

IT教育のためのコンピュータ・モデル

武井恵雄

takei@ics.teikyo-u.ac.jp

帝京大学理工学部情報科学科

丸山健夫

maruyama@takeo.com

武庫川女子大学文学部人間関係学科

IT(Information Technology)教育が、国民皆教育になろうとするとき、"コンピュータ"というものを、どう教えるのがいいのだろうか、という考察である。中等教育段階で、コンピュータがどのように教えられているかを検討した結果、コンピュータそのものの理解、コンピュータが果たす役割の理解、そして、コンピュータに取り組むための導入、のどれをとっても、現状の教科書の表現には幾多の問題があることを指摘せざるを得ない。この問題の沿源を検討してみると、大学・短大においても、同様な事情が顕在化してくることが予想される。

ここでは、将来にむけての広義の情報教育を体系づける上で、中等教育・高等教育の各段階で、コンピュータをどう教えるか、という問題についての考えを述べ、モデルを提案する。

An Educational Model for Information Technology

Shigeo Takei

takei@ics.teikyo-u.ac.jp

Dept.Information Science

School of Science and Engineering, Teikyo University

Takeo Maruyama

maruyama@takeo.com

Dept.Human Relations, Faculty of Letters

Mukogawa Women's University

This study was designed to provide the appropriate way of teaching computer itself. Information Technology has been one of the essential skill in the modern society. We firstly analyzed the present curriculum and contents relating the information technology in the secondary school in Japan. We considered the way of teaching in understanding the mechanism, role and elementary use, but we found that some of the contents and expressions are not suitable for the coming information society. According the progress of the information society, these problems will be found in all the educational stages. We discussed and suggested a model of the way of information technology education in the secondary and higher education.

1. はじめに

情報処理学会や教育工学会などの10団体は、平成8年春、中央教育審議会に対して、「情報教育小中高一貫科目の設置要望書」を提出した。また、情報処理学会は、同年8月、文部省初等中等局長宛に、「初等・中等教育における情報教育の提案」を出して、教育課程や教科内容について提言を行っている。

著者たちはその立場に賛同するものだが、初等中等教育から一貫した情報教育を行うことを想定すると、現実には諸々の問題に遭遇するであろう。中でも、“コンピュータというものをどう教えるか”ということは、難問の一つとなると思われる。本稿は、それがなぜ難問なのかを示し、どう克服すべきかといったことを考察することを目的とするものである。

2. IT教育という捉え方

本論に入る前に、本稿で想定している今後の情報教育の把握について述べておきたい。

“中等教育段階で情報教育を”，というUNESCO/IFIPの勧告²⁾は、その基礎に、今後の社会発展に関する冷静な分析を踏まえており、重要な指摘であると受け止めている。

ただし、わが国の場合は、その高学歴志向から、この種の教育は、中等教育だけというより、大学教育まで引き伸ばされた形で受容することになるのであろうと見ている³⁾。なぜなら、わが国もそろそろUNESCO/IFIPの勧告にいうところの**Information Phase**から、**Communication Phase**に移り行くところに来ている⁴⁾とみられるので、情報に関するきちんとした公教育なしには、社会が立ち行かないだろうと思われるからである。その教育が、中学・高校から行われることになるどうかは、現状では不明であるが、実施に移された場合でも、大学はアンカー役をするであろうし、実施されず、中学・高校が現状のような教育を続けるなら、大学がそれを補償する形で、より強く反応することになるだろうと思われる。

どちらのシナリオが実現するにしても、情報教育は、社会的な役割を盛り込んだ意味での複合的な**Information Technology(IT)**を強く意識して進めなければならないだろう。本来、それを外した教育は成り立たないし、しかも、国民皆教育に近い形にしなければならないはずのものであると思われる。

現実には、教育課程や教育内容も、多様な諸条件のせめぎあいでは決まるものだからどうなるか分からないけれど、今後の情報教育が、従来のコンピュータ・リテラシー教育、情報リテラシー教育よりも、“重い”役割を担うことになるのではないかとみている。もう少し踏み込んで言えば、“どうしても身につけておかなければならないもの”、“大抵の人が身につけるもの”、と受け止められるだろうという見かたである。

3. IT教育の繰り下げ開始にともなう困難

今までは、大学に入学してから一般情報教育を行うことになってきたため、不都合も多かった代わりに都合のいいこともあった。ある程度抽象的な思考が出来る年代になってから教える

わけなので、「原理」と「実現・実装」の分離、「静的機構」と「動的機能」の分離と対比が可能である。機能的定義や再帰的定義も使うことが出来る。特に、「何々は何々である」という宣言的説明を避けることも可能である。この点は、「コンピュータとはどういうものか」を、適当な時間をかけて教えていく上で重要であった。

ところが、たとえば中等教育段階から本格的な情報教育を行うとなるとどうだろうか。多分、ある時期に「何々は何々である」式の授業をしなければならないだろう。それを現実に行っているのが、実は職業高校の「情報関係基礎」の教育である⁵⁾。

工業科などの工科系の職業科では、エレクトロニクスやコンピュータなど、そのものの教育が早くから行われて来たが、平成6年度からは、各職業科において、「情報処理」「情報技術基礎」、「農業情報処理」といった情報関係基礎の科目が設けられ、多数の履修者が出るようになった。

これらの科目においては、社会における情報の役割などととも、コンピュータそのものの理解を目的とする章(単元)が設けられている。このような設定は当然のものと思われるが、実はここに二つの問題がある。一つは、そこにおける説明の適切さの問題、もう一つは、後にくるかもしれない高次の学習の基礎になり得るかという問題である。

前者については章を改めて述べるので、後者をなぜ問題視するかについて述べてる。

職業科であるということから大学進学率は今のところあまり高くないが、高校のうちに、工業科や商業科では、この情報関係基礎の科目を学習したあとで、より専門的な教科を学ぶ機会がある。また、卒業後、職業に則して専門的な学習をする機会はかなりあると思われる。その際に、ここで学んだことが真正な意味で、基礎になり得るかという問題なのである。

たとえば、算数・数学に例をとると、小学校から一貫した教育が行われており、低学年での学習内容は、簡単ではあってもあとで否定されるようなことは一つもない。自然数のあとに整数やその演算を学び、有理数やその演算を学ぶが、「あれは説明のための便宜であって」などという取り消しはない。あるのは拡張となるような追加であり、この点は国語や社会科でもそうである。そのように教科内容を整備しなければならないのが教育であろうが、こと、情報関係基礎についてはこの性質——仮に完備性とよぶことにする——が備わっていないのではないか、ということを指摘しておく。

4. "コンピュータというもの"がどう教えられているか

高校の情報関係基礎の教科書⁶⁾をしげしげと眺める機会があったときに、一番驚いたのは、「コンピュータの機能」、「コンピュータの構成」といった章の内容である。

現実に使用されている教科書であるという性質上、そのままここに載せるわけにいかない。資料の趣旨に忠実に、しかし新たに製図して示すと、たとえば図.1のような図がある。

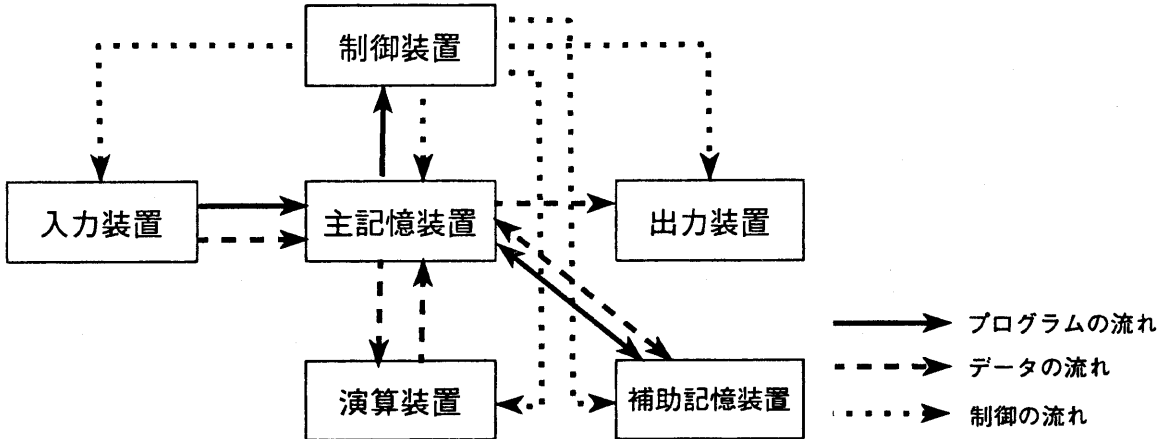


図.1 教科書に見られる代表的なコンピュータの装置と機能の説明図

このような図および、本文の説明では、以下の点に驚かされる。

- ① 図中の「プログラムの流れ」「データの流れ」「制御の流れ」の線
- ② 図中の「制御装置」と「演算装置」の独立性
- ③ 「中央処理装置」といったものが現れない構成
- ④ 入力機能・記憶機能・演算機能・出力機能・制御機能と
入力装置・記憶装置・演算装置・出力装置・制御装置とを
直接、一対一に結びつける説明
- ⑤ 「五大機能」と「五大装置」という表現
- ⑥ 「五大機能」と「五大装置」としての暗記を求める練習問題

コンピュータ教育に携わっている人なら、この図や本文における説明における不都合や疑問にすぐ気づかれることだろう。

たとえば制御の説明では、命令制御、記憶制御、入出力制御のそれぞれにおける特徴のある制御装置の働きが、一度に、且つ平面的に述べられて、図に描かれていること；命令あるいはプログラムによる制御と制御信号による制御が区別なく書かれていること；入出力の説明では、入出力機構とオペレーティングシステム(あるいは単純な入出力プログラム)の入出力機能が二重写しになっていること；等々を読み取ることができるであろう。

上述の中には、作図の困難さから来る面もあるかと思うが、本質的には、コンピュータは、「装置」というハードウェアが持つ「機能」だけではなく、ソフトウェアが発揮する「機能」で構成されて動くものである、という最も基本的なことがなござりにされている結果が如実に現れている。その結果、「制御装置」がすべてに君臨して制御している形の図になってしまっ

ている。このような図は、表現の違いはあれ、どの教科書にも出て来るが、そこにおける「制御装置」は、実はオペレーティングシステムやらプログラムやらの働きの"権化"に過ぎない。

しかし、高校の教科書だけを責める訳にはいかないかも知れない。わが国の情報技術に影響をもつ二つの流れ、すなわち、各コンピュータメーカーの教本と、情報処理技術者試験の教本や練習問題においても、ここに指摘したような不思議な説明が行われている。一体、教えている人の頭の中は混乱しないのだろうか、そうやって「教育」された人は、果たして理解の像を結べるのだろうか。

なお、工業科の教科書では上述したような矛盾した記述は少ない。これは、本質的にボトムアップな教科であり、機器寄りの記述に限定しているせいかと思う。

また、分野を問わず、人間の情報処理との対比だけに限定し、コンピュータの構成に立ち入らない教科書は、比較的問題が少ないとみた。

5. "コンピュータというもの" をどう教えたらいいだろうか

教科書あるいは参考書における説明とは、あくまで学習者が適切な理解の像を自らの内に結ぶための補助手段であろう。当然、学習の各段階ごとに適切な資料が提示されるべきであるし、前述した例で言えば、装置とプログラムの機能をごちゃまぜにして一緒に教えるべきではないし、一つの絵で済ますなら、もっと思い切って単純化すべきであろう。なぜなら、装置というハードウェア一つをとっても、実際には、極めて細心に設計された多数のユニットによって構成されるものであり、説明と理解とは、それを適切に粗視化することにほかならないからである。この点は、他のすべての教科、学問と異なることはなく、未だ適切に粗視化する適切な方法を得ていないだけだと思われる。「コンピュータの説明は難しい」という人に遭遇することがあるが、この点に問題があると思われる。

では、具体的にいうと、どこまで粗視化するのが適切なのだろうか。これは、教えるべき概念と、学習の段階に依存するものであり、それをきちんと整理して提示する時期にきていると考えている。先に述べたように、大学において初めて情報教育を行っていた時期は過ぎ、早期から始まる本格的で、大衆的な教育のためには、適切な教材の準備とその効果の研究が必要と思う。

ここでは、ごく概略のスケッチを示すにとどめるが、たとえば「コンピュータの機能」を理解するのに、次のプランはどうだろうか。

- (1) コンピュータを使うだけで、構造や機能に触れない
- (2) コンピュータを使う際に、特定の装置の役割に関心をもつ
- (3) ハードウェアとソフトウェアの区別を知る
- (4) 単純なプログラムが働くのを見て、プログラムの機能を知る
- (5) 通信を含む入出力の基本的な機能を知る
- (6) 取りはずせる補助記憶によって情報量を測る
- (7) 適切な例で、内部記憶の重要さを知る
- (8) 原理としてのCPUを学ぶ

- (9) さらに詳しく学ぶ人は、バスを学ぶ
- (10) さらに詳しく学ぶ人は、シミュレータなどで、CPU機能をみる
- (11) さらに詳しく学ぶ人は、命令制御・記憶制御を学ぶ
- (12) さらに詳しく学ぶ人は、入出力制御を学ぶ
- (13) さらに詳しく学ぶ人は、コンピュータ・アーキテクチャを学ぶ

図を使って説明するのは、早くて(3)の相以降であり、たとえば図27)程度でとどめておくのが適当であろう。(8)の相に至って初めて、制御に関する簡単な図の意味が解ると思われる。そこを過ぎれば、(9)以降の学習は比較的容易である。著者の一人は、本来、一般情報教育の参考書として書いたつもりの本が、情報専門教育にも有効で、シミュレータの併用で(11)まで楽に進めることを、実際の教育で確認している⁸⁾。

しかし、コントロール・バス、アドレス・バス、データ・バスについての適切な理解を持つことは、コンピュータそれ自体の深い理解に至るという意味で結構であるが、多くの学生にとっては、その理解よりも、オペレーティング・システムの機能と役割を理解する方が重要なことでもある。

要は、初歩的な段階においては初歩的に、いくらか進んだ段階ではその段階なりに、各々の段階に応じて適切なメンタル・モデルが描けるように設定すること、そして、後から学ぶことが矛盾するこのないように、細心の注意を払って、完備性をもつ教育を行うことである。わが国では、中等教育段階においては、この点の検討が不十分であることに、もっと多くの方に関心を持っていただきたいと思う。同じことが、情報処理技術者試験の参考書や、場合によっては大学における教育においても見られることにも注意したい。

6. まとめ

本稿では、今後の情報教育が、大学におけるリテラシー教育といった古典的・牧歌的な段階から一歩進んで、中等教育から高等教育にわたるIT教育として広がるという見通し述べ、これに対応して、教科それ自体の教え方の変容の可能性と、「教科書」の問題があることを指摘した。特に現行の高等学校の「情報処理」等の教科書の一部には、明快な理解像を得るのが困難な図や説明があること、同じような問題点が高校の教科書以外にもあること、を詳しく述べた。

この問題点は、「コンピュータをどう教えるか」という根源的なことにかかわっており、学習者の学習段階に応じて、もっと適切な教育が行われる必要があることを主張して、教案案のプロトモデルを出してみた。

他の先達の教科と同様、情報教育においても「完備性」を備えた教育にしなければならないので、今後もっと検討の範囲を広げて、詳細で実証的な研究を進めることを提案する。

註および引用文献と資料

- 1) 文部省中央教育審議会(有馬 朗人会長)宛に、「情報教育小中高一貫科目の設置要望書」を、日本教育工学関連学協会連合として提出した。関連する学協会は以下の通りである。日本教育工学会(坂元 昂会長)、教育システム情報学会(大槻 説乎会長)、日本科学教育学会(今堀 宏三会長)、日本認知科学会(波多野 諠余夫会長)、日本視聴覚・放送教育学会(高桑 康雄会長)、日本教育方法学会(恒吉 宏典代表理事)、電子情報通信学会教育工学研究専門委員会(岡本敏雄委員長)、情報処理学会コンピュータと教育研究会(大岩 元研究会主査)、人口知能学会 知的教育システム研究会(溝口理一郎研究会主査)、国立大学教育実践研究指導関連センター協議会(後藤 忠彦会長)。このあと、情報処理学会からは、文部省初等中等教育局長宛に「初等・中等教育における情報教育の提案」が会長名で提出されている。
- 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. (邦訳)「ユネスコの情報教育カリキュラム」(高橋和広・古田貴久・松田稔樹 訳), 平成6年度科学研究費補助金 総合研究(A) 研究成果中間報告(研究代表者坂元 昂);「諸外国の情報教育・コンピュータ教育の実態調査」, pp.1-56 (1997)
- 3) 武井恵雄「情報教育は一般教育を変えるか」一般教育学会誌, 17, 135-138,1995.
- 4) 前項のUNESCO/IFIPの文書では、国によって情報化の進展は様相が異なるとして、3つの相(phase)を設定している。簡単に要約すると、最初の相がAutomation Phaseで、情報化は、ひとえに技術者集団の責任に帰せられる相; 次がInformation Phaseで自動システムが人々にコンピュータの使用を求めることになる相; 第3がCommunication PhaseでNetwork Computingで協調作業しITが社会基盤の一つとなる相; としている。
- 5) 商業高校、工業高校など、職業教育を主とする高校での情報関連の基礎科目は、情報処理(商業科)、情報技術基礎(工業科)、農業情報処理(農業科)、水産情報処理(水産科)、家庭情報処理(家庭科)、看護情報処理(看護科)である。大学入試センターのセンター試験では、これらを「情報関係基礎」としてまとめており、この用語が他でも使われるようになって、定着しつつある。なお、商業科、工業科では、その上に「プログラミング」とか「ハードウェア」とかの科目がある。
- 6) 参照したのは以下の16冊である。教科書の性質状、出版社と書名の組み合わせで認識されていることが多いので、便宜上、出版社、書名、著者等の順に示す。この意味で、著者等が多数の場合は「ほか何名」といった略記法を用いた。執筆、編修、共編、校閲などの表現は原著に従う。それぞれの科目の中の順序は、出版社名の五十音順でならべた。

(商業科)

暁出版	新情報処	築茂春男・永浜裕之・林 修共編
大原出版	情報処理	加藤 昭ほか4名
学研	情報処理	土屋 浩・後藤安孝ほか8名
実教出版	情報処理	高橋三雄監修・中澤興起ほか5名執筆・編修
実教出版	最新情報処理	高橋三雄監修・中澤興起ほか5名執筆・編修
大日本図書	情報処理	渡辺茂・秋山穰・山田不二雄ほか18名
東京書籍	情報処理	古林隆ほか5名
一橋出版	情報処理	安藤明之ほか6名
一橋出版	新版情報処理	天野光芳ほか5名

(工業科)		
オーム社	情報技術基礎	小市直人・堀江俊明・豊田達也
コロナ社	情報技術基礎	西之園晴夫ほか9名
実教出版	情報技術基礎	伊理正夫監修・赤沼岩男はじめ10名編修
東京電機大	情報技術基礎	岡戸博ほか6名
(農業科)		
実教出版	農業情報処理	木谷収・町田武美ほか4名編修
農文協	農業情報処理	高倉直ほか4名
(家庭科)		
学研	家庭情報処理	松村祥子・石田米和ほか8名
実教出版	家庭情報処理	木谷収監修・大森正司ほか3名執筆 小林廣子ほか4名校閲
(水産科)		
海文堂	水産情報処理全国高等学校水産教育研究会	

7) L.ゴールドシュレーガー/A..リスター「計算機科学入門」図1.2, 近代科学社

8) 著者の一人(武井)は, 奈良久・武井恵雄「情報処理の基礎」(共立出版)の第8章で設定しているCOMETの機械命令の構成をもとに同僚の渡辺博芳氏が制作したCOMETシミュレータを用いて, 情報科学科の学生に, "CPU/Assembler演習"を行い, CPUの命令制御・記憶制御の詳細な勉強をさせている. 受講学生の大多数が理解して力をつけているという意味で, 有効な授業になっている.