

## 境界熱流量不均一によって発生するブルームとマントル対流との相互作用

## Interaction of plumes generated by boundary heat flux heterogeneity and mantle convection

# 松本 なゆた[1], 隅田 育郎[2], 並木 敦子[3]

# Nayuta Matsumoto[1], Ikuro Sumita[2], Atsuko Namiki[3]

[1] 金大・理・地球物理, [2] 金大・理・地球, [3] 金沢大・地球

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ, [2] Earth Sci., Kanazawa Univ., [3] Dept. Earth Sci., Kanawasa Univ.

## 1. はじめに

コアの熱は D''層を通して下部マントルへと運ばれている。また、D''層は、水平方向の地形不均一によって上面の温度、粘性が異なり、それに加えて部分溶融や放射性熱源の濃集の程度も異なるため、水平方向に熱流量不均一があると考えられる。そこで、本研究では、水平方向の熱流量不均質のみを与えた場合に起こる現象について、実験的に明らかにする。

水平方向の熱流量異常についての実験的研究としては、都市におけるヒートアイランドをモデル化した Kimura et al. (1975, 1977) があるが、高粘性対流を用いて平均対流場との相互作用を調べた研究はこれまでにない。また、D''層を想定した高粘性流体を用いた実験的研究としては、下部に地形不均一を設けた Namiki and Kurita. (1999, 2001) がある。

## 2. 目的

マントルのレイリー数(Ra)は  $10^7 \sim 10^9$  と見積もられ、その対流場は非定常なブルームによって特徴づけられる。本研究では、レイリー数  $10^7 \sim 10^8$  の対流場において、下面に局所的熱流量不均一を与えた場合、生じるブルームがどのような振舞いを示すかを実験的に調べる。

## 3. 実験方法

作業流体には、グリセリン水溶液(Pr:  $10^2 \sim 10^3$ )を用いる。実験装置は、厚さ 3cm、内径 26cm の円柱状アクリル水槽を用いる。下面に直径 26cm、中心に直径 1cm の穴のあるドーナツ状の周辺ヒーターを置き、その中心に一辺 1cm の正方形の局所ヒーターを設置した。上面は、循環水で冷却する。また、上面からサーミスターを下げ対流の温度を測定する。底面のヒーターと上面の循環水のスイッチを同時に入れ、上面、下面共に一定温度に保つ。その後、対流が定常になるまで待ち(約 2 時間半)、底面中心の  $1\text{cm}^2$  のヒーターに一定電圧を与え、熱流量を一定に保つ。さらに、流れが定常的に成るまで待ち(約 2 時間半)対流パターンの変化を調べる。

## 4. パラメータ

対流場の熱流量:  $q_m = k (dT/D) \times Nu$  [W/m<sup>2</sup>]

局所ヒーターの熱流量:  $q_H = V^2/SR$  [W/m<sup>2</sup>]

k: 熱伝導率 D: 層厚 dT: 上下の温度差 V: 電圧

Nu: ヌッセルト数 R: 抵抗 S: 局所ヒーターの面積

ヌッセルト数は、対流場での熱流量と熱伝導のみによって熱が運ばれる時の熱流量との比を表す無次元数で、今回は Belmonte et al. (1994) の式を用いて計算した。

$Nu = 0.22 \times Ra^{0.285}$

無次元パラメータとして  $q^*$ ,  $Q^*$  を用いる。

$q^* = q_H/q_m$

$Q^* = (\text{総局所ヒーター熱流量}) / (\text{総対流熱流量})$

## 5. 実験結果

一般的に  $Ra = 4.0 \times 10^7$  以上の対流で、大規模流が発生する事が知られている。今回の実験でも、 $Ra = 4.0 \times 10^7$  以上の実験では大規模流が見られ、大規模流が発生しない対流(1)と、大規模流が発生した対流(1)とで対流パターンが全く異なった。

(1)大規模流が発生しない対流 ( $Ra = 1.2 \times 10^7$ )

Case1 ( $1.7 < q^* < 4.8$ ) 局所ヒーター直上に、コールドブルームが降下し、ブルームが上昇しない。ヒーター直上での熱境界層不安定は、左右のブルームに吸取られる。

Case2( $q^*=28$ ) 局所ヒーター直上からホットブルームが上昇するが、対流パターンは時間変化する。

Case3 ( $43 < q^* < 264$  ( $Q^*=0.5$ )) 局所ヒーター直上から、複数のブルームが束になった太いブルームが常に上昇し、対流パターンが定常化する。

(2) 大規模流がある場合 ( $Ra=5.0 \times 10^7, 2.0 \times 10^8$   $1 < q^* < 225$  ( $Q^*=0.4$ ))

大規模流がある場合、大規模流が激しいため、ブルームが大規模流によって流され、局所ヒーターを付けても、対流パターンは殆ど変化しない。

## 6. まとめ

$Ra < 4.0 \times 10^7$  の場合 熱流量不均一によって、大規模な上昇域が発生する事が可能。

$q^*$ によって対流パターンが著しく変化する。

$Ra < 4.0 \times 10^7$  の場合 大規模流によって流され、熱流量不均一によって大規模な上昇域は発生しない。

$q^*$ によって、対流パターンが変化しない。