

SENRI

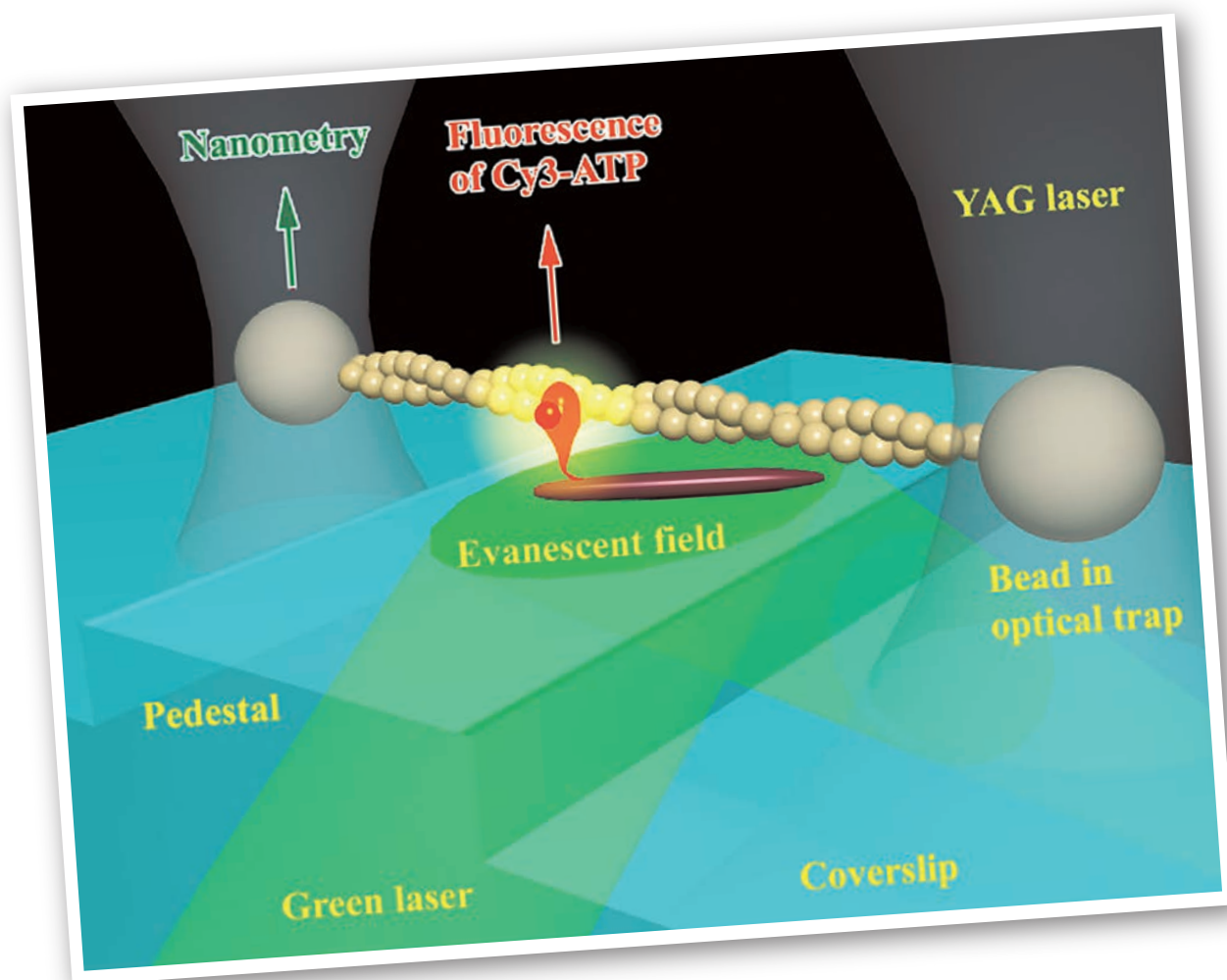
千里ライフサイエンス振興財団
ニュース

LF News

No. 93

2021.6

ISSN 2189-7999



対談

「ゆらぎ」の原理を利用して 省エネルギーをはかろうと考えています

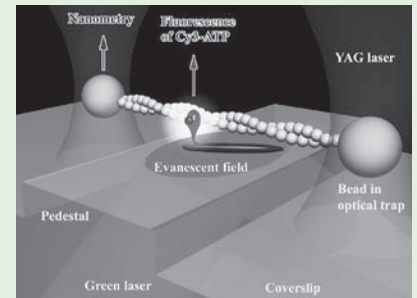
大阪大学大学院生命機能研究科／情報科学研究科 特任教授
情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター長
NECブレインインスパイアドコンピューティング協同研究所長

柳田敏雄 氏

公益財団法人
千里ライフサイエンス振興財団

岸本忠三 理事長

【表紙写真】
 大阪大学大学院生命機能研究科／情報科学研究科 特任教授
 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター長
 NECブレインインス／バイアドコンピューティング協同研究所長
 柳田敏雄氏提供



1分子イメージング・光ピンセット法を用いた筋肉分子モーターの運動と化学(ATP分解)反応の同時測定

CONTENTS

1 EYES
 生体分子の本質的メカニズムとしての「ゆらぎ」を解明

3 LF対談
 大阪大学大学院生命機能研究科／情報科学研究科 特任教授
 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター長
 NECブレインインス／バイアドコンピューティング協同研究所長
柳田敏雄氏／岸本忠三 理事長
 「ゆらぎ」の原理を利用して
 省エネルギーをはかろうと考えています

7 “解体新書” Report
生命科学のフロンティアその⑦
 家族や友人にも安全なものを
 mRNAの次のワクチン「自己増殖型RNAワクチン」

10 LFセミナー
 「細胞死研究の新展開」

11 LFセミナー
 「獲得免疫と自然免疫の双方から捉える新しいアレルギー学」
 「新しい医薬品概念が変える医療」

13 LF市民公開講座
 「高齢者に増えている心臓弁膜症
 ～早期発見と最新治療～」

15 LF新適塾
 創業、難病治療、脳をめぐる最先端の知見
 研究者が語り、参加者が尋ね、議論深める

17 Information Box
 ・フォーラムレポート ・予定行事
 ・ご寄付のお願い

Relay Talk
 京都大学こころの未来研究センター 教授
広井良典 氏

生体分子の本質的 メカニズムとしての「ゆらぎ」を解明

インターネットやAIなど人工技術への応用の研究も

ゆれることを「ゆらぎ」といいます。より科学的には、ある量が、平均値は一定であるものの、瞬間的にその平均値ちかくで変動している現象のことを「ゆらぎ」といいます。たとえば、高校教科書にも出てくる、熱運動などにより引き起こされる物体の不規則運動「ブラウン運動」は、「ゆらぎ」そのものといえます。

ヒトのなどの生体活動においても、この「ゆらぎ」が使われています。しかも、筋収縮などの生命にとって重要な各活動で、「ゆらぎ」が生体分子によって有効利用されていることが明らかになっているのです。

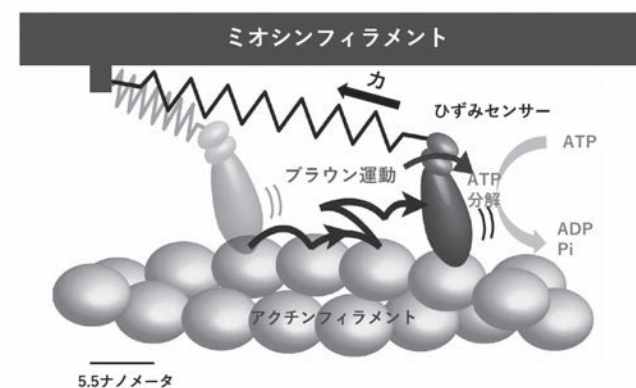
生体における「ゆらぎ」の重要性にいち早く気づき、しくみの解明や応用の研究を進めてきたのが、4ページからの対談記事に登場する柳田敏雄氏です。柳田氏は、筋原繊維を構成するアクチン分子とミオシン分子が相対的にすべり込むことで行われる「筋収縮」に着目し、研究をしていました。1970年代中盤、筋収縮をめぐる定説となっていたのが、ミオシン分子がアデノシン三リン酸(ATP:

Adenosine TriPhosphate)のエネルギーで、首を振るように運動をし、これにより筋収縮が生じるとする「首振り説」でした。しかし、人工機械のアナロジーで説明されるこの「首振り説」に疑問を抱いていた柳田氏は、光学顕微鏡などで筋収縮の分子機構を観察し、ついにミオシン分子の「首振り」は起きていないことを見出しました。

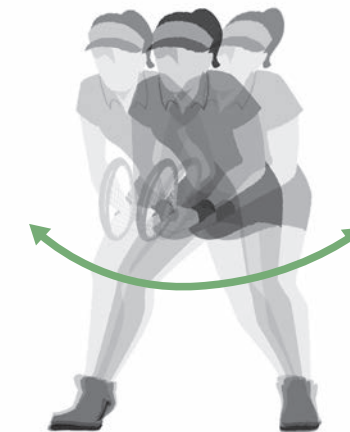
柳田氏はさらに詳細な解明をすべく、個別の生体分子を観察する1分子イメージングの技術を開発し、ミオシン1分子の運動などを測定しました。その結果、ミオシン分子はアクチン繊維上をブラウン運動によって揺れながら前進していることを見出したのです。つまり、ミオシン分子は、人工機械とは異なる生体特有の「ゆらぎ」を利用した運動によって、筋収縮を引き起こしていたのです。この「ゆらぎ」を利用した分子運動しくみは、人工機械的に制御するよりもはるかにエネルギーを使わないものであり、また柔軟なものであることも柳田氏は見出しました。

ミオシン分子の「ゆらぎ」モデルが確立

ミオシン分子の「ゆらぎ」モデル



筋収縮を担うタンパク質のミオシン分子は、アクチンフィラメントに沿って前後に「ブラウン運動」している。そのランダムな運動から前方向の運動を選択することで筋収縮は引き起こされる。エネルギーはミオシンの運動を引き起こすためではなく、前後の運動の選択(情報処理)に使われる。



「ゆらぎ」を保っていることの有用性

テニス選手はサーブを受けるとき、身体を細かく動かして、左右どちらにボールがきても素早く対応できるように構えている。同様に、生体分子も「ゆらぐ」ことで、状況変化に素早く対応することができる。

されて以降、柳田氏を含むさまざまな研究者が、生体内のほかの場所でも分子が「ゆらぎ」を有効利用していることを明らかにしています。筋収縮のほか、イオンポンプ、遺伝子発現、細胞内情報伝達といった各現象で「ゆらぎ」のしくみが利用されていることが確認されているのです。「ゆらぎ」のモデルを確立したことで、柳田氏はその原理を、情報通信技術分野に応用するための研究にも取り組み

だしました。エネルギー問題が深刻化するインターネット網を「ゆらぎ」の利用で制御すれば、機能は保ちつつも桁違いの省エネルギー化をはかれることをシミュレーションで示しています。柳田氏はまた、脳の研究をおこない、その成果を人工知能などの技術に応用する取り組みもおこなっています。脳はコンピュータをはるかにしのぐ省エネルギー性をもって思考などの活動をしてい

ます。ここでも生体は「ゆらぎ」を利用し、柔軟な視覚情報処理をおこなったり、ノイズを遮断することなく複雑なしくみを巧みに制御していることなどを解明しつつあります。こうしてヒトの脳のしくみを学び、高い汎用性、低エネルギー性、低コスト性を実現する次世代人工知能の研究開発を、民間企業などと共同でおこなっています。

「ゆらぎ」の原理を利用して省エネルギーをはかろうと考えています

筋収縮の「首振り説」を否定

岸本 ● 柳田敏雄先生は、2020年に日本学士院会員になられましたね。おめでとうございます。

柳田 ● ありがとうございます。とても光栄なことです。

岸本 ● 僕が柳田先生のことを初めて知ったのは、箕面市船場東にあった新技術事業団（現・科学技術振興機構）で研究をされていた1990年代半ばでした。当時、僕は大阪大学の医学部長でして、生理学教室のポストに柳田先生を招いたら、もともと先生が所属されていた基礎工学部の人たちから怒られましてね（笑）。工学と生命科学と、両方の分野で先生は活躍・貢献されてこられたわけですね。

柳田 ● 私は基礎工の理念である異分野融合の象徴でしたから（笑）。私は基礎工学部電気工学科卒業なんです。当時は、トランジスタやICなどが人気で、いわばトレンドな分野にいたわけですが、すでに基礎的なことはかなり解明され、応用的な研究が中心という雰囲気でした。「このまま研究してもおもしろいかなあ」と感じ、それで生物系の分野に移ったのです。電気工学科教授で太陽電池研究の大家だった濱川圭弘先生からは、「自ら落ちこぼれるあほがいるか!」と、大目玉も食いましたね（笑）。

岸本 ● それで柳田先生は、生物物理学の大澤文夫先生（阪大、名大名誉教授）

の研究室へ移られたんですか。

柳田 ● はい。基礎工学研究科にできて間もない生物工学系専攻に大澤先生が名大との併任で週2回ほどいられていました。当時はまだ先輩も助手・助教授などの指導教員もいないし、測定装置らしきものも全くありませんでした。生物のことを知らない自分が一人でできることは筋肉を測ることぐらいだったので、筋肉の研究をすることにしました。研究室には装置がなかったので、実験は当時の中之島にあった医学部第一生理学教室で行いました。25年後に教授として戻ってくるとは想像もしませんでした。

大澤研究室に入るとき、先生の教え子の博士号取得者20人以上が職に就いていませんでした。大澤先生から「柳田くん、就職の世話はできないけれどもいいのかい。電気工学みたいな華々しいところから、どうしてこんな地味なところに来たのかね」と言われました（笑）。

岸本 ● それで柳田先生は、大澤先生のところ、筋肉分子の「首振り説」を否定する著名な研究成果をあげたわけですか。

柳田 ● はい。当時、A.F.ハクスレーとH.E.ハクスレーが筋収縮のメカニズムとして、「首振り説」を提案していました。この説を否定したことになります。

岸本 ● 「首振り説」は、アクチン分子とともに筋繊維のタンパク質をなすミオシン分子が、アデノシン三リン酸（ATP）のエネルギーを使って、首振りするように動くことで筋収縮が起きるというものと理解してい

ます。説としては明快なものです。

柳田 ● そうなんです。非常にわかりやすいこともあり、教科書にも紹介されていました。また、当時はタンパク質の構造変化と機能を明確に示した点でも重要な説でした。

けれども「首振り説」は、「生物には未知の原理がある」と信じ人生を賭けて生物分野に移ったので、人工機械とおなじでは、私としては絶望的だったんですね。「首振り説を否定してやろう」と思って、研究に取り組んだのです。

岸本 ● それで、ミオシンが実際はどう振る舞っているのかをお調べになった……。

柳田 ● ええ。光学技術を得意としていたので、光学顕微鏡を改良するなどしてミオシンの動きを測ってみました。すると、ミオシンは首振りなんてしていなかったのです。『J. Molecular Biology』に発表しました。1981年のことです。

岸本 ● 柳田先生に味方してくれる研究者はおったのですか。

柳田 ● はい。ミネソタ大学のデイビッド・トーマスからも、おなじ結果になったという報告がありました。これで世界は大騒ぎになりました。

岸本 ● この重要な業績を早い時期に出されたわけですね。けれども、柳田先生の役職はその後長らく「教授」や「助教授」などでなく、「技官」でしたね。

柳田 ● ええ。首振り説の否定が認められて以降、『Nature』に論文を発表したり、国際会議に招待されて特別講演をしましたが、1987年までの13年間、

技官のままでした。海外の研究者たちからも、「なんでヤナギダは教授にならないんだ。日本特有の文化でもあるのか」と話題にもなっていました（笑）。

岸本 ● ポストが埋まっていたんですか。

柳田 ● そうなんです。オーバードクター残酷物語の時代でした。

1分子イメージングで「ゆらぎ」を観察

岸本 ● 柳田先生のご研究により、「ミオシンは首振りをしていない」ということになりました。すると次は「では、筋肉はどのように収縮するのか」という疑問が生じてきますね。

柳田 ● そのとおりです。大きな構造変化ならターゲットを絞れますが、そうではなさそうなので、分子1個レベルでの動きの詳細な観察をする技術を開発していったのです。

岸本 ● 1分子イメージングはいまでは有名な解析技術となっていますが、柳田先生は当時どんな課題に取り組んだのですか。

柳田 ● 「水溶液中で1分子を観察する」というのが大きな課題でした。誰も成功していませんでした。それで1992年、新技術事業団のERATOで研究プロジェクトを立ち上げ、参加してくれた多くの若い優秀な研究者と、水溶液中の1分子をイメージングする技術を実現することができました。これ以降、生物分野の1分子イ

メージング研究は大きく発展しました。

岸本 ● 技術的なポイントはこういったところだったのですか。

柳田 ● 分子は小さすぎて水中では原理的に観測することができません。そこで、蛍光分子をミオシンに付けて、真っ暗闇で光らせて、そのごく微弱蛍光を超高感度カメラでとらえました。しかし、通常の蛍光顕微鏡だと背景が明るくなりすぎて、1分子蛍光を観察することができません。明るい昼に星を観測できないのとおなじことです。光が全反射するときに生じるエバネッセント光という特殊な光を使って蛍光色素とそのごく近傍だけを照射する光学系をつくりました。そして、背景光を従来の蛍光顕微鏡の2000分の1まで落とすことに成功しました。こうして、真っ暗闇の水溶液中で光る1分子を世界ではじめて観察できたのです。

岸本 ● それで柳田先生は、「首振り説」に代わる筋収縮の新たなモデルを打ち立てたわけですね。それは、ミオシン分子は物理学のブラウン運動、すなわち「熱ゆらぎ」を利用している、というものだと聞きます。

柳田 ● はい。ミオシン分子を詳細に観察していると、ATPからエネルギーがあたえられなくてもミオシン分子は小さいので水

中でふらふらとアクチンフィラメントに沿ってブラウン運動で前後にゆらいでいます。たまたま前方向にふらふらと向かうと、そこにいる相手のアクチンの分子とぎゅっと結合します。そうすると、ミオシン分子のアクチンと結合する部分（頭部）とミオシンフィラメントをつなぐバネが伸ばされ、そのバネが短縮する力でアクチンフィラメントが引き込まれる。これが、筋収縮のしくみの本質だったのです。

岸本 ● 筋収縮という動きがあるのに、エネルギーは使われないのですか。

柳田 ● 「ミオシン分子が動くためにエネルギーが使われる」ということではないということです。ミオシン分子のブラウン運動は小さなものですが、集団になると筋収縮を起こすのに十分なパワーになるのです。

岸本 ● 別のことにエネルギーが使われるのですか。

柳田 ● そうです。ミオシン分子のブラウン運動は前後にでたらめにゆらいでいます。そのままでは方向性のある運動は生まれません。エネルギーは、ミオシン分子がブラウン運動の方向を判断し前方向の運動を選択するために使われるのです。前後の判断はミオシン分子が持っているひずみセンサーで行われています。



大阪大学大学院生命機能研究科／情報科学研究科 特任教授
情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター長
NECフレイインスパイアドコンピューティング協同研究所長

柳田敏雄氏

公益財団法人
千里ライフサイエンス振興財団
岸本忠三 理事長





やなぎだ とし お
柳田敏雄 氏

● 大阪大学大学院生命機能研究科／情報科学研究科 特任教授
情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター長
NECブレインインスパイアドコンピューティング協同研究所長

1946年兵庫県生まれ。1969年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業。71年同大学院修士課程修了。同年(株)村田製作所入社。74年大阪大学大学院基礎工学部生物工学科技官。87年助教授、88年同教授。92～97年科学技術振興事業団創造科学技術推進事業(ERATO)「柳田生体運動子プロジェクト」総括責任者。96年大阪大学大学院医学系研究科第一生理学教授、2002年大阪大学大学院生命機能研究科研究科長、07年免疫学フロンティア研究副拠点長、10年大阪大学大学院生命機能研究科特任教授、11年理化学研究所生命システム研究センター長、情報通信研究機構 脳情報通信融合研究同年センター長。専門は、生物物理学、とくに運動蛋白質の1分子計測による分子生理学・生物ゆらぎに関する研究。生物学にゆらぎの概念を導入した第一人者である。受賞は、大阪科学賞、塚原伸晃賞、日本学士院賞・恩賜賞、朝日賞、The US Genomic Award、文化功労者ほか。日本学士院会員。

岸本● なにかわかったような、わからないような……(笑)。

柳田● そうなんです。人工機械とは根本的に異なるしくみなので、特にライフ系の研究者にはわかりづらい。この主張を認めてもらうのに長年苦労しました。『Nature』に、「Swing against the tide」と題して3ページの記事が出たりしました。

熱力学的にいうと、「前か後かを判断する」という情報処理(エントロピー減少)にエネルギーが使われている、という説明になります。報酬をもらって働くマックスウエルデーモンですかねえ。

自動車は動かすのにエネルギーを使い、またさらに運転にもエネルギーを使います。一方、ミオシン分子は動きはエネルギーの要らないブラウン運動で行い、運転(前後の判断)にエネルギーを使うということです。

「タンパク質は情報機械である」というのが、私の「ゆらぎ」モデルの要点です。そしてゆらぎを使うしくみは、筋肉の分子にかぎらず、細胞の小胞輸送、イオンポンプ、細胞シグナルの受容と伝達、遺伝情報伝達に関わる分子でも働いていることが最近報告されるようになりました。生物分子共通の基本原則だと思います。

岸本● 分子が「ゆらぎ」を利用することですが、分子にとってなにかよいことがあるわけですか。

柳田● ゆらぎを使うということは、分子がキョロキョロしながらいろいろなところに立ち寄りながらふらふら進むということです。

一見ネガティブな感じですが、分子が周りの状況や環境の情報を得てそれに合わせて働くともいえるのです。しかも、熱ゆらぎを利用するのでほとんどエネルギーを使いません。一見大したことではないように見えますが、コンピュータはこういうのが一番苦手なんです。厳密に計算しますから、多くのファクターを含む状況や環境に合わせて働くように制御するには膨大な組み合わせ計算が必要になります。

ミオシン分子の場合は、筋肉の中でブラウン運動の前後を判断だけでなく、他の多くのミオシン分子の様子を見ながらそれに合わせて調和をとって協同で働いているのです。実際、このゆらぎのしくみを取り入れて、外部負荷の変動にも対応し、柔軟に効率よく働く筋収縮をうまく説明できました。驚かれるかもしれませんが、筋収縮の柔軟な動的特性を統合的に説明したのは、ゆらぎを使ったこの研究が初めてです。首振り説はミオシン分子がアクチンを

引き寄せるという動きを説明していただけたんです。筋肉はどのように働くかという何十年来の問題がやっと解けたのです。

「ゆらぎ」の原理から コンピュータの省エネルギー化を

岸本● 柳田先生は、いまご説明されたような生体内での「ゆらぎ」の現象を、コンピュータの消費電力の省エネルギー化などにも応用しようとしていると聞きます。

柳田● そうです。何か新しいアルゴリズムを探すために電気から生命分野に移ったので、ゆらぎを新しく工学展開しようと思ったのです。コンピュータは、システムを制御するとき、その構成要素一つ一つを厳密に制御します。しかし、システムが大規模複雑化すると、構成要素が増え、それらの組み合わせの数が指数関数的に増えます。それに従って、計算量が膨大に増え、コンピュータの消費電力も膨大になるのです。一方、ゆらぎのしくみで働いている分子で構成される細胞や人の脳は、非常に複雑なシステムですが省エネです。そこで、分子のゆらぎを表すモデルを一般化し、複雑な人工システムを省エネで制御するコンピュータアルゴリズムに應用することを考えたのです。

岸本● 実際にモデル化できたのですか。

柳田● はい。阪大の情報科学研究科の村田正幸教授や基礎工学部の石黒浩教授たちとプロジェクトを立ち上げ、モデル化しました。

きしもとただみつ

岸本忠三 理事長

● 公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団

1939年、大阪府生まれ。64年大阪大学医学部卒業後、同大学院医学研究科修了。70～74年米国ジョンス・ホプキンス大学研究員及び客員助教授。79年大阪大学医学部教授(病理病態学)、83年同大学細胞工学センター教授(免疫細胞研究部門)、91年医学部教授(内科学第三講座)、95年医学部長、97年総長。2003年総長退任、04年名誉教授。現在も同大学免疫学フロンティア研究センターで研究を続ける。内閣府総合科学技術会議常動議員(04～06年)などを歴任。07年4月より(財)千里ライフサイエンス振興財団理事長。専門分野は免疫学。免疫に関わる多機能な分子、インターロイキン6(IL6)の発見とその研究で世界的に知られる。IL6の受容体を抗体によってブロックする抗体医薬の研究も進め、関節リウマチ治療薬の開発にも貢献する。受賞は朝日賞、日本学士院賞・恩賜賞、ロベルト・コッホゴールドメダル、クラフォード賞、日本国際賞、キング・ファイサル国際賞、慶應医学賞ほか。文化功労者、文化勲章受章。日本学士院会員、米国科学アカデミー外国人会員。



岸本● 実際どのようなところで、省エネルギー化を実現しようとしているのですか。

柳田● 村田教授が専門とされているインターネットのルーティング制御がその一つです。インターネット網は、世界中に複雑にはりめぐらされています。これを「ゆらぎ」の原理で省エネに制御しようとしています。

岸本● けれども、人工機械がヒトのしくみを真似すると、正確性が失われそうな気がします。

柳田● おっしゃるとおりです。ただ一方で、正確性を厳密に究めようとするほど、エネルギーは必要になってきます。そこで、「100%でなく、98%ぐらいでも十分に使いものになるなら、生物のゆらぎの原理を利用して省エネルギーをはかろう」と考えているわけです。インターネットのルーティングも98%の精度があれば十分です。ゆらぎのモデルを使ってシミュレーションすると、電力使用量は半分どころでなく、3000分の1ぐらいにまで落とせることがわかりました。インターネットのルーティング制御はICTの消費電力の大きな部分を占めているので、重要な成果だと思っています。

岸本● なるほど。「100%きっちりせい」でなく「まあまあでええやろ」というわけですね。私ども大阪人の気質と似ている気がします(笑)。

柳田● ワインなんかでも、味に大差があるわけではないのに、1本10万円するものも

あれば1000円ぐらいのものもあって、ピンからキリまでですよ。

岸本● たしかに、味のちがいはあまりわかりません(笑)。

柳田● なので、“まあまあ”で良しとすればいいんです。そうすれば、桁違いに安あがりになります。しかし、このまあまあが白黒をはっきりさせるコンピュータには最も難しいことなんです。“まあまあ、ほどほどに”は生物の省エネ戦略だと思います。

「脳型の人工知能」の 研究開発も

岸本● 柳田先生は現在、脳情報通信融合研究センター(CiNet)でも研究センター長をつとめておられます。こちらの研究では、どんなことがわかってきましたか。
柳田● 脳は、一生懸命何かを考えても、脳の消費エネルギーは1ワットしか増えないことがわかりました。一方、人工知能はというと、たとえば2015年囲碁で世界チャンピオンに勝利した「アルファ碁」は、プレイ中に20万ワットというエネルギー消費しました。

ヒトの脳が使うエネルギーは、人工知能より桁違いにすくないのです。

岸本● そうすると、人工知能の利用も含め、世界ではデジタル化が進んでいるけれど、いまの形でのデジタル化はしないほうがよいということですかね。

柳田● デジタル化は必要だと思いますが、いまのやり方でいくと情報量が増え続け、10年後には現在の総発電力量の1.5倍をITがつかうと予測されています。あまり話題になりませんが、とても深刻な問題です。そこで、CiNetでは生物の桁違いの省エネアルゴリズムに学んで、人や環境にやさしい次世代のITを開発しようとしています。一つは、お話ししたインターネットルーティングのゆらぎ制御です。

人工知能も「ゆらぎ」の原理をベースにしたアルゴリズムを入れて、省エネすることをねらっています。いまの人工知能は、事前に膨大なデータで学習させる必要があります。ひらめきもゆらぎが使われていることを発見しました。このしくみをモデル化し、人間の脳のように少ないデータの学習で働く省エネ人工知能の開発を新たなプロジェクトで取り組んでいるところです。

岸本● 機械とかハードウェアとかのつくり替えも必要になるのですか。

柳田● いいえ、必要なのはソフトウェアの開発です。将来話題の量子コンピュータができれば、さらに省エネは進むと思います。量子コンピュータはゆらぎと相性がよいので、ゆらぎをベースにした脳型コンピュータが開発されるかもしれません。

岸本● 機械は「これはよい。これはだめ」と白黒つけるけれど、人間の判断には「まあええ。ちよっとあかん」といったところも大いにありますね。そのくらいがよろしいと感じることもあります。

柳田● いまのコンピュータは、人間が親しみをもてない杓子定規であり、さらには大量のエネルギーを消費しています。「ゆらぎ」の原理で「まあまあほどほどに」を基本として、私たちとの親和性が高く、環境にもやさしい省エネ技術を開発したいとおもいます。そして、COVID-19後に期待されるネット社会に展開したいと考えています。

岸本● わかりました。今日はどうもありがとうございました。

科学ジャーナリスト 瀧澤美奈子が科学研究の第一線を訪ねてレポート

生命科学のフロンティアその79

家族や友人にも安全なものを mRNAの次のワクチン「自己増殖型RNAワクチン」

NIHでのワクチン研究を経て米国で創薬ベンチャーを起業した日本人研究者が、次世代技術で新型コロナウイルス感染症の国産ワクチン開発に挑む。

新型コロナウイルス感染症はワクチン接種とともに感染者数が減り、ワクチンの顕著な効果が認められている。なかでも大きな役割を果たしたmRNAワクチンのさらに次世代技術として注目される、自己増殖型RNAワクチン。この国産化に挑む創薬ベンチャー、VLPセラピューティクス・ジャパン創業者の赤畑渉CEOに話を聞いた。

mRNAワクチンのしくみ

新型コロナウイルスに対し、接種後に体内で増える新しいタイプのワクチンが期待を集めている。自己増殖型RNAワクチン(レプリコンワクチン)と呼ばれるもので、投与量がファイザー製ワクチンなどの10分の1以下程度となる可能性があり、副反応が少なく抑えられる上、供給不足にも役立ちそうだ。

国内で開発を進める創薬ベンチャーであるVLPセラピューティクス・ジャパンは、2020年、国の医療研究分野のファンディング機関である日本医療研究開発機構

(AMED)からの資金で、この方式のワクチン開発を開始。同年10月に富士フィルムとの製造委託契約を結び、2021年夏からの第1相臨床試験に向け準備を進めている。自己増殖型RNAワクチンとはどういうものか、どういう経緯で日本での開発に至ったのだろうか。同社創業者であり、最高研究開発責任者の赤畑渉さんに話を伺った。

自己増殖型RNAワクチンの前に、その元になっているmRNAワクチンから簡単に説明しよう。そもそもワクチンは、あらかじめ病原体の目印となる物質(抗原)を宿主に認識させ、抗体を作って破壊するよう、

免疫を訓練するものである。

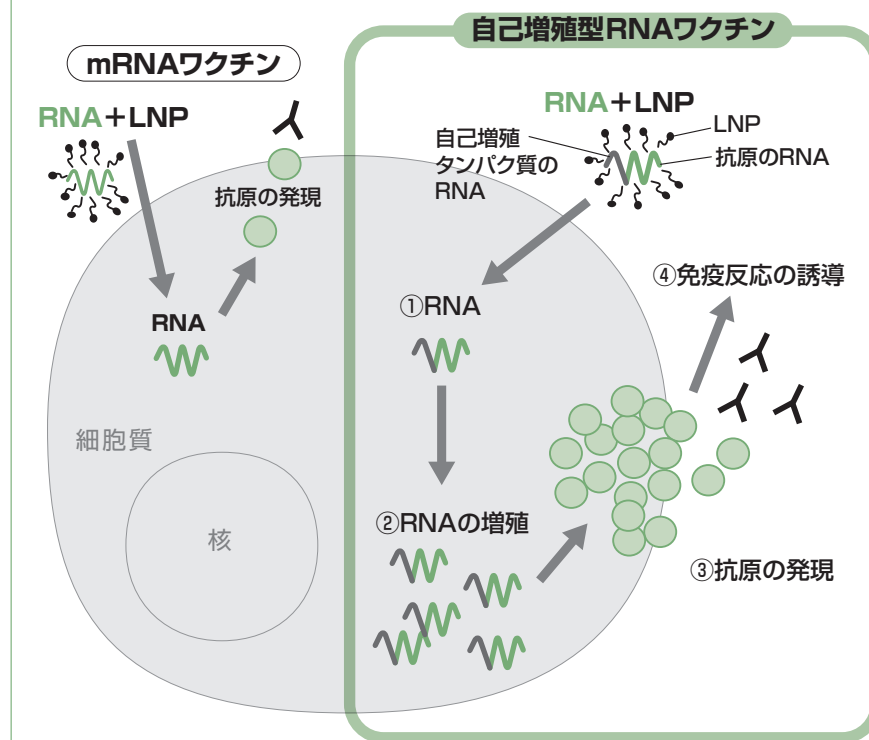
従来のワクチンでは、免疫を作れるぎりぎりまで病原性を弱らせたものを使ったりがりしてきたが、安全性と効果の両立が難しいため、新たなワクチンが望まれてきた。そこで考え出されたものの一つがmRNAワクチンである。

mRNAワクチンでは、ウイルスの遺伝子のうち抗原の遺伝情報であるmRNAの文字列だけを脂質ナノ粒子(LNP)と呼ばれる小さな油滴の中に入れてパッケージ化する。これを人体に投与すると、細胞の中でmRNAの指示通りに抗原タンパクが作られる。mRNAの情報を入れ替えれば、感染症だけでなく、がんの免疫も含め広い展開が可能のため、mRNAワクチンは新たなワクチンプラットフォームとして期待されている。

しかも原理的に従来のワクチンよりも安全性が高い。なぜなら人体に入るのはウイルスの全遺伝情報ではなく、抗原のRNAだけなので、人体のなかでウイルス全体が合成されることはなく、病原性(病原体が宿主内でコピーを作る能力)を持ちえない。また、病原体の細胞成分が混入する心配もない。

mRNAワクチンと自己増殖型RNAワクチンの違い

図1



自己増殖タンパク質の遺伝情報を目的の抗原のRNAにつないで脂質ナノ粒子に封入したものが自己増殖型RNAワクチン。接種すると、細胞質内でRNAを増やしてから抗原タンパクが作られ、少ない量の接種で必要な量の抗原を発現できる。
(赤畑渉氏提供の図をもとに作成)

わずかな接種量ですむ 自己増殖型RNAワクチンのしくみ

このmRNAワクチンに「RNAを自己増殖する能力」を付加したのが自己増殖型RNAワクチン(別名レプリコンワクチン)である。

しくみは次のとおりだ。感染症ウイルスの一群にアルファウイルス属というウイルスが存在する。このアルファウイルスは、自分でRNAを増やすタンパク質(ポリメラーゼ)を持っていることが知られており、その遺伝情報が解明されている。

このポリメラーゼと目的の抗原タンパク質の遺伝子をコードしたRNAをつないで、脂質ナノ粒子に封入する。すると、体の細胞のなかでまず作られたポリメラーゼが、抗原タンパク質をコードしたRNAを増やして抗原タンパク質が作られる。したがって、ごく少量で高い効果を

もたらすワクチンができる(図1)。

「レプリコンワクチンの場合、in vitroの条件ではRNAが約10万倍以上に増えると考えています」と赤畑さんは話す。同氏は2013年に米国でVLPセラピューティクスを創業し、がんワクチンの開発を進めてきたが、新型コロナウイルスの感染拡大を受け、日本法人を立ち上げて新技術である自己増殖型RNAワクチンの日本での研究開発に踏み切った。

「社内には慎重論もありましたが、私の技術なら量が少なくても安全でいいものができるし、日本人のためになるんだっただけで是非やりたいというのが、一番大きな動機です」と穏やかにしっかりと口調で語る。

ワクチンの投与量が少なく済むメリットはいくつかある。まず、mRNAワクチンで副反応やアレルギー反応の原因とされていた脂質ナノ粒子(LNP)の量が少なく済むので、

これらの影響を少なくできる可能性がある。

また、ワクチン供給量の改善にも寄与できる。1人の接種に必要な量が既存のmRNAワクチンの10分の1程度で済む可能性があり、仮に1回の投与量が1μgだった場合、理論上130gで日本の全人口に行き渡る計算だ。

家族や友人にも安心して打ってもらえるワクチンを

ただ、「外から入れたRNAを体内で増やす」と聞いて、誰もが気になるのは安全性だろう。RNAは分解しやすい不安定な物質ではあるが、体内で増えてしまう危険はないのだろうか。

赤畑さんによれば、最初にRNAの増殖スピードが立ち上がるが、細胞質内に大量にあるRNA分解酵素によって壊されていく。同時に、抗原のタンパク質を発現させているため、免疫細胞がこれを認識して破壊する(このときに免疫として記憶される)。またmRNAワクチンの場合と同様に、RNAは細胞の外には逃げ出せずに細胞の中に閉じ込められたままになるから、いつか壊れてなくなる運命にあるという。

まとめると、細胞に閉じ込められたRNAに対して、RNA分解酵素による分解と免疫細胞からの攻撃という2つの現象が並行して起きるので、RNAの量をコントロールできるということだ。

「この技術自体は90年代に500人の臨床研究をやって安全が確認されていますが、私たちが十分に安全性を確認します。家族にも友人にも安心して打ってもらえるものしか作りたくありませんし、安全がもっとも大切です」と話す。

さらにウイルスの素性をよく理解することで、ワクチンの効果を高めるよう抗原を設計する。新型コロナウイルスの場合、ウイルス表面にある突起状のSタンパク質が感染の足場になるため、抗原となる。ただ、このSタンパク質のうち、実際にウイルスが感染のときに使う領域は、レセプター・バインディング・ドメイン(RBD)というごく限られた



赤畑渉(あかはた わたる)氏

1997年東京大学教養学部卒業。同年京都大学人間・環境学研究科入学。速水正憲教授のもとHIVワクチンの研究開発に携わる。2002年博士号取得(人間・環境学)。02～12年米国国立衛生研究所(NIH)ワクチン研究センター勤務。09年からウイルス様粒子(VLP)を使ったチクングニア熱ワクチン開発。10年成果を米科学誌[Nature Medicine]で報告し、VLPが表紙を飾る。12年、NIH最高賞Director's Award受賞。13年、VLP Therapeutics, Inc.を設立し、CEOに就任。20年、VLP Therapeutics Japan合同会社を設立し、代表職務執行者、最高研究開発責任者。東京工科大学客員教授。京都大学医学研究科特任准教授。

第1世代の抗原と第2世代の抗原の違い

図2

第1世代
Sタンパク全体の抗原



Sタンパク質

第2世代
RBDのみ

新型コロナウイルスワクチンの抗原は、初期にはSタンパク質全体を対象としていた(左)。感染はレセプター・バインディングドメイン(RBD)を主に使っているため、RBDだけをターゲットに設計することで、高い効果のワクチンが期待できる(右)。(赤畑渉氏提供の図をもとに作成)

受容体部分だ。Sタンパク質を手のひら全体に喩えると、RBDは親指に相当する。そこで、RBDだけをターゲットにすることによって、ワクチン効果を高められる(RBD以外の場所にいくらか抗体がついても感染を阻止できないため)(図2)。しかも2021年2月にカリフォルニア大学などのグループが発表した研究では、RBDの8割ほどは通常周囲に隠れていて、感染のときに立ち上がって感染する動的なしくみであることがわかってきた。その隠れた部分にいろいろな角度から抗体がつくように抗原を設計することで、ワクチン効果の向上が期待できる。

また変異種に対する汎用性は、RBDのうち遺伝子変異の入りにくい箇所が明らかになっているため、その部分を免疫に提示できるようにすることで対策が可能だという。このように、日々更新されるウイルスの最新知見が、すぐにワクチンの改良に役立てられるという、すさまじい勢いで開発が進んでいる。

赤畑さんのプロジェクトには医薬基盤・健康・栄養研究所、名古屋医療センター、北海道大学、大阪市立大学、国立国際医療研究センター、大分大学から、ウイルスやワクチンの専門家が研究に参加し、開発を加速している。「科学的に、安全で一番効果があるのは何かを見極めて開発につなげます。国内の優秀な専門家の協力を得ていますので、とても心強いです」と話す。

出会いが後押しした最先端技術ベンチャーの起業

赤畑さんは、これまで何度も良い出会いがあって今の自分があると振り返る。京都大学での博士課程時代には、アフリカを訪れて体当たりでHIVワクチンの開発研究に携わっていた速水正憲教授から全人間的な教育を受けた。

2002年から10年間いた米国NIH(国立衛生研究所)のワクチンリサーチセンターでは、ギャリー・ネーベル所長が「いいワクチンを国民に届ける」という目的のために奮闘する姿を間近で見た。ネーベル所長は博士号を取得したばかりの赤畑さんからの就職願いのメールにすぐに返事をくれ、赤畑さんを快く迎えてくれたという。

そのリサーチセンターもまた、赤畑さんにとって貴重な“出会い”だった。一つの建物で基礎研究から臨床研究までが完結するように設備やスタッフを完備する、米国でも稀有なしくみをもっていた。日常的に免疫学者、構造生物学者、ウイルス学者、統計学者、臨床研究の専門家と議論

ができ、第1相臨床試験の資金もサポートされた。赤畑さんは基礎研究をしながら肌感覚で臨床研究を理解でき、ベンチャー立ち上げの自信になったという。

さらに、赤畑さんの研究の価値を見抜いて励まし、VLPセラピューティクス^{（1）}の共同設立者となって、現在も物心両面で支援を続けてくれている上野隆司博士と久能祐子博士との出会いは決定的だった。両博士は89年に日本で、96年に米国で創業ベンチャーを共同で設立し、大成功をおさめた科学者として、業界ではよく知られた実業家である。

2011年、たまたま両博士が国際キャリア教育のために慶應大生を連れてNIHを訪れた。そのとき所内を案内し、自身の研究を紹介したのが赤畑さんだった。新原理のワクチン(VLPワクチン)の開発に成功したという赤畑さんの発表を聞いて、両博士は「面白い技術だから、ベンチャーをやってみてはどうか」と勧めてくれた。

「お二人は学生以上に熱心に質問されました。その後もお話しするうちに、本当にワクチンを作るなら患者さんに届けられるものと思ったんです。それなら、大学よりもベンチャーのほうがいいと。大学のポジションとの選択時期で迷いましたが、思い切って決断しました」と話す。

その後も多くのひととの良い出会いがあった。「AMEDさんには感謝しています。あの資金をもとに日本でいいチームを作ることができました。AMEDの担当の方、富士フイルムの方、いろんな方が応援してくれています。私が成功したといえるのは、このワクチンがみなさんの元に無事に届けられたときです」と語った。



瀧澤 美奈子(たきざわ みなこ)氏

科学ジャーナリスト&サイエンスライター。1995年東京理科大学理工学部卒。97年お茶の水女子大学大学院修士課程修了。企業を経てサイエンスライターに。慶應義塾大学大学院非常勤講師。日本科学技術ジャーナリスト会議副会長。著作は『日本の深海』(講談社ブルーバックス)、『地球温暖化後の社会』(文春新書)、『最新 科学のニュースが面白いほどわかる本』(中経出版)、『深海の科学』(ベレ出版)、『深海の不思議』(日本実業出版)、『植物は感じて生きている』(化学同人)、『150年前の科学誌「NATURE」には何が書かれていたのか』(ベレ出版)など多数。

➡ 読者のみなさまのお便りをお待ちしています(takimina@t-linden.co.jp)、よろしく願い申し上げます。

千里ライフサイエンスセミナー P5

「細胞死研究の新展開」

細胞死の研究では、1960年代のアポトーシスの発見や、1990年代の線虫での遺伝学的解析などを端緒に多くの進展がありました。

近年も、非生理的な細胞死と考えられていたネクローシスに誘導機構が推定されるなど、関心は高まっています。

2021年2月3日(水)開催の本セミナーでは、7名の研究者が生理・病理過程での細胞死、見出された生物現象、細胞機能の制御技術などを主題に講演しました。

新型コロナウイルス感染防止のためオンライン開催となりましたが、300名以上の方々が聴講しました。



コーディネーターの長田重一氏(左)、三浦正幸氏(右)



はじめに、コーディネーターの大阪大学の長田重一氏が、2000年頃までのアポトーシス研究の黄金期以降も、非アポトーシス細胞死の研究などが進んでいることを概説しました。

講演ではまず、もう一人のコーディネーターである東京大学の三浦正幸氏が、カスパーゼの生理機能と制御について紹介しました。ショウジョウバエの上皮細胞融合ではカスパーゼが阻害的にはたらくことを示した上で、細胞混雑時にはカスパーゼが活性化しつつ、細胞が生きたまま脱落することなどを紹介しました。

東京大学の岡崎朋彦氏はウイルス感染細胞について講演。細胞間で、アポトーシスとインターフェロン産生が排他的に起きることを紹介。スイッチ役をγ-グルタミルカルボキシラーゼ(GGCX)が担い、CGCXによりカルボキシル化修飾されたシグナル分子IPS-1がインターフェロン産生を選択的に誘導することを示しました。

東京大学の中西真氏は老化細胞について講演しました。老化細胞ではリソゾームに機能不全があり、それをもとに細胞内がアシドーシスとなり、ミトコンドリアのATPを介した細胞死が誘導されることを紹介しました。

北海道大学の山口良文氏は、冬眠動物の細胞がもつ低温耐性を題材にしました。ハムスターは、餌由来のαTを肝臓や血中に高濃度に含有する能力をもち、この効率的な保持機構がこの肝細胞の低温耐性に寄与すると説明しました。

大阪大学の瀬川勝盛氏は、細胞膜の非対称性と脆弱性の関係性を主題にしました。正常細胞ではフロッパーゼ分子によりフォスファチジルコリン(PC)の非対称性が樹立する反面、Q84E変異体発現細胞ではPCが小胞体に移行し、細胞膜でPCの減少やスフィンゴミエリンの増加が起ると述べました。

日時／2021年2月3日(水) 10:30~16:40

開催形式／Web配信

■コーディネーター／

長田重一氏 大阪大学免疫学フロンティア研究センター 特任教授

三浦正幸氏 東京大学大学院薬学系研究科 教授

Program

- カスパーゼの多彩な生理機能と制御
東京大学大学院薬学系研究科 教授 三浦正幸氏
- ウイルス感染細胞におけるアポトーシスとインターフェロン産生の使い分け戦略
東京大学大学院薬学系研究科 助教 岡崎朋彦氏
- 老化細胞での細胞死誘導
東京大学医科学研究所 教授 中西 真氏
- 哺乳類冬眠動物の細胞が有する低温耐性
北海道大学低温科学研究所 教授 山口良文氏
- 細胞膜の非対称性と脆弱性
大阪大学免疫学フロンティア研究センター 准教授 瀬川勝盛氏
- 肝疾患における多様な細胞死の意義
国際医療研究センター 細胞療法開発研究室長 田中 稔氏
- タンパク質の選択的分解技術と細胞機能制御
東京大学大学院薬学系研究科 特任教授 内藤幹彦氏



岡崎朋彦氏 中西真氏 山口良文氏 瀬川勝盛氏 田中稔氏 内藤幹彦氏

国際医療研究センターの田中稔氏は、肝細胞の多様な細胞死について講演。非アルコール性脂肪性肝炎(NASH)つながる最初の細胞死について検討し、ネクローシスの一種で鉄依存的・脂質過酸化依存的な計画的細胞死「フェルトーシス」が肝細胞死を誘導することを解明したと報告しました。

東京大学の内藤幹彦氏は、選択的分解を誘導する化合物の創薬への応用について講演。アポトーシス阻害因子のユビキチンリガーゼ活性を利用し、細胞内タンパク質を特異的に分解する化合物SNIPERについて紹介。ほかのリガンドに換えることで標的のタンパク質を分解できることも示しました。

千里ライフサイエンスセミナー S0

「獲得免疫と自然免疫の双方から捉える新しいアレルギー学」

アレルギーの機序をめぐっては、従来から知られている獲得免疫のみならず、自然免疫の関与も近年の研究で解明されています。千里ライフサイエンスセンタービル山村雄一記念ライフホールで、4月9日に開催した本セミナーでは、6名の研究者が獲得免疫と自然免疫の両側面からアレルギーの発症メカニズムや治療戦略に関する最新の知見を紹介しました。来場者とオンライン参加者あわせて300名以上が本セミナーを聴講しました。



会場のWeb配信風景

国立成育医療研究センターの松本健治氏は、小児アレルギー疾患を主題に登壇しました。食物アレルギーに関連して、早期から離乳食を始めて経口免疫寛容を誘導することなどが発症予防に重要と指摘。喘息については、アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患の発症予防が有用との知見を示しました。

コーディネーターもつとめた京都大学の梶島健治氏は、アトピー性皮膚炎の自然・獲得免疫からの再検証を主題に講演。近年は自然免疫の関与も話題となっていることを紹介。IL-4やIL-13などによるかゆみ誘導やバリア機能障害を取り上げ、その産生源にILC2があることなどを示しました。

理化学研究所の岡田峰陽氏は、バリア組織の感覚神経と免疫を主題に講演。マウス正常皮膚ではIL-31受容体を発現する神経は真皮にあり、炎症時に表皮へ伸長すると説明。IL-31によるかゆみ誘導には、JAK-STATの経路によるエフェクター分子発現が重要であり、そのためにかゆみ誘導に時間がかかる可能性があることを示しました。

もう一人のコーディネーター、大阪大学の茂呂和世氏は2型自然リンパ球(ILC2)による抗原非依存的アレルギーを主題としました。ILC2のIL-4産生機構では、ネクロシスで生じるIL-33が転写因子IRF4の発現を誘引し、IRF4から受容体経路とリガンド経路の両方を経てIL-4が産生されると述べました。

秋田大学の植木重治氏は、好酸球を主役に据えて講演しました。好酸球がエトーススでの細胞死をするとき生じるシャルコー・ライデン結晶はガレクチン10の結晶化によるものであることを披露。この現象が好酸球性副鼻腔炎など好酸球関連の疾患のバイオマーカーになりうることを示しました。

千葉大学の中山俊憲氏は、慢性アレルギー性炎症疾患の発症に関与する記憶型病原性Th2細胞などを主題に講演。記憶

日時／2021年4月9日(金)10:30～16:20
開催形式／Web同時配信

■コーディネーター／
茂呂和世氏(左)
大阪大学大学院医学系研究科 教授
梶島健治氏(右)
京都大学大学院医学研究科 教授



Program

- 小児アレルギー疾患の発症における獲得免疫と自然免疫の役割
国立成育医療研究センター 免疫アレルギー感染研究部 部長 松本健治氏
- アトピー性皮膚炎の自然・獲得免疫からの再検証
京都大学大学院医学研究科 教授 梶島健治氏
- バリア組織の感覚神経と免疫
理化学研究所生命医科学研究センター チームリーダー 岡田峰陽氏
- ILC2による抗原非依存的アレルギー発症機構
大阪大学大学院医学系研究科 教授 茂呂和世氏
- 好酸球から見直すアレルギー性炎症
秋田大学大学院医学系研究科 准教授 植木重治氏
- 病原性Th2細胞による慢性アレルギー性気道炎症の病態形成と制御
千葉大学大学院医学研究院 教授 中山俊憲氏



松本健治氏 岡田峰陽氏 植木重治氏 中山俊憲氏

細胞になる段階で生じる病原性Th2細胞分画が炎症疾患を起こすという概念を提示。好酸球性気道炎症において繊維化を誘導する病原性記憶Th2細胞などについての最近の成果も披露しました。

千里ライフサイエンスセミナー S1

「新しい医薬品概念が変える医療」

近年の医薬品分野では、従来の低分子化合物を用いた医薬品のみならず、抗体医薬品、また核酸医薬品の開発が進んでいます。日本では、医薬品の輸入超過による貿易赤字の改善や、世界への医療貢献に向け、新しい形の医薬品開発が求められています。5月21日に開催した本セミナーでは、研究開発法人、大学、企業を代表する7名の講演者たちが、新しい医薬品の概念をめぐる最新状況を発表しました。オンライン開催ではありませんでしたが、400名以上の方々が聴講しました。



Web配信画面(リモートで講演いただいた先生方)

科学技術振興機構の辻真博氏は本セミナーに関連する研究状況を概説しました。今後は、in vivo / ex vivo 遺伝子治療が重要になると展望し、成功事例を蓄積することの重要性を強調しました。

大阪大学の保仙直毅氏は、多発性骨髄腫に対する新規CAR-T細胞療法を主題としました。骨髄腫特異的な抗原に結合する抗体MMG49を同定し、これが活性型インテグリンβ7を認識していることを解明したことなどを示しました。

広島大学の戸辰夫氏は、ゲノム編集を題材に講演しました。高活性などの特徴をもつブラチナTALENを用いたT細胞受容体導入T細胞(TCR-T)療法の開発状況などを紹介しました。また、日本の競争力を高めることの重要性も強調しました。

慶應義塾大学の本田賢也氏は、腸内細菌株を主題としました。どの細菌種の組み合わせが最小単位で機能するかの解明につながるノバイオット技術などを紹介。トリプシンを分解する菌を同定した研究成果を例に挙げました。

自治医科大学の氣駕恒太郎氏は、菌体を溶解する微生物ファージを用いた治療法について講演しました。遺伝子組み換えファージを用いた国外の抗菌治療の実施例を情報提供。自身の研究成果として、CRISPR-Cas13aを搭載した細菌選択性のある抗菌剤なども紹介しました。

中外製薬の小西博子氏は、同社の抗体医薬品技術を中心に講演しました。機械学習など用いてリード抗体を創製している状況を披露。また、4本鎖抗体のデザイン制御による次世代抗体医薬品の開発や、抗体が抗原に繰り返し結合可能なリサイクリング抗体技術の開発などについて紹介しました。

塩野義製薬の小林博幸氏は、COVID-19でワクチン開発期間が短期化したことなどを踏まえ、旧来の低効率な医薬品開発に対し改革が必要との認識を示しました。同社の医薬品からトータルヘルスケアへの業態移行や、ゲーム機能を利用したADHD治

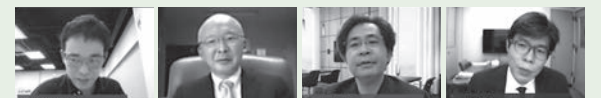
日時／2021年5月21日(金)10:30～16:30
開催形式／Web配信

■コーディネーター／
坂田恒昭氏
大阪大学産学共創機構 特任教授



Program

- 概論:医療技術開発の動向と将来展望
科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー 辻 真博氏
- 血液がんに対する新規CAR T細胞療法の開発
大阪大学大学院医学系研究科 教授 保仙直毅氏
- わが国におけるゲノム編集細胞創薬の展望
広島大学原爆放射線医科学研究所 教授 戸辰夫氏
- 腸内細菌株を用いた新規治療法の開発
慶應義塾大学医学部 教授 本田賢也氏
- バクテリオファージを用いた疾患治療法の開発
自治医科大学医学部 講師 氣駕恒太郎氏
- 創薬のための抗体工学技術開発
中外製薬株式会社 部長 小西博子氏
- ヘルスケア業界の抱える課題と新たなフェーズへの挑戦
塩野義製薬株式会社 部長 小林博幸氏



辻真博氏 保仙直毅氏 戸辰夫氏 本田賢也氏



氣駕恒太郎氏 小西博子氏 小林博幸氏

療などのデジタル医療に向けた取り組みを紹介しました。

全講演後、コーディネーターをつとめた大阪大学の坂田恒昭氏が、新しい形の医薬品創出について今後も真剣に議論をしていく必要性を強調し、セミナーを締めくくりました。

第82回 「高齢者が増えている 心臓弁膜症 ～早期発見と最新治療～」

高齢化を背景に、心臓の弁膜の機能に障害が生じる「心臓弁膜症」の患者が増えています。今回は、3名の先生に心臓弁膜症の概要や最新の治療法などについて講演していただきました。参加者はオンラインで講演を聴き、コーディネーターのお二人を介して質問をしました。

高齢者の心不全：何故注意が必要なのか

神崎 秀明氏

心不全は、心臓が悪いために、息切れやむくみが起こり、だんだん悪くなり、生命を縮める病気と定義されています。今後心不全の増加が予想されます。

心不全の主な原因の一つが、心臓弁膜症です。心臓には右心房、右心室、左心房、左心室があり、弁が開いたり閉じたりして血液を一方向に送るようになっていますが、心臓弁膜症になると本来の弁の役割が果たせなくなります。弁が狭窄する場合は血液がスムーズに流れず、また弁が閉鎖不全をきたす場合は血液が逆流してしまいます。散歩途中で立ち止まる、外出が億劫になる、トイレに行くだけで胸がドキドキするなどの症状は心臓弁膜症のサインかもしれません。高齢になると有病率が高まり、国内の75歳以上の人たちでは推計245万人が心臓弁膜症の潜在患者とされます。

心臓弁膜症と自覚されづらい

症状があっても心臓弁膜症と自覚されないおそれがあります。最近よく息切れす

るようになったと感じても「年齢のせい」と思ってしまうことがあります。治療が遅くなると命の危険が及ぶおそれもあります。健康診断やかかりつけ医の診断で、心雑音や心電図異常を指摘されたら、かならず心臓の精査をしてもらってください。心臓エコー検査は身体に負担をかけません。またウォーキングなどをまめに行うことは、心不全の隠れた症状を見つけやすくする意味でも大切です。

Q 予防に効果的な食事はありますか。

A 心臓弁膜症予防に特有の食事のしかたはありませんが、塩分摂取制限は重要です。

参加者との質疑応答(抜粋)

ロボットは心臓手術の世界を変えるのか？

藤田 知之氏

心臓弁膜症の治療では、患者1人に対し、内科医、外科医、放射線技師など10人以上の「ハートチーム」で当たっています。心臓弁膜症の一つ、僧帽弁閉鎖不全症の治療では、断裂した腱索を切除し、

縫合して弁の機能修復をはかる弁形成術が主流ですが、症状などによっては、人工腱索で新たな腱索をつくる弁置換術もあります。

「ダヴィンチ」で良好な視野を得る

医療ロボット「ダヴィンチ」を使った、ロボット僧帽弁手術について紹介します。手術室内で、患者から離れた場所に術者の私が座り、三次元映像で患者の心臓内を見ながら指を動かしてロボットを操作して、人工腱索を作成します。患者に直接は触れないので触覚を得られませんが、そのデメリットを上回るほど良好な視野を得ることができます。

感染性心内膜炎患者に対する「ダヴィンチ」を用いての手術例も紹介します。この病気は虫歯の細菌が心臓の弁に付着してしまうものです。細菌が残らぬよう弁の腱索を大きく切って、取ってきた自己心膜を用いて弁を再建します。肉眼では見えないような細部までがロボット手術では見ることができます。

私は300例以上のロボット手術を行ってきました。ロボット手術のほうが、従来の手術より簡単だと感じています。ただし、手術前検査などの準備はロボット手術でも重要です。

国産手術ロボット「Hinotori」に期待

「ダヴィンチ」は米国製ですが、神戸大学とメディカロイドが共同開発した国産手術ロボット「Hinotori」による手術が同大学で2020年12月、前立腺がん患者に対して行われました。私もメディカロイドに訪問した際「Hinotori」に触れたことがありますが、「ダヴィンチ」に遜色ない程の繊細な動きをし、効果的な手術ができると実感しています。

Q ロボット手術を受けた後、癒着が起きました。今後の治療はどうなるでしょうか。

A 人工弁を用いた弁置換術が最善の方法となるでしょう。

参加者との質疑応答(抜粋)

弁膜症はカテーテル治療で治る時代です

倉谷 徹氏



心臓血管外科手術のうち、カテーテルとよぶ管を用いた「経カテーテル的大動脈弁植え込み術」(TAVI: Transcatheter Aortic Valve Implantation)は、低侵襲手術の一つです。

TAVIでは、カテーテルを足の付け根から入れ、大動脈弁を通過させて、心臓の大動脈弁まで届けさせます。そこでカテーテル内から風船を広げ、空間を確保してから人工弁を植え込みます。世界では2002年、フランスのアラン・クリピエ医師が1例目のTAVIを実施し、現在では主流になってきました。ドイツでは2008年にTAVIが開始され、2013年には従来の外科的人工弁置換術を上回る手術件数となりました。米国でも、TAVIの開始は2014年と遅かったものの、2016年にはTAVIの手術件数が人工弁置換術を上回りました。

Program

高齢者の心不全：何故注意が必要なのか
国立循環器病研究センター 心臓血管内科部門 心不全科 医長 神崎秀明氏

ロボットは心臓手術の世界を変えるのか？
国立循環器病研究センター 心臓血管外科部門 部門長 藤田知之氏

弁膜症はカテーテル治療で治る時代です
大阪大学大学院医学系研究科 低侵襲循環器医療学 特任教授／桜橋渡辺病院 副院長 倉谷 徹氏

【パネルディスカッション】
～心臓弁膜症のさらなる理解の深化に向けて～

日時／2021年3月13日(土)13:30～16:20
Web配信

コーディネーター／(国研)国立循環器病研究センター 名誉総長 北村惣一郎氏(左)
(一財)住友病院 名誉院長・最高顧問 松澤 佑次氏(右)



大阪大学が国内では初

日本では2009年10月、私たち大阪大学のチームが91歳の男性患者に初めてTAVIを実施しました。術後、テレビの取材を受けたこの患者は「痛みがない」と話していました。国内でもTAVIは普及し、206施設で施行可能です。2020年の国内実施数は9671例で、1万例以上ある人工弁置換術よりは下回っています。大阪大学の874例のTAVIの実績では、30日内死亡率0.8%、院内死亡率1.2%、脳梗塞発症率1.5%、7年間死亡回避率42.5%などとよい結果を得られています。

TAVIの弁の耐久年数は約8年と、人工弁置換術の弁の約15年より短い点が課題です。再度のTAVIも可能ですが、国内では保険適用になっていません。平均余命マイナス8歳以上、つまり80歳以上の患者であればTAVIを、それより若い患者であれば人工弁置換術をするというのが、私の現在の結論です。

医学は進歩します。そのときいけばよい治療を選びましょう。自分で納得してから治療を受けることが大事です。信頼できる先生を探しましょう。ぜひ、最高、最良、最適の治療を受けてください。

Q 人工弁の材料開発の状況は？

A 今後、ゴアテックスの材料PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene)をシート状にした人工弁が出てきそうです。

参加者との質疑応答(抜粋)

【パネルディスカッション】 ～心臓弁膜症のさらなる 理解の深化に向けて～

——約30年後の医療の状況を、どう描いていますか？

神崎氏 ▶ 今後も医療は進歩し、入院期間の短縮化もあるでしょう。一方で、生活の質を高く保つために将来も多くの人が医療に関わらなければなりません。多職種の医療従事者による診療が発展すれば、多くの高齢患者が幸せな人生を送れるようになるのではないのでしょうか。

藤田氏 ▶ 技術をもつ心臓外科医を必要とする状況は30年後もあるにちがいないと思います。早期発見や早期治療が進む一方で、重症者には高度な技術をもつ心臓外科医のスタンバイが必要だと思います。

倉谷氏 ▶ 企業主導で医師の治療法が変わっていく現状があります。医師はサイエンティストでもあります。病気の根本部分を考えて新たな技術につなげるようにしていかなければなりません。



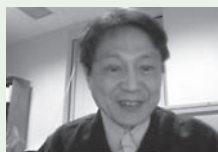
千里ライフサイエンス新適塾

創薬、難病治療、脳をめぐる最先端の知見
研究者が語り、参加者が尋ね、議論深める

「新適塾」は緒方洪庵の「適塾」に因んで名づけた、権威にとらわれることなく「何でも聞けて本音で話す」、
「何を尋ねても恥ずかしくない」雰囲気自由闊達に議論できる場を目指した会合です。
「未来創薬への誘い」「難病への挑戦」「脳は面白い」各シリーズで、
2021年1月下旬から5月中旬にかけて開催した全5回分の内容を報告します。
各回とも新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンラインで開催しました。

AAVベクター
その魅力と応用可能性

「未来創薬への誘い」シリーズでは、1月28日、オレゴン健康科学大学の中井浩之氏に、AAVベクターを用いた遺伝子治療をテーマにお話いただきました。AAV (Adeno-Associated Virus) はアデノ随伴ウイルスともよばれます。遺伝子を細胞には運ぶウイルスベクターのうち、AAVによるものをAAVベクターといいます。



中井浩之氏

中井氏は、米国での脊髄性筋萎縮症やレーバー先天性黒内障に対するAAVベクターを用いた治療例を紹介。その上でAAVの魅力を「単純で複雑なこと」と表現しました。単純な構造でありながら、その多様な表現型はシステムとして決定され複雑であるためです。そして中井氏は、ウイルスパーコード解析とデータサイエンスを組み合わせ希望のAAVベクターを効率的に作成する「転写依存性定向進化法」(TRADE)を開発したことを紹介しました。これら最新技術と既存方法を組み合わせ、新しい知識を活用することで、安全面やコスト面の課題への対応が可能との考えを示しました。

参加者からはAAVベクターによる遺伝子導入での遺伝子発現効果の持続性についての問いがオンラインでありました。中井氏は、細胞分裂をしない神経細胞などが標的であれば、基本的に一生にわたり発現すること強調しました。

エピジェネティクスの
制御に基づく創薬

4月20日には、大阪大学の鈴木孝禎氏にエピジェネティクス制御に基づいた創薬研究についてお話いただきました。DNAの塩基配列の変化に依存しない遺伝子発現制御機構をエピジェネティクスといいます。鈴木氏は



鈴木孝禎氏

まず、エピジェネティクスを制御する化合物の創成が、生命現象を理解することのほか、がんなどの難治性疾患の治療薬として応用できると展望しました。

そして創薬に向けた研究の例として、リシン特異的脱メチル化酵素1 (LSD1) 阻害薬を話題にしました。LSD1により異常に脱メチル化されたヒストンを正常なメチル化状態にするなどのメカニズムでがん細胞を正常細胞化する分子を見出し、急性骨髄性白血病などの治療薬として臨床開発が進行中であることを紹介。LSD1高発現がん細胞のみで抗がん剤を放出する小分子の実現に向けた応用面にも触れました。

リシン脱メチル化酵素5 (KDM5) 阻害薬についての話題提供もありました。ストレスを受けるとKDM5Cが活性化し、Npas4、EGR2、Cldn5、PARγという4つの遺伝子の発現が低下し、うつ状態になることを提示。その上で、KDM5Cの阻害剤を見出したことを紹介しました。

参加者からは、エピジェネティクスに関わる酵素はさまざまあるが、特定領域をコントロールする機序は解明されているのかとの問いがあり、鈴木氏は、どのタンパク質と複合体を形成するかが鍵となると答えました。

脊髄損傷に対する
新たな治療戦略

「難病への挑戦」シリーズでは、2月15日、大阪大学の岡田誠司氏



岡田誠司氏

に、脊髄再生をめぐる研究の現状などを伝えていただきました。

まず、細胞移植による脊髄再生について、現状では慢性期脊髄損傷には効果がなく、急性期には効果があるもののステロイド療法と大差ないことを説明しました。次に、急性期脊髄損傷に関連し、入院時の採血データに亜鉛を追加することで、予後が早期にわかる可能性があることを示唆しました。

不全麻痺からの回復メカニズムに関しては、脊髄損傷後に

浸潤したマクロファージが、転写因子IRF8-プリン受容体経路を介した補体C5aへの遊走により凝集し、この反応性が脊髄組織修復と運動機能回復に重要な役割を果たしていることを見出したと報告。IFR8の活性化が、新たな治療戦略になりうることを示唆しました。

さらに慢性期脊髄損傷に関連して、反応性アストロサイトが、β1インテグリンを介した1型コラーゲンとの反応によりグリア瘢痕を形成するため、この瘢痕形成の抑制が新たな治療戦略につながるという道筋を示しました。そして、瘢痕抑制の細胞移植の組み合わせで、慢性期脊髄損傷に対しても治療効果を得られるのではないかと将来的にも述べました。

質疑応答では参加者から、既存の脊髄損傷の予後予測マーカーの研究開発が進歩していない原因についての問いがあり、岡田氏は侵襲度が大きいことを課題に挙げました。そして、亜鉛ではより容易に測定できるので有効な方法になるとの見方を示しました。

DNAメチル化異常を
発がんリスクの指標に

5月12日には、慶應義塾大学の金井弥栄氏に、病理検体のゲノム・エピゲノム解析によるがんの研究や個別化医療開発をテーマに講演していただきました。



金井弥栄氏

最初に、金井氏が日本病理学会で策定・普及に携わる『ゲノム研究用病理組織検体取扱い規程』についての話題提供がありました。病理組織検体を用いるオミックス解析では、適切に採取された質の高い組織検体を扱うことが重要であることを述べ、各種検体の取扱いの標準手順を紹介。科学的な根拠のある規定になっていることを強調しました。

金井氏自身の研究に関しては、発がんのエピジェネティック機構に着目していることを述べたうえで、DNAメチル化異常を指標とした非アルコール性脂肪肝炎 (NASH) からの肝細胞がん発生リスク診断などの確立に取り組んでいることなどを紹介しました。DNAメチル化異常は、発がんの背景要因に呼応して前がん段階ですでに起こっており、そのプロファイルががんに継承されて、がんの臨床病理学的悪性度や症例の予後を規定するので、DNAメチル化診断の実用化とゲノム医療への貢献が望まれると総括しました。

参加者からは、(講演にあったエピゲノム異常のような) がん特異的な変化は、複数のがん種の大部分に共通するものかとの問いがあり、金井氏はホメオボックス遺伝子などのコアと

2021年1月下旬～5月のプログラム(全てWeb開催)

未来創薬への誘い

第52回(2021.1.28)

「なんでもできるAAVベクターで遺伝子治療：AAVベクターの現状、限らない魅力と未来」

▶オレゴン健康科学大学医学部 特別終身教授 中井浩之氏

第53回(2021.4.20)

「エピジェネティクス制御に基づいた創薬化学研究」

▶大阪大学産業科学研究所 複合分子化学研究分野 教授 鈴木孝禎氏

難病への挑戦

第45回(2021.2.15)

「脊髄再生研究の現状と課題」

▶大阪大学大学院医学系研究科 整形外科 教授 岡田誠司氏

第46回(2021.5.12)

「病理検体のゲノム・エピゲノム解析で見えるがんの本態：個別化医療開発に向けて」

▶慶應義塾大学医学部病理学教室 教授 金井弥栄氏

脳は面白い

第32回(2021.2.26)

「感覚情報に基づく情動・行動の出力判断：嗅覚系における神経回路形成と decision making」

▶福井大学学術研究院医学系部門 医学領域 特命教授 坂野 仁氏

なる遺伝子におけるエピゲノム異常は共通性が見られるものの、臓器ごとや発がん要因ごとに異なる要素のほうが強いとの考えを示しました。

心の葛藤のメカニズムを
嗅覚系で解明

「脳は面白い」シリーズでは、2月26日、福井大学の坂野仁氏に嗅覚系を題材とした感覚情報に基づく情動や行動の出力判断のメカニズムについての知見を提供していただきました。



坂野仁氏

坂野氏はマウスでの研究成果を披露しました。嫌なものの成分である4メチルチアゾール (4MT) は先天的回路よりストレスを誘導し、ストレスホルモンを最終的に発動するものの、この4MTを新生仔期に嗅がしておくとおキシトシン放出時の幸せな臨界期の記憶をよび戻し、幸福感を得られることを説明。これが同一刺激に対する本能判断と学習判断の相違、つまり心の葛藤のメカニズムであるとなりました。そして、ヒトの社会行動や人格形成を考える上でも、同様のメカニズムについて考えることが重要になると提唱しました。

参加者からは、におい分子の多様性への対応は、免疫系の抗原認識と同様、受容体遺伝子の再構成で可能になっているのかとの問いがありました。坂野氏は、免疫分野の研究者をはじめ最初はみんながそう考えていたが、嗅覚系では糸球体を単位とする1000画素ほどの「デジタル画像」を展開するようなしくみで無限情報を識別していると答えました。

各分野の第一線の先生をお招きし、 月例（8月は休会）で、講演会を開催しています

千里ライフサイエンスフォーラムは普及啓発事業の一環として一般市民（産学官を含む）の方を対象に、幅広く教養の向上と交流を図るため、フォーラムを月例で行っています（8月は休会）が、2021年より、新型コロナウイルス感染防止対策のため、Web録画配信に変更して実施しています。

■スーパーコンピュータで予測するウイルス飛沫の飛散予測とその感染リスク低減対策

第330回・2021年1月配信
神戸大学大学院システム情報学研究科 教授／
理化学研究所計算科学研究センター
チームリーダー 坪倉誠氏



2020年に世界中で感染拡大した新型コロナウイルスは、我々の生活を一変させました。この未知のウイルスはどのような経路から人に感染し、広がっていったのでしょうか？我々がくしゃみをした際、数万個の飛沫が口から飛散します。飛沫は会話や歌う際にも発生しますが、小さな飛沫は目で見るのが困難であり、空気中を数十分間漂うことから、飛沫による感染を理解し、その対策を講じるためには、何より飛沫を見える化することが大切です。スーパーコンピュータ「富岳」でシミュレーションした最新のデータを元に、感染リスクを低減する対策を分かりやすく解説いただきました。

■ローカル5Gの概要と、withコロナの時代に向けての進展

第331回・2021年2月配信
大阪大学大学院工学研究科
教授 三瓶政一氏



2020年からサービスが開始された第5世代携帯電話システム（5G）および5Gを自営通信版に展開したローカル5Gは、今後、工場の製造設備・車・鉄道車両・医療などに展開され、システムの機能を大幅に改善しようとしています。さらに、人と「こと」（各種作業）の間にサイバー空間を導入し、withコロナ時代に我々の生活および社会システムにsocial distanceを維持した新たな形態への移行するためのインフラともなり得ます。講演では、ローカル5Gについて、産業分野や地方での展開、withコロナ時代に向けての展望について紹介されました。

■大阪人・関西人のコミュニケーションの特色—「知らんけど」の秘密—

第332回・2021年3月配信
大阪大学大学院文学研究科
教授 金水敏氏



大阪人や関西人どうしのコミュニケーションには、他の地域にはない特色があり、他の地域の日本語コミュニケーションにも大きな影響を与えています。たとえば「ボケ」「ツッコミ」「オチ」を含むような、「笑い」を前提とした会話の運び、オノマトペ（擬音語・擬態語）の多用、「知らんけど」という謎のことばの使用などがよく話題になります。一方で、他の地域からみた大阪弁・関西弁と、実態としてのそれとのギャップも感じられるところです。講演では、他の地域から理解されにくいところや言語学・コミュニケーション理論の面から興味深いお話をいただきました。

■感染禍における心と社会の現状：心理学者から見た感染禍

第333回・2021年4月配信
大阪大学大学院人間科学研究科 教授／
大阪大学感染症総合教育研究拠点
副部門長・ユニット長 三浦麻子氏



社会心理学は、人の心理や行動に対する「状況の力」のメカニズムを解明する学問で、状況がいかに事実を見る目を変化させ、その変化の様相が人によって異なるかを示してきました。感染禍で物理的に距離をとる必然性が生じたことは、心理的にどう影響するのか。感染者に対する差別や偏見はなぜ生じるのか。講演では、心理学とはいかなる視座と方法の学問かというところから説き起こし、感染禍における人心の変化と差異について、一般市民を対象とした調査データを手がかりとして詳しくお話いただきました。

千里ライフサイエンスフォーラム

7月フォーラム

「京都から考えるポストコロナの観光と都市の『かたち』」(仮題)

講師／龍谷大学政策学部 教授 阿部大輔氏

開催形式／Webでの録画配信
(会場にお越しいただいての開催ではありません)

配信日／2021年7月下旬に配信を予定。
配信準備が整い次第、ご案内いたします。

配信対象／会員のみに限定

問合せ先：Tel.06(6873)2001 Fax.06(6873)2002 フォーラム係
URL <http://www.senri-life.or.jp/>

千里ライフサイエンス新適塾

未来創業への誘い(第54回)

Web開催・無料 ※申込要

「肝炎を起点とした線維化と発癌の話題」

日時／2021年7月7日(水) 18:00～19:15

講師／大阪大学大学院医学系研究科 教授 竹原徹郎氏

申込：sng-2021@senri-life.or.jp

問合せ先：Tel.06(6873)2001 Fax.06(6873)2002
URL <http://www.senri-life.or.jp/>

千里ライフサイエンスセミナー S2

「精神・神経疾患病態解明を切り開く新しい脳機能研究」

日時／2021年7月13日(火) 10:30～16:20

開催形式／Web配信を予定

無料 | Web 500名
※申込要

コーディネーター／
名古屋大学大学院医学研究科 教授 和氣弘明氏
理化学研究所 脳神経科学研究センター
多階層精神疾患研究チーム チームリーダー 林(高木)朗子氏

- 精神疾患におけるグリア細胞 名古屋大学大学院医学研究科 教授 和氣弘明氏
- 計算論的精神医学:脳の計算理論に基づく精神疾患の病態解明 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 室長 山下祐一氏
- ストレスの生物学的基盤:炎症を起点とした脳組織リモデリング 神戸大学大学院医学研究科 教授 古屋敷智之氏
- 脳の発達を駆動する神経回路再編メカニズム 東京大学大学院理学系研究科 教授 榎本和生氏
- 精神・神経疾患の基盤としてのシナプス形成機構の解明 慶應義塾大学医学部 神経生理学 教授 柚崎通介氏
- 樹状突起演算と精神疾患:なぜ樹状突起スパインのサイズが重要なのか? 理化学研究所 脳神経科学研究センター 多階層精神疾患研究チーム チームリーダー 林(高木)朗子氏

申込：dsp-2021@senri-life.or.jp

問合せ先：Tel.06(6873)2001 Fax.06(6873)2002 URL <http://www.senri-life.or.jp/>

千里ライフサイエンスセミナー S3

「ライフステージとがん、細胞老化の関与とその治療標的としての可能性」

日時／2021年9月16日(木) 10:30～16:20

開催形式／Web配信を予定

無料 | Web 500名
※申込要

- コーディネーター／
大阪大学微生物病研究所 教授 原 英二氏
東京大学医科学研究所 教授 中西 真氏
- 小児がん発症の分子機構 京都大学大学院医学研究科 教授 滝田順子氏
 - AYA世代の成人癌:エピゲノム不安定性からの挑戦 国立がん研究センター研究所 分野長 牛島俊和氏
 - 多発性骨髄腫における分子腫瘍学的多様性の克服に向けて 京都府立医科大学大学院医学研究科 准教授 黒田純也氏
 - 腸内細菌による細胞老化の誘導とその発がん制御における役割 大阪大学微生物病研究所 教授 原 英二氏
 - 最長寿命歯類ハダカデバネズミの細胞老化調節機構 熊本大学大学院生命科学研究部 准教授 三浦恭子氏
 - 老化細胞除去による加齢制御 東京大学医科学研究所 教授 中西 真氏

申込：tkd-2021@senri-life.or.jp

ご寄付のお願い

公益財団法人千里ライフサイエンス振興財団は、ライフサイエンス分野における大阪の優れた特性をさらに伸ばし、研究・開発と産業の活性化を通じて社会に貢献することを目的としています。当財団の目的・事業にご賛同いただける皆様のご寄付を募っておりますので、よろしくお願い申し上げます。

公益財団法人への寄付金に対する税の優遇措置について

公益財団法人千里ライフサイエンス振興財団への寄付金には、特定公益増進法人への寄付として、税制上の優遇措置があります。詳しくは国税局又は税務署にお問い合わせください。

個人の方からのご寄付の場合

寄付者(個人) → 公益財団法人 寄付
確定申告の際に、年間所得の40%相当額を限度とし、(寄付金額-2,000円)を所得金額から控除
※確定申告書提出の際に、当財団が発行した領収書を添付してください。

法人からのご寄付の場合

寄付者(法人) → 公益財団法人 寄付
①一般損金算入限度額
(資本金等の額×当期の月数/12×2.5/1000+所得の金額×2.5/100)×1/4
+
②特別損金算入限度額
(資本金等の額×当期の月数/12×3.75/1000+所得の金額×6.25/100)×1/2
※公益財団法人へ寄付した場合、上記①と②両方の合計金額を限度に損金算入することができます。

相続または遺贈により取得した財産をご寄付いただいた場合

相続税の算定において、公益財団法人に対して相続税の申告期限内に寄付した相続財産は、一定の場合を除いて、相続税の課税対象から除かれます。相続税の申告書に、当財団が発行した領収書を添付して、税務署に提出してください。

ご寄付いただいた方

2020年6月～2021年5月末まで 伊藤壽朗様、他

財団事業の趣旨にご賛同賜り
厚く御礼申し上げます

お詫びと訂正

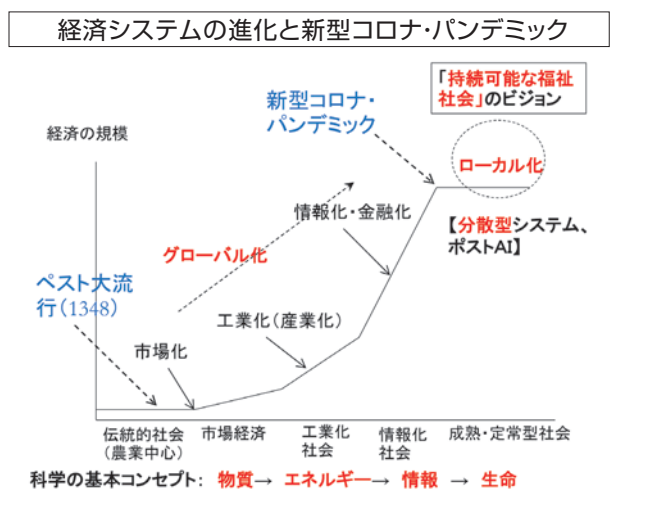
千里LFニュース90/91号、P6に記載の米田悦啓氏の生年は正しくは1955年でした。謹んで訂正いたします。

新型コロナ禍で世の中が一変しました。現下の対応が何より重要ですが、ここでは今回の新型コロナをめぐる動きを、少し大きな時間軸の中でとらえてみたいと思います。そこで重要となるのは「情報から生命へ」という視点です。

歴史的に見ると、17世紀にヨーロッパで「科学革命」と呼ばれる現象が起こり、私たちが現在言うところの「科学」というものが成立しました。それ以降、科学において中心となるコンセプトは「物質」→「エネルギー」→「情報」という形で推移してきました。

つまり、17世紀の科学革命を代表するのはニュートンの古典力学で、そこでは「物質」が軸となりました。やがて熱や電磁気など、ニュートン力学では説明できない現象が探求の対象となる中で、19世紀半ばには「エネルギー」という概念が作られ、これは石油や電力の大規模な利用と結びついて急速に工業化社会を実現していきました。そしてさらに20世紀半ばには、「情報」という概念が科学の舞台に登場し、それ以降様々な展開がなされてきたのです。

昨今、「デジタル」をめぐる議論が活発ですが、以上のような科学の大きな流れを俯瞰すると、「情報」はすでにある種の成熟期に入っており、むしろその次の段階、いわば「ポスト情報化」の時代を考えていくべき時期になっています。そして、そこでの基本



コンセプトは何かと言えば、それは明らかに「生命」に他なりません。

この場合の「生命」とは、ミクロのレベルのみならず、生態系や地球環境の多様性といったマクロの意味も含んでいます。こうして私たちは「生命」というテーマに正面から向かい合う時代を迎えようとしているわけですが、まさにそうした時に起こったのが今回のコロナ・パンデミックでした。

私たちは、ひと回り大きな視野から「生命」というテーマを考えていく時代の入り口に立っています。英語の「ライフ」が「生活、人生」という意味を含むように、そこでは社会的な次元も含めた幅広い視点や対応が求められます。コロナ禍をめぐる動きを契機に、そうしたこれからの時代の大きな展望についても考えていくことが重要だと思います。



広井良典 氏

1961年 岡山市生まれ
1984年 東京大学教養学部卒業(科学史・科学哲学専攻)
1986年 同 大学院修士課程修了後、厚生省勤務
1996年 千葉大学法経学部助教授(2001～02年 MIT〈マサチューセッツ工科大学〉客員研究員)
2003年 同 教授
2016年 現職

受賞歴／『日本の社会保障』(岩波新書)でエコノミスト賞、
『コミュニティを問いなおす』(ちくま新書)で大仏次郎論壇賞受賞
業績／『定常型社会』『ポスト資本主義』(岩波新書)、『死生観を問いなおす』
『持続可能な医療』(ちくま新書)、『人口減少社会のデザイン』(東洋経済新報社)など
著書多数
専門分野／公共政策及び科学哲学
環境・福祉・経済が調和した「定常型社会＝持続可能な福祉社会」を提唱している

次回は

東京大学大学院
人文社会系研究科
死生学・応用倫理センター
特任教授
会田薫子氏へ
バトンタッチします