

10:00~10:05 挨拶
自然科学研究機構長 志村 令郎

10:05~10:20 趣旨説明
ジャーナリスト 立花 隆

10:20~10:50 生命を生み出すまでの宇宙進化
国立天文台 観山 正見

10:50~11:20 ゲノム進化が生み出した動物と植物のちがい
基礎生物学研究所 長谷部 光泰

11:20~11:50 性多様性を生み出す原動力
基礎生物学研究所 長濱 嘉孝

11:50~12:20 無性生殖と有性生殖—幹細胞を介した生物の適応戦略
京都大学 阿形 清和

12:20~13:50 休憩

13:50~14:20 動物の形づくり—背に腹はかえられる？
基礎生物学研究所 上野 直人

14:20~14:50 カメを生み出した発生的進化要因
理化学研究所 倉谷 滋

14:50~15:20 植物の“花々しい”生活
奈良先端科学技術大学院大学 島本 功

15:20~15:40 休憩

15:40~16:10 昆虫の起源と進化
JT生命誌研究館 蘇 智慧

16:10~16:40 共生と生物進化
産業技術総合研究所 深津 武馬

16:40~17:10 脳が制御する塩分摂取
基礎生物学研究所 野田 昌晴

17:10~17:25 基礎生物学への期待
立花 隆、岡田 清孝(基礎生物学研究所)

17:25~17:30 閉会の挨拶 岡田 清孝

※各講演の終了後、5分間で立花隆先生と講演者との対談を予定しております。
※その他、パネル展示も行います。

※プログラムは一部変更となる可能性があります。

生物の生存戦略

われわれ地球生物ファミリーは
いかにしてここに かくあるのか

プログラムコーディネーター

立花 隆

主催—大学共同利用機関法人

自然科学研究機構

後援—朝日新聞社 / NHK

東京国際フォーラムホールB5

東京都千代田区丸の内3-5-1

2007年9月23日[日]

10:00→17:30

自然科学研究機構ホームページ

<http://www.nins.jp/>

NINS
National Institutes of Natural Sciences

機構長 挨拶



しむら よしろう
志村 令郎

自然科学研究機構 機構長

1958年京都大学大学院理学研究科修士課程修了。63年米国ラトガース大学大学院（博士課程）修了。同年米国ジョンズホプキンス大学医学部研究員、67年大阪大学微生物病研究所研究員、69年京都大学理学部助教授、85年京都大学理学部教授、86年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所教授（併任、～94年）、96年京都大学名誉教授、同年生物分子工学研究所所長、2001年独立行政法人日本学術振興会ストックホルム研究連絡センター長を経て、04年より現職。専門は分子生物学・分子遺伝学。

趣旨 説明



たちばな たかし
立花 隆

ジャーナリスト

1964年東京大学仏文科卒業。同年文藝春秋社に入社。66年文藝春秋社退社。同年東京大学哲学科に入学、フリーライターとして活動を開始する。95～98年先端科学技術センター客員教授。96～98年東京大学教養学部非常勤講師として、第一次立花ゼミ「調べて書く」ゼミを開講。2005年東大特任教授就任を機に、第二次立花ゼミを開講。07年より立教大学21世紀社会デザイン研究科特任教授に就任。ジャーナリスト・評論家として多くの著作をもつ。

生命を生み出すまでの宇宙進化

国立天文台 台長 みやま しょうけん
観山 正見

地球の年齢は46億年であり、生命の発生は、地球誕生後5～6億年後ではないかと言われている。宇宙の誕生は、137億年前であるので、地球の生命誕生までに100億年弱の長大な時間が経過したことになる。

この時間の中に、生命誕生のための大きな仕事を宇宙は行っている。

古代インドに、「輪廻」の思想がある。全て生命は前世またその前の姿があり、繰り返すという考えである。もちろんこの考えを信じるわけではないが、宇宙には、生命誕生に至るまでの物質形成において、あたかも「輪廻」のような過程が存在する。

宇宙の創造後、「初めの3分間」において、陽子と中性子だけの世界から、ヘリウムなど軽い元素が形成された。その後、38万年後に陽子と電子で水素原子が誕生する。そして、約数億年後に最初の星や銀河が生まれるが、その後、星の誕生、星の進化、星の死である超新星爆発、そしてまた星が生まれ死にゆくというサイクルを、何度も何度も繰り返す「輪廻」的過程を経て、炭素や酸素などの元素が宇宙に蓄積された。

我々生命は、「星の灰」から生まれてきたいわば「星の子供」である。そして、今や、その子供達は、別の「星の子供」はいないかと探査する時代に入りつつある。

Keywords

星の誕生：水素やヘリウムを主成分とする星間ガスが、自己重力によって、収縮し始めることによって星の誕生の過程が始まる。中心の密度や温度が充分上昇して、水素の核融合が始まることによって星の誕生は完成する。

星の中の元素合成：通常の星である主系列星は、中心で水素の核融合が継続している天体である。太陽より質量の重い星の場合、水素の燃えた後のヘリウムが更に核融合し、酸素や炭素を作り、更に酸素などが核融合で燃えることによって、鉄までの重い元素を作る。これら星の進化の過程で、元素合成が星の中で行われている。

超新星爆発：太陽の重さの約8倍を超える星は、進化によって、内部に様々な元素の層を持つ構造を作り上げ、最終的に大爆発をおこす。その結果、宇宙空間に、水素やヘリウム以外の重い元素を宇宙空間にまき散らす。



図1 星の誕生 すばる望遠鏡でとらえた星の誕生の場面（天体名 S106）。この星は、巨大な星であり、星を取り巻く円盤の上下方向に、表面からの強い紫外線を放出して、ガスを明るく照らしている（上下に伸びた巨大な蝶の羽のように見える部分）

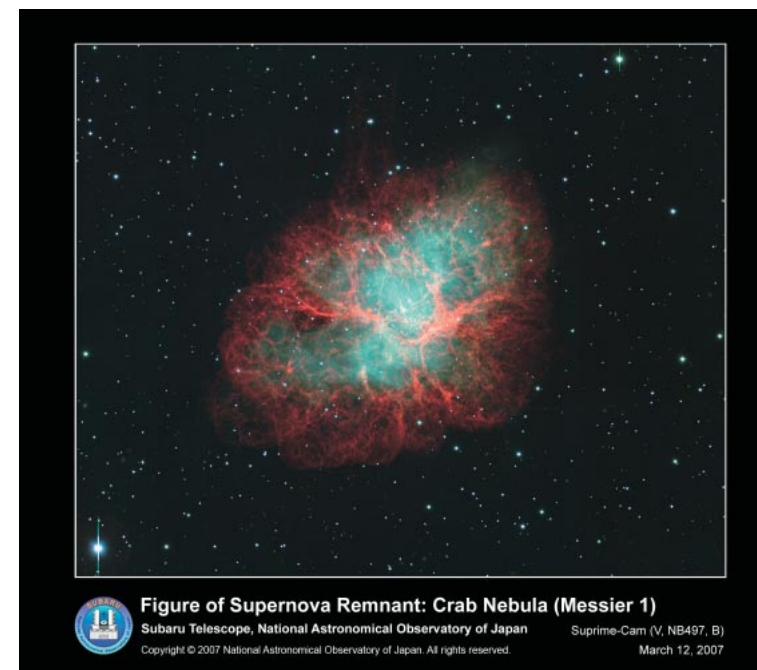


図2 超新星爆発 すばる望遠鏡でとらえた星の死である超新星爆発の残骸。かに星雲と呼ばれる天体で、1054年に爆発が観測され、藤原定家による「明月記」にも記録がある



自然科学研究機構 国立天文台 台長。理学博士。

1975年京都大学理学部卒業。81年京都大学大学院博士後期課程修了。83年京都大学理学部助手、89年国立天文台理論天文学研究系助教授、92年同教授を経て、2006年より現職。

専門は理論天文学。特に星・惑星系形成論。

著書に、『太陽系外の惑星に生命を探せ』（光文社、2002年）などがある。

ゲノム進化が生み出した 動物と植物のちがい

自然科学研究機構 基礎生物学研究所

は せ べ みつやす
長谷部 光泰

動物と植物はいろいろな点で異なります。動物は動けるのに植物は動けません。植物は光合成ができるのに、動物にはできません。血球細胞のように動物細胞は体の中を動き回りますが、植物細胞は細胞壁でがんじがらめでブロックのような構造をしています。どうしてこんなに違うのでしょうか。

それは、動物と植物がそれぞれ単細胞の祖先から12億年以上の歳月をかけて、独立に進化してきたことにあります。その間にたくさんの突然変異が蓄積し、さまざまな自然選択や偶然の結果、現在のような違いが生まれてきました。人間を含む動物とは全く異なった生き方をしている植物。植物を調べることによって、これまで我々が動物の研究から生物全体の常識だと思っていたことが、実は非常識だったとわかることもあります。そんな意味で、動物と植物、そして菌類やバクテリアなども含めて、生物全体を包括的に研究することが、生物とはいったい何なのかを知る上で必要です。今回はそのような例の一つを紹介します。

動物は多様な形をしています。形作りの遺伝子はそれぞれ良く似ていることがわかってきました。人も、ショウジョウバエやミミズの仲間と同じような遺伝子によって形作られているのです。このことから、生物というのは一度作り上げたシステムを少しずつ変えて進化するものだと信じられてきました。

植物は、コケもシダも花の咲く植物も、どれも茎葉を持ち、一見互いに良く似ているように見えます。ところが代表的な植物のゲノム解析を行い、形作りの遺伝子を調べたところ、ずいぶん異なっていることがわかってきました。いったい、どうしてこのような違いが生じるのでしょうか。一緒に考えてみましょう。

Keywords

突然変異：遺伝情報におこる物理的な変化。親と違った遺伝子ができること。放射線や化学物質によって引き起こされる。また、細胞が増えるときには、遺伝子情報を全てコピーするが、その時にも間違いが起こる。

ゲノム：ある生物が持つ全ての遺伝情報。例えば、ヒトゲノムは約30億対の塩基から構成されている。



図1 全ゲノム構造が明らかになったシダ植物イヌカタヒバ（左）とコケ植物ヒメツリガネゴケ（右）
ヒメツリガネゴケのゲノム解析には自然科学研究機構基礎生物学研究所が大きな貢献をしている。これらの植物ゲノム情報により、植物ゲノムの進化が飛躍的に解明された



自然科学研究機構 基礎生物学研究所 生物進化研究部門・教授。博士（理学）。

1987年東京大学理学部生物学科植物学教室卒業。91年東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程中退。同年東京大学理学部附属植物園助手、93年～95年日本学術振興会海外特別研究員併任（米国パーデュー大学）、96年岡崎国立共同研究機構・基礎生物学研究所助教授を経て、2000年より現職。

専門は進化学。特に植物の発生進化。現在は、世代交代と分化全能性の進化に特に関心を持つ。

97年日本植物学会奨励賞、01年日本進化学会研究奨励賞、05年第一回日本学術振興会賞、第一回日本学士院学術奨励賞受賞。

著書に「発生と進化」（岩波書店、2006年、分担執筆）などがある。

性—多様性を生み出す原動力

自然科学研究機構 基礎生物学研究所

ながはま よしたか
長濱 嘉孝

地球上に生き物らしきものが誕生したのは約40億年前のことです。それ以来、分裂や出芽により性の関与なしで繁殖していた生物が、オスとメスが会って繁殖する方法、すなわち有性生殖をみ出したのはそれから約25億年経ってからのこととされます。この繁殖方法では、2組のDNAをよりあわせ、遺伝子を組替えることにより無限の多様性を生み出すことができるのです。この遺伝物質の交換こそが「性」の本質のひとつであり、多様性を生み出す原動力となっているのです。こうして今、自然界の多くの動物にはオスとメスが存在し、性行動の結果、子孫を残してゆくのです。

では、生物のオスとメスはどのようにして決まるのでしょうか。脊椎動物を例にとり、最近の研究を紹介します。爬虫類の一部(ワニ、カメ、トカゲ等)では、環境の温度が性を決定します。一生のうちに性転換する魚類も珍しくありません。このように脊椎動物の性決定の仕組みは多様ですが、受精時における性染色体の組合せによって決まるケースが一般的であると考えられています。私達は2002年にメダカの性決定遺伝子を見つけ、*DMY*と名づけました(図1)。1990年に発見されたヒトの*SRY*に次いで脊椎動物で2番目に見つかった性決定遺伝子です。メダカのY染色体上のごく狭い特定の領域からこの遺伝子を探し出すのに5年以上の年月がかかりました。*DMY*を見つけることができたことで、異なる2種の脊椎動物の性決定遺伝子の働きや構造を比べることがはじめて可能になりました。*SRY*も*DMY*もY染色体上にあり、*SRY*はヒトを男性にしますし、*DMY*はメダカを雄にします。したがって、いずれの遺伝子も働きはとてもよく似ています。ところが、*DMY*と*SRY*の遺伝子構造は大きく異なることが明らかになりました。この予期しない結果に私達も大変驚きました。性決定遺伝子の構造上のこのような著しい多様性はどのようにして生じたのでしょうか。この疑問に対する答えはまだ誰も知りません。多様な自然環境のなかで、それぞれの生物種が子孫を有効に残してゆくためにみ出した生存戦略の一つなののでしょうか。

最後に、周りの社会環境を操作する事により容易にオスからメスへ、あるいはメスからオスへと両方向に何度でも性転換させることのできる性転換魚(オキナワベニハゼ)を紹介しながら(図2)、「性の可塑性」についても触れてみようと思います。

Keywords

無性生殖と有性生殖: 生物の個体が、自己と同じ種類の新しい個体をつくることを生殖とよび、配偶子(卵や精子)による生殖が有性生殖、配偶子によらないものが無性生殖である。後者では、親の体の一部が分離して、そのまま新しい個体になるのが一般的である。

性決定: オスとメスが明瞭に区別される種において、個体の性がオスまたはメスに決定されること。個体のもつ遺伝子によって決定される場合(遺伝的性決定)や生息環境によって決まる場合(環境依存性性決定)などがある。

性転換: 個体の性が生活史のある時期に逆転する現象。熱帯域のサンゴ礁に生息するベラの仲間のメスからオスへの性転換はよく知られている。また、生まれたばかりの魚類や両生類を性ホルモンなどで処理することによって性転換を人為的に起こすこともできる。

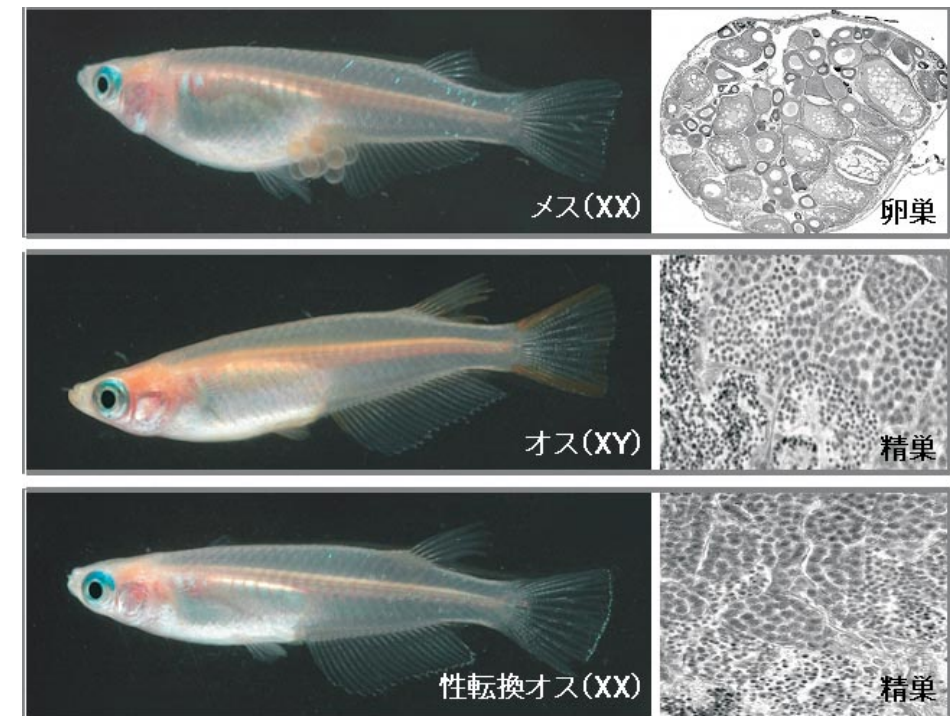


図1 性決定遺伝子によるメダカ遺伝的メス(XX)のオスへの性転換 受精直後のメダカXX卵に*DMY*を微小注射により遺伝子導入した後に成体まで育てると遺伝的にはXX個体ではありながら性転換を起こしオスとなる。この個体では精巣が形成され妊性のある精子がつけられる(下)。卵巢をもつ正常なメス(XX)(上)と精巣をもつ正常なオス(XY)(中)。オス、メスは外形でも判別できる(尻びれの大きさや尾びれの色に注目)

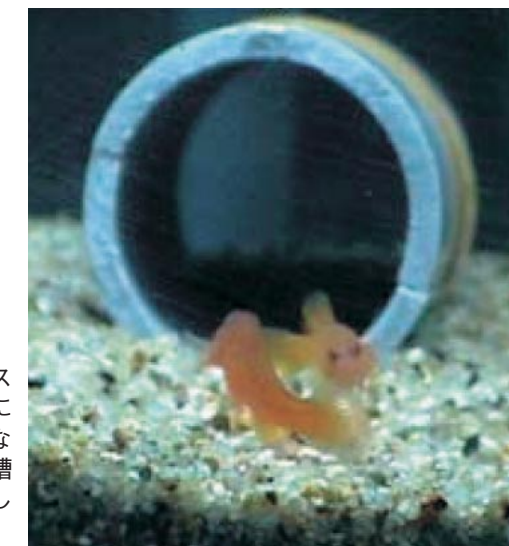


図2 オキナワベニハゼの性転換実験 大きなメスと小さなメスを同じ水槽に入れると、直ぐに性行動を開始する。その後、約5日で大きなメスが性転換を起こしオスとなる。その水槽にさらに大きな別のオスを入れると性転換したオスは約10日後には再びメスに戻る



自然科学研究機構 基礎生物学研究所・教授(副所長)。水産学博士。

1971年北海道大学大学院博士課程終了。72年アメリカ・カリフォルニア大学(バークレイ)動物学教室博士研究員、74年カナダ・ブリティッシュコロンビア大学動物学教室博士研究員、77年生物科学総合研究機構基礎生物学研究所助教授を経て、86年より現職。

専門は発生学、特に生殖生物学。現在は脊椎動物の性決定機構を研究。89年動物学会賞、ピックフォードメダル。

著書に「生殖細胞」(岡田・長濱共著、共立出版、1996)がある。

無性生殖と有性生殖 — 幹細胞を介した生物の適応戦略

京都大学理学研究科 あ が た きよかず
阿形 清和

< 幹細胞とは >

幹細胞というのは自己増殖能と多分化能をもつきわめて便利な細胞である。骨髄移植、すなわち血液の幹細胞を移植して多くの白血病患者の方が救われているのだから、その素晴らしさを述べるまでもないだろう。

< 幹細胞と無性生殖 >

多くの無脊椎動物は、この幹細胞を使って個体の再生産、すなわち子孫の繁栄を行っている。一般的に無性生殖というのは幹細胞によって実行されている。一番良く知られている例はプラナリアである。われわれが実験材料として扱っているプラナリアは1990年から17年間にわたって、無性生殖で増え続けている。もとは、一匹だったものが何千万匹ものクローンとして増えているのである。全身に分布している全能性の幹細胞が、この無限増殖を支えている。この全能性の幹細胞があるために、プラナリアはどこで切られても再生できるという、とんでもない再生能力を発揮している。このような全能性あるいは多能性の幹細胞で無性生殖で増えているものとして、カイメン・クラゲ・プラナリア・ミミズ・群体ボヤなどが知られている。

< 幹細胞と有性生殖 >

そして、今回の発表で重要なことは、上にあげた生物は、無性生殖だけではなく、有性生殖でも増えることができる点にある。彼らは、無性生殖で増える状態から、必要に応じて有性化して卵と精子で増えることができるのである。問題は、無性の状態のときのどの細胞から有性生殖を担う生殖細胞ができるかである。一般に生殖細胞は発生の初期段階から体細胞とは別に存在するものというのが通念であるが、これらの生き物では、体細胞である幹細胞から生殖細胞ができることが知られている（一部には無性状態でも生殖細胞があることが知られている）。

< 幹細胞での選択、そして、有性化による固定 >

そうすると、プラナリアのように、無性生殖で何年間も増殖していると、いろいろな変異を生じた細胞が蓄積されることになる（有性生殖では増える度に、変異は清算されるが、無性生殖では変異はたまる一方となる。実際プラナリアでは様々な核型の変異したものが1個体の中に蓄積される）。しかし、生息環境が激変した場合、全能性幹細胞の変異体の中に適応に有利な変異があった場合は、その幹細胞が個体の中で自然選択され、新たな環境に適応した個体が再生することになる。そして、その個体が有性化して、環境に適応した幹細胞から生殖細胞が分化して、受精卵ができあがれば、その子孫では一代にして変異形質が固定されることになる。

< ポイントの整理 >

今までは、生殖細胞が体細胞と完全に分離している生物を基本に自然選択説が通念として受け入れられているが、このように無性生殖と有性生殖の両方を世代交代する生物では、有性化に伴って、

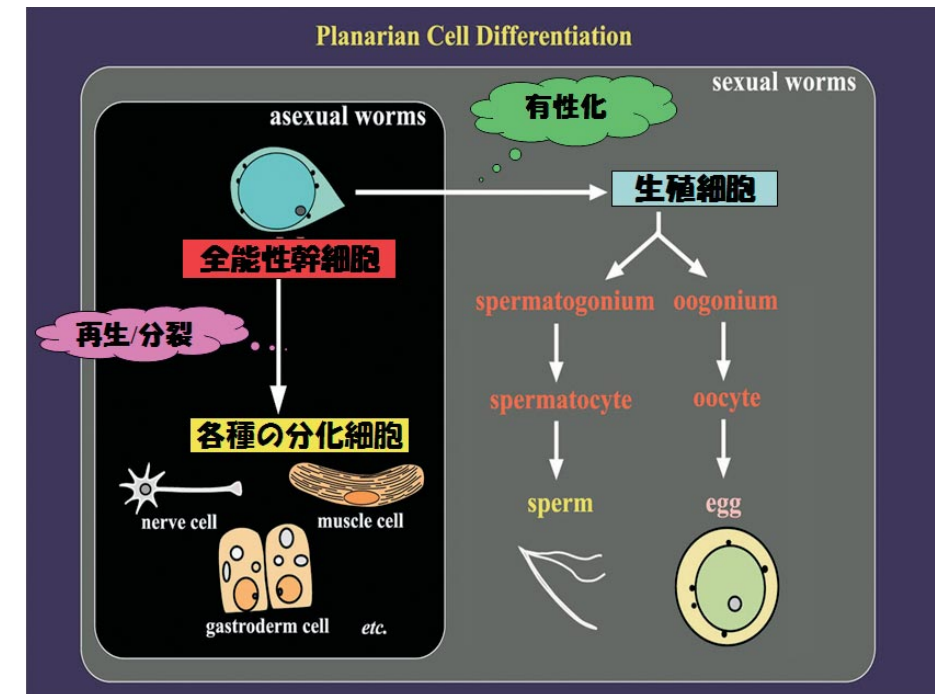


図1 プラナリアの再生・無性生殖と有性生殖を支える全能性幹細胞システム

体細胞の幹細胞から生殖細胞が生まれるケースがある。そういう生き物では、幹細胞によって新しい環境に適応的な個体を再生し、さらに有性化によって有利な形質が一代で固定する。このように、世代交代というものは環境に適応するための生物戦略としてはきわめて有効な手段であったことがわかる。

参考文献

- Two different evolutionary origins of stem cell systems and their molecular basis. (Agata, K., Nakajima, E., Funayama, N., Shibata, N., Saito, Y. & Umeson, Y. *Semin. Cell Dev Biol.* **17**, 503-509, 2006)
- FGFR-related gene *nou-darake* restricts brain tissues to the head region of planarians. (Cebria, F., Kobayashi, C., Umeson, Y., Nakazawa, M., Mineta, K., Ikeo, K., Gojobori, T., Itoh, M., Taira, M., Sanchez-Alvarado, A. & Agata K. *Nature* **419**, 620-624, 2002)



京都大学理学研究科教授。

1979年京都大学理学部卒業。81年京都大学大学院理学研究科修士課程修了。83年京都大学大学院理学研究科博士課程中退。同年国立基礎生物学研究所助手、91年兵庫県立姫路工業大学理学部助教授、2000年岡山大学理学部生物学科教授、同年理化学研究所・発生再生総合科学センター・グループディレクター（兼任）、02年理化学研究所・発生再生総合科学センター・グループディレクター（専任）、同年神戸大学大学院自然科学研究科・連携教授、05年京都大学大学院理学研究科・教授を経て現在に至る。Zoology 編集員、Dev. Growth Differ. 副編集長、元 Zoological Science 編集員。2002年日本動物学会賞、05年文部科学大臣科学賞。専門は発生生物学・再生生物学。著書『切っても切ってもプラナリア』岩波書店ほか。

動物の形づくり —背に腹はかえられる？

自然科学研究機構 基礎生物学研究所

うえの なおと
上野 直人

動物の卵が受精した後、次第に複雑なかたちをつくる過程は実に精緻で神秘的な現象です。最近の研究の進歩により、複雑な形態形成のメカニズムが分子のレベルで解明されつつありますが、背腹をつくるしくみについても大きな発見がありました。

1920年代にドイツの発生学者シュペーマン（Spemann, H.）はイモリ胚の背側の一部を切り取り、別の胚の腹側に移植するという実験を行い、移植によって宿主胚にもうひとつの体ができるという衝撃的な事実を明らかにしました。このシュペーマンの実験は小さな移植片が完全な体軸をつくるために必要な情報を持っていることを示す重要な発見として、1935年にノーベル医学生理学賞の対象となりました。この体を作る情報は何か、またどうやって神経系を含む背側構造をつくることができるのか、これらは動物のかたちづくりを理解する上で最も重要な問題のひとつでしたが、その実体は長い間謎のままでした。

私たちは本来胚の腹側をつくるために必要な細胞増殖因子BMPの機能を抑制すると、シュペーマンの移植実験と同様にもうひとつの背側体軸が形成されることを見出しました。その後、いくつかの研究グループによってシュペーマンが移植に用いた背側組織（オーガナイザーと呼ばれる）にはBMPの作用を阻害するタンパク質が複数含まれていることが明らかになり、背側は腹側をつくるBMPの作用に拮抗することでできるという、誰も想像していなかったしくみが解き明かされたのです。ヒトを含めた脊椎動物は神経系を背側にもち、昆虫、甲殻類など節足動物は神経系を腹側にもつ理由もこの背腹を決めるしくみにあることについてもお話ししたいと思います。

Keywords **オーガナイザー**：日本語では「形成体」と呼ばれ、もう一つの体を形成することができる活性をもつ領域。同領域では特殊なタンパク質を作っていることが分かっている。機能的に相同な領域はニワトリ、マウスなどにも存在することが実験的に示されている。

細胞増殖因子：細胞の増殖を促進したり、抑制したりという作用をもつ一群の分泌性タンパク質の総称であるが、同時に細胞分化の制御因子としても知られるようになった。通常、細胞膜の上にある受容体タンパク質を介して、細胞内に情報を伝える。

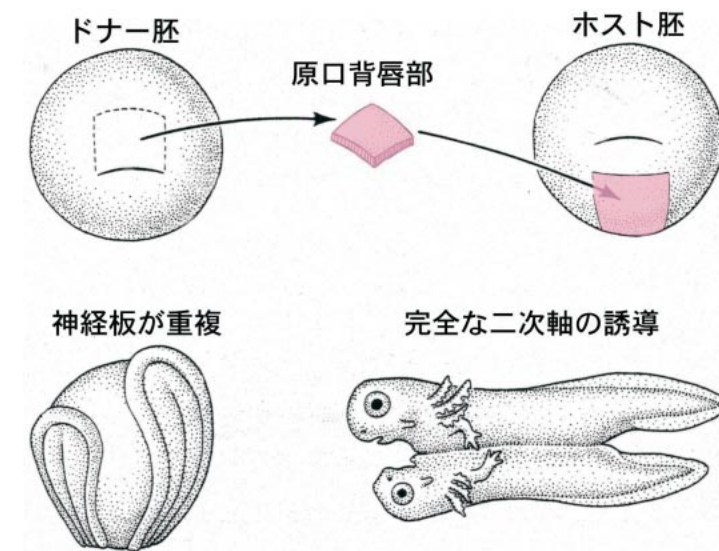


図1 シュペーマンの実験 イモリ胚の背側の一部（原口背唇部）を切除し、別の胚の腹側に移植すると本来一カ所にはできるはずの神経板（将来、脳・脊髄になる）が重複して形成され、結果としてもうひとつの体軸が形成される。図は Principles of Neural Development, 1985 (Sinauer Associates Inc.) を改変



図2 オーガナイザー因子による二次体軸の形成 BMPに拮抗する3つのオーガナイザー因子、ノギン、コーディン、フォリスタチンが同時に腹側で過剰になると、シュペーマンの実験と同じように二次体軸が形成される

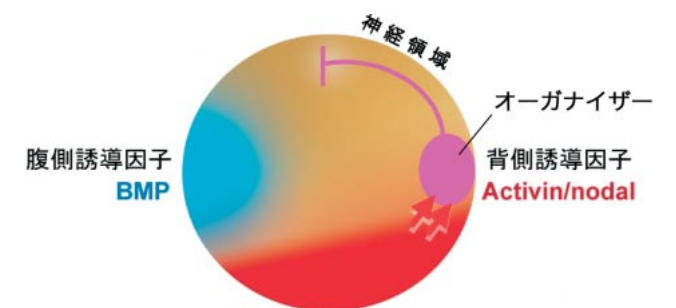


図3 背腹軸形成のモデル 背側ではアクチビン、ノダルによってオーガナイザーがつくられ、背側組織の形成を促す。腹側ではBMPが働いて背側形成を抑制し、中胚葉から血液細胞を、外胚葉から表皮をつくる。オーガナイザーから分泌されるオーガナイザー因子の作用によってBMP活性が抑制された外胚葉領域は神経になる



自然科学研究機構 基礎生物学研究所（形態形成研究部門）・教授。農学博士。

1979年筑波大学農林学類卒業。84年筑波大学大学院農学研究科修了。89年筑波大学講師、93年北海道大学教授を経て97年より現職。

専門は発生生物学。とくに細胞増殖因子による発生制御機構。現在は原腸形成における細胞極性形成機構に興味をもつ。

96年東京テクノフォーラムゴールドメダル賞（読売新聞社）。著書に「新・形づくりの分子メカニズム」（羊土社、1999年）。訳書に「DNAから解き明かされる形づくりと進化の不思議」（羊土社、2003年）、「ヒトの変異」（みすず書房、2006年）などがある。

カメを生み出した発生的進化要因

理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター
形態進化研究グループ くらたに しげる
倉谷 滋

脊椎動物、つまり、背骨をもった動物は、つねに一定の形態形成の規則に則って進化してきた。そのために、脊椎動物は背骨や頭蓋骨や脳など、独特の構造を共通に備え、そのことによってそれが脊椎動物に属すると分かるのである。このような、動物のかたちづくりの基本設計図は、ゲノムにしつらえられた一種の発生プログラムというかたちで書かれている。どの遺伝子が胚の身体のどこでいつ発現し、どのような機能を果たすのか、それによってどのような形ができあがってゆくのか…。このような形態発生の基本的青写真をボディプランと呼ぶ。

上のような視点から、私の研究室ではカメの甲羅の発生を研究している。というのも、カメは脊椎動物としてのボディプランを一見、逸脱しているからだ。なぜなら、カメの背甲は肋骨が伸びてできたものだが、もしそうなら我々の肩胛骨が肋骨の外側にできているように、カメの肩胛骨も甲羅の外にできていなければならない。ところがカメの肩胛骨は甲羅の内側にできている。なにか、とんでもない発生上のトリックがカメの進化には隠されているに違いない。このトリックを、解剖学と分子発生学の力でもって解き明かそうとしている。

Keywords
体節中胚葉：脊椎動物の身体を作る3つのシート（外胚葉、内胚葉、中胚葉）のうち、中胚葉が神経管の両側で分節化し、くり返して配列したもの。椎骨や骨格筋、真皮などをもたらす。
肋骨：体節からなる骨格のひとつ。体節と同様の分節繰り返しパターンを示し、全体として胸郭を構成、心臓、肺などを納める。
肩胛骨：上肢帯を構成する骨格要素のひとつ。

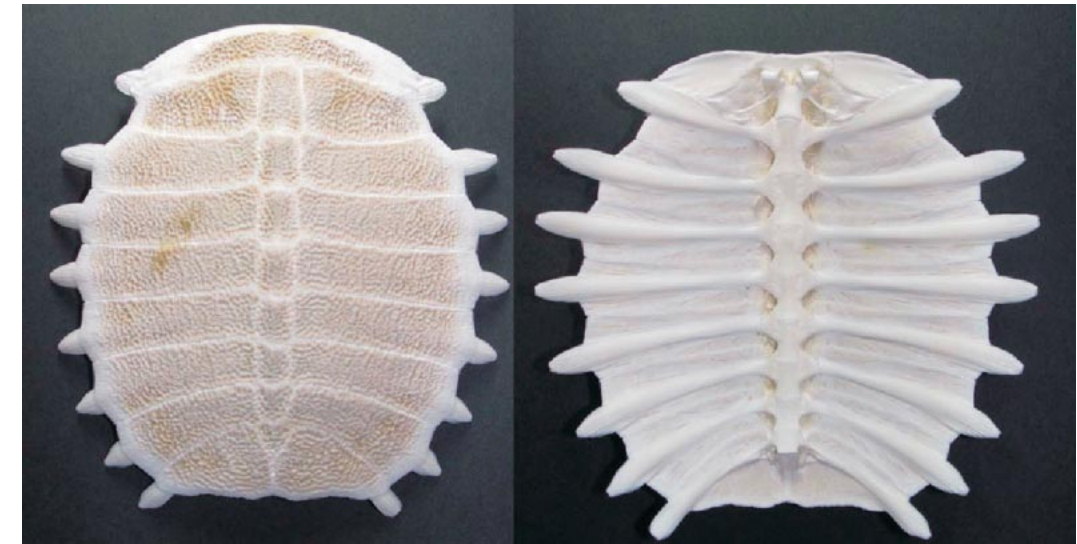


図1 研究に用いているスッポンの背甲 左：背面、右：腹面

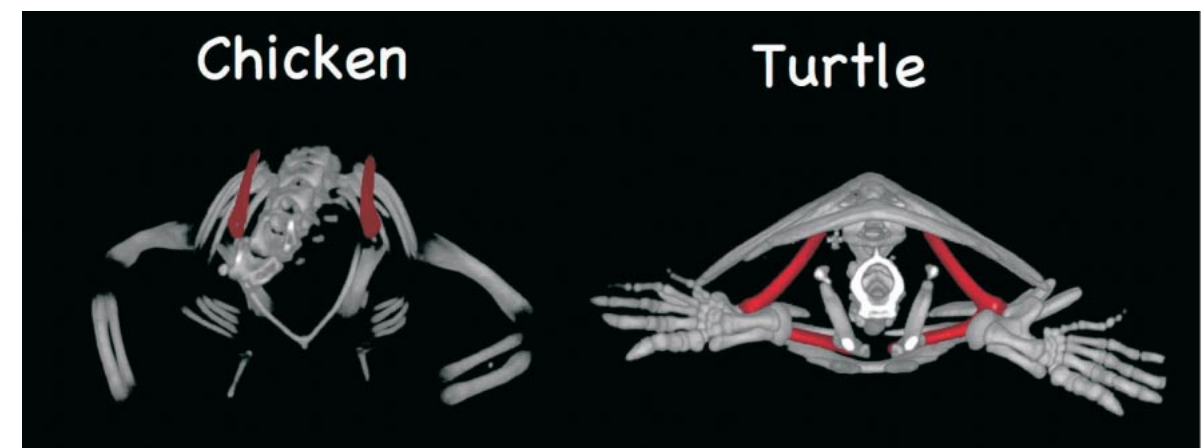


図2 ニワトリ（左）とカメ（右）の骨格を比較する 赤く着色された肩胛骨と肋骨の位置関係が異なっていることに注意



理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター（形態進化研究グループ）・グループディレクター。理学博士。

1981年京都大学理学部卒業。94年熊本大学医学部助教授、98年岡山大学理学部教授を経て、2002年より現職。

専門は比較発生学。特に脊椎動物頭部形態。現在は昆虫の形態進化に関心をもつ。

05年日本動物学会賞、07年日本進化学会賞、木村資生記念学術賞受賞。

著書に『個体発生は進化をくりかえすのか』（岩波書店、2005年）、『動物進化形態学』（東京大学出版会、2004年）などがある。

植物の“花々しい”生活

奈良先端科学技術大学院大学

しまもと こう
島本 功

植物のすばらしさは花のすばらしさと言っても過言ではない。花のない生活は・・・のない人生みたいなものである。しかし、その花がどうしてできるのか、花を咲かせるホルモンがあるとすればそれはなにか?とか、意外にわかっていない。植物は、葉において季節ごとの日の長さを感じ、茎の先端にある茎頂分裂組織が花芽を形成し花を咲かせる。植物学者は、一定の日の長さ（日長）に置かれた植物が葉において花を咲かせる物質を作り、それが茎の先端まで移動することで花を咲かせていると考え、この物質のことを花成ホルモン：フロリゲンと呼んだ。フロリゲンの性質はその後多くの科学者たちにより研究されてきたが、その実体が何であるかはその提唱以来70年にわたり不明であった。

私たちは最近イネの開花のしくみを研究することで、フロリゲンの実体を明らかにすることができた。イネ開花促進遺伝子 *Hd3a* は、イネの開花を促進させる短日条件において、葉の維管束で働く。*Hd3a* タンパク質に緑色の蛍光を発する GFP タンパク質をつなげイネの維管束組織にのみ発現させてその機能を解析したところ、*Hd3a*:GFP タンパク質を発現させたイネは開花が野生型と比較して早くなり、さらに茎の先端である茎頂分裂組織において *Hd3a*:GFP の蛍光が確認された。これらの結果から *Hd3a* タンパク質こそがフロリゲンの実体であることが明らかとなった。

今回発見したフロリゲンはイネやトマトやポプラにおいても花を咲かせる機能を持っている。将来、フロリゲンを精製しさまざまな植物に処理することで、好きなときに好きな花を咲かせることができるようになるかもしれない。

Keywords 光周性：日の長さに反応する性質のことで、開花以外に動物でもその性質は知られている。
GFP タンパク質：緑の蛍光を発するクラゲ由来のタンパク質で、生物内のどの場所にタンパク質が存在するかを調べるために使われる。

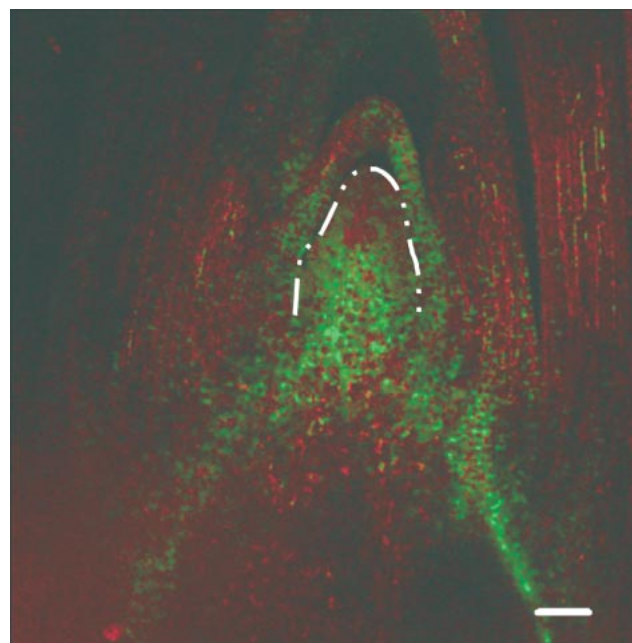


図1 レーザー蛍光顕微鏡による茎頂分裂組織におけるフロリゲンの観察 *Hd3a*:GFP タンパク質は白線で囲った茎頂分裂組織やその下部の維管束組織と茎頂分裂組織を囲む葉の部分で観察される

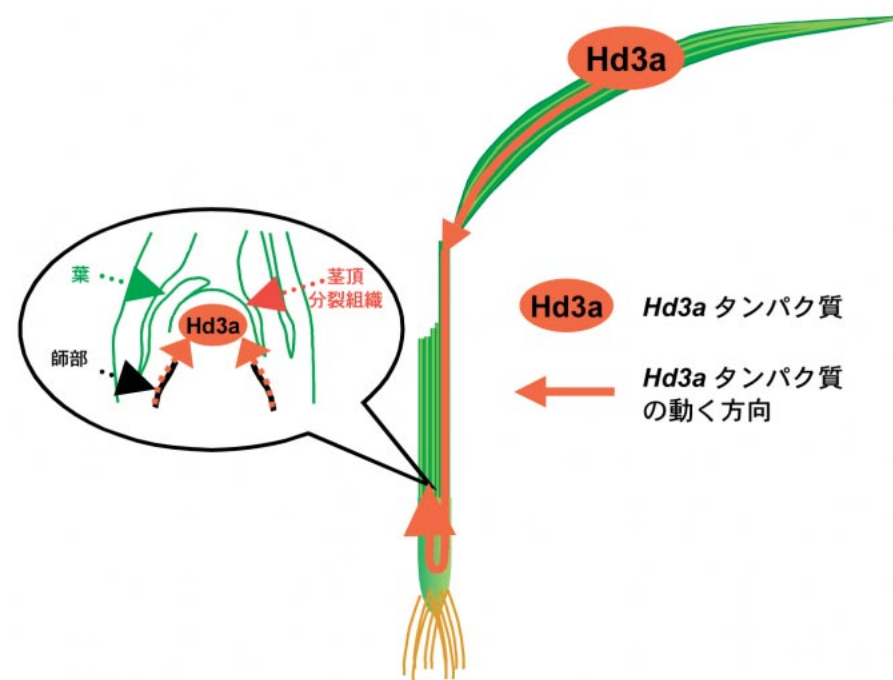


図2 フロリゲンの合成と移動のモデル図 フロリゲンである *Hd3a* タンパク質は葉の維管束で作られ茎の維管束を通して先端にある茎頂分裂組織へと運ばれ、そこで花を形成する



奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科・教授。Ph.D.

1974年京都大学農学部農林生物学科卒業。80年ウイスコンシン大学遺伝学 Ph.D. スイス Friedrich Miescher 研究所研究員、三菱化成植物工学研究所主任研究員を経て94年より現職。

専門は植物遺伝学。特に花の咲くしくみ、植物が病気から身を守るしくみに関心を持つ。91年日本遺伝学会奨励賞、94年日本育種学会賞、2000年木原財団学術賞受賞。

昆虫の起源と進化

JT 生命誌研究館 **そ ちけい**
蘇 智慧

昆虫は、現在の地球上もっとも多様化した動物群で、その種数が動物群全体の7割ほどを占めています。昆虫の起源と進化を解明するには、まず様々な昆虫種間の系統関係（類縁関係）を明らかにする必要があります。生物種間の系統関係を推定するには、従来、形態や生態のデータに頼っていたが、近年分子生物学の進歩によってDNA塩基配列やアミノ酸配列といった分子情報を用いるのが一般的になりました。

昆虫類は分類上、クモ類、ムカデ類と甲殻類（カニ、エビなど）と共に節足動物の仲間、羽をもつ有翅昆虫類と羽をもたない無翅昆虫類と大きく分けられます。従来、昆虫類はムカデ類から分岐し、羽を獲得したあと、一斉に多様化したと考えられていたが、近年の分子情報による系統解析の結果、昆虫類は甲殻類に最も近縁であることが明らかになりました。また、最近では無翅昆虫類と有翅昆虫類は全く別起源であることも指摘され、昆虫類の系統進化について、まだ不明なところが多いです。

私たちは、様々な分子情報を用いて昆虫の進化の道筋の解明を精力的に行っています。中でももっとも詳しく調べたのはオサムシの系統進化です。オサムシは、カブトムシやクワガタムシと同じ甲虫の仲間、歩く宝石といわれるほど、色とりどりの美麗種を多く含み、世界中に約1000種くらいが知られています。世界各地のオサムシの分子系統樹を作成し、形態からの知見と照らし合わせることで、進化過程における多くの新しい知見が得られました。このシンポジウムでは、私たちの研究を含め、昆虫全体の系統進化に関する最近の新知見を紹介いたします。

- Keywords**
- 節足動物**：動物の分類群の一つで、昆虫類、クモ類（きょうかく 鋏角類）、ムカデ類（多足類）と甲殻類を含む。堅い殻と明瞭な体節をもち、各体節に関節のある付属肢を有する。分類上は節足動物門と呼ばれる分類単位。
 - 系統樹**：共通祖先を有すると考えられる様々な生物種間の進化的関係を樹木状に表現した図である。枝の分かれは系統の分岐を示し、枝の長さは進化の程度や分岐後の時間経過を表す。
 - 分子系統樹**：遺伝子のアミノ酸配列やDNA塩基配列といった分子情報を用いて作成した生物の系統樹。

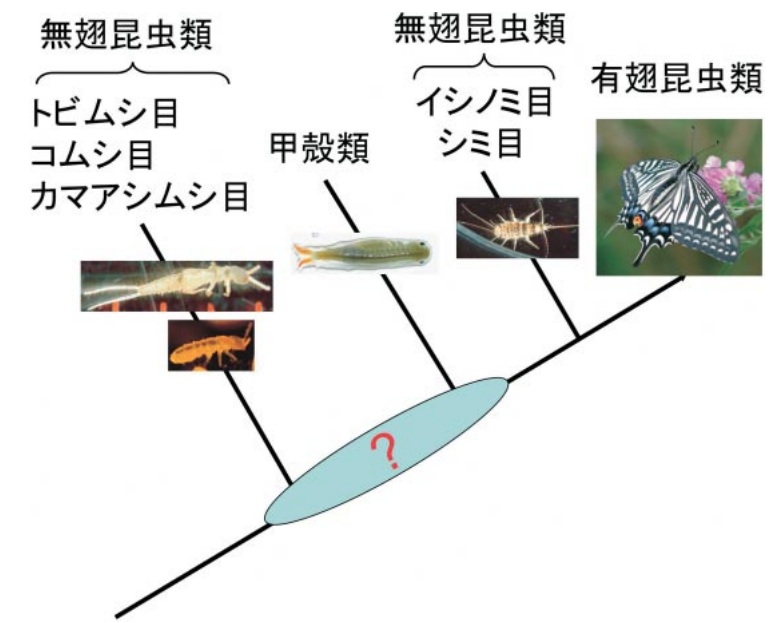


図1 昆虫の起源 トビムシなど無翅昆虫類と有翅昆虫類との間に、甲殻類が分岐していることが指摘されているが、私たちはこの指摘を検証しています

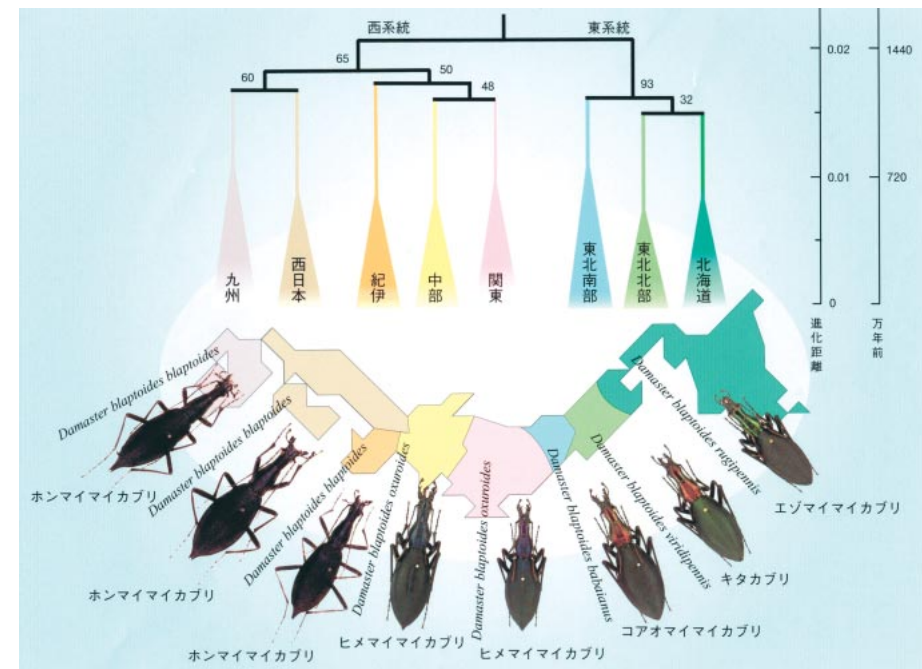


図2 日本固有のマイマイカブリの系統分化 日本列島の形成史とピッタリ一致しています



JT 生命誌研究館主任研究員。大阪大学理学研究科招へい準教授。農学博士。

1984年中国西南大学農学院卒業、94年名古屋大学大学院博士課程修了。同年JT生命誌研究館奨励研究員、97年同研究員を経て、2003年より現職。

専門は生物の系統進化学。特に昆虫の起源と系統進化。現在植物と昆虫の共生と共進化に関心をもつ。

00年日本遺伝学会奨励賞受賞。著書に『DNAでたどるオサムシの系統と進化』（哲学書房、2002年、共著）、『Molecular Phylogeny and Evolution of Carabid Ground Beetles』（Springer、2004年、共著）などがある。

共生と生物進化

産業技術総合研究所 生物機能工学研究部門

ふかつ たけま
深津 武馬

自然界において、生物というのは周囲の物理的な環境はもちろんのこと、他のさまざまな生物とも密接なかかわりをもってくらしています。すなわち、個々の生物というのは生態系の一部を構成していると同時に、体内に存在する多様な生物群集を含めると、個々の生物それ自体が1つの生態系を構築しているという見方もできるのです。

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせています。このような現象を「内部共生」といいますが、これ以上ない空間的近接性で成立する共生関係のため、きわめて高度な相互作用や依存関係がみられます。このような関係からは、しばしば新しい生物機能が創出されます。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築する場合も少なくありません。

共生関係からどのような新しい生物機能や現象があらわれるのか？共生することにより、いかにして異なる生物のゲノムや機能が統合されて1つの生命システムを構築するまでに至るのか？共に生きることの意義と代償はどのようなものなのか？個と個、自己と非自己が融け合うときになが起こるのか？

今回はこのような共生と生物進化の関わりについて、その多様性、相互作用の本質、進化的な意義、応用利用への展開の可能性など、基本的な概念から最新の知見までをわかりやすく紹介し、そのおもしろさと重要性についての認識をみなさんと共有したいと思っています。

Keywords **共生**：生物学の分野では、共生（symbiosis）は異なる生物が相互作用しながら一緒に存在する状態をさします。まさに「共に生きる」という意味です。共生している2種の生物が両方ともその関係から利益を得ているなら相利（mutualism）となりますし、一方が利益を得て他方が得も損もないなら片利（commensalism）、一方が利益を得るがもう一方は損をするなら寄生（parasitism）、両方とも得も損もないなら中立（neutralism）となります。すなわち、共生とはこれらの関係性すべてを包含する上位概念とみなされます。

図1 エンドウヒゲナガアブラムシ (a) の体内には、共生のために特殊化した菌細胞とよばれる巨大細胞が多数存在し (b)、その細胞質中には共生細菌ブフネラ (*Buchnera*) が充満している (c)。ブフネラは1億年以上の長い年月にわたりアブラムシ類と絶対的な共生関係にあり、アブラムシの餌である植物の汁液に不足している必須アミノ酸群を効率よく合成する機能を有する

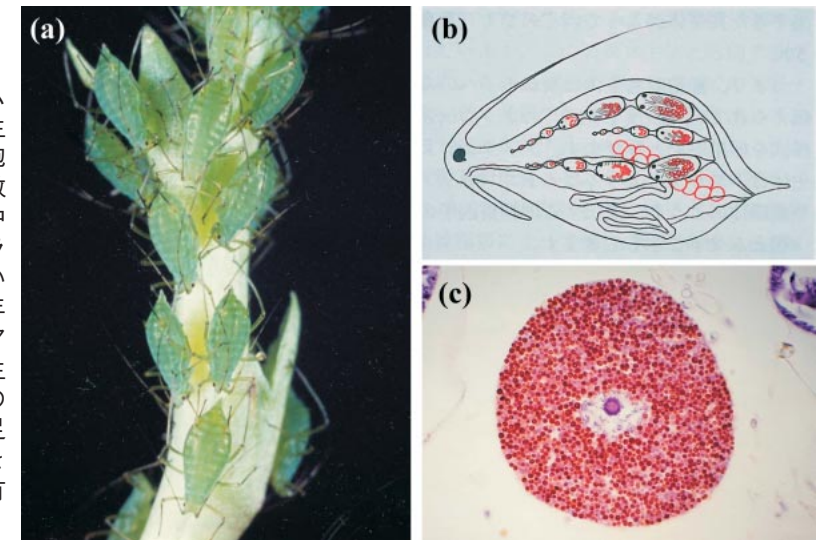
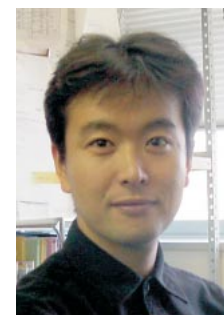
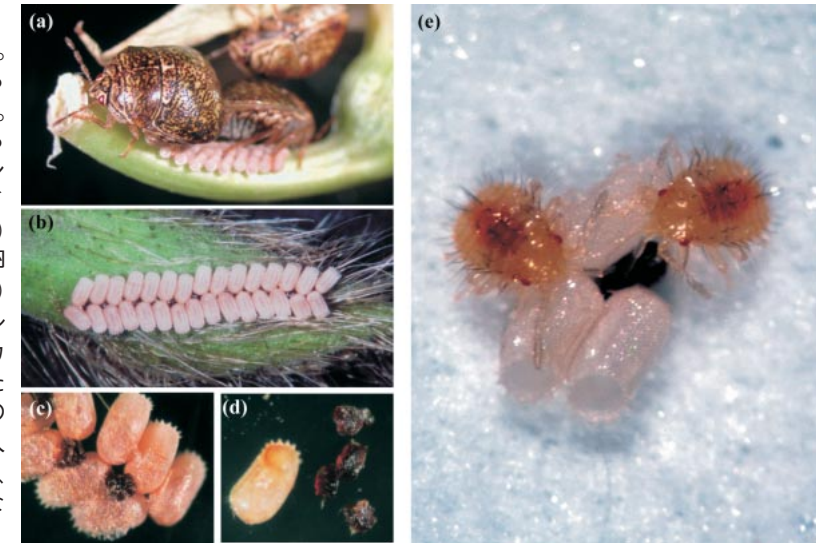


図2 (a) 交尾中のマルカメムシ成虫。足下に卵塊がみえる。(b) クズの芽に産みつけられたマルカメムシの卵塊。(c) 卵塊をはがして裏からみたところ。マルカメムシの母虫は、腸内共生細菌イシカワエラ (*Ishikawaella*) を封入した褐色の物体を卵と一緒に産みつける。(d) ピンセットで分離したマルカメムシの卵と共生細菌カプセル。(e) 孵化幼虫はただちに、口吻をお母さんの用意してくれた共生細菌入りのお弁当箱に突き立て、自らの成長と繁殖に必須な共生細菌を獲得する



(独) 産業技術総合研究所 生物機能工学研究部門 生物共生相互作用研究グループ 研究グループ長。理学博士。

1989年東京大学理学部卒業。94年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。95年通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所研究員等を経て、2004年より現職。03年より筑波大学大学院生命環境科学研究科助教授（連携大学院）、05年より東京大学大学院総合文化研究科教授（客員）を兼務。

専門は進化生物学。特に昆虫類と微生物の内部共生の進化に関心をもつ。

04年日本動物学会奨励賞、02年日本進化学会研究奨励賞受賞。

著書に「アブラムシの生物学」（東京大学出版会、00年、分担）など。翻訳書に「生物がつくる〈体外〉構造」（みすず書房、07年、監修）、「ウォーレス現代生物学（上/下）」（東京化学同人、91年、共訳）などがある。

脳が制御する塩分摂取

自然科学研究機構 基礎生物学研究所
統合神経生物学研究部門

のだ まさはる
野田 昌晴

Na (ナトリウム) イオンは生体の浸透圧活性の90%以上を担っており、体液(細胞外液)中のNa濃度は通常約145 mM (生理的Na濃度)に厳密に保たれています。また、細胞内のNa濃度も約15 mMに保たれています。体液のNa/水分のバランスが崩れた時、例えば長時間の絶水は体液中のNa濃度を約10%上昇させます。この時、我々は、尿量が減少するだけでなく、のどの渇きを覚え水分の補給を行うとともに、塩分摂取を抑制します。我々の体は、このようにNaの恒常性を保つために、塩分・水分の経口摂取と腎臓における排泄/再吸収の制御を統合的に行っています。それでは、我々の体はこの体液中のNa濃度の上昇を、どこでどのようにして感知しているのでしょうか。

我々は、その場所が、脳の第3脳室に面した脳室周囲器官であり、Naチャンネルファミリーに属する Na_x が、Na濃度上昇のセンサーであることを明らかにしてきました。 Na_x 遺伝子を欠損した動物は体液中のNa濃度が上昇していることを感知できず、脱水状態でも塩分の摂取を止めないという異常行動を示します。 Na_x の分布を調べたところ、予想に反して Na_x は脳室周囲器官の神経細胞ではなく、神経細胞を取り巻くグリア細胞の細胞膜に存在していました。最近の研究によって、グリア細胞が感知した体液Na濃度上昇の情報が神経細胞へ伝えられる仕組みが判明しました。そこには、グリア細胞が神経細胞の活動をコントロールするという、これまでの常識とは異なるグリア細胞の姿が見えてきました。

脳室周囲器官：脳弓下器官や終板脈管器官等に代表される脳室の周囲に位置する7つの器官の総称。その多くは脳室に面し、脳室を満たす脳脊髄液と接している。また、脳の他の領域と異なり、器官内の毛細血管は有窓であり(血液-脳関門が欠損している)、血液中の小分子が漏れ出す特異な場所である。

Naイオンチャンネル：神経細胞の膜に存在し、Naイオンを選択的に細胞内へ流入させる穴を形成する膜蛋白。電位依存性Naチャンネルは、細胞膜内外の電位差がなくなる方向へ変化した時(脱分極した時)、チャンネルが開口して一過性にNaイオンを細胞内へ流入させる。

図1 体液Naレベルと水/塩分摂取行動 脱水によって体液のNa濃度が上昇すると、ヒトやマウスを含めた動物は、水分を補給する一方、塩分摂取を回避する行動をとる

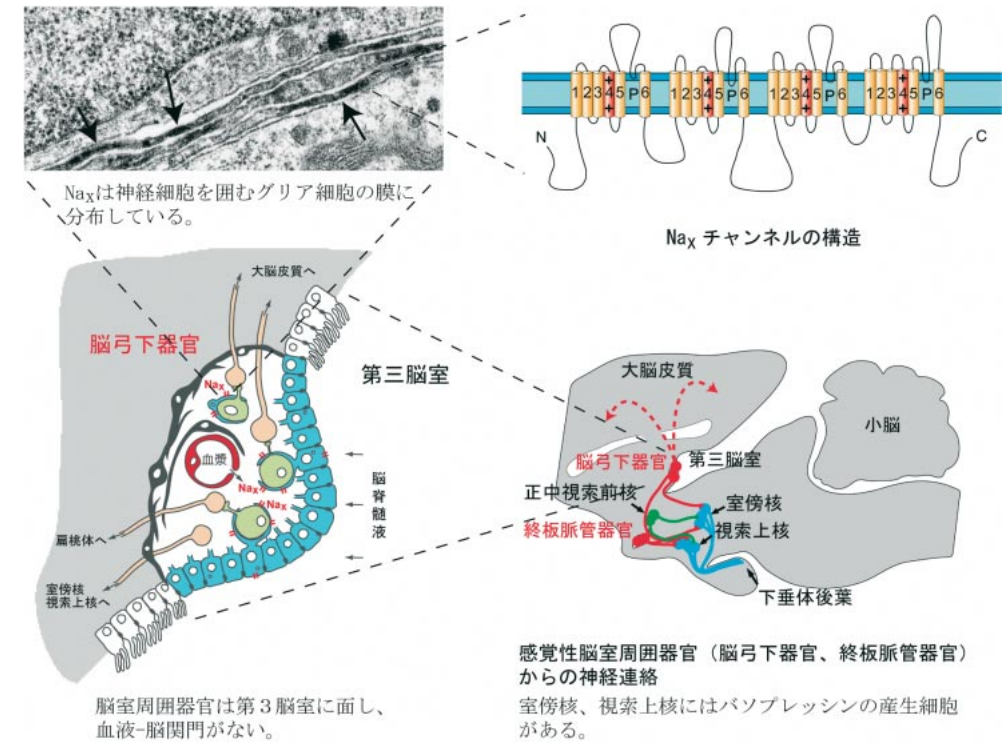
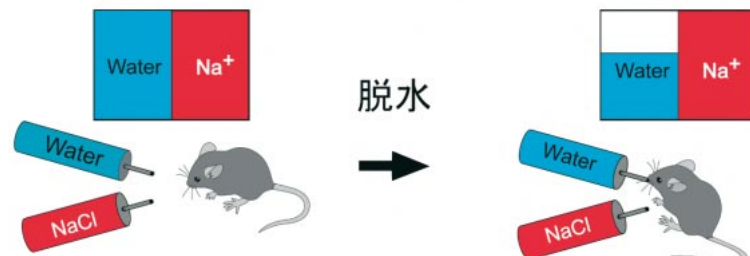
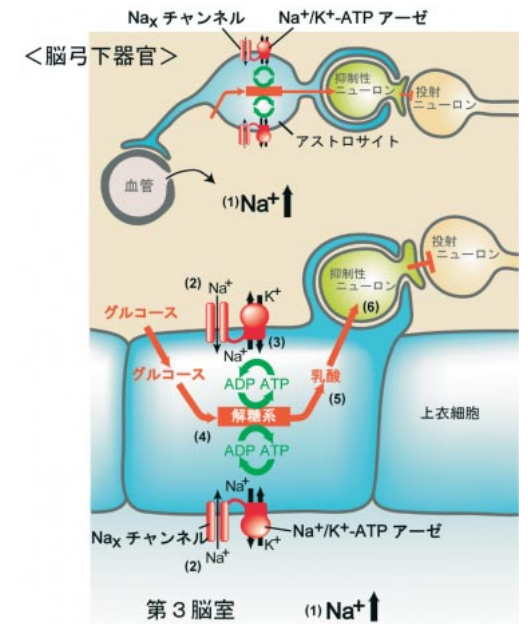


図2 体液Na恒常性に関わる脳のセンサー分子 細胞、器官、および神経回路

図3 グリア細胞によるNa濃度の感知と神経細胞制御の仕組みを示す模式図 脱水状態の動物において体液(細胞外液)のNa濃度が上昇すると(1)、それを脳弓下器官のグリア(アストロサイトと上皮細胞)の細胞膜上の Na_x チャンネルが感知して開口し(2)、細胞内Na濃度を上昇させるとともに、 Na^+/K^+ -ATPアーゼを活性化する(3)。 Na^+/K^+ -ATPアーゼはNaを細胞外へ汲み出すために多くのATPを消費し、それを補うためにグリア細胞のグルコース(糖)代謝が活性化される(4)。その結果、乳酸が産生・分泌され(5)、この乳酸が隣接するGABAニューロン(抑制性神経細胞)の発火頻度を上昇させる(6) (Shimizu et al. Neuron 54: 59-72 (2007) より改変)



自然科学研究機構 基礎生物学研究所・教授。医学博士。

1977年京都大学工学部卒業、79年京都大学大学院工学研究科修士課程修了、83年京都大学大学院医学研究科博士課程修了。京都大学医学部助手、助教授、マックスプランク発生生物学研究所客員研究員を経て、91年より現職。同年より総合研究大学院大学生命科学研究科教授を併任。

専門は分子神経生物学、神経発生学。

84年日本生化学会奨励賞、日本分子生物学会奨励賞。

ISI Highly Cited Researcher (Biology & Biochemistry 分野)。

閉会挨拶



おかだ きよたか
岡田 清孝

自然科学研究機構 副機構長、基礎生物学研究所長。理学博士。

1971年京都大学理学部卒業、75年京都大学大学院理学研究科博士課程退学。75年東京大学理学部助手、86年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所助手、89年同助教授、95年京都大学大学院理学研究科教授を経て、2007年より現職。

専門は植物分子遺伝学。特にモデル植物シロイヌナズナを用いた植物の発生学。現在は器官の形成を司る細胞間シグナル伝達の機構に関心をもつ。

著書に『植物の形づくり』（共立出版、2002年）、『植物の環境応答と形態形成のクロストーク』（シュプリンガー・フェアラーク東京、2004年）、『モデル植物の実験プロトコール』（秀潤社、2005年）（いずれも共編）などがある。

第1回 自然科学研究機構シンポジウム

見えてきた！宇宙の謎。生命の謎。脳の謎。

科学者が語る科学最前線

1—挨拶：自然科学研究機構とは何か
自然科学研究機構 機構長 志村 令郎2—本日のシンポジウムのコンセプトと概略説明
ジャーナリスト 立花 隆3—見えてきた！宇宙の謎、宇宙生命の謎
国立天文台 天文台長 海部 宣男4—見えてきた！生命の謎
生物はどこからきてどこに行くのか
基礎生物学研究所 教授 長谷部 光泰

5—もう一つの宇宙＝脳の神秘が見えてきた

脳は不思議がいっぱい
生理学研究所 教授 柿木 隆介フェムト秒レーザーがとらえる脳の秘密
生理学研究所・東京大学 教授 河西 春郎

6—パネルディスカッション：

21世紀はイメージング・サイエンスの時代

司会：岡崎統合バイオサイエンスセンター 永山 國昭

総論：科学は見る時代から見えないものを観る時代へ
岡崎統合バイオサイエンスセンター 教授 永山 國昭蛍光ラベル法で見た生物の発生過程
基礎生物学研究所 助教授 田中 実ナノの世界まで光で見えてしまう近接場光学
分子科学研究所 教授 岡本 裕巳位相差電子顕微鏡で見えてきた生き物のナノ世界
生理学研究所 教授 永山 國昭ポケもゆらぎもキャンセルしてしまう補償光学
国立天文台 研究連携主幹 家 正則イメージング計測が解明した核融合プラズマの謎
核融合科学研究所 教授 長山 好夫

パネルディスカッション

7—総括と予告 立花 隆



第2回 自然科学研究機構シンポジウム

爆発する光科学の世界

量子から生命体まで

機構長挨拶 自然科学研究機構長 志村 令郎
趣旨説明 ジャーナリスト 立花 隆

[新しい光源]

Overview 分子科学研究所 松本 吉泰

光シンセサイザーを手のひらに
—マイクロ固体フォトリソグラフィの新展開
分子科学研究所 平等 拓範宇宙の光を地上でつくる—シンクロトロン光源
分子科学研究所 加藤 政博

[光と分子]

量子の波を光で制御する 分子科学研究所 大森 賢治

光を吸う分子の木 分子科学研究所 江 東林

光触媒がもたらす安全・安心な社会
神奈川科学技術アカデミー 藤嶋 昭

[光と生命体]

Overview 京都大学 三室 守

葉緑体の光による細胞内移動
基礎生物学研究所 和田 正三光を見る微生物のしくみ
総合研究大学院大学／基礎生物学研究所 渡辺 正勝発達する脳を光で見てみよう
生理学研究所 鍋倉 淳一

総括 立花 隆

閉会挨拶 分子科学研究所長 中村 宏樹



第3回 自然科学研究機構シンポジウム

宇宙の核融合・地上の核融合

バイオリン演奏 加藤 菜津子

趣旨説明 ジャーナリスト 立花 隆

機構長挨拶 自然科学研究機構長 志村 令郎

オーバービュー

宇宙エネルギーの源—核融合エネルギーの実用化への道
核融合科学研究所長 本島 修

[第1部 宇宙の核融合]

私たちに最も近い星・太陽と、地球とのつながり
国立天文台 桜井 隆ニュートリノで探る太陽
東京大学宇宙線研究所 鈴木 洋一郎地上の太陽から宇宙を探る
核融合科学研究所 加藤 隆子

[第2部 地上の核融合]

導入 立花 隆

一億度のプラズマを閉じ込める
核融合科学研究所 山田 弘司一億度にプラズマを加熱する
核融合科学研究所 竹入 康彦核融合、そして、地球のための超伝導技術
核融合科学研究所 柳 長門レーザー核融合から新しい宇宙物理学の誕生へ
大阪大学 高部 英明核融合から21世紀の産業技術へ
核融合科学研究所 佐藤 元泰

まとめ 立花 隆

[パネルディスカッション]

一万年続く高度文明は存在するか？

司会：葛西 聖司 (NHK アナウンサー)
パネリスト：立花 隆、松本 零士 (漫画家)、海部 宣男 (前国立天文台長)、本島 修

閉会の挨拶 本島 修