

大阪大学における
高度な情報通信人材の育成に関する取り組み

平成 17 年 12 月 7 日

大阪大学大学院情報科学研究科

はじめに

近年の情報通信技術の飛躍的な発展は、産業革命に次ぐ新しい情報革命を引き起こし、コンピュータやインターネットは社会基盤として産業社会や市民生活に欠くべからざるものとなりつつある。わが国においても昭和 45 年 4 月に情報工学に関する学科が設立されて以来、今やほとんどの大学において情報工学関連の学科、学部が設立されるに至り、これまでも数多くの人材を社会に輩出し、情報通信技術の発展を支えてきた。

しかし、平成 17 年 6 月 21 日付 日本経済団体連合会の情報通信・技術政策提言「産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて」においても指摘されているように、大学における情報通信技術に関する教育研究が社会の要請に応えていないという批判が一方であるのも事実である。実際、情報工学・情報科学はその黎明期を終え、社会基盤としての情報通信技術のさらなる飛躍を産み出すために、新たな発展を推し進めていくべき時期に来ている。

折しも、平成17年9月5日には中央教育審議会から答申「新時代の大学院教育－国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて－」が示された。そこで指摘されているこれまでの大学院教育の問題点は我々が持つ問題意識そのものであり、また答申において提言されている多くの有益な指針に対して、本レポートは情報通信技術分野におけるアクションプランを示し得たものと考えている。

本研究科が今後とも日本の情報通信分野の発展を担う高度な人材を輩出できるよう大学教育をさらに充実させるために、本レポートに記した我々のこれまでの教育システムと今後目指す取り組み等について、広く産業界や教育界から忌憚のない御意見を頂戴することができれば幸甚である。

なお、本レポートをまとめるに当たっては、上記の日本経済団体連合会の情報通信・技術政策提言が提示された直後に、まず、研究科内に「情報通信分野の高度人材育成に関する将来構想ワーキング・グループ」を設置し、集中的な議論と編集作業を繰り返しながら、本レポートの暫定版を平成 17 年 9 月 30 日付で作成した。その後、研究科全体での議論を通じて、修正・加筆等の改訂作業を行ったうえで、平成 17 年 11 月 11 日開催の本研究科教授会において研究科総意のレポートとすることの承認が得られた。なお、ワーキング・グループのメンバーは、以下の教授の方々と私自身で構成された。増澤利光、井上克郎（以上、コンピュータサイエンス専攻）、尾上孝雄（情報システム工学専攻）、村田正幸、今瀬真（以上、情報ネットワーク学専攻）。

本研究科と大阪大学サイバーメディアセンターは、研究教育に関わる産学連携推進のために「IT 連携フォーラム OACIS」を設置している。平成 17 年 12 月 7 日開催の第 9 回シンポジウムのテーマを「情報通信分野の人材育成」とすることとし、その日をもって本レポートを一般的に提示することとした。本レポートが、日本における情報通信技術分野の高度人材育成の一助となれば、当方として望外の喜びである。

平成17年12月7日
大阪大学情報科学研究科
研究科長 西尾 章治郎

【目次】

はじめに	2
1. わが国における情報通信技術分野の人材育成の問題点	4
1.1. 経団連レポートにおいて指摘されている諸問題について.....	4
1.2. 新たな教育研究指導體制の構築に向けて.....	8
1.3. 大阪大学における問題認識と対応策.....	11
2. 大阪大学におけるこれまでの取り組みについて.....	13
2.1. 学部教育.....	13
2.2. 大学院教育.....	16
2.3. 企業実務者に対するアンケート調査結果.....	21
3. 大阪大学における今後の取り組みについて.....	25
3.1. 情報科学技術がもたらす未来像.....	25
3.2. 学部カリキュラムの改革.....	26
3.3. 大学院修士課程における教育強化.....	28
3.4. 大学院博士課程学生の研究力・人間力の強化.....	29
3.5. 中長期的目標.....	30
4. 人材育成に関する国・産業界への提言.....	36
謝辞	39
関連URL.....	39
付録A：アンケート質問項目と結果.....	40
付録B：ソフトウェア設計アーキテクト養成カリキュラムの例.....	43

1. わが国における情報通信技術分野の人材育成の問題点

平成 17 年 6 月 21 日付 日本経済団体連合会の情報通信・技術政策提言「産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて」（以下、経団連レポート）において、今後必要な IT 政策の焦点は「IT の利活用の推進」であり、特に IT を活用し高い付加価値を創造できる高度な情報通信人材の育成を重要課題と位置付けている。なかでも、ソフトウェアの開発・利用に携わる人材の質及び量の不足が深刻化しているにもかかわらず、新卒者のうち即戦力たる人材はわずか 1 割に過ぎない、また、新卒者向け IT 研修を受けても業務に従事できない人材が約 2 割存在するといった厳しい指摘を行っている。それらの結果、情報通信技術（以下、ICT）に係るトップレベルの人材の育成を今後強化するためには国家戦略の策定・実行と大学・大学院の実務教育機能の強化が不可欠であるとし、それを実現するためのアクションプランとして

- 1) 産学官の対話に基づく先進的実践教育拠点の整備
- 2) 先進的実践教育拠点における取り組み
- 3) 評価とフィードバックの確立

を提言している。その他、経団連レポートにおいて指摘されている事柄は、我々大学人にとって、残念なことではあるが、おおむね正鵠を射ているといわざるを得ない。しかしながら、経団連レポートには誤認と推測されるものや指摘されていない問題もあり、本章においてはまず、我々が持つ問題認識を掲げ、それらの問題に対する解決策の方向性を指摘したい。

1.1. 経団連レポートにおいて指摘されている諸問題について

(1) 新卒者の資質として重視すべきは即戦力か？

そもそも、これまで企業においてはソフトウェアを含む独自のシステム構築技術（ノウハウ）の継承が重視されてきた。一方、大学においては基礎理論、基礎知識を教えることが重視され、それによって大学教育と企業教育の棲み分けがなされてきた。その結果、企業が新卒者に対して ICT に関する技術研修を実施するのは半ば当然のことであったとも言える。また、これまで ICT 関連企業はその必要とする人材像を自ら積極的に発信してきた形跡もない。最近の経済のグローバル化、および、それに伴う企業のグローバル化の要請のなかで、企業が独自に培ってきた技術を含めた教育研修を十分に行う体力がなくなりつつあるのもまた事実である。

奇しくも最近 Nicholas G. Carr 氏による“The End of Corporate Computing”（MIT Sloan Management Review, Summer 2005）において、いわゆるソリューションビジネスの先行きの不透明感が指摘されており、それが話題を呼んでいる。そこでは、ICT インフラを電力インフラと同種のものとして捉え、企業は電力会社から電力供給サービスを受けるよ

うに、これまでのように企業が独自に ICT インフラを構築するのではなく、ICT サービス提供会社からサービスのみを供給されるようになることを示唆している。これはとりもなおさず、情報機器販売を中心としたソリューションビジネスの終焉を意味する。もちろんこれは極論であり、一般的な業務情報処理はこの方向に進むとしても、それぞれの企業の情報戦略に沿った独自の ICT インフラを構築することこそ、今後の企業の生き残り策に他ならないことも真実である。しかし、ICT の社会基盤化に伴って汎用技術や標準化技術がより重視されるようになってきており、企業がこれまで営々と培ってきた独自技術が行き場を失いつつあることも確かであろう。

以上の結果、経団連レポートが、企業に入ってからからの新人研修がなくとも「使える」即戦力を大学に要求するのは当然とも言えるが、提言は、企業が直面しているさまざまな問題を大学に押し付けているようにも見える。特に、レポートでは ICT の技術的側面のみがクローズアップされている印象が強い。経団連レポートにおいても指摘されているように、真に有益な高度人材育成を達成しようとするれば大学と企業の役割が明確に分かれるものではなく、相補的な教育分担を今後考えていく必要があるのは事実である。その際に忘れてならないのは、大学においては即戦力となる人材教育だけでなく、学生の10年先、20年先の成長を見越した上で大学教育がなすべきことを考えていく必要があるという点である。

本来、大学は情報科学技術分野の深化や発展にも注力すべきであり、そのための教育研究を遂行していくことが大学の第一の使命である。現状は ICT インフラが一旦確立されてユーザ企業はそれに対する投資を終えつつある段階であり、その結果、さらなる飛躍的な技術的発展を望まない風潮も徐々に現れつつある。我々はそこにこそ危機感を抱いており、情報科学技術分野の今後の革新的発展を成し遂げるための研究、および、そのような発展を支える人材育成に今こそ取り組んでいくべきと考える。

特に経団連レポートにおけるアンケート結果は必ずしも新入社員の、そして企業自身の将来を見通した評価になっていない危険性もある。企業の実務者は、常に短期的実用的問題に直面しており、その問題解決に対する即戦力を求めているか。実際、ICT メーカーなどの企業トップは、自身の研究開発の体力に対する危機感から大学にはやはり基礎研究の充実を期待するとの声も多い。そのため、アンケート結果を鵜呑みにして、基礎的知識をないがしろにし、より実務を中心したカリキュラムを拙速に設計していくことは危険であろう。ただし、2.3 節に述べるように、我々が独自に行ったアンケート調査では企業実務者も必ずしも即戦力を求めているわけではなく、幅広い基礎知識と深い洞察力を求めていることがわかった。一方、研究開発遂行力（プロジェクト推進力）については満足していないとの回答がやはり多かった。

(2) ソフトウェア技術者の人材養成について

経団連レポートにおいて、中国、韓国、インド等の取り組みが紹介されており、それらの国では国策として高度 ICT 人材育成に関する取り組みを強化し、世界的な人材供給基地

となりつつあることが示されている。一方、わが国においては外国人技術者の活用、海外への業務委託が進展しつつあることが指摘されている。しかしながら、それら一連の事実がわが国におけるプログラムの絶対数確保の必要性に直結するものではない。もともとソフトウェアは、対象が概念的な物であって、人間の直観的な理解や把握が困難であり、そのためにソフトウェアに関する技術の確立や伝承、教育などは、他の技術分野のアナロジーが活かせない場合が多い。経団連レポートは一部の事例を取り上げてわが国の取り組みと対比しているが、他国でもソフトウェアシステム開発技術に関する教育は大きな成果を挙げているとは決して言えないことも事実である。

現状において、ICT 分野の業務に即対応可能な人材が情報工学（あるいは情報科学、以下では総称して情報科学技術と呼ぶ）に関連する大学から輩出されていないのは事実であろう。経団連レポートにおいては、入社後直ちに業務に対応可能な人材の持つべき知識としてプロジェクトマネジメントやソフトウェアプロセス、プロジェクト実習などが挙げられている。しかし、これらを習得するためには、学生に多くの時間的負荷を課すことになり、その分、数学やハードウェア等を含んだ基礎的知識が欠如する恐れが多分にある。そのような人材は、短期的には企業の要求を満たすとしても、中長期的に活躍できる人材であり続けるとは考え難い。それよりも、ソフトウェア産業において海外との競争に勝ち抜くには、中国やインドのように大量のプログラマを育成する方法をとるのではなく、欧米のように明確なコンセプトに基づくデザイン（設計）力を有する人材の育成がより重要ではないか。そのために、基礎教育が重視されるべきである。

ただし、ソフトウェア産業においては大学との連携や交流を必ずしも積極的に行って来なかった経緯がある。その結果、大学は企業のニーズを把握しておらず、また一方、産業界においては先端技術の知識の導入や新しい技術開発から遠ざかってきた時期がこれまでにあった。欧米に伍すことのできる人材を今後育成していくためには、経団連レポートにも指摘されているように、ソフトウェア開発に関する実践的教育を大学においてより積極的に行っていく必要があることは確かである。例えば、大阪大学においても、ソフトウェアに関する教育は、その理論的枠組みから始まってプログラム開発まで講義や演習を通じて十分に体験させているが、一方で、近年の特に大規模ソフトウェア開発に関する教育については必ずしも十分なカリキュラムを組んでいないこともまた事実である。そのため、学部教育と大学院教育のそれぞれの役割および関係を再度見直す必要があるだろう。その際には、企業現場における最先端の実践的ソフトウェア開発を反映したカリキュラム設計が重要であり、そこに産業界との連携の必要性があることは経団連レポートの提言のとおりである。

(3) 大学において養成すべき ICT 人材について

結局のところ、大阪大学を含めてわが国の情報科学技術分野の大学教育において最も欠缺していたものは、ソフトウェアだけでなく、ハードウェア、ネットワークなども含めた ICT

システムを設計する能力を養成する教育であろう。これまでの大学教育においては、情報システムやソフトウェアシステムの問題を解決するための分析能力は培えるようになっていても、問題を分析した後にモデル化し、それを解決するためのシステム設計能力については心許ないことは事実である。これは ICT 分野に限らず広く工学教育においてもすでに指摘されているところであり、例えば工学教育プログラム基準強化委員会においても創成型教育の在り方が議論されてきた。しかし、ICT 分野においては、他分野と比べても特にシステムを組み上げる設計能力が要求され、これは単なるプログラマでは到底できないものである。そのような懸案が、特に最近のシステムの大規模化やネットワーク化によって問題が顕在化してきたものと言え、従来から大学教育で広く行われているプログラミング演習で経験する小規模プログラムの作成によって得られる力とは大きなギャップがある。

(4) カリキュラムの問題について

経団連レポートにおいては、企業ニーズと大学が実施している情報科学技術教育のギャップに関して、「多くの大学では情報基礎理論やプログラミングは教えているが、不要なデジタル回路、応用理論などまで教えている、一方、企業にとって必要なプロジェクトマネジメント、モデリング手法、設計手法などについては教えていない」との指摘がある。確かにわが国においては、情報科学技術に関連する学科、大学院のうち、その教育にふさわしいと言えるカリキュラムを実施している割合は限られており、それが入社後直ちに業務に対応可能な人材の割合を低下させている要因になっている。これは歴史的な経緯もあるが、今後の是正が強く求められる課題である。現実的な直近の対策として適切な教材、教科書の作成が解決策の一つになるが、そのような日本語教材はあまりにも少ない。大学教員だけでなく、企業の実務経験者も含めた教材作成も、産官学連携の実質的な成果が直ちに期待できるものであろう。

大阪大学を含め 30 年を越える歴史を持つ情報科学技術関連学科においては、その学問分野としての深化とともに豊富なカリキュラムを準備するようになってきている。しかし、これは一方で、情報科学技術分野に対象を閉じたままの状態での科目数の増大を招き、詰め込み主義に陥りつつある結果になっている。学問の細分化による狭隘な視点のみの教育研究が大学の制度疲労を起こしているという指摘は多くの分野においてなされているところであり、同様の問題が情報科学技術分野においても顕在化しつつあると言える。

(5) インターンシップについて

インターンシップ制度の活用は、現在、産官学を挙げて取り組みが進められているところであり、その重要性は大いに認識されるようになってきている。しかし、現状の実施方法を見ると、単なる「職場体験」の域を出ていない例が残念ながら多く見受けられる。もちろん学生にとっては社会に目を向けるきっかけになるという意味で効果は大きいですが、実のあるインターンシップ、特に経団連レポートに指摘されているような高度な情報通信人材の

養成という観点からは、学年に応じたインターンシップの意義、期間、実施方法などを明確にすべきである。本研究科においても博士前期課程（修士課程）においてインターンシップの単位化を行い、今年度より多くの学生をインターンシップに送り出しているところではあるが、今後は産学官連携による高度人材育成という観点からインターンシップの実施体制を構築していく必要があると考えている。

(6) ICT 技術者の社会的、社内的地位について

産業界において、ICT 関連の研究開発に従事する者の社内的、社会的地位や処遇が、その業務内容に照らして十分なものといえないという懸念は常々指摘されてきた。大学において優れた技術者育成ができるようになったとしても、学生が ICT 関連産業への就職を望むかどうかは別問題である。最近マスコミ等においてもはやされている ICT 関連の成功者はいわゆる上澄み産業の企業経営者のみであるという批判も多く、ICT の技術能力を持った者ではないという事実もある。優れたソフトウェアやシステムの技術者やマネージャーに対する適正な評価システムを構築していくことは産業界において焦眉の急を要する問題であろう。

1.2. 新たな教育研究指導體制の構築に向けて

大阪大学は、本研究科の設立の趣旨からしても情報科学技術分野のさらなる発展に資する教育研究を重要視している。その過程において、経団連レポートで指摘されている高度人材育成の問題については、大阪大学において早急に取り組んでいく必要がある。当然のことながら、高度人材育成を目指す場合には、学部教育、大学院博士前期課程（修士課程）、大学院博士後期課程（博士課程）のそれぞれの課程が果たすべき役割を明確にしつつ密接な連携をとって、それぞれの課程でどのような人材を養成するのか出口管理をしっかりと行う必要がある。

本節では、大阪大学における ICT 関連の教育体制についての現状分析と問題をまとめる。これまでの大学教育においては、大枠として以下のような役割分担があった。

- ・学部課程：広く情報科学技術分野の基礎的教育を行う。
- ・修士課程：先端的研究を通じた教育を行う。
- ・博士課程：最先端の研究が自ら遂行可能な博士を養成する。

しかし、ICT 分野の発展につれて、それぞれの課程で問題が顕在化しつつあり、その抜本的な解決が必要になってきている。

学部課程

広く情報科学技術分野の基礎的教育を行おうとする結果、その発展につれ、また情報科学技術に関連する領域が広がるにつれて、教えるべきことが多くなり、詰め込み主義に陥

っている。その結果、消化不良を起こしている学生もいる。また、カバーすべき領域が広がった結果、内容が散漫になってきている。一方で、4年間で教える内容が情報科学技術分野の最先端まで辿り着いていないという問題もある。もちろん、知識として知っている、使いこなせるなどいろいろなレベルが考えられ、どこまで必要かは慎重な検討を要するが、少なくとも情報科学技術分野の最先端技術の紹介まで網羅しておくことは必要である。

そこでまず取り組むべきは、「プログラム制」の導入による情報科学技術のある分野に対する深い専門的知識と情報科学技術に関連する幅広い知識の両立であろう。すなわち、情報科学技術をひと括りにして、すべての学生に対して画一的な教育を行うのではなく、例えば、ソフトウェア工学、計算機アーキテクチャ、データ工学、情報ネットワーク学などの主専門分野を中心としたプログラムを何らかの形で導入し、学生がそれらを選択できる自由度の大きいカリキュラム編成が必要になる。それによって大学院との接続性も担保できるようにする。

また、学部を卒業後、企業に就職を希望する学生は、従来から幅広い業種から就職先を選択する傾向にあり、これは ICT が社会基盤となりつつある現在、ますます重要になりつつある。もちろん、学生が就職先企業において ICT 業務の牽引役となれることが重要である。そのためには、リーダーシップを持ったコミュニケーターとしての役割が今後ますます大きくなると考えられ、そのための教育を導入していく必要がある。

なお、自由度の高いプログラム制の導入は、最近、工学分野において取り組まれている最低保証の考え方とは馴染まない可能性がある。工学分野における技術者教育の高度化に取り組んでいる団体として、日本技術者教育認定機構(JABEE)がある。JABEEの考え方は成績評価の厳格化、アウトカムズ評価の重視など我々が範とすべきところは多い。しかしながらJABEEの柱であるプログラム認定制度は必修科目を増やす方向に力を及ぼしがちであり、それが学生の自主性を損なってしまうという危惧を感じている。そこで、我々はJABEEの精神そのものは尊重するが、学生の資質の最低保証だけには拘らず質の高い教育を目指す。

大学院博士前期課程（修士課程）

大阪大学における大学院教育の柱は「先端的研究を通じた教育」である。これは、教員が行っている最先端の研究分野に関係する研究テーマを与え、学生が自主的に研究を遂行することによって問題解決能力を身に付けさせようとするものである。しかし、このような教育形態は、さまざまな問題を産み出しつつある。

- (1) 情報科学分野の細分化につれて最先端の研究テーマを遂行しようとするれば多くの関連知識が必要となり、指導教員の役割が大きくなる。その結果、学生が最先端の研究をしようとするればするほど、教員の果たす役割が大きくなり、学生の自主性を損なう結果になる。
- (2) 従来からも教員は自らの研究成果を学生の研究遂行に頼る構造があったことは否定で

きない。そのような場合に、学位取得の条件等から一定の研究成果を短期に得るためには、学生を囲い込み、少なくとも教員にとっては出口の見えているような、解決が容易な改良型の研究に走らざるを得なくなり、チャンレンジな問題への取り組みが困難になる。

- (3) それで、教員の研究力の低下を招き、学生の研究テーマ設定がますます先端的研究から遠ざかる。
- (4) 個々の教員が学生の研究指導を行う結果、育成される学生の資質が教員の専門によって著しい格差が生じるようになる。また、学生の専門周辺の知識の幅が狭くなり、応用が効かなくなる、交流範囲が狭くなる、などの問題を生じる。
- (5) 教員がテーマを小分けして学生に与えることが、学生の指示待ち体質や研究の動機付けの弱さに繋がっている。特に後者は、学生が自分の学んだことが企業のどこで活かされるか理解困難になっていると言う問題に陥り、企業就職時に企業選択や職業選択を迷う遠因にもなっている。

修士課程への進学率は最近急速に増加し、以前は修士課程修了者に希少価値があったが、大阪大学においても今や進学率は90%を上回るようになってきている。進学率が低かった時代には、修士課程学生にも当然研究能力が期待されていた。しかし、今や修士課程のいわゆる大衆化がどんどん進んでいるにも関わらず、教員の意識はそのままの状態であり、産業界から要望の強い高度技術者を育成するという視点が欠けているのが現状であろう。すなわち、大学院課程における教育機能が今こそ重要であるにも関わらず、どのような教育を行うか、どのような人材を育てたいのかさえ必ずしも明確なポリシーを持たないままきており、ここでも画一的な教育はもはや限界であると言える。

これまで、大学学部教育と大学院教育の接続性、さらには連続性が重視されてきた。その結果、学部、修士課程の一貫教育が喚起されてきている。しかし、最近になってようやく始まりつつある学生の流動性（大学間、学部間）を考慮すると、一貫教育は困難にならざるを得ず、修士課程と博士課程の一貫教育をより重視するべきである。もちろん、一方で、修士課程修了者を産業界に送り出すことも、我々の重要な責務である。重要なことはこれまでのような画一的な教育を避け、学生の個性に応じたコース（基礎研究に重点を置くコース、実用研究に重点を置くコース、実践技術の習得に重点を置くコースなど）を準備することである。

教育内容については、我々は表層的にプロジェクトマネジメント技術を学んだ学生を輩出するのではなく、ソフトウェアやネットワークシステムをきちんと設計でき、それを現実に動かせるための十分な知識を身に付けた、デザイン力と現実適応力に優れた人材（アーキテクト）の輩出を目指す。そのような人材を養成するためには、経団連レポートにも指摘されているようにシステムのモデリング能力が重要であるが、それとともにソフトウェアやネットワークの基礎や設計、評価や保守の基礎技術も必須である。また、プロジェクトマネジメント技術の学習や表現力をつけるためのプレゼンテーション技術やコミュニ

ケーション能力を向上させる。

大学院博士後期課程（博士課程）

産業界においてはこれまで「ドクターは狭い領域に固執する」「使いにくい」などの理由によって、博士学位取得者を忌避する傾向が残念ながら強かった。その要因として、大学における博士課程はこれまで研究者を養成する課程であり、大学教員や民間であっても研究所に就職することが大半であった。また、学位授与の評価尺度は論文の数である場合が多い。これらの事実が、企業の批判を受ける原因になっていることは否めない。

しかし、今後 ICT の発展のために高度研究開発能力を有する博士学位取得者を産業界に輩出していくことは大学の責務である。そのために求められる資質は「研究力」はもちろんのこと、新しい問題に対して果敢にチャレンジできる能力やリーダーシップを持った広い意味でのコミュニケーション能力などの「人間力」であり、これら二つを兼ね備えた人材を養成し、ICT 産業社会におけるリーダーとして送り出していく必要がある。また、企業は、そのような意味での高度な能力を持つ博士学位取得者を積極的に受け入れる体制を構築していく必要がある。

1.3. 大阪大学における問題認識と対応策

本節ではまず、本章でこれまでに述べてきた論点をまとめることにする。

- (1) 産業界が欲している人材と大学が輩出している人材のギャップの問題は、ソフトウェアだけにとどまらず、計算機アーキテクチャやデータ工学、ネットワークなどを含めた ICT 全体の問題である。特に情報科学技術分野は数十年にわたる深化の結果、教えるべき科目はどんどん増えているが、一方で産業界の要請に十分に答えていないという構造的問題を持つ。大学における ICT 関連の教育カリキュラムが技術の進展や社会の変化に常に対応してきたとは言いがたい。次章でも述べるように、大阪大学においても教育内容の見直しを常に行ってきたはいるが、さまざまな問題を内包している。
- (2) わが国においてはプログラマを養成するのではなく、高度な ICT システムを設計できるアーキテクトを養成し、インド、中国、韓国などに対する競争力を維持していくべきである。
- (3) 欧米諸国と伍していくために、今後、大学においても特に大規模システムの設計能力を有する人材を育てていく必要がある。そのために産学官連携は必須である。特に設計能力は経験がものを言う分野であるため、企業における経験者に期待したい。この点を含めて、産学官連携の有用性は経団連レポートを含めて産業界と問題意識を共有できるものである。
- (4) 優れた教材、教科書を作っていく必要がある。例えば、オペレーティングシステム（以

下、OS と略す) 一つをとっても OS の原理は説明されているが、なぜ現実の OS がそれを採用しているか、それらが現実はどう動作しているかを理解させる視点、すなわち、システム設計の視点が欠けている。現状では、これを個々の教員の努力に依っている。

- (5) 科学技術の細分化により、全体を見渡すのが困難になりつつあることとも密接に関連するものであるが、情報科学技術がもたらす未来に対するビジョンを明確にしておく必要がある。さらに、それによって時代を担う世代に対して夢を語る必要がある。

以上のような問題認識のもと、大阪大学においては以下のように抜本的な対策を措置する。

(1) 学部課程

教育内容の思い切った取捨選択により、画一教育から脱却し、幅広い知識と深い専門知識の双方を持つ人材を育成する。

(2) 修士課程

教員個人の研究指導の名を借りた教育から脱却し、教育課程としての修士課程教育を確立する。

(3) 博士課程

人間力を強化し、産業界に通用する研究者、研究力を持つ産業人など多様な人材を育成する。

以上は中央教育審議会の答申「新時代の大学院教育－国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて－」において指摘されているさまざまな問題を、情報科学技術分野において解決する方向性そのものであると考えている。以下では、まず 2 章において大阪大学におけるこれまでの取り組みをまとめ、次に 3 章において、上記問題を解決するための大阪大学における今後の取り組みを述べる。また、大阪大学のみでは解決できない問題については、最後に行政、産業界に対する提言として 4 章にまとめる。

2. 大阪大学におけるこれまでの取り組みについて

大阪大学大学院情報科学研究科は平成 14 年 4 月に創設された。本研究科は、大阪大学において大学院工学研究科、基礎工学研究科、理学研究科に分散して存在していた情報およびネットワーク技術に関連する教育研究組織を改組・再編したいわゆる独立研究科である。一方、学部教育については従来どおり、工学部、基礎工学部、理学部において、それぞれの関連学科においてなされている。

以下では、基礎工学部情報科学科、工学部電子情報エネルギー工学科、大学院情報科学研究科における人材育成に関するこれまでの取り組みを紹介する。なお、ICT 分野における優れた技術者養成を行うにあたり、情報技術者倫理教育は非常に重要であるが、以下に述べる学部教育、大学院教育において、必修科目化も含めて関連する教育を実施している。

2.1. 学部教育

基礎工学部情報科学科計算機科学コース、ソフトウェア科学コース

基礎工学部情報工学科は、昭和 45 年 4 月に国立大学に我が国で最初に設立された情報工学関連の 5 学科のうちの一つとして設立された。設立当初は 6 研究室で構成され、学生定員も 1 学年 40 名であったが、改組を経て、現在、基礎工学部情報科学科の計算機科学コース、ソフトウェア科学コースとして 13 研究室、学生定員 1 学年 60 名という構成に拡充されている。

他大学の情報関連学科には電子、数学などを主要な専門教育分野にしている学科も見受けられるが、本情報科学科は広汎で豊富な情報科目に関する教育を行っている。本情報科学科が提供する科目群は、情報処理学会が昭和 62 年（1997 年）にまとめた「コンピュータサイエンス教育カリキュラム J97」で提示されている、情報科学技術の基礎から応用までの幅広い専門科目のほとんどをカバーしている。J97 は、社会からの情報科学技術教育への要請に応えるために、また、情報科学技術の多様化、拡大化を考慮して、広汎な専門分野をカバーする科目群を提示しており、各教育機関には実現可能性に合わせて教育科目を選ぶことを奨励している。また、コンピュータ工学コース、ソフトウェア科学コース、ソフトウェア設計工学コースなどのいくつかのモデル履修コースを示している。しかし、本情報科学科においては、産業界からの多様な要望と多様化する学生のニーズに応えるために、特定の履修コースに限定せず、情報科学技術分野の広範な専門分野をカバーできる教育カリキュラムを整備してきた。ただし、このことが高度人材育成において弱点となり得ることはすでに述べたとおりである。

また、本学科では大学院教育との接続性を重視しており、学部では基本的な原理、理論、技術の教育に重点を置き、大学院では最先端の理論や技術の教育に注力している。ICT 分

野の今後のさらなる拡張・拡充への対応を可能とするために必要な、柔軟性、独創性、応用力、創造力を培うには、学部で教育している基本的な原理、理論、技術が必須であるという考えに基づくものである。学部での基本的な原理、理論、技術の教育は座学に留まることなく、講義と連携した実験・演習を実施することにより、単なる知識ではなく実際に活用できる知識としての定着を図っている。現在のカリキュラムは昭和 63 年度入学生に対して行ったカリキュラム大改訂に基づいており、「理論トラック」、コンピュータと通信などの「ハードウェアトラック」、プログラムなどの「ソフトウェアトラック」の 3 本のトラックが途切れることなく段階的に科目を配置したものになっている。

本学科の特色として、創成科目 (PBL: Problem Based Learning) の積極的な実施が挙げられる。これは、工学教育の見直しと改革を目指した、工学教育プログラム実施検討委員会 (平成 11~12 年) の提言に先行する形で、平成 12 年度より学部 1、2 年生向けに開始したものである。創成科目は、学生に一つの解しかない問題を解答させる教育から、一人一人が問題を発見し、知恵と情報を総動員し、新しい自分自身の解を見いだすことを積極的に訓練する教育への転換を図ることを意図したものであり、本学科の PBL では以下のことを目指している。

- ・自分で問題を発見し、自分自身の解を見出す能力の養成
- ・企画力の養成
- ・グループ活動, グループディスカッション
- ・リーダーシップの養成
- ・コミュニケーション能力の向上
- ・プレゼンテーション能力の向上
- ・情報科学技術に対する現実社会のニーズの体得
- ・社会人としての今後の生き方について考える
- ・教員、先輩との接触
- ・自学自習の習慣化 (「ドロップアウト」の防止)

また、1、2 年生向けの PBL、3 年生のゼミナール、4 年生の卒業研究によって、学部 4 年間を通じた創成科目を実施している。

さらに、以下の科目を産業界から講師を招いて開講している。これは経団連レポートにおいて要請されている人材育成をまさに指向したものであるが、特論は選択科目であり、必ずしも輩出する人材の品質保証までに至っていないのが現状である。

【計算機科学・ソフトウェア科学特論 A】

1. ソフトウェア開発技術
 - ・ソフトウェア開発技術の動向
 - ・ソフトウェア開発方法論（開発技法と実践事例）
 - ・ソフトウェア・テストと品質保証
 - ・ソフトウェアプロセスの改善
 - ・プロジェクトマネジメント
2. IT システム要素技術の動向
 - ・高可用性システムの実現方法
 - ・Web サービスとコンテンツ処理技術
 - ・IT ビジネスにおけるオープンソースソフトウェアの利用
 - ・ブロードバンド時代を支えるネットワーク技術
3. 事例解説
 - ・IT システム事例
 - ・IT 社会におけるシステム開発の実際：開発現場

工学部電子情報エネルギー工学科情報システム工学科目

工学部情報システム工学科は電気系3学科から派生する形で平成元年4月に創設された。改組を経て現在は電子情報エネルギー工学科情報システム工学科目として、7基幹講座に加えて1協力講座から構成され、毎年平均40名の卒業生を輩出している。本学科目では、国内の従来の情報工学科では計算機科学（CS: Computer Science）分野の理論研究・教育を偏重する傾向があったのに対して、米国の電気・情報系学科（EECS: Electrical Engineering and Computer Science）で取り入れられている幅広い分野の実用研究・教育を目指している。

特に、単純なプログラミング技術だけではなく、現在の情報工学の重要な基盤となっているエレクトロニクスの素養を基礎として、「システム」を有機的に把握できるハードウェアからソフトウェアに至る広い視野を持つ研究者、技術者を育成するよう、さまざまなレベルでの基本技術の偏りのない知識習得を目指した授業科目を設けている。

また、高校時代までの知識での安易な専門性選択を避けるため、電子情報エネルギー工学科では、学部1年次に基礎学力を養いながら、電気工学、通信工学、電子工学、情報システム工学のそれぞれの特徴的な教育・研究内容について学びつつ、自身の専門性を見極める機会を設けており、上記四つのコース中から一つを専修コースとして選択する。

授業を担当する教員のなかには企業経験者が多く在籍し、「ソフトウェア工学」、「システムシミュレーション」、「コンパイラ」、「情報通信基礎論」、「知識工学」などの、旧来学術的な原理や理論に焦点が当てられた教科に対しても、企業経験を踏まえた実践的な内容を

取り入れ、履修した内容が産業界へ就職した後にも役立つよう心掛けている。

これらに加えて、電子情報エネルギー工学科では平成 13 年度から「創成実験」を設けている。これは従来、電子情報エネルギー工学実験第 I 部、同第 II 部、同第 III 部と称していたものを、電子情報エネルギー工学創成実験、同専門実験 1 部、同 2 部という形に改めることによって実現したものである。従来の第 I 部の実験は基礎的なものであったが、テーマが固定され、あまりに定型的であった。創造性を高める必要があることは皆が認識するところであり、学生実験はその目的に添った形で改善を図ることが望まれていた。

そのなかで、情報システム工学科目では、ハードウェア・ソフトウェア両面の基礎技術習得と創造性・表現能力の発揮を目指して下記の 2 テーマを推進している。それぞれ 3~4 名のグループ単位でジョブを分担し計画を遂行させる点、課題の途中と最終段階で、プロジェクト推進計画及び結果報告のプレゼンテーションを課し、成績に反映させる点が特徴である。「マイコンプログラミング設計」は、実際の基板上に、独自作成のアセンブラプログラムをダウンロードしたマイコンならびにその他の回路素子を自由に結線して 2 桁電卓を実現し、デジタル回路設計の基礎を理解させる課題である。「対戦型ゲームの思考ルーチン設計」は、JAVA 言語を用いてインディアンポーカーの思考ルーチンを設計する課題であり、コンテスト形式で実際に対戦させることで、創造性に富んだアルゴリズム及びプログラミング技術の習得を目指している。このような試みは、学生アンケートの結果からも、興味の度合い、難易度、負荷ともに概ね好評であり、その後の卒業研究、大学院での専門的な研究にも有効に働いている。

なお、情報システム工学科目では、成績優秀な学生を 3 年次から研究室に配属しており、配属された研究室で推進されている具体的な研究内容を身近に学ぶことを通じて、情報システム工学に関する知見を深めるうえで有効な制度として機能している。

2.2. 大学院教育

平成 14 年に創設された大学院情報科学研究科は、以下のような教育研究を遂行することを目的としている。

- ・情報およびネットワーク技術に関わるハードウェアとソフトウェア、さらにコンテンツそのものに至るまで、多様な情報メディアを対象とし、数学的な関連基礎理論から先端的な応用技術に至るまで広くカバーする教育研究
- ・マルチメディア工学、バイオ情報工学など、先端的な情報技術を基盤とした人間系との接点に関する教育研究
- ・高度情報ネットワーク技術に支えられたサイバースサイエティにおける社会的な諸問題に取り組む教育研究

そのために、情報基礎数学専攻、情報数理学専攻、コンピュータサイエンス専攻、情報システム工学専攻、情報ネットワーク学専攻、マルチメディア工学専攻、バイオ情報工学専

攻の7専攻を構成し、それぞれ特色を持った教育研究を行っている（図1参照）。

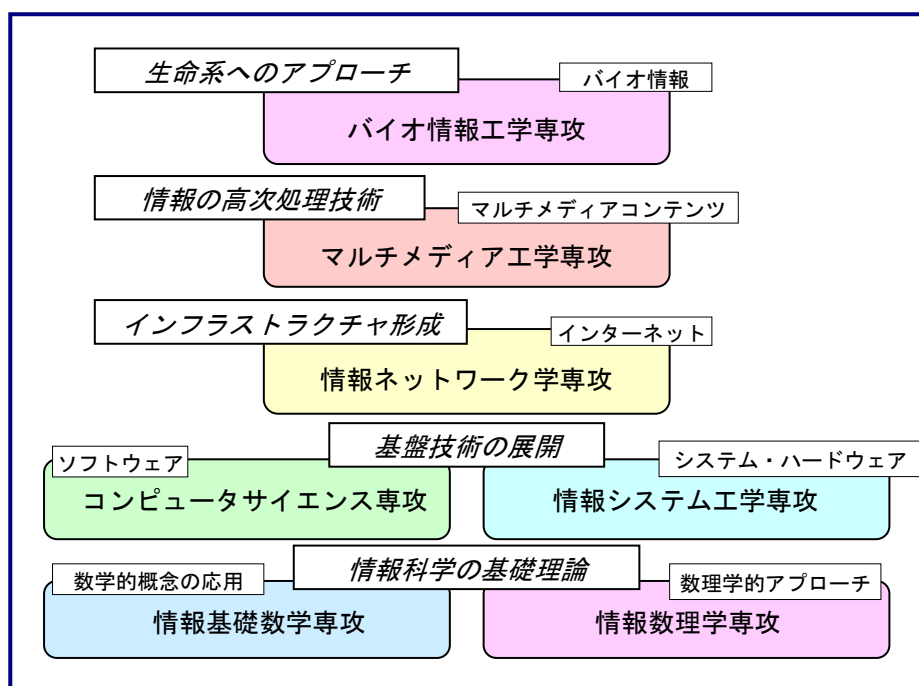


図1 大学院情報科学研究科の専攻構成

大阪大学における大学院教育の柱の一つは「先端的研究を通じた教育」であり、研究指導を通じて先端的研究を遂行し、ICT分野の技術発展に学生自ら貢献している。一方、講義については、ややもすると教員が専門とする研究分野を教えることをもって大学院教育とすることも多いが、本研究科においては各専攻においてカバーすべき領域をまず明らかにし、それに基づいて特色のあるカリキュラム設計を行っている。特に、専攻内基礎科目の他に、他専攻の科目を選択科目として履修することを義務付けており、専門に偏らない学習を可能としている。

以下では、人材育成の観点から取り組んでいる特筆すべき教育内容について紹介する。

(1) 演習科目の必修化

大学院教育においては座学が中心になることが多いが、本研究科においては座学のみならず演習科目も各専攻において必修単位化しており、OJT (On the Job Training) により情報システムを設計できる能力の習得を目指している。情報ネットワーク学専攻では、以下のような演習を実施している。

【情報ネットワーク学演習 I】

目的：調査・演習を通じて、ネットワークセキュリティやネットワーク分析手法に関する知識やスキルを習得する。

内容：

- ・ ネットワークセキュリティに関する調査
過去 5 年程度の CERT Advisory、Internet Security Systems Advisory などをもとに、セキュリティホールに関するサーベイを行い、また、なぜこのようなセキュリティホールが存在するのかをグループで議論することにより、ネットワークセキュリティホール全体への理解を深める。
- ・ ネットワーク分析演習

課題例

1. tcpdump や ethereal など、フリーのネットワークアナライザに習熟する。普段利用しているネットワークのパケットを収集することにより、どの程度の情報が漏れているかを知り、どのような対策が必要かを考える。
2. ネットワークアナライザを自作する。また、bpf ライブラリなどを用いたバージョンを作成し、SMTP や POP のセッションを解読するプログラムを作成する。
3. ネットワークのトラフィック量やパケット到着間隔を測定し、それをグラフ化するプログラムを作成する。DoS アタック検出プログラム、IDS (Intrusion Detection System) を作成する。

【情報ネットワーク学演習 II】

目的：ネットワークプログラミング演習を通じて、ネットワークノードにおけるパケット入出力に関する知識を習得する。

内容：

- ・ ネットワークプロセッサシステムに関する基礎知識を習得する。
- ・ ネットワークプロセッサ基礎プログラミング演習マイクロエンジンをを用いた基礎的なプログラミングを通じて、マルチプロセッサ・マルチスレッドプログラミング技法を習得する。
- ・ パケット入出力プログラム解析、実験基本的な IP パケット転送プログラムを解析し、ネットワークノードにおけるパケット入出力の仕組みを習得する。また、実機を用いた実験を行う。
- ・ パケットジェネレータを用いてパケット転送プログラムの負荷試験を行い、ネットワークノードにおけるパケット処理のボトルネックについて考察する。また、性能向上を目的としたプログラムの拡張を行う。

上記のいずれの演習科目においても、講義において習得した知識を実システム上に実現することによって、知識の実働化と実システムに触れる体験ができることを目指したものである。特に、ネットワークプロセッサを用いた演習は、米国インテル社の IXA University Program の一環としてネットワークプロセッサの寄附を受けて実施しているものであり、現在、北米 41 大学をはじめとして全世界で 100 大学余りが参画しているものであるが、わが国においては本研究科のみで行われている。ネットワークプロセッサは企業における製品のコアプロセッサとして組み込まれているものであり、習得した技術は実社会にも通用するものである。

また、演習課題はグループを構成して実施しており、複数人が協力した形でのシステム設計能力を養成することを意図したものになっている。また、平成 17 年度より社会人講座の一環として開講しており、演習実施、発表会を通じて実産業社会からの視点による議論も可能としている。

(2) 連携講座教員の大学院教育への参画

情報システム工学専攻、情報ネットワーク学専攻、マルチメディア工学専攻においては、企業から教員を迎えた連携講座をそれぞれ設けており、産学連携の足掛かりの一つになっている。連携講座教員には講義担当も依頼しており、学生にとっては産業に直結した講義を直接に受講できる格好の機会になっている。

さらに、各専攻では学生を連携講座に実際に配属し、学生に対する直接の研究指導を連携講座の教員に依頼している。その結果、配属された学生に対する教育効果は当然のこととして、セミナー等における学生同士の研究進捗発表会などを通じて、連携講座に配属されていない他の学生に対する良い刺激にもなっている。

(3) インターンシップの単位化

従来、情報科学研究科では、学生の自発的な応募により、あるいは指導教員のガイダンス等のもとで、企業へのインターンシップが行われてきた。そのような状況のなか、インターンシップ制度をより積極的に推進するために、平成 17 年度より博士前期課程においてインターンシップを単位化した。本研究科に設置されている産学連携総合企画室の全面的な支援のもと、平成 17 年度においても数十名がインターンシップ科目の単位取得を希望し、その内、20 数名は研究科教員の斡旋により参加している。その効果については今後の結果を待つ段階であるが、学生にインタビューしてみると、社会に目を向ける大切な契機になった、企業における研究開発業務の実際に触れて今後の修士課程における自分の研究の動機付けになった、などとの好評を既に得ている。

(4) 英語教育の充実

国際的に活躍できる人材を育成することの重要性は、これまでも繰り返し指摘されてい

る。本研究科においては、ネイティブスピーカーによる「英語プレゼンテーション」を博士前期課程の1学期（豊中地区）、2学期（吹田地区）を通じて開講しており、多くの学生が受講し、特に英語による発表のスキルアップが図られている。また、本研究科として、大学院学生が国際会議に参加し、英語で発表することを重要視しており、実際、多くの学生が英語での発表を経験している。

(5) ソフトウェア開発技術教育の充実

コンピュータサイエンス専攻では、ソフトウェア開発技術に関する講義科目として、「ソフトウェア開発論」や「ソフトウェア設計論」を既に用意している。また、プロジェクトマネジメントに関しても「ソフトウェア保守工学」において学べるように設定している。これらの授業では基礎的な知識を与えると共に、積極的にツール類を使用して実際の開発現場での適応力の向上を目指している。例えば、「ソフトウェア保守工学」のシラバス（抜粋）は以下のようになっている。

【ソフトウェア保守工学】

目的：ソフトウェア保守とは、プロダクトの納入後ソフトウェアプロダクトに対して加えられるフォールト修正、性能または他の性質改善、変更された箇所に対するプロダクトの適応のための改訂である。本講義では、ソフトウェア保守に関連した手法、技術、ツール等について講義する。

内容：

ソフトウェア保守における、計画の作成時に行われる規模の見積り手法（ファンクションポイントや各種の見積りモデル等）、効果的な工数配分を行うために用いられるメトリクス（開発・保守が困難な部分を特定するための複雑度メトリクス）、フォールト発見を効率良く行うための技術レビュー手法等について解説する。具体的には、主に以下の項目について述べる。

- | | |
|----------------|--------------|
| 1. ソフトウェア保守の基礎 | 2. Agile 方法論 |
| 3. プログラム解析技術 | 4. 見積り手法 |
| 5. ソフトウェアメトリクス | 6. コードクローン |

(6) ソフトウェア工学工房

本研究科とサイバーメディアセンターが組織している産学連携フォーラム OACIS の援助を得ながら、産学連携交流会「ソフトウェア工学工房」を実施している。ここでは、大学と産業界の人間が対等な立場で、先端的研究成果を現場に適用・普及させるとともに、現場の問題意識を大学に還元することを目指している。

具体的には、大阪大学で研究開発されたソフトウェアの保守作業を効率化するためのコ

ードクローン検出技術やソフトウェア部品再利用技術のセミナーを、平成 14 年度より大阪や東京で毎年数回開催してきている。それぞれのセミナーでは、26 名～56 名の企業参加者があり、実際にコードクローン検出ツール CCFinder やソフトウェア部品再利用支援ツール SPARS-J を各自のパソコン上にインストールして、利用方法や分析方法の体験学習をする教育プログラムを実施している。そこでは、ツールに関する技術の議論だけではなく、その背景にある問題意識など幅広い議論を行ない、研究の方向性の確認などにも活かしている。

また、大学院生に対するソフトウェア工学教育として、パソコン利用を前提として、実際の開発現場で利用されている種々のソフトウェア工学ツールを体験利用させている。具体的には、版管理システム CVS、統合開発環境 Eclipse、アスペクト指向言語 Aspect-J 等を利用した演習を行なっている。

(7) 社会人再教育（平成 17 年度より）

情報ネットワーク学専攻においては、社会人再教育を意識したネットワーク分野のスペシャリストの体系的な育成を目指す試みを実施している。特に平成 17 年度より、重要な知識に関する講義だけでなく、その得られた知識を実務に活かすための演習によるツールの使い方の習得も目的とした社会人講座を開設している。すなわち、単なるセミナーによる一過性の知識を提供する講義内容とは根本的に異なるものである。実際には、専攻において開講している情報ネットワーク学基礎論、情報ネットワーク学演習を社会人にもオープンにすることによって、社会人と教員、学生とのインタラクションを可能にしている。また、シラバスは、現場の実務者との共同によって設計し、系統立てた知識の提供とそれを使いこなす能力の育成を実現することを狙っている。

平成 17 年度は、このような社会人講座を 1 学期に開設し、15 名の社会人の参加を得た。今後アンケート調査などによるフィードバックを受け、来年度以降の実施体制について検討・改善していく予定である。経団連レポートにも指摘されているように、企業サイドにおいて人材育成のための研修を行う余裕が十分でない現状において、本社会人講座は、大学サイドが主体となりながら産学連携による人材育成に寄与する教育システムのモデルとなっていると自負している。

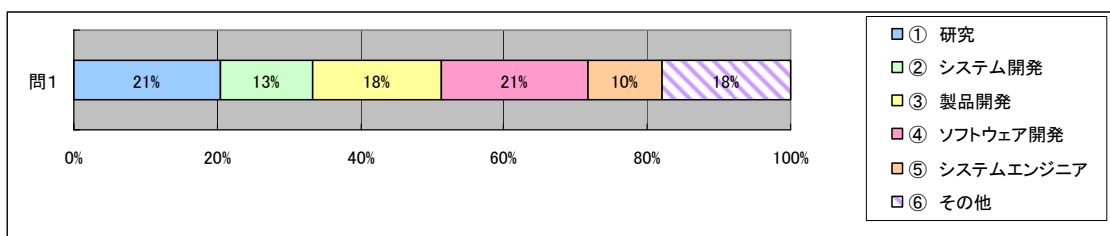
2.3. 企業実務者に対するアンケート調査結果

本レポートをまとめるに当たり、大阪大学大学院情報科学研究科における教育成果が産業界からみて満足のいくものであるかを調査し、また、今後の我々の教育改革に資する目的で、下記のとおりアンケート調査を実施した。本研究科は平成 14 年 4 月に開設されており、平成 16 年度 3 月の博士前期課程修了生が研究科の第 1 期生に当たる。アンケートの概要は以下のとおりである。

- アンケート対象者：コンピュータサイエンス専攻、情報システム工学専攻、情報ネットワーク学専攻、マルチメディア工学専攻の4専攻の平成16年3月博士前期課程修了生の内、企業に就職した78名の直属の上司の方々（入社後1.5年経過）
- 回答締め切り：平成17年9月15日（木）
- 回答率：50%（78名のアンケート依頼に対して、39名から回答）

卒業生および回答者（卒業生の直属の上司）の所属部門の職種を下記に示す。研究、システム開発、製品開発、ソフトウェア開発、システムエンジニアなど各種の職種であり、特に偏りはみられない。

問1 回答者および阪大卒業生の所属部門



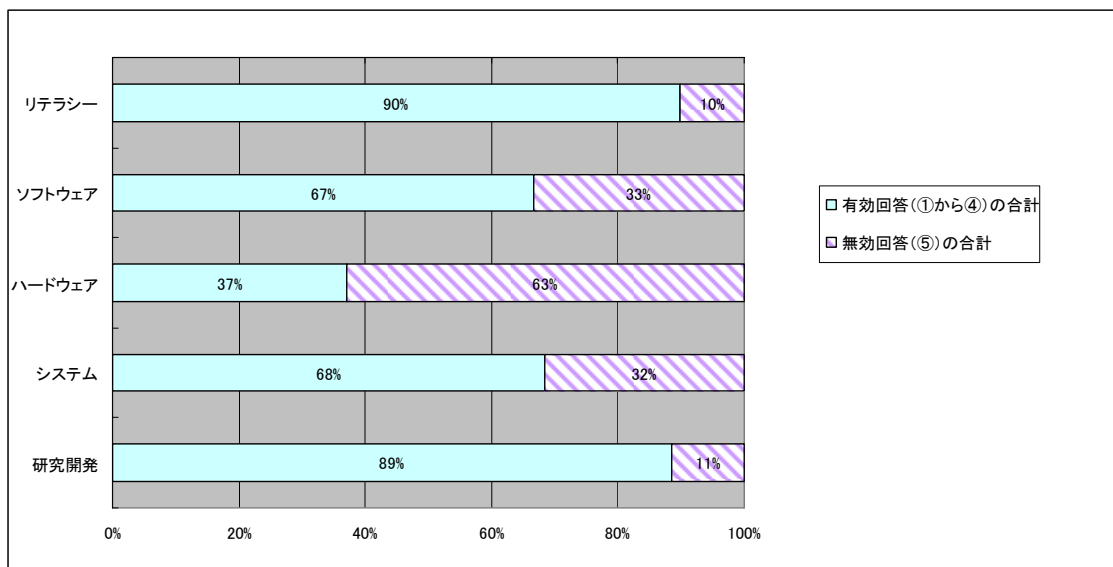
質問内容は、本研究科での教育方針をもとに企業就職者にとって重要と思われる技術項目を抽出した。また、経団連レポートも参考とした。回答形式は下記の5段階評価からの選択式とした。

- ① 業務遂行に十分の実力、知識が身についている。
- ② 十分ではないが、他の情報専攻出身学生に比べてより高い知識を有している。
- ③ 十分ではないが、一般理科系出身学生に比べてより高い知識を有している。
- ④ 不満がある。
- ⑤ 業務上関係ない知識であるので、判定できない。

質問は14項目で、コンピュータリテラシー分野が2、ソフトウェア分野が3、ハードウェア分野が2、システム分野4、研究開発遂行力（プロジェクト推進力）分野が3項目である。その集計結果については、付録Aに添付した。

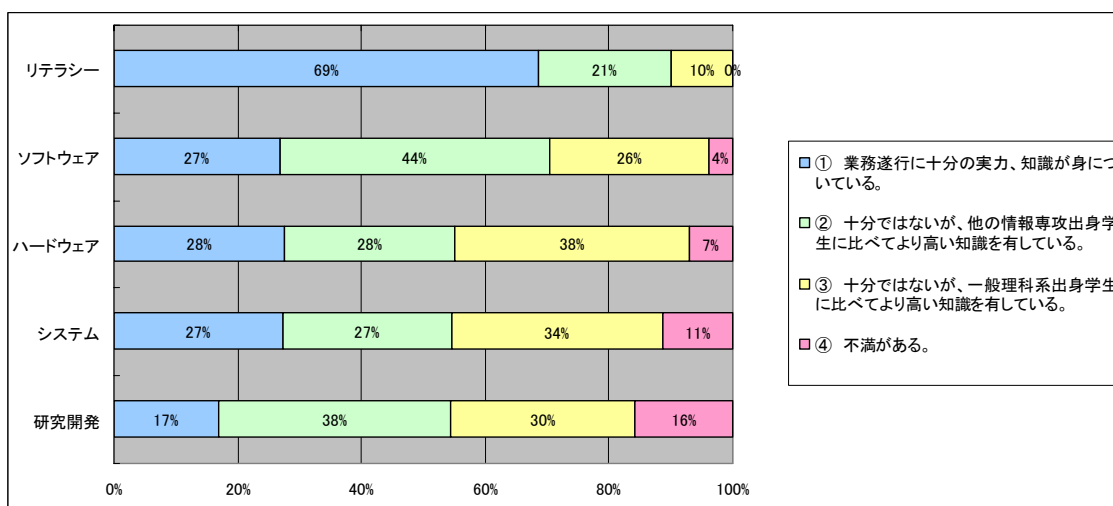
現在の業務と質問項目がどの程度関係するかみるため、分野単位に①から④の合計と⑤の集計をとったものが下記の表である。コンピュータリテラシー、研究開発遂行力の質問項目は、どちらも90%以上が業務に関係していると回答しており、情報科学技術分野の教育としては必須項目であると理解できる。ソフトウェアが67%、システムが68%であり、業務が多岐にわたっているが、広く必要な技術であることが伺える。ハードウェアは37%であり比較的業務と関係していない場合が多い。

問 2～問 15 有効回答（⑤以外）の全体に対する割合



次に⑤の回答を除いて①から④の回答について、分野別に集計した結果を下記に示す。

問 2～問 15 分野ごとの合計（⑤を除く）



コンピュータリテラシーについては、69%が①業務に十分、21%が②十分ではないが他の情報系専攻出身の学生に比べてより高い知識を有していると回答しており、90%が①または②であり、本学の教育には問題がないと言っても良いと思われる。ソフトウェア分野は①と②の合計を取ると71%であり、他の大学と比べれば充実した教育をしていると考えられるが、①と回答したのは27%であり、さらに充実した教育を行うための改善を続ける必要がある。ハードウェアについては①から④の回答が37%であり、また、専攻により教

育レベルが異なり、本アンケートのみからは情報科学研究科としてどう取り組むかの指針を見出すことは困難である。システムについては、ソフトウェアに比べて②が27%と低い。研究室での輪講やゼミナールにおいてその素養を身に付けることを期待しているが、ソフトウェアのように系統だったカリキュラムが必要と考えられる。

今回のアンケート結果で最も問題と考えられるのは、研究開発遂行力（プロジェクト推進力）である。本来、卒業研究や修士論文研究などで多くの時間をかけて学習しているはずであるが、評価は最も低かった。これには次のような理由が考えられる。

- (1) 研究が高度化し、学生が研究の目的やその分野での置かれた位置などを十分に理解しないで卒業研究を行っているために、研究開発遂行力（プロジェクト推進力）が習得できていない。
- (2) 一般に言われているように学生の自立性が劣ってきているため受身で研究を行っており、研究開発遂行力（プロジェクト推進力）が身に付かない。
- (3) 研究が高度化し分業体制となり、担当教員と学生という1対1の関係に閉じていて、研究室内においても他の学生や他教員との関係が希薄である。

いずれにしても、専門知識のように必要となった時に身に付くようなものではなく、長い教育成果の結果として習得できる人間力のようなものであり、大学教育においても何らかの方策を考える必要があるという前章の考察が裏付けられた形になっている。これらのアンケート結果を受けた今後の改革について、次章に示す。

3. 大阪大学における今後の取り組みについて

3.1. 情報科学技術がもたらす未来像

科学技術の細分化に伴ってそれぞれの分野に従事する個人が将来を見通すのが困難になり、夢を描けなくなっているという指摘は最近度々なされている。これは ICT 分野にとっても同じである。これまでの数十年にわたる発展によって ICT 分野は一旦成熟期を迎えたとも言える。そのため、今後 ICT 分野における高度人材を育成するためには、人材育成に係る大学教員自らが夢のある ICT 分野の将来像を明らかにし、それに向かった教育研究を推進していくことが重要である。大学教員を含めて、そこに従事する各人が夢のある未来を描けてこそ、学生やあるいは高校生にとって活躍のしがいのある分野になると言える。そこで、我々が従事する ICT 分野が実現を目指す未来像について以下に述べる。

わずか 50 年余りに誕生したコンピュータが、現在、あらゆる科学、産業、社会を支える基盤技術として浸透し、必要不可欠なものとなっている。これほど短期間に高速化、小型化、高機能化などの著しい進歩を遂げ、社会に浸透し、日常生活に不可欠になった科学技術は、人類史上において他に例を見ない。しかも、計算の道具として誕生したコンピュータが、単なる計算にとどまらず、コントロール、コミュニケーション、情報管理・発信・収集と多岐にわたった応用分野を見出しており、10 年後でさえも ICT のもたらす将来像を見通すことは困難であるとも言える。

しかし、我々は以下の点については強く確信している。つまり、情報は、物質、エネルギーと並び、人間社会を構成する三大要素の一つであり、人類は常にその発展を希求し続けてきた。今後も、より幸福な社会を実現するために、情報科学技術分野の革新的技術を追い求め続けるであろうことには疑いの余地がない。

実際、宇宙航空開発、自動車や新幹線などの車両開発、ロボット開発、最先端医療開発など、現在の最先端技術や産業は、コンピュータの発展なしには実現し得なかったものである。つまり、情報科学技術分野に携わる科学者・技術者の醍醐味は、あらゆる科学・産業の分野において、人類が思い描きながら従来の科学技術だけでは実現できなかった多くの夢に対し、独創的なコンピュータ技術を創出することによって、夢の実現への突破口を切り開くことである。

例えば「地球シミュレータ」のように、コンピュータ上に「仮想地球」を創り出し、地球規模の気候変動や地層・地殻変動メカニズムなどをシミュレーションで解明するためのスーパーコンピュータ技術は、ハードウェア、ソフトウェアの最先端技術の結晶であり、応用例として、より正確な台風進路予測を通じての防災という観点から市民生活に多大の恩恵を与えている。

また、現在、インターネットを用いて、全世界への情報発信が容易に実現可能となっているが、従来では、自分の考え等を世界にむけて発信したい場合、世界的な広報機関（出

版社、新聞社、放送メディア)を通じて、場合によっては高額の対価を支払うことによつてのみ可能であった。さらに、さまざまなデータベースもインターネットを介して利用することができ、従来は専門家のみが利用できた専門的知識や専門性の高いデータなども入手可能となっており、知識の普遍化が進んでいる。これらの多様で膨大な情報がネットワークを介して融合・結合されることにより、情報自体に新たな付加価値を生み出しており、それを効果的に利用するための技術を開発することは、社会への大きな貢献である。

最近では、IC タグ、マイクロセンサー、無線通信技術の発展により、環境、生態系、生体、物流などにおいて従来の技術では考えられなかったような、きめ細かで正確なデータの獲得が可能になってきた。環境問題、難病治療など人類が直面している問題の解決策は有用なデータをいかに収集・活用するかにかかっている。情報収集、情報処理の基盤技術として情報科学技術はますます重要になり、加えて、環境科学、バイオサイエンス、ナノテクノロジー、社会科学等との先端境界領域で新たな科学技術の創生や発展が期待される。

ここで示したことは一部の例にしか過ぎないが、多様で高度な情報操作を可能にするコンピュータとインターネットこそ 21 世紀への最大の贈り物であり、それらを活用して新たな科学、産業を将来に向けて創出していくことが、この分野の研究者・技術者に期待されている。

3.2. 学部カリキュラムの改革

ICT 分野における学部カリキュラムの改革について、以下では、大阪大学において該当分野として最も関連する基礎工学部情報科学科（計算機科学コース、ソフトウェア科学コース）、および工学部電子情報エネルギー工学科情報システム工学科目を対象として述べる。

また、本章の 3.3 節以降の大学院教育に関する記述は大阪大学大学院情報科学研究科に関するものであるが、ICT 分野に特化した内容を含むものについては、本研究科内のコンピュータサイエンス専攻、情報システム工学専攻、情報ネットワーク学専攻、マルチメディア工学専攻の 4 専攻を主な対象としている。

基礎工学部情報科学科（計算機科学コース、ソフトウェア科学コース）

(1) 学部卒業生の 9 割が大学院に進学するという現状を反映し、大学院教育との接続性をさらに高めることが有効である。また、高度な情報通信人材の育成には、情報科学技術分野の広汎な領域における基本的な原理、理論、技術の体得と、特定領域の最先端の理論、技術の体得の二つが不可欠である。そのために、学部での基本的な原理、理論、技術の教育、大学院での最先端の理論、技術の教育という役割分担を基本としつつ、学部・大学院の連続性と多様な教育ニーズに対応するための柔軟性を高めることを目的として学部・大学院共通科目を拡充していく。その上で、ソフトウェア設計工学コース、情報

ネットワーク学コース、マルチメディア工学コースなどの複数の履修モデルを提示することによるプログラム制を導入し、各学生の教育目的の達成のために、効果的な履修を支援・推進する。

- (2) 社会からの高等教育に対する多様な要請、学生の多様なニーズに対応するためには、他学部、他学科が提供する科目を効果的に活用することが有効である。現状でも、他学部、他学科の科目を履修することは可能であるが、あくまで学生の自主的な判断に委ねられており、効果的に活用されているとは言い難いのが実情である。上記の履修モデルにおいて、他学部、他学科の科目をも考慮したコース設定を行う。
- (3) ICT は広汎な工学分野の基礎となっており、高度な情報通信人材には、情報科学技術の習得とともに、他分野の基本的な知識、技術の習得も必要である。そのために、副専攻の制度を導入し、他分野の基本的な知識、技術の習得を推進する。
- (4) PBL (Problem Based Learning)、ゼミナール、卒業研究で既に実践している創成科目は、高度な情報通信人材の育成にとって非常に効果的に機能していると自負している。これら創成科目においても、多様な教育ニーズに対応するために、多様性、柔軟性を高める。
- (5) 実験・演習では、講義で習得した基本的な原理、理論、技術の実践・体得を目的としている。実験・演習内容やその環境整備については早急に見直しを行い、産業界の協力の下に最先端のツール等を導入することにより、最先端技術をも体得できるようにする。
- (6) 教育カリキュラムの整備だけでなく、教員の教育技術力の向上、社会ニーズや技術動向の把握が重要である。そのためには、産官学連携、大学間連携によるファカルティ・ディベロップメント (FD) プログラムを充実させていく。

工学部電子情報エネルギー工学科情報システム工学科目

工学部では、平成 18 年 4 月入学生から電子情報エネルギー工学科を電子情報工学科に改組を行う。電子情報工学科は、電気電子工学科目と情報通信工学科目からなり、1 年次では、情報技術と電子技術との共通的な素養を養い、2 年次進級時にいずれかの学科目に分属される。従来は、情報システム工学科目として、ハードウェアとソフトウェアを有機的に融合し、情報システムを構築するための技術を体系的に理解できる技術者育成を目的としていたが、改組後の新学科では、情報通信工学科目として、上記に加えて、ネットワーキング技術、ワイヤレスネットワーク技術などの専門分野にも注力し、高度 ICT 人材の育成のための教育カリキュラムを組んでいる。

電子情報工学科では、平成 19 年度からコア科目制に移行するべく準備を進めている。米国において理工学系で著名な大学では、学部卒業時にも高い専門知識を持った学生が輩出されているが、コア科目の導入が寄与するところは大きい。これは各学科が、主専攻として成立するための共通的な基礎について必修コア科目を設け、連続性のある複数の講義と、実験及び演習をセットにして学ぶことにより、学生全体のレベル底上げとスキル充実化を

図るものである。その上でさらに個別の主専攻（コース）を選択することにより、深い専門知識を会得するというものである。電子情報工学科は、従来の授業科目を再編し、「コンピュータサイエンスとプログラミング」、「コンピュータシステム」の二つをコア科目として位置付け、講義、実験、演習を一貫して行うことにより、輩出人材の充実化を進める。本コア科目は 1 週間に講義を複数回実施することにより、効率良く内容を習得することができる。

また、平成19年度からのカリキュラム改訂により、情報通信工学科目では、従来の電気系科目を削減し、「情報通信基礎」「情報通信数学」「情報通信ネットワーク」などを充実させる。併せて、大学院進学ならびにその後の研究者、技術者としての専門性を高めるために有効な「集積システム」、「ネットワークング」、「ワイヤレスネットワーク」、「マルチメディアコンテンツ」などの基本履修モデルを提示することにより、より産業界のニーズにあった人材の輩出に努める。

3.3. 大学院修士課程における教育強化

これまで大学院教育においては、主として研究者育成の立場から教育指導が行われてきた。特に、修士課程において大きな時間を割いている修士論文研究では高度な学術的成果を求めており、その観点からの研究指導を行ってきた。しかし、今後は ICT 業界が真に必要とする人材が不足しているという問題に真摯に対処していく必要がある。

そのために、修士論文研究によって培われる問題解決能力に加えて、問題発見能力、問題構成能力を養成する必要がある。また、分析能力だけではなく、設計能力をいかに伸ばすかが重要である。そのためには、大学院教育に対する教員の意識改革がまずもって必要である。例えば、基礎研究に重点を置くコース、実用研究に重点を置くコース、実践技術の習得に重点を置くコースなどを学生に提示し、これらのコースに沿った履修指導の実施、修士論文の研究テーマ設定への反映など、新たなコースワーク設計の検討が求められる。

加えて、以下のようにさまざまな取り組みを総合的に行うことが必要になる。これまでも繰り返し言われてきた項目も含まれているが、それらを制度化し積極的に運用していくことが重要である。

- (1) 設計能力を身に付けさせるカリキュラムを導入する。例えば、ソフトウェアシステム設計（アーキテクト養成）コースは付録 B に示すようなカリキュラムを考えている。本コースは、コンピュータサイエンス専攻の課程の一部として科目を取得することにより、コンピュータサイエンス専攻修了と共に、ソフトウェアシステム設計コース修了の認定を可能にするものである。他専攻についても同様のコースを設定する。
- (2) 修士 1 年生では、講義科目による幅広い知識獲得に加えて、実際のシステムの設計情報や実現方法をケーススタディとして利用して、プロジェクト演習として OJT によって実働化の知識を吸収させる。そのために、

- 産学連携により、実務経験者を巻き込んだカリキュラム設計を行う。幸い、当研究科では連携講座を有しており、連携講座教員などとの協働により産業界の適任者を講師として任用する。
 - 講義を担当する教員の企業派遣制度を導入し、教員の視野をまず広げる。また、共同研究等を通じて企業活動の実態を知ることも有効であるため、企業等との共同研究を推進する。
- (3) キャリア選択の動機付けや企業実務を知るために、すでに実施を行っているインターンシップにさらに積極的に参加するよう奨励し、就職する前に実際の企業活動にできるだけ多く触れるようにする。
 - (4) 国際的な視野を持つ人材育成のために、海外との交流プログラムを積極的に展開する。例えば、本研究科では文部科学省の支援のもとで平成 17 年度から 4 年計画で「大学教育の国際化推進プログラム（戦略的国際連携支援）」を開始する。これは、教育研究に関する密な連携活動の実績を有する米国カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）をはじめとする海外の大学と連携し、双方で単位互換制度や遠隔講義システムの整備を企画・推進することによって国際連携教育プログラム策定を推進するものである。
 - (5) 修士論文研究に本格的に取り組むのは上記の方策により視野を十分に広げた後、例えば 2 年次になってからとする。
 - (6) 修士論文のテーマ設定にあたっては、研究室や専攻に閉じることなく、セミナー科目などを利用して、広く教員、学生の意見を求める。
 - (7) 修士論文研究の遂行においては、産学連携の共同研究やプロジェクトを積極的に行ない、教員と学生が一体となって研究開発現場での問題や今後の方向性を理解する機会を増やす。また、学生には、実際のプロジェクトに触れる機会を増やし、実際の体験させる。

3.4. 大学院博士課程学生の研究力・人間力の強化

博士課程の学生に対する組織だった教育と呼べるものはこれまでほとんどなされてきておらず、各専攻さらには各研究室に任されてきたのが実情である。しかし、その限界はもはや明らかであり、今後は組織的な教育に注力し、研究力は当然のこととして、国際的に通用する人間力を強化するための教育の充実を図り、産業界に通用する研究者、および、研究力を有する技術者の養成を目指す。そのために以下の方策をとることとするが、留意すべき点はそれらを学位審査のための条件として課すことによって出口管理を組織的にしっかりと行うことである。なお、以下で列挙した方策のなかには、例えば(2)など、社会人学生については対象外とする方策もある。

- (1) 大阪大学では、平成 17 年度にデザイン力やコミュニケーション能力を養うための全学組織としてコミュニケーションデザイン・センターが開設されている。それを活用することによってコミュニケーターとしての能力を養う。

- (2) 設計能力を養うことを目的として、長期インターンシップ制度を導入する。また、研究プロジェクトや企業との共同研究などに参画させることによって、研究者としての幅広い資質を醸成する。
- (3) 修士課程のプロジェクト演習にプロジェクトリーダーとして参画させ、プロジェクト運営能力、指導力などを養成する。
- (4) 国際的な視野を持つ人材育成のために、海外との研究交流プログラムを積極的に展開する。例えば、修士課程と同様の国際連携教育プログラムを積極的に運用したり、21世紀COEプログラムにおける長期海外インターンシップ制度等を有効に利用する。
- (5) 教員や社会人学生を含む博士後期課程在籍者による研究発表会を実施し、異なる研究分野の研究者らによる幅広い視点での議論を行なうことによって視野を広め、また自己の研究の新たな展開に資する。研究発表会には、連携講座教員の出席も求める。
- (6) 公聴会において、専門分野にとどまらない幅広い質疑応答をさらに充実させ、申請者の資質を厳正に審査する。また、学位審査委員会には企業の在籍者や経験者を審査委員として含めることによって、産業界からの視点も含めた審査を行なう。
- (7) 上述の取り組みを含めて学位授与のための基準を定め、厳格な運用を行う。さらに、英語による学位論文の作成を推奨し、研究成果の国際的な発信を必須とする。

3.5. 中長期的目標

本節では、教育だけではなく研究に関する取り組みも含めて、大学院情報科学研究科が今後も世界のトップクラスを確保するための中長期的目標についてまとめる。

現在、平成18年度開始を目指して、第三期の科学技術基本計画が策定中である。従来の第二期の基本計画においては、その成果を何に求めるかということで、例えば、ノーベル賞の今後の受賞者数を掲げ、ノーベル財団などからその真意を疑うコメントがなされたことは記憶に新しい。そのような状況のなかで、我々が学術研究あるいは教育で目指していくべきは、世界の大学ランキングの上位を占めることであろう。評価は多様な尺度によって測られるべきであって、逆にその一律的でないところに意義がある。すなわち、さまざまな評価尺度で世界のトップランキングを占めることに大きな意義があると考えられる。

従来から評価されてきている我々の研究力、および、本レポートで述べてきた大阪大学大学院情報科学研究科の人材育成に関するさまざまな強化策をベースに、我々が長期の目標とすべきは情報科学技術分野において「世界のトップ10」に名を連ねることだと考え、特に「グローバル10計画」と名付けることにする。

本研究科が国内外のトップランクの大学と競い、その上位を占めていくには、国内で定着している一般的な偏差値によるランキング、また、本研究科の教員数からすれば大規模な研究科とは言えず、それらの観点を考慮すると目標達成にはそれなりの工夫を要する。そこで、以下のような5項目を持って、チャレンジしていく。

(1) 情報科学技術の基礎理論から最先端応用技術までをカバーする組織体制

まず、情報科学技術に関する先進的で専門性の高い教育研究をより一層発展させ、この分野で世界をリードするには、情報通信技術に対して、さまざまな側面から科学的に取り組んでいくことが社会から強く要請される。そのためには、情報科学技術に関する基礎理論から最先端の応用技術までを網羅した組織構成がなされていることは必須である。現在、本研究科は、このようなコンセプトを先の図 1 のように 7 専攻によって非常に明解に実現している。また、学内の研究所、センターからの 6 協力講座、さらに産業界との連携強化を図るための 3 連携講座が設置され、組織的な強化がなされている。従って、現在の研究科の組織体制が世界的なランキングとしてトップを目指す基盤として機能していることを確信している。

(2) 際立った特徴をもった研究の推進：情報科学技術と生物学の融合

本研究科は、創設後まだ 4 年間しか経過していないが、そのルーツを辿りながら、際立った特徴について紹介する。本研究科の源流の一つである基礎工学部情報工学科は、昭和 45 年に国立大学に最初に設立された情報工学関連 5 学科の一つとして創設され、その後の国内における情報工学教育研究に関する一大拠点として活動してきた実績がある。また、情報系の源流の二つ目である工学部情報システム工学科は、エレクトロニクスの素養を基礎として情報工学分野における諸技術を包括的に捉えることのできる、ハードウェアからソフトウェアにいたる広い視野を持つ研究者や技術者の育成の要請に応えるべく平成元年に創設された。特に、「情報システム工学」という名を冠する先がけ的な教育研究組織であり、その分野の学問体系の確立に多大の貢献をしてきた。さらに、本研究科バイオ情報工学のルーツである工学部応用生物工学科は、明治 29 年に大阪工業学校醸造科として創設され 100 年以上の歴史を持っている。特に、世界でも特異な工学系の生物工学科の源流となっており、わが国および世界の醸造工学、醗酵工学、生物工学の発展に寄与してきた。

このような歴史的な背景を有している本研究科が、情報科学技術と生物学の融合領域の開拓と発展にその特徴を求めることは、その実現性からも非常に理に適うものである。

実際、本研究科が中心となって創設年度の平成 14 年度から開始している 21 世紀 COE プログラムでは、生物界に学ぶ情報科学技術の創出をテーマに両分野の研究者が一体となってプロジェクト推進を行ってきた。平成 16 年度の間評評価において 5 段階評価の最高レベルの評価を得ることができ、また、個別具体例においても本 COE プログラムが顕著な研究教育成果を挙げている事例として引用されている。また、本テーマに関する世界最初の国際会議を平成 16 年 1 月にスイス・ローザンヌで開催して世界的に高い評価を受け、その会議成果が Springer 社から State-of-the-Art Survey シリーズの 1 巻として刊行された。さらに、本 COE プログラムと深く関連して推進されてきた研究成果論文が、米国学術雑誌 Communications of ACM をはじめとして、情報分野で従来から世界的に定評のある論文誌

に次々と採録されている。

これらの事実より、本研究科は新たな学問領域の開拓に多大に貢献していると同時に、この分野で世界のリーダーシップを発揮していく見通しが得られた。したがって、本研究科が世界のトップランクを占めるシナリオの一つとして、生物学と情報科学技術の融合をお互いの分野が恩恵を被れる形態でさらに発展させ、着実に実現していくことは有効であると確信する。

(3) 国際的視野で情報科学技術を先導する人材の育成

情報科学技術は、WWW 技術一つをとっても、サイエンスの加速度的なグローバル化の進展を支える基盤として大きく貢献している。そこで、人的リソースの側面から世界各国の研究者や技術者を強いリーダーシップで纏めあげ、国際連携によるグローバルな視点で 21 世紀の科学技術の進展に大きく貢献できる優秀な人材を育成する教育プログラムを整備することが重要である。つまり、もはや我々は、国内的な視野に安住することなく、常に国際的視野でリーダーシップをとれる人材の育成に真剣に取り組むことが要請されている。

特に、上記の(2)との深い連携のもとで、生命科学等の異分野と情報科学技術の融合、さらには情報科学技術分野内での「技術指向」と「論理指向」との融合を図る教育プログラムを策定し、融合科学を国際的視野で先導できる人材を育成することは肝要である。それを具現化する第一ステップとして、教育研究に関する密な連携活動の実績を有する海外の大学との連携教育プログラムを実施し、その知見を踏まえて、第二ステップとして、その連携の和を複数の国の複数の大学に広げていくシナリオを考える。

その具体的なアクションプランとして、先に述べたように本研究科は、「融合科学を国際的視野で先導する人材の育成」というテーマのもとで、文部科学省の「大学教育の国際化推進プログラム（戦略的国際連携支援）」を平成 17 年度から 4 年計画で開始しており、その実行を通じて本研究科が世界的なランキングで上位を占めるような教育拠点形成が実現すると確信する。

フェーズ 1 では、従来、教育研究に関する密な連携活動の実績を有する米国カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD) と連携し、双方で単位互換制度や遠隔講義システムの整備を企画・推進することにより、国際連携教育プログラム策定を推進する。UCSD は、該当分野で本研究科に比べてより実践的かつ実際的な技術指向型の豊富な教育プログラムを有し、逆に本研究科の教育プログラムは、より論理的思考育成を重視する研究指向面で充実している。一方で、双方とも生命科学との融合領域を重視している共通点を有し、本取組みの対象校として最適である。

フェーズ 2 として、同プログラムをさらに発展させ、オーストラリア・モナッシュ大学、中国・北京大学、台湾・NCHC (National Center for High Performance Computing) など複数の大学・研究機関と連携し、育成体制および連携基盤をより国際性の高いものに拡充する。特に、本取組みの最終フェーズでは、国際共同研究の推進の場で学生を OJT で研修さ

せることを企画している。この実践研修は、本取組みの国際競争力を有する人材育成貢献への実証の場として有効であると同時に、抽出した課題および得られた知見をフィードバックし、より高度な国際的人材育成ネットワークの構築が可能となり、高等教育の国際的通用性・共通性の向上に大きく寄与することができる。

なお、国際的な視野を常にもつことは、学生のみならず教員、職員にとっても非常に重要である。本研究科では、若手教員が年間数名、数ヶ月間にわたり海外に派遣・滞在することを経費的に支援したり、事務職員が海外研修することを支援するプログラムを平成16年度から既に開始しており、実績を積んできている。さらに、教員が長期にわたり海外に滞在することを可能にする一環として、サバティカル制度を同じく平成16年度に設定した。これらは、国際的視野で情報科学技術を先導する人材の育成に大きく寄与し、ひいては世界的なランキングで上位を占めることを可能にするものと考えられる。

以上、国際的視野で情報科学技術を先導する人材の育成についてのプランを述べてきたが、世界に開かれた大学院教育を実現する上では、当方から一方通行的なプランのみでは不十分であり、今後、特に博士後期課程の留学生が英語のみで学位が取得できるような体制整備も必要と考えられる。

(4) 教員の分野構成に関する特段の配慮

上記(1)のように情報科学技術分野を網羅しながら、本研究科として特に強化する分野を定め、その領域を手始めとして世界のリーダーシップをとっていくことは有効なシナリオと考えている。特に、現在のように限られた教員ポストのもとで、いかにメリハリを付けて強化する分野を特定するかが、我々の目標を成就する鍵となることは必至である。従来、国立大学等の設置審査の過程における講座の配置などについては、カバーする領域の冗長性を排する意味から、同じ分野の講座が二つ以上設置されるのは稀有なことであった。それに対して、米国などにおいては、逆に特徴を出すために同じ分野の研究者を集約し、強力な研究グループを構成してトップの座を獲得している。本研究科では、既にコンピュータサイエンス専攻において、このような強化策も視野に入れながら教員人事選考を行った。今後、このような特定分野の強化策がますます重要になるであろう。

ただし、このような人事選考を行うにも教員ポストの制約、教員の定年退職のタイミングなどに関連して、目指す組織体制を実現するには時間を要する。その解決法として、次の二つの方法を考えている。(1) 競争的外部資金を積極的に獲得し、特任教員ポスト枠の拡大を図り実現を加速する。(2) 研究科内で閉じることなく、他の研究科あるいは大学間、さらには産業界も含めて、お互いに恩恵を被ることを旨としながら「連携体制」によって組織強化を図って行く。

(5) 産業界との連携関係の強化

情報科学研究科では、産学連携の推進組織として産学連携総合企画室とIT連携フォーラ

ム OACIS を設置し、企業等との緊密な連携体制を確立している。OACIS は、情報科学研究科創設直後の平成 14 年 7 月に設置され、会員企業数 46 社（平成 17 年 5 月現在）で、半年に 1 回のシンポジウム、概ね 2 ヶ月に 1 回の技術座談会を継続的に開催し、技術シーズとニーズとのマッチングを図り、共同研究の推進に向けて活発な活動を展開している。また、「シーズ技術データベース」を構築し、研究科内のシーズ技術をウェブサイトで一般に公開する作業も現在進行している。このような産学連携活動は、先端的研究分野における共同研究を推進する上で非常に重要である。しかし、最近では、このような共同研究は広範に行われており、単にそれによって特徴的な組織を生み出すことはなかなか困難である。

そこで、産学連携の根幹を教育に見出し、次のような新たな視点からの教育プログラムを検討し、世界のトップランクに位置する道を考える。博士前期課程および後期課程の学生達が日々受講している講義あるいは研究室での研究活動に加えて、企業との連携活動によるインターンシップを強化し、講義内容のどのような内容あるいは原理が、企業における商品開発、サービス活動のなかで重要かつ有効なのかを自らが学ぶことは重要である。

つまり、職業スキルの向上を目的としたものではなく、教育活動の重要な一環としてインターンシップを行うことを考える。また、インターンシップを大学におけるシーズ技術が企業の技術ニーズとマッチし、どのようなプロセスを経て商品化に結びついていくかのビジネスモデルを実体験する貴重なチャンスとも捉える。そのような体験を通じて得た知見は、「研究のための研究」という視点ではなく、「社会に還元できる研究」を遂行するにはどのような視点で普段の研究活動を進めるべきかにフィードバックされ、さらには、産業に関する日本の国際競争力を向上させる上でも非常に重要である。

このような産学連携の教育プログラムを遂行する上で効果的と考えられる「相互インターンシップ」の考え方を、今後研究科内で広めていくことを目指す。これは、産学共同の研究プロジェクトの場に関連研究に携わっている学生達を積極的に参加させ、一方、対象企業サイドからは研究開発グループのメンバーが参画し、相互が一体となって、OJT を展開していく新たなインターンシップ教育プログラムである。つまり、共同研究プロジェクトに関する研究推進担当教員、関連研究室学生、対象企業の関連研究開発グループ長、および同グループのメンバーが緊密な連携の基に混然一体となって、プロジェクトを遂行する過程で、必要な要素技術に関する学習、さらには、プロトタイプシステムの開発などを双方共同で協議しながらインターンシップを推進することを目指す。企業サイドからすれば、関連研究開発グループのメンバーが、大学からの担当教員のもとで学生達と一緒にインターンシップ教育を受けている状態と捉えることができ、このようなプログラムを「相互インターンシップ」と名付けている。

特に、「相互インターンシップ」を推進する場合、通常の「共同研究」と異なり、「教員はインターンシップそのものを研究テーマも含めて推進する」立場に最初から立つことが重要である。特に、そのプログラム実施にあたり、学生は派遣先の企業で開発のプロセスを経験できるインターンシップを受け、企業における技術ニーズがどのように生まれるの

かを実際に経験する。このようにして、ビジネスモデルを把握し、国際的にリーダーシップのとれるエンジニアの育成が可能となる。

以上の5項目を実行するにあたり、特に項目(2)、(4)のように分野の選択と集中を行うことによって、先鋭的に我々の目標を実現するには、研究科の全面的支援のもと、期限付きのセンターを設けて推進することは有効である。本研究科が現在計画中の以下に述べる「アンビエントネットワークセンター」は、そのような意義をもつセンターとして重要である。先端的な情報環境であるユビキタスネット環境は、時空間的な制約から開放されたコンピューティング環境を提供しているが、次に求められる要件として、ユーザあるいはクライアントが置かれている状況に依存した（Context-Awareness な）情報通信環境の構築が重要になってくる。

つまり、ユビキタスネット環境は「何時でも、何処でも、誰とでも」通信が可能な情報インフラを提供するものであるが、それに加えて「今だけ、此処だけ、貴方だけ」という要請が満たされないことには情報インフラの利活用はままならず、価値創発には結びつき難い。この要請を満たす究極のユビキタスネット環境を、元来「周囲の、あるいは周辺の」を意味する「アンビエント(ambient)」という言葉を用いて「アンビエントネット環境」といい、生物界に学ぶ情報技術の創出も視野に入れながら、情報科学技術のブレークスルーを目指すのが「アンビエントネットワークセンター構想」である。そのセンター構想では、特に以下のようなことを目指している。

- ・ 前述のように大学院博士前期課程では、教育をより重視し、教育課程として確立していく必要がある。そのことを考慮して、他大学では、「教育府」と「研究院」を組織上分離することも既になされている。そこで、本研究科内で世界的にリーダーシップを発揮できる分野を特定し、その分野に関する先端的な研究および人材育成を先鋭化して推進する組織として本センターを位置づけることを考えている。センターは時限付きの組織として、重点的テーマの見直しを4、5年ごとに行い、情報通信分野の急速な発展を常時キャッチした上で最も戦略性をもった組織のあり方を検討する。情報通信、バイオサイエンス、ナノテクノロジーの三つの先端技術を融合したCOEを目指すことが重要であり、社会ニーズ、国家戦略に基づく産業化の可能性のある基礎・応用研究を目指す。
- ・ 高度な情報通信分野の人材育成については、これまで再三述べたように産業界と連携した教育カリキュラムの策定、実施が今後ますます重要になってくる。そこで、産業界をはじめとする学外から、そのようなミッションに相応しい特任教員を本センターが雇用し、実践的な教育環境の構築を推進する。
- ・ 世界的にもリーダーシップを発揮していく学生に望まれる資質として、論理性、多様な問題をモデル化する能力、融合型およびシステム型思考能力などがあるが、それらの能力は専門を異にする集団内でこそ醸成できる。そこで、本センターでは、専門分野を異にする研究者達、大学院生達が混在する集団として機能を果たす組織の設置を目指す。

4. 人材育成に関する国・産業界への提言

先般、平成 17 年 8 月 22 日付日本経済新聞朝刊 9 面に「ソフト開発中国委託拡大」という記事が掲載された。日立製作所、富士通、NEC など IT 分野の大手各社は、国内顧客から受注した業務用ソフトウェアや自社販売する基本ソフトウェアについて中国への海外委託（オフショアリング）を最大 18 倍まで大幅に拡大することを報じている。一方、同日同紙の発行した第二部では「日ロ IT・ビジネス特集」が生まれ、ロシアのソフトウェア開発に関する潜在的なパワーを論じると同時に、IT の分野の技術者が前年度比で 10% も伸びていることを報じている。さらに、同紙夕刊は、平成 17 年 8 月 19 日から 23 日にわたり、「IT 大国インドの素顔」と題する 4 夜にわたる連載によって、バンガロール地区がシリコンバレーの再現とまで言われるほどのソフトウェア産業をはじめとする IT 分野の台頭を論じている。このような記事は、最近、毎日のようにいずれかの新聞紙に掲載されている状況である。それらの記事では、日本の IT 分野の人材育成が果たしてどうなっているのか、どのように進めていったら良いのかが、ますます深刻な問題としてクローズアップされている。

かつての高度成長期の「欧米に追いつき追い越せ」時代は、IT にあってもオープンな世界ではなかったため、先行していた欧米を目標にそれ以上の物を作ることで頑張れば追い越せたとし、またそれで済んだ時代だった。ところが、日本はすでに 10 数年前にキャッチアップ型の産業構造を終えている。そのうえ、基盤ソフトウェアのビジネスは、オリジナル製品のまねをして多少それよりましなものを作っても成り立たない世界である。したがって、キャッチアップ型の次のステップを目指して、私たちは進む方向を自ら見出さねばならない時代になっている。にかかわらず、その方向を見出せずにいるのが昨今の低迷の要因と思われる。

例えば、国土が 26 倍、人口で 10 倍の中国とプログラマの人的な量、低コスト競争に組んでもおそらく勝ち目はないであろう。ダーウインの西歐的進化論は自然淘汰、適者生存（弱肉強食）といった闘争的な面が強調される。一方の日本発の今西進化論のベースとなっている「棲み分け理論」は、生物は同じ世界でも自発的にわずかな環境の差を見つけて棲み分けていくという認識に立っている。グローバル化時代において、日本が情報通信分野の人材育成で目指すべき方向の指針と言えよう。

このような流れのなかで、日本が失いつつある先端的、高品質の情報通信技術を再度追求すべきであると考え。そのために、情報システムやソフトウェアシステムの基本構造の設計者である「アーキテクト」を育成し、例えば、良い OS を創造していけるような人材育成を産官学挙げて支援する必要がある。そして、若い情報通信技術者がチャレンジできる環境作りが重要である。以下では、国および産業界への 5 項目にわたる提言を行いたい。

(1) 真のアーキテクトとは

「アーキテクト」という言葉は、通常、建築物の企画、設計を行い、場合によっては施

工にも関わっていく建築技師のことを言う。今後日本が育成しなければならないのは、情報システムやソフトウェア分野におけるアーキテクトである。その際に、真のアーキテクトとは何かを考えてみたい。

建築の場合、土地の広さに関する制約、法的規制など、いろいろな制約のもとで、発注者の要望を適えながら、使い勝手、住み心地、耐久性、エネルギー消費量などを考慮しながら建築物を構築していく。一方、情報システムやソフトウェアの場合は、発注者の要望に応えながら、計算量、使用メモリ、使い勝手、再利用性などを考慮しながら、無限の空間に自由に構築物（システムやプログラム）を組み立てていく。

真のソフトウェアアーキテクトとは、建築分野のアーキテクトが建造物の設計に「美」を求めるように、無限空間のもとで構築されていくプログラムという建造物に「美」を追求できるような技術者であろう。実際、ソフトウェアの設計に長く関わってきた技術者のなかで、そのような「美しさ」について熱っぽく語る方にしばしば遭遇する。プログラムのコードを仕様書に従って間違いなく記述できるプログラマの存在はもちろん大切であるが、今後、日本で重要なのは、プログラマを統率し、「美」をも感じながらプログラムという構築物を完成していく真のソフトウェアアーキテクトであり、その人材をいかに育てるかが危急の課題である。

(2) 知的ものづくりの根幹は、ソフトウェアにあり

最近、特にナノテクノロジー分野などにおいて「知的ものづくり」という言葉がしばしば用いられ、日本のお家芸のように捉えられている。しかし、ソフトウェアが「ものづくり」の主要な手段になりつつあることを再認識する必要がある。例えば、日本が世界に誇る「ものづくり」の典型である自動車の製造を考えてみよう。現在では、その自動車の設計全般、安全性のチェック、さらには、衝突実験のシミュレーションに至るすべての面にわたり、CAD ソフトウェアをはじめとして、さまざまなソフトウェアが主要な道具となっている。

実際、自動車の技術革新の 9 割はソフトウェアとエレクトロニクスによっており、特に高級車のコストの 4 割はソフトウェアとエレクトロニクスによるものと言われている。

このような状況のなかで、2000 年における日本のソフトウェアの輸出入における輸入と輸出の金額比が 100 対 1 という日本電子工業振興協会の報告は、深刻な状態である。つまり、「知的ものづくり」の道具のほとんどを海外から輸入していることになり、自らが「知的ものづくり国家の建設」を根幹において放棄しているにも等しい。真のソフトウェアアーキテクトを育て、このような状況から一刻もはやく脱却すべきである。

外国からソフトウェアを購入してくるのは確かに手軽で企業内でも受け入れられ易いかもしれない。しかし、そればかりでは独自技術は育たず、現場の意欲は高まらないという危険性への認識を、企業の経営者はもつべきである。

(3) 日本発の基本ソフトウェアおよびパッケージソフトウェアは必要である

現在、情報セキュリティに関する諸問題は、国家の存亡にまで関わるほど深刻化している。その被害額も経済活動に甚大な影響を及ぼし、企業活動を脅かすまでに膨大化している。その対策に関する研究開発は、危急の課題としてその重要度は急速に増している。

しかし、そのような研究開発が進んだとしても、最後の実装段階では、ブラックボックス化された外国製の OS に多大の人力を投入して改良を加えることに終始するというのが現状である。そこで、日本が 21 世紀において真の ICT 国家を目指すならば、日本発の良質の OS をはじめとする基本ソフトウェアを構築し、さらにはパッケージソフトウェアを開発し、ソフトウェアの発展を先導することを考えない限り、トップランナーには何時まで経ってもなることは不可能である。その日本発の基本ソフトウェア構築およびパッケージソフトウェア開発の鍵を握るのも、結局は、真のソフトウェアアーキテクトが育つかどうかにかかっている。

(4) 大学間連携の重要性

先の 3.5 節(4)において述べたように、国立大学などにおける設置審査の過程における講座の配置などについては、カバーする領域の冗長性を排する意味から、同じ分野の講座が二つ以上設置されるのは稀有なことであった。それに対して、米国などにおいては、逆に特徴を出すために同じ分野の研究者を集約し、強力な研究グループを構成してトップの座を獲得している場合が多い。そこで、現状の各大学における教員構成をもとに、情報通信分野の高度な人材の育成を推進する場合、強力な大学間連携がますます重要になってくる。

例えば、「組込みソフトウェア」に関する高度な人材育成を行うには、その分野に関する専門的な知識を有する教員が大学の壁を乗り越えて連携し、さらに、産業界からもその分野に造詣の深い専門家も集結して、強力な集約型の人材育成拠点を形成することの意義は大きい。そのような先鋭化され、しかも情報通信分野を網羅する異なった分野を対象とする拠点が、経団連レポートの提案のように少なくとも 10 拠点程度設置されたとすれば、国レベルとして高度な人材の育成に大きく寄与することは確信できる。

(5) 産学連携による大学院のカリキュラム設計

本レポートでは、特に学部教育に関して J97 をしばしば参照しており、その持つ意義については再認識している。本レポートでさまざまな観点から論じてきた情報通信分野の高度な人材の育成を実現する上で、最も鍵を握っていると考えられるのはカリキュラムの策定である。そこで、産学を問わず関連分野の研究開発者、技術者達の叢智を結集し、ソフトウェア、ハードウェア、コンテンツ、ネットワーク、ヒューマンインタフェースなどの情報基幹系全般に関して、真の高度な「アーキテクト」の養成に資する大学院レベルの標準カリキュラムの策定を背水の陣で推進していく必要がある。それなくして、21 世紀の日本の情報通信分野、さらに広く情報関連全般にわたる産業の発展はあり得ない。

謝辞

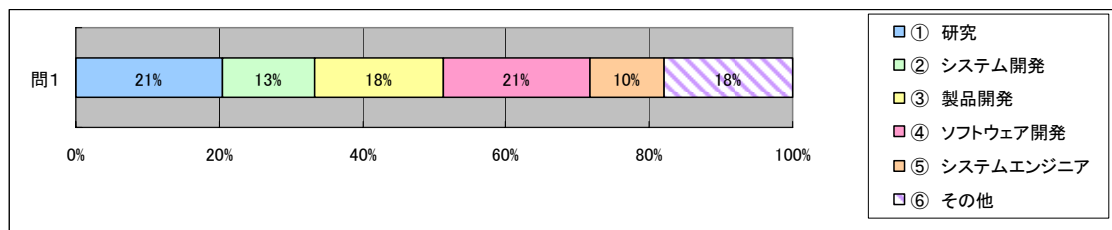
アンケート実施に当たって、関係企業の方々にはご多忙にもかかわらず丁寧な回答をいただきました。また、本レポートには記載していないが、有益な助言も多数いただいている。これらは、今後の高度な情報通信人材の育成を考えるに当たり多いに役立った。ここに改めて謝意を表す。

関連 URL

- [1] 大阪大学大学院情報科学研究科 <http://www.ist.osaka-u.ac.jp/>
- [2] 大阪大学基礎工学部情報科学科 <http://www.ics.es.osaka-u.ac.jp/>
- [3] 大阪大学工学部電子情報エネルギー工学科情報システム工学科目
<http://www.ise.eng.osaka-u.ac.jp/>
- [4] 大阪大学コミュニケーションデザイン・センター
<http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/>
- [5] (社)日本経済団体連合会「産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて」
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/039/>
- [6] 日本技術者教育認定機構 <http://www.jabee.org/>
- [7] 大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97
<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J97dist.html>
- [8] 8 大学工学部長会議 工学教育プログラム基準強化委員会
<http://www.eng.titech.ac.jp/~jeep/index.html>
- [9] 中央教育審議会「新時代の大学院教育 ―国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて―」答申、2005年9月5日
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/05090501.htm

付録 A : アンケート質問項目と結果

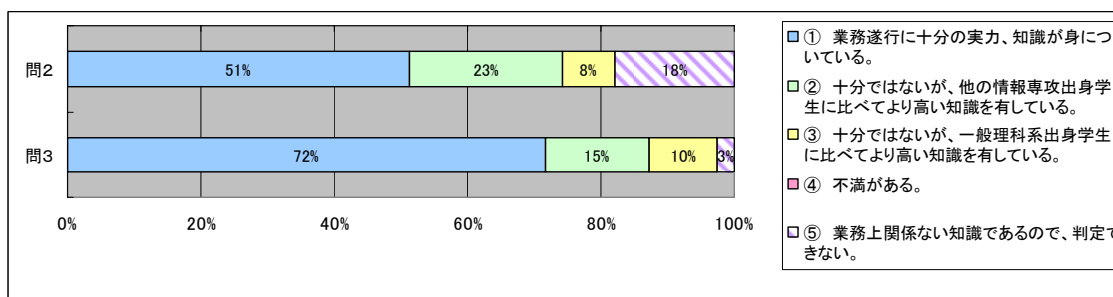
問 1 回答者および阪大卒業生の所属部門



【コンピュータリテラシー】

問 2 複数のプログラミング言語を使いこなし、業務上の初歩的なプログラミングができる。

問 3 計算機 (PC およびワークステーション) を使いこなし、業務上の初歩的な情報収集・分析や資料作成等ができる。

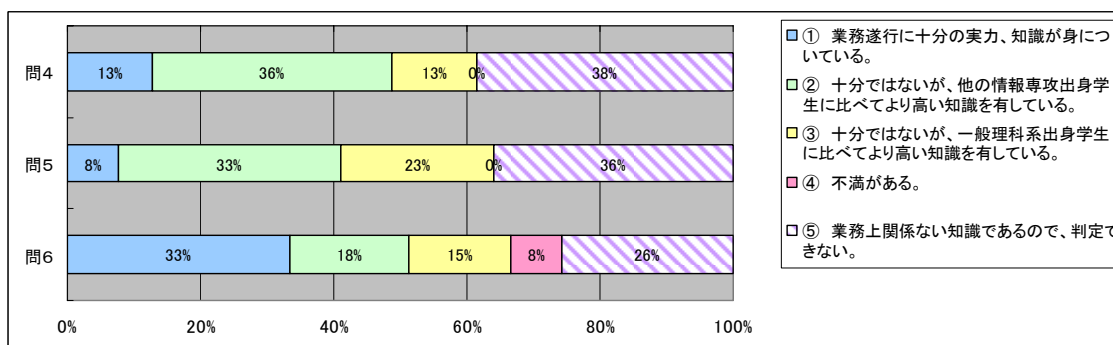


【ソフトウェア】

問 4 各種のアルゴリズムを知っており、効率の良いプログラムを書くことができる。

問 5 構造化設計、オブジェクト指向設計などの設計法の概念を理解しており、ある程度それに基づくソフトウェア設計ができる。

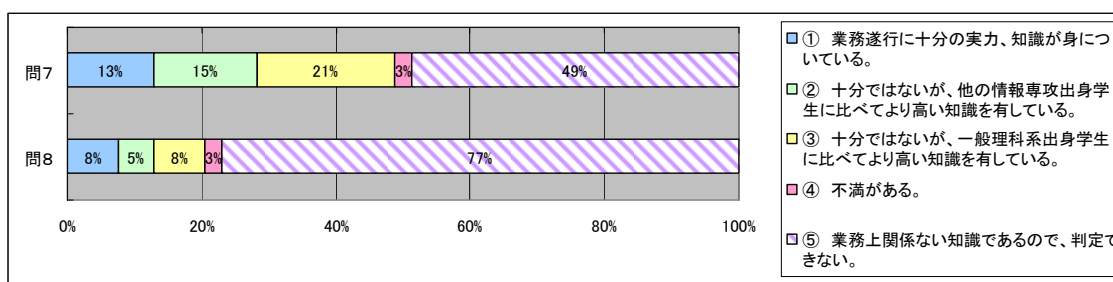
問 6 ソフトウェア開発工程および各工程の作業内容を理解しており、開発工程の一部を分担できる。



【ハードウェア】

問7 計算機システムの構成ならびに制御方式を把握しており、その動作の詳細について説明できる。

問8 論理設計の知識を有しており、組合せ回路や順序回路などの簡単な論理回路の設計ができる。



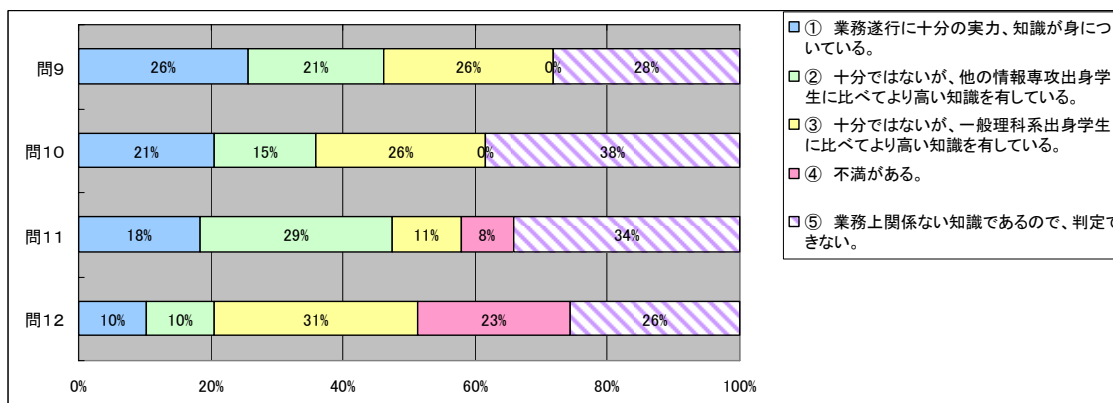
【システム】

問9 ハードウェア、OS、データベース、ミドルウェアなどのシステム開発にかかる要素技術の基本知識を有している。

問10 ネットワーク、分散システムなどシステム全体の基本知識を有している。

問11 小規模なシステムであれば、システム開発を行うことができる開発のための基本概念を理解している。

問12 品質、性能、コスト、工程、リスクなどシステム開発の管理技術の基礎知識を持ち、その重要性、意義、必要性などを理解している。

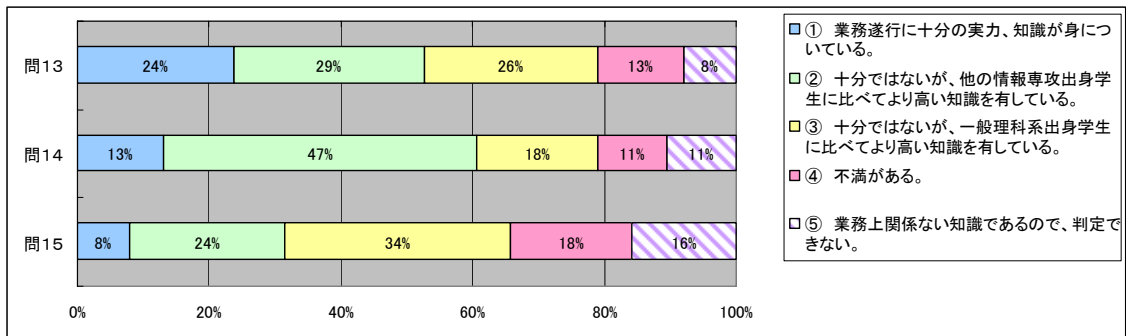


【研究開発遂行力（プロジェクト推進力）】

問13 各種のニーズや問題を発掘し、それらを満たし、解決できるプロジェクトを提案できる。

問14 プロジェクト推進において困難な問題に遭遇しても、適切に対応できる。

問15 プロジェクト管理に基本知識を有しており、小規模なプロジェクトであれば管理できる。



付録 B：ソフトウェア設計アーキテクト養成カリキュラムの例

本コースは、プロジェクト管理を行うマネージャーや単なるプログラマを短期的に育成する事が目的ではない。このコースを修了する学生が、将来、優秀なアーキテクトとして活躍できるようになる事を目指している。そこでは、種々の技術的制約のもと、ユーザの要求に最大限応えたソフトウェアシステムの設計が行なわれることになる。通常、このようなアーキテクトの養成には、非常に長い現場での開発経験が必要とされているが、本コースの習得により、その期間を大幅に短縮できることが期待される。

以下に、科目名（単位数）、概要、キーワード、関連する学部の授業名（大阪大学基礎工学部情報科学科における）を示す。

○要求分析と見積り技法（2単位）

ソフトウェア開発の上流工程における重要な課題である要求抽出、表現、確定技術と、早期の段階でシステム開発の規模を見積もる技術を学ぶ。ケーススタディの説明と簡単な演習も行なう。

- ・要求抽出法、ユースケース、FP(ファンクションポイント)、COCOMO
- ・ソフトウェア構成論

○データモデリング（2単位）

ソフトウェアシステムの核となるデータベースの設計に必要な技術を学ぶと共に、実際に例題を用いて実用的なシステム(在庫管理システム、業務管理システム等)のデータベースの設計と実装を演習として行なう。ソフトウェアシステムの核となるデータベースの設計に必要な技術を学ぶ。

- ・ERモデル、UML、業務モデリング、関係データベース、スキーマ設計
- ・データベース、プログラム設計、データ構造とアルゴリズム

○システムアーキテクチャ設計（2単位）

設計の基礎となる種々のアーキテクチャのモデルやモデル化技術、システムの対象によるアーキテクチの違いなどを、実際のシステムの例題と共に学ぶ。

- ・アーキテクチャ表現法、バッチシステム、CSシステム、3階層システム、組込みシステム、Webアプリケーション、アプリケーションソフトウェア
- ・プログラム設計、ソフトウェア構成論、情報ネットワーク

○オブジェクト指向開発論（2単位）

UMLなどのオブジェクト指向モデルやJavaなどのオブジェクト指向言語を自由に活用できるようになるため、種々のケーススタディを用いて理解を深めると共に、演習を行ない、これらの知識の深化と適用力の向上を目指す。

- ・UML、Java、リファクタリング、パターン、部品化

○システム構成法（2単位）

実際のシステムを構成するための要素やシステムを効率的に生成する技法に関して、特にWEBアプリケーションを中心に学ぶ。また、実際のシステム生成の演習を行なう。

- ・MVCモデル、フレームワーク、Webアプリ分析・設計法、OS、プログラム部品とミドルウェア、オープンソース
- ・プログラム設計、ソフトウェア構成論、オペレーティングシステム

○システムパフォーマンス工学（2単位）

WEBや組み込みシステムの性能のモデル化、設計、見積り、そして実際の性能の評価、チューニングについて学ぶ。種々のケーススタディを用い、実際の性能の向上方法について体験する。

- ・アルゴリズム設計、システム性能見積り、性能評価、チューニング法、並列・分散処理、負荷分散化手法、組み込みソフト
- ・データ構造とアルゴリズム、プログラミング A-D、情報ネットワーク

○ソフトウェア品質工学（2単位）

ソフトウェアの品質の評価法やそれを向上させるための種々の技術について、演習と共に学習する。

- ・テスト技法、プログラム分析技術、レビュー、インスペクション、ソフトウェアメトリクス、形式的開発法（仕様記述、モデル検査）
- ・ソフトウェア構成論

○ソフトウェア開発支援工学（2単位）

ソフトウェアプロジェクトを計画に基づいて進めるための種々の技術について学ぶ。また、実際のプロジェクトのデータを用いて開発管理の実際について体験する。

- ・ソフトウェアプロセス、CMM、開発支援ツール、プロジェクトマネジメント（スケジューリング、資源／リスク／変更／コストなどの管理）
- ・ソフトウェア構成論

○プロジェクト演習（6単位）

上記授業の知識を利用して、実際に使用可能なシステムを複数の学生で開発する。学内外のクライアントに対して、要求獲得から始め、見積り、設計、テスト、評価、保守の各作業を、経験のあるプロジェクトマネージャに従って行なう。

○インターンシップ（2単位）

実際の企業で、開発現場に参加して、学習を通じて学んだ知識の実働化を図るとともに、企業の現場に必要なさまざまなノウハウを見につける。