

## 数理生物学サマーレクチャーコース シラバス

### ダイナミカルシステムによる数理モデル：

柴田達夫（理化学研究所 CDB）

藤本仰一（大阪大学）

#### Course Objectives

Hodgkin-Huxley モデルの古典からわかるように、細胞や組織における反応のキネティクスは微分方程式などのダイナミカルシステム（動力学系）で表わすことができる。ダイナミカルシステムは、ある時刻の状態にもとづいて次の時刻の状態を決めるための時間発展のルールである。近年の実験技術や情報技術の発展で、細胞や組織のふるまいをより定量的に、網羅的に計測することが可能になってきた。それにつれてダイナミカルシステムの考え方がますます重要になってきた。このレクチャーでは、遺伝子ネットワークやシグナル伝達系のキネティクスを微分方程式によって記述する方法の解説をする。さらに、微分方程式のふるまいを数理的に解析することによって、複数の要素が協調的に働いて機能が発現することを解説する。

#### Course Schedule

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 1

- モデルで生命現象にアプローチする（柴田）
- 反応のキネティクスを微分方程式で表わす（藤本）
  - 生命システム：酵素反応、転写・翻訳
  - ダイナミカルシステム：ヒルの式

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 2

- 反応のキネティクスをダイナミカルシステムで理解する（柴田）
  - 生命システム：トグルスイッチ
  - ダイナミカルシステム：初期条件、定常状態、双安定性、安定性、ヌルクライン、分岐、ヒステリシス、

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 3

- 正・負のフィードバック（藤本）
  - 生命システム：positive-autoregulation、negative-autoregulation、トグルスイッチ、リプッレーシレータ
  - ダイナミカルシステム：フィードバックの正負の判定法、リミットサイクル振動子、興奮性、不安定性

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 4

- 多細胞システムのダイナミクス（藤本）
  - 生命システム：体節形成、概日周期
  - ダイナミカルシステム：位相モデル、引き込み

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 5

- 拡散現象（柴田）
  - 生命システム：濃度勾配、拡散の計測
  - ダイナミカルシステム：ブラウン運動、平均 2 乗変位、Fick の法則、拡散方程式、境界条件

##### ダイナミカルシステムによる数理 モデル 6

- 実際の研究にダイナミカルシステムの考え方を活かす〔柴田〕

## シミュレーションの基礎：反応拡散を使い倒す

三浦岳（京都大学）

### Course Objectives

生命のパターン形成現象をモデル化する際によく用いられる枠組に反応拡散系がある。これは、ある分子がその場で相互作用をしながら受動的に拡散する、というだけの抽象的なモデルだが、非常に多様なダイナミクスを共通の枠組みから出すことができる。本レクチャーでは、この反応拡散系を生命のパターン形成現象にどのように応用するか、発生生物学と数理の両方向から解説する。

### Course Schedule

1. Art of toy model: 複雑な現象から原理を見抜く
2. 反応拡散系とは: 高校数学でどこまでわかるか?
3. 数値計算: 面倒なことは機械にやらせる
4. 数理解析: 紙と鉛筆の効用
5. Gradient model: 量を見積もる
6. Turing パターンとその周辺: 縞模様のできかた
7. Phase field model: 枝分れの作り方

## データとモデリング：変形と情報

森下喜弘（理化学研究所 CDB）

### Course Objective

ダイナミックな組織変形とそれに並行して起こる空間パターンニングは器官発生時の中心的イベントである。このレクチャーではそれらを扱うための数理的基礎を説明し、実際にデータを見たときにどう応用できるかを紹介する。

### Course Schedule

1. 組織変形の数理  
(1次元変形の方程式導出、一様成長、2次元変形の方程式導出、テンソル、データ解析)
2. ゆらぎ、情報、推定  
(情報コーディング、最尤推定、ベイズ推定、データ解析)

# イメージングと数理解析

大浪修一（理化学研究所 QBiC）

## Course Objective

顕微鏡動画からの細胞動態の定量化は、数理モデルを使った仮説の検証や統計解析を使った法則性の導出など、細胞動態の定量的解析の様々な場面で必須の技術である。本レクチャーでは、画像処理の基礎から、それをどのように細胞動態の数理解析に応用するかを解説する。

## Course Schedule

1. 画像処理の基礎
2. 細胞動態の数理モデル
3. 細胞動態の特徴・法則性