

ヒトの進化・コンピュータの進化

—— 情報教育の視点から ——

Human Evolution versus Computer Evolution: from the Viewpoint of Information Education

渡 辺 卓 也

キーワード：情報教育、情報伝達、デジタルとアナログ

要 約

科目「情報のかたち」の中で、ヒトとコンピュータの対比を基本にした情報教育を行っている。本稿では授業の内容を紹介しながら、ヒトとコンピュータの情報処理の相違点についての考察を行う。

1. 科目「情報のかたち」

科目「情報のかたち」は平成14年度、生活学科必修科目として設置された。「情報のかたち」とは、ヒトが情報を伝達する手段として使うもの一般をさしており、具体的には、身振り、声、絵、文字、ことば、数、計算などである。近年のコンピュータの発達により、これらの情報伝達手段がコンピュータ上で表現可能になってきた。その仕組みを知ること、情報化社会を支える基本的な知識を習得させるというのが当初の目的であった。本科目は平成18年度からは専門選択科目となり、同時に他学科に開放されたことを機に、情報を認知、処理、発信する主体としてのヒトの情報処理も対象とするように内容を改訂した。この時から、授業の冒頭に、図1のような「ヒトとコンピュータの対比図」を提示するようになった。

ヒトとコンピュータの対比図について

この図を導入した目的は授業の概略を説明することにあったが、同時に、ヒトとコンピュータの情報処理の歴史、および違いを図解するという意図もあった。図1のあらましはこうである：まず図の左側では、人間の成長にしたがってさまざまな情報伝達手段が獲得される順序を示している。乳児は生まれながらにして声を上げ、周囲に自らの誕生を示すことができる（声）。しばらくすると目を見開いて周囲を観察し、表情やしぐさによって親に要求を伝えることができる（表情・しぐさ）。やがて立ち上がって手が使えるようになれば、絵を描き始める（絵）。

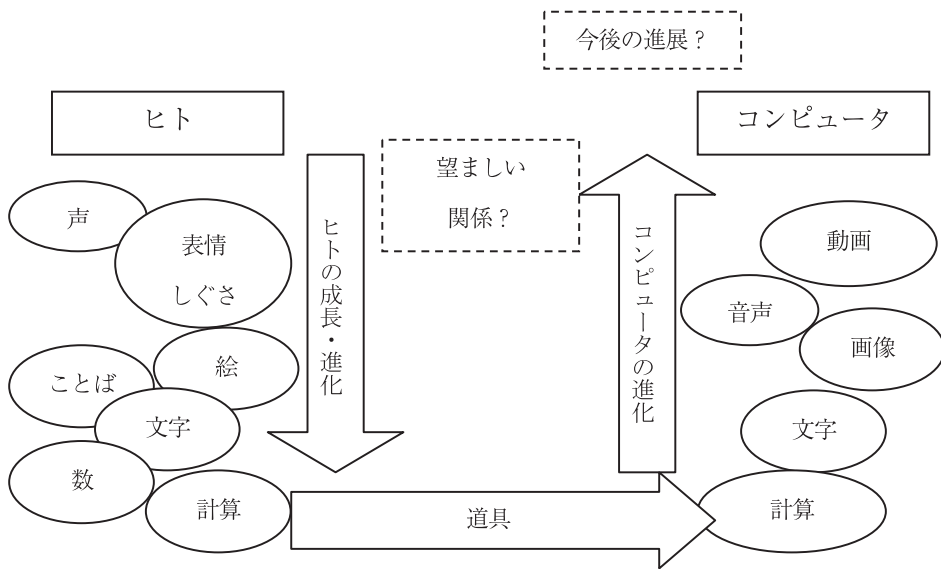


図1 ヒトとコンピュータの対比図

そのうち、会話を通じてものの名前やことばを覚える（ことば）。幼稚園にあがるころにはいくつかのことばを文字で書くことができるようになり（文字）、小学校で数の数え方や計算を習う（数、計算）。

そして、こうした伝達手段の獲得は、一人の人間の成長についてのみならず、ヒトの進化の歴史についてもほぼ同じような経過をたどってきたと思われる。声や表情、しぐさは他の動物も伝達手段として活用しており、ヒトの進化の初期段階においても同様であったろうし、絵を描くことは手が自由になり、道具を使いこなせるようになってから始まったであろう。文字は絵の簡略化によって生み出されたものが多い。そして部族から国家へとヒトが社会性を高めてゆくことが、ことばや数、計算の概念を生んだといえる。

これに対して、図の右側ではコンピュータの進化によって、情報伝達手段が多様化した順序を示している。コンピュータが誕生した20世紀半ば、それはデジタル計算機として開発されたが、計算機の歴史は、古代の単純な計算道具にまでさかのぼることができる。それが精密機械の技術や19世紀以後の物理学の発展によって、電子回路による計算機が実現したのである。その後は計算素子の小型化、集積化による計算能力の向上、本体の小型化、大量生産による価格の低廉化が進み、パソコンの時代となる。それから高速化と小型化の流れは止まらず、計算に加えて、文字、画像、音声、動画という伝達手段、すなわちマルチメディア技術が相次いでパソコン上で実現され、現在に至る。

この図で注目されるのは、伝達手段が実現する順序である。ヒトは、声、表情・しぐさ→絵→文字、ことば→数、計算というような順序で伝達手段を獲得する。これに対し、コンピュ

タは、計算→文字→画像（絵）→音声→動画（表情・しぐさ）という順序で伝達手段を発展させてきた。図の左右で対比させてみると、両者の順序はほとんど反対なのである。このことは、単なる偶然であろうか、あるいはヒトとコンピュータの相違に関する何かを示唆しているのだろうか。

2. デジタルとアナログ

今日、デジタルという言葉聞いたことがない人はほとんどいないであろうが、その意味を正しく言える人もまた少ない。授業の最初の課題で、情報に関係するいくつかの言葉の意味を問う問題を出す、「デジタル」という言葉については、デジカメ（デジタルカメラ）、地デジ（地上波デジタル放送）などという最近の言葉の影響からか、「画像をきれいに表現する方式」、「コピーしても画質が劣化しない」など、デジタル技術が画像にもたらした効果に言及する解答が多くみられる。また、地デジに関連して、従来の放送方式をアナログ方式ということがキャンペーンによって普及したこともあろうが、「アナログの反対語」という解答も多い。こんな解答はデジタルの意味を説明しているとはいえないが、デジタルとアナログが対立する概念であることは知っているであろう。

デジタルの本来の語義は、digit＝数字で表現されるということである。日本人にこの言葉が広まったのは、1970年代に数字で時刻を表示するデジタル時計が普及したことによると思われるが、その普及に従って、従来の時針と分針によって時刻を表示する時計をアナログ時計というようになり、アナログ（analog）という言葉も普及する。こちらはもともと相似、類似といった意味である。時計におけるデジタルとアナログの対比は、最初は時刻表示における相違であった。

この表示方式の対比に伴う形で、デジタル＝離散的、アナログ＝連続的という対比も普及することになる。つまり実際の物理量を数字で表現するために有限の桁数で切り捨てることがデジタル化（量子化）であり、それによって元の情報のいくばくかは失われ、情報は離散的になるが、桁数を十分に多く取ることによって実用性が確保される。これに対して実際の物理量を別な物理量にそのまま置き換えるのがアナログ化である。アナログ化によって、連続的な情報の連続性は確保されるが、物理量を変換する際に減衰や雑音が発生する。

ここで重要なことは、デジタルにせよアナログにせよ、もとの情報は減衰するということがある。デジタルとアナログの対比は、その表現方法の差異にもあるが、情報の減衰のしかたにもある。デジタルでは減衰したあとの値が離散した確定値になっているが、アナログでは減衰量が元の値の相似値、あるいはランダム値になっている。

このように、デジタルとアナログは対立する概念でありながら、共通性も持っており、ヒトもコンピュータも、この概念をいろいろな局面で相補的に適用しているのである。そのことを具体的に見ていこう。

3. ヒトのアナログ

ヒトの情報伝達はアナログである、とよく言われる。ここでいうアナログとは、類似という意味である。中でも模倣という行動はその典型と見ることができる。

模倣はヒト以外の動物においても生存上重要な手段となっている。たとえば、擬態を行うことで天敵から身を守ったり、捕食活動を行ったりする生物種は多くある。また、鳥類などには他種の音声を模倣することでメスの気を引く種もある。

ヒトにおいては、模倣はさらに多様な形をとる。舞踊は一種の形態模倣と言える。さらに舞踊が歴史的に伝承されていることは、ヒトの模倣能力の証であるとみてよい。また、神話は文字がない頃から口伝されてきた。このこともヒトの模倣能力を示す事実である。絵画が視覚情報の模倣という機能を持つことは言を俟たない。ラスコーの壁画は、数万年の時を経て我々に当時の情景をまざまざと示してくれる。絵画と舞踊や音声との違いは、道具を必要とすることと、伝承に途中のヒトを介在しないということである。

子どもの発達段階においても、模倣は重要な手段となる。たとえば、ことばを学習するときにはお手本を模倣しながら練習する。自分の発音を耳で聞きながら確認するのも一種の模倣といえよう。認知機能において知られているいくつかの機能は、模倣を補助する機能を果たしているかもしれない。ヒトが見たままを認識しているわけではない例として、図と地、幾何学的錯視、まとめりといった視覚的機能があげられるが、これらの機能はヒトが模倣を行う上では効率的にはたらくと考えることができる。

模倣は、写実という方向性を持ちながら、個々の対象の差異を捨象して特徴を抽出する性質がある。それが単純化や誇張などの変化をもたらして、抽象化を進めた結果、文字や記号が生まれたと考えられる。

文字が情報伝達手段として確立するには、二つの条件が必要である。第一は文字の外見に関わる条件で、形の簡略化と形式化である。写実的な馬の絵画から「馬」という文字が生まれるためには、頭、首、胴体、足といった要素の抽出による形の簡略化が必要である。形の簡略化によって、文字を書くという動作そのものも簡略化され、伝達効率が向上し、それが文字の普及にもつながる。ただし簡略化が進みすぎると、馬という意味が失われてしまう。馬を他の動物と区別するには、首や足の長さ、たてがみなどの特徴を残す必要がある。こうした特徴を残しながら、線の数（画数）や線の方向等の書き方を定めるのが形式化である。形式化は文字の外見や書法を安定化させるしくみである。書く道具を規定することも形式化の一つである。

第二は、文字の指し示す意味に関する条件である。簡略化された記号を見た観測者が、それが指し示す意味内容を正しく理解できなければ、その記号は文字ではない。歴史的に社会で文字が流通するためには、文字の書き方や意味内容を定める規範が必要であった。教育は規範を伝達する典型的な装置と言える。文字の発明が印刷という技術を生み出し、それが情報の大量増殖につながったことは間違いない。特にアルファベットのように使用する文字種の少ない文

化圏で活版印刷が発達したのは必然ともいえる。そこでは宗教が印刷文書の増殖を通じて自らの教義を広める一方で、それが文字やことばに関する規範を伝達する役割をしたことも忘れてはならない。

伝言ゲーム

模倣に関連した実習として、この授業の中で必ず実施するのが伝言ゲームである。学生を6～8人程度のグループに分け、用意しておいた元絵を一人目に30秒見せる。見終わった後、一人目は今の絵がどんな絵であったかを思い出しながら1枚目のカードに1分間で絵を描く。描きあがった絵を二人目に30秒見せる。二人目は2枚目のカードに1分間で絵を描く…。このようなステップを繰り返して、最初の絵がどのように変化したかを見るゲームである。このゲームを導入して10年以上になるが、毎回いろいろな変化が楽しめて、飽きることがない。

ゲームを導入した当初は、私が作成した元絵を伝達する方式で行っていた。そんな中、あえて意味の分かりにくい絵を伝達してみたいと考え、「天ぷらラーメン」の絵を描いて伝達してみた結果が図2である。この図中には絵で情報を伝達する際の典型的な現象がいくつか観測できて興味深い。第一に、エビ天の角度がしだいに垂直に近づいている。面白いことに、この角度の変化に連続性が認められる。しかも角度が垂直に近づくにつれ、形はエビ天ではなくなってくる。角度や位置、大きさにおける変化の連続性は他の事例でもよく観察される。絵を描く時、各人は一つ前の絵しか見ていないのに、どうしてこのような連続的な変化が起こるのかはよくわからない。錯視やまとまり等の視覚的効果がはたらいっているのかもしれない。第二に、麺

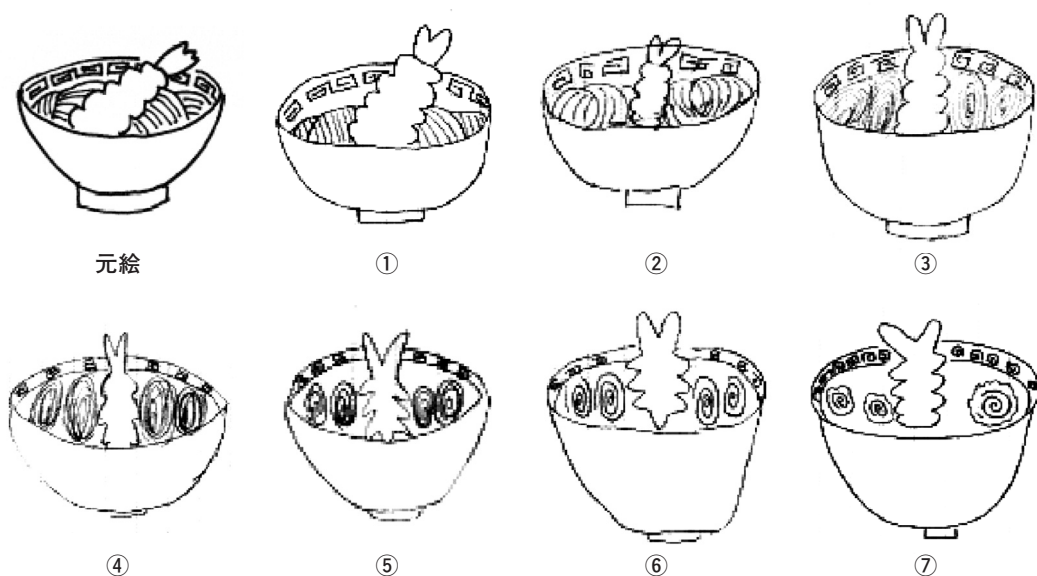


図2 伝言ゲームにおける「天ぷらラーメン」の変化例

の描写のしかたが変化している。テクスチャが複雑な部位は記憶に残りにくく、また描きにくい。このため、いったん渦巻き模様で簡略化されると、元に戻ることはない。ところが渦巻き模様は最後にナルトになったのである。これはラーメン鉢の中華模様が最後まで伝達されたためと思われる。

この実験とは別に、単に「天ぶらラーメンを描きなさい」という描画課題を課してみると、驚くべきことにかなりの割合で図2の元絵とよく似た絵、すなわちエビ天がのったラーメンを描く（課題ではエビの天ぶらを描けとは言っていないことに注意）。ただしエビ天を2本描いて赤面する人はいる。しかしエビはどれもたいていしっぽを右に向けてやや傾いている。またラーメン鉢には中華模様が描かれる。「心を読まれたかと思った」と驚く学生もいる。ある意味ではそうかもしれない。

この実験には、絵画の模倣性と、意味を伝達することばのはたらきが相互にからんでいることに注意を要する。すなわち、天ぶらを描けと言われたら、エビ天を描く。しっぽは、特に指定されない限り右向きに描く。ラーメンを描けと言われたら、ラーメン鉢に中華模様を描く。これらのことは明示的には含まれていない事項であるが、多くの人にすでに規範として織り込まれていると考えられる。エビ天が立ち上がるとエビでなくなるのも、渦巻きがナルトになるのも、おそらく規範が関連している。

最近はゲームの方法を改良して、すべてのメンバーが最初に自分の好きな絵を描き、それらの絵を同時にメンバー間で伝達するようにしている。こうすると一度にたくさんの作品が生まれ、多くのバリエーションが観察できる。よく観察されるのは、やはり規範に関連すると思われる現象である。元絵に「アンパンマン」のようなよく知られたキャラクターが描かれることがよくあるが、途中で描画にずれが発生しても、何人目かが、これはアンパンマンに違いないという推測を行い、自分なりのアンパンマンを描くことで、元絵が復活するようなケースがよくある。このような絵は、描きやすく、またすでに多くの人に意味内容が理解されているという意味で、立派な文字であるといえよう。最近では、こうしたケースばかりになるのを恐れ、元絵を考えさせる段階で、「好きな絵を描いてください。ただしキティちゃんは禁止です」などということもある。このような実験を通じて、ヒトの模倣における簡略化や、コミュニケーションの前提としての先入観を確認することになっている。

4. ヒトのデジタル～数と計算

数を数えることができるのは人間の特徴の一つだが、類人猿でも適切に訓練すれば、抽象的な数の概念を理解できるものもあるらしい。ヒトが計数能力を発達させたのは、農耕生活による生産の計画化、交換経済の発達による貨幣の導入、定住化に伴う人口の増加と国家社会の出現などによって、計数が必要となるように社会や生活様式が変化していったからであろう。特に歴史上重要なのは、数を数えるための道具の発明と、記数法の発見であろう。

計数のための道具の始まりとして、収穫した獲物の数を刻んだと思われる骨などが残っている。インカ帝国では、キープというたくさんの縄の束に結び目を作って数を記録した。結び目は生成、解除できるという点で計算可能であった。だが原始的な道具の中でさらにすぐれた計算能力を持つものとしては、古代メソポタミアのカルクリが上げられる。カルクリは大きさや形の異なる何種類かの石を多数あつめたものにすぎない。しかし、小石であるがゆえに移動が容易であり、これは計算の容易さにつながる。大きさや形の異なる石は小石数個分の「かたまり」を代表し、これらの組み合わせによって大きな数を簡便に表すことが可能になる。

道具の発明と並行して、記数法の手段としての数字が発明される。古代に使われていた数字の代表として、古代エジプト聖刻文字の数字、古代ローマ数字、中国の漢数字などがある。これらの数字の共通点は、たとえば3はエジプトでは「|||」、ローマでは「III」、漢数字では「三」というように、数が少ない場合に記号を繰り返すことで直接数を表現することである。ある程度数が大きくなると、新しい記号が導入される点も共通している。10はエジプトでは「∩」、ローマでは「X」というように。これはちょうどカルクリが、小石のかたまりを表現するために大きさや形の異なる石を導入することに対応している。この基準となる底（てい=かたまり）には10進法を適用している場合が多いが、ローマで5を「V」と表記するように10以外の底が導入されることもある。また表記法において加算型や混合型などの相違がある。32はエジプトでは「∩∩∩||」、ローマでは「XXXII」のように並べられた記号の数を足して数を表す加算型であるが、漢数字は「三十二」と書き、これは $3 \times 10 + 2$ という内容を表すので加算と積算の混合型である。

このようにカルクリも、古代数字も、数を表すためにさまざまな工夫がなされてはいるが、大きな数の計算には難点をかかえていた。それらを解決したのが位取り記数法である。かたまりの大きさを表すのに、新しい数字を導入するのではなく、数字の位置によってかたまりの大きさを表す。かたまりが存在しないとき、存在しないことを表す数字「0」を導入する。5世紀のインドで発展したこの画期的な方法により、どんなに大きな数でも従来の数字だけで表すことができる。

もう一つ、古代から用いられていた計算道具にアバカス（そろばん）がある。カルクリと異なり、アバカスでは石の大きさではなく珠の位置によってかたまりの大きさを表す。つまりアバカスは位取りの手法を採用した計算道具なのである。古代ローマでは加算型のローマ数字が使われており、数字を使った計算は困難であったため、それを補う道具としてアバカスの操作法が発達した。その結果、計算専門職であるアバカス師を生み出した。その意味で、インドで発達した位取り記数法が筆算術を生み出し、それが12世紀にヨーロッパに伝来してアバカスを衰退させたのは皮肉である。計算手法と記数法には数奇な関係がある。

計算道具としてのアバカスはヨーロッパでは衰退するが、その後はパスカルの歯車式加算機やバベッジの階差エンジンなど、機械的な自動計算装置の開発が進んでいく。また、パスカル

と同時代を生きたライブニッツによって2進法が考案され、論理演算装置としてのコンピュータの布石となる。

このように授業の前半においては、人間の情報伝達手段の発達史を俯瞰してみる。人間は基本的に世界を認識する上でアナログ方式を用いているが、認識の過程には抽象化が介在しており、その結果として文字やことばが生み出された。また、抽象化の極致として数の概念が見いだされ、それが計算道具や文字と手を携えた結果、位取り記数法が普及したのである。特に2進法の単純さに宿る強力な発展性を近代技術が応用した結果が現在のデジタル技術である。まとめると、ヒトの伝達手段はアナログから抽象化を経て、デジタルを生み出したということになる。

5. コンピュータのデジタル

現在のコンピュータはデジタル技術を基礎としている。ここでいうデジタル技術とは、情報が数字で表現されているという意味である。しかも、コンピュータは10進法ではなく、2進法を採用している。2進法は0と1の二つの状態しかないので、電流の有無、磁性体のN極とS極など、いろいろな現象に置き換えることが可能である。それに加えて、2進法での演算（論理演算）は単項演算で4個、二項演算で16個だけであり、それらはリレーや真空管等の電流制御装置によって実現することができる。そのため、演算、入出力、記憶などの機能をすべて2進法で構築することができたのである。技術の進歩にともない、真空管はトランジスタ、そしてLSIといった集積装置におきかえられ、演算速度も記憶容量も飛躍的に高まっていく。それに応じてコンピュータは計算以外の情報伝達手段を発展的に実現していくのである。

基本は、情報伝達手段をどのように数値化するかにかかっている。たとえば文字は、使用する文字種がすでに決まっているところに特徴がある。したがって使用する文字に番号を対応させ、その番号によって文字の画像を表示する仕組みをつくればコンピュータで文字を扱うことができる。アルファベットのように文字の種類が少ない体系では、番号を少ない桁数（ビット）で表すことが可能であり、それぞれの文字は画数（線の数）が少なく単純なため、画像も少ない画素数で事足りる。こうした事情から文字表現はまずアルファベットから始まったのであり、これは活版印刷がヨーロッパで発達したことに類似している。日本語は文字種が多いばかりでなく、漢字では画数も多いため、番号の桁数も表示する画像の画素数も確保する必要があったため、実現が遅れた。

画像の表現は、画像をたくさんの画素に分割し、それぞれの画素における色情報を数値化することで実現する。たとえば光の三原色（赤・緑・青）の三つの明度を数値化し、それぞれの数値に応じて三原色の強さを各画素上で表示してやればよい。文字との比較でいえば、文字表現は使用する文字が決まっているのに対し、画像表現は使用する色が決まっているといえる。現在主流のフルカラー方式で1画素あたり24ビット使用する。日本語の文字1文字あたり16ビッ

トの1.5倍である。これは文字に比べてそれほど多い量とは言えないが、使用する画素数に応じて情報量が変化し、実用的な写真のサイズ、画質を実現するには100万画素といった数が必要になる。精細な表現を行うための情報量はさらに膨大になる（画素数は画面サイズの2乗に比例する）。しかもこうした巨大な画像を瞬時的に表示できなければならないし、画像処理や編集を行うには高速演算、大量記憶等の実現が不可欠である。これらの事情から、画像表現の普及が始まったのは1990年代半ばのことになる。

音声は空気の振動であるため、これをコンピュータで表現するためには振動波形を数値化する必要がある。ここで問題になるのは、音波の時間的な振動はもともと連続量であるが、数値化するとその連続性が失われることである。波形は各瞬間の振動の強さと、ある時間間隔での振動の細かさから成り立っている。これらを数値化する際には、波形を細かい時間間隔に分けて、各間隔内の平均的な強さを数値化するという方式がとられている。これは、時間間隔よりも細かい振動、つまり高周波をカットすることを意味する。ヒトが知覚できる音波の高周波側の限界周波数は約20000Hzである。時間間隔にすると2万分の1秒程度であるので、時間間隔をその半分程度にすればヒトに聞こえるほとんどの音波は再現できることになる。こうしてコンピュータで音波を表現することは可能になるが、実用的な品質、たとえばCDの音質を実現するには、1秒当たり140万ビット以上の情報量が必要であり、リアルタイムに音声を再生するためには、この情報量を遅滞なく読み込んでスピーカーの振動に変換する演算速度を必要とする。

動画は画像表現が時間的に連続したものと考えられる。したがって、各瞬間に表示される画像は前述の画像表現のしくみで数値化できるが、時間的連続性において音声表現と同様の問題が発生することになる。最低時間間隔を音声と同様の長さ（約4万分の1秒）にとると、要求される画像の枚数や処理速度は膨大なものになってしまう。ただ幸いなことに、ヒトは視覚的な動きに関しては時間間隔を比較的大きくしても動きを感じるということが知られている（これを仮現運動という）。このことを利用して、1秒間に20～30枚の画像を連続的に表示することで実用的な動画を実現することができている。

6. ふたたび、デジタルとアナログ

このように、文字、画像、音声、動画という表現手段は、この順に必要な情報量が多くなり、また再生時にリアルタイム処理が要求されるため、膨大な記憶容量と高速な演算能力が達成されてから順次実現したというのが、ヒトとコンピュータの情報伝達手段における逆転現象の端的な説明となる。しかし、ヒトが原始から、あるいは生まれつきそなえている情報伝達手段を表現するのに、なぜコンピュータはここまで発展しなかったのか。これはヒトとコンピュータの相違を考えるうえで重要な点である。

もちろん、ヒトとコンピュータが同じ表現を行っているわけではない。ヒトが踊っていると

き、何かを模倣しているのであり、身体的な記憶にもとづいて身体運動をしていると考えられる。これはコンピュータが動画によって踊りを再現するのとは異なることである。我々は他人から教わった歌をなんとなく口ずさむことができるが、こうした記憶は音楽の機械的録音とはかなり異なっている。ヒトが声を発するとき、声帯を毎秒数百回振動させるために演算しているわけではないし、鼓膜が毎秒数千回振動するときもそうであろう。そこでは物理的な機能が利用されている。

ここまで見てくると、ヒトの情報処理はアナログ、コンピュータの情報処理はデジタルというイメージが固まるかもしれないが、物事はそう単純ではない。

コンピュータのマルチメディア技術は、内部表現としてはデジタル方式であるが、外部に表現される段階ではヒトに観測される形態、すなわちアナログに変換する必要がある。たとえばコンピュータにより出力される画像や動画は、ブラウン管や液晶を通じて光に変換しないとヒトには観測できない。音声もスピーカーのコーン紙の振動を介してはじめてヒトには音声として認識できるものである。また、表現された情報がヒトにとってより自然に感じられるためには、十分な解像度が必要なことは言うまでもない。大量のデジタル情報が集積化することによって、巨視的なパターンを生成することでアナログ表現を生み出すのである。

一方、ヒトのニューロンは電氣的パルスによって情報を伝達している。シナプス結合した個々のニューロンが興奮すれば、結合した別のニューロンに興奮したという情報を電氣的に伝える。その情報がどのように伝わるかは、伝達・抑制などのマイクロプロセスによって制御されている。したがってニューロンレベルの情報伝達はデジタル的であるといえる。多数のデジタルプロセスがネットワーク結合により集積し、組織化したところにアナログプロセスが実現すると考えられる。

つまり、アナログやデジタルという方式は、ヒトやコンピュータといった情報システムのさまざまなスケールで見出され、それらの集積やプロセスの蓄積によって、相補的に出現（デジタルからアナログが出現したり、アナログからデジタルが出現したり）することがあると考えられるのである。

7. 「望ましい関係?」「今後の進展?」

図1には、「望ましい関係?」「今後の進展?」という言葉が書いてある。コンピュータのマルチメディア技術が十分に実用性を備えてきた現在、ヒトとコンピュータの望ましい関係とはどんなものか、また、今後の技術的進展はコンピュータに何をもたらし、ヒトとの関係をどう変化させてゆくだろうか。現時点でこれらの問いにはっきりとした解答を出すことは難しい。それでも、ヒトとコンピュータの望ましい関係を考えると、両者の相違点、特にアナログとデジタルの対比を抜きにした議論はできない。

「望ましい関係？」

コンピュータによるマルチメディアの実用性は急速に進歩しているとはいえ、その表現方式はヒトのそれとは根本的に異なっている。現状としての望ましい関係は、第一に、ヒトが、ヒトとコンピュータの差異を理解して、主体的にマルチメディアを利用することであろう。コンピュータにこの差異が理解できないのであれば、ヒトがこのことに自覚をもって利用するしかない。現状のコンピュータのメディア表現が、ヒトのそれに置き換わるとは限らない。

第二に、いわゆるデジタルデータはヒトの感覚に合わせてデザインされていることに自覚的になることが望ましい。マルチメディアは実用性を優先した結果、現状の技術によって実現しているものであり、そこにはヒトの感覚能力限界という価値基準が存在する。この価値基準によれば、ヒトに感覚されないものはコンテンツとはならない。裏返せば、コンピュータで表現されたコンテンツはヒトに感覚されるようにデザインされたものである。このことは、コンピュータでデザインされていないものもヒトは感じるができる（たとえば自然、たとえばヒト）という自覚にもつながる。

「今後の進展？」

授業の最後には、すでに一部で実用化が始まっているいくつかの先端技術について紹介している。たとえば、「ブレイン・マシン・インターフェース（Brain Machine Interface=BMI）」は、文字通り脳と機械、あるいは脳とコンピュータを直接接続する試みである。センサーで脳波の変化を検出し、それを機械に送信して機械を動作させたり、検出された自分の脳の状態をフィードバック的に確認しながら、集中力の向上等に应用したりする研究が進んでいる。また、手を失った人に義手を装着し、BMIを経由して義手が動作するようにすると、脳の可塑性という性質により、始めはうまく動かせない人も訓練を重ねるうちに動かすことができるようになるという。こうした研究は、障害者の行動の広がりを期待させるとともに、ヒトと機械、ヒトとコンピュータの差異を補完する例としても興味深い。その一方で、個人の思考におけるプライバシーの問題や、ヒトのアイデンティティといった倫理的な課題も存在する。

拡張現実（Augmented Reality=AR）も実用段階に入りつつある。ARは現実世界の風景にコンピュータで生成された合成映像を表示する技術で、現実世界の三次元情報をリアルタイムに計算して、合成映像をあたかも現実世界に存在するかのように表示する。アニメ「電腦コイル」では、電腦メガネを装着した子どもたちが、現実の風景に投射された電腦世界のペットや物体といろいろなやりとりを行うというストーリー展開で話題を呼んだが、現実には、一部の携帯端末ではすでにAR技術を投入したサービスが実用段階に入っている。

BMIやARという技術は、いずれもヒトとコンピュータがより直接的に接続される方向性を示しており、ヒトの新たな可能性を開く期待も大きい。その一方で、根底となるコンピュータの表現技術は従来の延長であり、ヒトとコンピュータの根本的な差異は歴然として存在する

のである。ところが、ヒトとコンピュータの直接的な接続が普遍化すると、ヒトは両者の差異を見出しにくくなる可能性がある。差異が存在する限り、その差異を自覚することが「望ましい関係」だと前節で主張したが、自覚が困難になる恐れがある。今後の情報教育においてこの点を強調する必要性があるだろう。

その後に関する予測は困難をきわめる。コンピュータの演算能力は当面進歩し続け、近い将来人間の思考能力を超えるという予測もある。仮にそうだとした場合、コンピュータの表現する情報がヒトのそれとは異なるしくみを持つ限りは、根本的な差異は残り続けることであろう。そうした差異が、ヒトのアイデンティティとして再確認されるのか、それとも今後の進展によってその差異も乗り越えられていくのか、受講者各人のアナログとデジタルを駆使して問い続けてもらいたいという話をして、この講義を結んでいる。