



遠隔操作される無人探査機「ハイバードルフィン」の海中作業をモニター画像により確認する

相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」で 新観測機器接続実験に成功

地殻変動に伴う諸現象のリアルタイム観測が可能に

1993年海洋科学技術センター（現・独立行政法人海洋研究開発機構）が設置した初の光ファイバーと電線の複合ケーブルによるリアルタイム長期観測システムが、相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」である。水深1,175mに設置された同観測ステーションには、海底地震計、地中温度計、海水の塩分・水温・圧力を計るCTD、水中の音をとらえるハイドロフォン（水中マイク）などが搭載され、リアルタイムの観測データを継続的に陸上に送ってきた。2005年1月、さらに海洋研究開発機構・京都大学・東海大学・東北大学の共同研究により新しく開発された3つの観測機器を初島沖の「深海底総合観測ステーション」に水中接続することに成功。海底地殻変動や津波による現象を観測する能力が大幅に拡充された。今後はここで培われた技術と観測データをリアルタイムの防災システム構築に役立てていく予定である。



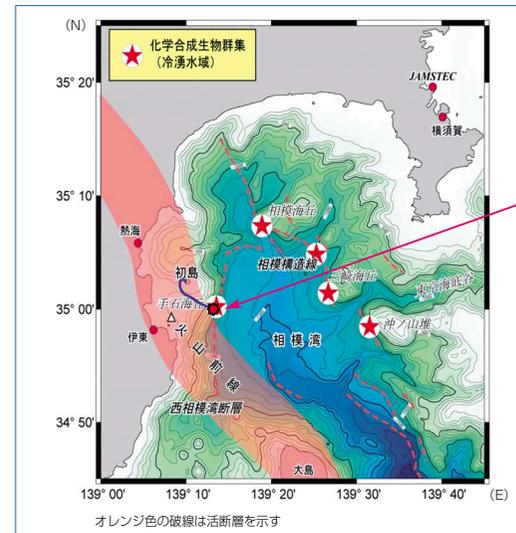
取材協力：
滴澤 巨彦 サブリーダー
海洋工学センター
海洋技術開発プログラム
海底観測ネットワーク技術研究グループ



取材協力：
後藤 忠徳 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ



取材協力：
荒木 英一郎 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ



初島沖「深海底総合観測ステーション」の位置
ステーションは初島南東沖約7km、水深1,175mの海底に設置されており、近くにはシロウリガイなど化学合成生物のコロニーがある。2000年の更新時に、海中でも絶縁が保たれ、無人探査機により着脱可能なコネクタが搭載された

さらに充実したリアルタイム観測 機能とネットワークの拡張性

相模湾初島沖の「深海底総合観測ステーション」は海底のメタンや硫化物を利用して生きる大型の二枚貝、シロウリガイ群生地に設置されている。シロウリガイの生息条件は相模湾西部の群発地震や火山活動を引き起こすプレート沈み込みと密接な関係があり、ここを長期間にわたって観測すれば地震や海底噴火など自然現象の解明や将来の災害発生予測につながると期待されている。

今回新たに水中接続された観測装置は、海底電位差磁力計、海底重力計、海底微圧

計・LINUX BOXの3つである。このように複数の観測機器を海底ケーブルに設置し、リアルタイム観測の能力を拡充するのは世界でも例をみない。

海底微圧計・LINUX BOXのうち、LINUX BOXはLINUXオペレーティングシステムを搭載したもので、今後の深海底観測ネットワーク拡充の要となる装置である。近い将来さらに多種多様な観測機器を接続するために、海底でもインターネットで通常使用されている通信方式（インターネットプロトコル：IP）をセンサ間の通信に使用できるようにするのが今回の重要な

目的のひとつであった。LINUX BOXはそのために試験的に導入されたもので、海底にIPアドレスを構築し、そこに接続されている海底微圧計のデータはLINUX BOXを経由して陸上に送られる。陸上のコンピュータネットワークを海底で作るようなものであるが、これまでに海底でのIPアドレス構築例はなかった。今回は単にIPアドレスの情報をやり取りするだけでなく、それを介して海底微圧計のデータを取得することに成功しており、将来の深海底観測ネットワークに不可欠な技術が実地で検証されたことになる。

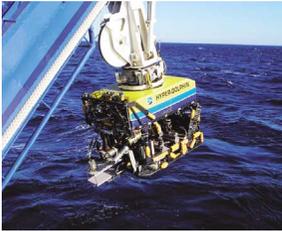
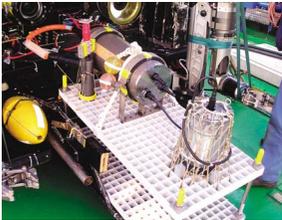
海底微圧計は海底圧力の変動を細かく捉える計測器である。津波や潮汐により海面の高さが変化する。この海面の高さの変化は、海底では圧力変化として現れる。このことを利用し、津波や潮汐の変動を検知する。また海底の隆起や沈降によっても海底の圧力が変わるため、海底の地殻変動も把握可能だ。



水中コネクタの接続
「ハイバードルフィン」のマニピュレータは操作性が高いものの、人間の手のように細かい作業は不可能なため、あらかじめコネクタ部分をマニピュレータでの接続が容易な構造にしてある



船上での海底電位差磁力計の設置準備作業
天候の変化をうかがいながら慎重に作業を進める



海底微圧計・LINUX BOX (上)
マニピュレータで海底微圧計・LINUX BOXを
見え込み、着水待機「ハイパードルフィン」(下)

海底重力は海底面の高低により変化するが、海洋研究開発機構が開発した海底重力計は数mm程度の海底変動を感知する。また海底重力は地下の密度によって変わってくるため、海底下のマグマなど短時間に起きる流体の移動を捉え地球内部の変化をモニターすることにつながる。海底電位差磁力計は海底の地電位を測る装置で、東海大学と海洋研究開発機構によって開発された。海底下で地下水やマグマが移動すると電位差や磁力が変わるため、海底下の変動を感知することができる。

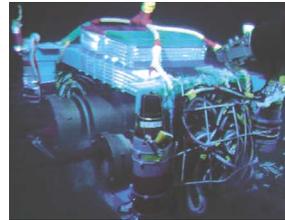
初島沖周辺は伊豆半島沖群発地震など地殻変動が活発な場所であり、相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」に新たに設置された3つの装置によって、総合地殻変動観測システムとしての機能が拡張されたことはたいへん意義深い。

実際の水中接続作業はどのように行われたか

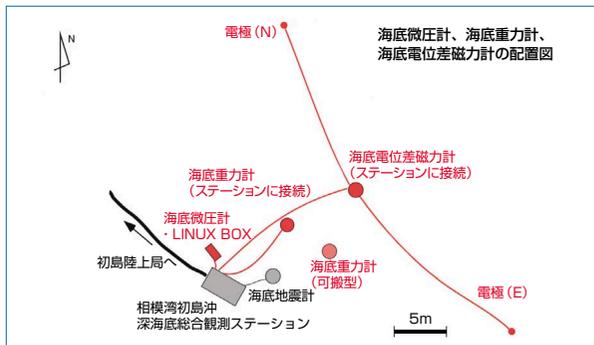
これらの観測機器の接続工事と動作試験等の作業は2005年1月5日～22日、海洋調査船「なつしま」の相模湾航海と無人探査機「ハイパードルフィン」潜航調査の際に行われた(実際にはこの航海はほかに2つの



海底重力計
海底重力計は、今回「ハイパードルフィン」で運搬した装置の中でも最も重い(空中重量約180kg、水中重量約30kg)。コネクタに接続するためのケーブルは海底できれいに展長できるようにまとめてある



海底電位差磁力計
海底電位差磁力計はコネクタに接続後も、さらに2本の電極(各20m)をのぼすための潜航が必要だった



研究課題があり、船上作業および潜航についてタイムシェアがなされた)。「なつしま」乗船研究者だけでなく初島陸上局にも研究者が待機し、接続にあわせて装置にアクセスし、センサの制御を行った。

3つの装置の海底への設置は「ハイパードルフィン」を用い、船上からの遠隔操作で行われた。ただし、海底重力計の土台となるコンクリート板は重すぎてそのままでは「ハイパードルフィン」で移動できないため、浮力体をつけた係留系として船上より投入し、「ハイパードルフィン」により海底で所定の場所に移動し、浮力体を切り離して海底に設置するという作業を行った。

まず1月7日の潜航で、観測機器設置のためにステーション周辺の海底状況確認(あらかじめ想定されていた場所の目視確認)を実施。実際に「ハイパードルフィン」による装置接続作業が行われたのは1月9日～14日(2日間の荒天待機を含む)であ

った。可搬型の重力計のみ同月に回収したが、ステーションに接続された海底重力計、海底微圧計、海底電位差磁力計などの機器は海底にて観測を続けている。

今回の接続実験では、作業上もいくつかの難所や注意点をクリアしていった。相模湾内とはい冬場は海の状況が急変するため、何度か作業の中断を余儀なくされた。また海底に十数cm程度の堆積物があり、「ハイパードルフィン」が着底した衝撃で巻き上がった濁りが晴れるまで作業を中断せざるを得ないなど、忍耐強い「待ち」の姿勢が要求されるミッションであった。

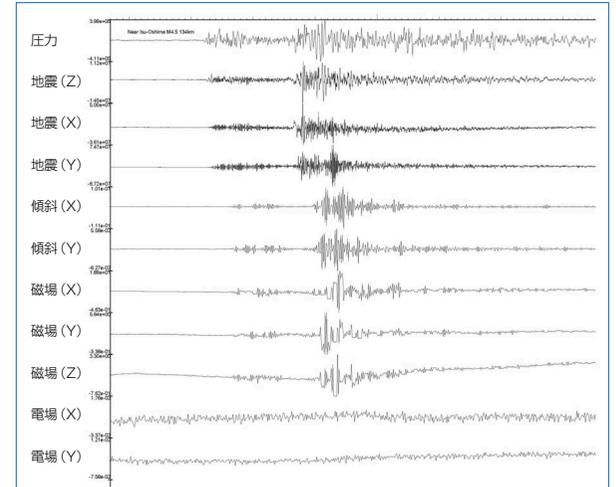
また、機器の設置場所は8度から10度の斜面になっており、海底重力計のように傾斜の許容度が狭い装置の場合、土台を水平に置くのは神経を使う作業であったという。さらに、ステーションの周囲にすでに設置済みの海底地震計やハイドロフォン、地中温度計等が展開されているのでそれら

を避けることはもちろん、新たに設置する場所と順番も次の機器の設置の邪魔にならないよう、それぞれが干渉し合わないよう配慮しつつ接続とケーブルの展長を行う必要があった。

今後の計画と期待される成果

初島沖「深海底総合観測ステーション」が置かれている場所は、シロウリガイのコーニーなど深海底の生態系と地殻変動の両方が観測でき、研究フィールドとして興味深く貴重な場所である。今後は観測ネットワークを拡張し、物質循環に関する研究、固体地球物理学、深海生物学、海洋学など多目的研究の展開に役立つことが期待されている。また今回のような工学的技術のテストを行うにも便利な場所で、ケーブルネットワークシステムの試験、新しいセンサや観測装置、将来の自律型無人潜水機(AUV)と海底ケーブルのドッキングシステム等のテスト・フィールドとしても活用されることだろう。さらにこのステーションを基点としてケーブルを展長し、相模トラフまでシステムを拡張するという計画もある。

アメリカ・カナダでは、共同プロジェクトとして、北米西海岸沖のファン・デ・フ



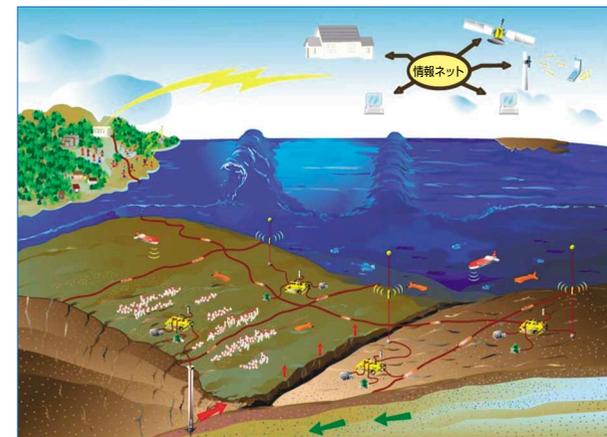
リアルタイムで送られてきた観測データ例
伊豆大島近傍(2005/3/16, M4.5)の地震による海底微圧計、海底地震計、海底電位差磁力計の観測データ。地震に関連し、圧力、地震動、傾斜、磁場に変動が生じているが、電場に変化は認められなかった

カプレート全域をカバーする総延長3,000km以上の海底ケーブルの敷設により海底ネットワークを構築する「ネプチューン計画」が進行中であり、実際の敷設は2007年以降の予定である。初島沖「深海

底総合観測ステーション」では着々と実績を積み上げており、これらの実績が日本周辺海域における海底観測ネットワークの構築のみならず、国際的な海底観測ネットワークの構築に役立つものと期待される。

深海底からのデータは順調に上がってきており、近い将来インターネットで観測データを公開する予定だ。現在研究者向けの試験的なサイトを運用し、ユーザーサイドで使いやすい形でデータを提供すべく試行錯誤中である。それと並行して、データを管理保存する陸上側ネットワークの整備も進めている。新しく接続した機器から得られる地殻変動データを地震や津波の警報などの防災に役立てていくためには、すでに構築されている防災ネットワークとうまくリンクさせていくことが必要であり、他の研究機関とのデータ共有も考えながら効率的なシステムを作っていく必要がある。

このように、今回の接続実験は規模こそ小さいものであるが、その成功がもたらした将来的な意義と可能性は非常に大きいと考えられる。



将来の海底ケーブルネットワークシステム
海底ケーブルを縦目状に展開し、自立型無人探査機(AUV)や係留系、掘削孔を利用して、多角的な観測を行い、地震や津波の早期警報など防災や科学的利用に役立てていく