

南方熊楠の進化論

熊楠は生物進化論をどうとらえていたのだろうか。また、熊楠が執念を持って取り組んだ粘菌は現代進化学でどのようにとらえられているのだろうか。進化生物学者が語る。

斎藤成也

Naruya Saitou

(国立遺伝学研究所・集団遺伝研究部門 教授) Ⅱ 文

南方熊楠は、一八九二年から一九

〇〇年までロンドンに八年間滞在し

「演化」と訳すことが多い。

学関係はさらに割合が少ないようだ。

ていた期間に、チャールズ・ダーウ

いた。「進化」という翻訳は不適切で

さて、熊楠は *Nature* に多くの文

大部分は民俗学や民族学に関するも

インなどの著作をかなり読んでいた

と述べているのだ(全集巻七、二四九

章を寄せたことで知られている。お

のであり、わずかに『植物学雑誌』(日

らしい。ただ、彼の著作やその伝記

頁)。個人への書簡だけでなく、な

そらく現在でも日本人で寄稿した数

本植物学会の機関誌)に彼が見出し

などからは、進化論に正面からむき

んなかの雑誌なりにこの意見を表明

では最多であろう。『南方熊楠全集』

た粘菌類について三編、コウモリと

あつてそれ単独で考察した文章を書

してもらいたかったものである。現

卷一〇には、熊楠が *Nature* に発表し

の二編を発表しているのみである。

いたことはいかがえなかった。『南

代進化学では、evolution とは DNA

た論文五〇編が掲載されている。二

未発表原稿にも、進化論はおろか、

方熊楠全集』別巻二(平凡社)にあ

複製でまれに生じる突然変異が蓄積

〇〇五年に刊行された『南方熊楠英

生物学の研究成果と思えるものは、

る総索引を見ると、「進化論」は土

する過程ととらえられているが、ダ

文論考「ネイチャー」誌篇(集英社)

題名からは発見できなかった。

宜法龍宛書簡の一節(全集巻七、二

ーウインがすでに「変更をとまなう

は、これらを日本語訳して分野ごと

しかしながら、『南方熊楠全集』

四九頁)で触れられているだけであ

のいうとおりだ。なお中国では、日

学の研究で進化論に関連がありそう

には、おそらくその全部を加えられ

り、ダーウインの名前もちらほらと

出てくる程度である。

なのは、隠花植物の分類や生息域に

なかつた菌類図譜がある。およそ三

出でくる程度である。

本文化の影響で evolution を「進化

関する五編の短文にすぎない。日本

五〇〇種について彩色された図譜が

しかし、熊楠は英語の evolution

としている場合も見受けられるが、

語で書かれた熊楠の文章には、生物

遺されているようだが、熊楠存命中

には資金や技術的な問題もあり、出版されなかった。その一部ではあるが、二〇〇七年に『南方熊楠 菌類図譜』（新潮社）が刊行されたのはめでたいことだ。国立科学博物館ですべての図譜がスキャンされたので、デジタルデータとして後世に残るだろう。

粘菌とは

さて、南方熊楠が収集に力をいれた粘菌とは、いったいどのような生物なのだろう。二〇一二年に、私を編集長とする日本進化学会の編集委員会は、共立出版から『進化学事典』を刊行した。そこにおける粘菌の位置をみてみよう。この事典は、第一部「進化史」、第二部「進化のしくみ」、第三部「進化学とそのひろがり」という三部構成になっている。第一部の第六章が菌類にあてられており、そのなかに粘菌類が記述されている。しかしこれは、伝統的に粘菌がカビやキノコの仲間に分類されていたという歴史的状況を反映したものにすぎない。

全生物の分類としては、かつては

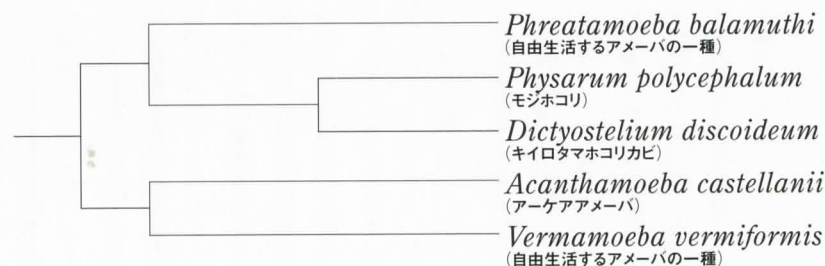
原核生物界、動物界、植物界、真菌界、原生生物界の五界が立てられたことがあったが、現在では原核生物をArchaea（古細菌）とBacteria（真正細菌）にわけ、Eucarya（真核生物）とあわせて三ドメインと呼ぶことが一般的になっている。真核生物ドメインの下にどのような系統が位置するのかが、分類学者によって意見が異なるが、『進化学事典』で中山剛が担当した「3.6 原生生物」では、まず三つ（オピストコンタ上界、アメーバ生物上界、バイコンタ上界）にわけられている。動物と菌類はどちらもオピストコンタ上界、植物はバイコンタ上界にそれぞれ含まれている。粘菌はこれらふたつの上界のどちらでもないアメーバ生物上界のなかの唯一の門、アメーボゾア門に含まれているので、まさに動物でも植物でも菌類でもないということになる。なお、『進化学事典』で倉谷

滋が担当した「7.1 動物」の項目には、「動物・植物の間に位置するとみなされた粘菌は、博物学者、南方熊楠を魅了した」という記述がある。菌類に属すると長く考えられていた粘

菌だが、熊楠が粘菌は菌類ではないと考えていたとしたら、時代をおおきく跳び越えていたと言える。アメーボゾア門には、粘菌のほかにも、門の名称の由来であるアメーバが含まれる。真核生物の分子系統解

【アメーボゾア5生物種の系統関係】

(Cavalier-Smithら [2014]より)



析で著名なスウェーデンのサン德拉・バルタウフや英国のキャバリエ「スミス」は、アメーボゾアがオピストコンタにやや近いと考えている。一方、東京大学理学部生物学科の野崎久義は、真核生物全体の中でアメーボゾアの系統がまず分岐したと推定している。ただ、どちらの考え方も共通祖先を無視した「無根系統樹」では類似しており、どこに共通祖先を位置づけるかが意見のわかれるところになっている。

「粘菌」とひとくちに言っても、その中は多様である。特に、伝統的に真正粘菌（変形菌とも呼ぶ）と細胞性粘菌（タマホコリカビなど）に分類されてきたこれらふたつのグループは、まったく系統が異なるという意見もあった。しかし、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を比較して生物の系統を推定する分子系統学の発展により、真正粘菌と細胞性粘菌は、どちらもアメーボゾアの中に位置することが確定している。

上図は、キャバリエ「スミス」らが二〇一四年に発表した論文において

示した真核生物の系統樹の中で、ア
 メーボゾアに含まれる五生物種の系
 統を示したものである。この中で、細
 胞性粘菌であるキイロタマホコリカ
 ビ (*Dicystostelium discoidemum*) は、
 真正粘菌であるモジホコリ (*Physa*
rum polycephalum) とクラスター(同
 系統)をなし、さらにアメーバの一種
 (*Phreatamoeba balamuthi*) とクラ
 スターを形成する。

細胞性粘菌は、その名のとおり単
 細胞になることもあるが、真正粘菌
 は、多核体である。多核体は、巨大
 な単細胞体とも、区画を欠く多細胞
 体とも考えられる、特異な体のつく
 りである。人間の体でも、筋肉系に
 は多核体になっている組織がある。

真核生物は単細胞の形で出現し、
 現在でも大部分の系統は単細胞の状
 態である。これらを原生生物と呼ぶ。
 原生生物は古い教科書などでは原生
 動物と呼ばれることもあるが、多細
 胞である動物と異なり、基本的には
 単細胞である。また、現代風の種類
 では、動物はHox遺伝子群を持ち、
 頭と尾という軸構造があるものと
 する考え方が主流になってきており、

この場合には、伝統的に動物だとさ
 れてきた海綿がこのような特徴を持
 たないために、動物にもっとも近縁
 な非動物という位置づけになってい
 る。植物についても、従来の狭義の
 「植物」は陸上植物と呼ばれ、かれ
 らはすべて多細胞だが、緑藻や紅藻、
 褐藻などの藻類を含む、色素体(葉
 緑体など)を細胞内共生でとりこん
 だグループを、現在では広義の植物

【それぞれのモデルによるR値】

生物名	1塩基	2塩基	3塩基	4塩基
大腸菌	9.4	7.6	5.3	3.2
パン酵母	9.0	6.2	5.0	3.4
シロイヌナズナ	33.6	23.7	18.6	13.9
細胞性粘菌	56.8	38.5	35.7	18.9
シヨウジョウバエ	41.3	29.9	23.1	19.3
メダカ	115.8	71.2	49.5	37.3
トカゲ	188.9	130.4	110.0	92.1
マウス	309.0	219.0	145.1	122.8

代表的な生物種のゲノムにおけるR値の比較(Kryukovら [2012]より)

としている。この中には単細胞のも
 のも多い。菌類についても、カビや
 キノコなど、多細胞の系統も多いが、
 祖先の多細胞状態から単細胞にもど
 ったものもあり、ひっくり返して「酵
 母」と呼ばれる。この中でも、パン
 酵母は人間がパンの発酵に長く使っ
 てきたもので、生物学でも真核生物
 の代表として研究に用いられている。

粘菌のゲノム解析

このように、単細胞・多細胞とい
 う区別は、生物の系統や体制を論じ
 るのに、かならずしも適切なもので
 はない。そこで、私たちはゲノム配
 列の複雑性に着目した。ほとんどの
 生物のゲノムはDNAから構成され
 ており、四種類の塩基(A、C、G、
 T)がずらっと並んでいる。二二世
 紀に入ってから、三〇億個あまりの
 ヒトゲノムの塩基配列が解読された
 のをはじめとして、多数の生物種の
 ゲノム配列が決定された。そこで、

以下のような指標を用いて、ゲノム
 の複雑性を定義した。まず、ゲノム
 の中で連続するn塩基の個数を計算
 する。nは一、二、三……と大きく

してゆけるが、コンピュータの計算
 容量の制限もあり、現在のところ八
 塩基まで計算している。この場合、
 四の八乗、すなわち六五五三六通り
 の八塩基からなる文字の観察頻度が
 数えられる。次に、これらの頻度を
 より短い塩基文字の頻度から推定す
 る。観察頻度と推定頻度の差が小さ
 ければゲノムの複雑性は小さく、差
 が大きければゲノムの複雑性が大き
 いと考える。塩基列は多数あるので、
 すべての可能性について両者の差の
 二乗を合計して標準偏差Rを計算す
 る。このR値をあるゲノムの複雑性
 とするのである。

表に、代表的な八生物種のゲノム
 におけるR値をしめた。八塩基列
 の観察頻度と、一塩基列から四塩基
 列までの観察頻度をもとにして推定
 した頻度との差であるRが示してあ
 る。大腸菌は原核生物の代表であり、
 一〜四塩基列のどれもR値は一〇未
 満である。私たちはほかに数百の
 原核生物ゲノムを解析したが、大腸
 菌と同様にゲノムの複雑性はきわめ
 て低かった。これに対して、哺乳類
 の代表であるマウスのゲノムは、R

値が一〇〇から三〇〇であり、複雑性が大きい。ヒトを含む二〇生物種以上の他の哺乳類ゲノムでも、同様の傾向だった。系統的に哺乳類から少し離れた爬虫類の代表としてトカゲ、魚類の代表としてメダカのR値も表には示してあるが、哺乳類ほどではないものの、R値は一〇〇を超えることもあり、複雑性はかなり高い。

ところが、同じ動物だが無脊椎動物となると、複雑性が下がってくる。例としてシヨウジョウバエゲノムのR値が表に示してあるが、数十にとどまっている。植物の代表として示したシロイヌナズナのゲノムも同様である。しかし動物と植物は、原核生物のゲノムよりは複雑性が高い。真核生物で代表的な多細胞生物群には、動物と植物のほかに、菌類がある。その一例としてパン酵母ゲノムのR値が表に示してあるが、複雑性がほとんどなく、大腸菌とほぼ同じである。ほかの数十種類の菌類ゲノムでも、同様の傾向だった。

本稿で問題にしている粘菌について

では、細胞性粘菌（キイロタマホコリカビ）のゲノムが決定されている。三四〇〇万塩基の大きさであり、GC含量は二二・四%と、ヒトゲノムの半分ぐらいで、八割近くがアデニン（A）とチミン（T）であることがわかる。この粘菌のR値が表に示してあるが、植物や無脊椎動物と同じ程度の複雑性を持っている。ほかの原生生物ゲノムについても、菌類よりも若干複雑性が高い傾向があった。

R値で示されるゲノムの複雑性がどのようなメカニズムに由来するのかは、現在のところ謎であるが、ひとつの可能性として、体制の複雑さと相関があるように思われる。つまり、単細胞の原核生物や、大部分多細胞ではあるが細胞の種類が少ない菌類ではゲノムの複雑性が低い一方、明確な体制を持つ植物や動物、特に脳神経系が高度に発達した脊椎動物でゲノム複雑性が高くなっているのだ。この観点からすると、細胞性粘菌のゲノム複雑性が、植物や動物と同程度あるというのは興味ぶかい。

私は実際に粘菌を見たことがないが、南方熊楠は彼が愛用した顕微鏡を使って、キノコやカビとは異なる細胞の複雑性を粘菌にみとめていたのではなからうか。将来、ゲノムの複雑性と生物の体制の複雑性を結びつけるメカニズムが発見されることを期待している。

熊楠のDNA

南方熊楠の民俗学に関連した話を最後に触れたい。日本に民俗学を確立した柳田国男は、オコゼをめぐって熊楠が『東京人類学会雑誌』に発表した論文から熊楠と交流がはじまった。柳田が熊楠を和歌山県の田辺まで訪問したこともある。しかし彼らはその後たもとをわかった。確執の原因のひとつは、山人をどうとらえるかからはじまったという。山人は、あるいは古来から日本列島に住み着いてきた、古い移住者の子孫の一系統なのかもしれない。ひよっとすると、山人とその他の普通の日本列島人の違いは、日本の神話に登場する国つ神と天つ神の対立につな

がるのではなからうか。第二次世界大戦以前には、この問題に触れることにはいろいろとさしざわりがあった。日本に人類学を導入した坪井正五郎も、若い時その問題に深入りしてはいけないうと年長者に指摘されて、その後はコロボックル説というわけのわからない仮説に逃げ込んでしまった。

現在は、そのようなしぼりはない。私たちは今、国つ神と天つ神の違いが現代人にもかすかに見られるのではないかと考え、日本列島のいろいろな地域の人々のゲノム多様性を調べている。あの容貌魁偉だった熊楠も、あるいは国つ神のDNAを受け継いでいたのではなからうか。

さいとうなるや 国立遺伝学研究所・集団遺伝学部門 教授。一九五七年、福井県生まれ。七九年、東京大学理学部生物学科卒業。八六年、テキサス大学ヒューストン校博士課程修了。著書に『ゲノム進化を考える』（サイエンス社）、『ゲノム進化入門』（共立出版）、『自然淘汰論から中立進化論へ』（N-T-T出版）、『ダーウィン入門』（ちくま新書）などがある。