

# シミュレーション論 I

## 第1回

ガイダンス

# 今回の内容

- ガイダンス(内容・出席確認・成績評価等)
- シミュレーションってどんなもの？
- 皆さんへお願い

# シミュレーションとは？

## ■ シミュレーション

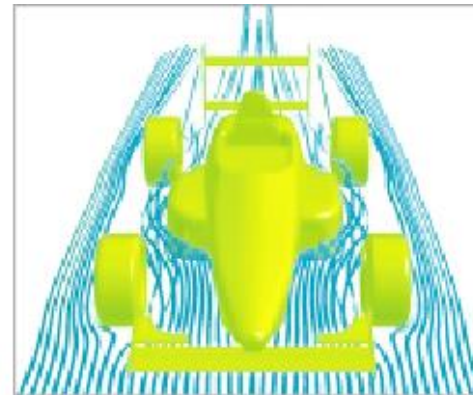
物理的あるいは抽象的なシステムをモデルで表現し、そのモデルを使って実験を行うこと。実際に模型を作って行う物理的シミュレーションと、数学的モデルをコンピュータ上で扱う論理的シミュレーションがある。工学上の設計や社会現象の分析などに用いられる。

**模擬実験。**

(大辞林より)



物理的シミュレーション  
(風洞実験)



論理的シミュレーション  
(コンピュータ・シミュレーション)

# この講義について

- 講義では論理的シミュレーション、特に「コンピュータ・シミュレーション」について実例を交えて述べるとともに、実際にシミュレーションを動かしたり、作成したりしながら学んでいきます。
- 学習目標
  1. シミュレーションの種類や手法についての知識を学ぶ
  2. 実際にシミュレーションを作成する手順を学ぶ
  3. 作成したシミュレーションの検証・評価手法を学ぶ
- **注意事項: 講義中の私語は厳禁**

# 学習の到達目標(=単位評価基準)

1. 基礎的なシミュレーション手法を理解し、その内容を説明することができる。(主に**期末試験**による評価)
2. 経済・経営・社会システム分野において利用されているシミュレーションに興味関心を持ち、理解を深めて行くことができる。(主に**講義への取り組み・毎回のミニレポート**による評価)
3. 基礎的なシミュレーション手法を用いて自らシミュレーションを構築・実施し、結果を適切にまとめることができる。(主に**中間レポート**による評価)

# 成績評価について

以下の4項目により総合的に評価します。

- 講義への取り組み (15%)
- 毎回のミニレポート (15%)
- 中間レポート (20%)
- 期末試験 (50%)

# 「講義への取り組み」について

## 「講義への取り組み」に関する評価点（1回あたり）

- きちんと講義に取り組んだ場合：1点（欠席は0点）
- 講義中に私語が**あった**場合：0点
- 私語が多い場合：-1～-10点

※氏名確認の上、個別に減点

※質問は遠慮なくどうぞ

# 毎回のミニレポートについて

- 毎回、練習問題などの課題を出しますので、出席カードに記入して提出してください(1回あたり1点)
- カードは講義時間中に配布します
- カード配布時に席にいなかった場合は、理由に関わらず仮カード(白い紙のカード)になります



# 履修にあたっての注意事項

- 講義内容に応じて演習（個人所有のノートパソコンを使用した講義）をおこなうことがあります。  
※演習の際は事前に告知します。指示のない回はPCは不要です。
- Excelを使用しますので、インストールしておいてください
- PCを持っていない場合でも別課題を用意しますので履修には差し支えありません
- 中間レポートや期末試験に備え、授業前後に復習をおこなっておいてください。

# シミュレーションとは？（再）

## ■ シミュレーション

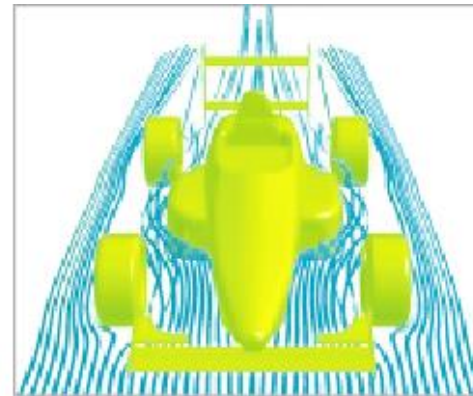
物理的あるいは抽象的なシステムをモデルで表現し、そのモデルを使って実験を行うこと。実際に模型を作って行う物理的シミュレーションと、数学的モデルをコンピュータ上で扱う論理的シミュレーションがある。工学上の設計や社会現象の分析などに用いられる。

**模擬実験。**

（大辞林より）



物理的シミュレーション  
（風洞実験）



論理的シミュレーション  
（コンピュータ・シミュレーション）

# シミュレーション(例:橋の設計)

- 実際に橋を建造する前に、数学的なモデルによって強度・費用などを分析・評価する。

現実世界



抽象化  
仮定・条件

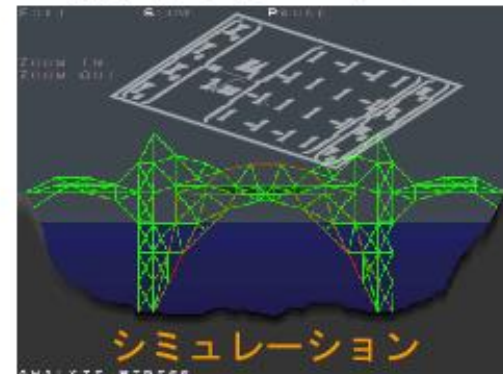
モデル化



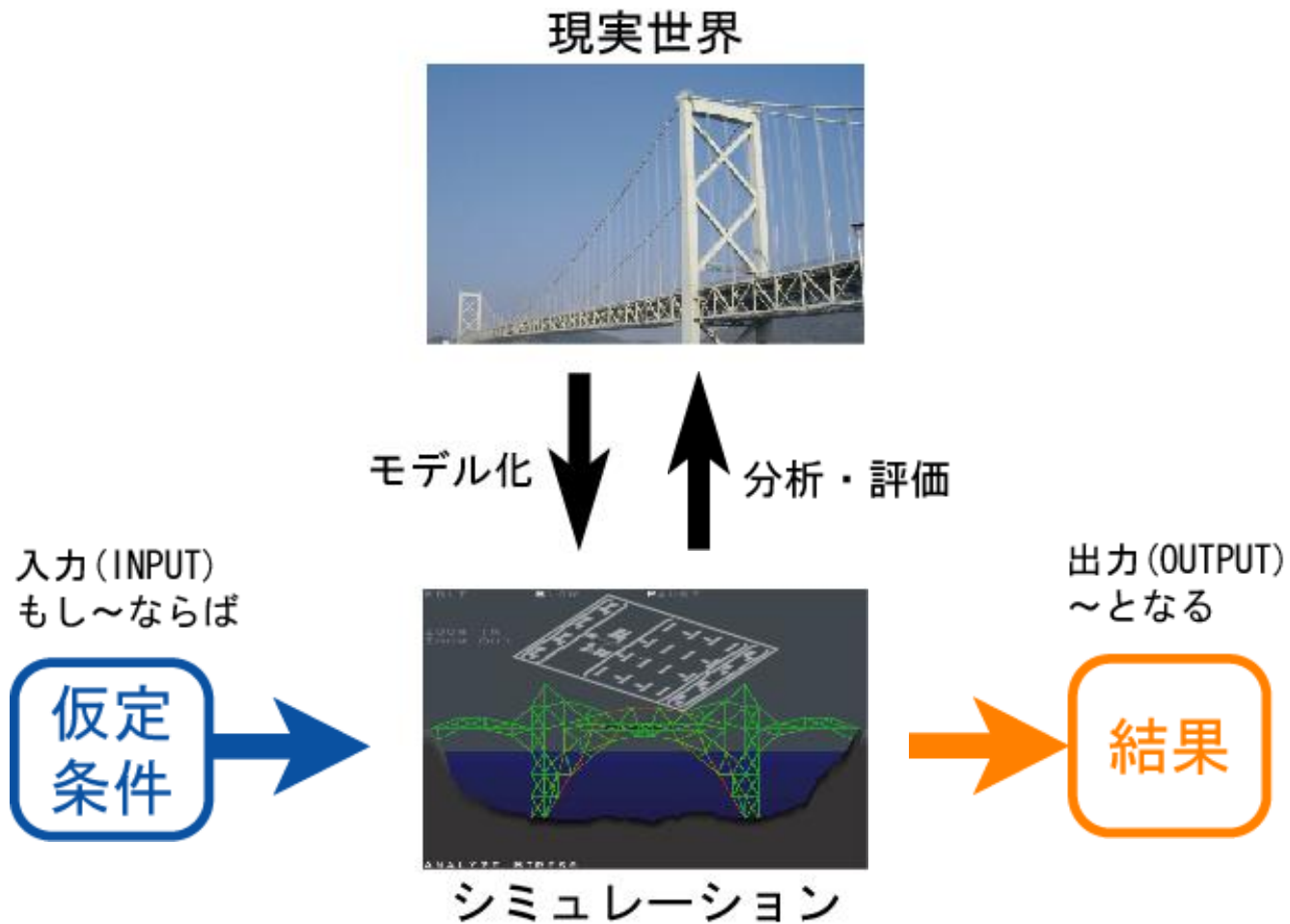
シミュレーション結果

現実の評価  
分析・検証

数学的モデル



# シミュレーションの流れ



# 経済・経営・社会システムにおけるシミュレーション

- 工学分野だけでなく、人文・社会科学の分野でもシミュレーションは利用されている。
- 工学での分析対象→自然現象(物理現象)、構造設計など  
物理学、力学などの理論をベースにモデルを構築し、実データなどを利用して分析する。構成要素の振る舞いは明確である場合が多い。
- 人文・社会科学での分析対象→社会システム、経済現象、人間行動など  
経済学をはじめとする理論、実証研究などをベースにモデルを構築し分析する

これらの分析対象は多くの場合「人間」という複雑で、明確な理論が確立されていない要素を含む。

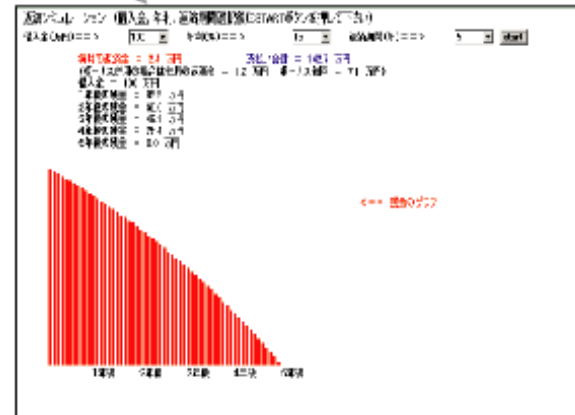
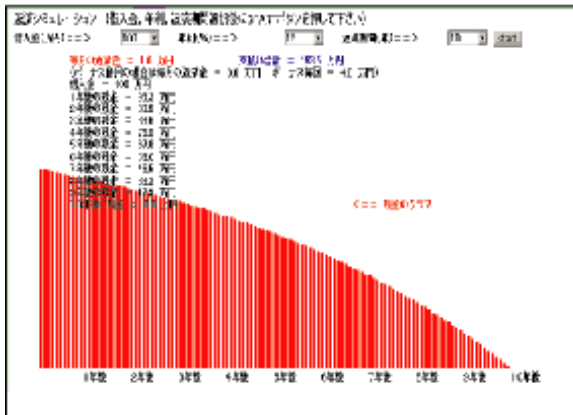
# 様々なシミュレーション

- シミュレーションはその分析対象、使用目的によって様々なものがある。経済・経営・社会システムを対象とするシミュレーションについても以下をはじめ様々なものが存在する。
- **単純な数値計算の手法としてのシミュレーション**  
ローン返済額の計算、税金計算など
- **複雑な数式を解くためのシミュレーション**  
数学的に解くのが困難な問題へのアプローチ
- **将来の予測としてのシミュレーション**  
企業の売り上げ予想、景気予測、人口増加予測など
- **現象の理解・説明のためのシミュレーション**  
人間の行動分析、人工社会モデルなど

# 単純な数値計算としてのシミュレーション

- 例: ローン返済のシミュレーション
- 銀行などからお金を借りるとして、どのような返済方法がよいか?

金額(いくら借りるか?)  
利率(利息はどうなるか?)  
返済期間(どれくらいで返すか?)  
etc...



- 様々な場合をあらかじめ試したり、分かりやすく相手に示したりできる。

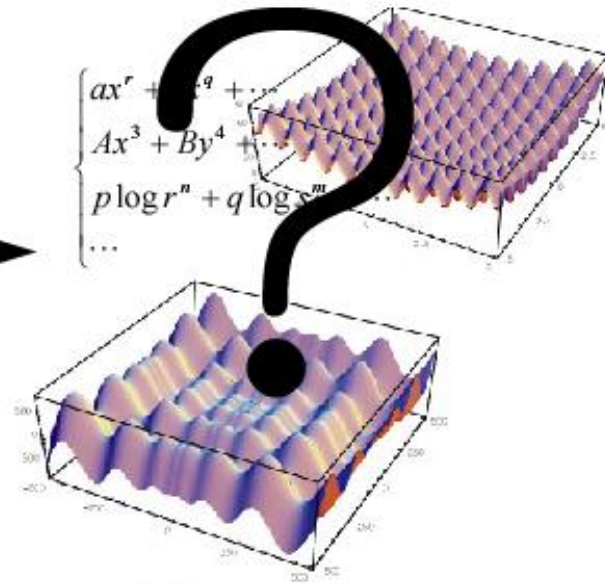
# 複雑な問題を解くためのシミュレーション

- 分析対象をモデル化した際、数学的に解けない、または解くのが困難な問題に行き当たることがよくある。
- コンピュータを用い、様々な計算手法を使うことでそういった問題でも（近似的に）解くことができる。

この経済システムでの  
最適な状態を探ろう！



モデル化



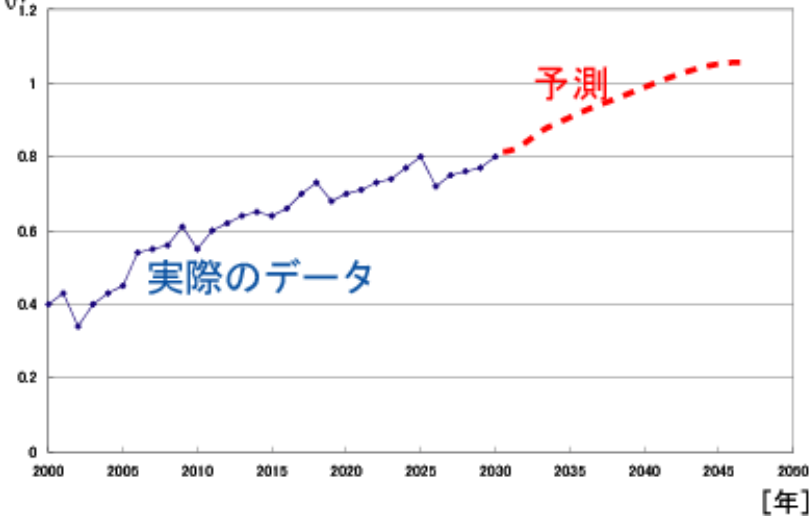


# 将来の予測としてのシミュレーション

- 経済理論や過去のデータなどを用いてモデルを作り、将来どうなるかを予測する。
- 例: ある国のGDPの伸び率をシミュレーションする

経済理論や実データから  
シミュレーションのモデルを作成

$$\log(C) = 0.27261 + 0.26787 * \log(Y) - 0.00542 * R + 0.71102 * \log(C-1)$$



# 現象の理解・説明のためのシミュレーション

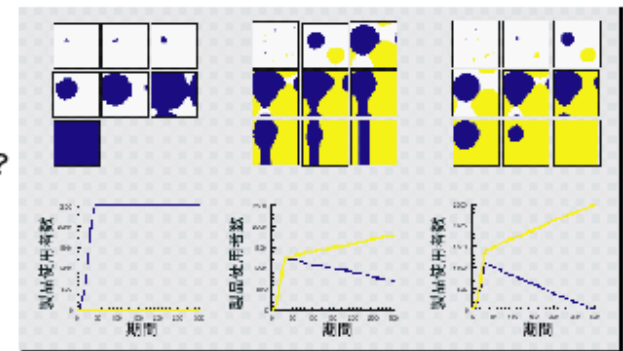
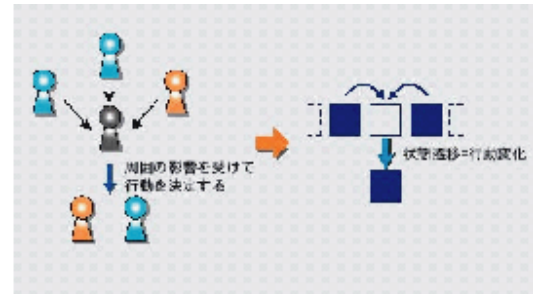
- 数値的な予測ではなく、「なぜそうなるのか」「こういう場合はどうなるのか」といった、システムの振る舞いや性質を対象とする  
→新たなモデル化や理論の発展を目指す
- 人間の行動分析シミュレーション、人工社会シミュレーションなど
- 例：人工社会シミュレーション



「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？

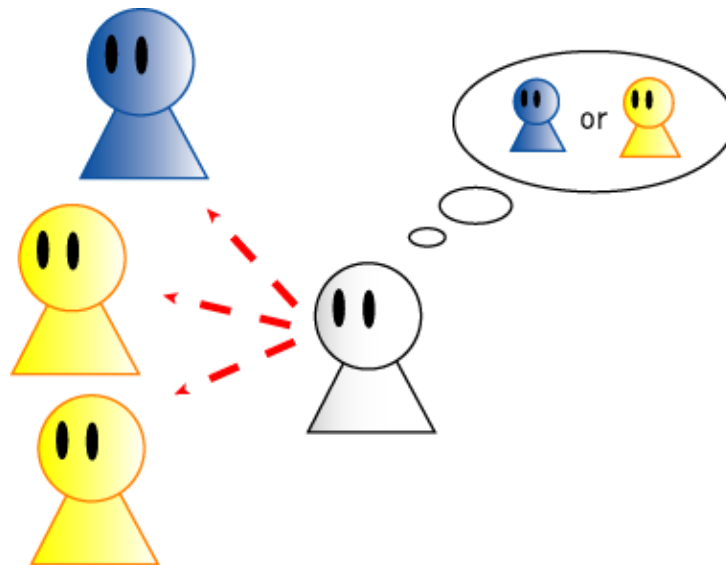


# シミュレーションを動かしてみよう

- 先ほどの人工社会モデルを実際に動かして、どのような振る舞いをするか見てみましょう。
- 分析の対象
  - ・ 周りの人の影響が大きい品物、たとえば流行の洋服や、扱いが難しい電化製品などが2種類存在している市場
  - ・ どんな条件で、どちらの品物が生き残るのか？

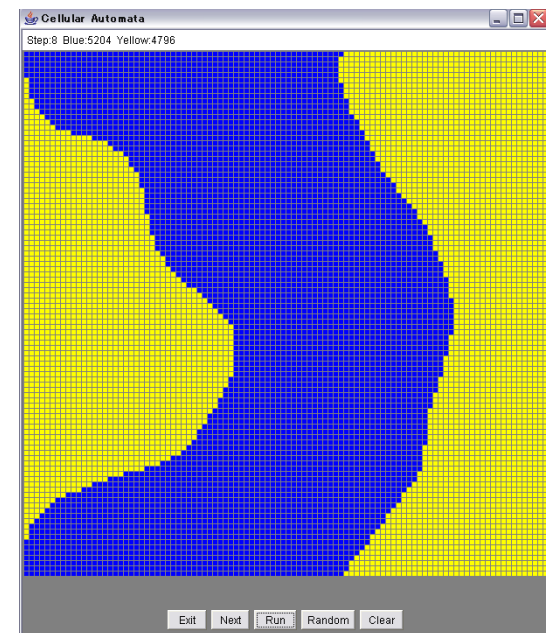
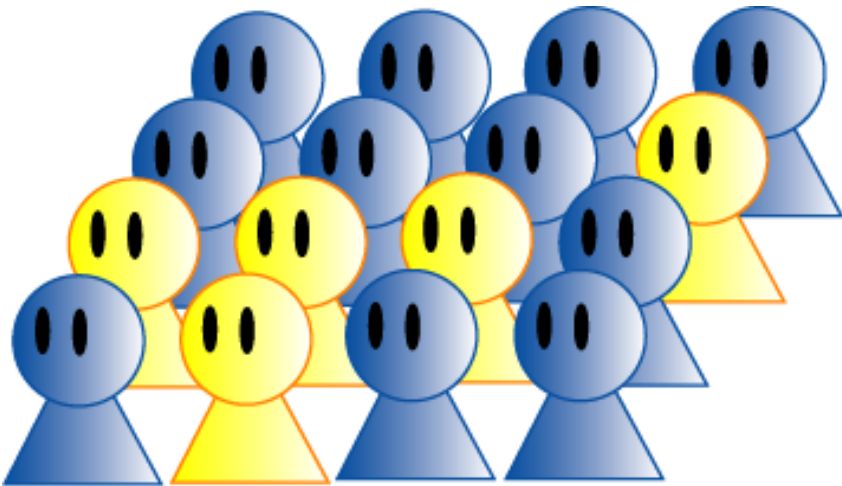
# モデルの説明

- 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

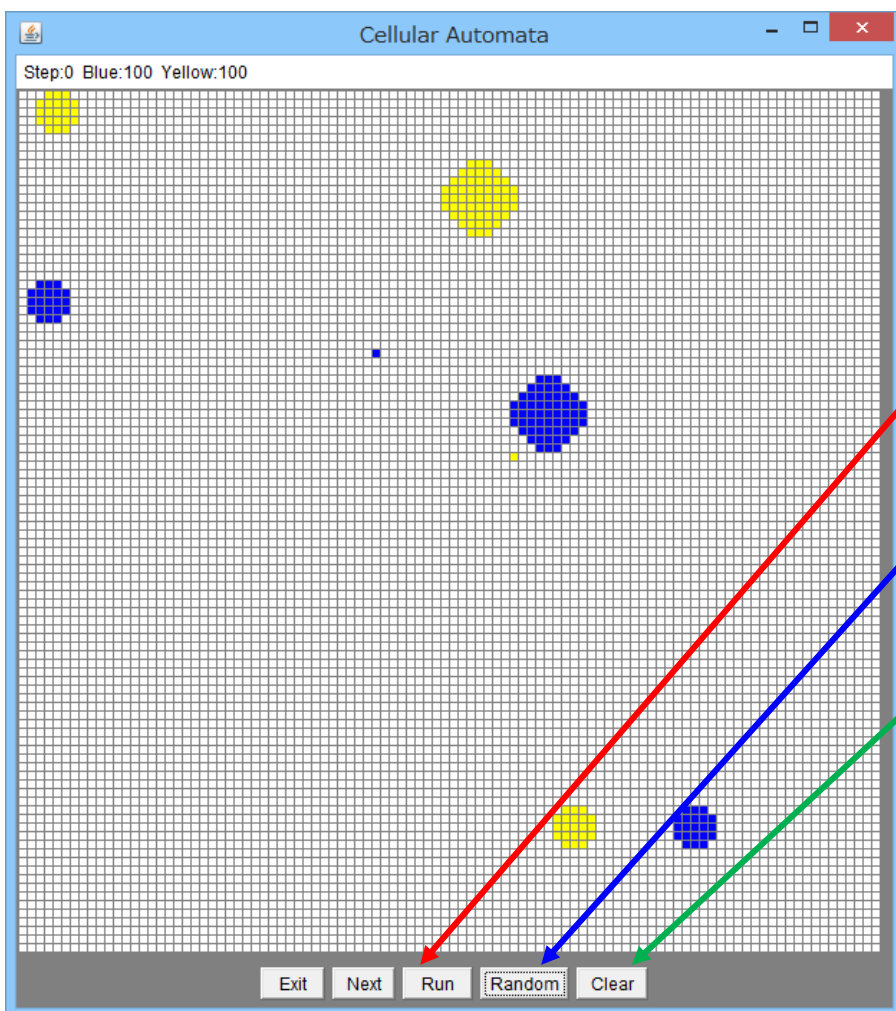


## モデルの説明(2)

- 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？



# シミュレーションの操作方法



「Run」・・・シミュレーションを進める

「Random」・・・青、黄色をランダムに配置

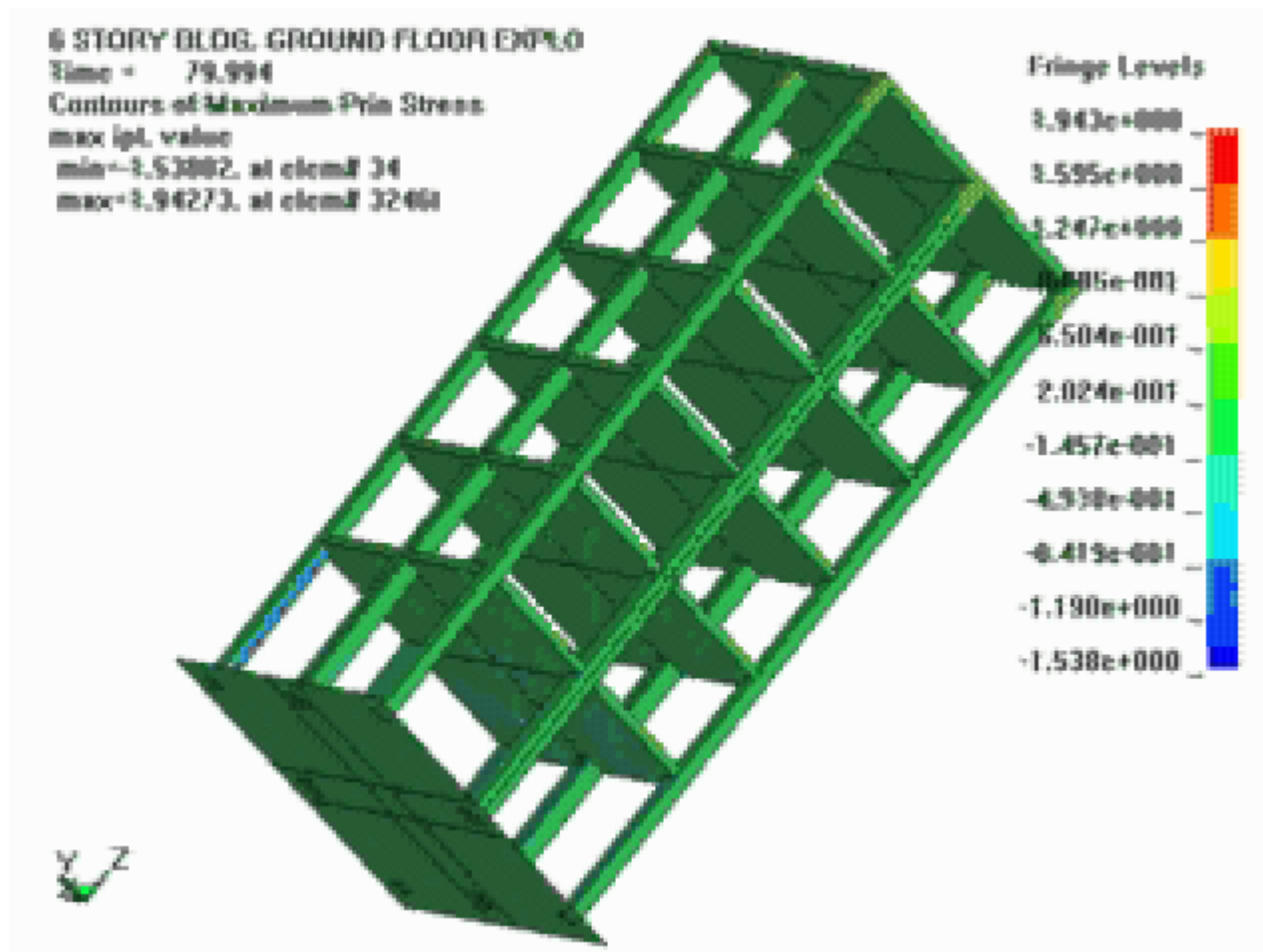
「Clear」・・・青、黄色を消して初期状態に

※実行中は「Pause」ボタンで停止できます

# 様々なシミュレーションを見てみよう

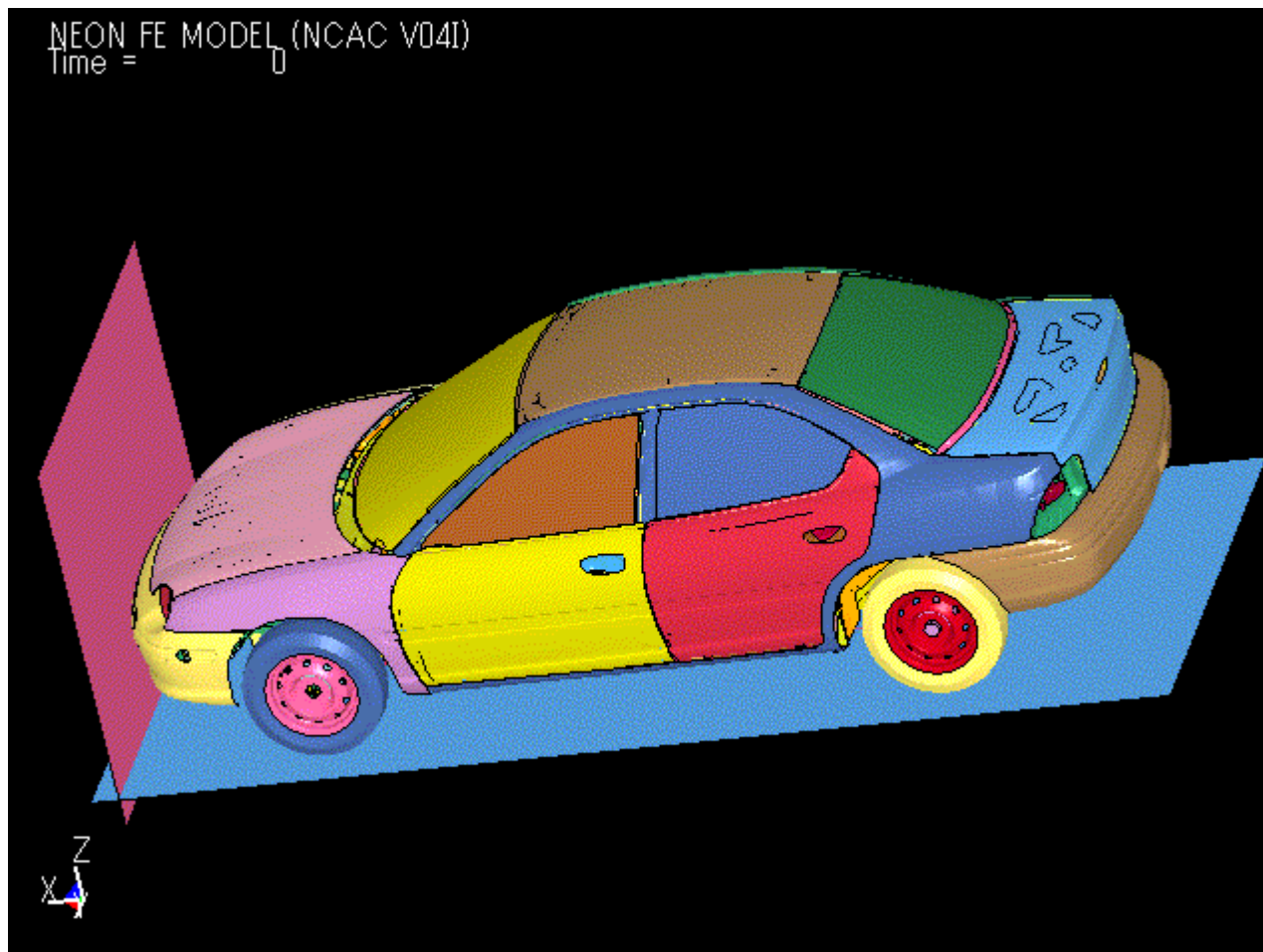
- 工学的シミュレーション
  - 構造解析
  - 熱・流体
- 経済・経営・社会システムにおけるシミュレーション
  - 損益分岐点
  - つり銭問題
  - 成長分析
  - 待ち行列
- 身近な事例のシミュレーション
  - 捕食者と被食者
  - 風邪の伝播

# 建物の強度設計

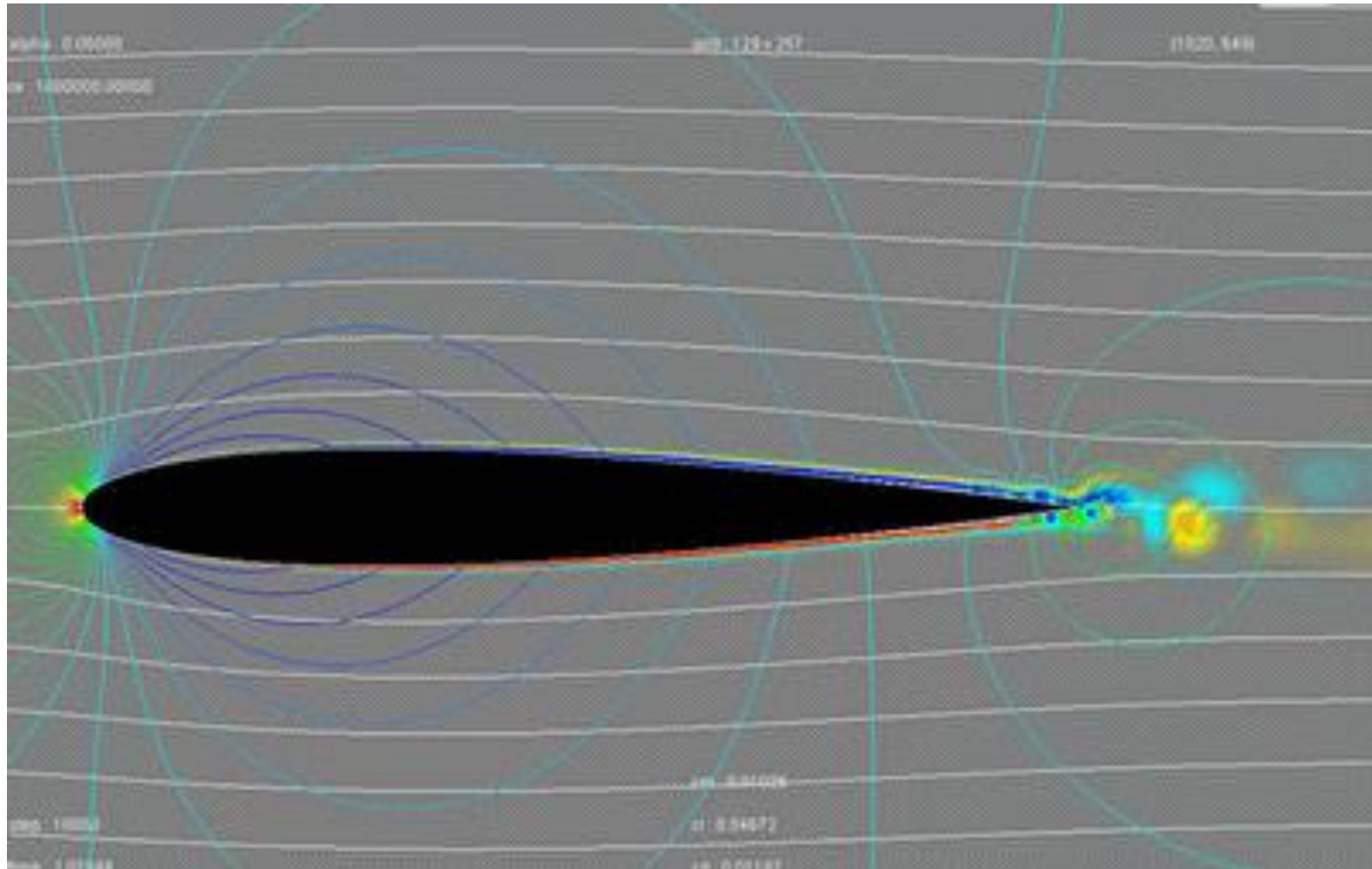




# 自動車の衝突シミュレーション(2)



# 飛行機翼まわりの流体シミュレーション



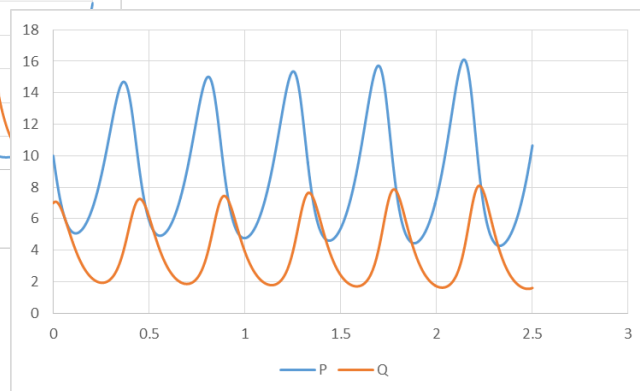
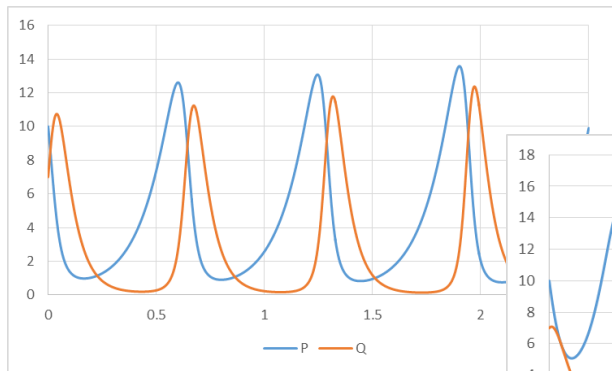


# 生態系のシミュレーション

- 互いに「捕食」「被食」の関係にある生物群の個体数は、周期的なズレとともに増減を繰り返すことがある

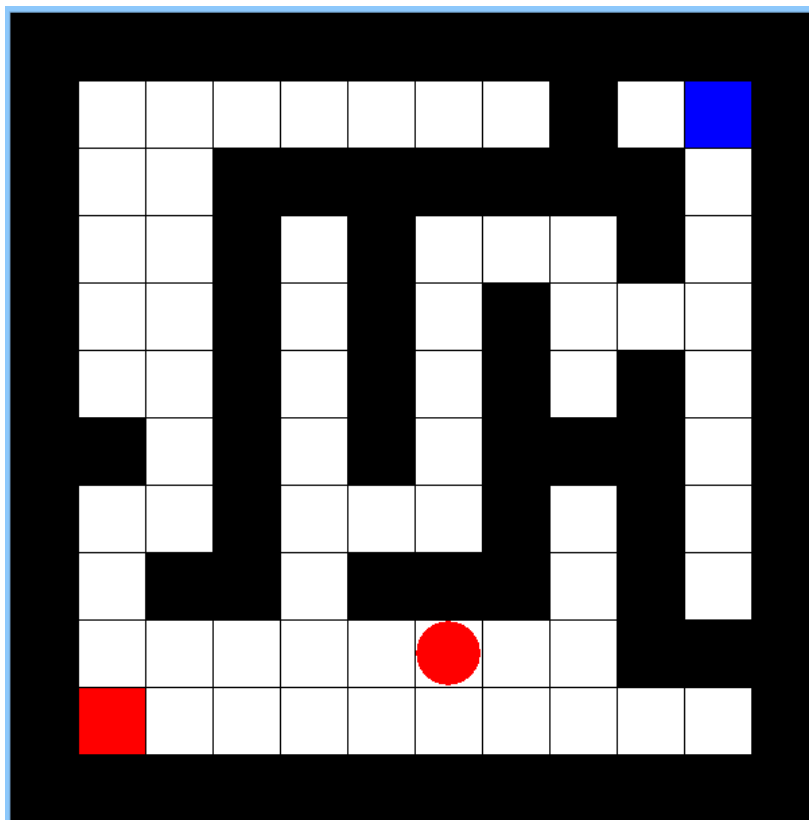
例) カナダのウサギとヤマネコ

※ウサギ増→ヤマネコ増→ウサギ減→ヤマネコ減→ウサギ増...



# 迷路学習のシミュレーション

- 「強化学習」という手法で、迷路を抜ける道順を学習



# シミュレーションの利点

- さまざまなパターン、あり得る可能性を分かりやすく比較できる
- 数学的に解くことが困難な問題であっても、解を求めることができる
- 理論や過去のデータなどから(まだ起こっていない)将来の予測を立てることができる
- 作成したシミュレーションの振る舞いを分析することで、現象の性質を理解・説明したり、新たな理論の発展につなげることができる  
etc...

# シミュレーションは万能か？

- シミュレーションによる研究は多くの利点を持っており、経済・経営・社会システムの分析にも有効である
- しかし、決して「なんでもできる」わけではなく、注意すべき点が多々あるのも事実であることに注意
  
- 絶対に「解ける」わけではない
- 解けたとして、その答えは本当に正しいだろうか？
- 使用した理論、構築したモデルは妥当だろうか？
- シミュレーションはあくまで「模擬実験」。現実とかけ離れていないだろうか？

結果すべてを鵜呑みにするのではなく、常に「モデルや結果が妥当か？」  
と考えるスタンスを忘れずに！

# 講義予定(概略)

- ◆ 以下のような流れで講義を進めます。
  - 経済・経営・社会システムにおけるシミュレーション
    - ・どのようなシミュレーションがおこなわれているか、実例を交えて紹介
    - ・表計算ソフト等を用いて簡単な数値シミュレーションの作成
  - シミュレーションの構築
    - ・シミュレーション構築の手順、モデル化の理論や手法について学ぶ
    - ・実際にシミュレーションを構築し実行する
  - シミュレーションの検証
    - ・シミュレーション結果をいかに分析、検証するかについて学ぶ
    - ・自分で構築したシミュレーションの評価をおこなう