

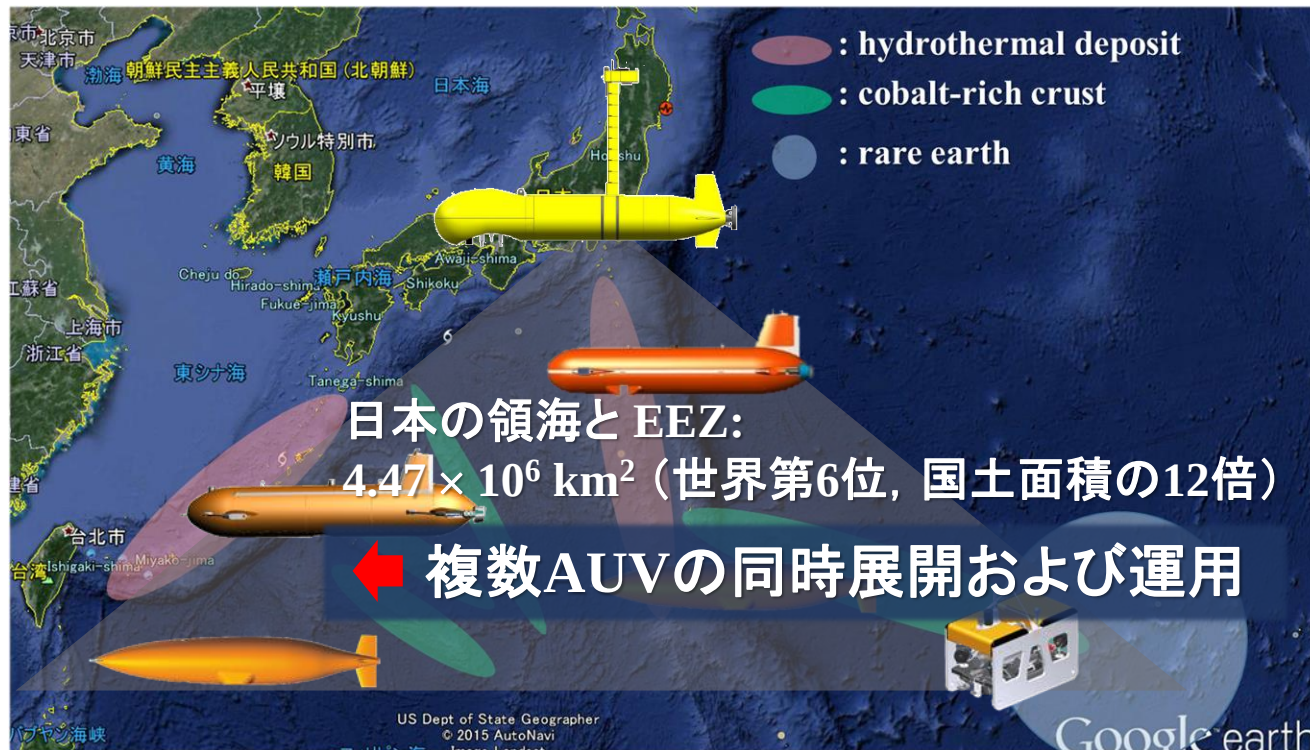
複数AUV同時運用による海底調査の現状と今後



海洋先端技術系 金岡秀*, 佐藤匠, 今里元信
稲葉祥梧, 篠野雅彦, 岡本章裕, 藤原敏文
特別研究主幹 井上俊司

海のジパング計画

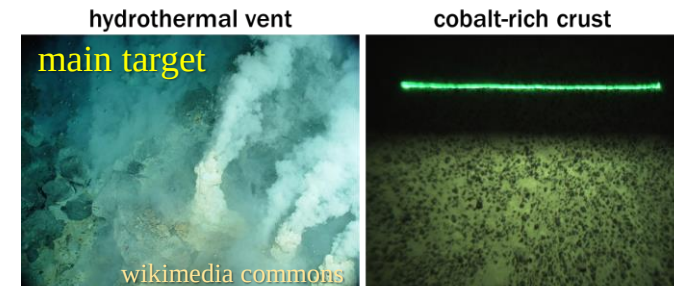
- ・国の研究・開発プログラムSIP (Strategic Innovation Promotion program)
- ・次世代海底資源調査に資する核心要素技術の開発



* Source: Japan Project-Industry Council
 estimated deposit

		available	value
hydrothermal deposit	$750 \times 10^6 \text{ ton}$	$450 \times 10^6 \text{ ton}$	0.67 trillion USD
cobalt-rich crust	$2.4 \times 10^9 \text{ ton}$	$1.1 \times 10^9 \text{ ton}$	0.83 trillion USD

✦ cf.) Japan's GDP in 2016: 4.73 trillion USD (IMF)



海技研のAUVとASV

❖ C-AUV: Cruising AUV (航行型(魚雷型)AUV)

- AUV(Autonomous Underwater Vehicle) : 調査機
- ASV(Autonomous Surface Vehicle) : 管制機(洋上中継器)



C-AUV #01
Dec. 2015



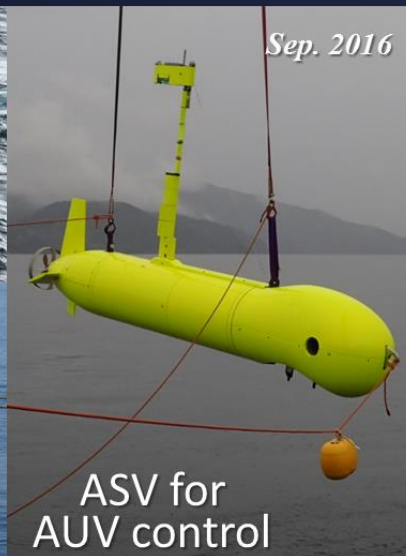
C-AUV #02
Sep. 2016



C-AUV #03
Aug. 2017



C-AUV #04
Mar. 2018



ASV for AUV control
Sep. 2016

⚓ 小型・軽量

	dimensions (m)	mass (kg)	depth rating (m)	speed (m/s)	main payload
C-AUV #01	3.9×0.65	780	2000	1.5	PSBP
C-AUV #02	3.6×0.6	620	2000	1.5	MBES
C-AUV#03, 04	3.9×0.65	540	2000	2.2	MBES
Hobalin	1.2×0.7×0.76	270	2000	0.4	camera, CTD
ASV for AUV control	4.0×0.58	800	-	1.5	-



Hobalin
Nov. 2015

航行型AUV4号機

- ・海技研の最新鋭航行型AUV(平成30年3月進水)
- ・全49潜航(沖縄トラフ, 伊豆諸島, 駿河湾, 鹿児島湾)の実績
- ・日本船舶海洋工学会 シップ・オブ・ザ・イヤー2018 海洋構造物・機器部門賞受賞



高運動性機体

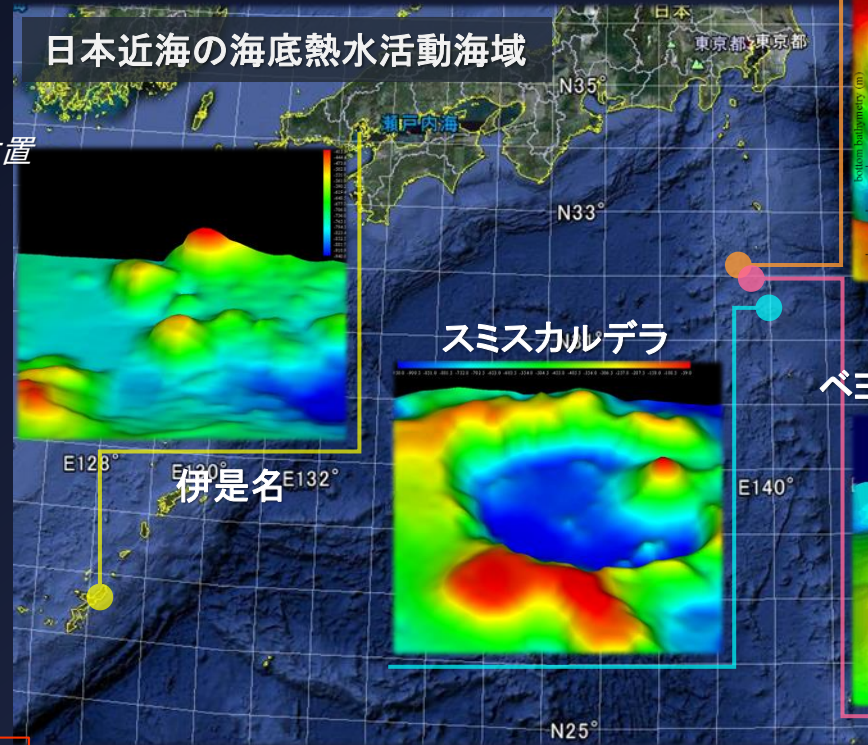
- 数多くの海底熱水鉱床は起伏に富んだ複雑な地形内に位置
- 高解像度・高精度の海底観測は、低高度航行で実現可能

✓ 高い運動性能の機体が求められる

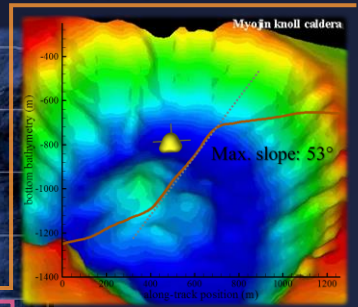
■ 高運動性機体の設計

- 復元モーメント ($\rho g \nabla BG \sin \theta$)
- 慣性モーメント (I_{yy}, I_{zz})
- 稼働翼ピッチ・ヨー操縦モーメント
- 運動性と安定性のバランス

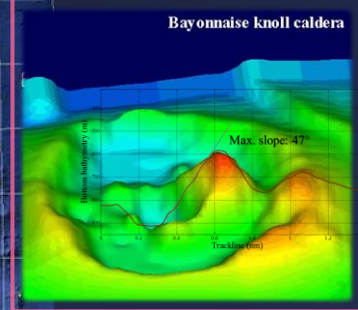
➡ 最大ピッチ角 80° の高運動性機体を実現



明神海丘カルデラ



ベヨネース海丘カルデラ



HUGIN 1000 (Kongsberg, Norway)



C-AUV #04		HUGIN 1000
3.9	length (m)	4.5
0.65	diameter (m)	0.75
540	weight (kg)	650
3.3	max. speed (m/s)	3.1
80	max. pitch (deg.)	50



© Kongsberg Maritime

複数AUV同時運用

increased efficiency

enhanced robustness

diversity in tasks

+ L.E. Parker et.al (eds.), *Distributed Autonomous Robotic Systems 4*, Springer, 2012.



主要要素技術

- 複数AUV同時運用に向けた現場中心の実用要素技術

航法

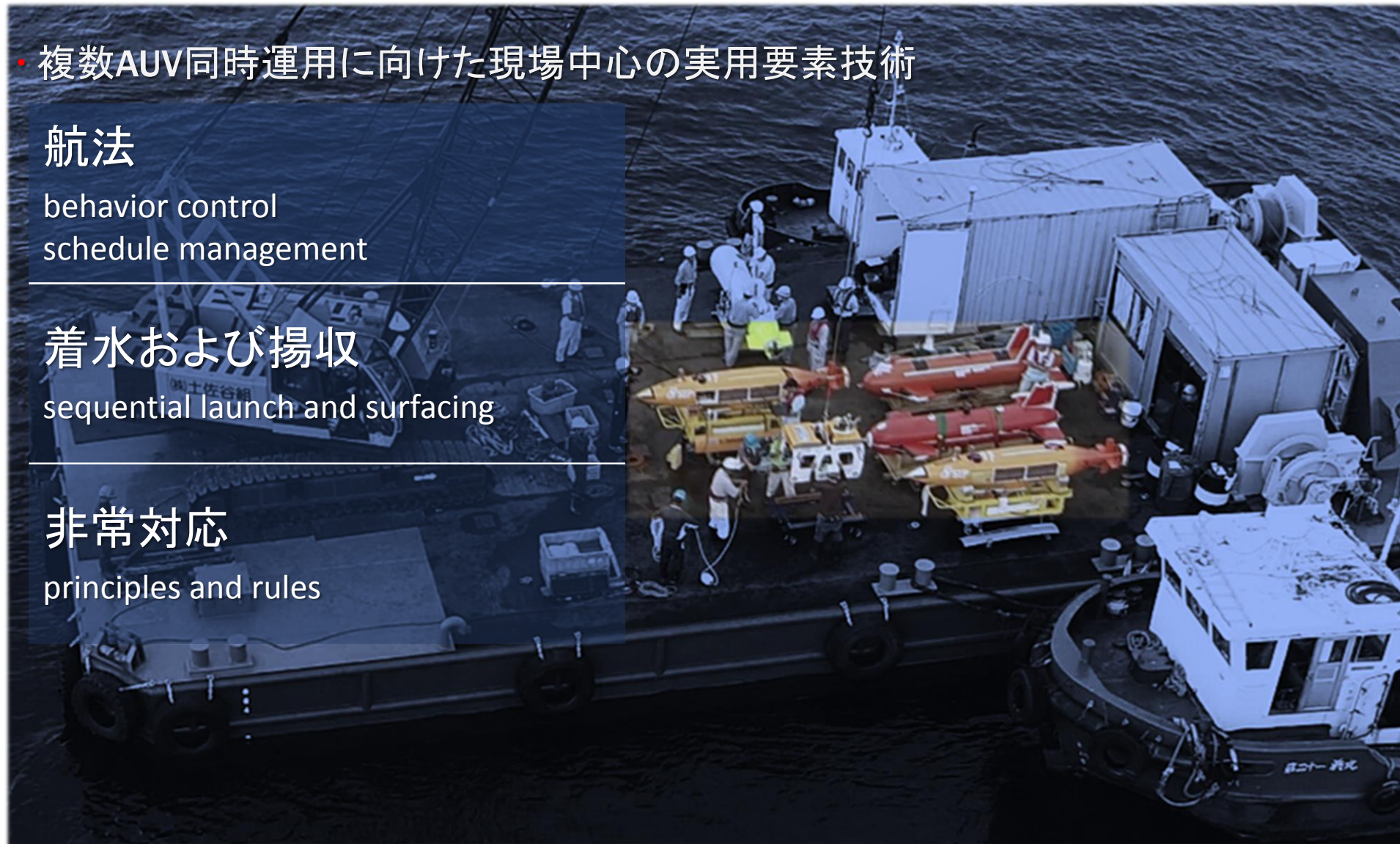
behavior control
schedule management

着水および揚収

sequential launch and surfacing

非常対応

principles and rules

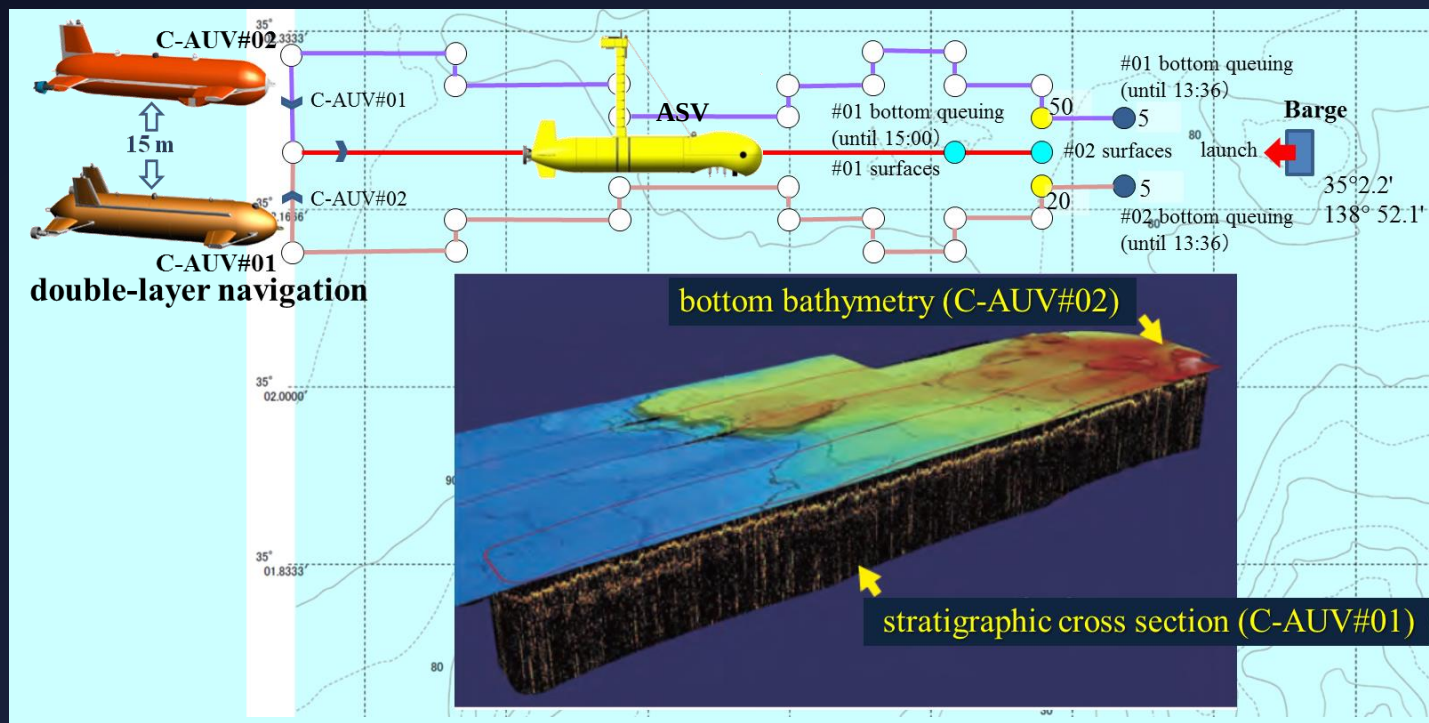


航法

➡ 複数AUV同時運用に特化した実用航法技術

• マルチ・レイヤー(Multi-Layer)航法

- 異なるミッション(観測)の複数AUVに適用
- 複数機の動作を制約することで、洋上中継器による管制を格段に容易にする



駿河湾潜航試験



試験海域(沼津市沖合の駿河湾)

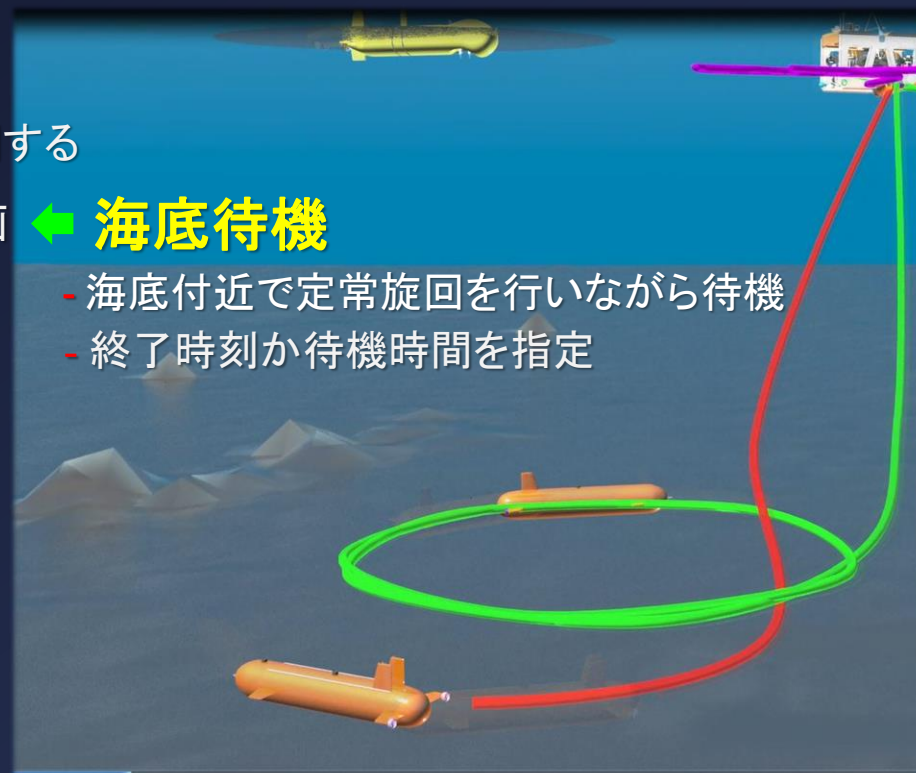
着水および揚収

- 荒れた海上で複数AUVを着水・揚収する作業は容易ではない

➡ **最も事故発生リスクが高い**

基本ルール

- 着水・揚収は1機ずつ、順番に行う
- 洋上中継器を最初に展開し、最後に揚収する
- 速力の遅いAUV (例えば、ホバリング型AUV)を先に展開する
- 海面で揚収を待っているAUVは1機のみになるように計画



← 海底待機

- 海底付近で定常旋回を行いながら待機
- 終了時刻か待機時間を指定

非常対応

- 深刻な非常時のAUVは**浮上**が原則

- 複数AUV同時運用における非常対応の一例（JA18-06 航海）

level	vehicles	trouble	response
1	ASV	communication fail positioning fail	• ASV position keeping • AUV supervised by support vessel
2	ASV	abnormal control	• recover ASV • AUV supervised by support vessel
2	1 AUV	emergency surfacing	• recover AUV
3	2 AUVs	emergency surfacing	• launch 2 working boats • working boat#01: recover AUV 1 • working boat#02: capture AUV 2 and wait
4	3 AUVs	emergency surfacing	• launch 2 working boats • working boat#01: recover AUV 1 • working boat#02: capture AUV 2, watch AUV 3 and wait

➡ 個別の運用ミッション毎に作成(改訂)が必要

実海域展開・調査



複数AUV同時運用実績

・ 複数AUV同時運用集計表

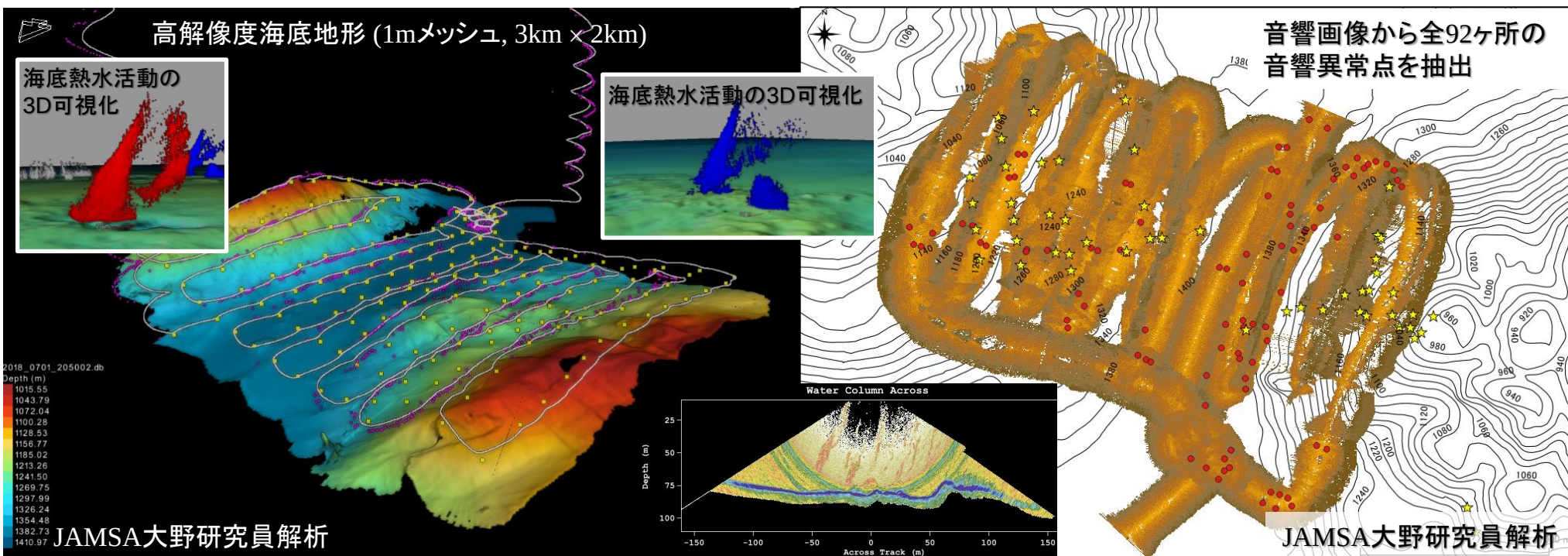
No.	日付			海域	使用機器						潜航調査時間		目的	備考
	年	月	日		洋上中	航行型1	航行型2	航行型3	航行型4	ほぼりん	hr.	mn.		
1	2016	9	25	駿河湾	○	○	○				2	34	試験	海技研主管
2	2016	9	25	駿河湾	○	○	○				2	52	試験	
3	2016	9	26	駿河湾	○	○	○				2	46	試験	
4	2016	11	29	大室海穴	○	○	○			○	7	42	調査	海技研主管
5	2016	12	2	初島沖	○	○	○				6	47	調査	
6	2016	12	3	大室海穴	○	○	○			○	15	30	調査	
7	2017	9	11	駿河湾		○				○	3	2	試験	海技研主管
8	2017	9	14	駿河湾	○	○	○	○		○	5	18	試験	
9	2017	9	15	駿河湾	○	○	○	○		○	7	17	試験	
10	2017	10	18	久米島西方	○	○	○	○		○	9	49	調査	海調協主管
11	2017	10	21	鹿児島湾	○	○	○	○		○	10	54	調査	
12	2017	10	23	鹿児島湾	○	○	○	○		○	13	33	調査	
13	2018	5	23	駿河湾				○	○		2	2	試験	海技研主管
14	2018	9	22	駿河湾				○	○	○	3	6	試験	海技研主管
15	2018	9	23	駿河湾				○		○	2	24	試験	
16	2018	9	24	駿河湾		○	○	○	○	○	4	6	試験	
17	2018	9	27	駿河湾	○			○	○	○	2	11	試験	
18	2018	10	11	大室海穴	○			○		○	4	9	調査	海調協主管
19	2018	10	12	海域A	○			○		○	4	51	調査	
20	2018	10	14	海域B	○			○		○	10	46	調査	
21	2018	10	18	海域A	○		○		○		9	51	調査	
								総潜航調査時間			131	30		

奄美大島西方沖潜航調査

■ 民間主導の海洋調査

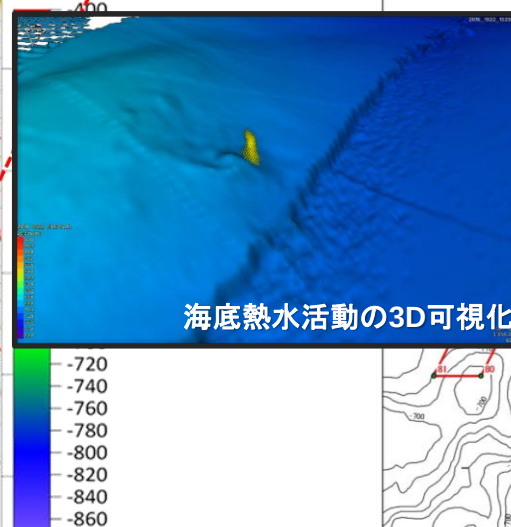
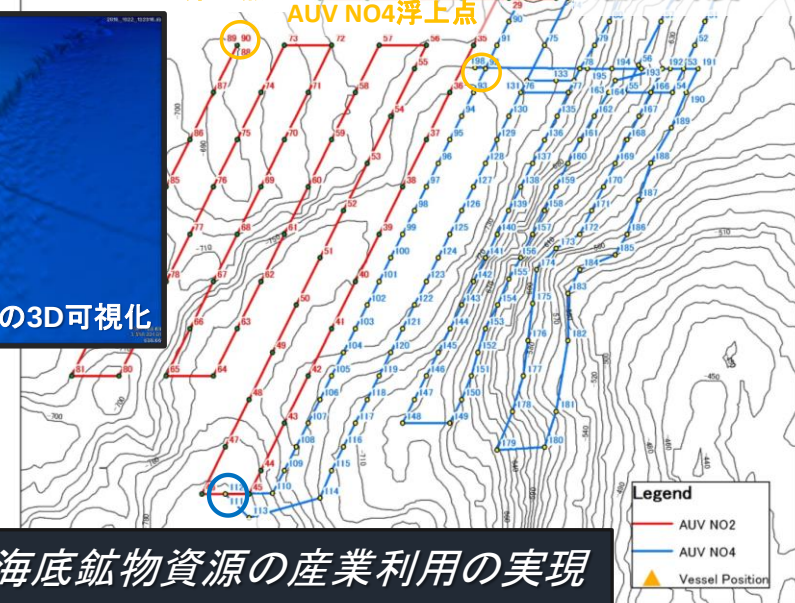
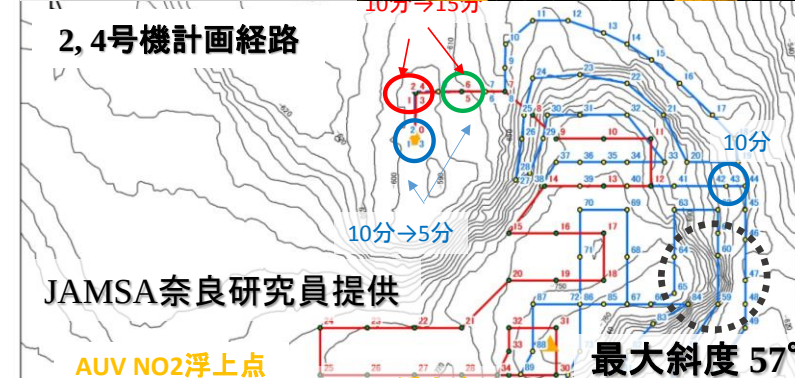
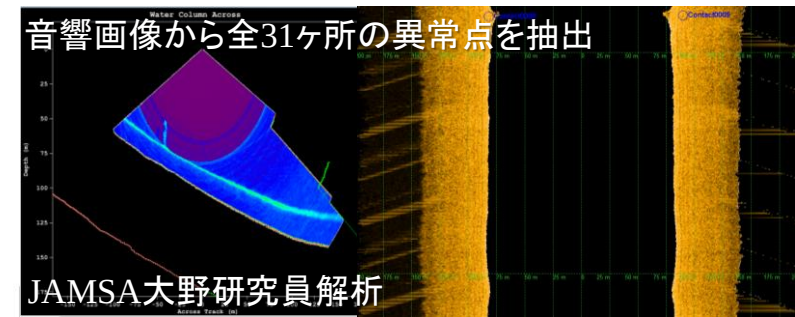
- 海洋SIPの主要課題
- 海洋調査協会(JAMSA)との協力

➡ **AUV運用技術を民間に本格移転**

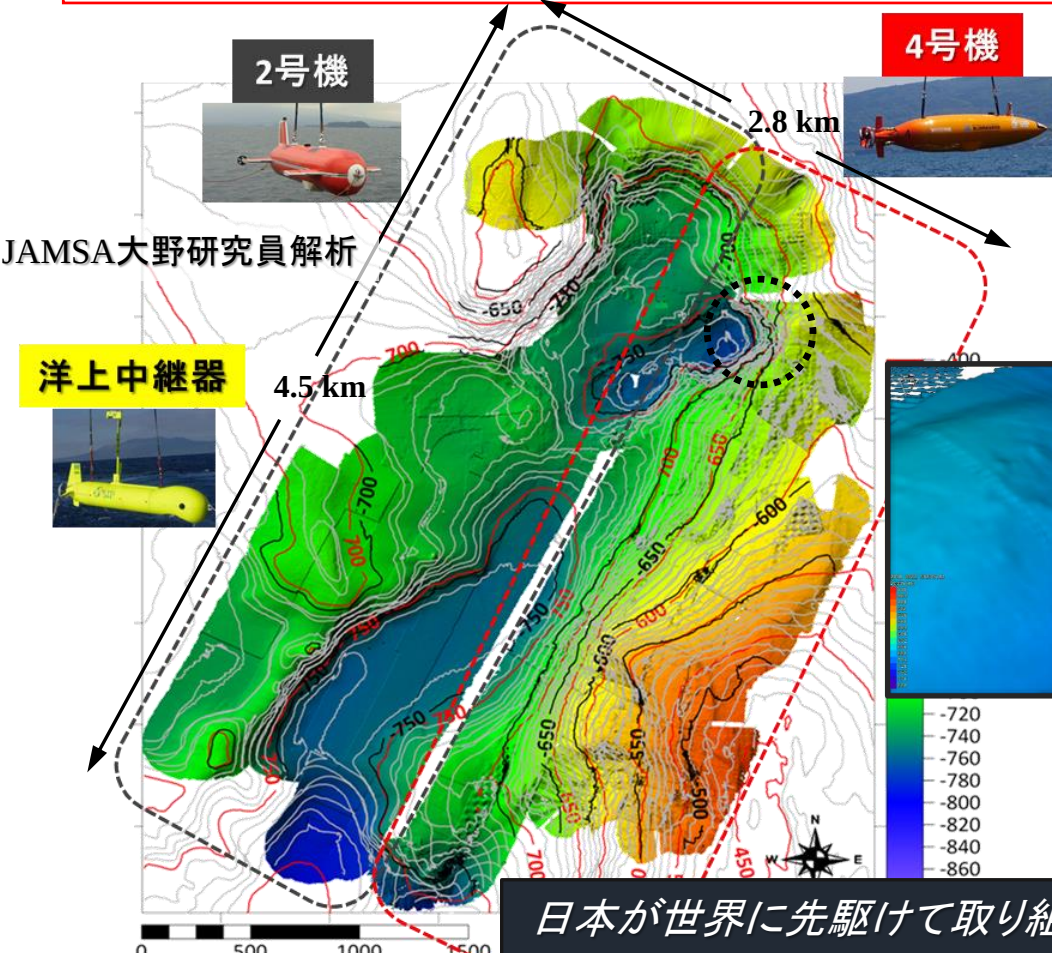


伊豆諸島海域潜航調査

- ✓ 複数AUVの同時展開・運用
 - ✓ 4号機: 高い運動性能を活かし、急斜面部に投入
- ➡ 優れた機体性能と高効率の運用手法による高度な海洋調査



日本が世界に先駆けて取り組んでいる海底鉱物資源の産業利用の実現



まとめ

- ・ SIP海のジパング計画

- ✓ 機器開発
- ✓ 運用技術開発
- ✓ 実海域展開および熱水地帯調査
- ✓ 技術の民間移転

➡ **民間との協力を通じてより進化した運用手法、体制を導出**

- ・ Next Stage

➡ **革新的海底資源調査に資するより進化した複数AUV同時運用**

- 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)「次世代海洋資源調査技術」(管理法人: JAMSTEC)から助成を受けました。