

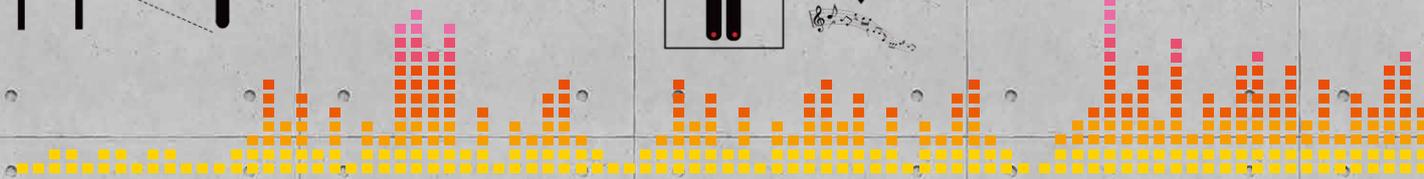
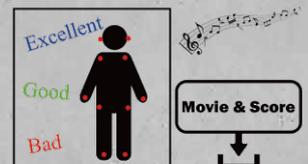
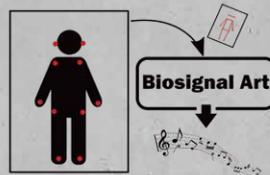
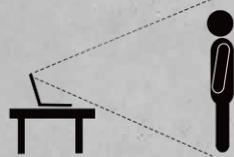
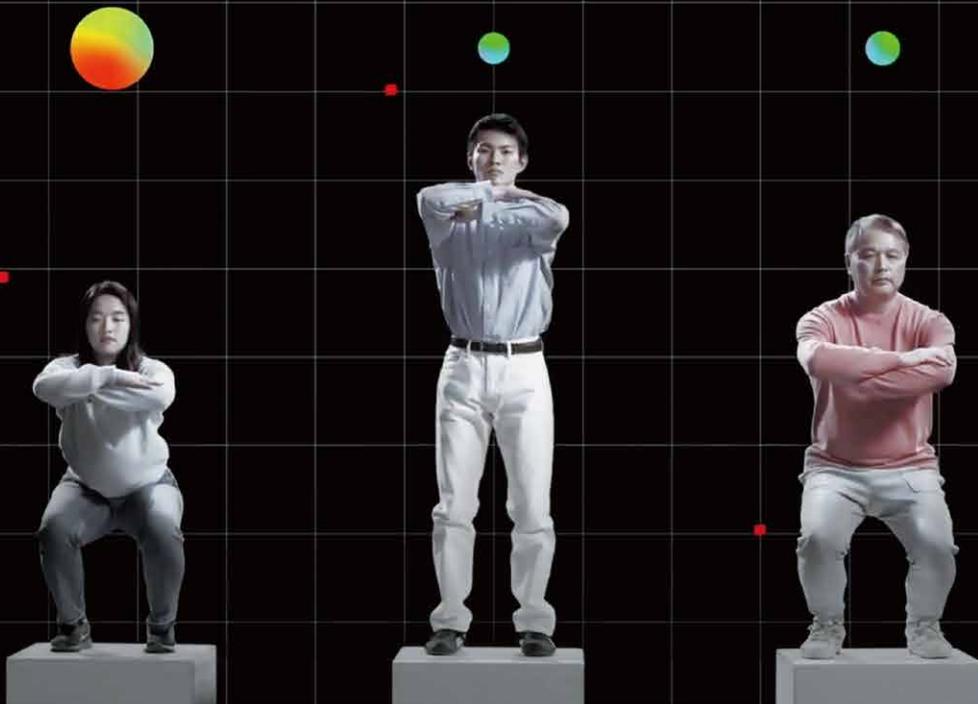
JST news

未来をひらく科学技術

News & Topics

7

July
2020



研究成果

センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム
立命館大学 運動の生活カルチャー化により活力ある未来をつくるアクティブ・フォー・オール拠点(サテライト:順天堂大学)
東京藝術大学「感動」を創造する芸術と科学技術による共感覚イノベーション拠点

運動を点数や音楽で表現するウェブアプリ 正しい姿勢とリズムで美しく奏でよう

正しい運動の助けとなるウェブアプリ「Biosignal Art (バイオシグナル・アート)」が誕生しました。お手本の動画を見て運動すると、その結果が採点されるだけでなく音楽にも変換されて、運動効果を高めます。

使い方はとても簡単。パソコンやスマホのカメラで全身を写し、音声指示に従って運動します。画像内の関節位置情報から身体の各部位の姿勢と動作を計測して、音楽や点数に変換する仕組みです(図1)。

正しい姿勢とリズムが大切なスクワット。「しゃがむ」と「立ち上がる」の動作に3秒ずつかけることがポイントです。正しい動作だとノイズのない音楽を聴けますが、腰の高さをしっかり下げられなかったり、両膝間の幅やリズムが保てなくなったりすると、ノイズが混じってしまいます(図2)。動作の正しさを音楽と動画でわかりやすく伝え、達成感をもたらします。

Biosignal Artは、立命館大学の岡田志麻准教授、順天堂大学の町田修一教授、東京藝術大学の小川類特任准教授が中心となり開発しました。2017年、COI若手研究者による拠点を越えた共同研究を支援するCOI若手連携研究ファンドで3つの大学が連携を始め、蓄積してきた研究成果がBiosignal Artの基盤となっています。立命館大学は運動解析技術開発、順天堂大学は運動監修、東京藝術大

学は芸術監修を担当し、それぞれの強みが活かされています。

連携による研究成果の1つが19年に考案した「バイタルデータアート化システム」で、体に付けたセンサーで筋電や足圧などの生体情報を測定

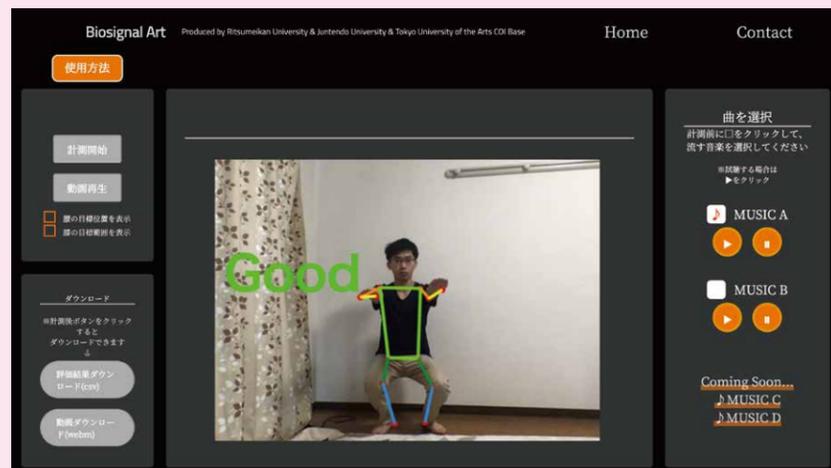
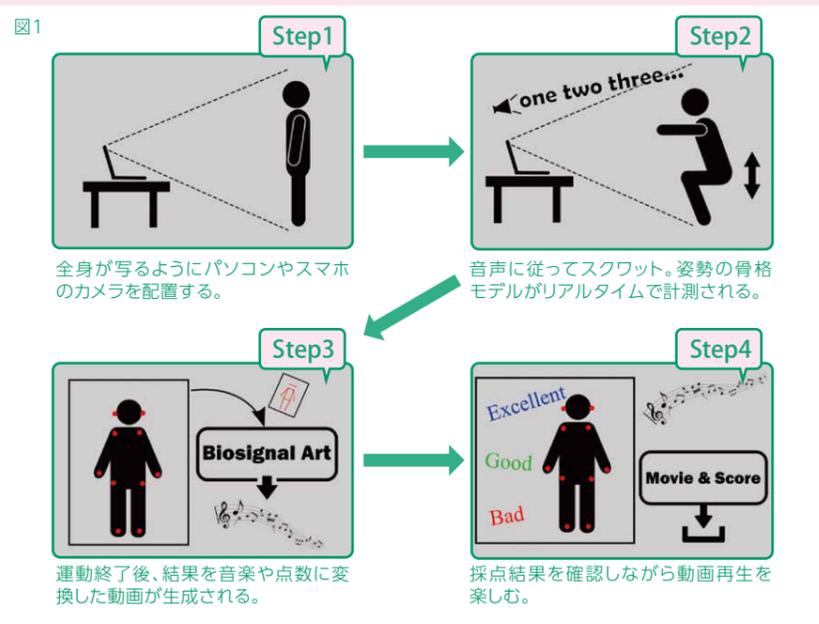


図2 正しくスクワットできると、ノイズのない音楽が流れ、画面には「Good」や「Excellent」と表示されるが、姿勢が崩れるとノイズが入り、「Bad」と表示される。現時点で使えるのはGoogle Chromeのみだが、他のブラウザにも順次対応していく。

すると、その数値データに同調して音楽や動画が生成されます(図3)。20年にはスポーツジムや高齢者施設でシステムの利活用を検証する予定でしたが、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に直面しました。順天堂大学の沢田秀司研究員が「運動の機会が失われても心身の健康を保てるように、自分たちが開発したシステムを役立てたい」と呼び掛けたことをきっかけに、非接触や双方向など「新しい生活様式」に適した運動プログラムを目指して研究者と学生が一丸となり、わずか1カ月でBiosignal Artを制作しました。

健康維持に大事なものは、正しく適切な運動を継続すること。今後はダンスの多彩な身体表現も取り入れるなど、運動の幅を広げます。評価する音

楽の種類や映像エフェクトの追加、採点結果のグラフ化といった新機能も搭載し、さまざまな世代や目的に合わせて利用できるように充実させていきます。さらに新たなプロモーション映像の公開も予定しています。

自宅などの日常空間にしながら、いつでも楽しく運動効果を実感できるBiosignal Art。美しい芸術表現や高い点数を目指して運動に励みましょう!



図3 19年に公開したバイタルデータアート化システムのイメージ動画。参加者全員が正しい姿勢とリズムでスクワットすれば、「かえるの合唱」の演奏が美しい輪唱となるように設計した。

募集 創発的研究支援事業

若手研究者の意欲と研究時間を最大化 イノベーションの芽を最長10年支援

世界を牽引する研究力と、生活や産業を一変させる破壊的イノベーションの実現には、若手研究者の自由な発想が欠かせません。日本のトップレベル研究者が飛躍するきっかけとなった業績の多くは40歳前後に挙げられています。

若手研究者自らが発案した独創的な研究構想への挑戦を後押しする「創発的研究支援事業」が2020年度から始まりました(図1)。特定の課題や短期目標は設定せず、多様な分野の研究者が切磋琢磨し、互いが得た発見や技術の融合によって、破壊的イノベーションの芽となる成果を目指す「創発的研究」を推進します。

既存の研究の枠組みにとらわれず、野心的な構想に失敗を恐れず取り組むには、若手研究者が研究に専念し、優れた能力を思う存分に発揮できる

環境を整えることが重要です。そこで原則7年の長期的な研究期間を設けて最大5000万円の研究費を支援します。研究遂行や国際競争の観点で大きな成果が期待される場合は、最長10年まで研究期間を延長する道も拓かれています。毎年度の研究計画書をなくし報告書も簡素化して事務処理負担を軽減するなど、柔軟な研究支援制度を導入し、研究者の

意欲と研究時間を最大化します。応募できるのは、博士号を取得してから原則15年以下の独立したあるいは独立が見込まれる個人研究者で、日本国内の研究機関に所属して研究実施場所とするなどの条件があります。22年度まで計3回募集予定で、第1回は7月31日(金)正午まで受け付けています。とっておきのアイデアに挑戦するチャンスです。

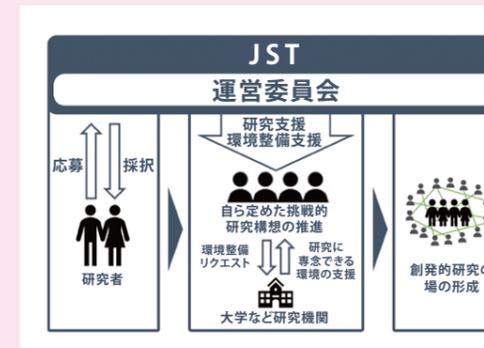


図1 7年の研究期間中、フェーズ1(3年間)終了時にフェーズ2(4年間)への継続を判断するためのステージゲート審査を実施し、研究の進捗状況や所属研究機関による環境整備支援などを評価する。採択された研究者が集う「創発の場」を設けて、多様な分野の研究者の能力や発想を組み合わせ、創発的研究の促進を目指す。

<https://www.jst.go.jp/souhatsu/call/index.html>

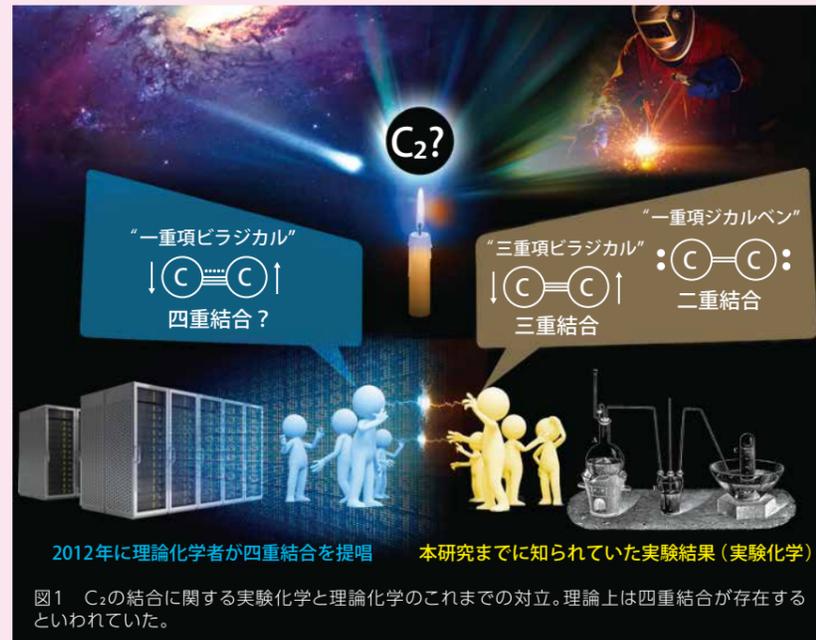
常温常圧で炭素二原子分子の合成に成功 明らかになった四重結合性とナノカーボンの起源

原子2個だけで構成される二原子分子は窒素、酸素などが安定に存在しますが、炭素二原子分子(C₂)は非常に不安定で、シンプルな構造ながらその性質は謎に包まれています。

これまで高温・高エネルギーの条件でしか発生できず、そうして観測したC₂には二重結合あるいは三重結合しか確認できていませんでした。一方、近年理論化学によって、安定な「基底状態」ではC₂が四重結合性を有するという見解が示され、実験化学と理論化学が真っ向から対立していました(図1)。炭素は結合の手を4本持つと理科で習いますが、炭素同士が4本とも手を握り合うような結合があるのでしょうか。

東京大学大学院薬学系研究科の内山真伸教授と宮本和範准教授らは、常温常圧でのC₂の化学合成に世界で初めて成功しました。着目したのは超原子価ハロゲンの強烈な脱離能です。典型元素は通常、最外殻電子を8個持って安定していますが、超原子価化合物ではそれが9個以上あり、通常の8個の状態に戻る推進力が強烈な脱離能となって現れるのです。

研究グループは、三重結合を持つアセチレン炭素二原子の両端に超原子価ヨウ素とケイ素置換基を付けた分子を設計しました。有機溶媒の中で、負電荷を持つフッ素イオンを常温常圧

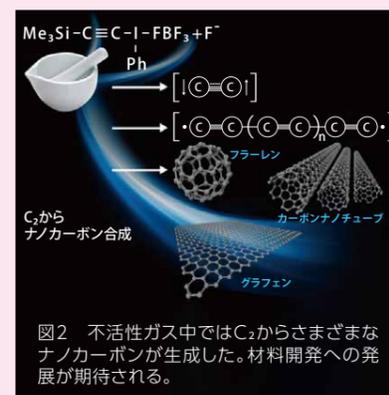


で作用させると、ケイ素、ヨウ素の順で両端が脱離し、生じたC₂が溶媒などの水素を引き抜いてアセチレン(HC≡CH)が発生しました。これが、常温常圧でC₂の合成に成功した瞬間です。さまざまな実験で検証したところ、このC₂には四重結合性が確認され、理論化学の見解を支持する結果となりました。従来の実験で観測されてきたC₂は、高エネルギーで発生させていたため不安定な「励起状態」での性質を観測してきたというわけです。

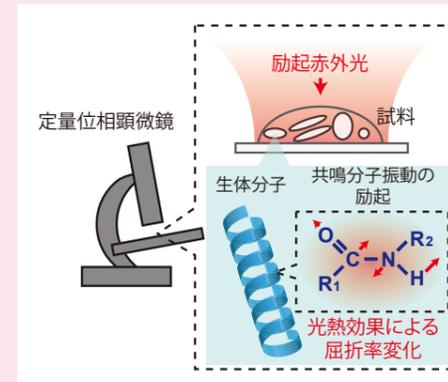
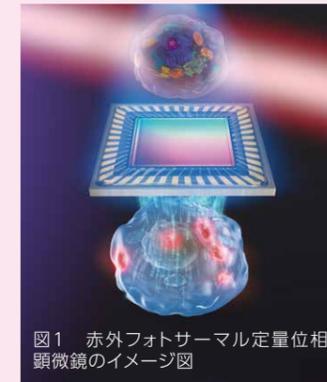
さらに、溶媒中の水素や空気中の酸素などと反応しやすいC₂を、不活性ガスであるアルゴンの中で合成しました。すると煙を上げて黒色固体が発生し、これを分析したところ、グラファイト、カーボンナノチューブ、フラレン、カーボンナノホーンといった炭素同素体が、C₂の重合により

自然に形成していることがわかりました(図2)。

これらのナノカーボンにはそれぞれ特異な構造や機能があり、次世代の材料として注目されていますが、その生成機構や構造の起源についてはほとんどわかっていませんでした。今回の成果はその解明に向けた突破口となり、新たな炭素材料の開発に寄与することでしょう。



光を熱に変えて細胞形態と分子分布を同時に観察 蛍光標識不要な光学顕微鏡を開発



細胞や細胞内小器官を分子レベルで見るために、生体分子を蛍光色素で標識(ラベル)を付けて顕微鏡で観察する手法が広く利用されています。しかし、蛍光物質の結合によって分子の生理活性が阻害されたり、標識を付けた分子を細胞に入れる際に細胞の一部を壊したりしてしまう問題がありました。そこで標識せず、生きたまま細胞内の動態を観察できる標識不要(ラベルフリー)顕微鏡の開発が進められてきました。

従来のラベルフリー顕微鏡には、細胞形態を細かく見られる定量位相顕微鏡と生体分子の分布がわかる分子振動顕微鏡の2種類がありますが、双方を同時に観察できる顕微鏡はありませんでした。

東京大学大学院理学系研究科の井手口拓郎准教授は、これらの顕微鏡で用いられている可視光で高解像形態画像を計測する技術と赤外光で分子振動を計測する技術を融合させ、新たなラベルフリー顕微鏡である赤外フォトサーマル定量位相顕微鏡を開発しました(図1)。細胞が赤外光を吸収して振動する際の温度上昇による屈折率の変化を計測する手法で生体分

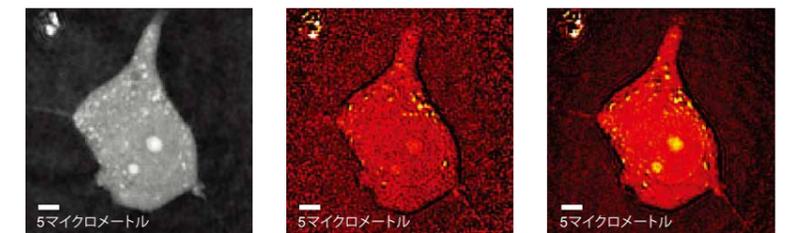
子の分布を観察し、細胞形態と分子分布の情報を同時に取得することを実現しました(図2)。

開発した顕微鏡を使って培養細胞であるアフリカミドリザル腎臓細胞を観察しました。赤外光の波長を変化させながら照射することで、たんぱく質の分子振動特性の確認に成功しました。また、この分子振動画像に対して、細胞形態を示す定量位相画像を合わせることで、細胞質に脂質が局在している様子や、たんぱく質由来の信号が核小体と同じ場所に出現している様子を捉えました(図3)。

「現在、画像の取得には50秒程度の計測時間がかかります。しかし、最適な光源やカメラを用いたりして改善を

するだけで、計測を高速化できます」と井手口准教授。開発した顕微鏡に、同じ対象を複数条件で撮影した画像を合成して解像度を補うイメージング法を取り入れることで、従来の分子振動顕微鏡を超えた深さ方向と横方向の超解像を達成しました。さらに、より高解像のレンズを利用することで、これまで不可能だった空間解像度の実現も可能になるため、細菌などの微小な生体試料の内部構造の観察にも役立つと期待されます。

生命科学、医療の新たな細胞計測の方法として、再生医療における幹細胞の光学的分類や、創薬研究で細胞を用いた薬効特性評価などへの利用が想定されます。赤外線の波長を使い分けることで、標識無しでたんぱく質、脂質、核酸などを判別して観察することが可能になるため、細胞の状態を計測する上での新たな指標となることも見込まれます。



細胞温度の変化や分布から生命現象に迫る 明るさの違いで測るシート状温度計

細胞内蛍光温度計の登場は、細胞内の温度は均一で周囲と変わらないという長年の常識を覆しました。温度によって明るさや色が変化する色素を細胞に入れて温度を計測する技術は、細胞内のダイナミックな温度変化を明らかにしました。こうした中、生命機能と温度の関係に注目が集まっていますが、細胞内温度計では酸性度やイオン濃度の変化、細胞内の物質密度といった温度以外の要

因が蛍光に与える影響を完全には排除できません。細胞の温度を正確に捉えるため、量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門の大山廣太郎主任研究員は厚さ50ナノ(10億分の1)メートルのシート状にした蛍光温度計の上で細胞を培養し、細胞の外側から計測する手法を開発しました。シートは温度によって明るさが変わる色素と変わらない色素を透明な合成樹脂に

混ぜ、細胞培養皿の上に薄く広げて作ります。2種類の色素の明るさの比で温度を計測でき、酸性度やイオン濃度の影響を受けません(図1)。シート状なので細胞の温度だけでなく周辺の2次元温度分布も正確に可視化でき、培養した細胞の分裂する能力や、生理的な機能が失われることもありません(図2)。

ヒト子宮頸がん(HeLa)細胞を試薬で刺激した際の温度を計測したところ、細胞小器官である小胞体に入れた温度計では刺激後に2度以上の上昇が見られましたが、細胞表面と接するシート状温度計では上下に0.2度以内の温度変化にとどまりました(図3)。小胞体の熱産生など局所的な発熱では温度勾配が大きく、細胞全体の温度はほぼ変わらないことが温度分布から確かめられたのです。同様の結果は神経細胞や心筋細胞でも得られており、この温度計はさまざまな細胞種や細胞機能、さらに組織切片や多細胞系でも利用できると期待されます。

「細胞の温度は考えられてきた以上に、局所的に大きく変化していました。こうした情報は、細胞機能を理解する手掛かりになります」と大山主任研究員。「温度変化や温度勾配を細胞はどのように利用しているのか。計測技術と光で温度を操作する技術を組み合わせ、この謎に迫りたい」と意気込み、細胞機能と温度感受性の関係についても研究を進めています。将来は温熱治療法の開発など医療への貢献も期待され、今後の研究に注目です。

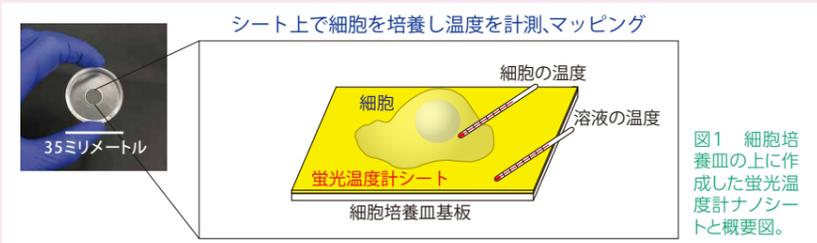


図1 細胞培養皿の上に作成した蛍光温度計シートと概要図。

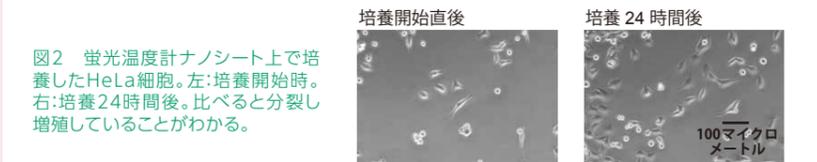


図2 蛍光温度計シート上で培養したHeLa細胞。左:培養開始時。右:培養24時間後。比べると分裂し増殖していることがわかる。

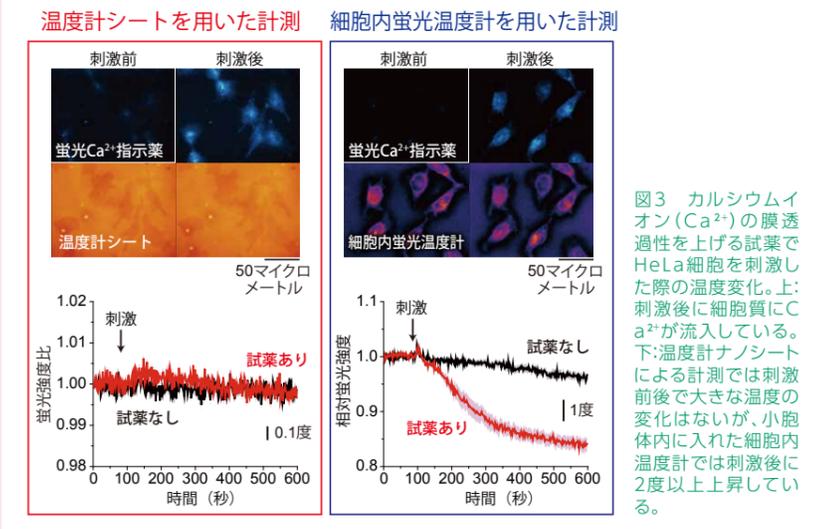


図3 カルシウムイオン(Ca²⁺)の膜透過性を上げる試薬でHeLa細胞を刺激した際の温度変化。上:刺激後に細胞質にCa²⁺が流入している。下:温度計シートによる計測では刺激前後で大きな温度の変化はないが、小胞体内に入れた細胞内温度計では刺激後に2度以上上昇している。

日本科学未来館が再開館 新しい生活様式を共に考える場に



図1 スローガンを大きく表示し来館者を迎える。下は来館者へのお願い。

新型コロナウイルス感染症の影響で休館していた日本科学未来館(未来館)が、6月に再開館しました。約3カ月ぶりの再開に当たり、ウイルスが施設を介して伝播するリスクを減らすための考え方をまとめたガイドラインを策定し、事前予約制による入館者数の調整や展示方法の見直しといった対策をしています。

策定の過程では、未知のウイルスと対峙し「新しい生活様式」を模索する中で、未来館は科学コミュニケーションの担い手として何をすべきかについて議論を重ねました。そうして生まれたのが、「risk≠0(リスクはゼロではない、だから)」というスローガンです。リスクはゼロにできませんが、「だから」に続く内容を来館者にも考え、行動してもらうことで、未来館の対策との相互作用を生み出し、来館時の感染リスクをゼロに近づけようというメッセージです。このメッセージは、リスクコミュニケーションにおける「行動変容を引き起こす自己効力感」

の考え方に基づいています。リスク対策のための行動を引き出すには、科学的な根拠に加え、自分が「何」を「どうすれば」リスク回避につながるか、対策に寄与できるかを理解、納得することが必要だという考えです。

ただ注意を促すだけでなく、なぜその行動が必要なのかを1人1人が考え、目的を持って意識的に行動するための仕掛けがあれば、より高い効果が期待できます。そこでまず、「未来館の11の対策」と来館者へ向けた「5つのお願い」を整理し、スローガンと共に入口に掲示しました(図1)。さらに



図2 各対策場所に掲示するサインの一例

館内の各空間・各展示において想定されるリスクを精査し、それぞれの場所で必要な「対策」と「お願い」を組み合わせたサインを作成しています(図2)。トイレのサインでは、手にはどれくらいのウイルスが付いている、手洗いの方法や時間によってウイルスをどの程度減らすことができるのか、目的と効果を具体的に示しました(図3)。

サインは現在70種類。1つ1つの行動が「感染拡大防止になぜ必要で、どのような効果を生むのか」がわかると、家庭や学校、職場などでどう過ごしたらよいかのヒントが得られるでしょう。今後、館内の掲示やスタッフ対応に加えて、SNSやホームページでの情報発信なども科学コミュニケーション活動として機能させ、来館者と共に「新しい生活様式」を探り、考えていきます。

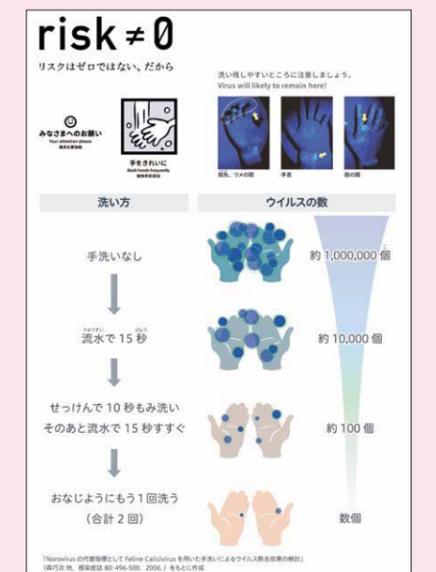


図3 手洗いの効果をわかりやすく説明

※入館は事前予約制となります。最新の情報はホームページをご確認ください。
<https://www.miraikan.jst.go.jp/>

「COVID-19と研究開発のゆくえ」 特設ページを公開

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は瞬間に世界中に広がり、経済構造や生活様式が大きく変化しました。ワクチン、治療薬や検査・診断技術のみならず、感染拡大を抑えつつ社会活動を維持するための技術や科学に裏打ちされた新しい生活様式の提案といった研究も求められています。

CRDSは、公的シンクタンクとして国の科学技術イノベーション政策や研究開発戦略を提案し、その実現に向けて取り組んでいます。こうした活動の中で収集・蓄積する情報を基に、COVID-19に関連する資料、記事、考察などを集約して発信する特設ページを公開しました。研究論文を中心に情報をまとめた「新型コロナウイルス感染症に関する世界の注目すべき研究開発動向」を掲載し、その後も野依良治センター長やフェローらによる寄稿や、諸外国の行政機関や研究機関による発表の日本語要約記事などを追加、更新しています。

国内外ではCOVID-19対応を機に、データを共有して進めるオープンサイエンスの在り方やデジタルトランスフォーメーション(DX)が改めて注目されています。ポストコロナ社会を見据えた時、研究開発やそれを支えるエコシステムはどうあるべきでしょうか。私たちの「ゆくえ」を共に考えるための一助として、CRDSの知見をぜひご活用ください。

<https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/index.html>



「科学と社会」推進部

テレビでも SCIENCE CHANNEL

楽しみながら科学を学べる動画コンテンツ「SCIENCE CHANNEL」の人気番組が、テレビでも視聴できます。分散登校や時差通学などが続く中、家庭での学習意欲向上を目指して放送大学(BS231ch)の「家族で楽しむ!サイエンス」のコーナーで放送されています。「エコ・フロンティア～自然に学ぶ科学技術」「赤ちゃんがいっぱい」シリーズを紹介しています。小学生から大人まで、テレビの前で科学に触れてみませんか。



番組案内
<https://bangumi.ouj.ac.jp/bslife/>

放送予定:

7月29日(水)～8月4日(火)
月～金:9時45分～10時30分
8月10日(月)～28日(金)
月～金:11時～11時15分



国際部 パリ事務所 「科学と社会」推進部

パリ日本人学校で オンライン講座を開催

3月中旬以降、フランスでは外出が厳しく制限されました。自宅で不安な日々を過ごすパリ日本人学校の児童や生徒のため、パリに事務所を置く5つの国立研究開発法人*が全8回のオンライン講座を企画しました。科学に興味を持ってもらおうと各法人が工夫を凝らし、さまざまな切り口で講座を開催しました。JSTからは科学技術が持続可能な開発目標(SDGs)の達成に果たす役割について、具体的な社会課題や科学技術の事例を交えて紹介しました。日仏をつないだ講座には中学部の生徒が参加し、講師を務めた「科学と社会」推進部の荒川敦史部長と共に、課題解決に何が必要か、科学技術は何かできるのかを考えました。

* 宇宙航空研究開発機構、情報通信研究機構、
新エネルギー・産業技術総合開発機構、
日本原子力研究開発機構、JST

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。



P8(上)



P8(左下)



P8(上)

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: 株式会社丸井工文社

