

シミュレーション論 II

第6回

マルチエージェント・シミュレーション(1)

第5回のレポート

- 以下の破産問題を1次元ランダムウォークを用いてシミュレーションし、5回繰り返したときのAの所持金がどうなっているかの確率分布を計算してみよう

A: 所持金 2\$, ゲームの勝率60%
 B: 所持金 8\$, ゲームの勝率40%

所持金	0	1	2	3	4	5
スタート	0	$\times 0.4$	1	$\times 0.6$	0	0
1回目	$\times 0.4$	0.4	$\times 0.6$	0.6	$\times 0.6$	0
2回目	0.16	0×0.4	0.48	0×0.4	0.36	$\times 0.6$
3回目	0.16	0.192	0	0.432	0	0.216

- 勝率60%なので、右下方向へは0.6倍、左下方向へは0.4倍とし、重複するところは足し合わせる
- 所持金が0または10のところから内側へは計算しない

第5回のレポート

- 以下の破産問題を1次元ランダムウォークを用いてシミュレーションし、5回繰り返したときのAの所持金がどうなっているかの確率分布を計算してみよう

A: 所持金 2 \$、ゲームの勝率60%
B: 所持金 8 \$、ゲームの勝率40%

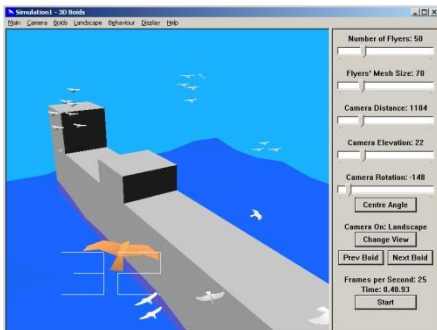
持ち金	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
スタート	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1回目	0	0.4	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
2回目	0.16	0	0.48	0	0.36	0	0	0	0	0	0
3回目	0.16	0.192	0	0.432	0	0.216	0	0	0	0	0
4回目	0.2368	0	0.288	0	0.3456	0	0.1296	0	0	0	0
5回目	0.2368	0.1152	0	0.31104	0	0.2592	0	0.07776	0	0	0

参考: どちらかが破産するまでゲームを繰り返した場合、AがBを破産

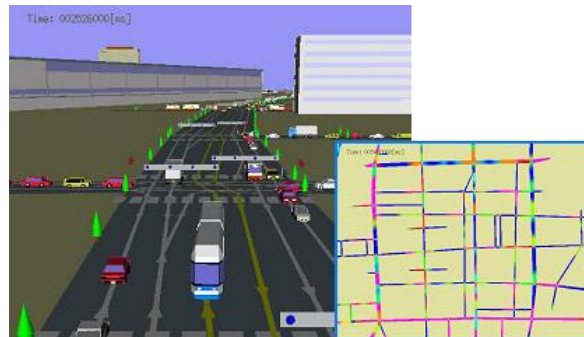
させる確率は $P_A = \frac{1 - \left(\frac{0.4}{0.6}\right)^2}{1 - \left(\frac{0.4}{0.6}\right)^{2+8}} \doteq 0.57$ で約57%

マルチエージェントシミュレーション

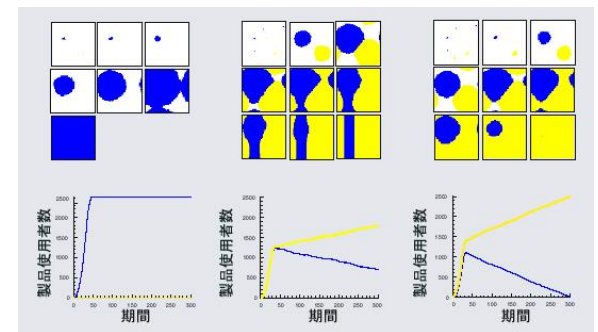
- 分析対象を**複数**の自律的に行動する**エージェント**によってモデル化するシミュレーション手法
- 生物・機械などの(集団としての)行動シミュレーション、社会・経済システムの挙動分析などによく利用される
- 例)
 - 鳥や魚などの群体行動のシミュレーション
 - 渋滞のシミュレーション
 - 流行の伝播、感染症の伝播などのシミュレーション など



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



エージェントとは？

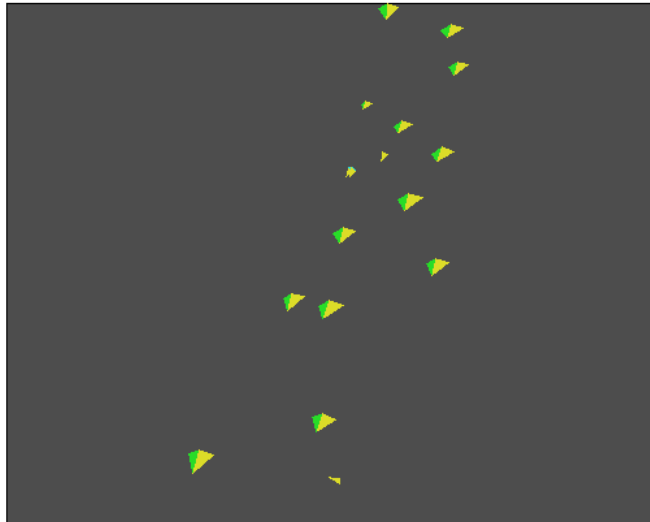
- エージェント: 代理人
 - 特定のシステム要素(生物、人、機械、団体など)の代わりとして一定の機能、役割を果たす(シミュレーション内の)要素
 - エージェントはそれぞれが行動のための規則を持ち、自律的に行動する
- 例) 鳥の群れのシミュレーション
 - 対象となるシステム: 鳥の群れ(の飛行)
 - エージェント: 鳥の個体を模した個別のプログラム

マルチエージェントシミュレーションの例(1)

- Boids (Bird – Oid : 鳥もどき)
 - Craig Reynolds により開発された鳥の群体行動シミュレーション
 - エージェント = 鳥
 - エージェント(鳥)の行動規則は3種類

引き離し: 他の鳥と近づきすぎると離れようとする
整列: 他の鳥と方向・速度を合わせて飛ぼうとする
結合: 他の鳥が多くいるほうへ飛ぼうとする

Boids



Craig Reynoldsによる3D Boids



吉田 卓氏によるVish

- 単純なルール設定だけで鳥の群れに良く似た行動シミュレーションが可能
- 鳥以外にも魚の群れなどにも適用可能
- 映画やアニメーションにも利用されている

マルチエージェント・シミュレーションの特徴と利点(1)

特徴

- 比較的単純な要素＋(局所的な)相互作用によるモデル化
 - － 一見して複雑に見えるシステムであっても、比較的単純な行動規則を持つ複数のエージェント＋相互作用で構築できる

利点

- プログラミングが単純で明確
- エージェント数の増減が容易
- 相互作用の変更・追加が容易

マルチエージェントシミュレーションの例(2)

- 交通のシミュレーション
 - 車や人をそれぞれエージェントとみなす
 - エージェントの行動(加速・減速・停止など)をモデル化する
 - 複数のエージェントがそれぞれに行動することによって、全体としてのシステムの挙動(交通渋滞など)が発生する



東京大学 西川紘史氏による交通渋滞シミュレーション

練習：簡単な交通シミュレーション(1)

- 以下の条件で簡単な交通シミュレーションをおこなってみよう
 - 一直線の道路を車が等間隔で走っている
 - 車は通常1秒間に3マス進む
 - 車は車間距離が2マス以下だと減速する
 - 道路の途中で花火が上がっており、その横を通るとき車は減速する
 - 車は減速すると1秒間に1マス進む
 - 車はいったん減速すると最低2秒間はその速度のままである
 - 減速してから2秒以上経過し、車間距離が3マス以上開いていれば通常の速度に戻ることができる



練習：簡単な交通シミュレーション(3)

- 配布資料の枠線を使って手作業でシミュレーションしてみよう
- 車はそれぞれ①、②のように番号で表示されている
- 順に10秒後までシミュレーションしてみよう

- 一直線の道路を車が等間隔で走っている
- 車は通常1秒間に3マス進む
- 車は車間距離が2マス以下だと減速する
- 道路の途中で花火が上がっており、その横を通るとき車は減速する
- 車は減速すると1秒間に1マス進む
- 車はいったん減速すると最低2秒間はその速度のままである
- 最初に減速してから2秒経過し、車間距離が3マス以上開いていれば通常に戻るることができる

練習の解答

- 時間が経つにつれてどんどんと車間距離が縮まり、渋滞が起る → **わき見渋滞**のメカニズム

時刻

※

0	①			②				③				④				⑤
1			②		③				④				⑤			
2			②		③		④				⑤				⑥	
3				③		④		⑤				⑥				⑦
4			③		④		⑤		⑥			⑦				⑧
5				④		⑤		⑥		⑦			⑧			
6			④		⑤		⑥		⑦		⑧				⑨	
7				⑤		⑥		⑦		⑧		⑨				⑩
8			⑤		⑥		⑦		⑧		⑨		⑩			⑪
9				⑥		⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		
10			⑥		⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	

参考

- もし花火が開催されておらず、最初に減速する車がいなければ適切な車間距離を保って走行できる

時刻

0	①				②				③				④				⑤
1		②				③				④				⑤			
2			③				④				⑤				⑥		
3				④				⑤				⑥				⑦	

マルチエージェント・シミュレーションの特徴と利点(2)

特徴

- 全体的な挙動の一括した記述や大域的制御を用いる必要がない(=トップダウン)
- 「ボトムアップ」的なモデル

利点

- 全体の挙動を一括して記述、制御するのは非常に複雑で困難⇔モデルの記述や制御が容易

マルチエージェントシミュレーションの例(3)

- 経済・社会システムへの応用
- 構成要素(人・団体)の相互作用によって複雑な挙動を示す
経済・社会システムの分析にはマルチエージェントシステムが適している
- シェリングの分居モデル
 - 社会システム分野におけるマルチエージェントシミュレーションの草分け的なモデル
 - 様々な人種が混在する地域においては自然と人種ごとに居住地が分かれていく
 - 差別的な感情によるもの? ⇔単に多数派でいたい、という欲求

シェリングの分居モデル

- 8×8 のチェス盤に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

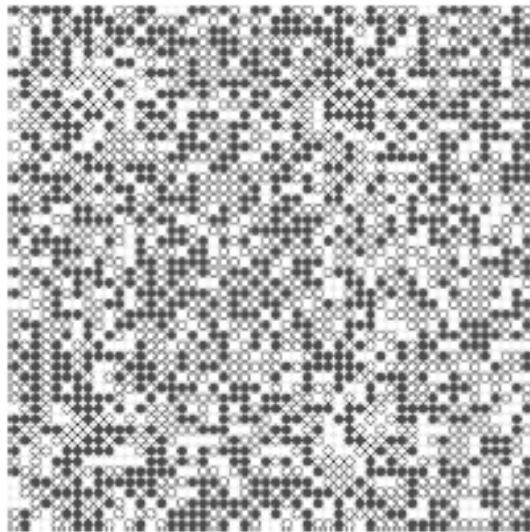


図1(a) エージェントの初期配置

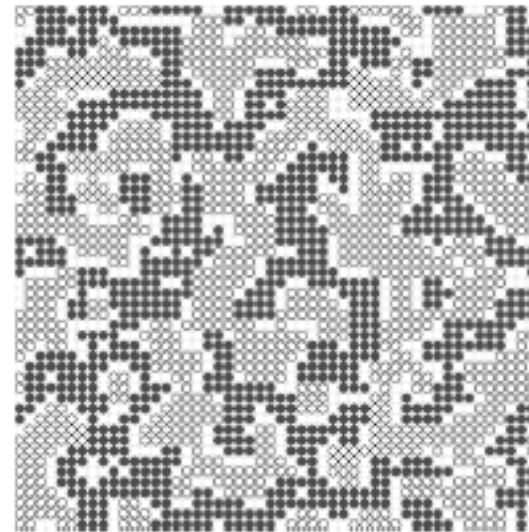
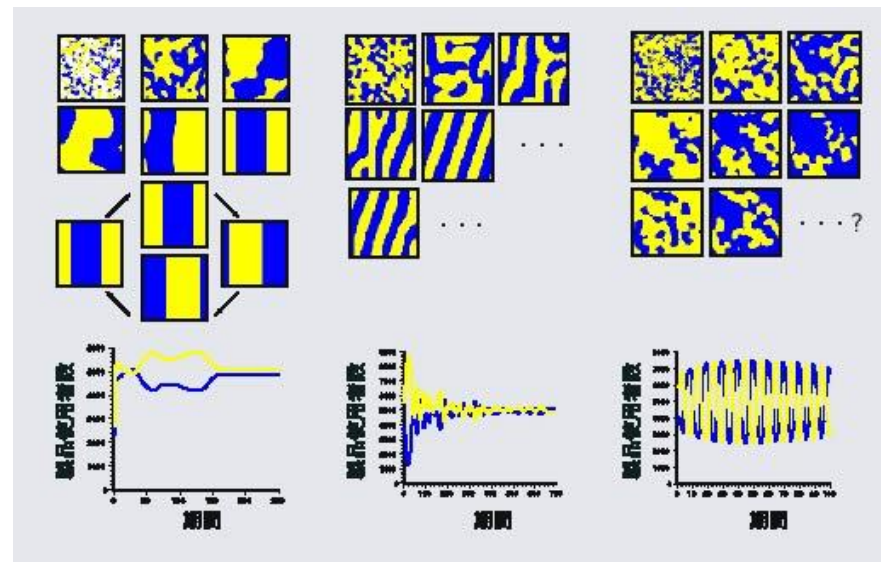
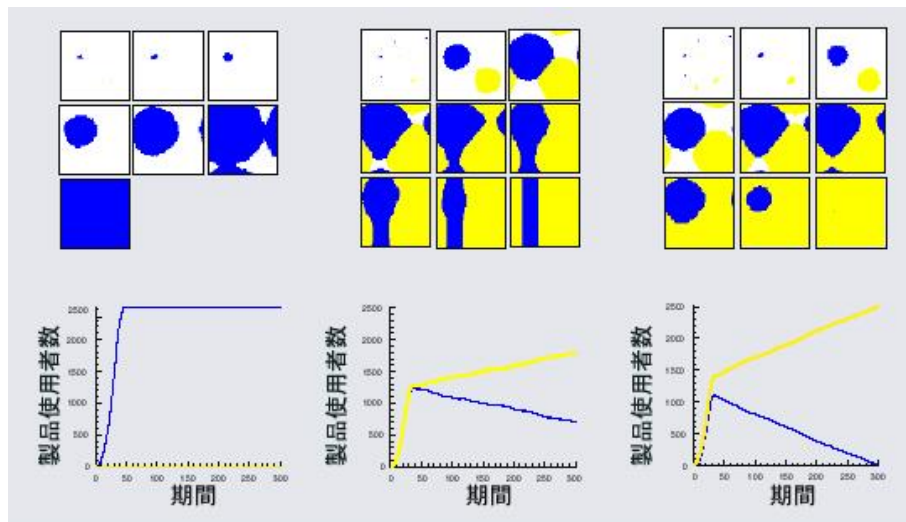
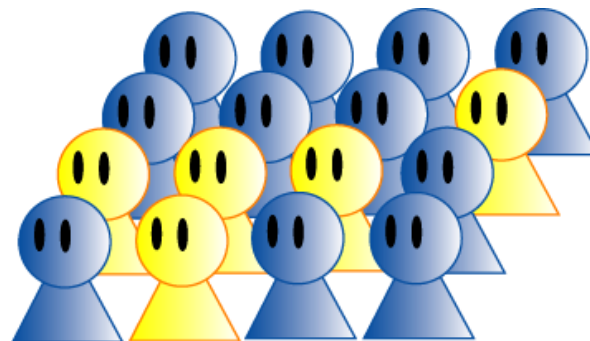
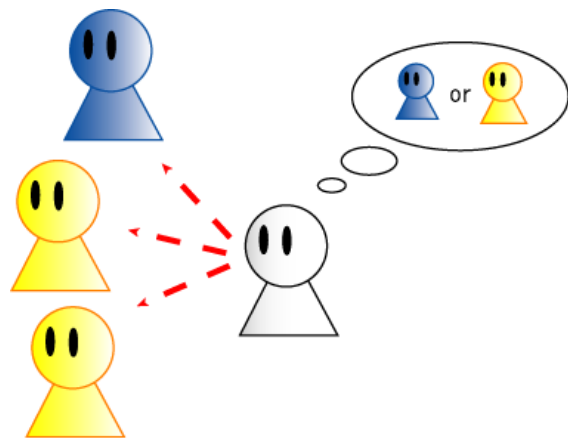


図1(b) 50ステップ後のエージェントの配置

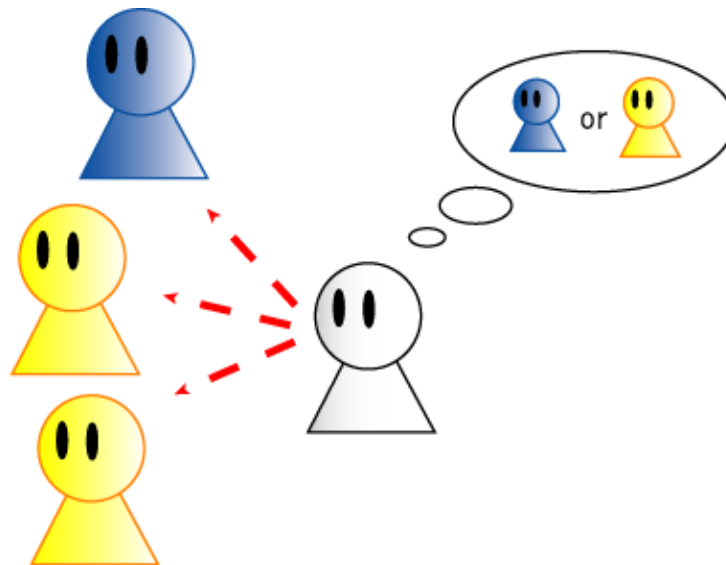
マルチエージェントシミュレーションの例(4)

※ 2製品の普及過程モデル



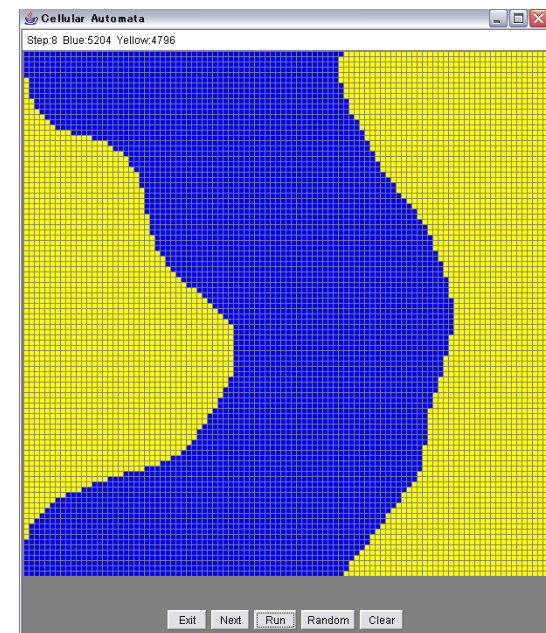
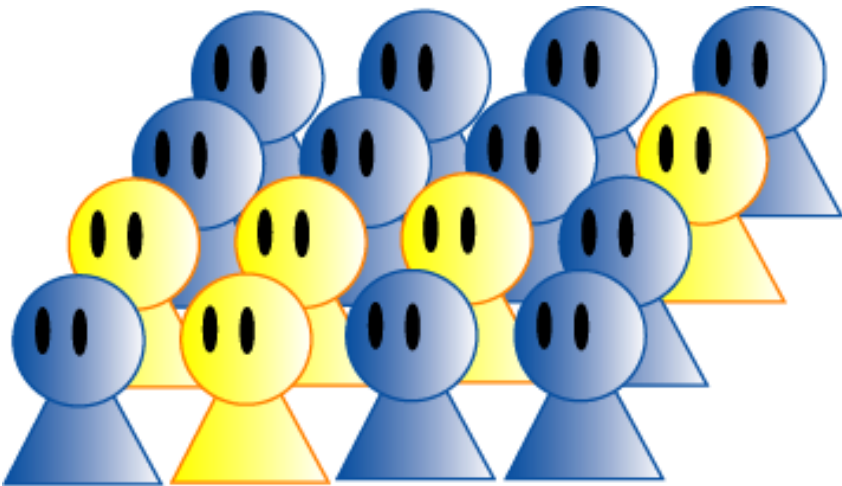
モデルの説明

- 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



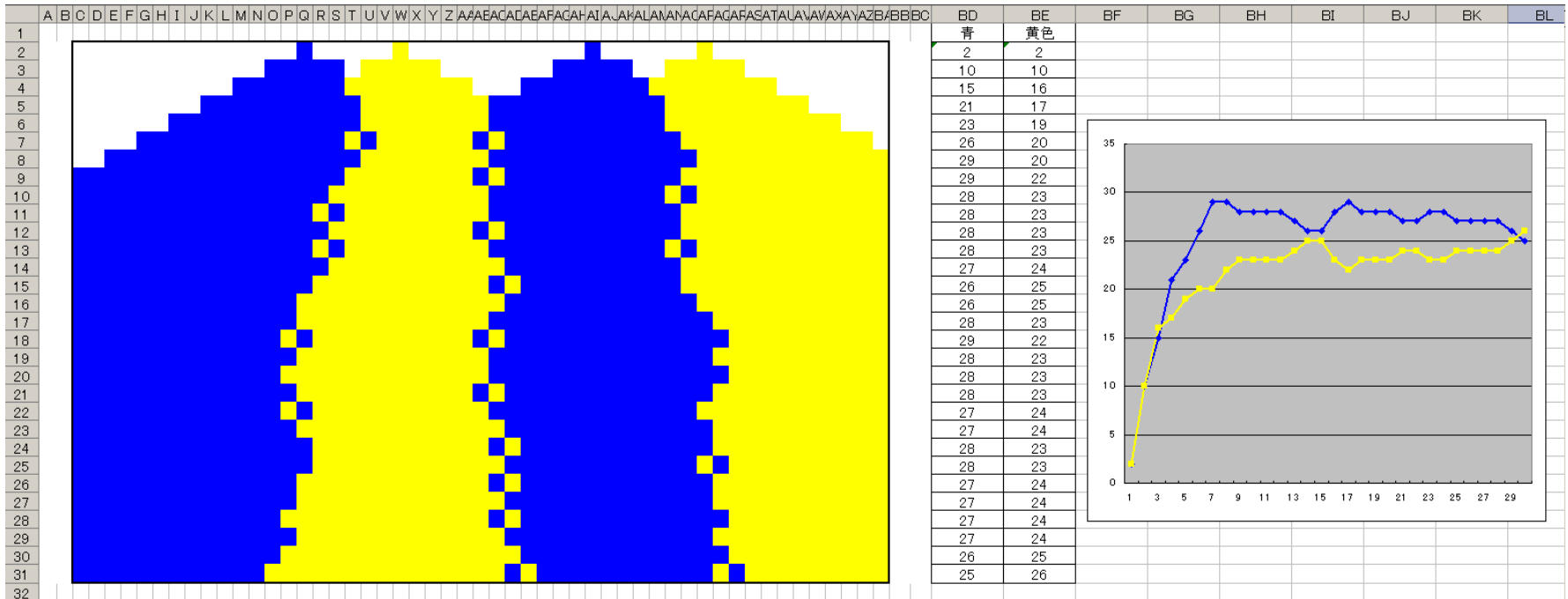
モデルの説明(2)

- 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？



Excelによる製品普及シミュレーション

- Excelと1次元のセルオートマトンを使って製品普及のシミュレーションをおこなってみよう

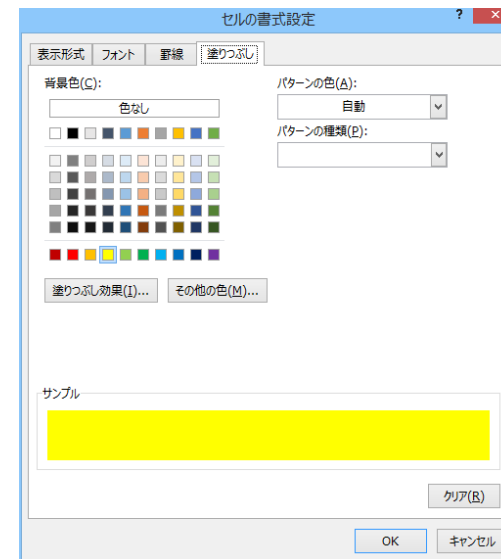
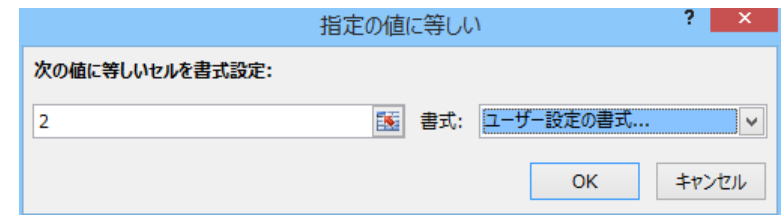
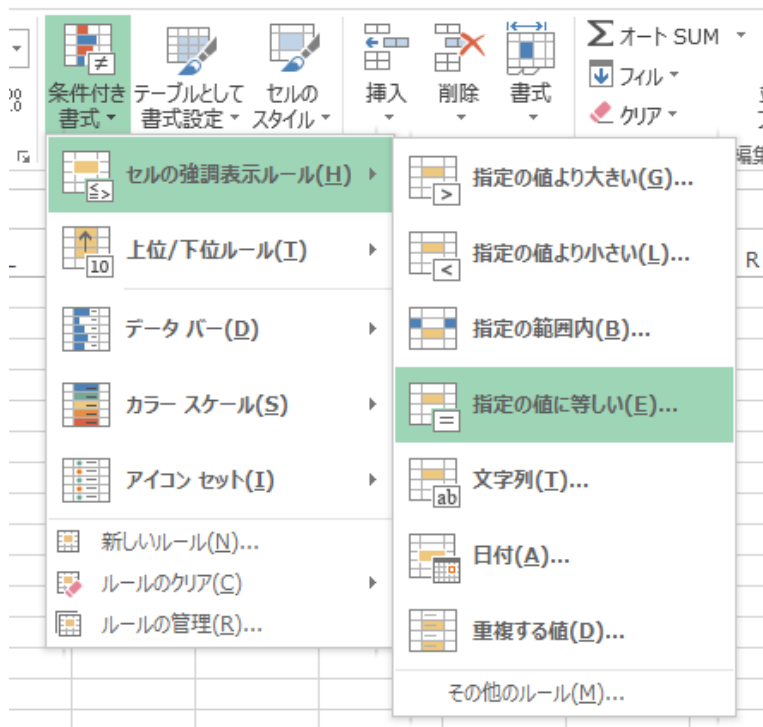


Excelによる製品普及シミュレーション(2)

- モデル化
 - 青と黄色の服が売られている
 - 各セル(消費者)は自分の周囲の消費者が着ている服を見て、流行のものを選択する
- 数式化
 - 自分の左右2セルずつ(計4セル)を見て**多い方の色の服に変更する**
 - 自分の周囲4セルが白ならば自分の着ているものを継続
 - 自分の周囲4セルで青と黄色が(0以外で)同数ならばランダムにどちらかを選択

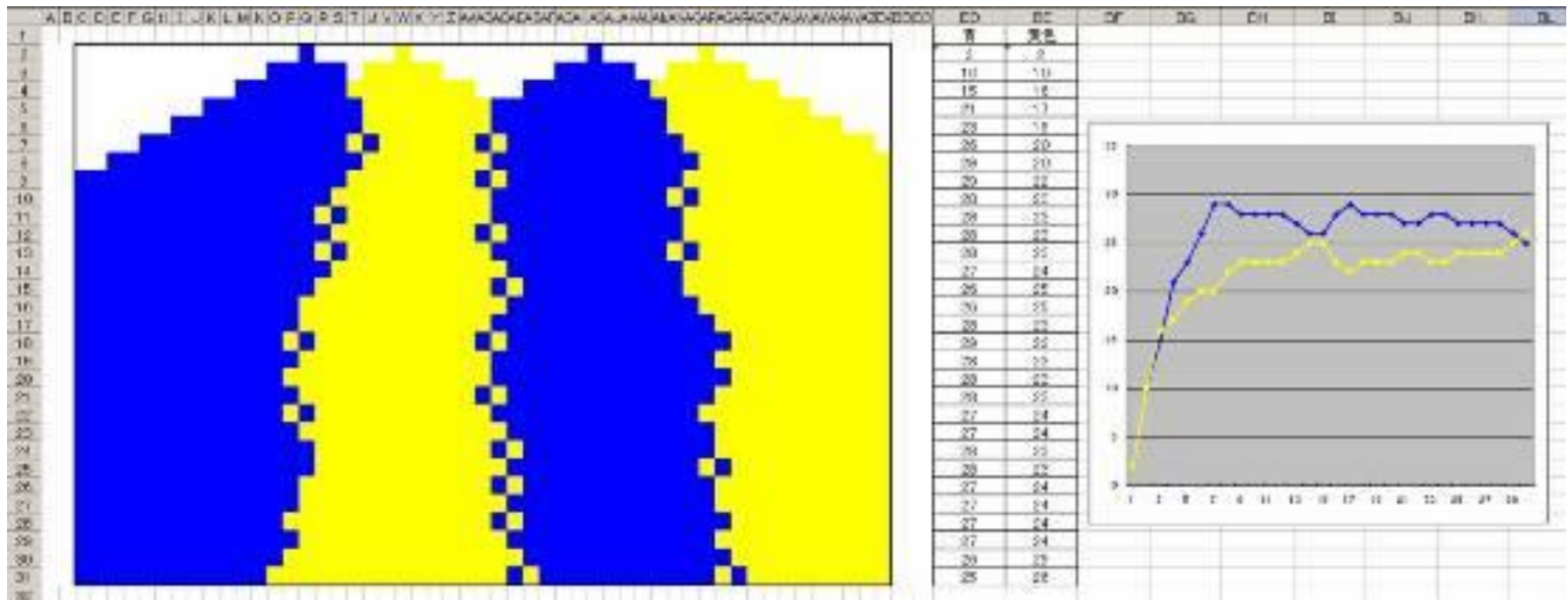
Excelによる製品普及シミュレーション(5)

- 数値の入っている領域を選択し、「条件付き書式」→「セルの強調表示ルール」→「指定の値に等しい」で色をつける
- セルの値が0→白、値が1→青、値が2→黄、のようになる



Excelによる製品普及シミュレーション(6)

- 以上で完成
- 余裕があれば行ごとの青、黄の数をカウントしてグラフにしてみよう(countif関数を使うとよい)



マルチエージェントと異種性 (heterogeneity)

- これまでのシミュレーション例では、エージェントは皆同じアルゴリズムで行動していた
- 現実のシステム構成要素(人、団体など)には個体差、個性がある
- マルチエージェントシミュレーションでは、各エージェントの行動規則やパラメータを変えてやることで個体差、異種性 (heterogeneity) を表現できる

- より複雑で現実に近いモデルの構築
- 現象の挙動が局所的相互作用によるものか、各要素の異種性によるものか(またはその両方か)

みんなで渡れば恐くない？

- エージェントの異種性が全体の挙動に影響する例
- ギリギリ飛び越せる幅の川が流れており、片側に100人のエージェントが立っている



- 全体の1%は「とにかく川を飛び越える」人である
- 全体の9%は「誰かが飛んだら続いて飛び越える」人である
- 全体の40%は「1割の人が飛んだら続いて飛び越える」人である
- 全体の40%は「半分の人が飛んだら続いて飛び越える」人である
- 全体の9%は「9割の人が飛んだら続いて飛び越える」人である
- 全体の1%は「自分以外全員飛んだら続いて飛び越える」人である

- この条件でシミュレーションすると、最終的にどのようなことが起こるだろうか？

異種性が影響するシミュレーション例

- 先ほどの例では、以下のように最終的には全員が川を渡るという結果が得られる
- 各エージェントの性質、割合、人数などが異なれば当然異なる結果が得られる

時刻	渡った人数		渡っていない人数
0	0	川	100
1	1	川	99
2	10	川	90
3	50	川	50
4	90	川	10
5	99	川	1
6	100	川	0

マルチエージェント・シミュレーションの特徴と利点(3)

特徴

- 個体差、エージェントの異種性の導入が比較的容易

利点

- 理論解析では(あまりに計算が複雑になるため)避けられてきた部分の拡張が可能
- 現象の挙動の複雑さが何に依拠したものか(相互作用によるものか、要素の異種性によるものか)を推定

モデル化の方針と注意点

- 何をどこまで分析したいのか？
 - 闇雲に簡素化、複雑化しない
 - 分析対象・目的に合ったモデル化を心がける
 - 現実から乖離しないよう注意する
- 適切な(個別の)シミュレーション手法は何か？
 - マルチエージェント・シミュレーションは単一の手法ではなく「概念」に近い
 - 各エージェントの行動には決定的手法の他、ランダムウォーク、強化学習、遺伝的アルゴリズム、ニューラルネットワークなど、様々な個別の手法が利用できる
 - 分析対象・目的に合った手法を選択する

第6回のレポート

- マルチエージェント・シミュレーションの特徴＋利点をまとめ、3点述べてください
- 自分がマルチエージェントシミュレーションを利用するなら、どのようなシミュレーションを作成するか、概要を簡潔に書いてください

- **次回も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)