

## じつきょう

## 数学資料

No. 91

## Contents

巻頭	数学と情報	1
特集	2025年度新課程での 最初の大学入学共通テストを終えて	7
特集	Do★MATH同志社中学校 数学博物館のご紹介	15
紹介	Libry プリント作成ツール Q.Bank	20

## 巻頭

## 数学と情報

東京大学名誉教授 萩谷昌己

## 1. はじめに

高等学校の教科である数学と情報は、密接かつ多様に関連している。本稿では、実教出版発行の教科書「新編数学I Flex」「新編数学A Flex」と「情報I Flex」（いずれも2026年度に向けての教科書見本を参照）を具体例として、「数学I・A」と「情報I」の関連について教科書の内容をもとに概観する。すなわち、両者の比較を節の単位でまとめた表（p.6 表1）を参照しながら、数学と情報の関連について考察していく。後に、具体的にも述べていくが、本稿を通して情報の内容について知っていただき、数学の授業にも役立てていただければ幸いである。

以下、まず念のために、教科情報の歴史と現状について簡単に述べた後、表1を参照しながら、「情報I Flex」の節もしくは項のうちで、「新編数学I Flex」「新編数学A Flex」と関連が深いところを順に眺めていく。次に、改めて「情報I Flex」の内容を全体的に俯瞰しながら、「情報I」の内容を紹介する。最後に、数学は「数学Ⅱ・Ⅲ・B・C」まで広げ、情報も「情報Ⅱ」まで広げて、数学と情報の関係について考察する。「情報Ⅱ」の簡単な紹介も行う。

## 2. 教科情報

2003年度より高等学校の普通教科として情報科が新設され、そのもとに三つの科目、「情報A」、「情

報B」、「情報C」が、選択必修という変則的な体制のもとに設置された。すなわち、少なくともいずれか1科目を履修することが求められた。この体制は2013年度の改訂でも継続し、「社会と情報」、「情報の科学」の2科目が選択必修とされた。両科目を設置する学校もないわけではなかったが、大多数の学校では、学校によってどちらかの科目が選択された。なお、この改訂で情報は共通教科となった。

2022年の改訂で、上述の2科目はプログラミングの内容を含む「情報の科学」を中心に統合され、さらにデータ活用の内容が追加されて、「情報I」が必修科目として設置された。さらに、選択科目として「情報Ⅱ」が設置された。「情報I」と「情報Ⅱ」ともに2単位の科目である。

後にも述べるが、「情報I」と「情報Ⅱ」の関係は、「数学I」と「数学Ⅱ」のように明確な積み重ねの関係ではない。「情報Ⅱ」は「情報I」の内容を全体的に高度化するような科目となっている。おそらく学習指導要領の作成者は、「情報Ⅱ」を設置する学校が多くはないと予想し、「情報I」によりできる限り広い内容をカバーしようとしたためではないだろうか。

必修科目が「情報I」の一つとなるため、学習指導要領の改訂とともに、共通テストの科目として「情報I」を追加することが検討され、実際に2025年1月に実施された共通テストより、「情報」が教科として、

「情報I」が科目として追加された。なお、2025年の試験では経過措置として、「社会と情報」と「情報の科学」の内容を含む科目「旧情報」も出題された。

共通テストへの追加は教科書の内容や学校現場の教育に大きな影響を与えつつある。特に2026年度からの「情報I」の教科書の改訂版では、試作問題を含む共通テストの問題の題材が参照され、教科書間の差異が小さくなると予想される。

### 3. 「情報I Flex」と数学I・A（新編 Flex シリーズ）

「情報I Flex」と「新編数学I Flex」「新編数学A Flex」の関係を表1(p. 6)にまとめた。いずれも節の単位で比較したが、「数学I」の5章1節「データの分析」と「情報I」の6章2節「データの活用」は密接に関連しているため、より細かい項の単位で比較した。節もしくは項の交点に、関連するキーワードを示した。数学のキーワードは太字で、情報のキーワードはイタリックで、両者に重複するキーワードは太字・イタリックで示した。

#### 情報セキュリティ

「情報I Flex」では、情報セキュリティは二つの章で扱う。1章「情報社会と問題解決」の4節「情報セキュリティ」では、コンピュータや情報システムに関してユーザが個人として知っておくべきことを学ぶのに対し、5章「ネットワークと情報システム」の3節「情報セキュリティ」では、組織として整備すべき情報セキュリティの仕組みや情報セキュリティのための技術について学ぶ。

1章4節では、認証とパスワードについて扱い、パスワードの安全性に触れる。「情報I」では身近な話題であり、試験でもよく出る題材であろう。文字種と長さを指定して、パスワードの組合せを考えさせる問題は、「数学A」の1章1節「場合の数」の問題に他ならない。

5章3節では、暗号技術について扱い、公開鍵暗号に触れる。RSAの仕組みまでは扱わないが、授業では素因数分解と関連させて解説することもできるだろう。素因数分解は、数学Aの3章1節「数と人間の活動」で扱われている。

#### 情報のデジタル表現

「情報I Flex」の2章「コミュニケーションと情報デザイン」の2節「情報のデジタル表現」では、デジタル化の基礎から標準化と量子化、データの圧縮などについて学ぶ。

まず、2進数（2進法で表した数値）を導入した後、情報量の概念とビットについて紹介する。「1ビット増えるごとに区別できる状態の種類は2倍になる」という説明があるが、これは「数学A」の1章1節「場合の数」の樹形図および重複順列に対応していると考えられる。

また、情報量の単位として、バイトやその接頭辞を紹介する。接頭辞は10の指数に相当し、実際に情報量（データ量）の具体的な計算では、指数法則（「数学I」の1章1節）を上手に使うことが求められる。

数値のデジタル表現では、改めて2進数と10進数の間の変換について学ぶ。さらに、16進数についても学ぶ。「数学A」の3章1節「数と人間の活動」には、2進法と $n$ 進法の解説がある。なお、「情報I Flex」で1の桁は2の0乗と明記されているように、情報Iの教科書では指数0を許容するものが多い。一方、指数0は「数学II」において明確に定義されるため、「数学I」や「数学A」の教科書では指数0に触れていない。

#### コンピュータによる演算

「情報I Flex」の3章「コンピュータと情報機器」の2節「コンピュータによる演算」では、2進数の計算に続いて、論理回路について学ぶ。2進法については既に述べた通りである。

この節では、「0」、「1」という二つの信号に対して演算や制御を行う回路を論理回路として、論理積回路（AND）、論理和回路（OR）、否定回路（NOT）の真理値表を掲載する。真理値表の中身は0か1である。

「数学I」の2章1節「集合と論証」では、命題の真偽について扱う。さらに、「否定・かつ・または」も扱うが、これらは集合の補集合・共通部分・和集合に対応づけられていて、真偽の演算としては捉えられていない。本来ならば、条件の中の変数（たとえば $x$ ）を明示して、 $P$ は条件 $p(x)$ を満たす $x$ の集合とすべきである。条件の中の変数を明示せず、条件と集合を直接に対応づけてしまっているため、「否定・かつ・また

は」が真偽に対する演算として捉えられていないのである。なお、全称命題(すべての  $x$  に対して $\dots$ )を導入すれば、以上の問題は解消するのだが、教育上の配慮からも、高校段階でそこまで扱うのは難しいであろう。

この節では、論理回路に続いて、情報の内部表現として、整数の表現と実数の表現について説明する。負の整数を表現するための補数と、符号部・指数部・仮数部から成る実数の表現について説明した後、計算の精度に触れ、誤差の定義も行う。さらに実習では、丸め誤差、桁落ち誤差、打ち切り誤差について説明する(ちなみに、4種類の誤差のうち、情報落ち誤差は扱っていない)。

概して数学では、数の大きさには制限がなく、数を表す式は正確な一つの値を指しているとされる。平方根や三角比などで扱う近似値は、数学としては例外的なものかもしれない。有効数字の概念は、中学では数学で扱うが、高校では数学ではなくむしろ理科で習うだろう。

一方、コンピュータ上では、整数や実数を定まったビット数で表すことが多く、そのために補数による負の整数の表現、符号部・指数部・仮数部による実数の表現が必要になる。このような情報表現の有限性については、情報で徹底して学んで欲しいところである。

## アルゴリズム

4章「プログラミングとモデル化」は、数学と多様に関連している章である。以下、節ごとに数学との関連を見ていく。

1節「アルゴリズム」では、図的表現と制御構造の説明に先立って、身のまわりのアルゴリズムがいくつかあげられているが、ここで数学の授業で登場するアルゴリズムを例示することができる。それらのいくつかは、次の節で実際にプログラムとして実行することもできる。具体的には表1にあるように、エラトステネスのふるい、ユークリッドの互除法(「数学A」の3章1節)をはじめとして、平均、分散(「数学I」の5章1節)、階乗(「数学A」の1章1節)の計算方法も典型的なアルゴリズムである。「数学A」の3章3節「パズルとゲームの数学」にも、多くのアルゴリズムが隠れている。

## プログラム

2節「プログラム」ではプログラミングの基本を学び

ながら、実際にPythonのプログラムの作成と実行を行う。

まず、プログラムで用いる基本演算には数学で学ぶものも多い。算術演算(特に「数学A」の3章1節で扱う商と余り)、条件判断(不等式)、論理演算があげられる。なお前述したように、andとorは「数学I」では真偽に対する演算としては捉えられていない。

プログラミングでも関数を扱うが、プログラミングにおける関数と数学における関数の概念(「数学I」の3章1節の冒頭)の違いを押さえておくべきだろう。

アルゴリズムとまではいかないが、数学に現れる計算式をプログラムとして実装することは、やりがいのあるよい演習である。たとえば、ヘロンの公式(「数学I」の4章2節)によって三角形の面積を返す関数や、三平方の定理(「数学A」の3章2節)を利用して距離を求めるプログラムがあげられる。

## モデル化

3節「モデル化」では、モデルの分類や図による表現など、モデル化の基礎について学ぶ。数学との関連としては、「数学A」の3章2節で扱う座標の考え方があげられる。

## シミュレーションによる問題解決

次の4節「シミュレーションによる問題解決」では、モデルを大きく確定的モデルと確率的モデルに分類し、それぞれのシミュレーションについて学ぶ。前者の例として銀行の貯金残高があげられている。後者では乱数を用いて、例えばさいころの目のシミュレーションを行う。後者のより進んだ例として、StepUp(各章末にあるより進んだ内容)で、待ち行列を扱う。

物理との関係も考えなければならないかもしれないが、数学の2次関数(「数学I」の3章)と関連させて、放物線のシミュレーションを行うことは、確定的モデルのよい題材であろう。

確率的モデルで利用する乱数関数(正確には擬似乱数)の特徴を、「数学A」の確率概念を用いてきちんと押さえておくことは重要である:乱数関数は、その呼び出しごとに、独立に指定された範囲内の値を同様に確からしい確率で返す。そして、乱数関数の呼び出しの繰り返しは反復試行となる。ところで、このような乱数関数に関して「ランダム」という言葉を用

いることが多いが、「新編数学I Flex」「新編数学A Flex」にも「情報I Flex」にも、「ランダム」という言葉の説明がないのは問題かもしれない。

#### データとデータマイニング化

6章2節「データの活用」と数学Iの5章1節「データの分析」の関連は極めて大きく、高校の現場からも、両方の授業の進捗を調整しているという声をよく聞く。

数学でも具体的なデータを扱うが、やはり数学では、データ分析の背後にある統計的な考え方、その数学的な基礎といったところが重要視されているように思う。一方情報では、データの表現方法、データベース、データの収集と整理など、分析だけでなくデータの処理のあらゆる側面を扱っている。また、最終的に各種の分析を駆使してデータから意味のある情報を見出すことに主眼が置かれているように思う。

6章2節の最初の項である「データとデータマイニング」では、まず尺度水準について説明する。これはすなわち、「情報I」では(質的データを含む)多様なデータを扱うことに他ならない。これに対して、「数学I」の5章1節「データの分析」は度数分布から始まり、「変量」という言葉が示しているように、量的データを主としている。

#### データの収集と整理

6章2節の次の項は「データの収集と整理」であり、平均や分散などの基本統計量を参照する。これらは、「数学I」の5章1節の「代表値」および「分散と標準偏差」で学ぶものであり、「情報I」ではほとんど説明はない。数学での学習に依存している。

#### データの分析

その次の「データの分析」の項では、箱ひげ図および散布図に関する基本的な概念を参照する。これらについても、数学での学習に依存している。

興味深いことに、外れ値は「数学I」でも「情報I」でも扱うが、欠損値は「情報I」のみが扱う。実際のデータでは欠損値を避けることはできないので、「情報I」が生データの用いた現実的な分析を志向していることがわかる。

「情報I Flex」ではStepUpで、移動平均、散布図行列、回帰直線を扱う。これらはすべて「情報I」の(試作問題も含む)共通テストの問題の中で既に扱われて

いる。一方、移動平均と回帰直線は「数学B」で扱うが、「数学I・A」では範囲外である。

仮説検定もStepUpで扱う。有意水準という言葉も参照するが、「数学I」ではこの言葉を使っておらず、「数学B」で扱っている。なお、少なくともこれまでの共通テストの「情報I」の問題では、仮説検定は扱われていない。

#### 4. 「情報I Flex」の構成

実教出版の情報Iのラインナップには、「高校」、「最新」、「図説」の三つのシリーズがあった。「高校」はいわゆる進学校を中心により高度な内容を含み、「最新」は広い範囲の学校を対象とした標準的で充実した内容を特徴とし、「図説」はわかりやすく平易なことを特徴とする。「Flex」は今改訂から始まったシリーズで、「図説」を継承しつつ内容を充実させている。

「情報I Flex」の章・節のうち、数学と関連する部分については既に説明したので、以下では、それ以外の章・節について簡単に紹介したい。章・節の構成については表1の左の列を参照されたい。

1章「情報社会と問題解決」の1節「情報社会の特徴」では、情報とメディアの基本的な捉え方、情報社会と情報技術の関係性、特にAIやIoTが活用される情報社会とその課題、そのような情報社会で求められる能力、といったことについて学ぶ。

1章の2節「問題解決」では、情報技術も活用した問題解決の手法、その手順(PDCA)、情報の収集・整理・分析の手法(ブレーンストーミング、検索エンジン、KJ法、コンセプトマップなど)について学ぶ。

1章の3節「情報社会における法規と制度」では、個人情報保護や知的財産権について学ぶ。

2章「コミュニケーションと情報デザイン」の1節「メディアとコミュニケーション」では、活版印刷から始まるメディアの発達に続いて、コミュニケーションの形態と手段といったコミュニケーションの一般論、ソーシャルメディアとメディアリテラシーについて学ぶ。

2章の3節の「情報デザイン」とは、効果的に情報を伝えることを目的に情報を整理して表現(可視化)するための工夫のことである。具体的な実践としては、ポスターやWebページの作成を行う。

3章「コンピュータと情報機器」の1節「コンピュータの仕組み」では、組み込み機器の例に続けて、コンピュータの構成、すなわちハードウェアとソフトウェア（オペレーティングシステムとアプリケーション）について学ぶ。

5章「ネットワークと情報システム」の1節「情報システム」では、金融情報システム、ネットショッピング、POSなど、情報システムの具体例や、クラウドサービスについて学ぶ。

5章の2節「ネットワーク」では、インターネットの仕組みとして、IPアドレスやURL、TCP/IP、その上位のプロトコル（特にHTTP）について学ぶ。

6章「データベースとデータの活用」の1節「データベース」では、データベースの基本的な考え方について学ぶ。

## 5. 数学Ⅱ・Ⅲ・B・Cと情報Ⅱ

「数学Ⅱ・Ⅲ・B・C」と「情報Ⅱ」の内容を眺めながら、数学と情報の関連についてさらに考察する。

まず、「情報Ⅰ」と「数学Ⅱ・Ⅲ・B・C」の関連について確認する。「情報Ⅰ」で数学の学習を先取りすることも考えられるが、「情報Ⅰ」において数学的な背景なしで学んだことを、「数学Ⅱ」や「数学B」の学習において活用する、という方向がよいかもしれない。

「情報Ⅰ」の情報量では対数概念を用いていないが、本来的に、ビットを単位とする情報量は2を底とする対数に他ならない。「数学Ⅱ」の対数の学習に際して、情報量を参照することが考えられる。

既に述べたが、指数0は「数学Ⅱ」で扱うので、そこで2進法と $n$ 進法の1の桁について確認するのがよいかもしれない。

これも既に述べたが、「数学B」では移動平均と回帰直線について扱うので、「情報Ⅰ」のデータ活用で実際に扱った経験を「数学B」で生かすことができる。

なお、回帰直線と分散・共分散との関連など、「数学B」では数学的な背景についてしっかりと学ぶところが、数学と情報の大きな違いである。

以下、「情報Ⅱ」について簡単に紹介する。先にも述べたように、「情報Ⅰ」と「情報Ⅱ」で扱う分野が大きく異なるわけではなく、「情報Ⅱ」では全体的に高度化の方向に「情報Ⅰ」で学んだ内容が発展している。

情報デザインに関しては、Webページの作成からWebサイトのコンテンツの制作に発展する。

プログラミングは個人のプログラム作成から多人数によるソフトウェア開発に発展する。

情報通信ネットワークとデータベースは、情報システムとその開発に発展する。

データ活用はデータサイエンスへと発展する。

「情報Ⅱ」を出版する教科書会社が少ないこともあり、「情報Ⅱ」の教科書間の差異はかなり大きい。各分野の内容を「情報Ⅱ」でどこまで扱うべきかについては、まだ明確なコンセンサスはないと言わざるを得ない。

実教出版の既出の「情報Ⅱ」は「高校情報」シリーズと位置付けることができ、内容はかなり高度である。たとえば、データサイエンスの章では各種の機械学習の手法を紹介しているが、対数概念や $\Sigma$ 記号は既知としている。重回帰などより進んだ統計的手法も紹介しているが、数学的な背景は扱わない。

## 6. おわりに

冒頭で述べたように、数学と情報は密接かつ多様に関連している。どちらの授業を進めるにあたって、他方の授業の内容や進捗を参照する必要がある。逆に、一方の内容を他方の授業に活用したり発展させたりする可能性も多くある。本稿が少しでも両教科の充実に役立つことを願っている。

