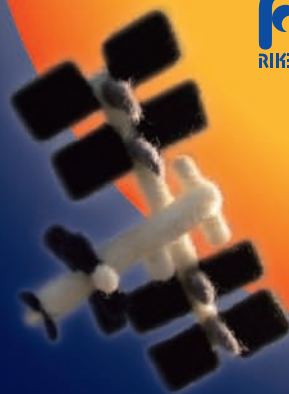


RIKEN NEWS

7

No.361 July 2011



02 研究最前線

SNPを使ったオーダーメイド医療の実現へ

—— 遺伝情報を利用して、一人ひとりに合った薬を選ぶ

06 特別企画

アート サイエンス

舞踊と科学のコラボレーション

—— 宇宙から見た日本最古の物語『かぐや』

10 特集

放射線の基礎

—— 理研和光研究所 一般公開特別講演会より

12 SPOT NEWS

- ・ミトコンドリアに細胞形成の「骨格」機能を発見
- ・X線自由電子レーザー施設「SACLA」、X線レーザーの発振に成功
- ・高温超伝導バルク磁石を駆使して世界初のMRI画像を撮影 MRIやNMRの小型化に期待

14 FACE

化学反応過程の可視化に挑む研究者

15 TOPICS

- ・新研究室主宰者の紹介
- ・新作ビデオ、『脳の中の「点と線」～神経回路とシナプスの謎に迫る研究最前線～』を公開

16 原酒

『科学技術における「美」のパネル展』に参加して

RIKEN Mobile



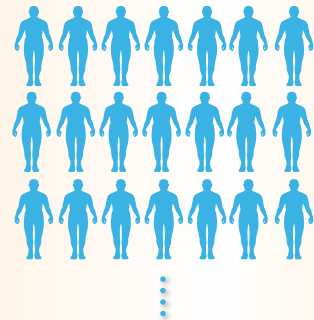


SNPを使ったオーダーメイド医療の実現へ

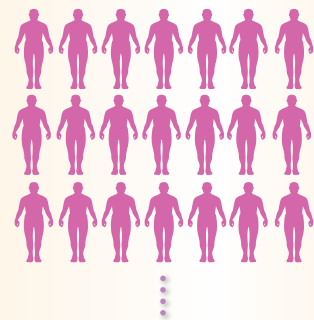
— 遺伝情報を利用して、一人ひとりに合った薬を選ぶ

すべての薬が誰にでも、同じように効くとは限らない。
 ある人にはきめんに効くが、ある人にはまったく効かない。
 また、重い副作用をもたらし、
 最悪のケースでは治療のための薬で命を落とすことさえある。
 体を丁寧に採寸し、一人ひとりにぴったり合った
 オーダーメイドの服をつくるように、
 一人ひとりの遺伝子の違いを調べ、その情報をもとに薬を投与できれば、
 こうした副作用の危険性は軽減される。
 このようなオーダーメイド医療が、本格的に始まろうとしている。

カルバマゼピンを服用して薬疹を
起こした患者群



カルバマゼピンを服用して薬疹を
起こさなかった患者群



SNPの網羅的解析



■致命的な副作用を遺伝情報で未然に防ぐ

抗がん剤は多くの方が副作用で苦しむにも関わらず、投与した人のわずか25%の人にしか効果がない(図1)。2001年、米国でさまざまな薬の効果(有効率)に関する論文が発表された。その論文によると、鎮痛剤の有効率は約80%だが、がんやアルツハイマーの薬は20~30%にとどまっている。その原因は、これまでの医療は、患者個人の体質や遺伝的特徴は考慮されることなく、患者一律に薬が処方されていたためだ。

副作用に関しても、^{じゅうとく}重篤な副作用を示す人は、米国で年間約200万人という調査結果がある。「日本の人口は米国の5分の2くらいですから、日本人でもおよそ80万人もの人が薬の副作用で苦しんでいることとなります。薬の効き目や副作用は個人ごとに異なります。副作用が起こるかどうかを投与前にあらかじめ明らかにし、その人に合った薬を処方する。これが可能になれば、副作用に苦しむ人を救うことができます」。こう語るのは理研ゲノム医科学研究センター ファーマコゲノミクス研究グループ 遺伝情報解析チームの^{むしろだたいせい}薙田泰誠チームリーダー(TL)だ。

研究グループの名前である“ファーマコゲノミクス”とは、薬理学を表す“ファーマコロジー”とゲノム科学の“ゲノミクス”を合わせた言葉。前者の薬理学は二つのことを目標にしていると薙田 TL は言う。「一つは新薬の開発。もう一つは既存薬の上手な使い方の発見です。新薬の開発は、製薬会社の仕事です。



ファーマコゲノミクスで一番大切なことは、研究成果を患者さんに還元することです。

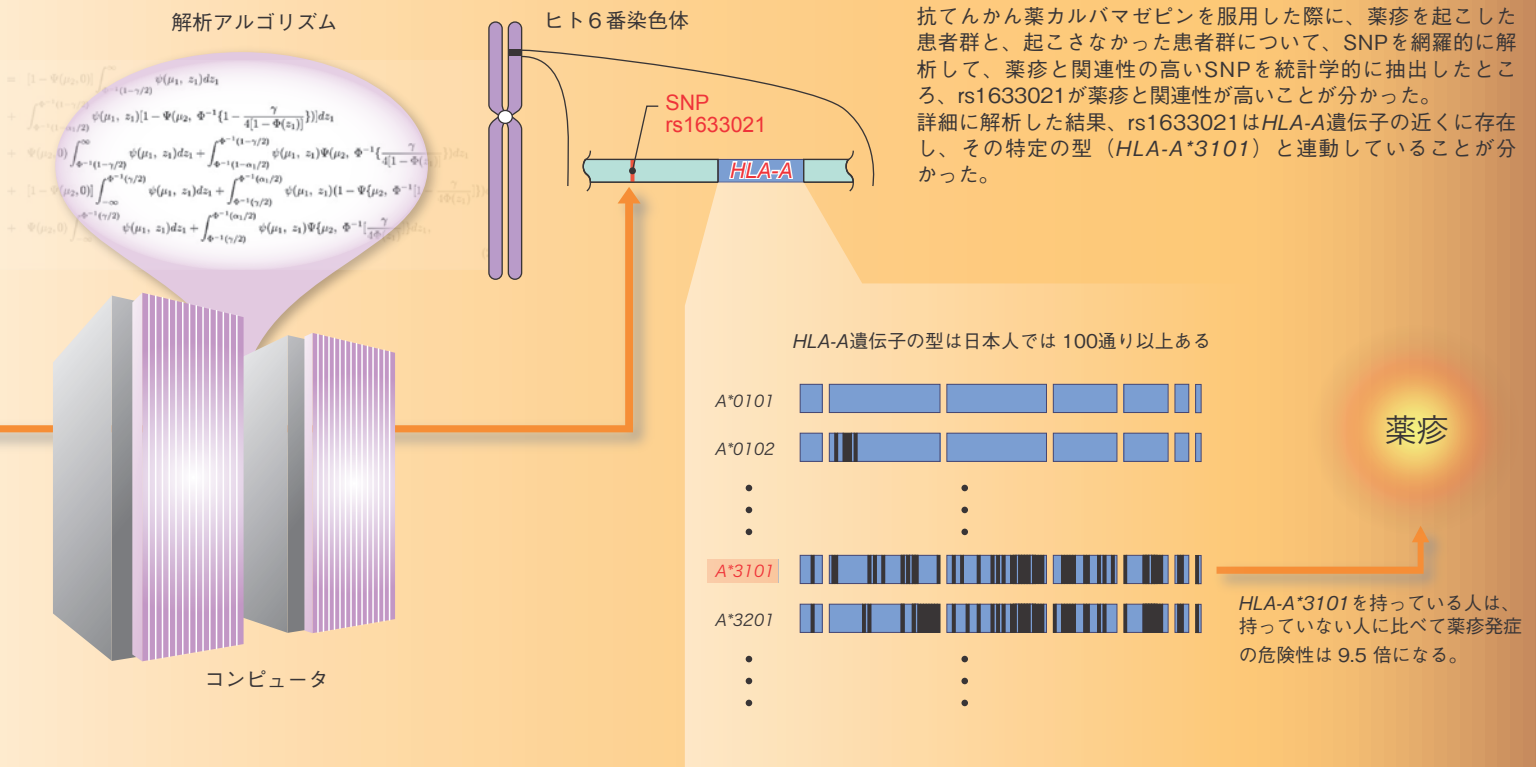
薙田泰誠

Taisei Mushiroda

横浜研究所 ゲノム医科学研究センター
ファーマコゲノミクス研究グループ
遺伝情報解析チーム チームリーダー

むしろだ・たいせい。1963年、石川県生まれ。薬学博士。金沢大学大学院薬学研究科修士課程修了。アポットジャパン(株)創薬研究本部勤務を経て、2003年、理研遺伝子多型研究センター入所。2008年より現職。

タイトル図：GWASによる薬疹にかかわる遺伝子の同定



私たちの研究グループは主に既存薬のほうをターゲットにしています。遺伝情報を使い、患者さん一人ひとりに適した薬の処方、質の高い豊かな生活のためのオーダーメイド医療の実現を目標にしています。現在研究しているのは、薬疹という副作用です」

薬疹とは文字通り、薬を飲むことで生じる湿疹で、皮膚や粘膜に炎症が起こる。薬の副作用にはいろいろあるが、とりわけ薬疹は一度発症すると治療が難しく、重症化した場合約10%の人が死亡する。さらに、この薬疹の怖いところは、薬の服用を中止したとしても症状が改善されない可能性が高い点だ。一度発症してしまうと治療は困難で、後戻りできないのだ。

「薬疹は、薬の副作用を検査するときに測定する血中濃度との関連もみられません。そこで私たちは、副作用のリスクを予測する方法として遺伝情報に着目した研究を進めています。薬疹を起こしやすいことがあらかじめ分かれば、その薬を使わない、あるいは投与量を減らすことで、危険を回避できます」

■鍵となる SNP を探す

厚生労働省が発表している重篤な薬疹を起こす薬剤は、1位が痛風治療薬のアロプリノール、2位が抗てんかん薬のカルバマゼピン、3位が鎮痛・抗炎症・解熱薬のロキソプロフェンと続く。

「私たちの集めたデータでは、カルバマゼピンで薬疹を起こ

した例が圧倒的に多いという結果になりました。そこで、カルバマゼピンと薬疹の関係を明らかにすることにしました。利用したのは、GWAS (Genome Wide Association Study : 全ゲノム関連解析) という手法です。副作用が起きた患者群

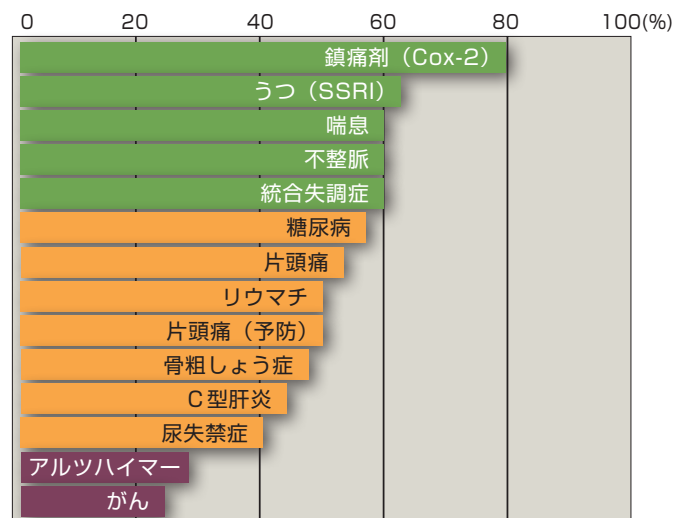


図 1: さまざまな薬の有効率

すべての薬がどの人にも同じように効くわけではない。鎮痛剤のようにほとんどの人に効果のある薬もあれば、抗がん剤のようにわずか25%の人にしか効かない薬もある。オーダーメイド医療実現の研究は、遺伝情報を利用し、こうした薬の上手な服用の仕方を開発することも、重要なターゲットとなる。

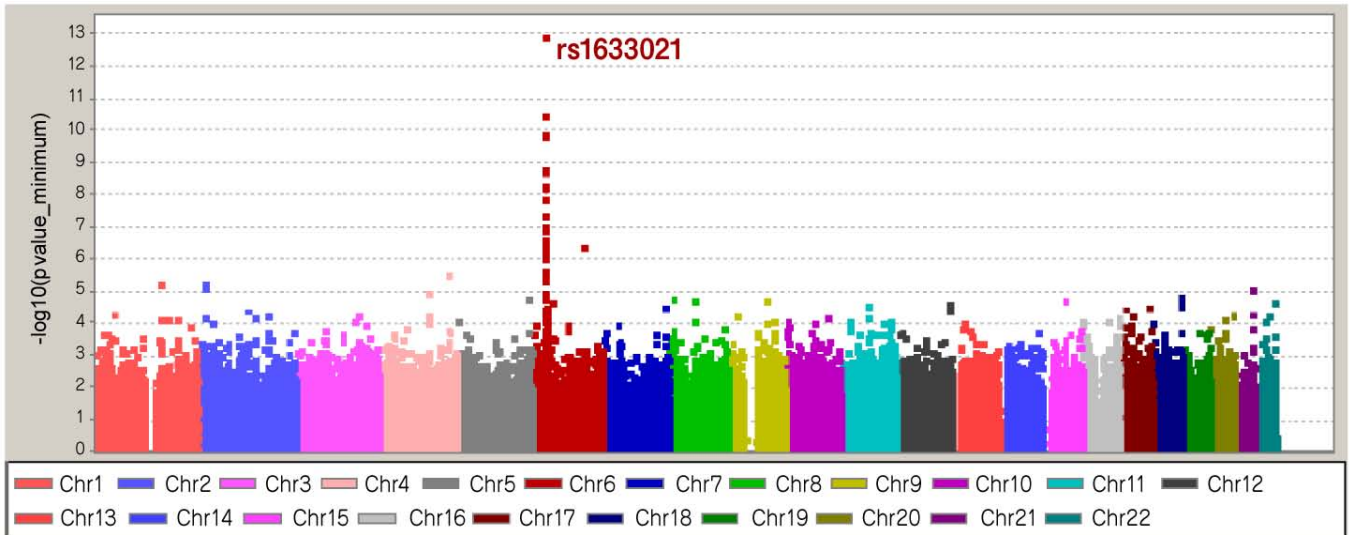


図 2: カルバマゼピンの薬疹とマンハッタンプロット

抗てんかん薬のカルバマゼピンによる薬疹が、染色体上にある約 50 万ヶ所の SNP のうち、どれと関連があるかを表した図。プロットされた 1 点は、1 個の SNP に対応し、縦軸の上方にあるほど関連性が高い。この図から、6 番染色体上にカルバマゼピンの薬疹と関連する SNP が存在していることが分かる。

と副作用が起きなかった患者群について、ゲノム上にある SNP (Single Nucleotide Polymorphism: 一塩基多型) を網羅的に解析して薬疹と関連性の高い SNP を統計学的に抽出し、その SNP の近くにある遺伝子から薬疹にかかわる遺伝子を同定します (タイトル図)。

遺伝情報は、A (アデニン)、T (チミン)、G (グアニン)、C (シトシン) という 4 種類の塩基の配列によって DNA に書かれている。ヒトの遺伝情報のすべてをまとめたものがヒトゲノムであり、約 30 億塩基対からなる。そのうち 99. 数%の塩基配列は誰もが共通だが、残りの 0. 数%は一人ひとりで違っているのだ。「この違いが SNP です。ヒトゲノムには SNP が 1000 万ヶ所以上あると推定されています。SNP が、一人ひとりの容姿や体質、さらには薬の効き方や副作用の現れ方に関係しているのです」

■薬疹と関連の強い遺伝子を発見

薙田 TL が GWAS で行った結果を示したのが図 2 である。これはマンハッタンプロットと呼ばれ、横軸が染色体ごとの SNP の位置、縦軸が SNP と薬疹との関連性を示している。約 50 万ヶ所の SNP がその上にプロットされており、高い位置にあるものほど薬疹との関連が強いことを示している。「マンハッタンプロットで見ると、6 番染色体 (Chr6) にある rs1633021 という SNP が突出して高いことが分かります。詳細に解析したところ、この SNP は HLA-A という遺伝子の近くにあることが分かりました」。HLA-A 遺伝子は、免疫に関係するタンパク質 “HLA (Human Leukocyte Antigen: ヒト白血球型抗原)” をつくる遺伝子で、日本人では約 100 種

類の型 (塩基配列のパターン) が存在することが知られている。では、HLA-A 遺伝子の、いったいどの型が薬疹と関連しているのか。「一つひとつについて検証したところ、日本人では HLA-A*3101 という型が薬疹と関連することが分かりました (タイトル図)。この型を持っていると、持っていない人に比べて薬疹発症の危険性は 9.5 倍になります」

“日本人では”、と限定するには理由があると薙田 TL。「それは、先祖のルーツによって SNP の場所や割合に偏りがあるからです」。仮に米国など他の集団で、薬疹と関連のある SNP が分かったとしても、米国人と日本人では SNP の場所や割合が異なるため、日本人という集団の中で、どの SNP が副作用と関係するのかを、改めて調べ直す必要があるという。

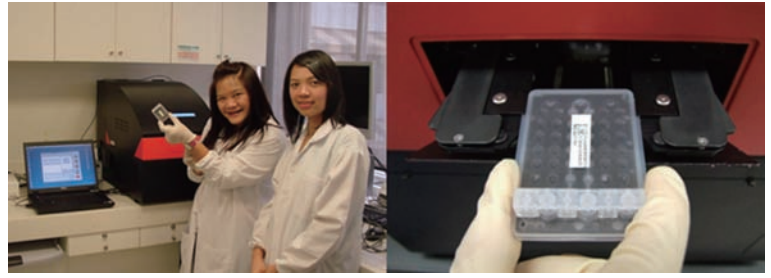
「例えば、台湾の漢民族では HLA-B*1502 という型が、カルバマゼピンの薬疹のバイオマーカー、つまり目印になりうるという論文が 2004 年に発表されています。HLA-B*1502 を持っていた場合、薬疹発症の危険性はなんと 2500 倍にもなります」。実際、米国ではこの研究結果を受けて、カルバマゼピンの薬剤添付文書 (=取扱説明書) に、遺伝的にリスクのある祖先を持つ患者は、治療開始前に HLA-B*1502 の有無を検査すべきである、と書かれている。リスクのある祖先とは、この場合、具体的には漢民族のことだ。日本人にはこの型はほとんどみられない。

■抗てんかん薬 “カルバマゼピン” による薬疹と “HLA-A*3101”

薙田 TL らが行ったカルバマゼピンを服用した日本人のてんかん患者を対象にした研究では、薬疹を発症した患者

図 3：遺伝子型解析システム「TPSA-003」

理研はマヒドン大学（タイ）と共同で、個人の遺伝情報に基づいたエイズ治療薬の使い分けを実証する臨床研究を実施した。凸版印刷（株）、（株）理研ジェネシス、理研で共同開発した遺伝子型解析システム「TPSA-003」では、1時間でSNP検査を行える。
（写真提供：凸版印刷（株））



61人中37人、約61%がHLA-A*3101を持っていた。また、薬疹を発症しなかった患者376人中329人、約88%がHLA-A*3101を持っていなかった。「カルバマゼピンを服用し、薬疹にかかる人の割合は、日本人の約3%とされています。このうち約6割がHLA-A*3101を持っていることになります。3%の6割、つまり約2%の人たちは、カルバマゼピン以外の抗てんかん薬を服用すればいいのです。そうすることで、薬疹を2%減らすことができます。」と薙田 TL。しかし、この関連性は2010年に発見したばかりで、実際に臨床で利用するにはさらなるエビデンスデータを示す必要がある。

■ HIV 治療薬“ネビラピン”による薬疹と“HLA-B*3505”

薙田 TLらとタイのマヒドン大学との共同研究によって、臨床で利用する一歩手前まで来ているものがある。2009年、タイ人のHIV患者を対象にした研究で、治療薬ネビラピンに対して薬疹のバイオマーカーとなるSNPを明らかにしたのだ。「ネビラピンを服用し、薬疹を起こした割合は約20%。先ほどのカルバマゼピンによる日本人の薬疹発症割合3%と比べると、格段に高い割合です。さらに問題なのは、タイ政府の後押しのもと、ジェネリック薬としてネビラピンがタイ国内で広く使われていることです」

ネビラピンによる薬疹と関連するSNPを調べたところ、HLA-B遺伝子のHLA-B*3505という型が薬疹と関係することが分かった。「今回の研究で、薬疹を起こした患者143人中28人、20%がHLA-B*3505を持っており、薬疹を起こさなかった患者181人中179人、99%がHLA-B*3505を持っていませんでした。HLA-B*3505を持っていると、薬疹を発症する危険性が、持っていない人に比べ約22倍も高くなります」

■ 1～2年後にオーダーメイド医療の実現へ

関連するSNPが判明したところで、次は実際に臨床で利用できるのかを調べるために、前向き臨床研究という段階に入る。SNPの診断によって、治療と費用対効果の両方の面で有効性があるかどうかを証明する必要があるのだ。ネビラピンに対す

る前向き臨床研究では、SNPの診断を行うことで1病院当たりの医療費が年間約6万ドル（約500万円）の削減となることが試算されている。先ほど紹介した抗てんかん薬カルバマゼピンでの例を臨床に適用するためには、次にこの段階が必要となる。

「医療現場でSNP検査を根付かせるには、もう一つ大きなハードルがあります」と薙田 TL。それは、SNP検査をいかに安価で、しかも迅速かつ正確に行うかという点だ。これについて、薙田 TLらは、凸版印刷（株）、（株）理研ジェネシスと共同して遺伝子型解析システム「TPSA-003」を開発しクリアした（図3）。血液をそのまま1滴、規定の容器に垂らして機械にかけただけで、自動的に、しかもたったの1時間で検査を可能にしたのだ。「これは画期的な機械です。従来の方法では、採血した血液から白血球を分離し、さらにそこからDNAを抽出し、SNPを解析する機械にかけるといふ何段階もの煩雑な過程が必要でした。特にDNAの抽出は、どんなに熟練した人でも半日はかかっていたのです。それがSNPの検査を含めて60分で完了する。患者さんが待合室で待っている間に診断が可能となります。素早い診断、これは患者さんにとっても、大きなメリットです」

前向き臨床研究と全自動SNP解析装置の開発、これによってネビラピンのSNP検査は実用化へと大きく踏み出した。1～2年後にはタイで実際に治療に使われる予定だ。1980年代より長らく期待されてきたオーダーメイド医療は、ついに実用段階に突入した。今後の研究について尋ねると薙田 TLはこう語った。「タイの研究デザインを応用して、日本でも少しでも早くSNP検査を臨床へ適用させたいですね。一番大切なことは、研究成果を患者さんに還元することなんです」

（取材・構成／坂元志歩）

【関連情報】

- 『医学の歩み』236巻6号（2011年2月5日号）
- 2009年6月22日プレスリリース

「最新の遺伝子型解析システムをタイに提供、個人の遺伝情報に基づいたエイズ治療薬の使い分けを実証する臨床研究を開始」



アート サイエンス 舞踊と科学のコラボレーション

—— 宇宙から見た日本最古の物語 『かぐや』

宇野亜喜良 (衣裳・宣伝美術) × 森崎偏陸 (演出) × 戎崎俊一 (理化学研究所) × 牧島一夫 (理化学研究所)

『竹取物語』は、光り輝く竹の中から現れて竹取の翁おきなの夫婦に育てられる、かぐや姫にまつわる物語。この物語をもとにつくられた(社)日本舞踊協会の新作公演『かぐや』は、同協会と理化学研究所の有志が、台本作りの段階から意見を交わしながらつくり上げてきた作品である。

宇宙時代の現代人の目でとらえ直す古代の人々の想い、願望。原作の根底に流れる自然界の摂理、この世の不条理と無常。

アーティストとサイエンティストが、それぞれの見地から日本最古の物語をひも解く。公演を間近に控え、『かぐや』へのそれぞれの思いを語ってもらった。



■非日常をつくる

——日本舞踊協会は7月15日(金)～18日(月・祝)、新作公演『かぐや』を国立劇場小劇場で上演します。15日には戎崎俊一 主任研究員、16日には牧島一夫グループディレクターを招いてのゲストトークもあり、戎崎主任研究員監修による最先端の宇宙映像を舞台で使うと伺っています。舞踊(アート)と科学(サイエンス)のコラボレーションを打診されたとき、どう思われましたか。

戎崎: 私たちは1996年から、科学技術館(東京都千代田区)で毎週土曜、映像やコンピュータシミュレーションを用いてさまざまな自然現象を分かりやすく紹介するイベントを行ってきました。その経験があるので、舞踊と映像のコラボレーションも可能だと思いましたね。コンピュータでつくるグラフィック映像は確かに綺麗ですが、自由自在にできてしまうのでどこか気持ち悪さが残ります。一方、自然の法則のつとに則ってつくった映像には、一定の美しさが残ります。そこにアーティストが加わることによって、高い芸術性が生まれます。科学技術館には“シンラドーム”という立体フルデジタルドームシアターがあり、そこでは広大な宇宙の中を自在に動いているような臨場感を体験いただけます。5月7日(土)、シンラドームで『かぐや』公演のプレイベントを行い、映像の前で、かぐやをイメージした踊りを観せていただいたのですが、まるで天女が舞っている感じがしたよ。

森崎: 私は今回は演出ですが、映像作家でもあります。制作サイドから舞踊に最先端の宇宙映像を取り入れたいという話があったとき、最初は正直、嫌でした。映像を使うならそれなりのものでないといけないし、舞台上で踊る舞踊家の後ろに映像を流すと舞踊の良さを損なって

しまうと思ったからです。ところが実際の映像をみたら、すごく面白かった。とにかく見たことのない世界でびっくり。今回は舞踊作品の最初と最後に宇宙映像を使わせていただき、幕開きはかぐやの目線で月から見た地球で始まり、エンディングはホリゾン(舞台背景用の布製の幕)一杯に無限の宇宙映像が広がります。

宇野: 舞踊だけでなく舞台芸術全般に言えることですが、自然と相反するところがあります。リアリズムとは対極にいます。だから、公演の初めと終わりに自然の法則に則った宇宙映像を流して、その間に様式化した舞踊をおく。うまくいくかいかないかは、演出家の腕次第ですね。

牧島: 太陽系や銀河の映像は自然の姿ですが、非日常であるという点では同じです。舞台芸術は、ある意味“非日常をつくる”場合が多いのでは?

森崎・宇野: そうです。

牧島: 日常をつくる場合もあるけど、やはり観客が求めるのは非日常の世界でしょう。自然の法則に則った映像であると分かって見ている、それでも日常と違うものを感じてしまう。そこが宇宙映像のいいところですね。

■型を破る

——古典を重んずる日本舞踊としては、かなり大胆な試みですね。

森崎: 科学とコラボレーションするのは、日本舞踊の世界では初めての試みだそうです。日本舞踊家は、日ごろは伝統芸能である古典舞踊の稽古を基本にしていますが、現代に生きる舞踊家として、現代人の視野に立った新しい作品を創作していくことも課題のひとつです。

日本の伝統芸能は、能、狂言、文楽、歌舞伎、日本舞踊もすべて“型”を学び、習得し、伝承していくことが第一義です。日本舞踊には伝統の中で生み出されてきた豊かな型のバリエーションがありますが、新作をつくる場合、型と真っ向から対峙して潜んでいる可能性を現代に蘇らせるとともに、ときには型を破って新たな表現法も模索しなければなりません。

牧島：型は良くもあり、悪くもありですね。この型にはこういう意味があるということが分かっている人には、型を示すだけで伝わるから楽です。型を破って新しいものをつくらうとすると、説明する必要があるから大変ですね。

宇野：長い歴史の中で約束事ができ、それを守らないと意図が伝わらない。その約束事を使いながら前衛的な姿勢で、というのは難しいことです。かぐや姫のように皆が知っている話を舞踊にすると、どこまで話を共有していくか、どこまで抽象的にするか、そのせめぎ合いが演出家と舞踊家の課題になってくると思いますね。

——科学には型はないのですか。

牧島：あると思います。一番大事なのは、どこで型を破るかですね。他人のやり方を真似て、ちょっとだけ新しいことを見つけたとします。そういうときはちょっとの進展しかない。大きく進展させるにはどこかで型を破らなくてはなりません。それには、やっぱり勇気がいる。型を破るような論文を書くと、査読者からいろいろ厳しい指摘や注文がくるのでエネルギーが必要です。私たち科学者も、普段は自分の型にしたがって同じようなことを積み重ねていますが、どこかでちょっとずつ型を破ったり、時には大きく破ったり、そういうことを潜在的にやっているのかもしれないですね。

戎崎：とりあえず実践してみる、というのが私の型ですかね。やってみないと分からないことが多い。その中に真実がある。私は常にそういう主義です。

——科学とのコラボレーション以外に、型を破る試みは。

森崎：日本舞踊では、舞台の上しょさに所作台ひのきという檜製の高さ4寸（約12cm）の台を敷き詰めて踊ります。中は空洞なので、トンと踏むと音が響きます。日本舞踊の足拍子は踊りであると同時に、打楽器的な役割も果たしているのです。今回は所作台を舞台全面に敷き詰め、足拍子を生かしたいと思っています。ピートたけしさん監督の映画『座頭市』（2003年公開）のタップみたいに。所作台で踊ると言うと、イコール古典舞踊のイメージもあって、新しい創作の日本舞踊は、洋舞と同じようにリノリウム（木粉やコルクなど天然素材でつくられた床材）などの舞台上で演じられることが多いのですが、今回はあえて所作舞台の上で宇宙時代の新作に挑戦してみよう。

クラシックバレエの世界では、ロシアのヴァーツラフ・フォミッチ・ニジンスキー（1890～1950、バレエダンサー・振付師）が現れて踊りが変わりました。ところが本人はクラシックをやっているつもりだったのです。

舞踊と科学のコラボレーション
宇宙から見た日本最古の物語

帝の妹を愛する歌
胸を焼く思ひは弥物も消しがたし 徳土も利那恋は永遠
かぐやの妹を愛する歌
我が恋の炎を激み汝をも焼き いっそ昇らむるもと天に

第3回 新作公演
原作 竹取物語

●2011年7月15日(金)～18日(月・祝) ●国立劇場小劇場

| | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 前夜祭 開演時間 | 15:00 | 18:00 | 19:00 | 11:00 |
| アクト1 開演時間 | 15:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 |
| アクト2 開演時間 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 |

協力：独立行政法人 理化学研究所 / Beyond (宇宙芸術コミュニティ)
主催：日本舞踊協会

社団法人 日本舞踊協会 〒104-0054 東京都中央区築地2-2-18-1 レイメイスカイビル210 TEL.03-3533-6455 www.nihonbuyou.or.jp/

デザイン：宇野亜喜良氏

つまり、古典の中から新しいものが突然出てくる可能性はあると思うのです。同じ動き、同じ型の中でやっているにもかかわらず、ちょっとした間まが違ってだけで、全く違う世界がふあーっと現れてくる瞬間が絶対にあります。私としては、そのあたりを楽しんでみようと思っています。宇野：制約があってこそ出てくるものがありますからね。自由に劇場を使っていいよというときには出てこなかったもの、そういうのが出てくると嬉しいですね。

——衣装デザインはどうですか。

宇野：かぐや姫はエミリオ・プッチ（1914～1992、“プリントの王子”の異名を持つイタリアナポリ出身の男性ファッションデザイナー）風の感じで、帝みかどは最初、韓国風な派手な衣裳で登場します。群舞は全員白い着物と小袴で、役柄に応じた紋をつけます。

森崎：今回は具象的な装置や大道具は何も使いません。竹林も竹取の翁の家も出てこないし、かぐや姫が姿を隠す御簾も、公達みす きんたちに襲いかかる大蛇も、すべて舞踊家たちが身体で表現する。装置や大道具を使うことで生まれてくる制約や不自由さをなくして、すべて身体で表現してもらいます。竹も大蛇も、踊り手の動きで観客にイメージさせるのが舞踊です。

■日本最古のSF『竹取物語』

——宇野先生は2006年に出版された絵本『竹取物語』の絵も描かれています。かぐや姫についてどのようなイメージを持たれていますか。

宇野：謎めいていてはっきりと分からない女性というイメージです。物語には、美女を巡って男たちが右往左往し、いろんな失敗を重ねる話がたくさんあります。例えば、昭和初期の上海を舞台に、時代に翻弄された人々を描いた斎藤憐作の戯曲『上海バンスキング』も、いろんな運命を背負った男たちが動きまわる悲劇です。その中心に女性がいるけれど、彼女は意思表示をあまりしない。かぐや姫も同じですね。抽象的でよく分からない。また、神聖化するキャラクターをつくるとき、人間から生まれえないスタイルにすることが多いのです。竹から生まれるというのは、わきの下から生まれる釈迦と同じ。一つの抽象化パターンなのかもしれません。

——かぐや姫は異星人でしょうか。「月からきました」と『竹取物語』に書いてあります。

牧島：『竹取物語』は、日本最古の物語であると同時に、日本最古のSFですよ。奈良時代を背景にしていると言われますが、当時、異星人という概念はなかったと思います。だけど、やはり違う世界の人、地球の男が近づこうとしたけど、最後にバリアがあってダメだった。

宇野：出てくる男たちはことごとく情けない。しかし、最後に帝だけが成功しかける。そこが少々不愉快です（笑）。

牧島：権力にゴマをすったのかもかもしれませんね。あるいは、かぐや姫と同じく、ある種の特別なパワーを持った存在として帝を描きたかったのか。

森崎：公達は地球の人間が持つ欲望の象徴として風刺されていて、愚かな男たちとして描かれているけど、帝のことは好きだったのでしょ。好きというか、他の人間とは違くと捉えられていたのかな。かぐや姫は月から下ってきた人、帝は高天原たかまがはらから下ってきた人ということでしょうか。



宇野 亜喜良 (Akira Uno)

1934年生まれ。名古屋市立工芸高校図案科卒業。カルピス食品工業、日本デザインセンターなどを経てフリー。日宣美特選、日宣美会員賞、講談社出版文化賞さしえ賞、日本絵本賞などを受賞。1999年紫綬褒章、2010年旭日小綬章受章。主な作品に「宇野亜喜良60年代ポスター集」「サロメ」「奥の横道」「MONO AQUIRAX +」、絵本に「あのこ」（今江祥智・文）「白猫亭」「上海異人娼館」（寺山修司・原作）など多数。キュレーターや舞台美術も手掛ける。

■地球外生命、満月の不思議

——科学的視点から地球以外の星にも生命は存在すると思いませんか。

戎崎：地球では海底火山の近くで生命が発生したといわれているので、火山と水が生命誕生の鍵となります。現在、地球以外に太陽系で火山があることが分かっている星は、火星と、イオという木星の衛星です。火星には地下に永久凍土があって、それが溶ければ海ができる。地球も永久凍土ががっちり固まって氷の塊だった時期があるので、火星は今、その時代なのかもしれません。それから月面のクレーターの一つであるアリストアルコスも火山の可能性があり、ときどき天体観測をしている一般の方が不思議な光を放っているのを見つけています。きっと、ガスが出ていて、そのガスが太陽の紫外線を受けて光るのでしょう。ただ、月には水がないから生命が存在している可能性は低いですね。

牧島：その光は、かぐや姫からの合図かな。かぐや姫がせっかく月から地球に流し目を送ってくれているなら、地球の男はそれをちゃんと受けてやらないと（笑）。太陽系ではないですが、惑星を持っている星が次々に見つかっています。地球に似たような星はどこかに必ずある。そこに、どんな生き物がいるのだろうかと思うとワクワクします。

戎崎：最近、地球のような星がたくさんあることが分かってきました。その中には、海が非常に深く100kmくらいある、地球じゃなくて水球のような星もあります。

宇野：そこに水中生物がいる可能性はありますか。

戎崎：もちろんありますね。

牧島：地球上の生物も海から上がってきました。私たちは今でも母親の羊水の中で育ち、生まれるのは大潮の前後が多いと言われます。どうやら満月は生命の誕生と関係があるらしい。

戎崎：サンゴには、年に一度だけ満月の夜に精子と卵をいっせいに放出するものもあります。なぜ満月の夜なのかは分からない。満月のときは大潮なので、潮の満ち引きが一番激しいことが関係しているのか、光が関係しているのか……。

牧島：科学的に証明されていませんが、それなりに根拠があるでしょう。長い歴史の中で、満月の夜に生殖した生物のほうが、生殖しなかった生物よりも有利で生き延びたということかな。



森崎 偏陸 (Henriku Morisaki)

1949年生まれ。高校中退後、寺山修司に師事。演出家、映画監督、デザイナー、俳優。「演劇実験室・万有引力」、「第三エロチカ」、「演劇集団・池の下」、「唐組」などのポスター、チラシ、デザイン、荒木経惟写真集の編集・デザイン、パルコ映画「ウンタマギル」 「プ」の助監督、白石加代子「百物語」の音響、日本舞踊の水木佑歌、花柳ゆかしなどの演出、寺山修司監督作品「ローラ」「審判」「青少年のための映画入門」などで俳優出演。

森崎：経験の積み重ねから満月の夜がいと分かったということですね。
戎崎：そういうことを本能的に知覚する何かが、われわれの中にまだ残っているのではないですかね。

宇野：人間がカレンダーを見ていて「ああ、満月がきたな」とか、そういう知覚じゃダメですね（笑）。

■「詩」としての科学

——先ほど非日常が芸術と科学の一つの接点という話がありました。両者の共通点、相違点について感じることは。

森崎：牧島先生のブラックホールの研究は、非日常の極致ではないですか。見えないものを解明しようとするのは、ある意味で物語の世界に近いように思えます。

牧島：芸術は、あるものを美しいと思うか思わないかという主観が入るし、時代によっても国によっても変わります。科学者にも情緒的な世界が好きな人間もいれば、理詰めでいくのが好きな人もいます。すると、当然違う解釈が出てきます。しかし最後は、数式に則って、どれが正しいか折り合いをつけないといけない。そこが芸術と科学の違いですね。

宇野：真実が分かった科学者は、そのテーマには興味がなくなってしまうのですか。

戎崎：高い山に登ると、向こうにもっと高い山が見えてくるんです（笑）。

宇野：フランスのジャン・コクトー（1889～1963、詩人・小説家・劇作家・画家・映画監督）が、詩はみんなが考えているようなロマネスクなものではなく、数学だったり科学だったりするようなことを言っています。科学も本質的には詩的なものなのではないかと思うのですが、どうですか。

牧島：新しい考えを最初に示した論文には、詩的なものがあります。例えば、米国のリカルド・ジャコーニ博士（1931～、宇宙物理学者）が1962年にX線天体“さそり座X-1”を発見した論文。あれは何度読み返しても、見事な世界をつくっています。

戎崎：多くの理論家が否定したのに、ロケットを飛ばしてさそり座の方向から強いX線が来ていることを発見しました。あの論文は一編の詩だと思います。

牧島：当時、かなりの想像力を駆使したと思いますが、結論はほとんど正しい。ジャコーニ博士は2002年にノーベル物理学賞を小柴昌俊先生と一緒に受賞しています。

森崎：僕は、戎崎先生からお聞きした天文学者でSF作家でもあった米国のカール・セーガン（1934～1996）の「地球とは広い宇宙にボツと浮かぶ、かすかな青い点でしかない」という言葉に心を動かされ、今回の『かぐや』で宇宙映像を使わせていただくことになりました。これも、まさに一編の詩ですね。

——話は尽きませんが、この辺りで幕を閉めさせていただきます。公演が大変楽しみです。ありがとうございました。

■公演日程及びゲストトーク

| 開場：開演 30 分前 | 7月15日（金） | 16日（土） | 17日（日） | 18日（月・祝） |
|---------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 昼の部 開演時間 | 15：00 | 13：00 | 13：00 | 11：00 |
| ゲストトーク （昼の部 終演後） | 理研・戎崎俊一 主任研究員 「宇宙へ行こう！」 | 理研・牧島一夫グループディレクター 「宇宙の大きさを考えよう」 | 宇宙航空研究開発機構（JAXA） 阪本成一 教授 | 宇宙航空研究開発機構（JAXA） 曾根理嗣 准教授 |
| 夜の部 開演時間 | 19：00 | 17：00 | 17：00 | 15：00 |

■チケット料金 6,500円（学生割引3,000円 ※当日券のみ）

■詳細 日本舞踊協会：<http://www.nihonbuyou.or.jp/>

■会場 国立劇場小劇場（東京都千代田区隼町4-1）



牧島 一夫 (Kazuo Makishima)

1949年生まれ。理学博士（東京大学）。1974年、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了。1978年、同大学宇宙航空研究所助手。同大学助教授を経て、1995年より同大学大学院理学系研究科教授。2001年より理研中央研究所 宇宙放射線研究室主任研究員、2010年より理研基幹研究所 宇宙観測実験連携研究グループディレクターを兼務（現職）。専門はX線宇宙物理学。



戎崎 俊一 (Toshikazu Ebisuzaki)

1958年生まれ。1986年、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻博士課程修了。理学博士。NASA研究員、神戸大学理学部助手、東京大学教養学部助教授を経て、1995年より理研中央研究所 計算科学研究室主任研究員。2008年より理研基幹研究所 戎崎計算宇宙物理研究室 主任研究員（現職）。専門は高エネルギー天文学。

放射線の基礎

—— 理研和光研究所 一般公開特別講演会より

福島第一原子力発電所の事故以来、テレビ、新聞などで放射線に関するさまざまな専門用語や耳慣れない単位が飛び交うようになった。こうした情報を正しく理解するには、基礎的な知識が不可欠だ。そこで理研は4月23日に開催した和光研究所一般公開において、「放射線の基礎」と題する特別講演会を開催。放射線の発生は、自然界では当たり前前に起きる現象であり、宇宙空間には高エネルギーの放射線が飛び交っている。また、医療や農業、工業などの広い分野を支えているという側面もある。放射線管理の現場で活躍する理研仁科加速器研究センター 安全業務室の上義義朋室長は、正しい知識と情報に基づく冷静な対応を呼びかけた。ここでは、講演のポイントをQ&A方式で紹介しよう。



上義義朋
Yoshitomo Uwamino

仁科加速器研究センター
安全業務室長

うわみの・よしとも。石川県生まれ。1979年、京都大学工学部原子核工学科修士課程修了。工学博士。放射線医学総合研究所、東京大学原子核研究所を経て1994年より理研 安全管理室（現 安全管理部）。2009年より現職。

—— 福島第一原発の事故以来、「ヨウ素131」、「セシウム137」という言葉を良く耳にします。

上義：原子力発電は、ウランやプルトニウムなどの核燃料物質（放射性物質の一種）が核分裂する際に発生する熱を利用して発電します。核分裂でウランはいろいろな原子核に分裂しますが、そのほとんどは不安定な放射性物質であるため、安定になるまで放射線を出しながら崩壊を繰り返していきます。「ヨウ素131」や「セシウム137」はその過程で生まれる放射性物質の一種です。今回の事故で、それらが原子力発電所の外に放出されてしまいました。

放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線などがあります。例えば、ヨウ素131は、ベータ線やガンマ線を出して安定なキセノンになります。セシウム137も同様に、ベータ線やガンマ線を出して安定なバリウムになります（図1）。

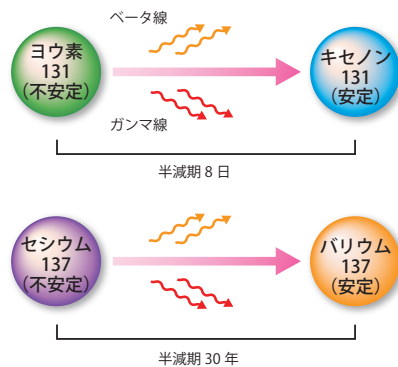
—— ベクレル、シーベルトという言葉も良く耳にしますね。

上義：「ベクレル (Bq)」は放射性物質が放射線を出す強さ（放射能）を表す単位、「シーベルト (Sv)」は放射線による人体への影響の度合いを表す単位です。同じベクレル数の放射能が存在していても、それから人体が受ける影響は、放射性物質および放射線の種類、臓器によって違います。これらの違いを補正した値を実効線量*といい、その単位がシーベルトです。

また、放射線による人体への影響は、確定的影響と確率的影響の二つに分類できます。たくさん放射線を短時間に被ばくしたときに必ず現れる障害（脱毛、不妊など）を確定的影響、少しの放射線を被ばくしたときに将来現れるかもしれない障害（がん、白血病など）を確率的影響といいます。

放射線による人体への影響を見積もっている専門機関に、国際放射線防護委員会 (ICRP: International Commission on Radiological Protection) があります。確率的影響についてICRPは、1シーベルトの被ばくをした場合、がんなどの発生する確率は5.7%高まると指摘しています。こうしたリスクを避けるため、合理的に達

図1：ヨウ素131とセシウム137の放射性壊変過程



(上) ヨウ素131はベータ線とガンマ線を出して安定状態のキセノン131になる。
(下) セシウム137はベータ線とガンマ線を出して安定状態のバリウム137なる。
※半減期とは放射性物質が放射線を出す強さ（放射能）が元の半分になるまでの期間。

成できる限り被ばくは少なくすべきです。

新聞やニュースでよく耳にするのはミリシーベルト (mSv) やマイクロシーベルト (μSv) です。1mSvは1Svの千分の1、1 μSv は百万分の1になります。また、ある場所の放射線の強さは、Sv/時など時間あたりの線量率で表します。例えば、0.114 μSv /時の放射線が測定される場所に24時間、365日継続して居続けると年間の被ばく量は、 $0.114 \times 24 \times 365 = 1000 \mu\text{Sv} = 1\text{mSv}$ となります。

—— 私たちのふだんの生活環境にも放射線があると聞いています。

上叢：自然界には、もともと放射線が存在します (図2)。例えば宇宙からは常に放射線 (宇宙線) が降り注いでいて、日本では年間0.3 mSvの被ばく量です。この他に大地、空気中、食品に由来するものなどを合計すると、日本人の年間被ばく量は平均1.5mSvとなります。私たちは日常的にこの程度被ばくしているわけです。自然放射線の他には医療被ばくがあります (図2)。これらの被ばく量では、健康に問題が起きることはありません。

—— 被ばく量の安全基準はあるのですか。

上叢：ICRPが、職業被ばくと公衆被ばくの線量限度についての勧告を社会に対して行っています。この勧告を取り入れて、国内でも法令により規制されています。職業被ばくとは放射線業務従事者の被ばくを、公衆被ばくとは社会一般の人々の被ばくをいいます。通常時、職業被ばくの実効線量は5年間で100mSv、またどの1年でも50mSvを超えてはいけません。一方、公衆被ばくの限度は年間で1 mSvです。これらには自然放射線と医療被ばくは含まれません。

—— 事故が起きたとき、基準はどうなるのですか。

上叢：ICRPの1990年の勧告によると、緊急時の線量限度が介入レベルとして示されています。これは、事故が起きて線量が介入レベルを超えるようだったら適切な対策を取りなさい、というものです。それによると、公衆被ばくについては、1週間で50mSvを超えるレベル

で一時避難。初年度に100mSvまたは将来にわたって1000mSvを超えることが予想される場合には、恒久的な移住が勧告されます。

また、国の原子力安全委員会が飲食物の摂取制限について指針を示しています。それによると、初年度の実効線量5mSv、2年目以降は1mSvが介入レベルとなっています。

—— 介入レベルの被ばくで、どのような影響があるのでしょうか。

上叢：主に広島・長崎の被ばく者の方を対象に調査が行われており、それによると、約100mSvまでの被ばくでは、がん発生率に有意な増加はみられていないようです。ですから私自身は、気にせずストレスを少なくして生活するのが最もリスクを下げると思っています。

—— 理研は、放射線量を公表していますね (図3)。

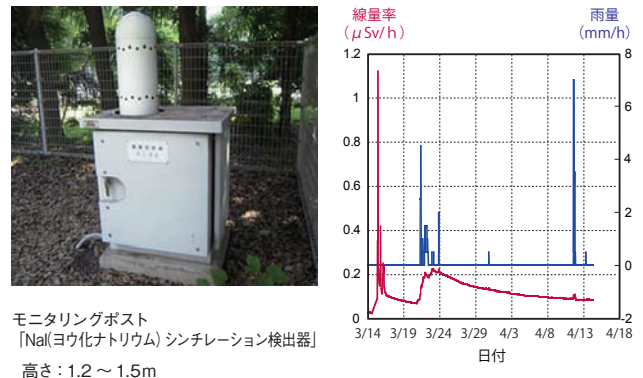
上叢：和光研究所のモニタリングポストで検出した結果を、ホームページで公表しています (<http://www.riken.jp/r-world/topics/110314/monitoring.html>)。グラフはそれらをまとめたものですが、3月15～16日に鋭いピークがあり1時間当たり1.62 μSv を示しました。これは12日と14日の水素爆発で大気中に放出されたキセノン133という放射性ガスを観測したものと考えられます。雨が降った21～24日にもピークがあり、雨とともに地上に落下したヨウ素131やセシウム137による影響と思われるが、その後は減少し、最近では0.1 μSv を下回るようになっています。これは半減期に従って、また雨により地上から洗い流されたことによるものと思われます。これらの数値の意味を正しく理解いただき、冷静な対応をしていただければと思います。

※実効線量：放射線の種類と性質、人体の組織や臓器の種類によって、人体が放射線を受けたときの影響は異なる。つまり、組織や臓器ごとに「吸収線量×放射線加重係数×組織加重係数」を計算し、全身について合計した線量が実効線量となる。

図2：日本における自然放射線と医療被ばく

| 自然放射線 | |
|----------------------------------|-------------|
| 宇宙線 (銀河、太陽) | 0.3mSv/年 |
| 大地 (ウラン、トリウム) | 0.4mSv/年 |
| 食品 (主にカリウムに含まれる ⁴⁰ K) | 0.4mSv/年 |
| 空気中のラドン (ウラン、トリウムが壊変してできたガス) | 0.4mSv/年 |
| 合計 | 1.5mSv/年 |
| 医療被ばく | |
| 胸のX線集団検診 | 0.05 mSv/1回 |
| 胃のX線集団検診 | 0.6 mSv/1回 |
| 胸部X線コンピュータ断層撮影検査 (CTスキャン) | 6.9 mSv/1回 |

図3：和光研究所のモニタリングポストと観測データ



講演の様子は、YouTubeの理研公式チャンネル「RIKEN Channel」で視聴いただけます。

「RIKEN Channelトップページ (<http://www.youtube.com/user/rikenchannel>)」 → 「再生リスト」 → 「一般公開講演会」からご覧ください。

ミトコンドリアに細胞形成の「骨格」機能を発見

2011年5月6日プレスリリース

限られた数の生殖パートナーを競う生殖競争では、極端な形質や形状を生み出すことがある。例えば、体長2mm程度のショウジョウバエの間では、精子の長さが最大6cmと極端に細長い形状になる。これはメスの体内で複数のオス由来の精子が競争する過程で、より長い精子がより高い受精能力を発揮してきた結果だと考えられている。しかし、どのように細長い形状になるのか、その仕組みは分かっていなかった。今回、理研発生・再生科学総合研究センター 形態形成シグナル研究グループの野口立彦 研究員、林 茂生グループディレクター (GD) らが、キロショウジョウバエの精子ができる過程を詳しく観察した結果、細胞内小器官のミトコンドリアに細胞形成の「骨格」機能があることが分かった。昆虫の進化過程の解明につながると期待されるこの成果について、林 GD に聞いた。

> なぜショウジョウバエの精子は細長いのですか。

林: 長ければ長いほど受精率が高まるからです。進化の過程で、限られた数の卵子との受精を果たすための競争に勝つには、より長い精子であることが有利だったのでしょう。

私たちが実験に使ったキロショウジョウバエの精細胞(精子に分化する途中段階の細胞)は、最初10マイクロメートル(1 μ m = 1000分の1mm)程度の球形ですが、尾の部分(尾部)が伸長し最終的に200倍の長さ、2mm程度の精子になります。

> なぜ精細胞が細長い精子になる仕組みが分からなかったのですか。

林: 精細胞がデリケートなためです。そのため、尾部の伸長過程、つまり精子への分化過程を再現することができなかったのです。そこで私たちは、小さな精巣を極めて細いガラス針の先端で短時間に切開し、ダメージの少ない状態で精細胞を取り出す手法を新たに開発しました。また、その精細胞をシャーレで培養することにも成功しました。さらに、尾部の伸長過程のリアルタイム観察にも成功しました(図)。

> どんな実験をしたのですか。

林: 精細胞内にある、鞭毛軸系べんもうじくし、巨大なミトコンドリア、微小管、この三つに着目し実験しました。具体的には、鞭毛軸系を完全に失った変異体、ミトコンドリアが小型化した変異体、ミトコンドリアと微小管をつなぎ止める分子の変異体をつくり、尾部の伸長過程を詳しく観察しました。

> その結果は。

林: 鞭毛軸系を失った変異体の尾部は伸長しましたが、他の二つの変異体では伸長が途中で止まりました。つまり、尾部の伸長に

は巨大なミトコンドリアおよび、ミトコンドリアと微小管の相互作用は必須ですが、鞭毛軸系は必須でないことが分かりました。

次に、正常なキロショウジョウバエの精細胞の分化過程を調べました(図)。その結果、ミトコンドリアに細胞形成の「骨格」機能があることが分かりました。ミトコンドリアの表面上で微小管は、平行方向に成長するとともに、お互いがつながり合い、ミトコンドリアを取り囲みます。すると、ミトコンドリアは形態的に安定し、球形から細長い形に変わります。ミトコンドリアの変形は、さらなる微小管成長の場を生み出し、同様の反応が繰り返されます。こうして細長く伸長した巨大なミトコンドリアが細胞を内部から押し伸ばし、尾部を伸長させるのです。

> この成果の意義と今後の展開は。

林: ミトコンドリアはこれまで、細胞内で糖や酵素を使ってエネルギーをつくりだす機能を持つことが知られています。今回、ミトコンドリアの新たな機能が分かったことは非常に重要です。細胞の形を決める新たな役割を獲得することで、ミトコンドリアは進化の競争や種の分化に関わってきたものと考えられます。ほかの昆虫と比較することで、昆虫の進化を解明する手掛かりにもなるでしょう。

図：伸長するキロショウジョウバエの精細胞

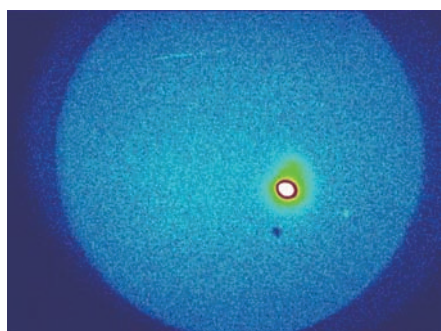


キロショウジョウバエの精巣から取り出した精細胞は、シャーレの中で一定速度で伸長し続ける。

X線自由電子レーザー施設「SACLA」、X線レーザーの発振に成功

2011年6月7日プレスリリース

理研と(財)高輝度光科学研究センターは6月7日、兵庫県の大型放射光施設「SPring-8」に隣接して建設したX線自由電子レーザー(XFEL)施設「SACLA」で、波長 1.2 \AA ($1 \text{ \AA} = 100$ 億分の 1 m)のX線レーザーの発振に成功した(図)。



図：SACLAが発振したX線レーザー (CCDカメラで撮影)

大きな薄い円状の光は自発放射によるX線、小さく強く発光している部分がSACLAが発振したX線レーザー。

XFELは、可視光よりも波長がとて短いX線領域のレーザーで、原子レベルの超微細構造や瞬時に起きる化学反応を観察でき、基礎研究から応用開発まで幅広い分野での活用が見込まれている。創薬で重要な膜タンパク質の構造解析や、ナノテクノロジー分野などの研究の進展が期待される。

SACLAは、2006年度に国家基幹技術の一つとして選定され、5年間にわたって整備が行われてきた。今年度内の供用運転開始に向け、今後は引き続き調整運転を行い、さらなる短波長化とレーザー出力飽和の早期達成を目指す。

高温超伝導バルク磁石を駆使して世界初のMRI画像を撮影

MRIやNMRの小型化に期待

2011年5月11日プレスリリース

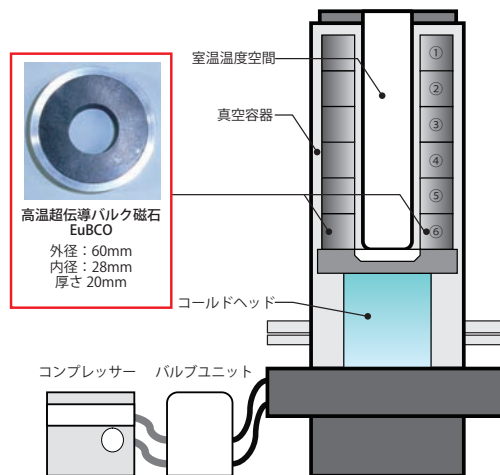
理研基幹研究所物質構造解析チームの越野広雪チームヘッドと仲村高志専任技師は、高温超伝導バルク磁石を使ったMRI(核磁気共鳴画像装置)で、世界で初めて画像の撮影に成功した。筑波大学、(株)エム・アール・テクノロジーとの共同研究による成果。MRIやNMR(核磁気共鳴)装置の小型化が期待される。

病院の診断で使われるMRIや、タンパク質の構造解析などに使われるNMRには、強磁場かつ均一な磁場空間を生む磁石が必要。このため現在は、低温超伝導体でできた細い線をコイルに巻き、液体ヘリウムで4.2ケルビン[K] ($\approx -269^\circ\text{C}$)まで冷却して磁石をつくっている。一方、高温超伝導体は、塊の状態(バルク体)でも強磁場にできるため、磁石への応用が期待されている。しかし、均一な磁場を生成できないという問題があった。

研究グループは、イットリウム(YBCO)系高温超伝導体のイットリウム(Y)を磁化率の異なるユーロピウム(Eu)に置換した高温超伝導体「ユーロピウムバリウム酸化銅:EuBCO」に着目。外径60mm、内径28mm、厚さ20mmのドーナツ型にしたEuBCOを6層に積層し、それを50K ($\approx -223^\circ\text{C}$)まで冷却し、MRI用の磁石を作成した(図)。この磁石を使ったMRIで、実

際にセロリとマウスの胎児を撮影したところ、それぞれ空間分解能100マイクロメートル($1 \mu\text{m} = 1000$ 分の 1 mm)、 $50 \mu\text{m}$ を達成した。

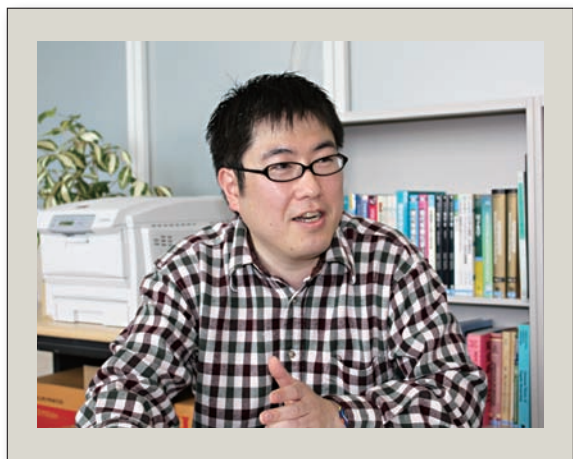
また、磁石内部の磁場分布を可視化するシステムを構築し測定した結果、ばらつきが $\pm 10 \text{ ppm}$ ($1 \text{ ppm} = 100$ 万分の1)に収まっていることを確認し、実用化が可能であることを示した。



図：高温超伝導バルク磁石を6層に積層したMRIシステム

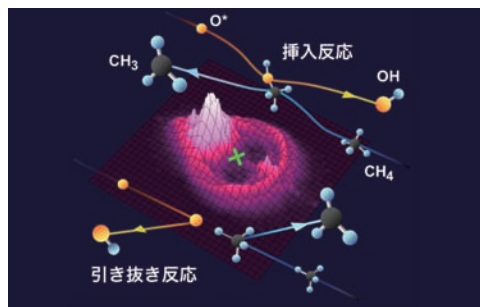
化学反応過程の 可視化に挑む研究者

分子と分子がぶつかり化学反応が起こる過程では、どのようなことが起こっているのか——。目では見えない分子・原子のふるまいを、見える形にして解明しようとしているのが、分子反応ダイナミクス研究チームのおぎよしひろ 小城吉寛 基幹研究所研究員（以下、研究員）だ。2008年、小城研究員らは“交差分子線散乱イメージング法”という独自の手法を用い、成層圏のオゾン層で生じる活性酸素原子とメタン分子の化学反応の様子を、可視化することに成功。ミクロな化学反応の様子を明らかにすることは、例えばオゾンホールの破壊といった地球規模の環境変化の理解につながるため注目されている。研究を離れると中学校以来続ける卓球と4歳の娘を愛する心優しき研究者だ。



小城 吉寛 | 基幹研究所
分子反応ダイナミクス研究チーム
基幹研究所研究員
Yoshihiro Ogi

1973年、東京都生まれ。博士（理学）。東京理科大学理学部化学科卒業。同大学大学院理学研究科化学専攻博士課程修了。2006年、理研入所。基礎科学特別研究員などを経て2011年4月より現職。2011年4月、文部科学大臣表彰（若手科学者賞）受賞。



図：二つの反応経路と観測されたCH₃の散乱分布

活性酸素原子(O*)とメタン分子(CH₄)が反応すると、ヒドロキシラジカル(OH)とメチルラジカル(CH₃)が生成される。図の右下からCH₄、左上からO*が近づき、中央(×印)で衝突して反応が起こる。挿入反応(図上)のできたCH₃は進行方向の前方に散乱するので、高い山(薄いピンク)ができる。引き抜き反応(図下)は正面衝突で起こるので、CH₃は跳ね返るように後方に散乱して、幾重かの同心円(濃いピンク)になる。

父親が高校の化学の先生というだけあって、子どもの頃から理系科目が好きだったという小城研究員。高校で出会った化学の先生の影響もあり、大学は化学科に進むことに決めた。「その先生はよくレポートを書かせる人でした。レポートを書くために文献などを調べていたところ、1億分の1~1秒という短時間に起こる化学反応にも始まりと終わりだけでなく、過程があると分かり、化学に一段と興味を抱くようになりました。この興味が今の研究に通じています」

1992年、東京理科大学に入学した小城研究員は、つきやま 築山光一教授の研究室に所属し、先生の人柄と最先端の分子科学研究に魅せられ、夢中で実験をしているうちに、博士課程を修了。助手を勤めた後、2006年に理研にやってきた。「理研では、ミクロな化学反応の過程を可視化して観測する“交差分子線散乱イメージング法”を使った研究に取り組んできました。この手法は現在所属する研究室の鈴木俊法チームリーダー、高口博志 専任研究員(現広島大学准教授)らによって開発・高度化されてきたものです」。従来の“交差分子線散乱法”では、真空中で二つの分子ビームを衝突させ、反応で生成された分子がどの方向に、どのくらいのスピードで散乱するのかを観測する。しかし、分子がどのように振動・回転しながら散乱するかまでは観測できなかった。それを可能にしたのが交差分子線散乱イメージング法だ。

2008年、小城研究員らはこの手法を利用して活性酸素原子(O*)とメタン分子(CH₄)の化学反応に新事実を発見。「O*とCH₄が化学反応すると、ヒドロキシラジカル(OH)とメチルラジカル(CH₃)ができます。しかし、その反応過程については、O*がC-Hの原子結合の間に割り込む形で進行する(挿入反応)のか、それともO*がC-H結合の外側から水素原子を引き抜く形で進行する(引き抜き反応)のか、分かっていませんでした。CH₃の散乱分布を観測したところ、二つの反応経路が共に存在することが明らかになりました(図)」

小城研究員は、大学時代から現在に至る一連の研究成果が認められ、今年度の“文部科学大臣表彰(若手科学者賞)”を受賞。自身の研究の醍醐味を「まるで小さくなった自分が分子に乗って他の分子とぶつかる瞬間を体験したように感じる」と話す。実際、高校生向けの説明では、O*役になりきり、CH₄役の高校生とぶつかってみせて、その状況を体感してもらう。「高校生にも私の説明を通じて化学反応のダイナミズムを体験してほしいからです。化学反応には入口と出口だけでなく過程があって、その反応が起こるさまざまな理由が隠されています。それらを一つ一つ解き明かしていく醍醐味を味わってもらいたいです」

趣味は中学時代から続けている卓球。今も高校時代の先輩たちと市民リーグに参加している小城研究員は最後に、「回転するボールとラケットの衝突は、今の研究に通じるものもあるかもしれませんね」と、微笑んだ。(取材・構成/牛島美笛)

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生年月日 ②出生地 ③最終学歴 ④主な職歴 ⑤研究テーマ ⑥信条 ⑦趣味

【脳科学総合研究センター】



神経適応理論研究チーム
チームリーダー

豊泉 太郎 (とよいずみ たろう)

- ①1978年
- ②東京都
- ③東京大学大学院新領域創成科学研究科博士課程
- ④コロンビア大学(米国)、理研脳科学総合研究センター
- ⑤脳の情報処理機構および神経回路の適応・学習に関する理論研究
- ⑥I never think of the future - it comes soon enough. (AE)
- ⑦研究



脳リズムモデル連携ユニット
連携ユニットリーダー

北城 圭一 (きたじょう けいち)

- ①1968年5月25日
- ②北海道
- ③東京大学大学院教育学研究科博士課程
- ④東京大学、国立身体障害者リハビリテーションセンター、理研脳科学総合研究センター
- ⑤脳活動振動同期ダイナミクスの機能的役割の操作的解明
- ⑥百折不撓ひやくせつふとう
- ⑦サッカー、フットサル、筋トレ



シナプス可塑性・回路制御研究チーム
チームリーダー

合田 裕紀子 (ごうだ ゆきこ)

- ②兵庫県
- ③スタンフォード大学(生化学専攻博士号取得)(米国)
- ④ソーク研究所(米国)、カリフォルニア大学サンディエゴ校(米国)、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン(UCL)(英国)
- ⑤シナプス可塑性のメカニズム
- ⑥悔いなく生きる
- ⑦バレエ

【イノベーション推進センター 産業界との融合的連携研究プログラム】



生体反応制御材料研究チーム
チームリーダー

福留 明 (ふくとめ あきら)

- ①1952年4月20日
- ②東京都
- ③名古屋大学大学院理学研究科化学専攻修士課程
- ④ゼオンメディカル(株)メディカル研究所
- ⑤イオン注入材料を使った医療機器の開発
- ⑥あすなるの木
- ⑦園芸



動物細胞培養装置研究チーム
チームリーダー

金森 久幸 (かなもり ひさゆき)

- ①1965年7月12日
- ②兵庫県
- ③千葉工業大学工業化学科
- ④佐竹化学機械工業(株)攪拌技術研究所
- ⑤攪拌装置の基礎研究・応用研究
- ⑥その道の一流である前に人として一流になること
- ⑦サッカー、フットサル、ドライブ



オミックス創薬研究チーム
チームリーダー

吉田 賢二 (よしだ けんじ)

- ①1967年1月29日
- ②群馬県
- ③北海道大学大学院薬学研究科博士課程
- ④中外製薬(株)
- ⑤創薬標的探索
- ⑥シンプル イズ ベスト
- ⑦オートバイ



腸管微生物研究チーム
チームリーダー

山本 直之 (やまもと なおゆき)

- ①1958年6月5日
- ②福井県
- ③東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程
- ④カルピス(株)
- ⑤乳酸菌の機能性研究
- ⑥継続は力
- ⑦運動、料理、読書など

新作ビデオ、『脳の中の「点と線」～神経回路とシナプスの謎に迫る研究最前線～』を公開

この度、新しく制作したビデオ、科学のフロンティアシリーズ15『脳の中の「点と線」～神経回路とシナプスの謎に迫る研究最前線～』(約14分)を、YouTubeの理研公式チャンネル「RIKEN Channel」で公開しました。

ぜひご覧ください。



脳研究の歴史は、「脳の可視化」に挑んだ歴史とも言える。

近年、脳構造や機能の可視化技術の発達に伴い、目覚ましい研究成果が得られるようになった。神経細胞同士の繋がりを「線」、神経細胞間の繋ぎ目のシナプスを「点」と捉え、「点と線」の謎に挑む研究者たちの活動を、レオナルド・ダ・ヴィンチがナビゲートする。

「RIKEN Channel」:

<http://www.youtube.com/user/rikenchannel>

上記URLにアクセスいただくか、YouTubeの検索窓から「科学のフロンティア」と検索いただくとご覧いただけます。

『科学技術における「美」のパネル展』に参加して

小野 教夫 | Takao Ono

基幹研究所 平野染色体ダイナミクス研究室 専任研究員

毎年4月下旬、文部科学省が定める科学技術週間に『科学技術における「美」のパネル展』が行われている。この催しは、研究過程で撮影した写真や、コンピュータグラフィックなどを元にした画像を広く一般に公開することで、科学技術の進歩に興味をもってもらうことを目的としている。昨年、その「美」のパネル展に私の研究対象である「染色体」に関連した顕微鏡写真を出品する機会を得て、優秀賞をいただいた。

DNAに書き込まれた遺伝情報は、ヒトでは46本の染色体によって細胞から細胞へ伝達される。この染色体は、1個の細胞が2個に分裂する際に円柱状の構造物として核内に姿を現す。このとき、DNAは長さでみると約1万分の1に凝縮されている。これは、驚くべきことに最近全線開通した東北新幹線の東京-新青森間(713.7km)が、70m(理研和光研究所 生物科学研究棟の約半分の長さ)に短縮される割合とほぼ同じである。このような染色体の動態は、引越しのときの荷物の整理整頓と段ボール箱への詰め込みに似ている。細胞の核の中で機能的に配置されていたDNAは、その場で複製されて2倍になる。これらは一旦別々の箱(姉妹染色分体)にコンパクトに詰め込まれ、2個の細胞へと運搬されたのち箱から取り出される。引越しの度に紛失した物が出てくる私と違って、細胞の中ではそのようなことは起こらない。私が所属する平野染色体ダイナミクス研究室

では、この染色体が構築される分子メカニズムの解明を目指している(『理研ニュース』2010年4月号参照)。

今回出品したのは、染色体の構築に重要な働きをする二種類のタンパク質とDNAを別々の蛍光物質でラベルし、撮影した画像イメージをコンピュータで重ね合わせた写真である(写真下)。これを最初に見たとき、染色体全体の構築に働くと考えられるタンパク質が、対となる姉妹染色分体の中で背骨のような軸状分布を綺麗に示していることに変化興奮した。また、さまざまな蛍光色は、二種類のタンパク質の独特な分布と同時に、その結果としての重なり多様さを示している。この成果を含む私の研究は、米国のコールド・スプリング・ハーバー研究所における平野達也研究室で始めたもので、当時の研究室のメンバーや、多くの共同研究者に支えられたものであることを強調したい。

ところで、私が初めて蛍光物質を用いて染色体を観察したのは、博士課程に在籍していた頃である。当時、多蛍光色の顕微鏡画像はカラーフィルムで撮影していた。現像が上がるまで写真を見ることができないため、顕微鏡を覗いたときの蛍光色のパ

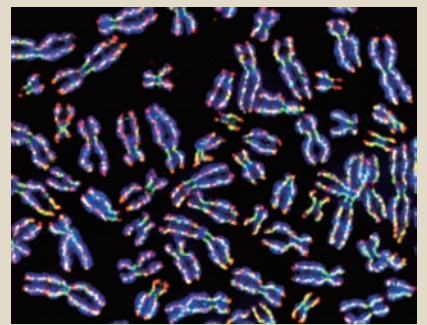
染色体構築を制御するタンパク質の分布
染色体構築に重要な役割を果たしている二つのタンパク質(コンデンシン:赤、トポイソメラーゼ:緑)を可視化した。1本の染色体は対をなす姉妹染色分体(青)から構成され、その縦軸に沿ってコンデンシンとトポイソメラーゼがそれぞれに特有なパターンで分布している。



筆者近影。私の地元、青森県の弘前城400年祭のキャラクター「たか丸くん」と。

ランスを思ったように再現できていなかったり、滲んでしまっていたり、ピントが合っていないかったりするものが多く、苦勞したことを思い出す。しかし、いろいろな色に光る染色体、核、細胞を見たときの感動は今でも鮮明に憶えている。それは、まるで細胞の中の小宇宙を旅している気分だった。このとき感じた、染色体の研究が面白そうだという「直感」で、今も染色体の研究を続けていると言っても過言ではない。科学者としては情けないが、この直感の中味を論理的に説明することはできない。ただ、その「直感」で辿り着いたキャンパスに「客観的」なデータという絵の具を使って、一枚の絵画のような研究成果を出せるように努力したいと思っている。

「直感」を伝えられたかどうかは分からないが、「美」のパネル展に足を運んでいただいた方々から、少なからず感想を頂けたことは非常に嬉しく思っている。この場を借りてお礼を申し上げたい。



『理研ニュース』2011年7号

平成23年7月5日発行

編集発行 独立行政法人 理化学研究所 広報室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
TEL: 048-467-4094 [ダイヤルイン] FAX: 048-462-4715
制作協力 株式会社パルナス
再生紙を使用しています。

『理研ニュース』メルマガ会員募集中!

下記URLからご登録いただけます。

<http://www.riken.jp/mailmag.html>

携帯電話からも登録できます。



寄附ご支援の お願い



理研の活動への支援を通じて、日本の科学技術の発展に参加してください。
問合せ先: 理研 外部資金部 推進課 寄附金担当
TEL: 048-462-4955 E-mail: kifu-info@riken.jp
<http://www.riken.jp/> (一部クレジットカード決済が可能です)