

論文審査の要旨

氏名 橋間 昭徳

本論文は6章から構成され、弾性層・粘弾性層からなる多層構造媒質中のモーメントテンソルによる内部変形を理論的に取り扱ったものである。第1章は、緒言であり、これまでの研究との対比によって本論文の位置づけが明確に述べられている。弾性論の枠組みでは、内部力源は2階対称テンソルであるモーメントテンソルを用いて一般的に表現できる。しかし、実際の地球上で観測される長い時間スケールを持つ変動を扱うには、レオロジーを考慮した弾性層・粘弾性層からなる多層媒質についての表現式を導出しなければならない。この場合、まず多層構造弾性体における表現式を求め、それに“対応原理”を用いて粘弾性効果を導入するのが一般的である。しかし、モーメントテンソルによる多層構造弾性体内の変形の一般的な表現式は、これまで求められていなかった。本論文では、この一般的な表現式を初めて導出した。

第2章では、無限均質弾性体内のモーメントテンソルによる変形場を扱っている。この場合の解は直交座標系において既に求められている。本論文では、多層構造媒質における変位場導出の準備として、この解を、それと等価な円筒座標系における変位ポテンシャルの形で導き直した。その結果、多層構造の場合の変形場への拡張が伝達行列を用いて可能となった。この変位ポテンシャルはモーメントテンソル全ての成分の変形を含む一般的な表現で、本論文の重要な成果の一つである。これによって弾性体/粘弾性体の変形を統一的に扱うことが可能となった意義は大きい。

第3章では、まず、第2章で求めた無限均質媒質中の変形場の表現式を多層構造弾性体の場合に拡張した。この拡張は、伝達行列を用いて行われており、前章の成果である変形場のポテンシャル表示があつてはじめて可能となったものである。更に、伝達行列の適用には数値的不安定の問題があるが、この問題を、一般化伝達行列を用いて回避した。ここで求められた多層構造弾性体の変位場の表現式は、モーメントテンソル全ての成分に対応する完全なもので、数値的計算上も安定であるという点で、過去の研究に比べて格段に優れたものである。次に、実際の地球の構造に合わせた弾性層・半無限粘弾性層構造を考え、多層構造弾性体の解に対応原理を適用することで、粘弾性の効果が入った場合の“準静的変形場”の表現式を導出した。この章の最後の部分では、特に開口亀裂による変位場を実際の数値計算で求めた。これは、第4章で取り扱う背弧海盆拡大のプロセスを念頭においたもので、垂直な開口亀裂による変形場の空間的な特徴、時間的な変化を論じている。

第4章は、前章までの理論の応用として背弧海盆発達過程のシミュレーションを行っている。プレート境界における力学的相互作用は、境界面上のモーメントテンソルによる力源の分布によって表すことができる。これまでは、開口亀裂に対しての理論的表現式が出されていなかったため、発散型プレート境界の相互作用は表現することができなかった。

本研究の成果により、発散型のみならず様々なタイプのプレート境界を数学的に統一した形で表現することができ、特に背弧海盆を伴う沈み込み帯のように発散型も含んだ複合的なプレート境界の変形を取り扱えるようになった。本研究では、最も顕著な背弧拡大を示すマリアナトラフを念頭におき、プレート沈み込みと背弧拡大のプロセスをカップルさせたシミュレーションを行った。その結果によれば、定常的なプレート沈み込みに伴ってプレート上盤側の伸長応力場が形成と、開口亀裂の生成による背弧拡大開始に引き続き、この亀裂生成によってプレート境界は海洋プレート側に押し出される。このためにプレート境界の剪断応力が増加し、プレート沈み込み速度の局所的増大をもたらす。その結果として背弧域の伸長応力場が更に増大し、背弧拡大が進展するというフィードバックが働くことがわかった。第 5 章は、議論に当てられている。前半では、本論文の理論的成果をこれまでの研究と比較し、その優れた点を簡潔に説明している。後半はシミュレーションに関する議論であり、本論文のモデルで実際のマリアナトラフの変形を説明しきれない原因等について言及している。しかし、幾つかの不十分な点があるものの、本論文のシミュレーションは、背弧拡大のプロセスをプレート運動と開口亀裂生成のメカニズムをカップルさせて定量的に説明したもので、大変興味深いものとして評価できる。第 6 章はまとめであり、本論文の研究が簡潔な形でまとめられている。

以上、本論文はモーメントテンソルによる多層構造弾性体内の変形の一般的な表現式をこれまでにない完全な形で導出し、それを粘弾性構造における変形にまで拡張した。更に、この理論を応用することで、背弧海盆拡大の物理モデルを提出した点で高く評価される。

尚、本論文の第 2 章、第 3 章は松浦充宏・深畑幸俊・高田陽一郎氏との共著であるが、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。