

## DLAからDBMパターン変化のシミュレーション

東工大 理 小野 昱郎 横田 修

DLA (拡散律速凝集体) のフラクタルパターンがDBM (高密度分枝状凝集体) パターンに変化する物理的起源を計算機シミュレーションにより調べた。

動機は藤川・松下によるバクテリア・コロニーの成長実験[1]である。栄養濃度の低い時、バクテリア・コロニーの形態はDLA的であるが、培地の寒天の濃度を低くして、水分を多くするとDBMパターンに移行する。これはバクテリアの運動性がよくなることと関係あると思われる[2]。

2次元の正方格子上をランダムウォークする粒子により生成される凝集体のシミュレーションを行った。長さ  $L=640$  の直線を種として、種直線から十分に離れた平行な直線から、出発したランダムウォーク粒子が、凝集体の隣接格子に到達したとき、凝集体の一部になる。このような過程を繰り返すことにより第1図に示されたパターンとなる。 $N_B = 1$  はいわゆるDLAパターンである。パターンは付着成長の際のパラメーター ( $N_B$ ) によって変化する。 $(N_B)$  が 1, 64, 128, 256, 640, 1280 と増すにつれ、凝集体の密度は増し、先端が揃ってくるのが分かる。

このシミュレーションでは、次の点で普通のDLA成長のやり方と異なっている。

- (1) 付着した粒子は直ちには成長させず、記憶しておき、新しいランダムウォーク粒子を出発させる。
- (2) 凝集体全体で一定の数 ( $N_B$ ) 個の粒子が付着した時、記憶した点で一斉に成長させる。
- (3) 同一の点に複数個の粒子が付着しても成長は1個とする。

凝集体の成長方向を  $y$ 、種直線に平行な方向を  $x$  として、各  $x$  に対する先端までの高さを求め、その高さの分布を調べた。これを第2図に示す。 $N_B = 1$  では分布は幅が広い。 $N_B$  が増加するにつれ、分布のピークは鋭くなる。これは、先端までの高さが揃ってくることを示す。

30 から 100 程度のサンプルを用いて、凝集体の  $x$  方向の粒子密度  $D(y)$  を、計算した結果を、高さ  $y$  の関数として第3図に示す。両対数目盛りで直線的に変化するが、ある高さ

$y_c$ でクロスオーバーが見られる。 $y > y_c$ では、DBM 的のパターンに対しては、フラクタル次元はほぼ2次元である。しかし、EDEN パターンとは異なって、枝分かれがあり、 $N_B$ が大きい場合でも、狭い隙間が認められる。box-counting 法で求めた次元は、やや小さくなったが、これは先端部分や根元の部分も含んだ平均値であるのでやむをえない。

したがって、ここで成長したパターンは、DBM の一般的特徴を備えている。つまり、

- (1) 凝集体の先端の高さが揃う。
- (2) そのフラクタル次元は埋め込み次元（ここでは2次元）と同じ。
- (3) 連続した分岐がある。

次に、一定の高さ  $y$ での横方向の相関関数  $c(x) = (1/L)\sum_{u=1}^L n(u)n(u+x)$ ,  $n = 0, 1$  を計算して、第4図に示した。高さ  $y$ に比べて  $x$ が小さい時は、べき的に減衰する。 $x$ が大きくなると、一定の値  $\rho(y)^2$ に収束する。これは一定の密度でランダムに分布させたときの値に同じである。その直前に極小となることが特徴的である。このときの  $x$ の値を  $x_c$ とすれば、 $x < x_c$ ではフラクタル的、 $x > x_c$ では、無相関である。DLA パターンでは、クロスオーバー  $x_c$ の値は高さ  $y$ とも大きくなり、発散すると思われる。一方、DBM 的パターンでは、クロスオーバーの値  $x_c$ は DLA に比べて、小さくなることが分かった。 $x_c$ より大きいスケールでは、横相関はフラクタル的ではない。

以上結論として、ランダム歩行する粒子により成長する凝集体で、( $N_B$ ) が大きい値では、

- (1) DLA から DBM へと形態が変化することがわかった。
- (2) 凝集体の成長方向のある高さで、次元のクロスオーバーおこる。
- (3) 横方向の相関は近距離ではべき的に振舞い、遠距離で一定となる。

しかし、急速な成長とバクテリアの運動性との関係は明確ではなく、今後の課題である。

#### 参考文献

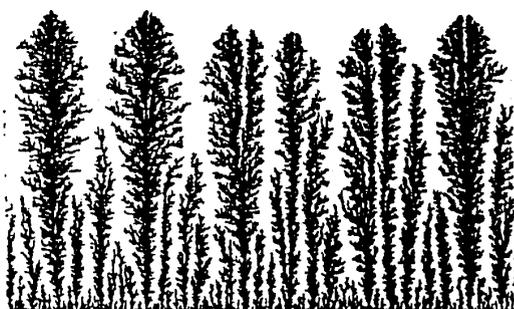
- [1] H.Fujikawa and M.Matsusita: J. Phys. Soc. Jpn. 58 (1989) 3875, 60 (1991) 88.
- [2] 松下 貢: 日本物理学会誌 第47巻第6号 (1991) 441.



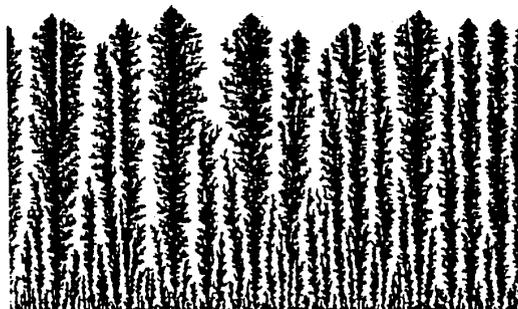
$N_B = 1$



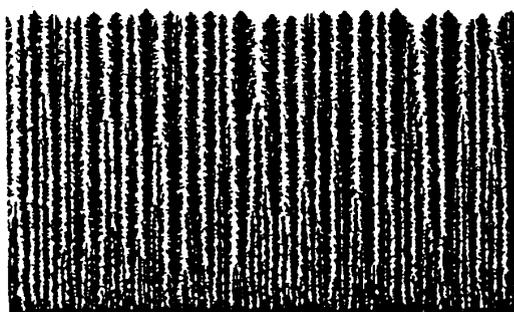
$N_B = 64$



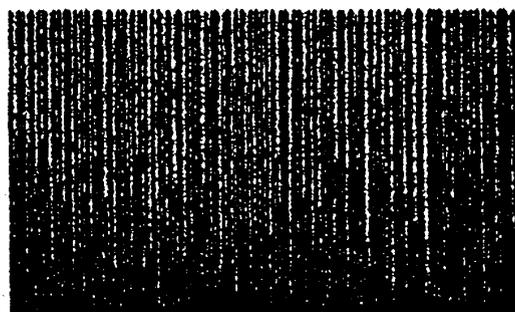
$N_B = 128$



$N_B = 256$

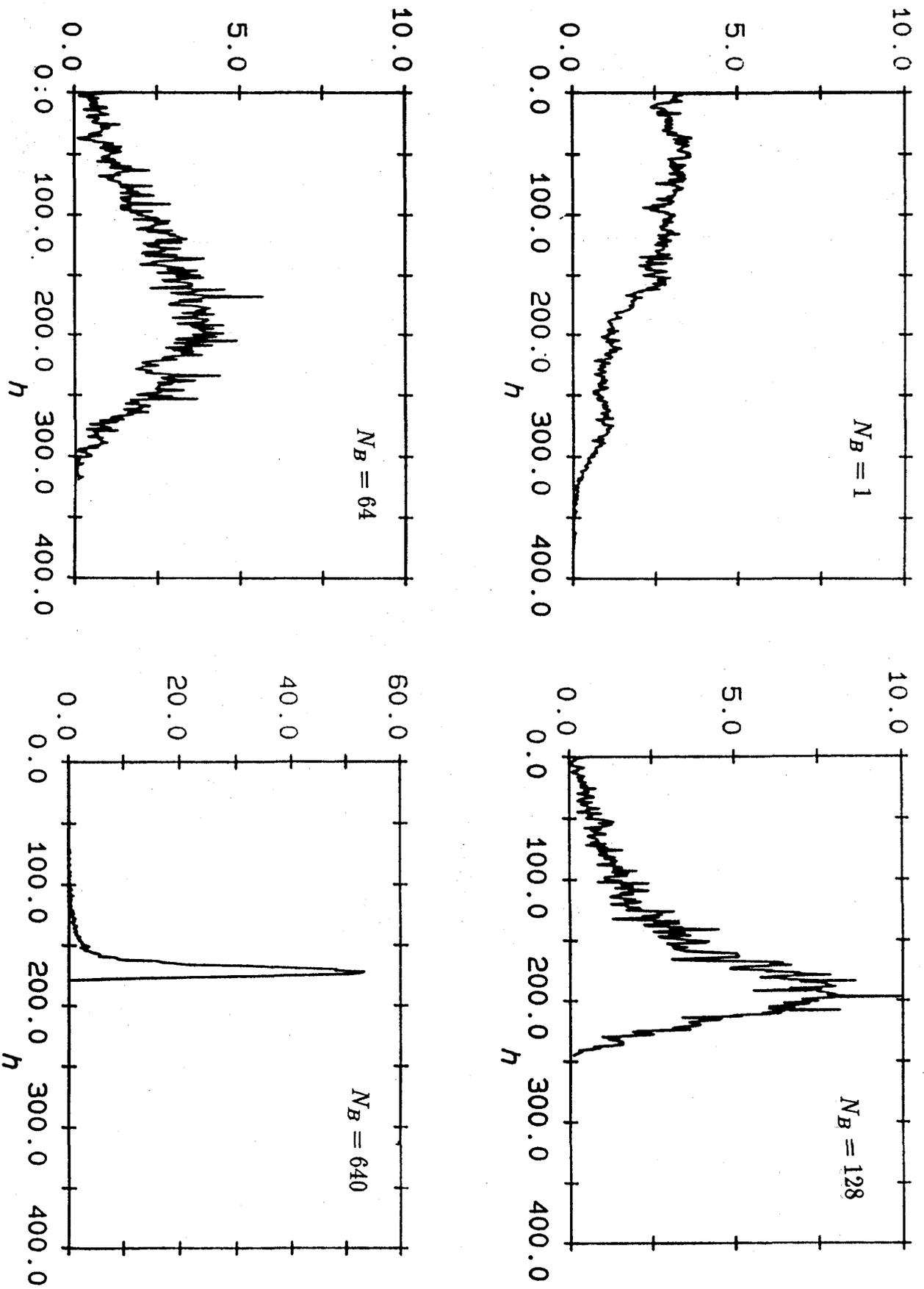


$N_B = 640$

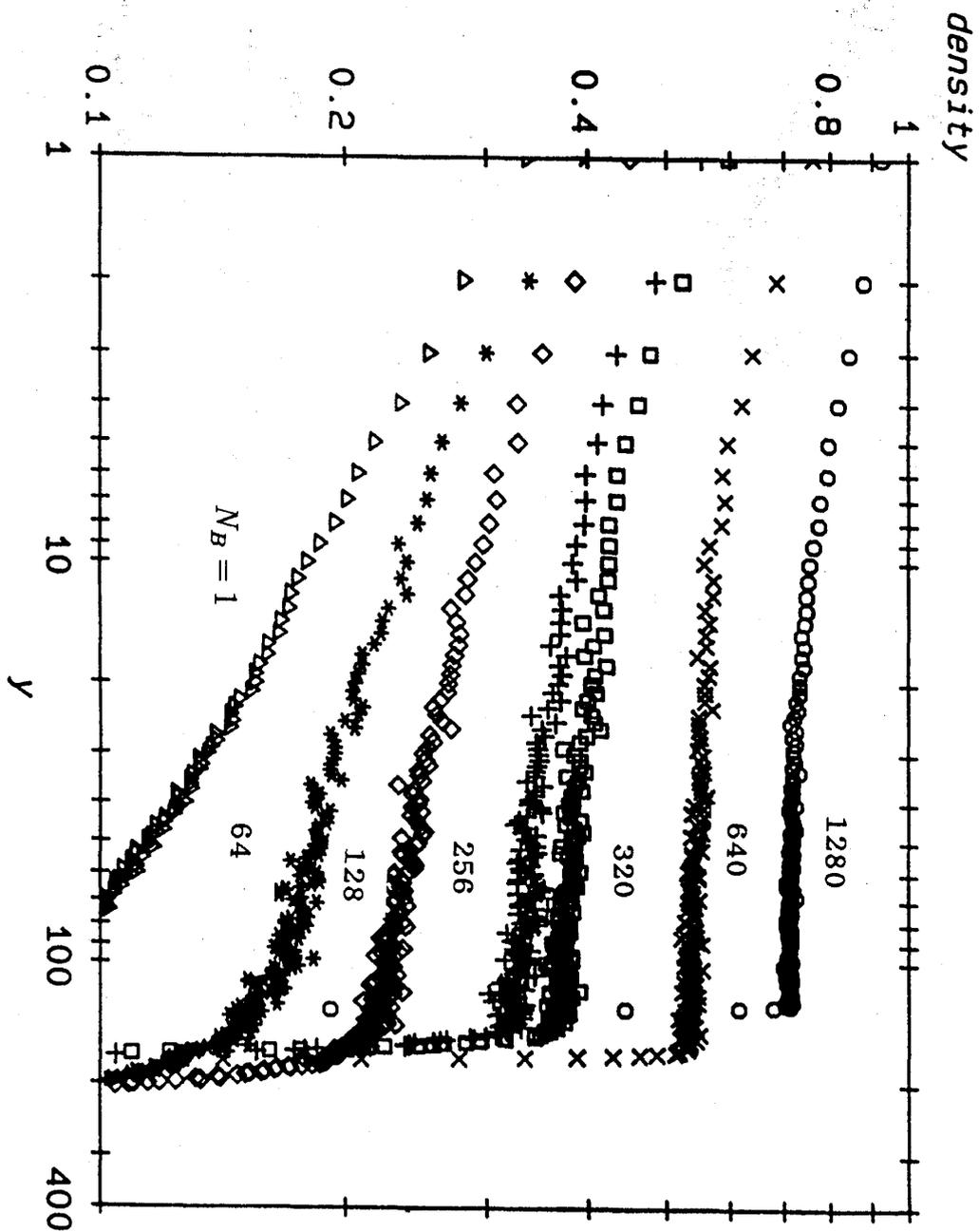


$N_B = 1280$

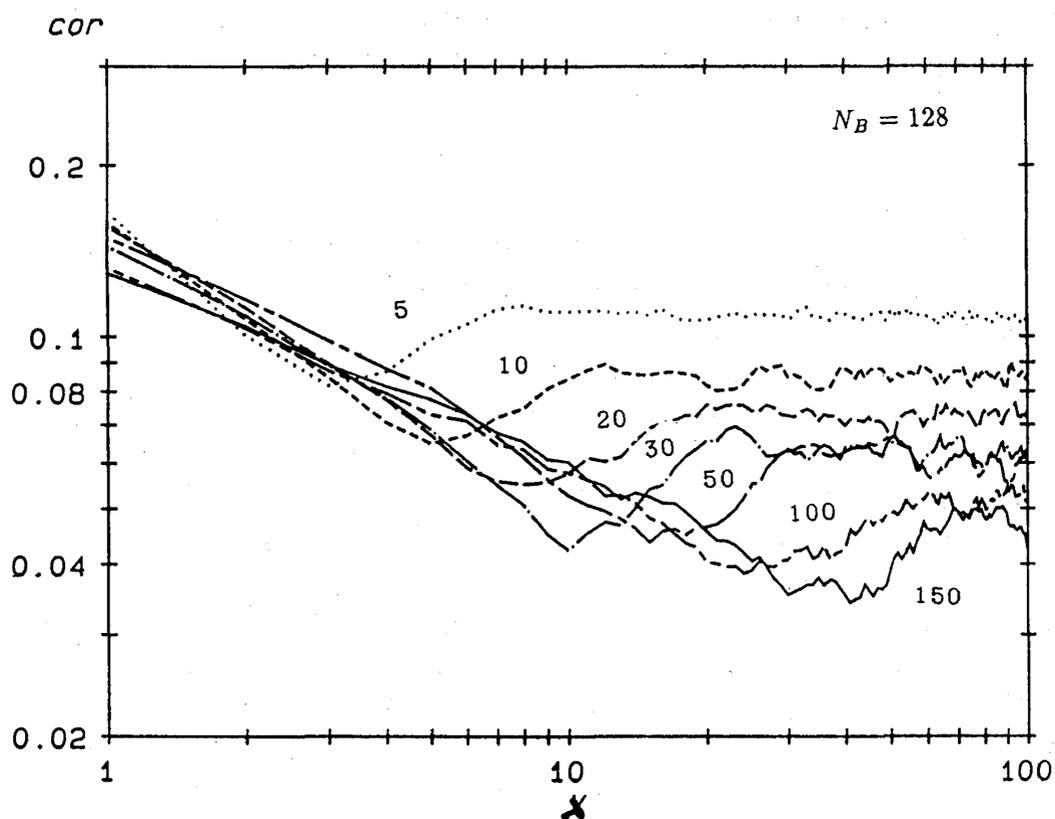
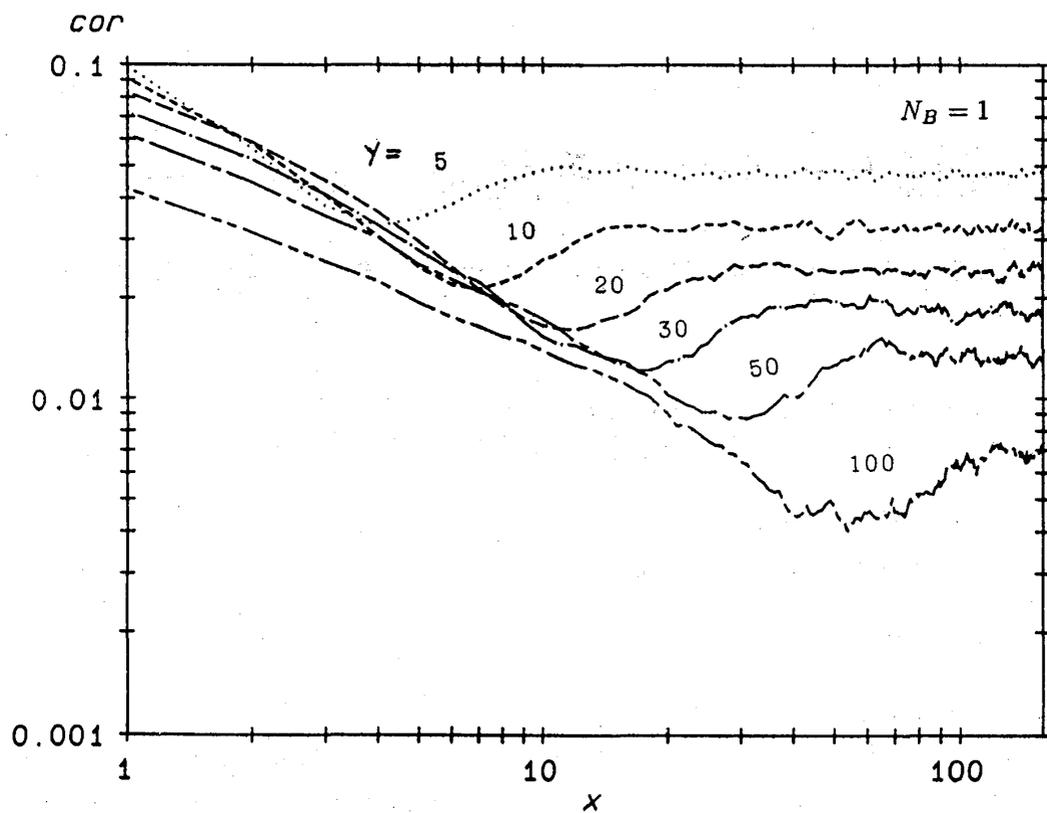
第 1 図



第2図



第 3 図



第4図