

応力比から見た陥没カルデラ構造と応力場

Stress ratio of caldera bounding faults as a guide to aspects of regional stress regime

三浦 大助[1]

Daisuke Miura[1]

[1] 電中研地質部

[1] Geology, CRIEPI

応力比 $\sigma_2/\sigma_3 = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ の概念を用いて陥没カルデラ構造の変化を記述することを試みた。Piston-cylinder 型カルデラの環状断層は、鉛直スリップが優勢で $\sigma_2/\sigma_3 \sim 0$, trap-door 型陥没構造では 2 軸に直交する走向面で横ずれスリップが生じ、 $\sigma_2/\sigma_3 \sim 0.5$ と考えられる。これは応力比の変化に対応して陥没構造が変化していることを示唆する。また環状断層で境されるカルデラの外形を見かけの応力比 $\sigma_2/\sigma_3 = H$ とみなすと、piston-cylinder 型カルデラでは $\sigma_2/\sigma_3 = H$ に近い値が得られるが、piecemeal 型カルデラでは $\sigma_2/\sigma_3 < H$ になると推察され、マグマ溜まりの深さにより陥没構造が変化している可能性がある。

1. はじめに

陥没カルデラ構造は断層の集合体とみなすことが出来る。そこで応力比 (stress ratio) $\sigma_2/\sigma_3 = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ の概念を用いて陥没カルデラ構造の変化を記述することを試みた。

2. Piston-cylinder 型カルデラ構造と応力比

応力比は任意の断層面上のスリップを変化させるパラメータであることが知られており (Bott, 1959; Angelier, 1984), $\sigma_2/\sigma_3 \sim 0$ で鉛直方向のスリップ (= 最大剪断方位), $\sigma_2/\sigma_3 \sim 1$ で横ずれ方向のスリップが優勢になる。Piston-cylinder 型カルデラで一般的に認められる環状断層は、鉛直スリップが優勢であるから、 $\sigma_2/\sigma_3 \sim 0$ と考えられる。一方、ちょうつがい型陥没構造 (trap-door) では 2 軸に直交する走向面で横ずれスリップが生じ、 σ_2/σ_3 の値は相対的に大きくなるのが予想される。そこで、紀伊半島熊野カルデラにおけるカルデラ陥没時に形成された断層破砕帯 (Miura, 1999) を用いて、逆解法 (Angelier, 1984) によりその応力比を推定すると、 $\sigma_2/\sigma_3 = 0.4-0.6$ 程度の値が得られた。この結果は piston-cylinder 型カルデラが、応力比の変化に対応してその陥没構造を変化させていることを示す。

3. 見かけの応力比

一般にマグマ溜まり (ここではカルデラ直下の液体で満たされた領域を指す) の伸長方位は、水平応力方位 H_{max} に一致することが想像出来る (例えば Nakamura, 1977 の考え方)。一方、陥没カルデラは基本的に鉛直方向に最大応力軸 σ_1 を持つので、 σ_2 と σ_3 軸は水平面内に存在し、従って H_{max} と σ_2 は一致する。陥没カルデラの平面外形がマグマ溜まりの伸長方位を反映していると仮定すると、カルデラの外形を用いて、見かけの応力比 (apparent stress ratio) を求めることが出来る。ここで $\sigma_2 = \sigma_1 - \sigma_3$ の時、見かけの応力比 $\sigma_2/\sigma_3 = H$ は $H = 1 - (\sigma_3/\sigma_2)$ と表せる。熊野カルデラの環状断層で囲まれた外形から H を求めると $H = 0.44$ となる。これは逆解法で求められた値と概ね整合しており、piston-cylinder 型カルデラでは $\sigma_2/\sigma_3 = H$ ($\sigma_2 = \sigma_1 - \sigma_3$) がほぼ成立するとみなせる。すなわち piston-cylinder 型カルデラの外形は、応力比 σ_2/σ_3 を反映している可能性が高い。

4. Piecemeal 型カルデラ構造と応力比

Piecemeal 型カルデラはカルデラ床を細かく断片化することにより、横ずれスリップ成分が小さくなると考えられ、たとえ H が大きくても σ_2/σ_3 は相対的に小さい。これは $\sigma_2/\sigma_3 < H$ になる条件を piecemeal 型カルデラが持っていることを示唆しており、その時 $\sigma_1 > \sigma_2 + \sigma_3$ である。つまり piecemeal 型カルデラでは陥没応力 σ_1 が piston-cylinder 型カルデラよりも大きくなる可能性を示し、陥没応力 σ_1 が重力に依存するならば、マグマ溜まり天井の深さが深いことを示唆する。この解釈は最近のアナログ実験結果 (Roche et al., 2000) などと整合的である。

<文献>

Angelier, J. (1984) J. Geophys. Res., 89, 5835-5848.

Bott, M. H. P. (1959) Geol. Mag., 96, 109-117.

Miura, D. (1999) J. Volcanol. Geotherm. Res., 92, 271-294.

Nakamura, K. (1977) J. Volcanol. Geotherm. Res., 2, 1-16.

Roche, O., Druitt, T. H., and Merle, O. (2000) *J. Geophys. Res.*, 105, 395-416.