

「情報 B」の教科書比較 - 「手順的な自動処理」の観点から

長 慎也, 兼宗 進*, 並木 美太郎, 辰己 丈夫†, 久野 靖‡, 西田 知博§, 小井土 政範¶
一橋大学*, 東京農工大学†, 筑波大学‡, 大阪学院大学§, 長野県立上田千曲高校¶

概要

高校教科「情報 B」は、「情報の科学的理解」を深めるのが主題であり、情報 A、C と比べ、情報科学の基礎を重点的に学習する。そこで本稿では、学習指導要領における、「問題解決における手順とコンピュータの活用」「コンピュータにおける情報の処理 (アルゴリズム)」「モデル化とシミュレーション」等の情報科学の基本的な内容について、情報 B の教科書を比較した結果を報告する。さらに 2005 年 10 月発表の情報処理学会情報処理教育委員会の提言における「手順的な自動処理」に着目し、各教科書の扱いを比較検討することを通して情報 B の現状と問題点を考察する。

A Comparison of “Information B” Textbooks - from the Viewpoint of “Procedural Automatic-Processing” -

Shinya Cho, Susumu Kanemune*, Mitaro Namiki, Takeo Tatsumi†,
Yasushi Kuno‡, Tomohiro Nishida§, Masanori Koido¶
Hitotsubashi University*, Tokyo University of Agriculture and Technology†,
University of Tsukuba‡, Osaka Gakuin University§, Ueda Chikuma High School¶

Abstract

“Scientific understanding of information” is the main theme in high school subject “Information B”. The main contents of “Information B” are basic matters of information science compared with the contents of “Information A,C”. In this paper, we report a comparison of “Information B” textbooks about basis of information science in the course of study such as “procedure and utilization of computers in the problem-solving”, “information processing by using computers (algorithm)”, “modeling and simulation”. We also discuss problems of “Information B” by the comparison between the textbooks and the proposal for education of information processing in Japan by IPSJ committee in October 2005 from the viewpoint of “Procedural Automatic-Processing”.

1 はじめに

高校に普通教科「情報」[1] が新設されて 3 年が経過した。普通教科「情報」では、普通高校のすべての生徒に対して、情報 A、情報 B、情報 C のうちから 1 科目 (2 単位) 以上の選択を必須としている。この春には情報を学んだ最初の生徒が卒業し、教科書の改定作業も行われている。教科書に関する研究として、これまでは情報 A を中心とした各教科書の包括的な分析 [2] や、社会的な側面を重視する情報 C[3][4][5] の教科書に関

する比較研究が行われてきた。

今回は情報の科学的理解を重視した情報 B の教科書を取り上げ、「問題解決における手順とコンピュータの活用」「コンピュータにおける情報の処理 (アルゴリズム)」「モデル化とシミュレーション」など、情報 B を特徴づける項目に関する比較を行った。

また、比較のための指針として、学習指導要領 [1][6] とともに、情報処理学会情報処理教育委員会の提言 [7] との相違点に着目した。

2 「提言 2005」について

情報処理学会情報処理教育委員会は、2005年10月に「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005」（以後、「提言」と略す。）[7]を発表した。これは初等教育から高等教育までの幅広い範囲の情報教育のあり方について提言を行ったもので、「手順的な自動処理」の必要性を強調するなど、情報 B との関連が深い。そこで我々は情報 B の教科書を比較検討するにあたり、学習指導要領との比較に加え、この提言の内容がどの程度教科書に見出せるかを調べることに興味があると考えた。

そこで本章では、提言の位置付けと、提言をもとに作成した評価基準について述べる。

2.1 提言の位置付け

提言では、情報処理教育の重要性を述べた上で、「手順的な自動処理」をすべての人に体験させることを主張している。「手順的な自動処理」とは、「問題を自らの判断に基づき定式化」し、「解決方法を（中略）コンピュータ上で実行可能なものとして実現」し、そして「実現したものが（中略）適切であるかを検証」することと定義している。また、題材として「画面に対象物が現われたり、メロディが聴こえたりする」、「感性の表現が容易であり、作品を相互に鑑賞できる。」ものを選ぶことも提案している。

情報 B の枠組みの中でも「手順的な自動処理」を体得させることは可能である。実際、情報 B の「モデル化とシミュレーション」においては、「ソフトウェアやプログラミング言語を用い、実習を中心に扱うようにする。」[1]と発言されている。

その一方で、指導要領における「手順的な自動処理」に関する言及には、「一つ一つの命令がステップで動いていることを扱う程度とする」、「並べ替えや探索などのうち、基本的なものにとどめる」といったものがあり、提言と比べ、扱う内容に量的質的な温度差があるといわざるを得ない。

そこで、指導要領に基づいて作成された各社の情報 B の教科書が、「手順的な自動処理」に相当する内容をどのように扱っているかを調べた。

2.2 評価方法

提言では、コンピュータの本質が「手順的な自動処理」であることを、体感的かつ具体的に理解させるように求めている。

現在の指導要領にもコンピュータの原理に関する内容は含まれているが、知識的な教育が中心であり、それだけで「コンピュータに何ができて何ができないか」といったことがらを判断できるようになることは難しい。

そこで、「手順的な自動処理」に接して体験し、その特性を身体的に納得することが重要になる。このような体験を通して、生徒が「こういうことはできるが、こういうことはできないだろう」という判断をある程度的確に行うことが可能になる。このような教育を行うためには、次の3つのステップが必要である（図 1）。

1. 問題の定式化

問題を自らの判断に基づき定式化し、その解決方法を考える。

2. プログラミングによる解決

解決方法をアルゴリズムとして組み上げ、自動処理可能な一定形式で記述した、コンピュータ上で実行可能なものとして実現する。

3. 検証と再試行

実現したものが問題解決として適切であるかを検証し、必要なら問題の定式化まで戻ってやり直す。

指導要領では、1. は「(3) 問題のモデル化とコンピュータを活用した解決」の「ア モデル化とシミュレーション」に、2. は「(2) コンピュータの仕組みと働き」の「イ コンピュータにおける情報の処理」に相当する。残念ながら、3. に相当する項目は指導要領には存在しない。また、「(1) 問題解決とコンピュータの活用」の「ア 問題解決における手順とコンピュータの活用」では、教

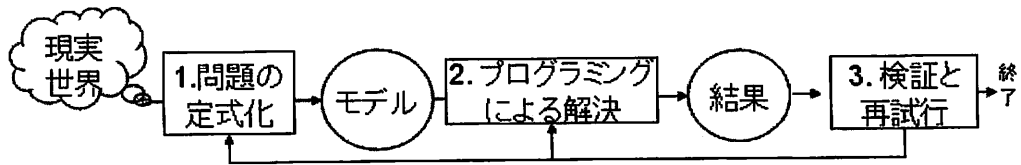


図1 手順的な自動処理の流れ

科全体の導入を説明する。

このような背景から我々は、情報 B を特徴付けている内容について、その扱いを浮き彫りにするために、以下の 2 つの評価軸を選んだ。それぞれを 4 章と 5 章で報告する。

- 問題解決、アルゴリズム、シミュレーションの題材
- 問題の定式化、プログラミングによる解決、検証と再試行の扱い

3 対象とした教科書とその構成

今回比較の対象とした教科書は 9 種類である。教科書 A~D は平成 17 年度版、教科書 E~I は平成 15 年度版のものを利用した。表 1 に、各教科書の目次構成を示す。表題の表記の違いを除いて同一と思われるものはそれぞれ 1 つの群としてまとめている。また、章番号は便宜的につけたものであり、各教科書の実際の章番号とは必ずしも対応しない。

α 群は指導要領と同一の構成であり、教科書 B、教科書 F が相当する。また教科書 C も空欄部分が「総合実習」となっているのでこれに分類できる。

β 群は α 群の 3、つまり指導要領の (3) ア (モデル化とシミュレーション) と (3) イ (情報の蓄積・管理とデータベースの活用) とを別の章としたもので、教科書 A、教科書 D、教科書 E、教科書 H と最も多くが採用している。

教科書 G は特異な構成で、モデル化を「情報の表現」の中でデータ構造の設計として取り上げ、シミュレーションを「情報の処理方法」の中

にプログラムの一形態として含めている。教科書 I は手順 (アルゴリズム) を非常に重視した構成である。

全体として、多くの教科書 (α 群、 β 群) は指導要領そのままの構成だが、その中でモデル化とシミュレーションにある程度の分量を割く必要性を認めて章を分けたもの (β 群) が半数以上あったと考えられる。

4 扱われている題材について

本章では、「問題解決」「アルゴリズム」「シミュレーション」の 3 つの項目のそれぞれについて教科書で扱われている題材を比較・議論する。

4.1 「問題解決」の題材

指導要領の「(1) 問題解決とコンピュータの活用」に相当する部分は、ほとんどの教科書が最初の章で扱っている。この部分では、これから学んでいく問題解決についての全体の流れを示すとともに、適切な例題を用いてコンピュータを用いた問題解決が意味のあることを示すことが求められる。

この項目で扱う題材としては、ほとんどの教科書で「商品の購入計画」「旅行等の移動計画」が扱われていた。多くは費用や所要時間から制約を満たすものを選ぶものだが、数理的な最適解を求めるというわけではなく、おおむねコンピュータを情報収集に利用するのにとどまっている。これに対し、教科書 H では「皆で決めたはずの旅行の計画に不満が出されたので、改めて全員が満足する計画を検討する」というメタな問題を提示し、各自の希望を数値化して表計算ソフトで集計し上位のものを選ぶという、コンピュータを活用

表 1 目次構成のパターン

章番号 教科書(群)	1	2	3	4	5
α 群(教科書 B、教科書 F、教科書 C)	問題解決とコンピュータ	コンピュータの仕組み	モデル化とコンピュータを活用した解決		情報社会と情報技術
β 群(教科書 A、教科書 D、教科書 E、教科書 H)	問題解決とコンピュータ	コンピュータの仕組み	モデル化とシミュレーション	データベースの活用	情報社会と情報技術
教科書 G	情報の表現	情報の処理	コンピュータの仕組み	コンピュータによる情報処理	情報技術と社会
教科書 I	私たちの生活と情報環境	問題解決とコンピュータ	コンピュータの働き	問題解決と手順	情報社会と情報技術

した方法が例示されている。また、教科書 I は、問題解決をすべて「コンピュータによる自動処理ができるもの」として扱い、最初からデータの並び替えを問題として取り上げていた。

問題解決の流れとして、多くの教科書では「問題の定義、情報の収集分析、実施案の作成、実施、反省」に相当する内容が説明されていた。しかし、教科書 C のように、「調査、分析」を行った後は教室での発表と他の生徒からの評価を行うだけで、問題解決の流れを十分に説明していないものも存在した。

4.2 アルゴリズムの題材

問題解決の流れにおいて、アルゴリズムは問題を解決するための手段である。個々のアルゴリズムを説明するために、どうしても無味乾燥になりがちであるが、生徒が興味を持続し、自分たちが問題解決のためにアルゴリズムを学んでいることを実感できる題材が不可欠である。このような観点から、各社の教科書を検討した。

問題の設定を身近なものにするために、教科書 A や教科書 C では、料理をフローチャートの題材として説明している。一方、アルゴリズムの題材としては、探索、並び替えなどが多く、問題解決の中でこれらを用いる場面を生徒が想像できるような題材はほとんど存在しなかった。また、

一部には教科書 I のように、閏年の判定、曜日計算、最短経路問題などの高度なアルゴリズムまでを扱っているものが存在した。

自分たちが何のために学んでいるかを知るためには、問題解決の中でアルゴリズムがどのように役立つのかを示す題材が求められる。また、提言にも指摘されているように、身近でしかも自動化が可能な題材を取り入れることで、生徒の興味を高めることが望ましい。たとえば「音楽の演奏」や「絵の描画」などを取り入れることもひとつの方法である。

4.3 シミュレーションの分量・題材

問題解決のためにコンピュータを活用するひとつの方法は、問題をモデル化し、影響を与える変数の値を変化させながら結果をシミュレーションすることである。

この項目の分量は教科書によってまちまちであり、20 ページ以上を使い詳しく説明しているものもあれば、わずか 6 ページで具体的な手順を示さずに済ませている教科書も存在した。

題材としては、待ち行列を扱った例がもっとも多く、6 種類が採用していた。次に多かったのは生物の増減で 3 種類であった。

興味深い題材として、教科書 H は、「商品を売る場合に、つり銭を何枚持つべきか」という課題

を乱数を使ってシミュレーションする例を紹介していた。

5 手順的な自動処理の取り組み

コンピュータの本質が「手順的な自動処理」であることを体感的に理解するためには、コンピュータ上で具体的に実行可能な例が取り上げられ、それを実際に実行できることが必要である。

ここでは問題を解決するために必要な流れとして、「問題の定式化」「プログラミングによる解決」「問題を解決できたことの検証」という3つの視点から考察する。

5.1 問題の定式化

「手順的な自動処理」の扱いについて、2.2節で挙げた3点に分けて検討する。まず、問題を解決するためには、現実世界の問題を分析し、モデルを構築する必要がある。しかし、一部の教科書では、あらかじめモデル化された題材のパラメータを変えるだけのものがあり、必ずしも現実世界の問題をモデル化する題材になっていない例が存在した。

教科書Cは、購買予測の問題に複数のモデルを例示して、それぞれを考察させている。一般に、ひとつの問題を複数の手法でモデル化することが可能であるため、それを体験することができる例になっている。

教科書Eは、待ち行列の問題を例題にとり、コンピュータによる実行を行う前のモデルの作成が重要であることを説明している。具体的な問題解決の事例と結び付ける形で、モデル化の重要性を説明している例である。

教科書A、教科書C、教科書Fは、モデルの説明では数学的な話題が多く、数学による解決に結びつけているものがある。これらの中には、数式を与えるだけで解決してしまうものや、漸化式を導出してから、それを解くためにだけにシミュレーションを用いるものがある。こうした例題はシミュレーションを行う意義が薄いと考えら

れる。教科書によっては、モデル化の説明が十分でないものが存在する。たとえば、教科書Hは、モデル化についての説明があるだけで、各問題について、モデルが何であるかの明確な記述されていない。たとえば、待ち行列の問題では、待ち時間や窓口処理の時間についていくつかの仮定が存在するが、それがモデルであるとは明確に言及されていない。教科書Bは、モデル化に対する総論だけが書かれており、具体的なモデル化の事例は示されていない。教科書Dは、「あるモデルではこのようにして解き、別のモデルではこのようにして解く」というような記述がある。モデルを、問題を解くための考え方、つまりアルゴリズムのようなものとして捉えている。

5.2 プログラミングによる解決

問題をモデル化し、解決方法を考えただけでは問題を解決したことにはならない。モデルと解決方法を実証するために、コンピュータで実行してみることは重要である。ここでは、生徒が実際にアルゴリズムをプログラムで記述し、それを実行して試してみることができるかという視点で教科書を評価する。

教科書Aは、コンピュータに実行可能な形式をもっとも多く掲載していた。この教科書は表計算とVBAの実例を掲載している。表計算の例にはセル配置（各セルに入れるべき数式を含む）が示されており、実例に従い表計算のワークシートを復元することができる。教科書Dもシミュレーションを表計算により解決しているが、詳細な説明はない。

ところで、表計算で「手順的な自動処理」を体験するためには、言われた通りに計算式を入れて結果を確認するだけでは不十分である。「どういう道筋で計算が進んでいるか」を自分自身で納得し、理解できることが不可欠である。そのためには表計算ソフトの計算機構を理解させる必要があるが、このような内容を解説している教科書は存在しなかった。

また、教科書AはVBAについてはソースコー

ドを掲載しており、生徒が実際に実行しながらアルゴリズムや動作を確認することができる。ただし、表計算ソフトから VBA を開く方法など、お互いの関係を示すものが書かれていないため、授業で補足が必要である。

教科書 B、教科書 H は、BASIC、アセンブラ、Pascal、VBA などのプログラム例を提示しているが、それは単にプログラミング言語の例示にすぎない。アルゴリズムやシミュレーションの例題はフローチャートで解説されている。

教科書 E、教科書 F は、Pascal 風の言語や日本語に基づいた擬似言語を用いた記述があるが、処理系が存在しないので実際に動かすことはできない。

教科書 G は、独自の日本語に基づいた言語による記述が行われている。しかし、言語の仕様が詳細に説明されているにもかかわらず、アルゴリズムやシミュレーションの解説では実際のプログラムが少なく、十分に活用されているとは言えない。また、処理系を実行できる環境が限られるため、手軽に実行して試すことはできない。

教科書 I も、日本語による疑似コードを用いており、具体的なコード例が掲載されている。しかし疑似コードであるため、やはり実行して試すことはできない。

教科書 C は、フローチャートだけが示されており、実行可能な記述は存在しない。

5.3 検証と再試行

「手順的な自動処理」における「実現したものが問題解決として適切であるかを検証し、必要なら問題の定式化まで戻ってやり直す」という段階では、予想していた結果と実際にコンピュータで実行した出力を比較し、誤りや効率の悪さが発見された場合には再び前の段階に戻ってやり方を見直す。この「検証」は、次の性格をもっている。

- 学習者が問題解決の実習を行っている最中に、何度も繰り返して行う。
- 必ずしも定式化まで戻るわけではなく、アルゴリズムの検証や、コンピュータで動かした

プログラムの修正、すなわちデバッグを行う場合もある。

- プログラムの効率、計算量についても検討する。

一方、各教科書が「検証」あるいは「評価」として扱っているものは、学習者が行った実習に対する評価、つまり実習が終わってから反省点を考察するものであった。例えば、「作業の過程で話し合いを十分に行なったか（プロジェクト管理）」を評価したり、商品やサービス購入を題材にした場合は、「その結果に購入者や参加者が満足したか（品質管理）」を評価する。そのため、「手順的な自動処理で解決できるように問題をモデル化できたか（モデルの健全性）」「手順的な自動処理の作業内容は、本当に元の問題の解決に役に立つか（仕様の健全性）」「手順的な自動処理の作業そのものに誤りがなかったか（プログラムのシンタックス）」といった話題は避けられているといってもよいほど記述されていない。

なお、教科書 B には「バグ」という言葉がコラムに掲載されているが、「プログラムは誤りを含んでいることがあり、時に深刻な結果をもたらす」という記述があるだけで「プログラムを書くときはバグを取り除く作業が必要」ということを学習者に明示的に訴えるような文章ではない。教科書 D には、図 1 に似た流れ図を示して、「検証を行い、どこに間違いがあったかに応じて前の段階に戻る」という順序を示してはいるものの、実例は示していない。同教科書には「エラー」という語が出てくるが、これはユーザが誤った入力を行ったという意味合いであり、プログラム上の間違いを説明しているわけではない。また、学習者にデバッグを促す目的で、誤ったプログラムを故意に掲載するような試みはどの教科書も行っていない。

計算量については、教科書 A、教科書 G、教科書 H は探索アルゴリズムにおいて、線形探索と 2 分探索の手間の違いを考察させる部分がある。ただし数式による表現はない。教科書 C は、

最大選択法による並び替えは $n(n-1)/2$ 回の読み出しが必要、という言葉がある。教科書 E は、線形探索にかかかかる平均読み出し回数が $n/2$ であるという言葉がある。同教科書では、2分探索の回数については、おそらく高校1年生の数学では対数関数 \log を習っていないことを考慮したために、 $n=26$ の場合での回数を例示するにとどまっている。教科書 F は、並び替えの演習で「どのようなアルゴリズムが効率がよいか話しあおう」という言葉があるが具体的な効率に関する説明はない。

6 考察

今回調査した教科書は、いずれも「手順的な自動処理」を前提に書かれたものではない。しかし、今回検討した結果、コンピュータで実行可能なものを掲載している教科書も見受けられるため、教師の工夫次第では「手順的な自動処理」を教えることも十分可能である。一方、全体を通じて、手順的な自動処理の「定式化、実行、検証という順序を明確に示す」、「実際にコンピュータ上で動作する例を豊富に掲載する」、「解法に対して学習者に責任をもって検証させる」といった取り組みが不足していた。コンピュータで実行可能な例は「アルゴリズム」「シミュレーション」などの項目に散見できるが、これらは量が少なく、順序的、内容的なまとまりが十分とは言えない。

改善方法としては、例えば、序章には図1のような「問題解決」の手順を示し、それ以降の章に、「定式化（モデル化）」「実行（シミュレーション）」「検証（評価）」の章をならべ、「アルゴリズムはシミュレーションを行う際の考え方である」という位置づけにすることが考えられる。例題には一貫した形式で（できれば複数の）モデルを示し、解法は実際に動作するプログラミング言語を使った複数の解法を示し、検証に必要なテストケースなども例示しておくことが望ましい。

題材は、単に身近であるというだけでなく、コンピュータ上で動くものを選ぶことが重要であ

る。その意味では、料理の手順のように動作が不可能なものではなく、画像や音などを出力させるような課題が望ましい。販売戦略、日程計画や、確率的な試行などの問題を解く場合でも、モデル化を行ったときにそのモデルがコンピュータ上で視覚的に図示され、その図自体をプログラムで操作できるような仕組みが望ましい。

7 まとめ

本稿では、情報 B の教科書について「手順的な自動処理」への取り組みを中心に比較を行った。

その結果、現行の教科書においては、「問題解決」「アルゴリズム」「シミュレーション」などの区別があいまいな上、それらの関係が不明瞭であるという問題点が明らかになった。また、自動的な処理を積極的に取り入れた教科書がある一方で、まったく入っていないものも存在した。使用する言語や環境もさまざまであり、「手順的な自動処理」を実践するための環境が整備されていないという問題も明らかになった。

今後は、情報 B の教科書について、今回取り上げることができなかった「情報の表現方法」、「データベース」などの部分を含め、比較検討を進めていきたいと考えている。また、2005年3月末までに検定が終了した平成19年度から使用開始される新しい教科書についても早急に入手し、評価を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 文部省：“高等学校学習指導要領”（1999）。
- [2] 中野由章：“教科書にみる教科「情報」の教育現場における現状と課題”，情報処理学会研究報告，2005-CE-80，pp.41-48（2005）。
- [3] 小井土 政範：“高校教科「情報 C」教科書比較検討報告”，情報処理学会，SSS2005，pp.9-14（2005）。
- [4] 小井土 政範，和田 勉：“情報 C における各

* www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm

社教科書上の実習課題の比較検討報告”, 情報処理学会研究報告, 2006-CE-83, pp.107-114 (2006).

- [5] 岡本 史子, 和田 勉: “情報 C の教科書比較検討-特に二進法と著作権の解説に関して”, 情報処理学会研究報告, 2006-CE-83, pp.101-106 (2006).
- [6] 文部省: “高等学校指導要領解説 情報編”, 開隆堂 (2000).
- [7] 情報処理学会情報処理教育委員会: “日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005” (2005). †

† www.ipsj.or.jp/12kyoiku/proposal-20051029.html