

機関番号：82706

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20740262

研究課題名 (和文) 南海トラフで発生する低周波震動現象の震源像の解明

研究課題名 (英文) Source image of low-frequency events in Nankai trough

研究代表者

尾鼻 浩一郎 (OBANA KOICHIRO)

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：10359200

研究成果の概要 (和文)：

陸上の広帯域地震計による観測から、紀伊半島沖から日向灘にかけての南海トラフのトラフ軸周辺で超低周波地震と呼ばれる周期約 10 秒の信号が卓越する特徴的なイベントが発生していることが指摘されている。本研究では、震源域近傍に設置した海底地震計の記録から、低周波微動や超低周波地震が付加体先端部で発生している事を示した。超低周波地震の震源メカニズムは低角逆断層であり、沈み込み帯浅部の逆断層が低周波イベントの発生と深く関係している事が明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：

Anomalous very-low-frequency (VLF) earthquakes have been observed near the trough axis along the Nankai trough by land seismic networks. The VLF earthquakes were characterized by a dominant frequency of about 10 s and a lack of energy at higher frequencies. This study shows that VLF earthquakes and low frequency tremors occurred near the toe of the accretionary prism based on close range observations using ocean bottom seismographs deployed in the source area. The VLF earthquakes have a focal mechanism of a low-angle reverse fault. The low-frequency events likely relate to an activity of reverse fault in a shallow accretionary prism.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：地震学

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：南海トラフ、低周波微動、海底地震計

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、陸上での広帯域地震観測により、紀伊半島沖から日向灘にかけての南海トラフのトラフ軸周辺では超低周波地震 (very-low-frequency earthquake) と呼ばれ

る特徴的なイベントが発生していることが指摘されていた(Obara and Ito, 2005)。低周波地震は、約 10 秒の周期にスペクトルのピークを持つ一方で 1Hz 以上の高周波成分の振幅が極めて小さいことが特徴であり

(Obara and Ito, 2005)、モーメントテンソル解析によると付加体内で発生した逆断層の破壊であると考えられている(Ito and Obara, 2006)。しかしながら、それまでの解析は震源域から遠く離れた陸上の地震観測網による記録を用いたものであり、震源域である海域で観測された記録は用いられていない。そのため、超低周波地震の震源位置は必ずしも明確でなく、海底地震計を用いた微小地震観測によって観測された付加体内の地震活動や、海域の地殻構造探査で得られている地震発生帯上限付近の詳細な地殻構造との対比を行うことは困難であった。超低周波地震は地震発生帯上限付近の特徴的な地殻活動であり、海洋プレートの沈み込みに伴う地震発生帯の形成や付加体周辺の流体挙動との関連を考える上で、その震源像を明らかにすることは極めて重要であり、海域の震源近傍のデータを用いたより詳細な解析が必要であると考えられた。

## 2. 研究の目的

2004年9月の紀伊半島南東沖地震の発生以降、紀伊半島沖では超低周波地震活動が活発化したことが、陸上の観測から示されている。この時期、低周波地震の発生とほぼ同時刻に2-8Hz付近にスペクトルピークを持ち数分間継続する微動現象が、余震観測用に展開された短周期海底地震計で記録されている。微動の立ち上がり時刻は海底地震計の記録では不明瞭だが、微動発生とほぼ同時刻に紀伊半島沖を波源とする低周波の地震波が伝搬していく様子が陸上の広帯域地震観測網で捉えられている。このことから、海底地震計で観測された数 Hz 程度の帯域の微動と周期 10 秒付近にスペクトルピークを持つ超低周波地震の発生には、何からの因果関係があることが期待される。そこで、本研究ではこれまでに南海トラフ沿いの海域で微小地震観測や余震観測を目的として行われてきた海底地震計による観測データを再解析し、超低周波地震と関連していると思われる微動現象の活動分布を明らかにするとともに、微動現象の震源像を明らかにすることを目指した。

## 3. 研究の方法

本研究では、これまでに南海トラフで行われてきた短周期型海底地震計を用いた自然地震観測のデータから、数 Hz 程度の周波数の震動が数分間継続する様な微動現象を検出し、その分布を詳細に求めて微動現象の発生源を明らかにすると共に、海底地震計記録から推定される微動源の分布と、陸上の広帯域観測網によって観測されている超低周波地震の震源モデルとを比較し、南海トラフで発

生している超低周波地震や微動の震源像の解明に取り組んだ。また、2009年3月に紀伊半島沖で活発化した超低周波地震活動の際には、複数の広帯域海底地震計により、震源近傍での広帯域波形記録を得る事ができた。この記録を詳細に解析する事により、付加体先端部付近で発生している超低周波地震や微動といった現象の相互関係を明らかにし、これらの現象の震源像の解明にも取り組んだ。具体的には、以下の方法で研究を行った。

(1) スペクトル解析による微動活動の検出  
研究当初の予備的な解析によると、海底地震計で観測される微動現象は2-8Hz程度に強いエネルギーを持つイベントとしてランニングスペクトル上で認識可能であると考えられた。このようなイベントを2001年以降に南海トラフ沿いの海域(紀伊半島沖、四国沖)で実施した海底地震計観測(図1)で得られた記録から検索し、微動現象の活動の概要を把握することを、本研究の第一段階として行った。

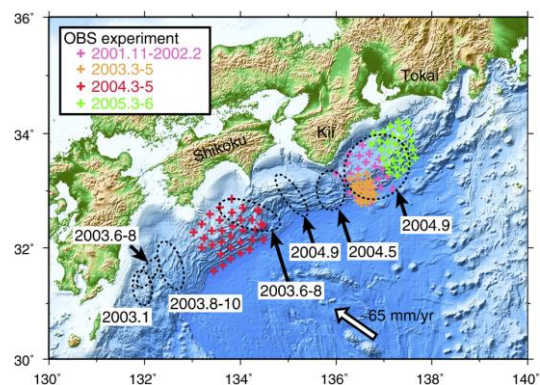


図1：南海トラフ沿いで行われた海底地震観測 (Obana et al., 2004, 2005, 2006, 2009)。波線は低周波地震活動の活動域 (Obara and Ito, 2005) を示す。

## (2) 微動源の空間分布の把握

微動の全体的な活動分布を踏まえた上で、個々のイベントについて観測点間での波形の比較を行い、より詳細な震源分布の解明を目指した。微動現象の各観測点での振幅を比較することにより、およそその震央位置を推測することが出来るが、波形のエンベロープ相関を用いる事で、観測点間の相対走時が求められ、より詳細な震源決定が可能である。そこで検出された個々のイベントについて、観測点間の相対走時を波形のエンベロープ相関によって求めた上で震源探索を行い、微動源の空間分布について解析を行った。

(3) 広帯域海底地震計による震源近傍での観測データの解析

2009年3月に紀伊半島沖で活発化した超低周波地震活動の際には、複数の広帯域海底地震計が震源近傍に設置されており(図2)、周期数10秒の長周期の信号と同時に数Hz程度の信号も記録されていた。この記録をより詳細に解析する事により、付加体先端部付近で発生している超低周波地震や微動といった現象の相互関係や地殻構造との関係について、検討を行った。

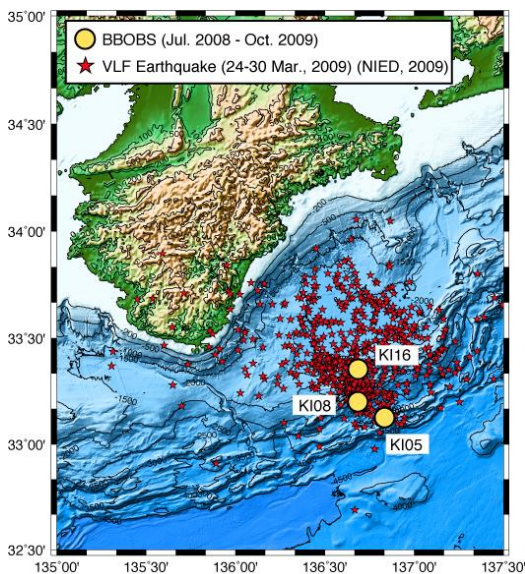


図2: 2009年3月に発生した、紀伊半島沖の超低周波地震活動(防災科学技術研究所, 2009)と広帯域海底地震計の設置位置。

#### 4. 研究成果

2001年以降に南海トラフ沿いの海域(紀伊半島沖および四国沖)で実施した短周期海底地震計を用いた観測によって得られた記録から、低周波微動の検出を試みた結果、2003年と2005年に紀伊半島沖で実施した観測の際に低周波微動が観測されていることが分かった(図3)。このうち、海底地震計の観測網内で発生していると考えられる2003年の微動活動について、波形のエンベロープ相関から微動の発生源の推定を行ったところ、低周波微動の震源は分岐断層と呼ばれる付加体内部の逆断層浅部に集中していることが分かった(図4)。微動活動はクラスター状に分布しており、各クラスターの活動は1日から2週間程度の比較的短期間に集中している。以上の結果から、これらの低周波微動は付加体内部の逆断層の間欠的な活動であり、分岐断層に代表される付加体内部の逆断層

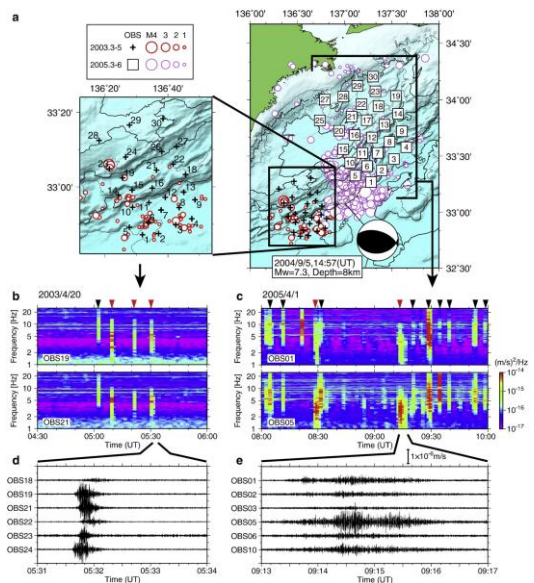


図3: 2003年および2005年に海底地震計で観測された低周波微動の例。(a) 2003年および2005年の海底地震計の配置。通常の地震の震央(Obana et al., 2006, 2009)と2004年紀伊半島沖地震のCMT解(Ito et al., 2005)を示す。(b, c) 上下動成分の速度スペクトル(1-25Hz)。低周波微動と通常の地震をそれぞれ赤と黒の逆三角で示す。(d, e) 低周波微動の上下動速度記録(2-8Hzのバンドパスフィルターを適用)。

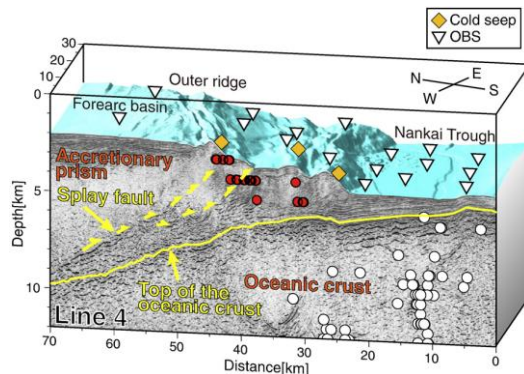


図4: 反射法断面(Park et al., 2002)に投影した低周波微動の震源。赤丸が低周波微動、白丸が通常の地震の震源を示す。

が、定常的に非地震性滑りを起こす安定滑り状態ではなく、条件付き安定状態の摩擦特性を有しており、プレート間大地震が発生した際には破壊しうる事を示していると考えられる。

2008年から2009年にかけて実施した紀伊半島沖での広帯域海底地震計観測の際には、陸上の地震観測網により、2009年3月に紀伊半島沖で超低周波地震活動が活発化したと指

摘されている。この時の超低周波地震活動は、複数の広帯域海底地震計によって震源近傍における波形記録が得られている。これらの記録を詳細に解析した結果、広帯域海底地震計によって観測された超低周波地震は、従来陸上の広帯域地震計で観測されていた周期数十秒の低周波成分に加えて、短周期海底地震計で観測された低周波微動と同様に数 Hz 程度の高周波成分も含んでいることが分かった。但し、10Hz を超える高周波成分は殆ど含まれていない。これらの記録について、目視により信号の立ち上がりを検測すると共に、低周波微動と同様にエンベロープの相互相関から震源決定を行った。決定された震源は付加体先端付近に集中している。広帯域海底地震計の波形解析により、超低周波地震の震源メカニズムが低角逆断層であると示されていることと合わせ、沈み込み帯浅部の断層と超低周波地震活動が深く関係している事が震源近傍での観測により、改めて示された。

以上の成果は、沈み込み帯浅部における逆断層が低周波イベントの震源となっている事を示している。この事は、巨大地震の際のトラフ軸付近の断層の挙動を考える上で重要な情報であると考えられる。

#### 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 1 件)

- ① Obana, K. and Kodaira, S., Low-frequency tremors associated with reverse faults in a shallow accretionary prism, Earth Planet. Sci. Lett., 287, 168-174, 2009. (査読有り)

[学会発表] (計 9 件)

- ① Obana, K., Shallow Very-Low-Frequency Earthquakes off the Kii Peninsula Observed by Broadband Ocean Bottom Seismographs American Geophysical Union, 2010 Fall meeting, San Francisco, California, December 14, 2010.
- ② 尾鼻 浩一郎, 広帯域海底地震計によって観測された紀伊半島沖の超低周波地震活動, 日本地震学会 2010 年度秋季大会, 広島国際会議場, 広島市, 2010 年 10 月 27 日
- ③ 尾鼻浩一郎, 海底地震計によって観測された南海トラフ沿いの低周波イベント, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 幕張メッセ国際会議場, 千葉市, 2010 年 5 月 24 日
- ④ 尾鼻浩一郎, 南海トラフ付加体先端付近

で発生する低周波地震の震源像の解明に向けた OBS 自然地震観測, Blue Earth' 09, 立教大学池袋キャンパス, 東京, 2009 年 3 月 12 日

- ⑤ Obana, K. Low-frequency Events in the Nankai Trough Observed by Ocean Bottom Seismographs, American Geophysical Union, 2008 Fall meeting, San Francisco, California, December 18, 2008.
- ⑥ Obana, K. Low-frequency Events along the Nankai Trough Observed by Ocean Bottom Seismograph, 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and Seismological Society of Japan, 2008 Fall meeting, Tsukuba, Japan, November 26, 2008.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾鼻 浩一郎 (OBANA KOICHIRO)

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: 10359200