

高校理科教育と情報教育

有山正孝

電気通信大学電気通信学部情報工学科

平成元年3月に改正告示された高等学校学習指導要領は、社会の情報化の進展への対応に重点を置いている。本稿においては、新指導要領における理科教育の中での情報教育あるいはコンピュータ利用の取扱いを解説し、またそれらの実施上の問題点を論じる。

COMPUTER LITERACY AND SCIENCE EDUCATION IN HIGH SCHOOLS

Masataka Ariyama

Department of Computer Science and Information Mathematics
The University of Electro-Communications

In March 1989, Japanese Ministry of Education had announced "The Revised Course of Study". It places a special emphasis on Computer Literacy. This paper outlines the guiding principle of "The Revised Course of Study" to incorporate Computer Literacy Education into high school Science Education. It further explores plans for accomplishing these objectives and discusses issues involved in these plans.

〔1〕高校学習指導要領の改訂

始めに学習指導要領の性格とその歴史について簡単にふれておく。

よく知られているように、我が国においては初等中等教育、すなわち小学校・中学校・高等学校の教育は、文部大臣の公示する学習指導要領を基準として行なうことが法律によって規定されており、教科書もまたこの基準によって検定を受けて合格しなければならない。学習指導要領は昭和22年に試案という形で発表され、その後およそ10年の間隔で「時代の要請に基づいて」大きな改訂が行なわれている。なお、学習指導要領が法的拘束力をもつようになったのは昭和33年以降のことである。

高等学校の学習指導要領の改訂は昭和31年、35年、45年、53年、平成元年に行なわれた。高校の「理科」という「教科」は伝統的に「物理」・「化学」・「生物」・「地学」の4つの科目を基本としており、時期によりこれに加えて「基礎理科」、「理科Ⅰ」、「総合理科」等の横断的性格を持つ科目が設定されている。

なお以下において授業の分量を示すために用いられる「単位」の定義は、1単位時間を50分として35単位時間の授業をもって1単位とすることになっている。

高校「理科」教育の内容の変遷の概略は下記のとおりである。

昭和31年度の改訂当時は「理科」には「物理」「化学」「生物」「地学」各々に3単位または5単位の科目が設定されており、4科目中2科目を選択して履修することとなっていた。

昭和35年度の改訂では「科学技術の振興」を掲げて「物理」「化学」にはそれぞれ3単位の「A」を付した科目または5単位の「B」を付した科目を設定するが「生物」は4単位の科目のみ、「地学」は2単位の科目のみとし、これらの中から4科目を必修とした。これは高校において理科の履修を最も多く課した時期である。

昭和45年度の改訂では「理科教育の現代化」を標榜して探究学習を重視し、科目としては基礎的な内容から構成される3単位の「物理Ⅰ」「化学Ⅰ」「生物Ⅰ」「地学Ⅰ」、かなり高度の内容まで含む同じく3単位の「物理Ⅱ」「化学Ⅱ」「生物Ⅱ」「地学Ⅱ」のほかに、物化生地4科目の基本的内容を集めて構成される6単位の「基礎理科」を設定、「Ⅰを付した科目」の中から2科目計6単位を履修することまたは「基礎理科」を履修することを義務とした。

前回の昭和53年度の改訂では「豊かな人間性、ゆとりと充実」が理念とされた。「基礎理科」の考え方を継承して物化生地4科目にまたがる内容を含む「理科Ⅰ」4単位が設定されて全員の必修科目となった。その上にそれぞれ4単位の「物理」「化学」「生物」「地学」および課題研究を中心とする2単位の「理科Ⅱ」が選択科目として用意された。

この度の平成元年3月告示の改訂では「多様化」が一つの眼目であって、「総合理科」（4単位）、「物理ⅠB」「化学ⅠB」「生物ⅠB」「地学ⅠB」（各4単位）、「物理Ⅱ」「化学Ⅱ」「生物Ⅱ」「地学Ⅱ」（各2単位）、「物理ⅠA」「化学ⅠA」「生物ⅠA」「地学ⅠA」（各4単位）の13科目が設定された。このうち「総合理科」は「自然環境について総合的に理解させる内容を中心としたもの」で、また「ⅠAを付した科目」は特に日常生活との関わりを重視した内容とした。いわば市民としての教養の理科という色彩が強い科目と見られよう。一方これに対して「ⅠBを付した科目」と「Ⅱを付した科目」は、どちらかといえば従前のように系統学習に重点を置く科目である。履修の方法は「総合理科」・「物理ⅠAまたは物理ⅠB」・「化学ⅠAまたは化学ⅠB」・「生物ⅠAまたは生物ⅠB」・「地学ⅠAまたは地学ⅠB」の5区分の中から2区分にわたって2科目を履修すべきこととされ、選択の自由度が大きくなった。また「Ⅱを付した科目」はそれぞれ対応する「ⅠBを付した科目」に続けて履修すべきものとされている。^{1)・2)・3)}

[2] 新指導要領と情報化への対応

この度の指導要領改訂の基本的な考え方は昭和62年12月24日に発表された教育課程審議会の答申に基づいている。この答申の中では

「自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成を重視すること」

「国民として必要とされる基礎的・基本的内容を重視し、個性を生かす教育の充実を図ること」

「科学技術の進歩や情報化の進展に対応するために必要な基礎的な能力の育成にも留意しなければならないこと」

等が強調され、また各教科・科目の改善の基本方針として

「社会の情報化に主体的に対応できる基礎的な資質を養う観点から、情報の理解、選択、処理、創造などに必要な能力及びコンピュータ等の情報手段を活用する能力と態度の育成が図られるよう配慮する。なお、その際、情報化のもたらす様々な影響についても配慮する」

べきことが述べられている。特に理科教育に関しては

「児童生徒の発達段階に応じコンピュータ等にかかわる指導が適切に行なわれるよう配慮する。」

と述べられている。

すなわち「情報化の進展への適切な対応」が強調されており、これらは昭和60年1月から同61年3月までに実施された「情報化社会に対応する初等中等教育の在り方に関する調査研究」の報告および昭和60年から同62年の間に発表された4次にわたる臨時教育審議会の答申の趣旨を踏まえたものである。

このような趣旨を受けて新指導要領においては

①情報の判断、選択、整理処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力の育成

②情報化の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解

③情報の重要性の認識、情報に対する責任感

④情報科学の基礎及び情報手段（特にコンピュータ）の特徴の理解、操作能力の習得

に関する事項あるいは表現が、小・中・高校の各教科の「内容」として、あるいは「内容の取扱い」の記述にそれぞれ盛り込まれることとなった。

またこれに関連して中学の技術・家庭科に「情報基礎」が新たな科目として設けられ、高校の職業教育にかかる教科では工業・商業における関連科目の大幅な改訂が行なわれたほか、家庭科に「家庭情報処理」、農業科に「農業情報処理」、水産科に「水産情報処理」、看護科に「看護情報処理」、美術科に「コンピュータ造形」等の科目が登場した。

しかしここでは高校の理科に限って取り上げ、その他については立ち入らないこととする。

[3] 高校理科における情報化への対応

新指導要領における高校理科の科目は先に記したとおりであるが、これらの中に見られる情報化への対応はおおむね下記のようなものである。

(a) 「物理ⅠA」に項目「情報とその処理」を設けた。

「物理ⅠA」には(1) 光と音、(2) 物体の運動、(3) エネルギーと生活、(4) 情報とその処理、(5) 物理学の影響 の5項目が設けられ、このうち(3)・(4) はすべての生徒に履修させ、(1)・(2)・(5) についてはその中から1以上を生徒の興味、関心などに応じて選択させることとなっている。

項目「情報とその処理」は

- ア 情報の伝達
- イ 情報の処理
- ウ 情報の記憶

の3つの中項目からなり、その内容の取扱いとして指導要領には以下のごとく記されている。

「内容(4)のアについては、エレクトロニクスの進歩と関連させて、電波や光によって情報が伝達されることを扱うこと。イについては、コンピュータの仕組みと特徴に触れるが、深入りしないこと。ウについては、情報の記憶には磁性体や半導体の性質が利用されていることについて平易に触れるが技術的な事項には深入りしないこと。」

- (b) 「I Bを付した科目」の各項目に設けられた「探究活動」の内容の取扱いとして、観察・実験を通してそれぞれの科目における探究の方法を習得させるとともに創意ある報告書を作成するよう指導することとし、「その際、多様な教材と組み合わせて適宜コンピュータの活用を図ること」と記されている。
- (c) 「IIを付した科目」に設けられた「課題研究」の項目は適当な課題を設けて研究を行ない報告書を作成することを内容としているが、「その際、解決すべき課題についての情報の検索、計測、結果の集計・処理などに適宜コンピュータなどを活用させること」との記述がある。
- (d) 「総合理科」においても内容の取扱いに「データの整理には適宜コンピュータの活用を図ること」の文言が盛り込まれている。

以上、この度の学習指導要領の改訂に関わる事実を要約して記した。以下の各節においてこれらに関わる問題点や実施上の方策について私見を述べる。

[4] コンピュータの活用について

前述のとおり「I Bを付した科目」、「II Bを付した科目」、「総合理科」でそれぞれコンピュータの活用が推奨されている。では具体的にどうするのがよいか。

実験に関して先ず考えられるのは実験の計測、条件制御への利用である。ソフトウェアだけでなくインターフェイスの設計・製作を必要とするが、この種の利用については既に多くの実践報告があり、商品化されているものも少なくない。限られた授業時間内に多くの演示実験・生徒実験を行なうためにも有効な手段ではあるが、実験の極端なブラックボックス化あるいはゲーム化には好ましくない一面もあり、全てをコンピュータ化することは必ずしも最善の方策ではないと考えられる。装置の組み立て、人間による測定も生徒にぜひ体験させたい事柄である。要は両者のバランスの問題である。

もう一つの利用法は言うまでもなくシミュレーションである。実際に実験を行なうことが危険を伴う場合、莫大な経費を要する場合、あまりにも長時間にわたる現象の場合、逆に急激で観察し難い現象の場合等にシミュレーションが有効であることは改めて記すまでもない。条件を変化させる範囲を広くするとか、変化の刻みを細かく多くとるような場合に補助的に利用するのも有効であろう。しかしさらに進んですべての実験をシミュレーションで置き換えることは理科教育の立場からは好ましくない。何とんでも実際の現象を観察することが理科教育の原点であることを忘れてはならない。

データの処理にコンピュータを活用することは最も初歩的な利用法であるが、そのためのプログラム作成に生徒があまりに多くの時間を費やすことは本末転倒であるし、そのためにプログラミング教育を行なうことが本旨ではない。したがって処理プログラムはある程度教師の側で用意して与えることを考

える必要もあるだろう。しかしまたそれによって計算の過程が完全にブラックボックス化するのも問題である。

ワードプロセッサとしてレポート作成に利用するのも自然な成り行きであろう。生徒にとっても最も手軽にキーボードに馴染むことのできる機会であろう。なお機械可読の形式でのレポート提出は教師の採点の負担軽減にも役立つ。しかし手書きのレポートの持つ教育効果について考えてみる必要もあるだろう。

データベースを利用する機会を設けることも有効ではあるが、一方では自ら苦勞して調べるといった経験もまた教育上有効であり、同じようなことが言える。

これらの利用のためには言うまでもなく先ずコンピュータが必要であり、そのために経費が必要であることは誰にでも分かっている。しかし導入後の維持管理にも経費と人手が必要なことを忘れられては困る。同様にソフトウェアの作成、データベースの構築にも多大の費用および人手が必要である。この問題をどう解決するかが、新指導要領にの実施上の一大難関である。

[5] 「情報とその処理」の授業展開について

「物理ⅠA」にこの項目が設けられたことに対して、既に多くの批判的意見が出されている。確かに情報処理技術ないしその基盤をなす情報工学、情報科学は物理学の一部ではないから、違和感があることは否定できないが、以下のような理由付けはできるであろう。

今日の科学技術あるいは社会の実態をみれば、高校教育が情報処理と全く無縁を保つことは不可能でもあり、許されもしないであろう。しかし情報に関する独立の教科・科目を設けるには、情報の分野がそこまで円熟していない、教育法が確立されていない、あるいは教員を確保できない等の理由によりいまだ時期尚早の感がある。したがって現時点では既存の教科・科目の中で扱うのが適当と思われるが、その場合、この話題を取扱うのもっとも無理が少ないのは数学または理科、それも物理、ということになる。さらに数学では主としてソフトウェアの側面を取上げるのが自然であり、物理では主としてハードウェアの側面を取上げるのが自然であろう。いうまでもなく通信とコンピュータのハードウェアは、さかのぼれば物理学に基礎をおいているからである。

また一方、「物理ⅠA」の目標は学習指導要領において下記のとおり設定されている。

「日常生活と関係の深い物理的な事物・現象に関する探究活動を通して、科学的な見方や考え方を養うとともに物理的な事物・現象や物理学の応用についての理解を図り、科学技術の進歩と人間生活とのかかわりについて認識させる。」

この趣旨によれば、情報処理技術あるいはもっと端的に言って通信とコンピュータの技術は、その目覚ましい進歩と日常生活との関わりという点で、最適の題材の一つと考えられる。

なおここでもう一つ付け加えておきたいのは、「情報とその処理」という標題からコンピュータの操作やプログラミング教育に短絡しないで、視野を広く保ってもらいたいという点である。もっとはっきり言うなら、この項目の主たる目的は「物理ⅠA」の中でプログラミングの初歩の手ほどきをせよということではない。

これらを念頭において、情報とその処理に関する事項を、物理の中に効果的に取入れて授業展開をする工夫が肝要である。もちろんそれに先立って、教科書の編纂に際しても同様の配慮が必要である。以下、項を追って一案を述べる。

「ア 情報の伝達」

音、光、電流、電波による情報伝達の手法の発達を軸として波の物理的性質（直進性、速度、減衰、反射、屈折、干渉、回折等）を理解させる。同時に「情報」の概念を明確にし、なしうれば情報量の概念を与える。アナログとデジタル、信号と雑音等の意味についても簡単に触れる。また関連して電磁気学の発祥から今日の固体電子工学にいたる科学技術の進歩の歴史を解説する。さらにこのような通信技術の進歩が人間社会にどのような変化をもたらしたかについて考えさせることもよいだろう。

「イ 情報の処理」

ここではコンピュータの本質的特徴とその技術的・社会的意義、およびノイマン形計算機のしくみについての基本的な理解をさせる。ソロバンに始まる計算器械の歴史を、関連技術の発展と結び付けて解説するのもよいだろう。逐次自動演算の仕組みを理解させるためには若干のプログラムに関する知識が必要となる。またコンピュータに触れる機会を与えることも有効である。しかしこれらにあまり深入りしない工夫が必要である。できれば論理回路の基礎にふれるのもよい。

「ウ 情報の記憶」

コンピュータの記憶装置の技術が第一の話題となるのは当然であるが、情報の記憶手段としては紙への記録や音、画像の記録などがあることも忘れてはなるまい。物理に関係する話題としては、写真術、録音法から始まって磁性体の性質、半導体素子による記憶回路の原理など、多くが考えられる。文字のみの記録、単色の画像、色彩のある画像、動画、音声を伴う動画の比較から、再び情報の量についての理解を深めさせることもできよう。

たとえばこのような授業展開によって、物理の一部としても不自然でないような形で情報工学、情報科学についての認識を与え、かつ情報処理に関する基本的知識を与えることが可能であろうと考えられる。良い教科書と補助教材の開発、具体的授業展開法の研究が望まれるところである。

[6] 教員の問題

以上に述べたような新指導要領の趣旨を実現するに当たって最終的なネックとなる恐れがあるのは、このような教育を担当する能力のある教員の不足である。すなわち若干の新しい知識と技能の習得のための現職教員の研修が必要となろう。文部省の調査⁴⁾によると、平成元年3月31日現在、高等学校におけるコンピュータの設置率は96.3%、平均設置台数は1校あたり25.5台、コンピュータ設置校の1校あたりのソフトウェア平均保有本数は78.5本となっている。しかし教員に関しては、コンピュータを操作できる者は高校教員の全体の30.2%（実数61,774人）、その中でコンピュータに関して指導できる者は44.3%、また理科の教員の比率はその15.2%（9,372人）という結果がでている。すなわちコンピュータを操作できる理科の教員は1校あたり2名程度ということになる。

コンピュータは予算さえあれば増設は容易である。ソフトウェアも予算があれば購入できるが、現有のソフトウェアの質の問題、教育目的に合致した良質のソフトウェアの新規開発の問題がある。しかし教員の問題は予算だけでは解決しない。早急な対策を講じなければ、新指導要領の趣旨を生かした授業が実施されないおそれがある。

新指導要領が学年進行をもって実施されるのは平成6年からである。

参 考 文 献

- 1) 高等学校学習指導要領 文部省 (平成元年3月)
- 2) 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 文部省 (平成元年12月)
- 3) 高橋景一、山極 隆、江田 稔編：改訂高等学校学習指導要領の展開 理科編
明治図書 (1990年5月)
- 4) 情報教育に関する手引 文部省 (平成2年7月)