

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 28 日現在

機関番号：82706

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23654162

研究課題名（和文） マルチスケール超広帯域海底水圧観測による海洋重力波と地震波の分離抽出

研究課題名（英文） Separate extraction of ocean infragravity waves and seismic waves by multi-scale very-broadband observation of water pressure

研究代表者

深尾 良夫 (FUKAO YOSHIO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー

研究者番号：10022708

研究成果の概要（和文）：従来の水晶周波数測定方式の圧力計に比べ桁違いの高分解能化を達成した圧力計を用いて海底高感度水圧観測システムを製作した。完成したシステムを宮城沖海底に投入し3カ月後に回収した。得られた20Hz サンプリング記録からマグニチュード3以下の地震が十分なSN比で取れていることを確認した。またサンプリング間隔を調整することにより、静かな日の脈動レベルより3桁低いrms振幅レベルで地動ノイズを記録できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：We developed an ocean bottom high-resolution water pressure measuring system using a newly released water-pressure sensor counting quartz-oscillation frequency. We installed this observation system on the seafloor off Miyagi prefecture and recovered it after three months. We confirmed that seismic event with magnitudes less than 3 can be detected with high S/N ratios on the 20Hz-sampling records. We also confirmed that by adjusting the sampling rate, the system can record ground noise whose rms amplitude is three orders of magnitude lower than the tremor amplitude in seismically quiet days.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：海底水圧観測、高感度水圧計、海洋波動現象

1. 研究開始当初の背景

(1) 常時微動（脈動）や常時地球自由振動の励起源としては最近では海洋重力波を考える人が多い。提案されている励起源の中で確立されているのは2次脈動励起メカニズムだけであり、残りは何れも直接的裏付けがなく仮説の域を出ていない。直接的観測に裏打ちされた脈動や常時地球自由振動の励起理論の発展が望まれている。

(2) 内部潮汐波は地球の潮汐摩擦や海洋大循環の鉛直流と関って重要だがその実態には未だ不明な点が多い。特に内部潮汐波の励起効率が低い海域での直接観測が必須である。内部潮汐波の励起箇所近傍での波動としての

直接観測が望まれる。

(3) 従来、海底地震の震源近傍で地殻変動成分を観測した例は極めて稀である。地震計と水圧計はそれぞれ地震に対する固体地球と海洋の応答を記録するが、両者の併用により海底地震の震源過程に関するより高度な情報を得る途が開けつつある。

2. 研究の目的

周期10秒帯の地震波動である脈動や周期100秒帯の地震波動である常時地球自由振動の生成源として海洋表面波（周期10秒帯のうねりや周期100秒帯のinfragravity wave）が注目されている。問われているのは、海洋に

おける重力を復元力とする波から固体地球における弾性を復元力とする波が如何に生まれるかという海洋学・地震学上の基本問題である。より長周期の帯域においても、海面からは見づらい内部潮汐波や海底地殻変動を伴う地震波動などその生成・伝播過程に未解明な部分の多い現象が存在する。こうした海洋学と地震学の双方に関わる波動の周期は 10 秒帯から 100 秒帯更には半日帯にまで及び、伝播速度は数 10m/s から数 km/s にまでわたる。本計画では、海洋側と固体地球側の周期 10 秒帯から 1 日帯にわたる様々な波動現象を観測・抽出可能なマルチスケール海底水圧観測システムを提案する。

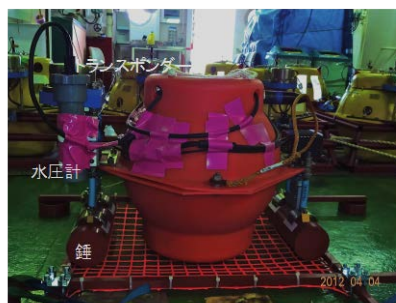
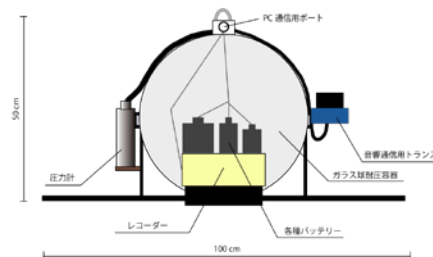
3. 研究の方法

海洋重力波と水中音波・地震波とは同じ周期帯でも波長が 1 桁以上異なるため、通常理想とされる均質様な観測点分布では、両者を分離して同時観測することは困難である。本研究では観測点分布をマルチスケールとし、海洋表面波の波長と同程度の間隔の 3 観測点を最小単位とし、これらを地震表面波の波長と同程度の間隔で 3 つ配置した計 9 点を基本構成要素とする高感度海底水圧観測システムを提案し、1 点分の自己浮上型観測装置を試作する。試作器の性能評価を行って実海域に持って行き、数ヶ月間の試験観測を行い、回収測器の点検と回収データの解析とにより、センサーからロガーまでを含めたシステム全体の性能を評価する。

4. 研究成果

(1) 海底高感度水圧観測システムを製作した (図 1)。構成は以下の通り。圧力センサーとして、従来の周波数測定方式の圧力計に比べ広帯域化、高精度化を図った圧力計 (Paroscientific 社製水晶振動式 NanoResolution: 8B7000-I-005) を用いた。ロガーとして荒木・杉岡 (2009) が開発したレコーダーを使用し、センサーからの出力値とタイムスタンプを SD メモリーカードに記録した。ハウジングとして海底観測用に広く用いられている 17 インチの水深 6000 m 仕様のガラス球から水中コネクターケーブルを 4 本出し、水圧計、レコーダー、トランスポンダー、錘切離し電極を接続した。

図 1. 海底高感度水圧観測システム (概念図及び完成機概観)



(2) 完成したシステムを 4 月初旬の海洋研究開発機構所有の調査船「かいいい」航海にて宮城沖海底に投入し、2012 年 7 月中旬からの「淡青丸」航海にて回収した。得られた 20Hz サンプリング記録からマグニチュード 3 以下の地震が十分な SN 比で取れていることを確認した (図 2)。また海底水圧ノイズスペクトルを求め、Cutoff frequency を調整することにより静かな日の脈動レベルより RMS 振幅で 3 桁低いノイズレベルで脈動を記録できることを確認した (図 3、4)。将来的な水圧・流速ベクトル同時観測を目指して開発されたばかりの深海用電磁式ベクトル流速計を別途予算で購入し、2013 年 2 月にフィリピン海水深 5000m の海底で 3 日間の試験観測を行い、ソロモン地震津波の記録を取ることに成功した。

図 2. 海底圧力計による地震記録例

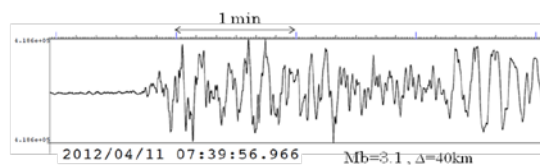


図3. 海底圧力計の海底ノイズスペクトル(青色)と他測機との比較

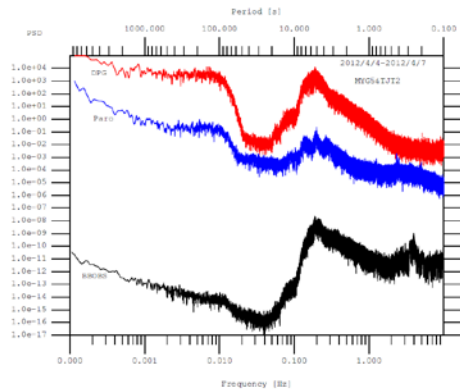
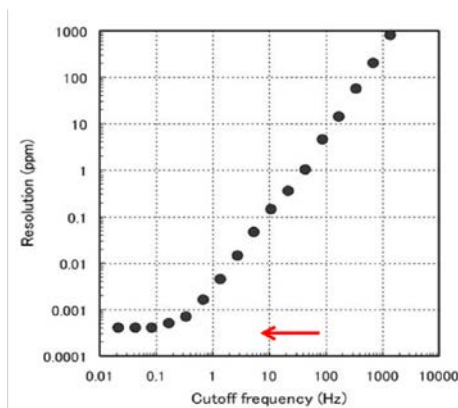
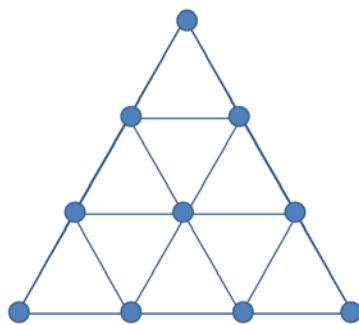


図4. 海底圧力計の高分解能化(遮断周波数を矢印のようにシフトさせる)



(3) 以上の実績を元に、海洋内部潮汐波(周期 40000 秒台)、長周期海洋重力波(周期 100 秒台)、海洋レーリー波エアリー相(周期 10 秒台)という周期帯の大きく異なる現象を同時に観測できる高感度水圧計アレーシステムをデザインした(図5)。

図5. 水圧計アレーの観測点配置。1辺の長さが 10km, 20km, 30km の正三角形で構成される。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① Yoko Tono and Yoshio Fukao, Shear-wave splitting apparently caused by contamination of P-to-S or S-to-P converted waves, Bulletin of the Seismological Society of America, 103, 2A, 950-957, 2013, 査読有
DOI:10.1785/0120120090

② Hiroko Sugioka, Taro Okamoto, Takeshi Nakamura, Yasushi Ishihara, Aki Ito, Koichiro Obana, Masataka Kinoshita, Kazuo Nakahigashi, Masanao Shinohara, Yoshio Fukao, Tsunamigenic potential of the shallow subduction plate boundary inferred from slow seismic slip, Nature Geoscience, 5, 6, 414-418, 2012, 査読有
DOI:10.1038/ngeo.1466

③ Aki Ito, Hiroko Sugioka, Daisuke Suetsugu, Hajime Shiobara, Toshihiko Kanazawa, Yoshio Fukao, Detection of small earthquakes along the Pacific-Antarctic Ridge from T-waves recorded by abyssal ocean-bottom observatories, Marine Geophysical Research, 2012, 査読有
DOI:10.1007/s11001-012-9158-0

④ Yamashita M., K. Yokota, Y Fukao, 他 3 名, Seismic reflection imaging of a Warm Core Ring south of Hokkaido, Explor. Geophys., 42, 18-24, 2011, 査読有
DOI:10.1071/EG11004

⑤ E. L. Emry, 他 2 名, H. Sugioka, Seismogenic characteristic of the Northern Mariana shallow thrust zone from local array data, Geochm. Geophys. Geosys., 12, Q12008 25 PP, 2011, 査読有
DOI:10.1029/2011GC003853

[学会発表] (計 6 件)

① Yoshio Fukao and Masayuki Obayashi, Subducted slabs stagnant above, penetrating through and trapped below the 660km discontinuity, 日本地球惑星科学連合大会, 2013 年 5 月 24 日, 千葉市幕張

② Yoshio Fukao, Takane Hori, and Shuichi Kodaira, Earthquakes recovering strain energy lost at interseismic stage, 日本地球惑星科学連合大会, 2013 年 5 月 19 日, 千葉市幕張

③ Yoshio Fukao, Takane Hori, and Shuichi Kodaira, The elastic rebound process of the 2011 Mw. 9.0 Tohoku=oki

earthquake, 日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月25日, 千葉市幕張

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深尾 良夫 (Fukao Yoshio)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・チームリーダー
研究者番号: 10022708

(2) 研究分担者

杉岡 裕子 (Sugioka Hiroko)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号: 00359184