

高等学校「情報」科目の教科書案
—情報B(1)「コンピュータの構成」—

河村 一樹

kawamurk@mail.sp.my.ac.jp

県立宮城大学 事業構想学部

〒981-36 宮城県黒川郡大和町学苑 1-1

A Plan of Text about the Subject "Information" in a Academic High School
-Information B (1) "Construction of Computer" -

Kazuki KAWAMURA

Faculty of Project Design, Miyagi University

1 Gakuen, Taiwa-cho, Kurokawa-gun, Miyagi, 981-36

概要：高等学校普通科に新設される科目「情報B」の教科書として、第1章「コンピュータの構成」の内容について検討した。コンピュータのアーキテクチャに相当するカリキュラムであり、コンピュータの概念モデルからコンピュータの製品へという展開を試みた。

ABSTRACT: In this paper, we discuss about the content of "construction of computer", as the text of the subject "Information B" in a academic high school. It is a curriculum equivalent to architecture of computer, based the evolution from the conceptual model of computer to the product of computer.

1. はじめに

西暦 2003 年に、学習指導要領の改訂が行われようとしている。すでに、教育課程審議会では、1997 年に「中間まとめ」を発表している¹⁾。それによると、高等学校普通科に教科「情報」(仮称)を必須として新設することを提案している。これによって、いよいよ高等学校にも情報教育が実施されることになる。

これにともない、情報処理学会の情報処理教育委員会の下部組織である初等・中等情報教育委員会(以下、SIG-PS と略す)では、教科「情報」の学習指導要領^{2) 3)}を策定した。

その中³⁾で、三つの科目「情報A」「情報B」「情報C」(いずれも2単位相当)を設定している。履修条件としては、「情報A」か「情報B」のどちらかを必須にするるとともに、「情報B」の単位取得者に対しては「情報C」を選択してもよいことにしている。これより、科目「情報A」は基礎的な情報教育を、「情報B」は「情報A」を網羅した情報処理教育を、「情報C」は問題解決を指向した情報処理教育を、それぞれ目指す。ただし、いずれの科目においても、コンピュータサイエンスの学問領域をその基盤にしている点を特徴にしている。これによって、高等教育機関における情報(処理)教育との連携をはかることを考慮している。

本稿では、「情報B」を取り上げ、学習指導要領を含めた科目の概要と、それに準拠した教科書の中で筆者が担当している章「コンピュータの構成」の内容について述べる。

2. 科目「情報B」の学習指導要領

SIG-PS では、過去2回高等学校における教科「情報」に関する学習指導要領を提案してきた。

初回は、小中高校を対象に情報教育の実施を提案した^{4) ~6)}。その結果を、「初等・中等教育にお

ける情報教育の提案」²⁾(署名：情報処理学会会長野口正一)として、文部省初等中等教育局長へ提出した。

今回は、本稿にも関係するが、高等学校の情報教育だけを対象に、「中等教育における情報教育の提案」(内容については情報処理学会研究報告に記載³⁾)として、文部省初中局中学校課へ提出した。

ここでは、後者の研究報告で提案された内容³⁾について取り上げる。

2. 1 教育目標

研究報告では、科目「情報B」に関する教育目標を次のように規定している。

『コンピュータ上では情報がどのように表現されているか、情報はどのような仕組みで処置されるのか、ハードウェアとソフトウェアはどのような関係にあるのかを理解させ、コンピュータの概念モデルを与える。特に、プログラムの役割を理解させることによって、コンピュータの可能性と限界を認識させる。コンピュータが通信システムによって結合された電子情報ネットワークの利用を通じて、情報技術が社会にどのような影響を与えるかを考えさせる。』

この中で、『コンピュータの概念モデルを与える』という部分が、筆者が担当する章に最も関係することになる。

2. 2 構成と内容

研究報告では、科目「情報B」に関する内容と内容の取扱いを次のように規定している。

『2. 内容

(1) コンピュータの構成

コンピュータの機能(入出力、記憶、演算)記憶装置(番地と内容)とプログラムの実行オペレーティングシステムの役割

(2) プログラムとは何か

アルゴリズムとプログラム

入出力、接続、繰り返し、条件分岐

コメントによる処理目的の明確化

(3) 電子情報ネットワークの利用

ネットワークの階層的構成とプロトコル

ブラウザの使用と検索システム

メールの受発信、ニュースの受信と投稿

電子情報ネットワークと社会

(4) 電子情報ネットワークと社会

ネットワーク利用の倫理

情報の信憑性

プライバシー保護と情報公開

知的財産権

ネットワーク上の犯罪とセキュリティ

3. 内容の取扱い

(1) コンピュータは記憶装置に書かれたプログラムに従って処理を行う。処理の対象となる情報も記憶装置に書き込まれ、それが読み出されて処理される。コンピュータへの情報の入力にはキーボード、マウスまたは外部記憶装置から行われ、処理結果は外部記憶装置に書き込まれるか、通信装置に送られるか、ディスプレイに表示される。以上の事実を理解させる。

(2) 情報処理資源を管理するオペレーティングシステムと応用プログラムの関係を理解させる。

… 以下、省略』

2の内容の中では、『(1) コンピュータの構成』が筆者の担当する部分に相当する。なお、3の内容の取扱いでは、該当する部分のみを記載した。

3. 「第1章 コンピュータの構成」の教科書案

2で述べたように、筆者は科目「情報B」の第1章「コンピュータの構成」についての教科書の

執筆を担当することになっている。SIG-PS としては、現時点において、教科書の類系(教員用指導書か、生徒用の標準的な教科書か)についてまで決定はしていない。本稿では、どちらかという教員用を前提に編成することにする。

3. 1 基本的な考え方

2で述べたように、本章の目標は、「コンピュータの概念モデルを与える」ことにある。このことは、コンピュータアーキテクチャの基礎教育に相当する。

コンピュータのアーキテクチャ教育については、CSJ97のカリキュラム⁷⁾が参考になる。その中の「(L-4)コンピュータアーキテクチャ」は、アーキテクチャ設計のための教育に位置づけられるので、多少専門的過ぎるといえる。それに対して、「(L-1)コンピュータサイエンス序論」における「C. コンピュータに関する基礎知識」の方が参考になる。その中の講義で取り上げる内容として、

『1. コンピュータとはなにか？

2. どういうところで使われているか？

3. 中はどうなっているのか？

4. ハードウェアの基礎知識

… 以下、省略』

をあげている。これらの事項を網羅した上で、高校生にも理解できるようなわかりやすい内容で、コンピュータの概念モデルを体系づける必要がある。

その際に留意すべき点として、武井らの指摘⁸⁾があげられる。その一つとして、コンピュータの機能の説明において、装置とプログラムの機能をごちゃ混ぜにしている点があげられている。そこで、本稿では、次のような基本的な考え方を骨子とすることにした。

「コンピュータの原形としての概念モデルを、チューリング機械とする。その上で、段階的に詳細化をはかりながら、製品としてのコンピュータ

の構成と対応づける。」
これを、図式化すると、図1のようになる。

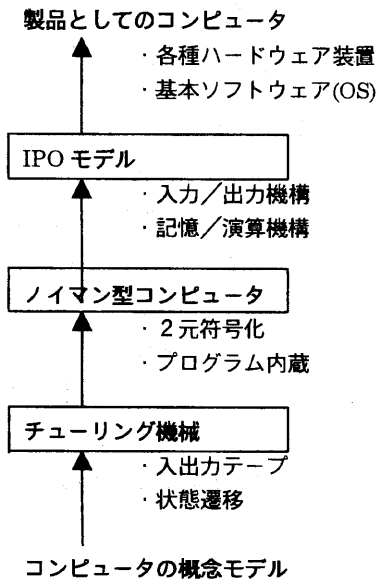


図1.「コンピュータの構成」の体系

3. 2 具体的な構成と内容について

3. 1の基本的な考え方にもとづき、第1章「コンピュータの構成」における節の構成と取り上げるべき内容について、以下のように設定した。

1. 1 コンピュータの概念モデル

ここでは、最も基本的なコンピュータの動作原理について、論理機械(例えば、チューリング機械)といった抽象化したモデルを用いて説明する。ただし、チューリング機械とかオートマトンといった専門的な用語は用いないことにする。

論理機械は、有限個の操作規則をもつ部分と、入出力テープの部分の二つから構成されているものとする。前者については、なんらかの方法によりあらかじめ動作部分に組込まれているとともに、動作中是不変とする。後者については、一つの記号(論理機械が処理する情報)を記入できるセルを

連続的に持ち、右方向に向かって無制限に続くものとする。

以上の前提条件にもとづき、この論理機械は、次のような順序にしたがって動作を行うものとする。

1. 入出力テープの開始にマーカを位置づける
2. 開始状態から実行を始める
3. その時点での状態とマーカによって位置づけられた入出力テープ上の記号によって、次の動作(入出力テープに記号を書く、マーカを移動する、次の状態へ遷移する)を実行する
4. 3の動作を、終了条件まで繰り返す
5. 終了条件を満たせば、停止する

これらの具体的な論理機械の例として、2進値の置換処理などを取り上げて説明する⁹⁾。その際に、状態遷移図を用いて、状態の遷移関係を図式化する。また、状態遷移を考える例としては、よく用いられる自動販売機の動作を取り上げればよい。

これらの説明によって、この論理機械は、現状の状態とマークにより位置づけられたテープ上の記号の二つを認識するとともに、これによって順序的な動作をしていることを示す。つまり、状態と記号によって、その動作が決定されることになる。

ここに、今日の(デジタル)コンピュータの基本的モデルが見い出されることを明らかにする。具体的には、「コンピュータの動作原理とは、有限個の規則にしたがいながら、一度に一つの離散的な記号を置き換えるとともに、有限の時間内に停止することである。」という点である。

これより、コンピュータが扱うことができる問題は、(無限ではなく)有限の世界における、(連続的ではなく)離散的な、事象に限定されることになる。

その一方で、このような単純化した一連の操作によって置換できないような問題は、コンピュー

タでは解決できないことになる。この例として、たとえばプログラムの停止問題(任意のプログラムが停止することを判断するといった問題)¹⁰⁾を示す。

また、コンピュータにとって扱いにくい問題もあることを示す。これを説明するには、処理時間や記憶容量といった物理的な尺度基準があることを取り上げる必要がある。つまり、計算の複雑さ(計算量問題)のことである。

1.2 ノイマン型コンピュータ

1.1で取り上げた論理機械における論理的枠組みを、実際の物理的素材(真空管などの電子製品)を用いて情報処理装置として実現したものが、コンピュータ(電子計算機)といえる。中でも、ノイマン(John von Neumann)達による新しいアイデアを実装したノイマン型コンピュータは、今日のデジタルコンピュータの姿そのものといえる。

ノイマン型コンピュータのアイデアとしては、次の三つを取り上げる。

- I. プログラムとデータを、ともに2進数列として扱うこと
- II. プログラムとデータは、コンピュータのメモリに記憶すること
- III. プログラムの実行は、一度に1つの命令を順番に進めること

Iについては、2元符号化方式に相当する。ただし、2進数への変換方式ではなく、2進数を採用した論拠(電子的な実装方式に依存)についての説明の方が重要である。

IIについては、プログラム内蔵方式に相当する。これによって、ある意味での計算の自動化が実現されることになるとともに、プログラムもデータも同じ形式で操作できるようになったことの意義(つまり、万能チューリング機械)についても取り上げる。

IIIについては、逐次実行制御方式に相当する。つまり、一度に1個の命令だけを実行することを意味している。この結果、並列処理はできないこと、さらには並列処理などを実現するための別のアイデアを実装したコンピュータを非ノイマン型コンピュータと呼ぶこと、などについて補足する。

1.3 IPOモデル

IPOモデルとは、図2のように、入力/処理(制御、演算、記憶)/出力の関係を抽象化したモデル

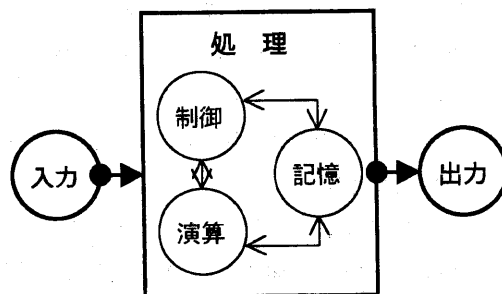


図2. IPOモデル

である。ただし、それぞれの部分(図2の円に相当)については、個別の装置としてではなく、機能単位としてとらえる。このため、説明は、次のように機能別に展開することにする。

(1) 入力機能

ここでは、2元符号化を取り上げる。具体的には、数の2元符号化としては、

- ・整数の表現
- ・補数の表現
- ・2進10進符号

について取り上げる。一方、文字の2元符号化として、JIS(C6220, C6226)の規格について取り上げる。これによって、漢字を含めた日本語がどのように符号化されているのか、その仕組みについて明らかにする。

(2) 出力機能

ここでは、フォントシステムと色の出力について取り上げる。

フォントシステムについては、フォントがどのようなビット列(ビットマップフォント)から構成されるのか、フォントをどのように符号化して扱うのか、フォントと解像度の関係、フォントの改良版(アウトラインフォント)などについて取り上げる。

色の出力については、ディスプレイのような光の3原色(RGB)による加色混合方式と、プリンタのような色の3原色(CMY)による減色混合方式について取り上げる。その際に、色の階調度合い(ビット列に対応)によって、出力できる色数が決定されることも示す。これによって、コンピュータで色を用いる際のビット容量について考慮させる。

(3) 記憶機能

ここでは、記憶に関するいくつかの機能について取り上げる。具体的には、情報を記憶するための機構としては、

- ・基本論理回路
- ・真理値表
- ・フリップフロップ回路
- ・レジスタ
- ・カウンタ

について取り上げる。主記憶装置の構成としては、

- ・ROMとRAM
- ・番地
- ・命令とデータ

について取り上げる。補助記憶装置の構成としては、

- ・磁気による方式
- ・光による方式
- ・光磁気による方式

について取り上げる。

(4) 制御機能

ここでは、プログラムカウンタによる命令の取出しを取り上げる。また、ここにノイマン型コンピュータのアイデアが取り込まれていることを示

す。

(5) 演算機能

ここでは、演算に関するいくつかの機能について取り上げる。具体的には、2進数の演算としては、

- ・和演算
- ・補数を用いた差演算
- ・シフト演算

について取り上げる。これによって、コンピュータ内部で2進数による演算をどのように行うのかを明らかにする。

次に、演算を実行するための機構としては、

- ・(半/全)加算回路
- ・補数回路

について取り上げる。

1. 4 コンピュータシステム

1. 3までは、コンピュータの機能要素として説明したが、ここで製品としてのコンピュータとの関連について取り上げる。

まず、1台のコンピュータ(パソコン)を解体した図を示し、それぞれの項目について説明(ただし、製品名は使用せず)する。説明すべき項目としては、次のようなものを取り上げる。

- ・マザーボード
- ・CPU
- ・主記憶装置
- ・キャッシュメモリ
- ・バス
- ・ハードディスク
- ・フロッピーディスク
- ・CD-ROM
- ・インタフェース
- ・キーボード
- ・ポインティングデバイス
- ・ディスプレイ
- ・プリンタ

次に、コンピュータでプログラムが実行する過程を、ハードウェアおよびソフトウェアの両面から取り上げる。ハードウェア領域では、プログラムの実行制御方式として

- ・プログラムカウンタによる指定
- ・メモリへのアクセス(命令の取出し)
- ・命令レジスタへの転送
- ・デコーダによる命令の解釈
- ・アドレスレジスタによる番地の修飾(データの取出し)
- ・ALU(算術論理演算回路)による演算

について取り上げる。その際に、主記憶装置の役割(実行可能プログラム+データの記憶)、プログラムのローディング、CPU と主記憶装置との関係などについても説明する。

一方、ソフトウェア領域では、オペレーティングシステムの機能として、

- ・タスク管理機能
- ・メモリ管理機能
- ・データ管理機能
- ・ジョブ管理機能
- ・言語処理機能

について取り上げる。ただし、登録商標になる用語や製品固有の技術内容についての説明は避けるとともに、極力抽象化した内容にする。

4. おわりに

高等学校普通科に新設される教科「情報」の中の科目「情報B」における第1章「コンピュータの構成」について、その概要について述べてきた。

本章を執筆するにあたり、コンピュータサイエンスの基礎を含めることを前提にした。なぜならば、単なるコンピュータの用語解説に偏るのではなく、コンピュータの本質(動作原理、仕組み、機構)を理解することを目標にしているからである。ただし、コンピュータサイエンスで使われている

学術的な用語は極力使用しないようにする。また、章の展開としては、図1にあるように、コンピュータの概念モデルを示した上で、そのモデルがどのようにコンピュータ製品に実現されているのかがわかるような、つまり、抽象論から具体論への展開を試みている。

今後の課題としては、SIG-PS での討論を踏まえた上で、実際の教科書を執筆することがあげられる。その際に、高校の教科書としてのスタイルをどのようなものにするのかについて明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 教育改革研究会編：教育課程審議会「中間まとめ」解説と重点資料，明治図書出版，1997年
- 2) 情報処理学会情報処理教育カリキュラム調査委員会初等・中等教育分科会編：初等・中等教育における情報教育の提案，96情処総第192号，1996年
- 3) 小林修，大岩元，武井恵雄，高校生のための情報表現教育，情報処理学会研究報告，Vol.98，No.29，pp.9-15，1998年
- 4) 河合和久：中学校における教科「情報」としての作文教育，情報処理学会研究報告，Vol.96，No.52，pp.37-44，1996年
- 5) 河村一樹：高等学校における教科「情報」としてのコンピュータサイエンス教育，情報処理学会研究報告，Vol.96，No.52，pp.45-51，1996年
- 6) 大岩元：高等学校における教科「情報」としてのプログラミング教育，情報処理学会研究報告，Vol.96，No.52，pp.53-60，1996年
- 7) 情報処理学会編：大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97，情報処理学会，1997年

- 8) 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, Vol.43, No.3, pp.17-24, 1997 年
- 9) J.David Bolter : TURING'S MAN, The University of North Carolina Press, Chalei Hill, 1984
- 10) Les Goldschlager, Andrew Lister : Computer Science A Modern Introduction, Prentice-Hall, 1982
- 11) Alan W.Biermann : Great Ideas in Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, 1990
- 12) 星野力 : 誰がどうやってコンピュータを創ったのか?, 共立出版, 1995 年
- 13) 小倉久和 : 情報科学の基礎論への招待, 近代科学社, 1998 年
- 14) 中易秀敏, 坪野博宣 : 情報科学基礎編, 共立出版, 1997 年
- 15) 河村一樹 : 入門情報科学シリーズ第 1 巻コンピュータ基礎論, ソフトバンク, 1995 年
- 16) 河村一樹 : コンピュータ科学入門, 実教出版, 1997 年
- 17) 河村一樹 : コンピュータ科学基礎, ITEC, 1997 年