



第24回 海上技術安全研究所研究発表会



総合的海洋安全保障に向けた 次世代海洋無人機システム

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

次世代海洋無人機PT

金岡秀

社会的背景

- 少子・高齢化による労働人口減少への対策
- 生産性向上
- 労働環境の改善や安全性向上



➔ **無人化・省人化の時代**

海技研としての研究方針

- AUVやASVなど海洋無人機関連の研究開発を戦略的・重点的に遂行
- 2023年7月に**次世代海洋無人機PT**を発足

* AUV: Autonomous Underwater Vehicle
* ASV: Autonomous Surface Vehicle

● 次世代海洋無人機PTのビジョン

- 海洋無人機の研究開発を通じて、海技研の基本理念である安全安心な社会の実現、環境と調和した社会の実現、海事産業の競争力強化及び未来を拓く技術の創造に貢献する
- 海洋資源の持続可能な利用、安全保障の強化、海洋環境の保全等、**総合的海洋安全保障**の強化に向け、海洋無人機分野において世界をリードする研究開発を展開する

- 次世代海洋無人機PTのミッション

- 個人及び組織としての研究力量を強化し、総合的海洋安全保障の実現に資する高効率・高精度の海洋調査を
広域・長期にわたり実行できる先進的海洋無人機及びその運用手法を研究開発すること

具体的な研究テーマ

- 総合的海洋安全保障の実現に貢献する研究テーマを選定
 - ① 水中完結型の複数AUV協調群制御
 - ② 長期運用・大量データ回収を可能にする海洋環境広域モニタリングシステムの構築
 - ③ AUVによる長期海底調査の実現に向けた深海ターミナル及びドッキング技術
 - ④ 海洋構造物の補修・点検等に対応できる小型・安価AUVシステムの開発

実現すべき社会貢献の内容

- 海洋資源の持続可能な利用、安全保障の強化、海洋環境の保全等、**総合的海洋安全保障**の実現を通じて
社会に貢献

総合的海洋安全保障

- 海にまつわる恩恵を最大限享受し、リスクを最小限に抑えようとする包括的な取り組み
 - 不審船・領海侵犯への対応
 - 海上交通ルート確保
 - **海底資源（熱水鉱床、レアアース等）の調査**
 - 海底地震・津波等の監視
 - **海洋環境の保全**
 - 海底火山の監視



戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期



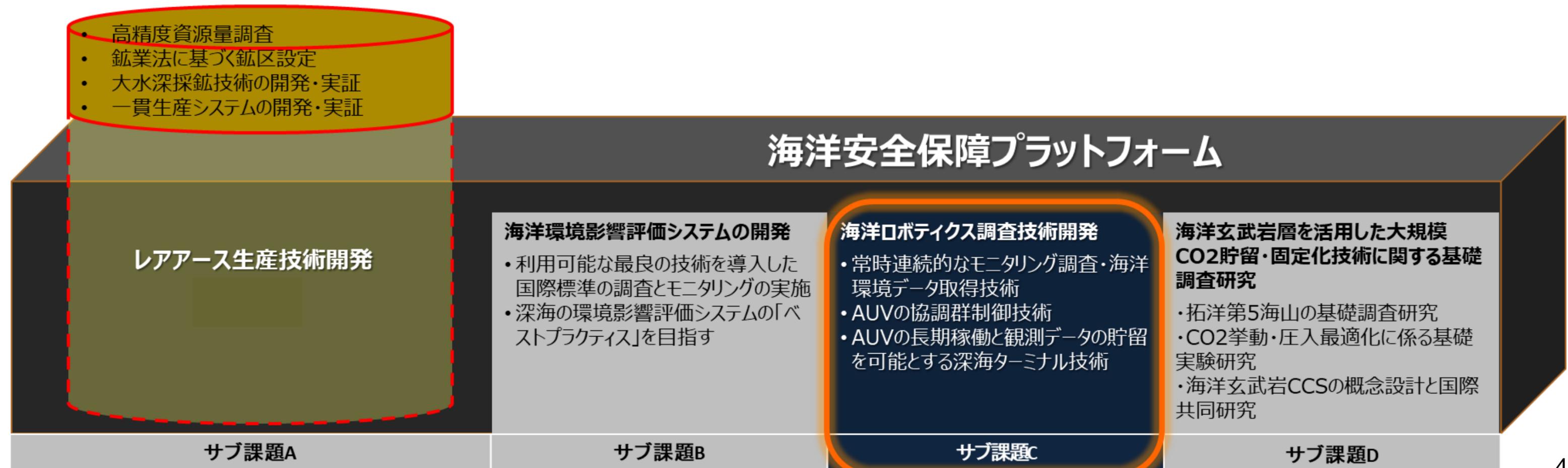
戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

SIP第1期「次世代海洋資源調査技術」：H26～H31

SIP第2期「革新的深海資源調査技術」：H30～R04

SIP第3期「海洋安全保障プラットフォームの構築」：R05～R10

- サブ課題C「海洋ロボティクス調査技術開発」



SIP第3期における海技研の研究開発



- 複数AUV協調群制御技術による海底観測と海洋環境広域モニタリングに関する研究開発

The illustration shows a research vessel on the surface and several AUVs operating in the water. One AUV is docked at a deep-sea terminal. The scene includes a wind farm in the background and various communication and data links between the vessel, the terminal, and the AUVs.

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

① 水平方向のAUV間通信・測位技術（協調群制御）を用いた新たな複数AUV同時運用技術
定点環境影響評価システム江戸っ子を音響灯台として活用し、洋上管制に頼らない水中完結型の複数AUV同時運用技術

④ 海洋構造物保守点検等に対応可能な小型・安価で容易に活用可能なAUVの開発

③ 航行型・ホバリング型AUVによる長期海底調査の実現に向けた深海ターミナル及びドッキング技術

② 音響灯台、複数AUV、深海ターミナルの連携による長期運用・大量データの回収が可能な広域モニタリングシステム

江戸っ子1号

©SIP/NMRI/JAMSTEC

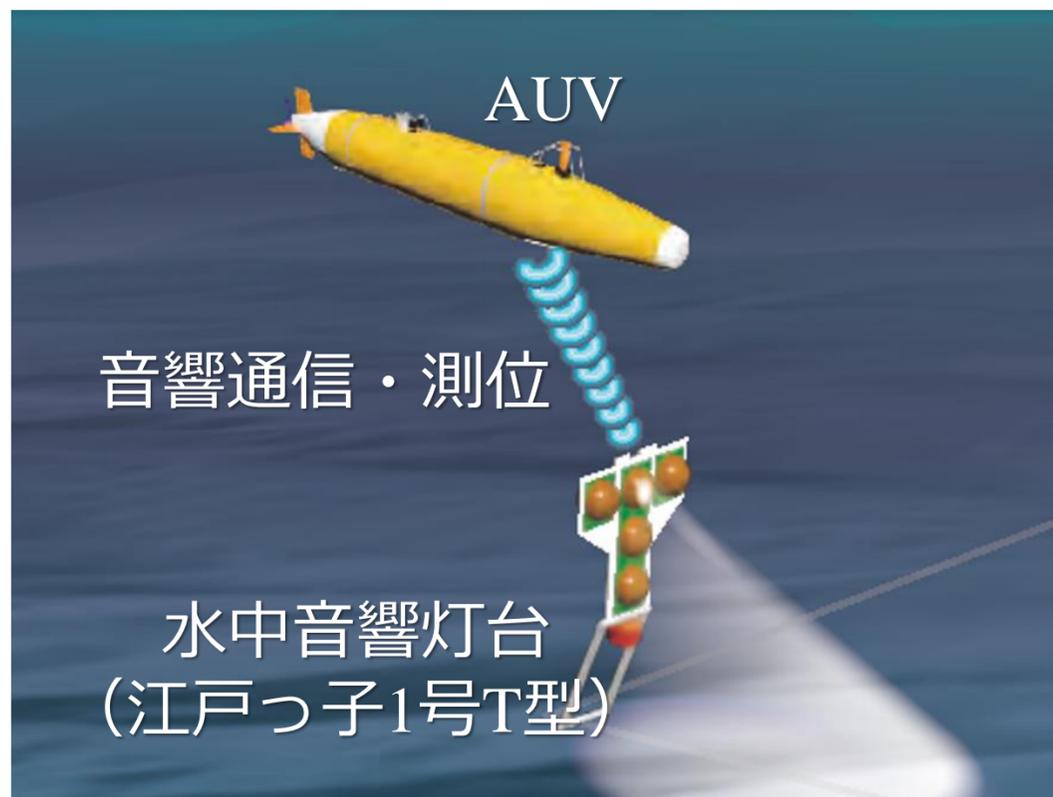
水中音響灯台、深海ターミナル



戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

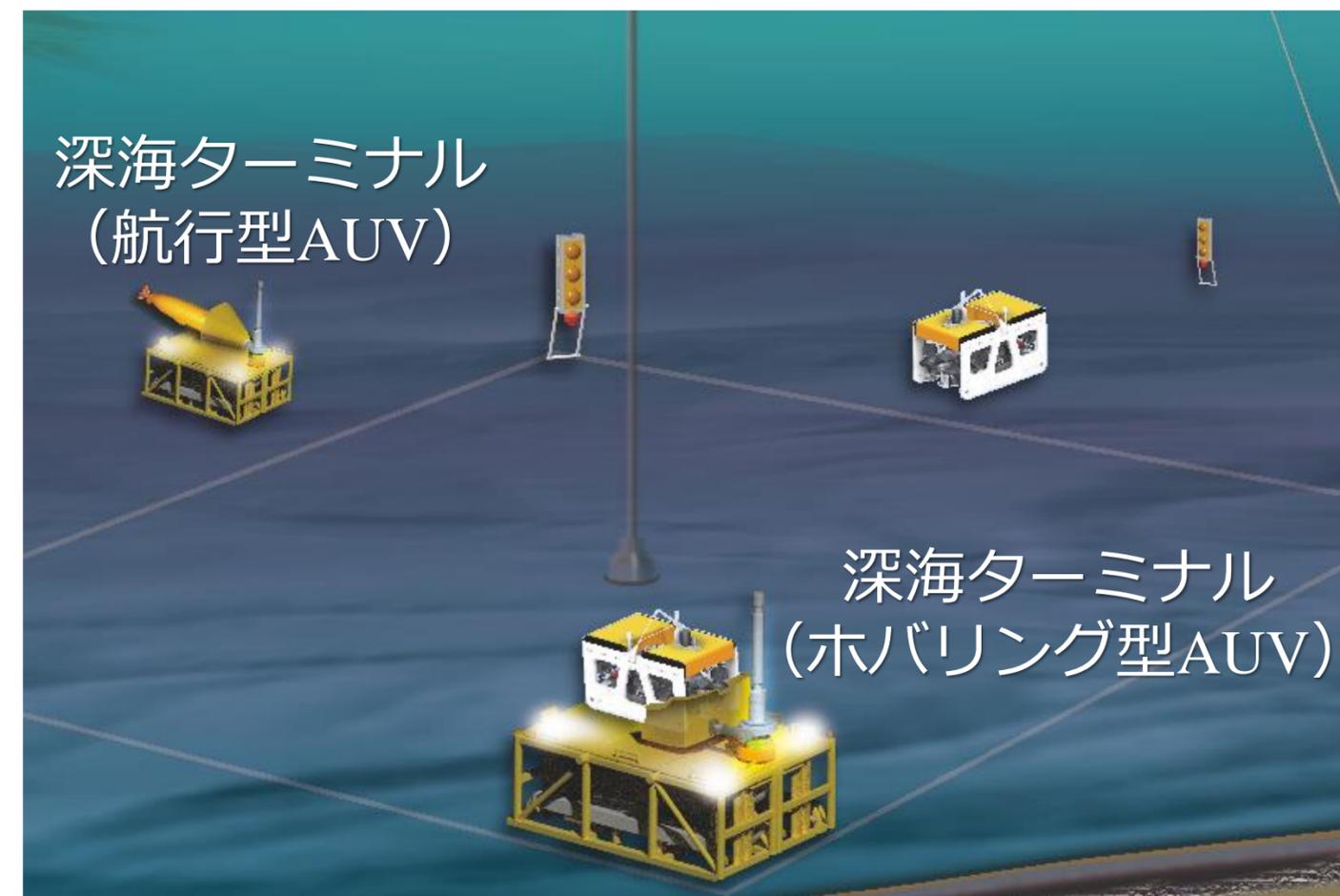
• 水中音響灯台

- 海底に設置されるAUV航法の**基準局**
- 音響測位・通信を通じてAUVの絶対位置・相対位置の補正を行う
- 定点・長期観測機能を兼ね備える場合もある（江戸っ子1号）



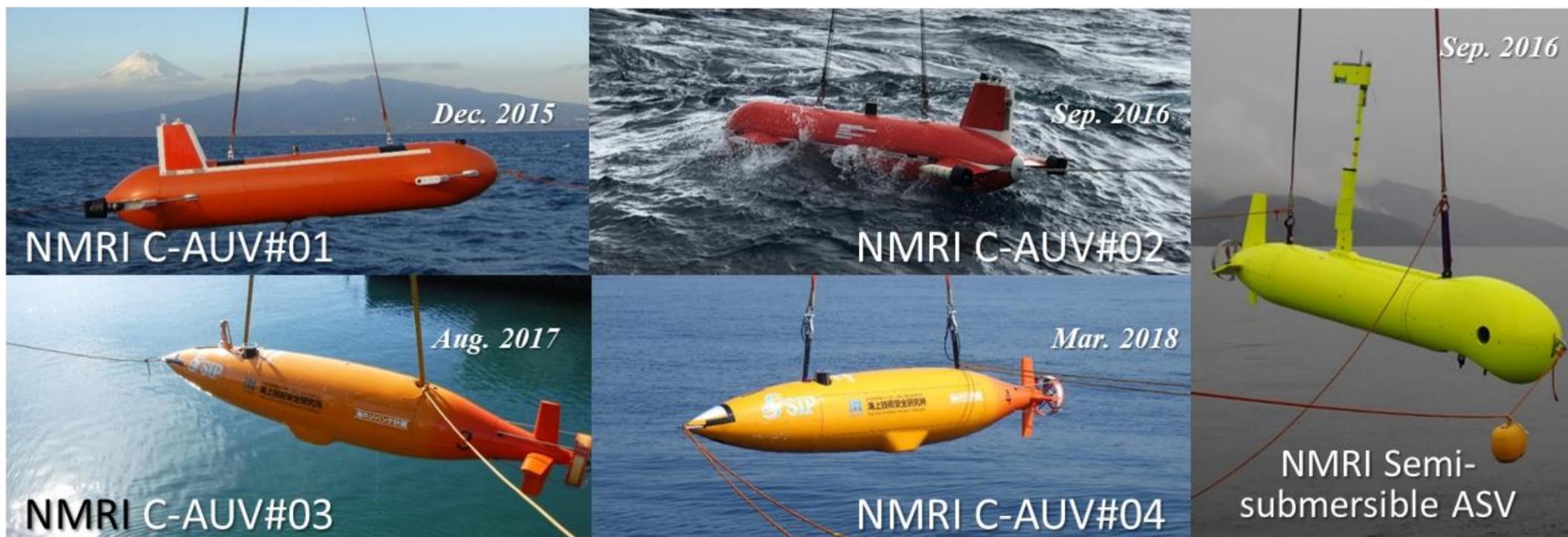
• 深海ターミナル

- AUVの海底ドッキングステーション
- 充電装置、データ転送装置を備える
- AUVの無浮上・長期運用を実現する海底基地



- SIP第1期にて開発

- 複数AUV同時展開による高効率の海底資源探査に資する調査ユニット



AUV : 探査機

ASV : 管制機

⊕ **小型・軽量**

⊕ **船を選ばない**

C(Cruising)-AUV : 航行型AUV

H(Hovering)-AUV : ホバリング型AUV

	dimensions (m)	mass (kg)	depth rating (m)	speed (m/s)	main payload
NMRI C-AUV #01	3.9×0.65	780	2000	1.5	PSBP ¹⁾
NMRI C-AUV #02	3.6×0.6	620	2000	1.5	MBES ²⁾
NMRI C-AUV#03, 04	3.9×0.65	545	2000	2.2	MBES ²⁾
H-AUV Hobalin	1.2×0.7×0.76	270	2000	0.4	camera, CTD ³⁾
NMRI Semi-submersible AUV	4.0×0.58×2.7	730	-	1.5	-



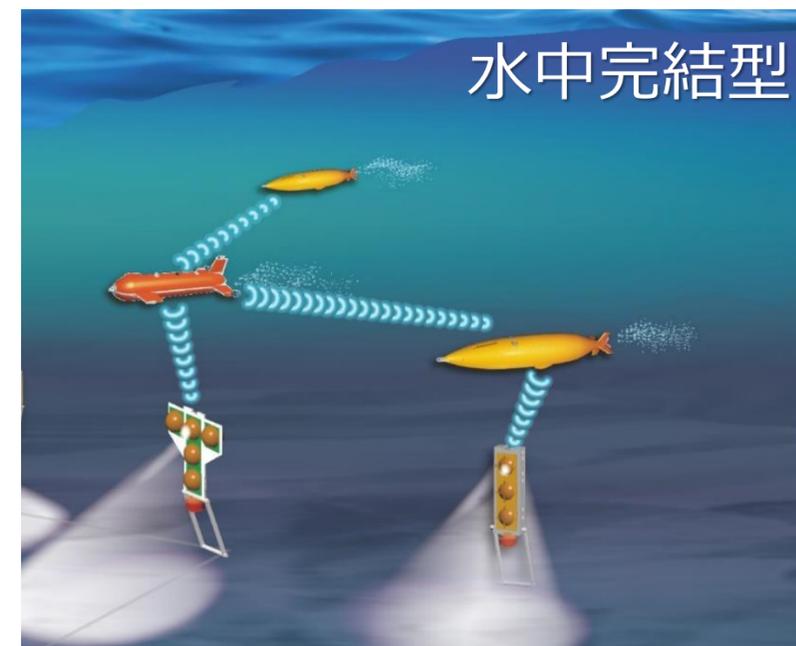
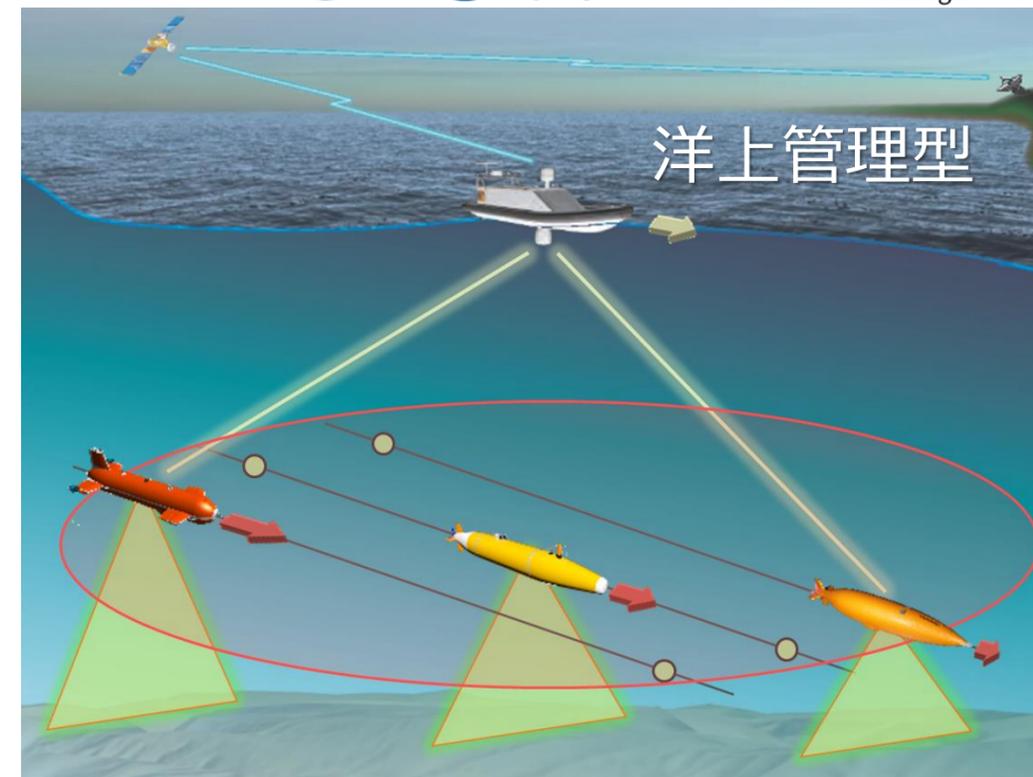
1)PSBP : Parametric Sub-Bottom Profiler

2)MBES : Multi-Beam Echo Sounder

3)CTD : Conductivity, Temperature, & Depth

海技研の複数AUV同時運用技術研究開発

- SIP第1期： 複数AUV同時展開
 - ➔ 高効率の海底調査技術
- SIP第2期： 複数AUV隊列制御
 - 複数機間の相対位置を直接制御： 欠測・音響干渉の防止
 - ➔ 高効率、高精度・高品質の海底調査技術
- SIP第3期： 複数AUV協調群制御
 - AUV-AUV間の測位・通信で**水中で完結する**複数AUV同時運用技術
 - ➔ 機密性を確保した高効率、高精度・高品質の海底調査



リファレンス - フォロワー群制御



リファレンス - フォロワー(Reference - Follower)群制御

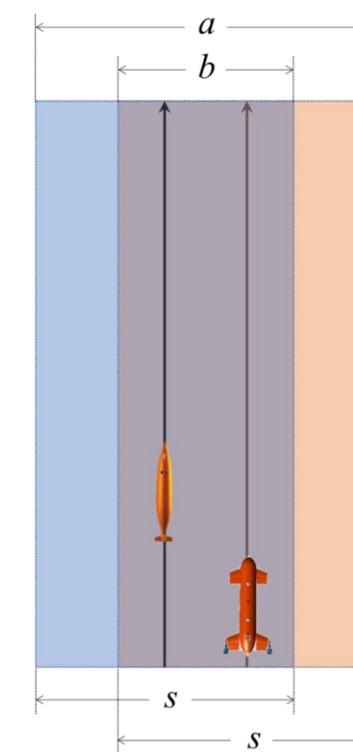
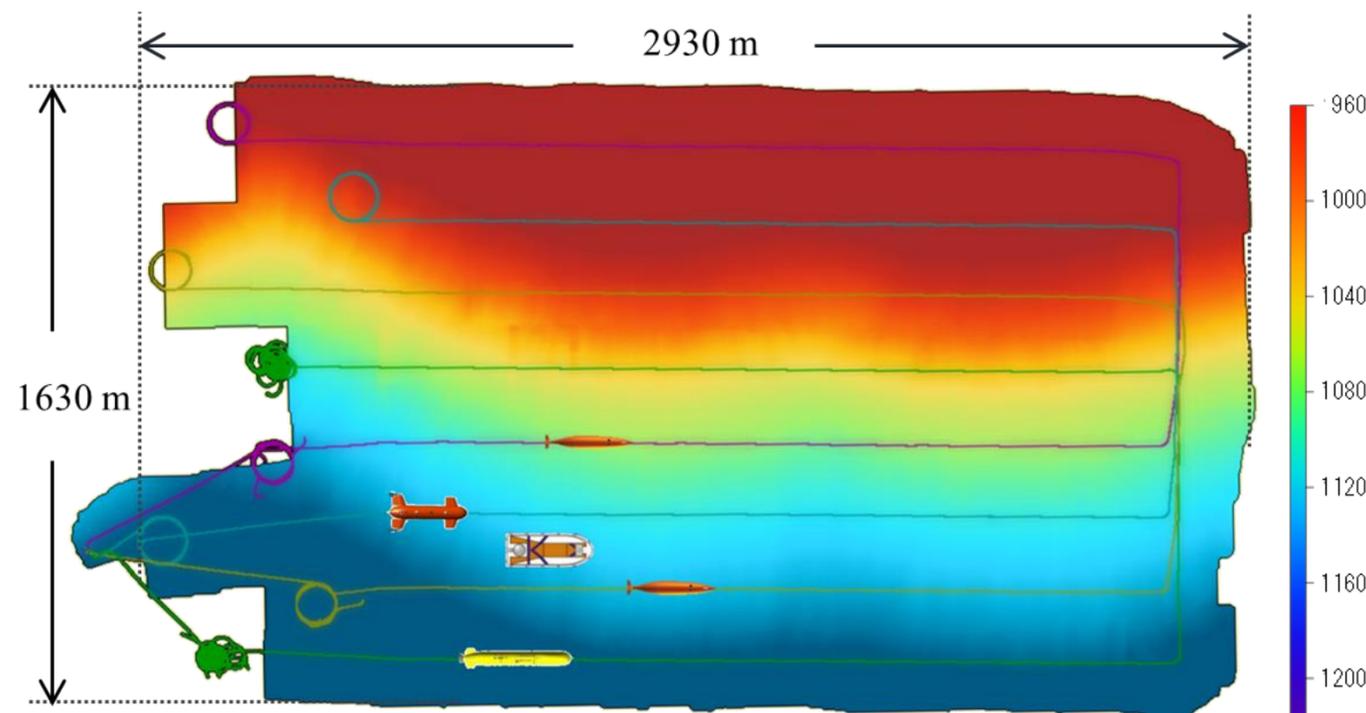
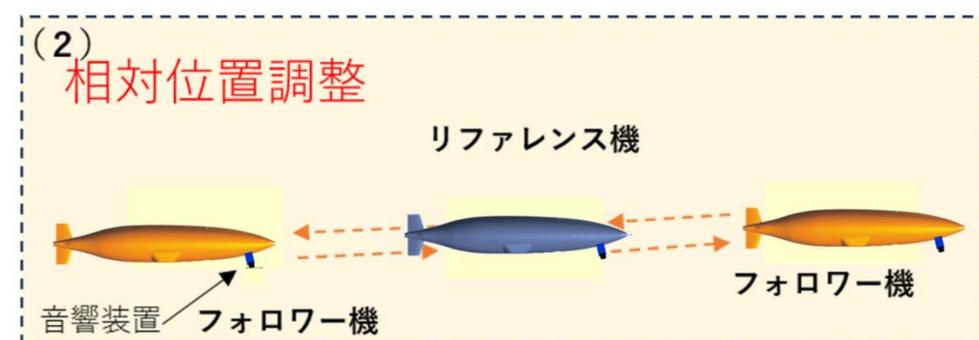


戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

- 弱い(weak)リーダー - フォロワー群制御の一形態

- 各機の絶対位置補正: 海底音響灯台の測位・通信
- 複数機間の相対位置調整: リファレンス機を測位

← 水中完結型の複数AUV同時運用を実現



ラップ率(%) = $b/a \times 100$

- 高効率、高精度・高品質海底音響調査

- 従来の半分のラップ率(30%)で同等の精度・品質の海底マッピングが行えることを確認

シミュレーション結果



- リファレンス – フォロワー群制御によるAUV3機同時潜航のシミュレーション → R6年10月に実海域試験を通じて検証の予定



戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



H-AUVによる深海ターミナルドocking



SiP

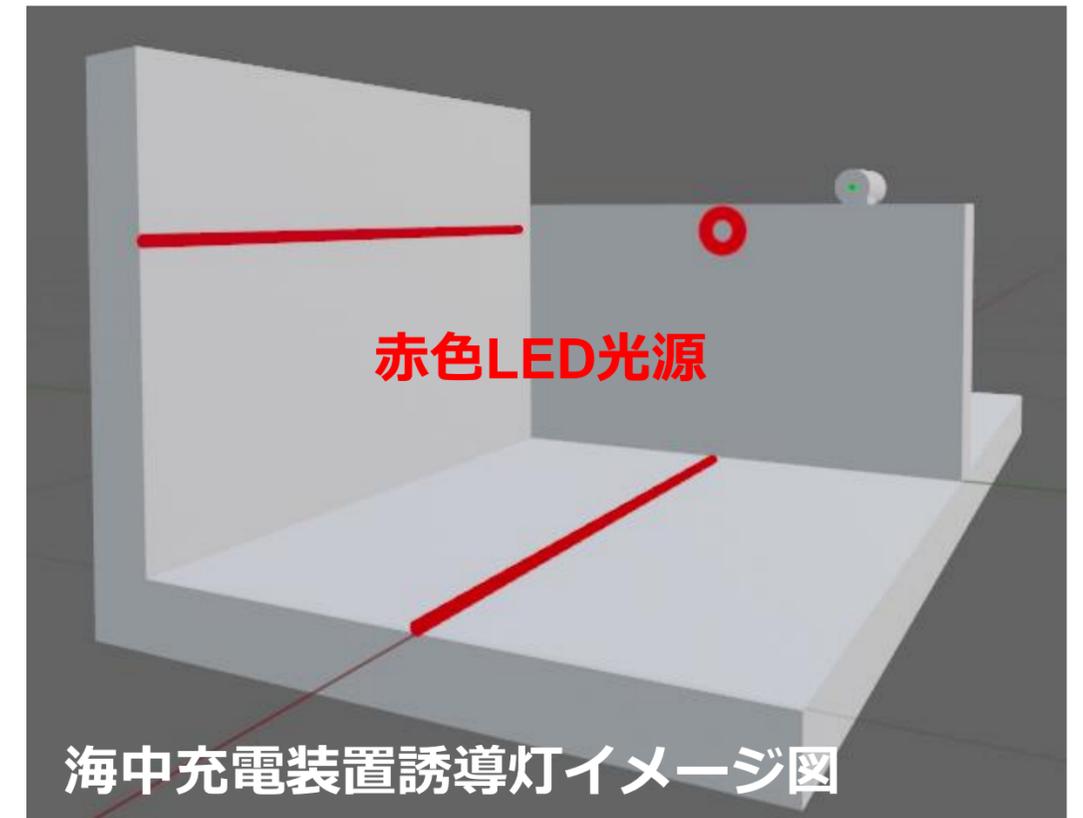
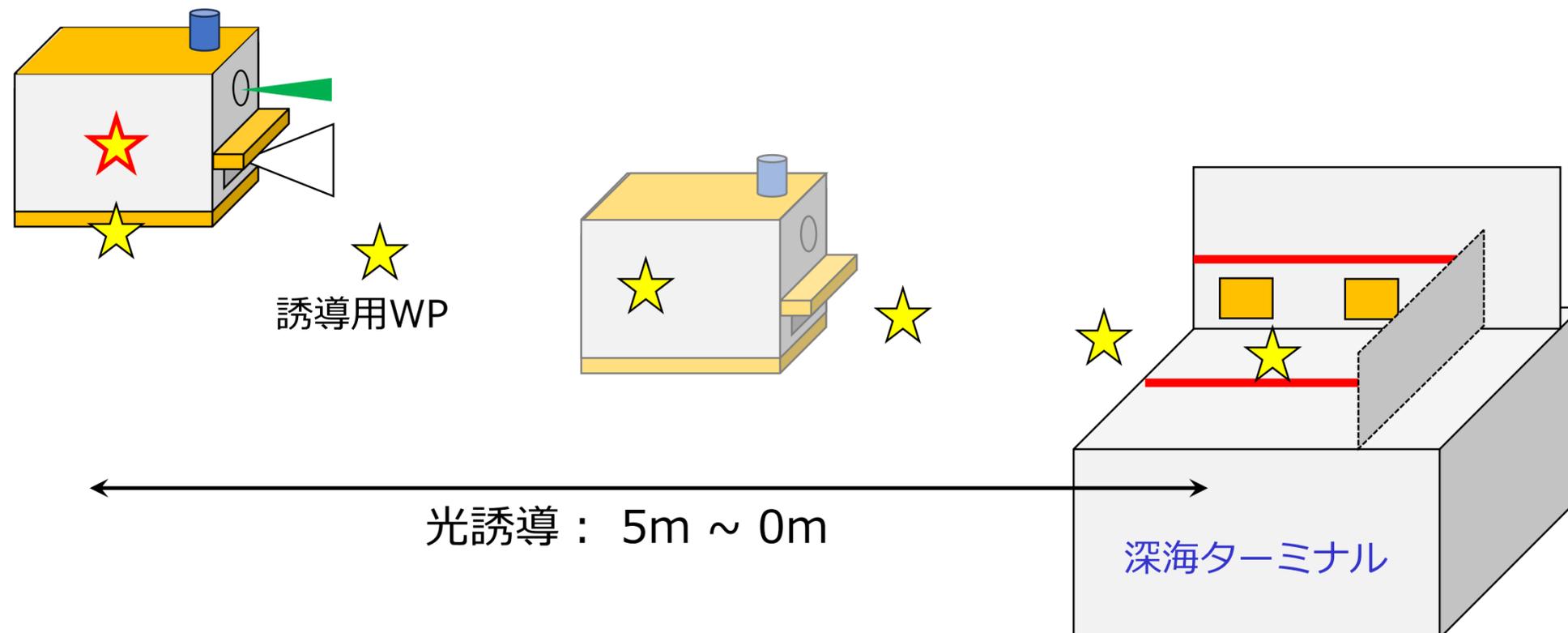
戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

• H-AUVによる深海ターミナルドocking

- 画像処理による光誘導

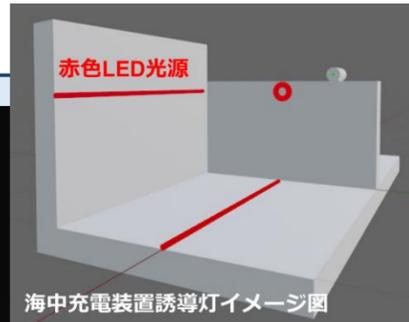
- ① 画像処理を用いて誘導灯を検出し、相対自機位置を推定しながら着座位置まで誘導する
- ② 着座位置までの誘導では誘導用ウェイポイント(WP)を生成し追従する

光学誘導開始位置



画像処理によるドッキング光誘導

誘導灯検出

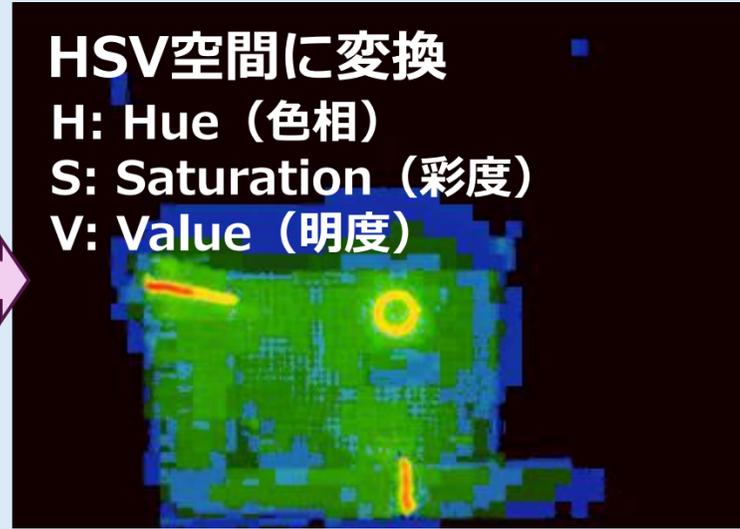


撮影画像

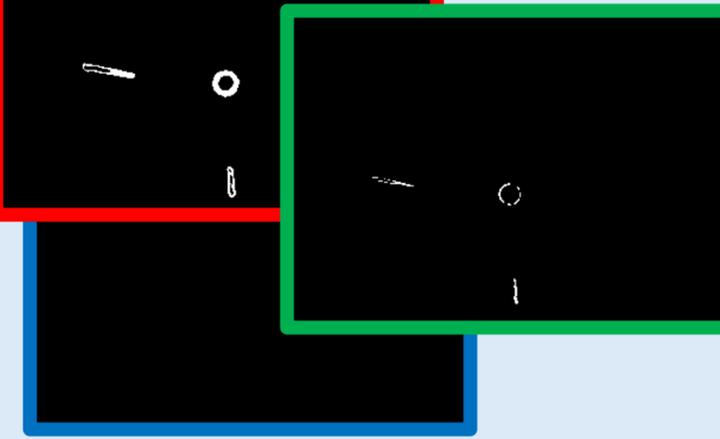


HSV空間に変換

H: Hue (色相)
S: Saturation (彩度)
V: Value (明度)



色の判定



誘導灯の検出



相対自機位置推定

誘導灯の判別



誘導灯の座標抽出



LED1(x1,y1,z1)
LED2_1(x2,y2,z2)
LED2_2(x2',y2',z2')
LED3_1(x3,y3,z3)
LED3_2(x3',y3',z3')
...

機体制御系へ送信

誘導灯に対する相対位置と
相対高度を推定し、
誘導用WPを生成して送信する。

H-AUV深海ターミナルドocking水槽試験

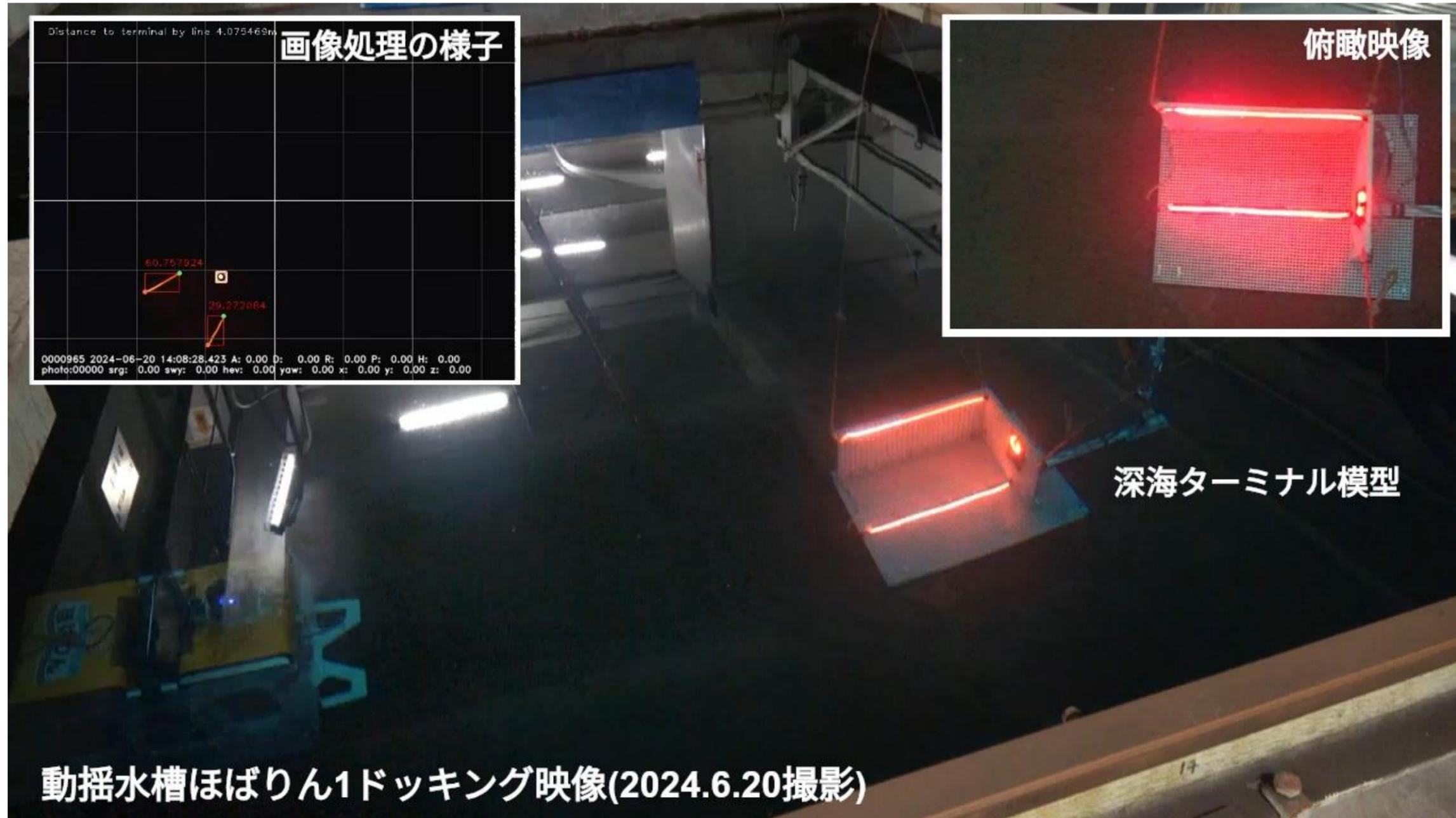


- H-AUVほぼりん1による深海ターミナル（模型）ドocking
光誘導ドocking試験の様子（×3倍）



SiP

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



劣駆動航行型AUVのドッキング

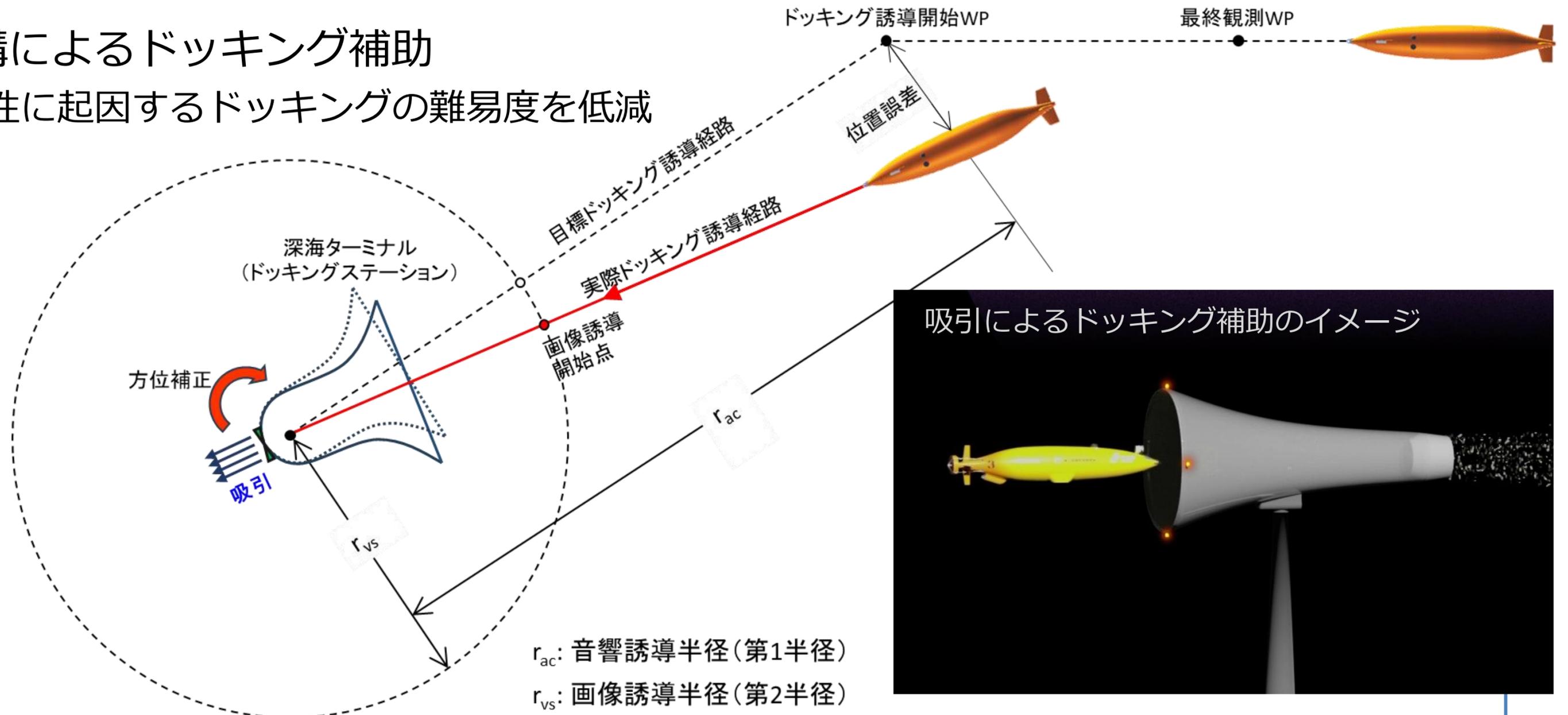
- 航行型AUV：劣駆動(underactuated)の挙動特性

◀ ドッキング制御の難易度が格段に高い

- 制御目標・方法別のフェーズで構成するドッキング誘導シナリオ

- 吸引機構によるドッキング補助

◀ 劣駆動性に起因するドッキングの難易度を低減



航行型AUVの深海ターミナルドocking



- Docking誘導シナリオを再現した3Dアニメーション



SiP

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



総合的海洋安全保障に向けた次世代海洋無人機

- 複数AUV協調群制御
 - 水平方向のAUV間の通信・測位 + 海底音響灯台
 - 水中完結型の複数AUV同時運用手法
- 海底音響灯台
 - AUV航法の基準局
 - 定点・長期海底観測基地 → AUVによるデータ回収
- 深海ターミナル
 - 長期・広域モニタリングに欠かせないAUVの無浮上・長期運用の実現に向けた要
 - ドッキング、水中非接触充電、高速データ転送

■ 謝辞

本研究は、総合科学技術イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第1期「次世代海洋資源調査技術」（管理法人：JAMSTEC）、第2期「革新的深海資源調査技術」（研究推進法人：JAMSTEC）、第3期「海洋安全保障プラットフォームの構築」（研究推進法人：JAMSTEC）によって実施されました。

ご清聴ありがとうございました



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
National Maritime Research Institute

