

6 教育用プログラミング言語を利用した教科教育と情報教育

辰己 丈夫 東京農工大学総合情報メディアセンター

教育の情報化と情報教育は違う

ここではまず、教育の情報化と情報教育は異なる、ということ述べるが、分かりやすいように、まず最初に具体例を紹介する。

英語教育の情報化

英語教育の情報化とは、まず、英語の授業を情報機器を用いた授業に変更することからはじまる。

たとえば、従来は教師がタイプライタなどを利用して作成していた試験問題や、教科書などのコピーを元にして作成されていた授業中に配布されるプリントの作成を、コンピュータなどの情報機器を利用して作成するところからはじまる。後述する「情報化の4段階」理論のように、学習プロセスの変化を意識的に把握していない（研修を受けていない）教員の場合は、通常は、従来、その人が行ってきた授業をそのまま情報機器を利用したものに変化させようとする。

たとえば、紙はワープロの文書ファイルに、鉛筆はキーボードに、黒板はプロジェクタとスクリーンに、板書はプレゼンテーション形式の文書ファイルにする。また、ドリル問題を Web などを用いて演習できるようにする教員も登場するが、これも単にドリルをそのまま情報化したものにすぎない場合が多い。

この段階では授業の目標は英語教育の目標であって情報教育のそれではない。したがって、この授業の中でキーボードタイピングを教える場合、英語の授業の一貫として教えることになるので、プログラミングなどでよく利用される文字などの位置は教えられない。ただし、英語の教員の中には勘違いをしている人がいて、「私は、コンピュータを使った英語の授業で情報教育をしていま

す」という発言をときどき見かける。

数学教育の情報化

英語教育の情報化の例えを利用すれば、数学教育の情報化も容易に理解される。

数学の授業のなかで、計算用紙の代わりに数式処理ソフトを利用し、黒板の代わりに3次元グラフィクスを利用し、確率の演習(実験)の代わりに乱数を利用し、方眼紙の代わりに表計算ソフトを利用してグラフを書く。この授業も、授業の目標そのものは数学であり、そこにコンピュータを始めとする情報機器を利用しているにすぎない。

また、上に述べたような授業は、従来の授業で使われる道具をすべてコンピュータなどに置き換えただけのものである。

X教育の情報化

ここまで述べてきたことを抽象化すると、「X教育の情報化」とは、「従来行われてきたXという内容の教育のさまざまな作業をコンピュータを始めとする情報機器を利用する作業に置き換えること」である、となる。これを本稿では「教材の変化」と呼ぶことにする。

実際に授業を始めると、教員は教材に動きをつけてみたり、従来の紙・鉛筆では実現できなかったようなインタラクティブな教材を作るようになり、その結果、教員が教えるのではなく、学習者が主体的に学ぶようになる。これを本稿では「学習観の変化」と呼ぶことにする。

コンピュータのおかげで採点作業が簡便になることから、いままでの授業では発見することが困難だった授業要素ごとの改善点や、学習者(学生、生徒)の学習履歴の分析が可能になる、ということを教師が気づくようになる。その結果、教材に変更が加えられ、教員は(意識的

教材の変化	既存の教科の教育内容を前提として、学習過程を変えることなく既存の紙・黒板・視聴覚機器がマルチメディア化される。
学習観の変化	マルチメディアのもたらすインタラクティブ性により、教員を主体とする「教育」観から、学生を主体とする「学習」観に変化する。
目標の変化	上記がもたらす結果として、重要視されるべき内容が変わる。
課程の変化	教育内容・教科課程の情報化が行われる。

表-1 教育の情報化4段階理論

か無意識的にかかわらず) 従来の学習目標とは異なる学習目標を設定するようになる。これを本稿では「目標の変化」と呼ぶことにする。

そうすると、各教科における授業でのコンピュータの活用も、個々の授業(単元ごと)の目的が、従来の授業とは異なるようになる。たとえば小学校国語では、従来よりも遥かに早くローマ字を学習する必要性が生じる。このように学習順序に対する変化が現れると、授業そのものの目的・手法についても変化を生じるようになる。これを本稿では「課程の変化」と呼ぶことにする。

以上を本稿では「教育の情報化4段階理論」¹⁾と呼ぶ(表-1)。

だが、ここでも依然として成立していることは、「これは情報教育ではなく、既存の教科教育の情報化である」ということである。

X教育のY化

さらに議論を抽象化する。今まで見てきた内容を「X教育の情報化」→「X教育のY化」というかたちで抽象化してみると、次のようなことがいえる。

- 授業の目的はXである
 - 授業をしている先生はXの先生
- 授業の手法はYである
 - Yの授業に見える

これは、このような手法がいろいろ生成可能であることを示している。

- 数学教育の国語化
 - 証明に使われる言葉について学ぶ。
- 国語教育の数学化
 - 作家や作品に現れる語彙や文字について統計的に解析する。

- 美術教育の体育化
 - 「きれいな円」や「きれいな直線」を描く練習をする。
- 体育教育の音楽化
 - 音楽に合わせて体を動かすダンスの授業をする。

ここでは、この内容についての詳細は述べないが、単なる授業手法の変化を抽象的に議論するだけでも、さまざまな可能性が発見される、ともいえる。

情報教育

前章で「コンピュータなどを用いた教科教育は、情報教育ではない」ということを述べたが、この主張を裏付けるためには、もう1つ、情報教育の定義を議論する必要がある。

初等中等教育における「情報処理教育」

「情報教育」という言葉が、大学教員の間でも一般的に使われ始めるようになったのは、実は1990年代以降のことである。それ以前は通常「情報処理教育」と呼ばれていた。1960年のIFIP設立に伴うInformation Processingの訳として「情報処理」が当てられ、それに合わせて情報処理学会が設立されたという経緯²⁾があり、この延長に「大学における情報処理教育」という言葉が定着した。

その後、情報処理教育は専門家養成のためのものと一般の学生を対象とするものに分かれ、前者は専門学科の設立を促し、後者は各大学の情報処理教育センタ、情報科学研究教育センタなどの設置を促していった。

このように、主に高等教育において情報処理教育が行われてきた過去においては、初等中等教育でも、高等教育と同じような情報処理教育が行われてきた。すなわち、小学生や中学生にLogoを代表とする「お絵書きプログラミング」³⁾を行わせたり、あるいは、高等学校などで簡単な回路製作からワンボードマイコンの動作確認などを行っていた。

だが、大学で専門家養成のための情報処理教育を工夫せずに実施できたのは専門家を養成するためであって、同じことを小学校～高校で実施しても、よい結果を得られないことは自明ともいえる。さらに深刻なのは、小学校～高校で、大学と同じような情報処理教育を楽しんでいた児童・生徒が、その後、大学では情報科学、情報工学、数学などに進学し、自分たちが学んできた『小学校における情報処理の授業が最もよい授業であった』と信じ、その人たちが初等中等教育にかかわるようになる、自らが学んできたように教えてしまうという『構造

的な問題』である(この問題は「情報処理」のみならず、他教科にも存在している)。

そのため、初等中等における情報教育が、専門家養成のための情報処理教育と大きく変わらないまま進行し、結果として、初等中等の教員に「情報処理教育アレルギー」を起こしてしまったともいえる。

「情報処理教育」から「情報教育」へ

初等中等における情報処理教育が、上に述べた状況であるにもかかわらず、社会の情報化は進展し、初等中等教育に「情報」の教育を行う必要が認識されるようになった。

実際には、1992年から開始された学習指導要領において、いくつかの教科でのコンピュータの利用が求められるようになり、高等学校で2003年から開始された学習指導要領⁴⁾では、高等学校に必修の新教科「情報」(正確には、普通教科「情報」と専門教科「情報」)が設置された。また、2002年から中学校で始められた学習指導要領では、技術・家庭において「情報とコンピュータ」が内容として取り上げられた。

この変化によって、初等中等教育における「情報処理教育」は終焉し、その内容は「情報教育」に移行したともいえる。

情報教育の目標

さて、現在施行されている高等学校の学習指導要領では、「情報」については、学習目標を次の3つに分類して整理している。

- 情報活用の実践力
 - 情報機器の利用
- 情報の科学的な理解
 - 情報機器の性質を抽象化して理解
- 情報社会に参画する態度
 - 情報機器の人間社会への影響

これは、1998年に公表された「体系的な情報教育の実施に向けて」という調査協力者会議の答申に含まれていた、情報教育の3つの目標であり、現在、日本の初等中等教育において行われている情報教育の基本仕様となる文書である。

コンピュータの動作を理解するという内容は、上記では「情報の科学的な理解」に含まれている。しかし、学習指導要領では、「プログラミングについては深入りしない」と書かれており、実際に高等学校の検定教科書においても、プログラミングを陽に含む教科書は少ない状態

である。

既存の教科とプログラミングを結びつける

情報教育におけるプログラミングの取り扱いについては、本特集の他の著者の記事に譲り、ここでは、情報教育でない場面でのプログラミングについて考えてみたい。

算数・数学とプログラミング

算数・数学の学習にプログラミングを取り入れる試みは、旧来のBASIC全盛時代から脈々と続いてきた。たとえば、高校程度ではプログラムを用いた数値解析により方程式の近似解を求める、あるいは、ある条件を満たす整数を求める問題(不定方程式)の解決に利用される。すなわち、算数・数学教育におけるプログラミングとは、対象となるモデルで成立する数式などの関係を元にして、算数・数学で学んだ知識で解決できる問題を、プログラムを利用して求解する作業であるということが分かる。

正しいモデルを作れなければ、正しいプログラムを作成することはできない。逆にいえば、正しいプログラムを書くこととする姿勢が、モデルを正しく認識することにつながる。

さて、ここに、1997年に学習院大学理学部の入試問題で、数学として出題されたものを引用する。

4桁の整数 N の各桁の数字を逆に並べてできる数を N_0 とする。

(1) 等式 $N_0 = 3N + 2000$ を満たすすべての N を画面に表示する下のBASICプログラムを考えた。これを完成させよ。

```
100 FOR A=1 TO 9
110 FOR B=0 TO 9
120 FOR C=0 TO 9
130 FOR D=0 TO 9
```

.....

(2) (1)の等式を満たす N の例を1つ与えよ。

本問の(2)の正答は大変おもしろいので、ぜひ解いてみて欲しい。本書の読者ならば、自分が得意とする言語を利用してすぐに解を求めるであろう。しかし、この問題は数学の問題として入試で出題されているので、計算機を使わずに筆算で解答することが求められている。手とペンを動かして、本問の解答を作ることができれば、プログラムを利用した解法の長所短所が明らかになる。

理科・社会とプログラミング

理科・社会の学習では、シミュレーションによる対象の理解が、プログラミングの応用例である。

ここで行われるシミュレーションとしては、

- 運動方程式などから物体の位置などを求めるもの
- 乱数などを用いた生物発生の特徴(特に遺伝)を見るもの
- 人口や経済指標を予測するもの

などが代表的であるが、これも数学の例と同じように、対象となる領域で成立している関係式を元にしてモデルを構築する必要がある。

すなわち、これらの領域でプログラミングを利用して学習を進めるためには、モデルに対する正しい理解が必要となる。

モデル・アルゴリズム学習の必要性と学習順序

このように考えると、教科教育にプログラミングを取り入れることのメリットは、「対象領域における、正しいモデル認識・構築」を実践的に学習できることである、といえる。

だが、このことを前提として「モデル理論を先に学習し、それからプログラミングを学ぶとよい」「プログラムを作るにはアルゴリズムが必要であるから、先にアルゴリズムを学習すべきである」というのは、いずれも短絡的である。

大学生以上の専門教育を対象としている場合は理論に従った学習順序が効率的ともいえるが、小学生～高校生は「対象となっている事象を特徴ごとに分類し、そこから規則を見出す作業」の訓練をほとんど受けておらず、また、それが可能な発達段階にもない。したがって、「まず一般法則があり、インスタンスとして応用例」を学ぶよりも、「まず具体例があり、具体例をよく理解することで、規則性を見出す」方が効果的である。

ところで、高等学校の教科「情報」の指導要領には「プログラムに深入りしない」と書かれていたために、指導要領の施行開始となる平成15年版の教科書ではアルゴリズムやモデルの学習に中心を置くものが多かった。だが、それでは学習内容を理解できない生徒が多く、また、「コンピュータが動く体験」を得られないまま「『情報』嫌い」を生み出してしまいかねない。

この状況が影響を与えたのかどうかは不明であるが、平成19年から使用開始された教科書では、アルゴリズムよりもプログラミングを重視した教科書が増えた(筆

者が執筆したもの⁵⁾も含まれている)。また、モデルの一般論を述べるよりも、対象ごとのモデルを紹介しながら、対象についての理解を深めるという構成の教科書が増えている。

教科教育でのプログラミングの未来・夢

従来から行われてきたプログラミングの学習を、

- 従来の教科教育の枠に該当するもの
- 情報教育に該当するもの
- 上記のいずれでもないもの

に分類するならば、2番目の内容についての研究は進んでいると筆者は感じている。だが、1番目の内容や、今後現れるであろう3番目の内容については、研究・実践が不足していると感じている。

また、初等中等教育にプログラミングを採用する場合は、

- 発達段階に応じた環境の整備
- 発達段階に応じた学習目標の設定
- 各教科と関係した題材の選定

が重要となる。

なお、楽譜とプログラミングの類似性について行われているいくつかの研究を通して、女子生徒は「お絵書きプログラミングよりも音楽プログラミングに熱中する」という傾向が現れている⁶⁾と報告されている。このことから、プログラミングを利用した授業でも、性別によって異なる題材を利用する方が適切であると予想されている(詳しくは、今後の研究成果を待ちたい)。

参考文献

- 1) 原田康也, 楠元範明, 辰己丈夫: 情報教育の情報化, 情報処理学会研究報告「コンピュータと教育」2000-CE-55, pp.41-48 (Feb. 2000). (山下記念研究賞受賞).
- 2) 富田悦次: 社会に存在感ある学会として-幅広い立場からの情報教育支援を-, 情報処理, Vol.48, No.3, pp.296-300 (Mar. 2007).
- 3) 高岡詠子: 伝説的教育用プログラミング言語 Logo, 教育用プログラミング言語に関するワークショップ2006報告集(2006).
- 4) 文部省: 高等学校学習指導要領 情報 (1999).
- 5) 水越敏行, 村井 純ほか: 新・情報B, 日本文教出版(2007).
- 6) 辰己丈夫, 兼宗 進, 久野 靖: ドリトルと「情報教育の音楽化」, 情報処理学会研究報告「コンピュータと教育」2005-CE-82, pp.77-84 (Dec. 2005).

(平成19年4月16日受付)

辰己 丈夫 (正会員)

tttt@cc.tuat.ac.jp

1991年早稲田大学卒業。同大助手、神戸大学講師を経て、2003年より東京農工大学助教授。2007年4月より東京農工大学准教授。