

総論：「情報」・数学・ORの教育

中森眞理雄

初等教育・中等教育・高等教育の各レベルで情報教育が必要である理由を、現在の社会で生じているさまざまな問題を例に論ずる。また、情報科学の本質を論じ、その観点から、「情報」が大学入試に出題可能であることを述べる。今後の「情報」教育の課題についても述べる。

キーワード：情報教育、大学入試、「情報」入試、学校教育、情報科学

1. はじめに

「情報化社会」という言葉が使われ始めて久しいが、実態はどうであろうか。政府のe-Japan構想やそのための諸施策は果たして効果をあげているのだろうか。

教育の改革においても「情報」はキーワードになっている。初等・中等・高等教育における「情報教育」は適切に行われているのであろうか。

後述のとおり、わが国の「情報」教育の一般レベルは著しく不十分である。現在進められている教育改革は必ずしも「情報」教育のレベルの向上に役に立っていない。そもそも、情報活用能力は目に見えないので、「情報」教育はコンピュータやソフトウェアの操作方法の訓練に終わりがちである。しかし、このことが今日の社会で困った問題を引き起こしているのである。科学的観点から見れば、「情報」は「実技」を中心とする教科ではなく、数学や理科と同様の普通の教科である。したがって、「情報」は大学入試に適しているといえる。

「情報」教育を初等・中等教育できちんと実施させるには、大学入試に「情報」を出題するのがもっとも手っ取り早い。本稿では、筆者の大学で入試に「情報」を出題することに至った検討経過も紹介する。最後に、「情報」入試に関する今後の展望を述べる。

1.1 困った例と教訓

まず、社会の情報化が適切に進められているわけではないことにより生じた困った例をいくつか挙げる。これらは、いずれも実話に基づくものである（ただし、関係者に迷惑がかからないように、脚色してある）。

例1 ある公立図書館では、図書の管理や貸出業務をコンピュータで行うシステムを導入した。導入に際して、従来の蔵書カードに記載された膨大なデータを、専門の入力サービス会社に委託して、コンピュータに入力することにした。ところが、新規に購入される図書のデータは、年に1度まとめて入力されることになったため、新システムでの蔵書の検索や貸出業務は前年度までに購入された図書に限定され、最近購入された図書の検索や貸出ができなくなってしまった。この図書館は、新規に購入された図書を、その都度、職員がデータ入力するシステムにすべきだったのである。コンピュータの導入で日常業務がどのように変わるのかを十分に検討しなかった例である。■

例2 ある大学では、学生の学籍番号は8桁で、最初の2桁が入学年度（西暦の下2桁）を表す。したがって、西暦2000年以来10年間の入学生の学籍番号は0で始まることになった。ところが、多くのコンピュータソフトウェアは、0で始まる数値の冒頭の0を表示しない。この大学では、20年前までは、学籍番号は7桁であった。その結果、2007年に入学した学生の学籍番号079xxxxと1979年に入学した学生の学籍番号79xxxxが事務処理ソフトウェアで同じものと見なされ、成績データベースが混乱する事態となった。コンピュータにおける数値と数字の違いを理解していなかったために生じた例である。■

例3 ある市では、市役所が保有する個人データが外部に流出するのを防ぐために、条例で「市が保有するコンピュータを外部と接続してはならない」と定めた。そのため、市立学校のWebのページをインターネット経由で校外から閲覧することができなくなり、生徒が授業で校外のWebサイトを見たり、校外の人と電子メールをやりとりしたりすることもできなくな

なかもり まりお
東京農工大学 工学部
〒184-8588 小金井市中町2-24-16

った。重要なデータが外部に流出する原因とその対策、コンピュータや情報ネットワークの活用方法などの基本的な事項が十分に理解されていなかった例である。



これらの例から分かるとおり、コンピュータシステムを導入して業務やサービスを改善するには、使う側に「コンピュータは何ができるのか、それによって行政・企業・社会はどのように変わるのか、それに備えて役所や企業は何をすべきであるのか」という洞察が不可欠である。すべてをコンピュータ技術者やソフトウェアサービス会社に任せれば十分というものではない。経営者、管理者、政治家（そして選挙民）もこのことを十分理解していなければならない時代である。

近年の例では、構造計算書偽造事件、「1円61万株」誤発注、フィギュアスケート採点ミス、ライブドアショックによる東証取引停止などが記憶に新しい[1]。より新しい話題としては年金問題がある。これらの問題は、いずれも、基本方針を策定したスタッフに情報の扱いに関する専門家がなかったことが原因である（年金問題については、一部の政治家が言っているような社会保険庁の改組で解決することではない）。これについては別稿で触れられるので、ここではこれ以上取り上げない。

これらの問題から得られる重要な教訓は次のとおりである。

コンピュータは単なる機械である。人間が書いたプログラムを、その能力の範囲内で、プログラムに書かれたとおりに忠実に実行する装置である。人間が書いたプログラムが誤っていれば、コンピュータが返す答えは意味がない。人間がコンピュータの能力を超えるプログラムを書けば、コンピュータは答えを返さない。しかし、このようなことは、座学では理解できない。実際にコンピュータの原理に接して体験しないと（すなわち、プログラム作成の経験がないと）、身につかない。

情報システムの規模や重要度は今後ますます増大していくはずであり、現状を放置したままでは、今後生じる事態はさらに破滅的なものとなることが予想される。そのような事態を避けるには、初等・中等・高等教育のすべての段階において、理工系に限定することなくすべての生徒・学生を対象とし、実体験を通じての「情報処理と情報システムの原理理解」を推進する必要がある[1]。すべての国民が情報の原理的理解を身につけることが必要な時代である。

義務教育を受けた人なら、乾電池1個では炊飯が不

可能なことは分っているはずである。ところが、情報に関しては、前述のように初歩的なレベルでのトラブルが続出するのである。筆者には、情報・情報処理・情報システムに関する根本的な理解が国民に不十分であるためであるように見える。つまり、根本は学校教育にあるのである。

1.2 情報教育に求められるもの

周知のとおり、コンピュータやソフトウェアはたいへん便利なものである。そのため、情報活用能力というと、目がコンピュータやソフトウェアの操作能力に向きがちであるが、情報活用能力とはそれだけを意味するものではない（それらは、もちろん大切であるが）。コンピュータや情報ネットワークによって社会や日常生活がどのように変わるのかを洞察する能力、コンピュータを活用して行政や企業の業務を改善し生活を向上させるための基本方針を打ち出す力までも含む広い能力を意味するのである。しかし、このような能力は目に見えるものではない。そうした情報活用能力を養うことこそが、「情報」教育の真の目的である。

このような情報活用能力を伴わずに、コンピュータやソフトウェアの操作能力だけを教えるのは、コンピュータをブラックボックスとして教えることに等しい。これは節1.1に述べた「情報処理と情報システムの原理理解」からは著しく遠いものである。

情報活用能力は数学の能力と似ている。学校で教わった数学の理論が、そのまま社会で用いられることは少ない（「したがって、数学は社会に役に立たない」という論者がいる）。しかし、数学的思考訓練を受けていないと、ものごとの量的把握や論理的考察に困難を生ずるものである（そのことが分っていない人は多いが）。

筆者はかつてある企業と共同研究したときに、その企業が抱えていた問題を数理計画問題として定式化し、最適解を示したことがあった。その企業の技術者は、その後、その最適解より良い解を手作業で見つけようとして何時間も費やしたそうである。きちんとした数学教育を受けていれば、最適性の証明の裏づけのある解より良い解を探そうなどという無駄なことはしないはずである。

1.3 専門家のウソを見抜く能力

情報活用能力と並んで、社会において重要なのは、専門家の言うことやコンピュータの出力を鵜呑みにしないことである。

仮に、医師の言うことに誰も疑問をもたないとした

ら、権力者が反対勢力を「治療」の名目で監禁・隔離しても、それを批判する人がいなくなる。これはとんでもないことである。今日の文明国家では、国民が初歩的な医学の知識を有しているから、このようなことは起らない。すべての国民がある程度の科学的常識と批判的精神を有していることが、健全な民主国家を支えているのである。

懸念されるのは、いまだに、日本人の間に、コンピュータ出力を無批判に信用する風潮があることである。「コンピュータ占い」なるものが相変わらず巷で流行っていることが、この風潮を象徴している。

批判的精神をもたないのは野蛮人である。情報教育の目的はコンピュータ時代の科学的野蛮人を生産することではない。コンピュータ時代の文明人を育成することが情報教育（小学校から大学まですべての段階で）の使命である。

2. 上流工程と下流工程

前述のような問題が生ずる背景には、「コンピュータは何でもできるから、コンピュータで問題解決をするための問題設定は情報処理の専門家ではなく対象業務の専門家が行えばよい」という誤解がある。

一般に、ソフトウェアや情報システムを開発するときに、問題を捉えて定式化し要求仕様を策定するフェーズと、要求仕様に基づいてシステムを作製するフェーズとがある。前者は上流工程、後者は下流工程とよばれる。

社会に流布している誤解は、上流工程は対象業務の専門家だけが行い、下流工程は情報処理の専門家だけが行うのが当然という考えが原因である。この考えは正しくない。コンピュータにはできることとできないこと、得意なことと不得意なことがある。本来、上流工程は、対象業務をいかにしてコンピュータが得意な方法に載せるかを検討する工程であるべきである。しかし、コンピュータに何が得意で何が不得意なのかの見識がない人々が上流工程に携り、システムの基本設計を行っていることが多い。その結果、不適切な仕様に基づいてシステムが構築され、期待された性能が出ないということが往々にして生ずるのである。

このような誤解は、情報だけではなく、古くは統計学に対しても見られたことである。増山元三郎著「デタラメの世界」[2]には、測定データの整理について統計学者が招かれた仮想会議が述べられている。まず、座長が

「今日ここに皆さんにお集まり願ったのは、この間全国の有志の方に参加して頂いて行なった臨床化学検査の水準調査のデータについて、これらをどうまとめるかご相談申し上げたかったからであります。結果はもう皆さんがご承知のように、予想外の荒れ方で…」と切り出すと（データは58~89の間に分布している）、

「68から70 mEq/lと答えている箇所数が一番多いので、中をとって69はどうだろう。」という意見や

「測定値すべての平均にすべきではないか。」

という意見が出て、議論百出となる。そのうちに、

「明らかにおかしいデータがある。取り除くべきではないか。」

「おかしいデータもデータである。おかしくないデータにも誤った測定に基づいたものがあるかもしれないし、データを差別するのは正しくない。」

など、意見はまとまらない。そこで、統計学者が意見を求められ、次のように述べる。

「これまで統計学は実験の後始末の学問と考えられて来たので、私も実験の済んだ今日初めて呼び出されたのですが、推測統計学では、調査の前に、実験の計画から始めます。」

「今回の調査では、予め実験計画法的な割りつけを行っていないので、どの段階でどれくらいズレを生じているのか統計解析で求めることはできません。どうか今後は調査の後ではなく前に統計学者を招いて頂きたいと思います。」

統計データの整理、数値解析等々で、このような「後始末」の相談を受けることは多いが、実は、後始末では手遅れなのである。コンピュータや情報システムでも同様である。情報・情報処理・情報システムの専門家が上流工程に参加するのが当然であるというように社会通念を変えなければならない。そのためにも、学校教育の責任は重い。

3. 学校教育における「情報」教育

3.1 大学における「情報」教育

わが国の大学に情報工学・情報科学を専門的に教える学科が最初に設置されたのは、1970年である（国立5大学の理工系学部）。その後、理工系の情報系学科の設置は相次ぎ、1970年代終り頃にはほとんどの国立大学の理工系学部情報系学科が設置され、多くの公立・私立大学にも情報系学科が設置された。

1980年代の終り頃から、理工系博士課程を有していない国立大学に博士課程が設置され、それに伴い、学部学科を大きくまとめるという動きが起った。これは、学部学科を大きくすることにより、無駄なコストを省き、余力で大学院の教育をするというのが大義名分であった。そこで利用されたのが「情報」である。ある大学では、応用物理学科、電気工学科、電子工学科、情報工学科を合併して入学定員約250名の電子情報工学科としたが、教員が変わったわけではないので、4分の1の学生は応用物理学を、別の4分の1の学生は電気工学を、さらに別の4分の1の学生は電子工学を、残りの4分の1の学生は情報工学を履修するという事態が生じた。名目的には「情報」を学ぶ学生が4倍に増えたことになるが、実際には、情報工学を学ぶ学生数は変わっていない。このような「〇〇情報工学科」が全国に多数できた。しかし、これは産業界に「大学の情報系学科ではコンピュータに関することを何も教えていない」という誤解を広める結果となった。

学会においても、このような事態を問題とする声が高まり、例えば情報処理学会では、文部省の研究委託を受けて、情報工学のモデルカリキュラムJ90を策定した[3]（この後継カリキュラムはJ97となっている）。これは、米国ACM（Association for Computing Machinery）が1968年以来約10年ごとに発表してきたモデルカリキュラムに対応するものである。

一方、情報工学を専門としない学生にもコンピュータに関する初歩的教育は必要であるとの認識は1960年代から大学人の間にあり、一般情報処理教育として続けられてきた。初めの頃は、FORTRAN、BASIC等によるプログラミングが中心であったが、コンピュータのダウンサイジングの動きに伴い、ワードプロセッサ、表計算、プレゼンテーション、電子メール、Webブラウザ、各種統計解析ツール等々の「使い方」の教育、知的財産権、プライバシーとセキュリティなどの教育に重点が移ってきている。

近年の大学の情報教育の特徴は、理工系でない「情報×学部」のような組織が増加していることである。カリキュラムを見る限り、情報処理の専門家を育成する学部ではないようである。

3.2 高等学校における「情報」教育

高等学校の学習指導要領に教科「情報」が導入されたのは2003年度からである。教科「情報」の目的は、学習指導要領には「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、情報に関する科学的な

見方や考え方を養うとともに、社会の中で情報及び情報技術が果たしている役割や影響を理解させ、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」ことと定められている[5]。教科「情報」の設置に際しては、複数の学会から多様な主張が出され、結果として、単一科目ではなく、「情報A」、「情報B」、「情報C」のいずれか2単位を必修とすることが定められた（これ以前にも、数学など他教科でコンピュータの活用は進められていたが、教科としての「情報」の導入は2003年度からである）。

情報Aは情報機器やソフトウェアを使う一般的な「情報リテラシー」レベルの能力、情報Bは理工系学部へ進むための基礎学力、情報Cは文科系の大学で情報を活用する基礎学力の習得を教育目標としているという人がいるが、「情報C」の内容を詳しく見ると、「情報のデジタル化」と「情報通信ネットワーク」が大きな部分を占めており、理工系科目のようにも見える。

そもそも、「情報A」、「情報B」、「情報C」の違いはそんなに大きなものであろうか。例えば、教科「理科」の科目「物理I」（電気、波、運動とエネルギー）と科目「化学I」（物質の構成、物質の種類と性質、物質の変化）の違いほど大きなものには見えない。「情報A」も「情報B」も「情報C」もコンピュータによる情報の扱いが主要な内容である。世の中のコンピュータが、「情報A」向け、「情報B」向け、「情報C」向けと、別々に存在するわけではない。

「情報A」、「情報B」、「情報C」は「普通教科」としての科目であるが、これとは別に「専門教科」情報として、次の科目がある：「情報産業と社会」、「課題研究」、「情報実習」、「情報と表現」、「アルゴリズム」、「情報システムの開発」、「ネットワークシステム」、「モデル化とシミュレーション」、「コンピュータデザイン」、「図形と画像の処理」、「マルチメディア表現」。専門教科「情報」の中では「モデル化とシミュレーション」はOR学会員にとって興味ある科目であろう。問題のモデル化はORの主要な課題であるからである。

高等学校での「情報」教育の最大の問題は、担当教員の確保と質であろう。現在の「情報」教員の大半は、元来他教科を担当していた人々であり、3週間の講習会で免許を取得した人々である。質、人数の点で、「情報」の教育に困難を抱えている高等学校も少なくない。近年問題となっている高等学校での「未履修問題」（マスコミでは「世界史」だけが大きく取り上げ

られているが、「情報」の未履修率はきわめて高い)の背景には、このような担当教員の不足がある。

4. 「情報」教育の本質

4.1 情報科学は人工系の科学である

「情報」の教育と情報科学の教育は別物であるが、「情報」教育の理論的支柱が情報科学であることは間違いないので、ここで情報科学の特徴を述べておく。

情報科学と旧来の自然科学との大きな違いの一つに、前者が「人工系」の科学であるということがある。

自然科学では、現象から数量モデルを組み立てることにより研究が進められる。しかし、そのモデルから導かれる理論が現実に合わなければ、そのモデルは価値がない。つまり、自然科学では自然がいちばん偉いのである。

しかし、情報科学では、論理モデルを構築する行為が大きな部分を占めており、構築された論理モデルが矛盾していないこと、うまく運用できること、などが最も重要なのである。

こうした特徴は、建築学などの「人工系の科学」に一般的に見られることである。このことをもって、「『情報』は実技である（したがって、入試には適していない）」という人がいるが、これは情報科学の本質をついた発言ではない。情報科学における「論理的モデル」の構築は数学における「証明」と似ているが、「数学は実技である」という人はいないであろう。

4.2 情報科学の諸分野

情報科学の分野（少なくとも、学部教育で重要な分野）については、ACMとIEEE-CSの学部カリキュラムの1991年提言[4]で述べられている（その後、提言は改訂されたが、分野については、基本的に変化はない）：アルゴリズムとデータ構造、数値計算・記号的計算、計算機アーキテクチャ、プログラム言語と処理系、オペレーティングシステム、データベース、ソフトウェア工学、人工知能、ヒューマンインタフェース。

この中に「ネットワークがない」という人もいるが、これは「ネットワークの下でのアルゴリズム」、「ネットワークの下でのオペレーティングシステム」等々と解釈すべきものである。ORの専門家からは「モデル化がない」という不満が出そうであるが、モデル化こそはORが得意とする分野であり、このあたりで情報科学とORが「棲み分ける」ことになるのであろう。

4.3 プログラミングが「情報」教育の基本である

今日では、ソフトウェア産業で働く人々でも、プログラミングに従事する人は少ない。しかし、コンピュータの中で何が起っているかが分っていないようでは、節1に挙げた問題は解消しない。実際、多くの企業で「上流工程」に従事しているソフトウェア技術者が下請け会社のプログラムの言いなりになっているケースは珍しくない。根本的には、コンピュータのブラックボックス化を排除したプログラミング教育が必要である。

4.4 「情報」の親学問？

しばしば、「情報」の親学問はあるのかという揶揄を聞くことがある。「情報科学は新しいから、親学問はない」と答えるのは、議論の回避である。筆者は、プログラミングが「情報」教育の基本であるなら、アルゴリズムがその中核にあり、その源流は古代ギリシャの幾何学、特に作図にあると主張することにしていく。

5. 「情報」教育の課題

5.1 「情報」は、大学の入試科目になれるか

筆者が在職している東京農工大学の工学部情報工学科は理工系の情報学科である。この学科では、本年春の入試個別学力検査（2次試験）に「情報」を出題した。

筆者が情報工学科において「情報」を出題すべきだと考える理由は次の通りである[6][7]。

- ① 現在の入試科目（英語、数学、物理）だけでは、情報科学に適性のある学生を選抜することができない。節4.1で述べたとおり、情報科学は旧来の自然科学とは異なる人工系の科学である。旧来の自然科学にない概念を重要視する情報工学科が「情報」以外の入試科目で適性のある学生を選抜できるとは考えにくいことである。この理由から、教科「情報」の入試への出題は不可欠である。
- ② 入試を通じて「情報科学はどんな学問であるのか」を社会に情報発信することができる。大学のあらゆる活動の中で、国民（特に高校生）の目に最も触れる機会が多いのは入試である。このことを積極的に活かして、「情報科学とは何であるのか」を専門家として社会に情報発信できる。これは、情報工学科へ入学を希望する高校生に、大学卒業時にどのような能力が身につくのかを示すためにも必要である。この意味でも、「情報」を入試に出題

することは効果がある。

- ③ 大学入試に「情報」が出題されると、高等学校での「情報」教育が質的に変る。これは、日本の「情報」教育の質的向上のためにも好ましい。

残念なことに、入試に「情報」を出題する大学は多くない(2008年春の入試では23校と予想されている)。理由はいろいろ考えられるが、受験者が多くは見込めないから「情報」を出題しないのか、「情報」が出題されないから「情報」を十分に学ばず「情報」で受験しないのか、ニワトリと卵のような関係である。

5.2 「情報」教育を強調すると「情報」教育が薄くなる怪

近年、学界において、若い人々の間に「理工系離れ」の傾向があると警告されている。その警告を受けて、行政側の対策として、「ものづくり」,「スーパーサイエンスハイスクール」等々の文教諸施策がとられてきた。しかし、中学校で技術家庭の時間に「ものづくり」としての木工工作の時間が増えれば、「情報」教育の時間は減る。スーパーサイエンスハイスクールに指定された高等学校では、物理や化学の時間を増やそうとすれば「情報」の時間を削らざるを得ない。

元来、プログラミングの楽しさは科学研究の楽しさを超えるはずであるが、行政においても学校現場においても、「理数系大好き」の範疇には含まれていない。天才科学者・天才技術者を発掘・育成する意義は認めても、天才プログラマを発掘・育成する意義は認めないのが日本の文教行政である。

ところが、高いレベルの行政施策には、必ずといってよいほど「情報」が盛り込まれる。「情報」は予算獲得の作文のキーワードとしては有用であるが、いったん予算が獲得できれば忘れられる運命にある。

5.3 モデル化の教育とORの教育の充実

本学会の会員には最適化手法に詳しい人も多いはずである。言うまでもなく、最適化手法の今日のような発展は、ダンツィクによる線形計画問題の単体法に負うところが多い。線形計画法の英語名は linear programming である。実は、その頃は、programming という語は、コンピュータプログラミングと大きく違

うものではなく扱われていたようである。その後、コンピュータソフトウェアが肥大化し、コンピュータプログラミングと線形(あるいは数理)計画法とが違う世界の言葉になっていったのである。

冒頭に挙げた情報システムの抱える問題点は、問題分析のレベルで生じたものであり、モデル化に問題があったと考えられる。この意味では、ORの問題でもあったのである。今後は、「情報」教育にはOR学会としても大いに発言すべきであろう。ORそのものの教育を「情報」の中で扱うのが良いのか、それとも「数学」として扱うのが良いのかは議論が分かれる点であるが、モデル化だけは「情報」で扱うべきであろう。

6. おわりに

コンピュータのブラックボックス化を排除した本当の意味の情報活用能力を学校教育で涵養することが重要であること、それはコンピュータやソフトウェアの操作方法の訓練だけでは実現できないこと、その能力と達成度を確認する目的として大学入試に「情報」を出題することが重要であることを述べた。

参考文献

- [1] “2005年後半から2006年初頭にかけての事件と情報教育の関連に関するコメント,” 社団法人情報処理学会, <http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/statement2006.html>.
- [2] 増山, “デタラメの世界,” 岩波, 1969.
- [3] “大学等における情報処理教育のための調査研究報告書(文部省委嘱調査),” 情報処理学会, 1991.
- [4] ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force, *Computing Curricula* 1991, ACM, 1990.
- [5] 文部省, 高等学校学習指導要領解説情報編, 大日本図書, 2000.
- [6] 中森, 辰己, 金子, 並木, 中條, 品野, 小谷, “教科「情報」入試の試行とその結果,” 平成16年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp. 656-659, 2004.
- [7] 中森, “大学入試と教科「情報」,” 平成18年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp. 1-4, 2006.