

情報の定義

Definition of Information

田中 一

Three view points are proposed for the definition of the information. The 3rd one is newly proposed, which tells that the information should be defined so as to be applicable to every kind of the information phenomena. The definitions of D.M. MacKay, G. Bateson and the author are checked and it is shown that the definitions of two persons, MacKay and author are similar but MacKay's one is too much general. The reason is given why we cannot define the information as the entropy.

1. はじめに

20世紀の後半から、多くの人々が情報の定義について種々試みてきた。著者もまた1980年頃からこの課題に関心を持ち、たびたび考察の結果を発表してきた。2003年の終わりには、論文「情報と価値」（以下論文2003と記す）の中で著者としての最終的な定義を提示した。

この小論には二つの目的がある。その第一は、上記論文の中で提示した定義の土台となる視点を展開することである。またその第二は、他の幾つかの提示された定義を、肯定的にあるいは批判的に考察しながら、他の定義との関連を論ずることである。今までに提示された定義はきわめて多く、その全部を論ずることは不可能であるが、ここでは、D.M. MacKay (1969), G. Bateson (1972) および正村俊之 (2000) の定義に焦点を当てる。予め述べておくとすれば、著者はMacKay および正村の定義に対し肯定的で、Bateson に対しては批判的である。

情報の定義を論ずる以上、定義というもの

について一言述べておくべきであろう。

2. 定義

演繹科学では、体系の出発点となる学の基礎概念を定義することが可能であるが、多くの科学の分野では、当該学における幾段もの考察の後、その帰結としてはじめて基礎概念を定義し得ることが多い。情報学における情報概念もまたその一例のように思われる。

さて、何らかの概念を定義する場合注意しなければならないことがある。例えば、対象の特徴に注目し、その特徴をそのままに概念の定義とする場合である。今このようにして何かの概念を定義したとしよう。この場合、同じ特徴を有するものが、当初の対象以外にも広く存在していることがある。この結果、得られた概念は、当初の意図に反して広義のものになっている。概念の具体例、すなわち概念の外延が当初の想定より広がっている。このように定義された概念は普遍的過ぎるという意味で、この小論では過剰普遍と呼ぶことにする。対象の特徴をそのままに概念の定義とする場合には、過剰普遍に陥らないよう

十分注意しなければならない。反対に外延が過少なこともあるが、実際には、この場合はあまり多くない。何れにしても概念の内容、すなわちその内包と外延とは過不足なく対応していなければならない。

複数の基礎概念が互いに密接な関係を有しており、その結果として、例えば、概念Aを定義するためには概念Bを用いねばならず、一方、概念Bを定義するには概念Aを必要とすることが多い。このようなA、B二つの概念の相互関係は、必ずしも同語反復ではなく、二つの概念が相互に規定し合うことによって両概念が同時に定義されていることを示すものと見なすべきではなかろうか。このように、複数の定義文によって複数の概念が同時に定義されているとき、これを複文定義と呼び、これに対して従来の単一の文でなされている定義を単文定義ということにする。

さて、同じく情報という用語で呼びながらも、人が受信する場合、すなわち情報の内容として意味を持つことを条件とすることがあれば、意味を持たない場合をも情報とする立場もある。これらは、どのような現象を情報現象と見なすか、その視点の違いに由来するといってよい。

以下述べるように、情報の定義に関しては三つの視点があるように思われる。つぎに、これらの視点について述べることにしよう。

3. 三つの視点

三つの視点の第一の例を二つばかり挙げよう。関英男は次のようにいう「情報とは、有効な行動あるいは動作を制御する指令源として、それらの制御中枢に位する記憶部に何らかの新しい寄与をなし得る原因である」(関英男, 1971, 50)。ここでは、情報現象を人に役立つ場合に限っているように見える。また、1976年の日本経済新聞社編『情報用語辞典』では「情報とは、ある目的のために意味をもっている一連の記号とその系列のこと

である」としている。ここで述べている目的は、人あるいは人の集団が有するものであろうから、この定義では情報現象の中の受信系あるいは送信系の少なくとも一方が、人あるいは人の集団であることを想定している。実際は、双方とも人あるいは人の集団の場合であって、したがって、この定義が想定している情報現象とは、社会的コミュニケーションであるということができよう。このような情報観は、当時の通念であったといってよい。この視点、すなわち、情報現象とは社会的コミュニケーションにほかならないという視点が、ここで取り上げる三つの視点の内の第一である。

つぎに1967年、吉田民人は「情報科学の構想」の中で、『生物、人間、社会、自動制御機構などにおいて、情報の伝達・貯蔵・変換を含む情報現象の全貌が明らかにされたとすれば、それは、もはやコミュニケーション科学と呼称するにはあまりにも拡大されている。「情報科学」としか名づけようのない新しい科学分野の誕生を認めなければならないだろう』(吉田民人, 1967)⁽¹⁾と述べているが、ここでは第一の視点に対して、情報現象が、単に社会的コミュニケーションに限定されることなく、生物一般に広く見られるものであると明確に主張している。このように、社会的コミュニケーションのみならず、生物の遺伝現象や脳の神経システムの活動全体を含めて、生命現象や意識現象の中に情報現象を見出す視点が著者のいう第二の視点である。

さて、第二の視点が、自然を含む現実の全世界に情報現象を見出すものであるとすれば、これ以上の視点はもはや存在しないようにみえる。つぎに、第三の視点について述べることにしよう。なお、第二の視点に含めるべき現象で吉田が触れていない現象があるが、それについては、注(1)で簡単に触れているが、後に詳論する予定である。

4. 情報過程の層序

最後の第三の視点は世界の情報過程全体に基づくものである。ここで世界とは、素粒子から全宇宙にいたる無機的存在、全生物という有機的存在及び社会と人の社会・意識現象全体を総称したものである。

累層的世界と情報過程の層序

図1は世界の構造と全情報過程及び両者の関連を示している。図1はすでに提示した図(田中一, 1992)の情報過程の部分に若干の変更を加えたものである。

図1の左の部分は世界の存在様式を示したもので、著者はこれを自然の累層性と呼んできた。この図が示す世界の在り方は、著者が1950年代の終わりに公表したもので、その後、自然の階層性という名称で多くの著作に現れている。

図1の右の部分は、著者が情報過程の層序と名付けたものである。生物、社会及び意識現象の何れにも情報過程が進行しているが、それらは図1のように互いに層的関係を持っている。このような層的関係にある情報過程全体を、情報過程の層序と呼ぶ。情報過程が層序という層的関係をなす根拠は、各情報過程が進行する世界の累層的構造にある。

累層と層序

一般に階層的自然と呼ぶものを、著者はあえて当初から累層的自然と呼ぶと述べたが、その理由をここで再論しておく。

そのため1個の角砂糖に注目しよう。いうまでもなく、角砂糖は巨視的物質⁽²⁾としての属性を有している。例えば、角砂糖は壺の中の定まった位置にあり、抛り出せば明確な軌道を描く。しかしながら、角砂糖を構成する原子では事情が違う。巨視的物質とは全く異なる物理的性質、すなわち微視的⁽²⁾物質としての法則、量子法則に従っている。

注意すべきことは、角砂糖を構成する個々の原子は微視的法則に従っているが、同時に、巨視的法則に従う砂糖全体の運動の中にあるということである。言い換えれば、図1の中の巨視的物理的法則は、角砂糖の中の原子分子に覆い累っているのである。

脳の中では、高次の情報処理を行う部分とそうでない部分が別の脳細胞集団として分かれている。この場合には高次の部分が別物としてあって、階層という関係を持つと捉えるのが適切である。これに対して、図1の世界の構造は、この世界の存在の質的相違を示すもの、同一の存在の様々な質的特徴の系列で

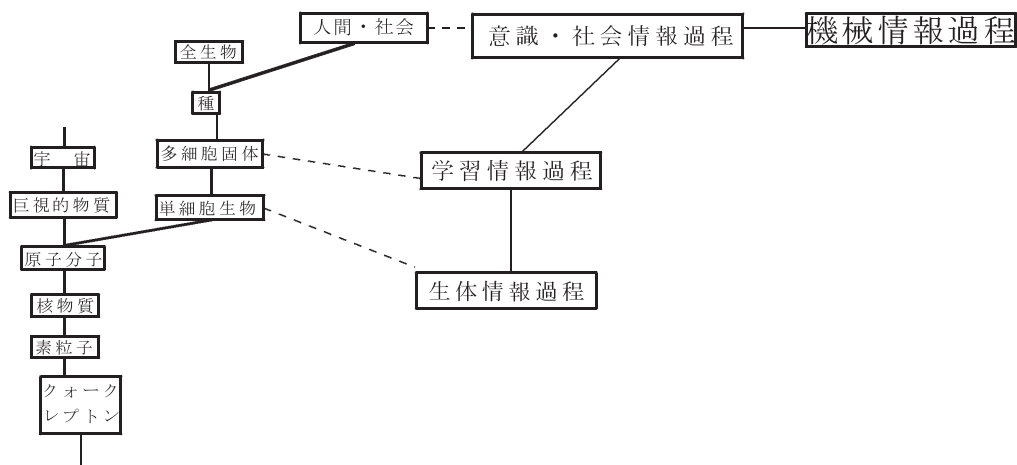


図1 世界の累層性と情報過程の層序

あって、これらの質的特徴がそれぞれの存在に同時に重なっているのである。この重なり、あるいは累なりを世界の構造の基本と捉えて累層的と呼ぶことにしている。

この点では、各累層を土台とする情報過程の層序においても同様である。

層 序

先に述べたように、情報過程の層序を提示したのは1996年で、印刷公表したのは翌年である。ここで再論するにあたって、幾つかの変更点を列挙しておく。

旧の層序では、人に特有な情報過程を意識情報過程Ⅱとして、社会情報過程と区別したが、人と社会とは密接不可分の関係にあるという以上に一体化しており、このことを考慮して、旧で意識情報過程Ⅱと社会情報過程の二つに分けていた所を、一つの過程、すなわち、意識・社会情報過程とするとともに、意識情報過程Ⅰのより立ち入った考察が可能となるまで、これを省くことにした。

つぎに、遺伝情報過程を生体情報過程と変更した。いうまでもなく、遺伝情報過程は生体情報過程の重要な部分であるが、生体内にはホルモンなど、記号処理以外にも、免疫細胞を増殖せよという情報を伝える生体物質のように、いろいろな物質自身が情報の担い手になっていることがきわめて多い。この部分をも含めて生体情報過程と呼ぶことにした。

さて、科学技術の発展はわれわれに新しい情報の発生、通信及び受信の手段をもたらしている。この情報過程は、意識・社会情報過程を土台として事実上はその一部として形成されたと考えられる。この見地に基づいて、図1では、これらの情報過程全体を機械情報過程と名付けるとともに、意識・社会情報過程に続く情報過程と位置付けた。

第三の視点

以上の論を経て、漸く第三の視点を提示することができるようになった。

この小論の冒頭で、多くの学ではその考察

の帰結としてはじめて基本概念を定義し得ることを述べたが、いまやそのような定義の可能な段階に達したようである。上記のように、層序をなす多様な情報過程が存在する以上、情報の定義としては、情報過程の層序全体を貫く「情報の論理的構造」を見出し、各層序の情報をこの論理構造に基づいて把握し得るものでなければならないのではなかろうか。著者が第三の視点と呼んでいるのは、このようなものである。

それでは上記の「情報の論理的構造」とはいかなるものであろうか。以下その内容を具体的に述べ、ついでこの種の考察に伴う問題点を指摘しよう。この問題点こそこの小論の要であって、その論点は第2章の終わりで述べた過剰普遍である。

5. 情報の論理的構造

層序をなす各情報過程の情報の論理的構造とは、各情報の普遍的な内容である。それを具体的に見出す手掛かりの一つは、事物の存在様式の基本に、すなわち存在の基本に関する普遍のカテゴリーに要約された内容にあると思われる。そのようなものとして、「事物の本質と現象」に注目することしよう。ここでの本質の意味はカントが述べたところ、すなわち「ある物が当のその物である、その物の内的根拠」(広松渉他, 1998, 1508)である。

本質と現象に関する哲学的考察は、ここでは行わないこととし、直ちに情報一般の本質とは何か、その本質はどのような様式をとって情報現象に現実化しているのか考察する。

区 別

情報の本質は区別にある。これは、より基礎的な公理から出発した演繹的結論ではない。具体的な情報現象を広く見て得られた個別的な事実認識からの帰結である。

実際、二つのものの間に何の区別も見い出せなければ、それらを違うものとする何らか

の情報を得ることはできないが、一方、区別があれば、区別する情報を必ず伴っている。

ここで再々論ずることになるが、区別とは単に二つのものが違うということではなく、平たくいえば、同じ土俵にあってかつ両者に相違点、差違がある場合の両者の関係である。

同じ土俵に上がるということは、両者が何らかの共通な部分も含んでいること、すなわち同一性があるということである。したがって、区別とは、両者が同一性を持つとともに差違性を持っていることであるといっていよい。難しいことではない。青と赤とが違うのは、色として違うということである。色としてというところに、両者が何れも色であるという同一性があり、その同一性の上に立って具体的に異なるということである。

さて、周知のように、抽象的な本質という捉え方に留まっていたは対象の認識は進まない。区別というより具体的な概念を採ることにより、本質を具体的に捉えることができる。

表 現

しかし、本質は例えば人の骨のようなもので⁽³⁾、直接外に表れることはないが、筋肉と皮膚に形を与えることによって、身体の形自身に自分の存在を示している。本当はこの例えは正しくない。骨はただ骨だけで独立して存在するからである。

本質は、骨が筋肉や皮膚に形を与えるように、具体的な現象を現象たらしめるものであるが、それ以上のことはない。現象というものとして具体的にその内容を示す以上のあり方は存在しないのであって、現象から離脱した本質は本質ではない。

同様に、骨格がなければ人は皮膚と筋肉を持っていても、人としての身体の形をとることができないように、現象もまた本質を欠いては存在し得ない。このように、現象と本質の関係は、二者があって両者の間に密接不可

分な関係があるという段階ではなく、一体として合体したものの、存在というものの二つの面と見なすべきものである。この意味で、骨は体の部分であって、本来の意味では本質ではない。

さて、情報の本質が区別であるとすれば、その現象に当たるものは何であろうか。多様な各情報過程の様々な現象を通して、区別は何らかの方法で表現されている。表現は情報ごとに具体的である。表現は情報の現象面である。したがって、情報の本質に対する現象とは、区別の表現であるといっていよい。この場合、区別と表現をただ並べるだけでは、切り離された二つのものが、密接不可分な関係にあるいう、見方になってしまう。一体化した捉え方が何よりも必要であろう。このようなものとして以前(田中一, 1994, 58)から提示してきたのが「表現された区別」であり、これが著者のいう情報の論理的構造の第一段階である。

この定義は抽象的であるが、表現を具体的に与えると具体的な情報の定義となる。例えば、表現としてビット列を取れば、われわれが親しんでいるシャノンの情報となる。

一般化の行き過ぎ

さてこのような、本質と現象という基本概念から出発して得た結論は、ともすれば第2章で述べた過剰普遍の罠に陥る恐れがある。実際上記の「表現された区別」は過剰普遍に陥っている。

この世界に存在する任意の二つのものが区別されている以上、その区別は何らかの方法で表現されている。したがって、この形式は確かに情報一般にあてはまるが、当てはまり過ぎて情報以外にも適用可能である。

過剰普遍は間違いではないが、情報に用いるためには、情報特有の条件をこれに付加しなければならない。追加すべき条件を具体的に挙げるためには、層序における各情報過程の特質を考察しなければならない。この点に

については各情報過程の特質を論じた上で行うことにする。その基本部分はすでに定式化されている。(田中一, 2003) 後の第8章では、各層序の情報過程の特質を検討して過剰普遍に付加すべき条件を見出し、この定義を仕上げることにする。

つぎに、海外の研究者による二つの情報の定義について考察しておく。

6. MacKay と Bateson の定義

二つの定義

海外における情報の基礎的な定義として、代表的なものを二つ挙げよう。最初は1969年に MacKay が与えた、

「a distinction that makes a difference」(Floridi, 2003, 44)⁽⁴⁾と Bateson の「a difference which makes a difference」(Bateson, 1972) の定義である。我が国では Bateson の定義がよく紹介されているが、MacKay の名前は余り知られていない。アメリカではよく取り上げられているようである。Floridi は両者の定義についてつぎのように断じている。彼は Bateson の定義を ON 4 とし、「ON 4 is one of the earliest and most popular formulations of …; not that the formulation in MacKay 1969…predates Bateson's and, although less memorable, is more accurate. (Floridi, 2003, 44). ON 4 は Floridi がその著書の中で検討している多くの定義を区別しているラベルである。引用文の2番目の…は、上記の MacKay の定義文のことであるが、Floridi は引用した MacKay の定義文の中の distinction をイタリックにしている。

Bateson の定義は新しい邦訳で「違いを生む違い」(佐藤良明, 602) となっている。我が国の論文では「違い」でなく「差違」としているものが多い。

二つの用語

問題は MacKay の定義の中の distinction

と difference との相違にあらう。distinction の語源としては、ラテン語 distinctus は di 離れて +tinguere 印をつける +tus 過去分詞語尾の構成を取っており、「印をつけて区別された」ということになる。difference は、ラテン語 differre---di 離れて +ferre 運ぶから、離れて運ぶ→相違すると捉えることができる。印を付ける何かがあれば、例えば、際立った違いがあったり、違いの印を与える根拠があれば、distinction であるように思われる。

研究社の大英和辞典では distinction の筆頭訳語が区別であり、difference の筆頭訳語は相違であるが、上記の語源と対応している。問題は1969年当時、MacKay がどのような使い方をしたかということである。彼の著書 (MacKay, 1969) には difference という語はよく出てくるが、格別にわれわれが用いる用法と異なる使い方をしているとは思われない。何故異なるのかと異なることを探るのではなく、見て違うと思うときの相違に近いように思われる。

一方、すでに上で述べたように、distinctionの方が、語源的には、「印をつけて区別された」という意味になっていることは実に興味深い。印はそのものを区別された存在とすることであって、見た印象の相違とは異なるもの、敢えていえば、次元が異なるものである。このような印象は native でないわれわれにも充分感ぜられるところである。MacKay がこのような一般的な使用から離れていたとするのは不自然であらう。

この小論では、difference を現象に現れた違い、distinction を区別すべき理由・根拠を有するときの違いと解することにする。語源的考察に登場した印は、このような根拠の一つを示すものとしてよいであらう。

MacKay の定義

このように二つの語を解するとして、つぎに問題になるのは、この2語が同一の対象に

関わるのか或いは異なる対象に関わるのかという点である。しかしながら、この点は余り大きな問題ではない。もしこの二語が異なる対象を指すのであるとすれば、MacKay は一つの事物の distinction が他の事物の difference を作ると考えたことになる。しかし情報過程では入力が入力と無関係な変換系を経由して出力するのである。出力が入力に関係はしているが、一般的には出力が入力によって決まるとは到底言えないであろう。そこで MacKay の定義における distinction と difference は同一の対象に関わる用語と見なすことにする。このとき MacKay が与えた情報の命題は“実に”興味深いものとなる。論理的にはそれは先に述べた著者の定義「表現された区別」と以下のようによく相対応する。

difference→表現

distinction→区別

著者が MacKay の定義を知ったのは、この小論の原稿をほぼ書き上げた8月下旬のことである。著者と同様の意見が、25年も前に発表されていたことには残念である。心丈夫な思いもあるが、MacKay の定義は各情報過程の情報の論理的構造を捉える上で、有効であったであろう。彼の関心は情報の意味を捉えることにあり、いわゆるヨーロッパの大陸の研究動向とは異なるようである。イギリスとアメリカにおける情報の基本に関する研究は、知識を情報として如何に捉えるかという方向に進み、それに対応した情報の定義を求めていったように思われる。(Floridi, 2003)

しかしながら、MacKay の情報の定義には本質と現象の関係の把握に問題がある。

a distinction that makes a difference では、make という語で両語を関係付ける前も関係付けた後でも difference と distinction の両語は分離したままである。一方が他方を make するというだけの関係にある。本来は

一体のものとして捉えるべき本質と現象とが分離したままである。これは本質と現象とのあるべき関係を写していない定義であって、高度の情報の定義に際しては再検討する必要が生ずるのではなかろうか。

一方、「表現された区別」という定義では本質としての区別が表現されて始めて情報たり得ることを述べている。また区別がなければ表現すべきものが何一つない。「表現された区別」では、本質と現象が一体化した定義になっている。あるいは著者の定義は意味情報を含んだ情報の定義に際しても、考察の出発点になり得るのではなかろうかと思われる。

「表現された区別」はこのままでは、過剰普遍に陥っていると述べたが、この批判はそのまま当然 MacKay にも当てはまる。このように、両者の定義が相対応することを見れば、著者の定義の持つ欠点は同時に MacKay の定義の欠点でもある。彼の定義が過剰普遍に陥っていることは言うまでもない。

しかしながら、先にも述べたように、著者は1969年という早い時期にこのような深い定義を与えていたことに強い印象を受けたことも事実である。

Bateson の定義

さて「a difference which makes a difference」というと定義である。彼はこの定義の説明に土地と地図との関係を用いている。土地とその地図には物理的・化学的因果関係はない。にもかかわらずそこには密接な関係がある。その関係を情報関係として捉えるべきであるというのが、Bateson の見解である。

彼の命題の評価すべき点は、日常の事象を情報現象と見る基準として difference、すなわち違いというものを示したところにあるといえるかもしれない。

この意味で情報現象の特徴を指摘したと言い得るが、第二章で述べたように、情報現象の特徴の指摘と情報概念の定義とは些か異な

るものである。

後に述べるように、彼は情報は負エントロピーという主張を、その主著『精神の生態学』(Bateson; 1962)のなかで繰り返し強調している。この命題が事実誤認に基づくものであることは後に述べるが、この二つのことを見れば、彼は情報現象を感性的に捉えた情報詩人であったのかもしれない。ただこの表現をそのまま情報の定義として受け取れば、この定義もまた広く現象を取り込んだ過剰普遍になることは言うまでもない。

問題はむしろこの彼に現象の特徴把握を、現在においてなお海外における情報の定義の代表であるかのごとく扱ってきた点にあるといえよう。

それはさておき、過剰普遍から抜け出すには、層序をなす各情報過程の具体的な特徴を掴まなければならない。つぎの章では、このことに取りかかることにする。

7. 各層序における情報の特徴

各情報過程の情報もまたその本質が区別であるとすれば、それらは互いに何によって区別されているのであろうか、あるいは、これらの本質は、それぞれ特有な表現を得て現象として進行している筈であるが、その表現とは如何なるものであろうか。すなわち、それぞれの情報過程の情報の特徴は区別の仕方と表現の特徴にあるといてよいとすれば、その具体的な姿とはどのようなものであろうか。以下、各情報過程における表現を列記する。

生体情報過程	ホルモン等の生体物質 及び塩基とアミノ酸の列
学習情報過程	神経システムのパルスと行動
意識・社会情報過程	意味と価値と論理
機械情報過程	物質の状態変化（真空も物質 に含める）。

生体情報過程

生体情報過程は重要な内容を二つわれわれに提示する。その第一は、すでに述べたよう

に、生体内における情報の伝達がホルモンなどの酵素によって行われることである。(美宅成樹, 2003, 100-129). このことは、情報の表現が物質の状態変化のみではなく、物質の種類別(種別)によってなされており、その比重が大きいことを示している。日常よく経験する情報の伝達は、例えば音が空気という物質の振動状態で表現されているが、このように、従来の情報に関する考察は、情報が物質の状態変化によって表現されている場合にほぼ限定されていた。したがって、生体分子の種類による情報の表現と情報の伝達の比重の高いことは、大いに注目すべきことではなかろうか。

鶴見俊輔の指摘以後、現在では広く知られていることであるが、情報の交換を意味するコミュニケーションという用語は、語源的にはものの共有を意味する語であった。コミュニケーションの語源的考察は興味のあるものであるが、生体内情報の表現と伝達が生体分子という物の種別によって行われるという事実は、圧倒的な重みを有しているのではなからうか。

物質の種別と表現された区別

さて物質の種別による情報伝達は、わざわざ生体分子を引っ張り出すまでもなく、日常の社会生活にもよく現れる。身分や役職を示すのに服装を区別するなど、その一例である。著者にとって問題は、このような情報の表現もまた「表現された区別」と言い得るのかということである。

いうまでもないが、全ての物質の具体的な属性・存在様式はその物質の本質の表現であり、これらの表現を離れては、その物質の本質は在り得ない。物質の属性・存在様式はいずれも常に表現された区別でもある。このことは後に表現された区別を過剰普遍から救う条件を与えることになる。

遺傳情報過程

生体内の過程が情報に関してわれわれに示

唆する第二の点は、遺伝情報過程からもたらされる。

ここでは、情報の表現と情報過程が一体化している。以下の所論に曖昧さが混入することを避けるため、一つの用語を導入する。それは「情報過程の場」というもので、すでに論文 2003（田中一，2003，6）で定義したものである。情報過程の場を端的に言えば、それは情報過程のハードウェアのことである。

一般に情報過程は情報と情報過程の場の二つから成る。この視点に立てば遺伝情報過程の特徴を端的に述べることができる。DNA から情報を読み取りタンパク質を合成する過程は、DNA の複製過程よりやや複雑であるが、何れの過程も、DNA 自身が情報過程の場を構成しているか？情報過程の情報を表現している。ここに遺伝情報過程の特徴がある。

さて、数多く目にする情報過程では、情報は媒体で表現されており、情報と情報過程の場が分離している。一般には情報と情報過程の場は分離しているが、遺伝情報過程のように、そうでないこともある。

このような遺伝情報過程の特徴は、「情報過程の場」という概念を導入することによって始めて認識することができる。

従来の情報に関する考察には、情報過程および情報過程の場という概念が登場してこなかった。つぎの章では、これらの概念の導入が、「表現された区別」という情報の定義がもつ過剰普遍という欠点が如何に除かれるかを示すことにする。

意識・社会情報過程

この情報過程には三つの特徴がある。その第一は、情報の表現が意味・価値及び論理によってなされていることである。特徴の第二は、書籍などの出版物に如実に示されているが、情報過程の媒体の独立である。書籍も最終的には人に読まれなければならない。そこで情報過程は最終的に終了する。電子機器の

内部や通信経路にある情報媒体が機能する時間は、情報の通過する瞬時の時間に過ぎず、これらの媒体は、ただ瞬間的に機能を果たす機器の構成部分に過ぎない。一方、書籍はそれ自身独立した社会の存在物である。このことは、媒体が情報過程の補助的位置から脱して、独立した存在となっていることを意味している。ここに、電子機器や通信手段の媒体に見ることができない媒体の存在様式を見ることができる。

インターネットのホームページは、受信者を特定して作成されるのではない。インターネットの情報の場も独立した媒体である。意識・社会情報過程の特徴の第二は、独立した情報過程の媒体を有することである。

第三の特徴は、意識・社会情報過程が新しい情報過程である機械情報過程を生成したことである。

通常の電子機器はいうまでもなく、社会的生産物であるが、生命をもたない存在である。通常は一つの無機物である。この点を見れば、図 1 の示す世界の無機的系列に属するもののように思われる。しかしながら、電子機器をはじめ、いわゆる文明の所産は決して無機的世界から直接に誕生したものではない。図 1 の世界の有機的系列から枝分かれした人間・社会とに対応する意識・社会情報過程を待って始めて作り出されたものである。その意味で、この部分の情報過程は、人・社会が作り出した一つの新しい情報過程と考えるべきではなからうか。こういう見地に立って、図 1 の中に新しい層序として位置付けたのである。

著者はこの意識・社会情報過程の特徴を十分に捉えたとは、現在の段階で到底いえないと考えている。例えば、意味と概念には以下のような特徴がある。このことはすでに指摘したところであるが、（田中一，1994，196）いまだに何の進展も見い出せていない。

よく知られているように、いろいろな概念

は、互いにその意味する内容が重なりあっており、その区別は決して明確ではない。また区別することができるものではない。

矢張り意味に関係したことであるが、「イ」という文字を描いたとき、どの程度標準からずれた「イ」の文字を「イ」とすべきか分からない。もっとも、画像処理としてそれなりの対応はあるが、それは対応策で、著者が求めている解決ではない。

このように考えてくれば、意味をもつ情報の場合、意味の区別は決して明瞭ではない。このことは、区別と表現から出発した情報に関する考察に、大きな問題をもたらすかもしれない。著者にとって今後の課題である。

8. 情報とは

情報過程

前章の生体情報過程の考察から明らかなように、情報の定義に際しては情報過程、および情報過程の場という概念を無視することができない。論文 2003（田中一、2003、6）の中では、情報と情報過程をつぎのように定義している。以下の定義では変換系という概念を用いているが、ここで変換系とは、情報の受信系、伝達系、記憶系、変換系及び送信系の総称である。これらの系が何れも情報の変換機能を主な機能としている系であるため、変換系として概括することにした。

まず、論文 2003 の 6 頁に沿って、情報過程の場を以下のように定義する。ただし当論文全体の繋がりを考慮して、上記論文中の字句の一部を変更している。

情報過程の場とは「単数または複数の変換系からなる明確で安定した系」である。

ここで明確とは、情報過程の両端すなわち受信端および出力端が明確であることであり、安定とは、同一情報が入力したとき出力がつねに同一であることをいう⁽⁵⁾。

このように、情報過程の場を定義することにより、情報過程とは情報と情報過程の場か

らなるものと定義されて、「表現された区別」が持つ過剰普遍の程度をつぎのように減ずることができる。

情報とは「情報過程における表現された区別」である。

二重の表現された区別

しかしながら、この定義も以下の論が示すように、情報過程における情報の表現の特質を充分には捉えていない。論文 2003 の中ですでに述べているのであるが、ここで再論しよう。その考察の要点は、先に述べたこと、すなわち、物質の種別が情報の表現となっている例が、生体活動その他の場合に数多く見出され、かつ物質の属性自身その物質の本質の表現された区別であることである。これらのことを絶えず念頭に置く必要がある。

音声を伝えるのは空気の振動である。われわれが日常経験する空気自身は、空気を他の物質から区別する空気の本質の現れ、表現である。具体的にいえば、例えば、温度、密度及び気体元素の混合などの表現である。

さて、音が到着すると、空気は新たに振動という運動状態をとる。この運動状態は空気であるために必要なことではない。振動状態という表現は空気の本質からくる表現ではなく、空気が示す様々な運動状態相互を区別するという、空気の物質としての本性とは別の音声に応じた区別の表現である。その表現に情報があるというのが著者の見解である。

この事態をどのように言い表せばよいであろうか。この事態を素直に表現するとすれば、それは二重の表現された区別とならざるを得ない。すなわち、空気という他の物質から区別された物質が、情報過程の場のなかで、振動という、空気の他の状態から区別された表現をとるという、もう一つの「表現された区別」の状態が加わるという事態、すなわち、2 種類の表現された区別が生じている事態にあるといわざるを得ないのである。

何故このように、七面倒くさく「二重

の…」と言わねばならないのであろうか。それは、物質の種別が情報となっている場合を含めて情報的に的確に捉えるためである。

物質の種別が情報を表現するとたびたび述べたが、いつも無条件にこのことが成り立つのではない。正確には属性という表現された区別が、生体反応とか社会的関係などの新しい場面に対応した土俵の中にあって、この土俵の他の物質との区別という区別が新しく加わるからである。妙な表現であるが、表現は変わらず、ただ区別が新しく加わるのである。二重の表現された区別の表現が同一の場合である。これに対して、通常の「表現された区別」では区別も表現も異なる。この事情を曖昧さなく言い表すためにも、二重の表現された区別という命題が必要なのである。

相互限定

一見以上の定式は奇妙に見える。情報過程の条件には情報概念を用いながら、情報であるための条件には情報過程という概念を用いている。堂々巡りの関係がここに展開されているように見える。あえて表式として表現すれば、

情 報＝情報（情報過程）

情報過程＝情報過程（情報）

ここで、冒頭第2章の定義に関する論を想起することにする。ここで述べている定義は、論の出発点に位置するものではなく、多様な論の結果として得られたものであって、われわれが結果として得たところは、情報と情報過程が、相互限定の形をとるということなのである。

正村の定義

正村は『情報空間論』の中で、情報をつぎのように定義している。

情報とは、時間的・空間的・内容的な次元で写像作用を遂行する二重の変換の媒介項である。情報は、「パタン間の差違」をもう一つの「パタン間の差違」へ写像する「パタン間の差違」として存在する（正村俊之, 2000,

29-30）。正村の定義を取り上げたのは、正村が情報について深く考察して自らの見解を立てようとしているからである。情報について語る人は多いが、情報について自ら考えようとする人は希である。足利工業大学の中原紀もその一人である。（中原紀, 2002）

すでに指摘したことであるが、（田中一, 2003, 3）情報を媒介項として捉える上記の見解は先駆的であるといえよう。このことを踏まえた上で、以下、著者がこの小論で論じている事項と関わって、今後の課題として、2点指摘しておくことにする。なお、正村が上記の情報の定義の中で用いている「二重の」という形容句の意味は、著者の同じ句と可成り意味が異なっていることを注意しておく。

まず指摘したいことは、正村の定義の中のパターンという用語の意味である。この用語はよく用いられるが、その意味するところは必ずしも明らかでない。

著者はこの小論の中で、情報が物質それ自身で表現される場合があることを強調したが、このような場合を含めて、パターンとはそもそもどのような内容を持つものであるかを示す必要があるのではないか。もし情報を単文的に定義するとすれば、正村の定義はその一つであるが、情報概念によることなく、パターンとは何であるかを示すことが必要ではなかろうか。このことは写像という概念にも当てはまる。

正村は写像という概念を用いることによって、より進んだ情報の定義が可能となることを強調している。写像は対応よりもより実在的な概念である。二つの事物の対応関係が、直ちに両者の写像関係を意味するものではないとすれば、対応関係を写像関係に仕上げていく条件は何であろうか。定義が単文的であるためには、写像概念や情報概念によることなく、この仕上げを行わねばならないが、果たしてこのことは可能であろうか。

情報の定義は複文的であることを強調する

著者としては、このような疑問を懐かざるを得ないのである。

9. エントロピーと情報

情報はエントロピーであるという見解が、現在にあっても相応の広がりを持っているように見える。この見解について検討しよう。

APPENDIX I 及び II で詳細に述べているように、エントロピーは巨視的状态に属する微視的状态の数を対数表現したものであり、その核心は微視的表現の数である。したがって、エントロピーは巨視的状态に関する量である。これに対し、以下述べるように、情報は個々の微視的状态に関するものであるが、このことを端的に示すのが図2である。

APPENDIX I で述べているように、同一の巨視的状态を与える微視的状态は、通常莫大な数にのぼる。図2の左の部分の巨視的状态から下方に向かって描かれている線分は、同一の巨視的状态をもたらす微視的状态群を示している。エントロピーはこれらの微視的状态の総数であるので、巨視的状态に関する量である。図2の左の部分では、このことをエントロピーから巨視的状态に走っている矢印で示している。

これに対し、情報をアルファベットを例にとって表現しているのが、図2の右の部分である。図2の左の部分を用いても情報を表現することもできるが、より親しみやすい例としてアルファベットを用いたのである。

いうまでもなく、以下の説明を図2の左の例にそのまま移してみよう。図2では巨視的状态とアルファベットが互いに対応しており、微視的状态とアルファベットを構成する個々の文字とが、それぞれ相互に対応している。アルファベットの代わりに、意味を持つ何らかの文とその文を構成する個々の文字を例にとることもできる。しかしながら、巨視的状态はそれ自身通常の文のように意味を持つものではない。エントロピーと情報を対応

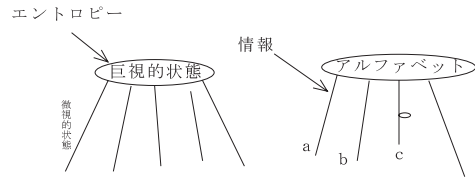


図2 エントロピーと情報

させるための例が有意味なものであるか否かは何の意味も持たないであろう。

図2の右の例では、アルファベットの中の何れかの文字を選んだときに情報が得られるのであって、アルファベット全体をただただ眺めているだけでは、何の情報も得られない。アルファベット全体に注目することによって情報が得られるのは、アルファベットを他の文字群と対比させたときであろう。

以上の検討から図2についてつぎの対応が成り立つことが分かる。

巨視的物質 \rightleftharpoons アルファベット

微視的状态 \rightleftharpoons 個々の文字

エントロピー \rightleftharpoons アルファベットの文字数

以上の考察から、以下のことが明らかになる。すなわち、巨視的状态をもたらす微視的状态の全体の中から一つの微視的状态を指定して、われわれは情報を獲得することができる。一方、エントロピーは、巨視的状态をもたらす微視的状态全体の数という巨視的状态の状態量なのである。したがって、エントロピーは情報であるという見解は、事実誤認以外の何ものでもないであろう。

さて、情報はエントロピー値に (-1) を乗じた負のエントロピーすなわちネゲントロピーとする見解がある。例えば Bateson は、情報が負エントロピーであることをその代表的な著『精神の生態学』で繰り返し強調している。(Bateson, 1972=2000)、しかしながら、この見解には二つの問題がある。シャノンはその著作『コミュニケーションの数学的理論』のなかで、エントロピーは情報ではな

く、情報源に関する状態量であることを明言している。ブリルアンも『科学と情報理論』(1956=1969)の中で、情報ではなく情報量がネゲントロピーであることを屢々述べている。APPENDIX IIではこのことが示されている。情報は負のエントロピーすなわちネゲントロピーではなく、情報量がネゲントロピーなのである。

ここで自然な疑問としてこととしてつぎの問題が生ずる。それは全ての情報に対して情報量を求めることができるであろうかということである。

この小論の第3章で述べたように、情報はまず社会的コミュニケーションの主役として意味を持つものとされた。このことは今日においても変わりが無い。しかしながら、意味の情報量を定義することは可能であろうか。計量可能な情報は多様な情報の一部である。決して僅かな部分ではないが、この小論の第3章で述べたところ、1967年に吉田が提示した情報の拡がりの中の主要とは言えない一部でしかないのではなかろうか。

情報は負エントロピーという見解は、以上の二つの問題点を有していると思われる。

10. 纏め

当論文の主題「情報の定義」は、著者が長年研究の対象としながら、得られた結果をその都度論文として公表してきた。この論文においても、従来の研究の成果を数々用いている。この纏では、当論文上に初めて提示した成果を列挙しておくことにする。

- (1) すでに提示した情報過程の層序に換わる新しい版を提示した。
- (2) 情報の定義を評価する3つの視点を導入した。とくにその第三の視点、すなわち層序をなす各情報過程全体を貫徹する情報の論理的構造という視点は今回始めて提示されたものである。
- (3) 過剰普遍という一般的な定義に対する批

判の手がかりを導入して、これを用いて、著者の定義を批判した。

- (4) この視点に基づいて、MacKayの情報の定義の優れているところとその問題点を指摘し、Batesonの定義を批判した。
- (5) 情報をエントロピーとする見解が誤認を含んでいることを指摘した。

以上が当論文で得られた結果である。

感謝

長田博泰氏からは貴重なアドバイスを数々頂戴した。MacKayの情報の定義は同氏の教示による。また、同氏及び高橋徹氏との意見交換から貴重なヒントを得た。正村俊之氏は情報過程の場の安定性についてコメントを頂いた。注5はこのコメントに答えたものである。大江敏美氏には語源上の意見を頂戴し、和気民氏からは遺伝情報現象について教示を得た。また吉田洋介氏から英文アブストラクトのアドバイスを受けた。記して心からの感謝と表す。

注

- (1) この論文は吉田民人(1990)『自己組織性の情報科学』新曜社の23頁に収録されている。引用部分はその25頁にある。吉田が生物の現象としているのは、主として遺伝現象であるように思われる。この小論では、生体内の情報の伝達の大きな部分が生体物質によるものであることを見て、情報の表現が物質の種別によって行われる場合があることを、重要な情報現象と見なしている。
- (2) 微視的物質及び巨視的物質の意味についてはAPPENDIX Iを参照。
- (3) いうまでもなく、この例えは正しくない。この例の最後で、このことを弁明している。
- (4) <http://www.nu.ac.za/undphi/collier/information.html>の1頁にはMacKayが1969年に与えたものとして、この定義が見出すことができる。この指摘は長田博泰による。
- (5) 同じ質問を受けても人によってその答えは異な

る。このように、社会的コミュニケーションでは、一見したところ情報過程の場の安定性が失われているように見える。この場合では、情報過程の一部をなす人の脳内情報過程の情報処理方式や記憶内容などの違いによるものであって、両者の情報過程の場は同じでない。

一方、同一の質問に対する回答が異なることを見れば、誰もが各人の考え方が違うと判断する。裏を返せば脳という変換系が同一であれば回答も同一であると考えているといつてよい。

つぎに、アンケート調査という社会的コミュニケーションに注目しよう。調査の結果は、多数の同一回答の幾つかの類の導出となる。同一回答は、結局のところ、この調査に関する限り、脳内情報処理過程という変換系が同一であると思えることができる。言い換えれば、この場合には、脳内の変換系がある範囲に入る限り同一であると考えられており、またこの範囲の幅の中に入る限り、情報過程は安定であるとみなすことができる。

現実の情報過程では、この幅が入力及び出力情報および情報過程の場にも存在する。この幅の範囲内で情報過程の場の安定性が成り立っている。

文献

- Gregory Bateson (1972) 『STEPS TO An ECO-LOGY』, = (2000) 佐藤良明訳 『精神の生態学』, 新思索社.
- Léon Brillouin (1956), 『SCIENCE AND INFORMATION THEORY』 = (1969) 佐藤洋訳 『科学と情報理論』, みすず書房.
- Luciano Floridi (2003) 『The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information』, Blackwell Publishing.
- Donald M. MacKay (1969), 『Information, Mechanizm and Meaning』, M.I.T.Press.
- Claude F. Shannon & Warren Weaver (1964) 『Mathematical Theory of Communication』, = (1969) 長谷川淳&井上光洋訳 『コミュニケーションの数学的理論』, 明治図書.
- 関英男 (1971) 『情報科学と五次元世界』, NHKブック 149, 日本放送協会.
- 田中一 (1992) : 「情報変換の層序」 『社会情報』 第1巻第1号, 札幌学院大学社会情報学部.
- 田中一 (1994) 『情報とは何か』, 新日本出版社.
- 田中一 (2003) 「情報と価値」 『社会情報学研究』 vol.8 No.1
- 広松渉他 (1998), 『岩波哲学・思想事典』.
- 中原紀&長澤一之 (2002) 「情報社会」 学への試論, 足利工業大学研究集録 第35号.
- 正村俊之 (2000), 『情報空間論』, 勁草書房.
- 美宅成樹 (2003) 『分子生物学入門』, 岩波新書 777.
- 吉田民人 (1967) 「情報科学の構想」 『社会的コミュニケーション』 今日社会心理学第4巻, 培風館.

APPENDIX I 微視的状態・巨視的状態とエントロピー

角砂糖

1個の角砂糖に注目しよう。いうまでもなく、角砂糖も他の物質と同じく、無数ともいえる莫大な数の分子からできている。このような角砂糖の分子的構造に目をつむれば、角砂糖は常温の小さな嘗めると甘い立方体に過ぎない。このように、内部の分子的構造に目をつむり、一つの塊あるいは流体と見なす視点を巨視的という。

これに対して、原子、分子など、その物質の構成単位の運動状態に基づいて、その物質の状態を考察する視点を微視的という。以下直ちに説明するように、同じく物質を見る二つの視点、巨視的と微視的の二つの視点の関係の中に、エントロピー概念の核心がある。

巨視的状態と微視的状態

さて通常一個の角砂糖はなんの変化もしない安定した状態にある。物理的にいえば、角砂糖は一定の形と質量を持ち、定まった温度を保っており、その体積と形状及び質量、温度、エネルギーなどの巨視的物理量には何の変化もみられない。しかしながら、微視的視点に立てば、その状態は変わらないどころか、時々刻々きわめて激しく変化している。

しかしながら、微視的視点に立っても変わらないものがある。まずそれは全体としてのエネルギーである。また、各原子がいかに活発に運動していても、角砂糖全体の形が崩れるようなことはない。いい換えれば、各原子は角砂糖の持つ巨視的物理量の値を変えることなく、活発に運動しているのである。

このことは一つの重要な事実をもたらす。それは、物質の巨視的状态が巨視的状态として安定でいたとしても、すなわち、この物質の巨視的物理量に変化がないとしても、当の巨視的状态をささえる微視的状态は、決して不変ではなく、莫大な数存在するということである。例えば、位置は異なるが、同じ速度

を持つ分子が入れ替わって、微視的状态としては異なっても、同一の巨視的状态に対応しているであろう。このように、「一つの巨視的状态に無数ともいえる多数の微視的状态が対応する」。

エントロピー

以上の考察を背景として、冒頭で述べたエントロピーの定義「巨視的状态に属する微視的状态の数」が立てられているのであるが、この定義に基づけば、有名な命題「エントロピーは常に増大する」という命題の内容を簡単に理解することができる。

先程の角砂糖をコーヒー茶碗のコーヒーに溶かしてみよう。角砂糖はたちまちコーヒー全体に広がった状態をとる。この溶解した砂糖の状態も、ある定まった広がりを持つ液体とも固体ともいえない、しかし安定した日常スケールの大きさを持つ巨視的状态であり、個々の砂糖の分子はコーヒー全体という、より広い領域のなかで、角砂糖の中という束縛から解き放たれて運動するようになる。

エントロピーは増大する

この溶けた角砂糖の状態を状態2、固形の角砂糖の状態を状態1と仮に呼ぶことにする。問題は、状態2に対応する微視的状态の数と、状態1に対応する微視的状态の数の比較である。状態2の存在領域が状態1よりかなり広がっていることから想像されるように、溶解砂糖の状態2の微視的状态の数は、固形角砂糖という状態1の微視的状态数に比べてきわめて大きい。どちらの状態にあっても、砂糖の分子原子は絶えず運動し続けているため、砂糖全体の状態は微視的状态の数の多い巨視的状态に次第に移っていく。

ここで簡単のために、個々の微視的状态が現れる確率が何れも同じだとすれば、当然のことであるが、微視的状态の数を多く持つ巨視的状态に移っていく確率が高くなる。このように、物理的状态は微視的状态が多い巨視的状态に移っていくことになる。

APPENDIX II エントロピーと情報量 エントロピー

対数表示

すでに再三述べたように、巨視的状态に対応する微視的状态の数をエントロピーというが、これを表現する場合に次のような方法を用いる。それは微視的状态の数がきわめて多いからであって、直接その数を用いることを避けて、代わりに、その数の桁数から1を引いた数を用いることにしている。この数が元の数の対数である。

数の桁数は、その数を十進法で表すか二進法で表すかなど、用いる進法によって異なるが、ここでは十進法を用いて述べることにする。

まず、例として1と10と100をとれば、その桁数は1、2及び3で、これらから1を減じた0と1及び2がもとの1、10、100の対数である。1と10の間の数の対数は、0と1の間の然るべき値となり、10と100の間の数の数は1と2の間の数となる。その求め方はやや複雑ではあるが、任意の数 x の対数を求める方法があって、その結果を $\log x$ で示す。この表式を用いると、エネルギーが E の巨視的状态に対応する微視的状态の数を $N(E)$ とすれば、この系のエントロピー S は

$$S = k' \log N(E)$$

で与えられる。ここで k' は値の分かっている常数である。この k' の値を適当にとると、どのような状態に対しても同じ k' の値のままで、熱現象に対して定義されているあの分りにくいエントロピーに等しくなることが示されている。

上式のようにエントロピーを定義すると、熱現象に現れる熱量や温度などの状態量を用いて表された量と一致する。上の説明では、微視的状态の数が多いため、その桁数を用いると述べたが、桁数すなわち対数を用いたことが単に便宜的なことではなかったことを意味している。このような事情はまことに不思議

なことであるように感じられよう。

情報量

式の同型

エントロピーと情報とを関係づける人の根拠は、情報の持つ情報量がエントロピーとよく似た数式で表現されることにあるといてよい。ここで注意すべきことは、情報量が定義されるのはビット列で表現される記号や画像音声などに限られており、意味などには情報量が導入できないことである。この点については、後に補足する。

情報量の単位

三角錐という立体がある。4個の三角形が構成する立体で、立体の中では面の数が一番少ないものである。この4個の三角形が何れも正三角形であるような四面体を正四面体という。この正四面の四つの面に1から4の数字をそれぞれ書き入れると、少し使いにくいサイコロとして用いることができないでもない。もっとも、この四面体をサイコロとして実際に用いる場合には、抛り投げて落ち着いたときの四面体の底面の数をサイコロが出した目とするのが賢明であろう。

さてサイコロが投げられた瞬間においては、どの目が底面となるか分からず、目に關する情報は0であるが、サイコロを投げ終わって、どの面が底面になるか明らかになったとしよう。例えば1の面が底面になったとする。底面が1の底面であることを知ったとき、私たちはいか程の情報を得たことになるのであろうか。このことを知るには、何よりもまず情報量の単位について知る必要がある。

誰でも知っているように、重さや体積の単位が国ごとにまた種族毎に異なることから分かるように、単位の設定は元来任意であるといつてよい。ただ同種の量を測るのになるべく便利のように定めればよい。情報の量についても同様である。よく知られているよう

に、情報の量の単位は次のように定められている。

互いに区別する条件がない二つのものがあるとする。何かある情報が得られて二つを区別することができたとき、その情報を情報量の単位とし、これを1ビットという。

情報量の単位が定まったので、上記の四面体の一つが底面にきた面として他の面から区別されたとき、私たちが得た情報は如何ほどであろうか。4個の面の内の一つの面を直ちに他の三つの面から区別しようという捉え方では、情報量の単位を用いることができない。

しかしながら、もしそこで4個の面の1個の面と他の面とを区別するという操作を、2個のものを相互に区別するという単位の操作の組み合わせとして構成することができたでしょう。このことは、長さや重さなどの通常の測量、すなわち、測量の対象となっている量が、定義された単量の何倍になっているかを測ったことと同等になる。

例えば、4個の面の内の2個の面を緑色に、残りの2個の面を赤色に塗る。まず底面の色が赤色か緑色かを定める。色は2色しか付けない上、両色とも2個の面にしか着けていないので、どちらの色の面であるかを定める操作は、同一の条件にあるものを相互に区別する操作となる。これにさらに同色の2個の面を区別する操作を加えれば、最終的に底面が他の面と区別されたことになる。

このように、最終的に底面の面を決めるには、単位の操作を2つ組み合わせればよい。すなわち、1ビットに対応する単位の操作を2度くり返しているので、4個の面の内から1個の面を区別するのに必要な情報量は2ビットということになる。

同じようにして、正四面体の代わりに、正

八面体のサイコロを作ればそのうちの一つの面を定めるに必要な情報量は3ビットとなり、正十六面体の場合は4ビットとなる。

これを一般的に書ければ、2をn回掛け合わせた数、すなわち、 2^n の数の場合があってそのうちの一つを他から区別するのに必要な情報量はnビットとなる。

桁数表示

さて十進法では数を 10^x という形して表すことができた。このときのxは拡張された桁数であった。同様に、丁度2の何乗になっているか否かによらず、任意の数Nを、xを適当に選べば、 2^x と書き表すことができる。このxを用いると、N個のものから一つを区別するだけの情報量はxビットとなる。

このxを十進法の時に習って $\log N$ と書くことにする。ただこの場合は二進法をとったときの拡張した桁数であるので、

$$\log_2 N$$

と記す。この2を底という。通常十進法を取ったときの拡張された桁数、すなわち対数を常用対数といい底の10を書かない。任意の数を底とする拡張された桁数をも対数という。底の異なる対数は2つの底で決まる常数を乗じて、互いに一方から他方を得ることができる。

さてここでは説明抜きで示すこととして、上式を書き換えると

$$-\log_2 1/N$$

となり、 $1/N$ はN個の中から1個取り出したとき、それが何か目指すものである確率であるので、ここから確率pの現象が生じたときに得る情報量は

$$-\log_2 p$$

となる。この-が負のエントロピーの名前の元である。