

Computer Science 教育と情報教育

大岩 元[†]

[†]慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-8520 藤沢市遠藤 5322

E-mail: toshiwa@sfc.keio.ac.jp

あらまし Computer Science の教育は ACM が Curriculum '68 を発表して以来、世界中で情報技術者の教育の中核として行なわれてきたが、情報技術の急速な展開に伴って肥大化し、科学教育としての位置づけについて深刻な反省が行なわれている [1]。日本における「情報教育」は、利用者教育として始まったために、最初から科学教育としての側面が極めて弱い。科学研究の歴史をふまえて、「情報教育」の研究がどうあるべきかについて議論する。
キーワード Computer Science 教育, 情報教育

Computer Science Education and Informatics Education

Hajime OHIWA[†]

[†] Faculty of Environmental Information, Keio University 5322 Endo, Fujisawa, 252-8520 Japan

E-mail: toshiwa@sfc.keio.ac.jp

Abstract Computer Science has been taught as a heart of IT engineers education since the publication of Curriculum 68 by ACM in 1968. However, it has become so rich that it is now very difficult to teach whole of the computer science to undergraduate students and that it has become urgent to select essentials of the subject. Informatics education in Japan started as a user education of the computer and it is not rich from the viewpoint of science education. Another approach for informatics education is proposed in view of history of science.

Keyword Computer Science Education, Informatics Education

1. はじめに

日本の情報教育は情報学という定まった学問を伝えるのではなく、情報技術の社会への浸透にともなって、必要とされる事項を教えるために行なわれてきた。このため、何をどのように教えるかという教育の根本から、当時者の判断で進められてきたため、担当する教員の間に根本的な内容の理解が共有されていない。

情報教育は利用するためのプログラミング教育として始まった。しかし、ソフトウェアの蓄積に伴って利用者がプログラムを書かなくてもよくなってきたことにより、単に情報技術の利用方法を教えることが情報教育であると考えられるようになってきた。また、情報技術の普及にともなって、社会への影響を視野に入れた情報倫理などが、情報教育に含まれるようになってきた。こうして情報技術は IT の普及に伴って、全国民を対象とするものになってきた。

日本では、情報教育への対応が遅れ、特に教師教育のレベルに問題がある。また、情報教育の知識体系をどのように形成していくかという情報教育に関する研究の方向づけが問題である。本稿では、情報教育の基礎として内容の確立した Computer Science の教育がどのように変遷してきたかを踏まえた上で、日本の

情報教育の道筋をたどる。その上で、情報教育の研究体制について一つの考えを示す。

2. Computer Science 教育

Computer Science の教育は、1968 年に ACM によって発表された Curriculum 68 [1] によって世界的に始まった。日本でもこれを受けて、1970 年に京都大学、大阪大学、東京工業大学、電気通信大学、山梨大学に情報専門学科が設立された。京都と大坂は情報工学科、東京工大は情報科学科、電通大、山梨大は計算機科学科がその学科名である。

その後、全国の国立大学の工学部を中心に情報系専門学科が設立されたが、その大部分は情報工学科という名前を使った。このため、情報の解釈が広くなされ、実体は電子工学科や通信工学科である例が今に至るまで続いている。

Curriculum 68 で基礎的な科目としてあげられているのは、次の科目である。

- B1 Introduction to Computing
- B2 Computers and Programming
- B3 Introduction to Discrete Structure
- I1 Data Structures

- 12 Programming Languages
- 13 Computer Organization
- 14 System Programming
- 15 Computer Construction
- 16 Switching Theory
- 17 Sequential Machines
- 18 Numerical Analysis I
- 19 Numerical Analysis II

この他に、数学系の科目が5科目、上級科目が9科目が教育内容として与えられている。

その後、このカリキュラムは Curriculum 78, Curriculum 91 と改訂された後、現在 CC2001[2] が発表されている。その内容のうち、中核部分を取り出したものを、以下に示す。

Computer Science: Body Of Knowledge (CC2001)

- DS. Discrete Structures (43 core hours)
- PF. Programming Fundamentals (38 core hours)
- AL. Algorithms and Complexity (31 core hours)
- PL. Programming Languages (21 core hours)
- AR. Architecture and Organization (36 core hours)
- OS. Operating Systems (18 core hours)
- NC. Net-Centric Computing (15 core hours)
- HC. Human-Computer Interaction (8 core hours)
- GV. Graphics and Visual Computing (3 core hours)
- IS. Intelligent Systems (10 core hours)
- IM. Information Management (10 core hours)
- SE. Software Engineering (31 core hours)
- SP. Social and Professional Issues (16 core hours)

30年あまりの年月を経て、変わらない内容として Discrete Structure, Programming, Algorithm and Data Structure, Architecture and Organization, Operating Systems などがあげられる。廃止された科目として、Numerical Analysis がある一方で、Net-Centric Computing, Human-Computer Interaction, Software Engineering などの内容が加わっている。このように、新しく加わった内容に応じて、何かを削る必要がある。この作業をどのような考えで行なうかは難しい問題である。

これらの新たに加わった科目の教育に関して、日本の大学の情報工学科等の教育体制は極めて弱体である。ほぼ、25年前の Curriculum 78 の水準で行っているのがよい方で、あいかわらず、電子工学や古い通信工学を教えているだけの情報工学科が多い。中国やインドの技術者が日本の仕事をするようになって、このことが問題になっている。

しかし、もっと深刻な問題は、中等教育における Computer Science 教育である。日本以外の国では、中等教育の段階から専門家を目指す高校生にオブジェクト指向などのプログラミング概念を教えている。日本ではこれらの教育は専門高校で行なうことになっているが、その数は少なく、大学に進学する学生で情報技術を専門にする学生に対する Computer Science 教育をどのように行なうかは、緊急の課題である。

3. 情報教育の現状

3.1. 情報技術者が自分の技術を語る

情報教育は、プログラミング教育から始まった。1960年代、国立大学に大型計算機センターが設置され、理工系の研究者が FORTRAN プログラムを自分で書いて必要な計算を行なうことが一般化した。森口繁一教授の「JIS FORTRAN 入門」が名著であったことが、コンピュータユーザーを増やし、こうしたユーザーを育てる教育として理工学部の中にプログラミング教育が定着した。

しかし、数値計算ソフトウェアの充実によって、ユーザーが自分でプログラムを書く必要性が少なくなった。その分、数値計算に関する本質的な知識を教育する必要が生じているが、そのような教育はほとんど行われていない。ブラックボックス化した数値計算パッケージの使い方を教えるだけの教育は、情報教育とは呼べない。

3.2. ユーザーが自分のコンピュータ体験を語る

一般情報処理教育が一般化するに伴って、理工系でないユーザーに対する情報処理教育も行なわれるようになった。これも、パソコン使用経験者が担当して、自分の経験を伝えるだけなので、大学教育にふさわしい内容かどうか疑わしい。

社会一般でパソコンの使用が一般化すると、ワープロと表計算が使え、インターネットが使用できるようになった。こうしたパソコンの使い方を大学で教えることが一般化した。こうした教育は本来、中等教育で行なうべき内容である。

3.3. 外国の実例から、出来そうな事を輸入する

初等・中等教育における情報教育は、戸塚滝登氏による LOGO 教育などの先駆的な優れた実践があったものの、1990年代前半に行なわれた100校プロジェクトで始まり、外国での情報教育事例の中から自分達のできそうな事を輸入することを中心に行なわれた。現在の学習指導要領はこうした経過から、輸入当事者の能力・興味に大きく影響され、基礎的なコンピュータ自体に関する教育は、専門教育に押しつけられている。この結果、大学進学者の情報技術に関する能力は、世界水準からかけ離れたものになってしまっている。

3.4. 実例報告だけが繰り返され、同じ報告が続く

大学における情報処理教育に関する研究発表の機会が1980年代から文部省主導で設けられているが、その発表内容は発表者が違ってもほぼ同じことの繰り返しになっている。情報技術に関する授業がふえ続け、新たにそれを担当する教員が自分で工夫した結果を発表することが続くために、こうしたことが起こっている。この結果、授業内容は進歩せず、社会の進展に伴った教育ではなく、時代遅れのものになってしまう場合が多い。

4. 情報教育学の確立

こうしたことを防ぐには、情報教育学を確立して、情報教育の体系化を行ない、確立した内容が何であるかを知ったものが教育にあたるような体制を作る必要がある。残念ながら中等教育については、15日間の講習で免許を与えるという強引な方法で教師育成が行なわれたために、現場の教育水準を上げることはかなり困難な状況にある。それでも、指導要領が作られたので、内容についての合意があるだけましなのかもしれない。大学については、こうした標準がないために、一般学生のための情報教育を今後どうするのか、完全に担当者の裁量で決められる状況にある。

初等教育から高等教育に至る情報教育を体系化し、その内容をまず確立する必要がある。このためには、情報教育に関する研究を中心とする学会活動を行ない、一定の評価を得たものを論文として関係者が参照できるシステムを作る必要がある。

そこで問題となるのは、情報教育における研究とは何かという問題である。専門家のための Computer Science であれば、その内容は確定しており、Computer Engineering, Software Engineering, Information Systems, Information Technology と広がってきている。

これに対して、高等学校の「情報」の指導要領は、Computer Science を専門教育に押しやり、ユーザーの視点で組み立てられており、その中には情報倫理やメディア・リテラシーのような社会科学的内容も含まれている。これは、インターネットの普及によって必然的に要求されることになった教育であるが、その内容は新たに創り出さなければならない部分が多い。確立された概念をどう教えるかという問題では済まず、情報学を作りながら、それをどう教育するかを同時に考えることが要求されている。

情報技術が普及し、科学技術の高度な利用が一般化した21世紀の社会で必要とされることは、一つの分野の専門家であることより、複数の分野の専門家が協力して仕事をすることが求められている。情報分野は、Computer Science のような自然科学的内容と、情報倫理のような社会科学的内容が両方必要とされる。従っ

て、こうした分野において研究を行っていくには二つの分野の研究観を統合していく必要がある。

5. 研究の在り方と日本の現状

5.1. 社会に役立つ情報を新たに作り出す

学問研究が社会的価値を持ち、憲法で「学問の自由」保証されているのは、その成果が社会にとって有用だからである。従って、有用な研究結果は、学問的成果として扱うべきである。

5.2. 役立つことの保証としての客観性

しかし、結果が有用であることをどのように保証するかが問題となる。現在日本の研究社会で用いられている方法は、有効性を直接客観的に証明することである。新しい有効な教育方法に対して、これを教育で行なうことは大変に難しい。

5.3. 客観性追求により増えた有用性の少ない研究

制度化された研究社会が客観的有用性を要求するようになると、それを満たすことが研究であると考えられるようになった。しかし日本ではしばしば、有用性の程度に関する検討は行なわれず、客観的有用性を主張する形式だけが重視されるようになる。この結果、統計処理の形式的完全性だけが満たされているが、有用性に関しては常識として知られている事実にすぎないことが、学術研究として認められるようになっていく。さらに問題なのは、1時間で習得できる英文タッチタイピングの訓練に何十時間も費やして、熟達がどのようなであったかという統計結果が研究として論じられたりすることである。

一方、革新的な結果は有効性を主張することが困難であり、客観的有効性を求めると陳腐な研究しか残らない。情報学を創りつつ、教育を考えていかなければならない情報教育の社会科学的内容について、自然科学的な客観性を求めても、本質的な進歩につながらない場合が多い。

6. 情報教育研究の在り方（提案）

6.1. 教育現場に役立つ提案は研究である

形式が重視されることによって、内容のある研究結果が成果として認められにくくなっていることが問題である。革新性の高い研究ほど、その有用性を実証することが困難であり、それが確立するまで有効な知識が周知されないのは、社会的な損失となる。

特に、情報教育の場合は現場の教育体験を体系化していくことが、学問としての形成に重要な役割を果たす。すでに、情報学が存在して、それをいかに教育するかではなく、情報教育を体系化することを通じて情報学が形成されて行くと思われるからである。思弁的に情報学を構想するより、情報教育のような具体的な活動の中から学問が形成される方が、豊かな内容に成

熟することが期待できる。

6.2. 有効性は教師集団で予感されるだけで十分

物理学では、新しい理論は形式が整い、問題意識が正しいと物理学者の間で認められれば、研究として受け入れられる。例えば、湯川秀樹の中間子論は、正しさが実証される前に論文として研究成果が発表されている。中間子論はその後実験的に検証されることによって有効性が確立し、ノーベル賞を受賞するが、実験によって有効性が否定された論文も数多く存在する。有効性に関する過度の要求は、優れた研究を排除することになる。

研究結果の有効性は、客観性よりも結果の重要性を重視すべきである。研究者集団および研究の受益者である教師集団が、その価値を予感できるものであれば、それは研究成果として認めるべきである。特に、新しい考えに基づく授業の試みは、その有効性が確立される前に広く教員の間で知られることによって、それに賛同したものが追試することから、その評価が確立するという過程をとることが期待できる。その中で否定される試みも生じるであろうが、それを問題にするより、多くの人が追試を試みるような提案を多く出すことの方が、情報教育学の発展にとって望ましい。

6.3. 有効性の予感させる明晰性、革新性、発展性と著者の確信

研究者および教師集団に有効性を予感させる条件とは何であろうか。まず、記述の明晰性がなければならない。内容の理解に手間取る記述を、学術研究の成果とするわけにはいかない。次に、必要なのは、革新性である。現場の問題を解決できる新しい内容を含んでいなければならない。そして、それがその周辺に大きな影響を与えることが期待されることが望まれる。明晰性、革新性、発展性は研究成果として認めるのに必要な条件である。

以上の条件に加えて、著者が研究結果に対して持つ確信が論文から伝わることも重要である。「一定の手続きに従って作業をしたので、研究成果が得られました、報告します。」という論文でなく、これが情報教育に何をもたらすか確信していることが伝わるように記述されるべきである。

6.4. 有効性主張の前提条件

情報教育に関する自然科学的内容について、何が前提とされているかについては基礎学問としての Computer Science が存在することから、論文の前提となる知識は明らかである。しかし社会科学的内容の含まれる研究についての論文は、その主張に含まれる領域の基礎知識をどこまで前提とするかということが、問題となる。一般に社会科学は用語の定義が研究者ごとに異なるほど、研究者間の合意事項が少ない。

こうした状況のもとで、新しい内容を主張しようとする、著書を出版する他ない。一般的に、人文社会科学分野では、著書が学術的業績として最も重要なものと考えられているのは、この事情によるのであろう。

情報教育の研究成果として、革新的で発展性のある教科書の執筆は、研究業績として評価すべきである。教科書であるので、明晰性は当然要求される。

7. おわりに

情報教育の研究体制について議論した。社会が必要とする情報教育の在り方を、教育の現場から発想して、情報教育学を構築すること、これを通じて情報学自体も形成していくことを議論した。研究成果の客観的な有効性の検証は現場の経験に委ね、研究論文としての完成は、明晰性、革新性、発展性を基準として、教師集団が有効性を予感できることを条件とする提案を行った。また、教科書作成も論文と同じかそれ以上の意味を持つ研究活動として位置づけることを提案した。こうした提案により、現場の教師が研究活動に参加することが可能となることが期待できる。

文 献

- [1] ACM Curriculum Committee on Computer Science: CURRICULUM 68 - Recommendations for Academic Programs in Computer Science -, Com. ACM, Vol.11, no.3, pp.151-197, March 1968.
- [2] The Joint Task Force on Computing Curricula: Computing Curricula 2001 - Computer Science -, 236pp., IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery, December, 2001.