T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	プレート回転運動の解析
Title(English)	Analysis of plate spin motion
著者(和文)	松山健志
Author(English)	Takeshi Matsuyama
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10076号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岩森 光,綱川 秀夫,中本 泰史,中島 淳一,上野 雄一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10076号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	地球惑星科学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　理学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	松山　健志	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	岩森　光
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	廣瀬　敬

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は「Analysis of plate spin motion」というタイトルであり、5 章から成っている。

第 1 章「Introduction」では、地球の特徴の一つであるプレート運動とその原動力について、これまでの観測事実や先行研究を紹介し、本研究の目的について述べている。近年、観測技術の発展、特に Global Positioning System(GPS)などの宇宙測地学の登場により、詳細なプレートモデルが提示され、径が数 100 km以下の小さなプレートの存在や運動、プレートそのものの変形が明らかになりつつある。しかし、先行研究では、これらの詳細データが十分考慮されず、径が 1000 km以上の主要プレートのみに焦点をあてていたため、結果として沈み込むプレートの沈降力のみが強調され、他の営力を解像することができていなかった。本論文では、詳細なプレートモデルのデータを用いて、これまでにない小さなプレートや構造を含めた運動、特に回転運動の実体とその原動力を明らかにすることを目的としている。

第 2 章「Toroidal-poloidal analysis」では、詳細なプレートモデルに基づき、高次数までトロイダル-ポロイダル成分を求めた。合計 52 枚のプレートからなるプレートモデル PB2002 や 56 枚のプレートを含む NNR-MORVEL について、解像度 0.1 度（およそ 10km 間隔のグリッド）でデジタル化し、その運動を球面調和関数展開し、トロイダル-ポロイダル成分を次数 1000（およそ 20km スケール）まで求めた。先行研究では、低次数（数十以下）のみの解析に基づき、プレート運動に伴うトロイダル/ポロイダル比は次数によらず一定であるとされていた。また、この一定性が、マントル対流の数値シミュレーション等における「地球らしさの再現性」の基準とされてきた。しかし、本研究では、トロイダル/ポロイダル比は次数とともにやや低下し、高次数（およそ数十以上）では逆に増加することを初めて明らかにし、新たな「地球らしさ」の判定条件を提示している。また、トロイダル/ポロイダル比の高次数での増加が、プレート形状（例えば、サイズ、アスペクト比）や運動とどのように関わるかを数値実験により解析し（第 2 章および Appendix C)、個々の効果が与える影響を評価した。

第 3 章「Driving force of plate spin motion」では、個々のプレートの回転運動を抽出し、回転運動の原動力について解析を行っている。まず、プレートモデル PB2002 に基づき、プレートの運動速度ベクトルを、プレートの重心を通る回転オイラーポール周りの回転運動（角速度 ω_C）と大圏航路運動に対応する直線オイラーポール周りの回転運動（角速度 ω_G）に分解した。その結果、ω_Gはプレートの大きさによらずほぼ一定であるが、ω_Cはプレートサイズ依存性があることがわかった。プレートサイズが約 1000km 以下のプレートの多くは大きな回転速度を示す一方、それ以上大きなプレートは、2 枚のプレートを除き、ほぼ回転していないことがわかった。この特徴はその他のプレートモデル(NNR-MORVEL、および GPS データを多く用いた GSRM v2.1)でも確かめられた。回転運動の原動力を特定するために、沈み込むスラブをもたないプレートのトルクバランス（プレート間相互作用とプレート底面に加わる力で表現される）を解析した。その結果、ω_Cのプレートサイズ依存性は、プレート境界が支えられる応力に閾値があること、およびその強度は 3-75MPa の範囲であることを示した。この結果は、大地震によって解放された応力に基づくプレート境界の推定強度とも整合的である。

第 4 章「Spin motion and buckling of the Philippine Sea plate」では、西南日本下のフィリピン海プレートのスラブの形状を解析し、その回転運動の原動力を推定している。フィリピン海プレートは、ココスプレートとともに、比較的大きなプレートでありながら有意なω_Cを有する例外的なプレートであるが、その回転運動の原動力は未解明である。本論文では、西南日本下のスラブが呈する褶曲様構造が回転運動に伴って発達したと仮定し、褶曲理論を適用して解析を行った。また、フィリピン海プレートに働く力をその全周および沈み込むスラブについて定量的に評価した。その結果、西南日本下に沈み込むスラブは、周囲のマントルよりもおよそ 40-390 倍粘性率が大きく、4-40MPa 程度の東西方向の圧縮力を 400-1900 万年間受け、粘性的に変形したと推定している。

第 5 章「Summary and conclusion」では、本研究の結果についてまとめ、従来の研究と比較している。本論文では、詳細なプレートモデルに基づき、渦度や重心周りの回転運動成分ω_Cに注目することで、初めてトロイダル/ポロイダル比の高次数での増加、および、ω_Cのプレートサイズ依存性を発見し、回転運動の原動力とプレート境界の強度を推定した。

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	地球惑星科学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　理学　）
学生氏名： Student's Name	松山　健志	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	岩森　光
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	廣瀬　敬

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Rapid growth and development of space geodetic methods, such as the global positioning system (GPS), have enabled us to construct high-resolution plate models, including the small plates (less than several hundred kilometers in plate size) and deformation of the plates. In this thesis, based on the high-resolution plate models, we analyze plate motion and the driving forces, particularly focusing on vorticity of the plate velocity field and spin motion of the individual plates. First, we perform spherical harmonic expansion of the plate velocity field to higher degrees (up to 1000) than ever and find an increase in the toroidal/poloidal ratio at the higher spherical harmonic degrees, which is different from the conventional view that the ratio is broadly constant. We investigate the effect of the variable geometry and motion of plate upon the toroidal-poloidal power and discuss the possible causes of the increase in toroidal/poloidal ratio. Next, we decompose the plate motion into a "spin" motion around the geometrical center of plate and a "straight" motion along the great circle. We investigate the relationship between the plate size and the two plate motions and find that the spin rotation rates of most of the small plates (less than ~1000 km in size) are distinctly higher than those of the larger plates. This relationship constrains the overall strength of plate boundaries to be 3 to 75 MPa, which is consistent with several seismological estimates, including those constrained from The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Finally, we analyze the torque balance for the spin motion of the Philippine Sea plate (PHS), indicating that an eastward force is applied to the subducted PHS slab along its northern edge and could have caused the wavy geometry of the slab beneath southwestern Japan by viscous buckling, not by elastic deformation. Based on the folding theory, the slab viscosity is estimated to be 1 to 14×10^{24} Pa s.