

高等学校教科「情報」に望むもの



兵庫教育大学教授 正司 和彦

1. はじめに

インターネットにより世界中のコンピュータが1つに結ばれるようになり、コンピュータやインターネットは人間の活動においてなくてはならないものになってきた。だれもが使うようになればなるほど、その使い方を誤れば、我々の未来を暗いものにしてしまう。コンピュータやインターネットを使うことによって何が可能になり、その背後でどのようなことが行われ、どのような影響を及ぼすのか、コンピュータはどのように情報を処理しているのか、なぜ数値計算だけでなく様々な情報の処理ができるのか、コンピュータは本当に万能機械なのかなどを考えることができることが重要になっている。このためにはコンピュータやネットワークといった情報の科学や技術の内側にある本質や原理を知る必要があり、これは高等学校教科「情報」の中心的な内容にならなければならない。

ここではこのような観点から、高等学校教科「情報」に望むものとして「情報の科学的な見方や考え方」を取り上げ、情報科学の本質や原理をどう考え、これをどのように指導するかについて述べる。

2. 教科「情報」に求められているもの

学習指導要領では、高等学校教科「情報」で求められているものは、図1に示すように、「情報に関する科学的な見方や考え方」と「社会の中で情報技術が果たしている役割や影響の理解」であ

り、これらの学習を通して「情報化の進展に主体的に対応できる能力と態度」を育てることであると示している（文部省2000）。また、学習指導要領の解説書では、「情報の科学的な見方や考え方」は情報教育の目標のなかでは、「情報の科学的な理解」に対応し、「社会の中で情報技術が果たしている役割や影響の理解」は「情報社会に参画する態度」に対応するとしている（文部省2000）。すなわち、これからの情報化社会では、経済、社会、政治をはじめ日常のあらゆる活動は、「情報」を通して行われるようになるため、すべての国民の基礎的な教養（リテラシー）が「情報の科学的な理解」と「情報社会に参画する態度」であり、これを「情報及び情報技術を活用するための知識と技能の習得を通して」育成することが必要であることを示している。

教科書では、実習課題や例題をより具体的なも

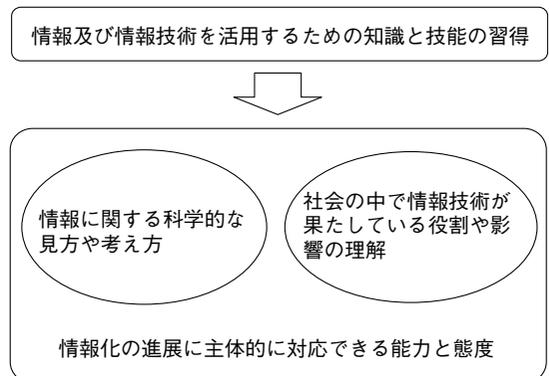


図1 教科「情報」で求められているもの

のにするためにワープロ、表計算、プレゼンテーションのソフト利用、ホームページ作成などが多くなっている。とくに情報Aでは実習が多いのでこの傾向が強い。このため、これらのソフトウェアの操作や作品づくりができればよいと考えて学習が進められてしまうおそれがある。学習指導要領では、そのようなことにならないよう注意がされており、教科書もそれにしたがって作られている。しかし、生徒が作品を作って提出すればよいあるいは発表すればよいと考えて、学習が技術やノウハウ習得を中心とした活動になってしまい、生徒は情報の知識や技能を得ただけで情報の何を学んだのか、何が生きるために大切なのか、またそのために何ができるようになったのかを十分に学習しないまま終わってしまうおそれがある。

したがってここでは、「情報の科学的な理解」に焦点を絞って「情報の科学的な見方や考え方」という視点から教科「情報」に望むものを述べる。

3. 情報の科学的な見方と考え方

(1) 情報科学の原理と問題解決の科学

情報通信技術や情報社会について考える場合に情報科学の原理や本質に基づいた見方や考え方が必要になる。また、世界や現象を捉え問題解決を行うときに必要になるのが情報の科学的な考え方である。このことからここでは情報の科学的な見方や考え方として図2に示すように、

- ・コンピュータや情報通信技術の基礎となって

いる情報科学の原理

- ・情報科学に基づく問題解決の科学

の2つを考えることにする。

情報科学の原理には、計算の原理、情報の表現と符号化、論理回路の原理、アルゴリズムとプログラムの本質、情報通信ネットワークの原理などがある。問題解決の科学については、情報の構造と検索、モデル化とシミュレーション、数値計算、思考の表現の4つをあげることができる。

(2) 情報科学の原理

計算の原理は、計算することの概念を与えコンピュータの基本動作を決めるものであり情報科学では抽象度の高い内容である。これについてはチューリング(A.M.Turing)によって理論上の計算機、すなわちチューリング機械が提案されている。チューリングによれば、計算するということはテープに書かれている記号を1つ読み取り、内部状態を変化させて新しい記号をテープに書き込むことの繰り返しである。現在のコンピュータの動作原理は、このチューリングの考えに基づいており、コンピュータシステムを構成するハードウェアの基本となっている。またコンピュータで問題を解くためのアルゴリズムを考える上での原理にもなっている。

情報の表現と符号化とは、数値・文字や映像など、いろいろな情報がどのようにコンピュータの内部で表現され符号化(コード化)されているのかということである。シャノン(C.E.Shannon)

は情報を効果的に符号化する方法を明らかにし、同時にビットという情報の基本単位を示して情報理論の基礎を築いた。情報を符号化する考え方がデジタル技術の原理になっている。

論理回路の原理とは、コンピュータが電子的に計算を行っている原理のことで、論理回路には論理演算と単純な記憶の2種類がある。

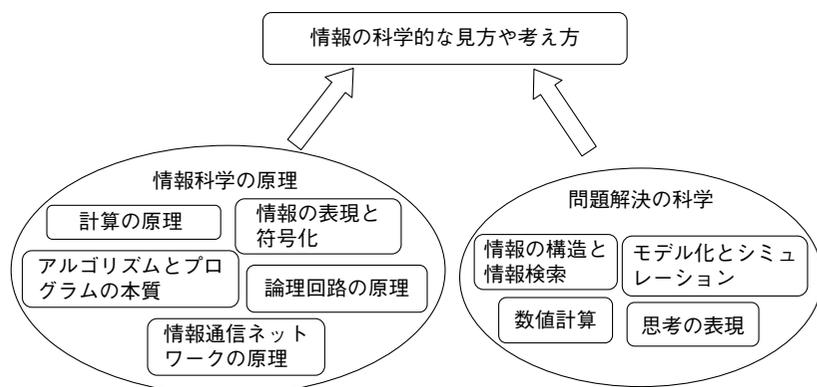


図2 情報の科学的な見方や考え方

ブール代数によって、AND、OR、NOTの3種類の演算を行う回路の組み合わせで2進数に基づく計算を行う論理回路が作られる。これがコンピュータやデジタル処理装置の設計原理となっている。

アルゴリズムとプログラムの原理とは、計算の可能性や計算の複雑さのことであり、いかによりプログラムを作るかという指針を示すものである。

情報通信ネットワーク、とくにインターネットの原理とは次の3つである。ルータという中継器と端末から構成された網の目のように結ばれたネットワークであり、データは小さなひとまとまりのパケット（小包）に分割して伝送されるようになってきていること。TCP/IPというパケットの順序づけと再送の手順やアドレス管理とルーティングを行う手順などの約束事（プロトコル）が使われていること。ネットワーク上のアプリケーションはクライアント／サーバという形式で動いていること。

（3）問題解決の科学

コンピュータは、問題解決のための強力な道具である。コンピュータを利用することの本質は、対象世界をモデル化し、それをプログラムで表現してコンピュータ上でシミュレーションして問題解決をすることである。したがって、コンピュータやインターネットを問題解決に用いることができるように情報の科学的な考え方を養うことが重要になる。

問題解決の過程の最初では、何が問題かすなわち解くべき目標が何かを明確にするために、対象世界を質的・量的に捉え解決のための着想を得る。このとき、情報要求や検索原理に基づいて情報を検索し、対象世界を構成する要素やそれに関する様々な情報・データの集積を行い、データベースを構築する。様々な情報を基に対象世界の構造をとらえてモデルとして具体的な表現を行う。このために、情報をどのような構造として捉えるかの原理を知っている必要がある。さらに、作られたモデルをコンピュータ上で実行できるようにプログラミングを行う。様々なパラメータに対してどのような振る舞いをするかをシミュレーションによって観察し、所期の目的に合っているかど

うか、すなわち、着想の良否を評価する。必要ならば、着想の再検討やモデルの修正改良を行う。この基本的な考え方を与えるのが「モデル化とシミュレーション」である。

問題解決の最終では、着想とともに解決結果を説明して他者に理解してもらわなければならない。このための「思考の表現」のためのアイデアプロセッシング、Webページやプレゼンテーションソフトの利用がある。

4. 情報科学の視点から教科「情報」に望むもの

情報の科学的な見方や考え方について前述したすべてを高等学校の情報教育の中に取り入れることは必ずしも適当ではない。ここでは教科「情報」に望むものを、前述した情報の科学的な見方や考え方の中から情報Bの学習指導要領の「(2)コンピュータの仕組みと働き」および「(3)問題のモデル化とコンピュータを活用した理解」に即して取捨選択して以下に述べる。

（1）コンピュータの基本原則の指導について

学習指導要領では、「(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」においてコンピュータの基本的な動作を理解させることとしている。

コンピュータで「計算する」とはどういうことなのか、すなわち計算の意味を教えることが重要であるが、高等学校の段階でチューリング機械やオートマトンについての厳密な概念を教える必要はない。しかし、計算とは「ある記号に形式的操作を加え、別の記号を作り出す」ことや、数値計算だけを行う初期のコンピュータも現在使われている文書処理、図形や映像・音処理、情報検索処理、コミュニケーション処理を行うコンピュータや機械の制御を行うコンピュータも、ほとんどがこの基本原理に従って動作していることを生徒は理解している必要がある。

現在使われているほとんどのコンピュータはプログラム内蔵方式である。プログラムを書き換えさえすれば1台のコンピュータで様々な情報処理

が可能であるというプログラム内蔵方式の意味を理解することも必要である。また、コンピュータは何が得意で、どんなことができないのかをコンピュータの基本動作から考えられるように指導することが必要である。さらに、ニューロコンピュータ、DNAコンピュータ、量子コンピュータといったフォンノイマン型コンピュータと異なった原理のコンピュータの発見や開発が行われていることを生徒に教えることが望まれる。

(2) 情報の符号化の意味の指導について

学習指導要領では、「(2)コンピュータの仕組みと働き」の「ア コンピュータによる情報の表し方」において、様々な情報をコンピュータ上で表す方法についての基本とデジタルの特性を理解させることとしている。

情報の基本単位がビットであること、すべての情報は0と1の2進数の1桁（ビット）の組み合わせで表現できることに加えて、生徒は様々な情報を符号化する方法を体系的に学習することが重要である。さらに発展的な学習としてデータ圧縮の原理やその意味を考えることも必要になる。また、もともとデジタル的な文字や記号のような情報だけでなく、音や映像のようなアナログ情報を符号化してデジタルで扱うことの利点や意味を情報伝達時の劣化やノイズの問題、圧縮等の加工処理のしやすさなどの観点から考えられるようになることが必要である。

(3) アルゴリズムの本質の指導について

学習指導要領では、「(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」において簡単なアルゴリズムを理解させることとしている。

アルゴリズムの本質をどのように捉えどのように教えるかは情報科学の基本にかかわることで重要な問題である。アルゴリズムの本質は正しい答えを出すことと問題が有限なステップ（有限な時間）で完了することである。これを生徒は理

解していることが必要である。実際にはより短い時間で問題が解けることが必要であるので、アルゴリズムの良さは解が出るまでのステップ数（または時間）の下限（これを計算量という）で計られることも教えることが望まれる。一方で、データやプライバシーの保護のため暗号を解く鍵（キー）に関しては複雑さができるだけ高い（できれば有限時間で解けない）アルゴリズムが求められていることも生徒が知っていることが望まれる。

アルゴリズムの良さをデータ構造との関係で考えるように指導することも必要である。アルゴリズムとデータ構造については、

①アルゴリズムの手順を工夫するだけでは限界があり、データをどのように表現するかというデータ構造を考えることが重要になること

②データ構造を決めると、そのデータに対して加えることのできる操作が決まってくることの2つが基本となることを理解させることが必要である。例えば図3に示すように、2分探索でデータが順に並んでいることによって探索が高速化される。また。実習では、1つの問題について異なる2つのアルゴリズムを比較しながらアルゴリズムの良さをいろいろ吟味して、アルゴリズムの意味を理解させるようにすることも必要である。

プログラムを記述するときの基本として順序処理、選択処理、繰り返し処理の3つがあるが、これを生徒に理解させるための指導方法を工夫しなければならない。実習で生徒がアルゴリズムを記述する場合、まず計算の順序が明確に定められていることを認識させる。この上で選択処理を使う場合は起こる可能性がある全ての状態が把握され

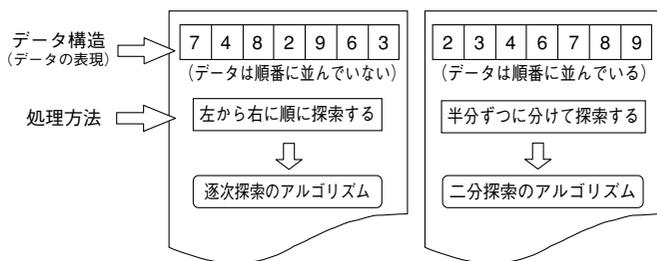


図3 データ構造によりアルゴリズムが決まる

ていて、それに対する処理が用意されていること、繰り返し処理を使うためにはアルゴリズムの中でどの処理がコンピュータの高速性を利用できるかを把握できていることを生徒に認識させる。

アルゴリズムを考える場合に生徒が困難を覚えるのは、問題の中から繰り返し処理をどのように見つけ出して記述するかという点である。コンピュータで計算するというものの本質は、状態を刻々と変化させ目的の答えに到達することであるので、繰り返しについてはそのループ内で起こっている状態変化を捉え、どのような状態になったときに繰り返しを終了すべきかを明確にすることが大切であることを認識させる必要がある。

(4) 表計算ソフトによる処理の特徴の指導について

学習指導要領における「(2)コンピュータの仕組みと働き」の「ウ 情報の表し方と処理手順の工夫の必要性」に対応した部分では、多くの教科書においては、

- ・情報の表し方を工夫して問題解決を行う
- ・処理手順(アルゴリズム)を工夫する

ために表計算ソフトを利用した実習や例題を用意している。

ここで、問題解決としての表計算ソフトの利用方法について少しふれておく。数値計算を行うためのソフトとしてはBASICやPascalのようなプログラム言語があるが、これを除くと表計算ソフトが唯一の数値計算を行う一般的なソフトになるので、問題解決における例題では表計算ソフトが利用されることが多い。プログラム言語を用いた問題解決では、アルゴリズムに基づいてプログラムを書くことになるが、表計算を用いる場合、少し状況が異なる。

図4に示すように、表は式の計算結果が像として表示されたもので、式はセルの背後にかくれた構造になっていることを生徒に認識させることが重要である。さらに、表計算ソフトを使った実習では、操作法を覚

えたりノウハウを身につけたりするだけになってしまう可能性があるため、表計算ソフトによる問題解決は手順の各段階に対応した表を用意して、各段階の結果を表の形に埋めていくプログラミングの一形式として考えるように生徒を指導するのがよいと考える。すなわちまず、表計算ソフトによる問題解決のアルゴリズムを、次ページ図5に示すように構造的に捉えて解決手順をいくつかの段階に分解する。つぎに次ページ図6に示すように各部分を表にして、アルゴリズムの手順に従って各表を順次埋めることによって答えを求めていく。

(5) モデル化とシミュレーションの本質の指導について

学習指導要領では、「(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」においてモデル化とシミュレーションの考え方や方法を理解させることとしている。

モデル化とシミュレーションは、コンピュータを用いた問題解決の手法としてなくてはならないものになっている。しかしコンピュータによるシミュレーションでは、その結果を正しいと信じてしまう危険性がある。モデルは、実物あるいは対象世界の本質的な部分を描き出し単純化して作るのが基本である。この場合必要となるのが前提や仮定である。モデル化においては、実物や対象世界の本質を見つけ問題解決に必要な部分だけを抽出してモデ

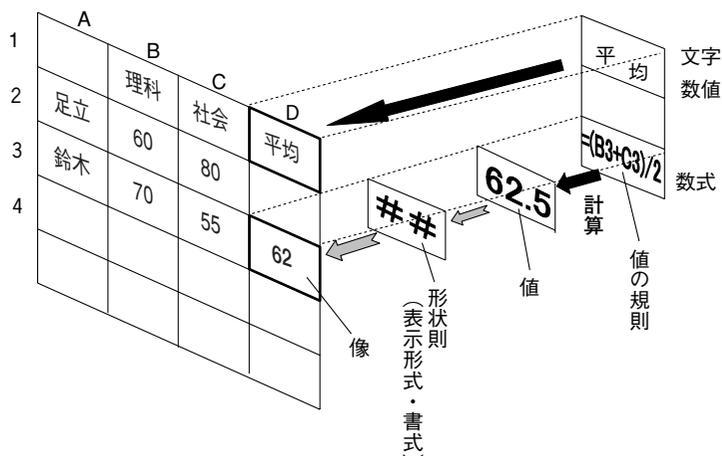


図4 表計算ソフトの表の構造

ルを作るために、適切な前提や仮定を設定する。また、前提や仮定を多く設定すればするほど抽象度が上がり問題は単純化するので解きやすくなるが、現実にある種々のものが捨象され現実とかけ離れた解が出てくる可能性がある。したがって、結果をそのまま信じてしまうことは大変危険であるので、シミュレーション結果によってモデルの妥当性を十分検討する態度を身につけ、またシミュレーションの限界についても十分な考察をする能力を身につけておかなければならない。シミュレーションによってモデルの妥当性を調べる場合にも、前提や仮定の意味を考慮することが重要となる。この能力や態度を身につけておけば、シミュレーションでいろいろと試行してみることができると、現実とは異なった現象や結果が出たときに、これを深く考察することによって新たな発明や大胆な解法を見出すことも可能になる。

モデルは必ず何らかの前提や仮説が置かれているので、シミュレーションは仮説検証という思考実験の一種であると考えることができる。このように考えるとモデル化とシミュレーションは必ずしも現実を模倣するだけではない。すなわち、モデル化とシミュレーションは、ある仮説に基づくとその世界がどのようなものであるかを知る手段となり、モデル化とシミュレーションは問題解決のためだけでなく思考実験あるいは思考のための強力な道具になる。しかしここで注意しなければならないことは仮想世界を必ず現実世界とのかかわりで考えるようにしなければならないことである。さもないと、ゲームがその典型例であるように、現実世界と仮想世界との区別がつかなくなり生活上で間違いを犯したり犯罪に

巻き込まれたりするなど様々な問題が起きてくる。モデル化とシミュレーションの学習を通じてこのことを生徒に十分認識させることが重要である。

参考文献

文部省2000 高等学校学習指導要領解説 情報編 (開隆堂出版)

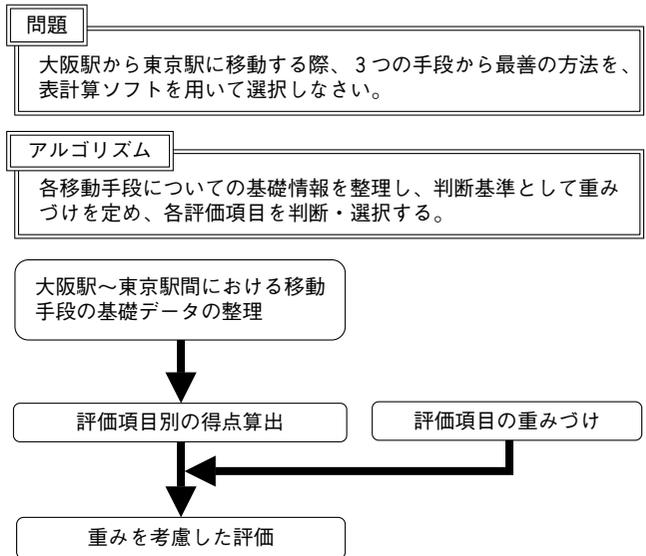


図5 移動手段選択の問題とアルゴリズム

大阪駅～東京駅間における移動手段の基礎データ

評価項目	ひかり	のぞみ	飛行機
所要時間	3:16	2:55	2:43
費用	13,750	14,050	19,610
乗り換え回数	1	1	3

整理したデータの分析

評価項目別の得点 順位1:3点、順位2:2点、順位3:1点

評価項目	ひかり	のぞみ	飛行機	計
時間	1	2	3	6
費用	3	2	1	6
利便性	2	2	1	5
合計	6	6	5	17

評価項目の重みづけ

評価項目	重み
時間	0.5
費用	0.3
利便性	0.2

重みを考慮した評価

評価項目	ひかり	のぞみ	飛行機	計
時間	0.5	1	1.5	3
費用	0.9	0.6	0.3	1.8
利便性	0.4	0.4	0.2	1
合計	1.8	2	2	5.8
順位	3	1	1	

図6 表の形に埋めていく解 (表によるプログラミングの一形式)