

令和3年(第21回)海上技術安全研究所研究発表会

海技研AUV開発最新状況

海洋先端技術系

藤原敏文, 金岡秀, 篠野雅彦, 佐藤匠, 稲葉祥梧, 岡本章裕, 今里元信

企画部

瀧本忠教



発表内容

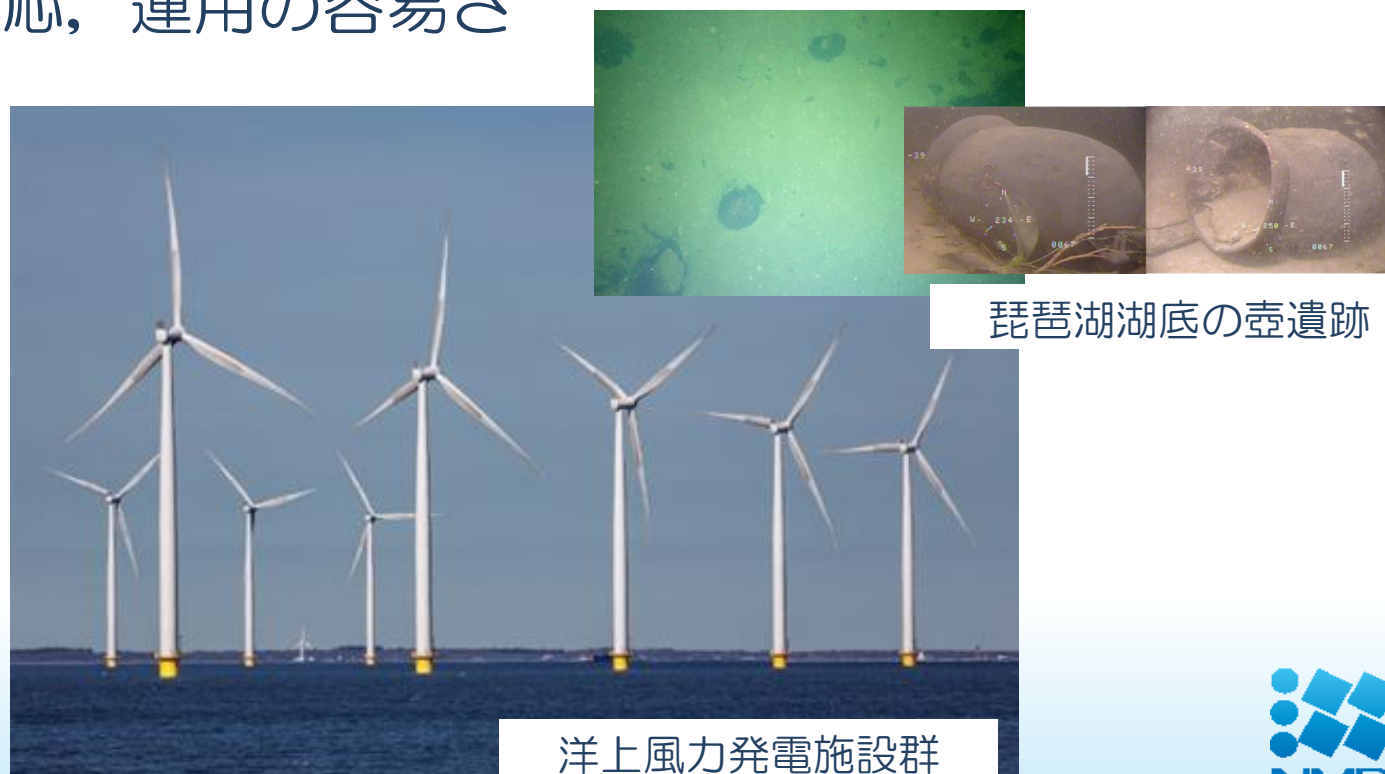
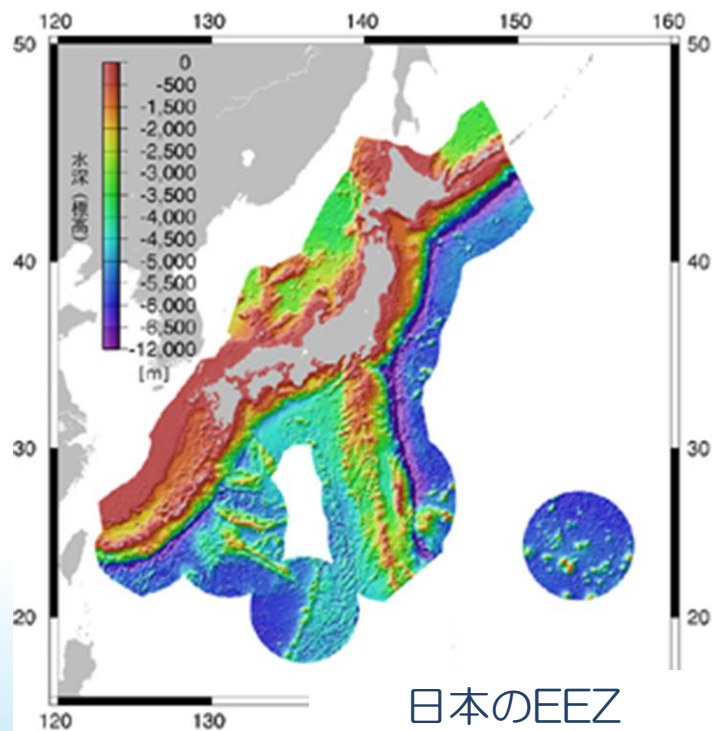
- * 研究背景と目的
- * 隊列制御基盤技術開発
- * 成果の社会実装に向けて
- * まとめ

研究背景と目的

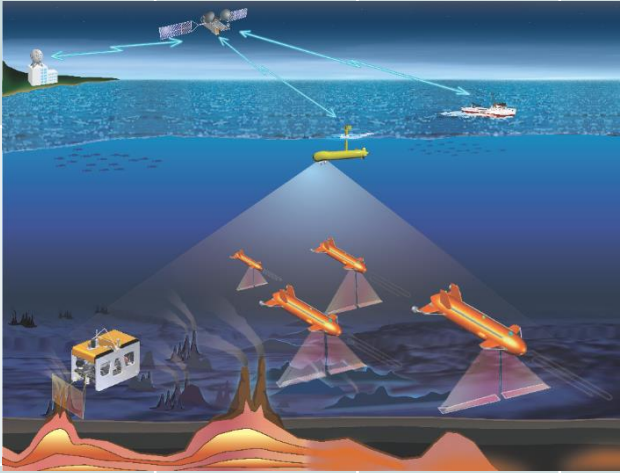
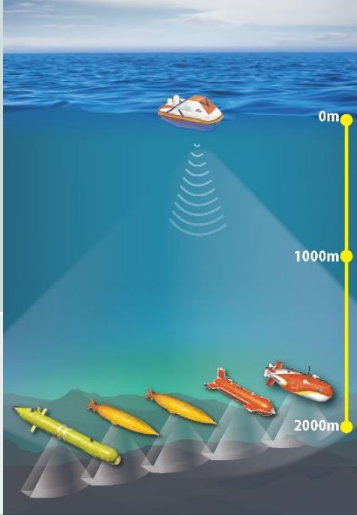
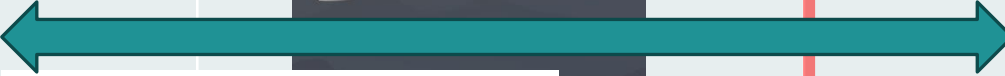
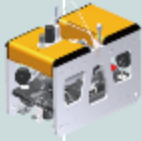



AUV（自律型無人潜水機）研究の背景と目的

- * 将来的にも鉱物資源の安定供給を行うため、効率的な海底資源探査の必要性
- * 広大な海は未開拓，海洋環境・海底遺跡探索，海中構造物監視等，AUVを使った海中探査のニーズ
- * 多数のAUVを使った大規模対応，運用の容易さ



海技研AUV開発対応状況

FY	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SIP1 (兼重点)	 <p>小型AUVの複数機同時運用</p>						 <p>現在</p>		
SIP2 (兼重点)								 <p>複数機隊列制御技術開発</p>	
重点・基盤 研究						 <p>重点研究対応の重点化 (要素技術・観測運用技術の高度化等)</p>			
<p>SIP: 戦略的イノベーション創造プログラム (内閣府)</p>									

海技研所有海中・海底探査用AUV



名称	NMRI 航行型AUV 1号機	NMRI 航行型AUV 2号機	NMRI 航行型AUV 3・4号機	ホバリング型 AUV「ほぼり ん」・「ほぼり ん2号機」	NMRI半没水型 洋上中継機	NMRI実証用 小型AUV 「mini-AUV」
寸法 (m)	3.9L×0.65Φ	3.6L×0.60Φ	3.9L×0.65Φ	1.2L×0.7B ×0.8H	4.0L ×0.6Φ×2.7H (1.7m Sword)	1.8L×0.2Φ Ball(Hall) 0.37
重量 (kg)	780	620	545	270	730	32.5
設計水深 (m)	2000	2000	2000	2000	海面	120
最大速力(knot)	4.0	4.0	6.5	1.4	4.0	3
最大速力(m/s)	2.1	2.1	3.3	0.7	2.1	1.5
巡航速力(knot)	3.0	3.0	3.5	0.4	3.0	1.9~2.9
巡航速力(m/s)	1.5	1.5	1.8	0.2	1.5	1~1.5
航続時間 (h)	12	12	22	8	12	2
主要観測機器	PSBP (Parametric Sub-Bottom Profiler)	MBES (Multi- Beam Echo Sounder)	MBES (Multi- Beam Echo Sounder)、 自然電位計	スチールカメラ、 水温・塩分・濁 度・pHセンサー	AUV管制用USBL水 中音響測位装置	小型ハイドロ フォン等

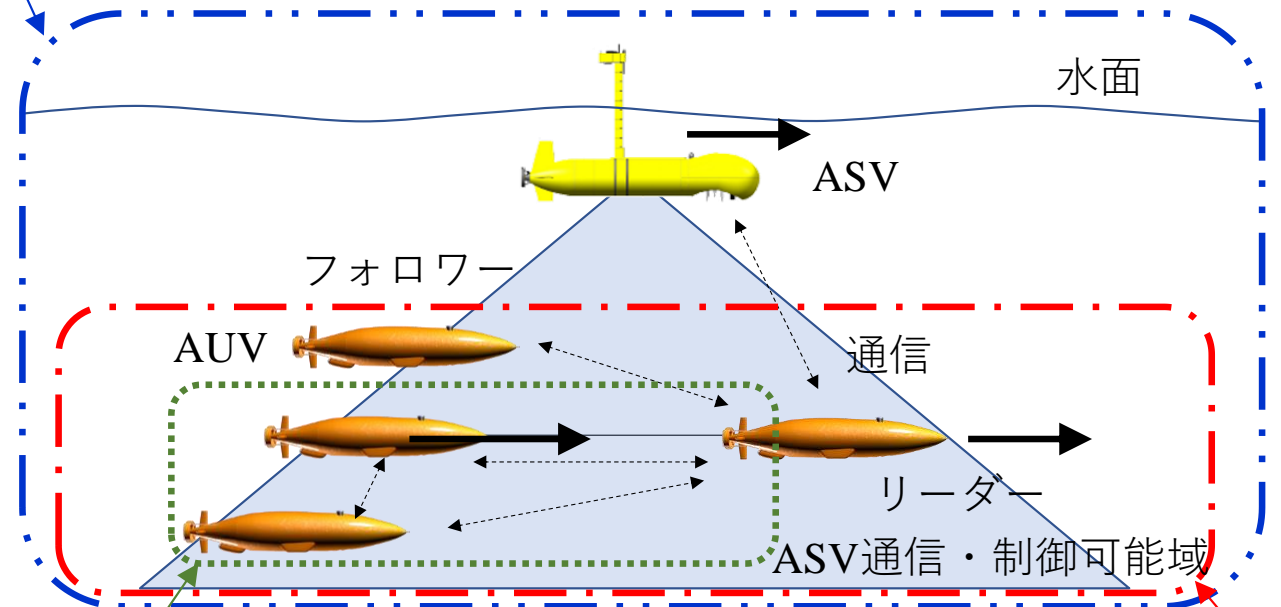
隊列制御基盤技術開発

- * リーダー・フォロワー制御（動的WP制御）
- * 統括監視・制御（基本隊列制御）
- * AUV-AUV通信・測位制御

隊列制御方法

- * リーダー・フォロワー制御
(動的WP制御)
- * 統括監視・制御 (基本隊列制御)
- * AUV-AUV通信・測位制御

B) 統括管理・制御

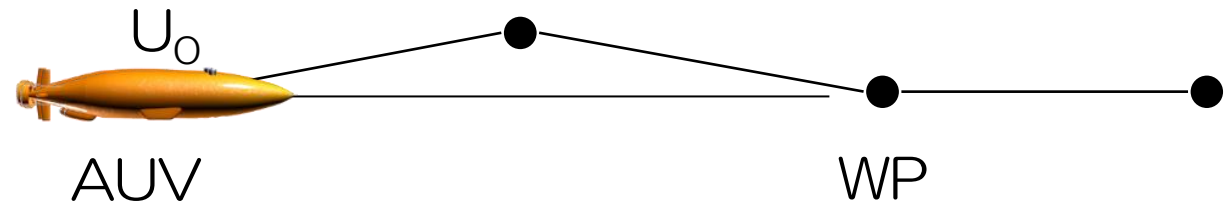


A) リーダー・フォロワー制御

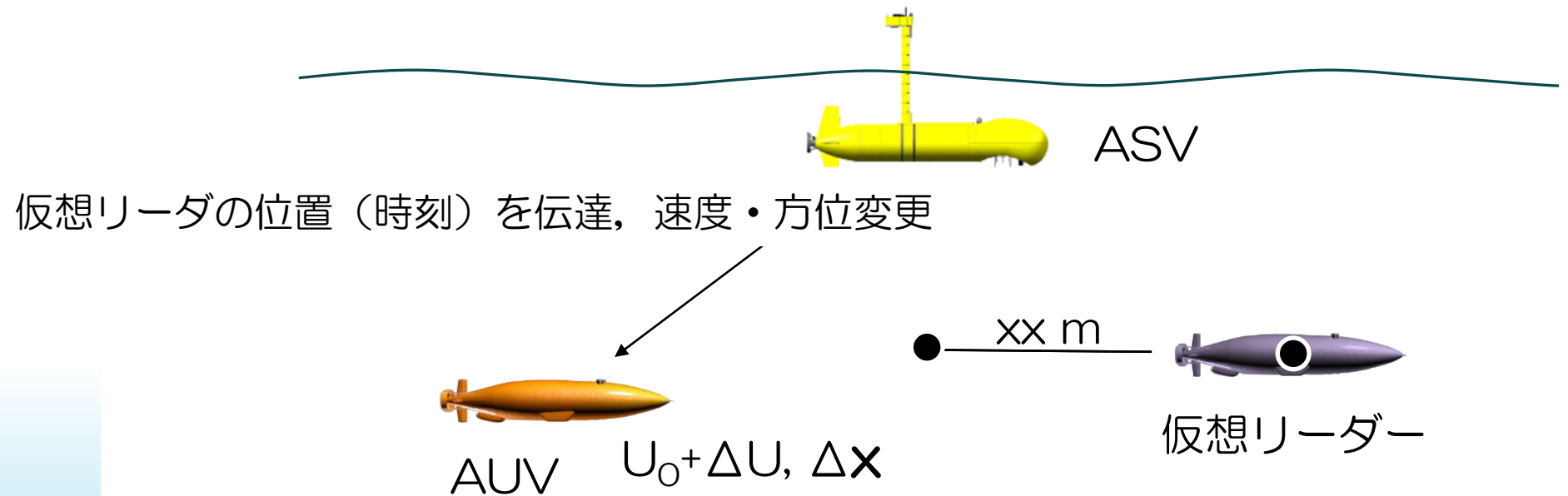
C) AUV-AUV通信・測位制御

WP制御とリーダー・フォロワー制御（動的WP制御）

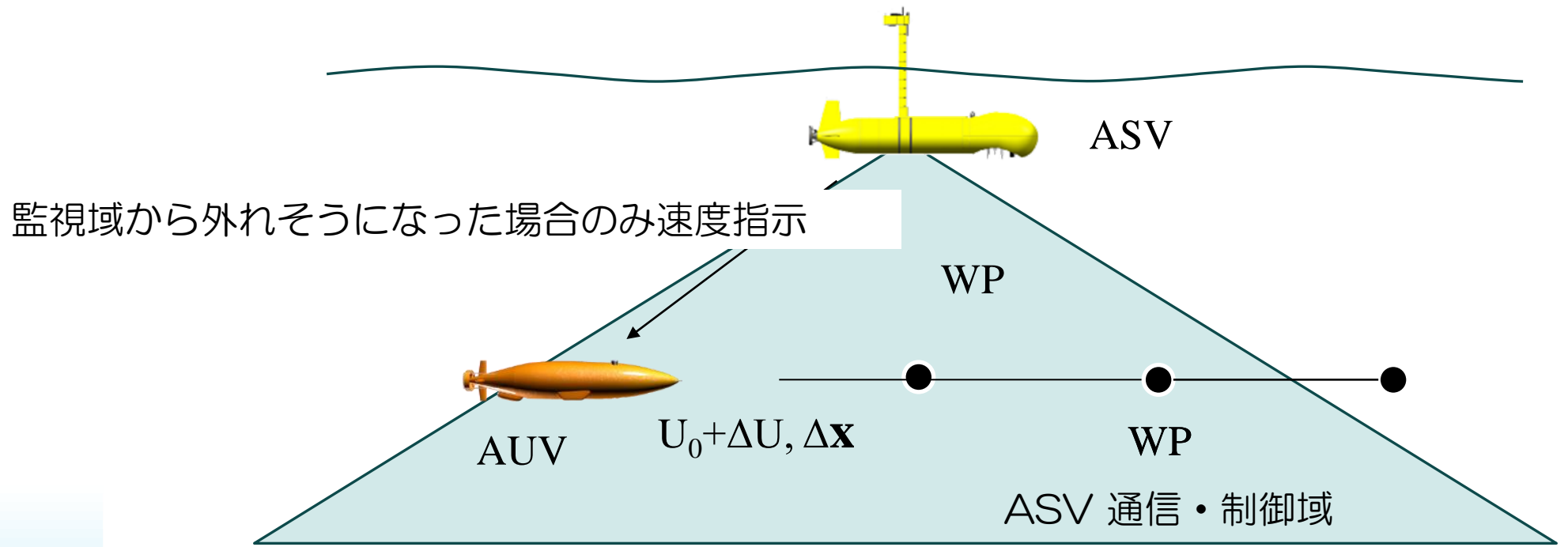
a) WP（ウェイポイント）制御（通常方式）



b) 動的WP制御



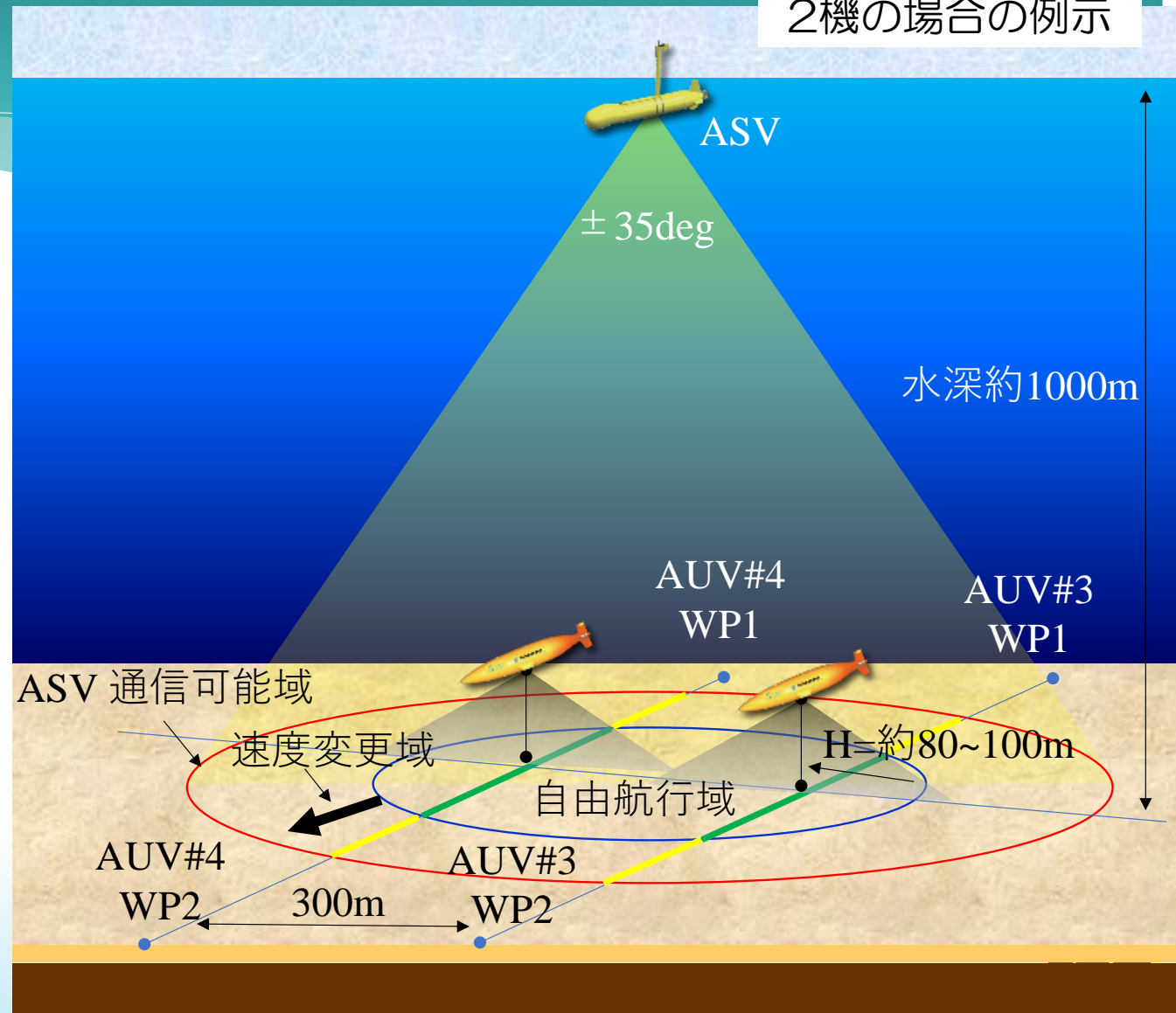
統括監視・制御（基本隊列制御）



統括監視・制御（基本隊列制御）

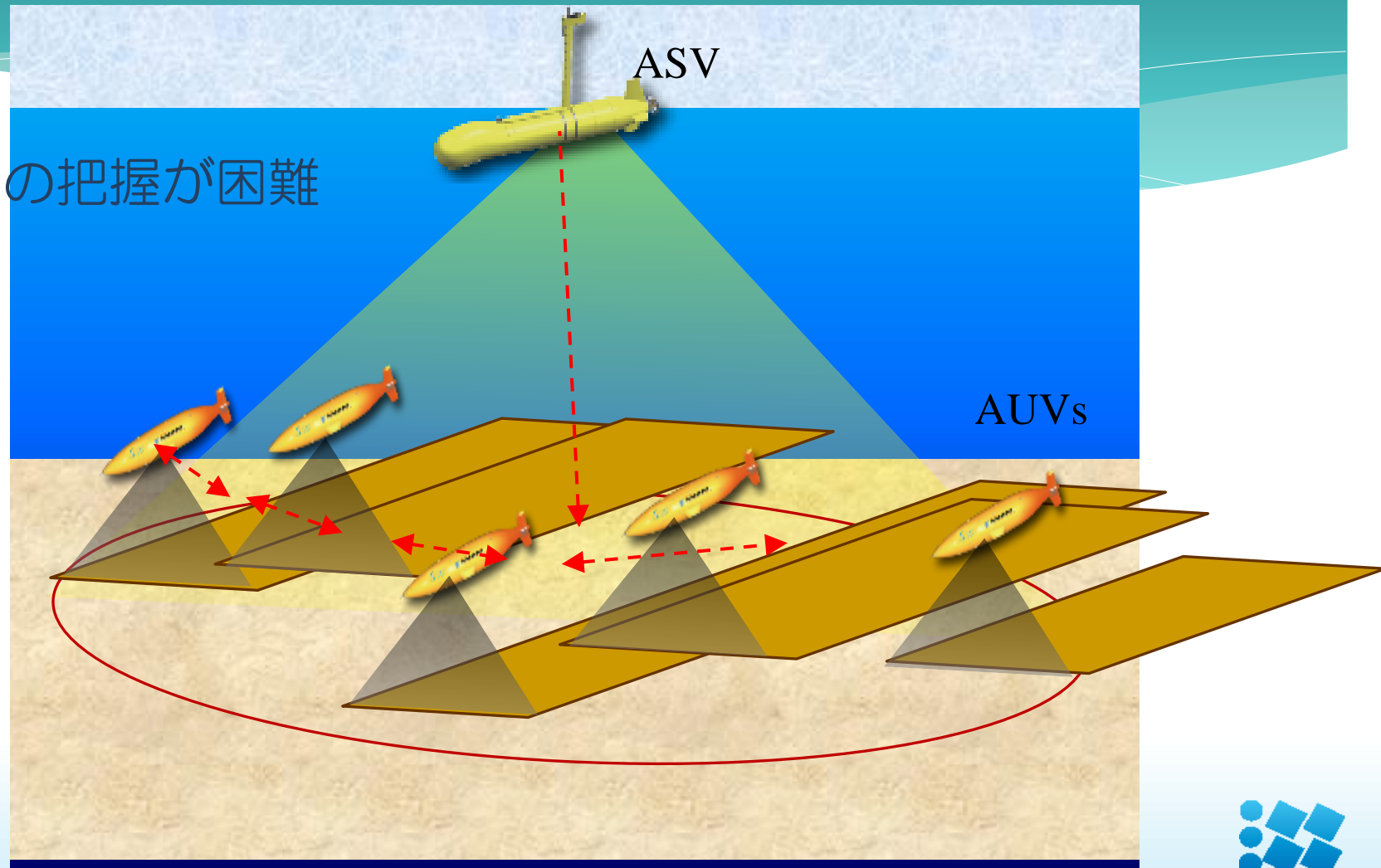
- * 他機関・異機種のアUVに対応可能なシンプルな制御システム
- * WP航走をしながら増速・減速指示のみ。この制御を自動で実施
- * 必要に応じて位置補正

2機の場合の例示

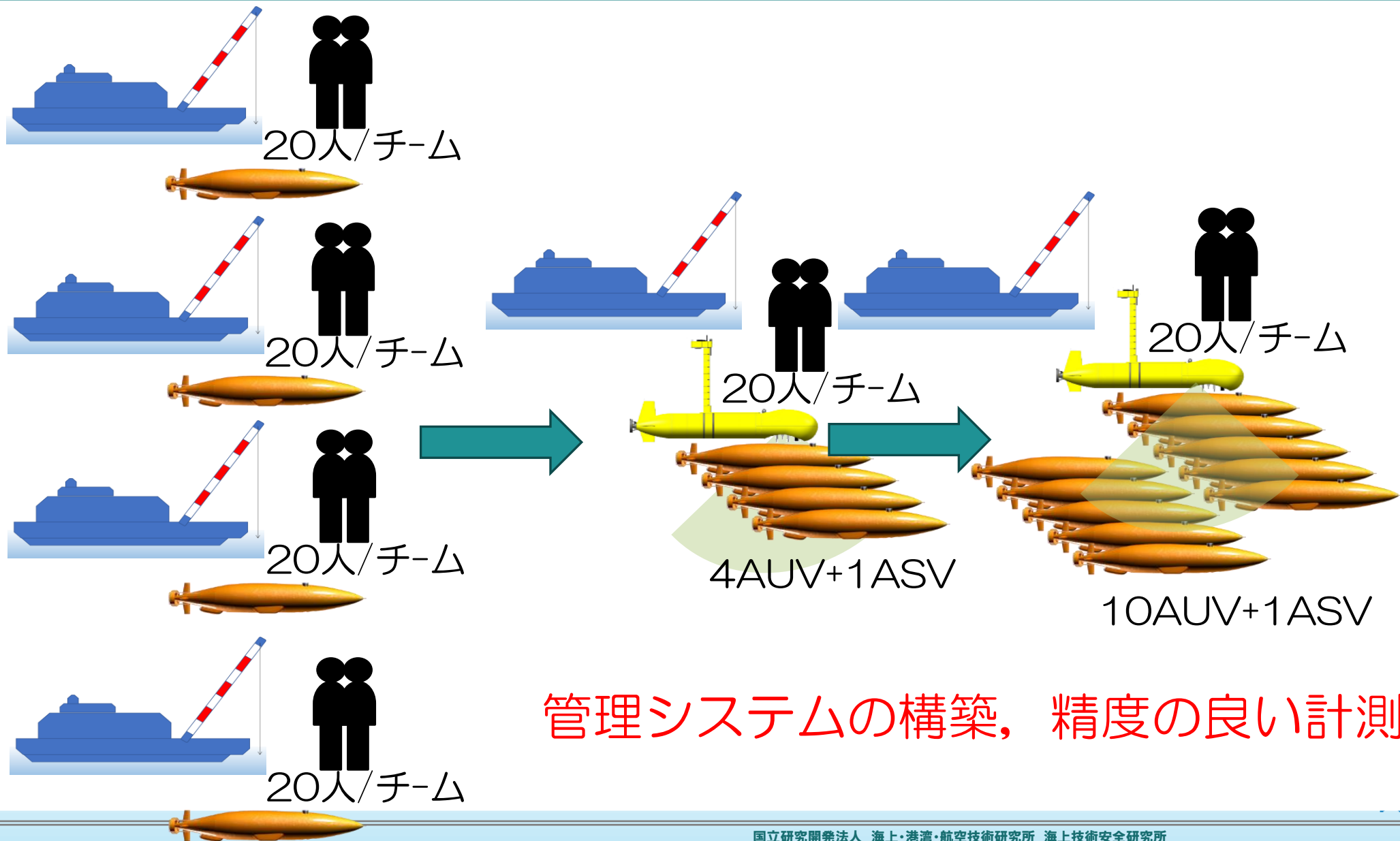


AUV-AUV通信・測位制御

- * 深海域ではAUVの真位置の把握が困難
- * 無駄のない計測
- * AUVの状況把握
- * トラブル時の対応



隊列制御効果

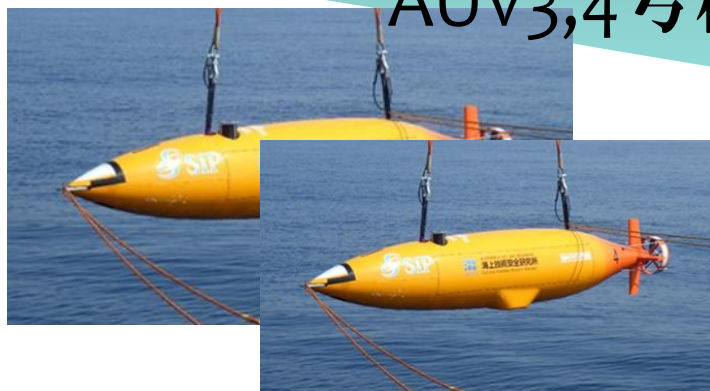


管理システムの構築, 精度の良い計測

使用AUV・ASV



AUV2号機



AUV3,4号機



ASV

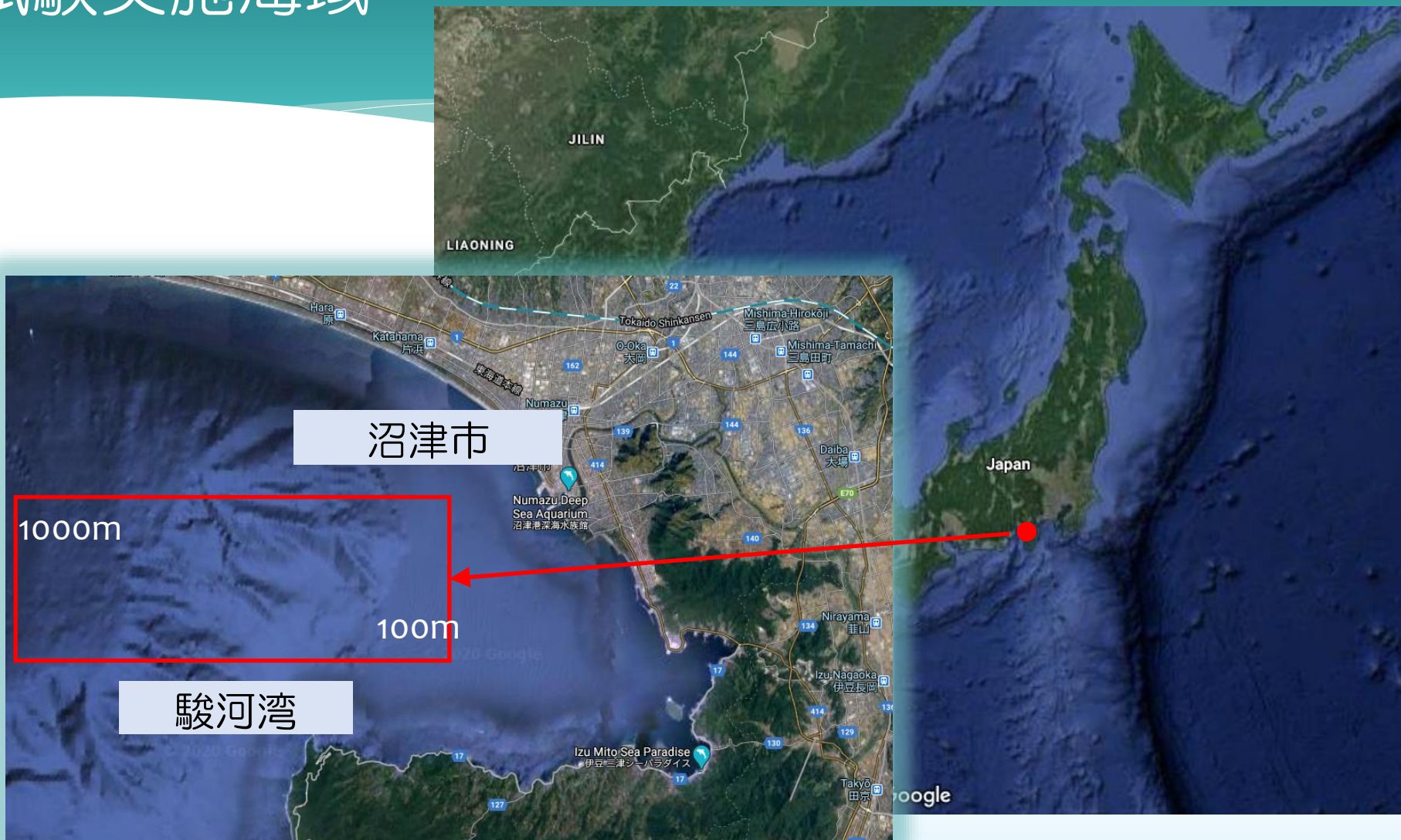
AUVs (Autonomous Underwater Vehicles)

項目	2号機	3,4号機
長さ	3.6 m	3.9 m
艇体直径	0.6 m	0.65 m
質量	620 kg	545 kg
巡航速度	1.5 m/s	1.8 m/s
搭載センサー	DVL, MBES	DVL, MBES

ASV (Autonomous Surface Vehicle)

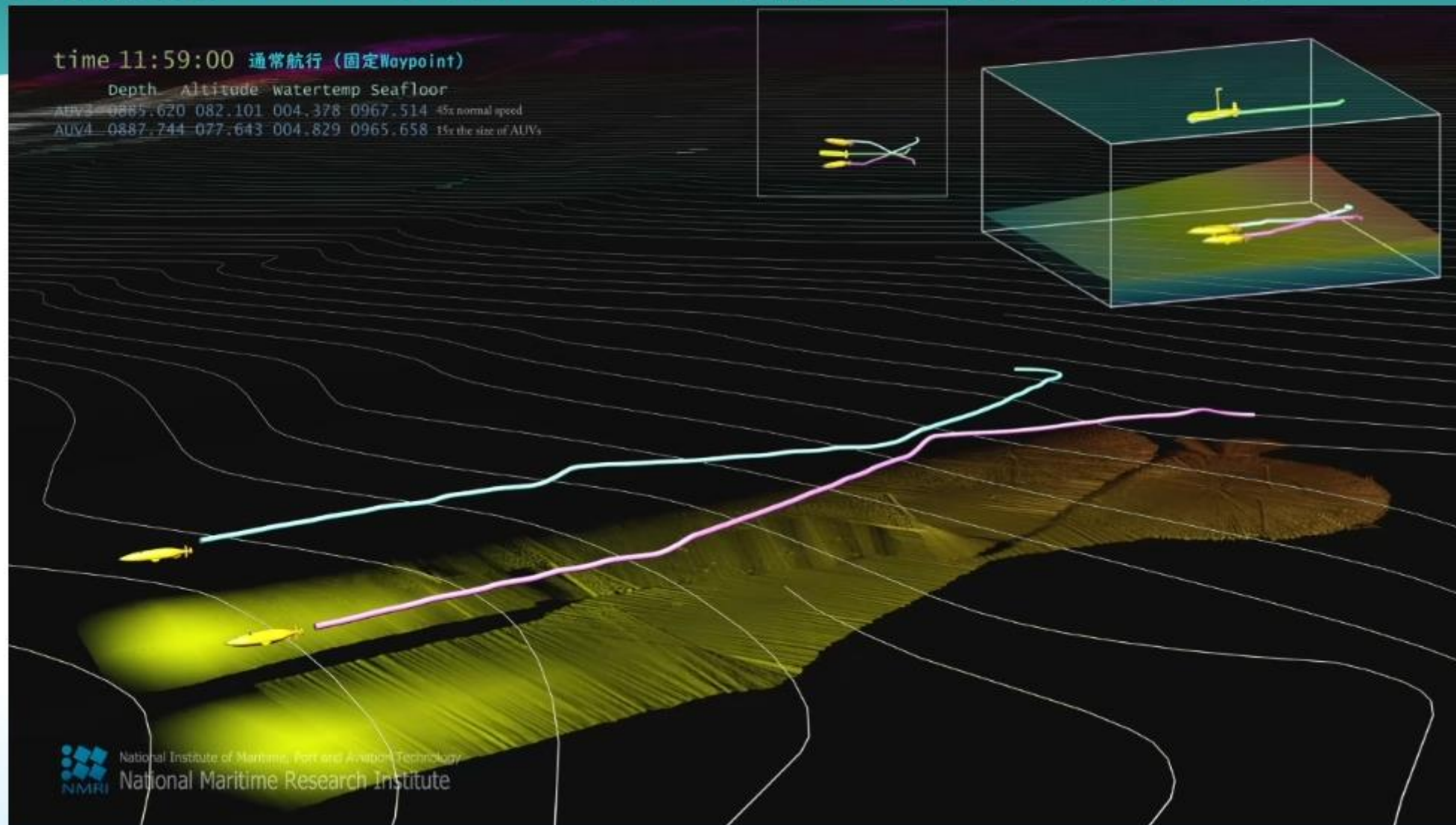
項目	ASV
長さ	4.0 m
艇体直径	0.60 m
質量	730 kg
巡航速度	1.5 m/s
搭載センサー	USBL音響測位

実証試験実施海域



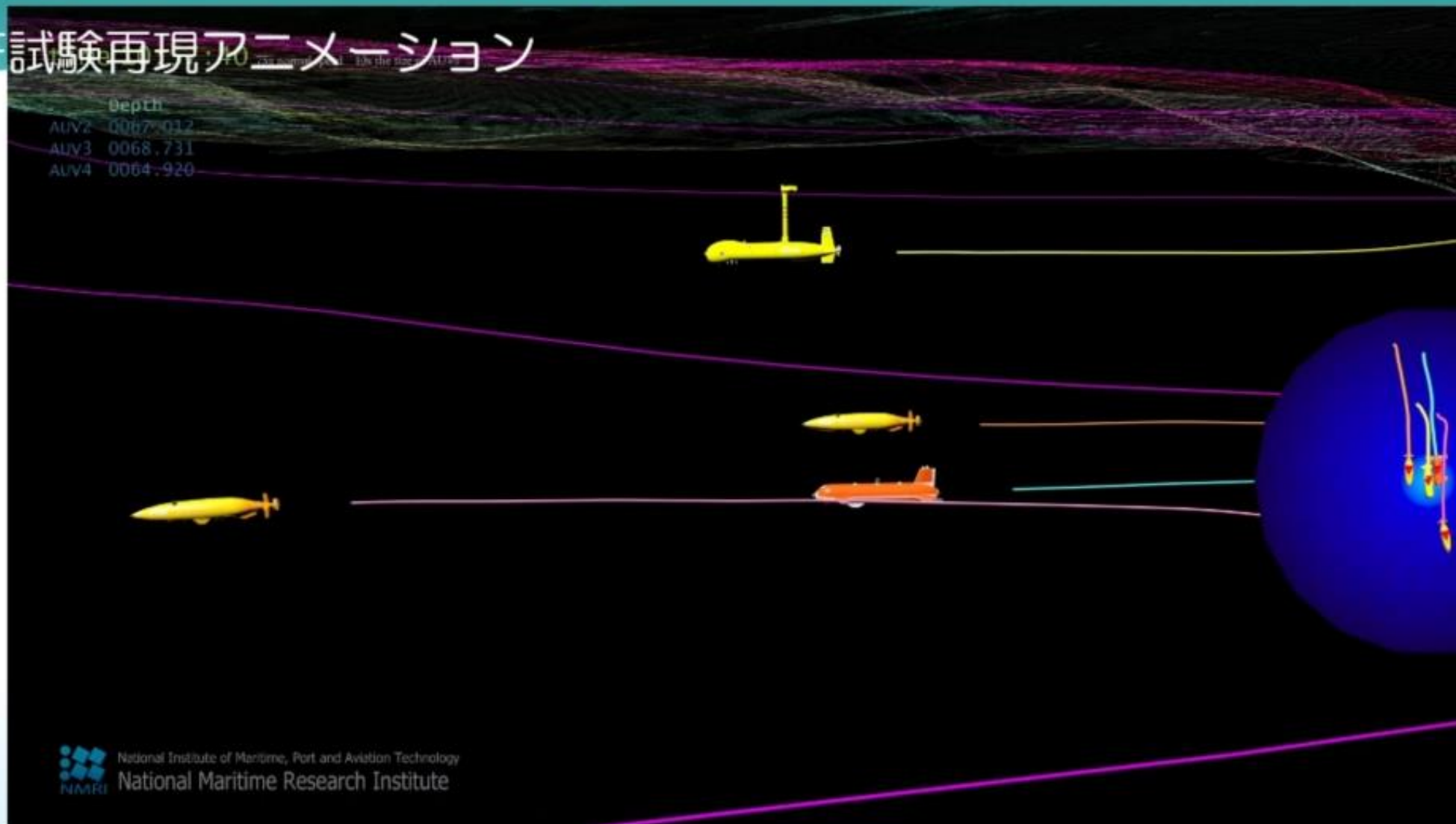
リーダー・フォロワー制御（動的WP制御）

実証試験再現アニメーション（前半：通常WP，後半：動的WP）



統括監視・制御（基本隊列制御）

実証試験再現アニメーション

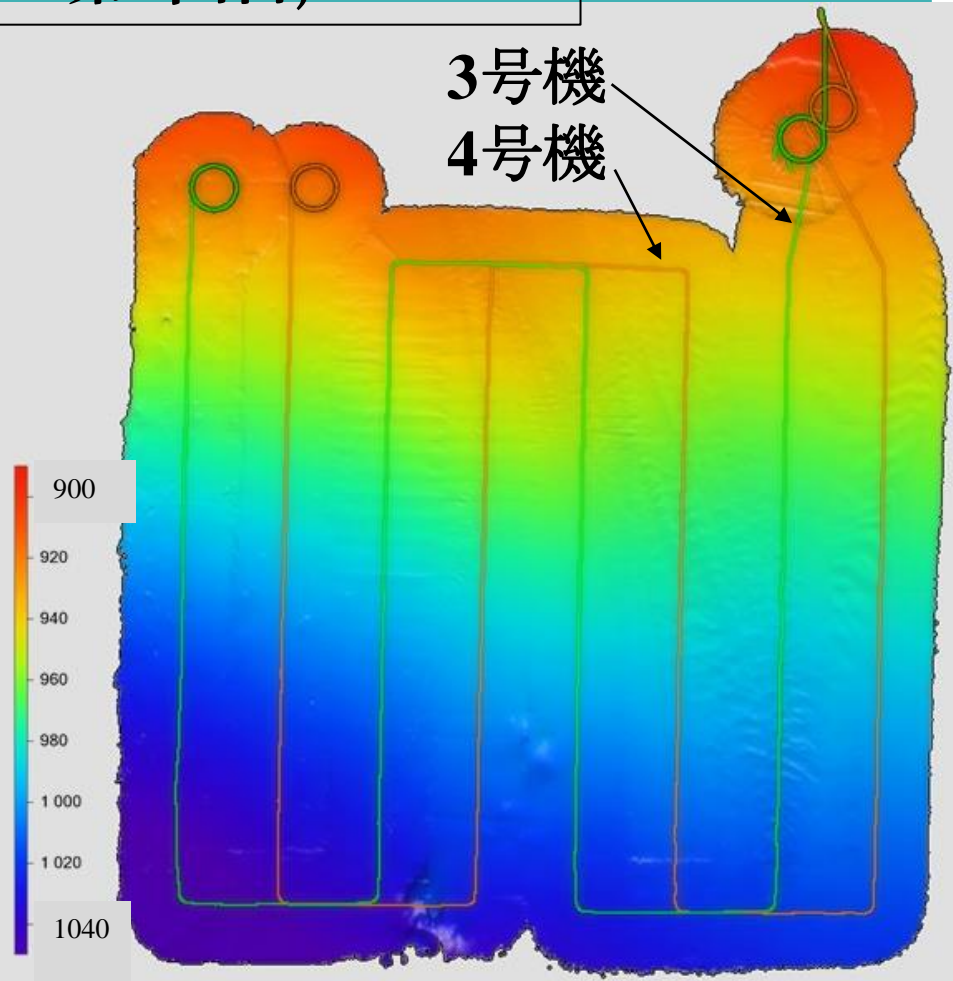


海底地形計測結果（基本隊列制御での成果）

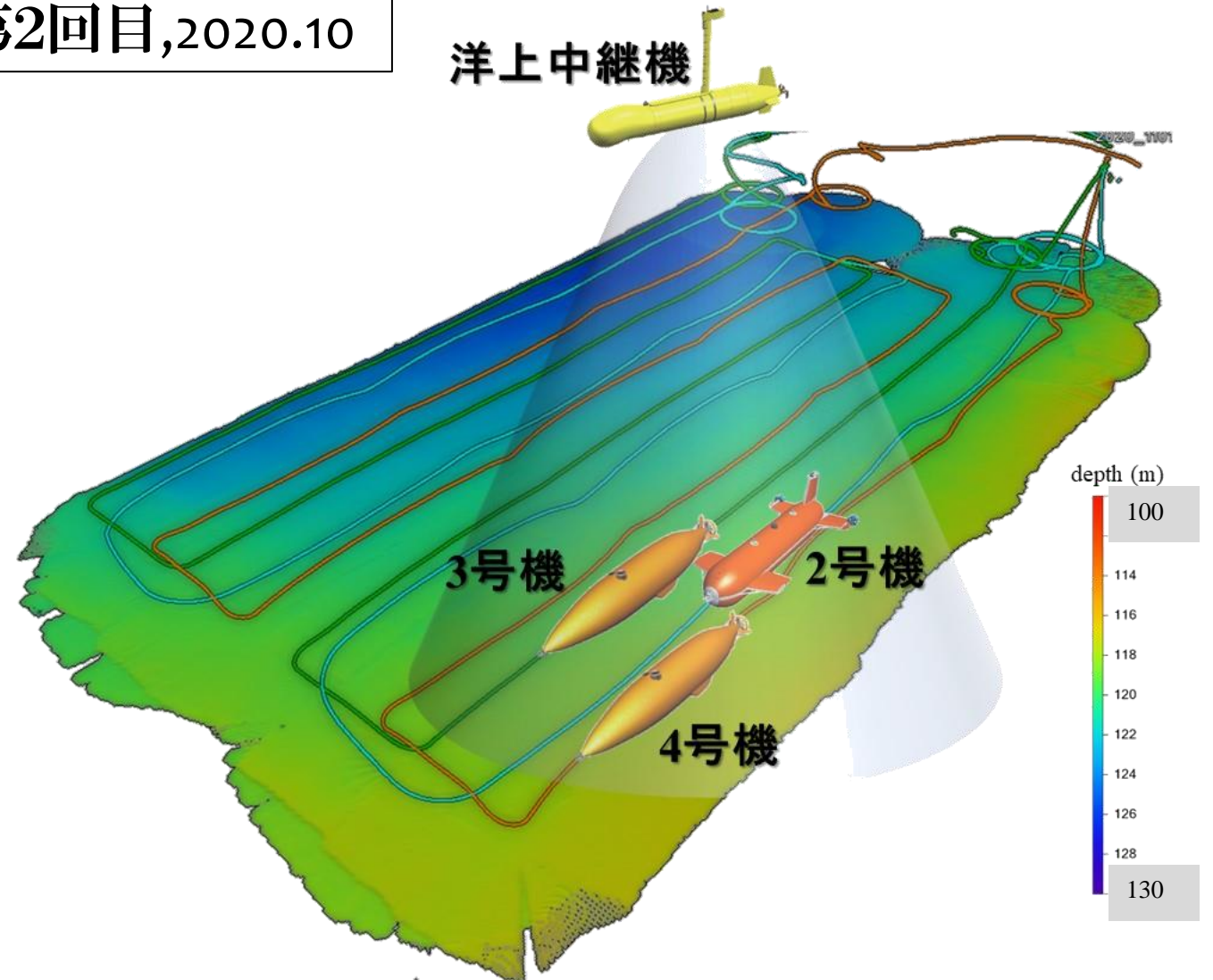
第1回目, 2020.8

第2回目, 2020.10

3号機
4号機



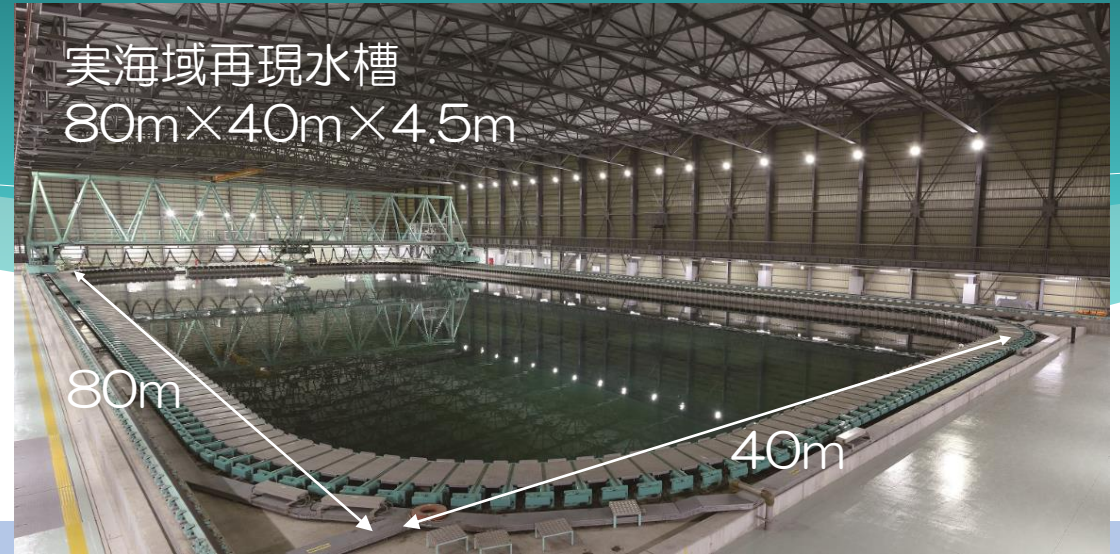
洋上中継機



AUV-AUV通信・測位制御

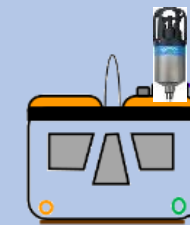
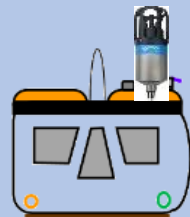


試験に使用した2機のホバリング型AUV
ほばりん (左) ・ほばりん2 (右)



ほばりん2 (フォロワー)

ほばりん (リーダー)



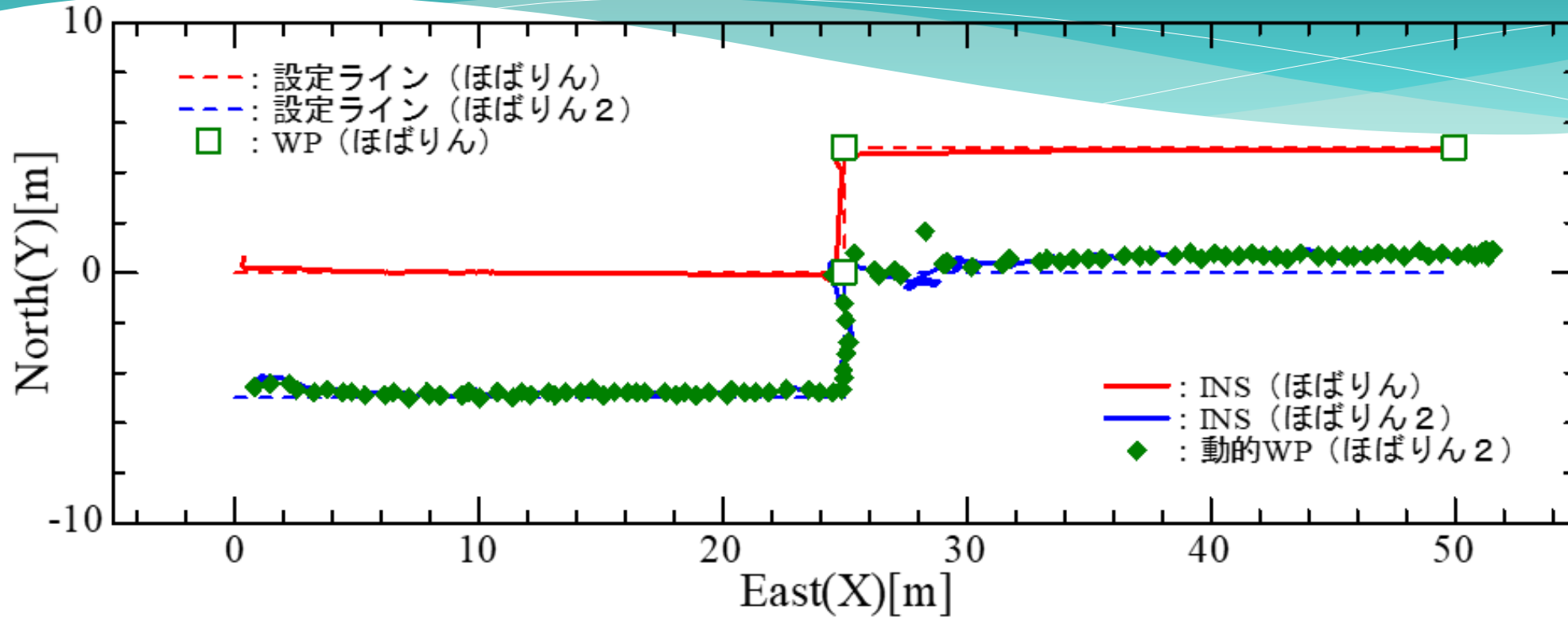
通信・測位

水槽内でのAUV-AUV通信・測位試験概念

試験状況動画



試験結果

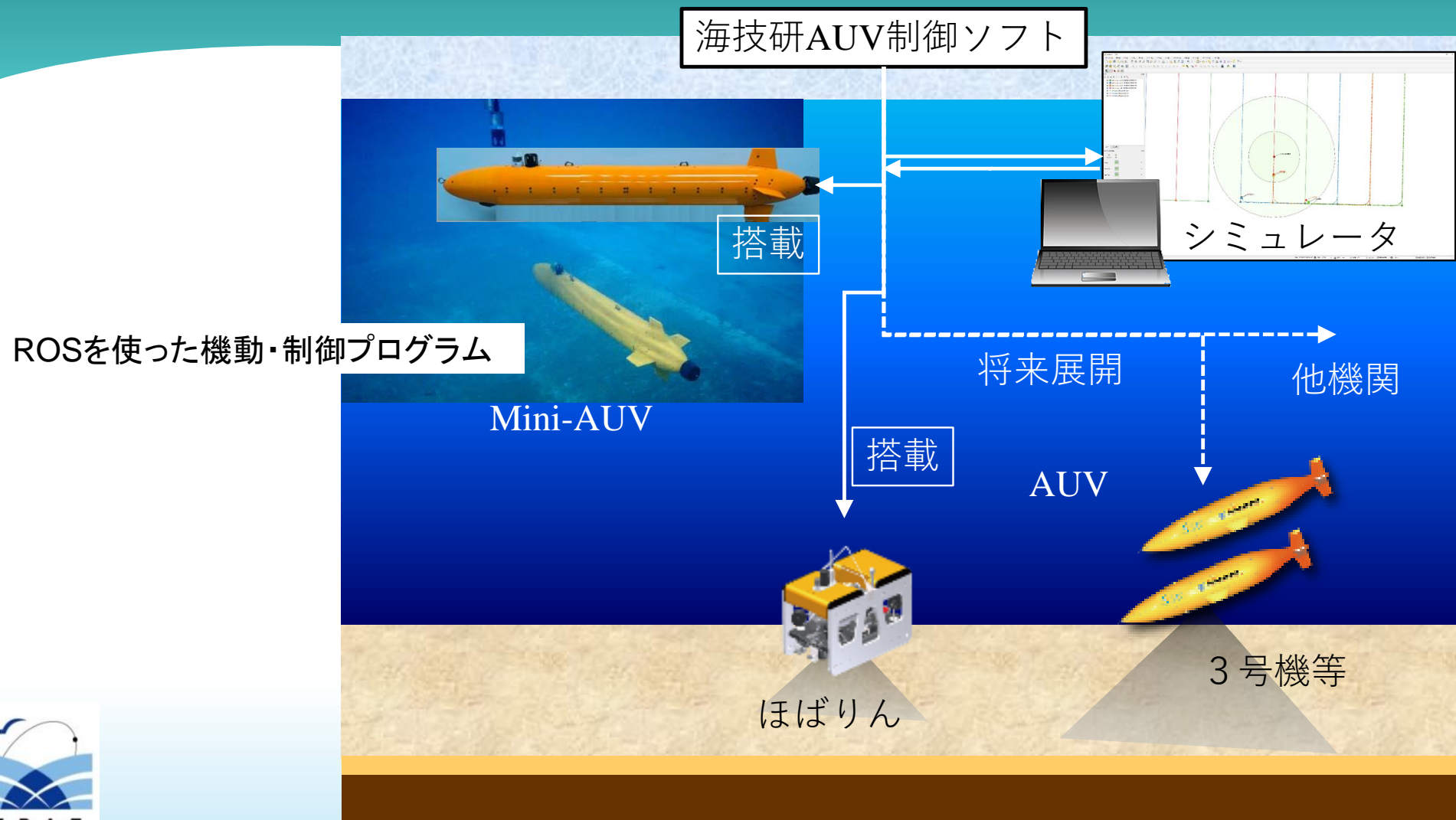


* 実海域再現水槽でのAUV-AUV測位試験結果の航跡
(ほぼりにほぼりん2が測位しながら追尾, 10sごとに測位)

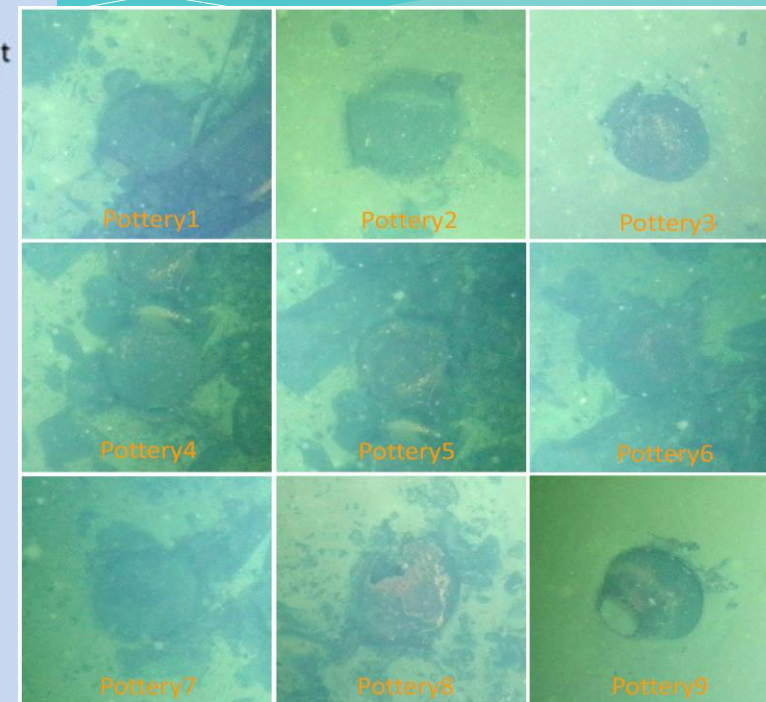
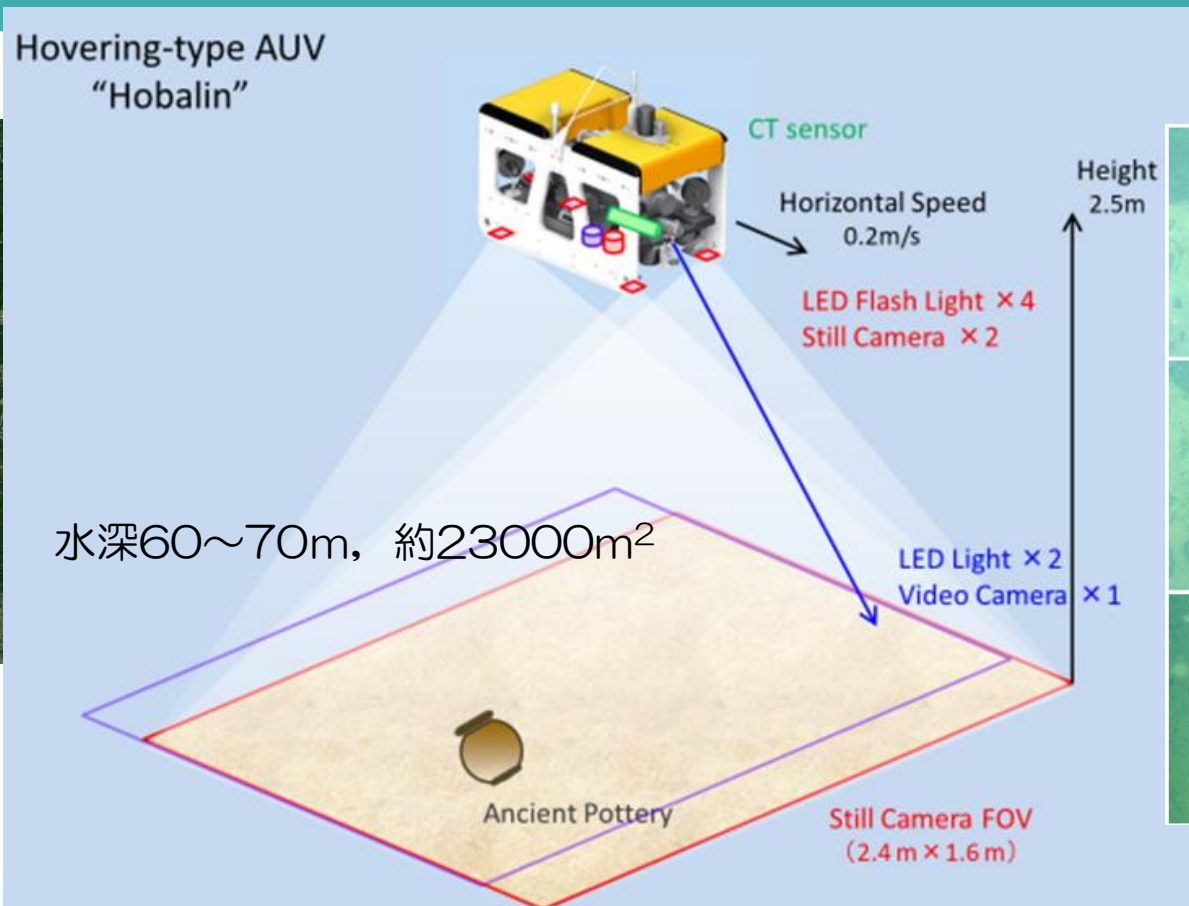
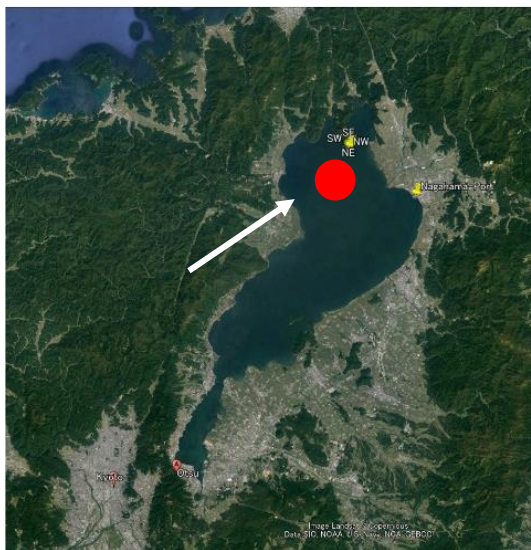
成果の社会実装に向けて

- * AUV制御ソフトウェア開発
- * 琵琶湖北部壺遺跡探索
- * CCS技術開発に資する環境評価

AUV制御ソフトウェア開発



琵琶湖北部壺遺跡探索



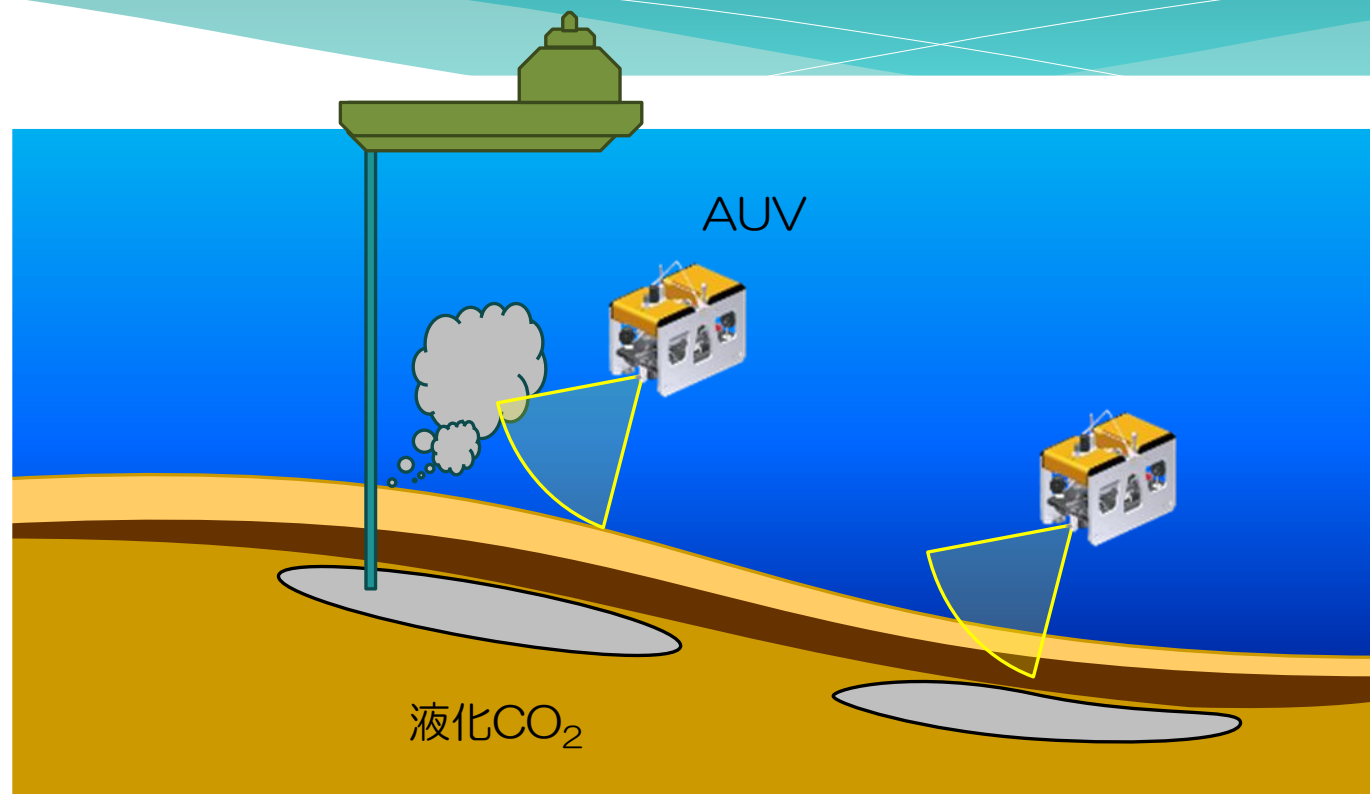
* 発見された9つの壺遺跡

* 琵琶湖北部の葛籠尾崎湖底探索地点と計測概要

CCS技術開発に資する環境評価

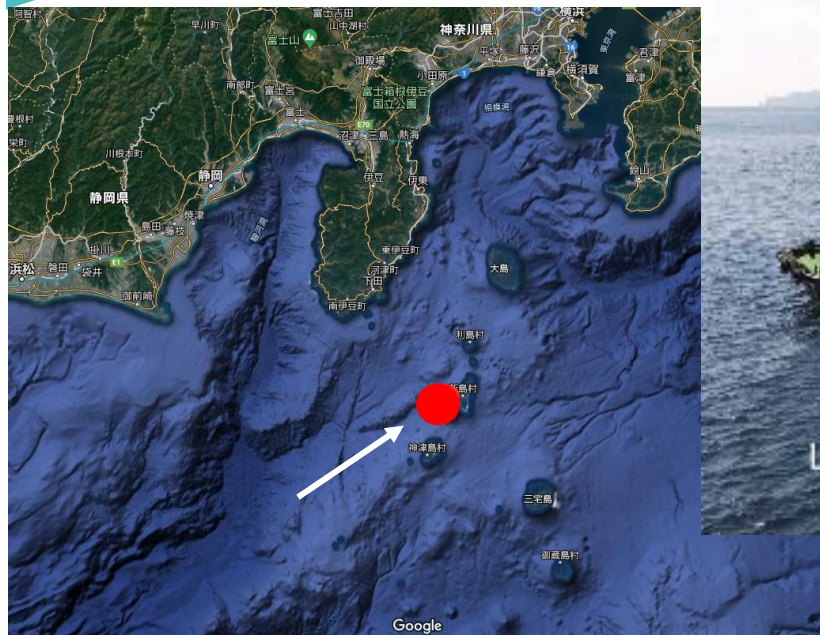
(Carbon dioxide Capture and Storage, CO₂回収・貯留)

- * 無人常時モニタリング
- * 安全性
- * 容易な運用性



* AUVによる監視作業（将来想定）

CCS技術開発に資する環境評価



* 式根島



Launch HOBALIN from a work vessel, UMIKAZE



Start CO2 seep investigation

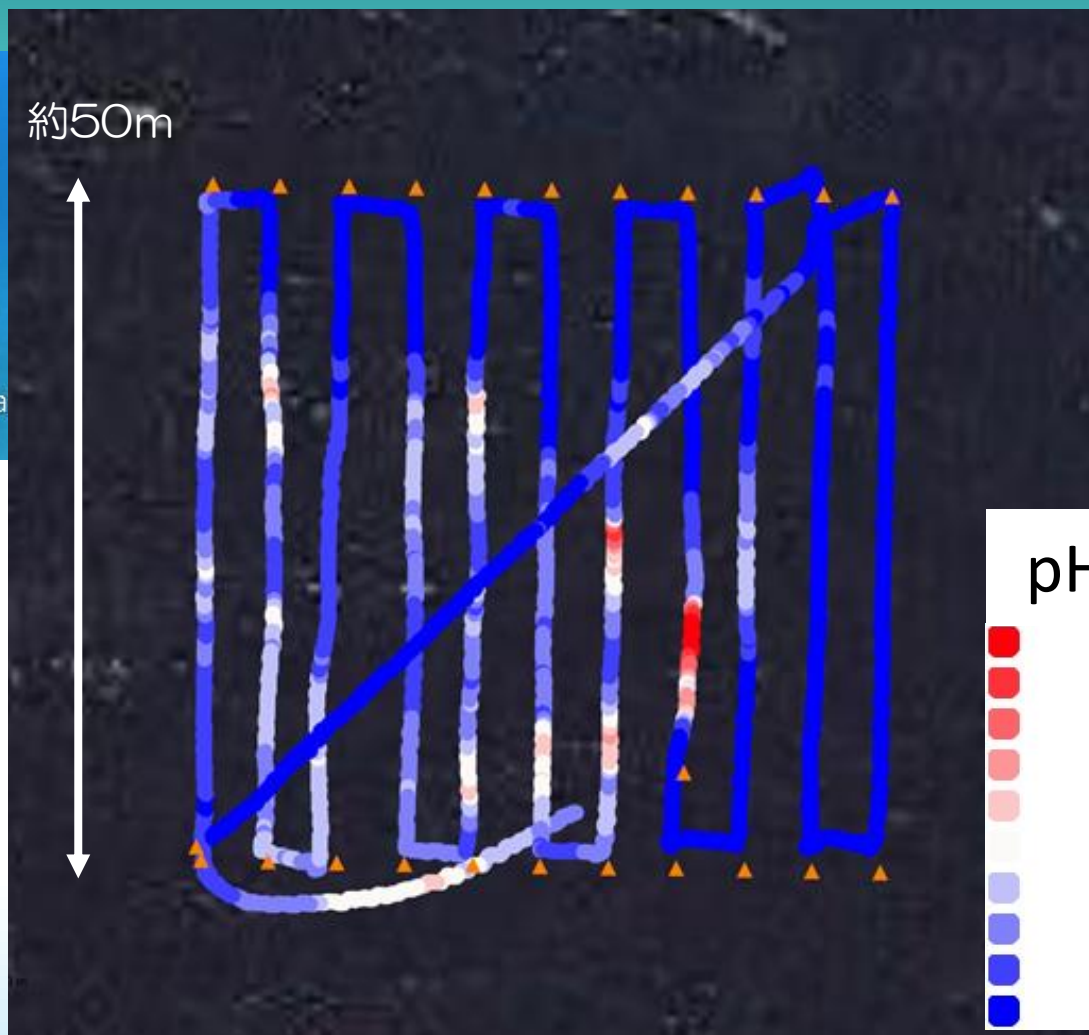
* 式根島御釜湾でのほばりん投入の様子と海底航走（高度1m）状況

CCS技術開発に資する環境評価



自然界でCO₂ガスが湧き出ている式根島御釜湾で実施

CCS技術開発に資する環境評価



* CO2シープでのほぼりん潜航時のpH分布計測結果
(50m測線×11本, 高度1m, 速度0.2m/s)

まとめ

- * SIP2事業、当所重点研究で実施しています隊列制御基盤技術開発、成果の社会実装に向けた対応に関してご説明しました。
- * リーダー・フォロワー制御（動的WP制御）、統括監視・制御（基本隊列制御）、AUV-AUV通信・測位制御が実用的に利用できる段階まで開発しました。
- * ROS版AUV制御ソフトの開発やAUVの社会活用事例を紹介しました。
- * 今後、群制御技術を主体として、より一層技術開発促進していきます。また、無人で安全・安心の下、必要事業が推進できるような機器開発を実施、開発システムが容易に民間移転できるよう改善を行っていきます。

謝辞

- * 本研究では内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の課題「次世代海洋資源調査技術」（海のジパング計画，管理法人：JAMSTEC）で製作したAUVを使用させていただきました。
- * 総合科学技術イノベーション会議の第2期SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「革新的深海資源調査技術」（管理法人：JAMSTEC），認定NPO法人びわ湖トラストとの共同研究，環境省「環境配慮型CCS実証事業」によって実施された内容を含んでおります。関係各位に深く感謝申し上げます。
- * AUV実機開発・保守作業に係った海洋先端技術系関係各位に御礼申し上げます。

