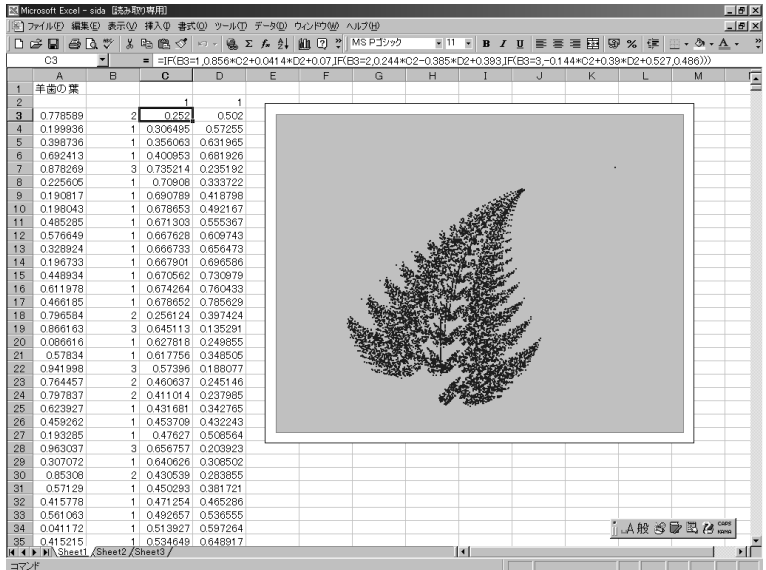


図 7.12  
計算されたシダの葉 (sida.xls)



$$\begin{aligned}
 x_{n+1} &= 0.355 x_n + 0.355 y_n + 0.378 \\
 y_{n+1} &= -0.355 x_n + 0.355 y_n + 0.434
 \end{aligned}
 \tag{7.15}$$

これら 4 組の式を以下に示す決められた確率で利用します .

- 式 7.12 を 0.5
- 式 7.13 を 0.168
- 式 7.14 を 0.166
- 式 7.15 を 0.166

前と同様に式の利用が恣意的にならないように、乱数を使います .

0 から 1 の乱数を発生させ、0 から 0.5 の値が出たら式 (7.12) の組を、0.5 から 0.668 の値が出たら式 (7.13) の組を、0.669 から 0.834 の値が出たら式 (7.14) の組を、0.834 以上の値が出たら式 (7.20) の組を使って計算するようにします . Excel での計算条件を表 7.6 に示します .

セル C3:D3 を C5003:D10000 まで複写し、各  $x$ 、 $y$  の値が計算された C3 から D10000 の範囲を散布図で描いた結果を図 7.13 に示します . この単純なルールでみごとにカエデの葉が描かれました .

## 7.5 セルオートマトン

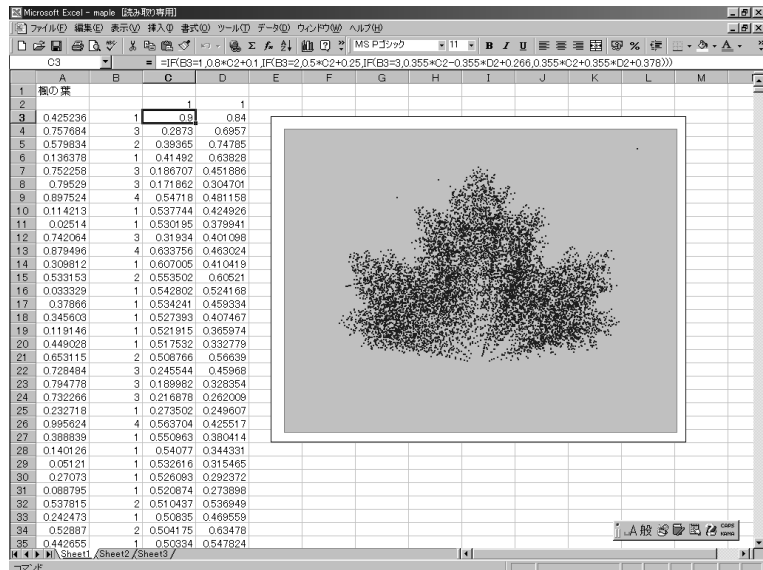
最近では、電子顕微鏡で結晶成長などの原子の動きが動的に観測されています . 碁盤の上に整然と並んだパチンコ玉のような原子が周りの原子の配列にならって順序よく整列していきます .

このような状態も Excel で簡易にシミュレートすることができます . セルオートマトン (CA) と呼ばれる

表7.6 カエデの葉の計算条件

セル	式	説明
A3:A10000	=RAND()	0から1までの乱数生成
B3:B10000	B3=IF(A3<0.5,1, IF(A3<0.668,2, IF(A3<0.834,3, 4))) ...	乱数の値により四分．A3が0から0.5なら値を1に, 0.668以下なら値を2に, 0.834以下なら値を3に, 0.834以上なら値を4
C2	1	xの初期値
C3:C10000	C3=IF(B3=1,0.8*C2+0.1, IF(B3=2, 0.5*C2+0.25, IF(B3=3, 0.355*C2+0.355*D2+0.266, 0.355*C2+0.355*D2+0.378))) ...	xの値を計算．B列が1なら式(7.12)を, 2なら式(7.13)を, 3なら式(7.14)を, 4なら式(7.15)で計算
D2	1	yの初期値
D3:D10000	D3=IF(B3=1, 0.8*C2+0.1, IF(B3=2, 0.5*C2+0.4, IF(B3=3, 0.355*C2+0.355*D2+0.078, -0.355*C2+0.355*D2+0.434))) ...	yの値を計算．B列が1なら式(7.12)を, 2なら式(7.13)を, 3なら式(7.14)を, 4なら式(7.15)で計算

図7.13  
計算されたカエデの葉  
ワークシート maple.xls



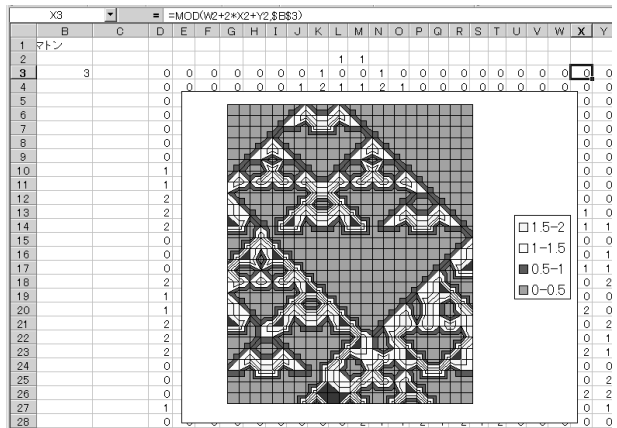
手法は、局所的な相互作用を行う系の形態形成モデルに使われていますが、もっと広く生物の形態形成や行動様式、ひいては社会変動のシミュレーションなどにも使われています。

Excelのセルを原子または細胞と考えると、周辺の状態に影響を受ける程度は容易に数式で表すことができるので、ExcelはまさにCAにうってつけのシミュレーションツールと言えます。弱点は正方形以外の格子配列にはあまり適していないということです。

Excelの行を時間と考え、種をまいたときに周りの状態に影響を受けるセルがどのような時間変化をしていくかを調べてみます。例えば、

$$x(i,t+1)=\text{mod}(x(i-1,t)+2x(i,t)+x(i+1,t),3)$$

図7.14  
上側の影響を受けて成長したCAのパターン。  
2段までの積み上げ (ca.xls)。口絵掲載



の場合は、1ステップ未来のセルは「現在の両横と真上のセル状態に依存し、真上の状態に2の割合で、両横の状態に1の割合で影響を受け、積み重ねられる段数は2段までである」という条件で決まることを表しています。

行を位置に対応させる場合は、成長の進む向きが行の増える方向であると解釈します。適当な位置に種をまくと図7.14のようなパターンが現れます。このパターンは数式と種の位置と領域の形によってさまざまに変化します。

例えば上と同じ関係ですが、1段までしか積み上げを許さない場合は、

$$x(i,t+1)=\text{mod}(x(i-1,t)+2x(i,t)+x(i+1,t),2)$$

となり、図7.15のパターンが現れます。また2つ前のセルまで考慮した

$$x(i,t+1)=\text{mod}(x(i-1,t)+2x(i,t)+x(i+1,t)+x(i,t-1),4)$$

の場合には図7.16のような微細な周期パターンが現れます。使う関数には何も制限はありませんので、いろいろな関数型でさまざまなパターン形成を楽しんでください。

図7.15  
上側の影響を受けて成長したCAのパターン(1段までの積み上げ)。口絵掲載

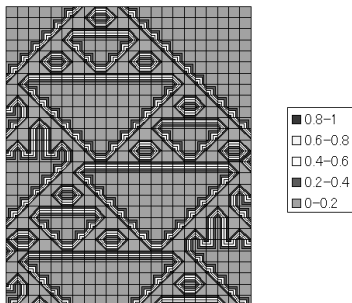


図7.16  
微細なパターンの例。口絵掲載

