

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月1日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22740288

研究課題名（和文）海底地震計記録の自己相関解析に基づく太平洋プレート内部不均質構造の解明

研究課題名（英文）Seismic heterogeneous structures based on auto-correlation analysis of ambient noise on ocean-bottom seismometer records

研究代表者 伊藤 喜宏 (ITO YOSHIHIRO)

東北大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：30435581

研究成果の概要（和文）：日本海溝から東北日本の下に沈み込む太平洋プレート内部の地震波速度不均質構造を地震波干渉法により推定した。解析には、海底および陸上の地震観測点で得られた連続記録中に含まれる雑微動部分を用いて自己相関関数を求め、地下構造のイメージングや地震に伴う時間変化に関する研究を行った。地下構造のイメージングにおいては、特に陸上観測点で得られた自己相関記録から斜めに沈み込む太平洋プレート内部の反射・散乱構造のイメージングを行った。その結果、反射的なウェッジマントルと、それに比して透明な沈み込むスラブのイメージングに成功した。さらに、二重深発地震面の地震活動に関連した速度不均質構造が抽出された。特に下面の地震活動度の空間変化に関連した地震波散乱体のイメージングに成功した。これらの散乱体は、下面の地震活動に関連したプレート内流体の分布を示唆する可能性が高い。

研究成果の概要（英文）：We obtained ambient seismic noise interferograms as seismic reflection images using autocorrelation functions (ACFs) in the northeastern Japan subduction zone. We constructed depth-migrated images using the ACFs. The depth-migrated images show a relatively seismically transparent structure within the subducting Pacific slab and a reflective structure within the mantle wedge. Furthermore, the migrated images show seismic scatterers within the subducting Pacific Slab. These images suggest that seismic scatterers, such as fluid from dehydration reactions of the hydrated metamorphosed mantle, exist in the lower as well as upper plane of the seismicity in the double seismic zone.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成22年度	1,900,000	570,000	2,470,000
平成23年度	900,000	270,000	1,170,000
平成24年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：地震波干渉法、自己相関関数、地震波反射面、沈み込み帯、二重地震面

1. 研究開始当初の背景

東北日本弧では太平洋プレートが1年に約8cmの速度で陸側のプレート下に沈み込んでいる。陸域下では、沈み込むプレートに

沿って二重の地震面が存在することが1970年代に示された。最近では、日本海溝直下付近でも二重の地震面が形成されていることが明らかにされた。東北日本弧の地震活動度

は世界でも有数であり、これらの地震を陸上に設置された地震計で観測することにより、近年地震学は大いなる発展を遂げた。二重地震面の上面、特にプレート境界部で発生する地震についてはアスペリティモデルにより、おおよそ現象を矛盾無く説明できることが近年示されつつある。また火山フロント直下の稍深部における上面の地震活動についても沈み込む海洋性地殻物質の相変化に伴う脱水による岩石の脆性化で説明できる可能性が示された。

一方で二重地震面の下面の地震活動を説明するモデルは、ベンディングーアンベンディングモデルが有力である。このモデルでは、沈み込む板状のプレートが海溝軸付近で上に凸に曲げられ、その後の沈み込み過程で曲げが再び板状に修正される過程の応力場で地震発生を説明する。しかしながら、下面の地震活動に見られる水平方向の不均質性や上面の地震活動度との間に見られる高い相関性はベンディングーアンベンディングモデルのみでは説明できない。また、モデルで重要なパラメータであるプレートの厚さも日本海溝全体では十分に調べられていない。

沈み込むプレートに関わらず一般に地震活動の水平方向の不均質性を説明するための要素として、流体の関与が強く示唆されている。プレート内に存在する流体を検出する地震学的方法として、人工震源を用いた反射法地震探査が有効であるが、二重地震面の下面付近については人工震源により励起できる波では震源のエネルギーが不足している。

近年、常時微動を用いた地震波干渉法により地下の不均質構造を探る研究が数多くなされている。この手法では、地中を伝播している数多くの波動場を1点（あるいは2点）で観測し、自己相関（あるいは相互相関）処理を行い足し合わせることにより、観測点間の波動伝播に対するグリーン関数の推定が可能である。

2. 研究の目的

本研究では地震波干渉法を海底地震計で得られたデータに適用し、沈み込み初期のプレート内部の不均質構造、特に二重地震面の下面の地震活動に関連した不均質構造を抽出する。抽出した不均質構造と地震活動とを比較し、二重地震面の下面の活動に関連したプレート内流体の分布を調べる。さらにプレートの厚さに関連した地震不連続面（リソスフェアアセノスフェア境界）の空間変化を日本海溝に沿って調べて、特に浅部に形成される二重地震面の地震テクニクス の 解明を目指す。

従来の常時微動を用いた地震波干渉法で

は主に浅い構造（30kmより浅部）を研究対象としてきた。本研究では、この手法を深部（30-250km程度またはより深部）の不連続面への適用を試みる。近年、全地球の常時微動の相互相関処理法と表面波トモグラフィ法により深さ340kmまでのS波地震波速度構造が求められた。この結果は地震波干渉法の深部への適用可能性を示すものである。本研究では自己相関法を用いた地震波干渉法により深部の地震波反射断面を得ることを目的とする。特に、日本海溝から沈み込む太平洋プレート内部の地震波不均質構造を調べることで、二重地震面下面およびリソスフェアアセノスフェア境界に対応する反射波（散乱波）を抽出して空間分布を求め、二重地震面の地震活動と比較し、二重地震面下面の地震テクニクスについて考察する。

3. 研究の方法

本研究では海底地震計で観測された連続記録波形に対して、自己相関解析を行い、1つの観測点のデータから自己相関関数を求める。地震波干渉法の理論では、常時微動部分を用いた自己相関関数は、観測点に周囲から到達する様々なシグナルを仮想震源としたゼロオフセットの反射記録であることが示されている。本研究では、この理論に基づき自己相関関数を海底地震計の各観測点で求めることで、海底陸側斜面下のゼロオフセット反射記録を根室沖から茨城沖にかけての広い範囲で求める。常時微動を用いた相関解析法では相関関数の重合数を増やして高いS/N比の相関関数を得ることが解析の鍵となる。海底地震計記録では、同一観測点でおおよそ300日間のデータが得られているが、陸上の定常観測点に比べて観測期間が十分長いとは言えない。海底地震計記録を用いた相関解析では、データの分割方法を工夫することで、重合数を増やす。具体的には、3600秒の連続記録から120秒間の相関関数を求める際に、単純に $3600 \div 120 = 30$ トレースに分けるのではなく、2秒ずつずらして、データを重複させながら1740 トレースに分割する。さらに得られた自己相関関数を Zero offset の反射記録と見なしてマイグレーション処理を行い地下のイメージングを行った。

4. 研究成果

宮城沖および三陸沖の海底地震計記録について自己相関解析を実施したことに加えて、陸上の地震観測データについても自己相関解析を実施し、自己相関記録と既知の地震波速度不均質構造とを比較した。その結果、自己相関解析と地下の不連続構造との対応を見いだすことに成功した。具体的には、反射強度の高いウェッジマントルの構造と反射強度の低い沈み込むプレートのイメージ

ングに成功した。

さらに斜めに沈み込むプレートからの反射波が効率良く抽出できるように、地下の反射・散乱体から観測点への入射角および方位角に関して制限を加えた上でマイグレーション処理を行った。その結果、二重深発地震面の地震活動に関連した速度不均質構造が抽出された。特に下面の地震活動度の空間変化に関連した地震波散乱体のイメージングに成功した。これらの散乱体は、下面の地震活動に関連したプレート内流体の分布を示唆する可能性が高い。

研究期間中に東北地方太平洋沖地震が既存の海底地震観測網内で発生した。このため、雑微動記録の自己相関関数を用いた本震発生前後の地下構造の変化の抽出に向けた基礎研究を実施した。本研究では特に 2005 年宮城県沖で発生した M7.2 の地震発生後の速度構造変化の抽出を行った。その結果、地震後にみられる自己相関関数の変化に、二つのパターンがあることを見いだした。一つは、地震後に観測点周囲の様な速度低下を示唆する変化のパターンであり、もう一つは、局所的な速度構造変化を示唆するパターンであった。これらの要因として、様な速度変化については強震動による表層の損傷であり、局所的な構造変化としては地震時のプレート境界面近傍の物性変化が考えられる。

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 3 件)

- ① Ito, Y., K. Shiomi, J. Nakajima, R. Hino, Autocorrelation analysis of ambient noise in northeastern Japan subduction zone, *Tectonophysics*, 査読有, 572-573, 2012, 38-46, doi:10.1016/j.tecto.2011.09.019.
- ② Ito Y., and K. Shiomi, Seismic scatterers within subducting slab revealed from ambient noise autocorrelation, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 39, 2012, doi:10.1029/2012GL053321.
- ③ Ito, Y., Reconstruction of Deep-reflected Imaging from Autocorrelogram of Ambient Noise, *Mitteilungen - Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. Sonderband*, 査読無, 2012, 50-52, http://www.geophysik.uni-muenchen.de/~hadzii/Noise_Diffuse_Wavefields_abstracts_2012.pdf

[学会発表] (計 10 件)

- ① Ito, Y., Reconstruction of Deep-reflected Imaging from Autocorrelogram of Ambient Noise, The 2nd Neustadt Workshop - Noise and Diffuse Wavefields-, 2012 年 11 月 11 日, Neustadt an der Weinstrasse, Germany
- ② Ito, Y., C. Chujo, H. Nakahara, R. Hino, Detection of seismic velocity changes associated with the 2005 M7.2 Miyagi-Oki earthquake, NE, Japan, by auto correlation analysis of seafloor ambient Noise, European Seismological Commission 33-rd General Assembly, 2012 年 08 月 19 日, Moscow, Russia.
- ③ Chujo K., Y. Ito, H. Nakahara, R. Hino, T. Yamada, M. Shinohara, T. Kanazawa, Seismic velocity changes associated with the 2005 M7.2 Miyagi-Oki Earthquake, NE Japan revealed from seismic interferometry, AGU 2011 Fall Meeting, 2011 年 12 月 5 日, San Francisco, USA.
- ④ Ito, Y., K. Chujo, R. Hino, T. Yamada, M. Shinohara, Y. Murai, Singular value decomposition images calculated from autocorrelation functions of ambient noise detected by ocean-bottom seismometers in the Japan subduction zone, AGU 2011 Fall Meeting, 2011 年 12 月 5 日, San Francisco, USA.
- ⑤ 中条恒太・伊藤喜宏・中原恒・日野亮太・山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦, 海底地震計記録を用いた地震波干渉法による 2005 年宮城県沖地震 (Mj7.2) に伴う地震波速度変化の検出, 日本地震学会 2011 年秋季大会, 2011 年 10 月 12 日, 静岡市.
- ⑥ Ito, Y., K. Shiomi, J. Nakajima, and R. Hino, Autocorrelation analysis of ambient noise in the northeastern Japan subduction zone, IUGG 2011, 2011 年 6 月 21 日, Melbourne, Australia.
- ⑦ 中条恒太・伊藤喜宏・中原恒・日野亮太・山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦, 海底地震計記録を用いた地震波干渉法による 2005 年宮城県沖の地震 (Mj7.2) に伴う地震波速度変化の検出, 日本地球惑星科学連合大会 2011 年大会, 2011 年 5 月 27 日, 千葉市.
- ⑧ 伊藤喜宏・汐見勝彦・中島淳一・日野亮太, ノイズ自己相関解析に基づく東北日本の深部地震波反射構造, 日本地球惑星科学連合大会 2011 年大会, 2011 年 5 月 27 日, 千葉市.
- ⑨ Ito, Y., Chujo, K., Takagi, R., Hino, R., Suzuki, S., Yamada, T., Shinohara, M., Kanazawa, T., Murai, Y., Shiomi, K.,

and Obara K., Autocorrelation analysis of ambient noise in NE Japan, 14th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents and their Margins, 2010年8月28日, Cairns, Australia.

- ⑩伊藤喜宏・中条恒太・高木涼太・日野亮太・鈴木秀市・山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦・村井芳夫・汐見勝彦・小原一成, 自己相関解析による東北日本沈み込み帯の地震波速度不連続面の検出, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月23日, 千葉市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 喜宏 (ITO YOSHIHIRO)

東北大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 30435581