

海洋研究開発機構における 探査機技術を中心とした海中・海底 探査技術の開発について

独立行政法人海洋研究開発機構
海洋工学センター
先端技術研究プログラム
青木太郎

次世代探査機

資源調査 海底探査



広域調査

巡航探査機

(自律型無人探査機AUV;
Autonomous Underwater Vehicle)

詳細調査

大深度高機能無人探査機

(有索無人探査機ROV;
Remotely Operated Vehicle)



地球環境問題、地殻変動等の解析に必要な海洋データの取得、排他的経済水域の詳細な海底地形図作成、エネルギー資源の探査等を行うため、あらゆる海域において自在かつ長距離・長時間を航走できる巡航型の無人探査機を開発するための要素技術開発

高精度慣性航法

システムの開発

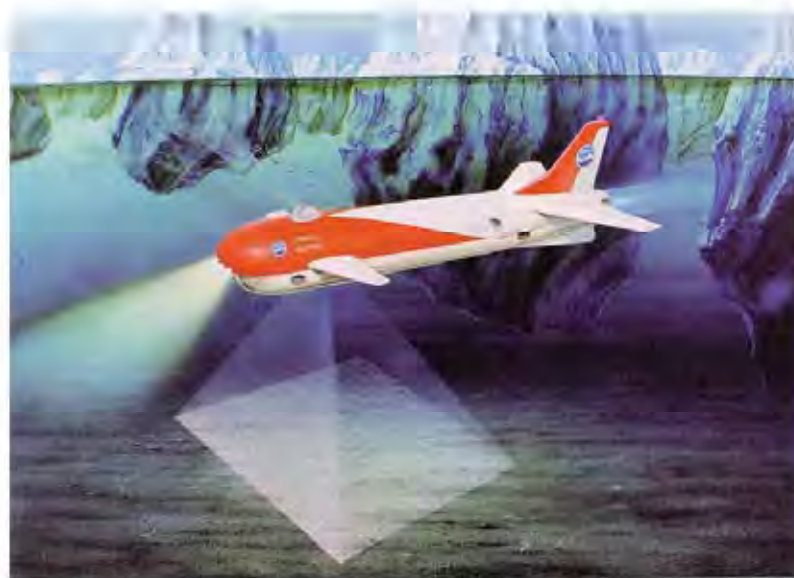
長距離、長時間にわたり正確な航路を維持し航行可能とさせる技術



高効率エネルギー

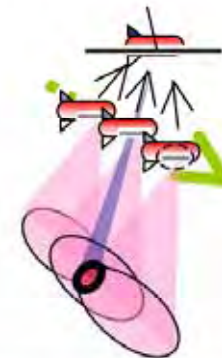
システムの開発

長時間・長距離の観測を可能とする動力システムの技術開発



水中音響技術の開発

長距離のデータ通信、広域なエリアでの位置確認を可能とするための技術



精密観測・

探査機器の開発

高精度、高耐圧、高耐久の観測装置





大深度における地球環境問題、地殻変動等に必要な海洋データの取得及び我が国の経済水域のほぼ全域において、資源採取などの重作業から海底ケーブルの保守などの精密作業までをこなせる無人探査機を開発するための要素技術開発

高機能

マニピュレータの開発

道具を用いて行う資源・試料の採取や海底ケーブルシステムの保守・管理及び掘削孔を利用してセンサーの設置など緻密な作業を可能とするための技術



推進システムの開発

複雑な地形の海底面において試料の採取等、様々な作業を実施するために機敏でフレキシブルな運動能力を発生させる技術



高機能画像

システムの開発

深海底において緻密な作業を行うため人間が知覚する感覚に近い映像を捉える技術



大深度潜航技術の開発

大深度における高耐久性の浮力材、母船から探査機を制御するための軽量・高強度のケーブル、多量の情報追伸処理等を行うための技術



無人探査機技術の研究

* 要素技術の研究

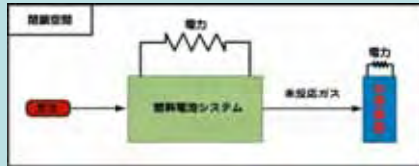
1. 動力源(電力源)
2. 材料
3. 探査ソナー・制御システム
4. 通信

「うらしま」の燃料電池



閉鎖式燃料電池システムに関する研究

■ 発電効率向上に関する研究



閉鎖式燃料電池システム
未反応ガス回収システム試作機概念図

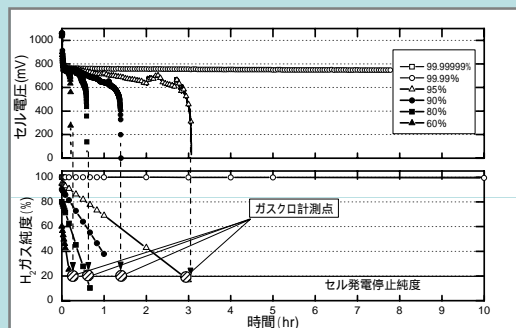
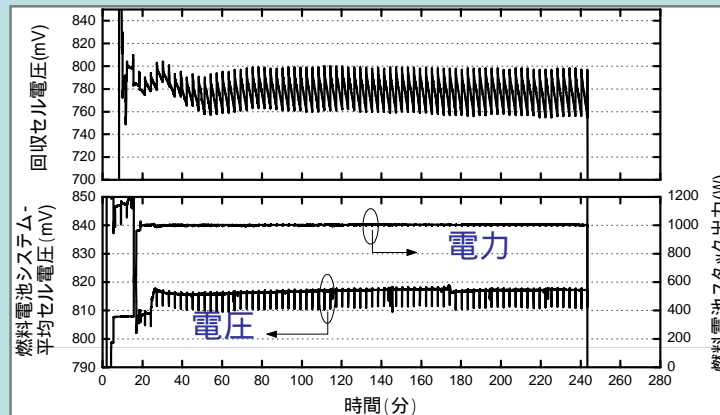


シミュレーション等で得られたデータを基に
燃料電池システム設計パラメータを抽出

■ 閉鎖式燃料電池システム検討項目

- 燃料電池スタック仕様
セル仕様、出力、作動点等
- 水素貯蔵方式
高圧ガス、液化水素、吸蔵合金、その他
- 酸素貯蔵方式
高圧ガス、液化酸素、吸蔵材、その他
- システム系統
ガス循環系、加湿器系、制御系

回収機構の
電圧時系列→



←ガス純度別
回収機構発電状況

水素貯蔵方式



吸蔵合金



吸蔵合金ケース

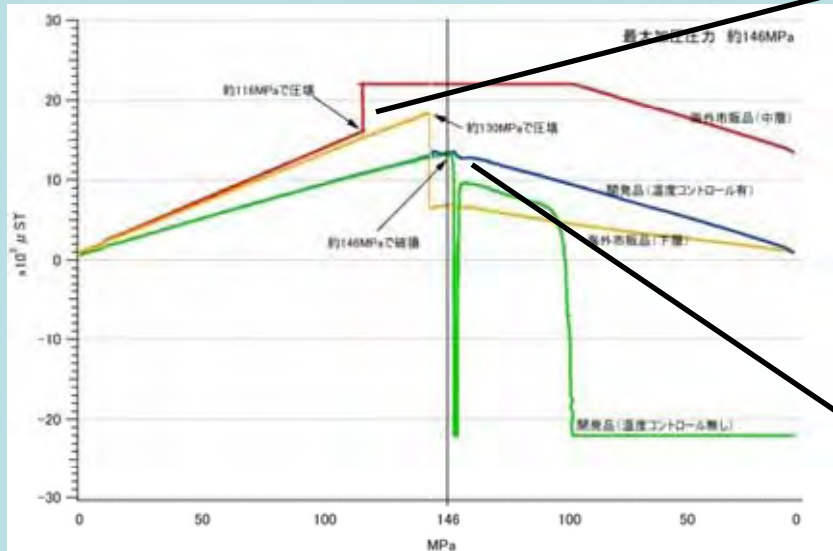


加温・冷却パイプ



耐水圧ケース

水深11,000m級高強度浮力材の技術開発



浮力材の圧壊試験(圧力 - 歪曲線)



海外市販品 (116Mpaで圧壊)



JAMSTEC開発品 (146Mpa: 圧壊なし)

(比重0.64、容積18L実物試験)

・高強度樹脂の発熱特性の検討

高強度樹脂は熱硬化性樹脂のため場所により温度分布が大きく違う。特に、成型型枠が大きくなると中心部の温度がマイクロバルーン(中空ガラス)の保温効果により増大して樹脂が内部で硬化しその境界面で割れが生じていた。内部での発熱特性の熱計測によりその特性を把握した。

・温度コントロール法による浮力材の評価

内部の発熱の温度コントロール法(2段硬化法)を開発し中型型枠(容積18L)を製作し、従来製法品、海外市販品と圧壊強度を比較するため高圧下での試験を行い圧力と歪曲線より定量的な評価を行い、温度コントロール法の有用性を確認した。

大深度用高強度光ケーブルの技術開発

・小口径ケーブルの試作

昨年度評価した新開発の抗張力体(開発繊維をFRPロッド化)を採用した**新構造タイプの小口径ケーブル**を試作した。

・ケーブルの高圧下疲労試験評価

疲労促進試験機を用いて**120Mpaの高圧下**において、二種類のタイプの試作小口径ケーブル(抗張力体:従来繊維、開発繊維)に対して1000サイクルの**直線捻り、繰り返し張力、S字しごき、U字しごき**の疲労促進試験を行い、**従来繊維との強度保持率を比較し、開発繊維の有用性を確認した。**



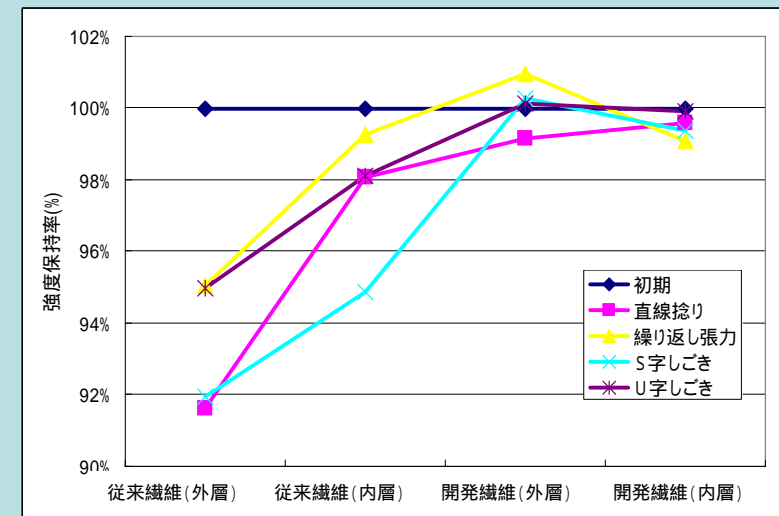
高圧下疲労促進試験機

・抗張力体の疲労評価

複合疲労試験：従来繊維の50%の強度向上

・抗張力体試作ケーブルの疲労評価

従来繊維の4倍以上の疲労強度の向上

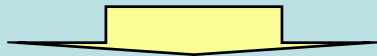


高圧下(120Mpa)ケーブルの疲労試験後の繊維の強度保持率 10

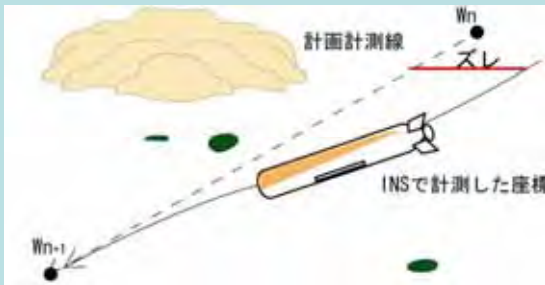
航法システム高性能化

1. 機体制御システムの向上

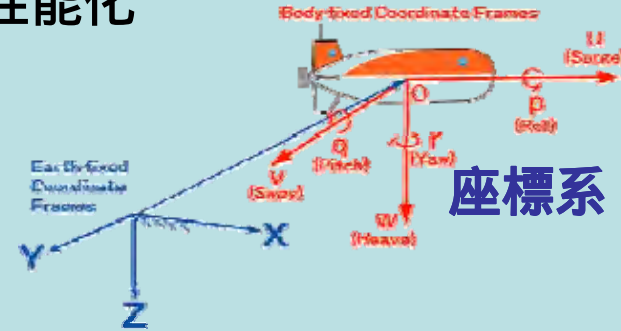
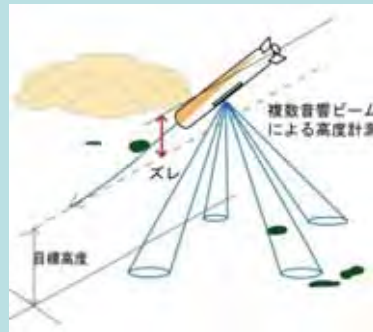
- 水平面の航行制御
 - 計画測線を正確に走る
 - 慣性航法装置で計測した座標と計画測線のズレを計算
 - 計画測線に対して1m以内に収まるよう垂直舵を制御
 - ・ウェイライン制御による自律航走
 - ・ウェイライン偏差10m程度
 - ・高度偏差30m程度
- 垂直面の制御
 - 目標深度や高度との偏差を計算
 - 水平舵を制御して目標に合わせる



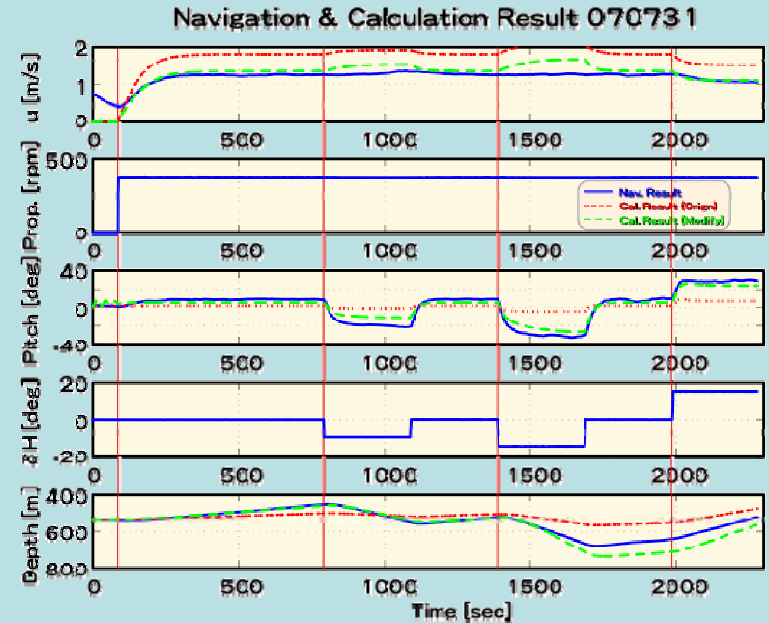
運動制御性能向上のため
モデルベースの制御系設計が必要



- ・運動特性試験
- ・数式モデル構築
- ・システム同定

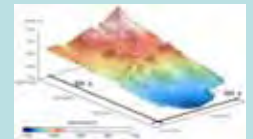


座標系



取得データの品質向上

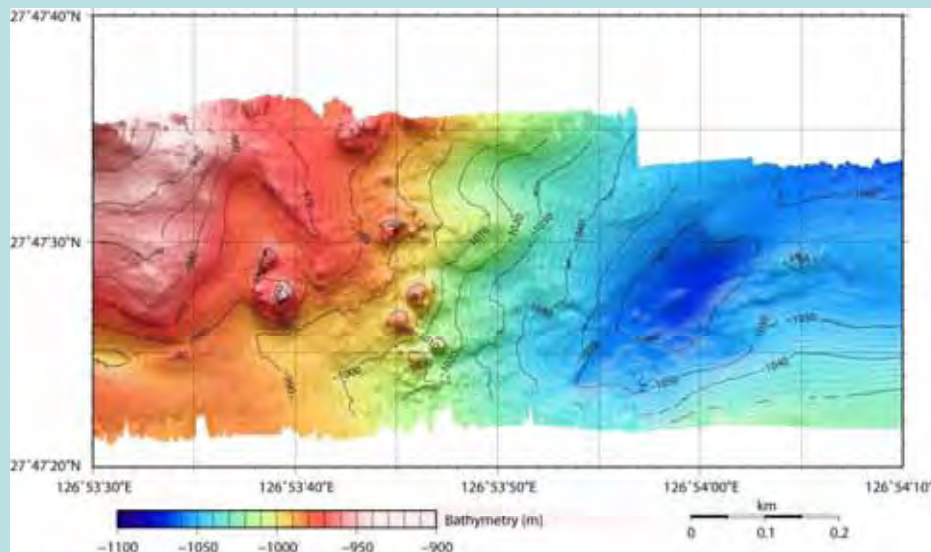
青線 : 実験結果
赤点線: 同定前計算結果
緑点線: 同定後計算結果



2. SSBLソナー ジャイロの機能向上



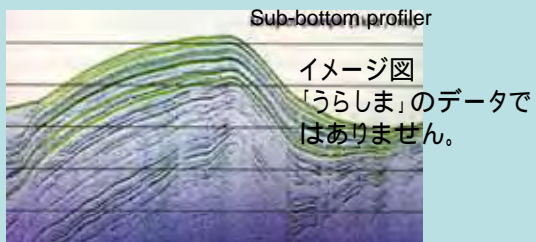
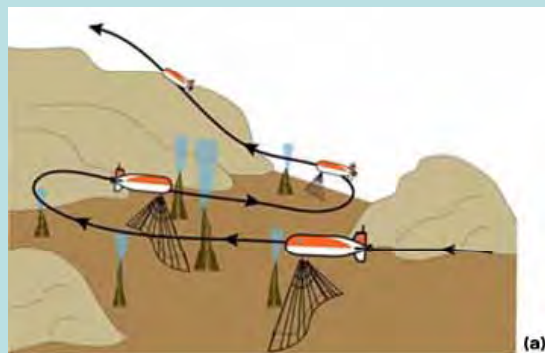
沖縄トラフ 伊平屋北部 熱水噴出域



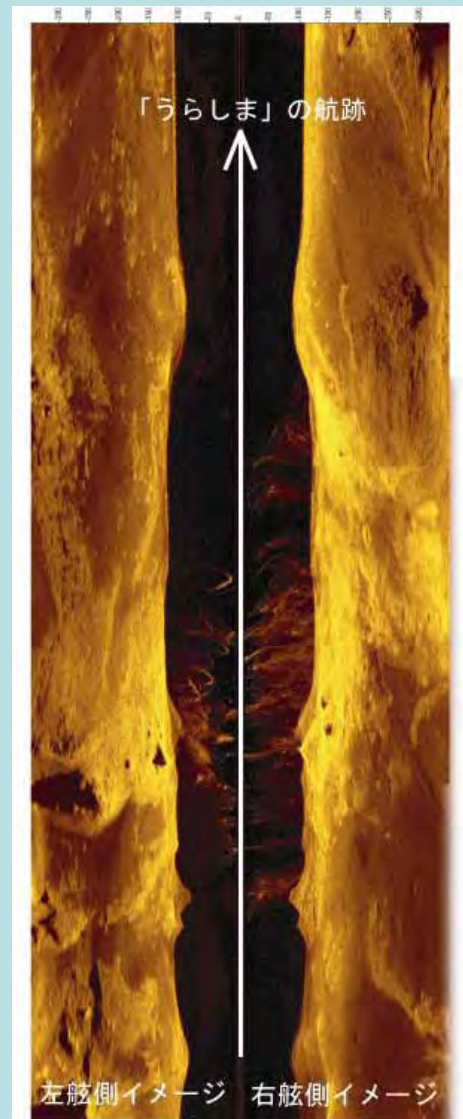
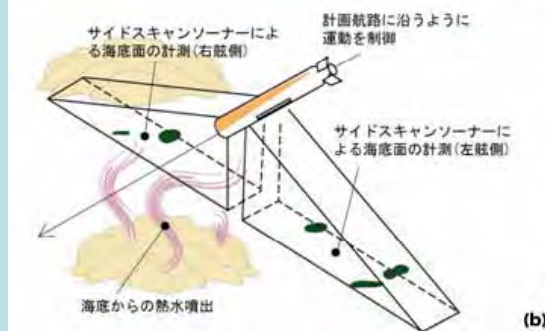
マルチビームソナー



「うらしま」腹部



サブボトムプロファイラー (平成20年装備)

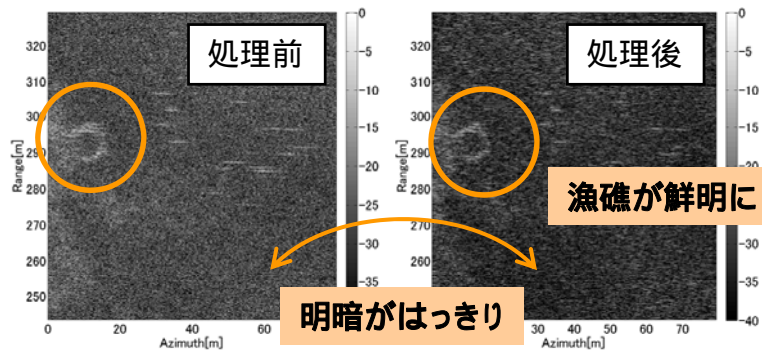


サイドスキャンソナー

■ 観測能力向上 (合成開口技術を用いたソナーの性能向上)

海底を広域かつ高精度に探査する技術の開発

AUV「うらしま」搭載ソナーの性能向上試験



搭載した従来型ソナーに合成開口処理を適用し、レンジ300mにおけるアジマス分解能（進行方向分解能）を約6mから**2m（約3倍）に向上**させることに成功

演算処理速度の向上 (処理量の低減)

A/D周波数 20kHz / 100kHzにおける演算量 (×10¹⁰ [clock])

合成開口 ピング数	1次元アル ゴリズム	2次元アルゴ リズム	複合圧縮アル ゴリズム
180	- / 43.1	131.0 / 655.2	4.0 / 37.6

新しい合成開口アルゴリズム(複合圧縮アルゴリズム, 特許申請中)を用いることで、分解能を維持しつつ、ソナー画像の生成に必要な計算機演算量が**1/10 以下**となることをシミュレーションで確認。

1次元アルゴリズム

レンジ圧縮後にレンジカーバチャ修正して加算する、一般的な高速処理

2次元アルゴリズム

レンジ圧縮とアジマス圧縮を同時に行う、誤差の無い高精度処理

複合圧縮アルゴリズム

1次元と2次元の両処理の利点を生かし、高速・高精度を実現する処理



次世代機で合成開口技術を活用するための基礎を確立

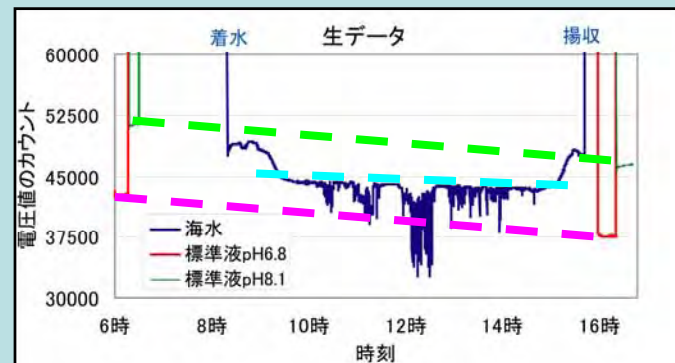
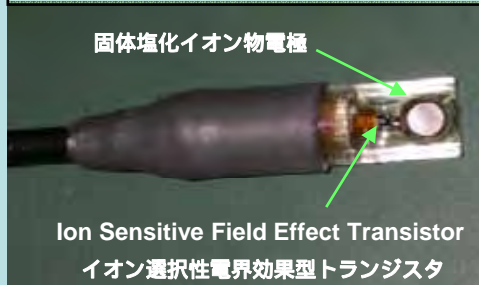
熱水プルーム調査用センサー

応答性能に優れた小型pHセンサの開発

1. ISFETを用いたpHセンサの特性に関する一次評価

2. マイクロ流体デバイスを用いた現場校正機能の検討

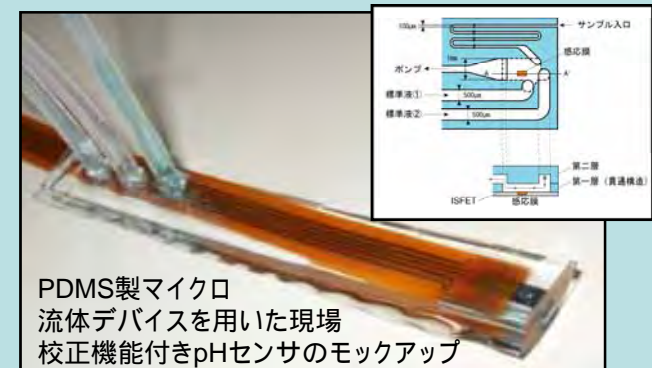
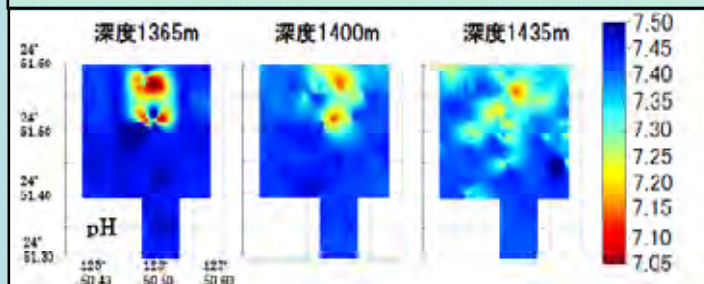
ISFETを用いたpH センサ



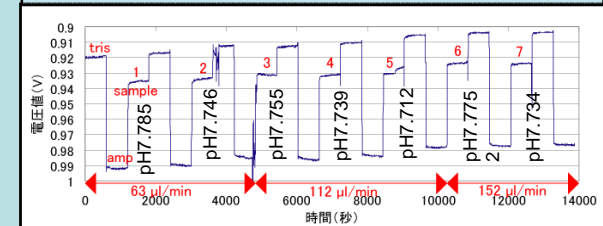
生データの時系列表示

↓
熱水プルームによるpHアンマリーを示している(応答性良)が、着水前・揚収後に実施した校正がずれる(ドリフト特性)

熱水プルームのpHマッピング例



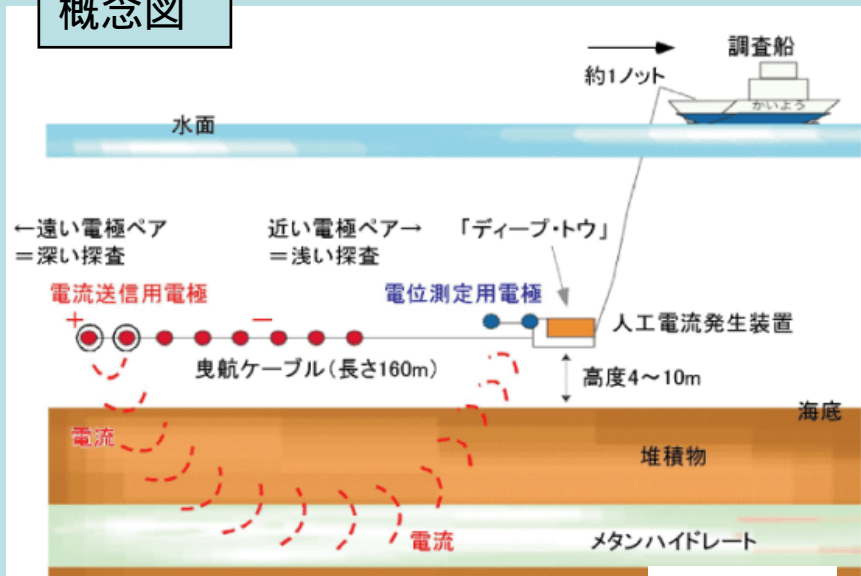
陸上試験結果→
校正機能の有効性を確認



海底電気探査法

曳航探査機に人工電流発生装置及び曳航ケーブルを装着し、海底付近で微弱な電流を流すことにより、地層の電気抵抗構造から地質を調べる手法

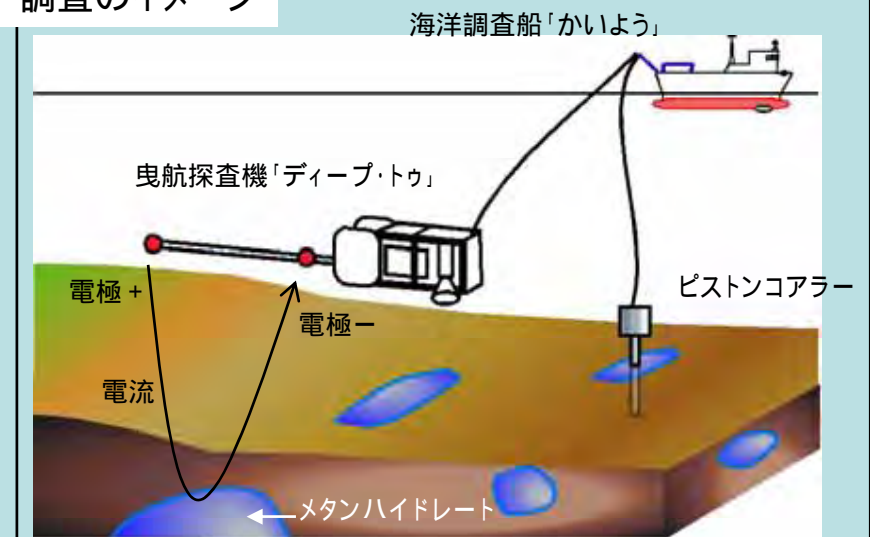
概念図



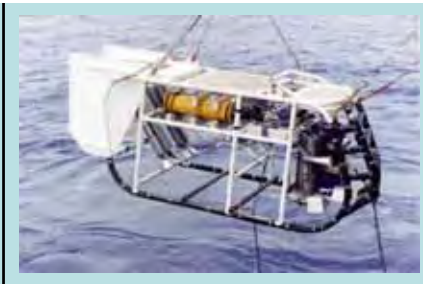
海洋調査船「かいよう」



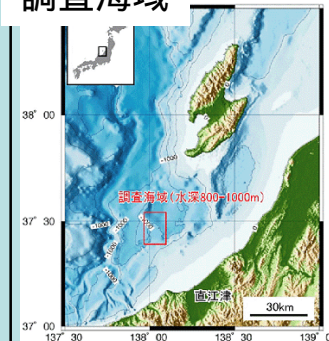
調査のイメージ



曳航探査機「ディーブ・トゥ」



調査海域

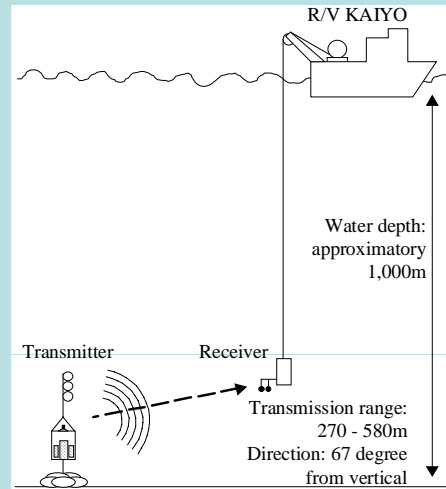


平成17年8月日本海新潟沖での世界初の曳航式海底電気探査手法によりメタンハイドレートの分布状態把握に成功

無人探査機との水中音響通信

画像伝送・データ通信等の通信速度、信頼性の向上

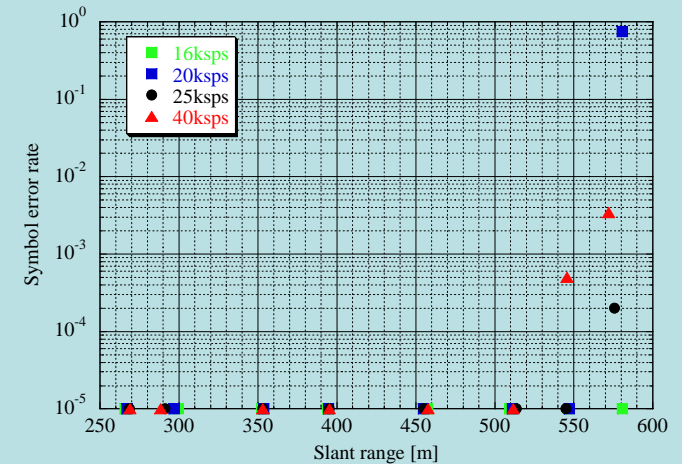
距離500m程度において64,000ビット/秒を目標



海域実験配置図



復調結果



送受波器間の直距離と誤り率との関係
:通信速度80kbps、距離510mまでエラー無



復調画像 33,840シンボル、エラー無、
伝送時間:0.88s(80kビット/秒)、伝送距離:510m

人工衛星による海洋機器の遠隔制御の研究

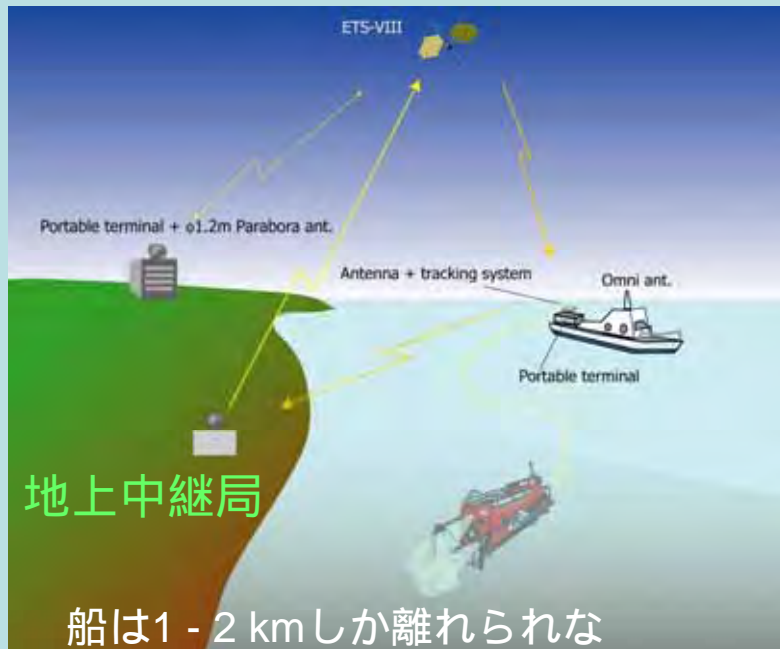
(現状のインマルサット衛星等では、太洋上から、TV画像のような大容量のリアルタイムデータ通信はできない。)

- 1)人工衛星(きく8号)の通信系不具合発生
- 2)不具合対処方法の検討と、代替試験方法の準備

JAXAの「きく8号」は衛星受信回路の不具合によりアップリンク通信不能(ダウンリンクは正常)



総務省ならびにNICTの協力により、代替試験方法(ギャップフィラー法)を確立



船は1 - 2 kmしか離れられな
ギャップフィラーによる遠隔制御実験概念図

人工衛星用小型アンテナ
(パッチアンテナアレイ)

寸法 20cm x 20cm



新たに開発した船上用通信制御装置：ギャップフィラー法はアップリンクに地上中継局を用いるため陸上との近距離通信が必要。この他に陸上との通信アンテナを開発中。

性能試験のテストベッド



「うらしま」(AUV)



「MR-X1」(AUV)




「ABISMO」(ROV)



「かいこう7000」(ROV)

欧米諸国のAUV

名前	国	大きさ	深度	航行距離 / 使用時間	主な特徴	外観
REMUS 6000	アメリカ	0.7 x 3.8 m 880 kg	6000 m	22 hrs 100km	ペイロード 27 kg サイドスキャンソナー標準 装備	
NOAA/米海軍	アメリカ	33.0m		5年間10万km	海底地形調査	
Autosub6000	イギリス	5.5 x 0.9 x 0.9 m 2800 kg	6,000m 2007年9月 4,556m	1,000 km, 2007年9月 14hrs 65 km	CTD, カメラ, 化学 センサ搭載可	
HUGIN4500 (C- Surveyor III)	ノルウェー	6.4 x 1.0 x 1.0 m	4,500 m	70 hrs 450km 2007年4月150 km	コマーシャルAUV, CTD, SSソナー, マルチ ナロー, サブボトム搭載 可	
THESEUS	カナダ	1.27 x 11.0 m 8.6 tons	1,000 m	780 km (計画値)	ペイロード 550kg 光ファイバ敷設用	
MARIDAN M600	デンマーク	4.5 m x 2 m 1500 kg	600 m	12 hrs max.	CTD, SSソナー, マルチ ナロー, サブボトム搭載 可	
韓国AUV 構想	韓国	5.0 x 1.0 x 1.0 m	6,000 m	200 km	構想段階	
次世代型 巡航探査機 (現行うらしま)	日本	計画中 (10.0 x 1.3 x 1.5m)	6,000 m (3,518m)	3,000 km / 600 hrs (317 km:連続巡航距離)	CTDO, 合成開口ソ ナー, マルチナロー, サブ ボトムプロファイラー予定	

欧米諸国のROV (6,000m級)

参考

名称 用途	Remora 6000 (軽作業・調査)	QUEST (軽作業・調査)	Magellan 725 (軽中作業支援)	Jason (海洋調査)	Victor 6000 (海洋調査)	大深度高機能 無人ロボット (重・緻密作業・海底 調査)
国	アメリカ	アメリカ	アメリカ	アメリカ	フランス	日本
大きさ(L×B×D)	1.4m×0.9m×1.1m	2.9m×1.7m×1.7m	2.4m×1.4m×1.5 m	3.0m×2.3m×2.2 m	3.1m×2.1m×2.8m	約3m×2m×2m
空中重量	650kg	2,600kg	2,495kg	3,700kg	4,200kg	約5,500kg
作業水深	~6,000m	~6,500m	~6,000m	~6,500m	~6,000m	~約7,000m
推進装置	250hp 電動油圧; 4× 水平方向; 2 × 鉛直方向 スラス ター	7.5kW(100hp); 7 × 11kW DC 電動; 4× 水平 and 3 × 鉛直スラスタ	25hp; Hydraulic Inner space 1002/1004スラス タ	6× ブラシレス DC スラスタ: 前進 260N, 後進・左右 200N, 鉛直300N	2× 水平, 2× 鉛直, 2× 左右スラスタ	主推進: クローラー システム/スラスタ ハイブリットシステ ム
作業装置	2×6-自由度 ハイ ドレックレート制御	1× Schilling Robotics TITAN 3 7-自由度 位置制 御 + 1× Rig Master 5自由度 グ ラバー,	1×7自由度 レート制御, 1× 5自由度 レート制 御	2×マスター・ス レープ方式	1×マスター・ス レープ方式(7自由 度); 1×グラバー (5自由度)	2×高機能型マニ ピュレータ(脱着式) 立体高画像システ ム/マルチタスク制 御システム
	