

変形実験から考えられる金星と地球のレオロジー層構造とテクトニクスの相違 Difference on tectonics and rheological structure of Venus and Earth inferred from deformation experiments

東 真太郎^{1*}, 片山 郁夫¹, 中久喜 伴益¹

AZUMA, Shintaro^{1*}, KATAYAMA, Ikuo¹, NAKAKUKI, Tomoeki¹

¹ 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻

¹Department of Earth and Planetary Sciences System, Hiroshima university

これまで金星は密度、質量、体積、太陽の距離などから地球とよく似た地球型惑星だと考えられていた (Taylor and McLennan, 2008)。しかし現在では、Magellan mission によって、金星は温度、水、大気、地形、そして生命において地球とはかなり異なり、さらにプレートテクトニクスが働いていないことが明らかにされ、同じ地球型惑星でも金星は全く違う進化を辿ってきたと考えられている (e.g., Turcotte et al., 1999)。プレートテクトニクスは地球において最も重要な物質循環の1つである。そのため、このプレートテクトニクスの欠如が地球と金星の違いを生み出した1つの要因であると推察される。プレートテクトニクスを考える上で重要なものとして、惑星内部の強度や変形を考察するレオロジーが挙げられる。なぜなら岩石のレオロジーが惑星内部の強度や変形メカニズムを支配し、テクトニクスに大きな影響を与えるからである。先行研究では、金星のレオロジー層構造やテクトニクスは地殻を構成していると考えられるダイアベースの流動則を室内実験から求め、金星内部の温度・圧力に外挿することによって考察されてきた (e.g., Mackwell et al., 1998)。彼らによると金星の下部地殻と上部マントルには大きい強度コントラストが期待され、デカップリングを起こしている可能性が示唆されている。本研究では流動則からの外挿ではなく、改良型 Griggs で斜長石 (下部地殻の主要構成鉱物) とオリビン (上部地殻の主要構成鉱物) を用いて2相系で変形実験を行い、直接強度比を決定しようと試みた。実験条件は $T=400-1000$, $P=1\text{GPa}$ である。また金星の表面温度 $T=470$ であることから、かなりドライな惑星であると考えられ (e.g., Kaula 1990)、地球との違いも評価するために wet と dry 両方の条件で実験を行った。wet 条件の場合、オリビンと斜長石の相対強度が温度に敏感で、600 を境界に逆転することが明らかになった (Azuma et al., 2010)。これは転位クリーブの外挿からでは起こりえないこと、さらに実験中におけるオリビンの温度と応力をプロットすると、power-law タイプの流動則から明らかに外れることから、オリビンの変形メカニズムが低温では Peierls メカニズムが支配的になっていることが示唆される。一方 dry 条件では、全ての温度条件でオリビンが斜長石よりもかなり強度が大きいことが確認された。この dry 実験より得られた強度比から金星内部のレオロジー構造を推察し、さらにプレートテクトニクスにより沈み込んでいる地球の海洋リソスフェアとの違いも考察した。まず地球の場合、海洋リソスフェアのレオロジー層構造は Byerlee 's law と power-law creep によってよく制約されている (e.g., Kohlstedt et al., 1995)。それによると、海洋リソスフェアのモホ面はまだ脆性破壊領域であり、地殻と上部マントルの間に強度のコントラストは無いと考えられる。そのため、地殻と上部マントルはよくカップリングし、一緒に地球深部へと沈み込むことができる。一方、金星のリソスフェアのレオロジー層構造を推察するとき、地殻の厚さを考えなければならないが、現在正確な金星の地殻の厚さは分かっていない。今回、地殻の厚さを 7 km と仮定した。本研究の実験結果から金星のレオロジー層構造を考えると、下部地殻と上部マントルの間に大きい強度コントラストが期待できる結果となった。下部地殻と上部マントルの強度コントラストが大きいとデカップリングを起こす可能性が考えられる。この弱い下部地殻によって起こるデカップリングが強い上部マントルの変形から上部地殻を切り離し、地殻の水平移動を妨げていることが期待される。さらに強度の小さい物質は強度の大きい物質に沈み込むことは困難であることが予想されるため、リソスフェアの地殻の部分はマントル中に沈み込むことができない。以上のことから、この地殻とマントルのデカップリングが金星のプレートテクトニクスを阻止した1つの要因ではないのかと考察される。現在、この実験結果と金星のレオロジー層構造のモデルを用いて数値シミュレーションを行い、どのようなテクトニクスが起こるか検証している。その結果も併せて報告する予定である。

キーワード: 斜長石, オリビン, 強度比, 金星, レオロジー, プレートテクトニクス

Keywords: plagioclase, olivine, strength contrast, venus, rheology, plate tectonics