

論文審査の結果の要旨

氏名 野田 朱美

本論文は 6 章から構成され、島弧地殻の非弾性変形を理論とデータ解析の両面から扱ったものである。第 1 章は緒言であり、これまでの研究と対比しつつ、本論文の位置づけと構成が明確に述べられている。

第 2 章は、島弧の地殻変形についての理論が展開されている。従来、永年的に蓄積される非弾性歪みを求めるには、観測歪みからプレート境界での力学的相互作用に起因する弾性歪みを差し引けばよいとされてきた。しかし、非弾性歪みの発生は周辺域に弾性歪みを引き起こすので、この考えは明らかに不合理である。本章では、その不合理性を指摘し、新しい考え方を提示した。具体的には、先ず、Backus & Mulcahy の定義式に基づいて、脆性破壊や塑性変形に伴う非弾性歪みの発生がモーメントテンソルの物理的実体であることを示した。次に、非弾性歪みが発生する前後の平衡方程式の差を取って全領域で積分することにより、脆性破壊や塑性変形に伴って発生する非弾性歪みの総量は周辺域で解放される弾性歪みの総量に等しいという“総歪み量保存則”を導いた。そして、島弧地殻の変形をプレート運動に起因する広域弾性歪みが脆性破壊や塑性変形によって局所的な非弾性歪みに変換される過程として捉える見方を提示した。総歪み量保存則は、地質学における“変形累積の法則”を物理的・定量的に表現したものに他ならず、地質学的調査と地球物理学的観測を仲介する極めて重要な法則で、その導出の意義は極めて大きい。

第 3 章では、モーメントテンソルを介した GPS データの 3 次元歪み解析の原理について述べられている。従来の幾何学的歪み解析では、水平歪み 3 成分しか求めることができず、また観測された歪みを弾性部分と非弾性部分に分離することも不可能であった。本章では、これらの問題を一举に解決するため、地殻変形の原因をモーメントテンソルで表現し、物理モデルを介した歪み解析によって 3 次元弾性/非弾性歪み速度場を分離して推定する理論を構築している。即ち、地殻を多数の弱面を含む線型弾性体とし、そこで生ずる脆性破壊や塑性変形をモーメントテンソル分布として記述すると、それによる地表変位場は理論的に計算されるので、観測変位データからモーメントテンソル分布を推定する逆問題が設定できる。モーメントテンソル分布が求めれば、それによる弾性歪み場は理論的に計算できる。一方、非弾性歪み場は、モーメントテンソル分布に弾性コンプライアンステンソルを作用させることで、直接得られる。こうして、従来は不可能であった弾性歪みと非弾性歪みの分離が可能になる。この章においては、従来の手法の問題点を的確に捉え、それを克服する独創性の高い理論を構築した。

第 4 章では、第 3 章の理論に基づいた逆解析手法を定式化し、模擬データによるテストと実際のデータへの適用を行い、その有効性を定量的に検証している。具体的には、先ず、モーメントテンソル分布を基底関数の重ね合わせで表現し、その係数をモデルパラメータ

とした観測方程式を導いている。逆解析は、観測方程式を規格化した上で、Lanczos の特異値分解の方法を適用して行っている。この方法は、係数行列の固有値問題に帰着するが、ゼロに近い固有値をどこで打ち切るかに任意性が残されていた。本章では、規格化された観測方程式の Lanczos 逆行列による解が最尤解であることを証明し、客観的モデル選択の規準として赤池の情報基準 (AIC) が適用できることを示した。模擬データによるテスト解析では、モーメントテンソルの等方成分と偏差成分への分解が十分可能で、現在の GPS 観測網でも 3 次元的非弾性歪みの全体的特徴が捉えられることがわかった。実データによる解析は、中部日本の新潟-神戸変形集中帯に対して行われた。その結果、弾性体積収縮が地表近くに集中するのに対し、非弾性剪断変形が上部地殻深部で進行しているという結果を得た。これは、解析領域のテクトニクスとも対応した、興味深い成果として大いに評価すべきであろう。

第 5 章は、議論に当てられ、先ず、垂直変動データを加えた場合の逆解析手法の拡張性について考察している。更に、中部日本の新潟-神戸変形集中帯の解析から得られた弾性/非弾性歪み場を用いて実効剛性率を求め、それが地殻の平均剛性率に較べて極めて小さいことから、この地域の上部地殻では剪断変形が支配的であることを示した。

最後に、第 6 章はまとめであり、本論文の成果を簡潔に要約している。

尚、本論文の第 2 章及び第 3・4 章は、東京大学大学院理学系研究科・教授・松浦充宏氏の指導の下での研究であるが、論文提出者が主体となって理論構築及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分と判断する。

よって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。