

# 知の探究

## 3.セルオートマトン

堀田 敬介

# セルオートマトン

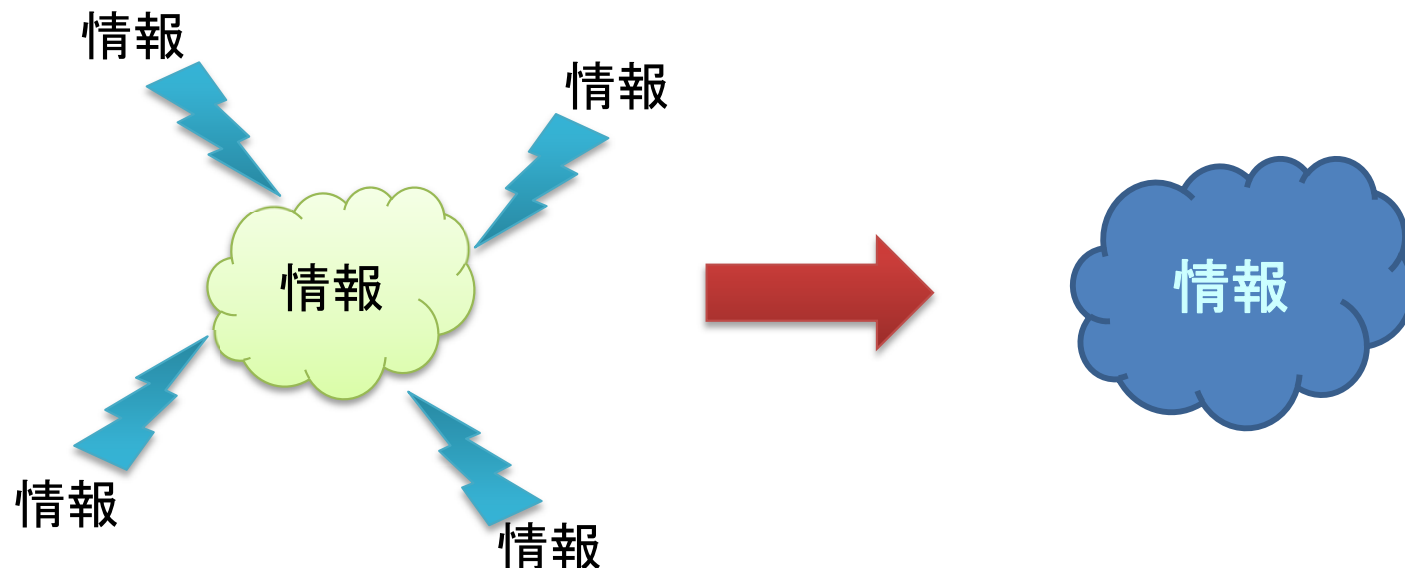
- Cellular Automata

- オートマトンとは？

「内部に何らかの情報を保持しながら、外部からの情報を入力され、その結果として情報を入力するシステム」 [1]

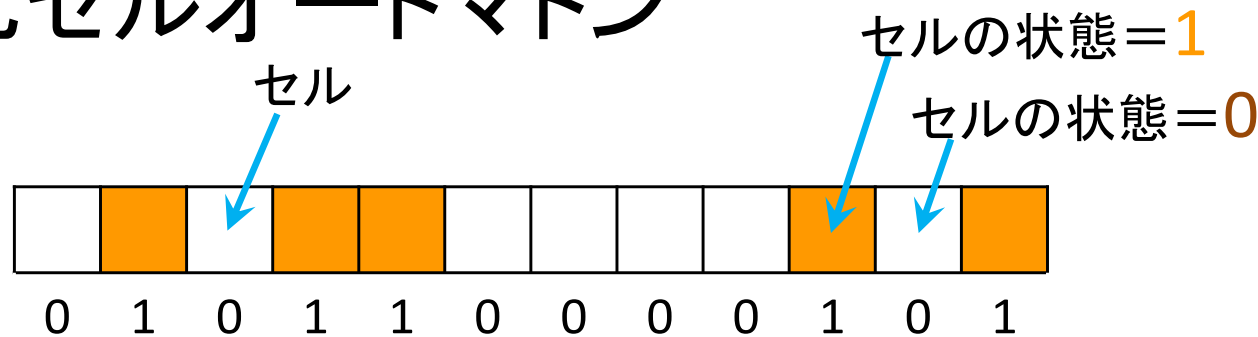
Cellular 細胞の  
Automata 自動人形(からくり人形)  
※Automaton(単数形)

※有限オートマトン(Finite Automata)  
John von Neumann(1940s)



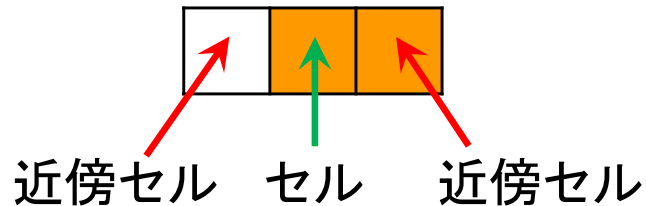
# セルオートマトン

- 1次元セルオートマトン



- セルとその近傍

- あるセルに対し, その両隣のセルを**近傍**とよぶ



- 近傍の周期境界条件

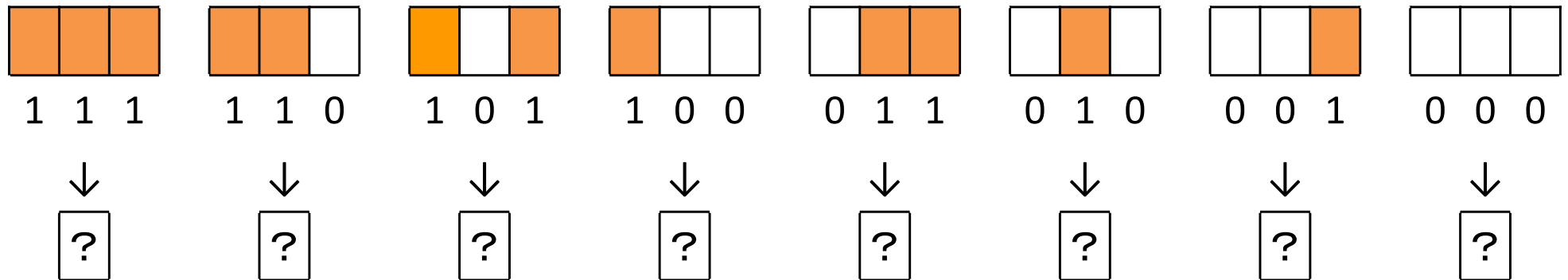
- 一番左のセルの左側の近傍は, 一番右のセル, と考える
- 一番右のセルの右側の近傍は, 一番左のセル, と考える

※両端セルの近傍は片側しかない, と設定する場合もある(開放境界条件)

# セルオートマトン

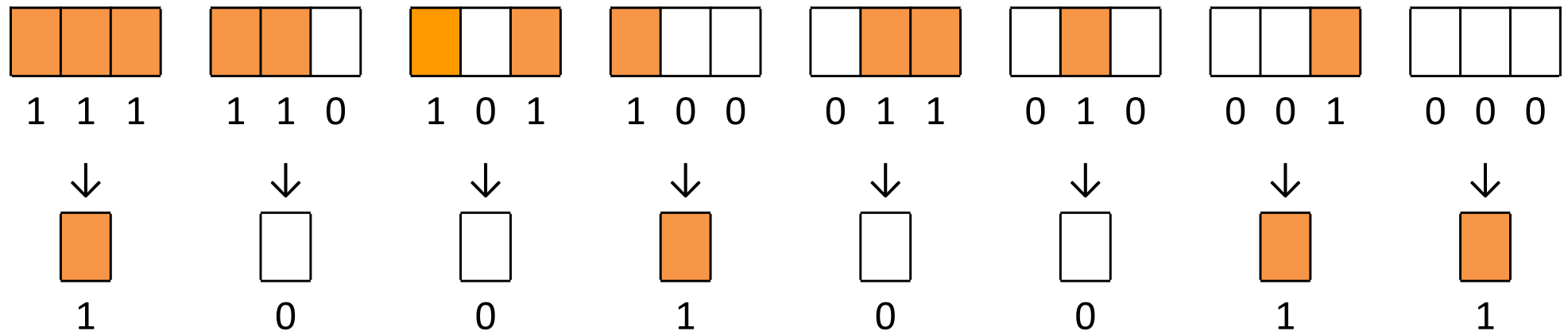
- 1次元セルオートマトン

- 各セルは時間と共に状態が変化する
- 次の状態への変化は、自分と近傍の現在状態による  
(時刻 $t+1$ の状態は、時刻 $t$ の自分と近傍の状態による)
- 現在の状態は全部で8パターン(なぜか?)



# セルオートマトン

- 時刻 $t \rightarrow t+1$ の状態変化の例



$$(10010011)_2 = (147)_{10}$$

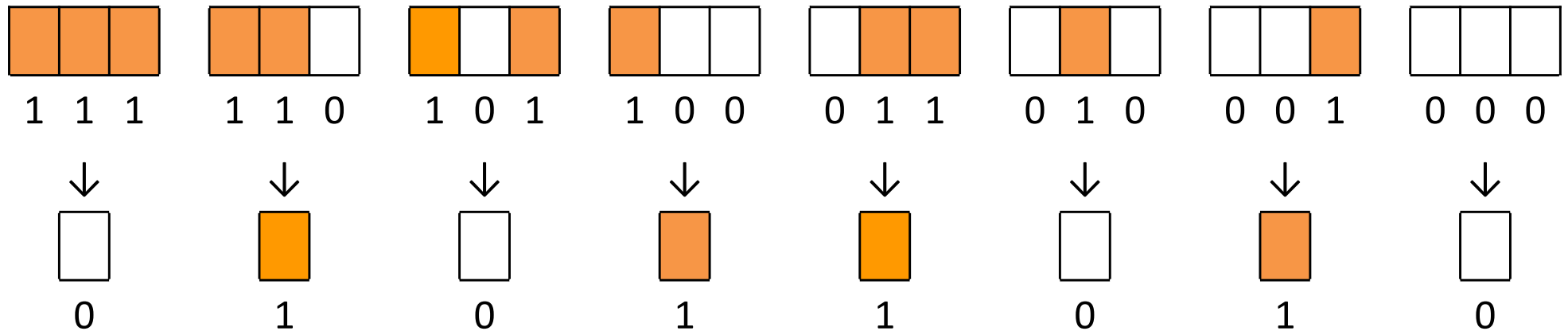
※2進数の(10010011)は10進数の(147)

➡ この時刻 $t \rightarrow t+1$ の状態変化を「ルール147」とよぼう！

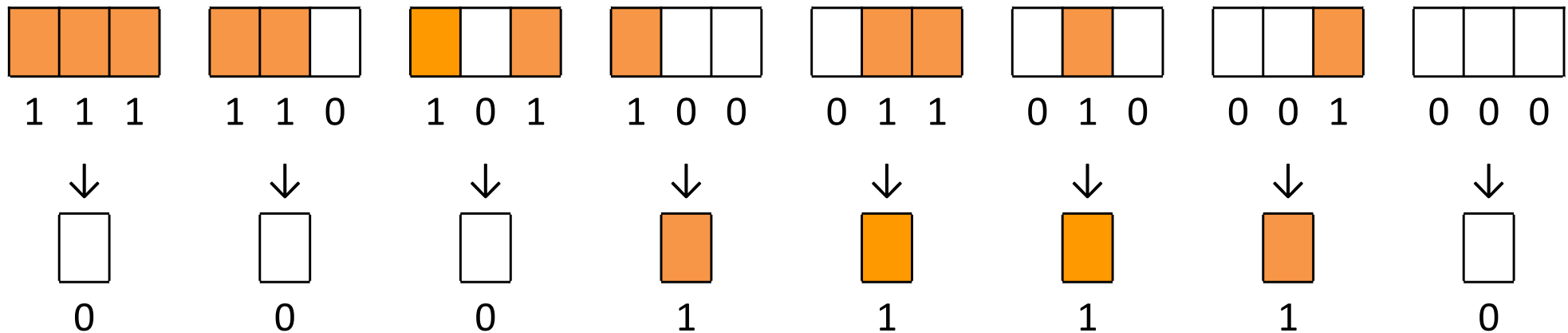
➡ 全パターンは $(00000000)_2 \sim (11111111)_2$ の $2^8=256$ 個  
※ルール0(= $(00000000)_2$ )～ルール255(= $(11111111)_2$ )

# セルオートマトン

- ルールの例



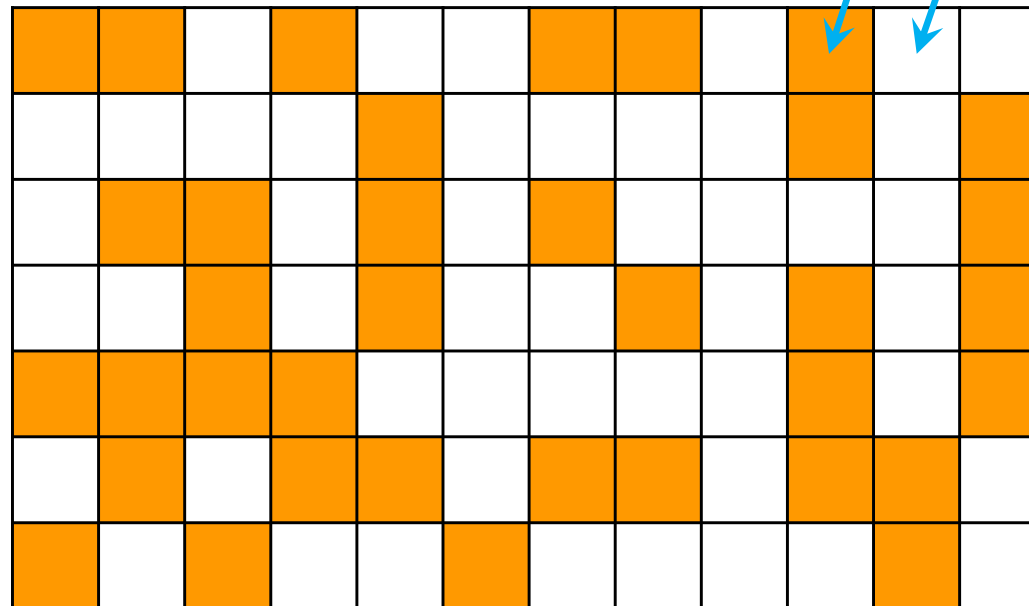
$(01011010)_2 = (90)_{10}$  より, これは「ルール90」



$(00011110)_2 = (30)_{10}$  より, これは「ルール30」

# セルオートマトン

- 2次元セルオートマトン

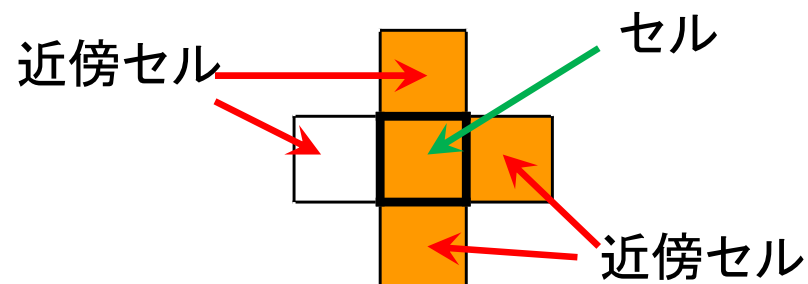


セルの状態=1  
セルの状態=0

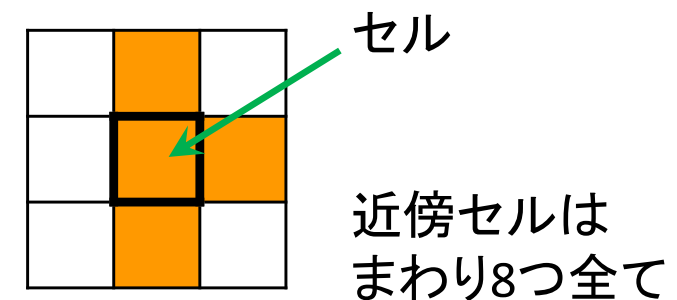
※上下左右の端のセル  
の近傍は周期境界条件

- セル(9つのセルの中心)とその近傍

ノイマン近傍



ムーア近傍



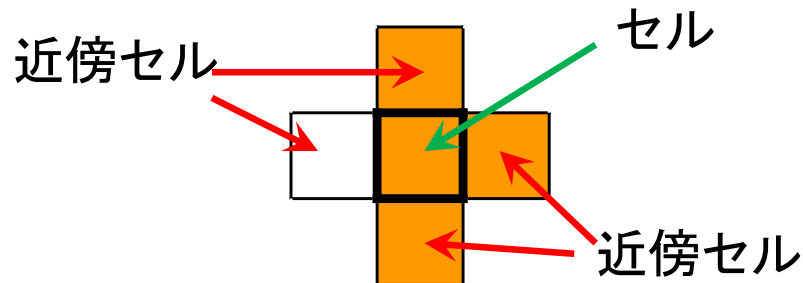
近傍セルは  
まわり8つ全て

# セルオートマトン

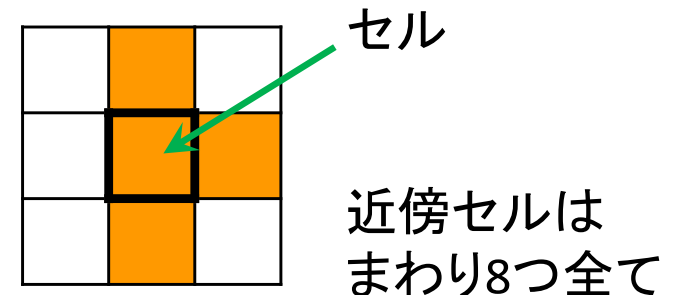
- 2次元セルオートマトン

- 各セルは時間と共に状態が変化する
- 次の状態への変化は, 自分と近傍の現在状態による  
(時刻 $t+1$ の状態は, 時刻 $t$ の自分と近傍の状態による)
- 現在の状態は  
ノイマン近傍の場合, 全部で32パターン(なぜか?)  
ムーア近傍の場合, 全部で512パターン(なぜか?)

ノイマン近傍



ムーア近傍





# セルオートマトン

- 2次元セルオートマトンとライフゲーム

- セルの状態は生(1)と死(0)の2つとする
- ムーア近傍を使う(ただし, 512パターンを考えない)
- 状態更新ルールは次の5つ
  - 瞑想...自セル=死(0) & 近傍セルの0-2,4-8つが生(1) → 0
  - 誕生...自セル=死(0) & 近傍セルの3つが生(1) → 1
  - 生存...自セル=生(1) & 近傍セルの2 or 3つが生(1) → 1
  - 過疎...自セル=生(1) & 近傍セルの0 or 1つが生(1) → 0
  - 過密...自セル=生(1) & 近傍セルの4~8つが生(1) → 0

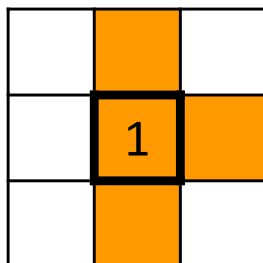
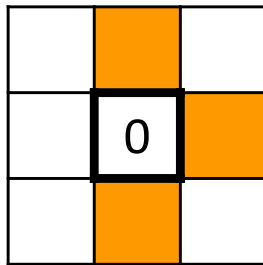
# セルオートマトン

- ライフゲーム

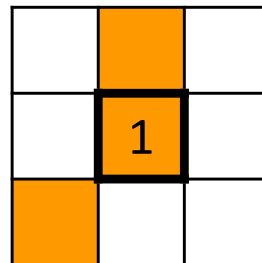
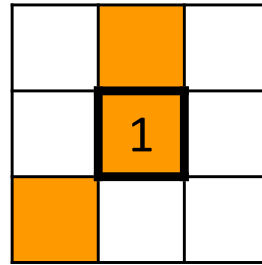
1. 瞑想...自セル=死(0) & 近傍セルの0-2,4-8つが生(1) → 0
2. 誕生...自セル=死(0) & 近傍セルの3つが生(1) → 1
3. 生存...自セル=生(1) & 近傍セルの2 or 3つが生(1) → 1
4. 過疎...自セル=生(1) & 近傍セルの0 or 1つが生(1) → 0
5. 過密...自セル=生(1) & 近傍セルの4~8つが生(1) → 0

例)

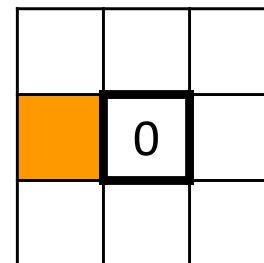
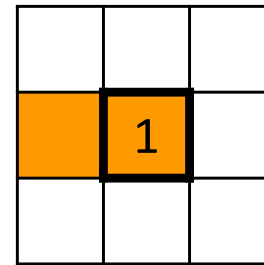
誕生



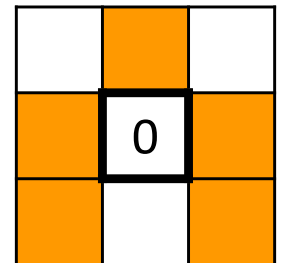
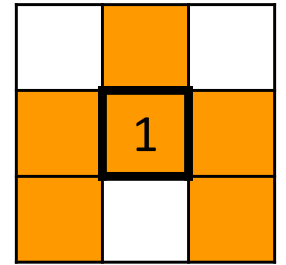
生存



過疎



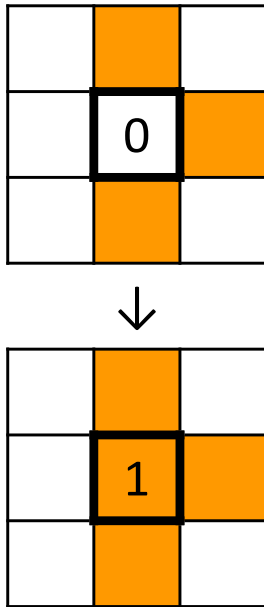
過密



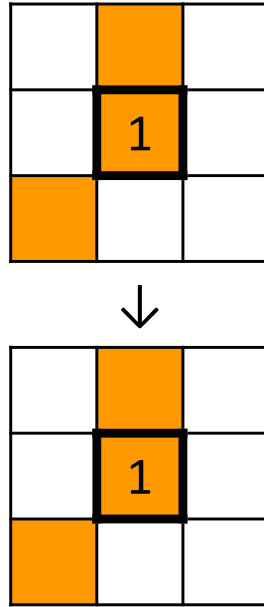
※まわりの8セルがどうなるかは、それらの近傍による。ここではそのままにした

# セルオートマトン

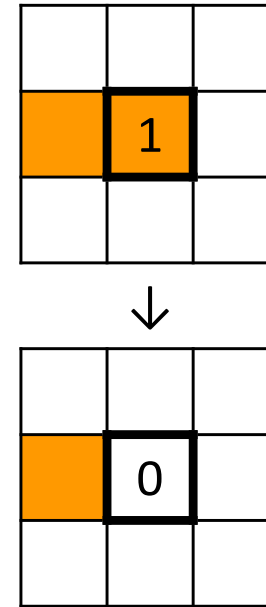
- 例  
誕生



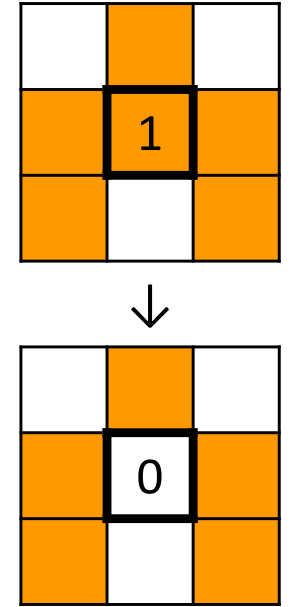
- 生存



- 過疎



- 過密

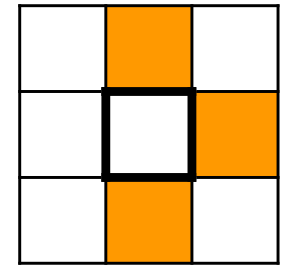


- 時刻 $t \rightarrow t+1$ の状態遷移表

- $s$ =近傍セルの状態の合計(=生存数)とすると

|     |   | $s$ (近傍セルの状態合計=生存数) |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|     |   | 0                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 自セル | 0 | 0                   | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|     | 1 | 0                   | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# 参考文献



- [1] 北栄輔・脇田佑希子「Excelで学ぶセルオートマトン」  
オーム社(2011)