

カオス・フラクタル 2011 ガイダンス 配布資料

担当：井上 純一 (情報科学研究科棟 8-13)

平成 23 年 4 月 12 日

1. この講義の目標

複雑系研究の代表的なトピックスである「カオス」「フラクタル」の基本的概念を習得する。特に、複雑なシステムを非線形力学系、セル・オートマトン等で計算機上に再現し、そこに現れる複雑な系の挙動・性質がカオスやフラクタルの概念によって特徴付けられることを、2 年次に既習の初等的な C 言語プログラミングを実際に行ってもらうことで学習する。

2. 到達目標

カオス、フラクタルの概念を簡単な系の数値実験 (シミュレーション) 例を通じて習得する。その際、それらの特徴付けるリアプノフ指数、フラクタル次元などの物理量の計算手法のいくつかを学び、実際に計算機上でこれらの系をシミュレートし、特徴量を評価するための数値計算技法もあわせて学習する。また、時間があれば、これらカオス、フラクタルの応用例についても触れたいが、当講義は時間的にみて (半期の全 15 回前後)、カオス・フラクタルの「入門編」ととどまるため、より進んだ内容 (工学的応用例を含む) は大学院情報科学研究科複合情報学専攻において開講されるであろういくつかの講義・演習等で学ぶことになる (例えば、混沌系工学特論)。

※ なお、当講義で学んだ内容を定着させるために、後期に開講される「情報工学演習 II」では、カオス・フラクタルに関連する、ある程度まとまった計算機実験をしてもらう。

3. 対象学生

工学部情報工学コース 3 年生 (必修科目)。 ※ 基本的にどなたの受講も歓迎です。

4. 授業計画

大まかに言って当講義は I. カオス編, II. フラクタル編の 2 つのパートに分かれる。

I. カオス編

- (1) 初等力学 (物理学 I) の復習, 運動方程式 (微分方程式) の解析的解法, 数値的解法
- (2) 非線形項の入った運動方程式の数値的解法, 写像力学系 (ロジスティック写像など)
- (3) カオスの特徴付け (リ・ヨークの定理, リアプノフ指数, 位相エントロピーなど)
- (4) 位相空間, 奇妙なアトラクタ, リアプノフ指数計算, 高次元データの低次元への埋め込み
- (5) カオス応用 (時間があれば (多分, ない.), カオス・ニューラルネットを用いた最適化など)

II. フラクタル編

- (1) 自然界に現れる様々なフラクタル図形と非フラクタル図形 (「特徴的な長さ」の有無, 「スケール・フリー性」について)
- (2) 確定的なルールで作られるフラクタル図形 (コッホ曲線, シェルピンスキーガスケット)
- (3) 確率的なルールで作られるフラクタル図形 (セル・オートマトン, 菌糸成長など)
- (4) 複素力学系とフラクタル (ジュリア集合など)

- (5) フラクタル次元とその数値計算法 (ボックスカウント次元など)
 - (6) カオスとの関係について
 - (7) フラクタル応用 (時間があれば (多分, ない.), 情報圧縮など)
- 以上を各項目 1-2 回程度で行う.

5. 成績の付け方

各回に簡単なレポートを出す. 全てのレポートの内容で成績をつける. レポートの提出状況などは逐次, 学籍番号にて講義ホームページに掲示し, 各自がチェック可能にしておく. 各先生からの成績の平均をとって総合成績とする.

6. 講義の進め方

毎回配布の講義ノートに沿って授業を進める. それに基づき (スライド/板書で) 解説する.

7. 注意事項

初等力学 (物理学 I) の内容, 常微分方程式, 確率・統計の基本的な考え方, 複素数などを良く復習しておくこと. また, 当講義ではシミュレーションを介して直観的にカオス・フラクタルを理解してもらうために, 計算機によるプログラミングを頻繁に行ってもらおう. また, 毎週のレポート課題もその手の問題を出します. このため, 当講義を受講する前に 2 年次に履修したであろう「計算機プログラミング I,II および同演習」で学んだプログラミング技法を各自が思い出し, 基本的事項を十分に復習しておくこと. 当講義内で別途に C 言語プログラミングの復習のための時間を確保することは難しいですから, 忘れている場合, 講義そのものについていけない可能性があります. ご注意ください.

8. 担当教員の連絡先

電話 : 011-706-7225

電子メール : j_inoue@complex.ist.hokudai.ac.jp

講義ホームページ:

http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/ChaosFractal2011/ChaosFractal2011.html



図 1: 米フォートワース・ストックヤード (平成 23 年 3 月). 担当者撮影.