

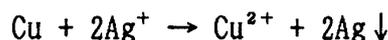
13. 磁場中の金属葉フラクタルの成長

東北大金研 大久保 晋、茂木 巖、中川 康昭

§ 1 序

この10年間、ランダムウォークする粒子の凝集するDLA（拡散律速凝集）モデル¹⁾はよく研究されており、DLAモデルに Particle Drift²⁾ や Rotating Flow³⁾等の流れの場を取り入れたシュミレーションも盛んに行なわれている。一方では、DLAからDBM (Dense Branching Morphology) への発現機構に関して関心が持たれている。

硝酸銀水溶液と銅片を入れると次の様な単純な酸化還元反応が起こり金属銅表面にDLAパターンの金属銀が析出して来る。



この化学反応は銀と銅の酸化還元電位の違いにより右方向に反応が進む。銀葉の成長プロセスは、水溶液中でブラウン運動している銀イオンが還元され、金属銅表面に金属銀が析出するもので、ランダムウォークする粒子が中心にある種に凝集するDLAモデルと同じプロセスである。今回、このような凝集を磁場中に行なうことにより、ブラウン運動するイオンに磁気流体力学的 (MHD) ドリフトが加わると、どのようなパターンを形成するか調べた。

§ 2 実験方法

一定磁場の発生には東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料開発センターの超伝導マグネット SM-3 を用いた。(図1) 直径 120φ と 130φ の2枚のガラス板で 0.075 mol/l の硝酸銀水溶液と 3x3x0.025mm³ の銅箔を挟み込み、ガラス板を水平にセットしガラス面に垂直に 8 T までの磁場をかけて金属葉を 150 分間成長させた。(図2) 次に成長させた金属葉を写真撮影し、スキャナーによりコンピュータに取り込み box-counting 法を用いてフラクタル次元を測定した。(図3)

§ 3 実験結果とまとめ

磁場をかけて2時間30分成長させた銀葉のパターンを図4に示す、中心の四角は金属銅片で銀葉の直径はほぼ20mmであり、次のような特徴を持つ。

研究会報告

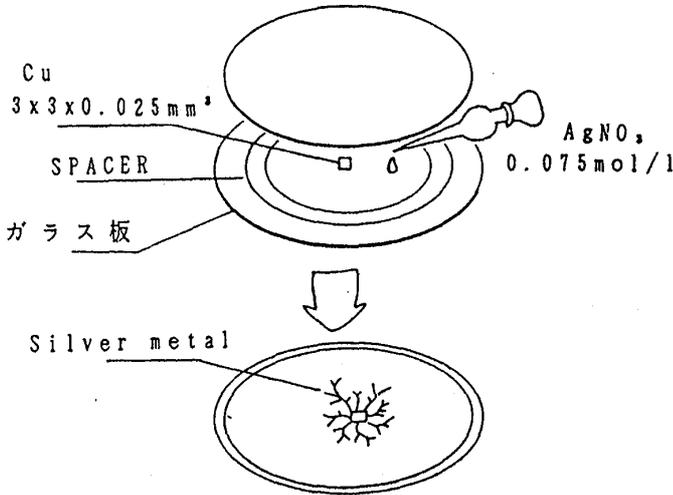


図 1

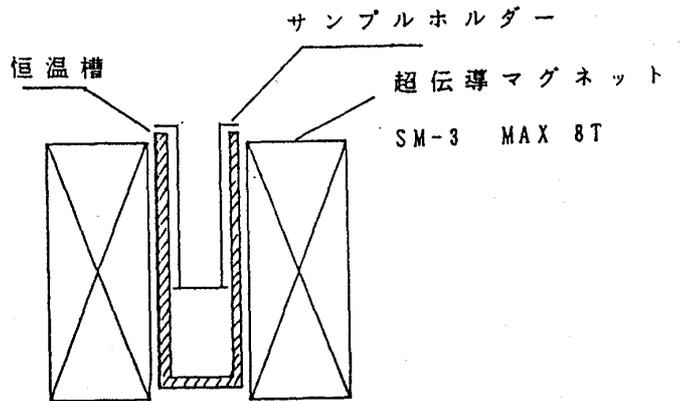


図 2

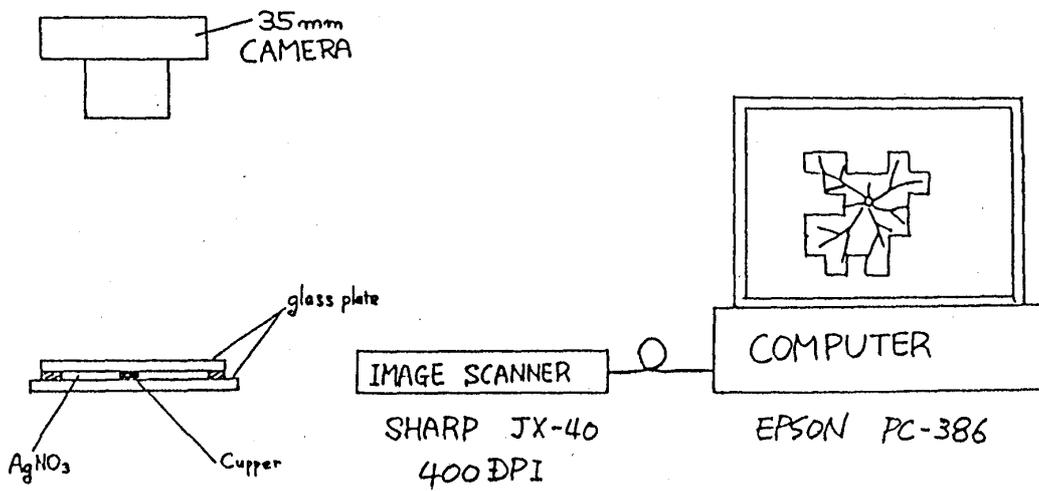


図 3

- a) 0 T DLAパターンを良く示している。
- b) 4 T 枝が反時計回りに渦を巻いている、枝と枝の間隔がゼロ磁場成長より密である。
- c) 8 T 枝と枝の間隔が密でありかつ、枝の成長点が同心円を描いているDBMパターンになっている。

水溶液中の一つの銀イオンの運動に着目すると磁場がない場合はブラウン運動、磁場がある場合はブラウン運動に Lorentz力に起因する運動が垂直方向のドリフト (MHDドリフト) として加わった形になる。4T で顕著にみられた渦巻きのパターンは銀イオンが枝に凝集する瞬間に受けるMHDドリフトによるものと考えられる。渦巻きを形成させる要因がMHDドリフトであることは、磁場を反転すると渦巻きの方向も反転することからも明かである。

フラクタル次元の算出には box-counting 法を用いて、横軸に box のサイズ r 、縦軸に box の数 $N(r)$ をとり log-log プロットし、その傾きを求めた。(図5) グラフは次のような特徴を持つ。

- a) 0 T 直線によく乗っていて、フラクタル次元は $D_f=1.62$ でDLAのシュミレーションの結果とほぼ合致している。
- b) 8 T 小さいスケールで $D_f=1.69$ から大きいスケールで $D_f=2$ のクロスオーバーがみられる。

ブラウン運動の拡散長とMHDドリフトの加わった時の有効拡散長を考えると充分磁場が強い時にはMHDドリフトの回転半径がブラウン運動の拡散長より小さくなり、有効拡散長がブラウン運動の時と比べて小さくなる事が考えられる。そのため磁場をかけて成長させると枝と枝の間隔が小さくなりパターンが密になるものと考えられる。

本研究がDBMパターンの発現機構を決定する手がかりになる可能性があると思われ、今後他の金属葉についても研究を進めていくつもりである。

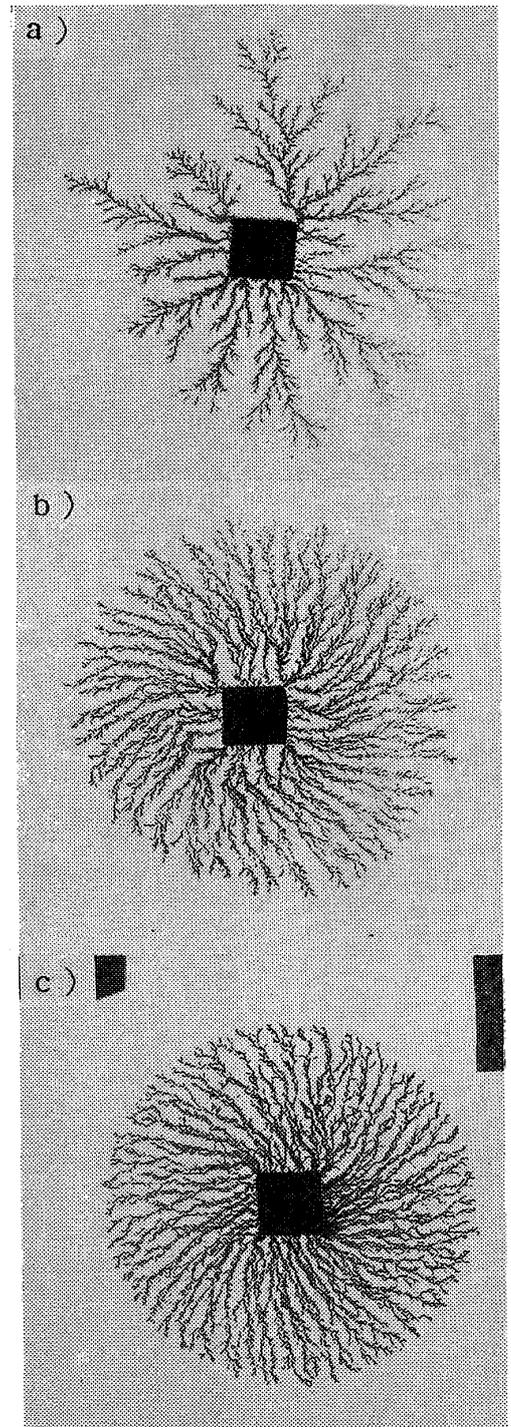


図 4

研究会報告

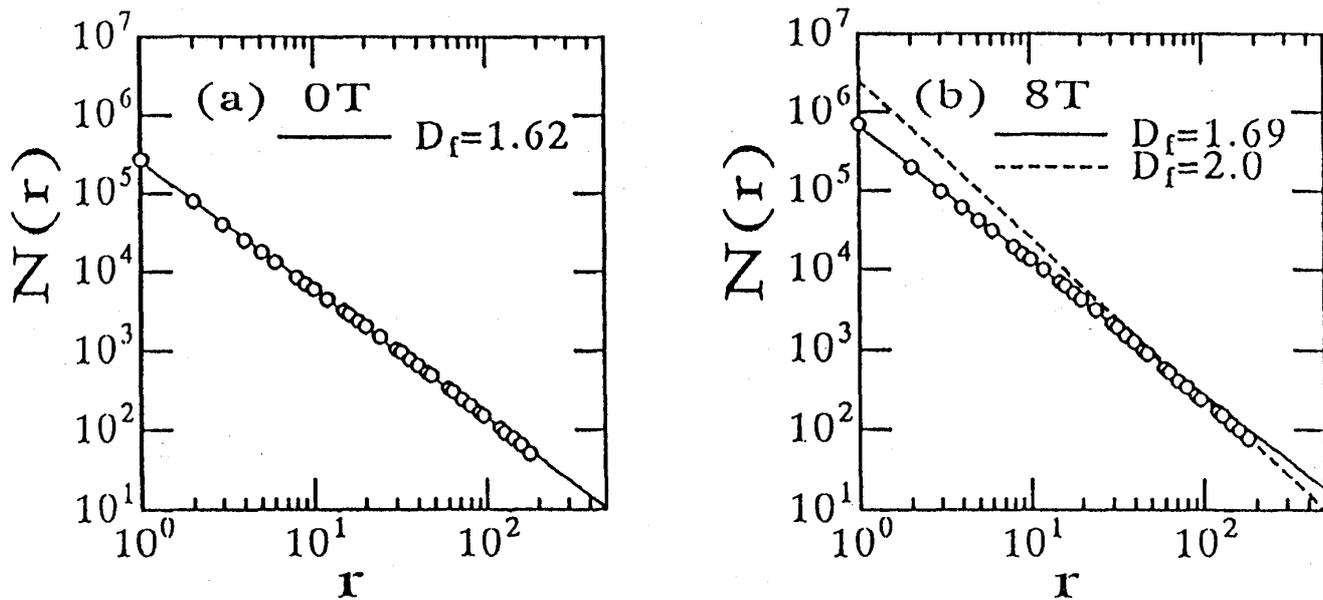


図 5

References

- 1) T.A. Witten and L.M. Sander: Phys. Rev. Lett. 47 (1981) 1400, and Phys. Rev. B 27 (1983) 5686.
- 2) T. Nagatani and F. Sagues: J. Phys. Soc. Jpn. 59 (1990) 3447.
- 3) P. Meakin: Phys. rev. B 28 (1983) 604, 5221.