

# シミュレーション論 I

## 第11回

様々なシミュレーション: 社会現象のシミュレーション

# 第10回のレポート(1)

- 10万円を年利12%の1ヶ月複利(つまり月1%の複利)で借り入れ、元利均等返済をする。
- 6ヶ月で返す場合と12ヶ月で返す場合のそれぞれについて、毎回の返済金額を計算せよ。

$$\text{毎回の返済額} = \frac{\text{借入金額} \times \text{利率} \times (1 + \text{利率})^{\text{返済回数}}}{(1 + \text{利率})^{\text{返済回数}} - 1}$$

# 第10回のレポート(1) (解答・別課題1も共通)

$$\text{6ヶ月で返済：毎回の返済額} = \frac{100,000 \times 0.01 \times (1 + 0.01)^6}{(1 + 0.01)^6 - 1} = 17,254.84$$

(約 17,254円)

$$\text{返済総額} = 17254 \times 6 = 103,524 \text{ 円}$$

$$\text{12ヶ月で返済：毎回の返済額} = \frac{100,000 \times 0.01 \times (1 + 0.01)^{12}}{(1 + 0.01)^{12} - 1} = 8,884.879$$

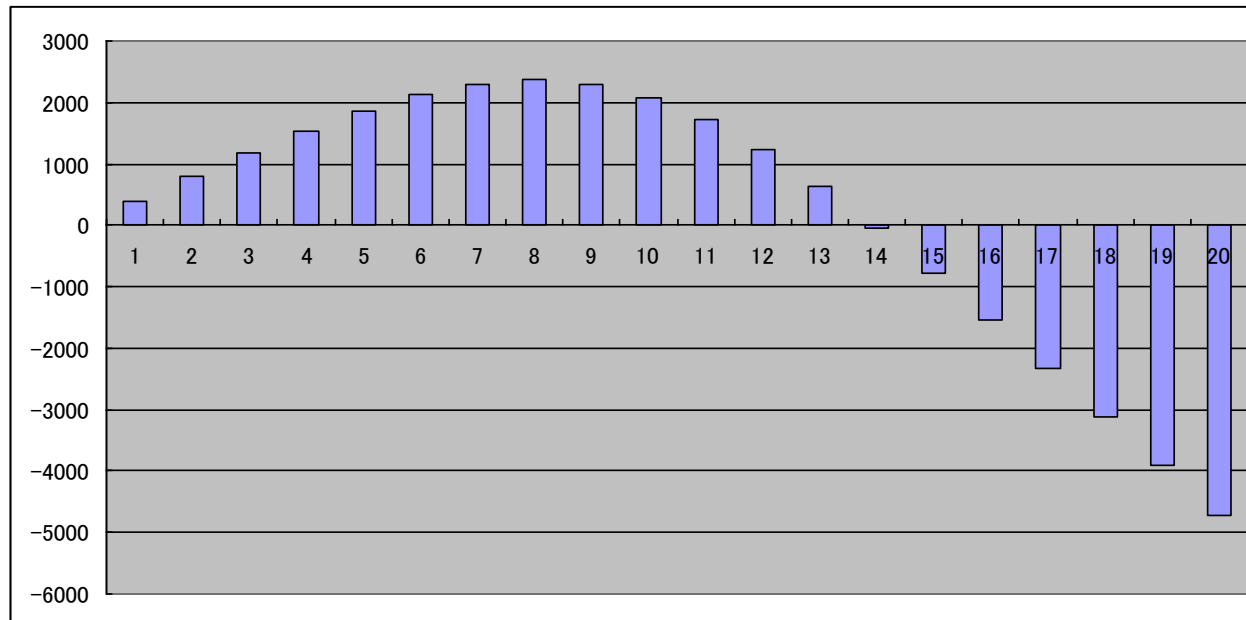
(約 8,884円)

$$\text{返済総額} = 8884 \times 12 = 106,608 \text{ 円}$$

# 第10回のレポート(2)

- 新聞売り子問題のシミュレーションを1000回繰り返し、仕入れ部数が5～15部のときの平均利益をそれぞれ記入し、利益が最大となる仕入れ部数を調べよ

例：仕入れ部数が8部のとき利益が最大





# 今回の内容

- 現実の社会システム等の分析には、どのようなシミュレーションがあるのか？
- シミュレーション事例の紹介と、基礎的なシミュレーション手法についての学習と実践

# 現象の理解・説明のためのシミュレーション

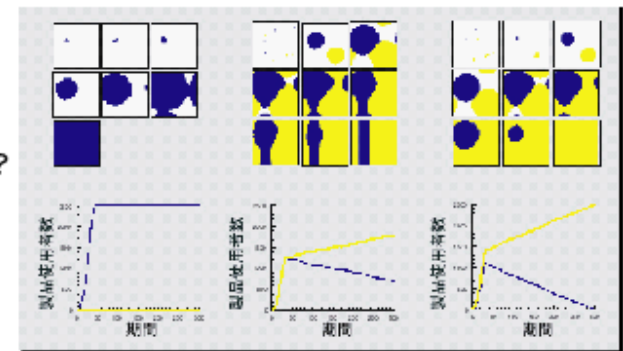
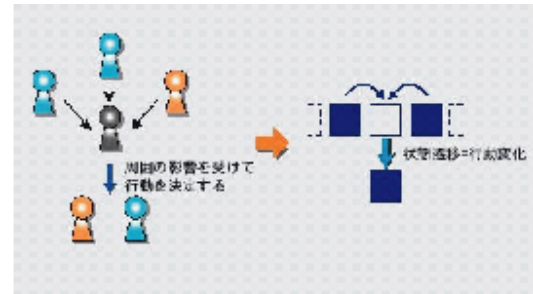
- 数値的な予測ではなく、「なぜそうなるのか」「こういう場合はどうなるのか」といった、システムの振る舞いや性質を対象とする  
→新たなモデル化や理論の発展を目指す
- 人間の行動分析シミュレーション、人工社会シミュレーションなど
- 例：人工社会シミュレーション



「流行」はどのように起こるのだろう？



- ・どんな振る舞いをするか？
- ・どんなモデルや理論が妥当か？



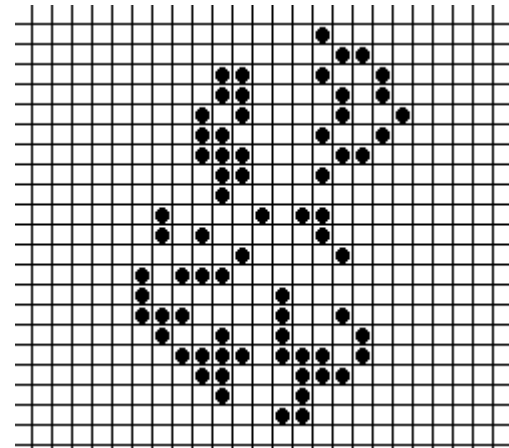
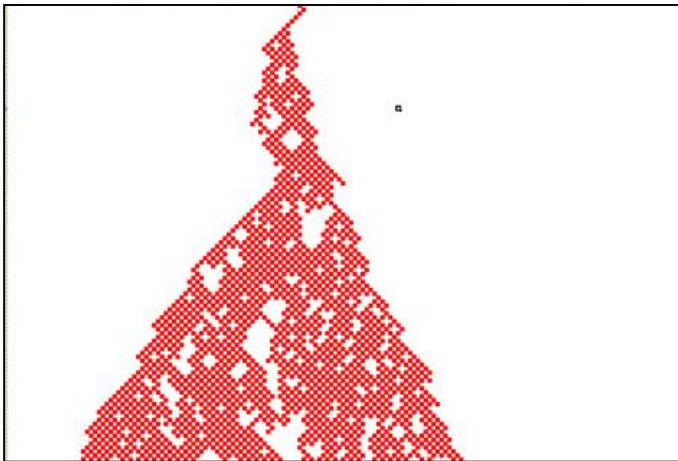
# 社会現象のシミュレーション

- 現実社会で見られるさまざまな現象は、システムを構成する要素の複雑な相互作用から成り立っている
- これまでの現象に対する数値的な解を求める方法や現象の予測をするモデルに対し、「現象の理解」や「性質の把握」を目的としたシミュレーションがある
- 例：セルオートマトン、マルチエージェントシミュレーション



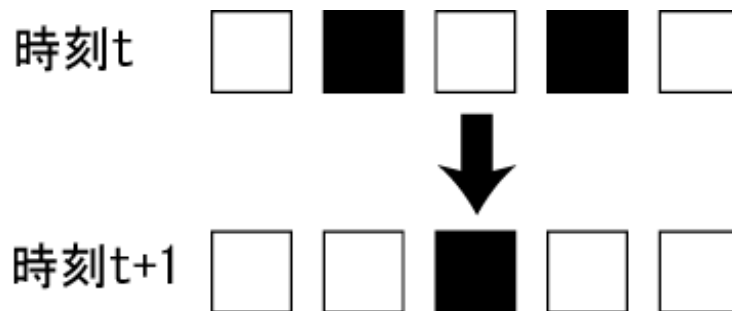
# セルオートマトン

- セルオートマトン (Cellular Automata)
  - 1940年代にVon Neumannによって考案
  - セル(格子)と呼ばれる要素の相互作用を記述したモデル
  - セルの状態と、隣接するセルとの相互作用をルールとして記述する



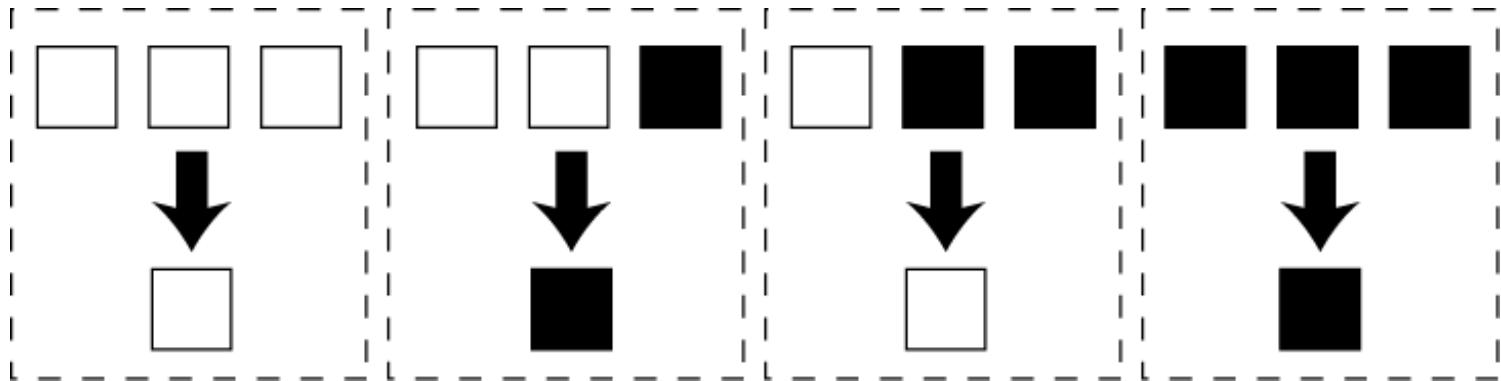
# 1次元セルオートマトン

- 1次元セルオートマトン
  - セル(格子)が直線上に並んでいる
  - 各セルは有限の状態を持つ
  - セルの状態は離散的な時間によって変化する
  - 時刻  $t+1$  におけるセルの状態は、時刻  $t$  における近傍のセルの状態によって決定される



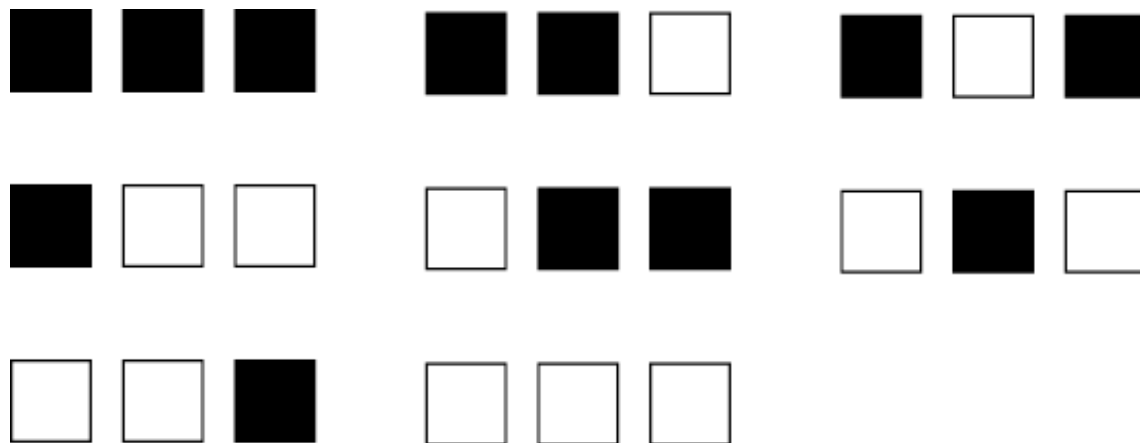
# セルオートマトンの推移規則

- セルオートマトンにおいて、隣接するセルの状態によってセル状態がどう変化するかを推移規則という
- 例:セルの状態が白と黒の2種類、近傍がそのセル及び左右のセルの3つとすると、例えば以下のような推移規則が考えられる



# セルオートマトンの推移規則

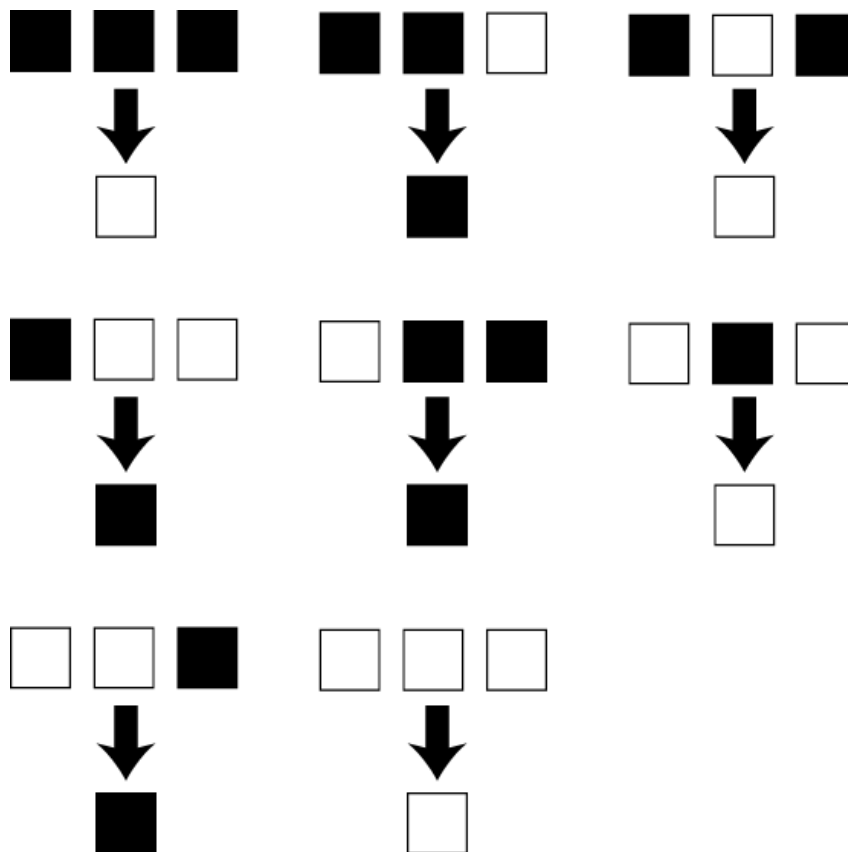
- 2状態3近傍のセルオートマトンでは、近傍の状態は以下の8種類



- それぞれの状態に対して黒か白が決まるため、推移規則は $2^8=256$ 通りとなる

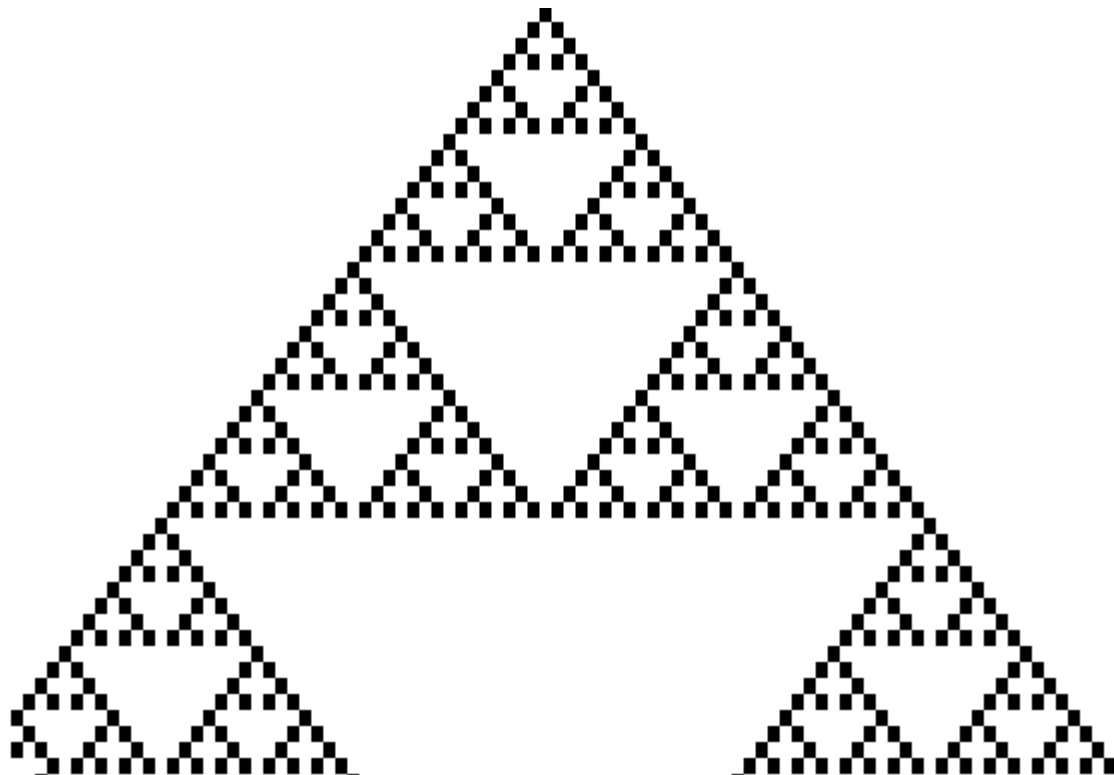
# セルオートマトンの手作業での実行

- 以下の推移規則にしたがって、1次元セルオートマトンを実行してみてください。
- 初期状態では中央に黒が1つあるものとしします。



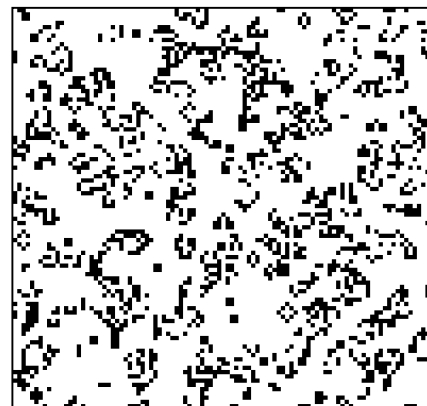
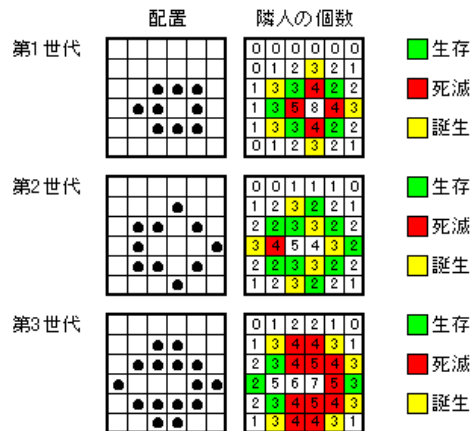
# 例：1次元セルオートマトンの実施

- 以下のような図形が描かれたでしょうか？
- これはシェルピンスキー・ガasketと呼ばれるフラクタル(自己相似)図形となります



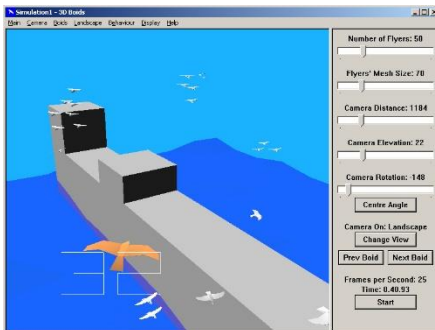
# 2次元セルオートマトン

- 2次元のセルオートマトンは、先ほどのセルオートマトンを平面上の格子に展開したもの
- ライフゲーム (Conway's Game of Life) : 2次元セルオートマトンの代表例で、各セルを生き物に見立てて「周囲の状況が過密、もしくは過疎で死亡」「周囲に適度な生存セルがあれば生存」という規則を適用する。
- 初期値によっては複雑で生物的な挙動を示すことから、人工生命研究の初期に流行した

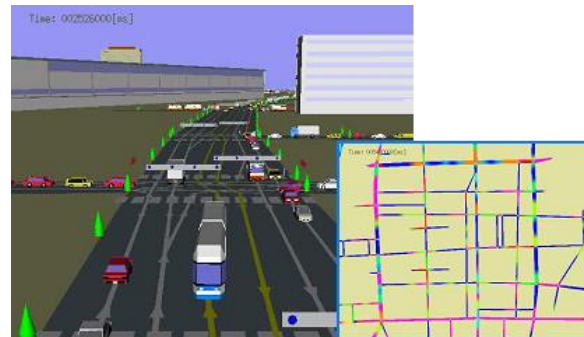


# マルチエージェントシミュレーション

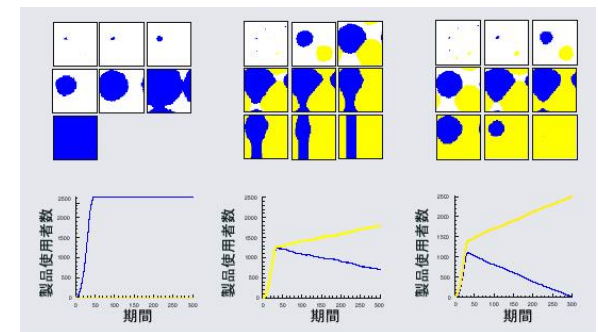
- 分析対象を**複数**の自律的に行動する**エージェント**によってモデル化するシミュレーション手法
- 生物・機械などの(集団としての)行動シミュレーション、社会・経済システムの挙動分析などによく利用される
- 例)
  - 鳥や魚などの群体行動のシミュレーション
  - 渋滞のシミュレーション
  - 流行の伝播、感染症の伝播などのシミュレーション など



3D Boids Projects より引用



東京大学 西川紘史氏による  
交通渋滞シミュレーション





# シェリングの分居モデル

- 様々な人種が混在する国では、自然と人種ごとに居住する地域が分かれる
- 人種差別的な感情から生まれると考えられていたが、シェリングは分居モデルと呼ばれるシミュレーションによって、人々が「多数派」でいたいという動機だけで自然と分居が生じることを示した

# シェリングの分居モデル

- チェス盤に22枚と23枚の2種類のコインを並べる
- 近隣に同じコインが一定割合以上あれば満足し、それ未満であれば空いているマス目に移動する
- これを繰り返すと、自然と2種類のコインが分かれて存在するようになる
- コインの種類を人種、マス目を居住地域を考えれば、自然と人種による分居が発生するシミュレーションととらえられる

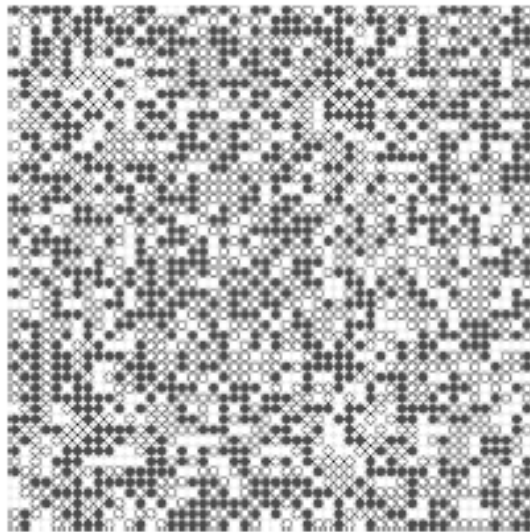


図1(a) エージェントの初期配置

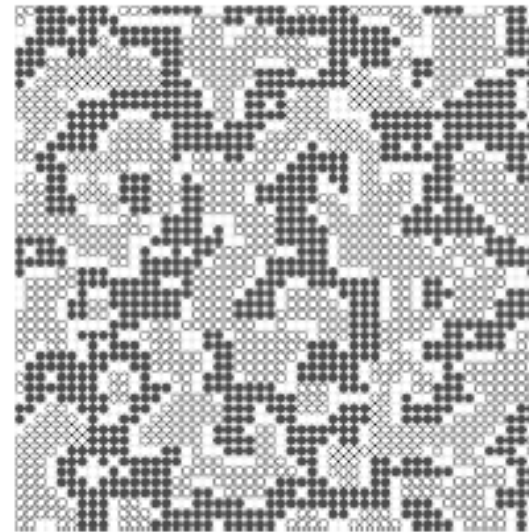


図1(b) 50ステップ後のエージェントの配置

# 練習: シェリングの分居モデル(1)

- 1次元のセルを用いてシェリングの分居モデルのシミュレーションをおこなってみよう
  - 直線上に○と●が分布(エージェント)
  - ランダムに一人ずつ引越し or 定住の意思決定
  - 自分と左右の3セルのうち、自分と同じ色が2つ以上あればそのまま居住
  - それ以外なら空いている場所へ引越し



↓  
定住



↓  
引越



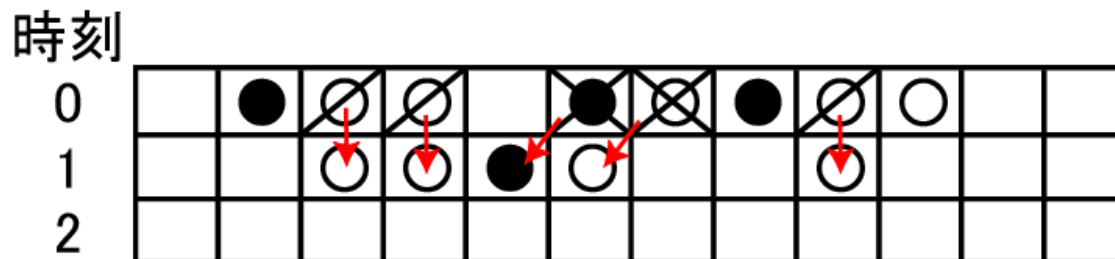
↓  
引越



↓  
引越

## 練習：単純な分居モデル(2)

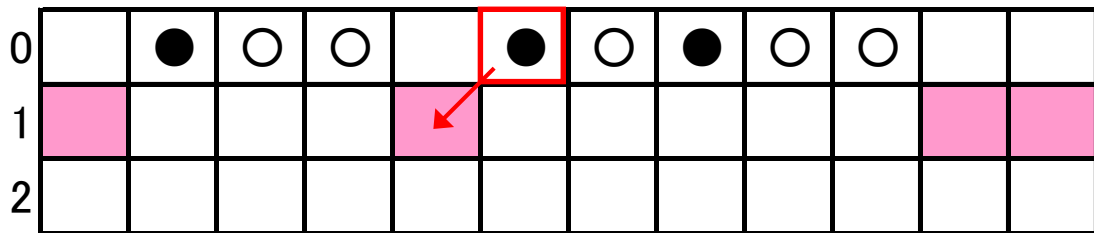
- セルに並んでいる○、●をランダムな順で選び、定住か引越しか決める
  - 定住の場合は斜線、引越しの場合は×印をつける
  - 引越す場合は空いている場所を選んで移動(空いているところならどこへ移動してもいい)
  - ×印の部分は空き家になるので、それ以降その場所へ引越しが可能
  - 一列すべての○、●について終わったら次の時刻(列)へ
- ※セルの一番右と一番左はつながっていると考えてください



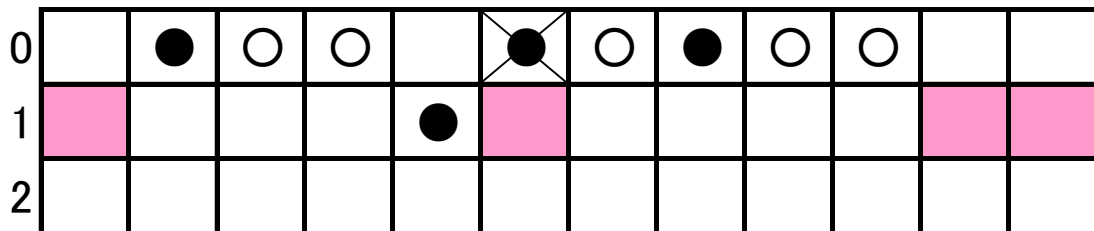
# 分居モデルの実行手順(1)

- ランダムに1つを選ぶ
- 自分と同じ色が2つ以上なければ引越し
- 引っ越せるのは空いている箇所(空いていればどこでもよい)

↓ 周囲に●がないので引越し



■ : 引越し可能な場所

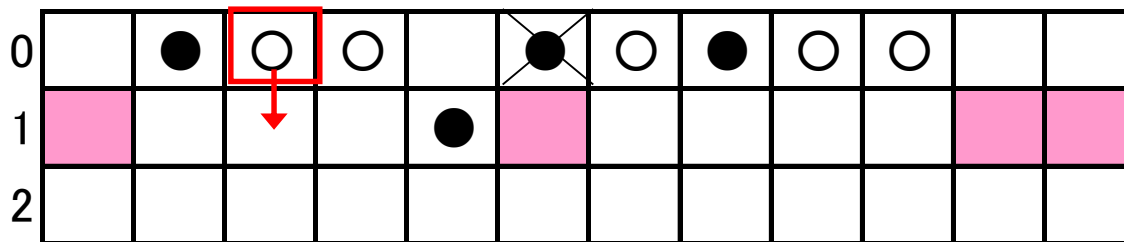


引っ越したら×をつける  
引っ越した後は空くので、その後は  
引越し先として利用可能

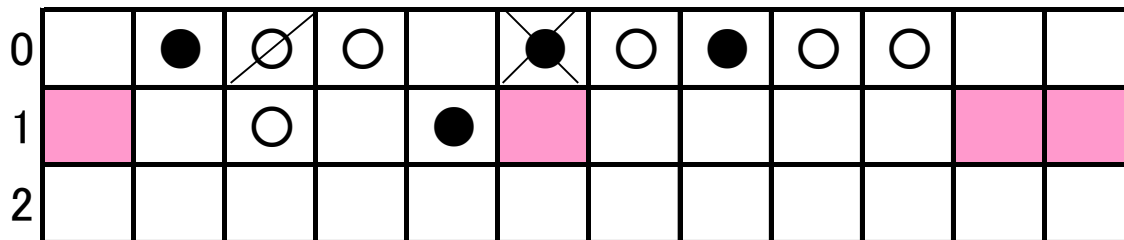
## 分居モデルの実行手順(2)

- さらにランダムに1つを選ぶ
- 自分と同じ色が2つ以上あれば定住

↓周囲に○が2つあるので定住



■ : 引越し可能な場所



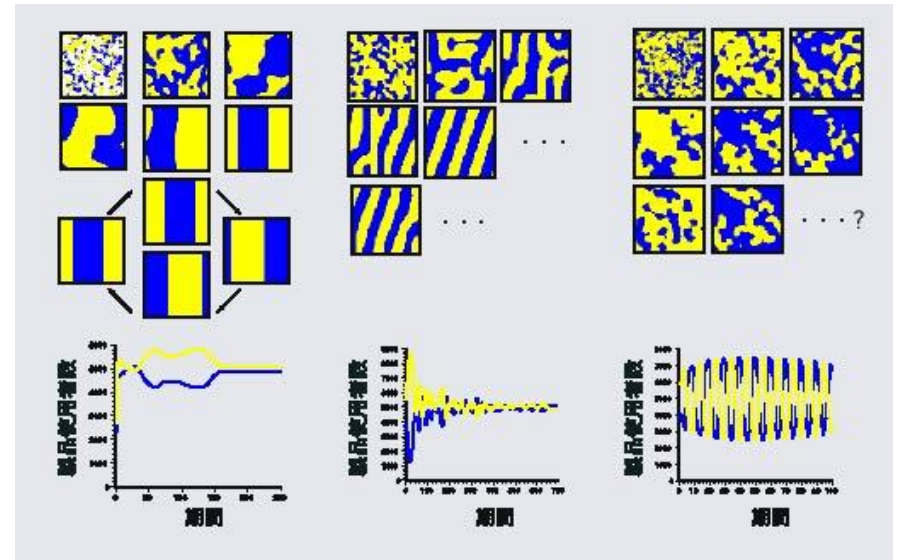
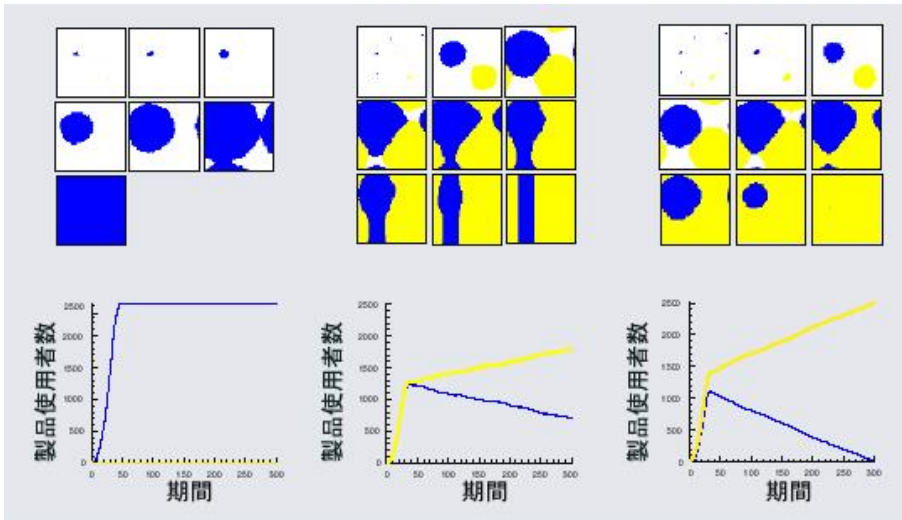
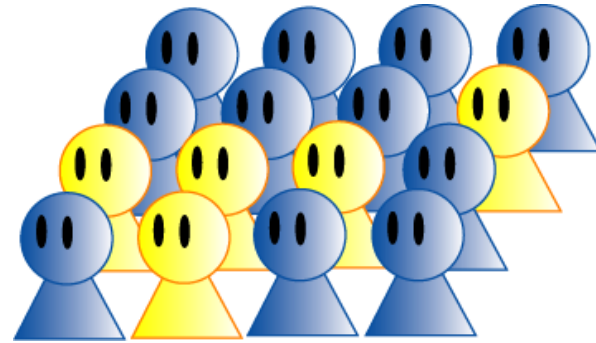
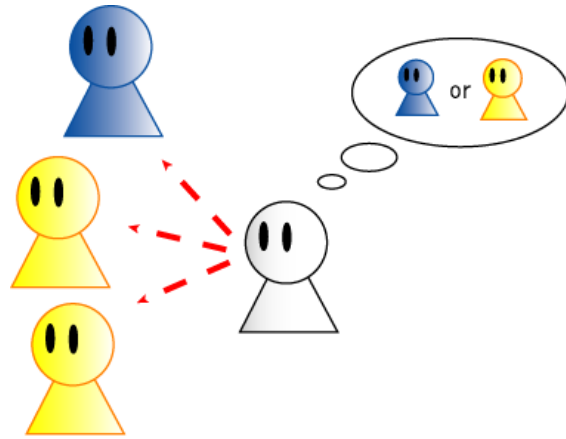
定住した場合 / をつける

# 単純な分居モデルの実行例

時刻

0		●	○	○		●	○	●	○	○		
1			○	○	●	○	●		○	○		●
2	●	●	○	○	○			●	○	○		
3	●	●	○	○	○		●		○	○		
4	●	●	○	○	○	●			○	○		
5	●	●	○	○	○				○	○		●
6	●	●	○	○	○				○	○		●
7	●	●	○	○	○				○	○		●
8	●	●	○	○	○				○	○		●
9	●	●	○	○	○				○	○		●
10	●	●	○	○	○				○	○		●

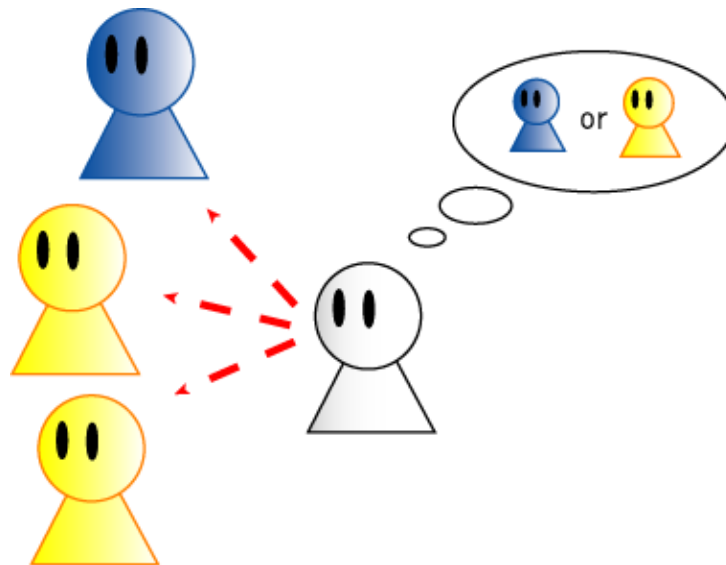
# 2製品の普及過程モデル





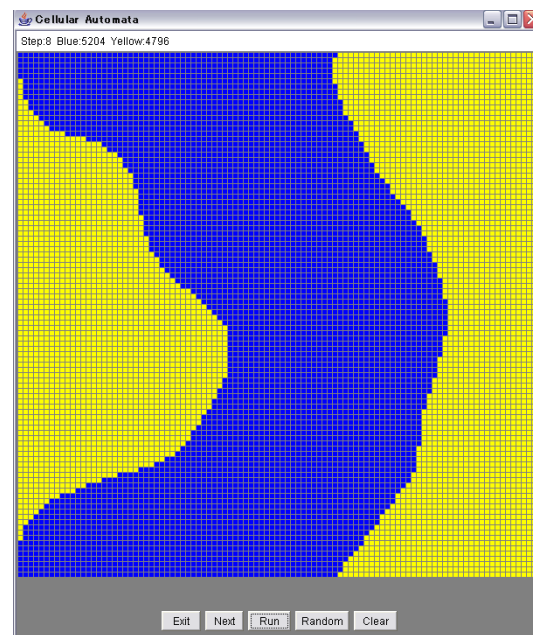
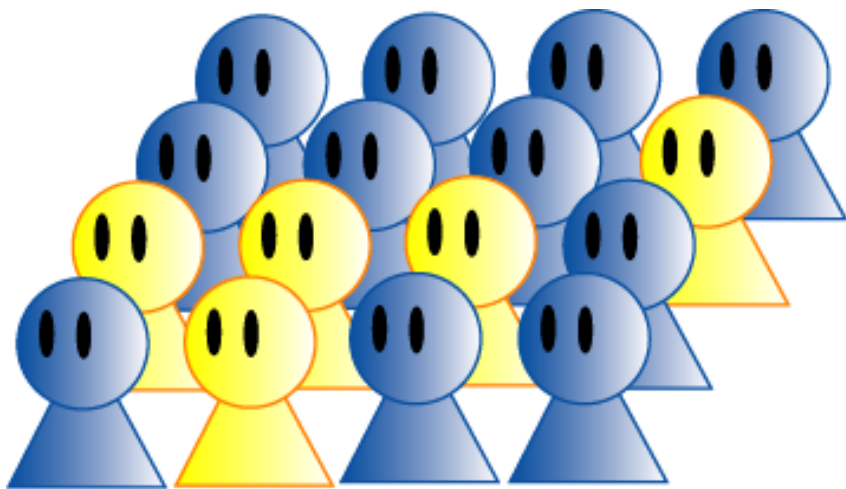
# モデルの説明

- 青い服と黄色い服を売っている市場
- 服は定期的買い換える
- 流行のものが着たいので、自分の周りの人がどちらを着ているかを見る
- 自分の周りでたくさんの人が着ている服ほど欲しくなる
- どちらをどれだけ欲しいか、と自分の財布を見比べて買う服の色を決める
- どちらも欲しくない場合、または財布が許さない場合は手持ちの白い服で我慢する



## モデルの説明(2)

- 先ほどのような行動をとる人がマス目状に並んだ仮想の社会を考える
- それぞれの人は自分の周りの人だけを見て、どちらの服を買うか決める
- 最初に流行の服を着だした人の数(初期条件)の違いによって、流行する服の色はどう変わるのか？
- また、服の値段が売れ行きによって変わったとしたらどうなるだろうか？



- 次回はノートパソコンを使用します。

しっかり充電したうえで持参してください(ノートPCをお持ちでない場合はなくても構いません)