

ドレスト光子による表面形状の変化

(「ドレスト光子」大津元一[著(2013年)]より)
香取研究室 田平 好文

1. 導入

「ドレスト光子」に記されている、ドレスト光子フォノン(DPP)によって起こるAg薄膜表面の形状の変化の数理科学モデルを作成した。このモデルを用いて表面形状の統計的特性を調べる。

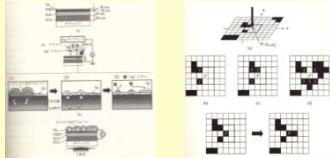


Fig.1

Fig.2

Fig.1はAg薄膜表面の形状の変化の現象の図である。Fig.1の真ん中にかかれて3つの図は左から、「DPPによる電子の発生」、「Ag薄膜の帯電」、「Ag微粒子の流入・流出量の自律的制御」を表す。

Fig.2はこの現象をもとに作成した数理科学モデルである。Pの位置にAg微粒子が飛来したとき、近隣の足敷の値の合計が閾値(後に設定する)より大きい場合はしかれ、小さい場合はPに着地する。また、Pにすでに微粒子が堆積している場合は隣接するセルにランダムに着地する。つまり、閾値が小さい時は堆積しづらく、大きい時は堆積しやすいということになる。これはFig.1の照射光が強い時と弱い時にそれぞれ対応する。照射光が強い時は反発が起きやすく、塊が小さくなりやすい。

3-A. 表面形状のモデル(100×100)

ここまで、20×20のスケールのモデルを用いて統計的性質を調べたが、同じことを100×100のスケールのモデルで行う。サイクル数T=10000

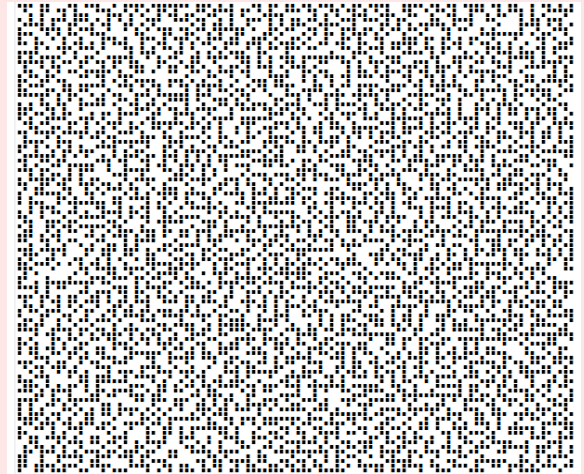


Fig.6 :100×100の表面形状(しきい値20)

2-A. 表面形状のモデル(20×20)

Ag薄膜表面が平坦な状態からスタートし、Tサイクル反復して上記の確率過程を適用することにより多様なパターンが形成される。それらは閾値Zにも依存する。

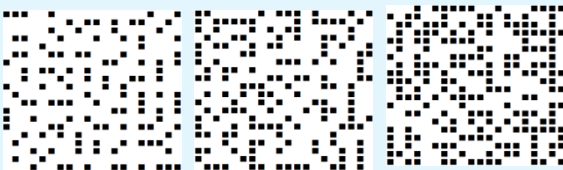


Fig.3a:20×20の表面形状(しきい値5)

Fig3b:20×20の表面形状(しきい値10)

Fig3c:20×20の表面形状(しきい値20)

Fig.3の設定値はセルの個数20×20、サイクル数T=300、閾値はそれぞれ3aが5、3bが10、3cが20。それぞれ、100回行った試行の結果のうちの1つである。閾値が大きいが微粒子が多く堆積していることが見てわかる。これらの統計的性質を調べるためにヒストグラムを求めると以下のFig.4が得られる。

2-B. ヒストグラム(20×20)

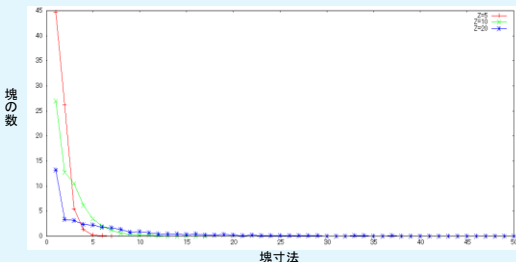


Fig.4 塊寸法とその個数

100回の試行の結果をもとにプロットした。赤線が閾値5、青線が閾値10、緑線が閾値20。閾値が高い方が大きな寸法をとっていることがわかる。

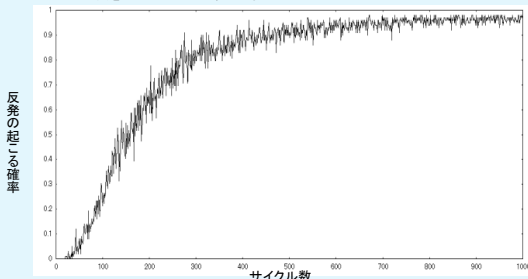


Fig.5 反復数と反発の起こる確率

Fig.5は100回の試行のうちT番目のサイクルにおける反発の起こる頻度を示す。Tが300に達すると反発確率が0.8以上になっていることがわかる。つまり、300サイクルあたりでほぼ定常状態になっている。

3-B. ヒストグラム(100×100)

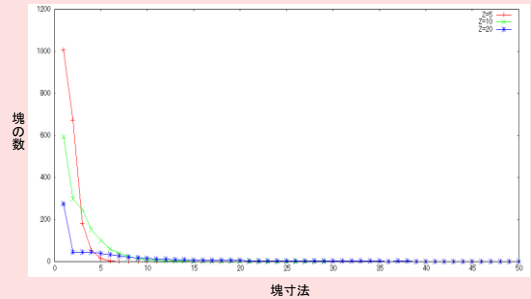


Fig.7 塊寸法とその個数(100×100)

Fig.4とFig.7でグラフの形は変わっていない。このことからスケールを大きくしても堆積する塊の寸法は変わらないということがわかる。

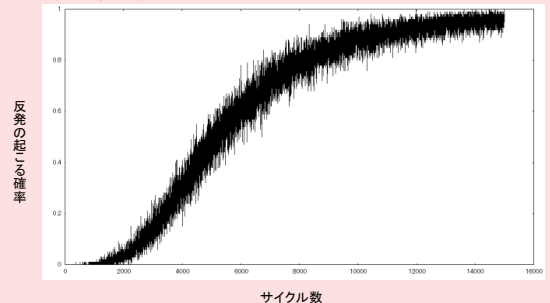


Fig.8 反復数と反発の起こる確率(100×100)

Tが10000に達すると反発確率が0.8以上になっていることがわかる。つまり、10000サイクルあたりでほぼ定常状態になっている。

4. 今後の課題

- ・数理モデルで作った表面形状が線(1次元)のような形状になっていたので、ブロック状(2次元)の表面形状になるようにモデルを改良したい。
- ・Fig.4とFig.7について、閾値10と20のピークは少なくとも寸法より大きいところの予想だったが、どちらもピークが1にきていたので、そこもモデルの改良をして、改善したい。