

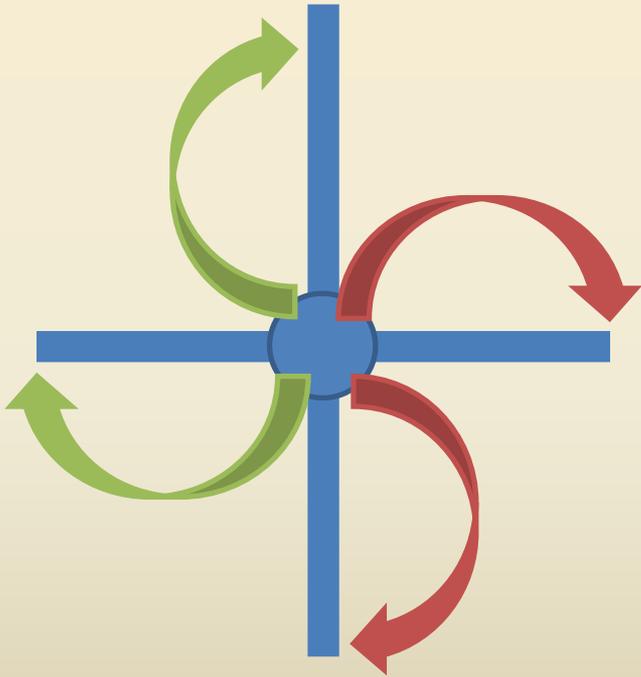
Topplingに偏りのある 可換砂山モデル

香取研究室 湯浅亮平

偏りとは・・・

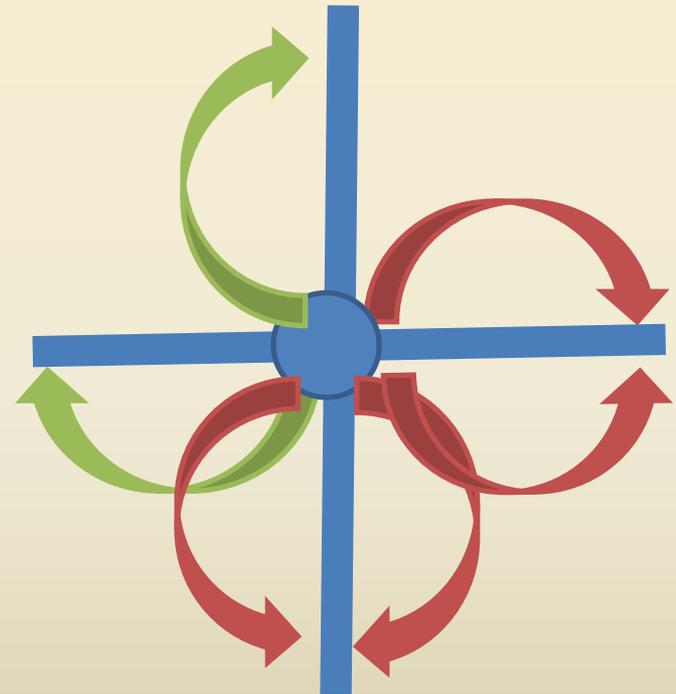
Topplingの際

通常モデル



りんかい値
 $Z_c = 4$

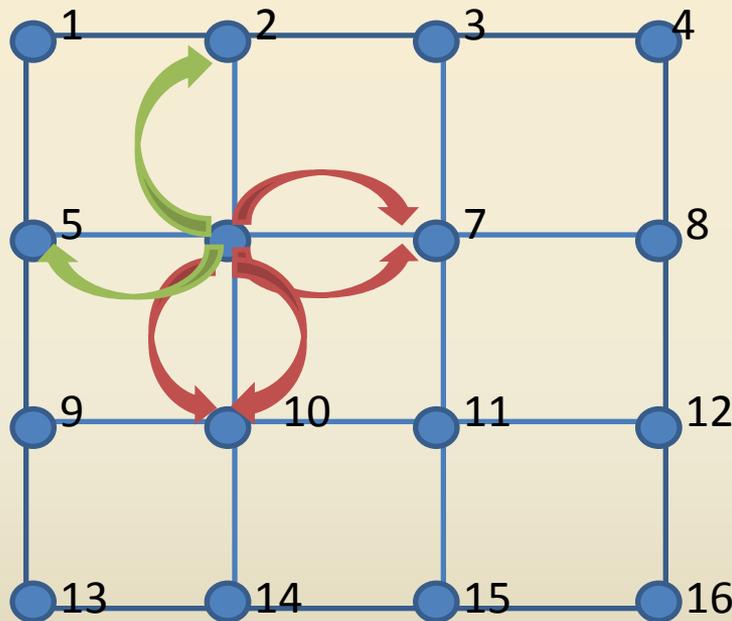
ここでは



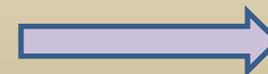
りんかい値
 $Z_c = 6$

4x4の行列で表わすと

サイト6でtopplingが起こった場合



さらにここでもうひとつ条件を加える



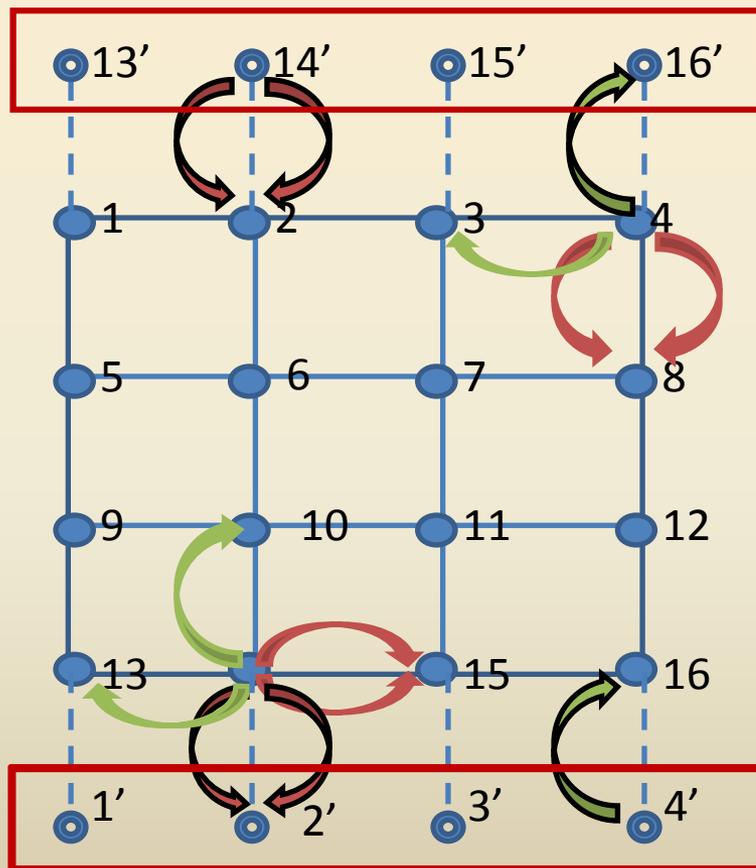
次ページ



最上列と最下列を一致させる！

サイト4とサイト14でtopplingが起こった場合

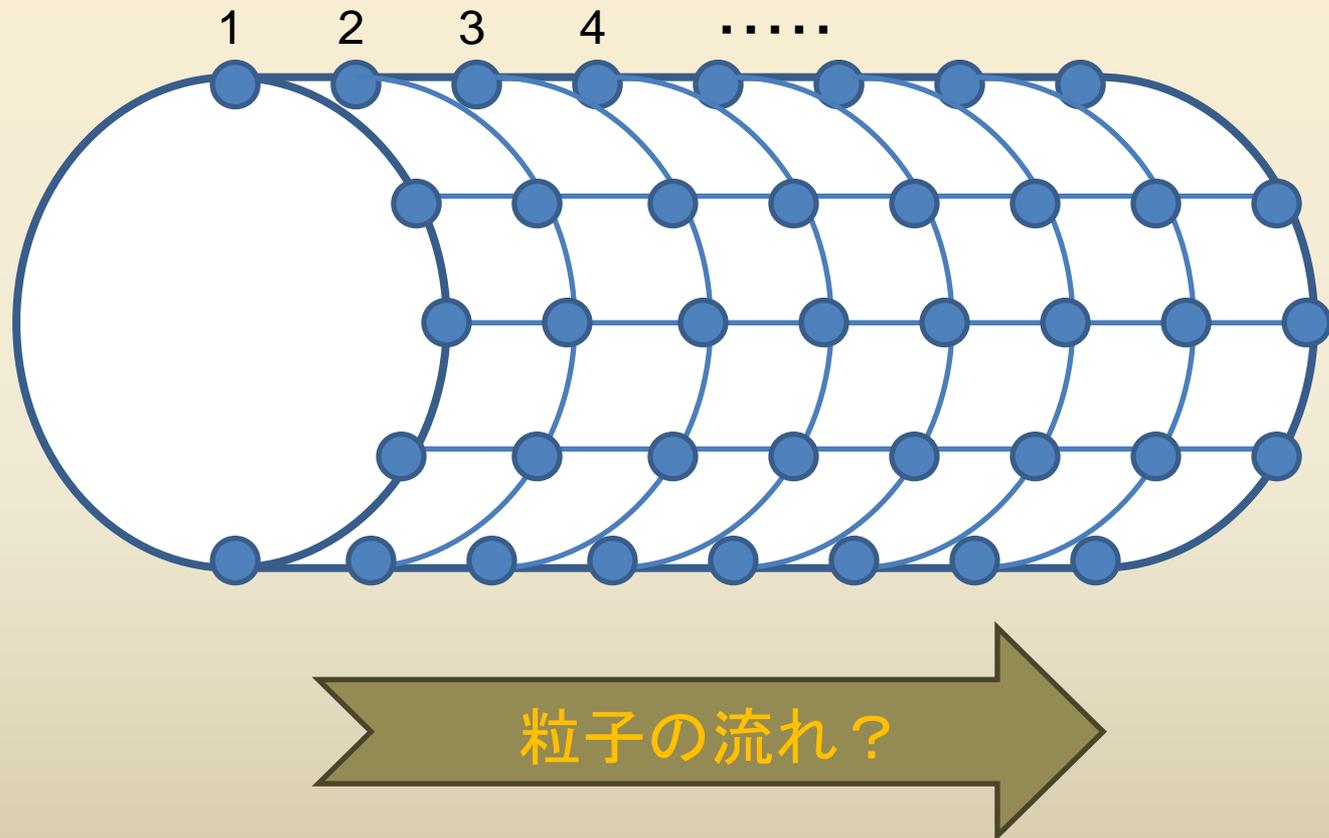
サイト2とサイト16に注目



すると.....

このような円柱形になる！！

粒子が右側へ流れるような現象が見られるか？

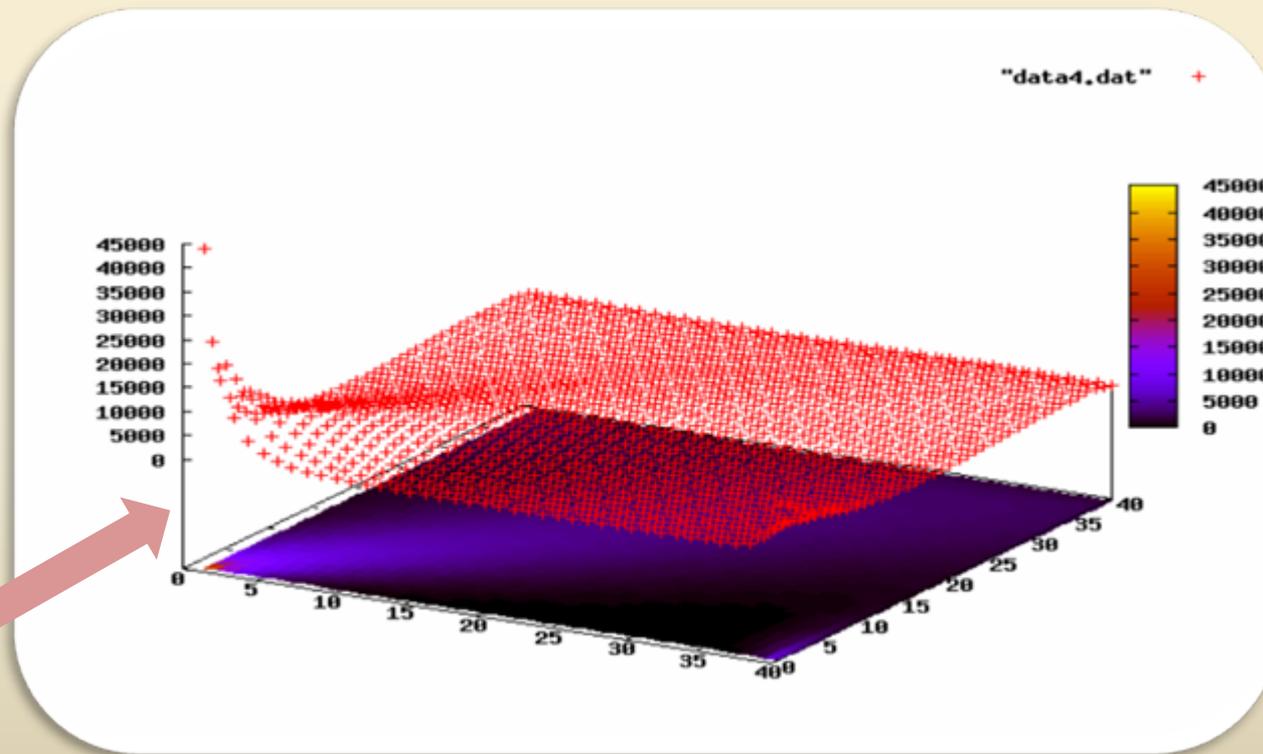


シミュレーション結果

Topplingの頻度とサイトの関係

サイト1のみに砂を落とした場合

3次元

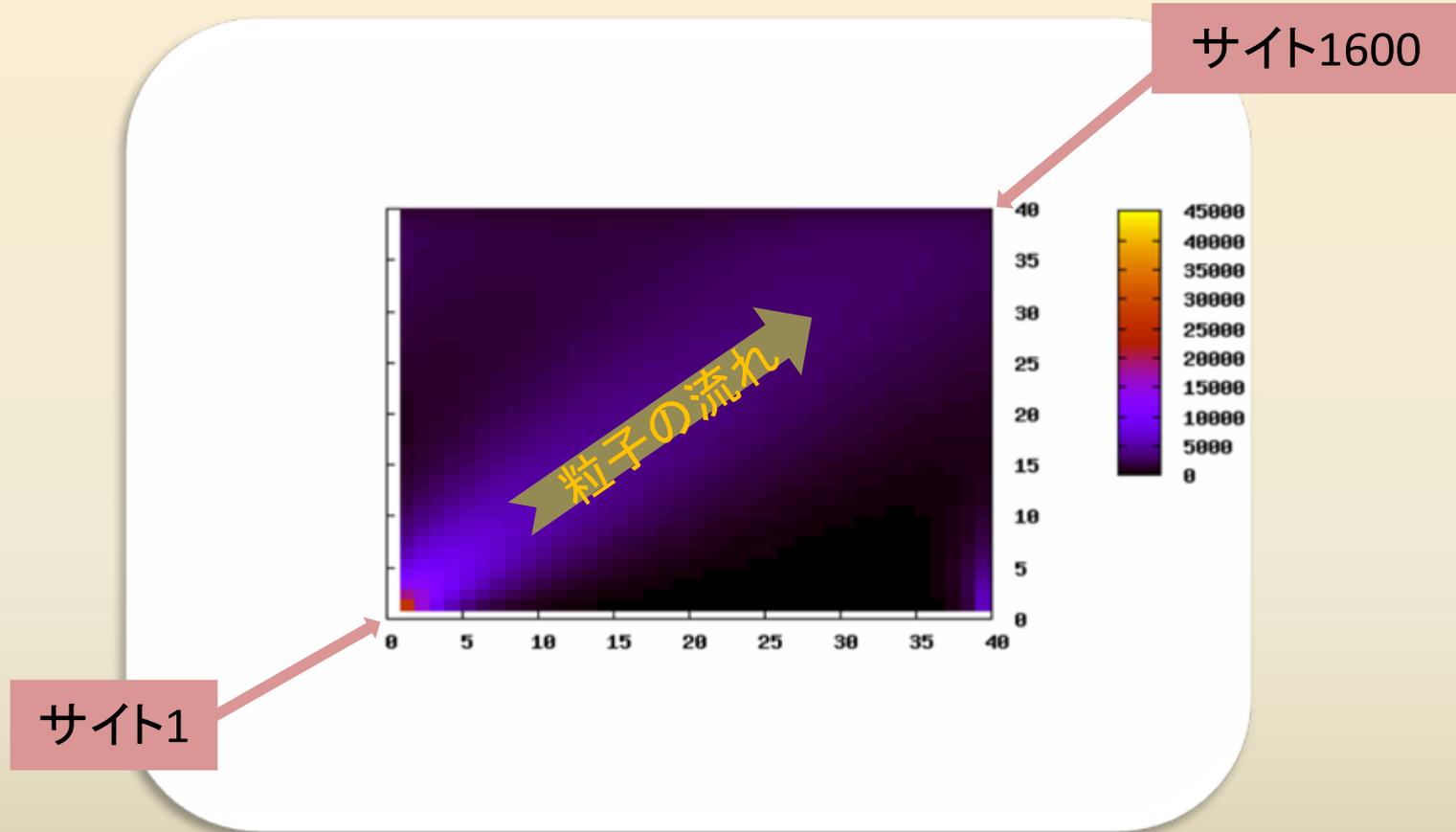


サイト1

サイト数: 40x40

ステップ数: 200000回

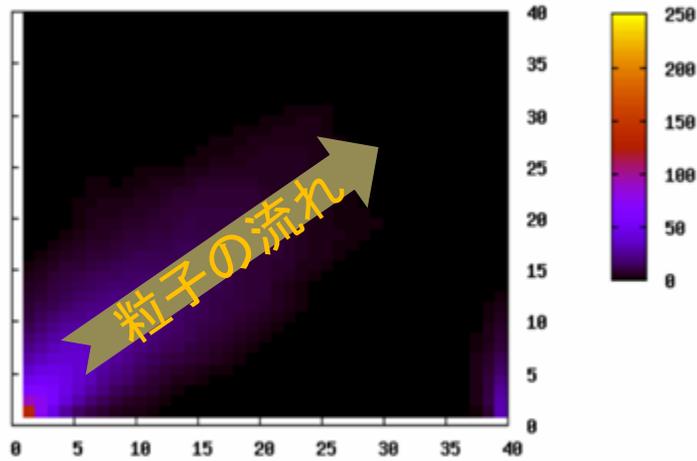
前ページのグラフの2次元への投影



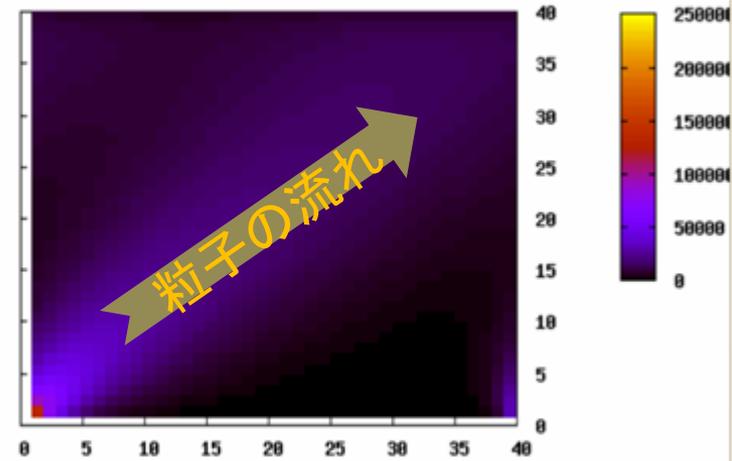
サイト数: 40x40

ステップ数: 200000回

同じ条件でステップ数のみを変えた場合



サイト数:40x40 ステップ数:1000回



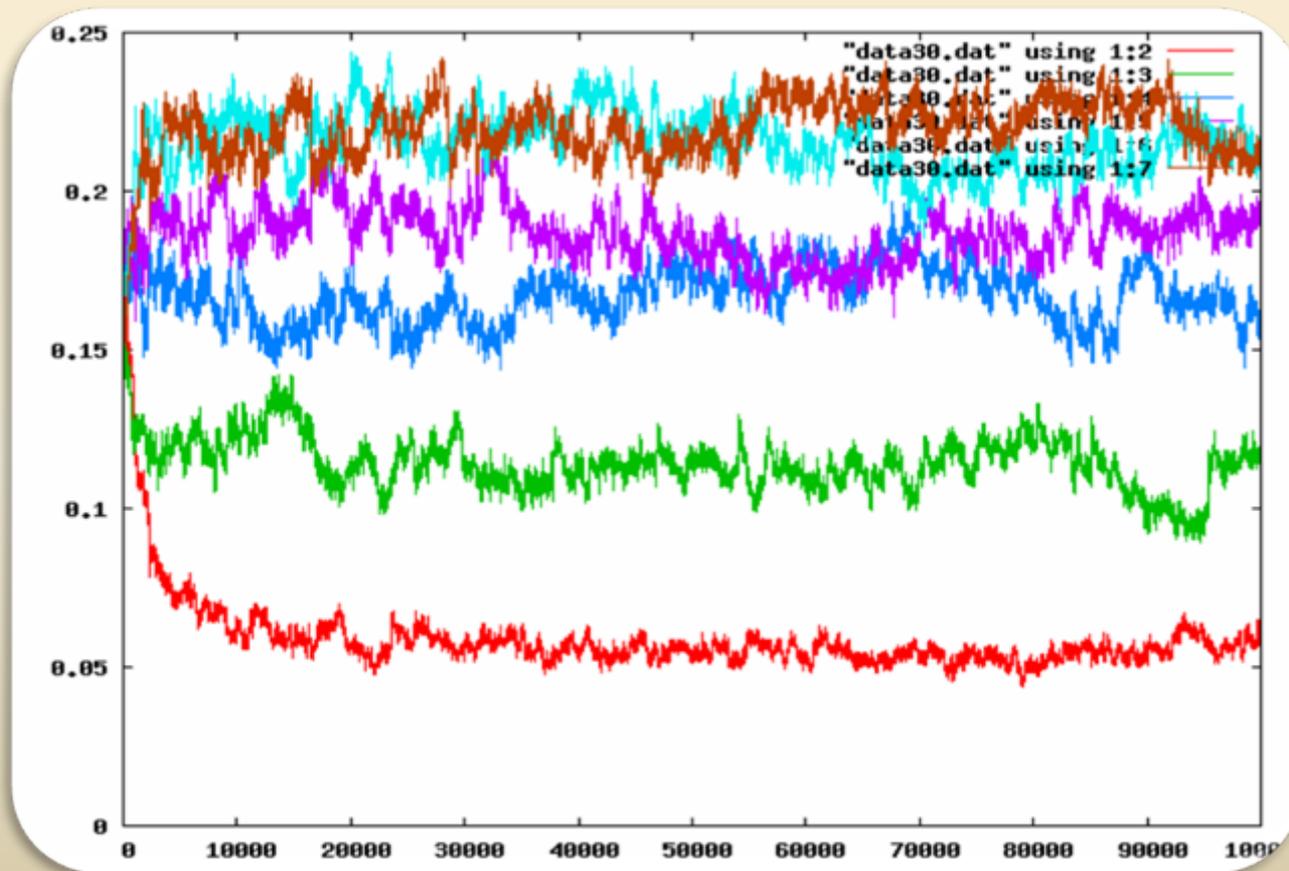
サイト数:40x40 ステップ数:1000000回

ステップ数を変えてもほぼ同様の結果が得られることがわかった！！

では、定常分布に従うか？

時間変化による各サイトの粒子数

サイト1のみに砂を落とした場合



サイト数: 40x40

ステップ数: 100000回

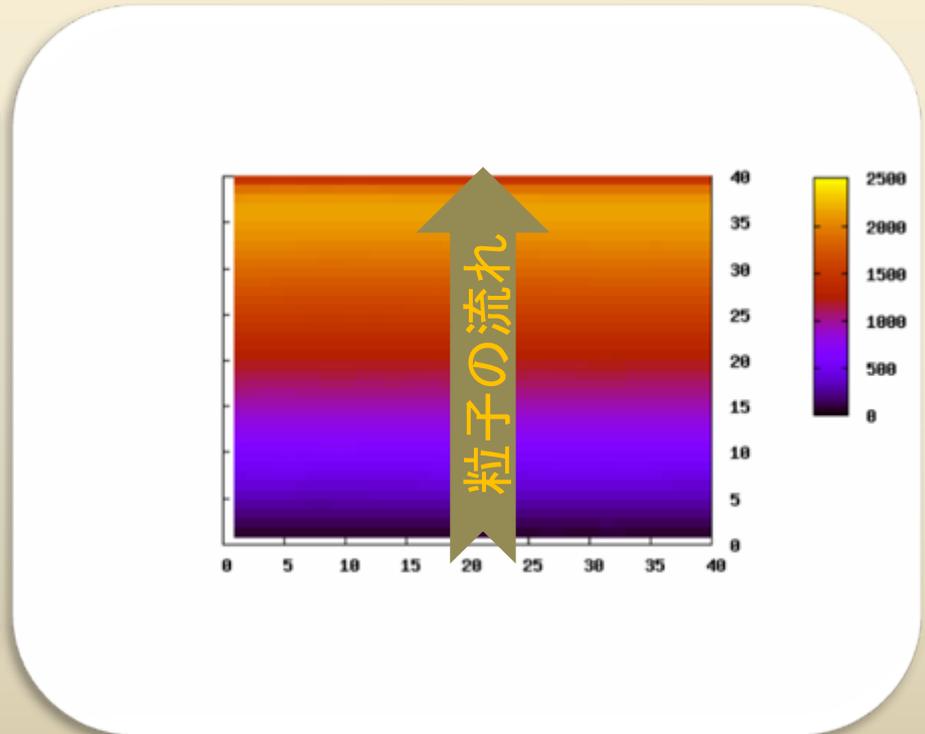
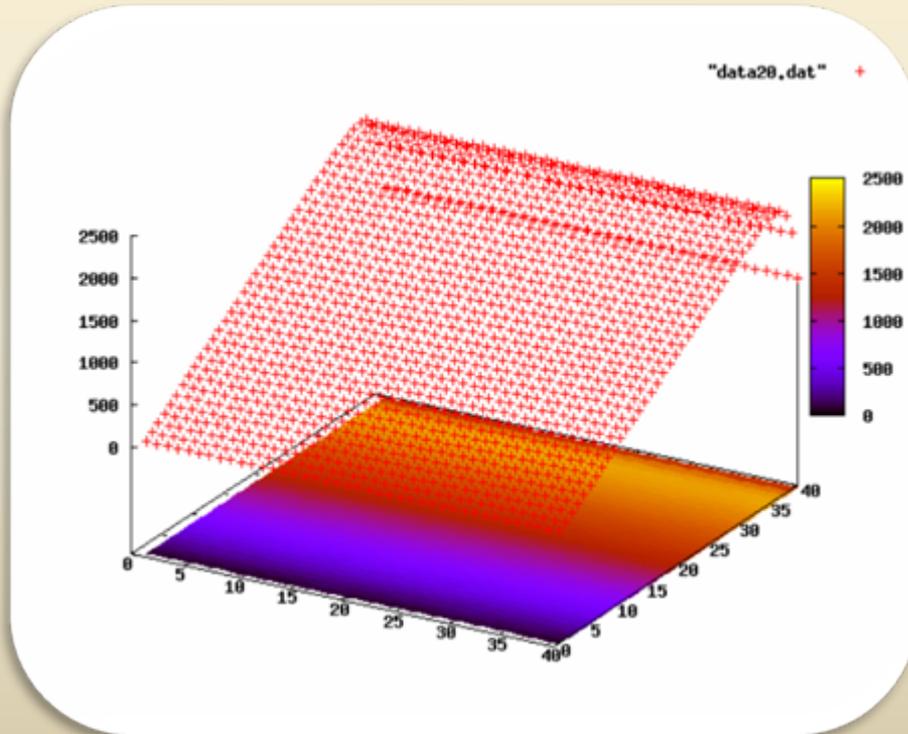
Topplingの頻度とサイトの関係、その2

次に、サイト1のみでなく

全サイトにランダムに砂を落とした場合

3次元

2次元

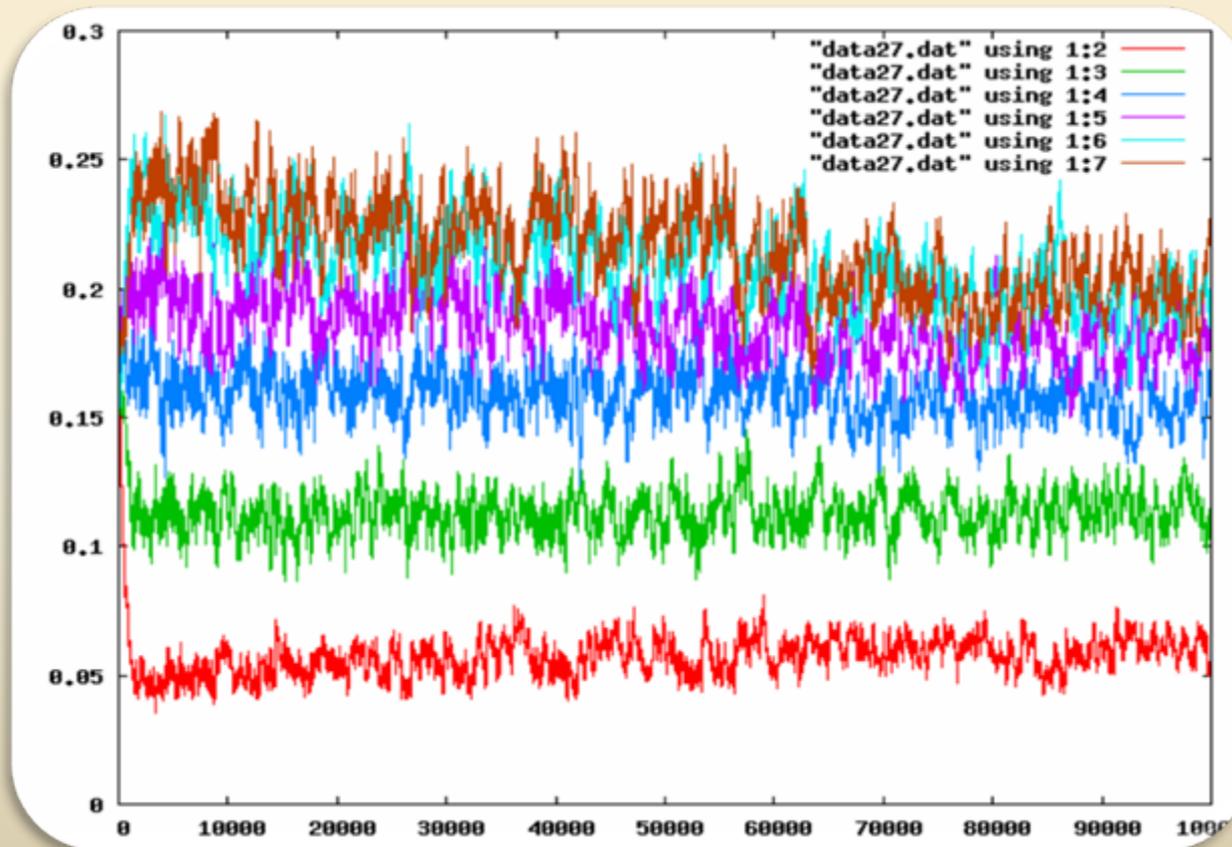


サイト数:40x40 ステップ数:200000回

定常分布に従うか？その2

時間変化による各サイトの粒子数

全サイトにランダムに砂を落とした場合



サイト数: 40x40

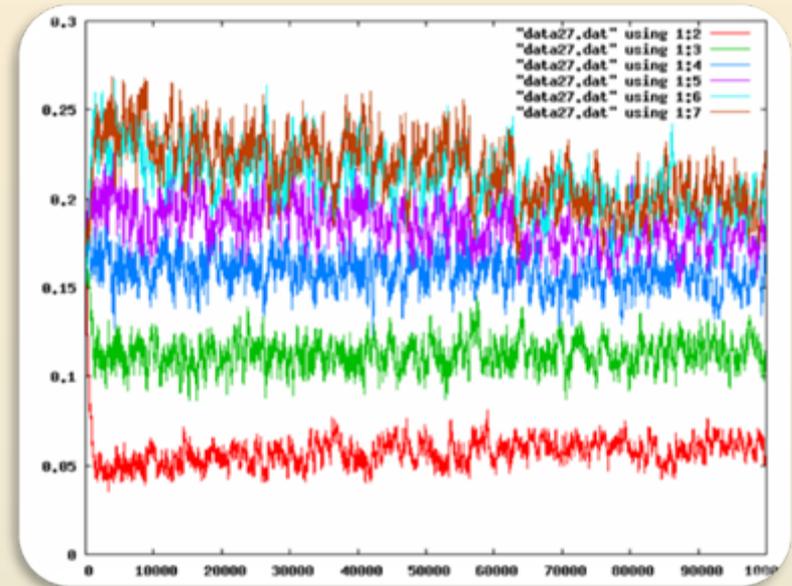
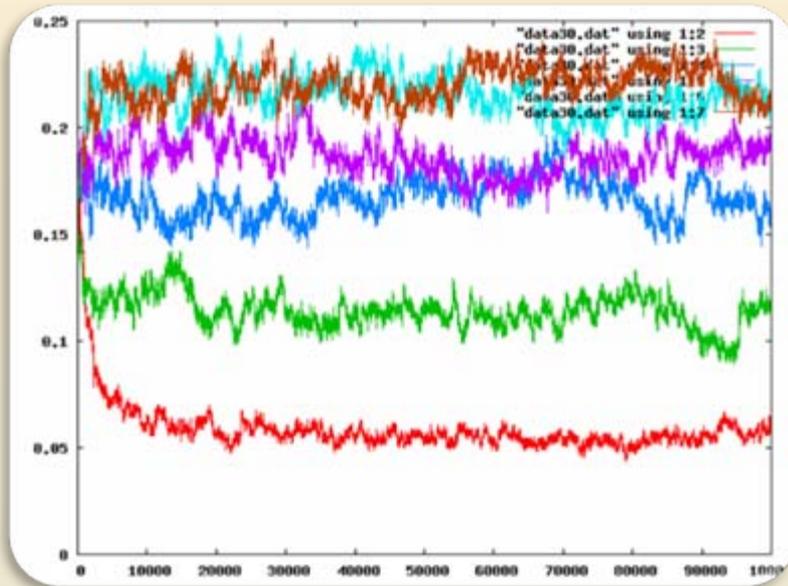
ステップ数: 100000回

まとめ

まずは定常分布のグラフについて

サイト1のみに砂を落とした場合

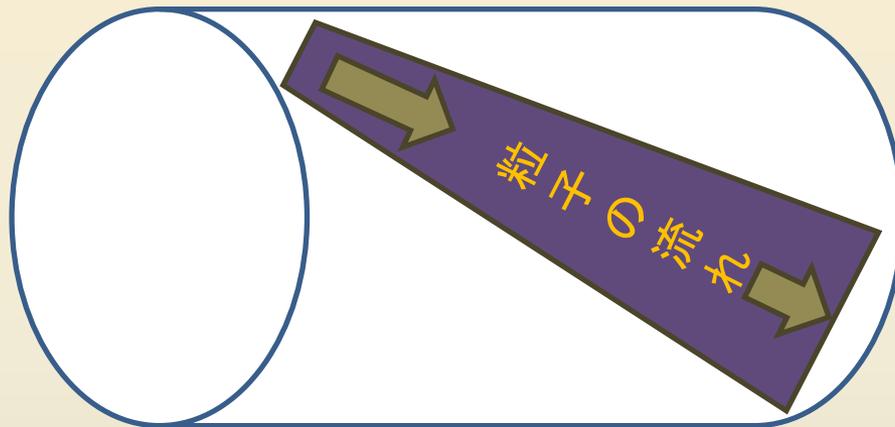
全サイトにランダムに砂を落とした場合



- ★ どちらの場合とも定常分布に従っていることがわかる。但し、全サイトにランダムに砂を落とした方が、想定していた結果に近い。これは、サイト1のみに砂を落とすと、その分偏りがあるため、確率がまばらになったためだと思われる。

本題である、統計的に見た 粒子の流れはどうなっていたか

サイト1のみに砂を落とした場合



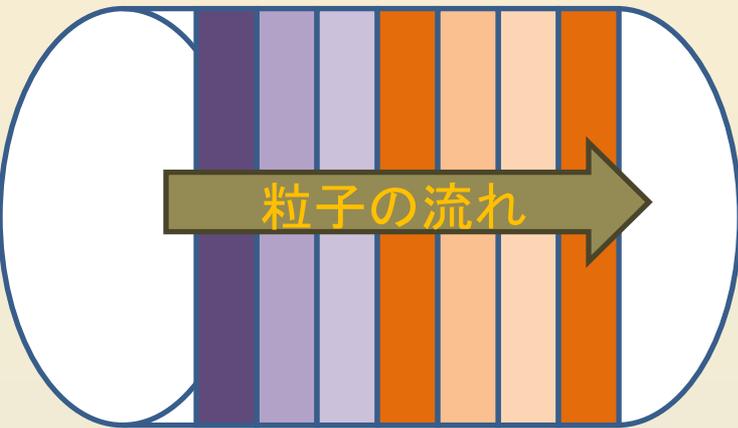
対角成分にtopplingしないから
右下にどんどんと流れて行く！！

粒子の流れはどうなっているか、その2

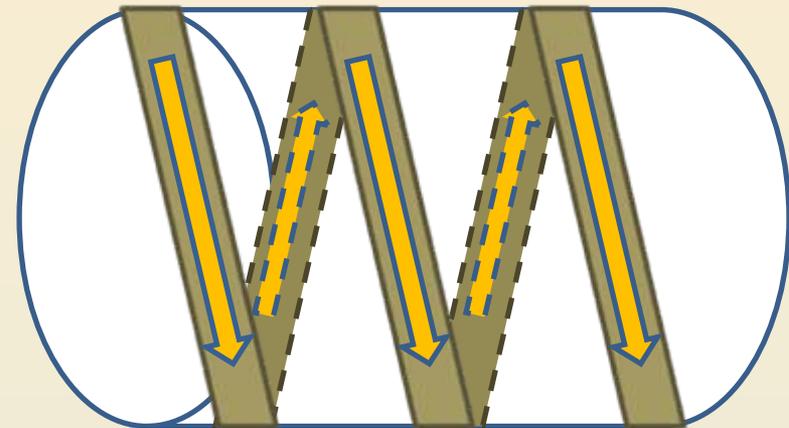
全サイトに砂を落とした場合

ここではかなりおもしろい結果が得られた！

図から見ると、下のよう
右に粒子が流れているように見える。



このような流れになっている！！！！



粒子の流れは、右に流れているように見えるが、右図のような**スパイラル回転**を統計的に見ると、そのように見えているだけである。

なぜ**スパイラル回転**になるかという、topplingに偏りを持たせたことにより、上下左右で言うと右と下に多く粒子が流れる。よって、右下に粒子が流れる。ここで、サイトの最上部と最下部を一致させたことにより円柱状になったこのモデルの裏側では右上に流れていくようになるため、このような結果になる！！

考察と今後の課題

今回のシュミレーションでの最大の発見は、粒子がtopplingを重ねるなかでスパイラル回転をしながら流れていくというところである。

このこと自体も面白いものであったが、これはサイト1だけに落とした場合の結果のひとつとして予想していたものであったが、全サイトに落とした場合にこの挙動が得られることは意外であった。

また、定常分布に従うかをみたグラフからは、結果を見て、納得できる部分が多かった。

Topplingにも偏りを持たせたが、サイト1だけに砂を落とすということで、さらに偏りを持った結果が得られた。

今後の課題としては、円柱状で行った今回のシュミレーションを、円錐等に形を変えて行う。

他には、topplingにもランダム性を持たせてシュミレーションを行う等である。

今回のシュミレーションをもっと物理的に解析したり、実用性がどのくらいあるかを考えることも重要であると思う。