

氏名・(本籍)	ほり 堀	うち 内	しげ 茂	き 木
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	理	第	665	号
学位授与年月日	昭和56年5月27日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
最終学歴	昭和46年3月 東北大学大学院理学研究科 (修士課程)地球物理学専攻修了			
学位論文題目	THREE-DIMENSIONAL VELOCITY STRUCTURE OF THE CRUST BENEATH THE TOHOKU DISTRICT (東北地方の地殻内三次元速度構造)			
論文審査委員	(主査) 教授 高木章雄      教授 鈴木次郎 教授 平沢朋郎			

## 論 文 目 次

Abstract

Acknowledgments

Chapter 1 General Introduction

Chapter 2 Theory

2-1 Formulation of the Problem

2-2 Computer Program

Chapter 3 Testing with Artificial Data

Chapter 4 Three-Dimensional Velocity Structure of the Upper Crust beneath the  
Tohoku District

4-1 The Data

4-2	Three-Dimensional Velocity Structure of the Upper Crust
Chapter 5	Three-Dimensional Velocity Structure of the Lower Crust beneath the Tohoku District
5-1	Introduction
5-2	Velocity Structure beneath the Region near Kitami Array Stations
5-3	Lateral Variations of the Moho Depth
Chapter 6	Conclusions
References	

# 論文内容要旨

東北大学微小地震観測網が1975年にテレメータ化されて以来、P波、S波初動読み取りの時間精度は格段に高められ、震源決定精度は飛躍的に向上した。観測網の整備に伴って、自然地震の走時データから速度構造を詳しく決定することも可能になった。自然地震による速度構造決定の優れた点は三次元速度構造が決定できることであり、深部構造をも推定可能なことである。

この研究では、まず、自然地震の走時データを用いて地殻の三次元速度構造を推定する方法を開発する。次に、この方法を適用して、東北地方のコンラッド面とモホ面の深さ分布を求める。また、北上地震観測所の群列観測点で得られたデータの解析も行ない、東北地方の詳細な三次元速度構造を明らかにする。以下にこの研究の概要を示す。

## 第2章 理論

人工地震の解析から、日本の内陸下における花崗岩質層、玄武岩質層、および、マントル最上部でのP波速度はそれぞれ5.9km/sec, 6.6km/sec, 7.5km/secであり、この値は日本の内陸下でほとんど一定である。ところが、これらの速度を持つ層の境界面であるコンラッド面とモホ面の深さには大きな地域性が存在することが示されている。そこで、地殻の2層とマントル最上部のP波およびS波速度は一定であると仮定する。そして、コンラッド面とモホ面の深さ分布を未定係数を含む、べき級数で表わす。走時データが最も良く満足されるように、これらの未定係数、観測点補正值および震源要素を同時決定することにより、地殻の速度構造が3次的に推定される。

成層構造でない場合の走時を厳密に計算するには複雑な計算を必要とし、大量のデータを扱う場合には不適當である。ここでは走時の近似的な計算方法を開発した。計算は大変容易であり、近似計算による誤差は観測誤差に比べ、はるかに小さい。

さらに、仮に250個の地震を解析に用いるとすると、未知数の数は1000以上になり、正規方程式を解くことも困難である。この研究では、ある地震の震源要素は別の地震の観測値とは独立であるという条件を用いて正規方程式を簡単に解く方法を示した。

## 第3章 数値実験

震源要素も未知数であるから、未知数の総数は1000以上にもなっている。このため、解の安定性を調べることは最も重要なことである。そこで、適当な速度構造モデルを与えることにより計算される理論的な走時データを仮想データとして数値実験を行なった。その結果、3～4回の逐次近似を行なうだけで、解が収束し、一意な解が得られることが示された。

#### 第4章 東北地方上部地殻の三次元速度構造

東北大学微小地震観測網で観測された走時データを第2章に示した方法を用いて解析し、東北地方のコンラッド面の深さ分布と観測点補正值とを求めた。その結果、

- (イ)コンラッド面の深さは東北地方中央部で最も深く、約17kmである。東側と西側の海岸線付近では浅くなり、13~14km前後である。
- (ロ)東北地方北部におけるコンラッド面の深さは南部に比べ深い。
- (ハ)気仙沼-男鹿測線に沿う速度構造は、人工地震の解析から得られている。この測線の西側での結果はこの研究から得られた結果と誤差の範囲内で完全に一致している。しかし、東側での人工地震によるコンラッド面の深さは8kmであるのに対し、この研究でのそれは14kmである。この差は誤差の範囲をはるかに超えている。
- (ニ)データ・セットを変えてインバージョンを行なった。地震がほとんど起きていない北上山地の北部での結果を除き、異なるデータ・セットによるコンラッド面の深さは良く一致した。また、観測点補正值にも両者に大きな違いはみられない。
- (ホ)玄武岩質層ではP波速度を未知数にすると安定した解は得られていない。これは、人工地震の場合と同様である。

#### 第5章 東北地方下部地殻の三次元速度構造

第4章の解析結果で二つの重要な問題が未解決となった。一つは玄武岩質層の速度が求められなかったことであり、他は気仙沼-男鹿測線の東側での結果が人工地震の解析から得た結果と大きく違い、その原因を検討する必要があることである。そこで、北上地震観測所群列観測点で観測されたデータを解析した。その結果、玄武岩質層の速度は6.6km/secであることが明らかにされた。また、北上地震観測所の南南西で発生する震央距離80kmの地震の初動はPgである場合もあり、この観測事実はここで得られた東側の速度構造と矛盾しない。しかし、人工地震の解析結果はこれを説明できない。

群列観測点の解析から得られた値が玄武岩質層の速度であると仮定し、モホ面の深さ分布を求めた。得られた結果は

- (イ)東北地方のモホ面の深さは中央部で最も深く33kmである。海岸線に近づくと浅くなる。浅くなっている。
- (ロ)コンラッド面の結果と同様、東北地方の北側でのモホ面の深さは南側でのそれに比べて深い。
- (ハ)人工地震の解析によるモホ面の深さは東北地方中央部で28kmであり、この値はこの研究で得られた値に比べ5km小さい。

この研究の最も重要な結論は東北地方の東側におけるコンラッド面の深さが従来考えられていたような8km程度ではなく、14kmと深いことであり、モホ面の深さは中央部で33kmにも達していると考えられる点である。

## 論文審査の結果の要旨

地球上層部の変動帯(海嶺・島弧-海溝・トランスフォーム断層)のダイナミックスを知ることは地球の進化, 地震予知等の研究に直接結びつくので固体地球物理学の最重要課題の一つとなっている。その解明のためには当該地域のテクトニクス(造構造運動)を調べることが必要であり, その三次元的構造や地殻応力場の分布の研究が基礎となる。しかしながら, 従来二次元的速度構造の研究を除いてはほとんどこれらの研究は遂行されていなかった。本研究は地球上層部の三次元速度構造を究明するために高精度の自然地震観測データを用いる新しい手法の開発を行い, その方法を重要な変動帯である東北日本弧-日本海溝系を形成している東北地方内陸に適用し, 従来一部において得られている二次元速度構造と調和する三次元速度構造を得た。

1975年以降, 東北日本弧に位置する東北地方に微小地震観測網が整備され, 地震観測データの精度は格段と高められ, 自然地震の走時から速度構造を詳しく調べることが可能となった。従来の人工地震法ではその観測法の理由で二次元速度構造のみしか決定できない難点があったが, 著者は広域に分布する自然地震の精度高いデータを用いることにより三次元速度構造の決定が可能であることに着目し, その解析手法を開発した。著者は今まで得られた日本島弧下の上部・下部地殻の速度はそれぞれほとんど一定であることを参考にし, また, 北上群列観測網のデータを用いて, 地殻の2層とマントル上層部の速度を推定し, さらにコンラッド面とモホ面の深さ分布を未定係数を含む, ベキ級数で表わし, 観測された走時データを最もよく満足するようにこれらの未定係数, 観測点補正值および震源要素を同時決定し, それにより地殻の三次元速度構造を求めた。走時についてはその近似計算方法を開発し, 誤差を厳密に評価する一方, 震源要素を含めて多数の未知数を扱うので数値実験により解の収斂および安定性を充分吟味した。

その結果, 東北地方上部地殻の厚さすなわちコンラッド面の深さは平均的には中央部で最も深く約17km, 太平洋, 日本海沿岸にむかい浅くなり約13~14kmとなる一方東北地方北部の深さは南部に比較しやや深い値を得ている。また, 下部地殻についてはその下面すなわちモホ面の深さは中央部で最も深く33km, 東西海岸に近づくに従い浅くなっており, コンラッド面の傾向と同じく北部で深く南部で浅い傾向があることが明らかにされた。以上のように本研究では東北日本弧直下の広域にわたる速度構造が得られたこと, および東北地方東北部におけるコンラッド面の深さは従来考えられていた値の8kmではなく約14kmに達すること, また中央部ではモホ面が33kmであるという重要な結論を得た。

以上のごとく地殻の構造に関し重要な新しい知見を与え, 地球力学の研究に多大の寄与を与えたものと考えられる堀内茂木提出の論文は理学博士の学位論文として適当と認める。