0と1で創るライフゲームの世界

第16回 JST数学キャラバン in 水戸

川原田 茜（静岡県立大学 経営情報学部）
「数学の研究」に必要な道具

● 紙と鉛筆

● 計算機（コンピュータ）
「簡単な」ルールで「複雑な」パターンを作る

- セル・オートマトン (cellular automaton, CA)
  - エレメンタリー・セル・オートマトン elementary cellular automaton
  - ライフゲーム Conway’s game of life
elementary cellular automaton
次の記号列の時間発展を考えてみる。（両端は0で固定する。）

初期配置

| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

1 step


2 step


3つの記号組で決定されるルール

自分自身と右隣と左隣の記号組から次の記号を決める。

| 0 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1 0 0 | 1 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 |

| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
● 次の記号列の時間発展を考えてみる。（両端は0で固定する。）

初期配置

1 step

2 step

● 3つの記号組で決定されるルール

自分自身と右隣と左隣の記号組から次の記号を決める。

### 記号配列

<table>
<thead>
<tr>
<th>000</th>
<th>001</th>
<th>010</th>
<th>011</th>
<th>100</th>
<th>101</th>
<th>110</th>
<th>111</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>0</td>
<td>1</td>
<td>0</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td>0</td>
<td>1</td>
<td>0</td>
</tr>
</tbody>
</table>
0と1からなる記号列
次に、さっきと異なる初期配置からの時間発展を描いてみる。

初期配置

1 step

2 step

3 step

4 step

ルール
次に、さっきと異なる初期配置からの時間発展を描いてみる。

初期配置

1 step

2 step

3 step

4 step

ルール
シェルピンスキーの三角形 (Sierpinski gasket)
3つの記号組で決定されるルール

各セルの記号が2種類（0か1）、3つの記号組（自分と両隣）でルールが決まるとき、エレメンタリー・セル・オートマトンとよぶ。

記号はそれぞれ0か1になるので、エレメンタリー・セル・オートマトンは全部で $2^8 = 256$ 個ある。

全部のエレメンタリー・セル・オートマトンに名前がついている。（Rule0 〜 Rule255）
Elementary cellular automata

- Rule 150
- Rule 30
- Rule 193
- Rule 225
ライフゲーム
Conway’s game of life
ライフゲームのルール

初期配置

【ルール】
時間発展ルールは以下のように与えられる。

● セルが 1 のとき
  周りに 1 が 2〜3 個あれば 1
  それ以外の場合 0

● セルが 0 のとき
  周りに 1 が 3 個あれば 1
  それ以外の場合 0
ライフゲームのルール

【ルール】
時間発展ルールは以下のように与えられる。

● セルが 1 のとき
  周りに 1 が 2〜3 個あれば 1
  それ以外の場合 0

● セルが 0 のとき
  周りに 1 が 3 個あれば 1
  それ以外の場合 0
ライフゲームを動かしてみる
ライフゲームに現れる周期パターンたち

固定パターン（周期1）

周期3以上のパターン

周期2のパターン

● 周期54以上のパターンは存在が実証されている。
● 周期19, 23, 34, 38, 41のパターンは見つかっていない。（2016年1月現在）
グライダー & 宇宙船
GLIDER & SPACE SHIP
グライダーを操作する

グライダーを複製  グライダーを反射  グライダーを宇宙船に変換
グライダーに関する操作を組み合わせる (1)
グライダーに関する操作を組み合わせる (2)
ライフゲームでライフゲームを動かす？！
LIFE IN LIFE
参考文献

- Golly（ライフゲームのオープンソースプログラム）
  http://golly.sourceforge.net/
- LifeWiki
  http://www.conwaylife.com/wiki/Main_Page
- 『The Recursive Universe』 William Poundstone 著
  （和訳: 『ライフゲ임の宇宙』 有澤誠 訳）

ご清聴ありがとうございました。後ほど計算機室で会いましょう！