

### 3. 高等教育との接続性からみた情報教育

Informatics for Primary and Secondary Education — from the Viewpoint of Continuation to Higher Educations — by Shigeo TAKEI (School of Science and Engineering, Teikyo University) and Hajime OHIWA (Faculty of Environmental Information, Keio University).

武井 恵雄<sup>1</sup> 大岩 元<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 帝京大学理工学部

<sup>2</sup> 慶應義塾大学環境情報学部

#### 1. はじめに

この連載の第1回<sup>1)</sup>で、体系的な情報教育を初等中等教育段階から行う必要性と、高等教育への円滑な接続の必要性が示された。UNESCO/IFIPの勧告<sup>2)</sup>が指摘するように、IT (Information Technology) 教育の実施は、国民の富と繁栄にかかわる重要事であり、著者たちも、初等中等段階での体系的な情報教育が早期に開始されることを強く望んでいる。

一般に、初等中等教育は、生涯学習の基礎となるような、それ自体で完結した教育であると同時に、高等教育での前段階としての意味がある。たとえば数学などの伝統的な教科では、この両面からの検討が何度となく行われてきたので、初等中等教育と高等教育の間で適度な緊張関係が保たれていて、相互間で精細な調整が適切に進む。これに対して情報教育では、その歴史が浅いうえに、熾烈な受験競争という事態が絡んでいて、初等中等教育、とくに高校段階での情報教育の進みが思わしくない。このため、我が国の情報教育はもっぱら高等教育機関によって担われてきた。これは不自然であるばかりか、不都合さえある。第1に、本格的な情報教育が高等教育進学者にしか授けられないということ、第2に、情報教育の一部はもっと早い学齢から始めてじっくりと進める必要があるがそれができないこと、第3に、後述するように、情報教育がもたらす柔軟な思考と問題解決能力なくしては、諸外国に伍して今後の情報化社会をリードしていけないだろうという危惧がある。第3点は、昨年11月29日に開催された「産業構造の転換と情報処理教育」シンポジウム<sup>3)</sup> (情報処理学会主催) で強調された視点で

ある。

早い時期での教育体系の整備が待たれるが、初等中等教育における教育内容については、この連載の第2回<sup>4)</sup>でかなり具体的な提案がなされたのでそれに譲り、本稿では、高等教育との接続性について検討し、著者たちの見解を交えながら問題点を指摘することにする。我が国の情報教育に重要な影響を与えてきた大学教育を振り返って、ここからの教訓を引き出すことから始めよう。

#### 2. 大学等における情報教育の変遷

我が国の高等教育における情報教育は、遡れば1960年代にまで届く。この40年近い時間の流れの間に、情報技術の発達や、社会の情報化の進展があり、情報教育も大きく変わってきた。とくに文教施策に注目すると、現在までに二度の契機があって、大学等における情報教育のパラダイムが大きく変質してきた<sup>5)</sup>。

##### 2.1 情報教育の第一期

最初の契機は1970年代の初頭で、「情報処理教育の振興」のための基本施策の策定にあたった「情報処理教育に関する会議」の活動と一連の報告<sup>6)</sup>によるものであった。これによって我が国の情報処理教育の方向づけがなされた。そこでは、情報技術者を大学で養成すべきこと、そして情報専門教育体制の整備とともに、一般情報処理教育の推進体制を整備すべきことが強調された。

この路線の採択は、「情報処理は大学で育てるエンジニアが担うような仕事なのかどうか」という議論もあった当時においては、勇断であったと伝えられている。この基本策定に基づいて、1970

\* 文献としては入手困難であるが、参考文献5)に詳しく記載してある。その引用文献1)～4)に対応。

年以降、国立大学の情報関係学科の新設や、情報処理教育センターなどの設置が進み、その後、1985年の「科学技術の高度化と高等教育に関する協力者会議」の活動<sup>\*2</sup>によって、予算的にも充実した施策がとられるようになり、主として国立大学を中心として、専門情報教育と一般情報処理教育が拡充期を迎えることになる。あとの引用の都合で、この時期を情報教育の第一期としておく。

## 2.2 情報教育の第二期

次の重要な契機は1991年で、いわゆる大学設置基準の大綱化が引きがねであった。これによって規制が緩やかに弾力的に運用されるようになったので、新しい柔軟な立案ができるようになった。実際上は、それを見越して80年代末から動きがあり、国立大学では教養部の改廃や新学部、新研究科への転換の形をとり、私立大学では、“特色のある学部・学科の新設”という形で大学の編成が流動化した。ちょうど大学学齢者の急増の時期にあたり、臨時定員増という措置がとられたこともあって、たとえば「何々情報学科」とか「大学院情報科学研究科」といった新しい装いのものが誕生した。講義としても、専門家の養成とは一線を画した「一般情報教育」の系統の授業が陽の目をみるようになった。この時期を情報教育の第二期とすることにしよう。

第二期の特徴は情報教育の規模が飛躍的に拡大したことで、一言でいえば情報教育が大衆化の時代に入ったといえる。それと同時に、情報教育の在り方について関心が高まり、情報教育カリキュラムに関する調査研究が進められ、その成果が次々と報告された<sup>6)~9)</sup>。現在は、これらの成果が現実の教育に徐々に反映されつつある段階にある。

## 3. 大学教育に求められる情報教育

我が国の情報教育は金太郎飴の状態にあるといわれることがある。「小学校から大学まで、皆コンピュータでお絵描きをしている」というジョークである。現状では、大学に入学して初めてコンピュータに触れる学生も多く、大学・短大でのこの種の授業にも意味はあるが、本来、小・中・

高・大の各段階で、学習者の発達に合わせた適切な教育が行われるべきものであろう。ここではとくに、大学・短大および高専の高学年での情報教育の目的と方法に関する問題点について検討する。これは初等中等教育にも共通する部分があり、重要である。

### 3.1 大学における情報教育の目的

一般情報教育の在り方を検討した最初の報告書<sup>8)</sup>では、大学における一般情報教育の目的を、「将来、社会のリーダーシップをとるべき大学生に、コンピュータならびに情報という概念を理解させ、それを自在に活用する能力を身につけさせること」とした。この目的を具体化すれば、次のようになる。

イ) コンピュータと情報の創造的活用能力の涵養

ロ) コンピュータと情報という概念の理解と体得

この両者が相まって、個人および社会において、コンピュータとネットワークが果たす役割や可能性や問題点を的確に把握して、考えていくことができるようになることを期待される。

ここでは一般情報教育の立場で述べ始めたが、専門的情報教育も、この上に専門分野の教育を重ねることでプロフェッショナルな力をつけるわけで一大学院教育を経て、新領域の開拓や研究開発へ進出する者もあるが一、中等教育との接点でみるかぎり、上述の線で進めてよからう。

さて、教育目的をこのようにおいたとして、そのための教育の内容と方法はどうかあるべきか、今までに多くの議論を呼んできた。それらの議論を整理する目的で、以下の3.2～3.4節で著者たちの考えを述べる。

### 3.2 「コンピュータ道具論」

コンピュータと情報の創造的活用能力の涵養を目的とする教育の必要性を述べると、“しよせん道具でしかないコンピュータに、なぜそれほどの教育が必要なのか”という言葉が返ってくる。確かに道具として使うのだが、D.A.ノーマンが適切に述べているように<sup>10)</sup>、コンピュータは、従来の物理的な「道具」—それ自体の機能を語る外部的アーティファクトをもつもの—と違って、内部的アーティファクトが主要な意味をもつ。したがってコンピュータは、それを使いたい人間に対して、適切な「インタフェース」をもってくるように要求する。つまり、コンピュータがもつ内部

\*2 前註と同様、参考文献5)に詳しく記載してある。その引用文献5)～7)に対応。

的情報を外部的な表現に変える機能を求めてくる。この「インタフェース」は、コンピュータ自体がもっていることもあるが、人間が工夫することもある。たとえばコンピュータが指示待ちのとき、コマンドやアイコンで指示するのは前者の例で、エンドレスループに入ったと判断してキルするのは後者の一例である。

コンピュータは人間とは違うが、ちょうど、人間が別の人間に話しかけるときに起こるように、「インタフェース」の選択指示が適切な表現で示された場合は、コンピュータの機能をうまく引き出して上手に使うことができるし、その逆に不適切な表現だとどうもいまいけないこともある。人間どうしのつき合いは、人が成人になるまでに時間をかけて学習するが、コンピュータについては一人間が創ったものなので、理念的・概念的教育を組織的に行うのが適当であり、必要なことなのである。

情報教育の場では、「コンピュータ道具論」がよく出されるが、道具であるとする上述のような「道具」であり、古典的な意味でのそれではない。上で述べた使用者に求められる「インタフェース」のある部分は、コンピュータそれ自体にもたせることも可能であり、たとえば GUI(Graphical User Interface)として実装されるが、すべてをコンピュータに背負わせるのは適切ではない。もちろん、コンピュータであることが分からないくらいに「道具」化することも可能であり、実際に個別化した道具や部品、あるいはおもちゃとして使われているが、ここで議論しているのはそのことではない。教育すべきことは、必要なら、そこまでできる可能性をもった「コンピュータ」というものを学ぶことである。

したがって、「コンピュータは道具である」とする割り切りは、願望としてはよい規定であり—我々はそれに近づけることに寄与しなければならないと思っているが—、上述のように認知科学的に重大な問題を内包しており、時に大きな誤解のもとにもなる。とくに、初等中等教育においては、人間の認知に対する十分な理解を踏まえた上で指導されるべきことである(この点については、佐伯教授の分かりやすい本がある<sup>11)</sup>)。

### 3.3 情報教育の特質—内省的思索による体得教育とは、たとえ実習形態をとる科目であって

も、その目的は学習者に十分に考えさせ、内省的思索を通して、自己のうちに新たな「概念」像を築かせるものでなければならない。学習対象が、普遍的な「知識」と呼ばれるものであっても、個体レベルでは「発見」となるものが学習である。この性質があるからこそ、深い思索は学習者に感動をもたらせてくれるものであり、この点をなおざりにしては、本来、教育は成り立たないといえるだろう。この内省的思索を経て、自己のうちに新たな像が結ばれたものが「体得」であり、これは、イベントに遭遇して一連のエピソードを「体験」するのとは大きく異なることに留意しておきたい。情報教育では実習的学習が多いため、内省的思索による体得を求めると、単なる体験学習とが混同されることが多い。

学習における発見と体得は、情報教育においてはとくに本質的なことである。なぜなら、コンピュータを使って学んでほしいものは、「情報」であるが、情報は最初から情報であるわけではなく、モデル化あるいは形式化によって初めて「情報」になるわけであり、同様に、「コンピュータ」の学習も具体的な1つのコンピュータを使い込むことによって、抽象的な意味でのコンピュータ、つまり、「コンピューティングするもの」の機能と可能性を学ぶことが目的だからである。もちろん、この認識に一気に辿りつけるわけではなく、学びつつ考え、考えつつ学ぶことになるから、学習者にはそれなりの熟成期間が必要である。情報とコンピュータは、このような形で、学習者1人1人があらためて「発見」し、「体得」しなければならない重要なことの1つであることを強調しておきたい。

対蹠的に、コンピュータは特別の存在ではなく、ただの生活器具だとする立場での操作教育では、コンピュータを抽象化することができないので、創造的活用はおろか、応用力さえつかないように見受けられる。操作主義教育は、前節で述べた「道具論」に照らしてみても無理がある。

このことは、コンピュータの導入教育が初等中等教育に下りつつある現在、きわめて重大なことになってきた。大学人は、「大学で初めてコンピュータを教えるので大変だ」といいつつ、理解力が高まった学齢の人を相手にしていたわけで、今までは、実に牧歌的に安心していられた時代であ

ったのである。

### 3.4 情報教育のカリキュラム—J97

さて、大学等における情報とコンピュータについての教育の内容については、今までにいくつかの重要な検討と報告がなされてきた。一般情報教育についてはすでに述べた<sup>8)</sup>が、それに続いて短大・高専における情報教育についても調査研究が行われ、報告書が公刊され<sup>9)</sup>、とくに高専のこの分野の教育整備に大きく寄与した。

専門情報教育については、J90 として知られるカリキュラムにまとめられたもの<sup>6),12)~14)</sup>があり、今年それが J97 として改訂された<sup>☆3</sup>。J90 は、コアカリキュラムあるいは標準カリキュラムという性格をもたせたが、J97 は、コンピュータ・サイエンス(CS)分野の教育でカバーすべきメニューの提供という立場をとっている。J97 は、情報科学、情報工学で育った世代の人々が主となって検討したこと、近年の我が国の大学の多様化を考慮して、実装にも配慮していることから、事実上我が国初の独自カリキュラム提案となっている。

これとは別に、情報処理学会では工学系学部の基礎教育の情報処理カリキュラムについても検討を続けており、CS を軸に編成が進んでいる<sup>15)</sup>。

以上みてきたように、専門教育にせよ、基礎教育にせよ、あるいは一般情報教育にせよ、実装方法と量に関する違いは別として、教育基盤としてコンピュータ・サイエンス(CS)を軸とする提言、報告がなされている。どの報告でも議論の段階では多様な意見があり、情報システム学(IS)をどうするのか、もっと広く「情報学」を取り入れるべきではないか、という意見があり、さらに認知科学まで広げるべきだとする意見も出た。これらの重要な意見は、どれももっともな論拠をもちながら、教育基盤とするには至らなかった。これに対して CS は、確立した学問内容をもちかつ基礎的であって、現実の教育に実装しやすく有効性があるだけでなく、先修事項、つまりどうしても先に学習させなければならないものが多かった。この点は逆に、CS の一部は大学入学以前に履修で

きるならなおよい、ということの意味している。

## 4. 大学以前の情報教育の現状

### 4.1 高等学校—数学と物理

平成5年度の指導要領の改訂において、高校教育にも情報を、という努力がなされ、数学の一部と物理の一部に導入された。具体的には、「数学A」に「計算とコンピュータ」、「数学B」には「算数とコンピュータ」という形で入ったが、両科目とも、“必要な内容を適宜選択して履修する科目”(指導要領)なので、コンピュータに関する部分を扱っている学校は、全体の15%程度とみられる<sup>16)</sup>。また扱う場合でも、内容の取扱いが浅いし、教科全体のなかでの比率は2割程度なので、“情報教育の基礎”としての役割はあまり高くない。

一方、「物理IA」では、「情報とその処理」を必ず履修するので重要と考えられるが、この科目の履修はやはり15%程度と推測される<sup>16)</sup>。

さらに「数学C」は、“コンピュータを活用し、応用数理の観点に立って指導する”(同)とされていることから期待がもたれるが、科目としての実施率が低い上に、実施するところでも履修年次が3年次にあてられるところが多く、また建前どりの教育というより、線形代数や解析幾何としての伝統的な数学教育になっているところが多いようだ。

つまり、いわゆる普通高校の数学や物理教育に情報教育を期待するのはきわめて難しいということである。そこには、「大学受験」という重い影のしかかっていることは明らかである。もちろん、熱心な教員の努力によって、コンピュータからインターネットまで、生徒たちに体験させて教育効果を上げている高校もあるが、残念ながら高校教育全体には及んでいないのである。

### 4.2 高等学校—「情報関係基礎」という話題

本年、つまり1997年1月の大学入試センター試験から、「情報関係基礎」という出題科目が加わった。その影響はまだ大きなものではないが、情報教育に関しては画期的なことと思われるので、少し詳しく紹介する。

これは、教科としては「数学」に入る出題科目の1つで、「数学II」「数学II・数学B」「工業数理」「簿記」と並んで数学の“グループ②”とい

<sup>☆3</sup> J97 は、情報処理学会 情報処理教育カリキュラム委員会の委託を受けて、J97 策定 WG(主査京都工芸繊維大学柴山潔教授)によってまとめられた。今年度中に、モデルコースをつけた詳細な報告書が情報処理学会から出版されるほか、「情報処理」に解説記事の掲載が予定されている。

う試験時間が割り当てられる(ちなみに“グループ①”は「数学I」「数学I・数学A」である)。

センター資料の「概要」の表現に従うと、「情報関係基礎」は次のように記されている。

専門教育に関する6教科(「家庭」「農業」「工業」「商業」「水産」および「看護」)および総合学科においては情報に関する科目を原則として履修させること、あるいは務めて履修させることが望ましいとされていること等から、これらに共通する内容の「情報関係基礎」を並置出題し、選択解答の対象とする。(下線は著者)

センター試験では、「工業数理」「簿記」および「情報関係基礎」は1つの冊子になっており、あらかじめその冊子の配布を申し出ておく必要はあるが、原理的にはどの受験生でも受験できる。つまり、「情報関係基礎」は「数学II」や「数学II・数学B」の代替科目として受け止められている。そうはいっても、現実には工業科、商業科、総合学科の生徒が多く受験しているが、普通高校でも、商業科対応の『情報処理』の教科書を採択しているところが20%ほどある<sup>16)</sup>ことを考えると期待もてる。

対応する教科書をみても、コンピュータと情報についての初習事項が並んでいるほか、産業や社会の情報化、情報通信の進展などにもそれぞれにページを割いている。プログラミングやアプリケーション・ソフトウェアについてもかなりの重みがある。だが、最も基礎となるべきコンピュータそのものの説明に、無理な簡約や強引な付会があり、改善を望みたいが、これについては別に考察した<sup>18)</sup>ので、ここでは省略する。

今年度の大学入試センター試験の問題をみると、第1問には4つの小問があり、各々、ハード、ソフト、情報通信、情報化社会に関する基礎的な理解を問う問題になっている。第2問は手応えのあるプログラミング問題、第3問は表計算ソフトを用いる問題解決(広義のプログラミング問題)、第4問はセンサを用いた問題解決(情報処理の実現)であり、第3問と第4問はどちらかを選択することになるが、試験の結果は受験者の相当部分が、難しい問題もすべて正解している。初年度とあって自信のある者が受験したのだろうが、高校教育段階でここまで到達できるのかと感

心させられる。この点は、今後、高等学校に教科としての「情報」を検討していくうえで参考になる。なお、「情報関係基礎」は大学入学資格検定(いわゆる「大検」)にも設けられ、センター試験と同じ年度から実施された。

#### 4.3 中学校—「情報基礎」という話題

一方中学校では、平成3年の指導要領の改訂により、新装の「技術・家庭」の科目の11領域のうちの1つとして「情報基礎」が設定され、移行期間を経て、平成5年度から完全実施された。これは必修の領域ではないが、教育用コンピュータの設置が進み、ほとんどの中学(推測で95%ほど)で「情報基礎」の授業が行われていると聞く。指導要領によると、

- (1) コンピュータの仕組みについて、次の事項を指導する。
  - ア) コンピュータシステムの基本的な構成と各部の機能を知ること。
  - イ) ソフトウェアの機能を知ること。
- (2) コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成について、次の事項を指導する。
  - ア) コンピュータの基本操作ができること。
  - イ) プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。
- (3) コンピュータの利用について、次の事項を指導する。
  - ア) ソフトウェアを用いて、情報を活用することができること。
  - イ) コンピュータの利用分野を知ること。
- (4) 日常生活や産業の中で情報やコンピュータが果たしている役割と影響について考えさせる。となっている。

長々と指導要領から抜き書きしたのは、情報処理学会関係者に、この包括性と網羅性(!)をみてもらいたかったからである。これらは、到達度は別として、先に述べた高校の「情報関係基礎」が対象とする内容にほぼ対応することになる。よくいわれるように、「単にコンピュータを操作するだけなら中学の範囲」であり、まして、「情報関係基礎」が開設されていない普通科を想定すると、確かに高校を超えたものがある。

問題は、これが中学校の「技術・家庭」という教科の一部でしかないこと、したがって「情報基礎」に割り当てられる時間は決して十分ではな

い<sup>17)</sup>こと、また、関心をもった生徒の期待に応えられるかどうか、である。

#### 4.4 コンピュータにおける「装置」と「機能」の教育

中学の「技術・家庭」の指導要領をさらに読み進むと、前節にあげた(1)のA)に対応する内容として、「入力、演算、制御、記憶および出力を取り上げるものとする」となっている。この点は、高校の「情報関係基礎」関連の教科書でも同様で、重要な入口になっている。このような構成は、基礎的にみえるし、入門教育にふさわしい印象を与えるが、教育の実態に則していえば、大きな問題を含んでいることを述べておきたい。

大学での情報教育の教科書を遡って探ると、70年代くらいから、この「入力、演算、制御、記憶および出力の装置と機能」というパターン化した教程と図が目立ってくる。それより古いところでは、コンピュータの本なら中央処理装置の機能にページをさき、概説書なら計算機本体と周辺装置と外部の人間との関係に力をそそいでいる。どちらも納得のできる説明であり、本格的なアーキテクチャの教科書でもないかぎり、「制御」と「演算」を分けて理解させようとはしていなかった。創早期の人々は、現実にコンピュータの設計に関与した人が多く、コンピュータの諸機能を実現するには、装置単独では駄目で、必ず信号線やプログラムが介在し、装置間の連携で動くものであることを知っていたからである。

それがいつの間にか現実を離れて、「五大機能」と「五大装置」という形で教えられるようになった。現在では、この両者を絡めた問題がよく出題されるので、高校から大学にかけて「これを暗記するのが情報の勉強」という風潮すら生んでいる。

もしそれがきちんとしたメタファになっているのなら異を唱える必要はなく、コンピュータを抽象的に理解する助けとして役に立つが、事実はそのようではない<sup>18)</sup>。コンピュータが古典的な道具や機械とは異なるにもかかわらず、それを1つ1つの部材に分けて説明しようという還元主義教育には限界がある。中学・高校の段階では、結局は、やもうえづうのみにして暗記せざるを得なくなるだろう。

コンピュータの装置について学ばせるなら、「装置間の関係」、「ハードウェア装置とプログラ

ムの働き」こそがテーマであろう。単なる装置の集合体としての従来型の「道具」と対比して、装置間の関係やプログラムこそが本質となるコンピュータを示して、人間の思考の明らかな進歩を考えるのは、重要な情報教育であると思われる。

#### 5. これからの情報教育の視点

現在の我が国の大学生や卒業生に対して、次の点が指摘できる。

- 文系の卒業生は物事の解決法を覚えるだけで、問題の定式化や解決のための論理展開が不得手である。
- 理系の卒業生は計算はできるが、問題意識に乏しく文章表現が不得手である。

これらは、表れ方は違っても同根のもので、コンピュータの普及する情報化社会において、致命的な欠陥といってよい。これにとどまらず、こういった根源的な問題点を克服するには、初等中等教育段階から適切な情報教育を開始する必要があると考えて、昨年、日本教育工学関連学協会連合として中央教育審議会宛に、また情報処理学会として文部省初等中等教育局宛宛に、提言を行った。ここでいう情報教育は、当然ながら人間の言語活動にかかわる広義のそれである。

この章では、情報教育のなかで、広義の言語活動を扱う必要があること、また、コンピュータ・サイエンスの教育を中等教育から高等教育にわたる広いレンジで行う必要があることを述べる。これらは、連載の第一回<sup>1)</sup>の4章で提示された「システムの思考」の遂行能力の育成に関して述べられていることがらと、相補的な関係にある。

##### 5.1 問題解決と言語活動

産業社会、地域社会、そして個人生活で遭遇する諸問題を、「問題解決」という形でまとめることにすると、まず問題意識をもつこと、問題を定式化すること、そして問題を解決することとなるが、どの段階においても、思考は言語によって行われ、言語によって伝えられ、討論される。そして、解決されれば、言語によって記憶される。

人間の言語活動全体を考えるとたいへんに広いものになってしまうが、ここでは意思疎通に限定して考えることにしよう。これからの時代、意識するしないにかかわらず、コンピュータとネットワークが介在して人を助けていくわけであるか

ら、意思疎通の言語は一オールの表現をとった時でも一、文章的で、ある程度構造化されたものということになる。これを十分に使いこなすことが求められるが、大学生をみても時に心配になるように、なかなか適切なかたちにまとまらない。よく一口に、「論理的でない」といわれる現象である。ただ気をつけなければならないのは、この場合の「論理的(でない)」とは、古典論理の意味でのそれではなく、文脈依存、状況依存であることを考慮してもなお、何を表現したいのかが不明である、ということである。

従来の語学教育は、せいぜい百行程度の短い文章の解剖か、長ければ文学作品としての鑑賞に分極していたと思うが、これからの時代、意見表明のためには、もっと長い文章を論理的に書く、長い口答発言をきちんとする、ということが求められる。われわれの発語(オーラルな発声や書いた文・文章)は、文脈依存性、状況依存性をうまく利用して組み立てられるものであり、そうすることの必要性や利点を積極的に前面に出して訓練する必要がある。さらに、われわれの発語は、実は時代依存、文化依存になっていることも教えなければならないだろう。相手の発語も同様で、コミュニケーションの成立のために、「論理的」で「客観的」な発語の訓練が求められる。こうして訓練された言語を、ここでは「磨かれた自然言語」と呼んでおく。

## 5.2 言語活動と情報教育

ネットワーク・コンピューティングが人間の環境を形成し支援する時代がきた。そこにおける思考活動、言語活動ということを中心に置くと、初等中等教育から高等教育に至るまでのそれぞれの段階で、どんな情報教育をすべきかという問題はかなり明確になってくる。

教育の全段階を通して、直接的には、

- コンピュータとネットワークを自らの支援環境として生きていくための言語と思考の教育が重要であり、それを支える基盤として、

- コンピュータ・サイエンスの教育が必要である。後者については次節で具体的に述べる。前者の言語と思考の教育は、最も議論の出るところである。著者たちは、自分の思考活動を支えているものは何か、を問うてみて、次の3つの様相があると考えている。

- 磨かれた自然言語
- 記号的・象徴的機能が支援する自然言語
- 形式的・人工的機能を包含する言語

“磨かれた自然言語”については、前節で述べた。自然言語といえども、それを使って思考していけるように、その持ち主によって磨かれねばならない。ギリシャの古代哲学者にあっては対話が思考方法であり、対話によって言語を磨いたという。後の時代では、紙と筆・ペンによって思考し、そこに書いた文章によって言語を磨いたように、ネットワーク・コンピューティングの時代には、それを使って思考し、それに支援させて、自らの言語を磨くことが重要であろう。

こうして磨かれていく言語には、従来の定義では言語でないものがたくさん入ってくる。まず、記号的、象徴的な要素がそれで、図形などは古典的なものだが、現在我々が使うコンピュータのアイコンは、実は高度なエージェントによって支えられた機能の象徴であり、我々はそれを操って知的活動を行っている。

さらに、普通は非言語的範疇に入れられている数学的表現も、思考を助けてくれる。問題がある偏微分方程式で書けることがわかったとすれば、それがすぐ解けるかどうかは別として、思考は格段に進んだことになる。オートマトンにしても同様だし、こういった形式的・人工的機能は、専門家を強力に助けてくれる。我々はこれに、プログラミング言語や問題解決エージェントといったものをつけ加えて人間の力を増大させてきた。こちらの方は、必ず解を提供する(しなければならぬ)ということ、確実に役に立っている。

さてこれらの教育だが、自然言語を磨くことと、記号的・象徴的機能の活用は、初等中等教育における情報教育で十分に扱うことができる。たとえば、簡単なプログラムで役に立つものを作らせて、それをアイコン化させてみるといい。そういったものをグループで作らせて、総合的な機能のアイコンができて、自分たちの「能力」が高まるのを経験させたいものだ。

これに対して、数学的表現を含む形式的・人工的言語機能の活用は、高等教育において本格的に行われるべきものだろう。ただし、その入門教育は高校段階から始めることができる。従来は、大学の数学でしかあつかえなかったものも、次節で

述べるように、CS の観点でみると、高校で十分あつかうことができるからである。

### 5.3 コンピュータ・サイエンスの教育

コンピュータ・サイエンス(CS)という言葉の指す意味を、ここではJ97のワーキンググループが用いた表現、“情報という論理的概念とその物理的実現に注目する際に関与してくる科学”，をもとに、それを少しルーズに解釈したものとしておく。J97においては、論理的概念と物理的実現の対応づけを重視しているの、CSは実はCS(Computer Science)+CE(Computer Engineering)である、といきっているが、中等教育段階のことを考えると、場合によっては、モデリングと実装を切り離してもよいと考えるからである。したがって、従来の文献<sup>1)</sup>よりも広く、J97より狭い解釈になる。

さて、前節で大学等における情報教育の教育基盤にはCSが適当であると述べたが、CSの内容には、中等教育の段階で十分に学習可能なものがある。あるいはすでに、数学としてではあるが、中等教育に取り込まれているものもある。誤解を恐れずに書くと、データ構造や論理回路などは前者の例で、木のグラフや確率などは後者の例である。

もちろん、コンピュータで使われる論理回路についての全体的理解には、アナログ電子回路の知識が必要で、そういった段階を踏まない教育は論理回路の教育とはいえないという意見(正論である)があることはよく承知しているが、入門教育・概念教育となればまた別であろう(これが前述したように、CS+CEにこだわらなかった理由でもある)。リレー回路とランプの組合せのようなものであっても、動作速度を別にすれば論理回路とその物理的実現の例になるし、「論理的」と「物理的」の区別を学ぶ上の重要な例になる。このような、具体的だが基礎的な概念のいくつかについて学習が行われていれば、情報とコンピュータについての教育を確実なものとしてくれるだろう。

早い時期からCSの一部を学ばせたい理由をまとめて述べると、次のようになる。

- 1) CSの基礎的な概念を、できるだけ簡単な具体的事例で学ばせて、体得させたい。
- 2) 必ず数学を先修しなければならない現状を改

善したい。

- 3) 国際的な教育の流れに同期させたい。

最初の1)は上で具体的に述べた。2)の例をあげると、たとえば関数(function)という言葉と概念は情報教育には欠かせないが、現状では、中等教育の数学で連続関数を学び、その記法—かなり固定的なものも気になるところだが—を習得したあとで、大学等の情報教育で有限状態の離散関数を学ぶことになる。むしろCSの授業として、離散関数を先に学び、その表記にしても多様な方法があることを知る方が、簡単で分かりやすく、深い理解に達すると思われる。

最後の3)は、1章で述べたUNESCO/IFIPが1994年、“中等教育段階で情報教育を”という趣旨の勧告<sup>2)</sup>を各国に行ったことに端的に示される流れである。勧告は、今後の社会発展を冷静に分析した結果として、IT(Information Technology)教育を、中等教育段階で授ける必要があると指摘し、これを受けて、多くの国々で、中等教育段階で情報教育を積極的に開始した。その結果、CSの一部は中等教育で履修するという流れが現れている<sup>1)</sup>。

## 6. おわりに

以上述べてきた情報教育の実施方法については、紙幅がないので簡単に記すが、中学・高校に独立教科としての「情報」を設けて、その中に適切な比率で設定することが望まれる。よくかみ砕いた内容で教科書を作れば、早い段階で重要な概念理解ができ、子ども達は、学習による大きな喜びが得られるだろう。これは、今まではもちえなかった概念や言葉を使って考えたり、会話したりできるようになることを意味する。前述のように、情報という概念は論理的存在だから、適切な「言葉」を知らなければ考えたり語ったりすることはできない。初等的のものであっても、概念理解が先であれば、高等教育段階ではきちんとした教育になることはいうまでもない。

## 参 考 文 献

- 1) 岡本敏雄, 西之園晴夫: 初等中等教育における情報教育の動向 1. 初等中等教育での情報教育の取り組みと現状, 情報処理, Vol.38, No.7, pp.594-599 (July 1997).
- 2) Informatics for Secondary Education; A



- Curriculum for Schools, Produced by a Working Party of the International Federation for Information Processing (IFIP) under the Auspices of UNESCO.
- 3) 「21世紀：豊かな情報化社会の実現を願って」—教育に課せられた課題—, 情報処理学会(1997), 印刷中.
  - 4) 岡本敏雄, 西之園晴夫, 永野和男: 初等中等教育における情報教育の動向 2. 初等中等教育での情報教育の内容, 情報処理, Vol.38, No.8, pp.713-719 (Aug. 1997).
  - 5) 武井恵雄: これからの一般情報処理教育, 平成5年度情報処理研究集会講演論文集, pp.8-18, 文部省・名古屋大学(1993).
  - 6) 「大学等における情報処理教育のための調査研究報告書」(文部省委嘱調査研究), 情報処理学会(1991).
  - 7) 「大学等における情報システム学の教育の在り方に関する調査研究」(文部省委嘱調査研究), 情報処理学会(1993).
  - 8) 「大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究」(文部省委嘱調査研究), 情報処理学会(1993).
  - 9) 「短期高等教育における情報処理教育の実態に関する調査研究」(文部省委嘱調査研究), (1995).
  - 10) D.A. ノーマン(佐伯 胖監訳): 人を賢くする道具—ソフト・テクノロジーの心理学, 397p., 新曜社(1996).
  - 11) 佐伯 胖: 新・コンピュータと教育(岩波新書), 199p., 岩波書店(1997).
  - 12) 野口正一, 牛島和夫他: 「情報処理専門教育について」—大学等における情報系専門教育の改善への提言, 情報処理, Vol.32, No.10, pp.1079-1092, pp.1079-1092 (Oct.1991).
  - 13) 牛島和夫: 「情報処理専門教育について」—理工系情報専門学科におけるコアカリキュラムについて, 情報処理, Vol.32, No.10, pp.1093-1110 (Oct.1991).
  - 14) 都倉信樹: 「情報処理専門教育について」—情報処理教育における実験・演習, 情報処理, Vol.32, No.10, pp.1101-1108 (Oct.1991).
  - 15) 「工学系学部における基礎教育としての情報処理教育の事態に関する調査研究」(文部省委嘱調査研究), 情報処理学会(1997).
  - 16) 西之園晴夫 他「高等学校段階における情報教育カリキュラムの開発と大学教育の連続性に関する研究」(平成6年度科学研究費補助金(総合研究(A))最終研究成果報告書), 303p. (1995).
  - 17) 荒木直美, 斎藤俊則, 大岩 元: 義務教育課程における情報教育—中学校技術家庭科「情報基礎」の現状より—, 情報処理学会研究報告, 96-CE-42, pp.1-8 (1996).
  - 18) 武井恵雄, 丸山健夫: IT教育のためのコンピュータ・モデル, 情報処理学会研究報告, 97-CE-43, pp.17-24 (1997).
  - 19) Denning, P. et al. (木村 泉訳): 学問としての計算機分野, 情報処理, Vol.31, No.10, pp.1351-1372 (Oct.1990).
- (平成9年7月22日受付)



武井 恵雄 (正会員)

1938年生。1961年東北大学理学部天文及地球物理学科第二卒業, 1963年同大学院理学研究科地球物理学専攻修士課程修了。理学博士。東北大学理学部助手を経て, 東北大学情報処理教育センター助教授, 1992年帝京大学理工学部情報科学科教授。力学系, 知的信号処理, 情報教育の哲学的側面などに興味をもつ。地球電磁気・地球惑星圏学会会員。



大岩 元 (正会員)

1942年生。1965年東京大学理学部物理学科卒業。1971年同大学院博士課程修了。理学博士。同年東京大学理学部助手。1978年豊橋技術科学大学情報工学系講師。1980年同助教授。1985年同教授。1992年慶應義塾大学環境情報学部教授。1974～1976年英国ケンブリッジ大学キャンベンディッシュ研究所客員研究員(ブリテイッシュ・カウンシル・スカラ)。1979～1980年米国コーネル大学応用物理学科客員準教授。キーボード入力, 情報教育, ソフトウェア工学などの研究に従事。