

(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：

次世代の機動的な海底地殻変動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

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア. アスペリティの実体

イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

(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が、現象を把握できる時間軸はおおよそ数 100 秒まででしかない。現在計画されている高機能な海底ケーブル観測網では測地学的センサーを含み得るが、その観測領域は限られている。今後、測地学的時間軸まで時間的観測空白域を網羅し、空間的にもより広い領域で新たな知見を得るためには、機動的な海底地殻変動観測技術の新たな開発が必須である。これまで、海底における圧力観測としては、広帯域海底地震計に海底差圧計を組み込み、試験観測を行ってきた。これらより、本課題では、以下の 2 つについて、技術開発を行う。

(a) 海底絶対圧センサーによる機動的な海底地震・圧力同時観測の技術開発。

(b) 海底での傾斜観測を機動的観測として実現するための先端的技術開発。

(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) については、機器設計、(b) については、仕様検討を行う。(a) については、地震・圧力同時観測を行うために、既存の広帯域海底地震計に圧力センサーを併設するために設計、機器開発を行う。(b) については、海底における傾斜観測の可能性を含めて、センサーの選定などの検討を進める。

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。

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。

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。

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。開発に関する取りまとめを行う。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要 :

本 5 か年では、(a) 海底絶対圧センサーによる機動的な海底地震・圧力同時観測の技術開発、(b) 海底での傾斜観測を機動的観測として実現するための先端的技術開発、の 2 項目について実施した。

(a) に関しては、2008 年に既存の OBS 用レコーダーと組み合わせて使用する絶対圧力計システムの開発を開始し、2009 年より BBOBS と圧力計を併せたシステム (BBOBS+APG) として、実海域での観測に供した。このレコーダーは高精度・高安定度の周波数源を内蔵しているので、圧力ゲージの周期信号を正確に計測することが可能となった。更に、2010 年に開発した OBS 専用高機能レコーダーと連携して動作可能な高精度圧力計レコーダー (図 1) を 2012 年に完成させた。それと共に、紀伊水道沖・東北沖・ニュージーランド北東沿岸に展開するなど、2011 年以降は定期的に観測に用いており、海底絶対圧センサーを用いた海底地震・圧力同時観測はほぼ実用化した。2011 年の東北沖地震の余震観測では、7 月に発生した M7 地震の震央近傍で発震時に伴う大振幅の圧力波形と -25 cm 相当程度の静的変位を記録した (図 2)。震源断層面の CMT 解、OBS 網による精密震源決定などを参考に推定した震源断層面から海底面の上下変動モデル計算を行った (図 3)。近傍の複数点での静的上下変動量を簡単には説明出来ない断層面である可能性が高い。

(b) については、オフラインの機動観測に用いることができる小型で低消費電力の傾斜計が必要となる。そこで、海底観測のための小型傾斜計を開発することとし、地震研究所内で開発されたレーザー光源を用いた傾斜計を海底観測に適合させる改良を検討した。試作器については、地震研究所鋸山地殻変動観測所坑内において、試験観測を実施し、さらなる改良を行う。一方、課題番号 1432 にある次世代型広帯域海底地震計 (BBOBS-NX) の広帯域地震センサーのマスポジション出力から傾斜変動を検出するシステム (BBOBST-NX) について、2011 年に引き続き海域での実地試験を行った。2010 年に実施した陸上での水管傾斜計との比較結果は良好であった (図 4)。海洋開発研究機構の研究船を用いて 2012 年 11 月に無人潜水艇「かいこう 7000II」を利用して設置、2013 年 2 月に回収した (図 5)。今回の観測期間は約 77 日と短かったが、海底面直下での傾斜変動観測の可能性を評価するのに足りると思われるデータが得られた (図 6)。2013 年 4 月より、房総東岸沖の、スロースリップイベント (SSE) が繰り返し発生する地域での本格的な長期試験観測中である (「ハイパードルフィン」にて設置)。2014 年 4 月に回収するが、2014 年 1 月には SSE が発生しているので、この SSE に伴う海底傾斜変動が記録されていることが期待される。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

篠原雅尚・金沢敏彦・塩原 肇
他機関との共同研究の有無 : 無

(10) 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>

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 篠原雅尚
所属 : 東京大学地震研究所 地震地殻変動観測センター



図 1

2012年に実用化させた絶対圧力ゲージ (APG) 用データロガー (LS-9150) . 周波数出力の APG の信号を正確に計測するため, 超小型原子時計 (CSAC) を基準周波数源とする. CSAC が載った OBS 専用レコーダー (LS-9100, 2010年に共同開発) と連動, もしくはこれに CSAC を載せて単体でも計測可能とした. 本ロガーは白山工業に技術支援し開発した.

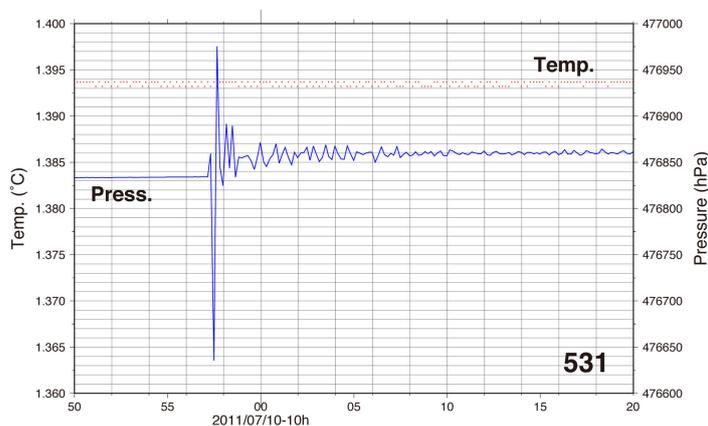
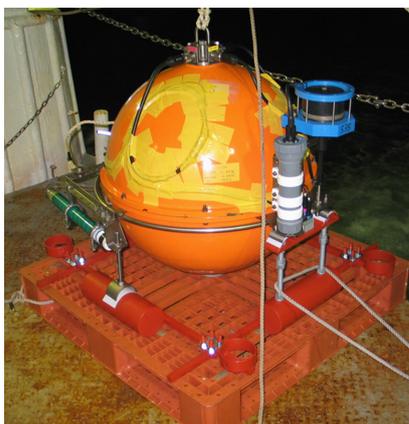


図 2

BBOBS+APG と津波発生時の圧力変化 (左) BBOBS+APG 全体像. 灰色の筒の中に APG 本体が入っている (右) 震央近傍の 531 地点で記録された 2011 年 7 月 10 日の M7 余震発生時前後での圧力 (青) と温度 (赤) データ. 10 秒サンプリングで FIR フィルターなどはかけていない. 約+25 hPa の静的圧力変化が見られ, 約 25 cm 圧力センサー部が沈降したことを示す. 但し, BBOBS+APG 本体もこの地震発生時に約 6 度傾斜しており, 実際の沈降量は約 19 cm と推定される.

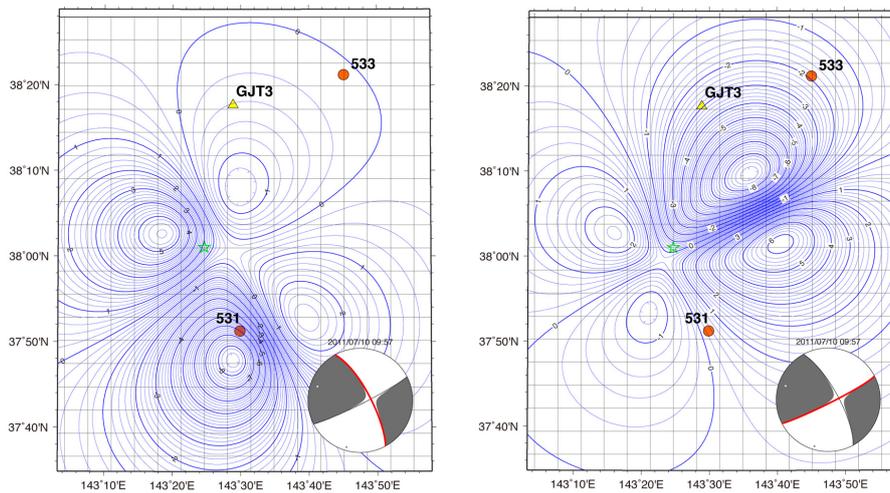


図 3

図 2 で示した M7 余震時の上下変動モデル計算例．断層パラメータは F-net を，震源位置は OBS データによる値 (Obana et al., 2013, EPSL) を参照した．531 と 533 が BBOBS+APG，GJT は東北大学の OBP の位置である．北西-南東の断層面 (左) と北東-南西の断層面 (右)，それぞれの場合での上下変動が示されている．右図の場合は 533 と GJT での観測値とほぼ一致するが，533 の大きな変動量を全く説明出来ない．左図の場合には 531 での値を定性的には説明出来そうであるが，他 2 地点は合わなくなる．共役な両方の断層面での滑りが寄与しないと，これら 3 地点全てでの変動量の説明は難しいと思われる．

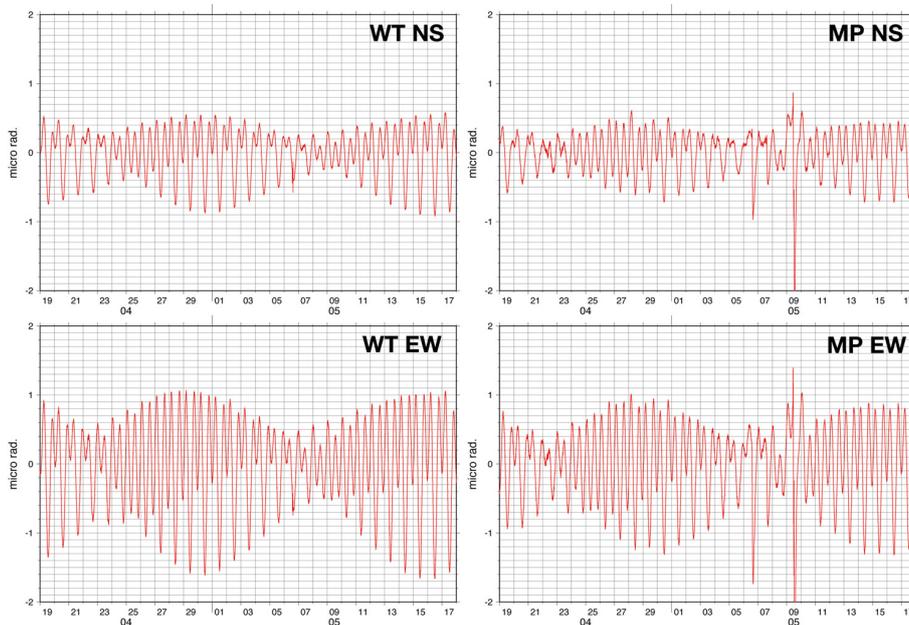


図 4

水管傾斜計 (WT) と BBOBST-NX 用広帯域センサー (MP) による傾斜変動記録の比較．鋸山観測坑にて 2010 年 4 ~ 5 月に実施した．数日長のハイパスフィルターをかけてある．MP で大きな変動が見られる箇所は，計測室内での作業によるものである．両者が絶対値でほぼ合っており，広帯域センサーでも $0.5 \mu \text{ rad}$ 程度の静的変動は検出出来そうであることが確認できた．

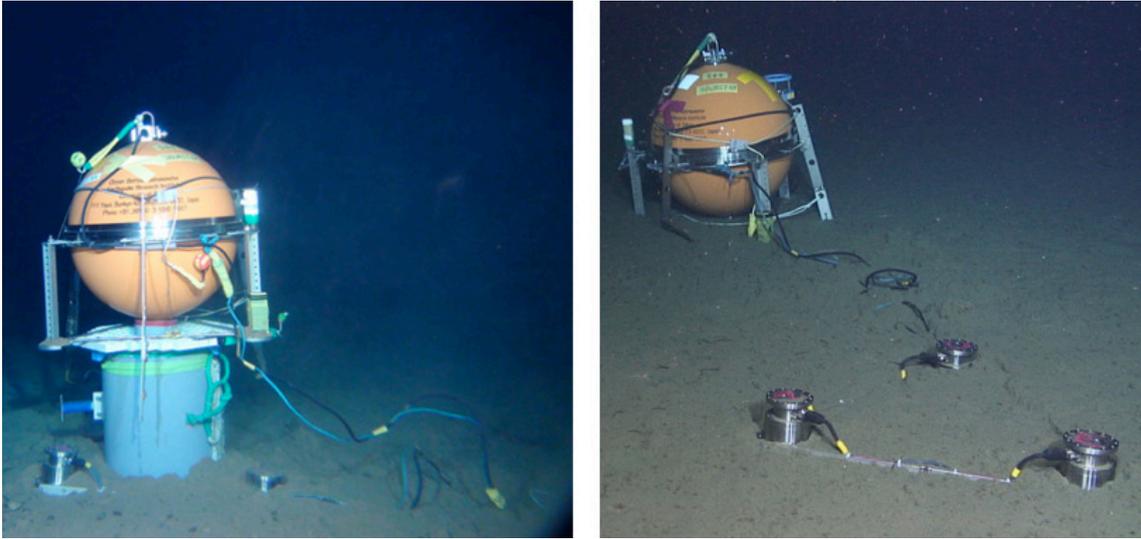


図 5

試験観測を実施した BBOBST-NX の海底での様子（左）2012 年 11 月に「かいこう 7000II」で展開・設置，2013 年 2 月に回収した．この観測では課題番号 1432 での BBOBS-NX の機能高度化に関する基礎的試験も兼ねていた．そのため，オレンジ色のチタン球耐圧容器であり記録部を，センサー部の上方へ設置する為に，その中央部に台座（塩ビパイプ製）を置いてから記録部を載せている（右）2013 年 4 月に房総東岸沖の SSE が繰り返し発生する海域に設置された BBOBST-NX．2014 年 4 月に回収するが，1 月に SSE が発生しているのでその傾斜変動記録が得られると期待される．

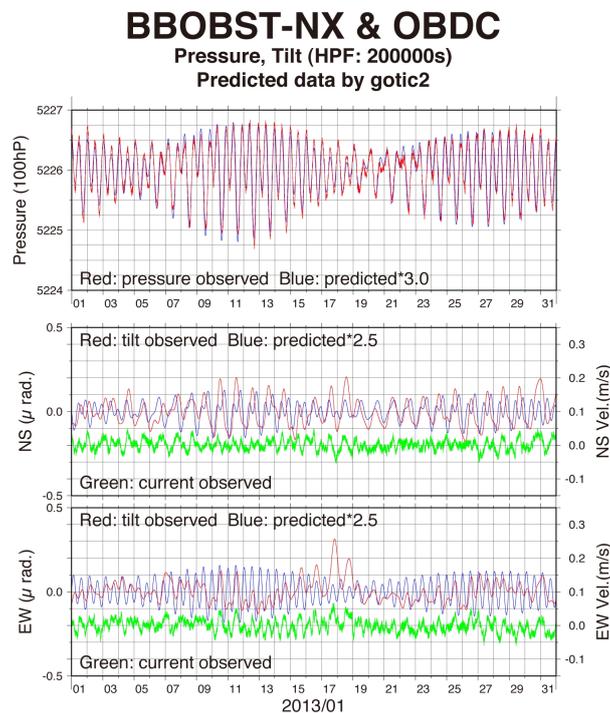


図 6

上記の試験観測で得られた底層流の流速と傾斜変動の関係．2013 年 1 月中の圧力（流向流速計内蔵），傾斜と流速（南北及び東西成分）を示す．青線はモデル計算値である．静的変動が $\pm 0.1 \mu \text{ rad}$ 以上あれば認識できそうである．