

(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：

次世代インライン式海底ケーブル地震計の開発・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

ウ．海底実時間観測システム

(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・噴火予知研究を遂行する上において、海域においても、陸域観測網と同等のデータを取得する必要がある。その中でも、海底における地震、地殻変動及び津波の実時間観測ができるシステムの開発は、必要不可欠である。地震発生域の地殻活動をリアルタイムで知ることができるばかりではなく、地殻活動予測シミュレーションにおいて、データ同化を行う際に重要である。そのためにも、地殻変動帯域から地震帯域までの広帯域で、高ダイナミックレンジであり、かつ、できるだけ空間的に高密度で、障害に強い海底実時間観測システムの構築が必要である。そのために、海底ケーブルを用いて地震・地殻上下変動・津波をリアルタイムで観測する技術を構築する。これまでの海底ケーブルシステムと異なる点は、できる限り多点観測とし、また、システムの海底への設置および回収が比較的容易にできるようにし、機動的な観測を行えるシステムにすることである。更には、多項目観測ができるシステムをめざす。これらの特長を満たすシステムを開発し、プレート境界型地震・ひずみ集中帯の研究のみならず、大地震の余震観測にも応用する。また、火山島近海での観測も視野に入れる。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、文部科学省委託研究事業「次世代インライン型システムの検討-海底ケーブル・インライン式地震計の開発」、文部科学省委託研究事業「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究海域における地震観測」と連携し、ネットワーク技術を導入した次世代ケーブル式海底観測システムの製作及び評価試験を行う。さらに、これらの結果より、より大規模なシステムに拡張するための検討・システム設計を行う。

平成 22 年度においては、平成 21 年度に製作・評価を行ったシステムを日本海に設置する。引き続き、より大規模なシステムに拡張するための検討・システム設計を行う。

平成 23 年度においては、平成 22 年度に設置したシステムによる観測を継続するとともに、多項目観測のための高度化設計を行う。

平成 24 年度においては、本年度で、平成 22 年度に設置したシステムによる観測を完了するとともに、多項目観測のための高度化システムの個別要素の試作を行う。

平成 25 年度においては、多項目観測のための高度化システムの個別要素の評価・改良を行う。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

平成 21 年度は、文部科学省委託研究事業「次世代インライン型システムの検討-海底ケーブル・インライン式地震計の開発」、文部科学省委託研究事業「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 海域における地震観測」と連携し製作したネットワーク技術を導入した次世代ケーブル式海底観測システムの評価試験を行った。このシステムの特徴は、光海底ケーブルに接続される観測ノードが小型であること(図 1)と、インターネット技術の導入による冗長性を備えたことである。また、最新の電子技術を導入したことにより、地震計センサーである加速度計 3 成分、24 ビット AD 変換器、CPU および 2 つのイーサネットスイッチを、コンパクトにまとめることができた。実際に製作したシステムは、4 つの観測ノードを持ち、ケーブルの長さが 25km である。観測点間隔は約 5km となる。このシステムは、平成 21 年 4 月から連続稼働試験を行った。

平成 22 年度は、開発したケーブル式海底観測システムを「ひずみ集中帯」委託研究により、設置した。設置は、海底ケーブル敷設船により、平成 22 年 8 月 23 日から 28 日にかけて行われた。システムは、新潟県粟島の南方の日本海に設置され、地震計をなるべく 2 次元的に配置するために、ケーブルは全体として S 字型に設置された(図 2)。敷設時に、埋設機を用いて、ケーブルと地震計を海底下に埋設した。

平成 23 年度は、設置した観測システムの運用およびデータ伝送に関する技術開発研究を行った。粟島陸上局と地震研究所間を商用インターネット回線により、VPN を構築し、システムの監視およびデータのリアルタイム伝送を始めた。また、観測システムの高度化としては、高精度水圧計を観測ノードに実装するための検討を行った。

平成 24 年度には、観測を継続すると共に、平成 23 年度に行われた制御地震による構造調査のデータを解析することにより、地震計センサー 3 成分の方向を推定した。また、第 3 世代ケーブル式海底観測システムの開発として、高精度水圧計または Power over Ethernet (PoE) による外部拡張ポートを観測ノードに実装するための内部ユニットの検討・設計を行った(図 3)。エレクトロニクス部は、GigaBit Ethernet, WDM, IEE1588 などの最新技術を導入した。

平成 25 年度は、粟島南東沖に設置した次世代ケーブルシステムの観測を継続した。設置後、順調に海底地震観測データが蓄積されている(図 4)。さらに、第 3 世代ケーブル式海底観測システムの開発を引き続き行い、内部ノードの試作器を製作した。この試作器の試験観測を、地震研究所鋸山地殻変動観測所観測坑内で行い、正常にデータ収集されることを確認すると共に、測器の特性を把握した(図 5)。

(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)：

Shinohara, M., T. Kanazawa, T. Yamada, Y. Machida, T. Shinbo, and S. Sakai, New compact ocean bottom cabled seismometer system deployed in the Japan Sea, *Marine Geophys. Res.*, doi:10.1007/s11001-013-9197-1, 2013

Shinohara, M., Seismic and Tsunami Observation System off Sanriku Using IP Technology and Optical Fiber Cable, ITU-T FG-DR&NRR, 2013

篠原雅尚・山田知朗・酒井慎一・金沢敏彦, ICT を用いた海底光ケーブル式地震津波観測システムの開発, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, STT56-01, 2013.

Shinohara, M., T. Yamada, S. Sakai, and T. Kanazawa, New Seismic and Tsunami Observation System off Sanriku Using ICT and Optical Fiber Cable, Asia Oceania Geosciences Society 10th Annual Meeting, SE06-D5-AM1-P9-003, 2013.

Shinohara, M., T. Yamada, S. Sakai, and T. Kanazawa, Development of new Ocean Bottom Cabled Seismic and Tsunami Observation System off Sanriku Using ICT, IASPEI - IAPOS - IAHS. IUGG Joint Assembly, SP3S1, 2013.

篠原雅尚・山田知朗・酒井慎一・塩原肇・金沢敏彦, ICTを用いた新しい三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システムの開発, 日本地震学会 2013 年度秋季大会, D11-11, 2013.

篠原雅尚・山田知朗・酒井慎一・塩原肇・金沢敏彦, ICTを用いて新規開発した海底光ケーブル式地震津波観測システム, 海洋調査技術学会第 25 回研究成果発表会, 2013.

(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

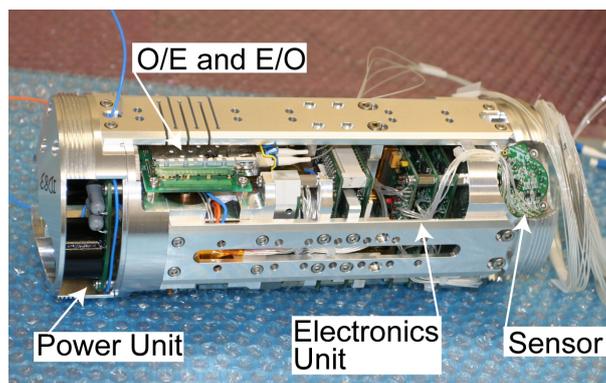


図 1

開発したケーブル式海底地震計システムの観測ノードのエレクトロニクス。3 個の直交する高精度加速度計を搭載し, 光ファイバーを使って, イーサネットを構築する。電源には, 従来の通信用海底ケーブル中継器の技術を用いた。

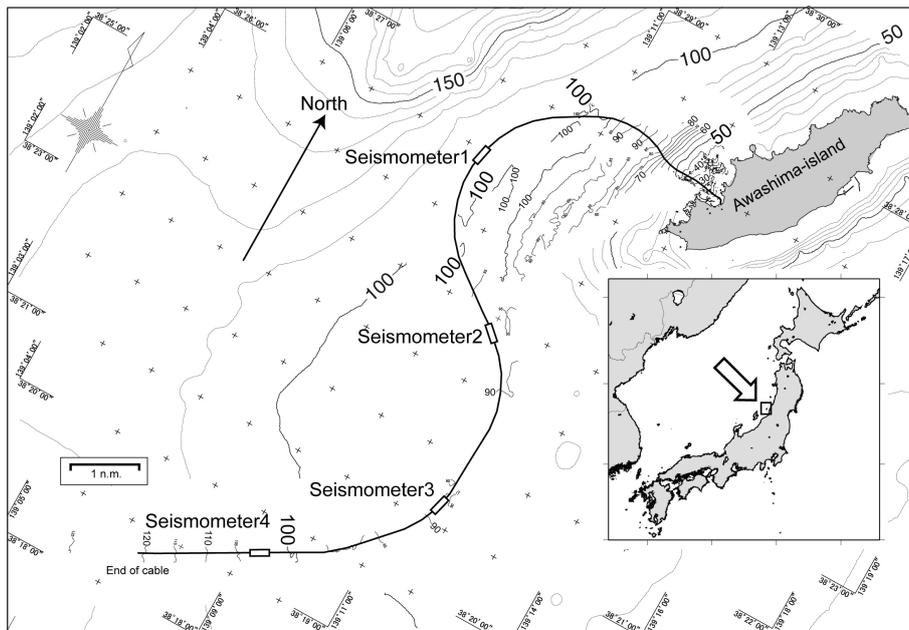


図 2
 設置したケーブルルート．地震観測システムのケーブル全長は、25km であり、4 台の地震計が 5km 間隔に取り付けてある．

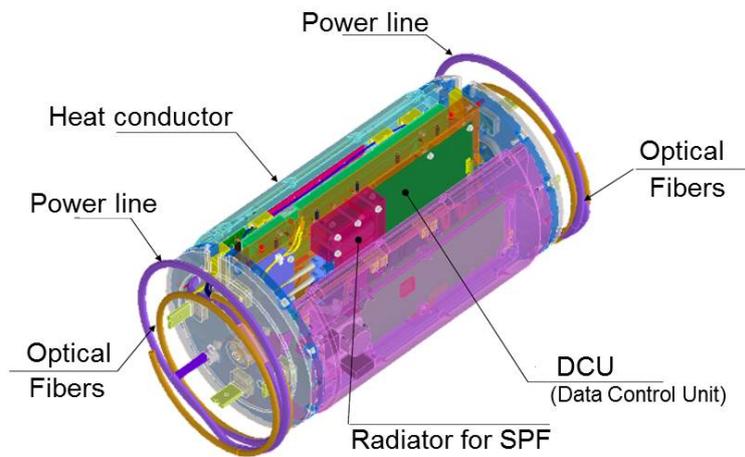


図 3
 第 3 世代ケーブル式海底観測システムにおける内部エレクトロニクスの配置設計図．耐圧筐体の変更により、基板のレイアウトを大幅に変更した．

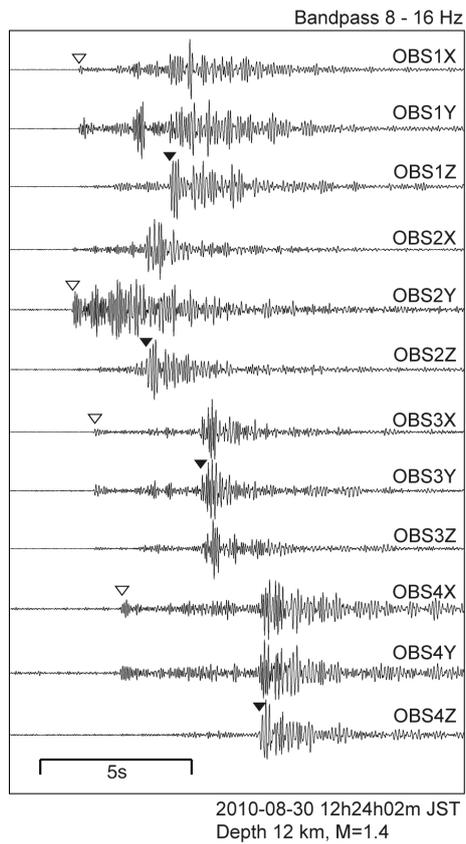


図4
設置したケーブル式地震観測システムにより、観測された微小地震の波形。地震は、栗島近海を震央とし、マグニチュードは1.4である。

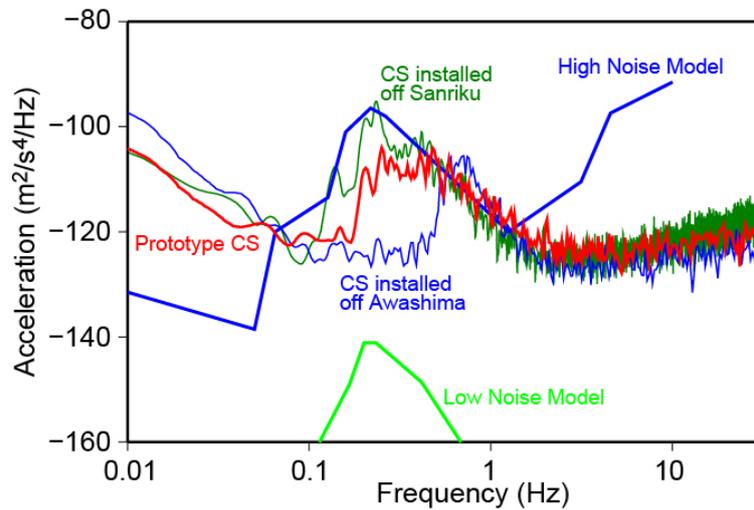


図5
第3世代ケーブル式海底観測システムの観測ノード試作器による雑微動のスペクトル。観測は地震研究所鋸山地殻変動観測所観測坑にて行った。三陸沖光ケーブル式地震津波観測システム及び栗島沖光ケーブル式地震観測システムによる海底の雑微動スペクトルも表示してある。