

# 経営情報演習B

## 2.セルオートマトン

堀田 敏介

2015年10月23日(金)

# セルオートマトン

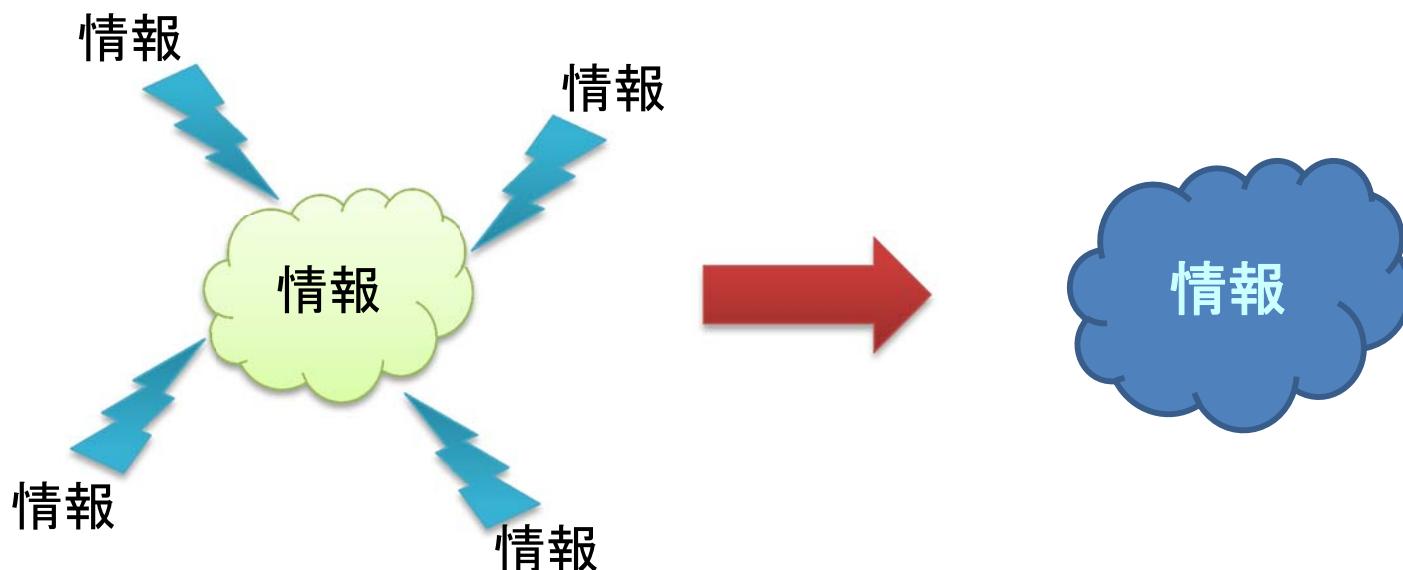
- Cellular Automata

- 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出力するシステム」[1]

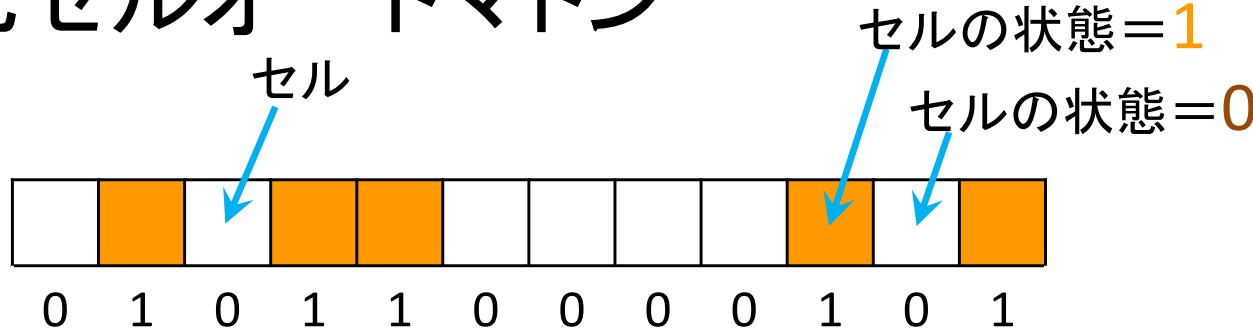
Cellular 細胞の  
Automata 自動人形(からくり人形)  
※Automaton(単数形)

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



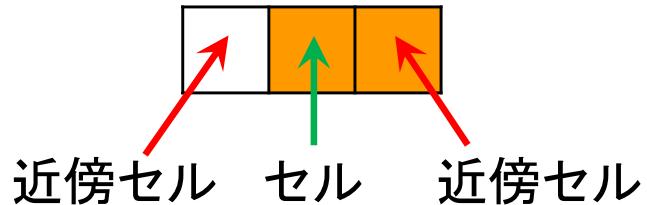
# セルオートマトン

- 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



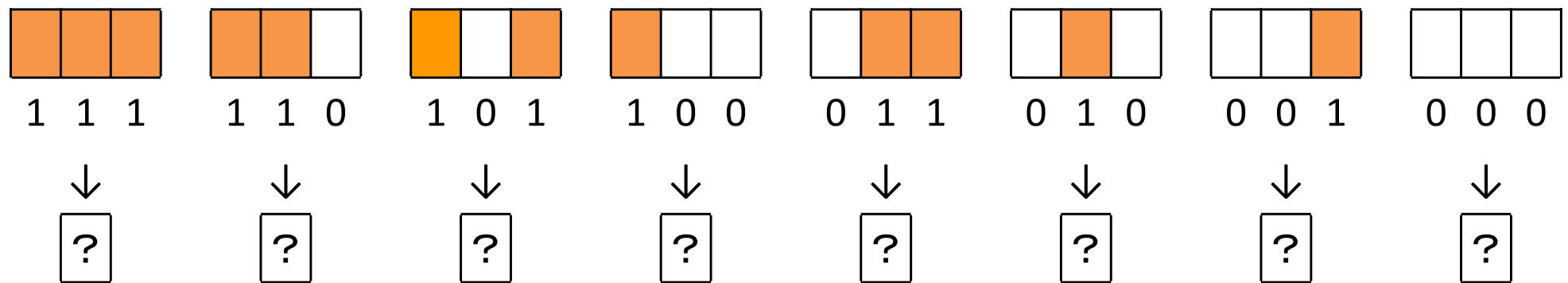
- 近傍の周期境界条件

- 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)

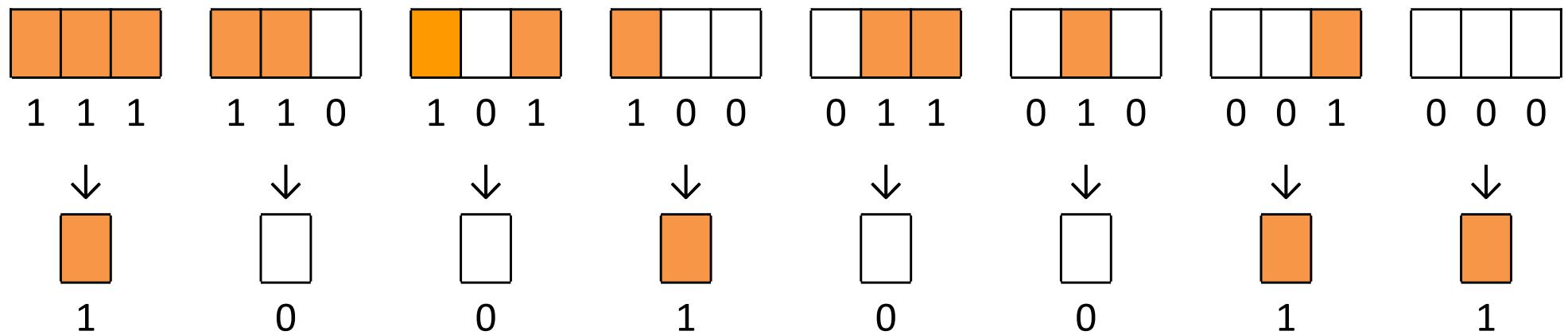
# セルオートマトン

- 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



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

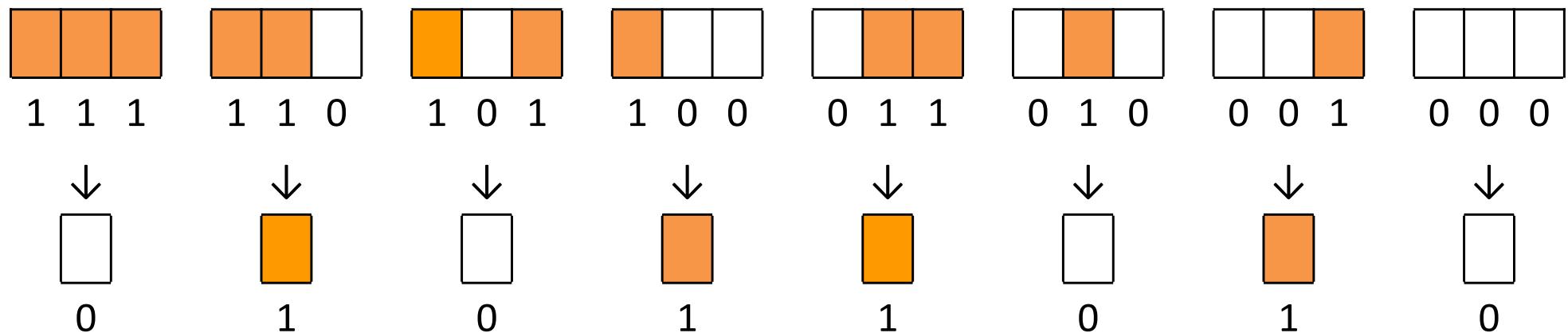
※2進数の(10010011)は10進数の(147)

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

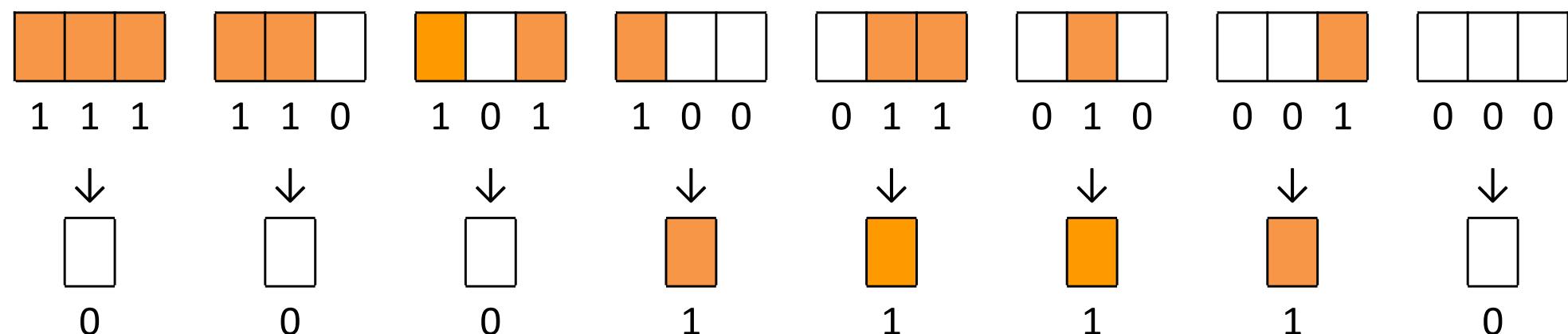
→ 全パターンは  $(00000000)_2 \sim (11111111)_2$  の  $2^8 = 256$  個  
※ルール0( $(00000000)_2$ ) ~ ルール255( $(11111111)_2$ )

# セルオートマトン

- ルールの例



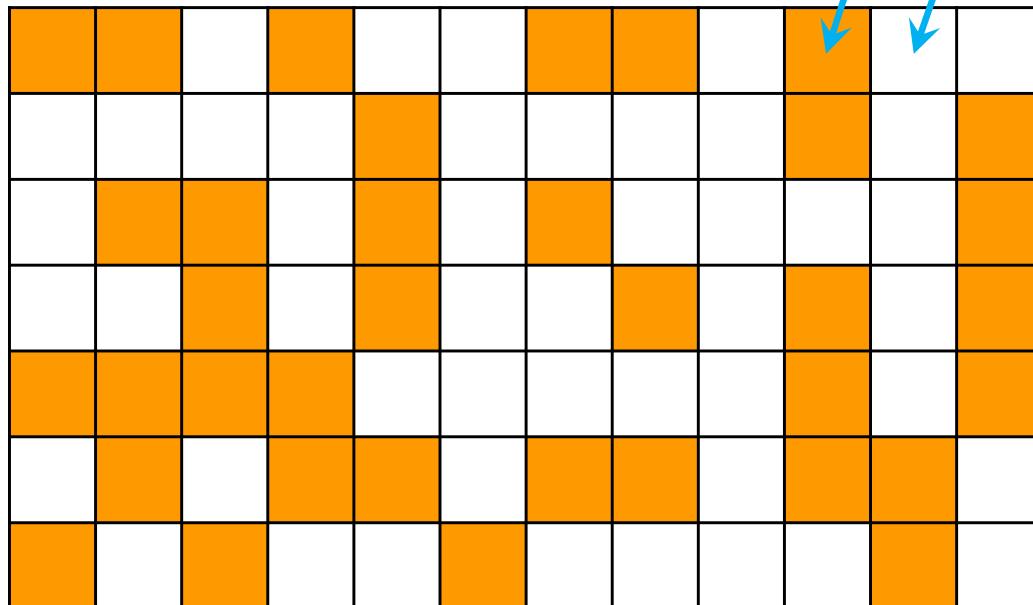
$(01011010)_2 = (90)_{10}$  より、これは「ルール90」



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

# セルオートマトン

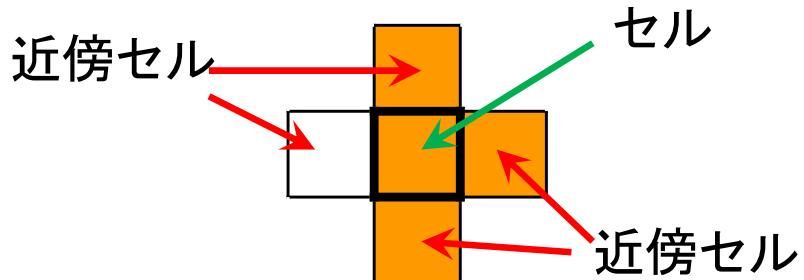
- 2次元セルオートマトン



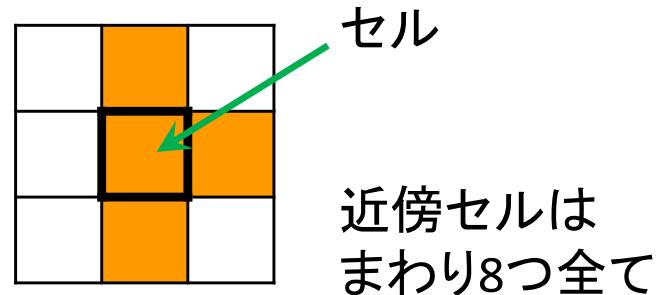
※上下左右の端のセル  
の近傍は周期境界条件

- セル(9つのセルの中心)とその近傍

ノイマン近傍



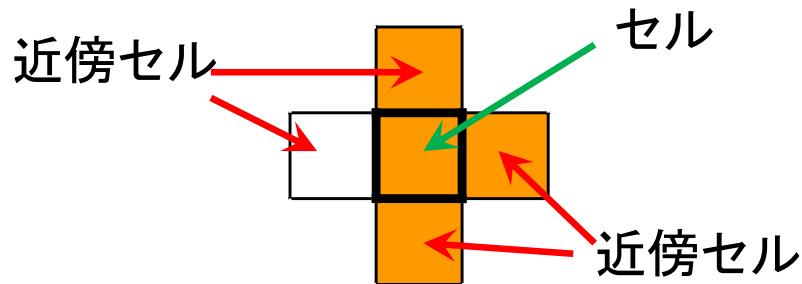
ムーア近傍



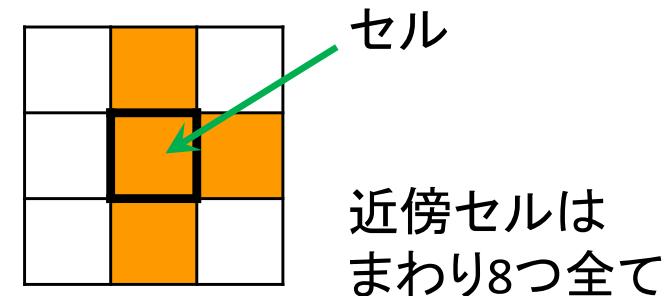
# セルオートマトン

- 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
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

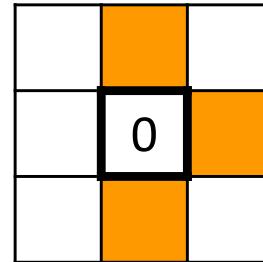
# セルオートマトン

- ライフゲーム

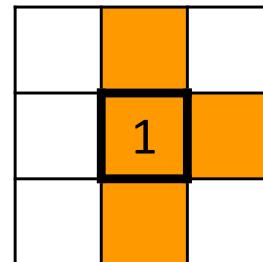
1. 瞑想...自セル=死(0) & 近傍セルの0-2,4-8つが生(1) → 0
2. 誕生...自セル=死(0) & 近傍セルの3つが生(1) → 1
3. 生存...自セル=生(1) & 近傍セルの2 or 3つが生(1) → 1
4. 過疎...自セル=生(1) & 近傍セルの0 or 1つが生(1) → 0
5. 過密...自セル=生(1) & 近傍セルの4~8つが生(1) → 0

例)

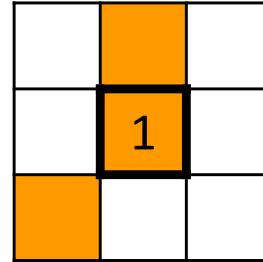
誕生



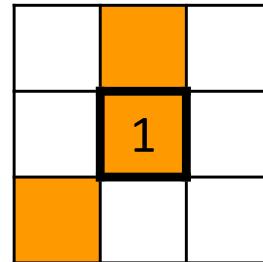
↓



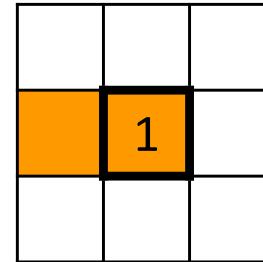
生存



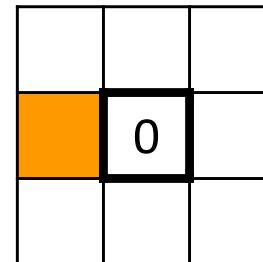
↓



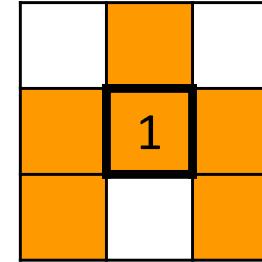
過疎



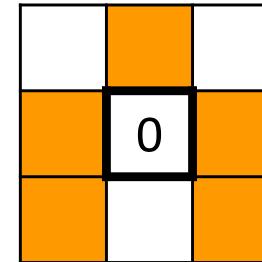
↓



過密

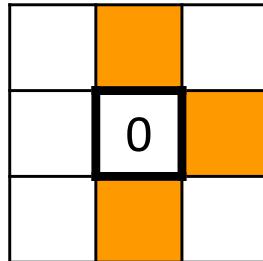
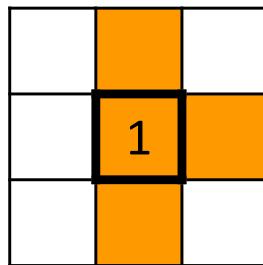
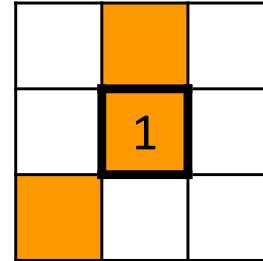
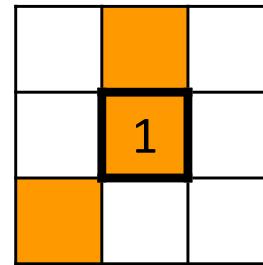
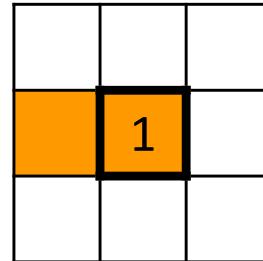
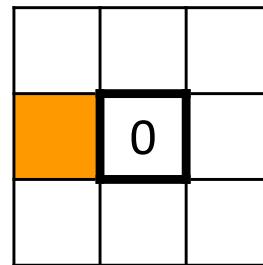
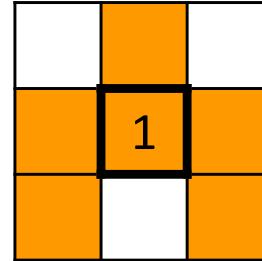
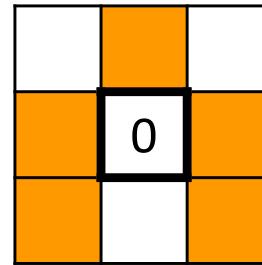


↓



※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

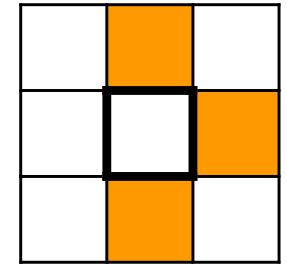
# セルオートマトン

- 例  
誕生   
↓ 
- 生存   
↓ 
- 過疎   
↓ 
- 過密   
↓ 

- 時刻  $t \rightarrow t+1$  の状態遷移表
  - $S = \text{近傍セルの状態の合計} (= \text{生存数})$  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)