- ・今後は、**通信技術/センサ技術**などの強みを活かしつつ、**自律化ソフトウェア技術**を強化し、独自性の高い目的特化型AUVの技術開発に注力すべき。そのためには、日本の製造業が得意とする、他分野の技術を取り込む「作りこみ」と「すり合わせ」を活かすことが重要。
また、将来的には開発主体などが中心となって、**部品やソフトウェアの共通化・互換性**を含めて、まとまりをもって取り組む事が大切。

ご清聴ありがとうございました。