

文部科学省
海洋資源の有効利用に向けた検討委員会
2009年1月8日(火) ヒアリング資料

海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム
「海底位置・地形の高精度計測技術の開発」

研究代表者
東京大学生産技術研究所
浅田 昭

資料

1. 研究運営委員会の構成
2. 全体計画
3. 平成 20 年度計画
4. 研究の進捗状況

1. 研究課題業務参加者

<業務参加者>			
浅田 昭	東京大学生産技術研究所	海中工学研究センター	研究代表者、教授
浦 環	東京大学生産技術研究所	海中工学研究センター	センター長、教授
望月 将志	東京大学生産技術研究所	海中工学研究センター	助教
吉田 善吾	東京大学生産技術研究所	海中工学研究センター	技術専門職員
山中 香織	東京大学生産技術研究所	海中工学研究センター	学術支援専門職員
Thomas Telandro	東京大学生産技術研究所 (大学院工学系研究科)	海中工学研究センター	技術補佐員
河邊 直也	東京大学生産技術研究所 (大学院新領域創成科学研究科)	海中工学研究センター	技術補佐員
Philippe Courmontagne	ISEN-Toulon, France	Institut Matériaux Microélectronique Nanosciens de Provence	教授(招聘研究員)
<運営委員・業務協力者>			
長屋 好治	海上保安庁	海洋情報部海洋情報課	課長
渡辺 好章	同志社大学	生命医科学部	学部長、教授
上嶋 正人	独立行政法人 産業技術 総合研究所	地質情報研究部門	主任研究員
松本 勝時	深海資源開発株式会社	資源調査部	上級調査員
大岡 隆	独立行政法人 石油天然 ガス・金属鉱物資源機構	金属資源技術部深海底技術課	課長
澤 隆雄	独立行政法人 海洋研究 開発機構	海洋工学センター	技術研究主任
<事務担当>			
久保池 大輔	文部科学省	研究開発局 海洋地球課	企画調査係長
岡野孝之	東京大学生産技術研究所	経理課 企画チーム	主任
彌富 有希子	東京大学生産技術研究所	経理課 執行チーム	

2. 全体計画

2.1 業務の目的

これまで開発を行ってきた海底音響基準点を使った精密海底測地、AUV(海中ロボット)位置計測の開発、Lアレイインターフェロメトリソナーの開発、合成開口ソナー研究技術を基として、海底付近を潜航観測するAUVの数cm測位、数cmの精度の地形計測を開発し、我が国の海底資源開発の探査技術に大きく貢献するセンサー技術を海底資源探査の実用レベルまでに発展させる。海底は広く、1回の貴重な潜航観測結果で十分な情報を集め、確実に資源の賦存量を計測することが重要である。このため、世界先進の海底位置・地形の高精度計測技術を開発する。

海中ロボットが、深海底直上20mから50mに最接近した状態で潜航しながら海底地形、海底音響映像調査を行なうことにより、精密に地形計測が行えるとともに、深海底の資源調査を効果的に行なうことが実用可能となる。また、熱水鉱床である数mの大きさのチムニー地形を計測し発見に大きく寄与する、既に熱水活動の停止した多数の熱水鉱床が存在するはずであり、化学センサーでは発見できないこれら資源探査に威力を発揮する。コバルトリッチクラストなどの鉱物資源が海底を覆っている場合には、音響映像がその面的賦存量の把握に大きく貢献する。100kHzから500kHzの3周波数を使っているので音響画像特性解析から底質の分類、分布把握が可能となる。

新しいフルスワス精密地形計測システムは、従来技術の真下付近を高精度に計測できるマルチビーム測深技術と、広範囲を計測できるインターフェロメトリソナーの両者の長所を兼ね備えるものであり、世界に類の無いフルスワス計測可能な先端技術となる。未知の深海底を海中ロボットで探査するにあたって広範囲を一度に観測することは重要な点であり、海底から50mの高度で400mのカバーレッジを確保する。高度が高くなれば測量幅は増大するが、分解能は劣化する。また、合成開口技術を組み合わせることにより、精度・分解能を世界最高レベルに向上させる。更に、海底での測位精度をcmレベルに引き上げることにより資源開発に大きく貢献する。以上、3点の世界先端技術開発を行なうことにより、海洋資源国として深海の資源開発のリーディング技術を確保する。

2.2 当該年度における成果の目標及び業務の方法

① システム制御部の開発

海中ロボット(AUV)、もしくはROVへの装備を前提とした自律システムによる最適観測制御法を開発することを目標とし、全ての音響送信タイミングを $1\mu\text{s}$ 精度以内で同期制御するタイミングパルス発生部と時刻配信部の試作を行い、4種のソナー機能の設計性能をフルに発揮できるよう考慮してLBL高精度航法データ収録部を試作する。

② 水中音響精密測位技術の開発

海底付近を潜航観測するAUVの数cm測位技術の開発研究するため、海底音響基準点用に開発研究を行ってきたミラートランスポンダーを改良設計し、繰り返し使用できる3,000m級自己浮上型の切り離し装置付きの精密海底音響基準局を開発試作し、海上試験を実施して高精度航法を研究するデータを取得する。

③ インターフェロメトリ地形計測部の開発

高分解能のフルスワス地形計測技術の開発を目標とし、開発研究用の5素子のLアレイ hidroホン、位相変化の無い送受波器、初期信号処理装置を開発試作する。インターフェロメトリ地形計測用の送受波器の設計、室内、水槽にて試験初期試作試験を行う。

④ 合成開口手法による広域地形計測技術の開発

試作設計試験評価データを基に左右2組の送受波器の試験器、送受信信号処理器を試作し、洋上計測バージにおいて特性を評価し、次年度試作する合成開口ソナー送受波器の設計を行う。

2.3 文部科学省からの実施にあたっての留意事項

○研究の進捗状況についての評価を毎年度適切に行い、公募要件の達成が困難であると判断される場合には研究開発を中止する等、成果を見据えた工程管理を適時・適切に行うこと。

○(独)海洋研究開発機構や(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構などの関係機関と調整を行い、研究

開発を進めること。

- 研究実施体制(サブ課題の設定による役割分担や責任の所在の明確化)を示すこと。
- 開発された装置が資源探査において汎用的なものとなるよう検討すること。
- 実用化・国産化に向けて、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構との連携を視野に入れ、関係機関と調整を図り研究を行うこと。
- 実際の熱水鉱床域、コバルトリッチ鉱床域での地形と音響映像図を示すこと。

3. 平成 20 年度計画

① システム制御部の開発

海中ロボット(AUV)、もしくはROVへの装備を前提とした自律システムによる最適観測制御法を開発することを目標とし、全ての音響送信タイミングを $1\mu\text{s}$ 精度以内で同期制御するタイミングパルス発生部と時刻配信部の試作を行い、4種のソナー機能の設計性能をフルに発揮できるよう考慮してLBL高精度航法データ収録部を試作する。

② 水中音響精密測位技術の開発

海底付近を潜航観測するAUVの数cm測位技術の開発研究するため、海底音響基準点用に開発研究を行ってきたミラートランスポンダーを改良設計し、繰り返し使用できる 3,000m級自己浮上型の切り離し装置付きの精密海底音響基準局を開発試作し、海上試験を実施して高精度航法を研究するデータを取得する。

③ インターフェロメトリ地形計測部の開発

高分解能のフルスワス地形計測技術の開発を目標とし、開発研究用の5素子のLアレイハイドロホン、位相変化の無い送受波器、初期信号処理装置を開発試作する。インターフェロメトリ地形計測用の送受波器の設計、室内、水槽にて試験初期試作試験を行う。

④ 合成開口手法による広域地形計測技術の開発

試作設計試験評価データを基に左右 2 組の送受波器の試験器、送受信信号処理器を試作し、洋上計測バージにおいて特性を評価し、次年度試作する合成開口ソナー送受波器の設計を行う。

4. これまでの研究の進捗状況

① システム制御部の開発

GPS、DVL、光ファイバー慣性航法装置、地形計測ソナーの発信受信制御を12月試験に合わせて開発試作し、良好に動作することを確認した
その他の部分については、設計研究中であり、3月試作試験を実施予定

② 水中音響精密測位技術の開発

設計研究中であり、3月試作試験を実施予定

③ インターフェロメトリ地形計測部の開発

12月に試験を実施、合成開口手法のアルゴリズムを開発した後に、5素子のハイドロホンを使ったインターフェロメトリ地形計測部のアルゴリズムを開発研究中。

④ 合成開口手法による広域地形計測技術の開発

12月に試験を実施、これを基に5素子個々の合成開口手法を開発研究中。

合成開口送受波器開発試験／インターフェロメトリ送受波器開発試験概要

1. 目的

5 素子アレイの新しいインターフェロメトリ測深システムを開発するため、並びにインターフェロメトリ測深に合成開口手法を適用する手法を開発するため、現有の 3 素子インターフェロメトリ送受波器の左右 2 組を使い、水深 30m 程度の海域で、送受波器を直線走行距離 30m 間を 10cm/s の一定速度で移動させ、ターゲットと海底の両方の音響探査データを取得する音響計測試験を実施した。

本データを用いて、開発する AUV 搭載型の合成開口インターフェロメトリ測深システムのアルゴリズムを開発設計する。

2. 試験作業期間

平成 20 年 12 月 3 日から平成 20 年 12 月 5 日までの 3 日間

3. 作業海域場所

駿河湾北東部の三津浜周辺で水深 30m 程度の海域

4. インターフェロメトリ送受波器合成開口試験

110 kHz のプロジェクターから発振した音を 5 本のハイドロホンを既存のデータ収録器に取り込み記録を行う。発振、受信、モーションセンサーは GPS の 1PPS で制御されたルビジウム発信機を分周した同期信号/サンプリング信号を用い音響の発振時とエコーのサンプリングとを姿勢センサーのデータと同期させる。データそれぞれのタイムスタンプは姿勢センサーから送られる時刻データをファイルの中に格納する。また水中のターゲットを作り、計測用の海中ターゲットとする。

以下の機材を使用する

- ・ GPS 受信機
- ・ 慣性航法装置
- ・ データ記録用 PC
- ・ インターフェロメトリデータ収録器
- ・ インターフェロメトリソナー(IFS)用ハイドロホン 5 本
- ・ 110kHz 送波器、24 度ビーム幅
- ・ タイミング発生装置/姿勢計測用機材
- ・ ルビジウム発信機
- ・ タイミングジェネレータ
- ・ データ記録用ソフトウェア
- ・ データ収録器
- ・ IFS データ収録用ソフトウェアの改造 (設計/製作/調整)
- ・ ハイドロホン 5 本用マウント (設計/製作外注/組み立て)
- ・ 水中音響プロジェクター保持金具 (設計/製作外注/組み立て)
- ・ ターゲット用ドラム缶セット 2 本直列 3 組
- ・ 係留用ロープ/浮き

- ・ 600kHzADCP

・ 実験概要

キネマティック GPS、動揺センサー、プロジェクター(発信器)、ハイドロホン、ADCP を一体化して搭載した支柱を、試験台船の舷側へ設置した 30m のレール上を電動式で滑らかに移動させ、予め水中に投入・設置してある目標物(ドラム缶)を含む音響反射信号の収録を行います。OKI シーテック社屋の屋上にキネマティック GPS の基準局を設置し、規定の精度で移動局の測位が行える状態とした。

プロジェクターは RESON 社のマルチビームソナー(周波数 110 k Hz)を使用し、規定の配置に並べられた 5 本のハイドロホンで音響反射信号を受信しデータ収録器に記録する。

発信、受信、動揺センサー(Phins)の作動タイミングは、GPS の 1PPS により同期されたルビジウム発振機から分周した同期信号およびサンプリング信号により制御されることから、各装置間のデータを正確に同期させることが出来ます。(1 ピング毎の音響受信データの内部には、動揺センサーのタイムスタンプが記録されるため、後処理によって音響受信データ、GPS データ、動揺データの時間的整合性を容易に把握することが可能です)本実験においては、GPS による測位と同時に ADCP(TRDI 社 WHS600kHz)のボトムトラック機能による対地速度の計測も合わせて実施した。

今回の実験においては、観測機器のトラブルも無く天候条件にも恵まれた結果、計測条件を変えながら 30m レールを 18 往復するデータ収録を行うことができた(音響受信データの総量は約 32G バイト)。また、GPS、動揺センサー、ADCP のデータも問題なく収録されていることを確認した。

・ タイミング発生装置/姿勢計測

GPS の 1PPS で制御されたルビジウム発信機をマスタークロックとし、これを分周して 400 kHz (IFS A/D の外部クロック) 10Hz、8Hz、及び 5Hz (IFS A/D スタートの外部トリガー) を作る。データの記録は IFS の記録部で行う。一方、センサー部の動揺/姿勢センサーである PHINS のデータは GPS の 1PPS で制御し単体のコンピュータで記録する。また慣性航法装置のデータを分岐し、IFS のシリアルデータ記録ヘッダーに時刻データのみを記録する。

・ データ収録

IFS 記録装置を防滴ケースに格納する。防滴ケースには 2 個の 8pin 水中コネクタ (ハイドロホン用) 1 個の 5pin 水中コネクタ (シリアル入出力用) 1 個の 8pin 水中コネクタ (LAN の入出力) 1 個の 2pin コネクタ (1PPS の入力)、1 個の 4pin コネクタ (電源) を設ける。ハイドロホンは 13m のケーブルでこのケースに 3 本ずつ接続する。ハイドロホンは音響パルス発信用プロジェクター部と対地速度を計測する 600kHzADCP をマウントする機器保持フレームに搭載し、機器間のクロストークの最小化のために段音材を用いるとともに、ハイドロホンを通過していくエコーがそのまま減衰するように音響減衰器を合わせて搭載する。

・ 音響パルス送信

110 kHz の音響パルスを発振する RESON 社トランスデューサとそのエキサイターを用い、タイミング発生器から送られる 1PPS で制御されたトリガーパルスで発振させる。

CW: パルス幅 0.332ms, 0.5ms

FM: パルス幅 0.332ms, 0.5ms, 1.0ms、周波数掃引 110kHz ±7.5kHz

・ ターゲット

ターゲットは 3 組のドラム缶を用い、中に浮きを入れて海中で立つようにする。

5ch ハイドロホン信号の収録波形例 (CW パルス幅 0.332ms、合成開口処理前、縦 25m×横 112.5m)

