# 細胞社会の暗号を、解読、する

# 太田次郎

Jirō Ōta・お茶の水女子大教授・細胞生物学

われわれの体は、約60兆個の細胞より成るといわれる。それら多数の細胞は、ばらばらに集まっているのではなく、決まった構造や機能をもったものが特定の場所に、規則正しく配列している。がんにかかった時のように、この秩序正しい配列が乱されると、個体は正常な状態を保てなくなり、しばしば死を迎えてしまう。したがって、われわれ人間をはじめ多くの多細胞生物の個体の生命は、その構成単位である細胞間にみられる、規則性に依存しているということができる。

細胞間の秩序を保つ仕組みは、いろいろ知られている。脳が神経系を通して全身の働きを統制していること、脳下垂体が中心となってホルモンを分泌し、それが血液によって体の各部に運ばれてその部分の働きの調節を行っていることなどがその例である。それらは、人間の社会にたとえてみれば、中央政府から発せられる指令のようなものである。

しかし、その指令が末端に行きわたるには、個々の場所に住む住民間のコミュニケーションがよく行われている必要があろう。生体の中でも、住民に相当する細胞の間に、様々な連絡がみられる。まず、隣組同士ともいえる隣接した細胞間のつながりの例をあげてみよう。

#### ◆スキンシップがないがん細胞

ニワトリの胚や、マウスの胎児の心筋細胞をばらばらに分離して同じ容器で培養すると、個々の細胞はそれぞれ、あるリズムで伸縮運動をする。初めのうちはそろっていなかった運動のリズムが、しだいに同調するようになり、24時間ぐらいたつと、すべての細胞がいっせいに伸びたり縮んだりする。

このようにリズムが同調するのは、それぞれの

細胞が互いに接し合うためである。一見離れているように見える場合でも、電子顕微鏡で詳しく調べてみると、細い細胞質の突起が接触し合っている。また、心筋細胞同士が直接接触していなくても、培養の中に混じっている別種の細胞が仲介して、運動のリズムは同調する。しかし、心筋細胞と接着できない細胞には、仲介能力がない。

この実験からわかるように、細胞が互いにスキンシップをもつようになると、相互にコミュニケーションが起こるようである。このことを示すもう1つの実験がある。

胃や小腸の表面にある細胞に微小な電極を差し込んで通電し、隣接した細胞にも同様な電極を入れて、それに流れ込む電流を測定する。こうして、細胞同士の電気的なつながりを調べることができる。

その場合、まわりの細胞にどのように電流が伝わるかは、細胞の種類により違いがある。たとえば、胃の表面にある細胞に流した電気は、周囲の6個の細胞にほぼ均一に伝わっていくが、小腸の場合は不均一で、ある方向によく伝わる。このような伝わり方の違いは、隣接した細胞の膜を結びつけている構造の違いであることがわかっている。

興味深いのはがん細胞である。がん細胞同士の間には電気的な結びつきがほとんど見られない。特に悪性度の強いがん細胞ほど結びつきが弱いという報告もある。このことは、細胞社会の無法者であるがん細胞は、スキンシップさえないことを示している。

## ◆表面の違いで仲間を見分ける

アメリカの動物学者で、細胞を発生および遺伝 と関連させて研究したので有名なウィルソンは、 今から50年ぐらい前に、面白い実験を した。彼は海綿(海綿動物の体)をす りつぶして、布でこした。こうする と、海綿の体をつくっていた細胞がば らばらになり、それらが海水中にこし 出されてくる。

そのままで放置しておくと、細胞は

容器の底に沈み、やがて一度ばらばらに分散した 細胞が動いて集まり、小さな塊になる。そして、 まわりから、他の細胞を引き寄せたりして、塊は しだいに大きくなっていく。塊の中の細胞は、初 めは無秩序に集まっているが、やがてもとの海綿 の表面をつくっていた細胞は外側に、内部にあっ た細胞は内側にというように、細胞の再配列が起 こり、ついに小さな海綿の体ができてくる(●)。

このウィルソンの実験は、生体を構成していた 細胞は、一度無秩序に分散しても、自然に再びも との秩序ある配列をとりもどすことを示してい る。

その後、多くの学者により、脊椎動物の細胞で も、海綿と似た現象が起こることが明らかにされ た。たとえば、アメリカのモスコーナらは、ニワ トリの胚をたんぱく質分解酵素で処理し、細胞を ばらばらにした。こうして得た心臓と目の網膜の 細胞を混合すると、両者が入り混じった細胞塊が できる。しかし、そのままにしておくと、やがて 細胞の再配列が起こり、心臓の細胞は中央に集ま り、そのまわりを網膜の細胞がとり囲むようにな

これらの実験で示されたように,異なった種類 の細胞集団を混合した場合に、同じ種類の細胞同

**垂板にいつわりのない必読書** 電磁気学の決定版・世界的名著 「電磁気学おぼえがき(I)」



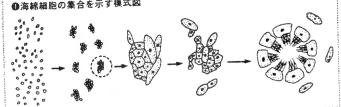
高里定理者 理工学図書研究会(発行所) ◆本書は、電磁気学の明快な説明に世界で初めて成功し、斯界に 革命と衝撃を与えた、最高峰に位置するきわめてユニークな著書 です。本書の出現によって電磁気学の理解は從前とは比較になら ないほど容易になりました。

◆本書が電磁気学の参考書として、内外を通じて最もすぐれた両期的なもので、 必ずお役にたつことは、本書のハイライトである付録VI「div A = lim (d V) s A-dSがdVの形によらないことのさらに厳密な証明」および付録VII ret A の意味についてのさらに厳密な説明」をご一読くださればご了解いたむけます。 また、本書は理工系の微積分・ベクトル解析などの応用数学の参考書としても 脳期的なものです。詳しい内容は本誌1977年9月号 (32・33ページ)または 1979年7月号(36・37ページ) をご覧ください。 鏡刊 『電磁気学おぼえがき (Ⅱ)』

◆ご試験をお望みの方は業審(住所,郵便番号、電話番号を明記してください。 年齢、職業、勤務先なども付記してくだされば幸甚です。) で、直接、当研究会 にお申し込みください。 ご試読後、(1)ご購入を希望される方は料金のお支払い を当会よりお送りする振替用紙でお願いします。(2)内容にご不識のある方は送 料 (書籍小包で200円です)を貴方様ご負担にてお気軽にご返送ください。以上 、ずれも現品到着後10日以内にお願い申しあげます

◆東京堂(神保町)、八重州ブックセンター、東西ブックセンター(船橋)、大甕堂(渋 谷)、**芳林童**(池袋)様でも販売中。◆申込先 理工学図書研究会 KA係 〒176東京 都練馬区春日町4-7-12 A5/263頁/2000円 送料·送金料当会負担 案内審選星

●海綿細胞の集合を示す模式図



士は互いに接着し、違う種類の細胞は互いに反発 し合うことが多い。このような現象を細胞選別と いう。

細胞選別が起こるのは、細胞が相手を同じ仲間 かどうか、見分けられるためと考えられる。どん な特徴で見分けるのか。それについては多くの研 究がなされ、細胞の種類によってその表面が違う ためと考えられているが、まだ不明の点も多い。 いずれにしても、仲間を見分けるこの能力は、細 胞社会の形成に重要な役割を果たしている。

# ◆集合と分化を繰り返す粘菌

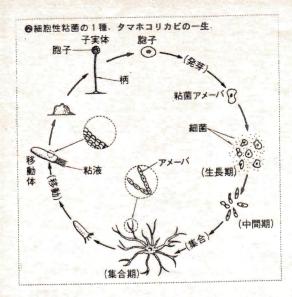
細胞性粘菌と呼ばれる一群の生物が、近年世界 各国で広く研究されている。これは、細胞が互い に集合したり、初めは区別できない細胞が違う種 類の細胞に分化したりするうえ,実験しやすいか らである。

ふつう細胞性粘菌は、落ち葉の多い土の中など でひっそりと生きていて、人間の目にふれること もない。こんな生き物が注目される事情を述べる には、それがどんな一生を過ごすかを紹介する必 要があろう。

細胞性粘菌にもいろいろな種類があるが、最も 代表的なタマホコリカビの一生は、2、3のよう である。すなわち、胞子が発芽すると、粘菌アメ ーバという5.5~16記ぐらいのアメーバになる。 アメーバはまわりにいる細菌などを食物として取 り入れて生長し、分裂して増える。

エサとなる細菌などがなくなると、ふつう数時 間の中間期を経て、どれか1つのアメーバを中心 にして、周囲のアメーバがだんだんと集合する。 集合したアメーバは塊になり、やがて小さなナメ クジに近い形になる。このナメクジは動き出し, 動いた後に粘液のすじを残すので、粘菌という名 がつけられた。ある程度移動すると、変形して, 胞子と柄から成る子実体を形成する。

細胞性粘菌の一生を詳しくみると、いくつかの 重要な問題が含まれていることがわかる。第1 は、アメーバの集合である。どんな仕組みでそれ



が起こるかは詳しく調べられ、後に述べるように 細胞のコミュニケーションの最も興味深い例の1 つとされている。

第2は、ナメクジ形の移動体が子実体に分化することである。この場合、初め同じアメーパの中にあった細胞が胞子と柄のいずれかの細胞に分化するので、いわば二者択一の分化の最も簡単な例といえる。しかも粘菌アメーバは、中間期以後、生長せず、分化するだけであるから、多細胞生物の発生のように生長と分化が同時に起こるのに比べて、解析しやすいのである。

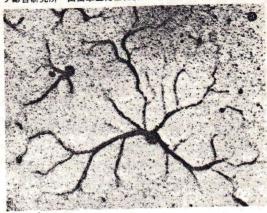
## ◆化学物質で仲間を呼び寄せる

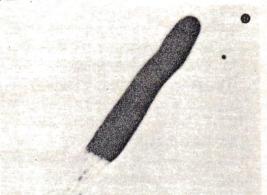
胞子が発芽して生じたアメーバは、細菌を食べて増えている間は互いに何の関係もない。しかし、エサがなくなり、中間期を経て集合が始まると、ばらばらの細胞が互いに関係をもつようになる。

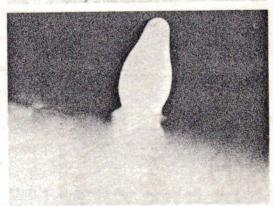
集合の始まりは、ある細胞が他の細胞を引きつける物質を出すことである。この物質によって、しだいに仲間が引き寄せられていく。細胞がある化学物質に引き寄せられることを走化性という。細胞性粘菌のアメーバの集合が走化性によることは、古くから指摘されていたが、それが実証されたのは1940年代である。

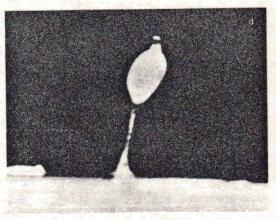
ルニョンは、セロファンの片面にアメーバを集合させ、その反対面に中間期後のアメーバをばらばらにまいた。やがてばらばらのアメーバも集合を始めたが、集合の中心はセロファンの両側で一致していた。このことは、集合の中心から何かの物質が出され、それがセロファンを通って反対側

❸キイロタマホコリカビの生活環の各ステージ。3.集合期、b. 移動体、c.子実体になる途中、d.子実体(東京都立アイソトー ブ総合研究所・山田卓三博士提供)。









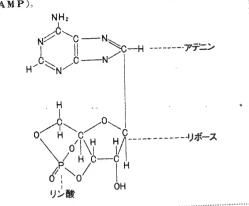
にいき、周囲のアメーバを走化性で引き寄せたと 考えることができる。

その後、アメリカのボナーは、集合しつつある アメーバ群の上にゆっくりと水を流すと、下流の アメーバは集合の中心に向かって集まってくるの に、上流のアメーバはばらばらな運動をして集合 しないことを見つけた。

このようないくつかの実験で、アメーバの集合 は、中心となる細胞から出される物質に対する走 化性によって生じることが明らかになった。その 物質の正体は、初めのうちわからなかったので、 細胞性粘菌の仲間の名称である Acrasiales (ア クラシス目)からとったアクラシンという名がつ けられた。

1950年代の中ごろからアクラシンの性質に関す る研究が進み、60年代の終わりごろ、ボナーらに よって、その本体は環状アデニル酸(サイクリッ クAMP, ◆)と呼ばれる物質であることがわか った。

環状アデニル酸は、高等な動物のホルモンの働 きを仲介する物質として知られている。ホルモン が血流によってそれが働く器官(標的器官)に運 ばれると、まずその細胞の環状アデニル酸が増 ●アクラシンの本体である環状アデニル酸(サイクリック AMP),



え、ついで細胞のホルモンなどの合成作用が始ま る。これらのことから、ホルモンを第1の化学的 メッセンジャー,環状アデニル酸を第2の化学的 メッセンジャーと呼ぶことがある。

哺乳類など高等な動物の化学的メッセンジャー になる物質が、土中の微生物の細胞性粘菌でも重 要な役割を果たしていることは,生命の不思議さ を感じさせる。なお、細胞性粘菌には、タマホコ リカビ以外にも多くの種類があり、環状アデニル 酸とは異なる物質が、アメーバを集合させる場合

# た、画期的な動物網索の科学的成果をよび、彼らのコミュまで、彼らのコミュ

リ・ク

増

光子

監

林

進

訳

から

生動物にいたる

の

方

法を最

**田08** 

・出色の動物記

彼らのコミュニ

成果をとり

# 新刊

代にまで話題の学 近年最大の話題記。スリルと冒 解きあ これはその ルと冒険 た痛快哲 を広げ 歩をし な情熱を傾け 本質をズバ 35

沢 98

11

Ó

昔かん

パら、リ現科

良

之

助

# ジョイ・アダムソンの

エルザファン・アフリカファン待望の本 !!

世界のベストセラー『野生のエル ザ』でおなじみのジョイ・アダム ソンが、鮮烈な個性と愛でつづる 珠玉の名編。アフリカの植物や鳥 や魚、部族の伝統、動物など、さ らには彼女自身の生き方について イキイキと語る。思わず目を見 張るカラー細密描写、軽快 なスケッチ多数。

# 藤原英司訳

- ●カラーA 4 判上製
- 定価2500円



166 東京都杉並区高円寺北4-27-

時

成果

振 替 東京 8-34535 電話03(339)7123

# 講談社の自然科学専門書

新刊

# ◆波状的な情報伝達の合理性

さらに興味深いのは、走化性に関する情報の伝 達手段である。集合の中心のアメーバは、アクラ シン(環状アデニル酸)を出して他のアメーバを 引き寄せるが、アクラシンを出しっ放しにするわ けではない。短時間、アクラシンを出した後、そ のアクラシンを分解する酵素(ホスホジエステラ ーゼ)を出して、いったん走化性の情報を消して しまい、その後再びアクラシンを出すというやり 方をする。

一見むだのように見えるこのやり方が、じつは 大変合理的なのである。もしアクラシンを連続的 に放出するだけであったら、アメーバの周囲のア クラシンの濃度はどんどん高まり、次々と高濃度 のアクラシンを出さない限り、濃度こう配がしだ いに減ってくる。したがって、走化性の感度は悪 くなるだろう。それよりも、一度情報を出した ら、いったん消し、さらにもう一度同程度の濃度 の情報を出すという方が効率的であろう。

こうして、中心となるアメーバが情報(アクラ シン)を波状的に出し、集合しつつあるアメーバ もそれに呼応して、中心へ移動しながら、自身も アクラシンを出す。そして、情報が次々とリレー 式に伝えられて、アメーバの集合が起こるという わけである。誠に驚くべき \*生物の知恵、の表れ ということができよう。

初めに述べたように、多細胞生物の体は、多種 多様の細胞が集まった複雑な細胞の社会であり, その構成員である各細胞間では、さまざまなコミ ュニケーションが行われている。このような問題 を調べる分野として、近年、細胞社会学が提唱さ れている。細胞社会学は、細胞生物学の一分野と いうほど狭いものではなくて、発生生物学や情報 生物学にまたがる新しい分野ということができ

この分野は発足してまだ日が浅いが、多細胞生 物の生命を解明する上に欠くことのできない知見 をもたらし、また、がんの発生のナゾ解きやその 根本的な治療にも重要な示唆を与えるものと期待 されている。そのためには、高等な動物だけでな く、土の中の変な生き物や自然の片すみでひっそ り生き続ける生物を調べることも、思わぬヒント を与えてくれて、有効な手段となるように思われ る。

ににヒ 伝主 門な る ては 2 生 3 物 A 者 の間界 社 D 諸 C 会的 グラ は そ問 2 お ٢ 未問 4 れ題なけ 来題 出 ぞ つる た n 2 遺 E の存 生 1 で在 伝 1 命 あと 学 0 種 0) 史 福 社ろう 5.27 脳 1= L を ٤ 07 大会うて脳形かの 渡 ぐる 谁 'n お 淑 G よび 化九 子 生成 ? 位 学 0 0) 3 訳 理 2 置 生説道飛 I 頁 学関霊 と人類 か 中 2 7 7 じと 長ら 学 連 0) 井 2 脳 L 専 類 5 遺 諸 I 2 M 7 か 遺 生 要 社 伝 Ħ 1 0 満 6 0) 理 伝 作学因 会 C よう 0 E

#### 析 分 動

1

-行動と文化一

用

西川 泰夫著 A5·218頁·1,800円

円修著

パブロフ、ワトソン、スキナーを原点 とする現代行動分析学の成立とその内 容を、基礎的な用語や概念の解説を含 めて論述した入門書。さらに、個人行 動と環境との関係、行動体系としての 社会・文化の側面にも光をあてる。

主要目次:1.自らを問う 2.行動の分析 3. オペラント行動 4. オペラント行動 (そ の2)5.強化随伴と情動 6.葛藤と欲求不 7. 行動と文化 8. 行動分析学小史

東京都文京区

满談社

電話03(945)1111 振替東京8-3930