

# CHIBA RESEARCH

Highlights of Innovative and Collaborative Research

2021



CHIBA UNIVERSITY

# 新しい地平を目指す

CHIBA RESEARCH 2021は、千葉大学グローバルプロミネント研究基幹(GP基幹)で行われている多様で革新的な研究をご紹介します。

GP基幹は、幅広い分野においてトップクラスの世界的研究拠点になるという野心的な目標を掲げ、2016年に設置されました。ニュートリノ天文学、植物分子科学、3次元ホログラフィ、公正社会の実現など、学問分野は多岐に渡ります。

GP基幹は、千葉大学内の中核となる研究プロジェクトを育成しております、学内でも特別な地位にあります。今号では、2020年度に実施された22の研究プロジェクトの成果を掲載します。これらのプロジェクトは、外部の俯瞰的評価員を含む評価審査会によって全て選定されました。

全プロジェクトのうち3つは、「研究部門」と指定されています。中山俊憲教授は、病原体が体内に侵入する際に経由する口・鼻・その他の粘膜に対して投与する、これまでとは異なる形のワクチンについて研究しています(6頁)。

尾松孝茂教授は、螺旋状のナノ構造を作るために、右手系と左手系をもつ渦状のレーザー光の研究に従事しています(10頁)。吉田滋教授は、幽霊のようにどこでも通り抜けられる性質をもつ素粒子、ニュートリノを観察することにより、高エネルギー宇宙の探求を行なっています(8頁)。

本冊子を通して、最新の研究結果と発見を皆様にご紹介し、これらの取り組みに私たちが感じている情熱をお届けできることを願っています。

© iStock.com/BlackJack3D

# 目次

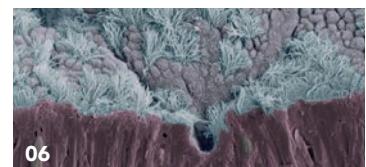
千葉大学では「つねに、より高きものをめざして」を基本理念に掲げ、教養教育の充実と教育活動の国際化を積極的に進めるとともに、学問の多様性を尊重しつつ、世界レベルの基礎研究や応用研究を強力に推進しています。

本学は、1949年、当時千葉県内にあった千葉医科大学、同大学附属医学専門部及び薬学専門部、千葉師範学校、千葉青年師範学校、東京工業専門学校、千葉農業専門学校の各旧制国立諸学校を包括して、新制の国立総合大学として発足したものです。

2020年現在、4つのキャンパスに約3,500名の教職員、11,000名の学部学生、3,500名の大学院生が在籍しています。総合大学としての規模、内容ともに国立大学の中で上位にあります。西千葉キャンパスはJR総武線西千葉駅前に位置する千葉市稻毛区弥生町の39万m<sup>2</sup>に及ぶメインキャンパスであり、ここに大部分の学部と施設が集中しています。千葉市中央区亥鼻の台地には亥鼻キャンパスがあり、医学部、薬学部、看護学部、病床数850の医学部附属病院が置かれています。また松戸キャンパスには園芸学部、柏の葉キャンパスには環境健康フィールド科学センター等が置かれています。



## 研究部門



**粘膜免疫・アレルギー治療学**  
病原体侵入やアレルギー反応の場となる  
粘膜バリア



**ハドロン宇宙国際研究拠点**  
ニュートリノの観測で  
宇宙の起源を探る



**キラル物質科学**  
光の左右非対称な掌性を使って  
新分野の確立を目指す

## 次世代研究インキュベータ 人文社会科学

14 **未来型公正社会研究**  
より公正な世界に向けた政策の立案を支える

15 **小地域推定とその応用**  
小地域推定でデータセットを精緻化させる

16 **心理学・精神科学の文理横断橋渡し研究拠点**  
日本の認知行動療法を成長させる

17 **移民難民スタディーズ**  
外国にルーツを持つ人たちと生きる

26 **先進的骨伝導コミュニケーション**  
補聴器を超える革新的骨伝導技術を生み出す

27 **リンパ浮腫モニタ**  
リンパ浮腫の視える化で患者の苦痛を取り除く

## 医学薬学

30 **ファイトケミカル植物分子科学**  
植物が作る多様な化学成分の可能性を引き出す

31 **癌エピゲノム拠点**  
癌をその原因から絶つ薬剤を開発する

32 **真菌医学研究センター**  
微生物の操作で人の健康を維持する

33 **希少・難治性疾患の治療**  
難治性疾患の患者に希望をもたらす

34 **糖鎖創薬研究拠点**  
糖鎖の役割を解明して免疫療法に役立てる

35 **RNA創薬プラットフォーム**  
ナノ技術を使って薬物を体内に届ける

36 **メタロミクス研究拠点**  
生命金属の機能を理解し疾病の予防や治療に  
役立てる

## 理工学

20 **次世代3次元映像計測技術**  
視覚が捉える像を超える未来の動画を創り出す

21 **マルチモーダル計測医工学**  
画像による疾病診断の手法を開発する

22 **先端マイクロ波リモートセンシング研究拠点**  
宇宙から地球の地盤を観測する

23 **質感と情動のためのイメージング科学技術**  
情動を理解しリアルな質感を再現する

24 **昆虫が拓くビッグ・イノベーション**  
自然に目を向け飛行に革命をもたらす

25 **先導的ソフト分子の活性化と機能創製**  
触媒で未来型のスマート材料を創り出す

## 研究部門

### 粘膜免疫・アレルギー治療学

病原体侵入やアレルギー反応の場となる粘膜バリア

### ハドロン宇宙国際研究拠点

ニュートリノの観測で宇宙の起源を探る

### キラル物質科学

光の左右非対称な掌性を使って新分野の確立を目指す



## 粘膜免疫・アレルギー治療学

# 病原体侵入やアレルギー反応の場となる 粘膜バリア

研究キーワード：免疫学、粘膜免疫、アレルギー

我々の身体は、表皮と粘膜とからなるバリアを形成することで、外界から隔離されている。例えば、外界と接触する皮膚は表皮で覆われているし、食べ物の侵入により外界と接する消化管や、呼吸を介して外界と接する気道や肺は、粘膜で覆われている。このように外界との接触面に形成される‘粘膜バリア’は、強力かつ特別な免疫システムを備えることで、病原体の侵入から我々の身体を守る最前線として働いている。

このような重要な働きをする粘膜バリアは、その機能の崩壊により、様々な疾病の発症をもたらす。例えば、何らかの原因により免疫システムの機能の低下が生じ、粘膜バリアが崩壊すると、細菌やウイルスなどの病原体が体内に侵入してしまう。一方、免疫システムが過剰に反応してしまった場合には、花粉症やぜん息のようなアレルギー疾患、さらには自己免疫性炎症性腸疾患などの免疫疾患を発症する。

では、‘粘膜バリア’は、どのようにして適切な免疫応答を起こすように制御されているのだろうか。その疑問に応えるため2016年に設立されたのが、本研究プロジェクトの拠点「国際粘膜免疫・アレルギー治療学研究センター」である。この研究センターでは、千葉大学とカリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)とが共同プロジェクトを立ち上げ、太平洋をまたいで研究を進めている。粘膜バリアにおける免疫応答の基礎研究から、疾患治療に向けた応用研究、感染症やアレルギー性疾患、炎症性疾患を予防する次世代型ワクチンの開発研究を行っている。

現在、一般的に使用されているほとんどのワクチンは注射により投与される。しかし、感染性病原体の体内への侵入は粘膜バリアを介して起こることから、一般的な注射ワクチンによって誘導される免疫応答は、実際の感染によって誘導される免疫応答とは‘反応の場・経路’が異なってしまっている。

当プロジェクトの推進責任者である医学研究院

教授の中山俊憲は、「既存の注射型ワクチンは、感染による症状悪化を防ぐことはできますが、感染に対する予防という意味での効果はありません」と指摘する。

## 基礎研究から臨床応用へ

現在、このような重要な機能を有する粘膜バリアに着目し、新たな治療法開発に向けての研究が進んでいる。しかし実用化に向かうためには未だ多くの課題が残されている。まず、粘膜免疫を司る粘膜バリアの構造、免疫システムは未解明な部分が多い。そのため、同研究センターの研究者たちは、臨床応用を進めながらも、粘膜バリアの実態を明らかにすべく、基礎研究に精力的に取り組んでいる。

千葉大学副学長および大学院医学研究長・医学部長でもある中山は、「研究成果をベッドサイドへ速やかに届けるために、未来医療教育研究機構による研究支援体制の強化を進めています」と話している。

現在、同研究センターでは、3つのプロジェクトが進行している。

(1)清野宏が率いるグループでは、微生物感染によって引き起こされる疾病に対する粘膜免疫応答の基本メカニズムの研究に取り組んでいる。

(2)中山が率いるグループ(小野寺淳、木村元子、小原收ら)では、独自に発見した難治性アレルギー疾患を引き起こす病原性T細胞に注目し、これまで治療法のなかつたアレルギー疾患に対する新たな治療法の開発に取り組んでいる。

(3)中島裕史らの臨床研究チームでは、花粉症などのアレルギー疾患の根治治療に結びつく免疫治療ワクチンの開発研究を進めている。

## 気道内の粘膜バリア

粘膜層は小さな毛のような  
絨毛で覆われている。

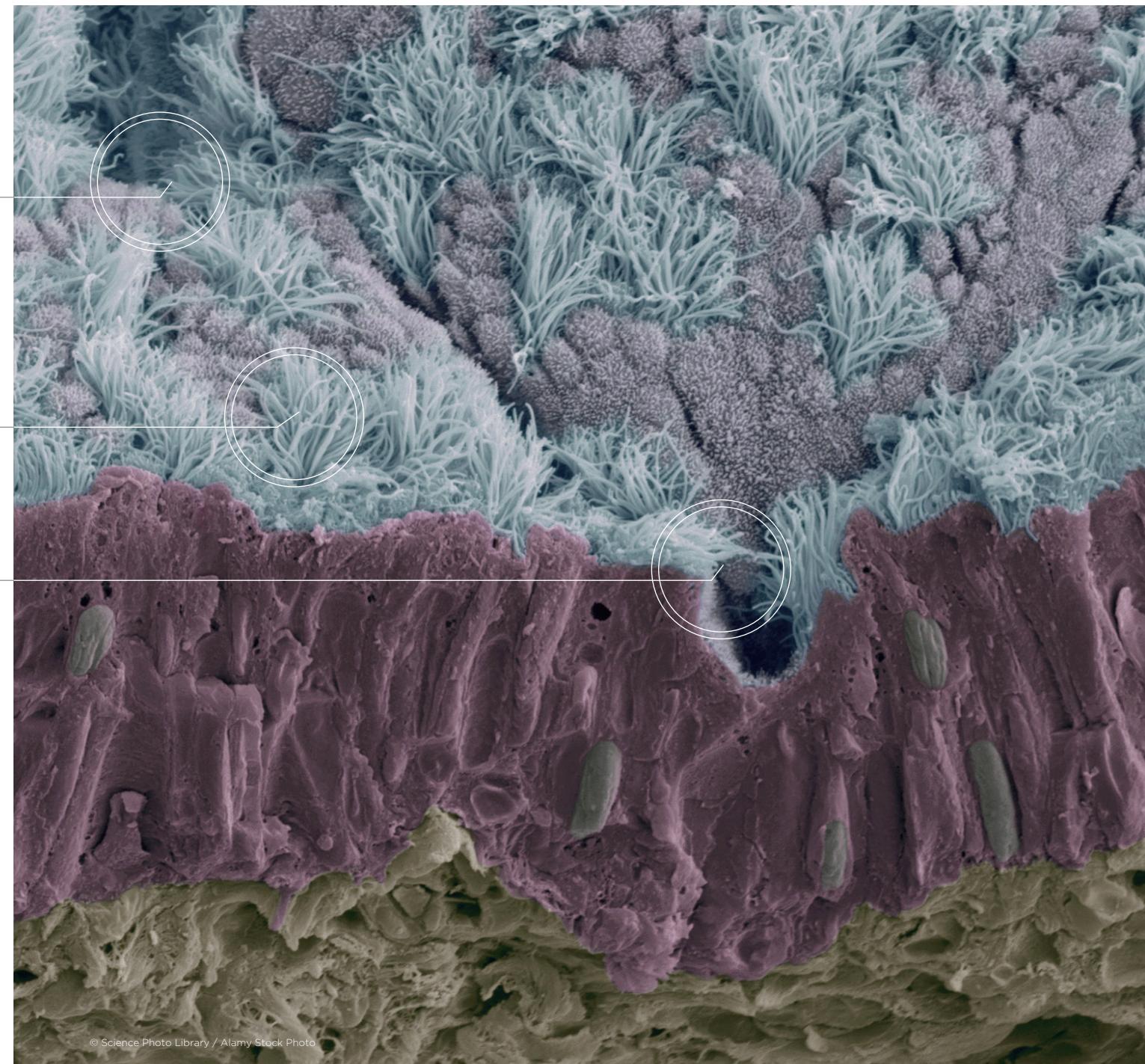
粘膜バリアにおいて、免疫細胞は、細菌やウイルスなどの病原体の侵入から体を守る。しかし過剰な免疫反応は病気の引き金ともなる。

粘膜バリアを直接標的とするワクチンは、一般的な注射ワクチンよりも予防効果が高いと考えられる。

## Members

中山 俊憲  
教授、医学研究院

中島 裕史	清野 宏
小原 收	木村 元子
小野寺 淳	倉島 洋介
須藤 明	



—次世代型の粘膜ワクチンは、粘膜バリアにおける免疫力を高めることで、重篤な感染症やアレルギーを予防する

## ハドロン宇宙国際研究拠点

# ニュートリノの観測で 宇宙の起源を探る

研究キーワード：ニュートリノ天文学、宇宙線、南極、素粒子実験

——南極点の氷の中で検出されるニュートリノと数値シミュレーションにより  
宇宙誕生の仕組みを探る



南極大陸の  
アムンゼン・スコット基地

人はこれまで数万年にわたって、星の観察を行ってきた。最初は裸眼だったが、やがて光学望遠鏡が使われるようになり、最近では可視範囲をはるかに超えた電磁スペクトル領域の光を検出できる装置が使われている。こうして過去半世紀にわたって天文学が驚異的に進歩を遂げたものの、宇宙の全貌は未だ明らかにされていない。宇宙全体は、未だ知られていない物質や放射線の起源、星々の媒質と光との相互作用によって覆い隠されているためである。

科学者たちは今、光ではなくニュートリノを用いて、これまで見ることがかなわなかった最も神秘的な宇宙の深淵のぞき込むとしている。ニュートリノは、質量がほぼゼロの素粒子で、光に近い速度で宇宙の中を移動し、磁場によって偏向されたり、物質に吸収されたりすることがない。

理学研究院教授の吉田滋がセンター長を務めるハドロン宇宙国際研究センター(ICEHAP)は、南極アムンゼン・スコット基地の深氷河におけるアイスクューブニュートリノ観測所(IceCube Neutrino Observatory)を運営する国際共同実験グループに参画している。吉田は、「天体物理学においてまだ解明されていない最古の謎のひとつが、高エネルギー宇宙線とニュートリノの起源です」と話す。「ニュートリノ観測によって、宇宙への新たな扉が開きました。ニュートリノ観測と宇宙プラズマの強力なコンピュータシミュレーションとを組み合わせれば、ついに

この謎を解決できるかもしれません」。

**アイスクьюブ国際共同実験**

ニュートリノは、光の粒子である光子に次いで、宇宙で最も豊富に存在する粒子である。超新星、銀河核、ブラックホールなど、最も激しい事象であると同時に、未だ解明が進んでいない宇宙現象によって生じている。ニュートリノは、誕生後、ほとんど吸収されることなく

発生源から真っ直ぐに進むため、このような謎めいた天体の中心で何が起こっているのか、そこから発せられるメッセージの伝達者として理想的だと考えられている。一方で、吸収されることなく真っ直ぐ進むというその特性ゆえ、

検出が非常に難しいという特徴をもつ。アイスクьюブ国際共同実験には、12カ国53機関の

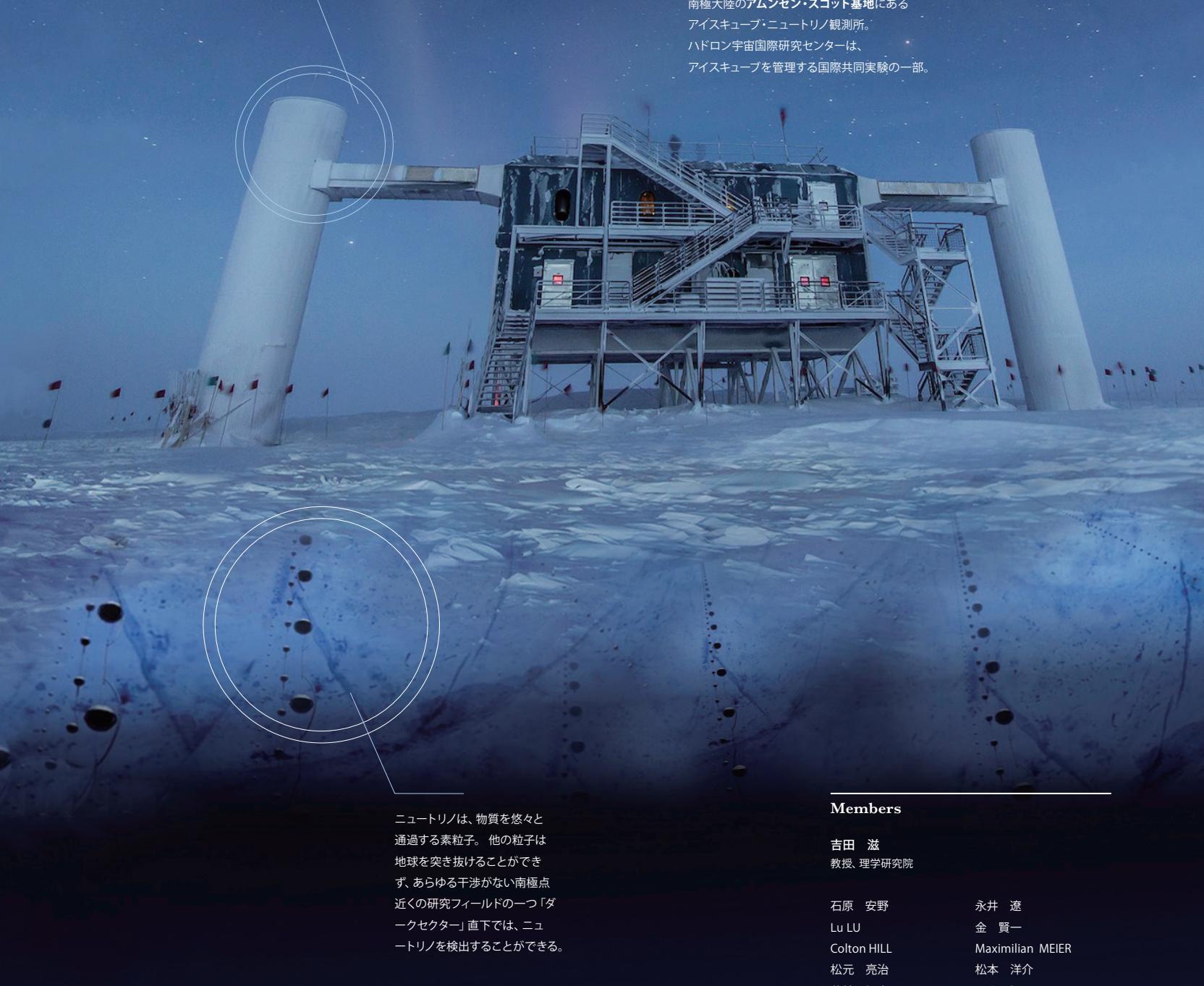
物理学者約300人が参加し、高エネルギー粒子

を検出するために尽力してきた。

アイスクьюブ観測所は、南極基地の下深くにある水晶のように透明な1立方キロメートルの氷である。これほど大量の透明で純粋で安定した氷と、科学研究のサポートに必要なインフラがある場所は、地球上で唯一南極だけである。氷の中に多数の縦穴を掘削し、その穴に合計数千機もの精巧な光検出器がひも状に吊り下げられている。この装置によって、ニュートリノと酸素や水素の原子核とが衝突したときにまれに生じるエネルギーの爆発を捉えること

2つの塔は、南極直下2500メートル埋められた5160の光検出センサーから情報を受け取る。

南極大陸のアムンゼン・スコット基地にある  
アイスクьюブ・ニュートリノ観測所。  
ハドロン宇宙国際研究センターは、  
アイスクьюブを管理する国際共同実験の一部。



ニュートリノは、物質を悠々と通過する素粒子。他の粒子は地球を突き抜けることができず、あらゆる干渉がない南極点近くの研究フィールドの一つ「ダーカセクター」直下では、ニュートリノを検出することができる。

## Members

吉田 滋  
教授、理学研究院

石原 安野  
Lu LU

Colton HILL

松元 亮治  
花輪 知幸

堀田 英之

永井 達  
金 賢一

Maximilian MEIER

松本 洋介

石山 智明

## キラル物質科学

# 光の左右非対称な掌性を使って 新分野の確立を目指す

研究キーワード：応用光学、光渦、キラリティー

——新素材を創り出すため、構成要素が同じでも構造が異なる性質を光の中で解明する

自然科学において、いまだ解明されていない謎は数多く存在する。その最も魅力的な謎のひとつが、キラリティーの起源だ。キラリティーとは、「掌性」とも呼ばれ、私たちの右手と左手のような、ふたつの鏡像型をもつ分子や物体の性質を指す。

キラリティーは、生物学・化学・物理学など様々な分野に関連する普遍的特性で、生命を支える生化学的な過程に影響を与えるほか、創業において極めて重要な役割を果たし、素粒子物理学でも突如として問題になることがある。私たちの馴染みのある光にも、キラルな性質があり、それが光と物質との相互作用に影響を及ぼしている。

こうしたキラリティーの力を、どのように利用し、制御することができるのだろうか。また、それを通じて、どのような新たな発見や技術が生まれる可能性があるのだろうか。工学研究院の教授、尾松孝茂らのチームは、そうした問い合わせを探求している。

光ビームは、それが螺旋状の波面になると、左回りまたは右回りの極性が生じ、キラルとなる。「光渦を用いることで、金属や半導体、有機物の物理的特性をナノスケールでねじり、ユニークな特徴を備えたキラルなナノ構造を創ることができます。私たちは、キラルな光学的材料を新たな研究分野として確立するとともに、キラルプラスモニクスやメタ表面など新たな技術を開拓し、ナノスケールのキラルな化学反応器やキラル選択的な撮像装置、キラルセンサーなどの開発へつなげることを目指しています。」(尾松)

## キラルな光でつくるナノコルク栓抜き

尾松らのチームは、光渦と物質の間の相互作用と、光渦を照射することによって構造を変化させた物質の物理的特性および潜在的有用性に着目している。光渦の電磁場は、光が空間を進むにつれて回転する。この電磁場を金属など

の導電性物質に作用させると、ナノスケールのコルク栓抜きのように、物理的特性の変化を物質の表面に刻むことができる。こうして構造が変化した表面は、左手系および右手系のキラル分子や光渦に対して異なる反応を示すため、化学センシング・合成・イメージングの分野でこれまでにない可能性が拓ける。

「光渦を使用すると、螺旋状のニードルや螺旋状のレリーフ、螺旋状のファイバーといったナノ構造を創り出すことができます。また、同じプロセスを用いることにより、フラーレンを重合させることも分かりました。フラーレンは、よく知られた機能性有機分子で、通常は、導電性はありません。しかし光渦を用いると、フラーレンは導電性の金属相を形成します。これは、金属や半導体を用いることなく、電子デバイスを作製するための基盤として用いることができる可能性があります。」

ナノ渦(nanovortices)を使って、将来的には、光の偏光や電子の軌道運動、キラル分子の凝集などをナノスケールで精密制御できるようになると、尾松は考えている。「私たちの研究は、次世代のフォトニクス材料やエレクトロニクス材料につながります。また、化学合成や薬学、生物学、医学などの分野においても、新たな用途が開拓されることが期待できます。最終的には、なぜ自然界にはキラリティーが存在するのかという科学的な謎の答えにたどり着くこともできるかもしれません。」

この研究プロジェクトでは、日本国内や海外の多くの研究者との共同研究が進められており、学生や若手研究者の力が求められている。「当研究センターには、物理学者・化学者・生物学者・医師が集まっています。私たちは、新しいプロジェクトのアイデアを考え出すため、頻繁にブレーンストーミングの会合を開いています。海外からの研究者もこのセンターで研究を行っており、背景や専門知識の多様な研究者が集まっています。」

## Members

尾松 孝茂  
教授、工学研究院

石井 久夫	坂本 昌巳
村田 武士	Peter KRÜGER
坂本 一之	吉田 弘幸
音 賢一	山田 豊和
青木 伸之	中村 一希
荒井 孝義	西田 篤司
柳澤 章	荒井 緑
矢貝 史樹	吉田 和弘
根本 哲宏	赤染 元浩
松浦 彰	西田 芳弘
伊藤 光二	高橋 弘喜
梅野 太輔	安西 尚彦
飯田 圭介	小笠原 諭





## 人文社会科学

### 未来型公正社会研究

より公正な世界に向けた政策の立案を支える

### 小地域推定とその応用

小地域推定でデータセットを精緻化させる

### 心理学・精神科学の文理横断橋渡し研究拠点

日本の認知行動療法を成長させる

### 移民難民スタディーズ

外国にルーツを持つ人たちと生きる

## 未来型公正社会研究

# より公正な世界に向けた 政策の立案を支える

研究キーワード：グローバル福祉社会、学際的社会科学、公正

——現代のグローバル社会の中で生きる人々の課題を把握し  
多様性を尊重する新たな原則を探る

**どうすれば公正な社会が実現できるのか？**

グローバル化が進むにつれ、異なる国籍や文化、背景をもつ多様な人々が公正で平等に扱われるよう保証することが求められている。公正なグローバル社会を創り出すために、世界の全ての国々において、十分な情報に基づく政府政策や、地方・地域・国の各レベルでの強力な支援ネットワークによる強固な基盤を作ることが急務となっている。

正義と社会的変化に関する既存研究の多くは、西洋社会を対象とする研究であった。一方で、アジア諸国におけるここ数十年の急速な変化によって、アジアでの公正な社会構築を主題とした研究分野が生まれ、発展を続けている。

本研究プロジェクトは、学内の法学・政治学・経済学・社会科学分野の研究者らが集まって立ち上げられた。公正社会に向けた学際的な研究拠点を創出し、今後の国・地域・国際社会の政策立案に情報提供することを目指している。

プロジェクトを率いる社会科学研究院教授の水島治郎は、主要コンセプトは「公正」だとう。「公正は、正義を構成する基本的要素と定義されます。私たちは多くの場合、公正性は正義に勝ると考えています。公正性とともに、平等や自由といった価値も重視しています。」

ヨーロッパの福祉国家改革を主たる研究テーマとする水島は、同プロジェクトの最終目的は、従来的な平等の議論を超えて、グローバル社会の中で生きる人々の多様性を尊重する新たな原則を打ち立てるにあるとしている。

水島らのチームでは、世界の研究者たちとのネットワーク形成を強めることを計画し、これまでに5回の国際シンポジウムを主催している。「プログラムのメンバーの多くは、地方や国の政策決定のための委員会に関与しており、私たちの研究成果を政策立案者に伝える重要な役割を果たしています。」(水島)

**Members**

**水島 治郎**  
教授、社会科学研究院

小林 正弥	大石 亜希子
石戸 光	荻山 正浩
皆川 宏之	五十嵐 誠一
藤澤 嶽	佐藤 健太郎
川瀬 貴之	米村 千代
小川 玲子	李 想

## 小地域推定とその応用

# 小地域推定で データセットを精緻化させる

研究キーワード：経済統計、ベイズ統計学、小地域推定

——時間と費用を抑えながら、限られた情報の精度を高めるための統計技法を開発する

**Members**

**小林 弦矢**  
准教授、社会科学研究院

川久保 友超	佐藤 栄作
米倉 頌人	長根(齋藤) 裕美
伊藤 翼	山内 雄太
湯浅 良太	菅澤 翔之助
小俣 幸子	

「この論文は、栄養と浄水が死亡率の低下に比較的重要であるとする説を支えるものです」と小林は話す。政界や経済界などからあらゆる専門家がチームに加わって、データセットの精度向上に貢献してくれるようになればと、小林は願っている。



母集団に関する包括的なデータの収集は、いつでも実施できるものではなく、実施にあたっては多大な時間的・経済的コストがかかる。よって「小地域問題」に関するデータの精度を高めることができれば、データ資源を広範に活用することができる。「小地域問題とは、サンプルサイズが小さいために小地域の標本平均などの推定量が非常に不安定になる問題です」と、社会科学研究院准教授で本研究プロジェクトを率いる小林弦矢は話す。

小林らは、補助情報によって統計的強度を高める小地域推定手法を開発し、このような問題の克服について研究している。

**不平等と公衆衛生問題を克服する**

小地域推定は、広範囲に応用されている。小林は、「政府が重要な政策決定をする際に用いる公的統計において、小地域問題は発生します。このため、小地域推定技法を用いることで効率的な政策決定につながる可能性があります」と指摘する。

総務省統計局が実施する月次家計調査を例にとると、同調査からは家計の収支に関する最新情報を得ることができる一方、市などの小地域レベルではサンプルサイズが非常に小さく、標本平均などの直接的な推定量は不安定となり、詳細な傾向を把握することが難しい。

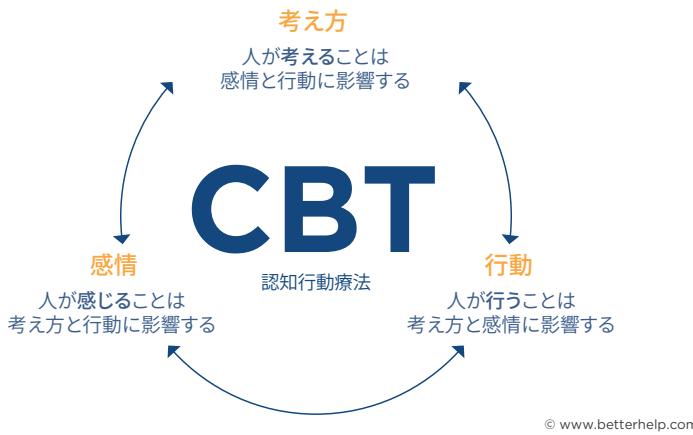
「家計調査は、全国消費実態調査のデータを用いて統計強度を高めることができます。ただ、全国消費実態調査のサンプルサイズは家計調査のそれよりもかなり大きく信頼性も高いのですが、同調査には時間と費用がかかり、5年に一度しか実施されません。」

## 心理学・精神科学の文理横断橋渡し研究拠点

# 日本の認知行動療法を成長させる

研究キーワード：精神医学、心理学、認知行動療法

——不安症やうつ病の症状を軽減できるよう、職場や学校やオンラインで、メンタルヘルスケアの機会を開く



日本では、生涯に一度はメンタルヘルス問題に直面する人が、4人に1人は存在する。このため、不安に関連する疾病的治療や予防を目指す取り組みに多大な労力が注がれている。

社交不安症(社交不安障害)は広くみられる症状であり、社交場面に対して激しい恐怖を感じるという特徴がある。薬物依存、うつ病、自殺行動などを引き起こすこともある。

社交不安症に対する有効な治療法のうち、医療関係者、政策決定者、患者等、多くの人々に知られているものとして、認知行動療法(CBT)がある。CBTでは後ろ向きな考え方や否定的な行動パターンを変化させ、子どもにとっては不安や不確実性の恐怖を克服する支えとなり、若者にとってはうつや怒りの感情をコントロールできる力になり、大人にとってはストレスとなる様々な経験に対処する助けとなる。

## 日本初の資格取得者向けトレーニングコース

千葉大学子どものこころの発達教育研究センターと千葉大学医学部附属病院認知行動療法

## Members

## 清水 栄司

教授、子どものこころの発達教育研究センター長

木村 英司	一川 誠
磯部 智加衣	岩田 美保
砂上 史子	中道 圭人
新津 富央	東本 愛香
平野 好幸	大渕 俊幸
島井 健一郎	吉村 健佑

## 移民難民スタディーズ

# 外国にルーツを持つ人たちと生きる

研究キーワード：グローバル化、移民・難民研究、多文化共生

——グローバルとローカルをつなぐ視点

清水は幅広い研究に従事しており、その一環として2015年、心理療法中の脳活動の変化を視覚化する初の研究にも加わっている。この研究では、機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を使用し、左後頭頂葉が認知の再構成に重要な役割を果たしていることが示された。認知の再構成とは、既存の信念に挑戦できるようにするプロセスであり、CBTでも使用されている。

さらに2016年には、清水らは、抗うつ剤治療が有効でない患者の社交不安を減らすことについてCBTが有用であることを示した。政府は、専門家によるCBT治療に対するニーズが増大していることに対応するため、2018年末に公認心理師の認定を開始している。健康保険制度も新しくなり、うつ病患者や不安障害患者、神経性過食症患者に対して医師が行ったCBT治療が保険適用になった。

小学校においても、CBTに基づく不安予防プログラムを導入する動きがみられる。

2018年に子どものこころの発達教育研究センター特任講師の浦尾悠子は、清水の監修のもと、10~12歳の子供を対象とした「勇者の旅」不安予防プログラムの有効性が検証された。同プログラムでは、授業時間を使って45分のセッションを10回実施する。不安について理解を深め、感情をモニターし、自己表現スキルを鍛えて社会的なストレスを軽減することが目的だ。

清水が率いるチームでは、新たなオーダーメイド治療介入法の開発が進められており、その一つであるインターネットを用いた治療法(iCBT)は、低コストで使いやすく、希望があれば匿名で治療を受けることも可能だ。

同チームでは2017年、薬物抵抗性不眠症患者向けiCBTの研究プロトコルを発表した。また、抑うつ症状を軽減するために使える簡易な5分間のプログラムも作成している。

## トランサンショナルな人の移動の増大

コロナ禍により国境が封鎖されるまで、国境を超える人の移動はグローバル化する世界の日常の一部だった。その中には留学や就労を目的として移動をする人々もいれば、紛争や迫害を逃れて国境を越えるを得なかつた人々もいる。グローバル化の進展に伴う移民や難民の増大は、世界各地で様々な課題を生じさせており、トランサンショナルな人の移動をめぐる人文社会科学の研究が活発化している。

2015年のヨーロッパでのシリア難民危機やイギリスのEU離脱、ミャンマーのロヒンギャ難民の周辺国への大量流出、メキシコとの国境に壁を作ることを訴えた米国のトランプ政権の誕生などに見られるように、人の移動は国際社会の在り方に大きな影響を及ぼしてきた。日本においても、出入国管理及び難民認定法の改正や留学生30万人計画などにより、2019年末には約300万人の外国人籍者が暮らしている。

毎日の食卓にのぼる野菜や加工品、コンビニのお弁当、ホテルのベッドメーキング、自動車製造や建設業、IT技術者や大学教員にいたるまで、私たちの生活は多くの外国出身者によって支えられている。しかし、その事実は必ずしも可視化されていない。また、「外国人」と言っても、その中には日本生まれのオールドカマーや日系人、留学生や技能実習生、難民、日本人の配偶者や国際結婚による子どもたち等の多様な背景を持つ人々がいる。実際の日本社会は多様であるにもかかわらず、「日本（人）」と「外国（人）」の間に境界線を引いて対置させ、ステレオタイプに捉える傾向も存在している。

小川の率いる本研究グループは、グローバルな人の移動と千葉というローカルな地域における実践を結び、移動の背景やネットワーク、政策や

制度、在日外国人の教育や雇用について包括的に調査し、千葉をフィールドとして多文化が共生するための課題を明らかにすることを目的としている。第1に国際移動の発生から定着にいたるまでの包括的な移住プロセスを学際的に明らかにし、

第2に教育と雇用に焦点を当てて、実態調査と分析に取組む。そのために、グローバルなガバナンスやネットワークの観点から人の移動をとらえる研究班A、日本企業で就労する外国人労働者の課題を明らかにする研究班B、教育現場における外国人につながる子どもの課題を扱う研究班C、紛争や貧困など国際社会の諸問題を分析する研究班Dの4つの研究班を置き、国際政治学、歴史学、社会学、経済・経営、教育学、地域研究という学際的なアプローチにより、研究成果の学術的な発信とそれに基づく政策提言を行う。

## 教育と雇用をつなぐ視座

本研究のキーワードの1つは多文化共生である。責任推進者である小川は言う。「『多文化共生』は外国人の社会統合を表す言葉として用いられてきたが、現在の日本においては、外国人に対する権利保障と教育と雇用をつなぐ視点こそが重要になる。」日本は多くの国際条約を批准しているが、国際規範の国内への浸透が不十分であることから、多くの課題が噴出している。その中の1つが、外国につながる子どもたちの教育である。

日本はこれまで、外国につながる子どもたちを教育政策の中に明確に位置付けてこなかった。そのため、低学年、不就学の問題が顕著になってくる。文科省の調査によれば、70%近くの地方自治体には外国籍の子どもがいるが、約2万人の子どもは学校に通っていない。ここに日本国籍を取得しているが、日本語教育等の配慮が必要な外国人につながる子どもたちを含めれば、不就学の人数は

もっと多くの可能性がある。教育機会の欠如は生涯にわたって影響を及ぼし、社会的にも多大な損失を招くことは多くの研究で指摘されている。

外国につながる子どもたちが日本の学校教育を受ける上での障壁を取り払うことが出来れば、次世代の社会の担い手となり、能力を発揮することができる。複数の文化の中で育つ子どもたちを周縁化するのではなく、潜在能力を活かすことが出来るような環境が必要である。

また、外国人労働者は日本人よりも低賃金で不安定な雇用下に置かれているケースが多いが、保護者の雇用が安定しなければ、子どもたちも安心して学校に通うことが出来ない。「人口減少が加速する日本で、外国出身者の教育と雇用をつなぎ、正の循環を生み出していくことは急がれる課題で、学術的にも政策的にも意義があります」と小川は話す。

多様性を認める多文化共生社会は、外国出身者だけでなく、階級、ジェンダー、エスニシティ、出身地域や障がいの有無によって分断された多様な「日本人」にとどまらず暮らしやすい社会なのである。

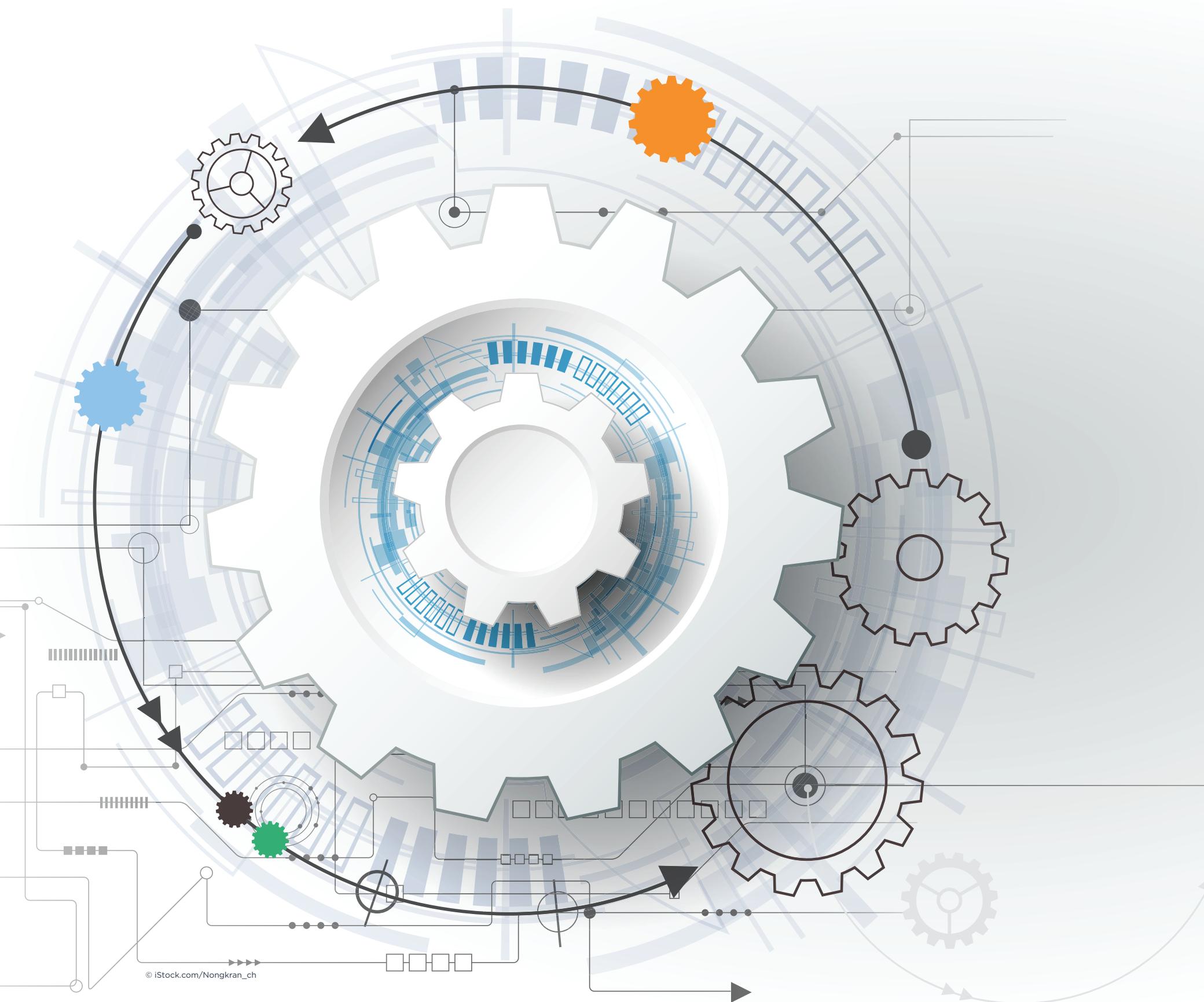
## Members

## 小川 玲子

教授、社会科学研究院

佐々木 綾子	福田 友子
中村 千尋	清水 静
横尾 陽道	土田 雄一
小林 聰子	崎山 直樹
高光 佳絵	齊藤 愛
酒井 啓子	後藤 弘子
石田 憲	





## 理工学

**次世代3次元映像計測技術**  
視覚が捉える像を超える未来の動画を創り出す

**マルチモーダル計測医工学**  
画像による疾病診断の手法を開発する

**先端マイクロ波リモートセンシング研究拠点**  
宇宙から地球の地盤を観測する

**質感と情動のためのイメージング科学技術**  
情動を理解しリアルな質感を再現する

**昆虫が拓くビッグ・イノベーション**  
自然に目を向け飛行に革命をもたらす

**先導的ソフト分子の活性化と機能創製**  
触媒で未来型のスマート材料を創り出す

**先進的骨伝導コミュニケーション**  
補聴器を超える革新的骨伝導技術を生み出す

**リンパ浮腫モニタ**  
リンパ浮腫の見える化で患者の苦痛を取り除く

## 次世代3次元映像計測技術

視覚が捉える像を超える  
未来の動画を創り出す

研究キーワード：計算機ホログラフィ、ボリュームディスプレイ、高速計算

—医療・教育・エンターテイメントの現場での応用を見据えた

3次元映像計測技術を確立する



## Members

下馬場 朋禄  
教授、工学研究院角江 崇  
白木 厚司  
小堺 成一  
塙田 茂雄岡本 卓  
伊藤 智義  
高垣 美智子  
山本 洋太

3D画像やホログラフィを使った技術といえば、SFの中のことかと思われるかもしれない。本研究プロジェクトでは、こうした最先端のツールを日常の一部にすることを目指している。

ホログラムは、真に迫る3次元画像を創り出し、映し出された物体をどの角度からでも見ることができる。その作成過程では、レーザーなどのコヒーレント光源が使用され、3Dの物体全体をフルカラーで正確に再現するために必要な複雑な光の干渉縞を記録・再構成する。しかし、高品質のホログラムを生成するには、膨大なコンピュータ処理上の負荷がかかる。リアルタイムに動く3D動画を作成する場合は言うまでもない。

本研究プロジェクトの推進責任者で、工学研究院教授の下馬場朋禄のチームは、世界初のリアルタイムホログラフィ3D表示システムを実現するため、超高速アルゴリズムとホログラフィ専用コンピュータの開発を行っている。

プロジェクトのアドバイザーで同研究院教授の伊藤智義は、「ホログラフィ専用コンピュータは、現在の家庭用コンピュータよりも3~4桁速い計算速度を備えることになります」と話す。「私たちはこの専用技術を利用して、ホログラフィ投影、デジタルホログラフィック顕微鏡、

超高速ホログラフィックイメージング技術の開発を進めます。」(伊藤)

プロジェクトチームは、最近、小型で安価でズーム可能なホログラフィック投影システムの開発に成功した。このシステムは、教室や医療現場、エンターテインメント製品での使用に適したものだ。下馬場らのチームは、数学的画像操作技術を改良し、ズームインやズームアウトの際にも、高解像度を保てるホログラフィ画像を表示できるようになった。さらに、研究者らは、再生画像の「スペックルノイズ」を低減し、画像品質の劣化を避けるためのアルゴリズムの開発も進める。

## 一つの画像に複数の視点

プロジェクトのもうひとつの狙いは、広い視野角を備えた大型の3D画像を再生することにある。これは、現在の技術では実現が難しいものの一つとされる。

「私たちは、精度の高いホログラフィ計測システムの開発を行っています。このシステムは動きのある現象をリアルタイムで視覚化し、研究者は3Dの画像を見て計測が出来るため、医学として非常に有益です。」(下馬場)

もう一つ興味深いテーマとして、ボリュームディスプレイと呼ばれる3D画像作成技術の研究が進められている。ホログラムでは、画像をはっきりと見ることができるのは、一度に数人に限られる。それに対し、ボリュームディスプレイでは、複数の人々が複数の視点から見ることができます。同チームでは、さらに、方向によって異なる情報が見える複数視点画像の作成に取り組む。つまり、ある地点に立つ人から見える情報と、別の地点に立つ人から見える情報を全

く異なるものにするということだ。

「私たちのボリュームディスプレイは、複数の観察者にそれぞれ異なる情報を提供します」と下馬場は話す。「この機能は非常に新しいもので、2020年東京オリンピック大会用の多言語標識の開発など、その機能を利用した新たな用途を検討しています。」こうした3Dディスプレイには、最先端の空中投影手法が役立つ可能性があり、この手法についても下馬場らのチームが開発に取り組む。

「成功のカギになるのはネットワーク構築です」と下馬場は強調する。「この研究室を卒業した学生の多くは、大学や民間企業で研究を継続していますが、こうした卒業生とも引き続き協力しています。私たちは、プロジェクトの拡大を図るとともに、大学や企業と実のある協力関係を築いています。」

## マルチモーダル計測医学

画像による疾病診断の  
手法を開発する

研究キーワード：医用工学、物理計測、マルチモダリティ

—身体に負担の少ない診断を実現するため、複数のスキャニング技術を使った高精度な画像検査法の開発を進める

現在、医療現場での疾病的診断には、生検や切開が使われているが、先進的な医療用画像化技術を用いることで、非侵襲で高精度の疾病診断が可能になることが期待されている。本研究プロジェクトに参画する研究者たちは、医学と工学の専門知識を組み合わせ、画像技術を利用した斬新で非侵襲性の疾病診断や治療方法の開発を進めている。

具体的には、コンピュータ断層撮影(CTスキャン)、磁気共鳴像法(MRI)、超音波など、各種のスキャン技術を用いて、様々な疾患によって引き起こされる細胞および臓器の変化を分析している。

本研究プロジェクトでは、高精度で非侵襲な画像検査法を開発するとともに、既存の画像化方法を強化して解像度を高め、より詳細な組織分析を可能にすることを目指している。

フロンティア医学研究センター教授の羽石秀昭は、「特にがんの診断を行う際、がんの種類とステージを明らかにするために、多くの場合、侵襲性の高い不快な処置が行われています」と話す。「そこで私たちは、一例として高周波の超音波を用いて乳がんの診断につなげるシステムの開発を行っています。」

羽石が率いる研究チームでは、がん化の可能性のある組織からリンパ節を物理的に採取・摘出することなく、超音波を用いてリンパ節の細胞特性を分析できることを明らかにした。この手法により、リンパ節中の転移陽性および転移陰性の細胞をハイライトして表示させることで、迅速で痛みのない診断を可能にする。

同チームではまた、2つ以上のモダリティから得られたデータを組み合わせる方法についても検討を進めている。2016年には、脳腫瘍のMRIと病理画像の2つのデータセットを1つの

システムに変換する画像位置重ね合わせ手法を開発した。

羽石は、「2種類の画像の位置合わせを行う再構成技術を確立することで、腫瘍の病理学的特徴を強く備えたとMRI画像を表示できます。最終的には、MRIの使用だけで診断を下すことが可能になるかもしれません」と期待を込める。「様々なデータセットの相関がわかれれば、体内の実情を詳しく把握することができます。そうすれば、診断だけでなく、病気の発症や進行に対する理解を深めることもできます。」

## 新たな光プローブ

従来型の画像化技術と並んで、新たな光プローブに関する研究も進められている。その一つに、体内での赤血球の流れ(微小循環)のモニタリング方法がある。プローブには多色発光ダイオード(LED)が含まれており、LEDの光が組織を通過する際に散乱されると、光の一部が赤血球中の分子に吸収される。これにより、赤血球と赤血球が移動する微小循環ネットワークの様子をクリアで詳細な画像として捉えることができる。

これまでの研究結果から、腫瘍が疑われる部位周辺の各血管の酸素飽和度などの特徴が、このプローブを用いてリアルタイム推定できるのではないかと同研究チームは期待を高めている。この技術は、診断に利用できる他、腫瘍部位と周辺の血管の挙動について理解を深める上で役に立つと考えられている。「最終的には、このような画像化の手法を基盤にして、機械学習や人工知能技術によって測定された信号と診断結果を関連付け、

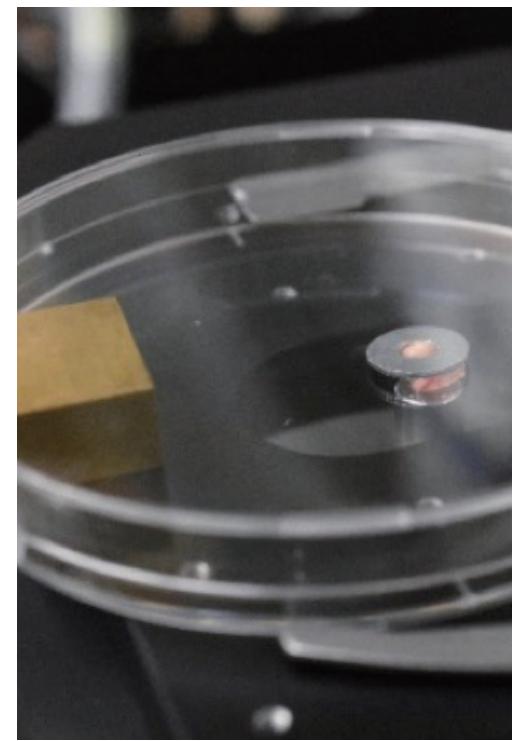
## Members

羽石 秀昭  
教授、フロンティア医学センター山口 匡  
吉田 恵司  
川村 和也  
中口 俊哉  
大西 峻  
岩立 康男  
劉 浩  
俞 文偉  
林 秀樹  
齊藤 一幸  
宇野 隆  
菅 幹生  
池原 譲  
早野 康一  
坪田 健一  
須鎧 弘樹

様々な疾患の包括的な理解につなげたいと考えています。」

本研究プロジェクトでは、研究者のアイデアを実現するための高度に専門化された装置や技術が利用できる。

「臨床での応用に直接的に関わる最先端の研究開発に取り組みたいと考えている工学者や医学研究者を歓迎します。」(羽石)



## 先端マイクロ波リモートセンシング研究拠点

# 宇宙から地球の地盤を観測する

研究キーワード：マイクロ波リモートセンシング、合成開口レーダ、環境及び災害監視

災害地域の環境を正しく把握するため、宇宙から地球の地盤をモニタリングする小型衛星とリモートセンシング技術を開発する



© iStock.com/Sirintra\_Pumsopa

人工衛星から遠方の対象を観測する技術は「リモートセンシング」と呼ばれている。本研究プロジェクトは、このリモートセンシングの世界的な専門家が、機械・航空宇宙分野のエンジニアと協力して、最先端の小型衛星や航空機や無人航空機（UAV）搭載用のセンサーを開発している。研究室は、航空宇宙システムの製造実験施設としての機能をもち、地殻変動や地震予知のためのマイクロ波レーダー技術を専門とする研究者が集まっている。このマイクロ波レーダー技術は、新世代のリモートセンシングの一つとして、現在注目されている。

環境リモートセンシング研究センター教授のヨサファット・テトオコ・スリ・スマントイヨは、「マイクロ波は、雲や煙、霧を貫通し、宇宙から地球表面を観測できるため、特にリモートセンシングに有用なのです」と話す。

プロジェクトの中でも中核的な研究分野となっているのが、地殻変動のモニタリングを目的としたマイクロ波リモートセンシング用合成開口レーダー（SAR）の開発である。SARは、マイクロ波信号をターゲットの方向に発射し、ターゲ

ットによって散乱されたマイクロ波を検出する。地震や地滑りが起きた際、その前後に得られたSAR画像を比較することで、土地の移動量を測定することができる。

このプロジェクトでは、UAV、航空機、小型衛星搭載用のSARの設計・製造・較正・運用のための施設を有し、15人の研究者と25人の学生が研究に従事している。

## 先進的な航空宇宙施設

研究室の設備について、スリ・スマントイヨは、「センサー較正用電波無響室、小型衛星管制用地上局、小型衛星較正・測定システムなどの施設があり、マイクロ波回路やアンテナの設計用シミュレーターなど、製造装置一式も揃っています。本研究室で開発した6メートルの実証実験用大型無人航空機、JXもあります」と説明する。

本研究プロジェクトでは、L帯、C帯、X帯の周波数帯を用いる円偏波（CP）マイクロ波放射用SARセンサーが開発され、これらのセンサーは、

## Members

ヨサファット・テトオコ・スリ・スマントイヨ  
教授、環境リモートセンシング研究センター

難波 一輝	劉 ウエン
服部 克巳	中田 裕之
本郷 千春	加藤 順

大型航空機、小型航空機、そしてJXのUAVにも搭載されている。このCP-SARセンサーは、この種のセンサーとしては初めて、左旋円偏波と右旋円偏波との干渉を利用して、地球表面の正確な情報を得ることができ、コンパクトで軽量、低価格となっている。

「本研究プロジェクトでは、SARイメージングを基にした技術開発を行いました。これは、森林火災・地すべり・地盤沈下・火山噴火などの被害を受けたインフラと地域のモニタリングを行うためのものです。」（スリ・スマントイヨ）

現在、新たに2機の小型衛星の開発が進められている。1機目は、電波掩蔽センサーおよび電子密度／温度プローブセンサーを搭載し、地震の前兆と考えられる大気の特徴の測定を目的としている。2機目は、金メッキを施した軽量のメッシュアンテナを搭載したCP-SAR衛星である。これらの衛星により、電離層の研究が進められる予定となっている。

「当プロジェクトの小型衛星プログラムは、将来のSARセンサーアプリケーションや惑星探査にとって大きな意義を持つエキサイティングな研究です。最終的には、5機の小型衛星を軌道に乗せることを目指しています。それにより、地球規模の災害の軽減と研究に向けてリアルタイムにモニタリングを行う予定です。現在、最初のエンジニアリングモデルの建造の準備を進めていますが、ライトモデルにも間もなく取りかかる予定です。」

日本国内と海外の研究機関・企業と密接な協力関係を築いてきたこの研究プロジェクトでは、共同研究と産業連携のために、50件以上の協定を結んでいる。また、様々な政府支援による短期型・長期型の滞在プログラム、ダブルディグリープログラム（修士課程・博士課程）への応募を奨励しており、通算500人を超える留学生や外国人研究者が研究に従事している。

## 質感と情動のためのイメージング科学技術

# 情動を理解し リアルな質感を再現する

研究キーワード：質感工学、情動工学、画像センシング、視覚心理学

——人の質感と情動に関わるメカニズムを調査し、多様な産業を支えるための知見を提供する



© iStock.com/wacomka

込んだ感じの陰影を布や物に印刷したり、デジタル設計された3D製品を製造したりすることができます。研究チームでは、化粧品や医薬品など多様な産業に貢献することを目指している。

## 質感や情動の内的メカニズムの理解

このような多分野の研究者グループでの研究の一つに、情動を解析する研究がある。本研究プロジェクトのリーダーでもある津村徳道らを中心とする研究チームは、スマートフォンのカメラで撮影した画像を用い、血中の酸素を運ぶヘモグロビンを画像に映し出す技術を開発した。この技術を利用して自分の顔の動画を撮影すると、ヘモグロビンの量の増減をもとに心拍数などを計測できる。さらに、心拍の間隔のわずかな変化を捉えることで、呼吸数や交感神経と副交感神経のバランスも把握でき、人間の情動を計測する技術として期待されている。

別のチームによる研究では、人間の認識メカニズムの解明を目的とし、特に色に対する私たちの認識が、その次元性に関する理解によって影響を受けることを明らかにした。同じ人が同じ画像を見た場合でも、画像を2次元と解釈するか、3次元と解釈するかによって、色が異なって見えるという。さらに、画像を見るのが片目なのか両目なのか、画像や見る人の頭が動いているかどうかによっても、画像を自然に感じる度合が変化する。平井によれば、このような研究は、より優れたスマートデバイスを開発するための鍵になるという。「見え方についての理解が深まるところで、例えば、色管理システムを改善して、ディスプレイ、カメラ、プリンターなど、様々なデバイス間での色の再現をより正確にできる可能性があります。」（平井）

## Members

津村 徳道  
准教授、工学研究院

堀内 隆彦	平井 経太
溝上 陽子	今泉 祥子
桑折 道済	矢田 紀子
松香 敏彦	吉村 健佑
徳永 留美	雨宮 歩
小林 江梨子	中村 一希
小槻 峻司	井上 信一



## 先進的骨伝導コミュニケーション

# 補聴器を超える 革新的骨伝導技術を生み出す

研究キーワード：骨伝導、補聴器、生体医工学

——骨導超音波と軟骨伝導の知覚メカニズムを解明し、  
新たなデバイス開発につなげる



高齢化とライフスタイルの多様化を背景に、より多様な聴覚支援機器やオーディオ・デバイスが求められている。人の聴力を補う技術の中でも、「骨伝導」は、これまで中耳や外耳の障害に起因する伝音性難聴の補聴に用いられてきた。また、近年になって、この骨伝導技術を持つ騒音下で聞き取りやすい、音漏れが少ない、水中での使用が可能といった補聴以外の利点が注目されるようになってきた。しかし、骨伝導の知覚メカニズムは複雑で、十分に理解されることは言い難い。

「通常の“耳の穴”を介して聴取される音を気導音と言いますが、気導音の末梢伝搬経路がほぼ唯一であるのに対し、骨伝導音の経路は少なくとも四つ存在します」。フロンティア医工学センター教授の中川誠司は、こう話す。「骨伝導音の知覚特性は周波数や呈示部位に合わせて如実に変化

して、気導聴覚とは大きく異なる特性を示すこともあります。」中川が率いる研究チームは、聴覚メカニズム研究に取り組む中で、「骨導超音波」や「軟骨伝導」などの画期的な骨伝導現象に着目し、そのメカニズムの解明や補聴器、スマートフォンへの応用を開拓している。

## 知覚メカニズムの解明から機器開発へ

骨導超音波は、聴覚健常者はもとより、通常の補聴器の使用が困難な重度難聴者にも知覚される。中川らが試作した骨導超音波補聴器によって、重度難聴者の約半数が音声を知覚可能、約3割が単語の同定が可能という成果をあげている。また、軟骨伝導は、耳介の軟骨に振動子を呈示する技術であり、外耳道閉鎖症患者のための補聴器やスマートホンに応用されている。

## Members

中川 誠司  
教授、フロンティア医工学センター

黒岩 真吾 下村 義弘  
堀内 靖雄 石橋 圭太  
大塚 翔 前佛 聰樹  
関根 雅

## リンパ浮腫モニタ

# リンパ浮腫の見える化で 患者の苦痛を取り除く

研究キーワード：電気インピーダンス・トモグラフィー(EIT)、リンパ浮腫、クラウドコンピューティング

——低コストかつ簡易に使える機器を開発し、  
早期発見と病状の適切な把握を実現する

## Members

武居 昌宏  
教授、工学研究院

秋田 新介 八木 良二  
下村 義弘 菅原 路子  
三川 信之 三橋 晓  
三階 貴史 堀越 琢郎  
山口 匡 貞鍋 一郎  
菅 幹生 吉田 憲司

「最終的には、携帯端末でリアルタイムに病状を可視化することで、リンパ浮腫に悩む患者さんの苦痛を軽減したいと考えています。」

骨導超音波、軟骨伝導とともに画期的な手法であるが、実用化や今後のさらなる普及のために音声伝達性能や装用性の向上、関連する工業規格や聴取に係る安全基準の策定といった課題が残る。このような課題の解決には、知覚メカニズムの根本的な理解そのものが不可欠となる。

「骨導超音波や軟骨伝導は本格的な研究が始まって日が浅く、知覚メカニズムに不明な点が多く残ります。例えば、骨導超音波は頸部や胸部、上腕に呈示した場合も容易に知覚されますが、その知覚メカニズムはほとんどわかっていない。一方、骨伝導の技術課題の多くは、骨伝導音の知覚特性や伝搬プロセスについての理解なしには達成できないものです。」

中川は、このようなメカニズムの理解に伴って獲得される高度な骨伝導技術は、新たな応用開発に派生する可能性が高いと考えている。

「例えば、強大騒音下でも使用可能な骨伝導ヘッドホンと骨伝導マイクロホンや、通常のイヤホンやヘッドホンの装用を嫌がる乳幼児用のイヤホンを開発予定です。また、次世代の情報端末として期待されるスマートグラスのインターフェースとしても、骨伝導は適しています。」

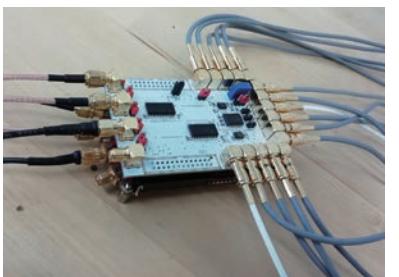
「本学には、ヒューマン・インターフェース技術や音声・音響信号処理に関する高い技術やノウハウを持った教員がいます。骨伝導技術を主軸としたプロジェクトに結集させることで、新たなデバイスの開発が進んでいます。また、国内外の企業との連携体制も整いつつあります。メカニズム解明という基礎研究と実用化のための応用開発を並行して進めることで、イノベーションに繋げたいと考えています。」（中川）

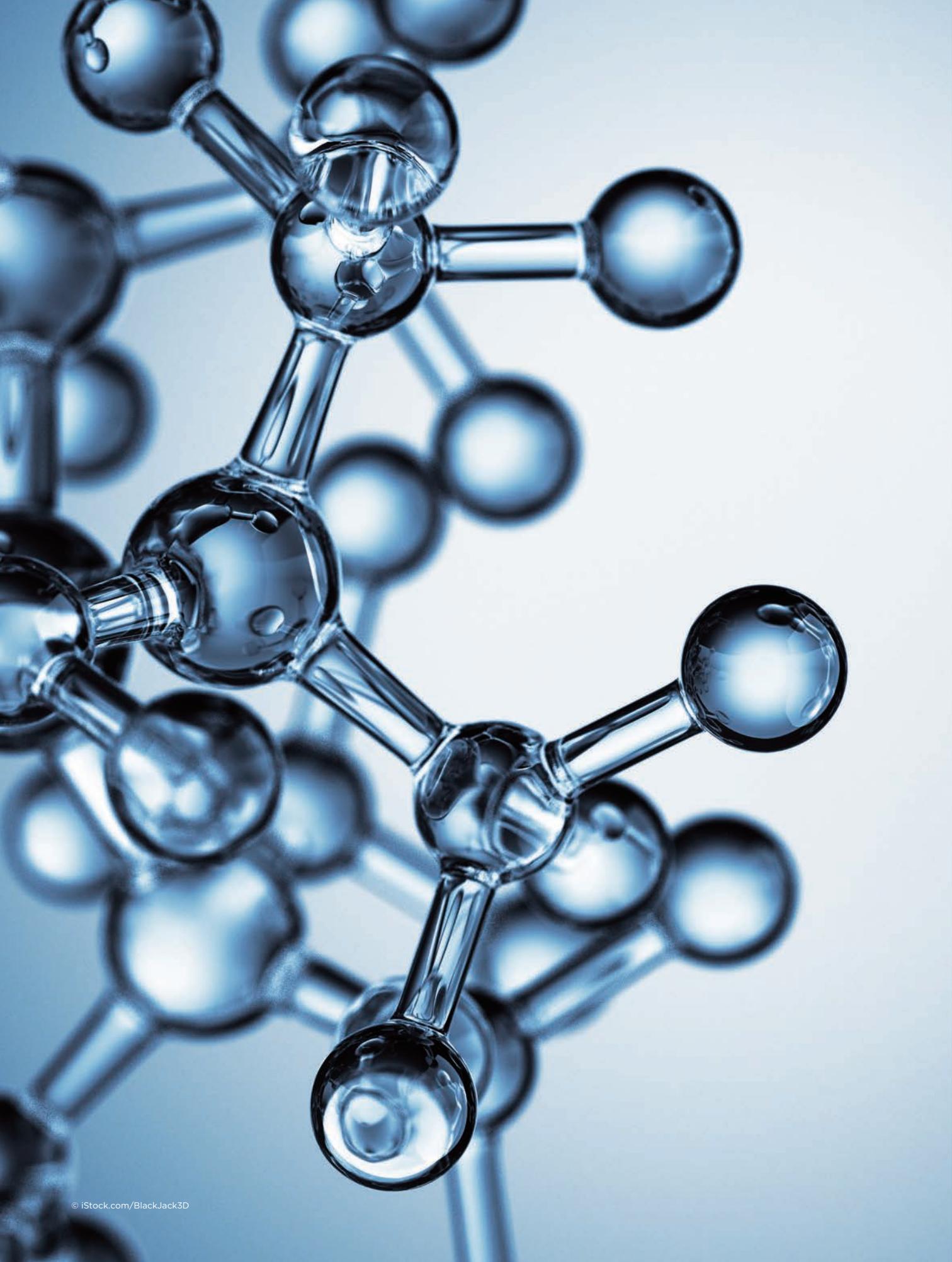
乳がんや子宮がんなどの婦人科がんの手術を受けた患者の約3割に発症する「リンパ浮腫」という疾患がある。手術でリンパ節を切除したり、放射線治療を行ったりすることでリンパの流れが停滞し、腕や脚に異常なむくみが生じるものだ。この疾患は長らく見放された後遺症と言われ、ごく最近になって研究者の間で注目がされ始めた。」工学研究院の教授、武居昌宏はこう話す。「発症リスクは生涯続き、発見が遅れると完治できず、心理的負担が大きいのが特徴です。良好な予後のためには、リンパ浮腫のステージ0や1の早期発見が極めて重要であるものの、未だにその検出機器が存在しないのです。」

武居は、千葉大学の工学、医学、薬学、及び理学の専門家チーム結成し、インターネットを用いた診断機能を持ち、家庭で使えるリンパ浮腫トモグラフィー・モニタを開発することで、リンパ浮腫の診断精度を向上させることを目指している。

## 小型の電子トモグラフィー

機械工学者である武居の信条は、「目に見えないものを機械を使って見える形にすること」。これまで、電気トモグラフィーのハードウェア、ソフトウェア、その応用研究に携わってきた。トモグラフィーとは断面可視化計測のことを指し、CTとも呼ばれる。医療用CTは数億円もする大きな機械で、患者自身が家庭で気軽に使うことは不可能な代物である。この課題は世界でも認識されており、90年代には、英国のマンチェスター大学において、新しい電気トモグラフィーの理論的な構築が開始された。「ヨーロッパ・アクション」と呼ばれるこのプロジェクトに、武居も立ち上げ当初から参画していた。研究の過程では難題が続出し、研究者





## 医学薬学

### ファイトケミカル植物分子科学

植物が作る多様な化学成分の可能性を引き出す

### 癌エピゲノム拠点

癌をその原因から絶つ薬剤を開発する

### 真菌医学研究センター

微生物の操作で人の健康を維持する

### 希少・難治性疾患

難治性疾患の患者に希望をもたらす

### 糖鎖創薬研究拠点

糖鎖の役割を明解して免疫療法に役立てる

### RNA創薬プラットフォーム

ナノ技術を使って薬物を体内に届ける

### メタロミクス研究拠点

生命金属の機能を理解し疾病の予防や治療に役立てる

## ファイトケミカル植物分子科学

# 植物が作る多様な化学成分の可能性を引き出す

研究キーワード：植物分子科学、ファイトケミカル、遺伝子

—植物由来の化学成分が人の健康に与える作用について  
最新の遺伝子・ゲノム技術を駆使して検証する



© iStock.com/mashuk

**Members**

齊藤 和季  
センター長・特任教授  
植物分子科学研究センター

山崎 真巳	吉本 尚子
ライ・アミット	高橋 弘喜
梅野 太輔	土松 隆志
佐藤 玄	伊藤 光二
石橋 正己	北島 満里子
高屋 明子	小暮 紀行
井川 智子	華岡 光正
後藤 英司	加川 夏子
島田 貴士	佐々 英徳
原 康雅	菊池 真司
宮原 平	齋藤 隆徳

古来より人間は、植物に含まれる天然化合物を、医薬品や栄養素として使用してきた。現代では、植物が進化の過程で作ってきた多様な化学成分をファイトケミカルと呼び、研究が進められている。本研究グループでは、先進的な遺伝子・ゲノム技術を活用し、植物中のファイトケミカル生産のしくみや、ファイトケミカルをコントロールすることによって特定グループの植物を最適化する方法、さらには生活習慣病や老化に伴う病気の治療への適用方法について検証を行っている。

自然界の植物は、花粉を運ぶ動物を誘引したり、植物自身を防御したりするなど様々な目的のために化学物質を生産している。このように特定の目的のために代謝産物を作ることによって、植物は、食物連鎖の中で特定の生態的地位を獲得したり、新たな環境に適応したり、潜在的なストレス因子をかわしてくれる可能性が期待されている。

生き残るように進化したりしている。ここで重要なのは、ファイトケミカルには、人間の疾病的治療に役立つ特性が存在することである。現在用いられている治療薬の例として、モルヒネ、抗マラリア薬のアルテミシニン、タキサン系の抗がん剤などがあげられる。

**ファイトケミカルを活用して疾病と戦う**

本研究プロジェクトを率いる薬学研究院教授の齊藤和季は、ファイトケミカルが豊かな多様性を有することから、疾病的治療に利用できる可能性が非常に高いと指摘する。「ファイトケミカルは、長年にわたって医薬品として、また伝統療法として用いられてきました。しかし、その作用のしくみを理解し、可能性を最大限に引き出すことができるようになったのは、次世代DNAシークエンシングが登場した、ごく最近のことです。」

このプログラムは、3つの共同研究グループで構成され、各研究テーマに取り組んでいる。

第一のグループは、薬用植物や食用作物のゲノミクスに着目し、ファイトケミカル生産のゲノム原理を明らかにすることを主要な目的としている。

最先端技術を用いて、未知の遺伝子の役割を特定・解明し、植物の代謝研究を行っている。

2016年、齊藤らの研究チームは、天然甘味料や薬用成分として世界中で使用されている甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*) のドラフトゲノム配列の取りまとめを行なった。これにより、人間の健康にプラスの役割を果たすことが知られている甘草のいくつかの成分が同定され、その鍵となる遺伝子が突き止められた。それらの遺伝子を操作することにより、作物の改良へとつなげられる可能性が期待されている。

第二のグループは、様々な植物の中から新たなファイトケミカルや活性産物を特定し、がんや認知症、糖尿病などの病気の治療に役立つ薬用成分を探っている。有望な分子の単離・分析を行うとともに、動物実験によって、その分子の医薬品としての可能性の評価が進められている。中でも、維管束植物であるヒカゲノカズラ科に含まれる分子、リコポジウム属植物含有アルカロイド(LA)について幅広い研究が進められており、このLAは、特にアルツハイマー病や統合失調症の治療に役立つ可能性が期待されている。

第三のグループは、人工的に創り出した様々な環境で植物を栽培し、変化に対する植物の応答をモニタリングすることにより、植物が異なる環境ストレスにどのように応答するかを研究している。

「私たちは、医薬品や機能性食品への利用を目的として、高品質のファイトケミカルを植物が生産できるよう植物を最適化することを目指しています。本研究プロジェクトで得られた知見により、希少植物の栽培が進み、今後は、そうした情報を商品作物向けの農業手法の改善にも役立てられると考えています。」(齊藤)

本研究グループでは、ファイトケミカルに着目するとともに、学際的研究も幅広く行っている。化学・園芸学・遺伝学・薬学などの経験をもち、急速に発展するこの研究分野に関心を寄せる研究者や学生を歓迎している。

2016年、齊藤らの研究チームは、天然甘味料や薬用成分として世界中で使用されている甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*) のドラフトゲノム配列の取りまとめを行なった。これにより、人間の健康にプラスの役割を果たすことが知られている甘草のいくつかの成分が同定され、その鍵となる遺伝子が突き止められた。それらの遺伝子を操作することにより、作物の改良へとつなげられる可能性が期待されている。

## 癌エピゲノム拠点

# 癌をその原因から絶つ 薬剤を開発する

研究キーワード：エピゲノム、癌、阻害剤

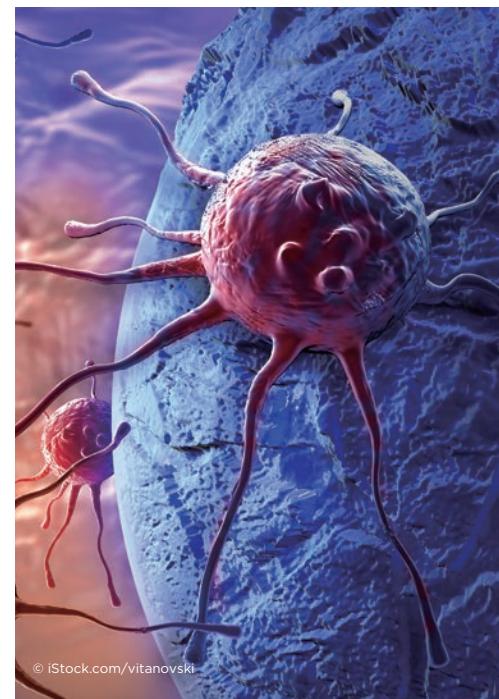
—癌の原因となるエピゲノム異常部位を特定し、癌化を抑制する薬を開発する

**Members**

金田 篤志  
教授、医学研究院

眞鍋 一郎	田中 知明
根本 哲宏	浦 聖恵
松原 久裕	吉野 一郎
花岡 英紀	市川 智彦
松江 弘之	堺田 恵美子
花澤 豊行	品川 陽子

本研究グループでは、多様な背景や専門分野をもつ研究者たちが参画している。このような学際的チームによるアプローチは、同拠点での発見を臨床的に有益な治療法や診断ツールへと応用していく上で不可欠なものであると、金田は話す。「医学・物理学・薬学分野の専門家の協力を通じて、私たちは、癌のメカニズムの解明や新たな癌治療薬の開発に貢献したいと考えています。」



© iStock.com/vitanovski

**癌発生の分子機構を解明する**

金田は、研究の一例として、現在実施中の胃癌研究を挙げる。胃癌患者には、腫瘍細胞内のDNAのメチル化が見られる。例えばピロリ菌 (*Helicobacter pylori*) は胃に慢性炎症を引き起こしDNAメチル化を蓄積させる。一方、エブスタイン・バー・ウイルス(*Epstein-Barr virus*)は極端なDNA高メチル化を誘導するだけでなく、「エンハンサー侵襲」と金田らが名付けたエピジェネティック機構(*Nat Genet 2020*)によりがん遺伝子の活性化を引き起こす。

金田らの研究グループは、臨床サンプルと細胞実験を用いて、これらの病原体への感染後に高活性のメチル化パターンを誘発する分子機

構を解明しようとしている。最終的には、そのプロセスの進行を止められないかと考えている。大腸癌や血液腫瘍、その他の腫瘍についても、同様のプロジェクトが進行している。大腸癌に関するプロジェクトでは、千葉大学の研究者らが、メチル化のレベルによって、大腸癌が3つのタイプに分類できることを明らかにしている。

本研究グループでは、まさにこのようなエピゲノム異常の変更による癌からの回復を実現する研究に取り組んでいる。医学研究院教授の金田篤志が推進責任者を務め、様々なタイプの癌を引き起こすエピジェネティックな変化を理解し、それらの作用を無効にする新薬を開発することを目指している。

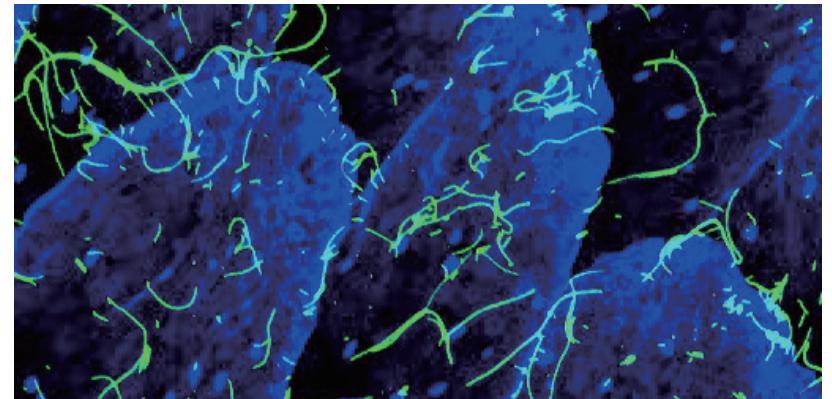
「私たちは、主なエピゲノム異常とその分子的原因を解明したいと考えています。そうして配列特異的にDNAに結合する小分子を利用し、蓄積されたエピゲノム異常書き換える薬や、標的とするゲノム領域でのエピゲノム異常の蓄積を阻止する薬の開発に取り組んでいます。」(金田)

## 真菌医学研究センター

# 微生物と共に存して 健康を維持する

研究キーワード：感染免疫、共生微生物、超個体

—宿主の免疫システムと共生微生物との相互作用を解析し、  
感染症と自己免疫疾患への新たな治療法につなげる



私たちの人体は、30兆個という驚異的な数の細胞で作られている。しかし、人体の内外では、それを遙かに超える数百兆個という微生物が私たちと共に存している。これらの微生物は、人の健康にとって不可欠なもので、そのバランスにゆがみが生じると、幅広い疾患の引き金となり得る。

しかし、これら微生物叢が人の健康や病気に対し果たしている役割が重要であると研究者が正しく理解し始めたのはごく最近のことである。これらの微生物の生態系を操作することで、人の命を救う次世代治療薬の基礎ができるかもしれない、科学者たちは期待を高めている。こうした中、真菌医学研究センターの副センター長で教授の米山光俊は、本研究プロジェクトを立ち上げ、皮膚・肺・腸・骨髄などにおける共生微生物と宿主であるヒトの免疫システムとの複雑な相互作用を統合して理解する研究グループを組織した。

「宿主の免疫システムと共生微生物との相互作用に調節異常が起きると、日和見感染症やアレルギー、自己免疫疾患など、多種多様な疾患

が生じる可能性があります」と、米山は話す。「宿主と共生微生物を合わせて、1つの超個体(superorganism)として捉え、その中でどのようなコミュニケーションを図っているのかを理解することが非常に重要になります。」

「超個体」という言葉は、米山が作った研究組織を的確に示している。なぜなら、個々の科学者が各自で研究を進めるよりも、千葉大学と世界中の研究者の知を結集させることにより、はるかに大きな成果が得られると考えられるからだ。

千葉大学内の研究チームは、真菌医学研究センターと医学部と薬学部の研究者で構成され、また外部の連携研究者は、米国・ドイツ・国内の他の機関を拠点に研究している。また、真菌医学研究センターでは、世界の関連研究者を招聘して、年に1回「感染症研究グローバルネットワークフォーラム」を開催し、研究者のネットワーク形成を進めている。

## Members

米山 光俊  
教授、真菌医学研究センター

西城 忍	廣瀬 晃一
玉地 智宏	高屋 明子
後藤 義幸	芦田 浩
八尋 錦之助	岩田 有史
尾野本 浩司	

研究キーワード：希少・難治性疾患、難治性がん、iPS細胞

—分野横断型の研究ネットワークにより  
希少・難治性疾患に対する治療法を開発する

## 希少・難治性疾患の治療

# 難治性疾患の患者に 希望をもたらす



## 宿主と微生物の相互作用に関する研究

米山が組織したチームは、4つのグループで構成される。各グループは、それぞれ異なる宿主と微生物系における分子的相互作用の研究を進めている。第1グループを牽引する西城は、マウスおよびヒトの皮膚における真菌および細菌感染に焦点を絞っている。廣瀬と玉地と岩田が実施する第2グループでは、呼吸器における常在微生物と免疫制御の研究を行っている。後藤、芦田、八尋らの第3グループは、消化器における常在微生物と病原微生物に焦点をあて、腸管の日和見感染症がどのようにして生じるのかを解析している。高屋が主導する第4グループは、病原微生物の侵入に対する免疫記憶の制御メカニズムについて研究を進めている。

「私たちのプロジェクトの成果は、感染症に対する新治療薬の開発に役立つものであり、最終的には人間の健康の向上につながると考えています」と米山。米山自身は、尾野本と共に抗ウイルス自然免疫について研究を行っている。

これらの研究プロジェクトを促進するため、各グループの研究者たちは、文部科学大臣が認定する共同利用・共同研究拠点「真菌感染症研究拠点」のネットワークも活用している。本拠点には、微生物等を扱う実験を含め、最先端の科学実験を実施できる専門研究者や技術職員が常駐する。さらに、真菌医学研究センターの高橋弘喜が率いるバイオインフォマティクス研究グループが、コンピュータ解析に関する支援を提供している。

## Members

本橋 新一郎  
教授、医学研究院

花岡 英紀	江藤 浩之
石井 伊都子	黒田 正幸
平原 潔	鈴木 浩太郎
三澤 園子	藤井 克則

し、腫瘍に対する治療法を開発しようとしている。具体的には、腫瘍を破壊するナチュラルキラーT細胞を用いて、腫瘍免疫微小環境を望ましい方向に改善できる併用療法について研究している。さらに、これらの治療法に対して、個々の患者がどのように反応するかを予測できるバイオマーカーを特定しようとしている。

三澤園子が率いる希少疾患チームでは、黒田正幸や藤井克則らとともに、免疫調節剤や遺伝子治療の手法などを用いて、免疫関連末梢神経疾患・

遺伝性疾患の新規治療法開発に取り組んでいる。また鈴木浩太郎や平原潔は、自己免疫疾患・組織線維症の動物モデルを用いた病態解析から新規治療法開発を目指している。さらに江藤浩之は、研究協力者の整形外科学の大鳥精司や折田純久、志賀康浩、形成外科学の三川信らとともに、iPS細胞から誘導する全く新しい多血小板血漿を用いた創傷治癒方法の開発を行っている。また黒田は腫瘍免疫学チームと協力し、自身の研究対象である遺伝性代謝疾患に加えて、がん治療に応用できる遺伝子導入脂肪細胞技術の開発も行う。

今後両チームが研究上の経験や技術プラットフォーム、製造施設を共有していくことが重要になってくる。「各疾患の治療ノウハウをネットワーク内で共有することによって、創薬が加速されることが期待できます」と本橋は話す。さらに両チームでは、臨床研究中核病院としての支援体制からの協力も得ることができる。千葉大学医学部附属病院は医療法に基づく臨床研究中核病院に承認され、花岡英紀、石井伊都子を中心に、基礎医学を臨床応用する支援体制を整備している。

病院からのこうした支援には、知的財産・

プロジェクト管理・臨床試験設計や、橋渡し医療の使命を果たすために必要な各ステップに関する相談サービスが含まれる。「私たちの最終的な目標は、多種多様な希少・難治性疾患に適用できる治療者集団を形成することです」(本橋)。本橋は、チームによって創り出されたインフラが、糖尿病や肺がんなど、一般的な疾患の新たな治療法開発に利用される日が来るこ

とを予している。

## 糖鎖創薬研究拠点

# 糖鎖の役割を解明して 免疫療法に役立てる

研究キーワード：免疫学、生化学、糖鎖生物学

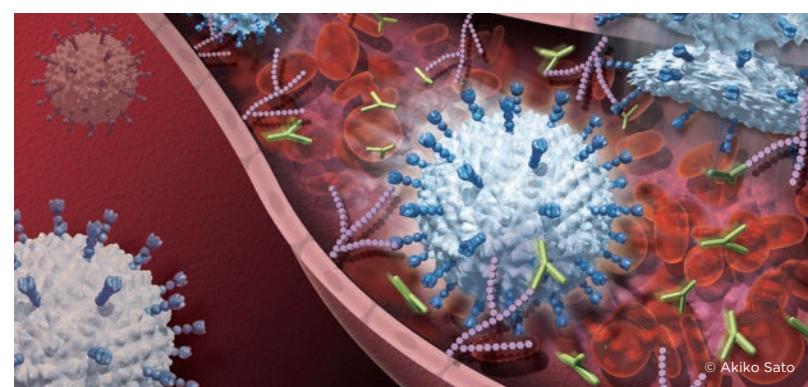
——糖質科学と医学を結びつけ、新たな免疫療法を構築し創薬につなげる

リンパ球は、体内的敵と戦う細胞である。血流に乗って循環し、体内的脾臓やリンパ節などの部位にて活性化を受け、有害な細菌やウイルス、がん細胞などと戦う。糖鎖は、研究者が注目しているリンパ球ホーミングと呼ばれるリンパ球の移動過程に不可欠なものである。研究者は、糖鎖に注目することで、新たな免疫療法や自己免疫疾患の治療薬の発見につながるのであると、期待を高めている。

「糖分子が鎖状に結合した糖鎖は、体内で様々な機能を果たしています。リンパ球ホーミングにおいても非常に重要な役割を果たしていることが分かってきました。」薬学研究院免疫微生物学研究室の教授、川島博人はこう話す。

「糖鎖は、リンパ節の内皮細胞の表面に存在しています。糖鎖のおかげで、リンパ球は内皮細胞の表面を認識し、結合することができるのです。」

「リンパ節は、リンパ球が病気と戦うことができるよう、リンパ球を活性化させる。2005年に『ネイチャー・イムノロジー(Nature Immunology)』誌に発表した研究の中で、川島と日米の研究者らは、マウス実験により、二つの酵素(GlcNAc6ST-1とGlcNAc6ST-2)によって產生される糖鎖が、リンパ球と内皮細胞の結合



© Akiko Sato

## Members

川島 博人  
教授、薬学研究院

伊藤 素行 西田 紀貴  
土肥 博史 山口 恵孝  
松本 泰典

に不可欠であり、リンパ球ホーミングの制御において非常に重要な役割を果たしていることを明らかにした。

カリフォルニア州にあるサンフオードバーナムブレビス医学研究所(Sanford Burnham Prebys Medical Discovery Institute)でこの研究を行った後、川島は、2005年に帰国し、上記ふたつの重要酵素を欠損させた「ノックアウト」マウスを日本に持ち帰った。千葉大学では、このマウスを用いて、糖鎖を標的とする新たな抗体を探し続けている。

川島は、糖鎖のビルディングブロック(構成単位)と特異的に結合し、それらを不活化する抗体を既に複数開発しており、その研究成果を2010年と2015年に『米国生化学・分子生物学会誌(The Journal of Biological Chemistry)』に発表している。これらの抗体により、免疫系が過剰反応する自己免疫疾患に伴う機能障害を止めることができる可能性がある。

「一般に、糖鎖に対するモノクローナル抗体を開発するのは非常に困難です」と、川島は話す。これらの抗体の開発が難しいのは、一般に糖鎖抗原には免疫原性がほとんどないためである。「その問題を克服するために、私たちは、糖鎖合成酵素ノックアウトマウスを、その欠損酵素を過剰発現する細胞で免疫する方法を用いました。」

次のステップは、創薬のための新たなアイデアを実験的に検証するとともに、製薬会社と協力し、そのアイデアを創薬につなげることである。

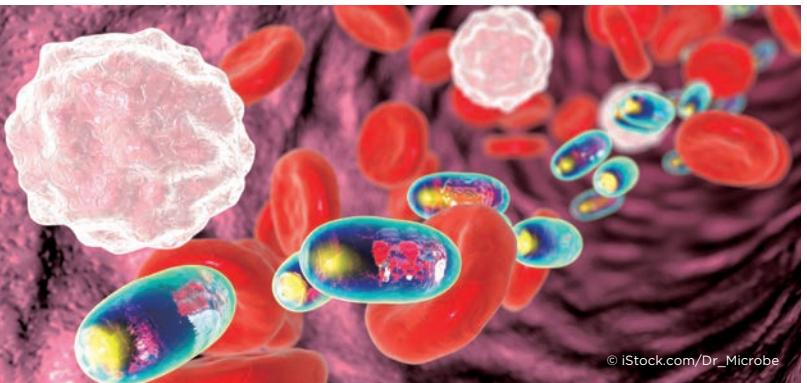
「現在、抗体医薬が数多く市販されています」と、川島。これらの抗体医薬は、関節リウマチやがんといった疾病を対象としているが、新たにターゲットにするべき分子が少ないため、この先期待できる進歩は限られている。「その点、糖鎖は、これまで抗体医薬のターゲットとされてこなかったため、未開拓の可能性を秘めています。今こそまさに、糖質科学を利用して新たな候補薬の開発に取り組む、刺激的な時期と言えます。」

## RNA創薬プラットフォーム

# ナノ技術を使って薬物を 体内に届ける

研究キーワード：薬物送達学、ナノバイオ、ワクチン

——がんや中枢疾患を治療するための薬物送達システムを開発する



© iStock.com/Dr\_Microbe

## 個別化医療の実現に向けて

核酸医薬は、遺伝子の発現を制御して疾患を治療する新たな医療技術として期待されている。この技術の実現には、これらの核酸分子を体内の特定の臓器、さらには標的細胞の細胞質まで届けるためのシステムが不可欠である。

薬学研究院教授の秋田英万が率いる薬物学研究室では、リボ核酸(RNA)を効率的に標的細胞の細胞質へ届けるための脂質ナノ粒子の開発を進めている。

## 細胞内環境に応答性を示す脂質様材料

秋田らは、設計から開発に5年もの年月を費し、核酸を細胞質に送達するために有望な分子である環境応答性脂質様材料(ssPalm)を開発し、2013年に発表している。

脂質ナノ粒子は、エンドソームという膜小胞により包まれて細胞内に取り込まれる。細胞内に入った小胞は、リソソームという酸素分解系に輸送される。従って核酸が機能するためにはこの膜小

胞から脱出する必要がある。ssPalmには細胞内の環境に応答する2つのユニットを搭載している。1つは第3級アミンである。このユニットは、エンドソーム内の酸性環境に反応して正に帯電する。正に帯電した粒子は、エンドソーム膜と相互作用を起こし、本膜の不安定化を引き起こす。もう1つは、細胞内の細胞質物質などの還元環境で開裂しうるジスルフィド結合(SS)であり、エンドソームを脱出した後には細胞質内の還元環境に応答して分解される。この材料の分解はナノ粒子の崩壊、更には内部に搭載した核酸の放出に積極的に寄与する。

2016年のマウスを用いた実証研究で、同チームは、ssPalmを使って形成された脂質ナノ粒子が、効率良くRNAを肝臓へ届け、特定の遺伝子の発現を制御することを示した。秋田らはその後、疎水性部にビタミンEを用いた第二世代のssPalm(ssPalmE)を開発し、ワクチン技術へと応用している。

次世代のがん治療戦略の1つは、「個別のがんに特徴的な遺伝子変化を標的にできるワクチン開発です」と秋田は話す。

## Members

秋田 英万  
教授、薬学研究院

樋坂 章博 安西 尚彦  
伊藤 晃成 村田 武士  
森部 久仁一 小笠原 諭  
田中 浩揮 東 顕二郎  
植田 圭祐 青木 重樹  
畠山 浩人 佐藤 洋美  
櫻井 遊

ssPalmは、その分子種を変えることにより、生体の免疫を活性化することも可能とする。例えば、2018年に行ったマウス実験で、秋田らは、DNAを封入した脂質ナノ粒子(ssPalmE-LNP)が免疫を活性化し、抗腫瘍効果を発揮できることを見出している。近年、生体内における免疫抑制機構を解除する抗体が医薬品として使われているが、ssPalmE-LNPは、これらの抗体の治療効果を増強させることができると期待される。

脳疾患治療にも核酸導入技術の開発が期待されている。2018年に行った北海道大学との共同実験において、秋田らはニューヨンやアストロサイト(脳や脊髄に見られる星型の細胞で、神経発達や疾患との関連が強く示唆されている)へ核酸を送達するためにssPalmが利用できることを見出している。

メッセンジャーRNA(mRNA)の細胞への導入は、DNAを用いた遺伝子治療と同様、様々な蛋白質を補充する技術であるが、細胞質に届ければ蛋白質が発現することから、核まで届けないと機能しないDNAと比較してもより実用化しやすいと考えられる。一方、医療応用に結び付けるためには、安全性の担保が極めて重要な課題である。

千葉大学薬学部の強みは、ナノ粒子の物理化学的特性や体内動態解析学や、安全性評価に対してユニークな評価技術を有している研究室が多いことである。これらの研究室が集まることにより、広範な疾患に対して適用可能な新たな薬物送達技術が確立できる。

「社会的ニーズに注意を払うことが肝要です。今まで、当研究室では材料科学を中心に取り組んでおり、核酸を用いた治療法の開発に取り組み始めたばかりです。自分たちの専門分野の外に目を配り、元の技術を想定していた範囲を超えて応用することによって、技術革新をもたらすことができると考えています」と秋田は答えている。

## メタロミクス研究拠点

# 生命金属の機能を理解し 疾病の予防や治療に役立てる

研究キーワード：生命金属科学、メタロミクス、セラノスティクス

——周期表上の個々の金属の特性を理解し、生命科学分野に応用する



生命現象をミクロな視点で見ると化学反応の集積であり、そのほとんどは元素のレベルで見ると炭素、水素、酸素、窒素が中心となった有機化学反応として進行している。この有機化学反応を制御する上で、鉄、亜鉛、銅をはじめとする生体内にごくわずかに存在する金属元素が重要な役割を果たしている。生体内的微量金属元素による制御の破綻や毒性元素による生体化学反応の搅乱は、生命体を維持するために必要な化学反応が適切に進行することを阻害し、最終的には疾患へとつながってしまうのだ。

ヒトは自らの生命を維持するために必要な元素を進化の過程で取捨選択し、現在では約20の元素がミネラルとよばれる必須元素（生命の維持に不可欠な元素）として知られている。必須金属元素のほとんどは生体内での必要量・存在量が極めて微量で検出が難しく、これまであまり研究が進展していなかった。しかし近年の分析技術の発展に伴い、微量な必須金属や意图せず体内に存在する非必須金属（これらを合わせて生命金属とよぶ）の測定が可能になり、生命と金属の関わりを統合的に理解する学問領域としてメタロミクス（metalloomics）が2002年に提唱された。

千葉大学大学院薬学研究院 旧衛生化学研究室及び予防薬学研究室では、メタロミクス提唱当初

から、先端分析を応用した独自の研究手法を構築し、必須元素の中でも存在量が極めて微量な金属の代謝機構の解明といった世界を先導する成果を挙げている。小椋が率いる本研究プロジェクトでは、必須元素以外の金属元素も含めてその生命機能を解明し、その成果を予防・創薬・診断・治療といった分野へ応用する研究を展開している。

## ユニークな分析技術に裏付けられたメタロミクス研究

これらの研究成果の背景には、独自の生命金属の分析技術がある。「私たちの分析法は、金属を測定する分析技術としてはナンバーワンではないかもしれません、生命金属を測定することに関してはナンバーワンとも言える技術を持っています」と小椋は言う。「組織や臓器レベルで分析していた生命金属を、細胞レベルで分析可能となるよう分析技術を磨くことで、本研究プロジェクトでの応用展開を目指しています。」

その一つが、生物が作り出す金属ナノ粒子（バイオジエニックナノ粒子）の機能解明だ。これまででは、生物は金属をイオンとして取り込み、利用し、排泄すると考えられてきた。一部の微生物を除き、特に高等植物や動物で金属イオンを金属

## Members

小椋 康光  
教授、薬学研究院

上原 知也 鈴木 紀行  
福本 泰典 田中 佑樹

元素に変換することは想定されていなかったのである。

「我々の分析技術により、生体にとって過剰な必須金属や非必須金属のイオンの解毒機構として、高等植物や動物も金属イオンを元素化する仕組みを普遍的に持っていることが明らかになってきました。つまり、ナノサイズの金属粒子として、金属イオンを代謝・解毒しているのです。」この機構を明らかにするためには、ナノサイズの金属粒子を生体試料という高度なマトリクスの中で測定する技術が必要となる。小椋らは、その技術の確立に自信をのぞかせ、環境浄化や資源回収への応用を見据えている。植物を利用して、環境中から有害金属を除去したり、貴金属やレアメタルなどの有用金属を回収したりする技術はこれまでも知られていた。しかし、イオンではなく元素として回収できれば、その効率は従来技術の比ではない。

「我々が確立しようとしている金属ナノ粒子の計測技術は、一つの細胞の中の元素を緻密に計測する技術へと発展させることができます。」これまで細胞集団で測定していた金属濃度を、一細胞ごとに定量可能な手法を確立できれば、金属元素が関与する病態をより精細に解明することにつながる。将来的には、末梢血細胞から得られる一細胞ごとの元素情報というビッグデータを機械学習させることで、疾患予測等への応用が期待できる。

本研究プロジェクトでは、元素のユニークな物理化学的性質を利用した金属含有医薬品の創製や、放射性金属を用いたセラノスティクス（診断と治療を同時に使う新しい医療技術）の実用化に向けた研究も実施する。さらには上原の研究グループでは、小動物用SPECT/CT装置を使った放射性金属の診断・治療の分野での成果を基礎に、更なる研究を遂行する。本研究プロジェクトは、まさに生体と金属の関係性を紐解いてゆく包括的な研究拠点としての役割を果していく。

その一つが、生物が作り出す金属ナノ粒子（バイオジエニックナノ粒子）の機能解明だ。これまででは、生物は金属をイオンとして取り込み、利用し、排泄すると考えられてきた。一部の微生物を除き、特に高等植物や動物で金属イオンを金属

# 千葉大学グローバルプロミネント 研究基幹とは

千葉大学グローバルプロミネント研究基幹は、国際的に卓越した研究を強化するとともに、次世代を担う研究リーダーを育成する組織として、2016年に千葉大学に設立されました。全学の研究資源を集約し、多様な研究分野を包括的に支援する試みは、国内の大学でも独自のシステムであり、総合大学としての本学の強みを生かしたものです。

現在、約20の研究プロジェクトの活動を支えており、国際研究拠点の形成、さらには社会変革に資する研究成果の創出を目指しています。

グローバルプロミネント研究基幹 業務推進室  
TEL : 043-290-2916  
Mail : gp-office@chiba-u.jp  
URL : igpr.chiba-u.jp

# 学術研究・イノベーション推進機構 (IMO)とは

学術研究・イノベーション推進機構 (Academic Research & Innovation Management Organization: IMO) は、千葉大学の学術研究と産学官連携強化の拠点として、2020年に設置されました。千葉大学のイノベーション創出を強化し、社会の変革へ貢献します。

URL: imo.chiba-u.jp

プロジェクト推進部門  
TEL: 043-290-3833  
Mail: cccrcu@faculty.chiba-u.jp

知的・技術移転戦略部門  
TEL: 043-290-3831  
Mail: beo3566@office.chiba-u.jp

ベンチャー支援のワンストップ相談窓口  
TEL: 043-290-2918  
Mail: bex4680@chiba-u.jp

## 関連センター

- ・環境リモートセンシング研究センター
- ・真菌医学研究センター
- ・ソフト分子活性化研究センター、千葉ヨウ素資源イノベーションセンター
- ・分子キラリティー研究センター
- ・フロンティア医工学センター
- ・環境健康フィールド科学センター
- ・子どものこころの発達教育研究センター
- ・植物分子科学研究センター
- ・ハドロン宇宙国際研究センター
- ・工学研究院附属 インテリジェント飛行センター
- ・医学研究院附属 国際粘膜免疫・アレルギー治療学研究センター
- ・医学研究院附属 治療学人工知能(AI)研究センター
- ・千葉大学・上海交通大学国際共同研究センター



## グローバルプロミネント研究基幹長からのメッセージ

——国際的に卓越した研究を強化するとともに  
次世代を担うリーダーを育成する



千葉大学長  
グローバルプロミネント研究基幹長  
**徳久剛史**

この度、CHIBA RESEARCH 2021を皆様にお届けすることができ、誠に嬉しく存じます。ここに掲載されている全ての研究プロジェクトは、千葉大学の全学的な組織であるグローバルプロミネント研究基幹により支援されています。本基幹は、本学の国際的に卓越した研究を強化するとともに、次世代を担う研究リーダーを育成する組織として、2016年に設立されました。全学の研究資源を集約し、多様な研究分野を包括的に支援する試みは、国内の大学でも独自のシステムであり、総合大学としての本学の強みを活かしたものです。

本基幹の研究プロジェクトからは、多様で革新的な研究成果が次々と生まれてきています。生物規範工学プロジェクトの中田敏是助教は、蚊が暗闇でも障害物を避けて飛行できるメカニズムを実証する成果を上げました。この成果は*Science*誌で発表し、全国紙でも広く取り上げられました。また、ソフト分子活性化プロジェクトを率いる荒井孝義教授は、独自の触媒反応制御技術と化学反応の理論計算研究を組み合わせることで、触媒的不斉ヨードエスチル体を合成することに世界で初めて成功しました。この成果は独化学誌*Angewandte Chemie International Edition*に掲載され、医薬品の多機能化への貢献が期待されます。

ナノ技術を使って薬物を体内に届ける研究を進めている秋田英万教授と田中浩揮特任助教は、細胞の中に取り込まれた後、自らを分解する反応を起こす新素材を開発しました。Advanced Functional Materials誌に発表したこの成果は、様々な薬物を疾患の標的細胞まで届けるシステムでの応用が期待されます。また、癌エピゲノム研究

プロジェクトの金田篤志教授は、胃癌の約10%を占めるエピスタンバー(EB)ウイルス胃癌について、ウイルス感染がどのように胃癌を引き起すかのメカニズムを解明しました。この成果は*Nature Genetics*誌に掲載され、ウイルスが関与する多くの悪性腫瘍についての原因の解明や治療法の確立につながることが期待されています。

2020年初めからの新型コロナウイルスの世界的な感染拡大の影響で、本基幹のプロジェクトを推進する上でもこれまでとは異なる対応や対策が必要となってきています。小地域推定の研究プロジェクトを率いる小林弦矢准教授は、日本政府による緊急事態宣言前後での人々の行動変容の効果の推定と今後の感染の流行予測のため、統計モデルを用いて国内の感染症データを解析しました。

また、劉浩教授が率いる生物規範工学の研究プロジェクトでは、感染症対策にも配慮して、10月に「生き物に学ぶ賢いドローンVR展」を開催しました。プロジェクトで開発した技術や関連する航空及びロボット技術史の展示をバーチャル空間上に再現した画期的なVR展で、多くの方にご覧いただきました。さらに、本基幹の次世代育成の取り組みの一つとして、多様な分野を専攻する若手研究者のためのシンポジウムを11月にオンラインで開催し、多くの若手発表者が自身の研究成果を専門の方に向けて簡潔に伝えるスキルを磨く機会となりました。

千葉大学は、本基幹において世界最高水準の研究を推進することで、これまで以上に大きく社会に貢献していきます。このCHIBA RESEARCH 2021を通じて、千葉大学で行われている多様な研究への理解が一層深まることを願っております。



## この冊子について

Copyright © 2021 Chiba University.  
All rights reserved.

Design and layout:

Ikjoon Chang, Takumi Sato

Editing and coordination:

Midori Ishii, Ayako Shimura

この冊子は、2021年1月時点での  
情報を掲載しています。  
記事中の研究者の見解は必ずしも千葉大学  
を代表するものではありません。

## 千葉大学までの交通手段

CHIBA UNIVERSITY

〒263-8522

千葉市稻毛区弥生町1-33

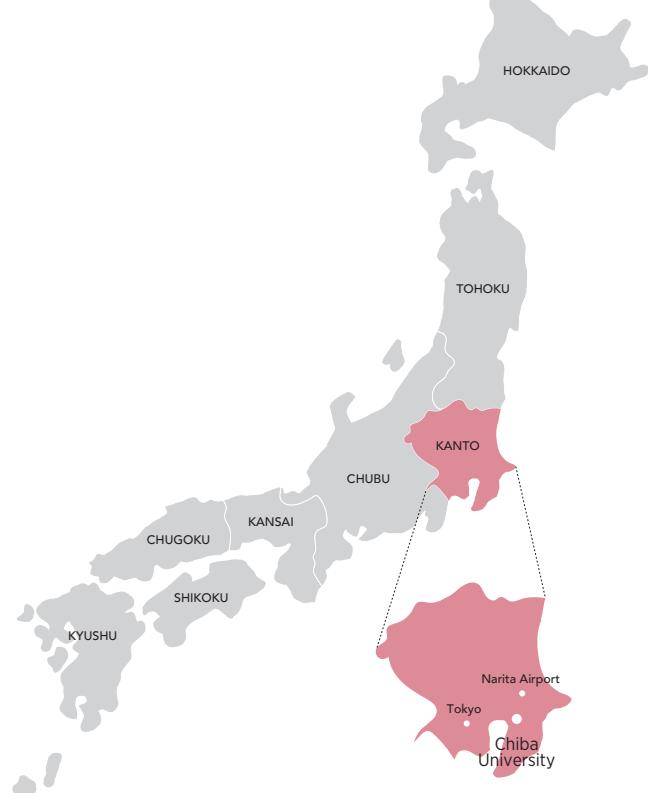
[www.chiba-u.jp](http://www.chiba-u.jp)



## 千葉県について

南関東の東端に位置する千葉県。人口約600万人で、全国47都道府県中6番目に大きな県です。京葉産業の中心地であり、最先端の業界産業が根付いています。3方を海に囲まれているため、水産業も盛んです。

千葉大学は県内に4つのキャンパスを構え、本部のある西千葉キャンパスは、成田国際空港と東京駅の中間に位置します。東京駅と成田国際空港へのアクセスは、約30分から40分ほどです。



### 1. 柏の葉キャンパス

- つくばエクスプレス柏の葉キャンパス駅から徒歩5分。
- JR又は東武柏駅西口バス2番乗り場から、東武バスイースト「国立がん研究センター」行（柏44系、西柏01系）を利用して約20分、柏の葉高校前下車徒歩8分。

### 2. 松戸キャンパス

JR常磐線、地下鉄千代田線松戸駅から徒歩約10分。

### 3. 西千葉キャンパス

- JR西千葉駅より西千葉キャンパス南門まで徒歩約2分。
- 京成みどり台駅より西千葉キャンパス正門まで徒歩約7分。
- 千葉都市モノレール天台駅より西千葉キャンパス北門まで徒歩約10分。

### 4. 玄鼻キャンパス

JR千葉駅、京成千葉駅到着後、JR千葉駅東口正面7番のバス乗り場から「千葉大学病院」行きまたは「南矢作」行きバスに乗り、「千葉大医学部入口」で下車。医学部附属病院へは、同バス「千葉大学病院」で下車。ともに約15分。



## CHIBA UNIVERSITY

千葉大学 グローバルプロミネント研究基幹運営部門業務推進室

〒263-8522 千葉市稻毛区弥生町1-33  
E-mail: gp-office@chiba-u.jp  
<http://igpr.chiba-u.jp>

