

『企業と市場のシミュレーション』

第4回: 相互作用するシステムの隠れた法則性

現実観察とシミュレーションによって

徐々に分かってきたこと

いば たかし

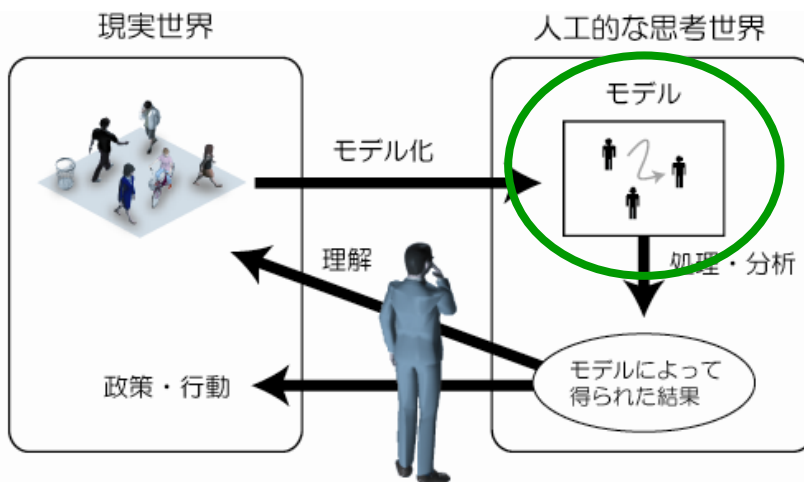
井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部

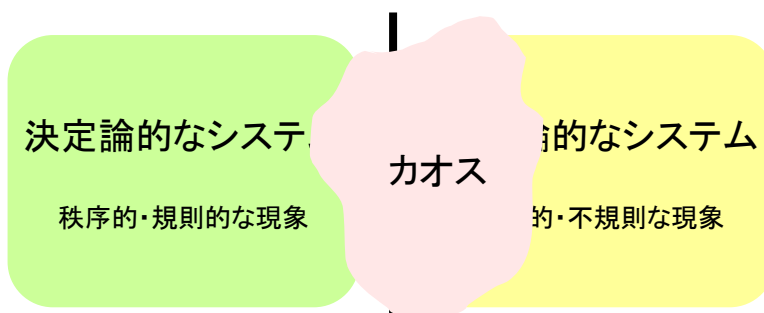
iba@sfc.keio.ac.jp

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

モデルの側のイノベーション

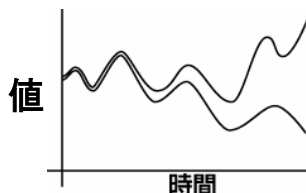


- 決定論的なシステムには、秩序的・規則的な現象が現れる。
- 確率論的なシステムには、確率的・不規則な現象が現れる。



「カオス」(chaos)

- 規則に従って発生したにもかかわらず、不規則な振舞いを示す現象のこと。
- しかし、不規則なカオスでも、内在的な秩序構造をもっている。
- カオスでは、最初の状態のわずかな差違が後の巨大な状態の差違を引き起こす(バタフライ効果)。



親世代と子世代の個体数の関係



■ 現在の個体数と次世代の個体数との関係

$$X_{n+1} = a X_n (1 - X_n)$$

次世代の個体数 定数 現在の個体数 現在の個体数

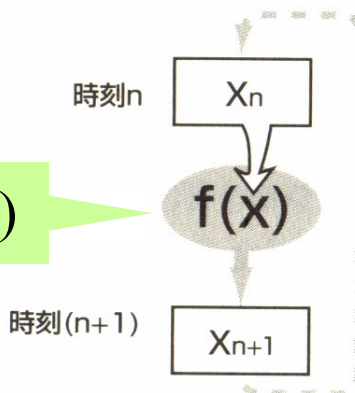
↑ ↑ ↑

増減のバランス 個体数が多いほど次世代を増やす 個体数が多いほど次世代を減らす

数式ではなく仕組みで描くと...

■ 関数 = 函数

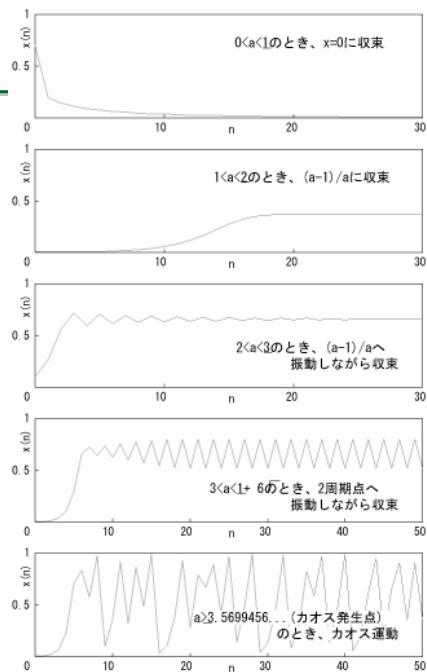
$$f(x) = a x (1 - x)$$



個体数の時系列変化

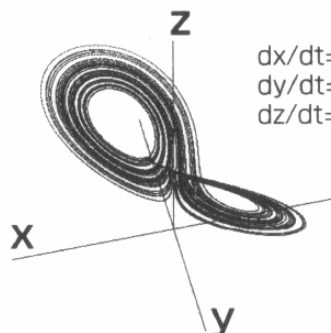
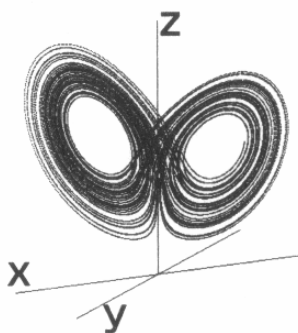
$$x_{n+1} = a x_n (1 - x_n)$$

■ $a > 3.5699456$ のとき、個体数の変化が不規則になる。
→ カオスの発生！



ローレンツアトラクター

先週の復習



$$\begin{aligned} dx/dt &= -10x + 10y \\ dy/dt &= 28x - y - xz \\ dz/dt &= xy - 8/3z \end{aligned}$$

ヴァーチャル (Virtual)



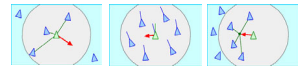
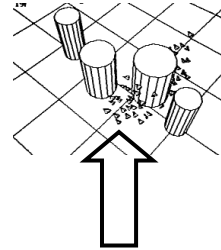
- Virtual = 「事実上の」
- 語源は、ラテン語「virtus」(力, エネルギー)
 - あるものをそうたらしめる潜在能力という意味



現象



内部メカニズム



フィードバックコメント

「いつも疑問に思うのですが、カオスから言える事って初期の条件が少しでもずれると、結果が信じられないような内容になるよっ ということ以外何も言っていないのではないかと思っています。」

配布資料

- 『カオスはどうして発見された』 (ラルフ・エイブラハム, ヨシスケ・ウエダ (編), 立教出版, 2002)
 - P.1~p.2
 - P.156~160



フィードバックコメント

「といってもこの講義においては予測し、
シミュレーションしなければいけない。」

モデルの有用性は予測だけにあるのではない。

- 「とくに注意したいのは、将来の特別な時点における 特定の事象の定量的な予測が、モデルの目的には含まれていないということである。従来、有用なダイナミック・モデルならば、ある将来の時点におけるシステムの特定の状態を予測できなければならないということは自明である、と間違えて考えられてきた。これは望ましいことかもしれないが、モデルの有用性は、未来における特定の進路を予測する能力にかかっている必要はない。」

Forrester, J. W., Industrial Dynamics, MIT Press, 1961
(J.W. フォレスター インダストリアル・ダイナミックス, 紀伊国屋書店, 1971)

モデルの有用性は予測だけにあるのではない。

- 「従来の社会科学の科学哲学では、説明と予測を過剰に関係づけてきたと言えるだろう。つまり、理論をテストするのに、その理論がうまく将来を予測できるかどうかで判断される傾向があるのである。これは非線形理論、特にミクロレベルにおいては、適切な判断基準であるとはいえない。」

ナイジェル・ギルパート, クラウス・G・トロイチ, 『社会シミュレーションの技法: 政治・経済・社会をめぐる思考技術のフロンティア』, 日本評論社, 2003

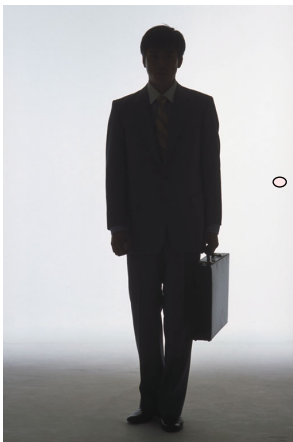


フィードバックコメント

「私はなんとなく、イメージをつかんだ程度しか理解できていない気がします。(すみません。)

でも、数字を入れ替えてシミュレーションするのがとても楽しかったです。特に、 a を3.6以外にすると差がでないということを実際にやってみて、グラフで見ることができたことが楽しかったです。」

二種類の知識



形式知

言語によって表すことができる知識。
容易に伝達できる。

暗黙知

人間一人ひとりの体験に根ざす個人的な知識。他人に伝達して共有することは難しい。

- ① ノウハウ
- ② メンタルモデル

「面白い」という言葉

■ もともと美しい景色を形容する語

■ 「目の前が明るくなる感じ」

■ 「目の前が広々とひらける感じ」

1. 気持が晴れるようだ。愉快である。楽しい。
2. 心をひかれるさまである。興味がある。趣向がこらされている。
3. 一風変っている。滑稽だ。おかしい。
4. 思うとおりで好ましい(主に打消の語を伴う)

『広辞苑』より



フィードバックコメント

「特にフィードバックコメントに関してがおもしろかった。同じ講義を受けたはずなのに、そこから考えることが人によってあまりにも違うことに驚いたし、「人は想像力によって現実を認識をする」ということはこういうことなのかなと感じた。」

ここで、先週に引き続き、 もう少しだけカオスの話を。

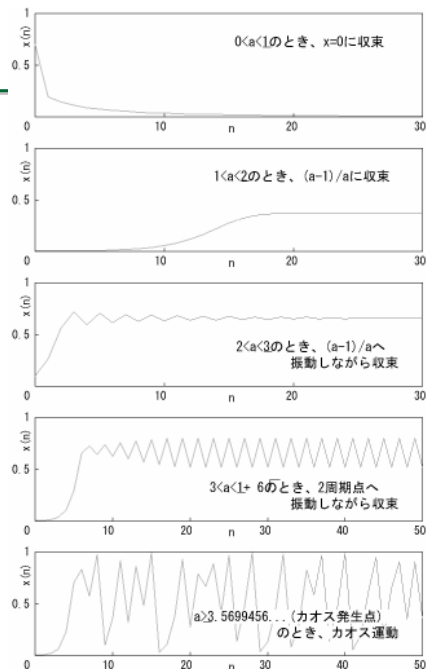
いろいろな条件の結果を調べるために
シミュレーションを利用

メイの生態系モデル

$$x_{n+1} = a x_n (1 - x_n)$$

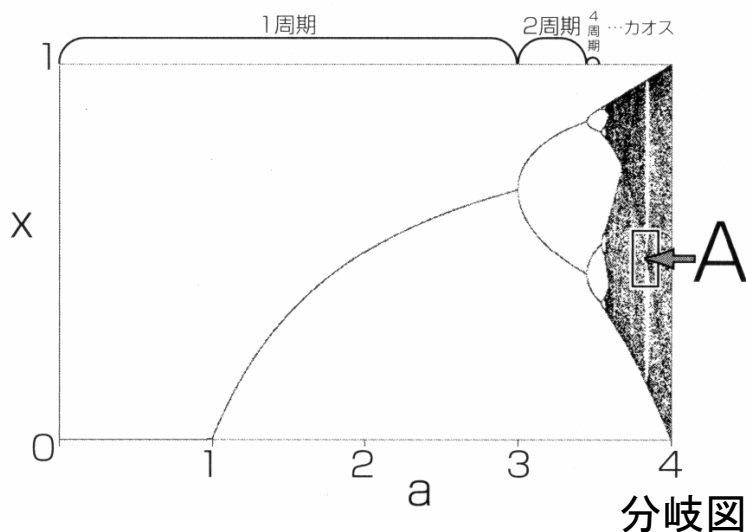
■ システムの外的要因を
定めているパラメータ a
の値が変動すると、シ
ステムはまったく異
なった性格を示す。

■ a を「コントロール・パ
ラメータ」という。



aの値別の解のプロット

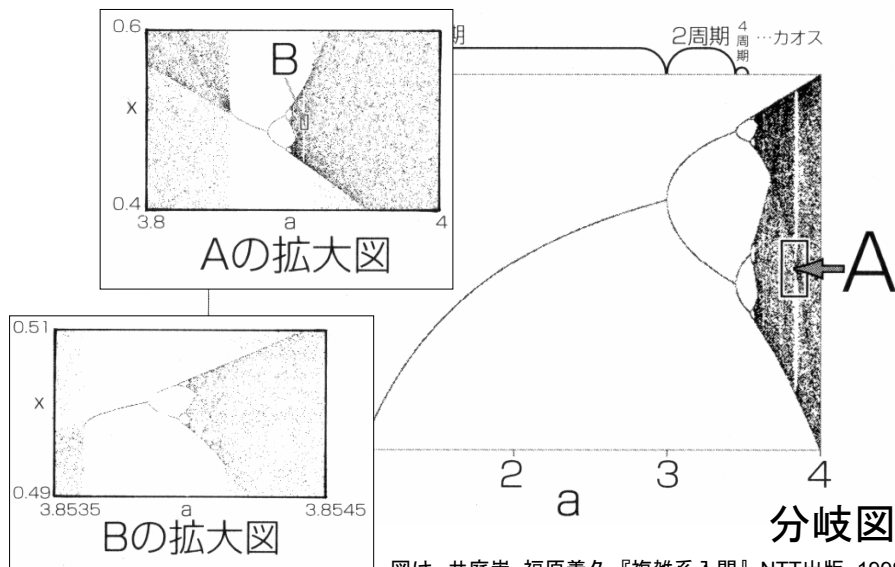
$$x_{n+1} = a x_n (1 - x_n)$$



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』, NTT出版, 1998 より

aの値別の解のプロット

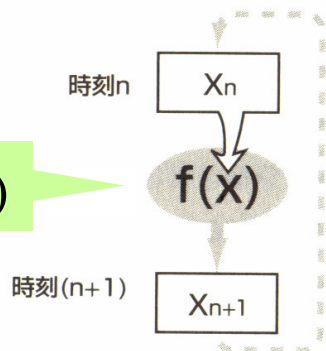
$$x_{n+1} = a x_n (1 - x_n)$$



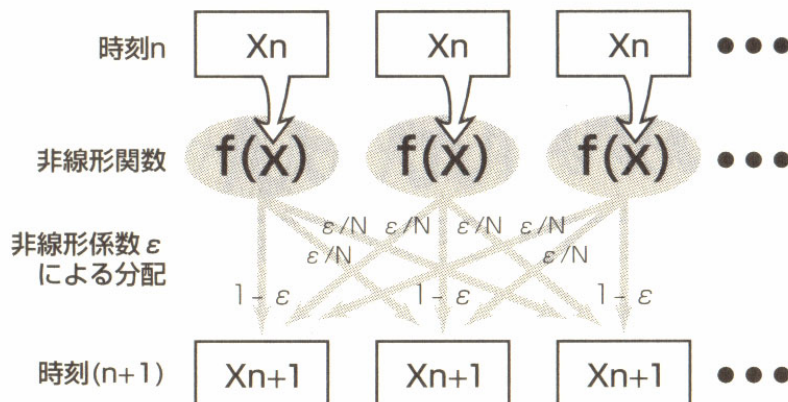
図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』, NTT出版, 1998 より

メイの生態系モデルの仕組み

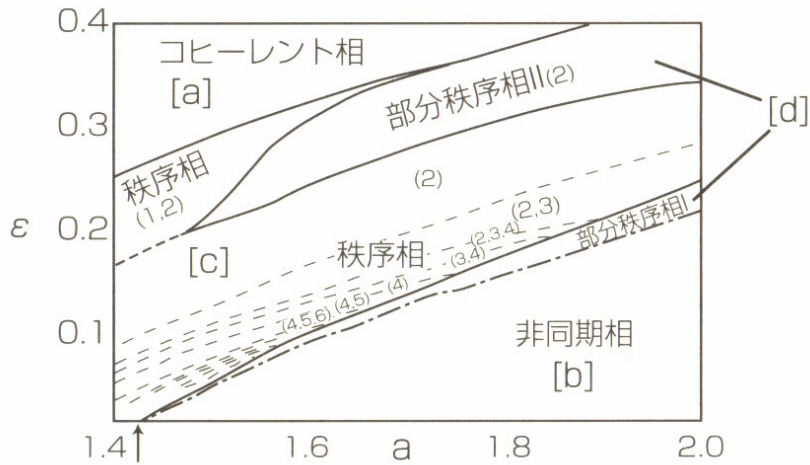
$$f(x) = a x(1 - x)$$



カオス結合系の仕組み(全結合の場合)

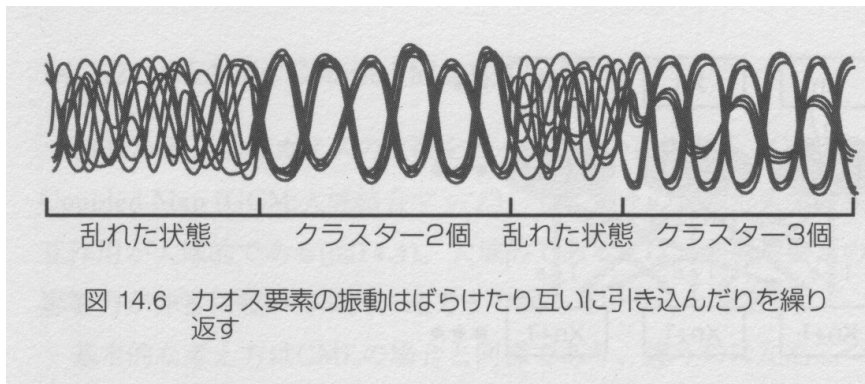


カオス結合系の振舞い(全結合の場合)



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

カオス結合系の振舞いのイメージ



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

カオスの遍歴

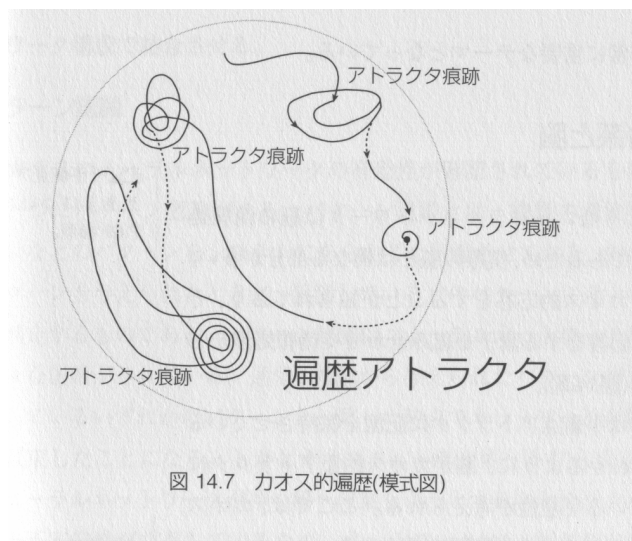
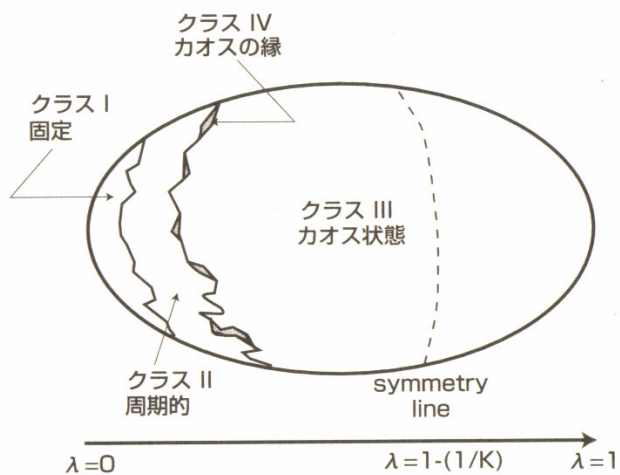


図 14.7 カオスの遍歴(模式図)

図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

カオスの縁(the edge of chaos)

あくまで仮説であり、まだよく知られていないが・・・



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

ネットワークの隠れた法則性

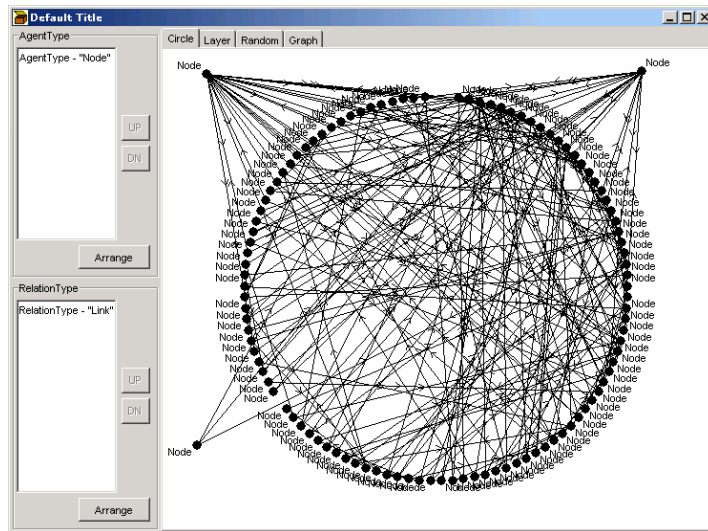
配布資料

■ 『新ネットワーク思考—世界のしくみを読み解く』（アルバート・ラズロ・バラバシ, NHK出版, 2002）

■ P.25～p.33

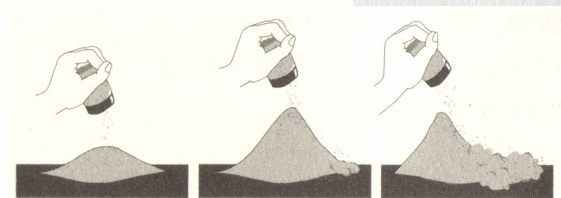
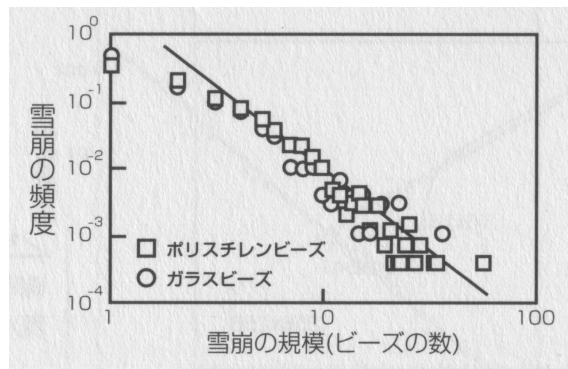
■ P.120～129

演習(BESPを用いて)



相互作用するシステム
における隠れた法則性

自己組織的臨界状態: 砂山と雪崩



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

自己組織的臨界状態: 砂山のシミュレーション

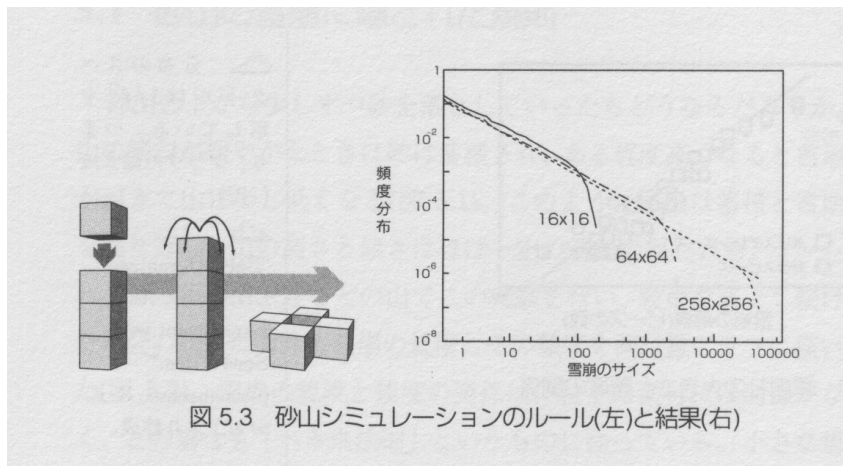
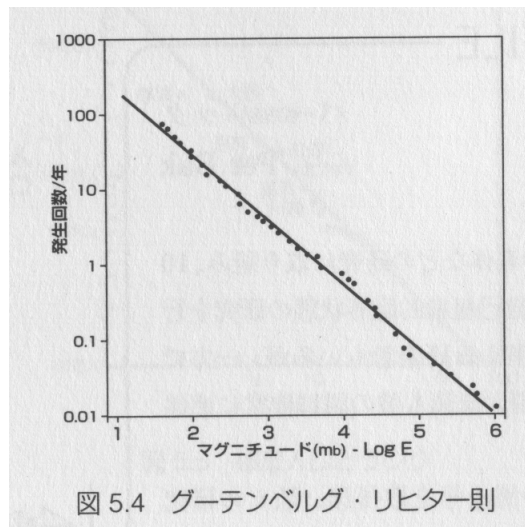


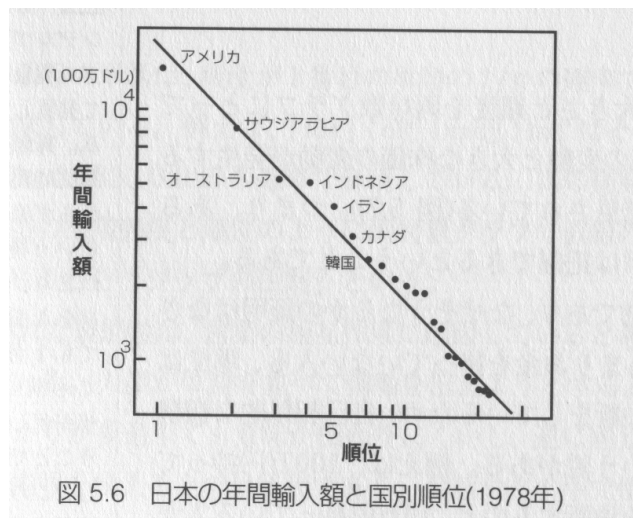
図 5.3 砂山シミュレーションのルール(左)と結果(右)

自己組織的臨界状態:地震



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

自己組織的臨界状態:年間輸入額



図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

自己組織的臨界状態:都市人口

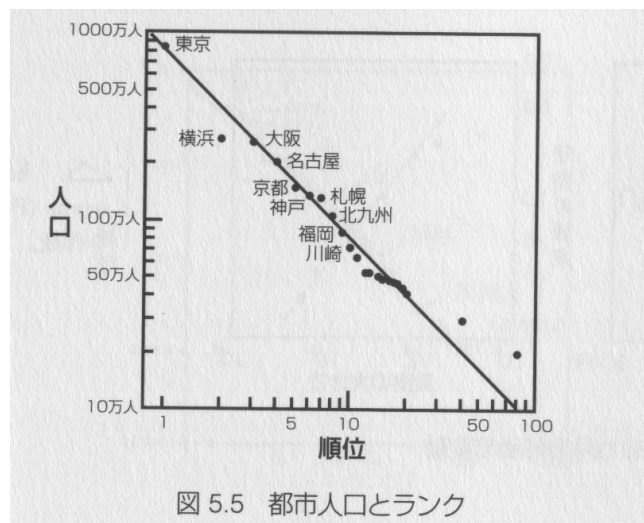


図 5.5 都市人口とランク

図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

自己組織的臨界状態:価格の変動

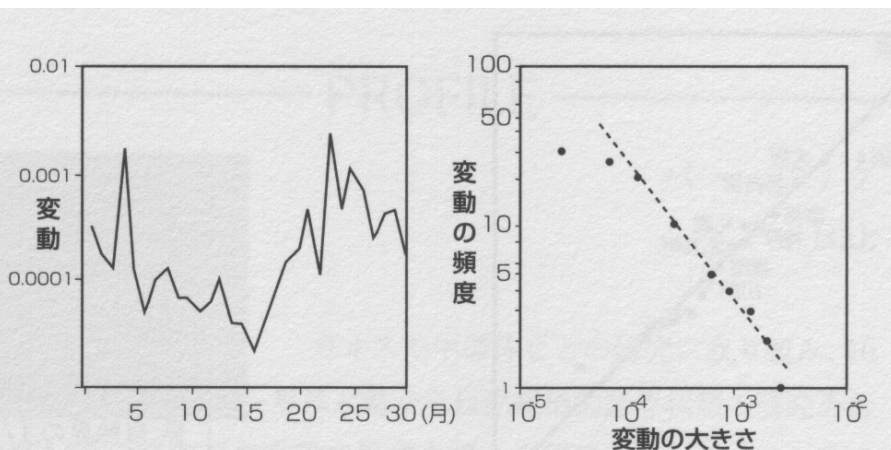
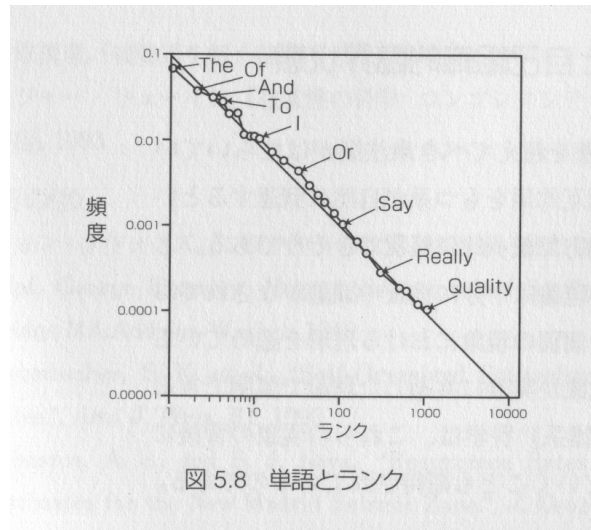


図 5.7 30カ月の綿価の変動

図は、井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

自己組織的臨界状態: 単語の出現頻度



図は、井庭崇、福原義久、『複雑系入門』. NTT出版, 1998 より

今日の話に関連する内容は...



『複雑系入門: 知のフロンティアへの冒険』
(井庭崇, 福原義久, NTT出版, 1998)

・自己組織的臨界状態
・カオス
・カオス結合系

・第1章

『社会シミュレーションの技法: 政治・経済・
社会をめぐる思考技術のフロンティア』
(ナイジェル・ギルバート/クラウス・G・トロ
イチュ, 日本評論社, 2003)



今後の予定

- 第4回 (10/22 水) ← 今日
- 第5回 (10/29 水) シミュレーションによる分析
- 第6回 (11/ 5 水) シミュレーションの作成①
- 第7回 (11/12 水) シミュレーションの作成②

(三田祭休み等)

- 第8回 (12/ 3 水) 対象分析と概念モデルの作成①
- 第9回 (12/10 水) 対象分析と概念モデルの作成②

第4回フィードバックコメント

今日出てきた話題についての再考・感想など。

■ アドレス(宛先)

ハイフン

担当教員および
SA/TA宛て。

simu-staff@sfc.keio.ac.jp

■ サブジェクト(題名)と 本文1行目

0123456,山田花子,FC04

カンマ
(半角)

学籍番号
(半角)

姓名
(全角漢字)

FC
(半角)

何回目の授業か
(半角)

今回は第4回の
授業なので、04

■ 締切

■ 10月25日(土) 23時30分

※CNSのアドレス以外からの提出でもよい。ただし携帯メールは不可。