

A Model of Earth's Structure Inferred from Free Oscillation Eigenperiods of Torsional Mode (ねじれ型地球自由振動の固有周期から推定される地球構造)

著者	小田 仁
号	612
発行年	1979
URL	http://hdl.handle.net/10097/24173

氏名・(本籍)	お だ ひとし 小 田 仁
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 612 号
学位授与年月日	昭和 54 年 3 月 27 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	A Model of Earth's Structure Inferred from Free Oscillation Eigenperiods of Torsional Mode (ねじれ型地球自由振動の固有周期から推定され る地球構造)
論文審査委員	(主査) 教 授 鈴 木 次 郎 教 授 高 木 章 雄 教 授 平 沢 朋 郎 助 教 授 浜 口 博 之

論 文 目 次

Acknowledgements

CHAPTER 1 GENERAL INTRODUCTION

- § 1-1 Introductory Remarks
- § 1-2 Attenuation of Seismic Waves
- § 1-3 Scope of This Thesis

CHAPTER 2 EFFECTS OF SOME PROPERTIES OF THE EARTH UPON TORSIONAL OSCILLATION PERIODS

- § 2-1 Introduction
- § 2-2 Evaluations of Fractional Shift in Torsional Oscillation
Period due to Some Properties of the Earth
- § 2-3 Discussions and Conclusions

CHAPTER 3 AN APPROACH TO THE ESTIMATION OF SHEAR WAVE
VELOCITY, DENSITY, AND ATTENUATION STRUCTURES
FROM EIGENPERIODS OF TORSIONAL OSCILLATION

§ 3-1 Introduction

§ 3-2 Effect of Physical Dispersion of Shear Wave upon
Eigenperiod of Torsional Oscillation

§ 3-3 Introduction of Inversion Process into Estimation of
Attenuation Structure of Shear Wave

§ 3-4 Discussions and Conclusions

CHAPTER 4 GENERAL THEORY OF INVERSION PROBLEM IN GEOPHYSICS

§ 4-1 Introduction

§ 4-2 Optimal Solution of Linear Integral Equation System for
Error-free Geophysical Data Set

§ 4-3 Optimal Solution of Linear Integral Equation System for
Erroneous Geophysical Data Set

§ 4-4 Specifications of Solution and Noise Autocorrelation Operators

§ 4-5 Discussions and Conclusions

CHAPTER 5 NUMERICAL EXPERIMENTS

§ 5-1 Introduction

§ 5-2 Preparations for Inversion

§ 5-3 The Effect of Physical Dispersion on Velocity Structure

§ 5-4 Simultaneous Inversion into Velocity, Density, and Attenuation
Structures

§ 5-5 Discussions and Conclusions

CHAPTER 6 INVERSION OF OBSERVED EIGENPERIODS OF TORSIONAL
OSCILLATION

§ 6-1 Introduction

§ 6-2 Data Set and Starting Model

§ 6-3 Results

§ 6-4 Discussions and Conclusions

CHAPTER 7 CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS FOR FURTHER STUDY

§ 7-1 Summary of Conclusions

§ 7-2 Suggestions for Further Study

REFERENCES

論 文 内 容 要 旨

従来、地球内部における実体波の速度構造は、その走時解析によって推定されて来た。一方、1960年のチリ地震以来、超長周期、及び長周期の地震学的観測器機の性能の発達は、地球自由振動、表面波等の長周期データを高精度に観測することを可能にした。これ等のデータは、地球内部の弾性的、非弾性的諸性質に関する情報を飛躍的に増加させている。

短周期データは、短波長の性質上、地球内部構造に対する分解能は高いが、構造の地域的变化の影響を受け易いことが知られている。これに対し、長周期データは、地域的变化の影響を受け難いが、分解能は低い。従って、長周期データは、平均的地球内部構造の推定に対して、有効であると考えられる。

本論文は、Torsional型地球自由振動の固有周期から、S波速度、密度、及びS波に対する減衰(Q)の構造を同時に推定することを目的とする。

実体波は、減衰によって物理分散を起すことが、理論的、及び実験的に証明されている。この実体波の物理分散が地球自由振動の固有周期に影響することは、容易に期待される。一方、地球自由振動の固有周期は、地球特有の諸性質（非弾性、構造の横方向の不均質性、地球の自転及び楕円性）によっても影響を受けることが考えられる。

第2章では、上述の地球の諸性質によるTorsional型地球自由振動の固有周期への影響を調べた。その結果、2700秒から300秒までのFundamentalモードの固有周期のずれは、0.2%以下であることが結論された。

第3章では、減衰によるS波の物理分散のTorsional型地球自由振動の固有周期への影響を調べた。この影響によるずれは、0.6%から1.3%程度であることが示された。従って、S波の物理分散による影響は、地球特有の諸性質によるそれに比較して、十分に大きいため、Torsional型地球自由振動の固有周期には、S波速度、密度構造に関する情報だけでなく、減衰に関する情報も含まれていると考えられる。故に、固有周期から地球内部構造を推定する際、固有周期は、速度、密度、及び減衰の構造へ同時にInversionされなければならないと結論される。

第4章では、Jordan and Franklin (1971)によって提出されたInversionの方法について、説明した。解くべき方程式は、初期モデルと求めるモデルの差をデータの残差に関係づける式で書くことができる。ここで、未知数が既知数よりも大きいことが、この方程式の特徴である。故に、一意な解を求めることは不可能である。そこで、方程式の解を、一意な解の線形平均で、且つ平滑化された形で求める。これは、解を初期モデルから大きくずれないように且つ大きく振動しないように求めることと等しい。従って、解は初期モデルに大きく依存する。得られた解に対する分解能はAveraging Kernelによって表示される。

第5章では、二種類の数値実験を行なった。データはG.B.Aモデル（S波速度、密度構造）とMM8（減衰構造）から Torsional 型地球自由振動の固有周期を計算し、これを人口的データとした。さらに、G.B.Aに対して、地球の質量、及び慣性モーメントを算出し、これ等をデータに加えた。

第一の実験は、S波の物理分散の影響を補正した固有周期から推定された速度構造と補正しないデータから求めたそれとを比較することである。ただし、この際、Inversionは、速度、密度構造に関して、マントル全領域において行なわれる。補正したデータから推定された速度構造は補正しないデータから求めたそれよりも、上部マントルにおいて4%程度早く求まる。一方、下部マントルにおいては、推定された二種の構造は、共に同程度の速度を持つ。故に、物理分散は上部マントルの速度を低く見積る原因となることが結論される。

第二の実験は、補正しないデータを速度、密度、減衰の構造へ Inversionし、得られた構造がG.B.A、MM8とどの程度一致するかを調べることである。推定された構造は、G.B.A、MM8とわずかな違いはあるが、その構造に対して計算された固有周期、S波の走時、及び Torsional 型地球自由振動のみかけの減衰(Q_L)は、G.B.A、MM8に対して計算されたそれ等と非常によく一致する。これは、推定された構造がG.B.A、MM8にはほぼ一致していることを示唆する。故に、固有周期から、減衰、速度、密度構造を推定することは、ある程度可能であると結論される。

第6章では、実際に観測された Torsional 型地球自由振動の固有周期、地球の質量及び慣性モーメントをデータとして、S波速度、密度、減衰の構造を推定した。その結果次の事項が明らかにされた。

- 1) Lithosphere は約 30 km の厚さを持ち、その平均速度及び密度は、それぞれ 4.75 km/sec 及び 3.50 g/cm^3 と見積られた。
- 2) 上部マントルに低速度層を見出すことができる。低速度層の上部は 65 km の深さであるが、下部の深さははっきりしない。この領域の速度は 4.54 km/sec であり、この値は、低速度層において考えられている物質の、室内実験によって測定された速度と調和的である。
- 3) 負の勾配をもった密度分布が、上部マントルに存在する。特に 410 km の深さの近傍において、低密度の領域が見出された。
- 4) 38 km から 85 km の深さに Low Q Zone が存在する。この領域のQ値は、MM8 の値と大体一致する。また、190 km と 410 km の深さの近傍において、それぞれ、比較的高いQ値と低いQ値が存在する。さらに、500 km から 1000 km の深さでは、MM8 よりも減衰の大きい構造が推定された。
- 5) 410 km, 600 km, 800 km の深さで、速度、密度分布の勾配に変化が見られる。これらの深さは、マントル物質の相転位が考えられている深さと調和的である。

論文審査の結果の要旨

小田仁提出の論文は「ねじれ型地球自由振動の固有周期から推定される地球構造」と題し、7章からなっている。第1章では過去の研究の紹介とその問題点及び本論文の目的について述べている。第2、3章では地球の固有振動周期に及ぼす地球の自転、楕円性及び横方向の不均質性の影響をしらべ、これらはいずれも0.2%以下であり、地球内部の減衰性の影響に比して小さく、よって固有周期から減衰の構造を充分求めうることを示している。第4章では地球の固有振動から地球内部の地震波速度、密度、及び減衰の分布を同時に求める方法について述べている。この方法の特徴としては、未知数の数が多いため一意的に解を求めることはむずかしいが、平均的な平滑化された形の解を求めることは可能である。すなわち得られる解は初期モデルから大きくはずれることのないように、また大きく変動することのないような解を求めることを意味している。このような方法は速度、密度、減衰に関するデータの確かさが著しく異なる現在のような問題には適した方法といえる。第5章ではこの方法で得られる解の存在やその確かさについての数値実験の結果を述べている。第一の数値実験では減衰のために生ずる地震波の物理分散の補正を行ったデータと補正しないデータから求められる結果を比較し、物理分散の補正をしないと上部マントルにおける速度を低く見積もる可能性があることを示している。また第二の実験として補正を加えないデータから速度、密度、減衰を同時に推定するとよい精度で正しい結果を得られることを示している。第6章では実際の固有振動周期から速度、密度、減衰を求めている。その結果得られたモデルの特徴として、(1)リソスフェアの速度、密度は4.75 km/sec、3.50 g/cm³でありその厚さは約30 kmである。(2)上部マントルには低速度層があり、その速度は4.54 km/secと求められ、岩石の室内実験の結果とよく合っている。(3)上部マントルに負の密度勾配を持つ部分がある。(4)上部マントルにQ値高低の部分がみられ、1000 kmより深い部分では従来のモデルよりQ値は小さい。(5)上部マントルにいくつかの速度及び密度の勾配が急変する所があるが、これはマントル物質の相転位の深さと調和的であるといった諸点があげられる。

以上の結果本論文は複雑な問題に対し充分慎重な取り組みをして、地震学上興味深い知見を与えたものとして評価される。

よって小田仁提出の論文は本人が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示しており、小田仁提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。