

情報の科学的な理解を重視した情報教育手法の提案

東北文化学園大学 科学技術学部

神村 伸一

〒981-8551 仙台市青葉区国見 6-45-16

TEL & Fax 022-233-5129

kami@ait.tbgu.ac.jp

概要

平成 15 年(2003 年)から始まる高等学校の普通教科「情報」の指導者を育成する教員養成と、平成 15 年度以降の情報教育において、情報の科学的な理解を重視した教育が必要であることを述べる。

本稿では、なぜ「情報の科学的な理解」が重要であり必要なのかを、「情報活用の実践力」と「情報社会に参画する態度」の二つの観点と関連付けながら明らかにする。そして情報教育において、科学的な見方を育むために、コンピュータサイエンスの基礎概念である「頻出概念」を意識して指導することが有用であることを考察し、その具体的な教育の指導法を提示する。

はじめに

2003 年(平成 15 年)度から高等学校の新教科「情報」が年度進行で実施されることになった。文部省は、情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議(以下、協力者会議)の提言を受けた形で、平成 11 年 3 月に高等学校の学習指導要領[1]を一部改訂し、普通教科「情報」(3 科目)と専門教科「情報」(11 科目)を創設した。協力者会議の第一次報告[2]で、初等中等における情報教育は、「情報活用の実践力」、「情報の科学的な理解」、「情報社会に参画する態度」の 3 つの観点から体系的に捉える必要があると提言している。

普通教科「情報」は、この 3 つの観点を各々、情報 A は「情報活用の実践力」に、情報 B は「情報の科学的な理解」に、情報 C は「情報社会に参画する態度」にウエイトを置き位置づけた。しかしこの 3 つの観点は各々科目毎に

Proposal of method for teaching technique
Information Study based on Computer Science.

Shinichi Kamimura

Tohoku Bunka Gakuen University.

独立に存在するものではなく、相互に関連付けて教育することが重要である。このことは学習指導要領解説[3]にも、3 つの観点が相互に関連しながら、総合的に情報の進展に主体的に対応できる能力と態度を育てていくと捉える必要があると明記している。

「情報活用の実践力」と「情報の科学的な理解」は「情報社会に参画する態度」を支え、「情報の科学的な理解」と「情報社会に参画する態度」は「情報活用の実践力」を支え、「情報社会に参画する態度」と「情報活用の実践力」は「情報の科学的な理解」を支えている、いわば持ちつ持たれつの関係である。図 1 に 3 つの観点の関係を示す。

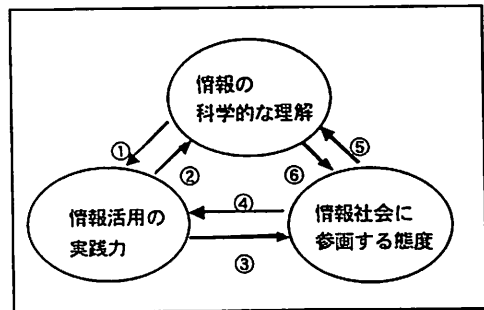


図 1. 情報活用能力を支える 3 つの観点

各々の相互作用は次のようになる。

- ① 情報を科学的に理解することで、効率的かつ適正な情報活用の実践力を養える。
- ② 様々な場面で情報活用の実践を積み重ねることで、情報の科学的な理解を深められる。
- ③ 情報活用の実践の中で、もたらされた結果に対する考察や反省を通して、情報社会に参画する態度が養われる。
- ④ 情報社会に参画する態度を身につけることで、適正な情報活用の実践力を育成する。
- ⑤ 情報社会の本質を理解することで、裏に潜む情報や技術がもたらしている影響を科学的に見る能力の必要性を認識する。
- ⑥ 情報の科学的な理解を深めることで、情報社会で起こる様々な事象の本質を見極める力が養われる。

このように 3 つの観点が相互に関連してくるが、特に「情報の科学的な理解」が情報教育の要であると考える。

情報の科学的な理解

協力者会議の最終報告において情報の科学的な理解の意味を「情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解と、情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解」と述べている。これはネットワークやコンピュータ等の仕組みや原理・理論の理解に留まらず、情報社会の様々な場面において、理解した基礎的な理論や方法を実体験を通して学習し、現実の情報活用の場面で適正に活かすことである。数多く情報活用の実践を経験すれば、実際の具体例を豊富に持つことになり、いろいろな角度から科学的な見方をするにより、その結果、体験的な裏付けのある科学的な理解が促進される。

また情報社会において、社会基盤や身近な生活の中に情報や情報技術の仕組みや原理の関わり方を科学的に見いだすことができると、情報

化による影響や因果関係を見抜く力が養われる。その結果、適正に情報倫理を理解することができ、情報化された社会に求められる適正な態度の向上につながる。

以上のように、情報の科学的な理解の度合いが、個人の「情報活用の実践力」と「情報社会に参画する態度」を育成する重要なファクターとなる。情報を科学的に理解するために、情報の本質に迫る学問として、コンピュータサイエンスがある。教科情報の指導者が必要最小限に知っておくべきコンピュータサイエンスの項目を次に示す[4]。

- 情報理論
- アルゴリズムとデータ構造
- 計算量
- 数値計算と誤差
- プログラミング
- ソフトウェア工学
- コンピュータの性質
- ネットワーク
- 計算機システムの運用技術

また授業の場を想定したとき、情報技術 (Information Technology) の本質を知って活用することが必要で、全ての科目に共通する情報技術の基礎項目を具体的に示す[4]。

- タイピング技術
- インターネット活用技術
- 電子メール活用技術
- ネットワークニュース活用技術
- コンピュータメンタルモデル獲得
- 文書処理技術

科学的理解の深度

普通教科「情報」において、どの程度の深さの科学的な理解が必要となるのか考えてみる。学習指導要領の内容で「内容に深入りしない」という表現は、第 2 款の各科目の情報 A が 2 力所、情報 B と情報 C が 1 力所と、第 3 款 1 力所の計 5 力所に現れている。学習指導要領解

説では内容の取扱いに当たっての配慮事項の中で、「技術的な内容に深入りせず、原理の部分を生徒に理解させるように配慮することが大切である。」としている。しかし、現実に入り込まないのレベルを見極めるのは難しいと考えられる[5]。ここで学習指導要領は必要最小限これだけは教育して欲しいというラインを示しているものであると考えれば、「深入りしない」は「教えてはいけない」という意味ではないと考えられる。仕組みや原理の部分は、技術の進歩と共に陳腐化するような内容ではなくて、未来永劫、変わることのない普遍的な内容を教えるべきである。特に技術革新の激しい分野だけに、教える時に標準的な技術であっても数年先には標準でなくなることも考えられる。このようなことを考えた場合、本稿で提案するコンピュータサイエンスの頻出概念のような普遍的な考え方(科学的な見方)を基本に据えて、コンピュータサイエンスや情報技術の教育を通して、科学的な理解を育む指導を行うことは理にかなっていると判断できる。

コンピュータサイエンスの頻出概念

コンピュータサイエンスの基礎的な考え方である頻出概念(Recurring Concepts)は、ACM がまとめた Core Computing Curricula 1991[6]の中で、情報科学の全体にわたって繰り返し登場する重要な考え、関心、原理、プロセスをいくつか抽出したものである。そしてコンピュータサイエンスを理解するための基礎的な概念として位置付けた。頻出概念はコンピュータサイエンスの歴史の中で基礎的・永続的な概念として確立しており、将来においてもその基礎的・永続的な性質は脈々と生き続ける重要な考え方である。頻出概念の特徴を次に述べる。

- コンピュータサイエンス分野で全体を通して現れる
- 基礎概念として様々な具体例がある
- 特定の技術から高度に独立している
- 理論、抽象化、設計の各レベルに現れる
- 一般的に数学、科学、工学へ現れる

以上のような性質を持ち、次の 12 項目がある。

- ① バインディング(Binding)
- ② 大規模問題の複雑さ(Complexity of large problems)
- ③ 概念のおよび形式的モデル(Conceptual and formal models)
- ④ 無矛盾性と完備性(Consistency and completeness)
- ⑤ 効率(Efficiency)
- ⑥ 進化(Evolution)
- ⑦ 抽象化のレベル(Level of Abstraction)
- ⑧ 空間における順序(Ordering in space)
- ⑨ 時間における順序(Ordering in time)
- ⑩ 再利用(Reuse)
- ⑪ 保安性(Security)
- ⑫ トレードオフ(Tradeoffs and consequence)

この 12 項目の具現化は、昨今の情報教育で良く取り上げられる題材、Web 作成、ワープロ作成、画像作成等に豊富に現れる。例えば Web 作成の過程には、バインディング、再利用、トレードオフ等の具現化が視覚的にハッキリと現れ、この頻出概念の存在を学習者(もちろん指導者も意識して指導する必要がある)が自覚できると、Web 作成の過程に良い影響を与えることが判っている[7][8]。

教科「情報」の指導者は、コンピュータサイエンスの頻出概念の存在を意識して指導計画・指導内容を検討、吟味して教育すべきである。そうすれば学習者は豊富な頻出概念の具現化の経験を通して、情報活用の実践力と同時に科学的な見方を学ぶことができる。つまり指導者はコンピュータサイエンスの頻出概念の存在を意識しながら、学習者にコンピュータサイエンスの頻出概念の自覚を促し、科学的な見方に裏付けされた情報活用の実践力を獲得させるべきだと考える。

科学的な理解と情報活用の実践力

「情報活用の実践力」と「情報の科学的な理解」の関係を考えてみる。ある目標に応じて主体的にネットワークやコンピュータを活用して情報を扱う場合、道具として利用するコンピュータやアプリケーションソフトの操作技術が必要となる。このとき、本質的な操作対象は、コンピュータの操作画面の向こう側にある情報が対象であることを認識することが重要である。コンピュータやアプリケーションソフトは単なる道具にすぎず、道具の操作方法と情報の操作の意味を明確に分離して、科学的な見方で情報を捉え、普遍的な情報活用の実践力を育成すべきである。このような実践力を定着させるためには、情報の科学的な理解が不可欠となる。

一例を見てみよう。一般的に Web ページはテキストエディタ等を使い、タグをテキストへ埋め込んだ HTML 文書ファイルを作成、それをブラウザに表示させることで Web としての表現を実現している。HTML 文書ファイルは、テキストエディタから見ると、タグが含まれていても単なるテキストファイルとして扱い、テキストとして画面へ表示する。一方、ブラウザから見ると、テキストに埋め込まれているタグは HTML 仕様で定められた具体的な意味付けがあるので、意味付けに従った具体化を実現し画面へ表示する。このように単純なテキストへタグという具体的な意味付けをして、テキスト以上の具体化を行うことをバイディングと呼び、コンピュータサイエンスの頻出概念の一つである。この意味付けが理解できない(科学的な見方ができない)と、テキストエディタの表示画面とブラウザの表示画面の違いが判らない。その結果、テキストエディタ上で画像イメージを貼り付けようとしたり、HTML 文書を高機能なワープロソフトで作成し、そのまま保存したファイルをブラウザで表示させようとする行動にでる。これでは効率的にかつ適正な情報活用の実践力を身につけることが難しいだろう。逆に情報の科学的な見方、バイディングという

考え方を知っていれば、臆くことなく効率的に Web ページを作成することができると思われる。

情報活用の実践の際、情報を科学的な見方で捉えた実践を積み重ねることが重要であり、その豊富な実践の経験が適正な情報活用能力を育成し、さらに情報の科学的な理解が深まると考えている。

科学的な理解と情報倫理

「情報社会に参画する態度」の基本認識となる情報倫理と、情報の科学的な理解との関係を考えてみる。情報倫理に必要な知識(情報社会で適正な判断を行うために必要な知識)は、文化的な社会常識や法律等の規則に加え、科学技術とコンピュータシステムに関する知識が必要である[9]。

一例を上げて考えてみる。混雑している電車やバス等の車内では PHS や携帯電話の電源を切るというルールがある。これは単純に混雑した車内において、着信音や会話の音が騒々しいからではない。混雑した車内に心臓ペースメーカ等の医療機器を装着している人が居る場合、PHS や携帯電話が放出する電波が、心臓ペースメーカ等医療機器へ悪影響を及ぼす可能性があることを考慮して成立したルールである。このルールを適正に守る意識を養うためには、PHS や携帯電話の仕組みの理解が必要である。つまり PHS や携帯電話は、電源投入後、最寄りの基地局と接続を維持するため電波を放出している仕組みの存在と、心臓ペースメーカ等の小型医療機器は、強い電波を受けると誤動作する可能性がある事実を認識して、この因果関係を想像する力が重要となる。因果関係を理解することは、仕組みの存在を意識できることであり、仕組みの存在を意識するためには科学的な見方が必要である。(例えばインターネットにおける半角カナ文字の使用禁止のルールも、科学的な見方なしでは納得できないものとなる。)

具体的な指導法

先に述べたコンピュータサイエンスの頻出概念を意識した教育手法の具体的な事例として Web ページ作成の過程における指導例をいくつか示す。指導するときは、頻出概念とは何ぞやという講釈ではなく、具現化した本質的な面をさりげなく掘り下げ、どのような影響をもたらしているのか感触を掴んでもらう程度でよい。この概念の感触を掴む体験の積み重ねが、情報活用の実践の場面で遭遇する出来事に対し、科学的な見方を育む結果になる。

画像イメージの取り扱い

- 画像イメージを Web ページに貼り込む場合、JPEG 形式の画像が良く利用される。最近ではデジタルカメラで画像を記録する形式としても多く使われている。JPEG 形式は写真のようにグラデーションの境界が不鮮明な画像の保存に向き、保存する際に圧縮率を変更することができる。この画像の圧縮率と画質の関係、圧縮率と画像ファイルサイズの関係、画像ファイルサイズとブラウザにおける表示速度の関係、画像ファイルサイズと色数の関係等を題材に「トレードオフ」の考え方を指導することができる。
- 画像処理専用ソフトの多くは、イメージレイヤー(層)機能を持っており、複数レイヤーを調整して 1 つの画像イメージを作成することができる。この複数レイヤーを作るとき、レイヤーの重なり具合はレイヤーを作った順番に依存する。またドロワー系画像処理においては、多数のオブジェクト図形を重ねて一つの画像を作る。このとき、オブジェクト図形の重なり具合は、オブジェクト図形を描いた順番に依存する。ある操作によって時間的な順番が発生し、生成されたレイヤーや図形オブジェクトの重なり順番を支配する。これらの題材を用いることで「時間にお

ける順序」の考え方を指導することができる。

- 画像処理ソフトの多くは、ソフト独自の保存形式を持っている。ソフト独自の形式で保存された画像イメージファイルは、別の画像処理ソフトで扱うことができないことがある。これは画像ソフトが、本来の画像イメージデータとは別に、画像ソフト独自の情報を付加して画像処理ソフトの持つ機能を実現している。また画像処理ソフトで作成した画像イメージを、ブラウザで表示することはできない。このような題材を用いて「バインディング」の考え方を指導することができる。
- 画像処理ソフトは新機能追加等、半年～2年程度サイクルでバージョンアップが行われる。一般的に新バージョンの画像処理ソフトで作成した画像ファイルを、旧バージョンの画像処理ソフトで読み込むことはできない。逆に旧バージョンの画像処理ソフトで作成した画像ファイルを、新バージョンの画像処理ソフトで読むことができる。この性質を上位互換性と呼ぶが、この題材を用いて「進化」と「バインディング」と「再利用」の考え方を指導することができる。

ブラウザに関する取り扱い

- 前節で述べたが、ブラウザとテキストエディタの HTML 文書ファイルに対する取り扱いの違いを題材に「バインディング」の考え方を指導することができる。また HTML 仕様は、純粋なテキストにタグ情報を埋め込み、ブラウザで表示させる電子文書としての論理構造を具体的に表現する仕組みなので「バインディング」の題材となる。
- ブラウザは一度表示したページデータを一時的に蓄えるディスクキャッシュ機能を持つ。二度目以降の同一ページの表示は、このキャッシュから Web ページの

内容を読み表示する。時に Web ページの内容を更新しても、ブラウザはキャッシュに蓄えられている古いデータを表示するため、あたかも更新ができなかったような振る舞いをする。このような題材を用いてキャッシュが持つ「再利用」と「効率」、ブラウザの表示順番が影響する「時間における順序」の考え方を指導することができる。またこの例では「再利用」と「効率」が密接に関係していることから、一つの具現化に複数の頻出概念が現れることも説明できる。

以上のように少ない事例の中にさえ「バインディング」や「トレードオフ」、「再利用」等の頻出概念が何度も形を変えて、繰り返し現れてくることが判る。提示した例よりも、さらにコンピュータサイエンス一分野の視点で掘り下げて見ることも可能である。しかも多くの事例は、違いや影響などが視覚的にハッキリと現れ、見間違うことなく捉えることができるので、教育の題材として好都合である。

おわりに

今回、教科「情報」において、「情報の科学的な理解」の観点がいかに重要であるかを「情報活用の実践力」と「情報社会に参画する態度」との関係を考察しながら述べた。また教科「情報」の指導において、「情報の科学的な理解」の一つの見方として、コンピュータサイエンスの頻出概念を意識した指導を提案し、その有用性を考察した。この頻出概念の考え方は、決して取り扱いにくいものではない。具現化が視覚的にハッキリと判る例も多いので、教員養成あるいは実際の教科「情報」の教育現場の座学や実習において、教材の題材をまとめる1本の糸として意識し活用することが望まれる。

参考文献

- [1] 文部省:高等学校学習指導要領
<http://www.monbu.go.jp/printing/sidou/00000007/>
- [2] 文部省:情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議(最終報告)
<http://www.monbu.go.jp/singi/shosa/0000301/>
- [3] 文部省:高等学校学習指導要領解説情報編(2000)
- [4] 松浦敏雄, 武井恵雄, 大岩元:高校新教科「情報」の指導法の提案, 情報教育シンポジウム論文集, pp.23-30(1999)
- [5] 川合慧:新教科情報と大学における情報教育, 情報教育シンポジウム論文集, pp.31-38(1999)
- [6] ACM:ACM Core Computing Curricula 1991
<http://www.acm.org/education/curr91/homepage.html> (日本語訳は國井編:コンピュータサイエンスのカリキュラム, 共立出版 1995)
- [7] 神村伸一:計算機科学の頻出概念の理解を旨とした情報リテラシー教育, 情処研報 Vol.97 No.125, pp.65-72(1997)
- [8] 神村伸一, 安江正治:文系大学での CS 基礎概念を意識した情報リテラシー教育, 情処研報 Vol.98 No.69, pp.15-21(1998)
- [9] 辰己丈夫:情報が開く新しい世界(3) 情報化社会と情報倫理, 共立出版(2000)