

JSTnews

未来をひらく科学技術

特集

SSH卒業生が語る 「学び」と今の研究

4

April
2021

SSH



特集

SSH卒業生が語る
「学び」と今の研究

先進的な科学技術、理科・数学教育を通じて、科学技術の分野で社会を牽引する人材の育成を目指すスーパーサイエンスハイスクール(SSH)。科学に関するリテラシーや新たな価値を創造する探究力を育み、生徒の個性と能力を一層伸ばしていくことを目指し、SSH指定校では特色ある独自のカリキュラムを展開している。また生徒が自らの興味・関心に基づいて取り組む課題研究や、大学や研究機関、海外、地域との連携にも取り組んでいる。20年近くにわたるこれらの活動の中で数多くの若者がSSH指定校で学び、さらに広い世界へと巣立っていった。研究の最前線で活躍する卒業生も多い。4月号特集では気鋭の若手研究者として活躍する2人の卒業生にインタビューを行い、SSHでの経験や学び、現在の研究内容などについて話を聞いた。

数学は「考える」ことの原点
面白さを学生に伝えたい対称性を活用する表現論
自然科学の分野にも応用

数学分野で、主に「リー群の表現論」という研究に取り組んでいます。これは、例えば変換(回転)しても形が変わらない円のような図形や関数、数に見られる対称性を利用して数学的アプローチを図ることをいいます。対称性を利用すると、複雑で計算不可能と思われることが可能になったり、新たな構造が見いだされたりすることがあります。また、数学以外の自然科学の分野にも応用されます。私は大学3年生の時にたまたま手に取った表現



自身の研究室で数学(K3曲面の崩壊について)に取り組む大島さん

おおしま よしき
大島 芳樹

大阪大学 大学院情報科学研究科
准教授

2004年 筑波大学附属駒場高等学校卒業。13年 東京大学大学院数理科学研究科博士課程修了。博士(数学)。同大学カブリ数物連携宇宙研究機構特任研究員を経て、17年より現職。



論に関する本を読んだことがきっかけとなり、この分野の研究を続けています。

表現論の魅力の1つは、今までわからなかったことがわかるようになるということです。もう1つは、一見全く異なるものが対称性を通じて結びつくという面白さです。例えば幾何学や解析学の中の別々の現象が表現論から見ると実は密接に関わっていることがあります。

表現論に限らず、数学という学問は入口が異なっても、深く研究していくと共通項が見つかったり、互いの研究に生かされたりという事象がたびたびあります。それによって今までの研究が深められたり、未知のものを発見したりすることができるのです。

刺激的だった中高の授業
国際大会に出場、交流も

中学入試を経て、中高一貫校である筑波大学附属駒場中学校・高等学校に

進学しました。算数や数学の本に身近に触れられる家庭環境だったこともあり、学校で受ける数学の授業にも前向きに取り組むことができたと思います。先生方も数学を楽しんで学んでほしいと思っていたようで、印象深い授業が多くありました。

例えば中学1年生の時に、三角形とその五心についてどんな特徴があるか自分たちで考えるという授業がありました。私が考えたことの1つは「垂心と重心と外心は同一線上にあり、その間隔の長さの比は2:1である」というものでした。これはよく知られた定理でしたが、先生は「自分で考えて導き出したことに意味がある」ということを教えてくれました。

既に答えがあるものであっても生徒たちが自ら考えてたどり着くという主体的、協働的な学びを大切にする指導方針は、当時から変わらず今もSSHの柱として受け継がれているようです。SSH指定校として先進的な理数教育が受けられる環境で、このような刺激的な授業に参加することを通して、私は自ら思考して理解すること、発見することが一層好きになりました。あらゆる問題について日々考える必要がある研究職になってからも、この経験は生かされています。

世界各国から代表者が集まって競い合う国際数学オリンピックに出場したことも印象に残っています。数学オリンピックは、学校の授業にも取り入れられていたように、アイデアやひらめきが重視されていました。難しい問題は通学の電車の中や寝る前など日常

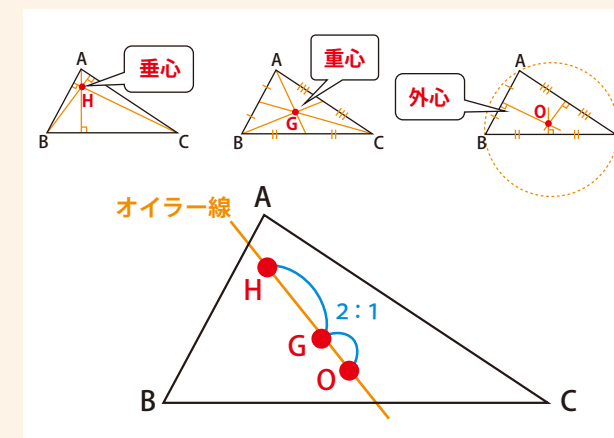
生活の中でも考えることがありました。数学が好きで問題も面白かったので、楽しい思い出として記憶しています。

中学2年生から高校3年生まで、5年連続で国際数学オリンピックに参加しました。初参加の国際大会はルーマニアで開かれ、その後もアメリカやイギリスなどへ行きました。7月の国際大会に向けて春には代表選考合宿があり、そこでさまざまな人と交流もできました。小学生から算数オリンピックに出場しており、中学生になっても同様の大会に参加したいと思っていたので、一緒に出場してくれる仲間がいて良かったなと思います。その時の仲間や国際大会で出会った人たちは、今でも情報交換をしたり、一緒に研究したりしています。

自分なりの答えを出す体験
積み重ねが今の自分を作る

高校を卒業した後は東京大学に進み、そのまま大学院数理科学研究科の博士後期課程を修了しました。学部3年生の時に今の研究テーマである表現論に出会い、それからは毎日数学の研究に明け暮れています。研究集会などで知見を広げ、大学院修了後にアメリカのプリンストン高等研究所に1年間滞在したことも刺激になりましたが、やはり数学と向き合う日々が研究の基本になっていますね。

今では、母校のSSH活動の一環として年に1回程度、在校生向けに数学の授業をする機会をいただいています。教科書の内容をなぞるのではなく、よ



中学1年生の時に取り組んだ三角形とその五心の授業で導いたオイラー線

り自分たちで考えて、数学に興味を持ってもらえるような授業をしようと努めています。ある時は、パズルを提示して生徒たちに自由に考えてもらいました。その後に背景を説明するのですが、このパズルが現在研究されている数学とどのようにつな



第42回 2001年国際数学オリンピックアメリカ大会で受賞した銀メダルを胸に

がっているかということも併せて話しました。現実との関連性が理解しにくい数学をもっと身近でリアルに捉えてもらうことで、中高生に数学を好きになってもらえれば嬉しいです。数学界には、まだまだわからないことや知られていないことが数多く存在します。私たち研究者はそれを研究しているわけですが、同時に、中高生に数学の面白さを伝えて、もっと興味を持ってもらいたいとも思っています。

中学・高校の時の授業は、生徒が自分たちで考えたり発見したりと主体的に取り組む、自分なりの答えを出すことが非常に多かったように思います。おかげで「考える」という行為が好きになり、何事もじっくり考えてみる癖ができました。数学に関していえば、明確な問題や漠然としたイメージを日々考えていますが、数学以外にも同様の癖がついたのは、まさに中高生の時に得た財産だと思います。たとえば既に答えがあるものでも、新しいものでも、とにかく「考える」ことが自分自身の成長につながり、その積み重ねが今の私を作っているのだと感じています。

自ら「考える」ことの原点となった数学に今後も携わっていきます。中高生の皆さんにも「考える」ことの大切さを学んでほしいと思います。

さまざまなことに挑戦して 科学的思考力を身につけよう

機能性材料の開発に取り組む 一歩ずつ解き明かすのが魅力

主な研究テーマは「導電性高分子の複合材料の開発および構造制御」で、高分子材料の中でも特に電気が通る材料「導電性高分子」を扱っています。鉄などの金属と比べてプラスチックは非常に軽いため利便性が高く、既にATMやスマートフォンなどのタッチパネルディスプレイ、バッテリーなどに活用されています。ノーベル化学賞を受賞された白川英樹博士が1970～80年代に取り組まれた研究がまさに今、さまざまな花を咲かせて私たちの暮らしを豊かにしているということです。

島根大学に着任してからは「クマリン」という物質の高分子・超分子化の研究にも取り組んでいます。クマリンは多くの植物に含まれる成分で、血栓を溶かす薬として利用されるなど既に医学分野では有名です。私はそのクマリンに別の特性があることをたまたま発見し、それを機能性材料に応用できるのではないかと思います。

このように自分の思いつきや考えを、実際に手を動かして実験、測定し、新しく作ったものがどのような性質を持っているのか、何に生かせるのかを、ほんの少しずつ着実に解き明かしていけることに一番の魅力を感じています。実際の研究では100のうちの98くらいは失敗です。単純に自分がどこかで間違えただけかもしれませんが、自分の仮説と異なる結果が出た時、それはもしかしたら今まで皆がしてきたこと、考えていたこととは異なる、新たな発見につながるかもしれません。フレキシブルに考えながら進めていくと、日々の研究もそれほど苦に感じることはありません。

おう おはん
王 傲寒

島根大学 学術研究院
環境システム科学系 助教

2008年 長野県屋代高等学校卒業。
17年 筑波大学大学院数理物質科学研究科博士課程修了。博士(工学)。島根大学大学院総合理工学研究科物質化学領域助教を経て、18年より現職。

テーマ決まるまで紆余曲折 高校の時に貴重な英語体験

将来医師になりたいと考えていた私は、当時長野県内で2校しかないSSH指定校の1校、長野県屋代高等学校に進学しました。理数科について紹介したパンフレットに、特色ある授業や卒業生の進学先とともにSSHのことが記載されており、なんとなく「すごそうだな」と思ったのを覚えています。

課題研究には、高校2年生の夏から3人グループで取り組みました。ちょうど生物の授業で胚の発生について学習したこともあり、「実際に自分たちでやってみよう」ということで当初のテーマは胚を極細の糸で縛り2つの半球に分ける結紮実験にしました。先生が県内の高校から借りてきた2匹のアフリカツメガエルに卵を産ませ、いろいろなものを使って結紮を試みたのですが、なかなかうまくできません。そうこうしているうちに、卵がすべてかえってオタマジャクシになってしまいました。その後もハプニングが続き、

結局2匹の親カエルを題材とした「アフリカツメガエルにみられる呼吸の特性について」に落ち着きました。研究テーマが決まるまでは本当に紆余曲折がありました。

実験データがある程度まとまったら、学校のパソコン室でプレゼンテーションソフトを使って発表資料を作り、校内発表会で成果を披露しました。それまでは自分で実験して終わりということが多かったのですが、その時に初めて自分のやったことを人にうまく伝えることも大事だと学びました。屋代高校では課題研究に限らず、英語の先生なども常々「話すこと、プレゼンテーション能力は大事だ」と話していて、全校でそういったことを教えていたのだと思います。

東京大学の本曾観測所で行った1泊2日の研修も印象深い思い出です。



島根大学でヨーロッパ特許庁の専門家を招き、学生と一緒に英語による講義を受けた。



本曾観測所で、天文学習の一環として視角から距離を求める実験をしている様子

また、群馬県でのノーベル賞受賞者講演会にも参加しました。1986年にノーベル化学賞を受賞した李遠哲氏とアメリカ人の方で、全て英語だったと記憶しています。このように高校生の時に数多く貴重な体験をしたことは、とても良かったと思います。

実験イベントに積極参加 あらためて実感した意義

筑波大学での9年間は、研究室が主催する「Interdisciplinary Workshop on Science and Patents (IWP)」や「つくば科学フェスティバル」、中高生

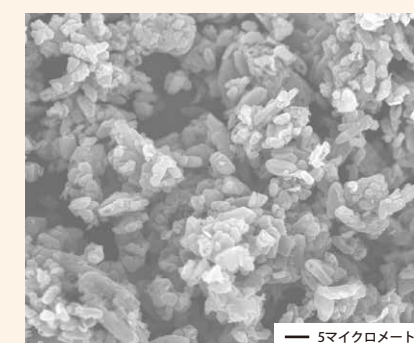
向け体験実験イベントなどにも積極的に参加しました。子どもが好きで、私自身、普段の研究とは異なる分野の知識を得られるのが楽しかったからです。博士前期課程修了時に研究科長賞と理科実験など教育研究功労者に贈られる茗溪賞を受賞したことは嬉しかったですね。今も島根大学の「女子中高生の理系進路選択支援プログラム」に協力しています。

これらの経験を通じて、あらためてSSHの意義を実感しました。小さい頃から科学や工作が好きでしたが、その当時科学を身近に体験できる場所はありませんでした。自分から進んで何かやってみたいと思った時、その受け皿となってくれたのがSSHでした。まだぼんやりと将来を考えていた頃に「医師を目指すならこの進路選択がい

いよ」「研究者とはこういう仕事だよ」と示してくれた人々の存在も大きいのです。知識以上に物事に対する考え方、特に科学的思考について学ぶことができました。筑波大学でその考え方をより洗練していったわけですが、土台となる部分をSSHで習得することができました。

もう1つは、子どもたちはわからないことがあると「これは何?」「どうして?」と聞いてくるのですが、わかりやすく伝えるのは意外と難しいということです。複雑な原理をまず自分の頭の中で完全に理解し整理できていないと、その場でうまく伝えることはできません。また子どもや学生に「なぜ?」と尋ねられて、今まで当たり前だと思って考えもしなかったことに新たに気づかされたこともありました。

最後に中高生に伝えたいことは、夢をずっと追いかけていってほしいということです。夢そのものがなかなか定まらなかったり、やむを得ず大きな決断を迫られたり、夢を追いかけて失敗したりもするでしょう。しかし、それはそれできっと良い経験になるので、文理問わずさまざまなことに挑戦して、知識だけでなく、ぜひ科学的思考力も身につけてほしいと思います。



走査型電子顕微鏡で観察した導電性高分子

SSH生徒研究発表会をオンライン開催

2020年8月7日(金)～8月28日(金)

全国のSSHの代表生徒が日頃の研究活動の成果を発表する「SSH生徒研究発表会」。新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、2020年度はオンラインでの開催となった。

8月11日(火)～18日(火)に行われた一次審査・二次審査では、SSH指定校と過去の指定校のべ222校の生徒がポスター発表を実施し、書面・動画およびオンラインによる審査を通過した6校が最終審査に進出した。

そして、28日(金)の最終審査では6校の生徒がオンラインで10分間の口頭発表を行った。文部科学大臣表彰を受賞した神戸大学附属中等教育学校は、チョウの翅の撥水原理を水接触角や滑落角の観点から解析し、鱗粉の雨具への活用についても言及した。他の5校の発表もハイレベルな内容で、コロナ禍で活動が制限される中でも手段を駆使して研究を進めた生徒たちの情熱と確かな実力を伝える会となった。

主な表彰校

- 文部科学大臣表彰
 - ・神戸大学附属中等教育学校
- 国立研究開発法人科学技術振興機構理事長賞
 - ・滋賀県立彦根東高等学校
 - ・岡山県立岡山一宮高等学校



文部科学大臣表彰を受けた神戸大学附属中等教育学校の生徒による発表

黄疸の判定、スマホで撮るだけ 生物発光を利用した指示薬を開発

皮膚や目が黄色くなる黄疸は新生児によく見られる症状で、ビリルビンが体内に蓄積することで発症します。ビリルビンは赤血球を再利用する正常な過程でヘモグロビンの一部が代謝されて生成する黄色い物質で、血流で肝臓に運ばれ胆汁として排出されます。新生児の黄疸も肝臓の機能が高まるとともに多くは短期間で収まりますが、まれに重度の場合には核黄疸と呼ばれる脳障害や難聴、脳性まひなどを引き起こす恐れがあります。そのため、原因となる非抱合型ビリルビンの血中濃度を定期的に測定し、迅速に治療を開始する必要があります。従来の測定法は結果を得るまでに1時間程度かかり、専用の計測機器が必要でした。

大阪大学産業科学研究所の永井健治教授らの研究グループは、ビリルビンを検出する新しい生物発光ビリルビン指示薬「BABI」を開発しました。この指示薬は、ビリルビンと結合すると発光色が青色から緑色へと変化します(図1)。この発光は十分に明るいため、スマートフォンでも簡単に色の変化を確認できます。

マウスの血液をさまざまなビリルビン濃度に調整し、BABIと混合したものをスマートフォンで撮影したところ、ビリルビン濃度が上昇するとともに発光色が青色からだいだい色へと大きく変化しました。血中のヘモグロビンの影響で見かけの発光色が変化していますが、血液を用いない場合と同様に、ビリルビン濃度によって発光色が変化することがわかりました。BABIとスマートフォンのカメラだけで、血液中のビ

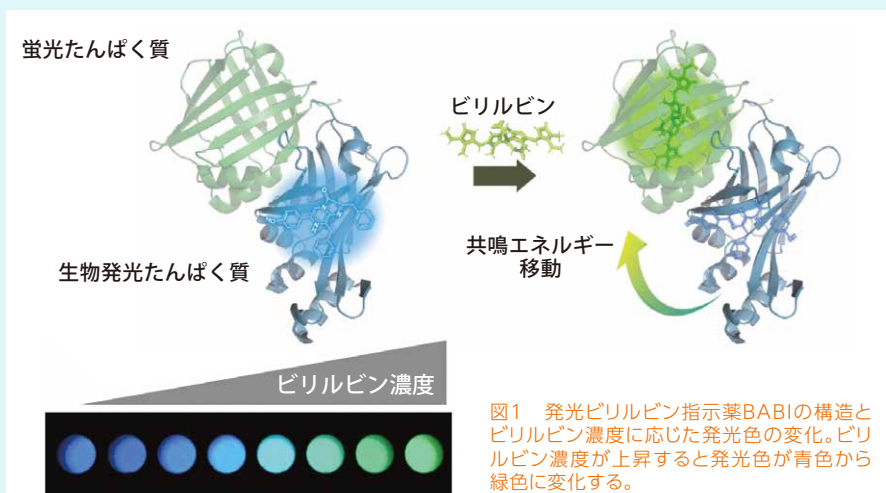


図1 発光ビリルビン指示薬BABIの構造とビリルビン濃度に応じた発光色の変化。ビリルビン濃度が上昇すると発光色が青色から緑色に変化する。



図2 スマートフォンカメラでの撮影による血中ビリルビンの濃度測定。成分を調整したマウス血液3マイクロリットルにBABIを混合し、その発光をスマートフォンカメラで撮影した。得られた画像を赤・緑・青の3成分に分解して、どの成分が変わっていったかを突き止めた。

リルビン濃度を定量計測できることが実証されたのです(図2)。

BABIの検出感度は非常に高いため、数マイクロリットル程度の少量の血液サンプルでも迅速に正確な計測結果が得られ、黄疸によって皮膚や目の色が変化する前に予兆を感知できます。また特別な計測機器が要らず、コストを低く抑えられます。

幅広く普及している高性能なスマートフォンのカメラを利用した診断は、在宅、外来、診療所、ベッドサイドなど場所を限定しない「ポイントオブケア診断」の確立に貢献していくことが見込まれます。カメラで撮影できるほど十分に明るい生物発光はその有力なツールであり、他のさまざまな検査への展開も期待されます。

世界を変える好奇心、脳とAIの未来 新展示の先端研究から思いをはせて



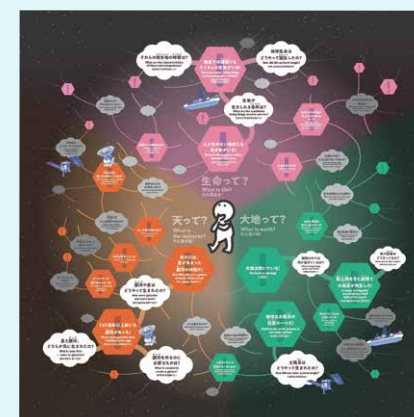
「世界をさぐる」ゾーン新常設展の入り口。人類の好奇心と科学による発見の繰り返しをアニメーションで投影する。

4月に浅川智恵子新館長を迎えた日本科学未来館(東京・お台場)。3月から新しい常設展示も始まっています。

5階「世界をさぐる」ゾーンに加わった「ちり」も積もれば世界をかえるー宇宙・地球・生命の探求」では、好奇心に端を発する人類の営みとして基礎科学を捉えます。

私たちははるか昔から、宇宙や地球、生命への探求を積み重ね、世界観を更新してきました。地球深部探査船「ちきゅう」、小惑星探査機「はやぶさ2」、大型電波望遠鏡「アルマ」を取り上げ、スケールが実感できる写真や映像、実際に使われた装置や模型で、人類の挑戦の壮大さを体感し、研究者のインタビュー動画を通じて基礎科学の最前線に触れることができます。

3階「未来をつくる」ゾーンにある「ビジョナリーラボ」は、「ビジョン＝理想の未来像」の実現について専門家と来館者が共に考える場です。第2期の企画「知脳を〇〇するー脳をみて、脳をつくる研究者たち」では、脳研究と人工知能(AI)研究が融合する最前線を見ながら、知性と脳を巡るさまざまな体験ができます。人間の脳とAIの共通点や相違点を来館者自身が発見しながら、脳研究からどんなAIが創れるのか、AIを使うと脳の研究はどう進む



大パネルで好奇心と世界観の広がりを俯瞰する。

のか、可能性を探っていきます。脳とAIが融合する未来を想像し、来館者も自らの意見を発信できます。

大きな流れを俯瞰して科学技術の意図や位置付けを知ると、先端研究の営みがよくわかります。自らの好奇心とこれからの世界の姿に、思いをはせてみませんか。



地球深部探査船「ちきゅう」の掘削用コアビットの実物。東北地方太平洋沖地震調査で使用した。人工ダイヤモンドの切削面がぼろぼろになった姿をじかに見ることができる。

入館は事前予約制となっています。
最新の情報をご確認ください。
<https://www.miraikan.jst.go.jp/>



「未来をつくる」ゾーンの「ビジョナリーラボ」では、脳とAIの先端研究に触れる。

vol.102



Yoshimura Natsue

吉村 奈津江

東京工業大学 科学技術創成研究院
准教授

Profile

東京都出身。1994年 東京理科大学理学部第一部卒業。企業勤務数社、東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科修士課程を経て、2009年 電気通信大学大学院博士課程修了。博士(工学)。東京工業大学男女共同参画推進センター助教、同大精密工学研究所准教授を経て、16年より現職。17年よりさきがけ研究者。

回り道になって、楽しい

Q1. 研究テーマと目的は?

A1. 脳波から運動や言語を読み取る

アー、イーなど声に出さずに思っただけで、頭皮から脳波を読み取って音声に変換することに成功しました。運動、感情、言語などさまざまな角度から、脳波を通じて脳の中を見る研究をしています。脳波の計測に基づいてロボットなどを操作する技術はブレイン・マシン・インターフェースと呼ばれ、近年開発が進んでいます。

脳波から得られる情報には限界があり、細かい情報の読み取りは無理だろうと当初言われました。しかし、脳を傷付けない低侵襲な計測法には価値があり、まだできることがあると思ったのです。四肢に障害がある人を対象とした研究が中心ですが、技術をより広く応用すれば、加齢や精神疾患で生じる不具合を未然に見つけられるよ



イタリアの患者さん宅で

うになると期待しています。将来は体温を計るように脳波で体調を把握できるかもしれません。

Q2. 研究者を目指す人へのメッセージ

A2. 何度でもやり直せるから焦らず

最近、研究室へ見学に来る学生さんは明確な目標のある人が多くて感心します。その一方で、いろいろな可能性があってやり直しは何度でもできるので、まだ目標のない人も焦らずに若いうちは視野を狭め過ぎないでほしいと思います。

初めから研究者を目指していたわけではありません。高校で数学が楽しくなり理系を選んだものの、就職を考えて大学では応用化学を学びました。

企業で技術開発に10年ほど従事した後、ゲノム解読など生命科学の進歩をニュースで知り、脳神経の解明に興味を持ったのです。異なる分野に飛び込むことに迷いましたが、「やってみたら」という夫の言葉に背中を押されました。

東京医科歯科大学の修士課程で脳神経変性疾患を調べる分子生物学的アプローチを、さらに電気通信大学の博士課程では脳波の情報解析を一から学び、プログラミングも初めてでした。同期は10歳年下。回り道で出遅れたので苦労もしましたが、脳の中が少しずつでも見えることがとにかく楽しくて。

Q3. 仕事と息抜きのバランスは?

A3. 休日は娘と一緒に空手を

かつては共同研究で2カ月おきに欧州へ行っていました。筋萎縮性側索硬化症(ALS)で筋力が衰え、発話もできなくなった患者さんが意思を伝えられるシステムを開発するためです。実験でイタリアの患者さん宅に滞在した時には、ご家族や近所のご親戚に温かく迎えてもらいました。皆さん話し好きで、ご馳走になったパスタは絶品。開発がうまくいかない時も、実現したいという思いはあの温かさに支えられています。

コロナ禍で在宅が増えましたが忙しさは変わりません。仕事を忘れ娘と過ごす時間を確保しようと、2年前から親子で空手を習い始めました。形の順番を子供は体で覚えるのに、大人の私は考え込んでしまい悪戦苦闘。子供と大人、初心者と熟達者の違いに興味湧き、道場の先生の協力を得て認知と運動の関係を調査することになりました。息抜きのはずが、また思わぬ方向に進んでいます。



JSTは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学と社会との対話など、多岐にわたる事業を通じて、持続可能な開発目標(SDGs)の達成に積極的に貢献していきます。

3 研究開発



P6

4 産学連携



P7

編集 長: 安孫子満広

科学技術振興機構(JST)広報課

制作: 株式会社伝創社

印刷・製本: 株式会社丸井文工社

リサイクル適性(A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

R70

古紙パルプ配合率70%再生紙を使用

JSTnews

April 2021

発行日/令和3年4月1日

編集発行/国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)総務部広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3サイエンスプラザ

電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432

E-mail/jstnews@jst.go.jp JSTnews/https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー