

## 論文審査の結果の要旨

氏名 鹿倉 洋介

本論文は全五章からなる。第一章では、先行研究のレビューおよび本研究での戦略、基本的考え方が述べられている。沈み込み帯では、数千年から数百万年スケールにおいて、沈み込みに伴う力学的作用により流動・変形場が形成され、温度構造が改変される。さらに、温度構造の改変により流動学的な構造が改変され、変形場を改変する。この相互作用が進行する沈み込み帯の変形・温度構造の発達を数値シミュレーションするには、1) プレート間相互作用の合理的表現、2) 物性構造の適切なモデル化、3) 力学的過程と熱的過程の相互作用、の3点が重要となる。第一章では、本研究でこれら3点がどのように扱われたかが概観されている: 第一の点をプレート境界における変位不連続により合理的に表現し、第二の点を複雑な物性構造を扱える有限要素法 (FEM) によりモデル化した。第三の点については、力学 FEM モデルと温度変化を扱う熱的 FEM モデルとを、流動学的特性を規定する温度依存構成式により結びつけ、力学的過程と熱的過程の相互作用を扱うカップルモデルを構築した。

第二章では、まず定式化および長期の内部変形速度場を計算する力学 FEM モデルが示されている。沈み込みプレート(弾性)が上盤側プレート(弾性)の下に沈みこみ、粘弾性領域であるアセノスフェアへと降下していると仮定する。プレートの定常沈み込みは、プレート境界における変位不連続により表現する。この設定で、変形速度場は、時間領域において弾性・粘弾性の混合媒体で境界値問題を解くことにより求められるが、この解を得るのは一般に非常に難しい。そこで、弾性・粘弾性問題の等価定理を適用し、解きやすい形式に変換することで、プレート沈み込みに伴う内部変形速度場を求めた。その上で FEM を用い、プレート境界における変位不連続を Split Node 法により表現した。第二章の後半では、この手法が沈み込み帯における長期の変形評価に応用されている。計算条件は、2000 km × 500 km の2次元領域を計算領域として密に分割し、境界の影響を減衰させるため、密分割領域の周囲に粗い分割域を加えた。水平成層構造を仮定した場合、今回構築した FEM モデルにより計算した長期の速度場はほぼ Fukahata & Matsu'ura (2006) による解析解による計算結果と一致した。弾性領域であるスラブの、上盤側プレート下への沈み込みを考慮したモデルでは、水平成層構造モデルに比べ、上盤側の隆起速度は顕著に速くなった。次に、沈み込みプレートの厚さを変えて計算したところ、プレートが厚くなるにつれ、上盤側の隆起

域と海溝付近の沈降域は広がり、それぞれの隆起速度と沈降速度は速くなった。上盤側プレートの厚さを変えた場合は、プレートが厚くなっても沈み込みパターンは変わらないが、上盤側プレートにおける隆起速度は有意に変化した。これらの結果は、実際の地球において、リソスフェアの厚さに対応する海洋底年代と、隆起沈降速度に対応する重力異常とが、対応関係にある可能性を示唆する。

第三章では、前章で述べられた力学的 FEM モデルに加えて、熱拡散・移流による温度変化を計算する熱的 FEM モデルが構築され、さらに沈み込み帯における力学的－熱的構造の連性発達モデルが構築される。まず、ある時間におけるプレート沈み込みによる内部変形速度場を計算する。次に、得られた速度場から熱の拡散・移流による温度変化を計算する。さらに、得られた温度場からリソスフェア－アセノスフェア境界を更新し、次の時間ステップにおける内部変形速度場の計算に用いる。このような計算アルゴリズムに基づき、500 万年間のプレート沈み込み帯における力学的－熱的構造の発達過程を明らかにした。その結果、沈み込みの開始から時間が経過するにつれ、上盤側隆起域のリソスフェアが薄くなり、この地域の隆起速度が速くなった。このシミュレーション結果は、力学問題と熱問題の相互作用がプレート沈み込み帯における地形発達の重要な支配要因であることを示している。

第四章では、モデルの適用性、限界を踏まえた上で、計算結果と観測（地形、隆起・沈降、重力異常、熱流量等）との対比が行われている。特に、沈み込むプレートの厚さと重力異常の強度・分布の間に明瞭な対応関係が存在し、南米、アリューシャン、日本列島において、古く厚いプレートの沈み込みが、より強い重力異常に対応していることが確かめられた。第五章では、本論文全体のまとめがなされている。

以上のように、これまで取り扱いの難しかった粘弾性体としての沈み込み帯の変形を適切にモデル化し、さらにそれらを熱構造とカップリングさせて解くことに初めて成功した。なお、本論文第二章と第三章は、松浦充宏氏、深畑幸俊氏、中島研吾氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって定式化、モデル構築、解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。