

令和元年6月3日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K05264

研究課題名(和文) 統合波形解析法によるプレート境界構造精密推定とプレート間運動特性の構造要因の解明

研究課題名(英文) Precise structure at the top of subducted plate and its relationship with the plate dynamics revealed by integrated interpretation for controlled source seismic data

研究代表者

岩崎 貴哉 (IWASAKI, Takaya)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：70151719

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、制御震源データの総合波形解析法によって、プレート境界の精密な構造推定を行うことを目指し、人工震源からの幾何学的減衰を正しく評価し、プレート境界面における反射特性を求める手法を開発した。

2006年の紀伊半島探査データに対し、干渉法及びCRS/MDRS法によってプレート境界、上盤側の付加体及び中央構造線の深部構造を求めた。反射波の波線経路は複雑で、波を経路毎に分離して各々の反射係数推定は難しかったが、精密波線計算によって観測波形をよく説明する構造モデルを構築できた。プレート境界の反射特性は、固着域から単定常的すべり域に行くに従って大きく異なることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、制御震源データの総合波形解析法によって、プレート境界の精密な構造推定を行うことを目指し、人工震源からの幾何学的減衰を正しく評価し、プレート境界面における反射特性を求める手法を開発した。この手法は、プレート境界域にとどまらず、様々な地質構造の領域でも適用できるものである。

本研究では、紀伊半島下のプレート境界の形状、そこでの反射特性を求めた。このような知見は、単にプレート境界構造だけでなく、この領域で発生する巨大地震の理解に貢献するものである。また、上盤側島弧において明らかになった構造は、島弧地殻発達のプロセスの理解に重要である。

研究成果の概要(英文)：This study aimed at developing integrated analysis method to determine the fine structure at the top of the subducted plate boundary. My method is based on the asymptotic ray theory, which was efficiently improved in this study to realize high accuracy and stability for evaluating both the travel times and amplitudes in the complex structure models. Seismic data collected in the Kii Peninsula in 2006 were reinterpreted by my method. The results obtained indicate the detailed structural variation at the top of the Philippine Sea plate and structures of the MTL and accretionary complexes in the overriding SW Japan arc crust. The reflection property at the plate boundary is significantly changed from its seismogenic part to the steady slip part. The structure in the SE Japan arc is characterized by the northward dipping reflectors. Particularly, the Sanbagawa metamorphic belt is composed of xx-km thick reflectors, whose top corresponds to the MTL.

研究分野：制御震源地震学

キーワード：プレート境界構造 反射波 プレート境界摩擦特性 制御震源地震探査 波形解析 波線理論

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

プレート沈み込み帯におけるプレート境界では、巨大地震から **slow slip**, 低周波地震, 低周波微動に至る複雑多様な活動が発生している. 西南日本を中心に行われてきた制御震源地震探査では沈み込むフィリピン海 (PHS) プレートから極めて強い反射波が観測され, その解析からプレート境界が一枚の単純な面ではなく, “構造”を持っていることが示唆されている. 本研究では, プレート境界からの反射波形から構造情報を定量的に求める方法を確立し, その地域的特性を明らかにすることによってプレート境界で進行する多様なすべり運動特性を構造の面から明らかにする.

2. 研究の目的

本研究では, プレート境界からの反射波の特性を定量的に推定するための統合的処理・解析方法を開発する. この手法と波形解析等と合わせた統合波形解析により, 西南日本の既往探査データから精密な PHS プレート境界構造を提出する. 更に, その地域的特性を明らかにすることによってプレート境界で進行する多様なすべり運動特性について, 構造の面から考察する.

3. 研究の方法

本研究では, 制御震源データを用いる. その最大の利点は, 稠密なデータからプレート境界上盤側の構造, プレート形状が精度よく求められることである. プレート境界反射波は, 上盤側の構造とプレート形状によって大きく影響を受ける. 従って, これらの影響を精度よく見積って補正しない限り, プレート境界構造を抽出することはできない.

上記の問題を解決するために, 以下の方法をとる.

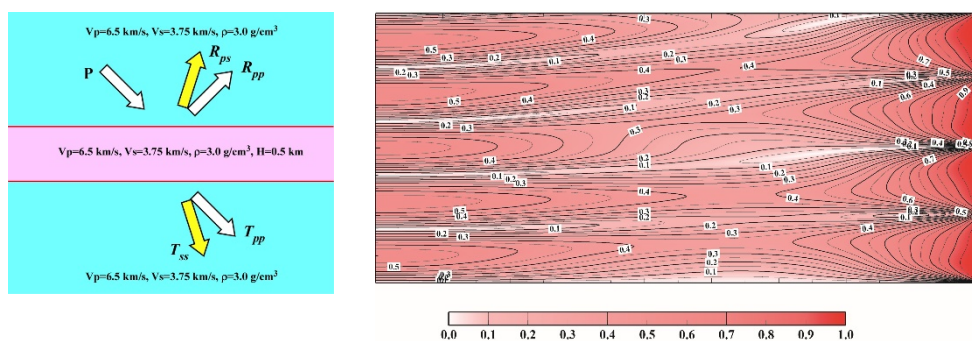
- (1) 解析手法の開発 構造境界で反射する地震波の波形部分含まれている構造情報 (具体的には反射率) を抽出し, その構造を推定する手法 (拡張 AVO 法及び統合波形解析法) を開発する.
- (2) プレート沈み込み方向に沿ったプレート境界構造の空間的推移の解明 2006 年に紀伊半島で行った探査データに対して, (1)の統合波形解析法を用いてプレート沈み込み方向における構造の空間変化を明らかにする.
- (3) 西南日本における探査データの統一的/総合的解析 西南日本の探査データに関して統一的解析を実施し, 同地域におけるプレート境界構造の一般的特徴と地域的特性を明らかにする. (2)及び(3)で得られた結果をもとに, プレート境界構造の空間的特徴と, 種々のプレート運動 (巨大地震/slow slip/低周波地震/低周波微動) との対応関係に対する考察を深化させ, 多様性に富むプレート境界運動の特性を支配している構造的要因を考察する.

4. 研究成果

(1)解析手法の開発

(1-1) 反射係数計算 code の開発

プレート境界は1枚の面ではなく, 構造を持っている. このような構造を多層構造として近似する. このような場合の反射・透過係数は, **Layer Matrix** として波動論的に計算する. この計算 code を開発した. 図1は, その計算の一例である.



(a) (b)
図1. 反射係数の計算. (a) 計算した構造. (b) 得られた反射係数(Rpp).

(1-2) 高精度 ray-tracing package の開発

プレート境界域の構造は, 上盤側島弧とプレートによって複雑な層構造を形成している. このような複雑な構造下において, 地震波の走時と振幅を正確に評価する必要がある. そのための計算 code を開発した. 反射面が複雑な形状をしている場合, 走時曲線はいくつもの分枝に分かれる. それぞれの分枝を正確に切り分け, 走時と振幅を計算するアルゴリズムを考案した.

上記(1-1)の多層構造反射係数計算と(1-2)の process 中の精密 dynamic ray tracing の完成によって, 当初目的に掲げた拡張 AVO 法の component が確立されたことになる.

(2) プレート沈み込み方向に沿ったプレート境界構造の空間的推移の解明

2006年に紀伊半島東部で実施された制御震源地震探査に対し、(1)で提案した方法の適用を試みた(図2)、地震波 tomography 法で、測線下の大局的な速度構造を求め、その知見を踏まえて高精度 ray-tracing package でプレート境界の形状を正確に求めた。しかし、プレート境界は曲面を成しており、一つの震源から観測点に到達する path は数通りの group (分枝)に分かれることがわかった。そこで、その分枝を正しく分類するアルゴリズムを開発した。しかし、各 path に対応する反射波走時は極めて近接しており、実際の波形データからそれらの寄与を分離することは殆ど不可能であった。つまり、各 path について拡張 AVO 法を適用し、反射特性を抽出することは困難であると判断した。しかし、本研究で開発した program 群は、上述の各 path(分枝)を正確に評価するアルゴリズムによって理論波形を正確に計算し、プレート境界構造を求めることが可能である。この program 群によって得られた構造を図3に示す。これによれば、測線の南部の固着-定常的滑り遷移域では、プレート境界は1枚の薄い(500m)低速度層で表現することができる。低速度内の速度低下は、1km/s程度である。一方、測線の中部域においては、多数の反射群が2-3km厚さを持って分布する。その速度 contrast は、0.7-2 km/s である。この部分からの反射波は、波群を形成する(図4)。

また、プレート境界の特性を引き出すためには、上盤島弧側の構造も詳しく求める必要があった。そのために、近年発展をみせている反射法処理方法(CRS/MDRS法及び干渉法)を用いて imaging を行い、付加体構造及び西南日本で最も大規模な構造線である中央構造線(MTL)のイメージングを行った。その結果、MTLは明瞭な北傾斜の形状を持つことが明らかとなった。

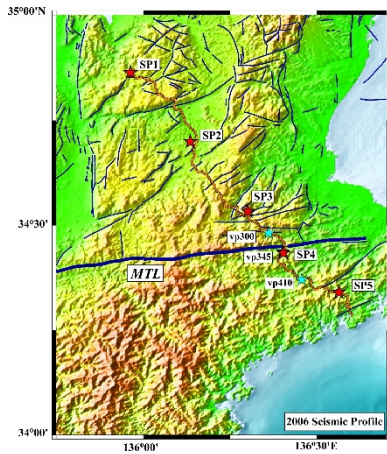


図2. 2006年構造探査測線図。

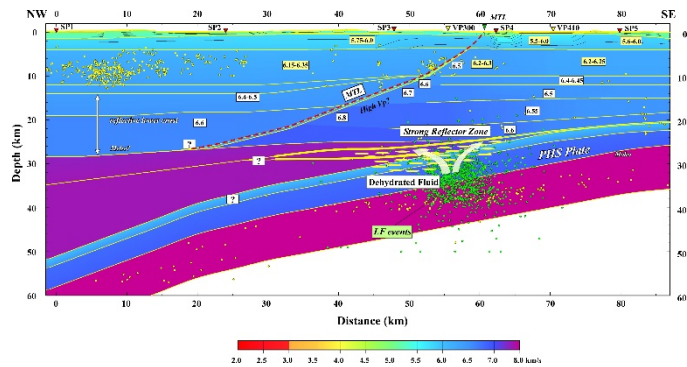


図3. 得られた構造図。

]

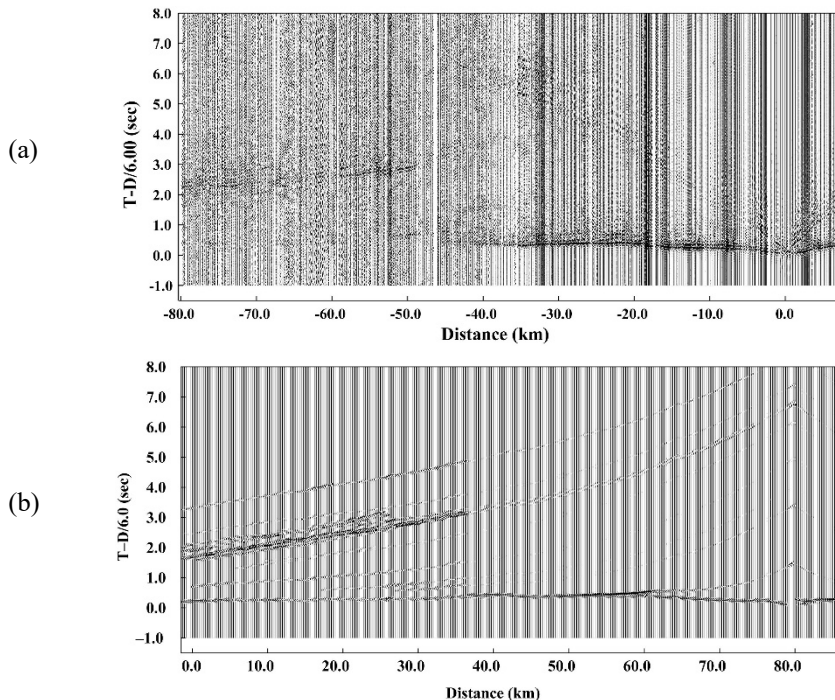


図4. (a) Shot SP5の観測波形。(b) 同じく理論波形。

反射法イメージによれば、三波川帯は厚さ数 km (> 5 km)の反射群で特徴づけられる。反射法的にみた MTL は、この反射体群の北側の top に対応する。

(3)西南日本における探査データの統一的/総合的解析

(2)で得られたプレート境界構造は、沈み込むフィリピン海プレートからの脱水と明瞭な関係がある。即ち、脱水が顕著で低周波地震活動の活発な領域に、厚い反射群分布が存在する。また、西南日本の他の場所で実施した探査結果と比較した。どの場合にもプレート境界の定常的すべり域からは、明瞭な反射波が観測されている。また、中央構造線などの上盤側プレートの構造の特徴も、強い類似性を持つことがわかった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Iwasaki, T., Kurashimo, E., Abe, S., Yokota, K., Iidaka, T., Katao, H., Higashinaka, M., Ito, K., Hirata, N., Sato, H., Ito, T., Nakanishi, A. & Kaneda, Y., 2018. New findings on the subducted Philippine Sea plate and the overriding SW Japan arc by reinterpretation of previous seismic data in Kii Peninsula, 18-th SEISMIX International Symposium (International Symposium on Multi-scale Seismic Imaging of the Earth's crust and Upper Mantle), T.1.2, Cracow, Poland, June 17-22.
- ② 岩崎貴哉・蔵下英司・阿部進・横田健・飯高隆・片尾浩・東中基倫・伊藤潔・平田直・佐藤比呂志・伊藤谷生・仲西理子・金田義行, 2018. Detailed structures of the subducted Philippine Sea plate and the overriding SW Japan arc – New findings from reinterpretation of previously obtained seismic data with modern processing techniques-, 日本地球惑星科学連合 2018 大会, 幕張メッセ, 5月20日~24日, SCG59-04
- ③ Iwasaki, T., Abe, S., Kurashimo, E., Yokota, K., Iidaka, T., Katao, H., Higashinaka, M., Nakanishi, A., & Kaneda, Y., 2017. Imaging of the subducted Philippine Sea plate and the overriding SW Japan arc - Reinterpretation of the wide-angle reflection data in the Kii Peninsula, SW Japan - IAG-IASPEI 2017 Kobe, Japan, Jul.30-Aug.4, J08-3-04.
- ④ Iwasaki, T., Kurashimo, E., Abe, S., Yokota, K., Iidaka, T., Katao, H., Higashinaka, M., Nakanishi, A., & Kaneda, Y., 2017. Seismological structures of the subducted Philippine Sea plate and the overriding SW Japan arc, - Reinterpretation of the wide-angle reflection data in the Kii Peninsula, SW Japan -, European Geosciences Union General Assembly 2017 Vienna, Austria, Apr. 23-28, EGU2017-3528.
- ⑤ Iwasaki, T., Abe, S., Yokota, K., Kurashimo, E., Iidaka, T., Katao, H., Higashinaka, M., Nakanishi, A. & Kaneda, Y., 2016. Seismological structure of the subduction system associated with the Philippine Sea plate, SW Japan, - Reinterpretation of the wide-angle reflection data in the Kii Peninsula by seismic interferometry technique -, 2016 Fall Meeting, American Geophysical Union, San Francisco, Dec. 12-16, T31C-2903.
- ⑥ 岩崎貴哉・飯高隆・蔵下英司・阿部進・横田健・東中基倫・片尾浩・仲西理子・金田義行, 2016. 地震波干渉法による 2006 年紀伊半島東部構造探査の再解析, 日本地震学会 2016 年秋季大会, 名古屋国際会議場(名古屋市), 10月5-7日, S06-P15, 日本地震学会

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし。

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。