

線形安定性理論による金星リソスフェア不安定性の評価と惑星冷却メカニズムの考察

Evaluation of instability of Venus lithosphere by linearized analysis

武谷 賢[1]; 並木 則行[2]

Satoshi Takeya[1]; Noriyuki Namiki[2]

[1] 九大・理・地球惑星; [2] 九大・理・地球惑星

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Kyushu Univ.; [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

近年、米国の Magellan 探査機による金星表面のレーダー画像から、金星のテクトニクスはプレートテクトニクスが支配的な地球のテクトニクスとは大きく異なる事が明らかになった。金星のテクトニックな進化に関する重要な観測事実は次の二つである。一つは地球上で見られるようなプレートの付加や沈み込み帯が存在しないという事、もう一つはクレーター密度から推測される金星表面の年代はほぼ一様で 5 ± 2 億年であるという事である。これらの事実から、現在金星上には活発なプレートテクトニクスが存在せず、 5 ± 2 億年前に惑星規模の表面更新現象 (Global resurfacing) が起こったという事が推測されている。この事は惑星内部からの熱輸送メカニズムと関連させて考える事が出来る。地球上ではプレートの沈み込みによって約 65% の熱放出が行われていてプレートテクトニクスが主要な熱輸送メカニズムとなっている。これに対し金星では、定常的なプレートの沈み込みは無く、重力場と表面高度のデータから見積もられる 200-300 km という厚いリソスフェアでは熱伝導のみでの熱放出も考えにくい。定常的に惑星内部を冷却することのできるメカニズムが存在しない事が予測される。従って金星の熱進化については、安定したリソスフェアが存在している時には内部温度が上昇し、約 5 億年前の一時的な global resurfacing によって内部は冷却され、その後安定したリソスフェアが形成されると内部温度は再び上昇し始めるという断続的サブダクションモデルが提唱されている。

本研究では、熱伝導による表面付近の冷却や内部発熱に伴い上昇する温度、またそれに伴う温度依存の粘性構造の変化に着目した金星リソスフェアの不安定性の評価を行う。不安定の発達するタイムスケールや不安定発達による内部冷却への影響から、現在の金星表面の年代が 5 ± 2 億年である事の説明と惑星冷却メカニズムの考察を行う事を本研究の目的とする。その方法として線形安定性理論を適用し、微小擾乱の成長スケール (Growth time) と熱拡散による温度の減衰スケール (Thermal diffusion time) を比較する事で不安定が発達可能かどうかを判断する。重要なパラメータとなるマントル温度 (リソスフェア形成開始時の温度) については、いくつかの金星熱史の研究を元に 1400, 1500, 1600 K の 3 パターンについて考えていくものとする。また、観測事実より 500M a からリソスフェアが形成され始めるとして計算する。

結果としてはマントル温度が 1400, 1500, 1600 K についてそれぞれ年代が 100, 300, 500M yr のリソスフェアが不安定になり、その発達スケールはそれぞれ 100, 100, 200M yr である。マントル温度が 1600 K の場合は地球とほぼ同じ年代のリソスフェアが沈み込む事になりプレートテクトニクスに近い特徴を示す事になるが、1400, 1500 K であれば Magellan による観測事実と調和的である。この場合の水平方向の波長はそれぞれ約 1000 km と 800 km で、global に発達する不安定擾乱の空間スケールとして考えても十分な大きさである。次に観測事実と調和的であった 1400, 1500 K の場合について惑星冷却への影響を考察する。リソスフェアが形成され始める時期を 0.5G a に加え、放射性元素の崩壊に伴って時間変化する内部発熱率を考慮して 1.5, 2.5, 3.5G a の場合についてもそれぞれの不安定タイムスケールを計算する。その結果 1400 K の場合は 0.5G a、1500 K の場合は 0.5, 1.5G a にリソスフェアを形成開始とした時に、global resurfacing による内部の冷却温度と global resurfacing が起こるまでに発熱によって上昇した温度はほぼ等しくなる。従って、時間の経過と共に内部発熱率がある程度減少すれば、global resurfacing は十分な金星冷却メカニズムになり得る。