

「ランダム」にみる方向性 ほこりに見る「誇り」

「ほこりはすみっこに滞留する。それはなぜだろうか。」

それこそ、物理準備室のすみっこでほこりをかぶっていた本からひとつシミュレーションをひっぱり出してきて、VBA の勉強がてら3年生の課題研究班とともにやってみたものです。ランダムに動くほこりがいかにして部屋の隅っこによっていくのか。そのシミュレーションの概要を以下に示します。

1.ほこりを動かすルール

ルール1：ほこりの動き方

ほこりは酔歩*1（ランダムウォーク）するとします。だから、ランダムな方向（ Rnd ）にランダムな距離（ Rnd ）飛ぶとしましょう。

関数的には、

$$X : Rnd \times \cos(Rnd \times 2\pi)$$

$$Y : Rnd \times \sin(Rnd \times 2\pi)$$

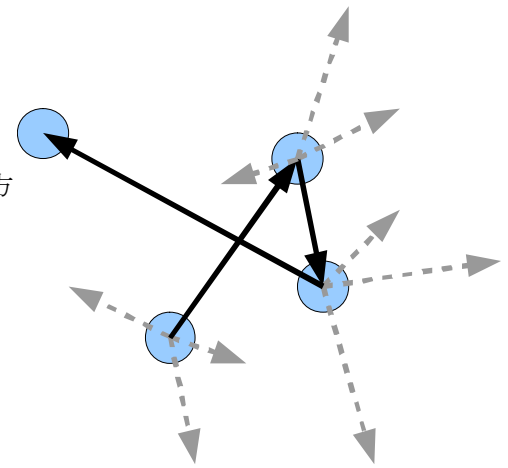
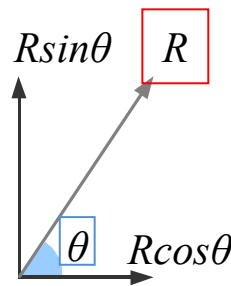


Fig.1 ランダムウォークするほこり

といった具合です。

ルール2：部屋の概要

4畳半一間の小さな下宿を想定し、正方形の部屋に50個のほこりを散らします。部屋のサイズは1辺=1とします。さすればx座標y座標にそれぞれ乱数を放り込むことで、適当にほこりは散ってくれます。

さらに、ほこりが隅に寄ったかをチェックするべく、部屋を「内側ゾーン」と「外側ゾーン」に分けます。面積が1である部屋を単純に0.5:0.5に分けることにします。0.7×0.7≈0.5なので、図のように区分します(Fig.2)。

先述のほこり散らしのときには、内側と外側にそれぞれ25個ずつくらいのほこりが散っているとベターです。

でも、私たちは日ごろ大体部屋のまんなかにいる*2 ので、少しばかり内側のほこりが多かったとしても、別に気にしないことにします。

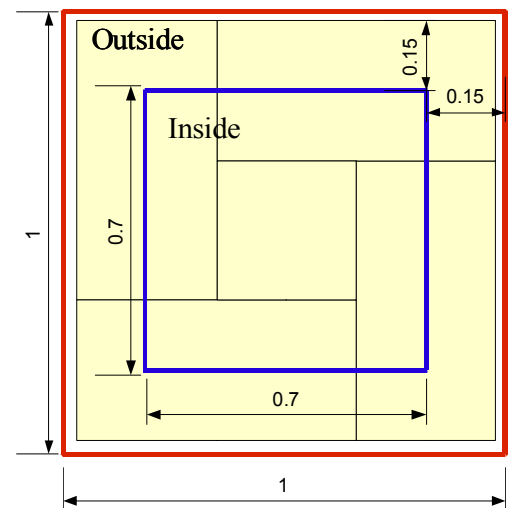


Fig.2 4畳半一間の小さな下宿

*1 うちのお兄ちゃんはコンパの後、ランダムウォークすらせずに軒先で横たわって静止しますが...といった苦情はやめてください。

*2 うちのお父さんは会社では窓際にいる様ですが...といった悲しい反論もやめてください。

ルール3：壁にぶつかったほこり

(実際にほこりが動く場合であっても、) 壁をこえて運動しようとしたほこりは壁をすり抜けることなく運動します。そこで、今回は Fig.3 のように、壁にぶつかったほこりを壁に沿うように動かすことにします。

つまり、運動を終えたあと座標が 0 を下回った場合は座標を 0 に、1 を上回った場合は座標を 1 とするわけです。

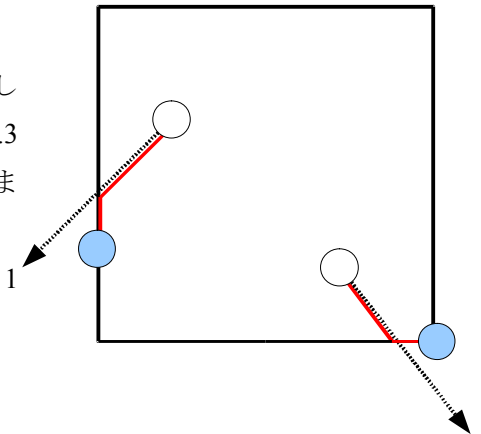


Fig.3 壁にぶつかったほこりの扱い

ルール4：隅にかたよるかどうかの判定

ほこりを1~3のルールで動かし、50個のほこりすべてについて1回ジャンプさせたら、時計のカウントを1進めます。時計を60カウント分進めたあと、ルール2でいう内側と外側にそれぞれ何個ずつのほこりが存在しているかを数え上げ、有意に外側が多ければ、ほこりは隅っこに寄っている、と判断できる訳です。

2.モデル&シミュレーション

シミュレーション.1：一様なランダムウォークでほこりはかたよるのか

1~3のルールによるマクロを組み、実際に実行してみます。ほこりが飛ぶ距離は、部屋の中で一様で、 $0.1 \times Rnd$ としました*3。ルール3の条件あたりで、誇りの挙動に何らかの方向性が生じてくることも期待されましたが…結果を以下に示します。

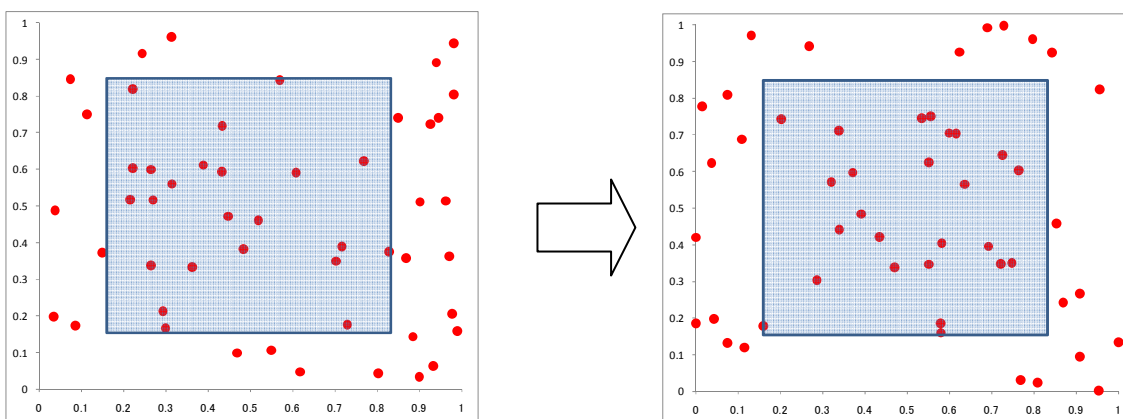


Fig.4 シミュレーション1での部屋の様子の変化

*3 ほこりが飛ぶ距離は1回平均 0.05 となる。60 カウントすれば、部屋の隅から隅まで十分に飛びうる、と判断した。(真面目)

ほこりの数

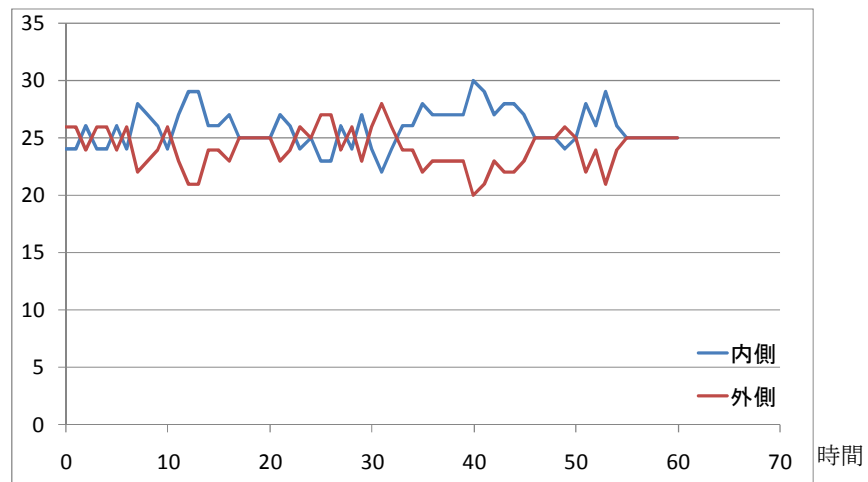


Fig.5 Sim1 における時間の進行と、内外の誇りの数の推移

それぞれのほこりはシミュレーションの間部屋の中をゆらゆらと揺れます。結果として、部屋の内側と外側のほこりの数に有意な差は認められません。このモデルでは、ほこりは隅に寄りません。

シミュレーション2：ほこりが飛ぶ距離の違いによって偏りは生じるか

シミュレーション 1 では、部屋全体でほこりの動く距離を一様としましたが、実際の空間、例えば廊下のようなところでは、中央部分は大勢の人が颯爽と闊歩し、隅の方はあまり人が通りません(Fig.6)。また、人の流れも比較的ゆっくりであると考えられます*4。

そこで、シミュレーション2では、「部屋の中の内側の部分はほこりが大きく飛び得る。内側はあまり飛ばない」というバイアスを加えます。具体的には、部屋を3つの領域に分けて、最も外側から順にほこりの飛ぶ距離の最大値を0.025、0.1、0.2とします(Fig.7)。たとえば、最も外側では、ほこりは1回に $0.025 * Rnd$ だけ飛ぶわけです。

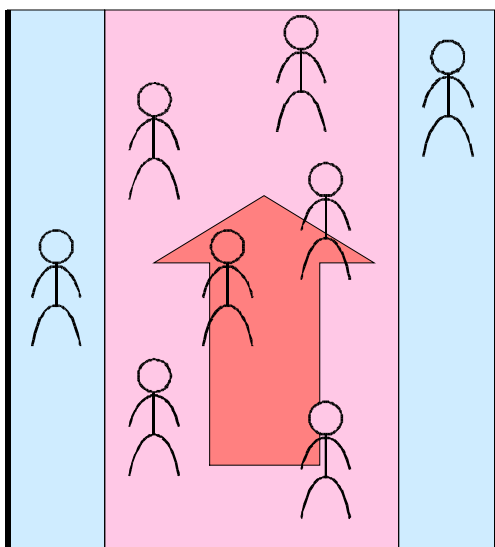


Fig.6 廊下を通行する人々

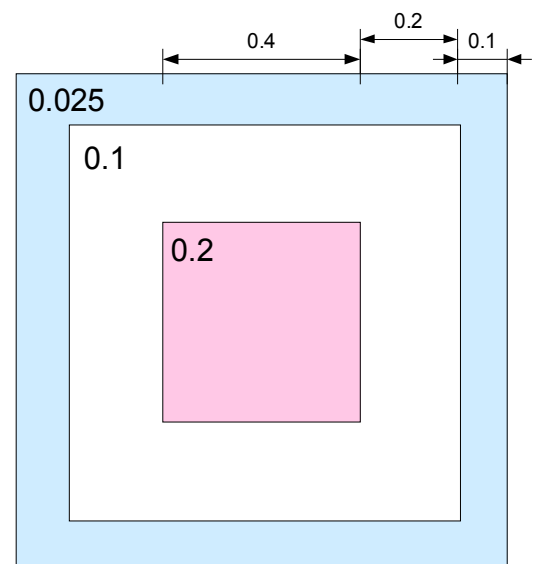


Fig.7 Sim2 における室内の様子

*4 うちのお母さんは特売の日に、脇の方をダッシュで駆け抜けて豆腐を get しますが…といった苦情はやめてください。

シミュレーション2の結果を以下に示します。

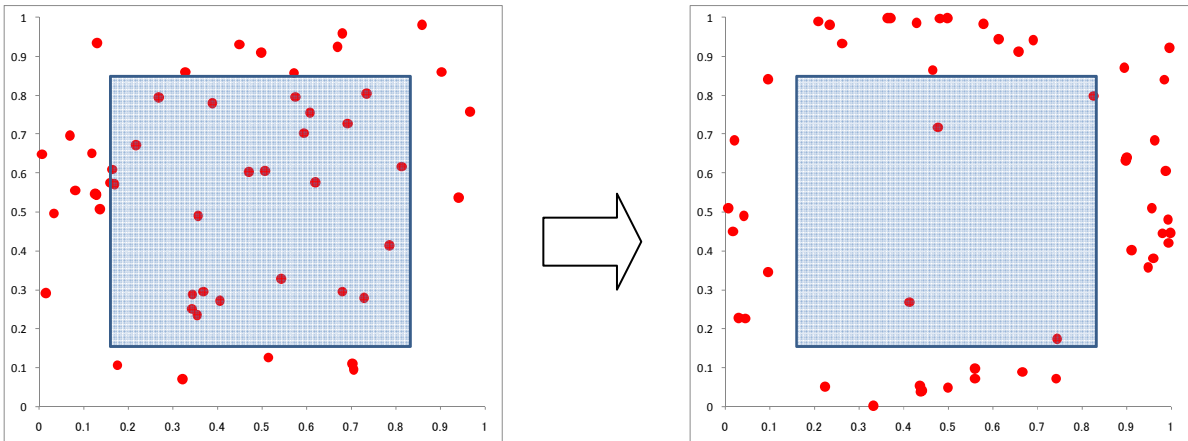


Fig.8 シミュレーション2での部屋の様子の変化

ほこりの数

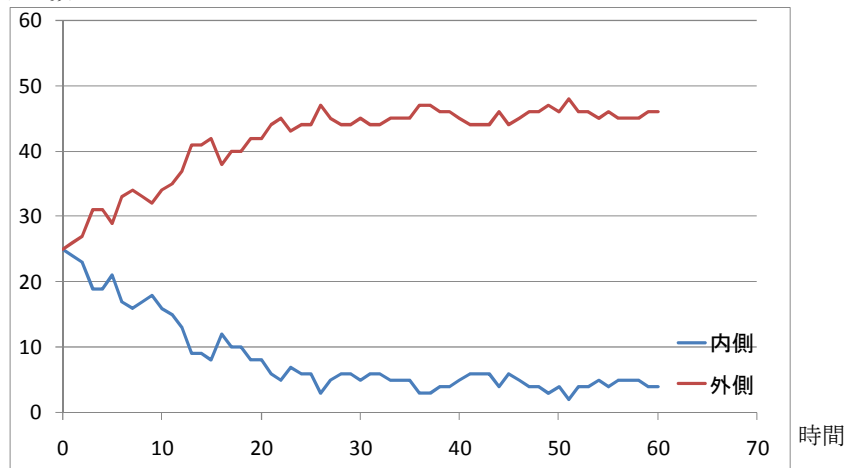


Fig.9 Sim2における時間の進行と、内外のほこりの数の推移

時間の推移とともに内外のほこりの数の差は拡大し、**ほこりが外側の方へ寄って**いっていることが分かります(Fig.9)。60 カウントを終えるころには、ほぼすべてのほこりが部屋の外側に存在しています(Fig.8)。

ただ、1つのほこりに注目してその動きを追ってみると、ほこりは中央部で大きく揺れ→外側に入って留まるといった動きを繰り返していることが見て取れます(Fig.10)。このモデルでは一応外側に滞留するほこりの様子を説明できる…ものの、どちらかというと「ほこりが隅っこにたまっていく」というよりは、ひとつひとつのほこりの、

I 頻繁に移動する。

II 長時間外側に、短時間内側に存在する。

という性質が 50 個集まり、あたかも隅に滞留するようになっていたといった感じがします。

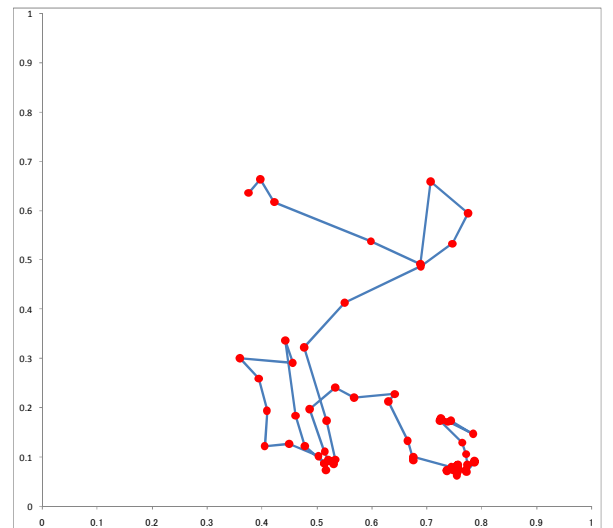


Fig.10 Sim2におけるほこりの移動の様子

シミュレーション.3：よりリアルなほこりの動きを目指して

シミュレーション 2 における「部屋の内側外側でほこりの動きに差をつける」という発想をさらに深め、外側に向かって動きが小さくなるように勾配をつけます。具体的には Fig.11 のように設定し、いちばん外側の領域について、中央に近い部分が 0.15、中間部分が 0.075、最も外側が 0...といった具合に連続的に変化させます。

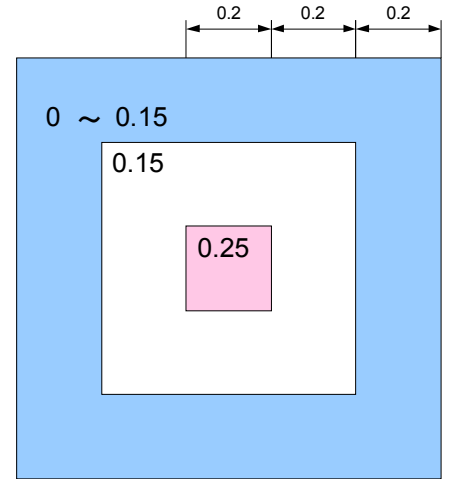
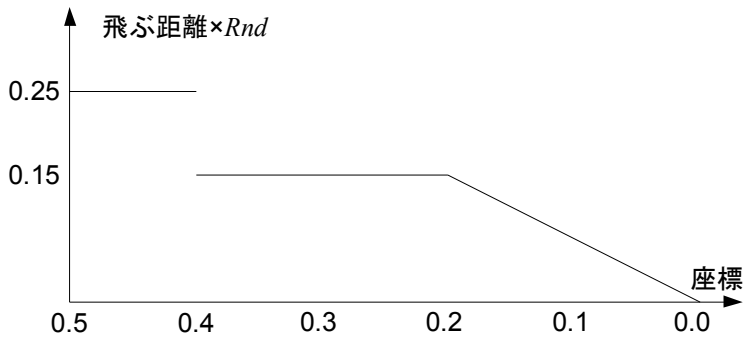


Fig.11 Sim3におけるほこりの移動距離

隅に行けばいくほど、空気の流れはゆっくり（本当か？）という発想です。結果を以下に示します。

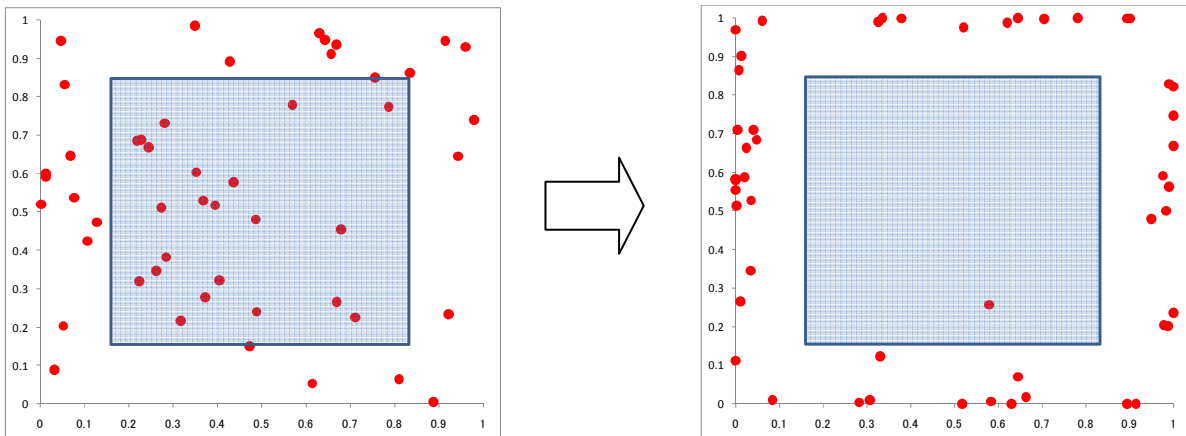


Fig.12 シミュレーション 3 での部屋の様子の変化

シミュレーション 2 の結果(Fig.8)では、隅というより外側にほこりが存在しているのに対し、このモデルでは明確にほこりが隅に寄って行っていることが分かります。

Fig.13 のグラフの挙動も Fig.9 随分と違います。この辺りは、移動距離、領域を変えながらの分析が必要な部分です。

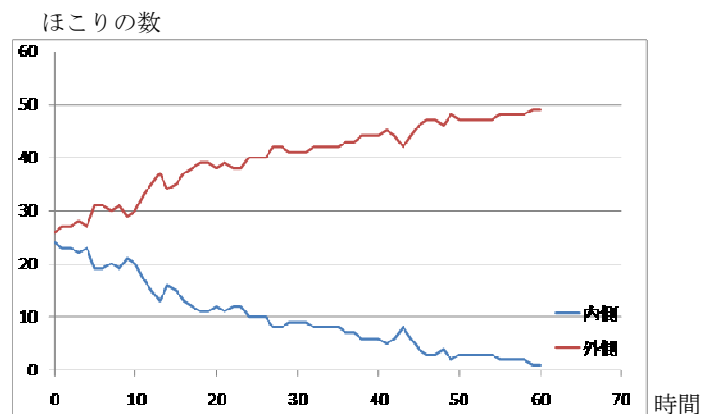


Fig.13 Sim3 における時間の進行と、内外のほこりの数の推移

1つのほこりの挙動に注目してみると、中央部分を揺れながら外側に進み、隅っこのほうで留まっている様子が見て取れる。まさに隅にたまったほこりの挙動であり、まずまずのモデル（&一応、マクロは思ったように組んでいる…のか??）であるといえるのではないのでしょうか。

さらに、「おまけ」ですが、このモデルで、中央に「机」を置いてみましょう。具体的には、中央部分のほこりの移動距離を 0.25 から 0.05 に下げます。机の下は、あまり人が通らないのでという発想*5 ですが、果たして結果は…。

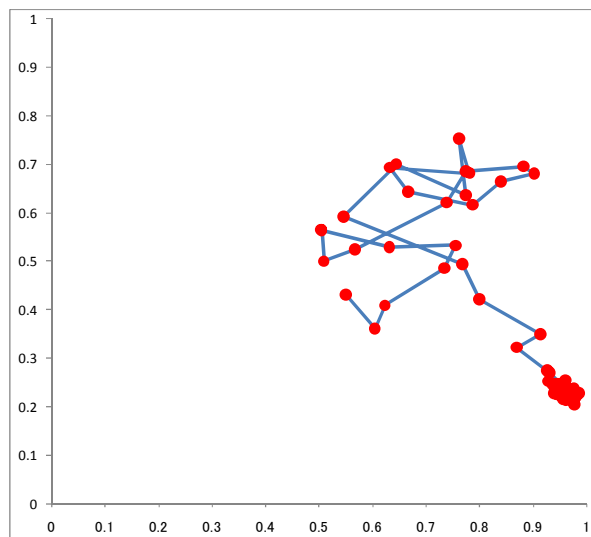


Fig.14 Sim3 におけるほこりの移動の様子

3.まとめと展望

おまけの結果を右図に示します (Fig.15)。机の下にはほこりがとどまっている様子がわかります。

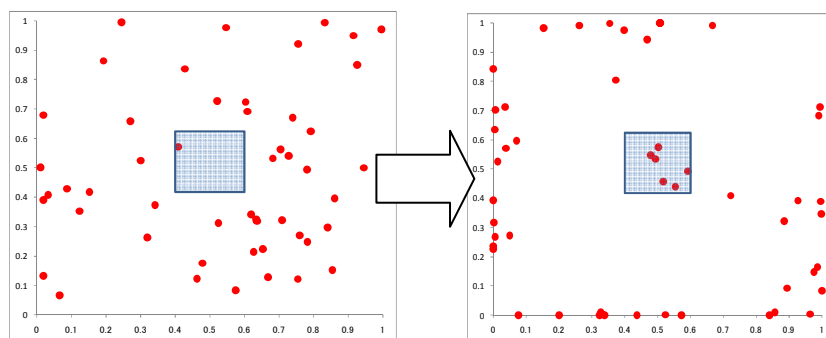


Fig.15 机の下にたまるほこり

Sim 3 のモデルでは、

- 1.ほこりは空気の流れの遅い/少ない部位にすすむ（ように動く）。
- 2.その部位から外へ出ることはまれである。

といったほこりの挙動を再確認することができます。

今後さらに、速さの比が内外のほこりの個数、隅っこに寄る速さに与える影響を論じることもできるでしょう。ほこり同士の離合集散を考えるのも興味深いかと思えます。

ただし、いずれにしても導かれる結論は、

清掃の際には隅々まできれいにすべきである

の一言に尽きるのかもしれませんが。

(幕)

参考文献： パソコンで遊ぶ物理シミュレーション（講談社ブルーバックス*6）

*5 うちのタマは机の下を… → 左様ですか。

*6 別名「理工系にとってのエロ本」