

東北大学理学部 MAGAZINE



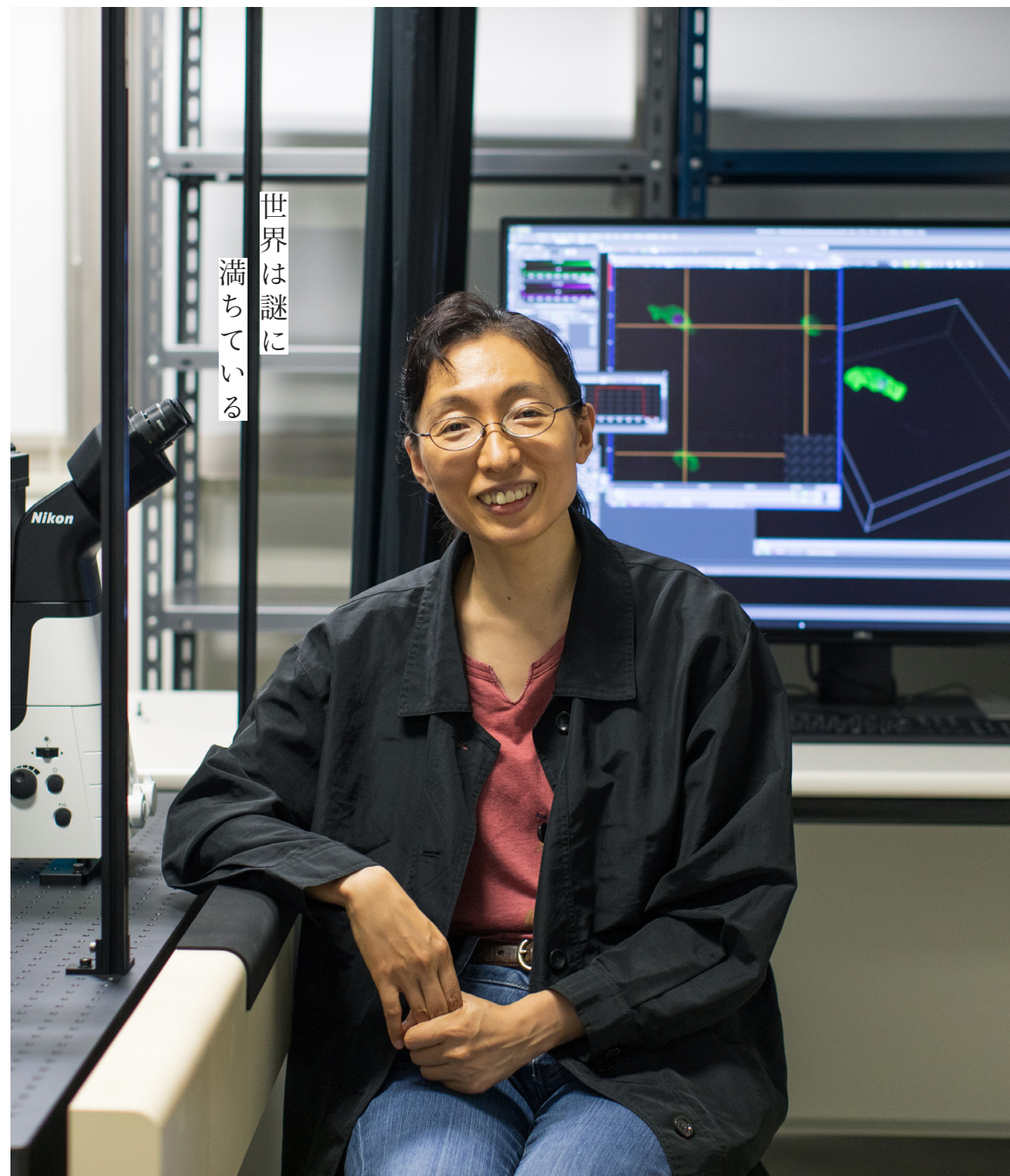
Contents

- 02 青葉山の面々
植田美那子 教授 (生物学科/生命科学研究所)
- 04 研究室訪問
数学専攻 幾何学講座 (松村慎一研究室)
地学専攻 グローバル結晶科学グループ
- 08 私が東北大学理学部を選んだ理由
鈴木慧次さん (宇宙地球物理学科 4年)
- 09 INFORMATION
- 10 研究成果発表
塩害から種子形成を保護するナトリウム輸送体
- 植物の耐塩性メカニズムの解明 -
磁場が地球に降り込む宇宙放射線を跳ね返す
〜高エネルギー電子から大気を護る地磁気的作用を解明〜
- 14 Alumni Voice
山下琢磨さん (東北大学 高度教養教育・学生支援機構)
- 15 大学の授業のハナシ
「地球物理学」を体験する実験

青葉山の面々

植田美那子 教授

生物学科 / 大学院生命科学研究科教授。大阪府出身。研究分野は植物発生学。最近読んでいる本は「卒論・修論研究の攻略本」(石原尚)。学生さんが、どう研究を進めるかを考えるうえで、色んなヒントをくれると思います。



世界は謎に満ちている

現在、どんな研究をしていますか？

植物が、花や根のような複雑な「かたち」をどうやって作るのかを理解するために、植物の細胞のなかで何が起り、それがどのように植物全体のかたち作りにつながるかを調べています。具体的には、植物の受精卵に注目し、高精細ライブライメーシングによる細胞内動態の可視化や、さまざまな遺伝子の解析を行っています。

興味を持ったきっかけは？

子供の頃から花や植物が好きだったのと、複雑な仕組みを基本から理解したいと思ったので、植物の受精卵に注目しました。花が受粉すると、父親の花粉から来た精子細胞と、母親のめしべのなかで作られる卵細胞が合わさって受精卵が作られます。受精卵は一つの細胞ですが、細胞分裂を繰り返して、新しい植物になります。つまり、植物の全身がたった一細胞しかない時期が受精卵ということになります。そこで、受精卵が細胞分裂して次第に植物が作られる様子を調べれば、植物のかたち作りの仕組みが分かるな、と思ったんです。



高校生にメッセージをお願いします

「たった一つの細胞から、どうやって植物のかたちができるの？」という問いの答えを探して研究をしています。こんな素朴な疑問でも解き明かすのが難しく、生物学に限らず、世界は謎に満ちています。学校の授業では「もう分かったこと」をずっと習うせい、大学の研究でも、「答え」や「失敗しない筋道」を教えて下さい、と聞かれることがあります。しかし、そんなものはありません。まだ世界の誰も知らないことを、自分なりに手探りで解明しようというのが研究なので、それを根気よく楽しめる人が、理学に向いていると思います。

青葉山の面々はこちらからご覧いただけます。



数学専攻

幾何学講座（松村慎一研究室）

研究室はこんなところです



研究では、主に、計算用紙と本を用います。本はセミナーまでに内容を読み進め、理解したところを発表します。そのほか、iPadやパソコンも使います。パソコンは、わからない部分を調べたり、TeXというソフトウェアを用いて論文を作成したりするのに使います。



普段の研究では、自分が興味のある論文を読み、セミナーで内容を発表します。そこで先生から発表に関するコメントや関連する話題をいただきます。そして次回のセミナーに向けてまた本の続きを読むことの繰り返しです。



研究室では週に1回、セミナーを行います。学生と先生を合わせて、5人程度で行っており、研究について議論や質問をします。セミナーは、とてもアットホームな雰囲気、和気あいあいとしており安心感のある研究室です。「大学院から東北大に来ましたが、最近入ったとは思えないくらい、新しい人にも優しく接してくれる場所です。」(千葉さん)

複素幾何学で空間の構造や特徴を探る

MESSAGE

大学はとても自由な場で、学生に自主性・主体性を求めます。しばしばこの観点から高校との違いが強調されるため、大学での勉強・研究のイメージが湧かず不安を感じる方も多いかと思います。(私が高校生のときもそうでした。)しかし、実際には、大学での勉強・研究も高校までのその延長線上にあります。また、大学入学以前も自主的・主体的に行動する姿勢は大切です。大学での勉強・研究を特別視せず、いまの勉強や行動が大学や将来につながっていることを意識して、大きな樂觀を持って自分の興味を追求してほしいと思います。



幾何学講座
松村 慎一 准教授

幾何(トポロジー)と微分幾何に分かれています。学部生のときは、特に位相幾何を学習していましたが、微分幾何も学習したい・先のことを知りたいと思い、松村先生の研究室に入り、研究をしています。

高校で習う微分は主に関数に関するものですが、私の研究では、微分を、空間や多体上で考え、複素数まで拡張します。複素数では、留数定理など実数上では見えない性質がたくさんあります。それらの性質を、微分幾何で空間を把握・分析する際にどう用いるのかに興味があります。また、ケーラー多様体という良い性質を持った複素多様体にも関心があり、それに対する計量を考えたり、特徴的な性質があるかを研究したりしています。」(千葉さん)

数学科・数学専攻 Web
<http://www.math.tohoku.ac.jp/>

案内してくれたのは



博士課程前期1年
村上 怜 さん(右)

博士課程前期1年
千葉 翔太 さん(左)

松村慎一准教授の研究室では、複素幾何学、多変数複素解析学を研究分野としています。研究内容は超絶的手法を用いた代幾何学や大域的な複素解析学の研究です。

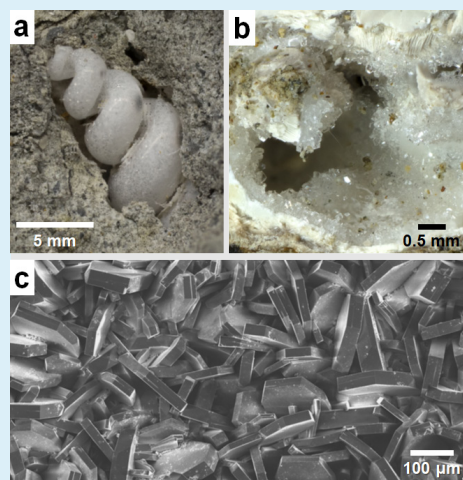
「私は、複素幾何学を専攻しています。学部4年生で履修する「数学セミナー」では、微分幾何を学習しました。その際に読んだ本の中で、複素幾何学に興味を持ち、もっと知りたいと思ったため大学院に進学し、研究を行っています。

学部3年生で学習する多様体は、図形に地図を作り、性質を調べるようなものです。私の研究では、その多様体に対して、複素数を含めた地図を局所的に作ることで構造を測り、空間を考えています。空間の構造を測る際には、『計量』という概念を用います。これは、空間の長さを定義し、空間の曲がり方を分ける操作です。『計量』により、空間に対して良い曲がり方を見つけることができるかが、私の考えている問題です。良い曲がり方を見つけることができれば、空間の分類ができ、学術的に幅広い応用があります。」(村上さん)

「私も、村上さんと同じく、複素幾何学を専攻しています。幾何は大きく分けて、位相

取材・文/柳田有貴子(東北大学理学部広報サポーター)

研究室はこんなところです



福島県南相馬市に分布する約2千万年前の堆積岩中に含まれるゼオライトで置換された巻貝化石 (a)、およびその断面におけるゼオライト (輝沸石、 $\text{Ca}_4\text{NaAl}_5\text{Si}_7\text{O}_{36}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$) 結晶の光学顕微鏡写真 (b) と走査電子顕微鏡像 (c)。このようにゼオライトで置換された化石は大変珍しく、その起源と成因の解明がのぞまれます。



毎週、研究室のメンバーで講座会を行っています。それぞれの研究の進捗や成果について端的に発表し、他の学生や先生とじっくり議論をする場です。研究を突き詰めてゆくと視野が狭くなりがちですが、自由な議論を通して現象や問題の本質を客観的に捉え直すことができ、お互いに学び合える時間です。



天然から採取した試料や実験的に合成した試料の微細組織や化学組成の特徴を調べるために、電子顕微鏡を常用しています。細く絞った電子線を試料に照射して数万倍以上の拡大像を得たり、試料から発生するX線を検出して化学成分を分析したりできます。研究室では、走査型と透過型の2種類の電子顕微鏡を用いたマイクロ～ナノサイズの領域の直接観察を得意としています。

鉱物学的・結晶学的知見から地球科学の未解決現象の解明をめざす

MESSAGE /

我々が暮らす地球の(目で見える)最小の構成単位は、「鉱物」です。鉱物の産状や成因、形成過程や物理化学特性を調べることは、より大きなスケールで現れる地質現象や地球環境の仕組みの理解に繋がります。生き物のようにDNAを持たない鉱物が、幾何学的で美しい結晶やその集合組織をどのようにするのか、知的好奇心をくすぐられませんか? フィールド調査から電子顕微鏡を用いたマイクロ～ナノ領域の観察に至るまでの幅広いスケールと階層で「なぜ?」を追求し、局所から得られた情報をマクロへ拡張し、問題の解明を目指しています。



グローバル結晶科学グループ
大藤 弘明 教授

建材などにも用いられています。ゼオライトは、堆積石中では石油ができるような埋没地温を受けて生じますが、石原さんは地層中に含まれる巻貝化石の中に結晶化したゼオライト(ページ左上の写真参照)に着目しています。本来、化石の中に生じることはまれなゼオライトが、なぜ、どのように化石中に形成されたのかを解明することは、材料としても注目されるゼオライトの形成条件や古環境の理解へ繋がります。

その他、研究室では高温高圧下で安定な炭素の結晶であるダイヤモンドの研究にも力を入れていて、日本で初めての变成岩からのダイヤモンドの発見や、巨大隕石の衝突で生じた特殊な多結晶ダイヤモンドの発見など、特色ある成果を挙げています。

グローバル結晶科学グループでは、地球科学における未解決の現象や問題に鉱物学的、結晶学的知見と手法でメスを入れ、その根本原因やメカニズムの解明を目指す研究を行っています。2020年に東北大学にできた新しい研究室です。研究対象としては地質試料、岩石鉱物試料に加え、環境試料や工学材料に至るまで幅広く扱っています。

修士1年の浦添春記さんは、火山から噴出した軽石を水稲用の肥料に転換する研究を行っています。イネは根から吸収した珪酸分をガラス質のオパールとして体内に蓄積し、組織の強度を高め、稲穂を支えています。2021年に小笠原諸島の海底火山の大規模噴火で生じた大量の軽石は、沖縄や九州沿岸部に漂着し、地域産業に大きな影響を与え、厄介者とされました。浦添さんは、この軽石からイネの生育に欠かせないケイ酸質カリ質の鉱物肥料を合成し、その生成過程や物質特性について、X線回折や電子顕微鏡等を用いて調べています。

案内してくれたのは



博士課程前期1年
浦添春記さん(右)
博士課程前期2年
石原篤さん(左)

今年度は7月26、27日に開催しました！

オープンキャンパスは、東北大学理学部に入学を希望されているみなさんをはじめ、「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。2023年は7月26、27日に開催しました。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様々なプログラムを用意してみなさんをお待ちしています！



2023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



MY LIFE 1



研究室の自分のデスク。景色がいいです。

MY LIFE 2



サークルのイベントにて。

MY LIFE 3



天文学専攻で芋煮をした時の写真です。



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

鈴木慧次 さん 宇宙地球物理学科4年
天文学コース

石川県立金沢二水高等学校出身。趣味はテニス、ゲーム、読書で、テニスは大学のサークルにも所属しています。最近は院試勉強をずっとしているので、物理も趣味になりつつあります。逆にゲームや読書ができていないので、院試が終わったら積まれたゲームや本を消化したいです。

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、東北大学理学部・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。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！



2023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。交流会をご希望の高等学校・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



**東北大学理学部
志望した理由は？**

元々小学校を卒業するまでは福島に住んでいて東北という地に愛着があったので、大学は東北の方へ行きたいと考えていました。また、中学3年生の頃に中性子星という多くの謎に包まれた天体の存在を知り、大学では天文学を学びたいと思うようになりました。この2つの理由から、東北大学を目指すことにしました。天文学の特定分野を学べる大学は多くありますが、全分野をまんべんなく学べるのは東北大学を初め数少ないということも決めた手になりました。

**高校時代はどのように
過ごしていた？**

趣味でも触れましたが、高校時代はテニス、ゲーム、読書ばかりを過ごしていました。特にテニスは大好きだったので、部活がない日もよく友達を誘ってしていました。3年生の6月に部活を引退しましたが、勉強はあまり好きではなかったたので時間をかけていっていませんでした。それでも天文学は好きだったので、定期的に情報を集めていました。私が受験したAOⅢ期では面接が行われるのですが、その時に調べた知識がとても役立ったと思います。

今後の進路は決める？

今のところ大学院に進学する予定です。そのために、今まで学んだ物理をできるだけ深く理解しようと猛勉強している最中です。まだ具体的には決まっていますが、研究では中性子星やブラックホールといった特異な天体を対象にしたいです。

高校時代の私



高校時代の一番の思い出は、高校2年生時の修学旅行で台湾に行ったことです。写真に写る質ではないので残念ながら自分の写真はありませんでした。代わりにかき氷の写真を貼っておきます。台湾は日本と比べとても暑いので、このような食べ物が発達していました。味はもちろん最高でした！

研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

塩害から種子形成を保護するナトリウム輸送体 - 植物の耐塩性メカニズムの解明 -

概要

世界の農地の5分の1が塩害にさらされており、塩害面積は毎年増加すると推定されています。ナトリウムは人にとっては必須元素ですが、植物においては栄養元素ではなく、むしろ有害です。なかでも花や種子（生殖器官）を形成する段階でナトリウムの害を受けやすいことが知られています。

東北大学大学院工学研究科バイオ工学専攻の内山剛志大学院生、石丸泰寛准教授、魚住信之教授らの研究グループは、ナトリウム輸送体（AtHKT1）（注1）が、花の雄しべにナトリウムが溜まるのを防いでいることを明らかにしました。さらに、AtHKT1を篩管（注2）に追加発現させると、塩環境下において通常植物と比べて種子の形成量や植物収量が上昇しました。この耐塩性の分子機構の知見は、塩害土壌や海水利用など塩環境における植物栽培の可能性を広げる際に活用されることが期待されます。

本研究は、東北大学電子光物理学研究センターの菊永英寿准教授ら（東北大学大学院理学研究科）、大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻、日本女子大学、環境科学技術研究所理化学研究所環境資源科学研究センター、信州大学、岡山大学との共同研究により行われました。本研究は2023年6月3日 Science Advances にオンライン掲載されました。

詳細な説明

【研究の背景】

過剰なナトリウムは植物には有害です（塩害）。植物の一生のなかで、子孫を残すために花（生殖器官）で生じる種子の形成は重要なイベントですが、根などと比較して花は塩に弱い性質があります。これまでに、モデル植物であるシロイヌナズナにおいてナトリウム輸送体 AtHKT1 が道管（注3）で機能する植物の耐塩性に関与する重要なタンパク質であることが示されていました。

【今回の取り組み】

今回、ナトリウム輸送体 AtHKT1 が花の篩管にも発現すること、塩環境において AtHKT1 欠損状態では雄しべにナトリウムが蓄積してしまい、雄しべの伸張が抑制されて受粉効率が低下することがわかりました。この結果から、ナトリウム輸送体 AtHKT1 はナトリウムを篩管の流れ（地上部から根へナトリウムを排除する流れ）にのせることで蓄積を防ぐことが明確になりました。

今回の実験では、通常の植物（シロイヌナズナ）の篩管に AtHKT1 を追加発現した植物において、花茎がのびはじめてから培養液に塩を与えると（海水の5分の1程度の濃度100 mMの場合）、通常の植物と比較して種子の収量が1.5倍程度、植物収量は2倍程度（根を除く）に増大しました。この耐塩性植物は通常の植物と比較して、道管や篩管以外の組織へのナトリウムの拡散が抑えられていました。

【今後の展開】

地球規模で進む耕地の砂漠化の要因の一つは塩類の集積です。塩害面積は毎年増加すると推定されています。今回示されたナトリウム輸送体と道管と篩管の連携による花におけるナトリウムの低減の重要性を考慮して、耐塩性の強い植物の探索や育種の基盤の構築が進むと思われます。耕作地の拡大や海水の一部利用など、脱化石燃料にともなう太陽エネルギー利用（光合成）によるバイオマスの確保、食糧需要にかかわる植物生産性の増強の展開につながることが期待されます。

用語説明

（注1）AtHKT1
モデル植物 *Arabidopsis thaliana*（シロイヌナズナ）のNaを輸送する膜タンパク質。2000年に初めてAtHKT1の存在が報告された。AtHKT1とも表記される。

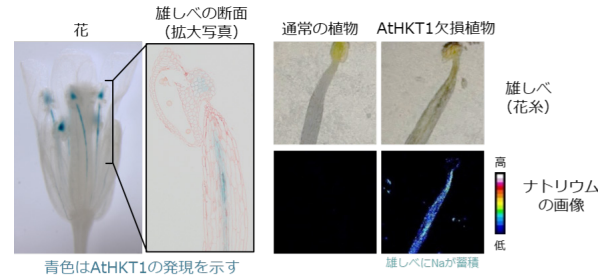
（注2）篩管

根から地上部へ、地上部から根への両方向に養分などを輸送する管。

（注3）道管

根から地上部へ一方に水や養分を輸送する管。

図1 雄しべで機能するナトリウム輸送体（AtHKT1）
ナトリウム輸送体（AtHKT1）は雄しべに発現（青色の箇所）（左図）、ナトリウム輸送体（AtHKT1）が機能しない植物は塩環境下で雄しべにナトリウム（青色）が蓄積（右図）。



塩感受性 → 耐塩性

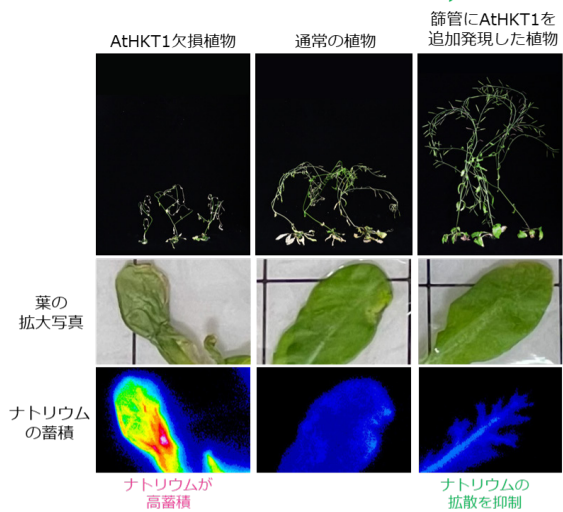
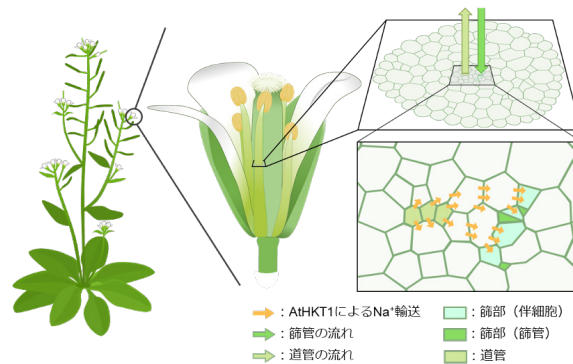


図2 ナトリウム輸送体（AtHKT1）と植物の耐塩性の相関関係
篩管におけるナトリウム輸送体（AtHKT1）の発現量を増やすと、塩環境では地上部における道管と篩管以外の組織へのナトリウムの拡散を抑え、植物の成長は通常植物より増進した。

図3 ナトリウム輸送体（AtHKT1）の植物内における発現と機能の概念図

種子形成を行う花（生殖器官）は、根と比べて塩感受性が高い（塩に弱い）。AtHKT1は、花の道管（雄しべ）のナトリウムを篩管に転送して根へ送り返すと考えられる。これにより、雄しべのナトリウムの過剰蓄積が抑えられ、種子形成が守られる。



論文情報

【雑誌名】

Science Advances

【タイトル】

The HKT1 Na⁺ transporter protects plant fertility by decreasing Na⁺ content in stamen filaments

【著者】

Takeshi Uchiyama, Shunya Saito, Taro Yamanashi, Megumi Kato, Kosuke Takebayashi, Shin Hamamoto, Masaru Tsujii, Tomoko Takagi, Noriko Nagata, Hayato Ikeda, Hidetoshi Kikunaga, Toshimi Suda, Sho Toyama, Misako Miwa, Shigeo Matsuyama, Mitsunori Seo, Tomoaki Horie, Takashi Kuromori, Mutsumi Yamagami, Yasuhiro Ishimaru, Nobuyuki Uozumi

【DOI】

10.1126/sciadv.adg5495

研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

磁場が地球に降り込む宇宙放射線を跳ね返す ～高エネルギー電子から大気を護る地磁気の役割を解明～

概要

地球の極域(注1)は、磁力線を介して大気と宇宙空間が繋がる領域です。極域には宇宙空間からエネルギーの高い電子が降り込み、大気と衝突することによりオーロラや電離圏電子密度の変動などを引き起こしています。電子と大気との衝突過程については半世紀以上に及ぶ研究の歴史がありますが、地磁気(注2)については電子の降り込む場所を定める役割はあるものの、衝突過程そのものには影響を及ぼさないと考えられてきました。

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻の加藤雄人教授らによる研究グループは、降り込み電子(注3)と大気との衝突に対して、低高度になるほど強まる地磁気の効果に着目した精密な数値シミュレーションを行いました。その結果、地磁気により電子が跳ね返される効果が予想以上に大きいことを明らかにしました。この効果は大気に入射する角度が大きい電子ほど強くなり、また、電子のエネルギーが高いほど顕著になることも分かりました。今回の成果は、電子の降り込みによるオゾンの消失過程への影響や、電離圏電子密度の変動を正確に理解する上で重要な知見となります。

本研究成果は、2023年8月2日付で地球物理学分野の専門誌Earth, Planets and Spaceに掲載されました。

詳細な説明

【研究の背景】

地球の極域で輝くオーロラは、磁力線に沿って宇宙空間から降り込んできたエネルギーの高い電子が大気と衝突することで生じています。電子と大気との衝突は、酸素や窒素などの原子や分子を電離させ、電離圏電子密度の変動を引き起こしています。近年は、脈動オーロラと呼ばれる数秒周期で明滅するオーロラが発生する時に、数十万電子ボルト(注4)を超える相対論的電子(注5)(宇宙放射線)も同時に降り込んできていることも分かりました。エネルギーの高い電子は地球大気の間層圏高度(50〜80 km)にまで達することが知られており、オゾンの消失過程にも影響を与えると考えられています。

【今回の取り組み】

今回研究グループは、国際宇宙ステーションが飛行する高度400 km以下の超高層大気での電子と大気との衝突過程について、地球に近づくほど強まる地磁気電子の運動に及ぼす影響を精密に取り入れて、大気と衝突しながら降り込んでくる電子の運動を解き進めました。どの高度でどの程度の頻度の衝突が起きるかを詳細に計算した結果、降り込んできた電子を地磁気が跳ね返す効果が従来の予想以上に顕著であることを明らかにしました(図1、2)。この跳ね返りの効果は、大気に入射する角度が大きい電子ほど強くなり、また、電子のエネルギーが数十万電子ボルトを超えるると特に顕著になることも分かりまし

た。跳ね返りの効果の結果として、大気が濃くなっていく高度100 km以下では衝突率が1桁以上低下することを示し、衝突頻度の高い領域が80 km以下の低高度と130 kmの高高度の2ヶ所に分かれることも初めて明らかにしました。

【今後の展開】

宇宙放射線の中でも相対論的なエネルギーを持つ電子は「キラー電子(注6)」とも呼ばれ、宇宙空間では衛星の障害を引き起こし、宇宙飛行士の被曝の要因ともなることが知られています。太陽で発生するフレアの影響により、キラー電子の量が増減することが明らかとなっています。キラー電子の消失過程としては、磁力線に沿って地球の極域に降り込み大気と衝突することによる消失が主要因とされています。本研究で明らかにした地磁気の役割を考慮することにより、キラー電子の降り込みによる電離圏の電子密度変動の正確な理解が一層進むことが期待されます。

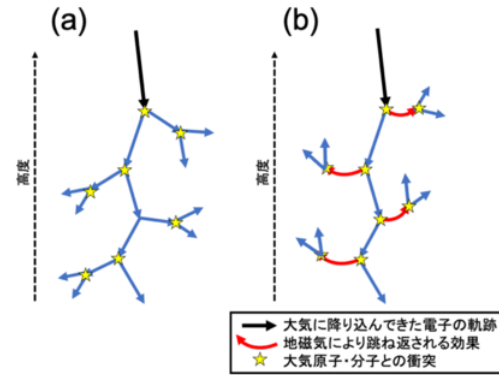


図2 大気と衝突しながら降り込んでくる電子の軌跡。地磁気による跳ね返りの効果を考えない場合(a)に比べて、跳ね返りの効果を考慮した場合(b)には電子の軌跡が総じて上向きに変化していくことを示している。

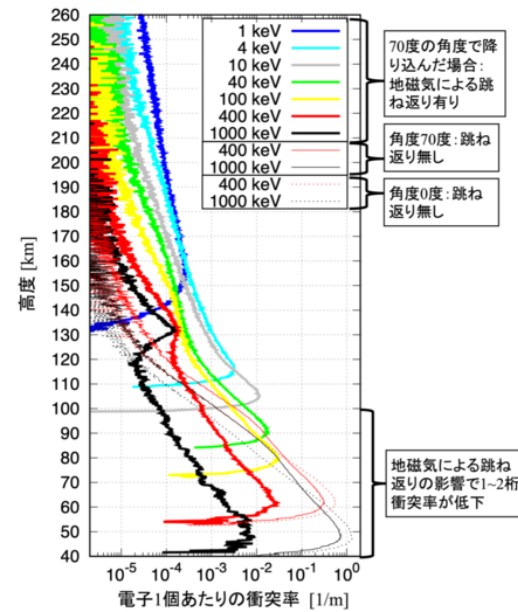


図1 地磁気による跳ね返りの効果を精密に取り入れた計算で得られた、極域大気に降り込んできた電子と大気との衝突率の高度分布(太い実線)。磁力線に平行に降り込んできた場合(点線)や、跳ね返りの効果を含めずに70度の角度で降り込んできた場合(細い実線)を比較すると100 km以下に到達する十萬電子ボルト以上の電子による衝突率が1〜2桁低下することを示している。

用語説明

- (注1) 極域 南極と北極を「極地」と呼ぶのに対し、少し範囲を広げる際に「極域」と呼ぶ。南極の極域は周辺の海、北極の極域はグリーンランド全域と周辺の海を含めることが多い。
- (注2) 地磁気 地球が持つ固有の磁場。地球からの距離に応じて強度が変化する。極域において高度400 kmでの磁場強度は、おおよそ地表の8割程度である。
- (注3) 降り込み電子 宇宙空間から大気に降り込んでくるエネルギーの高い電子。主に極域で生じており、オーロラの発光を引き起こしたり、電離圏の電子密度を変動させたりすることが知られている。
- (注4) 電子ボルト エネルギーの単位であり「eV」と記される。1ボルトの電位差を通過した電子が得るエネルギーが1 eVであり、温度にして約1万度に相当する。
- (注5) 相対論的電子 真空中の光速に迫る高速で動くため、相対論的効果が無視できない電子。電子以外の荷電粒子を含めると「相対論的粒子」と呼ぶ。
- (注6) キラー電子 宇宙空間にあるエネルギーが高い電子。地球を取り巻くように分布する放射線帯に多く存在する。人工衛星の故障を引き起こす要因となる。



降り込み電子と大気との衝突により生じるオーロラ (フィンランド・ソナクキラで撮影)

論文情報

【雑誌名】
Earth, Planets and Space

【タイトル】
Effect of the mirror force on the collision rate due to energetic electron precipitation: Monte Carlo simulations

【著者】
Yuto Katoh, Paul Simon Rosendahl, Yasunobu Ogawa, Yasutaka Hiraki & Hiroyasu Tadokoro

【DOI】
10.1186/s40623-023-01871-y

Alumni Voice

卒業生インタビュー

エキゾチックアトムと
大学での「教養」

私は東北大学の理学部化学科に入学して、博士課程修了まで東北大学で学びました。現在は、「教養教育」、中でも大半の理系学部1年生が受講する実験科目（自然科学総合実験）や、文系学部向けの実験の授業に携わりつつ、理学部を兼務して研究も続けています。皆さんはどのような期待や希望を持って大学へ進学されるのでしょうか？

具体的な目標のある方もいれば、漠然と分野を選んで進む方もいるでしょう。私の場合は、さしたるこだわりもないまま、しかし「物質」とは不思議なものだ、という興味はありつつ、入学したことを覚えていてます。現在の主なテーマの「エキゾチックアトム」など、当時は想像だにしませんでした。

物質は分解してみれば電子と原子核から成りますが、自然界には、これら以外に陽電子や反陽子、ミュオンといった

東北大学 高度教養教育・
学生支援機構 助教

山下琢磨 さん

化学専攻博士課程後期修了

群馬県立前橋高等学校出身。
2010年東北大学理学部化学科
入学。2019年に東北大学高度
教養教育・学生支援機構に助教
として着任。専門は放射化学、
原子分子理論。

素粒子・反粒子が存在します。現在では、加速器を使って作り出すこともできます。このような「妙な」粒子が通常の原子や分子と結合したものをエキゾチックアトムと呼び、既存の化学をどのように拡張すればその現象を理解できるのかを研究します。「化学II フラスコ、薬品皿のイメージとはずいぶん違いますよね。自分が何を「もっとよく理解したい」と思うかは、入学後の学問との出会い方やそこに携わる人との縁もあるでしょう。「専門」といっても、その裾野は際限なく広がるもので、私の場合は放射化学、原子物理学、核融合エネルギー、放射線生物学、環境分析化学、地学、放射線教育など、色々な分野の人と一緒に仕事をしています。皆さんが大学に入って最初に学ぶのは実は専門分野の知識ではなく「教養」です。きっとそこで得た字びや「字び方」は将来の糧になると思います。ぜひ一度、大学での「教養」がどんなものなのか、調べてみてはいかがでしょうか？

大学の授業のハナシ

「地球物理学」を体験する実験

皆さんは地球物理学という学問分野をご存知でしょうか。その名の通り物理学を基礎にして、地球を解明する学問分野です。地球物理学の研究対象は、地震や火山、大気・気象、海洋、太陽・惑星など多岐にわたります。宇宙地球物理学地球物理学コースに配属された2年次の学生が初めに地球物理学を体験するのが「地球物理学実験」という2期一年に亘る授業です。この授業、実は60年以上も続く同コース伝統のユニークなものです。

地球物理学実験では2期各々で課題が提示されます。課題に対し、学生自身が実験テーマや方法を考え、実験装置や測定器を設計し製作します。さらに、計測したデータの解析と考察、発表会やレポート作成を含む実験全体を通して、物理を基礎とした自然界の見方を実践的に学びます。実験テーマも方法も、教科書や教材として与えられておらず、自分で考えて、情報収集し、行動することが必要となります。

第1期の課題は「物理定数の測定」です。重力加速度や光の速度、水の表面張力（写真1）など正しい値がわかっている定数の一つ選んで、その定数をできるだけ精度よく求めることが目標です。測定には誤差が付き物ですから、方法も装置も何が最良かを考えて、様々な要因で生じる誤差を定量的に評価し考察することが求められます。実験の一連の流れを通して理学的な見方・考え方を含めて総合的な力を養っていきます。



写真1 水の表面張力の測定

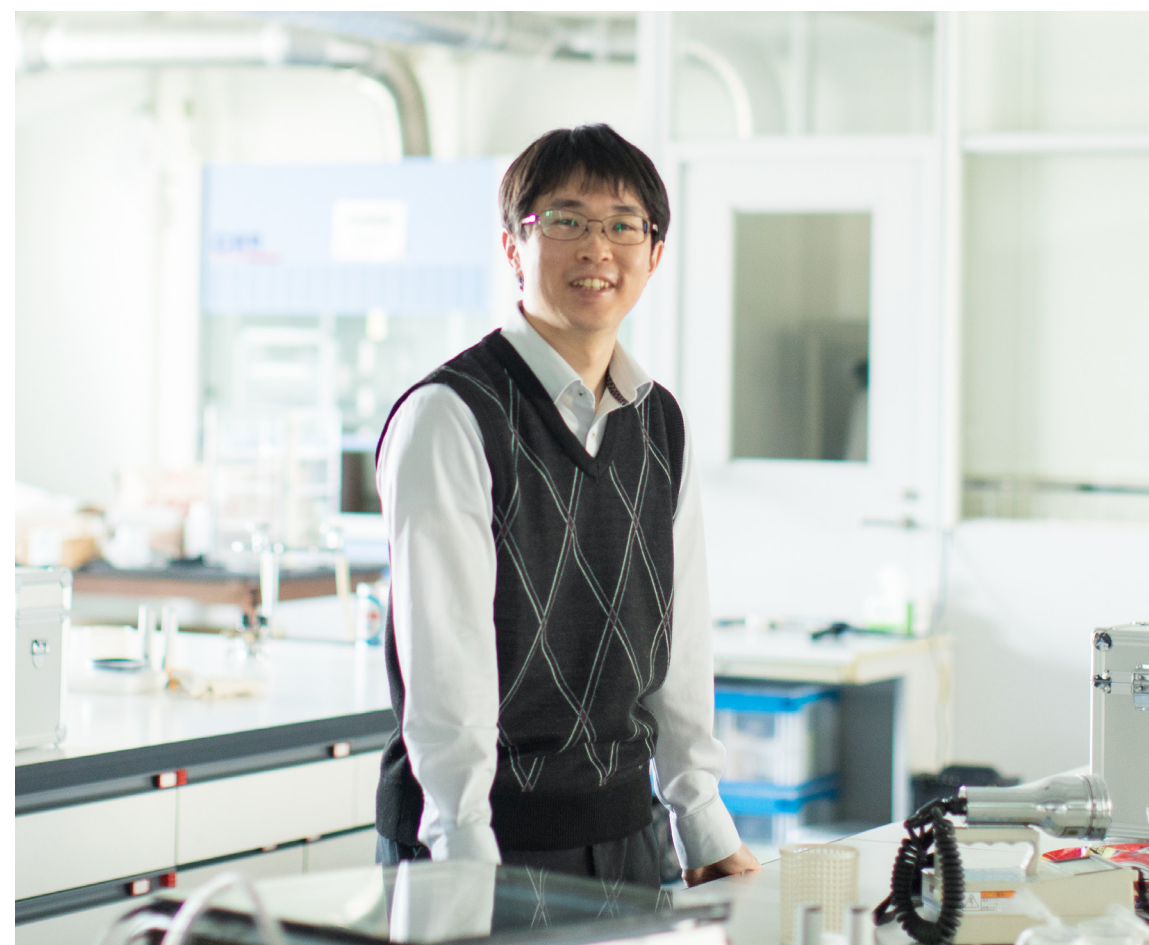
第2期では自然の変動現象を対象とし、観測あるいは実験を行います。過去の例を挙げると、地震波の計測による震源の決定、気象現象（海陸風や乱流など；写真2）の観測や竜巻のモデル実験、電離層（分子や原子の一部が電離した高度60~1000 km程度の領域）の高度変化の観測などがあります。ここでも、テーマ選択から計画立案、装置製作、測定、解析、考察まで学生自らが行います。自然相手ですので、正解は必ずしも明らかではありません。変動する現象の実態や物理的メカニズムを明らかにすることが目標となります。その意味では第2期は、より地球物理学の研究に近い課題と言えます。



写真2 太陽光強度の測定によるエアロゾル（大気微粒子）の観測

自然を研究対象にしている地球物理学では、南極上空のオゾン層が極端に減少する現象が発見され「オゾンホール」と呼ばれているように、観測から新しい発見が始まることが多くあります。私たちの生活する地球という惑星にもまだまだ多くの謎があります。謎を見つけて、そして解明するために、自分で考え、よく観察することが大事です。地球物理学実験では、計測機器の使い方やデータ解析の方法など、実験の基礎は教示されます。でも、何をテーマとして何をするか、決めるのは学生の皆さんの知的好奇心と探究心次第となっています。自然をよく観ることで新しい発見につながるのではないのでしょうか。

岩淵 弘信 准教授（地球物理学専攻）



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。



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.04

2023年9月29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

