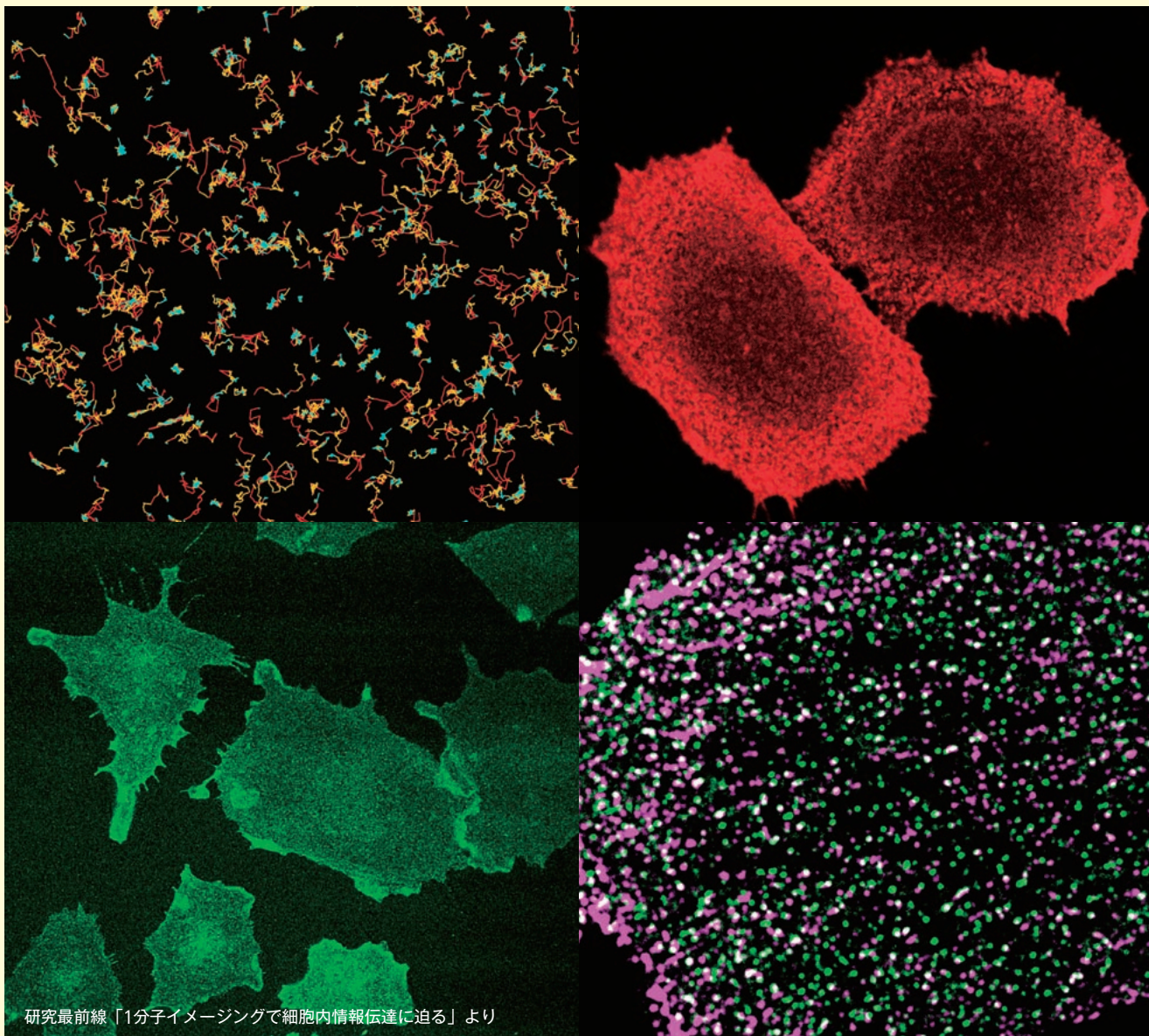


# RIKEN NEWS

No. **453** 2019 **3**



研究最前線「1分子イメージングで細胞内情報伝達に迫る」より

02 **研究最前線**

## 1分子イメージングで 細胞内情報伝達に迫る

06 **研究最前線**

## 情報を関連付けて記憶する海馬の謎を解く

10 **記念史料室から**

## スケッチで見る理研・和光地区の変遷

12 **FACE**

- ・見ると壊れる量子現象を計算に利用する研究者
- ・植物遺伝子を社会に役立てる研究者

14 **TOPICS**

- ・欧州事務所の開所式を挙る
- ・AIPシンポジウム  
2018年度 成果報告会のお知らせ
- ・今年も開催！和光地区と播磨地区の一般公開
- ・ポスト「京」の名称を募集

16 **原酒**

- ・千里の道も一歩から

生体内の分子1個1個の挙動を調べることができる有力な方法として、1分子イメージングが注目されている。2000年に世界で初めて生きている細胞での1分子イメージングに成功したのが、佐甲細胞情報研究室を率いる佐甲靖志 主任研究員である。2018年には、細胞内1分子イメージングを完全に自動化した革新的な顕微鏡システム「AiSIS」を理研内の研究チームと共に開発。細胞は、外部の環境からの情報をどのように受け取り、その情報は細胞内でどのように伝達され、応答を引き起こすのか。1分子イメージングを駆使した細胞内情報伝達機構解明の最前線を紹介しよう。

# 1分子イメージングで細胞内情報伝達に迫る

## ■ 分子反応の揺らぎと多様性を見る

佐甲細胞情報研究室では、その名前のとおり、細胞内における情報処理機構の解明に取り組んでいる。

細胞は、外部の環境からさまざまな情報を受け取り、それに対して応答する。細胞が外部から情報を受け取る仕組みにはいくつかあるが、代表的なのが、細胞膜に埋め込まれた受容体を介するものである。特定の受容体に特異的に結合する物質をリガンドと呼ぶ。ホルモンや化学物質などのリガンドが受容体に結合すると、その情報が細胞内に伝わる。そして、細胞内の分子が次々と反応していくことで情報が伝達され、特定の遺伝子が発現するなど細胞の応答が引き起こされる。情報伝達に異常があると、細胞は正しい応答ができなくなり、がんなど疾病の原因にもなる。そのた

め、情報伝達機構の解明は、生物学だけでなく医科学や薬理学など幅広い分野においても重要な研究課題となっている。しかし、佐甲主任研究員は「情報伝達機構の解明はとても難しい」と言う。

佐甲主任研究員は、その理由の一つに揺らぎを挙げる。細胞内での個々の分子反応は、確率的に起きる。そのため、同じ環境で同じ情報を受け取っても分子反応の結果は一様ではなく、揺らいで多様になる。「分子反応を調べるときによく使われているのが、たくさんの分子をまとめて観察して平均を取るという方法です。1分子イメージングもこれまでは比較的少数の分子の観察にとどまっていた。しかし、少数では多様性は見えず、平均すると揺らぎが消えてしまいます。多様性や揺らぎを捉えるには、たくさんの分子1個1個の振る舞いを見なければなりません。そのためには1分子イメージング技術の改良が必要です」

1分子イメージングとは、調べたい分子に遺伝子導入や化学反応を用いて蛍光分子を付け、発する蛍光を高感度の顕微鏡で観察することで、分子1個1個を可視化する技術である（図1、表紙）。生きた細胞での1分子イメージングに2000年、世界で初めて成功したのが、佐甲主任研究員だ。「1分子イメージングは熟練が必要な手作業が多く、簡単な方法ではありません。けれども私たちには、これまで培ってきたノウハウがあ

ります。その強みを生かし、難題である複雑な情報伝達機構の解明に取り組んでいます」

## ■ 情報伝達の始まりを解く

情報に対する細胞の応答にはいろいろなものがあるが、情報伝達機構解明の糸口として佐甲主任研究員が注目しているのは、細胞の運命決定である。受け取った情報に応じて、細胞には増殖や分化、細胞死、がん化など異なる運命がもたらされる。

細胞の運命決定に関わる情報伝達で研究が進んでいるのは、上皮成長因子受容体（EGFR）の経路である。細胞膜に埋め込まれているEGFRにリガンドの上皮成長因子（EGF）が結合すると、その情報が細胞内に伝えられ、最終的に増殖を引き起こす。

「EGFRからの情報が細胞内に入ってきた後、どの分子がどの順番で反応するか、反応ネットワークは詳しく分かっています。しかし、EGFがどのように受容体に結合し、どのように情報が細胞内に伝えられるのか、つまり情報伝達の始まりについては、いまだによく分かっていません。その仕組みを、1分子イメージングなどを駆使して探ってきました」

EGFRは、EGFが結合しただけでは活性化しない。2個のEGFRがまとまって2量体を形成し、両方にEGFが1個ずつ結合して初めて活性化し、細胞の中

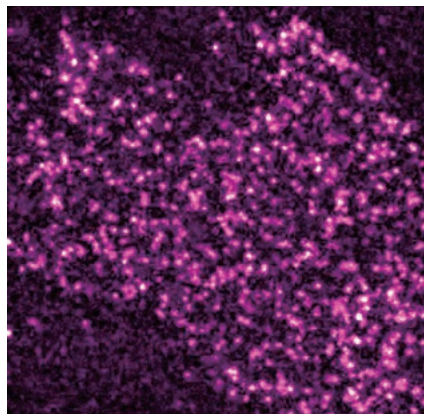


図1 1分子イメージング  
光っている点は、蛍光タンパク質で標識した上皮成長因子受容体（EGFR）。

**佐甲靖志** (さこう・やすし)  
 開拓研究本部 佐甲細胞情報研究室  
 主任研究員

1961年、大分県生まれ。理学博士。京都大学大学院理学研究科博士課程修了。東京大学教養学部助手、名古屋大学大学院理学研究科助手、大阪大学医学部生命機能研究科助教授などを経て、2006年から現職。



に情報が伝わるのだ。しかし、その詳しい仕組みも分かっていなかった。そうした中、佐甲主任研究員は2009年、リガンドの結合していないEGFRが2量体(前2量体)を形成すると単量体の場合よりEGFと結合しやすくなること、2量体の一方にEGFが結合するとさらに構造変化を起こしてもう一方にEGFが結合しやすくなることを明らかにした(『理研ニュース』2010年3月号「研究最前線」)。

「EGFRを介した情報伝達機構の解明に大きく近づいたと思いました。しかしその後、前2量体にEGFが結合しても、それだけでは細胞内への情報伝達はあまり起こらないことが分かってきたのです。そこで、EGFRの振る舞いを1分子イメージングでさらに詳細に調べてみることにしました」

■ 細胞膜の構造が情報伝達を制御

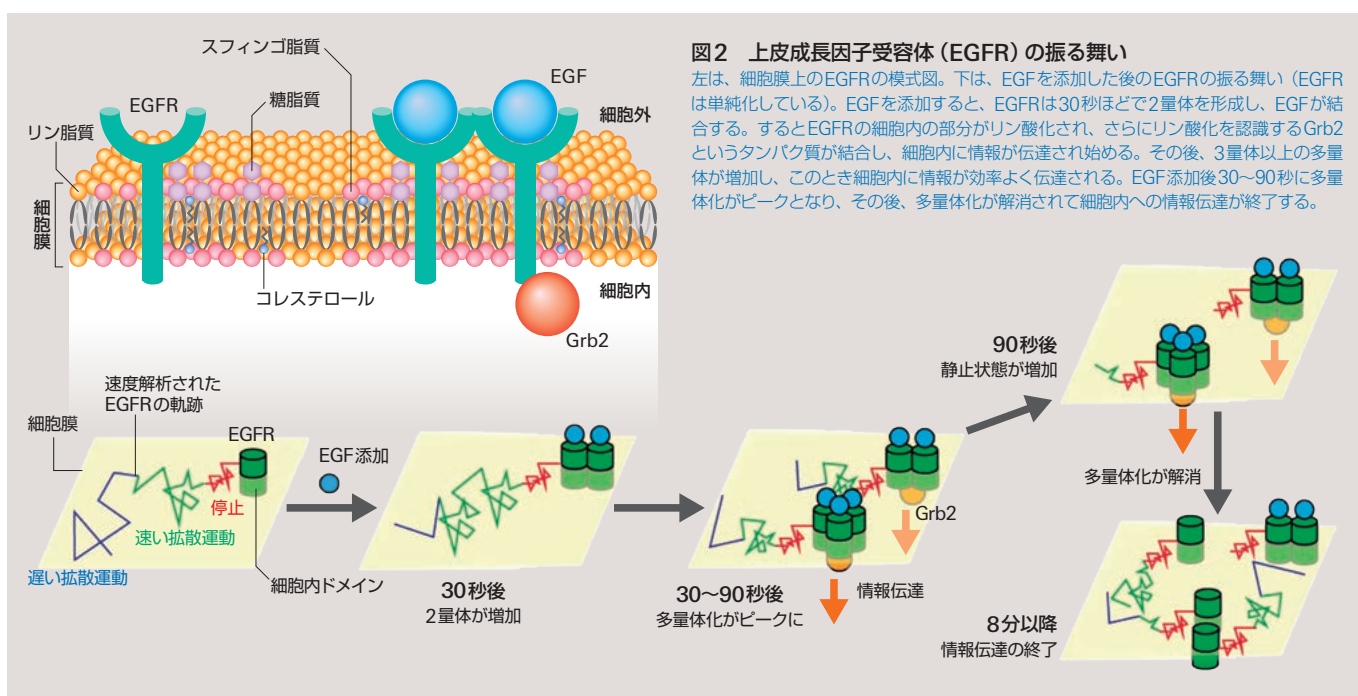
1分子イメージングを用いると、分子の数や分布を調べたり、動きを追跡したり、ほかの分子との反応にかかる時間を求めたり、蛍光の明るさから単量体か2量体かの識別もできる。するとEGFRは、2量体のときより3量体以上の多量体のときの方が、効率よく細胞内に情報を伝達していることが明らかになった。では、EGFRの2量体化、多量体化、そして細胞内への情報伝達はどのように制御されているのだろうか。佐甲主任研究員は、細胞膜の組成や構造がその鍵を握っていることを突き止めた。

細胞膜は、リン脂質が疎水部分を内側に、親水部分を外側に向けて並んだ二重層の構造をつくっていて、さまざまな脂質やタンパク質が埋め込まれている

(図2上)。それらは固定されているのではなく、緩やかな集合体として絶えず変化している。EGFRも細胞膜に埋め込まれている膜タンパク質である。

今回の1分子イメージングによって、細胞膜にマイナス電荷を持つ酸性脂質があると、受容体の膜近傍の構造が変化し、その結果、2量体を形成するという流れが見えてきた。

2量体からさらに多量体が形成されるには、分子同士が衝突しなければいけない。1分子イメージングによって、前2量体にEGFが結合すると、広い範囲を動けるようになることが分かった。その結果、ほかのEGFRと衝突して多量体が形成され、細胞内に情報を伝達するのだ(図2下)。その際にEGFRの細胞内部分で起こるリン酸化が引き金となって



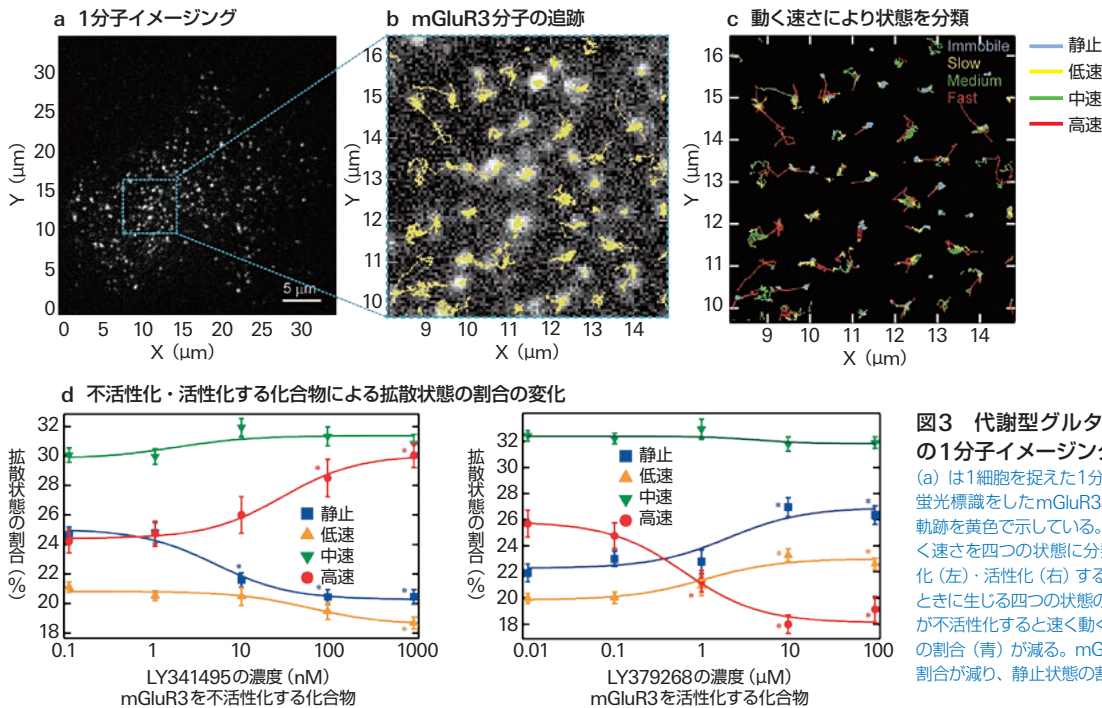


図3 代謝型グルタミン酸受容体3 (mGluR3) の1分子イメージング解析

(a) は1細胞を捉えた1分子イメージングの画像で、各輝点が蛍光標識をしたmGluR3。(b) は約3秒間のmGluR3分子の軌跡を黄色で示している。(c) は軌跡の情報を統計解析し、動く速さを四つの状態に分類した図。(d) はmGluR3を不活性化(左)・活性化(右)する化合物を、さまざまな濃度で加えたときに生じる四つの状態の割合の変化を示している。mGluR3が不活性化すると速く動く状態(赤)の割合が増え、静止状態の割合(青)が減る。mGluR3が活性化すると速く動く状態の割合が減り、静止状態の割合が増える。

生じる細胞膜の環境変化が、多量体化に関わっていることも明らかになった。

これらは、1個1個のEGFRの状態と振る舞いを識別できる1分子イメージングだからこそ得られた成果である。さらに佐甲主任研究員は、「『脂質の統合的理解』という研究プロジェクトに参加し、脂質の専門家が身近にいたことも大きい」と語る。「脂質の統合的理解」は2014年度から5年計画で行われた理研内の共同研究プロジェクトで、佐甲主任研究員は2016年度からプロジェクトリーダーを務めていた。「研究プロジェクトは終了しましたが、研究室では引き続き、EGFRと脂質を同時に1分子イメージングで観察する研究を進めています。情報伝達と細胞膜の構造や組成の相互作用が詳しく分かると期待しています」

一方で、新しい疑問も出てきた。「受容体にリガンドが結合したら、その場所ですぐ細胞内に情報を伝えた方がいいように思いませんか?」と佐甲主任研究員は問い掛ける。移動して多量体を形成していたのでは、リガンドが結合してから場所も変わり、時間もたってしまう。「空間的・時間的な情報の精度が多少下がっても、多量体化することでノイズに打ち勝つ大きな信号を出せるなど、利点があるのかもしれない。それを明らか

にしていきたいと思っています」

### ■ 活性化したGPCRの動きは遅くなる

佐甲主任研究員は、Gタンパク質共役型受容体 (GPCR) についても研究を進めている。GPCRは光やホルモンなど細胞外のさまざまな刺激を受けて活性化し、細胞内にあるGタンパク質 (グアニンヌクレオチド結合タンパク質) と結合して細胞内へ情報を伝える膜タンパク質である。ヒトが持つGPCRは800種類もある。「私たちは、GPCRの動きを1分子イメージングで調べ、活性化によってGPCRの細胞膜での動きが変わることを発見しました」

佐甲主任研究員らは1個1個のGPCRの動きを追跡した。その結果を統計解析すると、GPCRの動きは静止、低速、中速、高速の4種類に分類できることが分かった(図3c)。GPCRを不活性化させる化合物を加えると、動きの速い分子の割合が増え、動きの遅い分子の割合が減った(図3d左)。一方、GPCRを活性化させる化合物を加えると、動きの速い分子の割合が減り、動きの遅い分子の割合が増えた(図3d右)。この実験では、GPCRのモデルとして脳神経系に局在する代謝型グルタミン酸受容体3 (mGluR3) を用いた。「mGluR3以外の30種類ほどの

GPCRについて同様の実験を行ったところ、いずれも活性化に伴って動きの遅い分子の割合が増えることが分かりました。動きを調べるだけで、GPCRが活性化しているか、活性化していないかを評価できる可能性があります」

### ■ 1分子薬理学の発展に貢献

ヒトが持つ約800種類のGPCRのうち、におい分子をリガンドとする嗅覚受容体を除く340種類ほどが、薬の標的になると考えられている。しかし、薬の標的として現在利用されているのは100種類程度であることから、残りのGPCRを利用するための研究が進められている。

しかし、リガンドが分かっていないGPCRが80種類以上ある。それらについては活性化したときの細胞応答が分かっていないため、薬によって活性化されたかどうかを評価することが難しいという問題があった。GPCRが引き起こす一般的な細胞応答であるカルシウムイオンや環状アデノシンリン酸の増減がないからといって、活性化されていないとは断言できない。かといって、知られている細胞応答はたくさんあり、それらを全て調べることは手間と時間がかかる。

「私たちは、GPCRの活性化とその動きに関係があることを明らかにしました。

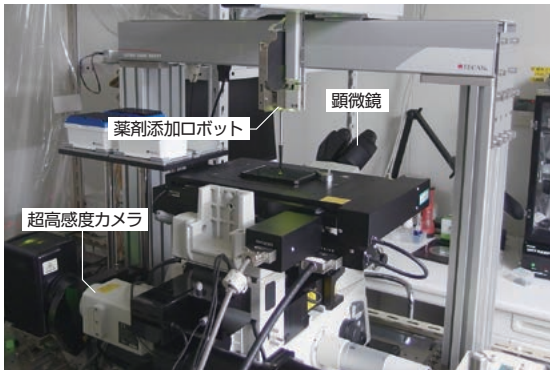


図4 細胞内1分子イメージング  
自動解析システムAiSIS

イメージング用超高感度カメラ、全反射照明光学顕微鏡、薬剤添加ロボット部から構成される。1分子イメージングに必要な全工程を自動で行う。1日に約1,600細胞の1分子イメージング解析が可能。

#### 関連情報

- 2018年9月26日プレスリリース  
細胞内1分子自動観察システム「AiSIS」
- 2018年9月19日プレスリリース  
細胞膜の受容体1分子の動きから薬効を評価

リガンドが分かっていないGPCRであっても、薬を投与したときの分子の動きの変化を1分子イメージングで調べること、薬効を評価できる可能性があります。1分子レベルで薬の作用機構を理解する1分子薬理学の発展に貢献すると期待されています」

「しかし」と佐甲主任研究員は続ける。「私たちが調べた約30種類のGPCRは全て活性化すると動きの遅い分子の割合が増えました。かといって薬の標的となる全てのGPCRが同じ挙動を示すかどうかは分かりません。残るおよそ300種類のGPCRについても活性化と動きの関係を調べる必要があります」

## ■ 膨大な解析を可能にした細胞内

### 1分子自動観察システム「AiSIS」

「1分子イメージングには熟練が必要な上、時間も手間もかかり、大量の解析には向いていません。300種類ものGPCRについて1分子イメージングを行い、活性化と動きの関係を調べるなんて、少し前であれば、無謀だと私も諦めていたでしょう。しかし2018年9月に、細胞内1分子イメージング自動解析システム『AiSIS』が完成し、実現できる環境が整いました」と佐甲主任研究員。

AiSISは、理研生命機能科学研究センターの細胞シグナル動態研究チーム（上田昌宏チームリーダー）と佐甲細胞情報研究室による共同研究の成果だ。細胞サンプルを顕微鏡に搬送し、溶液を添加し、観察に適した細胞を探索し、その細胞に焦点を合わせ、分子1個1個を識別できる画像を記録し、画像から個々の

分子の位置情報と蛍光強度のデータを取得する。AiSISは、こうした1分子イメージングの全過程を自動で行う。細胞の認識や焦点合わせには、深層学習を用いた人工知能（AI）を導入している。AiSISによって、1日当たり約1,600細胞の1分子イメージング解析が可能になる。これは、熟練研究者の10倍以上の効率だ。

「高速化だけでなく、再現性が高くなることも、自動化の大きなメリットです。細胞の探索や焦点合わせは、人によって違い、同じ人でも完全に同じには再現できません。再現性が高くなれば、解析の精度も向上します。人がやっていたのでは難しい、短い間隔での画像記録も可能なので、分子の振る舞いが、いつ、どこで、どのように変わったかを詳細に捉えることができますようになります」

佐甲細胞情報研究室に2018年12月、AiSIS 2号機が導入された（図4）。2号機は解析速度がさらに5倍ほど向上している。GPCRをはじめ、さまざまな1分子イメージングに活用していく。

1分子イメージングについて、さらに必要な技術開発はあるのだろうか。「無限にはありますが、直近でやらなければならないのは、画像の解析技術の向上です」と佐甲主任研究員は答える。現在、画像から自動で取得されるのは、個々の分子の位置情報と蛍光強度だけだ。「画像にはほかにも多様な情報が含まれています。できるだけ多くの情報を取り出したい。また、各情報を別々に解析するのではなく、相関を見ると新しい発見があるはずだ」

## ■ 反応ネットワークを流れる 情報量を見たい

EGFRもGPCRも細胞膜にあり、細胞内情報伝達の始まりである。佐甲主任研究員は、「細胞内の反応ネットワークを、どのように情報が流れていくかを知りたい」と語る。細胞内情報伝達に関わっている分子は、すでにたくさん知られていて、分子同士の関係を記したネットワークも描かれている。それを見ると、1対1ではなく、分子AがBとCの2種類の分子と反応するといった例も多い。「分子Aから分子Bに、分子Aから分子Cに、それぞれどれだけの情報が流れているのか、情報量を定量して比較できれば、どちらの反応が重要か分かるはずだ。そのためには、1細胞の中で二つ以上の分子について1分子イメージングを行う必要があります。とても難しいのですが、AiSISを使って実現したいと準備を進めているところです」

佐甲主任研究員は、「分子反応の揺らぎを見ると、生物らしいと感じる」と言う。「揺らぎこそ生物の特徴です。しかし一方で、細胞は外界からの情報に対して適切な応答をしなければいけません。そこで細胞には、分子反応の揺らぎを補正したり積極的に利用したりして、情報に対して適切な応答をする仕組みが備わっていると考えられます。私は、情報伝達機構を解き明かし、分子反応と細胞行動の関係を理解したいのです。そのためには、1分子イメージングの腕をさらに磨いていかないとはいけません」

（取材・執筆：鈴木志乃／フォトクリエイト）

脳はどのように記憶を書き込み、長期的に保存し、読み出すのか。

脳神経科学研究センター（CBS）神経回路・行動生理学研究チームの  
トーマス マックヒュー  
Thomas J. McHughチームリーダー（TL）らは

マウスの神経細胞の活動を光で自在に操作する光遺伝学などの手法と、  
神経細胞1個ずつの活動を電極で計測する独自の手法を駆使して、  
記憶に重要な脳部位である海馬が働く仕組みを調べている。

最近、同研究チームが中心となって発見した

記憶再生の異常によって記憶障害が起こるメカニズムと、

記憶が書き込まれた神経細胞（記憶エングラム）の予想外の性質について紹介しよう。

## 情報を関連付けて記憶する海馬の謎を解く

### ■ 場所細胞と記憶の再生

視覚や聴覚など、あらゆる知覚情報が集まる海馬は、出来事の記憶に欠かせない脳部位だと考えられている。海馬はいくつかの領域に分かれており、CA1やCA3という領域には、「場所細胞」と呼ばれる神経細胞があることが知られている。

例えば動物が新しい環境を探索して場所1から4へ進むとき、場所1で活動頻度が高くなる場所細胞1や、場所4で高くなる場所細胞4があるのだ（図1左）。

そして動物が休んでいるときや睡眠中に、場所1から4まで歩いた出来事を経験した順番、あるいは逆順で場所細胞が活動して、記憶が再生される。そのとき、リップル波と呼ばれる1秒間に100回（100Hz）ほどの速い脳波に合わせて場所細胞は活動する（図1右）。

このようにして動物は、探索した環境の空間地図を海馬内につくる。その空間地図が経験した出来事を記憶する上で中心的な役割を果たすという「認知地図仮説」が1970年代に提唱された。

### ■ 記憶障害の原因となる再生異常

記憶障害が現れる疾患では、場所細胞の活動に異常があると予想される。研究チームのSteven J. Middleton<sup>スティーブン ミドルトーン</sup> 研究者らは、重度の知的障害を伴うてんかん性脳症など、脳機能障害に関連することが知られている*Scn2a*遺伝子の変異に注目した。

Middleton研究者らは、*Scn2a*遺伝子をノックアウト（欠失）した知的障害の疾患モデルマウスについて、場所細胞1個ずつの活動を電極を付けて調べることにした。まず、マウスの空間記憶の能

力を調べるために、迷路を学習させた。すると、*Scn2a*ノックアウトマウスは野生型マウスに比べて学習にとっても時間がかかることが分かった。

空間記憶に障害がある場合、場所細胞1が活動する場所1の面積が通常より拡大していたり、場所2との境界が曖昧だったりするケースが知られている。マウスが環境を探索するときに8Hzほどのシータ波に合わせて場所細胞が活動するが、その脳波のリズムが崩れることで記憶障害が起きるケースもある。

しかし意外にも、*Scn2a*遺伝子のノックアウトマウスにはそれらの異常は見られなかった。そこで、記憶がリップル波に合わせて再生されるときの活動を調べることにした。するとリップル波のリズムも正常だった。

異常が見られたのは、リップル波中の

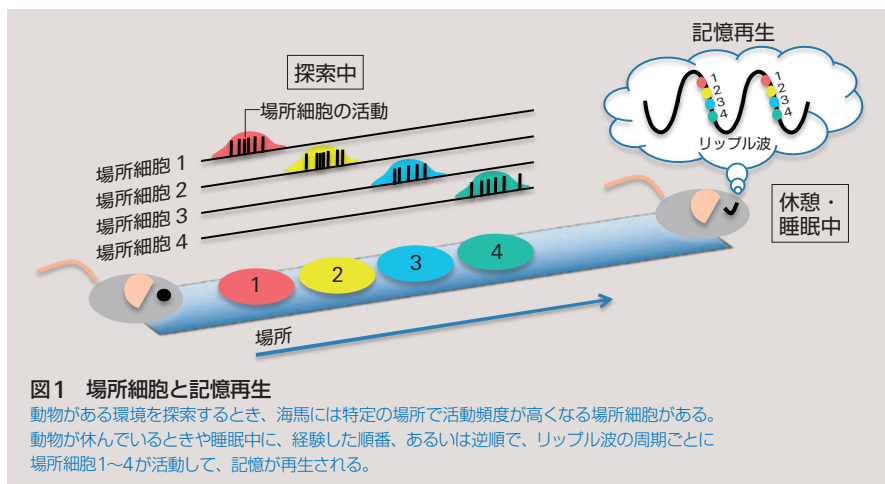


図1 場所細胞と記憶再生

動物がある環境を探索するとき、海馬には特定の場所で活動頻度が高くなる場所細胞がある。動物が休んでいるときや睡眠中に、経験した順番、あるいは逆順で、リップル波の周期ごとに場所細胞1~4が活動して、記憶が再生される。

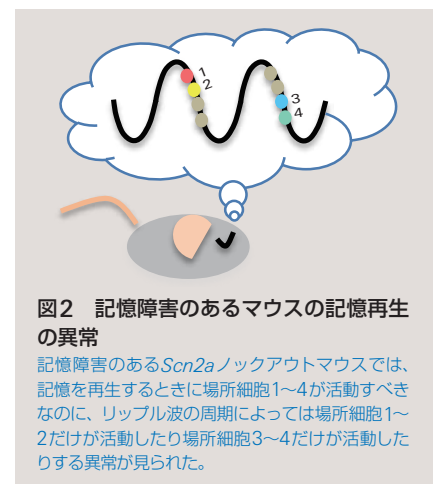


図2 記憶障害のあるマウスの記憶再生の異常

記憶障害のある*Scn2a*ノックアウトマウスでは、記憶を再生するときに場所細胞1~4が活動すべきなのに、リップル波の周期によっては場所細胞1~2だけが活動したり場所細胞3~4だけが活動したりする異常が見られた。

**Thomas John McHugh**

(トーマス・ジョン・マックヒュー)

脳神経科学研究センター  
神経回路・行動生理学研究チーム  
チームリーダー

1973年、米国イリノイ州生まれ。Ph.D. 米国マサチューセッツ工科大学大学院生物学専攻博士課程修了。同大学ピカワー学習・記憶研究所などを経て、2009年、理研脳科学総合研究センター チームリーダー。2018年より現職。



場所細胞の活動だ。リップル波の周期ごとに場所細胞1~4が全て活動すべき場合に、周期によっては1~2だけが活動したり、3~4だけが活動したりと、再生に参加する場所細胞が減っていたのだ(図2)。

なぜ、再生に参加しない場所細胞があるのか。「場所細胞の活動を抑制するタイミングがずれたのだと考えられます」とMcHugh TLは予測する。

神経細胞には、情報を伝える相手の神経細胞を興奮させるタイプと抑制するタイプがある。場所細胞は相手を興奮させるタイプだが、その場所細胞を抑制する神経細胞もある。

「リップル波という速い脳波に合わせて複数の場所細胞が一気に興奮する状況は、神経細胞が異常に興奮するてんかんの症状と似ています。記憶を再生するときにてんかん症状が起きないように、抑制性の神経細胞が場所細胞の興奮をリップル波に合わせて絶妙のタイミングで制御しているのです。Scn2a遺伝子をノックアウトしたマウスではその抑制のタイミングがずれてしまい、場所細胞3~4の活動を抑えたり1~2を抑えたりするのでしょう」

「このマウスでは、記憶を長期的に保存することができないはずですが」とMcHugh TLは続ける。「海馬に書き込まれた記憶は、やがて脳の表面を覆う大脳皮質などに転送されて長期保存されます。その転送にリップル波に合わせた記憶再生が必要だと考えられているからです」

## ■ 記憶が書き込まれる

### 記憶エンングラムの発見

記憶は脳内にどのように書き込まれるのか。記憶は「記憶エンングラム」と呼ばれる神経細胞群に書き込まれると考えられてきたが、具体的にどの神経細胞群が記憶エンングラムなのか、長年にわたり大きな謎だった。

2010年代に入り、二つの手法を組み合わせたマウスの実験によって、その謎の解明が大きく進展した。

一つは、任意の時間帯に活動した神経細胞を、その神経細胞の活動によって発現が誘導される*c-Fos*遺伝子で標識する手法。もう一つは、神経細胞にロドプシンという光活性化タンパク質を発現させ、そこに光を当てて神経細胞の活動を操作する光遺伝学の手法だ。

「2012年、当時のRIKEN-MIT神経回路遺伝学センターの利根川進センター長たちは、その二つの技術を組み合わせて記憶エンングラムを調べる先駆的な実験を行いました」

利根川センター長(当時)らは、*c-Fos*にロドプシンの遺伝子をつなげたマウスを作製。そのマウスをある環境に入れ、床に電気を流して、そこが怖い環境だと記憶させた。そのときに活動した海馬の神経細胞では*c-Fos*が発現し、同時にロドプシンがつくられる。

後日、同じ環境にマウスを戻すと、おびえて身をすくませた。そこが怖い場所だという記憶がよみがえったからだ。次に別の安全な環境にマウスを移して海馬に光を当て、ロドプシンを活性化させて*c-Fos*で標識された神経細胞の活動を

オンにした。するとマウスはそこでも身をすくませた。恐怖の記憶を人為的によみがえらせることに成功したのだ。こうして*c-Fos*で標識された神経細胞が記憶エンングラムであることが示された。

現在、神経回路・行動生理学研究チームに在籍している田中和正 基礎科学特別研究員(以下、研究員)は、米国カリフォルニア大学デービス校の博士課程のとき、逆の実験を行った。光を当てると神経細胞の活動がオフになるロドプシンの遺伝子を*c-Fos*につなげたのだ。

まず、ある環境にマウスを置き、床に電気を流して恐怖の記憶をつくらせた。後日、同じ環境に入れてマウスの海馬に光を当てた。するとマウスはおびえることがなかった。恐怖の記憶を人為的に封印したのだ。やはり*c-Fos*で標識された海馬の神経細胞は、恐怖の記憶が書き込まれた記憶エンングラムだということが裏付けられた。

## ■ 記憶エンングラムは、

### 位置精度が低い場所細胞だった！

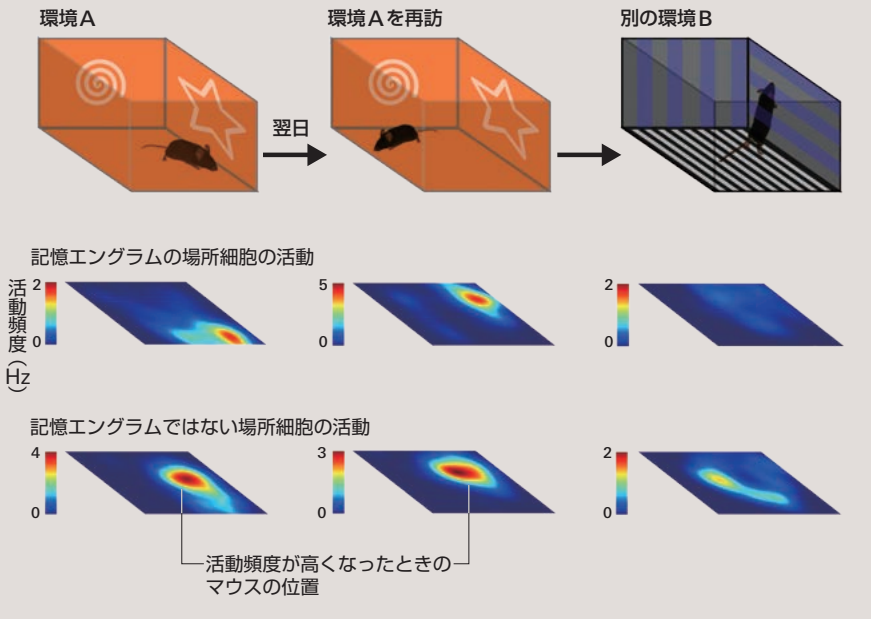
では、海馬の場所細胞と記憶エンングラムはどのような関係にあるのか。

田中研究員は2015年、神経回路・行動生理学研究チームに入り、*c-Fos*で標識された記憶エンングラムの神経細胞について、1個ずつの活動を電極で計測する実験を始めた。

マウスが新しい環境を探索するとき、CA1全体の約50%の神経細胞がランダムに選ばれて場所細胞として働く。一方、*c-Fos*で標識された記憶エンングラムはCA1全体の約20%を占めたが、その

図3 記憶エンングラムの場所細胞とそれ以外の場所細胞の活動の違い

記憶エンングラムではない場所細胞は、翌日に同じ環境を再訪したとき、前日と同じ場所で活動頻度が高まり、位置精度が高い（下段）。一方、記憶エンングラムの場所細胞は、位置精度は低いことが分かった。また、環境Aの記憶エンングラムは、別の環境Bではほとんど活動しなかった（中段右）。その結果、記憶エンングラムの活動量だけから、マウスが環境Aにいるのか、環境Bにいるのかを識別できた。



とMcHugh TL。

さらに田中研究者らは、別の環境Bにマウスを入れて場所細胞の活動を調べた。すると新しい環境Bに対応して新たにランダムに選ばれた神経細胞が、記憶エンングラムではない場所細胞として活動を始めた。一方、環境Aの記憶が書き込まれた記憶エンングラムは、ほとんど活動しなかった（図3中段）。

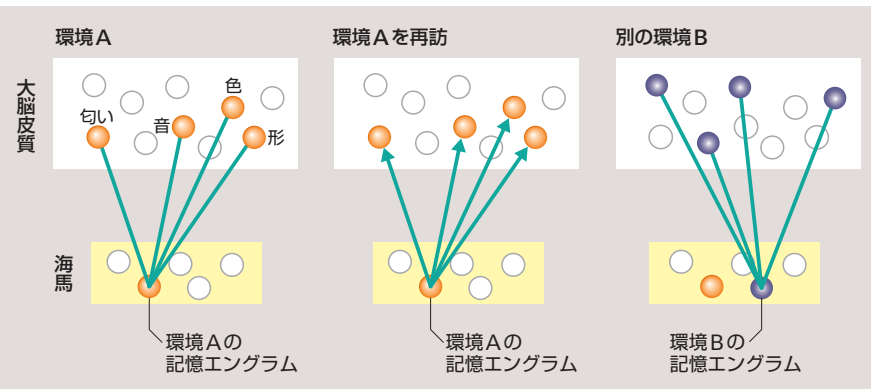


図4 記憶インデックス仮説

ある環境で体験した出来事の情報は大脳皮質の神経細胞にあり、海馬の記憶エンングラムはそのセットを関連付けた索引として働くと、McHugh チームリーダーらは考えている。

ほとんどは場所細胞と重複していた。

つまり、記憶エンングラムである場所細胞と、記憶エンングラムではない場所細胞があること、しかも場所細胞の多くは記憶エンングラムではないことが分かったのだ。それでは、両者の性質はどのように違うのか。

田中研究者らは、マウスが初めて訪れた環境Aを探索した翌日に、再び環境Aに戻したときの場所細胞の活動を計測した。すると、記憶エンングラムではない場所細胞は、最初に探索したときと同じ場所で活動頻度が高まった。つまり、場所

1では場所細胞1が、場所2では場所細胞2が活動するといったように、高い位置精度が示された（図3下段）。

一方、記憶エンングラムも環境Aに戻されたときに活動頻度が高まった。しかし、場所細胞1だったものが場所2で活動頻度が高くなったり、場所細胞2だったものが場所4で活動頻度が高くなったりした。位置精度がとても低かったのだ。

「私たちは、記憶エンングラムは場所細胞の中でも位置精度が特に高いものだろうと予想して実験を始めました。ところが実験結果はまったく逆だったのです」

■ 記憶エンングラムは情報の索引か？

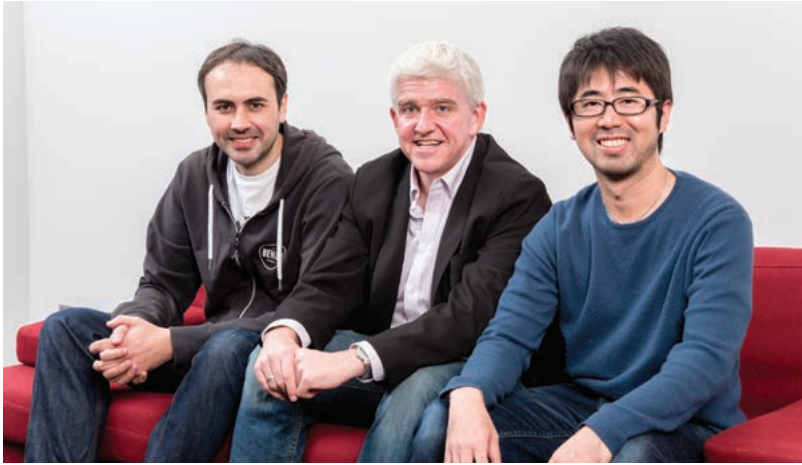
電極を使って調べた記憶エンングラムの性質をどのように解釈すればよいのか。「私たちは、記憶エンングラムは記憶のインデックス（索引）として働くと考えています」とMcHugh TLは言う。

海馬の記憶の仕組みについては、認知地図以外にもさまざまな仮説がある。その一つが、1980年代に提唱された「記憶インデックス仮説」だ。動物が経験した匂いや形、音といった情報の中味は海馬以外の大脳皮質などにあり、海馬には特定の環境で経験した匂いや形、音をセットにして関連付けたインデックスができるという仮説だ（図4）。

「私たちの実験により、新しい環境を探索しているときの記憶エンングラムは、シータ波に合わせて一気に活動頻度を高めることが分かりました。そのようなバースト活動は、神経細胞の情報伝達効率を高めることが知られています。標識に用いている*c-Fos*はそもそも、シータ波に合わせたバースト活動により情報伝達効率を高める神経細胞でのみ発現すると私たちは予測しています」

それにより、特定の情報の中味を持つ





左から、Steven J. Middleton 研究員、Thomas J. McHugh チームリーダー、田中和正 基礎科学特別研究員。

皮質の神経細胞のセットと関連付けを強め、索引として機能するようになると考えられる。

「既知の環境Aに戻ったマウスでは、最初の10秒間くらいに記憶エンگرامの活動頻度が特に高まることも分かりました。それによって、索引で関連付けた皮質の神経細胞のセットを興奮させて環境Aで経験した出来事を思い出せる。さらに環境Aに対応した位置精度の高い場所細胞を興奮させて、この環境の空間地図はこれだと指定するのでしょう」とMcHugh TL。

## ■ あらゆる情報を関連付ける海馬

「海馬の場所細胞では、マウスが新しい組み合わせの情報を経験したときにだけ、*c-Fos* 遺伝子が発現することが知られています。海馬の重要な機能は、あらゆる情報を関連付けることだと私は考えています」とMcHugh TLは続ける。「リップル波に合わせて記憶を再生することで、海馬の記憶が大脳皮質などに転送されて長期保存されるという仮説を先ほど紹介しました。具体的には、海馬の記憶エンگرامの索引情報が皮質に転送されるのだらうと私は考えています。では、記憶再生のときに記憶エンGRAMはどのように活動するのか。それを調べる実験を進めているところです」

皮質に転送された記憶は、出来事の細部が失われて抽象的な情報になることが知られている。「バナナは黄色い、という抽象的な情報は皮質に長期保存さ

れています。その情報は、子どものころに黄色いバナナを何度も見て、海馬でバナナと黄色が関連付けられ、その情報が皮質に転送されたと考えられます。ただし、バナナが黄色いことを覚えた具体的な出来事は思い出せませんよね。そのような細部の情報は失われてしまうのです」

出来事の記憶では、場所1で匂いをかいだ後に場所2で音を聞いたといった、いつ、どこで、何が、どのような時系列で起きたのかという場所や順番の情報も重要だ。出来事の順番を記憶することにより、因果関係を理解し、次に何が起きるのか未来を予測することができるようになる。

「場所や順番の情報は、位置精度の高い場所細胞でつくられ、その情報が記憶エンGRAMへ送られ、場所や順番と出来事が関連付けられて記憶されると私は予測しています」

出来事の順番には、特定の環境で経験する比較的タイムスケールの短いものだけでなく、1カ月前の環境Aでの出来事と1年前の環境Bでの出来事などのように、長いタイムスケールで異なる環境を捉える場合もある。

「そのような出来事の順番をどのように記憶するのか。それに関する実験も私たちは進め、論文にまとめているところです」とMcHugh TL。

「記憶エンGRAMが位置精度の高い場所細胞であっても不都合はないように思えます」と田中研究員は語る。「なぜ、

## 関連情報

- 2018年7月27日プレスリリース  
海馬記憶エンGRAMからの記憶解読
- 2018年6月5日プレスリリース  
知的障害における記憶再生の異常
- 2012年3月23日プレスリリース  
記憶が特定の脳神経細胞のネットワークに存在することを証明

位置精度が低く安定しないのか。そこに脳が情報を扱う仕組みの本質が秘められているのかもしれませんが。今後、さらに記憶エンGRAMを探る実験を続けていきたいと思います」

## ■ 海馬を総合的に理解する

海馬の場所細胞の研究では、マウスよりサイズが大きいラットを使った実験が先行して行われてきた。CBSでも、時空間認知神経生理学研究チームの藤澤茂義TLらがラットにより海馬の研究を進めている（『理研ニュース』2018年6月号「研究最前線」）。

「*c-Fos*による標識と光遺伝学を組み合わせた手法をラットに適用する技術はまだ開発されていません。私たちのマウスの実験で明らかになった記憶エンGRAMの活動の特徴を人工知能（AI）に学習させ、藤澤TLたちが計測したラットのデータを分析して、ラットの記憶エンGRAMについて調べることができるかもしれません」とMcHugh TL。

逆に、海馬の研究で解明された記憶の仕組みをAIに応用する研究も進展するはずだ。また、動物実験で海馬の記憶の仕組みを探る研究は将来、ヒトの記憶障害などの診断や治療にも貢献すると期待されている。

「私たちは、ここで紹介した研究以外にも、海馬に関するさまざまな実験を進めています。海馬を総合的に調べて記憶の仕組みを解明する。それが私たちのゴールです」。McHugh TLはそう締めくくった。

（取材・執筆：立山 晃／フotonクリエイト）

## スケッチで見る 理研・和光地区の変遷

今からおよそ50年前、理研は東京・駒込から埼玉県の大和町（現在の和光市）へ移転した。「理研100年」を振り返れば、半分は和光における歴史なのである。そんな和光周辺の風景を移転当時から描き続けた「画家」がいた。放射線研究室の研究者だった天道芳彦さんだ。研究者の息遣いが感じられるようなスケッチや水彩画を通して、理研・和光地区の変遷をたどりたい。

埼玉県の和光市にある理研の和光地区には、2019年現在60棟近い建物がある。

しかし、1967年に大和研究所（現 和光地区）開所を披露する式典が行われたころは、ただっ広い敷地に本館研究棟（現 研究本館）と事務棟（現 本部棟・①）が目立つばかりで、1999

年に解体廃棄されるまで理研再建と和光移転のフラッグだった160cmサイクロトロン（②・③）も完成したばかりだった。

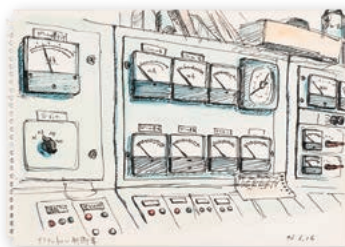
放射線研究室の研究者として和光に勤務した天道芳彦さんは、1960年代から数十年にわたって、理研や和光市周辺の風景をスケッチや水彩画に描き続けた。2017年に鬼籍に入った天道さんの遺作展が2018年秋、東京・池袋で開催され、親交のあった理研OBなども会場を訪れた。壁いっぱい展示された数十点の水彩画には、広大な原野に忽然と姿を現し、整備され、やがて時代とともに様変わりしていく理研構内の風景が写し取られていた。

### 『理研所報』を飾った数々のスケッチ

理研には1958年から1997年まで、職員全員に配布されていた月刊の所内報があった。『理研所報』である。インターネットやメールのない時代、新入職員の紹介や異動などの人事情報、所内研究会告知や研究成果、出版物の刊行、財務報告などが掲載されていた。1979年から最終号までの18年間、その表紙



② サイクロトロン棟  
所報の表紙を飾ったスケッチで、「1987.8.20」と裏書きがある。描かれたサイクロトロン棟は1999年に解体されたため、今はこの風景は見られない。なお160cmサイクロトロンは電磁石のみ今も和光の構内に展示されている。



③ サイクロトロン  
運転コンソール  
計器が全てゼロを示していることから、稼働の休止中にさっとスケッチしたものか？



① 事務棟（現 本部棟）  
現在（写真）とほぼ同じ風景で、奥には本館研究棟（現 研究本館）も見える。

を飾っていたのが天道さんのスケッチだ。そこに描かれたのは理研の職員にもなじみの風景ばかりで、「あ、今度はあそこが描かれている!」と楽しみにする人も多かったという。

### 南地区の整備と研究分野の広がり

和光の敷地には小さいながらも二級河川（現在は一級河川）の谷中川が流れており、移転当初はその両岸に本部地区とサイクロトン地区が広がっていた。しかし移転から10年後の1970年代後半まで、建物の建設は高台に限られていた。1977年、和光地区西側に東京外環自動車道の計画が持ち上がり、西門の位置が移動し(⑤)、それをきっかけに低地や南側が造成されるようになったのである。

理化学研究所の名前のおり、物理学部と化学部で始まった理研も、時代とともに研究分野を広げていった。そして1980年代に入り新たに微生物系統保存棟(④)が完成するなど、新たな役割を担う建物も次々に増えていった。

### 「画家」天道芳彦さんの素顔

駒込からの移転当時、天道研究員は、実験物理の分野で研究を進めながら、世界中の関連論文をもとに原子核データの収集に携わっていた。

その人となりや夫人の佐津子さんに何うと、広島出身の天道さんは小さいころから絵が好きで、画家を夢見たこともあったという。「画家は天折するものだ」と聞いて、小学生のときに諦めたと話していましたよ」と佐津子さんは笑う。

研究仲間の間でも絵の上手さには定評があり、出張や学会にも必ず小さなスケッチブックを携え、ちょっとした風景を手早く写し取った。特に水彩画を好み、同僚にも「下地の色合いが残っているところにスーッと色がのっているのが水彩なんだよ」と語ることもあった。画面の隅に押されている落款も自ら彫ったものだ。そのころの理研には、研究以外にも芸術や音楽に幅広く才能を発揮する教養人が今にも増して多かったと聞く。

天道さんも、そんな好事家の1人だった。



④ 微生物系統保存棟 建設  
「1980.7.26」と裏に記されている。今日の中央地区と南地区を結ぶ「いけのはた通り」(写真)の向こうに、微生物系統保存棟建設のつち音が響く。



⑤ 西門前の風景

「理研所報」の表紙となったスケッチ。当時の西門は国道254号に面していた。写真は東京外環自動車道に面した現在の西門の様子。



⑥ 西門守衛所

現在の西門守衛所とは道を挟んだ反対側にあった。桜の木だけが当時のままだ。



## 見ると壊れる量子現象を 計算に利用する研究者

電子や原子などミクロな粒子が働く量子力学の世界では、日常感覚では理解し難い現象が起きる。その奇妙な量子現象を解明するとともに、それを計算に利用する量子コンピュータの研究を進めている研究者がいる。創発物性科学研究センター（CEMS）量子機能システム研究グループの中島 峻 研究員だ。量子コンピュータは、従来のスーパーコンピュータでも計算量が多過ぎて現実的には解くことが難しいある種の問題を、短時間で解けると期待されている。中島研究員の素顔に迫る。



### 中島 峻

創発物性科学研究センター  
量子機能システム研究グループ  
研究員

#### なかじま・たかし

1982年、東京都生まれ。博士（学術）。東京大学大学院総合文化研究科博士課程広域科学専攻中途退学。東京大学 助教などを経て2013年、創発物性科学研究センター 特別研究員。2017年より現職。

「小学生のころ、父がいろいろな本を薦めてくれました。その中に、量子力学を紹介した講談社ブルーバックスなどの本が何冊もありました。直感的に理解できず、納得できない世界に興味を持ったのです」。やがて東京大学大学院に進学。「量子力学の理論研究をしてみたいと、総合文化研究科の清水明 教授を訪ねました。すると、『量子現象は理論研究だけでは解明できない。理論は実験が苦手な人がやればよい。ぜひ実験をやるべきだ』と説得されました」

中島研究員は、固体中の電子が示す量子伝導現象を実験で調べる研究で学位を取得。その後、2013年に理研CEMSに入り、量子コンピュータの研究を進めている。量子コンピュータも従来のコンピュータと同様に0と1を表現するビットが情報を表す基本単位だ。ただし、従来のビットは0か1のどちらか一方しか表現できないのに対し、「量子重ね合わせ」により0と1を同時に表現する量子ビットを用いる。「電流を流すなど何らかの方法で量子ビットを観察すると、その影響で量子重ね合わせが壊れて、0か1のどちらか一方になります。ただし10回観察すると3回は0、7回は1、などと任意の比率で0と1を重ね合わせることができます。このような直感に反する現象が、私が納得できなかった量子力学の世界です」

イオンや光を利用するなど、いくつかの方式の量子ビットが

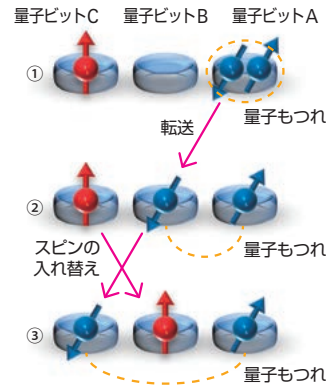


図 隣り合わない量子ビット間で量子もつれをつくる手順

①量子ビットAに2個の電子を入れて量子もつれをつくる。  
②そのうちの1個の電子を量子ビットBに転送する。  
③量子もつれの関係にない量子ビットCとBのスピンを入れ替える。  
こうして、隣り合っていない量子ビットAとCの量子もつれを実現できる。

研究されており、固体を使うものでは超伝導回路の研究が先行している。「私たちは、半導体に微小な構造をつくり、そこに閉じ込めた1個の電子を量子ビットに用いる研究を進めています」。電子にはスピンという自転に似た性質があり、アップとダウンの2種類の向きのスピンがある。それを0と1に対応させる。計算を行うには、量子ビットAがアップならばBはダウンであることが確定するような、量子力学的な相関関係をつくる必要がある。それを「量子もつれ」と呼ぶ。超伝導回路よりも電子1個の量子ビットのサイズは小さく、集積化に有利だ。ただし、隣り合う量子ビット間以外では、量子もつれを容易につくれないという大きな課題があった。中島研究員らは2018年、その課題を解決する新技術を開発することに成功した。

「図のような手順のアイデアは以前からありました。しかし最後のスピンの入れ替え操作をゆっくり行う必要があり、その間に外部からの電気や磁気のノイズで量子重ね合わせや量子もつれが壊れてしまい、実現できませんでした。電流を流してスピンの向きを観察することもノイズになります。ただし量子ビットBとCは量子もつれの関係にないので、量子重ね合わせや量子もつれを壊さずに、BとCの関係を観察できます。私たちの実験により、BとCの関係を観察しながら操作をすると、スピンの入れ替えが素早く起きるという予想外のことが分かりました」

小学生のころに納得のいかなかった量子現象の疑問は解けたのか。「納得できる部分は増えましたが、研究を進めると奇妙な量子現象が新たに見えてきて、100%は納得できていません。量子コンピュータ用に開発した新技術で、納得できない量子現象の解明を進める。そこで分かったことを利用して新技術を開発する。その両輪で研究を進めていくつもりです」

最近、量子現象以外にも興味のある観察対象ができた。6歳と3歳の息子たちだ。「長男は突然、車のギアの仕組みについて質問をしてきたりします。いろいろなことに興味を持ち始め、観察していると面白くて不思議な存在です」

（取材・執筆：立山 晃／フotonクリエイト）

## 植物遺伝子を 社会に役立てる研究者

地球温暖化によって将来、植物が高温ストレスにさらされる頻度が高まり、成長が阻害されることが危惧されている。

そうした中、環境資源科学研究センター（CSRS）

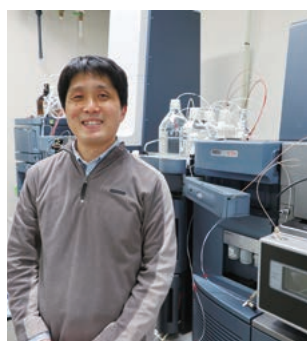
統合メタボロミクス研究グループの東 泰弘 研究員は、

高温ストレスの緩和に必須である脂質分解酵素リパーゼの

遺伝子を発見。その遺伝子の機能を強化するなどの改良を行うことで、高温ストレスに強い作物の創出につながるかと期待されている。

「植物の遺伝子を使って社会のためになることをしたい」

そう語る東研究員の素顔に迫る。



### 東 泰弘

環境資源科学研究センター  
統合メタボロミクス研究グループ  
研究員

#### ひがし・やすひろ

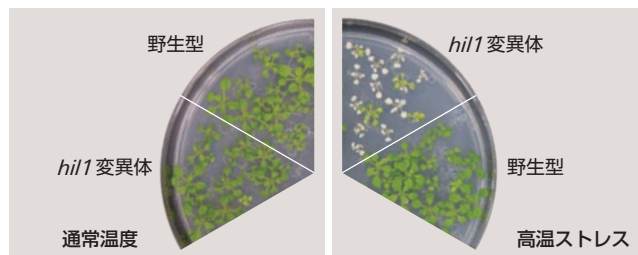
1979年、千葉県生まれ。博士（薬学）。千葉大学薬学部総合薬品科学科卒業。薬剤師免許取得。千葉大学大学院医学薬学部創薬生命科学専攻博士課程修了。米国ドナルド・ダンフォース植物科学研究所ポスドクフェローを経て、2012年より現職。2018年度理研桜舞賞受賞。

高校時代、「人と話すのは苦手だから、1人で黙々と実験をする研究者が自分には合っている」と思っていた東研究員。ある日、友人から「研究所の見学に行こう」と誘われた。それが、地元の千葉県木更津市にある、かずさDNA研究所だった。「DNAシーケンサーがずらっと並び、読み取った塩基配列が次々と出力されていました。なんて格好いいんだ、遺伝子の研究をしよう、と決めました」

千葉大学薬学部に進学。4年生からの所属は、遺伝子資源応用研究室と入学時から決めていた。「実験が面白くて、毎日遅くまでやっていました」と東研究員。大学院では、種子に貯蔵されるタンパク質の生合成機構を研究。当時注目され始めていたトランスクリプトーム解析とプロテオーム解析を駆使して、環境ストレスで変化するRNAとタンパク質の発現量を調べた。「貯蔵タンパク質の生合成に重要な遺伝子を突き止めるまでには至らず、悔しさを残して博士課程を終えました」

研究室には留学生や外国人研究員も多く、刺激を受けたことや、旅行好きだったことから、「海外で研究してみたい」と米国のドナルド・ダンフォース植物科学研究所へ。ケシから得られる化合物モルヒネの生合成酵素の立体構造解析プロジェクトに加わった。X線による構造解析に必要なタンパク質の結晶化を担当。「添加物などを少しずつ変えて大きく高品質な結晶ができる条件を地道に探るのは、性に合っていました。

図 *hil1*変異体の高温ストレスに対する応答



でも、今日こそはと顕微鏡をのぞいても小さな結晶ばかり。実験が大好きとはいえ、つらい日々でした」と振り返る。1年ほどして、ようやく解析に使える結晶ができた。「同僚から『baby's luckだね』と言われました」と頬が緩む。直前に子どもが生まれていたのだ。その結晶を使って共同研究者が立体構造の解析に成功した。ほかにもバイオ燃料への応用を目指し、遺伝子組み換えによって植物にテルペンという脂質をたくさんつくらせる研究も行った。気が付けば、米国に来て5年がたった。2012年に帰国し、理研へ。

現在の研究テーマの一つは、植物の高温ストレス応答である。植物を通常より高い温度で栽培すると葉緑体の膜を構成する脂質の分子組成が変わることから、脂質組成の変化が高温ストレスの緩和に関わっていると考えられている。東研究員は、高温ストレスによって発現が誘導される遺伝子をトランスクリプトーム解析で調べ、その中で脂質分解酵素リパーゼの遺伝子に注目した。その遺伝子を *HILI* と名付け、機能を調べ始めたが難航。しばらくして東研究員の勤務地が神奈川の横浜から埼玉の和光へ変わった。CSRS内の連携推進を目的としたものだったが、これが幸いした。「通勤時間が短くなり、実験に使える時間が増えたのです。しかも、3人目の子どもが生まれたばかりだったので、妻の負担を少しは減らせたかも」。およそ2年かけ、*HILI* 遺伝子は葉緑体膜の脂質組成の変化に重要な役割を果たしていて、高温ストレスの緩和に必須であることを明らかにした。*HILI* 遺伝子の機能を欠損させた変異体は高温ストレスを受けると枯れてしまう（図）。「脂質組成の変化はわずかなので、高性能の質量分析計とその性能を発揮できる技術を持つ研究グループのメンバーあってこそその成果」と東研究員。それまでの一見無関係に思える研究で得た知識や技術も役立った。

「研究者は、いろいろな人と協力し合い、大勢の前で発表もする。昔抱いていた研究者のイメージとは違っていました」と笑う。「遺伝子を研究しているからには、新しい遺伝子を見つけたいと思い続けてきました。それがようやく実現できた。*HILI* 遺伝子の機能をさらに理解し、社会に役立てること。それが次の目標です」

（取材・執筆：鈴木志乃/フォトクリエイト）

## 欧州事務所の開所式を挙行

理研は、幅広い分野にわたる研究のポテンシャルを高め、世界トップクラスの研究を推進するため、各国機関との連携協力を展開しています。欧州に築いてきた19カ国84機関との連携協力をさらに強化・発展させる中心的拠点として、2018年11月1日、理研 欧州事務所をベルギーのブリュッセルに開設しました。同月29日には開所式を執り行い、事務所開設とその活動を欧州の方々へ広くアピールしました。

ブリュッセルには欧州連合（EU）本部をはじめ、マックス・プランク協会やフラウンホーファー研究機構などサイエンスコミュニティの拠点を集結しています。すでにある連携拠点・共同研究の支援のみならず、新たな協力関係を確立していくのが開設の目的です。関係諸機関とのコミュニケーション、とりわけEUの科学技術政策動向の情報収集、そして優秀な人材のリクルートや理研の研究者の派遣といった人材交流を図り、理研と欧州の互恵的な関係を構築していきます。

写真は左から、ジャン・ピエール・ブルグニオン欧州研究会議議長、ジャン・エリック・パケ欧州委員会研究イノベーション総局長、松本 紘 理研理事長、兒玉和夫 欧州連合日本政府代

表部特命全権大使、山脇良雄 文部科学省文部科学審議官、小谷元子 理研理事。パケ総局長からは、「EUの『研究・イノベーション枠組み計画（FP）』において、理研は最も積極的に参加している機関の一つであること、また2021年から7年間のFP『Horizon Europe』でも国際協力は重要視されており、日本との関係強化を望んでいる」とのお言葉を頂きました。扁額（へんがく）の文字は松本理事長の揮毫。



## AIPシンポジウム 2018年度 成果報告会のお知らせ

革新知能統合研究センター（AIP）が目指すのは、先端的な人工知能（AI）基盤技術の開発、応用を通して、科学研究の進歩や実社会における課題解決に貢献すること。また、AI技術の普及に伴って生じる倫理的・法的・社会的課題に関する研究を進め、さらに産業界と連携イノベーションの創出にも寄与していきます。毎年開催するシンポジウムでは、各グループ・連携センターの1年の成果を報告します。2018年度のプログラムは下記のとおり。皆さまの奮ってのご参加をお待ちしています。

日時	2019年3月19日（火）13：30～18：30（開場12：30）
場所	JPタワー ホール&カンファレンス （東京都千代田区丸の内2-7-2 KITTE 4階）
アクセス	JR東京駅 徒歩約1分 東京メトロ丸の内線東京駅 地下道より直結
主催	理研 革新知能統合研究センター
参加申し込み方法	要事前登録、WEB（ <a href="https://aip.riken.jp/">https://aip.riken.jp/</a> ）の 参加登録フォームからお申し込みください。
問い合わせ	aip-koho@riken.jp

※会場ホワイエにて全研究チームの成果をポスター形式でご覧いただけます。  
※内容は変更する可能性があります。

### プログラム ※時刻などは変更となる場合があります。

- 13：30～13：40 革新知能統合研究センターの取り組み  
杉山 将 センター長

---

- 13：40～13：55 あいさつ 文部科学省  
あいさつ 中村伊知哉 コーディネーター

---

- 13：55～14：25 講演1 喜連川 優 特別顧問

---

- 14：25～15：00 目的指向基盤技術研究グループの取り組み  
上田修功 グループディレクター  
佐藤一誠 チームリーダー（医用画像解析チーム）  
田宮 元 チームリーダー（遺伝統計学チーム）

---

- 15：00～16：00 ポスターセッション&休憩

---

- 16：00～16：30 講演2 古井貞熙 先生  
豊田工業大学シカゴ校校長、東京工業大学名誉教授

---

- 16：30～17：05 汎用基盤技術研究グループの取り組み  
杉山 将 グループディレクター  
Qibin Zhao コユニットリーダー（テンソル学習ユニット）  
Emtiaz Mohammad Khan チームリーダー（近似ベイズ推論チーム）

---

- 17：05～17：40 社会における人工知能研究グループの取り組み  
中川裕志 グループディレクター  
鈴木晶子 チームリーダー（人工知能倫理・社会チーム）  
西田豊明 チームリーダー（人とAIのコミュニケーションチーム）

---

- 17：40～18：20 各連携センターの取り組み  
日本電気株、株式会社、富士通株、富士フィルム株

---

- 18：20～18：25 あいさつ 美濃導彦 理研 理事

## 今年も開催！和光地区と播磨地区の一般公開

理研の各地区では、理研の研究内容や理研への理解を深めていただくために、毎年1回、一般の皆さまに施設を公開しております。研究所の実験施設の公開をはじめ、子どもから大人まで楽しめる体験イベントや講演会、サイエンスレクチャーなどを通じて、1日たっぷり科学と触れ合うことができます。

### 本年最初の公開は、4月20日(土)の和光地区です

一般向けの「特別講演会」では国際周期表年(IYPT2019)に理研が協賛していることから、国際周期表年にちなんだ講演を行います。また、中高生を対象にした「サイエンスレクチャー」、やさしい英語による「Science Cafe in English」も予定しています。当日は和光市駅から無料シャトルバスも運行予定ですが、

ぜひ3月完成予定の「ニホニウム通り」を歩いて、118番までの元素周期表を満喫してください。

### 4月27日(土)には播磨地区で開催します

大型放射光施設SPring-8およびX線自由電子レーザー施設SACLAの公開はもちろん、科学講演会やさまざまな体験イベントを開催する予定です。

和光・播磨地区ともに入場無料、雨天決行。場内では理研のオリジナルグッズの販売も行います。ぜひご来場ください。

#### 和光地区

日時	2019年4月20日(土) 9:30~16:30 (入場は16:00まで)
場所	埼玉県和光市広沢2-1
アクセス	東武東上線・東京メトロ和光市駅から徒歩約15分。 当日は和光市駅南口から無料シャトルバスの運行あり。
詳細	<a href="http://openday.riken.jp/">http://openday.riken.jp/</a>
問い合わせ	理研 和光地区一般公開事務局 TEL: 048-467-9443 (直通)



#### 播磨地区

日時	2019年4月27日(土) 9:30~16:30 (入場は15:30まで)
場所	兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
アクセス	JR山陽本線相生駅から神姫バス「SPring-8」行き、 北管理棟下車
詳細	<a href="http://rsc.riken.jp/openhouse2019/">http://rsc.riken.jp/openhouse2019/</a>
問い合わせ	SPring-8/SACLA施設公開実行委員会事務局 TEL: 0791-58-0808 (直通)



## ポスト「京」の名称を募集

理研計算科学研究センターは、スーパーコンピュータ「京」の後継機であるポスト「京」の開発・整備を進めています。

このたび、このポスト「京」の名称を

多くの方から募集することとしました。名称については以下のようなことを期待しています。

①世界トップレベルの研究拠点・スー

パーコンピュータであることを知っていただけること

②日本国内のみならず、世界中の方々にとって親しみやすい名称であること

### 募集要項

応募資格	個人であればどなたでも応募可
応募締め切り	2019年4月8日(月) 17:00 (結果は、2019年5月ごろに公表予定)
応募方法	理研 計算科学研究センターのホームページから応募可 <a href="https://www.r-ccs.riken.jp/naming">https://www.r-ccs.riken.jp/naming</a>
応募内容	名称、名称の読み仮名、名称の解説など ※そのほか詳細は上記ホームページ参照
問い合わせ先	理研 計算科学研究推進室(広報グループ) TEL: 078-940-5800 Mail: <a href="mailto:post-k-meisho@ml.riken.jp">post-k-meisho@ml.riken.jp</a>



# 千里の道も一歩から

果てなき名山巡礼の旅とハイテクの活用

斎藤尚樹 さいとう・なおき

横浜事業所 所長

有形無形の収集家を自認する小生は、座右の銘「千里の道も一歩から」を地でいくように、小学校時代のメンコ、切手収集に始まり、高校からは国鉄2万kmの乗りつぶしにチャレンジ、大学3年時に全線完乗を達成。その後は登山サークルの仲間と連携し、深田久弥選定「日本百名山」行脚へと目標を切り替えました。一時期は年100日以上も山に入り、雨ニモ負ケズ風ニモ負ケズ、北は利尻富士から南は屋久島まで全国の山々を駆け巡り、大学卒業時に94座まで到達（写真1）。就職後はペースが落ちたものの、1989年9月、北アルプス・奥穂高岳で百名山踏破を達成します。その後、程なく二百名山へのチャレンジを再開、結婚・子育てや2度の海外勤務という人生の節目も重なる中で、あるときは幼な子を胸に抱え、手を引き、生意気な息子らを小遣いで誘惑するなどして全国の名山を地道に踏破。合間には南極の山にも足を延ばし（写真2）、終盤は一人旅が多くなったものの、2012年8月、秋田駒ヶ岳山頂で二百名山踏破を無事完遂します（写真3）。

次なる目標は日本山岳会選定「三百名山」です。ところが登山ガイドや地図も貧弱な上、地元の高ハイカーも「わざわざ東京から来たの？」とあきれられるほどの地味な山々が多く、小生もしばしば逡巡<sup>しんじゆん</sup>。しかし、このころからスマートフォンの機能やアプリが充実、登山愛好家向けSNS「ヤマレコ」が先達各氏の名山踏破の記事をピビッドで紹介してくれるようになります。GPSによる記録・案内機能や「みんなの足跡」なるビッグデータ集積機能も加わり、紙の地図とコンパス頼みだった山歩きもハイテク時代に突入。小生もスマホのガイドに手を引かれるように、全国各地の素敵な名山巡りを精力的に再開しました。残雪期限定の難関3座も山友の協力<sup>けいりやく</sup>で無事クリア、一昨年夏にはついに299座目（尾瀬・景鶴山）を踏破。しかし、最後ぐらいは家族や友人と祝おうと大事に取っておいた箱根最高峰・神山<sup>かみやま</sup>が、火山活動活発化により立入規制となってしまう



写真1・屋久島・宮之浦岳にて  
(1986年3月31日：後方が標高1,936mの同山山頂)



写真2・南極大陸・Observation Hillにて  
(1999年1月26日：左後方が標高230mの同山山頂)



写真3・ついに二百名山踏破！秋田駒ヶ岳山頂にて  
(2012年8月24日：標高1,637m)

ます。途方に暮れた小生は、名山踏破後の「燃え尽き症候群」回避のため温めていた次の目標、日本海～太平洋の山岳ルート“足跡つなぎ”に先行着手。日本海～親不知<sup>おやしらす</sup>から北アルプス・甲信国境・関東の山々を経て昨年初夏、箱根湯本まで足跡がつながりました。

箱根・神山の立入規制は依然継続中で、三百名山の方はいつ最終ゴールできるか定かではありません。それでも過去を振り返ると、大願成就の瞬間にはいつも家族や友人、職場の仲間が温かく祝福してくれたことが何よりの思い出です。登っている最中は「貴重な時間とお金を使い、何でこんな苦しい思いをしているのか」と自問自答することもたびたびですが、山頂を極めた瞬間の達成感と素晴らしい展望のご褒美は、明日を生きる何よりの活力となること請け合い。読者の皆さまも、親しいご友人・ご家族と身近なところから名山巡りの旅に出掛けられてはいかがでしょうか？

## 寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて、日本の自然科学の発展にご参加ください。

問合せ先 ●理研 外部資金室 寄附金担当

Tel : 048-462-4955 Email : kifu-info@riken.jp (一部クレジットカード決済が可能です)

