

<科目名>アドバンスト理科 IIIα

<担当教員名>

柳澤 実穂

<講義題目>

物理学による生命の記述 (アドバンスト理科)

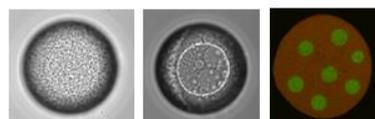


【授業の目標・概要】

「生命の神秘」を見たとき、それを物理学で説明できたならば、その「神秘さ」は失われてしまうでしょうか。あるいは、「物質の神秘さ」をもたらすでしょうか。皆さんの答えがそのどちらであったとしても、生命現象の根底には数多くの物理法則が存在しています。例えば、細胞運動ではタンパク質溶液の液体-固体相転移（ゾルーゲル相転移）やタンパク質の反応拡散波が鍵となっています。また近年、細胞内ではタンパク質や核酸が会合し、膜を持たないオルガネラとして機能することが分かってきました（図）。相分離と呼ばれるこの現象の原理は、ドレッシングにみられる水と油の分離と同じものです。しかし、理論的に記述できる試験管中での相分離や相転移と細胞内での振る舞いには違いがあり、説明できない点も多く存在します。こうした溝を埋めるべく、生物学と物理学が協力して研究を展開してきています。本講義では、物理学で説明できる（はずの）物質と生物の境界を明確化することで、現在の物理学で説明できる「物質の神秘さ」や説明できない「生命の神秘さ」を味わうことを目指します。そのため、物理学は得意ではないけれど好きな生物学を極めたい、あるいは、生物学は得意ではないけれど物理学を極めたい、という方を歓迎します。



試験管中でのタンパク質溶液の相分離
(マクロに分離する)



細胞モデル中でのタンパク質溶液の相分離
(マクロに分離しない)

図:タンパク質溶液の相分離

【講義の内容】

本講義の前半では、ソフトという力学的性質の定義から、従来の気体・液体・個体とは異なるソフトマター全般の力学的性質について理解します。その後、生物細胞を題材に力学や熱力学、統計力学の知識を総動員しながら、生命を特徴付ける「生物の形、物質の移送、運動」といった現象について物理的に表現します。さらに状況が許せば、物質である人工細胞と生細胞を実際に観察したり、マイクロキャピラリーと呼ばれる非常に細いガラス管を操作して直接操作したりすることによる、生物らしさの体験も行います。

1. ガイダンス：生命の物理学
2. 細胞膜の力学：基礎知識（1）分子から分子集合体へ
3. 細胞膜の力学：基礎知識（2）幾何学的変化
4. 細胞膜の力学：細胞の形の記述
5. 細胞内の分子運動：基礎知識（1）分子拡散から流体へ
6. 細胞内の分子運動：基礎知識（2）非平衡下での分子拡散
7. 細胞内の分子運動：分子輸送と生体活性
8. 細胞内の構造転移：基礎知識（1）相分離
9. 細胞内の構造転移：基礎知識（2）相転移
10. 細胞内の構造転移：細胞の変形と運動
11. ソフトマター物理学による細胞の再現：人工細胞
12. 生命と非生命の境界：非平衡定常系

【授業形式】

授業前までに、予め録画された講義動画を視聴し、オンライン授業時間中にその内容に関する質疑や学生間での議論・発表を行う**反転授業**形式を実施します。また、議論や講義に関する情報のやりとりのために、Slackも併用しており、選抜試験後に登録します。

【授業ガイダンス】

受講者数を20名程度に制限するため、ガイダンス時に生物学と物理学の複合領域に関する学習意欲に関する調査を行います。その結果から、4日以内に、第2回以降の受講対象者の学生証番号をホームページとシラバスにて発表します。

【履修者へのメッセージ】

複雑な生命現象や、細胞を構成する柔らかな材料系（ソフトマター）にも、一貫性を追求する物理学的な面白さがあること、またその逆に、物理学において古くから知られていた相分離現象が生命維持においても鍵となる等、物理学を知ることによって新たな生命科学への視点を得られることを、知って頂きたいです。

【参考情報】

研究室 HP：<https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/yanagisawa-lab/>

講義内容は、”Lecture“のページへ