



広報誌 RIKEN 2021

広報誌

RIKEN 2021

www.riken.jp

国立研究開発法人理化学研究所
〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1 TEL:048-462-1111 (代表)
RIKEN 2021-032 (2021年6月発行)

科学道
Dreams to the Future

 理化学研究所



目次

広報誌 RIKEN 2021

ごあいさつ	01	計算科学研究センター	38
理研の歩み	02	放射光科学研究センター	40
至高の科学力	04	バイオリソース研究センター	42
研究開発	10	理研の活動	44
情報総合本部	12	特集	46
科技ハブ産連本部	14	研究成果で見る理研の強み	48
開拓研究本部	16	受賞	50
革新知能統合研究センター	18	戦略的な連携協力の推進	52
数理創造プログラム	20	環境問題への貢献	54
生命医科学研究センター	22	広報活動	56
生命機能科学研究センター	24	若手人材育成	58
脳神経科学研究センター	26	人員	60
環境資源科学研究センター	28	予算	62
創発物性科学研究センター	30	組織図	64
量子コンピュータ研究センター	32	問い合わせ先一覧	
光量子工学研究センター	34		
仁科加速器科学研究センター	36		

ごあいさつ

理事長 松本 紘

理化学研究所(理研)は、1917(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歴史ある研究所です。

時代と国の要請に応え組織形態を変えながらも、わが国で唯一の自然科学の総合研究所として、物理学、工学、化学、数理・情報科学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野において先導的な研究を推進してきました。

現在は特定国立研究開発法人として、国際競争の中で革新的な研究成果を創出し、日本のイノベーションシステムを強力に牽引する中核機関としての責務を果たすべく「科学道」を邁進しています。

改正科学技術基本法である科学技術・イノベーション基本法が2021年4月1日に施行されました。これを受け、理研の研究活動内容を定める国立研究開発法人理化学研究所法も改正されています。理研法の改正によって理研の研究対象は、自然科学のみならず人文社会科学にまで拡大されました。これまで以上に総合的な研究を推進し、研究開発成果の最大化とともに、人類が直面する諸課題を解決すべく、積極的に取り組んで参ります。

未だ猛威を振っている新型コロナウイルス感染症や、多発する自然災害など、世界は多くの問題を抱えています。理研は、皆様の安寧な生活を脅かすさまざまな脅威に対応し、より良い暮らしや将来に資するため、科学技術によって貢献できることを着実に実施します。そして、特定国立研究開発法人として国民の皆様のご期待に沿うべく所員一丸となって研究活動を進めて参ります。ご支援のほど、よろしくお願い申し上げます。

理研の歩み

理研は、1917(大正6)年に財団法人として創立され、2017年3月には創立百周年を迎えた長い歴史を持つ研究所です。財団法人、株式会社、特殊法人、独立行政法人、国立研究開発法人と、組織の形を変えながらも、時代と国の要請に応え、自然科学の総合研究所として、先導的な研究を推進すると同時に、わが国の産業発展のための研究開発や成果普及も推進しています。

1917 財団法人理化学研究所設立

1922 研究室制度(主任研究員が裁量権を持って研究室を主宰する制度)が発足

1927 理化学興業株式会社を創設

1937 仁科芳雄、わが国初のサイクロトロンを作製

1948 財団法人理化学研究所解散、株式会社科学研究所設立

1949 湯川秀樹、ノーベル物理学賞受賞

1958 株式会社科学研究所解散、特殊法人理化学研究所設立

1965 朝永振一郎、ノーベル物理学賞受賞

1967 東京・駒込から埼玉県大和町(現 和光市)へ本部移転し、大和研究所を開設(現 和光地区)

1981 微生物系統保存事業(現 バイオリソース提供事業)の開始

1984 筑波研究学園都市に研究拠点を設置(現 筑波地区)

1986 わが国で初めて任期制研究者を採用し、国際フロンティア研究システムを開設

1989 基礎科学特別研究員制度発足

1990 宮城県仙台市に研究拠点を設置(現 仙台地区)

1992 理研アドバイザー・カウンシル(RAC)を創設

1993 なごやサイエンスパークに研究拠点を設置(現 名古屋地区)

1995 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

1996 理研ベンチャー制度による第1号企業設立
ジュニア・リサーチ・アソシエイト(JRA)制度発足

1997 播磨科学公園都市に研究拠点を設置(現 播磨地区)、大型放射光施設「SPring-8」供用開始
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





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。総裁に伏見宮貞愛親王殿下を迎え、副総裁は渋沢栄一、初代所長は菊池大麓。

戦後、GHQ(連合国軍最高司令官総司令部)の財閥解体方針により、財団理研は解散し、株式会社となる。初代所長は仁科芳雄。

国産の新技术を開発するため、基礎、応用、開発にわたる一貫した研究が求められ、科学技術庁所管の特殊法人理化学研究所へ改組。初代理事長は長岡治男。

2000 神奈川県横浜市に研究拠点を設置(現 横浜地区)

2002 兵庫県神戸市に研究拠点を設置(現 神戸地区)

2003 独立行政法人理化学研究所設立

ヒトゲノム全解析の完了

2006 シンガポールにシンガポール連絡事務所開設(現 シンガポール事務所)

2007 RIビームファクトリー、共用運転開始

2010 中国に北京事務所開設

2011 大阪府吹田市に研究拠点を設置(現 大阪地区)

2012 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

2013 iPS細胞を用いた世界初の臨床研究を開始

2015 国立研究開発法人理化学研究所に名称変更
113番元素の命名権獲得

2016 特定国立研究開発法人に移行
新元素ニホニウム(Nh)の名称・記号が決定

2017 東京都中央区に研究拠点を設置(東京地区)
創立百周年

2018 関西文化学術研究都市(けいはんな学研都市)に研究拠点を設置(けいはんな地区)
ベルギーに欧州事務所を開設

2019 株式会社理研鼎業を創設

2020 スーパーコンピュータ「富岳」、世界ランキングで4部門制覇
「富岳」共用開始

中央省庁再編の中で独立行政法人へ移行、初代理事長は野依良治。

研究開発成果の最大化を目指し、国立研究開発法人として新たなスタートを切る。初代理事長は松本敏。







至高の科学力

ピックアップ

研究成果

「富岳」が達成した圧倒的な世界一

2期連続4冠の実績が証明する計算性能と汎用性の高さ

「富岳」は理研が富士通株式会社とともに開発したスーパーコンピュータです。新たな価値を創出する超スマート社会「Society5.0」の実現を目指し、さまざまな分野で柔軟に活用できるコンピュータとして設計されました。2020年、「富岳」が本格稼働を前に早くも達成した四つの「世界一」は、ただ「速い」だけではない未来のスーパーコンピュータの姿を示しました。

計算科学研究センター

スーパーコンピュータ「富岳」



2020年、「富岳」は求められる性能が異なる四つのランキング(TOP500、HPCG、Graph500、HPL-AI)において6月、11月と連続して世界1位の座を獲得しました。2期にわたりその地位を維持し、計算性能だけではなく、汎用性の高さを示しています。その実現を支えたのは「計算機をつくる分野」と「計算機を使う分野」が議論を重ね、絶えず連携するコデザインという開発手法でした。スーパーコンピュータの規模では世界にも類を見ないこの試みの基盤には、理研がこれまで培ってきた計算科学および計算機科学の蓄積があります。ビッグデータやIoTが支える未来社会「Society5.0」の実現に貢献すべく、より速く、柔軟なシステムを持つ「富岳」は、まさに次世代のスーパーコンピュータといえるでしょう。

ランキングの一つであるTOP500はコンピュータの計算速度を競うものです。計算課題を実行するにはフル稼働状態

で数時間コンピュータを動かす必要があり、システム安定性の目安にもなっています。「富岳」は11月、442.01ペタフロップス(毎秒約44京回)の演算性能を発揮しました。

HPCGでは自動車の空力計算など、産業利用を想定した計算性能を計測します。TOP500で使われるベンチマークプログラムと比べて通信・メモリアクセスの比重が大きく、より高いメモリ性能が求められます。「富岳」は11月のランキングで16.00ペタフロップスという高いベンチマークのスコアを達成しました。

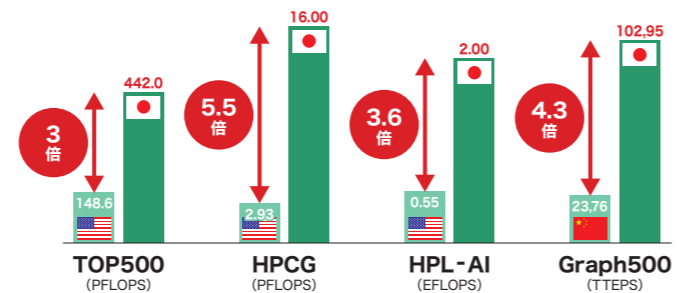
Graph500はビッグデータ解析のような、超大規模グラフ探索能力のランキングです。計算能力の他、メモリ性能、ネットワーク性能も求められます。世界を飛び交う膨大な情報の処理能力を示すものであり、「富岳」は11月、6月時点のスコアを大きく上回る102.95テラテプス(1秒間に探索したグラフの枝

の数が102.95兆個)を達成し、世界1位の座を維持しました。

HPL-AIは、人工知能計算などで活用されている単精度や半精度演算器などの能力も加味した計算性能を評価する指標として、2019年11月に制定された新たなベンチマークです。ここでも「富岳」は2.004エクサフロップス(毎秒約200京回)の高いスコアを記録。二期連続の世界1位を獲得しました。

これらは「富岳」がさまざまな用途、計算方法で世界トップレベルの性能を持ち、汎用性の高いスーパーコンピュータであることを示しています。新型コロナウイルス感染症のパンデミックにおいても、治療候補となる化合物の探索から感染拡大シミュレーション、または飛沫拡散予測など、挑むべき課題は多岐にわたります。「富岳」の計算能力と汎用性は、こうした多様な問題を解決するだけでなく、安心・安全な私たちの未来を導くことでしょう。

世界初！ベンチマークテスト4部門で
2期連続1位を獲得



※2020年11月時点のスコア

アプリケーションファーストのコデザイン

計算機システムとアプリケーションの協調的な設計による開発



関連情報

2020年6月23日お知らせ「スーパーコンピュータ『富岳』TOP500、HPCG、HPL-AI、Graph500において世界第1位を獲得」
2020年11月17日お知らせ「スーパーコンピュータ『富岳』TOP500、HPCG、HPL-AI、Graph500にて2期連続世界第1位を獲得」

至高の科学力

ピックアップ
研究成果

国際連携によるがん全ゲノム解析で、創薬・個別化医療に貢献する

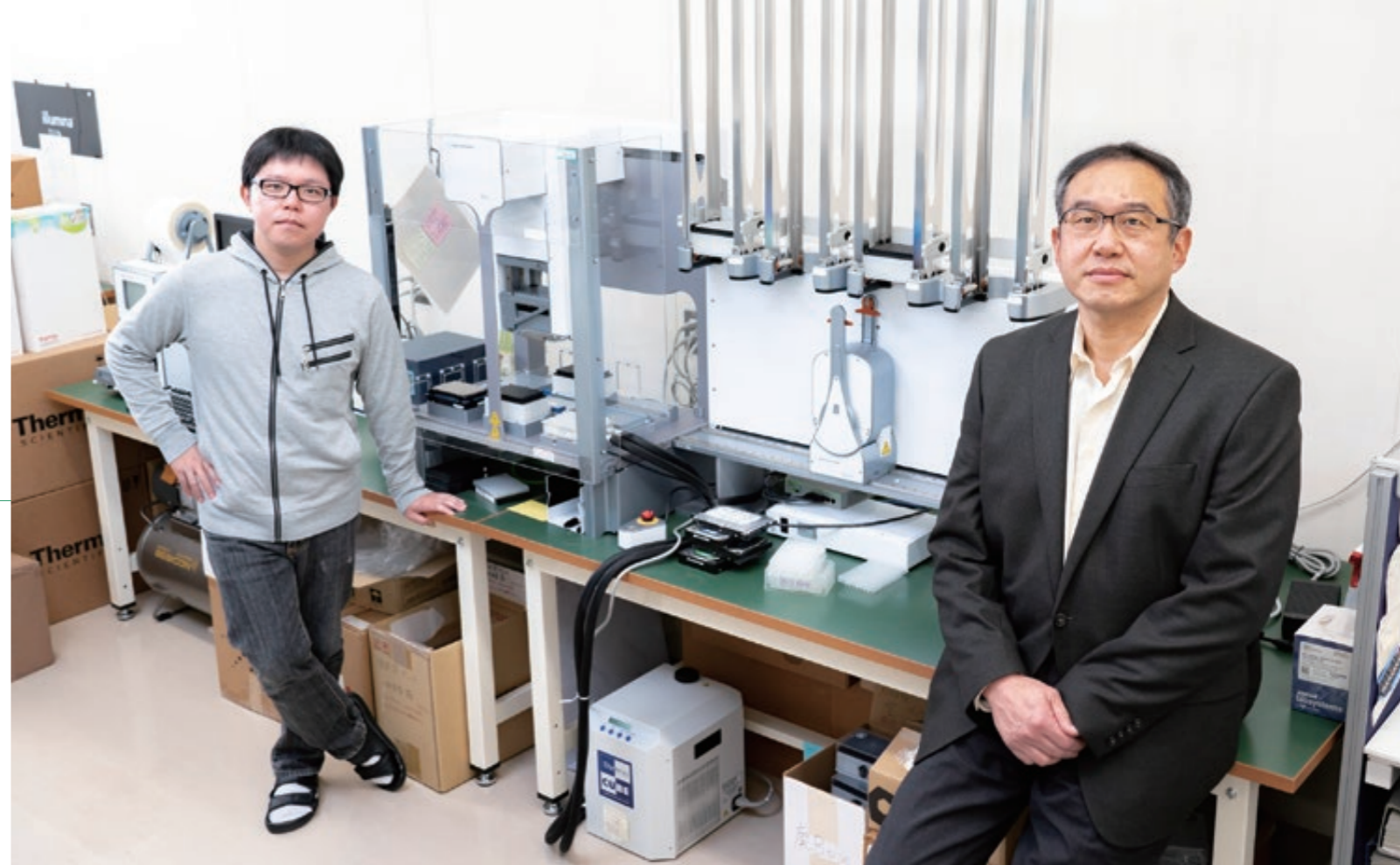
38種のがんに由来する4,600万超の変異・異常をカタログ化

がんは、ゲノム(遺伝情報)の変異や異常が蓄積することで発症・進行する「ゲノムの病気」です。変異の種類や部位、数などは多様で、同じ臓器のがんでも効く薬や治療が患者ごとに大きく異なるため、ゲノム情報に基づく薬の開発や個別化医療(がんゲノム医療)が求められています。研究チームの中川英刀チームリーダーらは、がん細胞の全ゲノムの多面的な解析を目指す国際連携プロジェクトに参画し、これまでで最も網羅的で詳細ながんゲノムカタログを作成しました。

生命医科学研究センター がんゲノム研究チーム

中川英刀 チームリーダー

【写真右から】
中川 英刀 (なかがわ ひでむね)
前嶋 和紘 (まえじま かずひろ) テクニカルスタッフ I



世界最大規模のがんゲノム国際共同研究「国際がんゲノムコンソーシアム(ICGC)」が発足したのは2008年。ICGCでは、2018年までにがん患者から約25,000のサンプルを集め、ゲノムのどこに、どのような異常がみられるのかを解析して情報を公開しました。そこには理研が収集・解析した300例の肝臓がん全ゲノムシーケンス解析データも含まれています。

このICGCなどの公開データベースをもとに、肝臓がんや食道がんなど38種類のがん、2,834例の全ゲノム塩基配列を対象に解析に乗り出したのが、中川チームリーダーらの国際共同研究グループが2014年より参画する「全ゲノムがん種横断的解析プロジェクト(PCAWG)」です。

PCAWGはITエンジニア、臨床医などを含む世界37か国、1,300人以上の研究者が一丸となって取り組む大規模

な国際連携プロジェクトです。合計約1ペタバイト(1,000兆バイト)におよぶ膨大な生データを解析するため、国際共同研究グループは、世界10か所のスーパーコンピュータを連結・同期させ、計算資源を最大活用できる大規模仮想データセンターを構築しました。またICGCで開発された各国のゲノム解析アルゴリズムを組み合わせ、高精度で標準化された変異同定解析手法も開発。約30億塩基対におよぶ全ゲノムから偏りなく、変異や異常をあぶり出しました。そして、同定された変異情報を16の解析項目のワーキンググループで共有し、個々の特徴を明らかにしていきました。

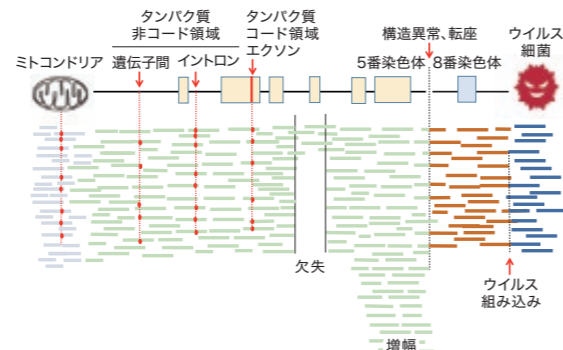
その結果、4,400万個の一塩基変異、240万個の短い欠失・挿入、29万個の構造異常、約8,000個のミトコンドリアゲノム異常、テロメア/TERT遺伝子異常など、合計で4,600万個を超える変異・異常が同定され、それらのさま

ざまな特徴が明らかになりました。また、がん体細胞の一塩基変異数は、がんの診断年齢が高いほど多い傾向にあることなども分かりました。

今回のがん全ゲノムの大規模解析では、従来の解析法とは異なり、ほとんど全てのがんでの変異・異常が検出できます。これによって、これまでで最も網羅的かつ詳細ながんゲノムカタログを作成することができました

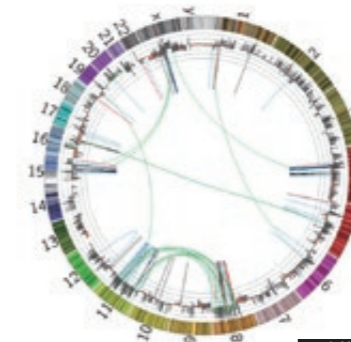
今後ますます発展・普及するDNAシーケンス解析技術により、全ゲノムシーケンス解析は研究分野、医療分野双方において標準的なゲノム解析手法になっていくと予測されます。またオープンサイエンスの気運の中で、大規模な国際連携が機能することを実証した点でも、今回の成果は今後のがん研究や次世代のがんゲノム医療の発展につながる大きな意義を持っています。

全ゲノムシーケンス解析によって見いだされる変異



左:30億塩基対からなるヒトゲノムを偏りなく解析することで、ミトコンドリアゲノム異常、非コード領域の変異、コピー数異常(欠失、増幅)、ゲノム構造異常、ウイルスの検出などが可能となる。図の横棒は100個ほどの塩基配列を示し、赤の点は異常を表している。

全ゲノムでの変異マップの肝臓がんの一例



1番から22番染色体、X染色体Y染色体を環状に並べて、肝臓がんが得られた全ゲノムの異常を書き込んだマップ。たとえば、8番染色体と11番染色体の間で、多数の転座(ゲノム構造異常)が起きていることなどが容易に分かる。

関連情報 2020年2月6日報道発表「国際連携によるがん全ゲノムの大規模解析」

至高の科学力

ピックアップ
研究成果

数理創造プログラム

横倉祐貴 上級研究員

横倉 祐貴 (よこくら ゆうき)



ブラックホールの中に入った情報を取り出す機構に向けて

ブラックホール合体からの重力波の観測、ブラックホールシャドウの撮影など、近年世界的に急速な進展のあるブラックホール研究。2020年ノーベル物理学賞も、関連する理論と観測に貢献した研究者らに授与されています。ブラックホールとは何なのでしょう？世界中の研究者がこの大命題に挑む中、その周辺について少しずつ解明されてきました。しかし、内部については何もわかっていません。横倉祐貴 上級研究員らの共同研究チームは、一般相対性理論と量子力学の両方を用いて、蒸発するブラックホールの内部を理論的に記述しました。

質量(エネルギー)を持つ全ての物質は万有引力により互いに引き合っているため、非常に高密度に集まった物質は自身の重力に耐えきれずに潰れてしまいます。その結果としてつくられる物体がブラックホールです。仮に一般相対性理論だけを考慮すると、光すら脱出できないほど重力が強い真空の時空領域が形成されます。これが量子力学を取り入れずに考えた場合のブラックホールです。物質がそれ以上小さくなると、このブラックホールになる限界の半径を「重力半径」と呼びます。

これに量子力学の効果を加えると、「ホーキング輻射」というエネルギーの放射が生じてブラックホールは徐々に小さくなり、最終的に蒸発すると考えられています。蒸発後、その内部にあった物質の持つ情報はどうなるのでしょうか？もし消失するのであれば、「情報は必ず保存される」という量子力学の原理に反することになります。この「情報問題」は現代物理学における大きな未解決問題の一つです。

共同研究チームは、量子力学の効果を最初から取り入れて、物質が重力で潰れていく過程を理論的に解析しました。まず、球状物質をたくさんの層の集まりと見なすと、各層は多くの粒子から成ります(図-A1,2)。その中の1つの粒子が感じる重力は自身よりも内側にあるエネルギーによって決まり、そのエネルギーに相当する重力半径(図-A3の赤い破線)に近づいていきます。このとき、ホーキング輻射が生じてエネルギーが減るため、重力半径は時間

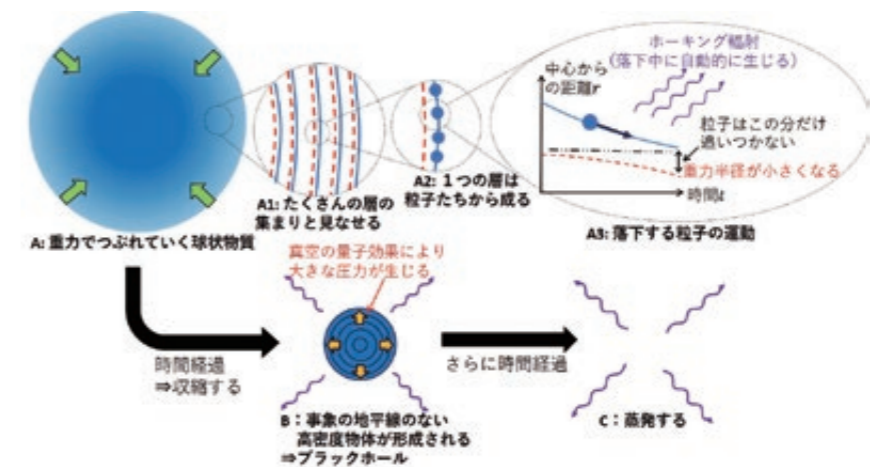
と共に小さくなります。粒子が重力半径のすぐ近くまでやって来ると、落下と蒸発の効果が釣り合い、蒸発が先に生じている分だけ粒子は重力半径に届きません(図-A3)。その結果、粒子は重力半径を通り越さず、そのわずかに外側のある場所に近づいていきます。

同じことが球状物質のあらゆる所で生じます。すると、この物質全体は収縮し、真空の量子効果に由来する大きな圧力で支えられた高密度な物体ができあがります(図-B)。これが量子力学におけるブラックホールだと考えられます。最も外側の層を成す粒子たちは全体の重力半径のわ

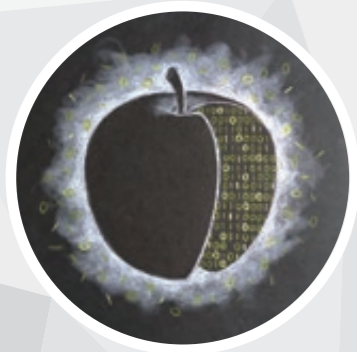
ずかに外側の所に近づき、この高密度な物体の表面になります。表面の半径と重力半径の差がわずかであるため、外からは従来のブラックホールのように見えます。そして長い時間が経過した後、最終的に蒸発します(図-C)。

この結果は、ブラックホールとはあらゆる物質が強い重力下で極限的にとる状態「ブラックホール相」であることを意味します。そして、この理論では内部にある物質を直接調べることができるため、ブラックホール内部の情報がどのように蒸発後に戻って来るのかを理解し「情報問題」を解決する鍵になると期待できます。

量子力学の効果をとり入れたブラックホールの形成と蒸発



関連情報 2020年7月8日報道発表「蒸発するブラックホールの内部を理論的に記述」



イラスト提供: 横倉祐貴



研 究 開 発

理研が行う研究および各研究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。



情報統合本部

情報基盤の強化により、理研の情報研究のハブ機能を目指す

- ▶ 美濃導彦 本部長
- ▶ 先端データサイエンスプロジェクト 桜田一洋 プロジェクトリーダー

研究成果

研究情報の統合により新たなステージへ 新たな科学を先導し、課題解決へつなげる

DX(Digital Transformation)に象徴されるように、ICT(Information and Communication Technology)の深化や計算能力の急速な向上にともない、データ自体の重要性が増す一方で、データ活用に資する情報基盤やプラットフォーム構築と、それを加速させる情報科学研究は最重要項目と認識されています。この流れは科学技術に関わるあらゆる学問分野においても変わりはありません。さらに、AI(人工知能)やデータを中心とした新たな科学分野が脚光を浴び、デジタル化により得られた研究成果を現実社会に還元・適合させることで、社会的課題の解決へと導くことが強く求められています。これら時代の潮流においても、理研の研究活動に必要とされる情報基盤・研究のあり方がさまざまな形へと変化を遂げようとしています。

2021年4月、理研は新たな経営戦略として情報システム本部を改組し、情報統合本部を設置しました。これまで手がけてきた所内情報インフラの運用・支援等の基幹的業務と、多様な研究データを広く社会へ還元・共有するオープンサイエンス事業の推進に加えて、新たに2つの先端的な

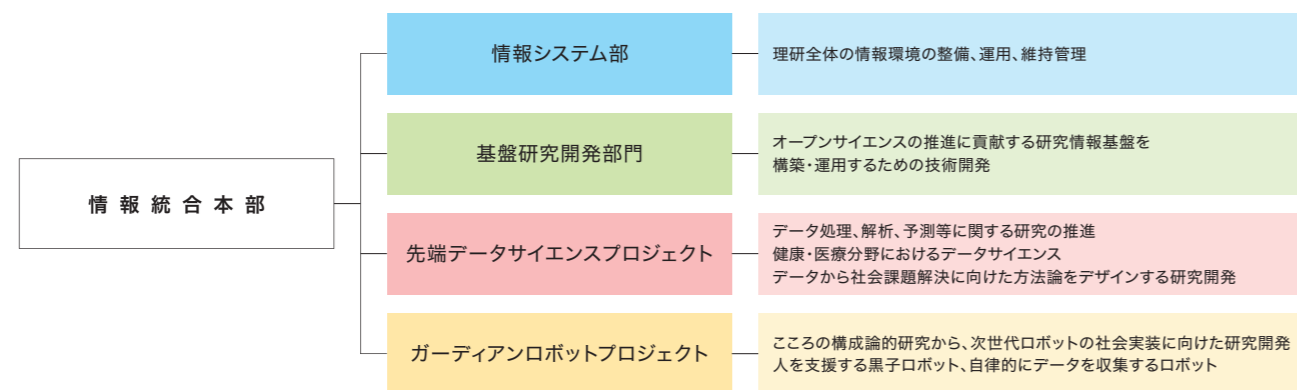
情報研究プロジェクトを実施します。

プロジェクトの一つは、データ駆動型研究から発展させた技術を、現実社会の問題の解決につなげる拡張知性構築を目指す「先端データサイエンスプロジェクト」です。健康・医療の分野におけるさまざまな課題を解決するために編み出した予測・介入・解析手法を、他分野にも適合できる普遍的データ駆動型研究のモデルへと昇華させます。さらに、高度に集約される情報を活用し、現実の自然の特性に基づいた予測推論を社会実装へとつなげていきます。

もう一つは、人の心に寄り添うロボットを実現させる「ガーディアンロボットプロジェクト」です。人間の認知機能を中心とした「こころ」をメカニズム(知覚、認識、記憶、思考、注意、運動制御、感情、社会性)として計算論的に解明し、ロボットという即物的な構成論に導くことで、すでに社会に浸透しつつあるロボットに新たな知性を導入します。本プロジェクトはまた、工学分野にとどまらず、社会学や心理学といった人文的研究分野への貢献・発展も期待されています。



情報統合本部の組織図



(写真左から)
美濃 導彦
(みのう みちひこ)
桜田 一洋
(さくらだ かずひろ)

情報統合本部

情報統合本部は理研全体の情報基盤構築・運用を統合的かつ戦略的に推進する役割を担っており、理研の情報環境の企画、構築、運用、利用者支援を担う情報システム部および基盤研究開発部門、そして、全分野にわたる先進的な情報研究や学問分野横断的な情報に係る研究開発プロジェクトにて構成されます。情報システム部では、理研の第4期中長期目標期間中に策定したICT戦略の具現化に向けた活動を実施しています。ICT戦略の重点の一つは理研全体のセキュリティの強化で、セキュリティ・バイ・デザインによる情報基盤の再構築、および情報セキュリティルールの整備とインシデント発生時の対応業務を行います。さらに、基盤研究開発部門における技術開発と研究支援により、理研全体のオープンサイエンスの推進に貢献しています。プロジェクトにおいては、健康・医療分野におけるデータサイエンスや、データから社会課題解決に向けた方法論をデザインする開発研究、また、人間の認知機能を中心とするこころのメカニズムの計算論的な解明を通じて、脳×AI×こころの要素を取り入れた、人のこころに寄り添ったロボットの研究を推進します。



本部長 美濃導彦 (D.Eng.)



科技ハブ産連本部

イノベーション創出に向け、組織や分野の壁を越えた協働の場を構築する

▶ 科学技術ハブ推進部 科学技術ハブ推進課

研究成果

広がる科学技術ハブ 科学技術の研究成果を最大化する

理研はわが国唯一の自然科学の総合研究所として、研究開発のポテンシャルを高め、至高の科学力をもって国の科学技術戦略の担い手となるべく、世界最高水準の成果を生み出すための経営方針「科学力展開プラン」を2015年に打ち出しました。

「科学力展開プラン」は5つの項目からなりますが、その中の一つに挙げられているのが「科学技術ハブの形成」です。科学技術ハブとは、理研と全国の大学とが一体となって科学力の充実を図ることを目的に、理研が科学技術における「ハブ」の役割を担うことで、研究開発ネットワークを形成し、さらにそれを強化することにより、研究成果の最大化とイノベーションの創出を推進するものです。従来型の研究者間の個別の共同研究にとどまらず、組織対組織で協働する体制を構築し、それぞれの組織の強みを生かして分野の壁を超えた融合研究を実施することで、新たな研究シーズの創出を目指します。

科学技術ハブは、2021年1月時点で、5つの国立大学とけいはんな地区の合わせて6拠点に形成されています。それ

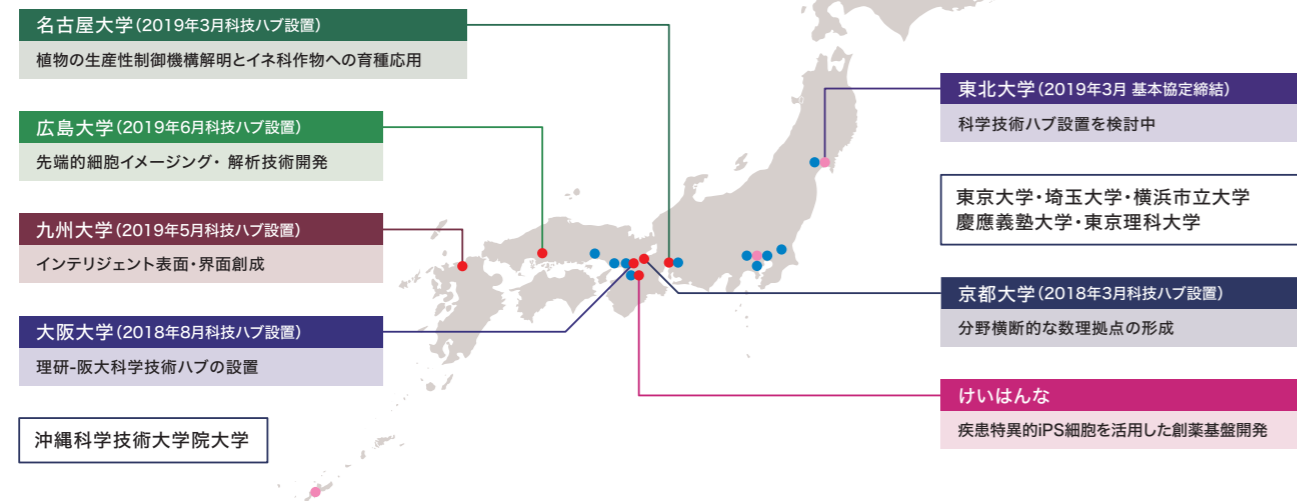
ぞれの拠点の特徴に応じた連携研究テーマを推進するとともに、連携シンポジウムの開催やマッチングファンド形式による共同研究プログラムの実施など、新たな連携を結び付けるための取り組みも進めています。

すでに、大学の頭脳交流の場に設置した分野横断的な数理拠点では、理研と大学との連携によってハブ機能を拡充することにより全国の大学にそのネットワークを広げ、また、生命農学系の研究科とともに形成した植物育種研究拠点では、新しい品種の実用化に向けて、海外圃場の活用へと展開しています。

さらに、全国の主要な大学や、複数の国内研究機関との連携の深化を進めており、今後は海外の大学・研究機関との国際科学技術ハブの形成も視野に取り組みの幅を広げています。

理研と大学のさまざまな立場や専門分野を掛け合わせることで、研究者が活躍し、画期的な成果を数多く創出する場としての最高の拠点づくりを目指します。

科学技術ハブおよび連携の形成状況



(写真前列中央)
小寺 秀俊 (こてら ひでとし) 本部長
(写真前列右)
山崎 泰規 (やまざき やすのり) 理研 特任顧問
(写真前列左)
生越 満 (おごし みつる) 科学技術ハブ推進部長
と科学技術ハブ推進課のメンバー

科技ハブ産連本部

科技ハブ産連本部では、大学、研究機関や産業界と協働し、理研が科学技術におけるハブの役割を担い、研究開発のネットワークを形成および強化することにより、わが国の科学力の充実を図るとともに、イノベーションの創出を推進します。また、研究成果の最大化および社会的課題解決のため、ニーズ探索、新技術開発テーマ創出から事業化に向けて、オープンイノベーションを推進し、組織対組織の連携による産業界との共創機能を強化します。



本部長 小寺秀俊 (D.Eng.)



開拓研究本部

理研の資源とネットワークを活用し、新しい概念の研究に挑みたい

- ▶ 杉田理論分子科学研究室 杉田有治 主任研究員
- ▶ 岩崎RNAシステム生化学研究室 岩崎信太郎 主任研究員

研究成果

細胞内環境の未知の役割を解明する 最新技術を駆使して、分子機能と細胞内環境の関係を追究

生物の細胞の内部は「小宇宙」にも例えられ、複雑な構造の中にさまざまなタンパク質や核酸などをはじめ、中にはまだ構造や機能が解明されていない生体分子もたくさん存在しています。その一つが2020年に岩崎信太郎 主任研究員らの共同研究チームが発見したHeroと呼ばれる、構造を持たない一群のタンパク質です。細胞内分子混雑環境で他のタンパク質が凝集することを防ぎ、その機能を保護するというHeroの働きが明らかにされつつあり、私たちの細胞観を大きく変えようとしています。

理研には新領域開拓課題という研究提案制度があり、新たな研究領域の開拓を目指し独創的・先導的な課題に取り組む数々のプロジェクトが進められています。その一つである「細胞内環境の生物学」では、Heroのように従来の生物学では想定されなかった未知の構造と機能を持つ分子群の同定と分子制御機構の解明を目指しています。細胞質はタンパク質など無数の生体分子が高濃度で存在する特異な環境であり、全長2mにもおよぶゲノムDNAはわずか直径10μmの細胞核の中に収容されています。このよう

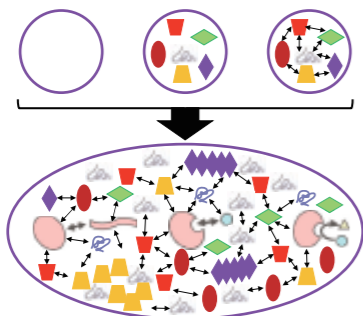
な細胞内環境そのものの特殊性とこの環境で生体分子が固有の機能を発現するメカニズムを解明できれば、生物学に大きなインパクトを与えるはずです。

プロジェクトは二つのサブプロジェクトからなり、岩崎主任研究員らは、生化学的手法や新規顕微鏡技術の開発を通して動物の細胞内において未知の機能・構造を持つ分子群を探索、再構築することを目指します。もう一つのサブプロジェクトを進める杉田有治 主任研究員らは、スーパーコンピュータ「富岳」を用いた大規模なシミュレーションを行うとともに、NMR技術やクライオ電子顕微鏡法、一分子計測技術などを駆使する実験研究者と連携することで、細胞内分子構造動態を解析し、その働きを明らかにします。実験・理論研究によるさまざまな情報を統合するために機械学習・データ同化を用いた解析も計画しています。

協働する二つのサブプロジェクトの相乗効果によって、細胞内環境の理解が深まることが期待できます。そこで働く生体分子機能のメカニズム解明が進み、生物学のブレークスルーとなるようなプロジェクトを推進します。

細胞内の「三密」状態

密閉された空間 密集した分子 密接な分子間作用



細胞内環境の生物学

分子動力学シミュレーションによる細胞内分子構造動態の解析



eLife 5, e19274 (2016)



(写真右から)
杉田 有治 (すぎた ゆうじ)
岩崎 信太郎 (いわさき しんたろう)

開拓研究本部

科学技術立国を目指すわが国においては、多様な科学研究を展開し、革新的な技術を開拓することが求められています。真にこれを実現するためには、国家的な科学技術政策課題を担う戦略センターでの研究推進と並んで、他に先んじた新しい科学の創成が必要不可欠です。開拓研究本部では、主任研究員と理研白眉研究チームリーダーが研究室を主宰し、抜かして基礎研究成果を生み出すとともに、理研内外の研究者を有機的に連携する分野横断的な研究プロジェクトを推進することにより、新たな科学の創成を進め、わが国における戦略的研究プロジェクトの芽となる研究を開拓します。



本部長 小安重夫 (D.Sci.)



革新知能統合研究センター

“信頼されるAI”の実現につながる基礎理論の研究を進めていく

- ▶ 不完全情報学習チーム 手嶋毅志 大学院生リサーチ・アソシエイト、杉山 将 チームリーダー
- ▶ 数理科学チーム 石川 勲 客員研究員、東條広一 特別研究員、池田正弘 研究員

研究成果

機械学習の応用範囲を拡大し、信頼性向上に貢献 可逆ニューラルネットワークの万能近似性を数学的に証明

2015年に人間のプロ囲碁棋士に勝利した「AlphaGo」は、ディープラーニングを利用したコンピュータ囲碁プログラムです。これによって、人工知能(AI)の実用性が広く一般にも認識され、ディープラーニングに注目が集まりました。

ディープラーニングとは、AI技術の一つで、人間の脳の神経組織をヒントにつくられた数理モデル、すなわちニューラルネットワークを利用して「関数の近似」を行う機械学習の手法です。関数の近似の一例として、一次関数や二次関数などで近似する回帰分析がありますが、画像など実社会のデータを扱うためには、より複雑な関数の近似が必要になります。

例えば機械学習の簡単な例としてよく挙げられる手書き文字の認識では、数字の0から9を手書きした画像が28×28個の数値として入力され、ニューラルネットワークを経ることでデータの特徴が分析されて、0から9までのどの数字であるかが判定されます。この計算過程は、画像を入力して0から9までのいずれかの数値を出力する、一つの

関数と考えることができます。この関数をニューラルネットワークで近似することにより、画像を分類できるという仕組みです。

複雑な関数を近似できることを、ニューラルネットワークの「表現力が高い」と呼びます。ニューラルネットワークをデザインするときには、表現力を高めることと、推定の不安定さを抑えることのバランスを取る必要があります。今回、手嶋毅志 大学院生リサーチ・アソシエイトらが行った、可逆ニューラルネットワークモデルの万能近似性についての研究では、可逆ニューラルネットワークは十分な表現力を備えているので、推定の改善に注力すればよい、ということが明らかにされました。表現力の理論的解析には、「微分同相群の構造定理」と呼ばれる類似研究では用いられていない証明技術が使われました。

この成果は、可逆ニューラルネットワーク関数を用いた近似の正確性に関する議論の基礎として利用され、信頼されるAI開発につながる基礎理論として、広く応用されることが期待されています。



機械学習による手書き文字の認識



手書き文字認識(手書き数字のMNISTデータベース)では画像データを入力すると0から9までの数値が出力される関数を近似する。

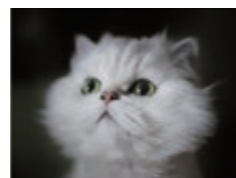
表現力の高いニューラルネットワーク



人工ノイズ



可逆ニューラルネット



写真

可逆ニューラルネットワークは複雑な関数を近似できることが今回示された。人工ノイズを猫の写真に変換するような複雑な関数も近似できる。表現力が高い近似関数を利用することで、機械学習の適用範囲を拡大することが可能になる。

(写真左上から時計回りに)

- 手嶋 毅志 (てしま たけし)
- 石川 勲 (いしかわ いさお)
- 東條 広一 (とうじょう こういち)
- 杉山 将 (すぎやま まさし)
- 池田 正弘 (いけだ まさひろ)

革新知能統合研究センター

革新的な人工知能基盤技術を開発し、それらを活用することにより、科学研究の進歩や実社会における課題解決に貢献することを目指します。加えて、人工知能技術の普及に伴って生じる倫理的・法的・社会的問題に関する研究を行います。具体的には、①汎用基盤技術研究グループにおいて、深層学習の仕組みの解明や、新しい原理に基づく次世代人工知能技術の創出を目指し、②目的指向基盤技術研究グループにおいて、再生医療・材料開発・ものづくりなど日本が高い国際競争力を持つ分野の強化、および高齢者ヘルスケア・防災減災・インフラ管理といった社会的課題への取り組み等を進めています。また、③社会における人工知能研究グループでは、データ流通やプライバシー保護に関する技術開発や、法整備を含めた人と人工知能の関わり方について研究しています。さらに、さまざまな企業・大学・研究所・プロジェクトと連携しながら事業を推進し、世界的に不足しているAI関連人材の育成も行っています。



センター長 杉山 将 (D.Eng.)



数理創造プログラム

学際的アプローチで生命現象を解明したい

カトウリン・ボシウメン 副プログラムディレクター、入谷亮介 研究員、ジェフリ・フォーセット 上級研究員、黒澤 元 専任研究員、矢崎裕規 特別研究員

研究成果

数理モデルで生物学の謎に挑む

生物学者と数理科学者をつなぐ「iTHEMS生物学セミナー」

数理科学を軸にした学際的研究を推進する数理創造プログラム(iTHEMS)には、研究者間の情報やアイデアの共有を促進するための「スタディグループ」と呼ばれる活動があります。生物学者と数理科学者が集う「iTHEMS生物学セミナー」もその一つです。

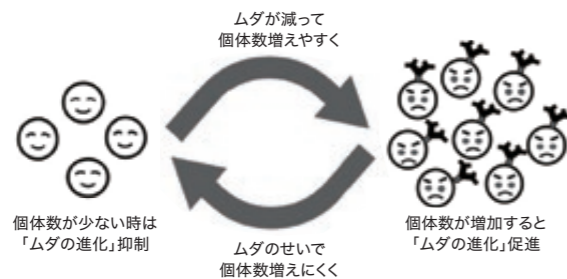
生物学者と数理科学者の間には、知識体系や研究手法の違いから生じる、大きな壁があります。生物学における研究対象が、分子、細胞、組織、個体、個体群、群集、生態系などきわめて多様であることも関係します。本セミナーでは、各メンバーが毎週順番にセミナーを主催し、自分自身が講演したり外部研究者を招待します。主催者は分野間の壁を低くする努力をして、自由な議論を促し、学際的領域で新しい研究アイデアの発掘を目指しています。例えば「遺伝子とは何か」がテーマであれば、ATGCという塩基配列の並びをデジタルデータとして捉えて議論したり、遺伝子同定に用いる数理モデルや機械学習などに着目します。接点となる話題をうまく提起すると、分野の異なる研究者同士で

あっても自由で活発な議論が生まれるのです。

「進化」というキーワードで、生物学者と数理科学者が集まりブレークスルーを起こした事例があります。自然界で、競争に強い種が他の弱い種を駆逐してしまわず、多様な種が共存できているのはなぜか。これは、半世紀以上に唱えられた、進化生態学における未解決問題です。進化の研究においては、タイムマシーンがない以上、データやシミュレーション、理論に基づいた推測が必要になります。これは数理科学の得意分野です。本セミナーと他大学、博物館などの共同研究では生態系の進化の仕組みを数理モデル化することで、「ムダの進化」が生物の多様性にとって重要であることを明らかにしました(図)。

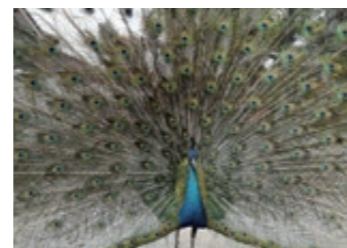
iTHEMS生物学セミナーは、2021年1月より本格的なスタディグループとして活動を深化させ、生物学に関連するトピックについて学際的なワークショップなども開催する予定です。今後も新しくかつユニークな知見の発見やその提供を目指します。

「ムダの進化」と個体数の関係



個体数の多い種では、たとえばメスを惹きつける鳴き声や色彩などの特徴や、闘争で有利になる巨大な角などの特徴がオスにとっては有利になり、適応進化によって集団の中でそうした特徴が多く見られるようになる。一方、これらの特徴が頻度を増すと、競争や捕食など異なる生物種間の相互作用においては不利に働く(という意味では「ムダ」である)ため、これによって個体数が減少し、異なる生物種が多数共存する可能性が高まるとも考えられる。個体数の増加に貢献しない進化と、種間の競争のもとで生じる個体数の変動を考慮した数理モデルを構築・解析した結果、「ムダの進化」によって異種間の競争が緩和され、多種の共存が促進されることが明らかになった。

クジャクのオスに見られる「ムダの進化」



クジャクのオスに見られる派手な色彩は、メスの選り好みによって生じた「性淘汰」の結果であると考えられている。大きく美しい羽はメスを惹きつけるが、外敵から見つかりやすくなるというデメリットがある。つまり、「ムダ」の一つと考えられる。



(写真中央モニター内)
Catherine Beauchemin
(かとうりん ぼしうめん)
(写真左から)
黒澤 元 (くろさわ げん)
Jeffrey Fawcett
(じえふり ふおーせつと)
矢崎 裕規 (やざき ゆうき)
入谷 亮介 (いりたに りょうすけ)

数理創造プログラム

自然科学は、物理学、化学、生物学とさまざまな分野に分かれています。しかし数理科学によってその背後にある論理的な構造を調べてみると、共通点が見えてくる場合があります。数理創造プログラムは、理論科学・数学・計算科学の研究者が、物理学、化学、生物学、工学などさまざまな分野の研究者とともに、「数理」を軸とする手法を用いて、宇宙・物質・生命の解明や、社会における基本問題の解決を図る、新しい国際研究拠点です。さらに、分野横断型・滞在型のスクールや、さまざまな分野で第一線の基礎科学研究者を招いたワークショップ、企業や社会で数理がどう使われているかを知るための産学連携レクチャーや定期的な分野交流などを通して、ブレークスルーをもたらす研究土壌を整え、若手人材の育成を進めます。国内の大学や海外の研究機関との連携を通じ、国際頭脳選流ネットワークを構築します。



プログラムディレクター 初田哲男 (D.Sci.)

関連情報

2020年7月10日報道発表「自然界の『ムダの進化』が生物多様性を支える」



生命医科学研究センター

腸管粘膜の免疫細胞と腸内細菌の相互作用を解明し、病態の制御に応用したい

▶ 粘膜システム研究チーム

宮内栄治 研究者
大野博司 チームリーダー

研究成果

腸内細菌が中枢神経系炎症を悪化させる仕組みを解明 自己免疫疾患の難病・多発性硬化症の予防および治療法の開拓へ

人間の腸内には1,000種類以上、40兆個もの細菌がすんでおり(腸内細菌叢)、消化や吸収を助けたりするほか、互いに作用し合うことで免疫や病気にも関与することが分かっています。多発性硬化症という病気でも腸内細菌が大きく関与していると考えられていましたが、その仕組みは謎のままです。今回、宮内研究者、大野チームリーダーらの共同研究グループは、多発性硬化症のモデルマウスを使って新たな成果を得ました。

多発性硬化症は脳や脊髄の炎症によって視覚障害や四肢の麻痺などの症状が進行する病気で、免疫系の司令塔として働くT細胞が、本来攻撃するはずのない「神経細胞の軸索を覆う髄鞘(ミエリン)」に作用することが引き金になる自己免疫疾患の一種です。マウスでは、髄鞘の表面にあるミエリンオリゴデンドロサイト糖タンパク質のペプチド(MOG)を注射することでMOG特異的T細胞が誘導され、多発性硬化症に似た症状を発症することも分かっています。

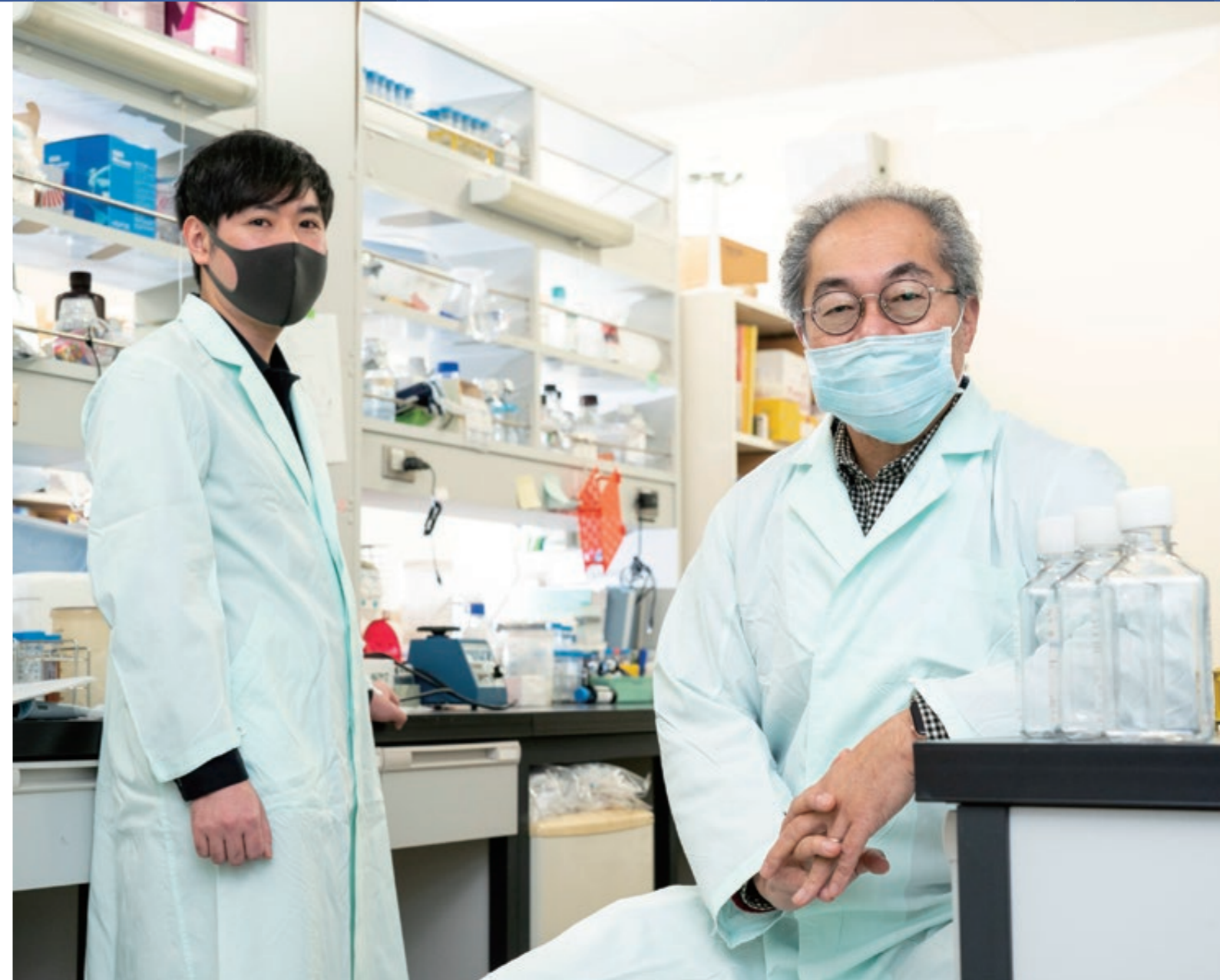
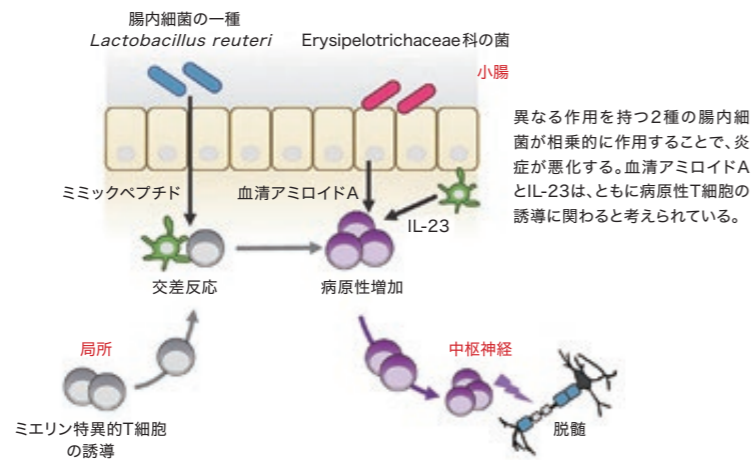
共同研究グループは、MOGを投与した疾患モデルマウスに4種の抗生物質(アンピシリン、バンコマイシン、ネオマイシン、メトロニダゾール)を1種ずつ与えて腸内細菌のバラ

ンスを崩し、それぞれの麻痺の程度を調べました。

すると、アンピシリンを飲ませたマウスでは、他の三つに比べて麻痺が軽減。このマウスではErysipelotrichaceae科に属する特定の菌が著しく減少していることも分かりました。ところが、無菌マウスにこの菌だけを定着させ、MOGを投与して発症させると、麻痺の症状は無処置の疾患モデルマウスよりも軽いものでした。

症状の悪化には他の菌も関わっている可能性が考えられます。そこで、小腸内容物の全ゲノムDNAを調査した結果、腸内細菌の一つ*Lactobacillus reuteri*が産生するタンパク質がMOG特異的T細胞と交差反応し、T細胞の増殖を促進していることが分かりました。

これによって、作用の異なる二つの腸内細菌が相乗的に作用し、自己抗原を選んで攻撃するT細胞を活性化することを明らかにしました。この成果は、小腸細菌叢を制御することが多発性硬化症の発症や症状緩和に寄与する可能性を示しており、この病気の新たな予防・治療法の開発につながると期待できます。



(写真右から)
大野 博司 (おおの ひろし)
宮内 栄治 (みやうち えいじ)

生命医科学研究センター

生命医科学研究センターでは、ヒトの疾患の発症機序の解明やそれに基づく新たな診断法や治療法の確立を目指して、ヒトゲノム機能と免疫機能の解明を中心に研究に取り組みます。そのために、①ゲノム機能医科学研究、②ヒト免疫医科学研究、③疾患システムズ医科学研究、④がん免疫基盤研究の4つの部門を設け、これらの部門が互いに連携しながら最先端の研究を進めています。ゲノム、遺伝子発現、タンパク質や脂質から、細胞、組織そして個体まで、各階層にまたがったマルチオミクス解析を統計学や人工知能を駆使して進めます。また、マウスなど実験動物で得られた成果をヒト免疫研究へ還元する基盤や、ヒトの病態をマウスや細胞などの実験系で再現し解明するための研究基盤を構築し、さらにこれらの基盤を活かして次世代のがん免疫研究を展開します。



センター長 山本一彦 (M.D., Ph.D.)

関連情報

2020年8月27日報道発表「腸内細菌が中枢神経系炎症を促進する仕組みを解明」



生命機能科学研究センター

ヘルスケア領域に科学的エビデンスのある皮膚科学を導入する

▶ 器官誘導研究チーム

辻孝 チームリーダー

研究成果

細胞同士の張力が皮膚の構造と機能を制御する 張力均衡に着目した新たな皮膚治療戦略にもつながる成果

皮膚には、外界からの刺激に反応し、物理的圧迫などから生体を守る役割があります。皮膚内部にも「細胞同士が皮膚面に対し平行方向に引っ張り合う働き(張力均衡)」が見られます。いわゆる「肌のハリ」といわれるものですが、その役割はよく分かっていませんでした。研究チームでは、培養細胞を用いて張力均衡を再現した人工皮膚モデルを開発し、その機能を解明しました。

張力均衡は、真皮の線維芽細胞がコラーゲン線維を介して張力バランスを取ることで得られます。けがや手術などで皮膚が切れると、皮膚組織が線維構造と同方向に収縮し、張力は失われます。従来の人工皮膚モデルは収縮型のモデルであり、皮膚の張力を再現できていませんでした。そこで、研究チームは人工皮膚を培養容器で挟んで収縮を固定し、張力均衡を再現した「THSモデル」と、このモデルを培養容器から切り離して培養することで張力が失われた「TRSモデル」を開発。その上で、張力均衡の機能を解析しました。

まず、蛍光免疫染色法により真皮にあるコラーゲン線維の量と表皮の角化細胞の数を調べ、いずれもTHSモデルがほかの2つに比べて著しく増えていることを突き止めまし

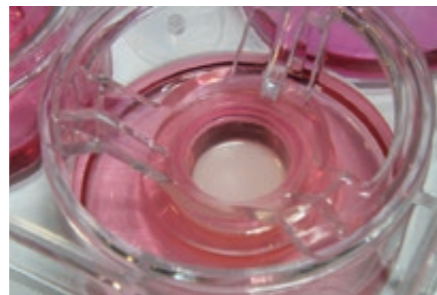
た。次に、紫外線による皮膚老化の治療薬に対する応答性を調べたところ、THSモデルで、コラーゲン遺伝子とヒアルロン酸合成酵素遺伝子発現が有意に増加すると判明。張力均衡が人工皮膚の真皮形成と表皮の新陳代謝を促し、皮膚の薬物応答性を活性化することが分かりました。これは皮膚薬の評価などに応用が期待できる結果です。

さらに、その活性化のメカニズムを分子レベルで検討。3つのモデルにおいて、圧力や振動など物理的ストレスのシグナル伝達因子を調べた結果、THSモデルでのみ、これらの因子が活性化していました。この解析から、コラーゲン線維にかかる張力が受容体のインテグリンを介して線維芽細胞内に伝わると、コラーゲンやエラスチン遺伝子の発現を促進する転写因子が細胞の核内に移行し、真皮細胞外基質の合成促進、表皮角化細胞の増殖、薬物応答性の向上といった作用を引き起こすことが示されました。

これらの研究成果は、皮膚科学研究の分野のみならず、張力均衡が関与する疾患や老化の治療といった健康長寿に向けたヘルスケア領域の研究開発や応用にも貢献すると期待できます。

張力均衡を再現した人工皮膚モデル

中央の白い部分が人工皮膚モデル。表面は角質化した表皮層、内部は線維芽細胞からなる真皮層など6層の構造を持つ。



(写真前列右から)
辻孝 (つじたかし) 客員技師
木村 駿 (きむら しゅん) 客員技師
(写真後列右から)
小川 美帆 (おがわ みほ) 研究員
土屋 綾子 (つちや あやこ) テクニカルスタッフ I

生命機能科学研究センター

個体の発生・誕生から死までのライフサイクルの進行を、分子・細胞・臓器の連関による調和のとれたシステムの成立とその維持、破綻に至る動的な過程として捉え、個体の一生を支える生命機能の解明に取り組みます。この目的のため、①構造分子生物学分野、②細胞システム分野、③生命モテリング分野、④細胞・臓器機構分野、⑤健康・病態科学分野、⑥成長・発達科学分野の6つの研究分野を設け、発生・成長・成熟・老化・再生など多細胞生物のライフステージに特徴的な生命現象を分子から個体レベルで観察、再現、制御する研究開発を進めます。また、得られた知見を再生医療や診断技術開発などに応用し、超高齢社会を迎えたわが国の課題である健康寿命の延伸に貢献する生命科学の発展を目指します。



センター長 西田栄介 (Ph.D.)

関連情報

2020年11月6日報道発表「皮膚の張力は皮膚の構造と機能を制御する」



脳神経科学研究センター

最新の神経回路遺伝学的手法を駆使して脳科学の未開拓分野に迫る

▶ システム分子行動学研究チーム

吉原良浩 チームリーダー

研究成果

大脳皮質の深部にある「前障」の機能を解明 意識レベルや睡眠の調節を担う神経回路のメカニズムが明らかに

「前障が意識の神経基盤であり、脳というオーケストラにおける指揮者の役割を果たす」。DNA二重らせん構造の発見者であるフランシス・クリックは生涯最後の論文にこのような仮説を書き残しました。前障とは哺乳類の大脳皮質の深部にある薄いシート状の脳領域です。大脳皮質は五感の入力情報の処理や意志の決定、運動の指令など、機能の異なる領域に分かれ、前障はそのほとんどすべての領域と双方向に神経連絡しています。このことから、前障は感覚の統合や脳の同期的活動の制御、意識レベルの調節といった役割を担っていると考えられてきましたが、詳細は未解明のままです。

研究チームの吉原良浩チームリーダーらは、前障と意識の謎に迫るべく、前障の神経細胞を観察・活動操作するための遺伝子改変マウスを作成し、神経解剖学・電気生理学・光遺伝学を組み合わせた実験により、前障が意識や睡眠に関わっていることを明らかにしました。

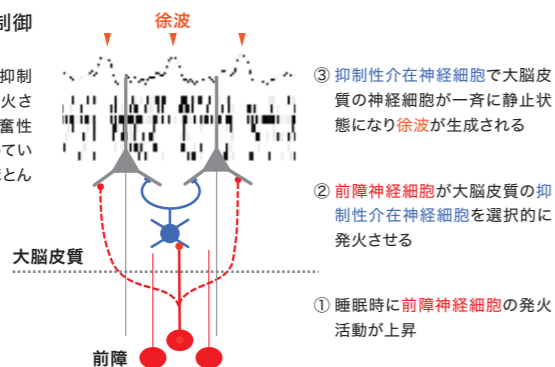
前障と双方向に神経連絡している大脳皮質には、興奮性の信号を伝える興奮性神経細胞と、その活動を抑制する信号を伝える抑制性介在神経細胞が存在します。研究チーム

は前障神経細胞が、クリックが予測したような大脳皮質の多くを占める興奮性神経細胞ではなく、むしろ抑制性介在神経細胞の活動を選択的に発火させることを見いだしました。

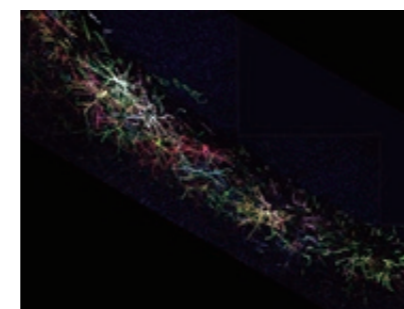
さらに、どのような状況で前障が活発に活動するのかを調べたところ、マウスの覚醒度が高いときには活動が低く、逆にマウスが休息したり、眠ったりしているときに活動が高まっていることが確認されました。これまでの前障についての仮説は、多くが覚醒中の活動が活発であると予想させるものでしたが、脳波との関係解析すると、前障の神経細胞は特に周波数が低い脳波(徐波)が現れる徐波睡眠のときに頻りに活動していたのです。このことは、前障が睡眠中や休息中の脳の活動である徐波の制御に関わっていることを意味しており、徐波活動の生成メカニズムや前障の機能解明に新たな視点を与えました。また、睡眠中の徐波活動には直前の記憶を長期的に固定化する機能があることから、前障が記憶の形成にも重要な役割を果たしているとも予想されます。今後は前障の機能、睡眠中の徐波生成、記憶の固定化、さらには意識の調節のメカニズムの解明といった多岐にわたるテーマへの展開が期待されています。

前障による大脳皮質徐波の制御

前障の神経細胞(赤)は、大脳皮質の抑制性介在神経細胞(青)を選択的に発火させる。大脳皮質の大部分を占める興奮性神経細胞(グレイ)にも軸索を伸ばしているが(赤い破線)、発火させることはほとんどない。



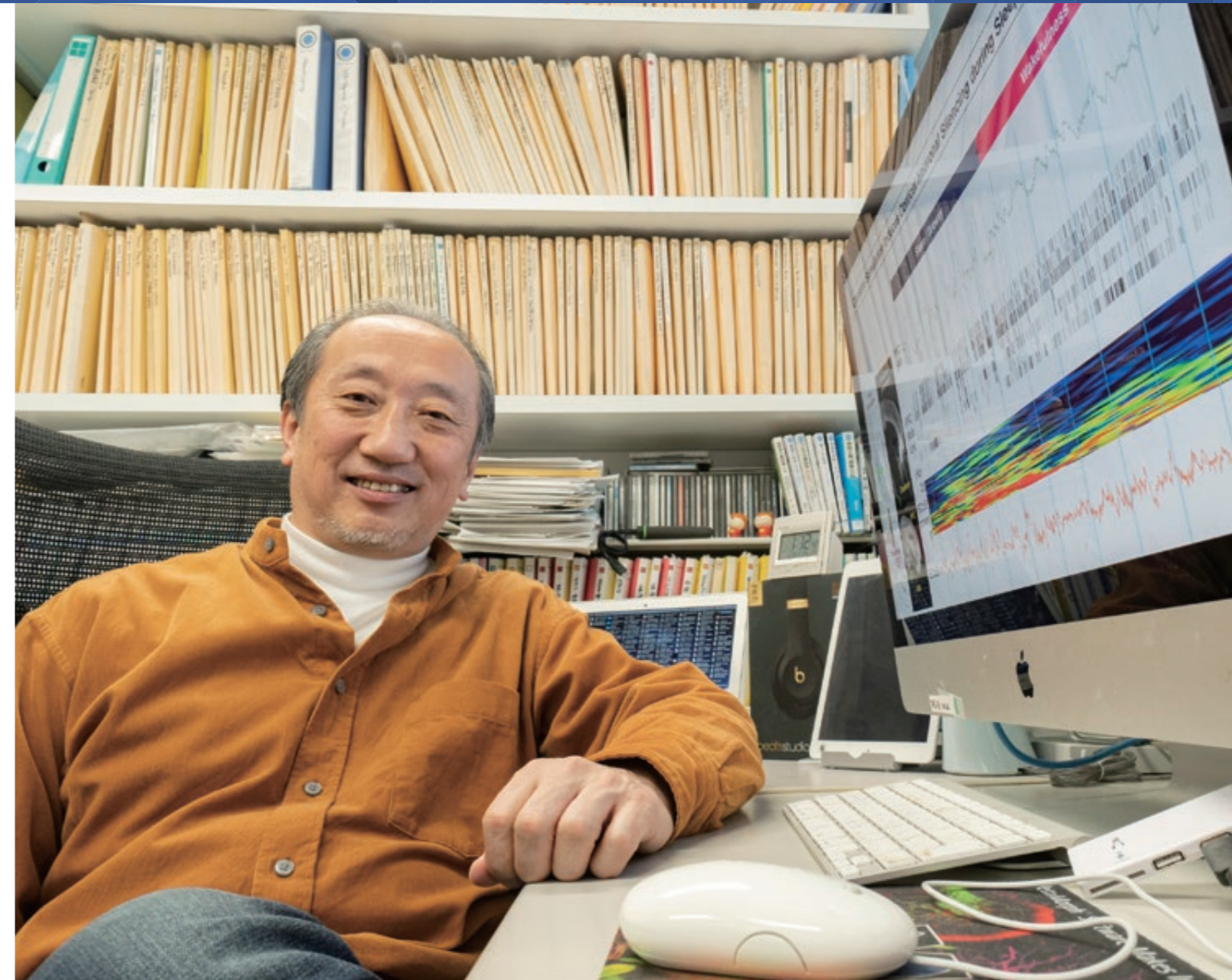
マウスの前障神経細胞の染色画像



- ① 睡眠時に前障神経細胞の発火活動が上昇
- ② 前障神経細胞が大脳皮質の抑制性介在神経細胞を選択的に発火させる
- ③ 抑制性介在神経細胞で大脳皮質の神経細胞が一斉に静止状態になり徐波が生成される

関連情報

2020年5月12日報道発表「末路の脳領域『前障』の機能を解明」



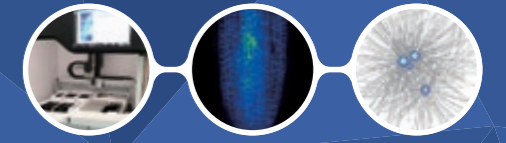
吉原良浩 (よしはら よしひろ)

脳神経科学研究センター

私たちはこれまで経験したことのない超高齢社会を迎えており、認知症をはじめとする精神神経疾患が大きな問題となっています。また、新型コロナウイルス襲来のため社会生活が制限され、高齢者だけでなく若年層の心の健康にも問題が出現しています。このような心の病気の克服は、現代社会における喫緊の課題です。脳は人間らしく生きるための「心」の基盤であり、その機能障害によって心の病気が引き起こされます。脳神経科学研究センターは日本の脳科学の中核拠点として、医学・生物学・化学・工学・情報数理学・心理学などの学際的かつ融合的学問分野を背景に、遺伝子から細胞、個体、社会システムを含む多階層にわたる脳と心のはたらきの基礎研究と革新的技術開発を進めています。これらの研究・開発を通じて脳機能ネットワークの全容解明や精神神経疾患の克服を目指し、社会に貢献します。



センター長 影山龍一郎 (M.D., Ph.D.)



環境資源科学研究センター

植物の免疫機構を解明し、農業被害の撲滅に貢献したい

▶ 植物免疫研究グループ

白須 賢 グループディレクター

研究成果

寄生のカギを握るキノン化合物受容体を発見

「魔女の雑草」が植物に寄生するメカニズムを分子レベルで解く

アフリカで甚大な農業被害を引き起こし、「魔女の雑草」の異名を持つ寄生植物ストライガ。長年の研究を通して、宿主植物が自らストライガの発芽を促す化合物ストリゴラクトンを分泌すること、ストリゴラクトンはまた栄養吸収を助け、植物の枝分かれを抑制するために、宿主植物にとっても必要な化合物であることが分かっています。いふなれば、ストライガは宿主植物の生き残り戦略に乗じて繁殖するのですが、その詳しい仕組みは十分に解明されていません。

白須賢グループディレクターらは、分子生物学のアプローチで寄生のメカニズム解明に挑み、2015年にストリゴラクトンの受容体タンパク質KAI2dを米国の研究者とともに世界で初めて発見しました。国際コンソーシアムを立ち上げ2019年にはストライガの全ゲノム解読に成功。そして2020年には、宿主植物の根から分泌されるキノン化合物の認識に関与する受容体を発見しました。

ストライガは、ストリゴラクトンを認識して発芽し、宿主植物に向かって成長します。そして宿主植物の根が分泌するキノン化合物を認識すると、吸器と呼ばれる器官を形成し

て宿主の根に侵入するのです。このことは30年ほど前から知られていましたが、寄生植物がキノン化合物をどのようにして認識するのかは未解明のままでした。

研究グループは、モデル植物のシロイヌナズナを使った実験で、キノン化合物の認識にCARD1という遺伝子が関わっていること、CARD1の相同遺伝子がキノン化合物の受容体であることを突き止めました。さらに、キノン化合物を認識できないcard1変異体においては、病原体に対する抵抗性が低下していることも明らかにしました。

キノン化合物は、微生物の侵入や一部菌類による細胞壁分解によって産生されるため、植物はキノン化合物を病原体の侵入のシグナルとして検知し、免疫システムを駆動させていると考えられます。一方、寄生植物にとってキノン化合物は吸器形成のトリガーとなっていることから、寄生植物は植物の免疫システムを寄生機能に進化させた可能性があります。

寄生のメカニズムや進化のプロセスの理解が、吸器の形成阻害剤や寄生植物の防御方法の開発につながり、ストライガによる農業被害の撲滅に貢献すると期待されます。

魔女の雑草、ストライガ

スーダンのソルガム畑を覆いつくすストライガ。寄生されたソルガムは生育が阻害され、ほとんど姿が見えない。日本で栽培するには厳重な管理が必要のため、研究チームは、同じハマウツボ科で日本原産のコシオガマ(右ページ写真)を寄生植物のモデルとして活用している。



関連情報

2020年9月3日 報道発表「植物においてキノン化合物を認識する受容体を発見」



白須 賢 (しらす けん)

環境資源科学研究センター

環境負荷の少ない「モノづくり」を理念に、持続的な成長および地球規模の課題に貢献する「課題解決型」研究で、人類が健康で豊かな生活を送ることのできる地球の未来をリードしていきます。国連で採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」および温室効果ガス排出ゼロを目指す「パリ協定」を指標とし、異分野融合研究による5つのフラッグシッププロジェクト「革新的植物バイオ」「代謝ゲノムエンジニアリング」「先進触媒機能エンジニアリング」「新機能性ポリマー」「先端技術プラットフォーム」を推進します。データサイエンスや人工知能など最先端の技術を取り入れ、天然資源からの有用物質の創製・探索および利用、持続的な食料生産やバイオ生産など、これまで培ってきた基礎研究をさらに高度化し、革新的な成果を創出していきます。

センター長 斉藤和季 (Ph.D.)





創発物性科学研究センター

電子回路の微細化を新しい原理で切り拓く

- ▶ 強相関物性研究グループ 十倉好紀 グループディレクター
- ▶ 強相関理論研究グループ 永長直人 グループディレクター
- ▶ 量子ナノ磁性研究チーム 横内智行 客員研究員

研究成果

創発電磁場による回路素子の新原理を実証 インダクタの微細化が可能に

入力電流の時間変化に比例して電圧が生じる回路素子のことをインダクタと呼び、インダクタで生じた電圧と入力電流の変化率との比をインダクタンスと呼びます。インダクタの代表例がコイルで、抵抗やコンデンサとともに電気回路の素子として、変圧器やモーターなど身の回りのさまざまな電気機器に使われています。しかし、コイルのインダクタンスの値を大きくするためには、その断面積を大きくしたり、巻き数を多くしたりする必要があり、電気回路集積化の障壁になっています。

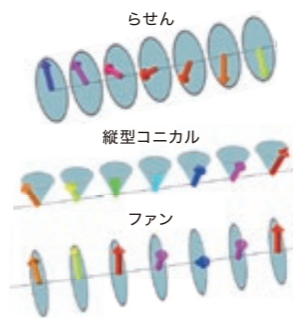
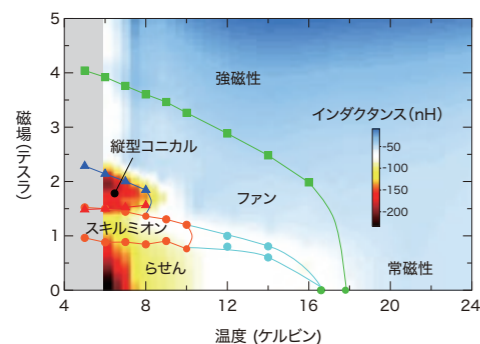
研究グループは、らせん磁気相や縦型コニカル相など、スピンの向きが周期的に回転しながら変わる磁気相(以下、非共線的な磁気構造)を持つ物質に着目し、同物質内部で現れる「創発電磁場」と呼ばれる量子力学的に電子に作用する実効的な電磁場における、新しいインダクタ理論を提唱しました。この理論は、非共線的な磁気構造が電流で駆動されると、電流の時間変化に比例して創発電場が生じる、つまりインダクタとして働くことを示すものです。創発電場で生じる

インダクタンスのことを「創発インダクタンス」と呼びますが、同理論から、インダクタを小さくするにつれて創発インダクタンスの値が増大することが導かれます。

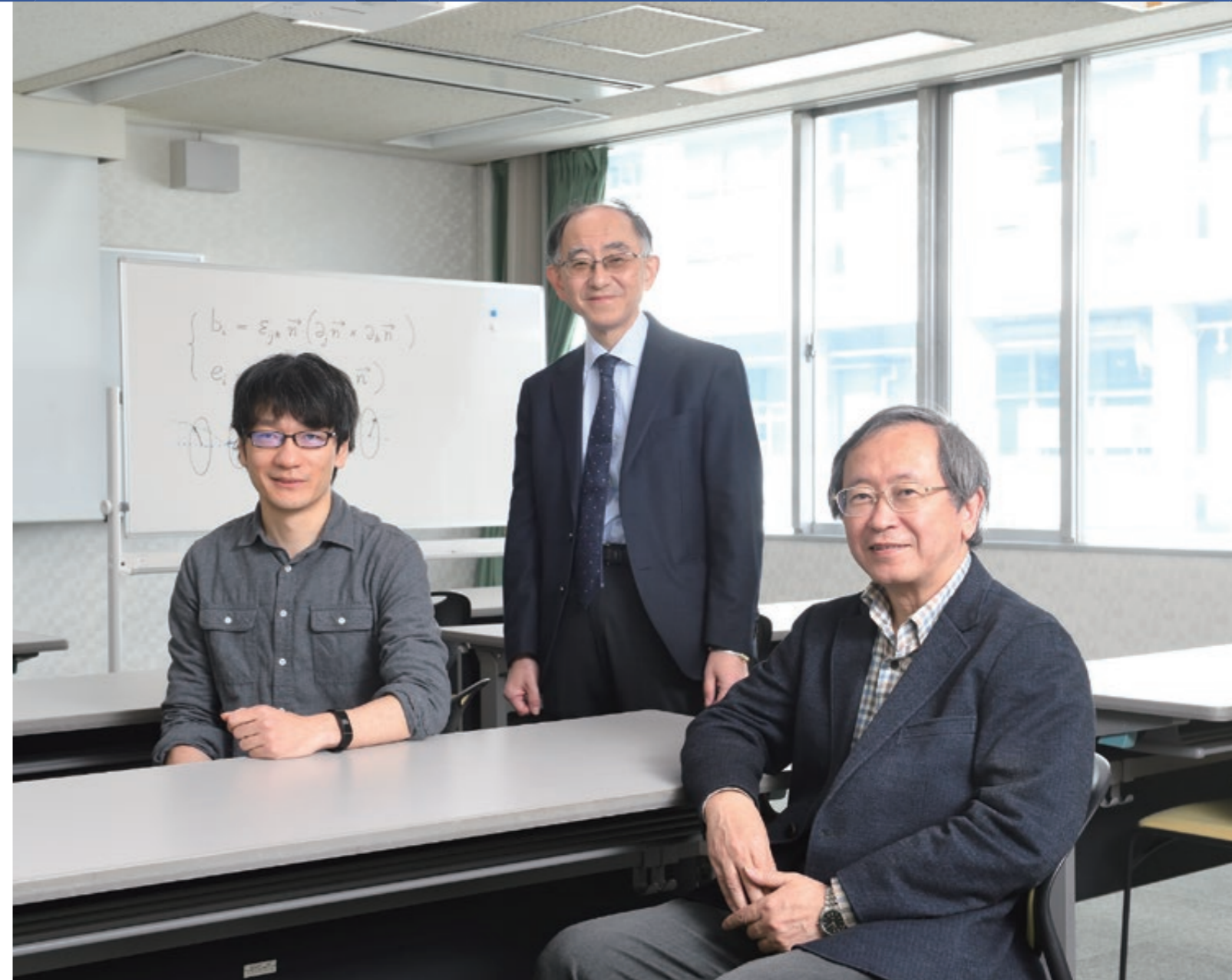
次に、この理論を実証するために、特定の温度・磁場領域において短周期のらせん磁気構造を持つ物質 $Gd_3Ru_4Al_{12}$ (Gd:ガドリニウム, Ru:ルテニウム, Al:アルミニウム) を作製し、インダクタンスの値を計測しました。その結果、らせん磁気構造が電流駆動すると創発インダクタンスが生じること、その値は素子を小さくするにつれて増大することが実験的に確かめられました。

創発電場は、 $Gd_3Ru_4Al_{12}$ に限らず、さまざまな非共線的な磁気構造を持つ物質において生じると予想されます。創発インダクタは、コイルのように複雑な形にすることも鉄心も必要なく、単一の物質を直方体に加工するだけですむ、まったく新しいタイプのインダクタです。今後、研究を進めていくことで、室温で動作可能な創発インダクタ開発につながるものと期待できます。

観測されたインダクタンスと磁気構造の模式図



左: 温度と磁場に対する磁気構造とインダクタンスの大きさ。赤い部分はインダクタンスが大きい部分を、青い部分が小さい部分を表している。らせん磁気相や縦型コニカル相などの非共線的な磁気構造が現れる領域で、インダクタンス値が大きくなった。
右: 非共線的な磁気構造の模式図。上から、らせん磁気相、縦型コニカル相、ファン相。矢印の向きがスピンの向きに対応する。



(写真右から)
十倉 好紀 (とくら よしのり)
永長 直人 (ながおさ なおと)
横内 智行 (よこうち ともゆき)

創発物性科学研究センター

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求する新しい学問です。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の研究者が参画・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.)

関連情報

2020年10月8日報道発表「創発電磁場によるインダクタ」



量子コンピュータ研究センター

オールジャパン体制のハブとして、日本発イノベーションの創生を牽引する

中村泰信 センター長
古澤 明 副センター長
萬 伸一 副センター長

研究成果

理研の量子コンピュータ研究が集結、センター化へ 国の戦略のもと、国内八つの量子技術イノベーション拠点の中核組織として

2021年、量子コンピュータ研究センターが誕生しました。この新しい研究センターは、量子情報科学という新しい分野の最先端を切り開く量子コンピュータの開発を目標としています。

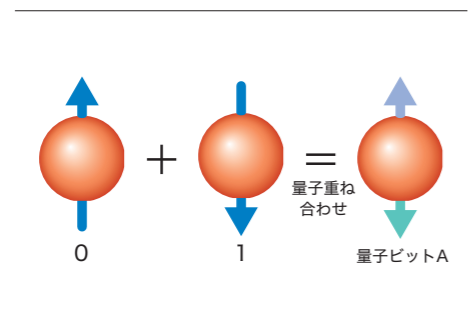
理研の量子コンピュータ開発の歴史は2001年にさかのぼります。21世紀の科学技術の根源となる知見を開拓することを目指した「理研フロンティア研究システム」において、故外村彰 博士がグループディレクターを務めた単量子操作研究グループが発足し、その中に蔡兆申^{ついでつよしん}チームリーダー率いる巨視的量子コヒーレンス研究チームが誕生しました。ここで量子情報科学に関わる研究を開始しています。中村泰信 研究員、Yuri Pashkin研究員、蔡チームリーダー（役職はすべて当時）らが日本電気株式会社在籍時に固体素子を用いた量子重ね合わせの制御に世界で初めて成功してから2年後のことです。理研でチームを始動し研究を続けて今年で20年経ち、中村センター長の下、研究センターへと発展しました。

量子コンピュータ研究センターでの開発ターゲットは、中村センター長、蔡チームリーダーらが取り組んできた超

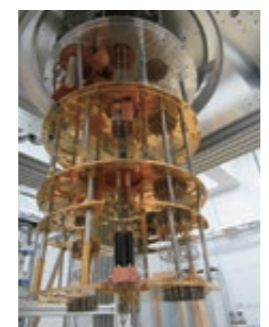
伝導方式による量子コンピュータではありません。古澤明 副センター長らが取り組む光方式の量子コンピュータ開発、半導体中の電子スピンや真空中の原子といったさまざまな物理系を用いた方式に関するハードウェア研究を行うとともに、量子計算理論・量子アルゴリズム・量子アーキテクチャなどのソフトウェア研究も推進するなど、量子コンピュータ分野を広く網羅した研究開発拠点となっています。

さらに、2020年に政府の統合イノベーション戦略推進会議が決定した「量子技術イノベーション戦略」の下、国際競争力を確保・強化する観点で形成される「量子技術イノベーション拠点」の量子コンピュータ開発拠点に選ばれ、技術実証、オープンイノベーション、知的財産管理、人材育成に至るまで産学官で総合的に取り組むことが期待されています。萬伸一 副センター長らがこうした拠点形成や実用化開発に対してのテクノロジーマネジメントを行います。加えて、量子技術イノベーション拠点全体のの中核組織として、日本の量子技術開発全体の充実・強化を支える連携構築を行います。

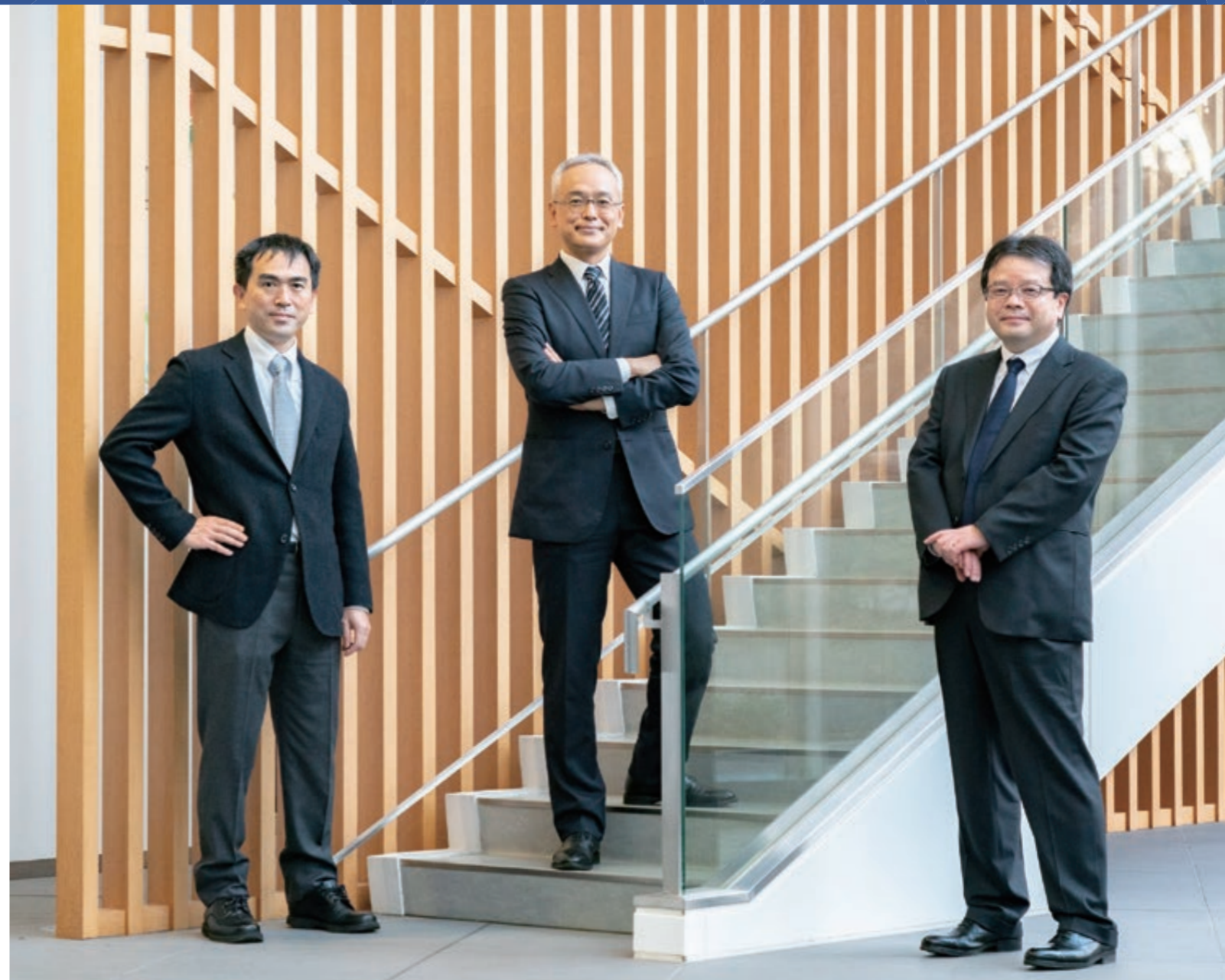
量子ビット重ね合わせのイメージ



超伝導回路を格納する希釈冷凍機



超伝導回路を絶対零度 (-273.15°C) に近い温度に冷却。



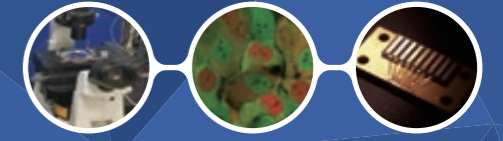
(写真左から)
古澤 明 (ふるさわ あきら)
中村 泰信 (なかむら やすのぶ)
萬 伸一 (よろず しんいち)

量子コンピュータ研究センター

20世紀初頭に誕生した量子力学は、物理学の基礎理論として科学の広汎な分野の発展に貢献してきました。現在の情報社会に不可欠なコンピュータやインターネットの技術もすべて量子力学の恩恵を受けているといっても過言ではありません。しかし20世紀の終わりから急速に発展してきた量子情報科学の観点では、人類はまだ量子力学を完全に使いこなしていないということが明らかになってきました。量子コンピュータ研究センターでは、量子力学の原理に基づく革新的な情報処理技術としての量子コンピュータの実現を目指して、ハードウェアからソフトウェアまで、また基礎科学から応用まで一貫した研究開発に取り組み、量子技術の可能性を拡げていきます。



センター長 中村泰信 (Ph.D.)



光量子工学研究センター

イメージング技術で細胞の仕組みを解明する

▶ 生細胞超解像イメージング研究チーム

中野明彦 チームリーダー
 黒川量雄 専任研究員
 和賀美保 テクニカルスタッフⅡ

研究成果

脂質がタンパク質の選別輸送を制御 細胞内タンパク質輸送のメカニズム解明に進展

生物の細胞内では、多種多様なタンパク質がそれぞれ働くべき場所に運ばれ、機能しています。ヒトをはじめ動物など真核生物の細胞内の全タンパク質のうち約3分の1を合成するのが小胞体です。小胞体は、合成したタンパク質を正しく折り畳みさまざまな修飾し、積荷タンパク質として送り出す機能も担っています。この輸送の基本的な仕組みはすべての真核生物で共通しており、積荷タンパク質は、小胞体の特殊な領域「ERES」から輸送小胞を介してゴルジ体へ輸送されます。そこで糖鎖付加などの修飾を受け、細胞膜やリソソームあるいは液胞などそれぞれの目的地へと輸送されるのです。しかし、多様な積荷タンパク質が、複数あるERESへとどのように仕分けられるのか、詳細は不明でした。

研究チームを含む国際共同研究グループは、積荷タンパク質の一つGPIアンカー型タンパク質「Gas1」が、小胞体膜の脂質セラミドの長さによって異なるERESへ仕分けられることを発見しました。

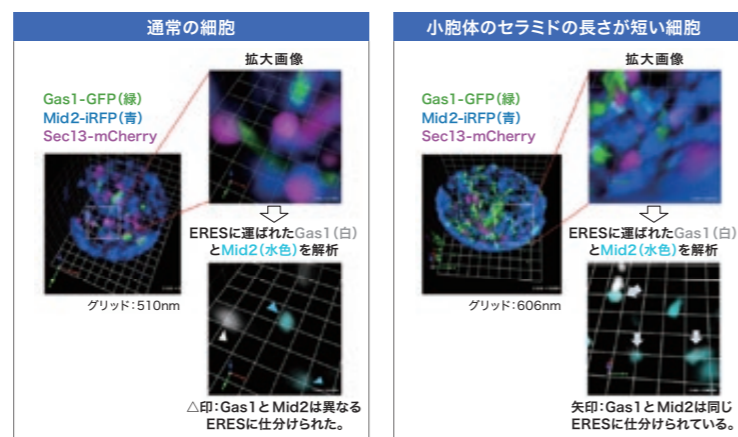
研究チームが独自に開発した「高感度共焦点顕微鏡システムSCLIM」を用い、国際共同研究グループは、3次元ライブイメージングにより、出芽酵母の小胞体で合成された2

種の積荷タンパク質(Gas1およびMid2)のERESへの仕分けを可視化。その結果、GPIアンカーを持たないMid2は小胞体全体に局在する一方、Gas1は小胞体に多数存在するERESの一部の近くに集積していることが分かりました。両タンパク質のERES内への取り込みを解析すると、それぞれ異なるERESに仕分けられていることも明らかになりました。出芽酵母は通常、極長鎖の脂質セラミドを生成しており、小胞体膜など細胞の膜構造にはこの極長鎖脂質セラミドが含まれています。また、Gas1にも、極長鎖脂質セラミドで構成されるGPIアンカーが付加しています。そこで変異出芽酵母を作製し、小胞体膜の脂質セラミドを短くしたところ、Gas1が小胞体全体に局在し、Mid2と同じERESへ仕分けられました。このことから、小胞体膜の脂質セラミドの長さがタンパク質を仕分ける選別輸送の役割を担っていることが証明されました。

本研究では、脂質が関与するタンパク質選別輸送の制御機構の一端が明らかになりました。今後、タンパク質輸送の異常や破綻により発症するさまざまな疾患のメカニズム研究の発展にもつながると期待できます。

小胞体セラミドの長さがタンパク質の選別輸送を制御

2種類の積荷タンパク質Gas1とMid2それぞれに蛍光タンパク質のGFPとiRFPを融合。通常の細胞では、Mid2-iRFPは小胞体全体に局在する一方、Gas1-GFPは一部のERESのまわりに集積し、それぞれ異なるERES(△印)に仕分けられた。小胞体のセラミドを短くした細胞ではGas1が小胞体全体に局在し、Mid2と同じERES(矢印)へ仕分けられた。



関連情報

2020年12月12日報道発表「脂質がタンパク質の選別輸送を制御」



(写真左から)
 中野 明彦 (なかの あきひこ)
 和賀 美保 (わが みほ)
 黒川 量雄 (くろかわ かずお)

光量子工学研究センター

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。たとえば、電子の動きを捉えるアト秒パルスレーザー、可視光でナノメートルの世界を見る超解像顕微鏡、超高精度な光格子時計による相対論的な測地学、物体を透視するテラヘルツ光による非破壊検査……。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。そして、新しい光技術を社会に役立てていきます。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。光量子工学研究センターは、光科学の地平を広げていきます。



センター長 緑川克美 (D.Eng.)



仁科加速器科学研究センター

新しい医療技術開発や次なる新元素合成に貢献したい

- ▶ 加速器基盤研究部 イオン源開発チーム 長友 傑 専任技師、リニアックチーム 西 隆博 研究員、運転技術チーム 山田一成 専任技師
- ▶ RI応用研究開発室 羽場宏光 室長
- ▶ 超重元素研究開発部 超重元素分析装置開発チーム 森本幸司 チームリーダー、加治大哉 上級技師

研究成果

SRILAC、ファーストビームに成功 超伝導ECRイオン源で大量のイオンをつくりSRILACで一気に加速

研究チームは2020年1月、「超伝導ECRイオン源」と「理研超伝導重イオン線形加速器 (SRILAC)」を用いたファーストビームの取り出しに成功しました。核医学治療という医療分野への貢献と、ニホニウムに続く119番以降の新元素合成を見据えた取り組みです。

核医学治療は、放射性同位体 (RI) を含んだ薬剤をがん組織に集積させ、RIからの放射線ががん組織を死滅させる治療です。これまでβ線を出すRIが主に使われてきましたが、近年、α線を出すRIとして85番元素アスタチンが注目されています。α線は、β線に比べて100倍の細胞殺傷能力を持ちます。また、生体組織内での影響範囲が細胞数個分に限られ、正常細胞に影響を与えずがん細胞を死滅させることができます。加速器を使ってアスタチンを大量生成する技術の開発を進めています。

元素合成では、電子を剥ぎ取ったイオンを特定の速度まで加速させ、標的となる原子核に衝突・融合させます。119番以降の新元素の合成確率はニホニウムの数分の1程度に減ってしまうため、これまで以上に大量のイオンを発生さ

せ、加速させる必要があります。

これらの目標を達成するため、大量のイオンをつくり出す超伝導ECRイオン源と、その大強度ビームを効率的に加速できるSRILACを新たに開発しました。

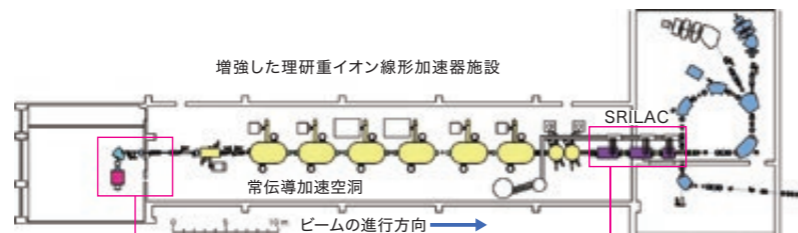
超伝導ECRイオン源は、超伝導コイルを用いることで非常に強い磁場 (最大3.8テスラ) を発生させることができます。それによりプラズマの閉じ込め効果が高まり、プラズマ密度が上がります。従来型の常伝導ECRイオン源に比べ、時間当たり5倍以上のイオンをつくりだすことができ、世界一の性能を誇ります。

一方、SRILACは、ニオブという超伝導材料を使うことで加速空洞内での発熱を極限まで抑え、空洞1台当たり2,000kV以上という高い電圧でイオンを一気に加速することができます。既存の常伝導加速空洞の下流に10台の超伝導加速空洞が設置され、安定な加速電圧を実現しました。

ファーストビーム以降、目標のビーム強度まで順調にビーム強度を上げています。

超伝導ECRイオン源とSRILAC

重イオン線形加速器は、重イオン加速器施設「RIビームファクトリー」の最上流に位置する。左の写真右奥の超伝導ECRイオン源 (赤色) でイオンをつくり、手前の電磁石 (水色) で特定のイオンだけを加速器へ導く。常伝導加速空洞の後段の非常に限られた場所に10台設置された超伝導加速空洞がSRILACである。常伝導加速空洞1台では、150kWの電力を消費しても650kVの電圧しか発生させることができないが、SRILACの超伝導加速空洞1台ならば、わずか8Wの電力で2,400kVという高い電圧を発生させて、効率よくビームを加速することができる。



超伝導 ECR イオン源



超伝導加速空洞



(写真前列左から)
森本 幸司 (もりもと こうじ)
羽場 宏光 (はば ひろみつ)
(写真後列左から)
西 隆博 (にし たかひろ)
山田 一成 (やまだ かずなり)
長友 傑 (ながとも たかし)
加治 大哉 (かじ だいや)

仁科加速器科学研究センター

仁科加速器科学研究センターは、約80年以上前に仁科芳雄博士が創始した「元素変換」に関連した科学と技術開発を推進し、二つの問い「元素は宇宙でどうつくられたのか?」、「人類は元素を自在に変換できるのか?」に挑戦しています。そして、これらの研究成果を社会に還元して、人類社会の抱える環境・エネルギー・資源の問題を解決することを目指しています。当センターが擁している世界最高性能を誇る重イオン加速器施設「RIビームファクトリー (RIBF)」では、天然に存在しない放射性同位元素を人工的に創り出し、ニホニウムに代表される超重元素合成研究、魔法数研究、宇宙での元素合成研究、放射性廃棄物を低減化する研究、これら結びつける理論研究などを推進しています。RIBFは、放射性医薬品開発、育種、半導体試験などの医療・農業・IT分野にも生かされています。また、米国ブルックヘブン国立研究所、英国ラザフォード・アップルトン研究所に海外拠点を置き、高エネルギー陽子やミュオンなどを用いた核子研究や物性研究なども展開しています。



センター長 櫻井博儀 (D.Sci.)



計算科学研究センター

Society 5.0の実現を支える基盤づくりを急ぐ

- ▶ 粒子系生物物理研究チーム 杉田有治 チームリーダー
- ▶ 離散事象シミュレーション研究チーム 伊藤伸泰 チームリーダー
- ▶ 複雑現象統一的解法研究チーム 坪倉 誠 チームリーダー

研究成果

新型コロナウイルスの克服に貢献する「富岳」 圧倒的な能力でウイルスの性質や飛沫感染のしくみなどを解明

新型コロナウイルスが私たちの生活を一変させた2020年。世界的な感染拡大を受けて理研は、被害軽減への貢献が期待でき、かつ速やかに着手できる研究開発に対して、本格稼働よりも大幅に先行しスーパーコンピュータ「富岳」の試行的運用を開始しました。

その一つが粒子系生物物理研究チームの杉田有治チームリーダーらによる新型コロナウイルス表面のタンパク質動的構造予測です。新型コロナウイルスは表面にスパイクと呼ばれるタンパク質を持ち、それがヒトの細胞表面の酵素と結合することによって細胞内へ侵入します。侵入の過程を薬で阻害すれば、ウイルス感染を防ぐことができるはずですが、そうした薬剤を開発するためには、スパイクタンパク質の形や動きを正確に知る必要があります。研究チームは超並列分子動力学計算ソフトウェアGENESISを「富岳」のターゲットアプリとして最適化させ、タンパク質の分子の動きの大規模シミュレーションを実施。従来ならば天文学的な時間を要した大規模シミュレーションをわずか3週間で完了しました。得られた構造は公開され、薬剤開発に貢献しています。

感染者の増加にともない発出される緊急事態宣言など国

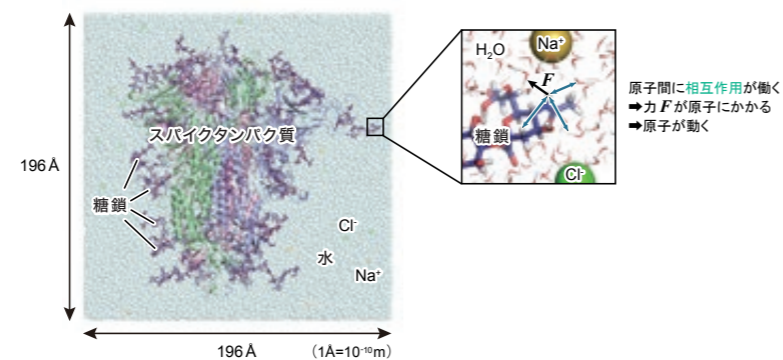
の施策において、国民の負担が小さく、効果的な対策は何か。その検討に役立つのが離散事象シミュレーション研究チームの伊藤伸泰チームリーダーらが進めるパンデミック現象や対策のシミュレーション解析です。同チームは、感染者が14日間の接触禁止アラートを受けるまでの時間が短いほど、感染拡大が抑えられることを明らかにしました。また、自粛による社会・経済活動への影響を計算するなど、今後の社会・経済活動への影響や収束シナリオとその実現性を探り続けます。複雑現象統一的解法研究チームの坪倉誠チームリーダーらは、くしゃみや咳などで発生するエアロゾルの動きを計算する飛沫拡散シミュレーションを進め、進捗を随時公開しています。病室や教室、満員電車の中、また飛沫防止パーティションの効果など、さまざまな場面を想定した計算結果はエアロゾルの拡散を可視化し、生活行動を再考する一助となっています。

コロナ禍の克服に向けて次々と打ち出されるさまざまな計算結果は、「富岳」の総合的な高い性能が人類の安心・安全に貢献し、「Society 5.0」が提唱する未来社会の実現に向けて確実に進んでいることを示しています。



GENESISと「富岳」を用いたスパイクタンパク質のシミュレーション

コンピュータ上で仮想的に構築した水溶液中のスパイクタンパク質。その原子1個1個に対してニュートンの運動方程式 $F=ma$ を適用し、数フェムト秒(1フェムト秒は1000兆分の1秒)の時間刻みで原子を動かす。原子間の相互作用(右拡大図中青色矢印)から原子にかかる力Fを計算。1マイクロ秒(100万分の1秒)の分子運動を追跡するために4億ステップの計算を行った。



関連情報

2020年4月7日お知らせ 「新型コロナウイルス対策を目的としたスーパーコンピュータ「富岳」の優先的な試行的利用について」

(写真右から)
杉田 有治
(すぎた ゆうじ)
坪倉 誠
(つばくら まこと)
伊藤 伸泰
(いとう のぶやす)

計算科学研究センター

計算科学研究センターは、スーパーコンピュータを中心とした高性能な「計算」という事象自身を「計算の科学」として探求し、それによって得られる莫大な計算パワーをさまざまな科学分野の問題解決に適用してそれらの発展に寄与する「計算による科学」を推進し、さらには両者の高度化に貢献する他の科学分野の産物である「計算のための科学」と連携を果たすべく、次世代の「計算科学」の世界トップレベル、かつ、わが国の中核拠点として活動することを目標としています。当センターは2012年から2019年までスーパーコンピュータ「京」を極めて安定的に運用し、研究機関・大学にとどまらず産業界からの利用等を通じ、幅広い分野で世界トップレベルの成果を創出しシミュレーションの可能性を拓いてきました。2014年以降は「京」の後継機であるスーパーコンピュータ「富岳」の開発を進め、2020年度には試行運用を経て、共用開始に至りました。当センターの研究活動の結実ともいえる「富岳」の力で、今後の科学や社会の課題解決に貢献していきます。

センター長 松岡 聡 (Ph.D.)





放射光科学研究センター

従来の常識を覆すアイデアで高輝度電子ビームを実現

- ▶ XFEL研究開発部門 田中 均 部門長
- ▶ XFEL研究開発部門
加速器研究開発グループ基盤光源チーム 稲垣隆宏 チームリーダー、安積隆夫 客員研究員

研究成果

次世代放射光・短波長FEL施設の普及に貢献 市販の熱カソードを用いてコンパクトかつ高性能な電子銃を開発

化学反応における原子や分子の瞬間的な動きを高分解能で観測することができれば、医療や創薬、材料開発など、多彩な分野で新たな知見が得られます。それを実現するのが、波長と位相(波の山と谷の位置)が揃う軟X線から硬X線までをカバーする短波長の自由電子レーザー(FEL)です。2012年から供用を開始している理研のX線自由電子レーザー「SACLA」は、電子銃で生成した電子ビームを、線形加速器で加速し、垂直磁場が周期的に変化するアンジュレータという装置で電子ビームを蛇行させることで短波長自由電子レーザー(XFEL)を発振します。X線波長域のFELの品質は電子銃の性能によって左右されます。

電子銃は、カソード(陰極)中の電子を加熱や光照射によって空間に放出させ、アノード(陽極)側に加速してビーム状に引き出す装置です。理研がSACLA用に開発した「500kV単結晶カソードパルス熱電子銃」と、諸外国の施設で多く使われている「光カソード高周波電子銃」の2つが代表的ですが、どちらも高性能ながらシステムが複雑で、運転維持に人手を要し、かつ高価です。

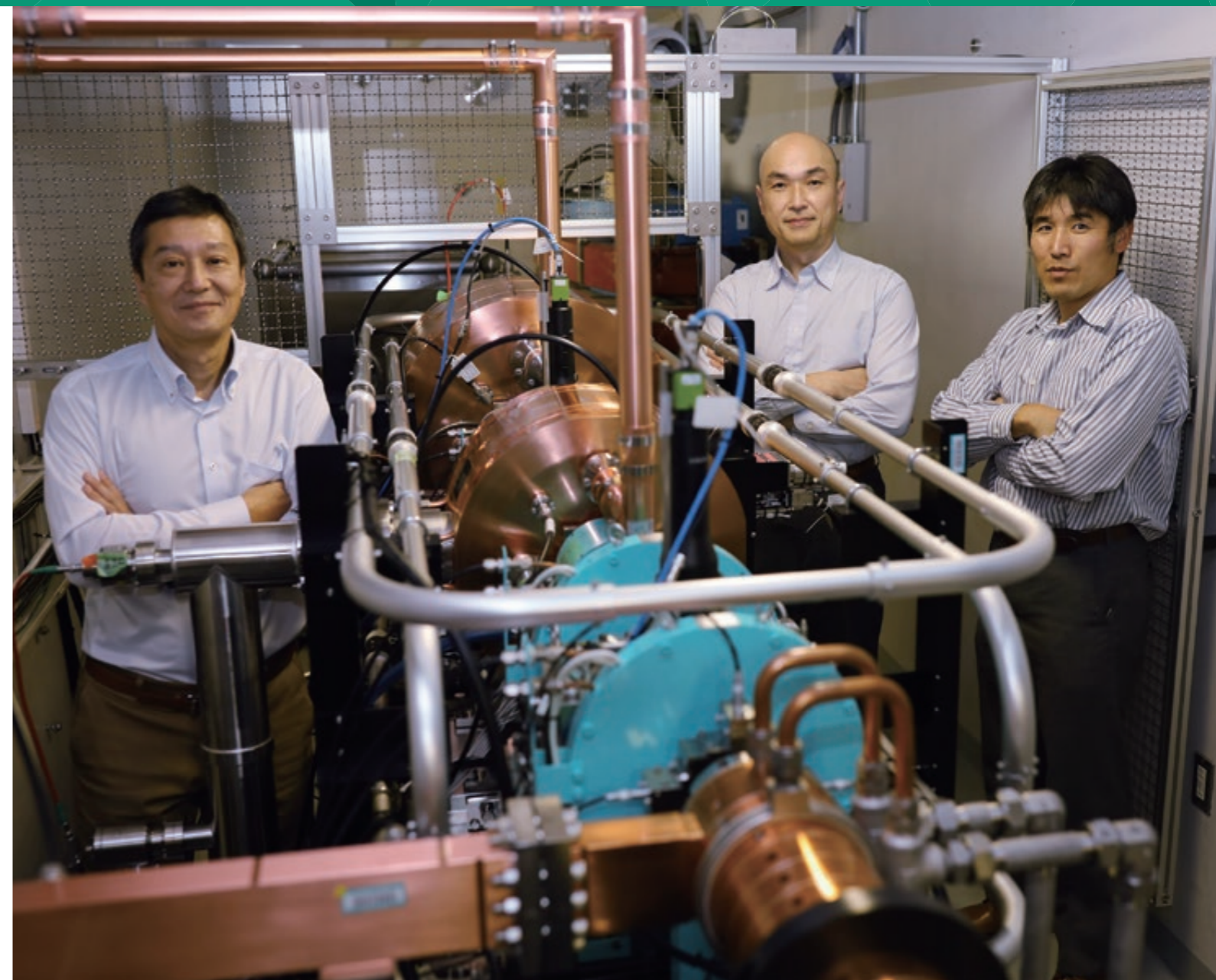
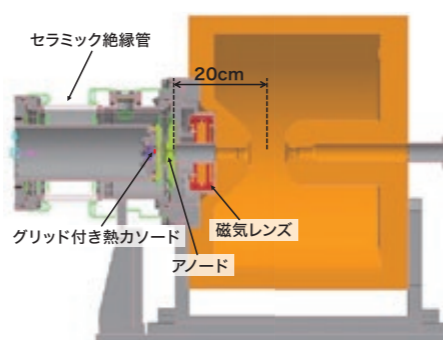
そこで、研究グループは、高輝度放射光科学研究センター、量子科学技術研究開発機構と共同で、市販のグリッド付き

熱カソードを用いて、短波長FELに適用可能で運転維持が容易、低コストでコンパクトな電子銃を開発できないかと考えました。グリッドとは、微小な電位によりカソード表面からの電子の放出を制御するスイッチの動きをする金属メッシュの部品です。このグリッドにより、電子が進行方向に対し平行に進まず広がり、電子ビームの品質が低下するという課題がありましたが、研究グループはグリッド近傍の電子ビームの運動を理論計算で詳細に調べ、カソード、グリッド、アノードの配置とそれぞれの電圧を最適化すれば、品質を低下させずに電子ビームを取り出せることを発見しました。さらに、電子銃と高周波加速空洞を一体化し、加速部までの距離を20cmまで近づける構造を採用することによって、電子ビームの品質低下を最小限に抑え、短波長FELに必要な500keVの高輝度電子ビームの生成に成功しました。

今回開発した電子銃は、大型放射光施設「SPring-8」内に設置されたニュースバル放射光施設や、東北大学青葉山新キャンパス内に建設中の次世代放射光施設に導入されます。短波長FEL施設の建設におけるハードルを大きく下げ、その普及を加速するものと期待されます。

開発した電子銃と高周波加速空洞の断面図

電子銃(黄緑)は、グリッド付き熱カソードとアノードで構成される。カソード中の電子を加熱して空間に放出させ、カソードに付属したグリッドで細く絞ったパルス状にして、アノード側に加速し電子ビームを生成する。電子ビームの品質を維持するため、高周波加速空洞(オレンジ)を電子銃から最短の20cmの位置に設置した。



(写真左から)
田中 均 (たなか ひとし)
安積 隆夫 (あさか たかお)
稲垣 隆宏 (いながき たかひろ)

放射光科学研究センター

放射光科学研究センターは、大型放射光施設「SPring-8」およびX線自由電子レーザー施設「SACLA」の安定した運転に責任を持ちながら、大学・研究機関・産業界を含む幅広い利用者に世界最高水準の高輝度X線を提供することを目的に活動しています。また、最先端の光源・利用テクノロジーの開発に取り組みとともに、両施設の相乗効果も生かしながら高エネルギー光科学の創出を行います。さらに、放射光と相補的な構造解析手法であるクライオ電子顕微鏡の開発にも取り組みます。



センター長 石川 哲也 (D.Eng.)

関連情報
2020年6月24日報道発表「市販の熱カソードを用いたコンパクト高性能電子銃」



バイオリソース研究センター

目指すは品種改良や化学肥料に頼らない持続的な作物生産の実現

▶ 植物-微生物共生研究開発チーム

市橋泰範 チームリーダー

研究成果

植物-微生物-土壌の相互作用の可視化に成功 環境低負荷型農業に向けて農業生態系の包括的な理解を

世界人口は近い将来100億人を超える見込みです。増加する食料需要に対して、これまでは窒素化学肥料が貢献してきましたが、過剰な施肥による環境汚染や土壌の劣化といった問題も生じており、環境低負荷型の農業への転換は喫緊の課題です。しかし、植物と微生物と土壌が複雑に関係する農業生態系の包括的な理解は容易ではありませんでした。

市橋泰範チームリーダーらの研究チームは、2016年からマルチオミクス解析を農業生態系に適用した研究に取り組んでいます。オミクス解析とは解析対象を網羅的に検出・解析する手法のこと。農業生態系のような複雑な系に対しては、各階層の情報を統合処理するマルチオミクス解析により、階層間のつながりや相関関係を調べることができます。

研究チームは、千葉県八街市の篤農家の協力を得て、太陽熱処理の有無と化学肥料もしくは堆肥の組み合わせで4種類の試験区を設置し、それぞれでコマツナを栽培しました。太陽熱処理とは畑をシートで覆って高温にし、滅菌や雑草防除をはかる土壌環境維持の手法です。土壌と微生物と作物について300以上の項目を網羅的に計測し、マルチオミ

クス解析を行ったところ、興味深い結果が得られました。

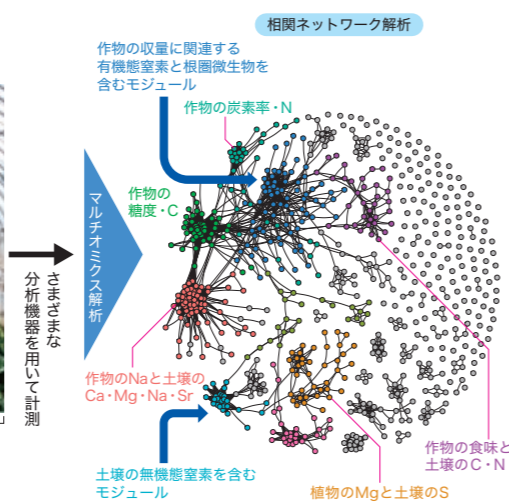
今日の農業は、化学者リービッヒが提唱した「無機栄養説」が基盤になっています。この考え方から、太陽熱処理を行うとコマツナの収量が上がるのは、無機物の量が多いからだと思われました。しかし、解析の結果、太陽熱処理の有無では無機物の量に差が出ませんでした。つまり、無機栄養説では説明がつかない結果となり、むしろ根の周辺に増加する特定の微生物や有機態窒素が関係していることが分かったのです。

そこで有機態窒素について検証実験を行ったところ、太陽熱処理により土壌に蓄積したアミノ酸のアラニンと栄養素のコリンがコマツナの収量を増やすことが明らかになりました。以上の実験結果は、有機物から分解する有機態窒素や細菌を利用した、化学肥料に頼らない農業の可能性を示唆しています。

現在、研究チームは計測項目を数万に増やしたマルチオミクス解析に挑戦しています。これまで「篤農家の技」として伝わっていた生産技術を可視化することで、農学分野の研究が一層進展することが期待されます。

マルチオミクス解析による農業生態系のデジタル化

実際の圃場での栽培から作物、微生物、土壌のマルチオミクス解析を実施した結果、農業生態系は作物の形質と特定の微生物種や土壌成分で構成された複数のモジュールが組み合わさってネットワークを形成していることが分かった。



関連情報

2020年6月9日報道発表「農業生態系のデジタル化に成功」



市橋 泰範 (いちし やすのり)

バイオリソース研究センター

わが国のみならず、世界のバイオリソースに関する中核的拠点として、研究動向を的確に把握し、社会ニーズ・研究ニーズに応え、世界最高水準のバイオリソースを収集・保存し、提供する事業を実施します。また、バイオリソースの利活用に資する研究を推進しています。事業の実施にあたっては、わが国の最先端研究で作出されるバイオリソースと関連情報を優先して整備するとともに、国際的な品質マネジメント規格に準拠した品質管理を行い、再現性を確保した真正なバイオリソースを提供します。さらに、喫緊の社会的課題である新型コロナウイルス感染症の研究開発の鍵となるバイオリソースを収集・整備し、情報発信します。加えて、バイオリソース事業に関わる人材の育成、研究コミュニティへの技術移転のための技術研修や普及活動も行います。



センター長 城石俊彦 (Ph.D.)

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。



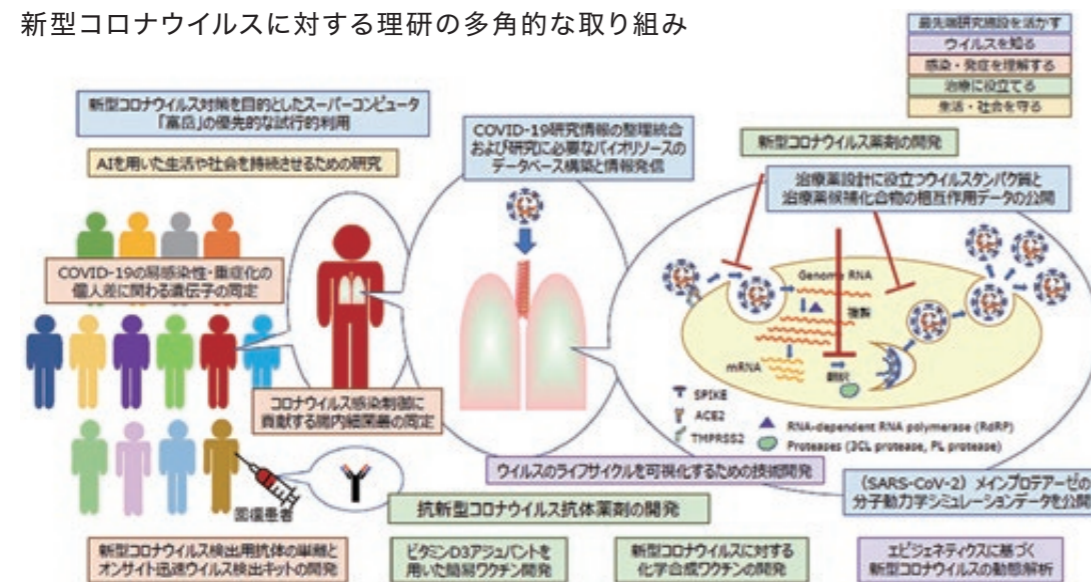
特集 新型コロナウイルスとの戦い

新型コロナウイルスとの戦い

理研は、新型コロナウイルス感染拡大という世界的な危機に対し、松本総理事長の指揮のもと、さまざまなニーズに迅速かつ機動的に応える体制を2020年4月に立ち上げました。より効率的なウイルスの検出法の開発、

治療薬開発のためのデータや先端大型共用施設の供出、人々の生活や社会を持続させるための研究など、理研の科学力・研究資源を最大限に活用し、次の五つのテーマを軸に、多角的にアプローチを進めています。

新型コロナウイルスに対する理研の多角的な取り組み



動画「新型コロナウイルスとの戦い Vol.1インタビュー 理研における新型コロナウイルスに関する研究開発」より

データの公開や先端大型共用施設の利活用による研究

2020年4月、開発・整備の途中だったスーパーコンピュータ「富岳」の優先的な試行的利用に踏み切りました。また、大型放射光施設「SPring-8」とX線自由電子レーザー施設「SACLA」でも新型コロナウイルス感染症関連研究課題の募集を開始しました。新型コロナウイルスのメインプロテアーゼの構造動態や、ウイルスタンパク

質と治療薬候補化合物の分子間相互作用のシミュレーション結果などのデータも迅速に公開しました。バイオリソースの観点からは、感染、発症、治療、予防といった各プロセスとバイオリソースの遺伝子情報を紐づけるデータベースの開発などによって治療薬やワクチン開発につなげようとしています。

検出法の開発

「核酸のデジタル検出技術」を基盤とした、ウイルス由来のRNAを非増幅・高感度・短時間で解析できる新規技術、ウイルスタンパク質から抗体を検出する技術などを活用し、数々の検出法を開発。SmartAmp法では、従来のPCR法で1~2時間かかる反応を10~30分程度

に大幅短縮しました。このほか、診断キットの実用化も目指します。また、AIを生かしたディープ・フェノタイピングの手法で、発症前に感染後の症状や経過を予測できる推論手順の確立を図っています。国際共同研究では高リスク者の高精度予測にも着手しました。

治療薬・ワクチンの開発

ライフサイエンス系の研究センターや外部研究機関が連携して治療薬の研究を行うCOVID-19 特別プロジェクトを始動。新型コロナウイルス抗体製剤の開発や、ウイルスタンパク質の分析をもとに薬剤との結合部位を探索して創薬に貢献するほか、化学合成ワクチンおよび副

反応が少なく接種しやすい簡易ワクチンの開発など、さまざまな角度から研究を進めています。さらに、新型コロナウイルスに対して最適な治療薬の開発を目指して、大規模化合物データベースから類似度検索技術による治療薬候補化合物のスクリーニングを行います。

生活や社会を持続させるための研究

遠隔交流・対話支援システムの開発によって、新型コロナウイルス流行下における主に高齢者の認知機能や身体機能の低下の抑制を図ります。また、ヘイトスピーチ・偽情報の分析、医療のオンライン化で生じる諸問題と対応策の抽出、テレワークが人間に与える影響の調査・改善策の検討、機械学習を用いた重症化の予測など、生活に関わる諸問題の解決策を数理や情報の視点

で探ります。パーソナルデータ管理運用技術とAIなどの技術を連動させ、感染拡大の抑止および社会・経済的影響への対策を探索。ビッグデータを用いて一人ひとりの行動を変えていくために個別最適化した情報発信、感染症の蔓延阻止のための技術的、社会的および法制的の方策の検討も行います。

基礎的な研究やその他の研究

ウイルスのライフサイクルを可視化するための技術開発、日本で流行している変異株などの解析、ウイルスに関連する学術知識探索支援システム、感染制御に貢献

する腸内細菌叢の同定の開発、エピジェネティクスに基づくウイルスの解析、感染性・重症化の個人差に関わる遺伝子の同定などを行います。

関連動画の制作と公開

新型コロナウイルスの大きさや特徴といった基本的な情報から感染予防、重症化の仕組みなどを分かりやすく解説する動画「教えて！ 新型コロナウイルス」(全4話)を制作しました。関連する理研の研究を紹介する「新型コロナウイルスとの戦い」シリーズなどとともに、YouTubeの「理研チャンネル」で公開しています。



研究成果で見る理研の強み

理研の研究成果は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され、その高いクオリティは被引用状況に表れています。また、研究成果の実用化のため戦略的に特許を取得しています。

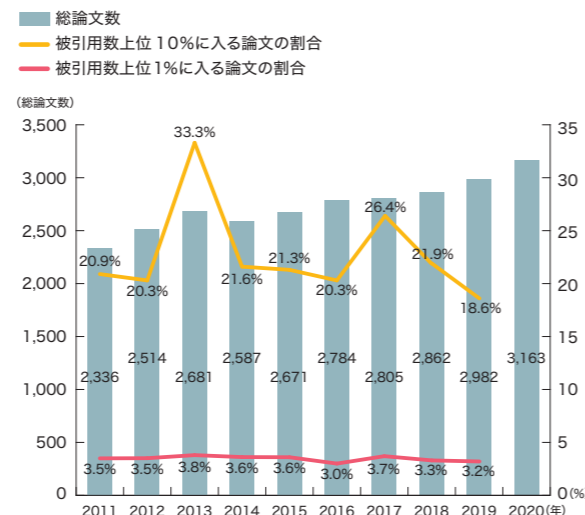
研究成果で見る理研の強み

年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2010年以降、年間2,200報以上の論文発表を続けており、2020年は3,163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。2019年の被引用数上位10%の論文の割合は18.6%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。

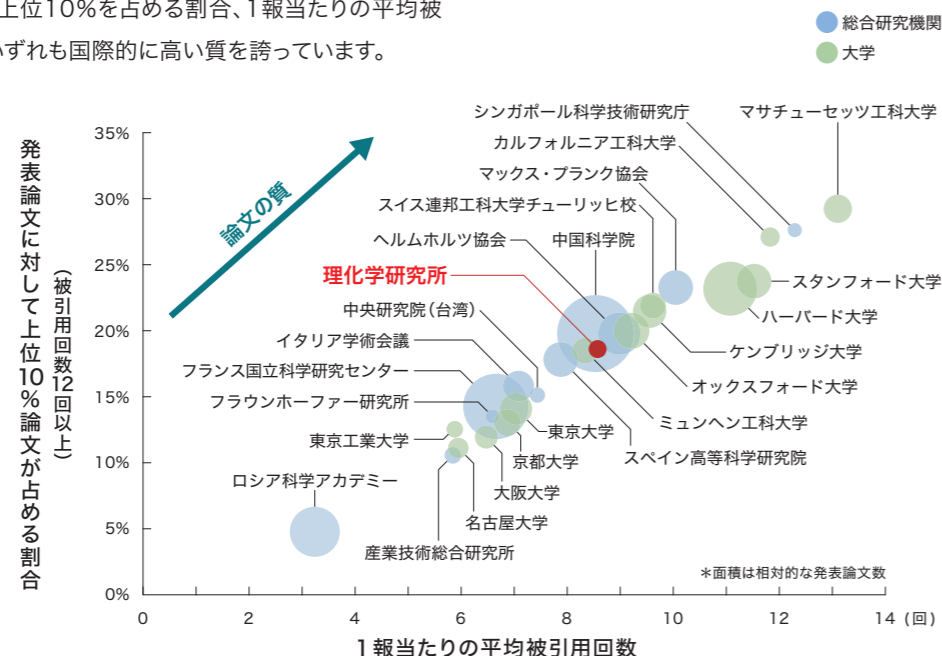
理研の年間論文数とそれらの被引用状況



クラリベイト・アナリティクス社のデータベースを基に作成(2021年5月28日時点)
※ドキュメントタイプはArticle、Reviewに限定

理研の発表論文の質と量: 主な総合研究機関・大学との国際比較

理研は、世界最高水準の論文成果を創出しています。被引用回数が上位10%を占める割合、1報当たりの平均被引用回数、いずれも国際的に高い質を誇っています。



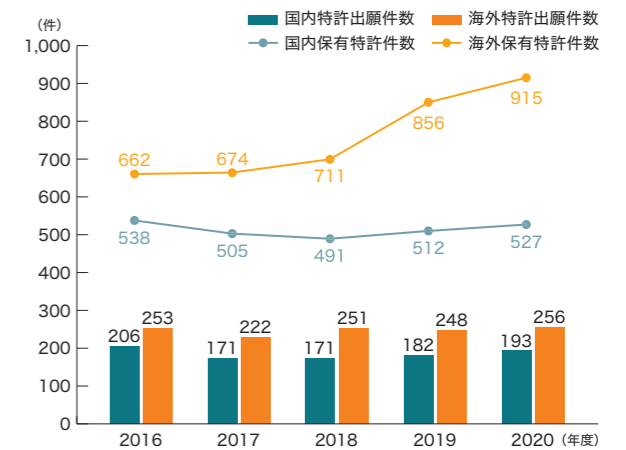
※InCites Dataset, Web of Science Core Collection, ESIより算出, Article, Reviewに限定(2021年5月28日時点)

技術移転活動

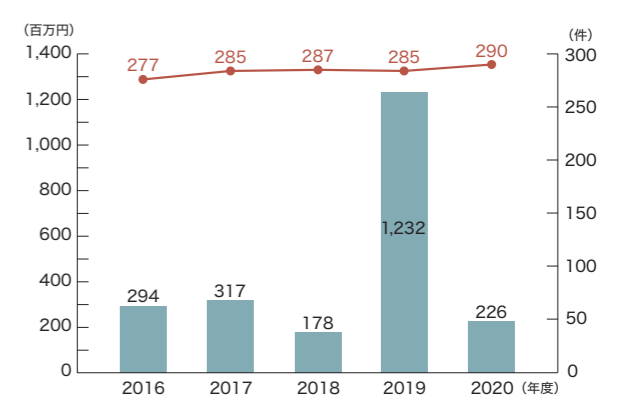
理研は、研究成果の社会還元と産業界との連携促進により研究活動の充実を図るため、2019年に全額出資により設立した株式会社理研鼎業と連携・協業して、知的財産の取得や企業への積極的な技術移転活動を行っています。

特許出願にあたっては、戦略的な特許出願を行う出願担当と、技術移転のプロである実用化担当が、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。研究成果をより確実に実施につなげるため、追加データの取得による特許の強化に努めるとともに、海外での実施の可能性を精査し外国特許出願を行っています。また、保有する特許は一定期間ごとに実施の可能性を検討し、権利維持の必要性を見直すことにより、効率的な管理を行っています。さらに、企業に特許を利用してもらうことで研究成果を社会に還元するために、企業への技術紹介、セミナーでの研究成果発表、保有特許情報をウェブサイトで公開するなど、さまざまな技術移転活動を行っています。

特許出願件数と保有件数の推移



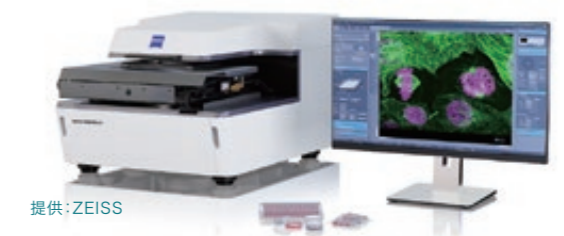
特許料収入の推移



PISA顕微鏡法

理研が開発した技術「PISA顕微鏡法」は、カバーガラスの斜め下側に配置されたシート型照明と対物レンズによって、試料の深部数百マイクロメートルにわたって蛍光観察できることが特長です。試料に含まれるタンパク質やDNAなどを1分子レベルで観察できるだけでなく、従来よりも高感度での試料のイメージングが可能のため、微量分子の検出や観察により、医学・生命科学におけるさまざまな研究・診断の発展に貢献することが期待されます。本技術

を利用したライトシート顕微鏡が、2020年12月にドイツの光学機器メーカーZEISS社から発売されています。



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。

受賞

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、2020年度は共同受賞を含め全体で延べ160名が受賞しました。

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3名、若手科学者賞7名、研究支援賞1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「富岳」が世界のスーパーコンピュータに関するランキングの

TOP500、HPCG、HPL-AI、Graph500のすべてにおいて、第2位に大きな差をつけて2期連続世界第1位を獲得しました。

日本学士院賞

学術上特に優れた論文、著書その他の研究業績に対して贈呈される。

慶應医学賞

医学・生命科学の領域において顕著かつ創造的な業績を挙げ、今後さらなる世界的な活躍が期待される研究者に贈呈される。

武田医学賞

医学界で顕著な業績を挙げ、医学ならびに医療に優れた貢献を果たした研究者に贈呈される。



宮脇 敦史
(みやわき あつし)

脳神経科学研究センター
細胞機能探索技術研究チーム
チームリーダー

Cameleon、Venus、Kaede、Dronpa、Fucci、Pericam、Keima、UnaG、GEPR、mito-SR1など数多くの蛍光タンパク質やバイオセンサーを独自に開発し、生きた細胞・組織・器官・個体内で起こる生物現象の可視化に成功しました。また、動物個体や臓器深部からのシグナル検出を可能にするために、組織透明化試薬Sca/eや人工生物発光システムAkaBLIを開発し、神経科学をはじめとする幅広い分野において独創的かつ主導的な役割を果たしてきました。これらの革新的な生命可視化技術は世界中の研究者に広く利用されており、そこから得られた知見は医学・生命科学研究に多大なる影響を与えています。

国際生物学賞

日本学術振興会が昭和天皇の御在位60年と長年にわたる生物学の御研究を記念するとともに、上皇陛下の長年にわたる魚類分類学(ハゼ類)の御研究を併せて記念し、生物学の奨励を図るため創設された。生物学の研究において世界的に優れた業績を挙げ、世界の学術の進歩に大きな貢献をした研究者に贈られる。



篠崎 一雄
(しのざき かずお)

環境資源科学研究センター
特別顧問

植物の環境ストレス、特に乾燥に対する耐性獲得とその応答のメカニズムを世界に先駆け、分子生物学的手法により解明し、環境応答の生物学分野を先導してきました。モデル植物であるシロイヌナズナを用いて、植物にとって大きなストレスとなる水分や温度などの環境変化に応じて発現する遺伝子を多数発見し、それらの制御メカニズムを明らかにしました。また、発見した遺伝子を利用して作出した形質転換イネ、ダイズの環境耐性の強化や収量の増加を実際の耕作地で証明しており、気候変動による食糧危機に多大な貢献をもたらすことが期待されています。

朝日賞

朝日新聞文化財団より学術、芸術などの分野で傑出した業績を挙げ、我が国の文化・社会の発展、向上に多大な貢献をされた個人または団体に贈呈される。後年ノーベル賞や文化勲章を受けた受賞者も多くなる。

[受賞テーマ]
量子情報技術の発展に資する超伝導量子ビットの創出



蔡 兆申
(つあい づあおしえん)

創発物性科学研究センター
超伝導量子シミュレーション研究チーム
チームリーダー(受賞当時)



中村 泰信
(なかむら やすのぶ)

創発物性科学研究センター
超伝導量子エレクトロニクス研究グループ
グループディレクター(受賞当時)

超伝導回路により構成される量子ビットを実現し、その重ね合わせ状態の制御を実証することにより、超伝導量子回路という新分野を切り拓いてきました。この成果のインパクトは大きく、超伝導回路の量子制御技術の研究は今や超伝導エレクトロニクス分野の最も重要な研究課題の一つとなっています。さらに超伝導量子ビットは、新規材料開発や複雑な系の最適化など、数多くの現代社会の課題に対して、大きなブレークスルーをもたらすと期待されている次世代コンピュータである量子コンピュータへの応用が大きく注目されています。

防災功労者 内閣総理大臣表彰

『「防災の日」及び「防災週間」について』(昭和57年5月11日閣議了解)に基づき、災害時における人命救助や被害の拡大防止などの防災活動の実施、平時における防災思想の普及または防災体制の整備の面で貢献し、特にその功績が顕著であると認められる団体または個人に対し、内閣総理大臣より表彰される。



三好 建正
(みよし たけまさ)

計算科学研究センター
データ同化研究チーム
チームリーダー

近年増加するゲリラ豪雨の雨雲を30秒ごとに隙間なくスキャンする最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダのビッグデータを使って、スーパーコンピュータ「京」による高精細シミュレーションと結びつける「ビッグデータ同化」の技術革新を創出しました。それにより、かつてない30秒ごとに更新する超高速な気象予測技術を世界に先駆けて生み出し、予測不能で不意を突くゲリラ豪雨を事前に予測し備えるという、予測技術向上による防災への道筋を切り拓きました。今後さらなる防災体制の整備への貢献が期待されています。

輝く女性研究者賞 (ジュン アシダ賞)

国立研究開発法人科学技術振興機構が女性研究者の活躍推進の一環として、持続的な社会と未来に貢献する優れた研究を行っている女性研究者およびその活躍を推進している機関を表彰するため、2019年度に創設された。



坂井 南美
(さかい なみ)

開拓研究本部
坂井星・惑星形成研究室
主任研究員

天文学と化学を融合した新たな分野の開拓により「太陽系のような環境は宇宙でどれほど普遍的に存在するのか」という天文学の根源的な問題に切り込み、多様な太陽系外惑星系の起源や、惑星系形成の解明につながる革新的な成果を上げています。また、研究以外の社会貢献においても、講演・展示などのアウトリーチ活動、女性研究者リーダーシップ開発プログラム講師など、女性活躍推進や後進育成のための活動にも積極的に取り組んでいることなどが総合的に評価されました。今後さらなる活躍が期待されています。

晝馬輝夫光科学賞

浜松ホトニクス株式会社の創業者の一人である晝馬輝夫が設立した光科学技術研究振興財団より贈呈される。日本の光科学の基礎研究や光科学技術の発展に貢献する研究において、独自に独創的な研究業績をあげた45歳未満の研究者に贈られる。

[受賞テーマ]
高精度光格子時計の開発とその実用化に向けた研究



高本 将男
(たかもと まさお)

開拓研究本部
香取量子計測研究室
専任研究員

3,000万年に1秒の誤差も生じないセシウム原子時計の100倍以上の精度を持つ「光格子時計」の原理実証と高精度化に成功しました。また、小型化した光格子時計により、東京スカイツリーの展望台と地上の時間の進み方を比較することで、重力による時間の遅れを高精度に測定しました。香取秀俊 主任研究員と共に光格子時計の実証・高精度化の研究を進め、基礎研究と実用化研究の双方で挙げてきた卓越した一連の研究成果は、新たな時間の「ものさし」や超高精度の測地技術としての応用が期待されています。

戦略的な連携協力の推進

理研は国内外の研究機関・大学や産業界とも連携し、理研の研究の効果的な推進に努めています。

戦略的な連携協力の推進

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び、研究者・学生との交流やセミナー・シンポジウムの開催、共同研究などを推進しています。「科学力展開プラン」のもと、大学・研究機関・産業界と協働し、研究開発のネットワークを形成・強化することで、理研が「科学技術ハブ」の役割を担っていきます

戦略的な国際連携

ドイツのマックス・プランク研究所や中国科学院をはじめ世界トップクラスの海外研究機関や大学、各国の政府機関などとの間で研究協力協定・覚書などを締結し、相補的・効果的な連携研究の実施、事務レベルも含む国際的な人材交流の拡大、世界における理研の存在感の向上につなげています。

2018年度より、理研の本部と各研究センターなどが協力して国際連携をさらに強化するための取り組みを行っており、2020年度も新たな研究機関・大学などとの連携を構築しました。2020年度末時点で、38の国と地域(国際組織含む)との間で、延べ276件の協定や覚書などを締結しています(下図)。

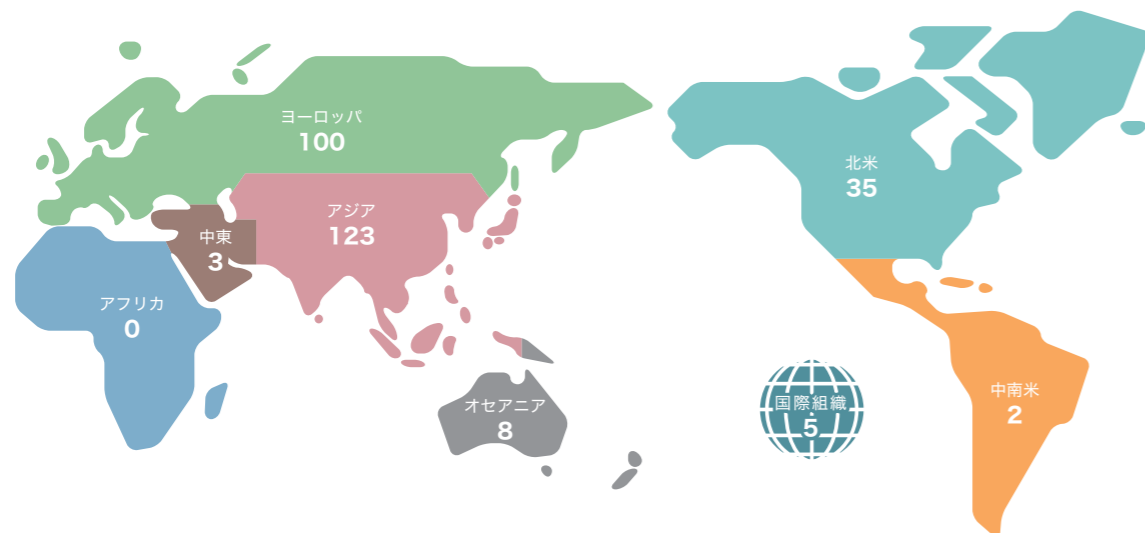
また、海外拠点を通じた研究協力の拡大も進めており、シンガポール、北京、欧州の各事務所を活用し、科学技術の政策動向収集、研究交流の促進などを行って

ます。さらに昨年度に引き続き、「クリーンエネルギー技術に関するG20各国の国立研究所等のリーダーによる国際会議(RD20)」にて発表を行いました(写真左)。2020年度からは、海外研究機関や大学、企業との連携を促進するため、在京大使館の科学技術関係者のネットワークであるScience and Technology Diplomatic Circle会員向けのセミナーをオンラインで定期開催しています(写真右)。

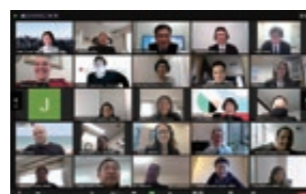
戦略的な研究パートナーとの国際連携(2020年度)

理研	相手機関(国名)
生命医科学研究センター	マギル大学(カナダ)
創発物性科学研究センター	アイントフォーヘン工科大学(オランダ)

海外研究協力協定・覚書などの締結状況(件数) ※2021年3月31日現在



クリーンエネルギー技術に関するG20各国の国立研究所などのリーダーによる国際会議(2020年9月29日~10月9日開催)



Science and Technology Diplomatic Circle 会員向けセミナー(2021年3月5日開催)

戦略的な国内連携

国内では、株式会社国際電気通信基礎技術研究所と連携協力に向けた基本協定を締結するとともに、すでに基本協定が締結されている慶應義塾大学と共創の推進に向けた連携・協力に関する覚書を締結するなど、機関レベルでの連携を推進しています。

また、理研の研究成果を医療応用に結び付けることを目的とした医療機関との連携や、地方創生に関わる地方自治体との連携なども推進しています。

2020年度に締結した主要な国内協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
国際電気通信基礎技術研究所	基本協定(連携・協力)	2020年7月
慶應義塾大学	覚書(共創推進の連携・協力)	2020年10月

社会の持続的な発展に貢献しつつ、明るい未来社会の実現を目指して、理研と企業が一体となって研究開発を推進しています。

さまざまな制度で産業界との連携を促進



理研では、企業との連携活動の仕組みとして理研と企業が一体となる場である「バトンゾーン」をさまざまな形で設け、社会課題の解決を目指した研究テーマに取り組んでいます。

「産業界との融合的連携研究制度」は企業からの提案を受け研究チームを理研内に設置し、理研と企業が一体的に研究成果の実用化に取り組めます。理研と企業が一体となる場=チームを設けることで理研の形式知(特許・論文)のみならず暗黙知(ノウハウなど)も含めて知識・技術などを企業が効率的に吸収し、それぞれの研究開発力を融合させることで研究成果の活用・実用化を加速度的に推進します。基礎研究から実用化研究まで一体となって次世代の技術基盤の創造と持続的な社会の実現に貢献することを目指します(2021年4月現在9チーム)。

「連携センター制度」は企業の提案から研究組織「センター」をつくり、広い視野を持ってさまざまな研究に取り組むことで新しい研究に発展させ、社会的課題の解決を目指します(2021年4月現在11センター)。

この他、研究者が積み重ねてきた知識・技術をなるべく多くの企業などに提供し新しい事業を目指した研究開発を支えるための研究の場をつくる「特別研究室制度」や「特別ユニット制度」、理研と企業が多様な技術および知見を持ち寄り、社会的課題の解決に向けた議論を行う「理研産業界共創プログラム」があります。

また、理研の研究成果の社会実装を主たる目的として設立され、一定の条件を満たした企業を「理研ベンチャー」として認定しています(認定中16社、累計53社)。理研ベンチャー認定は、企業にとって推進力となり、研究成果の迅速な実用化と普及に役立っています。

環境問題への貢献

理研は、地球環境および食糧問題を克服するための研究に積極的に取り組むほか、環境に配慮した研究所運営を行っています。

環境問題への貢献

耐塩性を強化する化合物を発見し、そのメカニズムを解明

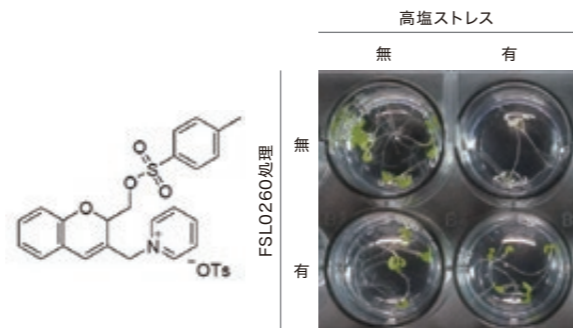
塩害は農作物に大きな被害を与えるため、耐塩性の高い品種の開発が急がれています。しかし従来のような育種による品種改良では時間がかかるのが問題です。環境資源科学研究センターの植物ゲノム発現研究チームは、理研が構築した化合物ライブラリー「NPDepo」で植物の耐塩性を強める物質を探索し、FSL0260という化合物を発見しました。

この物質を投与したモデル植物のシロイヌナズナは、塩分濃度の高い培地でも生育できるようになりました。そこで、網羅的に遺伝子解析を行ったところ、ミトコンドリアの電子伝達系の迂回路として機能する代替呼吸系の遺伝子発現が増加し、電子伝達系の一部(複合体I)の活性が抑制されていると分かりました。代替呼吸系には活性酸素発生を抑制する作用が知られており、研究チームでも活性酸素の蓄積量が少なくなることを確認できました。

以上のことは、FSL0260がミトコンドリア電子伝達系の複合体Iを阻害して代替呼吸系を活性化し、高塩ストレスで発生する活性酸素を減らして耐塩性を強化する

ことを示しています。これらの成果は、耐塩性を高める肥料や品種の開発につながると期待されます。

新規化合物 FSL0260 の構造式 (左) と耐塩性実験 (右)



液体培地で生育させたシロイヌナズナを高塩ストレスを与えると、白くなり枯死した(右図右上)。一方、FSL0260を添加したシロイヌナズナは、高塩ストレス下でも生存した(同右下)。

関連情報

2020年5月26日報道発表「植物の耐塩性を強化する化合物を新たに発見」

熱エネルギーを電気に変える、安価で高性能な材料を開発

工場や車などからの廃熱を電気エネルギーとして回収できる、安くて安全な熱電変換材料開発への期待が高まっています。熱電変換は「金属や半導体中の温度差を電圧に変換する現象(ゼーベック効果)」を用いる技術で、レアメタルの化合物であるビスマス・テルルなどで実現し、人工衛星の電力源などにも利用されていますが、コストや毒性が問題であり、代替材料として有機半導体や高分子半導体への期待が高まっています。

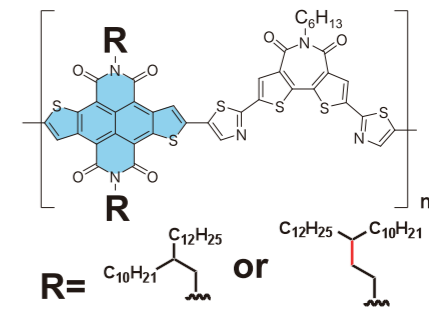
創発物性科学研究センターの創発分子機能研究チームは、独自に開発した「ナフトジチオフェンジイミド(NDTI)」という半導体骨格に2種の分子を組み合わせる新規のn型半導体高分子材料(pNB-Tz)を合成し、高性能な熱電変換材料になり得ることを確認しました。

研究チームは、溶剤に溶けやすくするためにpNB-Tzの高分子主鎖構造に枝分かれ構造を持つ側鎖を結合させましたが、この側鎖構造を調整すると薄膜中の分子配向を制御できることも見いだしました。さらに、pNB-Tzに電子ドーピングという操作を行うことで、高い電気伝導率と単位温度当たりの熱起電力(ゼーベック係数)が

得られ、熱電変換特性の指標であるパワーファクターが $53\mu\text{W}/\text{m K}^2$ に達することも確認しました。

本研究成果は、IoTや小型IT機器類の自立型電源などに向け、身の周りのわずかなエネルギーを電力に変換する環境発電技術に貢献すると期待できます。

新たに合成されたpNB-Tzの構造



青の部分構造がNDTIを示す。NDTIの右側は、ピチオフェンイミドとチアゾールから成る構造。Rは側鎖のアルキル基で、左が2-デシルテトラデシル基、右が3-デシルペンタデシル基。これまで報告されているn型半導体高分子材料の中で最も優れていると分かった。

関連情報

2020年6月22日報道発表「高性能な高分子熱電変換材料を開発」

研究活動においても環境に配慮

理研では、「国等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に関する法律」に基づき、電気の供給などを受ける際にも環境配慮契約の締結に努めています。また、地球温暖化の防止に向けて、エネルギー使用合理化委員会を設置するなど、エネルギー使用量やCO₂排出量の削減にも全力で取り組んでいます。また、研究過程で使用する化学物質についても、入手から廃棄まで一元的に管理するシステムを構築するなど、適正な使用・管理を行っています。

廃棄物の管理と削減

中長期的な観点で環境負荷の低減に資する物品やサ

ービスを選択し、グリーン購入法の対象分野全品目について、物品などの調達率100%を目標に掲げています。

研究活動に伴って発生する廃棄物の種類は多岐にわたります。それぞれの有害性や危険性などによって分別収集し、専門の処理業者に委託して処理・処分を行うのは言うまでもありませんが、研究室で不要となった試薬で再利用可能なものについてはリサイクルし、他の研究室で活用するように努めています。放射性廃棄物についても廃棄物の性状により分別収集し法律に基づいて処分し、保管中も容器の破損や劣化などの異常の有無を常に点検しています。ポリ塩化ビフェニル(PCB)を含有する廃棄物については、理研で保管していたすべての処理・処分が2018年度に完了しました。

排水管理・節水対策

研究活動に欠かせない水も、貴重な資源として適切な水質管理およびリサイクルによって無駄なく使用しています。各地区では、実験室系排水の処理施設を備え、有害物質や汚濁負荷物質などを吸着する装置をはじめ、分解、酸化、凝集沈殿、活性汚泥、砂ろ過、消毒・滅菌、pH調整など、各地区の排水の特性に合わせて処理しています。水の使用量が多い和光地区では、逆浸透膜を利用した中水化システムで実験排水の一部を処理し、大型の加速器施設で冷却水として再利用しています。

GC-MSによる実験排水中の有機化合物の分析



広報活動

理研の取り組みや研究活動を広く国民の皆さまにご理解いただくとともに、信頼関係を構築するため、積極的に情報発信を行っています。

広報活動

プレスリリースやウェブサイトなどによる研究成果の発信のほか、イベント開催などの双方向でのコミュニケーションができる機会においては、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。

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。2020年度は、スーパーコンピュータ「富岳」に関する一連の発表のほか、「農業生態系のデジタル化に成功」(6月9日)、「腹が減っては戦に負けぬ」(6月24日)、「ヒューマノイドロボットとAIによる自律細胞培養」(12月4日)など250件あまりを発信しました。

イベント

理研が推進している最先端の科学研究を紹介する「科学講演会」や研究者と参加者が会話できる「理研DAY:研究者と話そう!」などを開催しています。このほか、各事業所、センター等においてシンポジウムやサイエンスレクチャーなどを実施しています。2020年度は新型コロナウイルス感染症の拡大防止の観点から、各種イベントをオンラインで実施しました。

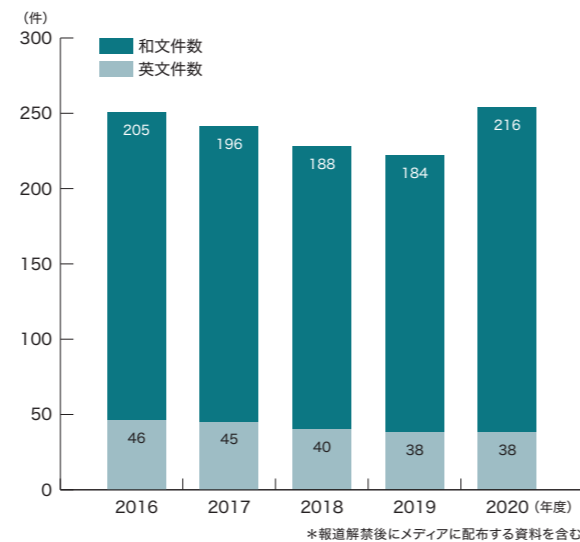
一般公開

各地区で年に一度、施設を公開し、研究現場を見学しながら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。2020年度は新型コロナウイルス感染症の拡大防止の観点から、仙台、和光、筑波、播磨の各地区では開催を中止しました。横浜、神戸、大阪の3地区ではオンラインで開催し、YouTubeでのライブ配信も行いました。

理研グッズ

2014年度から、広報活動の一環として「理研グッズ」の販売を行っています。科学技術館ミュージアムショップ、科学技術広報財団のウェブサイト、和光市総合福祉会

プレスリリース数の推移



理研DAY:研究者と話そう!
「心と体の司令塔!?神経細胞の形の不思議」(2021年2月26日開催)

館売店などで販売しています。理研グッズによって、理研と多くの方々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。

Twitter

プレスリリース公開やイベント情報など、理研の最新の動向についてソーシャルメディア「Twitter」を使ってお知らせしています。理研公式Twitter(@RIKEN_JP)

のほか、各研究センター等のアカウント、一般公開専用アカウントなど、対象に合わせて運用しています。

YouTube「理研チャンネル」

動画配信サイト「YouTube」に開設している公式チャンネルです。プレスリリースを分かりやすく解説した動画や理研の歴史を紹介する映像など、さまざまなコンテンツを掲載しています。2020年度は新型コロナウイルスについて、理研で実施している研究紹介の動画のほか、イラストを使って分かりやすく解説した動画を公開しました。



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、年に一度発行する『広報誌RIKEN』のほか、季刊広報誌『理研ニュース』、子ども向けリーフレット『理研の博士と考えよう!』を発行するほか、各種パンフレットを制

作しています。これらはウェブサイトでもご覧いただけます。また、今年度からは、より多くの方に理研の活動を知っていただくための新しいウェブコンテンツ『クローズアップ科学道』をスタートしています。

科学道100冊

科学を担う理研の姿勢を「科学道」と表現し、さまざまな広報活動を進めています。

「科学道100冊」は、書籍を通じて科学者の生き方・考え方、科学の面白さ、深さや素晴らしさを伝える事業で、図書館、教育機関、書店などでフェアを開催しました。

また、2019年からは、中学生・高校生を中心とした幅広い層に科学の魅力をより継続的に伝えるべく、毎年その年ならではの100冊を選書することにしました。2020年

に発表した「科学道100冊2020」は、「驚異のカラダ」「宇宙フロンティア」「世界を変えた科学者」の3テーマによる50冊と、時代を経ても古びない良書として選んだ科学道クラシックス50冊で構成されています。



国際広報

研究レベルの高さや充実した研究環境など、理研が魅力ある研究機関であることを海外の方々にも知ってもらえるよう、国際広報活動も積極的に行っています。

具体的には、英文でのプレスリリース、季刊広報誌『RIKEN Research』(右写真)やパンフレット『At a Glance』、ブログ「It Ain't Magic」、YouTubeなどのソーシャルメディアなどを通じて、研究成果や社会への貢献、日本での生活情報に関する積極的な発信を行っています。また、海外ジャーナリストとのネットワーク構築のため、アメリカ科学振興協会が開催する国際的な科学イベントなどへの参加や科学セッションの提案、海外メディア向けのプレスツアーなどを企画しています。



若手人材育成

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。

若手人材育成

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。

大学院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、理研では連携大学院を設置しており、大学からの学生の受け入れと大学の研究者との交流により、

理研・大学双方の研究活動の活性化を図っています。こうした制度以外でも、多くの学生を受け入れ、指導を行っています。

若手研究者向けには、基礎科学特別研究員(SPDR)制度および理研白眉制度を整備しています。

大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度

大学院博士後期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提供することにより、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。

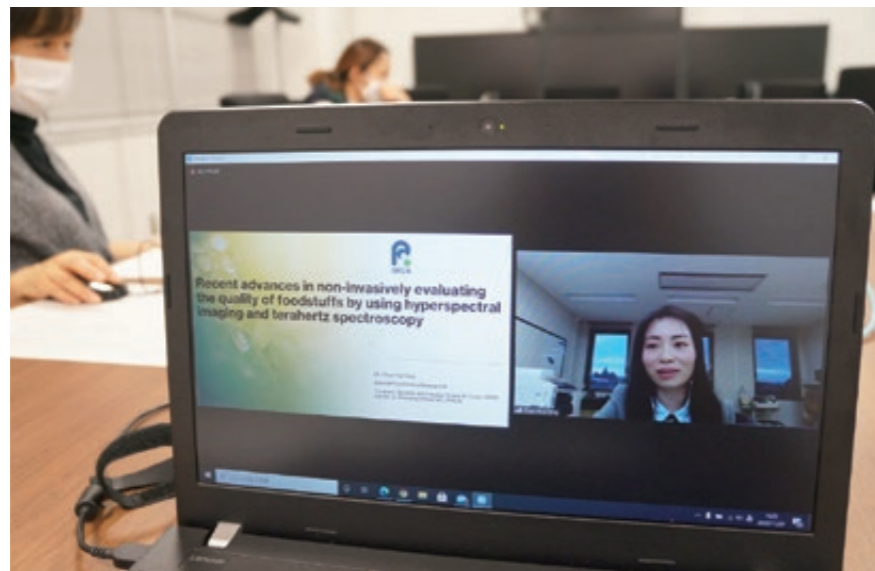
JRAは、連携大学院および研究協力などの協定もしく

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・選考を経て採用されます。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。2020年度は新規に60名を採用し、148名が在籍しました。

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(2021年3月末日現在)、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年間を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。このプログラムは2006年度に開始され、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ため、短期間の受け入れプログラムの運用を始めました。2020年度は新規に9名を採用し、64名が在籍しました。



例年、大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)や国際プログラム・アソシエイト(IPA)を対象にリトリート形式の「理研サマースクール」を開催してきたが、2020年度は新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、オンサイトでの集合は見送り、代わりにオンラインイベント「Discovery Afternoon」を実施した(2020年11月27日)。JRA、IPAのほか、基礎科学特別研究員および理研白眉研究チームリーダーも参加し、小規模ながらも分野や国籍を超えた交流の場となった。

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、客員(連携)指導教員となって大学から受け入れた大学院生の研究指導を行っています。実質的

なスタートは1989年度で、2021年4月1日現在、国内の42大学との間で連携大学院を運用しています。

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、本人の希望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、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3年間です。国籍にかかわらず応募が可能で、国内外から国際的に優秀な研究者の受け入れを目指します。2020年度は新規に58名を採用し、157名が在籍しました。

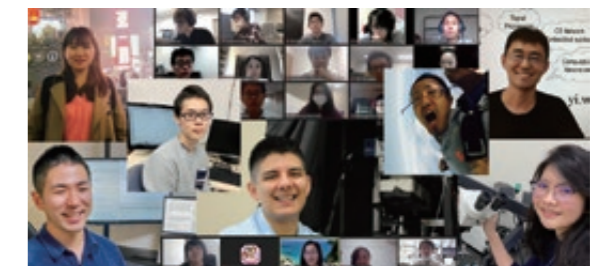
理研白眉制度

並外れた能力を持つ若手研究者に研究室主宰者(理研白眉研究チームリーダー)として独立して研究を推進する機会を提供し、理研白眉研究チームリーダー間の積極的な交流を促すことで、広い視野を持つ国際的な次世代リーダーの養成を目指し、2017年に創設されました。さらに女性研究室主宰者の制度として2018年度から加藤セチプログラムを開始しました。研究分野としては、人文

社会科学との境界領域を含む自然科学全般で、未着手の研究領域や人類社会が直面する課題など、科学的あるいは社会的にインパクトの高い野心的な領域を対象としています。任期は7年で、長期的に自由な研究環境を提供するとともに、広い層からの逸材を得るため、博士号の学位取得は応募要件としていません。在籍者数は計9名となりました。

大学生・大学院生向けプログラム

数理創造プログラム、脳神経科学研究センター、計算科学研究センター、放射光科学研究センターなどでは、研究者を本格的に志す学部生・修士課程・博士課程・ポスドクをサポートし将来の人材育成につなげる集中レクチャーなどのプログラムを主催しています。専門の研究分野を深めるだけでなく、国際的、分野横断的な視点で研究者に求められる幅広いスキルを身につけることができます。



例年はオンサイトで開催してきた各プログラムも、2020年度はオンラインで実施した。写真は「脳科学塾」(脳神経科学研究センター主催)の参加者たち。

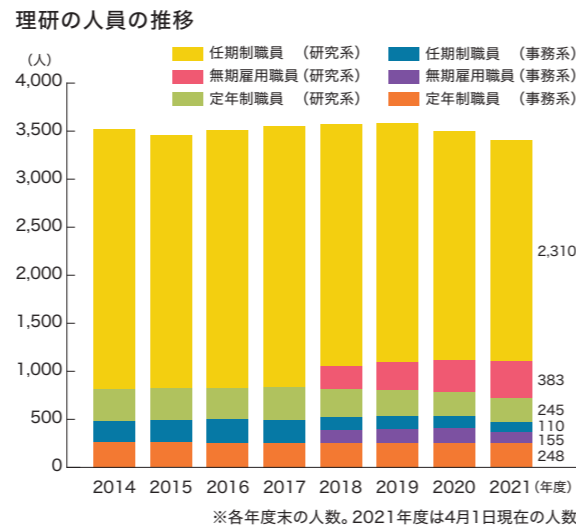
人員

研究成果の最大化を目指して、多様な人材を積極的に採用し、それぞれが活躍できる環境を整え、流動性と安定性の双方を兼ね備えた人事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などにおいて、定年まで雇用される長期雇用者、あるいは年限を区切って雇用される任期制職員として、多くの研究者や技術者が働いています。多様な人材を受け入れ、サポートするために、ダイバーシティや国際化の推進、キャリアサポートにも力を入れています。

人員構成

2021年4月1日の常勤職員数は3,451人で、その85%にあたる2,938人が研究系職員、さらに、その79%にあたる2,310人が任期制職員です。また、研究系常勤職員のうち長期雇用者は628人となっており、研究所が中長期的に進めるべき分野などを考慮し、公正かつ厳正な評価を行ったうえで、長期雇用者の割合を4割程度まで拡充することを目指しています。



国際化の推進

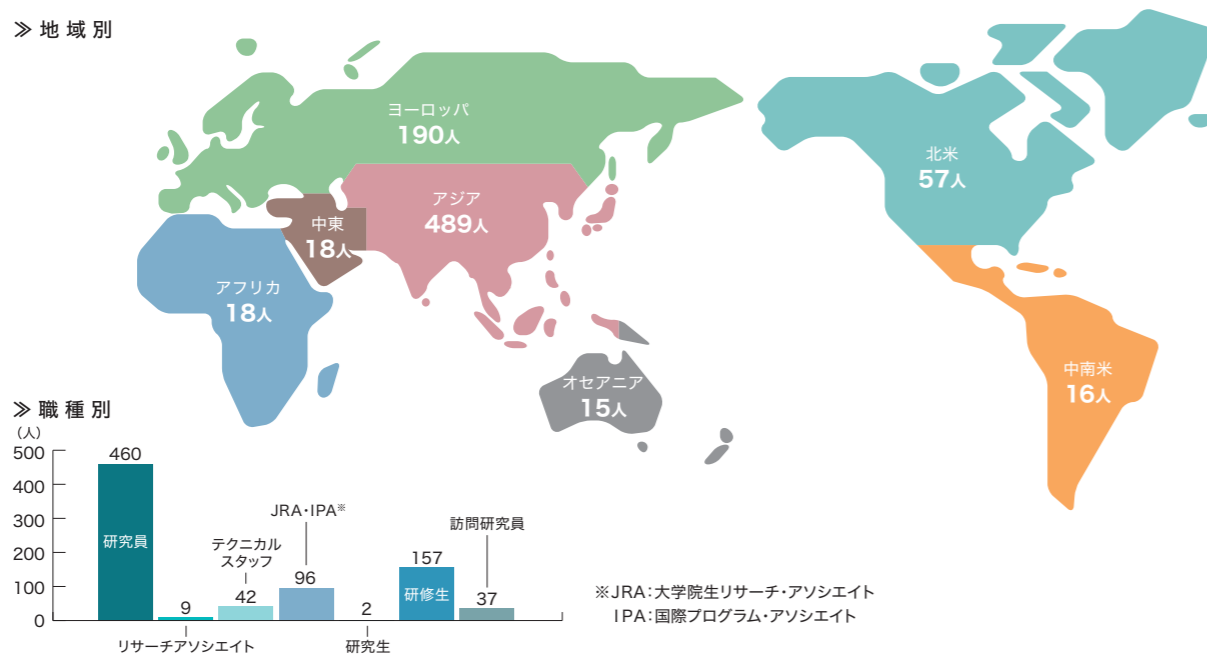
理研は、国際協力を研究推進の大きな柱と認識しており、世界各国から研究者や技術者、学生を積極的に受け入れています。外国籍のそれら研究系スタッフは、2020

年10月1日現在で803人に達しており、そのうち、研究員(非常勤を含む)として497人が在籍しています。

外国籍の研究スタッフの受け入れ

合計 **803人**
*2020年10月1日現在

地域別



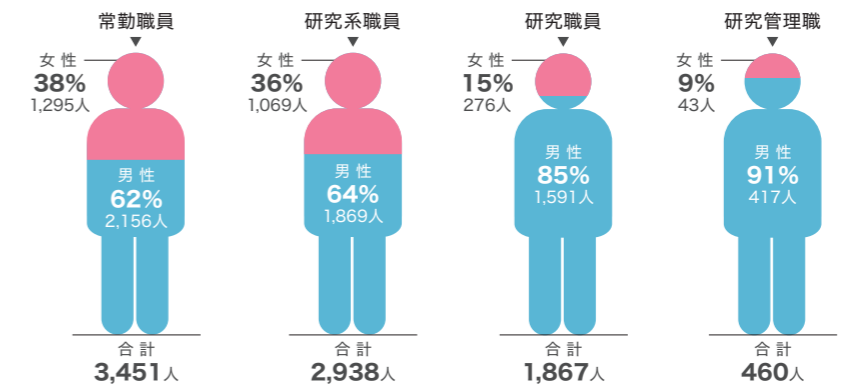
ダイバーシティの推進

理研では、全常勤職員のうち女性が38%、研究系職員では36%、研究職員では15%、研究管理職では9%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、研究系職員が妊娠、育児または介護中に、従来の業務を維持できるよう、支援者の人件費を助成する制度があり、多くの職員が利用しています(下のグラフ)。

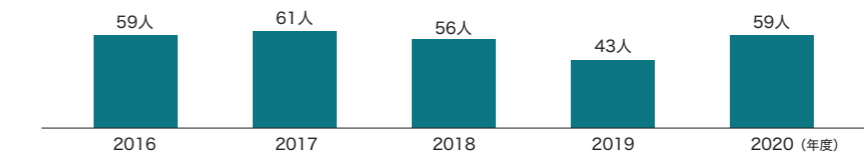
また、仕事と生活の両立に資するセミナーや相談会を行い職員のワーク・ライフ・バランスも推進しています。

優れた女性研究者を支援する取り組みとして加藤セチプログラムを設け、女性研究管理職の採用促進を図っています。並外れた能力を持つ若手女性研究者に、研究室主宰者(理研白眉研究チームリーダー)として独立して研究を推進する機会を提供する加藤セチプログラム理研白眉制度のほか、新任の女性研究室主宰者に対する採用インセンティブとして、初年度研究費の追加助成を行っています。

研究職員の男女比



妊娠、育児または介護中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(延べ人数)



キャリアサポート

理研は、全職員を対象に、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を推進しています。キャリア・コンサルティングを中心に、応募書類の添削、面接対策支援、キャリア自律促進のためのワークショップ、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。研究系職員に対しては、研究職以外の多様な選択肢も視野に入れた、きめ細かな対応をしています。

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、財源の多様性と安定性を確保するために、さまざまな研究資金の獲得に努力しています。

予 算

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・施設の維持費などを国から毎年度交付されます。国からの資金は経営の効率化などの観点から、新たな業務を行う場合などを除き、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予算です。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。

「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、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「富岳」の整備・維持管理、研究者などへの共用を促進する予算です。

「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(AI)に関する基盤技術の基礎的研究からAIによる科学研究の加速、社会課題の解決に資する応用までを一貫して実施するための予算です。

受託事業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、SPring-8 利用料収入、特許権収入なども含まれます。

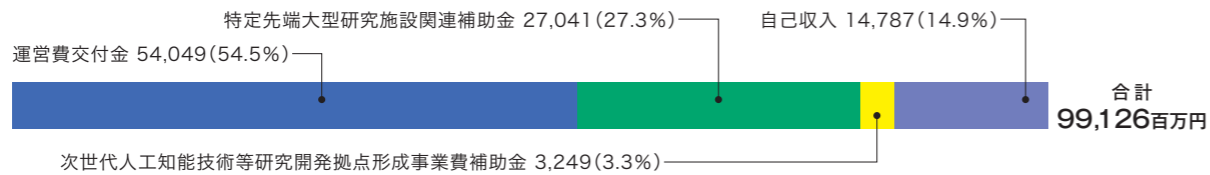
支出について

「センター等研究事業費」は、各研究センターなどに配分し、センター長などの裁量の下、研究を行うための予算として使われます。「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

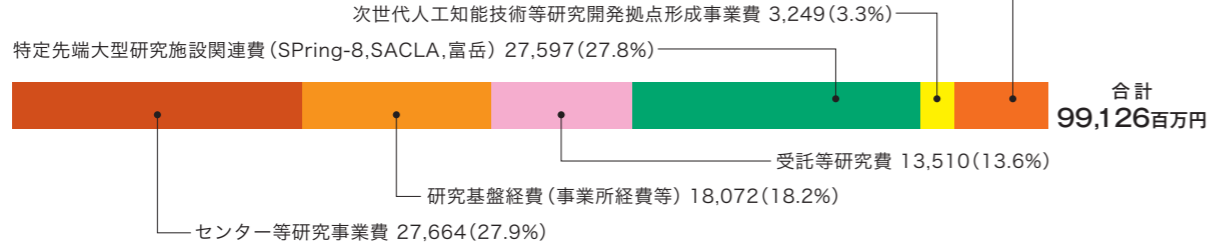
るために必要な経費です。「管理費等」には、人件費や公租公課などの組織を運営するための費用が含まれています。

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。

2021年度 収入予算の内訳(当初予算)



2021年度 支出予算の内訳(当初予算)



外部資金について

外部資金とは、政府機関、公益法人、企業などから受け入れている研究資金と、個人・法人を問わずに受け入れている3種類の寄附金を指します。

このうち、金額・件数ともに最も多いものは科学研究費助成事業(科研費)です。科研費は、人文・社会科学から自然科学まで全ての分野にわたり、基礎から応用まで

のあらゆる研究者の自由な発想に基づく研究を格段に発展させることを目的とする競争的資金で、専門家による審査を経て、独創的・先駆的な研究を助成しているものです。

外部資金の過去3年度の実績は、下の表のとおりです。

最近3年間の外部資金の獲得状況

項目	2018年度		2019年度		2020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)	4,605	1,236	4,692	1,402	4,770	1,431	
	科学技術振興機構(JST)関連事業	2,469	125	2,664	139	2,731	156	
	文部科学省系事業	357	7	464	6	539	8	
	その他の府省系事業	175	13	178	12	454	12	
	日本医療研究開発機構(AMED)関連事業	4,192	96	3,157	100	4,109	96	
小計	11,798	1,477	11,155	1,659	12,603	1,703		
2.非競争的資金	受託	政府受託研究	654	26	713	23	473	12
		政府関係受託研究	2,483	147	2,042	114	1,887	120
	助成	政府関係助成金	47	32	49	22	48	16
		負担金	193	47	215	50	95	44
	補助金	政府補助金事業	459	18	375	17	1,912	23
小計	3,836	270	3,394	226	4,415	215		
3.海外助成および国内財団等助成金	468	148	502	126	514	106		
4.民間受託	2,928	366	2,412	279	2,436	305		
合計	19,030	2,261	17,463	2,290	19,967	2,329		

募集特定寄附金	支援をお願いしたいテーマや事業を理研があらかじめ用意したもの	8	37	25	380	55	811
使途特定寄附金	応援したい研究テーマなどを寄附者が特定するもの	83	60	47	54	78	62
一般寄附金	研究活動全般を支援するもの	17	116	16	124	27	140
寄附金合計		108	213	88	558	159	1,013

※P.62-63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 (2021年6月1日現在)



理事長 松本 紘 工学博士

理事 小安 重夫 理学博士
加藤 重治
小寺 秀俊 博士(工学)
原山 優子 教育学博士、経済学博士
美濃 導彦 工学博士

監事 松尾 康博
石井 康彦



前列左から、松本紘(理事長)、小安重夫(理事)、加藤重治(理事)、美濃導彦(理事)、後列左から、原山優子(理事)、小寺秀俊(理事)、松尾康博(監事)、石井康彦(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。

和光地区(本部所在地・埼玉県和光市)

TEL:048-462-1111(本部代表)

- › 本部
- › 情報統合本部
- › 科技ハブ産連本部
バトンゾーン研究推進プログラム
理研産業共創プログラム
- › 開拓研究本部
- › 数理創造プログラム
- › 脳神経科学研究センター
- › 環境資源科学研究センター
- › 創発物性科学研究センター
- › 量子コンピュータ研究センター
- › 光量子工学研究センター
- › 仁科加速器科学研究センター

神戸地区(兵庫県神戸市)

TEL:078-306-0111(神戸事業所代表)

- › 生命機能科学研究センター
- › 計算科学研究センター

仙台地区(宮城県仙台市)

TEL:022-228-2111(仙台研究支援室代表)

- › 光量子工学研究センター

筑波地区(茨城県つくば市)

TEL:029-836-9111(筑波事業所代表)

- › バイオリソース研究センター

東京地区(東京都中央区)

TEL:03-3271-7101(東京連絡事務所)

- › 未来戦略室
- › 情報統合本部
- › 革新知能統合研究センター
- › 計算科学研究センター

横浜地区(神奈川県横浜市)

TEL:045-503-9111(横浜事業所代表)

- › 情報統合本部
- › 科技ハブ産連本部
創薬・医療技術基盤プログラム
予防医療・診断技術開発プログラム
バトンゾーン研究推進プログラム
- › 生命医科学研究センター
- › 生命機能科学研究センター
- › 環境資源科学研究センター
- › 計算科学研究センター

名古屋地区(愛知県名古屋市)

TEL:048-462-1111(本部代表)

けいはんな地区(けいはんな学研都市)

TEL:0774-73-2001(けいはんな研究支援課)

- › 情報統合本部
- › 革新知能統合研究センター
- › バイオリソース研究センター

大阪地区(大阪府吹田市)

TEL:06-6155-0111(大阪研究支援課代表)

- › 生命機能科学研究センター

播磨地区(兵庫県佐用郡)

TEL:0791-58-0808(播磨事業所代表)

- › 放射光科学研究センター

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

› 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

› シンガポール事務所

11 Biopolis Way, #07-01/02 Helios 138667,
Singapore
TEL:+65-6478-9940

› 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

› 欧州事務所

Office 608, Regus EU Square de Meeus,
Square de Meeus 37, 1000 Brussels, Belgium
TEL:+32-2-791-7613