

論文審査の結果の要旨

氏名 内 藤 和 也

本論文は6章から構成されている。第1章はプレート沈み込み初期段階に関する既存研究のレビューである。本章では、1) 野外調査では難しい長時間スケールにおけるプレート収束帯の発達過程、2) アナログモデリングでは難しいスケーリングによる影響、3) 既存の数値モデルでは難しいすべり面の自発的発達の過程の様相を解明するためにDEM法を導入したと述べられている。

第2章は5項目から構成され、DEM法の原理、本論文で初めて提案された拡張DEM法と計算プログラムさらに、拡張DEM法で採用した要素集合の物性を検証するための仮想一面剪断数値試験とその結果が述べられている。拡張DEM法は、地球内部のbrittleな挙動を反映させるため、要素間の弾性を扱う際に通常用いられるelastic coefficientの代わりにYoung's modulusを計算に用いた要素 (strainモデル) と、地球内部のductileな挙動を反映させるため、反発力の増分が要素間距離によって変化する性質を持つ要素 (balloonモデル) からなる。本論文では垂直応力に比例して最大剪断応力値も増加することをbrittleな挙動、垂直応力によらず最大剪断応力値は一定であることをductileな挙動、内部摩擦角が小さいほど、要素集合はductileである、と解釈している。

第3章は7項目から構成され、プレート沈み込みシミュレーションのモデルと、その結果について述べられている。大陸プレートはbrittleな上部大陸地殻、ductileな下部大陸地殻、brittleな大陸性マントルから構成され、海洋プレートはbrittleな軽い海洋地殻と冷えた重い海洋マントルから構成されている。大陸プレートと海洋プレートの下にはductileなアセノスフェア (ductileで高密度) が存在する。各層の物性パラメータは仮想一面剪断試験の結果により調整されている。大陸プレートおよび海洋プレートを模した要素集合を並べて収束境界モデルが構築され、これを水平方向に圧縮することによる変形様式がシミュレーションされている。シミュレーションは以下の4つの場合が行われた。1) 大陸プレートと海洋プレートが接する場合、2) 海洋プレートと海洋プレートが接する場合、3) 厚さ (時代) の異なる海洋プレートが接する場合、4) 大陸プレートと海洋プレートが一旦伸張しその後圧縮される場合。シミュレーションの結果1) と4) では海洋プレートが、3) では古いプレートの沈み込みが開始されることが判明した。

第4章はシミュレーション結果について議論されている。まず、沈み込みの様式は形態変化から3段階に区分している。第1段階では2つのプレート境界 (初期条件では垂直) が沈み込むプレート側に回転する。第2段階では境界で

滑りが開始され、沈み込むプレートの先端部に団子状の頭が形成される。第3段階ではプレートの先端が成長するに伴い密度差が増大し沈み込みが促進されていき、上盤側の境界近傍にマントルウェッジが形成される。また、下盤の地殻にdecollementが出現し付加プリズムが発達する。また、1) の場合では海溝地形が発達する。

次にスラブ内の応力分布をstress chain networkで解析している。その結果から、スラブ内の応力はdown-dip extensionであり、スラブ内の断層はプレート沈み込みの方向から共役45°方向に発達すると解釈している。

最後にslip event解析から要素間のすべりが頻発する領域を検出し、slip eventはスラブの沈み込み開始に伴って収束境界下部付近に集中し、その後スラブの伸長に伴い上半分にslip eventを引き込みつつ発達すると解釈している。もし、スリップイベントを地震に相当するものと考えれば、スラブ上半分に現れたスリップイベントはWadati-Benioff帯を表現していると解釈している。

本論文では新たに開発した拡張DEM法を用いてプレート沈み込みの初期過程をシミュレーションで再現している。その結果から密度差を持つプレートが接した境界では、プレート全体を横切るような断層面を前もって仮定しないでも、圧縮に伴うプレート境界面とスラブの変形によりプレートの沈み込みが開始する可能性が示唆されている。

以上のように本論文では将来、様々な展開が期待される手法を開発し、沈み込み開始の興味深い結果を得ていることは極めて高く評価される。

なお、本論文第2章は、山田泰広・徳山英一との共同研究であるが、論文提出者が主体となって理論構築・プログラミングを行ったもので、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。