

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

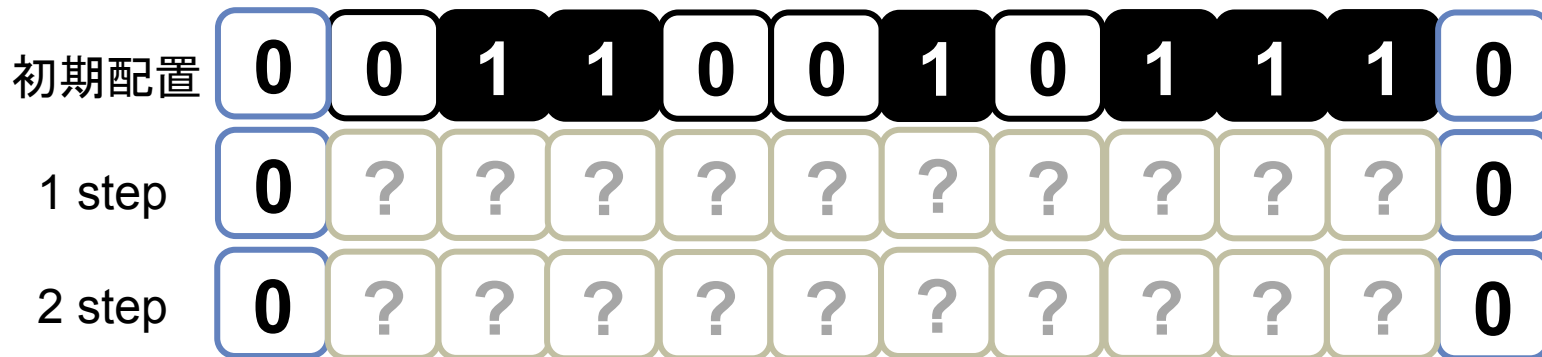
- 紙と鉛筆
- 計算機(コンピュータ)

「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

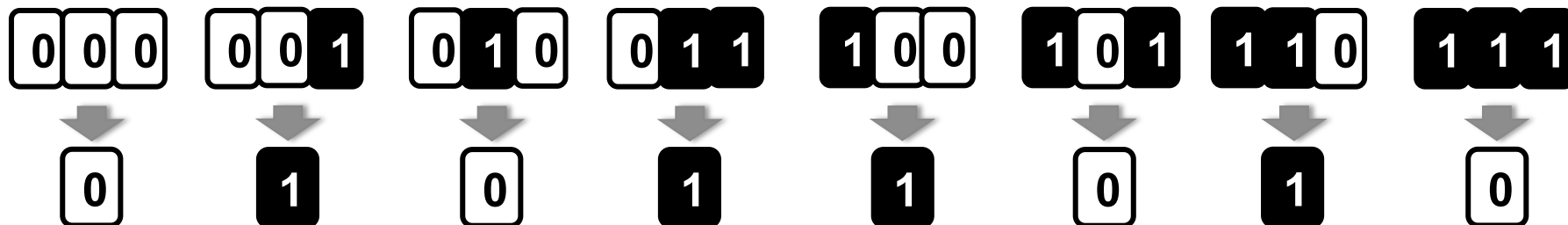
エレメンタリー・セル・オートマトン
elementary cellular automaton

- 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。)

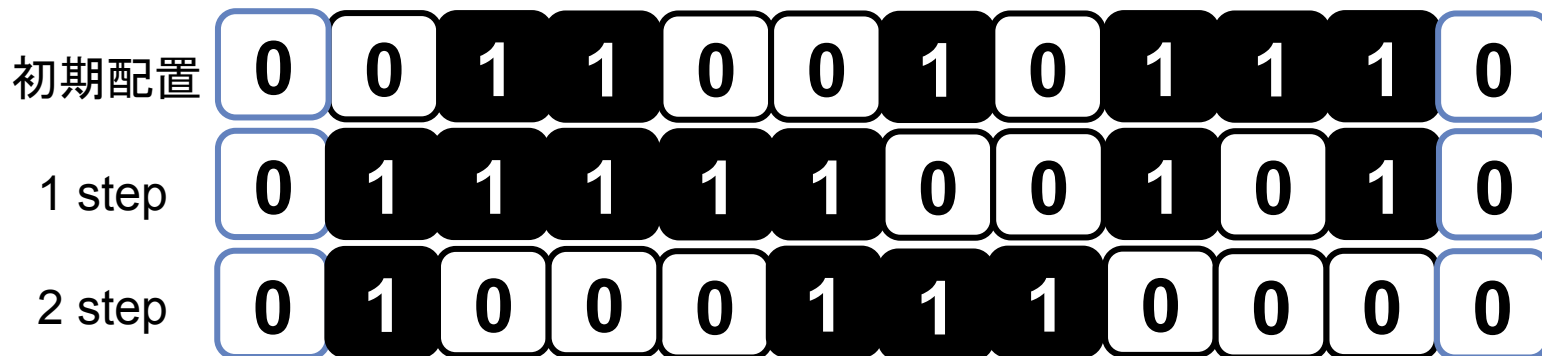


- 3つの記号組で決定されるルール

自分自身と右隣 & 左隣の記号組から次の記号を決める。

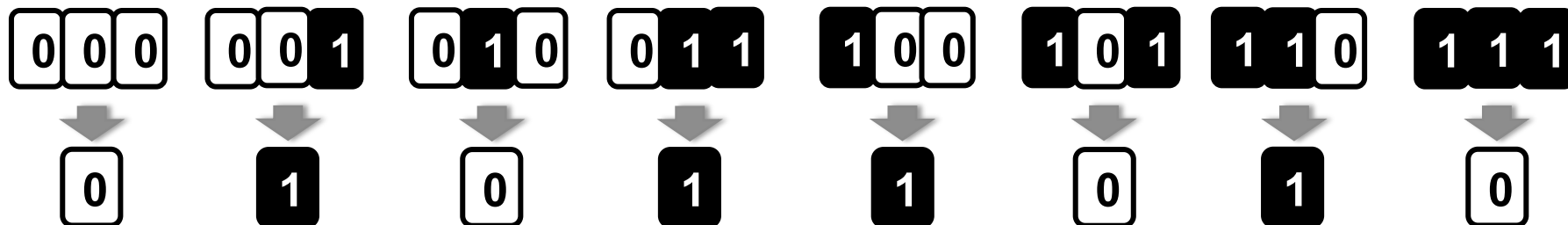


- 次の記号列の時間発展を考えてみる。 (両端は **0** で固定する。)

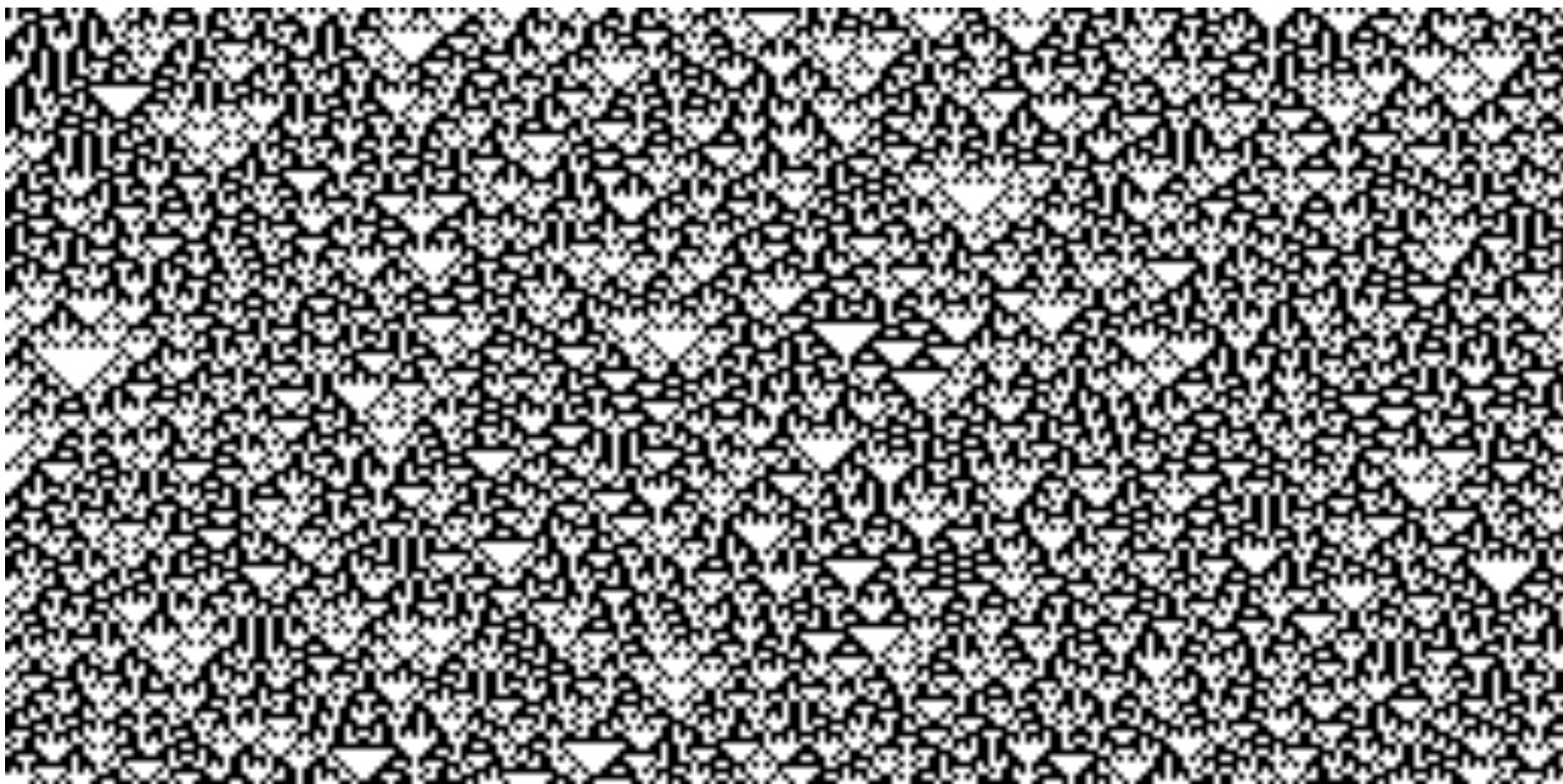


- 3つの記号組で決定されるルール

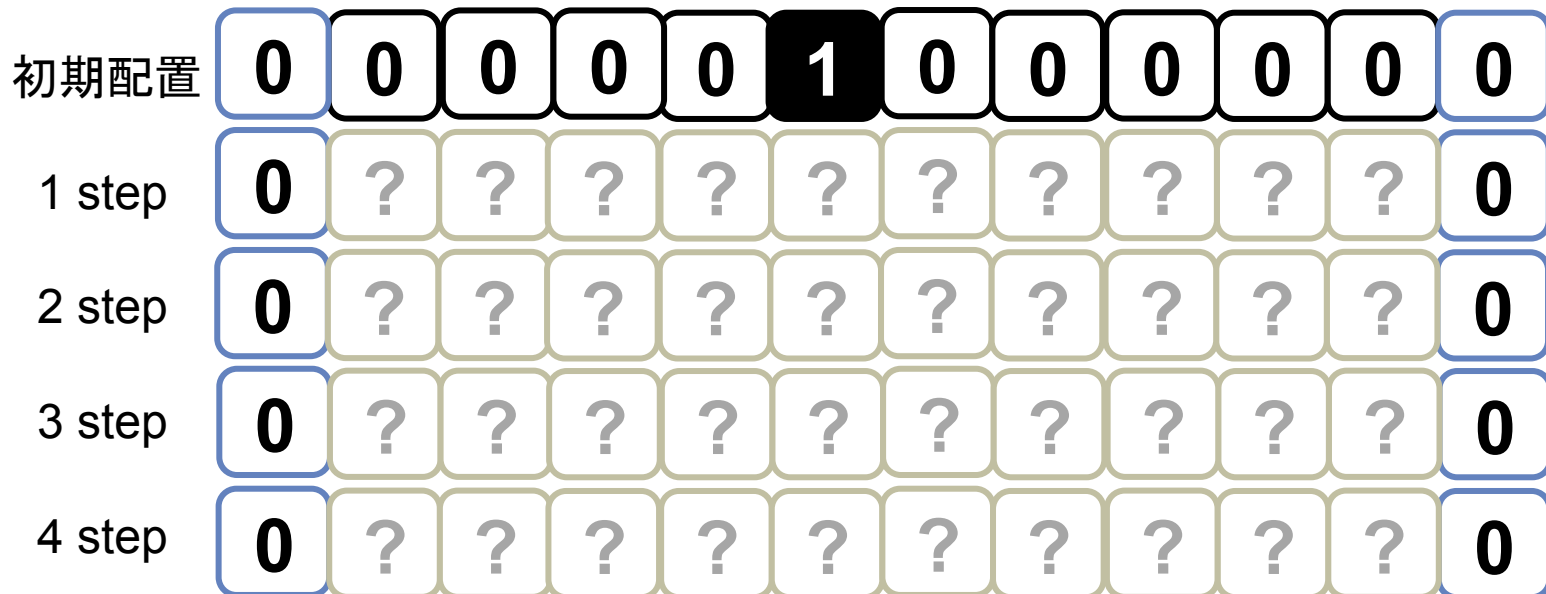
自分自身と右隣 & 左隣の記号組から次の記号を決める。



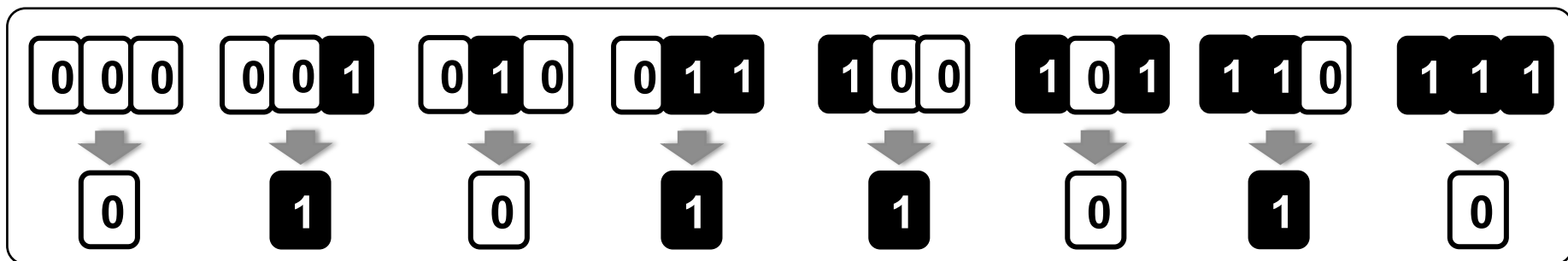
0と1からなる記号列



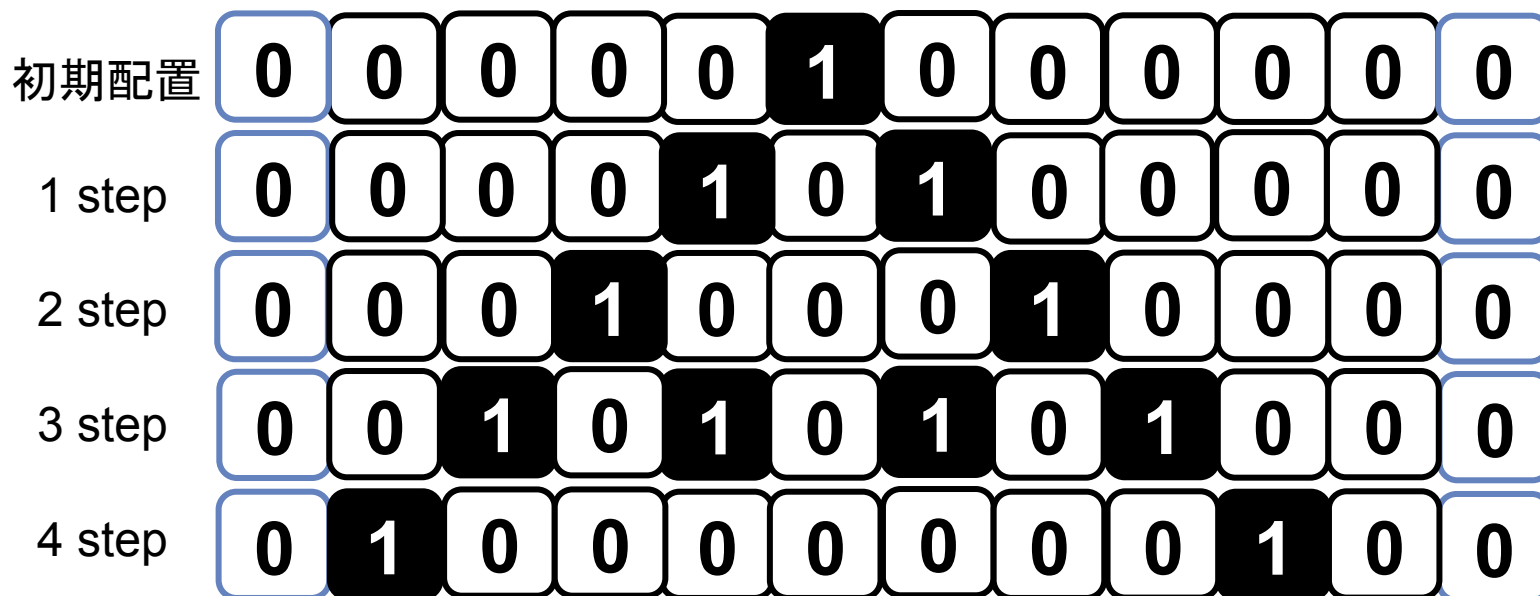
- 次に、さっきと異なる初期配置からの時間発展を描いてみる。



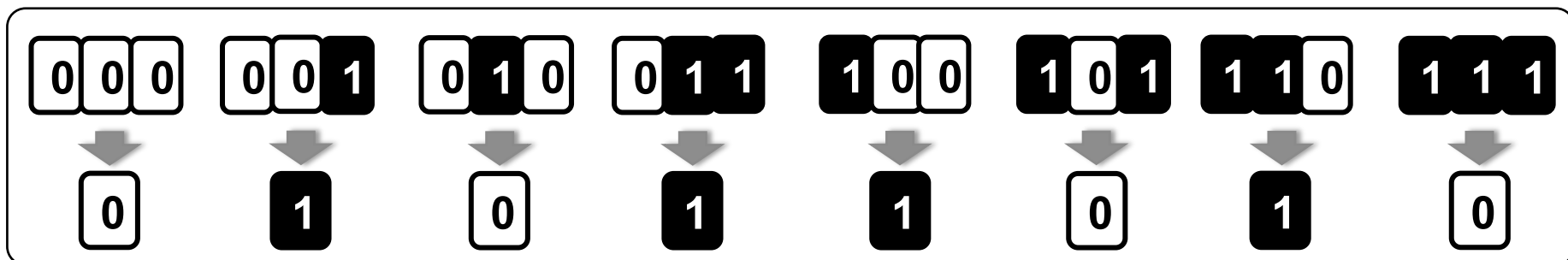
- ルール



- 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。

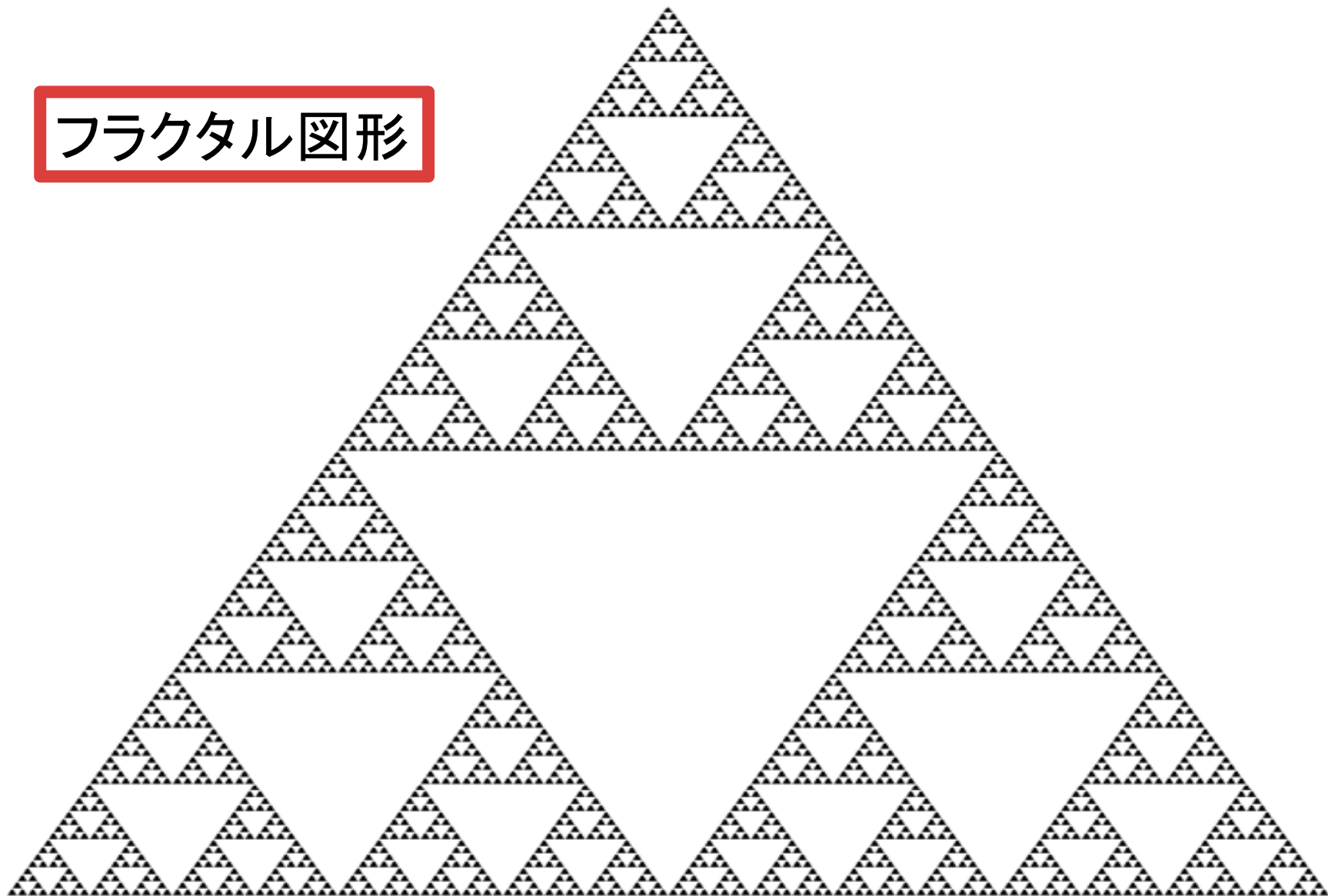


- ルール

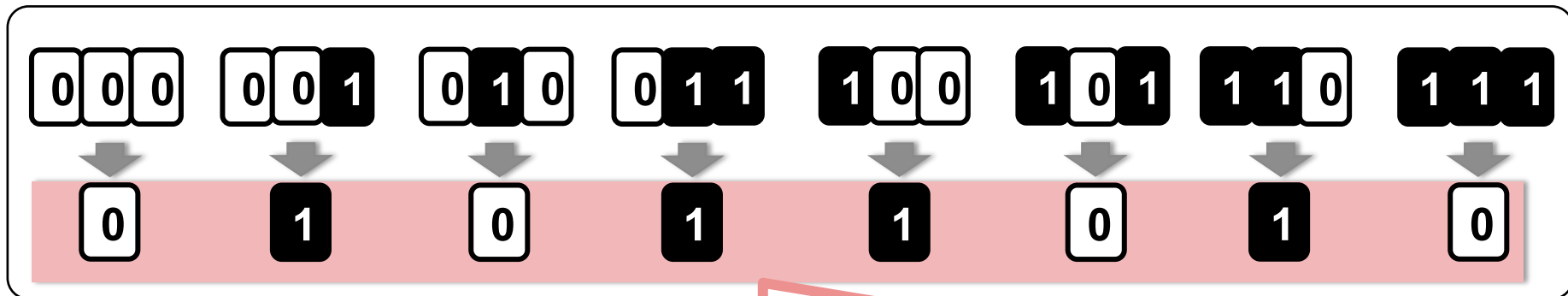


シェルピンスキーの三角形 (Sierpinski gasket)

フラクタル図形



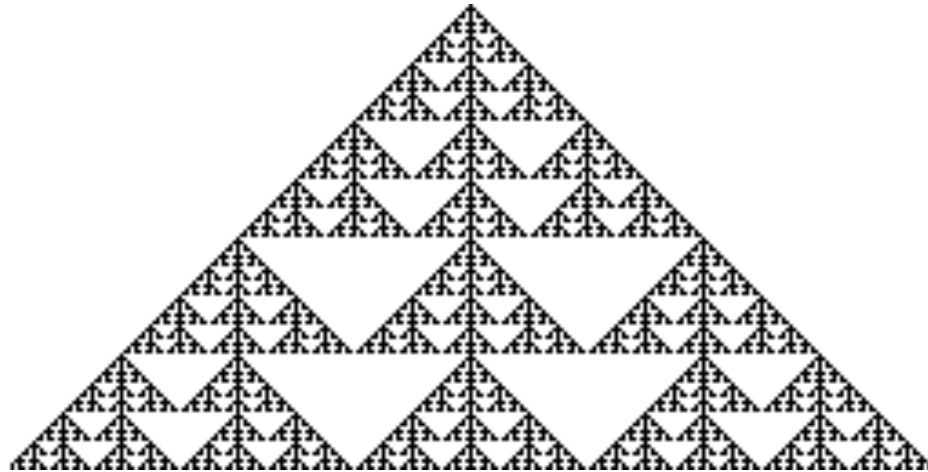
- 3つの記号組で決定されるルール



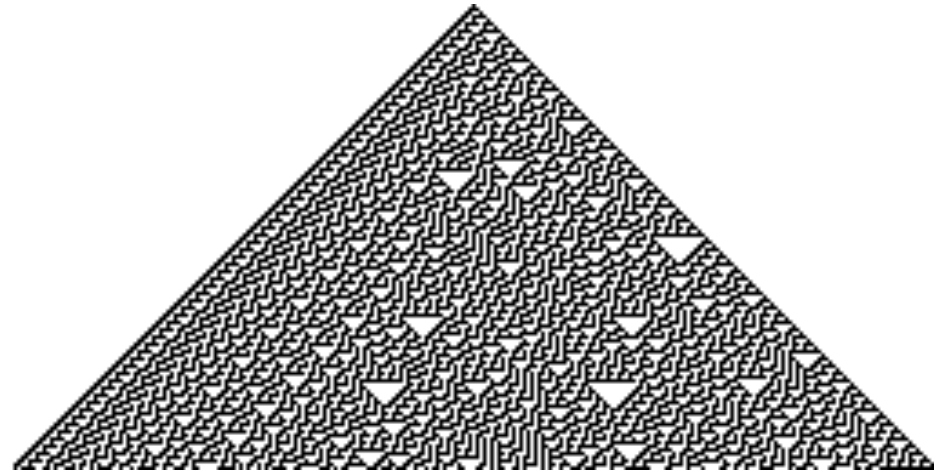
ここを換えると別のセル・オートマトンになる。

- 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)

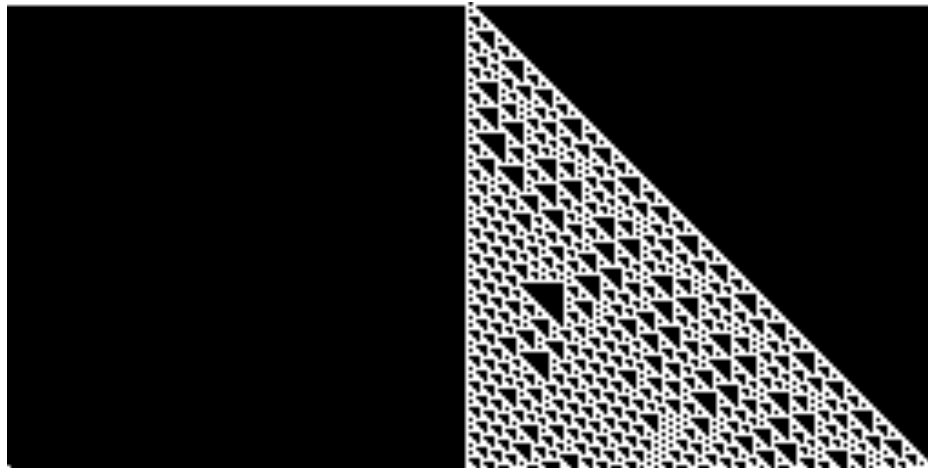
Elementary cellular automata



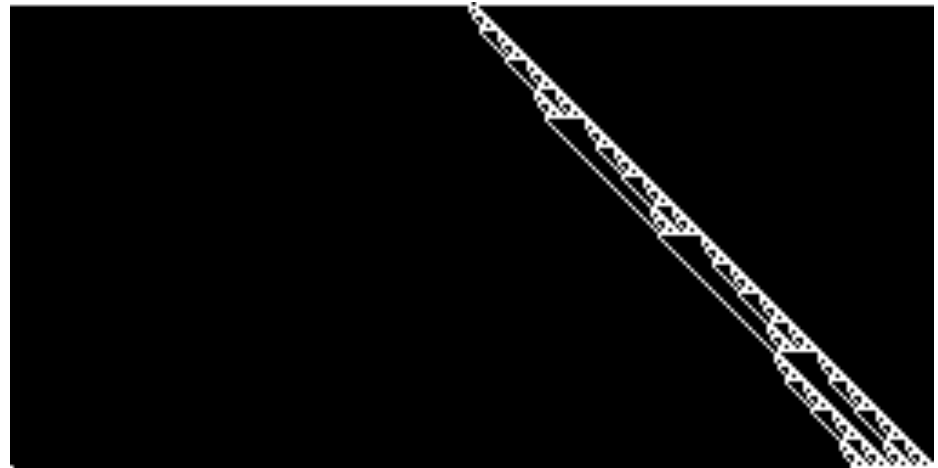
Rule 150



Rule 30



Rule 193



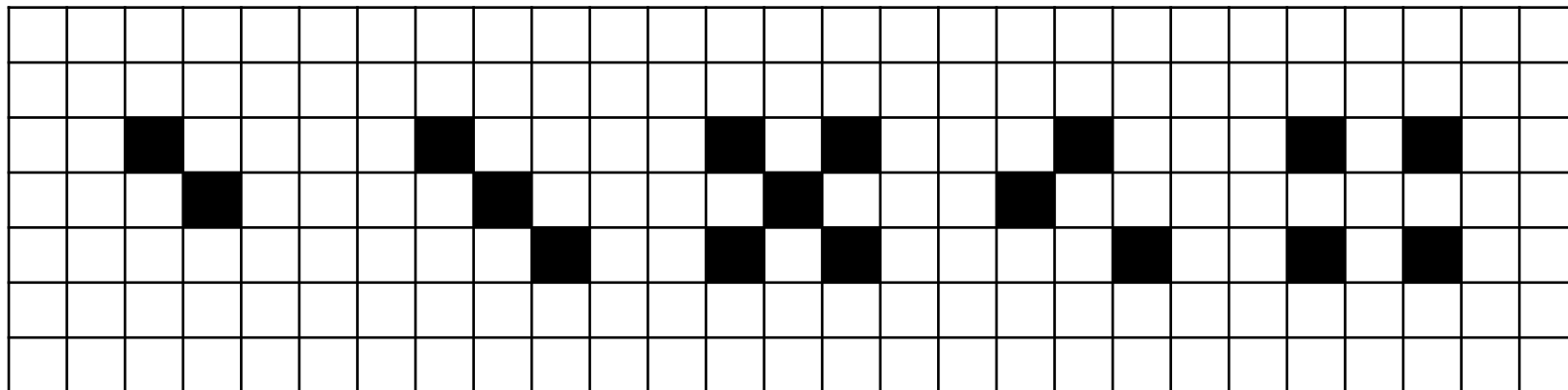
Rule 225

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



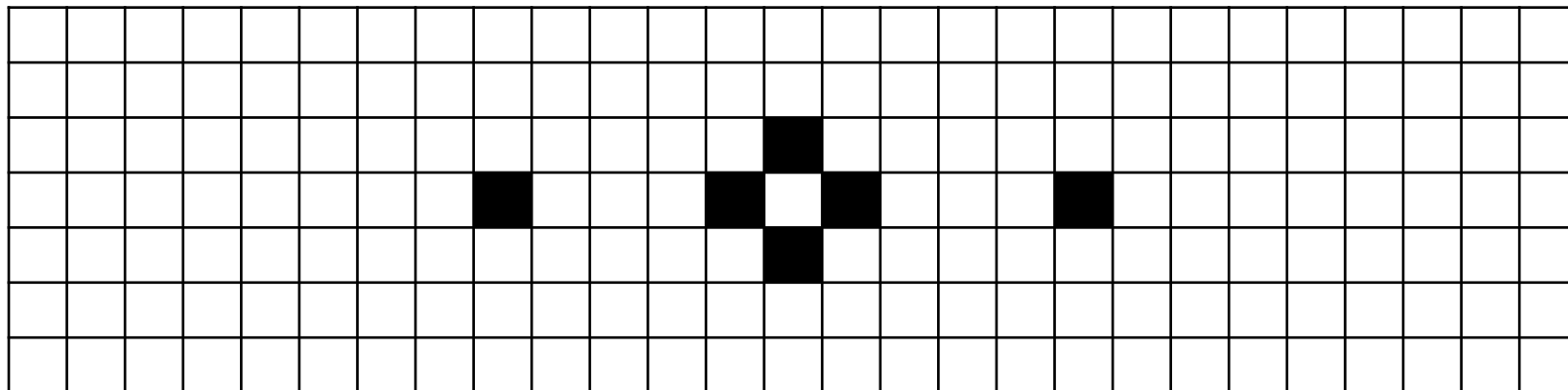
【ルール】

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

1 step

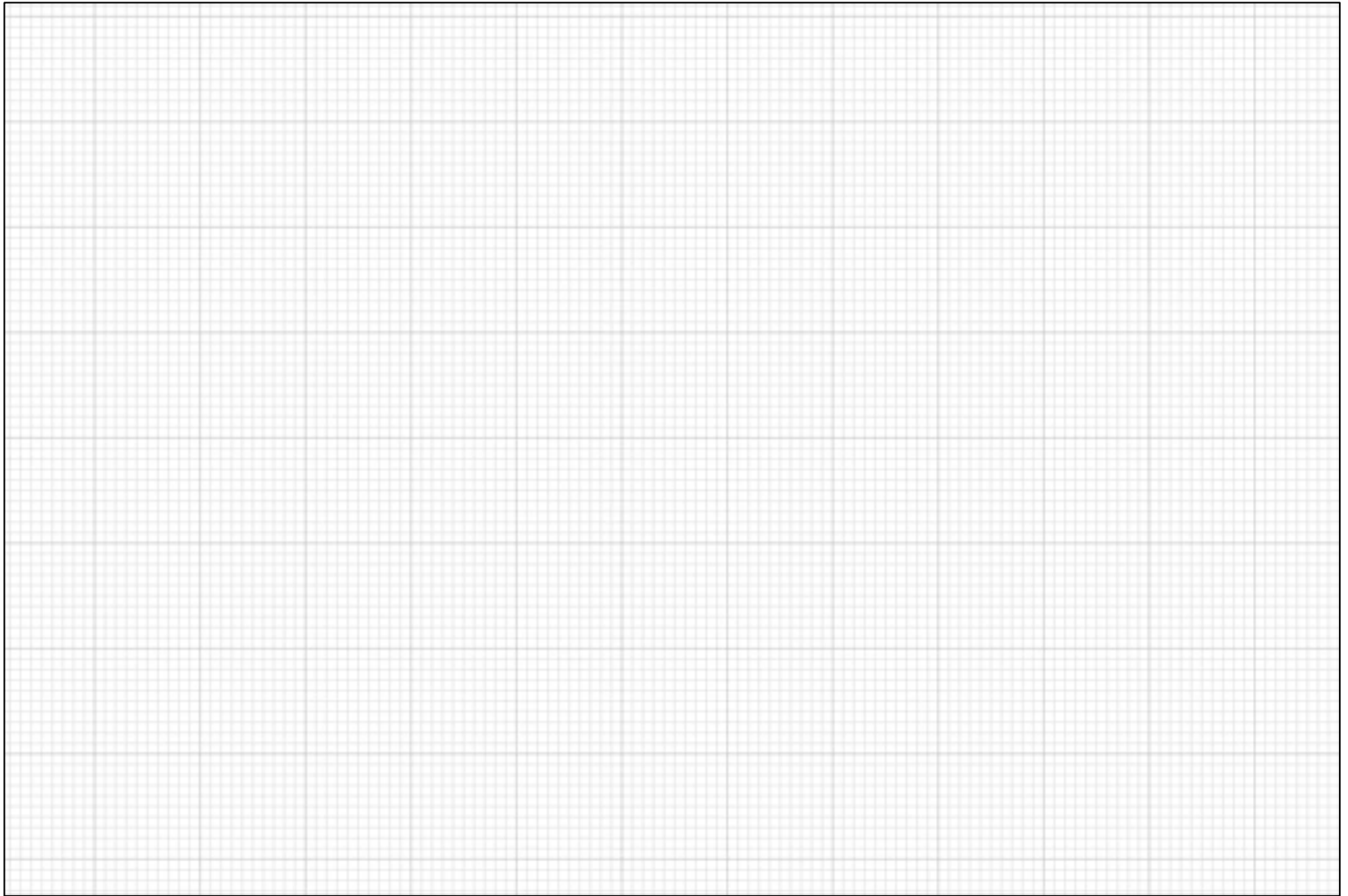


【ルール】

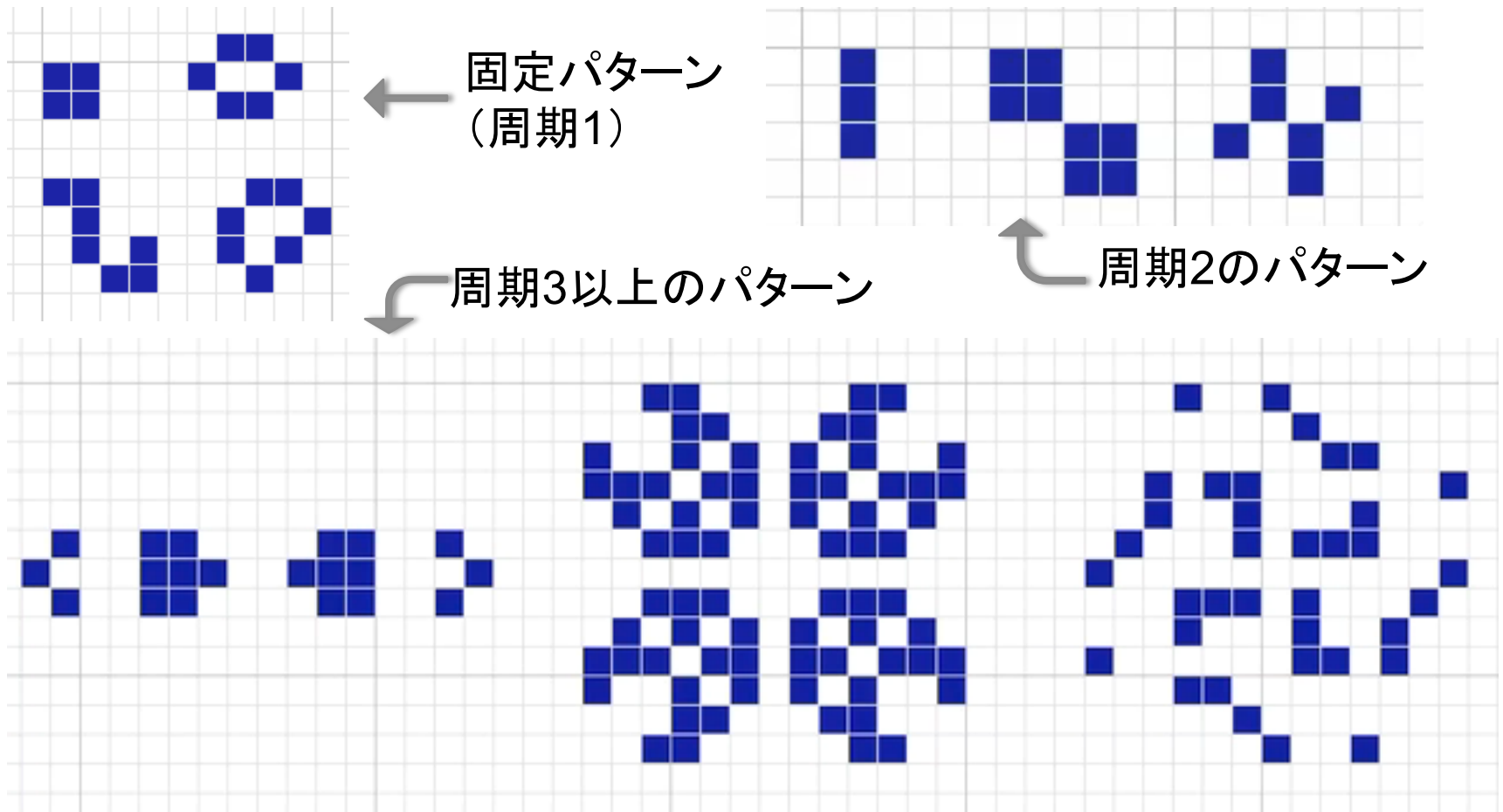
時間発展ルールは以下のように与えられる。

- 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



- 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



軽量級
宇宙船



中量級
宇宙船



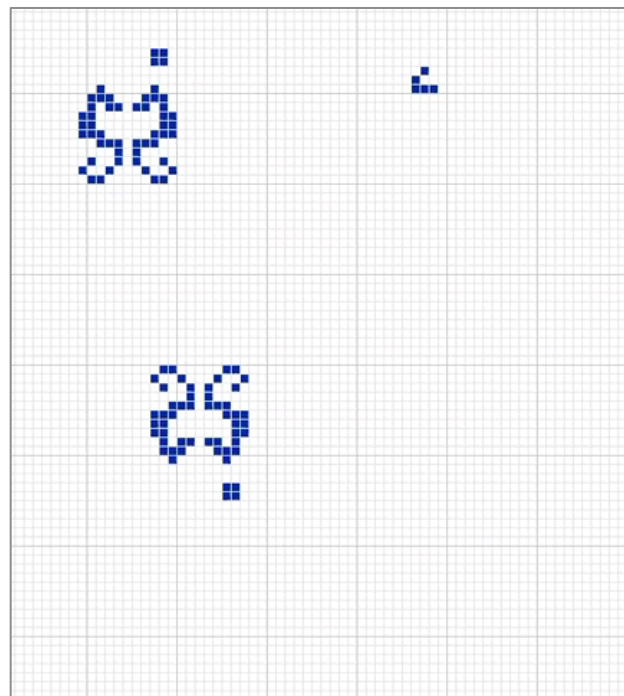
重量級
宇宙船



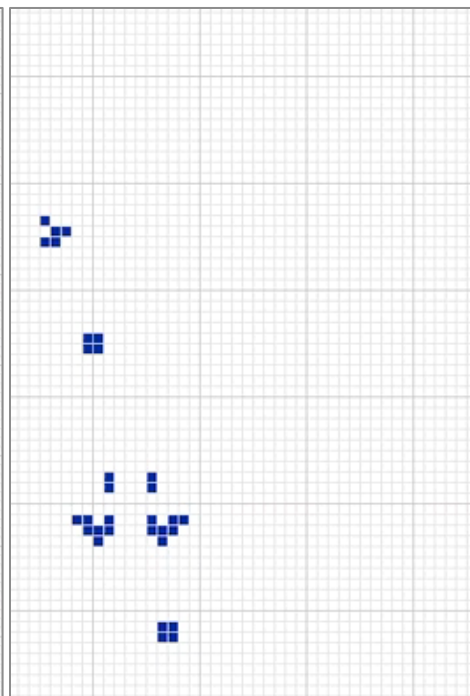
グライダー



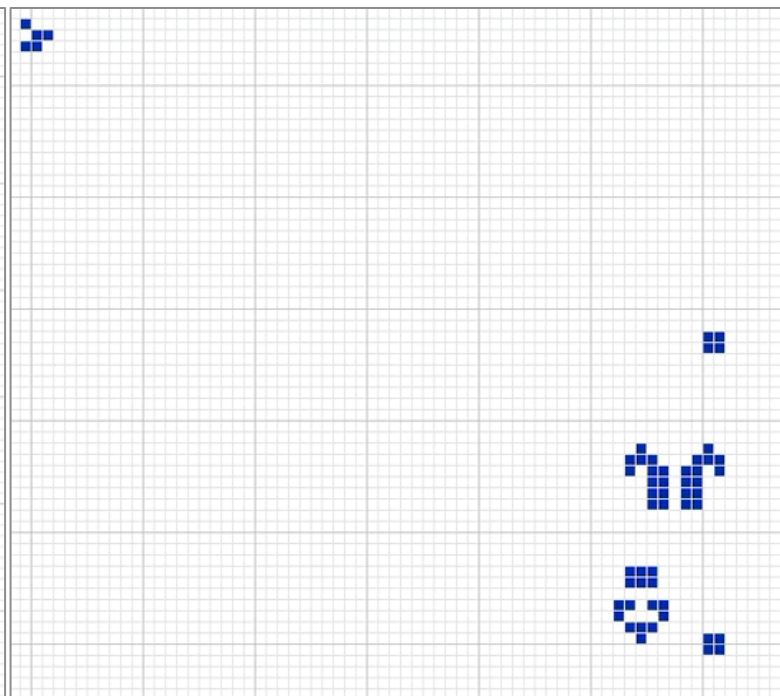
グライダーを操る



グライダーを複製

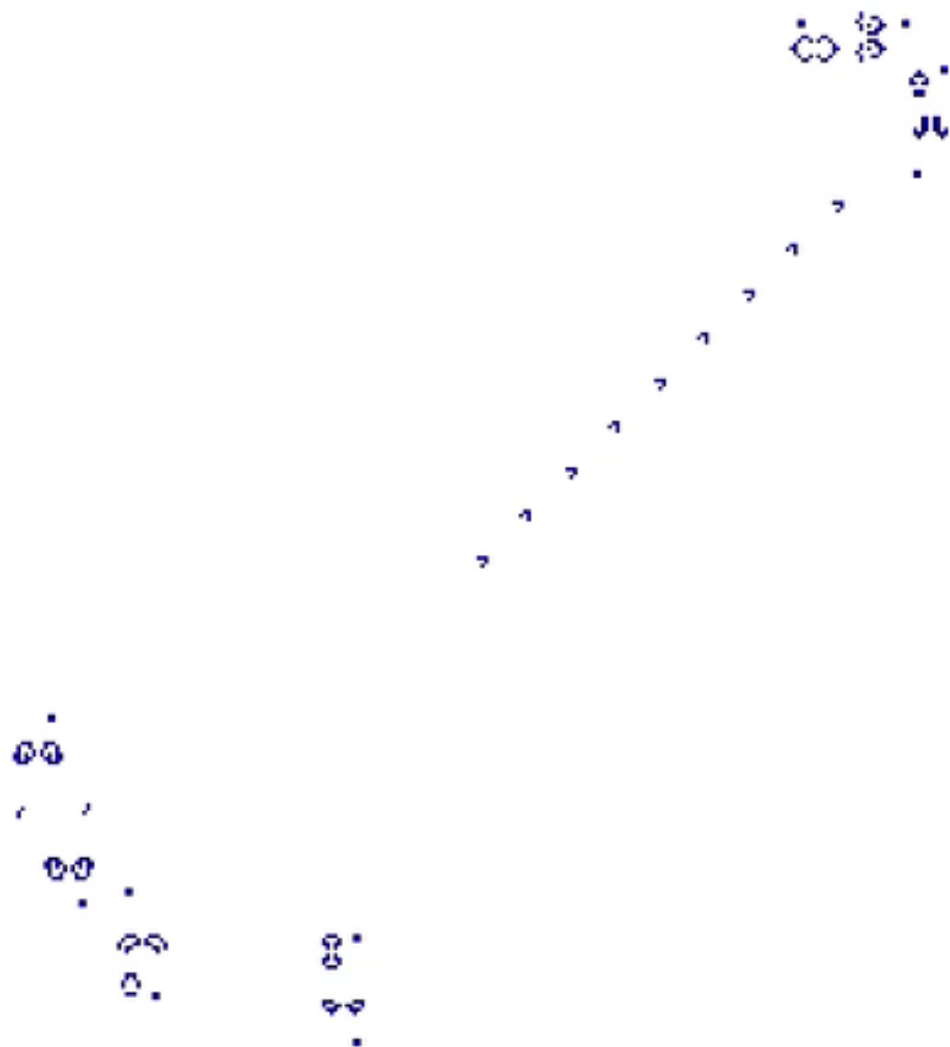


グライダーを反射

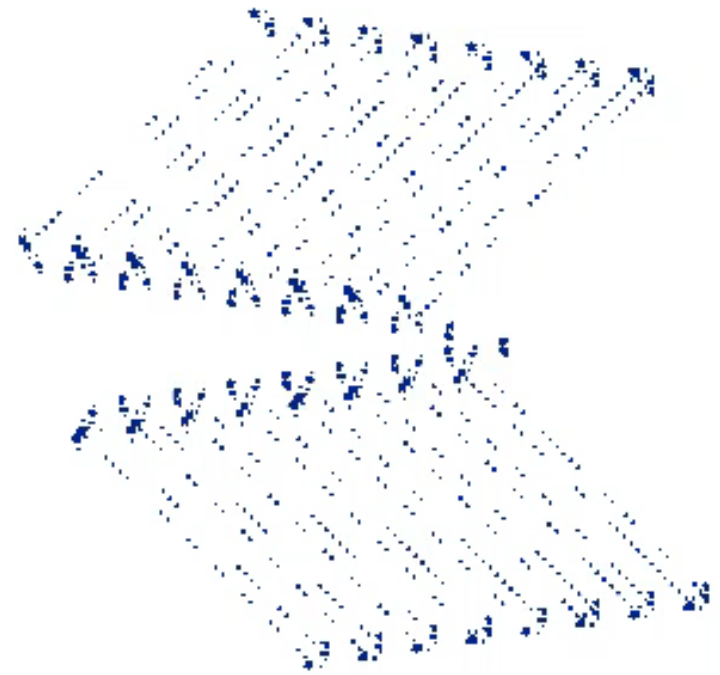


グライダーを宇宙船に変換

グライダーに関する操作を組み合わせる (1)

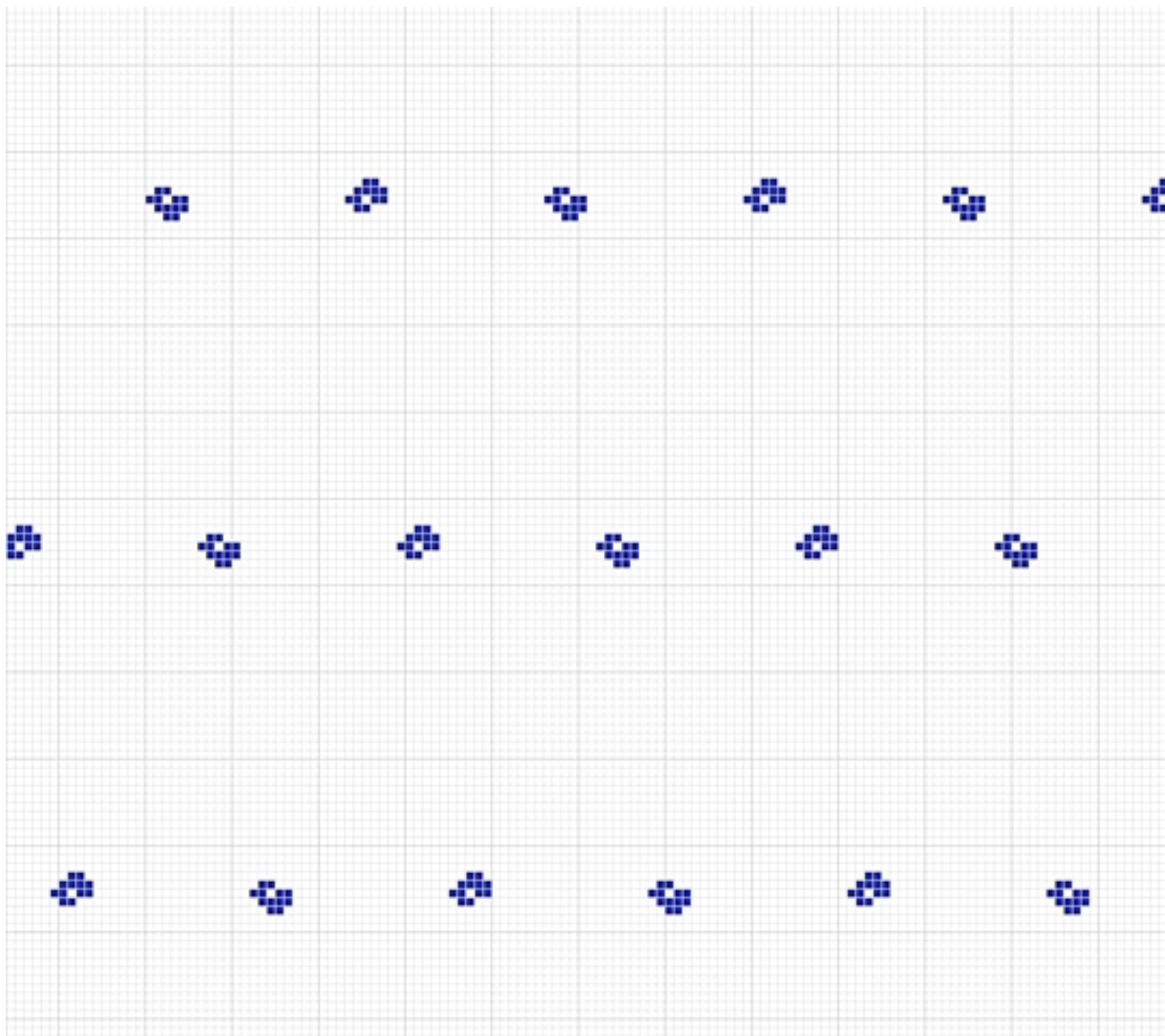


グライダーに関する操作を組み合わせる(2)



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: 『ライフゲームの宇宙』 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！