

## 特集：各科目で育む情報の科学的見方・考え方①

# 情報Aにおける情報の科学的見方・考え方

～情報の科学的な見方・考え方を育成するための方法～

東京都立駒場高等学校教諭 天良 和男

### 1. はじめに

情報Aは、情報活用に重点が置かれている科目ではあるが、情報活用の基礎となるコンピュータやネットワークなどの情報手段の科学的な理解が必要とされている。

ここでは、情報Aにおける情報の科学的な見方や考え方を育成するための方法をいくつか紹介する。筆者が実践している方法として、次のようなものがある。

- ・ 3つの観点を関連付ける。
- ・ 「情報」と関係の深い、「数学」や「物理」などの他教科の学習内容と関連させて指導する。
- ・ 比喩や類推を使ってわかりやすく指導する。
- ・ 科学的な理解を深めるための実習を行う。

### 2. 科学的な見方・考え方を育成するための方法

情報Aにおける科学的な見方・考え方を育成するための具体的な方法を見ていくことにする。

#### (1) 3つの観点を関連付ける

「情報A」は、「コンピュータの操作技能の育成をする科目である」といった誤った印象を与えてしまっている。情報教育の目標の3つの観点をお互いに関連付けながら指導することにより、情報Aが「情報活用の実践力」を指導の重点とした科目であっても、「情報活用」の背景にある「情報の科学的な理解」を踏まえた指導を行うことで、積極的に「情報社会に参画する態度」を育成することができるのである。

たとえば、情報社会の進展はわれわれの生活を

便利で豊かにしたが、コンピュータウイルスの蔓延や不正侵入、改ざん、電子掲示板等への他人を誹謗・中傷する書き込み、迷惑メール、著作権侵害、個人情報の漏えい、有害情報の氾濫、ネットワークを利用した詐欺など、さまざまな問題も発生させている。これらの問題に対処するためには、「情報社会に参画する態度」として情報モラルの指導が必要不可欠である。

情報モラルはセキュリティ技術と関係しており、単に精神論だけでなく、科学的に対処する方法論も同時に指導する必要がある。

たとえば、コンピュータウイルスに感染して他人のコンピュータにウイルスを広げてしまったケースのように、無知ゆえに起こしてしまった間違いであっても許されない場合がある。コンピュータウイルスに感染しないようにするためのセキュリティ技術を教えることが情報モラルにつながっているのである。

「情報社会に参画する態度」としての情報モラルを指導するにも、その背景にあるネットワークのしくみやセキュリティ技術などの「情報の科学的な理解」の項目と絡めて指導する必要がある。

#### (2) 数学の学習内容と関連させる

教科「情報」の学習項目は、「数学」の学習項目と関連する部分が多い。

情報の科学的な見方・考え方を育成するためには、「情報」と関連の深い「数学」の学習項目と関連付けて指導するとわかりやすい。

「情報」と「数学」の学習内容がお互いに関連する項目をあげると次のようになる（表1）。

表1 情報と数学の関連項目

教科「情報」	表計算の関数	2進数、16進数	n進数の各桁の重み	論理演算子、AND、OR、NOT
数学	関数	n進数	べき乗	集合

教科「情報」	統計データ処理	グラフ化	nビットで表現できる状態の数(2 <sup>n</sup> 通り)
数学	基本統計(最大値、最小値、中央値、平均値、度数、度数分布、相対度数、分散、標準偏差、相関、相関係数)	統計とグラフ	場合の数

その具体例をいくつかあげてみる。

①表計算ソフトにおける「関数」

情報Aの「問題解決とコンピュータの活用」では、表計算ソフトを用いることが多いが、数学の「関数」の概念を理解させるのに、表計算ソフトの「関数」を利用することはきわめて有効な手段といえる。

関数の概念を指導する際、関数をブラックボックス(暗箱)としてとらえる考え方がよく用いられる。ブラックボックスは、何らかの仕掛けによって一定の操作を行う装置で、入力にある加工を施して、それを出力する働きを持っている。入力xが入っていき、ブラックボックスfの操作を受けてf(x)となり、それが出力のyになるという考え方である(図1)。

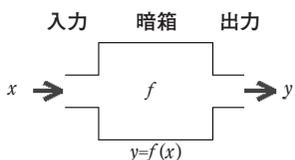


図1 数学の関数の概念



fx		=SUM(D1:D5)	
C	D		
	66		10
			15
			11
			14
			16

図2 表計算ソフトにおける関数

表計算ソフトの関数は、このブラックボックスの考え方を理解させる材料として最適である。表計算の関数や、そのパラメータである引数、返値を説明する際に、「関数の見方・考え方」として、ブラックボックスを用いることで、直感的にわかりやすく指導することができる(図2)。

②情報検索における論理演算

情報検索において、よりの確かな情報を得るためには、適切なキーワードの選定や、AND、OR、NOTなどの論理演算子の利用が必要である。論理演算子を活用することにより情報検索を的確に行うことができるので、ほしい情報を見つけやすくなる。

AND検索では、キーワードを追加することが条件を厳しくすることになるので、情報を絞り込むことになる。また、OR検索では、同義語も検索することになるので、条件をゆるめて検索結果が増える。さらに、NOT検索では、キーワードから別のキーワードを除いた部分を検索できるので、条件を厳しくすることになり、検索結果を絞り込むことになる。

そこで、単独のキーワードによる検索と、複数のキーワードと論理演算子による複合検索でのヒット数を比較する実習を行う際に、「集合の見方・考え方」として、ベン図を用いることで、よりわかりやすく指導することができる(図3)。

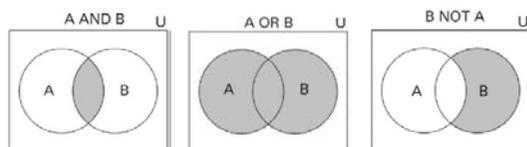


図3 ベン図

③統計

統計は、数学Bの学習項目であるが、多くの学校では指導されていない。ところが、データを加工する場合に、統計的な手法が必要になってくる。表計算ソフトを使うことにより、体験的な実習を通して「統計的な見方・考え方」を指導することができる(表2)。

表2 表計算の基本的な統計関数

表計算の統計関数	
・STDEV ・SUM ・MAX ・MIN	・COUNT ・MEDIAN ・AVERAGE

(3) 物理の学習内容と関連させる

音声や画像のデジタル化のしくみなど、アナログからデジタルへの変換の過程は、物理の学習内容と関連する部分が多い。情報の科学的な見方・考え方を育成するためには、「情報」と関連の深い「物理」の学習項目と関連付けて指導するとわかりやすい。

「情報」と「物理」の学習内容がお互いに関連する項目をあげると次のようになる(表3)。

表3 情報と物理の関連項目

教科「情報」	音声の周波数, 周期, 波形	カラー表示のしくみ	立体表示のしくみ
物理	波動, 音	光, 光の三原色	偏光, 補色
教科「情報」	情報量の単位の接頭語(K, M, G, Tなど)	通信速度bps[bits/s], フレームレート fps[frames/s]	
物理	物理量の単位の接頭語	単位時間あたりの量 速さ=距離/時間[m/s]	

その具体例をいくつかあげてみる。

①「画像のデジタル化」における「光の三原色」

画像がさまざまな色を表示することができるのは、画像を構成する最小単位である画素から、光の三原色である赤、緑、青の3つの光が出ていて、それらがさまざまな割合で混じり合っているからである。

こうした色の表示のしくみを「物理」の指導項目である「光の三原色」の原理を使って指導するとわかりやすくなる。ところが、「光の三原色」は現行の中学校の理科でも扱わず、物理Iで初め

て学習する。物理Iは2学年に置かれていることが多く、しかも、物理Iのセンター試験の受験者の割合は全受験者の3割にも満たない。

教科「情報」が1学年に置かれている学校が多いこともあり、「画像のデジタル化」のしくみを指導する場合には、前もって「光の三原色」における加法混色の実験を行う必要がある。

これは、コンピュータを使わない原理的な実験である。たとえば、高輝度の3本のペンライトに、それぞれ赤、緑、青のセロハンを貼って、まわりを暗くして、それらの光を1箇所に集める実験をする(図4)。

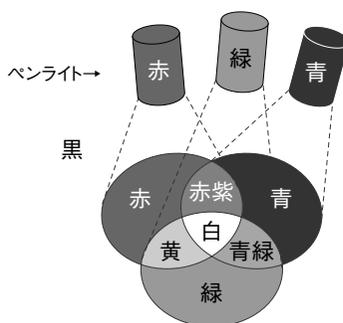


図4 ペンライトによる光の合成実験

このとき、ペンライトが光っている場合を1、消えている場合を0として、各ペンライトの明るさの情報を1ビットのデータに対応させれば、3つのペンライトの光の組み合わせは、3ビットであらわされる状態の数、すなわち、 $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ 通りとなり、8色の色を表現できることになる。「nビットで表現できる状態の数=2^n通り」という関係を、単純な実験を通して理解させることができる(表4)。

ペンライトの光は、点灯と消灯の2種類の明るさ

表4 赤・緑・青のペンライトの光の合成の組み合わせ

赤	緑	青	合成色
消灯 0	消灯 0	消灯 0	黒
消灯 0	消灯 0	点灯 1	青
消灯 0	点灯 1	消灯 0	緑
消灯 0	点灯 1	点灯 1	青緑
点灯 1	消灯 0	消灯 0	赤
点灯 1	消灯 0	点灯 1	赤紫
点灯 1	点灯 1	消灯 0	黄
点灯 1	点灯 1	点灯 1	白

さしかないため、 $2^3 = 8$ 色しか表現できない。そこで、赤、青、緑の光の明るさを連続的に変えることによって、さまざま



図5 フルカラー表示器

な光を発色できるフルカラー表示器を使った実験を行うとさらにわかりやすい(図5)。

この装置は自作したものであるが、赤・緑・青の3色のLED(発光ダイオード)を使っている。また、装置には各LEDに流す電流を変えることで光の明るさを調整するための3つのポリウムやスイッチ、電源ランプ、電池などの部品が入っており、各ポリウムを調整すると、その色に対応したLEDから出る光の明るさを連続的に変えることができる。

この3色を合成すると、8色よりもはるかに多くの色をあらわすことができる。実際の画素から出てくる赤・緑・青の光の明るさは、それぞれ256段階で調整できるため、3色を組み合わせると、 $256 \times 256 \times 256 = 256^3 = 16777216$ 色の色を表現できることになる。

このようなコンピュータを使わない原理的な実験を行うことで、画像のカラー表示のしくみをわかりやすく示すことができる。

## ②「音声のデジタル化」における「波動」

音声の「波形」や「周波数」、「周期」などの「波動」に関する項目は、中学校の理科で定性的に扱われている。そこで、「音声のデジタル化」の学習にあたっては、これらの項目を実習を通して確認することが必要である。

マイクロホンをパソコンにつないで音声を入力すると、オシロスコープのように、その波形を画面に表示することができるフリーのソフトウェア(たとえばSPEANAなど)がある。このソフトウェアを使って、音の大きさが振幅に、音の高低が周波数に、音色が波形にそれぞれ対応していることを確かめる実験を行ってから、音声のデジタル

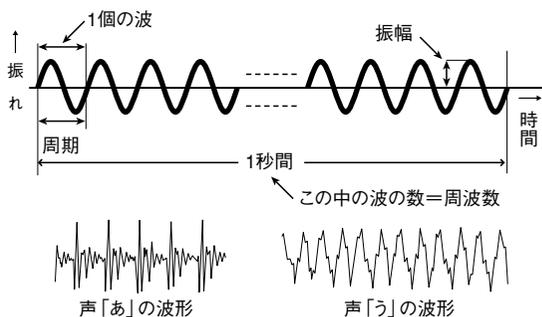


図6 音の諸量

化のしくみを説明するとわかりやすい(図6)。

## (4) 科学的な見方・考え方を比喻や類推で

相手にわかるように伝える手法として、アナロジーやメタファーが使われている。日本語では、メタファーは比喩(たとえ話)、アナロジーは類推といわれている。

メタファーとは、何かに見立てたり、たとえたりすることである。たとえば、コンピュータの画面をデスクトップというが、「机の上」を画面上に見立てている。また、アイコンやデスクトップ上のゴミ箱もメタファーである。メタファーを使うことにより、ユーザーにイメージを持たせ、より直感的に理解できるようになる。

一方、アナロジーは、あるものを説明するとき、他の似たものの性質や体系を用いることをいう。たとえば、原子の構造を太陽系のアナロジーで説明することによって、原子の周りを回る電子の運動を、太陽の周りを回る惑星の運動の説明を用いて類推させることができる。

このように、メタファーやアナロジーを用いることで、知識の獲得を助けることができる。

「情報の科学的な理解」に十分な時間がとれない情報Aでは、科学的な項目をメタファーやアナロジーを使って説明すると、直感的にわかりやすく理解させることができる。

### ①電子メールでの事例

たとえば、電子メールのしくみを説明するのに、パケットを手紙に、SMTPサーバを郵便ポストに、ルータを郵便局に、POPサーバを郵便受けに対応させたメタファーを使って説明するとわ

かりやすい。このとき、ルータはネットワーク上を流れるデータを他のネットワークに中継(転送)する機器で、どの経路を通して転送すべきかを判断する経路選択機能をもっている。

これと同様に、ある郵便局が管轄する地域から別の郵便局が管轄する地域へ手紙を送る場合、途中で管轄の異なる郵便局の間で手紙が転送されることになる。このように、ルータを郵便局に対応させて説明すると、理解しやすくなる(図7)。

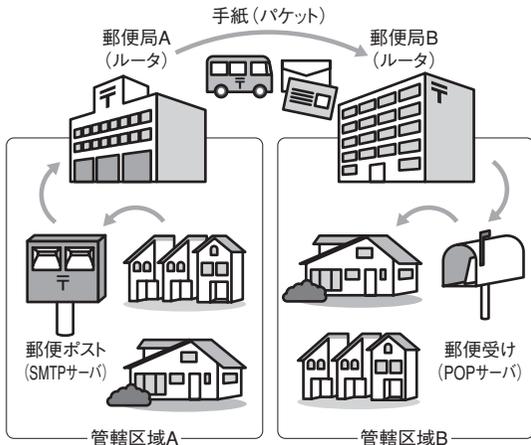


図7 電子メールと郵便のアナロジー

## ②単位あたりの量

単位あたりの量は、小学校6年生の算数の時間に登場する。そして、高校入学時までには、単位時間あたりの量(速さなど)や単位面積あたりの量(人工密度など)、単位体積あたりの量(物質の密度)など、単位あたりの量を学習してくる。

しかし、通信速度や解像度、動画の再生速度などの量が出てくると、意外と理解に苦しむ生徒があらわれる。このような場合に、距離、時間、速さと対応させたアナロジーを使って指導するとわかりやすくなる(表5)。

bpsは、ビット/秒(bits per second)であり、1秒あたりに何ビットのデータを送受信できるかをあらわす単位で、通信速度をあらわす。

dpiは、ドット/インチ(dots per inch)であり、1インチあたりに何ドットの粒を印刷できるかという単位で、プリンタやスキャナの解像度をあらわす。

fpsは、フレーム/秒(frames per second)であり、1秒あたりに何フレームの画像を表示できるかという単位で、動画の再生速度をあらわす。

表5 単位あたりの量

距離 m	時間 s	速さ m/s	速さ=距離/時間
情報量 bits	時間 s	通信速度 bits/s (=bps)	通信速度 =情報量/時間
フレーム数 frames	時間 s	フレームレート frames/s (=fps)	フレームレート =フレーム数/時間
画素数 dots	長さ inch	解像度 dots/inch (=dpi)	解像度 =画素数/長さ

## ③表計算でのセル参照

表計算のセルを参照する場合の相対参照は、物理の相対速度の考え方と相通じるところがある。相対参照を相対速度のアナロジーで説明することによって、理解しやすくなる。

どのような事情があっても絶対に動かない基準をもとに見たものが「絶対」であり、状況に応じて動いてしまう基準をもとに見たものが「相対」である。

相対参照では、参照先のセルの位置を、参照元のセルから見てどこにあるかという相対的な見方であらわしている。これと同様に、相対速度は、参照元の物体から参照先の物体を見たときの速度をあらわしている。

たとえば、同じ向きに走行するAとBの2台の自動車があり、参照元の自動車をAとし、参照先の自動車をBとする。そして、Aの車内からBを見た場合の相対速度を考えることにする。

Aが40km/hで、Bが70km/hで走行しているとき、Aの車内から見たBの相対速度は30km/hである。2台の自動車の相対速度を保ちながらAが60km/hで走行すると、Bの速度は90km/hで

走行していることになる。

これと同様に、例えば、セルA 2から見たセルD 4の位置は「3列右，2行下」である。この場合の参照元のセルはA 2になる。

	A	B	C	D	E	F
1			右 3			
2		●				下 2
3						
4						
5			右 3			
6		●				下 2
7						
8						

図8 相対参照

この位置関係を保ちながら、参照元のセルをB 6に移すと、セルB 6から見た「3列右，2行下」にあるセルは、セルE 8の位置にあることになり、これが参照先のセルになる（図8）。

### (5) 科学的な理解を深める実習を取り入れる

「情報の科学的な理解」の側面を座学だけで指導するのは困難である。こうした指導には、論理的な思考や数学・理科的な要素が含まれるため、演繹的ではなく帰納的な手法を使って、できるだけ具体的な事例・事象から一般的な法則を導き出すことが重要である。

そこで、原理やしぐみを解明することができるツール型のソフトウェアを使った実習を行うことで、情報の科学的な見方・考え方を育成することができる。こうした実習は、数分程度の短時間でできる実習である。筆者は、こうした原理やしぐみを解明することができるツール型のソフトウェアを数種類開発し、授業で活用してきた。

以下に、筆者が開発したソフトウェアを簡単に説明する。

#### ①「RGBMixer＊」

「RGBMixer」は、赤、緑、青の各画素の明るさを調整しながら、それらをルーペで拡大して観察することができる。また、階調と明るさなどの数値データの関係を10進数、2進数、16進数であらわすことができる（図9）。

前述のペンライトやフルカラー表示器による実験の後で使用すると、よりわかりやすくなる。

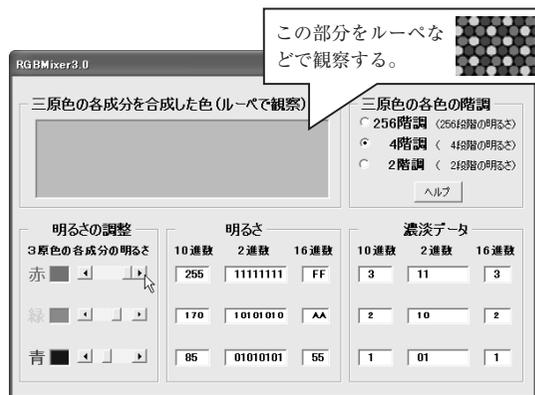


図9 RGBMixer

#### ②「BinaryViewer＊」

「BinaryViewer」は、文字、音声、画像などのすべてのファイルを2進表示や16進表示できる。

#### ③「ImageChanger＊」

「ImageChanger」は、画像の解像度や階調を変えることができる。解像度（標本化レベル）や階調（量子化レベル）を指定すると、そのレベルで処理した画像が表示される。また、画像の任意の位置でクリックすると、その位置に水平線が引かれ、その線上に存在する画素の明るさ（濃淡値）を三原色ごとにグラフ表示できる。

#### ④「BitMapReaderWriter＊」

「BitMapReaderWriter」は、ビットマップ（BMP）形式の画像ファイルの赤・緑・青の濃淡データやヘッダ情報を表示して、その内部構造を解明することができる。また、表示している画像の赤・緑・青の濃淡データを変更してファイルに保存することができる。

#### ⑤「Animator＊」

「Animator」は、一定時間間隔で複数の静止画を切り替え表示させることができる。

#### ⑥「IPFinder＊」

「IPFinder」は、操作中のコンピュータのIPアドレスを調べることができる。

#### ⑦「DNSConverter＊」

「DNSConverter」は、DNSサーバと同じ機能をもつソフトウェアで、ドメイン名を入力すると対応するIPアドレスを表示することができる。

### 3. おわりに

下記の表6に、情報Aの学習項目の中から「情報の科学的な理解」に関連する項目を抜き出し、それらを指導する方法や実験例を示した。

なお、本文中および下記の表の中の\*印のついたソフトウェアは、実教出版発行の教科「情報」の教科書『高校情報A』『最新情報A』『最新情報B』『最新情報C』の指導資料の付録CD-ROMに

同梱されている数十種類のソフトウェアの一部であり、これらを使った実習を行うことで情報の科学的な理解を深めることができる。

また、下記の表の「画素の観察」の項目に関する実習の映像が、以下のサイトの「応用その1・14時間目～15時間目」にe-Learningで公開されているので、ご利用いただければ幸いです。

<http://www.microsoft.com/japan/msdn/student/learning/#e-learning2>

表6 情報Aにおける情報の科学的な見方・考え方を育成する方法の事例

項目	情報の科学的な見方・考え方を育成する方法の事例
検索と論理演算	2つのキーワードを用いてAND, OR, NOT検索を行って、検索ヒット数をベン図から考察させるなど、数学の「集合」の学習と関連付ける。
画像や音声のファイル形式	圧縮されていない形式（画像はBMP、音声はWAV、動画はAVI）のファイルをファイル変換ソフトを用いて圧縮し、品質やファイルサイズを比較させる。
フレームレート	フレーム数を距離、フレームレートを速さに類推させ、フレームレートを説明する。
関数と引数	表計算の関数の引数と返り値を数学の関数の媒介変数と計算結果にそれぞれ対応させ、関数の概念を理解させる。
単位の接頭語	情報量の単位の接頭語（K,M,Gなど）を物理の単位の接頭語と対応させて理解させる。
表現できる状態の数	「nビットで表現できる状態の数=2 <sup>n</sup> 」を、数学の「場合の数」の学習と関連付ける。
文字コード	文字コードを表示するソフトウェアを使って、異なる体系の文字コードを調べさせる。
音声の標準化と量子化	サウンドレコーダ（音声録音再生ソフトウェア）を使って、電話の音質、ラジオの音質、CDの音質でそれぞれ録音し、その音質とファイルサイズを比較させる。
デジタル画像	「BitMapReaderWriter*」を使って、BMP形式の画像の構造を解明する。
画素の観察	ペンライトやフルカラー表示器を使って「光の三原色」の加法混色の原理的な実験を行う。「RGBMixer*」を使って画面にさまざまな色を表示し、その領域をルーベなどで観察させ、色数とビット数の関係を調べさせる。
画像の解像度と階調	「ImageChanger*」を使って、デジタルカメラで撮影した画像の解像度と階調を変え、画質を比較させる。
動画のしくみ	「Animator*」を使って、フレームレートを変更し、ちらつきを調べさせる。
立体のしくみ	アナグリフメーカー（アナグリフ画像を作成するフリーソフトウェア）を使って、アナグリフ画像を作成し、左目と右目にかかるセロハンでできた眼鏡の色を変えて、立体感が得られる色の組み合わせを見つけさせる。
情報の0, 1表現	「BinaryViewer*」を使って、文字や画像、音声などのあらゆる情報が0と1の組み合わせであらわされていることを確認させる。
圧縮のしくみ	縦縞とそれを90度回転させた横縞のBMP形式（非圧縮）のイラスト画像を、それぞれGIF形式で圧縮し、それらのファイルサイズが異なる理由を考えさせる。
IPアドレスの数	「接続できるコンピュータの台数=2 <sup>[IPアドレスのビット数]</sup> 」を、数学の「場合の数」の学習と関連付ける。
IPアドレスの調査	「IPFinder*」を使って、同じLAN内に接続されているコンピュータのIPアドレスを調査し、IPアドレスはネットワークアドレス部とホストアドレス部から構成されていることを発見させる。
ドメイン名からIPアドレスを得る	「DNSConverter*」を使って、ドメイン名に対応したIPアドレスを調べる。調べたIPアドレスをブラウザのアドレス欄に入力して、対応するWebページを表示できることを確かめ、DNSサーバの役割について考察させる。
電子メールのしくみ	パケットを手紙に、SMTPサーバを郵便ポストに、ルータを郵便局に、POPサーバを郵便受けにそれぞれ喩えて、電子メールのしくみを説明する。