

高校における教科『情報』としての コンピュータサイエンス入門教育

河村 一樹

尚美学園短期大学 情報コミュニケーション学科

〒350-11 埼玉県川越市下松原655

高等教育機関では、数年前からコンピュータサイエンスの専門教育が実施されるようになっている。一方、初等・中等教育機関では、ようやくコンピュータ教育が部分的に取り入れられ、学習指導要領にもとづいた形で実施されつつある。このような状況にあって、コンピュータと教育研究会では、中等教育機関におけるコンピュータ教育をより拡充するために、『情報』という教科を設置することを検討している。

本稿では、そのうちの高校における「情報科学Ⅱ」という科目のもとに、コンピュータサイエンス入門教育の概要について述べることにする。この科目では、コンピュータの動作原理をコンピュータサイエンスの立場から、わかりやすく理解させることを目標にしている。そのための具体的なカリキュラム内容について提案する。

A Guide Education of Computer Science as the subject "Information" at a high-school

Kabuki KAWAMURA

Subject of Information Communication, Shobi Junior College

655, Simomatubara, Kawagoe, Saitama, 350-11, Japan

At an institution of high learning, a professional education of Computer Science is enforced a few years ago. On the other hand, at an institution of elementary and secondary education, a computer education is partially enforced based on a course of study. Then, at the society of computer and education (belonged to the IPSJ), we discuss about the establishment of new subject "information", in order to an expansion of computer education at an institution of secondary education.

In this paper, we describe the outline of a guide education of Computer Science, was given a name "Information Science 2" at a high-school. This subject has as an object that is the easy understanding about the action principle of a computer based Computer Science. We propose the definite curriculum.

1. はじめに

高等教育機関（大学、短大、高专）では、数年前からコンピュータサイエンスをベースにした情報処理教育が実施されるようになった。それぞれの教育機関に対応した標準カリキュラムが提示されており、それらに準拠した形で現場に普及しつつある。具体的には、大学におけるコンピュータ科学を対象にしたカリキュラム〔1〕や情報システム学を対象にしたカリキュラム〔2〕や一般情報処理教育を対象にしたカリキュラム〔3〕が、および、短大と高专のためのカリキュラム〔4〕が、それぞれあげられる。

一方、初等・中等教育機関では、ようやく部分的に情報処理教育が始まった段階にある。そのうち中学校では、平成5年度から技術家庭科において「情報基礎」（34単元分）が新たに組み込まれている。これによって、コンピュータに関する基礎的な知識と操作技術について全員が学習するようになった〔5〕。高校では、平成6年入学の学生から学年進行にともない、「数学A～C」にコンピュータに関連した内容が組み込まれており、それらを履修する機会が与えられるようになった〔6〕。

しかし、このような中途半端な（時間的な不足、質的な問題）情報処理教育では、これからの高度情報化社会において十分対応できるような情報リテラシーを習得できない可能性がある。その中でも、高校における情報処理教育に問題があるといえる。

せっかく中学校で学ぶ機会があっても、高校で全員が必修になっていないため、（とくに普通科では）全く学習しないで卒業する学生が生じている。そればかりか、その質的な面からいっても高等教育機関との連携が取れていないことがあげられる。このため、高等教育機関では（コンピュータリテラシーを含めて）入門レベルから開始しなければならなくなる。つまり、一貫性のない情報処理教育が実施されているという事実が浮かび上がってくる。

現在のところ、（小・中学校に比べ）高校はコンピュータ機材の設置台数が最も高く、情報処理教育を積極的に実施できる環境が整備されていると言ってよい。したがって、新しく情報関連科目（「情報科学Ⅰ・Ⅱ」を予定）を設置するとともに、

それらの標準的なカリキュラムを策定することによって、高校でもきちんとした情報処理教育を実施する時期に来ていることを提言する。

以上をもとに、本稿では「情報科学Ⅱ」という科目について、その目標や内容について明らかにする。この科目は、「情報科学Ⅰ」に続くものであり、コンピュータサイエンスをベースにして、コンピュータの動作原理をハードウェアおよびソフトウェアの両面から明らかにすることを目指している。コンピュータサイエンスをベースにすることによって、高等教育機関との連携がはかれるとともに、「学問としてのコンピューティング」という立場のもとに系統的な学習体系を確立することができる。

2. 高校の情報処理教育

ここでは、高校の情報処理教育がどのようなものであるべきかについて述べることにする。

2. 1 その位置づけ

高校は、中学校と大学の間にあり、相互の連携の中に位置づけられる。その上で、情報処理教育という視点から見てみると、次のような関係が見出されてくる。

中学校における情報処理教育については、残念ながらその内容は不十分であると言わざるを得ない。「情報基礎」の単元〔7〕では、コンピュータ利用に関する用語が網羅的に解説されているだけでなく、第3節の「ソフトウェアの活用」（プログラミングを含む）についてはなぜかBASICが取り上げられている。BASICを採用した理由は、それなりにわかるが、なぜ今の時代にBASICなのだろうか。

また、用語については、コンピュータの本質的な部分についての説明が不十分であるといえてよい。例えば、第4節の「情報とコンピュータのしくみ」では、何の脈絡もなく論理回路が登場してくる。2進数については、2年生の数学ではほんの少し登場する〔8〕が、コンピュータに直接関連づけた説明はなく、あくまでも基数変換の計算だけがおもなテーマになっている。つまり、2進数と論理回路を関連づけた説明はどこにもなく、学生の方も別のものとして理解する恐れが十分ある。

これに対して、大学等における情報処理教育に

については、コンピュータサイエンスをベースにした学問としての取り組みがはっきりと明示されているといつてよい。

例えば、コンピュータサイエンスをいかに学ぶ

かという視点から、具体的に学ぶべき対象領域を例示したものとして、文献〔9〕がある。このうち、中心となるテーマを筆者が抜粋したものを、表1に示す。

表1. コンピュータサイエンスをいかに学ぶか

対象分野	具体的なテーマ内容（抜粋）
コンピュータサイエンスとは	情報科学，コンピュータ小史，情報理論，ビット列
プログラミング	問題の定式化，計算の手間，段階的洗練化，プログラミングパラダイム，プログラミング言語，プログラム構造
コンピュータアーキテクチャ	メモリ，ALU，レジスタ，データ表現，割り込み，仮想記憶
アルゴリズム	最大公約数，表引き，整列
データ構造	データ表現，静的／動的データ構造，抽象データ型とオブジェクト指向
オペレーティングシステム	仮想化，多重化，信頼性向上，内部構造
数学	微積と線形代数，数値解析，離散数学（数理論理学，計算量，組合せ論，グラフ理論，数理言語学），代数系

いずれも、コンピュータサイエンスの各専門分野を、理論（数理学の基礎）・抽象化（モデリング）・設計（実装技術）の三つの部分領域に分けるとともに、それぞれの領域において教授すべきテーマを詳細に規定している。その中でも、コンピュータサイエンスにおける基礎理論を体系化した点が評価される。具体的には、次のような項目があげられている。

- ・基礎数学（集合と写像，代数学，解析学）
- ・離散数学（組合せ数学，グラフ理論）
- ・確率論（確率分布，期待値，確率過程）
- ・統計学（推定，検定，調査，多変量解析）
- ・数理計画法（線形／非線形計画法，組合せ最適化，動的計画法，OR）
- ・符号理論（2元符号化，情報源符号化，通信路符号化）
- ・スイッチング回路理論（論理回路，論理代数，論理関数）
- ・記号論理学（命題論理，述語論理）
- ・計算理論（計算可能性，計算複雑さ）
- ・形式言語理論（形式言語，オートマトン，各種言語）
- ・プログラム理論（形式的意味論，プログラム

証明論，プログラム図式論）

以上より、中学校から大学等に至る間に大きなギャップが存在していることがわかる。中学校ではコンピュータリテラシーだけに偏り、低レベルな情報処理教育が実施されているのに対して、大学等では高度なレベルの情報処理教育が実施されている。このため、お互いの間にあまりにもギャップがあることが問題になるとともに、高校での情報処理教育のあり方が問われることになる。

2.2 情報科目の設置にあたって

中学校と大学等の情報処理教育でのギャップを埋めるためには、高校に情報処理教育を全面的に導入する必要がある。

導入にあたっては、二つの方法が考えられる。一つは、既存の各科目の中にコンピュータを用いた教材内容を追加する方法である。もう一つは、新しく情報専門の科目を設置する方法である。

前者については、各科目（国語，地理歴史，公民，数学，理科，外国語など）の時間内に取り込むことができ、大幅な時間割の変更も少ない。しかし、各科目でどのようにコンピュータを用いた

教材を開発するかが問題になる。一方、後者については、新しく時間割にコマ枠が設けられることから、他の科目の授業時間を減らさなければならぬという影響が生じる。このため、現場での反発が起こる可能性がある。しかし、他の科目を考慮する必要がなく、より専門的な情報教育が展開できるという利点がある。

以上に対して、我々は後者の方法を選択することにした。これは、やはり情報処理教育の質的レベルを第一に考慮したからである。とくに大学等との関連性を重視し、系統的な情報処理教育を実施することの意義を見出したことが大きな理由になっている。

また、授業時間の競合に関しては、関連する科目（例えば、国語や数学など）から協力を得ることを行えばよい。つまり、国語や数学で取り上げる内容の一部を、この新設される情報科目でも扱うようにすればよいわけである。これによって、国語や数学の時間数を減らすことができ、その分をこの科目に与えることが可能になる。

以上より、高校の情報処理教育として、「情報科学Ⅰ」と「情報科学Ⅱ」を新しく設置することを提案する。いずれも2単位（1単位は35単位時間、1単位時間は50分）とする。このうち「情報科学Ⅰ」はプログラミングを、「情報科学Ⅱ」はコンピュータ概論（ハードウェアとソフトウェア全般）を、それぞれ対象にする。

3. 「情報科学Ⅱ」の概要

ここでは、高校の情報科目として新設する「情報科学Ⅱ」の概要について述べることにする。

3. 1 設置のための前提条件

「情報科学Ⅱ」は、コンピュータサイエンスをベースにして、コンピュータの動作原理について科学的な視点から説明することをその教育目標にする。つまり、「任意のビット列であるプログラムによって、ビット列からビット列への変換を実行する装置がコンピュータであること」の意味を明らかにすることである。

それとともに、コンピュータをある程度ホワイトボックスとして理解できた上で、コンピュータサイエンスに立脚したコンピュータリテラシーが習得できることを学習目標にする。

以上のことを前提に、本科目を設置するための前提条件を、次に示す。

① コンピュータサイエンスをベースにすること
大学等における情報処理教育の基幹部分として、コンピュータサイエンスが位置づけられる。大学等との一貫性を考慮して、本科目にもコンピュータサイエンスを取り込むことを前提にする。ただし、高校生を対象にすることから、そのレベルについては（2. 1で取り上げたような）学術的な専門領域に片寄りすぎないように考慮する必要がある。

また、網羅的な用語の解説に終始することなく、コンピュータの本質的な部分が理解できるように科目にすることを前提にする。これより、技術革新の激しい周辺機器装置の詳細な説明などについてよりも、コンピュータの基本的な動作原理（原理的にはオートマトン）といった内容を中心に取り上げることにする。

③ わかりやすさを心掛けること（具体化から抽象化へ）

高校生を対象にすることから、わかりやすい授業展開が要求される。コンピュータそのものは、本来人工的で抽象的な対象物といえる。例えば、ハードウェアの仕組みやソフトウェアそのものは非可視性であることや、ソフトウェアを構築するためには問題領域のモデル化が必要になることなどから、非常に抽象的な世界に浸ることになる。このため、抽象化能力が要求される。

しかし、高校までの教育では抽象化能力を育成するための機会がほとんど与えられていなかったといえる。このような状況から、あまり抽象的な内容にならないように考慮する必要がある。

そこで、本科目では、具体的な事例から抽象的な概念や基礎理論を展開するような構成を取ることを前提にする。

④ 他の科目との連携を考慮すること

上述したように、情報科目の設置にあたっては、他の科目からの協力を考慮することを提案した。本科目では、国語と数学を前提にしている。

国語については、日本語ワードプロセッサ（以下、ワープロと略す）を教材として採用する。これによって、（国語でも取り上げていた）日本語の文法や文章の構成について含めることができる。

数学については、「情報科学Ⅰ」との関連がと

く考えられる。例えば、数学Aの「計算とコンピュータ」、数学Bの「算法とコンピュータ」、数学Cの全般は、そのまま取り込むことができる。また、数学Iの「個数の処理」「確率」、数学IIの「指数関数」などは、いずれもコンピュータサイエンスの基礎であり、いずれも「情報科学II」の中核になる部分に相当する。

3. 2 学習指導要領

3. 1を前提にした上で、「情報科学II」の具体的なカリキュラム内容について説明する。これについては、文部省の高等学校学習指導要領にもとづく形で示した上で、いくつかの具体例について述べることにする。

1 目標

コンピュータサイエンスという学問領域をベースにした上で、コンピュータの動作原理として「任意のビット列であるプログラムによって、ビット列からビット列への変換を実行する装置がコンピュータであること」について理解させる。これによって、コンピュータを適切に活用できる能力を養う。

2 内容

(1) 日本語について、次の事項を指導する。

- ア 日本語の表記体系と文法を知ること
- イ 日本語文章の構成を、言語のエントロピーの概念から知ること
- ウ (自然言語としての)日本語と(人工言語としての)プログラム言語の関係を知ること

(2) ワープロの動作環境について、次の事項を指導する。

- ア コンピュータの構成(CPUとメモリと周辺機器装置)を知ること
- イ ワープロのインストール作業をもとに、コンピュータのハードウェアとソフトウェアの関係を
知ること
- ウ ワープロの環境設定から、オペレーティングシステムの役割と機構を知ること
- エ ワープロの起動操作から、ローディングの仕組みを知ること

(3) ワープロの入力作業を通して、次の事項を指導する。

- ア 日本語の文字セット規格を知ること
- イ 日本語の符号化方式を知ること
- ウ 符号理論の基礎を知ること
- エ キーボードの種類と機構を知ること

(4) ワープロの出力作業を通して、次の事項を指導する。

- ア 日本語のフォントを知ること
- イ プリンタの種類と機構を知ること
- ウ ディスプレイの種類と機構を知ること

(5) ワープロの処理内容を通して、次の事項を指導する。

- ア 仮名漢字変換の仕組みを知ること
- イ データ構造とアルゴリズムの基礎を知ること
- ウ 漢字辞書の種類と機構を知ること
- エ ファイルとデータベースの基礎を知ること
- オ ワープロのプログラム構造(プログラム言語、実行環境)を知ること

(6) ワープロの動作機構を通して、次の事項を指導する。

- ア 「ワープロの起動→入力→(仮名漢字変換)処理→出力→終了」という一連の動作手順がどのような仕組み(CPUとメモリと入出力の関係)で行われているのかを知ること
- イ (ノイマン)コンピュータにおけるアーキテクチャの基礎を知ること

(7) 日本語文書の通信について、次の事項を指導する。

- ア 電子メールによる文書交換の仕組みを知ること
- イ パソコン通信とインターネットの機構を知ること
- ウ 文書記述言語（SGML）の規格やインターネットにおけるHTMLを知ること

3 内容の取扱い

- (1) 内容の(1)のアについては、国語科目との連携をはかるものとする。
- (2) 内容の(2)から扱うワープロについては、専用のパーソナルワープロではなく、パソコンに搭載したワープロソフトを対象とする。
- (3) 内容の(2)のアについては、ハードウェアの基本的な構成（論理素子、論理回路）まで取り上げるものとする。
- (4) 内容の(2)のエについては、CPUとメモリの関係について取り上げるものとする。
- (5) 内容の(3)のウについては、2進数を中心にビット列の構成について取り上げるものとする。
- (6) 内容の(3)のエについては、キーボードからキーを入力するとどのように内部的にコード化されるのかについても取り上げるものとする。
- (6) 内容の(4)のイについては、プリンタに出力印刷する仕組み（フォントドライバ）についても取り上げるものとする。
- (7) 内容の(4)のウについては、ディスプレイに画面表示する仕組み（ROMからVRAMへ）についても取り上げるものとする。
- (8) 内容の(5)のアについては、単語の切り出しのための形態素解析や文節分かち書きのための文節最長一致法などが、アルゴリズムそのものであることを示す。それとともに、同音語に対する学習機構で用いられるスタック構造が、データ構造であることを示す。
また、この部分については、「情報科学Ⅰ」との関連が生じてくるので、双方で調整をはかる必要がある。
- (9) 内容の(5)のオについては、ワープロソフトもプログラムであることと、任意のビット列から構成されていることを取り上げるものとする。
- (10) 内容の(6)のアについては、ワープロが動作する工程をコンピュータの内部機構として理解できるように取り上げるものとする。ここが、本科目の目標を達成するための重要な部分に相当する。
- (11) 内容の(6)のイについては、ノイマンコンピュータのアーキテクチャの基礎として、オートマトンの原理についても簡単に取り上げるものとする。

以上の学習指導要領では、ワープロを教材にして、コンピュータサイエンスの基礎的な部分を習得できるような構成にしている。

ワープロに関しては、すでに中学校における技術・家庭科目の情報基礎にも取り上げられているだけでなく、新しい情報科目に中にも採用されることになっている。これより、全学生が何らかの形でワープロを操作する機会を得たことになる。

したがって、ワープロについては、実体験のある身近なものとして学生にも受け入れられる。それを教材にすることによって、より具体的な例から入って、抽象的な理論まで展開することが可能になり、科目としてとつきやすくわかりやすい印象を学生に与えることができる。

また、パソコンに搭載したワープロを取り上げることによって、コンピュータのハードウェアからソフトウェアに至るまでの領域を網羅することができ、つまり、ワープロを通してコンピュータサイエンスの各領域をもれなく取り上げることが可能になる。具体的には、本科目ではコンピュータサイエンス領域（9部分領域）として、（入門レベルではあるが）次のテーマを含んでいることになる。

1. アルゴリズムとデータ構造
2. プログラミング言語
3. アーキテクチャ
5. オペレーティングシステム
7. データベースと情報検索

4. おわりに

高校での情報処理教育については、単なるコンピュータの用語解説や操作習得だけに終始することなく、大学等における情報処理教育との関連性を重視し、コンピュータサイエンスという学問分野をその基盤とすることを主張したい。

これによって、高校から大学に至る情報処理教育の一貫性が保たれ、系統的な教育体系を確立することが可能になる。また、高校での情報処理教育を、コンピュータを単に操作するためだけの技能やそれに関連する知識の習得として捉えるのではなく、学問としてのコンピューティングという立場から、不変的な基礎理論や基盤となる概念や方法論を学ぶという視点から捉える必要がある。そのためには、高校といえどもコンピュータサイエンスをその基盤に置くというカリキュラムを提案する。

以上の主張のもとに、高校における情報処理教育の新しい科目として、「情報科学Ⅱ」を設置することを提案するとともに、具体的な学習指導要領について述べてきた。その中で、ワープロを教材として、具体的な事例からコンピュータサイエンスの基礎的な理論まで展開できるようなカリキュラム案を提案した。つまり、ワープロの仕組みを明らかにすることによって、コンピュータサイエンスの各領域についてわかりやすく学習できるような体系を目指したわけである。

今後の課題としては、本科目に則したテキストの制作と教育現場での適用を行うことがあげられる。

謝辞 コンピュータサイエンス教育に関して、日頃から有益なコメントを頂いている慶応義塾大学環境情報学部の大岩元教授に厚く感謝致します。

参考文献

- [1] 大学等における情報処理教育検討委員会：大学等における情報処理教育のための調査研究報告書，情報処理学会(1991)
- [2] 大学等における情報システム学の教育の実態に関する調査研究委員会：大学等における情報システム学の教育の実態に関する調査研究，情報処理学会(1992)
- [3] 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委員会：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，情報処理学会(1993)
- [4] 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委員会：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，情報処理学会(1994)
- [5] 文部省：中学校学習指導要領(1989)
- [6] 文部省：高等学校額主指導要領(1989)
- [7] 鈴木寿雄編修：技術・家庭科(上)，開隆堂(1992)
- [8] 藤田宏，他：新しい数学2，東京書籍(1992)
- [9] 有澤誠，他：コンピュータサイエンスをいかに学ぶか(b i t 別冊)，共立出版(1993)
- [10] 河村一樹：日本語ワープロを教材にしたコンピュータサイエンス入門講座，第51回情報処理学会全国大会論文集(1995)
- [11] 河村一樹：日本語ワープロを教材にしたコンピュータサイエンス基礎講座，情報処理学会研究報告，Vol.96，No.8，pp.25-33(1996)
- [12] 河村一樹：コンピュータサイエンスをベースにした日本語ワープロ教育，教育システム情報学会誌，Vol.12，No.4，pp.289-297(1996)
- [13] 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)