

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

次世代の機動的海底地震観測に向けた観測技術の高度化

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(1) 海底における観測技術の開発と高度化

イ．海底地震観測技術

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

地震予知研究において実際の地震発生の場合・現象を捉えるためには、海域での地震観測研究は欠かせないものである。しかし、海底ケーブル網が存在・計画されているのは限られた海域であり、今後空間・時間的な観測空白域を網羅し新たな知見を得るためには、機動的海底地震観測技術の新たな開発が必須である。次の 3 項目に示す技術開発は、これまで基礎的な試験観測、またほぼ実用観測を行ってきたものである。そのうち、超深海型海底地震計 (UDOBS) は設置したが回収不能となっており、今後開発しなければならない箇所が多く残っている。また、広帯域海底地震計 (BBOBS) は、既に大規模アレイ観測を実施しているが、水平動成分はノイズレベルが高くデータを解析する上で有効利用しにくい問題点がある。これを解決するため科学研究費等で開発研究を開始しているが、潜水艇による試験観測の機会が少ないことから開発期間が不足している。その他、海底での強震観測については、スマトラ地震の余震観測として試験的に実施した。

これらを踏まえた上で、以下の 3 項目を具体的な技術開発の内容として計画している。

(a) 海溝軸付近など水深 6000m 以上の超深海域での地震及び他のセンサーによる海底観測技術開発で、空間的観測空白域を埋める。

(b) 海底強震観測の高度化で、数年間の地震発生待ち受けと震源域近傍での高い信号強度へ対応する。

(c) 海域での浅部超低周波微動などを直上で精密に捉えられる能力を持つ海底広帯域地震観測の高度化で、陸上観測点に匹敵・凌駕する品質のデータを取得し、脈動域～潮汐変動の時間軸へ対応する。

これらの成果の地震観測研究における波及的重要さは言うまでもない。また、各技術開発共に、既存の海底地震観測システムを多少変更して対応できる内容ではないため、完全な観測技術へと完成するのには 5 年間では短い可能性はある。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、上記 (a) と (b) の仕様検討を行う。(c) は科研費で進行中の試験観測研究を継続して進め、研究を継続するために科研費を申請する。特に (a) の UDOBS は、これまでの問題点を

精査し、超深海域で確実に使用可能な部品の選定を進め、その解決策を全体構造の見直しという点まで含めて検討する。

平成 22 年度においては、(a) の機器試作を開始し、(b) の機器設計を進める。(c) は試験観測研究を継続して進める。翌年度の試験観測に向け、観測船利用の申請を行う。

平成 23 年度においては、(a) の試験観測を開始し、(b) の機器試作を開始する。(c) は試験観測研究を継続して進め、機器の改良を行う。翌年度の試験観測に向け、観測船利用の申請を行う。

平成 24 年度においては、(a) の試験観測を継続し問題点を解決する、(b) の試験観測を開始する。翌年度の試験観測に向け、観測船利用の申請を行う。

平成 25 年度においては、(b) の試験観測を継続し問題点を解決する。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

本年度の技術開発の具体的内容としては、(a) 水深 6000m 以深の超深海域での海底観測技術開発、(b) 海底強震観測の高度化、(c) 海底広帯域地震観測の高度化、の 3 項目において、以下のように予定していた。(a) の開発は、試作機での設置回収実験を基として、深海底における長期地震観測のための具体的な機器開発を進め、試験観測を実施する。(b) については、昨年度評価を行った水晶発振式加速度計センサーを搭載する海底地震計の試作機を開発する。(c) は長周期帯での雑音源について、特に底層流との関連性への考察を更に進めるとともに、試験観測のなかで無人潜水艇を用いない設置・回収を実現させる構造の仕様検討を進めるための基礎データを得る。

(a) に関しては、過去の試験的観測での結果を鑑み、根本的に構造を変えて耐圧性能を安定的に確保しやすい新方式の超深海用海底地震計 (NUDOBS) のプロトタイプ (図 1) を開発し、2012 年 11 月に試験観測を開始、2013 年 2 月に無事回収した。今回は深海底の環境下で各部が問題無く動作すること (図 2) の確認も目的としたので、無人潜水艇「かいこう 7000II」の潜航時に、投入時から観測状態への移行、回収時の動作を撮影し、潜水艇により回収作業を行った。上記の各段階の動作はもとより、地震観測の機能も問題なく、性能評価をこれから進める。また、昨年度から開発を行っているガラス球 1 個を用いた超深海型海底地震計 (UOBS) については、現在広く用いられている海底地震計と機構および外寸・重量の互換性を維持した上で、システム各部および全体構成の検討を行い、水深 6000m を超える超深海底に設置可能な実器の製作を行った (図 3)。本年度は 5 月に 6500m を超える海底に自由落下で設置した。この UOBS は、船上からの音響通信を用いることにより、自己浮上により回収、データを取得することに成功した。続いて 8 月に 7500m を超える日本海溝域に UOBS を自由落下により設置、10 月に自己浮上により回収し、地震データを取得した。

(b) については、これまでに実績があるサーボ型加速計を搭載した海底地震計を製作し、観測に用いている。一方、海底における観測のダイナミックレンジの拡大を目的として、一昨年度選定した水晶発振式加速度センサーの評価を引き続き行った。前年度、陸上で試験観測を実施した水晶発振式加速度計 3 式を用いて、3 成分一体型加速度計 1 式への成型を行った。さらに、これを海中重力システムに組み込むことで、自律航行型潜水艇を用いた海中での観測データを取得し、3 成分型の評価を行った。現在、陸上試験と海中試験結果を踏まえ、さらに改良を施した新たな水晶発振式加速度計を用いて、東京大学地震研究所鋸山地殻変動観測所の観測壕内において試験観測を実施中である。なお、この研究は、防災科学技術研究所との共同研究である。

(c) では、特別推進研究での航海 (8 月) に既設の BBOBS-NX のセンサー部を海底から引き抜くのに要する力を 2 例実測した。また、無人潜水艇を用いないで運用する方式を開発する基礎データを得るのを目的とした試験観測 (11 月に設置と 2013 年 2 月に回収) を実施し (図 4)、無事データを得ると共にこの際にも引き抜き力を測定した。後者の観測では流速計などの機器も近傍に設置しデータを得ており、今後、詳細なデータ解析を進める。これまでの BBOBS-NX 開発について取りまとめた論文を発表した。

(8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等)：

- H. Shiobara, T. Kanazawa and T. Isse (2012), New Step for Broadband Seismic Observation on the Sea Floor: BBOBS-NX, IEEE-JOE, doi: 10.1109/JOE.2012.2222792.
- M. Shinohara, K. Suyehiro, and H. Shiobara (2012), CHAPTER 7.5 Marine seismic observation, in Bormann, P. (Ed.), New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2), IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2_ch7.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

(a) の開発は、試験観測結果を基に修正を加えたプロトタイプ機を、2013 年 4 月に 1 年程度の長期試験観測を水深 9000m 程度の海域にて実施する。(b) については、引き続き水晶発振式加速度計の評価試験を行う。特に長周期側での特性に注目した評価を行い、ダイナミックレンジの拡大とともに、観測帯域の拡大の可能性を検討する。可能であれば、この加速度計を用いた海底地震計の試作器を製作する。(c) は長周期帯での雑音源について、特に底層流との関連についての検討を更に進める。これまで得られた観測データを参考にして、無人潜水艇を用いずに設置・回収を実現させる構造の仕様検討を進める。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

塩原 肇・篠原雅尚

他機関との共同研究の有無 : 無

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東京大学地震研究所 地震予知研究推進センター

電話 : 03-5841-5712

e-mail : yotik@eri.u-tokyo.ac.jp

URL : <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

(12) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 塩原肇

所属 : 東京大学地震研究所 海半球観測研究センター

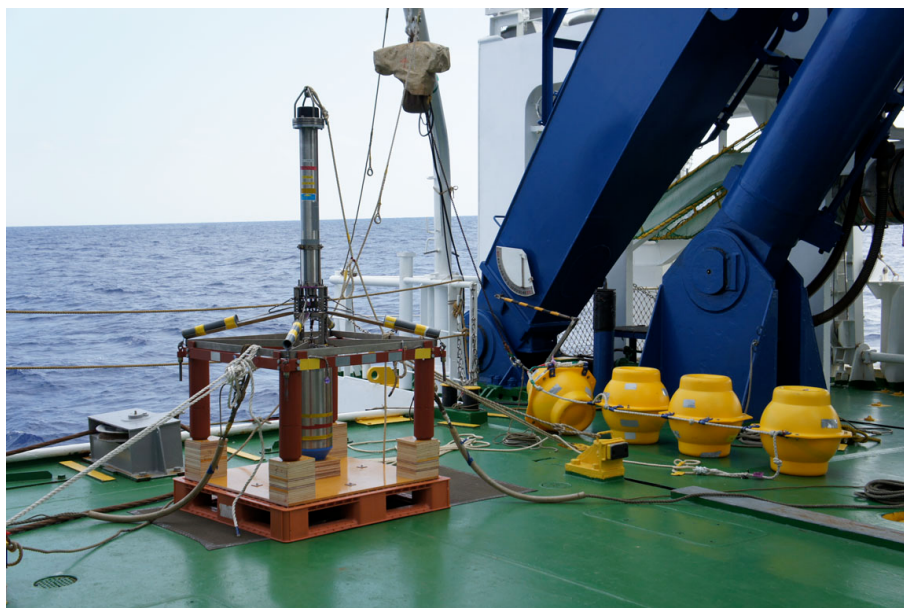


図1 新方式の超深海用海底地震計 (NUDOBS) のプロトタイプ
2012 年 11 月に開始した試験観測での投入前の状態 .

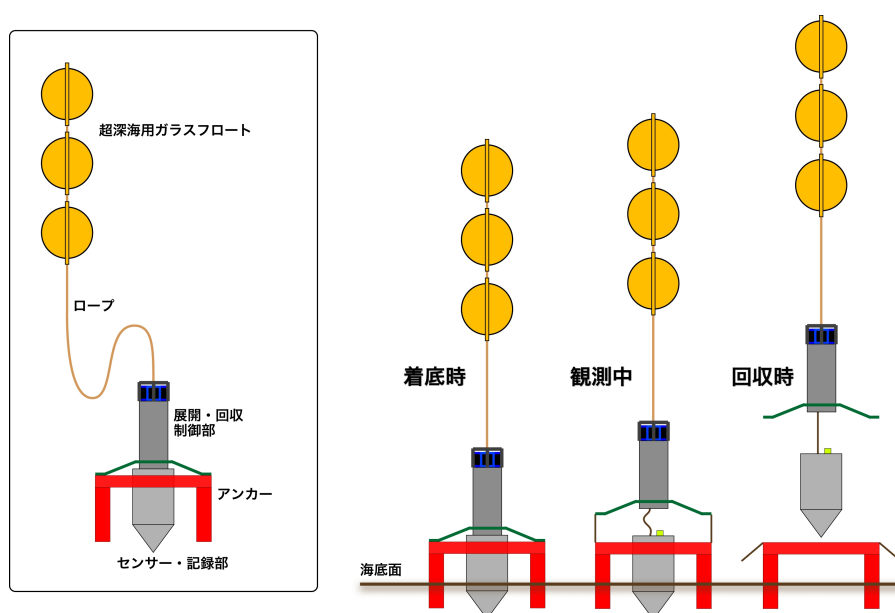


図2 NUDOBS の全体と運用の概念図

全体構造は小型の係留系であり、浮上回収用のガラス球フロートと本体部分(「展開・回収制御部」・「センサー・記録部」・アンカー)を結ぶロープは約 20m の長さとなる。設置時には、自由落下による着底後に音響トランスポンダを用い命令を送り、観測状態へ移行させる。その時「センサー・記録部」を海底に残して「展開・回収制御部」が若干浮上することで機械的な結合を解くが、アンカーと「展開・回収制御部」は繋がった状態を保つ。これにより、地震観測に邪魔な底層流による雑音を最小限にする。回収時には別の命令を送ることでアンカーとの接続を断ち「センサー・記録部」を引き抜きつつ「展開・回収制御部」と共にガラス球フロートの浮力により上昇する。



図3 超深海型海底地震計 (UOBS)

現在広く用いられている海底地震計と機構及び外寸・重量の互換性を維持した超深海型海底地震計 (UOBS) . 設置する前の船上で固定されている状態である . ガラス球を耐圧容器に用いた従来の海底地震計と同じ設置及び回収手順で観測運用可能である .



図4 BBOBS-NX の高機能化への基礎試験

BBOBS-NX を無人潜水艇に頼らず運用可能とする為の基礎データ取得を目的とした試験観測を 2012 年 11 月から 2013 年 2 月にかけて実施した . 投入時 (左) と同様なセンサー部と記録部の相対位置関係を維持した状態 (右) でのノイズレベルを , これまでの記録部を離して配置した状態でのものと , 近傍に同時設置した流向流速計のデータと併せて , 比較検討する .