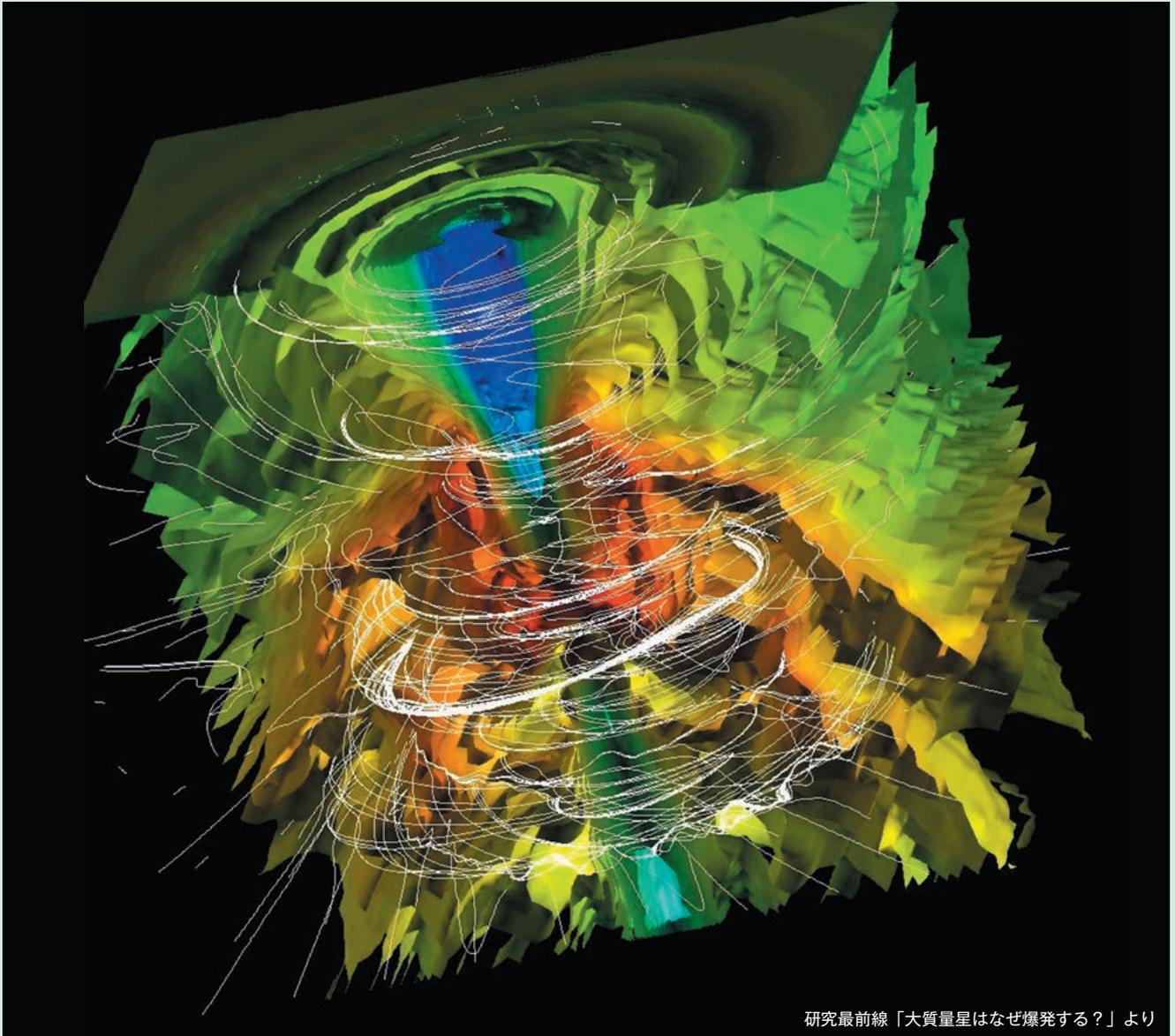


RIKEN NEWS

No. **443** 2018 **5**



研究最前線「大質量星はなぜ爆発する？」より

02 研究最前線

大質量星はなぜ爆発する？

06 研究最前線

原子核のフロンティアを BigRIPSで開拓する

10 FACE

- ・一夜だけのきのこ、ヒトヨタケを狙うモノトリー
- ・手のひらに載る光源でテラヘルツ波を発生させた研究者

12 SPOT NEWS

発光イメージングで生体の毛周期をモニタリングする

13 TOPICS

- ・人工皮膚「Advanced Skin™」、販売開始
- ・理化学研究所—広島大学の連携・協力の推進に関する基本協定の締結、共同研究拠点設置について
- ・新理事に加藤重治氏、小寺秀俊氏、美濃導彦氏
- ・生命機能科学研究センター長に西田栄介氏
- ・脳神経科学研究センター長に宮下保司氏
- ・計算科学研究センター長に松岡 聡氏

16 原酒

理研横浜地区の野鳥

科学道

Dreams to the Future

太陽質量の8倍を超えるような大質量星は、一生の最後に大爆発を起こす。

開拓研究本部 長瀧天体ビッグバン研究室の長瀧重博 主任研究員は、宇宙最大規模の爆発現象である超新星とガンマ線バーストについて、その爆発メカニズムを理論的研究から明らかにしようとしている。

現在は、超新星爆発の始まりから500年後までの

空間3次元大規模数値シミュレーションという、世界初となる研究を進めているところだ。

「地球や私たちの起源にも関わる爆発現象を、究極的な物理を駆使して解き明かしたい」と長瀧主任研究員は言う。その取り組みを紹介しよう。

大質量星はなぜ爆発する？

■ 大質量星の爆発現象

「天体ビッグバン」

長瀧主任研究員は2013年に理研で研究室を立ち上げるに当たって、名称を「長瀧天体ビッグバン研究室」とした。宇宙研究で通常ビッグバンといえば、宇宙が誕生直後にインフレーションと呼ばれる急膨張を起こし、その終了時に真空のエネルギーが熱エネルギーへと変わる相転移によって出現した、超高温・超高密度状態のことである。途方もなく大きな爆発を起こしたような状態で、ビッグバン以降も宇宙は膨張を続け、現在に至っている。宇宙は、およそ138億歳だ。

では、天体ビッグバンとは？「私がつくった言葉で、大質量星の爆発をそう呼んでいます」と長瀧主任研究員は説明する。「太陽質量の8倍以上の大質量星は、一生の最後に爆発します。それは観測

されている事実です。しかし、なぜ爆発するのか分かっていません。私たちは、大質量星が爆発するメカニズムの全貌解明を目指しています」

なぜ、大質量星の爆発について研究するのだろうか。生まれたばかりの宇宙には、原子番号1番の水素や2番のヘリウムなど、軽い元素しか存在していなかった。それらの元素が集まって大質量星が誕生し、星の中で炭素や窒素、酸素など鉄までの重い元素がつくられていく。星が爆発するとき、星の中でつくられた重元素が宇宙空間に放出される。また、爆発時に超高温・超高压状態になった星の中心部で元素同士の合体によって鉄より重い元素もつくられ、宇宙空間に放出される。やがて、それらが再び集まって大質量星が誕生し……と繰り返されることで、宇宙空間に重元素が増えて

いく。「地球や私たちの身体は、星の爆発によってつくられ、宇宙空間に振りまかれた重元素からできています。大質量星の爆発についての研究は、私たちの起源を知ることにつながるのです」

長瀧主任研究員が目目しているのは、宇宙最大規模の爆発現象である超新星とガンマ線バーストだ。超新星では明るさが急激に増大し、近代的な観測装置がなかった時代にも出現の記録が残されている。ガンマ線バーストは、ガンマ線という私たちの目には見えないエネルギーの高い電磁波で、ごく短時間だけでも明るく輝く。ガンマ線バーストが初めて観測されたのは1967年だが、長らく正体不明の天体現象といわれていた。近年の観測によって、非常に遠方で発生していることや、ガンマ線はジェットとして放出されていてジェットが地球の方向を向いているときにガンマ線バーストとして観測されること、バーストの継続時間が2秒より短いショートガンマ線バーストと2秒より長いロングガンマ線バーストなどいくつかのグループがあることが分かってきた。

■ 星をコンピュータの中で爆発させる

「大質量星の爆発は星の中心で起きるため、その様子を可視光などの電磁波で観測することはできません。そこで私たちは、理論的な研究からそのメカニズムを明らかにしようとしています」。まず、

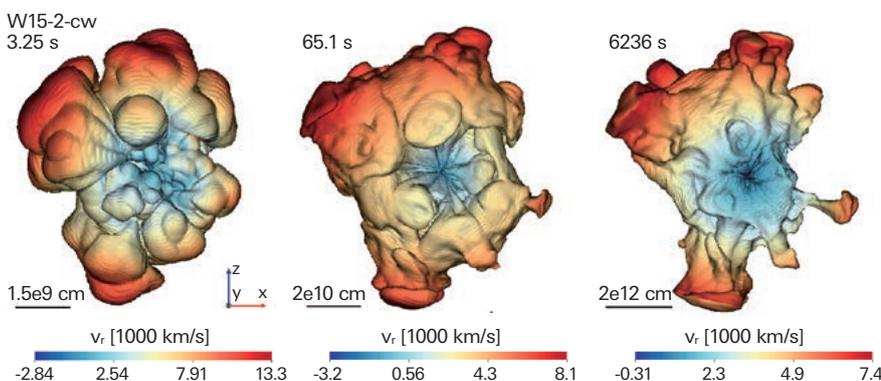


図1 超新星爆発の3次元シミュレーションによるニッケル56の空間分布

ニュートリノ加熱説に基づく超新星の3次元大規模数値シミュレーション。放射性同位体ニッケル56の空間分布の時間発展を示している。ニッケル56の非球対称な分布は、爆発直後(3.25秒)からシミュレーションの最後(6,236秒)まで見られる。動径方向の速度をそれぞれのパネルのカラーバーで示す。

長瀧重博 (ながたき・しげひろ)

開拓研究本部
長瀧天体ビッグバン研究室 主任研究員

1970年、東京都生まれ。博士（理学）。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。同大学ビッグバン宇宙国際研究センター助手、京都大学基礎物理学研究所准教授などを経て、2013年より理研准主任研究員。2017年より現職。



星の中で起きている現象を、流体力学や重力、原子核、素粒子、電磁気などさまざまな物理の方程式で記述する。次に、これらの方程式をコンピュータが理解できる言語を用いたプログラムによって表現し、スーパーコンピュータで大規模な数値シミュレーションを行うのだ。

超新星の研究に数値シミュレーションを取り入れている研究者は多い。しかし長瀧主任研究員は、「近年までの数値シミュレーションでは、超新星が爆発せず、ことごとく失敗に終わってしまいました」と言う。星が爆発しない場合、物理方程式は正しいか、プログラムに誤りはないかをチェックして修正し、シミュレーションを行い……という作業を重ねていかなければならない。一方で、爆発時に起きる元素合成に関心がある研究者は、爆発シミュレーションが成功するまでただ待っているわけにはいかない。そのため、星が爆発したところから数値シミュレーションをスタートさせ、元素合成について研究している。

そうした現状に対して長瀧主任研究員は、「星の爆発と元素の合成は一連の現象であり、それを切り離した数値シミュレーションは現実を再現しているとは言えません」と指摘する。「私たちは、超新星の爆発の始まりから重元素が合成され、宇宙空間に放出されるまでを、ひとつながりの数値シミュレーションとすることを目指してきました」

■ 爆発の始まりから

500年後の残骸まで

アノップ・ウォンワタナラット研究員

(現 ドイツ・マックスプランク研究所 研究員)らは、超新星の爆発メカニズムとして有力視されているニュートリノ加熱説に基づき、3次元の大規模数値シミュレーションを行った(図1)。大質量星は、星の中で鉄までの重元素をつくりながら進化する。そして誕生から数百万年たつと自分の重力を支えられなくなって重力崩壊を起こし、中心に中性子星が形成される。この中性子星は、半径が10kmくらいと小さいながら太陽ほどの質量を持つ高密度天体で、温度は500億度にも達している。中性子星の中で素粒子の一種であるニュートリノが大量につくられ、放出される。そのニュートリノが周囲のガスに吸収されるとガスが加熱され爆発が起きるというのが、ニュートリノ加熱説である。

ニュートリノ加熱説に基づいて大規模数値シミュレーションを行ったところ、狙いどおり超新星は爆発した。爆発中のどの部分で、どの重元素がどのくら

い合成されるかも計算。その結果、重元素の分布に強い非対称性が生じること、ケイ素から鉄までの重元素、特に放射性同位体のチタン44(陽子数22、中性子数22)とニッケル56(陽子数28、中性子数28)は爆発が強く高温に加熱される場所で多くつくられることが分かった。また、中性子星は爆発の強い側と反対の方向に反跳を受けて移動し、反跳が大きいほど重元素の分布の非対称性が強く現れることも明らかになった。

「超新星の爆発の始まりから6,236秒後(約1時間44分後)までのシミュレーションに成功しました。この爆発と元素合成を連動させた3次元シミュレーションは、世界初の成果です」と長瀧主任研究員は声を弾ませる。「このシミュレーションによって導き出された重元素の総質量と膨張速度、チタン44とニッケル56の分布の非対称性、中性子星の移動速度は、約340年前に爆発した超新星の残骸であるカシオペア座Aの観測結果

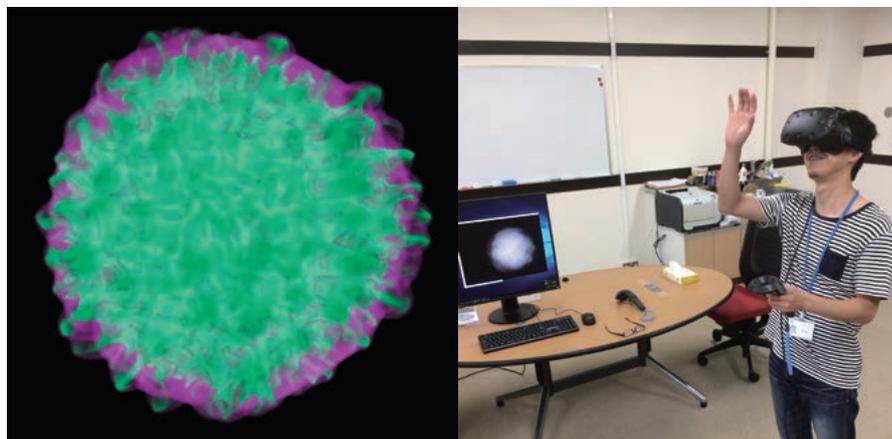


図2 パーチャルリアリティーを用いた超新星の爆発メカニズムの研究

ゴーグルを付け、コントローラーを操作することで、爆発している超新星の中に入ったり、重元素が宇宙空間に広がっていく様子を好きな角度から見たりできる。

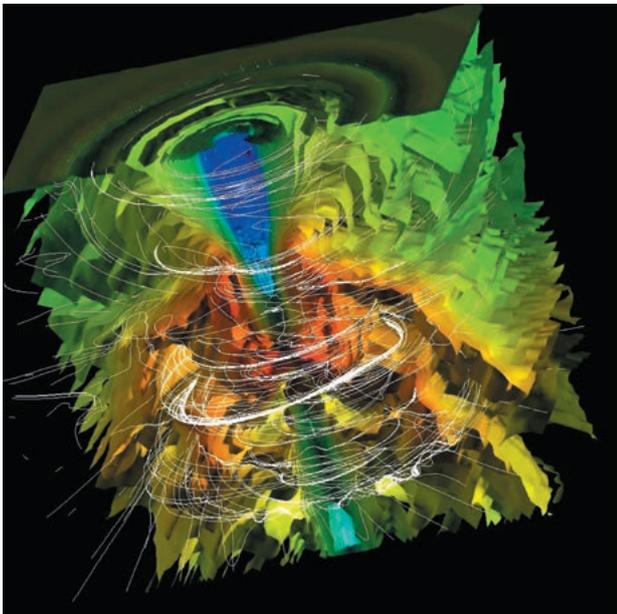


図3 ガンマ線バーストのジェット形成の大規模数値シミュレーション

ガンマ線バーストの中心には、大質量星が重力崩壊を起こして形成されたブラックホールがあり、高速で回転していると考えられている。高速回転するブラックホールからは電磁場を介してジェットが噴出する。色は温度、白線は磁力線を表す。

とよく合います。超新星爆発がニュートリノ加熱によって引き起こされる可能性を唆し、超新星の爆発メカニズムの解明に向けた大きな成果です」

それでもこれは初めの一步にすぎない。目指すのは、爆発の始まりから500年後までの大規模数値シミュレーションの実現だ。「シミュレーション結果をさまざまな超新星残骸の観測結果と直接比較できれば、シミュレーションに用いた理論の正しさを検証できて爆発メカニズムの解明が大きく進むはずです」

この研究には、ジル・フェラン研究員と小野勝臣研究員、数理創造プログラム (iTHEMS) のドナルド・ウォレン研究員らが取り組んでいる。バーチャルリアリティーの映像を制作しているのが特徴だ (図2)。「ゴーグルを付けてコントローラーを操作すれば、爆発している星の中に入り込んだり、星の中心から外側を見たり、回転させて好きな方向から観察することもできます。バーチャルリアリティーで超新星の爆発を体感することによって気付きやひらめきがあり、シミュレーションの高度化、さらには爆発メカニズムの解明につながると期待しています」

■ ガンマ線バーストで宇宙を測る

研究室では、ガンマ線バーストについても大規模数値シミュレーションを行

い、その爆発メカニズムを解明しようとしている。ガンマ線バーストは、数秒から数十秒ほどの短時間で、太陽が一生かけて放出する量に匹敵するエネルギーをガンマ線として放射する。ガンマ線バーストのエネルギー源については、まださまざまなアイデアが出されている状態だ。長瀧主任研究員は、大質量星の重力崩壊によってブラックホールができて、それが高速で回転していることで磁場を介してブラックホールから回転エネルギーが引き抜かれているのではないかと、考えている。それでジェットの発生も説明できる。「磁場が入ってくると数値シミュレーションが一気に複雑になります。今、その難題に挑んでいるところです」 (図3、表紙)

ガンマ線バーストについては、2017年に大きな進展があった。マリア・ダイノッティ訪問研究員 (現 ポーランド ヤギェウォ大学 准教授) が、宇宙を測る物差しとしてガンマ線バーストを利用する方法を発見したのだ。

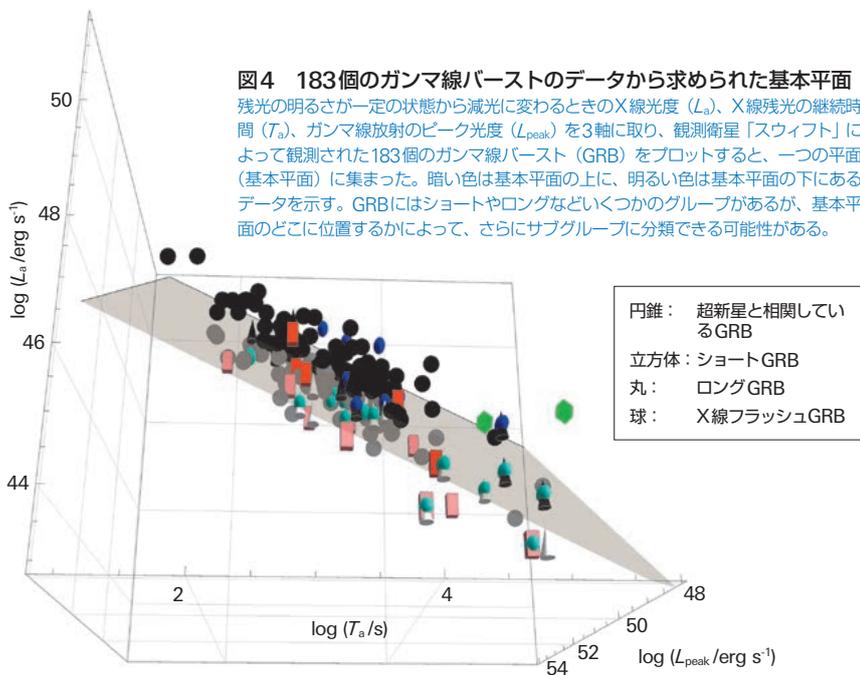
現在、宇宙を測る物差しとしてIa型と呼ばれる超新星が使われている。Ia型超新星は爆発時の絶対光度 (真の明るさ) がほぼ一定であるため、見掛けの明るさからその天体までの距離を正確に求めることができる。ガンマ線バーストは非常に明るいいため、Ia型超新星より遠方まで測ることができる物差しになるので

はないかと考えられていた。しかし、明るさや継続時間などがさまざまで、物差しとして使えるような規則性が見つかっていなかった。

ダイノッティ研究員は、NASA (米国航空宇宙局) のガンマ線バースト観測衛星「スウィフト」が観測した183個のガンマ線バーストを解析。ガンマ線バーストでは、ガンマ線が消えた後にX線の残光が観測される場合がある。残光の明るさが一定の状態から減光が変わるときのX線光度、残光の継続時間、ガンマ線のピーク光度を三つの軸に取って各ガンマ線バーストをプロットしていくと、データが一つの平面に集まることが分かった (図4)。「一つの平面に集まるという法則を用いると絶対光度を求めることができるため、ガンマ線バーストを宇宙を測る物差しとして使えそうです」

■ 中性子星の合体による重力波とガンマ線バースト

2016年2月12日 (日本時間)、米国の重力波望遠鏡「LIGO」が重力波の検出に史上初めて成功したと発表された。それは、ブラックホールの合体によって発生したものだ。「重力波検出のニュースを聞いてから数日間、ぼ～っとしていました」。そう振り返る長瀧主任研究員は、大学院の修士課程では重力波検出に関する実験的な研究をしていたため、重力波検出の難しさ、検出成功の意義をよく知っている。「重力波の存在を予言していたアインシュタインの正しさが証明されただけでなく、ブラックホールの存在を示す初めての直接的な証拠です。あ



関連情報

●2017年7月7日プレスリリース
超新星残骸カシオペア座Aの放射性同位体分布を再現

の日を境に、私の宇宙観が変わりました。重力波もブラックホールも確かに実在するのだ、と。しかも重力波を強く放出しているブラックホールは宇宙にたくさん存在することも分かってきました」

2017年のノーベル物理学賞が重力波の検出に貢献した3人に贈られることが発表された直後の10月16日、また大ニュースが飛び込んできた。「中性子星の合体によって発生した重力波が検出されたのです。さらに、ショートガンマ線バーストも観測されています。中性子星の合体によって回転するブラックホールが形成され、ガンマ線のジェットが放出された可能性があります」。電磁波による観測から、中性子星の合体によって金や銀、プラチナ、ウランがつくられた可能性が極めて高いことも分かった。鉄程度の重い元素の合成は超新星爆発のときに起こる。しかし金など極めて重い元素については、どこでつくられるのか、実はよく分かっていなかった。その点でも今回の観測に注目が集まっている。

「2個の中性子星の形成から、合体して重元素が合成され、放出されるまで、重力波の発生を含めて丸ごとシミュレーションしたい」と長瀧主任研究員は意気込む。その結果を観測と比較することで、自分たちの理論がどれだけ正しいかを検証でき、また観測を解釈できる。

「ニュートリノの観測にも期待してい

ます」と長瀧主任研究員。ニュートリノと重力波からは、電磁波では見ることができない星の中心の情報を得ることができる。中性子星の合体ではニュートリノも発生していると考えられるが、まだ観測されていない。また超新星の爆発で発生したニュートリノは、1987年に日本の「カミオカンデ」で観測されているが、重力波はまだ観測されていない。「もし超新星やガンマ線バースト、中性子星の合体によって発生した重力波とニュートリノを同時に観測できれば、それらの爆発メカニズムの理解が大きく進むはずです。日本には『スーパーカミオカンデ』があり、『ハイパーカミオカンデ』の計画も進んでいます。大型低温重力波望遠鏡『KAGRA』も間もなく本格稼働の予定ですから、大いに期待しています」。理論研究を支えるスーパーコンピュータについては、2020年ごろからの運用開始を目指してポスト「京」の開発が進められている。

■ 理研を世界最先端の宇宙研究拠点に

「私たちは、最先端のさまざまな物理を取り入れ、また世界最高レベルのスーパーコンピュータを用いて、星の爆発の瞬間から500年後までを研究しています。このような一貫性を持って星の爆発の理論的研究をしているグループは、ほかにありません」と長瀧主任研究員は胸

を張る。世界最高レベルの人材を募っているため、研究員の構成は国際色豊かで、また国際共同研究も盛んだ。

一方、「理研内での密接な連携を進めたい」とも語る。理研には、原子核物理学の最先端の研究や、天文分野の観測的研究を行っている研究室がある。さらに、理論科学・数学・計算科学の研究者が分野の枠を超えて基礎研究を推進するiTHEMSが2016年に設立され、長瀧主任研究員は副プログラムディレクターを務めている(『理研ニュース』2017年12月号「特集」)。「理研でしかできない世界最先端の宇宙の研究ができると期待しています」

■ 宇宙のはじまりを理解する

長瀧主任研究員は、「私は、ガンマ線バーストを解明することで、宇宙のはじまりを理解できると信じています」と言う。ガンマ線バーストの中心には、高速で回転するブラックホールがある可能性が高い。ブラックホールの時空構造と宇宙のはじまりの時空構造には、共通した物理があると考えているのだ。

「博士課程で私の指導教官だった佐藤勝彦先生は、中性子星の研究からインフレーション理論の提唱に至りました。そういう飛躍こそ、理論研究の面白さです。研究室名に『ビッグバン』を入れたのは、宇宙のはじまりも意識しているからです。でも、ガンマ線バーストと宇宙のはじまりがつながるなんて、誰も考えていないでしょうね」と笑う。そして力強く言う。「でも私は本気です」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

理研を中心とする国際的な研究グループが世界トップを走る研究を進めている。加速器施設「RIビームファクトリー（RIBF）」における未知の原子核の探索実験だ。

RIBFでは2007年以来、累計132種類の新しい原子核を発見している。グループの中核である仁科加速器科学研究センター RIビーム分離生成装置チームの吉田光一チームリーダー（TL）と福田直樹 仁科センター研究員（以下、研究員）に、RIBFで新しい原子核を次々と発見できる理由と、その意義を聞いた。

原子核のフロンティアをBigRIPSで開拓する

■ 7,000種類以上の原子核の世界

まず、原子核について簡単に見てみよう。原子はマイナス電荷の電子とプラス電荷の原子核から成る。その原子核はプラス電荷の陽子と電荷を持たない中性子から成る。陽子の数（原子番号）が原子核の周りを回る電子の数に対応し、元素の種類と化学的な性質を決める。ただし同じ元素でも中性子の数が異なる、さまざまな質量数（陽子数+中性子数）の同位体が存在する。

天然で安定に存在する原子核（安定核）は270種類ほどだ。それ以外は、放射線を出して一定の寿命でほかの原子核に変わってしまう不安定核で、放射性同位体（ラジオアイソトープ：RI）とも

呼ばれる。理論上は7,000種類ないし10,000種類ほどの原子核が存在し得ると考えられているが、現在までに発見されたのはおよそ3,000種類だ。原子核の世界には、広大なフロンティアが広がっている。

■ 原子核を生成・分離する原理

ウランやキセノン、カルシウムなどを加速したビームをベリリウム標的に当てると、ビームの原子核と標的の原子核が衝突して、ウランなどの原子核が核分裂したり一部が剥ぎ取られたりして壊れ、さまざまな種類の原子核が含まれるRIビームとなる。新しい原子核を発見するには、RIビームに含まれる特定の陽子

数・中性子数を持つ原子核を分離・識別する必要がある。

「そのための手法が、RIビームを磁石の磁場で曲げて、原子核の種類ごとに軌道を変えることです」と吉田光一TL。「陽子数が多くプラス電荷が強い原子核ほど、磁石で大きく曲げられます。逆に、質量数が多いほど、また、速度が速いほど、曲げられにくくなります。つまり磁石の磁場を通るときの曲げられにくさ（磁気剛性）は、質量数と陽子数の比に速度を掛けた値に比例します。RIビーム中の原子核の速度はほぼ一定なので、質量数と陽子数の比に従って磁石により軌道が変わり、特定の比を持つ原子核だけをスリット（細い隙間）に通して分離することができるのです」

ただし、質量数と陽子数の比が同じならば、種類の異なる原子核でも同じ軌道を描き、一緒にスリットを通ることになる（図1）。例えば、ベリリウム12（陽子数4）、ホウ素15（陽子数5）、炭素18（陽子数6）は質量数と陽子数の比がいずれも3なので同じ軌道となる。

「それらを分離するために使うのが減衰板です。減衰板を通過した原子核は陽子数の2乗に比例してエネルギーを失い、減速します」

陽子数4のベリリウム12はあまり減速しないのに対し、陽子数6の炭素18は大きく減速する。速度によって磁気剛性が異なるため、減衰板の後の磁石を通ると

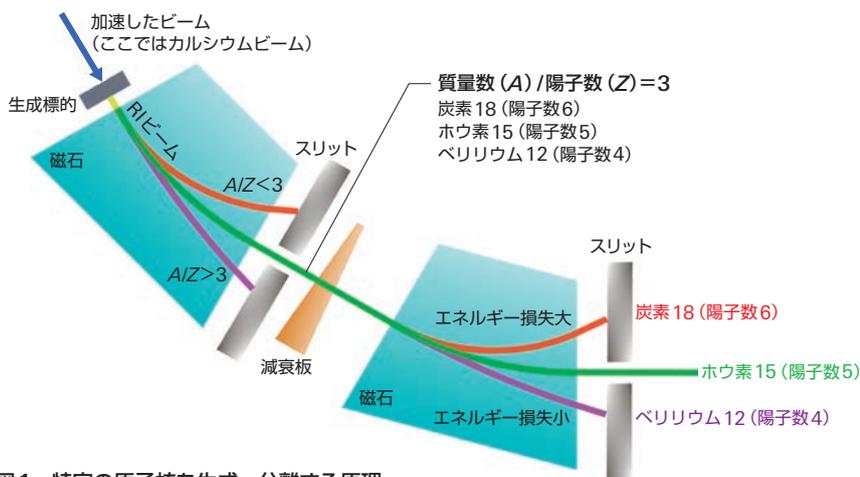


図1 特定の原子核を生成・分離する原理

磁石による曲げられにくさ（磁気剛性）は、質量数と陽子数（荷電数）の比に速度を掛けた値に比例する。ウランなどのビームが標的に当たり生成されたRIビーム中のさまざまな原子核の速度はほぼ一定なので、磁石で曲げることで質量数と陽子数（荷電数）の比が同じものを、さらに減衰板に通すことで特定の陽子数の原子核だけを分離することができる。なお、RIBFで加速して生成標的に当てるビームの原子核には、ウラン238、キセノン124、クリプトン78、亜鉛70、カルシウム48、酸素18、窒素14などがある。

吉田光一 (よしだ・こういち)

仁科加速器科学研究センター
実験装置運転・維持管理室
RIビーム分離生成装置チーム
チームリーダー

1963年、埼玉県生まれ。博士(理学)。
東京工業大学大学院理学研究科物理学専攻中退。1989年、理研リニアック研究室
研究員補。1991年、東京工業大学より博士号取得。理研RIビーム科学研究室
研究員などを経て、2010年より現職。



きに軌道が変わり、特定の陽子数の原子核だけを分離できるのだ。

■ 二つのステージで

分離・識別するBigRIPS

ウランなどのビームを標的に当ててさまざまな原子核を生成し、磁石や減衰板で分離・識別するという原理は、RIBFも従来の加速器施設と変わらない。にもかかわらずRIBFで未知の原子核を次々と発見できるのには、主に二つの理由がある。一つ目は、ビームの強度が高いため、これまで生成確率が極めて小さいために生成できなかった希少な原子核でも生成できるようになったことだ。

二つ目は、生成された未知の原子核を分離・識別する能力が高いこと。RIBFで原子核の生成・分離・識別を行う装置が「超伝導RIビーム生成分離装置 (BigRIPS)」だ。

前述のように、原理的には磁石と減衰板に通すことで特定の原子核だけを分

離できるはずだ。しかし実際には、同じ種類の原子核でも、軌道に幅が出たり、同じ軌道に異なる種類の原子核が混じったりしてしまうことがある。RIビームに含まれる同じ種類の原子核でも速度に若干のばらつきがあることなどが原因だ。速度にばらつきがあれば軌道も異なってくる。すると、スリットを通るビームに異なる種類の原子核が混じってしまう。

また、原子核に電子が付いてしまうケースもある。例えば、陽子数8の酸素の原子核の荷電数は+8だが、マイナス電荷の電子1個が付くと荷電数は+7に減る。磁石を通るときの軌道は、速度が一定なら質量数と陽子数の比によって決まると先に述べたが、電子が付くことを考えれば、正確には質量数と荷電数の比で決まる。ここで、ガス検出器(イオンチェンバー)や半導体検出器を使えば、検出器によるエネルギー損失の大きさは、電子が付いているかどうかにかかわらず、陽子数の2乗に比例するので、

陽子数を識別することができる。

「そこでBigRIPSでは、第1ステージで分離したビームを、第2ステージで磁石や検出器に通し、磁石で曲げられる軌道や検出器によるエネルギー損失の大きさ、飛行時間(速度)を精密に計測し、原子核ごとに質量数と陽子数を識別します。この2段階方式で、電子が付いた原子核と、電子が付いていない原子核も識別できます」(図2・図3)

吉田TLらはBigRIPSの建設・運転・維持管理や、超伝導磁石や検出器など実験装置の開発を進めてきた。BigRIPSで未知の原子核をどのように探索しているのか、その最前線を紹介していこう。

■ 元素合成の過程と

魔法数126を検証する

RIビーム分離生成装置チームの福田研究員や清水陽平 協力研究員らは2017年、BigRIPSにより73種類の新しい原子核を発見した。BigRIPSで2007年に



図2 超伝導RIビーム生成分離装置 (BigRIPS) 第2ステージ

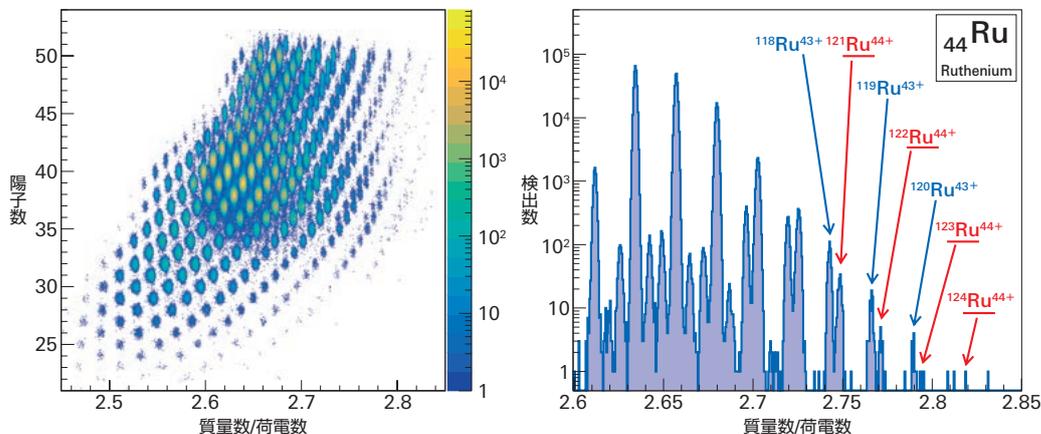


図3 BigRIPSで原子核を識別した例

右の陽子数44のルテニウム (Ru) を見ると、電子が1個付いたRu⁴³⁺ (青字) と、電子が付いていないRu⁴⁴⁺ (赤字) を識別できていることが分かる。下線を付けたものはRIBFで発見した新しい原子核。

関連情報

- 2017年12月22日プレスリリース
73種の新同位元素を発見
- 2017年11月6日プレスリリース
新同位元素ルビジウム-72を発見
- 2013年11月20日プレスリリース
消える「魔法数」28

初めて新しい原子核を発見して以来、累計132種類の新しい原子核を発見したことになる。

図4は、縦軸に陽子数、横軸に中性子数を取って原子核を分類した核図表だ。宇宙での元素合成に関わる「r過程経路」付近の原子核が、RIBFで数多く発見されていることが分かる。

天然に存在する元素のうち、水素やヘリウムなどは宇宙が誕生したときのビッグバンでつくられ、鉄までの元素は星の内部などでつくられた。しかし鉄よりも重い元素がどのようにできたのか分かっていない。重い星が一生の最後に超新星爆発を起こすと、原子核が周辺を飛び交う中性子を次々に吸収し、陽子数よりも中性子数が非常に多い、さまざまな種類の中性子過剰核ができる。それらがすぐに崩壊して鉄より重い元素の安定核が短時間のうちにできたと考えられてきた。この仮説をr過程といい、そのときに生成される中性子過剰核の順番をr過程経路は示している。

ところが近年、超新星爆発後にできる中性子星同士の合体の方が重い元素が誕生する場として有力だと考えられるようになった。そして2017年、中性子星

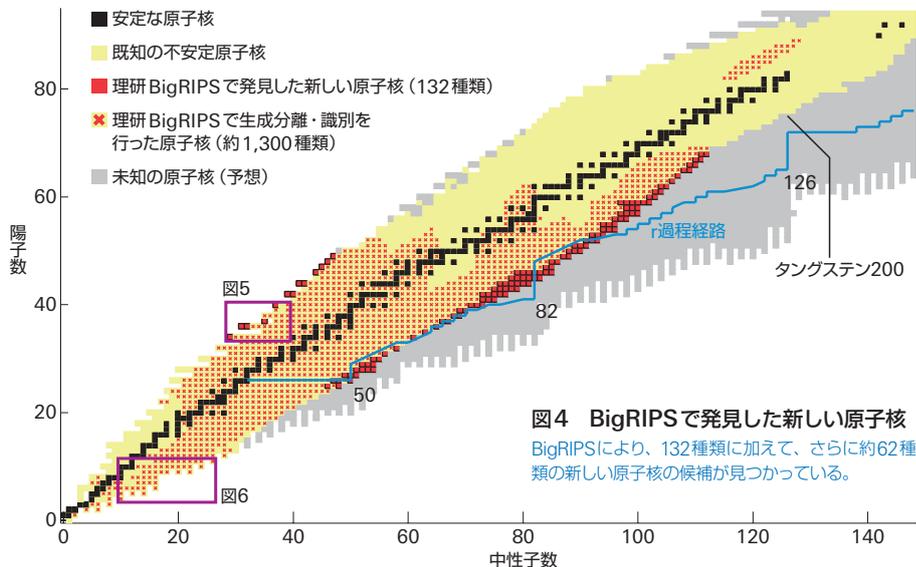


図4 BigRIPSで発見した新しい原子核
BigRIPSにより、132種類に加えて、さらに約62種類の新しい原子核の候補が見つかった。

の合体による重力波と電磁波が初めて観測され、元素合成の研究は今、とてもホットな分野になっている。未知の中性子過剰核を発見して寿命などの性質を調べ、元素合成過程を検証するRIBFの実験にあらためて大きな注目が集まっている(『理研ニュース』2015年9月号「研究最前線」)。

「もう一つの注目点が、中性子数126の未知の原子核です」と福田研究員は指摘する。原子核理論によると、原子核を構成する陽子や中性子はいくつかの軌道を回っていて、一つの軌道を回ることができる陽子や中性子の数は決まっている。その数を満たしたときの陽子あるいは中性子の数が「魔法数」だ。魔法数を持つ原子核はしっかり固まって球形となり、特に安定すると考えられている。

安定核は陽子と中性子の数がほぼ同じだ。その安定核の研究で2、8、20、28、50、82、126が魔法数であることが分かり、それにより原子核の理解が進み、現在の原子核理論が築かれた。と

ころがRIBFなどの実験で、中性子過剰核では中性子数が8、20、28を持つ原子核でも安定しないケースや、中性子数が6、16、32、34で安定するケースが発見された。中性子過剰核では魔法数が消えたり新しい魔法数が現れたりするのだ。

そのような現在の原子核理論ではうまく説明できない現象を説明できる、究極の原子核理論の確立が求められている。それには、未知の原子核をつくり、その性質を詳しく調べる実験をさらに進めていく必要がある。

「たくさんの数の陽子と中性子を持ち、安定核から遠く離れた中性子過剰核では、従来の理論では説明できない現象がさらに見つかる可能性が高いと考えられます。私たちは今後5年以内に、中性子数126の魔法数を持つタングステン200(陽子数74)などの未知の原子核を発見することを目指しています。BigRIPSで分離できれば、魔法数の検証に重要な寿命の測定は比較的容易です。中性子過剰核で126が魔法数かどうかは、元素合成過程の検証でも大きな注目ポイントです」と福田研究員。

ただし、陽子数の多い未知の原子核を発見するのは難しいと、福田研究員は続ける。「陽子数50を超えるあたりから、プラス電荷が強いために検出器を通るごとに電子が付いて、分離・識別が難しくなるのです。検出器の数を減らすな



吉田光一(右)と福田直樹(左) 理研センター研究員

撮影：STUDIO CAC

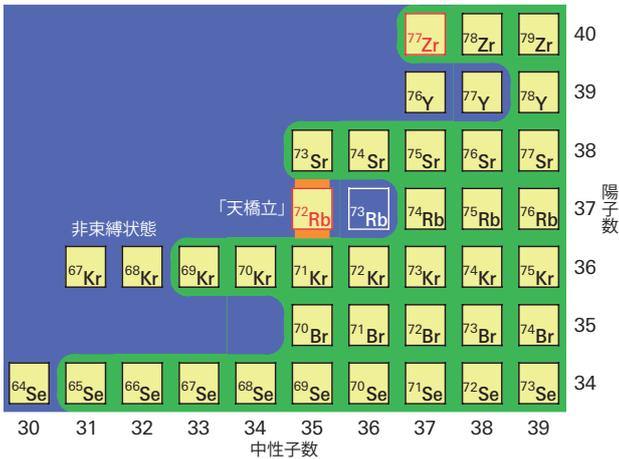


図5 陽子過剰核の側のドリップライン上の「天橋立」
BigRIPSにより、陽子数37、中性子数35とどちらも奇数で不安定なはずのルビジウム72 (^{72}Rb) がドリップライン上の「天橋立」で発見された。なぜ ^{72}Rb が存在するのか、現在の原子核理論では説明がつかない。

どの工夫を行い、タングステン200などの発見を目指す計画です」

■ 原子核が存在できる限界を確かめる

原子核を構成する陽子数と中性子数の組み合わせには限界（ドリップライン）がある。現在の原子核理論によると、同じ軌道を回る2個の陽子ないし2個の中性子がペアを組み、陽子数や中性子数が偶数のときに原子核は安定性が増すと考えられている。

核図表の陽子過剰核の側を見ると、陽子数が偶数の元素ではドリップラインが出っ張った「岬」が、奇数では引っ込んだ「入り江」ができています（図5）。

同チームの鈴木 宏 協力研究員らは、陽子過剰核の側のドリップラインを調べる実験を行い、2017年にルビジウム72 (^{72}Rb) を発見した。この原子核は陽子数が37、中性子数が35とどちらも奇数で不安定なはずだ。しかも隣のルビジウム73は存在せず、上下の岬をつなぐ「天橋立」のような場所に位置する。このような原子核は今まで発見されたことがなく、従来の理論では説明ができない。

一方、同チームの安 得 順 協力研究員らは、中性子過剰核の側のドリップラインを調べている（図6）。陽子過剰核の側はドリップラインが陽子数54のキセノン周辺まで実験的に確かめられているが、中性子過剰核の側は陽子数8の酸素まで。中性子16個を持つ酸素24 (^{24}O)

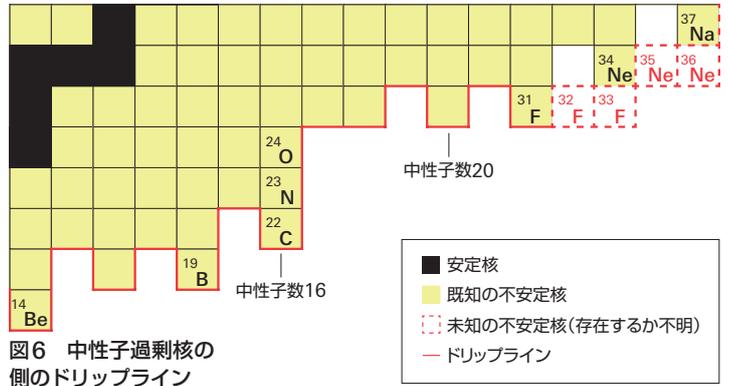


図6 中性子過剰核の側のドリップライン

BigRIPSにより、フッ素 (F) やネオン (Ne) のドリップラインを調べる実験を進めている。現在の原子核理論では、全ての元素についてドリップラインを正確に予測することはできていない。

にドリップラインがあることが確認されたのは1997～99年だ。

「次の陽子数9のフッ素では、1999年、中性子数22のフッ素31 (^{31}F) の存在をRIBFが稼働する前の理研の加速器施設で櫻井博儀 室長（同センターRI物理研究室）らが確認しました。ただし、そこがドリップラインかどうかは未確定です。私たちは ^{32}F や ^{33}F 、さらに陽子数10のネオン (Ne) の ^{35}Ne や ^{36}Ne が存在するかどうかを調べる実験を進めています」と福田研究員。

特定の原子核が存在するか存在しないかを、どのように確かめるのか。陽子過剰核の場合は、非束縛状態がBigRIPSで検出される場合がある。陽子や中性子が原子核にしっかり結合（束縛）された状態を束縛状態、しっかり結合されていない状態を非束縛状態という。非束縛状態は壊れやすいため、束縛状態の原子核に比べ、検出数が極端に減少する。

「一方、中性子過剰核では、非束縛状態はすぐに壊れてBigRIPSを通過してこないため検出されません。存在しないことを証明することは難しいのですが、特定の原子核を生成・識別する実験を何回も繰り返し、統計的に高い確率で、特定の原子核が存在しないことを示すことができます」と福田研究員は解説する。

現在、原子核理論としていくつか提案されているが、ドリップラインの予測

はそれぞれ異なる。ある理論では、特定の元素についてはドリップラインを正確に予測できても、別の元素ではできない。全ての元素をカバーできる理論はないのが現状だ。ドリップラインを実験的に確かめることも、究極の原子核理論を築く上で重要な情報となる。

■ ライバルと競い合う時代に

2020年代には、RIBFの強力なライバルとなる新しい加速器施設が動き始める。ドイツの重イオン研究所 (GSI) では、FAIR計画を進めている。FAIRは、RIBFより約5倍高いエネルギーを持つRIビームを発生できる。前述のように陽子数が50より多くなると、強いプラスの電荷のため原子核に電子が付きやすくなり、識別が難しくなる。ただし、エネルギーが高いRIビームならば原子核から電子を剥ぎ取って、陽子数や中性子数の多い未知の原子核を発見しやすくなる。

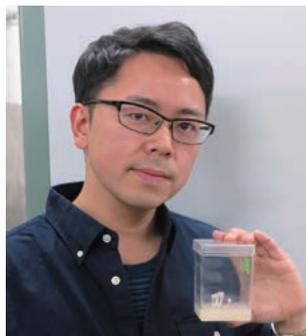
米国では、ビーム強度がRIBFより桁違いに高いFRIB計画が進んでいる。エネルギーはそれほど高くないが、ビーム強度が高いため、これまで生成確率が極めて小さいために生成できなかった希少な原子核も生成でき、ドリップラインを確定する実験などで有利だ。中国や韓国でも、新しい重イオン加速器の計画が進んでいる。

吉田TLらは今後、BigRIPSの分離・識別の能力をさらに向上させて、世界のライバルと競い合い、かつ協力しながら原子核フロンティアを開拓していく。

（取材・執筆：立山 晃／フォトンクリエイト）

一夜だけのきのこ、 ヒトヨタケを狙うモノトリ屋

ヒトヨタケというキノコが作り出す代謝物の中から新規化合物を見つけ出し、その構造や機能を調べている研究者が、環境資源科学研究センターにいる。ケミカルバイオロジー研究グループの大高潤之介 基礎科学特別研究員（以下、研究員）だ。「俗に言う『モノトリ屋』です」と大高研究員。これまでに、アカマツの根から抗マalaria活性がある化合物などを発見している。キノコは糸状菌のうち肉眼で見える大きさの子実体（一般に「きのこ」と呼ばれる部分）を形成するものの総称で、環境に応じて形態を変化させ、またマツタケのように特定の環境でなければ生えないものもある。そうした環境とのやりとりをつかさどっている化合物を見つけ、農業などに役立てようとしているのだ。生物が作り出す化合物の探索は、よく宝探しに例えられる。「直感的でマイペースの私には合っているのかもしれない」と大高研究員。その素顔に迫る。



大高潤之介

環境資源科学研究センター
ケミカルバイオロジー研究グループ
基礎科学特別研究員

おおたか・じゅんのすけ

1987年、東京都生まれ。博士（農学）。明治大学農学部農芸化学科卒業。同大学大学院農学研究科博士後期課程修了。農業生物資源研究所（現 農業・食品産業技術総合研究機構）特別研究員を経て、2015年に理研 環境資源科学研究センター ケミカルバイオロジー研究グループ 特別研究員。2016年より現職。

「理科は嫌いでした。成績も悪く、理科の何が面白いのかまったく分かりませんでした」と大高研究員。しかし、このままでは留年してしまうと、高校では化学部に入学した。「山へ行き海に潜り、いろいろな植物を採取して光合成色素の数を数えたりしていました。そうしているうちに自然や科学が好きになりました」。演劇も好きで、高校時代にはたくさんの舞台を鑑賞していた。「大学の付属校（明大明治高校）だったので進学したい学部学科の希望を出せるのですが、文学部演劇学と農学部農芸化学で悩んだ時期もありました」

選んだのは、農学部農芸化学科だ。3年生になると生態化学研究室（現 天然物有機化学研究室）に所属し、そのまま大学院へ。「キノコ・山菜狩りに行くのが研究室の恒例行事だったこともあり、キノコに興味を持ち、ヒトクチャタケの研究をしました」。ヒトクチャタケが落ちていたところでは、その周りの植物が枯れていることに気が付き、その原因を探った。そして、ヒトクチャタケ子実体のエキスから新しい化合物を発見し、それが植物の成長を阻害することを明らかにした。除草剤への応用にもつながる成果である。学位を取得後、農業生物資

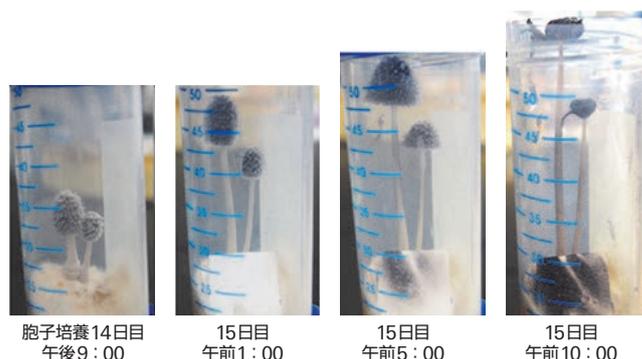


図 ウシグソヒトヨタケ (*Coprinopsis cinerea*) の子実体形成
子実体が成熟するにつれ黒い胞子を含む傘部が融解し始め、一晩で溶けてしまう。

源研究所（現 農業・食品産業技術総合研究機構）で1年間の特別研究員を経て、2015年に理研へ。「自分が研究者になるとは思っていなかった」と笑う。

現在は主に、ヒトヨタケの研究を行っている。名前は、子実体が形成してから一夜で溶けてしまうことに由来する（図）。ヒトヨタケは培養が簡単で成長が速いことから実験によく使われ、同属のウシグソヒトヨタケは全ゲノムが解読され子実体形成時に発現する遺伝子や酵素も詳しく研究されている。一方、「化学的研究は遅れています」と大高研究員は指摘。「だからこそ、新規化合物をたくさん発見できるのではないかと期待もありました」。狙いどおり、ヒトヨタケの培養液抽出物から10種類の新規化合物が得られた。「2種類は、骨格と呼ばれる炭素原子のつながり方も新しいものでした。ヒトヨールAとヒトヨールBと名付け、理研の計算化学とX線結晶構造解析の専門家に協力いただいて立体構造も解明しました」

ヒトヨールという名前の由来は？「たくさんの方がこの化合物に興味を持ち集まってきて研究が進んだらいいなということで、『人寄〜』です。名前のおおりにりましたが、恥ずかしいので共同研究者には内緒です」と笑う。現在、ヒトヨールAとヒトヨールBの活性や、ほかの新規化合物について詳細な研究を進めている。

大高研究員は最近、ヒトヨタケが子実体を形成するときだけ合成される化合物を発見。その働きを調べているところだ。「買っておいたキノコが溶けてしまったことはありませんか。キノコを長持ちさせることに役立てたいと考えています」

趣味は、歩くこと。2時間でも3時間でも平気だ。最近では、理研がある埼玉県和光市から東京都の新宿まで歩き、末廣亭で落語を聴いたという。「舞台に出ている人は輝いている。もし演劇学に進んでいたら……と考えることはありますよ。脇役で舞台上がっていたかもしれません。でも、この道を選んだからには、モノトリ屋を究めたいですね」

（取材・執筆：鈴木志乃／フotonクリエイト）

手のひらに載る光源で テラヘルツ波を発生させた研究者

テラヘルツ波とは、周波数が0.1~10テラヘルツ (THz) の電磁波をいう。電波と光の間の周波数で両方の性質を持つことから、非破壊検査や高速無線通信など幅広い用途での利用が期待されている。しかし、テラヘルツ波を発生させるためには、たくさんのレンズや結晶が並んだ複雑で大きな装置が必要なのが、実用化の妨げとなっていた。そうした中、手に載るほど小型で簡便なテラヘルツ波の光源を開発した研究者が、量子工学研究センターにいる。テラヘルツ光源研究チームの縄田耕二 研究員だ。「テラヘルツ波は『夢の光』と言われ続けてきましたが、実際に使える光にしていける時が来ています。開発した光源を、ぜひ実用化につなげたい」。そう力強く語る縄田研究員の素顔に迫る。



縄田耕二

量子工学研究センター
テラヘルツ光源研究チーム
研究員

なわた・こうじ

1982年、宮城県生まれ。博士(工学)。千葉大学工学部情報画像工学科卒業。千葉大学大学院融合科学研究科博士課程修了。2010年、理研テラヘルツ光研究グループテラヘルツ光源研究チーム特別研究員。2017年より現職。

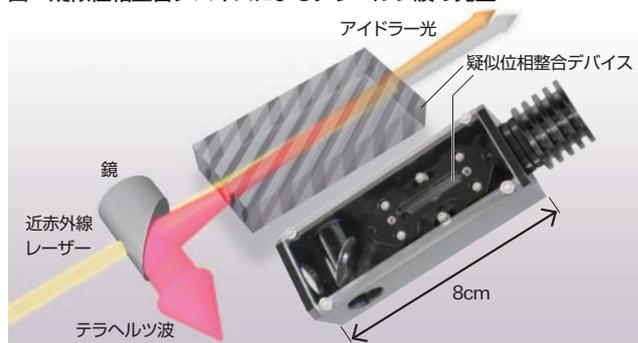
テラヘルツ光源研究チームは理研仙台地区にある。縄田研究員は仙台で生まれ、高校までを過ごした。そして千葉大学工学部情報画像工学科に進学。研究室は、情報学、画像工学、医療工学、応用物理など多様な中からレーザーを選んだ。「私たちは自然界にない光をつくっている。その光は太陽よりも明るい——という研究室紹介に興味を持ち、また尾松孝茂先生が面白そうに実験をしている姿に惹かれました」。レーザーの高出力化や波長変換に関する技術開発に取り組んだ。

大学院博士課程に進むころには、アカデミックの世界で研究を続けたいと思うように。「父方と母方の祖父、そして父が大学で研究をしていた影響があるかもしれません」。祖父たちは工学系、父は生物学系だ。「父は、よく虫捕りに連れていってくれました。生物学も面白かったのですが、同じ条件で実験すれば同じ結果が出る物理学の方が性に合っていました」

しばらくして研究室に新しい助手が着任した。「前職がテラヘルツ光源研究チームの研究員で、そのとき初めて仙台に理研の拠点があることを知りました。そして2010年から私がこの研究チームに。人と人のつながりは不思議で面白いですね」

テラヘルツ波は、近赤外線レーザーを特殊な結晶に導入して波長(周波数)を変換することで発生させる。しかし出力が

図 疑似位相整合デバイスによるテラヘルツ波の発生



低かった。「南出泰重^{みなみでひろあき}チームリーダーが誘導ブリルアン散乱という現象を取り除けば高出力化できるかもしれないと気づき、私がそれに適したレーザーの発振装置をつくりました。すると、出力が100mWから100kWに6桁も上がったのです。2011年のことで、あのときは興奮しましたね」と縄田研究員。「装置は手元にある部品を組み合わせてつくりました。学生時代からの経験があるからできること。これは私の強みです」

その後、ニオブ酸リチウムの結晶を用いた疑似位相整合デバイスによる光波長変換の研究に着手。結晶の誘電分極方向を周期的に180度反転させたもので、効率的に光波長変換ができる。波長変換された光を使ってテラヘルツ波を発生させようとしたのだが、出てくるはずの方向に光が出てこない。調べると、レーザーの伝搬方向とは逆方向に光、しかもテラヘルツ波が出ていることが分かった(図)。デバイスの角度を変えると、テラヘルツ波の周波数が変わる。この発見は、結晶の周期構造をレーザーに対して斜めにしていたことも幸いした。普通は垂直にするのだが、それでは発生したテラヘルツ波がレーザーと重なり、気が付かなかったかもしれない。

「疑似位相整合デバイスだけでテラヘルツ波を発生できるのです!」と縄田研究員。デバイスを組み込んだ光源は、長さ8cm、重さ100gほどだ。光源を2018年2月に開催された「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」で展示すると注目を集め、研究チームは「nano tech大賞2018 プロジェクト賞」を受賞した。「この現象には、私たちが気付いていない原理がまだ隠されているようなのです。それを明らかにできれば、さらなる高出力化も可能になるでしょう。2011年のようなテラヘルツ波の急発展を、再び起こしたいですね」

体を動かすことが好き。小・中学校ではサッカー、高校ではハンドボール、大学ではヨット、今はマラソン。研究チームの仲間と大会にも出る。でも最近は練習をさぼりがちだ。「休日は、生まれたばかりの子どもと遊んでしまっ。毎日成長して新しい反応が返ってくる。それが面白いんです」

(取材・執筆: 鈴木志乃/フォトンクリエイト)

発光イメージングで生体の毛周期をモニタリングする

2018年1月10日プレスリリース

哺乳類の毛（毛髪や体毛など）をつくっているのは、皮膚の中にある毛包という小さな器官だ。毛包の活動には周期があり、成長期、退行期、休止期というステージを順番に繰り返す。成長期には、毛包内にある毛包幹細胞や毛母細胞が分裂・増殖して毛を産生する。続く退行期では、毛包を構成する毛母細胞などの一部が細胞死（アポトーシス）を起こし、毛包そのものが小さくなっていく。休止期になると、毛包は細胞分裂や細胞死といった活動を全て休止する。

例えばヒトの頭髪の場合、一度生え始めた髪は数年間にわたる成長期を通して伸び続け、数週間の退行期を経て、数カ月間の休止期の後に脱落するというサイクルになっている。まつげや眉毛は、より短い数カ月単位の毛周期で生え替わっていく。こうした毛周期は、生体内外のさまざまな因子によって制御されている。同じ個体でも老齢になるにつれて休止期が長くなっていくなど、生理的な条件にも影響される。

毛包の状態を個体レベルでモニタリングできれば、毛髪の新生・再生に関する基礎研究や、発毛・育毛剤のスクリーニングに応用できる。しかし、皮膚の中の毛包を生きたまま観察し、毛周期のステージを把握することは困難であった。

理研生命機能科学研究センター 細胞機能評価研究チームの田村泰久 副チームリーダー（副TL）、片岡洋祐 チームリーダーらは、毛包内で分裂活性を持つNG2細胞に着目した。

NG2細胞は脳にも存在し、中枢神経前駆細胞としての役割がよく知られている。毛包内を詳しく調べてみると、NG2細胞はバルジ（毛包幹細胞が存在する領域）や毛髪原基（毛母細胞が存在する領域）といった毛の発生部分に分布しているこ

とが明らかになった。そしてNG2細胞の細胞数が毛周期の各ステージで大きく変化することも分かった。

田村 副TLらは、NG2細胞の数をモニタリングすることで毛周期の変化を把握することができると考え、NG2細胞が発光する遺伝子改変ラットを作製した。NG2遺伝子にホタルのルシフェラーゼ（発光酵素）を組み込んだもので、個体にルシフェリン（発光素）を投与すればルシフェラーゼと反応してNG2細胞だけが発光する。この発光シグナルを超高感度カメラで撮影すれば、生きているラットのNG2細胞を観察することができるのだ。

研究チームの試みは、毛包細胞をモニタリングする *in vivo** 発光イメージング法の最初の成功例となった。

まず行ったのは、生後19～38日の幼若期にあるラットの *in vivo* 発光イメージングだ。皮膚でのNG2細胞の発光シグナルは、退行期（出生後19～21日）で低下し、続く休止期（出生後22～25日）では変化せず、成長期（出生後26日以降）で上昇していった。そして出生後31～33日にピークに達した後、出生後36日では低下していた。実際の毛包の形を確認するため、*in vivo* 発光イメージングを行ったそれぞれのステージの個体から組織切片を調製し、観察した。その結果、発光シグナルの強度と毛周期が相関することが明らかになった（図）。

また、56週齢から80週齢（14カ月齢～20カ月齢）の老齢期に当たるラットに対し、連続的に *in vivo* 発光イメージングを行った。その結果、全ての老齢個体（雄4匹、雌7匹）において発光シグナルの不均一な変化や休止期が延長する現象が確認できた。

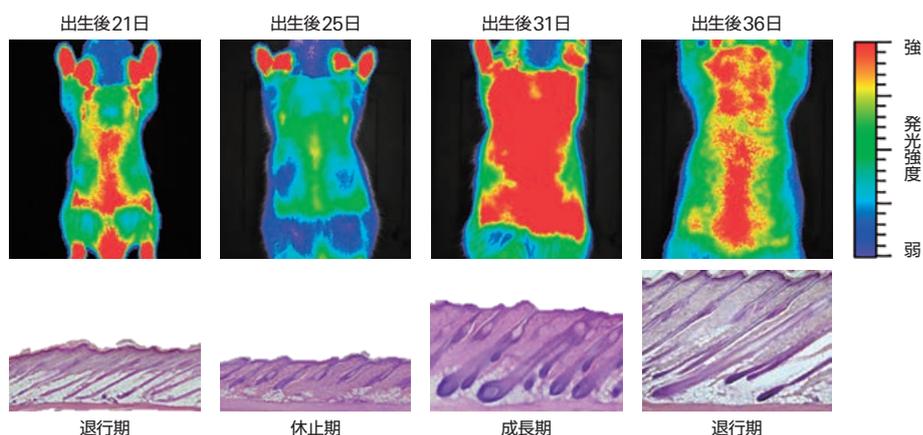
今後、研究チームでは *in vivo* 発光イメージング法を用い、既存の発毛剤による発毛促進効果の評価に適しているかどうかを詳細に検討していく。

イン・ビボ
* *in vivo*：ラテン語で「生体内で」を意味する用語で、試験管内で行われる実験（イン・ビトロ *in vitro*）に対比して用いられる。

● 『Scientific Reports』オンライン版(2018年1月10日) 掲載

図 毛包NG2細胞の *in vivo* 発光イメージングによる幼若期ラット皮膚（背中）の毛周期モニタリング

上部はNG2細胞の発光イメージング図。赤い部分は毛包内のNG2細胞が増えていることを表す。下部の毛包形態の顕微鏡写真を見ると、発光の強さと毛周期が対応していることが分かる。



人工皮膚「Advanced Skin™」、販売開始

科学的根拠に基づくヘルスケア製品の開発が可能に

理研ベンチャーの株式会社オーガテクノロジーズ（杉村泰宏 代表取締役）は、生命機能科学研究センター 器官誘導研究チームの辻 孝チームリーダー（TL）と共同で、機能評価が可能な3次元人工皮膚「Advanced Skin™」を開発、2017年10月に販売を開始した。昨今、皮膚に塗布する化粧品や医薬部外品などヘルスケア製品の開発分野で、人工皮膚のニーズが高まっている。製品の安全評価で使われてきた動物実験が世界的に廃止されつつあるからだ。また、消費者が科学的裏付けのある機能評価を求めるようになった。そのような中、さまざまな人工皮膚が安全評価に使われているが、機能評価に使えるほどヒト皮膚に近い性質を持つものはなかった。同製品について、同チームの手塚 克成 客員研究員と杉村社長に聞いた。

— Advanced Skin™の作製法を教えてください。

手塚：ヒト表皮角化細胞とヒト皮膚線維芽細胞から、表皮層と真皮層を3次元的に培養して製造しています。表皮層は角層・顆粒層・有棘細胞層・基底層の4層、真皮層は線維芽細胞の密度が異なる2層から成っています。皮膚にかかる横方向の力学を再現し、線維芽細胞やコラーゲン線維を水平方向に配向させてヒト皮膚の構造に近づけています（図1）。

— 用途は化粧品や医薬部外品の安全評価ですか。

杉村：安全評価はもちろん可能ですが、目指したのはこれまでにない新規機能性成分の探索や最終製品の機能評価です。機能評価ではこれまで、ブタなどの動物皮膚やヒトの凍結皮膚が用いられてきましたが、経皮吸収などの生体反応が大きく異なります。また、これまでの市販の人工皮膚は安全性評価が中心です。私たちのAdvanced Skin™は、安全性評価だけでなく機能評価にも使える点が最大の特徴です。

— 科学的な機能評価が期待されています。

手塚：化粧品で期待される肌のハリ、弾力、キメ、潤いなどの効果は、皮膚に存在するさまざまな分子が関係しています。例えば、肌のハリなら真皮層のコラーゲンなどマトリクス成分が、肌の潤いなら表皮層のヒアルロン酸などの量が関係します。また、疾患や老化によってもさまざまな分子の変動が生じることが知られています。調べたい素材や製品をAdvanced Skin™に塗布して、これらの分子の発現量を測定したり、皮膚の組織構造の変化を解析することによって、肌への効果を客観的・科学的に評価できます。

杉村：レチノイン酸というニキビやシミの治療薬があります。そのレチノイン酸を表皮に塗布したところ、表皮の厚みが増し、さまざまな分子群の発現誘導が確認されました（図2）。ヒト皮膚で経皮吸収されたときと同等の反応です。生理活性物質を培養液に添加すれば、生体内での血中からの刺激も再現

できます。このような真皮層や表皮層の反応が再現可能です。

— 今後の展望は。

手塚：皮膚は毛包、皮脂腺、汗腺といった付属器を有する、体の中の最大の器官系です。現在、毛穴や分泌腺を介した薬剤の経皮吸収や皮脂分泌を介した応答性、毛包などへの薬剤の有効性が評価できる、皮膚付属器官を有した革新的モデルの開発を進めています。

杉村：現在、辻TLと共に、ヘルスケア領域に科学的な評価軸を導入し、適切な製品開発の支援に取り組んでいます。さらには疾患モデルへと発展させ、創薬開発支援を進めることや、皮膚疾患における再生医療にも応用することで、社会貢献したいと考えています。

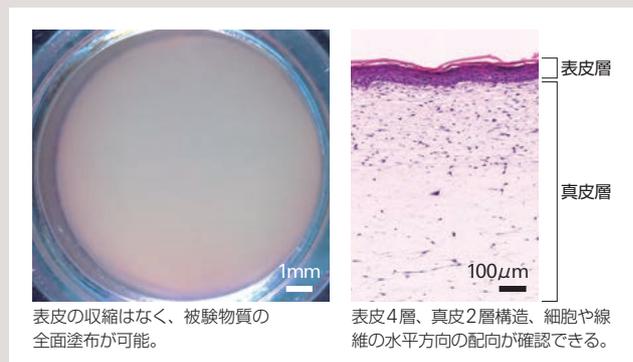


図1 Advanced Skin™の製品写真と組織構造

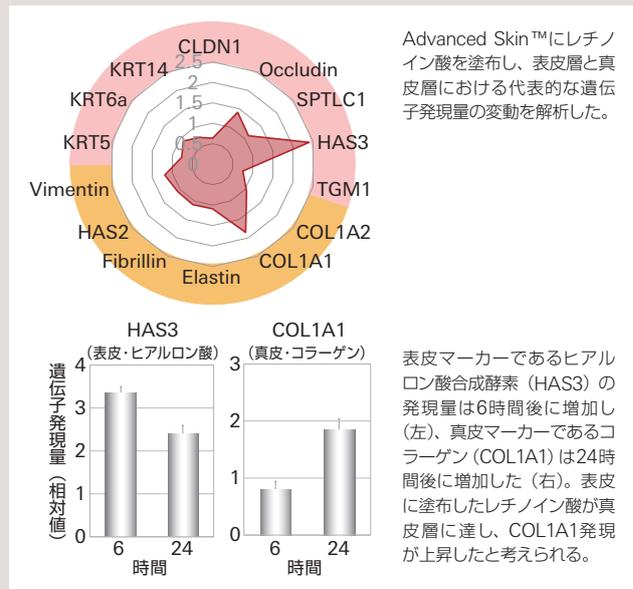


図2 Advanced Skin™を用いた機能性評価

皮膚における遺伝子発現量は疾患や老化によって変動する。解析する遺伝子セットを変えることにより、ヘルスケア製品の機能性解析や皮膚のさまざまな機能の解析をすることが可能である。

理化学研究所—広島大学の連携・協力の推進に関する基本協定の締結、共同研究拠点設置について

理研と広島大学は2018年3月1日、連携・協力の推進に関する基本協定を締結し、広島大学イノベーションプラザにおいて「理化学研究所 広島大学共同研究拠点」を設置しました。これにより両機関が持つ研究開発力、研究環境および人材を活かし



開所記念式典の様相

た連携・協力の新たな枠組みを構築し、両機関の総合的な研究開発力を相乗的に発揮することによって、わが国の学術および科学技術の振興や教育の発展に重要な役割を果たしていくことが期待できます。

理研は、2016年3月の「政府関係機関移転基本方針」に基づき、一部機能の移転として、細胞場構造研究ユニットを同イノベーションプラザに移転し、ライフサイエンスの共同研究拠点の整備を行っており、また、これまでの各種共同研究により築いてきた協力関係を強化すべく、このたび両機関の間で基本協定を締結するに至りました。

本拠点には広島県および東広島市からの支援などによって集束イオンビーム走査型電子顕微鏡（FIB/SEM）、透過型電子顕微鏡、共焦点レーザー走査型顕微鏡など、多彩なイメージング機器を整備しました。これらを用いて、さまざまな生物試料に対する3D超微細構造イメージングを行います。さらに広島大学と共同で、細胞の定量的評価手法の確立および細胞診断法の開発を目指します。

また、産業連携などを通して両機関の研究開発成果の中国・四国地方への展開を推進します。

新理事に加藤重治氏、小寺秀俊氏、美濃導彦氏

2018年4月1日、理研の理事に加藤重治氏、小寺秀俊氏、ならびに美濃導彦氏が就任しました。

当研究所の発展に尽力された松本洋一郎氏、有信睦弘氏、ならびに板倉周一郎氏は、2018年3月31日をもって退任しました。



加藤重治

(かとう・しげはる)

1980年、東京大学工学部卒業。1986年、米国ハーバード大学ケネディ行政大学院公共政策学修士課程修了。1980年、科学技術庁採用。科学技術庁科学技術政策局調査課長、内閣府政策統括官（科学技術政策担当）付参事官（総括担当）、文部科学省国際統括官・日本ユネスコ国内委員会事務総長などを経て、2014年11月～2015年3月、理研理事長特別補佐。2015年4月～2017年3月、理研理事。2017年4～12月、文部科学省科学技術・学術政策研究所長。



小寺秀俊

(こてら・ひでとし)

1980年、京都大学工学部卒業。1982年、京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年松下電器産業株式会社入社。1993年、京都大学工学部機械工学科助教授。京都大学大学院工学研究科機械工学専攻教授を経て、2005年より京都大学大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻教授。2012年10月～2014年9月、京都大学理事、副学長。2015年4月～2018年3月、理研理事長特別補佐。



美濃導彦

(みのう・みちひこ)

1978年、京都大学工学部卒業。1983年、京都大学大学院工学研究科博士課程修了。同年京都大学工学部助手。京都大学助教授、教授を経て、2002年より京都大学学術情報メディアセンター教授。2006年4月～2010年3月、京都大学学術情報メディアセンター長。2010年10月～2012年9月、京都大学副理事。2010年10月～2016年9月、京都大学CIO、情報環境機構長。

生命機能科学研究センター長に西田栄介氏

2018年4月1日、生命機能科学研究センターが発足し、センター長に西田栄介氏が就任しました。本センターは、理研がこれまで培ってきた生命システム研究、多細胞システム形成研究、構造・合成生物学研究、生命機能動的イメージング研究を融合する新たな研究組織です。個体の誕生から死までの生命活動を、分子・細胞・臓器の連関による調和の取れたシステムが成立し、維持され、破綻していく動的な過程として捉え、個体のライフサイクルを支える生命機能の解明に取り組みます。この目的のため、発生・成長・成熟・老化・再生など多細胞生物の生命現象を分子から個体レベルで観察、再現、制御する研究開発を進めます。また、得られた知見を再生医療や診断技術開発などに応用し、超高齢社会における健康寿命の延伸に貢献する生命科学の発展を目指します。



西田栄介 (にしだ・えいすけ)

1953年、埼玉県生まれ。理学博士。東京大学大学院理学系研究科生物化学専門課程博士課程修了。東京大学理学部助手、京都大学ウイルス研究所教授、同大学院理学研究科教授を経て、1999年より同大学院生命科学研究所教授。2005～09年には京都大学大学院生命科学研究所長を務めた。老化・寿命制御の分子メカニズムを線虫などの生物を対象に研究している。2018年4月より現職。

脳神経科学研究センター長に宮下保司氏

2018年4月1日、脳神経科学研究センターが発足し、センター長に宮下保司氏が就任しました。心身の健康は人々の切実な願いであり、精神神経疾患の克服は高齢化社会の大きな課題です。脳は人間が人間らしく生きるための「心」の基盤であるとともに、身体の健全なバランスを統御しています。当センターは、日本の脳科学の中核拠点として、医科学・生物学・工学・情報数理学・心理学などの学際的かつ融合的学問分野を背景に、細胞から個体、社会システムを含む多階層にわたる脳と心の働きの基礎研究と革新的技術開発を進めています。疾患克服への貢献はもとより、人間精神が自分自身の生み出した人工知能やビッグデータといった新しい情報世界とどのように対峙するのか、といった現代社会が直面する新しい課題の解決に向けた脳研究を展開します。



宮下保司 (みやした・やすし)

1949年、東京都生まれ。医学博士。東京大学理学部卒業。東京大学大学院医学系研究科博士課程修了。東京大学医学部助手、英国オックスフォード大学客員講師（実験心理学）を経て、1989年、東京大学医学部教授（生理学）。1995年、東京大学大学院理学系研究科教授（物理学）を併任。2018年4月より現職。

計算科学研究センター長に松岡 聡氏

2018年4月1日、計算科学研究センターが発足し、センター長に松岡 聡氏が就任しました。同センターは、計算科学および計算機科学の先導的研究開発機関として、スーパーコンピュータ「京」を運用するとともに、後継機となるポスト「京」の開発を推進、社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムの構築を目指しています。また、国際的な高性能計算科学分野の中核拠点として、「計算の科学」「計算による科学」、両者の相乗効果による「計算のための科学」の探求とその成果であるソフトウェアなどのテクノロジーを「コア・コンピタンス」と位置付け、それらの発展や国内外への普及を推進していきます。



松岡 聡 (まつおか・さとし)

1963年、東京都生まれ。博士（理学）。東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻博士課程修了。2000年より東京工業大学・学術国際情報センター教授。米国計算機学会ACM フェロー（2009年）、ACM Gordon Bell賞（2011年）、文部科学大臣表彰（2013年）などに続き、2014年にはスーパーコンピュータ分野において最高峰の賞であるIEEE Sidney Fernbach賞を日本人としては初めて受賞。2017年、産総研・東工大RWBC-OILラボ長。2018年より東京工業大学情報理工学院特任教授（併任）。2018年4月より現職。

理研横浜地区の野鳥

篠田雄大 しのだ・たけひろ

生命機能科学研究センター
タンパク質機能・構造研究チーム 研究員

私は、2016年初秋から野鳥撮影を始めた初心者バードウォッチャーです。コンパクトデジタルカメラで何げなく撮った公園のスズメの1羽1羽の表情やしぐさの違いに感動したことをきっかけに、この趣味を始めました。今は一眼レフカメラに持ち替えて、休日ごとに近所の森林公園や水辺で野鳥を追い掛けています。私にとって、野外に出て野鳥を探索することは、子どものころに没頭していた昆虫採集のように、とても楽しく、懐かしさを感じられるものとなっています。また、四季の移ろいを肌で感じられるところも気に入っています。もちろん、一眼レフカメラによって、羽毛や虹彩の精彩を放つ美しさを写真や動画に残せることも大きな魅力です（もっとも、私の腕では納得できるほどきれいな写真を撮れることはまれです）。

野鳥撮影を始めたころから、昼休みを利用して横浜地区内の野鳥も観察しています。ご存じのとおり、横浜地区は横浜市鶴見区の東京湾に面した埋め立て地にあります。周辺は工場だらけで殺風景な場所ですので、一見すると野鳥とは無縁の周辺環境ですが、私はこの1年半の間に横浜地区内で33種の野鳥を確認しています（図）。日本国内

で観察できる野鳥は約650種といわれていますので、その約20分の1に相当する33種という確認数は、周辺の環境からすると多いのではないかと思います。構内には、野鳥たちの食料となるサクラやサルスベリ、センダンなど、花や実を付ける樹木があり、虫たちが集まる広い芝生広場もあります。また、ススキなどの雑草が無造作に生え、虫たちがすむ空き地が隣接していますので、周辺の野鳥たちが食べ物を求めてやって来ようです。

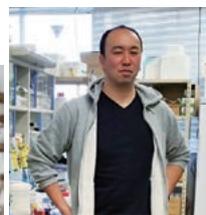
春になると、サクラの蜜を吸いにメジロやヒヨドリが集まってきます。特に、南研究棟横の早咲きのオカメザクラの蜜はおいしいようで、昨春は蜜を巡って鳥たちがけんかしている様子をよく見掛けました（今春は、オカメザクラが1本なくなってしまったため、見られませんでした）。また、夏には、構内では巣立ったばかりの幼いスズメやシジュウカラを見ることができ、隣接する鶴見川の上空にはウミネコが舞います。秋になると、大声でやかましく鳴くヒヨドリやムクドリがセンダンの実を食べに集まりだし、芝生広場や隣接する空き地にはモズがやって来て縄張りを主張する高鳴きを聞かせてくれます。秋から冬に移るころには、ジョウビタキやアオジ、ツグミといったかわいらしい冬鳥も見られるようになり、いつものスズメたちもフカフカな羽毛に覆われてかわいさが倍増します。また、鶴見川には横浜市の鳥であるユリカモメやスズガモなどの水鳥たちが集まります。

これからも引き続き、研究所構内の野鳥を観察していきます。

横浜地区周辺で見られる野鳥 キジバト、カワラバト、ヒヨドリ、ムクドリ、カワラヒワ、ハクセキレイ、ウグイス、スズメ、シジュウカラ、チョウゲンボウ、ハシブトガラス、インヒヨドリ、インシギ、ツバメ（夏）、メジロ（冬）、ジョウビタキ（冬）、ツグミ（冬）、モズ（冬）、アオジ（冬）、アカハラ（冬）



著者近影



横浜地区で観察できる野鳥は33種！



隣接する鶴見川河口で見られる野鳥 カワウ、トビ、ミサゴ、アオサギ、ウミネコ（夏）、セグロカモメ（冬）、ユリカモメ（冬）、スズガモ（冬）、キンクロハジロ（冬）、ホシハジロ（冬）、オオバン（冬）、カンムリカイツブリ（冬）、ハジロカイツブリ（冬）

寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて、日本の自然科学の発展にご参加ください。

問合せ先 ●理研 外部資金室 寄附金担当

Tel : 048-462-4955 Email : kifu-info@riken.jp (一部クレジットカード決済が可能です)

