

# 東北大学理学部 MAGAZINE



## Contents

### 02 青葉山の面々

阿蘇愛理 助教 (数学専攻)

### 04 研究室訪問

[物理学専攻] 微視的構造物性グループ

[化学専攻] 有機分析化学研究室

### 08 私が東北大学理学部を選んだ理由

小林優作さん (宇宙地球物理学科・地球物理学コース4年)

### 09 INFORMATION

### 10 研究成果発表

小惑星ベヌーの砂に生命を構成する「糖」が存在—  
—アミノ酸、核酸塩基に並ぶ主要な生命材料分子を検出—  
ゾウムシは寄生植物の花形成機構を操作して  
"果実状の虫こぶ"をつくる

### 14 Alumni Voice

齋藤晟さん (教育系出版社)

### 15 大学の授業のハナシ

君たちは宇宙をどう学ぶか？



## 阿蘇愛理 助教

数学専攻。千葉県出身。研究分野は結び目理論。  
最近読んでいる本は、「世界史を変えた植物」(稲垣栄洋 著、PHP 文庫)。



自分が選んだ道を  
信じてみてください

現在、どんな研究をしていますか？

低次元位相幾何学の一分野である結び目理論について研究しています。結び目とは1本の切れ目のないヒモからできる図形で、結び目に対する研究は数学のみならず、DNAやタンパク質の構造における研究や統計力学における相転移現象の研究など、幅広い分野へ応用されています。

結び目理論の研究における重要なテーマとして、結び目の分類問題が挙げられます。あやとりの要領での変形(ライデマイスター移動)で移り合う2つの結び目は同値であるといえます。結び目理論の研究では同値な結び目に対して変わらない量(結び目不変量)を用いることが多く、さまざまな不変量が研究されています。特にアレクサンダー多項式やジョーンズ多項式という、結び目に対して多項式に対応させる不変量がよく知られており、私自身もアレクサンダー多項式を一般化した多項式不変量を用いた研究を行っています。

興味を持ったきっかけは？

高校生の頃は数学よりも物理に興味を持っていましたが、進学した大学のカリキュラムの関係と、大学生の頃に偶然見たテレビ番組で紹介されていた位相幾

何学に惹かれたことから、数学の一分野である位相幾何学の中でも目で見る事ができる、3次元の空間内にある図形を対象にして勉強したいと考えるようになりました。しかし、大学生の頃には結び目自体には特別に興味を持っていただけではなく、大学院進学後に先生から勧められて「Introduction to knot theory」という教科書を読んだことで、少しずつ結び目に興味を持つようになりました。今では図形としての結び目の美しさが好きです。

高校生の皆さんに  
メッセージをお願いします



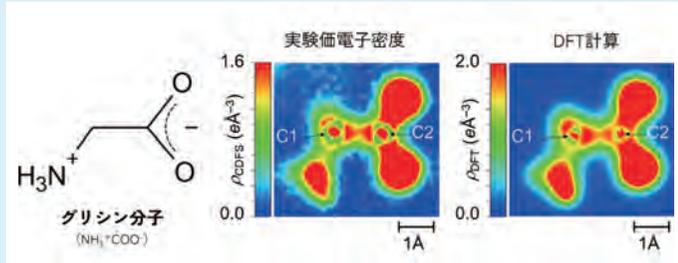
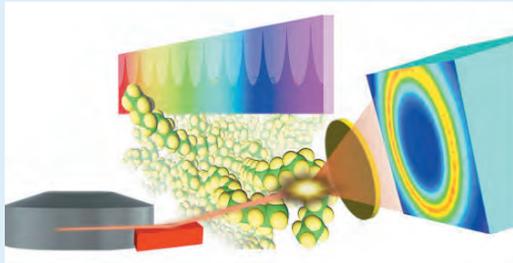
私は数学がやりたくて大学へ進学したわけではなかったのですが、進路に迷い、将来への希望が持てない時期もありましたが、その時々でやりたいと思えることを頑張っていたら、いつの間にか数学を好きになり、実際に今では仕事にしています。皆さんも将来や進路について不安を感じたり、自分の選択が正しいのか悩むことがあるかもしれませんが、本当の結果が出るのはずっと後のことなので、まずは自分が選んだ道を信じてみてください。そして数学を学びたいと思ったら、東北大学の数学科は間違いなく良い環境です。少しでも興味があったら一緒に学んでみませんか？



青葉山の面々はこちらから  
ご覧いただけます。



研究室はこんなところです



齋藤真器名准教授らの研究チームは、0.1ナノ～100ナノ秒の広い時間領域で、原子・分子・ナノ構造体の運動を高精度で測定することが可能な新しい放射光技術を開発した。本研究では、SPring-8にて、放射光から上図に示すような楕円のスペクトル構造をつくり出し、これを用いてゴム中の分子鎖の運動を測定することに成功した。さらに、次世代2次元X線カメラを用いることで、詳細な原子の構造も同時測定可能となり、今後多様な産業材料や生命現象の機構理解が大きく加速することが期待できる。

原武史助教（発表当時 名古屋大学大学院工学研究科大学院生）らの研究チームは、SPring-8でのX線回折・散乱実験と第一原理計算によって、これまで誰も見たことがなかった有機分子の価電子分布を観測し、化学結合の電子状態を可視化することに成功した。複数の原子が化学結合し形成される分子は高校で学ぶ化学などを通じてよく知られているが、研究当時、実空間で実験的に観測された例がなかった。上図は、タンパク質を構成するアミノ酸の一種であるグリシン分子の価電子密度の実験的観測結果（左）と最先端の量子科学計算で得られた結果（右）で、両者が見事に一致していることを確認した。



微視的構造物性グループの日常。左)放射光実験施設での実験の様子。出口さんの場合は一度の出張で3日間程度滞在し、実験を行う。ときには睡眠時間を削りデータを取り続けることもあるそう。中央)広瀬川の芋煮会の様子。このほか季節ごとのイベントとして、新人歓迎会や送別会を開催している。右)実験の進捗報告や結果の考察などを共有したり、意見交換をしながら互いの研究を高めていく。



微視的構造物性グループで保持している回折計を使った実験練習の様子。研究室に配属されると、はじめに回折理論の基礎を学び、実験室の装置で実験練習を行う。大学院に進むと放射光実験施設での実験を年に3回程度行うようになり、ほとんどの学生が国際会議で成果を発表している。

ミクロな視点から、物質の性質を理解する

MESSAGE

この世の中がどのようにできているのか理解したい。豆知識の集積ではなく、少ない、納得できる前提から、全ての事を見通しよく理解したい。そう思っていたら、いつの間にか「原子スケールの構造から物質を考える」研究をしていました。物理の対象は広く、素粒子に興味を持つ人も居ます。私にとっては原子は存在するもの、その内側は気にしない、という前提で満足できました。そこから出発して、より大きな物の振る舞いを理解しようとしています。大きな施設(放射光)で行う小さな研究。化学反応の物理なんか、楽しそうですね。



微視的構造物性グループ  
若林裕助 教授

「高校で習う物理と大学で学ぶ物理は全然違うことを実感しています。大学で学ぶ物理では、教科書には書いていない、理解の範囲を超える現象を目の当たりにすることがあります。物理の道を選ぶ際、特定の分野に絞るよりは視野を広げて検討することをおすすめします。」(出口さん)

微視的構造物性グループ HP  
<https://www.structure.phys.tohoku.ac.jp/>

たが、大学の講義を通じて物性に惹かれ、当研究室への配属を希望した。当グループでは回折実験による物質研究の他、物質の構造や原子運動を解析するための手法開発も行っている。2024年には共同チームで、ナノ秒程度で起こる原子運動を高精度で測定可能にする、新しい放射光技術を開発した。

「物理を研究するための勉強」は大学に入ってからしっかりできます。受験勉強はもうろん大事ですが、それとは別にいろいろなこと、ものに好奇心を持つことで後の研究に繋がったりする可能性もあるかもしれません。」(黛さん)

「高校で習う物理と大学で学ぶ物理は全然違うことを実感しています。大学で学ぶ物理では、教科書には書いていない、理解の範囲を超える現象を目の当たりにすることがあります。物理の道を選ぶ際、特定の分野に絞るよりは視野を広げて検討することをおすすめします。」(出口さん)

微視的構造物性グループでは、物質の構造を詳細に観測し、微小な構造変化をとらえることで、物性の起源を解明することを目指している。研究対象はさまざま、強相関物質や有機半導体、ガラスや高分子材料の動的挙動、薄膜の測定など幅広い。主にX線を使った回折実験を手法としており、ほとんどの実験はKEKの放射光実験施設フロンティアクトリーやSPring-8(兵庫県)にて行う。

案内してくれたのは

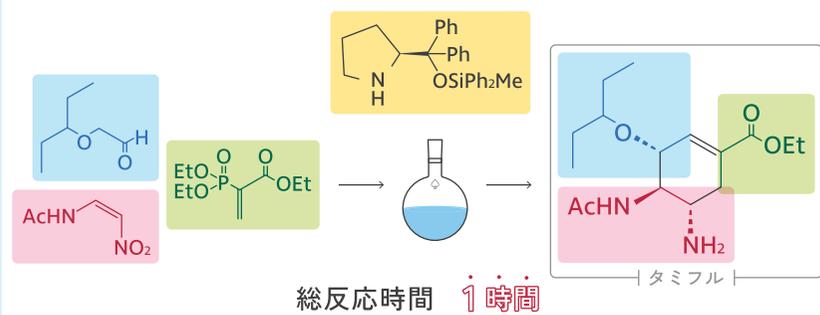


博士課程前期1年  
黛聖哉 さん(右)

博士課程前期2年  
出口智貴 さん(左)

## 研究室はこんなところです

## 林研究室の短時間 One-Pot タミフル合成法



独自に開発した林・ヨルゲンセン触媒を用いることによって、多くの異なる骨格を持つ化合物を非常に高い選択性で合成することができる。林教授らのグループは、この触媒で作った化合物から、重要なインフルエンザ治療薬であるタミフルを効率的に合成することを試みた。当時のタミフルは、八角に含まれるシキミ酸を原料とし、多工程を経て合成されていたが、林教授らのグループが開発した反応は、簡単な原料からひとつの容器内で、わずか1時間で合成を行うことに成功した。



当研究室では、実験以外に芋煮会や紅葉狩り、スポーツイベントへの参加、花見など季節ごとにイベントを行い、リフレッシュを図っている。左は芋煮会、右は化学教室で開催されているスポーツイベントでの様子。

## MESSAGE

「もの作り」は面白い。なかでも、試行錯誤しながらナノの世界で有機分子を組み立てる作業は、格別に楽しい。実験は思いどおりに進まないことが多い。だからこそ、フラスコの中で狙いどりの化合物が生まれた瞬間の喜びは格別だ。しかし時として、予想外の反応や現象に巡り合うことがある。新しい発見が生まれる瞬間である。自然の奥深さに驚き、そして感動する。この感動を味わった学生は、それをもう一度求め、今日も実験に進進する。化学実験に魔物が潜む所以である。ぜひ、その感動を味わってほしい。



有機分析化学研究室  
林 雄二郎 教授

「高校での化学の授業が楽しく、特に有機化学に興味を持ち、化学系に進学しました。大学に入ってから新たに学ぶことは非常に多く、日々実験と解析・考察を繰り返すことは大変ですが、その全てを含めて実験を楽しんでいる人にはハマると思います。」

「研究室には、先輩に相談しやすい環境がある。そして、自分とは異なる反応や合成を行う研究室の先輩や仲間との会話から新たなアイデアが生まれることもあるため、橘さんはコミュニケーションを大事にしているそう。」

「有機化学は、ある程度法則が分かるとパズルのような感覚で反応の考察ができ、その反応を組み合わせて実際に合成できると大きな喜びを感じます。一方、想定と異なる結果が得られたときに、それが思わぬ新発見に繋がることも有機化学の魅力だと思います。」

「有機化学は、ある程度法則が分かるとパズルのような感覚で反応の考察ができ、その反応を組み合わせて実際に合成できると大きな喜びを感じます。一方、想定と異なる結果が得られたときに、それが思わぬ新発見に繋がることも有機化学の魅力だと思います。」

有機分析化学研究室 HP  
<http://www.ykbsc.chem.tohoku.ac.jp/hayashijapan.html>



有機分析化学研究室では、有機触媒を用いた新規不斉反応の開発および、重要な有機化合物や医薬品の短工程合成を行っている。学生のデスクと実験室は同じ空間にあり、実験に集中しやすく、同研究室の仲間と意見交換をすることができる環境だ。

有機反応では、空気に不安定な化合物を扱うこともあり、フラスコ内をアルゴンで満たすために風船を取り付け、試薬は注射器を通じて加える必要がある(画像下)。反応終了後は、比重の異なる2つの液体を用いて、望みの化合物(青色)を一方の液体にのみ溶かす。これを下の管から抽出すると不純物と分離できる(画像上2枚)。

## 触媒・反応開発研究を通じて社会貢献を目指す

私たちの身の回りには、多くの有機化合物がある。プラスチックや衣類、医薬品などは、その代表的な例だ。これらは複雑な構造を有する有機化合物であり、入手容易な単純な分子を出発原料として、何段階にも渡る有機反応を経て人工的に合成されている。

また、複雑な構造を有する分子では、分子式や結合の順序が同一であっても、空間的な配置の違いにより性質が異なる場合がある。特に、鏡に映した像の関係にあり、互いに重ね合わせることができないものは「鏡像異性体」と呼ばれる。有機化学において、鏡像異性体を選択的に作り分けることは極めて重要な課題である。過去には医薬品において、異なる生物活性を示す鏡像異性体が原因となった深刻な健康被害があったからだ。

有機分析化学研究室では、低分子の有機化合物を触媒として用いる「有機触媒」で、この課題に取り組んでいる。有機触媒は、通常触媒として用いられる金属触媒より毒性が低く環境にやさしい触媒だ。そして、研究室の林雄二郎教授が開発した不斉有機触媒は、非常に高い選択性で鏡像異性体を作り分けることができる。橘さんは、従来は多くの反応を必要とした分子の鏡像異性体を、この不斉有機触媒を用いて一段階で構築する手法を開発し、さらにその反応を基盤として、医薬品の合成を目指し研究を進めている。

## 案内してくれたのは



博士課程前期2年  
橘利樹 さん

2026年7月29、30日に開催予定!

オープンキャンパスは、東北大学理学部への進学を希望されている皆さんをはじめ、「大学ってどんなところ?」と興味を持った方に、キャンパスライフを疑似体験していただくイベントです。2026年は7月29、30日に開催予定です。オープンキャンパスに参加して「大学のスケールの大きさ」と「研究の楽しさ」を実感してください。東北大学理学部ではさまざまなプログラムを用意して皆さんをお待ちしています!



2025年度オープンキャンパスの様子。

東北大学理学部  
オープンキャンパス



世界最先端の研究に触れてみませんか?

「ぶらりがく」とは、東北大学理学部・理学研究科が企画・運営している公開講座・キャンパスツアー等の名称です。科学に関するさまざまなトピックを紹介し、普段は入ることができない研究室を見学するイベントも企画しています。また、「ぶらりがく for ハイスクール」は高校生を対象とし、内容を高度化した企画です。オープンキャンパスとは違った角度で、参加高校生に東北大学理学部・理学研究科が推進している最先端の理学研究について深く触れてもら

います。北は北海道、南は沖縄県まで、全国各地から毎年たくさんのお申込み・ご参加をいただいております。次回の開催をお楽しみに!



2025年8月開催の様子。

ぶらりがく for  
ハイスクール



開催希望校随時受付中!

「大学ではどんなことを学んでいるの?」「大学での生活は?」「仙台での過ごし方は?」など高校生・高専生の疑問に、東北大学理学部・理学研究科の大学生・大学院生がオンライン上で丁寧にお答えします。お手持ちのスマートフォン、タブレット、パソコンからご参加いただけます。交流会をご希望の高等学校・高等専門学校の方には東北大学理学部 Web をご確認のうえ、お申込みください。

気軽に話そう!  
高校生と東北大生の  
オンライン交流会



高校生・高専生と東北大生の  
オンライン交流会



MY LIFE 1



大学2年生のときに組み立てた実験装置の様子。全て自分たちで作った思い出がある。

MY LIFE 2



学友会バレーボール部の同期で撮った写真。

MY LIFE 3



アルバイト先の居酒屋の忘年会の様子。



STUDENTS VOICE 在学生インタビュー

私が東北大学理学部を選んだ理由

小林優作 さん

宇宙地球物理学科  
地球物理学コース4年

宮城県仙台第一高等学校出身。自然現象を数理的に理解することに興味を持ち、基礎研究の成果が社会へ還元される過程に魅力を感じている。趣味はバレーボール。最近は資格勉強にも取り組んでいる。

**東北大学理学部を志望した理由は?**  
高校時代までに学んだことがどのよう  
に現実世界に影響しているのかを本質か  
ら知りたくて、理学部を志望しました。  
東北大学を志望した理由は、家から近  
かったからです。入学の動機は弱いです  
が、周りの学生はとても優秀な方が多く、  
実験では周りから刺激を受ける場面が多  
いです。また、学外との研究機関との交  
流も盛んです。

**高校時代はどのように  
過ごしていた?**  
高校時代は、学業と部活動の両立を意  
識して過ごしていました。高一のときは  
部活動優先で過ごしていて生活も夜型に  
なっていました。遅刻することも多々あり  
ました。高二夏からは心を改め、生活習  
慣を朝型に変えて英数の学習に励まし  
ました。一方で部活動では県大会ベスト8を  
目指し、練習を重ねました。高三の部活  
動引退後は、朝型の生  
活をキープしながら、  
朝7時から夜20時まで  
勉強できるようにして  
いました。

高校時代の私



高校の試合後、仲間と笑顔で写っている一枚です。結果は決して満足のいくものではありませんでしたが、互いに声を掛け合い、最後まで前を向いた時間が強く印象に残っています。この経験を通して、思うようにいかない状況でも諦めず、粘り強く物事に取り組む姿勢が身につきました。

今後の進路は決めてる? /

今後は社会人として、これまでの学習や経験を通じて培ってきた思考力や課題解決力を生かし、責任ある立場で物事に向き合いながら、着実に成長していきたいと考えています。

# 研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

01

## 小惑星ベヌーの砂に生命を構成する「糖」が存在

—アミノ酸、核酸塩基に並ぶ主要な生命材料分子を検出—

### 概要

小惑星のカケラである隕石からは、生命の材料分子であるアミノ酸、核酸塩基、糖が検出されています。このことから、隕石によって宇宙から地球にもたらされた分子が、生命の材料として使われたという仮説が提議されています。日米の小惑星サンプルリターン計画「はやぶさ2」と「OSIRIS-REx（注1）」では、地球物質の混入がない小惑星試料から、核酸（DNAとRNA）の構成分子である核酸塩基とリン酸、タンパク質の構成分子であるアミノ酸の存在を明らかにし、隕石による生命材料分子の供給を裏付けました。しかし、核酸の材料となる分子群のうち糖だけは見つかっていませんでした。

東北大学大学院理学研究科の古川善博准教授らの研究グループは、炭素質小惑星ベヌー（図1）（注2）から持ち帰った小惑星の砂（図2）から、核酸のうちRNAを構成するリボース（注3）と、生命代謝の主要なエネルギー源であるグルコースを含む6種類の糖を検出しました（図3）。この結果は、地球外に生命を構成する糖が存在し、地球に降り注いでいたことの決定的な証拠です。また、宇宙におけるグルコースの存在を示した初の証拠となり、宇宙にはこれまで考えられていた以上に生命活動を支える分子が存在することが明らかにになりました。

### 詳細な説明

#### 【研究の背景】

2023年9月、アメリカ航空宇宙局（NASA）が主導する小惑星サンプルリターン計画「OSIRIS-REx」（主任研究者：ダンテ・

ローレッタ教授（アリゾナ大学）によって、炭素質B型小惑星（109955）ベヌー（Bennu）から121.6gの岩石や砂を持ち帰ることに成功しました。OSIRIS-RExチームが2025年1月に出版した論文により、小惑星ベヌーには多種類のアミノ酸、全5種の核酸塩基など生命構成分子を含むさまざまな有機分子が含まれることが明らかになりました。また、日本が主導した「はやぶさ2計画」で小惑星リュウグウから持ち帰った試料の分析でも同様の結果が得られています。一方で、地球物質の混入がない小惑星試料からは、生命システムを支える主要な生体高分子である核酸とタンパク質の材料となる分子群のうち、糖だけが見つかっていない状況でした。

#### 【今回の取り組み】

東北大学大学院理学研究科の古川善博准教授、角南沙己大学院生らのグループは、OSIRIS-RExを主導するダンテ・ローレッタ教授（アリゾナ大学）、ハラルド・コソリー教授（ローワン大学）、ダニエル・グレイビン博士（NASA）、ジェイソン・ドワキン博士（NASA）と共に、小惑星ベヌーに含まれる糖の分析を進めてきました。2024年6月に603.4mgの均質化したベヌーの粉末試料の配分を受け、可溶性有機物を抽出し、その中から糖類を精製し、化学処理を行い、分析を実施しました。

その結果、リボースとグルコースを含む6種類の糖が検出されました。リボースは核酸のうちRNAを構成する糖であるため、本研究結果によって、小惑星試料から見つかったいなかった最後の核酸構成分子群が見つかり、小惑星にRNAを構成するすべての分子が存在することが明らかになりました。一方で、DNAを構成するデオキシリボースは検出されず、生命誕生期にはRNAが重要な働きをしたとするRNAワールド仮説を支持す

#### 用語説明

（注1）OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer) (オサイリスレックス)

（注2）アメリカ航空宇宙局（NASA）が主導する小惑星サンプルリターン計画「ベヌー（Bennu）」から121.6gの岩石や砂を持ち帰ることに成功した。

（注3）小惑星ベヌー（Bennu）（図1）OSIRIS-REx探査機がサンプルを採取し地球に帰還した直後約500メートルの小惑星。

（注4）リボースは核酸のうちRNAを構成する分子の一つであり、糖の一種。宇宙物質からは少数の隕石で見つかっている。

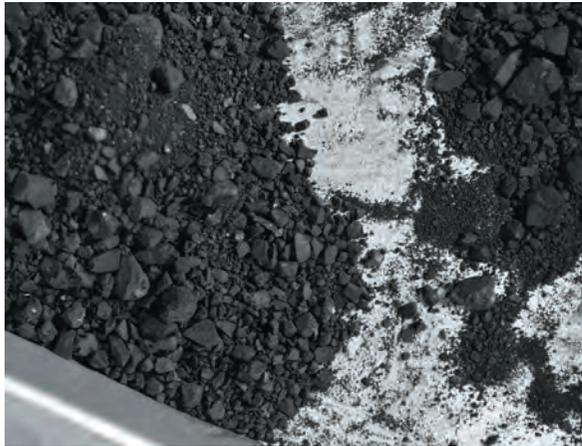


図2 糖が検出されたベヌーの試料  
Credit: NASA



図1 OSIRIS-REx がサンプルを採取した小惑星ベヌー  
Credit: NASA/Goddard/University of Arizona  
<https://www.flickr.com/photos/gsfcr/53141331019/in/album-72177720310727975>

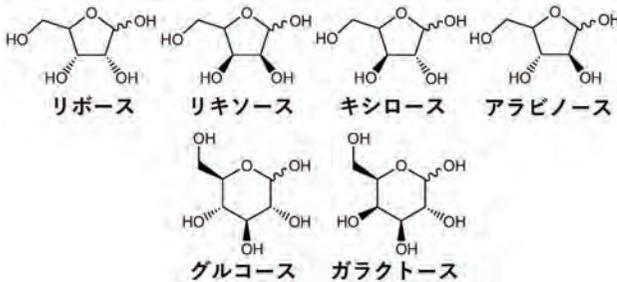


図3 小惑星ベヌーから検出された糖

る結果となりました。また、グルコースとガラクトースは、宇宙に存在することが初めて明らかになった糖であり、特に、グルコースは生命代謝の主要な原料であるため、宇宙にはこれまで考えられていた以上に生命活動を支える分子が存在することが明らかになりました。

#### 【今後の展開】

今回の研究成果によって、生命に関連する糖が宇宙に存在することは決定的になりました。しかし、これまでに存在が明らかになったのは小惑星ベヌーと2つの隕石に限られます。他の小惑星や彗星などの小天体における存在が明らかになることで、宇宙における糖の普遍性と多様性が明らかになり、原始地球に降り注いだ糖の種類や量の理解にも繋がること期待できます。OSIRIS-RExの有機物分析チームでは、小惑星ベヌーの試料に含まれるさまざまな有機分子の分析を実施しており、今後の研究やリュウグウ試料、隕石試料との比較で、初期の太陽系で起こった分子の進化や、地球にもたらされた生命関連分子の多様性と起源がより一層明らかになることが期待されます。

#### 論文情報

【雑誌名】 Nature Geoscience

【タイトル】 Bio-essential sugars in samples from asteroid Bennu

【著者】 Yoshihiro Furukawa\*, Sako Sunami, Yoshinori Takano, Toshiki Koga, Yuta Hirakawa, Yasuhiro Oba, Hiroshi Naraoka, Daisuke Saigusa, Takaaki Yoshikawa, Satoru Tanaka, Daniel P. Glavin, Jason P. Dworkin, Harold C. Connolly, Jr., and Dante S. Lauretta

\* 責任著者 東北大学大学院理学研究科 准教授 古川善博

【DOI】 10.1038/s41561-025-01838-6

# 研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

02

## ゾウムシは寄生植物の花形成機構を操作して "果実状の虫こぶ"をつくる

### 概要

昆虫などが植物に寄生して形成される「虫こぶ」(注1)は、昆虫が植物に働きかけてその発生プログラムを変更することで誘導される、異常発達した組織です。虫こぶは、誘導した昆虫にとつての餌場や天敵からのシールドとして機能するため、「延長された表現型」(注2)の典型例として生物学のさまざまな分野から注目を集めてきました。しかし、その形成の分子機構には、いまだ多くの未解明な点が残されています。

東北大学大学院生命科学研究所(理学部生物学科兼任)の別所・上原奏子助教らの研究グループは、寄生植物アメリカナシカズラ(注3)と、その上に虫こぶを形成する甲虫マダラケシツゾウムシ(注4)の飼育系を用いて、虫こぶ形成時に植物の花を形成する遺伝子群が活性化していることを発見しました。加えて、通常は光合成を行わない完全寄生植物であるアメリカナシカズラにおいて、虫こぶ内部では光合成関連遺伝子の発現が上昇し、デンプンが蓄積していること、光合成が虫こぶ内で成長する幼虫の発達に重要であることも明らかになりました。この研究は、虫こぶの多様性や進化を理解するうえで重要な知見を提供します。この研究成果は、2025年8月21日に国際誌 *Plant Direct* に掲載されました。

### 詳細な説明

植物と、それを餌として利用する昆虫の間には、密接な生物間相互作用が

みられます。その極致ともいえるのが「虫こぶ」です。虫こぶとは、昆虫が植物に寄生し、植物の細胞を異常発達させて作る「こぶ」状の構造であり、その形や大きさは種によって大きく異なります。母親が植物組織内に産卵し、孵化した幼虫がその中で成長する過程で、周囲の植物組織に働きかけて虫こぶを誘導します。幼虫は虫こぶに供給される栄養を摂取して育つため、虫こぶは住居であり、同時に食料源としても機能します。

昆虫が植物の発生プログラムを改変し、自身にとって都合の良い構造へと作り変えるこの現象は、昆虫学や植物学、進化生態学等さまざまな学問分野から注目されており、その仕組みの解明は生物学上の重要な課題の一つです。しかし、虫こぶが形成される植物の多くは樹木であり、昆虫・植物ともに実験室内での飼育や栽培が困難なことから、虫こぶを誘導する分子機構の詳細はこれまでに明らかにされていませんでした。

### 【今回の取り組み】

別所・上原奏子助教らと富山大学学術研究部理学系の土田努准教授らの研究グループは、草本性の寄生植物アメリカナシカズラにマダラケシツゾウムシが形成する虫こぶを対象に、虫こぶ形成の分子機構解明に取り組みました。この植物と昆虫の組み合わせ以前、土田准教授らによって室内での飼育系が確立され (Murakami et al. 2021, 2022) 年を通して虫こぶを得ることが可能となっています。母ゾウムシはアメリカナシカズラの節に産卵し、そこが膨らんで虫こぶとな



図1 マダラケシツゾウムシの生育段階および虫癭発達の概略図。本種はアメリカナシカズラの節に産卵し、その部分が膨らんで虫こぶとなる。孵化した幼虫は虫こぶ内部で成長し虫こぶ内で蛹化・羽化後に脱出する。一部の個体は幼虫幼虫の段階で脱出し土中で蛹化する。

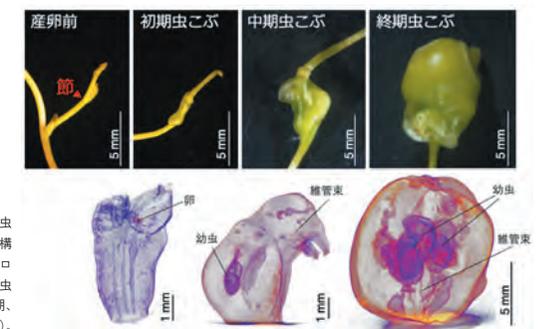


図2 各発達段階の虫こぶ外観と内部構造。下段はマイクロCTで撮影した各虫こぶ(左から初期、中期、終期虫こぶ)。



図3 各虫こぶの発達段階で発現が変動する遺伝子群。上の折れ線グラフは、虫こぶ発達の4段階(産卵前の節、初期、中期、終期)における、遺伝子群が多く働いていることを表す。初期虫こぶでは細胞分裂や花器形成に関わる遺伝子が、中期と後期虫こぶでは光合成関連遺伝子の発現が上昇していることがわかる。

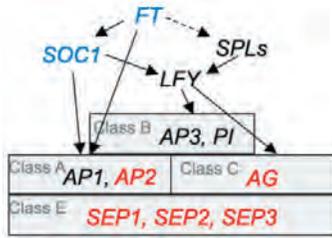


図4 通常の植物で見られる花器形成に関わる遺伝子のシグナルネットワーク図。気温や日長変化によりFT遺伝子の発現が上昇し、矢印の先にある遺伝子が活性化される。Classは転写因子のグループを、赤と青はそれぞれ初期虫こぶおよび中期・終期虫こぶで発現が上昇する遺伝子。

成が活性化しており、そこで生じた光合成産物が虫こぶ内部で発育中のゾウムシ幼虫の成長を支えていると考えられます。実際、アルミホイルで虫こぶを遮光すると、虫こぶサイズは小さくなり、内部の幼虫の発育が遅延することが示されました(図5)。このことから、マダラケシツゾウムシは植物の形態を操作して虫こぶを作らせるだけでなく、「光合成能」という植物の根源的な生理機能までも、自身の利益にかなうよう分子レベルで巧みに操作していることが示されました。これまでの先行研究において、葉に形成される虫こぶでは光合成関連遺伝子群の発現が減少することが示されてきました。本研究は、虫こぶの機能やその形成メカニズムが多様であることを示し、これまでにない新たな視点と知見を提供するものです。

### 【今後の展開】

本研究は、昆虫が植物の「花を咲かせる」遺伝子ネットワークを驚き変えて虫こぶを形成するという、異種による植物発生制御の仕組みを明らかにしました。近年、アメリカナシカズラとマダラケシツゾウムシについてはそれぞれ遺伝子操作システムが確立されたことから (Adhikari et al. 2024, Ushima et al. 2024) 今後はより詳細な虫こぶ形成の分子機構の解明に切り込んでいく予定です。このアメリカナシカズラ・マダラケシツゾウムシ実験系を活用した研究の成果は、植物形態の可塑性や生物間相互作用の解明に貢献するだけでなく、今後、虫こぶの構造を人為的に制御することで、新たなバイオ素材や栄養資源の創出に繋がる可能性があります。さらに、寄生

植物や害虫の制御といった農業分野での応用も期待できます。

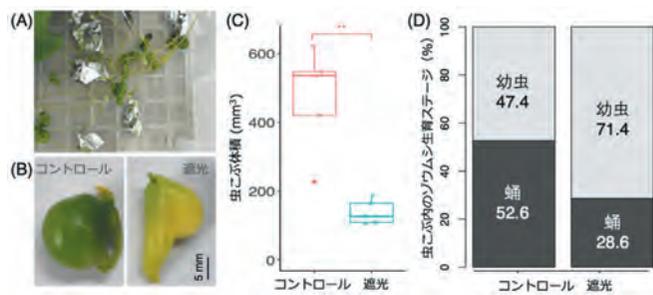


図5 遮光処理が虫こぶ発達と内部の幼虫発育に与える影響。(A) アルミホイルで初期虫こぶを遮光。(B) 遮光12日後の虫こぶ外観。(C,D) 遮光後の虫こぶサイズ(C)と内部のゾウムシ生育ステージ(D)。

### 用語説明

(注1) 虫こぶ

昆虫などが植物に誘導する異常発達した器官であり、誘導昆虫にとつての餌場や天敵からのシールドとして機能する。カメムシ目、ハチ目、ハエ目、チョウ目、甲虫目など、虫こぶを形成する昆虫は多岐にわたる。また約600種の被子植物に形成されることから、虫こぶは自然界に広く見られる現象となっている。虫こぶを形成する昆虫と植物の関係は、一般に高い特異性を示す。

(注2) 延長された表現型

生物の遺伝子の働きが、その体の構造や機能だけでなく、外部環境や他の生物の性質にも影響を与えるという進化生物学の概念。昆虫による虫こぶ形成は、昆虫の遺伝子が自身の体外にある植物の構造を、自己の利益のために操作している例として考えられている。

(注3) アメリカナシカズラ (Cuscuta campestris)

ヒルガオ科のつる性植物。根をもたず、葉は退化して鱗片葉のみをもち、植物体のほとんどは糸状の茎で構成される。全寄生性というグループに属し光合成をほとんど行わず、他の植物に寄生し、栄養分を吸収して生きる。

(注4) マダラケシツゾウムシ (Smicronyx nadaratus)

アメリカナシカズラに寄生し、茎の節に虫こぶを形成する体長2~3mmの甲虫。在来種。成虫もアメリカナシカズラの茎を摂食する。

(注5) マイクロCT

micro computed tomographyの略。X線を用いて試料の内部構造を非破壊で三次元的に可視化する手法。医療用CTと同様の原理に基づくが、より高解像度で微細構造の観察が可能。

### 論文情報

【雑誌名】 Plant Direct (Wiley)

【タイトル】 Parasitic-plant parasite rewires flowering pathways to induce stem-derived galls

【著者】 Naga Jyothi Udandarao, Yuki Yamashita, Ryo Ushima, Tsutomu Tsuchida\*, Kanako Bessho-Uehara\*

\* 責任著者 富山大学学術研究部理学系 准教授 土田努、東北大学大学院生命科学研究所 助教 別所・上原奏子

【DOI】 10.1002/pld3.70099

## 君たちは宇宙をどう学ぶか？

[教えてくれた先輩]

狩生 宏喜 さん (地球物理学専攻 博士課程後期3年)

宇宙には未だ謎が多く、それらを解明し深く理解するためにいろいろな研究方法がある。東北大学理学部では、下記4つの学科で宇宙を学ぶことができる。

### 宇宙について学べる4つの学科

#### 物理系・物理学科

初期宇宙、超弦理論、暗黒物質についての理論的研究、ニュートリノ観測による素粒子標準理論の検証をします。

#### 物理系・宇宙地球物理学科 (天文学コース)

系外惑星、恒星、銀河、活動銀河核、銀河団、宇宙論などを理論・観測によって総合的に研究します。

#### 物理系・宇宙地球物理学科 (地球物理学コース)

宇宙・惑星プラズマ現象、惑星大気現象、惑星探査、粒子加速、オーロラ、月地下構造などの太陽惑星空間の天体や物理現象を研究します。

#### 地球科学系・地球惑星物質科学科

地球、宇宙で形成された物質や、それらの生命との関わりから、地球と惑星の進化の過程を研究します。

(東北大学理学部案内より引用)

では、上記学科の講義にそれぞれどのような特徴があるのだろうか。現在、地球物理学専攻で金星硫酸雲の生成・循環・消滅について研究を行っている狩生宏喜さんに、学部生時代の受講経験からそれぞれの講義内容や感想を伺った。狩生さん自身も、高校生のときに大学の講義がどのような感じで進むのかわかれば良いなと思っていたそう。

「物理系ではまず、力学や電磁気学など物理学の基礎を学びます。その後2年後期に物理学科と宇宙地球物理学科(天文学コース・地球物理学コース)のいずれかに配属され、各学科で専門的な講義を受講していきます。物理学科では、解析力学や量子力学など抽象度の高い、自分の感覚を超越した理解力が必要となるような内容が多く、手計算や数値計算が主なアプローチとなります。天文学コースでは、星の構造や放射伝達など理論ベースの講義が多いですが、望遠鏡を使っ

### 在学生が受講して感じた

#### 各系・学科の宇宙に関する講義のイメージ

##### 物理系・物理学科

相対論など抽象度の高い理論の講義が多い。黒板を多用し、手計算や数値計算が主なアプローチ。

##### 物理系・宇宙地球物理学科 (天文学コース)

超高温や超巨大な事象を扱う理論ベースの講義が多いが、望遠鏡を使う実習もあり、講義で習う超スケールの現象を体感できる。

##### 物理系・宇宙地球物理学科 (地球物理学コース)

講義は理論ベースのものが多いが、地球物理学実験のような実際に測定器を設計して測定したり、観測や実験を行う講義もある。

##### 地球科学系・地球惑星物質科学科

サンプルを観察し、天然で起きている事象のメカニズムを理解することを目的にしているため、顕微鏡を使用したりフィールドに出る講義が多い。

た実習もあるので、遠い宇宙を学ぶとはいえ、身近に感じやすいと思います。私が所属した地球物理学コースも、やはり理論ベースの講義が多いものの、地震、火山噴火、大気・海洋現象、オーロラ、磁気嵐など身近な現象を対象とするため、私たちが住んでいる世界の延長線として宇宙や惑星を理解できる感覚があります。また、地球物理学実験(東北大学理学部マガジンvol.04に掲載)のような演習で実際に測定したり、観測や実験を行うことがあります。」(狩生さん)

一方、地球科学系で学んだ学生に話を伺うと、サンプルを対象とし、実際に見て触りながら、天然物を観察する目を養うことを目的とした講義が多いようだ。天然で起きている事象はどのようなメカニズムに基づいているのかを明らかにすることをゴールにしているものが多く、天然物を見て観察する練習(フィールドワークなど)＋座学でどのような事象に基づいているかを学ぶ、というような講義が開講されている。

このように、東北大学理学部ではさまざまな手法で宇宙を学ぶことができる。高校生の皆さんの進路を検討する際の一助となれば幸いです。



教育系出版社  
齋藤 晟 さん

神奈川県出身。2015年東北大学理学部物理系入学。東北大学大学院理学研究科天文学専攻博士課程後期修了。現在は教育系出版社で、学びに関する児童向けの本の制作を担当。

## Alumni Voice

卒業生インタビュー

## 「学問をする」から「学問を伝える」へ

研究で培った力を生かして出版業界へ

私は現在、出版社で学びに関する子ども向けの本を作っています。業務では、本に載せる内容や構成を考えたり、記載内容に間違いがないか確認するために外部の監修の先生とやりとりをしたり、本の自身の制作に関わることを行っています。

私がこの仕事を選んだ理由は、「難しいことをわかりやすく伝える仕事」をしたいと思ったからです。その原点は大学院時代の学会やゼミでの発表にあります。私の発表を聞いた方々から「おもしろい研究だね」「わかりやすかった」などと言ってもらえた経験から、自分の得意なことは、難しい内容を噛み砕いて人に伝えることだと気づきました。この経験が現在の仕事に繋がっています。

学生時代の経験が今の仕事に役立っている点は主に、文章力・理解力・思考の持久力の3つです。論文執筆を通して身につけた文章力は、本を作る上でそのまま生きています。また、難解な教科書を読み込んだり学会で専門家の話を聴いたりする中で養われた理解力は、監修の先生と専門的な話をする際に役立っています。さらに、研究生生活で日々何かを考え続けていたことで培われた思考の持久力のおかげで、仕事の中に疲労を感じ

ことがほとんどありません。振り返ると、大学院は脳を鍛える場所だったのだと思います。

現在は子ども向けの本作りに携わっていますが、将来的には大学レベルの学問を理解している人間だからこそできる形で、より専門的な知識を社会に届ける仕事に挑戦したいです。

### 向き合うことで強みが見つかる

大学時代で特に印象に残っているのは、初めて学会発表を受賞したときのことです。当時の私は研究者を目指しており、「学会で賞を獲得できれば将来に有利になるだろう」という少し邪な思いから、真剣に学会発表に取り組みました。ただ、私は元々「人前」も「話すこと」も全く得意ではなく、学会発表なんてできればやりたくないと思っ

ていました。それでも賞を獲りたい一心で入念に発表の構成を練り直し、何度も発表練習を重ねた結果、賞を頂くことができました(写真を参照)。このときは、今でも心の底から嬉しかった出来事として鮮明に覚えています。

この経験から、苦手だ



大学院1年目の学会で発表賞を受賞したときの写真。今思えば、このときに「伝える仕事」に就く未来が決まっていたのかもしれない。

と思い込んでいたことでも、きちんと向き合ってみると意外にも上手くできる場合もあるのだと気づきました。高校生の皆さんには、ぜひ「本気で取り組む経験」をしてほしいと思います。勉強でも趣味でも部活でも、自分の興味があるものでかまいません。全力でやってみることで初めて、自分の得意なことに気づくことができます。そうして見つけた強みはきっと、その後の人生の大きな支えになるはずです。

高校生・受験生向け

# 東北大学理学部 LINE 公式アカウント 友だち募集中

東北大学理学部・理学研究科では、高校生・受験生の皆様向けに、LINE 公式アカウントを開設しています。研究者や在学生からのメッセージ、イベント案内など、お役立ち情報を配信しておりますので、ぜひ友だち追加をしてご活用ください！また、保護者様もぜひご登録ください。

1

QRコードを読み取って友だち追加！



2

「ID 検索」から追加！

- ① LINE アプリのメニュー「友だち追加」から「ID 検索」を選択。
- ② 「@231wfszn」と入力の上検索。
- ③ 「東北大学理学部（受験生向け）」を友だち追加！

## 東北大学理学部・理学研究科 Web サイト



東北大学理学部の基本情報や研究成果、イベント情報など最新情報はこちらをご覧ください。



## 東北大学理学部・理学研究科 YouTube 公式チャンネル



東北大学理学部キャンパスの様子や研究室の動画をアップしています。どんな研究を行っているのか、環境はどうかが見えたらぜひ見てみてください！



## 東北大学理学部 MAGAZINE vol.09

2026年3月13日発行

東北大学理学部・理学研究科 広報・アウトリーチ支援室  
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3  
TEL: 022-795-6708 E-mail: sci-koho@mail.sci.tohoku.ac.jp

バックナンバーは  
こちら

