

# 情報生態学原論 —情報概念の規定—

岡崎敏雄

## 1. 「言語生態の生態学的基盤としての情報生態」の学

—言語生態学の「言語—自然」間のエコロジー的展開を包摂する学としての情報生態学—

### 1.1 言語生態学のこれまでの焦点—「言語—人間」間のエコロジー—

言語生態学は、「言語—人間—自然」のトータルエコロジーを追究する学としてこれまで展開されてきた (Kaplan et al., 1997, 岡崎, 2005 他)。ただし、焦点は前半の「言語—人間」間のエコロジーに置かれてきた。「言語—自然」間については、先住民言語における薬草、それをベースとする医療、両者の語彙の保存研究、農耕文化における農業暦を軸とする同様の研究などに限定されている (Hornberger et al., 2000)。

### 1.2 言語生態学の一翼を成す情報生態学

言語生態学をさらに、「言語—自然」間のエコロジーの追求を包摂し、明示的に言語、人間、自然の三者間の関係を統合的にとらえて展開する場が情報生態学である。従って、両者の関係から見ると、情報生態学とは、それ自体独立した学を成した上で、言語生態学の一翼を担い、言語、人間、自然の三者をつないで存在する情報を対象とする学と位置づけることができる。

### 1.3 言語生態の生態学的基盤をなす情報生態

言語は情報の一形態である。歴史的には、自然の中の諸情報、特にその記号的形態の発展の中で、動物の記号、その延長上の人間の身振り、その言語化、さらに文字—音声言語などのシンボル化を経てきた。

共時的には、言語活動は自然情報—光、音などの知覚情報、その神経情報のネットワークを媒介として言語情報に転換されることから言語と情報は生態学的関係をなしている。すなわち言語の側からとらえると、情報生態は言語生態の生態学的基盤をなしている。

### 1.4 全自然生態系における情報と言語

全自然生態系の視野でとらえると、

- 1) 物質—エネルギー過程、生命活動、人間活動のいずれで生成、送信されるか違いを問わず、情報はそれらの総体である 自然全体を通じた 普遍的存在である。
- 2) 自然の全情報過程を基盤として、また、その情報過程の担体として言語活動はなされている。

3) 他の情報と多様な関係をかたちづくりながら言語活動はなされている。  
このような様相の下で、情報は言語の生態学的基盤をなしている。

## 1.5 言語の持つ情報とのつながりに注目する学としての情報生態学

このような生態学的関係に基づき、「言語—自然」間のエコロジーをより明示的に含めて包括し、「言語—人間—自然」のトータルエコロジーの追求の内実化に向けて展開するのが、情報生態学である。

## 1.6 情報としてとらえる候補となる対象

本論は、情報生態学の原論の起点として情報概念の規定を行なうものである。その際、最終的な概念規定に到るには、従来なされてきた情報諸学のとらえ方との体系的、原理的な相違の論述を踏まえて継承・発展させることを前提とする。その上で本論は、第一に、1情報としてとらえる候補となる対象を次のようなものとすることを出発点として立論する。

すなわち、情報としてとらえる対象を、人間生態系を含む自然生態系に存在する全種類の情報を把握するものとする。従って、人間の言語による情報の他に、人間を含む生物のゲノム情報、非生物自然系での雪の結晶の形成に伴う情報などを含む。

## 2. 情報生態学の生態学的性格

### 2.1 関係の学としての性格

情報生態学の生態学的性格の第一は、「関係の学」としての以下のような性格を持っている点である。これは、生態学 ecology が（生物間、生物非生物間の）関係の諸相を分析する学として規定されていることによるものである。

第一に、情報を「分離された実体」ととらえない。

これは、言語生態学が言語を「分離された実体」とはとらえず、人間の認知、心理、社会、文化諸活動と一体化した言語活動を形作るものとしてとらえることと対応する。

すなわち情報のみを分離し、抽象化して論ずる代わりに、「物質—エネルギー諸過程および生命・人間諸活動と一体化した関係をなしている情報の諸相」をとらえるものである。

第二に、「物質—エネルギー過程」—「情報」—「認知／認識」の三者全体のネットワークの総体の中で一体化してとらえたものを情報として分析・記述する。

第三に、秩序形成過程と情報の一体化した諸相に示される情報をとらえる。ここで言う秩序形成過程とは自然界に存在する（エントロピー増大によって秩序が解体されていくとは逆に形成されていく秩序である）「散逸構造」と情報の一体化した諸相に示される情報をとらえる。

第四に、自己組織化、複雑系を含む「関係性を対象とする」視点をも設定する。

## 2.2 情報観を基本的枠組みとした自然観の育成・保全

### —自然観の枠組みとしての情報—

情報生態学の生態学としての性格の第二は、言語生態学と同様、情報生態学は分析・記述の学であると同時に（情報）生態の保全・育成の学であるとする点である。言語生態学の場合は、言語生態および言語生態系の保全・育成をも学的目的として設定している。具体的には、典型的には言語政策の基盤としての分析・記述を行ない、また実際に言語政策を行なうための企画立案と実施の効果の評価および改善をも、あるいはそのためのデータの記述および分析をも学的対象としている。

情報生態学の場合は、「自然生態系に存在する全種類の情報を把握する、つまり分析・記述すること」をベースとして、例えば、人間による自然観の育成・保全をもその学の目的とする。それによって、情報を媒介として「情報—人間—自然」のトータルエコロジーの諸相を、人間生活上のベースイメージとして持ち、それをもとに認識、行動する基盤を育成するものである。また細分化し、専門化された自然科学諸学の成果を、「トータルエコロジー」の視座に立ってトータルにとらえることを媒介に行なうものである。

## 2.3 生態系生態学の一環としての学

情報生態学の生態学的性格の第三は、「生態系生態学」の一環として学を展開する点である。「生態系生態学」は自然生態学の諸学—動物生態学、植物生態学、個体生態学、個体群生態学、群集生態学など—を踏まえて、自然をさらに包括的にとらえることを学的対象とする学である。具体的には、大気循環・水循環・物質循環を含めた自然を対象とするのが生態系生態学である。

情報の生態学では物質過程との関係を対象から外した上で生命／生命情報を見る立場をとらない。物質—エネルギー過程との連続的な過程、およびそこで形成される関係で形作られている生命情報・人間情報を全自然情報の内の重要部分として明確に位置づける。物質過程と生命（人間活動を含む）両者を視野に入れる点で生態系生態学の特徴を具えるものである。

## 2.4 生態系性の具備

その生態学的性格の第四は、情報生態学が自然生態系の持っている次のような性格をとらえて分析・記述する点である。

第一にシステムの性格、第二に循環的性格、第三に個体—環境の一体的性格、第四にネットワーク的性格、第五に相互作用的性格、第六に相互作用を起因とする多様性である。詳細については後に具体的展開に沿って述べる。

## 2.5 自然の原理としての情報

情報生態学の第五、かつ最も根幹をなす生態学的性格は、自然生態系が一方で物質やエ

エネルギー、他方で情報を原理として形作られているととらえる点である。すなわち、非生命—生命の各々、および相互の諸関係が情報によって結ばれることで形作られているとす  
る点である。

これは言い換えれば、エコロジーが生命間および生命・非生命間の関係を形作るものであることから、情報はエコロジーを形作る原理、それによって、自然を形作る原理、としてとらえられている。

## 2.6 自然観の探求の学としての情報生態学

自然科学諸学はその名の示す如く、自然を学的対象として形成展開されてきた。その共通した特徴は、モノつまり実体としての自然（生きモノとしての生物を含む）の側面に光を当てる自然観に立脚してきたことである。

これに対して情報生態学は、自然の情報面に光を当てた上で、実体面を含めた自然全体をとらえ返す自然観を探求せんとする学である。

その探求を、他の自然科学諸学から分岐し、情報面に注目することを創出した情報の諸理論を踏まえつつも、明示的に上記の生態学的性格を構造化する枠組みとして形成する学が情報生態学である。

## 3. 情報生態学における情報概念の規定

### —情報とは何か—

#### 3.1 情報の多義性とその根拠

情報とは何かという問いに対する答え、すなわち情報概念、を規定する場合に、現在自然言語すなわち人間の言語の中で使われている「情報」が多くの意味を担わされているという出発点を踏まえることが必要である。この多義性は以下のような根拠を持つ。

第一に、「情報」が細分化された諸科学それぞれの中でイングループ的な使用でその科学あるいは領域固有の意味を担わされた上で使われてきているということ。

第二に、情報概念が最初に登場したのは19世紀の終わりにフランス陸軍の中で敵の状況を報知する場であったことからかつて軍事的な使われ方も存在したことに象徴的なように、それぞれの時代の刻印を押されてきたこと。その後第二次大戦までスパイや諜報の関連で用いられる形を経て、1948年のシャノンによる情報理論以降、軍事的な様相とは距離を置いた使用が登場してきている。典型的なものがサイバネティックスやさらには最近では遺伝子情報、バイオインフォマティックスなど、また情報化社会で展開されているバーチャル・リアリティーを含む様々な内容を持った時代的刻印を押されてきている。

第三に、以上のようなことを背景にした上で、さらに情報という言葉自体がメタファーとして様々な使われ方をしてきたという点も、情報概念の多義性およびその広がり拡大している。

### 3.2 「情報」概念の混乱

このような現代の情報概念の混乱を以上指摘してきた3点とは別の点から展開しているのが、学の展開における情報に関する用語法の2つの方針「辞書作りの手法」vs.「コンセプト作り＝概念作りの手法」の視点である（吉田, 1995）。

この視点は前提として、自然言語、コンピューター科学・遺伝情報などのジャンルそれぞれでの情報の言葉の使い方がずれている点から来ていることを指摘する。自然言語の使い方とは、国語辞典で示されている情報の意味を指す。つまり伝達されるもの、認識を与えるもの、意志決定に影響を与えるものという意味、典型的にはニュースである。ニュースはテレビ・ラジオを媒体として伝達され、視聴者によって認知・認識され、その結果、視聴者の意志決定に影響を与えるものであると考えられている。

これに対してコンピューター科学では、情報とは記号の集合である。意味は特に問題にされず、情報処理機器としてのコンピューターで取り上げられる情報に限定されている。この延長線上に情報化社会、つまりコンピューターを主導機器とした、産業界、経済界・社会が論じられる。また分子生物学、ゲノム情報の分析が進むに連れて頻繁に使われるようになってきた遺伝情報の場合、情報とは生物システムの設計図である DNA の持っている機能を取り上げ、比喩的な意味での情報を指す。

このような自然言語とコンピューター科学・遺伝情報での2つの情報概念がずれている事態に、どのような対応をとるべきか、というのが「辞書作りの手法」か「コンセプト作り＝概念作りの手法」かの問題である。

「辞書作りの手法」とは、自然言語として使われている「情報」という表現を全部集める。使われている諸文脈中での意味を確かめる。諸文脈の共通部分を取り出して情報を定義する。ただし、この手法には問題がある。分子生物学、工学、図書館情報学の文献、会話で用いられている「情報」すべてを比べた場合、全部に共通するものが存在しない。

これに対して、「概念作りの手法」とは心理学、社会学などで言われるコンセプト「構成概念」を明らかにすることから学を形成するという考え方である。情報という記号の内容が決まった後で、どのようなラベルを貼るかを決定するという考え方である。例えば、遺伝情報とニュースなどの現象すべてに共通する性格というものが設定でき、かつ形式的にわかりやすい概念を学の当初の規定として作ってしまう。それに例えば「情報」や「記号集合」などの名前をつけるという考え方である。この場合、コンセプトをどのような内容を指すものとするかを明確にすることが自体が問題で、それをどう呼ぶかという表記上の問題は重要でないとする。

吉田は、自然言語で読者が理解することが多いことを念頭には置くものの、基本的には「概念作りの手法」を取るべきだとする。ある学で内容が盛り込まれた概念を仮に情報と名付けた場合、「これは自然言語の情報とは異なるもの」だ、ということをあらかじめ指摘しておいて、混乱を招かないようにする手法を取るというものである。その学に関する記述を読む読み手には、ある特定の使い方、内容を持ったものを情報と考えて下さいという

指示の下にその語の理解を求めるということになる。

以上の吉田の論議をベースにする場合、仮に自然言語の「情報」という言葉を採用して情報生態学を述べるのであれば、そこで言われている「情報」がどのような内容を持った概念であるかをあらかじめ規定した上で学を形成することが必要だということになろう。

本論は、吉田の論議をより踏み込んで考える形が最適であるとする。すなわち、諸学での「情報」のとらえ方を丁寧に踏まえた上で規定する形である。すなわち諸学の成果を継承しつつ統合する形で情報のとらえ方を規定することを目指す。

### 3.3 情報とは何か

以上を踏まえて情報生態学において情報概念を規定する場合、これまで諸学を含め取り上げられてきた情報に関する記述を多面的に踏まえていくことを通して、学を提起する側からの内容を、「自然言語の情報および諸学の記述の中での情報の集合」全体から大きく乖離しないものにする必要があると考える。具体的には次の手順を踏む。

第一に、情報に関する理論史から

第二に、情報の基本概念である「記号」とは何かの論議から

第三に、自然生態系における情報の諸相から

第四に、諸学における情報諸概念を総括的に分類した情報諸概念の分類の諸説から

## 4. 情報の理論史に基づく情報概念の策定

### 4.1 情報理論

先に触れたように、情報という言葉は、使われ始めた19世紀の後半では軍事場面で、第二次大戦終了前後まではスパイや情報戦争などのコンテクストで使われていた。もちろん東西の冷戦構造の中でもこれは保持されていた。

これらに対し、学の対象として情報が体系的に取り上げられた出発点はシャノンによる情報理論「コミュニケーションの数学的理論—情報理論の基礎—」(Shannon, 1948)が出发点である。

自然言語で言われるコミュニケーションとは、発信者が、心に描いた意味内容を通信文として形にしてそれを受信者に送信し、受信者がその通信文をもとに、発信者が伝えようとする意味内容を受け取る活動を指すと言って良いであろう。

これに対して、情報理論でのコミュニケーションの場合には、発信者、受信者と意味内容との関係、あるいは意味内容の通信文への変換のされ方等は捨象される。そして受信の場での通信文の再現性を主たる関心事として考える。つまり発信者が発信した通信文が雑音などの妨害物を最大限排除して、その意味で正確に受信者の側で再現され得るかが問われる。

これを前提として、情報論の分野はもちろん、言語学、心理学、生物学、通信工学など、そしてまたコンピューター情報機器の分野に今日に至るまで大きな影響を与え続けている

シャノンによる情報理論（以下単に「情報理論」）の骨格をたどる中で、「情報」が学の対象としてどのような形をなしていったかを見る。

#### 4.1.1 コミュニケーションに関する3つの課題

##### 4.1.1.1 「技術的課題」の最重視

コミュニケーションには以下の3点の課題があるとされる。

[技術的課題] いかにして通信の記号を正確に伝送できるようにするか。

[意味論的課題] いかにして伝送された記号が伝えたい意味を正確に伝えるようにするか。

[効果の課題] いかにして、受け取られた意味が相手の行動に送り手が望むような影響を与えるか。

[技術的課題] は、(書かれた言葉つまり記号・語彙・音楽の電話・無線送信などによる)連続的に変化する信号の伝送がどの位正確であるかに関するものである。

[意味論的課題] は、送信者が送信に当たって意図した意味に対して、受信者がどのようにその意味を解釈したか、そしてその解釈が送信者の意図したものと一致しているかあるいは十分近いかに関するものである。

[効果の課題] は、送信が、送信者の望む行為を受信者がするという点でどの位成功しているかに関わる。

『コミュニケーションの数学的理論』においては、まず[技術的課題]が優先して重視される。送信者から受信者に送られる信号がどのくらい正確に移送されているかが最も重要とされ、理論全体の中心をなしている。[意味]と[効果]の問題は、[技術]の問題において示される限界に対して深く制限を受けるという限りのものであることが強調される。

その上でコミュニケーション・システムは次のような構造を持ったモデルとして定義される。(脳などの)「情報源」が情報の出発点である。「情報源」にある一組のメッセージから送信者が望むメッセージを選択する。次に「送信機」が、このメッセージを信号(シグナル)に変換する。信号は送信機から「受信機」に「コミュニケーション・チャンネル」を通じて送信される。コミュニケーション・チャンネルに当たるものは、信号が電線上を伝わる電流である。送信機は人の声の音の圧力を電流に変換する。話し言葉であれば、情報源は脳である。送信機は発声機構であり、その音の圧力がコミュニケーション・チャンネルである空気を媒介として送られる。

「受信機」は信号をメッセージに変換する。同時にこのメッセージを相手に手渡す。相手が「受信地」である。より正確には、話者の脳が「情報源」で、聞き手の脳が「受信地」である。その時発声系統機関が送信機で、聞き手の耳や神経が受信機となる。

コミュニケーションのシステムに関して次の諸点が問題として取り上げられる。言い換えれば、情報理論の中心的な関心事が次の諸項目である。

(1) このコミュニケーションシステムを通してやり取りされる情報量をどう測定するか

- (2) 情報が通るコミュニケーション・チャンネルの容量をどのように測定するか
- (3) メッセージを信号に変換するに当たって送信機は符号化のプロセスを持つ。符号化の効率的なプロセスにはどのような特徴が必要か、またそのプロセスが最大限効率的である時、情報をどれ位のスピードで転送することができるか。
- (4) 送信過程で情報源が意図しないものが信号に加えられることが起こり得る。例えば音の歪み、電波状況不全による妨害、画像や色調の歪みなどがある。これらの特性は何か、これら「ノイズ」は、受信地が受け取るメッセージの正確度にどのような影響を与えるか。ノイズの効果をいかにして最小にし、どの程度まで除去することが可能か。
- (5) 送られる信号がデジタルな場合とアナログの場合、ノイズが与える影響はどのように異なるか。デジタルは例えば文字で書かれた言葉、モールス符号など、アナログは話し言葉や音楽の場合を想定する。

以下に、情報理論の原理的問いである(上記のうちの)(1)の答えを形作る諸概念の示す諸相を見ることを通じて、当理論の情報のとらえ方の全体像をたどる。

#### 4.1.2 情報量の測定

情報量の測定を述べるに当たって、この情報理論において情報がどのように把握されているかが象徴的に示されている。

第一に、情報が意味と峻別してとらえられる必要があること、端的には、情報は「言おうとする内容」、あるいは「言うことそのもの」にも関係しないものとしてとらえられている。

第二に、その上で情報量とは、一つのメッセージを選ぶに際して与えられている「選択の幅」つまり自由度を指す。

##### 4.1.2.1 情報と意味の峻別

意味と情報が峻別される端的な例として、メッセージが2つあり、その一方が多くの意味を持っており、他方が意味ゼロの場合でも、情報の点では2つのメッセージは厳密に全く等しい価値を持つものとされる。

##### 4.1.2.2 選択の自由度としての情報

「選択の自由度」とは、例えば、2つのメッセージのうち一つを選択することを要求された場合、「選択の自由度」は1つまり「情報量=1」と表示される。さらに情報量は個々のメッセージ内容と関わりを持たない。また情報量は人が一定のメッセージ選択の範囲を持っており、そこから選択する自由がある程度許されている対象に適用される。

##### 4.1.2.3 メッセージ選択における無制約性

選択の範囲があるという場合、選択の対象となるメッセージ個々の間の関係は、例えば、



一つが「詩の一節」、他方が「リンゴ」というように相互に例え関係がないと思われるものを含め何でも許される。符号化する場合、詩の一節の信号は 0、リンゴに対する信号は 1 に設定することが許される。送信機の構造によっては、詩の一節が電流が流れている ON、リンゴが電流が流れていない OFF というように ON、OFF で表すこともできる。

#### 4.1.2.4 情報量単位 bit—2 を底数とする対数—

情報量には bit が用いられる。bit は「メッセージの選択可能な数の対数」で表される。対数とは、 $y$  と  $x$  の間に、 $y=N^x$  という関係がある時、 $x$  を  $N$  を底とした  $y$  の対数と呼ぶ。対数は常用対数すなわち底を 10 とした場合を念頭に置くことが多いが、bit の場合には底を 2 とする対数である。

選択肢が 2 つある場合、情報量  $x$  は  $N=2$  を底とする選択肢数 2 の対数の数値に当たる。すなわち 1 である。つまり選択肢が 2 つ可能なメッセージの選択の場合には情報量が 1 である。このような情報量の単位を bit と呼ぶ。bit は「2 進法で表した数字」(binary digit “2 進法の数字”) から採ったものであり、採用される数字は 0 と 1 である。2 進法では 0 と 1 が使われるが、10 進法では 0～9 の 10 個の数字が使われるわけである。

#### 4.1.2.5 選択肢数の対数として定義される情報

選択可能なメッセージ数が仮に 16 である場合、16 は 2 の 4 乗 ( $16=2^4$ ) で表される。これを bit に直すと、 $\log_2 16=4$  と書き換えられる。言い換えれば、選択可能なメッセージが 16 ある場合に情報量は 4 bit であるとなる。

#### 4.1.2.6 メッセージリストからの自由選択 vs. 要素的記号セットからの選択

以上は、決まったメッセージリストの中から自由な選択が選べる場合である。例えば、海外に在住の息子に向かって父親が異文化の土地で過ごすに当たって留意すべき点があるかのメッセージを送ってやりたいことが数項目頭の中にあるとして、そこから自由に選んで書き送ってやる場合である。

では選択肢からの選択に制約がついている場合はどうであるか。アルファベット 26 の記号の中から選ぶような選択で、選ばれた一連の文字がメッセージを形作るような場合である。例えば、英語の場合、選択記号が the である場合、それに続く単語が名詞になる場合の確率は大変大きいものに対して、動詞や別の冠詞になる確率は極めて小さい。このように通常自然に起こりやすい選択には多くの制約が課されるケースが多い。

#### 4.1.2.7 確率支配の下にある選択—確率過程にある選択—

情報量はこのような場合、確率に大きな影響を受ける。このように一定の確率に従って、記号の系列をなすプロセスは確率過程 stochastic process と呼ばれる。

#### 4.1.2.8 先行事象の確率に依存する確率過程—マルコフ過程—

この確率過程のうち、英語の単語の選択やアルファベットの文字の選択上の制約、例えば「子音の次には母音が多く、別の子音が多く来る確率は低い」のように先に存在している事象に制約を受ける確率過程をマルコフ過程 (Markov process) またはマルコフ連鎖 (Markov chain) と呼ぶ。

#### 4.1.2.9 情報の測度としてのエントロピー

##### —情報理論におけるエントロピーの概念—

情報理論最大の特色は、これら選択の確率過程をエントロピー概念によってとらえる点である。情報理論におけるエントロピー「情報エントロピー」とは、メッセージを形成する過程で起こる様々な確率とその段階で一定の記号が次に選ばれる確率によって表されるものである。エントロピーとは元々は熱力学の第2法則「エントロピーは絶えず増大する」という物質エネルギー過程の法則を担う概念として導入されたものであり、対象とされている系がどの位無秩序であるかの程度を示すものである。言い換えれば、熱力学でのエントロピーは混沌の程度を示す尺度である。

エントロピーを視覚的に感じ取る例は例えば、水槽の真ん中に仕切りを入れて片方に透明な水、片方に赤い水を入れたとする。真ん中の仕切りをはずすと赤い水が少しずつ透明な水の方に広がっていく。そして一定の時間がたつと両者赤い水と透明な水は混ざり合った状態に落ち着いてしまう。当初、透明な水と赤い水に分かれているという意味で成り立っていた秩序のある状態が、当初の秩序を崩す、混ざり合うという過程に入り、秩序が崩れる方向を「エントロピーが増加した」と呼ぶ。

#### 4.1.2.10 熱力学的エントロピーと情報エントロピー

熱力学的エントロピーと情報エントロピーは同一の状態量 (ある状態がどの程度秩序立っているかを示す量) である。ただし、ある状態を巨視的に見るか (熱力学的エントロピー)、微視的に見るか (情報エントロピー) の違いで呼び方が変わる。

「物質—エネルギー過程のマクロの (熱力学の) 視点で見ると、(熱の流入によって) エントロピーが増大する」ことは、「ミクロな視点で見ると、(熱流入で分子の運動が激しくなって分子の状態が増加する分) ミクロの可能な状態が増える (情報エントロピーが増大する)」。

マクロな熱力学的エントロピーが増大する方向に進むと、乱雑度が上がり、つまり秩序が崩される。他方で、その時、ミクロの可能な状態が増大し、ばらつきが増え、確定性が減る。

「ばらつきが増え、確定性が減る」と、ある状態がどんな状態かの可能性が多くあって、「特定してこれと確定するための根拠となる情報が多くある」ことになる。これを情報量が多い、情報エントロピーが多い、ととらえることができる。

熱の流入に直接関わりのない、メッセージや記号の選択の確率過程でのばらつき現象と、ミクロな分子のばらつき現象とを乱雑度（逆に言えば秩序度）という同じ尺度の量エントロピーで見ることができる。

これがシャノンの発見であった。

#### 4.1.2.11 エントロピーの詳例

—エントロピーの最大値=1とは？0とは、最大最小とは？—

エントロピーは $H$ で表される。今 $n$ 個の記号の集合の下で、その選択の確率を $P_1, P_2, \dots, P_n$ と表すとする。この $H$ が実際にどのような確率の事態を示すかを見てみよう。

2つの可能なメッセージの中から1つを選ぶ場合を考えよう。第一のメッセージの確率は $P_1$ 、もう一つの確率 $P_2=1-P_1$ である。もしこの場合 $H$ の値を計算したとすると、2つのメッセージが等しく確か確実な場合には、この $H$ は最大値すなわち=1である。言い換えると、 $P_1=P_2=1/2$ の時、この2つのメッセージから一つを選ぶことが完全に自由であって、 $H$ は1になる。一つのメッセージが他のメッセージよりもより確実である場合（例えば $P_1$ の確率が $P_2$ よりも大きい）、 $H$ の値は減少する。また、一つのメッセージが極めて確実な（例えば $P_1$ が殆ど1に近く、 $P_2$ が0に近い）場合、 $H$ の値は極めて小さく殆ど0である。

一つの確率が1であり、他の全てが0つまり不可能な場合には、 $H$ は0つまり不確実さは全くない=選択の自由がない=情報がないとされる。

これをまとめると $H$ は2つの確率が等しい時、つまり選択が完全に自由であり公平である時、最大である。選択の自由がなくなった時、減少して0になる。

選択肢が2つではなく、それ以上の選択肢の場合、選択の確率が殆ど等しければ $H$ は最大である。言い換えると、選択に当たって確実さが高い特定の選択をできるだけ少なくし、できるだけ多くの自由度を持っている選択をした場合、 $H$ は最大となる。

これに対して、他の選択は全て0で、一つの選択だけ1に近い確率を持つとする。この場合には特別な選択をすることは強制されている事態であって、選択の自由度は極めて小さく、 $H$ は小さくなる。すなわち情報量（選択の自由度、不確定度）は小さくなる。

#### 4.1.2.12 「情報量が大きい」とはどういう事態か：選択肢が多いこと

選択の数が一定でそれぞれの場合の確率が殆ど等しい時、情報が大きいというのが上に述べていることである。 $H$ の値を大きくするには、ただしもう一つの方法がある。場合の数を大きくすることによってそれは可能になる。全ての選択が等しく可能であるならば、選択肢の数が多ければ多いほど $H$ が大きくなる。50のメッセージの組から自由に選ぶと、15の組から選ぶよりも情報量が大きくなる。

## 5. Shannon 情報理論の特色と意義

以上、情報理論の骨格をなす諸概念に示される諸相を通して、当理論で情報がどのようにとらえられているかを見た。これを手がかりに、以上の把握に見られる当理論がどのような特色を持つかを基盤として、情報生態学上の意義を見ていく。本論ではそのうち、同理論の原理となる情報量が、物質—エネルギー過程と共通するエントロピーとしてとらえられた点を焦点として考える。

## 5.1 情報理論の意義

第一に、情報理論が定式化した「情報源」を始点、「受信地」を終点とする「コミュニケーションのモデル」は言語学において、言語を媒介とするコミュニケーションのモデルとして導入され、人間の言語現象の分析のツールとして貢献した。

第二に、同理論のコードモデルは、記号論の枠組みを提供した。特に「情報源」が発する「メッセージ」を変換してなされる「コード」という概念は、記号論への適用のみならず、一般に記号の何たるかの原理的モデルを提供したものとと言える。

第三に、言語学、記号論を越えて、広く現代に至るメディアの種類の広がりをもたらしたコミュニケーション理論の先駆的モデルをもたらした。

## 5.2 その限界

情報理論が発表された論文が「コミュニケーションに関する数学的理論」と題される点に象徴的なように、情報理論においては意味は後景に退く。個々のメッセージの内容は度外視され、代わりにメッセージの集合全体の統計的性質が取り上げられる。これは、情報理論の関心事が発信地におけるメッセージが最大限正確に受信地において再現されること、具体的には雑音を考慮に入れてどのように正確な伝送が可能になるかとされ、その正確度を客観的に示すために量的規律が採用されていることに原理的に示されている。例えば、情報量が情報を運ぶ記号の生起確率が小さいほど大きく、情報源の平均情報量（エントロピー）が情報源で生起し得る記号の種類が多く、生起確率の分布が均等であるほど大きい点を利用し、記号の生起確率を中心に関心事が実現されることから意味が後景に退いているのである。同様な点は、コミュニケーション・チャンネルの受容量やその過程での雑音を、情報量との関係で一元的に尺度を設定して説明することを徹底した点にも示されている。

## 5.3 情報生態学上の意義

第一に、これまで物理学殊に熱力学上の概念とされてきたエントロピー概念を導入したことの持つ情報生態学上の意義がある。宇宙全事象のうち、情報理論以前ではエントロピーの概念は物質—エネルギー過程部分を説明するものとしてのみ取り上げられてきたものである。これに対して、シャノンの情報理論が情報伝達過程をエントロピー概念で把握することを導入したことによって、物質—エネルギー過程に加えて、生命活動、人間活動過

程に見られる確率過程としての情報過程すなわち宇宙全事象が統一的に一次元で把握される基盤が創出された。これは生態学、特に「生態系生態学」が「生物間」の関係・「生物と非生物間」の関係、すなわち宇宙全事象のうち生物事象のみならず非生物事象に関わる諸関係を対象とする学であることから、生態学の対象とされるべき全事象の下での情報をとらえる情報生態学の基盤を作ったと言える。

一般に、情報を論ずる諸学では、生命史段階以後での情報を対象とするものが多い。これによって「物質—エネルギー過程の世界は情報不在、生命・人間過程の世界のみ情報あり」と自然は情報上二分されてしまっている。

自然界を一体とする自然観に基づき、生物・非生物事象関係総体を見る「生態学の要件を満たす学」としてシャノンの情報理論は先駆的な意義を持つと言える。

第二に、そのことによって、情報過程の結果として実現される宇宙の、生命を中心とする自然諸相が、熱力学第2法則のエントロピー増大による秩序解体への強力なベクトルに抗してなされる意義を持つものであることが明示的に示された。これは、情報が自然界形成の原理をなす位置にあることを示すものとして意義が深い。

第三に、情報過程を「確率過程」としてとらえた点がある。自然生態系が多様な要因によってなされるダイナミズムを持った過程であり、そこでの情報交換は情報源から発せられた情報がどのような形で、どのような主体によって、どの範囲で、受け止められるかを予め想定したもののみには限定されない。そこでは発信される情報は「冗長性」を持ったものである。言い換えれば、情報源の発したものの全てが情報の受け手にそのままの形で再現されるのではなく、その過程で雑音が入ること、またその意味で確率的な実現のみが現実的なあり方である点と考えた場合、確率過程としての情報過程を原理的に示した点は情報の生態の根源的な部分を理論的に基礎づけたと言える。

## 6. 結語

以上により、情報生態学における情報の概念規定を策定するに当たって、シャノンの情報理論が情報エントロピーを導入して行なった過程により、自然界、自然生態系の原理として情報をとらえる次のような新たな地平が切り拓かれたことになる。

### 6.1 非生物・生物の関係の諸相を分析する生態学の統一的原理の提供

シャノンのエントロピー導入により、物質—エネルギー過程にある非生物と、生命活動を担う生物それぞれおよび両者間の関係の諸相を一つのエントロピーという原理で見ることができる。このような見方を基に両者間の関係の諸相を統一して記述・分析することができるようになり、関係の分析の学である生態学の統一的ツール／原理が得られたことになる。情報を考える視点に立つ時、生命現象事象群のみに限定されたものとして情報を見る見方に対して、非生命事象を含めた宇宙の全事象群に普遍的なものとして情報を見ることの2つがあり得ることが示された。エントロピーの導入によってこれまで取り上げられ

なかった後者である「非生命事象を含めた宇宙の全事象群を対象として見る見方」によって、情報を得ることで生命現象事象および非生命現象事象を含めた全体を統一的にとらえることができるようになったと言える。

## 6.2 生態学的自然観を可能とする情報の見方の導入

人間が、情報を媒介として自己を含めた宇宙／自然事象および情報が紡ぎ合わせる事象群の関係総体を見る視点が可能になる時、人間のみを特別視する、または人間と生命のみを特別視することから解放される。生態学とはその定義から、生物間、生物と非生物間の関係総体を分析・記述する学である。情報を考える視点として、宇宙全事象群、そしてそこに存在する関係総体を対象とすることは、情報そのものを生態学的に見る理論的実践的基盤を可能とするに留まらず、情報を媒介として自然を生態学的に見ることを導く。すなわち生態学的自然観を可能にする。

## 6.3 今後の世界を生態学的自然観に裏打ちされた見方で見る基礎としての情報観の提供

生態学の様々な形態が展開されてきている過程で、自然を生態学的に見る、すなわち生態学的自然観が少しずつ形成されてきている。情報そのものを生態学的に見ることを理論的実践的に可能にすることは、このような既に形成されてきている生態学的自然観の根源的次元を形作ることを目指すものである。今後自然生態系からむしろ乖離していくような形で情報化が進む様相を呈している中で、情報のあり方を自然生態系の一環として位置付け直すことで今後の世界をより生態学的自然観に裏打ちされた見方で見る基礎を提供するものである。

## 参考文献

- Hornberger, N., & Skilton-Sylevester, E. (2000). Revisiting the continua of biliteracy. *Language and Education: An International Journal*. 14(2), 96-122.
- Kaplan, R., & Baldauf, R. (1997). *Language Planning from Practice to Theory*. Clevedon, UK: Multilingual Matters.
- Shannon, C., & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Univ of Illinois Press. (Original work published 1949)
- 岡崎敏雄 (2005) 「言語生態学原論—言語生態学の理論的体系化」『共生時代を生きる日本語教育』凡人社、503-554
- シャノン, C, ウィーバー, W 著、長谷川淳、井上光洋訳 (1969) 『コミュニケーションの数学的理論—情報理論の基礎—』明治図書
- 吉田民人 (1995) 『自己組織性とは何か』ミネルヴァ書房