

情報通信分野の教育(カリキュラム)の現状・課題について

第1回 文部科学省先導的情報通信人材育成推進委員会

文部科学省科学官
西尾 章治郎

平成18年4月11日

大学・大学院教育に関する重要な答申・意見書が立て続けに提示

文部科学省中央教育審議会答申

- 我が国の高等教育の将来像
2005年1月28日
個々の大学に対して個性・特色を明確にしていくことを要請
- 新時代の大学教育－国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて－
2005年9月5日
コースワークの充実などによる高度な専門性と学識を身に付けさせることを重要視

日本経済団体連合会意見書

- これからの教育の方向性に関する提言
2005年1月18日
「志と心」「行動力」「知力」という三つの力の伸長によるリーダーシップの要請
- 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
2005年6月21日
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

産業界からの人材育成に関する要請

情報通信教育に対する産業界からの批判

わが国の大学(院)教育は実践的でない。

新卒者の質は企業が求めるものと大きく異なる。

このような批判は従来からなされている。

A Master of Software Engineering Curriculum (Ford & Gibbs, IEEE Computer, 1989)

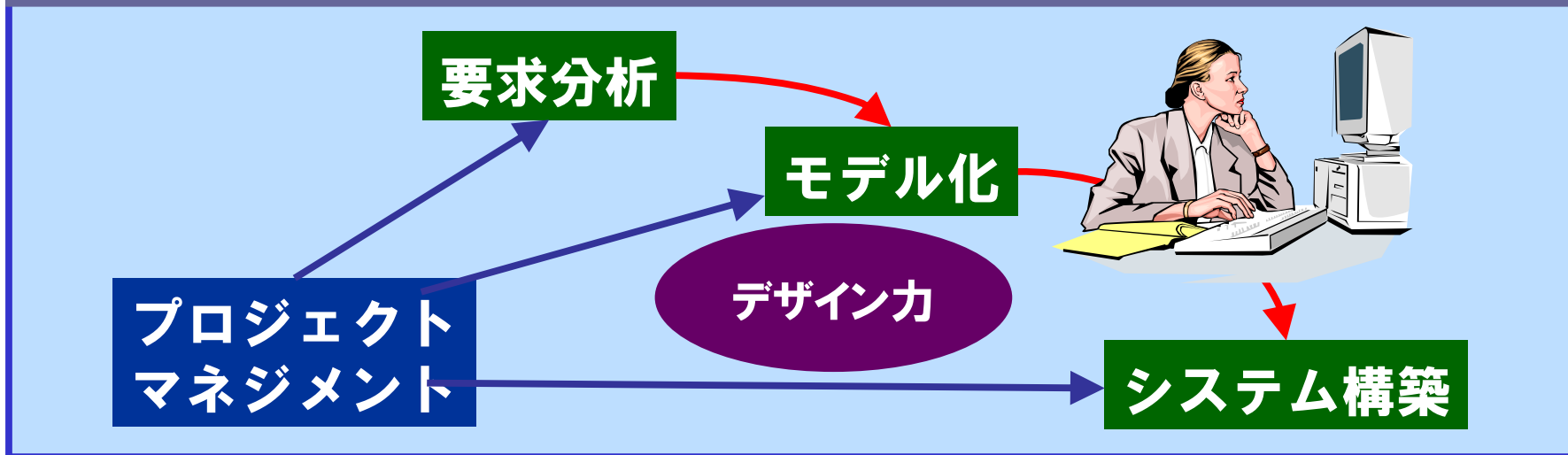
➤産業界は、大学が、産業としてのソフトウェアプロジェクトで生産性の高い仕事のできる人材を生み出していないという不満を抱いている。最近の卒業生は、コーディング、コンパイラ、オペレーティングシステム、チューリングマシン等について理解していても、現実の制約のもとでチームの一員として働くことができない。



欧米では、数多くの推奨カリキュラムの提案と先進的カリキュラムの実施により、これらの問題が解決されてきた。

先導的ITスペシャリストとして求められる人材の一例

真のソフトウェアアーキテクト



- 表層的にプロジェクトマネジメント技術を習得しているのではなく、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
- 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、ユーザからの要求の分析、モデル化ができ、「美」をも感じながらプログラムというソフトウェア構築物を完成していく**真のソフトウェアアーキテクト**
- 次世代の先進的実践的ソフトウェアの**革新的技術の創出、高度運用に貢献**できる人材

出典: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 (2005年12月7日)

現状のソフトウェア教育の問題点(1)

プログラミング中心の教育が大きな比重を占めている

- プログラミング言語の習得が目的
- 要求、仕様、設計、テスト、保守などライフサイクル全般をカバーし切れていない。
- 演習は、個人レベル、十分なテストを行わない。
- 問題はきっちり与えられて、不動なもの
 - 現実の問題は、あいまいな要求でどんどん変化する。

ソフトウェアデザインに必須な抽象化、モデル化の教育が不十分

- 上流工程の教育できる人材不足
 - 経験の少ない大学人がにわかに教えることは困難
 - 企業の技術者でも優秀な人材は少ない。
- 方法論が確立していない。
 - デザインにはいろいろな方法論があるが決定打はない。
 - なぜこれでいいのか、これでだめなのか、客観的評価困難
- 良い教材や教科書があまりない。

現状のソフトウェア教育の問題点(2)

実践的なプロジェクト演習の不足

- 小さな例題を単独でやっても自信がもてない。
- 学生が自信をもてるまで、修羅場を経験させたいが難しい。
- 原因
 - 指導できる教員がいない。
 - 企業での経験者が指導できると良い。
 - 大学の教員でも経験を積めば指導可能
 - 演習に割ける授業時間が取れない。
 - 大学、大学院での他の授業科目との兼ね合い
 - 教材がない
 - 実践的な問題を扱うには、現実の顧客が必要
 - 学生演習に付き合ってくれる顧客開発は難しい。
 - グループ活動の困難さ
 - 学生の組み合わせ、ロードバランス、評価の公平さをどう保つか。

現状のソフトウェア教育の問題点(3)

ソフトウェアマネジメント技術の教育があまりされていない

- プログラミング中心のカリキュラム(前述)
- マネジメント技術を教えても、経験がない学生にとっては、知識が上滑りになる。
 - 演習にリンクしたマネジメント技術の教育が必要
 - 演習でのマネジメント体験が効果的か。
- 説得力ある授業できる教員があまりいない。
- よい教科書や教材不足している。

組織体制整備(拠点形成)が十分になされていない

- 産業界から任期付の教員を招くにも出向制度等が制度化されていない。
- 複数機関の共同参画による拠点形成の成功事例が稀有
- 拠点における成果をオープンに他の機関にトランスファする意識が弱い。

教育カリキュラム、組織体制整備(拠点形成)が重要!!

情報系カリキュラムの歴史

ACMを中心に、推奨カリキュラムが改良されてきている

Curriculum68 (ACM, 1968)

Curriculum78 (ACM, 1978)

J90 (情報処理学会, 1990)

CC91 (Computing Curriculum91) (ACM/IEEE, 1991)

J97 (情報処理学会, 1997)

CC2001 (ACM/IEEE, 2001)

近年の情報系の著しい発展を
反映した大幅な改革が続く

CC2005 (ACM/IEEE, 2005)

CC2001までは

- **情報系** ≡ **CS** (コンピュータサイエンス) の扱い
- ただし CC2001 では CS、CE、SE、IS の4分野で情報系を構成する考えが既に示されている。

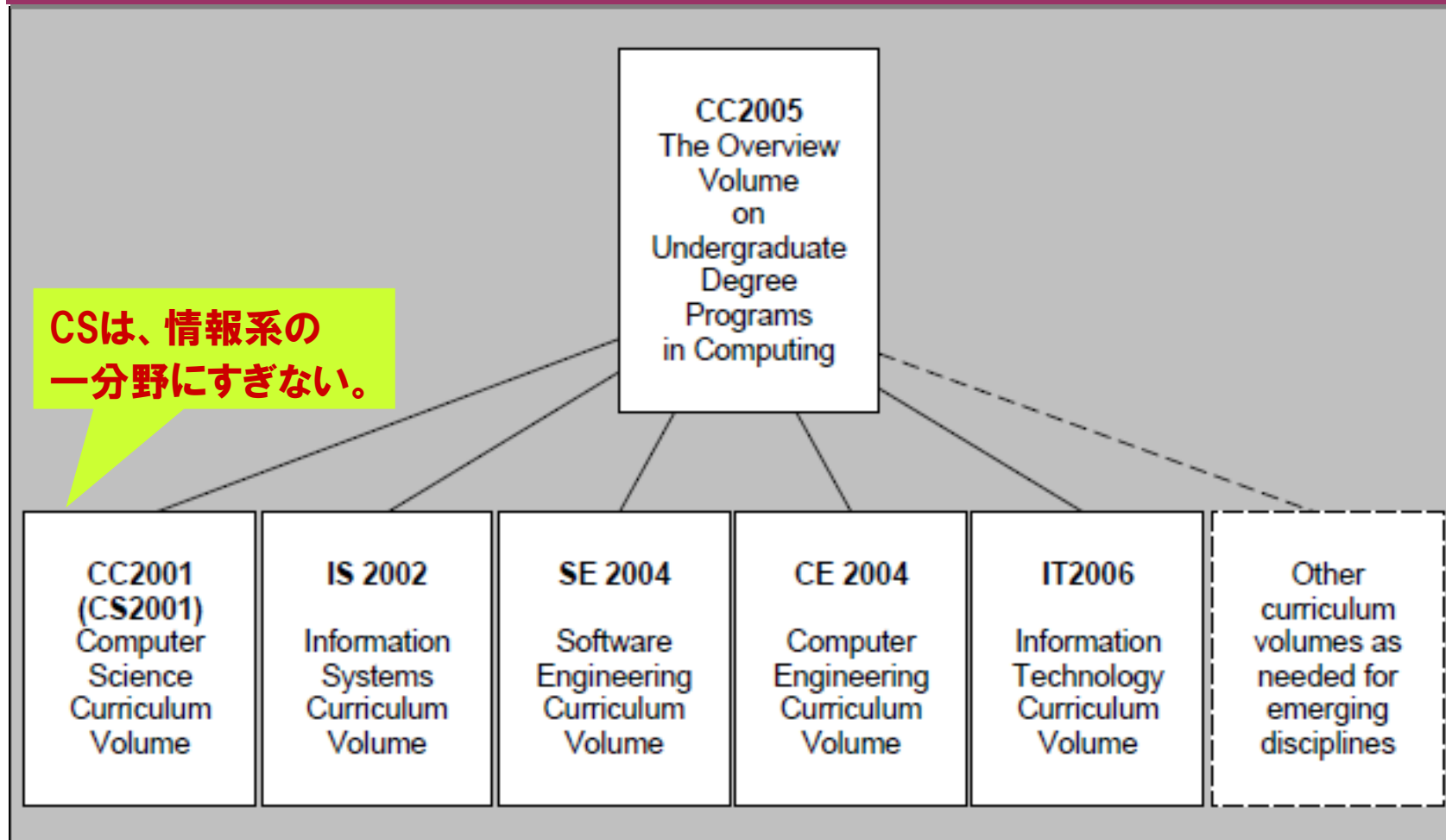
CC2005においては

- 情報系の **問題空間** の中で、CS、IS、SE、CE、IT の5分野を考える。
- CC2005 においては、CC2001 は CS 分野のみのカリキュラムとしての扱い
- 上記5分野以外の新しい分野の出現に備える。

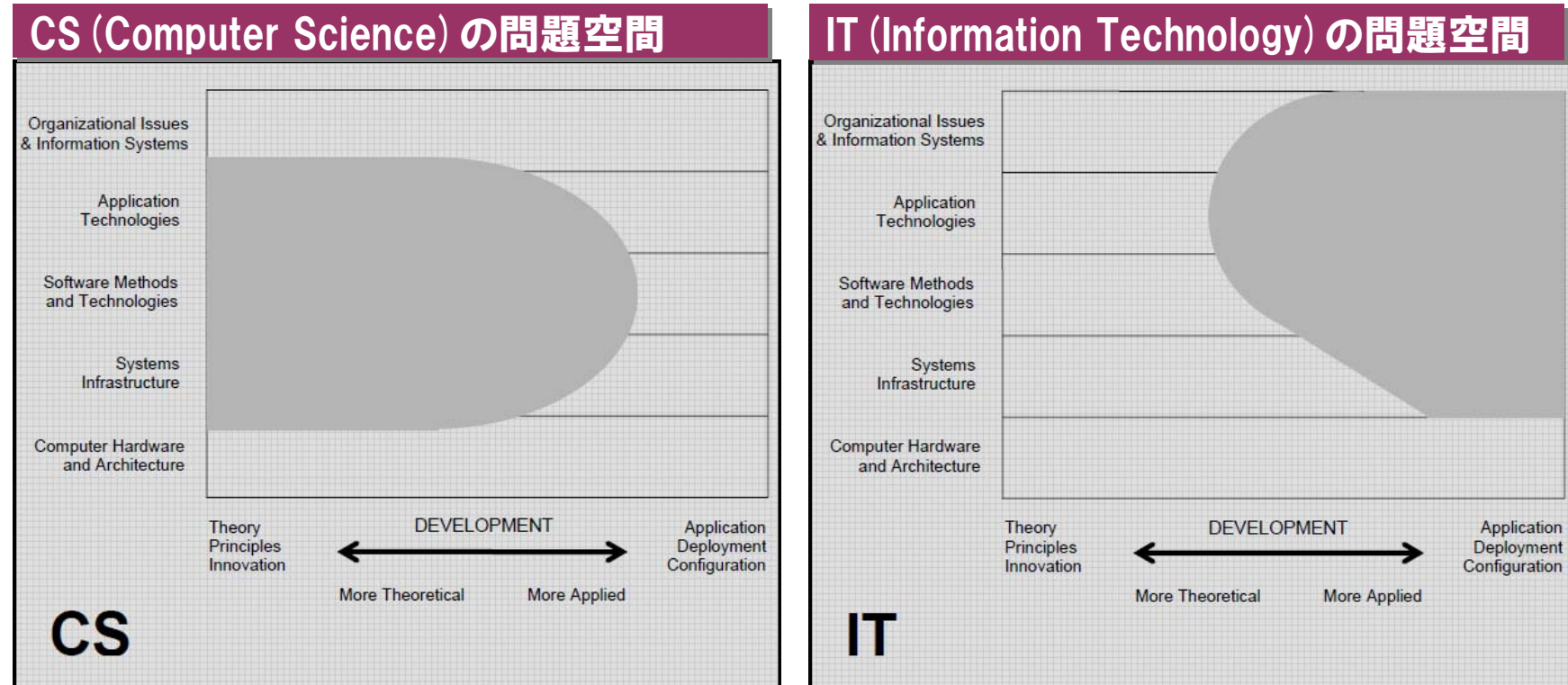
謝辞: 以下のカリキュラム関連資料については、九州工業大学 尾家祐二教授に
負うところが大きい。ここに記して深謝する。

CC2005の体系

CC2005におけるComputing Curricula Seriesの構造



CC2005の問題空間表示による分野の比較



縦軸は内容、
横軸は左が
理論寄り、
右が応用寄
りを表す。

この図から読み取れることは

CSとITの違い

- CSとITの違いは、主に理論寄りか、応用寄りかという点にある。

情報系の問題空間の広がり

- 以前は、情報系≒CSであったことから、**情報系の問題空間が応用寄りに広がりつつあることがわかる。**

情報系には近年どのような変化があったか

CC2001では、近年の重要な変化を次のように整理している

技術面の変化

World Wide Webとその応用

(主にTCP/IPによる)ネットワーク技術

グラフィックスとマルチメディア

組込みシステム

関係データベース

インターオペラビリティ(相互運用性)

オブジェクト指向プログラミング

高性能APIの利用

Human-Computer Interaction

ソフトウェアの安全性

セキュリティと暗号化

応用分野

文化面の変化

新(情報)技術による教育方法の変化

計算システムの全世界的な急速な成長

情報技術の経済的影響の拡大

コンピュータサイエンスの学問としての認知

情報系の学問分野の拡大

例えば、
情報技術マップ(情報サービス
産業協会)があげる要素技術の
大半は、WWWの普及以降に出
現したり普及したものである。

J97をベースとするわが国の情報系大学はこの変化に追隨できているか？

情報系教育の課題

わが国の情報系教育の課題とは

1. 教育内容が現在の情報技術に対応していないのではないか？
2. 教育内容が**画一的**に理論重視なのではないか？
3. (実践的)演習が少ないのではないか？

しかし、同時に忘れてはならないことは

理論や基礎技術は重要である。

CC2005でも、情報系卒業生共通の必須要件としてある。

構築するシステムが巨大かつ複雑になればなるほど、理論や基礎技術が必要になる。

理論や基礎技術は**対外的競争力の源泉**である(例えば、Googleの例)。

課題をどのように解決するか、理論と応用をどのように統合するか。

海外の先進的な例を見習うべきではないか？

先進的カリキュラムの例：MSIS2000

MSIS2000

ACMとAISが2000年に発表したIS修士
課程向け推奨カリキュラム

情報システムの基礎

- ISの基礎
- ハードウェアとソフトウェア
- プログラミング、データ・オブジェクト構造

情報システムコア科目

- データ管理
- 分析、モデリングおよび設計
- データ通信とネットワーク
- プロジェクトマネジメントと変更管理
- ISポリシーと戦略

ビジネスの基礎

- 財務会計
- マーケティング
- 組織行動論

Integration

- コア科目の内容を企業や技術の視点から統合的に学ぶ。

Career Tracks

- キャリアの目標に応じて、特定のテーマで4科目以上の選択科目を履修する。

情報系の中でISは相当マネジメント寄りであることに注意。米国でもIS課程の多くはビジネススクールで開講されている。

他の分野も履修させ、幅広い視点を養う。

先進的カリキュラムの例:CMU/MSE

CMU/MSE (Master of Software Engineering)
伝統あるソフトウェア工学修士課程
標準的には16ヶ月で修了

コア科目(30%)

- ソフトウェアシステムのモデル
- (ソフトウェア設計)方法論
- ソフトウェア開発管理
- ソフトウェアArtifacts分析
- ソフトウェアシステムのアーキテクチャ

コミュニケーション

- 文書および口頭のコミュニケーション能力養成科目

Studio(40%)

- 通常の修士論文に代わるソフトウェア開発プロジェクト
- 課程入学時から修了時まで継続して実施
- 実世界の問題を対象とし、企業や軍、NASAなど政府機関に関連するプロジェクトも多い。
- 実務経験豊富なメンターが指導

選択科目(30%)

- 情報系の幅広い範囲から科目を選択できる。

他の分野も履修させ、幅広い視点を養う。

先進的カリキュラムの例:CMU/MSIT-VLIS

CMU/MSIT-VLIS (Master of Science in Information Technology,
Specialized in Very Large Information Systems)

標準的には12ヶ月で修了

コア科目(以下より5科目選択)

- コンピュータセキュリティ入門
- プライバシー技術
- 情報検索
- 人工知能:機械学習
- Human-Computer Interaction
- ITのためのソフトウェア工学
- 巨大情報システム

集中分野科目

- 学生が集中して学ぶ分野を選び、そこから最低2科目履修する。
- 集中分野の例:データベース、計算生物学、(自然)言語(処理)技術、マネジメント

他の分野も履修させ、幅広い視点を養う。

Capstone Project

- 夏季3ヶ月にフルタイムで実施するプロジェクト科目
- 集中分野に関連させる。
- 学内の研究プロジェクトの場合も、産のスポンサーの場合もある。
- パートタイムの学生は、職場関連のプロジェクトを実施することも可能

選択科目

- 情報系の幅広い範囲から1科目以上選択する。

システムが巨大かつ複雑になるほど基礎が重要になる。

先進的カリキュラムの例：英国の大学のCS学科

ラフバラ大学では産学協同を実践し、企業との共同研究をPBLに取り入れている。

ソフトウェア工学の早期導入

- 学部1年前期から「オブジェクト指向要求分析」を導入

プロジェクト科目

- 学部2年では、チームプロジェクトを取り入れ、要求仕様から進捗管理まで実践的に教える。
- 学部3年では、産学連携や地域連携をベースに、実システムを実現する。
- 担当者は分野のトレーニングを受けたプロであり、**実施では有資格者の担当が望ましい。**
- 実施には**組織にも相当のノウハウが必要**であり、**効果的な実施には経験が必須**

複数の専門分野を持つ人材の育成

- CS専門だけではなく、eビジネス、数学、物理、化学など他分野との統合学部課程を提供
- 修士課程でも、他分野の卒業生を情報系に受け入れる課程を提供

企業経験

- 学部2年修了後に1年間の企業での評価付きトレーニングを受け、再び3年次で大学に戻る。
- 学生の意識が高まり、企業にとっても採用リスクが著しく減少
- この学科では約半数の学生が参加
- PBLも含め、**産学連携や地域連携の実績がないと実施不可能**

しかしCSの基礎はおろそかにされていない

- 論理／離散数学／アーキテクチャ／論理プログラミング／人工知能／データベース／OS／アルゴリズム等、CSはきちんとカバーしている。

普通の大学の学部課程であっても先進的教育は十分に可能であることがわかる。ただし、組織に相当の経験と実績が必要

なお、英国の大学の学部課程には教養科目がないので、そのままわが国に移すことはできないことに注意

変革著しい情報通信分野とその教育

将来の工学を先見し、そのための工学教育を検討

National Academy of Engineering,
The Engineer of 2020—Visions of Engineering in the New Century,
 National Academies Press, 2004.

著しい環境の変化

- データ、知識の量は指数関数的に増大している。(Information explosion)
- 科学、工学に関する知識が著しい速さで増加している。(technology explosion)

学ぶべき量が著しく増加している。

狭い分野について多くの知識を学ぶというより
 将来の技術変化に対応できる能力
 継続して学ぶシステムが必要

社会と工学

- 我々の多くの社会活動が情報通信技術によって支えられている。
- システムの大規模、複雑化

社会科学的知識、プロジェクト管理能力が必要

社会的責任、プロ意識
 管理、コミュニケーション能力の必要性

社会情勢、工学の進歩に柔軟に適応・進化する教育システムの構築

国際的競争力のあるIT教育を実現するには(提案)

1. 海外の先進的な教育例を研究

参考になる先進的な例が豊富にある。これら諸例をいかに深く研究するかがカギとなる。

2. CS(理論、基礎)と応用・実践とのバランスのとれた教育を実施

理論と応用はともに重要であり、それらを両立させる教育も十分可能である。

3. 拠点での経験や知見を他大学(院)に伝える効果的な普及

英国等では既に先進的なIT教育が普及している。わが国でも急速に普及させる必要がある。

4. 産学連携、地域連携、PMやPBLなどの実践教育の実績や経験の蓄積

実システムによるPBLなどでは、産学連携、地域連携の実績が不可欠である。また、実践教育には組織としてのノウハウが必要であり、有資格者による実施が望ましい。

5. 複数の専門性や視点を持つ人材を育成できることが望ましい。

情報系と別の分野(たとえばバイオ系)を共に修めた人材の育成がイノベーションに結びつく。