

SEA JAPAN 2018

海上技術安全研究所セミナー

講演集

平成30年4月12日(木) 10:30～12:20

東京ビッグサイト 展示会場内 セミナー会場C



SEA JAPAN2018 セミナー用講演集 目次

- ◆ C-6
海上技術安全研究所の中長期戦略について 2
宇都 正太郎 所長

- ◆ C-7
船舶の設計・検査における AI の適用研究 9
平方 勝 構造安全評価系 上席研究員

- ◆ C-8
大気環境規制の動向と舶用動力源の燃料多様化 21
高橋 千織 環境・動力系 環境分析研究グループ長

- ◆ C-9
次世代海底資源調査に向けた純無人型探査ユニットの開発と実海域展開 39
金 岡秀 海洋先端技術系 上席研究員

C - 6

海上技術安全研究所の中長期戦略について

宇都 正太郎

海上技術安全研究所

所長

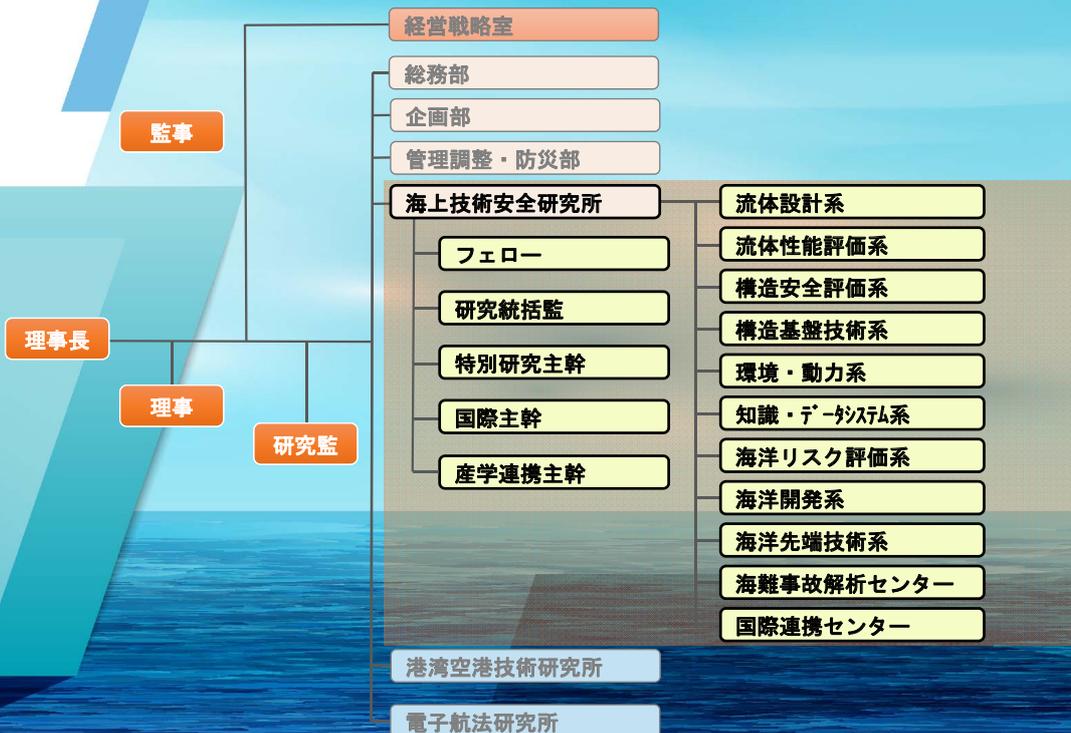
海上技術安全研究所の中長期戦略



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長 宇都 正太郎



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所



海技研を取り巻く状況

制度

- ☞ 国立研究開発法人への移行
 - ☛ 大学又は民間企業では実施できない研究開発を実施し、我が国としての研究開発成果を最大化することが使命
 - ☛ 基盤的技術開発、橋渡し機能の期待
- ☞ 法人統合
 - ☛ 分野横断的研究によるシナジー効果

社会

- ☞ 科学技術基本計画、科学技術イノベーション戦略による国立研究開発法人への期待
- ☞ Society 5.0の推進、自動運航船、AI、IoT関連技術等の進展
- ☞ 環境規制の強化

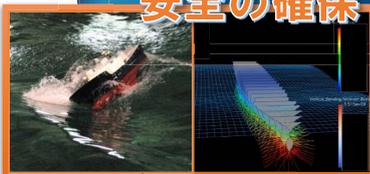
海技研の業務体系

「技術」による
政策課題の解決

海上技術安全研究所は
海事行政・海事産業を
支える**技術基盤**

- 海技研は、大規模な実験施設、高い技術力を背景に、**船舶の安全・環境に関する政策課題**に対して、**技術面から解決策**を生み出す
- 研究開発を通じて**我が国海事産業の国際競争力強化に貢献**

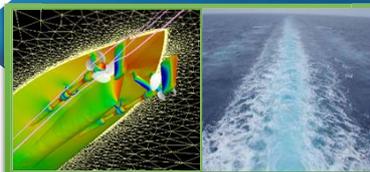
**海上輸送の
安全の確保**



**海上輸送を支える
基盤的な技術開発**



海洋環境の保全



海洋の開発



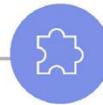
海技研が目指す研究開発活動



中長期計画に基づく研究開発に加え、自らも研究開発課題を発掘し、提案



人と情報が集まる研究開発活動拠点として海事クラスターをリード



世界最先端の研究水準を有し、国際基準・標準の策定をリード



研究開発のみならず、ベンチャーなど新しいビジネスを創出

海技研の研究開発の方向性

2030年の世界へ向けた海技研のビジョン(研究目標)



安全確保

新コンセプト開発

海難事故防止・解析のCOE
リスク関係者も含めた社会的コストの低減など
新しいリスク評価技術の確立
核燃料物質輸送対応拠点
AIの利用によるリスク評価の高度化

超安全設計

実船データと荷重構造一貫解析のCOE
ハルモニタリング技術の確立
信頼性等を考慮した新しい構造規則策定の中心

自律航行

自律船、自動運航を支えるAIアプリの中心

AI, IoT, Big Dataが
海技研の全研究の基幹
データサイエンスによる
新しい造船設計体系を作る

生産性革命

超短納期

i-Shippingの拠点
デジタルシップヤード
工作法と工作精度見直し

アンモニア燃焼技術でCOE

アンモニア燃焼技術の実用化

基盤技術開発

環境保全

実海域燃費最小化

実海域性能の水槽・数値計算技術による推定
水槽試験技術の世界一の拠点
実船計測結果で検証したCFDでCOE

ゼロエミッション

オール電化

ゼロNOx, SOx, PM

次世代推進システム開発
脱内燃機関

サブシーファクトリー

サブシナロボット

サブシー分野における
極限ロボティクスのCOE

海洋再生可能エネルギー発電
の事業化支援技術のCOE

海底資源開発技術のCOE

海洋資源開発の産業化

海洋再生可能エネルギーの産業化 社会基盤化

海洋開発

海技研が目指す組織のかたち

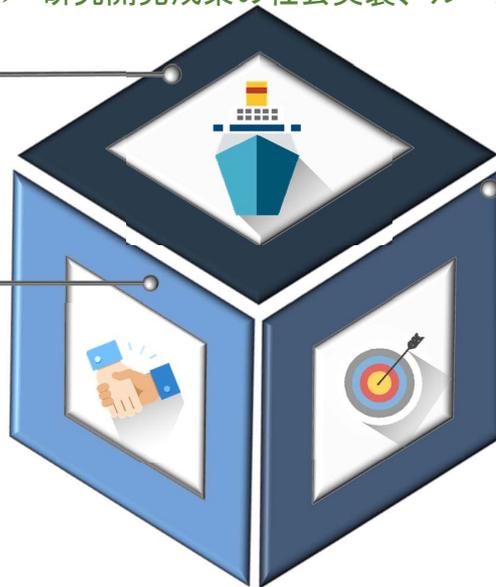


研究開発成果の 最大化、 イノベーション創出

- 安全、環境、海洋開発、基盤技術の重点4分野にとどまらず、これら分野を横断したテーマや、うみそら研のメリットを生かした港湾、航空分野にわたる分野横断的研究開発の推進
- 研究開発成果の社会実装、ルール化による産業界への貢献

人材

- 博士号取得者を中心とした高度な研究開発能力を有する研究員に加え、経営・研究支援視点を有する事務職員



法人経営

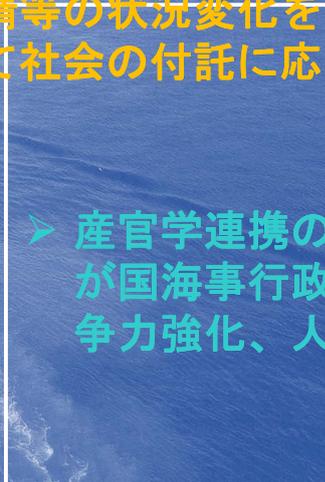
- 限られた資源で期待される研究開発成果を生み出すため、法人発ベンチャー等の手法を検討
- 保有する研究施設については、当該研究施設へのニーズや費用対効果を勘案し、維持発展すべき対象の選択と資源の集中

まとめ

- 船舶の安全・環境保全等に関する政策課題に技術面からのソリューションを提供するという海技研の基本的ミッションは今後も不変。

- AI、IoT等技術の進展、更なる環境負荷低減の要請等の状況変化をとらえ、将来にわたって社会の付託に応えるための体制を強化。

- 産官学連携の拠点として、我が国海事行政の推進、国際競争力強化、人材育成に貢献。



C - 7

船舶の設計・検査におけるA I の適用研究

平方 勝

海上技術安全研究所

構造安全評価系 上席研究員

船舶の設計・検査における AIの適用研究

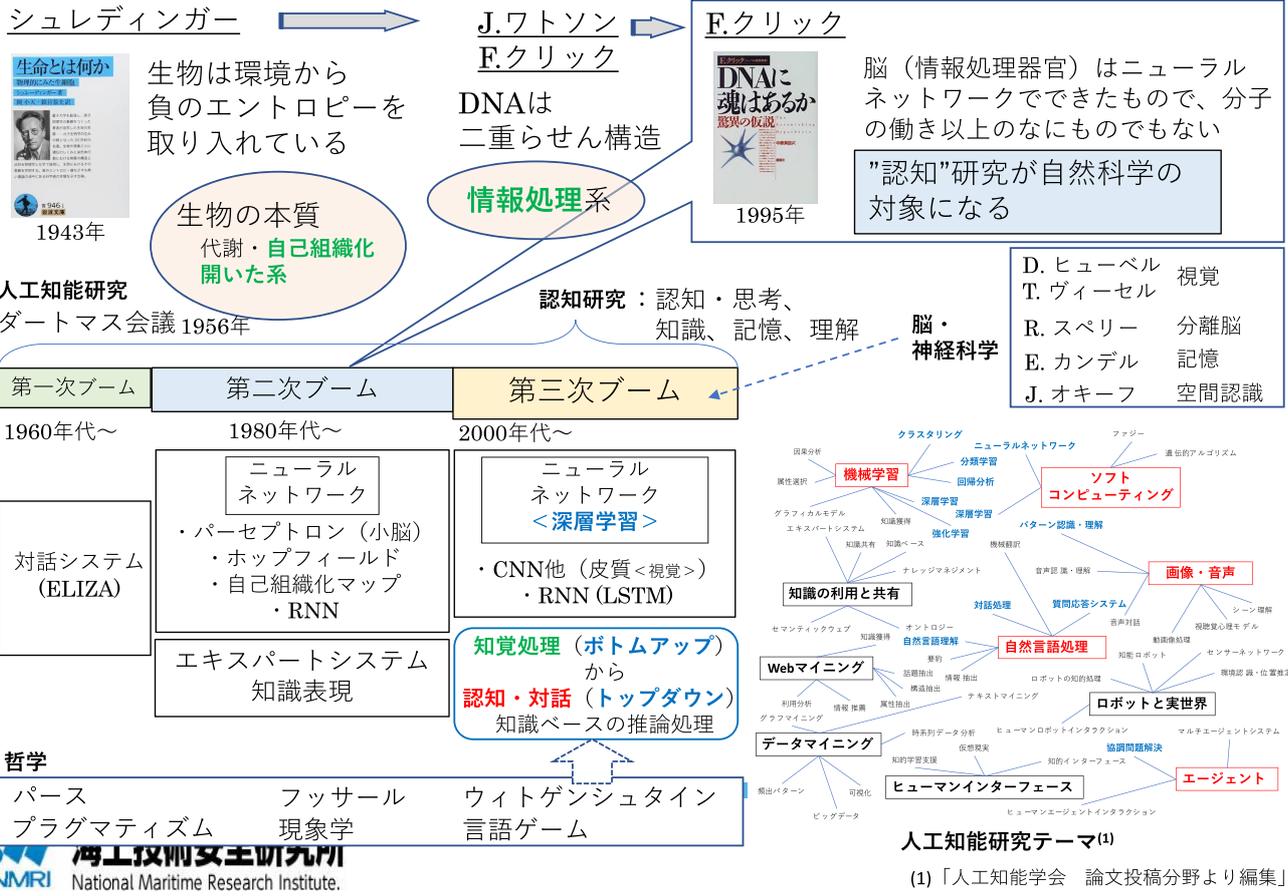
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

平方 勝、馬 沖、
谷口智之、小森山 祐輔

目 次

1. 人工知能研究とその周辺
2. 最近の人工知能研究と適用事例の紹介
3. 船舶に関連する適用研究紹介
 - A) 船舶設計・検査における対話システムの構築
 - B) NC切断ネスティング最適計画
 - C) 船舶のタンク内点検画像認識処理技術の開発
 - D) ニューラルネットワークを活用した騒音予測
4. まとめ

1. 人工知能研究とその周辺(1)



1. 人工知能研究とその周辺(2)

人工知能は、

ツール (計算機、情報処理端末) としての存在を超えて
人間と協働する知的情報処理システムに

文部科学省「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」(2014年)

人間 (他者) の振る舞いを理解 (知覚・認知) し、行動 (作用) できるように：環世界の構築(1)

ヒト (生き物の一員) とは何か

環境への適応：まねる、記憶 (学習)
自己組織化：分類
イメージ処理 (右脳)：知覚、認知

人工知能

- ☞ ニューラルネットワーク (回帰モデル)
- ☞ ニューラルネットワーク (分類モデル)
- ☞ 画像ディープラーニング

人間 (社会的生き物の一員) とは何か

意識的行動：自律性、外界の価値、注意
記号・言語処理 (左脳)：思考・対話
推論・思考：帰納、演繹、仮説検証
内省：客観、メタ認知
感情移入：対話

人工知能

- ☞ 強化学習、???
- ☞ 再帰型ニューラルネットワーク、???
- ☞ 知識グラフ、???
- ☞ IBM Watson、???
- ☞ ???

2. 最近の人工知能研究と適用事例の紹介 (1)

画像認識

Restricted Boltzman Machine(2002) 、 Deep Belief Network(2006年) 、 Stacked Auto Encoder (2007年)

現在画像認識では、**畳み込みニューラルネットワーク (CNN)**が主流

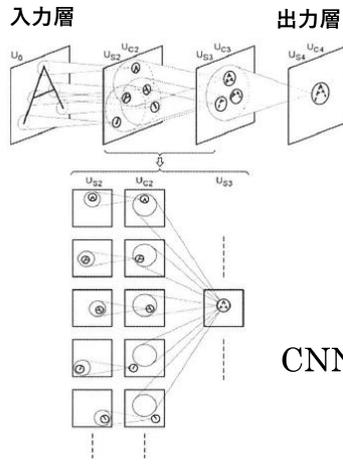


図 多層モデル

「麻生英樹、ディープラーニングの発展と展望 (第1回AI・人工知能EXPO)」

CNNの発展

ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)

2012年	AlexNet	誤り率 15.3 % (2位の機械学習26.2 %)
2013年	VGGNet	誤り率 11.2 %
2014年	GoogLeNet	誤り率 6.7 %
2015年	ResNet	誤り率 3.6 %

CNNは、大量の学習セットが必要

⇒ **GAN** (Generative Adversarial Network) の研究が盛ん

識別モデルと**生成モデル**の訓練を同時に進め、互いに競わせることで精度の高いモデルを構築できる。
少量の学習セットで本物に近い画像を生成することができる。

2. 最近の人工知能研究と適用事例の紹介 (2)

言語処理

音声や言語といった系列データを扱うニューラルネットワークは、**再帰型ニューラルネットワーク(RNN)**が利用できる。

最近では、**RNN**の一種で、勾配消失問題を回避するための、**長・短期記憶(LSTM)**が話題になっている。

Googleが**LSTM**をGoogle翻訳に適用 (2016～)

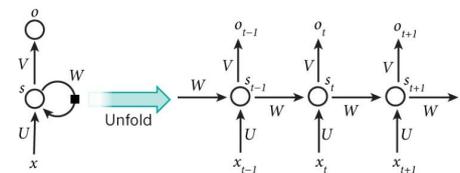
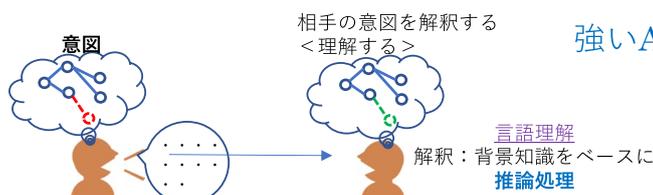


図 Recurrent Neural Network (RNN) (1)

対話処理

シンボलगラウンディング問題：

コンピュータは**記号の意味を理解していない**ので、記号の操作だけでは知能は実現できない。シンボル (記号) をそれが意味するものと結びつける (グラウンドさせる) ことが必要であるが、現在の人工知能では解決できていない。



強いAIは実現するか？ By J.サール

(1) A recurrent neural network and the unfolding in time of the computation involved in its forward computation.

2. 最近の人工知能研究と適用事例の紹介 (3)

テキストと画像の結び付け

CNNとRNN (LSTM)を組み合わせる。
画像から物体認識を行い、**画像の説明文**を作成する。

マルチモーダル

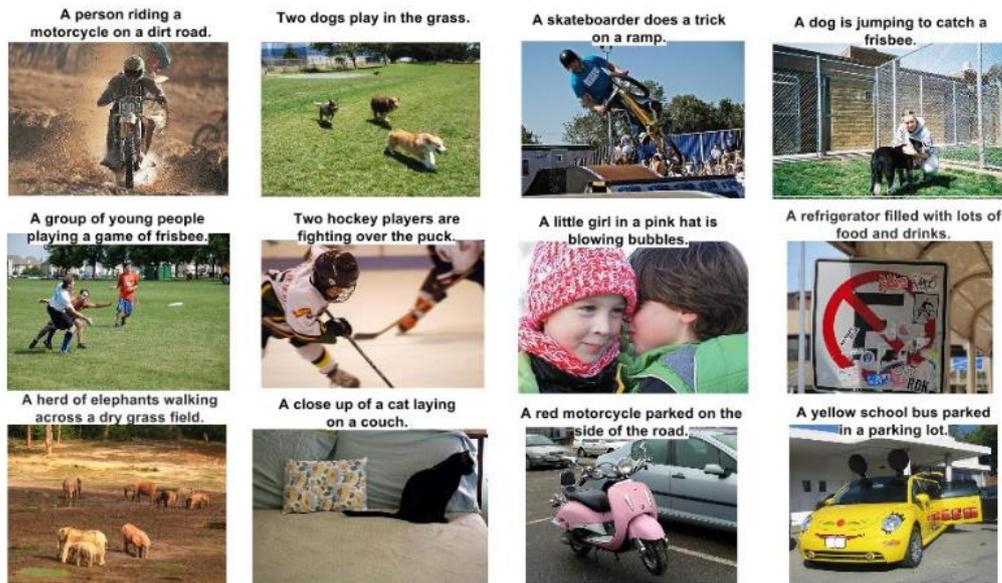
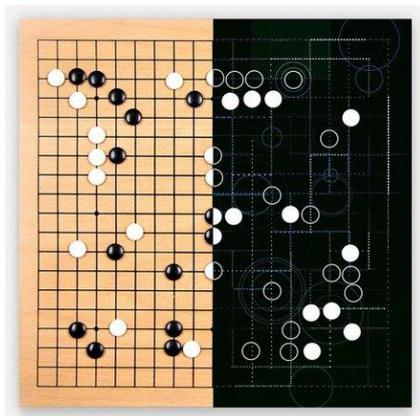


図 画像からの説明文生成

2. 最近の人工知能研究と適用事例の紹介 (4)

強化学習

ある環境内にあるエージェントが、現在の**状態を観測**し、とるべき**行動を決定**する問題を扱う機械学習の一種。エージェントは行動を選択することで**環境から報酬**を得る。**強化学習**は一連の行動を通じて**報酬が最も多く得られる**ような方策 (Policy)を**学習**する
[Wikipedia]



AlphaGo



Atari Playing

図 強化学習の適用例

<対話システム 先行研究の調査>

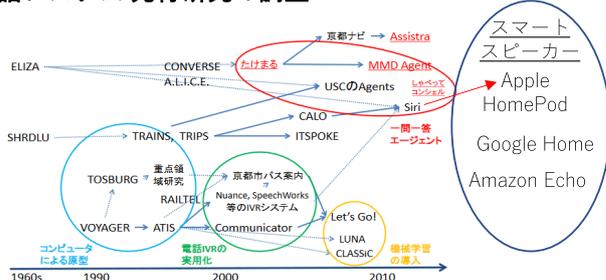


図1: 代表的な音声対話システムの系譜 (1)

予め大量の発話ペアを学習した上で、質問を受けた際に最も近い発話ペアの応答文を回答する仕組みとなっている、チャットボットの開発が進む。

コールセンター業務などに活用

質問応答システム Watson

2011年、IBMの質問応答システム Watson が全米のクイズ番組「Jeopardy!」において人間のチャンピオンよりも高速でボタンを押し、次々と正確に解答を読み上げた。

<技術>

ファクトイド型質問応答 (質問文で問われている名詞や固有名詞を答えるという課題解決) を実現
 複数の**仮説を立てて**、それぞれの**妥当性を検証**する仕組み

現象学的アプローチ

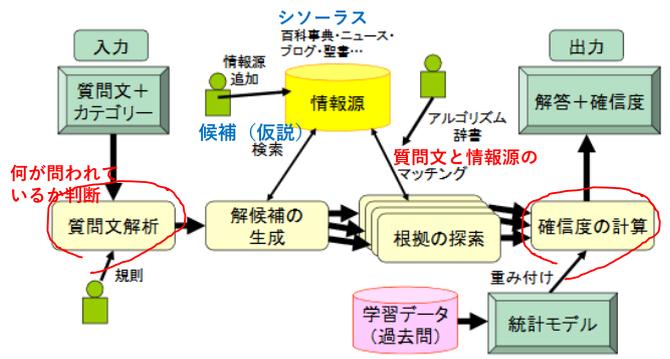


図2 Watsonの処理の流れ(2)



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.

- (1) 「河原達也, 音声対話システムの進化と淘汰, 人工知能学会誌, 28巻1号, 2013年」を参考に加筆
- (2) 「金山博, 武田浩一, Watsonクイズ番組に挑戦する質問応答システム, 情報処理, Vol.52, No.7, P840-P849, 2011」

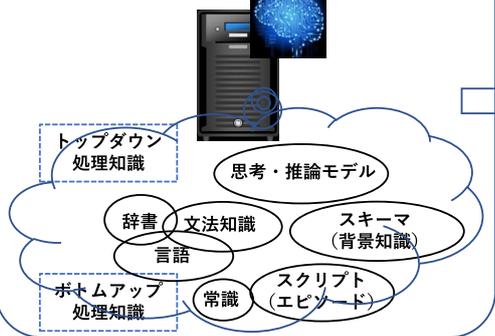
<目標>

頻繁に改正される規則を、**設計**や**検査**で**活用**することを念頭にシステムが**知識**として学ぶ。設計者や検査員と**協働**できるシステム開発を目指す。



検査員に必要な情報
 <応答文教師データ>

読込 ↓ 内容を知識化 (構造化して記憶)



検査

LLの検査をはじめるよ。

検査員

対話

ブルワークの高さは1m以上ですか？

設計

本船は、規則△△・・・

設計者支援

設計者 OR 仕様書作成 etc.

シンボルグラウンディング
 言語ゲームが一つのヒント?

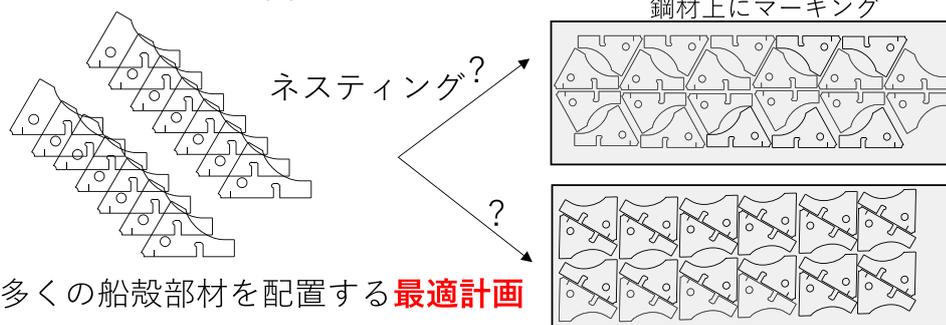


国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
 National Maritime Research Institute.

NC切断ネスティング最適計画 (1)

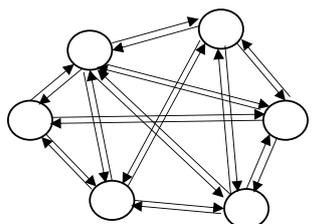
SEA JAPAN 2018

<問題設定>



なるべく多くの船殻部材を配置する**最適計画**

Hopfieldネットワーク (相互結合型ネットワーク)



○ ニューロン
→ ニューロン間の結合の向き

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{ij} W_{ij} X_i X_j - \sum_i h_i X_i$$

Hopfieldネットワークのエネルギーが極小値に収束するようにする。

W_{ij} : ユニットjからユニットiへの結合荷重

h_i : ユニットiでの閾値

X_i : ある船殻部材の配置先の候補

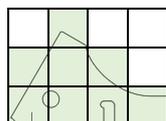
制約条件 (全て詰める、重ならない、部材距離を近く) を定めて、 W_{ij}, h_i を計算

X_i を更新

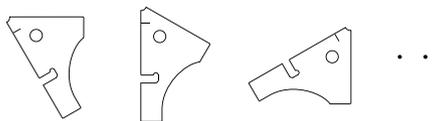
NC切断ネスティング最適計画 (2)

SEA JAPAN 2018

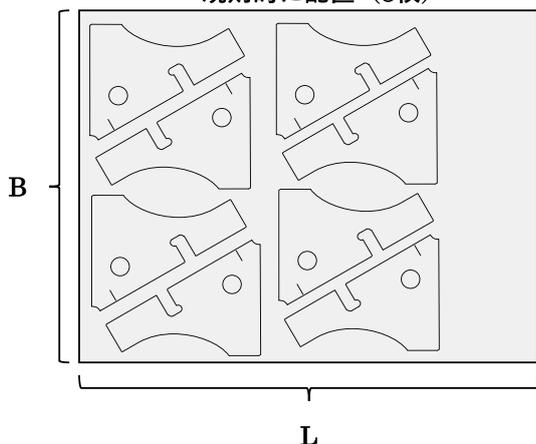
① 離散データとして取り扱う



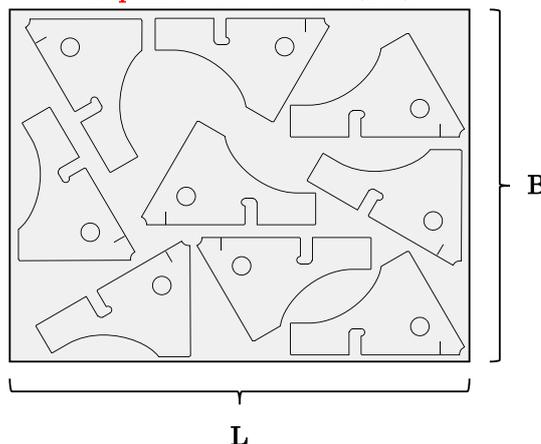
② 角度, 裏表を取りうる



規則的に配置 (8枚)



Hopfieldネットワーク (9枚)



<今後の展開>

- ・ 強化学習等、別の学習方法による検討
- ・ ネスティング以外の最適問題への適用を検討

船舶のタンク内点検画像認識処理技術の開発 (1)

<背景>

船舶のタンク・ホールド内点検にドローンを活用する動きがある。

アクセスは容易になる一方、

ドローンで撮影した**タンク・船倉内画像**から、対象箇所の塗膜健全性、損傷の有無を自動評価 (**画像認識**) する技術が求められる。

非GPS環境では、ドローンが**外界を認識**し、衝突を避けながら、**自動飛行**できることも望ましい。**位置把握**も必要。



<研究方法>

RCNNは、Selective Searchでオブジェクト候補を切り出し、切り出したRegionにCNNを適用。近傍で一番適合度の高かったものを採用

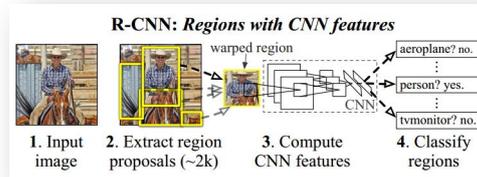


図1 Regions with CNN features (1)

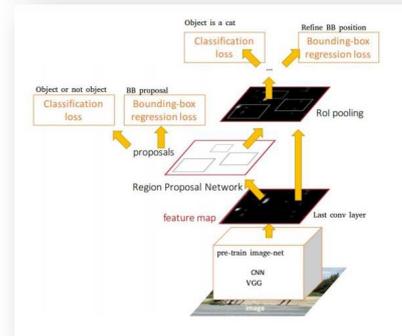


図2 Faster R-CNN(2)

(1) 「Ross Girshick, Jeff Donahue, Trevor Darrell, and Jitendra Malik (2014): Rich Feature hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. In 580-587」
 (2) 「Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun (2015): Faster R-CNN」

船舶のタンク内点検画像認識処理技術の開発 (2)

データセット

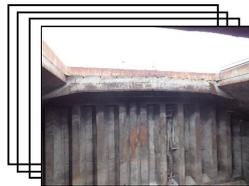
GPS環境 (ハッチカバーオープン：明るい) を想定

ばら積貨物船の重点点検箇所等 (①~⑤) に関連する**部材名** (上構造図赤枠) を**学習**させる。

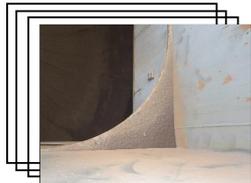
① Cross Deck裏の内部材



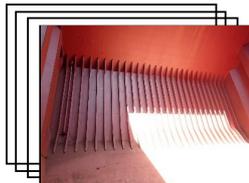
② Hatch End Beam



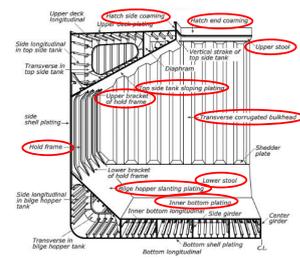
③ Hatch Coamingのコーナー部



④ Hold Frame



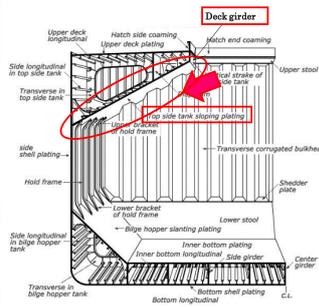
⑤ 前後隔壁



訓練データ：550画像
 検証データ：250画像
 テストデータ：89画像

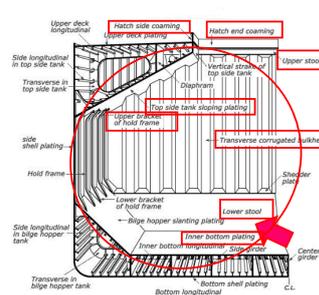
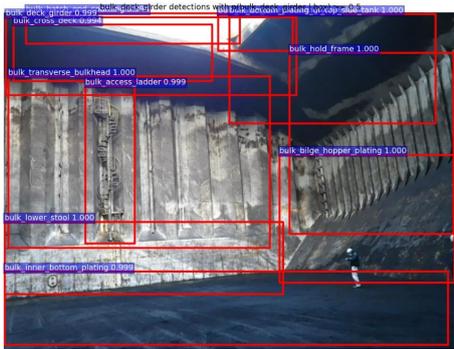
船舶のタンク内点検画像認識処理技術の開発 (3)

<実験I>

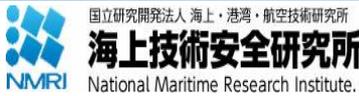


Top side tank sloping plating: 99.2%
 Deck girder: 93.3%
 Hold frame: 50%未満

訓練画像に同様のアングルからの画像がすくなかったことが原因



Top side tank sloping plating: 100%
 Hold frame: 100%
 Bilge hopper plating: 100%
 Transverse bulkhead: 100%
 Lower stool: 100%
 Access ladder: 99.9%
 Inner bottom plating: 99.9%
 Deck girder: 99.9%
 Hatch side coaming: 99.9%
 Hatch end coaming: 99.4%
 Cross deck: 99.4%



船舶のタンク内点検画像認識処理技術の開発 (4)

<実験II>



閉環境 (暗い環境) を模倣的に作成 (2段階)



明るい環境での学習結果を基に認識率を検証



Top side tank sloping plating: 100%
 Hold frame: 100%
 Bilge hopper plating: 100%
 Transverse bulkhead: 100%
 Lower stool: 100%
 Access ladder: 99.9%
 Inner bottom plating: 99.9%
 Deck girder: 99.9%
 Hatch side coaming: 99.9%
 Hatch end coaming: 99.4%
 Cross deck: 99.4%



Top side tank sloping plating: 53%
 Hold frame: 99.8%
 Bilge hopper plating: 99.4%
 Transverse bulkhead: 100%
 Lower stool: 98.9%
 Access ladder: 99.3%
 Inner bottom plating: 57.9%
 Deck girder: 50%未満
 Hatch side coaming: 50%未満
 Hatch end coaming: 50%未満
 Cross deck: 52.4%

暗い部材から認識が困難に。明るい部材認識率は依然高い。



Top side tank sloping plating: 50%未満
 Hold frame: 98.7%
 Bilge hopper plating: 86.8%
 Transverse bulkhead: 99.8%
 Lower stool: 90.0%
 Access ladder: 50%未満
 Inner bottom plating: 50%未満
 Deck girder: 50%未満
 Hatch side coaming: 50%未満
 Hatch end coaming: 50%未満
 Cross deck: 50%未満

ヒトもこの静止画像だけでは判断が困難。連続した動きの中では判断が可能。

今後
リアルタイムでの認識
損傷の認識



ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (1)

2012年、国際海事機関(IMO)が船舶の騒音に関するコードを義務化

基本設計（騒音予測）を支援

- 👉 設計の初期段階での推定の必要性高い
- 👉 早期に対策を検討可能

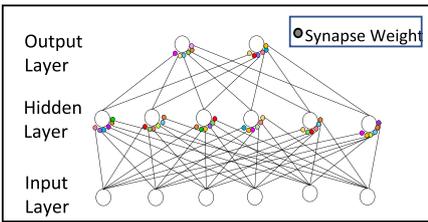
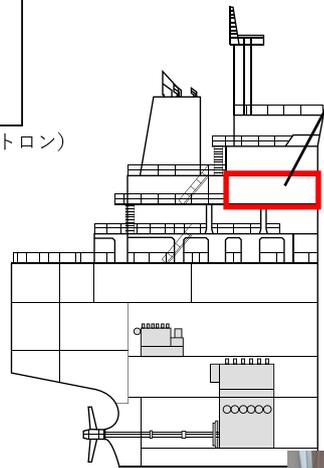
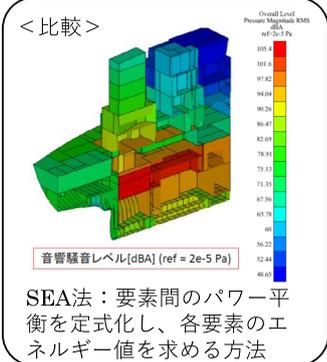
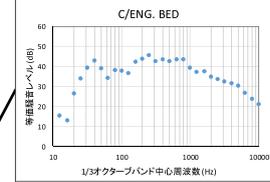


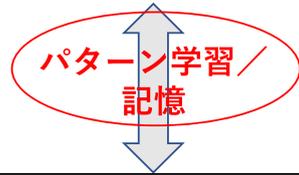
図 ニューラルネットワーク（多層パーセプトロン）



出力情報（教師データ）



騒音スペクトル



入力情報

- 船舶要目 (L, B, D, ...)
- 機関要目 (メーカー, 型式 ...)
- 内装仕様 (床材, 壁材, 天井材, ...) etc



実船計測で得た騒音知識を基に、入力情報を決定

ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (2)

自己組織化マップ (SOM) モデル

コホネンが脳皮質の視覚野をモデル化したニューラルネットワークの一つ
似たものを自然にまとめて**分類**する**教師なし学習**

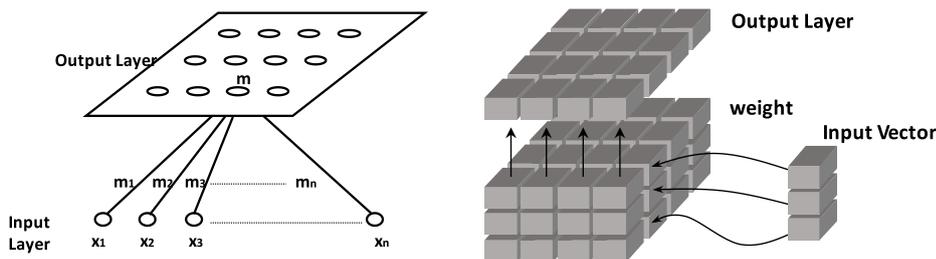


図1 ニューラルネットワーク (SOM)

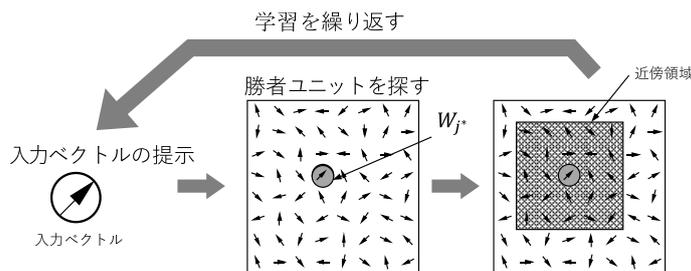


図2 SOM学習アルゴリズム

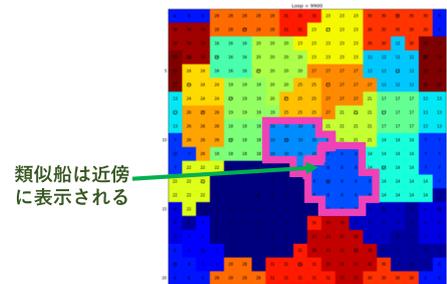
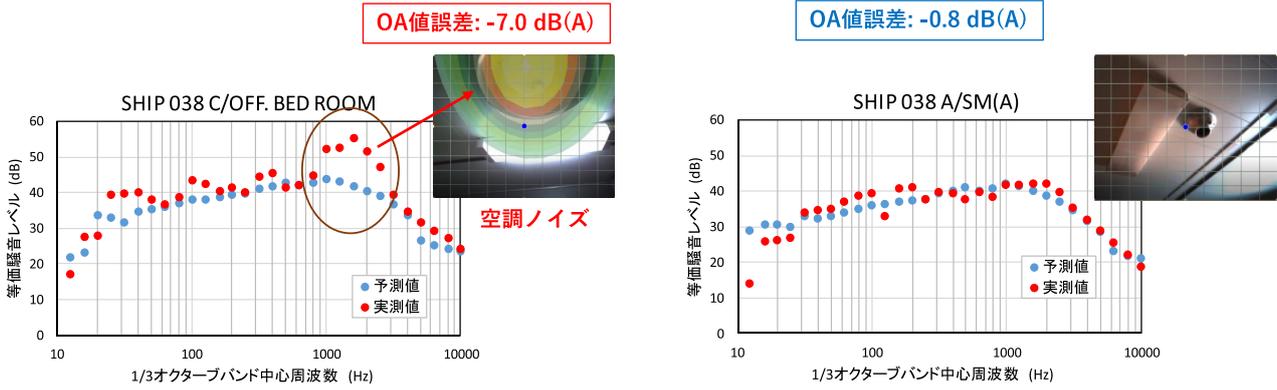
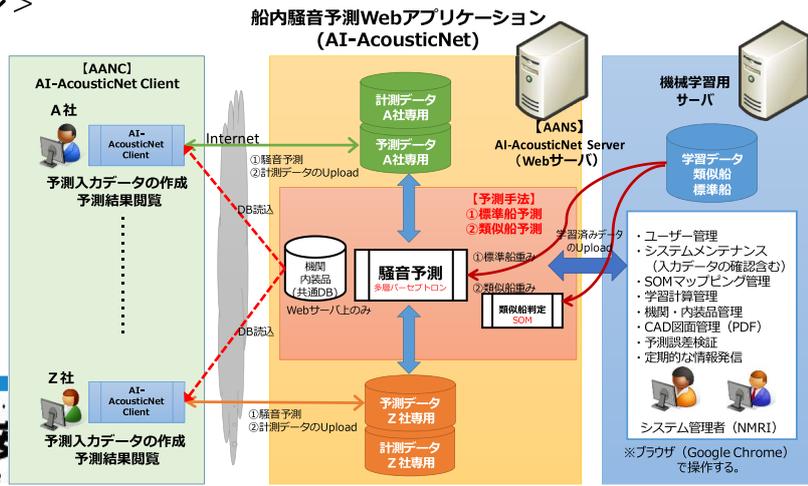


図3 SOM船舶分類結果 (一例)



<運用イメージ>



4. まとめ

1. 近年、人工知能研究がニューラルネットワークを中心に発展している。
2. ニューラルネットワーク学習は、**画像認識、自然言語処理、最適化問題、分類問題、推論・予測問題**に適用できる人工知能研究の核になっている。現行**CNN**では、大量の学習データが必要となるため、適用分野によっては障害となる恐れがある。**GAN**など新たな技術が、学習データの課題を克服できると報告されている。
3. **LSTM**が**翻訳技術**など、**自然言語処理分野**の進展に寄与している。**対話処理**は**シンボルグラウンディング**（コンピュータが意味を理解できるか）が人工知能の分野で大きな問題であるが、幼児がコトバの意味を学んでいるのではなく、コトバの使用機会（規則）を学んでいるとする言語ゲームが一つのヒントになる。また、対話は、**背景知識（スキーマ）**などを活用した**推論処理問題**であり、今後ますます、研究が活発になると思われる。
4. 紹介した適用研究を実用化させるとともに、新たなテーマにも取り組む予定である。

C - 8

大気環境規制の動向と船用動力源の
燃料多様化

高橋 千織

海上技術安全研究所

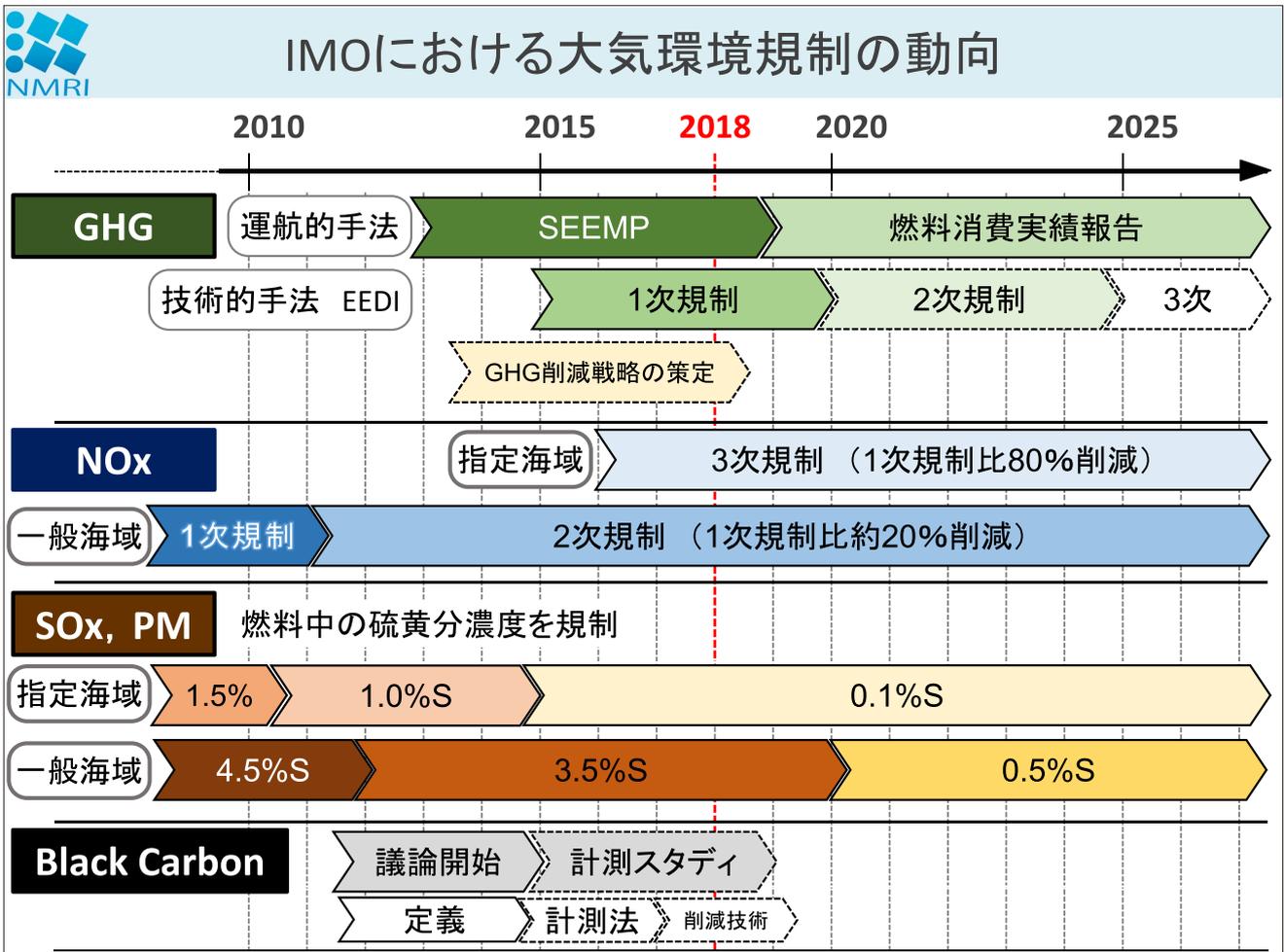
環境・動力系 環境分析研究グループ長

C-9

大気環境規制の動向と船用動力源の
燃料多様化



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 環境・動力系
環境分析研究グループ長
高橋千織



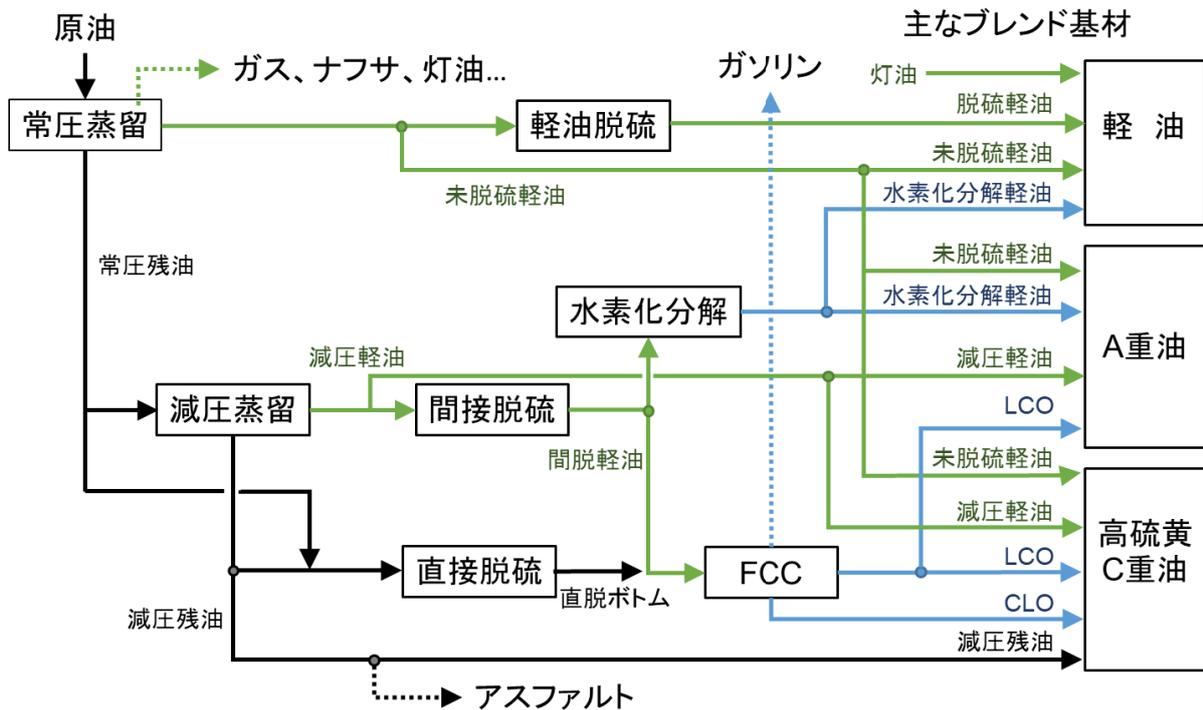
海技研における大気環境規制関連のエンジン技術 周辺研究について紹介

- SO_x規制強化への対応について
 1. 2020年以降の低硫黄燃料油について
 2. 対策技術についての現状データ
- ブラックカーボン(BC)対策からみた環境規制対策技術
 1. BC規制検討の経緯と削減技術調査について
 2. 海技研における研究状況

SO_x規制強化への対応

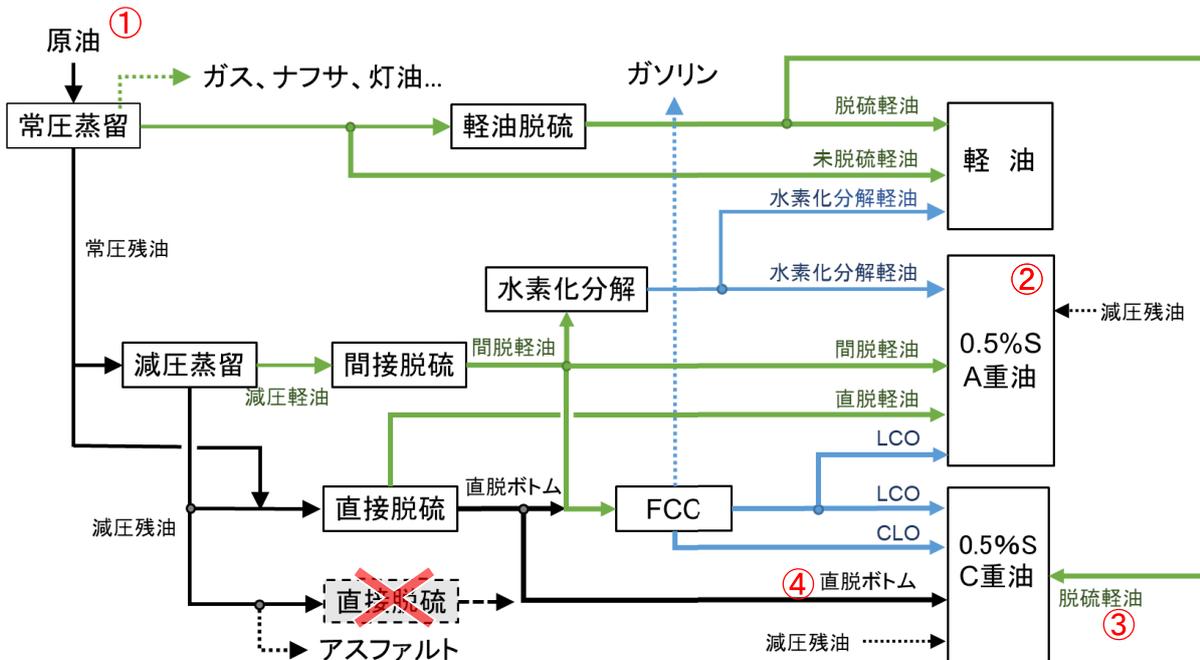
2020年以降の船用燃料油の低硫黄化について

既存の船用燃料油のブレンド例



参考: 坂本尚繁, 森本清二郎, 日本海事センター <http://www.jpmac.or.jp/img/research/pdf/E201713.pdf>

2020年以降の船用燃料油のブレンド例



低硫黄化のための手段:

- ①原油の低硫黄化、②留出油タイプ(DMBグレード)、③既存C重油を脱硫軽油で希釈、
- ④直脱ボトムをベース(ハイブリッドタイプ)

参考: 第3回燃料油環境規制対応連絡調整会議, 資料3-1 <http://www.mlit.go.jp/common/001220665.pdf>

2020年以降の燃料油

動粘度範囲の拡大(低粘度化)、燃焼性の悪化、混合安定性など
燃料品質のあり方 特に注意すべき性状は何か？

- 内航船では、使用する燃料に対し、エンジン側、船舶側の設備条件を整理する必要あり
 - * C重油常用からA重油専焼への転換 →基本的に問題なし
 - * 問題なく使用できる動粘度範囲か？(加熱器、粘度コントローラ)
 - * 2020年以降、石油会社から個別製品ごとの性状表が提供されるか？
 - 外航船では、燃料性状の動向を見守っていく必要
 - * サプライヤによって作り方が異なる。国内に比べ、よりバラエティに富んだ燃料が出てくる可能性があり、性状の確認が必要。
 - * 0.5%LSFOの場合、CCAI値が適用できない、低負荷でスス(ブラックカーボン)、PMの発生量が増大する可能性。
- 初期においては、どこでどんな燃料が入手可能か、トラブルの有無など情報の共有が重要

SO_x規制強化への対応

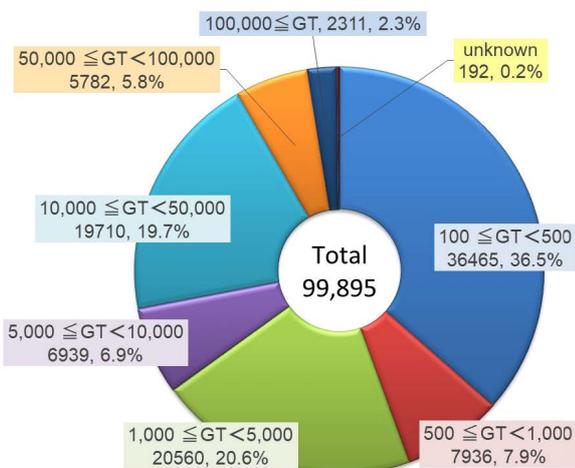
現状における対応動向

2020年におけるSOx排出規制への対応策

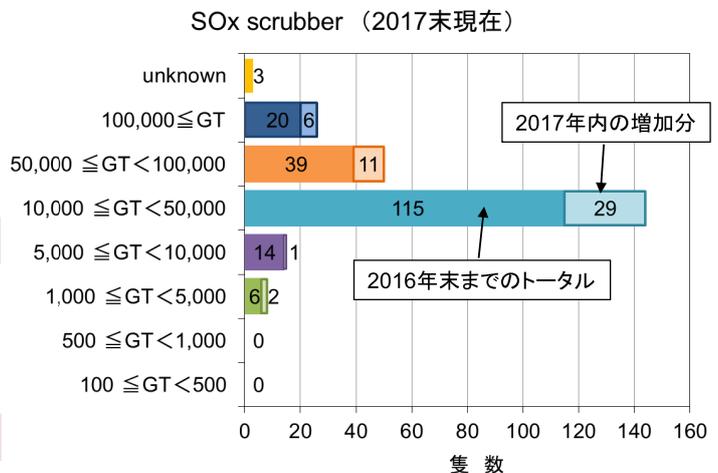
燃料転換	従来燃料	メリット	<ul style="list-style-type: none"> 従来通りのオペレーションで運航可能 留出油では燃料供給の問題はほぼない 	
	低硫黄化	課題	<ul style="list-style-type: none"> 経済性 高硫黄燃料からの転換では、シリンダ油変更などが必要 	
	代替燃料①	メリット	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーであり、カーボンニュートラル 	
	バイオ燃料 メタノールなど	課題	<ul style="list-style-type: none"> 生産量と生産コストにまだ課題がある 原料・精製方法によって性状が変わる可能性 酸化劣化しやすい。ゴム、樹脂類を劣化させる可能性 	
	代替燃料②	メリット	<ul style="list-style-type: none"> SOx以外の規制にも効果的 	
	LNG	課題	<ul style="list-style-type: none"> 燃料供給インフラの整備 初期コスト(新造船時導入に向いている) 新たな船員教育(すでにLNG運搬船で確立済み?) 将来的にメタンスリップが規制の対象となる可能性? 	
	代替燃料③	メリット	<ul style="list-style-type: none"> SOx以外の規制にも効果的 燃料供給拠点は、LNGに比べ多い 	
	LPG	課題	<ul style="list-style-type: none"> バンカリング方法 初期コスト(LNGよりは安価。新造船時導入に向いている) 安全対策の整備、新たな船員教育 	
	同等手段 (Equivalents) 附属書VI Regulation 14	スクラバ	メリット	<ul style="list-style-type: none"> 今までどおり安価な高硫黄重質油を使用できる PM、BCの削減もある程度期待できる
			課題	<ul style="list-style-type: none"> 薬剤や計測機器の取り扱いなどの船員教育 初期コスト

スクラバ搭載実績 (World Fleet Register 2017末現在)

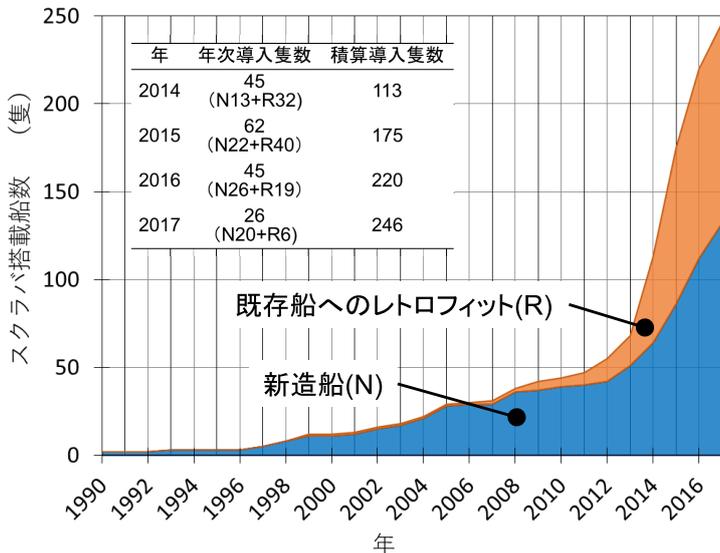
World Fleet Registerに登録された商船(運航中)99,895隻の内訳



World Fleet Registerに登録された現役船へのスクラバ搭載総隻数 246隻



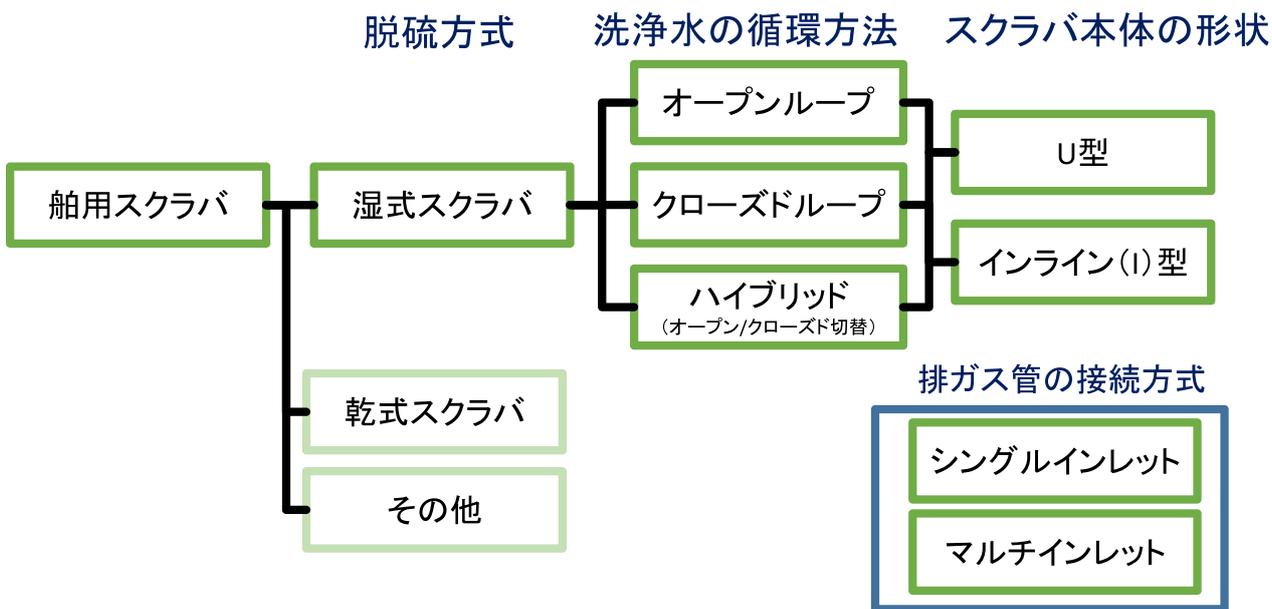
スクラバ搭載隻数推移



船種別スクラバ搭載数

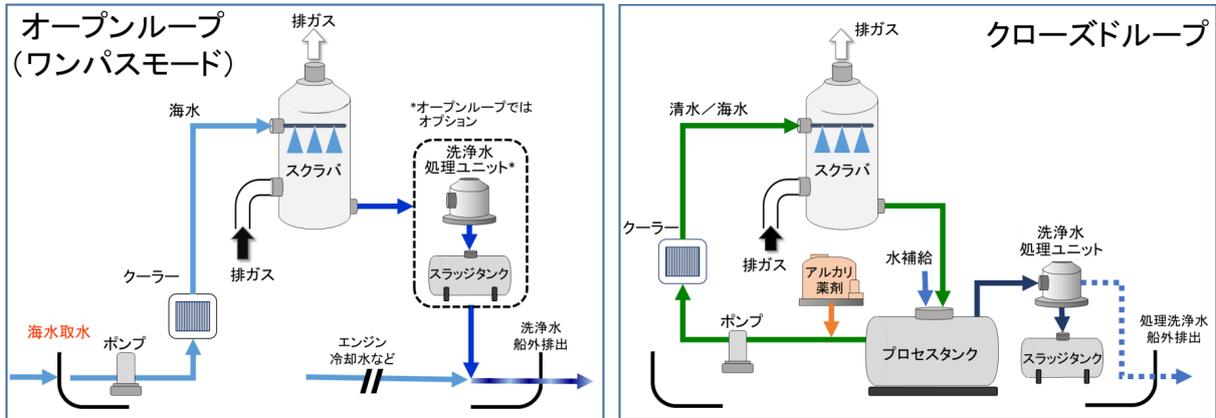
船種	搭載総数 2017
Ro-Ro	57
Cruise Ship	42
Tanker	28
Gas carrier	25
Cargo ship	23
Pass./Car Ferry	21
Offshore support	11
Fully Cellular Container	12
Pure Car Carrier	14
Stone Chip Carrier	4
Floating offload system	3
Ore Carrier	2
Reefer Fish Carrier	2
Training Ship	1
Pipe Layer	1
合計	246

スクラバの種類



湿式スクラバの種類-1

◆ 洗浄水の循環形式



- 清水製造装置(清水使用の場合)
- 苛性ソーダなどの中和剤
- 洗淨水処理システム
- スラッジタンク

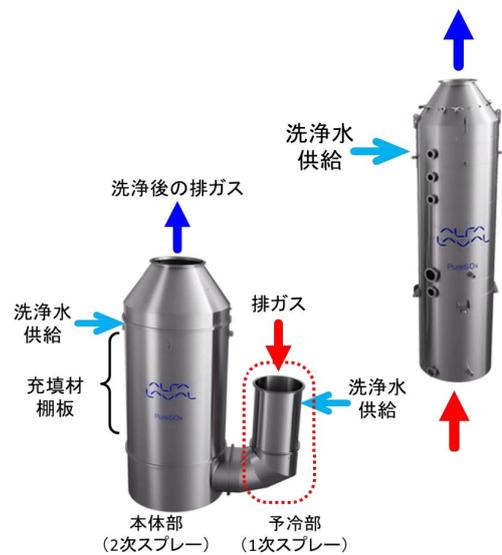
ハイブリッド方式:
必要に応じてオープン/クローズド切替

湿式スクラバの種類-2

◆ 形状別

- U型
- I型(インライン型、ペンシル型)

	U型	インライン型
脱硫能力	高	U型より低 (Global Cap向き)
洗淨水量 (m ³ /MWh)	45	U型より 20%程度多
排気管バイパス	必要	必要なし
対応形式	オープン / クローズド ハイブリッド シングル / マルチインレット 海水 / 清水	



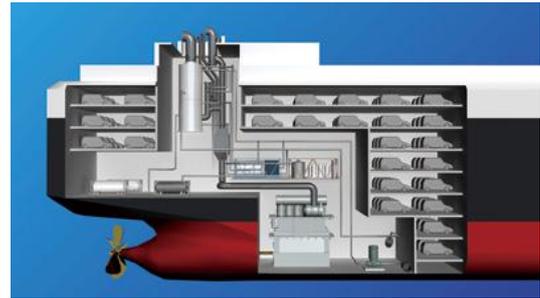
ALFA LAVAL社HPより



マルチインレットスクラバ
(レトロフィット)
APL England – コンテナ船

シングルインレットスクラバ
MV Jolly Diamante – コンテナ船

WÄRTSILÄ社



三菱ハイブリッド SOx スクラバーシステム
三菱重工業/三菱化工機
DRIVE GREEN HIGHWAY-自動車運搬船

* スクラバ本体以外の主要周辺機器を
40フィートコンテナ内にパッケージ化

バルチラ社資料(2012/5)より

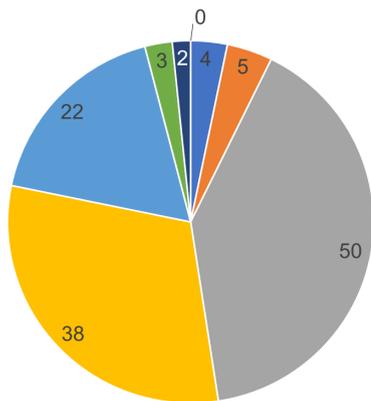
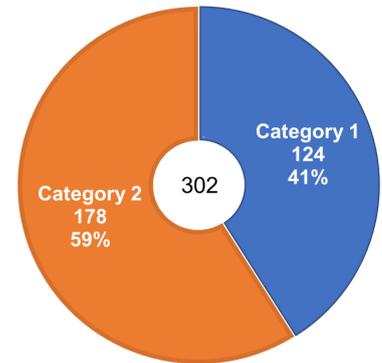
<http://www.pmsaship.com/pdfs/Stian%20Aakre%20-%20Wartsila%20Hamworthy,%20Panel%204.pdf>

三菱化工機HP <http://www.kakoki.co.jp/theme/sox-scrubber/index.html>

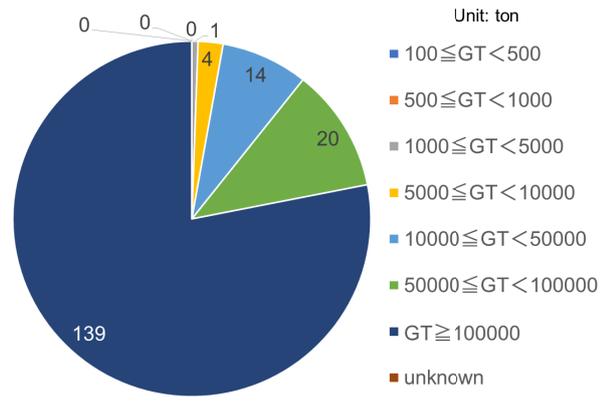
LNG燃料船

以下の2つのカテゴリーに分類して整理

- **Category 1**
LNGを燃料としてのみ使用する目的で積載
- **Category 2**
LNGを燃料及び貨物として積載



Category 1



Category 2

Unit: ton

- 100 ≤ GT < 500
- 500 ≤ GT < 1000
- 1000 ≤ GT < 5000
- 5000 ≤ GT < 10000
- 10000 ≤ GT < 50000
- 50000 ≤ GT < 100000
- GT ≥ 100000
- unknown

重油、LNG以外の燃料を使用する船舶: 11隻

燃料にメタノールを使用: 5隻(客船1、メタノールタンカー4)

燃料にエタンを使用: 2隻(エチレン・LPGタンカー)

バイオ燃料を使用: 4隻(一般貨物船2、客船2)

* メタノール専焼船(客船)を1隻を除いて、すべて2016年以降に建造されており、HFOも使用している。

二次電池を主動力とする船舶: 4隻

4隻ともディーゼル発電機で発電した電力を二次電池に蓄えて使用。AMP(Alternative Marine Power、陸電)、Solar cell(太陽光パネル)、バイオ燃料上記客船2隻も併用。船舶単体でのゼロエミッション化を実現

▶ 今後の取組の方針

需要の集中が想定される低硫黄 C 重油の需要を他の燃料へ分散するとともに、十分な供給能力を確保し、需給・価格を早期に安定させるため、以下の取組等を推進することとなりました。

- ・スクラバーの小型化・経済性向上・工期短縮
 - ・低硫黄 A 重油へ転換する際の必要な対応とメリットの明確化
 - ・LNG 燃料船の導入促進
 - ・使用可能な燃料油の性状の幅の拡大
- 等

第3回燃料油環境規制対応連絡調整会議の結果報告から抜粋
<http://www.mlit.go.jp/common/001220746.pdf>

* 燃料油環境規制対応連絡調整会議

国土交通省海事局は、海運業界及び石油業界と経済産業省資源エネルギー庁などを含めたオールジャパンの会議を設置

Black Carbon規制の必要性 についての検討状況

BC計測法と計測スタディ
削減技術の調査



IMOにおけるBCに関する議論の経緯(1)

◎IMOへの問題提起

MEPC60(第60回海洋環境保護委員会、2010年3月)



「北極圏における船舶からのブラックカーボン排出削減」
ノルウェー、スウェーデン、米国の共同提案

MEPC62(2011年7月)

「国際海運からのBC排出が北極海域に及ぼす影響とその
規制の必要性」について検討することで合意

◎ BLG(現PPR)小委員会への検討作業委託

- ① BCの定義を提案する
- ② 最も適切な計測法を特定する
- ③ BC排出を削減する適切な方法の調査を行う

- **BCの定義:**
 MEPC68(2015年5月)にて基本合意
Bondらの定義をもとにした定義とする
 T.C.Bond et al., J. of Geophysical Research: Atmospheres,
 118(2013), 5380-5552
- **計測法:**
 PPR5(2018年2月)にて合意(現時点で一つに特定しない)
 フィルタスモークメータ法(FSN)、光音響(PAS)法、
 レーザー誘起白熱(LII)法
- **各国での計測スタディ実施: 継続中**
 →計測スタディのための報告プロトコル作成(PPR5)
- **削減技術の調査:**
 PPR6(2019年)にて検討予定
 →現在、CGにおいて意見集約中

1. 燃料転換

	期待されるBC削減率	Note	
燃料油転換	HFOからMDOの場合 30%~80%	2ストロークと4ストロークエンジンで異なる。 最新の電子制御エンジンでは効果なしとの報告もあり。 ハイブリッドタイプでは更なる評価が必要	○
水エマルジョン	50-90%	CO ₂ 削減18%以下	○
LNG	90%以上		○
LPG			
バイオ燃料	50-75%(100%の場合) 10-30%(20%ブレンド)	再生可能エネルギー	○
メタノール エタノール	97%(DME)	常温常圧で液体 再生可能エネルギー	
電池			○
燃料電池		NO _x 、SO _x 、PMはほぼゼロ	○
水素			○
核燃料	95%以上		

2.エンジン技術

	期待されるBC削減率	Note	
エンジンタイプ	2-ストは4-ストの1/2-1/10	Man Diesel & Turbo資料	○
	大きさと負荷によって、PM排出率は3桁近く異なり、一般にエンジンが大きくなるとBC排出率は小さくなる		
エンジン負荷率		エンジン負荷率を上げるとBC排出率減	○
電子制御化		新しい電子制御エンジンほど燃焼が良く、BC排出率減	○
	低負荷で80%以上	三菱重工資料(7UEC33LSII)	
エンジンオプション			
スライドバルブ	20-50%		
De-rating	4%		
チューニングと減速	12%		

3.排ガス後処理装置

	期待されるBC削減率	Note	
SOxスクラバ	25-70% 30%程度	レポートによって値に差があるのは、エンジンとスクラバータイプの組合せによると考えられる	○
	0%	Finlandの実船計測報告	
DPF ディーゼルパーティクルフィルタ	70-90%	複数の報告から引用 燃料条件などによって異なるとの報告も	○
	99%以上	新しい電子制御エンジンほど燃焼が良く、BC排出率減	
電気集塵機(ESP)	15-90%	陸上では実用化されているが、船用市販品の実績は少ない。 水を使用するタイプもある。	○
SCR (選択的触媒還元)	0-35%	基本的にはSCRに削減効果はない	○
	TierIIIエンジンよりSCRを搭載したTierIエンジンの方がBC少	SCRを利用することで、NOxを気にせず、燃焼改善が行えることからBC削減	

4. 燃費改善や政策他

	期待されるBC削減率	Note	
船デザイン(新造船) EEDI	10-30%	燃費改善と同等のBC削減効果 2020年までに20%、2025年までに 30%の燃費改善	○
船デザイン (レトロフィット)SEEMP	1-20%	プロペラ最適化、空気潤滑、船底塗料、 クリーニングなど	○
モニタリングオプション	0.5-10%	ウェザールーティングや自動航行システムの アップグレード	○
減速運航	0-30%		
ECAの拡大 (残渣油の使用禁止)	35-80%		
BC排出基準値の制定		政策的な対策(税金、補助金等)により、 BC削減を船主に促す。	

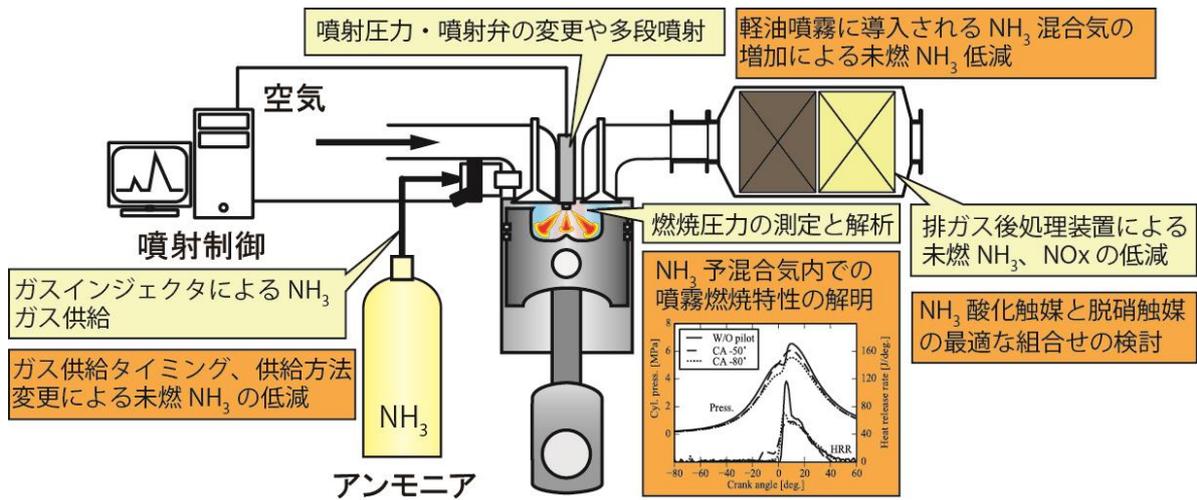
海技研での研究紹介

燃料多様化への対応

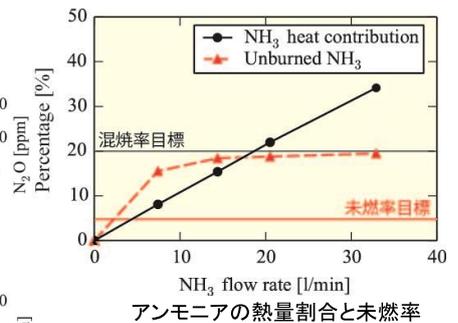
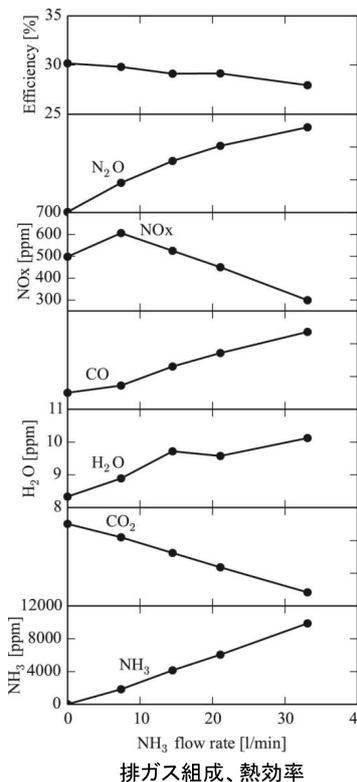
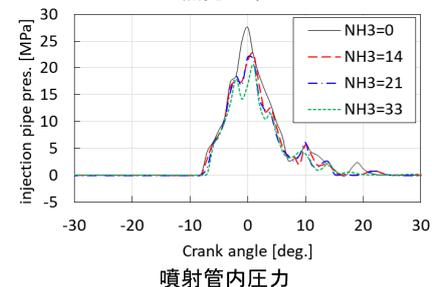
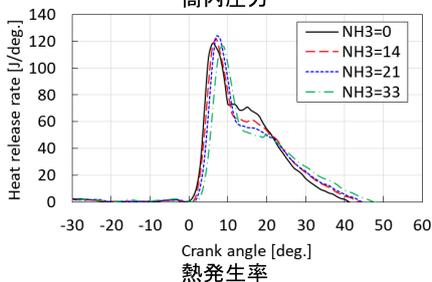
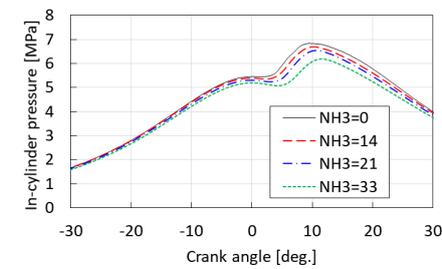
ディーゼル機関でのアンモニア利用

水素エネルギーキャリアとして優れたアンモニアの直接燃焼 アンモニア

- ・液体水素、有機ハイドライドと比較しても、水素貯蔵量が多い。
- ・製造・輸送・貯蔵まで一貫した技術が、既に整備されている。



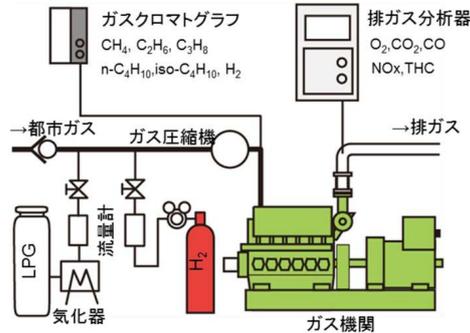
NH₃混合による燃焼への影響



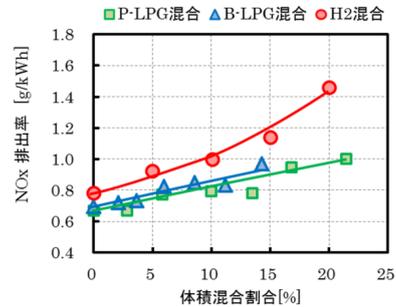
- ・圧縮圧力の低下
- ・着火遅れの僅かな増加
- ・未燃NH₃、N₂Oの排出
- ・アンモニア熱量比34%程度
- ・アンモニア燃焼効率80% (未燃率20%)

天然ガス機関への水素利用

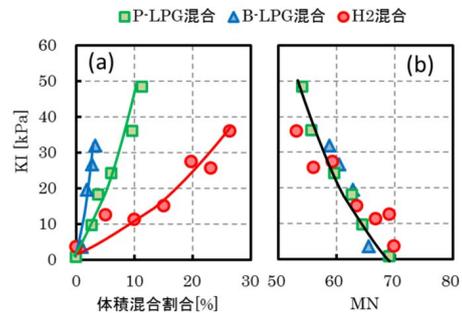
船用ガスエンジンに対して、ガス組成が燃焼特性、NOx排出特性およびノッキング発生特性にどのように影響を与えるか調査。さらに、**温室効果ガス削減のため水素を可能な限り混焼利用**するための技術について研究。



・NOx排出特性に与える影響



・ノッキング発生特性に与える影響



都市ガス(13A)に対して、
 プロパン主成分LPG(P-LPG)
 ブタン主成分LPG(B-LPG)
 純水素(H₂)
 を混合することで、燃料ガス組成を変更し、
 機関特性の変化を調査

天然ガス機関への水素利用

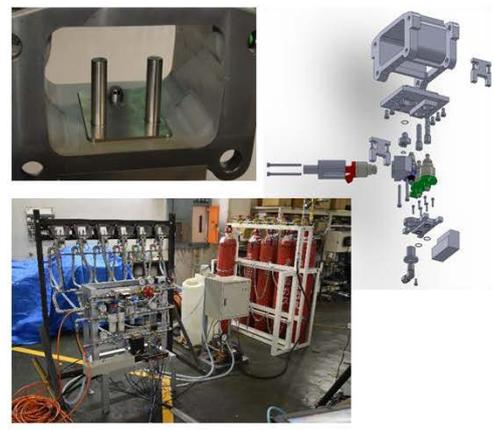
水素混焼に伴う急峻な燃焼およびノッキングやバックファイヤ等の異常燃焼を、**EGR技術、給気水噴射技術**を組み合わせることによって抑制
 高い発熱量混焼率で安全に水素を利用することのできる技術を開発する



水素混焼を行うリーンバーンガス機関



EGR装置



給気ポートへの水素・水噴射システム

水素燃料電池船の安全ガイドライン策定のための調査

燃料電池船に搭載する蓄電池システムに求められる安全要件の妥当性を確認

広島県因島沖での実船試験

- ・臨時航行検査の受検
- ・動力冗長性の確認試験
FC非常停止時の推進動力維持
- ・電池推進モードによる実運航試験
主機アシストモード
ハイブリッドモード
LiB充電, 他の確認



謝辞:

本研究の一部は、日本財団の助成事業である(一財)日本船舶技術研究協会の「2017年度大気汚染防止基準整備のための調査研究(大気汚染防止基準整備プロジェクト)」、国土交通省からの請負研究「水素燃料電池船の安全ガイドライン策定のための調査検討」(平成29年度)、JSPS科研費15K18298の助成により実施された。ここに厚く御礼申し上げます。

海上技術安全研究所 環境・動力系

高橋千織

chiori@nmri.go.jp

C - 9

次世代海底資源調査に向けた純無人型
探査ユニットの開発と実海域展開

金 岡秀

海上技術安全研究所

海洋先端技術系 上席研究員

次世代海底資源調査に向けた 純無人型探査ユニットの開発と実海域展開

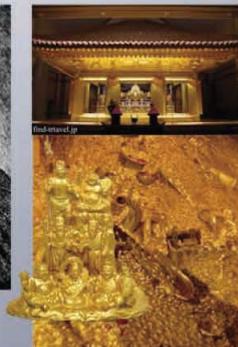
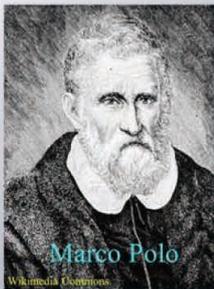


金岡秀
海上技術安全研究所
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

National Maritime Research Institute



黄金の国“ジパング”



"People on the Island of *Zipangu* (Japan) have tremendous quantities of gold. The King's palace is roofed with pure gold, and his floors are paved in gold two fingers thick." - **The Travels of Marco Polo** (13th century)

「海のジパング計画」 ——“黄金の国”を海洋に求めて

13世紀、イタリア人マルコ・ポーロは、『東方見聞録』で日本を“黄金の国ジパング”と記した。我が国は世界有数の金、銀、銅の産出国であったが、今は金属資源のほぼすべてを海外に依存している。しかし、日本列島のまわりの海底には豊かな鉱物資源が存在する。次世代海洋資源調査技術(海のジパング計画)は、高効率な海洋資源調査技術を確立することで、世界をリードする海洋資源調査産業の創出を目的とする。

次世代
海洋資源
調査技術
海のジパング計画

内閣府HPより

プログラムディレクター
浦辺 徹郎
東京大学
名誉教授
国際資源開発研究センター顧問

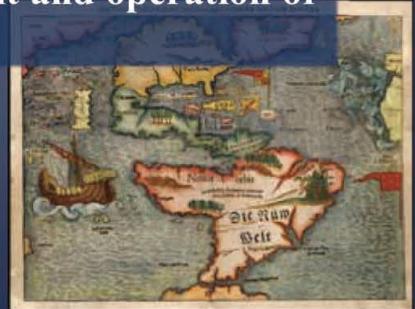
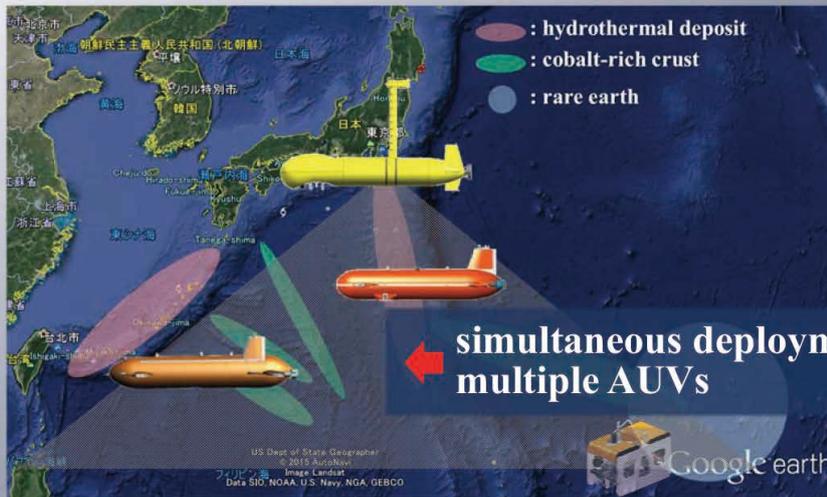


National Maritime Research Institute



Searching for the Zipangu in the Sea

Seabed Mineral Resources



* Source: Japan Project Industry Council

estimated deposit	available	value
hydrothermal deposit	750×10 ⁶ ton	450×10 ⁶ ton 0.67 trillion USD
cobalt-rich crust	2.4×10 ⁹ ton	1.1×10 ⁹ ton 0.83 trillion USD

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

National Maritime Research Institute



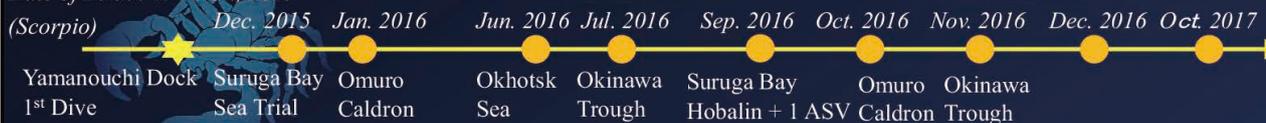
The Lineup

NMRI's AUVs and an ASV

Hobalin

Date of Birth : 19th Nov., 2015

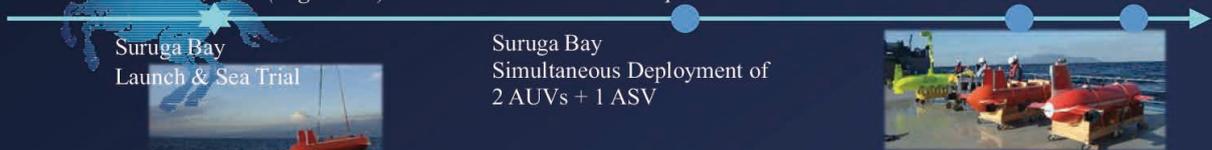
(Scorpio)



C-AUV #01

Date of Birth :

8th Dec., 2015 (Sagittarius)



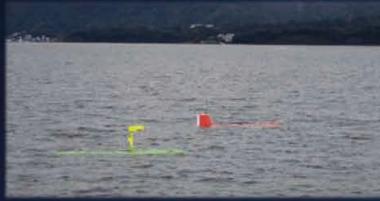
National Maritime Research Institute



• *NMRI's AUVs and an ASV*

▲ C-AUV #02

Date of Birth :
20th Jul., 2016 (Cancer)



Sep. 2016



Dec. 2016 Oct. 2017

Suruga Bay
Simultaneous Deployment of
2 AUVs + 1 ASV

Omuro Caldron
3 AUVs + 1 ASV

Wakamiko Caldra
4 AUVs + 1 ASV

▲ ASV for AUV control

Date of Birth :
12th Sep., 2016 (Virgo)



Sep. 2016

Dec. 2016 Oct. 2017

Suruga Bay
Simultaneous Deployment of
2 AUVs + 1 ASV



• *NMRI's AUVs and an ASV*

▲ C-AUV #03

Date of Birth :
13th Aug., 2017 (Leo)



Sep. 2017

Oct. 2017

Suruga Bay
Simultaneous Deployment of
4 AUVs + 1 ASV

Wakamiko Caldra
4 AUVs + 1 ASV

▲ C-AUV #04

Date of Birth :
4th Mar., 2018 (Pisces)



Specifications and Payloads



	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	1.5	MBES
Hobalin	1.2×0.7×0.76	270	2000	0.4	camera
ASV for AUV control	4.0×0.58	800	-	1.5	-

National Maritime Research Institute



Field Test in Suruga Bay

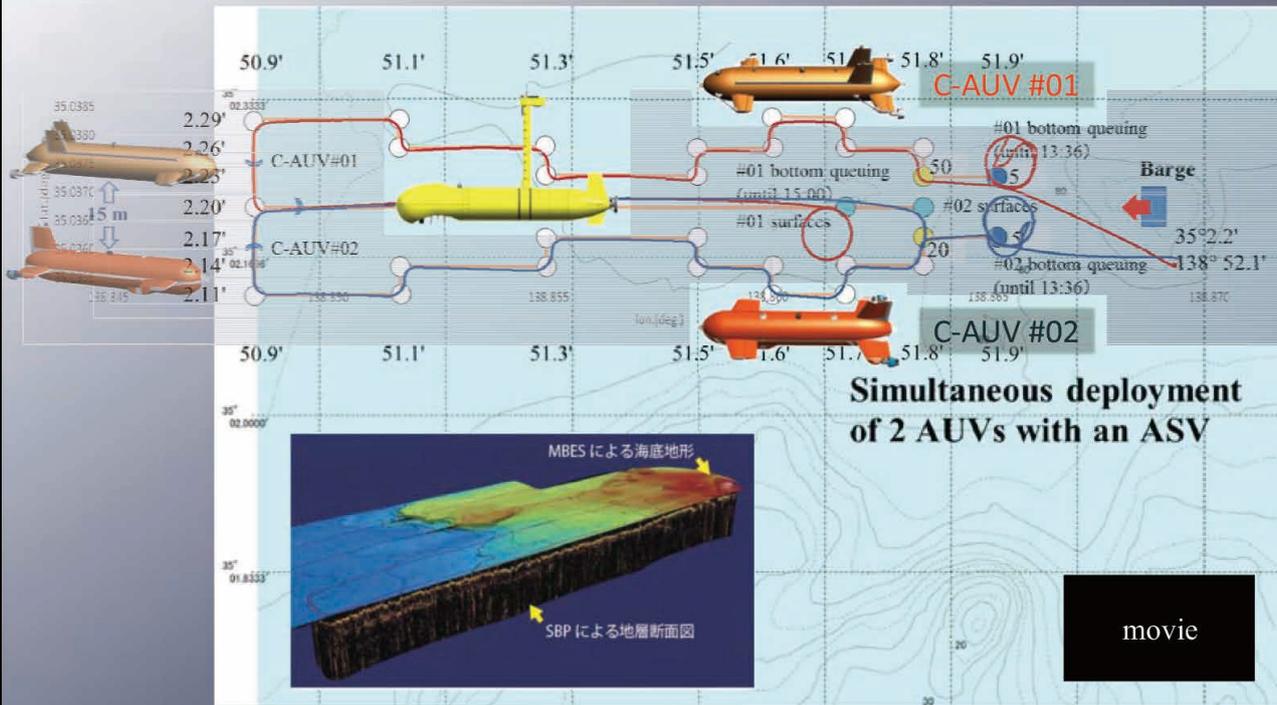
- 2 C-AUVs surveilled by an ASV
- A semi-practical bottom survey dive



National Maritime Research Institute



Navigation and Dive Results

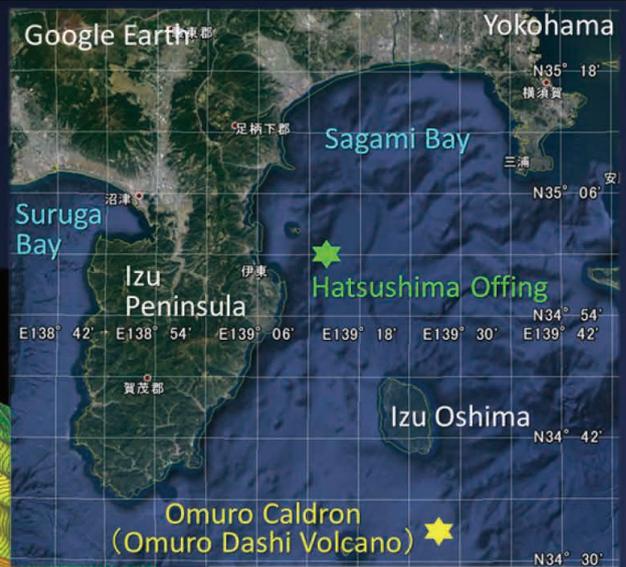
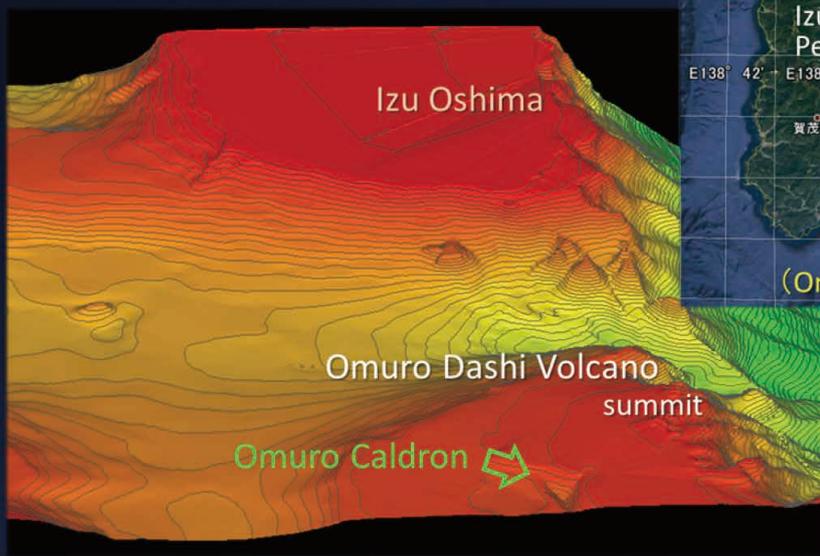


National Maritime Research Institute



Survey Cruise

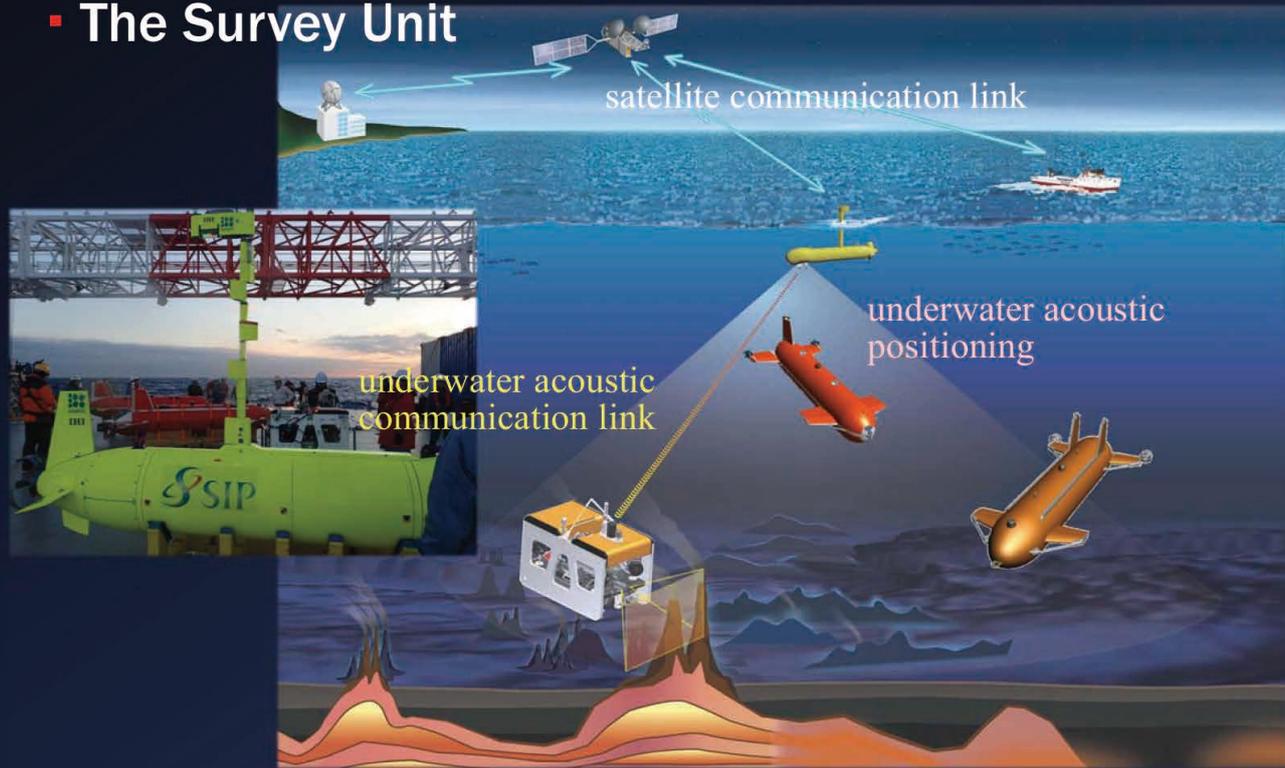
- Nov. 28 - Dec. 4, 2016
- AUGUST 1100-16306 Cruise
Hydrothermal Activity Survey in Omuro Caldron



National Maritime Research Institute



▪ The Survey Unit



National Maritime Research Institute



▪ Navigation and Dive Results

• Double Layer Navigation for C-AUVs

Dive area of Hobalin:
40 EW tracklines of
100m long

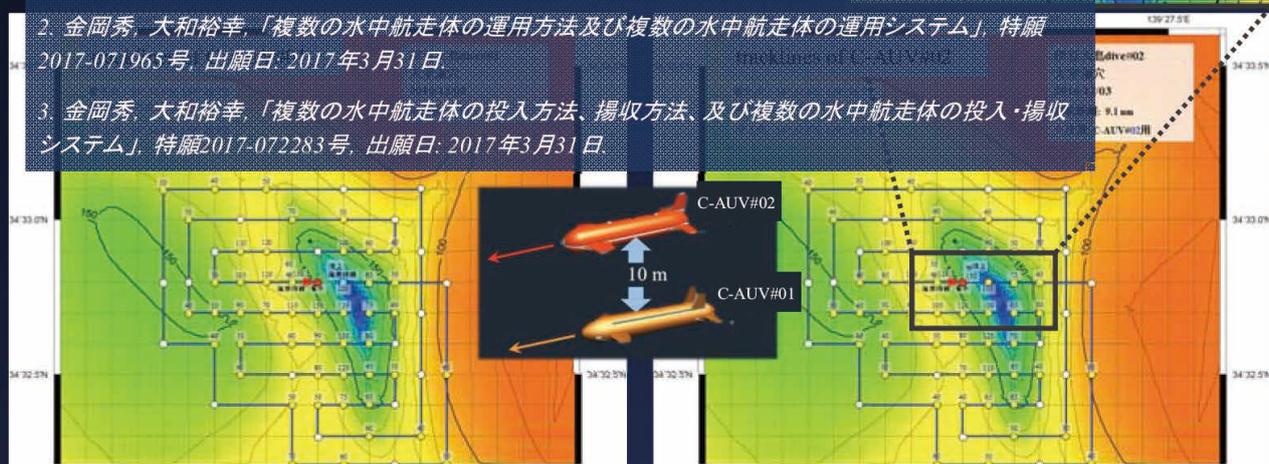
Patents Pending

- Simultaneous Start of Bottom Tracking: C-AUV #01 & 02

1. 金岡秀, 大和裕幸, 「水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制システム」, 特願2017-071896号, 出願日: 2017年3月31日.

2. 金岡秀, 大和裕幸, 「複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運用システム」, 特願2017-071965号, 出願日: 2017年3月31日.

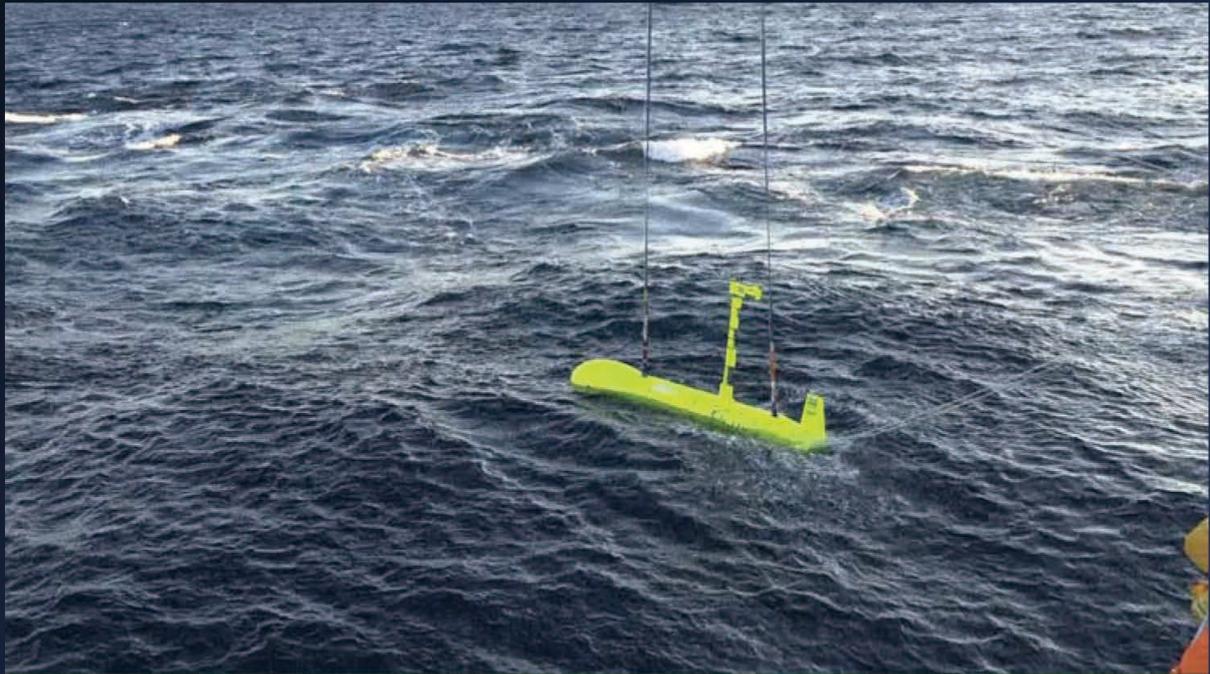
3. 金岡秀, 大和裕幸, 「複数の水中航走体の投入方法, 揚収方法, 及び複数の水中航走体の投入・揚収システム」, 特願2017-072283号, 出願日: 2017年3月31日.



National Maritime Research Institute



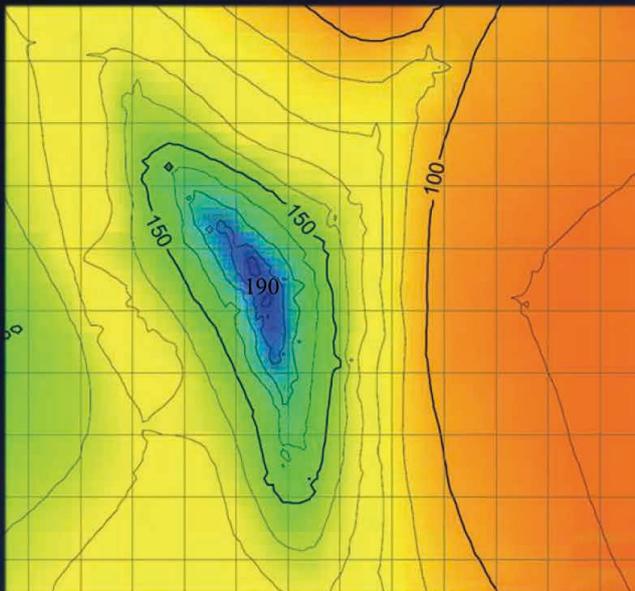
▪ Scenes of Survey Works



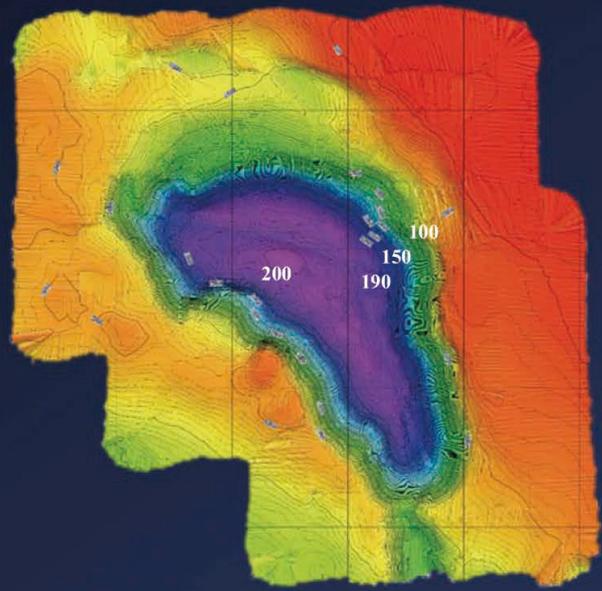
National Maritime Research Institute



MBES計測による海底地形



50 mメッシュの海底地形 (既存)

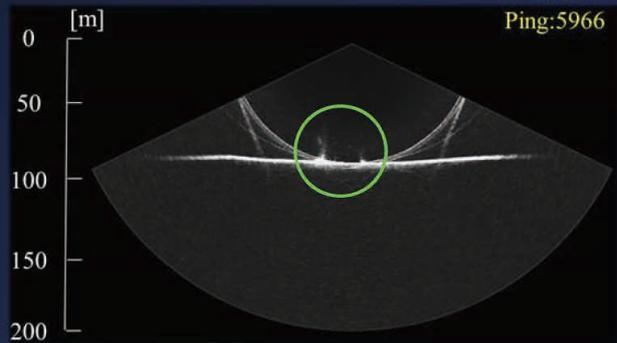
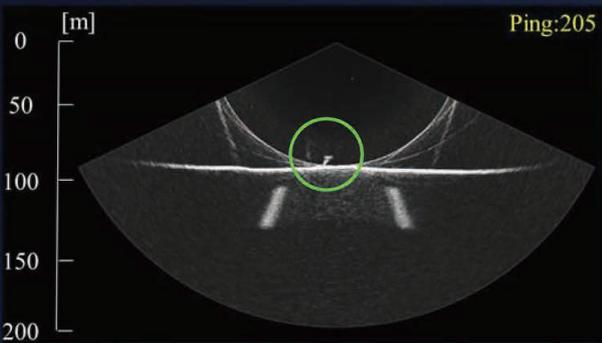
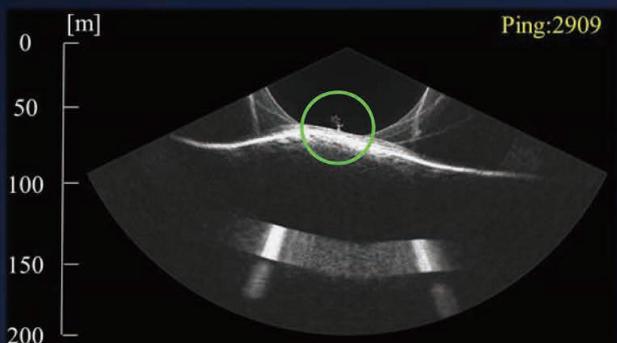
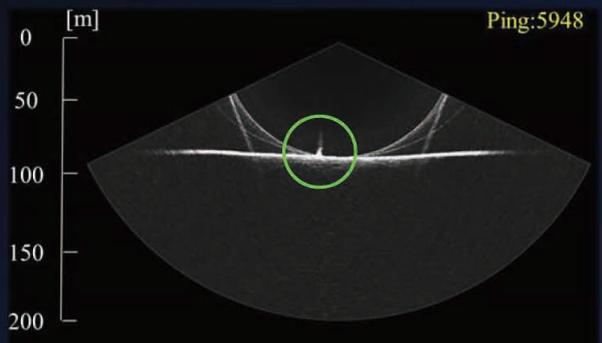


2 mメッシュの海底地形 (今回取得)

National Maritime Research Institute



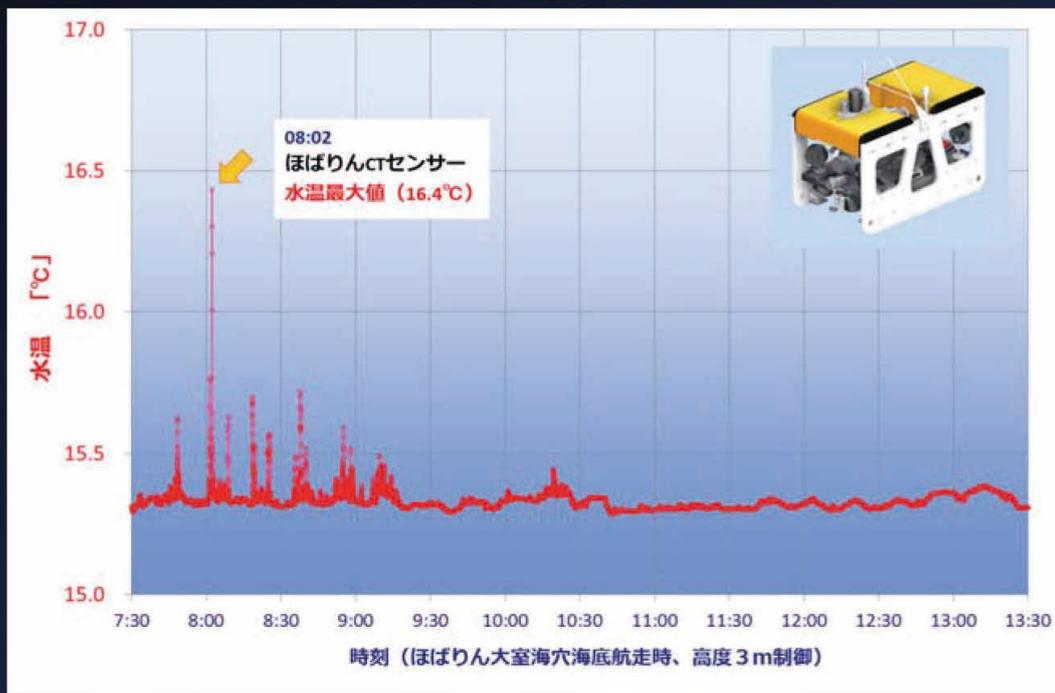
熱水活動の徴候: 音響画像



National Maritime Research Institute



熱水活動の徴候: 光学画像



National Maritime Research Institute

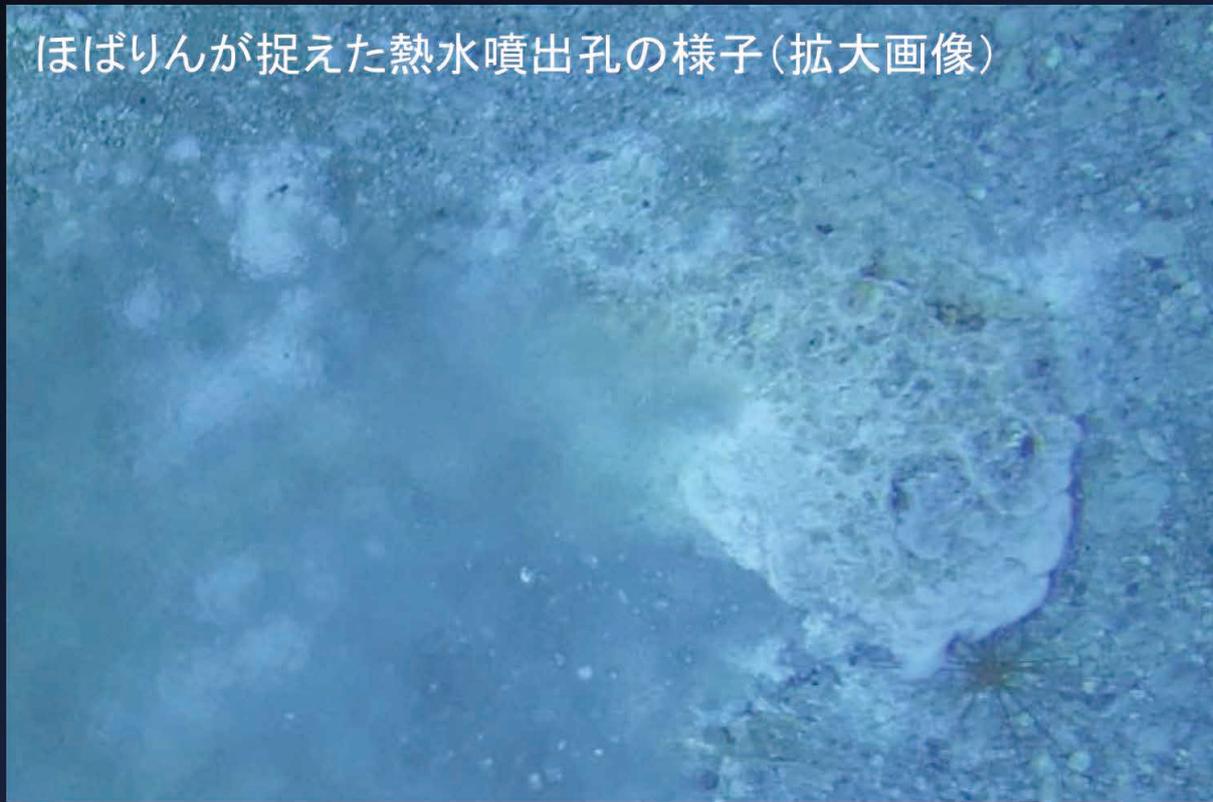


ほばりんが捉えた熱水噴出孔の様子

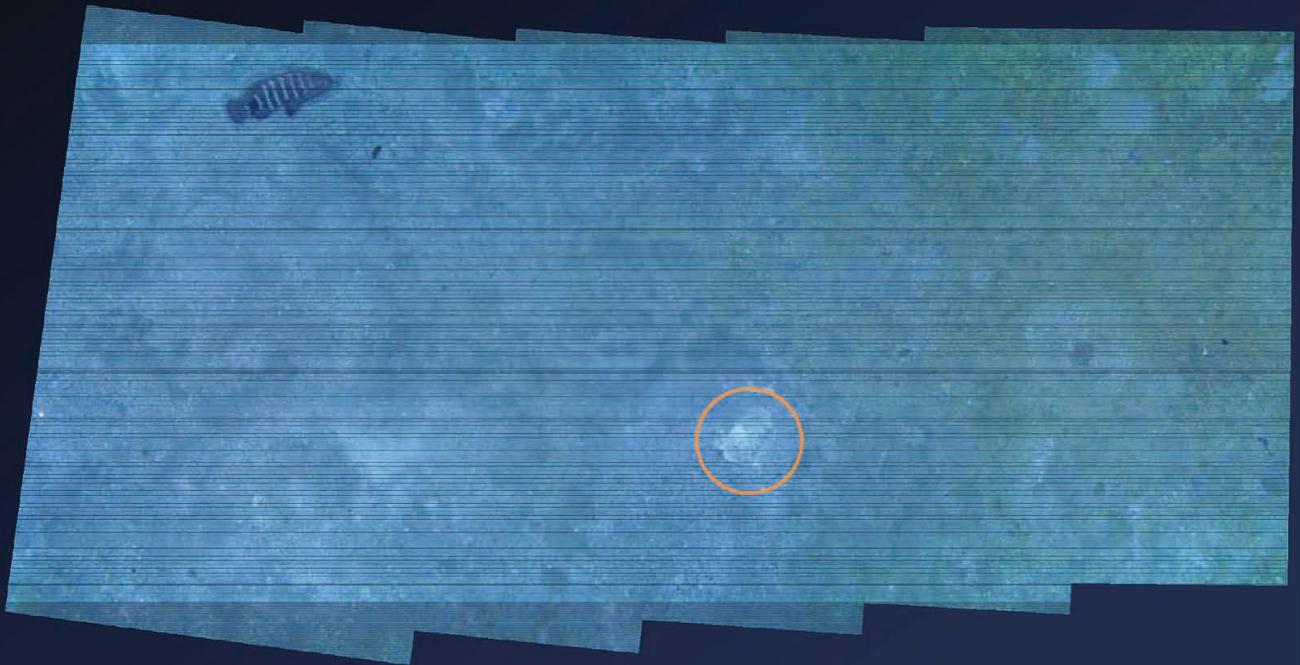


温度異常が検知された08:02に撮られた画像

ほばりんが捉えた熱水噴出孔の様子(拡大画像)



熱水噴出孔周辺のモザイク画像

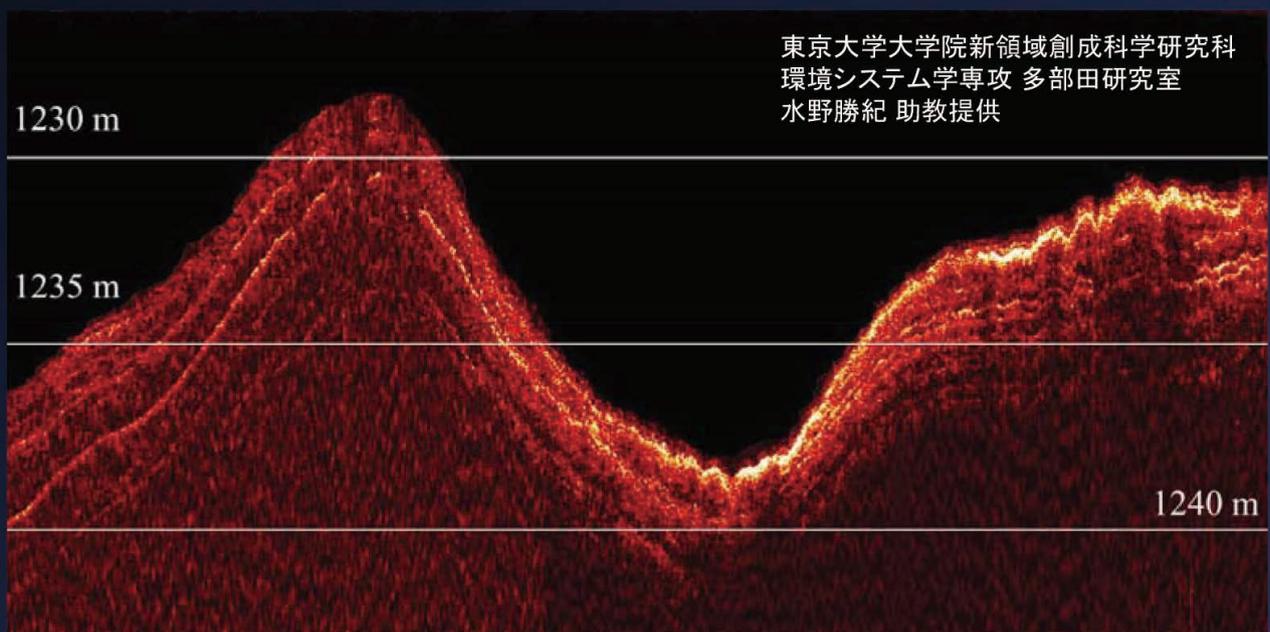


National Maritime Research Institute



海底地層

- 航行型AUV 1号機のPSBPにより初島南東沖の海底地層を鮮明に観測



東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境システム学専攻 多部田研究室
水野勝紀 助教提供

National Maritime Research Institute



Survey Cruise in 2017

- Oct. 18 - Oct. 27, 2017
- Hydrothermal Activity Survey in Kumejima West and Kagoshima Bay

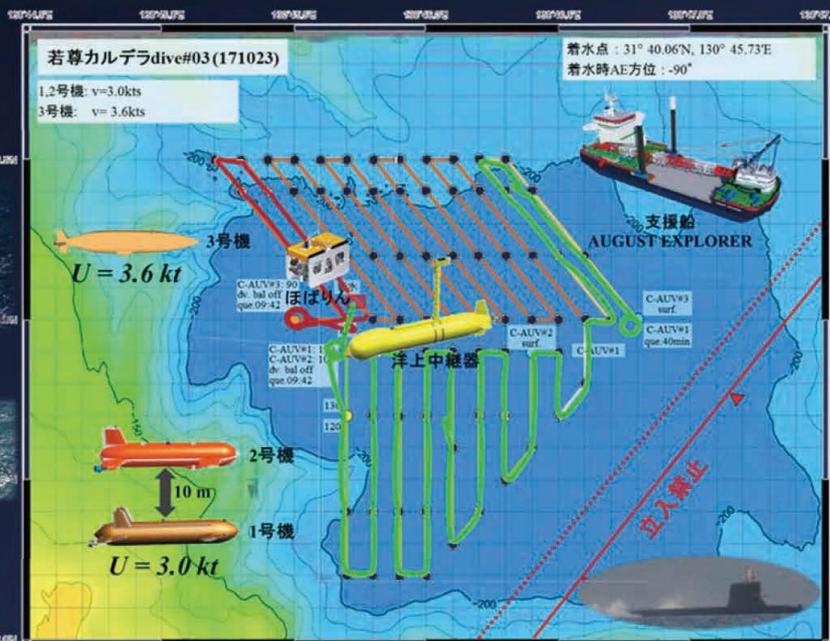
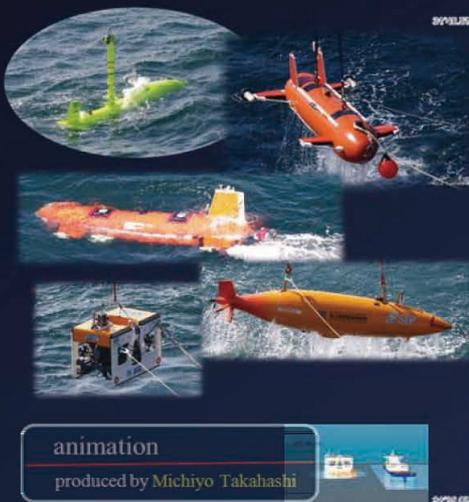


National Maritime Research Institute



Survey Dive in Kagoshima Bay

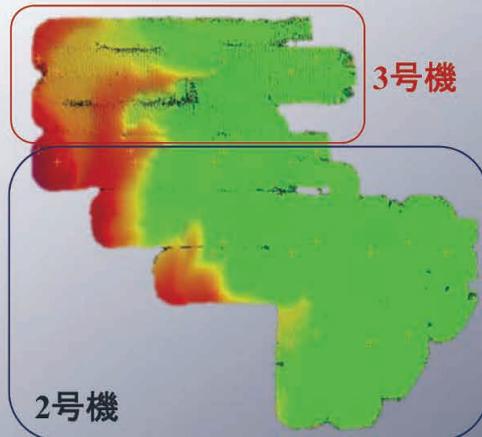
- Wakamiko Caldera, Oct. 23, 2017
- Simultaneous Deployment of 4 AUVs and an ASV for AUV Control



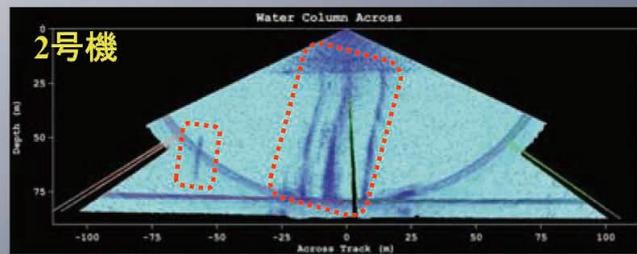
National Maritime Research Institute



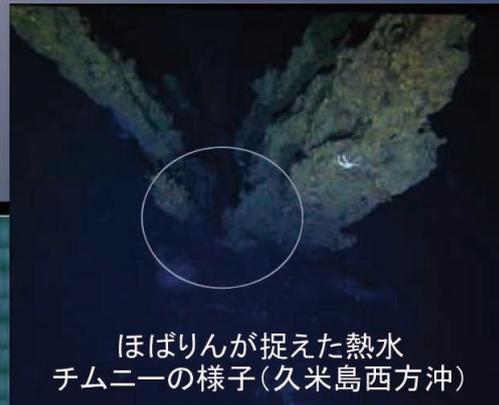
Survey Results



複数AUVによる高精度・広域
海底マッピング(若尊カルデラ)



若尊カルデラの熱水活動を捉えた音響画像



まとめ

- ・ 複数AUVの同時運用による熱水地帯での全自動海底調査に成功
 - 純無人型の海底探査ユニット
- ・ 複数AUVの同時運用により運用効率を飛躍的に向上
 - 人件費、備船料、燃料代等を含めたトータルの投入資源に対するアウトプット
- ・ 熱水活動の検知に成功
 - 熱水鉱床の調査・発見に効率的かつ有効なツール

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」(管理人: JAMSTEC)から助成を受けました。

SEA JAPAN 2018 海上技術安全研究所セミナー講演集

平成 30 年 4 月 12 日 発行

禁無断転載

編集・発行 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
〒181-0004 東京都三鷹市新川 6 丁目 38 番 1 号
Tel. 0422-41-3005 (企画部広報係)
ホームページアドレス <http://www.nmri.go.jp/>



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