

自然史における情報科学とメディア

Information Science and Media in Natural History

小出良幸

Yoshiyuki KOIDE

Abstract. In this paper, scientific and information technologies are reconsidered. Development of scientific and information technologies should change relationship between nature and human. The ability, mechanism, history, and importance of computers, which represent one of the modern tools as visible technology, are described. Information technology is the modern invisible technology. Information is reviewed as viewpoints of definition, semiology, development from analogue to digital, information recognition, and information flows. Media, which transmits information, is reported as viewpoints of definition, variation, history, and social phenomena. Internet, which is the modern media on information circulation, is evaluated on communication, history, mechanism, ability, and problems. Progress of these scientific and information technologies should be an important factor of research, education and philosophy on natural history.

Key words: information science, technology, media, internet, computer, natural history

1 はじめに

現代社会の発展は、科学技術や情報技術の進歩に負うところが大きい。科学の進歩も科学技術や情報技術の進歩によって促進され、科学の進歩が社会の発展を導く。例えば、鉱物学におけるX線回折装置や電子線微小部分X線分析装置、最新のSPring 8、岩石学における蛍光X線分析装置や質量分析計、原子炉を使った放射化分析などは、技術が科学の進歩をもたらした好例である。鉱物学や岩石学の進歩が、鉱床探査や土木技術向上に寄与した。情報の生成、伝達、流通の技術においても進歩し、革命的な情報化時代を迎えつつある。例えば、分析装置を自動化するコンピュータや研究者間の連絡のためのインターネットなどの情報技術が、研究を支えている。逆に、研究者の更なる要求を満たすために、情報技術の向上が図られる。そして、情報技術の進歩が、社会の発展に繋がる。

科学の一分野である自然史の進歩も、科学技術や情報技術の進歩によって促される。

学問の細分化が進み、要素還元主義的科学によって、

現代文明は発展を続けてきた。しかし、人間社会や人間生活を、全地球・地球史の広い視点で見た場合、さまざまな支障を生じてきた（小出, 1999a）。還元的科学でなく、総合的・学際的科学を担う自然史の重要性が唱えられている（小出, 2000b）。

科学技術や情報技術の進歩は、自然史における研究方法（科学）、伝える方法（教育）、および考え方（哲学）において、重要な要因となるはずである。本稿では、自然史において、重要なキーワードになるコンピュータ、情報、メディア、インターネットとは何かを確認し、自然と人間と科学について考える。

著者の活動に理解をいただき協力を頂いた石井政道さん、五島政一さん、小林真由美さん、佐藤武宏さん、佐藤良幸さん、杉之間伸男さん、鈴木拓也さん、鈴木美紗緒さん、田口公則さん、高橋司さん、長山高子さん、新井田秀一さん、平田大二さん、広谷浩子さん、古屋潔子さん、山崎丞さん、山下浩之さんに感謝申し上げる。本研究は、日本学術振興会科学研究費（課題番号10480032、11480044）の援助を受けた。

小出良幸 (Yoshiyuki Koide)
神奈川県立生命の星・地球博物館
〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 499
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan
koide@pat-net.ne.jp

2 コンピュータとは:情報の道具

技術は、目に見えるものと、目に見えないものとに別けることが可能である。目に見える技術としては、従来から使われているいわゆる道具である。目に見えない技

術としては、情報操作がある。ここでは、道具としてコンピュータを取り上げる。コンピュータは情報操作と密接な関係がある。

コンピュータは格段に進歩を見せている。インフレーションのすすむ現代日本において、コンピュータだけが、値段は据え置きで、機能は上昇する一方である。これは、他の物価上昇傾向を考えると、画期的なことだと考えられる。コンピュータは、高機能になっている。処理スピードが上がることによって、画像や音、動画なども扱えるようになってきた。ますます、コンピュータの利用範囲は広がってきている。コンピュータの進歩は、現在も続いている。

i 道具としてのコンピュータ

今では、コンピュータを便利な筆記具として使っている人が多い。ある人は表計算や伝票整理に、ある人は図や文章の清書用道具として使っている。コンピュータなら一台ですべての機能を持つことが可能である。今やノートサイズのコンピュータが普及している。

しかし、コンピュータには、もっと別の利用方法がある。一個人の能力を越え、コンピュータでしかできない仕事が開拓されつつある（齋藤, 1999）。

(1) 制御能力

各種の機械の制御能力はコンピュータなしには不可能である。機械を、正確に、あきず、ムラなく、連続的に、長期にわたって制御する能力は、コンピュータが、人間より遥かに優れている。

分析装置や製造機械は、非常に複雑な作業プロセスを、無駄なく正確に繰り返し実行する。そして、分析データに複雑な補正や処理計算をおこなって、最終的には人間の欲する値として提示される。製造製品の品質管理もコンピュータを用いた装置がプログラムに基づいておこなっている。その工程は、無人による24時間運転も可能である。

生産業全体がオートメーションあるいは無人化され、安く性能のいい製品が手に入るようになった。今や、一つの装置で多様なデザインや作業をこなせるような「かしこい」装置、あるいは「職人」のような装置が活躍している。トフラーのいう新しい技術体系といえるものである。このような製造装置は、コンピュータなしではありえない。

各部分の状態を管理し相互の調整をおこなうことで、機械が全体として協調のとれた動作を行わなければならない。情報を検出し、伝達し、制御をおこなわなければならない。このような制御の思想は、産業革命初期のワットの蒸気機関において、運転速度を自動調整する機構で実現されていた（甘利, 1998）。今日の高度に発展した自動制御系の原形がすでにここにみられる。自動制御の理論は1920年代に数学的に整備され始める（甘利, 1998）。

(2) 記憶能力

今や明らかなことだが、コンピュータは人間の記憶能力を多くの点で上回っている。大量のデータ、たとえば分析値や標本リスト、収蔵リスト、文献リストなど、すべて記憶している人はいない。人の記憶にも限界がある。ところが、コンピュータは記憶容量の障害さえ乗り

越えれば（たとえば、ハードディスクの増設や、CD-ROM、DVDの利用など）、原理的にはいくらでも記憶量を増やすことができる。そして、人は忘れるが、コンピュータのハードディスクに書かれた記憶は、装置が壊れない限り忘れ去られることはない。どの情報も同等に、いつでも、いくらでも利用することが可能である。

(3) 計算能力

古くから人間は数をかぞえ、計算を行ってきた。今や単純計算といえども道具なしで実行するには限界がある。人間は筆算を発明し、そろばんなどの簡単な道具を利用した。17世紀に入ると計算を機械で実現する自動計算の工夫が行われ、19世紀には今日のコンピュータにみるような計算手順まで含めた自動化が試みられ、計算機械のアイデアが生まれてきた（甘利, 1998）。

ライバル同士の企業が電卓（電子卓上計算機）をめぐって、開発・販売競争をした。その結果、電卓の技術は、格段の進歩があった。競争の激しい時は、毎月のように新製品がでて、安くなりながら高機能になり、高機能になりながら軽薄短小を実現していった。今やどこにもある電卓は、このような技術進歩の賜物である。

その反面、多くの人は計算能力を衰えさせた。たとえば、4桁の数字の掛算や、割算を手計算でする人がいるだろうか。家計簿を電卓なしでつけている人がいるだろうか。研究者でも、 $\sin$ 、 $\cos$ 、 $\tan$ 、 $\sqrt{\quad}$ 、2乗、3乗など、関数表を使ったり、手計算でやっている人はいないであろう。近年、関数表はほとんど見かけなくなった。

特に、科学技術では、人間にはもはや複雑すぎてできない計算や、時間がかかりすぎてできない計算など、コンピュータの計算能力の助けを借りなければ不可能な時代となっている。今や、コンピュータの計算能力は、ほぼ完全に人間の計算能力を肩代わりしたといえる。

(4) 不足能力の補填

制御能力や、記憶能力、計算能力も、人間の不足能力を補うものである。健常者の能力を補填するだけでなく、ハンディキャップを持つ人が、コンピュータのおかげで能力を補填することが可能である。

宇宙論における一線級の科学者ホーキングは、筋ジストロフィーという難病で、動くことはもちろんしゃべることもできない。しかし、彼は少し動く指先を使って、コンピュータに文字を入力し、その文字をコンピュータに読ませて、研究はもちろん、講義や講演会までこなす。ホーキングは、研究者として果たすべきことは、一人前にこなし、研究者としても超一流のレベルである。

コンピュータの助力によって、芸術や個人の能力において、健常者より優れた才能を発揮する障害者はよく見かけられるようになった。

(5) 使用者の能力を超える

複雑な計算、大量の記憶をコンピュータに頼り、その結果を研究者が利用して、研究成果とすることがある。このような研究では、コンピュータが研究の主要な道具となっている。つまりコンピュータは、独創的なアイ

ディアを生み出すこともある。実際には、プログラムを組んだり、コンピュータに計算させたり、その成果を読み取り、重要性を発見するのは研究者である。かつては、研究者が全ての工程をおこなっていたが、今では一番労力のいるところを、コンピュータがやってくれている。

各種のシミュレーション、たとえば複雑な数学計算、流体力学による空力特性の計算、熱力学に基づいた結晶形成の計算、マントル対流の計算、ニュートン力学による天文学的計算などに、最新の高性能のコンピュータが使われている。今やコンピュータの性能が、研究成果のスピードに反映する時代になって来ている。また、人工生命 (A-Life と呼ばれている) をコンピュータ内に飼って増殖した生物から、生命の特性や、生物進化についての理論を作ることがある。コンピュータが考え、研究しているような状況になりつつある。カオスや複雑系などの研究分野はコンピュータの存在によって開拓された分野である。

ii コンピュータの仕組み

コンピュータは、2進法で演算をしている。2進法を電子回路として表現することによってコンピュータは動作する。コンピュータの基本構成は、ハードウェアとソフトウェアから構成されている。ハードウェアは、中央処理装置 (central processing unit, CPU) と入出力装置 (input-output unit)、記憶装置 (storage unit) に大きく分けられる。ソフトウェアはプログラム言語で表される。ここでは、コンピュータの原理を概観する。

(1) 2進法

コンピュータの内部では、0と1の2値のデジタル方式で処理をおこなっている。2進数 (binary digit) とよばれ、0と1で表現される。デジタル・データの最小の情報量の単位を、ビット (bit) という。1bitは、データ値の1桁を表す。 2^{10} は1024で1000に近いので1K、 2^{20} は1048576で100万に近いので1M、 2^{30} は1073741824で、10億に近いので1G、同様に 2^{40} は1Tと呼ばれる。

一度で処理する単位を4桁、あるいは8桁、16桁、32桁を1バイト (byte) と呼ぶ。8 bitでは10進法でいえば255、16 bitは65,535までの整数を表すことができる。

2ビットでは、(0,0)、(0,1)、(1,0)、(1,1)の4通りの状態を表現でき、nビットでは2のn乗の状態を表現できる。

負の数は、一番上の桁を符号ビット (sign bit) として利用して表される。正の数は最上位ビットが0、負の数は1である。

コンピュータでは2値のデジタル数値を扱うので、2進法の演算をおこなっている。

コンピュータのすべての演算は、足し算を基本にしている (南谷, 2000)。2進法の足し算は、

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

の4つの組み合わせですべての演算処理をおこなっている。

情報科学では、補数 (complement) という概念を用いる。補数には、1の補数と2の補数がある。2の補数は、1

の補数に1を加えたものである (稲垣, 1998)。負の数や引き算は、補数によって表現される。引き算は、2の補数を用いると、足し算に変換することができる (南谷, 2000)。つまり、

$$A - B = A + (-B)$$

という考えで引き算を足し算にするのである。ただし、繰り上がりは無視することになる。

2進法で、

$$0001 - 0001$$

の計算をするとき、0001の補数1111を加えればよい。

$$0001 + 1111 = 10000$$

となり、一番上の繰り上りは無視すれば、0000という答えが得られる。同様に、

$$1111 - 1000 = 1111 + 1000 = (1)0111$$

というようになる。

補数表現を使っても、正負を表す最上位ビットの値は保存される。

補数表現を用いると、足し算も引き算も同じ回路で実行できる (稲垣, 1996)。掛け算は、足し算を何度も繰り返しおこなうものである。割り算は、引き算を何度もおこなうものである。このようにすれば、足し算だけの演算で四則演算をおこなうことができる。

コンピュータでは、2進法に変換すれば、数値を扱うことができる。文字データは直接2進法にすることができない。そのため、コード化 (coding) をおこなう。8ビットでは、256個のコードを利用できる。英数字は8ビットで充分だが、日本語や中国語など漢字を用いる国では少なすぎる。そのため、2バイトで1文字を表すことにしている。8ビットの2乗なので、65,536個のコードが利用できる。

文字コードはISO (International Standardization for Organization、国際標準化機構) によってコード系が規定されている。8ビットの最上位は各国語に対応するビットとして、あとの7ビットでコードを決めている。代表的なものでは、ASCII (American Standard Code for Information Interchange、アメリカ情報交換標準コード) や、UNIX用のAT&T社が決めたEUC (Extended UNIX Code) などがある。日本語のコードは、JISコード (Japan Industrial Standard code) がある。JISコードのX0208では、よく使われる漢字2965個はJIS第1水準、その他の漢字3390個はJIS第2水準としてコード化されている。

(2) 論理回路

論理関数を実現する回路を論理回路 (logical circuit) という。コンピュータの論理回路は、AND (論理積) 回路、OR (論理和) 回路、NOT (否定) 回路の3つが基本で、基本論理回路 (basic logical circuit) である (南谷, 2000)。基本論理回路は、論理ゲート (logic gate)、あるいは単にゲートという。論理回路は、真理値があり、等価の電子回路で表現することができる (図1)。

AND回路は、2つの入力AとBがあるとき、両者とも1 (yes) のとき、出力信号Xが、1となり、それ以外のときは0 (no) となる。OR回路は、2つの入力AとBがあるとき、両者とも1 (yes) あるいはどちらかが1のとき、出力信号Xが、1となり、両者とも0のときは0 (no)

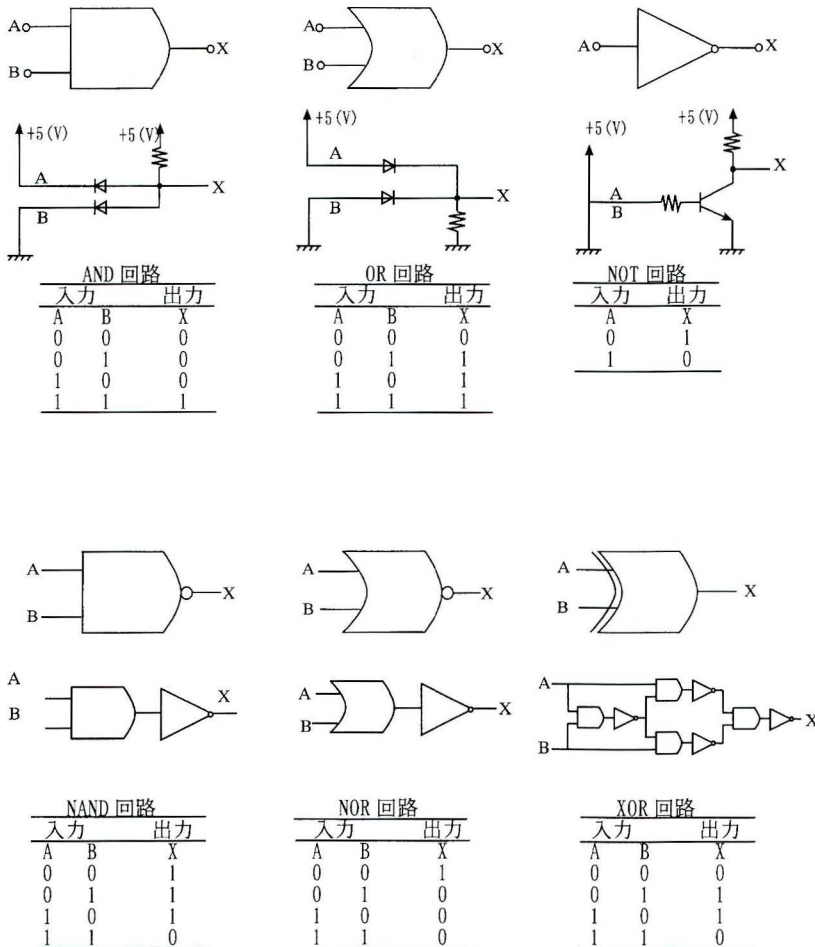


図 1. 論理回路。上 3 つが基本論理回路で、その略号と電子回路および真理表を示した。下 3 つは基本論理回路以外の基本回路で、その略号と基本論理回路による表記とその真理表を示した。

となる。NOT 回路は、入力 A が 1 (yes) なら出力 X は 0 (no) を、入力が 0 なら出力は 1 となる。

基本論理回路の他に、XOR (排他的論理和、exclusive OR) と NOR (否定論理和)、NAND (否定論理積) などの論理回路がある。このような論理回路は、基本論理回路で表現できる。2変数論理関数は、NOT、OR の組み合わせ、または NOT、AND の組み合わせで表現でき、NAND と NOR は、NOT と AND の機能を持っているので、すべての 2 変数論理関数を表現することができる (赤間, 1998)。

原理的には一番単純な 3 つの基本論理回路を用いて、組み合わせ回路 (combinational logic circuit) と順序回路 (sequential logic circuit) などができあがる。しかし、その他の論理回路をうまく組み合わせると、より簡単な回路として設計することができる。

組み合わせ回路とは、入力によって出力が決まる回路で、演算などに利用される。順序回路は過去の入力状態に依存して出力が決定される回路で、記憶回路のことで、フリップフロップ (flip-flop) や、レジスタ (register)、カウンタ (counter) などがある (赤間, 1998)。組み合わせ回路に比べて、順序回路のほうが複雑になる。

ここでは、3 つの基本論理回路を用いて、組み合わせ回路である足し算の回路ができることを示す (図 2)。足し算の回路は加算器 (adder) という。一番単純な加算器は半加

算器で、下位からの繰り上がりのない場合である。半加算器で (half adder) は、2 つの入力 A、B に対し、出力として、足し算の結果 S と、次の桁への繰り上がり C の 2 つの信号を出す (南谷, 2000)。半加算器 2 つの OR 回路の組み合わせで、入力 A、B と下位からの繰り上がりの入力信号を処理して、和の出力 S と上位への繰り上がりの信号 C も処理できる全加算器 (full adder) ができる (南谷, 2000)。全加算器を 8 ビットでは 8 個つなげればよい。

フリップフロップは、双安定回路と訳されるが、一般にはカタカナ書きもしくは英語 (FF と訳す) で用いることが多い (中村, 1988)。JIS では、用語として採用されていないが、デジタル回路として重要なものである。セット端子の信号によって 1 を記憶させ、リセット端子の信号によって 0 に戻すことができる回路である。フリップフロップは、外部入力状態が変化しない限り、0 か 1 の安定した出力状態を保持できる論理回路である。したがって、1 ビットのデータを記憶する回路である (南谷, 2000)。図 3 では、RS フリップフロップ (reset-set flip-flop) の回路を示した。

1 と 0 を yes と no に読み替えて考えてきたが、逆に 1 と 0 を no と yes に読み替える表し方もある。それぞれ正論理と負論理と呼ばれる。正論理でも負論理でも、2 つの NAND から構成される (中村, 1988)。NOR で構成された等価回路ができる。ただし、真理表は反転した状態となる。

(3) CPU

CPU (central processing unit) は、プロセッサや中央処理装置とも呼ばれる。CPU 内では、記憶装置 (メモリ) 内に収められた命令やデータにさまざまな処理を施して出力をするものである。CPU は、コンピュータシステム全体を制御する制御装置 (control unite) と、記憶装置に蓄えられているデータの演算をおこなう演算装置 (arithmetic unit) に分けられる。

CPU では、メモリ内に保存されたプログラムを、命令レジスタ (instruction resister) に順番に読みこみ、命令を解読 (デコード、decode) し、解読された命令を実行する、というサイクルを繰り返す (南谷, 2000)。

レジスタは、高速動作可能な主記憶装置である。命令の順番は、一つずつ増えていくプログラムカウンタ (program counter) というレジスタに、次の命令のアドレス (address) が記憶されている。このようなプログラムカウンタのような順序制御機構を持つことによって、複雑な

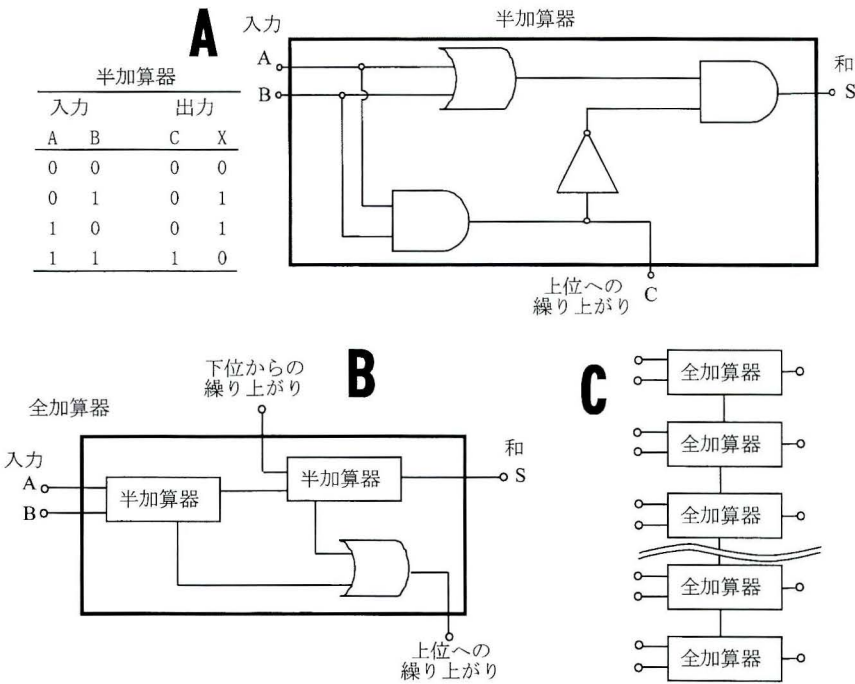


図 2. 加算器の原理. A: 基本論理回路を用いた半加算器の回路と真理表を示した. B: 半加算器を用いた全加算器の回路を示した. C: 全加算器を用いた多ビット用の足し算回路を示した.

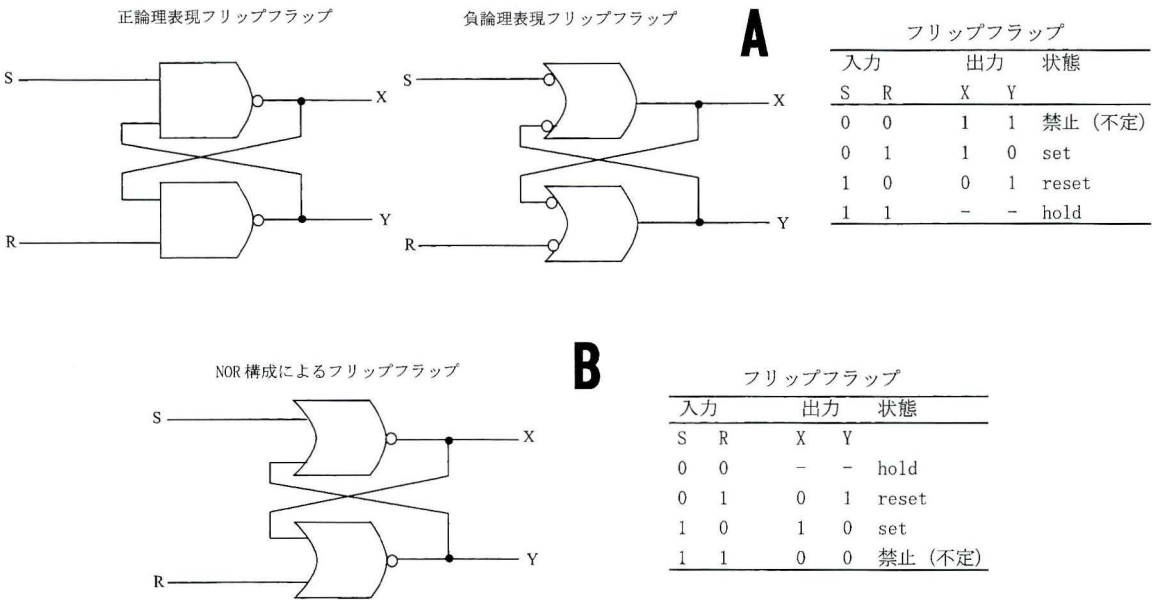


図 3. フリップフラップ. A: 正論理表現によるフリップフラップ回路と負論理表現によるもので、その真理表も示した. B: NOR 構成によるフリップフラップと真理表を示した.

作業や条件を要求する環境に対応できるようになった。

機械語命令は、命令の種類を示す命令コード (operation code) と、実行時に必要なデータのアドレスを示すオペランド (operand) から構成される (赤間, 1998)。演算命令、ロード/ストア命令 (メモリ参照命令)、ジャンプ命令 (分岐命令)、その他に、停止 (HALT) 命令、印刷 (PRINT) 命令などがある。

演算命令とは、四則演算、論理演算、固定小数点演算命令、浮動小数点演算命令などがある。

四則演算は、ADD、SUBTRACT、MULTIPLY、DIVIDE という命令で実行される。演算命令は、レジスタ R1 の値とレジスタ R2 に加えたり引いたりなどの演算をし、

その結果をレジスタ R3 に格納するというようなものである。四則演算などの基本演算は、高速処理をおこなうために、回路化されていることが多い。演算専用のレジスタはアキュムレータ (accumulator) と呼ばれる。

ロード (LOAD) /ストア (STORE) 命令 (メモリ参照命令) とは、メモリのアドレス A にあるデータをレジスタ R1 にとってきたり (ロード)、レジスタからメモリに保存 (ストア) するための命令である。

ジャンプ (JUMP) 命令 (分岐命令) とは、プログラムは、順番に一つずつ実行されているが、その順番を変える場合、ジャンプ命令が使われる。アドレス A の命令に飛べという命令が実行される。プログラムカウンタは一つずつ

命令を実行していくが、ジャンプ命令によって別のアドレスにプログラムの流れが変わっていく（南谷, 2000）。

ジャンプ命令の一つに「割り込み」というものがある。実行しているプログラムより優先すべき事態、例えば入力やエラーなどが起きたときである。その割り込みの原因が特定された場合、その割り込みの内容に応じて、それに対応するプログラムを実行する。

(4) 記憶装置

記憶装置は、プログラムやデータを保存する装置である。記憶装置には、コンピュータ内部にある主記憶装置（メインメモリ）と、コンピュータの外に置かれた外部記憶装置に分かれる。主記憶装置は、メモリとも呼ばれ、プログラムやデータを保存する装置である。外部記憶装置は、すぐに実行しないプログラムや使わないデータを保管する。

記憶装置には、アドレスと呼ばれる住所や番地にあたるものが付けられている。

記憶方法として、電気、磁気、光などを利用したものがある。記憶装置でのデータの読み取り速度（アクセススピード）は、電気、磁気、光の順で遅くなっている。記憶量では、逆の順で大きく、したがって安価になっている。記憶装置は、目的に応じて使い分けられている。

現在のパソコンでは、電気を利用した半導体の記憶装置が使われる。外部では、電気（メモリスティック、メモリカード、スマートメディアなど）、磁気（ハードディスク、フロッピーディスク、磁気テープ）や光（CD-ROM、CD-R、DVD、DVD-R）、あるいは両者（光磁気（MO）ディスク）などが主として利用されている。

高速性を重視するため、CPU 内にキャッシュメモリ（cache memory）と呼ばれる記憶装置がある。キャッシュメモリは、容量は少ないが一番高速でアクセスできるところにおかれ、最近ではCPU内部に組み込まれることも多い。

電気を利用した半導体の記憶装置として、ROM（read only memory）とRAM（random access memory）がある。ROMは読み出し専用で、RAMは読み書きができる記憶装置である。ROMにはマスクROM（masked ROM）、PROM（programmable ROM）、EPROM（erasable programmable ROM）がある。マスクROMは、製造時に内容が決まっているROMである。PROMは特殊な装置によって書き込み可能であるがその回数などに制限がある。EPROMは何度も書き換え可能なROMである。RAMは読み書き可能だが、電源を切るとデータが消えてしまう揮発性（volatile）の記憶素子である。RAMには、ダイナミックRAM（dynamic RAM）とスタティックRAM（static RAM）がある。ダイナミックRAMは一定時間ごとに内容が書き直される。スタティックRAMはフリップフロップ回路により情報を記憶するもので、書き直しの必要はない。

(5) 入出力装置

コンピュータは0と1のデジタル信号しか扱えない。そのため、コンピュータに仕事をさせるために、仕事内容や情報をデジタル化しなければならない。人間が扱っている情報は必ずしも定量化されているわけではない。視覚、聴覚などに関する情報はかなり定量化が進んでい

るが、味覚、嗅覚、および触覚などの体性感覚はいまだに定量化は遅れている。

コンピュータと人との間には、何らかの入出力関係によって連絡がとられる。このような関係は、人とコンピュータのインタラクション（interaction、相互作用）と呼ぶ。情報科学では、インタラクションは複数の情報処理システム（人間や機器）において、あるシステムの出力によって別のシステムの状態が変化することをいう（安西・神岡, 1999）。

定量化されたデータはデジタル情報として扱える。アナログ情報でも電気化あるいは電子化することができれば、デジタル化が可能である。コンピュータ処理された結果は、人間に分かる形で提示あるいは表現できるようにしなければならない。ディスプレイやプリンタ、あるいは音で表現しなければならない。つまり、デジタル信号をアナログ信号に変換しなければならない。このような変換をA/D変換という。

コンピュータが高度化するにつれて、入出力が複雑になる。しかし、高度化のひとつの原因は、このような人とコンピュータの入出力をいかに人に馴染みやすくするかである。つまりヒューマン・インターフェイス（human interface）、ユーザー・インターフェイス（user interface）、あるいは単にインターフェイス（interface）というものである。文字情報だけでなく、聴覚や触覚、動作などを加えたより多様なインターフェイスを、マルチメディア・インターフェイス（multimedia interface）あるいはマルチモーダル・インターフェイス（multimodal interface）という（安西・神岡, 1999）。

使う側のわかりやすさや操作のしやすさ、使いやすさをユーザビリティ（usability）とよび、良いユーザビリティを備えたものをユーザフレンドリ（user-friendly）という。ユーザビリティの基準として、学習可能性（learnability）、柔軟性（flexibility）、処理能力（throughput）が挙げられている（安西・神岡, 1999）。マルチメディア・インターフェイスをもつ機器の特徴として、携帯性（モバイル性）、環境への埋め込み、仮想性、協調作業性、エンタテインメント性が挙げられている（安西・神岡, 1999）。

入力装置として、キーボードやマウス、トラックボール、ジョイスティック、タッチパネル、イメージスキャナ、デジタルカメラなどがある。出力装置としては、ディスプレイ、プリンタなどがある。

(6) プログラム言語

ソフトウェア（software）は、制御プログラム（control program）と処理プログラム（process program）の2つのプログラム群（コンポーネント）から構成される。基本ソフトウェアとユーザソフトウェアの2つのプログラム群（コンポーネント）に分類される。

制御プログラムは、ハードウェアを効率的に管理するものである。制御プログラムは、基本ソフトウェア、システムソフトウェア（system software）とかオペレーティングシステム（operating system: OS）、制御プログラム（control program）とも呼ばれる。制御プログラムは、ジョブ管理（job management）、タスク管理（task management）、データ管理（data management）、ハードウェア管理（hardware

management)、通信管理 (communication management) からなる。今日ではコンピュータシステムの一部である。MS-DOSやWindows、UNIXなどが代表的なものである。広義のOSは、制御プログラムと処理プログラムの言語処理プログラム、ユーティリティプログラムをいうことがある。

処理プログラムは、言語処理プログラム (language processing program)、ユーティリティプログラム (utility program)、アプリケーションプログラム (application program)、ユーザプログラム (user program) から構成される。

制御プログラムの上で処理プログラムが動いている。そのため、ハードウェアの違いがあっても、制御プログラムの上でその違いを吸収していれば、共通の処理プログラムが動かすことができる。

CPUへの命令は、マシン語 (machine language) でなされる。マシン語は、機械にわかる0と1の言葉で書かれたものである。しかし、人間には非常に分かりにくい言葉なので、少しは分かりやすくした言葉として、アセンブリ言語 (assembly language) が使われる。アセンブリ言語はマシン語の命令に対応する記号であるニモニックコード (mnemonic code) に置き換えたものである (南谷, 2000)。アセンブリ言語は、マシン語の非常に近い言葉である。

マシン語に次いでより人間に理解しやすいアセンブリ言語であるが、まだ人間の言語ではない。また、複雑な作業を記述するには特別な訓練を受けないと難しい。このような問題を解決するために、より人間の言語に近い高級言語 (high-level language) が開発された。代表的なものとして、FORTRANやCOBOL、PASCAL、C、BASIC言語などがある。このような高級言語をマシン語に翻訳するプログラムを言語プロセッサという。アセンブリ言語の言語プロセッサをアセンブラ、高級言語の言語プロセッサをコンパイラ (compiler) という。

FORTRAN (Formula Translating System) は、1957年に、IBM社で開発され、IBM704型の普及に伴って、最初に普及したコンパイラタイプの高級言語である (橋本, 2000)。その後多くのコンピュータに移植された。

コンパイラは、高級言語を構文解析をおこない、マシン語より高水準、つまり人間により理解しやすいが、よりマシン語に近い中間言語のコードに出力する。中間言語はマシン語に変換したとき一番効率のよいように最適化されたコードを生成するように設計されている。しかし、コンパイラの性能によって、構文解析や中間言語の変換に差が生じ、最終的にはマシン語の処理速度に大きな差が生じる (南谷, 2000)。

コンパイルに時間がかかることやプログラムの欠陥 (バグ) を修正するためにコンパイラは煩雑である。そのため、中間言語のまま実行する言語プロセッサとしてインタプリタ (interpreter) がある。処理速度は遅いがデバッグ (debug: 誤りをとり除くという意味) の時間が短縮されというメリットがある。最近では、インタプリタとコンパイラを組み合わせられて使われることがある。

iii コンピュータの歴史

最初のコンピュータ、ENIAC (Electric Numerical

Integrator and Computer) は1946年に完成した。ENIACは電子式数値積分計算機と記される (橋本, 2000)。ENIACは、10進法を採用し、真空管2本からなるフリップフロップ回路を10個並べ、1桁分の計算をした。1回の足し算0.8ミリ秒、掛け算2.8ミリ秒、割り算24ミリ秒でおこなった (橋本, 2000)。ENIACは、真空管18,000本、高さ3m、幅30m、140m²の部屋を占領、使用電力150kWという大変大規模なものであった (橋本, 2000)。

ENIACは、プログラムを内蔵していなかった。そのため、現在のコンピュータの定義では、プログラムとデータとを同一の記憶装置に持つプログラム内蔵式コンピュータであったEDVAC (Electric Discrete Variable Automatic Computer: 電子式離散変数自動計算機) が、最初のコンピュータとみなされることもある (橋本, 2000)。

プログラム可変の内蔵方式のコンピュータ、EDSAC (Electric Delay Storage Automatic Calculator) が、1949年に完成する (橋本, 2000)。

コンピュータ発展は電子回路の集積技術によって支えられていた。電子回路の集積技術は、トランジスタ (transistor)、IC (集積回路: Integrated Circuit)、LSI (大規模集積回路: Large Scale Integration) の順に進歩してきた。

1948年にブラッテン (W. Brattain) が、Geの表面でトランジスタ作用の発見した。1949年には、ショックリー (W. Shockley) が接合型トランジスタのアイディアを出した。そして、1951年にショックリーらによって実用的トランジスタの誕生した。1958年には早くも、IBM製のIBM7070でトランジスタの採用され、第2世代のコンピュータが誕生した。

1959年、キルビー (J. S. Kilby) がトランジスタを改良していくことでICを開発した。半導体表面に別種の半導体薄膜を何度も蒸着させることによって結線不要の集積回路ができあがる。その後、写真焼付けの光学技術によって集積度が上げられていった。1964年には、CPUにICを採用した最初のコンピュータIBM製のIBM360が発売され、爆発的な需要があった。ICはメモリにも採用され、宇宙開発と冷戦の時期にあたりNASAや国防省など宇宙、軍事関連の製品に大量に利用された。ICは、1個当たり、トランジスタの数が1000個までをいう。ICを採用したコンピュータを第3世代のコンピュータという。

1966年に、LSIが登場した。LSIは、1個当たり、トランジスタの数が1000から10万個までをいう。LSIを採用したコンピュータを第4世代のコンピュータという。今日、LSIの集積度は、演算処理LSIで1000万トランジスタ、メモリーLSIでは10億トランジスタを超えている。

現在のコンピュータはノイマン型コンピュータであるが、非ノイマン型コンピュータ (non von Neumann computer) もある。非ノイマン型コンピュータは、人間の知識機能をコンピュータプログラムとは違う方式で機械化しようというものである (稲垣, 1996)。光コンピュータ (optical computer)、バイオコンピュータ (biocomputer)、ニューロコンピュータ (neuro-computer) などがある。

光コンピュータは、光学的な結像、回折、散乱などを利用して、人工網膜のような素子を作ろうというものである。バイオコンピュータは、トランジスタよりもつ

と小さなタンパク質による素子を作ったり、脳の研究から生体に近い知的メカニズムを考えるものである。

ニューロコンピュータは、バイオコンピュータの一種で生体の神経系のメカニズムを真似て動作するものである。生物、特に人間の脳は情報処理システムあるいは記号システムとしても重要な規範となりうる (Simon, 1996)。自然物の極致として脳、人工物の極致としてコンピュータが対置できる。ニューロコンピュータの作動原理は、人間の脳を再構築しようというものである。

iv コンピュータの存在意味

コンピュータの導入によって、科学自体のあり方を変えてきた。そして、コンピュータの能力によって、あらたな科学体系が形成されつつある (齋藤, 1999)。このような革命的な現象を、デジタル・パラダイムと呼び、ポストモダン科学革命を起こしつつあるといわれている (中山, 2000)。

黒崎 (1997) は、コンピュータの存在意味を、他者としてのコンピュータ、環境としてのコンピュータ、内在化されたコンピュータ、という3つの位相変化つまり「コンピュータと我々との距離」として捉えた。これは、コンピュータサイエンスの視点からは、人工知能問題、電子テキスト問題、ヴァーチャル・リアリティ問題となり、哲学的視点からは、人間の認識の逆照射、著者性の問題、実在 (リアリティ) とはなにか、という読み替えが可能としている。また、黒崎 (1998) は、コンピュータの出現は、知能とは何か、最終的には「人間とは何か」問い直すことであるとした。このような問題を解くことは、哲学として正統な考察であると考えている。著者も同感である。

技術の進歩によって、新たな文化が生まれ、新たな文化によって人間のあり方を問い直すこと、この繰り返しが人間の知的進歩をもたらすのではないだろうか。

3 情報とは

情報科学が成立する以前から、人間は情報を利用してきた (甘利, 1998)。にもかかわらず、情報の定義は困難である。情報の語源は、辞書を調べることによって知ることができるが、定義のためのキーワードとなる言葉は、事実 (fact)、メッセージ (message)、概念 (concept)、データ (data)、コミュニケーション (communication)、知識 (knowledge) などである (立花, 2000a)。

ここでは、情報の語源と一般的な定義を考え、記号論の立場から情報をどう捉えているかをまとめ、アナログからデジタルへどのような歴史を持って変換されていったのかを見ていく。そして、情報の認知のプロセスと情報の流れを考えていく。

i 語源と定義

情報とは、information の訳で、動詞 inform の名詞である。英語の information は、中期英語では、「教授、教育、精神形成」という意味を持ち、中世ラテン語やラテン語では「概念、考案」という意味であった。動詞 inform はラテン語 informare から由来し、informare は「形成する」という意味で、接頭語 in と「形作る」という意味の formare があわさってできたものである。

情報という語は、広義にはニュースや知識を指すが、厳密には、人間を離れて客観的に伝達・処理ができるようになった段階のものをいう (坂本, 1998)。その伝達や処理は元来は人間が担っていたが、技術発達の過程で、通信技術やコンピュータや自動制御の発達の結果、新しく情報の概念が形成された (坂本, 1998)。

現代的意味での情報の特徴は、その表現形式と意味内容が分離されうることである。数学や工学では、情報の意味内容は一般的な扱いができないので、表現形式のみ切り離し、符号 (コード) のみを扱う。このような情報を「技術的情報」という。技術的情報は符号の組合せで「パターン」である。情報伝達 (通信) や情報処理で扱われる情報はこのパターンで、量的に規定される (坂本, 1998)。

20 世紀後半の科学技術を支える基本理念は、物質 (material)、エネルギー (energy) と情報 (information) として表すことができる (松井, 1975)。物質とは相対性理論の $E=mc^2$ という方程式で、エネルギーと等価であることが示された。したがって、現在の現実の実体というのは、物質 (=エネルギー) に集約される (立花, 2000b)。人間はそれを情報としてとらえる。人間の意識の中では、物質は情報に転換され、人のありかた生き方を決定的に変化させる。システムとして整合のとれた動作を行うためには、情報の活用が不可欠である (甘利, 1998)。人間活動もシステムによって制御されているので、情報は不可欠となる。

ii 記号論

Inglis (1990) によれば、記号論 (semiotics) とは、意味作用を行う記号の中にはどのような組織があるのかを調べることである。つまり、言語全体を解体し、どのように一体化して構造を形成しているかの理論構築を目標とする。平たく言えば、記号論とは、送信された情報がどのように受信者によって受け取られ、解釈されるかを知らための学問 (長尾, 1999a) ともいえる。

長尾 (1999a) は、記号論において、対象、概念 (ものの意味)、記号 (名称) の3つの要素があるとした。

記号論ではフレーゲ (F. L. G. Frege) とパース (C. S. Peirce) が中心人物である。

パースは、プラグマティズムの始祖と現代記号学 (記号に関する一般理論) の創設者で、また記号論理学における先駆者のひとりである (米盛, 1998)。記号の基本的単位の同定と、構成要素のすべてを再統合してひとつの構造を作るという意味作用体系の構造記述をおこなった (Inglis, 1990)。

フレーゲは、算術を論理から導く論理主義の立場で、論理主義実現のために論理学自体の再検討が必要とし、アリストテレスの論理を超える論理学を「概念記法」(1879)として、現代の命題計算、一階述語計算のほぼ完全な体系を独立で構成した (土屋, 1998)。また、数の概念の哲学的考察をまとめた「算術の基礎」(1884)で、カントを批判して算術の真理を分析的なものとし、悟性に直接与えられる客観的な対象として数を定義する方法を探った (土屋, 1998)。

しかし、この体系は、1902 年のラッセル (B. A. W. Russell) の指摘によって、「ラッセルのパラドックス」を含むことから、フレーゲは論理主義の放棄を強いられ

た。晩年には算術の真理を総合的なものとする立場から再度基礎づけを試みた(土屋, 1998)。

ウィットゲンシュタイン(L. Wittgenstein)の思索は、フレーゲの圧倒的な影響下にあった(土屋, 1998)。ウィットゲンシュタインは、手近な実際の例、人々が現実に行ったことから出発する(Inglis, 1990)手法をとった。

ソシュール(F. de Saussure)は言語を記号と見なし、記号表記と記号内容との統合体と定義し、記号を能記(signifiant、意味するもの)と所記(signifie、意味されるもの)に区別した(坂本, 1998)。言語とは自己指示的閉鎖体系であり、言語は言語としてのみ分析可能であると主張した。そして、言語の意味は「差異の原理」に照らして初めて分かり、言語の本質に刻まれており、語彙群を横断している基底にあるとした(Inglis, 1990)。

iii アナログからデジタルへ

パスとフレーゲなどによって、言語や用語を含めて、論理的な思考はすべて、記号論理学の表現に置き換えることができるようになった。

数学では、三段論法などの論理的命題(propositional logic)の真偽関係が、ブール代数(Boolean algebra)を用いて代数的に演算形式で表現できることを明らかになった。

ブール代数は、1864年にブール(G. Boole)によって創られた。ブール代数は、ブール束(Boole lattice)または論理代数(logic algebra)とも呼ばれる。集合論(set theory)もブール代数として形式化できる(赤間, 1998)。

推論を研究する論理学(logic)のうち、最も基本的な論理システムは、命題論理(propositional logic)である。論理命題は、形式言語(formal language)を用いた形式システム(formal system)として理論化され、意味を研究するモデル理論(model theory)と証明の方法を研究する証明理論(proof theory)の2つの考えがある(赤間, 1998)。命題(proposition)とは、真(true)か偽(false)かがはっきりした文のことである。真か偽かは真理値(truth-value)と呼ばれ、2進法の1と0に対応させることによって代数的な取り扱いをすることが可能となる。このような論理演算(logical operation)あるいは論理計算をブール代数といい、論理学と代数学が結びついた(橋本, 2000)。

論理代数の集合とは一致する(稲垣, 1996)。論理代数の演算である論理積(AND)、論理和(OR)、論理否定(NOT)は、積集合、和集合、補集合という集合論での用語に変換できる。ブール代数は、ベン図(Venn diagram)によって図的にも解釈することができる。ただし、ベン図は簡易の不完全な表現法である。

1937年にシャノン(C. E. Shannon)によって、ブール代数の公理系が電子回路で表現できることが示された。つまり、人間の論理思考がコンピュータで再現できることが、理論上明らかになったのである。計算と論理演算を一体化して機械的に実現する見通しが開けた。このような理論と機会の結合が、理論回路への道を開いた(甘利, 1998)。

数学の世界では数学基礎論の一環としてアルゴリズム(algorithm)に興味が集まった。アルゴリズムとは計算や論理演算を機械的に実行する手順のことで、算法とも呼ばれる。良いアルゴリズムとは、正しい答えを出すこと

と計算を有限に終了することである(赤間, 1998)。正しい答えを出すことは説明するまでもないが、計算が有限の時間で終わるという保証がなければ、プログラムする意味がない。後者を計算可能性(computability)と呼ぶ。このような計算の概念を理論的な研究をする分野は計算理論という。計算理論として、チューリング機械(Turing machine)、ラムダ計算(λ -calculus)、マルコフ・アルゴリズム(Markov algorithm)、フローチャートプログラム(flowchart program)などが主なものである(赤間, 1998)。

コンピュータの記憶回路がとる値を状態(state)と考え、コンピュータはさまざまな状態を取りうる状態機械(state machine)とみなすことが可能である。状態の変化を数学的モデルにしたものをオートマトン(automaton)と総称する(稲垣, 1996)。1930年代にチューリング(A. A. Turing)は、状態機械という見方による数学モデルで、仮想的な機械を考えた。チューリングのオートマトンは、今日、チューリング機械(Turing machine)と呼ばれる。チューリングは、コンピュータが誕生する以前に、一定の手続きに従って実行可能な論理演算(数値計算を含む)は、すべて万能チューリング機械(universal Turing machine)で計算できることを示した。同時に彼は機械では原理的に計算できない関数の存在も示したのである。

ラムダ計算は、カリリー(H. B. Curry)とチャーチ(A. Church)により適用と抽象化の理論である(萩野, 1998)。ラムダ式は関数の概念を抽象化したものであり、変数と関数抽象と関数適用によって構成されている。ギリシア文字のラムダを記号として使うので、この名前が付けられている。人工知能用のプログラミング言語、LISPの基礎的な理論となっている。その他、マルコフ・アルゴリズムやフローチャートプログラムの計算理論は、理論的には同等であることが知られている(赤間, 1998)。

ノイマン(J. L. von Neumann)は、コンピュータの原理を考えた。ノイマンの考えは現在も生きており、ほとんどすべてのコンピュータはノイマンの定義に当てはまるものとなっている。そのため、ノイマン型コンピュータと呼ばれる。ノイマン型コンピュータとは、データとプログラムを同一の記憶装置に入れたもので、読み書き可能なプログラム可変内蔵方式で、メモリは全体として一つの機構として扱い、記憶装置にアドレス(番地)が振り当てられたものをいう(橋本, 2000)。それぞれの機構が可能な限り互換性があるようにされなければならない。

1948年にウィーナー(N. Wiener)はサイバネティクスという新しい学問を提唱し、通信と制御を中心に両者に共通の情報原理を考察した。これは従来の対象別個別の研究の枠を超えて、生体から機械まで情報を主体として統一的に捉える新しい情報科学の成立を宣言する哲学であった(甘利, 1998)。

1948年にシャノン(C. E. Shannon)は通信の本質を探究する中で、情報伝達の本質構造を数学理論として認識し、情報理論として体系化した(甘利, 1998)。情報を受けとることにより知識の不確かさの度合の減少する量をエントロピー(entropy)減少量と定義し、その単位をビットと名付けた。基本的には熱力学のエントロピーと情報量とは同じ概念である。情報科学に高度の理論的基

礎を与えた。また、情報源の符号化と冗長さの問題を取り扱うとともに、通信路の伝送容量に上限が存在すること（シャノンの定理）を指摘した（高橋, 1998）。

1940年代の後半、サイバネティックスの提唱、情報理論の成立、コンピュータ技術の確立によって、情報科学が成立した。情報理論は符号理論や暗号理論、アルゴリズム論、データ圧縮技法などへと発展し、制御理論は統計学、時系列解析や計量経済学とも結びつき、サイバネティックスは思想として影響を及ぼした（甘利, 1998）。

情報処理機械であるコンピュータは、本体であるハードウェアの技術的基盤と利用技術であるソフトウェアの理論的基礎が整備され、1940年代にその誕生を迎える。

1940年代のコンピュータ発明から今日に至るまで、コンピュータは驚異的な進歩を重ね続けている。

iv 情報の認知

情報の認知の過程は、さまざまなメディアを用いておこなわれ、情報は感覚器官を通じて発信、受信される（表1）。そして、その情報を利用して芸術や技術が展開されることがある。情報は、送り手と受け手があり、両者の間が伝達経路となる（津田編, 1990）。情報の送り手においても受け手においても、認知過程がある。情報の認知の過程は、現実、観察、抽出、伝達、受信、解釈が考えられる（図4）。

現実とは、対象のものや現象である。観察とは、感覚

器官を通じて現実の情報の一部が脳に送り込まれることである。抽出とは、脳で現実の必要な部分だけが抽出されることである。伝達とは、伝達するために、情報が言葉や行為に変換されることである。受信とは、発信者の抽象化された情報を受信することである。解釈とは、発信者の意図を推定し理解することである。

このような情報の認知過程を経るたびに、あるいは情報に何らかの関与があるたびに、情報の質は劣化する。

ある人が博物館で恐竜の化石を見たとき。展示場という環境の中で化石を見、説明を読み、展示のための効果音響や照明を感じて、全体として、その化石を観察する。観察した情報を脳に入れ、必要なものだけを抽出して、解釈し、理解し、記憶する。そして第3者に伝えるとき、記憶に基づき、言葉や身振りで情報を伝達する。伝えたい程度により、表情や身振りが大きく激しく、繰り返し加わる。受信者は、送信者の発信を受信する。言葉を文字という普遍的な記号にして認識できる情報を論理認識という。まず、論理情報をえる。そのとき同時に、送信者の言葉、身振り、表情などを感じて、解釈をして理解する。受信までに变化した情報の劣化を補うために、受信者は、発信者の雰囲気、表情、動作や文章のニュアンスなどから解釈をする。雰囲気、表情、動作や文章のニュアンスなどの暗示的な情報を感性情報という。

感性情報は、受信者の一方的な解釈が入り、送信者が

表1 情報の構成

メディア	感覚器官	肉体		情報	芸術・技術
		発信	受信		
声	聴覚	口	耳	言語	歌・アナウンス
表情・動作・仕草	聴覚	表情	目	視覚	感情 映画・舞踏
文字・記号・図形・数式	視覚	手・目	目	文字・文法・論理	文学・哲学・科学
絵	視覚	手・目	目	画像・色	絵画・デザイン
食物	味覚	手・舌	口・舌	味	料理・カクテル
匂	嗅覚	体	鼻	匂	香道・香水・アロマセラピー
リズム・音・音声・間	視覚・聴覚	動作・口	目・耳	音楽・動作	音楽・演劇・能・手話
握手・点字	触覚	体・手	手・体	点字・抱擁・愛撫	点字

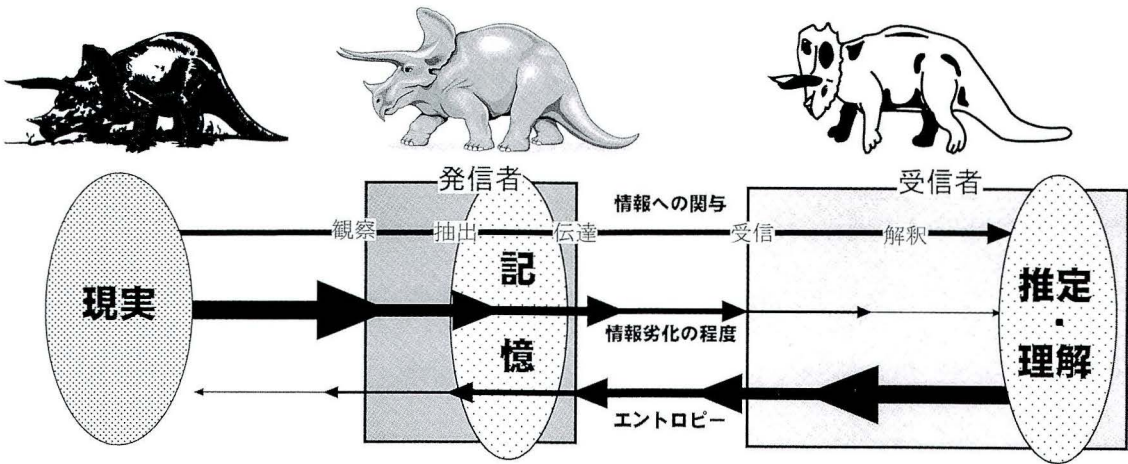


図4. 情報の認識過程。現実が発信者を経て受信者に理解されるまでに情報への関与のしかたと、それに伴う情報劣化の程度とエントロピーの減少量を概念的に示した。

表2 ワード換算比価

情報形態	分類	細分	計測単位	換算比価
記号情報	書き言葉	かな文	字	0.22
		漢字かな文	字	0.3
パターン情報	話し言葉		分	71
			分	120
	音楽		分	120
			分	120
	静止画	白黒	枚	80
		カラー	枚	120
	動画	カラー 直視	分	1200
		TV	分	672
		HDTV	分	1032
		映画	分	1032

郵政省編（2000）による

意図していなかった情報も受信することがある。受信者が恐竜を見たことがなければ、とんでもなく大きく恐ろしいものに解釈したり、小さいものしか見た記憶しかなければ、より小さなものとしか理解しないかもしれない。

一方、文字のように抽象的な記号に変換されている場合、その変換過程に劣化がおきるが、いったん文字にしてからは、情報の劣化は少ない。少々誤字や脱字があっても、文脈から補うことが可能である。言語体系が異なっても、変換技術さえあれば、大部分は伝達可能となる。

v 情報の流れ

情報といっても、非常に漠然としていて捉えどころがない。しかし、前述のように、私たちは、情報にたよって生活している。誰でも情報を扱っている。子供から老人まで、昔と比べれば、現在の情報量は比較にならないほど膨大である。日々の暮らしの中で、情報の多さを嘆きながら、私たちは生活している。

情報の基本的な性質として、新しさ、自分しか知らないという希少性、他の多くの人にとっても興味がある内容というものが挙げられている（長尾, 1999a）。人が知らない情報は、話題として他人に知らすことに興味を覚えている。昔でいえば井戸端会議のレベルだが、今や話題が世界に広がっている。

情報の流れを、定量的に計る一つの方法としてある単一の単位に換算する方法がある。郵政省の通信白書では、統一された定量的単位に換算することによって統計処理をおこなっている（表2）。通信白書では、流通している各種の情報（文章、言葉、音楽、静止画、動画）をword（単語）に換算している。

郵政省編（2000）の通信白書では、情報流通を、原発信情報量、発信情報量と選択可能情報量、消費情報量、情報ストック量に5区分している。

原発信情報量とは、各メディアを通じて流通した情報のうち、該当メディアとしての複製や繰り返しを除いたオリジナルな部分の1年間に送り出した情報総量を計測したものである。発信情報量とは、各メディアの情報発信者が1年間に送り出した情報の総量を計測したものである。複製を行って発信した場合及び同一の情報を繰り返し発信した場合も含む。選択可能情報量とは、各メディアの情報受信

点において、1年間に情報消費者が選択可能なかたちで提供された情報の総量を計測したものである。消費情報量とは、各メディアを通じて、1年間に情報の消費者が実際に受け取り、消費した情報の総数を計測したものである。情報ストック量とは、各メディアで過去に情報流過程に乗った情報のうち、情報の保存及び将来的な再利用を目的として、情報の発信側若しくは受信側で保存されている情報の総量を計測したものである。

漠然と捉えていたのでは、情報の本質は見えてこない。安田（2000）は、情報システムを、運ぶ、つくる、使う、ためる、アセスメントの5つの側面にとらえた。情報の仕組みを知るために、ここでは、通信白書などの情報を参考にしながら、情報の流れを単純化してみる。すると、情報の流れは、いくつかの素過程に分けることができる。「情報」の流れあるいは処理過程には、「情報の生成」、「情報の収集」、「情報の加工」、「情報の提示」、「情報の利用」の5つの素過程があると考えられる。以下では、順に少し詳しく見ていく。

(1) 情報の生成

情報の生成とは、どういう情報を生み出すかということである。人が何かをおこない、その結果として何か変化を生じた時、そこには必ず情報が発生する。人は、その出来事を記録し、情報を保存する。

出来事の記録といっても多様である。記録の手段として、記憶、文字、絵などの昔からある馴染みのあるものから、テープ（音声、音）、写真（画像）、映像（動画）あるいは特殊なセンサーによって得られた情報などもある。

保存された情報には、人間全体として必要となるような人間の知的遺産というべきような情報もある。書画骨董などの美術品や芸術品、自然史などの限りなくアナログ的なものから、文学作品やニュース（新聞・雑誌）、書籍など、紙メディアとして図書館に置かれているものまである。どれも、無限に耐久性のあるものではない。寿命がある。その点デジタルコンテンツとしてデジタル化すれば、劣化することなく保存できる。

アナログ的なものをいかにデジタル化するかということ、そして何を重要としてデジタル化するかが問題である。

現代では多くの場合、情報はデジタル化可能である。一次の素材はデジタル化不可能でも、記憶媒体としてメディアを利用する限り、情報になった段階でデジタル化は可能である。あるいは、メディア自体がデジタルの場合も多々ある。しかし、デジタル化のための機材が、豊富になり安価になったために、誰でもデジタルコンテンツ作りが可能になった。デジタルコンテンツは今のところ、利用価値の高いものからほとんどないものまで玉石混淆の状態となっている。

現代の情報は、かなりデジタル化できる。あるいは、すでにされている。しかし、問題は、過去の莫大な人間の知的遺産というべきアナログ情報を、誰がデジタル化するかということである。

目的があれば、誰かがおこなう。画集などを作る時、絵画は高精度のデジタル画像として印刷される。しかし、そのデータは印刷が終わると消えていく。ある情報を消してしまうことによって、他の情報（この場合商品である画集）の価値を増すことになる。コピーは再生できるが、オリジナルは消えると再生できない。オリジナルには、素材の寿命があるので、無限の寿命を持たせることはできない。いずれは朽ち果ててしまう。オリジナルが減びてても、完全に近いコピーがとれば、あるいは、後世で必要とするであろう情報をコピーすれば保存可能であろう。コピーの素材が朽ち果てる前に再度、コピーを繰り返せばよいのである。しかし、これは、あくまでもコピーとしての保存となる。

(2) 情報の収集

情報を生成する側、とくに最近では労力なくデジタル化ができる。しかし、収集する側からすると、大変な労力が必要なことがある。情報が一つのところにたまってあれば、それを収集すればいいのだが、どこにあるかわからない時、各所に分散している時、あるいは所在は明らかなのだが情報の規格がバラバラな場合、それを一つのデータベースにするのは容易ではない。

どこにあるかわからない場合、インターネット上でデジタル情報になっていれば、インターネットの検索方法の問題だけである。今やこれも専門家が必要な時代になりつつある。問題は、情報の生成のときと同様に、デジタル化されてない情報である。しかし、これは、情報収集の方法論だけの問題ではなく、従来から多くの人がやっている探し物の方法論となる。どうしても欲しい情

報があつてお金を出してもいいというニーズがたくさんあれば、需要と供給の関係から、そこに専門家集団が生まれるはずである。そのようなサービスは始まりつつあり、専門家が生まれつつある。

(3) 情報の加工

情報の加工においては、電子化技術が重要となる。

情報の加工において問題にすべきは、デジタル化における規格の統一をいかにおこなうかということである。これは今やかなりの合意が作られつつある。たとえば、文字はText形式、画像はTiff、PDF、EPS、JPEG、GIF形式などのいくつかの流通しているフォーマットがある。音、音声や動画、MPEG、AVI、WAVなどの形式がある。とくに大きなサイズのファイルになりそうなものは、圧縮化の技術が進んでいる。このようなフォーマットはより良いものへと規格が変化していく可能性がある。しかし、コンピュータや関連のデジタル化器機の高性能化が進んでいるので、現状でもほぼ対処可能である。ただし、そのスピードにはまだまだ問題がある。しかし、オリジナル情報の生成の時に充分なクオリティーを持ってデジタル化しておけば、後に圧縮したり、加工したりは簡単である。

35mmのポジフィルムの画像でいえば、35mmの精度の限界を超えるところまで情報のデジタル化がおこなわれている。動画では、ハイビジョンがその一つの到達点を示しているのではないであろうか。テレビサイズであればDVDで充分対応可能となっている。

情報の加工においての問題の第2は、どこまで加工するかということである。絵画をとってみると、昔の製作時のものに比べると、現在の作品には、色の変化が起きている。現状どおりにデジタル化することも可能だし、製作時の状態にもどすことも可能である。しかし、製作時のものに戻すと、現在の実物とは別のものとなる。製作時のものがわからない時は、加工者の判断が入ってくる。すると、

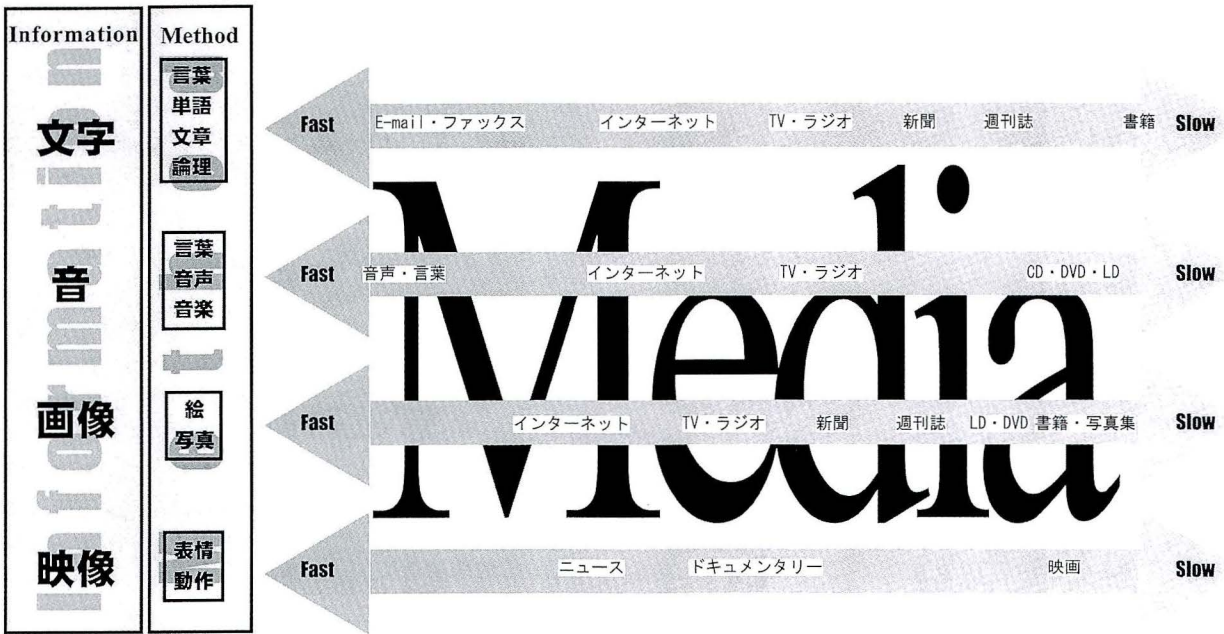


図5. 情報とメディアと伝達スピード。情報を文字、音、画像、映像に区分し、その伝達手法を示した。情報の伝達の媒体による伝達スピードを定性的に示した。

加工者のセンスやオリジナリティが入ってくる。もはや製作時と同じといえない矛盾を含んだものとなる。

古い映画フィルムなどは、デジタル処理によって色が再生されて、鮮やかな色彩でテレビ放映されている。最近では、古い映画でも「雨降り状態」は、ほとんどなくなった。これは、名もなき技術者集団が、商売としておこなっているのである。

遺跡などの文化財や考古学的資料、古生物学的資料は、部分しか残らないことが多い。そのような残った部分以外のものを模造として再生すべきなのか、残った部分だけを提示すべきなのか、判断に迷うところであろう。

過去に存在していたが今はないもの、例えば恐竜の復元模型や古い時代の植生の復元、環境の復元などは、部分ではなく、全体として再生される。つまり部分の情報から全体を作っていくのである。これは研究者の仕事である。そして、今までにないものを復元した時、つまり加工にもオリジナリティが発生しうるのである。

(4) 情報の伝達

情報の伝達手段として、アナログ (analog) 方式とデジタル (digital) 方式の2種がある。

アナログ方式は波形化された信号をできるだけ忠実に送るということに努力がはらわれている。伝達中、信号は減衰し、雑音の付加によって、受信時に増幅しても、情報が劣化し、ものの情報を再現できない (長尾, 1999a)。一方、デジタル方式では、送信側の信号が0か1のパルス波形になっており、伝達中の減衰や雑音に対しても、受信側で2値化増幅によって、もとの信号と同等のパルス波形を得ることができる。

コンピュータの高機能化とインターネットの高速化によってデジタル情報の提示法は多様化しつつある。しかし、提示過程において今一番のボトルネックは、インターネットの通信スピードである。大きな画像や動画などのファイルは、日本の一般的な通信スピードであるISDNの64 kbpsでは、遅くて、転送にはストレスが溜まる。人は便利さに対しては貪欲なので、インターネット

やコンピュータのスピードに関しても、もっと速いものを望んでいる。著者が始めた頃のパソコン通信の転送速度は、600 ~ 1200 bps (bit per second, bit 毎秒) であった。当時はそれでもテキストや小さなソフトは充分転送可能だった。今やスピードは100倍になった。

デジタル方式ではデータ圧縮 (data compression) が可能になる。その効率は、静止画の代表的な JPEG (joint photographic expert group) では、通常 1/10 ~ 1/20 の最高では 1/50 の圧縮率が、動画の MPEG (moving picture expert group) 2 では通常 1/25 ~ 1/40 に圧縮率が得られる (長尾, 1999b)。これくらいの圧縮率になると、現在のテレビのデータ転送速度 100 Mbps を 4Mbps まで圧縮でき、ハイビジョンテレビの 1.2 Gbps も 20 Mbps までに圧縮できる。

社会で利用されている情報は各種のスピードで流れている (図 5)。E-mail やファックスのようにタイムロスなく流れる情報から、書籍や映画など配信から伝達まで数ヶ月から数年かかるものまで、メディアの種類によって、さまざまなスピードで情報は社会を流れている。現在社会において、早い情報だけが利用されているわけではない。早い情報には、間引かれて「軽い」情報として配信されることが多い。そのため、より濃度の濃い、「重い」情報も必要がある。現代社会ではこのような情報の使い分けがおこなわれている。

(5) 情報の提示

情報の加工が終われば、それをいかに見やすく提示するかという問題がある。誰に提示するかによって、加工過程まで遡っていかなくてはならない。子供に向かって詳細な情報を示す必要はない。パソコンのディスプレイで見ると高精細の画像は不要である。インターネットのホームページで使うためなら 72 dpi (dot per inch) で充分なはずである。誰が使うか、何に使うかによって、提示方法は変化させなければならない。

(6) 情報の利用

情報量は、すべての面で増加している (表 3)。おおも

表 3 日本の情報流通

計測量	原発信情報量	発信情報量	選択可能情報量	消費可能情報量	消費情報量	情報ストック量
単位	ワード	ワード	ワード	ワード	ワード	ワード
62	$3.87 \cdot 10^{15}$	$6.14 \cdot 10^{15}$	$2.30 \cdot 10^{17}$	$5.22 \cdot 10^{16}$	$1.48 \cdot 10^{16}$	$8.85 \cdot 10^{14}$
63	$4.51 \cdot 10^{15}$	$6.97 \cdot 10^{15}$	$2.57 \cdot 10^{17}$	$5.66 \cdot 10^{16}$	$1.57 \cdot 10^{16}$	$9.31 \cdot 10^{14}$
H1	$5.09 \cdot 10^{15}$	$7.75 \cdot 10^{15}$	$2.74 \cdot 10^{17}$	$5.98 \cdot 10^{16}$	$1.67 \cdot 10^{16}$	$9.95 \cdot 10^{14}$
H2	$5.78 \cdot 10^{15}$	$8.61 \cdot 10^{15}$	$2.96 \cdot 10^{17}$	$6.36 \cdot 10^{16}$	$1.76 \cdot 10^{16}$	$1.05 \cdot 10^{15}$
H3	$6.16 \cdot 10^{15}$	$9.10 \cdot 10^{15}$	$3.16 \cdot 10^{17}$	$6.70 \cdot 10^{16}$	$1.81 \cdot 10^{16}$	$1.20 \cdot 10^{15}$
H4	$6.55 \cdot 10^{15}$	$9.44 \cdot 10^{15}$	$3.31 \cdot 10^{17}$	$6.99 \cdot 10^{16}$	$1.85 \cdot 10^{16}$	$1.22 \cdot 10^{15}$
H5	$7.09 \cdot 10^{15}$	$9.97 \cdot 10^{15}$	$3.50 \cdot 10^{17}$	$7.25 \cdot 10^{16}$	$1.93 \cdot 10^{16}$	$1.29 \cdot 10^{15}$
H6	$7.86 \cdot 10^{15}$	$1.08 \cdot 10^{16}$	$3.66 \cdot 10^{17}$	$7.38 \cdot 10^{16}$	$2.01 \cdot 10^{16}$	$1.23 \cdot 10^{15}$
H7	$1.02 \cdot 10^{16}$	$1.32 \cdot 10^{16}$	$3.93 \cdot 10^{17}$	$7.93 \cdot 10^{16}$	$2.31 \cdot 10^{16}$	$1.23 \cdot 10^{15}$
H8	$1.42 \cdot 10^{16}$	$1.74 \cdot 10^{16}$	$4.33 \cdot 10^{17}$	$8.62 \cdot 10^{16}$	$2.70 \cdot 10^{16}$	$1.29 \cdot 10^{15}$
H9	$1.78 \cdot 10^{16}$	$2.10 \cdot 10^{16}$	$5.09 \cdot 10^{17}$	$9.16 \cdot 10^{16}$	$3.09 \cdot 10^{16}$	$1.31 \cdot 10^{15}$
H10	$2.16 \cdot 10^{16}$	$2.49 \cdot 10^{16}$	$5.69 \cdot 10^{17}$	$9.86 \cdot 10^{16}$	$3.50 \cdot 10^{16}$	$1.36 \cdot 10^{15}$

郵政省編 (1997, 1998, 1999, 2000) より

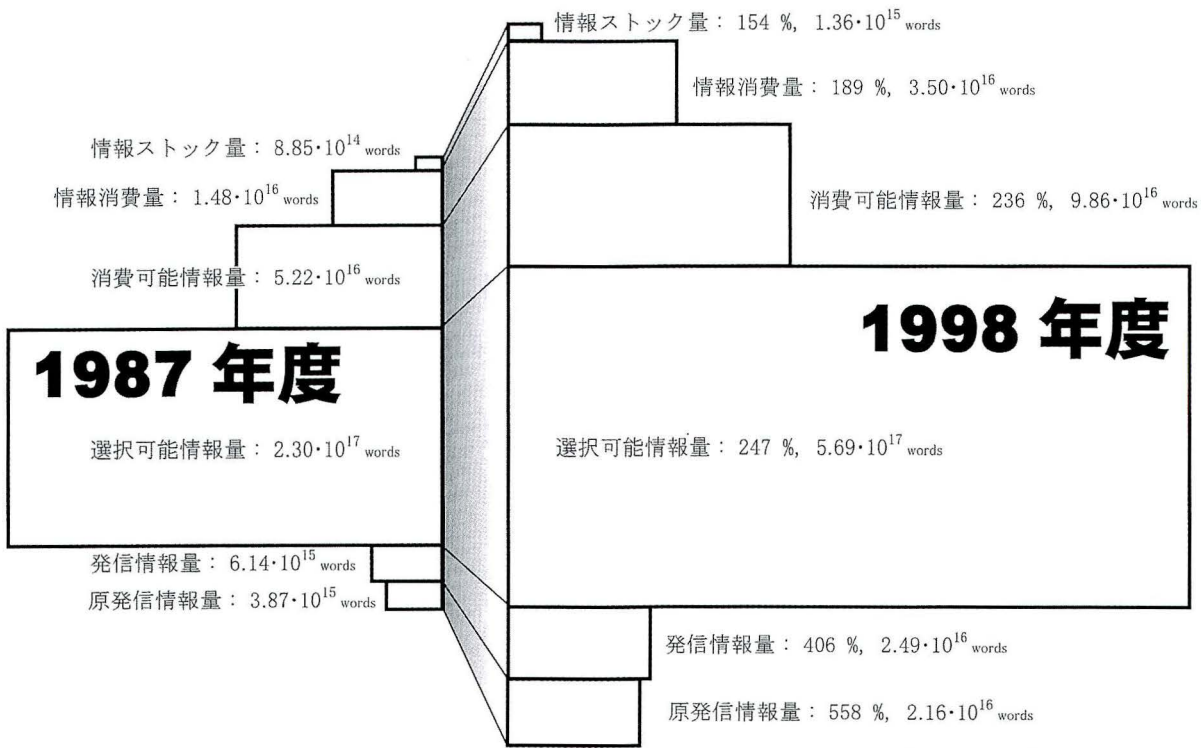


図 6. 11 年間の情報量の変化. 各種の情報を 1987 年度の値を 100% とした時の 1998 年の値を面積として表現とした. データは郵政省編 (1998) による.

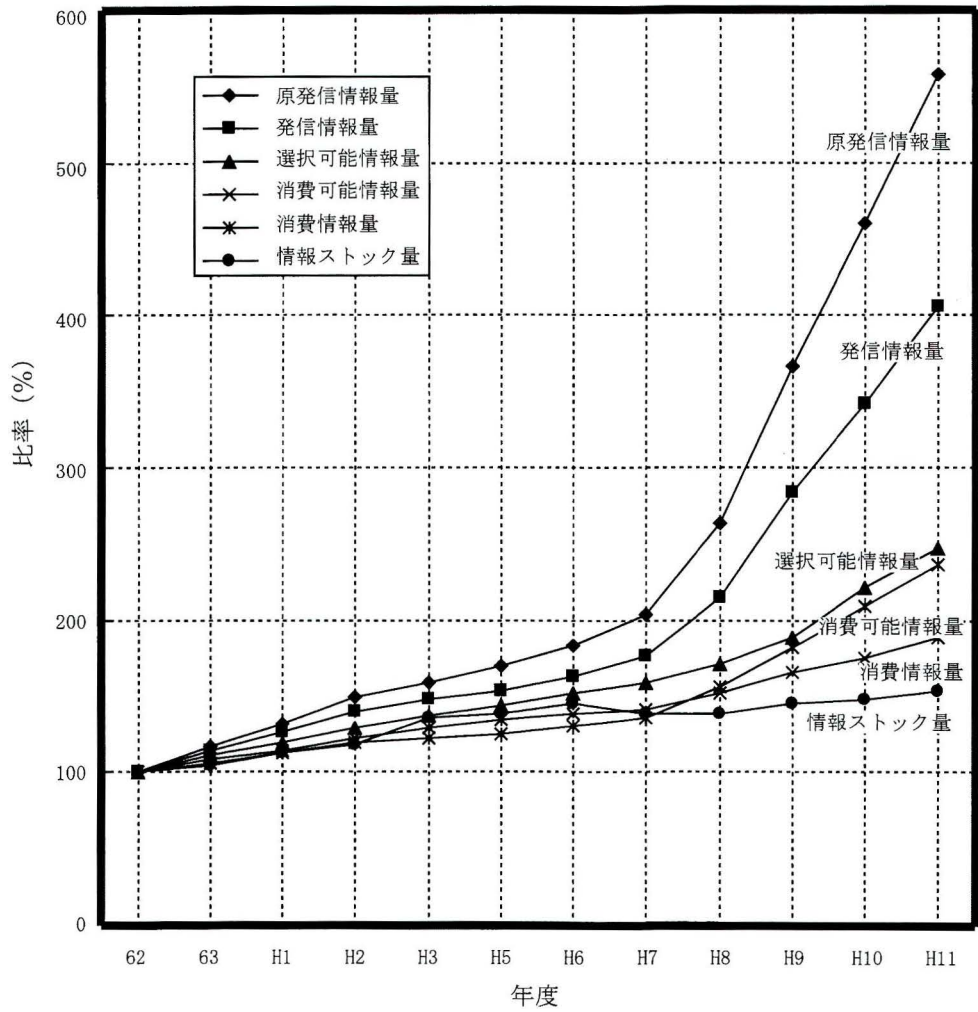


図 7. 情報量の変化. 昭和 62 年度から平成 11 年度までの各年度の情報流通を, 原発信情報量, 発信情報量と選択可能情報量, 消費情報量, 情報ストック量に区分して示した. 縦軸は, 昭和 62 年度を 100% としたときの, 各年度, 各情報量の比率を示した.

との情報（原発信情報）は10年間で5倍以上、実際に発信されている情報では4倍になっている（図6）。このような情報の増加の仕方は、毎年着実に増えているのだが、ここ数年の増加には著しいものがある（図7）。しかし、実際に一個人が、消費できる情報は2倍ほどで、ストックされている情報は1.5倍になっている。いかに、さっと通り過ぎていく情報が多くなってきたかがわかるし、いかに情報が間引かれてストックされているかがわかる。

デジタル化された情報が増え、使いやすくなった情報源をどう利用するかということが問題である。人によっては、パソコンの前に座れば、欲しい情報はすべての手に入るかもしれない。今でも新聞やテレビはパソコンで利用可能だし、近い将来は映画や買物、金融などもパソコン画面で利用できるようになるであろう。

欲しい情報が欲しい人のところにうまく届くためには、情報の流通システムがまだ充分ではない。アメリカ合衆国の推進しようとしている情報ハイウェイ構想が、それにあたるかもしれないが、まだ不十分である。利用する側のニーズが、情報、生成、収集、加工、提示側に伝わる仕組みも不十分である。

4 メディアとは:情報の伝達

情報は、メディアつまり媒体によって伝達される。メディアの語源と定義、種類、歴史、メディアの変遷による社会現象をまとめる。

i 語源と定義

メディア (media) は人間と神との媒介者である霊媒の英語名 medium、さらにその複数形の media に由来する (稲葉, 1998)。人間が神や霊魂など意思を交流するためには、特別の資質や才能をもった仲介者、シャーマン (shaman)、呪医 (magic-doctor)、巫女、古代中国の天子、あるいは殷の時代に亀甲を焼いて天意を占った卜人などが超自然的コミュニケーションのメディアであった (稲葉, 1998)。

メディアは英語の media をそのまま使っている。media は medium の複数形である。media は単数形としても使われる。medium は、ラテン語の「中央の」medius の中性形名詞用法である。media という英語は、多くの場合、媒体あるいは媒介するものと訳されている。メディアとは伝達の手段のことで、メッセージを運ぶ、または仲介する (Inglis, 1990) ものである。

現代では、身ぶりや音声ばかりでなく、文字とさらにその担体である印刷物や電波など、その幅はきわめて広がっており、そのうち新聞、雑誌、ラジオ、テレビなど、マス・コミュニケーションの媒体をマス・メディアという (稲葉, 1998)。Inglis (1990) は、メディアとは「体験を知識に変換するもの」つまり「日常生活の出来事に意味を付与する記号を提供」し、「そのような記号体系のすべて」を含むとした。

メディアとは、科学技術を包含する社会的視点で捉える必要がある。メディアは、自分自身の社会的身体を拡張させ、社会的コミュニケーションの枠組みとして機能し、人間の知識を流通・蓄積・組替えていくネットワークとして存在し、近代国家の基礎となるイデオロギー装

置であり、世界の総体を商品化するシステムとして存在する (吉見・水越, 1997)。

ii 各種のメディア

メディアは、人間の5感を通じて作用する。目の見える人は視覚情報が一番情報量が多いが、その他の聴覚や触覚なども重要な役割を果たす (小出, 2000a)。

発信者から受信者までに情報は、メディアの変換を受ける。メディアの分類のための指標として、抽象性、空間性、時間性、媒体、変形というキーワードがある (長尾, 1999a)。そして、抽象性は自然物、抽象化、記号化に細分され、空間性は点・単一対象、線・列、2次元の広がり、3次元的広がりに細分され、時間性は時間性なし、瞬時、連続時間、順序時間に細分され、媒体は視覚、聴覚、嗅覚、触覚、行動に細分され、変形は変形なしと変形ありに細分される (表4)。

このようなメディア変換の実際の技術は、コンピュータの世界ではさまざまな試みがなされ、あるものは実用化がおこなわれている。デジタル技術では、文字から記号へ (文字認識技術)、音声から記号 (文字へ) (音声自動認識)、記号 (文字) から音声へ (音声合成)、文字から文字へ (フォント変換、字体変換、日本語変換)、文章から文章へ (自動翻訳)、音声から音声へ (音高、音調、音質変換)、楽譜から音楽へ (自動演奏)、音楽から楽譜へ (自動採譜)、画像から線図形へ (輪郭線抽出)、画像から記号へ (指紋認識、顔認識、網膜認識、医学画像解析)、線図形から画像へ (3DCG、アニメーション、モデリング、テクスチャー)、画像から画像へ (デフォルメ、色調変換) などの変換がおこなわれている (長尾, 1999a)。このような変換には、変換のための情報抽出がおこなわれ、情報の削減や付加がおこなわれる。したがって、変換を施すと、もはや元にはもどれない不可逆性が生じることがある。変換を重ねるたびに不可逆性は大きくなる。

井上 (1998) は、技術的發展による軸とメディアの形態による軸の2次元で分類できるとした。技術的發展による軸は、コミュニケーションをおこなう場合もメディアと考え「空間系」、紙に代表される「ハードコピー系」、電子技術やデジタル技術に支えられた「ソフトコピー系」に細分され、メディアの形態による軸は、それ自体で完結する「単体系」、無線による離れた場所でのコミュニケーションの「無線系」、有線による離れた場所でのコミュニケーションの「有線系」のメディアに細分されている。

メディアミックスとは、種々のメディアを混合して表現することである (長尾, 1999a)。デジタル伝送が普及する以前に作られた言葉で、今では使われていない。現在では、マルチメディア (multimedia) という語が使われている。

マルチメディアとは、一つの伝達手段あるいはテーマで、さまざまな手法を用いて提示するものである。例えば、CD-ROMでは、文字、音声、音楽、写真、絵、アニメーション、実写、CD動画などさまざまな手法で、一つのテーマが表現される。あるいは、基本的には、メディアミックスもマルチメディアも違いはない。時代背景の違いであるといえる。現在では、マルチメディアと

表 4 メディアの分類

	自然物	抽象化	記号化
空間性			
点・単一対象	写真	スポーツ標識、CG 画像	文字、シンボル
線・列	フィルム	漫画、絵巻物	文章
2 次元的広がり	展開写真、パノラマ写真	地図	組織図、書物の 1 ページ
3 次元的広がり	3D 画像、仮想現実空間	透視図、遠近図	立体的アイコン、書物
時間性			
時間性なし	写真		
瞬時	フラッシュの瞬間、爆音	稲妻の図	チャイム、コンピュータの警告
連続時間	映画、テレビ、ざわめき	アニメ、ゲーム機の音	電光ニュース、サイレン
順序時間	劇、能	漫画、紙芝居	ネオンサインの変化
媒体			
視覚	写真、テレビ		文字、書物
聴覚	演説、ラジオ	音楽	警報
嗅覚	フェロモン	香水	ガスの匂い
触覚	愛撫、キス		点字の読み取り
行動	表情、握手	パントマイム、能	手旗信号
変形			
変形なし	普通の写真	写真の粹取り、写真のぼかし	
変形あり	—	ゆがめた図形、色調の誇張	

Davenport (1998) と長尾 (1999a) を改変

は、デジタル伝達の情報に限られて使われることも多い。マルチメディアは、コンピュータ、通信、映像の 3 つの技術の総合と考えられる (赤間, 1998)。

デジタル化されている感覚は、視覚と聴覚である。コンピュータへの入力のためのキーボードマウス、ジョイスティックなどは触覚メディアと呼ぶべきものかもしれない。しかし、触覚メディアが目指すものはもっと洗練されていくべきものであると考えられている (中島, 1999)。

マスメディアとは、情報を受け取る側が不特定多数の情報伝達媒体を指し、さらに関係する企業あるいは産業を指す場合も多い。後者をマスコミ (mass communication) と呼ぶこともある。

iii メディアの歴史

Poster (1990) は、情報モードの段階として、シンボルの照応、記号の再現 (=表象)、情報的なシミュレーション、という 3 つの時代に区分できるとした。シンボルの照応とは、対面し声に媒介された交換、つまり口頭による会話の時代である。記号の再現 (=表象) とは、印刷物によって媒介される書き言葉による交換、つまり書物の時代である。情報的なシミュレーションとは、電子メディアによる交換、つまりコンピュータやインターネットの時代である。マス・コミュニケーションをメディアの革命と挙げる人もいる (稲葉, 1998)。

言語体系という視点で見れば、口頭言語 (oral language)、文字言語 (writing language)、電子言語 (electric language) へと発展し、歴史的にはそれぞれの及ぶ空間を増大させ、時間を短縮してきた。口頭言語では、話す人と聞く人の空間と時間は連結されていた。文字言語で

は、紙や書物に固定されていた。文字には筆記的 (chirographic) と活字的 (typographic) 段階に分かれる (吉見・水谷, 1997)。しかし、電子言語に至っては、空間—時間という座標系自体が崩壊している (黒崎, 1997)。言語体系は文化体系とも読み替えることができる。口頭言語は口頭文化 (オーラル・カルチャー: oral culture) に、文字言語は文字文化 (writing culture) あるいは活字文化 (printing culture) に、電子言語は、電子文化 (electric culture) と読み替えることができる。

(1) 言葉

古代から中世末にいたるまで社会的コミュニケーションの主軸は、オーラル・コミュニケーションであった。複雑な伝承、慣行、物語などは、人間の記憶に貯蔵され、必要となときに「語られ」ることによって、十分その社会的な機能を果たしていた (香内, 1998)。いわばメディアは、人間の内部にセットされているのである。「説教」や「演説」などの不特定多数への口頭コミュニケーションが、現在のマス・メディアと同じような役割を果たした (香内, 1998)。

(2) 文字

そして、最初のメディアに革命を起こしたのは、文字の発明であった。

紀元前 4000 年ともいわれるメソポタミア古シュメールでは、粘土板に刻みをつけていた。紀元前 3000 年には楔形文字 (cuneiform) が生まれた (齋藤, 1999)。この頃の文字は、絵文字 (pictogram) と呼ばれ、象形文字であった。粘土板を細い棒でひっかいて干し固めたものである。その後は、石、パピルス、木、竹、羊皮紙、紙

などが、文字を書きしるすメディアとして用いられた。ロゼッタストーン (Rosetta stone) には、エジプト語 (ヒエログリフ、hieroglyph、とその草書体デモティック文字)、ギリシア語石に刻まれた最初の辞書とも言える。

文字の発明により、メディアの革命が始まる。文字の発明によって、知識の長期間にわたる保存が可能になった。それまでは、伝承による蓄積、つまり人の記憶によっていた知識が、文字を用いることによって長期間保存できるようになったわけである。文字を記録する媒体さえ選べば、半永久的に情報を保存することが可能になった。つまり、情報の時間伝達可能領域の拡大ができるようになった。また、文字によって、情報の空間的伝達可能領域も広がった。持ち運び可能な媒体に文字によって情報を記入すれば、その情報は、遠くまで運ぶことが可能である。情報を書いた媒体を運ぶのは、人あるいは動物 (馬、鳩など) などなんでもよく、情報の中身を理解していなくともよい。また、複数の媒体を用いれば、より伝達空間を広げることが可能である。

(3) 印刷

メディアの第2の革命は、印刷術の発明である。

1450年ごろのJ. グーテンベルクの印刷術の発明から始まる。ヨーロッパでは、ほぼ同時に紙の生産方法も進歩したので、紙に活字で印刷した書籍、雑誌、新聞などのマス・メディアが大量に普及し、識字率の向上とあいまって人間の文明の急速な発展をもたらした。

印刷文化によって、新たな環境を創り出した。国民 (nation) や読書界 (public) が生まれた (McLuhan, 1962)。書物という性格上、テキストが固定され、耐久性を持ち、読者の反論は反映されず「著者の絶対的権威」が成立した (Ong, 1982)。

17世紀のイギリスでは、パンフレット、新聞など活字媒体がかなり出まわっていたにもかかわらず、ピューリタン革命において、民衆に最も大きな影響をあたえたメディアは、口頭の「説教」であった (香内, 1998)。文字が「文書」というメディアとなっても、口頭文化とともに近代のある時期まで並行共存していた (香内, 1998)。

印刷技術の成立によって、マス・メディアが形成される。16世紀後半、ヨーロッパでは、活版印刷術が普及し定期的にニュースを供給する媒体は、17世紀に定着した。活字メディアの読者層を社会下層に拡大し始めるのは、産業革命以降である (香内, 1998)。新聞社が大企業としてあらわれたのは19世紀の90年代で、先進諸国における文盲が、減少していく時期にあたる。100万部を超える巨大新聞、大衆紙が登場した。アメリカ、ヨーロッパでは、電波媒体であるラジオが出現したのは1920年代前半で、第2次大戦後から1960年代にかけて、テレビジョンが普及した (香内, 1998)。

日本における近代的マス・メディアの始まりは、16世紀末である。1590年、天正遣欧使節をともなって帰国したイエズス会巡察使バリエーノは、活版印刷機と技術者をつれ、九州各地で活字本キリシタン版を生産している。同じ時期、豊臣秀吉の朝鮮侵略のとき持ってこられた銅活字によって、「文禄勅版」の印刷がおこなわれた

(香内, 1998)。しかし、金属活字技術は発展せず、木版が幕末まで行われた。江戸時代のマス・メディアは、市民のための「瓦版」に限られていた。江戸や都市における識字率は高く、読書層の広がりは、すでに近代的メディアを支えるに十分なほど成熟していた (香内, 1998)。日本におけるマス・コミュニケーションの成立は、1920年代の前半である (香内, 1998)。1924年、大量生産、大量販売の体制をととのえた「大阪朝日新聞」「大阪毎日新聞」の両紙がともに100万部を超え、講談社の「キング」が創刊 (創刊号74万部、翌新年号150万部) された。この頃が日本のマス・コミュニケーションの草創期である。

19世紀末から20世紀初頭にかけて、現在活躍しているさまざまなマス・メディアと、メディアの大量生産技術が、あいついで発明された (稲葉, 1998)。マス・コミュニケーションの登場と発展である。

(4) コンピュータ

第3のメディア革命は、コンピュータの発明から始まる。コンピュータの発明により、情報化社会を現出した。メディアはふたたび飛躍的に発展し、コンピュータとインターネットの結びつきによる大量情報高速処理技術、いわゆる「ニューメディア」の実用化に社会の関心と期待が集まっている。

電子テキストの性格は、書物とは違って、「意味、構造、視覚的表示の要素が根本的に不安定になった」 (Bolter, 1991)。電子テキストの成立は、書物という「知的共同体を支えてきた不動のテキストから、紙とインクという物質性が剥奪されることで、伝統的文化はある終焉を迎えつつあるのかもしれない」 (黒崎, 1997)。電子メディアは、「人間という主体」という発想を切り崩していく可能性をも含んでいる。

1960年代に始まるメディアの「技術革新」は、活字と電波との技術を接近させている。現在、衛星放送、ケーブルテレビ、ファクシミリ新聞などメディアの数と種類は飛躍的に多くなり、インターネットとコンピュータの普及がさらに進めば、メディアが世界を変えることもありうるであろう (香内, 1998)。

井上 (1998) は、これからのニューメディアとして、多メディア・多チャンネル、メディアの融合、ユーザー主導型、グローバリズムとローカリズムという変容が起こるであろうとした。

iv メディア変遷にともなう現象

電卓が普及したとき計算する能力が低下するとか、ワープロによって漢字が書けなくなるとか、電子メディアに対して今までの文化を破壊するという批判があった。いつの時代でも、新しいメディアが出現すると、そのメディアに対して批判が出るのは歴史が示している。

例えば、文字文化が定着した時代では、記憶力の低下という批判があった。

ギリシア時代から記憶術があり、ソフィストのヒッピアス (Hippias) やシモニデス (Simonides) が教えていたといわれている (清水, 1998)。プラトンは「パイロドス」のなかで、ソクラテスに、文字を学ぶと記憶力の訓練がな

おぼりにされ、忘れっぽくなるということを語らせている (Bolter, 1991)。「ギリシア人の弁論術」では、あらかじめ知っている場所(トポス)に、記憶すべきものを配置すれば、場所との関連性を手がかりとして思い出せるという場所的記憶術ともいわれるものであった(清水, 1998)。

しかし、文字の文化は定着し、文字なしには記録として残らなくなり、文字を読むことが文化人や宗教人の証にまでなった。

そして、次の印刷文化が起こった14世紀から16世紀にかけて、ヨーロッパでは記憶術が流行していた(清水, 1998)。当時、さまざまな記憶術書が著され、ルルス (Lullus) やラウエンナトゥス (Ravennatus) が有名である。そして、印刷文化がおこれば記憶術は不必要になった (黒田, 1997)。

新しいメディアの出現によって、その受容形態が変容していく (黒崎監修, 1999)。その変容は単にメディアにとどまらず、社会や人間自身にも影響を与える。メディアの電子化によって、脱場所化、主体の脱中心化がおこるが、再文脈化が起こる (嘉田・花田, 1996)。いかなるジェンダー (gender) や階級などをめぐる権力、ヘゲモニーをめぐる闘争の中からメディアの変貌が生まれる (吉見, 1996)。

新しいメディアが定着すれば、それは文化と呼べるものである。デジタルあるいはインターネットは、文化にまでなりそうなメディアである。

5 インターネットとは: 情報の流通

技術のうち、目に見える技術である「道具」に対して、目に見えない技術として「情報」というものがある。近年、この情報が非常に重要な役割を持つようになってきた。情報量が少ないうちは、問題ではなかったが、今のように大量の情報が流通するようになると、情報は新聞紙の折り込みチラシのような受動的な「情報」ではなく、今まで以上に「情報」自体が意味を持つようになる。「情報」を単に受動的に受けるものではなく、インタラクティブになり「情報」により能動化し「情報」を発信することになる。

インターネットを利用した商売や、金融、情報自体を商売の材料にすることも可能である。第二次世界大戦は、制空権が勝負を決定しただけでなく、情報戦が勝負に重要な影響を与えるまでになっていた。現代では、軍事偵察衛星などは、その最たるものである。運動会会場のピンポイントの天気予報も、お弁当屋さんや屋台の人には重要な情報である。気候予測も穀物の先物買いのような投機的ビジネスには重要な情報である。

情報自体が価値を持つ以上、情報をよりよく知るための学問体系も必要となる (岡本, 2000)。最近では、大学で情報学部を持ち、専門家を育てている。しかし、現状は、まだ人材不足である。2002年度から始まる文部省の新カリキュラムでは「情報教育」が始まる。現有の教員の異動や流用で、満足な情報教育ができないであろう。体系だった情報教育をできる人の養成が、まずは急務である。

i コミュニケーション

コミュニケーションは英語の名詞 communication で、動詞 communicate から派生している。辞書によると、英

語の communicate の語源は、ラテン語の「伝える、共通のものにする」を意味する communicare の過去分詞 communicatus に由来する。ラテン語の communicare は、「共通の」という意味の communis に由来すると考えられている。communication に相当する日本語はなく、使われている状況に応じて用語が選ばれる。

コミュニケーションとは、「もともとは、ある所 (の生物や無生物) から別の所 (の生物や無生物) へエネルギー、物体、生物、情報などが移動し、その移動を通じて移動の両端に、ある種の共通性、等質性が生じること」 (稲葉, 1998) をいう。しかし、「人 (送り手) から人 (受け手) への情報の移動」、あるいは「その移動の結果生じた〈心のふれ合い〉〈共通理解〉〈共同関係〉などを指す」 (稲葉, 1998) とされる。

言語によるコミュニケーションを言語的コミュニケーション (verbal communication) といい、言語以外のコミュニケーションを非言語的コミュニケーション (nonverbal communication) という。記号論では、非言語的コミュニケーションにおける情報もすべて言語であると擬似的にみなし、言語同様の扱いをしようとする立場がある (長尾, 1999a)。つまり「表現はすべて言語である」ということである。さらに、非言語的コミュニケーションは表情、身ぶりなどの身体的記号を用いるものから、ものによる象徴、さらには音楽、図像などの複雑な象徴の結合を含むものに細分でき、言語的コミュニケーションは音声によるものと、文字や図式という複雑な記号体系を用いるものとに細分することができる (稲葉, 1998)。

コミュニケーションの形態としては、直接と間接、全体的と文節的、双方向的 (two-way) と一方的 (one-way)、閉鎖的と開放的、共時的 (synchronic) と通時的 (diachronic)、現実世界 (natural) と超越的存在 (supernatural)、道具的 (instrumental) と完結的 (consummatory) なものなどいろいろに分別される (稲葉, 1998; 井上, 1998)。

直接とは、メディアを介さずにコミュニケーションをすることで、間接とはメディアを介するものである。全体的とは、自己の感覚器官すべてを動員しておこなうコミュニケーションで、文節的とは感覚器官の一部しか使わないものである。双方向的とは電話のようなメディアを利用した一部の間接コミュニケーションおよび直接コミュニケーションのことである。情報が送り手と受け手との間を往復する双方向の場合、会話、討論などが使われ、その結果生まれる共通理解や合意、ふれ合いなどもコミュニケーションの一つと考えられる。一方的とは間接コミュニケーションの大部分で、マスメディアはその代表的なものである。情報の移動が送り手から受け手への一方的の場合は、報告、通報、通信、伝達が使われる。閉鎖的とは、特定の人、グループにだけコミュニケーションする秘密保持ができるメディアを介した電話、手紙、個人当りのメールなどで、開放的とは、不特定多数の相手にしたマスメディアなどのことである。通時的コミュニケーションとは、歴史記録や文化継承などで、超越的存在とはコミュニケーションが現実世界内のものではなく神や祖先の霊などとの間のもので、道具的コミュニケーションなものは天気予報など、完結的コミュニケー

ションとはその場かぎりの寄席、漫才などを意味する。

情報の送り手と受け手の数によって、1対1（対話など）、1対多（学校授業やマスコミなど）、多対1（国王への請願など）、またそれらの複合としての多対多（団体交渉など）に分けられる（稲葉, 1998）。

安西・神岡（1999）は、コミュニケーションの機能として、道具的コミュニケーションと充足的コミュニケーションがありとした。道具的コミュニケーションの機能として、情報伝達と交換の機能、統制機能、社会集団維持機能、社会的関係制御機能が重要である。道具的コミュニケーションとは目標達成のためのもので、充足的コミュニケーションとは心理的緊張を和らげたり、満足感を得るためのものである。

ある言葉や表情がなにを意味するかを解釈するには、「意味」と「ものや事象」とを関係づけるコード（code）、あるいは「取決め」が必要である。言語的記号については、一般的な意味が辞書や文法書に記されているが、その他の形式の場合には明示されておらず、社会的に共有され、経験を通じて暗黙にその存在が認められているものである（稲葉, 1998）。正しく解釈（decode）するためには、両者の関係やコンテキスト（context、文脈）や場面状況が考慮に入れられなくてはならない。コミュニケーションが成立するには、コンテキストや場面状況を考慮に入れた意味解釈のコードが存在するという暗黙の了解がある（稲葉, 1998）。

コミュニケーションがうまくいかないと、誤解やコミュニケーション途絶（breakdown）をひき起こす。そ

の原因は、送り手の言い違いや受け手の聞き違い、移動の過程で発生する雑音（noise）、情報の多義性や難解さ、情報の不足や過剰や、送り手と受け手の間に教養、体験、関心などの違いでコードにずれがあったり、憎悪や不信が挙げられる（稲葉, 1998）。

ii インターネットの歴史

以下に、インターネットの歴史を紹介するが、主として情報は、情報処理学会編（1997）、橋本（2000）、Postel, et al.（2000）、Zakon（2000）によった。

1957年、旧ソ連のスプートニク（Sputnik）の打ち上げによって、宇宙からあるいは大陸弾道による核攻撃の可能性にアメリカ合衆国は危機感を持った。核戦争によって都市が破壊されても通信が生き残るようなシステムが必要と考えられた。

スプートニク・ショックによって、国防省内にThe Advanced Research Projects Agency（ARPA、高等研究企画庁）が即座にもうけられ、情報技術の研究開発を目指した。ARPAは、すぐにDefense Advanced Research Projects Agency（DARPA）と呼ばれる組織になった。

ARPAは、全米の大学に研究資金を出し、ARPANETと呼ばれる各大学間のコンピュータネットワークを目指し、1969年に立ち上がった。

初期のネットワークはそれほど使いやすいものではなかった。一番良く利用されたのは、当時はネットノートと呼ばれた電子メールであった。

$\times 10^6$

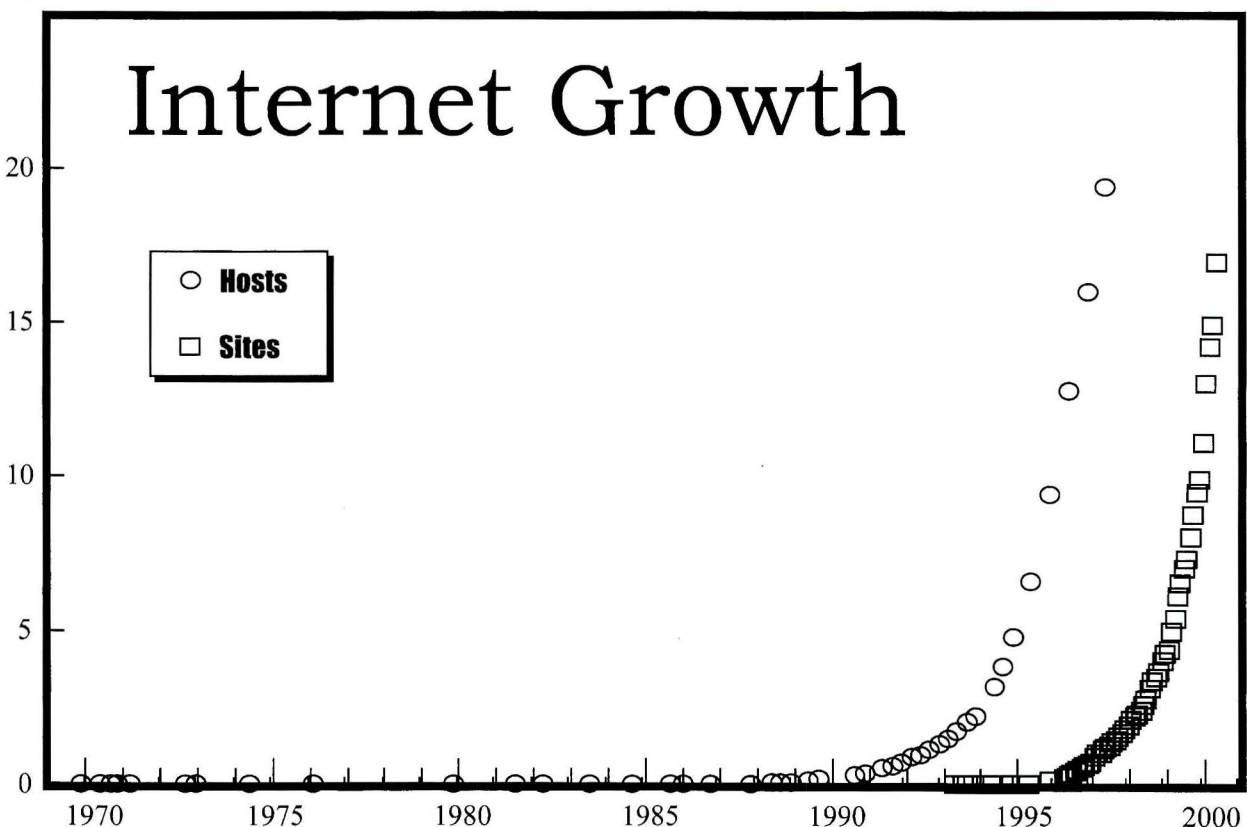


図 8. インターネットの成長. インターネットの成長をホストとサイトの数で表した. データは Postel et al.（2000）, Zakon（2000）によった.

ローカルネットワークをつなげるために、Ethernetが開発され、Ethernetとネットワークを繋げるためにTCP/IPという通信プロトコルが開発された。国防省がARPANETのプロトコルにTCP/IPを採用したため、ARPANET利用者は強制的にTCP/IPに移行させられた。

ネットワークの拡大に伴って、メールの配信が混乱をするようになってきたため、国や組織によるドメインという区別を持つようになった。国のドメインは、アドレスの最後にドット (.) で区切り、日本ではjp、イギリスではukの2文字がつく。組織によるドメインは、国の前につく2文字の略号で、大学研究機関ではac (アメリカ合衆国では国のドメインはなく3文字のedu)、政府機関ではgo (gov)、軍ではmil、企業ではco (com)、法人ではor (org)、ネットワーク関係組織ではne (net) が与えられる。

日本で最初のコンピュータネットワークであるJUNETは1984年に発足した。

ARPANETは、1986年に発足したNSFによるNSFNETに取って代わられた。NSFNETも、1987年から民営化され、1988年に発足したIAB (Internet Activities Board、インターネット活動評議会) が、NSFにかわって指導的組織となった。1992年には、国際的な管理のためにインターネット協会 (Internet Society) が設立された。

1980年代後半から、インターネットは急激に普及した。そのきっかけとなったのは、1991年にCERN (欧州核研究センター) からリリースされたWWW (World Wide Web) であった。WWWはリンクを張られたテキストで、ハイパーテキストと呼ばれる。その後、テキストだけでなく画像も含むハイパーテキストとなり、MosaicやNetscape、Exploraなどのブラウザソフトが出てきた。

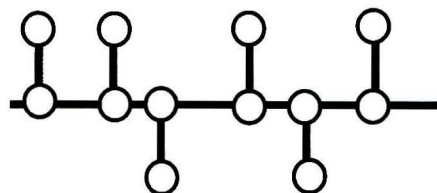
現在、インターネットは急速に増加している (図8)。ホスト (host) の数で見ると1995年あたりから急増し、サイト (site) の数は1999年ころから急増している。ここでいうホストとは、IPアドレスを持つコンピュータシステムである。サイトとは、WEBサーバーのことで、一つのサイトに対し、複数のサイトがありうる。これは、現在進行中の現象で、今後、どう変化していくかはわからない。急増する利用者やサイトによって、多くのホームページのなかから目的のものを見つけることが困難になってきた。そのような問題を解決するため、ホームページ検索のための検索エンジンというソフトあるいはサイトが開発された。

iii インターネットの仕組み

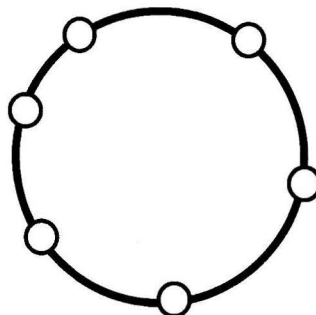
インターネット (Internet) とは、ネットワーク間のネットワークという意味である。コンピュータ・ネットワークには、バス (bass) 型やリング (ring) 型、スター (star) 型、メッシュ (mesh) 型がある (赤間, 1998)。

バス型ネットワークは、単一の回線に複数の端末を接続したものである (図9)。リング型ネットワークは、ネットワークを通じてほかのコンピュータが利用可能な接続である、双方向のデータ送信も可能である。

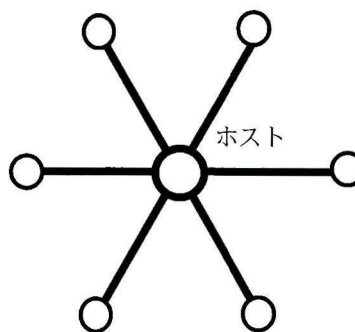
スター型ネットワークはホストと呼ばれる中央コンピュータから、中継点を経ながら端末コンピュータに繋がるトップダウンの1本の通路を通るネットワークである。最も単純なネットワークといえる。管理しやすく、不



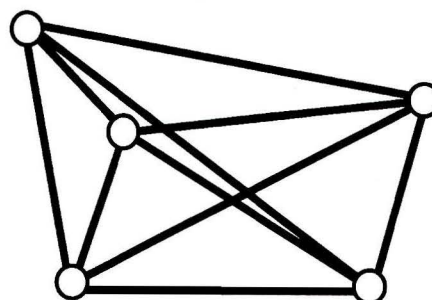
バス型ネットワーク



リング型ネットワーク



スター型ネットワーク



メッシュ型ネットワーク

図9. ネットワークの種類。4つのコンピュータネットワークの違いを概念図で示した。実践は回線を意味し、丸は中継点から端末コンピュータを意味する。そして、スター型ネットワークの中央の大きな丸はホストコンピュータを意味する。

都合があればその箇所が特定しやすく、維持もしやすい。しかし、欠点として、故障があるとその回線は迂回路がないため使用不可能となる。とくに、ホストが故障 (ダウン) すると、そのネットワークは動かない。また、中央集権的なので、ネットワーク全体が支配者や管理者の統制下におかれ、独裁的に利用される危険性もある。従来のパソコン通信と呼ばれたものが、このタイプである。メッシュ型ネットワークとは、スター型の欠点を補う

ために、複数のスター型ネットワークを、端末や中継点で結んだものである。このタイプでは単一のホストという考え方をなくし、多くのホストが存在することになる。そして、各所で高度にネットワークを広げて、多数の迂回や中継点をもつことになりネットワークの信頼性がある。そしてなんといっても、ホストの集権性が減り、ホスト自体もネットワークに関する負担が減る。インターネットは高度にメッシュ化されたネットワークである。

インターネットは、多数の中継装置（ルータ）と端末から成り立っている。端末からルータを通して別の端末にデータが転送される。ルータ自身は中継するのみで、データ管理や送受信の管理は端末がおこなう。

コンピュータで通信する場合の通信手順（プロトコル、protocol）を厳密に定義しておかないと、情報のやり取りはできない。インターネットのように国際的な通信には、国際的なプロトコルが必要である。そのような国際基準を決める機関としてISO（International Organization for Standardization）がある。しかし、民間企業が集まって標準プロトコルを作ったり、どこかの企業が使い始めたプロトコルが業界の実質標準（de facto standard）として定着することもある。インターネットは実質標準の例である。

ISOでは、OSI（開放型システム相互接続、Open System Interconnection）参照モデルとして、下位から物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層、セッション層、プレゼンテーション層、アプリケーション層の7階層が規定されている。このような階層化は、開発環境の整備として、省力化を図るものである。

インターネットでは、TCP/IP というプロトコルを使ってネットワークがおこなわれている。TCP/IPとは、TCP（トランスポートプロトコルのことで他にUDPなどがある）やIP（インターネットプロトコルで他にICMPやARPなどがある）、経路制御プロトコル（RIP、OSPF、BGPなどがある）、アプリケーションプロトコル（HTTP、SMTP、FTP、TELNET、SNMPなどがある）を含むプロトコル群である。TCP/IPは、ISOの標準にはなっていないが、インターネットはこれを使っておこなっているの、事実上の国際標準といえる。

インターネットでは、データの転送は小さなまとまり（パケット、小包）にして送るパケット交換型通信方式をとっている。パケット交換では、通信回線が1本しかなくても、一つの通信が回線を占有することなく、効率よく回線を利用できる。大きなデータは、いくつかのパケットに分割して送られる。それぞれのパケットにはあて先と通し番号がつけられて送られる。送信中に他のパケットが入り込んでくることもある。また、パケットによってはそれぞれが別のルートを通して届くこともある。受信側で行方不明になったパケットがあるとすると、送信側に再度、届いてないパケットの送信を請求する。迷子になったパケットは、ある一定以上のルータを通ると消滅させるという寿命にあたるカウンターがつけられている。これによってネットワーク内はパケットのゴミで溢れることはない。

インターネットは、信頼度が100%ではなく、1度で届かなければ再度送りなおすという80%や90%の達成度を狙った通信である。100%の効率あるいは達成度を求める

と、コストが急激にかかるようになる。一方、80%や90%であれば、比較的低コストで達成される。このような方法をベストエフォート（best effort）型通信と呼ばれる。

iii インターネットは道具を越えた

インターネットは、オープンなコンピュータネットワークのことである。だから、インターネットは、コンピュータの存在の上に成り立っている世界である。

インターネットの優れた能力は、いくつもあるが、記憶能力、検索能力、通信能力において優れていること、不特定多数のコンピュータと繋がっていることなどであろう。

インターネットは、単なる通信道具だけではなく、情報源として、一番大きなリザーバーとなっている。ただ、デジタルコンテンツという観点で考えると、従来のアナログデータの情報量を越えるほどはない。しかし、現在デジタル情報も多く、量の不足を補って余るほどのメリットもある。

個人のコンピュータ以上にインターネットは、大きな記憶を持っている。それは、個人の持つ蔵書と図書館の蔵書を比べたようなものである。インターネット図書館は1つ1つが小さな図書館でも、世界中の図書館がネットワークで繋がっているのである。

実際の図書館とは、いくつかの点で大いに違っている。実際の図書館では、自分で行くか電話や手紙、近くの図書館経由の連絡によって貸し出しの手続きをし、その後自分の手に情報が届く。そして、借りたものは同じ手続きで返却しなければならない。インターネットの情報は、デジタルコンテンツとなっているため、世界のどこからでも、閉館時間もなく、瞬時に、クオリティの劣化なしに、情報が手にはいる。また、NASAの最新情報などは、マスコミに流れるのと同時にインターネットのホームページにその情報が流れる。この即時性は、お金に変えられないメリットがある。

そして、個人レベルの情報も、世界に向けて発信することができる。そのため、世界に10人しか専門家がいないとしても、その情報は、どこからでも入手することが可能なのである。

人間にせよ動物にせよ、個体間で情報を伝達しながら生活している（甘利, 1998）。また、機械の内部でも人間の内部でも、各部分が他の部分に情報を伝え、これを利用して調和のとれた動作を実現している（甘利, 1998）。情報の伝達、すなわち通信は、人間の場合は言語と文字の発明によって驚くほど強力なものになった。19世紀に入ると電気技術の助けにより通信に大きな転機が訪れる。まず電線を用いた有線通信が、ついで20世紀初頭には無線通信が実用化され、通信の範囲が飛躍的に拡大した。

通信能力については、電話やファックスでもインターネットと同じことができる。しかし、電話は相手の時間を奪う。ファックスなら相手の時間を奪わないが、情報がいったんアナログになり、デジタル化には再度の労力が必要である。ファックスの元のデータはデジタルになっているとしても、アナログ化してしまう。

その点インターネットは、情報を劣化あるいは変質させることなく、相手に送ることが可能である。また、

メールは、相手の時間を最低限しか奪わない。また、不在や時間帯を気にせずメッセージを送ることができる。

これほどインターネットが普及すると、皆が頻繁にメールを確認しているという前提でものごとを進めることができる。数時間あるいは数日のうちに相手が確実にそのメールを読んでいるという前提で、次のステップに進める。また、お互いのメッセージやデータをやり取りすれば、劣化・変質することなく共存できる。このメリットは、おおいなる省エネルギーといえる。その反動として、ますます忙しくなっていくのかもしれない。

インターネットの魅力の一つは、検索能力であろう。何かを調べたい時、検索エンジンに目的の言葉を入れるだけで、欲しい情報のありかを探ることができる。

欲しい情報があっても、自分には不要な情報も大量にあるため、必要な情報にたどり着くのが難しい。そのうち、図書館の司書のように、インターネットの情報探しの専門家が出てくるかもしれない。

不特定多数のコンピュータと繋がっているために、危険がある。セキュリティはしっかりしておかないと、思わぬ事故がおこる。しかし、多数の人がアクセス可能であることから、距離や時差に影響されることなく、新しい人間関係が生まれたり、今まで思いもしない分野の新しい情報が得られたりすることもある。これは危険を差し引いてもプラスになることであろう。

「ホームページ」の単に不特定多数に対しての情報公開だけでなく、会議や連絡に使っている「メーリングリスト」も、データベースも、データベースに対する反応を寄せられる「電子掲示板」あるいはBBS (bulletin board system) も、コンピュータを介したインターネットに依存している。今後このようなインターネットの機能を活用した組織形態が増加していくであろう。

iv インターネットの問題点

インターネットは、非常に便利である。しかし、現状は必ずしも満足できるものではなく、いくつかの問題点を抱えている。その最大の問題点は

- ・ 通信スピード
- ・ 破壊行為とセキュリティ
- ・ 著作権性とオープンソース

であろう。以下にその概要を示す。

(1) 通信スピード

通信スピードとは、現在の転送速度は64Kbである。テキストを送受信するには十分であるが、画像や動画の転送をするには遅い。これは、技術開発の重点課題として多くの人が取り組んでいる。行政的にも全国のIT (Information Technology) 基盤の充実を図るために、回線の光ファイバー化が目指されている。光ファイバー以外にも、ケーブルテレビ (CATV、128Kb から64Kbの常時接続)、64Kbの常時接続 (NTTのフレッツISDN)、人工衛星を利用した方法 (StarMedia、10Mbのデータ受信能力)、ADSL (普通回線による1Mbのデータ送受信能力) などが実用化されつつある。一番の解決策は、政府がおこなおうとしている光ファイバーによる通信網の充実であろう。

(2) 破壊行為とセキュリティ

インターネットの普及により、不正アクセスやコンピュータウイルスのような不正なプログラムの進入の危険性が増加した。このようなコンピュータを用いた犯罪 (コンピュータ犯罪、computer crime、cyber crime) や、不正アクセスや破壊行為から、情報 (データ) システムを守るセキュリティが必要になる。

不正アクセスとは、システムを利用する者が、与えられた権限以外の行為をネットワークを介して意図的に行うことである。つまり、侵入者 (イントルーダー、intruder) や攻撃者 (アタッカー、attacker) が、企業、団体、個人などのシステムを不正に利用したり、運用を妨害したり、破壊 (crack) したりすることである。このような行為を行うものを総称してクラッカー (cracker) という。

不正プログラムによる破壊行為は、ウイルス (computer virus)、ワーム (computer worm)、トロイの木馬 (Trojan horse)、論理爆弾 (logic bomb) などがある (鈴木, 1998)。コンピュータウイルスは、他のプログラムに伝染し、増殖を繰り返すようなプログラムである。ウイルスの構造自体は複雑ではなく、一つのタイプから亜種を発生させることが容易なため、新しいウイルスが次から次へと現れる (鈴木, 1998)。コンピュータワームはウイルスとは違い、他のプログラムに寄生しなくても動作できるプログラムである (鈴木, 1998)。一見変哲もないプログラムに仕掛けが組み込まれていて、利用者が使用したときに、本来の罠が実行されるようなプログラムをトロイの木馬という。プログラム内部に破壊を目的とした機能が入っていて、それがなんらかの条件のときに作動するようなプログラムを、論理爆弾という (鈴木, 1998)。

インターネットのようなネットワークでは、自分自身で情報を保護しなければならない。情報保護の方法として、外界との入り口の防御線や暗号化などがある (鈴木, 1998)。

暗号化の技術としては、暗号化メール (encrypted e-mail) やデジタル署名 (digital signature) などがある (鈴木, 1998)。インターネット上の電子メールは、第三者に悪意があるなしに関わらず、内容を見られてしまう危険性がある。電子メールの内容を暗号化し内容を保護する暗号化メール (encrypted e-mail) がある。署名を行うための鍵 (秘匿鍵) を使い署名し、ペアとなっている署名を確認する鍵 (公開鍵) を使用し署名の確認を行うデジタル署名 (digital signature) がある。

(3) 著作権性とオープンソース

著作権性とは、著作権のような権利ではなく、もっと抽象化された概念である。端的に言えば、だれが書いたかを問題にするものである (黒崎, 1997)。

印刷文化時代は、著作権性はテキストと共に保存された。しかし、デジタル時代になると、著作権性は簡単に消すことができる。あるいは、別の著作権性を付加することも簡単である。つまり、ある人が書いた文章を細工することによって他人の書いた文章のように見せることや、他人の書いた文章にちょっとプラスして自分が書いたようにしてしまうことも可能である。

悪意ではなく善意によって著作権性が消えていくと、テキストの公共性がでてきて、より洗練されてものができてくる（竹村, 1998）。このようなことは、インターネット上のプログラムの配布でおこりつつある。古くはUNIXのシステムがソースから公開されたり（オープンソース）、近年でもパソコン用のLinuxというシステムやサーバープログラムなどがある。PDS（public domain software）やFreesoftなどと呼ばれるソフトウェアなども著作権が薄くなっている。

つまり、デジタル時代と印刷時代との文化の違いの一つとして、著作権が薄れることがあげられるのではないだろうか。これは、「ただ」や「無料」、あるいは「ボランティア精神」を前面に出した世界が出現しつつあるのかもしれない。そして、「ただ」や「ボランティア」をサポートすること、あるいは薄利多売、広告媒体として利用する新たな経済システムが出現しつつある。

6 自然、人間、科学

人間は自然の中に誕生し、道具や技術を持つことによって自然からの乖離が始まった。科学というものを手に入れて自然と相対する存在になりつつあるように見えてきた。本当にそうであろうか。ここでは、自然と人間、科学の現状について考える。

i 自然と人間

現代社会において、自然と人間との関係はどのようになっているであろうか。自然から離れていくように見える人間と、それでも自然から離れられない人間とが見えてくる。

(1) 自然から離れる人間

文明社会あるいは都会生活において、自然とは、人間と相対するものになってきた。人間の行為が、自然に反するようになったのはいつ頃からなのであろうか。人間は、かつて自然と共存していた。もっと以前は、人間は自然の一部だった。自然の恵みのみによって生きていた。人間はある時から、道具を作り、使い、技術を持ち、コミュニケーションによって集団生活をおこなうことによって、自然から一歩外に出て、歩み始めた。やがてその道具やコミュニケーションは、自然との共存のためではなく、自然から資源や利益を搾取するために使用されるようになってきた。

自然と共存していた時代、地球は十分に広く大きかったので、人間の加える危害は小さく、そのダメージは無視できるか、あるいは目をつぶれるか、別のところに移動すればよかった。しかし、人間が増え、全地球に進出することによって、人間の行為が、人間自身に跳ね返ってくることを知った。イギリスの産業革命による公害や、日本の1960年代の公害、現在の中国・東南アジアの河川、海洋、大気汚染が、その例である。現在、人間の環境破壊は地球規模で、全人類の生存あるいは他の多くの生物種の生存までに影響を与えるまでになった。

このように見ていくと、技術の進歩は、自然との敵対関係を助長しているように思える。「自然」に対して、「人工」があり、「自然」に対して「工業」あるいは「工

学」があり、「自然」に対して「科学技術」があり、つきつめれば、「自然」に対して「人間」あるいは「文明」があるという図式になる。

しかし、これは半面しか見ていない。人間が生物である限り、まったくの人工環境の中では孤立して生存できない。人間も自然の一部である。そして、人間が生み出した文明も、自然を基盤にして成り立っている。

(2) 自然から離れられない人間

バイオスフェア2という実験が、アメリカ合衆国のアリゾナ砂漠の中で行われた（Alling and Nelson, 1996）。8名の研究者が、2年にわたって、完全に外部と孤立した生活をした。外部と完全に遮断された閉鎖系のドームの中で、人間が生活できるかどうかという実験であった。この実験は、生活の基礎となる原料や水、空気、動・植物、土壌は、あらかじめ周到に用意された。そして、太陽光はそのまま利用して、閉鎖系の生態系サイクルにおいて、現代的な生活を始めた。

生活に必要な「自然」をあらかじめ用意し、太陽光の庇護のもとにおこなわれた閉鎖系のシステムの生活は、予定の期間は乗り切った。しかし、人間関係の乱れや酸素不足などの問題がおこり、研究者はかなりの肉体的・精神的消耗を強いられた。このような実験をみると、人間は閉鎖的自然の中で生活することは難しいようだ。

国際協力による宇宙ステーションで人間は宇宙で生活を始めた。それに先立って、旧ソ連とロシアの宇宙ステーション・ミールでは、何年にもわたって人間が宇宙に常駐していた。1年以上に連続して宇宙で生活をした宇宙飛行士もいる。人間は宇宙においてかなり経験を積んできた。しかし、現在のところ、宇宙は訓練された人間が短期間しか滞在できない過酷な環境である。

今後、更なる技術によってよりすごしやすい「自然」を造って地球以外の宇宙でも居住可能になっているかもしれない。精神的ダメージの少ない環境が作れるかもしれない。あるいは、目的意識が強ければ、長期間、苛酷な環境に耐えられるかもしれない。そうなれば、大航海時代のように、人間は新世界である「宇宙」を目指して、最小限の「自然」を持ち歩きながら、地球の外に出ていくかもしれない。それはまだ夢物語だが、不可能な夢ではないのかもしれない。

ii 自然と科学の狭間で

私たち人間は、まだ自然を充分理解していない。複雑な相互作用や、精巧なメカニズム、多様なシステムによって、自然が成り立っていることに、やっと気づいた。人間は科学技術によって、自然をよりよく知ることができるようになった。いや、今や科学技術がなければ、さらなる自然理解には到達できない。自然理解には科学技術は不可欠である。

人間の肉体にもともと備わった能力だけでは限界がある。例えば小さいものを覗く道具として、虫メガネから、顕微鏡、電子顕微鏡、走査型トンネル顕微鏡へと、その道具は進歩してきた。その目的に応じて道具を使い分けてきた。道具で人間の能力を補った状態で新しい自

然像を見ているのである。

(1) 科学による自然と人間との共存

自然と人間を切り離したのは、科学である。しかし、自然と人間をつないでいるのも、今や科学技術である。普通では人間が住めない深海、高山、極地、砂漠などにも人間は進出することが可能になった。それは、科学技術のサポートによるものである。科学技術によって、人間はよりさまざまな自然を、あるいは自然をよりよく知ることができるようになった。自然の深淵は、科学を介して覗けるようになってきた。

科学によって、自然の深部への接触は以前より増してきたかもしれないが、自然との共存の程度は小さくなってきた。江戸時代の生活様式と現代のものを比べると、その差は瞭然であろう。しかし、江戸時代のような生活様式では、現在生活は成り立たない。現代型の自然との共存を模索すべきである。

トフラー（Alvin Toffler）は、その著書「第三の波」（1980）の中で、現代は大きな変換の時期にきていると分析した。トフラーのいう第一の波とは農業革命の段階で、第二の波は産業革命の段階、第三の波が現在起こりつつある変化である。

第三の波を一言でいうと、新しい技術体系と新しい情報体系の出現によって、生産構造の変化が起こることであり、やがて新しい社会体系が生まれるという予測を含んでいる。新しい技術体系とは、再生可能な資源と分散型、多様化したエネルギーシステムを基盤にした、環境規制の下に出現したコンピュータやエレクトロニクス、遺伝子産業などの省スペース・省エネルギー型の高度な技術群のことである。新しい情報体系とは、エレクトロニクスやコンピュータ等の新しい技術体系に裏打ちされた「活性化した社会的記憶」と「非マス化したメディア」によって形作られる情報環境のことである。新しい技術体系と新しい情報体系は、脱規格化した需要に応じた物質代謝型生産システムへと変化している。生産構造の変化により、労働の家庭化や機械化などの新しい生活様式を生み、やがては新しい社会体系を生じるというものである。

約20年前のトフラーの予測はある面では正しかった。新しい技術体系と新しい情報体系は生まれている。エレクトロニクスは、軽薄短小を目指し、そして実現してきた。現在もこの方向に沿って技術の進歩は続いている。エレクトロニクスの集大成として、コンピュータがある。コンピュータは、日本では非常にポピュラーな装置となった。最近の家電装置にはごく当たり前でコンピュータが利用されている。コンピュータは、今まで手作業でしていた定型業務を迅速簡便化してきた。人間の能力の一部を有能に肩代わりしてきた。

今まで、コンピュータだけではなにも生まれることはなく、便利な箱の域を越えないとされてきた。しかし、インターネットの出現によって、コンピュータに新しい局面が形成された。それは、インターネットによる膨大な情報空間の形成である。情報空間の入り口がコンピュータである。コンピュータなしではインターネットは成り立たない。家庭においては、既存の電話網を利用

しながら、電話以上の価値を持つようになった。インターネットは、大衆に受け入れられ、各種の規模での情報発信、受信がおこなわれている。立花(1997)は、インターネットのデジタル空間を頭脳と見立て、「グローバル・ブレイン」と呼んだ。

トフラーのいう大衆を巻きこんだ新しい情報体系が出現しつつある。新しい社会体系はまだ出現していないが、旧ソ連などの社会主義国家の崩壊や東西ドイツの合併、南北朝鮮の歩みよりなど、新しい時代の到来が予感させられる。現在の潮流からすれば、新しい社会では、厳しい環境規制の下での無駄のない生活様式にならざるを得ないのであろう。それが、理想の社会でないかもしれないが、現在目指せる自然と共存の程度の高い目標といえるものであろう。

(2) 新しい技術と研究者

地球科学のうち、岩石学の一般的な研究手法は、野外調査によって岩石のでかたや関係（産状）を調べ、資料を採取する。室内で薄片を作って、岩石用の偏光顕微鏡を見て、岩石組織や鉱物種類、組み合わせ、量比を調べる。代表的な岩石の元素組成や同位体組成などを化学分析によって求める。以上のデータに基づいて、その岩石が、なにかから（起源物質）、どのようにして（成因）できたのかを知り、形成されてからどのような変遷をへて現在に至ったか（履歴）を知る。最終的には、多くの岩石についてのこのような記載から、大地の生い立ち、つまり自然史を知ることになる。

このような自然史における研究は、自然物を相手にしているが、その研究手法は科学技術に拠るところが大きい。観測機器や、分析装置、コンピュータ、インターネットを道具として利用している。岩石薄片は電動ダイヤモンドカッターや研磨器で製作される。岩石の化学分析は、コンピュータでコントロールされた分析装置を用い、分析データは、コンピュータで整理して解析する。論文を書く時には、コンピュータは筆記用具となる。論文に載せる図や表は、コンピュータで作成する。研究者同士の連絡や情報交換あるいは研究の資料調べは、インターネットが不可欠である。

つまり、科学技術に直接かかわる研究ではなくても、科学技術は不可欠な道具となっている。このような状況は、研究者などの特殊な職種だけでなく、一般市民にも広く普及してきた。コンピュータの普及はいうに及ばず、携帯電話のi modeの普及により、若年層にもインターネットやe-mailが浸透してきた。いまや、市民の生活においても、コンピュータやインターネットは不可欠の道具となりつつある。

(3) 夢をかなえる技術

新しい技術とは、夢を実現させるものである。夢がつかない限り、技術は進歩するはずである。あるいは、技術が進歩する限り、新しい夢を見ることができる。

夢を見つづける限り、新技術には注意しておく必要がある。ある技術は、ある夢をかなえているはずである。あるいは、かなえるかもしれない。コンピュータやイン

ターネットの時のように大きな波として、否応なく押し寄せてくる技術革新もあるが、ゆっくりと知らないうちに通る過ぎる技術もある。気づいたら誰もがすでに使っているかもしれない。その道具をもっと早く使っていたら、もっと早く簡単に夢が実現したかもしれない。

コンピュータやインターネットを、苦勞して便利な誰でも使える道具にした先人達がいる。新しい技術に対して、逃げ腰になるのではなく、思い切って利用してみればいいのである。新しい利用法を開発したり、新しい機能を加えたりすることができるはずである。ユーザーとして新しい技術を利用すれば、新しいアイディアも生まれるかもしれない。夢がかなうかもしれないのである。

7 さいごに: 自然史の重要性

要素還元主義によって遂行されてきた科学によって、自然と人間、教育と科学の乖離と行き詰りという問題が顕在化してきた(小出, 1999b)。これを解消するために、総合的・学際的の学問である自然史の必要性が認識されてきた(小出, 2000b)。

自然史博物館でおこなわれている研究活動は、すべて自然史である。従来の博物学が記載を中心とした学問であるのに対し、ここでいう自然史とは、記載だけでなく、より総合的で学際的な学問体系を目指すものである。

自然史の目指すべき方向は、自然をありのままに見、さまざまな視点で捕らえ、長い歴史の結果として現在の自然があることを理解し、より高次の規則性や原理、法則を見出そうというものである。

「自然をありのままに」とは、地域の自然や実物などの記載に基づく「自然への回帰」への動機付けを意味する。「さまざまな視点で捕らえ」とは、人間と生命と地球の関係を学際的視点で見る全地球という自然観(全地球観)である。「長い歴史の結果として現在の自然があることを理解」とは、地球の歴史観(地球史観)を持つことである。「より高次の規則性や原理、法則を見出す」とは、人間、生命、地球や宇宙などを総合的に捉える視点(現代自然哲学)である(小出, 2000b)。これが、著者の考えている「自然史」の体系である。

自然史は、人間の知的体系への新たな視点を導入するための基礎的視座を提供する。それは、自然史の特徴として、純粋学問(自然科学)と、その学問に対する哲学(現代自然哲学)、実践的教育(自然史教育)という側面を持つからである(小出, 2000b)。学問と哲学、教育の必要性は、今まで自然史を実践してきた博物館がその側面を持っていたことと、そして今後自然史が現代科学の行き詰まりという同じ轍を踏まないためである。

自然史は、博物館が中心となっておこなうのが最適であると考えられる。その理由は、大量の実物コンテンツとそれに関連する自然史ドキュメントが蓄積されているからである。

自然史に関する研究をおこなうための科学技術や情報技術は進歩し続けている。このような進歩に遅れることなく、自然史の研究や教育に応用していく必要がある。現代の科学や教育がそのような方法をとっているからである。自然史の総合性や学際性という特徴から考えて、科学技術や情報科学の導入は非常に有効であろう。

自然史を今までにないものとする一つの手段として、デジタルやコンピューター、インターネットなどの新しいメディアの導入がある。今まで学芸員は、無意識に新しいメディアを利用してきた。歴史の潮流は、このようなメディアによる革命的な時代が到来しているを示している。革命的な時代の到来は、多くの識者がすでに指摘していることである。このような潮流にいち早く反応することが、今後の自然史の発展に繋がるであろう。本稿では、専門外であるメディアや情報、インターネット、コンピュータについてレビューしたが、これも自然史の発展に繋がると考えてのことである。

引用文献

- 赤間世紀, 1998. コンピュータ時代の基礎知識. 155 pp. コロナ社, 東京.
- Alling, A. & M. Nelson., 1996. Life under Glass. The Inside Story of Biosphere 2. 平田明隆訳, 1996. バイオスフェア実験生活. 294+7 pp. 講談社ブルーバックス B-1147, 東京.
- 甘利俊一, 1998. 情報科学. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
- 安西祐一郎・神岡太郎, 1999. マルチメディア情報とインタラクション. 岩波講座マルチメディア情報学1 マルチメディア情報学の基礎. pp. 131-186. 岩波書店, 東京.
- Bolter, J.B., 1991. Writing Space: Computer, Hypertext and the History of Writing. 黒崎 政男訳, 1994. ライティング スペース—電子テキスト時代のエクリチュール. 452 pp. 産業図書, 東京.
- Davenport, G., 1998. Defining multimedia. IEEE MultiMedia, Jan-Feb. 8-15.
- 橋本毅彦, 2000. コンピュータの歴史. pp. 143-193. 新世紀デジタル講義. 新潮社, 東京.
- 稲葉三千男, 1998. コミュニケーション. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
- 稲垣耕作, 1996. コンピュータ科学の基礎. 216 pp. コロナ社, 東京.
- Inglis, F., 1990. Media Theory. 伊藤誓・磯山甚一訳, 1992. メディアの理論. 363 pp. 法政大学出版局, 東京.
- 井上 宏, 1998. 現代メディアとコミュニケーション. 266 pp. 世界思想社, 東京.
- 情報処理学会編, 1997. コンパクト版情報処理ハンドブック. 2000 pp. オーム社, 東京.
- 嘉田由紀子・大西行雄, 1996. ミニコミとしてのパソコン通信とインターネット. 井上俊ほか編, メディアと情報化の社会学. pp. 215-238. 岩波書店, 東京.
- 小出良幸, 1999a. 地球科学と教育を取り巻く現状分析—博物館の新しい地学教育を目指して I—. 地学教育, 52(4): 127-147.
- 小出良幸, 1999b. 博物館の現状分析と目標—博物館の新しい地学教育を目指して II—. 地学教育, 52(5): 169-176.
- 小出良幸, 2000a. 認知心理学の博物館活動への応用を目指して—自然史教育心理学への序章—. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (29): 1-31.
- 小出良幸, 2000b. 自然史学的重要性と現代自然哲学の必要性. 地学教育, 53(4): 141-158.
- 香内三郎, 1998. マス・コミュニケーション. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
- 黒崎政男, 1997. カオス系の暗礁めぐる哲学の魚. 280 pp. NTT出版, 東京.
- 黒崎政男, 1998. 哲学者クラサキの憂鬱 とのりのアンドロイド. 230 pp. NHK 出版, 東京.
- 黒崎政男・下野正俊・伊古田理訳, 1994. ライティング スペース—

- 電子テキスト時代のエクリチュール. 452 pp. 産業図書, 東京.
 黒崎政男監修, 1999. 情報の空間学 メディアの受容と変容. 301 pp. NTT 出版, 東京.
 松井宗彦, 1975. 情報科学入門. 221+16 pp. 公論社, 東京.
 McLuhan, M., 1962. The Gutenberg Galaxy: Making of Typographic Man. 森常次訳, 1986. グーテンベルグの銀河系. 486+24 pp. みすず書房, 東京.
 室井 尚・吉岡 洋訳, 1991. 情報様式論. 303+3 pp. 岩波書店, 東京.
 長尾 真, 1999a. 人間と情報. 岩波講座マルチメディア情報学 1 マルチメディア情報学の基礎. pp. 1-60. 岩波書店, 東京.
 長尾 真, 1999b. マルチメディアの形成. 岩波講座マルチメディア情報学 1 マルチメディア情報学の基礎. pp. 61-130. 岩波書店, 東京.
 中島誠一, 1999. 触覚メディア. 237 pp. インプレス, 東京.
 中村次男, 1988. 電子回路(2)デジタル編. 236 pp. コロナ社, 東京.
 南谷 崇, 2000. コンピュータのしくみ. 新世紀デジタル講義. pp. 103-142. 新潮社, 東京.
 中山 茂, 2000. 20・21 世紀科学史. 280+vi pp. NTT 出版, 東京.
 萩野達也, 1998. 計算モデル. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 岡本敏雄編, 2000. インターネット時代の教育情報工学 1. 247 pp. 森北出版, 東京.
 Ong, W., 1982. Orality and Literacy: Technologizing of the Word. 桜井直文訳, 1991. 声の文化と文字の文化. 405 pp. 藤原書店, 東京.
 Postel, J., L. G. Roberts & S. Wolff, 2000. A Brief History of the Internet. [引用: 2000.8.16]. Available from internet: <<http://www.isoc.org/internet/history/brief.html>>.
 Poster, M., 1990. The Mode of Information: Poststructuralism and Context. 179 pp. University of Chicago Press, Chicago.
 坂本賢三, 1998. 情報. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 齋藤嘉博, 1999. メディアの技術史ー洞窟画からインターネットへー. 216 pp. 東京電機大学出版, 東京.
 清水純一, 1998. 記憶術. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 Simon, H. A., 1996. The Sciences of the Artificial. Third Edition. 稲葉元吉・吉原英樹・稲葉洋平訳, 1999. システムの科学. 第3版. 331 pp. パーソナルメディア, 東京.
 鈴木裕信, 1998. 情報セキュリティ. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 立花 隆, 1997. インターネットはグローバル・ブレイン. 365 pp. 講談社, 東京.
 立花 隆, 2000a. サイバーユニバーシティの試み. 新世紀デジタル講義. pp. 17-58. 新潮社, 東京.
 立花 隆, 2000b. 情報原論. 新世紀デジタル講義. pp. 59-101. 新潮社, 東京.
 高橋雄造, 1998. シャノン. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 竹村真一, 1998. 呼吸するネットワーク. 219 pp. 岩波書店, 東京.
 土屋 俊, 1998. フレーゲ. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 Toffler, A., 1980. 徳岡孝夫監訳, 1982. 第三の波. 588 pp. 中央公論社 中公文庫 23, 東京.
 津田良成編, 1990. 図書館・情報学概論第二版. 240 pp. 勁草書房, 東京.
 安田 浩, 2000. ネットワーク社会の将来. 新世紀デジタル講義. pp. 225-280. 新潮社, 東京.
 吉見俊哉, 1996. 電子情報化とテクノロジーの政治学. 井上俊ほか編, メディアと情報化の社会学. pp. 7-46. 岩波書店, 東京.
 米盛裕二, 1998. パース. 世界大百科事典第2版ベーシック版 CD-ROM. 日立デジタル平凡社, 東京.
 吉見俊哉・水越 伸, 1997. メディア論. 226 pp. 放送大学教育振興会, 東京.
 郵政省編, 1997. 平成9年度版通信白書. 500 pp. 大蔵省印刷局, 東京.
 郵政省編, 1998. 平成10年度版通信白書. 502 pp. 大蔵省印刷局, 東京.
 郵政省編, 1999. 平成11年度版通信白書. 348+8 pp. ぎょうせい, 東京.
 郵政省編, 2000. 平成12年度版通信白書. 367+8 pp. ぎょうせい, 東京.
 Zakon, R. H., 2000. Hobbes' Internet Timeline v5.1. [引用: 2000.8.16]. Available from internet: <<http://www.isoc.org/guest/zakon/Internet/History/HIT.html>>.

摘 要

小出良幸, 2001. 自然史における情報科学とメディア. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (30): 1-26. (Y. Koide, 2001. Information Science and Media in Natural History. *Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.)*, (30): 1-26.)

科学技術や情報技術の進歩は、自然史における研究手法 (科学)、伝える方法 (教育)、および考え方 (哲学) において、重要な要因となるはずである。科学技術や情報技術について詳細なレビューをおこなった。目に見える技術として道具があり、現代を象徴する道具としてコンピュータが位置付けられる。コンピュータの能力、仕組み、歴史、存在意義をまとめた。目に見えない技術として情報技術がある。情報の語源と定義を考え、記号論的見方とデジタルからアナログへの論理的展開と情報の認知と流れをまとめた。情報の伝達手段としてのメディアを概観するとともに、現代メディアとして重要なインターネットについて考察した。そのようなレビューから、自然と人間、科学の現状をまとめ、自然史における科学技術や情報技術の必要性をまとめた。

(受付: 2000 年 11 月 1 日; 受理 2001 年 2 月 1 日.)