



岡山理科大学 学内見学・模擬授業

# 2進数と セルオートマトン

岡山理科大学  
情報理工学科  
模擬授業

河野敏行



CHECK

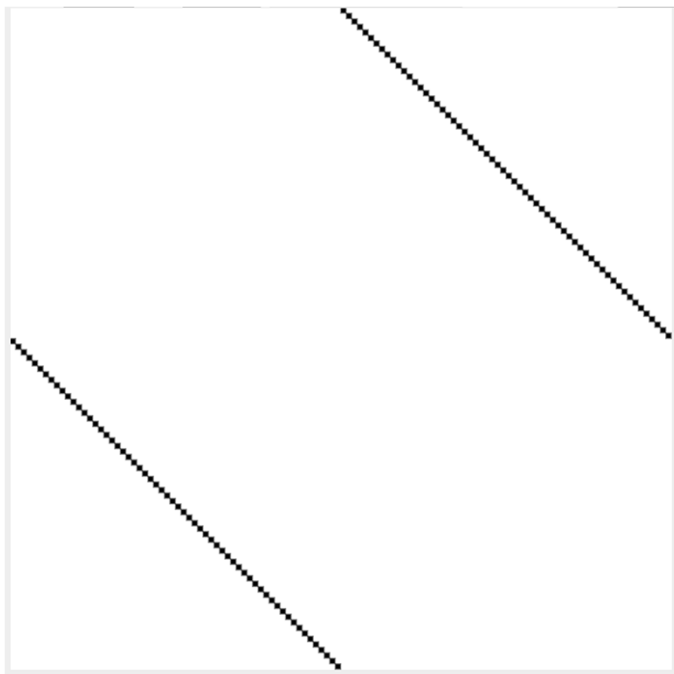
セルオートマトンの実験ページ

<https://kohno.ous-blue.com/koudai/2020oc/>



# どのようなプログラムが書かれているのでしょうか？

## 1次元セルオートマトン



- ホームページを開くと点が描かれる様子が見れたと思います。
- 上部真ん中に点がある
- 右斜め下に点が描かれている
- 右端に行くと、左に折り返された
  
- 今は点で描かれているけど、ゲームとかでキャラクターの動きと考えるとどんなプログラムが裏にあるんだろうか？

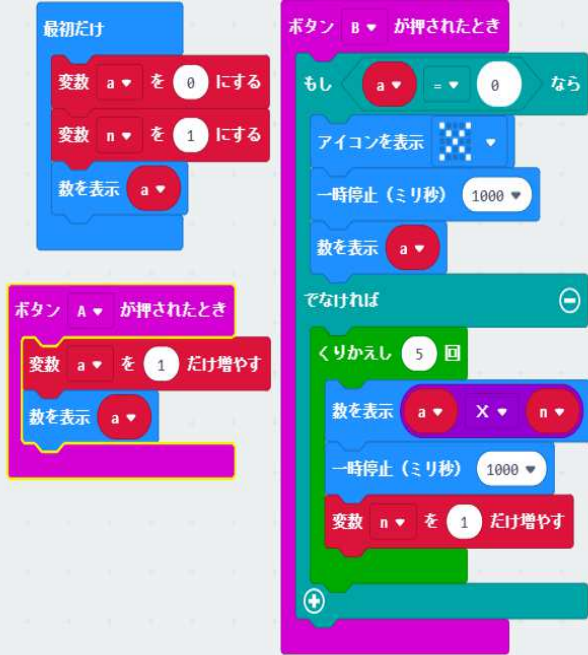
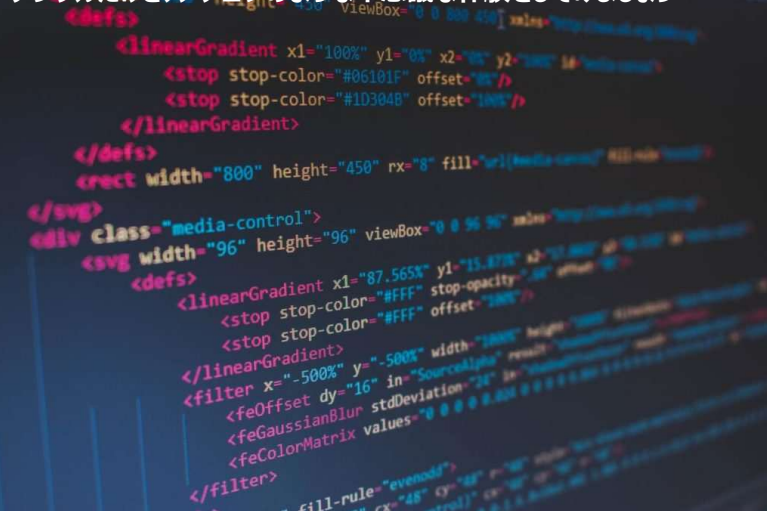
## [コンピュータサイエンス] 2進数とセルオートマトン

近年、自動運転車が増えてきました。交通流で現れる渋滞学の基礎的なシミュレーションとしてセルオートマトンモデルが用いられています。

模擬授業では、**2進数**で表現できる**セルオートマトン**の仕組みを紙と鉛筆で方眼紙を塗りつぶしながら紹介していきます。

この1次元の情報を時間変化で並べて生まれる模様は自然界でも現れます。

デジタルだけど、アナログのような不思議な体験をしてみましょう



2020年  
プログラミング学習  
小学生から必須化  
2021年 中学校  
2022年 高校

2025年共通テストに「情報 I」追加

# 2進数

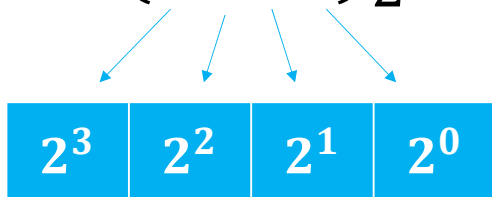
2進数 10進数 16進数

- コンピュータが扱う最小単位 ビット
  - 1ビットで表される数字は 「0」 と 「1」
  - $0 + 0 = 0$
  - $1 + 0 = 1$
  - $1 + 1 = 10$        $(01)_2 + (01)_2 = (10)_2$
- 10進数
  - 説「人間の両手の指の数が10本だから」?
- 16進数
  - 2進数4桁 0～15の数を1桁
  - 0123456789ABCDEF



# 10進数と2進数

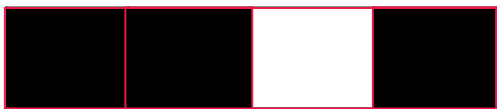
$$(1101)_2 = (13)_{10} = (D)_{16}$$



2進数の各桁の重み

$$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 4 + 0 + 1 = 13$$

16進数 : 01234566789ABCDEF



ドット塗りつぶし

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 50} \quad \text{余り} \\
 \underline{2) 25} \cdots 0 \\
 \underline{2) 12} \cdots 1 \\
 \underline{2) 6} \cdots 0 \\
 \underline{2) 3} \cdots 0 \\
 \underline{2) 1} \cdots 1 \\
 0 \cdots 1
 \end{array}$$



50を2進数  
にすると  
110010

$$(1101)_2 = (13)_{10} = (D)_{16}$$

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 13} \quad \text{余り} \\
 \underline{2) 6} \cdots 1 \\
 \underline{2) 3} \cdots 0 \\
 \underline{2) 1} \cdots 1 \\
 0 \cdots 1
 \end{array}$$





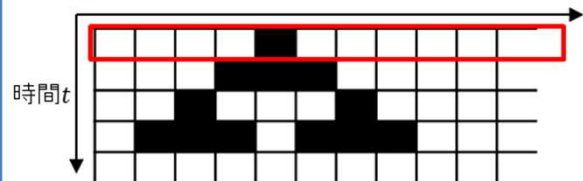


# セルオートマトン

シンプルな仕組みが連携

## 1次元セルオートマトン

1本の帯を細かく区切ったときのマス目をセルと呼ぶ。そのセルにはある状態が与えられており、時間とともに遷移ルールに従い変化していく。横軸に帯の長さ、縦軸に時間をとり、その時間に遷移したときに生まれる模様に着目する。



■を1, □を0とすると2進数として扱える。(上記の例はルール22)

# セルオートマトンの歴史

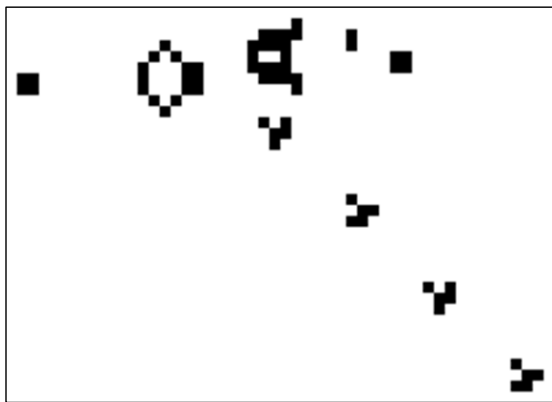
画像はウィキペディアから引用

コンピュータの概念のスタートともいえる

- 1950年代に考え出された
- 1980年代に発展（ウルフラム）



ジョン・フォン・ノイマン(1903-1957)  
原子爆弾やコンピュータの開発に関与



スティーブン・ウルフラム(1959-)  
理論物理学者



スタニスワフ・ウラム(1909-1984)  
水爆発案者

# ノイマン型コンピュータ（ストアード・プログラム・コンピュータ）

- プログラムをデータとして記憶装置に格納し、これを順番に読み込んで実行するコンピュータ
- CPUとメインメモリとの間のバス（伝送路）を通過して命令とデータをやり取りするが、その通信速度が性能の限界となる（ノイマンボトルネック）
- CPU内に高速なキャッシュメモリで解決



# 車のシミュレーション



時間  $t=0$



ENJOY SCIENCE!

ボくら、科学の子。

# 車のシミュレーション

時間  $t=0$



時間  $t=1$



時間  $t=2$



時間  $t=3$



ENJOY SCIENCE!

ボくら、科学の子。

# 車のシミュレーション

時間  $t=0$



時間  $t=1$



時間  $t=2$



時間  $t=3$



**ENJOY SCIENCE!**

ボくら、科学の子。

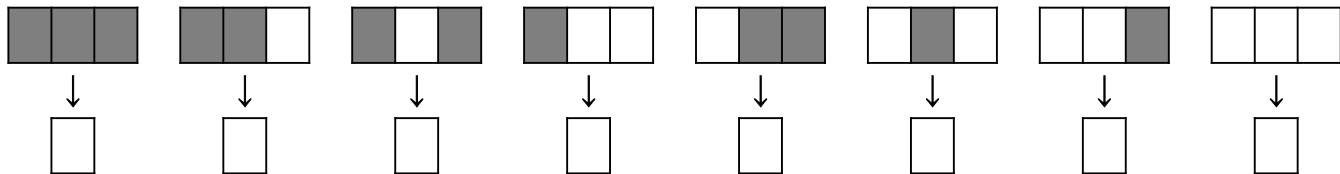
# 車のシミュレーション



時間  $t=1$



車の動きをセルの状態遷移として考える。



ENJOY SCIENCE!

ボくら、科学の子。

# 車のシミュレーション

時間  $t=0$



時間  $t=1$



時間  $t=2$



時間  $t=3$

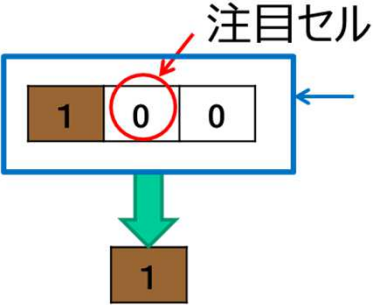
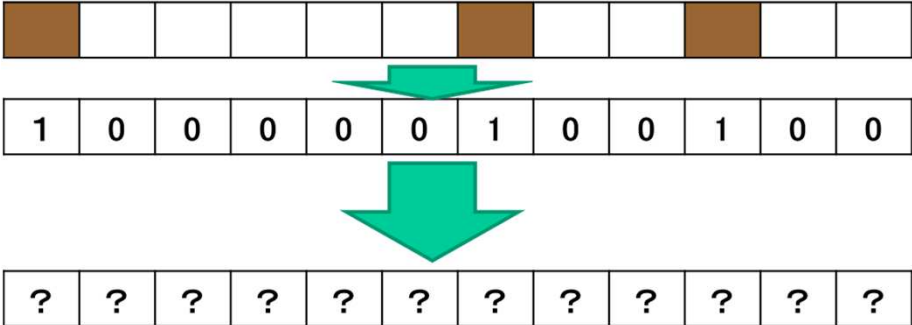


ENJOY SCIENCE!

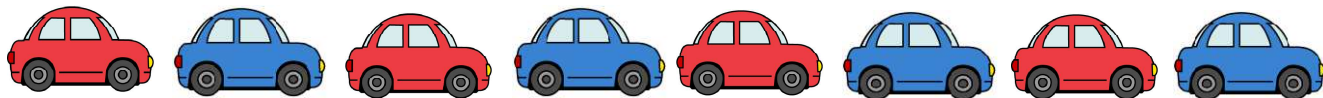
ボクラ、科学の子。



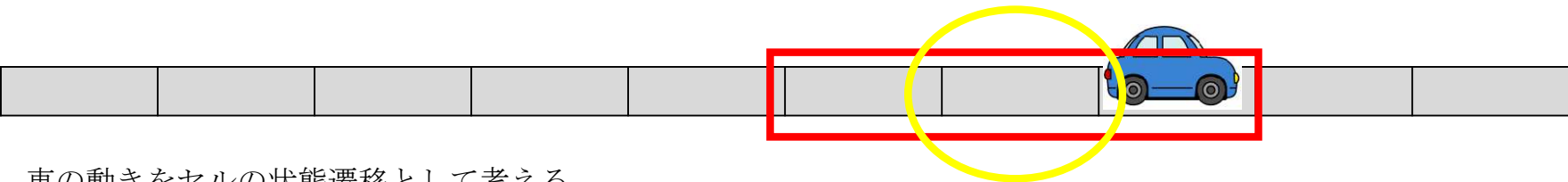
# 状態と遷移ルール



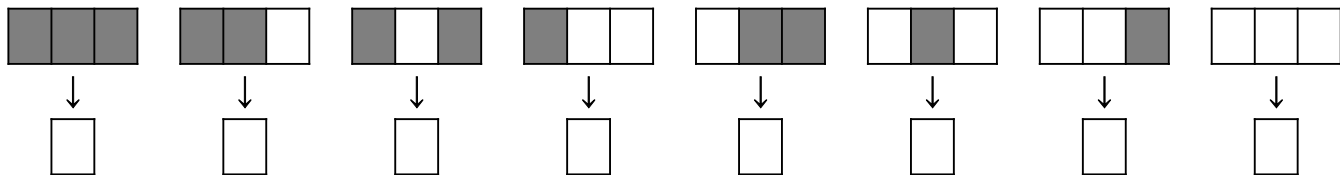
# 車のシミュレーション



時間  $t=1$



車の動きをセルの状態遷移として考える。

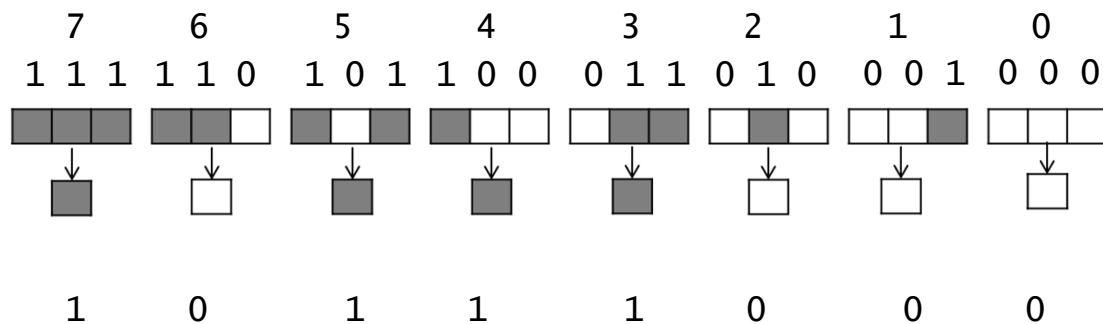


# 1次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

左から右へ ■は車 □は空 ■を1, □を0とおく

10進数

2進数

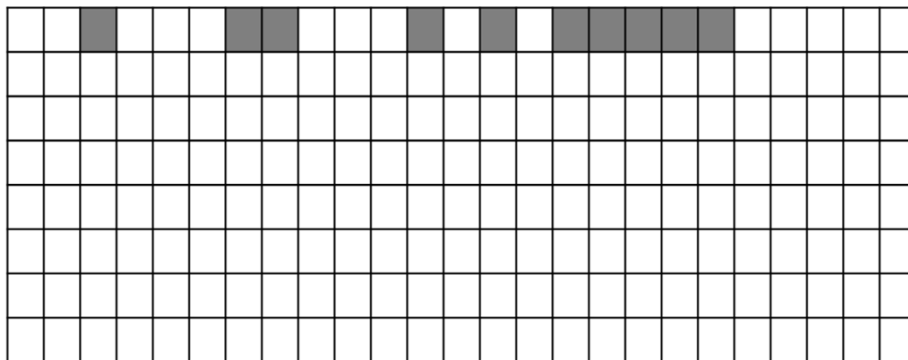
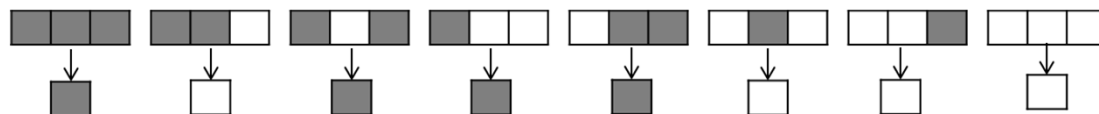


2進数

$$(1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0)_2 = (184)_{10}$$

# 1 次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

左から右へ ■は車 □は空

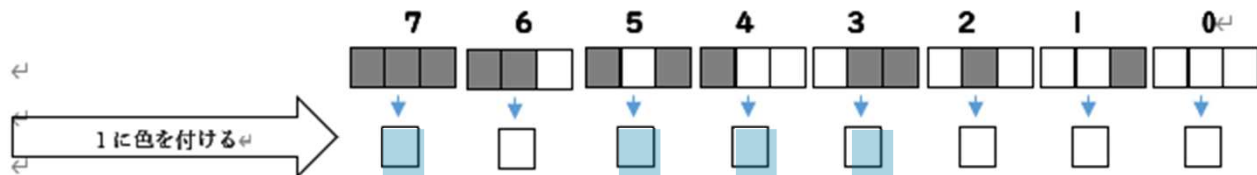


# 配布資料

1. 片手で数を数えると ( 0 ) から ( 31 ) まで、両手で数を数えると ( 1023 ) まで数えられる。←

←

2.1 自動車のルール (パターンを考えよう) ←



2.2 自動車の流れをセルオートマトンのルールは 10進数で ( 184 ) ←

←

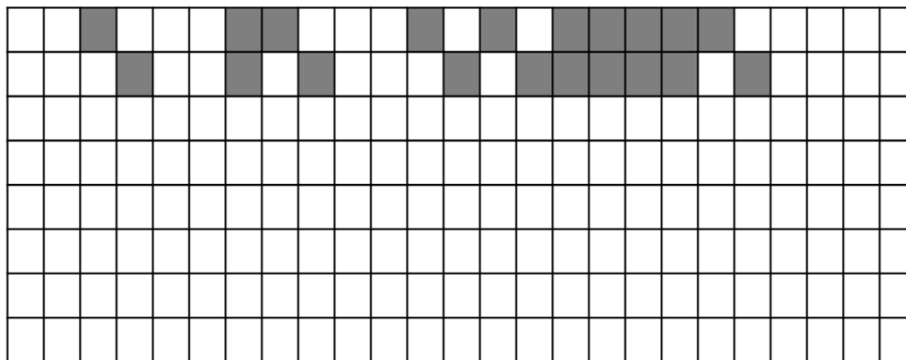
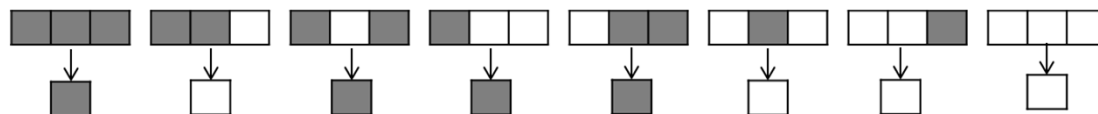
←

2.3 初期状態を適当に決めてから、パターンを決定していきましょう。(渋滞からスタートが面白い) ←

.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

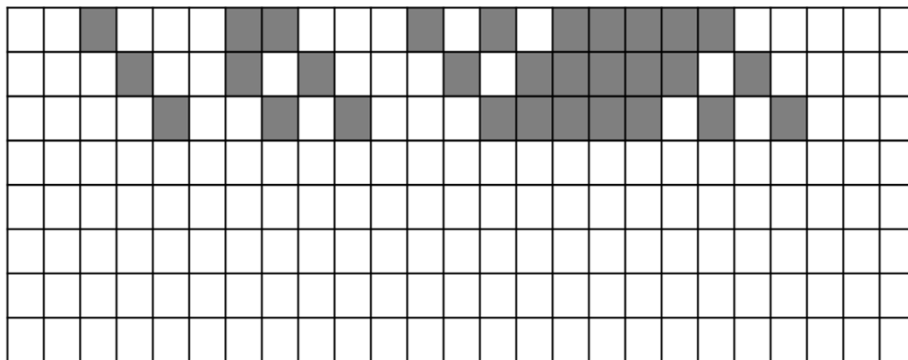
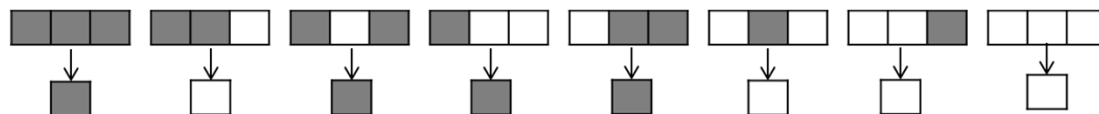
# 1次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

左から右へ    ■は車    □は空



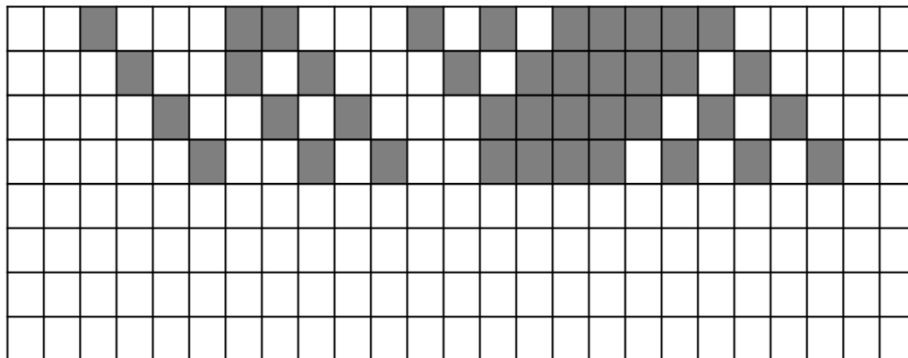
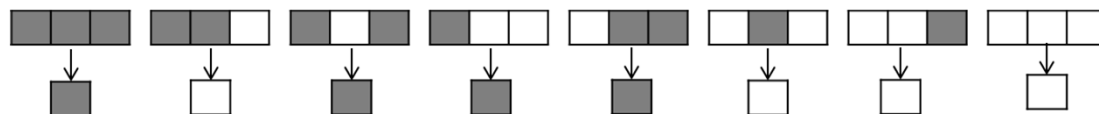
# 1次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

左から右へ    ■は車    □は空



# 1次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

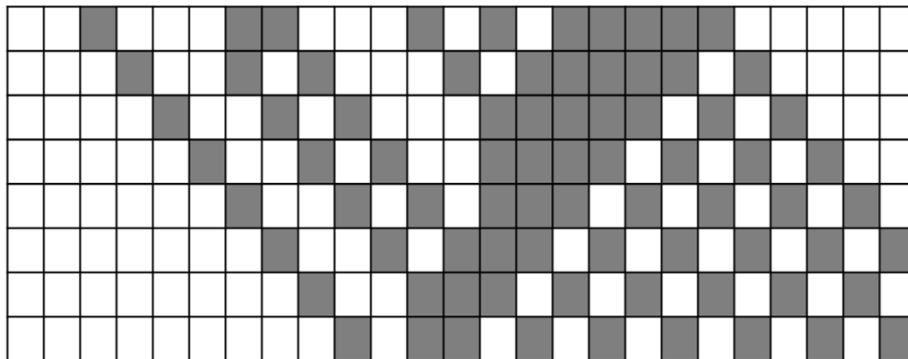
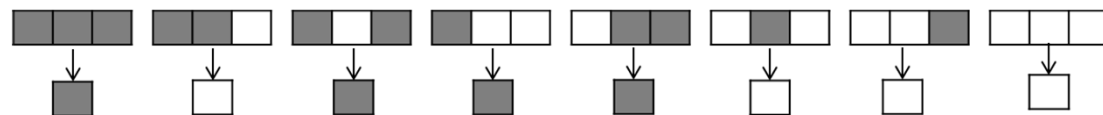
左から右へ    ■は車    □は空





# 1次元セルオートマトンの例 (車の流れ)

左から右へ ■は車 □は空



# 自然の中の1次元セルオートマトン

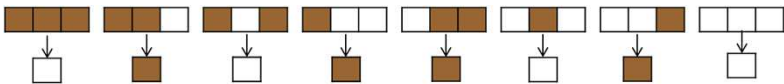


潮干狩りの思い出

# 1次元セルオートマトン

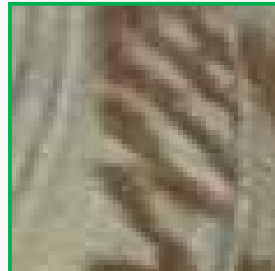
アサリの模様に見る

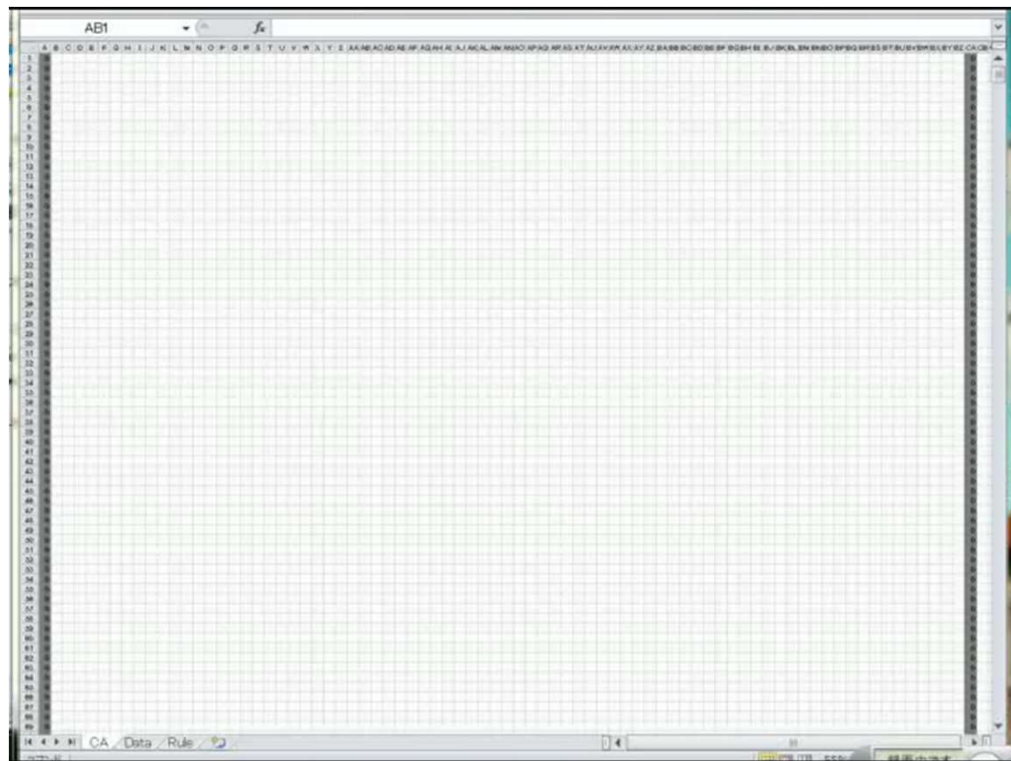
- 貝は元は小さいサイズ
- ふちにある「ひも」と呼ばれる部分が海中のカルシウムを吸収し，炭酸カルシウムで貝殻を大きくしていく

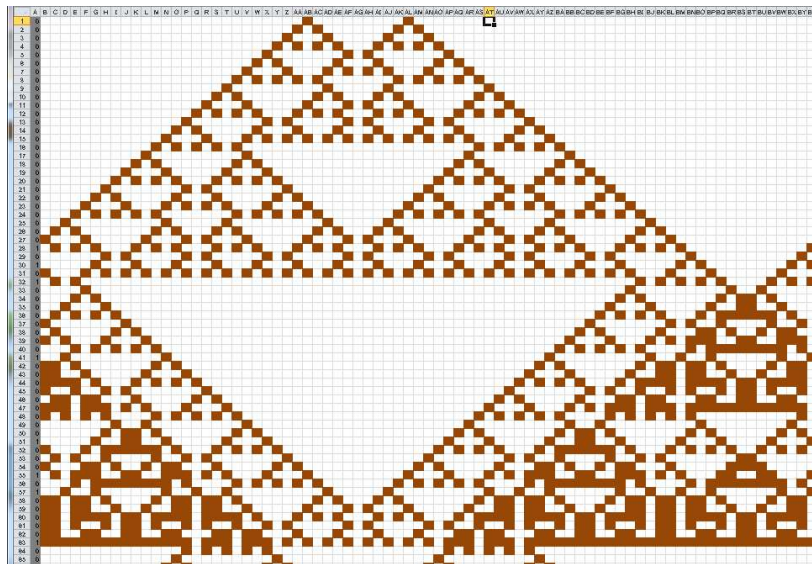


これは，実は情報を学ぶと分かる2進数

$$(01011010)_2 = (90)_{10}$$





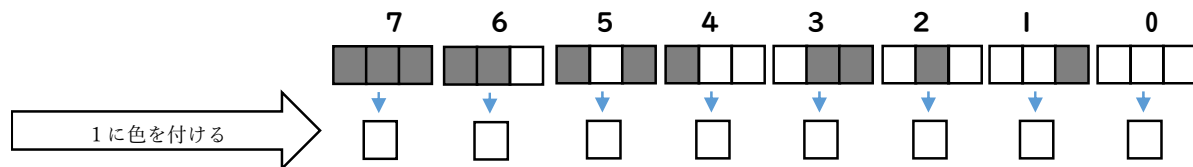


3. セルオートマトンのルールを決めよう ( ) 0 から 255 までの 10 進数の数字

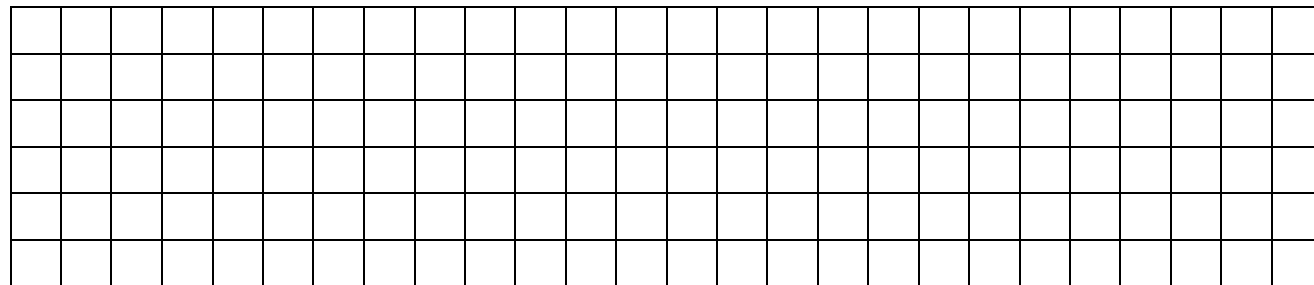
9, 13, 28, 30, 45, 50  
54, 90, 94, 133, 137

3.1 決めた 10 進数を 2 進数 8 桁に変換してみてください。

3.2 ルールをまとめておきましょう。



3.3 初期状態を適当に決めてから、塗りつぶしていきましょう。

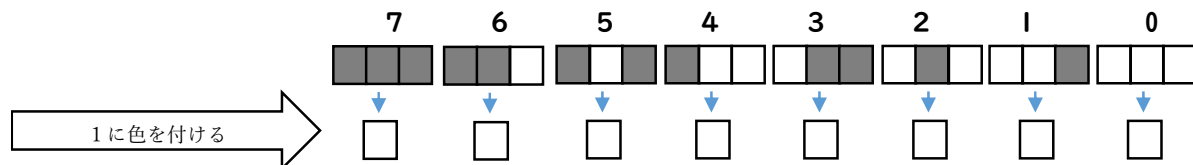


3. セルオートマトンのルールを決めよう ( ) 0 から 255 までの 10 進数の数字

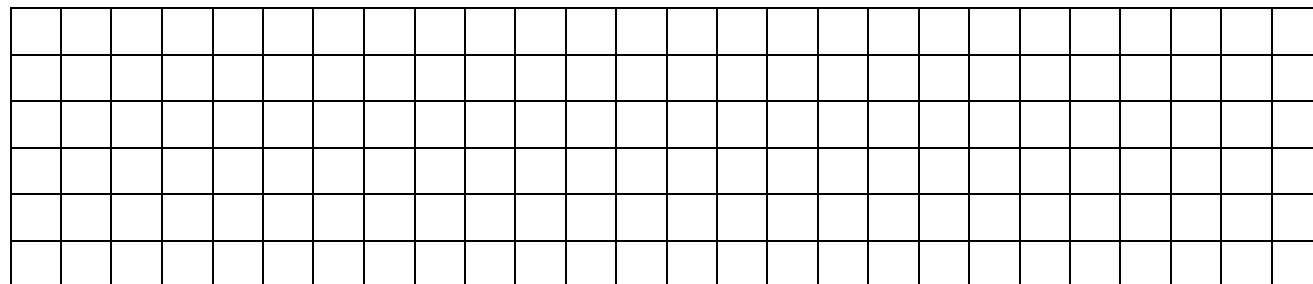
9, 13, 18, 28, 30, 45, 50  
54, 90, 94, 133, 137

3.1 決めた 10 進数を 2 進数 8 桁に変換してみてください。

3.2 ルールをまとめておきましょう。



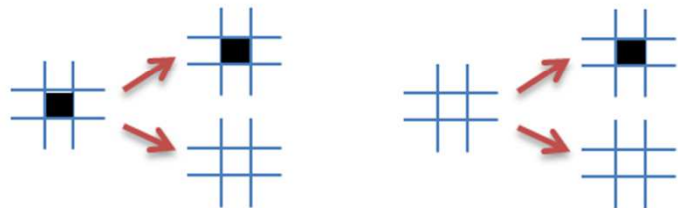
3.3 初期状態を適当に決めてから、塗りつぶしていきましょう。



## 2次元セルオートマトン

空間を格子状に区切ったときのマス目をセルと呼び、遷移ルールを与えることで、次の時間のセルの状態を決めることで世界を造る。

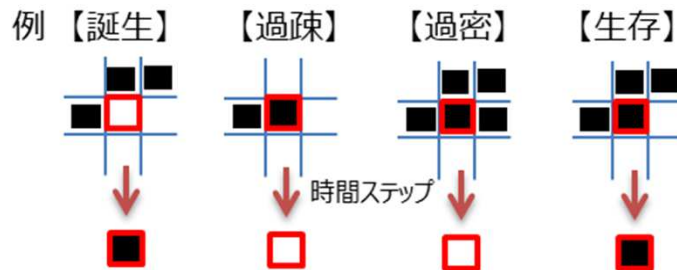
例えば、セルの状態が黒と白の2つとすると、次のように遷移するためのルールを考える。



■を1, □を0とすると2進数として扱える. 状態が3なら3進数.

## 遷移ルール (例 ライフゲーム)

注目するセルの周りには8つのセルが接している(近傍セル). 近傍の状態をルールを決めるために使う. ライフゲームではセルの状態を生と死, ルールは次のように考える.  
周りが3つ生きていると生まれる(誕生)  
周りに高々1ついるだけだと死ぬ(過疎)  
周りに4つ以上生きていると死ぬ(過密)  
周りに2,3つ生きていると生き続ける(生存)  
それ以外は死ぬ.





## ルールを考えてみよう

「地面には何も無いけど、木の芽が生え、木になる。」  
近傍を入れてみよう

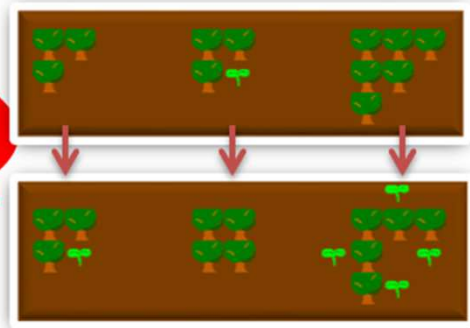


「周りに3本木があると芽が生える。周りが4本以下の木であれば芽は木になる。  
木の周りに木が5本以上あると枯れて土になる」

木の生え方は実際とどうだろうか？

**CHECK!**

なぜこう変化したのか考えてみよう。



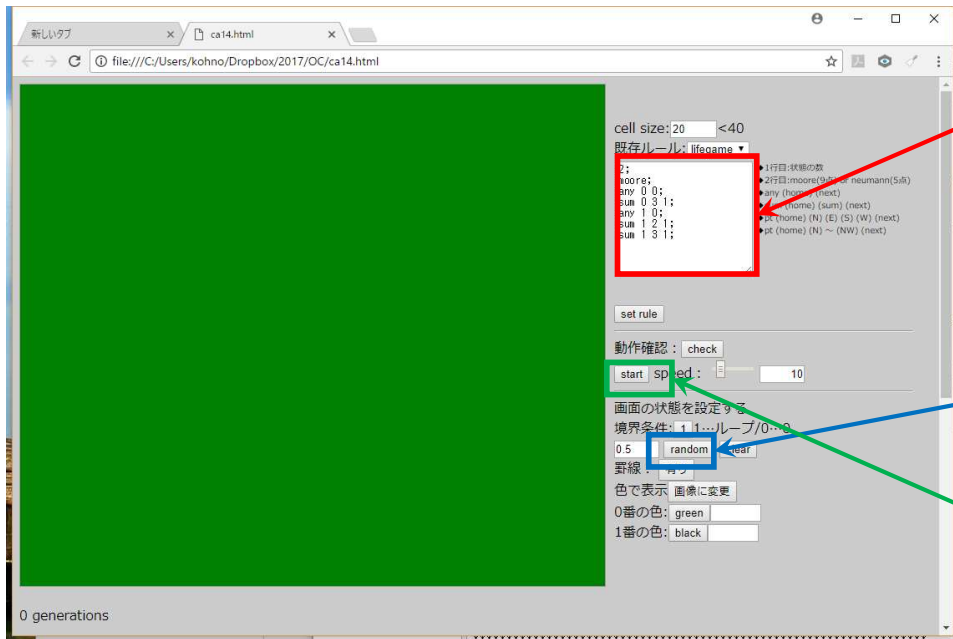
CHECK

セルオートマトンの実験ページ

<https://kohno.ous-blue.com/koudai/2020oc/>



とりあえず、やってみよう。



ルールを書くところ  
最初はセルオートマトンのルール

セルは最初、全部0になっているので、**Random**で適当に1の色を入れてあげる

スタートを押して、どうなるか  
観察してみましょう。



ENJOY SCIENCE!

ボクラ、科学の子。



アンケート  
にご協力下さい



ありがとうございます

河野敏行 岡山理科大学

✉ [kohno@ous.ac.jp](mailto:kohno@ous.ac.jp)

