

(第3号様式)(Form No. 3)

学位論文要旨 Dissertation Summary

氏 名 (Name) 土田 真愛

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

(Dissertation Title) 2-D numerical studies on the variety of dynamics of subducting plates and
surrounding mantle affected by mechanical nature of overriding plates

本研究では、地震波トモグラフィーによって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、さらには沈み込んだスラブ挙動に伴うマントル内の流れと上盤プレート挙動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に関する理解を深めることを目指し、2次元円環状モデルを用いたマントル対流シミュレーションを行った。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の運動を強制したモデル（研究1）、および自由に運動・変形する上盤プレートを含んだモデル（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的シミュレーションを実施し、沈み込み帯におけるプレートとマントルのダイナミクスを検討した。

【研究1】ここでは、マントル遷移層（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-下部マントルの間の鉱物相転移や粘性率の違い、さらには海溝移動速度とその時間変化がそれらに与える影響を調べるシミュレーションを実施した。まず海溝移動速度が時間的に不変であると仮定した一連の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、多様なスラブ挙動の再現に成功した。これらの中には、下部マントルへ「貫入(P)」するものや MTZ 底部で「長時間停滞 (LS)」したり「短時間停滞 (SS) した後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た従来の分類によっても知られていた5つの基本的なタイプだけでなく、「スラブが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 (pS: stagnation after penetration および cS: stagnation after collapse)」という特異なタイプも含まれていることを見出した。これらの特異な2つタイプはいずれも、ある時刻においては SS タイプに類似したスラブの形態を示すことから、従来の分類法では見落されていた可能性がある。次に、海溝移動速度の時間変化を考慮して行った一連の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下部マントルへ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」特異な崩落様式をも再現できることが分かった。

【研究2】 研究1で使用していたモデルでは上盤プレートは剛体的にふるまい「海溝」と同じ速度で移動すると仮定していたのに対し、ここではその仮定を排したモデルを用いて同様のシミュレーションを行い、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した。まず MTZ 底部付近で発現するスラブの挙動を研究1のものと比較した場合、スラブが上部マントル内に留まりにくくなる傾向がわずかにあったものの、定性的には大きな違いは見られなかった。それに対して、スラブ周辺のマントル内の流れ場には上盤プレートの特性の違いによって顕著な相違がみられた。例えば 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、研究2のモデルに対してのみ、沈み込んだスラブの先端が MTZ 底部に到達して停滞が始まる際にスタグナントスラブの先端付近のマントルから上昇流が発生することを見出した。流れの応力場の解析によると、この上昇流はスタグナントスラブから水平方向に押されたことによる圧縮を受けて生じた反流であることが確認できた。さらにこの上昇流が上盤プレート直下まで到達した際に、そこで 100 MPa程度にも及ぶ水平引張応力を背弧域に発生させることが可能であることが示された。

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、スタグナントスラブの形成とその下部マントルへの崩落メカニズムにおいて、海溝移動の有無やその速度の時間変化といった沈み込み帯ごとのテクトニクス史の違いが重要な役割を担うことを示唆しており、言い換えれば、実際の沈み込み帯における沈み込むスラブ形態の多様性は、海溝移動の歴史の違いを反映している可能性が考えられる。また上盤プレートの挙動によってスタグナントスラブに関係したマントル内上昇流の発生する場所が変化するが、とりわけスタグナントスラブの先端付近から発生した上昇流はプレート内火山活動を始めとする上盤プレート内の地質現象の原因にもなり得ることが示唆される。