

電子計算機教育のための教科書について

—商業高校用教科書の紹介—

大 槻 説 乎†

1. はじめに

電子計算機は使えば使うほどおもしろくなる、興味のない道具である。と同時に複雑で膨大な体系を持っており、現代社会のあらゆる分野に浸透して大きな影響を与えている。この二つの側面は、計算機を使って仕事をしている人間にはだれにでも実感として体得されるものであるが、世間一般には後者の側面だけが広く伝えられていて、全く計算機を知らない人々に、使えば使うほどおもしろくなるという側面を納得させるのはまことにむずかしいことである。特に教科書として電子計算機全般にわたる総合的な解説を行わねばならぬとなると、このおもしろさという側面を保ちつづけることがいかにむずかしいかということは、今回この原稿を書くために高等学校用に書かれた4冊の教科書を通読して最初に感じたことであった。

一体このおもしろさはどこからくるのだろうか。先ず考えつくことはアルゴリズムを構成するおもしろさ——たとえば、簡単な問題でもアルゴリズムを自分で工夫して記述するというおもしろさ、また一見できそうもない問題のアルゴリズムをうまく見つけ出した時の痛快さなど——次に機械がそのアルゴリズム通りに実際に動いて、目の前に結果を出してくれる時の醍醐味。最後に、どうしてもわからなかった誤り原因を見つけた時の感激などで、これらはプログラムを自分で作ることや、実際に計算機のボタンを押して、自分で機械を動かしてみることなしには、得られないであろう。

このおもしろさは、計算機の学習意欲につながるものであり、大いに計算機そのものの理解を助ける働きを思うので、実習を抜きにした電子計算機教育などというものは畳の上の水練同様、教育効果は半減すると思われる。

電子計算機のもう一つの側面は、電子計算機の適用

範囲が、原理的にはともかくとして、実際的には閉じていないこと、すなわち未開発の応用分野が無数にあるということ、この点も計算機のおもしろさと通ずるわけであるが、これを実感として認識させることは更にむずかしく、高校用教科書の範囲からは、はるかに外れてしまうことになる。それでも電子計算機の教科書としては、限られた紙数で、現在の応用から将来の展望までを記述せねばならない。この辺にも高校用の一般教科書のむずかしさがある。

ともあれ高等学校の計算機の教科書に対しては、

- (1) わかりやすいこと、
- (2) 電子計算機に対する興味を抱かせること、
- (3) 電子計算機の基本的なしくみやはたらきについての理解が得られること、
- (4) 実習を配慮すること

などが要求されるであろう。さらに商業科用教科書——この文の目的は商業科用教科書の紹介であるが——としては上の要求の外に実用的な観点から

- (5) 卒業時、就職先を選ぶ時に計算機関係の仕事に対する適性を自分で判定できること、
- (6) 計算機関係の仕事に就いた時に役立つ基礎技術の習得

などが要求されると考えられる。

上のようないくつかの点を基準として、現在出版されている高校教科書について考えてみよう。

2. 教科書の内容について

ところで、電子計算機に対する一般向きの教科書を書く時には、次のようないくつかの問題点に関して、基本方針の決定を迫られる。

- (1) 計算機の解説をどのレベルから始めるか。

高等学校の商業科の生徒が対象であるから、ハードウェアの詳細についてはふれる必要がない。しかし、ハードウェアとソフトウェアとの関連をどの程度に保つかということは相当大きな問題になりうる。

† 九州大学中央計数施設

a) ハードウェアの付加的な部分を全部切り捨ててしまうと、残りは論理的には非常に単純なアルゴリズムの処理機械になってしまう。このレベルで先ず計算機を捉えて、ここから出発するのも一つの方法である。この場合はプログラミング、計算機によるプログラムの実行、ハードウェア、ソフトウェア等の大部分を機械語を用いて、このレベルで統一的に解説することができる。このようにして計算機の基本的なしくみとはたらきを生徒に十分納得させた上で付加機構、計算機システム、応用などの解説に進むことになろう。このやり方によれば「計算機は何をすることができるか」ということに対する生徒の理解は相当得られるものと思われる。ただ機械語やアセンブラ語のように、直接計算機の動作と対応するプログラム言語を扱うことになるので、後に述べるように、実習との関連性について相当の配慮が必要になるであろう。

b) a)と対照的な方法として特定のコンパイラ語によるアルゴリズムの記述法から出発することもできる。この場合は言語の解説に役立つハードウェアの解説を導入として先行させる場合が多いようである。たとえば「計算機の記憶装置はどのようにして文字や数を記憶するか。」といったぐいの解説である。しかしどのような導入を試みたとしても、この場合は計算機のしくみやとはたらきをプログラムと関係づけて納得させることはできないし、もちろんそれがこの方法の目的ではない。むしろ個々の計算機とは独立したアルゴリズムの記述手段としての言語の意味を理解させると同時に、実用的なプログラミング入門書としての役割りをも兼ねさせるとことが目的であろう。したがって、言語、ハードウェア、ソフトウェア、計算機システムなどがその関連性をも含めて記述説明され、教えこまれることになる。この方法をとった場合はどの言語を選んで、どの程度まで解説するかという問題がある。たとえば FORTRAN か COBOL か、サブルーチンや DO 文を教科書に含ませるかどうかといった問題がおこる。

(2) 生徒に何を教えるか。

これは教科書のねらいをどこに置くかというもっとも重要な問題であり、著者の計算機教育に対する考え方によって決定される。もちろん、文部省の指導要領によって内容の大枠がきめられているわけであるが、その中でも、何を目的に教科書を構成するかという点

で、次のようにいくつかの場合が考えられる。

- a) 計算機の基本的なしくみやとはたらきを理解させる。
- b) 計算機システム全般に亘る常識を与える。
- c) FORTRAN や COBOL のような実用的なプログラム言語の入門書とする。
- d) パンチャー、コーダー、プログラマーなどの仕事に就いても困らぬような基礎技術を解説する。

もちろん上の四つの目標は排他的なものではなく、いくつかを組み合わせる教科書を書く場合が多いであろう。今回のような商業科の教科書には当然上の四つの目標はどの教科書にも多少とも含まれている。ただ著者の立場によって重点のおき方が非常に変わってくるというだけである。

(3) どのように記述するか。

教科書の記述形式にはいろいろなものがある。

a) 説明形、記述形

これはよく中学校や高等学校の社会科の教科書に見られる形で、計算機の教科書で例をあげれば、オペレーティングシステムとは……、リアルタイム処理とは……、タイムシェアリングシステムとは……等等大げさに言えば、辞書的な解説が並ぶ形である。限られた紙数で計算機全般の解説、特に専門用語を多く解説して、計算機関係の仕事についてた時にも、すぐ話を通ずるようという要求を満たそうとするこの形になりやすい。また入出力装置、ソフトウェアシステム、処理方式および応用分野などについては、教科書のような初心者向き解説書では、どうしてもこのような説明型にならざるをえないという事情もある。

b) 例題解説形

先ず例題と解答を示して、その解答についてくわしい解説を行なって、全体を類推させるやり方である。例題が適切であるかどうか、あるいは例題でおおいつくせない一般論を解説してあるかなどが問題になる。流れ図やプログラム言語の説明は、この形を用いて記述される場合が多く、大へんわかりやすい。

c) 問題提起形

先ず問題を出して、次にそれを解くすじ道を読者と一緒に考えながら解説を行ない最後に解答に到達する形で、小学校や中学校の算数の教科書によく使われている。この方法は知識を与えるというよりも、すじ道を理解させるのを目的とした時に用いられる

ので、前節の(2)生徒に何を教えるか、という問題と密接な関係を持っている。すなわち教科書のねらいが計算機の基本的な働らきを理解させることであるとすれば、自然にこの形で記述されることになるであろう。

d) 公式解説形

先ず一般形を出してそれに関する説明を行なう形である。例題があとに示してある方がはるかにわかりやすい。プログラム言語の解説によく見られる形である。

(4) 実習との関連をどうするか。

始めに述べたように、実習を伴わない計算機教育は畳の上の水練と同じようなもので、教育効果が半減する。したがって教科書の内容も実習を配慮した編集がなされていることが望ましい。この時一番問題になるのは、実習を想定した時に、どの言語で解説するかということである。高等学校によって設置されている計算機の機種が違うため、機械語を解説した教科書の場合は、その機械語を直接計算機にかけられないという問題がおこるので、特に実習の問題を配慮する必要がある。すなわち教科書に載っている問題を生徒がプログラミングした時に、それを計算機で実行させる手段を前以て用意しておくことが必要となるであろう。たとえばその教科書に使った機械語のシミュレータを低いレベルのコンパイラ語(高等学校に設置されている計算機のコンパイラ語はJIS規格の低いレベルのものが多いと思われる)で用意するなどの配慮が必要かもしれない。これは教科書を使用する高等学校ごとに、自分の機械に一番良い方法で実習用システムを作成すればよいとも考えられるが、計算機教育が本来実習と切り離せないという観点に立てば、教科書を編集する側でも何らかの形で現場の教師の実習と教科書が一体となるようなシステムを用意する必要があるように思う。一方コンパイラ語でプログラミングした場合は一応機械に独立だからこのようなむずかしい問題はおこらないが、計算機の語構成の相違やコンパイラの受け入れる文法の違いで教科書の説明通りに動かない場合もある。このように僅かな変更で解決する場合は高校の方で処理する方がよいであろう。

(5) 商業科の教科書としての特徴。

商業科の生徒が卒業時、計算機に関係のある職を求める場合、自分にどのような仕事に適しているかを、ある程度判断できることが必要であり、更にその仕事に対する基礎的な技術を身につけている方が職場に順

応しやすいであろう。本来商業科はそのような実際的な判断や技術をも習得することを目的としていると考えられる。そのためにはデータ処理の実例やその流れ、データ誤りのチェックやファイルのメンテナンスのようなものが解説されていると親切であろう。しかしこのような事務処理の具体例を記述することは、必ずしも必要条件とはいえないように思われる。何とならば、計算機に対する十分な理解が得られていれば、事務処理、データ処理は個々のケースに応じて自然に理解できる場合が多く、この方が処理手順を形式的に記述して覚えさせるよりも効果があがるであろう。タイピストやキーパンチャーになる場合は、たしかにタイプライタや穿孔機に習熟している人の方が有利であろうけれども、電子計算機を利用する仕事にたずさわる場合は、本来無限に柔軟性を持っているという電子計算機の本質と、将来の発展性を考え合わせれば、電子計算機に対する基本的な理解を得させることの方が、現在の処理手順を覚えさせるよりも、応用面に対する適応性ははるかに良くなるのではなからうか。

3. 教科書の紹介

下の二つの教科書A, Bは編集方針や記述方法がよく似ている。すなわち、

- (1) 2の基本方針(1)b)の方法を用いている。
- (2) プログラム言語としてFORTRANとCOBOLの両方を解説している。
- (3) FORTRAN, COBOL共に基本的な文だけに限定している。
- (4) 各章は比較的独立して読める部分が多い。
- (5) 教科書のねらいは、どちらかといえば2(2)c), d)に重点がおかれているようである。

A 書名 電子計算機一般

著作者 川嶋恒夫, 小沢新一, 佐藤道郎, 岩田寿夫
発行者 実教出版株式会社

目次 第1章 電子計算機の構成とはたらき(12頁)

企業と電子計算機, 電子計算機のしくみ

第2章 入力データの作成(10頁)

カードと紙テープ, データのせん孔

第3章 プログラミングの基本(26頁)

プログラミングの手順, フロチャート, コーディング, プログラムカード作成, 翻訳, プログラムテスト

第4章 COBOL(38頁)

COBOL プログラム例, IDENTIFICATION

ON DIVISION, ENVIRONMENT DIVISION, ファイルレコード項目, DATA DIVISION, PROCEDURE DIVISION, 判定, データ集計

第5章 FORTRAN (30 頁)

プログラム例, データのあらし方, データの読みとり, 演算, 印字, 判定, 集計

第6章 データ処理 (16 頁)

データ処理のあらし, 基礎, 方式

第7章 ハードウェア (24 頁)

あらし, 入出力装置, 記憶装置, 演算装置, 制御装置, 各装置の関連, システム

第8章 ソフトウェア (10 頁)

あらし, プログラミングシステム, オペレーティングシステム, アプリケーションシステム

第9章 電子計算機の利用 (5 頁)

利用分野, 利用上の心がまえ

B 書名 電子計算機一般

著作者 電気学会通信教育会

発行者 電気学会

目次 第1章 電子計算機とは何か (18 頁)

電子計算機の働き, 文字の読取り記憶, 制御, 演算, 出力

第2章 電子計算機の使い方 (38 頁)

処理手順のあらし, 入力データの作成, 命令作成, データの処理

第3章 プログラミング (50 頁)

流れ図, FORTRAN, COBOL,

第4章 ハードウェア (44 頁)

電子計算機の構成, 入力装置, 記憶装置, 制御装置と演算, 演算回路, 補助記憶装置, 出力装置, 制御卓, 通信線との結合

第5章 ソフトウェア (14 頁)

ソフトウェアの内容, プログラミング・システム, オペレーティング・システム, アプリケーション・プログラム・パッケージ

第6章 電子計算機の利用 (8 頁)

情報処理, 経営情報の処理, 科学技術計算, 特殊分野での利用, 利用者の拡大

上記2冊の教科書は内容が非常にやさしい事項に限られており, たいへん読みやすい。目次を見てもわかるように, A は COBOL と FORTRAN の解説に相当の紙数をさいている。更に第6章で事務処理に必要な

基礎知識をも解説している。第7章のハードウェアの最後に各装置の関連を説明するため, 8種の命令を持つ計算機の模型を設定し, 二数を入力して和を印刷する機械語のプログラムを例題として記憶, 演算, 制御, 入出力の各部の働きを解説している。これは計算機のしくみを, 理解させるための好いテーマではあるが, これだけの内容をわずか4頁にまとめてしまったので, 他の部分の解説が平易なのに比して, この部分だけが難解であろうと思われる。Bはハードウェアに相当のページをさいている。ハードウェアの各部の解説や説明図にも工夫が見られてわかりやすい。言語の説明はAのFORTRANとBのCOBOLが公式解説形であるが, 共に例題がある。AのCOBOLとBのFORTRANは例題解説形で一般形のまとめもあり非常にわかりやすい。

C 書名 電子計算機一般

著作者 渡辺茂, 萩山稜, 岩堀文寿, 上野晴樹, 大槻繁雄, 奥田耕一, 河西嘉一, 五嶋定雄, 沢田恒雄, 横田弘之, 脇元繁, 鷲頭正憲

発行者 大日本図書株式会社

目次 第1章 電子計算機のあらし (18 頁)

おいたちと歩み, 機能と構成

第2章 入力データの作成 (16 頁)

電子計算機の入力媒体, データのせん孔

第3章 プログラミング (80 頁)

あらし, 流れ図, プログラムの基本形, 四則演算, 定数と変数, 算術代入文, プログラムテストと実行の手順, 判定, とび越し, くり返し, 配列, サブルーチン

第4章 データ処理 (16 頁)

データ処理の内容, データ処理の手順

第5章 電子計算機のハードウェア (30 頁)

データの内容表現, 主記憶装置, 演算・制御装置, 補助記憶装置, 入出力装置, データ伝送装置, システム構成

第6章 電子計算機のソフトウェア (18 頁)

プログラム言語, ユーティリティプログラム, 管理プログラム, 応用プログラム, ソフトウェアの体系

第7章 電子計算機の利用 (21 頁)

電子計算機の特質と利用形態, 事務処理, 経営管理, 科学技術計算への適用と工業的利用, 電子計算機利用の今後の方向

教科書Cには他の教科書には見られない多くの専門

語が使われている。また多くの事務処理の例が流れ図の形で載っている。この本は次のような特徴がある。

- (1) 2の基本方針(1) b)の行き方をとっている。
- (2) プログラム言語としてはFORTRANを解説しており前述の教科書A, Bが算術代入文, 算術IF文, 簡単な入出力文だけにとどめてあるのに対し, この上にDO文, 配列, 標準関数, サブルーチンを含んでいる。
- (3) 教科書のねらいは2の基本方針(2) b), c)にあると考えられる。
- (4) JIS 情報処理用語を使うように配慮されている。

FORTRAN は例題解説型で書かれているが, 他の部分は記述形, 説明型で非常に詳しくていねいに書かれている。4冊の教科書の中ではどの部分をとっても, 一番難かしいのではないかと思われる。

最後に紹介する教科書Dは上記3冊とは全くおむむきを異にしている。すなわち,

- (1) 2の基本方針(1) a)を採用している。
- (2) したがってプログラム言語は機械語を用いている。
- (3) ねらいは2の(2) a)に重点があると思われる。

D 書名 電子計算機一般

著作者 石田晴久, 佐久間紘一, 佐藤総夫, 広瀬健,
島内剛一, 中川圭介, 西村恕彦, 米田信夫
発行者 数研出版株式会社

目次 第1章 アルゴリズムと自動計算機(28頁)
電子式卓上計算機と計算尺, アルゴリズム
と流れ図の作成, 自動計算機
第2章 電子計算機(32頁)
電子計算機の構成, 機能, 働き, 特徴
第3章 プログラミングとデータ処理(34頁)

プログラミングの基礎・実際, プログラム
とデータの穿孔, プログラムの実行

第4章 ハードウェア(24頁)

電子計算機の働き, 演算装置, 記憶装置,
入出力装置

第5章 ソフトウェア(22頁)

プログラム言語, アセンブラ語, コンパイラ
語, ライブラリプログラムとユーティリ
ティプログラム, ソフトウェアの体系

第6章 情報処理(25頁)

事務処理, 経営管理, 技術計算, 情報処理
網, 歴史と展望

著者がはしがきで述べているように, 電子計算機がわかるということとやさしいということが, この教科書の大きな特徴である。アルゴリズムの意味や, 万能形自動計算機としての電子計算機の機能が, 12種の命令を使った機械語のプログラムを通して, 問題提起形例題解説形で十分にわかりやすく解説されている。またソフトウェアの章でもアセンブラやコンパイラの機能を理解させるのに, 機械語の学習が大いに効果を上げている。このようにこの本のねらいは機能を理解させることにあるので, コンパイラ語の実際については, コボルプログラムの一部の解説が見られるだけである。

4. おわりに

当然のことではあるが, 教科書に関して, 使用する側が個性に応じたものを選択できるということは大へんよいことである。この意味で, 上記四冊の教科書は高校商業科用教科書としての基本的な要件を満たしている上に, それぞれ相補的ともいえるぐらいに大きな特色を持っているという点で, 重要な役割りを果たしている。

(昭和48年5月12日受付)