

「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†, 西田 知博‡, 小井土 政範§
一橋大学*, 東京農工大学†, 大阪学院大学‡, 長野県立上田千曲高校§

概要

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、高校教科「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 の現状と問題を考察する。

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

Shinya Cho, Susumu Kanemune*, Mitaro Namiki†,
Tomohiro Nishida‡, Masanori Koido§
Hitotsubashi University*, Tokyo University of Agriculture and Technology†,
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。

前回の本研究会において、我々のグループは情報の科学的理解を重視した情報 B の教科書に焦点をあてた発表を行った [8]。その中で、「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、学

習指導要領 [1][2] とともに、情報処理学会情報処理教育委員会の提言 [3](以下、「提言」)との相違点に着目した。提言では「手順的な自動処理の構築」を経験することの必要性を強調している。教科書を使って「手順的な自動処理の構築」を教えられるかどうかを比較の指針とし、コンピュータで実行可能なものがどのくらい含まれているかを教科書別に比較した。その結果、「手順的な自動処理の構築」を教えることが可能な内容の教科書にもあった。一方で「手順的な自動処理の構築」に必要な「問題の定式化」「コンピュータによる実行」「正しさの検証」という段階を明確にしている教科書がなく、また、各章に例示されている題材に一貫性がないなどの問題点があった。

前回の研究 [8] では平成 15,17 年度版の教科書

を対象にしたが、今回は今春に出された平成 19 年度版の教科書を対象とし、この間に教科書の内容がどのように変化し、問題点がどのように改善されたかを示す。

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。）」[3] を発表した。

提言では、「情報処理教育」の重要性を述べた上で、「手順的な自動処理の構築」をすべての人に体験させることを主張している。「手順的な自動処理の構築」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」することであるとしている。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。

2.1 評価方法

情報 B の教科書を用いて「手順的な自動処理の構築」を教えるためには、次の 3 つのステップが明確に説明されていて（図 1）、かつそれらを演習する際の題材に一貫性があることが重要である。

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. 自動処理可能な形での解決

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、教科全体の導入を説明する。

前回の比較では、次のような問題点を指摘した。

- ほとんどの教科書が最初の章に「問題解決」を取り上げているが、いわゆる「調べ学習」の延長のような演習が多く、「問題をモデル化する」という部分が抜け落ちている。モデル化は「モデル化とシミュレーション」などの名前の別の章で取り上げていて、しかも教科書の中後半に配置されているため、「手順的な自動処理の構築」の全体の流れを掴むのに適した構成ではない。
- 「自動処理可能な形での解決」は、表計算を活用している例がみられたものの、表計算以外のプログラミング言語を提示している例はあっても「これがプログラムだ」と例示している程度であったり、フローチャートをベースにした実行不可能な言語を例示するにとどまっていた。
- 「検証と再試行」は行われていない。「評価」という項目は問題解決の章で取り扱われてはいるが、「反省」にとどまっていて、正しい結果を得るための試行錯誤、つまり「デバッグ」を行わせるような項目はない。また、デバッグを促す目的でわざと間違えたプログラムを掲載していることもない。

ここでは、19 年度版の教科書において、このような問題点が改善されているかを調べた。前回の研究では、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

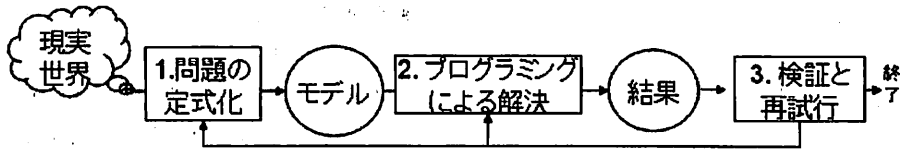


図1 手順的な自動処理の構築の流れ

の2つの評価軸を選んだ。

- 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、自動処理可能な形での解決、検証と再試行の扱い

今回の研究においても、同じ評価軸に基づき、前回との違いをそれぞれ、3章と4章で報告する。

3 扱われている題材について

今回比較の対象とした平成19年度版の教科書は4種類である。

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。

3.1 「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。

15年度、17年度の教科書では、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」などが扱われていたが、19年度でも題材に目立った変化はなかった。

教科書Bは、17年度版と比較すると、題材が旅行計画に絞り込まれている。さらにコンピュータを活用することを強く意識させる内容となっている。例えば、旅費の計算と比較は表計算ソフトを使った実習を取り入れている。

教科書Dは、朝食を取る手順、携帯の選択、劇の上演により、問題解決を例示している。この教科書では、比較検討やトレードオフの重要性を示しているほか、表計算を道具として用いることができる、と述べている。

問題解決の分量を大きく減らしている教科書もあった。教科書Cは、第1章を「情報社会とコンピュータ」とし、問題解決に関する記述は最後の2ページ程度にとどめている。

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。

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。教科書Bでは、問題解決に「評価」という項目があり、その結果によって「問題の理解」へ戻るか、「情報の発信」に進むかという流れがある。これは「手順的な自動処理の構築」の「検証と再試行」にあたる部分である。

3.2 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。

教科書Cは、アルゴリズムの記述にJavaScriptを利用している。プログラムが複雑になるのを避けるためか、「文字列をn回表示」

「割り算」「数列 $\sum 1/n$ の計算」など、数学的な題材が多い。

教科書 B は、17 年度版はフローチャートでアルゴリズムを示すのみであったが、日本語による擬似コードによってアルゴリズムを示し、それに対応する JavaScript のプログラムコードも示している。題材も偶奇判定、平方根の計算、配列の和、素数を求めるなど、やや数学の題材が中心ではあるが、多様なものとなっている。

教科書 D は、入力された数値の和、最大値、ソート、線形探索、2 分探索という典型的なアルゴリズムを例題として用いている。さらに、この教科書ではシーザー暗号による置換式の暗号のアルゴリズムをとりあげている。

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。

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。

3.3 シミュレーションの分量・題材

教科書 C では、シミュレーションが身近にあることを示すために、人口分布、アメダス、DNA、地図、フライトシミュレータ、脳外科手術、風洞実験、津波の予測など様々な例をあげている。これらはいくまでシミュレーションというものか何であるかを示すためのもので、実習の題材ではない。題材には「太陽光による発電量」「絶滅危惧動物の増減」「待ち行列」などが取り上げられている。これは旧版においても多く見られた題材である。

教科書 B は、連続変化、離散変化、待ち行列、モンテカルロ法など、シミュレーションの種類別に取り上げている。実習課題は章末にまとめられていて、「売り上げ予想」、「店舗での待ち行列」、「人口予測」などが挙げられている。

教科書 D は、釣銭と待ち行列の問題を例題にとりあげている。

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、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。

4 手順的な自動処理の構築の取り組み

コンピュータの本質が「手順的な自動処理の構築」であることを体感的に理解するために、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」「自動処理可能な形での解決」「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。

4.1 問題の定式化

まず、「手順的な自動処理の構築」の扱いについて、2.1 節で挙げた 3 点に分けて検討していく。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。前回の比較では、一部の教科書で、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、統計的手法を用いて、与えられたデータから数式モデルを作成する、という手順でモデル化を作成している。一部の例題には、1つの現象に複数のモデルを検討させるものもあった。

教科書 B は、「静的モデル」「動的モデル」「連続変化モデル」「離散変化モデル」「決定的モデル」「確率的モデル」などの言葉の説明があるが、現実世界からのモデルの構築を理解したり実践するようには作られていない。

4.2 自動処理可能な形での解決

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。

前回においては、コンピュータに実行可能な形式を積極的に掲載している教科書もあったものの、ほとんどが表計算であった。しかも表計算の基本的な仕組みを教えることなく、ただ計算式を入れるだけの内容であった。「表計算がどういう道筋で計算が進んでいるか」まで自分で納得しなければ「手順的な自動処理の構築」の体験にはならない。

また、プログラム例を提示しているが、それは単に「これがプログラムだ」という例示をしているだけの教科書があったり、Pascal 風言語や日本語に基づいた擬似言語を利用するも、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があったりした。

19年度の教科書 C は、アルゴリズムの章で Javascript のプログラムを 10 個掲載している。ただし、3.2 で述べたように、数学的な問題を題材としているため、ある入力を受け取って、その結果を出力してプログラムが終了するという、コンソールアプリケーションのような使い方をしており、WEB ブラウザ上の GUI 部品の制御

など、Javascript が得意とする機能は使われていない。Javascript を採用した理由は、おそらく「WEB ブラウザさえあれば、ほとんどの環境で動作する言語だから」ということであると推測される。また、シミュレーションの章では、数学モデルを示した上で、結果を表形式にまとめている。「表計算ソフトを使うと簡単に計算できる」という指示があるものの、実際に表計算ソフトを利用する具体的な手順は示されていない。

教科書 B も、アルゴリズムを実現手段として、JavaScript によるプログラミングを実習させるようになっている。アルゴリズムは日本語を用いた擬似言語で示されており、それに対応した JavaScript のコードが示されている。JavaScript の文法や関数などについては、プログラムに現れた時点で、その説明を行うという形式になっている。本文中のプログラムはあくまでアルゴリズムを実現するのみであるが、章末資料には JavaScript で Web ページに動きをつけるという応用的な内容のプログラムも掲載されている。

教科書 D は、旧版では実際に動かすことはできない方針を採っていたが、19年度版では、各所に実際に動かして確かめる方針に転換している。Basic を使い、まず、Basic の文法について表でまとめたのち、先の数値の和、最大値、ソート、線形探索、2分探索のプログラム例が示されている。シーザー暗号については、アルゴリズムは示されているが、プログラムについては課題になっている。さらに、シミュレーションについては表計算により、釣り銭、待ち行列を計算機上で実行する。また、データベースについても、Access により図書貸出し管理について、表設計、表作成、データ入力、join、クエリを作成し、実行できるような記述になっている

4.3 検証と再試行

「手順的な自動処理の構築」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

う段階は、実際にコンピュータ上で動かした結果と、予想していた出力を比べて、間違いがあったり、効率が悪かったりした場合は、再び手前の段階に戻ってやり方を見直す、段階である。この「検証」は、次のような性格をもっているといえる。

- 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。

15,17年度版の教科書では、「検証」あるいは「評価」とみなしているものは、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、反省点を考察するというものであり、何度も繰り返すような性質のものではなかった。効率、計算量については少し記述がみられたが、デバッグに関してはまったく記述がなかった。

19年度版の教科書Cには、前回の比較ではどの教科書でも見かけなかった、誤りを故意に含んだプログラムが掲載されていた。それは、「2つの変数の値を入れ替える場合に、 $a=b$; $b=a$; ではうまくいかない」というものであった。ただし、このようなプログラムはこれ1個だけで、しかも欄外扱いである。また「バグ」との関連性は指摘されていない。

教科書Bには、前回の比較において唯一「バグ」という言葉を掲載されていた。19年度にも同様な文章が掲載されているが、生徒がプログラムを体験する章との結びつきはない。ただし、1章のまとめでは、問題解決の手順として「実行結果を再検討する」が示されており、一般的な手順における結果の見直しが示されている。

教科書Dは、旧版では、線形探索にかかると時間を式を使って表していた。しかし、今回の版

では式の表現は難しいと判断したのか、具体的に何回かかるかを求めさせている。並べ替えでは、時間がかかる定性的な説明にとどまっている。クイックソートが脚注に簡単に紹介されている。バグについての説明は現れない。

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。

5 考察

今回調査した教科書が、前回の調査から大きく変化した点は、「手順的な自動処理の構築」の中核部分である「コンピュータによる実行」を大幅に増強している点である。特にアルゴリズムの項目ではフローチャート主体の説明をすべてJavaScriptやBASICに置き換えるなどの改訂が行われている。

一方、「コンピュータによる実行」の前後の段階である「定式化(モデル化)」と「検証」については、前回同様、これらの段階の順序を理解するのに適した章の構成にはなっていない。プログラムの例を増強しても、アルゴリズムの章の中に閉じてしまっていて、定式化や検証とは何も関係ないかのように書かれている。プログラムの題材も、依然として数学の問題を扱っているものが多く、画像を用いるなどの視覚的に訴えるような題材は少ない。JavaScriptによるWEBページの動的な書き換えなどを紹介している教科書もあったので、今後は様々な種類の題材が扱われることを期待する。

6 まとめ

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

現行の教科書には、「問題解決」「アルゴリズム」「シミュレーション」など区別があいまいな上にそれらの関係が不明瞭であった。自動的な処理を積極的に取り入れたものもあるし、まったく入っていないものもあり、また使う言語や環境

はさまざまであった。

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、比較検討を進めて行きたいと考えている。

参考文献

- [1] 文部省: “高等学校学習指導要領” (1999).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm
- [2] 文部省: “高等学校指導要領解説 情報編”, 開隆堂 (2000).
- [3] 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). <http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/proposal-20051029.html>
- [4] 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).
- [5] 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 (2005).
- [6] 小井土 政範, 和田 勉: “情報 C における各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 (2006).
- [7] 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 (2006).
- [8] 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: “「情報 B」の教科書比較 - 「手順的な自動処理」の観点から”, 情報処理学会研究報告, 2006-CE-84 (2006).