

砂山崩しのモデル

【モデル解説】

自己組織化臨界現象を表現するモデルとして有名な砂山崩しのモデルである¹

基本的なルールは、ランダムに選択されたサイトに上から1つの砂粒が落ちる。1つのサイトに砂粒が4つ溜まると、周囲（上下左右）のサイトにその4つの砂粒が1つずつ飛び散る、というもの。

空間の端で砂粒飛散が起こった場合は、砂粒は空間の外側に落ちていくものとする。飛び散った砂粒によって、周囲のサイトの砂粒の数が4つになると、連鎖的に砂粒の飛散が起こることになり、雪崩現象を引き起こすこととなる。

ある一定時間、砂粒を落とし続けると、全サイトにおける高さの分布が定常となることや、定常状態において起こる砂粒の飛散雪崩の大きさと頻度が、べき乗分布になることなどが広く知られている。

「自己組織化」や「臨界現象」を表現するための基本的なモデルとして注目される。

【操作方法】

砂粒が落ちてくる「頻度 (freq)」をコントロールパネルで設定することができます。例えば、20 に設定すれば、20 ステップごとに一つの砂粒が落ちてきます。頻度

(freq) を 0 に設定すると、砂粒は自動的に落ちてこなくなります。

コントロールパネルの「自分で落とす (Drop it yourself!)」のボタンを押すと、砂粒が落ちてきます。

数値表示画面、および時系列グラフには、高さごと (3~0) のサイトの数の比率が表示されています。

また、数値表示画面には、落とされた砂粒の数とその時点での雪崩の大きさ (scale) が表示されています。これは、前に砂粒が落ちた時点から、次の砂粒が落ちる時点までに、高さ 4 となって雪崩を引き起こしたサイトの数を計測したものです。(新しい砂粒が落ちると値は初期化されます。)

空間の大きさを変更してもモデルは動くので、PC の能力や目的に合わせて空間の大きさを調節してみてください。

【使用環境、配布場所等】

- ・ 本モデルは、株式会社構造計画研究所の JAVA 版 KK-MAS(2005 年 6 月 18 日版)で動作確認してあります。JAVA 版 KK-MAS については下記のページを参照してください。

<http://www.kke.co.jp/iit/mas/index.html>

- ・ 作者は、光辻克馬です。バグ報告等ございましたら、光辻克馬 mttj_19@yahoo.co.jp までよろしくお願いします。

- ・ 最新版は山影研究室にて配布します。不具合等が新たに発見された場合、KK-MAS の仕様が変更になった場合等、修正を施すことがありますので、できる限りここからダウンロードするようお願いします。

<http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp/>

- ・ Version 1.0 2005 年 6 月 23 日

¹ 本モデルについては、詳しくは香取眞理 (1997) 『複雑系を解く確率モデル』参照。オリジナルの論文は、Bak, P., Tang, C. & Wiesenfeld, K. 1987. Self-organized criticality: an explanation of $1/f$ noise. *Physical Review A*, 38: 364–374. 作者たちの名前から、BTWモデルと呼ばれる。