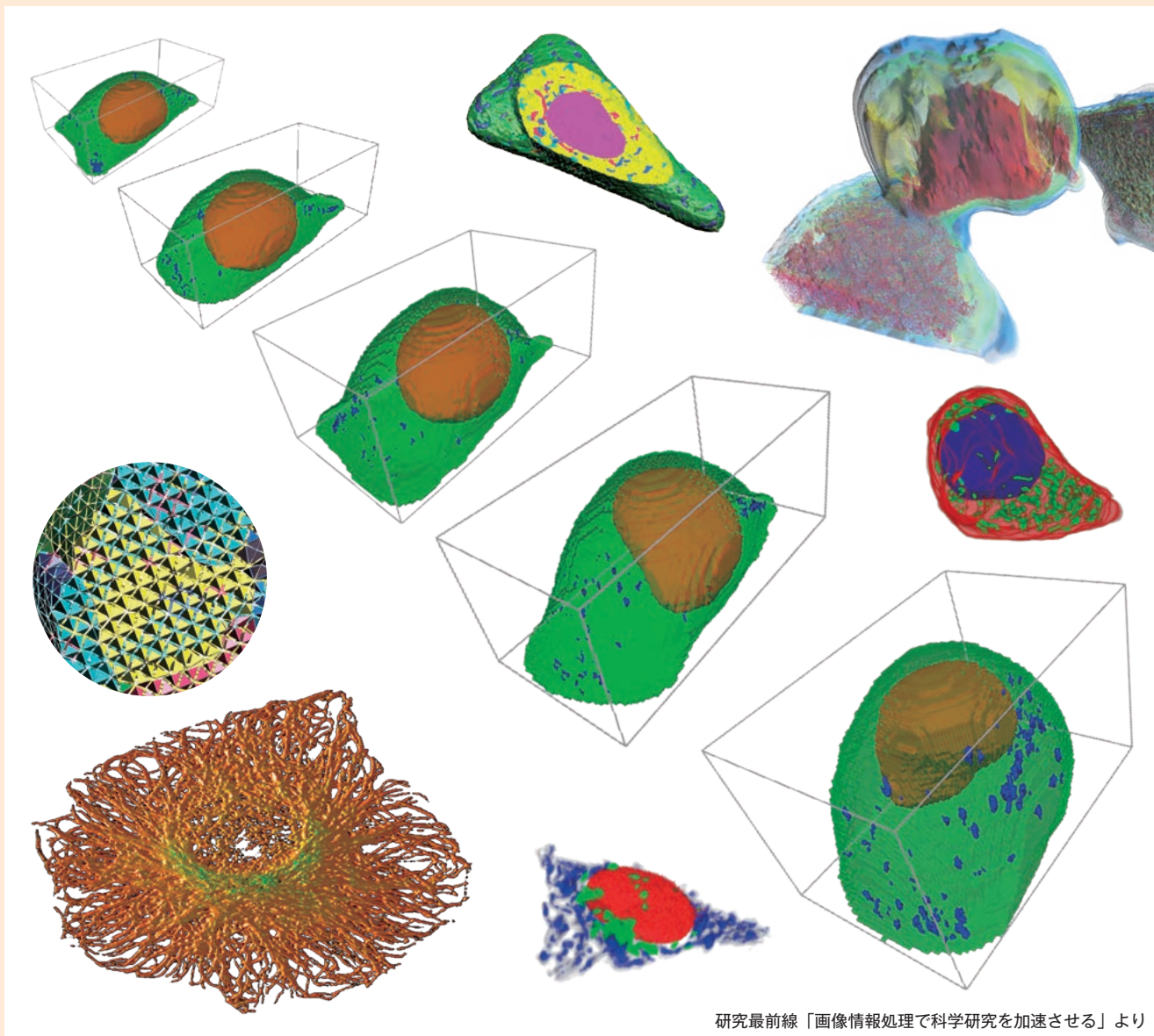


RIKEN NEWS

No. **444** 2018 **6**



研究最前線「画像情報処理で科学研究を加速させる」より

02 研究最前線

画像情報処理で科学研究を加速させる

06 研究最前線

エピソードを記憶する海馬の仕組みに迫る

10 特集

新分野を拓くバイオリソース研究センター

12 FACE

ユニークな性質を持つフッ素を導入する実用的な有機化学反応を開発した研究者

13 TOPICS

- ・理研の研究奨励賞・技術奨励賞・産業連携奨励賞、表彰式を挙げる
- ・理研 脳神経科学研究センター 発足記念シンポジウムを開催
- ・新研究室主宰者の紹介

16 原酒

イノベーターが集まる街

光学顕微鏡の解像度の限界を超えた超解像顕微鏡の登場など

近年の顕微鏡技術の急速な進展によって、研究に利用される画像データは多次元・大容量になっている。

光量子工学研究センター（RAP）画像情報処理研究チームの横田秀夫チームリーダー（TL）は、

「自然科学の分野で観察に使われている顕微鏡の画像データは、いまや人が直接見て理解できる情報量を超えています」と言う。

そこで横田TLは、多次元・大容量の画像データに潜んでいる現象をあぶり出したり、

人が理解できる形に情報をつくり替えたりできる、新しい画像情報処理手法の開発を目指している。

「画像情報処理で科学研究を加速させたい」と横田TL。

その最前線を紹介しよう。

画像情報処理で科学研究を加速させる

■「見る」から「観る」、 そして「分かる」へ

細胞内の分子1個1個を観察する。平面だけでなく、高さ方向も。さらに、分子の動きを長時間にわたって追跡したり、ごく短時間の動きを詳細に捉えたり——そうしたことが、近年の顕微鏡技術の発展によって可能になってきた。横田TLは、「さまざまな生命現象を漠然と“見る”のではなく、注意深く詳細に“観る”ことができるようになりました。生命科学にとって大きな前進です」と言う。一方で、こう指摘する。「科学者は生命現象を観たいのではなく、分かりたいのです。しかし、顕微鏡から得られる画像の情報は、質的にも量的にも人が理解できる能力の限界を超えています」

平面は2次元で、高さ方向が加わると3次元、時間が加わった動画は4次元、

色などの情報をもたらす波長が加わると5次元になる。「顕微鏡から得られる情報の多次元化が進んでいますが、ヒトが直接見て理解できる情報は2.5次元までです。目の前にある物体の表面の色や形は分かっても、裏側や内部は分かりません」と横田TL。また、画像の空間分解能や時間分解能も飛躍的に向上し、ヒトの目と脳の処理能力をはるかに超えた情報量が得られるようになった。

「科学者はどうしているかということ、次元を落とすなど情報を間引いて現象を把握しています。もったいないと思いませんか。そこで私たちは、取得した多次元・大容量の情報を全て活用して複雑な生命現象を理解するための方法論の開発に取り組んでいます。その方法は画像処理以外にないと考えています」

画像処理では、前処理、特徴抽出、

認識・識別、統計処理、幾何形状解析などを行い定量化した数値情報を導き出す。「これまでは科学者が主観で画像を判断していたため、人によって判断が異なることもありました。数値情報にすることで、複雑な生命現象について誰でも同じ判断が得られるようになります」

■ 科学画像の画像処理の難しさ

「一般のカメラでも画像処理ができるのに、理研で研究する必要があるのか、と思う人がいるかもしれません」と横田TL。確かに、顔を認識し、ピントや明るさも調整できるカメラが増えている。スポーツのテレビ中継では、選手やボールの軌跡を映像に重ねたり、選手の移動量を計算して表示する例もある。自動車の自動運転では、交通標識を認識してスピードを落とすことができる。

それらの画像処理・認識技術では、機械学習が使われている。大量の画像から機械学習によって対象物体に共通する特徴を持つ「特徴空間」を導き出す。そして解析する画像における特徴空間を見つけ、判別式を用いて条件を満たす領域を抽出する。顔や人、ボール、交通標識はどれも特徴が明確で普遍的だ。画像も大量にある。そのような物体を対象とした画像処理・認識技術は、すでに実用化されている。

一方、横田TLのターゲットは科学研究で得られた画像だ。「未知の現象を明

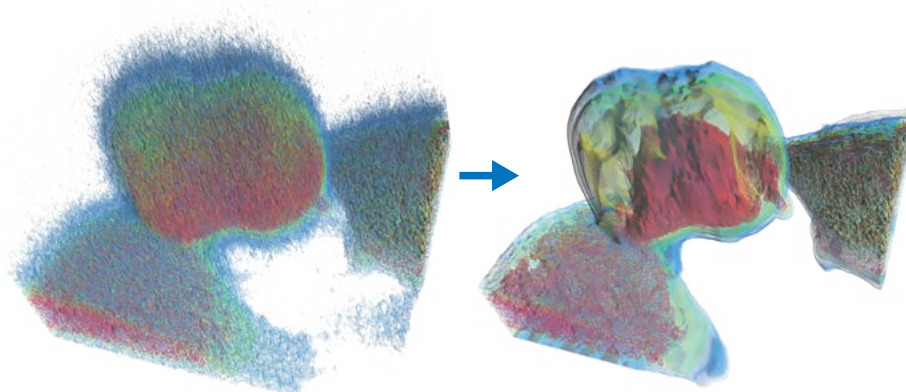


図1 VCAT5に搭載されているノイズ除去の機能

上下方向の連続したデータを含めた3次元画像のノイズを除去するには、例えば従来の方法では計算に30年かかる立体空間に対しても、開発した誤差を数学的に補償する高速近似演算の手法を用いると、3分でノイズを除去してクリアな画像が得られる。

横田秀夫（よこた・ひでお）

光量子工学研究センター
画像情報処理研究チーム
チームリーダー

1969年、神奈川県生まれ。日本大学大学院農学研究科修士課程修了。博士（工学）、東京大学。財神奈川科学技術アカデミー樋口「極限メカトロニクス」プロジェクト専任研究員、理研 素材材工学研究室 研究協力員、ものづくり情報技術統合化研究プログラムV-CAT開発チーム チームリーダー、VCADシステム研究プログラム生物研究基盤構築チーム チームリーダーなどを経て、2013年より現職。



らかにするのが科学研究ですから、対象が不明なこともあります。また生命科学では観察対象はダイナミックに変化します。そうした画像に、既存の画像処理技術では太刀打ちできません。だから、科学画像に対する新しい画像処理技術の研究開発が必要なのです」

■ 画像処理統合プラットフォーム**VCAT5**

横田TLらは、画像処理統合プラットフォームVCAT5の開発に取り組んできた。VCATはVolume Computer Aided Testingの略で、設計図のない自然物を3次元画像としてコンピュータ内に再現し、設計やシミュレーション、加工が可能な形状モデルを作成するために開発した画像処理ソフトウェアだ。「Volume」は、3次元画像に外側の情報だけでなく内部の情報も含んでいることを表している。「VCAT基本バージョンを2003年に開発して以降、その概念を発展させてきました。そして最新のVCAT5は、私たちが開発してきた最先端で高度な画像処理技術を中心に、ノイズ除去や高分解能化、可視化など200以上のフィルターを搭載した画像処理統合プラットフォームになっています」(図1、図2)

VCAT5は無償公開され、世界中の研究者に利用されている。グラフィカル・ユーザー・インターフェース (GUI) が整備されているので、画面上のアイコンを選択してだけで、直感的に画像処理を行うことができる。新たに開発したフィルターを追加できるというのも、VCAT5の大きな特徴だ。

■ 領域抽出エキスパートシステム**Sommelier**

VCAT5によってさまざまな画像処理が可能になったが、横田TLを悩ませてきたことがある。「生物の画像は領域の抽出が難しいのです」。領域抽出の精度は、学習に用いたデータの量と質が鍵となる。ところが、科学者の観察対象はそれぞれ違う。また細胞やその中にある細胞小器官は時々刻々と形や大きさを変え、個体によっても異なる。「生物画像の場合、学習に使える画像は少数で、しかも多様です。そのような生物画像を対象とした領域抽出の手法開発に取り組み、ようやく2017年に完成しました」

それが領域抽出エキスパートシステムSommelier (System of Multiple Methods Evaluation in Image Segmentation & Recognition) だ。領域抽出に重要なのは特徴空間と判別式である。そこで、特徴空間を導き出すフィルターと判別式のフィルターをそれぞれ複数用意する。これがSommelierの大きな特徴である。

まず、科学者が少数の画像について対象物の領域を抽出し、あらかじめ正解

を出しておく。次に、解析したい画像をSommelierで処理すると、特徴空間のフィルターと判別式のフィルターの全ての組み合わせで画像処理され、領域抽出が行われる。その結果を正解画像と比較し、類似度を評価する。その結果はランキングで表され、領域抽出に最も適したフィルターの組み合わせをコンピュータが自動的に決定してくれるのだ。最適なフィルターの組み合わせが分かれば、一連の画像は同じ手順で領域抽出ができる。名前の由来はもちろん、レストランで客の要望や料理に合わせてワイン選びのサポートをするソムリエだ。

「全ての組み合わせを試し、その中から最も良いものを選ぶ全探索は、解析としては賢い方法ではなく、むしろ避けるべきだといわれています。でも私たちは、あえて全探索を選びました」と横田TLは言う。「少しずつ条件を変えて最適なものを見つけるには直列計算が必要です。理研には大規模な並列コンピュータがあるので、一気に並列計算ができる全探索をしてしまった方が速いのです」

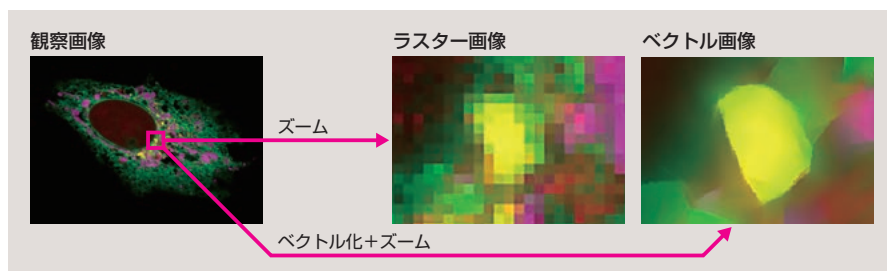
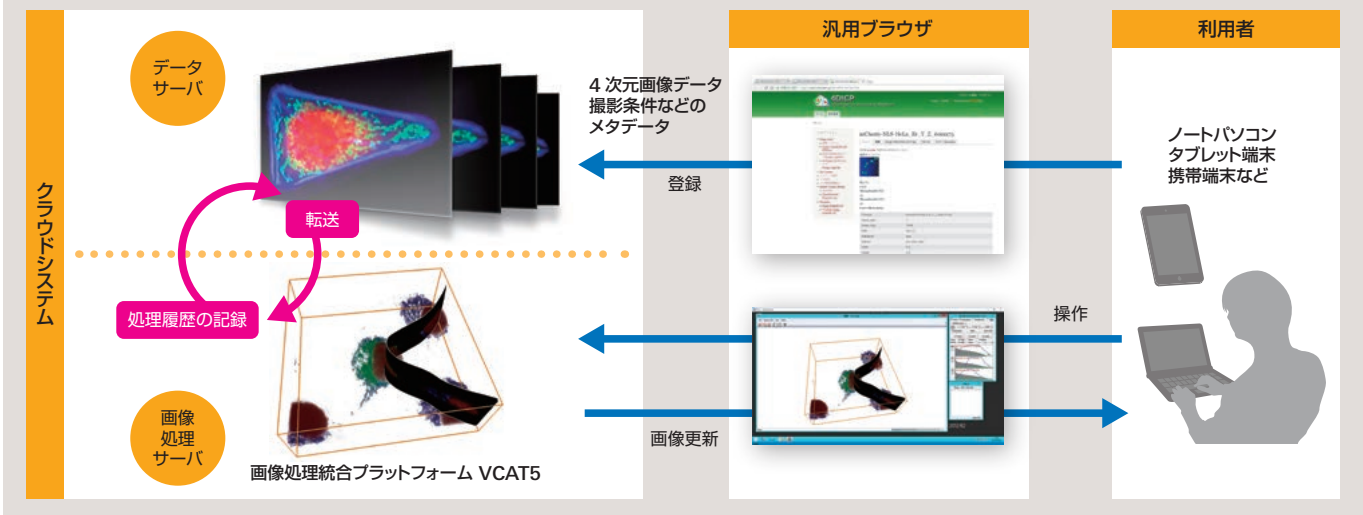


図2 VCAT5に搭載されている高分解能化の機能

顕微鏡のデジタル画像データは、ラスタ情報と呼ばれる格子状に並んだピクセル(画素)の集合体で表現される。拡大していくとピクセルの格子が表れてしまう。ベクトル情報は座標上の点を線をつないだり線で囲まれた部分を塗りつぶしたりして表現されるため、拡大しても輪郭はきれいで画像解析に適している。ラスタ情報をベクトル情報に変換するには膨大な計算が必要だが、計算量を減らす手法を開発することで、画像を劣化させずに高分解能化に成功した。

図3 画像処理クラウドシステム4DICP



■ 画像処理クラウドシステム4DICP

「理研には生命科学の研究者も多く、生物画像の画像処理について相談を受ける数は年々増えています。うれしいことなのですが、対応する画像処理の研究者は画像情報処理研究チームの8人だけです。研究者によって対象も用語も装置もデータ形式も異なる上に、データ量は飛躍的に増えています。そうした状況に直面し、もっと効率的に画像処理を行う方法が必要であると考えました」と横田TL。「そして開発したのが、画像処理クラウドシステム4DICPです」

4DICP (4D Image Communication Platform) は、データサーバと画像処理サーバ、そしてVCAT5から成る(図3)。利用者は、取得した画像データをデータサーバに転送して登録する。画像処理を行うときは、画像処理サーバにアクセスして、処理したい画像をデータサーバから画像処理サーバへ転送する。そして、汎用のウェブブラウザでVCAT5を操作して画像処理を行い、結果は手元のパソコンに表示される。画像データの保存や処理は全てクラウド上のサーバで行うため、利用者のパソコンの演算性能やメモリ容量は問わない。ノートパソコンやタブレット端末でも4次元画像の画像処理が可能だ。

利用者があらかじめ設定しておけば、顕微鏡で画像を撮るたびに自動的にクラウド上のデータサーバに転送される仕組み

も備えている。また、データサーバには撮影装置や撮影条件などの情報も一緒に送られる。あらゆる情報を活用することで、潜んでいる現象をあぶり出し、生命現象の理解が進む可能性があると考えているのだ。

また「処理の試行錯誤の履歴が全て記録されデータベースに格納されることも大きな特徴」と横田TL。利用者は手順を実験ノートに記録する必要がない。結果の良かった処理を別の画像データに使ったり、その処理をほかの利用者が使ったりすることもできる。「今、オープンサイエンスとオープンイノベーションの実現が推進されています。データが集まる仕組みと利用者の知識が共有される仕組みの整備は、それらの実現につながり、生命科学的研究と画像処理技術の飛躍的發展をもたらすと期待しています」

4DICPは、理研で2013~17年度に実施された「4D細胞計測プロジェクト」の一環で開発したもので、プロジェクトメンバー限定で公開されている。「プロジェクト以外の理研の研究者、さらには画像データの知財に関するルールなどを整備した上で理研外の研究者も利用できるようにしたい」と横田TLは意気込む。

■ 核膜孔複合体の形成機構に迫る

画像処理によって得られた生命科学分野の成果を一つ紹介しよう。横田TLらは2017年、大量の画像から核膜孔の

動態を定量解析するフレームワークを開発した。真核生物のゲノムを包んでいる核膜には核膜孔という孔が開いている。核膜孔の数は、細胞周期のうち分裂が起きるM期に増加し、その後、減少する。次の分裂が起きるまでを間期といい、間期の初めには核膜孔がないpore-free islandと呼ばれる領域が出現する。そのサイズは徐々に小さくなり、間期の終わりには核膜孔が増え始める。核膜孔の数の増減は知られていたが、形成過程やpore-free islandとの関係は不明な点が多く、世界中の研究者がその解明に取り組んできた。しかし、pore-free islandは明確な境界がないため従来の画像処理では検出できず、研究は難航していた。

そうした中、横田TLらは、数千もの核の観察画像について、pore-free islandの境界を自動認識し、また核膜孔を構成するタンパク質複合体やその前駆体の輝点を自動検出し、その輝点のpore-free island境界からの距離を自動計測することに成功(図4)。pore-free islandのサイズと核膜孔複合体やその前駆体の数の変化を計測し、コンピュータによるシミュレーションも実施した。その結果、核膜孔複合体の前駆体はpore-free island境界から遠い位置に形成されやすい傾向があることが明らかになった。これは理研 開拓研究本部の今本細胞核機能研究室との共同研究である。

「今回開発したフレームワークは、核

関連情報

- 2017年12月12日プレスリリース
定量的画像解析による核膜動態の解明
- 2016年11月2日プレスリリース
材料組織の画像解析クラウドシステムを開発

膜の動態以外に、輝点の分布の密度によって領域が規定される現象の画像解析にも役立つでしょう。すでにVCAT5に搭載しているので、多くの人に使っていただけたらうれしいですね」と横田TLは言う。「製造業や建設業で使われているCADはcomputer-aided designの略で、コンピュータによる設計支援ツールのことです。私は画像処理をベースとしたcomputer-aided science、つまり科学研究を支援し、その発展を加速させるような画像処理・解析技術をつくりたいと思っています」

■ 材料組織の画像解析 クラウドシステムMICC

2016年には鉄鋼など材料組織の画像解析クラウドシステムMICC (Material Image Communication Cloud) が開発された。「生物から急に鉄鋼の画像の話

になって驚かれるかもしれませんが。VCAT5や4DICPを材料組織に応用展開したものです」と横田TL。MICCは、内閣府 総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「革新的構造材料」において、横田TLが参加したマテリアルズインテグレーション (SIP-MI) の一環で開発された。

「鉄鋼材料の特性は組織の微細構造と密接に関係していることが知られています。SIP-MIでは、微細構造と特性の関係を明らかにして新規材料開発につなげることを目指しています。それには組織の3次元形状を解析する必要があります。しかし、これまでの材料組織の解析は2次元の断面画像で行われており、3次元の画像データベースや画像処理ソフトウェアはありませんでした。そこで、私に声が掛かったのです。画像処理の

方法論においては、生物も鉄鋼材料も情報化されれば違いはありません」

■ 科学研究や応用展開を支援し加速

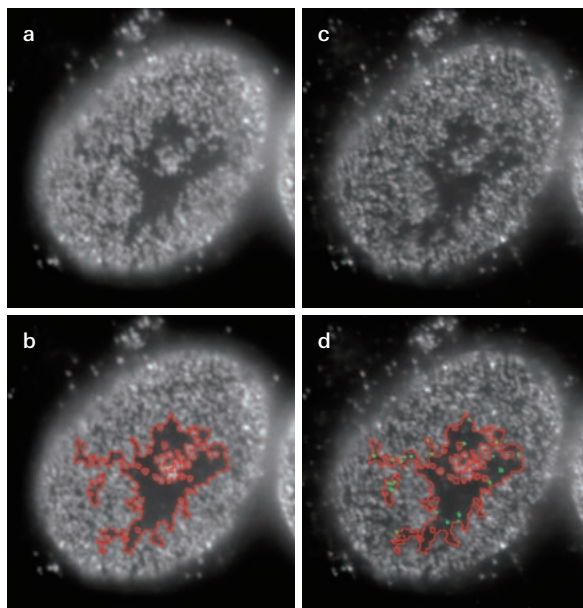
画像処理技術が支援し、加速させるのは、基礎的な科学研究だけではない。横田TLは、眼科領域の医療機器を開発している(株)トプコンとの連携によるRAP眼疾患クラウド診断融合連携研究チームの副TLを兼任している。「日本人の失明原因のトップは緑内障です。診断されたときにはすでに視力低下が進んでいることが多く、残念ながら視力を回復させる治療法はありません。私たちは、眼底の3次元断層画像から網膜の厚さなどの情報を定量化する画像解析技術を開発し、早期に緑内障を検出し、視力が低下する前に治療を始められるようにすることを目指しています。定量化して数値情報にすることで、主観によらない自動診断も可能になります」

また横田TLは、日本ユニシス・エクセリションズ(株)と連携したバトンゾーン研究推進プログラム (BZP) ボクセル情報処理システム研究チームの副TLも務めている。この研究チームでは、VCATをベースとして、自動車や電機、精密機器など製造業の製品設計・評価のデジタルエンジニアリングを支援するソフトウェアの開発を目指している。

「基礎的な科学研究の中で生まれた画像処理技術を応用へつなげ、社会に役立てる。そんな展開ができればいいなと思いつながら、日々、大容量の画像データと格闘しています」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトクリエイト)

図4 画像処理によって自動認識されたpore-free islandと内部の核膜孔複合体前駆体
aは核膜孔複合体を染色した画像。bは、画像aに対しpore-free islandと呼ばれる核膜孔複合体の存在しない領域を自動認識したもの(赤線)。cは核膜孔複合体の前駆体を染色した画像。dは、画像cに対しpore-free islandを自動認識し、その内部の核膜孔複合体前駆体を自動検出したもの(緑点)。



私たちは、「いつ、どこで、何があったのか」という

日常の出来事（エピソード）を時系列で記憶することができる。

そのようなエピソード記憶の形成には、脳の海馬という領域が中心的な役割を果たしている。

1971年、ラットの実験により、自分がいる空間や位置を認識するときに働く「場所細胞」が海馬で発見された。

さらに、その場所細胞の活動により、自分が移動した場所の経路を時系列で記憶することも分かってきた。

ただし、エピソード記憶には「どこで」だけでなく、「何があったのか」すなわち出来事そのものの内容も重要だ。

脳神経科学研究センター（CBS）時空間認知神経生理学研究チームの

藤澤茂義チームリーダー（TL）らは2017～18年に、ラットの実験により、

出来事に反応する細胞や他者がいる場所に反応する細胞を海馬で発見した。

エピソードを記憶する海馬の仕組みに迫る

■ 場所細胞の位相前進

ドイツの哲学者カント（1724～1804年）は、人間には経験的ではなく生まれ

ながらに空間を認識できる能力があると考えた。英国ロンドン大学のジョン・オキーフ博士はその考えを科学的に確か

めるために、さまざまな知覚情報が集まり、記憶に重要な役割を担う海馬の神経細胞を調べ、その実験結果を1971年に論文で発表した。神経細胞が電気信号を発することを発火と呼ぶ。オキーフ博士はラットの海馬に微小電極を埋め込み、箱の中を自由に歩き回っているときの神経細胞の発火を記録した。すると、ある場所では特定の神経細胞の発火頻度が高くなり、別の場所では別の神経細胞の発火頻度が高くなった。オキーフ博士は、それらを「場所細胞」と名付け、海馬には場所細胞で構成された「認識地図」があると考えた。

「オキーフ博士のもう一つの大きな業績は、場所細胞の『位相前進』という現象を発見したことです」と藤澤TLは解説する。海馬では、シータ波と呼ばれる脳波が計測される。脳波は、ある領域の神経細胞の集団がタイミングを合わせて発火することで生じる電位の変化だ。その変化の波が1秒間に7～11回起きる周波数（7～11Hz）の脳波をシータ波と呼び、歩き回っているときのラットの海馬にはこのシータ波が現れる。

オキーフ博士は、そのシータ波と場所細胞が発火するタイミングの関係を調べた。ラットが場所1～5を進む状況を考えてみよう。現在は場所3にいるとする（図1）。すると、周辺の場所細胞1～5全てが発火するが、場所細胞3の発火頻度が最も高く、シータ波の谷底に合わせ

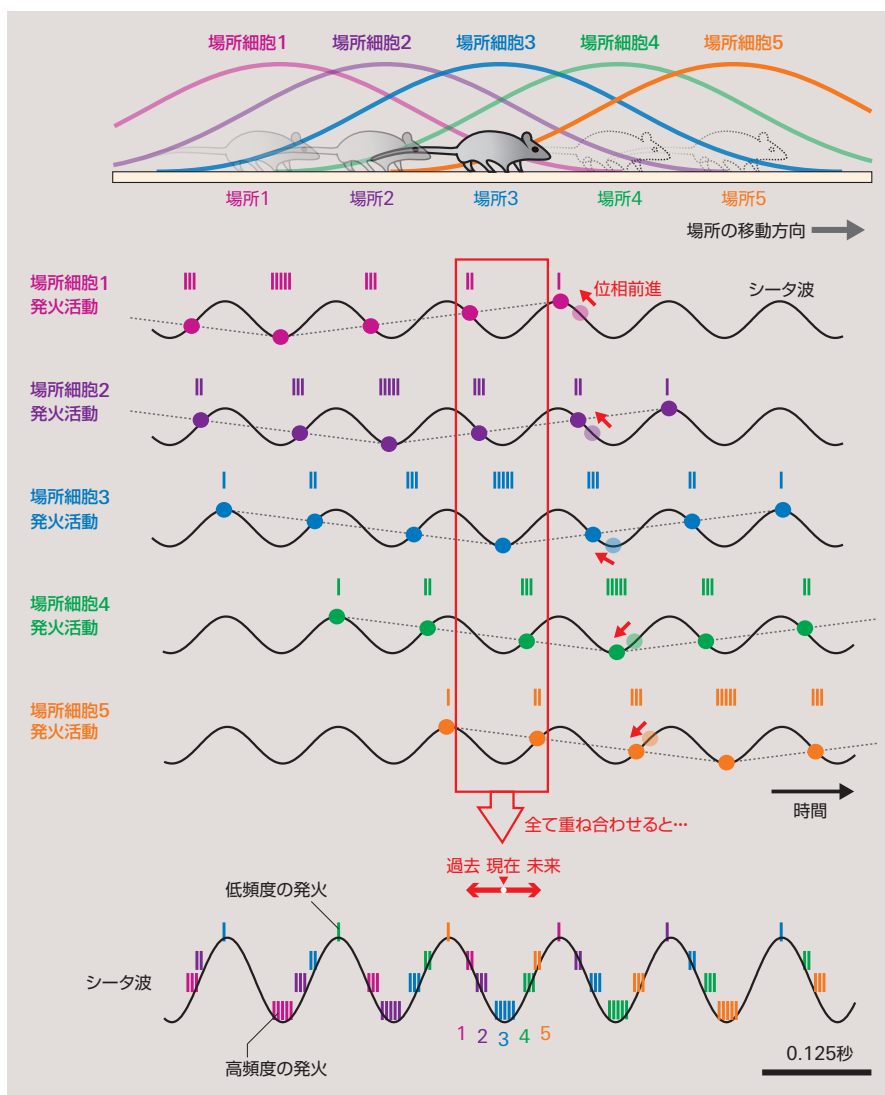


図1 場所細胞の位相前進と圧縮表現

シータ波の1サイクルに過去・現在・未来の場所が時系列の順番で圧縮されて表現される。バー(棒)の数は発火頻度を表す。

藤澤茂義 (ふじざわ・しげよし)

脳神経科学研究センター
時間認知神経生理学研究チーム
チームリーダー

1977年、岡山県生まれ。博士(薬学)。京都大学工学部卒業。東京大学大学院薬学系研究科博士課程修了。米国ワトガース大学分子行動神経科学センター研究員、ニューヨーク大学医学部神経科学センター研究員を経て、2012年、理研 脳科学総合研究センター システム神経生理学研究チーム チームリーダー。2018年4月より現職。



たタイミングで発火する。通ってきた場所1と2に反応する場所細胞1と2は谷底より前側、これから通る場所4と5に反応する場所細胞4と5は谷底より後ろ側で低頻度に発火する。シータ波の前側が過去、谷底が現在、後ろ側が未来に対応しているのだ。

ラットが場所4に進むと、それぞれの場所細胞の発火のタイミングがシータ波の位置(位相)の前側(過去の方)へずれて、場所細胞4が谷底で高頻度に、場所細胞1~3が谷底より前側で低頻度に発火するようになる。このように発火のタイミングがシータ波に対してずれていく現象が位相前進だ。「ラットが場所1~5を通る数秒間の出来事が、位相前進によりシータ波の1サイクル(約0.125秒間)に過去・現在・未来の順番で圧縮されて表現されるのです。これを場所細胞の圧縮表現と呼びます」

場所細胞やその位相前進の発見により、オキーフ博士には2014年のノーベル生理学・医学賞が贈られた。

さらにオキーフ博士の孫弟子に当たる米国マサチューセッツ工科大学のマチュー・ウィルソン博士らが、ラットが歩き回るのをやめて休んでいるときにも、場所細胞が発火していることを発見した。そのとき、リップル波という100Hzほどの速い脳波が発生し、そのリズムに合わせて時系列とは逆順で場所細胞が一気に発火する。「これは圧縮表現された情報を逆順に再生して学習しているのだと推測されます。さらに睡眠時にも場所細胞の発火が圧縮再生されていることが分かりました。このような

圧縮再生により、海馬にエピソード記憶が形成されると考えられます」

■ **イベント細胞を発見**

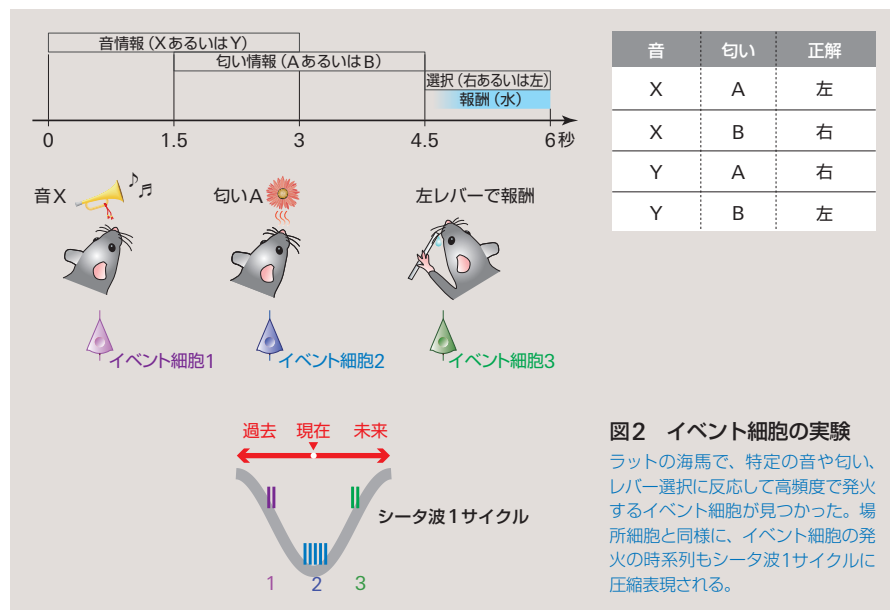
「いつ、どこで」のほか、エピソード記憶には、「何があったのか」すなわち出来事そのものの内容も重要だ。「海馬の実験では、出来事に反応する神経細胞を探す研究はあまり行われてきませんでした。例えば、ある匂いを嗅いだときに発火する神経細胞が海馬にあることは報告されていました。しかし、それが匂いに反応したのか、場所に反応したのか区別できません」

場所細胞が発見された海馬の研究では、動物が歩き回る状態で神経活動を計測する実験がほとんどだった。「出来事から場所の情報を切り離すために、ラットの頭を固定して、特定の出来事に反応する神経細胞を探すことにしました」

藤澤TLらは次のような課題を設定した(図2)。最初に異なる音(X・Y)のどちらかを3秒間鳴らす。1.5秒遅れて異なる匂い(A・B)のどちらかを3秒間流す。そして、左右のレバーをラットの届く位置に移動させる。例えば、音Xと匂いAは左レバー、音Yと匂いAならば右レバーを引くと正解となり、報酬として水が飲める。

この課題を訓練したラットの海馬に微小電極を埋め込み、神経細胞の発火を計測した。すると特定の音や匂い、レバー選択のときにだけ発火頻度が高くなる神経細胞が見つかった。藤澤TLらは、それを「イベント細胞」と名付けた。

では、イベント細胞の発火のタイミングとシータ波の関係はどうなっているのか。音Xを聞いた後に、匂いAを嗅いでいるときを調べると、現在の出来事である匂いAのイベント細胞がシータ波の谷



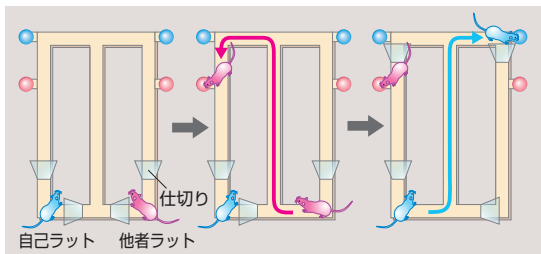


図3 他者の場所に反応する細胞を探す行動課題（反対方向課題）

他者ラット（赤）とは反対方向に曲がってゴールに着くと報酬がもらえる。逆に、同一方向に曲がると報酬がもらえる同一方向課題の実験も行った。

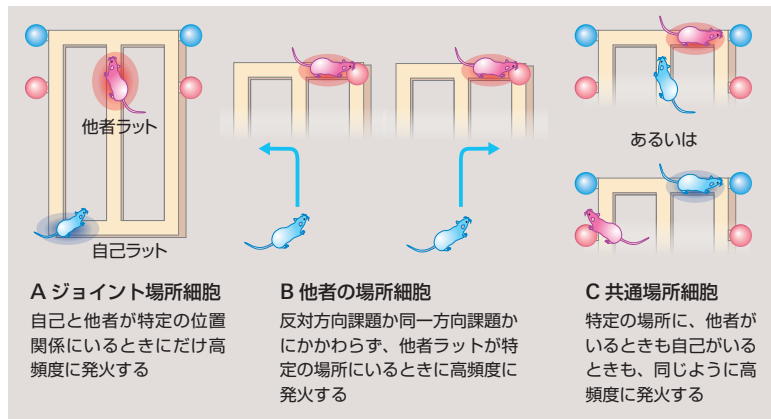


図4 他者の場所に反応する新しいタイプの場所細胞

底で高頻度に発火し、シータ波の前側で過去の出来事である音Xのイベント細胞が、シータ波の後ろ側で未来の出来事である左レバー選択に反応するイベント細胞が、それぞれ低頻度に発火した。

次に、左レバーを引く選択をするときには、左レバー選択のイベント細胞の発火のタイミングがシータ波の谷底にずれて高頻度に発火し、過去の出来事である音Xや匂いAのイベント細胞のタイミングが谷底の前側にずれて低頻度に発火した。「場所細胞と同様に、イベント細胞でも位相前進が起きて、シータ波の1サイクルに過去・現在・未来の出来事が圧縮表現されるのです」

■ 他者の場所を認識する細胞を発見

エピソード記憶には、自分が体験した出来事だけでなく、自分が見た他者の出来事の記憶も含まれる。「しかし動物に他者の出来事を記憶しなさいと命令することはできないので、他者に関する神経細胞を計測することは、これまで難しかったのです」

そこで、藤澤TLらは次のような課題を設定した（図3）。T字路のある空間に2匹のラットを入れる。課題を行うラットを自己ラット、もう1匹を他者ラットとしよう。まず他者ラットがスタートして、T字路を左右のどちらかに曲がってゴールする。課題は、自己ラットが他者ラットとは反対方向に曲がると報酬がもらえる「反対方向課題」と、同一方向へ曲がると報酬がもらえる「同一方向課題」の2種類である。「この課題は、他者の動きをきちんと観察して記憶しないと報酬が

もらえないのです。この課題を訓練した自己ラットの海馬を計測すると、従来とは異なるタイプの場所細胞が見つかりました」

そのうちの一つは、自己と他者が特定の位置関係にいるときにだけ高頻度に発火する神経細胞だ。これを「ジョイント場所細胞」と名付けた（図4A）。

自己ラットが現在いる場所や、反対方向課題か同一方向課題にかかわらず、他者ラットが特定の場所にいるときに高頻度に発火する神経細胞も見つかった。これは、「他者の場所細胞」だと考えられる（図4B）。「自己ラットが止まって他者ラットが動いているとき、自己ラットの海馬の中で、他者の場所細胞が位相前進して圧縮表現されることも分かりました」

さらに、特定の場所において、そこに他者がいるときにも自己がいるときも、同じように高頻度に発火する細胞が見つかった（図4C）。それは「共通場所細胞」と名付けた。この細胞はミラー細胞（ミラーニューロン）と同じような特徴を持つと考えられる。ミラー細胞はサルの前頭葉で初めて発見されたもので、他者のある動作を見たときに、自分がその動作を行ったときと同じように発火する神経細胞だ。ミラー細胞は、他者の行動をまねたり、他者の意図を理解したりする上で重要な役割をしていると考えられている。

「私たちが海馬で発見したこれら新しいタイプの場所細胞は、他者の出来事を

記憶し、集団の中で行動していく上で重要だと考えられます」

エピソード記憶には、物体に関する出来事も含まれる。「私たちの論文が掲載された2018年の『Science』の同じ号で、イスラエルの研究者がコウモリとボールを用いた実験を報告しています。それによると、物体のある場所に反応する神経細胞も海馬にはあるようです」

■ ヒトのエピソード記憶の謎

脳には、解明すべきさまざまな謎がある。その中で藤澤TLがエピソード記憶や海馬に注目するのはなぜか。「人間の認識や意志決定は、自分が経験した出来事や将来の目標に大きく影響を受けます。過去や未来につながる物語の文脈の中で現在を考えることが、人間の大きな特徴だと思います。私は人間の特徴を生み出している脳の仕組みに興味があるので」

1950年代、てんかんの治療のため海馬を切除した患者が、新しいエピソードを記憶できなくなったことが知られている。ヒトのエピソード記憶の形成にも海馬が重要な役割を果たしていると考えられる。では、ヒトの海馬にも場所細胞はあるのか。「てんかん患者さんの海馬に電極を刺してビデオを見てもらい、神経細胞の発火を計測した研究例があります。それによると、ヒトにも場所細胞があるようです。また、俳優や政治家など特定の人物の映像を見たときや、その人物を思い出したときに反応する細胞が見

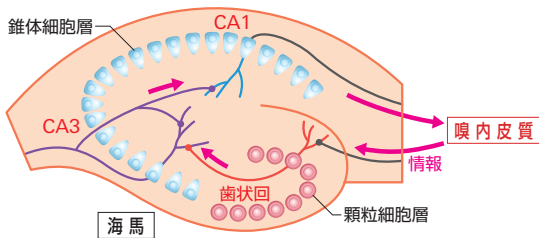


図5 ラットの海馬の構造

嗅内皮質から海馬に入った情報は、歯状回からCA3、CA1へ伝わり、再び嗅内皮質へ戻る。

つかっています」

海馬のシータ波の発生源は、海馬の前側にある中隔核という別の脳領域だ。「中隔核は注意をつかさどると考えられています。ラットが歩き回ったり他者を注意深く観察したりするときに中隔核でシータ波が発生して海馬へ伝わり、海馬でも強いシータ波が発生することで空間認識の機能が働きます。ヒトでも空間を探索しているときにシータ波が強くなることが報告されています。ただし、位相前進はヒトではまだ確認されていません」

私たちは、初めて訪れた場所で起きた人生で1回限りの出来事も記憶することができる。「動物実験では、ラットが初めて置かれた場所では位相前進は確認できていません。同じ場所を何度も歩き回ったり、ある課題を学習したりした後に位相前進が確認されているのです。ただし、ラットも1回限りの出来事の記憶でも数秒間は保持できるようです。そのような記憶がどのように形成されるのか分かっていません」

前述の海馬を切除した患者は、昔のエピソード記憶なら思い出すことができた。「海馬で形成されたエピソード記憶は、1カ月から数カ月で大脳皮質の側頭葉に移行すると考えられています。海馬で形成されたエピソード記憶を、時系列の順番を保ったままのような仕組みで移行させるのか、それも大きな謎です」

■ 位相前進の仕組みを探る

ヒトのエピソード記憶の能力は、ほかの動物に比べて格段に優れている。た

だし、海馬を構成する神経細胞の種類や並び方は、ラットでもヒトでもほとんど変わらない。「ヒトのエピソード記憶の形成では、動物よりも進化した仕組みが用いられているのかもしれませんが。しかし、基本となる仕組みはヒトと動物で共通していると考えられます。私たちは、動物の海馬で位相前進がどのように起きるのか、その基本的な仕組みを解明することを目指して研究を進めています」

海馬には、空間における自分の位置や頭の向き、移動速度、壁や障害物との距離などの情報が入力される。「場所細胞には視覚情報だけでなく、触覚や嗅覚など、さまざまな情報が統合されると考えられます。明るい部屋をラットが歩き回った後に、暗くして視覚情報を遮断しても、場所細胞が発火することが確かめられているからです」

海馬はいくつかの領域に分かれており、情報は嗅内皮質から海馬の歯状回へ入り、CA3、CA1へ進み、再び嗅内皮質へ戻る(図5)。「場所細胞はCA1やCA3にあります。イベント細胞や他者を認識する場所細胞の実験では、主にCA1に100個ほどの電極を持つプローブを刺して計測しました。どのような情報が統合されて場所細胞やイベント細胞が発火し、位相前進が起きるのか。その仕組みを探るため、海馬のほかの領域、あるいは海馬以外の領域など、より広範囲の脳領域を電極で同時に計測する実験を検討しています」

近年、脳神経研究で活用されている光遺伝学という技術を使えば、特定の神経細胞の発火のオン・オフを操作でき

関連情報

- 2018年1月12日プレスリリース
他者の空間位置を認識する仕組みを発見
- 2017年6月9日プレスリリース
出来事の順序を記憶する仕組みの発見

る。「そのような技術を使えば、海馬に情報を送る特定の神経細胞をオン・オフしていくことにより、位相前進に不可欠な情報を突き止めることができるかもしれません」

■ AIや医学、心理学との連携も

海馬の研究は将来、AI(人工知能)に応用できる可能性がある。「現在のAIで使われているディープラーニング(深層学習)は、脳の視覚野の仕組みをまねています。深層学習を使えば膨大な画像データの中から、ある特徴を持つ図形を抽出することができます。しかし、映画の物語を要約することは難しいでしょう。将来、海馬におけるエピソード記憶のための回路計算の仕組みが分かれば、その原理をもとに映画の内容を要約するAIができるようになるかもしれませんね」

海馬の研究は医学にも貢献する。「アルツハイマー病の患者さんは、特に海馬の神経細胞に大きなダメージを受けます。海馬の研究が進めば、そうした患者さんの脳内で起きていることを理解して、いずれは治療にも役立てることができるようになるでしょう」

動物実験の知見をヒトの脳の理解につなげるには、哲学や心理学との連携も必要だ。「私たちの研究チームには生物学や医薬学から心理学まで、いろいろなバックグラウンドを持つ研究者が集まっています。今後、これらの幅広い分野を融合しながら、動物とヒトの脳の理解を深めていけたらと思います」

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

生命科学には研究材料である

バイオリソース（生物遺伝資源）が欠かせない。

2001年に設立された理研 バイオリソースセンターは、2018年4月、

バイオリソース研究センター（BRC）とその名に「研究」を加え、新たなスタートを切った。

実験動物（マウス）や実験植物、ヒト・動物細胞、微生物材料、遺伝子材料などの

バイオリソースの収集・保存・開発・提供を行ってきた日本で唯一の専門機関としての機能を果たしつつ、

多様なバイオリソースの整備事業を基盤に、創薬や食料問題の解決に貢献していく。

小幡裕一センター長に、BRCの今後の取り組みを聞いた。

新分野を拓くバイオリソース研究センター

■ 世界最大規模のバイオリソース機関

— 新生BRCは何を目指しますか。

小幡：信頼性・継続性・先導性をキーワードにバイオリソースの整備事業を進めることが、設立当初からのBRCの最大の使命です。BRCの細胞の保存数は世界第1位、マウスと植物、遺伝子の保存数は世界第2位、そして微生物の新種登録株数は世界第3位になりました。

その中には、京都大学の山中伸弥教授らが世界で初めて開発したiPS細胞が含まれています。山中教授はその論文を発表した直後にiPS細胞をBRCに寄託してくださいました。世界中の希望する多くの研究者にBRCからiPS細胞を提供して、研究の進展に貢献しました。もしBRCがなかったら、山中教授たちが自ら提供を行う必要があり、研究時間が大幅に削られていたことでしょう。

BRCの中核を担うのは、バイオリソース整備事業に携わるそれぞれの開発室であり、そこに不可欠な技術開発を遺伝工学基盤技術室が行っています（図1）。収集・保存されたバイオリソースは、利用されて初めて価値を生み出します。その利用を促進するために、研究の進展や社会ニーズに合わせて、バイオ

リソースに付加価値を加えたり新規リソースを開発したりしていく必要があります。それを主に担うのが、バイオリソース関連研究開発プログラムの各チームです。

■ 患者由来のiPS細胞を創薬に役立てる

— バイオリソース関連研究開発プログラムに、iPSの名が付く三つのチームができました。

小幡：国のプロジェクトによって、さまざまな病気、特に難治性疾患の患者さんの細胞から作製した「疾患特異的iPS細胞」がBRCに寄託され、疾患数387、細胞株数3,241（2018年3月31日現在）という世界最大の疾患特異的iPS細胞バンクを、細胞材料開発室が運営しています。それを利用して、さまざまな疾患の治療薬を開発することが期待されています。例えば筋肉の異常が原因で起きる病気なら、その患者さんの血液細胞からつくったiPS細胞を筋肉の細胞に分化させて（分化誘導）、培養皿の中で病状を再現します。そこに病気の原因遺伝子や生体分子に対して働く多数の薬の候補物質を作用させ、病状が改善するものを選び出していきます。ところがiPS細胞は、神経や筋肉の細胞には分化しやすく、肝臓や膵臓の細胞には分化しにくい性質がネックになっていました。バンクで保存している387疾患のうち、病気の原因細胞へ分化誘導できることが論文発表されている疾患は、これまでわずか8件です。これでは疾患特異的iPS細胞を利用した創薬は進みません。

また、病気の原因となっている細胞や遺伝子が特定されていない難治性疾患もたくさんあります。iPS細胞高次特性解析開発チームでは、疾患の原因細胞を突き止め、iPS細胞を原因細胞に分化させる方法を開発します。また、疾患特異的iPS細胞のゲノム解析を行い、病気の原因となっている遺伝子変異を突き止めます。

— iPS創薬基盤開発チームが、関西文化学術研究都市（けいはんな学研都市）に移転し、本格的に研究活動を開始しました（図2）。

小幡：関西には製薬企業や医療機器メーカーが集まっていま

撮影：STUDIO CAC



小幡裕一センター長

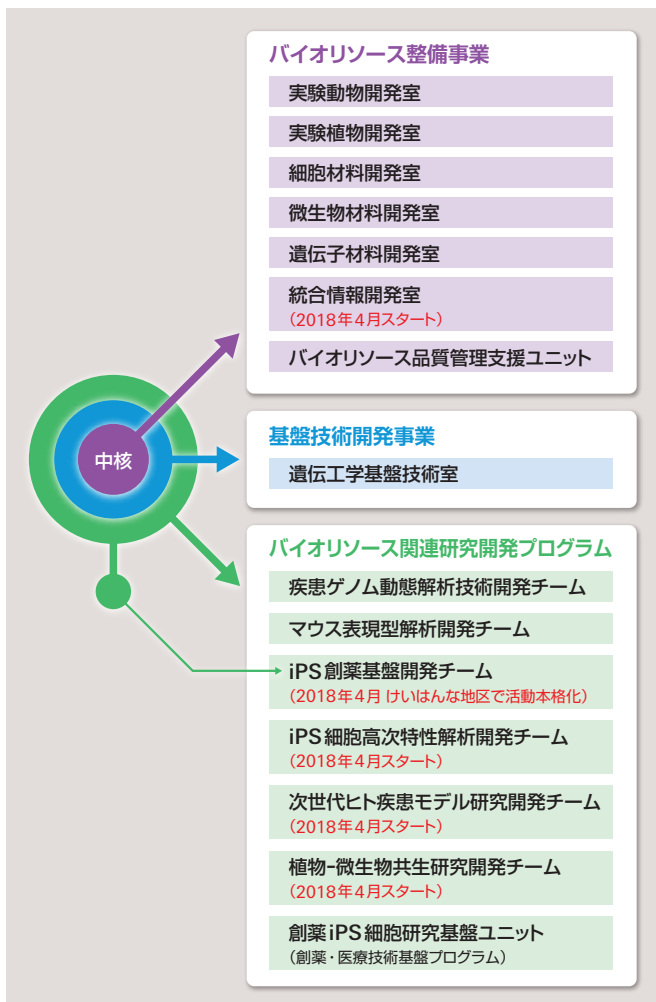


図1 バイオリソース研究センターの組織図

す。それらの企業や、京都大学iPS細胞研究所 (CiRA) と日常的に緊密な連携を行い、iPS細胞を利用した創薬を進める拠点 (ハブ) としての役割を同チームは担います。CiRAと連携してiPS細胞の培養系の改善や分化誘導法の最適化を進め、疾患特異的iPS細胞から分化させた病気の原因細胞に、製薬企業が持つ独自のケミカルバンクの化合物を作用させるなどの基盤技術を開発します。同チームを率いる井上治久チームリーダー (TL) は、CiRAで研究を続けてきたアルツハイマー病や筋萎縮性側索硬化症 (ALS) の専門家で、創薬研究にも携わった経験があります。

理研ではまた、創薬・医療技術基盤プログラム (DMP) を組織横断的に推進しています。創薬iPS細胞研究基盤ユニットは、DMPの中で、疾患特異的iPS細胞と理研の天然化合物ライブラリーを利用した研究開発の基盤を担います。

——創薬には、マウスなどを使った実験も必要ですね。

小幡：BRCでは、全遺伝子を一つつつノックアウトしたマウスを解析する国際マウス表現型解析コンソーシアム (IMPC) に参加しています (『理研ニュース』2017年4月号「特集」)。実験動物開発室がノックアウトマウスを作製し、その性質 (表現型) をマウス表現型解析開発チームの「日本マウスクリニック」において国際標準の手法で検査しています。今後は、そのようなマウスの基



図2 BRCが所在するけいはんな地区の一面

けいはんなプラザのラボ棟とスーパーラボ棟にiPS創薬基盤開発チームの研究室が設置され、2018年4月9日に理研けいはんな地区iPS細胞創薬基盤開発連携拠点の開所式典が行われた。

盤とiPS細胞の研究をリンクさせたいと思います。

日本人の患者さん由来の疾患特異的iPS細胞のゲノムを解析して、その情報に基づき、次世代ヒト疾患モデル研究開発チームがゲノム編集により日本人の患者さんの遺伝子変異や病態を再現する疾患モデルマウスを作製。それを日本マウスクリニックで検査することで、ALSなどの難病やレビー小体型認知症など加齢性疾患の研究や創薬に貢献していこうと考えているのです。

■ 多様なバイオリソースを基盤に新分野を拓く

——植物-微生物共生研究開発チームも新設されました。

小幡：菌根菌に注目した研究を進めます。菌根菌は、さまざまな植物の根の表面や細胞内部に共生している微生物です。土壤中の養分を植物に供給したり、病気から植物を守る役割をしたりしていると考えられていますが、その共生関係の解明は進んでいません。菌根菌の培養が難しいからです。微生物材料開発室が持つ世界屈指の培養技術を駆使して菌根菌の培養方法を開発し、実験植物開発室のシロイヌナズナやミナトカモジグサの変異体などを使って植物との共生関係の解明を進めます。それにより食料増産や省肥料・省農薬の技術の創出に貢献します。

世界を見渡せば、例えばマウスの保存数で世界第1位の米国のジャクソン研究所には90年に及ぶ歴史があります。しかしここではマウスしか扱っていません。多様なバイオリソースを世界有数の規模で収集・保存している機関は、私たちBRCだけです。多様なバイオリソースを扱う人材や技術基盤を築いてきたからこそ、iPS細胞とマウスをリンクさせた創薬、植物と微生物の共生関係といった新しい研究分野を拓き、バイオリソースでその新分野の研究を支えていくことができるのです。BRCはこれからも、バイオリソースの基盤整備とその利活用を促進する研究を続けていきます。

(取材・構成：立山 晃/フォトンクリエイト)

ユニークな性質を持つフッ素を導入する実用的な有機化学反応を開発した研究者

近年、ペルフルオロアルキル化合物が注目されている。それは、アルキル基(C_nH_{2n+1})の水素(H)が全てフッ素(F)に置き換わったペルフルオロアルキル基を分子内に持つ有機化合物である。ペルフルオロアルキル基があるとフッ素のユニークな性質によって脂溶性や代謝安定性が向上するため、少量で効果の高い医薬品や農業になると期待されているのだ。しかし、これまでの合成法にはコストや安全性の問題があった。そうした中、多様なペルフルオロアルキル化合物の実用的な合成法の開発に成功した研究者が、環境資源科学研究センター(CSRS)にいる。触媒・融合研究グループの河村伸太郎 研究員だ。「諦めずにやる」を信念に、新しい合成法の開発に取り組む河村研究員の素顔に迫る。



河村伸太郎

環境資源科学研究センター
触媒・融合研究グループ、
開拓研究本部 袖岡有機合成化学研究室 研究員

かわむら・しんたろう

1985年、兵庫県生まれ。博士(工学)。同志社大学理工学部機能分子工学科卒業。京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻博士後期課程単位認定退学。ERATO袖岡生細胞分子化学プロジェクト研究員を経て、2014年より環境資源科学研究センター 特別研究員。2017年より現職。

「名前の残る仕事をしたいと思っていました」と河村研究員。専門は有機合成化学だ。「生物よりは、物理や化学の方がいい。でも物理は数式が難しい。だから化学を選びました」

同志社大学理工学部機能分子工学科に進学。3年生になるころには大学院入試の準備を始めた。「今までで一番勉強しました」と言う。そして京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻の中村正治教授の研究室へ。「できたばかりの研究室で、教授も若く、勢いがあるところに特に惹かれました」。しかし、「とにかくつらかった」と声を落とす。「鉄触媒クロスカップリング反応の研究をしていたのですが、有機金属化学に関する知識が足りない上に研究の成否は運によることもあり、なかなかうまくいかない。化学反応では目的物質が理論値に対してどれだけ得られるかという『収率』が重要です。自宅でゲームをしてもゲーム画面の数字が収率に見えてしまうほど追い込まれていました」。そうした苦しみの中で投稿した最初の論文は、今でも最も思い入れがあるという。名前の残る初めての仕事でもあった。

しかし、所属研究科は学位取得に厳しい規定があり博士課

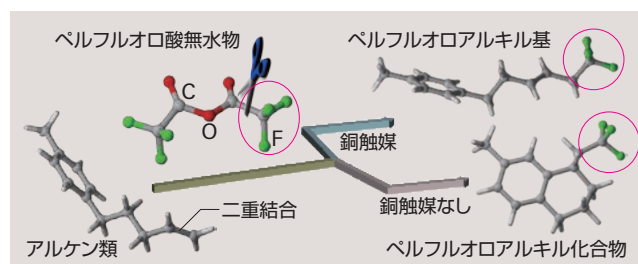


図 ペルフルオロ酸無水物を用いたペルフルオロアルキル化合物の合成法

程の3年間で学位を取得できなかった。科学技術振興機構(JST)のERATO袖岡生細胞分子化学プロジェクト研究員として理研で研究をしながら、毎週末、埼玉から京都へ通った。大学の地下のベンチで寝泊まりしながら実験、論文執筆を行い、学位を取得。「人生で一番つらかった時期」と振り返る。

2014年からは、理研CSRS触媒・融合研究グループに。ペルフルオロアルキル化合物の合成法を開発している。従来の合成法は試薬が高価で爆発性もあるため、新しい合成法の開発が望まれていたのだ。河村研究員は、安価に入手できて安全に保管できるペルフルオロ酸無水物に注目。「アルケン類を反応させると、アルケン類の二重結合にペルフルオロ酸無水物のペルフルオロアルキル基が付加し、ペルフルオロアルキル化合物が合成されました(図)。実は、想定していた反応とは違ったのですが、反応開発は狙いどおりにいかないことも多く、起きた反応の価値に気付くことも重要です」

河村研究員は、この反応を発展させ、ペルフルオロアルキル基を持つ含窒素複素環化合物の合成にも成功。含窒素複素環とは炭素環を構成する炭素の一部が窒素に置き換わったもので、生理活性を持つ化合物の主骨格に見られる。得られた化合物は、両方の長所を備えていると考えられる。

この合成法は、銅触媒の有無によって多様なペルフルオロアルキル化合物ができるという特徴もある。それらの中から有用な生理活性を持つものを効率的に探索するため、合成した化合物を理研の化合物バンクNPDepoに寄託している。「合成法の開発では通常、得られた化合物は論文を発表した後、冷蔵庫で保存されたままになります。化合物バンクに寄託することで、有機化合物の研究者に生理活性を調べていただけます。医薬品や農業につながる化合物が見つかったらうれしいですね」。さらに寄託を増やしていく予定だ。

「研究グループでは、どういう分子をつくるかに主眼を置き、一般的な触媒を用いて反応を開発しています。一方、私は大学院では元素の性質に注目した触媒反応の開発研究をしてきました。その視点を加えることで、新規触媒を設計し、より実用的かつ新規な合成手法を開発していきたい」と意気込む。

(取材・執筆：鈴木志乃/フotonクリエイト)

理研の研究奨励賞・技術奨励賞・産業連携奨励賞、表彰式を挙

2018年3月15日、理研 和光地区において、2017年度の研究奨励賞・技術奨励賞・産業連携奨励賞の授賞式が執り行われ、若手研究員56名が表彰されました。

これらの賞のうち「理研研究奨励賞」「理研技術奨励賞」は、優れた研究成果や顕著な貢献のあった若手の研究者や技術者を表彰するため2009年度に創設されたものです。2015年度からは、実用化可能性の高い特許発明に貢献した発明者、あるいは企業と協力して活発な研究活動を行い、実用化に貢献した研究者や技術者を表彰する「理研産業連携奨励賞」も創設されました。

従来は個別に表彰されていた3賞の受賞者が一堂に会したのは、今回が初めてのことで、1人ずつ名前を読み上げられた受賞者に、松本 紘 理事長から各賞が直接手渡されました。

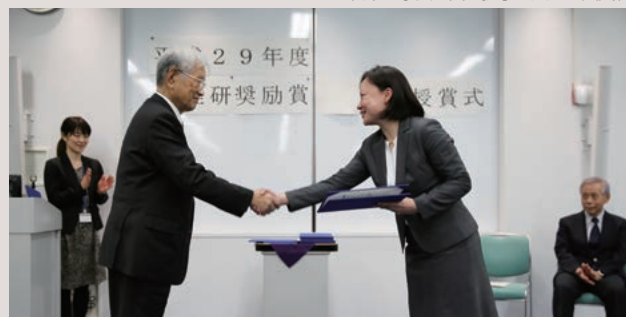
続いて、理事長自らも大学の助手時代に同様の賞を受賞した体験について、そのうれしさとともに、後の励みになったというエピソードを披露。「立派な業績を上げられ、センターや研究室の長から推薦を受け、選考委員会で多くの候補の中から選ばれた方々です。誇りに思ってもらえたらと思います。今日は一人一人と言葉を交わす機会を得、将来への期待を込めて握手させていただきました」と祝辞を述べました。

授賞式の後には、出席者全員でのディスカッションが行われま

した。これも、さまざまな分野の研究者・技術者の交流の場としていきたいという狙いから、2017年度より取り入れられた試みです。理事長の提案で、前を向いて並んでいた椅子を大きな円陣に並べ直し、互いの顔を見ながらの座談会となりました。理事長の「科学や技術の道にどうして入ろうと思ったのか聞いてみたい」という問い掛けに始まり、若い研究者からは国際連携やベンチャー起業、2017年度に公募開始された白眉制度などについての質問が上がりました。

理研では、2018年度の授賞式についても、形式的な賞状の授与にとどめず、異分野間のますます活発な交流の場としていく考えです。

松本理事長と固い握手を交わす受賞者



ディスカッションでは、出席者の間から率直な質問や意見が出された。

理研の17センターなどから集まった出席者50名余りが、松本理事長と共に大きな円陣を組んで行ったディスカッション。

座談会の話より

——白眉制度というシステムは、どのような考えでつくられたのでしょうか。

白眉制度は、並外れた才能を持つ若手研究者を、7年の年限で研究室主宰者に据えるというものです。日本では、若い人が自分で、自分のアイデアだけで仕事することがなかなか難しい。社会学者、生命学者など、まったく異なる分野の研究者が身近にいる環境を用意し、コラボレーションできる力を付けてもらうのが狙いです。自分で物事を大きく捉え、自己責任で研究を完結する力を期待しています。

1回試験にパスしたら7年間走り続けられるわけです。自分で夢をかかえるというシステムにしたつもりです。成功確率は保証されないが、リスクを取ってでも挑戦できる人に名乗りを上げてほしいですね。

——産学連携について。若い世代の中でベンチャーの会社を立ち上げたりするとき、理研ではどのような支援のシステムがあるのでしょうか。研究者と経営者を両立するために考えるべきことはありますか。

理研は今後、理研発ベンチャーのスタートアップをより手厚く支援する体制を構築します。研究者が自分の上げた成果をもって社会に貢献したい、と考えるのは自然のことです。しかし、実際にベンチャーを立ち上げる際には、研究者自らが社長になるのではなく、経営的な感覚を持った人と組み、自分は研究開発の面からアイデアを出していくほうが成功する確率は高いでしょう。そのためにも、ベンチャーの社長となる人材をリクルートし、理研の優れた研究のシーズをスタートアップに乗せていこうと考えています。

また、起業には資金も必要です。信頼のおけるベンチャーファンドを紹介し、ベンチャーが大きく育つよう支援していきます。

理研 脳神経科学研究センター 発足記念シンポジウムを開催

2018年4月、理研 脳神経科学研究センターは前身である脳科学総合研究センターから発展し、自然科学に残された最後のフロンティアであり「心」の基盤としての「脳」を理解するべく、新たな研究センターとして船出しました。

本シンポジウムでは、当センターが目指すところを宮下保司

センター長、上口裕之 副センター長がご紹介するほか、日本神経科学学会の伊佐 正 会長、理研 生命機能科学研究センターの西田栄介センター長、また将棋界から中村太地 王座にご登壇いただき、広い視野で脳神経科学への期待と当センターの役割について議論します。

日時	2018年6月19日(火) 16:00~18:15 (開場15:00)
場所	丸の内MY PLAZAホール (東京都千代田区丸の内2-1-1 明治安田生命ビル4F)
アクセス	東京メトロ千代田線二重橋前駅3番出口直結、 JR東京駅・有楽町駅徒歩5分
主催	理研 脳神経科学研究センター
参加申し込み方法	WEBフォーム (https://cbs.riken.jp) から 事前参加登録ください。
問い合わせ	e-mail: cbs-kickoff0619@stage.ac



新研究室主宰者の紹介

新しく就任した研究室主宰者を紹介します。

- ①生まれ年、②出生地、③最終学歴、④主な職歴、
⑤活動内容・研究テーマ、⑥信条、⑦趣味

科技ハブ産連本部 バトンゾーン研究推進プログラム



中赤外レーザー光源研究開発チーム
チームリーダー

古川保典 ふるかわ・やすのり

- ①1959年 ②福島県 ③工学博士 ④日立金属(株)研究員、米国スタンフォード大学研究員、九州大学助教授、物質・材料研究機構主幹研究員、(株)オキサイド代表取締役社長 ⑤酸化物単結晶の光応用に関する研究 ⑥人生最大のリスクは何もリスクを取らないこと ⑦SPA・温泉・EDM系クラブ巡り、溪流釣り



微細藻類生産制御技術研究チーム
チームリーダー

鈴木健吾 すずき・けんご

- ①1979年 ②神奈川県 ③東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程 ④(株)ユーグレナ 取締役(研究開発担当) ⑤微細藻類ユーグレナの生産と利活用に関する技術開発 ⑥常に最新、常に一番を目指す ⑦論文投稿、将棋、アウトドア、カメラ

開拓研究本部



新宅マイクロ流体工学理研白眉研究チーム
理研白眉研究チームリーダー

新宅博文 しんたく・ひろふみ

- ①1980年 ②広島県 ③京都大学大学院工学研究科博士後期課程 ④大阪大学大学院基礎工学研究科助教、京都大学大学院工学研究科助教 ⑤マイクロ流体工学 ⑥井の中の蛙大海を知らず、されど空の深さを知る ⑦サッカー

脳神経科学研究センター



脳神経医学連携部門
部門長

岡部繁男 おかべ・しげお

- ①1960年 ②東京都 ③東京大学医学部医学科 ④東京大学助教、米国NIH客員准教授、工業技術院主任研究官、東京医科歯科大学教授、東京大学教授 ⑤中枢神経シナプスの細胞生物学 ⑥Simple is best. ⑦音楽

環境資源科学研究センター



機能有機合成化学研究チーム
チームリーダー

Ilies Laurean イリエシュ・ラウレアン

- ①1978年 ②ルーマニア ③東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程 ④東京大学 ⑤普遍金属を触媒として用いた新反応の開発と機能性分子の合成への応用 ⑥Work hard, play hard. ⑦テニス、バイク、スキー、アウトドア



グリーンナノ触媒研究チーム
チームリーダー
山田陽一 やまだ・よういち
①1970年 ②東京都 ③東京大学大学院薬学系研究科博士課程 ④帝京大学、米国スクリプス研究所、分子科学研究所(総合研究大学院大学) ⑤高活性高再利用性の新機能型触媒の開発 ⑥人事を尽くして天命を待つ ⑦ゴルフ(GDO HP 16)、スキー(SAJ 2級)



分子生命制御研究チーム
チームリーダー
萩原伸也 はぎはら・しんや
①1976年 ②奈良県 ③京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻博士課程 ④理研、スイス・ジュネーブ大学、東北大学、名古屋大学 ⑤人工分子を用いた植物の機能制御 ⑥取りあえずやる ⑦自転車

仁科加速器科学研究センター



実験装置開発室
低速RIビーム生成装置開発チーム
チームリーダー
石山博恒 いしやま・ひろのぶ
①1968年 ②新潟県 ③東北大学大学院理学研究科博士課程 ④韓国基礎科学研究院(IFS)、高エネルギー加速器研究機構(KEK) ⑤宇宙での元素合成過程の研究、短寿命核プローブによる物質科学、短寿命核ビーム施設の開拓研究 ⑥三人寄れば文殊の知恵 ⑦ミニチュアホースの飼育



実験装置運転・維持管理室
情報処理技術チーム
チームリーダー
馬場秀忠 ばば・ひでただ
①1976年 ②広島県 ③立教大学大学院理学研究科博士後期課程 ④東京大学原子核科学研究センター、理研(基礎科学特別研究員、リサーチアソシエイト、仁科センター研究員) ⑤原子核物理学、データ収集システム ⑥楽観主義 ⑦ファゴット演奏、ソフトボール



安全業務室
室長
田中鐘信 たなか・かねのぶ
①1974年 ②香川県 ③大阪大学大学院理学研究科博士後期課程 ④理研 基礎科学特別研究員、技師 ⑤放射線管理、放射線遮蔽 ⑥考えて分かなければ、まずやってみる ⑦フットサル、登山、写真

放射光科学研究センター

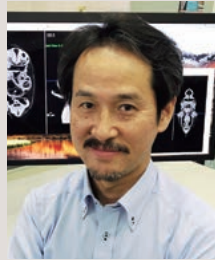


XFEL 研究開発部門
加速器研究開発グループ
基盤光源チーム
チームリーダー
稲垣隆宏 いながき・たかひろ
①1973年 ②静岡県 ③京都大学大学院理学研究科博士課程 ④理研 専任研究員 ⑤加速器科学、高周波機器開発 ⑥前向きに考える ⑦野球観戦(オリンピックスファン)、家庭菜園



NMR 研究開発部門 部門長
同部門 NMR 開発グループ グループディレクター
同部門 NMR 応用・利用グループ グループディレクター
NMR 先端応用・外部共用チーム チームリーダー
石井佳誉 いしい・よしたか
②新潟県 ③京都大学大学院理学研究科博士課程 ④米国イリノイ大学シカゴ校、東京工業大学生命理工学院(兼任) ⑤固体NMRの開発と応用、特にアミロイドタンパク質の構造解析 ⑥Joy of Science ⑦歩く、泳ぐ、食べる

バイオリソース研究センター



マウス表現型解析開発チーム
チームリーダー
田村 勝 たむら・まさる
①1966年 ②群馬県 ③総合研究大学院大学生命科学研究科遺伝学専攻 ④日本学術振興会、国立遺伝学研究所、理研 開発研究員 ⑤遺伝子量効果と疾患。X線形態イメージングとその応用 ⑥一歩前へ ⑦土の上を歩く



iPS細胞高次特性解析開発チーム
チームリーダー
林 洋平 はやし・ようへい
①1981年 ②愛知県 ③東京大学大学院総合文化研究科博士課程 ④米国グラッドストーン研究所、筑波大学 ⑤疾患特異的iPS細胞を用いた病態モデル研究と同バンクの利活用促進 ⑥備えよ常に(Be prepared!) ⑦子育て、音楽演奏・鑑賞(歌、バイオリン、ドラムなど)、運動(ランニング、野球、サッカー、スキーなど)



植物-微生物共生研究開発チーム
チームリーダー
市橋泰範 いちはし・やすのり
①1982年 ②愛知県 ③東京大学大学院理学系研究科博士課程 ④米国カリフォルニア大学デービス校、理研環境資源科学研究センター、科学技術振興機構 さきがけ ⑤植物×微生物で21世紀の緑の革命を目指します! ⑥楽しく役立つ科学 ⑦旅行

イノベーターが集まる街

西間木寿実子 にしまぎ・すみこ

科技ハブ産連本部 産業連携部 産業連携推進課 主査

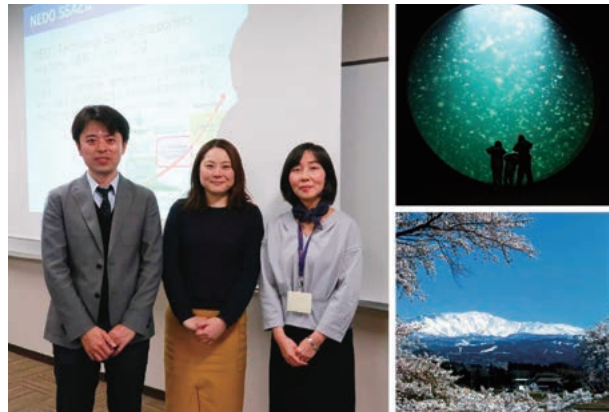
皆さんは山形県鶴岡市をご存じだろうか。何を隠そう、鶴岡は私の故郷。自分で仕込んではいないが、正直に言えば「手前みそ」でこの原稿を書いている。しかし使命だとも思っている。イノベーションに関係する方に絶対に知ってほしい実例がここにあり、それを伝えたい。

ここは雄大な日本海と山岳信仰で知られる出羽三山に囲まれ、庄内平野が広がる。クラゲ展示世界一の水族館と、日本で唯一のユネスコ食文化創造都市に認定されていることで知られる。地方都市の営業文句、と思った方もいるかもしれないが、それだけではない。血液によるうつ病診断（ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株、2013年上場）、人工的なクモ糸合成（Spiber株）、唾液でがんや肝臓疾患を診断（株サリバテック）、腸内フローラ解析サービス（株メタジェン）、心筋細胞を用いた再生医療（株メトセラ）、そして街づくりのデザイン企業（YAMAGATA DESIGN株）、洋食に合う新概念日本酒の販売（株WAKAZE）。これらは全て人口12万人ほどの鶴岡で生まれ、世界に挑戦するスタートアップだ。

その立役者と言っても過言ではない存在が、慶應義塾大学 先端生命科学研究所 所長の富田 勝先生だ。理研の客員主管研究員でもられる富田先生は「脱・優等生」が鍵であるという。「本当のブレイクスルーというのは最初は“ほら”に聞こえる」「時流や権威に迎合して点数を稼ぐ『優等生』ではなく、批判や失敗を恐れず勇気を持って実行する『イノベーター』となれ」と説く。

昨年10月から新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）主催の研究開発型ベンチャーの支援人材育成研修プログラム（NEDO Technology Startup Supporters Academy：NEDO SSA）に参加した一環で、この地で創業したイノベーターと話す機会を得た。皆、議論が大好きで、並大抵ではない使命感を持っている。気の遠くなるよ

クラゲ展示世界一を誇る
鶴岡市立加茂水族館



NEDO SSAと一緒に受講した仲間。左から、和光理研インキュベーションプラザ 吉田憲司さん、筆者、実用化コーディネーター 越前谷美智子さん

出羽三山の一つ月山

うな実験と検証、そして失敗を繰り返して、糸を紡ぐように価値を生み出している。アイデアを行動にして形にするのは途方もない困難が伴うことを身をもって知っていて、その経験が彼らの言動に自信を与えていることを直感する。深夜に及ぶ議論でも熱く、その存在がまぶしい。

自動車もスマートフォンもイノベーションのたまものだが、便利に流され、今に至る開発の努力を忘れる自分に気付く。スポーツも芸術も研究も、その裏の見えない努力が実を結ぶところに感動があることに改めて思い至る。

さて、かつて心理学で「学び環境と動機付け」を研究していた私は、内発的に動機付けられていることが最大のパフォーマンスを導く鍵だと信じてやまなかったし、入所の最終面接で研究者がモチベーションを高められるのはどういう環境かと尋ねられ、失敗を許容し、そこに価値を見いだし、再挑戦を良しとする風土があることではないかと答えた記憶がある。（そう豪語して今があるわけだから、私の主張は是認を得ているものと思っている!!）

少なくとも私にとって鶴岡は原点回帰の場所であり、同時にイノベーションを語る上で大切な要素が凝縮されているように思えてならない。

貴重な時間を共有してくれたイノベーターと関係者の皆さんに、この場を借りて改めて心からのお礼を述べたい。そして読者の皆さんには、「一度鶴岡まで来てみてけらっしい」とお誘いし、本稿を結ぶこととしたい。

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)

