

氏名・(本籍)	にし 西	ざわ 澤	あずさ あずさ
学位の種類	理	学	博 士
学位記番号	理博第	908	号
学位授与年月日	昭和60年3月26日		
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当		
研究科専攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程)地球物理学専攻		
学位論文題目	Fine Crustal Structure at the Southern Part of the Kurile Trench by Airgun-OBS System (エアガン-OBS システムによる千島海溝南部の地殻微細構造)		
論文審査委員	(主査) 教授 高木章雄		
		教授 平澤朋郎	
		教授 鈴木次郎	
		助教授 長谷川 昭	

論 文 目 次

Acknowledgement

Abstract

List of Tables

List of Figures

1. Introduction

2. Background

2-1 Experimental Technology

2-2 Analysis of Crustal Structure

2-3 Crustal Structure of Island Arc-Trench System in Japan

3. Data Acquisition and Analyses

- 3—1 Experiment
- 3—2 Data Processing
- 3—3 Slant Stack and Inversion
- 3—4 2-D Seismic Ray Tracing through Laterally Inhomogeneous Media
- 3—5 Error Estimation
- 4. P and S Wavespeed Structure
 - 4—1 Results from Reflection Data
 - 4—2 Results from Refraction Data
 - 4—2—1 Oceanic Basin
 - 4—2—2 Trench Axis
 - 4—2—3 Continental Slope
 - 4—3 Azimuthal Dependence of PmP Amplitude beneath the Oceanic Basin
- 5. Discussion
 - 5—1 Characteristics of the Oceanic Crustal Structure
 - 5—2 Characteristics of the Crustal Structure beneath the Continental Slope
 - 5—3 Relation between the Crustal Structure and the Gravity Anomaly
 - 5—4 Relation between the Crustal Structure and the Seismic Activity
 - 5—5 Comparison of the Crustal Structure with That of the Japan Trench
- 6. Conclusions
 - References

論文内容要旨

1. 序論

日本海溝及び千島海溝付近では太平洋プレートが島弧の下に沈み込んでいると考えられ、例えば地震活動や地磁気などのデータによるいくつかの地球物理学的証拠もあげられている。その中で地震波速度構造は沈み込み過程の蓄積を反映することが期待され、島弧—海溝系におけるテクトニクスを調べる上で非常に重要である。

千島海溝南部では、これまでに十勝沖で屈折及び反射地震探査による地殻構造調査が行なわれている。しかしながら屈折法による地震探査では海溝に直交する測線が多く、測線に沿って大きな地形の変化があるために十分精密な速度構造を得ることはできなかった。1983年夏、この地域の海盆部から島弧にかけての地殻構造の変化の様子を調べるために、エアガン及び海底地震計(Ocean Bottom Seismograph)システムを用いた9つの地震探査測線の調査を行なった。この論文では観測で得られた大量で良質のデータを、それに見合った手法を用いて解析して求めた速度構造モデルについて報告する。さらに島弧—海溝系における地殻構造の特徴、他の地球物理学的データ、例えば地震活動や重力異常などとの関連について述べる。

2. 研究の背景

海底下の地殻構造を調べるために、これまでに多くの観測方法が開発されてきた。これらの方法は大きくは反射法と屈折法の2つに分けられる。反射法は地殻内の反射面(速度不連続)で反射してきた波を用いて浅部地殻の詳細な構造を調べる。一方屈折法では媒質内を主に水平に伝播してきた波を解析し、より深い部分の構造の地震波速度を反射法よりも正確に求めることができる。実際の観測では両方の方法を利用するのが最良である。

最近の観測機器の目ざましい進歩により、以前の複数の船を用いた大がかりな観測から、小型で低雑音の海底地震計(OBS)と、安全で再現性のある人工震源としてのエアガンを利用した実験が可能になった。OBSは海底面とのカップリングもよくP波のみでなくS波もとらえることができるので、S波速度構造を調べることも可能である。さらにこのような観測で得られた良質のデータ解析において、信号の走時のみでなく振幅の情報も用いて、より精密な構造を求めるための数多くの手法が開発されている。

調査域は、日本列島を構成する5つの島弧のうちの1つに対応している。5つの島弧はそれぞれが島弧—海溝系をなし、そこでは海洋プレートが島弧下にもぐり込んでいる。多くの地震探査がこれらの地域で行なわれ、ある程度共通な地殻構造、すなわち海洋側での標準的な海洋地殻が海盆底から海溝下まで続き、大陸斜面の一部には低速度の物質が厚く存在し、そして大陸地殻へと変化していることが示されている。しかしそれぞれの地域特有の差異も見られ、地域的なテクトニクスの変化に対応していると考えられる。

3. 観測及びデータ解析

調査域においてエアガン-OBS システムを用いた地震波速度構造探査を、海溝軸に平行に(地形変化の小さい方向に)9 測線行なった。エアガンのショット間隔は約80~200m であり、測線によって異なる。測線は OBS を中心に置いたスプリット測線であり、全長は約60km である(図参照)。

得られたデータは OBS 内のカセット磁気テープに記録される。大量のしかもオフライン(OBS 内の時計とエアガンのショットを作動する時計が別であること)であるデータを解析するためには計算機による処理は不可欠である。ミニコンピューターを用いてデータを AD 変換し、S/N をあげるためにデジタルフィルターをかけてレコードセクションをつくる。ここでできるだけ客観的に速度勾配を考慮した速度構造を求めるために、速度構造解析を $X-T$ (距離-走時) 領域ではなく $\tau-p$ (インターセプト時-波線パラメータ) 領域で行なう。 $X-T$ 領域から $\tau-p$ 領域への変換に際して、 $\tau-p$ 領域での S/N をあげるために slant stack 法によって求められた $\tau-p$ のデータに、データのばらつきを考慮した semblance window を作用させた。最終的に得られた $\tau-p$ 領域のデータから屈折波と臨界角を超えた反射波の軌跡を読み取り、 τ -sum インバージョン法を用いて速度と深さの関数を求める。このインバージョンは水平成層で各層内での速さは一定と仮定して行なったもので、速度勾配は非常に薄い層の積み重ねとして表現される。ここで水平方向の不均質性を速度構造モデルに加えるために、屈折探査と同時に行なったハイドロフォンストリーマーを用いた反射探査より得られた海底地形、基盤の深さなどを考慮した。つまり、インバージョンで得られた結果に地形変化の情報を加えたものを初期モデルとし、2 次元波線追跡を行ない、理論記象を求め観測データと比較した。そして試行錯誤にモデルを変化させ、観測データによく調和するモデルを探して最終モデルとした。

4. P 波及び S 波速度構造

海盆底では、3 つの異なる(70km 以上離れた)地点に設置した OBS で得られた記録を解析したところ、同様な構造が得られ、海盆底内では均質な地殻構造であることがわかった。速度構造は標準的な海洋地殻を示し、1) 第1層は未固結堆積物(V_p は1.8から2.2km/s まで深さとともに増加、 $V_s=0.3$ km/s)、厚さは約500m、2) 第2層は厚さ1~2 km、速度勾配が大きく V_p は3.1から5.8km/s まで、 V_s は1.8から3.4km/s まで増加する。3) 第3層は厚さ約5 km、 V_p は6.0から6.8km/s、 V_s は3.5から4.0km/s へと深さと共に増加するが速度勾配は小さい。4) P_n (マントル最上部を伝播した屈折波)の信号は検出できなかったが、モホ面からの明瞭な反射波(P_mP , S_mS)の走時より、モホ面の深さは12~14km(海面より)であることが示された。5) 第3層の底部に厚さ1~2 km の6.8~7.7km/s 層を置くと、観測データ上の P_mP の卓越する震央距離に調和する理論記象が得られ、第3層では速度勾配はモホ面まで一定ではないことを示唆する。

海溝底に設置した OBS については、2 測線の観測を行なった。結果は海盆底下の構造に類似

していることを示したが、全体的に小さい速度をもち、第3層の上部では5.7~6.0km/sとなっている。水平動成分の記録上の明瞭な SmS の走時より、モホ面の深さは13~14kmであることがわかった。以上から海溝下の地殻構造は海盆底から連続していることが推定される。

大陸斜面下の地殻構造は、P波速度 2.5~4.7km/s の遅い物質が斜面全体にわたって厚く(最大 6 km)存在することによって特徴づけられる。

反射及び屈折波地震探査の結果から、海的構造と陸的構造間の境界は海溝軸よりも陸側(25km 以内)であることが推定できる。

また方向による地殻構造の変化の様子を調べるために、OBS を中心に約30km の半径でエアガンショットさせるような円測線の観測を、海盆底に設置した2つのOBS に対して行なった。記録上の顕著な信号は PmP であり、方向による走時の変化は検知できなかったが、振幅は東西から東北東-西南西にかけて大きくなる。この方向は千島海溝の海溝軸にほぼ平行である。

5. 議論

海盆底で得られた地殻構造の結果をプレートの年齢が20m.y.以上である他の地域の構造モデルと比較したところ、大きな差異はなく、標準的な海洋地殻構造であると言える。また P 波と S 波速度の結果を、海洋地殻起源と考えられているオフィオライト岩体の岩石の実験室における速度測定値と比較した。その結果海洋第3層の速度は、metadolerite, metagabbro, gabbro, pyroxene gabbro の速度に対応することがわかった。

海溝軸より50km までの大陸斜面下では、P波速度が 5 km/s より遅い物質は海底下 6~7 km の厚さに達し、海溝軸より約90km, 水深2000m の地点ではこの低速度物質がやや薄くなり、標準的な大陸地殻花コウ岩層を示す 6 km/s 層が、海底下深さ 5 km の位置から存在するようになる。この地点あたりから、より大陸的な構造へ変化していくと考えられる(図参照)。

重力異常との関係を調べるために、速度構造モデルから Nafe-Drake 曲線を参照し密度モデルを求め、2次元重力異常を計算し、重力の観測データと比較した。大陸斜面の厚い低速度物質の存在する位置に比較的軽い物質(2.2g/cm³)を置くと観測データによく調和する。

さらに地殻構造と地震活動との関係を調べるために、各 OBS における S-P 時間分布を調べた。地震活動は海溝近傍で高く、海溝軸よりも30km 以上海側及び大陸斜面の低速度物質が厚く存在する領域下において低い。また海溝の陸側、水深5800m の地点に設置した OBS では S-P 時間が1.3秒の地震が1日に約10個記録されたのが特徴的である。この地震活動は海と陸との構造境界で生じたものかもしれない。

得られた千島海溝南部の構造を、三陸沖日本海溝付近における結果と比較してみた。2つの領域間で、太平洋プレート側の地殻構造は類似しているが、大陸側では千島海溝南部の方が厚い低速度物質の存在する範囲が広く、大陸斜面全体にわたっている。三陸沖の日本海溝付近では、遅い物質は海溝陸側斜面下のみに限定される。これは重力異常のデータからも確認できた。

6. 結論

各章のまとめを重べ、沈み込み領域の複雑なプロセスを理解するためには、1つの島弧—海溝系内においても数多くの地点における調査が必要であることを示した。

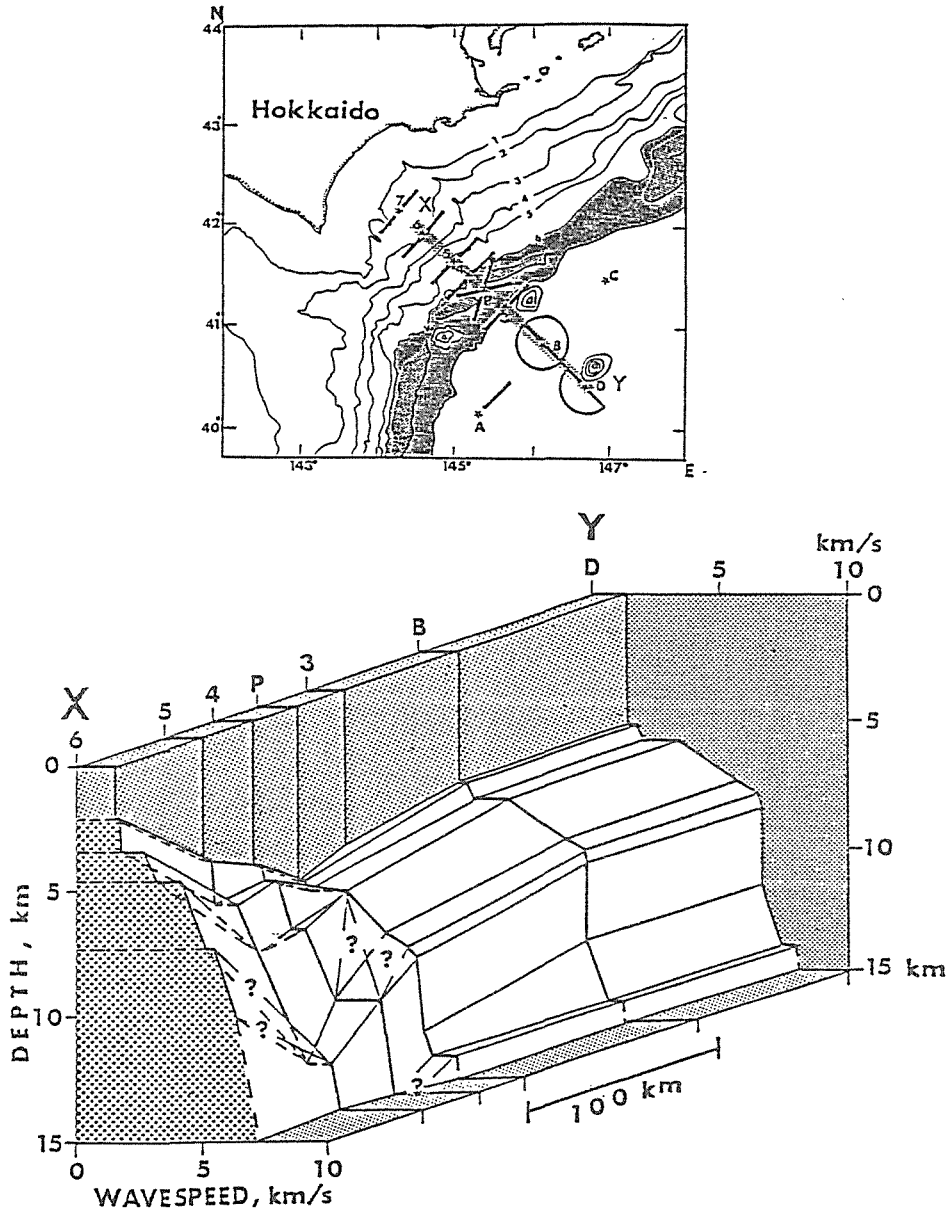


図 P波速度構造モデル(海溝に直交する断面)

最上部層は海水、速度—深さの関係は例えば B について言えば、測線 B に沿った平均を示している。各層の推定される境界を直線で結んであるが、この境界は必ずしも等速度線に一致しない。

論文審査の結果の要旨

日本海溝及び千島海溝付近は太平洋プレートの沈み込みの位置に相当しているから、その地域における地震波速度構造は沈み込み過程を直接的に反映していることが期待される。よって島弧-海溝系のテクトニクスを明らかにするために構造の研究は極めて重要である。

千島海溝南部はこれまでに屈折・反射法等によりそれぞれ調査が行われてきたが、測線の数や方法等必ずしも充分でなく精密な速度構造は得られていなかった。

著者はこの地域の海盆部から島弧にかけての地殻構造の変化を精密に調べるため、エアガン及び海底地震計システムを用いて9つの地震探査測線の調査を行なった。

得られたデータは磁気テープに記録されるが大量かつオフラインのため特別な計算機処理を行った。特に客観的な結果を得るために速度構造解析を $X-T$ (距離-走時) 領域でなく $\tau-p$ (インターセプト時-波線パラメータ) 領域で行い、また $\tau-p$ 領域の S/N を上げるため slant stack 法を利用する等解析手法に多くの工夫を施した。最終的には $\tau-p$ 領域のデータから τ -sum インバージョン法を用いて速度と深さの関数を求めた。最後に地形変化の情報を加えた結果を初期モデルとし、それから理論記象を得て観測データと比較し、最適構造を求めた。

その結果、海盆底内では均質な地殻構造であること、また速度構造は標準的な海洋地殻を示していることがわかった。海溝底の構造は海盆底下の構造に類似していること、またモホ面の深さは13~14km であり、以上の結果から海溝下の地殻構造は海盆底から連続していることが推定される。

大陸斜面下の地殻構造は P 波速度 2.5~4.7km/s の遅い物質が斜面全体にわたって厚く (最大 6 km) 存在することによって特徴づけられる。

海溝軸より 50km までの大陸斜面下では P 波速度が 5 km/s より遅い物質は海底下 6~7 km の厚さに達し、海溝軸より約 90km、水深 2000m の地点ではこの低速度物質がやや薄くなり、標準的な大陸地殻花こう岩層を示す 6 km/s 層が海底下深さ 5 km の位置から存在するようになる。この地点あたりからより大陸的な構造へ変化していくと推定される。

著者により得られた千島海溝南部の構造は、三陸沖、日本海溝付近における結果と比較された。その結果 2つの領域間で太平洋プレート側の地殻構造は類似しているが、大陸側では千島海溝南部の方が厚い低速度物質の存在する範囲が広く、大陸斜面全体にわたっている。三陸沖の日本海溝付近では遅い物質は海溝陸側斜面下のみに限定されるという重要な結果を得た。これは重力異常のデータからも確認できた。

以上の如く千島海溝南部の海盆から海溝陸側にわたる地殻構造に関し、重要な新しい知見を得、プレートテクトニクスの研究に多大の寄与を与えたものと考えられる西澤あずさ提出の論文は理学博士の学位論文として適当と認める。