

情報と社会
福田 光宏
情報とは何か

1. はじめに

情報とは何かということについて、定説はない。いろいろな人が様々な情報の定義をしている。そこで、代表的な情報の定義を紹介し、その中で、私の見解を述べることにする。

2. シャノンの情報概念 情報のデジタル化

情報科学や情報工学の分野で大きな影響力を持っているのは、クロード・シャノン (Claude E. Shannon) が "A Mathematical Theory of Communication" (1948) で提起した通信理論における「情報量」の定義である。

シャノンは、メッセージが通信によって伝達される時、どの程度の情報量が伝達されたかを数値化する方法として、そのメッセージが伝える事象の発生確率によって、情報量を表す方法を考案した。事象 A が発生する確率を $P(A)$ とすると、事象 A が発生したことを知らされた場合に受け取った情報量 $I(A)$ は、

$$I(A) = \log_2 \frac{1}{P(A)} \quad \text{bit (ビット)}$$

であるとしたのである。

例えば、男の子が生まれる確率が 2 分の 1 であるとした場合に、「男の子が生まれた」というメッセージの情報量は 1bit であるということになる。男の子が生まれる確率が 4 分の 1 であれば、情報量は 2bit である。つまり、発生確率が低いことが起こったというメッセージほど情報量が大きいことになる。ちなみに、8bit = 1^{バイト}byte である。

これは、不確実性を減らす働きをするものを「情報」と考えていることになる。

bit を別の言い方で表現すると「ある」か「ない」か、「0」か「1」ということであり、シャノンは、情報をコード化（符号化）する、つまり、「0」と「1」の数字の列で表すことを提案したのである。言い換えれば、情報を細切れにして、その細切れに 2 進数の数値をあてはめていくことである。これが情報のデジタル化である。この情報のデジタル化によって、コンピュータは計算機から情報処理機に変わったのである。

例えば、音は連続的な波形をなすものであるが、コンピュータで記録する時には、微小時間毎に音をぶつ切りにして、その細切れごとに音の高さを 2 進数の数値に変換して、記録しているのである（音楽 CD や MD も同様の原理）。また、絵や写真の記録では、絵や写真を細かい升目に分割して、その升目一つずつの色を読み込み、色に数字を割り当てる対応表に従って、その色を 2 進数の数値に変換しているのである（デジタルカメラも

同様の原理)。そして、音のぶつ切りや絵の升目を細かくして行けば、人間の耳や目をごまかすことができ、自然に聞こえ、見えるのである。

情報をデジタル化するメリット（デメリットともなりうる）は、3つに大別できる。

一つ目は、情報の複製が容易になり、複製を繰り返してもほとんど劣化しないことである。例えば、カセット・テープのダビングを繰り返すと、音の波形が歪んだり、雑音が入ったりして、劣化してゆくが、CDをCD-Rにコピーする場合は、数値のコピーなので、コピーを繰り返してもほとんど劣化しない。

二つ目は、情報の改変、加工が容易になることである。例えば、銀塩カメラ（フィルムを使う従来のカメラ）では写真の修整が素人では困難であるが、デジタルカメラでは素人でも簡単にできる。

三つ目は、様々な情報を数値化することによって、統合して扱えることである（マルチメディア）。例えば、情報をデジタル化する前は、音を記録し伝えるためにはテープレコーダとテープ、画像を記録し伝えるためにはカメラと写真プリントなどというように、情報の種類に応じて、別々の機械と媒体が必要だったが、情報をデジタル化すると、音も画像もその他の情報もすべてコンピュータで記録し、コンピュータのネットワーク（インターネット、LANなど）で伝えることができる。

なお、野口悠紀雄は『情報の経済理論』で、すでにストーリーの分かっている映画を再び見る場合、われわれは、シャノンの情報概念による情報を受けていないことになり、音楽、小説、テレビの娯楽番組などについても同様のことが言えると指摘している。

3. ウィーナーの情報概念

ウィーナー(Norbert Wiener)は、「情報とは、われわれが外界に対して自己を調節し、かつその調節行動によって外界に影響を及ぼしてゆくさいに、外界との間で交換されるものの内容を指す言葉である」(『人間機械論 人間の人間的な利用』(The Human Use of Human Beings Cybernetics and Society, 1950))と述べている。

人間は、外界（自分のまわりの世界、他人も含む）に適合的な行動を起こす前に、外界についての「何か」を目、耳、鼻などの感覚器官を通じて得る。その「何か」に基づいて判断し、行動したり、「何か」を他人に伝えたりする。行動したり、「何か」を伝えたりすれば外界が変化する。その外界の変化についての「何か」を感覚器官を通じて得て、その「何か」に基づき、行動を修正したり、新たな行動を起こしたり、「何か」を伝えたりする。その結果、外界が変化する。その外界の変化についての「何か」を得て、というようなことを繰り返す際に、外界と人間との間で交換される「何か」が「情報」であると言うわけである。

例えば、2人で協力して重い荷物を運ぶ場合で考えてみよう。まず、荷物を見たり、持ち上げたりして、荷物の形や重さについての「情報」を得る。また、荷物を運ぶ経路を見て、その状態（途中で階段あるなど）についての「情報」を得る。2人で話し合い

(「情報」を交換して) 荷物のどこをそれぞれ持つかを定める。実際に運び始めた時、2人の力の入れ加減や、歩く速度のバランスが取れていないと、その状況に関する「情報」を目や皮膚など感覚を通じて得て、2人で話し合ったりして(「情報」を交換して)力の加減や歩く速度を調節する。階段に来たという「情報」を目などから得ると、歩き方を変える。

なお、野口悠紀雄は『情報の経済理論』で、ウィーナーの情報概念を用いると、他人に伝えず、その人の頭の中にとどまっているアイデアは情報ではないことになってしまうと指摘している。

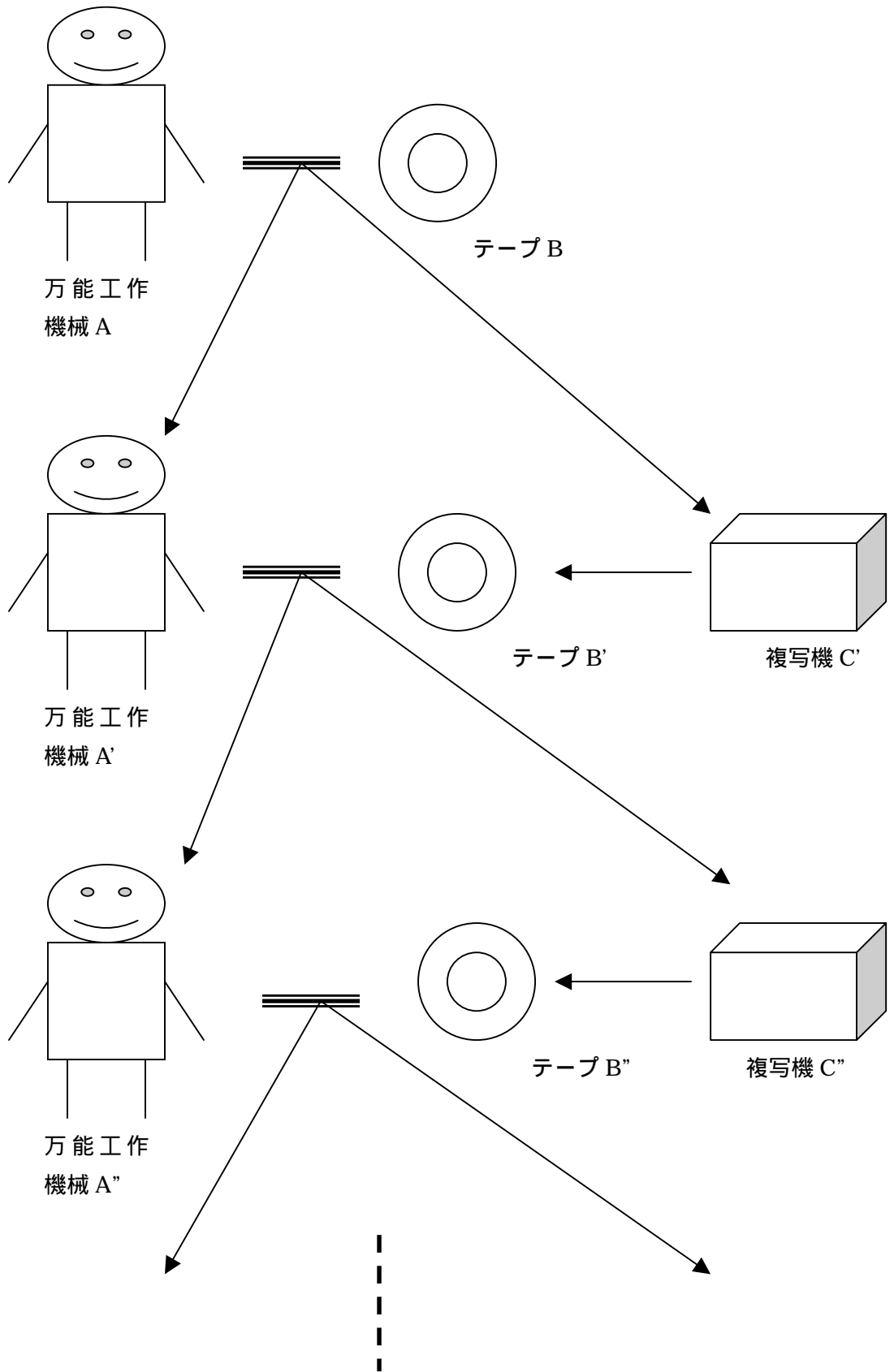
4. 野口悠紀雄の情報概念 ノイマンの自己増殖機械論

野口悠紀雄は、『情報の経済理論』で、情報を「(微少のエネルギーで)複製が可能であり、かつ、複製された後もなお元と同一の状態を保つようなものについて、その複製された内容」であると定義した。一般には、複製可能であるということは情報の性質であると考えられているが、逆に、複製可能なものが情報であると考えべきであるという主張である。

野口悠紀雄は、ノイマン(John von Neumann)の自己増殖機械論を参考にして、この情報の定義を行っている。自己増殖機械論とは、機械が人間の手を借りずに自動的に自分と同じ機械を作り、自己増殖してゆくことが可能かという議論である。ロボットが人間の手を借りずにロボットを作るという、ロボットだけの世界を思い浮かべてもらうと良い。

ノイマンは、この自己増殖機械が、3つのものの組み合わせによって可能であると結論した。A テープに書かれた作成方法に従い何でも作れる万能工作機械、B AとCの作成方法が書き込まれたテープ、C テープの内容の正確なコピーを作る複写機の3つである。

万能工作機械Aは、テープBに書かれた作成方法に従って、2世代目の万能工作機械A'と複写機C'を作る。次に、複写機C'は、テープBを複写して、2世代目のテープB'を作る。2世代目の万能工作機械A'は、2世代目のテープB'に書かれた作成方法に従って、3世代目の万能工作機械A''と2世代目の複写機C''を作る。このようなことを繰り返してゆくと、機械は無限に自己増殖できる。これを図示すると次のようなものになる。



野口悠紀雄は、この自己増殖機械論で重要なところは、万能工作機械や複写機という機械とともに、テープが複製されて増やされていく点にあると指摘している。もし、テープがなければ、万能工作機械は、同型機を分解してその構造を調べなければならないので、万能工作機械が一台しかない状態からは増殖は不可能となる。

このテープにおいて問題になるのは、テープという物理的存在ではなく、そこに収められている内容、つまり、万能工作機械と複写機の作成方法である。この機械の作成方法は、テープ以外にも、磁気ディスク、パンチカードなどの他の物理的な形をとっても良い。機械の作成方法が「(微少のエネルギーで)複製が可能であり、かつ、複製された後もなお元と同一の状態を保つようなもの」であれば良いのである。

そして、野口悠紀雄は、「テープに収められた「機械の作成方法」は、ある意味では機械そのものと同一のものとみなすことができる。なぜなら、それはすでに存在している機械の構造をあますところなく記述しており、また、それを万能工作機械に通すことによってそこに記載してあるとおりの機械が現実には作成されるからである。しかし、それは、「複製が可能であり、かつ、複製された後も元と同一の状態を保っている」という点で、現実の物理的存在である機械とは区別される。われわれが、物質、エネルギーなどの実体的な存在と区別して“情報”というものを観念するとき、それはまさしく、上に述べた意味で「機械」と区別された「テープの内容」をさしているのである。それは、現実の存在と対応しているが、(微少のエネルギーで)同一のものを複製することが可能であり、かつ、複製されたのちにおいても元のものがそのまま残っているという点で実体的な存在と区別される」としている。

以上述べた野口悠紀雄の情報概念には2つの問題があると私は考えている。

まず、テープに収められた機械の作成方法ばかりでなく、万能工作機械と複写機の構造も「複製が可能であり、かつ、複製された後もなお元と同一の状態を保つようなもの」であるということである。万能工作機械 A、A'、A''……は物質としては異なるものであるが、その構造は共通である、つまり、構造が複製されているのである。機械の作成方法との違いは、複製に要するエネルギーの大小だけであり、それは相対的なものである。機械の作製方法と万能工作機械の構造に共通するものは何かというと、それは、物質・エネルギーのパターンであるということである。物質とエネルギーは複製できないが、パターンは複製できる。パターンを複製できるということは、パターンは物質・エネルギーから切り離して別の物質・エネルギーに写すことができるという意味で物質・エネルギーから独立したものであるということである。したがって、物質・エネルギーのパターンを物質・エネルギーそのものとは違うものであるとして扱う必要があるので、情報と名付けるべきであるというのが私の意見である。そこで、次項では、情報の本質をパターンと捉える見解の代表的なものとして、吉田民人の見解を紹介する。

次に、テープに収められた機械の作成方法に、機械の構造をあますところなく記述する必要などないということである。万能工作機械と複写機がそれに要求される機能を発

揮するために必要な構造についてだけ記述すれば良いのである。例えば、万能工作機械 A と万能工作機械 A'の間には、素材の細かな違い（金属表面の微少な凹凸、プラスチックを構成する高分子の絡み合い具合など）があっても構わないのである。

（参考）自分が自分で在り続けるとはということなのか

生物を構成する細胞は、日々、死に、新しい細胞に入れ替わっている。つまり、物質としては常に変化しているのである。しかし、生物は、自分は自分であり続けるという意味で、同一性を保持し続けている。この同一性は、生物のパターンつまり情報の同一性なのである。

なお、成長、老化等に伴うパターンの変化はあるが、それは本質的な問題ではない。ここで問題にしているのは、自己同一性を維持するために必要なパターンの同一性である。

5 . 吉田民人による情報概念の整理

吉田民人は、『情報と自己組織性の理論』で、以下のような情報概念の整理を行っている。

(1) 最広義の情報概念

「物質 - エネルギーの時間的・空間的、定性的・定量的なパターン」

原子は素粒子とその結合のパターン、タンパク質はアミノ酸とその配列のパターン、機械は素材とその設計のパターン、感覚はニューロン（神経細胞）連鎖とその興奮・抑制のパターン、話し言葉は音響エネルギーとその時間的パターン、書き言葉は印字物質とその空間的パターンである。

(2) 広義の情報概念

「パターン表示を固有の機能とする物質 - エネルギーのパターン」

遺伝子 DNA のパターン、インクのパターン(つまり文字)のようなものである。DNA は、生命体、タンパク質のパターンを表示することを固有の機能とし、文字は、言葉のパターンを表示することを固有の機能としている。なお、文字は狭義の情報概念にも該当する。

パターン表示を固有の機能とする物質パターン（遺伝子の塩基配列、文字など）を「記号」と呼び、それが表示しようとしているパターン（アミノ酸の配列のパターン、言葉のパターンなど）を「意味」と名付ける。

「記号」を「シグナル」と「シンボル」に分類する。「シグナル」は記号パターンと意味パターンとが因果的ないし相関的に連結する「記号」であり（例えば、遺伝子の塩基配列）、「シンボル」とは、記号パターンと意味パターンとが因果的・相関的に連結せず、規約的に連結する「記号」をいう（例えば、文字。文字と意味の関係は人為的・恣意的なものである）。

(3) 狭義の情報概念

「広義の情報概念のうち、伝達、貯蔵、ないしは変換システムにあって認知、評価、ないし指令機能を果たす有意味のシンボル集合」

文字の集合つまり文章などである。

変換システムとは、簡単に言えば、情報の処理を行うシステムのことである。

(4) 最狭義の情報概念

「決定前提（意思決定を規定する認知・評価・指令情報ならびに決定ルール）を規定する（決定前提を構成するか、またはそれに影響する）有意味のシンボル集合」

簡単に言うと、意思決定に必要な記号のことである。

個人や集団が意思決定をするためには、現状についての認知情報、認知された現状についての評価情報、現状において代替可能なくつかの指令情報（このような行動をとれという指示など）各指令情報の遂行がもたらす結果についての認知情報、認知された各結果についての評価情報、そしてなんらかの決定ルールないし選択原理（利潤の最大化を図れなど）が必要であり、これらの情報のことを「決定前提」と呼んでいる。

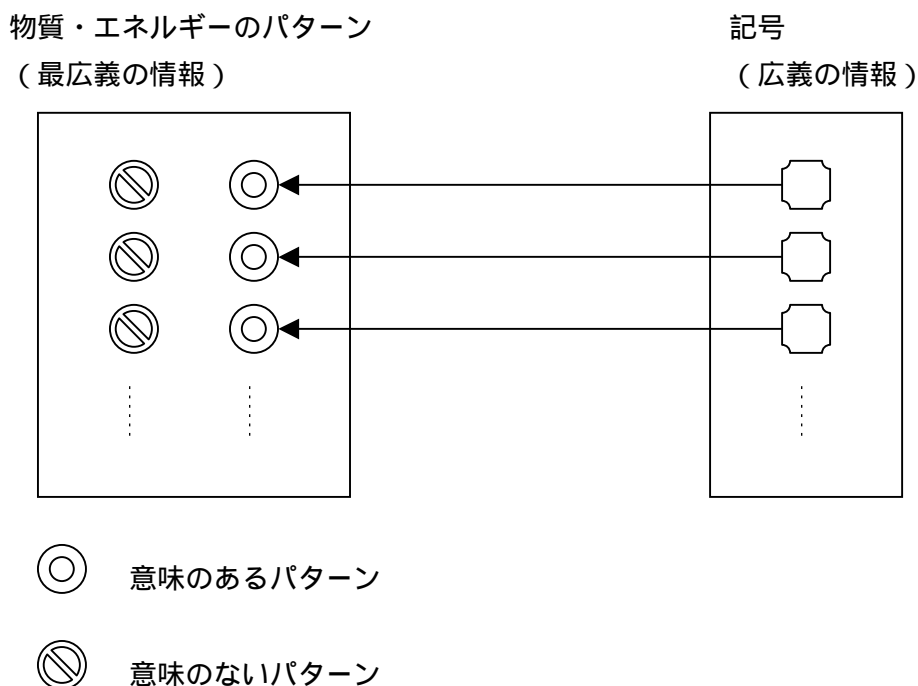
4. で述べたノイマンの自己増殖機械論に則して、吉田民人の情報概念を説明すると万能工作機械と複写機の構造、テープに収められた機械の作成方法が「最広義の情報」であり、テープに収められた機械の作成方法が「広義の情報」、つまり、「記号」であり、機械の作成方法に記述された万能工作機械と複写機の構造が「意味」である。

私は、物質・エネルギーのパターンである最広義の情報の複製を容易にする、つまり、複製に要するエネルギーを減らすために、人間などの生命体は、「記号」を必要としたと考えている。例えば、生命体は、自己の増殖（生命体の増殖とは、自己と同じパターンを持った生命体を増やす、つまり生命体のパターンを複製することである）を容易にするために遺伝子 DNA を必要とし、人間は他人の行動を模倣する（行動の模倣とは、同じパターンの行動をする、つまり、行動のパターンを複製することである）ために言語を必要としたのである（例えば、医療技術のように、見よう見まねだけでは習得できず、言語による学習が必要な技術がある）。

「記号」は、パターン表示を固有の機能としているため、物質とは別にパターンが存在しているということが容易に理解できる。例えば、紙とインクという物質とは別に文字というパターンが存在しているということは直ぐに分かる。そのため、一般の人々は、情報とは「記号」であると誤解してしまうのである。

「記号」は、それが指し示す物質・エネルギーのパターンを正確に示すものではない。物質・エネルギーのパターンの一部だけに着目して（つまり、抽象化して）その一部だけを指し示しているに過ぎない。つまり、「意味」のあるパターンだけを指し示し、「意味」のないパターンは無視しているのである。4. で述べたノイマンの自己増殖機械論に則し

て説明すると、万能工作機械と複写機がそれに要求される機能を発揮するために必要な構造は「意味」のあるパターンであり、万能工作機械 A と万能工作機械 A'の間の素材の細かな違いは「意味」のないパターンである。



つまり、「記号」は物質・エネルギーのパターンを正確に示すことができないため、「記号」を用いた物質・エネルギーのパターンの複製は、パターンの完全な複製ではなく、「記号」によって選別されたパターンの複製であるということである。

人間は、さらに、「記号」(仮に「記号 A」と名付ける)による「記号」(仮に「記号 B」と名付ける)の複製ということも行っている。文字によって言葉を複製する、文字を 2 進数の数字にコード化してコンピュータで複製するなどである。この場合においても、「記号 B」のパターンの完全な複製ではなく、「記号 A」によって選別されたパターンの複製が行われることがある。例えば、文字では表せない言い回し(口調・抑揚など)があり、コード化されていない文字(特殊な漢字)がある。

6. 物質・エネルギーのパターンは客観的存在なのか

西垣通は『こころの情報学』で、「ヒトの心(意識)は環境世界のさまざまな対象(パターン)に向けられ、それらを 情報 として把握します。たとえば木々の緑を眺めたり、ワインを賞味したりします。このとき、パターンの識別の仕方に大きな個人差があるのは言うまでもないでしょう。園芸の趣味があるか無いかで、見分ける植物の数には雲泥の差があります。ソムリエは多種多様なワインの味を一瞬にして識別しますが、下戸にとってはどのワインも同じような味にほかなりません。つまり、「客観的なパターン」なるもの

の存在は、そう簡単には仮定できないのです。……パターンがそれを把握する主体とある意味で不可分なものであるという点は、哲学的な深い問題とつながっています。「自分」が認識している対象（パターン）を、「自分」以外の「他者」が同じように認識しているとして言えるのでしょうか。自分と他者のあいだには超えがたい断絶があるように思えます。しかしながら一方、「その青い箱をとってください」と誰かに頼むように、われわれがそこに共通項（「青い箱」という客観的パターン）があると暗に仮定して社会生活を送っているのもまた事実でしょう。現象学と呼ばれる哲学の分野では、こういう問題に関して精緻な議論をくりひろげます。自分と他者との身体の類似性に着目し、同様な体験が他者の内部にも生じていると「類推」するのは分かりやすい考え方ですが、現象学ではさらに一步すすめて、「間主観性」という概念を導入し、自分と他者と環境世界という三者が互いに連関しつつ構成されていると考えます。……一般論として、生命現象と無関係な単なるパターンを、情報という概念にふくめるのはきわめて困難です。情報の名に値するあらゆるパターンは、ヒトの意識的活動にかぎらず、何らかの生命活動に関わる意味作用とともに出現するはずだからです。たとえば地震を予知する能力を持ったナマズは、ヒトには分からない何らかのパターンをその感覚器官でとらえていると推測されます。ヒトとの身体構造の相違が大きくなるほど、その生物の認知するパターンはわれわれにはとらえ難くなりますが、ともかく何らかの認知＝意味作用を抜きにして情報を論じても見当はずれなのは確かでしょう。情報は生命とともに誕生したので、生命発生以前に自然界がつくっていたパターンは、たとえそんなものが存在したとしても、情報とは関係がありません」と指摘している（注：西垣通は『基礎情報学』で、この問題に関して精緻な議論を展開しているが、相当難解なものなので、ここでは説明しない）。

これはつまり、生物を取り巻く環境世界の中に物質・エネルギーのパターンが客観的に存在するが、生物は、そのパターンの一部、あるいは、類似したパターンしか認知できないのであると考えるのか、環境世界の中に物質・エネルギーの客観的なパターンなど存在せず、生物が環境世界の物質・エネルギーを認知しようとする際に、その物質・エネルギーを特定のパターンを持つものとして認知するのである（生物の認知活動がパターンを創り出す）と考えるのかということである。言い換えれば、真理は存在するが、生物の認知能力の限界のために真理を知ることができないと考えるのか、真理などそもそも存在しないと考えるのかということである。

この問題は極めて難しい問題であるので、ここでは深入りを避け、以後の話は、生物を取り巻く環境世界の中に物質・エネルギーのパターンが客観的に存在するが、生物は、そのパターンの一部、あるいは、類似したパターンしか認知できないのであるという考えにしたがって進めていく。それは、この考え方の方が多数を占めると思われ、また、理解しやすいからである。

生物は自分を取り巻く環境世界の中の物質・エネルギーのパターンの一部しか認知でき

ないということを言い換えると、生物は自分を取り巻く環境世界の中の物質・エネルギーのパターンのうち自分にとって必要なパターンだけを認知しているのであるということである。

7. 情報概念の統一的な理解

生物は自分を取り巻く環境世界の中の物質・エネルギーのパターン（つまり、情報）のうち自分にとって必要なパターンだけを認知しているのであると考え、シャノンやウィーナーの情報概念も統一的に理解できる。つまり、生物は、外界に対して自己を調節し、かつその調節行動によって外界に影響を及ぼしてゆく際に、その行動の結果の不確実性を減少させるために、自分を取り巻く環境世界の中の物質・エネルギーのパターンの一部を認知するのである。そして、生物が進化すると（典型的には人間）自分の認知した物質・エネルギーのパターンを言語などの記号で表すことができるようになり、自分の頭の中で記号を操作、つまり、思考したり、自己の行動の結果の不確実性の減少を目的とせず、単なる娯楽のために、情報を認知したりするというようなことを行うようになってくるのである。

なお、どのように情報を定義しようとも、情報が存在するためには媒体である物質・エネルギー（例えば、紙、インク、テープ、ハードディスク、電磁波、脳など）の存在が必要であることには注意すべきである。情報が媒体から独立しているというのは、別の媒体に複製できるという意味においてである。

（参考文献）

- 津金孝行著『文科系のための情報科学入門』（高文堂出版社、1999）
- 坂村健著『痛快！ コンピュータ学』（集英社、1999）
- ノーバート・ウィーナー著、鎮目恭夫・池原止戈夫訳『人間機械論 第2版』（みすず書房、1979）
- 野口悠紀雄著『情報の経済理論』（東洋経済新報社、1974）
- 吉田民人著『情報と自己組織性の理論』（東京大学出版会、1990）
- 西垣通著『こころの情報学』（ちくま新書、1999）
- 西垣通著『基礎情報学 生命から社会へ』（NTT出版、2004）