

沈み込みを伴うマントル対流モデルによる地球・金星のグローバルテクトニクスの考察

Thought on the global tectonics of the Earth and Venus: From the view of mantle convection

中川 貴司[1], 中久喜 伴益[2]

Takashi Nakagawa[1], Tomoeki Nakakuki[2]

[1] 東大院・理・地球惑星, [2] 広大・理・地球惑星

[1] Dept. of Earth and Planet.Sci., Univ. of Tokyo, [2] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ

地球と金星のプレートテクトニクスの考察を行う際に重要な表面現象は沈み込みである。地球は現在もプレートテクトニクスがあるのに対して金星は5億年前に全球規模の表面更新現象によってプレート運動が停止したといわれており、その原因として全球規模の急速な沈み込み現象である可能性が考えられている[Turcotte, 1993]。

そこで本研究では2次元極座標系において、沈み込みを考慮したマントル対流数値モデルをもちいて表面更新現象の再現を試みた。

その結果、対流のスタイルは時間によって3つのレジームに別れることが分かった。また、金星の表面更新の可能性の一つである急速な沈み込みによる表面更新も起きていることが分かった。

マントル対流によるプレート運動の再現は地球型惑星のマントルダイナミクスにおける大問題の一つであると認識されている。地球表面の運動の特徴としては長時間安定している沈み込み帯と中央海嶺付近存在しているトランスフォーム断層の存在である。この中で沈み込み帯の存在はプレートの水平方向の動きをつくり出す原動力と考えられている[Nakakuki et al., 1998]。

金星においては5億年前に大規模な表面更新が起き、プレート運動がとまってしまったといわれている。その表面更新の現象の原動力としては大規模な沈み込みが急速に起こって沈み込み帯自身まで沈み込んでしまう Episodic over turn が一つの可能性としてあげられる。この理由としてあげられることは金星の熱輸送形態が火成活動の効果よりのテクトニクスによるものつまり急速な沈み込みによるものが支配的であるという仮説が存在するところである[Turcotte, 1993]。

このようなことから惑星表面のテクトニクスの観点からしてもプレートの沈み込みという現象が重要であることが分かる。

この現象のマントル対流モデルを用いた数値実験例はいくつか存在する。Nakakuki et al.[1998]

ではプレート境界を自由に動く低粘性層として取り扱うことによって地球で見られている安定な沈み込みの再現を行った。また、Moresi and Solomatov[1998]やTrompert and Hansen[1998]、またはTackley[1999]において Self-consistent なプレート沈み込みのシミュレーションを試みて

いる。彼等のモデルは粘性率の温度依存性の他に流体が降伏応力をこえると流体が擬似弾性的なふるまいをすると仮定したものである。これらの結果、降伏応力による振る舞いがプレート運動の自然な再現に重要であると考えられている。これらのモデルは地球惑星の形の効果についての議論はしておらず、2次元あるいは3次元箱という限られた空間内での現象に過ぎない。つまり領域に側壁が存在している状態でのシミュレーションであった。そこで本研究では2次元極座標モデルを用いたプレート沈み込み数値実験をおこなう。この座標系は Zhong and Gurnis[1995]によって行われているが、彼等のモデルは領域を極座標によって作られる円を半分に区切って行われているので、このモデルにも側壁が存在している。しかし、本研究では領域を全円にひろげ、沈み込みを降伏応力の効果によって再現することを試みることで側壁の効果がない場合において沈み込みがどのように振る舞うか調べている。

モデルは2次元極座標系においてビジネス近似されたプラントル数無限大の流体の熱対流を考える。粘性率は温度と応力に依存すると仮定し、流れによって発生する応力が降伏応力をこえると擬似弾性の構成則によって定義される粘性率に転移すると考える。また対流層表面にはうすい低粘性層をおいている。

このモデルによる計算結果について述べる。計算は2通りのレオロジースタイルで行った。それはニュートン流体(粘性率が温度にしか依存しない)場合と非ニュートン流体(粘性率が温度と応力

依存する)場合である。対流のスタイルは時間によって次に3つのモードに別れる。それは、(1) Stagnant Lid regime、(2) Subducting Lid regime、(3) Episodic over turn regime である。これらの遷移時間の長さは粘性率コントラストとレオロジーによってこととなる。特に粘性率コントラストが7桁でレオロジーがニュートン流体の場合にはこれら3つのスタイルのうち Subducting Lid regime と Episodic over turn regime の遷移時間がほ

とんど0である。つまり、沈み込みが表面更新と同時期におきていることになる。しかし、粘性率コントラストが7桁でレオロジーが非ニュートン流体である時は一旦 Episodic over turn regime に対流が遷移するとそのモードを繰り返しながら現象が時間変化して行くことが分かった。

これから金星のテクトニクスについて議論を試みると、金星マンツルの対流モードの変化が Stagnant Lid regime から直接 Episodic over turn regime に遷移したのか、それとも Stagnant Lid regime Subducting slab regime Episodic over turn regime というように遷移していったのかという2説が考えられる。しかしながら、金星マンツルのレオロジーが地球マンツルのレオロジーに近いとすると、後者の説を見ていると考えた方が無難である。また金星におけるマンツル対流を理解するためには地球で行われている地表面におけるジオイドと地形の観測を行い、マンツルの粘性率構造を一意にきめることが重要になると考えられる [Kido and Honda, 1998]。