

2019  
第  
35  
号

# 紅

京都大学広報誌  
くれなるもゆる

# 萌



© Nobel Media AB/Alexander Mahmoud



© Nobel Media AB/Alexander Mahmoud



© Nobel Media AB/Dan Lepp



© Nobel Media AB/Alexander Mahmoud



本庶 佑特別教授  
ノーベル生理学・医学賞  
受賞特別鼎談



# 「探究心」という強烈な エンジンこそが、 新たな道を拓く

本庶佑特別教授が、二〇一八年のノーベル生理学・医学賞を受賞した。受賞理由は、「免疫抑制の阻害によるがん治療法の発見」の成果。日本人の二人に一人が罹患し、死亡原因の第一位である「がん」。本庶特別教授が発見した免疫を抑制するタンパク質「PD-1」は、がん治療に画期的な道「免疫療法」を拓いた。授賞式から帰国してまもない本庶特別教授を迎えたのは、二〇一二年に同じ賞を受賞した山中伸弥教授と本庶特別教授の研究に貢献した湊長博理事・副学長。京大を代表する医学界のオーソリティが、医学研究の未来を担う学生たちへメッセージを贈る公開特別鼎談を実施した。

②

巻頭鼎談

「探究心」という強烈な  
エンジンこそが、  
新たな道を拓く

出席者 本庶 佑+山中伸弥+湊 長博

⑨

研究室でねほり・はほり  
好奇心に火をつけて  
骨が宿す物語に目をこらす  
松岡廣繁

⑫

授業に潜入！ おもしろ学問  
粒であり波でもある  
量子のふるまいを見破る切り札  
中家 剛

⑬

施設探訪  
生存圏研究所 材鑑調査室  
杉山淳司+反町 始

⑱

私を変えたあの人、あの言葉  
名もなき建築を追いかけた  
ユーラシア大陸横断の旅  
森田一弥

⑲

京都大学をささえる人びと  
キャンパスの電気を見守り40年  
足立融正

⑳

輝け！ 京大スピリット  
探検部/高橋唯基/フィギュアスケート部  
Var Elif Berna

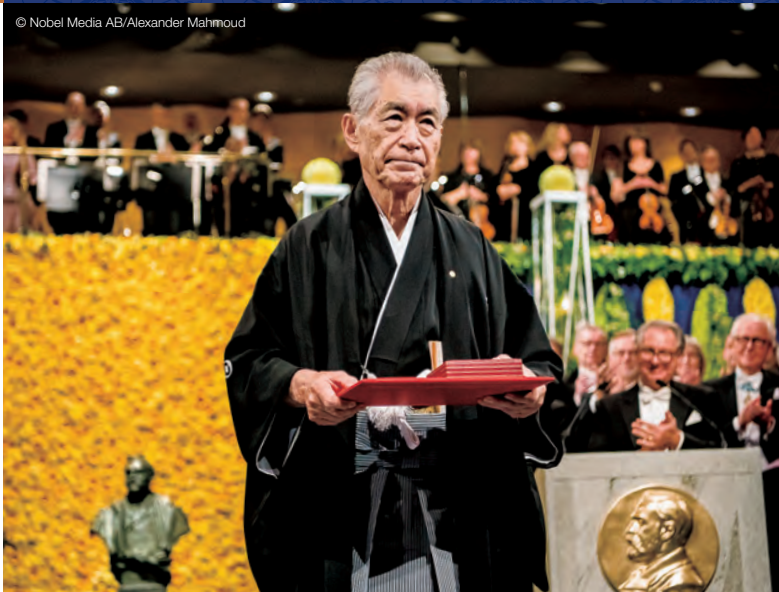
㉓

京都大学基金事務局より  
京都大学同窓会だより

㉔

触発ギャラリー

© Nobel Media AB/Alexander Mahmoud





司会  
**湊 長博**

プロボスト 研究担当理事・  
副学長

**本庶 佑**

高等研究院副院長・  
特別教授

**山中伸弥**

iPS 細胞研究所所長・  
教授

**本庶** ●受賞が決まっすぐに、「どんなことが待ち受けるのか教えてほしい」と山中先生に電話しました。(笑)奥さまには、妻の着る着物の指南も受けました。  
**山中** ●私が先生にアドバイスできるのは、ノーベル・ウィークの情報と準備くらいです。(笑)先生の袴姿は、すてきでした。  
**湊** ●袴姿の先生の写真を撮りたかったのですが、会場で先生を探しても人は多いし建物の構造もわからなくて、ついに見つけられなかった。(笑)

**本庶** ●共同研究者は家族と同じくらい大切です。会場で会いたかったので、式典の会場では同席する機会がなく残念でした。

**山中** ●ノーベル・レクチャーでの受賞記念講演はとても好評でした。

**本庶** ●ノーベル・レクチャーが重要だと思っていたから、準備にはエネルギーを使いました。評判が良くてホッとしました。

**山中** ●英語もお上手ですからね。私は、「ジョークはすばらしい」と言われても、英語は褒められません。(笑)

**湊** ●京都大学には今、狭い医学系の構内に二人のノーベル生理学・医学賞を受賞した現役学者がいることになりました。すばらしいことです。

**免疫療法もiPS細胞も、  
この先一〇年が正念場**

**山中** ●本庶先生と初めてお会いしたのは、私が奈良先端科学技術大学院大学にいたときのジョブ・インタビューでしたね。iPS細胞発見の一年くらい前で、本庶先生や中西重忠先生(京都大学名誉教授)



医学系の学生を対象に聴講者を募り、授賞式からの帰国後まもない12月27日に実現したスペシャル鼎談。約80名の学生たちが3者の言葉に熱心に聞き入った

の前で一時間ほどのセミナーをさせていただきました。前回は、あのときは緊張しました。本庶 ● お話を聞いて、「本当なら、これはすごいことだ」とコメントしたのを、私も記憶しています。

● そのiPS細胞の発見から十二年がたち、医療への展開も着々と進んでいます。

山中 ● 二〇一八年には、京都大学医学部附属病院で、パーキンソン病の治験が始まり、患者さんの脳にiPS細胞から作ったドパミン神経前駆細胞を移植する手術が実施されました。これから数年以内に、いくつかのiPS細胞を用いた臨床試験が始まるのが期待されます。これまでに大きな副作用はありませんが、臨床試験の数が増えてくるこれからが本番です。

● 医療の現場では、医師や看護師など、

さまざまな医療従事者が一丸となって治療にかかるとなっていますね。

山中 ● 基礎研究や前臨床研究は研究者が中心ですが、臨床試験の主

役は臨床医。現場は、研究室から病院に変わります。再生医療は手術での治療が基本ですから、いくら優れた細胞をつくっても、手術する人によって結果が左右されるかもしれません。もちろん、術者が上手なだけでもいけません。疾患によってはリハビリテーションも重要です。看護師さんを含めたサポートチームの役割も大きいです。

私たちにできることは、細胞というピースをできるだけ優れたものにする事です。といっても、そのピースはジグソーパズルの一つのピースにすぎません。皆さんのピースが揃って初めて疾患は良くなります。全体を総合的に判断せねばなりません。

● 本庶先生は、がん治療と免疫学の二つを結びつけ、新しいがん治療を確立されました。「進行がんでも完治しうる」ことが現実になってきましたね。

● 現在の免疫治療の主流は、複数の免疫チェックポイント阻害薬と他の抗がん剤などを用いる併用療法（コンビネーション・セラピー）です。世界各地で臨床試験が進んでいて、アメリカだけでも一〇〇〇件以上が実施されています。こ



● 長博(みなと・ながひろ)

1951年、富山県に生まれる。京都大学医学部卒業。自治医科大学助教授、京都大学医学部教授、同大学大学院医学研究科教授、同大学大学院生命科学研究科教授(兼任)などをへて、2014年から同大学理事・副学長。2010年から2014年まで、同大学大学院医学研究科長・医学部長を務める。2016年から、同大学大学院医学研究科特命教授。2017年から同大学プロボスト。

れから五年ほどで、試験結果のおおよそが出揃うはず。この結果次第で、今後の方向が決まる。

これらの併用療法は、すでに認可されている複数の療法を組み合わせるものですが、基礎研究のレベルで動いているのは、異なる目的の療法を組み合わせる方法です。私の研究室でも多様な試みをしていて、マウスによる実験段階ではおもしろい組み合わせが見つかっています。

免疫療法の最大の課題は、一人ひとりの免疫力が異なること。風邪をひいてくしゃみで済む人がある一方、高熱で寝込む人もいます。では、それぞれの人の免疫力をどう検出するか。がんの放射線療法や抗がん剤は、免疫力の低いネズミでは効果が激減するとの実験結果もあります。それに、抗がん剤治療や腫瘍の切除手術は、どうしても患者さんの免疫力を弱めます。治療の初期段階で、それぞれの免疫力を知ることができれば、患者さんへ



本庶 佑(ほんじょ・たすく)

1942年、京都市に生まれる。京都大学大学院医学研究科修了。大阪大学医学部教授、京都大学医学部教授をへて、2017年から同大学高等研究院特別教授、2018年から同副院長。2013年文化勲章、2016年京都賞、2018年ノーベル生理学・医学賞などを受賞。

のダメージを減らせるなどの効能があるのではないかと考えています。ただ、そうした研究も走り出したばかりです。こうした展望はあっても、どこまで可能性があるかは、進んでみないとわからないというのが本音ですね。  
●「がん治療では、治療する側が「効果あり」と判断する条件と、患者さん本人やご家族の感覚との間には、ずいぶん乖離がありました。医師は、がんが再発しない期間が三か月伸びれば「効果があつた」と判断しますが、患者さんや家族はどうでしょうか。実は、本庶先生が開発された免疫療法はその乖離が少ないのです。再発や転移を恐れて暮らす期間が少し伸びるのではなく、健康的な毎日を長く送れるようになることが大切。  
●研究者ですから、患者さんの話を直接に聞く機会は少ないのですが、ノーベル・ウィークの合間にストックホルムでメラノーマの患者さんの会に出席しま



## 本庶 佑特別教授 ノーベル生理学・医学賞 受賞特別鼎談

した。メラノーマは皮膚がんの一種で、白人種の人たちがとても恐れている疾患です。この患者さんたちが免疫治療を受けているのです。こうして全快した方のお話を聞いて、私たちの研究が世界各地に届いていることを実感しましたね。  
●私が学生時代を過ごした一九八〇年代は、がん遺伝子が見つかり、発見した二人の学者がノーベル賞を受賞した時期です。そうした状況もあって、一九八〇年代後半には、「二〇〇〇年にはがんは克服されている」と予測されていました。私もそう信じていました。ところが、二〇〇〇年になっても、二〇一〇年になっても相変わらず、がん治療といえば腫瘍の切除、抗がん剤、放射線治療……。  
でも、この数年でオプジーボをはじめとする薬が開発され、本当に治る病気になるのではと期待しています。感染症がこれだけ克服された今、人類にとってがんは最大の敵。あのかの未来図が今度こそ実現されるかもしれない。そうした研究に携われる時代に私たちがいます。

### 分野をまたぐ 免疫学の研究領域

●免疫学のカバースる研究領域は、がん治療の他にも、免疫システムによる腸内細菌系や神経系の調節などへと、どんどん広がっていますね。

●生命科学はとて



山中伸弥(やまなか・しんや)

1962年、大阪府に生まれる。大阪市立大学大学院医学研究科修了。大阪市立大学医学部薬理学教室助手、奈良先端科学技術大学院大学遺伝子教育センター教授、京都大学再生医科学研究所教授、同大学物質・細胞統合システム拠点教授、同IPS細胞研究センター長をへて、2010年から現職。2010年京都賞、2012年ノーベル生理学・医学賞などを受賞。

も遅れた学問で、ほとんどのことがまだ明らかではありません。遺伝子の構造は解明されても、一つの遺伝子がどのように制御されているのかは、いまだにわからない。ましてや、一人の人間にはたくさん人の遺伝子があつて、それが体内で次々に制御されている。こう考えると人間はとても複雑で、AIでそれを再現するなんて不可能だと思っています。(笑)  
とはいえ、人間の体の仕組みは少しずつ明らかになっていきます。これに伴い、免疫学が研究領域を拡大しているのは事実。がん治療で重要な獲得免疫のシステム、つまり感染や予防接種によって体内に抗体をつくるシステムは、原始生命からヒトへの進化の過程の最後のほうにできたものです。進化の仕組みは突如として新しいシステムができるのではなく、スクラップ・アンド・ビルド。既存の仕組みが総動員されます。当然、既存のシステムとのリンクは不可欠です。だから、新しい

免疫システムは、それ以前から存在した神経系や内分泌系とも相互作用を維持しているのです。  
生命科学に限らず、科学は小さな穴から覗いているだけでは、全体像を見失います。一つひとつの小さな結果を再構築するなどして全体像を見なければ、生命は語れないのです。免疫学も、そうした大きな拡がりの中で捉えられつつあります。  
謎を解く鍵を見つけた瞬間  
●ところで、本庶先生はなぜ、免疫の研究を始めたのですか。実は、今日はこれをどうしてもお聞きしたかったです。  
●動物は、人工的な化合物に対して抗体を作ることができることを示したカール・ラントシュタイナーの実験がありますね。遺伝子の数は有限で、細胞一つあたりのDNAの量も決まっているのに、どうしてそんなことが可能なのか。動物の抗体にはどれほどの多様性があるのかという問いは、私が学生だった一九七〇年頃は、免疫学者のみならず、生物学者全員が直面する謎でした。そういう時期に、抗体の分子構造が解明されましたが、その遺伝子がどのように体内に存在するのかはピク・クエスチオンのまま。  
一九七三年頃、留学先のカーネギー研究所のロナルド・ブラウンという先生が、所内向けのレクチャーを開きました。彼は遺伝子の研究者でしたが、抗体に多様性があるのは、抗体遺伝子には多数のコピーが存在するからだという仮説を発表されたのです。

私はこの仮説以上に、抗体の多様性の問題を解くことが技術的に可能であるとの指摘に感銘を受けたのです。それが解ける時代になったことを教えていただきたい。これを聞いた私はすぐに、そのような研究ができる場所を探して動きました。ブラウン先生は、私が免疫学にのめり込むきっかけとなった恩人です。

**山中**●具体的な方法はわからなくとも、「解ける可能性がある」というメッセージを受け取られたんですね。お話を聞いて私もiPS細胞の構想を描きはじめてたのことを思い出しました。

奈良先端科学技術大学院大学で研究を始めた頃、分野を超えたセミナーが定例で開催されていました。その席で自己紹介もかねて、「体細胞から万能細胞を作ります。もちろん、難しいと考えています」と発表しました。本当にそう思っていたのですが、終わってすぐに植物学の先生が寄ってこられて、「山中くん、エライ難しそうに話しているけれど、植物の体は万能細胞だらけだよ」とおっしゃったのです。挿し木をするとそこから根が生えて成長するのは、カルスという万能細胞が誘導されるからだ。「できないかもしれない……」と思いつつ研究していた私は、このときを境に、「これはできるんだ！」と認識が覆った。

**本席**●万能細胞を作ろうと思ったのは、臨床的な興味からですか。

**山中**●ノックアウト・マウスを研究しようとして、留学したアメリカでもマウスのES細胞を扱っていたのです。そのうち、なぜその多能性を何年も維持できるのか



## 本席 佑特別教授 ノーベル生理学・医学賞 受賞特別鼎談

気になって、日本に戻ってもこの研究が続いていたのです。その頃に、「ヒトのES細胞ができた」とのニュースが届いた。ネズミの研究をヒトに役立てようとは考えていませんでしたが、この研究はヒトに役立つかもしれない……。

同じ時期、ヒトの受精卵を見る機会があったのです。娘が生まれて間もない頃で、受精卵が一〇か月後には赤ちゃんになることを強く意識しましたね。同時に、ヒトのES細胞の可能性に大きな魅力も感じて、なんとか受精卵を使わずに同じものを作れないかと思い始めたのです。奈良先端大に着任して研究を始めましたが、実は大きな夢を掲げることで学生を引きつけるためのやけくそテーマ。(笑)でも、植物学の先生の一言で、認識が変わりました。

### 自分が楽しいことは何か、 問いなさい

**山中**●私は、研究者人生の三分の二は基礎研究に費やしました。意外な研究結果に出会ったとき、それがどう役に立つのかはわからない。けれども、知ってしまったからには、はつきりさせる選択しかない。その思いで研究を続けています。

基礎研究は好きですが、iPS細胞には、そうとばかりは言っておれない状況もあります。日本発の技術ですが、放っておくとアメリカにどんどん先を越されてしまう。日本が牽引するという使命感から、今は応用にも力を入れています。  
**本席**●今回のノーベル賞のユニークな点は、物理学賞と化学賞のいずれもバイオ



スペシャル鼎談の後、メダルを手にした本席特別教授を囲んでの記念撮影。大先輩の受賞を祝う拍手が講堂に響いた

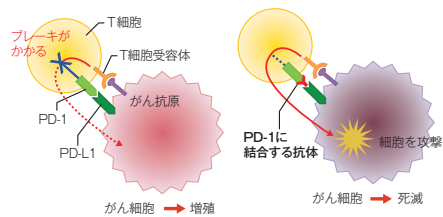
## がん免疫療法とPD-1

私たちの体には、病原体などの外から入ってきた異物を認識、排除して体を守る仕組み「免疫反応」が備わっている。自らの体内で発生するがん細胞にも免疫反応が起こることが明らかになって以降、がん免疫反応を増強させて、がんを治療するさまざまな試み(がん免疫療法)が進められている。

本庶佑特別教授は1992年、免疫細胞が正常細胞を誤って攻撃しないようにブレーキをかける分子PD-1を発見。2002年には湊長博教授との共同研究で、がん細胞に対する免疫反応の多くに、このブレーキが強く働いており、これを解除することで効果的ながん免疫反応を誘導できることを証明した。免疫療法は免疫機能の攻撃力を高める方法が中心だったが、ブレーキを解除して、免疫細胞の働きを活発にすることでがん細胞を攻撃する新たな治療法につながった。

がん細胞は、がん免疫に関わるT細胞の攻撃にブレーキをかける。がん細胞はPD-L1というアンテナを出して、がんを攻撃するT細胞にあるPD-1に結合し、T細胞の攻撃から逃れている。そこで、PD-1に結合する抗体を薬として利用し、PD-1に蓋をすることで、PD-1とPD-L1との結合を阻害する。その結果、がん細胞がブレーキをかけて働きの弱くなったT細胞が再び活性化し、がん細胞を攻撃、増殖を食い止められる。

これまでの腫瘍の切除、薬物療法、放射線治療という三大療法に、新たに第4の柱となる療法を打ち立てた。現在では、世界中の多くのがん患者の治療に用いられており、がんに苦しむ人たちに大きな福音となっている。



ロジリーに関連する成果であったこと。物理の方法を使ってバイオリロジリーに貢献したり、化学にバイオリロジリーの原理を導入して抗体をつくったり。これが意味することを自分勝手に解釈すると、「物理も化学も、もうネタが切れたのだ」と。(笑) これから重要なのはバイオリロジリー。  
**山中** ● そんなこと言っているいいんですか。(笑) でも、そういう本庶先生の発言は、私も楽しみで楽しみで……。 (笑)  
**本庶** ● 物理と化学が終わったのではなく、物理と化学、数学も含めてバイオリロジリーの発展に貢献できる時代になったということです。これからの時代に楽しみなことです。バイオリロジリーは、まだまだわからないことばかり。なかなか先が読めません。だから、やってみないとわからない。逆にいうと、トライ・アンド・エラーを繰り返す中で結果が出てくるケースが圧倒的に多いのです。  
**湊** ● 研究は、思いどおりにならないこと

も多いのですが、お二人が研究を続けられるモチベーションはなんでしょう。  
**山中** ● 「楽しいことをする」、これが一番のモチベーションです。本庶先生はずっと研究の道を進んでおられますが、私は整形外科医になりました。(笑)  
 念願の整形外科に入局したのですが、叱られてばかり。指導医が二〇分で終わらせる手術に、私は二時間もかかる。あまり楽しくないから、一度は研究をしようとして大学院に進んだのです。  
 血圧を上げる薬を実験動物に投与して、その結果を確認する初心者向けの実験を任された時のことです。薬を投与すると、血圧が上がるところかショック状態になるほどズボンと下がってしまった。予想外の結果に、ものすごく興奮しましたね。「なんかこれ、めちゃくちゃおもしろいやないか」と。そう思う自分の反応にも、驚きました。(笑) その瞬間、「研究者が向いている」と思ったんです。

医学生にはまず、臨床医か、研究者かの選択があります。研究者になってからも二つの道があります。本庶先生のように免疫という一つの道を踏み外さずに研究する生き方と、私のように結果を見ながら、楽しいほうにテーマがコロコロ変わる生き方。私にはこの生き方があっているだけで、人には勧めません。予想外の結果が生じたときは、その結果云々よりも、元来の研究テーマに立ち戻ってじっくり考えることが楽しいと感じるなら、絶対にそうすべきです。自分がどんなタイプかを見極めることが大切です。  
**湊** ● 「楽しい」には、「気になってしょうがない」という意味も含まれますね。本庶先生がおかしな病態を示すマウスを持ってこられると、私は気になって気になって、どうしても調べずにはおられなかった。(笑) 本庶先生はいかがですか。  
**本庶** ● 正直に言って、苦しんだり、辞めようと思ったりしたことはあまりない。ずっと楽しくやってきました。(笑)  
 ただ、誰しもが自分の生きる意味を考へることがあるはず。お金を儲けたと思う人、好きなことに一生をかけた人、それぞれです。だから、ここにいる学生全員が研究者になるのが良いとは思いません。むしろ、誤った選択をしないほしい。つまり、研究者として続けるには、「知りたい」という強烈なエンジンが必要です。「何をすればよいかかわからない」というのであれば、続けることは難しいかもしれない。  
 子どもの頃は、プロ野球の選手になることも、オペラ歌手になる可能性もある。しかし二十歳くらいになると、自分の限界がわかったり、さまざまな要因で可能性を自ら減らしたりしながら、自分自身に何をしたいのかを問いつめる。誰もが通る道ですね。そこで厳しく見極めて、「自分のしたいこと、得意なことを選択する」しかないのです。

\*『紅薔』ウェブサイトでは、鼎談の様子を動画でご覧いただけます。



日時 二〇一八年十二月二十七日(木)  
 場所 京都大学基礎医学記念講堂 階段教室

# 本庶 佑 特別教授 ノーベルウィーク・ジャーナル

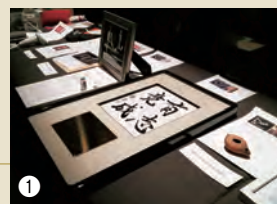


2018年12月10日(月)にスウェーデン・ストックホルムのコンサートホールでノーベル賞授賞式が挙行政され、本庶佑高等研究院副院長・特別教授が2018年のノーベル生理学・医学賞を受賞しました。授賞式には、ご家族のほか、山極壽一総長や共同研究者の湊長博理事・副学長などが出席しました。

本庶特別教授の受賞は、「免疫抑制の阻害によるがん治療法の発見」の成果によるもので、ジェームズ・アリソン博士との共同受賞です。スウェーデン王国カール16世グスタフ国王からメダルと賞状を受け取った本庶特別教授は、会場の参加者に深く頭を下げ、感謝の気持ちを表しました。

## ノーベルウィーク・ダイジェスト

- 12月5日(水) スtockホルムへ出発 現地時間の午後 Stockホルムに到着
- 12月6日(木) ノーベルミュージアムでの受賞者懇談会に参加。懇談会後には、併設されたカフェの椅子にサインを記入。サインは、20年ほど前から受賞者の恒例になっている。「有志竟成」と書かれた色紙を額縁とともにノーベルミュージアムに寄贈。研究を諦めることなく続けてきた信念を世界に向けて発信した(写真①)。その後、アリソン博士とともにプレス向けカンファレンスに出席した(写真②)。
- 12月7日(金) カロリンスカ研究所の医学教室でのノーベル生理学・医学賞記念講演(ノーベル・レクチャー)。入念に準備をして臨んだという本庶特別教授は、「Serendipities of acquired immunity」という演題で講演。さまざまな研究者や研究内容との出会いを振り返り、「私はいつも幸運だった」と語った(写真③)。
- 12月8日(土) 在スウェーデン日本大使館によるレセプションに参加。冒頭のあいさつでは、「フェイクニュースが多いから連絡を信じなかった」と受賞の報を受けた際のエピソードをユーモアを交えて語り、会場を盛り上げた。ノーベル賞コンサートに出席。
- 12月9日(日) 元がん患者の団体との懇談が開かれ、アリソン博士とともに出席(写真④)。本庶先生は、「『あなたのおかげでがんが治った』と言われることが励みになる」と語り、目をうるませた。
- 12月10日(月) コンサートホールでノーベル賞授賞式。「日本で研究してきた」という思いをこめた袴姿は、会場の注目を集めた(写真上)。市庁舎での晩餐会では、ノーベル生理学・医学賞受賞者の代表としてスピーチ。「がん免疫療法がさらに普及することを願っている」、「多くの方がたのおかげで受賞することができた」と力強く語った。
- 12月11日(火) スウェーデン議会での講演会に、ノーベル化学賞を受賞したフランシス・アーノルド教授とともに出席。研究支援の重要性を冗談を交えて話し、会場の関心を集めた(写真⑤)。講演会後のスウェーデンの伝統的なコーヒープレイク・タイム Fika では、コーヒを片手に国会議員や講演会の参加者達と歓談。
- 12月12日(水) カロリンスカ研究所の医学生との交流イベントでアリソン博士とともに講演し、学生とのディスカッションに臨んだ。京大で博士号をとった医学生とも交流した(写真⑥)。イギリスBBC放送とスウェーデンSVT放送の共同制作のテレビ番組『Nobel Minds』の収録に参加。生理学・医学、物理学、化学、経済学の各ノーベル賞受賞者たちと分野を超えて活発な議論を交わした。
- 12月13日(木) 帰国後、関西国際空港での記者会見で2019年の抱負を聞かれ、「できるだけ自分のペースで研究をして、若い研究者をエンカレッジするような仕事や、基礎研究をしっかりサポートしてもらえるような努力を続けたいです」と語った。



### 本庶 佑 有志基金

本庶佑特別教授のノーベル生理学・医学賞の受賞を記念して、「有志基金」を設立しました。本基金は、本庶特別教授がかねてから重要性を提唱されている基礎医学研究の加速や基礎研究に携わる研究者への支援の充実を目的としています。

「有志」基金は、本庶特別教授の座右の銘である「有志竟成(ゆうしきょうせい)」から名づけられました。中国の歴史書に由来

する言葉で、「志を曲げることなく堅持していれば、必ず成し遂げられる」という意味を持ちます。高い理想を持って研究者を目指す若手の研究者に、安定した地位と研究資金を提供できるよう助成する基金です。

\*詳細は京都大学基金ホームページまで  
<http://www.kikin.kyoto-u.ac.jp/contribution/nobel/>





研究室で  
はねほり

右を見ればさまざまな動物の頭蓋骨、左には鉱物、ふり向けば分類群ごとにまとめられた鳥類の骨格標本が天井まで積み上げられている。四方の壁がまったく見えなくらい、みっちりモノが詰まった研究室は、大航海時代に西欧諸国の貴族や学者たちが動植物や鉱物の標本、美術工芸品などを陳列したという「驚異の部屋」を想起させる。それはまるで、松岡助教の豊かな好奇心や積み重ねた知識そのものだ。

**モ**ノがあふれているのは、決して、「片づけが下手」だからではない。「化石を研究する上で重要なのは、新たな『発見』があったときに備えて、普段から比較対象となる現生動物の骨格標本を充実させること。それに、授業ではやっぱり学生たちに本物の骨を見せたい。頻繁に使うものを厳選して、並べています」。松岡助教の専門は、生物の系統分類や機能形態、生物地理などを明らかにする古生物学。鳥類をはじめとする脊椎動物が対象だ。「骨の形の多様性を伝えたくて、あれもこれもと、だんだん数が増えてゆく……。私なりに、モノが多いのには理由があるんです。とはいえ、趣味の蒐集品もかなりまぎれていきますけどね」。

**始まりは海鳥の標本作りから**

松岡助教が収集したさまざまな動物の骨格標本は、数百点にもおよび。私は横浜国立大学教育学部地学教室の出身で、骨の研究はそ



研究室のドアに設置された旗が「驚異の部屋」に似ている

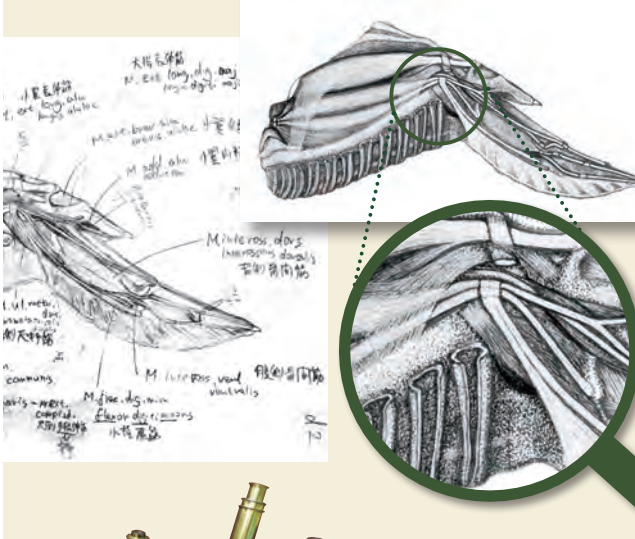
こでの卒業研究からはじめました。論文のテーマを決めるとき、指導教授の長谷川善和教授から言われたのは、たったの七文字。『おまえはとりだ』。(笑) 先生がかつて発掘されて、鳥だということ以外はまだ分類されていない骨の化石がどっさり入った箱を手渡されたんです。骨の化石から種を同定するには、博物館などに収蔵されている骨格標本と比較するのが最短の方法だが、当時の日本には、鳥のはく製標本はあれど、骨格標本はほとんどなかった。「仕方なく、標本作りから始めました」。手始めに湘南の海岸に足を運び、打ち上げられたごみを漁って、海藻まみれの海鳥の死体を持ち帰った。「標本の作り方もはじめは手探りで、とりあえず茹でて骨を取り出しました。するとなんと、たった今作った骨の

**好奇心に火をつけて  
骨が宿す物語に  
目をこらす**

**松岡廣繁** 助教  
大学院理学研究科

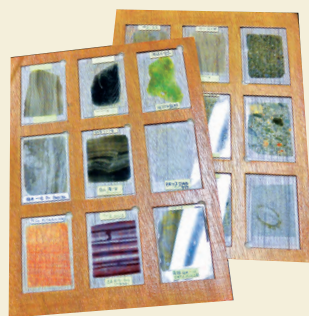


まつおか・ひろしげ◎1971年、愛知県に生まれる。1994年、横浜国立大学学士(教育学)。1999年に京都大学博士(理学)。同年12月から現職。



### 技術職員さんの神業

岩石は鉱物の寄せ集め。光を通るまで石を薄く削って顕微鏡で見ると、石の中の鉱物が一粒一粒観察できる。「偏光顕微鏡」という特別な顕微鏡を用いると、鉱物種を鑑定できる。地質学では必須の観察法の一つだ。「薄片の厚さは0.03ミリが基準です。これを作るのはなかなか至難の技。50年ほど京大に勤める技術職員さんにつくっていただきました」。



岩石の薄片サンプル

open!

ドアを開けたら...

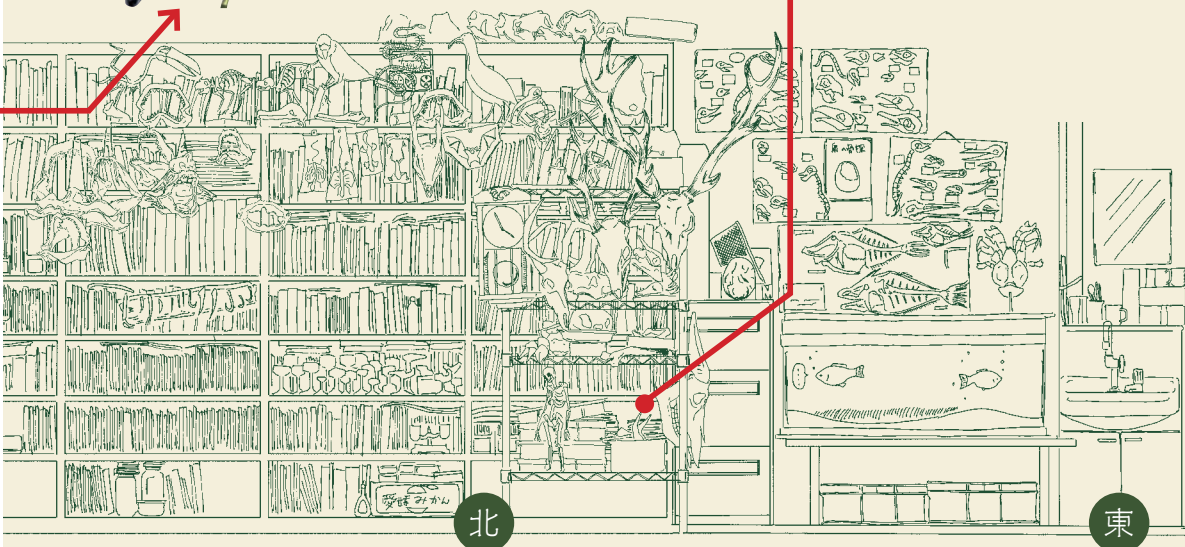


### 発掘の相棒、通称・デカハン(デカイハンマー)

教員になったばかりの頃に買った特注品。「ハンマーは体の一部。発掘の仕方にはそれぞれ個性があって、ぼくは体力勝負で、「とにかく崩せ」。(笑) 同じ地層を見ても、興味の対象は人それぞれ。研究のアプローチも違います。ぼくの場合は「まず採って、採れたものから考える。期待したものが採れなくても、採れたものについて考える」。ハンマーさえあれば、ネタは尽きません」。

### 顕微鏡も集めています

古い偏光顕微鏡を集めている。「学問の歴史を感じさせるところが好きです。一番右の顕微鏡は、1919年に島津製作所が開発した日本最初の偏光顕微鏡のプロトタイプ。これが入手できたのはラッキーでした」。



『紅萌』ウェブサイトでは、紹介しきれなかった写真を多数掲載しています。  
<http://www.kyoto-u.ac.jp/kurenal/201903/kenkyushitsu/>

標本と二〇万年前の化石とがびつたり合致したのです。自分で答えに行き当たったのは、ほんとうに感動でした。臭いでは周りのみんなに迷惑かけ通してしたが……」。

データが集まるとともに松岡助教が驚いたのは、同じ種であれば、成鳥の骨格に個体差はほとんどないということ。「しかも、鳥類の種には二〇万年どころか、一〇〇万年以上も存続し続けるものがあるのです」。ホモ・サピエンスの出現よりもはるか昔の化石と、現生する鳥から作った標本とがびつたりと重なり合う。この快感が癖になり、鳥の骨格のおもしろさのめり込んだ。「もともとバードウォッチャーだったわけではなく、鳥との付き合いは化石がなれそめでした。そういうわけで、骨なら大体即座に言い当てられるのですが、生きた姿を見ても、なんていう鳥なのか判別できないなんて恥ずかしいこともあります」。

### 感覚を研ぎ澄ませ、骨の物語を見抜く

化石は、その生物が過去に存在したという事実を示す直接的証拠だ。その研究で松岡助教がなにより頼りにするのは自らの目。「目で捉えた情報からいかにその背後にある真実を読み取るか。野外でハンマー、室内ではノギスと比較標本

それがぼくの勝負のスタイルです」。松岡助教の関心は、種ごとに異なる骨の形が、体の動きの違いとどう関係しているのかということ。骨を見て最初に考えるのは、「どのように筋肉がついていたか」、「その筋肉がどう動くのか」だという。「骨には、その動物の(運動)が刻まれています。絶滅した動物であっても、骨の形から情報を読みとる目があれば、いきいきとした動きを復元できるのです」。

そうした眼力(だりき)は、自ら手を動かして動物を解剖し、筋肉のつくりを知ることによって養われてきた。松岡助教がおもむろに取り出したのは、ニワトリの羽の筋肉を解剖しながら自ら描きおこした点描画のデッサン。その緻密さは、まるで芸術作品のよう。「スパーで買ってきた手羽先です。こんなものでも、じっくり観察すれば進化の秘密がみつまっている。組織をピンセットでつまんで動かしたり、筋肉と骨とがどう対応しているのかを確かめながら、理解します。ぼくの知識の礎を作る、最も大事な作業です」。

### 化石は過去と今をつなぐタイムマシン

化石からは、その生物の形状や生態だけでなく、生息地の環境の情報も読み取ることができる。「鳥類の多くは、骨の形のみならず、生

**脊椎動物の系統図**

進化の系統がひと目でわかる。「一般向けの講演会の資料として1か月かけて描きあげました。パワボ1枚のために力を入れた感もありますが、自信作です」。



**「手羽先」の細密スケッチ**

「表皮を剥ぎ、筋肉を一つずつ外していきながら、各筋肉の骨への付着箇所を明らかにします。この手の良い教科書ってないんです。知りたいことは、結局自分で調べるしかないんですね。うちの研究室では『筋肉ストリップ』と呼んでいます。一つの手羽先だけで6枚。じっくり観察していると、1枚の下描きに1週間かかることもざらです」。



**積みあがった鳥の骨(右)と『鳥の骨探』**

2009年の著作。「変わった書名ですが、日本で唯一、世界でも随一(だと思っている)鳥の骨の図鑑。良い本だと思うんですが、絶版状態なのが残念です」。



**ノギスコレクターの一面も**

頻繁に使うノギスは40センチメートル。「ついつい買ってしまった2メートルのノギスもありますが、ジウの骨くらいには使えず、出番はめったにありません(笑)」。



横濱国立大学で化石の分類研究を学んだのち、京都大学大学院理学研究科の地球惑星科学専攻・地質

**種の多様性と進化をつないだ新たな地平**

のような魅力もあるのです」。

息域や食べものなどもほとんど変わわりません。それゆえに、激しい環境変化が起これば、柔軟に対応できず、絶滅する可能性が高いのです。ある鳥の化石が、今は生息していない場所から発掘されれば、その土地の環境が大きく変わったことを示す証拠になるかもしれません」。

化石発掘と聞くと、はるか昔の恐竜時代を想起しがちだが、新しい時代の地層にもおもしろい情報がつまんでいるという。「ぼくが調査に通っている琉球列島の地層は、二〜三万年前のもの。ヒトが上陸する前後の時代です。周囲を海に囲まれた琉球列島では、他の地域には生息しない固有の生物が進化してきた。「おそらく、ヒトが上陸すると、その土地の動物や植物を食べたりして、島の生態系に影響を与えたはず。化石を手がかりに、ヒトが定住する以前の世界を復元できれば、その後の環境の変化を検証できるのです。絶滅した動物を発見するというシンプルな楽しさもありますが、化石には、過去と現在とをつなぐタイムマシンのような魅力もあるのです」。

学鉱物学教室に進学し、瀬戸口烈司教授の教えを受けた。「横国大の長谷川先生は、日本で発掘される骨の化石のことならなんでも知っている生き字引のような人。小さな骨のかげらでも、どの動物のどの部分かを判断できる、膨大な知識に憧れました。一方、瀬戸口先生は歯の化石から、生きものの進化の系譜を探る研究者。大学院一回生のときにマンツーマンで受けた脊椎動物の比較解剖学に関する授業は、毎回目から鱗でした。長谷川先生のように多くの引き出しを持つ楽しさが横軸なら、瀬戸口先生は引き出しを整理して、進化の系譜でつなぐ縦軸。この二つの軸が交わった瞬間、ぼくは学問の魅力にとりつかれてしまった。幼少期から、「化石」や「発掘」というキーワードに心躍らせてきた。好奇心という燃料を蓄え続けてきた松岡青年の心に火が灯った瞬間だった。派手な花柄のシャツ、背中に大きな若冲の鶏図の刺繍が入ったスタジャン。豪快な笑い方もあいつて受ける自由人のような印象とは裏腹に、話の節々に、恩師から受け取った学問のバトンを次世代に繋ごうとする気概を宿す。「二人の視点をつないだ研究を形にし、その魅力を次世代に伝えられるのは、赤々と燃え続けている」。

学鉱物学教室に進学し、瀬戸口烈司教授の教えを受けた。「横国大の長谷川先生は、日本で発掘される骨の化石のことならなんでも知っている生き字引のような人。小さな骨のかげらでも、どの動物のどの部分かを判断できる、膨大な知識に憧れました。一方、瀬戸口先生は歯の化石から、生きものの進化の系譜を探る研究者。大学院一回生のときにマンツーマンで受けた脊椎動物の比較解剖学に関する授業は、毎回目から鱗でした。長谷川先生のように多くの引き出しを持つ楽しさが横軸なら、瀬戸口先生は引き出しを整理して、進化の系譜でつなぐ縦軸。この二つの軸が交わった瞬間、ぼくは学問の魅力にとりつかれてしまった。幼少期から、「化石」や「発掘」というキーワードに心躍らせてきた。好奇心という燃料を蓄え続けてきた松岡青年の心に火が灯った瞬間だった。派手な花柄のシャツ、背中に大きな若冲の鶏図の刺繍が入ったスタジャン。豪快な笑い方もあいつて受ける自由人のような印象とは裏腹に、話の節々に、恩師から受け取った学問のバトンを次世代に繋ごうとする気概を宿す。「二人の視点をつないだ研究を形にし、その魅力を次世代に伝えられるのは、赤々と燃え続けている」。



# 粒であり波でもある 量子のふるまいを見破る切り札



**中家 剛** 教授  
Tsuyoshi Nakaya  
大学院理学研究科

なかや・つよし  
1967年、大阪府に生まれる。大阪大学大学院理学研究科博士後期課程修了。2009年から現職。2008年から東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構の客員上級科学研究員。加速器やスーパーカミオカンデを用いたニュートリノ実験に取り組んでいる。

私たちの体をはじめ、すべての物質は原子から成り立っている。「量子」とは、原子やそれを形作る電子、陽子、中性子、さらに小さなニュートリノやクォークなど、私たちの暮らす世界とは異なる法則が働く粒子のこと。その法則は「量子力学」と呼ばれ、物理学の中でもとりわけ難しい分野とされる。

量子力学の扉をいきなりノックする前に、まずは物理学が積み上げてきた歴史や、量子の発見が世界に与えた衝撃に目を向けてみよう。目に見えない量子たちのイメージが頭の中で動き出したとき、世界の見方が変わるはずだ。

授業の前に...

- ポイント**
1. 物理方程式は未来を予測する
  2. 粒子性と波動性の両方を持つ量子の衝撃
  3. 4次元の世界を表す相対性理論
  4. 物理を理解する決め手はイメージ

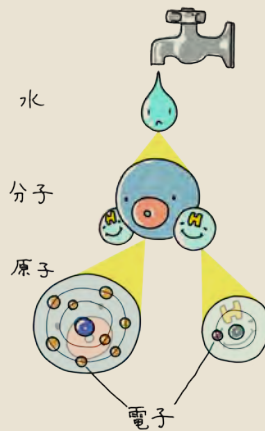
授業で取り上げる「シュレディンガー方程式」は、量子力学の基礎方程式です。量子力学は、分子や原子、電子といった小さな世界①の物理現象を記述する学問です。

肉眼では捉えられない小さな世界の話ですが、身の周りは量子力学でなければ説明できないものばかりです。太陽は光を発します。物を燃やせば、炎が辺りを照らします。おそらく太古の時代から、こうした経験を通して、光の存在は人びとに認識されてきたはず。一七世紀になると、光の正体を探ろうと、アイザック・ニュートンをはじめ、名立たる科学者が実験を重ねましたが、決定的な確証は見つからないままでした。物体がなぜ光を発するのか。これが説明されたのは、一九〇五年に「量子力学」が誕生してからのことです。

**物理方程式は未来を予測する**

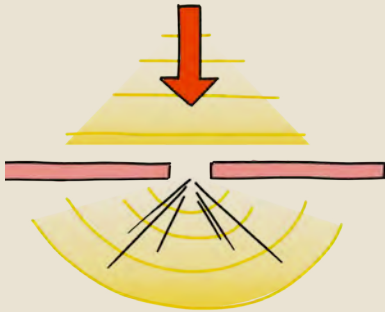
量子力学の話をする前に、その基本となる物理学の世界を紹介し

① 量子力学で見る小さな世界



水は、たくさんの水分子(H<sub>2</sub>O)からできています。水分子は、水素原子(H)2つと、酸素原子(O)からできています。原子は、原子核の周りを電子が回っているものです。量子力学では、この原子の世界を扱います。

② 回折現象



回折とは、波の進行方向に障害物があったとき、その障害物の背後などに回り込んで伝わってゆく現象です。この絵では、上から来た波が、小さな穴を通った後、またそこから広がっていく様子が示されています。

しましょう。私たちの暮らす世界の仕組みを表す最も基本的な方程式は、ニュートンの導き出した「ニュートンの運動方程式( $m\mathbf{a}=\mathbf{F}$ )」です。物理は意思のない(もの)を扱います。人間のように意思を持ち、自由に動きを変えるようなものは扱えません。(もの)の持つエネルギーと運動量から、ある時間がたったあとに(もの)がどこに移動しているのかを記述するのが運動方程式です。mは(もの)の質量、aは速度の時間変化を示す加速度です。たとえば、時速六〇キロメートルというのは、一時間後に六〇キロメートル先にいることです。当たり前のことに思いかもしれませんが、視点を変えれば、方程式は「未来を予測する」ものであるといえます。過去に起こった(もの)のふるまいもわかります。たとえば、ピクパンの起こった時点を起点にして、その後起こる動きも予想できるのです。

一九〇〇年に量子が発見されるまで、運動方程式はどこでも成り立ちました。運動方程式を使えば、

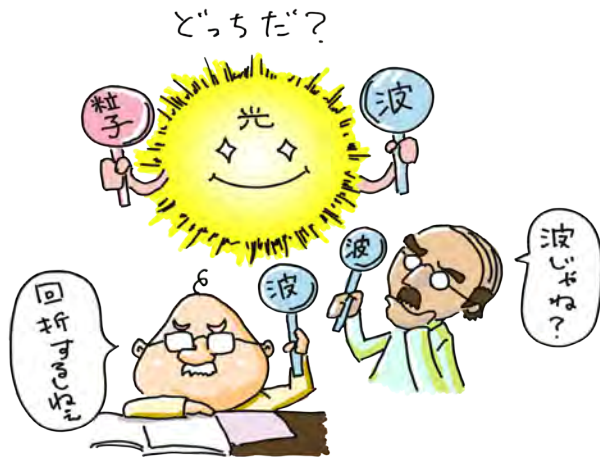
惑星やロケットの打ち上げ、車の走行など、いろいろなものの運動が説明できました。ですが、原子の世界では、この方程式が成り立たなかったのです。これは物理学における大問題でした。

### 粒子性と波動性の両方を持つ量子の衝撃

もう少し具体的に説明しましょう。物理学には、粒子性と波動性という概念があります。運動方程式でもの動きを考えるとときには、粒がここからここに動くというように、(もの)を一つの粒として考えます。これは粒子性の考え方です。波動性は、粒子や場の振動が伝播する現象です。波は固体としては存在しませんが、波がどんなス

ピードで、どこを通過するのかは観測可能です。三次元の位置と時間を決めれば、波がどこから来てどこに行くかを説明できるのです。地震の震源地を特定できるのは、こうしたことを示す波動方程式をもとに解析しているからです。

では、光は波か、それとも粒子なのか。この問いを巡って、過去に大論争が起こりました。はじめは波だとする主張が優勢でした。回折現象<sup>②</sup>が起こるからです。ところが、一八八八年にヴィルヘルム・ハルヴァックスが「光電効果」という現象を発見しました。一九〇五年には、アルベルト・アインシュタインが「光電効果理論」を発表し、物理学者たちの認識を大きく変えることになりました。

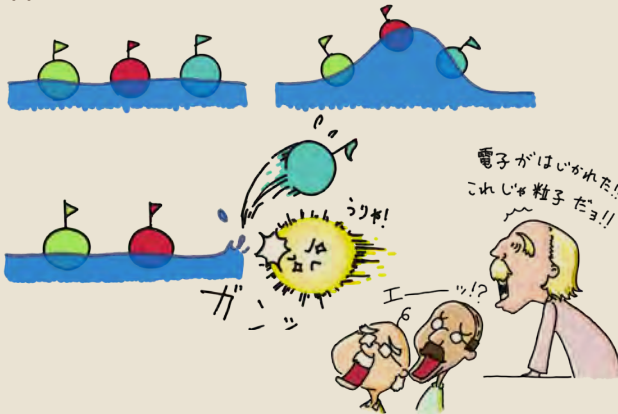


この現象を海に浮かぶブイに例えて考えてみましょう。<sup>③</sup>波が来ると、すべてのブイが一緒に動きます。しかし、船や人などの個体が、一つのブイだけに衝突すると、そのブイ一つだけが大きく動きます。私たちの体を含めた物体の内部もこのブイと同じで、たくさん電子が集まっています。光が波ならば、物体に光をぶつけると、すべての電子が同時に動くはずですが、しかし、この実験では、光を当てた物質から、電子一つが飛び出したのです。こうした実験によって導き出された解は、光は粒子と波動、両方の性質を併せ持つということです。

### ③ 光電効果

物体の内部をブイに例えてみると……

図A 光が波ならば全ての電子が動く



正解は「どっちも」でした!!

波動性と粒子性をあわせ持つものを「量子」とよぶことに

光は回折現象を起こすので、波だと考えられます。波であれば、光が通ると、波の影響で図Aにあるようにすべての電子が動くと考えられます。しかし、光電効果は、光がぶつかる時すべての電子ではなく、まるで粒子であるかのように、電子一個のみを動かすのです。波の性質も持つし、粒子の性質も持つ。光のようにこうした2つの性質を持つものを「量子」と呼ぶことにしました。



目に見え、耳に聞こえ、手に触れられるマクロな世界には、両方の性質を持つものはありません。粒子がたくさん集まれば波動性を持ちますが、粒子一つで波動性を持つものは存在しないのです。そうして、波動性と粒子性を併せ持つ「量子」という概念が誕生しました。万能だと思われていた運動方程式は、量子の世界では成り立ちませんでした。物理学者たちは、「粒子と波動の両方の性質を持つ方程式があるはずだ」と試行錯誤しました。そして、一九二六年に提唱されたのが、エルヴィン・シュレディンガーの提案した「シュレディンガー方程式」です。この方程式を解けば、原子がどのようにふるまうかがわかるのです。

### 四次元の世界を表す相対性理論

量子の世界を理解するうえで、シュレディンガー方程式の他にもう一つ、外せないのはアインシュタインの「相対性理論」です。これは物理学にとって、とても重要な理論です。

私たちは(xyz)の三次元の世界に住んでいます。物体ならば、幅、奥行き、高さという三つの指標です。ところで、次元とはなんでしょうか。みなさんはどのように理解していますか。<sup>④</sup>



量子は、あるときには波のように形がないものに見えるし、また別のときには点のように見えるという両面性を持っている。「さまざまな条件によって、波のようにふるまうこともあるし、粒子のようにふるまうこともある。観測されるまでは、波のようにふるまっていると考えてもいいと思います」

みましょう。三次元で位置を指定すれば、待ち合わせ場所は指定できます。でも、それだけでは不十分です。大切なのは「時間」です。会う場所を決めても、日時が違えば、相手とは出会えない。言い換えれば、三次元の場所と時間さえ決めれば、必ず落ちあうことができるのです。

これは、量子を扱う場合も同じです。二つの原子がぶつかったときの反応を調べたい。それには、待ち合わせの例と同じく、 $(x, y, z)$ の座標と時間の情報が必要なのです。そこで、アインシュタインは

$(x, y, z)$ の座標に四つ目の次元、時間 $t$ を入れて、方程式を立て直したのです。

私たちは、どんな場所、どんな状況でも時間の流れは一定だと思っ  
ています。これは絶対時間と呼ば  
れる考え方です。古典物理学の方  
程式はこの考え方にもとづき、三  
次元座標だけが違うとして考え  
ていたのです。

相対性理論は、時間は相対的なものだと考えます。物体が止まっていれば時間の流れは同じだけれど、動いているときには三次元座標だけでなく、時間の流れ方もそれぞれ異なっているという考え方を導入しました。⑤これは、物理学の常識を覆す発見でした。

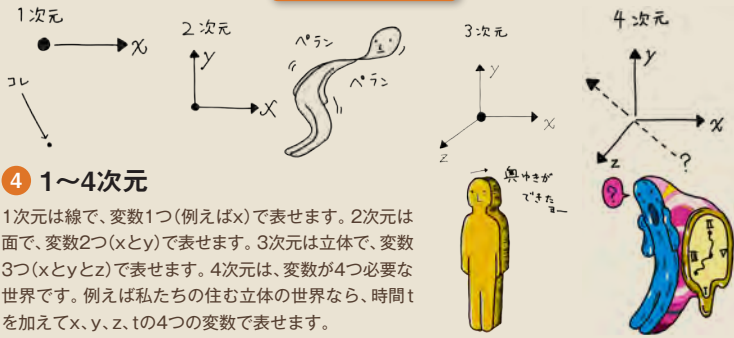
量子力学では、原子の動きをより正確に記述するときに、相対性理論と量子力学とをあわせた相対論的量子力学を使います。シュレディンガー方程式に相対性理論を組みあわせれば、さらに新しいことがわかる可能性を秘めているのです。これはすでに、「Dirac方程式」で表現できることがわかっています。

### 物理を理解する 決め手はイメージ

授業では、シュレディンガー方程式が生み出された過程を、順を追って説明します。大学受験を照準にした勉強では、みなさんはきつ

#### 5 時間の流れ方

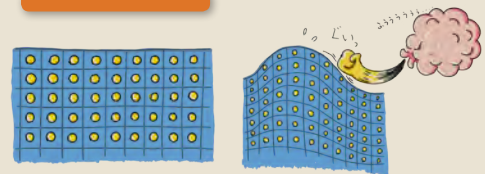
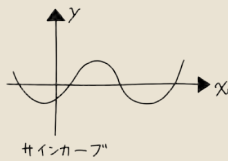
相対性理論ができるまでは時間は絶対的なもの、つまりすべての人や粒子が同じ時間(絶対時間)を持つと考えていました。ところが、私たちは3次元に住むなら、それぞれの位置 $(x, y, z)$ を持てます。私たちが時間も含めて4次元に住むなら、それぞれの $(x, y, z, t)$ を持てると考えられ、絶対時間は存在しません。よって、4次元を扱う相対性理論では、それぞれの人や粒子がそれぞれの時間(相対時間)を持つのです。



#### 4 1~4次元

1次元は線で、変数1つ(例えば $x$ )で表せます。2次元は面で、変数2つ( $x$ と $y$ )で表せます。3次元は立体で、変数3つ( $x$ と $y$ と $z$ )で表せます。4次元は、変数が4つ必要な世界です。例えば私たちの住む立体の世界なら、時間 $t$ を加えて $x, y, z, t$ の4つの変数で表せます。

#### 6 波の式



波は $\sin$ や $\cos$ で記述できます。これは、波を伝える媒質の構成要素が $\sin$ の関数のように、全体に動くことを意味しています。

といくつかの方程式を暗記して、「この問題はこの方程式を使えば解ける」と考えていたはず。なぜその方程式が出てきたのかを考えたことはありませんか。物理学の方程式の解は、イメージと式とが合致してはじめて理解できます。波の方程式を解いたからといって、波を理解したことにはなりません。方程式の解は、イメージを助ける道しるべとなります。

たとえば、波はサインカーブで表現されます。サインカーブから海面に波が起こる現象をイメージしてみましよう。海の水はたくさん集まっています。海の原子が風などの影響で一方に押されると、原子と原子の幅が狭まり、その間にある原子は、スペースをなくして上に持ち上がります。その後、もう一方に押されると、今度は原子と原子の間に隙間ができ、原子は下に下がる。こうしたイメージが描けてはじめて、波がどのくらいの速度で動き、どれくらい揺れるかを表した波の式の式も理解ができるのです。⑥

さて、これまで説明してきたことは、量子力学の入り口です。シュレディンガー方程式の扉を開けて、量子力学の世界に足を踏み入れてみましょう。シュレディンガー方程式が理解できれば、身の周りの量子力学の現象のほとんどは説明できるようになります。

シュレディンガー方程式の成り立ちに迫る前に、粒子性と波動性をおさらいしましょう。

粒子性=質量( $m$ )、速度( $v$ )、エネルギー( $E = \frac{1}{2}mv^2$ )、運動量( $p = mv$ )

粒子が伴う性質は、質量や速度、エネルギー、運動量です。エネルギーというのは、「何にどれだけの仕事させられるか」を測るものさしです。お湯を温めたり、モーターを回転させたりするその量がエネルギーです。運動量は、「どのくらい重いものが、どのくらいの速度で動いているか」を示すものです。

波動性=波数ベクトル( $k$ )、周波数( $\omega = 2\pi\nu$ ): 平面波:  $\sim e^{i(kx-\omega t)}$

波の伴う性質は、波の山がいくつあるのかという波数ベクトル $k$ や周波数 $\omega$ です。これらを表す波動方程式を解くと出てくる解が平面波の式です。海の波のように平行に進む波を「平面波」といい、波を理解するための最も重要な性質です。

粒子性と波動性との関係は、アインシュタイン・ド・ブロイ関係式で表せます。

$$p = \hbar k (= \frac{h}{\lambda})$$

$$E = \hbar\omega (= hv)$$

粒子性( $p, E$ )と波動性( $k, \omega$ )の二重性を表現できる関係式。 $\hbar$ は  $\frac{h}{2\pi}$  のこと。光子の持つエネルギーと振動数の比例関係を表し、量子力学ではこれを物理定数\*として使う。

\*物理定数……状態が変化しても、一定の値を保つ物理量

## シュレディンガー方程式を導き出す

頭の準備体操が終わったところで、いよいよシュレディンガー方程式を考えましょう。小学校の算数の授業でも、平面の図形よりも、立体の図形を考えるときは複雑になります。物理学でも同じです。はじめは、次元から考えてみましょう。

量子は波と粒子の性質を併せ持つので、波の関係式を使って、粒子の情報も含め、方程式を考えてみましょう。つまり、波の関数から、エネルギー( $E$ )と運動量( $p$ )を引き出すのです。平面波の式を使い、簡略化するために関数 $\psi$ (プサイ)で表しましょう。

$$\psi = e^{i(kx-\omega t)}$$

波を表す関数 $\psi$ からエネルギーの情報を引き出すには、時間で微分する。微分の演算をする記号は、微分演算子と呼ばれ、以下のような式で導きだせる。

$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{で、} \Delta t \rightarrow 0 \text{ とすると、} \frac{\partial x}{\partial t}$$

この微分演算子を波の情報を持つ関数 $\psi$ にかけて、エネルギーの情報を引き出す。

$$E\psi = \hbar\omega\psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi$$

運動量も同じく、微分演算子  $\frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x}$  を作用させ、運動量の情報を引き出す。

$$p\psi = \hbar k\psi = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x} \psi = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x} \psi$$

微分演算子を次のように定義する。

$$\hat{E} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$$

$$\hat{p} = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x}$$

このように、 $E$ を演算子 $\hat{E}$ に置き換えることを量子化という。

$$E \rightarrow \hat{E}, p \rightarrow \hat{p}$$

1ステップずつ式の成り立ちを追いかけてみましょう。一段ずつ順に理解すれば、方程式は難解ではありません。



$\hat{E}$ はエネルギーではなく、あくまでも演算子です。エネルギー $E$ は決まった値を持ちますが、 $\hat{E}$ は値ではなく、時間の偏微分をするという演算子です。これで、粒子と波の二つの性質を持つ量子を取り扱うことができます。

古典物理学では、エネルギーは以下のように表せる。

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + V(x) = \frac{p^2}{2m} + V(x)$$

これを量子化する。エネルギーを量子化させるということは、演算子で書くこと。演算子を作用させる関数が必要なので、 $\psi$ という関数を導入する。

$$\hat{E}\psi = \left\{ \frac{\hat{p}^2}{2m} + V(x) \right\} \psi$$

$\hat{E}$ や $\hat{p}$ とは、 $\hat{E} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$ 、 $\hat{p} = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x}$  のこと。これを代入する。

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) \right\} \psi$$

こうして導き出された式こそが、シュレディンガー方程式です。ここに出てくる関数 $\psi$ をシュレディンガー方程式では、「波動関数」とよびます。この波動関数をさまざまな状況に当てはめて解けば、量子のことがわかるのです。たとえば、3次元で位置エネルギー $V(x)$ を電磁力のポテンシャルに変えて、方程式を解けば、電子の状態を表す原子軌道が導きだせます。

量子力学でさまざまな現象の状態を解くには、このシュレディンガー方程式を解けば良いのです。



シュレディンガー方程式の右側の式は、ハミルトニアンと名づけられている。演算子 $\hat{H}$ で表せる。

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x)$$

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \hat{H}\psi$$

## イメージの翼を広げよう

説明を聞いただけでは、演算子や $\psi$ が表すものを理解するのは難しいでしょう。はじめて習った概念をすぐに理解できないのは当たり前のことです。大事なのは、方程式がどのように量子のふるまいを記述しているのか、視覚的にイメージすること。方程式で書かれていることを等身大の世界に当てはめて考えることが重要なのですが、この宇宙がどう変化するのか、現象がどうふるまうのかをイメージする

のは、30年物理学に携わっている私でも一筋縄にはゆきません。でも、科学者を続けていると、これまでとは異なる見方で世界を捉えられる瞬間がやってきます。量子力学はとりわけ、そうした瞬間にたくさん出会えるおもしろい学問です。ちょっとやさっとでは出会えないからこそ、やめられない。わからないままでも、考え続けることが科学者には大切です。



# 生存圏研究所 材鑑調査室

1943年に設立された京都大学木材研究所を前身とする材鑑調査室には、飛鳥時代から現代に至るまで、多種多様な建築古材や2万点を超える木材標本が所蔵されている。「木材はビックデータ！ 私たちの歴史や文化はもちろん、地域性や年代、当時の気候までも、この木片からわかるんです」。室内を温かく包みこむオレンジの照明の中、杉山淳司教授と反町始さんの案内で木材に秘められた情報を調査した。

\*『紅蒨』ウェブサイトでは、紹介しきれなかった写真を多数掲載しています。  
<http://www.kyoto-u.ac.jp/kurenai/201903/shisetsu/>

## 案内役



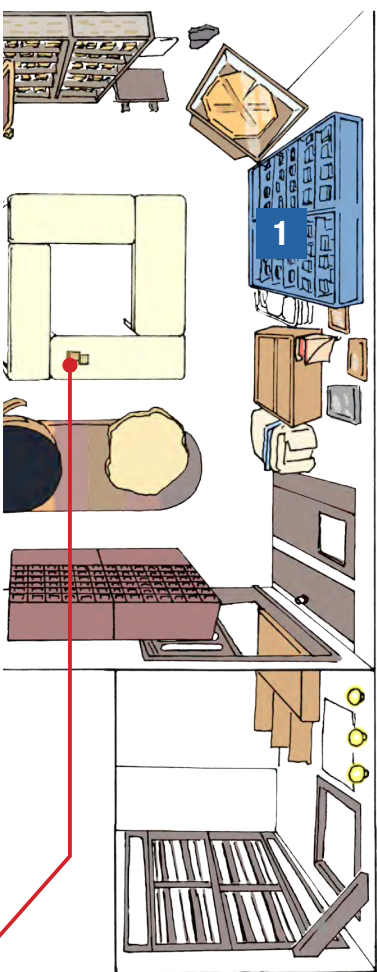
**杉山淳司教授**  
 生存圏研究所  
 すぎやま・じゅんじ◎1959年、大阪府に生まれる。京都大学大学院農学研究科修士課程林産工学専攻修了。東京大学農学博士。東京大学農学部助手、フランス国立科学研究センター(CNRS-CERMAV) 研究員、京都大学木質科学研究研究所助教授などをへて、2006年から現職。



**反町 始さん**  
 生存圏研究所 技術職員  
 そりまち・はじめ◎1975年、愛媛県に生まれる。1999年に日本大学農獣医学部林学科を卒業。京都大学木質科学研究所をへて、2004年から現職。2006年から材鑑調査室の業務に携わる。



京都大学芦生演習林で伐採した木材。辺材と心材の特徴を比べられるよう、断面に工夫を凝らしている。



## 1 建築古材

材鑑調査室の特筆すべき特徴は、飛鳥時代の法隆寺や江戸時代の二条城など、各時代を代表する建築物の部古材の収蔵。約500点におよぶ古材の多くは、木材の劣化研究の第一人者である故小原二郎先生(千葉大学名誉教授)からの寄贈。戦前から戦後にかけて、日本各地の寺院で実施された解体修理の際に譲り受けたという。



二条城黒書院の野地板のスギ

### 古材からわかること

#### ● 建材の樹種識別

文化財の補修には同じ樹種を使うことが原則。樹種の特長は、保存・継承に役立つことはもちろん、創建時の時代背景を理解することにもつながる。

断面を切り出して光学顕微鏡で組織を確認する方法が一般的であるが、現在はX線CTなどを用いて、貴重な文化財を傷つけることなく、非破壊で樹種を識別することもできる。

興福寺や博物館に協力して国宝・阿修羅像の心木の調査にも参加しています。CT画像に映った木目を人工知能に判定させ、樹種を特定するという新しい技術です。

#### ● 木材の材料寿命

老化のメカニズムがわかれば、文化財の修復時期の目安にできますし、修復に使用する木材の選定に活用できます。

木材は湿度が高いと水分を吸収して膨らみ、乾燥すると逆に放出して縮む。その動きが活発な若い木材を古い木製品の修理にはめ込むと、古材を破壊することがある。そこで熱処理を施して老化させた人工的な古材を作って利用する。



CTを使えば、断面を切り出せない極小のサンプルも分析可能。



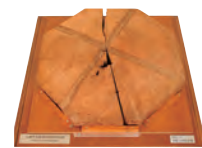
#### ● 樹木年輪に刻まれる当時の気候

樹木の多くは春から秋にかけて成長し、幹が太くなる。その痕跡が年輪。近年注目されているのが、年輪に含まれる炭素や酸素、水素から当時の気候を推定する方法。元素には、時間が経つと他の核種に変化するものと、そうでない安定なものがある。安定な元素は、変化することなく年輪の中に残る。湿度と相関のある重い酸素の量を測れば、その年の降雨量を推定できる。

雨の少ない時期と飢饉の時期とが合致するなど、データと歴史上の出来事とを照らし合わせると新たな側面が見えてきます。分析技術が進歩すれば、さらに多くのことがわかるかも。貴重な手がかりがつかまった(もの)を次世代につなぐことも私たちの責務です。

#### 法隆寺五重塔の心柱(ヒノキ)

推定樹齢は455年以上、年代は241～594年(弥生時代から飛鳥時代)頃。年輪の数は351あり、削り落とされた周囲の年輪数を加算すれば、正確な伐採年代を推測できるという。



奈良文化財研究所の調査で伐採年が推定され、法隆寺の再建・非再建論争に新たな知見を与えました。しかも、この年輪には弥生時代や古墳時代の日本列島の姿を知る手がかりがみついています。まるでタイムカプセルですね。

### 樹木の構造とその機能を考える

私の研究の柱は、樹木の構造がどのように作られ、どのように機能するのかを調べることにあります。そのために多様な木材資料やデータを集め、解析することが必要です。肉眼や顕微鏡レベルでのマクロな調査だけでなく、赤外線やX線を使った分子レベルでの調査も研究対象です。

所蔵する木材標本を、いかに有効に利用できるか、自らの手を動かして研究しています。人工知能などの新しい手法を導入して、新しい科学を創生したいです。



ウッドデッキ

調査室の屋根裏倉庫には、さらに大きな建築古材を保管。寺院の改修や修理の話聞きつけると教員自ら足を運び、交渉し、部材を譲り受ける。しかし、保管の重要性はまだまだ認知されておらず、貴重な古材の多くが捨てられているという。

祇園祭の山鉾の車輪や2013年に解体された京都大学音楽集會堂の建物部材なども保管しています。たくさんの情報を残せるよう、引き取ってきたままの形で保存します。



### 材鑑調査室の沿革

- 1943 ● 木材研究所 設立
- 1978 ● イギリスのキュー王立植物園が監修する国際木材標本庫総覧に機関略号KYOWとして正式登録
- 1980 ● 材鑑調査室 設立
- 1991 ● 木質科学研究所に改組
- 2004 ● 生存圏研究所 設立(木質科学研究所と宙空電波科学センターを統合再編)
- 2005 ● 大学附属全国共同利用研究所として活動を開始
- 2007 ● パーチャルフィールド、展示室の新設
- 2009 ● 古材中心の屋根裏収納庫を新設

### 一般公開

毎年秋に開催される「京大ウィークス」に合わせて一般公開。2018年は約300名の参加者があり、ルーペを用いた木材の組織観察などの体験実習を実施。

### ●(もの)のデータベース

生存圏研究所は共同利用・共同研究拠点に登録されており、国内外の研究者が利用できる。大型装置・設備の共用と、生存圏に関するさまざまなデータベースの公開が主軸。データベースには、計測結果などの(電子データ)と木材標本などの(もの)の2種類がある。材鑑調査室は(もの)のデータベースの拠点として、文理融合の研究を推進する。

### ●生存圏研究所

日常生活の場所としての「生活圏」、私たちが包む「大気圏、大気圏の中で呼吸する「森林圏」、地球外につながる「宇宙圏」など、人類の生存に必要な領域と空間を「生存圏」と捉え、その現状を診断・評価し、将来の解決策を探究する。宇宙スケールから遺伝子レベルにいたる多様な研究テーマに、分野の枠を超えて取り組んでいる。

### ●アクセス図



## 2 木材標本



室温22度、湿度40パーセントに管理されたこの部屋は材鑑調査室の〈ハート〉。スチール製の引き出しには、京都帝国大学時代の収集品を含めて2万497点の木材標本が収められている。これらは、木目や樹皮、材面を観察したり、樹種特定の標準標本として使われたりする。毎年新たに、大学の演習林や国有林で採集されるものや、寄贈されたり台風による倒木で破棄されるものを譲り受け、標本にして保管している。すべての標本に番号をつけ、データベース化してインターネット上に公開。材鑑調査室が音頭をとって、国内7つの施設との合同ネットワークを構築し、各大学の木材標本を同じウェブページで検索できる仕組みになっている。

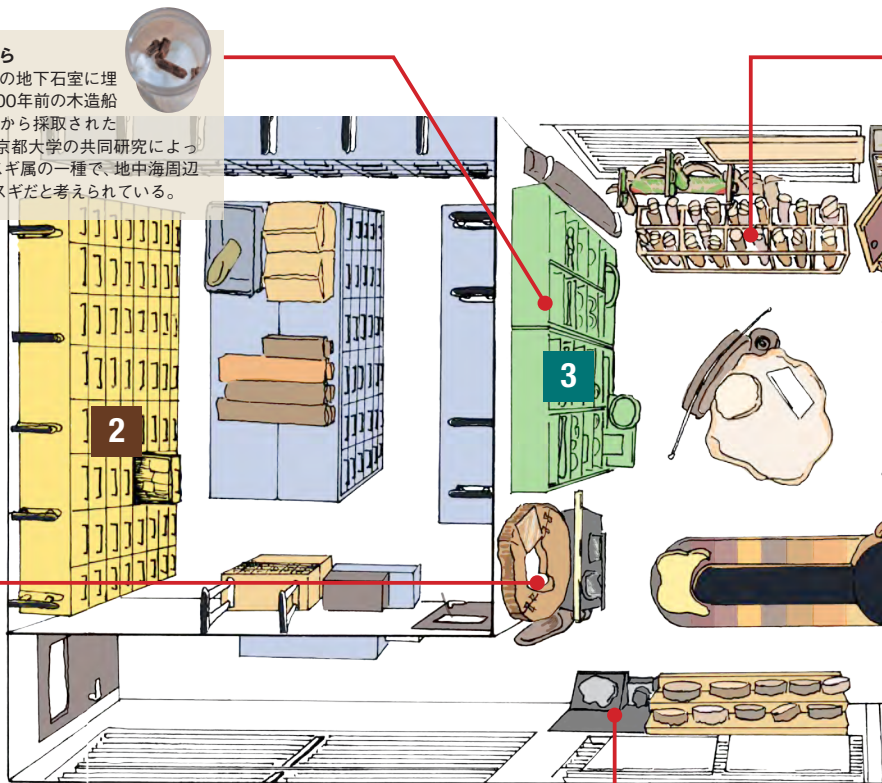
### レバノンスギのかけら

クフ王のピラミッド隣の地下石室に埋蔵されていた、約4,600年前の木造船「クフ王の第二の船」から採取されたもの。早稲田大学と京都大学の共同研究によって、木片はヒマラヤスギ属の一種で、地中海周辺に生育するレバノンスギだと考えられている。



### 屋久杉の円板標本

樹齢2,000年を超えるスギの巨木が現生する屋久島。この円板標本は直径180センチメートル、樹齢はおよそ950年とされる。屋久杉は樹脂が多いのが特徴で、この標本からは、生育していた鎌倉時代に蓄えられた樹脂が今も染み出している。



### 珪化木

長年にわたって地中に埋もれ、鉱水や鉱泉などに晒された木材の成分が、何万年もかけて二酸化ケイ素に置き換わったもの。いわゆる木の化石です。表面を薄く切り取り、顕微鏡でのぞくと、木材の組織がそのまま残っています。

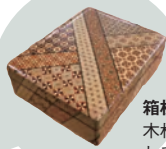


## 3 〈木づかい〉を知る 伝統木工芸品

日本各地に伝わる木工芸品には、その材を選択する理由と、材の特性を生かして美しく仕上げる技術と智恵が詰まっている。

日本人が古くから、いかに木と密接に関わってきたのかを物語る資料でもあります。

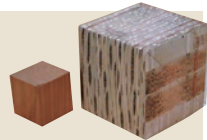
スポーツ用品メーカーの依頼で、バットに使われている木材を調べたことも。



**箱根寄木細工**  
木材の色の違いを利用して模様を描く。

### 一位一刀彫

イチイは庭木としても一般的な針葉樹。古代には高官の笏(しゃく)に使われ、イチイの名は正一位、従一位といった位の名前に由来するとの説もある。一位一刀彫は岐阜県の木工品。濃い赤茶色をした心材と、辺材の薄い色を生かして彫られている。



### 組み立て付録

研究者は、木材の組織を3次元で捉えて識別しています。広葉樹の木部組織には水分を通ず道管があり、光学顕微鏡で覗くと道管の穴が観察できる。3つの断面ごとに見え方が違うことを実感してもらおうと、「京大ウィークス」の参加者向けに組み立て式の付録を作りました。



パキスタンの砂漠を走る列車内で自称「盗賊」の男たちと

ろくに建築家の名前も知らなかった高校生のはくが、大学の入試に際して建築学科を選んだのは、父親が高校の美術教師だったことと、子どもの頃から図画工作が大好きだったからで、何となく親近感を感じたという以外に大した理由はない。誰から聞いたのか記憶にないが、「建築学科ではヌードデッサンがある」という噂（これは本当だった）にも、多少背中を押されたかもしれない。

大学に入って読んだ安藤忠雄さんの本に「建築家になるには旅をしなければならぬ」と書かれていた。真に受けて、どこへ行けばいいかと本屋で立ち読みしていたら、カヌーイストの野田知佑さん

が書いた『日本の川を旅する』が目にとまった。カヌーで旅するのは普通の旅行とは目線が違って楽しそうだと思い、一念発起して夏休みに喫茶店でアルバイトを始めた。貯めたお金で背中に背負える折りたたみ式カヌーを買い、四国の四万十川や北海道の釧路湿原など、カヌーにテントを積んで日本各地を旅した。というわけで、大学の建築の授業にはほとんど出席しないダメ学生だった。

### 「建築家なしの建築」への興味

唯一、精を出して取り組んだ授業が、建築の設計演習であった。いろんな建築家の作品を参考にしながら自分の考えを建築の形にするのだが、現代の建築がそれほど魅力的にも思えなくて、悩んでいた。そのころ、建築学科の授業で『建築家なしの建築』（バーナード・ルドフスキー著）という本を紹介された。名もない人々が作り出した世界中の個性的な建築や集落の写真集で、その独特の雰囲気一気に惹きつけられたが、いかんせん写真が小さく画質も悪い。それを見るために海外に行きたいという思いが募っていった。

そのころ早稲田大学の探検部にいた高校の同級生に『深夜特急』（沢木耕太郎著）を手渡された。イン

## 名もなき建築を追いかけたユーラシア大陸横断の旅

森田一弥さん  
森田一弥建築設計事務所 代表 一級建築士



京都御所など、数多くの文化財の修復に携わった左官職人として

断する旅に出ることにした。神戸港から出港する鑑真号というフェリーで上海に向かい、ひたすら陸路で西を目指した。『建築家なしの建築』で紹介されていた、ヤオトンと呼ばれる中国の地下住宅、砂漠の風を採り入れる塔のあるイランの民家、仏壇のように裝飾されたルーミアの木造民家など、小さな白黒の写真を探りに探し歩いた。その土地で長い時間をかけて育まれた名もなき建築の魅力に強く心を揺さぶられた。

### 左官職人の目で「造る」を学ぶ

大学院を出ると、「見る」だけの建築からもう一歩踏み込んで「造る」ことも知りたいたと、文化財の修復を専門にする京都の左官職人さんに弟子入りした。左官職人には要するに、お寺や民家の土壁や漆喰を塗る仕事なのだが、これがまた面白くて一気にのめり込んだ。ただの土塊や稲藁が、人間の知恵によって美しい建築に仕立て上げ

られる。日本建築は「木」の印象が強いが、じつは瓦や壁などその大部分は「土」でできている。五年間の修行で、伝統的な土壁の技術を身に付けつつ、暇を見つけては瓦や大工などの職人の仕事も観察して目に焼き付けた。

二〇〇〇年になって自分の設計事務所を立ち上げた。その頃から一貫して、町家などの古民家を現代的な用途にリノベーションする仕事や、新築の設計でも、土壁や漆喰など古い技術を用いて空間を彩ることに取り組んできた。そうすることで、現代的な建物にはない過去との連続性や、柔らかな質感を、人はその空間に感じることもができるのだ。

建築家としてのぼくの原点は、二〇代の頃、「旅」をすることで出会った数え切れないくらいの「建築家なしの建築」だったのだと、今になって思う。



もりた かずや  
1971年、愛知県に生まれる。1997年に京都大学大学院工学研究科修士課程修了。京都「しっくい浅原」にて左官職人として修行、金閣寺など文化財建築の修復工事にたずさわった。2000年に森田一弥建築設計事務所を設立。個人住宅の設計や店舗インテリアのデザイン、古民家再生、国内外での美術展での作品制作、海外での途上国支援など、多彩な活動を行っている。

# キャンパスの電気を見守り四〇年

## 足立融正さん

工学研究科事務部管理課



あだち・みちまさ●1958年、兵庫県に生まれる。兵庫県立西脇工業高校電気科卒業。1983年に立命館大学理工学部卒業。1978年に京都大学施設部に採用され、以後構内各地に配属。2018年から現職。

京都大学で活躍する学生や研究者を役者に例えるなら、キャンパス内の建築物はさながら舞台装置。役者の個性がきわだつ（舞台）を整え、長く使い続けられるよう維持する役割を担うのは施設系技術職員。建築、機械、電気の三分野のスペシャリストたちだ。四〇年にわたり京都大学の電気設備をささえてきた足立融正さんのお話から、「影の立役者」の仕事ぶりに迫る。

桂キャンパスをはじめ、京都大学の主要キャンパスには、一般家庭用の低圧電力ではなく、七万七〇〇〇ボルトの特別高圧で受電する。特高変電所で六六〇〇ボルトの高圧に降圧し、各構内に配電された後、さらに各建物の電気室で低圧に降圧。それぞれの研究室や教室に送電される。電気室は地下にひっそりと設置されることが多く目立たないが、その数は大学全体で二〇〇

を超える。「広大なキャンパスを保有する京都大学はひとつの街のようなもの。変電所や配電設備を維持管理する仕事はいわば電力会社です」。そう語る足立融正さんが携わるのは、照明や空調設備、コンピュータや実験機器の駆動など、研究・教育活動の動力とでもいべき、電気系統全般。建築物やインフラの設計、積算、専門業者とのやりとり、施工管理、維持管理

まで、電気に関わるあらゆる業務を一手に担う。

**キャンパス内で  
今なお輝く仕事の結晶**

就職してまもない二〇歳の足立さんが任されたのは、一五〇平方メートルほどの建物の電気配線の図面設計。鉛筆と定規を手に、製図板に向き合う毎日だった。そうして完成したのは、稲盛財団記念館裏手にあるコンクリートブロック造のクラブボックス。「緊張しながらの初仕事。今も現役で使われているのは、自分の仕事が間違っていないかった証のようであらう」。当たり前のように教室のすみにあるコンセントも、その数や配置は足立さんたち技術職員の技術と知恵の賜物だ。「先生や学生の要望をできるだけ聞いて、利便性の良いものをつくりたい。その思いは、四〇年間変わりません。予算や法律などと天秤にかけながら、実現できるように努力します」。二〇一六年に完成した農学研究所附属農場には、昼間の電気使用量をまかなえる太陽光発電パネルが設置されている。足立さんは関連業者への見積依頼、発電量と節電量の計算、配線の設計などを担当。「予算面の条件もあり、当初はパネルを減らす方向でしたが、『温室よりも太陽光パネルを』という先生の強い要望に応えたくて……。夜間電力もまかなえないかと計算してみました。高額で大容量の蓄電池設備

が必要とわかり、やむなく諦めました」。

学内で初めてエスカレーターを導入した京大病院の外來診療棟や、百周年時計台記念館の電気設備も足立さんの仕事だ。「四〇年もいままから、あらゆる現場に携わっています。時計台のこだわりは照明器具。明かりの色合いを場所ごとに変えたり、シールドまわりの装飾をあえて古めかしく加工しました。納得のいく仕上がりです」。

### 安定的な稼働は 日々の注視があつてこそ

さらに足立さんには、もう一つ、電気主任技術者としての任務がある。各キャンパスに一人ずつ任命され、電気設備の把握や保安点検、電気工事の監督などに従事する。自然災害による停電や装置の故障など、ひとたび電力系統に問題が

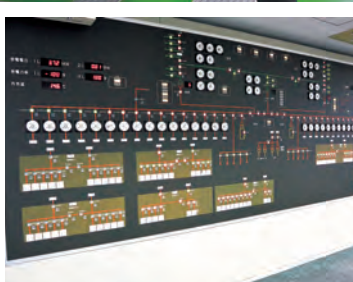
起これば、研究や教育活動が妨げられるだけでなく、命に関わる事故にもつながる。問題なく稼働しているか、キャンパスの動きに目を光らせ、情報収集を怠らない。「責任はとても重いですが、京大に貢献できています。実感があります」。言葉少なげに穏やかに語る足立さんのことを、同僚たちはひそかに「いぶし銀」と呼んでいるという。裏方に徹し、淡々と、しかし心を込めて誠実にこなすその背中には、四〇年の歳月が磨きあげた輝きを放つ。

\*1 施設系技術職員  
キャンパスにある建物の設計・施工・保守管理や、キャンパス全体の計画など、建設プロセスのすべての業務を担当する。

\*2 電気主任技術者  
発電所や変電所、工場ビルなどの受電設備や、電気設備の保安監督に従事できる国家資格。資格は、取り扱う電圧によって三種類に分かれる。足立さんは一七万ボルト未満の電気を扱える第二種電気主任技術者。



77,000Vの高圧電力を受電し、降圧する装置。地下の約300㎡ほどの広い空間に配置されている



変電所内のパネルを見れば、桂キャンパスの電気稼働状況が一目でわかる

# スピリット



渡航中は、日本に興味のあるハーバード大学の学生で構成されるジャパン・ソサイエティのメンバーとも交流。今でも連絡を取りあい、定期的に会っているという

結する材料を生み出す重要な役割を担った。「莫大な研究費が注がれる本気のプロジェクトですから、責任も重い。実力が試される機会だと思って、食らいつきました。研究を少しでも前進させる結果を残せたことは大きな成果です。帰国前には、次の研究留学先としてカリフォルニア工科大学との約束を取り付けるなど、大きな土産を持って日本に帰国した。「思いついたら即行動」派にみえる高橋さんだが、その行動は意外にも冷静な判断に基づいたもの。「つねに自分が最も成長できる場所に身を置いて、先頭から見える景色を知りたいんです」。奮励の源には、科学への強い思いがある。「宇宙はどのように始まったのか」という疑問に物理学で挑みたい。紙と鉛筆だけでこの世を理解しようとする理論家としてではなく、実験によって新しい現象を探したり、既存の理論を検証する実験家として世界のトップを走りたい。これまでの挑戦で、世界の最先端を肌で実感できました。

卒業まで残り数か月、海外の大学院への進学も視野に入れ、進路をじっくりと見定めている。「夢を語るだけでは食べていけないことも痛感しましたが、物理学の謎を解くために、自らの知識を総動員して挑む実験は人生をかける価値がある」。まっすぐなまなざしと言葉は、「彼ならば、宇宙のふしぎの一片を明らかにするに違いない」、そんな期待を抱かせる。

## 溢れる意欲が 引きよせた 最先端の世界での 〈おもろい〉経験

2017年度「おもろチャレンジ」採択者  
高橋唯基さん  
(理学部4回生)

**練**習開始は6時半。夕方ではなく、冬の早朝6時半。あたりはまだ薄暗く、息が白くなるほど寒い。「1限の授業に出るために練習をきりあげて大学に戻った部員もいるので、今日は人数が少なく……」。主将の藤井暁雅さんは申し訳なさそうに言うが、貸切の京都アクアリーナのリンクには20名ほどの部員の姿が。曲に合わせて演技する部員、黙々と練習する部員、滑りながら談笑する部員。それぞれに目的を持って、練習に打ちこんでいる。

京大吉田キャンパスからこのリンクまでは電車を乗り継いで片道30分以上はかかる。練習は週2回。早朝に集まるために4時起きこのメンバーもいるが、辛そうな部員は見当たらない。「貸切で練習できるので文句は言えません」。さわやかな笑顔で藤井さんが続ける。「京都での練習は楽なほうです。このリンクは夏はプールに変わるので、その期間は津市のリンクに移動します」。早朝の練習とは対照的に、大阪での練習は深夜12時から。たまには大阪まで遠出することも。「新入部員の9割は初心者です。あまりのタイトさに最初は音をあげますが、スケートの魅力を知る

## ネタプロで 真剣勝負

フィギュアスケート部 主将  
藤井暁雅さん  
(総合人間学部3回生)



2018年12月に岡山で実施した1、2回生合宿。先輩が少ない中、教え合い、自身で試行錯誤し成長する

と、しんどくても耐えられるようになるのです。なるほど、悲壮感はありません。

部員数は総勢50名ほど。大学のフィギュアスケート界では有数の規模だ。「ここまで個性豊かなメンバーが揃う部は珍しいですよ」。リンク内に『アルプスの少女ハイジ』の主題歌が鳴り響いた。BGMではなくプログラム曲だという。「試合が近づくと、プログラム曲を順番に流して練習します。京大は、普通なら敬遠されるような曲を選ぶ人が多いので、他大からは『ネタプロ(=ネタのプログラム)が多い』とよくちゃかされます(笑)」。藤井さんも1回生のとき、広島カープの応援歌に合わせて演技した。「振付を考えてくれた先輩は阪神ファン。すごくもめた記憶があります(笑)」。

プログラムはユニークだが、取り組む姿勢は真剣そのもの。「今シーズンは悔しかった」と藤井さん。シングルとともに取り組むアイスダンスでは、バジテスト(\*)に合格できず、目標の大会への出場が叶わなかったのだ。「でも、絶対にあきらめません。夏のオフシーズン中に大幅にレベルアップしたい。欲を言えば、現役最後の演技で後輩を感動で泣かせたい(笑)」。12月に任期を終えて主将を退いたが、選手としては卒業まで現役を継続。氷上に刻まれた努力の軌跡は、まだまだ輝き続ける。

\*バジテスト●公益財団法人日本スケート連盟が定めた、フィギュアスケートの技能検定。初級～8級まである。所持する級により、出場できる試合が制限される。たとえば、全日本選手権への出場には7級の所持が必要。



部員の9割が大学から始めたスケーター。各々が個性を生かし、1から自分らしいスケートを作りあげる



## 探検の必需品は〈知〉への欲求

探検部 プレジデント  
中土井 洋平太さん  
(理学部3年生)

熱帯がとにかく好きで、幼少期から関連の本を読みあさったという中土井さん。アマゾン渡航の夢は2回生で叶えた。「アマゾン川の船上で5日間過ごしました。『ついに熱帯にきた』と実感したのは、夜中にトイレに行ったとき。電球に集まる大量の虫をかき分け、床一面に散らばった虫の死骸のじゅうたんを踏みながら、『これぞ熱帯だ!』と」

**探** 検道具がひしめく部室。壁に貼られた模造紙には、「パプアニューギニア探検隊」の文字。中土井洋平太さんが挑むのは、憧れの熱帯地域、パプアニューギニア南部の未調査地域への遠征プロジェクトだ。

ニューギニア島内には、言語や慣習の異なる750以上の集団が暮らす。とりわけ南部地域は、移動経路の困難さや感染症の流行を理由に、調査の対象から外されることが多かった。「論文や紀行文をくまなく探しましたが、この地域に関する記述はゼロに近いんです」。中土井さんは2019年2月から、部員と3人で2か月間、数か所の村に滞在して、社会生活や文化を観察する。

「なよりの目標は、無事に生きて帰るこ



パプアニューギニアでは、カヌーに乗っての移動が基本。銅山の工業排水が原因で木が枯れるなど、熱帯雨林が破壊されているのが問題となっている

滋賀県の佐目風穴という洞窟。部員は自身の興味に応じたアウトドア活動を行なっている

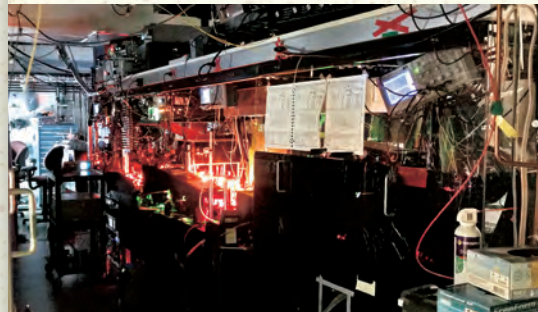


と」。未調査の地域ゆえに、遭遇する危険も未知。マラリアやデング熱、致命的な毒を持つ蛇など、日本ではまず出会うことのない危険にみまわれるかもしれない。「数か月後にはこの世にいないかも、と不安に思うこともあります」。パプアニューギニアをフィールドとする研究者に片っ端から話を聞いて回ったり、あらゆる危険を想定して準備を重ねる。現地でも10日間にわたる事前調査も済ませた。「国内の遠征でも、わずかな油断が命取りになる。探検部と隣り合わせの〈死〉の存在を意識し、『しっかりせな』と言い聞かせています」。

京都大学探検部の創設は1956年。定められた目的以外の海外渡航が禁じられていた時代に、未調査地域の学術探検を志した部員たちは数々の海外遠征にくり出した。1960年代の法律改正で、誰でも自由に海外旅行ができるようになってからは、学術調査は大学院生が時間をかけて取り組むものに変化。探検部もおのずとかたちを変えてきた。「活動内容を聞かれても、具体例を羅列するしかないんです」との言葉どおり、ロッククライミングや沢登り、カヌー体験などの野外活動、はたまた納豆、燻製、干し柿作りまで、部員の興味の数だけプランはある。「個人的に海外遠征に行く部員は多いのですが、今回のように部の承認を受けての長期間の海外遠征はおよそ10年ぶりです」。すでに、第2弾の海外遠征も計画されているという。

定例の活動もなければ、活動内容の制約もない。部員たちそれぞれが挑戦したいことを企画し、仲間を募り、実践する。興味・関心や性格、行動様式もバラバラの部員たちを束ねる芯は「知的な好奇心」。それがすべての活動の原点だ。「ここがブレないかぎり、どんな活動でも探検部だと言えるんです。誰に言われるでもなく、『知りたい』という純粋な好奇心で動く仲間の姿を見ると、『お前は何かしたいんや』と問われているように感じます。自らの奥底にある興味を探るのが探検の第一歩です」。

素粒子物理の実験には、スーパーカミオカンデのような大型の施設を使うのが主流だが、近年は技術の進歩で、実験室に収まる装置での実験が可能になった。ドイル教授の研究室が参加しているプロジェクトの測定精度は、世界で最も高い



**「極** 低温分子の量子系に対する制御および測定技術を用いた素粒子物理学への画期的な応用に関する研究」。報告書に書かれた46文字に目をパチクリさせていると、高橋唯基さんが一言。「『おもしろチャレンジ』の中で一番おもしろくなさそうなタイトルですね」。おらかな表情に安堵したのもつかの間、「でも、内容は誰にも負けませんよ」。自信に満ちた語り口に引きこまれた。

既存の留学制度に頼らず、活動内容を自ら計画し、海外で学ぼうとする学生を支援する「おもしろチャレンジ」。2016年度にスタートし、これまでにのべ90件が採択された。高橋さんが合意を取り付けた渡航先は、ノーベル賞受賞者を多数輩出する名門、ハーバード大学。原子物理学の世界的権威であるジョン・M・ドイル教授の研究室で2か月を過ごした。きっかけはランチタイム。「来日中のドイル教授と昼食をご一緒できる機会があり、自分から積極的に研究の話をしたんです。すると後日、『研究室に来てみる?』とメールが届いたんです。迷わず飛びつきました」。

関連論文を入念に読みこんで留学に挑んだ。この分野の最先端を独走するチームに加わり、実験データの収集や解析など、成果に直





7歳の頃、家族で1年半ほど岡山県に滞在。異国での暮らしに毎日泣いてばかりだった。「でも日本のクラスメイトがいつも助けてくれて、帰るころには日本を離れたくなかった(笑)」



ックした研究室のドアの隙間からのぞいたのは、大輪のヒマワリのような笑顔。母国トルコのイェディテベ大学で建築学とランドスケープ・アーキテクチュア(\*1)を学んだエリフさんは、修士課程では都市デザインを専攻し、トルコの伝統家屋の危機的な状況を知った。鉄筋コンクリートの近代建築が主流になる中、釘を使わない組み木の技術で建てる伝統家屋は減少の一途。保全活動は都市部に限られ、農村部は手が打たれていない。都市部で生まれ育ったエリフさんには、農村の伝統家屋の景観はなおさら貴重に映ったという。日本には、合掌造りなどの伝統家屋を村ぐるみで保全する事例がある。その考え方はトルコでも活かせるのではないかと、エリフさんは2016年の春に京都大学の大学院に進学した。

2017年12月、エリフさんは富山県あいのくら相倉集落(\*2)に9日間滞在した。農業や民宿、商店などを営む6戸の民家に宿を借り、観光事業が集落に与える影響などを調査した。

## 茅葺屋根のむこうに望むトルコの未来

Var Elif Berna (ヴァル エリフ ベルナ) さん  
(地球環境学舎 博士課程3回生)



博士課程の3年間で「特別な経験」と話す。各国からの留学生や日本の学生との交流から、トルコの文化に気づくこともあるという。トルコでも日本でも、聞き取り調査では住民の気持ちを引き出しながら話を聞くようにしている

ある滞在先でのこと。民宿を営むお母さんは足が不自由で、仕事では息子さんの助けが欠かせない。ある日、不在の息子さんに代わってエリフさんが手を差し伸べるも、お母さんは、「エリフはお客さんだから、私一人で大丈夫」と遠慮がち。「お世話になっているお礼がしたくて、『手伝いたい』と繰り返すと、お母さんの目がふっと緩みました。その表情が忘れられない。年明けにはお礼の年賀状が届きました。数か月後に、仕事で日本に来た父が私に代わってトルコのお土産を届けると、手作りの小さなお手玉を送ってくれました。「お客さん」の一線を越えられたよろこびを、身振り手振りを交えて表現するエリフさん。

それもそのはず。異国での調査の難しさはたびたび感じてきた。トルコであれば、気になる家屋があれば気軽にドアを叩けるが、日本ではそうはいかない。「家の中を見せてほしいと、初対面でお願ひするのは失礼な気がして、一步引いてしまう。でも、もっと思いきってお願ひすればよかったかも」。

そう苦笑いするも、その表情は日本で学ぶ充実感に満ちている。「日本には、住民や研究者、行政の人たちが一緒になって地域を盛り立てようとする雰囲気があります。五箇山の取り組みもその一つ。トルコ政府からは、論文をぜひ提供してほしいと依頼されました。木造建築への興味から始めた研究が、トルコのためにも役立つのは幸せなことです」。

将来の夢は、住民と一緒に地域のために動ける研究者になること。調査資料で分厚く膨れたノートは、地域住民との信頼関係の証。地道な対話を礎に夢を追うエリフさんの目には、トルコの未来が見えているようだ。

\*1●自然環境や人の暮らしも含めた景観を、魅力的かつ利用する人にとって望ましく改善・創造することに関わる学問分野。

\*2●富山県南西端に広がる五箇山には相倉集落と菅沼集落との二つの集落があり、伝統的な合掌造りの住居が現存する。1995年には岐阜県白川郷荻町集落とともに世界文化遺産に登録された。



相倉集落の合掌造りの民家



トルコの農村の風景。手前に見える伝統家屋に対して、白く目立つのが新しいコンクリート造りの家屋

アンケートに  
答えると  
「総長カレー」が  
当たる!



アンケート

問1	本誌の入手場所
問2	関心をもった記事
問3	ご意見・ご感想
問4	年齢・職業(学年)
問5	プレゼントに応募の場合 氏名・住所

スマートフォン、タブレットPC、パソコンで下記のQRコードを読み取り(もしくはURLを入力し)、専用フォームにアクセスするか、本誌裏表紙の奥付に記載の発行所宛に、郵送、FAXまたはメールで、上記項目について記入してお送りください。ご協力いただいた方の中から、抽選で10名様に「総長カレー」をプレゼントします。応募の締め切りは2019年9月11日(水)です。当選者の発表は発送をもってかえさせていただきます。

URL <http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/about/public/issue/kurenai/enquete>



## 京都大学基金事務局より

京都大学基金では、卒業生をはじめ保護者や地域、企業・団体の皆様からいただいたご寄付を、教育・研究・社会貢献のために活用しています。

【お問い合わせ先】 京都大学基金事務局 TEL.075-753-2210 <http://www.kikin.kyoto-u.ac.jp>

### ききんの 基本 vol.05

### 「遺贈」を ご存知ですか?

「遺贈」とは遺言によるご寄付、つまり、遺言書をつくり、所有されている資産を特定の人や団体へ寄付することです。

京都大学では遺贈の受け入れを行っており、弁護士や税理士などの専門家や金融機関のご紹介などにも対応しています。

#### ■相続税について

遺贈により取得された財産を相続税の申告期限までに京都大学に寄付した場合、その寄付金額には相続税が課税されません。

京都大学が発行する「寄附金領収証書」を添付のうえ、相続税の申告をお願いいたします。

#### ■遺言書の作成について

遺贈内容の検討や遺言作成については、専門家(弁護士、司法書士など)にご相談されることをお勧めしています。また、確実に意思を実現するため「遺言執行者」をご指定いただくようお願いしています。

なお、本学では信託銀行・銀行と協定を結んでおり、各金融機関に直接ご相談いただくことも可能です。直接お問い合わせいただく際は、京都大学基金ホームページをご覧ください。

#### ▶本学が協定を結んでいる金融機関

三井住友銀行京都支店 ▶TEL: 075-211-4131

三井住友信託銀行京都支店 (法人営業室)

▶TEL: 075-212-6820

みずほ信託銀行京都支店 (プライベートバンキング室)

▶TEL: 075-211-6304

### 遺贈の流れ

1

**遺贈の意思決定・遺言執行者の決定**  
財産引き渡しや登記などの手続きを行う「遺言執行者」をご指定ください。

2

#### 遺言書の作成

遺言書には一般に「公正証書遺言」と「自筆証書遺言」があります。法定相続人の「遺留分」にご配慮のうえ寄付金額や遺贈の割合をご検討ください。

3

#### 遺言書の保管・管理

遺贈先として「京都大学基金」を指定された旨をお知らせください。

4

#### ご逝去～遺言執行者への連絡

遺言執行者にご逝去の報告がないと、遺言の執行が開始されません。信頼できる方を通知人に指名し、打ち合わせておくことをお勧めします。

5

#### 遺言書の開示と遺言執行

遺言書に基づき、遺言執行者が執行業務を行ないます。

6

#### 京都大学基金より領収証書を発行

領収証書や感謝状をお送りいたします。

三菱UFJ信託銀行京都支店 (リテール営業部)

▶TEL: 075-211-7172

りそな銀行京都支店

▶TEL: 075-221-1141

※なお、故人のご遺志、ご遺族の意思に沿って相続財産からご寄付いただくこともでき、同様にその寄付財産には相続税が課税されません。

### 編集後記

本庶佑先生が、2018年のノーベル生理学・医学賞を受賞されました。本号では、これを祝して、ぜひとも特別な企画を立ち上げたいと考え、「特別鼎談」を企画いたしました。本庶佑先生と、山中伸弥先生、そして湊博先生という豪華な鼎談です。最初は、こんな鼎談をほんとうに実現できるのだろうか、と考えていました。

ですから、いずれも極めてお忙しい先生方が時間を調整してください、鼎談の場集っていただけたいことは、ほんとうにありがたいことでした。

お話の内容は、これからの未来を担う学生たちへの忘れられないメッセージであるとともに、私たちすべてに力を与え、覚悟を促すものであったように思います。

京都大学は、数多くのノーベル賞受賞者を輩出してきており、それは京都大学の研究・教育の裾野の広さと豊穡さを示しているのだと思います。在学生や京都大学の教員だけではなく、卒業生のお力も借りながら、これからも「京大スピリット」の輝きが増していくよう、願っております。

2019年3月  
広報委員会「紅萌」編集専門部会

## 京都大学同窓会だより

### 第13回京都大学ホームカミングデイの開催

2018年11月3日(土・祝)に、「継(つぐ)」をテーマに第13回京都大学ホームカミングデイを開催しました。同窓生、一般の方など約2,850名の参加がありました。

講演会は、「京都のこころー豊かな未来を生きるヒント」と題し、養老孟司東京大学名誉教授から専門の解剖学にまつわる話をはじめ、鎌倉と京都との違いに関するお話などがありました。後半の山極総長とのパネルディスカッションでは、互いの研究分野からとらえた京都観を討論するなど、大いに盛り上がりしました。

午後からは、紫野和久傳の特別弁当と落語研究会による落語と漫才とを楽しんでいただく「京料理を味わう」や、昨年より出演団体数を増やした「音楽祭」などが行なわれました。フィナーレでは、完成100周年記念として、出演者と会場の方がたが一体となって「琵琶湖周航の歌」を大合唱しました。

他にも、クスノキを中心に屋台やステージなどを展開する「くすのき秋祭2018」、本学学生の挑戦を後押



養老先生の講演会



音楽祭での大合唱

しする取り組み「SPEC」に採択された学生による「SPEC2018採択発表会」などが開催されました。

また、今年のテーマに合わせて、「在学生へのメッセージ」、「思い出の写真投稿」を京大サロンにて実施しました。同会場では、本庶佑高等研究院副院長・特別教授のノーベル賞受賞を記念した「研究紹介パネル展示」も行ない、多数の参加者で賑わいました。

次回のホームカミングデイは、2019年11月2日(土)に開催します。

### 新規加入「福井県京都大学同窓会」 「和歌山県京都大学同窓会」

2018年11月に福井県京都大学同窓会が、2019年2月に和歌山県京都大学同窓会が、京都大学同窓会に加入しました。これで、京都大学同窓会に加入している団体数は117となりました。



和歌山県京都大学同窓会



福井県京都大学同窓会

### ▶京都大学同窓会 Facebook

<https://www.facebook.com/KyodaiAlumni/>

## 触発ギャラリー

### いろ+おと+ことば

主役は表現・創作活動に励む学生たち。  
一つの作品を起点に、  
「いろ・おと・ことば」のボタンをつなぎます。  
感化され、刺激され、  
ときには反発をしながら、  
生みだされた作品のコラボレーションを  
お楽しみください

\*紅萌ホームページでは、3つの作品を  
融合した映像作品を公開しています。

## 執筆者

雪だるまプロ  
清家 綾音さん  
(文学部1回生)

最初から悪役になりたい人なんていない  
みんな、なりたい自分を描きながら  
その姿を心の奥底にしまっけて生きている  
普段は理想に蓋をして、  
誰かを傷つけることもあるだろう  
だけど、その扉を誰かがたたいたら  
その誰かのために理想の自分になればいい  
自分だけのヒーローが道を照らしてくれるから

## ことば

## 起点

今回は  
「いろ」から  
スタート

## おと

### ターンテーブル

## 作曲・ 演奏者

吉田音楽製作所  
上野 裕太さん  
(工学部4回生)



長い一日を終えて帰路につく途  
中、突然に旧友のことが頭に浮かび  
懐かしい気持ちになります。立ち寄った  
中華料理屋の床はどこも同じで、やはり  
油分を含んでいました。  
温かさ、もの悲しさが混在するシー  
ンからイメージして、この曲を選び  
ました。

## 作者のコメント

幼き日からの夢を抱き続  
ける青年。醜い大人の欲望を  
前に、正義に震え立ち上がった彼  
は強大な力を手にする。  
夢の力、隣合わせの悲劇を噛み締め、  
辿り着いた先で手にしたモノ。  
「本当の正義とは何なのか」。  
全てを打ち砕いた青年は一人、あ  
の日憧れた英雄の姿を見る。

## 『LIKE A HERO』

## 制作者

京都特撮企画

## いろ



\*写真は映像の一場面です。ウェブサイトでご覧いただけます。



京都大学広報誌 **紅萌** 第35号  
2019(平成31)年3月29日発行

編集 ● 京都大学広報委員会 『紅萌』編集専門部会  
発行 ● 京都大学 総務部 広報課  
〒606-8501 京都市左京区吉田本町  
TEL 075-753-2071 FAX 075-753-2094  
URL <http://www.kyoto-u.ac.jp/>  
E-mail [kurenai@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp](mailto:kurenai@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp)  
制作協力 ● 京都通信社 デザイン ● 中曽根デザイン

『紅萌』は、次のURLで閲覧できます。  
WEB版 <http://www.kyoto-u.ac.jp/kurenai/>  
PDF版 <http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/about/public/issue/kurenai/>

©2019 京都大学 (本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

## 『紅萌』ウェブサイトも公開中

動画コンテンツなど、冊子では紹介  
しきれなかった「京大の魅力」を発  
信します。下記のアドレスからア  
クセスしてください。



<http://www.kyoto-u.ac.jp/kurenai/>