

氏名・(本籍)	まつ ざわ とおる 松 澤 暢
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 967 号
学位授与年月日	昭和 61 年 3 月 25 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	Detailed Structure of the Upper Mantle beneath the Northeastern Japan Arc (東北日本弧上部マンツルの微細構造)
論文審査委員	(主査) 教 授 高 木 章 雄 教 授 鈴 木 次 郎 教 授 平 澤 朋 郎 助 教 授 長 谷 川 昭

論 文 目 次

Acknowledgements

Abstract

List of Tables and Figures

Chapter 1. General Introduction

1-1. A Brief Review of Previous Studies for Upper-Mantle Structure

1-1-1. Velocity Structure

1-1-2. Q Structure

1-2. Scope of This Study

Chapter 2. Q Structure Estimated from 'Twofold Spectral Ratio'

2-1. Introduction

2-2. Formulation of 'Twofold Spectral Ratio'

- 2 - 3. Q Structure for the Uppermost Part of the Mantle
- 2 - 4. Discussion
- Chapter 3. Velocity Structure Estimated by Using Converted Waves
 - 3 - 1. Introduction
 - 3 - 2. PS - phase
 - 3 - 2 - 1. X-phase in Horizontal Components of Seismograms for the Intermediate-Depth Earthquakes
 - 3 - 2 - 2. Method for Locating the Upper Boundary of the Plate (UBP) Using PS - P Time
 - 3 - 2 - 3. One-Layered Oceanic Plate Model
 - 3 - 2 - 4. Two-Layered Oceanic Plate Model
 - 3 - 3. SP - Phase
 - 3 - 3 - 1. X-Phase in a Vertical Component of Seismograms for Events in the Lower Seismic Plane of the Double-Planed Deep Seismic Zone
 - 3 - 3 - 2. Location of the UBP Estimated from S - SP Time
 - 3 - 4. Synthetic Waveforms of Intermediate-Depth Earthquakes
 - 3 - 5. Discussion
- Chapter 4. Characteristics of the Intermediate-Depth Earthquakes
 - 4 - 1. Introduction
 - 4 - 2. Characteristic Focal Mechanisms
 - 4 - 2 - 1. Individual Focal Mechanisms
 - 4 - 2 - 2. Composite Focal Mechanisms
 - 4 - 3. Seismicity
 - 4 - 4. Discussion
- Chapter 5. Discussion and Conclusions
 - 5 - 1. A Low-Velocity (LV) Layer on the Surface of the Descending Oceanic Plate
 - 5 - 2. Conclusions and Suggestions for Further Studies
- References

論文内容要旨

東北日本弧においては、早くから地震学的構造や起震歪力場についての研究がなされてきた。これらの研究の成果をふまえ、さらに詳細な構造を求めることは、地震やマグマの発生原因を考える上で極めて重要である。特に上部マントルの構造は、太平洋沿岸に発生する巨大地震やマグマの発生に密接に結び付いていると考えられており、地震予知や噴火予知研究の上でも、上部マントルの構造を詳細に調べることは非常に重要であると思われる。近年、以上のような見地から自然地震の地震波のデータを用いてインバージョンを行い、より詳細な構造を求めようとする試みがなされてきた。しかし、地震学的現象は多数のパラメータの影響を受けるため、分解能を上げて構造を調べるためには、他のパラメータの影響を除去して個々のパラメータを精度良く押える手法を開発することが重要になってくる。本論文では最上部マントルのQ構造と沈みこむプレートの上境界の位置を精度よく求める手法を開発し、東北地方の上部マントルの構造を調べた。さらに、沈みこむプレート内の起震歪力の分布を詳細に調べ、求められた構造との関係について議論を行った。

従来、上部マントルのQ構造を推定する際には、震源スペクトル・ Q_p/Q_s 比・地殻内のQ値等を仮定していた。本論文では、これらの仮定を一切用いずにQ値を求める手法として、「二重スペクトル比法」を開発した。この方法は、二つの地震と二つの観測点が一列に並んでいて、震源が観測点から十分遠方にある場合に適用できる。この方法では、「観測点の下で構造が水平方向に急激に変化しない」という比較的ゆるい仮定のみが必要であり、震源スペクトルや Q_p/Q_s 比の仮定をまったく必要としない。観測点直下の地盤特性による影響も、この方法ではかなり良く除去することができる。また、この二重スペクトル比を重ねあわせることにより、 S/N 比を向上させて精度よくQ値を推定することができる。この方法を用いて解析した結果、東北日本弧上部マントルの Q_p 値は、太平洋と日本海の下で1500以上、内陸部の火山フロントの西側で170~300、東側で500~800と求められた。この結果は過去の研究で求められてきた Q_p 値の分布が大局的には妥当であることを確かめるとともに、従来あまりよく知られていなかった日本海の下での Q_p 値がかなり大きいことを示している。日本海沿岸で発生した過去の大地震の震度分布や、日本海の下を通る地震波の波形から見ても、日本海の下の上境界のQ値は少なくとも内陸部の火山フロントの西側よりも大きいと考えられる。

次に、稍深発地震の波形記録中に現われる変換波を用いて、内陸部直下でのプレート上境界面の位置を求めた。稍深発地震の水平動の記録を見るとPとSの間に顕著な位相が見られることがある。この位相のPとの時間差、振動軌跡、見かけ速度、振幅等から、この位相がプレート上境界面でのPからSに変換されたPS変換波であると解釈された。観測されたPS-P時間は、二重深発地震面の下の地震の場合では1~2秒程度上面の地震より系統的に短くなっており、この傾向は従来の単純なプレート・モデルでは説明することができない。そこで本論文では、二層構造プレート・モデルを仮定してプレート上境界面の位置を求めた。得られた構造は以下の

通りである。

- (1) プレートの表面には薄い低速度層があり、上面の地震はこの層内で発生している。
- (2) 低速度層とその下の高速度層での地震波速度は、標準的なマントルに比べてそれぞれ-6%、+6%速い。
- (3) プレート上部境界面は、少なくとも太平洋沿岸から火山フロント（深さ55kmから85km）にかけては、上面の地震のすぐ上側に位置している。

以上の構造を用いてPS波の理論記象を作り、観測波形との比較を行った。その結果、厚さ5km程度の低速度層を置くことにより、PS波の振幅及び継続時間や波形の特徴も説明できることがわかった。一方、下面の地震の波形記録中には、Pから約3秒後に上下動に卓越する位相が見られることがある。この位相は、下面の地震の波形に特有であることから、プレート上部境界面でSからPに変換されたSP波であると考えられる。S-S P時間からプレート上部境界面の位置を推定した結果、火山フロントから日本海沿岸（深さ95kmから130km）にかけてもやはり、上面の地震のすぐ上側にプレート上部境界面が存在していることがわかった。以上の様に、東北日本弧の内陸部の下では二重深発地震面の上面の地震のすぐ上側にプレート上部境界面が存在していることが本論文で確かめられた。稍深発地震からのPS変換波やSP変換波は他の地域でも見つかっており、またPS-S P時間やS-S P時間は震源の位置・発震時・各層内の速度にあまり影響を受けないため、プレート上部境界の位置を推定するうえで本論文の手法は非常に有効であると考えられる。

次に、沈みこむプレート内の起震歪力の分布を詳細に調べるために、従来の様な重ね合せのメカニズム解だけでなく、稍深発微小地震についてもP波とS波両方の初動の方向から個々の地震のメカニズム解を求めた。その結果、大局的には従来調べられてきたとおり、上面の地震は深さ約60kmまで（アサヒスミック・フロントの東側）では低角逆断層型が、それより深い領域ではダウンディップ・コンプレッション型が卓越しており、下面の地震ではダウンディップ・エクステンション型が卓越しているが、火山フロント付近の下では、上面の地震は正断層型が卓越していることがわかった。上面の地震のすぐ上側にプレート上部境界面が存在することは本論文で確かめられているので、上面の地震の分布の形状はプレート上部境界面の形状を表わしていると考えられる。上面の地震の震源分布は火山フロント付近で下方に折れ曲がっており、上記の結果を考えあわせると、一つの解釈として沈みこむプレートは火山フロント付近で実際に折れ曲がっており、その表面近くで正断層型の地震が発生すると考えられる。この様なプレートの折れ曲りや正断層型の地震は、マグマの発生や火山フロントの西側の低速度・低Q域と密接に関係していると思われる。一方、プレート内部の応力分布が上記の通り火山フロント付近で急激に変化しているにもかかわらず、上面の地震は連続的にほぼ一様に分布している。これは単純なプレート・モデルでは説明することができず、何らかの応力集中のメカニズムが働いているか、あるいはプレートの表面付近に破壊強度の弱い物質が存在していると考えられる。PS波から推定された薄い低速度層は、上面の地震の連続的な分布に深くかかわっていると思われる。

本論文では、東北日本弧の最上部マントルのQ構造、沈みこむプレート内の速度構造及びその上部境界面の位置について解析を行った。ここで用いた手法を他の地域に応用して、本論文で得られた構造が島弧-海溝系における一般的な構造であるのかどうか調べる必要があるであろう。また、Q値や地震波速度だけでなく、応力降下量や地震波の散乱、異方性媒質の分布等も調べることによって上部マントルの不均質性をより詳細に解明することが今後の課題であろう。

論文審査の結果の要旨

島弧―海溝系において、上部マントルの構造は巨大地震やマグマの発生に密接に結びついていると考えられる。従って、上部マントルの構造を詳しく調べることは、地震予知や噴火予知研究の上でも非常に重要である。

本論文ではまず従来、Q構造を推定する際に必要とされた仮定を用いずに精度よく最上部マントルのQ値を推定できる「二重スペクトル比法」を開発し、この手法を東北日本弧に適用した。その結果、東北日本弧の最上部マントルのQ_p値は、海洋下で1500以上、内陸部の火山フロントの西側で170～300、東側で500～800と求められた。この結果は過去の研究で求められてきたQ_p値の分布が大局的には妥当であることを確かめるとともに、従来知られていなかった日本海の下でQ_p値がかなり大きいことを示している。

次に、稍深発地震の波形記録中に現われるPS・SP両変換波を用いて、インバース法により東北日本弧下の沈みこむ太平洋プレート上部境界面の位置を精度よく求めた。従来ScSp波の解析により、日本海下でのプレート境界の位置は精度よく求められていたが、内陸直下での境界の位置は詳細には知られていなかった。本論文では、内陸直下においてもプレート境界が二重深発地震面の上面のすぐ上にあることを明らかにした。このように多量の変換波のデータを用いてプレート境界の位置をインバース法によって精度良く推定した研究はこれ迄にみられない。また、観測されたPS変換波とP波との走時差を説明するために、本論文では標準地震波速度構造より6%速度の遅い薄い低速度層と6%速い高速度層からなる二層プレート・モデルを提唱した。更にPS波の理論記象を用いて上記の二層プレートモデルを検証し、その結果厚さ5km程度の低速度層を置くことにより、観測されたPS波の振幅・継続時間・波形の特徴等も説明できることを確かめた。

上記の結果は、上面の地震が薄い低速度層内に発生していることを意味するが、著者は更にこの上面の地震の起震歪力の分布を詳細に調べ、火山フロントの下では起震歪力は他の領域のようなダウンディップ・コンプレッション型ではなく、正断層型が卓越していることを明らかにした。また、この正断層型の地震が発生する領域は上面の地震が下側に折れ曲がっている部分であることを指摘した。

以上の如く、東北日本弧の上部マントルの構造に関し、重要な新しい知見を得、島弧―海溝系のテクトニクスを研究する上で多大の寄与を与えたものと考えられる松澤暢提出の論文は理学博士の学位論文として適当と認める。