

境界の地形が対流に与える影響 ～特に温度の時間変化の定点観測について～

Observations of time series of temperature fluctuations under the topographical undulation modified convection

並木 敦子 [1], 栗田 敬 [2]

Atsuko Namiki [1], Kei Kurita [2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地球惑星

[1] Dept. Earth Planet. Phys., Univ. of Tokyo, [2] Dep. Earth & Planet. Phys., Univ. of Tokyo

マンツルの下部にはD"層と呼ばれるマンツルとは組成的に異なり水平方向に厚みにばらつきを持つ層が存在していることが知られている。つまり、マンツルからすれば、マンツルの下面に凹凸が存在していることに対応する。'97惑星科学会ではこの凹凸がマンツル対流に影響を与え得ることを明らかにした。本研究では境界の地形にコントロールされた対流の重要性に着目し、対流を特徴付ける物理量が、凹凸の影響のある場合一様境界条件の場合とどのように異なるかについて、温度の時系列変化をもとに議論した。この結果、ブルームが出現する高Ra数の領域では、境界の凹凸は対流の状態をより高いRa数の状態に転移させることがわかった。

*Abstract

It has been well recognized that D" layer is chemically separated from the above mantle and has large lateral variations in the thickness. We already showed that the lateral undulation of D" layer will control the pattern of mantle convection (Namiki & Kurita, Wakusei Kagakukai 1997). In this study, we developed measurements of time series of temperature fluctuations to explore the effects of topographical undulations to the convective state. Temperature data suggest that the topographical undulations reduce the convective activity in the regime of time dependent convection. On the other hand in the regime of plume dominant convection, the existence of topographical undulations enhances the activity of convection.

*Introduction

マンツルとコアとの間には D"層と呼ばれる層が存在していることが知られている。近年地震学が明らかにしたところによると、D"層はマンツルとは組成的に異なる層であり、その起源は subduct したスラブが堆積したという説が有力である。つまり、マンツル対流の下部境界は D"層の表面であると考えられる。一方で、D"層の厚さは水平方向に場所により異なっていることが知られている。水平方向の厚さのばらつきはマンツル側からすれば、下部境界に凹凸があることに等しい。

並木、栗田(惑星科学会'97)ではこの凹凸の効果に着目し、対流に影響を与え得る凹凸の臨界値が熱境界層の厚さでスケールされることを示した。このスケールによれば現在観測されているD"層の起伏はマンツル対流に影響を与えるのに十分な大きさである。しかし、境界面に凹凸がある系での対流の構造については明らかになっていない点が多い。そこで本研究では境界面の地形にコントロールされた対流が境界条件一様の場合と比べてどのように異なるのかを対流層の温度の時間変化を測定することで明らかにする。

*実験方法

実験は上面、下面で冷却、過熱可能なアクリルの水槽中で作業流体としてグリセリンを用いて行った。幅1cmのアルミニウムの破片を下部境界に置き、等温の凸(Bump)を作った。Bumpの影響のあるときとBumpのないときに対流層中心付近の温度の時間変化をthermistorにより計測した。Bumpのある場合にはBumpの真上で測定した。Bumpがあるとき、無いとき共に測定は対流が熱的に定常になってから行なった。

*温度変化

まず、全体的な特徴として、Ra数が上がるに従って、温度の変動は増大し、特徴的な時間スケールはRa数の増加とともに短くなる。Ra数が 8×10^5 (Steady state convection)の場合、温度の時間変化はBumpの有無に関わらず非常に小さい。Ra数が 5×10^6 (Time dependent convection)では、Bumpの存在が温度変動を妨げる。更に高Ra数では($Ra \sim 10^8$, Plume dominant convection)、温度の変動は更に増大し、温度変動の特徴的な時間スケールが短くなった。

この温度の時間変動の周波数解析を行なった。低Ra数(Steady state convection)ではBumpの存在が特に対流の特徴を変化させるという現象は見られなかった。Time dependent convectionではBumpの存在により上昇域が固定され、温度変動の高周波成分が抑制されることがわかった。Plume dominant convectionでは、Bumpがある場合、温度変動の高周波成分が一様境界条件に比べて卓越することがわかった。このことはBumpが上昇域を規定するた

めBump付近での上昇ブルームの発生頻度が上り、ブルームどうしの間隔が狭まったためと考えられる。以上の結果からTime dependent convectionではBumpの存在が 一見 Ra数を下げ、またPlume dominant convectionの領域ではRa数を上げる役割をしていると解釈できる。

***地球マントルへの適用**

地球マントルで予測されるRa数の範囲 ($10^6 \sim 10^8$) ではD"層の起伏は十分にマントル対流をコントロールし得る事はすでに示した。

本研究では更に下部境界に起伏のある対流に対し理解を深め、起伏がマントル対流を支配した場合、一様境界条件の対流が示すパターンとは別に凹凸による局所的な、しかし時間的には安定した構造が同時に存在することを示した。マントル対流は推定されるRa数から見れば非定常対流をしていると思われる。一方でマントルにはホットスポットに見られるような局所的に定常な構造の存在が知られている。本研究で示された下部境界に支配された定常、非定常の2つの要素を同時にもつ対流はこのようなマントル対流の特徴を良く説明する。つまり、一様境界条件の対流モデルでは説明出来なかった非定常対流中の局所的な安定領域 (ホットスポット) の問題が説明される。