

3.3.2. ブイ方式を用いた GPS / 音響測距結合方式による海底地殻変動観測の精度向上のための技術開発 研究報告

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

ブイ方式を用いた GPS / 音響測距結合方式による海底地殻変動観測の精度向上のための技術開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東北大学大学院・理学研究科	教授	藤本博巳	fujimoto@aob.geophys.tohoku.ac.jp
	助教授	三浦 哲	miura@aob.geophys.tohoku.ac.jp
	助教授	日野亮太	hino@aob.geophys.tohoku.ac.jp

(c) 業務の目的

想定震源域及びその境界領域におけるプレート境界の変動等に起因する地殻変動を正確に把握するためには、その原因となるすべりなどが発生している直上で観測を実施することが重要である。東南海・南海地震の想定震源域は、その大部分が海域であるため、海底での観測を実施することが必須である。

本事業では、以上の点を踏まえて、GPS / 音響測距結合方式による観測システムの安定性の向上と 2~3cm の繰り返し観測精度を目指して、音速構造の補正手法の高度化及び音響測距技術の高度化に重点を置いた技術開発を行う。これまでの観測における基礎的な問題の一つとして、船の音響雑音や海況等により精密音響測距の観測を確実に行うことが難しいという問題があった。そこで雑音源である船から離れたブイを用いて海底地殻変動観測を行う方式を採用し、海中の音速変化の影響を補正する方法を開発し、精度および信頼性に優れたシステムの構築を目指す。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画

1) 平成 15 年度

海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の開発を行い、海上試験観測を実施する。熊野灘中央部において GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施する。

2) 平成 16 年度

平成 15 年度に熊野灘中央部に設置した海底局とブイに搭載した海上局を用いて、GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動観測を行う。音速構造の時間変化を詳細に把握するために、倒

立音響測深機等を用いた海洋変動の連続観測の結果と合わせた解析を行う。

3) 平成 17 年度

海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の開発を引き続き行う。熊野灘中央部における GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動観測の高度化を進め、繰り返し観測の暫定的な精度評価を行う。

4) 平成 18 年度

精度評価等の結果を踏まえ、海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の改良を行う。熊野灘中央部における GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動観測を継続するとともに、この海域における測位観測の問題点と解決方法についてまとめる。

5) 平成 19 年度

海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の改良を引き続き行う。5 年間の観測結果をまとめ、繰り返し観測の精度評価を行うとともに、繰り返し観測精度 2~3cm を達成する観測手法と観測条件、およびデータ解析手法を明らかにする。

(e) 平成 15 年度業務目的

GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動用海底局（音響測距装置）とブイ方式による海底地殻変動用の海上局を開発し、それらを用いた海域試験観測を行う。開発した観測システムを熊野灘中央部に設置し、ブイ方式を用いた GPS / 音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施する。また、倒立音響測深機と海底圧力計を用いた海洋音速構造の時間変化の試験観測を行う。

上記の海域試験や観測では、海底精密測位観測の基礎的な計測項目の動作確認と、海洋潮汐および温度変化に伴う音響的な水深の時間変動データの取得を目標とする。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

海溝域の巨大地震を引き起こすプレート境界の変動を正確に把握するためには、地震発生帯の直上である海底で地殻変動観測を実施することが必須であるが、繰り返し観測精度等に問題がある。そこで本事業では、GPS / 音響測距結合方式による水平方向の海底地殻変動観測システムについて、プイを用いた観測による雑音の低減化と音速補正の高度化等により 2~3cm の繰り返し観測精度を目指した技術開発を行う。平成 15 年度は、海底地殻変動観測システム一式を開発し、海底局を熊野灘中央部に設置し、本格的な観測を開始する準備を整えた。その観測システムは、海中の精密音響測距システム、海中の音響測距と海上のキネマティック GPS 測位を結合する小型曳航プイシステム、および海中の音速場の時間変動をモニターする装置から構成されている。まず駿河湾奥の浅海において観測システムの試験を行い、1 台の海底局を除き正常な作動を確認した。年度末には熊野灘中央部に 4 台の海底局を設置してその応答を確認するとともに音速場の観測を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 海底地殻変動観測システムの開発

1cm よりよい計測分解能をもつ海中の精密音響測距システム、海中の音響測距と海上のキネマティック GPS 測位を結合する小型曳航プイシステム、および海中の音速場の時間変動をモニターする装置を開発する。

2) 海域試験観測の実施及び評価

今年度開発した観測システムの海域試験観測を行う。この観測において、海中音響測距、キネマティック GPS 測位、プイの動揺補正、海中の音速場の時間変動等、海底地殻変動観測に必要な計測要素の作動確認を行う。

3) 熊野灘中央部における海底局の設置と海洋物理観測

音響測距システムの海底局を熊野灘中央部に設置し、作動確認を行う。また、水深換算で数 cm の分解能をもつ倒立音響測深機と海底圧力計を海底に設置して、音速構造の時間変化の試験観測を行い、海洋潮汐、温度、波浪等の影響を評価する。

(c) 業務の成果

1) 海底地殻変動観測システムの開発

海上キネマティック GPS 測位と海中の音響測距を結合し、水平方向の海底地殻変動を観測するシステム 1) および音速場の時間変動をモニターする装置を開発した。それらは下記の計測部から構成されている。

a) 精密音響測距システム船上部およびデータ収録装置 一式

周波数 10kHz 前後のコード化された音波信号の送信波形と受信波形の相関処理を行うことにより、海上海底間を音波が往復する時間を 1cm よりよい分解能で計測するシステムの船上

部分である。米国カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリップス海洋研究所の研究グループ1)と共同開発した音響測距システムおよびデータ収録装置一式を新たに導入した。音響測距システムのブロック図を図1に、装置の概観を写真1に示す。

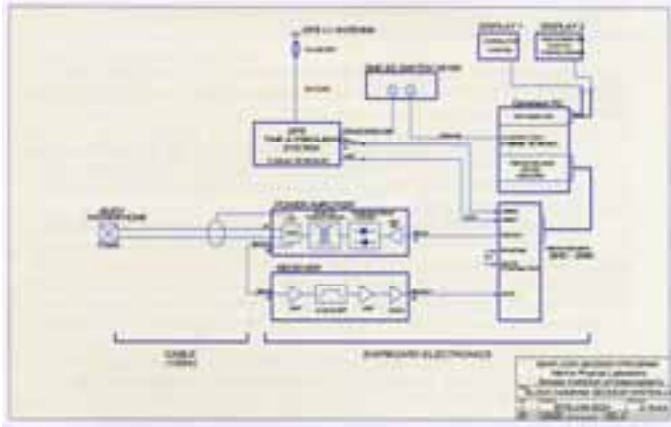


図1 精密音響測距システムのブロック図



写真1 精密音響測距システム船上部の写真（上側は前から、下は後部から）

b) 精密音響測距システム 海底局 5台

精密音響測距システム用の海底局5台を合わせて導入した。黄色のハードハットに入ったその装置を海底設置用の架台に取り付けた様子を写真2に示す。



写真2 海底設置用の架台に取り付けた精密音響測距システムの海底局（黄色のハードハット入り）

c) 曳航式小型海上ブイ 一式

船から曳航してキネマティック GPS 測位と音響測距を行う海上ブイを開発した。各海底局の周りで GPS および音響の測位観測を行い、海底に設置した海底局の位置を 10cm のオーダーで求めるとともに、海底局アレイの中心付近で長期間の測位観測を行い、海底局アレイの中心位置を 1cm のオーダーで求めるために使用する。従来の小型ブイの形状は曳航に適していなかったため、2 ノット以上の対水速度では曳航できず、1.5 ノット以上の流れがあると海底局の位置決定のための測位観測が難しかった²⁾。そこで流線形の浮力体を採用し、曳航しやすいブイとした。それに、新たに購入した GNSS GPS 受信装置（アンテナ 4 台）一式と、音響測距用音響トランスジューサを装備した。尾鷲湾内における着水試験の様態を写真 3 に示す。

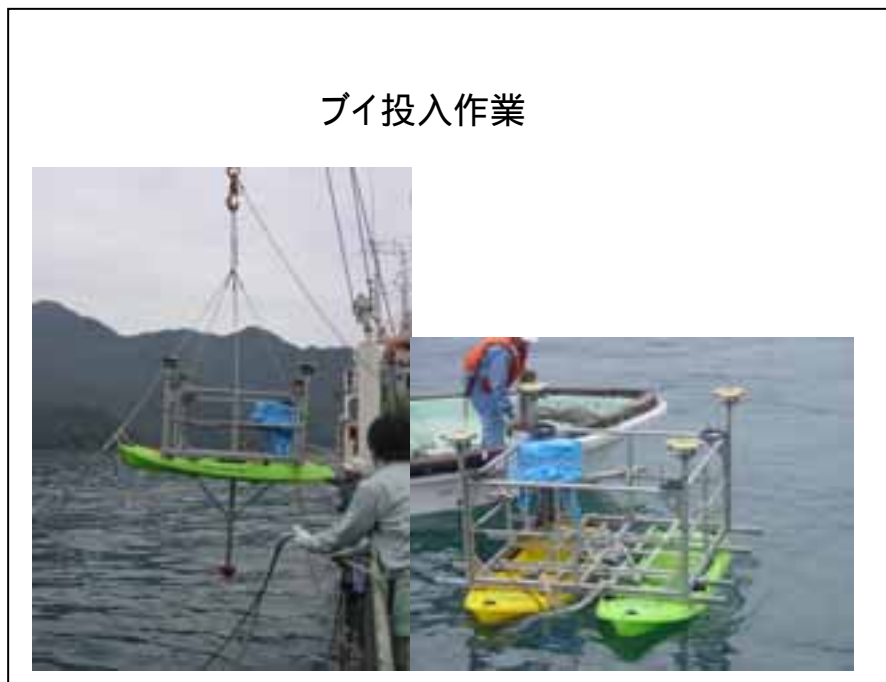


写真3 尾鷲湾内で行った曳航ブイの着水試験

d) 圧力計付き倒立音響測距装置 1台

倒立音響測深機 (IES: Inverted Echo Sounder) は、海底に設置し、海底から送信された音波信号が海面で反射されて海底に戻るまでの時間を精密に測定することにより、海中の音速構造の時間変化を測定する装置であり、海底圧力計は主として潮汐に伴う海面高さの変動を測定する装置である。海中の音速構造の時空間変化に対する補正という問題については、海底に3 - 4台の音響測距装置を置く方式により、それぞれの測線に沿った音速変化の影響を推定できる見込みがある³⁾。さらに倒立音響測深器および海底圧力計による海洋構造の時間変化をモニターし、音響測距装置により推定された音速変化と比較することにより、音速構造の変化の影響を精密に補正する手法について研究を進めることが本装置導入の狙いである。熊野灘中央部に設置する前の装置の写真を写真4に示す。



写真4 圧力計（赤い円筒部分）付きの倒立音響測深機（IES）

2) 浅海における計測装置の試験

精密音響測距システムの船上部および海底局に用いられている音響トランスジューサは特注品で納期が5ヶ月近くかかるため、装置の納入が2月末になり、海域試験および海域観測は3月に行った。まず、2004年3月13日～3月15日に、駿河湾奥の内浦湾において、水深100m - 150mの場所で上記の海底地殻変動観測システムのうち、曳航式ブイ以外の装置の作動試験および海底局の海底設置試験を行った（試験の方法や場所等については内浦湾試験報告書参照）。曳航式ブイは、3月末に熊野灘周辺で着水試験および曳航試験を行った（若潮丸航海報告書参照）。

a) 精密音響測距システム（船上部1式および海底局5台）の作動試験

海底局1台を水深約110mの海底から約30m立ち上げて設置し、小型の調査艇を水平距離300m - 600mの距離でドリフトさせ、舷側から船上部の音響トランスジューサを下ろして試験を行った。海底局を起動させ、距離測定を行い、停止させるという一連の作業を行い、1台の試験終了後それを回収して別の海底局を設置するという方法で試験を行った。船上部は正常に作動し、問題がないことを確認した。海底局4台は正常に作動することを確認できたが、1台は応答しなかった。海底局を起動させる信号は、装置により間隔が異なる二つのパルスからなっており、水深が浅いので、海面および海底の反射のために、特定の装置が起動

しにくいということが考えられるので、この装置については熊野灘で再度試験することにした。

b) 倒立音響測深機の浅海観測試験

浅海であり、海底に錘等を残すことは避けたいということで、圧力計付きの倒立音響測深機を水深約 150m の海底に錘を付けておろし、ロープの先端に浮きを付けて夕方には回収するという方法で観測を 1 日 1 回、合計 2 回行った。倒立音響測深機は水深 6000m まで測定できる深海用の装置であり、マルチパスを押さえるために 100m 以内の反射波は計測しない仕組みになっている。今回の試験では調査艇が小型であったために深い海底まで出向いて設置することはできなかったが、結果的には水深が浅すぎたために海面および海底の多重反射が強く、計測結果は不安定であった。水深約 2000m の熊野灘中央部における試験が重要となった。

c) 精密音響測距装置海底局の海底設置試験

音響測距装置の海底局の設置においては、通常は設置水深を精密に測定するために海底圧力計をつけて下ろし、半日から 1 日海底において潮汐に伴う水深変化の影響を測定したあと圧力計を回収するという作業を行う。しかし 3 月末に予定されている 4 日あまりの航海では、海況が悪くて 5 台の海底圧力計を回収する作業を行うことが難しいと予想された。設置予定海域の海底は平坦であることも推定されていたので、5 台の海底局のうち 4 台は、架台だけをつけて船から投入し海底設置することにした。このような設置方法は初めてであるので、架台をつけた海底局（写真 2）が海中を安定した姿勢で落下することを確認する試験を行った。試験は水深約 30m の場所に係留されている浮きバージで行い、小型海中ロボット（ROV）で海中の落下の様子および海底設置後の様子を観察した。装置を正常な姿勢および 90 度傾けた姿勢で海面から投下したが、いずれの場合も海水の抵抗ですぐに正常な姿勢にもどり安定して落下し、砂泥の海底に正規の姿勢で着底していることが確認された。船からどのような姿勢で投下してもいいことを示している。

d) 曳航式小型海上ブイの着水試験・曳航試験

新たに開発したブイは、熊野灘中央部において実際の海底測位観測を行う中で試験を行う予定であったが、海況が悪くブイを海面におろすことができなかったので、強風下の鳥羽港外で曳航試験に相当する試験（写真 5）を行った。船をアンカーさせて行ったが、強風下におけるブイの揚収作業上の都合で、音響トランスジューサを固定する脚部を取り外してブイを海面に浮かべ、風下に係留した。強風で風波がたち、2 - 3 ノットで曳航したような状況で約 3 時間の試験を行った。姿勢を安定させる錘がついた脚部がなくても曳航姿勢は安定していた。脚部の重量を考慮しても浮力は十分あることも確認できた。4 台の GPS アンテナを用いたキネマティック GPS 測位の観測データは解析中である。



写真5 強風の鳥羽港外で行ったブイの曳航試験と GPS 受信試験

3) 熊野灘中央部における海底局の設置と海洋物理観測

名古屋大学が傭船した日本サルベージ(株)の若潮丸(図2、総トン数320トン、長さ51m)を用いて、2004年3月23日の朝から27日の昼まで4日半の予定で観測作業を行った(若潮丸航海報告書参照)。主たる目的は、熊野灘中央における海底局の設置とブイを用いた海底測位観測であったが、海況が悪く、現場に行けたのは24日と25日の昼間の時間のみであり、現場でブイを下ろす作業もできなかった。それでも熊野灘中央部において4台の海底局を設置しその応答を確認するとともに、圧力計付きの倒立音響測深機およびセンサーを回収しない方式のXCTDを用いた音速場の観測を行うことはできた。ブイを用いた海底測位観測は実施できなかったが、観測の準備を整えることはできた。

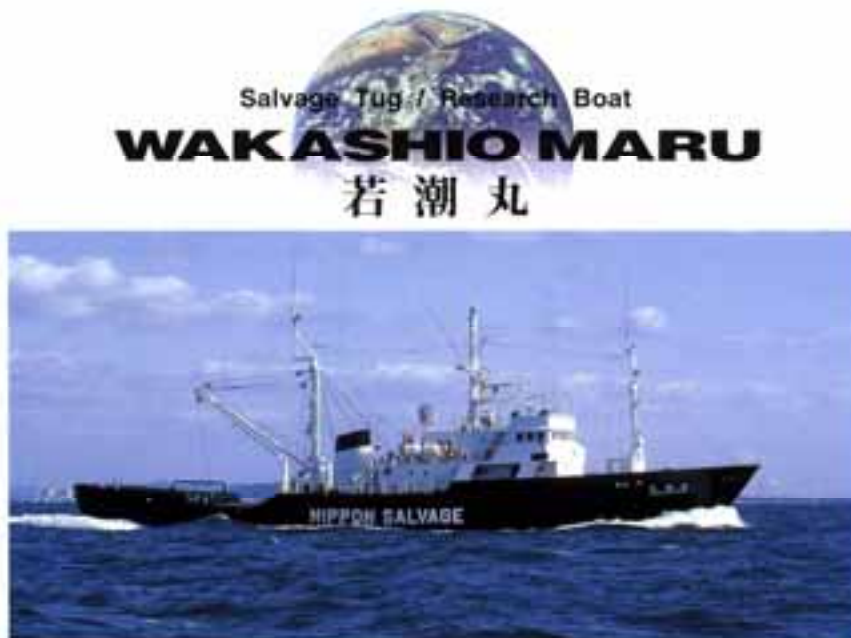


図2 熊野灘の海底地殻変動観測作業に用いた若潮丸(総トン数320トン、長さ51m)

a) 海底局4台の設置

以下のように、一辺約2.8kmの正方形の頂点に位置する4点(図3参照)に海底局を設置

し、舷側から船上局の音響トランスジューサを下ろして応答を確認した。作業の手順としては、まず A 点と B 点に海底局を投下して、着底予定時間後に両方の応答を確認した後に C 点と D 点に投下した。船の位置は GPS 受信機で位置を決定し、全ての装置を予定点から 100m 以内に投下することができた。

A 点 EJ17 北緯 33 度 35.77 分、東経 136 度 40.14 分

B 点 EJ18 北緯 33 度 34.25 分、東経 136 度 40.08 分

C 点 EJ19 北緯 33 度 34.23 分、東経 136 度 41.92 分

D 点 EJ20 北緯 33 度 35.74 分、東経 136 度 41.91 分

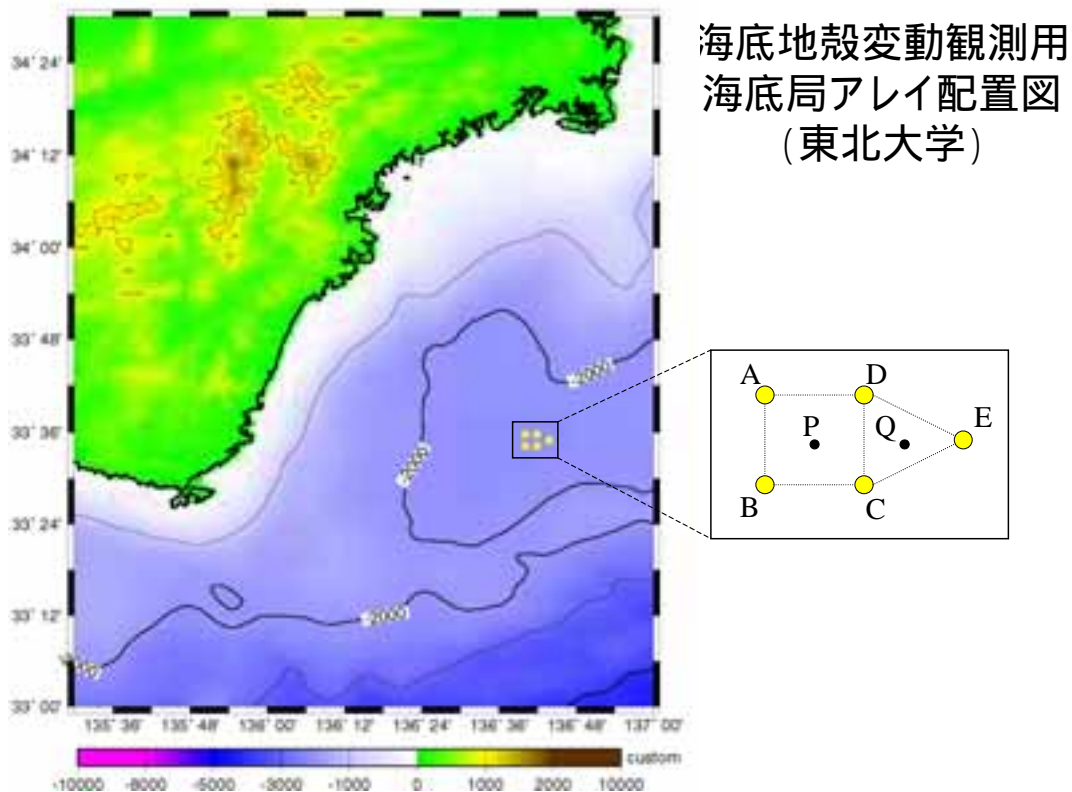


図3 東北大学が熊野灘の中央部に設置した海底地殻変動観測用の海底局アレイ (E 点は設置予定)。アレイの中心の P 点、Q 点で海底精密測位観測を行う。

b) 応答しない海底局 (EJ21) の応答確認試験

写真 2 に示す海底局に錘を 50kg 付け、ロープを用いて約 2m の高さで吊り上げて、その先端をワイヤで 1 回目水深 300m まで、2 回目 1000m まで吊り下ろし、舷側から音響トランスジューサを下ろして作動確認の作業を行ったが、応答はなかった。これまでの経験では、大きな船の舷側から音響トランスジューサを下ろした場合は、船底等の反射で音響信号の送受信に問題があることもある。それで、音響トランスジューサの上側に、上側からの音を遮蔽するコーンを取り付けて試験することも行ったが、状況に変化はなかった。この装置は、航海後、東京大学地震研究所の井戸で作動試験を行ったが、やはり応答はなかった。スクリップス海洋研究所から出荷する前に、音響装置の試験プールで全部の装置について入念な試験を

行っているため、不思議ではある。しかし装置のどこかに問題があると考えられるので、修理を行う予定である。

c) 圧力計付きの倒立音響測距装置の試験観測

3月25日の午前以下に以下のF点に投下した。26日まで約1日の観測を予定していたが、海況の悪化が予想されたので、25日の午後回収した。海底での観測時間は約3時間であった。

F点 北緯 33 度 35.05 分、東経 136 度 41.12 分

観測にはもう一つ問題があった。写真4に示した装置のうち脚部のフレーム部分は海底に残るので、浮上してきたときにはガラス玉入りのケースのみとなる。そのため回収時には浮上してきた装置に船を近づけて竿で手繰り寄せするのが普通であるが、海況がよくなかったのでその作業は難しいと判断され、装置に約5mのロープを付けて、その先端に小型の耐圧ガラス球を取り付けることとなった。倒立音響測距装置は100m以内の反射波は受け付けられない仕組みになっているが、このガラス球は装置と海面の間を往復する音波の障害物になったことは確かであり、今後はこのようなことは避けなければならない。観測データはそのような影響も含めて解析中である。

(d) 結論ならびに今後の課題

海溝域の巨大地震の想定震源域およびその近傍におけるプレート境界の変動等に起因する地殻変動を正確に把握するためには、地震発生帯の直上である海底で観測を実施することが必須であるが、計測の安定性および繰り返し精度にまだ問題がある。そこで本事業では、GPS / 音響測距結合方式による水平方向の海底地殻変動観測システムについて、ブイを用いることにより、観測の安定性の向上と2~3cmの繰り返し観測精度を目指した技術開発を行うことを目的としている。平成15年度は、そのための地殻変動観測システム一式を開発し、浅海における試験により1台の海底局以外は正常に作動することを確認した。熊野灘中央部において4台の海底局を設置してその応答を確認するとともに音速場の観測を行った。本格的な海底地殻変動観測を始める準備を整えることができたといえる。

今後は、残り1台の海底局を修理し、海底圧力計とともに設置して精密な設置水深を測定することがまず必要である。その後、それぞれの海底局の周りを回る測線に沿ってブイを曳航し、まず5台の海底局の設置位置と水深を精密に求めることを行う。水深については、圧力計の水深を基準として、音響測距で求めた水深の相対変化からそれぞれの水深を決定する。ついで、正方形の4台の海底局(A,B,C,D)の中心位置Pの真上近く、および三角形の3台の海底局(C,D,E)の中心位置Qの真上の近くで、ブイを用いた海底測位観測を継続し、PおよびQの精密な位置を求める(図3参照)。海中の音速場の変化をモニターするために、予め倒立音響測深機を設置しておき観測期間中の音速場の時間変化を連続観測するとともに、定期的にXCTDおよびXBTの観測を行い、船の周囲における音速場の変化をモニターする。それらの観測データと、GPSと音響測距の結果の食い違いから推定される音速場の変化を合わせて解析し、海中の音速構造の変化をより精密に補正する手法を開発し、熊野灘中央部における海底測位観測において2-

3cm の繰り返し精度を達成することを目指す。

上記の解析と並行して、複数の陸上 GPS 観測点のデータを用いたキネマティック GPS 測位の解析を行い、長基線のキネマティック GPS 測位の精度評価を行う。

(e) 引用文献

- 1) Spiess, F. N., C. D. Chadwell, J. A. Hildebrand, L. E. Young, G. H. Purcell Jr., and H. Dragert, Precise GPS/Acoustic positioning of seafloor reference points for tectonic studies, *Phys. Earth, Planet. Inter.*, 108, 101-112, 1998.
- 2) 伊藤実・藤本博巳・スウィーニィ アーロン・日野亮太・三浦哲・山本揚二郎・清水淳平・菅ノ又淳一・渡辺正晴・長田幸仁・川上 太一、日本海溝陸側におけるブイを用いた GPS/音響測位、地震学会 2003 年度秋季大会、C086、京都、2003 年 10 月。
- 3) Osada, Y., H. Fujimoto, S. Miura, A. Sweeney, T. Kanazawa, S. Nakao, S. Sakai, J. A. Hildebrand, and C. D. Chadwell, Estimation and correction for the effect of sound velocity variation on GPS/Acoustic seafloor positioning: An experiment off Hawaii Island, *Earth, Planet. Space*, 55, e17-e20, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

現在はまだ無し。

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

無し。

2) ソフトウェア開発

無し。

3) 仕様・標準等の策定

無し。

(3) 平成 16 年度業務計画案

(a) 業務計画

平成 16 年度は、前年度に開発し熊野灘中央部に設置した GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動観測用海底局、および同じく前年度に開発した海上ブイに搭載した海上局を用いて、海底局の位置計測を行うとともに、海底局アレイの中心付近において十分時間をかけて海底地殻変動観測を行う。その観測期間中に、XCTD 等による海洋物理観測を行うとともに、倒立音響測深機と海底圧力計を用いた海洋変動の連続観測を行う。また、海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の開発を引き続き行う。なお、キネマティック GPS 測位については海上と複数の陸上局を結んだ基線で試験観測及び解析を行い、海上 GPS 測位の問題点の洗い出しと解決法を探る。

(b) 実施計画

1) 熊野灘中央部での海底地殻変動観測及び評価

前年度に開発し熊野灘中央部に設置した GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動用海底局と同じく前年度に開発した海上ブイに搭載した海上局を用いて、海底局の位置計測を行うとともに、海底局アレイの中心付近において十分時間をかけて海底地殻変動観測を行う。

2) 海洋物理観測の実施及び評価

海底地殻変動観測の期間中に、X-CTD 等による水温や塩分濃度などの海洋物理観測を行うとともに、倒立音響測深機と海底圧力計を用いた海洋変動の連続観測を行い、海洋変動が海底地殻変動観測に与える影響を評価する。

3) 地殻変動観測用海底局等の開発

海底地殻変動観測用の海底局・海上局とデータ処理手法、音速構造の時間変化の観測に必要な計測装置の開発を引き続き行う。特に、日本海溝・千島海溝で発生する海溝型地震を対象とした観測を実施するため、熊野灘における観測結果に基づき、水深がより深い場合でも海底地殻変動観測を実施できる海底地殻変動観測用海底局・海上局の開発を開始する。また、長基線のキネマティック GPS 測位の精度向上を目指し、複数の陸上基準点を用いた海上試験観測を行う。

(c) 目標とする成果

熊野灘海域の観測においては、本年度は以下の 3 点を目標とする。

1) 各海底局の精密な位置を求めること

2) 海底局アレイの中心付近において GPS / 音響測距結合方式の海底地殻変動観測を 1 日以上継続して行い、観測データを得ること

3) 音響測位の観測データと各種海洋物理観測データをつき合わせて、海洋音速構造の時空間

変化が海底地殻変動観測に与える影響を評価すること

(4) 参考資料

(a) 内浦湾における精密音響測距装置等の作動試験 作業報告書

040ST 技報第 4218 号

東北大学大学院理学研究科 殿

内浦湾における精密音響測距装置等の作動試験
作業報告書

作成：平成 16 年 3 月 18 日

株式会社オキシテック

品質 管理課	技術部第 2 課		
	承認	確認	担当

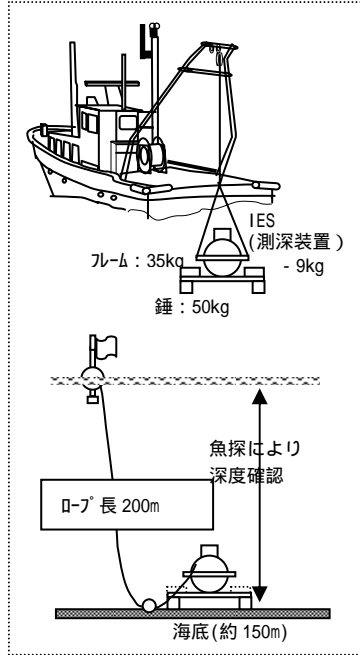
目 次

1. 試験手順		2 枚
2. 状況記録シート		3 枚
(1) 状況記録 No. 1	2004 年 3 月 13 日	
(2) 状況記録 No. 2	2004 年 3 月 14 日	
(3) 状況記録 No. 3	2004 年 3 月 15 日	
3. GPS, 水深データシート		2 枚
(1) GPS, 水深データ No. 1	2004 年 3 月 13 日	
(2) GPS, 水深データ No. 2	2004 年 3 月 14 日	
4. 水温, 水深データシート		2 枚
(アレック電子 ATD-HR メモリ式 TD によるデータ)		
(1) 3/13 IES, PXP 試験		
(2) 3/14 IES, PXP 試験		

内浦湾試験手順

1日目、2日目

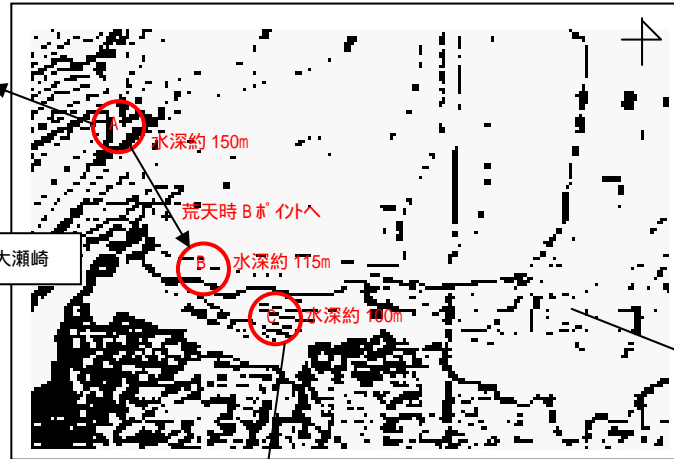
1. 倒立音響測深機の試験観測(A又はBポイント)



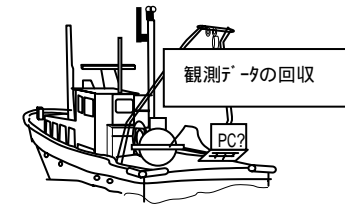
×2回(1台)

OST 取得データ：

- ・ 敷設位置座標及び深度 (GPS, 魚探による)
- ・ スラントレンジ測定時の GPS 表示距離

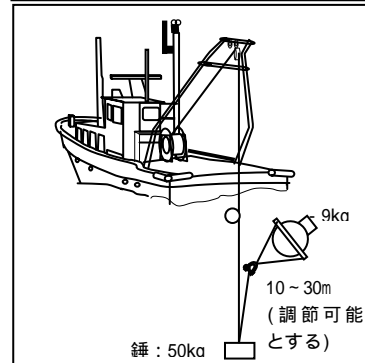


1 続き：倒立音響測深機データ回収 (船上で通信ケーブルでデータ回収)

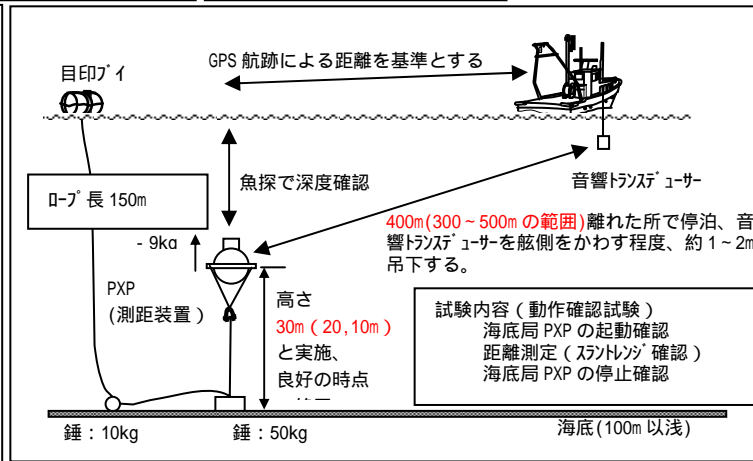


2. 精密音響測距システムの動作確認試験(Cポイント)

1日目、2日目、3日目



- ・ 錘に10~30mロープを取付け、その先端にPXP(ガラス球)を取付ける。
- ・ ロープを吊下して敷設、ロープ先端に目印ブイ取付け
- ・ ロープを引揚げて揚収

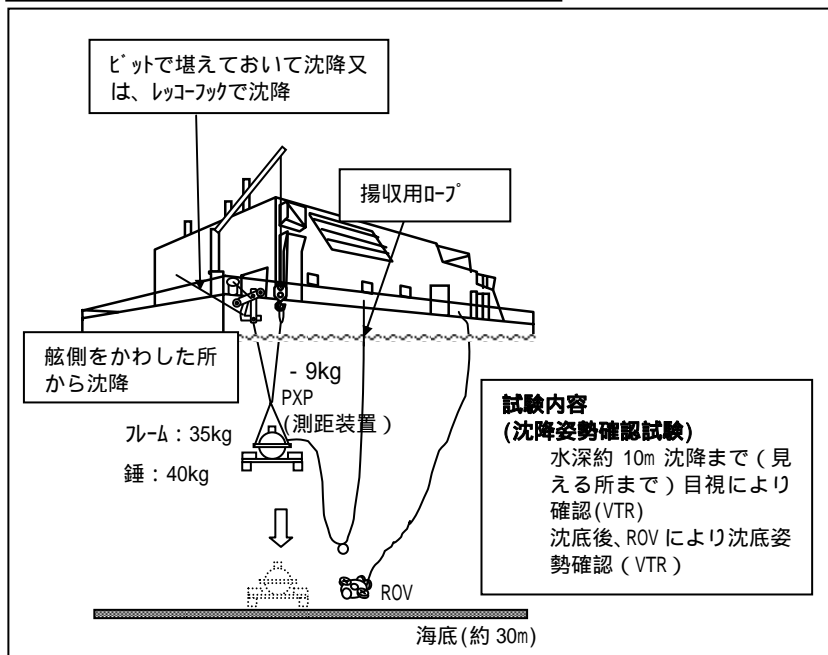


×5台

メモ：トランスミッターなどは、海底反射音波の影響による誤作動を防止するため、海底から10m以上離して運用します。30mの高さで誤作動する場合、10,20mにしても誤作動すると考えられます。従って海底から30mの高さで試験を行い、動作確認を実施すれば良いと考えます。

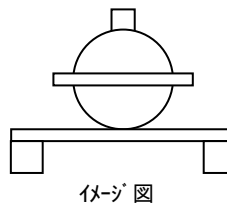
3日目

3. 精密音響測距システムの海底局設置試験



- OST 取得データ :
- ・ 船上からの VTR テープ
 - ・ ROV の VTR テープ

参考 (東北大殿支給品)



1. 倒立音響測深機の試験観測

品名	水中重量	空中重量
IES (測深装置)	- 9kg	48kg
フレーム	35kg	40kg
錘	(50kg)	???

→ 150kg 以下

2. 精密音響測距システムの動作確認試験

3. 精密音響測距システムの海底局設置試験

品名	水中重量	空中重量
PXP (測距装置)	- 9kg	48kg
フレーム	35kg	40kg
錘	(50kg)	???

→ 150kg 以下

東北大
 藤本博巳 教授 (fujimoto@aob.geophys.tohoku.ac.jp)
 TEL022-225-1950 FAX022-264-3292

東北大 音響試験 状況記録

No.1

試験年月日	2004年3月13日	天候	晴れ	気温	20
風向	南西	風速	10 m/s	波高	0.5 m

状況記録

時刻	イベント
8:00	集合、試験準備開始、器材積込、セッティング
9:15	出航
9:56	A 地点到着
9:59	現場水深確認(水深 150m)
10:05	IES 吊下開始 ~ IES 吊下終了(設置地点水深 147m)
10:33	移動 B 地点到着
10:34	現場水深確認(水深 113m)
10:48	PXP(EJ 19)吊下開始 ~ 吊下終了
10:51	移動 距離 380m
10:52	音響試験開始 距離 400m トランスジューサー吊下
11:06	音響試験終了 距離 400m トランスジューサー揚収
11:09	移動
11:21	PXP(EJ 19)揚収
11:34	PXP(EJ 20)吊下開始 ~ 吊下終了
11:38	移動
11:39	音響試験開始 距離 470m トランスジューサー吊下
12:00	音響試験終了 距離 670m トランスジューサー揚収
12:06	移動
12:19	PXP(EJ 20)揚収
13:00	IES 揚収開始
13:17	IES 揚収終了
13:20	移動
13:59	入港
14:00	器材陸揚げ、整備

東北大 音響試験 状況記録

No.2

試験年月日	2004年3月14日	天候	晴れ	気温	17
風向	南西	風速	10 m/s	波高	0.5 m

状況記録

時刻	イベント
8:00	集合、器材積込
8:18	出航
9:02	A 地点到着
9:14	IES 吊下開始～吊下終了(設置地点水深 163m)
9:31	移動 B 地点到着
9:49	PXP(EJ 18)吊下開始～吊下終了
9:53	移動 距離 600m
10:20	音響試験開始 トランスジューサー吊下 600m～460m まで船を流した
10:23	受信状況が悪いので 300m～400m に移動
10:31	音響試験終了 距離 320m トランスジューサー揚収
10:48	PXP(EJ 18)揚収
10:56	IES 設置点へ移動
11:13	IES 揚収終了
11:28	移動 B 地点
11:36	音響試験準備(船上整理)
11:51	PXP(EJ 21)吊下開始～吊下終了
11:54	移動 距離 400m
12:01	音響試験開始 トランスジューサー吊下 距離 MAX460m
12:03	トランスジューサー揚収 移動 距離 240m
12:29	トランスジューサー吊下 距離 MAX500m
12:33	トランスジューサー揚収 移動 距離 250m
12:52	トランスジューサー吊下
12:54	音響試験終了 トランスジューサー揚収
12:55	移動
13:02	PXP(EJ 21)揚収
13:16	PXP(EJ 17)吊下開始～吊下終了
13:18	移動 距離 300m
13:27	音響試験開始 トランスジューサー吊下
13:33	音響試験終了 トランスジューサー揚収
13:42	PXP(EJ 17)揚収
13:54	PXP(EJ 21)再吊下開始～吊下終了

13:57	移動 距離 300m
14:09	音響試験開始 トランスジューサー吊下
14:13	音響試験終了 トランスジューサー揚収
14:25	PXP(EJ 21)揚収
14:52	入港
15:00	器材陸揚げ、整備

東北大 音響試験 状況記録

No.3

試験年月日	2004年3月15日	天候	晴れ	気温	16
風向	東	風速	4 m/s	波高	0 m

状況記録

時刻	イベント
8:00	集合、器材準備
8:35	Seatec へ移動
8:40	試験準備
	1回目自由落下試験(水平姿勢、着底無し)
	2回目自由落下試験(水平姿勢、着底有り)
	3回目自由落下試験(垂直姿勢、着底無し)
	4回目自由落下試験(垂直姿勢、着底有り)
10:30	試験終了(VTR は、その場で提出済み)
11:05	器材陸揚げ、器材整備
14:00	器材搬出

GPS、水深データ

No.1

測定年月日 2004年3月13日

試験名	IES 試験			
記事	緯度	経度	水深	備考
着底位置	N35 ° 02,498	E138 ° 47,324	147m	
揚収ブイ投入位置	N35 ° 02,459	E138 ° 47,277	140m	

試験名	音響試験 (PXP No.EJ19)			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,025	E138 ° 48,799	113m	
音響試験開始位置	N35 ° 01,922	E138 ° 48,991	112m	距離 400m
音響試験終了位置	N35 ° 01,924	E138 ° 48,996	112m	距離 400m

試験名	音響試験 (PXP No.EJ20)			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,051	E138 ° 48,806	113m	
音響試験開始位置	N35 ° 02,005	E138 ° 49,114	112m	距離 470m
音響試験終了位置	N35 ° 02,135	E138 ° 49,234	113m	距離 670m

GPS、水深データ

No.2

測定年月日 2004年3月14日

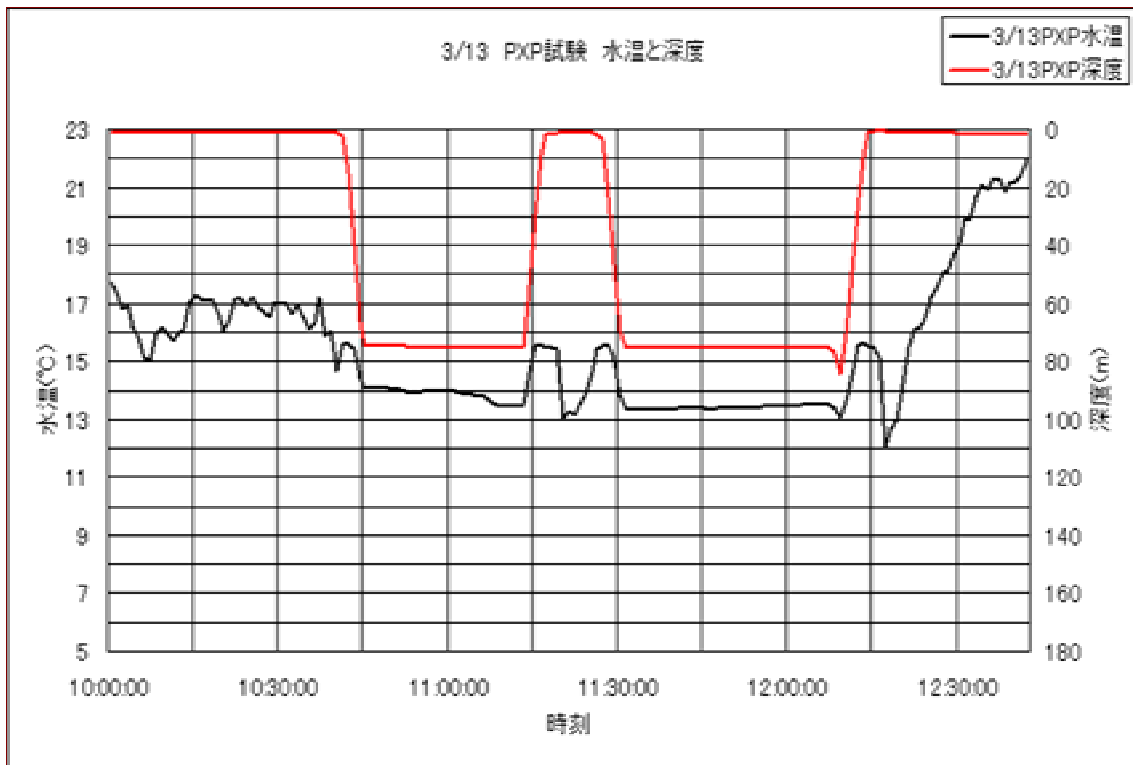
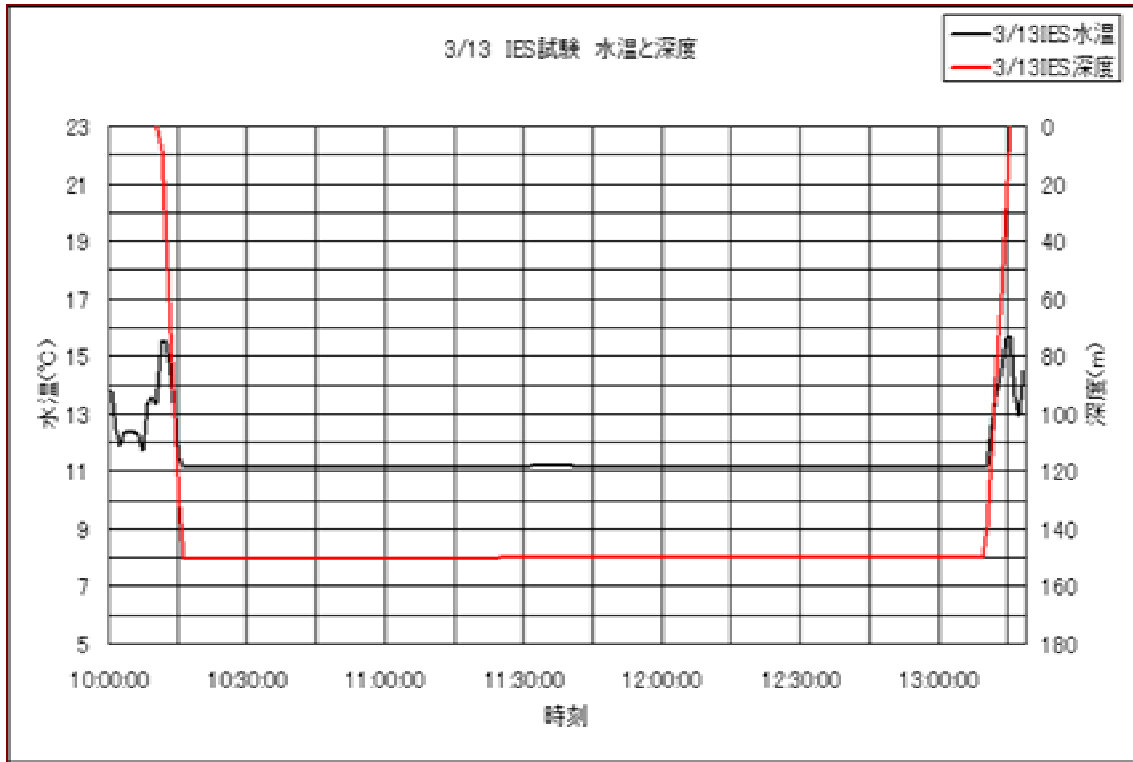
試験名	IES 試験			
記事	緯度	経度	水深	備考
着底位置	N35 ° 02,613	E138 ° 46,822	163m	
揚収ブイ投入位置	N35 ° 02,600	E138 ° 46,779	---	

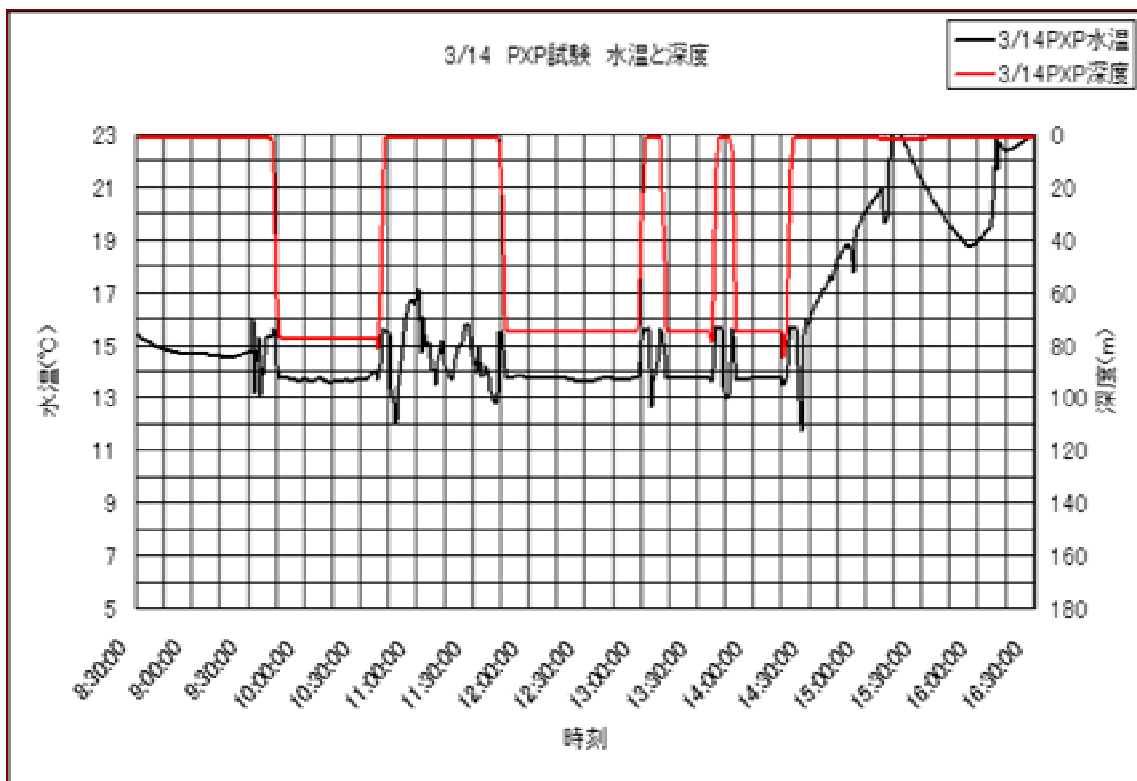
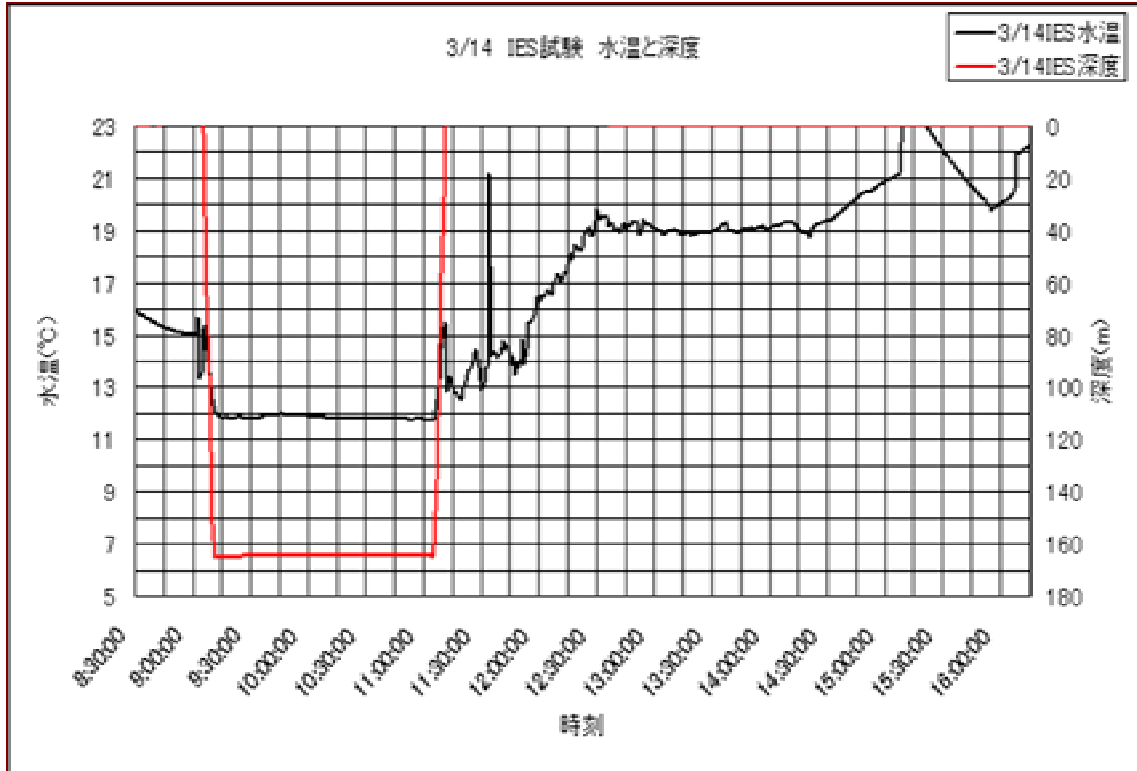
試験名	音響試験(PXP No.EJ18)			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,329	E138 ° 48,967	115m	
音響試験 1 回目位置	N35 ° 02,266	E138 ° 49,351	114m	距離 590m
音響試験終了位置	N35 ° 02,108	E138 ° 49,112	113m	距離 460m
音響試験 2 回目位置	N35 ° 02,167	E138 ° 49,053	113m	距離 320m
音響試験終了位置	N35 ° 02,103	E138 ° 48,973	113m	

試験名	音響試験(PXP No.EJ21)			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,002	E138 ° 48,879	112m	
音響試験 1 回目位置	N35 ° 02,022	E138 ° 49,132	112m	距離 400m
音響試験終了位置	N35 ° 02,019	E138 ° 49,186	112m	距離 460m
音響試験 2 回目位置	N35 ° 02,013	E138 ° 49,031	112m	距離 240m
音響試験終了位置	N35 ° 01,952	E138 ° 49,207	112m	距離 500m
音響試験 3 回目位置	N35 ° 01,183	E138 ° 48,103	110m	距離 250m
音響試験終了位置	N35 ° 01,863	E138 ° 48,917	112m	距離 270m

試験名	音響試験(PXP No.EJ17)			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,028	E138 ° 48,982	112m	
音響試験開始位置	N35 ° 02,066	E138 ° 49,171	112m	距離 300m
音響試験終了位置	N35 ° 02,299	E138 ° 49,244	112m	距離 420m

試験名	音響試験(PXP No.EJ21) 再試験			
ポイント	緯度	経度	水深	備考
錘着底位置	N35 ° 02,079	E138 ° 49,088	112m	
音響試験開始位置	N35 ° 02,082	E138 ° 49,264	112m	距離 300m
音響試験終了位置	N35 ° 02,182	E138 ° 49,338	112m	距離 430m





(b) 熊野灘海底地殻変動観測作業報告書（若潮丸）

2004年3月 熊野灘
海底地殻変動観測作業
作 業 報 告 書
（若潮丸）

海洋電子株式会社

2004年4月

1. 概要

本報告書は、海洋電子株式会社殿のご依頼により「海底地殻変動観測作業」の作業報告書として作成いたしました。

2. 作業場所

三重県沖 33° 35' N 136° 42' E 付近の海面
33° 34.5' N 136° 36.5' E 付近の海面

3. 作業期間

自：平成 16 年 3 月 21 日
至：平成 16 年 4 月 1 日

4. 使用船舶

若潮丸 320 総トン 2,000 馬力 1 隻
P-7 船外機船 1 隻

5. 使用機材

A フレーム 1 式
ウインチ 1 式
小物要具類 1 式

6. 作業人員

1) 現場責任者 1 名
2) 作業長 1 名
3) 作業員 1 名
4) 若潮丸乗組員 7 名

7. 添付書類

1) 乗船者名簿（東北大学航海、名古屋大学航海）
2) 作業報告
3) 観測器投入位置表
4) 現場写真

以上

作業報告書

3月21日(日曜日、2,004年)

鳥羽港へ回航、09:40 着岸、航海準備作業。

3月22日(月)

艀装工事、16:00-16:30 東北大学関係者と打ち合わせ、機材積み込み。

3月23日(火)

06:45 東北大関係者乗船、鳥羽港より離岸。その後港外投錨、観測機材組立て作業。

14:00 抜錨し、尾鷲港に向かう。

17:45-20:00 海底局 EJ21 ワイヤ吊り下ろし試験(300mまで)。

22:00 尾鷲港内投錨。

3月24日(水)

06:50 尾鷲港で作業艇(P-7)により三浦助教授乗船。

07:00 抜錨し観測海域に向かう。

11:29 御前崎中央部 A 点に海底局 EJ17 投入。位置: 33-35.77N, 136-40.14E

11:55 御前崎中央部 B 点に海底局 EJ18 投入。位置: 33-34.23N, 136-40.08E

12:30-13:10 A 点および B 点の海底局の応答確認。

13:28 御前崎中央部 C 点に海底局 EJ19 投入。位置: 33-34.23N, 136-41.92E

13:49 御前崎中央部 D 点に海底局 EJ20 投入。位置: 33-35.74N, 136-41.91E

13:50 海況悪化のため、尾鷲港に向かう。

17:50 尾鷲港内投錨

18:00-18:50 作業艇により観測機器部品受取り。

3月25日(木)

07:30-09:00 曳航ブイ着水試験

09:00 抜錨し、試験海域に向かう。

13:23 IES 観測器を投入。位置: 33-34.61N 136-41.73E

13:40-15:00 海底局 EJ-21、再度ワイヤ吊ろし 試験(1000mまで)。
同時に昨日設置の4基(A,B,C,D点の海底局)の通信テスト

15:30 IES 観測器の切り離しコマンド発信

16:21 IES 観測器を回収。回収位置: 33-34.46N 136-42.50E

16:50-18:10 EJ-17,18,19,20 と通信

18:10-18:30 XCTD 作動テスト

18:30 海況悪化し、鳥羽港に向かう。

3月26日(金)

07:30 鳥羽港外に投錨。機材片付け

14:00-17:00 強風下で曳航ブイを着水させ、GPS 受信テスト。

17:45 鳥羽港に着岸、海洋電子(株)川上氏下船。

3月27日(土)

08:00 東北大学機材陸揚げ、艀装解除工事。09:00 東北大学藤本教授以下4名下船。
12:30 名古屋大学安藤教授以下8名様来船。観測機材積み込み、観測準備。
16:40-17:00 作業打合せ 17:30 南側海域向け鳥羽港より出港(名古屋大学から6名乗船)。
23:44 南側海域(33-34.6N 136-36.4E)到着
24:00 観測開始

3月28日(日)

24時間体制で南側海域観測

09:00-16:00 CTD 観測

3月29日(月)

08:00 南側海域観測を中断し、黒潮のCTDを観測するため
33-20N 136-30E の位置に向かう。
08:45-10:00 33-29.5N 136-36.5E 付近の海域でCTD観測(測距はなし)
11:30-15:00 三重県観測船「あさま」と連携して、CTD観測(測距はなし)
開始位置: 33-20.33N 136-30.42E
終了位置: 33-23.81N 136-43.52E
16:50 南側海域観測再開
24時間体制で観測継続

3月30日(火)

南側海域観測継続中

08:50-10:00 CTD 観測 ワイヤー繰出し長さ1400m
12:00 波が高くなったため、観測を打ち切り鳥羽港に向かう。
18:10 鳥羽港内に投錨。

3月31日(水)

08:00 作業開始 観測機材取外し
13:00 鳥羽港に着岸、艀装解除、機材陸揚げ。
14:30 名古屋大学奥田技官以下6名下船。
17:00 作業終了。

海底地殻変動観測作業 観測器投入位置

	機番	月 日	時刻	位 置		備 考
1	EJ-17	3月24日	1129	33° 35.77 N	136° 40.14 E	A点
2	EJ-18		1155	33° 34.23 N	136° 40.08 E	B点
3	EJ-19		1328	33° 34.23 N	136° 41.92 E	C点
4	EJ-20		1349	33° 35.74 N	136° 41.91 E	D点
5	IES	3月25日	1323	33° 34.61 N	136° 41.73 E	投入 F点
			1621	33° 34.46 N	136° 42.50 E	回収

測地系：WGS-84

**海底地殻変動観測作業
現 場 写 真**

海洋電子株式会社

2004 年 4 月



若潮丸艀装作業



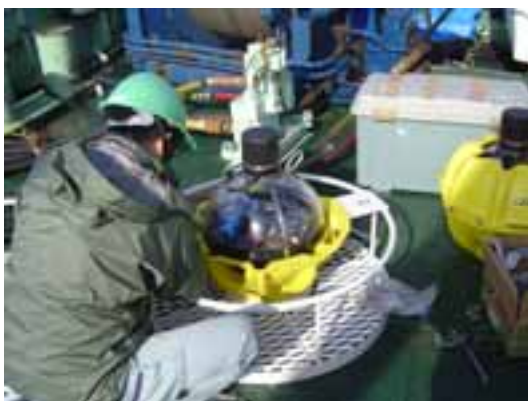
ウィンチ (6-9mm x 12,000m)



A フレームと音響測距海底局 (東北大学)



作業艇 P-7



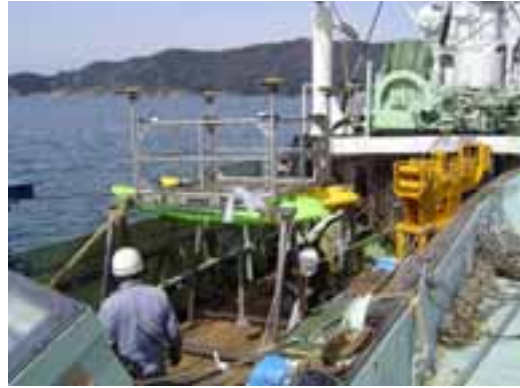
音響測距海底局 (カバーを外した状態)



海底局 EJ21 のワイヤ吊り下ろし試験



音響測距海底局の設置作業 (D点、EJ20)



小型曳航ブイと組立て用架台



小型曳航ブイの着水試験 (尾鷲湾内)



小型曳航ブイの着水試験 (尾鷲湾内)



アンテナ保護のために角材取り付け



鳥羽港外で小型曳航ブイの GPS 受信試験



倒立音響測深機 (IES) の設置作業



海面に浮上した倒立音響測深機と先取りのガラス球



舷側から下ろした音響トランスジューサ



観測室内の船上装置



デッキストア内に保管された機材



鳥羽港で機材陸揚げ中の若潮丸



船尾左右舷の GPS アンテナ (名古屋大学)



同マストトップの GPS アンテナ



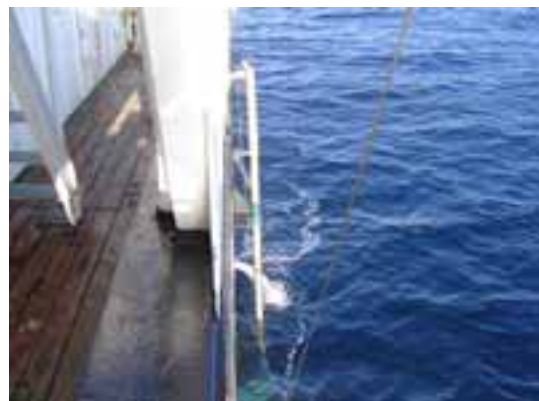
ブリッジ上のアンテナ
右側：サテライトコンパスアンテナ
左側：スターファイア DGPS 用



若潮丸左舷に取り付けた音響トランスジューサ



音響トランスジューサ昇降用ウィンチ



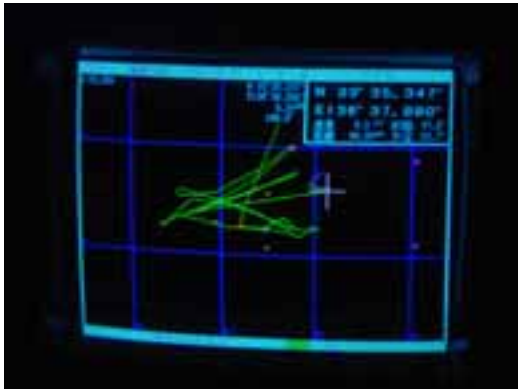
観測中の音響トランスジューサ



CTD プロファイラー (2台)



観測室内の状況



観測作業中の航跡プロッター



デッキストア内の GPS 機材



CTD 観測中の船尾デッキ



鳥羽港で艀装解除中の若潮丸