

学位論文審査の結果の要旨

氏 名	土田 真愛
審査委員	主査 亀山 真典 副査 西原 遊 副査 堀 利栄

論 文 名 上盤プレートの力学的性質によって誘起されるプレート沈み込み帯
ダイナミクスの多様性に関する 2 次元数値シミュレーション研究

審査結果の要旨 (2,000 字以内 標準書式：日本工業規格 A4, 11 ポイント, 左右余白 25mm)

土田真愛氏は本研究において、固体の岩石からなる地球マントルの流動についての 2 次元数値流体力学シミュレーションを行い、世界各地で観測されるスラブ（マントル中に沈み込んだプレート）の形態の多様性、さらにはプレート沈み込みに伴うマントル内の流れと上盤プレートとの相互作用といった沈み込み帯全体のダイナミクスの多様性の理解を試みた。具体的にはまず、沈み込む側と（沈み込まない）上盤側の双方のプレートで浅部の剛体的な運動を強制したモデル（研究 1）、および上盤側のプレートには自由に運動・変形することを許したモデル（研究 2）の 2 種類のモデルを開発した。さらにこれらのモデルを用いて数値流体力学シミュレーションを実施し、沈み込み帯のダイナミクスを検討した。

【研究 1】では、地球の上部マントルと下部マントルの間の遷移層（MTZ）で停滞する「スタグナントスラブ」の形成やその下部マントルへの崩落といった過程に注目し、上部-下部マントル間の鉱物相転移や粘性率の違い、さらにはプレートの沈み込み口である海溝の移動速度とその時間変化の影響を調査した。まず海溝移動速度が時間的に不変であると仮定したシミュレーションでは、各パラメータの組み合わせによってスラブの挙動が多様に変化し、下部マントルへ「貫入」するものや MTZ 底部で「長時間停滞（LS）」あるいは「短期間停滞（SS）」したのちに下部マントルへ崩落するものなど、瞬間的なスラブの形態に基づいて従来から知られていた 5 つの基本形だけでなく、「下部マントルへの貫入や崩落を経験した後に MTZ 底部で停滞」するという特異なタイプも発現することを見出した。次に、海溝移動速度の時間変化を考慮したシミュレーションにより、海溝後退の停止によってスタグナントスラブの崩落が誘発されること、さらには海溝後退の停止のタイミングとスタグナントスラブの発達との兼ね合いによって例えば「地震学的不連続面の知られていない深さの下部マントル内で停滞しているようにも見える」特異な形態をも再現できることが分かった。

【研究 2】では、沈み込んだスラブや周辺のマントルの流れ場に上盤プレートの挙動が与える影

響を検討するため、【研究 1】で使用したものから上盤プレート浅部での強制的な剛体的運動を除去したモデルも追加して数値流体力学シミュレーションを実施した。その結果、スラブ周辺のマントル内の流れ場には上盤プレートの力学的性質の違いによって顕著な相違が観察された。特に LS タイプが発現する条件において 2 つのモデルの結果を比較すると、流れ場の違いは沈み込んだスラブの停滞に関係して誘起されるマントル上昇流の発生位置の違いとして特徴的に表われることが分かった。具体的には、【研究 1】のモデルではスタグナントスラブの折れ曲がり部分で起こった局所的なロール状対流から上昇流が発生する。これに対して、上盤プレートが自由に運動・変形する【研究 2】のモデルでは、スラブの沈み込みによってスタグナントスラブの先端付近が水平方向の圧縮を受けた結果、この領域のマントルから上昇流が発生するようになることが示された。

本研究の結果から、マントル中に沈み込んだスラブの挙動は、粘性率に代表されるマントルやプレートの物性のみならず、海溝やそれを含んだ上盤プレートの挙動に大きく影響されていることが示される。例えば、世界各地の沈み込み帯で観測されるスラブ形態の多様性には、海溝移動の有無やその時間変化も含んだテクトニクス史の違いが反映されていると解釈できる。またスタグナントスラブに関係して発生したマントル内上昇流は海溝から十分離れた上盤プレート内でみられる火山活動の原因となり得ることに加え、こうしたプレート内火山と海溝との距離の違いは上盤プレートの力学的性質の違いに由来していることが示唆される。

以上のように本学位論文においては、学術的に非常に意義のある研究テーマが設定され、新規性・独自性などの面からも適切に研究がなされている。また、提出された学位論文に関する成果は、1 編の論文として国際学術雑誌に既に公表されていることから、十分な研究成果が得られていること、およびそれに基づいた適切な議論や考察がなされていると評価できる。さらに本学位論文は、研究倫理と当該専門分野が定める要請に則り、適切な形式・構成で記述されていることも確認できる。

本学位論文の公聴会は令和 3 年 2 月 15 日にオンラインで開催し、約 40 分の論文発表と約 30 分の質疑応答が行われた。