

遠距離

2次元DPモデル

田平 好文

2014/1/22

本日の発表内容

1. 導入
2. 遠距離モデル
3. 従来のモデルと遠距離モデルの比較
4. まとめ

1. 導入

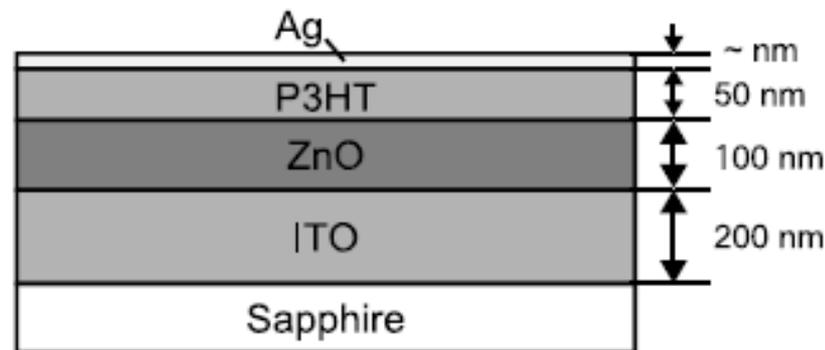
1-1. 研究の目的

ドレスト光子(大津元一[著])に載っている
二次元のDPのモデルを改良

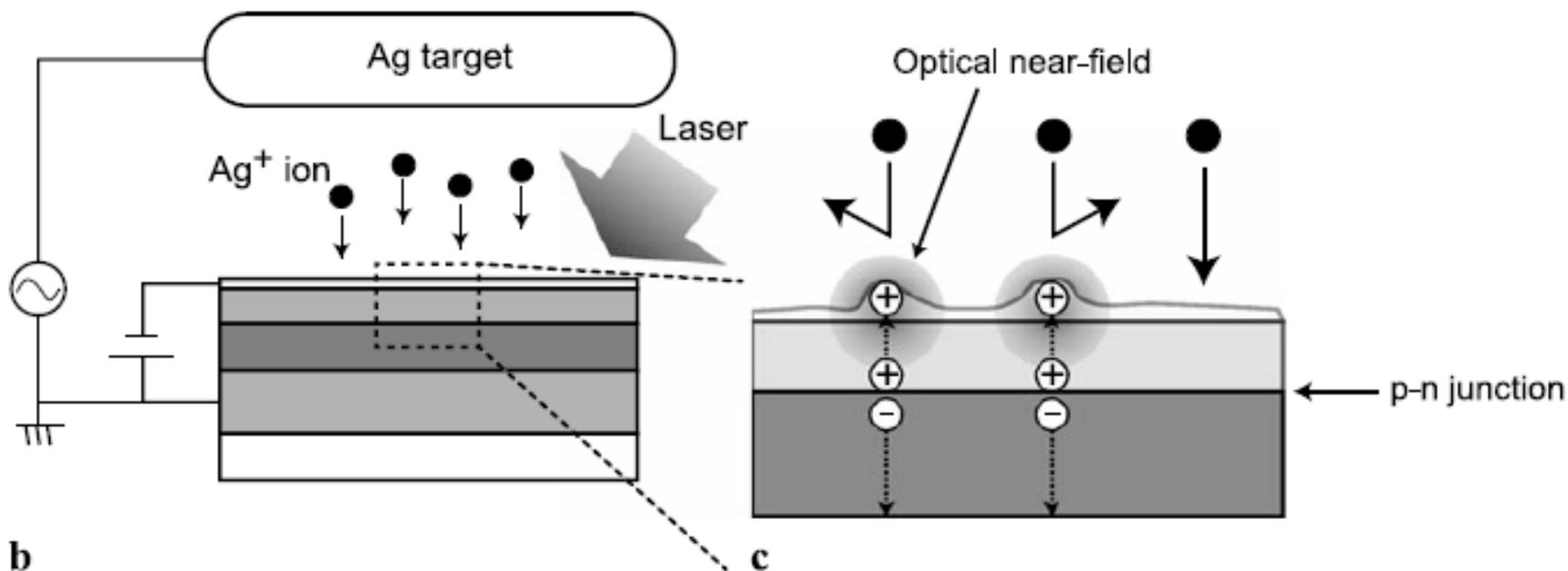


元の現象にさらに近いモデルをつくる

1-2. DPによる表面形状の自律的な加工



a

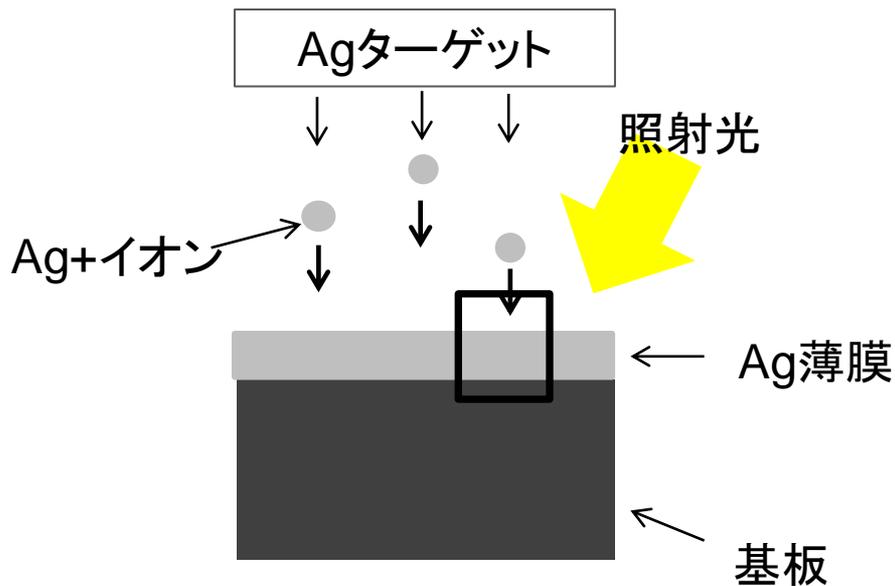


b

c

Reference: M.Naruse et al, A stochastic modeling of morphology formation by optical near-field processes, Appl Phys B(2011) **105** 186

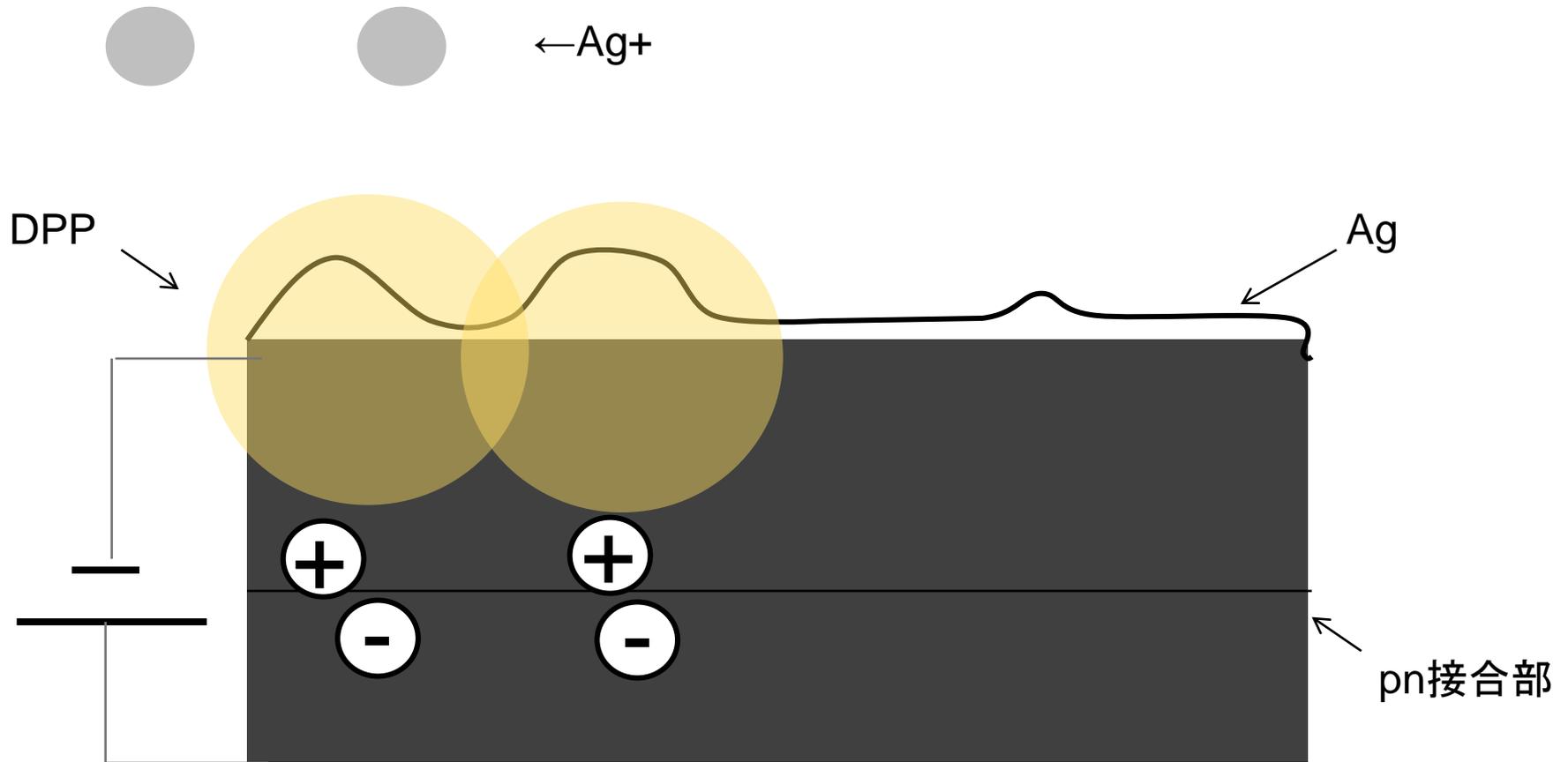
1-2. DPによる表面形状の自律的な加工



AgターゲットからAg微粒子を出す

↓
プラズマでAg+イオンにして薄膜表面に吹き付ける。

↓
堆積していき、表面形状が形成される



クーロン力によって反発やドリフトが起こる

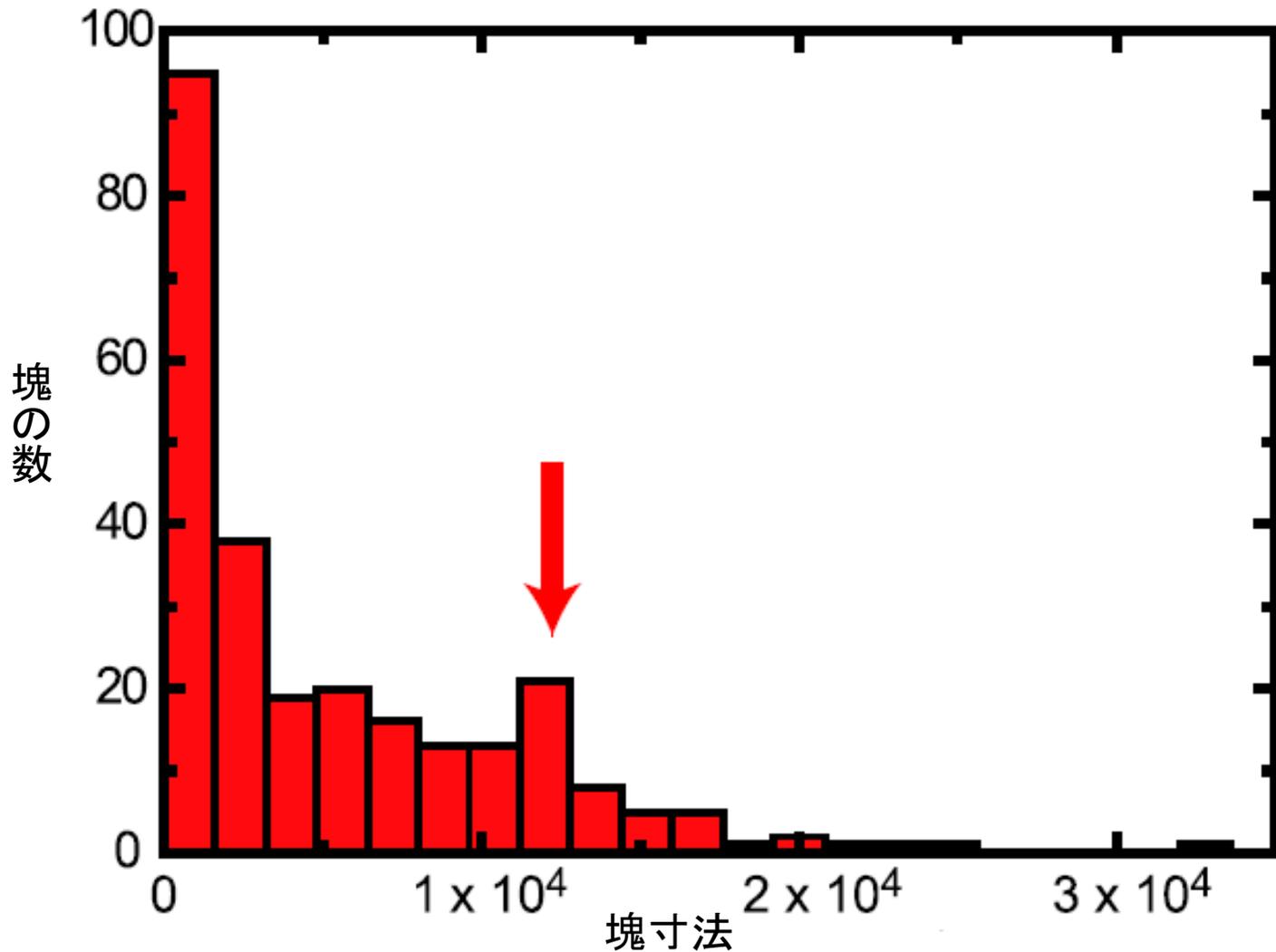


表面形状が変化していく



定常状態に達する

→塊寸法の分布が極大値をとる



Reference: M.Naruse et al, A stochastic modeling of morphology formation by optical near-field processes, Appl Phys B(2011) **105** 187

2. 遠距離モデル

2-1. 従来のモデル

足紋の一般式: $Q_p =$

$$\sum_{i=\{-1,0,1\},j=\{-1,0,1\}} S(i,j)$$

左図の場合...

$$S(1,1) = 6$$

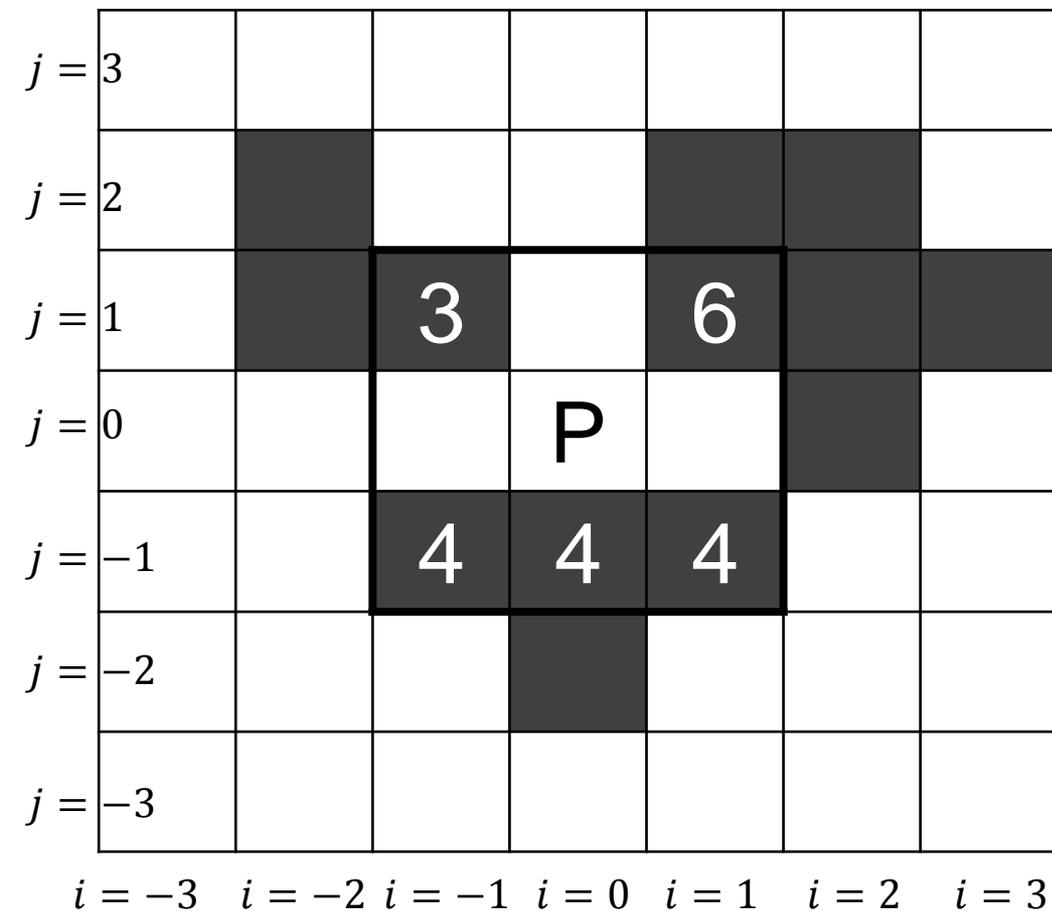
$$S(1,-1) = 4$$

$$S(0,-1) = 4$$

$$S(-1,-1) = 4$$

$$S(-1,1) = 3$$

$$Q_p = 6 + 4 + 4 + 4 + 3 = 21$$

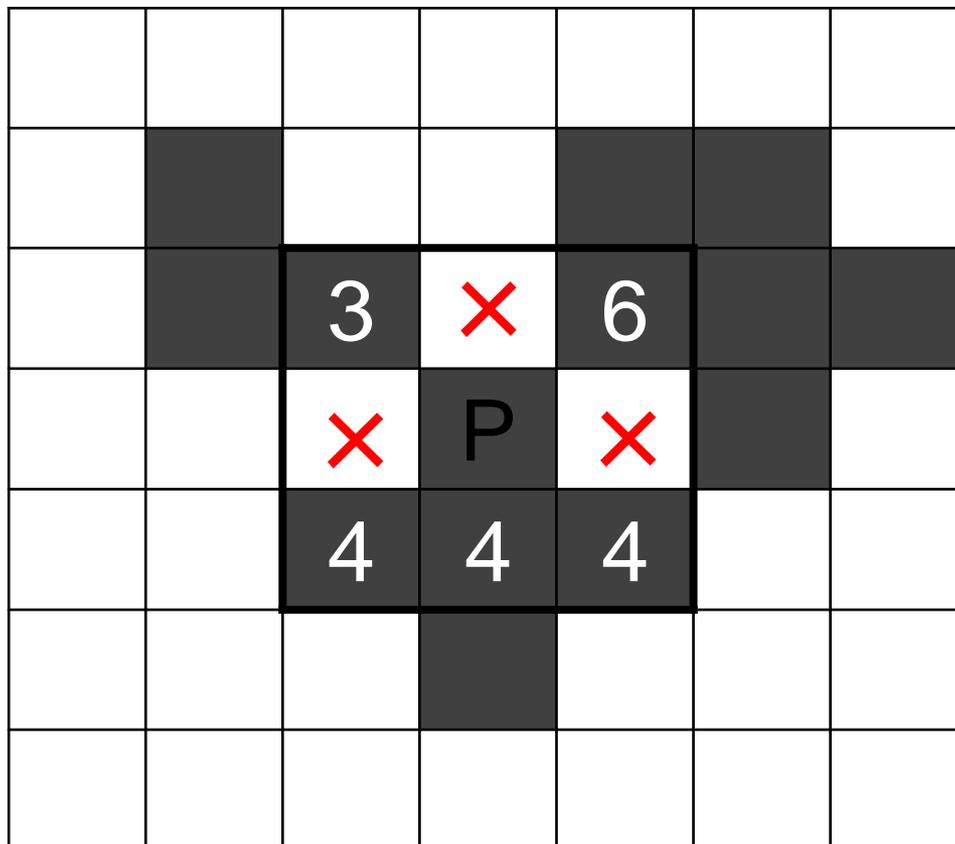


$Q_p < Z \rightarrow \text{Pに堆積}$

$Q_p \geq Z \rightarrow \text{反発され、堆積しない}$

Z: しきい値

2-1. 従来のモデル



$Q_p < Z \rightarrow P$ の近隣のマスに堆積
(ドリフト過程)

$Q_p \geq Z \rightarrow$ 反発され、堆積しない

左図の場合...

2-2. 遠距離モデル

				6		
	3	3		6	6	6
			P		6	
		4	4	4		
			4			

$$f_{\text{上}} = \sum_{j=1}^{+\infty} \sum_{i=-1,0,1} \frac{S_p^{(i,j)}}{j^2}$$

$$f_{\text{下}} = \sum_{j=-1}^{-\infty} \sum_{i=-1,0,1} \frac{S_p^{(i,j)}}{j^2}$$

$$f_{\text{右}} = \sum_{i=1}^{+\infty} \sum_{j=-1,0,1} \frac{S_p^{(i,j)}}{i^2}$$

$$f_{\text{左}} = \sum_{i=1}^{-\infty} \sum_{j=-1,0,1} \frac{S_p^{(i,j)}}{i^2}$$

左図の場合...

$$\begin{aligned} f_{\text{右}} &= \frac{6+4}{1^2} + \frac{6+6}{2^2} + \frac{6}{3^2} \\ &= 13.66666\dots \end{aligned}$$

今回作成したモデルは
20マス先までカウント

2-2. 遠距離モデル

				6		
	3	3		6	6	6
		×	P		6	
		4	4	4		
			4			

- ・Pに着地する条件

$$f_{上}, f_{下}, f_{右}, f_{左} \leq Z_s$$

$$|f_{上} - f_{下}|, |f_{右} - f_{左}| \leq Z_d$$

- ・反発する条件

$$f_{上}, f_{下}, f_{右}, f_{左} > Z_b$$

$$f_{上} + f_{下} + f_{右} + f_{左} > Z$$

上記以外の場合→ドリフト過程

ドリフトする方向の決め方

左図の場合...

$$|f_{上} - f_{下}| = \left| \frac{21}{2} - 13 \right| = 2.5$$

$$|f_{右} - f_{左}| = \left| \frac{41}{3} - \frac{31}{4} \right| = 5.91666 \dots$$



$$|f_{右} - f_{左}| > |f_{上} - f_{下}|$$

$$f_{右} > f_{左}$$

・従来のモデル

スケール: 40×40

塊を落とす回数: 3000回

しきい値 Z : 10

・遠距離モデル

スケール: 40×40

塊を落とす回数: 3000回

しきい値 Z_s : 10

しきい値 Z_b : 20

しきい値 Z_d : 3

しきい値 Z : 25

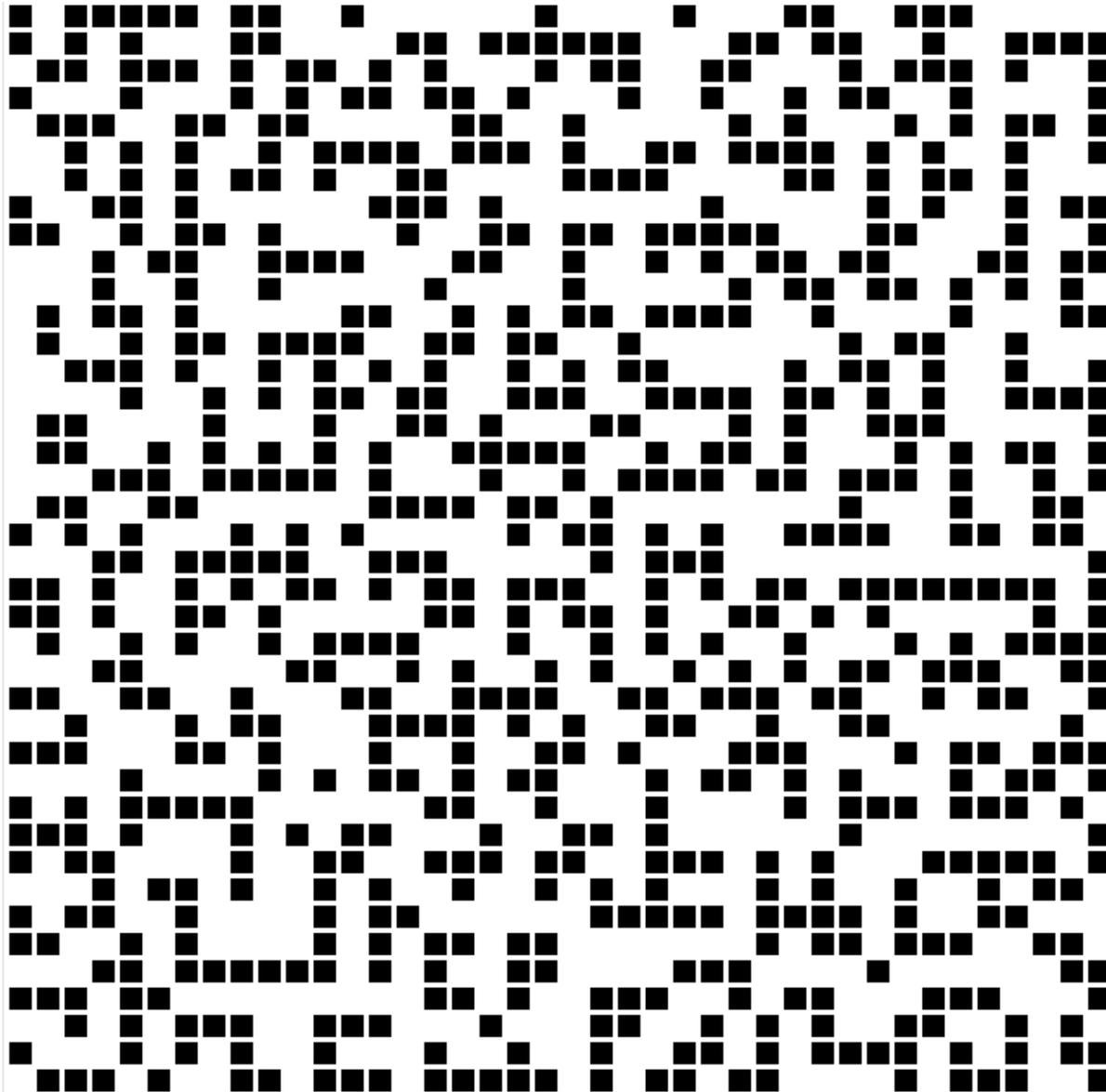
3. 従来のモデルと遠距離モデルの比較

3-1. 初期条件を与えた場合の表面形状の比較

従来のモデルと遠距離モデルの比較を行う。

そのために、縦5横40の塊が最初から存在しているという異方的な初期条件を与える。

従来のモデル(初期条件なし)

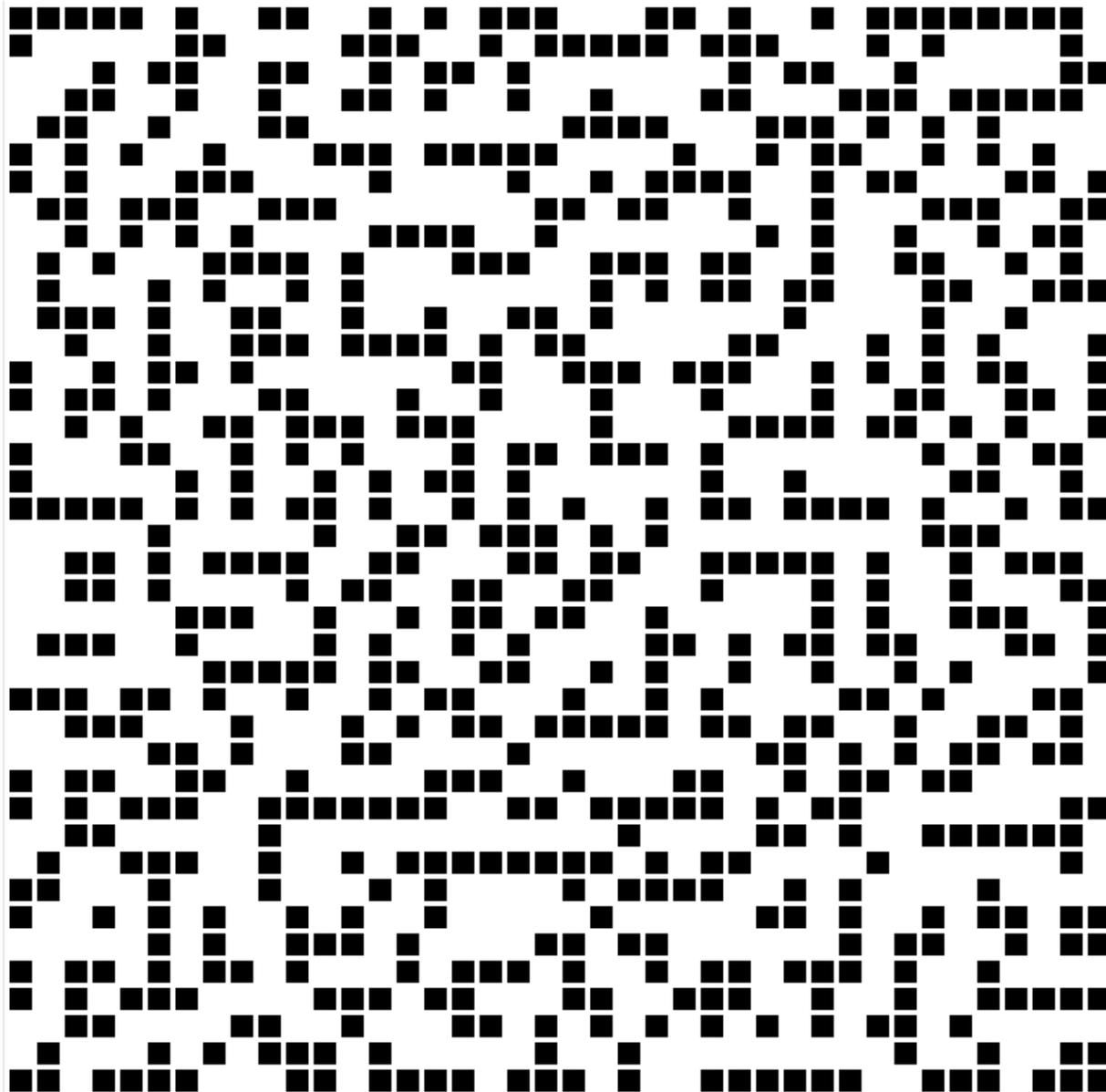


従来のモデル(初期条件あり)

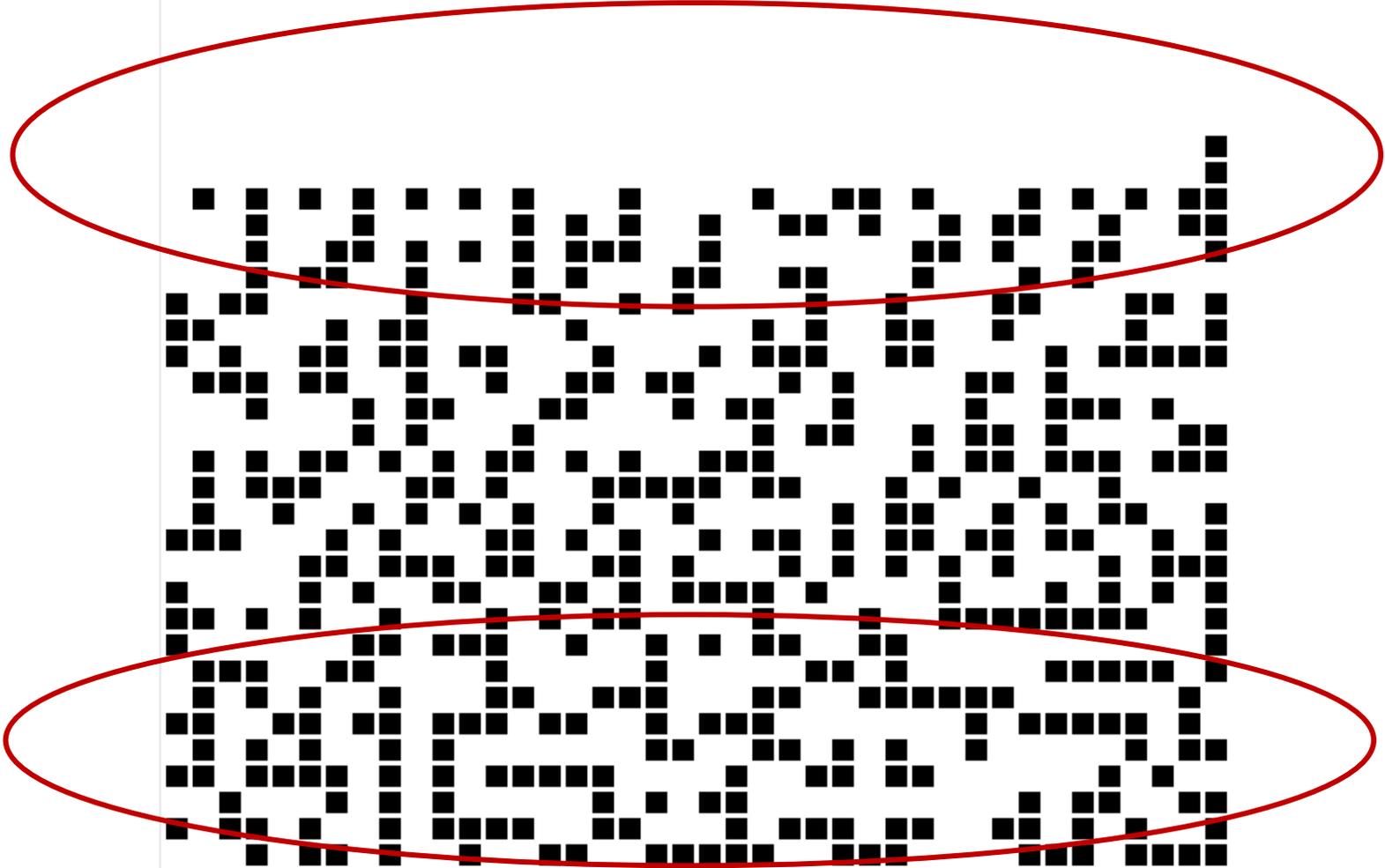
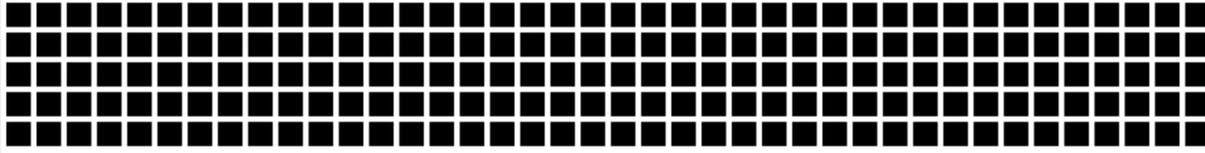


上方の塊の影響は特にないことがわかる

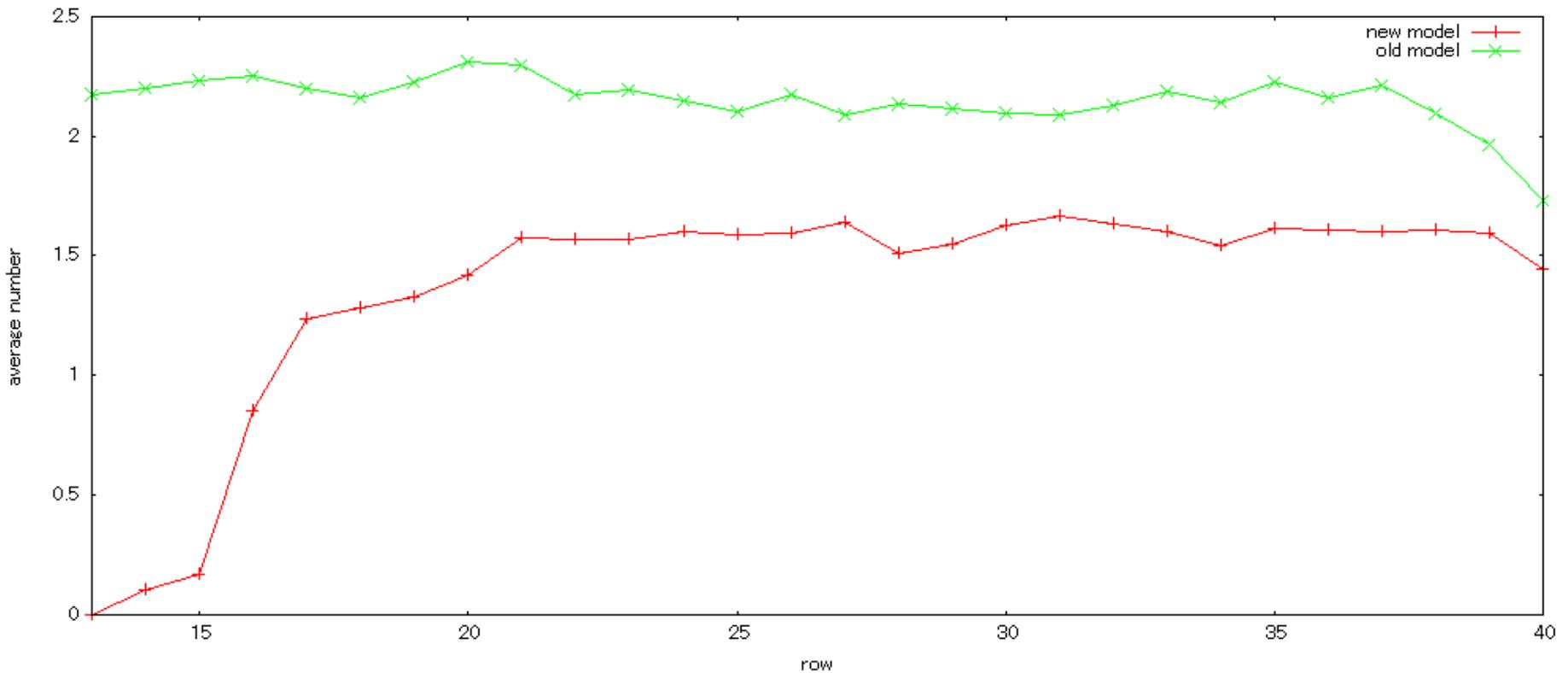
遠距離モデル(初期条件なし)



遠距離モデル(初期条件あり)



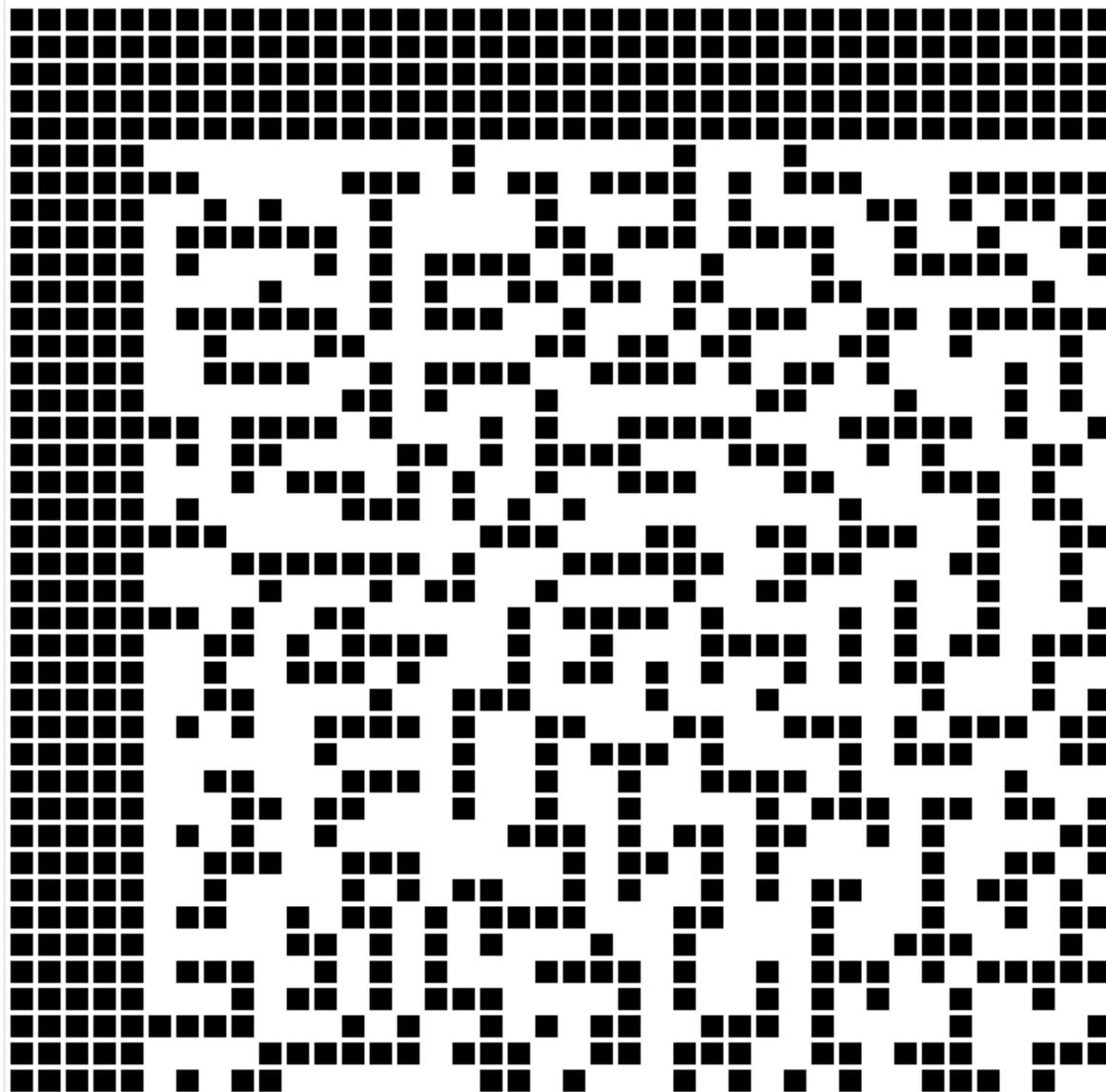
上方の塊の影響を受けていることがわかる



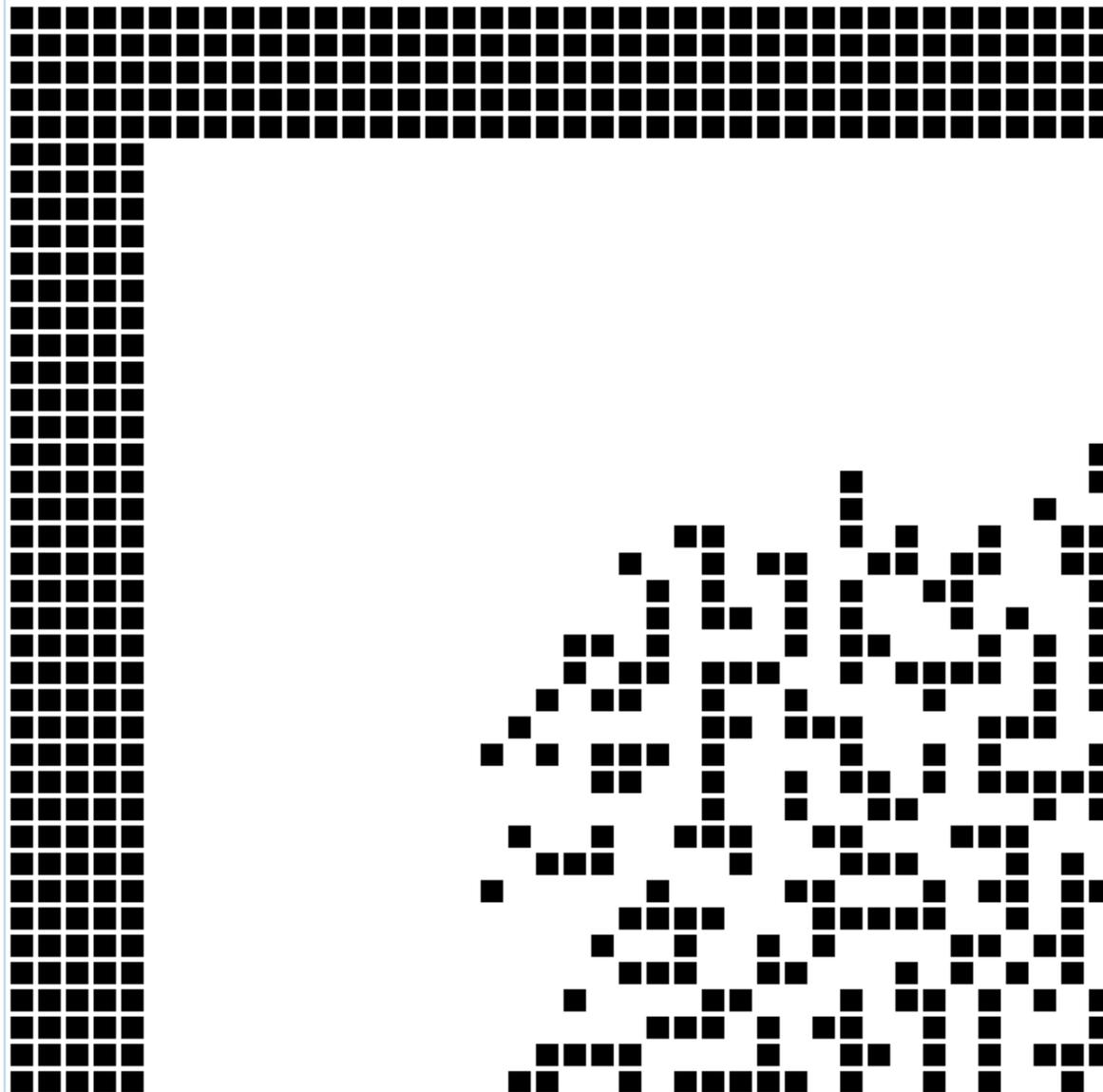
行ごとの塊寸法の平均

従来のモデルは何行目でも塊寸法の平均に変化はない。
一方、遠距離モデルは大きな塊から遠ざかるほど、塊寸法の平均が大きくなっている。

上方、左方に初期条件を与えた場合の表面形状
(従来のモデル)



上方、左方に初期条件を与えた場合の表面形状
(遠距離モデル)



3-2. 初期条件を与えない場合での比較

ここまでは、初期条件として大きな塊を置き、その影響をみてきたが、ここでは初期条件がない純粋な状態での比較を行う。

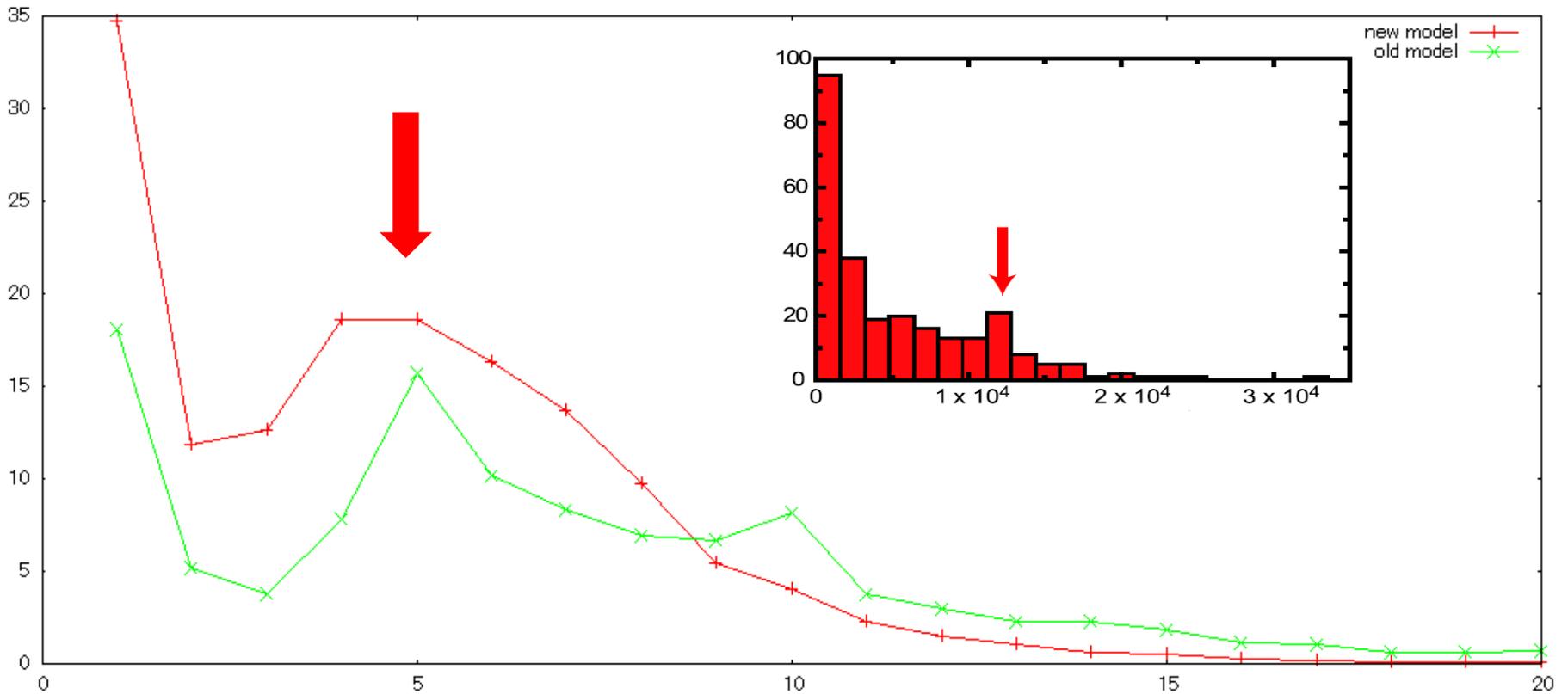
まず、初期条件がないときの塊の密度を比較する。

従来のモデルの黒マスの平均は1600マス中**767.8**マス

遠距離モデルの黒マスの平均は1600マス中**718.8**マス



遠距離モデルは遠くにある塊の影響も受けるため、
全体的に塊と塊の隙間が大きくなった



従来のモデルと遠距離モデルの塊寸法とその数の関係

従来のモデルはもちろん、遠距離モデルも寸法の分布が極大値をとるとい、元の現象の特徴をもっていることがわかった。



元の現象の特徴をそのままに、新しいモデルを作ることができた

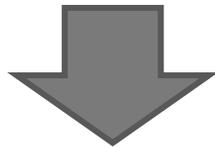
4. まとめ

元の現象

- ・クーロン力によって、反発やドリフトが起こる

遠距離モデル

- ・離れた場所からの影響も考慮する
- ・上下左右それぞれの方向から受けるクーロン力を求めて、ドリフトする方向を決める



結果

従来のモデルと比べて、より元の現象に近いモデルができた

今後の課題

今回は 40×40 のモデルを用いて考察を行ったが、さらにスケールの大きい 100×100 のモデルを作り、行ごとの塊寸法の平均(スライド19枚目)や従来のモデルと遠距離モデルの塊寸法とその数の関係(スライド24枚目)のグラフがどのような関数で表せるかを考察していく。