

## 論文内容の要旨

論文題目：A study of the seismic velocity structure at the Izu-Bonin subduction zone  
(伊豆・小笠原沈み込み帯における地震波速度構造の研究)

氏名：上村 彩

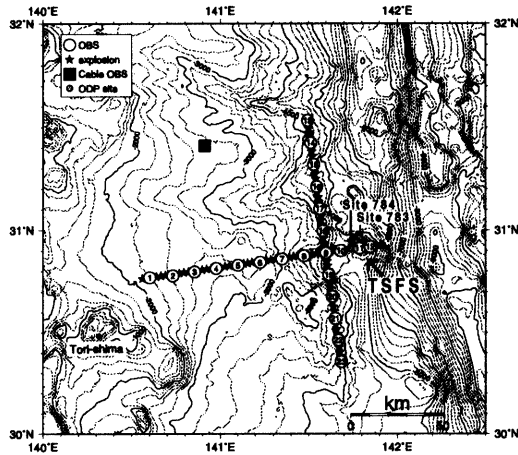
### 1. はじめに

沈み込みプレート境界ではしばしば巨大地震が発生するので、プレート境界の物理状態を理解することはきわめて重要なことである。以下に本研究の観測・実験領域である伊豆・小笠原沈み込み帯の特徴を記す。

第一に、沈み込み角度が他の沈み込み帯と比べて大きい。第二に、海溝軸の西数十 km の陸側斜面に蛇紋岩海山が点々と連なって存在している。この蛇紋岩海山は現在のところ、世界でも伊豆・小笠原-マリアナ前弧域でしか確認されていない。この蛇紋岩海山の性質を知るため、国際深海掘削計画(ODP) Leg 125 で鳥島蛇紋岩前弧海山(TSFS)の掘削が行われ、海山上の掘削点では蛇紋岩化した橄欖岩が見つかった。第三に、沈み込みに沿った地震活動の不均質性がある。気象庁震源を見ると、400km 以深で巨大深発地震がたくさん起きているのに対し、100km 以浅では M7 を超える地震はほとんど起きていないことがわかる。第四に、海溝斜面に東西方向の走向を持ったいくつもの海底谷が見られる。以上のような伊豆・小笠原沈み込み帯の特徴を地球物理学的に理解するため、海底地震計(OBS)と制御震源を用いた屈折/反射法地震探査を行った。

本研究の目的は、1. 伊豆・小笠原沈み込み帯のプレート境界型地震発生の仕組みを理解する：なぜ浅部でプレート境界型・巨大地震がほとんど起きないのか、2. 蛇紋岩海山と地震波速度構造の関係を調べる、3. 海底谷と地震波速度構造の関係を調べること、である。

## 2. 観測概要



1998年秋に、伊豆・小笠原沈み込み帯において地震波速度構造探査を行った（左図・観測点分布）。測線は海溝軸に直交する向きの東西測線、海溝軸に平行な南北測線の、各々約130km長とした。OBSを23台設置し、制御震源として火薬20kgを106発(2.5km間隔)、エアガン17リットル2基を1,835発(150m間隔)、ショットした。東西測線は蛇紋岩海山(TSFS)の頂上を、南北測線は海底谷を横切るようにした。エアガンショットの間はシングルチャンネルのストリー

マケーブル(SCS)で反射記録を得た。

## 3. データ解析

船とOBSの位置、制御震源のショット時刻と位置を精密に求めたあと、P波速度構造を得るために、まず初期構造モデル(パラメータ：層境界面の深さ、P波速度)を作成した。堆積層(最上部層)の構造はODP Leg 125のコアデータとSCSの反射記録をもとにして決めた。それより深い構造は過去の研究の結果を参照して決めた。次にZelt and Smith (1992)の波線追跡法を用いて試行錯誤的にフォワードモデリングを行った。最後にインバージョンモデリングを行った。本研究では藤江 (1999)の非線型インバージョン法を用いた。

フォワードモデリングとインバージョンモデリングでは、まず5km以浅の構造について、エアガンショットのデータを用いてインバージョン計算をし、その結果を考慮して次に全体の構造について、火薬発破の観測波形のデータを用いてインバージョン計算をした。

さらにS波速度構造をフォワードモデリングを行って求めた。初期モデルの作成には、前段階までに得られたP波速度構造を用いた。これは東西測線のみについて求めた。

## 4. 結果

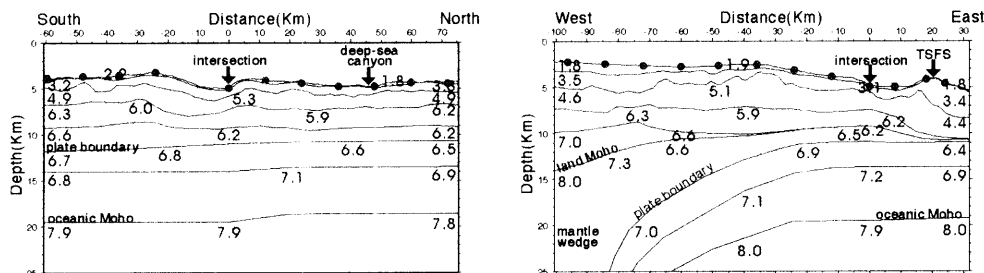
### 4.1. 観測波形

南北測線では、プレート境界と沈み込む海洋プレートのモホからの反射波が確認できた。東西測線では、マントルウェッジを通った波線と、沈み込む海洋プレートのモホの下を通った波線、プレート境界と沈み込む海洋プレートのモホからの反射波が確認できた。OBS#01から#10ではTSFSから10km以内の地震波の振幅が、大きく減衰していることが観測された。逆からのショットも同じ現象を示し、TSFSに乗っているOBS#11と#12で、OBSから40km以遠の地震波の振幅が、大きく減衰していることが観測された。

### 4.2. 地震波速度構造

P波速度構造モデルを次図に示す。左が南北測線、右が東西測線である。南北測線の速度構造モデルでは、第5層の速度は6.2~6.6km/sと決まった。この第5層(プレート境界面上に乗る薄い層)を、本研究ではプレート境界層(PBL)と呼ぶことにする。東西測線の

速度構造モデルからは、伊豆・小笠原弧の下に沈み込む太平洋プレートの様子がわかる。マントルウェッジの速度は、8.0~6.2km/s（西から東）である。



## 5. 議論

### 5.1. 得られた構造モデルの妥当性

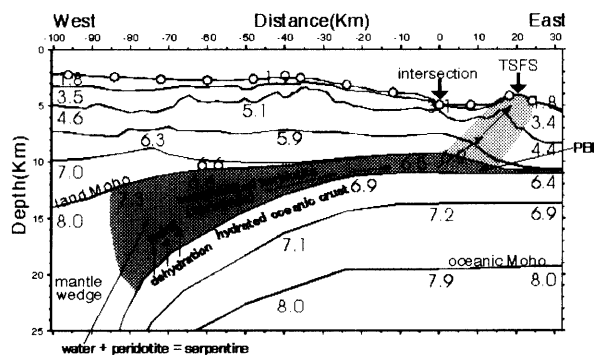
速度の解像度は、測線の両端を除いて、東西・南北両測線ともに良く(>0.5)決まった。

火薬インバージョンの最終 RMS 値は東西測線で 75 ミリ秒、南北測線で 68 ミリ秒であった。これらの値は観測誤差の約 2 倍程度である。したがって最終モデルはデータを十分に説明していると考えられる。また本研究の P 波速度構造モデルは、過去の結果に矛盾しない。

### 5.2. PBL の低速度領域と蛇紋岩ダイアピル

蛇紋石(岩)は橄欖石(岩)が水と反応して生成される鉱物(岩石)である。Ishii et al. (1992)によると、クロムスピネルの Mg#-Cr#プロットから、TSFS の蛇紋岩化した橄欖岩はマントルウェッジ起源であることがわかっている。したがって本研究の測線上のマントルウェッジには蛇紋岩があると推定できる。

本研究領域の PBL(マントルウェッジの東側)の P 波速度は 6.2-7.3km/s であり、平均的な海洋性マントルのもの (8.15-8.2km/s, Woollard, 1975)より遅いが、蛇紋岩の速度範囲内に入っている。我々は TSFS 下を通った地震波が大きく減衰することを観測した。このことは、TSFS 下の物質は周囲のものとは異なっていることを意味している。

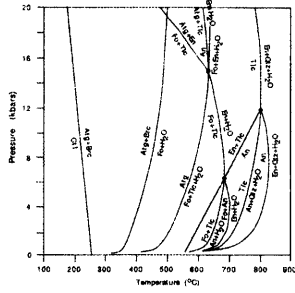


以上の岩石学的証拠を考え合わせて以下のモデルを提案する(左図)。まず PBL の橄欖岩が沈み込むプレートのもたらした水により蛇紋岩化した。次にその蛇紋岩化した橄欖岩がプレート境界に沿って東上方へ移動し、ダイアピル的に TSFS の中へ上昇した、というものである。この上昇は蛇紋岩化した物質が周囲より低

密度であることから生じる浮力によって説明できる。東西測線の S 波構造モデルでは橄欖岩~蛇紋岩の速度で矛盾なく説明することができたが、橄欖岩と蛇紋岩との区別をつけることはできなかった。

### 5.3. プレート境界上の蛇紋岩と地震活動

蛇紋岩は温度圧力条件によってリザーダイト、クリソタイル、アンチゴライトの 3 つの



相があるが、本研究領域の蛇紋岩海山から過去に得られた蛇紋岩は、主にクリソタイルであった。プレート境界に存在するクリソタイル(低温型蛇紋岩・左図参照)は重要な役目を果たす。Moore et al. (1997) は断層ガウジの実験で、3種類の蛇紋石に対して 200°C で断層ガウジの実験を行い、摩擦係数がクリソタイルでは 0.2、高温相では 0.4 以上になり、クリソタイルが低摩擦係数を持ち安定滑りするとの結果を得た。つまり、もしプレート境界にクリソタイルがあれば潤滑剤のような役割を果たし、伊豆・小笠原沈み込み帯の浅部で大地震が起きないという、地震学的性質を支持する。

## 6. 結論

伊豆・小笠原沈み込み帯において OBS と制御震源を用いた実験を行い、P 波速度構造と S 波速度構造を求めた。南北測線は海溝軸に平行な測線で、海底谷を横切る。東西測線は海溝軸に直交する向きの測線で、測線の東端で TSFS を横切る。南北測線の P 波速度構造では地殻の厚さは約 5km で、沈み込む海洋プレートの地殻の厚さは約 8km と求まった。東西測線の P 波速度構造では沈み込むスラブがわかり、プレート境界と沈み込む海洋プレートのモホからの反射波が確認できた。マントルウェッジの東側の速度は 6.2-7.3km/s である。この低速度は、沈み込むスラブによってもたらされた水によって蛇紋石化した橄欖岩であると解釈できる。蛇紋石化した橄欖岩は密度が低くなり浮力を持つから、これがプレート境界に沿って移動し、TSFS の内部へダイアピル的に上昇したというモデルを提唱する。東西測線の S 波構造モデルでは橄欖岩～蛇紋岩の速度で矛盾なく説明することができたが、橄欖岩と蛇紋岩との区別をつけることはできなかった。もしマントルウェッジの東側に蛇紋石化した橄欖石(クリソタイル)があれば、摩擦係数が低いためにプレート境界で潤滑剤のような役割を果たし、伊豆・小笠原沈み込み帯の浅部で大地震がほとんど起きないという地震学的性質を説明することができる。