

『モデリング・シミュレーション入門』

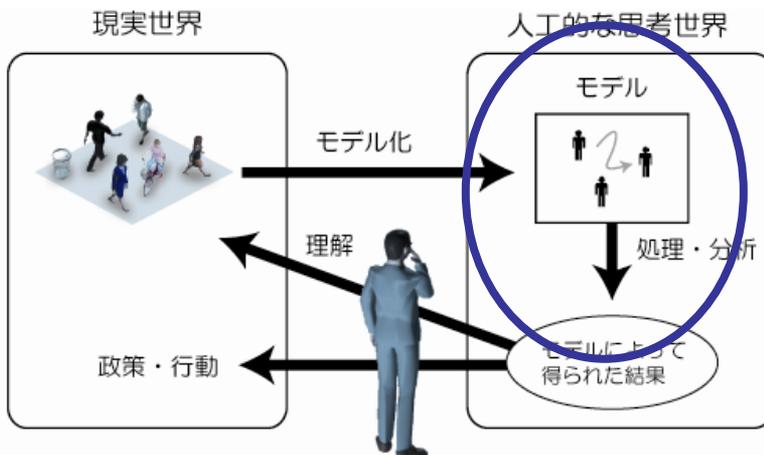
第9回 自律分散協調システムと自己組織化のシミュレーション

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師
iba@sfc.keio.ac.jp
<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

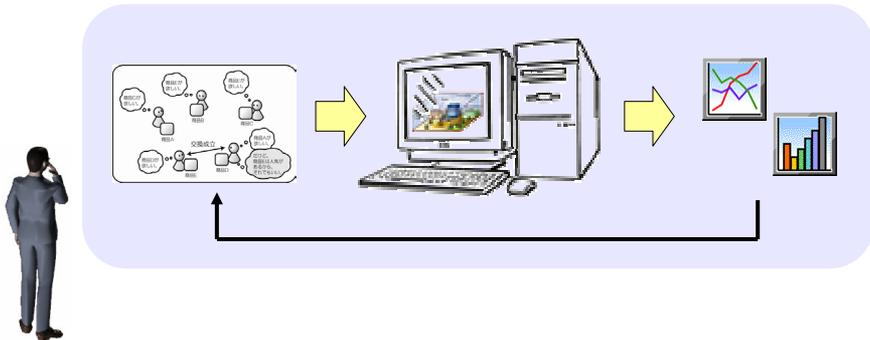
シミュレーションは思考を支援する



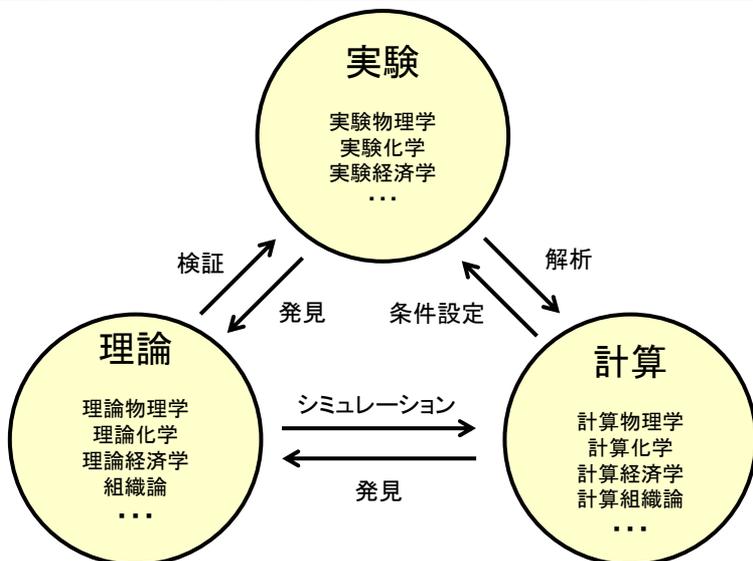
シミュレーションとは



- 与えられた初期条件の下で、モデルを時間的に展開させること。
- それを通じて、モデルの特徴について経験的な知見を得ることができる。



計算科学(Computational Science)



新しい知識の源としてのシミュレーション

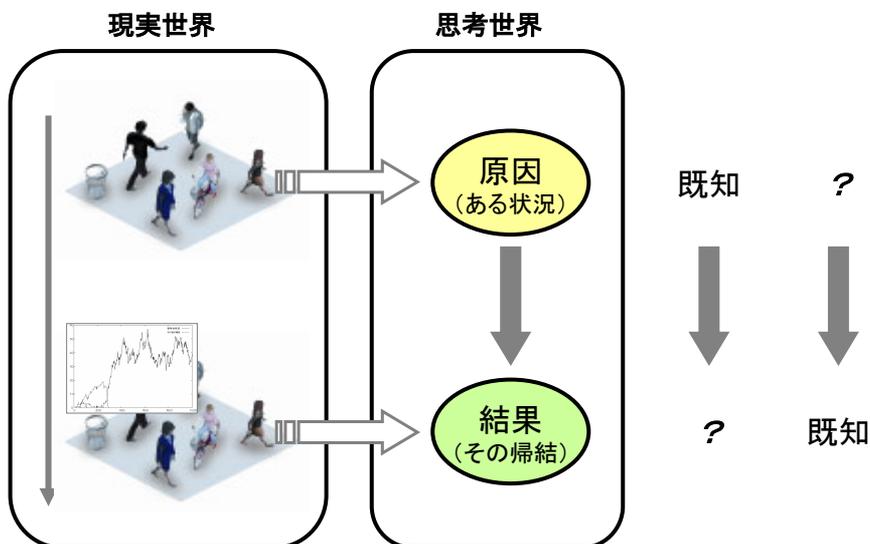


■「いったいシミュレーションは、いかにしてわれわれに未知の事柄を教えることができるのだろうか」
(ハーバート・サイモン)

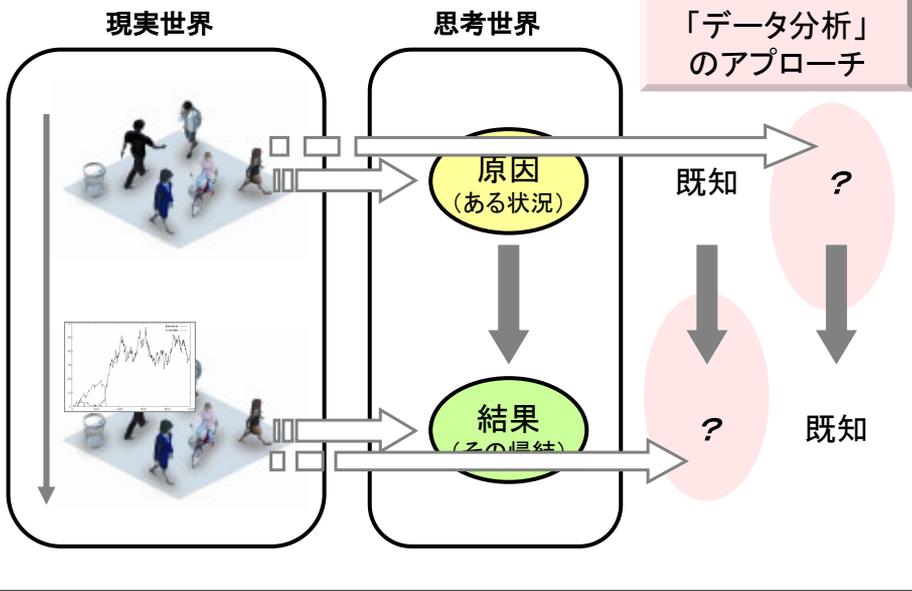
- ① すでにわかっている前提から、結論を導き出す。
- ② 内部の仕組みについて理解を深める。

ハーバート・A・サイモン、『システムの科学』, 第3版, パーソナルメディア, 1999

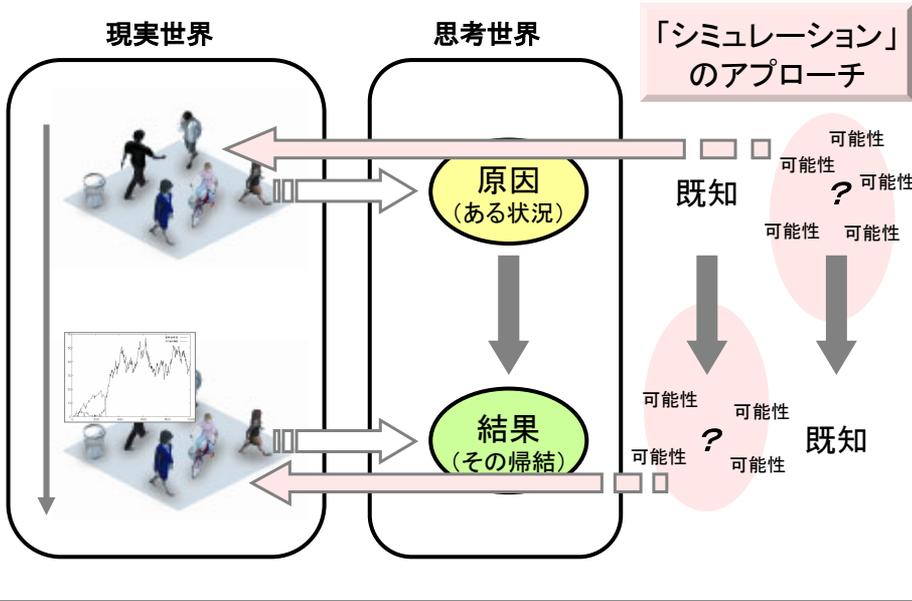
因果関係をどうやって把握するか？



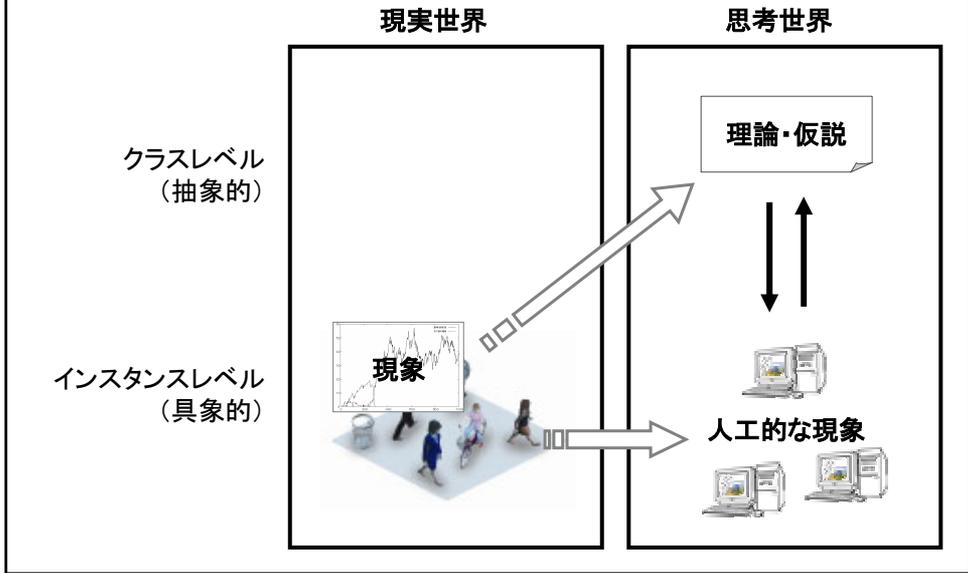
因果関係をどうやって把握するか？



因果関係をどうやって把握するか？



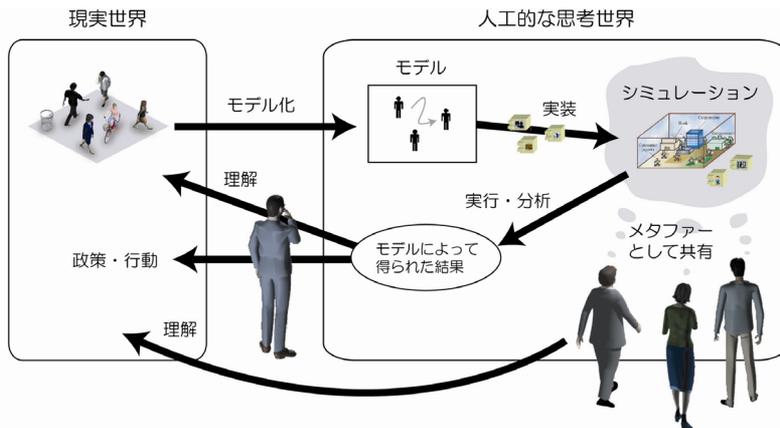
現象は個別具体的、理論は抽象的



「予測」ではなく「理解」へ



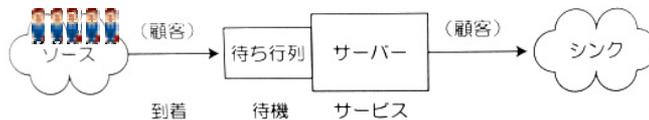
- 特定の未来を予測するのではなく、その現象・モデルの周辺を探索して理解するためにシミュレーションを行う。



待ち行列モデル(Queuing Model)



- 起源
 - 20世紀初頭: スウェーデン電話交換施設の回線の混み合い問題
- 応用分野の例
 - 銀行の顧客、空港の乗客、コンピュータのジョブ、行政機関の書類
- 確率的な分布を与える
 - 顧客が到着する間隔
 - サーバーが顧客にサービスを提供する時間
- シミュレーション分析の目的
 - 顧客の平均待ち時間とサーバーの平均空き時間を最小化したい



授業スケジュール

- 第1回(10/1) イントロダクション
- 第2回(10/8) モデリングとは
- 第3回(10/15) 数理モデリング
- 第4回(10/22) 非線形とカオス
- 第5回(11/5) オートマトン(状態機械)
- 第6回(11/12) オブジェクト指向モデリング
(三田祭休み)
- 第7回(11/26) オブジェクト指向モデリングとプログラミング
- 第8回(12/3) シミュレーションによる分析
- 第9回(12/10) 自律分散協調システムと自己組織化のシミュレーション
- 第10回(12/17) 成長するネットワークのシミュレーション
- 第11回(12/18) 補講: ゲストスピーカー講演
(冬休み)
- 第12回(1/7) ニューラルネットワークによる学習のシミュレーション
- 第13回(1/14) 遺伝的アルゴリズムによる進化のシミュレーション

『モデリング・シミュレーション入門』

第9回 自律分散協調システムと自己組織化のシミュレーション

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師
iba@sfc.keio.ac.jp
<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

これまでの授業における大きな流れ

■ システム

- システムは状態をもっている。
- インプットやアウトプットがある。

■ セル・オートマトン

- システム(オートマトン)が局所的な相互作用を行う
- 状態は個別的、振舞いのルールは共通

■ オブジェクト指向

- 状態も振舞いのルールも個別的

自律・分散・協調

- ≠集中システム
- 自律 (Autonomous)
- 分散 (Distributed)
- 協調 (Cooperative)

- 全体を統括する主体をもたずに、分散して存在する各要素が自律的に行動し、協調的に相互作用しながら、全体としての振る舞いをするシステム

シミュレーション①
鳥の群れのシミュレーション

ヴァーチャル (Virtual) とリアル

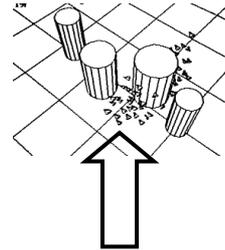
- シミュレーションとは、内部メカニズムから現象を生成すること。
- Virtual = 「事実上の」



現象



内部メカニズム

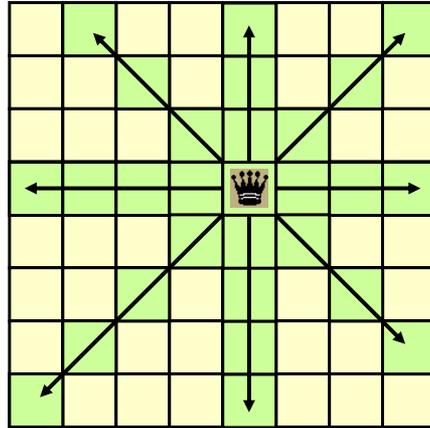


シミュレーション②
協調的問題解決
～Nクイーン問題～

N-Queen問題に挑戦！

 チェスのクイーンは、縦横斜めに、好きなだけ動くことができる。

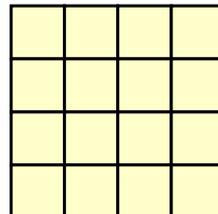
 「 $N \times N$ ($N \geq 4$) のチェス盤に N 個のクイーンを配置しなさい。ただし、それぞれのクイーンの効き筋には、他のクイーンがひとつもないようにすること。」



まずは 4-Queen問題に挑戦！ (N=4)

 チェスのクイーンは、縦横斜めに、好きなだけ動くことができる。

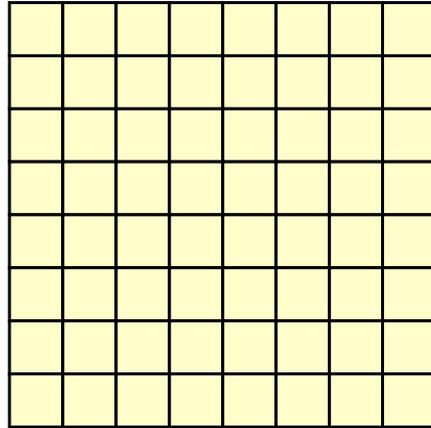
 「 4×4 のチェス盤に 4 個のクイーンを配置しなさい。ただし、それぞれのクイーンの効き筋には、他のクイーンがひとつもないようにすること。」



そして8-Queen問題に挑戦！（N=8）

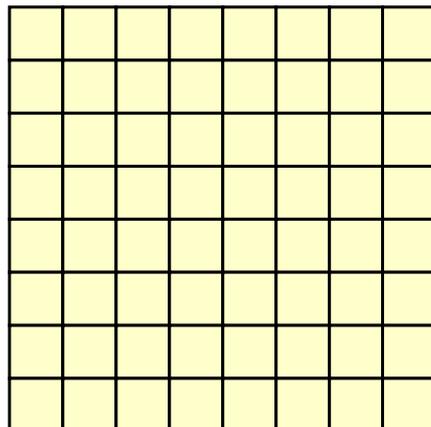
 チェスのクイーンは、縦横斜めに、好きなだけ動くことができる。

 「8×8 のチェス盤に8個のクイーンを配置しなさい。ただし、それぞれのクイーンの効き筋には、他のクイーンがひとつもないようにすること。」

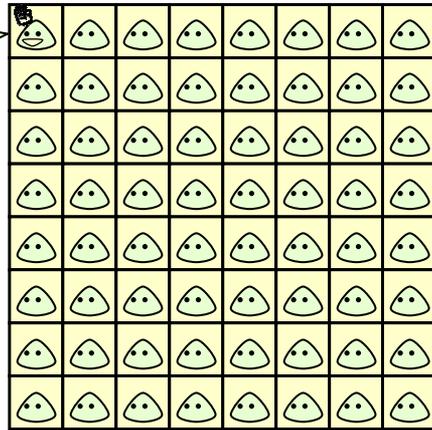
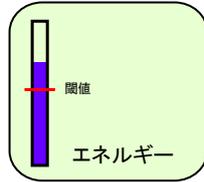


そして8-Queen問題に挑戦！（N=8）

このチェス盤に8個のクイーンを置く置き方は、
178,462,987,637,760通りある。
このうち、解は92通り。

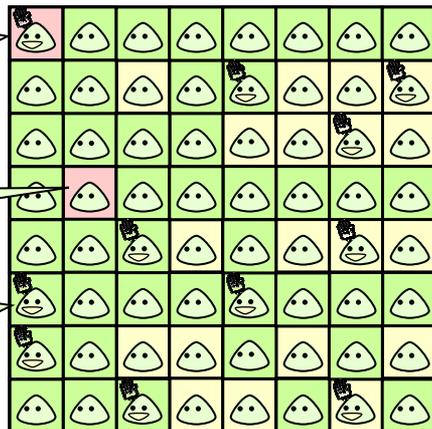


考え方を変えてみる



考え方を変えてみる

時間です。それでは、
いいですかー。

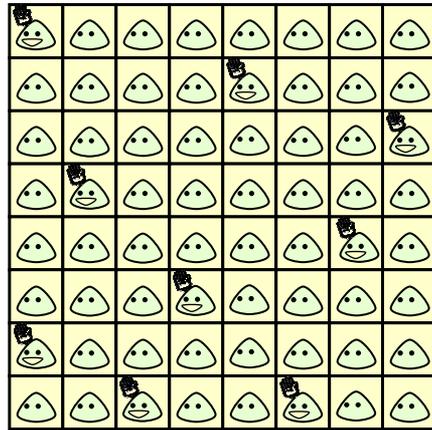


考え方を変えてみる



最終的には、手をあげているところに、クイーンを置く。

Demonstration



自己組織化から
複雑系へ

システム理論の変遷

■ 第一世代システム理論

- 一般システム理論 (L. Bertalanffy)
- サイバネティクス (N. Wiener, W.R. Ashby)

■ 第二世代システム理論

- 散逸構造 (*I. Prigogine*)
- シナジェティクス (*H. Hermann*)

■ 第三世代システム理論

- 複雑系 (K. Kaneko, I. Tsuda, S. Kaufmann, J. Holland)
- オートポイエーシス (H.R. Maturana, F.J. Varela)

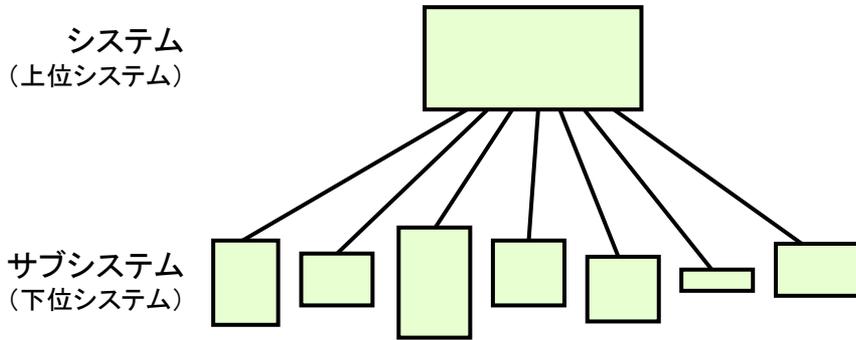
システムの内部

相互関係のある複数の要素(部分)から構成された一つの組織化された統一体



システム

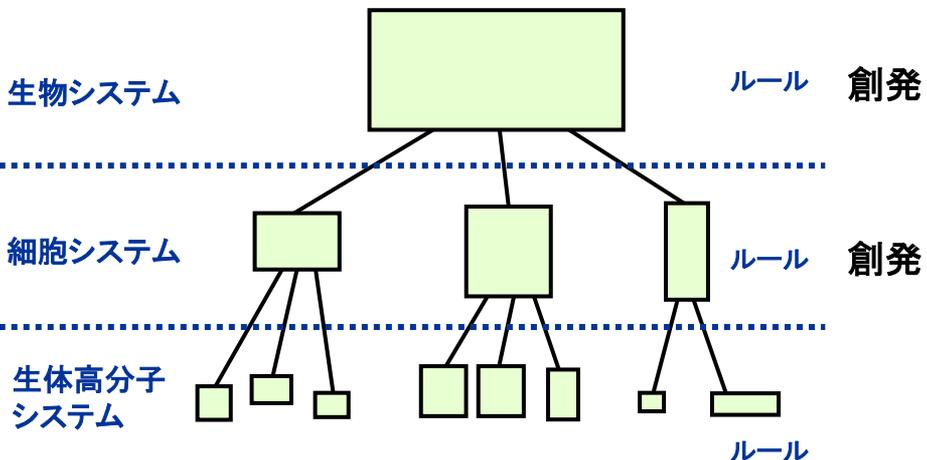
システムの階層



システムは、その下位のサブシステムから構成されている。

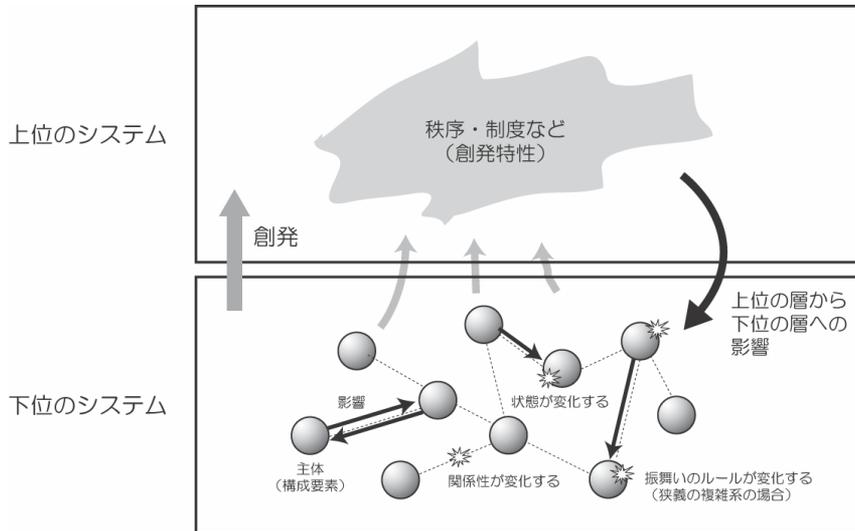
システムの階層性と創発

各階層は固有のルールをもっている。

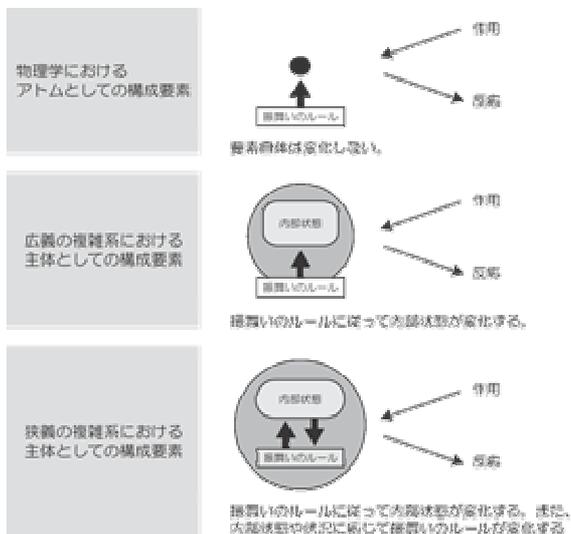


しかし、創発特性が存在していることはわかっているが、それがどのように生じるのかについては、解明されていない！

複雑系の全体像



複雑系の構成要素



複雑系 (Complex System)

■ 自己革新するシステム

- 生命、知能、社会



■ 広義の定義

- 内部状態をもつ構成要素が相互作用するシステム

■ 狭義の定義

- 構成要素の振舞いのルールが動的に変化するシステム

Keio University SFC 2004

『モデリング・シミュレーション入門』

第9回 自律分散協調システムと自己組織化のシミュレーション

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師

iba@sfc.keio.ac.jp

<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

「モデリング・シミュレーション入門」(井庭)補講

ゲストスピーカー講演

「物語としてのソフトウェアと社会システム -PICSYとgumonji-」

- 鈴木 健 氏 (PICSYプロジェクト)
- 中嶋 謙互 氏 (コミュニティエンジン株式会社代表取締役社長)

12月18日(土)2限 Ω22教室

補講日・時限を予定に入れておいてください。
補講では、講演後、感想を書いて提出してもらいます。

宿題(授業第9回)内容

- ①教科書『複雑系入門』の第1章、第2章、第3章、第13章(のp.179まで)を読んで、次の点についてまとめてください。
 - 複雑系とは、どのようなシステムか？
 - 複雑系は、なぜ分解して理解できないのか？
 - そのような対象を理解するために、シミュレーションはどのように役立つと期待されているのか？
- ②今日の授業で新しくわかったこと、考えたこと、感想。
 - この部分に、コンピュータ上の鳥ロボットが「バーチャルに群れている(事実上群れている)」ということについて、納得かどうか、についても含めてください(上記の第3章のハリケーンの話も参照)。

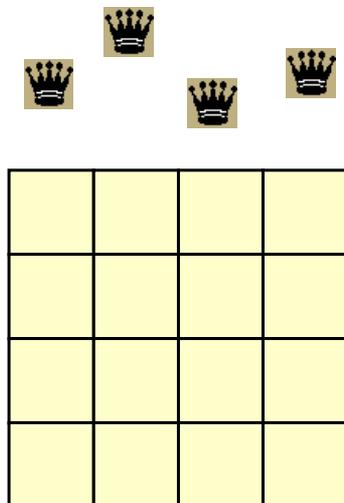
宿題(授業第9回)形式

- 提出 & 締切: 来週の授業開始時に教室で。
- 形式: A4用紙1枚(両面可)
 - 宿題(第9回)と明記
 - 学部・学年・学籍番号・メールアドレス・名前を明記
- 来週の授業までに、演習用のシミュレーション・プラグインをダウンロードしてもらいます。準備が出来次第、メールします。

4-Queen問題に挑戦!(N=4)

 チェスのクイーンは、縦横斜めに、好きなだけ動くことができる。

 「4×4のチェス盤に4個のクイーンを配置しなさい。ただし、それぞれのクイーンの効き筋には、他のクイーンがひとつもないようにすること。」



8-Queen問題に挑戦！(N=8)

 チェスのクイーンは、縦横斜めに、好きなだけ動くことができる。



「8×8のチェス盤に8個のクイーンを配置しなさい。ただし、それぞれのクイーンの効き筋には、他のクイーンがひとつもないようにすること。」

