

# 全学自由 ゼミナール

## 生命の 普遍原理に迫る 研究体験ゼミ

生物普遍性連携研究機構は、東京大学学部前期課程において全学自由ゼミナール「生命の普遍原理に迫る研究体験ゼミ」を開講しています。このゼミは、学部1,2年生むけに、通常の学生実験や授業とは異なる、最先端の科学研究の現場を体験する機会を提供することを目的としています。駒場、本郷、柏の研究室に数名ずつ配属され、指導教官のもとで各テーマに沿った実験、演習、輪読などを行います。

また、実習の成果について合同報告会で発表を行います。



## EXPERIENCE

受講者による体験記



医学部医学科3年生  
(理科三類) **北井 朝子さん**

- ・2021年～2022年  
若本祐一研究室で全学ゼミを受講
- ・2023年  
日本細菌学会の総会で口頭発表

私は1年生の春学期から2年間、生命の普遍原理に迫る研究体験ゼミを履修しました。大学では高校生とは異なる新たな視点で生物学を学びたいと考えていたところ、このゼミに出会い、若本研究室にお世話になりました。

1年生の春学期は遺伝子発現のゆらぎと適応について、歴史的な論文を追いながら紹介していただき、それをもとに議論を進めていきました。コロナ禍の中、学生一人に対して先生が二人つくという贅沢な環境で、一つ分野の発展を追い、理解を深めることができました。

特にゼミの最初に紹介された論文で、同じ遺伝子配列をもち、同じ環境で培養しているにも関わらず、遺伝子発現のノイズによって蛍光が大きく異なる大腸菌を見た時の衝撃は今でも鮮明に覚えています。

1年生の夏からはその中でも、遺伝子発現の振幅方向と、時間軸方向におけるゆらぎと薬剤耐性の関係を調べるため、実験を始めました。特任助教の梅谷さんに連日指導をいただき、他のラボの方々にも相談に乗っていただきながら進めていくことができました。数理モデルを元にした仮説と異なる結果が出るたびに解釈について議論が盛り上がる時間はとても楽しく、生物研究における理論と実験の重要性を学びました。

2年生の終わりには日本細菌学会での発表の機会をいただきました。研究をまとめることの難しさを知るとともに、研究者の方々の議論を通じて、僅かながらも2年間の成長を感じました。

これらの過程の中で、ラボの皆さんが持つ、一つ一つの具体的な研究を貫くような一人の研究者としての思考や、理論に触れることができました。研究の道を志す私にとって、この気づきを大学前期課程で得られたことは非常に幸運なことでした。

医学部進学後、現在もこの経験を糧にUBIの細胞生物学教室で遺伝子発現ゆらぎについて研究を続けています。生命らしさの一つであるゆらぎの研究を通じて、生命とは何なのか、考え続けていきたいです。



理学部物理学科4年生  
(理科一類) **星野 真宏さん**

- ・2021年  
伊藤創祐研究室で全学ゼミを受講
- ・2022年  
Physical Review Researchに論文が掲載  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.5.023127>

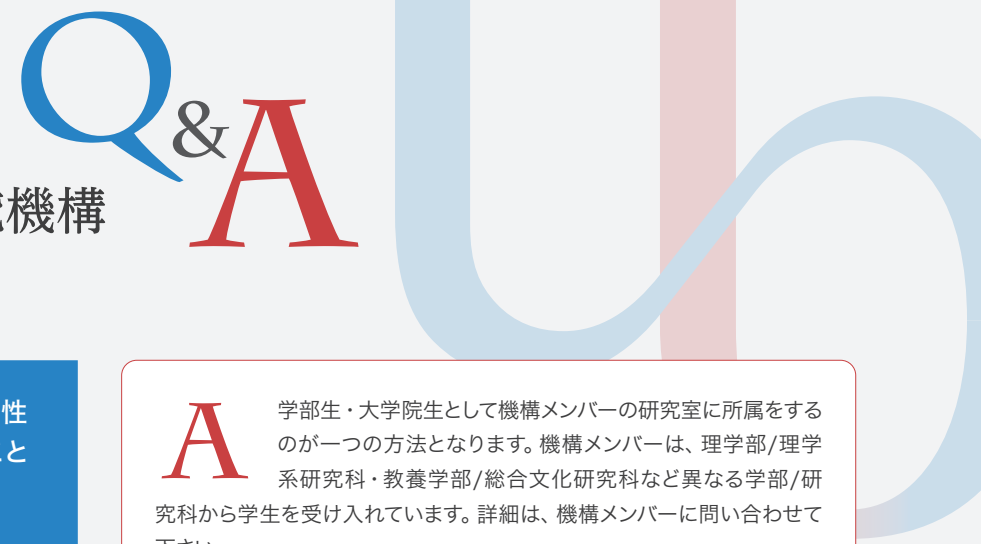
- ・2022年  
日本物理学会の  
年次大会で  
口頭発表

私は全学ゼミ生として伊藤研究室に配属され、生物の個体数の時間変動を定量的に理解するというテーマで研究をしていました。この研究は個体数の時間変動を記述する数理モデルに対して物理学の視点でアプローチし、生物の進化速度について何か一般的なことが言えないかを探る研究でした。その結果、私たちは生物の進化速度には普遍的な上限があってその上限が成長と変異の競合によって決定されるということを発見しました。

私は全学ゼミ生として2年生の1年間、そして上で述べた研究結果をまとめた論文を出版するまでに1年半程度伊藤研究室でお世話になりました。まず配属されてからしばらくは周辺知識の勉強や数値計算による確認などが主な活動内容でした。2年生なので通常の授業もありましたが、両立することにはなんの問題もありませんでした。2年生の後半からは手を動かして計算をしてみたり、先生や大学院生の方と議論をしてみたり、新しい結果を出すためにあれこれと試行錯誤をしていました。試行錯誤の末、なんとか結果を出すことができ、その春日本物理学会にて口頭発表をすることができました。しかし大変なのはここからで、結果を論文にまとめて学術雑誌に出版するまでには多くのチャレンジが待っていました。何度も文章や数式を繰り返し直し、編集者や査読者とやりとりをした末、ようやく4年生の夏ごろに国際学術誌に論文を出版することができました。サポートしていただいた先生や大学院生の方には大変感謝しております。

全学ゼミを通して多くの学びがありましたが、中でも「自分の手を動かして初めて新しいことがわかってくる」というのが大きな学びでした。それまで授業や教科書から受動的に知識を吸収していただけだった私にとって、自分の手を動かして一つの問題を深く考えることは初めての経験でした。成果が出せて、論文出版の過程を体験できたことは大きなアドバンテージではありますが、それ以上に重要なのが「研究とはこういうことか」というヒントを得られたことかもしれません。全学ゼミでの貴重な経験を糧に、今後も研究者として精進したいと思います。

## 生物普遍性連携研究機構



どのようにして生物普遍性  
連携研究機構に加わるこ  
ができるのでしょうか？

**A** 学部生・大学院生として機構メンバーの研究室に所属するのが一つの方法となります。機構メンバーは、理学部/理学系研究科・教養学部/総合文化研究科など異なる学部/研究科から学生を受け入れています。詳細は、機構メンバーに問い合わせて下さい。

また学部の1・2年生を対象として、機構メンバーによる研究体験型の全学自由ゼミナールを行っています。参加者は機構メンバーの研究室に配属され、学問分野の垣根を越えた、分野横断的な科学研究に触れながら、基本的な実験技術やデータ解析手法を学習したり、数理演習や計算機実習を通じて理論研究の基礎を学ぶことができます。未知の分野にチャレンジし、将来的に自ら新しい分野を開拓していこうと思う意欲的かつ野心的な学生を歓迎します。



生物普遍性連携研究機構は  
どのような活動を行っている  
のでしょうか？

**A** 定期的に機構メンバーらが集まり、研究の進捗や方向性を議論するミーティングを開催しています。研究室や分野を超えた、融合研究の様々なプロジェクトが進行しています。

## ホームページのご紹介

東京大学 大学院理学系研究科附属  
**生物普遍性研究機構**

UBIメンバーの研究業績や関連する  
セミナー情報が掲載されています。

<https://park.itc.u-tokyo.ac.jp/UBI/>



東京大学 大学院総合文化研究科附属  
**複雑系生命システム研究センター**

関連する分野の特徴を知るためのおす  
めの本や、履修案内が掲載されています。

<https://rcis.c.u-tokyo.ac.jp/>



東京大学 生物普遍性連携研究機構

〒113-0033 東京都文京区本郷7丁目3番1号  
東京大学理学部1号館 413号室 生物普遍性研究機構事務室

email [secretary@ubi.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:secretary@ubi.s.u-tokyo.ac.jp)

生  
き  
て  
い  
る  
状  
態  
と  
は  
何  
か



東京大学  
生物普遍性連携研究機構

Universal Biology Institute  
The University of Tokyo





# 東京大学 生物普遍性 連携研究機構

Universal Biology Institute  
The University of Tokyo

## MESSAGE

### 機構長メッセージ

「生命とは何か?」という素朴な問いは、子供から研究者までの多くの人を惹きつける、根源的な問いであり続けています。実験技術の発展により、地球上の生物を構成する要素の多くが同定され、それらがどのような振る舞いをするかについて膨大なデータを得ている現在でも、それらによって維持される「生きている状態」とは何かを理解しているとは言い難いのが現状です。

近年、こうした生命の本質に関する議論は、より具体的な問いとして我々に迫ってきています。土星の衛星や火星など地球外天体の探査が進むことにより、そこで「増殖している何か」が見出されるかもしれません。あるいは、既知の化学成分をうまく混ぜ合わせることで、進化能を持つような人工複製系が構成されるかもしれません。この10年の間にそうした発見があっても不思議ではない状況ですが、そのときに我々はどのようにして生命とそうでないものを見分け、その境界が何であるかを理解することが出来るのでしょうか?

こうした問いに適切に答えるためには、地球上の生物だけを詳細に調べるだけでは限界があるでしょう。地球外生物から人工生物までを含む様々な「生きている状態」を理解するためには、物質などの細部に依存しない、生命というシステムが持つ普遍的な性質を理解する必要があるはずです。生命システムは、①多様な構成要素からなり、②安定に自己を複製する能力を持ち、③適応や進化の現象に見られるような可塑性を持つ、という状態として捉えることが出来るかもしれません。では、こうしたシステムを支配する状態方程式は存在するのでしょうか?その状態方程式は、どのような理論体型によって捉えることができるのでしょうか?

生物普遍性連携研究機構長

古澤力



## Mission

ミッション

あらゆる生物に共通する普遍的な法則とメカニズムを解明することは、生命科学における究極の目標の一つです。世界的に生命科学分野の定量化・理論化の潮流が進むなか、生物を理解するための指導原理として、生命システムの普遍的性質を明らかにする研究の必要性は益々高まっています。この問題に対して、東京大学の理論的生物学と定量的生命実験科学の研究グループを結集することで、世界初の生物普遍性連携研究機構を立ち上げました。

生命現象に対して、数理と物理を用いて定量的・理論的な研究を行っている研究者は、本学では理学系研究科と総合文化研究科を始めとして、医学系、工学系など多くの部局に分散しています。そこで、この2部局が中心となり研究者を結集し、30名超の研究者が生物普遍性の解明に携わる世界的研究教育拠点を構築することとなりました。学内のキャンパスを超えた連携のみならず、国内外の関係研究機関との連携研究体制を整備し、理論と実験の緊密な協力による数理生命研究を推進し、先導的成果を創出します。本機構が目指す生命の普遍的な法則とメカニズムの解明は、万能細胞や幹細胞における分化の可逆性／非可逆性の制御機構の解明、発生や再生におけるジェネティクス／エピジェネティクス、細胞動力学と集団的挙動の解明、さらにはこれらの原理に基づく人工的な細胞の合成など、社会的にも要請が高い展開を考えると出来ます。

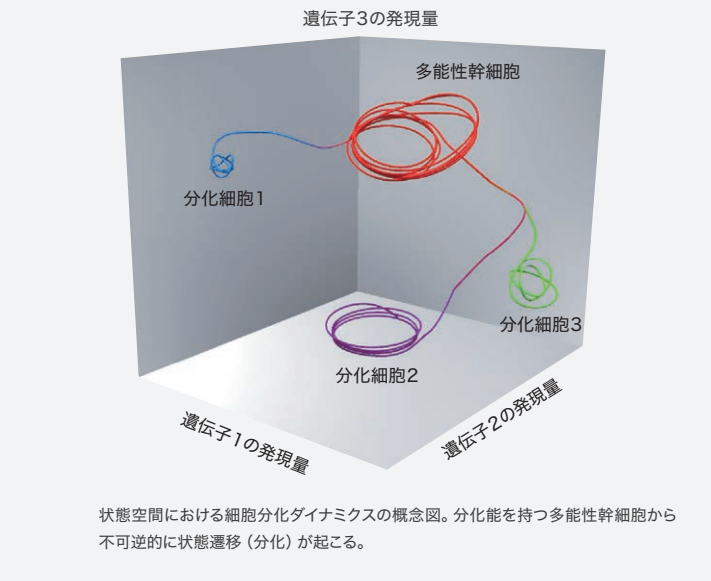
また、このような多様な分野を融合した学術領域では、若い世代が活躍することが大いに期待されます。生物普遍性連携研究機構では、大学1年生から参加できる研究体験ゼミから始め、大学院までの一貫した教育を行い、生物・数理・物理を俯瞰できる人材の育成を進めてきました。設立当時、学生だった人たちが今ではこの新しい学術領域を背負う研究者として成長していることを頼もしく思います。若い皆様も是非、共に生命の普遍的な法則の解明という大きな目標に挑みましょう。

また教育面では、東京大学の駒場・本郷・柏の3つのキャンパスの垣根を越えた連携により、学部前期課程・後期課程・大学院を通じて、生物と数理、物理を俯瞰できる全学的な導入教育の強化などを目指します。学部の枠を超えて学部・大学院教育の一体性を強める総合的教育システム改革を行い、全学の豊富な人材と資源の活用に資するとともに、理論と実践を高いレベルでバランスできる将来のイノベーションを牽引する高度専門人材の育成に寄与することで東京大学の機能強化につなげることを目指しています。

UNIVERSAL  
BIOLOGY  
INSTITUTE  
The University of Tokyo

# 解る 理論部門

「生命とは何か」という根源的な問いに立ち向かうためには、「生きている状態」と「生きていない状態」の違いを解ることが必要になります。では、膨大な数の分子から構成される生物システムの何処を見れば、その生きているという状態を切り出せるでしょうか?ゆらぎや環境変動に対する安定性(ホメオスタシス)と、様々な状態間をダイナミックに辿ることができる可塑性の両立は、生物システムが持つ普遍的な性質ですが、それはどのようなメカニズムによって出現するのでしょうか?実験技術の進展は、生物システムの様々な量を定量的に測ることを可能とし、またその機能を部分的に創りだしています。本部門では、そうした実験データを統合しつつ、生きている状態とその安定性・可塑性を記述する状態量を明らかにし、それに基づいた動的状態論の構築を目指しています。



古澤 力 (<http://www.furusawa-lab.ubi.s.u-tokyo.ac.jp/>)  
伊藤 創祐 (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/itogroup/lab/>)  
石原 秀至 (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/ishihara-ken/>)  
池田 昌司 (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/ikedagroup/>)

# 創る

## 構成部門

“What I cannot create, I do not understand” というフィッマンの言葉がありますが、「創る」ことは我々の理解を試す最も効果的な手段の一つです。のみならず、生物のような複雑系の解析では、第一原理からの演繹的解析は多くの場合困難で、合成的解析 (analysis - by-synthesis) すなわち「創って解析する」アプローチが有効となります。また、地球上の生物という特殊例の解析から得られた結果の普遍性を検証するためには、「創る」ことが唯一の可能な手段となるでしょう。この観点に立ち、本部門では、応用のためではなく、理解を深め・検証する方法論として、計測・理論など他部門と密接な連携の下に細胞機能・生命現象、さらには細胞それ自体の再構成を目指しています。

菅 裕明 (<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/bioorg/member/Suga.html>)  
野地 博行 (<http://www.nojilab.t.u-tokyo.ac.jp/>)  
豊田 太郎 ([http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/toyota\\_lab/](http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/toyota_lab/))  
竹内 昌治 (<http://www.hybrid.iis.u-tokyo.ac.jp/>)  
市橋 伯一 ([http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/ichihashi\\_lab/index.html](http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/ichihashi_lab/index.html))  
柳澤 実穂 (<https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/yanagisawa-lab/>)  
田端 和仁 (<http://ut7.t.u-tokyo.ac.jp/profile/tabata/>)  
山東 信介 (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/sandolab/index.html>)

# 辿る

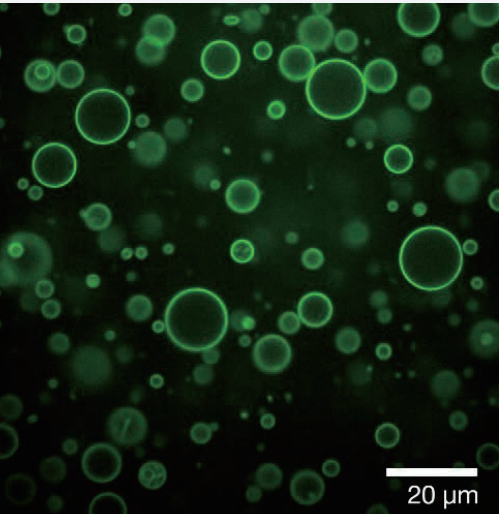
## 動態部門

生物は多様な環境にさらされながら、代謝や集団化によって周りの環境を積極的に変えたり、別の環境へ移動したりと、時間と空間を自在に「辿り」ながら、複雑な生命システムとしての営みを発展させてきています。単細胞に見られる確率性と規則性が入り混じったような動き、変形、極性、分裂から、集団的な振る舞いへの自己組織的な遷移、発生に見られる3次元的な形態形成に至るまで、生物が示す階層を超えた時空間的な秩序形成には、分子や生物種を超えた共通のロジックが働いています。生物普遍性機構では、物理面と機能面の双方がいかなる形で相まって、細胞や多細胞組織のように複雑なシステムが形づくられてきたか、その背後にある共通の法則性を理解することを目指しています。理論、計測、構成、情報統計の4部門が普遍性機構の縦糸であるとなると、進化発生部門は他部門で培われた手法を総動員して発展させ、有機的に結び付けられる構造です。

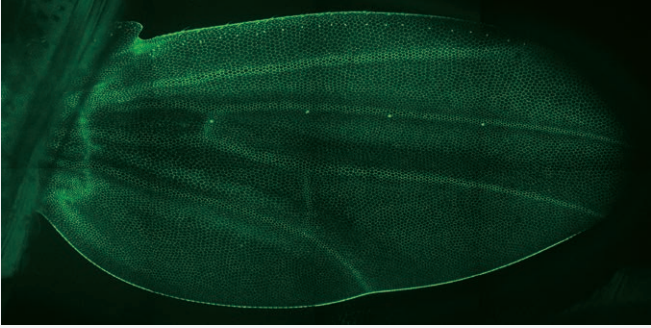
# 測る 計測部門

近代生物学は、「測る」ことから始まったと言っても過言ではありません。DNAやタンパク質のX線回折像を元に構造を決定する際にも「距離や強度を測る」ことが基本となります。また、酵素の反応速度を測ることで、酵素機能を定量的に理解できます。近年進歩の著しい分子や細胞のイメージングの分野においても、光強度、色、距離を測ることからさまざまな分子機能・細胞機能が明らかとなっています。現代においては、測ることがますます重要となっています。この観点に立ち、生物普遍性機構では、分子・細胞・個体を用いた高解像度測定や観察、大量のデータ解析、多種の量の測定、新しい測定法の開発の研究を行い、生命全体・細胞全体の構造や機能を定量的に理解することを目指しています。

岡田 康志 (<http://www.qbic.riken.jp/japanese/research/outline/lab-07.html>)  
樋口 秀男 (<http://nanobio.phys.s.u-tokyo.ac.jp/higuchipro/>)  
上田 泰己 (<http://webpark1645.sakura.ne.jp/>)  
船津 高志 (<http://www.f.u-tokyo.ac.jp/~funatsu/>)  
杉村 薫 (<http://www.koolau.info/>)  
佐藤 守俊 ([http://satolab.c.u-tokyo.ac.jp/SATO\\_Lab2/Home.html](http://satolab.c.u-tokyo.ac.jp/SATO_Lab2/Home.html))  
若本 祐一 ([http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/wakamoto-lab/index\\_j.html](http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/wakamoto-lab/index_j.html))  
矢島 潤一郎 ([http://bio.c.u-tokyo.ac.jp/lab\\_yajima.html](http://bio.c.u-tokyo.ac.jp/lab_yajima.html))  
浦野 泰照 (<http://cbmi.m.u-tokyo.ac.jp/>)  
豊島 有 (<https://www.bs.s.u-tokyo.ac.jp/~toyoshimalab/>)

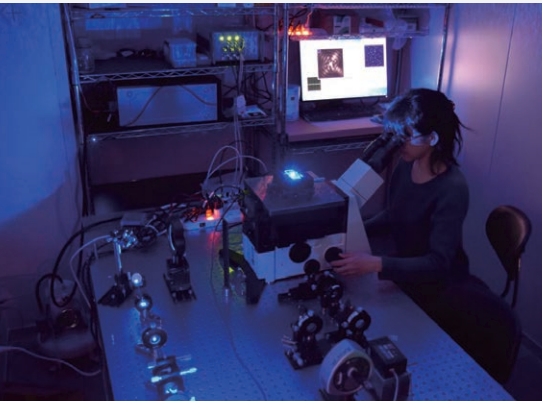


人工細胞 (ジャイアントベシクル) の蛍光顕微鏡像。



細胞間接着因子を蛍光で標識したショウジョウバエ翅上皮の画像

上村 想太郎 (<http://www.biochem.s.u-tokyo.ac.jp/uemura-lab/uemura/>)  
太田 邦史 (<http://www.ohta-lab.c.u-tokyo.ac.jp/>)  
澤井 哲 (<https://sawailab.c.u-tokyo.ac.jp/wp/>)  
南学 正臣 (<https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/people/people002450.html>)  
晝間 敬 (<https://park.itc.u-tokyo.ac.jp/hiruma/>)



細胞内で動くタンパク質1分子の挙動をリアルタイム計測するための超高速超解像顕微鏡

# 統べる

## 情報部門

物質、エネルギー、力、時間、空間は、物理学を構成する基本概念ですが、生命現象を理解するためには、これに情報の概念を加えることが不可欠です。生命はその起源において、情報を物質に蓄え、それを複製し、書き換える能力を獲得しました。また、マクロレベルでも生物は自ら情報を選び取り、情報を生み出し、環境に働きかけます。このように生命と情報のかかわりは、複数の階層に及んでいます。Maxwellの悪魔のパラドクスに代表される情報とエネルギーの関係、シグナル受容体の情報限界、走行メカニズムと適応、学習と予測、情報のシンボル化、脳と高次情報処理、生命の自発性・自主性など、生命現象のあらゆる階層において情報の意味と役割を明らかにすることは重要となります。単なる物質の集まりからきた生命がどのようにして情報を獲得、生成し、ついには自分自身を考えることができるようになったのか、情報と物質やエネルギーの関係、情報と生命の協奏的な時空間発展、進化ダイナミクスとの関係、自発性獲得のメカニズム、それらに基づく新しい情報制御や学習アルゴリズムなどを研究することが本部門の目的です。

池上 高志 (<http://sacral.c.u-tokyo.ac.jp/>)  
福島 孝治 (<https://hukushimalab.c.u-tokyo.ac.jp/>)  
小林 徹也 (<http://research.crmind.net/>)  
大泉 匡史 (<https://sites.google.com/a/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/oizumi-lab/home>)