

論文審査の結果の要旨

氏名 藤澤 和浩

本論文は 6 章からなる。第 1 章はイントロダクションである。地震学的に求められる地球内部の地震波速度構造および減衰(Q)構造から、地球内部の温度不均質や流体存在などの情報を取り出すためには、岩石の非弾性特性を明らかにすることが重要であることが記載されている。第 2 章では、従来の研究から得られている非弾性に関する知見を理論および実験の両側面からレビューし、これを踏まえて本研究の問題意識が述べられている。レビューでは、弾性定数の緩和強度 Δ （地震波速度分散の大きさを表す）と減衰 Q の関係、観測データから求められている地球内部の Q 特性、これまでに考えられている非弾性のメカニズムである粒界すべり、 Q の周波数依存性と温度依存性の関係など、非弾性の基礎的事項が解説されている。そして、本研究における問題意識として、

- (1) Q の周波数依存性を表す因子 α の値を決定することの重要性
- (2) 粒界すべりの総緩和強度 Δ の温度依存性の有無を調べることの重要性
- (3) P 波減衰と S 波減衰の比 Q_P/Q_S を調べることの重要性

の 3 点が述べられている。これらについての研究成果が第 3 章以下で詳しく述べられている。

第 3 章では、多結晶体の粒界すべりによって生じる緩和強度 Δ を理論的に予測するための新しい理論モデルの開発を行った。媒質が流体相を含む場合および含まない場合について、粒界すべりの周波数帯域より高周波数帯の非緩和状態、及び低周波数帯の緩和状態での体積弾性率と剛性率を計算して Δ を求め、P 波減衰 Q_P と S 波減衰 Q_S の理論的予測を行った。粒界すべりは微視的には剪断変形で散逸を生じるメカニズムであるため、流体など力学物性の異なる物質が混在しない場合には、体積変形による散逸が生じず、 $Q_P/Q_S=2.25$ となる。しかし、固体粒子+流体ポア系では、巨視的に等方的な応力を印加し体積変化させた場合であっても、粒界に法線応力のみならず剪断応力がはたらき、粒界すべりによる散逸が生じる。特に、流体ポアの分布に異方性がある場合には、波の伝播方向によっては、 $Q_P/Q_S=1.75$ 程度と、観測で捕捉可能な変化が生じることを明らかにした。

第 4、5 章では、多結晶体の非弾性を実験的に測定するための新しい手法の

開発と、実験結果が述べられている。

第4章では、超音波周波数帯(100kHz-1MHz)における媒質の弾性波速度と Q を求める新たな手法を開発した。トランスデューサの周波数特性と、有限サイズの震源から放出される弾性波の回折の効果とを理論的に導出し、超音波トランスデューサで送受信される波形からこれらの効果を補正することにより、試料の弾性波速度と Q を推定した。アクリルや液相を含む多結晶試料を用いて実験を行い、開発した手法の有効性を確認した。

第5章では、地震波周波数帯(1mHz -10Hz)における非弾性特性を明らかにするために、縦変形型周期変形実験装置を新規に開発し、岩石のアナログとして有機物の多結晶試料を用いて非弾性測定実験を行った。この装置では、微小歪 (10^{-5}) に対しても負荷と変位の位相差などを正確に測定できるようにするために、分解能が $0.01\mu\text{m}$ のレーザ変位計を用いるなどの工夫がなされている。開発した装置を用い、問題意識(1)-(2)で述べた因子 α の測定と、 Δ の温度依存性の有無の推定を行った。 α については、オリビン多結晶について報告されている $\alpha \doteq 1/4$ とは異なる $\alpha \doteq 0$ を得、 $\alpha \doteq 1/4$ が普遍的に現れるわけではないことを示した。測定された Q の温度依存性は、 Δ に温度依存性がなくかつ非弾性が熱活性化過程に従うときの温度依存性と周波数依存性 ($\alpha \doteq 0$) の関係に整合的であることを示し、 Δ には温度依存性がないと結論した。

第6章には結論の要約が記載されている。

以上のように、地震学的観測可能量である Q を定量的に解釈し、地球内部の状態について適切な情報を取り出すために、独創的な理論的・実験的研究を行った。得られた結論の一部については、地球内部に応用するに当たって、岩石と有機物多結晶の違いについての更なる研究が必要であるが、本研究において開発された理論(第3章)、実験データ解析手法(第4章)、実験装置(第5章)はいずれもこれまでにない新しいものであり、将来的にも地球内部物質の力学物性の理解と解明に大きな貢献をすることが期待される。以上のことから、本研究は博士の学位を受けるのにふさわしい優れた研究と認める。