

生 物 ・ 環 境 ・ 情 報

Organism, Environment, and Information

佐々木敏雄
Toshio Sasaki

Résumé

In the field of information science, information is stored in manuscripts, printed materials, recorded discs, magnetic tapes, etc., in forms of letter, picture, sign, symbol, etc. Considering from the side of users of information, it reaches to a man as such sensation as light, sound, pressure, substance, etc., which is recognized scientifically as physical phenomena and/or chemical substances. These phenomena and/or chemical substances are treated inside of man as his genetic information and his stored information acquired by learning.

In the case of the mankind, information reaches to and is treated in all living organisms in the same way.

In the fields of the life sciences, the environment of an organism is recognized as those phenomena and/or substances that actually hold relations with that organism. Inside of an organism, these physical phenomena and/or chemical substances are treated as its genetic information and stored information.

Thus, it can be considered from the point of view of a life scientist that information to an organism means the environment of that organism. The writer of this paper discusses some of his opinions concerning information and the environment of the organism.

は じ め に

I. 生 物

II. 環 境

III. 生 物 と 環 境

IV. 情 報

お わ り に

佐々木敏雄：東京大学農学部図書館主任。

Toshio Sasaki, Chief Librarian, Faculty of Agriculture Library, University of Tokyo.

はじめに

情報処理あるいは情報管理にたずさわるものにとって、情報とはなにかということは、考えないわけにはいかない問題である。

このわずか3行の文章を考えても、情報処理と情報管理という言葉が表現している内容の受けとり方は、人によって異なっているであろう。また、目の前にあるカレンダーを見ても、見る時によってその意味はさまざまであり、いま私は原稿締切り日まで何日あるかを気にしている状態である。また、昨日の朝は「今日は火曜日か。一日中会議がなく、自分の時間がもてるぞ。」とカレンダーを見ながら考えていた。

このように一般的に情報といわれているものの受けとり方は、人により、また時と場合によって異なっている。

情報処理にたずさわっているものにとっては、情報とは、文字であり、図面であり、また写真である。しかしながら最近においては、情報という言葉がいろいろと異なった意味をもったものとして用いられるようになってきた。情報理論・情報工学・情報産業・遺伝情報・記憶情報・感覚情報、あげていくときりがない。このように多くの分野で用いられるようになってきた情報とは、なんであろうか。

いま情報という言葉が使われている場合を考えてみると、それはどうも全て生物に関係があるらしい。また、生物は情報をたべて生きているともいわれている。生物にとって情報とはなんであろうか。

一方生物は周囲のものからいろいろの影響をうけて生活を続けている。栄養としての物質や、光・温度・音などの物理的現象など、多くのものの影響をうけつつ生活を続けている。しかも、その影響がその生物に適したものでなかったり、影響が与えられなかったら、その生物は死をまねいてしまう。すなわち、生物にとっては周囲からの影響が必要欠くべからざるものなのである。

この報告では、生物とはなにかということは除外して、生物が生活をするにあたって、周囲からの影響とはなんであるか、また情報とはなんであるか、ということについて若干の考えを述べてみたい。

本報告を書くにあたって、東京大学農学部古島敏雄教授、ならびに東京大学附属図書館佐竹大通事務部長に、多大の助言・援助を戴いた。厚くお礼申しあげる。

I. 生物

生物とはなにかという定義をすることはむずかしい。しかし、生物はこの地球上に発生して以来、生活しつづけていることは明らかなことであり、将来も生活をしつづけるであろう。このように考えると、生活するということは、生物の定義にはならないが、その本質的な特性といえることができる。

生物が生活するためには、外界（自然界）からその必要とするものを受け入れなければならない。外界を考えてみると、自然科学においては、そこに存在する物質と、その運動を主とする物理学的研究の対象となる現象とからなっている。すなわち、生物は生活をするにあたって、外界の物質および物理現象の影響をうけねばならない。しかも、存在が認められている全ての物質、および全ての物理現象は、なんらかの形において生物の生活と関係のあるものであり、例外は存在しない。

しかしながら、個々の生物にとっては、全ての物質や物理現象がその生活に必要なのではなく、生活中に接した特定の物質や現象の影響をうけつつ生活を続けているのである。

ここに生物と外界の物質および物理現象との関係を考えてみたい。

A. 生物と外界の物質

外界の物質が生物に影響をおよぼす場合を考えると、生物がこれらを受けとめるのに2つの方法がある。第一は、生物が物質を化学的に変化させることによって体内にとり入れる場合であり、他の一つは、物質を生物体内の物理現象と認められる反応として受けとめる場合である。

前者は養分や水分の吸収であり、また呼吸作用における酸素の吸収であって、古くから研究も行なわれ、比較的その機構が明らかにされてきている。しかしながら、後者については一般的に研究が遅れており、今後活発な研究が続けられる分野と考えられる。

生物が外界の物質を物理現象として受けとめる場合に、その機構が比較的明らかにされているのは、感覚における化学受容である。高等動物における味覚器や嗅覚器による化学受容は、これらの器官が物質と接することによってインパルスを生じ、これが中枢神経系に伝えられるものであることが明らかになっている。

化学受容器の発達していない下等な動物においても、物質の存在が影響して、あたかも化学受容器が存在して

いるかのごとく反応する場合が多く見受けられる。ある種の粘菌はバクテリアを食べて生きているが、その際バクテリアから発生する特定の匂いに反応して走化性を示し、バクテリアに接近して養分とすることは、よく知られていることである。

また、植物においても、シダ植物や蕨類の精子が走化性を示すことが知られており、あたかも化学受容器をもっているかのごとく反応する。

生物が物質と接して反応する場合の研究で遅れているのは触覚（圧覚を含む）である。これは触覚が特定の場所を受容器をもたず、体の全表面で物質と接して反応するところから、かえって研究が遅れたものと考えられるが、動物にとってはもっとも重要な感覚であるといえる。また植物においても、外界の物質と機械的に接することによって、反応を示すものがある。つる性植物の巻鬚や、モウセンゴケの葉の触糸の運動は、この例として考えられる。

B. 生物と外界の物理現象

外界の物理現象が生物に影響をおよぼす場合にも、2つの異なった反応がある。すなわち、生物がこれらを物質として受けとる場合と、体内の物理現象として受けとめる場合とである。

前者には植物による光合成があり、物理現象である光を利用して、光合成を行なう植物は、物質を合成することによって生活を続けている。また、放射線による生物構成物質の変化なども、この一例と考えられる。

外界の現象を生物体内の物理現象として受けとる例は多く考えられる。動物においては、音は聴覚、光は視覚、熱は温度感覚などによって処理されており、この方面の研究はバイオニクスの分野として、大きく発展しつつある。

植物においても、重力に対しての反応である屈地性、光に対する屈光性などがあり、またオジギソウの傾震性運動は、その運動が植物としては大きく早いことから、多くの研究が行なわれている。そのほかミドリムシの走光性、走熱性などもこの例である。このような運動と関係したもののばかりでなく、外界の物理現象を植物体内において物理現象として受けとめることは多くあり、温度などはその最もよい例と考えられる。

II. 環 境

前章において、生物と外界との関係をみてきたが、生物学においては、この分野の研究は生態学においてとり

扱われてきた。生態学においては、生物と関係をもつ外界は一般に環境とよばれてきたが、環境という言葉の意味は研究者により異なっており、また最近のように環境という言葉が多方面で用いられるようになると、その意味はますます混乱するようになった。今後は生物学においても、十分注意して用いなければならないと考えられる。

A. 環 境

いま「岩波生物学辞典」によって環境という言葉を見ると、つぎのようである。

“環境 広義には生物をとりかこむ外囲を指し、狭義にはこの外囲のうち生物に何らかの影響を与えるものを指す。……環境と生物との関係は作用および応動によって密接に結ばれている。環境を構成する個々の条件を環境因子という。……環境因子はいろいろに分けられるがLundegårdh (1925) その他は気候因子と土壌因子に大別している。この他に生物的環境とか、いくつかの因子の組合わされた複合因子とかに分けられることがある。別の分類では無機的環境（気候および土壌因子）と有機的環境（生物的環境）に、あるいは物理化学的に測定できる客体的環境と生物体の反応を通じて見られる主体的環境とに分けられるが、後者は一般的ではない。環境が生物に対立する実在でありながらこれと一つの統一体を作るとしたものが生態系概念である。”¹⁾

ここで用いられている外囲とは、前章で述べた外界のことであり、存在する全ての物質と、その物理現象が含まれており、これが広義の環境である。

狭義の環境は、この外界のうち生物になんらかの影響を与えるものとされている。しかしこの定義はあいまいであり、矛盾を含んでいる。というのは、外界はなんらかのかたちにおいて生物の生活と関係があり、例外は存在しないからである。すなわち、狭義の環境は広義の環境と同じものになってしまう。

生物学における環境という言葉のこのような混乱は、さきに Mason and Langenheim²⁾ が指摘したところであるが、戦後のわが国の生態学者の間で論争となった環境観も、環境という言葉の混乱から起っているように考えられる。

環境という言葉について Mason and Langenheim は、つぎのように述べている。

“……特定の生物と実際に関係をもつ事象がその生物の環境を構成する。環境は特定の生物に直接機能的に意味のある事象にのみ関係あることなので、この事象をそ

の生物の“operational environment (機能的環境)”と称する。……この生物によって機能的に利用されうるであろうところの、しかも、まだ関係をもたない全ての事象を、“potential environment (潜在的環境)”と称する。かくして“environment”それ自体が“operational environment”と同義語となる。“potential environment”は“operational environment”になる可能性のみをもつものなので、まだ“environment”ではないことに注目しなければならない。⁶³⁾

すなわち、Mason and Langenheim の環境 (environment=operational environment) は、個々の生物となんらかの関係をもちた外界をさして、「岩波生物学辞典」の定義とは、2つの点において異なっている。第一は環境とは生物個々についてのものであると規定している点であり、つぎは環境とは生物と関係をもったものとして、将来環境となるかも知れないと考えられるものでも、これを全て環境から除外した点である。

前章で述べたように、生物と関係をもつ外界は、物質と物理現象であり、個々の生物にとっては、同じ種類の生物で同じような場所で生活をしていたとしても、その関係は明らかに異なっている。この意味において、環境という言葉が個々の生物についてのものである、ということを確認しておくことは重要なことである。

また、環境を生物と関係をもった外界とすることも、言葉の定義を明瞭にするという点で重要である。

Mason and Langenheim はさらに、将来個々の生物にとって環境となるであろうと考えられるものを potential environment とし、全くその生物と関係を持たないと考えられるものを non-environment とした。⁶⁴⁾しかし、全ての外界は個々の生物にとって、環境となりうる可能性をもっており、この両者を区別する必要はないと考えられる。

以上のような考えから、環境をつぎのように定義して論を進めたいと考える。

個々の生物になんらかの影響を与えた外界を環境という。

B. 環境因子

「岩波生物学辞典」によれば、環境因子とは環境を構成する個々の条件である。⁶⁵⁾ この定義だけからすると、新たに用いた環境の定義とは矛盾しないようであるが、前述のように環境とは物質と物理現象であるので、環境因子の内容は、両者で異なっている。すなわち、環境としての気候因子ということはできず、これはさらには細か

くわける必要があり、酸素・水・気圧・光などが環境因子となる。

ここで特に指摘しておきたいことは、環境因子としては、「岩波生物学辞典」で述べられているような有機的環境 (生物的環境) というものが存在しないことである。個々の生物としては、他の生物を含めた外界と接触をする場合には、これを物質や物理現象として接しているのである。すなわち、ある特定の動物が他の動物を目で見たという場合の環境因子は光であり、また匂いをかぎつけたときの因子は物質である。

以上のように、個々の生物が他の生物と関係をもった場合にも、その環境因子は物質かまたは物理現象であり、その他の因子ではありえない。

C. 個々の生物以外のものと環境

前述のように本報告においては、環境 (environment=operational environment) を個々の生物となんらかの関係をもちた外界と定義してきた。しかしながら、過去の研究において環境が論じられた場合、個々の生物以外のものがその対象としてとりあげられてきているので、ここで少し考えてみたい。

Platt and Griffiths⁶⁶⁾ は、operational environment を functional environment という言葉で表わし、その他の外界を potential environment とした。⁶⁷⁾ しかしながら、Platt and Griffiths の environment は、作用をうける対象として、生物および非生物を同様に考え、また個々の生物と同時に集団としての生物も考えている。

環境という言葉が多面で用いられるようになった結果は、このように非生物までも含めて、作用をおよぼす外界に適用されるようになった。しかし、この報告では生物に限って論を進めたいと考えており、非生物についての外界の作用は含めないでおく。

環境という言葉が個々の生物以外の生物、すなわち生物の集団にたいして用いることが適当でないことは、さきにも少し論じたが、別の面からも考えてみたい。

外界は物質および物理現象からなっており、これら外界が生物と接する場合には、特定の物質または特定の物理現象として接することになる。また外界と接する個々の生物を考えてみると、それは実在するものである。一方生物の集団、すなわち種・個体群・群集などは観念的なものである。

自然科学を進めるにあたっては、レベルを統一して論を進めることが必要であり、この点から考察を加えれば、

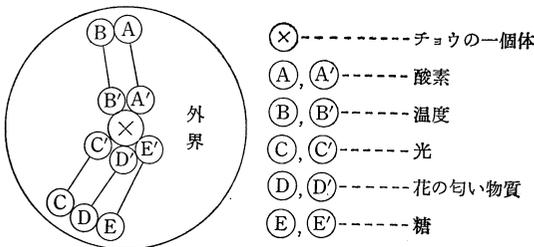
つぎのように考えられる。すなわち、その存在が自然科学的に明らかに認められる外界と、実在する個々の生物との関係を、具体的な現象として自然科学的に研究していくことは可能であるが、外界と観念的に存在している生物の集団との関係を、現象として自然科学的に研究を進めることはできない。

すなわち、環境は個々の生物にとってのものであり、生物の集団には環境という考えは適用できないと考えられる。

III. 生物と環境

前章までに述べてきたことをさらに具体的に説明するために、花にとまって蜜をすっているチョウに例を取り、説明を加えてみたい。

図1に示すように、外界には物質として酸素や花の匂い物質、糖などが存在し、また物理現象としての光や温度などがある。これら外界の物質や物理現象のうち、このチョウと関係をもったものが環境であるが、第2図においては、(A)(B)------(E)は外界の一部であり、(A'), (B'), -----(E')は環境の一部である。また、(A')(B')------(E')は環境の一部である。また、(A')(B')------(E')は環境の一部である。また、(A')(B')------(E')は環境の一部である。

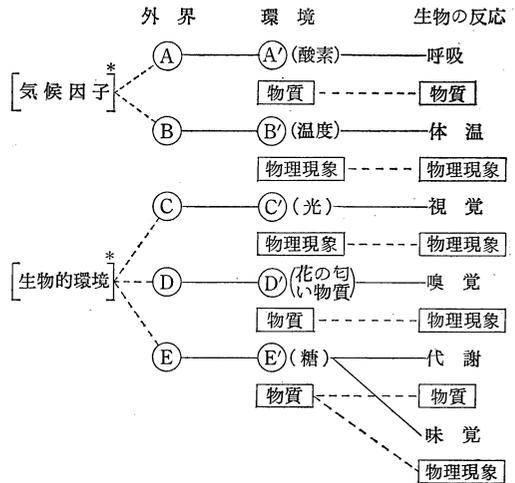


第1図 生物と環境

いまこれらの環境因子を考えてみると、酸素および温度は、われわれが大気や気温、すなわち、「岩波生物学辞典」によれば気候因子とされてきたものであり、また光・花の匂い・糖は、われわれが植物と称し、従来生物的環境とされてきたものである。

生物は環境に反応し、これを利用して生活をいとなんでいるので、いま個々の環境因子とこの生物の反応を考えてみると、チョウは酸素を呼吸作用によって利用し、また温度は体温の変化として受けとめている。植物から反射する光は視覚により受けとめられ、匂いは嗅覚として処理される。また糖は栄養物質として代謝に関係し、また味覚として受けとめられている。

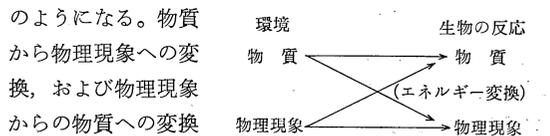
この関係を物質および物理現象という観点から見ると、酸素は物質が物質として利用される場合であり、温度は物理現象が物理現象として利用される場合である。匂いは物質が物理現象として受けとめられ、糖は物質が物質として、また物理現象として受けとめられる場合である。これらの関係を示したのが第2図である。



* 注……従来の分類による環境因子
第2図 環境因子と生物の反応

上述の例にはあらわれないが環境と生物の関係をみると、物理現象を物質として生物が受けとめる場合があり、そのもっとも著るしい現象が、植物における光合成である。

以上の関係を要約すれば、物質としての環境は、生物体内で物質または物理現象として処理され、また物理現象としての環境は、物理現象または物質として処理され、生物の生活に役立っている。いまこれを図示すれば図3



第3図 環境と生物の反応における物質と物理現象

ところで生物が環境を利用して生活を続けていくためには、環境は生体内において多様な生理作用をうけて変化する。ここでこれら多くの生理作用について、ひとつひとつ例をあげて論ずることはできないが、環境の2要素である物質と物理現象の生体内での変化について、若

干の例をあげて説明したい。

A. 大腸菌と酵素作用

大腸菌はグルコースと無機塩類の培地でよく生育する。すなわち、大腸菌は生活に必要なタンパク質を、これらの物質から作り出している。タンパク質はアミノ酸からなっており、大腸菌はまずアミノ酸を合成する。ところが、グルコースと無機塩類の培地にアミノ酸の一つであるメチオニンを加えると、大腸菌はメチオニンを合成することをせず、添加されたメチオニンを利用してタンパク質を合成してゆく。これはメチオニンを合成するのに必要な酵素が作られなくなるからである。すなわち、メチオニン合成酵素をつかさどっている遺伝子が、メチオニンが存在するために必要がなく、抑制されて酵素ができなくなるのである。

すなわち、環境因子としてメチオニンがあると、大腸菌はメチオニン合成酵素を作らず、このメチオニンを利用してタンパク質を合成し、生活を続けていく。物質としての環境因子が、物質として体内で変化していく例であるが、この作用は遺伝子によってコントロールされている。

B. 昆虫の性フェロモン

昆虫の性フェロモンは普通雌によって分泌され、この匂い物質にひかれて雄は行動をおこすが、昆虫の種類によってその物質は異なっている。マイマイガの性フェロモンはジプルーと名づけられているが、雄のマイマイガが環境因子としてのジプルーと関係をもつのは、触角にある嗅細胞においてである。すなわち、嗅細胞はジプルーに接するとインパルスを生じ、中枢神経系に伝達されるが、このインパルスは雄を興奮させ、雌に向かって飛ぶ行動を起させる。

すなわち、マイマイガの雄においては、環境因子としてのジプルーは、空気中の物質として存在したが、生体内においてはインパルス、すなわち物理現象として処理され、生活に役立っている。マイマイガの雄にこのインパルスが生じ、興奮するにいたる生体の変化は複雑でまだ明らかでないが、このコントロールが遺伝子の作用と、神経系の作用によっていることは明らかである。

以上生物と環境因子との関係を例をあげて説明してきたが、これら環境因子を利用して生活していく際に、生物は外界に変化を与えることになる。従来この生物の外界に対する作用は応動と呼ばれてきたが、これについて考えてみたい。

C. 応 動

第Ⅱ章で引用したように、「岩波生物学辞典」によれば、環境は作用および応動によって生物と密接に結びついており、応動とは“作用と対をなす生態学用語で、反作用ともいう。生物は無機環境の作用を受けて生活するとともに、自らの生活の結果として環境に影響を与えてこれを変化させるが、この後者のことをさす。”とされている。⁸⁾

しかしながら、さきにも論じたように、この定義に従うと環境は外界と同義語となってしまう。そこで環境に新しい定義を与えてきたが、その結果から応動にもつぎのような定義を行なう必要がある。

環境と対をなす生態学用語で、生物の生活の結果として外界に変化を与えたものを応動という。

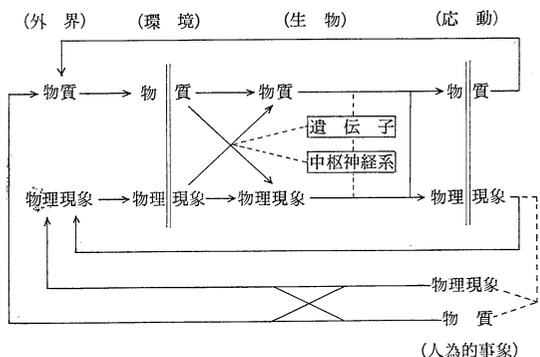
応動は環境と同様に物質と物理現象からなっている。物質としては呼吸作用によって排出される炭酸ガス、脂質代謝の最終産物として排出されるアンモニアなどがあり、物理現象としては発光生物の光、動物の発声による音、また運動などがあげられる。

応動によって変化をうけた外界は、つぎに生物と関係をもって環境となるまで、生物と関係のない状態におかれる。その間、外界は生物の関与を受けない自然現象によって、多くの変化をうけることになる。

D. 人間における応動

環境としての物質および物理現象が、生物の体内において物質または物理現象として変化を受け、応動としての物質あるいは物理現象としてまた外界に出ていく過程について、若干の考察を行なってきたが、今これらを図示すれば、つぎのようになる。(第4図)

外界、環境、生物、および応動のそれぞれにおける物質と物理現象、ならびにこれらの関係については、前章



第4図 生物と物質および物理現象

までに述べてきたが、人為的事象についてはここで考えてみたい。

動物の応動としての物理現象には、いろいろのものがあるが、そのなかで人の意志にもとづく行動の結果としての応動は、外界で重要な部分をしめるようになり、このため長い間じょじょに変化してきた外界が、急激な変化を起しつつある。いまこれらについて考えてみたい。

意志にもとづく応動の物理現象としては、まず音がある。手をたたいて人に音で合図をすることや、声を出すなど皆これに属することになる。また、音のとどかない所への合図には、身振りがそのかわりをしている。これも応動の物理現象である。

さらに考えてみると、記録された知識というものは全てこの物理現象の結果として生じてきたものである。すなわち、人類の肉体的な運動による結果として、記録されたものが残っていく。絵や図面、文書や写真、全てが知識の記録であり、人類の意志にもとづく応動の結果として外界に残されたものである。

またさらに、人類の技術によって作られたもの、すなわち、道具・器具・機械のたぐいから建造物にいたるまで、全て人の意志にもとづく応動の結果として生じたものである。また、人工の加わった天然のものも同様に考えられ、これには古代人の横穴式住居跡や、品種改良された農作物および家畜などがあげられよう。人類の存在は、この自然界においては全く短かい一瞬にすぎないが、その発生以来、この自然界は技術の発達の結果として、完全にその姿をかえつつある。

このような人の意志にもとづく応動の結果として外界に残されたものを総称して、ここでは人為的事象とよぶことにする。

人為的事象には物質が多いが、その物質が物理現象をもたらすものも多く存在する。すなわち、光・音・電磁波・放射線などを発生する機械が多く作られている。このような物質としてまた物理現象として存在する人為的事象は、外界の一部であり、生物はこれをまた環境として受けとめ、生活を続けている。

IV. 情 報

最近生物学の研究で用いられるようになった用語で、環境よりし混乱して用いられていると考えられるのが情報である。遺伝情報・感覚情報・生体情報・環境情報など、多くの言葉が用いられるようになった。

元来この情報という言葉が自然科学の用語として用い

られたのは、通信工学においてであるが、その後多くの分野において用いられるようになり、混乱をひきおこしてきた。いま、これら情報という言葉が用いられている場合を考えてみると、全て生物と関係したところで用いられている。

生物というと、生物学においては人類を含めた全生物のことであるが、他の研究分野においては、人類だけを他の生物から切り離して情報と関係づけている研究者もいる。この理由としては、人類が言葉を持っていることが最大の理由にあるように考えられる。人類の言葉については、意志の伝達方法として長年月を経て現在に至っていると思われるが、他の生物をみても、意志の伝達がそれぞれの種において特徴をもって発達しているものが多く見うけられる。例えば、多くの高等動物においては、声を発することによる意志の伝達が行なわれている。また昆虫においても、音を出すことによってお互いの連絡とありあっている。声や音と同時に、動作によっても意志の伝達が行なわれ、また、個体間の連絡が保たれている。

このように考えてくると、情報はなにも人類のみに関係したのではなく、全生物と関係をもつものであるという生物学の立場が理解されるであろう。

A. 生体内の物理現象と情報

生体内の物理現象として特徴のある現象は、生体感覚である。「科学」は1970年10月に生体感覚特集号を出したが、⁹⁾ 桑原はその巻頭において生体感覚についての概説を行なっている。¹⁰⁾ その中で「パターン識別といえ、光受容の場合など、これは局在する機能ではなく、受容器からの入力情報にもとづいて中枢神経系の中で生起する機能である。」としているが、これは高等動物における生体感覚の基本的なメカニズムであると考えられる。ここに情報という言葉が使われているが、現在考えられている情報処理の基本的なものとしては、つぎのものがあげられる。

1. 入 力
2. 伝 送
3. 変換・分割・結合
4. 出 力

いまこの情報処理と生体感覚とをみても、第4図に示したように、入力には環境因子としての物質または物理現象であり、伝送は神経系のインパルスである。変換・分割・結合は中枢神経系においておこなわれ、これはさらにインパルスによって伝送されて、出力として応動

となって外界にでてゆく。中枢神経系には、学習によって蓄積された記憶があり、これが情報処理の重要な部分を占めているのである。

以上は神経系をもった動物における生体感覚であるが、神経のない動物や植物においても、生体感覚はあり、これら両者が同じメカニズムのものであるかどうかは、まだ明らかではないが、いずれにせよ、生体感覚における物理現象は、情報処理と全く同じ考え方によって説明づけられると考えられる。

B. 生体内の物質と情報

いまここに例として第Ⅲ章であげた大腸菌と酵素作用をふたたびとりあげ、これと情報処理との関係をみてみたい。

環境因子すなわち入力メチオニンである。メチオニンが体内に入ってきたことは、生体感覚によって伝えられ、メチオニン合成酵素は作られなくなる。すなわち、タンパク質は環境因子として入ってきたメチオニンを用いて作られることになる。この際にメチオニン合成酵素を作るか作らないかは、遺伝子によってコントロールされており、これは遺伝によって親から子に伝えられるものであり、このような親から子に伝えられるものは遺伝情報と呼ばれている。

すなわち、生物において入力は環境因子であり、伝達は物質の移動および物理現象によって行なわれる。変換・分割・結合は遺伝子と中枢神経系の作用によって行なわれ、出力は応動としてあらわれる。

C. 人為的事象と情報

人類の生活の結果として外界に影響を与えたものに、人為的事象があることは第Ⅲ章でのべたが、これらは全て意志にもとづく応動の結果として外界に残されたものである。すなわち、人類が人類のためになんらかの役にたつようにと残したものである。(もちろん悪用や誤用もあって、多くの問題をひき起しているが。)

言葉や文字は、人類同志の意志の流通をはかる手段として、古くから発達してきた。しかし、トルコ語を知らない日本人にとっては、トルコ語による意志の伝達は不可能であるし、ニューギニアの高地人にとっては、全ての文字が意味をもたないものになる。これは言葉や文字にパターンがあり、意志を通じあう人間にパターンについての約束がとり交わされているからである。すなわち、パターン認識が行なわれてはじめて意志が通じるのである。

情報科学研究者の中には、このパターンがあるという

ことが情報の特色である、という人もいる。しかしながら、生物にとっては環境は全てパターンをもっているものである。生体感覚についてももちろんであるが、環境としての物質を考えてみても、生物にとっては全てパターンがあり、パターンを認識することによって環境は利用されているのである。

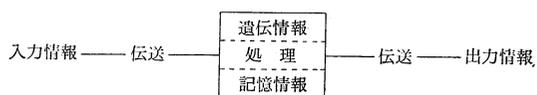
人類はこのパターンを変化することなしに、伝達し貯蔵する技術を開発した。電話・テレビ・計算機などがこれであり、現在の文明社会は、これらなくしては存在しえなくなってきた。特にコンピュータはこのパターンを多量に貯蔵し、変換・分離・結合が容易であり、高速で伝達する能力をもっている。そこでコンピュータは人工頭脳とよばれているが、とりあつかうパターンは人類がその必要から入れたものである。

人為的事象としては、文字や絵画のほかあらゆる科学技術の産物が含まれていることは前にのべた。いまここに一膳の箸があるとすると、これを箸として用いるか、あるいはほかのものとするかは、全く使う人のパターン認識いかんにかかっている。また、箸に関していかに詳細に記述しようとも、また絵や写真であらわそうとしても、実物より多くのものを人に伝えるわけにはいかない。

ここで図書館や情報処理の分野でとり扱うものを見てみると、これらは全て人為的事象にほかならない。印刷物・写真・レコード・テープ等全てが記録を目的に、人類によって残されてきたものである。一方これを利用することを考えると、個々の人類はこれを光や音などの環境因子として受けとり、生活に役立てることになる。このように考えてくると、人類にとっては、これら人為的事象も他の外界と全く同様に、環境因子として利用されているものである。

D. 情報と環境因子

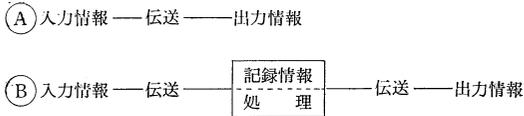
以上情報について生物との関係をみてきたが、ここに生物についてその情報処理を模式的に示すと、第5図のようになる。



第5図 生物における情報処理

もちろん、記憶情報は動物にのみ存在し、植物では遺伝情報のみが処理に関与している。

人類はこのほかに人為的事象による情報処理も考えたことは前にも述べたが、いまこれを模式的に示すと、



第6図 人為的事象の情報処理

第6図のようになる。

④の場合は、情報をそのまま距離的に遠い場所に、また時間的に長い間保存し、伝達する場合であり、多くの人為的事象がこれに属する。⑤は一定の情報を記録しておき、入力情報として送られてきたものを処理して、出力として新しい情報を送り出すものであり、コンピュータはそのもっとも進んだものである。

このように環境と情報との関係が深いことが明らかとなったが、いま情報の本質について「情報管理便覧」によってこれをみてみたい。

“ここに情報とは、与えられたシチュエーションにある特定の人に対して特殊な意味 (specific meaning) をもつ通報をいう。……”

ある人にとって情報としての価値をもたない通報のことを、その人から見て無効情報または雑音という。これに対して、情報としての価値を有するものを、とくに有効情報と呼ぶことがある。……

情報はまた意図的信息と非意図的信息とに分けることができる。前者は……。これに対して、非意図的信息は……。この語を広く解釈すれば、あらゆる自然のおよび人為的事象の出現、存在がこれに包括される。

……端的にいうと、ある通報が情報となるか否か、いかなる情報になるかは、これを生産したものにおいてではなく、受けとるものにおいて定まるものである。¹¹⁾

ここで述べられている情報と通報の関係であるが、これを生物学的に解釈すれば、環境因子と外界の関係であり、つぎのように表わすこともできる。環境因子とは個々の生物になんらかの影響を与えた外界をいう。

無効情報と有効情報について考えれば、前述の Mason and Langenheim の potential environment と operational environment の関係であり、筆者は本報告ではこれを外界と環境因子としてきた。

意図的信息と非意図的信息は、これを人類に関してみれば、人為的事象が意図的信息であり、そのほかのものが非意図的信息で、これらふたつが人類の外界をなしている。

そこで端的にいうと、ある外界が環境因子となるか否

か、またいかなる関係における環境因子となるかは、外界のいかにあるのではなく、受けとる生物によって定まるのである。

以上、情報と環境因子について述べてきたが、情報については量的情報の問題があり、これについて少し考えてみたい。

国沢は情報と情報理論を論じたなかで、“情報といえは、そこに何らかの集合の存在を意味している。集合を構成している成分は互いに関連をもっていて、複雑なシステムを形成している場合もあるし、また反対に個々の成分は互いに独立で、他の成分とは何らの関連をもっていない場合もある。”¹²⁾ としている。

いま一般的な環境因子と生物との関係を考えると、これは複雑な集合を構成しているものに関する情報処理であり、国沢のいう質的信息¹³⁾となる。一方またこれと対比的に、量的情報¹⁴⁾が存在する。いま東京から新大阪までのひかり号の運行所用時間を知らない間は、12時間以内で目的を達しようとするときの情報は零に等しいが、それが3時間10分を要するとわかった時には、12時間に対する割合としての情報量がつかめたことになる。このような例は多くあげられるが、いずれにしても不確実度をともなったものを基礎にして、情報を計ることができるようになる。これが量的情報であり、その不確実度を統計的に計量するのが、情報理論である。

すなわち、あるシステムが考えられ、その個々の成分が独立して考えられるとき、この成分を単位として、不確実度を統計的に考えていくのが情報理論である。

生物と環境の関係を考えると、前述したように、外界には全ての物質および物理現象(すなわち potential environment) が考えられた、一つのシステムとして考えることは不可能となってくる。生物がオープンシステムといわれるわけである。

以上のように、生物にとって情報は環境因子であるが、環境にあたる言葉は考えられていない。情報という言葉が両者をあらわしているのが、これが情報を考える際の混乱の一つの原因になっている、とも思われる。

おわりに

湯川・梅棹は科学論を対談の形式で行なったが、そのなかで情報に関する問題が話しあわれた。

“梅棹 物理学が物質とエネルギー以外のものまで、その対象の中に取りこんでゆくとすれば、たとえば、どういものが考えられますか。

湯川 物質とかエネルギーとかいう概念に入っていないものとして、重要なものがいろいろある。中でも、従来の物理学の領域に比較的接近しているもの、一番つながりがありそうなものは「情報」です。¹⁵⁾

このような討論が進められる中で、情報が物理学の体系の中に取りこめる形で定義されるならば、情報物理学ができるであろうし、あるいは生物学と一緒にあって、生物物理学がさらに大きく成長するようになるかも知れない。と話している。

このような考え方についての問題提起は、その後多くの人によっても論じられた。

片方は知識産業を論じて、その成立の条件の第1として社会学的な側面をとりあげ、「生物を支配する要素として三つのものが考えられます。物質、エネルギー、情報です。¹⁶⁾と述べている。

また杉田は、「情報という概念が物理学で市民権がなかなかとれないのは、情報のほたらくような高度のシステムが天然の物理系としては見つかりにくかったからである。しかし生物物理が進むと事情は改善されるであろう。そして情報から擬人的な感じをはらいのけて、物理学の概念として確立できるようになるであろう¹⁷⁾と述べている。

しかしながら、今まで考察を加えてきたように、生物学的には情報は環境因子であり、物質および物理現象にすぎず、物理学の分野で物質とエネルギーと同じレベルでとり扱われるようなものとは考えられない。

生体内の情報処理に遺伝情報と記憶情報が関係していることを述べたが、どのようなメカニズムで行なわれるのであろうか。伝達情報に関しては、NDA および RNA によって情報処理が行なわれることが明らかになってきた。しかし記憶情報のメカニズムについては、まだ明らかでない。記憶の担い手が脳の RNA であるという報告もいくつか出されているが、まだ一般的には認められていない。しかしながら、記憶のメカニズムも、物質をベースとした考え方によって、遺伝情報が明らかになれたと同様に、近い将来解明されるであろう。

生物は情報をたべて生活しているといわれている。大泉は「生物はすべて情報処理機械とみることができ、進化の歴史はすなわち情報処理能力の進歩の歴史であり、自己の外および内の情報の収集・処理・実行に、よりすぐれた能力を有する動物が常に生存競争に打ち勝って、ついに人間まで進んできたものと考えられる。¹⁸⁾とした。いまこの情報という用語を環境因子におきかえても

全く矛盾はなく、生物の進化とは、生物の環境因子との競争といえる。

人類はこの環境をより良くするために技術を開発し、人為的事象として多くのものを外界に蓄積してきた。しかし、今やあまりにもこの人為的事象が膨大となり、かえって人類に悪い影響を与えるに至っている。

最後に、この報告をまとめるにあたって、多くの先輩の論文および著書が参考となったが、生物・環境・情報のそれぞれの分野の代表的な報告を、参考文献として付け加えた。とりあげることでできなかった多くの事例などについては、これらの文献を読んでいただきたい。

- 1) 山田常雄等編. 岩波生物学辞典. 東京, 岩波書店, 1960, p. 175.
- 2) Mason, H. L. and Langenheim, J. H. "Language analysis and the concept environment," *Ecology*, vol. 38, no. 2, April 1957, p. 325-340.
- 3) *Ibid.*, p. 330-331.
- 4) *Ibid.*, p. 355.
- 5) *Ibid.*, p. 175.
- 6) Platt, R. B. and Griffiths, J. F. *Environmental measurement and interpretation*. 1964, p. 235.
- 7) *Ibid.*, p. 5.
- 8) *Ibid.*, p. 113.
- 9) 科学, vol. 40, no. 10, Oct. 1970, p. 505-568.
- 10) 桑原万寿太郎. "生体感覚," 科学, vol. 40, no. 10, Oct. 1970, p. 505.
- 11) 情報管理便覧編集委員会編. 情報管理便覧. 1963, p. 1.
- 12) 国沢清典. "情報と情報理論," 数学セミナー, vol. 8, no. 10, 1969, p. 2.
- 13) *Ibid.*
- 14) *Ibid.*
- 15) 湯川秀樹, 梅棹忠夫. 人間にとって科学とはなにか. 1967, p. 17.
- 16) 片方善治, 安田寿明. "知識産業の胎動とその将来," 情報科学, vol. 5, no. 3, 1969, p. 6.
- 17) 杉田元宜. "情報とは何か, 生物学への適用にあたっての反省," 生物科学, vol. 21, no. 1, 1969, p. 45.
- 18) 大泉充郎. 情報理論とは <「生命と機械」, 生命と科学, 1967. 8, p. 170.

参 考 文 献

○生 物

1. 江上不二夫. 生命を探る. 1967, 205 p.
2. 時実利彦等編. 脳と神経系. 東京, 岩波書店. 1966, 246 p. (現代の生物学 6)

3. Lehninger, A.L. 生命とエネルギーの科学.
[*Bioenergetics.*] 飯島康輝他訳. 1967, 247 p.
4. 野田春彦, 日高敏隆, 丸山工作. 新しい生物学.
1966, p. 238.
5. 柴谷篤弘. 生命の探求. 1966, 193 p.

○環 境

6. 伊勢村寿三他編. 生態と進化. 1966, 262 p. (現代の生物学 9.)
7. 沼田真. 生態学方法論. 1967, 254 p.
8. 沼田真. 植物的環境の解析と評価<森下正明・吉良竜夫編. 自然:生態学的研究. 今西錦次博士選歴記念論文集. 中央公論社, 1967>

○情 報

9. 郷信広. 進化の過程における情報の蓄積 <情報の科学 I. 1967>147 p.
10. 北川敏男編著. 社会と情報. NHK情報科学講座 8, 1968, 253 p.
11. 香川健一. “情報化社会論序説,” 別冊中央公論, 経営問題, 冬季号, 1968, p. 80-105.
12. 桑原万寿太郎. 生物と情報. NHK 情報科学講座 7, 1968, 218 p.
13. 渡辺茂. 認識と情報. NHK 情報科学講座 6, 1968, 253 p.