

火星内部のレオロジー構造とその進化 The temporal evolution of rheological structure of Martian interior

東 真太郎^{1*}; 片山 郁夫¹
AZUMA, Shintaro^{1*}; KATAYAMA, Ikuo¹

¹ 広島大学
¹Hiroshima University

火星は地球と同じく主に岩石と金属から成る地球型惑星である。しかし、現在の火星には液体の水や生命は存在しない、そして地球において定常的な物質循環を支配するプレートテクトニクスが火星では働いていないことが分かっている [e.g., Solomatov and Moresi 1997]。これらのことから火星は地球と異なる進化の道を進んできたことが予想される。このような惑星の進化やテクトニクスを考察する際、重要な要因の一つとして、レオロジー構造が挙げられる。レオロジー構造は惑星内部の変形機構や強度を表わし、温度に強く依存するため、惑星内部に強いレオロジー層構造を形成する [e.g., Burgamann and Dresen, 2008]。このレオロジー層構造が惑星のテクトニクス、対流様式を支配し、結果として惑星の進化に大きな影響を及ぼす。本研究では、火星内部のレオロジー構造の決定と、その時間進化を考察することが目的である。

レオロジー構造は温度に敏感であるため、火星内部の温度構造を決定することが必要になる。今回は比較的浅い部分 (0-100 km) に焦点を当て、熱生産 (heat production) [Hahn et al., 2011] や、熱流量 (heat flow) [McGovern., 2002; Ruiz et al., 2011] を用いた熱伝導方程式から、North Pole(低地) そして Solis Planum(高地) における 10 億年ごとの温度構造を決定した。

この温度構造を基に、斜長石 (地殻) [Rybacki and Dresen 2000; Azuma et al., 2014] と、かんらん石 (マントル) [Karato and Jung, 2003; Katayama and Karato, 2008] の流動則を用いてレオロジー構造を決定した。また過去の先行研究では、火星のレオロジー構造は power-law creep の流動則から考察されているが (e.g., Grott and Bruer, 2008)、比較的溫度が低く、応力の高い領域 ($<1000^{\circ}\text{C}$, $>400\text{MPa}$) では、Peierls mechanism が岩石のレオロジーを支配することが指摘されている (Tsenn and Carter, 1987)。本研究では、power-law creep だけでなく、この Peierls mechanism と diffusion creep も考慮し、より正確なレオロジー構造の決定を試みた。このレオロジー構造から、火星におけるそれぞれの時代のリソスフェアの強度、厚さ、そして elastic thickness の評価も行った。

計算されたレオロジー構造において、火星のモホ付近では power-law creep ではなく Peierls mechanism が支配的であることがわかった。これは power-law creep で予測された火星のリソスフェアの強度は過大評価されている可能性を示す。そして、どの時代においてもドライな条件よりウェットな条件のほうが、惑星のリソスフェアの厚さは薄く、強度が低くなることがわかった。さらにドライな条件とウェットな条件ではリソスフェアの発達に大きな差が生まれる可能性が示された。これは水が豊富に存在する惑星では、ドライな惑星と比べて、内部の対流様式の進化が遅くなる可能性がある。過去のリソスフェアの強度に関しては、4Ga から 3Ga のウェットな条件で、火星はプレートテクトニクスの開始に必要な不可欠なプレート境界を形成できるポテンシャルを持っていたことが示された (200-300 MPa)。

キーワード: 火星, レオロジー構造, プレートテクトニクス, リソスフェア, パイレスメカニズム, 時間進化
Keywords: Mars, Rheological structure, Plate tectonics, Lithosphere, Peierls mechanism, Temporal evolution