

細胞社会のコミュニケーション（全12回）

第1回 細胞社会とは？

浦野明央（北海道大学名誉教授）

しばしば“細胞社会”という言葉を目にする。筆者自身もこの言葉のついたプロジェクトに参画したことがあるし、講義でも使ってきた。しかし、今回の連載を始めるにあたり、念のためと思ってあれこれ調べてみたところ、この言葉は公認の学術用語ではないことが分かった。公認ではないというのは、文部省（現文部科学省）の学術用語集・動物学編および植物学編に“細胞社会”という用語がないということである。それだけでなく、日本動物学会と日本植物学会が共同で編纂した生物教育用語集の中にも見当たらず、岩波の生物学辞典第4版の全文検索でも、説明文の中にただ一カ所だけ、「組織学は…いわば細胞社会学ともいえる」、というくだりが見つかっただけであった。

“細胞社会”が学術用語に入っていないのは、用語集が、英和編と和英編で構成されていることから分かるように、もともとは英・米語の専門用語を取捨選択して採録し、それに和訳をつけることで作られた英和辞典であったためである。ということは、英・米語には“細胞社会”に対応する専門用語がないということになる。一方、動物社会や昆虫社会は、それぞれ animal society および insect society の訳語として採録されていた。そこで、グーグル・スカラーで“cell society”および“cell community”という言葉を検索したところ、“cell society”を用いている生物・医学分野の学術論文はごく僅かであったが、“cell community”の方はある程度は用いられているという結果になった。（Society は同種の個体群の集団、community は異種の個体群が作る集団を指す時に使われる言葉である。Community が使われることが多いのは、生体は異種の細胞群によって作られている集団と認識されているからであろう。）

細胞社会という言葉を用いることの是非

上に述べたように“細胞社会”という言葉は、学術用語ではないが、複数の細胞が限られた空間で営んでいる生命活動を見ると、細胞が集まって作っている集団に、社会という言葉当てはめてもいいのではないかと思えてくる。

それは、人の集団だけでなく、生物の集団についても社会生活という考え方が当てはめられているからで、生物教育用語集では、社会生活を「有性生殖をする限り、どの生物も生存期間のいずれかの時点で他個体となんらかの社会関係をもつが、ある程度の持続性をもった集団生活または集合した生活場面をさすことが多い。後者については、物理的な集合だけでなく、個体間に共同や競争などの社会関係を生じる場合をさす。」と説明しているからである。

極端な言い方になるが、生物の中には、個々の細胞が個体として生存するとともに社会生活を営んでいる単細胞生物がいる。系統発生的には、生物の進化の途上で、複数の単細胞生物が集まり、多細胞生物が出現してきたことになっている。多くの細胞の集合体が1つの個体として振る舞うためには、個体を構成している細胞同士が、単細胞生物時代の社会生活より複雑な相互関係をもつ必要があっただろうし、その関係を維持していくためには、細胞間のコミュニケーションを発達させる必要があったに違いない。このようにして出来上がってきた細胞の集合体は、やはり“細胞社会 (cell community)”とよばれて然るべきではないだろうか。

なお、生物の世界は、大きく真正細菌、古細菌、真核生物という3つのドメインに分けられている。現世の真核生物の細胞、すなわち真核細胞は、進化のある段階で、原始的な細菌を取り込んだ共生体であると考えられている。動物細胞ならミトコンドリア、植物細胞ならミトコンドリアと葉緑体が、核にある遺伝情報とは別個の遺伝情報を連綿として受けついできた。ミトコンドリアは真核細胞本体のエネルギー源で、そのエネルギー産生量は本体の影響下にある。したがって、真核細胞は、それ自体で細胞社会を構成していると言えなくはないのだが、本連載では、それは置いておき、真核細胞が集まって作っている細胞社会における細胞間のコミュニケーションを見ていくことにしたい。

原生物の細胞社会

上に「有性生殖をする限り、どの生物も生存期間のいずれかの時点で他個体となんらかの社会関係をもつ」という文を引用したが、多くの種が単細胞性で通常は無性生殖を行う原生物に、有性生殖相をもつものや、食物不足などのストレス時に有性生殖を行うグループが見られるという（レーヴン他，2007）。

有性生殖を行う原生物のグループの一つは、実験生物として知られている

ゾウリムシやテトラヒメナなどの繊毛虫類である。繊毛虫類では、その生活環の大部分を二倍体が占めており、ゾウリムシは、およそ700世代にわたって無性的に分裂する。すべての繊毛虫類は、大核と小核、2種類の核をもち(図1)、ゾウリムシでは、有糸分裂によって複製される大核が、生理機能に不可欠な役割を果たす。しかし、有性生殖が起こらないと死んでしまう。繊毛虫の小核はこの有性生殖に必要とされているのである。

他の多くの繊毛虫と同じように、ゾウリムシも接合と呼ばれる有性生殖、すなわち2個体の細胞が数時間にわたる接触を見せる(図1)が、ゾウリムシには複数の接合型が存在するため、遺伝的に決まった接合型の相手としか接合できない。接合が始まると、それぞれの個体の小核の減数分裂によりいくつかの一倍体の小核が形成されるとともに細胞質の間に架橋ができる。この架橋を通して、対合した個体間で一對の小核が交換される。

緑藻類の原始的な姿を示すクラミドモナスでは、一倍体と二倍体の細胞のいずれもが有糸分裂を行い、その生活環の中で、植物で見られるものに似た世代交代を見せる。この2本鞭毛の微視的な藻類は、一倍体の世代では、無性的に分裂することにより自分と同じコピーを作り出して増殖するが、時により、この一倍体の細胞が配偶子として機能する。配偶子は接合を行って、二倍体の接合子を形成する。接合子の中では減数分裂が起こり、最終的には4個の一倍体の個体が放出されるが、減数分裂時の分離により、4個のうち2つは(+)株、残りの2個は(-)株となる。いずれのタイプも無性的に分裂して増殖することは可能であるが、有性生殖が起きる時には(+)と(-)の株同士のみが接合可能であるという(図2)。

ゾウリムシやクラミドモナスで見られるような現象には、多細胞生物の精子

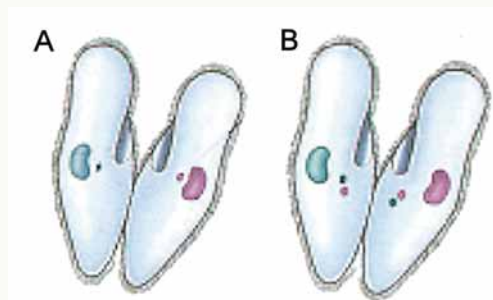


図1 接合開始時 (A) および接合中 (B) のゾウリムシの大核と小核。(レーヴン他, 2007 を参照して作図)

が卵を目指して遊走し授精するのと同じように、細胞の膜表面に接合の相手を認識する機構があるのであろう。

襟鞭毛虫類と海綿動物の細胞は情報分子を利用している

細胞間のコミュニケーションでは、多くの場合、情報を発信する側が出した化学的な信号を、受け手の細胞がその細胞膜の表面で受け取り、それを細胞内に増幅して伝えている。多細胞動物の細胞内では、信号を増幅するのに、特定のタンパク質にリン酸を結合させる、すなわちリン酸化している。情報を受け取り、細胞内で信号を増幅しているこのシステムを、(細胞内)情報伝達系とよんでいる。

原生生物の中にあって、襟鞭毛虫類は、淡水海綿に似た構造をもち、すべての動物の共通祖先ではないかと考えられている。それに加えて、海綿動物と同じように、襟鞭毛虫類の細胞表面には、タンパク質のチロシン残基をリン酸化することによって細胞内の情報伝達系を起動する膜受容体（実体は細胞膜に埋まっているタンパク質）があるという。この受容体タンパク質の構造が多くの動物のものに似ているので、原生生物とは言っても、襟鞭毛虫類の細胞は、多細胞動物の細胞内情報伝達系に近いものをもつと考えられる。（受容体があるのなら、それに結合する情報分子もあるはずであるが、今のところ、それにつ



図2 クラミドモナスの生活環。説明は本文参照。（レーヴン他，2007を参照して作図）

いての文献を見つけられずにいる。次回までに調べられるだけ調べてみよう。)

海綿動物になると、いかにも多細胞動物らしく、何種類かの細胞で体が作られているのだが、それらの中にニューロンの祖先ではないかと思われるような突起を伸ばした細胞が見られるという。単細胞生物から多細胞生物への進化が始まった時、細胞がどのような集合体を作っていたのか分かっていないが、体を作っている細胞の数と種類が増えてくると、互いに接し合った少数の細胞の集まりでは用のなかつた情報伝達のスペシャリストが必要になってきたのではないだろうか。これについては、ネットワークの検索では引っ掛かってこない何十年か前の、形態学が華やかだった頃の論文を見つけ出さないといけない話かもしれない。

参考文献

日本植物学会 [編]：学術用語集・植物学編. 丸善 (1990)

日本動物学会 [編]：学術用語集・動物学編. 丸善 (1988)

日本動物学会／日本植物学会 [編]：生物教育用語集. 東京大学出版会 (1998)

八杉龍一, 小関治男, 古谷雅樹, 日高敏隆 [編]：岩波生物学辞典第4版. 岩波書店 (1996)

レーヴン他著 R/J Biology 翻訳委員会監訳：レーヴン／ジョンソン生物学 [上・下] 培風館 (2006, 2007)