

東北大学理学部 MAGAZINE



Contents

- 02 青葉山の面々
本多正平教授（数学専攻）
- 04 研究室訪問
化学専攻 有機物理化学研究室
- 06 私が東北大学理学部を選んだ理由
松下奈津子さん（宇宙地球物理学科3年）
- 07 INFORMATION
- 08 研究成果発表
楽天家のハエ
ドーパミンシナプスの制御による報酬効果の調節
- 10 Alumni Voice
福島徹也さん（株式会社日立製作所）
- 11 大学の授業のハナシ
「理論」化学の先にあるもの

青葉山の面々

本多正平 教授

数学専攻。大阪府出身。研究分野はリーマン幾何。最近読んでいる本は鬼滅の刃、進撃の巨人、ドラゴンボール超、ジョジョリオン。本は数学書と漫画だけ読みます。

現在、どんな研究をしていますか？

「角があるかもしれない図形の上で幾何学と解析学をやっています。例えば球面を考えましょう。これは角のない図形で、地球の表面と考えていただいでOKです。」

実は球面で三角形を描くと内角の和が180度になりません。180度より大きくなります。このことは曲率という幾何学の言葉を理解するとよくわかります。

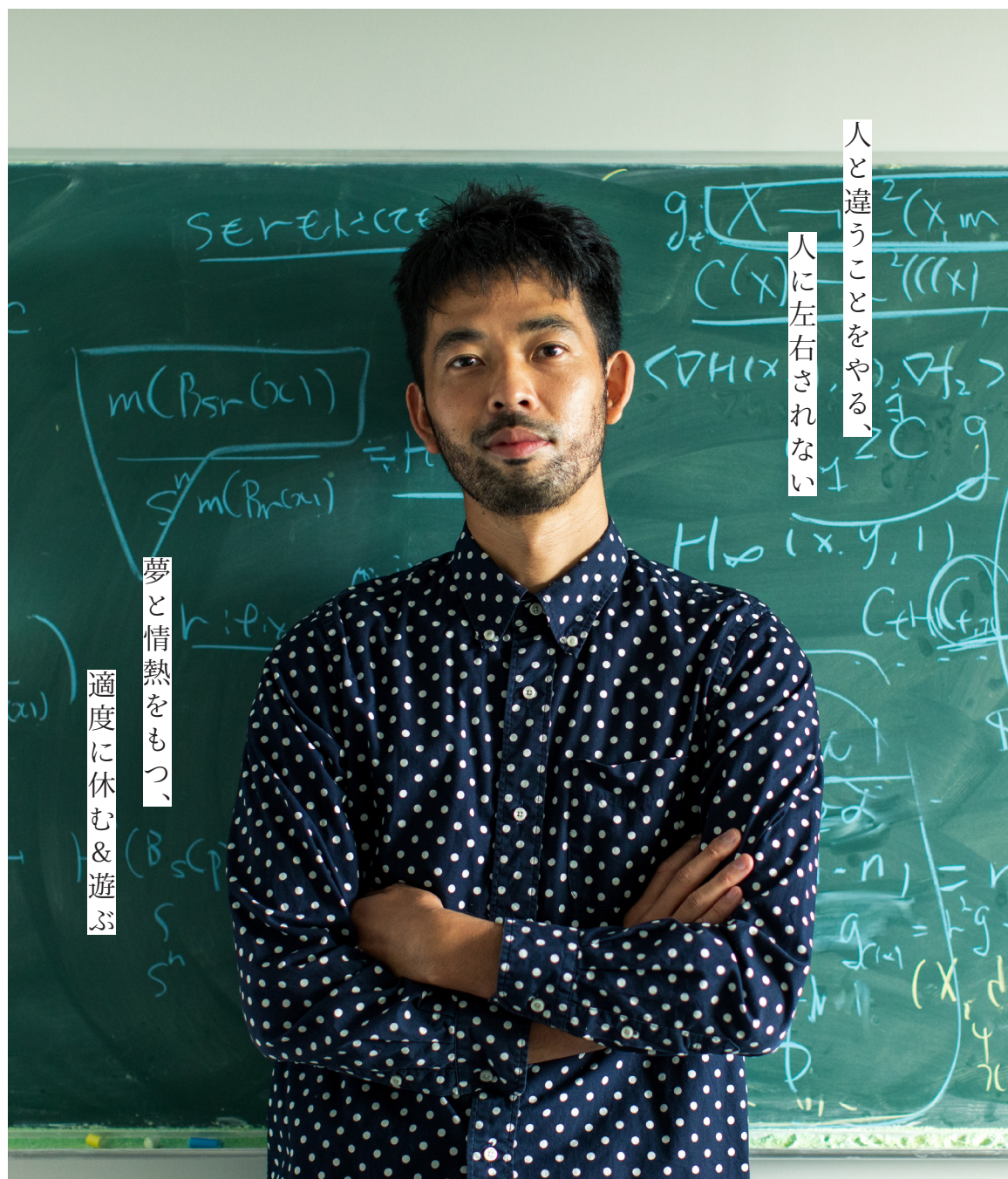
ではどれくらい大きくなるのでしょうか。それは三角形の面積という解析学の言葉を使えばよく理解できます。

次に立方体の表面を考えましょう。これは角がある図形です。その8個の頂点が角に対応しています。ここで三角形を描いて内角の和を計算するようになるのでしょうか。

こういった疑問は幾何学と解析学両方に接点を持ち、そのような幾何解析的な問題を、熱方程式という解析学の手法を使いながら、幾何学の新しい結果を導くことを目標に研究を行っています。

興味を持ったきっかけは？

私が修士一年のときに指導教員からいくつかテキストを紹介してもらいました。そのほとんどにポジティブなコメントをつけて紹介していただいたのです。



人と違うことをやる、人に左右されない

夢と情熱をもつ、適度に休む&遊ぶ

が、一冊だけ「これは面白いがやめておいたほうがよい」という説明を受けた本があったので、それにしました。そのテーマをずっとやっています。その後アメリカで約一年間そのテーマの大御所の下で研究する機会をもらいました。自分だけが知っていて、自分だけが面白いと思っていそうなどとても素朴な問題を見つけて、ひたすら朝から晩までその問題に取り組む生活をしていました。そこで得られたアイデアで当時論文を書くことができました。その論文を発展させてそこから約10年やってきて今に至ります。今では多くの人が使ってくれるアイデアとなりました。私が修士一年の頃にはこのテーマの研究者は多くなかったのですが、その後他分野との深い関係も見えて、今では現代幾何学の最もホットなテーマの一つといえる状況になっています。ラッキーです。

高校生にメッセージをお願いします

私のお勧めは次の3つです。

- ①人と違うことをやる
- ②人に左右されない夢と情熱をもつ
- ③適度に休む&遊ぶ

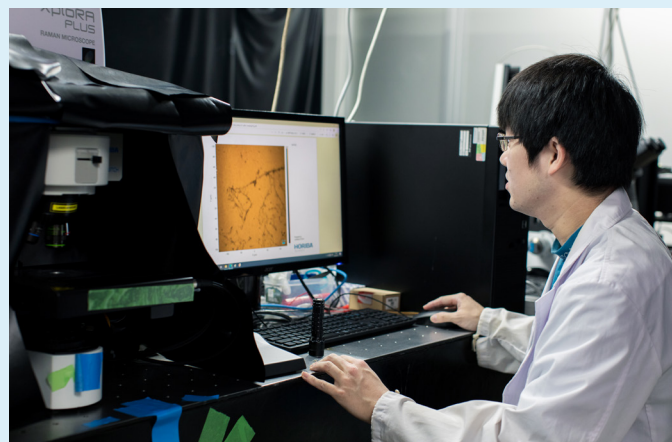
青葉山の面々はこちらからご覧いただけます。



研究室はこんなところです

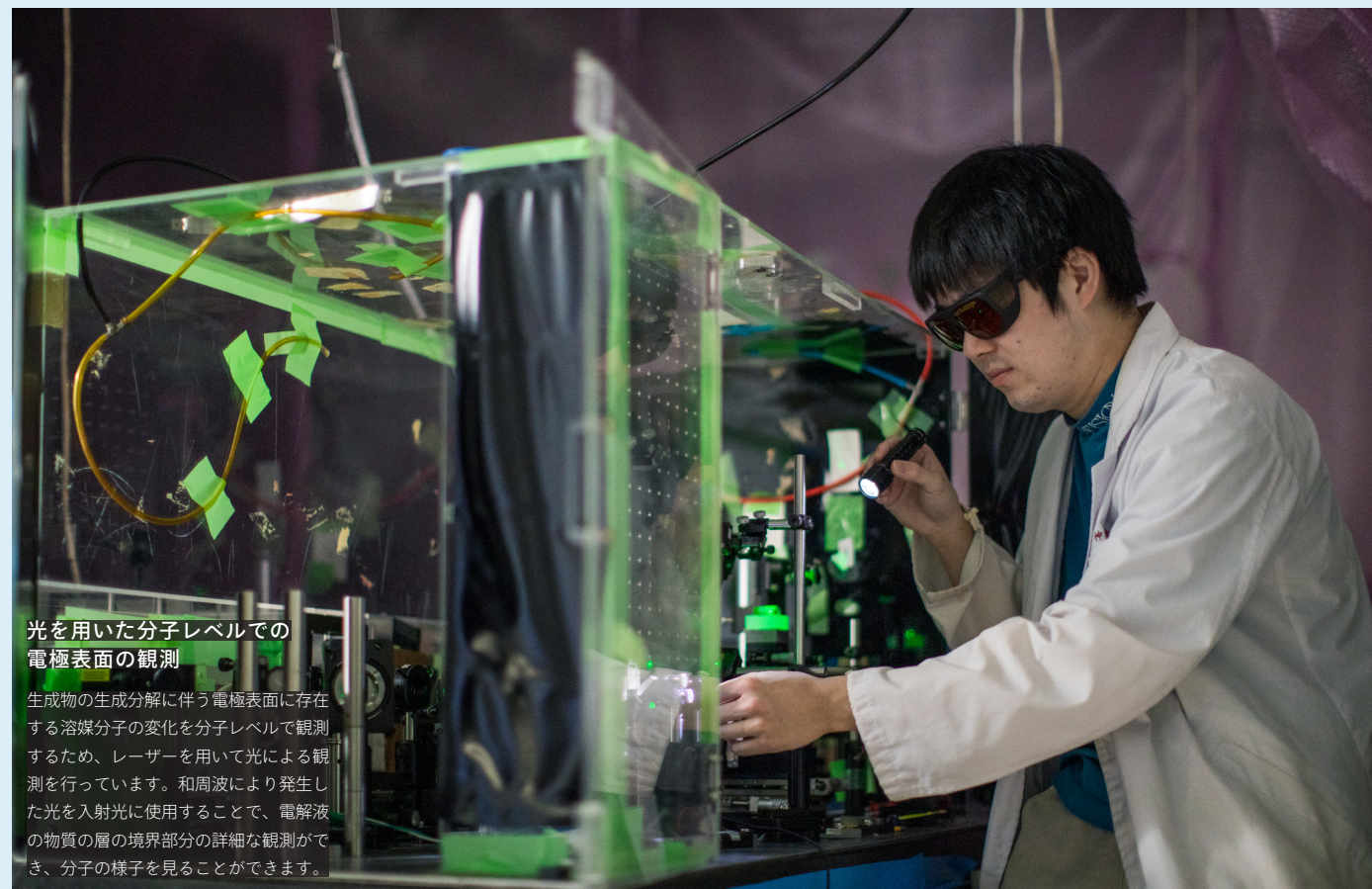
ラマン顕微鏡による
充放電反応過程のその場観測

ラマン顕微鏡により電極表面の生成物の観測を行っています。顕微鏡の下には電気的な状態を測定するための装置がセットされており、充放電反応の過程と結びつけて表面の生成物や中間体などの様子を知ることができる、反応過程のその場観測を行っています。



研究室での様子

実験で得られたデータを解析しています。パソコンの画面を囲んで時に相談しながら実験結果を解析したり、得られた結果について議論したりしています。みんなで色んな話をしながら研究を進めていきます。



光を用いた分子レベルでの
電極表面の観測

生成物の生成分解に伴う電極表面に存在する溶媒分子の変化を分子レベルで観測するため、レーザーを用いて光による観測を行っています。和周波により発生した光を入射光に使用することで、電解液の物質の層の境界部分の詳細な観測ができ、分子の様子を見ることができます。

次世代電池を目指して化学反応の過程を見る

私の研究室では、リチウム空気二次電池の充放電の化学反応機構の解明を目指した研究を行っています。リチウム空気一次電池は、現在スマートフォンなどのバッテリー等で広く使われる充放電が可能な二次電池であるリチウムイオン電池より、はるかに軽量で高性能な将来の二次電池として期待されています。リチウム空気電池の実用化に向けた問題を解決する手がかりとなるような新たな知識を得ることを目指して、電池の化学反応の過程での物質の動きを分子レベルで調べています。

案内してくれたのは



博士課程後期1年
神成 幸輝 さん

電池の化学反応は、高校化学でも扱うように、電極での電子の受け渡しの反応が中心となります。しかし、想定している以上に多様な中間体や生成物もできるため、電池で起きている化学反応はかなり複雑になります。また、期待される性能を発揮するように電池を設計するためには、これらの反応過程で生じる物質の、電極表面や電解液内での動きを理解することが大切です。実際に完成された電池ではいくつもの反応が同時に起こっており、そのまま捉えることは困難です。そこで、電池の化学反応について、電池のモデルケースを設計し、反応機構を一つずつ調べていく方法を取っています。

光は電極表面の化学反応機構を調べる上で強力な観測の道具となります。可視光や赤外光といった光を使用することで、反応でできた生成物の電極表面での様子を捉えることができます。電極表面で散乱した光を観測する手法である、ラマン散乱の観測により電極表面に堆積した生成物を特異的に検出したり、光の和周波を用いることで物質層の境界部分に位置する分子の向いている方向を調べたりすることで、電解液内の物質の挙動を分子レベルで明らかにすることができます。この光を用いた観測を電池の充放電を行いながら電気的な状態の測定と同時に行うことで、そこで起きている反応を同時に観測する「その場観測」ができることが研究室の実験装置の大きな強みです。

MESSAGE

学校の講義を通じた勉強は、従来の知識体系の学習と記憶であり、常に「正解」があると考えてもよい。一方、研究とは未知の世界への探求であり、研究対象となる未解決課題には、現在の教科書や学術論文等からは正解が得られない。これまでの基礎知識に基づき、新しい知識も絶えず学習しながら、様々な先端的実験技術や理論計算を活用し、自分の手で探求するのである。最終的な目標の一つは、後輩たちの教科書に自分の新しい発見を載せることである。



有機物理化学研究室
叶 深 教授

有機物理化学研究室 Web
<http://web.tohoku.ac.jp/orgphys/>

取材・文／中島優斗（東北大学理学部広報サポーター）

Web オープンキャンパス開催中！

2022年度のオープンキャンパスはオンライン（理学部オープンキャンパス特設サイト）と3年ぶりの対面開催のハイブリッドで行われました。7月27日-28日の対面開催では、感染症対策として規模を縮小するため、事前申込者を対象とした抽選制となりましたが、本学部の魅力が伝わるよう、各系・学科がそれぞれに多彩なプログラムを企画しました。

オンラインオープンキャンパスは引き続き実

施しております。対面開催で行われた模擬講義は後日オンデマンド配信いたします。オープンキャンパス Web サイトとあわせてお楽しみください♪



東北大学理学部
オープンキャンパス



MY LIFE 1



地球物理学実験の様子です。

MY LIFE 2



最近はお弁当作りにチャレンジしています！

MY LIFE 3



大学祭でのダンスショーケースです！

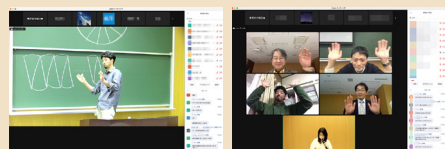
2023年3月開催予定！

「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。科学に関する様々なトピックを学び、普段は入ることができない研究室を見学するイベントです。

「ぶらりがく for ハイスクール」は、高校生を対象とした比較的高度な内容の公開講座です。オープンキャンパスとは違った角度で、参加高校生に、東北大学大学院理学研究科が推進している最先端研究について深く触れてもら

います。2020年度からはオンラインで開催し、遠方の高校生も参加しやすくなったとの声をいただいております。

今回は、2023年3月に開催予定です。



前回（Zoom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・高専生の素朴な疑問に、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。交流会をご希望する高等学校・高等専門学校の教員の方は東北大学理学部 Web をご確認のうえ、お申込みください。



高校生・高専生と東北大生の
オンライン交流会



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

松下奈津子 さん 宇宙地球物理学科3年 地球物理学コース

女子学院高等学校出身。地球や惑星への興味と「誰かの役に立ちたい」という思いをどちらも叶えるため、大学では授業やアウトリーチ活動などに積極的に取り組んでいます。また、ダンスサークルに所属していて、見ている方が自然と笑顔になれるような踊りを心がけています！

東北大学理学部を
志望した理由は？

私が東北大学を知ったきっかけは、高校2年生で参加したオープンキャンパスですが、当時は主に農学部や工学部を見学していました。同じ年の冬休み、理学部の天文学コースが主催する「もしも君が杜の都で天文学者になったら（もし天）」という高校生向けイベントに参加したことで、自然豊かな青葉山でのびのびと学びたいという気持ちが膨らみました。そして、高校3年生の夏休みに再びオープンキャンパスを訪れ、地球物理学コースで学べる内容の広さに魅了されたため、理学部を目指すようになりました。

高校時代はどのように
過ごしていた？

高校2年生の10月に迎えた文化祭までは、天文部と落語研究部の活動に全力で取り組んでいました。部活引退後も、高校3年生の体育祭で創作ダンスを担当するなど、学校行事には前向きに参加していました。高校1年生から塾にも通っていましたが、基本的には学校の課題やテスト対策に真面目に取り組むことで、勉強のペースを掴んでいました。高校3年生の夏に理学部の受験を決めてからは、最も苦手だった物理に力を入れて基礎を固めるとともに、担任の先生とAOⅡ期に向けた対策を行いました。

高校時代の私



天文部では惑星について調べていましたが、実際に系外惑星を観測できるかもしれないという期待から、東北大学主催の「もし天」に参加しました。1週間のうちに計画を立て、観測・解析を行い、成果を発表することは、想像以上に難しかったです。ですが、高校生の時から研究に触れることで、主体性や辛抱強さが身についたと思います！

今後の進路は決めてる？

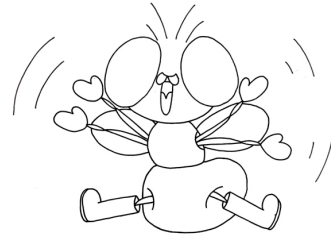
まだ具体的な将来像は描けていませんが、東北大学では惑星と防災科学を絡めて研究したいと考えています。現在は、私に出来る社会貢献の形を模索中で、その一つとして気象予報士と中学・高校の理科教員免許の取得を目指しています。

研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

楽天家のハエ

ドーパミンシナプスの制御による報酬効果の調節



概要

楽天主義は、物事の先行きを良い方向に捉える脳の「癖」と言い換えることが可能です。これまでの研究により、楽天主義には脳の報酬系、特に神経伝達物質ドーパミンのはたらきが関わっていることが知られていますが、その制御のしくみについてはわかっていませんでした。

東北大学大学院生命科学研究所の山方恒宏准教授、谷本拓教授らのグループは、ショウジョウバエを用い、脳内のドーパミン細胞の一部（放出箇所）が抑制性の神経伝達物質GABAにより局所的に制御され、この制御が認知バイアスを調節していることを発見しました。GABAによる抑制制御を人工的に解除したショウジョウバエでは、同じ報酬でも強い記憶が形成され、楽天的に行動する様子が観察されました。このことは、楽天的な「個性」がわずか1μmにも満たない微細な脳構造の機能変化によって決定されていることを示しています。本成果は、ヒトを含むさまざまな動物種の行動にも共通する仕組みであると考えられ、進化の段階で獲得され、引き継がれてきた普遍的な脳の機能だと思われる。本研究成果は、2021年6月1日 eLife 誌(電子版)に掲載されました。

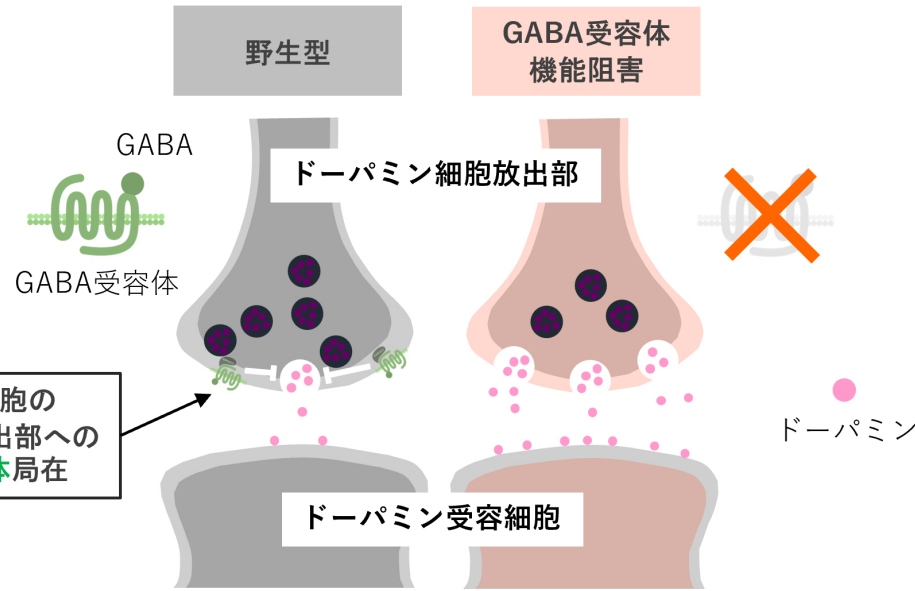
詳細な説明

楽天主義は、同じ状況でも先行きを良い方向に（楽観的に）捉える脳の「癖」で、一般的に物事をポジティブに解釈する前向きな態度として評価されます。一方で、行き過ぎた楽天主義は、結果や現実を度外視した無計画性などにもつながることから、バランスのとれた制御が重要です。さらに、楽天的な振る舞いは安定的なものではなく、状態に応じて時に悲観的になったりすることからも、これらの「認知バイアス」が調節可能な脳機能であることを示していますが、そのしくみはよくわかっていません。これまでの研究により、快感を伝達する脳内のドーパミンニューロンのはたらきが報酬を伝達することがわかっています。東北大学大学院生命科学研究所の山方恒宏准教授らのグループは、脳内のドーパミンニューロンに対する抑制レベルが低下することにより、ショウジョウバエの行動が楽天的に変化することを発見しました。

ふるまうことが見いだされ、記憶があいまいに作られていることもわかってきたのです。これらの行動変容は、ヒトにみられる楽天的行動特性にも一致し、進化的に保存されたメカニズムによって制御されていることが示されます。

これらの行動変容のしくみを探るために、先のGABA受容体を蛍光標識し、ドーパミンニューロン内の発現分布を調べました。その結果、GABA受容体は、プレシナプスと呼ばれる神経伝達物質の放出サイトに局在し、ドーパミンのシナプス伝達を局所的に制御していることがわかってきました。事実、この受容体機能を阻害し、刺激に対するドーパミンシナプスの応答を可視化すると、活動するシナプスの数と強度が増すようにドーパミンニューロンの機能が変容していたのです(図)。

楽天的な行動変化は、ネズミやワトリ、さらにはマルハナバチにおいて観察され、進化の早い段階で獲得され、引き継がれている脳機能と考えられます。このような「個性」がわずか1μmにも満たない微細な脳構造の機能変化によって決定されていることは、驚きです。



図：記憶を作るドーパミン細胞終末における局所的なGABA制御が鈍ると、ハエの楽天的なふるまいがみられるようになる。

論文情報

雑誌名：eLife

タイトル：Presynaptic inhibition of dopamine neurons controls optimistic bias

著者：Nobuhiro Yamagata, Takahiro Ezaki, Takahiro Takahashi, Hongyang Wu, Hiromu Tanimoto

筆頭著者：山方恒宏（東北大学大学院生命科学研究所）

DOI: 10.7554/eLife.64907

Alumni Voice

卒業生インタビュー

天の川銀河の研究から、
社会貢献へ

私が天文学（宇宙）に関心を持ち始めたのは、小学生の頃でした。当時発行されていた子供向け科学誌を読んだ時で、未だ多くの謎が残された宇宙に関心を持ちました。大学受験期に、小学生の頃宇宙に抱いた憧れが思い起こされ、「天文大学」で検索をして最初に出てきた東北大学の受験を決めました。

大学では、銀河形成に疑問を持つようになり、天の川銀河（我々の住む銀河）の端の形状から起源を探る研究に取り組みました。小学生の頃に衝撃を受けた宇宙に関して、世界最先端の研究にかかわることができ、充実した学生生活でした。研究の他にも、貴重な経験をしました。研究室で科学イベントに出展する企画のリーダーをしたことです。宇宙を題材にしたゲームを作成し、子供に天文に関心を持ってもらうことが目標でしたが、私

株式会社日立製作所
福島徹也 さん

天文学専攻博士課程前期修了

長野県出身。2013年東北大学理学部物理系入学。東北大学理学研究科天文学専攻博士課程前期修了後、日立製作所に入社。システムエンジニアとしてエネルギー関連のシステム開発に従事。

が小学生の頃に科学誌から感じた感動を子供たちに共有できたと思います。また、人を引っ張ることや物事を順序立てて進める難しさを痛感し、自身の成長につながる貴重な経験でした。自身の仕事で人が喜ぶ姿を見て、社会に貢献できる仕事をしたいと思い、就職を決めたきっかけとなりました。

現在は、エネルギー関連のシステム開発に携わっています。人々の生活を支える重要な仕事であると感じる日々の中、責任とやりがいをもって取り組んでいます。一見関係がない様で、研究を通じて得たデータ分析力や思考力が活かされていると感じます。

私は挑戦したことで、後悔したものが無駄になつたと感じたものは一切ありません。一見役に立たないように感じたことでも、その経験が根底で自分を支えていると感じます。興味を持ったことに全力で取り組んでみてください。

大学の授業のハナシ

「理論」化学の先にあるもの

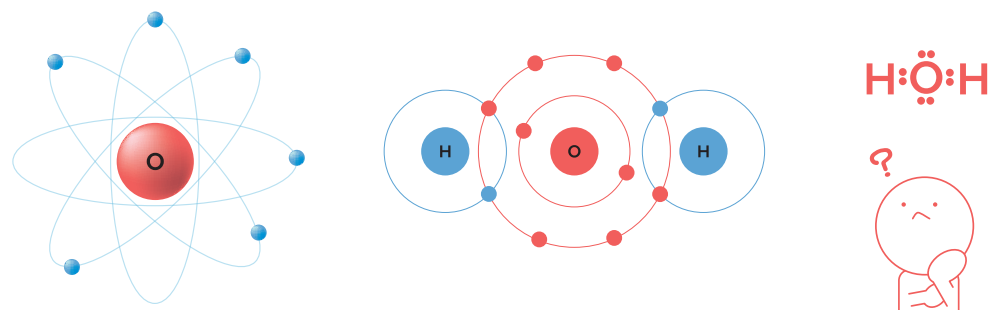
高校で学ぶ化学は「理論」、「無機」、「有機（＋高分子）」の3分野に大別されており、「理論」分野で原子の構造や共有結合の概念などを学びます。しかしこの分野では、よくよく考えてみるとどう理解すべきか悩むことが多くあります。例えば、原子には球形の「殻構造」があり、電子はいくつかの層に分かれて原子核の周りを回っていると習います。そうすると、「共有結合」が形成されたときに「共有」された電子は2個の原子の間で止まるのか、はたまた8の字のような運動に変わるのでしょうか？また、電子対という概念が出てきて、原子の周囲に何個の共有結合を作ることが出来るのか説明されますが、「殻」の中をくると回っていたはずの電子が2個で対を作るとはいったいどういうことなのか？電子対は電子式に登場する記号「:」により表されますが、電子対がこの記号と化してしまうと、実際電子が原子核の周囲をどう動いていると考えれば良いのか、教科書はもはや何も語ってくれません。

これらの疑問は、高校化学の「理論」における原子の構造や電子の記述が、理解のし易さのために、その本質に影響するレベルまで簡略化されていることに起因しています。原子核の周囲を円（球？）を描いて回る電子というイメージは、あたかも太陽系の様であり、私たちが非常に理解しやすいものになっています（太陽－地球間の万有引力の代わりに原子核の正電荷と電子の負電荷の間にクーロン力が働く、と考えれば、似た構造にも納得がいきます）。しかし、20世紀初頭に原子・分子の構造に多くの科学者が興味を持ち、その研究が進んだ結果、太陽系の運動を司る古典力学（ニュートン力学）は原子や分子などのミクロな世界では成り立たないということが明らかになりました。古典力学とは高校の物理で習う力学であり、い

わば私たちが日々体感している物体の運動のあり方です。様々な試行錯誤の末に、ミクロな世界を記述できる「量子力学」が体系づけられ、これにより原子や分子の本当の姿が明らかになりました。原子・分子というまさに化学の世界を実際に支配している原理が量子力学であるため、大学では、この量子力学を基本にして原子や分子の記述を行う、量子化学という高校の化学からはちょっと想像できない新しい化学をまず学ぶこととなります。これにより、高校で学ぶ化学が曖昧にしていた原子・分子の真の姿が明らかになり、最初に挙げたような疑問の数々も氷解します。

それではなぜ、高校で最初から量子化学を学ばないのでしょうか？量子力学には、私たち「マクロな世界」の住人が日常生活から得ている常識とは大いに異なる部分があります。例えば、電子は「粒」と「波」という両立しないはずの性質を併せ持ち（あるときは粒子、あるときは波として振る舞う）、1個の電子が別の場所にある2つの穴を同時に通る、などという不思議なことが起きます。また、高校物理よりも少し高度な数学を用いないと、「お話」以上の理解が出来ません。そのため、概念的理解と数学的な道具立てのハードルが高く、初めから量子化学では大変すぎるのです。量子化学（力学）の理解には誰でも多少の苦勞があり、大学に入って最初の化学の講義で、「入る学科を間違えたかと思った」という感想を漏らす化学科の学生が多くいます。ですが、学んでいくうちに新しい考え方も慣れ（そのため、最初の感想は次第に杞憂となります）、苦勞を補って余りある新しい世界を知る喜びが生まれると共に、暗記物ではなくしっかりと理論基盤の上に論理的に構築された体系としての化学を実感出来るようになります。

藤井朱鳥 教授（化学専攻）



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」と入力のうえ検索。
- 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

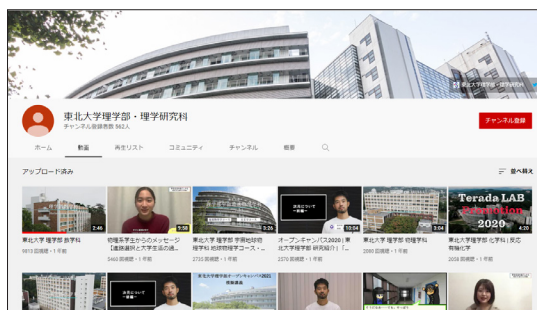


東北大学理学部の基本情報や研究成果、イベント情報など最新情報はこちらをご覧ください。

URL: <https://www.sci.tohoku.ac.jp/>



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？ 気になったらぜひ見てみてください！



東北大学理学部 MAGAZINE vol.02

2022年9月30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
構成・デザイン 保手濱 菜津希 (広報・アウトリーチ支援室)

本誌掲載記事・写真・イラストの無断転載・複写を禁じます。