

画像：研究最前線「人工DNAで薬をつくる」より

SCIENCE VIEW ②

現場で使える小型中性子源を開発

中性子ビームをものづくりや橋の検査に役立てる

研究最前線 ④

X線天文学の新しい世界が始まる

研究最前線 ⑧

人工DNAで薬をつくる

SPOT NEWS ⑫

- ・ 悲しい音楽はロマンチックな感情ももたらす
- ・ 脱髄を進行させる糖鎖を発見 神経難病の治療薬へアプローチ

FACE ⑬

物性の新現象+ α を探索する理論物理学者

記念史料室から ⑭

理研録音機の記憶

TOPICS ⑮

- ・ 科学と映像の旅 理研×サンアゼリア 秘密基地で森羅万象
- ・ 新研究室主宰者の紹介
- ・ 役員報酬等および職員給与の水準を公表

原酒 ⑯

中国宇宙基礎科学事情

現場で使える小型中性子源を開発

中性子ビームをものづくりや橋の検査に役立てる

高度経済成長期に大量に建設された高架道路や橋など、社会インフラの老朽化対策が大きな課題となっている。そのため、それら大型構造物内部の劣化状態を、構造物を壊さずに調べることができる、非破壊検査技術の開発が求められている。

現在、非破壊検査にはX線が広く用いられている。ただしX線は重い元素ほど透過しにくい。既設のX線CT装置で透過できる鉄板の厚さは1cmほど。大型構造物の厚い鉄骨やコンク

リートの内部を透過観察することは難しい。一方、中性子ビームは重い元素も透過できる。厚さ3cm以上の鉄板や、50cm以上のコンクリートも透過観察が可能だ(図1)。

X線は原子スケールの構造を見るときにも用いられるが、水素やリチウムなど軽い元素を見ることは難しい。中性子ビームならば、それらの軽い元素を観察することができる。特に水素の可視化に優れ、物質中の水を観察することも可能だ。

このように優れた特性を持つ中性子ビームだが、従来の中性子源は原子炉や大型加速器を用いた大規模な施設だったため、利用機会は限られていた。そのような中、理研光量子工学研究領域 先端光学素子開発チームの山形 豊チームリーダー (TL) や中性子ビーム技術開発チームの大竹淑恵TLたちは、理研小型中性子源 (RANS) を開発(図2)。加速器で陽子を加速し、ベリリウムに当てて中性子ビームを発生させて試料を観察するシステムを、全長約15mのコンパクトな装置で実現した。

このような小型中性子源を工場の生産ラインでの非破壊検査

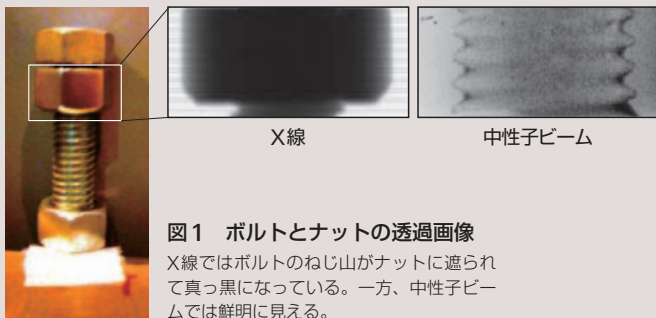


図1 ボルトとナットの透過画像

X線ではボルトのねじ山がナットに遮られて真っ黒になっている。一方、中性子ビームでは鮮明に見える。



図2 理研小型中性子源 (RANS) の全景

右側の加速器で陽子を加速し、遮蔽された正面の装置でベリリウムに当てて中性子ビームを発生させる。そして中性子ビームを左端のサンプルボックス・検出器に導き観察する。

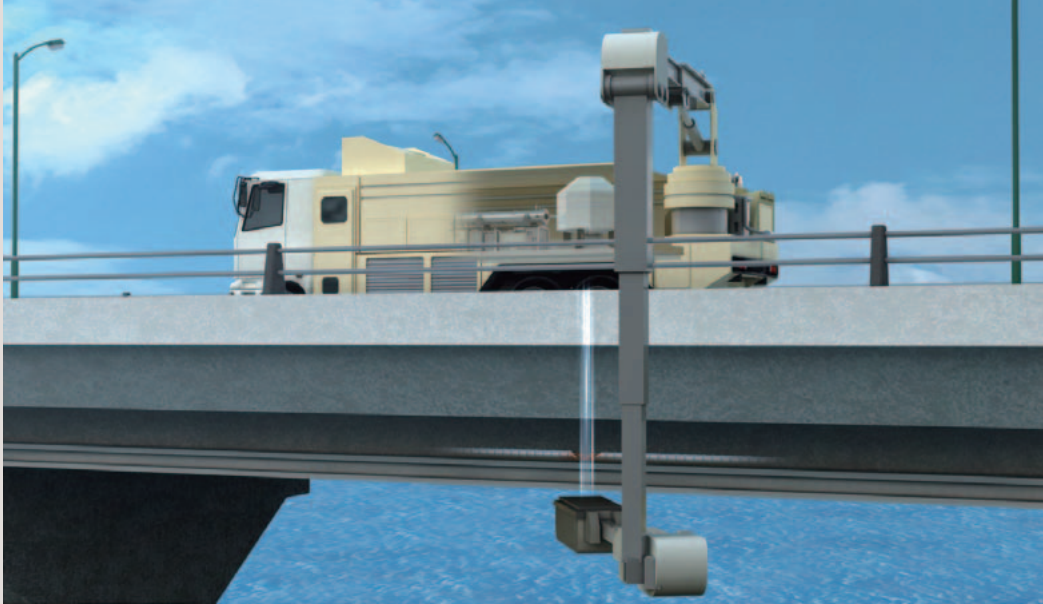


図3 中性子ビームによる橋の非破壊検査システムの予想図

車両内部に小型中性子源とデータ解析システム、橋の下部に大面積イメージング検出器を搭載することで、短時間の健全性診断を可能にする。

や、新材料・装置の開発現場に導入することで、さまざまな産業分野でイノベーションが起きると期待される。「例えば、リチウムイオン電池や燃料電池の機能を左右する水素やリチウムの挙動を中性子ビームで捉えることで、性能向上に役立てることができるはず」と山形TL。

大竹TLは、「中性子源をさらに小型化して車両に搭載し、社会インフラの現場で健全性診断を行うシステムを実現したいと思います」と展望を語る（図3）。「例えば、橋の鋼材破断や水分保

持などを非破壊で検査することを目指しています。橋が劣化する大きな原因は鋼材のさびです。RANS完成後の実験により、鋼材のさびを非破壊で検査できることが確認できました。金属のさび対策は10兆円産業といわれています。中性子ビームにより鉄骨やコンクリート内部の劣化状態を正確に捉えることで、事故を未然に防ぎ、補修・維持管理コストを低減させることができます」

（執筆：立山 晃／フォトクリエイター）
※関連動画を RIKEN Channel で公開中



玉川高エネルギー宇宙物理研究室では、X線天文衛星を用いて超新星爆発や中性子星、ブラックホールなどが出すX線を観測し、高エネルギー天体现象のメカニズムを理解しようとしている。また、研究室は、2015年打ち上げ予定の日本の次期X線天文衛星「ASTRO-H」の開発に参加。従来の20倍という超高分解能の分光観測を実現するマイクロカロリメーターの開発を行っている。さらに、X線天文学最後のフロンティアとも呼ばれるX線偏光観測を目指した「GEMS」の開発も進行中だ。1962年6月18日、強いX線を出している天体、さそり座X-1が発見された。このとき、X線天文学が誕生した。それから51年。X線天文学の最先端、そして「ASTRO-H」や「GEMS」が拓く新しい世界を紹介しよう。

X線天文学の新しい世界が始まる

■ 元素は星の営みがつくり出した

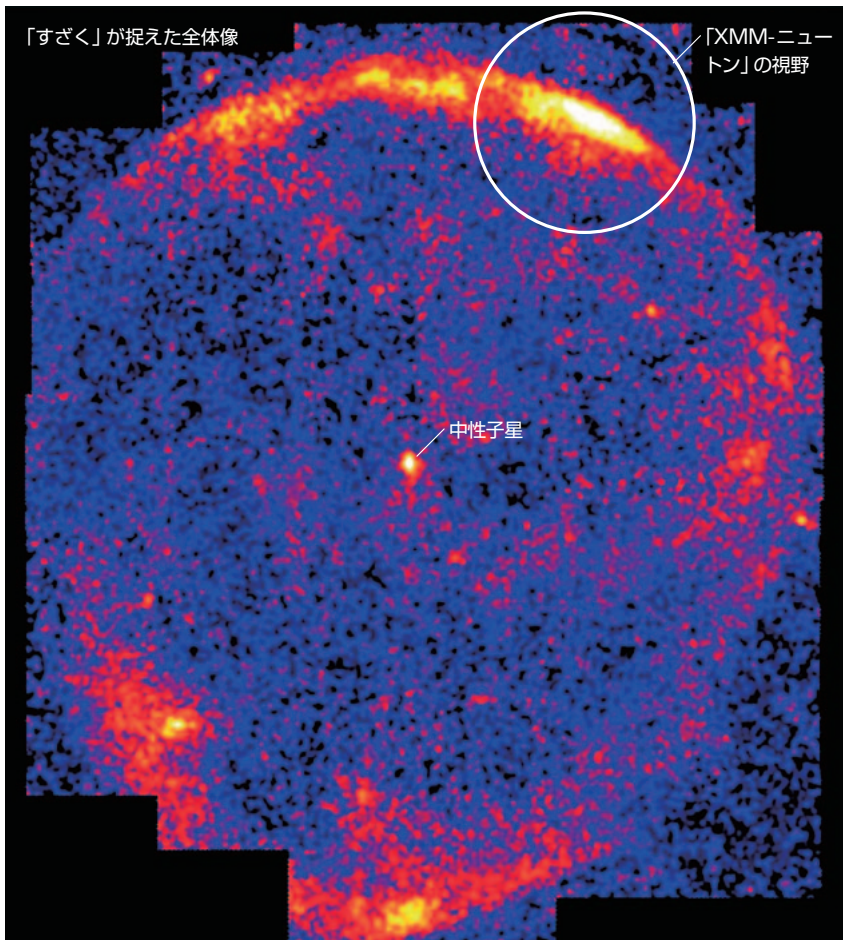
「最新の研究では、宇宙は約138億年前に生まれたと考えられています。そのころの宇宙には、水素とヘリウム、そして少しのリチウムしか元素はありませんでした」と玉川 徹 准主任研究員。

現在では、自然界に存在する安定な元素だけでも90種類以上ある。それら

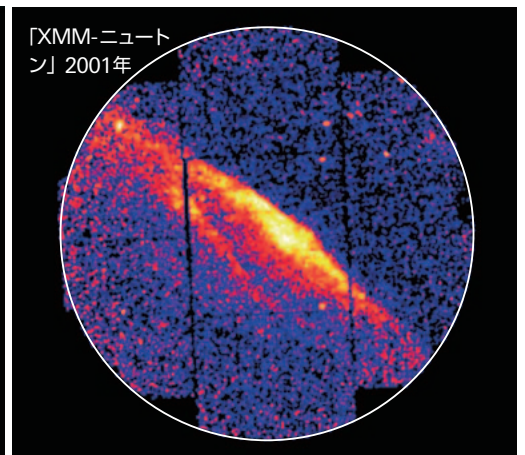
は、いつ、どこでつくられたのだろうか。「宇宙誕生から数億年後、水素やヘリウムを材料にして星が生まれました。その星の中で核融合反応によって新しい元素がつくられたのです。さらに、重い星は一生の最後に超新星爆発と呼ばれる大爆発を起こし、そのときにもさまざまな元素がつくられます。宇宙では、星の

輪廻転生りんねてんせいが繰り返されています。今、私たちの周りにある元素はすべて、星の営みがつくり出したものです。元素の創成と輪廻転生のドラマを再現すること、それが玉川高エネルギー宇宙物理研究室の目標です」

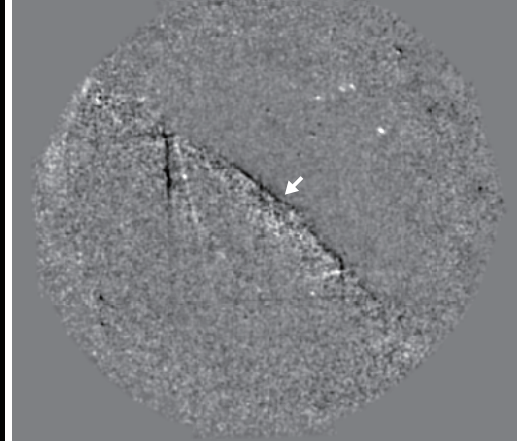
そのために研究室では、超新星爆発の後に残された超新星残骸や中性子星、



超新星残骸ペラジュニアのX線画像



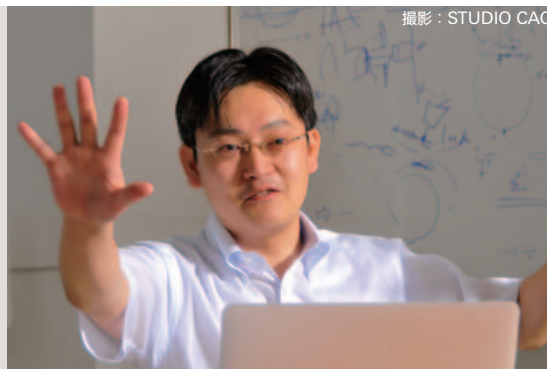
「XMM-ニュートン」2001年と2007年の差分画像



玉川 徹 (たまがわ・とおる)

仁科加速器研究センター
玉川高エネルギー宇宙物理研究室
准主任研究員

1970年、兵庫県生まれ。博士（理学）。東北大学工学部応用物理学科卒業。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。2000年、理研宇宙放射線研究室協力研究員。牧島宇宙放射線研究室研究員、専任研究員を経て、2010年より現職。2005年より東京理科大学客員教授を兼任。



ブラックホールをはじめ、銀河団や活動銀河核などX線を出しているあらゆる天体や現象を観測・研究している。X線を強く出すのは、数万度から数千万度と非常に温度が高い物体である。ここでは、超新星残骸とブラックホールについての研究成果を紹介しよう。

■ 超新星残骸ベラジュニア

超新星爆発が起きると、星をつくっていた物質と爆発の瞬間に新しくつくられた元素が、宇宙空間に勢いよく放出される。それらは星間空間のガスと衝突して衝撃波をつくり、何万年もの間、広がり続ける。それが超新星残骸だ。その中央部には、中性子星やブラックホールなどの高密度天体が残されることがある。

「“ベラジュニア”という超新星残骸が1年間でどのくらい膨張しているのか、膨張率の測定に成功しました。その結果は、ベラジュニアの年齢に関する従来の説を覆すものでした」。そう語るのは、勝田 哲 基礎科学特別研究員（以下、研究員）である。

「ベラジュニアは、とても不可解な超新星残骸でした」と勝田研究員。ベラジュニアは、1998年にドイツのX線天文衛星「ローサット」によって発見された。同時に、NASA（米国航空宇宙局）のガンマ線天文衛星「CGRO」によって、超新星爆発でつくられたチタン44（⁴⁴Ti）が崩壊するときに生じるガンマ線が検出された。超新星残骸からの⁴⁴Tiの検出はカシオペヤAに次いで2例目であり、超新星爆発のメカニズムの解明に重要であることから、ベラジュニアの発見はと

ても注目された。

ベラジュニアの何が不可解なのだろうか。「⁴⁴Tiが崩壊するときに生じるガンマ線の解析から、超新星爆発が何年前に起きたのか、つまり超新星残骸の年齢が推定できます。それによると、ベラジュニアの年齢は約700年と若く、地球からの距離は約0.2キロパーセク（1パーセク [pc] は約3.26光年）と見積もられました。一方、別の観測から、ベラジュニアの中央にある中性子星の年齢は数千年、距離は1キロパーセクと見積もられました。両者の結果は矛盾しているのです」

■ 膨張率から年齢や距離を求める

勝田研究員がベラジュニアの膨張率の測定に使ったのは、ESA（欧州宇宙機関）のX線観測衛星「XMM-ニュートン」の観測データである。「XMM-ニュートン」は検出器の較正のために、2001年からベラジュニアの右上（天球上での北西）の端を毎年のように観測していた。勝田研究員は、2001年、2003年、2005年、2007年の観測画像を比較し、差分を抽出した（タイトル図）。「差分画像に黒い筋（矢印）が見えています。これが2001年から2007年の間に広がった領域です」と勝田研究員。

解析の結果、ベラジュニアの右上の端は1年に0.84秒角ほど外側に広がったことが明らかになった。この数字を見た勝田研究員は、「遅過ぎる」と思ったという。「超新星残骸の膨張速度は初めは速く、やがてゆっくりになっていきます。ベラジュニアの年齢が700年であれば、解析結果の5倍以上速いはずです。年

齢が明らかになっている超新星残骸の膨張率との比較から、ベラジュニアの年齢は約1,000～3,000年、距離は750パーセクと推定しました。これは、中性子星の推定年齢と一致しています」。勝田研究員は、⁴⁴Tiの崩壊に伴うガンマ線はベラジュニアとは無関係の可能性が高いと考えている。

実は、この発見は偶然から生まれた。「2007年に、超新星残骸のシンクロトン放射の強度が年ごとに変動することが報告されました。ベラジュニアでも強度変動があるのか確かめてみようと考えたのです」と勝田研究員。シンクロトン放射とは、電子や陽子などの荷電粒子が磁場の中で加速されるときに放射される光である。宇宙には相対論的な超高速で運動する粒子が飛び交っている。どこで粒子が加速されているのかはまだ不明だが、有力候補が超新星残骸である。シンクロトン放射は粒子加速の場を知る重要な手掛かりとなる。「ベラジュニアは強度変動がありませんでした。残念だったな、と思いながら差分画像をもう一度よく見ると、筋が見える。超新星残骸の膨張を捉えていると分かったときは、驚喜しましたね」

勝田研究員は、藤原定家の『明月記』に登場する1006年に出現した超新星SN1006、1572年にデンマークの天文学者ティコ・ブラーエが発見したティコの新星（SN1572）など、比較的若く明るい超新星残骸の膨張率の測定に、次々と成功。「膨張率の測定は、年齢や距離、周辺の密度などを導き出せる有力な方法であることが明らかになりました。周



勝田 哲 基礎科学特別研究員 山田真也 基礎科学特別研究員

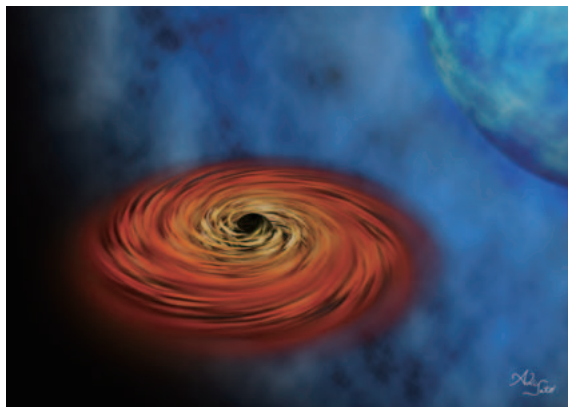


図1 はくちょう座X-1ブラックホールの想像図

はくちょう座X-1は、青色巨星と呼ばれる星とブラックホールの連星である。青色巨星のガスはブラックホールの周りを回転しながら落ち込み、円盤を形成する。円盤のガスはブラックホールへと吸い込まれていく。(イラスト：佐藤暁子)

辺の密度は、超新星爆発を起こす直前の星の状態が反映されているので、超新星爆発のメカニズム解明にとっても重要です。これからも、さまざまな超新星残骸の膨張率を測定していく計画です」

■ ブラックホールの存在を証明する

「ブラックホールの存在を証明する。それが私の研究目標です」と語るのは、山田真也 基礎科学特別研究員である。ブラックホールは、中性子星より高密度で、巨大な重力のために光さえ脱出できない天体である。誰もが知っている有名な天体だ。にもかかわらず、その存在はまだ証明されていないのだろうか。

「ブラックホールは、銀河の中心にあるとか、太陽のような普通の星と連星系をつくっているとかわかっています。しかしそれは、星の動きや、吸い込まれていくガスが高温に熱せられて出すX線の観測などから、非常に大きな質量がとて狭い領域に詰まっていることを示しているにすぎません。ブラックホールであることの証明にはならないのです」と山田研究員。「ブラックホールの存在の究極の証明は、直接撮像することです。しかし現時点では手法がありません」

ブラックホールはあまりにも小さく、地球から見た見掛けの大きさは数マイクロ秒角しかない。それは月面に置いた髪の毛の毛ほどの大きさだ。X線天文衛星で最も目がいいNASAの「チャンドラ」でさえ、解像度を6桁も上げなければならない。それが実現されるまで100年は待たなければならないだろう。山田研究員はX線の強度変動に目を付けた。「小さいものほど

短い時間で変動します。ブラックホールに吸い込まれていくガスが出すX線の強度変動を詳細に捉え、さらに温度を測定することで、ブラックホール周辺の姿をあぶり出そうと考えました」

■ はくちょう座X-1に落ち込むガス

観測のターゲットは、はくちょう座X-1である(図1)。1971年に強いX線を出す天体として見つかった。「はくちょう座X-1の発見者である小田 稔先生は、X線強度が非常に短い時間で変動することから、ブラックホールに違いないと発表しました。しかし、40年以上たってもブラックホールである決定的な証拠は捉えられておらず、“ブラックホール候補”の状態が続いていました」と山田研究員は解説する。なお、小田 稔博士は1988～93年に理研の理事長を務めている。

山田研究員がこの研究に使ったのが、「すざく」である。「はくちょう」「てんま」「ぎんが」「あすか」に次ぐ日本の5番目のX線天文衛星で、ブラックホールに吸い込まれていくガスが出すエネルギーの高いX線を高感度で捉えることができる硬X線検出器を搭載している。

「すざく」の硬X線検出器で、はくちょう座X-1を観測すると、X線強度は非常に短い時間で激しく変動しており、しかも、“ショット”と呼ばれるいくつかのピークがあることが分かった。「ショットは、ガスが塊になって落ち込む瞬間だと考えられます。しかし、変動があまりにも短時間のため、1個のショットを詳しく解析することはできません。そこで、複数のショットを重ね合わせて解析する独自

の手法で、はくちょう座X-1の中心に落ち込むガスの温度変化を測定することに成功しました」と山田研究員。「その結果、ガスは、はくちょう座X-1の中心に落ち込む最後の100分の1秒の瞬間に、10億度以上まで急激に加熱されることが分かりました。これは、はくちょう座X-1がブラックホールである強い証拠です」(図2)

しかし、はくちょう座X-1がブラックホール以外の高密度天体、例えば中性子星である可能性はないのだろうか。それに対して山田研究員は、きっぱり否定した。「中性子星には表面がありますが、すべてのものを吸い込んでしまうブラックホールには表面がありません。中性子星のように表面がある天体の場合、表面からの放射によって落ち込むガスの温度は下がります。10億度まで急激に加熱されたことは、表面のない天体、つまりブラックホールであることを意味します」

この画期的な成果は、新聞各紙でも取り上げられた。「お天気キャスターの森田正光さんのラジオ番組にも出演しました。ブラックホールは人気ですね」

山田研究員は、「すざく」の硬X線検出器の開発に加わり、打ち上げ前後の性能の検証も担当した。「打ち上げ後はさまざまな条件が変わってしまうため、すぐにきれいなデータは出ません。はくちょう座X-1の成果が出るまで、較正に5年間もかかりました」と山田研究員。「打ち上げ前と何がかわっているのか、まったく手掛かりがありません。検出器は宇宙を飛んでいるので、手に取って確認することもできません。あらゆる可

能性を一つずつつぶしていく。執念です

■「ASTRO-H」、エネルギー分解能20倍

研究室では、「すざく」や「チャンドラ」、「XMM-ニュートン」など稼働中の衛星によって研究を進める一方、次の準備も進めている。その一つが「ASTRO-H」である。日本の6番目のX線天文衛星で、2015年の打ち上げを予定している。

「ASTRO-H」の開発には、宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所を中心に、日本中のX線天文学の研究者が参加している。理研も主要メンバーである。「私たちの研究室では、宇宙科学研究所、首都大学東京、金沢大学などと共同で、X線のエネルギーを精度よく測るマイクロカロリメーターの開発を行っています。エネルギー分解能は従来の20倍にもなることから、今までの衛星では難しかったことも見えるようになりますと期待しています」と玉川准主任研究員。

勝田研究員は、「元素は“輝線”と呼ばれるそれぞれ異なるエネルギーのX線を出すため、エネルギー分解能が高くなれば、宇宙のどこでどのような元素がつかられ、それがどのように宇宙空間にまき散らされたのかを詳細に知ることができます。さらに、ドップラー効果による輝線のわずかなエネルギー変動も捉えることができるので、非常にゆっくりとした動きについても、それが近づいているのか遠ざかっているのかが分かります。超新星残骸の膨張の様子をより詳しく理解できるようになるでしょう」と期待する。

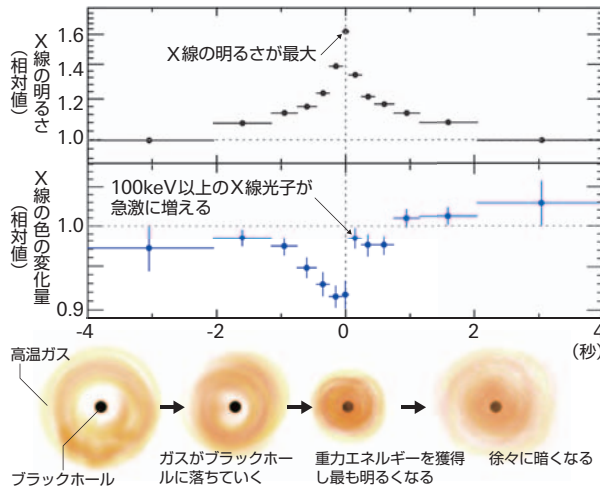


図2 はくちょう座X-1の重ね合わせショット解析の結果と対応する概念図

ガスがブラックホールに吸い込まれる瞬間は時刻0に対応している。ガスがブラックホールに近づくにつれて重力エネルギーを得て、時刻0でX線の明るさが最大になる。その直後に100キロ電子ボルト (keV) 以上のX線の光子が急激に増える。これは、ガスがブラックホールに落ち込む最後の100分の1秒で、ガスの温度が急激に上昇していることを示す。100キロ電子ボルトは10億度に対応する。

「ブラックホールの回転も詳しく測定できます」と山田研究員。「回転が詳しく分かれば、爆発前の星の状態や、ブラックホールがどのように進化してきたかを知る手掛かりになります」

■「GEMS」、人類初の高感度X線偏光観測

もう一つが、「GEMS」である。世界で初めてX線の偏光観測を行うNASAの人工衛星だ。X線や可視光など電磁波は波であり、普通はいろいろな方向に振動しているが、物体の表面で散乱や反射をすると一定の方向だけに振動するようになる。それを偏光という。偏光を調べると、その電磁波がどういった場所から来たのかを知ることができる。「X線の偏光観測は、誰もがやりたかったのですが、難しいのです。私たちは、2003年からX線の偏光を捉えるガス電子増幅フォイルの開発を独自に進めてきました。それがNASAに採用され、『GEMS』のX線偏光計の心臓部

に搭載されることになりました」と玉川准主任研究員。

X線の偏光観測が可能になると、粒子加速と密接に関係している超新星残骸の衝撃波面の磁場の向きや、ブラックホールの周りの円盤の形、ブラックホールの回転、周辺の時空のゆがみが見えると期待されている。「GEMS」は2014年打ち上げ予定だったが、開発費の増大からプロジェクトが凍結されている。「打ち上げ用の装置はほぼ完成しています。再度NASAに提案して、打ち上げまでこぎ着けたいと思っています」

日本における宇宙線研究のパイオニアは仁科芳雄博士、日本のX線天文学のパイオニアは小田 稔博士で、二人とも理研と深い関わりがある。「『GEMS』が成功すればX線偏光天文学の幕開けです」と玉川准主任研究員。理研からX線天文学の新しい世界が始まろうとしている。

(取材・執筆：鈴木志乃/フotonクリエイト)

DNAは4種類の塩基を持つ。

そこに人工塩基を加えて種類を増やすと、何が可能になるのか。

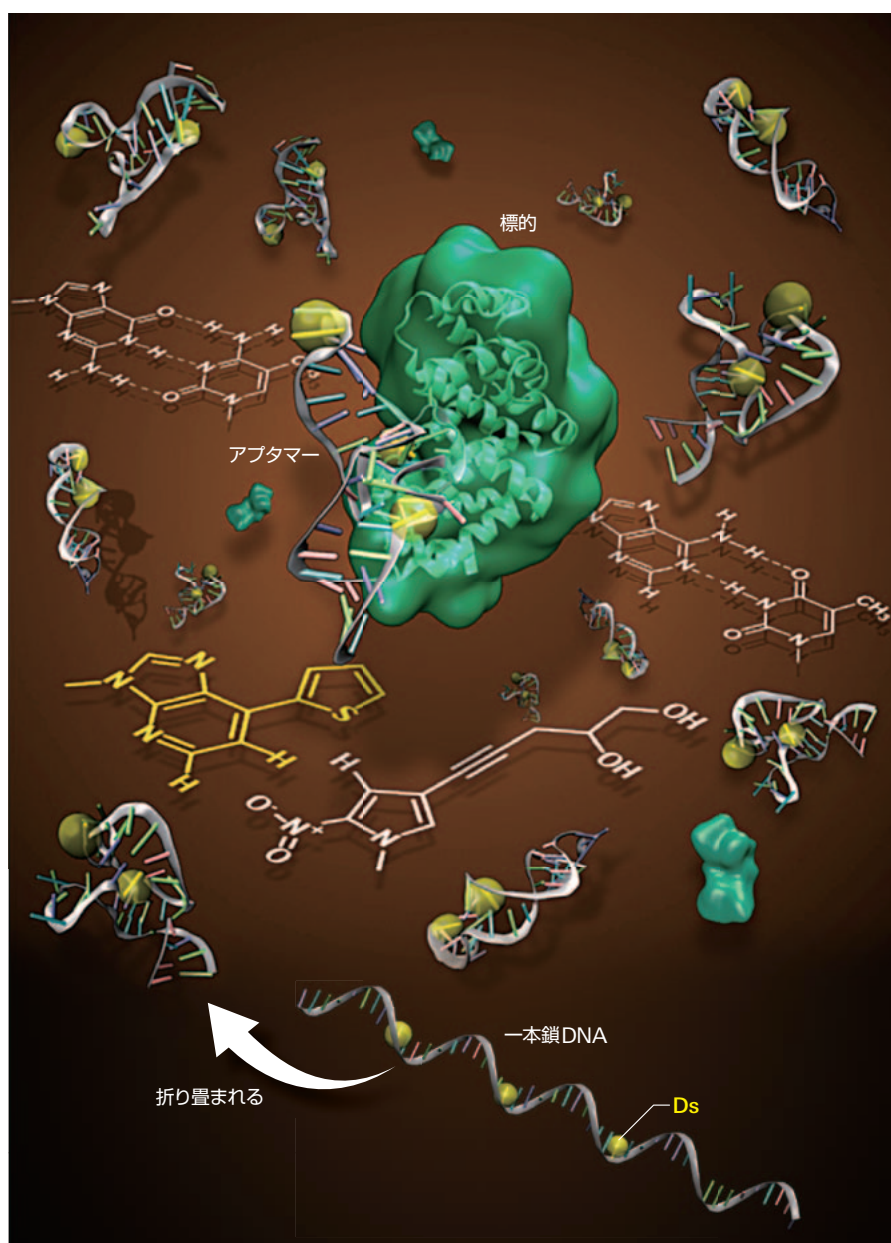
ライフサイエンス技術基盤研究センター 合成分子生物学研究チームの

平尾一郎チームリーダー (TL) たちは、5種類の塩基を持つ人工DNAにより、病気に関係するタンパク質だけに強く結合する「アプタマー」を開発することに成功した (タイトル図)。それは治療薬や診断薬として有望だ。

「アプタマーは応用例の一つにすぎません」と語る平尾TLは、

人工塩基によりライフサイエンスの新しい技術基盤を築こうとしている。

人工DNAで薬をつくる



標的タンパク質に結合する人工DNAアプタマー

4種類の天然塩基に人工塩基Ds (黄色) を加えた一本鎖のDNA (アプタマー) が標的に結合している様子。ペアとなる人工塩基Pxがないため、Dsが突き出て形のバリエーションが広がり、標的に強く結合するアプタマーが得られる。

■ 半世紀前の仮説

2001年公開の米国映画『エボリューション』では、隕石によって運ばれてきた単細胞の地球外生命体が、瞬間に多細胞生物へ進化する様子が描かれた。その急速な進化は飛来した地球外生命体のDNAが10種類の塩基を持つことによる、という設定のサイエンスフィクションだった。

「実際のサイエンスでも、1962年に米国の研究者が、“DNAの塩基の種類を増やすことができれば、DNAの情報や機能を拡張することができる”という仮説を提唱しました」と平尾一郎TL。

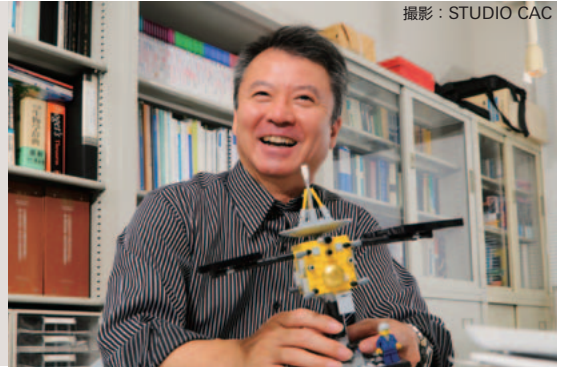
地球上のすべての生命体のDNAは、アデニン (A)・チミン (T)・グアニン (G)・シトシン (C) という4種類の塩基から成る。DNAの2本の鎖をA-TとG-Cがペアとなって結び付け、二重らせん構造をつくる (図1)。その塩基の並び方 (塩基配列) がRNAに読み取られ (転写)、タンパク質がつくられる (翻訳)。

DNAとRNAは、タンパク質をつくる“情報分子”として働き、タンパク質は、外部環境から栄養を吸収してエネルギーを生み出したり体を構成する物質をつくり出したりする化学反応を担う“機能分子”として働く。こうして生命は成り立っている。「タンパク質はDNAの情報に基づいてつくられます。一方、DNAをつくるにはタンパク質の機能が必要です。それでは、原始の地球で最初の生命が誕生したとき、DNAとタンパク質のどちらが先にできたのか? 1980年代初め、タンパク質の酵素のように化学反応を触媒する機能を持つ

平尾一郎 (ひらお・いちろう)

ライフサイエンス技術基盤研究センター
合成分子生物学研究チーム
チームリーダー

1956年、静岡県生まれ。理学博士。東京工業大学大学院理工学研究科化学専攻博士課程修了。東京大学工学部助手、東京薬科大学薬学部助教授、米国インディアナ大学博士研究員、科学技術振興機構ERATOグループリーダーなどを経て、2006年、理研チームリーダー、2013年より現職。タグシクス・バイオ株式会社代表取締役社長（併任）。



RNA（リボザイム）が発見され、最初の生命はRNAを主体とするものだったという仮説が提唱されました」

そのRNAの機能を拡張する研究が進められた。体を守るタンパク質の抗体のように、病気の原因となるタンパク質やがん細胞などの標的だけに結合する分子は、治療薬や診断薬として応用できる可能性がある。標的に結合するRNAあるいはDNA断片は、「アプタマー」と呼ばれている。

抗体は生物の細胞の中であつくらせることが一般的で、作製に時間がかかるケースが多い。一方、アプタマーは試験管の中で進化を再現する進化学的手法で短時間に作製することが可能だ。ひとたびアプタマーが得られれば、その塩基配列情報をもとに化学合成で大量に作製することができる。さらに、抗体を体内に投与すると免疫系が異物として排除しようとするケースがあるが、アプタマーではそのような拒絶反応はほとんど起きないため、アプタマーは薬として大いに期待された。「1990年代半ば、私も米国の研究室でRNAアプタマーをつくる研究に携わりました」

標的に結合させるには、鍵穴に合う鍵のように、標的の形に適合する分子が必要だ。まず、塩基をランダムに並べることにより、さまざまな形のRNAのライブラリーをつくる。そこに標的を入れると、何種類かのRNAが結合し、それを“釣り上げる”ことができる。それらを増幅して、釣り上げ条件を厳しくすることで、より結合力の強いRNAを選別する。このように進化学では、自然淘汰のよう

な過程を繰り返して、目的に合う分子を選び出していく。

ただし、アプタマーで現在までに医薬品となったのは、網膜の病気である加齢黄斑変性症の治療薬「マクジェン」だけだ。それは病気の原因となる血管内皮増殖因子（VEGF）に結合して働きを阻害するRNAアプタマーである。

■ 人工塩基でDNAの機能を拡張する

なぜ、アプタマーによる創薬は難しいのか。「抗体をつくるタンパク質は20種類のアミノ酸からできています。その種類の多さが、抗体の形と化学的性質の多様性を生んでいます」。抗体の形のバリエーションは1000兆種類ともいわれ、あらゆる異物に結合して体を守る。

「一方、RNAやDNAをつくる塩基は4種類と少ないために形や化学的性質のバリエーションが限られ、それが標的に強く結合するアプタマーの開発を難しくしています。塩基の種類を増やせば、形のバリエーションが広がり、強く結合するアプタマーをつくることができるのではないか。1996年から人工塩基を含むDNAをつくるプロジェクトが日本で始まり、私は帰国して参加しました」

進化学的手法で淘汰を繰り返すには、人工塩基を含むDNAを増幅させる必要がある。平尾TLたちは2009年、DNAを試験管内で増幅させるPCRという手法により、高精度で複製可能な人工塩基対“Ds-Px”の開発に世界で初めて成功した（図2）。

塩基の種類を増やした人工DNAの機能は本当に向上するのか。平尾TLたち

は、ATGCにDsを加えた5種類の塩基がランダムに40～50個ほど並んだ、10兆～100兆種類の人工DNA断片のライブラリーを作製。VEGFとさまざまな病気に関係するインターフェロン γ に結合するアプタマーを作製する実験を行った。「PCRによる増幅と標的の釣り上げを7回ほど繰り返して選別を行いました。そうして得られた人工DNAアプタマーの結合力は、天然のDNAアプタマーの100倍以上になりました」

塩基の種類を増やすとDNAの機能が拡張するという仮説を、平尾TLたちは半世紀の歳月を経て世界で初めて実証することに成功したのだ。

平尾TLたち以外にも、PCRで複製可能な人工塩基の開発に成功したチームが米国に二つ現れた。平尾TLたちは、それらライバルを常にリードしてきた。

「米国の研究所のライバルに聞くと、主力となるポストドク（博士研究員）が、2～3年で入れ替わることがネックだそうです。人工塩基の研究には有機合成や分子生物学に関する豊富な知識と経験が求められます。それを短期間に身に付けるのは難しいのです。私の研究室には、有機合成や分子生物学の専門家が集まり、腰を据えて基礎研究に取り組んできました。そこが私たちの強みです」

■ 人工DNAアプタマーで 創薬・医療技術を拡張する

平尾TLたちが作製した人工DNAアプタマーは、RNAアプタマー治療薬「マクジェン」やタンパク質の抗体に比べても、結合力が強い。結合力が強ければ、

少量でも標的を逃さず、高い効果を発揮する薬となり得る。

なぜ、1種類の人工塩基Dsを加えただけで結合力がそれほど強くなったのか。「得られた人工DNAアプタマーを調べると、40~50個並んだ塩基のうち、Dsが入っているのは2~3ヶ所にすぎません。しかしDsのペアとなるPxを入れていないため、そこだけが突き出て形の多様性が生み出されること、さらにDsが疎水性であることが、タンパク質との親和力を強めたと推測しています」

アミノ酸20種類には、水に溶けやすい親水性のもの、水に溶けにくい疎水性のものがあるため、タンパク質には疎水性の領域ができる。一方、天然型のDNAは親水性が高い。親水性と疎水性のもの同士は結合しにくいいため、天然のDNAやRNAアプタマーは、タンパク質の疎水性の領域に結合しにくいという欠点があった。疎水性の塩基Dsが加わることで、その欠点が克服されて結合力が増したと考えられる。

アプタマーが標的以外のタンパク質などに結合してしまうと、副作用を引き起こす可能性がある。平尾TLたちは、結合力だけでなく、標的だけに結合する非

常に高い選択性を併せ持つアプタマーを選び出した。

薬として働くにはヒトの体内で分解されずに標的にたどり着く必要がある。DNAはRNAよりも化学的に安定だが、体内にはDNA分解酵素もある。「私は以前の研究で、ある短い塩基配列を加えるとDNAが酵素で分解されにくくなることを発見しました。現在、人工DNAアプタマーにその短い塩基配列を付けて、安定性を高める実験を進めているところです」

創薬の最終段階では、実際にヒトに投与して、薬効や副作用を調べる必要がある。「幸い、海外の研究機関から、私たちの人工DNAアプタマーを使ってみたいという申し入れもありました」

新しい標的に結合する人工DNAアプタマーを作製してほしい、という要望も平尾TLたちに次々と寄せられている。「例えばインフルエンザウイルスに対する抗体を生物につくらせるには半年ほどかかります。一方、私たちは2週間~1ヶ月ほどで新しい人工DNAアプタマーを作製することができます」

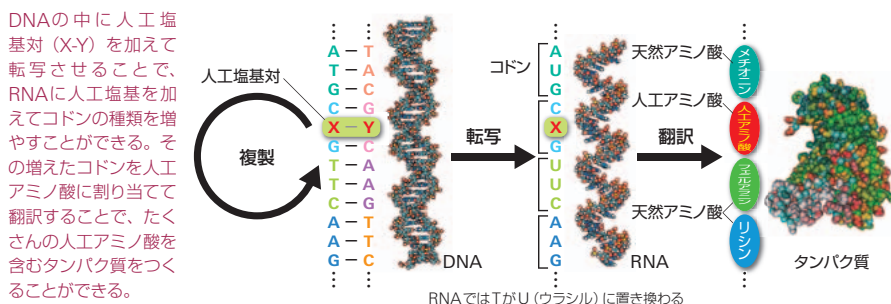
今年4月、平尾TLたちが所属している生命分子システム基盤研究領域は、

オミックス基盤研究領域、分子イメージング科学研究センター (CMIS) と統合され、ライフサイエンス技術基盤研究センター (CLST) が設立された。

CMISでは、薬分子自体や、見たい生体分子だけに結合する分子に放射性同位元素を付けたプローブの作製を進めてきた。それを体内に投与し、PET (陽電子放射断層画像法) を使って薬分子や生体分子がどのように分布しているかを可視化・定量化することで、創薬や診断に役立てることができる。「私たちの人工DNAアプタマーに放射性同位元素を付けることもできます。人工DNAアプタマーの最初の実用化として、PET用のプローブが適しています。現在、理研内でプローブ作製の共同研究が動きだしています」

人工DNAアプタマーは、薬分子を標的にピンポイントで運ぶドラッグ・デリバリー・システムとしても有望だ。「特定のがん細胞だけに結合し、さらにがん細胞の中へ入っていく人工DNAアプタマーの作製も可能だと思います。創薬において、標的への結合力や選択性に欠けるために薬にすることができなかった候補分子がたくさんあります。人工DNAアプタマーを付けることで、それらの分子を薬にできる可能性があります」

図1 DNAの複製・転写・翻訳と人工塩基を加えた拡張システム



■ 細胞内で人工塩基を機能させる

2007年、平尾TLは研究成果を社会に役立てるため、タグシクス・バイオ(株)を設立した。「人工DNAアプタマーの応用は主にそちらで進め、研究チームでは人工塩基の新しい可能性を広げてい

関連情報

- 2013年4月8日プレスリリース
「人工塩基を用いてDNAの機能向上を証明」
- 『理研ニュース』2006年12月号（研究最前線）
「DNAに新たな文字を加える」

くつもりです」

これまでの人工塩基の実験はすべて試験管内で行われてきた。平尾TLたちは生物の細胞の中で人工塩基を複製・転写させることを目指している。それにより、何が可能となるのか。「細胞内で働くタンパク質については、蛍光タンパク質などの可視化技術が開発されています。しかしDNAやRNAにはそのような可視化の手法がありません。私たちは人工塩基を光らせる技術を開発しています。細胞内で人工塩基の複製・転写を実現して、特定のDNAやRNAの挙動を可視化したいと思います」

オミックス基盤研究領域では、さまざまな種類の細胞で働くRNAを網羅的に調べてきた。そしてRNAは、DNAの情報を書き取ってタンパク質をつくる仲介役として働くだけでなく、遺伝子発現を制御していることが分かってきた。「細胞内で人工塩基の転写が実現できれば、特定のRNAを光らせ、その挙動を追跡して機能を探ることができます」

CLST非天然型アミノ酸技術研究チームの坂本健作TLたちは、人工のアミノ酸を加えることで天然のものよりも機能が優れた人工タンパク質をつくる研究を進めている。ただし現在の遺伝子組換え技術では、1個のタンパク質に組み込める人工アミノ酸は1~2種類だけ。それはRNAの指令の数が限られているからだ。翻訳の際、RNAの塩基3個1組（コドン）ごとに1種類のアミノ酸を指定する。4種類の塩基で可能なコドンは、 $4 \times 4 \times 4 = 64$ 通り。それに20種類のアミノ酸と翻訳開始や終了の指令が割り当

てられている。

「DsとPxを加えて6種類になれば、コドンは $6 \times 6 \times 6 = 216$ 通り。その増えたコドンに人工アミノ酸を割り当て、たくさんの種類の人工アミノ酸を組み込んだ人工タンパク質を生物の中でつくることができるかもしれません」（図1）

人工塩基を細胞内で機能させることができれば、現在の生命科学を支える遺伝子組換え技術を超える、新しい技術基盤に発展させることができるのだ。「複製や転写は5年以内、翻訳は10年以内を実現したいと考えていました。ところが最近、ライバルの一つが細胞内で複製が実現できそうだと言っています。私たちは激しい研究競争を続けています」

ただし、人工塩基を生物へ導入する研究は慎重に進めています、と平尾TLは語る。「人工塩基を導入した細胞は、人工塩基を含む餌を与え続けなければ、生存できません。自然界で勝手に増殖することはなく、封じ込めが可能です。まずは複製のみを実現した上で、社会と対話しながら研究を進めたいと思います」

■ 生命の起源、地球外生命の探求へ

平尾TLの好奇心は、生命の起源へ広がっている。「Ds-Pxにたどり着くまでに、私たちはさまざまな塩基をつくり、情報分子としてふさわしいものを選別してきました。それは、生命がATGCを選び出した過程と似ているかもしれません」

2014年、宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、小惑星探査機「はやぶさ2」を打ち上げる予定だ。その目的は、有機

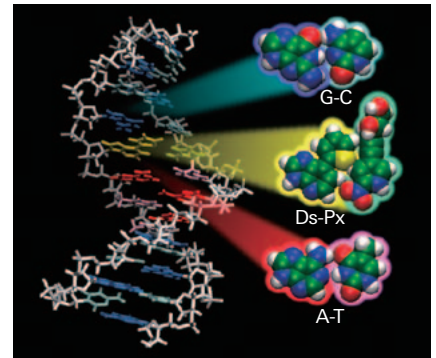


図2 人工塩基対Ds-Pxを加えた6種類の塩基を持つDNA

Ds-Pxは、天然塩基対に近い精度で複製することができる。

物を含む小惑星から試料を持ち帰ってくるのだ。「そこに、生命の材料となる分子があるのかどうか最大の焦点です。ただし、ATGCや20種類の天然アミノ酸のような地球上の生命が使っている分子だけに注目しては駄目です。それ以外の分子も生命の機能や情報を担うことができる可能性があるからです。人工塩基の研究が、宇宙のどこかに存在する生命体の遺伝子となり得る物質のバリエーションを探る研究につながればと思っています」

平尾TLとDNAの出会いは、沼津工業高等専門学校5年生のときだった。「有機合成を学んでいた私は、先生の薦めで『二重らせん』（ジェームズ・ワトソン著）を読みました。ATGCはとても単純な化合物です。それが複雑な生命活動を支えていることを知り、興味を持ちました。DNAに人工塩基を加えることは、その19歳のときからの夢でした」

平尾TLの夢は、さまざまな分野と接点を持ち、大きく羽ばたく段階に入った。

（取材・執筆：立山 晃／フotonクリエイト）

悲しい音楽は ロマンチックな感情ももたらす

2013年5月24日プレスリリース

理研脳科学総合研究センター 情動情報連携研究チームの岡ノ谷一夫チームリーダー、川上 愛ジュニアリサーチアソシエイト（現 客員研究員）、東京藝術大学の古川 聖教授らは、悲しい音楽が、悲しみだけでなく、ロマンチックな感情も聴き手にもたらしていることを実証した。

研究グループは、既存の悲しい曲を30秒程度に編集。18～46歳の男女44人（音楽家と非音楽家）に鑑賞してもらった後に、悲しい、いとおいしい、浮かれた、圧倒された、といったさまざまな感情を表す62種類の用語を用いて、鑑賞した音楽がどのような音楽であったかの判断と、音楽を聴いて実際に自身が体験した感情について回答してもらった。

これら回答を分析したところ、音楽経験に関係なく、聴いた音楽が悲しいものと判断するほどには自身は悲しみを感じていないこと、聴いた音楽がロマンチックなものと判断する以上に自身はロマンチックな感情を抱いていることが分かった。つまり、音楽家であるか否かにかかわらず、人は悲しい音楽を聴くと過度に悲しい音楽であると判断するものの、自分自身は程よい悲しみとともにロマンチックな感じにも浸っていることが科学的に実証された。

今回の成果は、私たちがなぜ悲しい音楽をあえて聴くのか、について重要な手掛かりになるとともに、自身に直接の危害が及ばない安全な状況では芸術が表現している感情がたとえネガティブなものであってもそれを楽しむことができる、という「代理感情」の存在を示唆するものである。

●『Frontiers in Psychology』オンライン版（5月23日）掲載

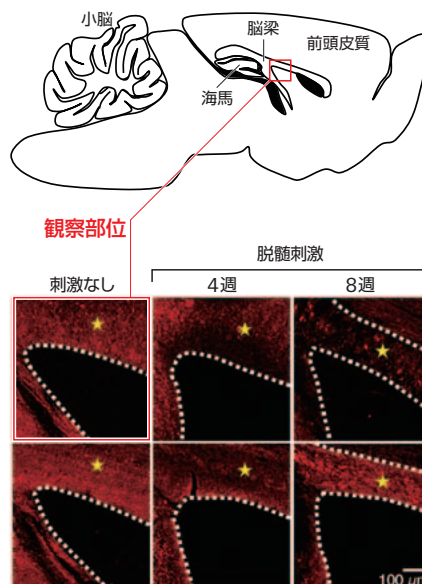
脱髄を進行させる糖鎖を発見 神経難病の治療薬へアプローチ

理研-マックスプランク連携研究センター システム糖鎖生物学研究グループ（谷口直之グループディレクター）疾患糖鎖研究チームの兼清健志 協力研究員と北爪しのぶ 副チームリーダーらは、脳だけで働く糖転移酵素「N-アセチルグルコサミン転移酵素IX（GnT-IX）」によって合成される分岐型O-マンノース糖鎖が、神経難病を引き起こす脱髄を進行させることを発見した。放射線医学総合研究所、大阪大学、高知大学との共同研究による成果。

神経活動は、神経細胞から出ている軸索という長い突起を、神経パルスが高速に伝わることによって行われている。その軸索は、髓鞘（ミエリン鞘）で覆われ保護されている。この髓鞘が壊れて軸索がむき出しになるのが脱髄疾患で、発病すると神経伝達がうまくいかなくなり、手足や視神経などでまひやしびれを来す。この疾患の原因はよく分かっていないが、最近、脳だけで働く糖鎖が脱髄を進行させていることが分かってきた。

研究グループは、脳だけで働く糖転移酵素GnT-IXに着目。野生型マウスとGnT-IXの遺伝子欠損マウスに人為的に脱髄を起こし比較した結果、同欠損マウスでは壊れた髓鞘が再生されること（図）、髓鞘を形成する細胞の分化が進み成熟して

図 野生型マウスとGnT-IXの遺伝子欠損マウスの脱髄の比較



それぞれのマウスに脱髄刺激を与えた後に、脳切片を作製し、髓鞘を形成する細胞であるオリゴデンドロサイトを赤く染色した。点線は髓鞘の豊富な神経線維が密集している脳梁の境界。野生型マウスでは、脱髄刺激によってオリゴデンドロサイトがだんだん減少していった（★印）。一方、GnT-IXの遺伝子欠損マウスでは、刺激8週目にはオリゴデンドロサイトが顕著に回復しているのが分かる。

いることを発見した。これらから、GnT-IXによって合成される分岐型O-マンノース糖鎖が、壊れた髓鞘の再生を阻害している可能性が示唆される。

今後、GnT-IXの阻害剤を探索することで、髓鞘の再生を促進する新規治療薬の開発が期待される。

●『The Journal of Neuroscience』オンライン版（6月12日）掲載

物性の新現象+ α を 探求する理論物理学者

微細化・集積化により急速な性能向上を実現してきた半導体集積回路は、もうすぐ限界に突き当たるといわれている。微細な回路に電流が流れることによって、単位面積当たりの電気抵抗による発熱量が大きくなり、回路が正常に作動しなくなる可能性が高いからだ。そこで、電気抵抗による発熱が起こらない磁気の流れ「スピン流」を利用する研究が行われている。ところがスピン流には、長い距離を伝搬させることが難しいという大問題がある。強い磁性を示す強磁性体の中では、わずか10nm（1億分の1m）以下でスピン流は減衰してしまう。挽野真一 基礎科学特別研究員（以下、研究員）たちは、極低温で電気抵抗がゼロとなる超伝導体で強磁性体を挟んだ構造により、スピン流を数十～数百nm伝搬させることができる原理を発見した（図）。電気工事士を目指していた少年は、なぜ理論物理学者になったのか。



挽野真一

柚木計算物性物理研究室
基礎科学特別研究員

ひきの・しんいち

1979年、群馬県生まれ。博士（理学）。伊勢崎工業高校卒業。群馬大学工学部電気電子工学科卒業。東北大学大学院理学研究科物理学専攻博士課程修了。東北大学 研究員を経て、2010年、理研特別研究員。2013年より現職。

「小さいころ、家電製品に興味を持ち、家の掃除機を分解して元に戻せず、母に怒られたりしていました」

中学校まで勉強は好きではなかった、と語る挽野研究員。「将来は電気工事士になりたいと、工業高校の電気科に進みました。進学校ではないので授業の進み方はゆっくりで、先生が電気に関するいろいろな雑談を交えながら教えてくださいました。それで、勉強って実は面白いんだ、と思ったのです。もっと電気の勉強をしたいと、大学進学を考えました。親に経済的な負担をかけたくないので、地元の国立、群馬大学に行きたいと担任に相談すると、「寝言を言うな！絶対に無理だ」と。カチンときた私は必死に勉強しました。物理学に興味を持ったのは浪人生のときです。高校物理の演習問題なので理想化された問題でしたが、どの角度でボールを投げると最も遠くまで飛ぶかという問題を、実際にボールを投げなくても物理公式を解くだけで結果を予言できることを知り、野球少年だった私は感心したのです」

群馬大学工学部電気電子工学科へ進学した挽野研究員は、さらに物理学にのめり込んでいく。「高校物理では、たくさんの公式を覚える必要があり、それが嫌いでした。それらの公

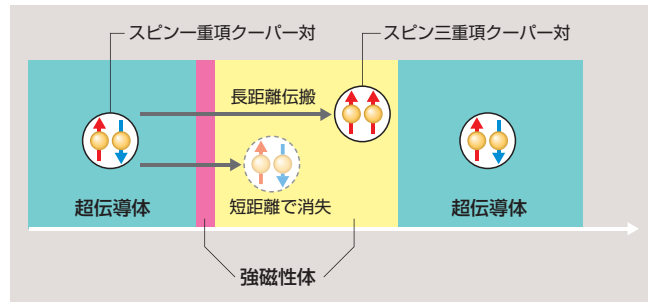


図 スピン流が長距離伝搬する構造と原理のイメージ

挽野研究員たちは、磁化の方向が異なる2層の強磁性体を、スピンの向きが反対の電子対（スピン重項クーバー対）が流れる超伝導体で挟んだ構造を考案。超伝導体からスピン重項クーバー対が強磁性体へ染み出すと、スピン重項クーバー対と、スピンの向きがそろったスピン三重項クーバー対に分離。前者は強磁性体の磁気の影響を受けて短距離で消滅するが、後者は磁気の影響を受けずに長距離伝搬することを理論的に発見した。

式が一つの方程式から導き出せることを学び、方程式の魅力に取りつかれました」。さらに群馬大学の修士課程に進んだが、1年で中退した。「半導体の実験をしていたのですが、それは企業でもできることでした。大学でしかできない研究、半導体では実現できないことを理論的に探求する理論物理学をやりたいと思ったのです」

東北大学大学院を受験して前川禎通 教授の研究室に進学。「前川教授が世界的な研究者であることは、入ってから知りました（笑）。実験から理論へ移った私は、物理学の基礎が不足していました。睡眠時間を3～4時間に削って勉強しましたが、努力したという感覚は一切ありませんでした。これを実現するためには何が必要か、ということだけをひたすら考えていました。教授から与えられたテーマは、超伝導体とそうでない物質を組み合わせた複合体で初めて現れる現象を探ることでした。今回発表したスピン流が長い距離を伝搬するという現象も、単体の物質では起きないことです」

今後の目標は？「スピン流を直接検出する方法がまだ見つかっていません。間接的に検出する方法はありますが効率が悪いので、回路に応用する際の大きな障害になっています。スピン流を直接検出する原理を発見できれば、大きなブレークスルーとなります。技術者志望だった私は、新しい現象を理論で予言するだけでなく、プラスアルファを目指しています。具体的な形でも社会に貢献したいのです」

挽野研究員は常にノートを持ち歩いている。「枕元にも置いてあります。アイデアをすぐに書き留めるためです。計算に行き詰まっていた時期のある朝、寝ぼけ眼に数式が現れ、間違っている箇所気付いたこともあります。小学校のころ算数は苦手だったのですが、その時々で面白いと思ったことを追求していたら、理論物理学者になっていました」

（取材・執筆：立山 晃／フotonクリエイト）

理研録音機の記憶

2011年7月、日発販売株式会社 顧問の石川隆重氏より、「戦前に理研で製造された“理研録音機”を寄贈したい」という申し入れがあった。父親の石川治道氏が所蔵されていたものだった。治道氏は、理研産業団の一つである理研スプリング株式会社の役員（技師長）を務められた方で、在任時に量販前の試作機を入手されたようだ。かつて日本の産業振興の一翼を担っていた理研産業団。それら企業群の技術は財団法人理化学研究所で培った基礎研究にある。財団法人や理研産業団からはさまざまな試作機や製品が輩出されているが、現存するものは少ない。修復作業と一連の調査から見えてきた、理研録音機の軌跡を紹介しよう。

理研は財団法人時代（1917～1947年）、基礎研究をもとにさまざまな製品開発・製造を行っていた。録音機もその一つで、史料室にその取扱説明書が残っていた。アルマイト加工したアルミ円盤（アルマイト盤）にダイヤモンドの針で音を刻み付け、鉄針でなぞったその振動で記録した音声を再生する仕組みのもので、ほかの市販品に比べて操作が簡単なこと、音色が良くほぼ肉声に近いことなど、理研録音機の利点がうたわれていた。当時の貴重な講演会や音楽などを簡単に録音することができたため、娯楽にはもちろん事務用の記録媒体としても使用されていたらしい。しかし実物を見たことはなかった。

今回寄贈いただいた録音機は、理研電機部で製造された「理研録音機66型」の試作機で（写真1・2）、アルマイト盤の録音・再生だけでなくラジオも聴くことができるものだった。寄贈直後の録音機は、ほこりまみれで所々に亀裂があり、内部の機器類はひどくさびついていた。そこで専門業者に修復をお願いした。まずは、はげや布などでほこりや汚れをきれいに除去し、剝がれた化粧板には同色の板を合わせ、亀裂部分はこれ以上広がらないよう補強した。機器類はすべて取り出してさび止めの塗装をして元の位置に戻した。

ただ、正面ディスプレイ部にあるいくつかの穴をどうすべきか方針が定まらなかった。破損して開いた穴ではなく、故意に切り取られた跡のように見えたからだ。この理由を調べるため、蓄音機に詳しい大阪芸術大学博物館事務室 柳 知明 事務長（学芸員）をお訪ねした。お話を伺ってあっさり謎が解けた。ラジオは1925年から放送が始まり、受信機の普及が進むにつれて音楽やドラマなど大衆の娯楽の中心になっていった。戦後、ラジオの放送周波数の割り当てが変更になり、戦前にはなかった民放局を受信するためにはチューニング部を改造する必要が



写真1
理研録音機66型



写真2
プレーヤー部
（上ぶたを開けた状態）
左側アームが録音用、
右側アームが再生用。

あった。本機ディスプレイ部の穴は、所蔵者が改造を繰り返した痕跡だったのだ。

製品には、使った人たちやその時代の記憶が刻まれる。ディスプレイ部改造の痕跡はそのまま残すことにした。本機は、過去の関連資料から推測すると昭和13年ごろに製造されたようだ。柳氏いわく、日本において戦前につくられた家庭用の録音機は希少で、オーディオ史の観点からも貴重な製品だといえる、とのこと。体調を崩し入院されていた石川隆重氏に面会した際、「父親への恩返し的气持ちはあります。ぜひもらってやってくれないませんか」とおっしゃった言葉が印象的だった。同氏は2011年9月、他界された。この場を借りてご冥福をお祈りしたい。

理研で保管する史料は、この世に一つしかない。寄贈いただいた方の想いも一緒に大切に保管し、共有していきたい。

（執筆：浦野亜規／広報室）

科学と映像の旅 理研×サンアゼリア 秘密基地で森羅万象

9月10日(火)～14日(土)の5日間、和光市民文化センター・サンアゼリア小ホールにて、和光市文化振興公社と理研がジョイントイベント「科学と映像の旅 理研×サンアゼリア 秘密基地で森羅万象」を開催します。これは同センターの開館20周年記念サンアゼリア国際芸術祭の一環として開催されるもので、子どもにも大人にも、サイエンスとアートを楽しんでいただけるイベントです。

メイン企画は、科学技術館(千代田区北の丸公園)の全天周立体ドームシアター「シンラドーム」の可搬型である「モバイルシンラ」(写真)による、視野のすべてを覆い尽くす迫力のドーム映像体験。ドーム内で「セントラルドグマ」(旧・オミックス基盤研究領域制作)や「元素の起源を探る～理研RIビームファクトリー～」(仁科加速器研究センター協力、広報室制作)などの3Dムービーのほか、プラネタリウム投影、理研研究者によるトークショーを開催します。



詳細プログラムは、理研ウェブサイト(8月末公開予定)でお知らせします。ぜひ足をお運びください。

新研究室主宰者の紹介

新しく就任した研究室主宰者を紹介します。

- ①生まれ年、②出生地、③最終学歴、④主な職歴、
⑤活動内容・研究テーマ、⑥信条、⑦趣味

生命システム研究センター

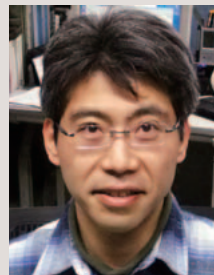


高速ゲノム変異マウス作製支援ユニット
ユニットリーダー

隅山健太 すみやま・けんた

- ①1967年 ②岡山県 ③東京大学大学院理学系研究科博士課程 ④イェール大学(米国)、国立遺伝学研究所 ⑤マウス発生工学を応用した解析系の開発 ⑥基本を大切にしつつ一歩踏み出して考える ⑦音楽、オーディオ

計算科学研究機構



HPCIシステム技術チーム
チームリーダー

平川学 ひらかわ・まなぶ

- ①1964年 ②島根県 ③東京工業大学大学院社会理工学研究科博士後期課程 ④KDDI、東京大学 ⑤文部科学省委託事業「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の運営」 ⑥為せば成る 為さねば成らぬ何事も 成らぬは人の 為さぬなりけり(上杉鷹山公) ⑦スキー、トレーニング、温泉旅行、器楽演奏

情報基盤センター



技術開発ユニット
ユニットリーダー

杉山和靖 すぎやま・かずやす

- ①1971年 ②富山県 ③東京大学大学院工学系研究科博士課程 ④海上技術安全研究所、Twente大学(オランダ)、東京大学 ⑤計算力学 ⑥春風秋霜、温故知新、群而不党 ⑦音楽鑑賞、散歩、節約

役員報酬等および職員給与の水準を公表

当研究所は、役員報酬等および職員給与の水準をホームページ上で公表しました。

詳細は下記URLをご参照ください。

<http://www.riken.jp/~media/riken/about/info/kyuyosuijyun24.pdf>

中国宇宙基礎科学事情

松岡 勝 まつおか・まさる

グローバル研究クラスター

特別顧問

5月の中旬、2週間ほど中国を訪問した。目的は、かつて理研に在籍していた宇宙科学研究者に会って、理研が進めてきた全天X線監視装置「MAXI」の観測成果をもとに宇宙物理学の議論をすることと、最近の中国の宇宙基礎科学の発展状況を見聞し、今後どのように中国と研究協力していくかを考えることであった。筆者の主任研究員時代、宇宙物理学分野で7名の中国人研究者を受け入れていた。7名とも優秀な研究者で、帰国後10数年たった今、母国の研究機関で研究室の責任者になっている。今回、北京の国立天文台のW. Yuanさんが中心になって、同天文台、北京大学、中国科学院高能物理研究所、南京の紫金山天文台、合肥の中国科学技術大学、中国科学院上海天文台の訪問をセットしてくれた。それぞれの研究機関でMAXIの観測成果について講演し、旧友を含め若い研究者と議論する機会を得た。ここで得られた、宇宙科学分野から見た中国の基礎科学の驚異的な発展や考え方の一端を報告する。

中国の主要な大学・研究機関ではこのところ、欧米や日本で大学院生やポスドクを過ごした若い世代の研究者が、責任ある地位に就くようになった。そのためか、主要な研究機関では世界最先端の研究を目指すようになっていく。

X線天文学分野の例を挙げると、次の二つの考え方で研究を進めているといえる。一つは、欧米や日本の観測衛星の公開データで研究し、さらに外国の衛星や天文台に観測をプロポーザルして研究を行い、国際的専門雑誌に論文を発表することである。この方法では、能力さえあれば世界のトップに躍り出ることができる。上海天文台のW. Yuさんはドイツ人も含むポスドクや大学院生を集め、この方法で研究を行っていた。もう一つの考え方は、地道に独自の技術開発をやり観測衛星を実現する方法である。精華大学と中国科学院高能物理研究所のポストを兼任するT. Liさんらは、検出器など技術開



写真・北京の中国科学院高能物理研究所で講演中の筆者

発も行いながら気球を使って高エネルギー天文学を始め、ようやく硬X線変調式望遠鏡（HXMT）を搭載した中国版X線天文衛星の第1号決定までこぎ着けた。打ち上げは当初より遅れ2015年になると聞いた。Yuanさんは実験室にX線観測装置の基礎開発や試験ができる2億円ほどの施設を建設中だった。中国版宇宙ステーションや小型衛星への全天X線監視装置の搭載を提案中である。データ解析に比べ技術の基礎開発には時間がかかる。中国の研究技術はまだ遅れは見られるが、数年後には着実に開発の花が咲くことだろう。

一方、紫金山天文台で見た月探査機に搭載したガンマ線検出器の予備器や暗黒物質観測器の試験器は、日本や欧米の搭載機器と変わらないほどきれいにまとめられていた。有人衛星の技術を持つ中国では、搭載機器の製作も十分な実力を備えていると見た。

今回訪れたどの研究機関も、欧米の優れた研究者が少人数ながらいた。優れた研究者やポスドクを特別に待遇するシステムも整備されつつある。米国帰りの若い教授は、Chinese dreamがあるとも言っていた。予算や人材は、実力ある人にはかなり豊富に与えられるようだ。また、MAXIのデータの詳しい情報がほしいという人や、理研のテラヘルツ光研究グループの超電導センサーや、玉川高エネルギー宇宙物理研究室のガス電子増幅器（GEM）を学びたいとの問い合わせもあった。中国の研究者の層はまだ薄いのが、世界最高水準のデータや技術を自分のものにしようと、世界を意識し頑張っていた。

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)



http://www.riken.jp/