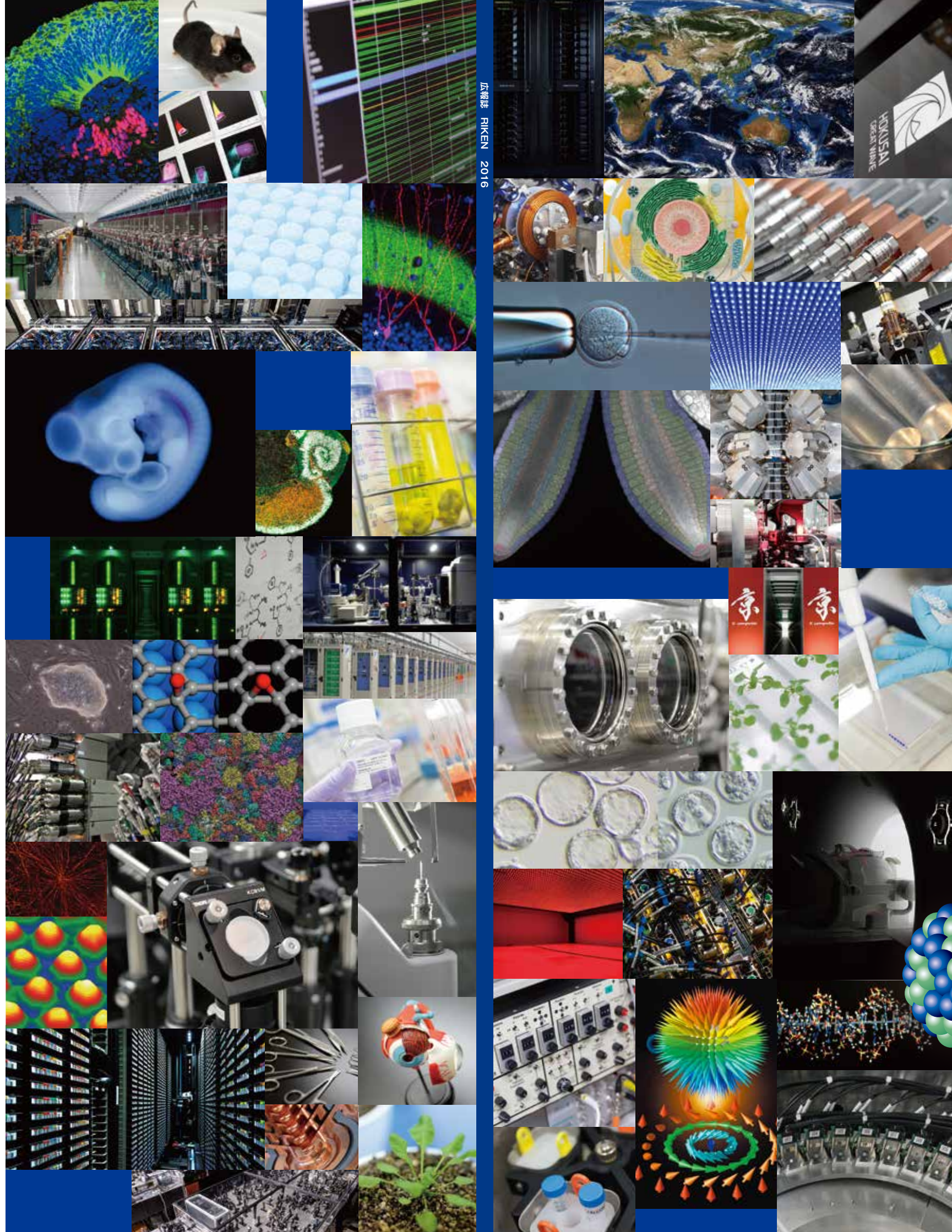
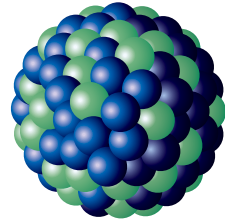


www.riken.jp

国立研究開発法人理化学研究所 広報室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
TEL: 048-467-9954(ダイヤルイン)
FAX: 048-462-4715

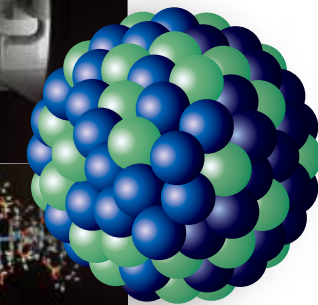
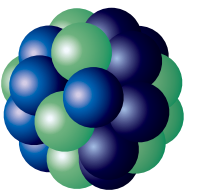
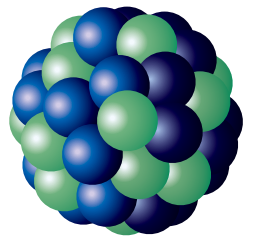


理研
百年
RIKEN CENTENNIAL
Since 1917

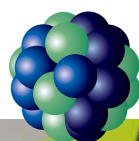
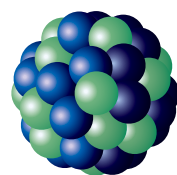
広報誌

RIKEN

2016



RIKEN 2016 contents



理事長挨拶	
至高の科学力 一	04
至高の科学力 二	06
小安理事インタビュー	08
理研の歩み	10
理研創立百周年を迎えて	12
理研の歩み	14

研究開発	18
主任研究員研究室	20
准主任研究員研究室	22
国際主幹研究ユニット／特別研究ユニット	24
研究推進グループ	26
グローバル研究クラスター	28

創発物性科学研究センター	30
光量子工学研究領域	32
環境資源科学研究センター	34
生命システム研究センター	36
多細胞システム形成研究センター	38
脳科学総合研究センター	40
統合生命医科学研究センター	42

バイオリソースセンター	44
ライフサイエンス技術基盤研究センター	46
計算科学研究機構	48
放射光科学総合研究センター	50
仁科加速器研究センター	52

産業連携本部	
イノベーション推進センター	54
創薬・医療技術基盤プログラム	56

情報基盤センター	58
HPCI計算生命科学推進プログラム (2016年3月31日をもって廃止)	60

理研の活動	62
環境問題への貢献・復興支援	64
研究成果・研究協力	66
技術移転・産業界との連携	68
人材育成	70
広報活動	72
受賞	74
人員	76
予算	78
組織図	80

問い合わせ先一覧



成果を社会に還元していく 世界のRIKENへ。

理化学研究所(理研)は、1917年(大正6年)に、産業の発展のために科学研究と応用研究を行う財団法人として創立された、一世紀にわたる長い歴史を持つ研究所です。その後、株式会社や特殊法人を経て、独立行政法人として再発足し、昨年(2015年)4月に国立研究開発法人となり、今年10月には特定国立研究開発法人となります。

日本で唯一の自然科学の総合研究所として、国と時代の要請に応えながら形を変えつつも、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野で先導的な研究を進めています。2016年には科学技術ハブ推進本部を設置し、さらに幅広い分野での研究、多機関との連携を進めていきます。

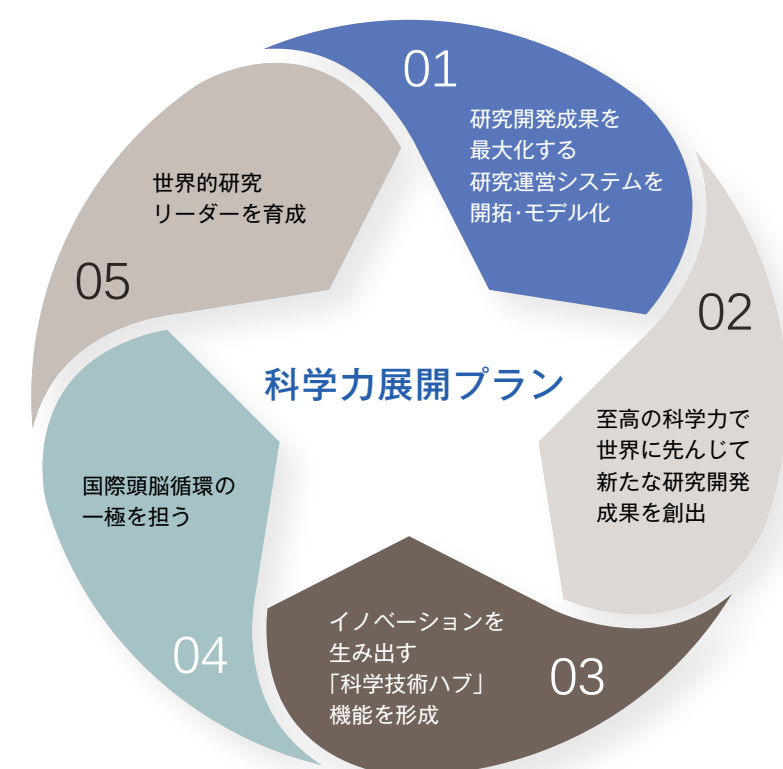
理研は、国立研究開発法人として「研究開発成果の最大化」を目指し、研究者の自律と豊かな発想を大切にしつつも社会的責任を強く意識し、効果的かつ効率的な業務運営を進めます。

その上で、豊かな国民生活の実現や国際社会への貢献も目指します。

また、科学技術の知見を新たな価値の創造に結びつけるため、理研の特長である総合力を発揮し、国内外の関係機関とも連携しつつ、知の源泉となる基礎科学、そして卓越した技術開発を推進し、世界のRIKENとして、その成果を社会に還元してまいります。

2016年7月

理事長 松本 紘(工学博士)



至高の科学力

ピックアップ研究成果

仁科加速器研究センター 超重元素研究グループ

日本発、アジア初の快挙！ 地道に実験を重ね113番元素の 命名権を獲得

もりたこうすけ
森田浩介 グループディレクター

森田グループディレクターを中心とする研究グループが発見した新元素が、113番目の元素として認められ、その命名権が与えられました。学校の授業でも使われる元素周期表に、日本発の元素名が掲載されるのです。これは、日本のみならずアジア地域で初めての快挙です。しかし、ここに至るまでには、30年近い努力と研鑽の積み重ねが必要でした。

「スイヘーリーペーボクノフネ」——化学の授業で教えられる元素周期表は、化学のみならず物理学や生物学など、科学全般において基礎となるものです。1869年にメンデレーエフが提案した周期表は、現在までに多くの研究者による改良が加えられ、元素の分類・整理だけでなく、その性質や原子などの数を知ることができたり、まだ発見されていない元素を予測したりすることもできる、科学技術の道しるべともいえる存在なのです。

そんな周期表の原子番号113番目となる元素が、2004年7月に理化学研究所で発見されました。2016年5月時点で118個の元素が確認されていますが、その中で自然界に安定して存在するものは92番のウランまでです。残りの元素は、人間の手によって作り出されたものです。理研で発見された113番目の元素も、亜鉛(Zn)の原子核をビスマス(Bi)の原子核にぶつけることで作り出しました。亜鉛が持っている陽子の数は30個、ビスマスの陽子は83個なので、二つが融合することで113個の陽子を持つ元素ができたのです。

実は、原子核同士を衝突させるのは、とても大変です。原子核は非常に小さいため衝突する可能性が低い上に、仮に衝突したとしても融合する確率も非常に低いのです。理研では、重イオン線形加速器「RILAC」を使い、1秒間に2.4兆個もの亜鉛原子を光速の10%にまで加速してビスマスの標的に当て続けました。実験を開始した2003年9月から10か月後、やっと最初の113番元素を作り出すことに成功したのです。



気体充填型反跳分離器「GARIS」の前の研究グループメンバー

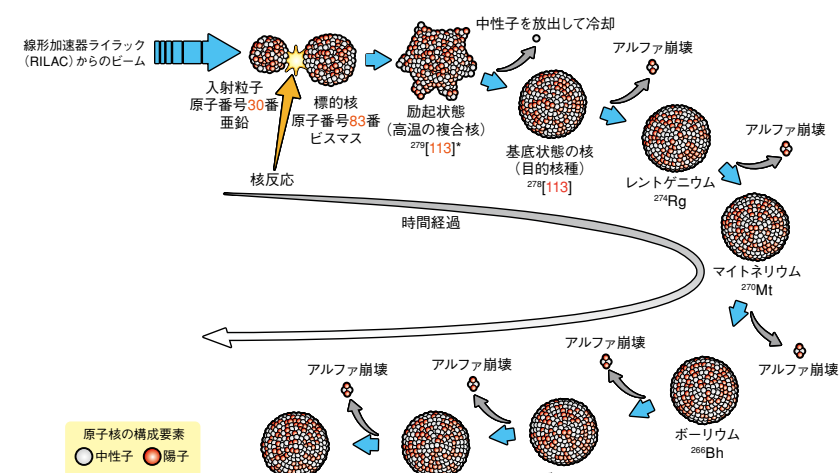
作り出した、113番元素ですが、大量の亜鉛ビームの中から識別することも非常に困難です。そこで、気体充填型反跳分離器「GARIS」を使い、亜鉛ビームの中から113番元素だけをより分けて検知します。その後も実験を続け、2005年4月に2度目、2012年8月には3度目の113番元素を確認しました。9年間、400兆回以上もビームを当て続けた結果、ようやく3個の113番元素を発見できたのです。新しい元素を発見することが、どんなに大変なことかが分かります。

2015年12月31日、国際純正・応用化学連合(IUPAC)と国際純粋・応用物理学連合(IUPAP)が推薦する委員による合同作業部会(JWP)によって、理研が発見した新元素が113番目の元素であると認められ、その命名権が与えられました。現在は「ウンウントリウム(Uut)」と呼ばれている113番元素ですが、研究グループが名称と元素記号をIUPAC/IUPAPに提案し、審査後妥当と認められれば新元素名として発表され、世界中の元素周期表が書き換えられることになります。

森田グループディレクターは、「長期間にわたり倦むことなく真摯に実験を遂行してきた共同研究者に感謝しています。超重元素合成研究はこれから新たな局面に入り、第8周期元素(119番以降)の発見を目指します。わが国が新たな発見に大きな役割を果たせるよう、加速器の高度化や標的の開発など技術的課題の解決に取り組みたいと考えています。今回の成果が理科好きの老若男女を増やすきっかけとなれば、それが基礎研究の社会貢献であると思っています」と、語っています。

RNC
RIKEN Nishina Center for
Accelerator-Based Science

113番元素生成と崩壊の様子



写真上から
気体充填型反跳分離器「GARIS」
ビスマス(Bi)ターゲット回転板

至高の科学力

ピックアップ研究成果

二

理論科学連携研究推進グループ

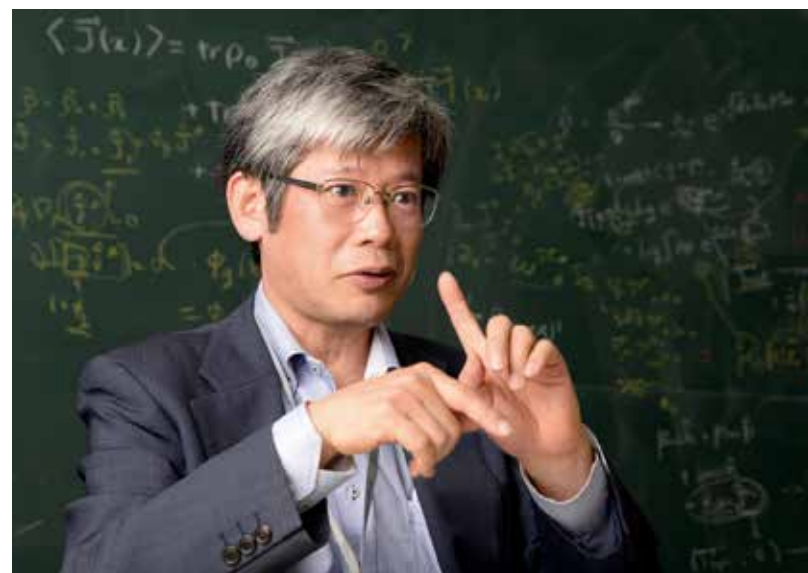
階層や分野を超えて融合することで 新たな発見・発展を目指す

初田哲男 グループディレクター

2013年4月より理研の分野横断型研究プロジェクトとして始まった

「理論科学連携研究推進グループ(iTHES)」。

基礎物理学、生命科学、物質科学、計算科学など、さまざまな領域の研究者が交流・連携し、互いの理論的手法や視点の共有を通して、独創的な研究成果や新しい研究分野の創出を推進しています。また、国内外の研究機関や産業界と連携し、分野の壁を乗り越える若手人材の育成を目指しています。2016年4月には、新たに数理論科学連携研究チームが立ち上がり、数学・数理論科学に基づく分野連携の加速も図っています。



分野横断研究の活性化を図るための施策の1つ、定例「iTHESコーヒーミーティング」

iTHESの研究代表責任者を務める初田哲男グループディレクターは、「理研に来て、多様な分野の研究者と交流できたことがプロジェクト発足のきっかけになった」と説明します。大学では、専門分野の異なる研究者が日常的に交流する機会が少なく、同じ建物の違う階で、ほとんど同じ研究が同時に行われていた例もあったとか。

さらに、同じ研究分野であっても、ミクロからマクロに至る“階層”ごとに研究テーマが分断されてきたという問題があります。基礎物理学の分野でいえば、物質の根源である素粒子、素粒子が集まってできる元素、さまざまな元素が集まってできる惑星や恒星などの天体、無数の天体からなる銀河や宇宙というように、ミクロの世界からマクロの世界まで、研究対象が階層ごとに分かれています。生命科学においても、原子・分子、タンパク質、細胞、生体機能というような階層があります。近年では、それぞれの階層の個別的研究だけでなく、階層を縦断的につなぐ俯瞰的アプローチの重要性が認識され始めています。

iTHESでは、同じ研究分野の異なる階層を縦断的につなぐだけでなく、異なる研究分野を計算科学や数理論科学の手法で横断的につなぐことを目指しています。異なる分野間の橋渡しの中心は、意欲に燃え

たiTHESの若手研究者です。iTHESでは、定期的に行われるiTHESコロキウムやiTHES産学連携レクチャー、毎週金曜日に開催されるコーヒーミーティングなどを通して、物理学、化学、生物学、計算科学の若手理論家が頻りに情報交換を行っています。プロジェクト開始からまだ3年ですが、これらの活動を通して、少しずつ連携の芽も生まれつつあります。例えば、物理学者と生物学者が共同で、統計物理学の概念を生物学に持ち込んで、魚の目に現れる美しい網膜パターンの形成過程を明らかにしました。また、分子動力学と呼ばれる計算手法を用いて、DNAがなぜ絡み合わないで複製されるかというような生物学における基本的問題を解明しようとしています。他にも、数理論科学と工学の融合により、光学迷彩(透明マント)の新しい理論も生まれています。このように、異なる分野の研究者が交流することで、これまでとは異なるアプローチで問題解決を図ることが可能になってきています。

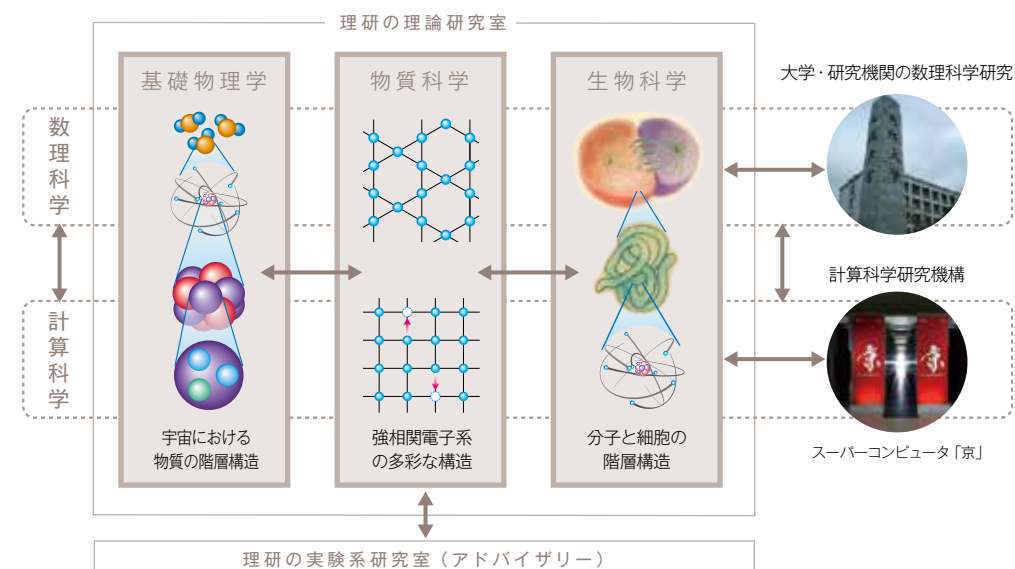
初田グループディレクターは、これら連携研究をさらに発展させるために、今まで理研にはなかった数学を専門とする研究チームを立ち上げ、最新の数学理論に基づく横断的研究の活性化の取り組みも始めています。

iTHES
Interdisciplinary
Theoretical Science Research Group

iTHESの目的



iTHESの研究体制



写真上から
世界初のバクテリア細胞内全原子シミュレーション
世界初のニュートリノ輸送入り3D超新星爆発シミュレーション(50ミリ秒後)
世界初のニュートリノ輸送入り3D超新星爆発シミュレーション(200ミリ秒後)

組織の垣根を越えた連携強化で 科学技術のイノベーションを先導する

理事 小安重夫



2015年4月から国立研究開発法人として
新たなスタートを切りました。どのような変化があったのでしょうか。

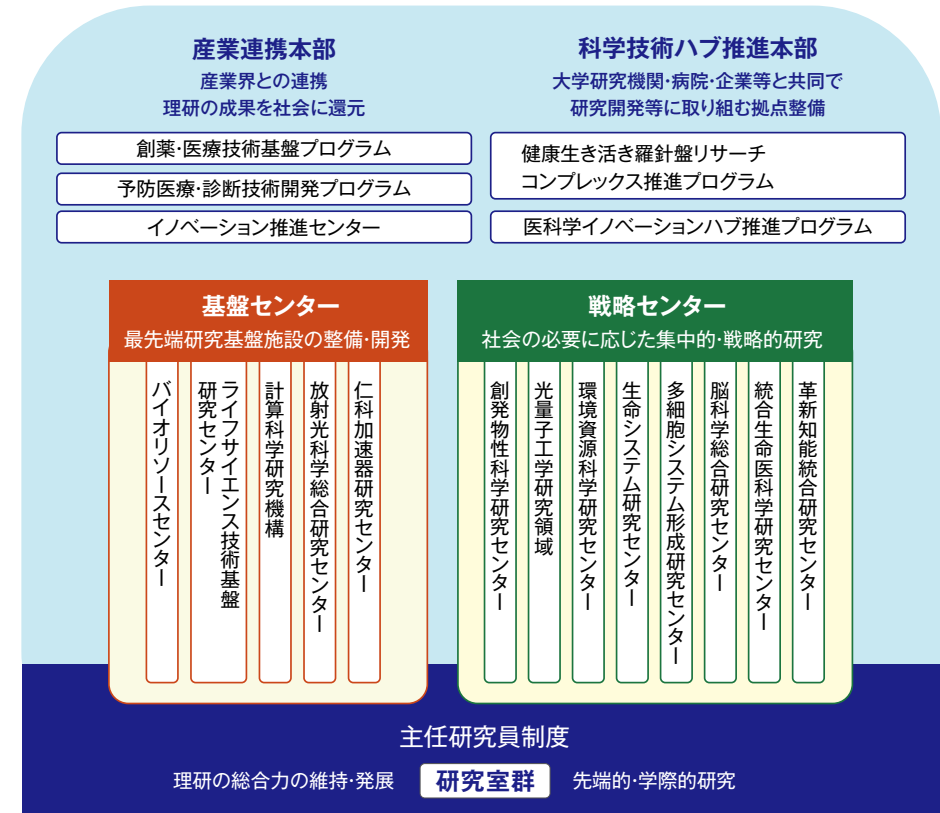
国立研究開発法人としての大きな使命の一つに、「研究開発成果の最大化」があります。理研はこれまでの長い歴史の中で、非常に強い研究基盤を培い、基礎研究を中心に取り組んできたわけです。しかし、現代社会はエネルギー、高齢化、感染症など、たくさん抱えています。これらの問題もしっかりと見据えて、解決に結びつけられるような研究体制をつくろうとしています。また、10月からは特定国立研究開発法人として、さらに国民の期待に応えられる研究所を目指します。

具体的にはどのような取り組みをされているのでしょうか。

まず、大学、研究機関、民間企業など、外部の機関との連携を一層強め、日本の科学技術研究開発の中核となる「科学技術ハブ」としての役割を果たしていこうと準備を始め、2016年4月に「科学技術ハブ推進本部」を立ち上げました。理研はこれまでも大学を中心にアカデミアとの連携を進めてきました。例えば、大阪大学大学院生命機能研究科と協力し、生命システム研究センターを立ち上げました。理研の研究室主宰者の中には、大学の教授を兼務している者も多数います。また、産業界との連携も産業連携本部を通じて積極的に行っており、企業との連携センターなども拡充していくつもりです。このような連携の環をさらに広げ、たくさん機関との関係性を強めていきたいと考えています。

理研には、大型放射光施設SPring-8、X線自由電子レーザー施設SACLA、スーパーコンピュータ「京」、RIビームファクトリーなど、一つの

研究体制



学や企業では持つのが難しい大型施設や研究基盤がそろっています。大学や企業にとって、これらの研究基盤を利用できるのは、とても魅力的なことだと思います。一方で大学や企業には理研の研究者とは違う視点を持った人がたくさんいます。とくに大学は毎年、たくさんの学生が入ってきて、若い人材が豊富です。そのような組織と一緒に活動することで、新しい視点からものごとを考えたり、画期的なアイデアが生まれたりすることもあるでしょう。それぞれの機関と刺激し合える関係をつくることで、お互いに成果をあげていくことができると思います。

理研内部の制度なども改革していくのでしょうか。

理研には3,000人ほどの研究者がいますが、その90%が任期制です。これはそのときどきの課題に応じて組織を柔軟につくり変えていくという面では優れています。しかし、同時に短期的な成果に目がいきがちになるという弊害もあります。

科学技術の研究開発は、計画を立ててもその通りに進むとは限りません。すぐに結果が出ないことの方が多くいます。理研が取り組んできた基礎研究の分野ではなおさらです。

2015年末に命名権が認められた113番元素の合成実験の場合は、実験開始から結果が出るまでに20年以上もの時間がかかっています。この間、研究者たちがコツコツと努力を重ねてきた結果が、命名権の獲得に結びついています。このように、長期的な視点に立って日本の基礎研究を支えていくためにも、人事制度を見直して、無期雇用枠の研究者を増やしていく計画にしています。そして、長期にわたってじっくりと研究に取り組み、理研の屋台骨を支えるような研究者がたくさん育ててくれればと思っています。

第5期科学技術基本計画では「科学技術イノベーション政策」を掲げています。これを受けて、どのように研究開発を進めていこうとしているのでしょうか。

定年制や無期雇用枠の長期在職者が理研の核となり、そこに任期制の研究者が加わることで、安定性を確保しつつも、流動性と機動性のある柔軟な組織として機能していきます。このような体制をつくることで、科学技術イノベーション政策に対応して研究を進めることができると信じています。

一昔前は、研究所の基礎研究に対し、企業が応用研究をして活用するという流れになっていました。しかし、今の時代はこの方法では良い結果が出なくなってきています。そこで、理研の総合力や基礎研究の強みを生かし、大学、企業、研究所など、さまざまな立場の人たちが理研をハブとして集まり、将来の社会で実現したいことなどを話しながら、みんなで知恵を出し合えるような、「イノベーションをデザインする」環境をつくっていきたいと考えています。

そのための第一歩として、「高齢化社会の問題解決プロジェクト」「革新的量子技術による省エネルギー社会の実現」など、理研内での組織の垣根を越えた分野横断的なプロジェクトを立ち上げました。さらに、2016年4月には、革新的な人工知能の基盤技術の研究開発から、それらの技術の社会実装までを担う「革新知能統合研究センター」の設置を決定しました。そして、分野横断的なミッションに取り組めるような若い力、コアな人材を確保していきます。このようにさまざまな分野からの知を集結する形で、次世代の日本を支える新たな研究の芽を育てていければと思います。

RIKEN's History

理研の歩み

財団法人理化学研究所1号館の風景（現東京都文京区本駒込）
高峰譲吉博士（タカジアスターセなどの発明者）が「国民科学研究所」設立の必要性を提唱、それに賛同した実業界の大御所渋沢栄一らの協力・支援により皇室からの御下賜金、政府からの補助金、民間からの寄附金を基に1917年（大正6年）3月20日に設立された日本で初めての自然科学の総合研究所。研究所の土地は、東京・駒込に49,173.3㎡（14,901坪）。当時の本郷区と小石川区の最北部の境界にまたがる地区で、このうち、6,883.7㎡（2,085.98坪）は1933年（昭和8年）に岩崎家（三菱財閥）から寄贈されたもの。

理研創立百周年を迎えて

理事 松本洋一郎



2017年3月に創立百周年を迎えます。形を変えつつも理研という組織が存続し続ける理由とはなんなのでしょう。

科学技術の研究をきちんとやることこそ「日本の活性化(近代化)」を図るためにもっとも重要だと考えに基づき、皇室からの御下賜金、財界・産業界からの寄附金、政府からの補助金により科学技術と応用研究を行う財団法人として設立されました。1917年(大正6年)のことです。

1921年に大河内正敏が第三代所長に就くと、研究成果を社会に実装するために、多くの生産会社を設立しました。1939年頃には「理研産業団(理研コンツェルン)」と呼ばれる63の会社と121の工場へと発展しました。

戦後、財閥解体の方針のもと理研産業団は解体され、理研自身も株式会社となり辛うじて存続することができました。しかしながら、その運営は必ずしも順調ではなく、科学技術庁発足後、特殊法人として再スタートを切り、理研が開発した技術を国として活用するという流れが出てきました。さらに、独立行政法人、国立研究開発法人と、その時代に合わせて必要な研究所へと変貌していますが、意義のあることをやり続けてきたからこそ、百年存続しているのだと思います。

産業連携本部ができました。その役割とは。

2010年4月、「理研は人類存続のための知の創造を目指す」との方針のもと、重要なのは社会的課題の解決だと考え、社会知創成事業を立ち上げました。事業を進める中で、理研コンツェルンのように理研で出てきたシーズを社会のニーズにつなげていくことが重要だということに理解が深まりました。2015年に松本紘が理事長となり、社会知創成事業を産業連携本部へと名称変更し、産業界と明確につながることを打ち出したのです。

産業連携本部では、企業の方を迎えて一緒に研究を進める連携研究室制度にも取り組んでいます。これまでは理研がシーズを出し、それを受けて企業が世間のニーズに合った形に製品化していました。それでは知識のトランスファー

まではできず、イノベーションが生まれ難い状況でした。そこで、理研と企業の研究者が基礎研究から実用研究まで一体となって研究開発をする「バトンゾーン」を設け、知識も含めて企業へトランスファーすることにしました。それにより、企業の考えや求めるシーズを知ることができるというメリットも生まれました。

大学との連携はどう考えているのでしょうか。

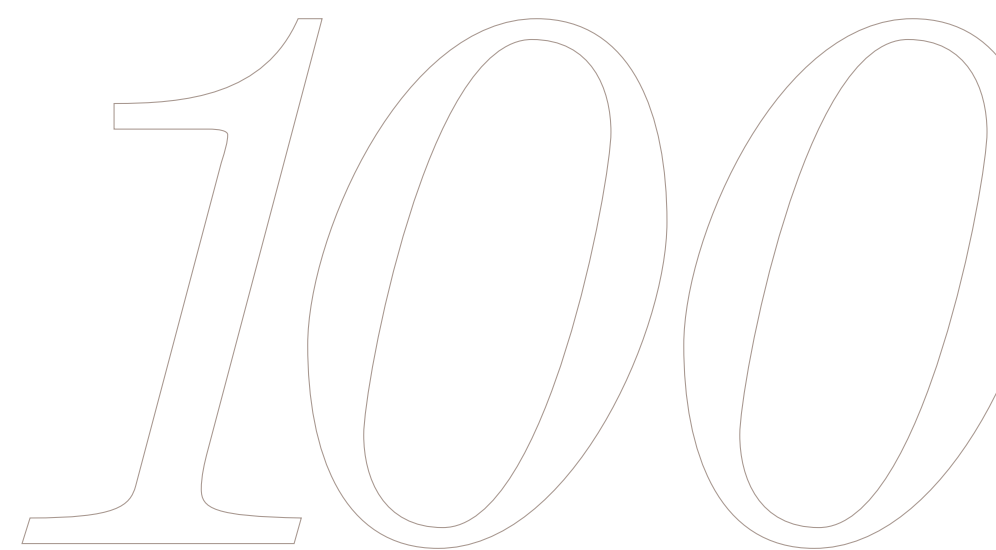
以前から、大学の教員や学生が理研へ来て最先端の装置を使って一緒に研究をする「包括連携的な研究室」が運営されています。それを一歩進め、理研の研究者が大学に向いて一緒に研究をするなど、深く交流できる環境をつくり、科学研究ハブとなることを目指しています。

最先端の研究をし、世界の研究者ともつながっている理研の研究者が大学に入り込むことで、学生にとって非常に良い刺激になると考えています。また、理研の研究者が大学教員になるというキャリアパスが生まれるなど、人の循環や動きが加速するでしょう。そういう観点からも、科学技術ハブは重要な働きをすると思います。

百周年記念事業としてさまざまなことを考えておられますね。

理研の百周年を明確に位置づけ、理研という組織をもっとたくさんの人に知ってもらえるような活動をしなればいけないと考えています。そのために、「連携研究室等の設置」「若手研究人材のキャリア育成」「国際水準の研究環境の整備」「記念式典・講演会・百年展の開催」「記念史料の収集・保存・展示」といった事業を進めています(表)。

理研はこれまで、日本、そして世界の科学技術を牽引してきました。今後も、日本国内はもちろん、世界とも広くつながることが重要です。海外の優秀な研究者を受け入れつつ、理研の優秀な研究者たちを海外に送り出し、海外にも理研の科学技術ハブをつくる。そうやって科学技術の循環の中心になるのが今後の大きなミッションではないか、そう考えています。



創立百周年記念事業

次の百年も、わが国の科学技術を牽引する研究所であり続けるために——理研と社会の関わりをさらに広げる活動として「創立百周年記念事業」を進めています。

1 連携研究室等の設置
国内外の多くの大学、企業や地域社会との協力のハブとなることにより、イノベーション創出に資する研究開発活動を展開します。

2 若手研究人材のキャリア育成
次なる百年を見据え、理研内外の若手研究人材のキャリアアップ・キャリアチェンジ支援などを推進します。

3 国際水準の研究環境の整備
大学、産業界等が連携・交流するためのホール機能や若手研究者が独立して研究ができる場など、国際水準の研究環境を整備します。

4 記念式典・講演会・百年展の開催
次なる百年においても、社会から信頼され、かけがえない研究所であり続けるため、記念式典、講演会、百年展などを開催し、産業界や社会、地域との連携を深めます。

5 記念史料の収集・保存・展示
科学史に刻まれた理研の歩みを保存・編纂および展示活用し、伝承します。

創立百周年特設サイト、ビデオライブラリーの「理研の歴史」のご案内
©創立百周年特設サイト
日本語版 <http://100th.riken.jp/>
英語版 <http://100th.riken.jp/en/>
ビデオライブラリー「理研の歴史」
<http://www.riken.jp/pr/videos/history/>



理研の歩み

創立百周年を迎える理化学研究所は、これからも新たな歴史を刻み続けます。

Looking ahead to our next century to
build on our previous century

理化学研究所は1917年(大正6年)、学問の力によって産業の発展を図り、
国運の発展を期する使命を果たさんとする目的で設立しました。

財団法人理化学研究所設立

渋沢栄一を設立委員長として(財)理化学研究所の設立を申請。皇室からの御下賜金、政府からの補助金、民間からの寄附金を基にわが国の産業の発展に資することを目的に現東京都文京区本駒込の地に設立された。



理化学興業株式会社を創設

研究資金に困窮したため、理研の発明を理研自身が製品化する事業体として、多くの生産会社を設立し技術収入を基礎研究資金に充てる。後に「理研産業団」となる。1939年頃には最大規模の会社数63、工場数121となった。



財団法人理化学研究所解散、株式会社科学研究所設立

終戦後、過度経済力集中排除(財閥解体)により1947年に理研産業団は解体。初代株式会社科学研究所の社長は仁科芳雄であった。1952年さらに生産部門を分離し科研化学(株)(現 科研製薬株式会社)となる。



株式会社科学研究所は解散し、特殊法人理化学研究所が設立

慢性的な財政難に陥っていた科学研究所に対し、政府による援助強化という観点から科学技術庁(1956年設立)所管の特殊法人として改組。理事長長岡治男が就任。

現 つくば市にライフサイエンス 筑波研究センターを開設



組み換えDNA研究を効率的に推進する目的で「筑波研究学園都市」内に設置された。現在ではバイオリソースセンターが活動。

兵庫県佐用郡に播磨研究所を開設、大型放射光施設「SPring-8」供用開始

日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)と共同で、6年間の建設期間を経てSPring-8を稼働させた。以降、世界最高性能を維持し続けている。



米国ブルックヘブン 国立研究所(BNL)に 理研BNL研究センターを開設

任期制研究者からなる 初のセンター体制として 脳科学総合研究センターを開設

神戸市に発生・再生 科学総合研究センターを開設

現在では、さらに生命システム研究センター、ライフサイエンス技術基礎研究センターを開設し、3センターで神戸第1地区として活動。



財団法人時代 >>

株式会社時代 >>

特殊法人時代 >>

1913

1917

1922

1927

1945

1948

1949

1958

1967

1984

1990

1993

1995

1997

1998

2000

高峰 謙吉

「国民科学研究所」設立の 必要性を提唱

高峰は、「世界は、理化学工業の時代になる。わが国も理化学工業によって国を興えようとするなら、基礎となる純正理化学の研究を設立する必要がある」と主張。

主任研究員制度が発足

駒込本所以外の各帝国大学に研究室を置くのも自由とし、理研からの研究費で研究員を採用し研究を実施した。長岡半太郎、鈴木梅太郎、本多光太郎、大河内正敏、田丸節郎、喜多源逸、高嶺俊夫、西川正治等の14研究室で発足。

原子爆弾投下、太平洋戦争終結。サイクロトロン、海洋に投棄される

新型爆弾が投下された広島へ、仁科研究室から調査団が派遣され、原子爆弾であることを日本として確認。終戦後、サイクロトロンは、旧陸軍から受託したウランに関する「二号研究」に関わったとしてGHQにより破壊され投棄された。



湯川秀樹、 ノーベル物理学賞受賞



湯川は、1961年に理論物理学研究室を立ち上げ主任研究員として活躍。

駒込から埼玉県大和町 (現 和光市)へ移転し、 大和研究所開所

長岡理事長と坂口副理事長の関係各所への嘆願により、米軍接収地であった大和モテハイツ地区を政府から現物出資として受け、大和研究所を開設。本部を移転。



フォトダイナミクス研究センターを 仙台市に開設



バイオ・ミメティックコントロール 研究センターを名古屋市に開設

英国ラザフォード・アップルトン 研究所(RAL)にRAL支所を開設



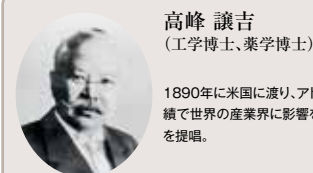
横浜市にゲノム科学 総合研究センターを開設

政府の「ミレニアム・プロジェクト(新しい千年紀プロジェクト)」の実施主体として、理研にライフサイエンス系研究センターの開設が始まる。



現在では、研究の発展に伴いセンターの改廃を経て、ライフサイエンス技術基礎研究センター、統合生命医科学研究センター、環境資源科学センターの3センターで活動。

理化学研究所発展の偉人たち



高峰 謙吉 (工学博士、薬学博士)

1890年に米国に渡り、アドレナリン等の業績で世界の産業界に影響を与え、理研設立を提唱。



財団法人理化学研究所 第三代所長 大河内 正敏

主任研究員制度の設立、理化学興業の創業など理研の基礎を作った。



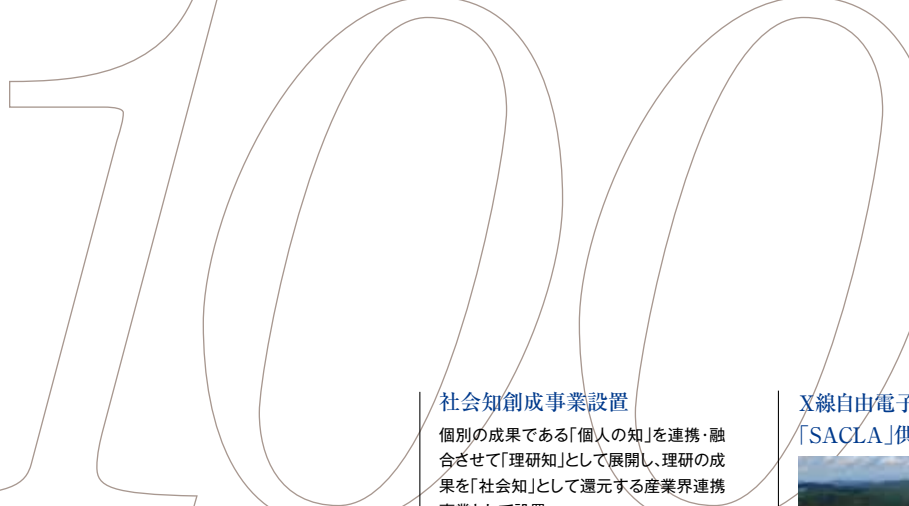
財団法人理化学研究所 第四代所長 株式会社科学研究所 初代社長 仁科 芳雄

日本の理論物理、加速器研究の礎を作り、湯川秀樹らを輩出。また、戦後苦難の時代、社長として活躍。



理研OB会 初代会長 ノーベル物理学賞 受賞 朝永 振一郎

大学卒業後、仁科研究室で量子力学を学ぶ。自由闊達な理研の雰囲気「初めて大学に入った気がした」と語っている。



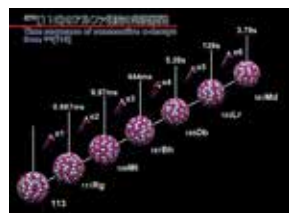
Looking ahead to our next century to build on our previous century

理化学研究所創立百周年

これまでの百年を礎に、次の百年を見据えて

これまでの百年におよぶ研究活動とその成果を基礎とし、これを継承・発展しながら、新しい百年を迎えるにあたり、次の第一歩をどのような方向に進めるのか。これまでの経験と理研を取り巻く現状、そして理研の持つ強さや潜在力に鑑みて、新たな一歩の道程を「理研 科学力展開プラン」として示させていただきました。ここに記す次の百年へのビジョンは、これまでの活動に加え、新たに理化学研究所に課される使命として、皆さまとお約束させていただきたいと思います。

113番元素の合成に成功



社会知創成事業設置

個別の成果である「個人の知」を連携・融合させて「理研知」として展開し、理研の成果を「社会知」として還元する産業界連携事業として設置。

計算科学研究機構開設

スーパーコンピュータ「京」の運用と計算環境の整備、計算科学と計算機科学を連携させた研究を行い、成果を創出することを目的として設立。



X線自由電子レーザー施設「SACLA」供用開始



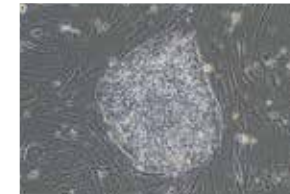
スーパーコンピュータ「京」共用開始



創発物性科学研究センター、環境資源科学研究センター設置

2009年「新成長戦略」における政府のグリーンイノベーション推進を契機として、理研内にあった環境・省エネルギー研究を統合し、新たな研究所の柱として位置づけた。

iPS細胞を用いた世界初の臨床研究を開始



科学技術ハブ推進本部設置

研究所を中核として、異分野・異業種が共同で研究開発等に取り組むための拠点（科学技術ハブ）を整備することにより、科学技術力の強化・イノベーションの創出を目指して設置。

革新知能統合研究センター開設

革新的な人工知能技術の中核とした次世代基盤技術を構築し、具体的な社会的課題の解決に寄与するとともに、人工知能の発展に伴って生じる倫理的・法的懸念等への対応や人材育成を行うことを目的に設立。

世界最高水準の成果を生み出す 理化学研究所 「科学力展開プラン」

わが国がイノベーションにより、地球と共生し、人類の進歩に貢献し、世界トップクラスの経済力と存在感を維持するため、理研は、総合研究所として研究開発のポテンシャルを高め、至高の科学力を以って国の科学技術戦略の担い手となることを目指します。そのため、大学と一体となってわが国の科学力の充実を図り、研究機関や産業界との科学技術ハブ機能の形成を通してこれを展開することにより、世界最高水準の成果を生み出すべく、次の五つの柱に沿って、高い倫理観を持って研究活動を推進します。

1 研究開発成果を最大化する研究運営システムを開拓・モデル化する

理研全体の最適化に向けて本部機能を強化します。また、定年制と任期制の研究人事制度を一本化し、新たなテニユア制度を構築する等、研究開発成果最大化のための研究運営システムを開拓し、国立研究開発法人のモデルを目指します。

2 至高の科学力で世界に先んじて新たな研究開発成果を創出する

社会ニーズに対応して、社会を牽引する研究開発を実施します。そのため、基礎研究を深化させ、分野を越えた取り組みを強力に推進します。最先端で魅力ある研究グループ、大型研究基盤施設等を核として世界の優秀な研究者を糾合します。これらによる至高の科学力で研究成果を創出します。

3 イノベーションを生み出す「科学技術ハブ」機能を形成する

全国の大学と一体となって科学力の充実を図ります。これを、国内外の研究機関や大学・産業界と形成する「科学技術ハブ」機能を通して展開し、イノベーションを生み出します。

4 国際頭脳循環の一極を担う

グローバル化された国際標準の研究環境を構築します。優秀な外国人研究者にとって魅力ある研究所とし、わが国を世界的な頭脳循環の一極にしていきます。

5 世界的研究リーダーを育成する

短期的成果主義から脱却を目指し、優秀な若手研究者を長期的・安定的に雇用するシステム、キャリアパスを構築します。国際的人事交流により、世界的研究リーダーを育成します。

独立行政法人時代

国立研究開発法人時代

2003 2004 2006 2010 2011 2012 2013 2015 2016 2017

独立行政法人理化学研究所設立

1999年特殊法人等整理合理化計画を受け、特殊法人理化学研究所を解散し、独立行政法人理化学研究所として新たなスタートを切る。

ヒトゲノム全解析の完了



シンガポール連絡事務所開設



超伝導リングサイクロトロン完成



大阪府吹田市に生命システム研究センターを開設

大阪大学の協力で設立した研究センター。大阪大学に隣接した活動拠点を設け、大学のボトムアップ研究と有機的な連携を図っている。



国立研究開発法人に名称変更

国立研究開発法人理化学研究所として、新たなスタートを切り、松本紘新理事長のもと、研究成果の最大化を目指す。



113番元素の命名権獲得



理化学研究所創立百周年



Research & Development

研究開発

理研が行う研究および各研究担当組織のミッションや特徴、代表的な研究成果をご紹介します。

回転式ビスマス(Bi)標的

113番元素を合成するために、線形加速器ライラック(RILAC)で亜鉛原子核をビームにし厚さ1万分の5mmのビスマス標的に当て続けた。亜鉛ビームの強度が高いため、ビスマス標的は一瞬で穴が開いてしまう。そこで、同じ場所にビームを当て続けられないよう、標的を円盤状に並べ毎分3,000回転以上で回転させた。

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

主任研究員研究室

染谷薄膜素子研究室
染谷隆夫 主任研究員

研究成果

人間の感性に迫るセンサーを 薄膜素子によるまったく新しいデバイスの可能性を探る

2015年4月から、染谷薄膜素子研究室を立ち上げました。研究室の主な研究項目である薄膜素子は、例えばラップやゴムシートのような薄くて柔らかい物質の表面に電子回路やセンサーを作る技術、およびその技術で作られた回路やセンサーそのものを指す言葉です。染谷主任研究員は、有機エレクトロニクスを中心とする薄膜素子の研究を通じて製造技術を確認し、これまでにさまざまな成果を挙げてきました。

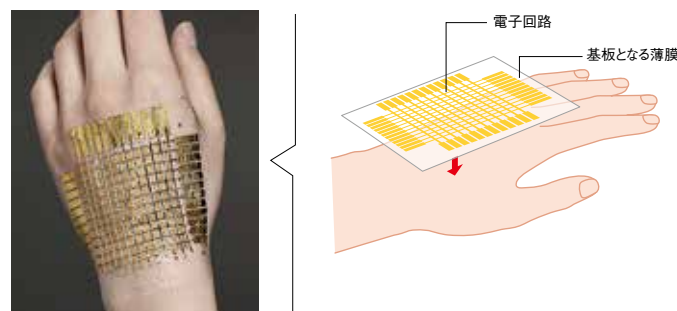
一般的な電子回路やセンサーはプラスチックなどの硬い基板上に作られるため、落下などの強い衝撃で割れやすく、曲面にぴったり合わせて作ることが困難です。それに対し、柔らかい素材や伸縮する素材で作られる薄膜素子は、自由に曲げたり伸ばしたりできるので、衝撃で割れることはありませんし、人体のように複雑な曲面で構成されたものの表面を電子回路で覆うこともできます。柔らかい素材は人間との親和性が高いので、身につけるウェアラブルデバイスにも適しています(図)。

染谷主任研究員は、もともと半導体工学を専門とする研究者でした。半導体工学では、シリコンを微細化することで、計算を高速化したり容量を増やしたりする研究が主流でした。しかし、機械の性能ばかりが向上することにミスマッチを感じた

染谷主任研究員は、生体と親和性の高いエレクトロニクスの実現を目指して、半導体の微細化という新機軸を模索し、薄膜素子にたどり着きました。薄膜素子を使えば、人間と機械との距離をもっと近づけることができるのではないかと考えたのです。例えば、ロボットの手に薄膜素子でセンサーを作り、人が握手したときに体温の変化や発汗の状態、心拍数、握力などを検知することができれば、握手という人間的な動作一つで、その人間の感覚・感情を読み取れるようになるかもしれません。言い方を変えれば、これまでは機械の性能向上が目的だった半導体工学が、薄膜素子の誕生によって人間の気持ちなど内面に迫ることができるようになるのです。

理化学研究所に研究室を開いたことで、他分野の研究者とのコミュニケーションが生まれ、ネットワークが広がり、薄膜素子の新しい可能性が見えてきました。例えば、材料工学や生命科学、生物学の研究者と共同研究を行うことで、最適なセンサーを開発したり、そのセンサーが取得したデータを有効活用したりできます。これまで以上に、さまざまな分野で活用できる薄膜素子の研究が進むことが期待できます。

● 薄膜素子は曲面や動きのある人体の表面上にも構築できる



リファレンス
Martin Kaltenbrunner, Tsuyoshi Sekitani, Jonathan Reeder, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Takeyoshi Tokuhara, Michael Drack, Reinhard Schwödiauer, Ingrid Graz, Simona Bauer-Gogonea, Siegfried Bauer, and Takao Someya.
An ultra-lightweight design for imperceptible plastic electronics, *Nature*, vol. 499, pp. 458-463, doi:10.1038/nature12314.

“柔らかい薄膜素子の方で
人と機械の距離を縮めたい”

染谷隆夫(そめやたかお)
主任研究員研究室
染谷薄膜素子研究室



Chief Scientist Laboratories

主任研究員制度

理研が時代の要請に基づき課題に分野横断的に取り組み続けるためには、理研全体として分野の多様性を維持し、その担い手となる中核的研究者を長期的に確保することが必要です。このため、特に優れた研究業績、高い研究指導力および科学者としての見識を有し、将来にわたって卓越した成果を出すことが期待される研究者を主任研究員として任用しています。

主任研究員は、長期的ビジョンに基づき自らの研究を推進するとともに、研究所として取り組むべき基礎的な研究課題に取り組んでいます。これまではセンター組織の外で主任研究員研究室を主宰してきましたが、近年ではセンター組織内でも主任研究員研究室を主宰したり、センターの研究グループ/チームのグループディレクター/チームリーダーとしても活躍しています。このように、研究分野やセンター等の組織をまたいで理研の総合力を発揮することで、新たな研究分野の開拓にも挑んでいます。

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

准主任研究員研究室

放射光科学総合研究センター
利用技術開拓研究部門
米倉生体機構研究室
米倉功治 准主任研究員

研究 成果

生命の謎を探る鍵となる、新たな「目」

見たことのない小さな世界を知る、X線と電子線の使い方

私たちの体の中ではたくさんの細胞が活動し、命を支えています。そんな小さな世界をより詳しく「見る」技術を米倉生体機構研究室では開発しています。

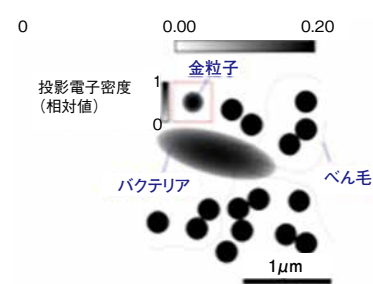
物を破壊せずに内部の様子を見ることができるX線は、多くの医療・研究の現場で使われています。米倉功治准主任研究員らの共同研究グループは新たなコヒーレントX線回折イメージング法を開発しました。コヒーレントX線は波面のそろった干渉性の高い波で、物質に照射すると散乱、干渉し、物質の背後にさまざまな模様、回折パターンを描きます。コヒーレントX線回折イメージング法はこの回折パターンから、物の構造や性質を明らかにする技術です。しかし、水素・炭素・窒素・酸素などの軽元素から構成される生体試料では、分解能が低くなってしまいう問題がありました。そこで研究チームは、細胞の周りに金粒子を散布し構造解析する手法を開発しました。金粒子はX線を強く回折するため、生体試料にあたったX線と干渉し、信号を高い分解能まで増幅できました(図1)。また、金粒子の位置を求め(パターン解析)、その情報から細胞の構造を信頼性高く捉えることが可能なことを示しました。

X線はさらに小さい「タンパク質」の構造解析にも使われて

います。タンパク質は形、すなわち原子の配置によって機能が異なるため、正確な形を知ることが重要です。しかし、タンパク質の結晶化は難しく、微小な結晶やごく薄い三次元結晶しか得られないこともしばしばあります。小さかったり、薄かったりする結晶はX線回折測定には使えません。そこで、米倉准主任研究員らはX線の代わりに電子線を使う手法を開発しました。電子線はX線の10万倍の強さで試料に散乱されるため、分子の並びさえよければ、小さな試料でも高い分解能が得られます。さらに、電荷を持った電子線を用いることで、生体分子の機能に直結したタンパク質の電荷情報も得られます。このシステムを使い、ウサギ筋小胞体Ca²⁺-ATPaseなどのごく薄い三次元結晶の構造を解析しました。Ca²⁺-ATPaseは筋収縮の際に放出されるカルシウムイオンを小胞体内に回収するポンプです。今回の解析により、膜内のカルシウム結合部位のアミノ酸やイオンの電荷状態を観察することができました(図2)。

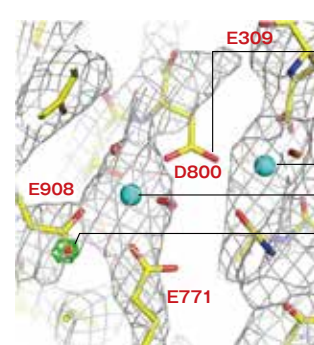
今まで「見えなかった」ものが「見える」ようになるのは大きな知見をもたらします。今回米倉准主任研究員らが開発した計測技術は生命科学だけではなく、医療、創薬、工学など、幅広い分野において新たな知見の扉を開く鍵となることでしょう。

●図1 金粒子が散布されたバクテリアのモデル



新たなコヒーレントX線回折イメージング法では、測定対象試料(バクテリア)の周囲に金粒子を散布して生体試料からの信号を増幅、金粒子の位置から信頼性の高い構造解析を行う。

●図2 電子線による構造解析の結果

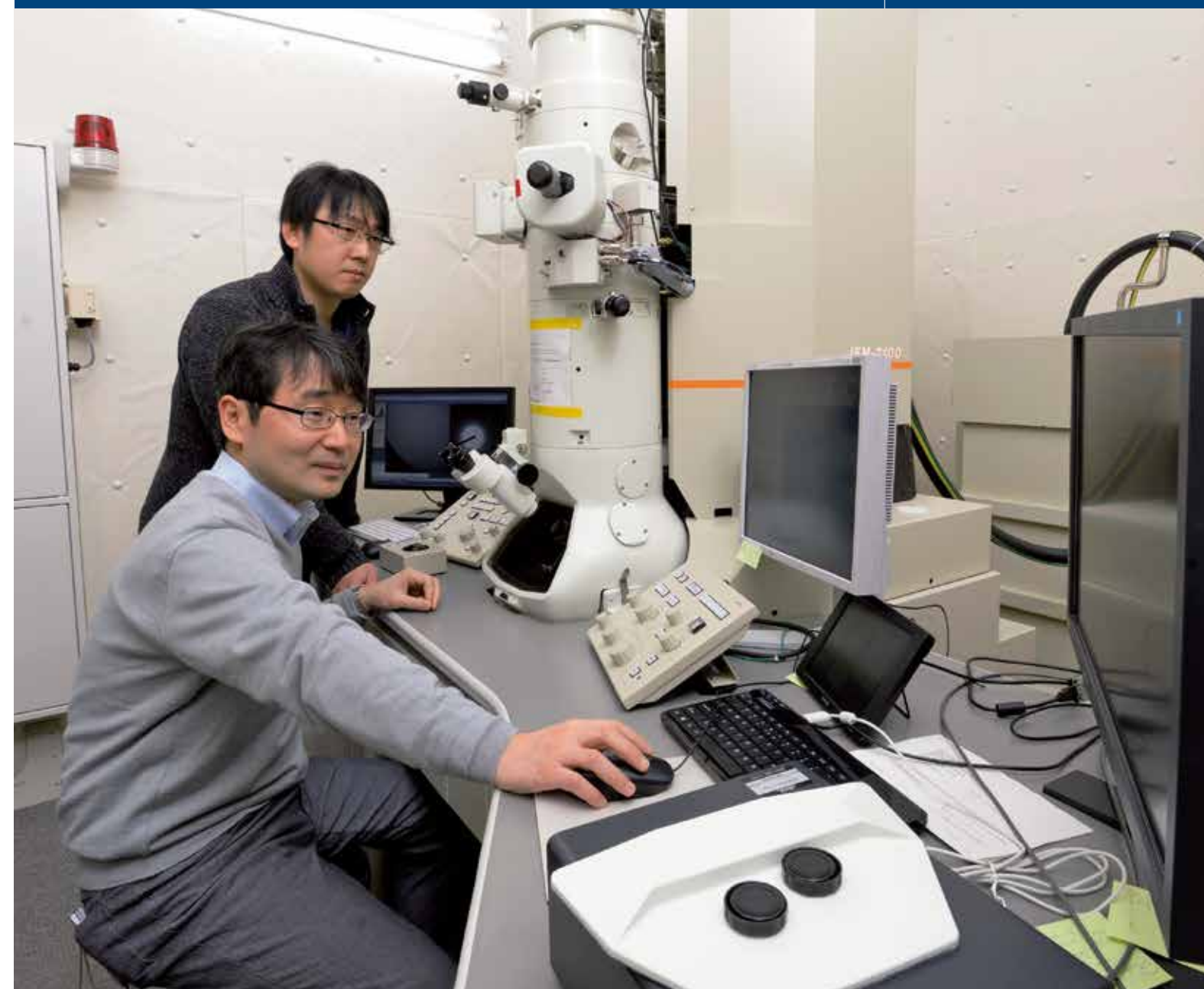


800番目のアスパラギン酸は、カルシウムイオンを結合するため負電荷を持つ。負電荷を持つ原子では電子線の散乱強度が非常に小さくなるため、側鎖の部分(網目)が欠損する。

カルシウムイオン。正電荷を持つ。

908番目のグルタミン酸は、隣の771番目のグルタミン酸と水素結合を形成し、カルシウムイオンの結合部位を安定化する。この側鎖の酸素原子は負電荷を持たず、代わりに酸素原子に相当する部分(緑の網目)が見れる。

リファレンス
Takayama Y., Maki-Yonekura S., Nakasako M., Oroguchi T. and Yonekura K.
"Signal enhancement and Patterson-search phasing for high-spatial-resolution coherent X-ray diffraction imaging of biological objects".
Sci. Rep. (2015) 5: 8074. doi:10.1038/srep08074
Yonekura K., Kato K., Ogasawara M., Tomita M. and Toyoshima C.
"Electron crystallography of ultra-thin 3D protein crystals: atomic model with charges".
Proc. Natl. Acad. Sci. USA (2015) 112: 3368-3373.

“「見えなかった」ものを「見える」ようにすることで
医療、創薬、工学などの分野で新たな扉を開きたい”米倉功治(よねくらこうじ)
(写真手前)
准主任研究員研究室
米倉生体機構研究室Associate
Chief Scientist
Laboratories
准主任研究員制度

次世代の科学技術分野の創成、国際的研究リーダーを育成することを目的として2006年度に発足した制度で、若手の自律的研究者を准主任研究員として任用し、研究室主宰者として独立して研究を推進する機会を提供しています。准主任研究員研究室はセンター組織の外もしくは内部に設置され、理研のさまざまなリソースを最大限に利用しつつ長期的視野をもって次世代の科学技術分野を構築することを目的に、萌芽的かつ独創的研究を推進しています。

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

国際主幹研究ユニット／特別研究ユニット

Ulmer国際主幹研究ユニット
Stefan Ulmer ユニットリーダー
原子物理特別研究ユニット
山崎泰規 ユニットリーダー

“高エネルギー化から超高精度化へと発想を転換し、
宇宙の謎を探り続ける”

Stefan Ulmer(ステファン・ウルマー)
(写真左から3番目)
国際主幹研究ユニット
Ulmer国際主幹研究ユニット

研究成果

精密計測が切り開く新たな宇宙観

陽子と反陽子の違いを追求し、宇宙成り立ちの謎に挑む

かつてガリレオ・ガリレイは、当時最先端の道具である望遠鏡を改良して宇宙を観測し、新たな宇宙観を人類にもたらしました。その後も人類はさまざまな道具や装置を開発し、宇宙の真の姿を捉えようとしてきました。そして今現在も、研究者はさまざまな装置を生み出し、宇宙の謎に挑んでいます。

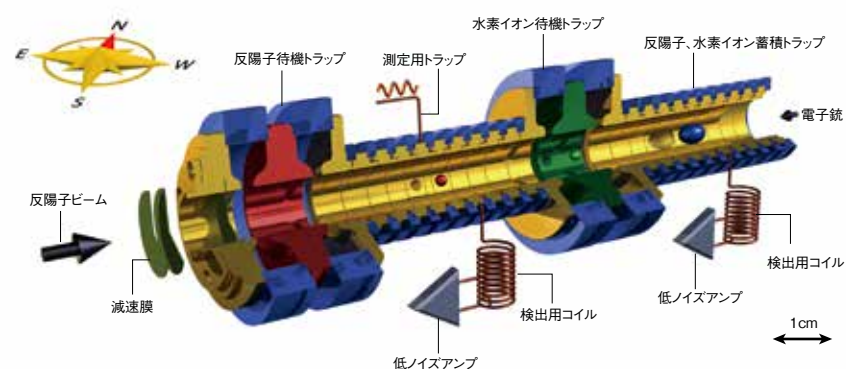
Ulmer国際主幹研究ユニットのStefan Ulmerユニットリーダーらの国際共同研究チームは超高精度の装置を開発し、宇宙の謎を解き明かそうとしています。研究チームが注目しているのは「陽子」と「反陽子」の違いです。

現在の理論では、宇宙誕生直後には同じ数の陽子と反陽子ができたと考えられています。陽子と反陽子は質量とスピンは全く同じで、電荷は大きさが同じで符号は異なり、ぶつかり合うと一対一で消滅してなくなります。ところが、今の宇宙には反陽子は見当たらず、陽子だけが残っています。なぜこのようなことになっているのか、この謎を解く鍵の一つが「CPT対称性の破れ」で、各国の研究者はこれを追いかけています。CPTとは、荷電共役変換(C)、空間反転(P)、時間反転(T)の三つの変換を同時に行うことを意味します。

従来、基礎物理学の研究には、大型加速器が利用されてきました。例えば、2013年にヒッグス粒子の存在を明らかにしたLHC加速器の円周は27kmもあります。装置の大型化は、財政的にも施設規模的にもさまざまな制限が生じます。そこで、Ulmerユニットリーダーらの共同研究チームは、磁場と電場を使って陽子や反陽子を捉えて、質量と電荷の比や磁気モーメントなどを計測する「ペニングトラップ」という手のひらサイズの超高精度装置を開発しました(図)。このペニングトラップは水素イオンと反陽子の計測時間を従来の70分の1に短縮し、データのゆらぎを大幅に減少させました。これにより、陽子と反陽子の質量電荷比が1,000億分の1の精度で一致していることを見いだしました。これは質量電荷比を用いた世界最高精度のCPT対称性テストです。地球の自転によってペニングトラップの方向が変化することを、宇宙空間が 7.20×10^{-10} 以下の精度で一様であることも明らかにしました。

共同研究チームはペニングトラップの精度をさらに上げ、物質と反物質の違いの謎を解明する研究を進める予定です。

● 測定に用いたペニングトラップの概略図



▶減速膜
5MeVの反陽子ビームを捕捉できるエネルギーまで減速する。
▶反陽子待機トラップ
測定していないとき反陽子を待機させておくトラップ。
▶測定用トラップ
反陽子、あるいは、水素イオン(H⁺)のサイクロトロン周波数を決定するためのトラップで本実験の心臓部。
▶水素イオン待機トラップ
測定していないときH⁺を待機させておくトラップ。
▶反陽子、水素イオン蓄積トラップ
反陽子と、水素イオンを多数蓄積しておくためのトラップ。
▶低ノイズアンプ
測定用トラップにある粒子の運動(振幅50nm程度)により誘導されるわずかな電流(1A程度)の増幅器。
▶検出用コイル
測定用トラップにある粒子の運動を高感度で捉えるための共鳴コイル。



Initiative Research Units
Special Research Units
研究担当組織

国際主幹研究ユニット

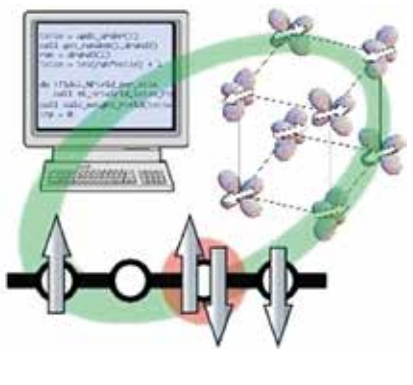
独創的な発想を持つ外国籍の若手研究者を国際主幹研究員として任用、独立して研究を推進する機会を提供する制度です(募集は2012年度で終了)。国際主幹研究員が組織する国際主幹研究ユニットでは、研究所内外との連携促進を通じて、国際的視野に立った学際的な研究分野の開拓を進めています。

特別研究ユニット

社会の要請または時機を失することなく取り組むべき研究課題など、重点的に推進する必要がある研究課題について、迅速かつ効果的に対応するため、研究室や研究グループ等とは独立して研究活動を行うために組織されます。

リファレンス
S. Ulmer, C. Smorra, A. Mooser, K. Franke, H. Nagahama, G. Schneider, T. Higuchi, S. Van Gorp, K. Blaum, Y. Matsuda, W. Quint, J. Walz & Y. Yamazaki.
"High-precision comparison of the antiproton-to-proton charge-to-mass ratio", *Nature* 524 (2015)196-199.

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開



研究推進グループ

古崎物性理論研究室
古崎 昭 主任研究員

“数理科学の手法を物理学に応用して
未知の量子現象を理論的に見つけたい”

古崎 昭 (ふるさきあきら)
研究推進グループ
古崎物性理論研究室

研究 成果

物質が示す面白い現象の指標探し

トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導体の分類を発表

マクロな物質が磁石になったり、電気を流したり流さなかったりする性質を、原子・分子や電子などミクロな観点から解明する学問が物性物理学です。その物性物理学の中でも最先端のトピックスの一つが「トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導体」です。

絶縁体とは、(その中で電子を加速するにはエネルギーが必要なために)電気を通さない物質のことで、ゴムやプラスチック、ガラスなどが挙げられます。物質は、電気を通す金属のような物質と通さない絶縁体の二種類に分類されると考えられてきましたが、2005年に中身は絶縁体であるにもかかわらず、表面だけ電気を通すという、それまでの常識を覆す物質である「トポロジカル絶縁体」の存在が明らかになりました。この新しい性質を解き明かすために、「位相幾何学(トポロジー)」という数学が応用されています。

トポロジーは、物の形を分類する学問です。例えば、コーヒーカップとドーナツは、トポロジーでは同じ形に分類されます。なぜなら、コーヒーカップを粘土細工のように、切ったり貼ったりすることなく変形させることで、ドーナツの形に変形させることができるからです(図)。この例では、物体に空いている穴の

数で形が分類されますが、そのような数を「トポロジカル数」と呼びます。これまでトポロジーは物理学にあまり用いられてきませんでした。しかし、トポロジカル絶縁体とその外側に広がる真空(普通の絶縁体)ではトポロジカル数が異なるので、その境界では質量ゼロの粒子が現れるという面白い現象が起こります。

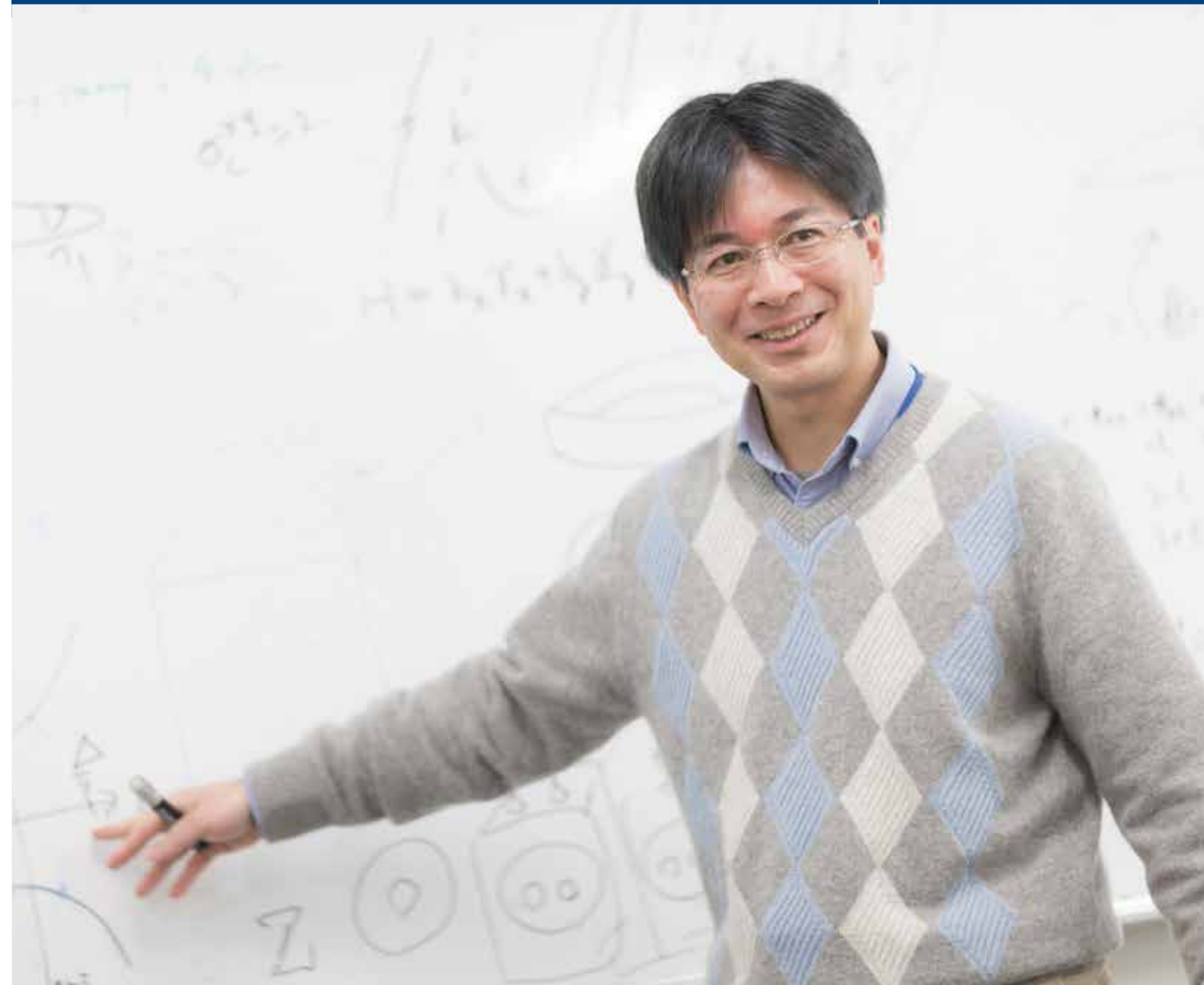
古崎物性理論研究室の古崎昭主任研究員らは、トポロジカル絶縁体およびトポロジカル超伝導体の研究に大きく貢献する分類理論を発表しました。この分類は、古崎主任研究員が以前から研究していたアンダーソン局在の理論が応用されています。アンダーソン局在とは、不純物や欠損などの乱れがあると、電子が限られた場所から移動できなくなってしまう現象です。

トポロジカル絶縁体・超伝導体の分類に別分野の理論が役立つように、異なる分野の意見交換が研究の発展に寄与することがあります。理研では、そうした“横のつながり”を発展させる取り組みとして、理論科学の連携研究を推進する理論科学連携研究推進グループ(iTHES)を発足させています。今後も複数の学術分野が協力した、新しい発見や成果が期待できます。

● トポロジーの概念



コーヒーカップを粘土細工のように変形させると、ドーナツの形にすることができる。このような場合、トポロジーではこの2つを同じ形を持つものと分類する。



Research Groups

研究担当組織

研究推進グループは、自然科学の総合研究所である理化学研究所の研究分野の多様性を活かした研究組織です。理研内外の研究者の協力により、分野横断的な研究運営を行い、複合・境界領域における先導的な研究を3~5年の期間にて実施します。未踏の研究領域の開拓、新たな研究分野の創出を図るとともに、将来の実用化につながる重要なシーズをも育成することを目的とし、当該領域において理研が中核的研究拠点となることを目指しています。

リファレンス
Morimoto, T., Furusaki, A., and Mudry, C.
"Anderson localization and the topology of classifying spaces" *Phys. Rev. B* 91, 235111 (2015)
"Breakdown of the topological classification Z for gapped phases of noninteracting fermions by quartic interactions" *Phys. Rev. B* 92, 125104 (2015)

グローバル研究クラスタ

宇宙観測実験連携研究グループ
牧島一夫 グループディレクター

研究 成果

世界と連携し、さまざまな宇宙現象を解明する

全天観測衛星MAXIによるX線観測

宇宙観測実験連携研究グループは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)との協力の下、国際宇宙ステーション(ISS)を利用し、宇宙空間での各種の観測・実験を推進しています。

ISSの日本の実験棟を「きぼう」といいます。「きぼう船内実験チーム」は、「きぼう」の与圧部を利用した、微小重力や強い放射線環境での各種の生物科学実験、そのための顕微鏡開発などを進めています。EUSOチームはロシアなど12か国と協力し、最高エネルギー宇宙線の観測装置K-EUSOをISSのロシア実験棟に搭載する計画を進めており、2017年にはその前駆装置mini-EUSOが、ロシアモジュール「ズヴェズダ」に搭載される予定です。MAXIチームは、2009年にJAXA、東工大、青学大、日本大、大阪大、京都市大、中央大、宮崎大などと協力し、「きぼう」の暴露部に全天X線監視装置「MAXI(Monitor of All-sky X-ray Image)」を設置し、観測を続けています。

MAXIは、ISSが地球を1周する約90分の間に全天をスキャンすることができます。MAXIには理研が開発したガススリットカメラ(GSC)が搭載されています。12台のGSCはいずれもガス比例計数管とよばれる放射線検出器で、通常のものとは信号の増幅と読み出しに細い金属の芯線を使いますが、MAXIのGSCは電気抵抗の大きい炭素繊維を使うことで、X線が芯線の長手方向のどこで吸収されたか測定でき、それによりX線源の位置を知ることができます。

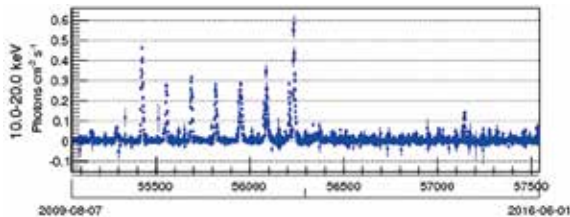
広く全天を観測できるという特徴を生かしてMAXIが捉えた現象のうち、重要なものは世界各地の望遠鏡や観測衛星に瞬時に伝えられ、詳細に追観測されます。またMAXIは既知のX線天体およそ350個をリスト化しており、全天スキャンで測定したそれぞれの強度は、1日ごとに全世界に配信され(図1)、さまざまな研究機関で活用されています。

MAXIでは年に数例、カタログにない新天体や、これまで知られていなかった現象が観測されています。2011年11月11日に観測された現象(図2:MAXI J0158-744)は、新星(白色わい星の表面での爆発的核融合)の爆発直後の「火の玉」をX線で初めて観測した事例で、その理解には2年間かかりました。

今後、求められる観測の一つに、重力波の発生場所の特定があります。重力波の発生時にX線も同時に発生していれば、それを検出することで、重力波の発生位置を高い精度で決定できるからです。ただ、MAXIが瞬間に観測できるのは全天の約2%に過ぎず、この現象を見逃す恐れがあります。そのため、MAXIの観測視野を10倍に拡大したWF(Wide-Field)-MAXIの概念設計も進めています。

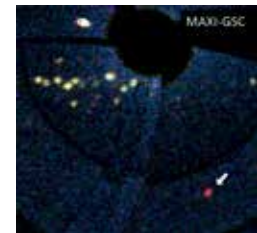
日本における宇宙線研究のパイオニアは理研の仁科芳雄博士(1890~1951年)で、それ以降、理研には宇宙の研究が脈々と受け継がれています。

● 図1 GX 304-1と呼ばれるX線バルサーの観測データ
(MAXIデータ公開ページ <http://maxi.riken.jp/> を参照)



MAXIの観測データは公開され、世界中の研究機関が研究に利用している。これはGX 304-1と呼ばれるX線バルサー(強磁場の中性子星)の観測結果で、横軸は2008年8月から現在までの時間、縦軸はX線の強度。このバルサーは大質量の主星と周期132日の連星をなし、主星が活動的な時期には、長円軌道を回るバルサーが主星に近づいたガスが降着してX線が急増する。主星の活動が弱まると、132日ごとのX線放射が見られなくなる。

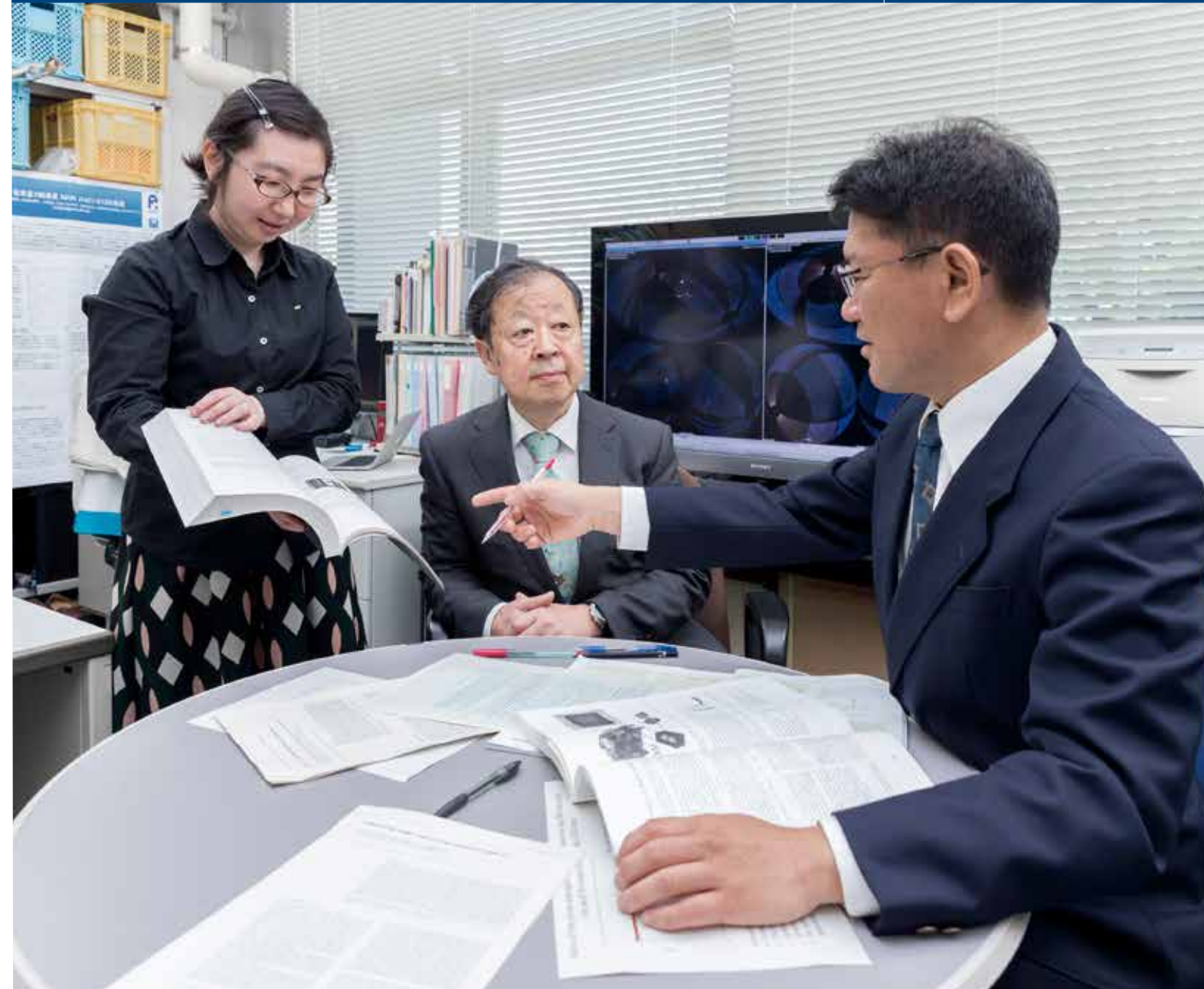
● 図2 MAXI J0158-744の爆発の瞬間を捉えたMAXIによる撮像画像



左上の方の明るいX線天体の大部分は銀河系中心方向に密集する中性子星連星。それに対しMAXI J0158-744は、銀河系中心方向から離れた小マゼラン星雲の領域で発生した(矢印)。明るさは既知の最も明るいX線天体に匹敵する。画像の色はX線光子の「エネルギー」を表す(赤:2~4 keV、緑:4~10keV、青:10~20keV)。MAXI J0158-744は赤く、主に軟X線を放射していることが分かる。MAXIはこの92分後にもMAXI J0158-744の領域をスキャンしたが、その時にはすでに暗くなり、MAXIの検出感度限界以下だった。

“脈々と受け継がれる理研の宇宙研究をさらに推進し、
宇宙の謎を解明し続けたい”

牧島一夫(まさしまかずお)
(写真中央)
三原建弘(みはらたてひろ)
(写真右)
宇宙観測実験連携研究グループ



Global
Research Cluster

研究担当組織

グローバル化に対応して国と地域を越えた連携研究を強く推進し、理研の総合力を発揮することがグローバル研究クラスタの使命です。地球規模課題の解決やグローバルなパートナーシップの確立と連携協力の拡大など、長期的な視点での世界貢献を目指します。



クラスタ長 玉尾皓平 (D.Eng.)

創発物性科学研究センター

量子情報エレクトロニクス部門
量子機能システム研究グループ
樽茶清悟 グループディレクター
量子効果デバイス研究チーム
Russell Stewart Deacon 研究員

研究 成果

次世代電子機器の開発につながるか

量子コンピュータや量子通信の基盤技術実現へ近づく

量子力学は原子や電子といったとても小さな粒子を扱う学問です。量子の世界では、普段私たちが生活している世界では考えられないようなことが起こります。その一つが「量子もつれ」です。

「量子もつれ」とは複数の粒子が量子力学的に説明できる特殊な相関によって結合している状態を指します。もつれた状態にある量子をばらばらにし、片方を測定すると、もう片方の測定していない量子にも影響がでる「量子テレポーテーション」という不思議な現象が起こります。例えば、電子を自由にもつれさせたり、もつれた電子をバラバラにしたりするデバイスができれば、量子テレポーテーションを利用したコンピュータや通信方法ができます。しかし、固体中の電子は自由に動き回る乱れた環境にあり、特定の電子だけをもつれさせたり、もつれた電子だけを取り出すことは困難でした。

量子機能システム研究グループの樽茶清悟グループディレクター、量子効果デバイス研究チームのRussell Stewart Deacon研究員らの共同研究グループは、超伝導体に注目し、もつれた電子を制御する新たな手法を開発しました。

超伝導体は特定の温度より冷たくすると、電気抵抗がゼロ

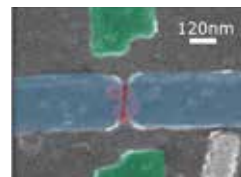
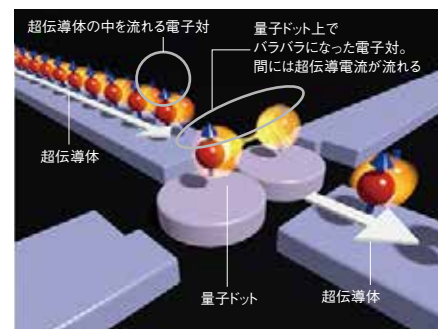
になるという性質を持ちます。このとき超伝導体の中では二つの電子がペアになり、電子全体が波のように規則正しい動きをします。そして、電子のペアは「もつれた」状態にあります。

研究チームはこのきれいに並んだ超伝導体の電子に対し、電子が一つだけ入る小さな量子ドットという入り口を二つ用意しました。ここを通過するために、電子のペアは分離し、一つずつ量子ドットに入ります。

分離する過程で、二つの電子間には超伝導電流が流れます。これは「トンネル効果」によるもので、二つの電子がもつれ状態を維持していることの証明になります。研究チームはこの超伝導電流の計測に成功し、量子ドットにつなげた電極の制御により、この超伝導電流のオン/オフ制御にも成功しました。

かつて、電流を自由に制御する半導体は、コンピュータや電子機器の発展を生み出し、今の電子社会を作り上げました。同様に、「量子もつれ」現象を再現できる小さなデバイスは、新たな電子社会を生み出す可能性を秘めています。この技術により量子コンピュータや量子通信といった未来のデバイス開発への第一歩が踏み出されたといえるでしょう。

● 開発したナノデバイスの概念図



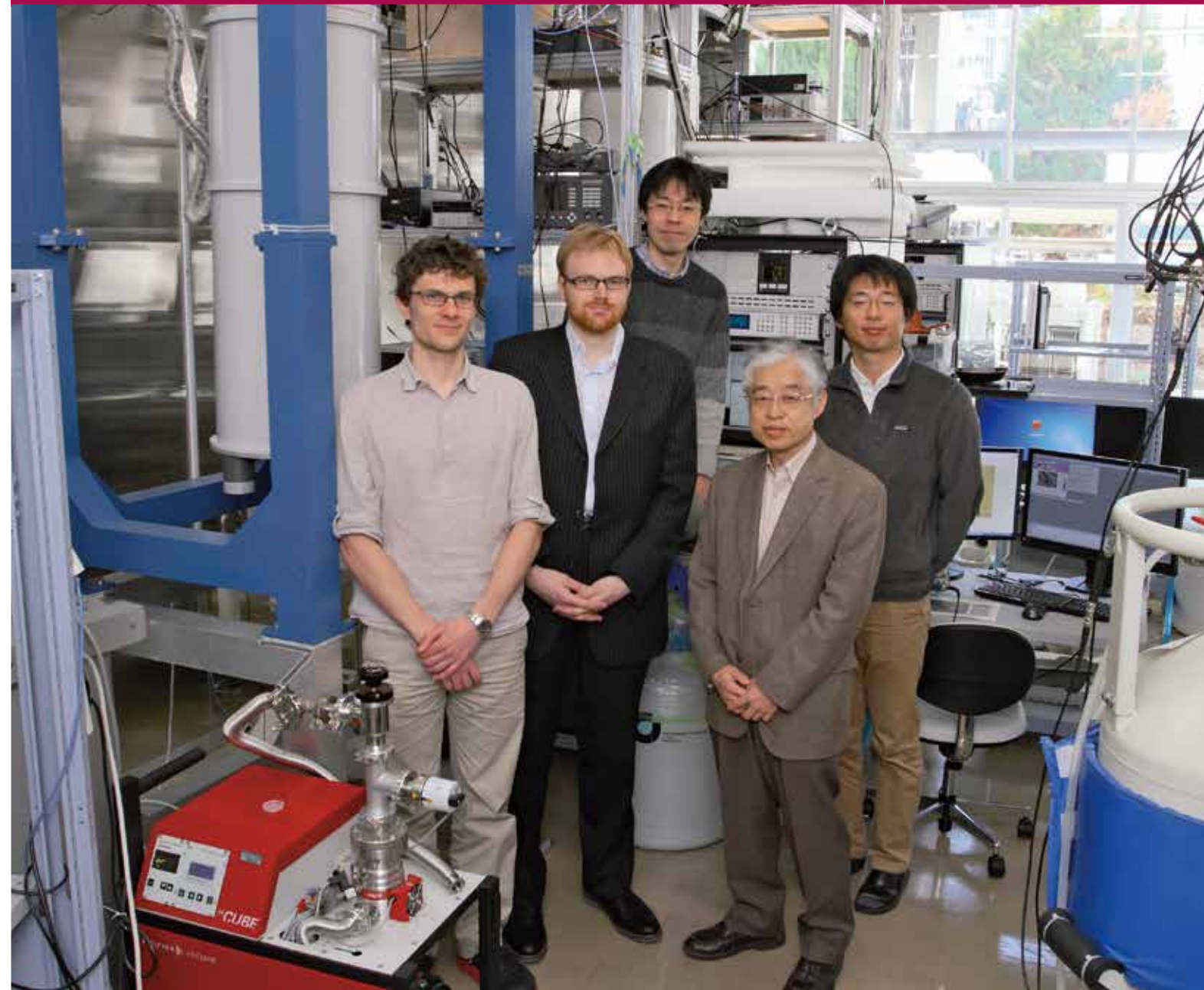
2つの量子ドットはガリウムヒ素 (GaAs) 基板上に載った、インジウムヒ素 (InAs) の微小島 (赤色) で、その両端にはアルミニウムの超伝導電極 (青色) がある。上と下の2つのゲート電極 (緑色) により2つの量子ドットの単一電子トンネルを独立にオン/オフすることができる。

リファレンス
Russell Stewart Deacon, Akira Oiwa, Juergen Sailer, Shoji Baba, Yasushi Kanai, Kenji Shibata, Kazuhiko Hirakawa and Seigo Tarucha,
"Cooper pair splitting in parallel quantum dot Josephson junctions",
Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms8446

“量子コンピュータなどの 「未来のデバイス」の実現に貢献したい”

樽茶清悟 (たるちゃせいご)
(写真右手前)
創発物性科学研究センター
量子情報エレクトロニクス部門
量子機能システム研究グループ

Russell Stewart Deacon
(ラッセル・スチュワート・ディーコン)
(写真左から2番目)
量子効果デバイス研究チーム



Center for
Emergent Matter Science

CEMS

研究担当組織

環境に負荷をかけずにエネルギーを効率よく作り出し、一方で、エネルギーの消費を極限にまで低減する。そのような革新的科学技術が、環境調和型持続性社会の実現のためには必須です。創発物性科学とは、膨大な数の構成要素 (電子や分子など) が協働することで、その個々の単なる集合としては予測不可能な、驚くべき物性や機能が発現する物質原理を探る新しい学問です。創発物性科学研究センターは、物理学・化学・エレクトロニクスの世界トップレベル研究者が参画・連携し、エネルギー問題の解決に基盤的に資する創発物性を実現します。

センター長 十倉好紀 (D.Eng.)



光量子工学研究領域

時空間エンジニアリング研究チーム
香取秀俊 チームリーダー／ 高本将男 専任研究員

研究 成果

「時空」をも計測する超高性能時計

宇宙年齢138億年で1秒もずれない再現性を示す光格子時計の開発

人類の科学技術の発展とともに、時計の精度も向上しています。現在、「秒」の定義に使われているセシウム原子時計では、3,000万年で1秒程度のずれとなる精度が実現されています。

時空間エンジニアリング研究チームの香取秀俊チームリーダー、同チームの高本将男専任研究員らは、 2×10^{-18} の精度で再現する「光格子時計」を開発しました。これは2台の時計で1秒のずれが生じるのに宇宙年齢を超える160億年かかることに相当します。

光速、電荷素量、プランク定数などの基礎物理定数で記述される「原子の固有振動数」で、不変な時を刻もうとするのが原子時計のコンセプトです。香取チームリーダーらはさまざまな手法で誤差要因を取り除き、原子の固有振動数を「正確」に計ることを試みました。

誤差要因の一つは「原子の動き」です。原子が動くと、ドップラー効果により振動数が変化します。そこで、レーザーの光の檻「光格子」に原子を閉じ込めて固定する方法を開発しました。原子の固有振動数はレーザー光の影響を受けるのですが、「魔法波長」という特定の波長のレーザー光ならば影響がないことも突き止めました。

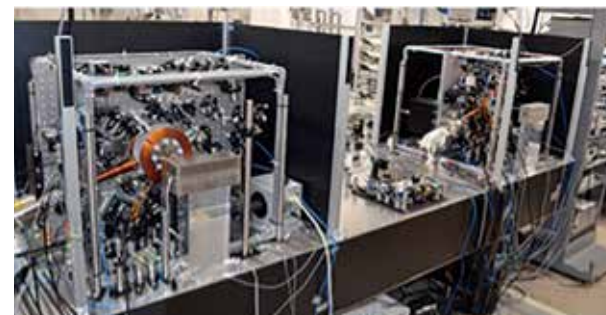
次は、原子を取り囲む壁の影響です。壁から放射されるエネ

ルギー（黒体放射）は原子の振動数に 5×10^{-15} のずれを引き起こします。そこで、低温（95K）の恒温槽の中で原子の振動数を計る光格子時計システムを開発し、黒体放射の影響を室温（296K）のときに比べて約1/100に低減しました。また、2台の時計を使って、室温（296K）と低温（95K）の恒温槽で同時に振動数を計測することにより、二つの時計の間に黒体放射による2Hzのずれが生じることを実測し、世界で初めて「時計」による黒体放射の影響の計測に成功しました。

香取チームリーダーらは時計の再現性を確かめるため、約1か月間、低温で2台の時計の振動数を比較する実験を11回繰り返して、2台の時計の周波数が、数MHz程度の極めて小さなばらつきで一致していることを突き止めました。この結果を統計処理し、2台の時計が 2×10^{-18} の精度で再現できていることを世界で初めて実証したのです。

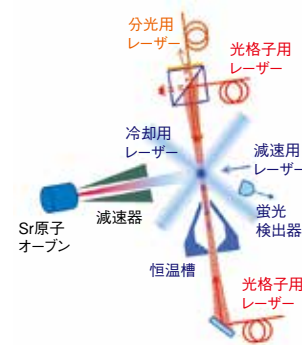
正確な時計は重力でゆがんだ時空間を探る道具になります。アインシュタインは一般相対性理論で、「重力が強いところでは時間がゆっくり進む」ことを示しました。光格子時計は、わずか1cmの高さの違いによって生じる重力ポテンシャル差の影響を受けます。小型化し持ち運びできれば、重力ポテンシャルを捉える機器として地下資源探査や地殻変動検出も可能となります。

● 開発した2台の低温動作・光格子時計



同じ高さに設置した2台の時計の比較により黒体放射などの不確かさ要因を評価した。

● 低温動作・光格子時計の概要



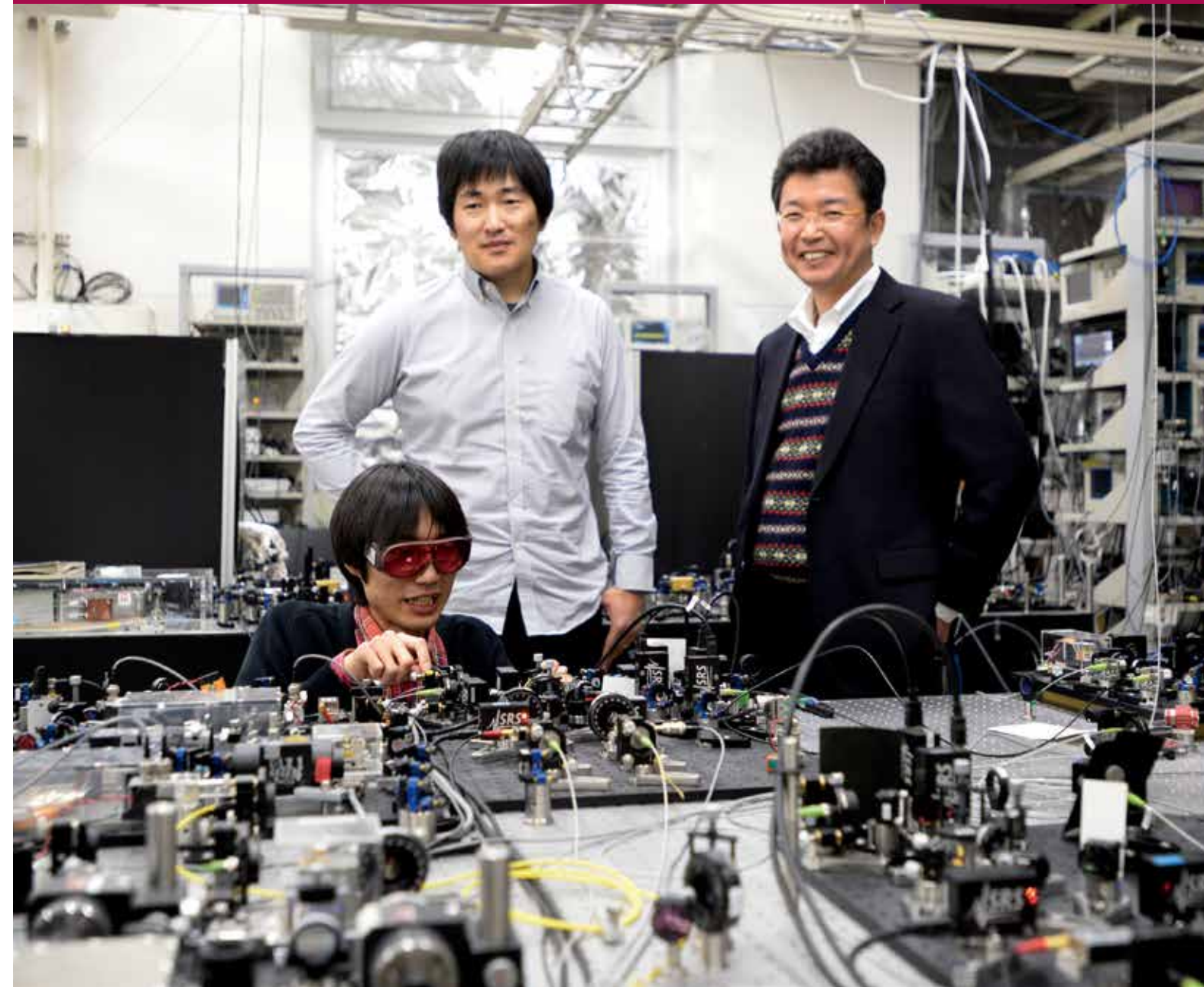
レーザー冷却されたストロンチウム (Sr) 原子を光格子内に捕獲し、低温恒温槽の中で運び、低温環境内で分光することで、黒体放射が抑制された高精度な時計を実現する。

“アインシュタインが示した
「重力が強いところでは時間がゆっくり進む」
現象を計測に使う”

香取秀俊 (かとりひでとし)
(写真右)

高本将男 (たかもとまさお)
(写真左奥)

光量子工学研究領域
時空間エンジニアリング研究チーム



RIKEN Center for
Advanced Photonics

RAP

研究担当組織

光量子工学研究領域では、光の可能性を極限まで追究し、今まで見えなかったものを見ようとしています。例えば、電子の動きを捉えるアト秒パルスレーザー、生きた細胞内の動きを観る超解像顕微鏡、蛍光タンパク質を用いた環境モニタリング、超高精度な光格子時計による相対論的な測地学……。見ることができれば、理解し、制御することにも近づきます。光の可能性は無限で、私たちが到達できているのはほんの一部です。光量子工学研究領域は、光科学の地平を広げ、新しい光技術を社会に役立てていきます。

領域長 緑川克美 (D.Eng.)



リファレンス
1. Ushijima et al., "Cryogenic optical lattice clocks," *Nat. Photon.* 9, 185 (2015).



環境資源科学研究センター

細胞機能研究チーム

杉本慶子 チームリーダー／池内桃子 基礎科学特別研究員／岩瀬 哲 研究員

研究 成果

植物のカタチを保つしくみを発見

カルス研究が導いた分化逆戻りの抑制機構

受精卵が増殖と分化を繰り返すことで多細胞生物の体がつくれ、分化した細胞がその状態を維持することで生物のカタチは保たれます。ところが多くの植物種では、切り取った器官から栄養繁殖が可能であり、中には葉から新たに幼植物をつくるベンケイソウなど、ユニークな発生をするものもあります。これまでの研究から「分化を終えた一つの細胞」からも完全な植物体を再生できることが知られており、この性質は「分化全能性」と呼ばれています。細胞機能研究チームの杉本慶子チームリーダーらは、「再生力の高い植物にも、不必要に未分化状態に逆戻りしないためのしくみはあるはず」と考えて研究を進めたところ、確かにそのような制御機構があり、Polycomb Repressive Complex 2 (PRC2) というタンパク質複合体が鍵となることを突き止めました。

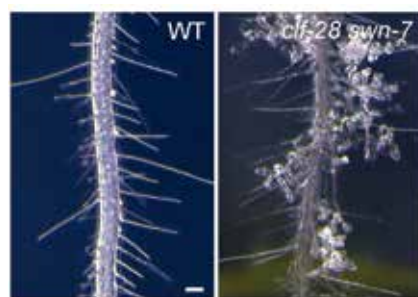
研究に使用したのは、アブラナ科のシロイヌナズナです。シロイヌナズナの葉に傷をつけると「未分化な細胞の塊(カルス)」が形成され、その中から新たな組織が再生されます。杉本チームリーダーらは、遺伝子の機能を欠損させた複数の変異体の中に、「細胞が不必要にカルス化するもの」があるかを調べ、PRC2が働かない変異体では「根の表面に生える毛(根毛)」などの細胞が時間の経過とともにカルス化し、一部は胚

(不定胚)にまで分化状態が逆戻りする「脱分化」が起こることを明らかにしました(図1)。

正常な1本の根毛は「一つの細長い細胞」であり、完成後は分裂しません。杉本チームリーダーらは、PRC2変異体でカルス化したのは、根毛が完成した後に異常な細胞の再分裂が起きたからと考え、核や細胞膜を蛍光標識するなどして、時間を追って根毛細胞の変化を観察しました。その結果、根毛細胞はいったん正常に分化した後、再び分裂していたことを突き止めました。さらに、クロマチン免疫沈降という手法を用いて、PRC2が「植物細胞の分化状態を戻す遺伝子(WIND3)」や「不定胚をつくる遺伝子(LEC2)」の働きを抑えていることも突き止めました(図2)。

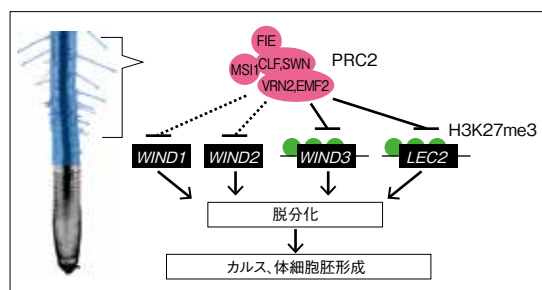
実は、マウスやヒトにもあるPRC2は、「DNAの束ねられ方」を強固にすることで遺伝子の発現を抑えることが知られていました。この研究により、植物にも似たしくみがあり、細胞がむやみに脱分化しないように調節されていることが分かったのです。一連の成果は、植物細胞の分化を解明するだけでなく、効率の良い組織培養による植物の量産により、農業や植物を用いた物質生産などにも応用可能と期待されます。

● 図1 正常なシロイヌナズナの根毛(左)と PRC2変異体の根毛(右)



変異体の根毛には、未分化な細胞の塊であるカルスが観察できる。

● 図2 PRC2による脱分化に関連する遺伝子の発現抑制経路

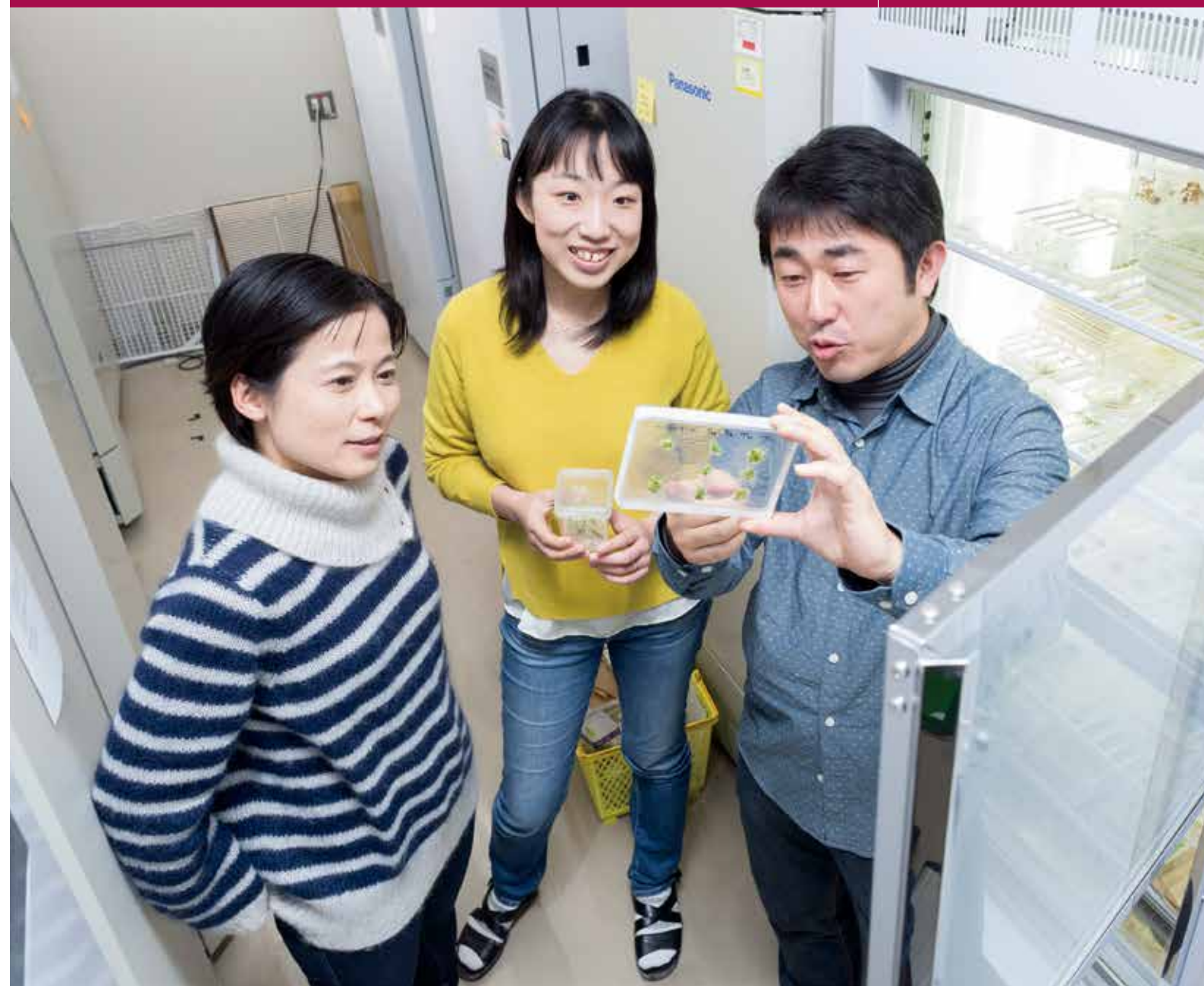


PRC2(赤)は、分化を終えた根毛細胞や根の細胞(青)においてWINDやLEC2などの発現を、直接的(実線)あるいは間接的(破線)に抑える。このしくみにより、細胞は未分化状態に戻ることなく、分化状態が保たれると考えられる。

リファレンス
 *PRC2 represses dedifferentiation of mature somatic cells in *Arabidopsis* (<http://www.nature.com/articles/nplants201589>)
 *植物の分化全能性抑制の分子メカニズムの一端を解明(http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150630_1/)
 Control of plant cell differentiation by histone modification and DNA methylation(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526615001442>)

“分化の謎を解き明かし グリーンイノベーションの未来を切り拓く”

杉本慶子(すぎもとけいこ)
(写真左)
池内桃子(いけうちももこ)
(写真中央)
岩瀬 哲(いわせあきら)
(写真右)
環境資源科学研究センター
細胞機能研究チーム



RIKEN Center for Sustainable Resource Science

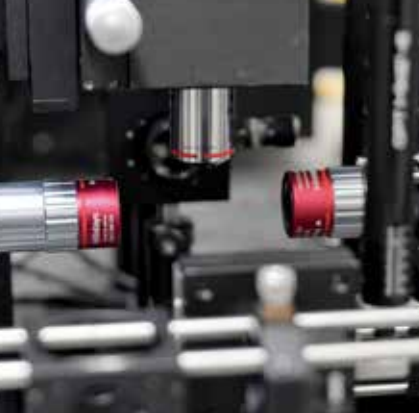
CSRS

研究担当組織

人類は今、環境、エネルギー、食料、感染症など地球規模の問題に直面しており、これら課題解決に貢献できる革新的な技術の創出が求められています。環境資源科学研究センターでは、持続的社会的構築に貢献するため、植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学による分野融合型の研究を推進しています。自然界でさまざまな天然化合物の生成を行う植物や微生物などの生物機能の多様性と、化学合成によって有用な物質をつくり出すことのできる化学的多様性を理解し利用することで、環境に負荷をかけずに、新たに循環的な資源を創出して省エネルギーで利用することを目指します。



センター長 篠崎一雄 (D.Sci.)



生命システム研究センター

先端バイオイメージング研究チーム
渡邊朋信 チームリーダー

研究成果

がん診断など、精密な医療診断の実現に期待

細胞固有の指紋で生きた細胞の情報を得ることに成功

私たちの体は数十兆個もの細胞でできています。これらの細胞が、体のさまざまな場所でのような活動をしているのを知るために、細胞内で働く遺伝子の種類や量、タンパク質の働きなどを調べています。これらの情報を得ることで、細胞の種類や分化の状況などを知ることができ、正常細胞とがん細胞の識別や、人工多能性幹細胞(iPS細胞)の仕分けなどに役立っています。

ただし、これらの情報を得るためには、細胞をすりつぶしたり、蛍光抗体などで染色したりする必要がありました。これらの処理は細胞に大きな損傷を与えてしまいます。そのため、細胞に損傷を負わせることなく、細胞の詳しい情報が得られる分析手法の登場が待たれていました。

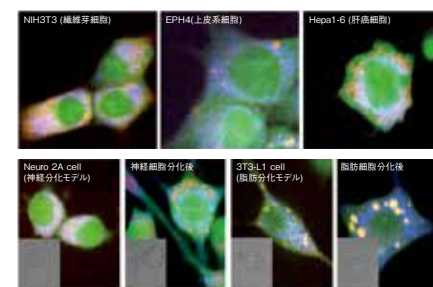
私たちは一人一人がそれぞれ異なるDNAを持っています。その人の持つDNAを解析すれば、その人について詳しく知ることができますが、解析には時間がかかります。一方で、私たちの指紋も一人一人が異なるため、指紋を調べれば、わざわざDNA解析をしなくても本人を特定することができます。実は、これと同じようなことが、細胞にもあてはまるかもしれません。

先端バイオイメージング研究チームの渡邊朋信チームリーダーらは、細胞の種類や状態を識別できる「細胞指紋」というコンセプトを提案し、細胞の表面にレーザー光線をあてたときに発生する細胞固有の光、「ラマン散乱光」を「細胞指紋」として利用し、細胞の種類や状態を細かく見分ける手法を開発しました(図1)。ラマン散乱は、物質に光を照射した際に、その物質に特有の光が散乱される現象です。ラマン散乱光は、細胞を構成する分子の振動情報を伝えてくれます。この振動情報が細胞についてたくさんのことを教えてくれます。細胞に損傷を与えることなく種類や形状を識別することを可能にしました。

渡邊チームリーダーらは細胞指紋を観察する技術を使い、線維芽細胞、肝がん細胞、神経細胞の分化前と分化後の様子など、さまざまな細胞を見分ける方法を開発してきました。今回は、その技術をさらに進め、ラマン散乱光によって筋肉細胞が分化するプロセスを可視化することに成功したのです(図2)。

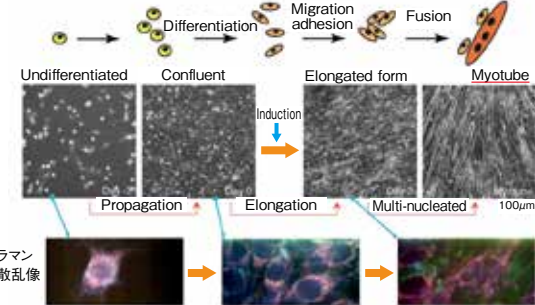
細胞指紋の観察技術は、現在、がんの診断などにも使われており、今後は再生医療での活用が期待されています。

● 図1 さまざまな細胞株のラマン散乱分光画像

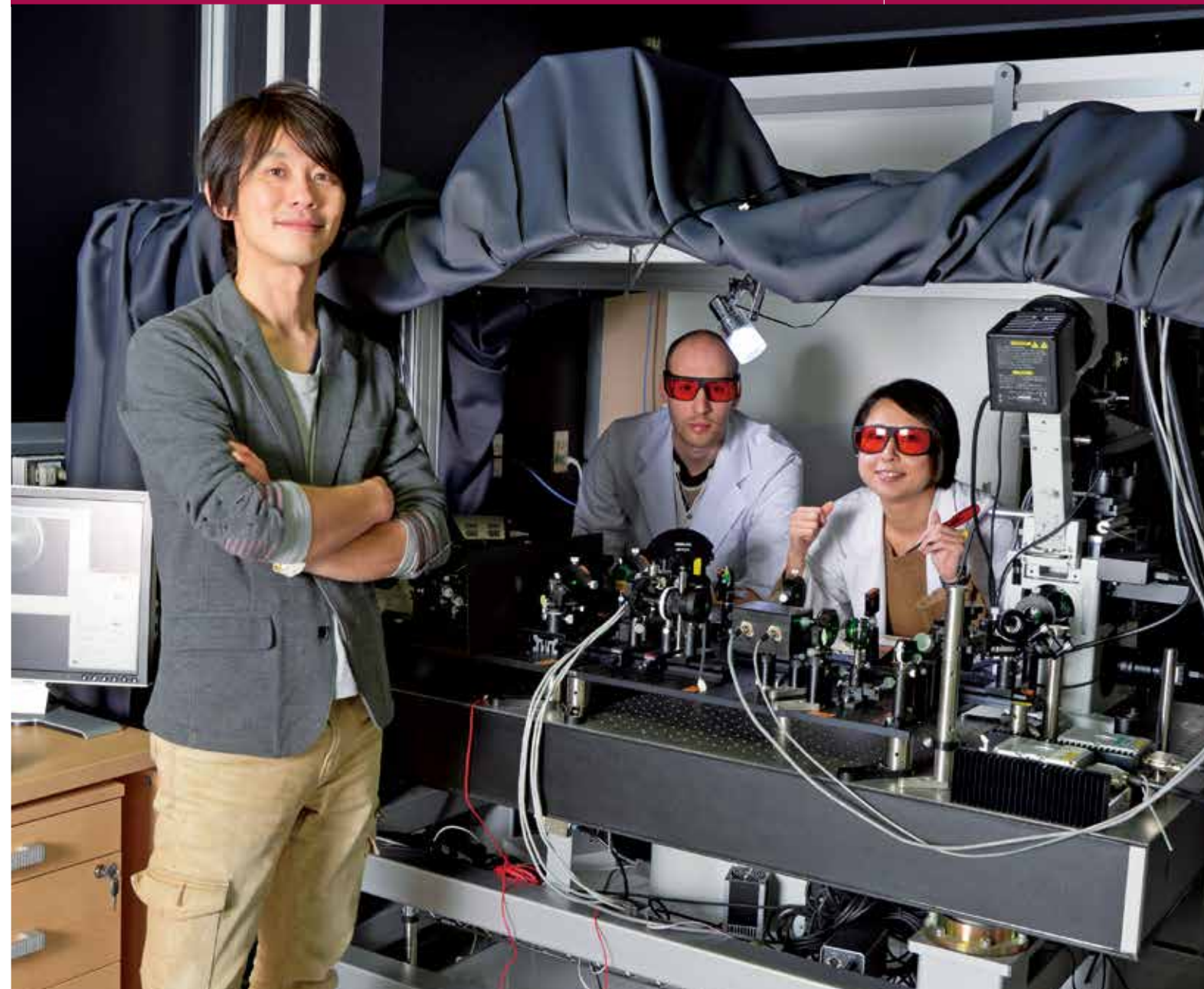


色の違いはスペクトルの違いを表している。細胞の種類、あるいは、細胞分化前後によって、細胞質や細胞核内の色が異なることが分かる。

● 図2 分化過程における細胞識別の一例(筋肉分化モデル)



C₂C₁₂細胞は、分化に伴い大きく形状を変化させる(上)。顕微鏡画像において、ピクセルごとに、ラマン散乱分光スペクトルを取得しているため、任意のスペクトルピークを用いて画像を作ることができる。下図では、シトクロムCを赤、タンパク質等に含まれるフェノール環を緑、脂質を青色で表している。色の違いが、ラマン散乱スペクトルの違いを表している。



“細胞指紋の観察技術をさらに進め、再生医療での活用につなげたい”

渡邊朋信(わたなべともひ) (写真左)
生命システム研究センター
先端バイオイメージング研究チーム

RIKEN Quantitative Biology Center



研究担当組織

ヒトの全遺伝情報が解読され、生命を形づくる分子部品のほぼすべてが分かる時代になりました。しかし、細胞の示す「生きものらしさ」(自発的な秩序の形成や柔軟な適応力など)は単に部品の働きによって生まれるのではなく、たくさんの部品が複雑に相互作用するシステムの働きによって生まれます。生命システム研究センターでは、細胞内の分子の動きを高解像度で捉え、それらの相互作用をコンピュータや試験管の中で再現し、システム全体を統合的に理解しようとしています。細胞システムの理解が進めば、細胞の状態(例えば病気)を予測したり、操作したりすることも可能になり、再生医療、病態予測、創薬など21世紀のライフイノベーションに大きく貢献することが期待されます。

センター長 柳田敏雄 (Ph.D.)



リファレンス
Ichimura T, et al., *PLoS One*, 9:e84478, 2014. doi:10.1371/journal.pone.0084478
Ichimura T, et al., *Scientific Reports* 5:11358, 2015. doi:10.1038/srep11358



多細胞システム形成研究センター

染色体分配研究チーム
北島智也 チームリーダー

研究成果

卵子の染色体数異常の原因をキャッチ

ライブイメージングで染色体分配のしくみを探る

卵母細胞は卵子の元になる細胞で、減数分裂を経て卵子になります。減数分裂は卵子や精子などの生殖細胞を形成するときに行われ、2回の分裂により染色体数が半減します。第一分裂では、まず染色体が複製されて染色体数が2倍になり、相同染色体同士が接着(対合)して、4本の染色体からなる二価染色体が形成されます。この二価染色体中の相同染色体が別々の細胞に分配され、さらに第二分裂で、第一分裂で分配された染色体が分離して、細胞に分配されます。

減数分裂では染色体が正しく分配されなければなりません。卵母細胞では、第一分裂で染色体分配の誤りが起こりやすいことが知られています。分配を誤り染色体数が異常になると、流産やダウン症などの先天性障害を引き起こします。この染色体数異常の頻度は、母体の年齢とともに増加するのですが、理由は分かっていませんでした。

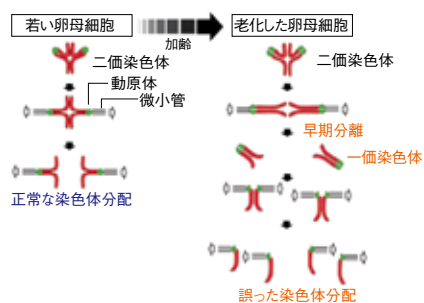
染色体分配研究チームの北島智也チームリーダーら国際共同研究チームは、生きた細胞を観察するライブイメージングという技術を使い、マウスの卵母細胞中の染色体の挙動を観察することに成功しました。細胞分裂で染色体を正しく分配するためには、分裂の際に染色体の移動を担う微小管が染色

体にある動原体に正しく接続される必要があります(図1A)。ところが、卵母細胞の第一分裂では微小管と動原体の接続は不安定で、安定化するまでに時間がかかることが分かりました。その原因として、Aurora BやAurora Cという酵素が動原体付近に残っているためであることが分かりました(図2)。

次に、生後16か月の老化マウスの卵母細胞をライブイメージングし、得られた画像から染色体の動きを追跡することで、染色体が誤って分配される過程を直接観察しました。その結果、加齢に伴う染色体数異常の主な原因は二価染色体が早い時期に一個染色体に分離してしまうためだと分かりました(図1B)。この原因は接着因子であるコヒーシンの減少だと考えられています。染色体同士はコヒーシンによってつながっていますが、コヒーシンが減少することで、染色体同士の接着が弱まり、微小管が反対方向に引っ張る力に耐えられず、すぐに離れてしまうのです。

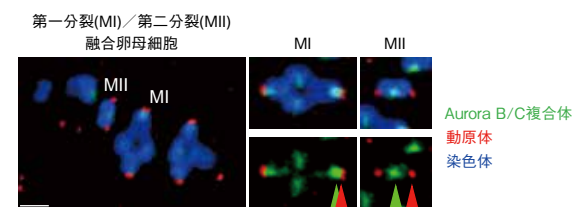
今回の研究によって、染色体分配のメカニズムの理解を進めるとともに、染色体分配の誤りの原因を特定できました。この成果は、染色体数異常を起こさないようにするための手法の開発につながる事が期待されます。

●図1 老化した卵母細胞の減数第一分裂で染色体分配の誤りが起こる過程



(左)A:若い卵母細胞では、二価染色体の構造が染色体分配の前まで維持され、正しく染色体が分配される。
(右)B:老化した卵母細胞では、二価染色体が微小管に反対方向に引っ張られると、一個染色体に早期分離してしまう。一個染色体は微小管に反対方向に引っ張られるため、染色体が誤って分配される。

●図2 減数第一分裂時と第二分裂時の染色体におけるAurora B/Cの局在を比較



第1分裂時のマウス卵母細胞と、第2分裂時のマウス卵母細胞を融合させ、Aurora B/C複合体の局在位置を観察した。第1分裂の染色体(MI)では、相同動原体が正しく引っ張られた後も、動原体(赤)の近傍にAurora B/C(緑)が観察される。これは、第二分裂の染色体(MII)では、動原体からAurora B/Cが遠く離れているのとは対照的だ。



“染色体分配のメカニズムを解明し
染色体異常を起こさないための手法を開発したい”

北島智也(きたしまともや)
多細胞システム形成研究センター
染色体分配研究チーム

RIKEN Center for
Developmental Biology

CDB

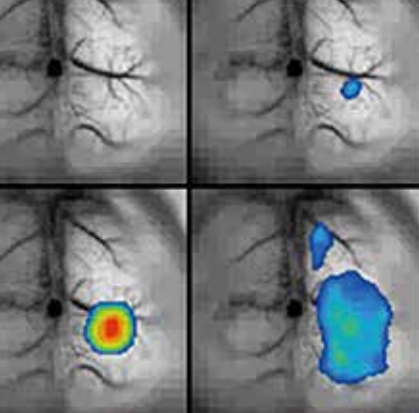
研究担当組織

私たちの体は無数の細胞から成り、それらがシステムとして協調的に機能することで、さまざまな生命現象を実現しています。多細胞システム形成研究センター(CDB)では、複雑精緻な「多細胞システム」の成り立ちを理解し、疾病の原因究明や再生医療への応用に貢献することを目指し、独創的・創造的な研究を展開しています。また、周辺の研究施設・医療機関・企業等と密接に連携し、理研CDBで得られた研究成果を速やかに臨床・産業化につなげていきます。

センター長 濱田博司 (M.D., Ph.D.)



リファレンス
Sok P. et al. "Multiple Requirements of PLK1 during Mouse Oocyte Maturation", *PLoS One* 10:e0116783 (2015)
Yoshida S. et al. "Inherent Instability of Correct Kinetochore-Microtubule Attachments during Meiosis I in Oocytes", *Dev Cell* 33:1-14(2015)
Sakakibara Y. et al. "Bivalent separation into univalents precedes age-related meiosis I errors in oocytes", *Nat Commun* 6, 7550.(2015)



脳科学総合研究センター

行動神経生理学研究チーム
村山正宜 チームリーダー

研究成果

触って感じるメカニズム

従来の説とは異なる、皮膚感覚の新しい神経回路を発見

物を触ったときに皮膚から得る情報は、脊髄や視床を経由して、まず大脳新皮質の第一体性感覚野に到達します。ここで情報が選別され、さらにより高次の第二運動野に伝わって情報処理が進みます。このように大脳皮質の低次領域から高次領域に向かう入力を「ボトムアップ入力」といいます。一方、逆向きの高次領域から低次領域への入力を「トップダウン入力」といいます。これまで、皮膚感覚は外界の情報を受ける外因性のボトムアップ入力と、注意や予測などの内因性のトップダウン入力が大脳皮質のある領域で一緒になることで知覚する（連合入力）といわれてきました（図A）。これが正しいとすると、ボトムアップ入力、またはトップダウン入力だけでは皮膚感覚を知覚できず、私たちは常に注意しながら触らなければ何も感じないことになります。しかし、実際には意識をしなくても皮膚感覚を知覚しており、この説では実体験を説明できませんでした。そこで、行動神経生理学研究チームの村山正宜チームリーダーら国際共同研究グループは、皮膚感覚を形成する神経回路とそのメカニズムの解明に取り組みました。

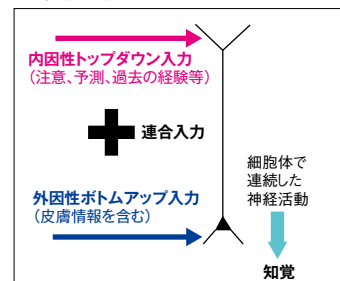
まず、マウスの脚を刺激したときに大脳皮質で起こる神経活動を膜電位イメージングで、くまなく測定しました。その結

果、連合入力による神経活動は観察されず、新たに「反響回路」を発見しました。これは、皮膚感覚の情報を外因性ボトムアップ入力に第二運動野に伝えたのち、再び第一体性感覚野に外因性トップダウン入力に自動的にフィードバックするというものです（図B）。この反響回路は、連合入力と同等の機能を担っていることも分かりました。さらに、光と遺伝子操作によって神経回路の機能を調べる「光遺伝学手法」を使い、マウスの外因性トップダウン入力を抑制しました。すると、マウスは皮膚感覚を正常に知覚できなくなりました。これにより、皮膚感覚の知覚には第二運動野から第一体性感覚野への外因性トップダウン入力が必要なが分かりました。

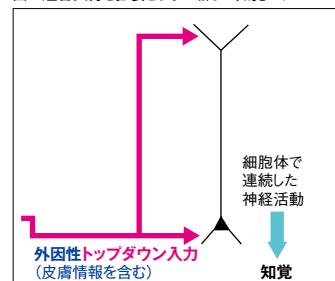
今回の実験により、皮膚感覚の知覚において、従来のモデルと異なる非常に複雑な神経回路があることを発見しました。脳は従来のモデルとこの反響回路の二つの神経回路を脳の状態によって使い分けている可能性があります。反響回路で示された外因性トップダウン入力のメカニズムを明らかにすることで、高齢化による五感の知覚能力低下の予防や改善の手がかりが得られると期待されています。

● 従来の知覚モデルと新しいモデルとの違い

図A 従来の知覚モデル



図B 連合入力が必要としない新しい知覚モデル

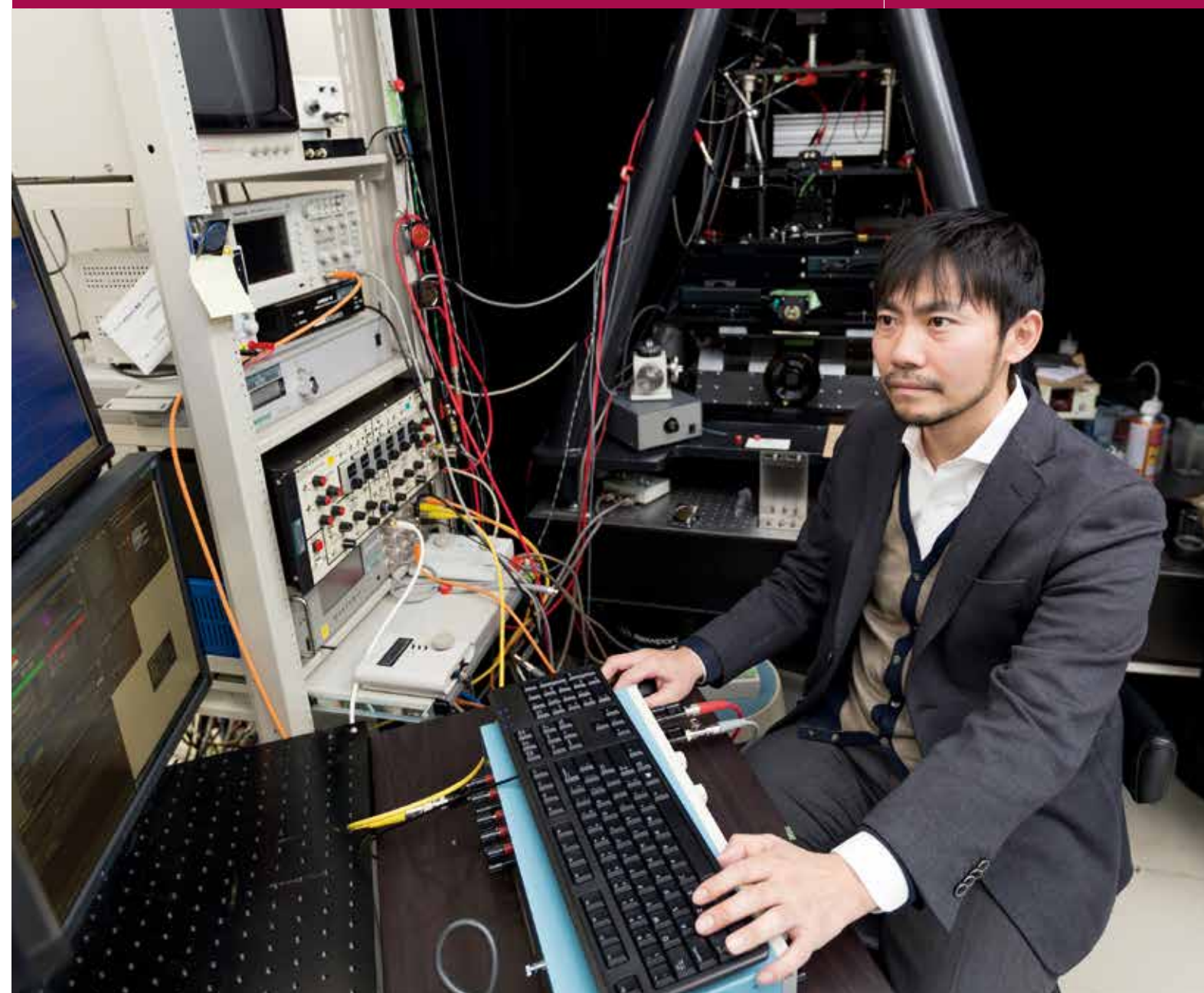


A: 従来の知覚モデル。外因性ボトムアップ入力と内因性トップダウン入力との連合入力に神経細胞の樹状突起で統合された結果、皮膚感覚の知覚が生じる。
B: 今回、新たに提唱された、連合入力が必要としないモデル。第一体性感覚野→第二運動野→第一体性感覚野の反響回路により皮膚情報を含む外因性トップダウン入力のみで、従来のモデルと同様に皮膚感覚の知覚が生じる。

リファレンス
Manita S, Suzuki T, Homma C, Matsumoto T, Odagawa M, Yamada K, Ota K, Matsubara C, Inutsuka A, Sato M, Ohkura M, Yamanaka A, Yanagawa Y, Nakai J, Hayashi Y, Larkum ME, Murayama M.: "A Top-Down Cortical Circuit for Accurate Sensory Perception". *Neuron*. 2015 Jun 3;86(5):1304-16.

“皮膚感覚に関わる脳回路の全容解明は、
高齢者の知覚能力低下の防止につながる”

村山正宜(むらやまさのり)
脳科学総合研究センター
行動神経生理学研究チーム



RIKEN Brain Science Institute

BSI

研究担当組織

1997年10月に設立された当センターは、国内外から結集した優れた研究者により総合的な研究を展開し、設立以来、世界有数の脳科学研究拠点として国際的な認知を得ています。脳内の分子構造から、神経回路、認知・記憶・学習のしくみ、健康と疾患等までを研究対象とし、工学や計算理論、心理学までも含めた多彩な学問分野を背景にして、学際的かつ融合的な研究を目指しています。近年では、分子や細胞といった微視的レベルを扱う神経生物学と、認知や計算論のような巨視的レベルとをつなぐものとして神経回路研究に焦点を置いています。また、脳研究の進展に必要な不可欠である基盤技術でも革新的手法の採用や新技術開発など広範囲にわたる神経科学の重要研究に取り組んでいます。

センター長 利根川 進 (Ph.D.)



統合生命医科学研究センター

自然免疫システム研究チーム
茂呂和世 チームリーダー

研究成果

アレルギー疾患の新しい治療法となるか

アレルギーの原因となるリンパ球を抑えるしくみを解明

免疫をつかさどるリンパ球にはT細胞やB細胞など5種類ありますが、自然免疫システム研究チームの茂呂和世チームリーダー、免疫細胞システム研究グループの小安重夫グループディレクターらの共同研究チームは、新たに6番目のリンパ球「ナチュラルヘルパー細胞(NH細胞)」を2010年に発見しました。その後、次々に類似の細胞が見つかり、今ではこれらを「2型自然リンパ球(ILC2)」と呼んでいます。

ILC2はサイトカインという炎症に関わるタンパク質を分泌し、寄生虫感染やアレルギー性疾患に対する免疫反応に重要な役割を担っています。このILC2を介したアレルギー反応は、これまで知られてきたT細胞やB細胞、IgE抗体を介した獲得免疫によるアレルギー反応と異なっているため、「自然アレルギー」として注目されています。

すでに、茂呂チームリーダーはステロイドが効かない重症の喘息では、気道で分泌されるサイトカインやタンパク質の作用によってILC2が活性化し続けていることを明らかにしています。ILC2はアレルギー疾患の重症化や慢性化に関与すると考えられますが、ILC2を抑制するメカニズムは解明されていませんでした。

そこで、ILC2の表面に発現するサイトカイン受容体を手掛かりにさまざまなサイトカインを探索し、「インターフェロン(IFN)」と「インターロイキン27(IL-27)」という二つのサイトカインがILC2の増殖や機能を抑えることを試験管内の実験で見出しました。次に、内在するIFNを作用させないようにしたマウスについて、喘息状態を起こしたときのILC2の動態を調べました。その結果、IFNがないと喘息を誘導する物質がなくなった後もILC2が残り、炎症が続いてしまうことがわかりました。続いて、喘息モデルマウスにIL-27やIFNを投与したところ、肺におけるILC2の増殖、粘液過剰分泌、白血球の一種である好酸球が増殖する好酸球浸潤など、喘息の炎症症状が抑えられ、IL-27もIFNと同様にILC2を抑制することがわかりました。

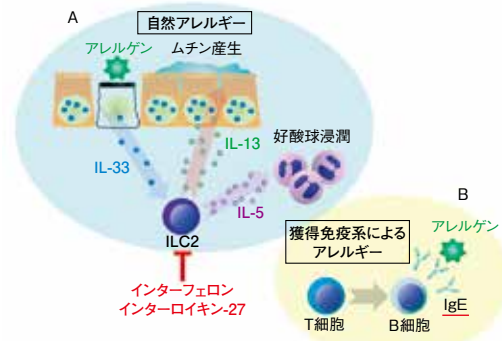
今回、このようにいままで不明だったILC2の抑制機構を解明できたことはアレルギー研究にとって大きな前進です。ILC2による自然アレルギーは、アトピー性皮膚炎や食物アレルギーなどさまざまなアレルギー性疾患に関わっていると考えられています。この成果は、このようなアレルギー性疾患の画期的な治療の開発につながると期待されています。

● インターフェロン(IFN)とインターロイキン27(IL-27)による2型自然リンパ球(ILC2)を介した自然アレルギーの抑制機構

生体には従来から知られる「獲得免疫系によるアレルギー」とは独立して、ILC2を介した「自然アレルギー」が存在する。今回の研究によって、IFNやIL-27が自然アレルギーの原因であるILC2を抑えることが明らかになった。

A.自然アレルギー
アレルギーの原因となるアレルゲンが上皮細胞を傷害すると、インターロイキン33(IL-33)がつけられる。IL-33は、ILC2を活性化させ、アレルギー症状の悪化につながるムチン産生(粘液過剰分泌)や好酸球浸潤を引き起こす。

B.獲得免疫系によるアレルギー
アレルゲンを認識したT細胞は、B細胞を活性化させ、アレルギー反応に重要な役割を果たすアレルゲン特異的IgEをつくらせる。



リファレンス

Kazuyo Moro, Hiroki Kabata, Masanobu Tanabe, Satoshi Koga, Natsuki Takeno, Miho Mochizuki, Koichi Fukunaga, Koichiro Asano, Tomoko Betsuyaku, and Shigeo Koyasu, "Interferon and IL-27 antagonize ILC2 function and type 2 innate immune responses", Nature Immunology, doi: 10.1038/nri.3309
Moro K, Yamada T, Tanabe M, Takeuchi T, Ikawa T, Kawamoto H, Furusawa J, Ohtani M, Fujii H, Koyasu S. Innate production of Th2 cytokines by adipose tissue-associated c-Kit+Sca-1+ lymphoid cells. Nature. 463: 540-4, 2010

“アレルギーの抑制機構を解明し、
アレルギー疾患に悩む患者を救いたい”

茂呂和世(もろかずよ)
(写真前列中央)
統合生命医科学研究センター
自然免疫システム研究チーム



RIKEN Center for Integrative
Medical Sciences

IMS

研究担当組織

統合生命医科学研究センターは、「新しい医学で未来の医療に貢献する」ことを目的としています。私たちの体は恒常性を維持する頑強なしくみを持ちますが、この恒常性が破綻すると、疾患の発症につながります。本センターでは、生命の恒常性を司るしくみや、恒常性の破綻によって疾患がどのように起こるのかを明らかにし、個人の多様性を産み出すゲノムの多様性を網羅的に解析して、疾患の遺伝的な要因や薬剤応答性などを追究する研究と組み合わせ、一人一人に合った疾患の予測、予防法や治療法を開発する予防医療や個別化医療の実現を進めます。

センター長 山本 雅 (B.Sc., Ph.D.)





バイオリソースセンター

遺伝工学基盤技術室
畑中勇輝 特別研究員

研究 成果

哺乳類の発生機構の一端を解明

哺乳類初期胚で新たな遺伝子発現制御のしくみを解明

生物の発生において、発現する遺伝子の種類や発現する量は調節されています。ただし、遺伝子だけでは十分ではなく、「反復配列からなるレトロトランスポゾン (RT)」の発現は厳密に調節される必要があります。RTはゲノムのあちこちに点在し、その数は多く、哺乳類の場合はゲノム全体の約40%に達するとされています。遺伝工学基盤技術室の畑中勇輝特別研究員らは、マウスを用いて「胚が子宮に着床する前に発現すると死に至るRT」について、その制御機構を明らかにしました。

細胞にはRT機能を抑制するしくみがあります。哺乳類では、DNA中に化学的な修飾 (メチル化) が施されることでDNAの凝集度が増し、RTが不必要に機能しなくなっています。ただし、子宮に着床する前の受精卵 (初期の胚) は、ゲノム全体で例外的にメチル化が抑えられています。

着床前初期胚では、メチル化以外のしくみでRTが抑えられていることが予想されますが、詳細は不明でした。畑中特別研究員らは、DNAの折りたたみ方を調節するタンパク質の一つ「CAF-1」が欠失すると、胚が着床せずに死に至ると報告されている点に着目し、研究を進めました。

まず、RNA干渉法とよばれる手法で、CAF-1遺伝子の機能を

を抑制したマウスの胚 (CAF-1KD胚) をつくり、これまでの研究でいわれていたとおり、桑実期とよばれる段階までは成長するものの、着床直前の胚盤胞期までに致死となることを観察しました (図)。桑実期のCAF-1KD胚においてRT (LINE-1、SINE-B2、IAP) を調べてみると、正常胚よりも多く発現していることがわかりました。

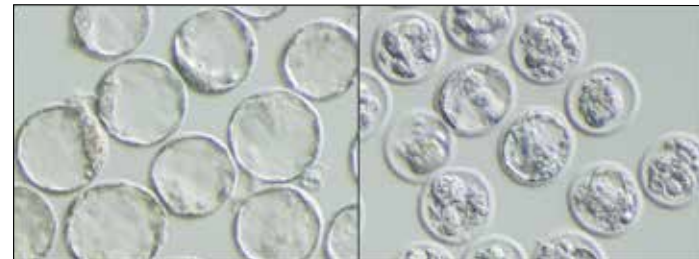
次に、RTコピーの際に必要な酵素 (逆転写酵素) を阻害すると、CAF-1KD胚の胚盤胞期の生存率が大幅に上がることから、CAF-1KD胚による致死はRTの発現増加によるものであることがわかりました。さらに、CAF-1KD胚ではDNAの凝集度を増加させる化学的修飾 (抑制性ヒストン修飾) が顕著に減少していることがわかりました。つまり、桑実期のCAF-1KD胚では、DNAメチル化でなく抑制性ヒストン修飾により、DNAの凝集度が弱まることでRTが脱抑制されていたのです。

今回の研究により、メチル化が抑えられている胚でも、特定のタンパク質によりRTを抑制するしくみがあることを明らかにしました。まだ謎が残されている哺乳類の発生機構の解明や、再生医療研究に生かせる大きな成果といえます。

●受精後4日目の正常な胚 (左) とCAF-1KD胚 (右)

通常の胚盤胞期胚

CAF-1ノックダウン胚



正常胚は胚盤胞期に進んだが、CAF-1KD胚は桑実胚期で発生が止まり、死に至った。

リファレンス
Yuki Hatanaka, Kimiko Inoue, Mami Okawa, Satoshi Kamimura, Narumi Ogonuki, Eiichi N. Kodama, Yasuyuki Ohkawa, Yu-ichi Tsukada, Atsuo Ogura, "Histone chaperone CAF-1 mediates repressive histone modifications to protect preimplantation mouse embryos from endogenous retrotransposons", *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, doi: 10.1073/pnas.1512775112

“遺伝子の機能を詳細に調べ
哺乳類の発生機構の謎を解き、
再生医療研究を加速させたい”

畑中勇輝 (はたなかゆうき)
(写真中央)
バイオリソースセンター
遺伝工学基盤技術室



RIKEN BioResource Center

BRC

研究担当組織

生物遺伝資源 (バイオリソース) は、科学技術、イノベーションの発展に必要な不可欠な研究基盤です。当センターはわが国の貴重なバイオリソース、すなわち実験動物マウス、実験植物シロイヌナズナ、iPS細胞等のヒト・動物細胞材料、遺伝子材料、微生物材料を収集、高品質に保存・管理し、それらを情報とともに利用を希望する研究者に提供することにより研究開発の発展に貢献しています。2001年の設立以来、信頼性、継続性、先導性を事業の柱として展開し、いずれのリソースについても、国際的な拠点として活動しています。

センター長 小幡裕一 (Ph.D.)



ライフサイエンス技術基盤研究センター

構造・合成生物学部門 翻訳因子構造解析研究ユニット
伊藤拓宏 ユニットリーダー／柏木一宏 特別研究員

研究成果

タンパク質の形から病気に迫る

大脳の白質消失病の鍵を握る巨大タンパク質の結晶構造を解明

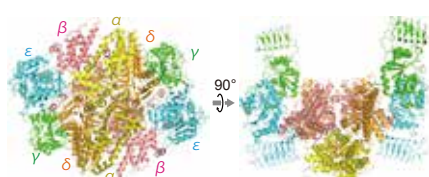
タンパク質は、さまざまな生命活動を支える分子です。多くのタンパク質は複雑な形(立体構造)をしており、立体構造の解明はタンパク質の働きを理解する上で重要なヒントとなります。ライフサイエンス技術基盤研究センターでは、NMR(核磁気共鳴装置)やX線結晶構造解析、電子顕微鏡などを用いて、健康や病気に関わるタンパク質の構造や機能の解析を進めています。

白質消失病は、幼児期に発症し慢性的に進行する神経変性疾患で、運動機能の失調を主な症状とします。大脳のMRI画像では、白質が消失したようにみえることが病名の由来になっています。軽度の頭部外傷や感染による発熱といったストレスを契機として急速に症状が悪化し、多くの場合、数年の後に死に至る難病です。白質消失病の原因は、タンパク質の合成に関わる翻訳開始因子eIF2Bの遺伝子変異と特定されています。eIF2Bは、別の翻訳開始因子であるeIF2を活性化する機能を持ち、特にストレス環境下でのタンパク質合成の制御に重要です。注目されているタンパク質でありながら、eIF2Bは10個のサブユニットから構成される巨大分子であるため、全体的な立体構造は解明されていませんでした。

翻訳因子構造解析研究ユニットの伊藤拓宏ユニットリー

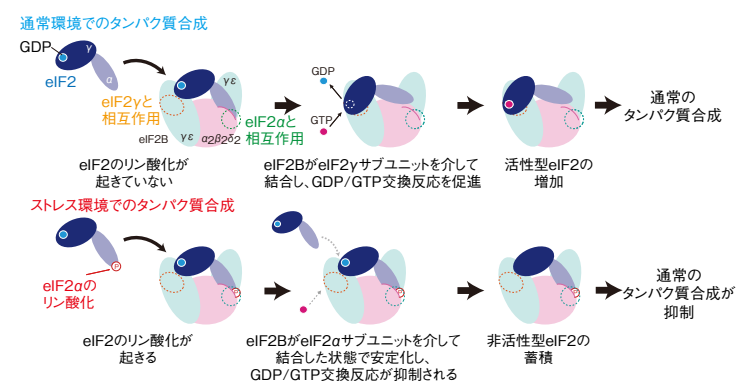
ダーと柏木一宏特別研究員、および横山構造生物学研究室の横山茂之上席研究員らの共同研究グループは、大型放射光施設「SPring-8」を用いたX線結晶構造解析により、eIF2Bの全体構造を解明しました。その結果、白質消失病の原因となる変異の大半は、eIF2の活性化に必要な領域や、サブユニットが相互作用する箇所に集中していることを突き止めました。細胞にストレスがかかると、ストレスに対処するタンパク質を合成するために通常のタンパク質合成がいったん抑制されます。変異したeIF2Bは、ストレスを受けてタンパク質合成を抑制した後、eIF2を十分に再活性化することができないため、神経細胞が正常な状態に復帰できず変性し白質消失に至ると考えられます。さらに、合成生物学の手法を応用した独自技術を活用してeIF2BとeIF2の結合領域を詳細に解析したところ、二つのタンパク質の結合状態は2通りあることが分かりました。結合状態の違いによって、eIF2BはeIF2を活性化するか、eIF2を活性化しないまま抱え込むかの違いが生じるようです。これらの成果は、白質消失病の理解や、eIF2Bを標的としたストレス応答を制御する治療法の開発へ向けて、有用な基礎的情報となると期待できます。

● eIF2Bの立体構造



X線結晶構造解析によって決定された分裂酵母eIF2Bの全体構造

● eIF2Bを介したストレス応答機構のモデル



eIF2BとeIF2との相互作用には、eIF2aサブユニットを介して結合した状態と、 γ サブユニットを介したeIF2の活性化に適した結合状態の2通りが存在する。ストレス環境下では、eIF2のリン酸化によってeIF2aサブユニットを介した結合状態が安定化され、GDP/GTP交換反応や他のeIF2分子の結合が妨げられる。その結果、活性型eIF2が減少して通常のタンパク質合成は抑制される。

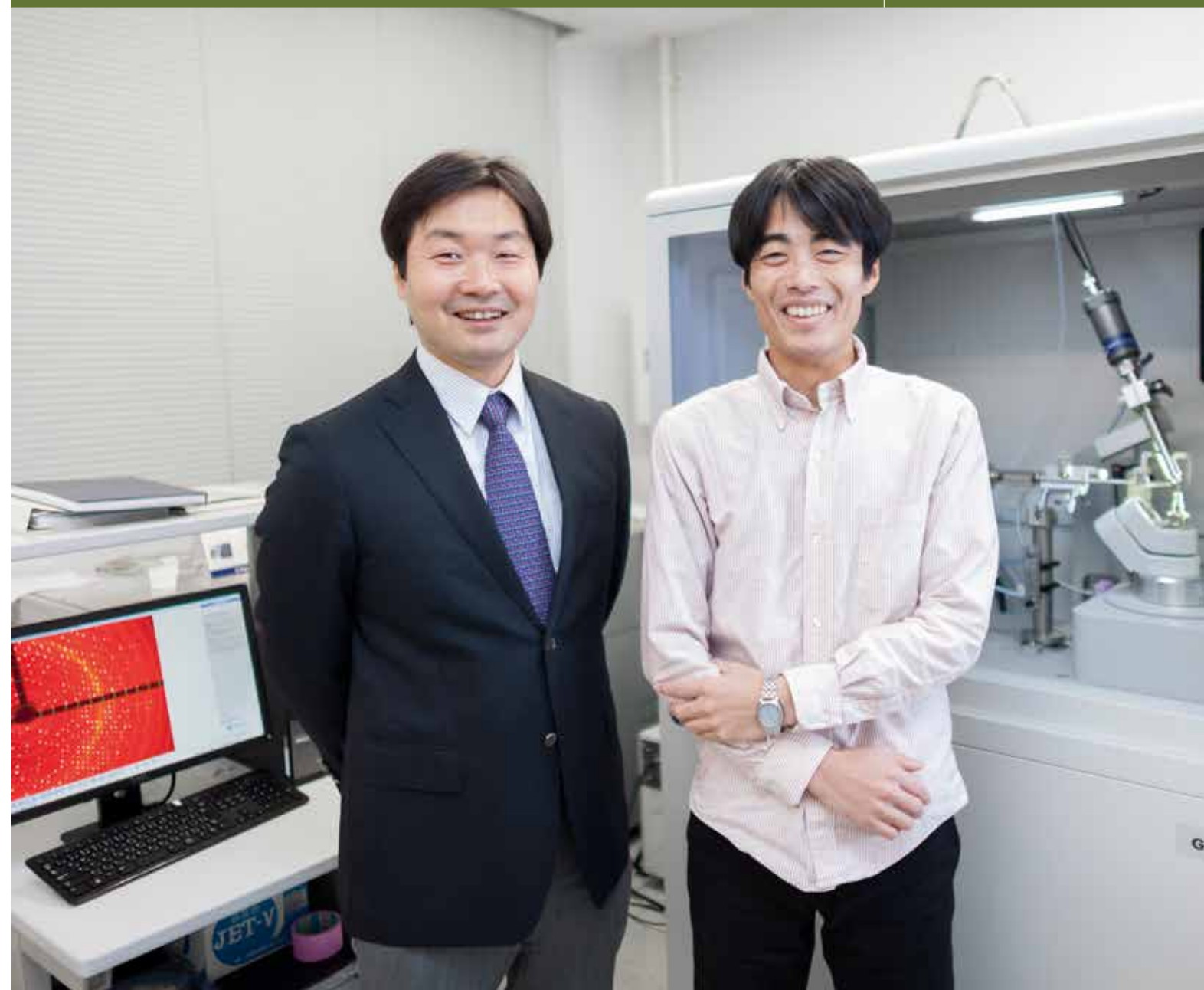
リファレンス
Kazuhiro Kashwagi, Mari Takahashi, Madoka Nishimoto, Takuya B. Hiyama, Toshiaki Higo, Takashi Umehara, Kensaku Sakamoto, Takuhiro Ito and Shigeyuki Yokoyama.
"Crystal structure of eukaryotic translation initiation factor 2B". *Nature*, doi: 10.1038/nature16991

“立体構造を解明してタンパク質を理解し、
白質消失病などの治療法を開発したい”

伊藤拓宏(いとうたくひろ)
(写真左)

柏木一宏(かしわざかずひろ)
(写真右)

ライフサイエンス技術基盤研究センター
構造・合成生物学部門
翻訳因子構造解析研究ユニット



RIKEN Center for
Life Science Technologies

CLST

研究担当組織

20世紀後半から急速に発展してきたライフサイエンスですが、わたしたちヒト自身についてはまだまだわかっていないことが多く、ヒトの健康や病気を生命科学の言葉できちんと語るにはほど遠い状況です。ライフサイエンス技術基盤研究センターは、ライフサイエンスの成果を創薬・医療につなげるために必須となる新しい技術確立し、われわれヒトを含む生きた生命活動の全体像を捉えるライフサイエンスの新たな潮流を生み出すことが目標です。この2つの目標を達成するために、構造生物学、合成生物学、トランスクリプトーム解析、バイオインフォマティクス、分子イメージングなどの要素技術をさらに先鋭化し、生命の階層構造をまたいだ知識・技術の融合を進めます。横浜、神戸、和光に研究室があります。

センター長 渡辺恭良 (M.D., Ph.D.)





計算科学研究機構

データ同化研究チーム
三好建正 チームリーダー

研究 成果

天気予報シミュレーションの精度向上へ

世界最大規模の現実大気アンサンブルデータ同化に成功

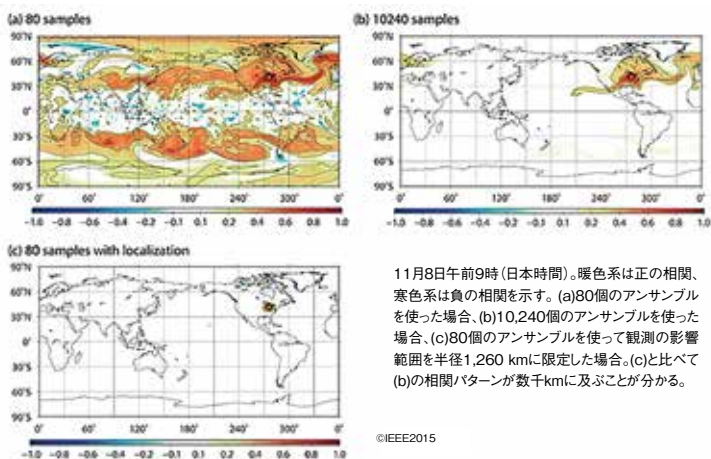
私たちの生活にとって、天気予報は必要不可欠な情報です。天候を正確に予測することは、農作物の育成や災害を未然に防ぐためにも重要です。気象庁をはじめとしたさまざまな研究機関が、天気予報の精度を向上させるための研究開発を行っています。データ同化研究チームの三好建正チームリーダーらは、スーパーコンピュータ「京」を使用したシミュレーション技術により、世界最大規模となる10,240個の「全球大気アンサンブルデータ同化」に成功しました。アンサンブルデータ同化とは、パラレルワールドをつくるように複数のシミュレーションを同時に行い、その結果を実際の観測データと突き合わせて誤差を修正することで、より正確な予測結果を得ることができる解析手法です。

三好チームリーダーらは、2014年7月にも10,240個のアンサンブルデータ同化に成功していましたが、このときには低解像度で単純化されたSPEEDYモデルを使用しました。SPEEDYモ

デルは、地球全体の大気（全球大気）を東西に96、南北に48、鉛直7の格子に区切り、格子ごとに計算を行うシミュレーションです（水平格子数は4,608個）。今回、成功したシミュレーションでは、2011年11月の実観測データと、実際の気象を精度よく計算できる正20面体型の全球大気モデルNonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM)を使用することで、より精密な計算を行いました（水平格子数は40,960個）。その結果、北アメリカ大陸の五大湖付近の観測データの影響が、はるか数千km遠方にまで及ぶことを明らかにしました（図b）。

NICAMで扱うファイル数だけでも、SPEEDYの40倍の41万個にもなるため、今回の研究では「京」の能力が必要でした。今後は、計算コストを抑えながら、効果的な観測データの影響を広げる方法の研究を進め、衛星観測データなどさまざまな観測データの効果的な活用により、天気予報シミュレーションの精度向上への貢献が期待されています。

● アンサンブルデータ同化による対流圏界面付近の水蒸気量の相関マップ



リファレンス
Takemasa Miyoshi, Keiichi Kondo, Koji Terasaki, "Big Ensemble Data Assimilation in Numerical Weather Prediction", *Computer*, doi: 10.1109/MC.2015.332

“超高精度なシミュレーションを実現し
天気予報の確率を100%に近づけたい”

三好建正（みよしたけまさ）
（写真中央）

近藤圭一（こんどうけいいち）
（写真左）

寺崎康児（てらさきこうじ）
（写真右）

計算科学研究機構
データ同化研究チーム



RIKEN Advanced Institute for
Computational Science

AICS

研究担当組織

計算科学研究機構は、コンピュータ・シミュレーションにより、科学的に未来を見通す「予測の科学」の確立を目指し、2010年7月に発足。スーパーコンピュータ「京（けい）」の運用を行い、ユーザーに対して使いやすい計算環境を提供するとともに、計算科学分野と計算機科学分野を融合・連携させた研究を行う国際的な研究拠点を形成し、先進的成果の創出や科学技術のブレークスルーを生み出します。「京」は2012年秋から共用を開始しており、研究機関・大学にとどまらず産業界からの利用、そしてSPRING-8など他の施設との連携を通じ、幅広い分野で世界トップレベルの成果創出を目指します。2014年4月からは、「京」の後継機となるポスト「京」スーパーコンピュータの開発を進めています。2020年度の運用開始に向け、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ます。

機構長 平尾公彦（D.Eng.）





放射光科学総合研究センター

ビームライン研究開発グループ
矢橋牧名 グループディレクター

研究成果

SACLAで新ビームラインの利用を開始

複数のXFELビームライン同時稼働で最先端の研究を加速する

理化学研究所と高輝度光科学研究センター (JASRI) が共同で建設した、日本初のX線自由電子レーザー (XFEL: X-ray Free Electron Laser) 施設であるSACLA (Spring-8 Angstrom Compact free electron Laser) は、新しいXFELビームライン「BL2」の共用運転を2015年4月17日に開始しました。これにより、SACLAは世界で初めて複数のXFELビームラインが同時に稼働する施設となりました。

XFELとは、一般的に使用されている物質中の電子を発振媒体としたレーザーとは異なり、高速で移動する真空中の電子 (自由電子) を媒体にしたX線領域のレーザーです。SACLAは、0.1ナノメートル以下 (1ナノメートルは100万分の1ミリ) という世界最短波長のX線レーザーを発振することができます。

SACLAは、2012年3月7日からXFELビームライン「BL3」の

共用運転を行っており、数々の目覚ましい成果を生み出してきました。一方で、現在稼働しているXFEL施設は、世界を見渡してもSACLAと米国LCLSの二つしかなく、XFELを利用できる機会は極めて限定されていました。国内外の大学、研究機関や産業界からの、XFELをもっと身近に使いたいという声を受けながら、理研は、2本目のXFELビームラインとなるBL2の整備を行ってきました。

2014年10月8日から調整運転を開始したBL2は、10月21日にはレーザー発振に成功しました。その後も精密調整を続け、2015年4月16日には1パルスあたり100 μ Jを超える高い出力を実現しました。

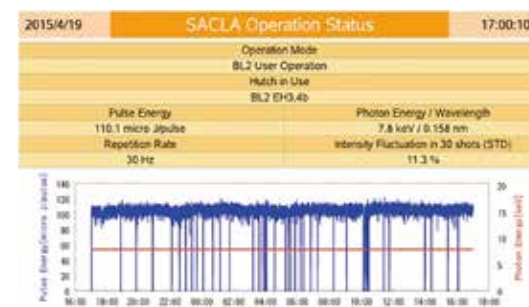
新たに稼働したBL2は、すでに稼働しているBL3とともに、学術・産業の発展に一層貢献していきます。

● SACLAに設置されたBL2とBL3のアンジュレータ



SACLAの光源棟内部の様子。右が既存XFELビームラインであるBL3、左が新しいXFELビームラインであるBL2のアンジュレータ。100mを超える長さにわたって、BL2、BL3それぞれのアンジュレータがマイクロメートルレベルで超精密調整されている。

● SACLA BL2の運転状況



利用実験中のSACLA BL2の運転状況



矢橋牧名 (やしまきな)
(写真右)
放射光科学総合研究センター
ビームライン研究開発グループ

“世界初の複数のXFELビームライン同時稼働により
学術・産業の発展に貢献する”

RIKEN Spring-8 Center

RSC

研究担当組織

大型放射光施設「Spring-8 (スプリング・エイト)」を中心に、高エネルギー光科学の拠点をつくることを目的として、2005年に設立されました。

Spring-8は、1997年の供用開始から19年が経過した今なお世界最高品質の放射光を提供し、国内外の多くの研究者に利用されています。また、国家基幹技術として整備したX線自由電子レーザー施設「SACLA (さくら)」においては2012年の供用開始から4年が経過し、先進的な成果が続々と創出されています。世界で唯一、放射光とX線自由電子レーザーの先端研究基盤施設が同じ場所にあるという利点を最大限に活かし、世界最高品質の光を生み出し、広く提供することに加え、その光を利用して新しい科学技術を切り拓くことをミッションとして活動しています。

センター長 石川哲也 (D.Eng.)



仁科加速器研究センター

櫻井RI物理研究室

櫻井博儀 主任研究員 / 西村俊二 前任研究員

研究成果

物質の根幹である原子核の謎に迫る

核分光研究の国際的なプロジェクト「EURICA」の成果

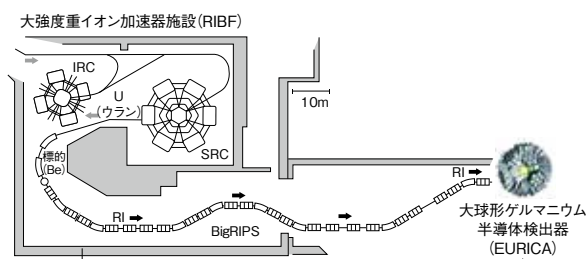
物質はすべて原子の組み合わせで成り立っています。原子の中心には陽子と中性子からなる原子核があります。私たちの周りには、金や鉄など自然に存在する安定な原子核が約300個ありますが、理論的には約1万個の原子核が存在するといわれており、そのほとんどは放射性同位体(RI)と呼ばれる不安定な原子核です。こうした原子核の構造や特性を知ることは、物理学や天文学などの研究にとって重要なことで、研究者はさまざまなアプローチや発想で、原子や原子核を知るための研究を進めています。原子核から放射されるガンマ線を観測することで、原子核の構造を調べる核分光研究プロジェクト「EURICA」もその一つです。

EURICAは、仁科加速器研究センターと国内外の大学や研究機関が共同で取り組む国際共同研究プロジェクトで、理研が有するRIビームファクトリー(RIBF)と欧州ガンマ線検出器委員会が管理する大球形ゲルマニウム半導体検出器を組み合わせて研究を行っています。ゲルマニウム半導体検出器の中央

には、理研が独自開発した世界最高精度の原子核寿命測定装置(WAS3ABi)を配置し、これまで1か月間かかった核分光実験をわずか40分ほどで完了させています(図1)。

EURICAは、すでにいくつかの成果を挙げています。2013年には、魔法数を持つ原子核に現れる特別な核異性体を発見しました。陽子や中性子がある特定の数のとき、原子核は非常に安定しますが、このときの陽子や中性子の数を「魔法数」と呼びます。陽子に対して中性子が非常に多い中性子過剰なパラジウム128に特別な核異性体を発見したことで、中性子過剰核で中性子の数82が魔法数であることを証明しました(図2)。この成果は、中性子過剰核の魔法数がどのように成立するのかといった、今後の研究に役立ちます。また、2015年には、中性子過剰核110個の寿命測定にも成功しました。これらの成果は、今後の原子核研究のみならず、天体観測における重元素合成の謎を解く重要な手がかりとなります。

● 図1 EURICAの測定原理

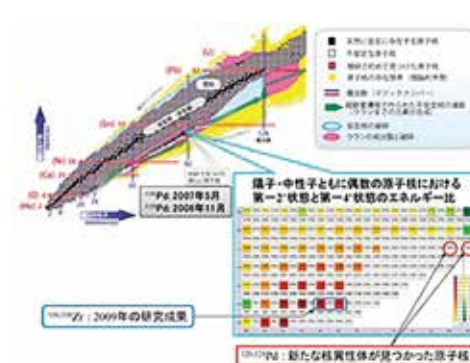


線形加速器と4基のリングサイクロトロン、超伝導RIビーム分離生成装置からなり、世界最高となる約4,000種のRIを創出できる。

7個の高純度ゲルマニウム結晶からなる集合体を球状に12台、合計84個配置。世界最高レベルのエネルギー分解能と検出効率を持つ。

RIBFが生成する不安定なRIは、崩壊に伴ってアルファ線、ベータ線、ガンマ線といった粒子を放出。ゲルマニウム半導体検出器でガンマ線を捉えることで核構造の詳細な情報を、WAS3ABiでベータ線を捉えてRIの寿命を測定することができる。

● 図2 核図表と原子核の魔法数



陽子・中性子ともに偶数の原子核における第一・第二状態と第一・第二状態のエネルギー比

2007年5月
2008年11月

2009年の研究成果

RIBFで新たな核異性体が見つかった原子核

リファレンス
「魔法数を持つ原子核に現れる特別な核異性体」を発見 http://www.riken.jp/pr/press/2013/20131009_1/digest/
中性子過剰なニッケルの⁷⁸Niに2重魔法数が存在 http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140829_1/
重元素合成の謎を解る中性子過剰核110個の寿命測定に成功 http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150512_1/

“国際的なプロジェクトを推し進め
原子核の構造はもちろん、宇宙の謎を解明したい”

櫻井博儀(さくらいひろよし)
(写真右)

西村俊二(にしむらしゅんじ)
(写真左)

仁科加速器研究センター
櫻井RI物理研究室



RIKEN Nishina Center for
Accelerator-Based Science

RNC

研究担当組織

理研には、1931年の仁科芳雄研究室の開設以来、80年余の加速器科学の伝統があります。2006年に世界初の超伝導リングサイクロトロンSRCを擁するRIビームファクトリーが稼働を開始、この世界に冠絶する性能を誇る実験施設での研究を支える体制として、偉大な先達の名を冠した理研仁科加速器研究センターが発足しました。また国外においては、米国ブルックヘブン研究所に理研BNL研究センターを、英国ラザフォード・アップルトン研究所に専用実験施設を設置し、原子核とそれを構成する素粒子の実体を究め物質創成の謎の解明に取り組んでいます。

センター長 延與秀人 (D.Sci.)





産業連携本部 イノベーション推進センター

杉山特別研究室
杉山雄一 特別招聘研究員

研究成果

仮想被験者を対象に、副作用と効き目を予測

予測性の高いバーチャルクリニカルスタディによる創薬支援

一つの新薬を創る(創薬)には、10年単位の年月と、2,000億円以上の資金が必要だといわれます。創薬の初期段階では多数の候補化合物が合成されますが、適切な体内動態・有効性・安全性を有する医薬品として市場に出るものはごくわずかです。創薬ではまず、薬のターゲットをどの病気のどの分子にするかを決め、何万、何十万という数の化合物を対象に薬の候補を選別(スクリーニング)します。その上で、効能や毒性を動物で検証しますが、この段階でふるい落とされるケースがほとんどです。次の過程である「ヒトを対象にした臨床試験」にこぎつけた候補薬物の中で92%が失敗と判定され市場に出ることができません。通常の薬では臨床試験の最終段階(第3相)まで進んでも、患者1,000人ほどの規模でしかないため、「1万人に1人」以下の確率で重篤な副作用が生じる薬は見逃されてしまう恐れがあります。実際に、高脂血症の治療薬として市販されたセリバスタチンは、世界中で何百万人にも使われるようになるや否や横紋筋融解症という重い副作用で52人の死者を出す事態に陥り、2001年に発売中止となりました(図1)。

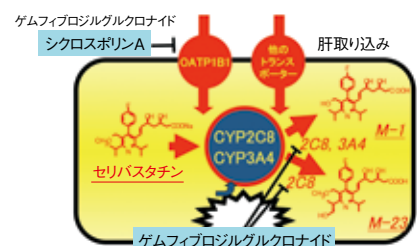
杉山特別研究室の杉山雄一特別招聘研究員は、コンピュータ上で仮想の臨床試験を行えるシステムを構築し、成功率の低さを打破しようとしています。肝臓で薬物を取り込むトランス

ポーターを介した薬と薬の相互作用の予測法を第1期で開発しました。現在は第2期、「予測性の高いバーチャルクリニカルスタディの検証、応用を目指す統合的創薬支援研究」を行っています。

一部の患者だけに重い副作用が出たり、効き目が得られなかったりするのは、遺伝情報、代謝酵素・トランスポーター機能、併用薬剤などが患者ごとに異なるためです。第2期では、個人ごとに異なる遺伝情報、体重、年齢、性別、病気の程度、肝臓や腎臓(代謝酵素)の機能といった複数のパラメータを導入して「100万通りにも及ぶ組み合わせ(仮想被験者たち)」に対し、副作用や効能を推定できるシステムを構築中です(図2)。並行して試験管内での試験、動物実験を行い、構築中のシステムが過去の臨床試験を再現できるかも検証しています。「バーチャルクリニカルスタディ」を、製薬企業が自分たちのニーズに合わせて、創薬の任意の段階で使えるようにするのが目標です。

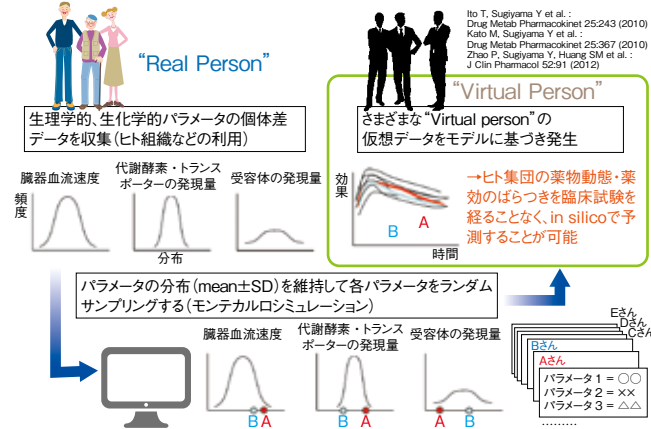
杉山特別招聘研究員は、薬が臨床試験を乗り越えて世に出る確率を現在の3倍、つまり30%前後に上げられれば画期的だと考えてプロジェクトを進めています。

● 図1 セリバスタチンによる副作用



セリバスタチンはトランスポーターによって肝臓に取り込まれた後、2種の代謝酵素(CYP3A4とCYP2C8)によって解毒される。ところが、セリバスタチン以外の薬剤を併用していた患者では、これらの酵素活性およびトランスポーター活性が阻害されて血中濃度が著しく上がり、一部で横紋筋溶解症が発症した。

● 図2 薬効の個人間のばらつきを予測するための方法論



ヒトが持つ約2万個の遺伝子は99%以上が詳しく解読され、「1つの塩基が他のものに置き換わっている部位(SNPs:一塩基多型)」が300万か所以上あることが分かっている。このSNPsの組み合わせによっては、薬の解毒、糖や脂質の代謝、血圧調節などに大きな差がみられる。

リファレンス
「挑戦者からのメッセージ リバーストランスクリプションリサーチによる創薬研究の重要性」
杉山雄一 pp.13-115 日本薬学会 フェルマニア Vol.52 No.12(2016)

“個々の患者に副作用がなく
もっとも効く薬が提供できる社会を目指す”

杉山雄一(すぎやまゆういち)
(写真上右)
年本広太(としもとこうた)
(写真上左)
吉門 崇(よしかどたかし)
(写真下)
産業連携本部
イノベーション推進センター
杉山特別研究室



RIKEN Innovation Center

RInC

研究担当組織

産業連携本部は、理研内の研究センター間の連携を促進し、組織横断的研究を推進しています。さらに、産業界・医療機関等との連携を推進し、研究成果を効率的に実用化へとつなぐ技術移転に取り組んでいます。

イノベーション推進センターは、「挑戦から達成へ」を合言葉に、産業界のニーズを重視した連携活動に取り組んでいます。イノベーション創出に向けた取り組みとして「バトンゾーン」、すなわち、「技術移転を効果的に進めるため、理研の研究者と産業界の研究者が一定の期間、同じ方向に全力で突き進む場」を設け、両者一体となった研究開発を実施することにより、理研の幅広い研究成果の社会への活用・実用に向けた企業等への橋渡しを効果的に推進しています。



センター長 藤田明博



創薬・医療技術基盤プログラム

古関明彦 プロジェクトリーダー
 統合生命科学研究センター
 免疫器官形成研究グループ
 山田大輔 研究員

研究成果

iPS由来免疫細胞で、がん治療の臨床試験を 高抗がん効果を持つNKT細胞の大量産生に成功

分子標的薬などが登場し、がん治療は大きく発展しています。例えば、患者の血液から「がん細胞を攻撃するNKT細胞」を採取し、試験管内で増やして再び体内に戻す免疫治療も開発されてきました。しかし、大量に培養できないといった課題がありました。古関明彦プロジェクトリーダー、山田大輔研究員らは、NKT細胞由来のiPS細胞をつくり出すことで、NKT細胞だけを効率よく増やすことに世界で初めて成功しました。

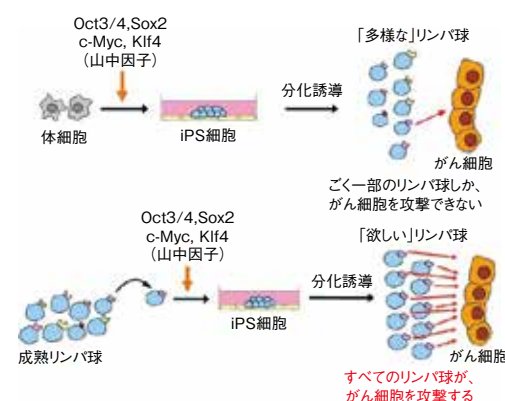
NKT細胞は、B細胞、T細胞、NK細胞に次ぐ「第4のリンパ球」として1986年に発見されました。がんやウイルスを駆逐する機能を担っています。1997年に千葉大学のチームによってNKT細胞を活性化する糖脂質が突き止められ、NKT細胞と糖脂質を用いたがんの免疫治療研究が始まりました。2005年以降は臨床試験も行われ、進行した肺がん患者17人のうち10人に免疫活性向上がみられ、生存期間が延びることが明らかになりました。ただし、患者由来のNKT細胞の培養には限界があること、活性が極端に低いままの患者もいることなど、課題も浮き彫りになりました。

2006年に、京都大学の山中伸弥教授らが開発したiPS細胞の成果がもたらされました。当時、古関プロジェクトリーダーら

はES細胞を利用していましたが、倫理的な問題から人への治療にはハードルが高いと感じていました。ES細胞の代わりにリンパ球からつくったiPS細胞を使うことにし、そこからNKT細胞に分化させる研究を始めました。当初、T細胞やB細胞などのさまざまなリンパ球ができてしまい、NKT細胞だけを大量につくるのは困難でした。検討を重ね、多様なリンパ球ができてしまうのは、iPS細胞がリンパ球に分化する過程で「異物(抗原)に反応するための受容体遺伝子」を組み換えるためであること、すでに組み換えが済んでいるNKT細胞からつくったiPS細胞を使えば問題を解決できることを突き止めました。人ががん治療にも使えるNKT細胞を大量に得る手法の開発に成功したのです(図1)。

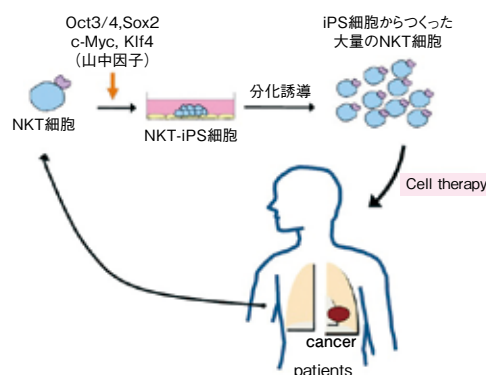
古関プロジェクトリーダーらは、こうして得られたNKT細胞がマウスのがんを強力に縮小させることを検証済みで、2016年度中に人での安全性を予測するための非臨床試験を、2018年度中に頭頸部がんの患者を対象にした「カテーテルで病変部位に注入する臨床試験(治験)」を始める予定です。将来的には、頭頸部以外のさまざまながんにも適応できると期待しています(図2)。

● 図1 成熟したリンパ球からNKT細胞だけをつくり出す技術



まず、成熟したリンパ球の中からNKT細胞を選び出し、iPS細胞をつくり出す。そのiPS細胞をリンパ球に分化誘導すると、がん治療に使えるNKT細胞だけができる。

● 図2 iPS細胞由来のNKT細胞を用いた新しいがんの免疫治療



リファレンス
 Watarai, H. et al. "Murine induced pluripotent stem cells can be derived from and differentiate into natural killer T cells".
J Clin Invest 120, 2610-2618 (2010).

“がんは治る時代をつくりたい”

古関明彦(こせきはるひこ)
 (写真右)
 創薬・医療技術基盤プログラム
 山田大輔(やまだだいすけ)
 (写真左)
 統合生命科学研究センター
 免疫器官形成研究グループ



RIKEN Program for Drug Discovery and Medical Technology Platforms

DMP

研究担当組織

創薬・医療技術基盤プログラムは、理研の各研究センターや大学等で行われるさまざまな基礎疾患研究から見いだされる創薬標的(疾患関連タンパク質)を対象に、各研究センターが設置する創薬基盤ユニットが連携して医薬品の候補となる低分子化合物、抗体等の新規物質を創成し、知的財産の取得を目指す創薬・医療技術テーマを推進するとともに、非臨床研究段階のトランスレーショナルリサーチである創薬・医療技術プロジェクトを支援しています。最終的には、これらを適切な段階で企業や医療機関に移転することを目指しています。



プログラムディレクター 後藤俊男 (D.Agr.)

情報基盤センター

計算工学応用開発ユニット
須永泰弘 センター研究員

研究成果

DNA情報を利用した個別化医療へ

約4,000万個分のSNP検出ツールのカタログ化に成功

生物の体は、デオキシリボ核酸(DNA)に記された遺伝情報をもとにつくられています。ヒトの場合、DNAには約30億個の塩基対が並び、遺伝情報が記録されています。研究が進むにつれ、DNAの塩基配列はその人(個人)ごとに少しずつ異なり、その違いが個性を生み出す要因となることが分かってきました。

塩基配列の違いの一つに一塩基だけ配列が異なる「一塩基多型(SNP)」があります。これまでの研究により、SNPは病気のかかりやすさ、医薬品の効きやすさ、副作用の強さなどに影響を及ぼすことが分かってきました。

計算工学応用開発ユニットの須永泰弘センター研究員は、理研から誕生したベンチャー企業のダナフォームなどと共同で、SNPを高精度で検出できる「PCR Eprobe Melting法(PEM法)」を開発しました。

しかし、PEM法でSNPを検出するには、プライマーとプローブと呼ばれる短い人工核酸のセットが必要です。SNPごとにこのセットの設計が必要となり、実験や計算が不可欠となるため、時間や費用がかかってしまいます。医療検査にPEM法を使

おうとしても、人工核酸を設計する間に患者の病状が悪化してしまう恐れもあるのです。

そこで、須永センター研究員らは、PEM法に最適化した設計ソフトウェア「Edesign」を使い、各SNPの検出に必要なプライマーとプローブの最適な組み合わせを計算しました。人のDNA上には約6,000万か所のSNPがあるため、すべてのSNPに対応したプライマーとプローブのセットを計算するには、一般的なパソコンで8年程度かかってしまいます。

須永センター研究員らは大規模PCクラスタを用い、プライマーとプローブのセットを1,400個同時に計算しました。さらに、データ転送などの処理を最適化することで、高速計算を可能とした結果、約4,000万個のプライマーとプローブのセットを6日ほどでカタログ化することができました(図)。これにより、PEM法の利便性が大幅に向上し、SNPに基づく個別化医療の実現に大きな前進をもたらすと期待できます。

現在、より精密な計算による高精度のプライマーとプローブのセットを設計し、公開する準備を進めています。

● 公開したデータのイメージ

DNAFORM SNP Assay Catalogue

pem_rs671 details

pem_rs671 (A)										
type	start	len	tm	tm(VAR)	gc%	any	3'	hairpin	rep	seq (5'->3')
Primer(Forward)	221	17	58.03	58.03	64.71	3.60	0.00	14.36	10.20	GGAGCCAGTCACCCTT
Primer(Reverse)	328	19	58.07	58.07	52.63	3.60	1.00	19.18	11.80	AGGTOCCACACTCACAGTT
Eprobe(Reverse)	305	15	52.50	49.50	40.00	3.00	2.00	4.93	9.20	CTTTAGZGTATGCCT
product size: 108										
PRIMER pair compl any: 3.90, 3': 0.00										
PRIMER-Eprobe pair compl any: 8.40, 3': 1.20										
Primer(Forward)	221	18	58.83	58.83	61.11	3.60	0.00	14.36	10.20	GGAGCCAGTCACCCTTT
Primer(Reverse)	330	18	59.17	59.17	61.11	3.60	0.00	19.18	11.80	GCAGGTCCACACTCACA
Eprobe(Forward)	291	14	54.13	50.14	42.88	5.00	4.80	20.59	10.20	AGGCAZACACTGAA
product size: 110										
PRIMER pair compl any: 3.60, 3': 0.80										
PRIMER-Eprobe pair compl any: 9.00, 3': 3.20										

カタログ化した約4,000万個のプライマーとプローブのセットは、ダナフォームのウェブサイトにて無償で一般公開している。

リファレンス

Y. Kimura et al. "Edesign: Primer and Enhanced Internal Probe Design Tool for Quantitative PCR Experiments and Genotyping Assays" *PLoS One*, 11(3), 2016
2014年9月22日プレスリリース「ヒトの大部分の一塩基多型(SNP)を検出するツールをカタログ化」

“高精度のプライマーとプローブのセットを設計し、
その患者に合った医療の実現を目指す”

須永泰弘(すながやすひろ)
情報基盤センター
計算工学応用開発ユニット



Advanced Center for
Computing and Communication

ACCC

研究担当組織

情報基盤センターはスーパーコンピュータを含む情報基盤の整備、運用を行うだけでなく、2013年度から研究ユニットを新設し、計算科学やライフサイエンスに関わる研究を行っています。

センター長 姫野龍太郎 (D.Eng.)



HPCI 計算生命科学推進プログラム

柳田敏雄 プログラムディレクター

研究成果

生命科学の新たな時代を切り拓いた計算生命科学

新たな道具で複雑な生命システムを理解する

コンピュータはここ数十年間で急速に発展し、人々の生活を大きく変えてきました。生命科学の研究でもスーパーコンピュータの活用が進んでいます。

文部科学省は、スーパーコンピュータ「京」を活用したHPCI戦略プログラム5分野を推進してきました。HPCI計算生命科学推進プログラムでは、このうち「予測する生命科学・医療および創薬基盤」の戦略機関として、2011年4月から柳田敏雄プログラムディレクターを中心に活動を続けてきました。

生命のしくみを明らかにする生命科学の現場では遺伝子やタンパク質の役割、性質などを調べる実験が中心で大規模計算があまり活用されていませんでした。そのため当初は、生命科学の研究に「京」のような大規模計算環境が必要なかという懸念もありました。しかし、このプログラムでは「京」の計算能力を活用して今までに解決できなかった生命科学の問題にチャレンジしてきました。

分子レベルの研究では細胞内のタンパク質や生体分子の振る舞いを再現するシミュレーションに取り組み、細胞環境に近い状態で生命現象を解明してきました。

心臓シミュレータ「UT-Heart」の開発では分子から細胞、

心臓全体までの3階層統合シミュレーションに世界で初めて成功し、コンピュータ上に人間の心臓を再現することができました。また脳・神経・筋肉・骨などをつなぐ全身モデルを作り上げ、運動機能障害や複雑な病態を再現するモデルも構築しています。

医療応用ではがん患者の疾病の情報と患者が持つ遺伝情報、薬剤に対するデータを結び付けその複雑な関係を網羅的に解析することにより個人ごとの遺伝子発現データから最適な抗がん剤の予測が可能になってきています。

新薬の開発過程においても薬候補化合物の高精度評価と高速化を実現し、前臨床までたどり着く成果を生み出してきました。

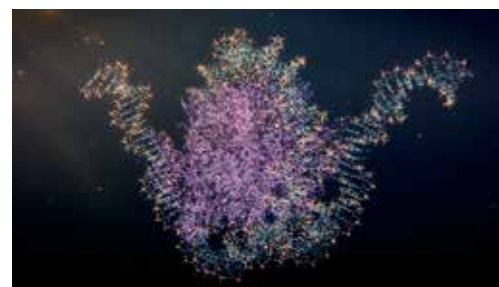
これらの「予測する生命科学・医療および創薬基盤」における成果は、ポスト「京」に向けて「生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築」と「個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学」の二つの国家的重点課題に引き継がれています。スーパーコンピュータを活用した多様なデータに基づく研究は今後さらに新しい生命科学を切り拓いていく時代になってきています。

- マルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレータ「UT-Heart」



東京大学心臓シミュレータ「UT-Heart」

- 核内混み合い環境でのヌクレオソーム、クロマチンの機能発現機構



河野秀俊(日本原子力研究開発機構)、池口満徳(横浜市立大学)、高田彰二(京都大学)

“スーパーコンピュータを活用し
新たな生命科学の時代を切り拓く”

柳田敏雄(やなぎだとしお)
HPCI計算生命科学推進プログラム



RIKEN HPCI Program for
Computational Life Sciences

HPCI

研究担当組織

2011年4月に設立されたHPCI計算生命科学推進プログラムは、文部科学省が推進するHPCI戦略プログラム5分野[※]のうち、分野1の戦略機関です。スーパーコンピュータ「京」を用いた研究開発および計算科学技術推進体制の構築に向けた研究を実施し、生命科学分野で世界最高水準の研究成果を生み出すとともに、医療や創薬などへの応用を推進してまいりました。(2016年3月をもってHPCI戦略プログラムの活動は終了)

※戦略5分野:(分野1)予測する生命科学・医療および創薬基盤、(分野2)新物質・エネルギー創成、(分野3)防災・減災に資する地球変動予測、(分野4)次世代ものづくり、(分野5)物質と宇宙の起源と構造。

プログラムディレクター 柳田敏雄 (Ph.D.)

リファレンス
http://www.scls.riken.jp/
HPCI戦略プログラム 分野1「予測する生命科学・医療および創薬基盤」

Fact & Figures

理研の活動

研究成果を産業界とつなく技術移転、社会と理研をつなく広報活動など、研究開発以外の理研の活動についてご紹介します。

HOKUSAI GreatWaveのテープアーカイブ装置
8PB(ペタバイト)のデータを保管することができるテープアーカイブ装置。
5,000巻のテープにスーパーコンピュータの計算結果や解析を行う実験データが
保管されている。スーパーコンピュータを利用しない研究室向けにデータを預かる
だけのサービスも提供している。

1

環境問題への貢献・復興支援

理研の研究者は、地球環境および食糧問題の克服や、2011年3月に発生した東日本大震災からの復興を支援するための研究にも積極的に取り組んでいます。

柔軟性が高く軽量、有機薄膜太陽電池の変換効率を上げる鍵を発見

環境に優しい電力供給源として今や私たちの生活に欠かせない太陽電池。現在の主流は、ガラス基板にシリコン半導体の発電層を貼ったシリコン太陽電池ですが、硬くて重い、設置場所が限られるなどの難点があります。これに対して最近注目されているのが有機薄膜太陽電池(OPV)です。プラスチックなどの基板に、有機溶剤に溶かした半導体ポリマー(有機半導体ポリマー)を塗布するだけでよく、低コストかつ環境負荷の少ないプロセスで作成できるのが特長です。しなやかで軽く、曲面形への成形も可能なため、自動車やビニールハウスなどへの設置も検討でき、太陽電池のさらなる普及につながる次世代太陽電池の有力候補と目されています。しかし、太陽光エネルギーを電力に変換する「エネルギー変換効率」が低いのがネックになっています。

シリコン太陽電池のエネルギー変換効率は20%以上ですが、OPVは高くてもその半分程度です。実用化には、どのような技術を用いれば変換効率を10%以上にできるのかが重要な鍵となります。

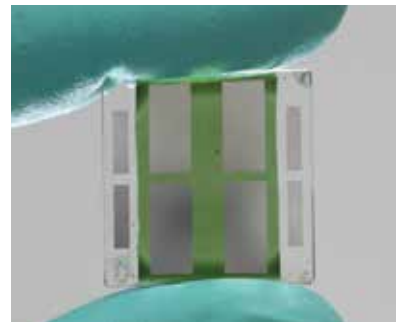
創発物性科学研究センター超分子機能化学部門創発分子機能研究グループの尾坂格上級研究員ら理研の研究者を中心とした共同研究チームは、理研が以前開発した結晶性の高い有機半導体ポリマー「PNTz4T」を発電層に用いたOPV素子に対し、発電層の厚さを従来の2倍の約300nmとし、陰極と陽極の配置を入れ替えた逆構造素子にするという改善を加えることで、6%程度であった変換効率を10%まで向上することに成功しました。

シリコン太陽電池などは、発電層を厚くすると光吸収量が増えて電荷の発生量が増加し、発電効率が上がります。しかし、有機半導体ポリマーは電流の流れやすさ(ホール移動度)が低く、発電層が厚くなると発電効率が下がってしまいます。PNTz4Tは結晶性が高いためホール移動度も高く、発電層を厚くすることで電流量が増大し、変換効率が向上したものと考えられます。

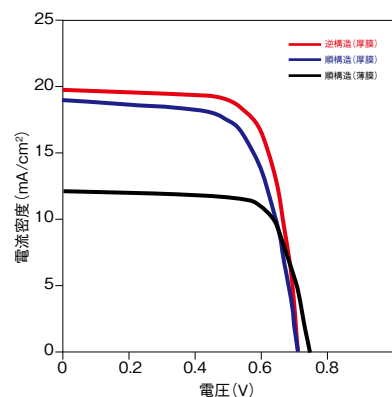
有機半導体ポリマーは、ポリマー分子が基板に対して平行な「フェイスオン配向」と、垂直な「エッジオン配向」という二つの配向状態を形成するのですが、OPVではフェイスオン配向だとホール移動度が高くなります。大型放射光施設「SPring-8」にてX線構造解析を行ったところ、逆構造素子にするとフェイスオン配向分子が多くなっていることが分かりました。しかも、ホールを収集する陽極側により多く分布しており、これがホール移動度をさらに上げ、変換効率の向上に寄与しているものと思われます。

今回得られた知見を基に有機半導体ポリマーを改良することで、実用化の目安とされる15%を超える変換効率の実現が期待できます。

● 有機半導体ポリマー「PNTz4T」を発電層に用いた有機薄膜太陽電池(OPV)素子

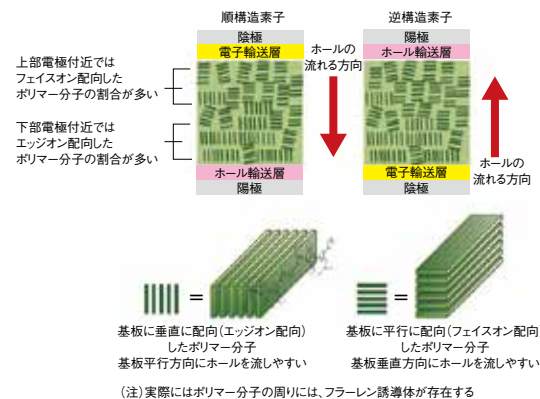


● PNTz4Tを発電層に用いたOPV素子の電流・電圧特性



順構造素子の発電層を厚くし、さらに逆構造素子を用いることで、電流密度が増大し、変換効率が向上した。エネルギー変換効率は、電流-電圧特性から短絡電流密度(電圧0 Vでの電流密度)と開放電圧(電流密度0 mA/cm²での電圧)、曲線因子(最適動作点での出力(最大出力))を読み取り、これらを掛け合わせることで求められる。

● PNTz4Tを発電層に用いたOPV素子の模式図



順構造、逆構造どちらの素子においても、上部電極付近にフェイスオン配向のポリマー分子、下部電極付近にエッジオン配向のポリマー分子の割合が多い。逆構造素子では、ホールが上部電極(陽極)に向かって流れるため、よりホールを流しやすくなり、効率が向上する。

ワカメ新品種で新たな養殖ビジネスモデルを提案

食用海藻類の宝庫である三陸沿岸は、東日本大震災で養殖施設などが被害を受け、生産量が減少しました。仁科加速器研究センター応用研究開発室の阿部知子室長らと理研食品株式会社は、岩手県の協力を得て三陸特産海藻類の高品質な新品種を育成し、三陸海藻類産業の復興に貢献することを目指しています。

研究チームは、これまで困難であったワカメや昆布の陸上養殖ができるよう浮遊回転式陸上養殖装置を開発しました。この装置を用いることによって、選抜した種苗から新品種の作出がいつでも陸上で行えるようになりました。重イオンビームを照射し有用変異体を得る方法と、地域系統から有用系統を選抜による方法の二つの手法で三陸産ワカメの品種改良に取り組んでいます。

1 品種改良への取り組み

ワカメの受精卵や芽胞体(発芽したワカメ)などに重イオンビームを照射し、養殖し得られたメカブから交配を行い、子世代(M₂)の芽胞体を培養・養殖し、その中から成長量大きいものを、有用変異体として選抜しました。110系統55,000個体を育成し、陸上養殖100日頃の成長量を比較したところ、四つの高成長系統が得られました(図1)。これらは、3世代目でも通常種に比べて成長量が増大しており、有用形質の固定が確認できました。

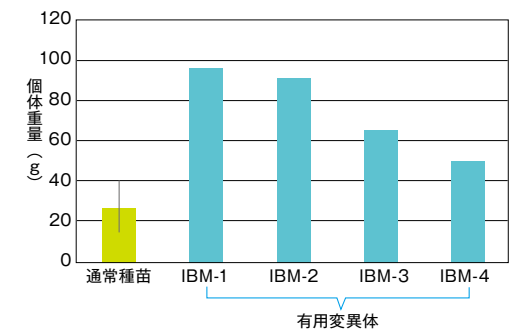
地域系統から選抜した有用系統の実用化に向けて、配偶体から幼孢子体が付着した種苗糸を得る技術開発に取り組みました。配偶体をミキサーで粉碎し、化繊糸を隙間なく巻きつけた採苗基質板に注いで付着させ、通気や流動性を確保する装置の開発や採苗基質を改良した結果、6週間で高密度の種苗を得ることに成功しました。この糸を切り分け、浮遊回転式水槽で培養し、8cm程度の促成種苗を得られました。これにより、配偶体を保存した有用個体を継続的に養殖することができます。

2 産業化への検討

岩手県広田湾漁業協同組合の協力を得て、地域系統から選抜育種した早生系統(R1)と晩生系統(R2)を用いた、新ビジネスモデル「ワカメ複数回養殖」の実証実験として、通常種苗、R1およびR2種苗の養殖を10月下旬に開始しました。R1種苗は12月28日に新芽ワカメ(芯抜き不要)として収穫可能なサイズに生長しました(図2—①)。R2種苗は通常種苗よりも大型化し、収穫期の3月には約3割増しの収穫が得られました(図2—②)。また、促成種苗は1月中旬から養殖を開始して3月中には生出荷用の原料(冷凍ワカメなどに使用)として収穫できることが分かりました(図2—③)。これらの結果から、R2種苗を用いた増産やR1種苗と促成種苗を用いた複数回養殖など、市場の状況に合わせた養殖生産の可能性が広がりました。

本事業は、東北マリンサイエンス拠点形成事業(新たな産業の創成につながる技術開発)の支援を受けました。今後企業での生産体制の構築などの検討を経て、実用化段階に入ります。

● 図1 重イオンビーム照射によって得られた有用変異体候補(M₂世代)の生長



● 図2 広田湾において養殖した種苗別の生長と形態



通常種苗:広田湾通常種苗、R1:早生系統種苗、R2:晩生系統種苗、R2促成:促成種苗を生産して1月中旬に養殖開始したR2系統。スケールバーは50cm。

2

研究成果・研究協力

国内各地の拠点で精力的に研究を進める一方、国内外の研究機関・大学とも手を携え、理研の研究の効果的な推進に努めています。

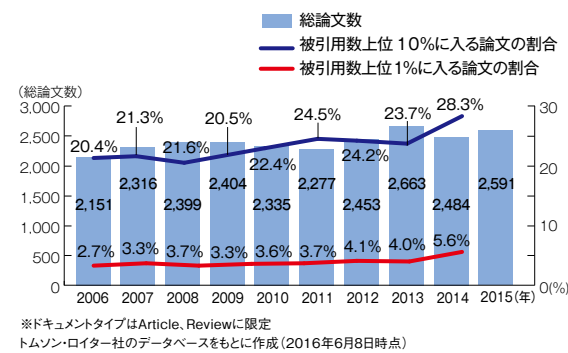
理研は、研究成果を論文や学会発表という形で、研究者コミュニティに向けて発信しています。理研の研究活動のレベルの高さは、論文発表数と被引用数のデータにはっきりと現れています。

年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2006年以降、年間2,100報以上の論文発表を続けており、2015年は2,591報を発表しました。また、それらの論文のうち、被引用数が世界で上位10%に入る論文の割合は2006年以降、2割程度を維持しています。

これは、理研の論文が、多くの研究者に引用される、質の高いものであることを示しています。2014年の被引用数上位10%の論文の割合は28.3%で、国内外の主要な研究機関と比較しても、優れた数字となっています。現状に満足することなく、今後も、研究のレベルと論文の質をさらに高めていきます。

●理研の年間論文数とそれらの被引用状況



論文の被引用数

理研の約10年間の論文数は23,571報で、これらの被引用数は約48万回にのぼります。1論文あたりの平均被引用数は、20.43回であり、世界的にみても高い回数となっています。

理研の特徴は質の高い論文の割合が高いことで、2016年のトムソン・ロイター社による日本の研究機関の高被引用論文数のランキング*では国内3位となっていますが、高被引用論文の割合は2.5%で発表された20機関中1位であり、他の機関と比べて高いレベルを維持しています。

日本で唯一の自然科学の総合研究所である理研は、「Essential Science Indicators」で定義されている22分野のうち13分野が、世界で理研が強みを発揮している分野となっています。物理、化学、生物学・生化学等々と、幅広い分野で研究成果をあげています。

*トムソン・ロイター社プレスリリース(2016年4月18日付)

●理研の論文の被引用数に関するデータ

(対象期間:2006年1月~2016年2月)

分野	論文数	被引用数	1論文あたりの被引用数
物理学	6,963	107,915	15.50
分子生物学・遺伝学	2,927	102,117	34.89
生物学・生化学	2,988	53,695	17.97
植物学・動物学	1,340	42,771	31.92
化学	2,859	42,492	14.86
神経科学・行動科学	1,679	40,762	24.28
免疫学	702	25,419	36.21
臨床医学	1,161	23,806	20.50
材料科学	496	8,164	16.46
微生物学	443	5,598	12.64
薬理学・毒物学	298	3,216	10.79
計算科学	322	2,803	8.70
工学	365	2,572	7.05
上記分野を含む全分野	23,571	481,484	20.43

トムソン・ロイター社のデータベースをもとに作成

理研は国内外の研究機関・大学などと研究協力協定、覚書、共同研究契約などを結んでいます。

その内容は研究者・学生などの交流やセミナー・シンポジウムの開催、あるいは共同研究などで、連携大学院協定(p.70参照)も含まれます。

包括協定・覚書の締結

これまでに、ドイツのマックス・プランク研究所、フランスのバスツール研究所、中国科学院など、世界トップクラスの研究機関や大学との間で研究協力協定・覚書を締結し、理研の研究の効果的な推進に努めると同時に、各国の政府機関なども覚書を締結し、組織的な連携を図っています。これらの活動は、世界における理研の存在感の向上につながっています。

2015年度は、韓国の基礎科学研究院(IBS)、ルクセンブルク研究財団(FNR)などとの間で協定・覚書を締結しました(右の表)。このほかにも、各研究センターにおける協定や連携大学院協定が新たに結ばれ、2015年度末現在、海外53か国・地域との間で、のべ532の協定や覚書を締結しています(右のグラフ)。

これらの協定や覚書をもとに、ドイツのマックス・プランク研究所、韓国の生命工学研究院、中国の西安交通大学、清華大学、中国科学院上海光学精密機械研究所、ロシアのカザン連邦大学、マレーシア科学大学などと連携研究センターや連携研究室を設置し、グローバルな研究ネットワーク・拠点を活用した連携協力を進めています。また、人材育成制度の共同運営などの取り組みをはじめとし、外国の研究機関などとの新しい形の連携関係構築を目指しています。



ルクセンブルクFNRとの協力覚書調印式(2015年10月7日)(前列左側3番目から、在日ルクセンブルク大公国大使館Béatrice Kirsch大使、FNR Marc Schiltz代表、理研 小安重夫理事、理研 羽入佐和子理事(当時))



韓国IBSとの包括協定調印式(2015年11月25日)(左から、理研 松本紘理事長、韓国未来創造科学部 Choi Yahnghee長官、IBS Doochul Kim理事長)

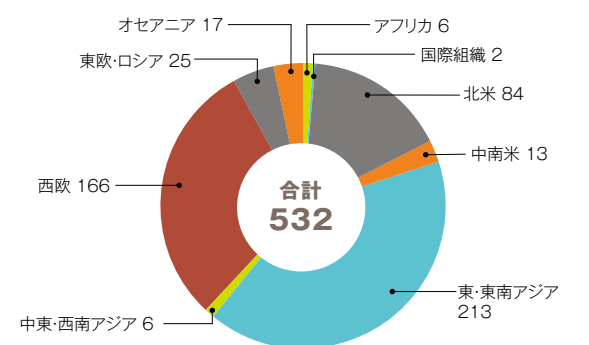
●2015年度に締結した主要な協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
基礎科学研究院(韓国)	包括協定	2015年11月
ルクセンブルク研究財団(ルクセンブルク)	協力覚書	2015年10月
パリ南大学(フランス)	協力覚書	2015年10月

2016年3月31日末で、包括協定(基本協定)を締結している機関は、海外16か国・地域の32機関、国内10機関

●海外締結協定・覚書等の数の地域分布

*2016年3月31日現在



※多国間にまたがる場合の重複を含む

3 技術移転・産業界との連携

「科学技術の基礎研究を進め、その成果によって産業の発展を図る」。これは、1917年の設立以来、理研が受け継いできた理研精神です。理研では産業界と連携する取り組みを実践し、研究成果の実用化を推進しています。

産業界へ効率的に技術移転するためのモデルとして、理研は、「バトンゾーン」という概念を提唱しており、それを具現化する次の5つの制度を運用しています。

産業界との融合的連携研究制度

企業からの提案を受け、チームリーダーを企業から受け入れて時限的研究チームを編成するという企業側のイニシアチブを重視した研究プログラムで、企業と理研が一体となって研究開発を進めています。

特別研究室制度

優れた研究者を招聘し、企業等から受け入れる研究資金により特定の研究テーマを推進しています。

産業界との連携センター制度

企業からの提案をもとに、中・長期的なテーマに取り組むため、理研の各研究センター内に「連携センター」を設置し、推進する制度です。連携センターの名称には企業名を冠することができます。

事業開発活動

イノベーション推進センター事業開発室は、産業界と理研のさまざまな分野の研究者および、その成果を結ぶ役割を果たします。企業のニーズと理研のシーズとをマッチングする会合を開催し、事業開発ニーズに見合った研究戦略を立案します。また、産業界との融合的連携研究制度の活用から連携センターの設立まで、企業の中・長期的な課題解決に適した連携形態を提案します。
<http://www.riken.jp/bdo/>

理研ベンチャー認定・支援制度

理研の研究成果を中核技術として起業し、その実用化・事業化を図ることを事業目的とし、一定の要件を満たした企業を、理研は「理研ベンチャー」と認定し支援を行っています。これらの認定・支援措置は理研ベンチャーの事業の推進力となり、研究成果の迅速な実用化と普及に役立っています。2015年6月には、再生医療の技術開発を行う株式会社ヘリオスが東証マザーズ市場に上場しました。理研ベンチャーとしての上場は2社目です。



●産業界との連携を具現化する制度・プログラム



●成果例

定温度保持材料(蓄熱材) Smartec® HS

理研の研究成果をもとに、新しい蓄熱材が株式会社高純度化学研究所から製品化されました。この製品は、保持する温度を低温(-30℃)から高温(200℃)付近まで自由に設定できること、固体-固体間の相転移を利用しているため解けることがないことが特徴です。電子材料、機器の構造材、輸送材料など、急激な温度変化の好ましくない用途へ向けて応用が期待できます。
図版提供 株式会社高純度化学研究所



動物細胞培養攪拌装置 VerSus Reactor

産業界との融合的連携研究制度における佐竹化学機械工業株式会社との共同研究(イノベーション推進センター 動物細胞培養装置研究チーム)の成果に基づき、今までにない新しい動物細胞培養攪拌装置を製品化しました。この装置の利用により、緩やかに均質な攪拌を実現し、細胞の生育性状やタンパク質発現など、良好な結果を得ることが可能です。
図版提供 佐竹化学機械工業株式会社



自宅で行える腸内細菌叢検査サービス Mykinso

産業連携本部イノベーション推進センター 辨野特別研究室と連携し、2015年8月に理研ベンチャーとして認定された株式会社サイキンソーが、日本初の腸内細菌叢検査サービスを開始しました。腸内細菌の保有比率や分布を調べ、腸内環境を理想的なタイプに近付けるためのヒントを提供します。
図版提供 株式会社サイキンソー



研究成果の実用化には特許が重要です。理研では、特許を戦略的に取得し、企業に利用してもらうための技術移転活動を推進しています。

特許の取得

特許出願にあたっては、戦略的な特許出願を行うパテントリエンススタッフと、技術移転のプロである実用化コーディネーターが、案件ごとにチームを組み、発明者からのヒアリングを行っています。研究成果をより効率的に実施化につなげるため、追加データを取得することにより特許の強化に努め、海外における実施可能性を精査し、外国特許出願も行っています。また、保有する特許についても一定期間ごとに実施可能性を検証し、当該特許の維持の必要性を見直すことにより、効率的な維持管理を実施しています。

その結果、2015年度の特許出願件数は国内、海外合わせて299件となり、実施率は27%となりました。

*実施率=実施許諾件数/(特許権+特許出願中の件数)

技術移転活動

保有する特許を企業に利用していただき、社会に還元するため、理研では、実用化コーディネーターが企業に直接紹介したり、展示会等で研究成果を説明するなどの技術移転活動を行っています。

また、理研が保有する特許情報等をホームページ上で公開し、企業が理研の特許情報を入手できるように工夫しています。

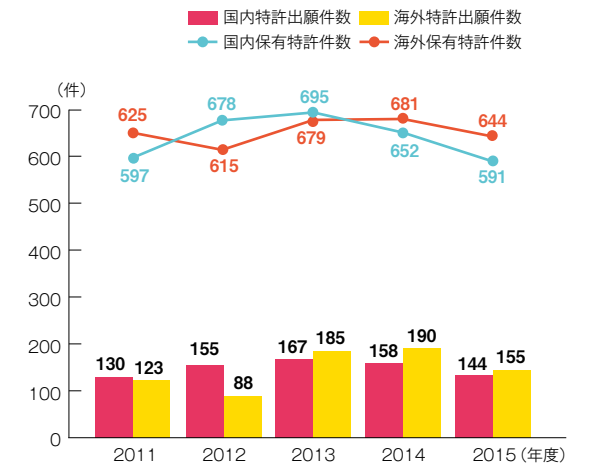
<http://www.riken.jp/outreach/ip/>

▶▶「産学連携メールマガジン」配信中

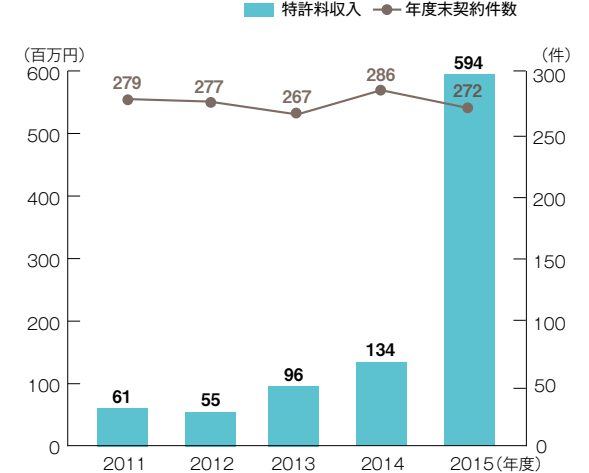
産業界の皆様とのより密接な連携を図るため、理研の産学連携・知的財産に関する情報のメール配信を行っています。
http://www.riken.jp/pr/services/mail_collaboration/



●特許出願件数と保有件数の推移



●特許料収入の推移



4

人材育成

理研は次代の研究を担う有為な人材の育成を大きなミッションと考え、そのためのさまざまな制度を設けています。

理研は、若手研究者を育てるさまざまな制度を設けています。

学生向けの制度としては、大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度、国際プログラム・アソシエイト(IPA)制度があります。

また、理研には連携大学院制度があり、大学より学生の受け入れと理研の研究者への教育経験の支援を行っています。

こうした制度以外でも、多くの学生を研修生として受け入れ、指導を行っています。

若手研究者向けに、基礎科学特別研究員(SPDR)制度、国際特別研究員(FPR)制度および国際主幹研究員(IRU)制度を推進しています。

※2016年度採用者より、SPDRはFPRを統合して国際的な若手人材育成制度としてリニューアルしました(現在FPRとIRUの公募はしていません)。

大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度

大学院博士課程在籍者を理研に受け入れ、理研の研究者とともに研究する機会を設けることにより、次代を担う研究者を育成する制度です。1996年度にジュニア・リサーチ・アソシエイト制度として創設され、2009年度に現在の制度に変わりました。JRAは、連携大学院および研究協力などの協定もしくは共同研究契約を締結している大学院の在籍者から公募・選考・採用されます。契約期間は最長3年間(標準修了年限が4年の場合は4年間)で、その間に博士号の取得を目指します。

◎2015年度新規採用者数：51名

◎2015年度在籍者数：154名(上記新規採用者を含む)

国際プログラム・アソシエイト(IPA)制度

国際連携大学院協定を結んでいる海外の54大学(右の表)、および国内の連携国際スクール覚書締結校(9大学)を通じて、外国籍を有する大学院博士後期課程履修予定・在籍者を受け入れ、理研の研究者が博士課程研究を指導する制度です。IPAは理研から、原則3年間で上限として滞在費や宿泊費などの支給・補助を受けることができます。2006年度に開始されプログラム修了者から順次博士号取得者が出ています。また、2010年度から、国外からの招聘者の受け入れ機会をより増やす上で、短期間の受け入れプログラムの試行を始めました。

◎2015年度新規採用者数：39名

◎在籍者数：114名(上記新規採用者を含む)



国際プログラム・アソシエイト(IPA)として研鑽を積む。



毎年多数のJRA、IPAなどの若手研究者が参加するRIKEN Summer School。ポスターセッションなどで活発な議論が交わされる。

国際連携大学院協定校一覧

*2016年4月1日現在

中国	モンゴル
北京大学	モンゴル国立大学
南京大学、大連理工大学	ベトナム
湖南大学、上海交通大学	ハノイ科学大学
華中科学技術大学	ベトナム農業科学院
西安交通大学、華東理工大学	ロシア
吉林大学、浙江大学	カザン大学
ハルビン工程大学	ロシア連邦南大学
蘭州大学、中国科学院	リトアニア
厦門大学	ビリニュス工科大学
韓国	スウェーデン
浦項工科大学校	カロリンスカ研究所
漢陽大学校、国立ソウル大学校	イギリス
高麗大学校、慶北大学校	リバプール大学
延世大学校、梨花女子大学校	フランス
韓国カトリック大学校	カーン大学
台湾	クロード・ベルナールリヨン第一大学
国立清華大学、国立交通大学	ストラスブール大学、パリ南大学
国立台湾大学&中央研究院	ドイツ
マレーシア	チュービンゲン大学
マレーシア科学大学、マラヤ大学	ザールラント大学
インド	グライフスヴァルト大学
インド工科大学・ボンベイ校	ピールフェルト大学
インド科学振興研究所	イタリア
インドネシア	ハレルモ大学、トレント大学
バジャジャラン大学	スイス
バンドン工科大学	スイス連邦工科大学・チューリッヒ校
シンガポール	デンマーク
南洋理工大学	コペンハーゲン大学
タイ	ブラジル
マヒドン大学	アマゾンナス州立大学

連携大学院制度

理研の研究者が国内の大学の教員との間で研究協力を行うとともに、大学から大学院生を理研に受け入れて、客員(連携)指導教員として博士課程や修士課程の研究指導を行う制度です。実質的なスタートは1989年度で、2016年4月現在、国内の39大学との間で連携大学院の協力を行っています(右の表)。

基礎科学特別研究員(SPDR)制度

自然科学の博士号を取得した(見込みを含む)若手研究者を理研の任期制研究員として採用し、本人が希望する研究課題と理研の研究領域を勘案して設定した研究課題を、自由な発想で主体的に研究できる場を提供する制度です。1989年度に創設されました。SPDRは公募・選考により採用され、契約期間は最長3年間です。基礎科学特別研究員制度は2016年度採用者より国際特別研究員制度と統合し、より世界に開かれた制度として新たなスタートを切ります。新たな基礎科学特別研究員制度は国籍にかかわらず応募が可能となり、国際的に優秀な研究者の受け入れを目指します。

◎2015年度新規採用者数：40名

◎在籍者数：109名(上記新規採用者を含む)

国際特別研究員(FPR)制度

自然科学の博士号を取得した外国籍の若手研究者を理研の任期制研究員として採用し、理研が推進している研究課題を創造的かつ独創的な発想で研究してもらう制度です。世界に開かれた研究所として、積極的に外国籍研究者を受け入れ、国籍を超えて互いに切磋琢磨する研究環境を実現することを目指して2007年度に創設されました。FPRは公募・選考により採用され、契約期間は最長3年間です。国際特別研究員制度は、2016年度採用者より基礎科学特別研究員制度と統合し、新たな基礎科学特別研究員制度として展開しています。

◎2015年度新規採用者数：19名

◎在籍者数：53名(上記新規採用者を含む)

国際主幹研究員(IRU)制度

国際的に優れた研究業績を持つ若手研究者に、研究室を主宰して研究を推進する機会を提供し、国際的視野に立った学際的な研究分野を開拓してもらう制度です。

◎2016年4月1日現在在籍者数：1名

国内連携大学院一覧

*2016年4月1日現在

埼玉大学大学院	東京医科歯科大学大学院
筑波大学大学院	長岡技術科学大学大学院
東京理科大学大学院	大阪大学大学院
東洋大学大学院	北海道大学大学院
東京工業大学大学院	首都大学東京大学院
東北大学大学院	早稲田大学大学院
立教大学大学院	群馬大学大学院
千葉大学大学院	芝浦工業大学大学院
兵庫県立大学大学院	名古屋大学大学院
東京電機大学大学院	慶應義塾大学大学院
東京大学大学院	広島大学大学院
横浜市立大学大学院	同志社大学大学院
九州工業大学大学院	岐阜大学大学院
神戸大学大学院	岡山大学大学院
京都大学大学院	東京農工大学大学院
奈良先端科学技術大学院大学	神戸学院大学大学院
東邦大学大学院	徳島大学大学院
関西学院大学大学院	和歌山大学大学院
新潟大学大学院	明治大学大学院
お茶の水女子大学大学院	



活躍する基礎科学特別研究員(SPDR)。



国際主幹研究員(IRU)として研究室を主宰。

5

広報活動

理研の研究活動を広く国民の皆さまにご理解いただき、国民の皆さまと理研との信頼関係を構築するため、絶えず情報発信を行っています。

国民の皆さまと理研の相互理解を深め、信頼いただけるよう、また科学リテラシー向上にも貢献できるようさまざまな広報活動を行っています。プレスリリースや理研ウェブサイトなどによる研究活動や成果の発信、イベント開催などの機会においては、皆さまの理研に対する要望もお聞きして、活動につなげています。また、社会への知の還元の一つとして地域貢献活動にも積極的に取り組み、科学が文化の重要な要素の一つであることが実感できるような、双方向のコミュニケーション活動を進めています。

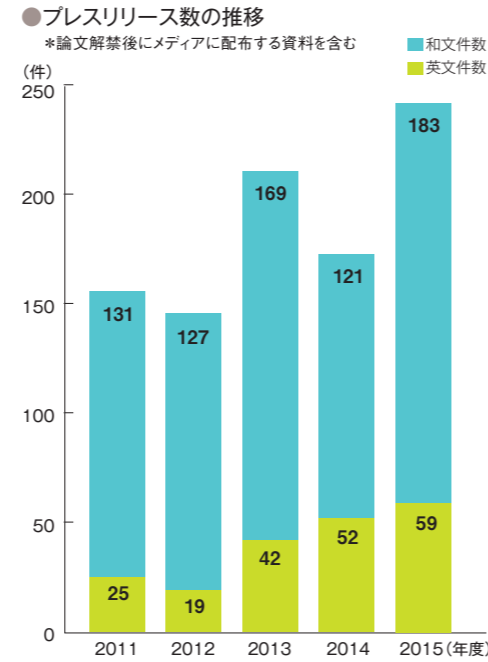
プレスリリース

新聞などのメディアを通じて理研の活動を知っていただくために、最新の研究成果を中心にプレスリリースを行っています。2015年度は、摘出臓器の生体外長期保存・機能蘇生技術を開発（4月22日）、113番元素の命名権獲得（12月31日）、脳の進化的起源を解明（2月16日）などの研究成果を発信しました。

国内広報イベント

理研が推進している最先端の科学研究を紹介し研究の意義などを伝える「科学講演会」、科学を伝えるイベントが集中的に行われる「サイエンスアゴラ」に毎年ブース出展を行うほか、科学技術館（東京都千代田区）では、毎月第3日曜日に「理研DAY：研究者と話そう」を実施しています。このほか、各事業所、センターにおいてシンポジウムやサイエンスカフェ、サマースクール等の実施、市民まつりや各種展示会へ出展を行っています。

また、2014年度から、広報活動の一環として「理研グッズ」の販売を開始しました。イベント（科学講演会、和光市民まつり、和光地区見学ツアー）で職員による販売を行うほか、科学技術館ミュージアムショップ、和光市福祉会館売店、理研内売店などで販売を行っています。理研グッズは、理研と国民の皆さまとの結びつきがより広く、深く、強く、なることを目指しています。



海外広報イベント

一流の研究成果を挙げて世界に貢献し、将来を支える若手を育成することが理研の役割です。そのためにも国際的な知名度、研究者のリクルート、海外の研究機関との連携が必要です。英語版プレスリリース、ウェブマガジンなどで世界トップレベルの成果と社会への貢献を発信するとともに、アメリカ科学振興協会等が開催する国際的な科学イベントなどで、グローバルな連携と国民の皆さまへの理解を推進しています。

一般公開

年に一度、各地区で施設を公開し、広く国民の皆さまに研究現場を見ていただき、研究内容について研究者と直接話す機会を設けています。2015年度に全所で開催した一般公開への来場者は22,834名でした。

YouTube RIKEN Channel

動画配信サイト「YouTube」に開設している公式チャンネルです。理研の最先端科学を分かりやすく解説した広報ビデオ「科学のフロンティアシリーズ」やプレスリリースの解説映像など、さまざまな動画を掲載しています。

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

広報出版物

研究活動や成果を分かりやすく伝える出版物として、和文広報誌「広報誌RIKEN」（発行部数5,000部/年）、「理研ニュース」（発行部数9,500部/月）、子ども向け冊子「理研の博士に聞いてみよう!」（発行部数10,000部/年）、英文広報誌「RIKEN RESEARCH」（発行部数3,000部/回、年4回）を発行するほか、各種パンフレットを制作しています。記事はウェブサイトでも読むことができます。

<http://www.riken.jp/pr/publications/>
<http://www.riken.jp/pr/fun/kids/>
<http://www.riken.jp/en/research/rikenresearch/>

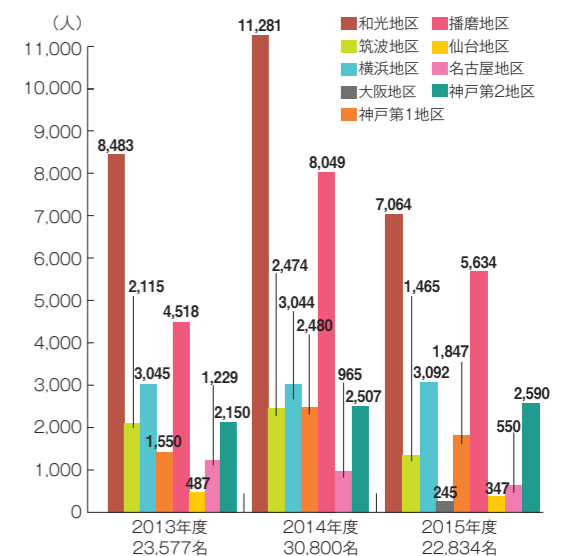


Facebookも使って海外に情報を発信しています。
<https://www.facebook.com/RIKEN.english>



一般公開（2015年4月18日 和光地区）

● 一般公開来場者数の推移



※2014年度の神戸第1地区は、多細胞システム形成研究センターとライフサイエンス技術基盤研究センターの2か所での受付人数の合計。

6

受賞

理研の研究者は、毎年、国内外のさまざまな賞を受けています。このことも、論文発表と並んで、理研の研究レベルの高さを示しています。

理研では研究者などの活発な活動、活躍により多くの受賞者が生まれており、2015年度は共同受賞を含め全体で203名が受賞しました。2015年度の主な賞としては榊佳之名誉研究員が瑞宝重光章を受章しました。また、國武豊喜名誉研究員が京都賞を受賞したほか、相田卓三副センター長（創発物性科学研究センター）が江崎玲於奈賞、横山茂之上席研究員が藤原賞、川合眞紀理事長特別補佐がドイツのマックス・プランク協会フリッツ・ハーバー研究所などによるGerhard Ertl Lecture Awardに選出されました。さらに、科学技術に関する研究開発、理解増進などにおいて顕著な成果を収めた者を表彰する文部科学大臣表彰については、科学技術賞7名、若手科学者賞2名が選出されました。個々の研究者の受賞以外では、スーパーコンピュータ「京（けい）」と「Shoubu（菖蒲）」がそれぞれ国際的な性能ランキングである賞で世界第1位を獲得したことも大きなニュースとなりました。

日本学士院賞

113番超重元素の発見

森田浩介 グループディレクター
仁科加速器研究センター
超重元素研究グループ

森田氏は理化学研究所を中心とする研究グループを率いて未知の超重元素113番を発見しました。実験は原子番号83のビスマス標的に原子番号30の亜鉛イオンのビームを照射し、核融合反応によって合成される113番元素を、開発した気体充填型の反跳核分離器GARISを使って電磁的に分離収集し、その崩壊過程を綿密に観測しました。2015年、森田グループは国際純正・応用化学連合から113番元素の発見者と認定され、今後その名称と記号の決定に向けた審査が行われます。アジアのグループが命名権を獲得したことは、初めてのことです。



Profile

Kosuke Morita

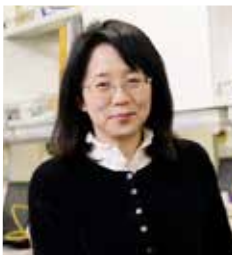
◎最終学歴
九州大学理学研究科物理学専攻 博士後期課程満期退学、博士(理学)
◎主な職歴
理化学研究所研究員、准主任研究員などを経て現職、九州大学大学院理学研究院教授本務

Ogawa-Yamanaka Stem Cell Prize 他6件

iPS細胞のヒトへの最初の臨床応用

高橋政代 プロジェクトリーダー
多細胞システム形成研究センター
網膜再生医療研究開発プロジェクト

高橋氏は、臨床医として患者の治療を行いながら幹細胞を用いた網膜治療の研究を続けてきました。2013年に滲出型加齢黄斑変性に対する自家iPS細胞由来網膜色素上皮シート移植に関する臨床研究を開始し、2014年には第一症例目の移植手術を行いました。術後1年の経過も良好と評価され、iPS細胞由来の網膜色素上皮シート安全性や実用化の可能性を明らかにしました。これらの成果は、今後のiPS細胞の医療へのさらなる応用につながることを期待されます。



Profile

Masayo Takahashi

◎最終学歴
京都大学大学院医学研究科博士課程修了(医学)
◎主な職歴
京都大学医学部助手、ソーク研究所研究員、京都大学医学部附属病院探索医療センター開発部助教などを経て現職

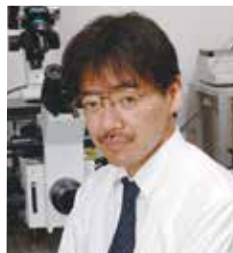
島津賞

新しい蛍光タンパク質の創造による生命メカニズムの解明研究

宮脇敦史 チームリーダー

脳科学総合研究センター 細胞機能探索技術開発チーム
光量子光学研究領域 生命光学技術研究チーム

宮脇氏は、蛍光タンパク質を利用して、生きた細胞、組織、器官、個体の中で起こる生物現象を可視化するためのバイオイメーjing技術を独自に開発してきました。さらにそうした技術を実践し、生物現象に関するさまざまな基本的問題を包括的に解くことに努めてきました。こうした実践的開発研究は学際的意識にあふれており、さまざまな学問領域に踏み込むべき可能性を孕んでいます。とくに新しい診断薬や治療薬の開発などを促し、医療の発展につながることを期待されます。



Profile

Atsushi Miyawaki

◎最終学歴
大阪大学医学部大学院医学研究科博士課程修了(分子神経生物学)
◎主な職歴
東京大学医科学研究所助手、カリフォルニア大学サンディエゴ校研究員などを経て現職

Graph500 世界第1位

ビッグデータ処理（大規模グラフ解析）に関するスーパーコンピュータの国際的な性能ランキング

丸山直也 チームリーダー

上野晃司 研修生

スーパーコンピュータ「京」
計算科学研究機構

丸山氏と上野氏は、国際研究チームとともに、「京」を用いてスーパーコンピュータによるグラフ処理性能を競うランキング「Graph500」で世界1位を獲得しました。両氏はグラフ処理の幅優先探索問題で「京」の計算能力を最大限引き出す計算手法を開発、改良を行い大幅な性能向上を実現しました。グラフ解析の性能向上は、従来扱うことが難しかった大規模データの解析を可能にします。金融、インターネットセキュリティ、医療診断、脳科学、人工知能など、ビッグデータ解析を必要とする幅広い分野において応用が期待されます。

◎スーパーコンピュータ「京」
2011年に2期連続世界第1位となり、2012年からは本格運用を開始。現在まで多分野で「世界初」の研究成果を出している。



Naoya Maruyama



Koji Ueno

日本学術振興会賞

カイラル超流動ヘリウム3における時間反転対称性の破れの直接的検証

池上弘樹 専任研究員

創発物性科学研究センター 量子情報エレクトロニクス部門
超伝導量子エレクトロニクス研究チーム

池上氏は、カイラル超流動ヘリウム3において、独自に考案したユニークな実験手法により固有マグナス力と呼ばれる現象を観測し、時間反転対称性の破れを直接検証しました。これは現代物理学におけるマイルストーンである対称性の自発的破れの概念に大きな深化をもたらします。これらの成果は今後、物性物理と素粒子・宇宙物理学との接点を含めて、対称性が破れた後に何が起きるかの詳細な理解につながることを期待されます。



Profile

Hiroki Ikegami

◎最終学歴
東京大学大学院工学系研究科博士課程中退、博士(工学)
◎主な職歴
東京大学大学院総合文化研究科助手、理化学研究所研究員を経て現職

レジオン・ドヌール勲章シュヴァリエ

日仏交流を軸にした教育・学術・科学の交流への貢献

松本 紘 理事長

松本氏は、専門である宇宙プラズマの研究で世界をリードするとともに、1999年から2002年まで国際電波科学連合の会長を務めるなど学術分野の発展に大きな貢献を果たしてきました。

また教育面でも2008年10月から2014年9月まで京都大学総長、2013年6月から2014年9月まで国立大学協会会長を務め、2014年5月に、日仏両首脳の臨席のもと学位・単位相互認定協定を締結するなど、さまざまな分野での日仏教育・研究に関する交流に貢献し、高く評価されてきました。今後も日仏の全般的な交流、ひいては世界的交流の深化が期待されます。



Profile

Hiroshi Matsumoto

◎最終学歴
京都大学大学院工学研究科修士課程修了、博士(工学)
◎主な職歴
京都大学超高層電波研究センター教授、京都大学理事・副学長、京都大学総長などを経て現職

7 人員

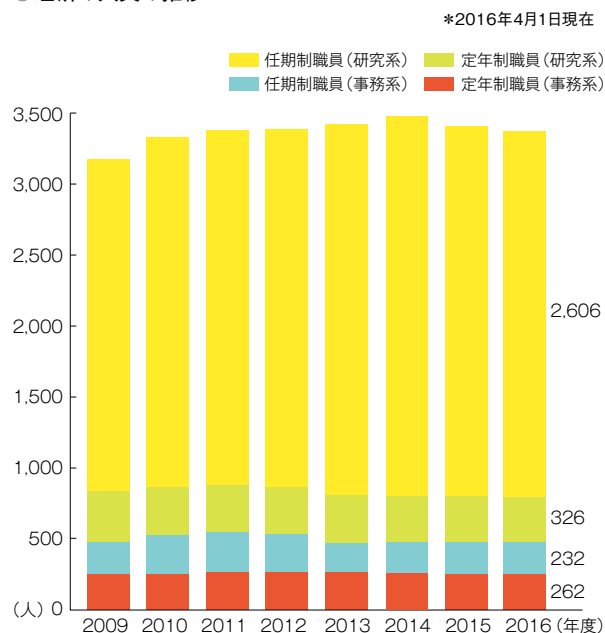
最良の研究成果を生み出すことを目指して、
多様な人材をよりよく活かすための人材制度の確立に努めています。

理研では、さまざまな研究を行う研究センター等に定年制職員（定年まで雇用）
および任期制職員（年限を区切って雇用）として、研究者および技術者を配置しています。
多様な人材を活かすため、キャリアサポートや男女共同参画、国際化の推進にも力を入れています。

人員構成

2016年4月1日の常勤職員数は3,426人で、その86%にあたる2,932人が研究系職員、さらに、その89%にあたる2,606人が任期制職員です。任期制研究系職員の比率が高いのが特徴です。

●理研の人員の推移



●センター別常勤職員数

*2016年4月1日現在

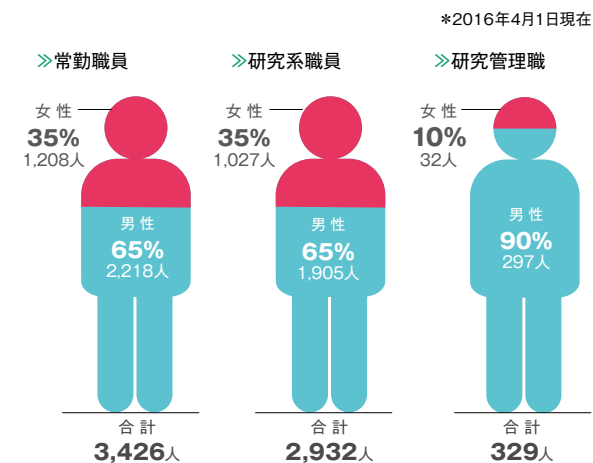
センター名	人数
主任研究員研究室	223
准主任研究員研究室	31
上席研究員研究室	30
国際主幹研究ユニット	3
特別研究ユニット	8
研究推進グループ	15
グローバル研究クラスター	28
創発物性科学研究センター	166
光量子工学研究領域	101
環境資源科学研究センター	259
生命システム研究センター	162
多細胞システム形成研究センター	154
脳科学総合研究センター	465
統合生命医学研究センター	275
バイオリソースセンター	108
ライフサイエンス技術基盤研究センター	353
計算科学研究機構	161
放射光科学総合研究センター	89
仁科加速器研究センター	172
産業連携本部	2
イノベーション推進センター	45
創薬・医療技術基盤プログラム	16
予防医療・診断技術開発プログラム	11
情報基盤センター	47
科学技術ハブ推進本部	12
事務等	490
合計	3,426

各センターに所属する基礎科学特別研究員、国際特別研究員を含む

男女共同参画

理研では、全常勤職員のうち女性が35%、研究系職員（チームリーダー、研究員、テクニカルスタッフなど）では35%、研究管理職では10%を占めています。法律で定められた産前産後休業（産休）、育児休業（育休）などの制度だけでなく、育児や介護との両立を支援する相談窓口を設置し、さまざまな付加的な施策を行い、職員が働きやすい環境を整備しています。和光、横浜、神戸の3事業所には託児施設を設けているほか、妊娠、育児または介護中の研究系職員が、従来の業務を維持できるよう支援者を雇う場合は、その人件費を負担する制度があり、多くの職員が利用しています（右のグラフ）。また、仕事と生活の両立に資する研修を行い、職員のワーク・ライフ・バランスを推進し、「くるみんマーク」を取得（2回）しています。

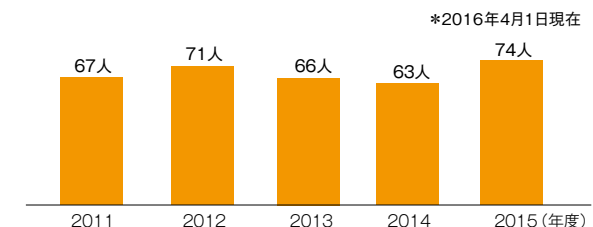
●研究職員の男女比



国際化の推進

理研は、国際協力を研究推進の大きな柱と認識しており、世界各国から研究者や技術者、学生を積極的に受け入れています。外国籍のそれら研究系スタッフは、2015年10月1日現在で704人に達しており、そのうち、研究員（非常勤を含む）として366人が在籍しています。

●妊娠、育児中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(のべ人数)



キャリアサポート

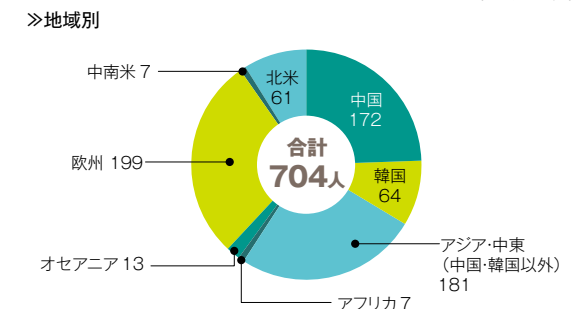
理研は、職員を対象に、理研での経験を将来のキャリアパスにつなげる取り組みとして、カウンセリング、スキルアップのための研修、キャリア意識啓発のためのセミナー、ライフプランセミナーなどを実施しています。また、メールマガジンや転身事例集などの情報媒体も活用しています。特に、研究系職員に対しては、研究職以外の多様なキャリアパスを視野に入れた、きめ細かい対応をしています。



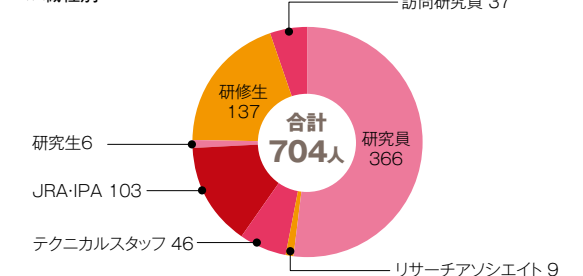
子育てサポート基準適合一般事業主に贈られる「くるみん」マーク

●外国籍の研究スタッフの受け入れ

*2015年10月1日現在



●職種別





予算

国立研究開発法人である理研の主な収入は国からの運営費交付金ですが、さまざまな研究資金の獲得に努力しています。

理研は大きく分けて、「政府支出金」と、受託研究収入などの

「自己収入」を財源として運営されています。

「政府支出金」は、理研が事業を実施する上で必要な運営費・施設等の

維持費などを国が毎年度算定し交付されます。国からの資金は経営の効率化等の観点から、

新たな業務を行う場合を除き、一定割合で削減されることとなっていますが、

理研では業務の合理化や外部資金の獲得などにより研究活動を

より高めていけるよう努力を続けています。

収入について

「政府支出金」のうち運営費交付金とは、国立研究開発法人の自主性・自律性のある業務運営の財源として、使途の内訳を特定せずに交付される資金です。運営費交付金の使用の適否については、事後評価において研究所の運営が適切になされたかという観点でチェックされます。

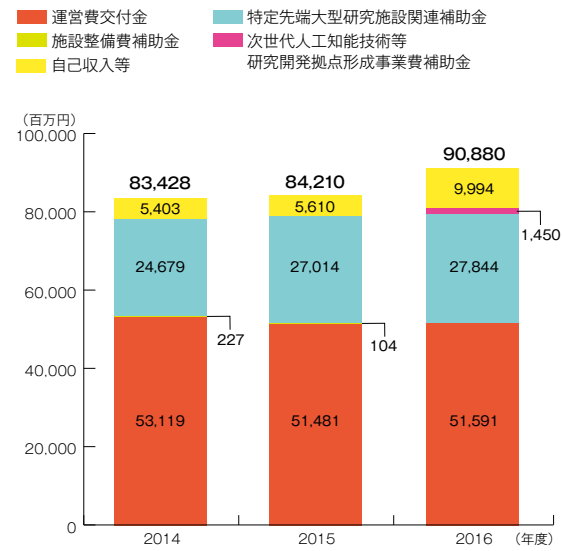
施設整備費補助金は、土地や建物整備などのために国から使途を明示されて手当てされる財源です。

特定先端大型研究施設関連補助金は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づき、SPring-8、SACLA、および京の整備・維持管理、研究者等への共用を促進するとともに、新たな超高速電子計算機の開発・整備をするための経費です。

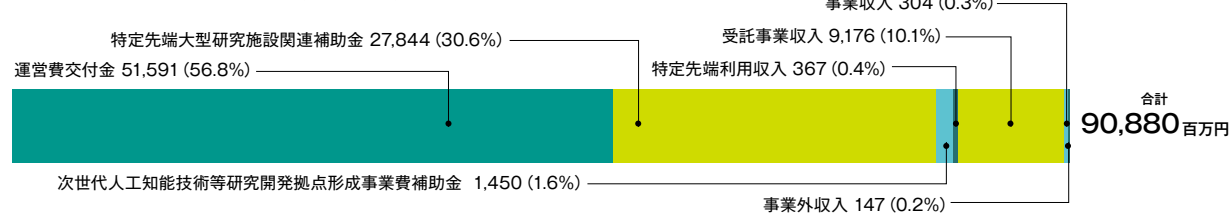
次世代人工知能技術等研究開発拠点形成事業費補助金は、革新的な人工知能技術等の研究開発拠点を新たに設置し、本分野の基礎研究から社会応用まで一貫した研究開発を実施するための経費です。

受託研究収入などの国立研究開発法人が自ら獲得した収入を「自己収入」と呼びます。自己収入には、受託事業収入、SPring-8 利用料収入、特許権収入等が含まれます。

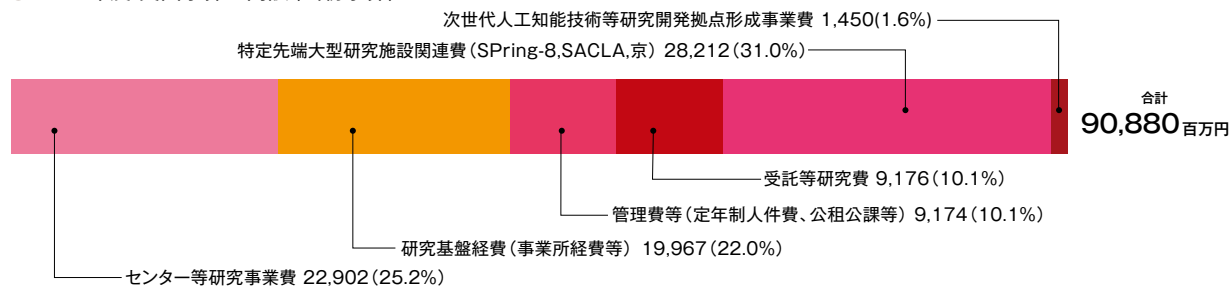
●最近3年間の収入予算の推移(当初予算)



●2016年度 収入予算の内訳(当初予算)



●2016年度 支出予算の内訳(当初予算)



支出について

「センター等研究事業費」は、各研究センター等に配分され、センター長等の裁量の下、研究を行うための費用として使われます。「研究基盤経費」は、各事業所における研究環境の維持管理、若手研究者の支援、情報環境の整備・維持、研究成果の普及など、研究活動を推進・支援するために必要な経費です。「管理費等」には、人件費などの組織を運営するための費用が含まれています。

理研では、計画的・効率的に研究が実施できるよう柔軟な予算配分により事業の見直しや重点化を進めています。

外部資金について

外部資金とは、政府関係機関、公益法人、企業等から受け入れている研究資金のことです。理研では、毎年、ほぼすべてのセンターが外部資金を獲得しています(右表)。

下の表をみると、競争的資金では科学研究費助成事業(科研費)が、その他では海外・国内財団等助成金が、件数、金額ともに安定して推移しています。

2015年度は、これまで文部科学省・厚生労働省・経済産業省に計上されてきた医療分野の研究開発に関する予算が日本医療研究開発機構(AMED)に集約されたことに伴い、獲得事業の構成が大きく変わりました。

●2015年度 外部資金のセンター別獲得状況

(民間受託金は含まず)

センター名	金額(百万円)	件数
主任研究員研究室等	1,879	202
グローバル研究クラスター	109	35
創発物性科学研究センター	580	70
光量子工学研究領域	1,237	71
環境資源科学研究センター	1,480	138
生命システム研究センター	564	92
多細胞システム形成研究センター	981	61
脳科学総合研究センター	2,260	182
統合生命医科学研究センター	2,295	146
バイオリソースセンター	259	49
ライフサイエンス技術基盤研究センター	1,232	102
計算科学研究機構	911	51
放射光科学総合研究センター	1,124	40
仁科加速器研究センター	701	75
イノベーション推進センター	48	8
創業・医療技術基盤プログラム	0	0
予防医療・診断技術開発プログラム	39	5
情報基盤センター	235	6
HPCI計算生命科学推進プログラム	139	1
合計	16,072	1,334

●最近3年間の外部資金の獲得状況

項目	2013年度		2014年度		2015年度			
	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数		
1.競争的資金	科学研究費助成事業(科研費)	3,875	763	3,873	805	3,851	800	
	厚生労働省・環境省科学研究費補助金	481	7	411	7	-	-	
	科学技術振興機構(JST)関連事業	3,718	156	3,698	144	1,662	112	
	文部科学省系事業	786	16	4,851	15	149	4	
	その他の府省系事業	385	15	293	21	197	22	
	先端研究助成基金関係	1,645	12	-	-	-	-	
	日本医療研究開発機構(AMED)関連事業	-	-	-	-	3,457	83	
小計	10,891	969	13,126	992	9,316	1,021		
2.非競争的資金	受託	政府受託研究	6,460	19	3,194	29	614	10
	政府関係受託研究	502	51	1,327	65	4,510	113	
	助成	政府関係助成金	84	20	46	12	14	12
	共同研究	負担金	46	17	33	25	83	32
	補助金	政府関係補助金事業	1,289	19	1,039	18	1,085	19
小計	8,381	126	5,639	149	6,306	186		
3.海外助成および国内財団等助成金	409	100	421	83	450	106		
4.民間受託	1,478	201	1,519	223	1,700	232		
合計	21,158	1,396	20,704	1,447	17,772	1,545		

※P78~79のデータは、四捨五入のため合計値が合わないところがある。

組織図 (2016年7月1日現在)



前列左から、松本洋一郎(理事)、松本紘(理事長)、小安重夫(理事)、有信睦弘(理事)、清水至(監事)、加藤重治(理事)、松尾康博(監事)

問い合わせ先一覧

日本で唯一の自然科学の総合研究所として、各地に拠点をもち広い分野での研究を進めています。

埼玉県和光市

- ▶ 主任研究員研究室
- ▶ 准主任研究員研究室
- ▶ 上席研究員研究室
- ▶ 国際主幹研究ユニット
- ▶ 特別研究ユニット
- ▶ 研究推進グループ
- ▶ グローバル研究クラスタ
- ▶ 創発物性科学研究センター
- ▶ 量子工学研究領域
- ▶ 環境資源科学研究センター
- ▶ 脳科学総合研究センター
- ▶ 仁科加速器研究センター
- ▶ 情報基盤センター
- ▶ 産業連携本部
- ▶ 科学技術ハブ推進本部
- ▶ 革新知能統合研究センター

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
TEL:048-462-1111/FAX:048-462-1554

茨城県つくば市

- ▶ バイオリソースセンター

〒305-0074 茨城県つくば市高野台3-1-1
TEL:029-836-9111/FAX:029-836-9109

宮城県仙台市

- ▶ 量子工学研究領域

〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉519-1399
TEL:022-228-2111/FAX:022-228-2122

神奈川県横浜市

- ▶ 環境資源科学研究センター
- ▶ 統合生命医科学研究センター
- ▶ ライフサイエンス技術基盤研究センター

〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-22
TEL:045-503-9111/FAX:045-503-9113

愛知県名古屋市

- ▶ 放射光科学総合研究センター

〒463-0003 愛知県名古屋市守山区
大字下志段味字穴ヶ洞2271-130
なごやサイエンスパーク研究開発センター内
TEL:048-462-1111/FAX:048-462-1554

大阪府吹田市

- ▶ 生命システム研究センター

〒565-0874 大阪府吹田市古江台6-2-3
TEL:06-6155-0111/FAX:06-6155-0112

兵庫県佐用郡(播磨)

- ▶ 放射光科学総合研究センター

〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL:0791-58-0808/FAX:0791-58-0800

海外拠点

- ▶ **RAL支所(イギリス)**
UG17 R3, Rutherford Appleton Laboratory,
Harwell Science and Innovation Campus,
Didcot, Oxfordshire, OX11 0QX, UK
TEL:+44-1235-44-6802
FAX:+44-1235-44-6881
- ▶ **北京事務所**
1008, Beijing Fortune Building, No.5,
Dong San Huan Bei Lu, Chao Yang District,
Beijing, 100004, China
TEL:+86-(0)10-6590-9192
FAX:+86-(0)10-6590-9897
- ▶ **理研BNL研究センター(アメリカ)**
Building 510A, Brookhaven National Laboratory,
Upton, New York 11973, USA
TEL:+1-631-344-8095
FAX:+1-631-344-8260
- ▶ **シンガポール事務所**
11 Biopolis Way, #07-01/02 Helios 138667,
Singapore
TEL:+65-6478-9940
FAX:+65-6478-9943