

特集②

情報処理教育カリキュラムの動向と課題



情報・通信ユニット 藤井 章博

1. はじめに —問題提起—

現在、産業・行政・学術研究から日常生活に至る殆どの活動が「ソフトウェア」に支えられているといえよう。

ソフトウェアの生産は、国内で20兆円程度となり、その成長率と規模は大きく、多様な産業分野においてそれがもたらす波及効果も高い。大学において情報処理に関連する専門教育を受ける学生は毎

年1万人を超え、彼らが習得する技術は、国の産業の競争力の観点からも重要である。

ソフトウェア生産をめぐる技術進化は、この10年間をみても非常に激しかった。このため、大学で提供される教育内容が産業の実情と合致していないという問題点が指摘されてきた。

本稿では、情報工学科など情報

処理に関連する学部・学科のモデルカリキュラムの現状を調査し、この問題の分析を行った。特に、近年急速にその存在意義が増した「ソフトウェア・エンジニアリング」分野を中心に、産業界の状況と日米の教育機関の現状を報告する。その上で、技術政策上の提言をまとめる。

2. ソフトウェア産業の現状

以下では、まずソフトウェア生産の量的拡大を示す。経済産業省の行う「特定サービス産業動態統計・情報サービス業」によると、同産業分類の平成15年度の売上高は約14兆円である。従業員数もほぼ売上高と同様の傾向を示しながら推移してきており、平成15年度現在57万人とされている。図表1に過去約10年間の売り上げ推移を示す。

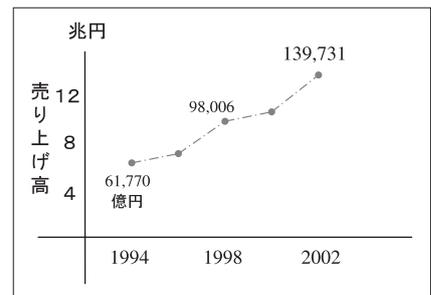
生産されるソフトウェアは、①業務用ソフトウェア、②パッケージソフト、③組み込み型ソフト、④ゲームソフト等に大別できる。①は、生産管理や販売管理など、いわゆる基幹業務に関連するプログラム開発である。②は、多くの場合は特定業務用のソフトウェア部品の開発である。既存のパッケージソフトウェアを顧客企業の業務に合わせて調整することもこの

部分に相当する。①～④は、開発総額の大きい順である。

こうしたソフトウェア開発を含むサービスの対象となる業界の事情はどうか。ある調査によると、サービス業(22.4%)、金融業(18.4%)、製造業(13.6%)、官公庁/自治体(12.8%)、通信業(7.8%)、その他(7.7%)であり、広範囲な産業分野に及ぶことが分かる。

上記統計にあらわれないソフトウェア開発もある。例えば製造業等において生産ラインの導入に付随してソフトウェア開発が行われるような場合は本統計値に反映されない。また、自動車エンジン制御用ソフトなどの組み込み型ソフトも同様である。このような「情報サービス産業」以外のソフトウェア開発の総額も数兆円程度であると推計され、国内で年間生産されるソフトウェアの産業規模は20

図表1 情報サービス産業の総売上推移



経済産業省統計をもとに科学技術動向研究センターにて作成

兆円程度と推計される。

要するに、約20兆円規模のソフトウェア生産において、その主要部分は多様な顧客企業等の要求する業務用ソフトウェアを開発することであり、全体のほぼ8割となる。また、この産業規模に対して、大学・大学院での情報処理教育の専門教育を受けるものは、毎年1万人強である。

3. 情報技術の大きな変化とソフトウェア

つぎに、ソフトウェア生産の質的な変化を示す。前節で示したソフトウェア生産の伸びの背景には、インターネットとウェブを利用したクライアントサーバ型の情報システムが企業の基幹業務をはじめとする様々な社会活動に浸透したことが背景として挙げられる。

我々が日常生活で手にする「情報処理」能力はこの10年間で劇的に増大した。平均的なパソコンの演算速度は、1997年ごろのクロック周波数で100MHz程度であったのに対して、現在は数GHzとなっている。また、一般家庭においてインターネット接続回線を保有する人口比率は1997年末で9.2%であり、5年後の2002末には、利

用者は54.2%に達し過半数を超えた²⁾。また、一般的なアクセス回線の伝送速度は、この間数~数十Kbps程度から数十Mbpsに至っている。情報処理能力を演算速度と通信容量の積で測るとすると、この5年間に数万倍に達したことになる。その上、この劇的な処理能力は、研究室から一般家庭やオフィスに幅広く普及したのである。こうした情報処理能力の増大は、社会活動におけるソフトウェアの役割を益々重要としている。

例えば、現在、医療技術分野で重要であると考えられている技術として、テーラーメイド医療がある。これを実現するのは、患者の個人情報に関する大規模な情報流

通と運用管理機能である。これは、インターネットとウェブを利用し、大規模なデータベースと安全な情報交換網を具備することなしには実現できない。

別な例を挙げれば、商品情報をウェブで公開する「電子店舗」がある。また、企業の情報管理部門では、膨大な量の経営情報を管理できるERP (Enterprise Resource Planning)、CRM (Customer Relationship Management)、SCM (Supply Chain Management) などの業務用パッケージソフトウェアの導入が盛んである。こうしたソフトウェアは、やはりウェブを利用したクライアントサーバシステム上で動作する。

4. 米国の対応

こうした技術動向の変化にいち早く対応してきたのが、北米の情報処理関連教育である。以下ではその経緯を追ってみたい。

情報処理に関連する学問分野は、当初は、数学および電気工学から派生する「コンピュータ・サイエンス」とみなされてきた。従来その一部であるとみなされてきた「ソフトウェア・エンジニアリング」に関しては、修学後の卒業生のキャリアパスと習得した知識との間に大きな開きが生じるようになってきた。そこで、それぞれを独立した学問体系としてとらえるべきであるという主張が登場してきた^{7,8)}。

米国やカナダでは、90年代後半からコンピュータ・サイエンスと周辺のエンジニアリング分野の位置づけとカリキュラムのあり方について活発な議論が行われてきた。今日、平均的な情報処理教育においては「エンジニアリング」としての側面がより重要になっているといえよう。

4-1

モデルカリキュラム

ここで、モデルカリキュラムの概要を述べておく。ACM (Association for Computing Machinery) とIEEE/CS (The Institution of Electrical and Electronics Engineers, Inc./Computer Society) は、米国に本部を置く世界最大規模の計算機学会および電気・電子工学会である。彼らは1960年代から過去数回にわたってモデルカリキュラムの策定を行ってきた。こうした経緯を経て、1991年には、共同でCC1991を、そして、その10年後にあたる2001年に、最新のCC2001 (Computing Curriculum

2001) の策定を行っている。

CC2001では、Computing^(注1)をCS (Computer Science)、CE (Computer Engineering)、SE (Software Engineering)、IS (Information System) の4分野に明確に分けている。CSは、アルゴリズムやデータ構造など情報処理の数理的背景をあたえる。CEは、数値計算、グラフィックスなど計算機の技術的な活用を指向する。ISでは情報処理システムと企業や経済活動との関係を扱う。また、SEは、ソフトウェアの生産に関する技術を指向する。

カリキュラムでは、それぞれの分野に属する科目部品 (コンポーネント) の集合から成り立っており、教育機関がどの方向性を取るかに応じて、必要な部品が定めら

(注1) ここで、「Computing」の訳語は、国内のカリキュラムの文脈では「情報学」とされるのが一般的であるが、本稿では「情報処理」という訳語の場合に応じて充てる。

れる。図表2は、1991年のモデルカリキュラムである「Curriculum 91」から「CC2001」に移行した際の変化を概念的に表す図を示した。ここで、CSは、全ての4つの領域に共通する「核：(CORE)」であると位置づけられている。

4つの領域のなかで、特にCEとSEは、エンジニアリングに属し、CSとISは、サイエンスに属するとしている。ここで用いる「エンジニアリング」と「サイエンス」という言葉の対比は、日本の学部でいう「工学」と「理学」の対比とは意味が異なり、むしろ「技術・技能」と「科学・研究」に近いといえよう。

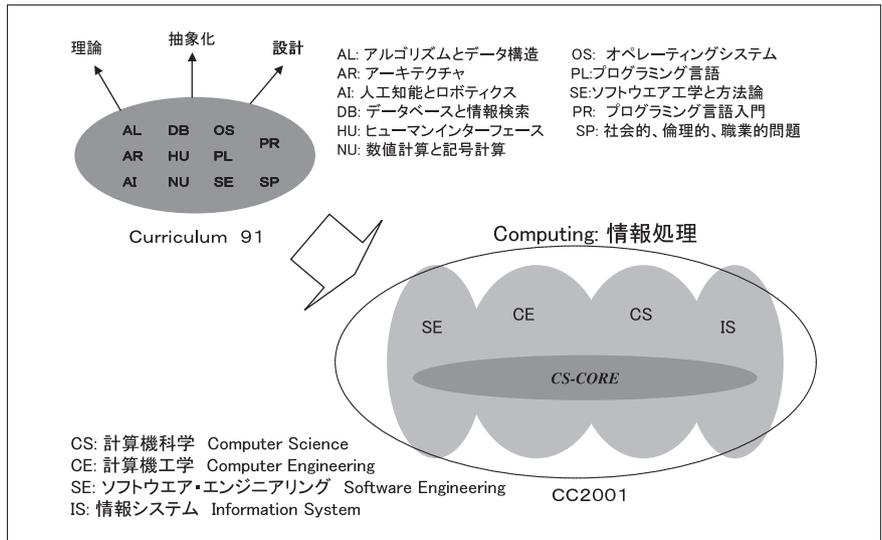
4 - 2

求められる人材像

上述したような技術変化を踏まえ、以下で紹介するモデルカリキュラム CC2001では、情報処理に関連して需要の増える人材像を検討した。その結果、具体的には図表3のような能力が求められるとしている。例えば、この表の1～3に上げられている技能は、上述したクライアントサーバ型のシステムを設計・構築するために必須である。また、5のように情報技術の若年齢における教育の重要性も指摘されている。

こうした人材育成の要請に対応すべく、具体的な大学の情報処理カリキュラムに盛り込むべき内容が検討された。特に、それ以前のモデルカリキュラムと比較して、新たに加えるべき項目とされているものを図表4に示す。これらを見ると、社会生活のなかで先にあげたような企業活動との関連、社会インフラとしての情報基盤との関連の増大が改めて理解される。これらは、以前のモデルカリキュラムのままでは、十分習得できない内容である。

図表2 カリキュラムの変遷概念図 —「Curriculum91」から「CC2001」へ



文献³⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

図表3 技術変化に応じて需要の増える人材像

1	プログラマ、特に汎用のパッケージ型リレーショナル・データベースシステムや汎用の基幹業務パッケージソフトウェアに明るいプログラマ
2	オブジェクト指向およびJava言語の経験をもった、プログラマ、および設計者
3	ウェブ、および電子商取引の専門家
4	ネットワーク設計者
5	高校教師、専門学校や大学学部の情報教員
6	マネージャ、およびプロジェクトリーダー

文献¹²⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

4 - 3

先進的なソフトウェア・エンジニアリング教育事例

米国とカナダの大学では一般的に、学部教育は「エンジニアリング」に徹し、「サイエンス」は大学院以後に実施するという峻別がなされている。情報処理に関しては、学部の規模としては、「コンピュータサイエンス」学部や「コンピューティング」学部が大学全体の中での学生定員の規模が大きい。また、大学院進学時に専門領域の選択肢に幅がある。このことが、情報処理に関する知識や技術を習得した学生の多分野への応用を促しているといえよう。

情報処理に関する多くの学部は、「コンピュータサイエンス学部」である。キャリアパスの端的

な例は、例えば、コンピュータサイエンス学部でコアとなるCSを習得し、さらに高度なCS領域を修めるため大学院に進学しCS分野の研究者になるというものである。これに対し、近年のソフトウェアの産業上の重要性が増大するなかでは、ソフトウェア・エンジニアリングの方向に進み、例えば、基幹業務向けソフトウェアの開発プロジェクト管理・運営を担った上でCIOに至るといったキャリアパスがある⁹⁾。

以下では、米国における分野での先進的な教育実践の事例を紹介しよう。ソフトウェアエンジニアリング分野では、ソフトウェア設計や生産を目的としている。このため、プログラミングの演習に加えて、「ソフトウェアライフサイクルやプロセスモデル」、「要件聴取、迅速なプロトタイプング」、「モ

デル化、テスト、製品管理等のツールに関する知識」などの涵養が重要となる。

まず、カーネギーメロン大学の事例を述べる¹⁰⁾。同大では、SEI (Software Engineering Institute) が国防総省の資金を受けて設立され、実践的な研究を行っていると共に、職業人に対する多くの実践的教育プログラムを提供している。例えば「ペアプログラミング」という演習では、プログラム開発を機能の実装者とその検証者の対により、並行的に進める手法である。現在は、プログラムの品質に関する要求が高まっており動作検証を意識した生産方法は先進的な技能とされている。

また、企業との協調によって実施する演習もある。現実のビジネスの要求を学生側が分析し、ソフトウェアの設計仕様を作成する。それに基づいてプログラミングを実施するのである。これは、いわば学生側が企業からのソフトウェア生産の「仮想的な請負」を実施するようなものである。そのほかには、PSP/TSP と呼ばれる手法、リエンジニアリング手法、RUP (Rational Unified Process/UML) などが教授されている¹⁰⁾。

図表4 90年代後半の技術変化によりカリキュラムに必要なとなった項目

A	ワールドワイドウェブ、および、そのアプリケーション
B	ネットワーク技術、特にTCP/IPに基づくもの
C	グラフィックスおよびマルチメディア
D	組み込みシステム
E	リレーショナルデータベース
F	インタオペラビリティ (相互運用性)
G	オブジェクト指向プログラミング
H	洗練されたアプリケーションプログラマインターフェース (API s) の使用
I	ヒューマンコンピュータインタラクション
J	ソフトウェアの安全性
K	安全および暗号作成法
L	アプリケーション領域

文献¹²⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

別の事例としては、例えば、ジョージア工科大学では、1990年に設立された新しい学部が、「College of Computing」として設立されている。この学部は、同大のなかで「工学部 (College of Engineering)」、「理学部 (College of Science)」と並立する位置づけとなっている。同大学が情報処理分野の教育を重視することの現れである。同大学は、ここ数年、教育機関としての外部評価でランキングを上げている¹¹⁾。

より高度な教育内容として、その必要性が高まっている領域とし

ては、先進的な設計論の習得があげられる。現在、ソフトウェア設計論において様々な新しい考え方が登場している。例えば、利用者の要望を繰り返し開発に反映させる「スパイラル方式」や工程全体の時間短縮を目指す「アジャイル方式 (Agile: 迅速)」がある。こうした設計論に関する授業は、実践的なソフトウェア生産の技能習得の延長上にくるものである。

要するに、先導する米国では技術進化に対応した教育が積極的に実施されているということである。

5. 日本での情報処理教育の変遷

本節では、日本での情報処理教育の変遷を振り返ってみる。1940年代に電子計算機が誕生し、1950年代の後半に入ると、制御・通信・計算機・応用数学に関する学問分野が拡大した。各大学はこうした状況に応じ、新しい教育の体系を作り始めた。

まず、1959年に、京都大学工学部に数理工学科が設立されたのが、ここでいう情報処理カリキュラムの出発点といえる。設立の目的は、「工学における各専門学科の共通領域と境界分野を総合的に

とらえることのできる研究者・技術者を養成することにより、専門細分化による科学技術の隘路を克服して、学問と産業の飛躍的發展を期する」と謳われている。同大学では、後の1970年に工学部に情報工学科が設立された。現在これらは融合し「情報学科」となっている。

また、東京大学では、1962年に工学部の応用物理学科の改組による「計数工学科」が設置されたのが最初である。1970年に理学部附属情報科学研究施設が設立され

た。後の「情報科学科」の前身となっている。

この時期は情報化社会の黎明期にあたり、情報学の研究と教育の重要性が強く認識され、ほかにも東京工業大学理学部に情報科学科、電気通信大学工学部と山梨大学工学部に計算機科学科などが設置された。さらに、80年代に入ると情報処理技術者不足が叫ばれ、情報工学系の学部・学科が次々と新設された。最近の例を幾つか挙げれば、社会科学分野と情報処理分野の融合を狙った「経営情報学

部」(多摩大学、1989)、コンピュータ・サイエンスを専門に取り扱う「コンピュータ理工学部」(会津大学、1993)、ソフトウェアを指向する「ソフトウェア情報学部」(岩手県立大学、1998)、など特徴のある学部学科が設置されている。

この間、情報処理教育として何を教えるべきか、随時検討がされてきた⁵⁾。基本的にはACMのモデルカリキュラムに沿った方向で検討が行われ、各大学はその内容を

を反映した教育カリキュラムを導入してきた。近年では、1991年に策定されたCC1991を手本とし1997年に示されたJ97がある¹⁶⁾。これは、90年代の中盤に起こったインターネットの爆発的利用の拡大、ウェブの登場などの変化には時期的に対応していない。現在は、情報処理学会が、CC2001を参考にしながら新たなモデルを策定中で、2005年の春に提案を取りまとめる予定で作業が進んでいる。

現在、こうした情報処理教育を受ける学生の規模は大きい。全国の理工系情報学科が加盟する「理工系情報学科協議会」⁴⁾によると、情報処理に関連する関連する学部・学科は全国で130余り(大学院を含めた2004年現在の会員数は、274)である。大学学部と大学院から年間に輩出される新卒の総和は、概算で1万人強である。

6. 問題点の整理

ソフトウェア産業の側から、現在の日本の情報処理教育に対する不満を一言で表現すれば、実践に対応できる人材育成がされていないという言葉に集約される。これに対しては反論もあろうが、総体としての情報処理教育のアウトプットと産業のニーズの間に乖離があることは否めない。以下では、こうした状況の分析を試みる。

6-1

日本の情報処理教育の特徴

近年の情報処理に関する技術変化が「劇的」であったのに対して、大学のモデルカリキュラムへの対応とその批准は「漸進的」であったといえよう。

その原因は、まず、新しい学部・学科の成り立ちに遡る。工学部は、土木、機械、電気、化学といった20世紀中盤の主要産業を柱にして成立している。このため、新しくできる情報処理の学科は、主に電気工学系からの「定員増」や「予算要求」という形で成立した。

また、日本の工学部の教育全般として、大きな特徴と考えられる点は、4年次における研究室配属である。3年次までのマスプロ教

育の上に、仕上げはギルド的な雰囲気の中で研究活動を通じた教育を実施する。このことも、初めに国立大学の工学部が、主に講座制というより細分化した学問分野を指向する単位によって成立したこと影響されていると考えられる。教育組織を構成する個々の研究室では、自分達にとっての特定の研究領域に興味がある。また、研究指向が強い大学ほど、教員の評価は論文などの研究成果が主体となる。このため、組織全体として実務教育や新しく誕生した領域を目指すのは難しかったと考えられる。

斬新な領域を狙って設立された新設大学の場合も変革は容易ではない。大学設置基準は平成3年の「大綱化」という規制緩和を経たものの、最初の卒業生が誕生する完成年度まで、同一のカリキュラムを保障すること、また、入学時点で学生に提示したカリキュラムの内容を卒業まで保障すること、などが求められる。これは、一定の理念に基づいた教育を保障するためには不可欠であるが、技術進化に対応するには不利に働く。

総じて、これらの条件が影響し、産業からの教育ニーズを反映しにくい体制となっているといえよう。

6-2

「エンジニアリング」教育振興の必要性

また、学部で達成されるべき「技能」に関する基準が、特に米国との比較において曖昧であるといえる。「べつに、米国流の『技能』に関する基準に合わなくても、質のよい教育が提供できていれば問題は無いではないか」、という主張もありえる。しかし、ソフトウェアが製造物であるという考え方のもとで、その生産に携わる人材にも国際標準に準拠した技能が求められる趨勢にある。

1998年には、「エンジニアリングプログラム学位に繋がる教育プログラムの同等性の認証協定」、別名「ワシントンアコード」が結ばれている。同協定にもとづくJABEE(日本技術者教育認定機構)により、技術者教育も国際的な基準で評価されようとしている。これに関しては、情報処理学会の情報処理教育カリキュラム策定委員会でも、外部評価や国際基準に則ったア Krediteーションの導入によって、情報処理分野における社会的要請と教育内容の溝が埋ま

ると考えている。このため、ソフトウェア産業へのアウトカムとして情報処理教育の充実を重視する教育機関では、ソフトウェア・エンジニアリング教育の強化が求められる。逆に言えば、そうした実践により、その教育機関の市場競争力が高まる効果も期待できる。

しかし、アクレディテーションの実施は前途多難である。現

実は、いま国内の学部・学科で、米国の評価機関である ABET (The Accreditation Board for Engineering and Technology) の審査基準に SE 分野で合格するところは皆無であろうというのが専門家の見方である。これは、日本の大学の質の問題というよりは、北米との制度的な差異によるところが大きいと考えられる。

また、カリキュラムの内容充実の方策として、アクレディテーションだけに頼るのは不十分であると考えられる。アクレディテーションは、教育内容を技術進化に合致させる努力の最終段階になる。そのためには、カリキュラム上の問題だけではなく、教育機関全体の組織的対応が不可欠である。

7. 政策提言

これまでの議論に基づいて、以下では、我が国の一般的な学部レベルでの情報処理教育の実情を踏まえつつ「ソフトウェア・エンジニアリング」分野の内容をより充実させるためには何が必要であるかという観点からの提言を行う。

米国流の技術者教育に合わせる、という観点からは、既存のモデルカリキュラムに照らし、それへの準拠の状況を外部機関によって評価するという方向がある。このためには、現行の教育内容を一部変更する必要が生まれる。この負担を軽減することが必要である。

日本の大学では、教員の業績評価で、学会論文の発表数を強く指向する傾向がある。そこで、教員が実務指向の教育を行うことに対して明確なインセンティブを持ちうるような配慮が必要である。例えば、JABEE の審査項目には、教員の教育成果を終身雇用を決定するための条件に反映させるといったようなインセンティブ構造の有無を問う項目が存在する。さらに、組織的な対応には、教員の雇用方針の転換、任期制の導入、定年年齢の再検討、教員定員の柔軟な運用等が想定される。

実践的教育に意欲的な教員が、実務環境で利用されているソフトウェア開発ツールの実習などを受講することを支援する方策があってもよからう。同じ「プログラミ

ング演習」であっても、アルゴリズム理解を指向した Pascal 言語による演習と、現在実務環境で利用されているオーサリングツールを利用した Java コンポーネントによるウェブ向け入出力インターフェースの設計では、その内容は 180 度異なる。現在、業界で重視されている「IT スキル標準」に関連して、民間の研修サービス機関が多様なコースを充実させている。そうしたセミナーへ教員を派遣することによって、新しい教育内容を導入できる。そのための政策的支援は有効であろう。

また、教材の充実も必要である。例えば放送大学が提供するビデオライブラリとして実務家による実践的な講義を蓄積すること、そして、それを授業の中で活用することを推奨することが考えられる。また、一部の教育科目を外部に委託することもありうる。具体的には、ネットワーク設備の基本原則や運用方法、データベースシステムの利用方法などが考えられる。しかし、効率を重視したり、あまりに実務的な教育内容では、大学教育の本質的価値観に相容れない点もある。一定のガイドラインが示されたうえで、実施を促す施策が望ましい。

こうした、教育を受ける学生側のインセンティブを高めるには、一定の資格認定につながるものが

有効である。情報処理技術者資格、技術士・技術士補資格や IT スキル標準とカリキュラムの関係を検討し、就業内容と試験科目の関連性を分かり易くする必要がある。こうした作業に対して学会が果たす役割は大きい。

産業の側は、一定の技能を持つ卒業生を、資格などの取得状況に応じて、給与面でも優遇しなくてはならない。現在でも、情報サービス関連企業の多くは、情報処理技術者資格保持者に資格に応じた給与の上乗せを行っている。学生の学部における専門領域の選択にも市場原理が働くことを明確に意識する必要がある。

工学系大学の 4 年生で実施される卒業研究制度は、我が国独特の教育方法で、伝統もあり大切にすべき制度である。アクレディテーションもこの点を十分意識する必要がある。そのうえで、即効性のある方策として、卒業研究を対象に年間を通じたインターンシップを民間企業と個別研究室が共同で行うことが考えられる。インターンシップを受け入れる産業側のメリットは、一定のスキルが保障された学生を新入社員の候補とできることである。個別の企業としての対応が難しい場合は、業界団体との協力関係のもとで「インターンシップセンター」の実現等が必要であろう。

8. むすび

我が国の工学教育は、明治時代の創設期には英国を手本にして成立し、第二次大戦後は多くを米国のシステムを参考にしながら発展してきた。20世紀後半に日本が経験した製造業における成功の一因には、諸外国との比較において、大学で「エンジニアリング」を習得した学生の量と質に拠るところが少なからずあったのではない。

情報処理技術の拡大と普及、それに伴うソフトウェア生産の量と質の両面における変化は、ここ10年程度の間起こった劇的な変化であるといえる。こうした技術的变化を経て、ソフトウェアの生産力と品質が国の競争力にとって重要であるという認識が内外において高まっている。そこで、ソフトウェア・エンジニアリング等のより産業における実践よりの教育の比重を増大させ、その質を一層高める努力が技術政策上重要であると考えられる。

文 献

1) 情報処理学会、「ソフトウェア工学におけるアクレディテーションに関する調査研究」平成13年3月

2) 情報処理学会：
<http://www.ipsj.or.jp/>

3) 総務省情報通信統計データベース：
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/>

4) 理工系情報学科協会：
<http://kyougikai.yonezaki.cs.titech.ac.jp/>

5) 国井利泰編、「bit別冊 コンピュータ・サイエンスのカリキュラム」共立出版、1993年1月

6) 社情報サービス産業協会：
<http://www.jisa.or.jp/>

7) D. L. Parnas, “Software Engineering Programs Are Not Computer Science Programs”, IEEE Software, Nov./Dec. 1999

8) J. H. Poore, “A Tale of Three Disciplines... and a Revolution”, IEEE Computer, January 2004

9) P. Freeman, W. Aspray, “The Supply of Information Technology Workers in the United States”, Computing Research Association, 1999

10) Carnegie Mellon, Software Engineering Institute：
<http://www.sei.cmu.edu/>

11) Georgia Institute of Technology, College of Computing：
<http://www.cc.gatech.edu/>

12) IEEE, Computing Curricula：
<http://www.computer.org/education/cc2001/>

13) 巨理誠夫「高信頼ソフトウェア技術の研究動向—ソフトウェア基礎技術の確立に向けて—」科学技術動向、No.24、2003年3月

14) 大森良太「原子力分野における人材育成の必要性・現状・課題」科学技術動向、No.30、2003年9月号

15) 黒川利明「情報システム構築の品質・信頼性向上のために：—上流工程の“ビジネスルール”と要求工学を検討する—」科学技術動向、No.32、2003年11月

16) 高橋延匡「情報処理学会におけるアクレディテーション（技術者認定制度）委員会活動」bit, Vol. 33, No. 3 - 4, 2001年3月号、4月号

