

澤井 哲

東京大学大学院総合文化研究科
教授

細胞動態スペクトラムから紐解く多細胞秩序の創発規則

§ 1. 研究成果の概要

生体内の様々な組織の形成は、一見多様で複雑だが、その基本となる組織変形は、いくつかの類型となる細胞変形と細胞の配置換えを、手を変え、品を変え、使うことで実現していると考えられる。本研究では、細胞の代表的な変形と運動の類型を定量的に特徴づけ、数理的に表現することで、細胞と集団の運動の関係をより統一的に理解することを目指している。初年度となる本年度の研究では、単独細胞の形状を大きく左右する細胞外環境を微小空間上で操作するための要素的手法の開発、アクチンなどの細胞内骨格系とその調節動態を可視化しながら、細胞型を顕微鏡下で同時識別するための遺伝的改変、3次元で高解像度で時間変化追跡する顕微鏡画像取得など、次年度から必要となる材料、手法の開発が進んだ。また、理論面では、単独細胞の変形を数理的に表現する手法を中心に開発した。多細胞組織のこれまでの数理的表現では、上皮細胞で見られるような強くひっぱられた直線的な境界に対しては有効であったが、細胞間の配置がゆらぐ細胞にみられるような、より大きな曲面的変形を3次元的に扱う仕組みは不十分であった。こうした自由な変形を示す細胞膜の力学的性質と、膜状の化学反応過程を連立させて数理的に表現することが可能となった。さらに、同様の手法を多細胞に拡張することは、これまで、その膨大な計算量から困難と考えられてきたが、計算手法を改良することで、2次元系でその実現に大きな進展がみられた。さらに、より多くの細胞の集団を連続的に近似した際の定式化を進め、理論的な枠組みの構築を進めている。こうした理論と数理シミュレーションは、実際の細胞の振る舞いをただ再現するというだけでなく、今後の実験測定で注目すべき、細胞動態の特徴や、計測すべき量についての知見を与えることが期待される。

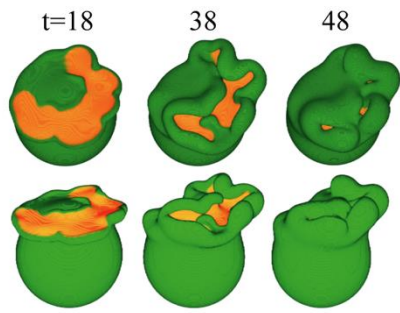


図. フェイズフィールド (PF) 法を用いた一細胞の動きの数理モデルシミュレーション。赤色部分は、アクチンの活性部を表す。

§ 2. 研究実施体制

(1) ダイナミクス計測(澤井)グループ

- ① 研究代表者: 澤井 哲 (東京大学大学院総合文化研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・ 動態計測システム開発
 - ・ 細胞・細胞集団動態計測
 - ・ 生体組織動態計測

(2) 理論・数理統計(石原)グループ

- ① 主たる共同研究者: 石原 秀至 (東京大学大学院総合文化研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・ 細胞変形・運動の状態遷移の統計学習手法の開発
 - ・ 数理モデルの開発とデータ同化