

これまでなかったものが現れてくる

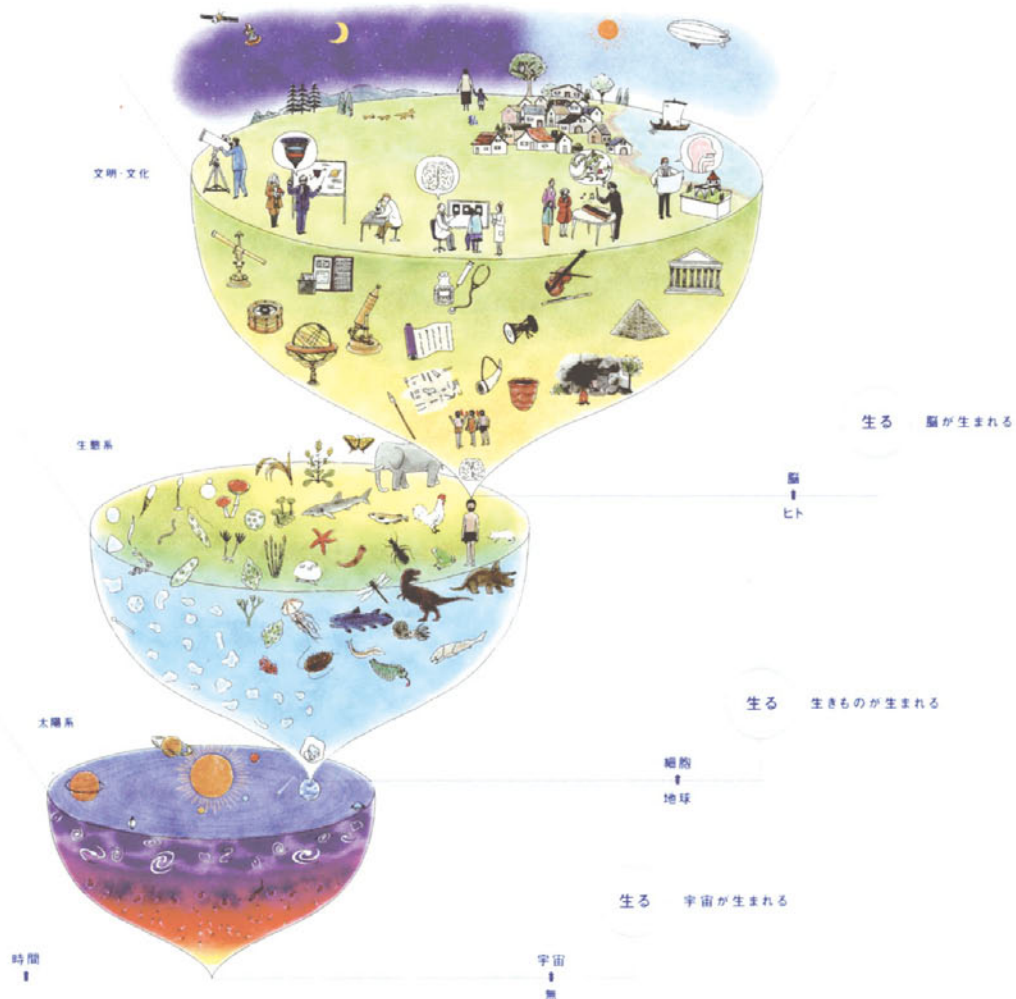
リンゴが生る。今は、昔作を期待して育てているのですから、真っ赤な玉がたくさんつくの当たり前とっていますが、初めて実が生るところを見た人は、とても不思議で、どこから来たのだろうと思っただけです。小さな緑の粒が生まれ、大きくなり、やがて真っ赤になってくる。それを噛ると、口中に甘酸っぱさが広がるのですから、魔法のようです。

生る。何も無いように見えるところから、時には何も無いところから、思いもかけない、そして魅力的なものが生まれてくる様子を表わす言葉です。自然界は生るで満ちています。作ることに力を注いでいる現代社会だからこそ、改めて“生る”に眼を向けました。思いがけないことへの驚きと喜びを感じた後、その路にある「しくみ」や「きまり」を探すのも楽しみです。



世界は“生る”の連続で

宇宙、惑星の一つである地球、生命体、その一つとしてのヒト(人間)……次々と生まれ、世界が成熟した。“生る”にいたるまでの時間の中で何が準備されているのか、興味深いところだ。137億年前に、無からトンネル効果で宇宙が生まれた時、46億年前に地球が生まれた時、水をたえた地球に生きものが生まれた時、そして数十万種という生きものも生じ可能性を拓いたゲノムを持つ細胞から人間が生まれた時、それぞれにいたるまでの長い時間を思うのです。効率ばかりで忙しい社会だからこそ、“生る”に目を向けました。



TALK_生る 01

理論と観測が明かす宇宙生成

佐藤勝彦×中村桂子

生るという言葉です。簡単に浮かんだのが宇宙の誕生。
佐藤さんが提出したインフレーション理論が、
実測によって確認されてきたこの10年の宇宙物理学の成果はみごとです。
生命論は、実験データは蓄積してきましたが理論はまだたまたです。学びたいところです。
(中村桂子)



Left: SATO KATSUHIKO Right: NAKAMURA KEIKO photograph by Otsuki Naruki

- 01_理論に基づく予言
- 02_新たな星が生まれる
- 03_すべては対称性の破れから
- 04_宇宙のへその緒が切れる時
- 05_真理には階層性がある
- 06_層層裏で観る多次元空間
- 07_議論して考えるのが学問

佐藤勝彦 (さとうかつひこ)
東京大学大学院理学系研究科教授

1945年香川県生まれ。京都大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。東京大学大学院理学系研究科教授。前ビュッカン宇宙国際研究センター長。日本物理学会会長。宇宙論、宇宙物理学を専攻し、インフレーション理論を提唱した一人として世界的に活躍する。著書『宇宙の96%の謎』『相対性理論』などがある。

INDEX 01

01_理論に基づく予言

(中村) 生命は何かと名詞で聞くと答えはなかなか見えてきません。それで日常の中で具体的に、犬が生きている、猫が生きている状態を見ていこうと思ひます。日常感覚を失わずに、学問を進めるのは、名詞でなく動詞を用いるのがよいと気づいたのです。

そこで、まず「愛する」から始めました。数字で表現しきれないことについては、「語る」ことをしてみよう、時間をかけて対象を「観る」こと、「関わる」ことなど、順にテーマとしてきましたが、今年は、「生る」がテーマなのです。「生まれる」です。そこで、すべての始まりである宇宙がどのように生まれたか。教えて頂きたいと思っています。

(佐藤) いつも季刊「生命誌」が送られてくるのを楽しみにしておりますし、今日は、中村さんに久しぶりにお会いできてとても嬉しく思います。

(中村) 佐藤さんには、1990年代初期の研究の構想段階から支援していただき、頼もしい生命誌の応援団と勝手に決めています。

(佐藤) 生物学に憧れもあつたのですが、宇宙論の立場から、生命誌研究の構想を検討する研究会に出席できたことは、文化の違いを実感できるよい機会でした。

(中村) 生物学と物理学の学問としての文化という意味ですか。

(佐藤) 何かの拍子に、私が「真理」という言葉を使ったら、「生物学に真理なんてない」と言われてびっくりした。確かに、実験による事実を基本に研究している生物の方からは、理論物理学は、まるで神学のように見えるかもしれません。

(中村) 実は分子生物学は物理学的思考から始まった生物学なのですが、やはり物理学と生物学では考え方が違います。一つの数式ですべてを表現すること考えられませんから。ただ、宇宙生成のお話は、生命誌とのつながりが見えます。宇宙が生まれ、地球が生まれ、生命体が生まれたからこそ、現在、私たちがここにいると考える時、佐藤さんの提唱された

インフレーション理論から見てくる宇宙の姿は、とても魅力的です。白状すれば、専門的な数式はわからないのですが、宇宙の始まりから今までのダイナミックなイメージには、わくわくします。最初に伺った1990年代初めでははかり違ひのからし。

(佐藤) 当時は、宇宙の始まりを扱える科学的な方法は理論物理学だけだったので、いわば「理論に基づく予言」と受け取られていました。でも、最近では技術が進み、観測によって事実の裏づけが得られるようになったのです。

1905年のアインシュタインの特殊相対性理論から数えてほぼ100年で、宇宙の誕生から現在に至る進化の様相が見事に描き出せるようになったことは、ここ数年私が日本物理学会の会長だったから言うわけではありませんが、現代物理学の偉大な勝利だと思ひますよ。今では、理論物理学でなく、むしろ観測に導かれている感じがします。

(中村) どんな立派な理論も観測で実証されて初めて意味を持つことはわかりますが、観測だけでは科学として成り立ちませんか。やはり理論のあるところが物理の強味ですね。

(佐藤) もちろん理論なしにシナリオはまったく描けませんね。

(中村) 私が生命誌を始め、宇宙論に関心を持ってからのこの20年は、理論と観測がとてよく組み合せて、これぞ科学だなあと、見ていてうらやましいように研究が進みましたね。

(佐藤) 確かに20年前までは、宇宙論は、定年退職した名誉教授のための分野という話も…(笑)

(中村) 生命誌を始め、生物学でも「進化」と言い始めると、「あの人は、そろそろ…」と。進化論は、分子生物学の中では、まさに名誉教授に「ご自由にお考え下さい」という分野とされてきました。私は、ゲノムという切り口で捉えれば学問になると思つたのです。今では、進化学会もあり、若い人たちがどんどん仕事する分野になりました。

(佐藤) 現在では、進化抜きで生物は語れないと誰もが思ひますよ。

進化学会
日本進化学会、1999年に創立。



RESEARCH
38

07

ニューロン誕生に見る
細胞社会の建設現場

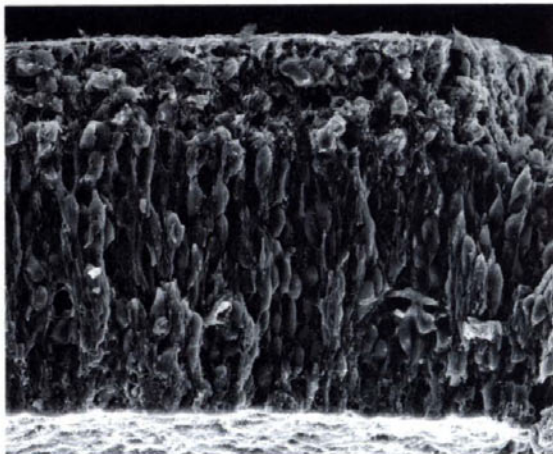
宮田卓樹

大脳の外側にひしひしと並んだニューロンは脳機能の主役。発生中の脳で長い距離を持った神経前駆細胞がせっせとニューロンを作っている現場を見たら、細胞分裂に脳形成特有のみごとな工夫がありました。

- 01_ 脳の始まりは薄い皮
02_ 長い形の前駆細胞
03_ ありのままの形を観る
04_ 前駆細胞の形から読む脳づくりの戦略
05_ 細胞社会から見るニューロンの誕生

宮田卓樹 (あやたかし)

1994年京都医科大学大学院医学研究科博士課程単位取得退学、医学博士、日本学術振興会・海外特別研究員(コロンビア大学)、大阪大学医学部助手、理化学研究所脳科学総合研究センター研究員などを経て2004年より名古屋大学大学院医学系研究科教授。



走査電子顕微鏡でとらえた発生中の脳(鼠)の断面像



(鼠) 脳の皮(上)とマウスの胚(下) 最終的に皮となる脳も、もとは太たまりのような脳室を包む薄い皮。



(鼠) マウスの大脳の発生

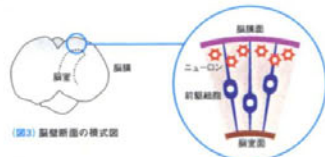
(鼠) 神経前駆細胞
子供にある細胞が神経に分化することが明らかになった細胞。脳の神経前駆細胞は、脳を構成するニューロンやグリア細胞に分化する能力を持つ。

01_ 脳の始まりは薄い皮

成人の脳は塊として認識できる。たとえなら木綿豆腐あたりがふさわしいところかもしれない。ところが、脳づくりの過程をさかのぼってみると、原点としての構造体は薄い皮であり、それがため池を包んでいる。マウス胚を外から眺めると、皮越しに水たまりのような脳室が透けて見える(図1)。皮は次第に厚さを増して脳壁となり、脳室は相対的に狭くなって、やがて塊としての脳の形に近づいていく(図2)。建設中のビルが高くなるように、細胞が積み重なった脳壁が厚くなるのは、個々の細胞が大きくなる、他の場所から移民細胞がやってくるなどの理由でも説明できるが、最も大切なのは脳壁の中で新しい細胞、とくにニューロン(神経細胞)が生産されているということだ。脳壁の中での細胞のふるまいをつぶさに観察した結果、発生期の脳の中でニューロンの誕生には、脳の3次元構造を効率的に進めるための知恵と工夫が凝められていることがわかってきた。その大切な細胞づくりの仕事をしているのが神経前駆細胞(註1)である。

02_ 長い形の前駆細胞

大脳の神経前駆細胞は、脳壁の内面から外面までをつなぐ独特の細長い形をしている(図3)。内面では隣り合った細胞同士が接着結合し、脳室の中の組織液がしみ出さないように石垣の役目も担っている(図4→P130)。このように長い形をした(えのき茸、あるいは貝割れ大根を思い起こして欲しい)前駆細胞が束になって壁を構成している部分、脳づくりの「生地」である。ニューロンは、こうした神経前駆細胞の間をぬうようにして脳壁の外側に並んでいるのである(図4→P130)。マウスの大脳壁の場合、胎生10日では0.1mmの厚さがあるので、その場の前駆細胞の背丈は0.1mmである。発生が進むにつれて、つまり脳壁が厚くなるにつれて前駆細胞も長くなり、胎生14日頃には0.2~0.3mmに達する。こうした発生の各段階において、前駆細胞はどのように分裂し、ニューロンを生み出しているのだろう。



(鼠) 脳壁形成の様式図

染色体研究から生命継承学へ 柳田充弘

染色体研究から、一貫して染色体への興味を持ってきた。染色体の構造から見たときには、生きている生物の伝達メカニズムの仕組み、研究が「生命継承学」へと発展し、若い人たちの研究は、大の刺激だったと言えらるかもしれない。

柳田充弘(やなぎた みつひろ)

京都大学大学院特任教授/
京都科学技術研究所基礎生物学
主任研究員

1941年	東京都生まれ
1964年	京都大学理学部生体化学科卒業
1967年	ジュネーブ大学分子生物学部研究助手
1970年	ナガの国際遺伝学研究所学芸員研究員
1971年	京都大学理学部生体化学科助教
1977年	京都大学理学部生体化学科助教授
1999年	京都大学大学院生命科学部研究員
2004年	京都大学大学院生命科学部研究員
[受賞]	
1995年	ヨーロッパ分子生物学協会外国人会員
1999年	第1科学技術賞
2000年	高橋正三賞外国人会員
2001年	柳田賞
2002年	京都府賞
2003年	日本学士院賞、京都府賞
2004年	文化功労賞

01_3つの思い出

昭和19年、11月頃だと思うのですが、鎌馬にあった家の近くに爆弾が落ちて、ものすごく怖かった記憶があります。親の實家のあった栃木に疎開したのですが、そこでも飛行機が見えたらとにかく逃げまわって、「腹痛な子が東京から来た」ってバカにされたのをよく覚えてます。

戦争が終わって東京に戻ってきましたが、親は食べるために働くに必死です。おもちゃなんて買えるはずもなく、その頃の子どもがみんなそうだったように、身近にいる生きものが遊び相手です。面白かったのが、塹面に開いた穴にニラを産し込むと、かじりつく虫がいたこと。ハンミョウの幼虫だったようです。引き上げるともうちよこで取り出せるというところで失敗し、何度もやりなおしました。興味のあることはしつこくやり続けるところがあるのは、その頃からそうだったようです。

もう一つ憶えているのが、祖母の家に遊びに行って「みっちゃん、大きくなったらあのうらあげからな」と言われたとき、菓を握って「大きな聖様の低い家はいらん」と答えたのです。「60年ここに住んでけど、そう言われたら確かに軒の低い家だとあんなて気がした」と、その種笑いながら何回も言われましたよ。ものをしげしげ見るといふが、形を見る観察力も子どもの頃からあったんでしょう。夏休みの宿題で、メダカの発生を顕微鏡で観察し、巻物のように描いて出したら鎌馬区の代表で発表することになって、感謝事實が何かをもらいましたね。

02_微生物の研究者

研究者になろうと思ったきっかけは、小学校2、3年の頃、2000年前の地層から出た蓮の種が美しい花を咲かせたという大賞一部博士(註1)の研究を新聞で知ったことです。そんなに長い間種が生き続けた(いた)ということに強い印象を受けました。この驚きは、「生きものがどうやって続いているのか」という今の研究テーマにつながっています。

高校生時は山岳部に入ったのですが、顧問がフランス担任でもあった春日俊郎先生は、東京大学農学部出身の蝶の専門家。博物学の深い知識を持ち、しかもこれからは物理学や化学と一緒にいった生物学が大事になると説く先進的な方でした。高校の頃に学究風の先生と出会え

01/父に勧められて、卒業後は02/小学生の時、03/大学で山登りを楽しんだ(注:本人)



01

02

03

03A

たことはよかったと思います。

生物の研究者への道を意識し始めた時に読んだのは、「微生物の狩人」や「フレミングの生涯」といった微生物学者の伝記でした。病原菌の発見と感染症の克服に挑んだ研究者に魅力を感じ、使命感を持って研究する姿に憧れたのです。結果論から言えば、僕の研究対象はすべて微生物でしたから、その頃に将来を決めたことになるかもしれません。

ただ実は、理系ではなく、文学部に入って哲学や美学の道に進むのもいいかもしれないと思う気持ちも強まりました。芸術は好きだし、金にならないことでも自分に才能があればやっていたらうと、僕の人生観の根本は、才能を信じることです。誰だって才能があるはずなんだから、自分も何かの才能があるに違いない。その才能を生かす職業を探ることができれば、困難でもやっていけるって信じていたんです。

結局、自然科学を選んで、東京大学の理学部をめざしました。受験勉強はまじめにやりましたよ。強制的にやらなければならない勉強にも意味があるとは思いますが、大きなストレスでした。20代の後半まで、2年に1度くらい夢でうなされたのですが、いつも、入試の日に覚悟がごとく受験がらみでした。

03_分子生物学の革命

大学に入った年に60年安保闘争がはじまって、2ヶ月くらい学校の授業が無かった。みんな勉強どころではなく、はまきまを締めてデモに出て、革命だ何だ騒ぐのです。僕も最初は行きましたが、だんだんかばかしくなってきた。政治には興味を持つけれど、授業を組んで政治的な行動をとることは一切やらないと決めたのです。今思うと、自分は何をやって、何をやらないと決めていく経験が若い時にしたのは、その後の研究生活に意味がありましたね。研究者は、研究にもものすごく時間をとられるわけで、それ以外の無駄なことに顔をつっ込まないように意識しているのは大事です。

僕にとって本当に革命的だったのは、フランスの分子生物学者ジャコブとモノー(註2)が大規模を使って遺伝子発現のメカニズムを解き明かした研究です。これこそ新しい学問だと思いましたが、残念ながら自分のいる理学部生物化学科ではやれそうもない。先生はみんな親しみやすく

(註1)大賞一部

博士学賞。1951年に千原博の遺族より約2000年前の蓮の實を発見、発芽に成功した。この蓮は博士にならぬで「大賞」ハとするが刊行されていない。

(註2)ジャコブとモノー

フランスのシャロワジャン・リュシアン・モノー。フランス・パストゥール研究所で大規模の遺伝子発現調節を研究し、オペロン説を提唱した。1965年ノーベル生理学・医学賞受賞。