

ソフトウェアの課題と方向性（議論の叩き台）

1．状況の変化

日本企業も 10 年前のメインフレーム時代には、OS を含めて信頼性の高いソフトウェア開発を行っており、世界的にも信頼性はトップレベルにあった。また、利用者側も、業務毎にコンピュータシステムが独立していたため、システム開発や発注は、それほど困難なものではなかった。

しかし近年、IT 産業の構造が、メインフレームに代表される大規模垂直統合型から、パソコン、サーバ、ネットワーク、ウェブといったダウンサイジングと水平型への移行が急速に進展した際に、日本企業はその流れに乗り遅れ、デファクト化が急速に進んだ基本ソフトウェアは勿論、世界に通用するパッケージソフトウェアも産み出せず、いまだに国内市場に閉じこもっている。日本企業が資源を集中しようとしているシステム開発は、カスタマイズにこだわる体質や日本語など、日本の特殊な市場環境に依存したものであり、そのままでは国際的な展開を望めるものではない。

そのような状況になった理由の一つに、我が国におけるパソコン、サーバ、インターネット市場の立ち上がりの遅れもあると思われるが、市場の立ち上がった現在でも十分に対応できていないのも事実である。

さらに、ソフトウェア開発の技法やプロセスといった「如何に作るか」の部分、人材の質・量についても、欧米は勿論、米国へ留学生や研究者を送り込み同時に国内の大学で大量の IT 技術者を育成している中国、インド等にも、取組みでは遅れをとっている。IT 化の急速な進展と技術自体の急激な進歩・多様化、それに伴い求められる IT スキルの急速な高度化と多様化に日本企業が必ずしも的確に対応できていない。

メインフレーム時代には何を作るかが明確で、高信頼化などの「如何に作るか」が重要であった。しかし、インターネット時代には「如何に」よりも「何を作るか」が重要になっており戦略を立てにくい上、その内容に応じて信頼性向上の方法も考える必要があり、「如何に作るか」の部分も対応が難しい状況になっている。このため、まずキラーアプリケーションの方向性を設定して戦略を構築する必要がある。

我が国で花開いた携帯電話インターネットなどのために、組込みソフトウェアの作り込みでは、世界をリードしている。これから欧州でも携帯電話インターネット等が普及しようとしており、また将来情報家電が大きな市場となる可能性もあり、今が我が国にとって大きなチャンスであるが、技術の体系化に優れた欧米企業との競争の中で、我が国の組込みソフトウェアの開発力が国際的な競争力を保てるかどうかは、これからの対応にかかっている。

2. ソフトウェア領域毎の現状と課題

ソフトウェアを大きく以下の領域に分け、現状と課題について述べる。

基本ソフトウェアなど

ITサービス（システム構築、パッケージソフトウェアなど）

携帯電話などの組込みソフトウェア

（1）基本ソフトウェアなど

コンピュータについては、パソコンやサーバーの基本ソフトウェアは、米国企業がデファクトスタンダードを確立しており、日本はスーパーコンピュータとメインフレームで基本ソフトウェアを開発しているのみである。ツール、ソフトウェア部品など重要な部分も米国が握っている。これらの領域で日本が新たにデファクトスタンダードをとることは現実的でないが、欧米やアジアにおいても過度に特定のクローズドな製品に依存することがセキュリティ上問題となっている（参考1、2）。このため、リナックス（Linux）などのオープンソース・ソフトウェアも活用して選択肢を広げるとともに、コスト削減、信頼性・安全性向上、人材育成などを図るため（注1）、その利用促進を図ることが重要である。

なお、長期的には、新しい世代の基本ソフトウェアを開発する必要性も考えられるため、基本ソフトウェアに関する基礎的な研究を継続することも必要である。

また、複数のコンピュータを連携させるためのミドルウェアの開発も開始する予定である（注3）。

（注1）平成15年度予算で、オープンソースOSの現時点の利用環境における得失の客観的な評価を行ないつつ、将来的なオープンソース・ソフトウェアの普及を促すため、パソコンなどのオープンソースの応用ソフトウェアやその環境の完成度を高め、また組込機器の基本ソフトウェア間の相互運用などを通じたオープンソース・ソフ

トウェアの実証検討を進め、容易にオープンソース・ソフトウェアを利用できる環境を整備するとともに、オープンソース・コミュニティを支援する予定。

(注2) 我が国が強い組込機器については、基本ソフトウェアとして現在トロンが大きなシェアを占めているが、最近リアルタイムリナックスも伸びてきている。

(注3) 平成15年度予算で、超高速の科学技術計算用及び高信頼のビジネス用グリッドコンピューティング技術についても開発を行うこととしている。

(2) ITサービス

ITサービス企業の側にも、従来のように業務を理解するだけでなく、業務プロセスの改革そのものについてまで踏み込んだ提案、助言できる技術と知識が必要になっているが、日本企業は十分に対応できていない。

国際的に見ると、パッケージソフトウェアを中心として、海外展開を視野においたソフトウェア開発が行われてこず、結果的に欧米のソフトウェアに席卷されている。日本企業は欧米市場にほとんど進出できていないが、その一方で、アジアのITサービス企業は最先端のスキルの修得に取り組んで急速に力を付け、欧米市場にも食い込みはじめており、トップレベルの技術者の質でも、開発力の面でも、日本の中堅企業は大きく引き離されつつある。

国内のITサービス産業は、市場規模が13兆円を超え(注1)、統計上拡大しているように見えるものの、高度IT人材の不足問題、多重の下請構造(注2)に起因する問題なども指摘されており、利用者との長期的な取引関係(注3)と日本語の壁に守られた鎖国型市場がこのまま続く保証もない。実際、日本企業の競争力は着実に低下し続けており(注4)、欧米のパッケージ製品に利益を吸収されたり、付加価値の高いコンサルテーション市場で負け始めている。このままでは、国際競争力のあるソフトウェア/サービス企業の育成も

難しい。

(注1)世界的に欧米勢が強いパッケージソフトウェア市場は、国内ではまだ1兆円前後に過ぎず、受託開発やサービスは国内企業が抑えている。

(注2)日本の中堅以下の規模の企業は、自主技術や独自ソフトウェアをほとんど持っておらず、下請けに甘んじている。M&Aも行われなためベンチャーの技術力が活かされない。

(注3)企業・系列の閉鎖性のため、開発したソフトウェアはクローズドな系列企業でしか利用されず、海外はおろか国内でも普遍性のあるソフトウェア産業、技術が発達しない。

(注4)トップレベルの技術者の質でも、後述するCMM (Capability Maturity Model :能力成熟度モデル)などの活用をはじめとするソフトウェアプロセス改善への取り組みを含めた開発力の面でも、日本の中堅企業はアジア企業に大きく引き離されつつある。

(3) 組み込みソフトウェア

携帯電話などの組み込みソフトウェアは、我が国の強い領域になり得る分野と言われている。これは、白物家電や産業用機器などへのマイコンの組み込みで先行し、インターネットやゲームに対応した高機能な携帯電話でも世界市場をリードしているため、そこに組み込まれるソフトウェア開発のニーズが図抜けて大きいこと、組み込み用マイコン等の機能の制約から個別の機器毎に開発する必要があるため、標準化が進んでいないことなどが大きく影響しているものと思われる。

しかし、組み込み用マイコンもPDA用などの高機能なものは海外企業が大きな市場シェアをとりつつあり、デファクトを取れないでいるように、ソフトウェアも欧米企業がデファクト化に進むと、パソコンと同じ道を辿らないという保障はない。

3．ソフトウェア開発・利用体制の現状と課題

(1) 開発体制

情報通信システムの複雑化、高度化に伴い、ソフトウェアの規模も複雑度も従来とは比較できないほど増大している。一方でモデルチェンジまでの期間とともに開発期間は大幅に短縮されている。このため、単純に従来の手法を適用するだけでは生産性・信頼性は低下し、実際に携帯電話のリコール、銀行システムのトラブルなど、プログラム上のミスが発生している。

ソフトウェアの生産性・信頼性を向上させるための構造化手法やオブジェクト指向方法論、モデリング言語などの技法、新しい要求分析・設計・プログラミング技法などのソフトウェア開発方法論、CMM などの開発プロセス改善技術は、いずれも米国が先行しており、これらを実際の開発プロセスにどのように取り込んで実践するかといった研究においても大きく遅れている（注1、2、3）。

これに対して米国は、NITRD 計画の中で、ソフトウェアの信頼性・生産性向上に関する研究開発を重点的に推進している（参考3）。

組込みソフトウェアに関しても、新しい技法の導入や開発プロセス向上の遅れは同様であり、製品の開発サイクルの短縮と相俟って、ソフトウェア生産の非効率化とプログラムミスの多発、技術者の一層の疲弊を招いている。さらに、新しい技法やツールに移行するためには、事前の十分なテストが必要であるが、現在の民間企業にはそのための経済的余裕もない状態である。

また今後は、ビジネスシーンでの業務ソフトウェアから組込みソフトウェアまで、アーキテクチャによらずに情報連携ができる仕組みが重要となってくる。現状は米国での大手ベンダのコンセプトが主導権を握って進んでいるのが現状である。それら連携する仕組みの検討とともに、組込みソフトウェ

アや業務ソフトウェアなどが連動した新しいモデル（注 3）をいかに創出することができるか、という点も課題として挙げられる。

（注 1）米国では 90 年代のソフトウェア工学の進歩に伴い、IT を適用する業務コンサル、設計するアーキテクト、コンポーネントを開発する IT スペシャリスト、全体の開発を管理するプロジェクト・マネージャなど、分業化した専門家が育成され、特に、上流工程の作業に大きく比重がかけられるようになった。

一方、我が国の大部分の企業では、米国で 70 年代に生まれたトップ・ダウン・アプローチも十分に活かされず、あいまいな分析と要求定義をもとにしてソフトウェアを開発し修正していくボトムアップ・アプローチによる効率の低い体制に留まっているケースも多い。また、欧米では当然となっているオブジェクト指向技術やソフトウェア開発ツールを駆使できる人材が少なく、現場への普及が不十分な状態にある。組込ソフトウェアの問題で、大量の携帯電話を回収する事態となったのは、多重の下請けを含め、高い信頼性の技法やそれを使いこなすための開発プロセスの教育が行われていないこともその一因といわれている。

（注 2）ソフトウェア開発のプロセス

オブジェクト指向方法論やモデリング言語等の新しい技法を使いこなすためには、ソフトウェア開発プロセスの高い水準が必要であるが、ソフトウェア開発のプロセスを見直して組織としてのソフトウェア開発力を評価・改善する CMM の取組み状況は、インド、中国に大きく差をつけられていた（参考 4）。

（注 3）例えば、マイクロソフトの .NET サービスと連携するようなスマートデバイス (SPOT) など。

(2) 利用体制

企業における業務のIT化について、工場の自動化や、個別の業務をメインフレームやオフィスコンピュータに乗せかえる段階では、日本企業は比較的進んでいた。金融関連でも、企業間の決算を始めとしてIT化が進んでいる。

しかしながら、導入したコンピュータシステムを使いこなして業務の効率化や業績向上につなげることについては、十分ではないとの指摘がある。例えばインターネットをベースとして様々な業務を統合するサプライ・チェーン・マネジメント(SCM)やエンタープライズ・リソース・プランニング(ERP)など、ビジネスと直結したソリューションを活用する面では、欧米に遅れている(注)。

また、情報通信システムは今後急速に複雑化、高度化していき、高度なソフトウェアに依存するが、高信頼なプログラムを高い効率で生産するための、人材が大幅に不足しており、我が国の国際競争力、情報通信基盤の信頼性への影響が懸念されている。

(注) ITを前提とした業務のあり方についての変革が円滑に進んでいないこと、コアコンピタンスに関わらない業務までパッケージソフトウェアを使わずカスタム化するためコスト上昇と効率化の阻害を招いていること、などが指摘されている。

(3) 産業界と大学の連携体制

この領域の特徴は、実用的で具体的なプログラムを作成しなければ、技術的な進歩も期待できないことである。その中で、我が国の産業界と大学との間の壁が極めて高いことは、非常に大きな障害となっている。その結果として、人材も大幅な不足に陥っている。

産業界の課題

日本のソフトウェア産業は、労働集約型産業の状態にあり、職場としての魅力が薄れている。優秀な人材を確保するためにも、体系的なソフトウェア開発による生産性・信頼性の向上と、将来的にシニアな技術者として処遇される環境を整える必要がある(注1、2)。

また、それと同時に、グローバルに対峙できる優秀な人材を創出、育成できる取組みも合わせて実施していく必要がある。

大学等の課題

我が国の大学等で実践的な研究が行われず、実用的なアーキテクチャ、技法、ソフトウェアなどが生まれにくい原因として、企業が実際に開発する大規模・複雑システム、携帯端末等のソフトウェアは公開されておらず、アクセスできないことが原因とも言われているが、欧米のようなUNIX やリナックスなどのオープンソース・ソフトウェアを活用した研究も少ない。また企業も、ソフトウェアを大学と共同開発することは殆どなかった。このため大学では、実際のソフトウェアを作る機会がなく論文中心となり、産業への貢献ができなかった。現在も、大学は実用化の部分が弱く、応用分野で連携を希望する企業も少ない。

大学と企業との人事交流等

我が国では、大学教員と企業との人事交流も少なく(注3) 学生をインターンシップ制度などでソフトウェア開発部門に戦力として積極的に

受け入れる企業も少ない。その結果、学生時代に本格的なソフトウェア開発を経験する機会が少ない。

(注 1) 日本では、一定の年齢を越えると管理職となり現場を離れざるを得ない職場環境も残っており、経験を積んだ人材も残らない。一方欧米では 50 代の上席技術者が多数存在して技術の評価・選定等にも責任を有している。

(注 2) 『典型的なコンピュータ専門家は、25 歳で就職し 70 歳まで 45 年間就労する。(中略)退職時には基礎知識の 62%、抽象化の知識の 20%、実用知識の 3%が、勤続の中間点では、各々 81%、49%、16% が有効である。』(米国 ACM (The Association for Computing Machinery))。このため、米国の大学ではコンピュータに関する基礎知識、抽象化の知識を重視している。

(注 3) 某 IT 企業 (研究所) と大学との人材交流例 (2000 年)

		海外大学	国内大学
大学	教授、助教授	5 名	0
企業	若手 (ドクター)	1 ~ 2 名	連携講座 3 ~ 4 名
企業	幹部	5 名	0
大学	研究員	10 名	0 ~ 1 名

(4) 人材

人材育成の現状

インターネットによるオープン化の波は、様々な種類の開発言語、データベース技術、課金 / 決済技術や認証技術、異なる開発技法 (構造化手法やオブジェクト指向方法論、モデリング言語など) やネットワーク関連技術など、修得すべき技術の多様化を急速に進めた。さらに、新しい技法やソフトウェアプロセス改善は、高い抽象化の知識やコミュニケーション能力を要求するため、プログラマによる人海戦術では対応でき

ない。このように、特定企業のハードウェアとソフトウェアだけでなく、多様化したあらゆる技術の組合せをカバーする必要性が生じ、スキルの専門分化と幅広い知識の獲得という要求条件の二面化が進みつつある。

しかしながら、メーカー、ソフトハウス、ITサービス企業において、我が国の人材は、そのどちらにも対応しているとは言いがたく、質的に大幅に不足している（注1、2、3、4）（参考5、6、7、8）。現在は、人材が過度に中堅のシステムエンジニアに集中している（参考9、10）が、核となるスーパー高級技術者、戦略を考える幅広い技術者、新しい独創的なソフトウェア開発能力をもつ人材、大学教員や研究者を大幅に育成することが必要である。

また、電子政府・自治体システムや電子ビジネスシステム等を統括する人材には、技術、管理運営、法制度を連携させて、課題を解決し得る視野の広さが求められる。

特定の技術に対応する技術者の育成は短期的な課題であり、幅広い知識をもつ人材の育成には長期的な計画の下に実施していく必要がある。

一方、IT利用者側においては、システム設計のできる一定の質の人材が大幅に不足している。このため、IT利活用が進まず、導入時のトラブルや思ったような効果がでないなどの問題が生じやすい。また、我が国の過度の下請け構造を改善するためにも、利用者側にシステム設計能力のある人材育成が重要である（注5）。

また、システム管理の初級・中級技術者についても、膨大な数の人材が必要である。

（注1）プログラミング言語の研究者は一部大企業に集中しており、スパコンのコンパイラの開発者以外、OSの研究者は企業も含めて極めて少ない。大学には、既にOS等を教えられる教員がほとんどいない状況。

(注2) 情報サービス企業においては、その約8割が、従業員数は適正または過剰と回答(2002.3)。ITメーカーもハード技術者の再教育・配転や、人件費が安く技術力のある中国のソフトウェア技術者の確保等を進めており、技術者の絶対数の不足は問題になっていない。

一方、技術者の半数は文系出身といわれており、大部分が体系的なソフトウェア教育を受けていない。数少ない情報処理関係の学部/学科の卒業者でも、ジャバ(Java)やリナックスなどに比べてコンピュータの基礎知識を殆ど身に付けておらず抽象化の知識も乏しいことから、技術者の質の向上が急務となっている。

(注3) ソフトウェア開発に要求される技術は急速に高度化・専門化しており、その生産性や品質も、技術によって数十倍も格差が開く。このため、基礎知識と抽象化の知識を持ち、ソフトウェア開発工程の全体を理解し、標準的なツールを使いこなしながら、テストや仕様化、分析手法や設計手法、レビュー技術、スケジューリングなどの専門家として、ユーザーや他の専門家とも適切にコミュニケーションを図りながら協同しソフトウェアを効率的に開発できる高度な技術者を体系的に育成する必要がある。

技術も技術英語も国家試験を充実する必要がある。

(注4) 戦略を考える人材が世界的に非常に少なく、技術の他に企画・マーケティング、サービスと利用者のメリット等のビジネスが分かる人アーキテクチャを考える人材など、ダブルメジャーの幅広いバックグラウンドの人材を育成する必要がある。その上で、中国、インドの力を活用して国際的な開発アライアンスを組む戦略が必要。

幅広い教育も、産業の力をあげるエキスパートの教育も両方必要である。

(注5) 利用側に、システムの内容やサービスの質を理解できず発注仕様書作成能力が不足し勝ちなために、以下のような問題が生じている。

・実際の業務に十分適合したITシステムの構築が行なわれにくい。

- ・大企業のみが受注する結果となり、価格がシステムの内容よりも人月工数積算で決められるため、下請企業に皺寄せする労働集約化が進展する。

人材育成の動き

企業における人材育成の投資額は、米国に比べて非常に小さい(注1)。また、米国政府は NITRD 計画の中で、ソフトウェアの人材育成を推進している(参考12、注2)。

我が国においても、科学技術振興調整費等により高度な能力を有するソフトウェア関連の修士、博士育成の動きがある(注3)が、まだ規模として非常に小さく、各大学においても、社会の求めるソフトウェアを開発できる人材や技術とビジネスが分かる人材などを体系的に育成できるよう、教育の体制・内容等の改善・充実などに取り組むとともに、このような動きを全国的に拡大していくよう支援していく必要がある。

(注1) 日米企業(IT関連メーカー)における人材育成への投資額比較
日本企業は米国企業に対して1人あたりで半分以下、売上比で5分の1程度と非常に低い水準にある(参考11)。

日本企業は、大学での教育に期待していない上に、企業内でもOJTが中心で、体系的な教育への投資が少ない状況にある。しかし、システム開発の短期化と顧客の要求の高度化により、プロジェクトをこなしながら人材を育てる余裕がなくなっているため、OJTがうまく機能しなくなっている。

(注2) NITRD計画では、例えばDOE科学局が、コンピュータ科学系学生の奨学金プログラム(Computational Science Graduate Fellowship Program)や、コンピュータ科学の次世代のリーダーを訓練する全国的な競争的プログラムを実施している。

(注3) 大学における人材育成の強化

平成 13、14 年度科学技術振興調整費を用い、東大、北陸先端大、慶応大が人材育成を開始（参考 13）した。

また、北海道大学大学院システム情報工学専攻は、国内の情報技術関連企業が共同で資金を出す修士課程の寄附講座（オープンシステム工学及びソフトウェア開発の 2 講座で、各 2～4 人の学生を募集）を開設する。企業は、客員教授、客員助教授の派遣も行う。期間は 2003 年度から 3 年間。

電子情報技術産業協会（JEITA）は、2002 年度から東大、東工大、早稲田大にモデル講座（単位を認定）を設置し、その中でソフトウェアについても企業の生の状況を伝えている。

（注 4）オープンソースのソフトウェア等を維持発展させていくような産学官の研究者、技術者からなるコミュニティが未成熟であるなど利用者が安心してオープンソースを活用できる環境が整っていないが、これについては、H15 年度予算で支援を開始予定。

5 . 今後の方向性

(1) オープンソース・ソフトウェアの利用促進策

オープンソース・ソフトウェアの信頼性とセキュリティを高めるための技術開発

オープンソース・ソフトウェアを活用できる人材の育成、及び必要なツールやデバイス・ドライバの開発、ドキュメント出版の促進・助成
電子政府、地域情報化におけるオープンソース・ソフトウェアの活用法についての検討

(2) 研究開発の方向性

米国政府は、NITRD 計画の中で、「Strengthening National, Homeland, and Economic Security」としてソフトウェアの安全性・信頼性向上の研究開発を推進している（参考 8）。

重点化すべき領域

日本の強い領域と、これを生かすために不可欠な領域に戦略的に重点化し、産学官で技術開発を推進する。特に組込み系はまだ我が国が強くなり得る可能性がある。その際には、実用ソフトウェアに具体的に貢献するものについて重点的に実施することが重要である。

信頼性（頑健性、完全性）、安全性（セキュリティ）技術

平成 15 年度から一部の研究開発を開始する予定であるが、メインフレームや自律分散制御で培った高信頼化技術なども活用しつつ、一層の強化が望まれる。なお、この領域については方法論がまだ明確になっていないため、領域を限定した競争的資金の活用も検討すべきである。

- 高信頼性のモデル化と原因解明
- 信頼性・安全性の向上・評価のための技術・ツールの開発

- ・インターネット関連の大規模システム・ネットワークの基盤技術
 - ・オープンソース・ソフトウェアについて、関連ツール等の蓄積、技術の体系化も重要
 - ・モバイル、ユビキタスシステムなど、オンラインでソフトウェア修正が困難な組込みシステムの安全性対策技術、ソフトウェアのダウンロードに対する安全性対策技術など
- なお、組込みソフトウェアについては、特に民間との十分な連携の下に、ハードウェアも含めたシステムとしてソフトウェアを開発することが必要な領域もある。

生産性技術

以下により、品質向上とコスト削減に向けた取組みを支援していく。

- ・CMMI などのソフトウェアプロセス改善手法を用いた実践ツール開発及びドキュメントの整備
- ・設計段階などにおけるソフトウェアデザインのパターン抽出技術
- ・組込みシステムを始めとするソフトウェアの部品化、自動作成技術、ツール等の開発・整備、部品化されネット上に分散蓄積されたソフトウェアを汎用的に利用するための技術開発など

ファイルシステム（ストレージ、サーバを含む）の高信頼化、自律分散化、情報検索等

ユビキタス環境で流通するコンテンツの高次処理技術

高信頼度に関する厳密なモデル化、次世代の OS、コンパイラなどの基礎的な研究については、現在のソフトウェアにおける具体的な問題の解決を図り実用化を目指すという問題意識の下で、競争的資金も活用しつつ推進する。

ビジネス等のアプリケーションソフトウェア

基本的に企業で実施するが、パッケージソフトウェアを強化し、国際的なデファクト標準とする方向を追求すべきである。

推進方策

具体的な実用のアプリケーションを特定し、産学連携での研究開発を推進。ソフトウェアを開発した後の産業化や普及の筋道を明確にする必要

国際的な標準化（デファクト）を視野に入れた戦略が重要。

- ・ネットワークからアプリケーションまで、レイヤーを踏まえて進めるべき。
- ・オープンソースを活用して進めることにより、産学官がソースに関する情報を共有し、共同研究しやすい環境を作ることも有効な方策。

実証的テストベッドによる試験・評価

6 . 人材育成と産業のあり方

(1) 開発側

高度な人材の育成

研究者・高度な技術者として、博士等の研究者・上級技術者の人材育成、問題発見型の積極的な挑戦意欲のある人材を育成する必要がある。このため、国は、重要な領域の技術開発プロジェクトを立ち上げ、これらを育成の「場」として活用し、産学官連携の下で推進することが必要。この際、国際的な視野を持った人材を育成するため、海外研究者の参加、成果の海外発表、国際会議の企画、成果の海外展開など国際化の要件を付すことも検討すべきである。また、ソフトウェアに関する大学院の強化・拡充などによる高度で専門的な職業能力を有する人材の育成や研究・人材育成拠点の形成など、大学、自治体、民間等における人材育成の動き（参考14）を積極的に支援することが効率的

である。

日本発のコンセプト・ソフトウェア・世界標準を生み出すと同時に高度な研究者・技術者を育成する場として、研究者を結集する研究拠点の整備や、人的な流動性を実現することが必要。

大学においても、企業や研究機関のソフトウェア開発プロジェクトを受託し、実践的な問題解決能力を育成することが重要（注1）であり、国は、マッチングファンドなどによりこれを積極的に支援する必要がある。また、競争的資金（注2）などを活用し、人材育成に配慮した研究開発を推進することも効果的である。さらにコンテスト的な要素を活用することも有効。

さらに、我が国の大学院レベルを始めとする学生や、若い研究者に対する海外留学の奨学金も有効である。また、我が国の大学教育を充実して国際的にも魅力あるものにすると同時に、海外からの大学院レベルを始めとする学生の受け入れを促進することが重要である。

加えて、短期間で多数の高度技術者を育成するため、一定の経験をもつシニアな人材（社会人）の再教育を進める必要がある。

（注1）ソフトウェアに関する原理、技法、ツール、プロセスなどの知識とスキルの両方が必要。しかし、最も重要なのは、現実の問題を理解し解決する能力である。この能力を向上させるためには、例題や企業からの教員派遣ではなく、企業等からの研究プロジェクト委託を受けることが不可欠である。これにより、教員も問題解決の中で学び、経験を抽象化することが可能となる。

（注2）米国 NSF は、ITR（Information Technology Research）において、国が競争的資金を提供する際、その研究が人材育成にどのように役立つのかを評価し、選定している。

（注3）教育内容・方法等

情報処理学会が中心に、大学カリキュラム ISJ2001 を策定。
JABEE が大学教育の評価・認定を開始。また IT スキルスタンダー

ドのバージョン 1.0 を経済産業省が策定。これらを活用し、社会人を含めた教育システムを構築する必要がある。この際、ティーチングアシスタントやインターンシップを充実することも必要である。

(2) IT利用者側の人材育成

膨大な要員が必要なIT利用側の初級、中級の人材を育成するためには、民間の研修能力を向上させ活用すること、遠隔教育プログラムの充実などが現実的である。

(3) 人材の確保と流動化

外国企業が中国の大学を活用しているように、日本も、研究能力を国際調達する必要がある。短期と長期の戦略を区別し、短期的には海外から高度な技術者や大学教員を招聘することが必要である(注)。また、学位や資格要件などにとらわれずにシステム作成の経験のある人材を教員として活用すべきである。さらに、教員の評価においては、論文数ではなく、作成したソフトウェアの質・量や社会での実利用の実績なども踏まえ、柔軟に対応すべきである。

なお、中国、インドなどから高度な技術者等を招聘するため、これらアジア諸国からの高度な技術者等の入国におけるビザ発給の条件緩和・手続き簡素化や、これら技術者等を APEC ビジネス・トラベル・カードの対象に含めること等を推進することが必要である。

また、大学や国立研究所と民間企業との間の人材の流動化を推進するために必要な環境整備を短期集中的に実施し、知識と技術の有効活用を促進する。

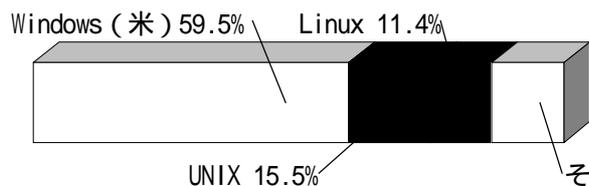
(注) 海外からの招聘者の技術や能力を十分に活用するためにも、また、アジア諸国と連携をとるためにも、彼らと同等以上の高度な知識と技術を身に付けた人材が必要であり、我が国における人材育成も併せて早急に取り組むべきである。

(参考1) 基本的ソフトウェア (OS等) の世界シェア

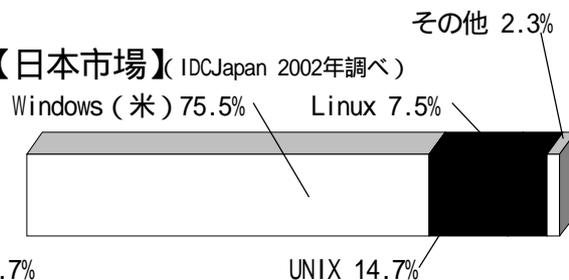
基本ソフトウェア (本数ベース)

サーバO

【世界市場】(IDC 2002年調べ)

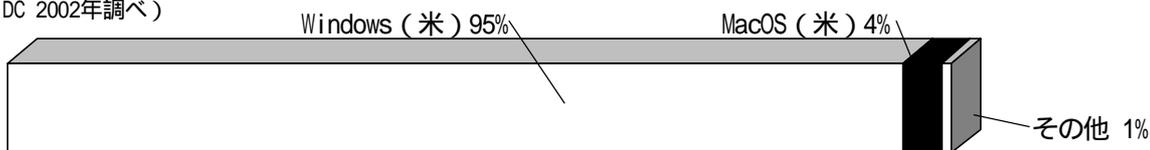


【日本市場】(IDCJapan 2002年調べ)



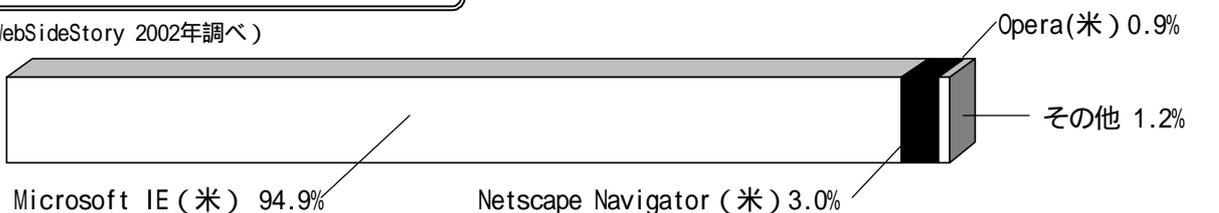
クライアントOS (世界市場)

(IDC 2002年調べ)



WEBブラウザ (世界市場)

(WebSideStory 2002年調べ)



(参考2) オープンソース・ソフトウェアの必要性

情報通信技術（IT）の急速な発展に伴い、情報通信システムが大規模化・複雑化し、その開発・運用にかかるコストが急増するとともに、それらの相互運用性や高い信頼性・拡張性等を確保することも難しくなっている。

ここで、ソフトウェアの仕様やプログラムの内容を広く公開して共有し、一定の条件の下で自由に扱うことのできるオープンソース・ソフトウェアを活用することにより、上記の問題を軽減しようとする動きが始まっている。これにより、利用者が安心して利用できる選択肢が提供され、社会全体における情報通信システムの効用の向上が期待できるため、オープンソース・ソフトウェアの利用を促進する必要がある。

開発・運用コストの削減への期待

基本ソフトウェア（OS）やミドルウェアなどの基盤的なソフトウェアの費用負担、それらのバージョンアップに伴う応用ソフトウェア改修費用、保守・維持管理費用の削減を図ることが期待される。

セキュリティ・信頼性の向上

ソースコードが公開されているため、開発・利用段階において、多数の技術者によるチェックが行われることから、不具合の発生するおそれのある箇所を素早く発見できる可能性が高くなり、セキュリティ・信頼性の向上を図ることができる。

また、経済社会を支える重要なインフラである IT について、特定の技術に過度に依存せず、より多くの技術者に支えられ開発・改善された技術を、適材適所に配置することにより、リスクマネジメントが可能となり、一層柔軟かつ信頼性の高い社会を構築できる。

人材育成への貢献

従来ソースコードを見ることができない状況では、ソフトウェアに関する実際的な教育や研修が難しかったが、公開されたソースコードを分析し改造することにより、学生や企業における技術者の技術レベルの向上

や人材の育成につながる。

(注) 海外の例

米国

- ・国家安全保障局 (NSA) は、産学官連携のもとで、セキュリティを強化したリナックスの開発を実施
- ・エネルギー省 (DOE) は、リナックスを搭載したシステムの開発を民間に委託し、政府調達を行っている。

中国 : 国営中国科学院が RedFlagLinux の開発を実施

英、独 : オープンソース・ソフトウェアの活用を推進する方針を打ち出し、積極的に支援。

(参考3) 米国NITRDにおけるソフトウェア研究開発

(ブルーブック2003より)

1. 信頼性、セキュリティ及び安全性

(1) 現状認識

電力網、航空管制、軍事などの大規模システム、並びに移植心臓モニター、ナノレベル診断装置、デジタル人工臓器などの組込機器にも格段に高い信頼性、安全性、セキュリティが必要であり、このため以下の要件が重要である。

- ・テロの攻撃、極秘の侵入、悪用に対する堅牢性
- ・一層の自己診断、自己修正、自己回復の能力
- ・自然故障・故意の妨害・詐欺、利用者の重大なミスからの防御

しかし現状は、

- ・信頼性・安全性のための暗号、PKI、ネットワーク管理、侵入検知、耐故障/障害性等の技術は、大規模化・複雑化するシステムの設計技術と統合できていない。
- ・大規模な複合システムやシステム自身の根底にある不具合のパターンが解明されていない。
- ・現在の信頼性確保は、コストと時間のかかる試験工程に依存しており、ソフトウェアとハードウェアの微妙な相互作用による不具合を発見することは困難。

(2) NITRDの重点課題

ソフトウェアとシステムの信頼性、セキュリティと性能を低コストで評価するための強力な新しい診断ツールや犯罪科学的ツールに加え、正当性が保障された高信頼性システム構築のための科学的基礎として、以下の研究課題に重点を置く。

信頼性の基盤：高信頼度に関する厳密なモデル化と推論、相互運用の手法とツール、システム構築・仕様化・安全性とセキュリティの基盤など

監視と柔軟な対応のための堅牢なシステムアーキテクチャー、ツール等、スケーラブルな障害予防、検知、分析と回復・再構成ソフトウェア技術。

(注) プログラム言語、ツールと環境 ; OS、ミドルウェア、ネットワーク (大規模分散組込型アプリケーションと分野固有のサービスのための効率的、予測可能、拡張可能、リアルタイム・プロトコル、コンセンサス、同期、複製のような、再利用できるミドルウェアサービス) を含む。

検証と妥当性検査技術、検証テストに必要な時間、労力、コストの削減、犯罪科学的、診断的ツール

大規模なシステムによる実験、参照システムの実装

分野固有のソフトウェア認定技術

民間及び政府が迅速に採用できるための、高信頼性技術の先端的なプロトタイプ実装

(3) 2003年度計画

システム及びコンポーネントの技術についてモデル化と理論化 (OS、ミドルウェア、ネットワークソフトウェア、安全性と特にセキュリティ)、仕様、部品統合と相互運用性に関する数学的、工学的研究、並びに、エラーの原因を除去するための言語、ツール、自動化技術と、ソフトウェア及びシステム設計において高い信頼性を実現するための技術戦略に対し、研究を支援する。

- NSF ・高信頼性化のための革新的研究 (高信頼システム構築の原理、部品化技術、組立・分割方法、モデル化と解析技術、セキュリティと性能のトレードオフ)
 - ・インターネットシステムの安全性、セキュリティと個人情報保護
 - ・リアルタイム分散型・組込型ハイブリッドシステム
 - ・クリティカルなインフラを保護する耐故障性アプローチ
- NIH ・医療機器と遠隔医療の信頼性を確保する方法と技術
 - ・研究のための医療データとITシステムの信頼性、プライバシー、セキュリティ
- NASA ・安全性のためのソフトウェア設計 : ミッションクリティカルなソフトウェアについて超高信頼性を確保する技術と手法の開発 (主要大学と企業による「高信頼性ソフトウェアコンソーシアム」も設置)
 - ・仕様化、自動誤り検出、検証のための人工知能と形式的手法
 - ・ソフトボール大の宇宙船用マイクロロボット (Spacecraft Micro Robot : SMR (注)) の超高信頼性の技術。

(注) OSとモニター、双方向・オーディオ、ビデオ、無線イーサネット、遠隔操作が可能な推進システム、環境及び内部センサなどを統合したもので、地上管制官や宇宙飛行士により誘導され、宇宙船をパトロールして内部環境条件を監視し飛行中のデータをタイムリーに送受信するとともに、宇宙 - 地上テレビ会議をサポートすることができる、携帯型 IT アシスタント。

NSA ・安全なネットワーク管理に関する研究

- ・安全な交換網技術
- ・暗号化（鍵管理、アルゴリズム）に関する先端的研究
- ・高信頼性システム技術（形式的仕様記述と検証ツール、安全性の評価のための問題領域固有の言語）に関する先端的研究
- ・エンドユーザシステム（セキュリティを強化したLINUXカーネル、オブジェクトリクエストブローカーなどのセキュリティ・ミドルウェア）のセキュリティ確保に関する先端的研究の継続

NIST ・ミッションクリティカルなインフラを保護するセキュリティ技術

- ・バイオメトリックス等の認証・認可技術の標準規格、試験・評価方法
- ・NISTの先端的暗号標準のためのツール
- ・NSAと共同で、ソフトウェアの評価、試験、証明のための費用対効果のある国際標準を促進する全国情報保証パートナーシップ（National Information Assurance Partnership）の支援

ODDR&E：高品質保証の技術、ソフトウェア制御システム、情報セキュリティ、公開鍵インフラストラクチャー（PKI）、サバイバビリティ技術のための技術基盤に関する国防関連大学での基礎研究の支援

2 . ソフトウェア生産性の改善

(1) 現状認識

コンピュータ用チップは、携帯電話、ページャー、携帯情報端末 (PDA) などの小型機器から、自動車、飛行機、製造機械、兵器システム、緊急警報網などの大規模システムまで幅広く利用。また、環境とリスク監視、科学的農業、交通管理、戦闘現場の偵察と早期警戒などの広範なシステムのための、情報をほぼリアルタイムで収集・伝送するセンサネットワークも有望。

ソフトウェアの設計・開発を名人芸に頼っているため、開発と運用・保守に巨額の資金が費やされ、相互運用性、拡張性、コスト効率に乏しい。米国のインフラを支える重要な基盤として、ソフトウェア設計・開発を、汎用性のある原理、方法、最良の経験に基づく形式的枠組、詳細な設計図、長期間品質保証された構成部品を高いコスト効率で開発するプロセス、などの科学的アプローチに則った工学的に体系化された開発プロセスに変更すべき。

(2) NITRDの研究項目

合理的で部品化され検証可能で再使用可能な、安定した工学的設計に移行し、より高品質で多様な製品の開発を可能にすると同時に、開発費を下げ維持を簡素化して生産性を大幅に向上させる開発方法論を得る。このため、

何百万ステップの大規模ソフトウェア開発について、新しい科学的手法の開発のために、モデルの構築、検証、評価に重点をおく。これには、設計や実装の自動化、実証的テストベッドによる試験等が含まれる。

大規模システム内の組込システムで、一部の組込CPUが損傷・破壊、追加されても、全体が自動的に機能し続けるシステムの科学的基盤を開発する。

(主要な研究課題)

- 言語とコンパイラを含むソフトウェアとシステム科学；構築方法論；分散型で拡張性のあるシステムとネットワークの設計基盤
- 効率的で、信頼性の高いソフトウェア部品とその統合などの自動化技術；ソフトウェアとシステムの統合開発のための仕様、分析、検証などの方法；ネットワーク化された並列処理アプリケーションの相互運用性；分野特有の開発環境の迅速な構築とカスタム化のためのツール環境
- 組込ソフトウェアとシステム開発プロジェクトのための実証実験

(3) NITRDの2003年度の計画

ソフトウェアの品質向上と、コスト大幅削減のための基礎研究を支援する。

(2003 年度における各機関の代表的活動)

NSF : 実践的なソフトウェア工学研究

- ・部品化ソフトウェアの継続的な更新管理
- ・ソフトウェアを発展させる特徴づけ (プロファイル) とパターン
- ・開発モデルを、開発費用や開発期間などのリスク主導から、開発したソフトウェアの価値主導へ変更するための戦略的設計

DARPA : 組込型ソフトウェアのモデルベースの統合

- ・制御系、センサ網やシステム網などの複雑系における、動的自己組織化と検証テストのための自動化ツールを用いた再利用可能なソフトウェア群。

(注) 「組込型システムのためのプログラム作成」 (Program Composition for Embedded Systems : PCES) は、開発労力を低減しつつより堅牢なプログラムを作ることを目的としている。

- ・コアソフトウェアの設計、並行操作、センサ、アクチュエーターのリアルタイム同期、安全で高効率のキャッシュ、レジスタ、メモリ管理など。

NIH : バイオメディカル・コンピューティングを支援するソフトウェア研究

NSF/NASA : 高信頼コンピューティングと通信システムの共同研究

NASAの新しいテストベッドを用い、高信頼でコスト効率の良いソフトウェアをベースにしたシステムの設計、試験、実装、発展、検証。

NASA・組込型やロボット機器のための技術、ツール等の自動化ソフトウェア工学手法

- ・ (複雑系の因果関係を確率を用いてモデル化する) ベイジアン法を用いた仕様化、ソフトウェアの実装評価

DOE/NNSA : ASCIハイエンドコンピュータのための、共通のソフトウェア開発/実行環境の構築 (入出力、ストレージ、可視化だけではなく、堅牢さと拡張性のためのエンドツーエンドASCIアプリケーションのニーズを支援)

NIST : 使い易さのデータを消費者団体と共有するための共通の報告書形式の開発

- ・自動化された知識ベース手法を用いたソフトウェア品質の決定
- ・製造分野におけるB2Bの相互運用性テストベッドを産業界と共有する計画

(注) 企業の生産管理等のソフトウェア製品のコスト効率と有用性を高める

ため、産業界と共同で、ウェブベースの分散型評価プロセスを提供し、新しいB2B相互運用標準規格に適合しているかをチェックするための「共有製造業B2B相互運用性テストベッド (Shared Manufacturing B2B (business-to-business) Interoperability Testbed)」を開発する。

NOAA : 部品化ベースの地球物理学研究モデルの開発。

ODDR&E : 組込システムを検証するソフトウェアモデルに関する大学の基礎研究

- ・リアルタイムの無停止ネットワークプロトコル

(参考4) CMMの達成状況

2001年11月時点におけるCMMの達成状況は、以下のとおりである。

- ・ インド：レベル 5 が 39 社、レベル 4 が 30 社
- ・ 中国　：レベル 5 が 2 社
- ・ 日本　：レベル 3 が 1 社、レベル 2 が 2 社。

ただし、この情報については、以下の点について留意する必要がある。

- ・ データが古く、現状は大きく変化している可能性がある。
その後、日本では数社がレベル 4、レベル 5 を達成した。また、現在の最新の情報は、公表されていない。
- ・ CMMは各組織のレベルを、モデルの開発元であるカーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所(CMU/SEI)が保証するものではないこと。
- ・ レベル達成を議論すると、レベル達成競争をあおるだけで実質的なプロセス改善の取組みを阻害おそれがあるという指摘もある。

(参考5) コンピュータプログラム関係の大学教員・学生数の日米比較 (試算例)

	日本	米国	格差
大学教員数	約 1 0 0	約 9 0 0	約 9 倍
学生数 (/ 年)	約 1 7 0 0	約 4 6 0 0	約 3 倍

(注) 大学教員は、日本 (教授、助教授、講師)、米国 (教授、助教授)
学生は、学士、修士、博士の合計

【備考】コンピュータプログラム関係 (注) の大学教員・学生数として公表された数字はないため、以下の方法で試算した。

(注) OS、コンパイラ、ソフトウェア・アーキテクチャ、データベース等

(1) 日本の大学教員・学生数の試算方法

東大 武市教授などの調査から本分野の教授、助教授、講師の数を集計。

本分野の学生数の試算

- ・東大 武市教授などの調査から平成 12 年度の情報工学を専門とする学科・専攻の卒業・修了学生数 (学士、修士、博士) を集計し、さらに内閣府において上記注に該当する当該分野の課程博士論文数を抽出。
- ・本分野の課程博士論文数に、情報工学を専門とする学科・専攻における平均的な (卒業・修了学生数) / (修了博士数) の値を乗じ、当該分野の卒業・修了学生数 (学士、修士、博士) を試算。

(2) 米国の大学教員・学生数の試算方法

分野の教授・助教授数の試算

米 NSF の公表資料から、全米のコンピュータ科学の学生数 / 年を集計し、これに (本分野の教授・助教授数) / (コンピュータ科学の教授・助教授数) を乗じて試算。

(注) 京大上林教授の調査から、コンピュータ科学の学生数が比較的多い 11 大学について、本分野に所属する教授・助教授数、学生 (学士、修士、博士) 数 / 年の人数を集計。これから (教授一人当たりの学生数 / 年) と、コンピュータ科学の中の本分野の教授・助教授数の割合を計算。

本分野の学生数 / 年の試算

上記本分野の教授・助教授数に、教授 1 人あたりの学生数を乗じて試算。

(参考6) ソフトウェア人材の国際比較

1. 中国

企業と大学が密接に連携し、実務的な大量のIT技術者・研究者を育成しており、ソフトウェア関連学部学科を有する大学は約400、在籍学生数40万以上に上る。

(例) 精華大学(学部700、修士500、博士300人)、武漢大学(学部2500人)、ソフトウェア専門大学の「東北大学東軟情報技術学院」は全学生約8000人

2. インド

毎年約12万人のIT技術者(大学卒)を輩出しており、その大部分がソフトウェア関係と考えられる。英語の語学力とともに、人材の能力は非常に高い。

3. 韓国

2001年3月から、インターネットを活用したサイバー大学が開校し、コンピュータ、インターネット、コンテンツ、マルチメディア等の人材を育成。現在は少なくとも16校(参考4)。

4. 米国

プログラム関係の学生数(学士、修士、博士)は、年間4600人程度との試算例もあり(参考5)。さらに中国、インドから大量の技術者、研究者を受け入れている。

政府の情報システム技術者等の育成のため、学習コース検索システムを提供するとともに、専門家向けに高度な専門コースとしてプログラムマネージャ向けのSTARプログラムやCIO向けのCIOユニバーシティ等を提供している。

(注) 既存の大学と協力して運営しており、CIOの持つべき能力として定義された「クリンガー・コーエン・コア・コンピタンス」に従い必要な知識を学んでいる。

カーネギーメロン大学のソフトウェア工学研究所(SEI)では、ソフト

ウェア工学において、以下のような成果をあげており、その中で、実践的な人材育成が行なわれている。

- ・ソフトウェアプロセス成熟度モデル (CMM)
- ・実時間ソフトウェアのためのスケジューリングアルゴリズム (Rate Monotonic Scheduling)
- ・その他、ソフトウェアアーキテクチャ、ソフトウェアプロダクトラインなど

5. ドイツ

フラウンホーファー実践的ソフトウェア工学研究所 (IESE) では、政府から 3 割、企業から 7 割の資金を受けて、常勤 80 名、非常勤 60 名で、企業に対するコンサルティング、共同研究としての問題発見・解決法の検討を行なっている。ここで、大学の研究者等は非常勤として産業界と交流でき、企業側も出向することにより知識を体系化できる、人的交流の拠点となっている。

6. 日本

プログラム関係の学生数 (学士、修士、博士) は、年間 1,700 人程度との試算例もあり、この試算例によれば米国の 3 分の 1 程度となり、教員数は米国の 9 分の 1 となる (参考 5)。毎年 10 万人以上の学士を輩出する中国、インド等と比べると、人材は大幅に少ない。

しかし、最も大きな問題は、中国等と比べても大学卒のレベルも違うことである (注)。

我が国のソフトウェア技術を高めるべき研究者 (博士課程の大学院生、および企業におけるソフトウェア研究者を含む) も極めて少なく、米国の 2 割程度といわれている。

(注) これが直ちに教育水準を示すものではないが、一つの参考として、プログラムの学生コンテストでは、米国、中国、韓国、シンガポールが強く、日本は 2002 年度 18 位。(参考 4)

(参考7) 韓国のサイバー大学における IT 人材育成

韓国では、生涯学習の重要性を認識し、社会教育法を改編して生涯教育法を制定。これにより、韓国教育部は、2000年11月末にインターネットを利用して学士や専門学士（短大レベル）の学位を得ることができる「サイバー大学」の設立を認可し、2001年3月に開校した。当初9校（4年制大学7校、2年制専門大学2校）が開校し、現在少なくとも16校が認可を受けている。ソフトウェア及びコンテンツ関係の学科をもつサイバー大学は、以下のとおり。

韓国サイバー大学(KCU)

- ・全国38大学のコンソーシアムとして1996年度に設立。2000年度に財団法人化。
- ・学生の殆どが高卒の有職者であり、2,118人のKCUの自宅学習者にインターネットで遠隔教育を提供。同時に、38大学の学生に衛星を使った遠隔教育を提供。
- ・音楽ビジネスやデジタル金融など、実践的な講義が充実。現在、法学、ベンチャー経営学、コンピュータ情報通信学、実用英語、デジタルメディアデザイン等8学科。

漢陽サイバー大学（コンピュータ学、デジタルデザイン学、教育コンテンツ学等）

サイバーゲーム大学（ゲーム経営学、ゲーム創作学、ゲームデザイン、ゲームソフトウェア学、ゲーム音響学、ゲームグラフィック学）

アジアデジタル大学（メディア学）

ドンソサイバー大学（インターネットコンテンツ学、デジタルメディアデザイン学）

セギルデジタル大学（インターネット学）

ヨンジンサイバー大学（コンピュータプログラミング学）

慶熙（けいき）サイバー大学（デジタルマルチメディア学）

ソウルデジタル大学（マルチメディア学）

韓国デジタル大学（メディアデザイン学、エンターテイメント学）

世宗（せじょん）サイバー大学（インターネット通信工学）

セミンデジタル大学（デジタルメディア科）

ヨリンサイバー大学（デジタルコンテンツ学、コンピュータデザイン学）

(参考8) 2002年度 ACM 主催大学国際プログラムコンテストの結果等

1. 上位入賞校

- 1位 上海JiaoTong大
- 2位 米MIT
- 3位 カナダ Waterloo大
- 4位 中国Tsinghua大
- 5位 スタンフォード大

2. 国別入選校数(上位40校)

(注) 同率11位が7校、18位が9校、27位が14校

11校 米国(2位、5位、8位、11位、27位7校)

6校 ロシア(6位、9位、11位、18位2校、27位)

4校 中国(1位、4位、7位、27位)

4校 カナダ(3位、18位、27位2校)

2校 デンマーク(18位2校)

1校 <アジア・太平洋地域>

韓国(11位)、日本(18位)、ニュージーランド(27位)

<ヨーロッパ大陸・中東>

チェコ(11位)、スエーデン(11位)、イギリス(11位)、ポーランド(11位)、ルーマニア(18位)、ベラルーシ(18位)、イラン(18位)、ベルギー(27位)

<南米・アフリカ>

アルゼンチン(10位)、南アフリカ(27位)

3. 傾向

- ・中国は、昨年度11位以下に4校だったが今年度は上位に4校で急速な進歩。
- ・韓国は、昨年度8位と14位。2002年度11位
- ・日本は、2000年度7位(京大)、2001年度14位(京大)、2002年度18位(東大)と、低下傾向。

(参考9) ITスキル・スタンダードについて(案)抜粋

ITスキル・スタンダード協議会討議用資料

(前略)

2. ITスキル・スタンダードの狙い

(略)

(1) スキルの多様化の促進

(前略) IT人材の多くが受託開発を担う中堅技術者に集中しており、多様化する専門家の育成が十分に行えていないのが現状である。(中略) 我が国IT人材市場には、プログラマ SE プロジェクトリーダーといった単線的なパスしかなく、また、IT人材も中堅レベルの受託開発技術者に8割方集中しているが、今後、高度化するであろうユーザの要求に応じていくためには、それぞれのソリューションや新たな技術分野の専門家をプロフェッショナルとして厳しく育成していく必要がある。

このため、如何に、より付加価値の高いエリアに自社のスキル資源をシフトするかは、ITサービス企業、ユーザ企業双方の企業にとっても、IT人材個人にとっても深刻な課題となりつつある。

特に、コンサルタントやセールスなどの上流工程へのスキルの展開、更に、技術やスキルの市場展開をサポートするマーケティングは、今後ますますその重要性を増す。その結果として、ITアーキテクトによる基本的な設計作業や、プロジェクト・マネージャによる開発管理作業など、多様化する経営戦略・IT企画と多様化する技術の適用の間を的確に繋ぐスキルも欠かせぬ重みを持ってこよう。ITスキル・スタンダードは、こうしたスキルの多様化の方向性と内容について、市場にガイドラインを提供する。

(2) スキルの熟達の促進

(前略) 大規模なプロジェクトのマネジメント、複雑性の高いシステムの設計、極めて厳しい安全性を求められるシステムのコンサルタントなど、スキルの熟達に関する事例の枚挙にいとまがない。(後略)

(3) スキル資源管理の共通のチャート

(前略) 何より、個別のIT製品や、技術動向に振り回されない、中長期的な熟達を要するスキルの育成が必要となっている。しかし、ITサービス企業が中長期的なスキル開発戦略を持つとすれば、まずはITサービス企業の側がビジネス戦略を持たねばならない。

例えば、コンサルタントなどの上流工程を強化するのか、データベース技術やネットワーク技術など特定の開発スキルを強化するのか、金融分野にシフトしていくのか、公共的な分野にシフトしていくのか。また、ユーザ側であれば、今後アウトソーシングを多用していくのか、自社開発を続けるのか、データベース中心のシステムになるのか、決済系中心のシステムになるのか。それによって育成の焦点となるスキルは変わってくる。そしてその次に、ITサービス企業はスキル資源管理のための戦略を持つ。重点的に育成すべきスキル、そのスキルを育成するためのインフラの整備、そのための訓練へのモチベーションの設定など、スキルのチャートをもとに、自社の比較優位を得るためのスキル戦略を策定しなければならない。

個人も同じように、独立したプロとして、自らのキャリアパスを選択し、場合によっては、属する企業や組織を、与えられるキャリアパスの違いによって主体的に選択すること

が必要となる。例えば、コンサルタントを目指すのに下流工程しかサービスしない会社に属しても仕方がないし、技術そのものでスキルを極めたいときにコンサルタントが得意な会社に入っても意味がない。(後略)

(前略)現在においては、改めて、IT専門家の質の欠如による「ソフトウェアクライシス」を提起する必要がある。(後略)

(1) 戦略的なスキル管理

第一に、高度なIT人材の育成に向け、製品開発と同様、長期的な戦略を持つこと、そして、それを実行に移す段階では、金融事業本部、公共事業本部などの事業部門毎のラインマネジメントと、プロジェクトマネジメント、ITアーキテクトなどのスキル・プロフェッショナルマネジメントとを、分離・独立させることである。

長期的な戦略を実行に移すためには、各個人のスキルアップに対する内発的なインセンティブが欠かせない。(中略)IT企業の場合、SEとしての将来の待遇はおおよそ見えているともいえる。このため、最低限のスキルアップが必要だという意識はあっても、それ以上にスキルアップすること自体が待遇の改善につながるの見通しは各社員に薄い。中長期的にスキルを開拓していくためには、様々な高いレベルの熟達にいたるキャリアパスを見せること、高いゴールを見せること、そして、早い段階からそうしたキャリアパスを選ぶということが重要である。

また、(中略)スキルアップは、事業の成功自体とは独立に評価されなければ、スキルアップに対するインセンティブが失われることになる。このため(中略)ラインマネジメントとスキルマネジメントを分離独立させ、スキルアップに対して的確な評価とインセンティブバックが行われるような社内組織を整備する必要がある。(後略)

(2) スキル・プロフェッショナル・コミュニティ

第二に、企業や産学の枠組みを超えたスキル・プロフェッショナル・コミュニティの必要性である。(中略)政府全体としても、人材育成インフラとしての大学の強化、産学連携の強化、スキル・プロフェッショナル・コミュニティによる短期的な利害に左右されないスキルの開拓といったインフラを整え、競争力のあるサービス企業が育つ環境を整えることが必要である。(後略)

(参考) 欧米のスキル・スタンダード

(前略) British Computer Societyが15年かけて蓄積したスキル分析を下地に開発されている、英国のSFIA (Skill Framework for Information Age) の完成度は群を抜く。(中略)米国では、コミュニティカレッジのカリキュラムに対するア krediteーションのため(中略)比較的エントリーレベルから中堅レベルに適用されるスキル・スタンダードの作成が活発に行われている。(中略)サービス実務に即して職務整理が細分化されているという意味では、SFIAよりも更に実用的との評価も高い。更に、その代表格であるNWCET (National Workforce Center for Emerging Technology) を英国のSFIAに対応させようとするプロジェクトを米国の大手ITサービス企業が支援している(後略)。

(参考 10) IT スキルスタンダード協議会検討資料より。

図 1 ITサービス企業200社におけるITエンジニアの割合

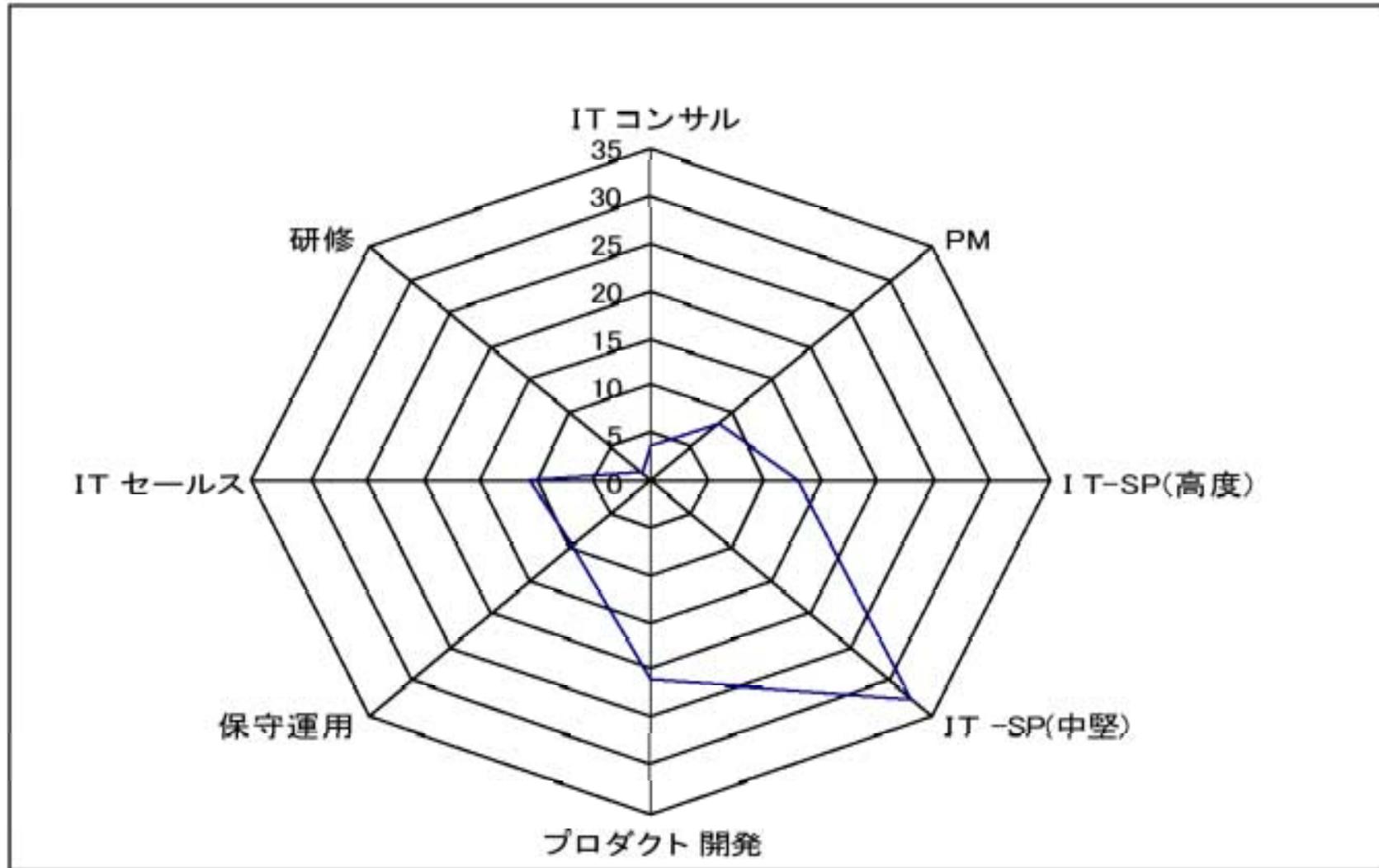


図2. IT人材の偏在に関するイメージ図

職種	マーケティング	セールス	コンサルタント	ITアーキテクト	プロジェクトマネジメント	ITスペシャリスト	アプリケーションスペシャリスト	ソフトウェア開発	カスタマーサービス	オペレーション	エデュケーション
専門分野	マーケティング 販促チャネル戦略	訪問型コンサルティングセールス ネットコマニケーション	BT (Business Transformation) メディア利用型セールス 訪問型製品セールス	システムエンジニア ネットワーク データベース アプリケーション	システムエンジニア ネットワーク セキュリティ プロジェクト	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理 クラウドチーム	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理	システムエンジニア ネットワーク データベース システム管理
レベル7 (年収1,800万円以上)											
レベル6 (年収1,200万円程度)											
レベル5 (年収1,000万円程度)											
レベル4 (年収7-800万円程度)											
レベル3 (年収5-600万円程度)											
レベル2 (年収4-500万円程度)											
レベル1 (年収2-400万円程度)											



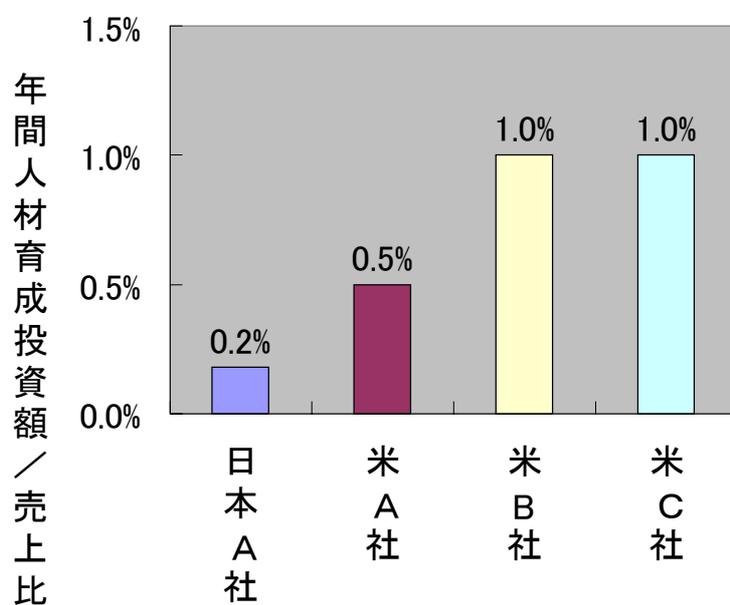
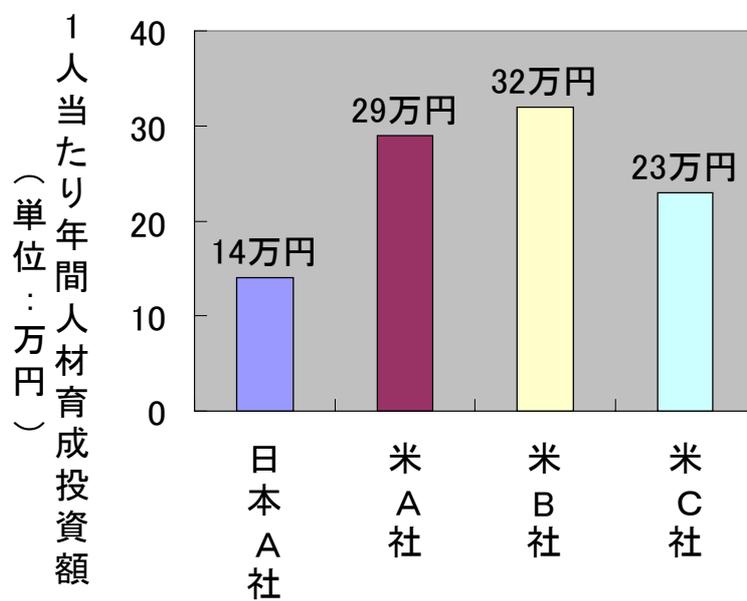
※各レベルの年収は、レベルを決定するための基準・要件ではなく、レベルの違いをイメージするための目安である。
このため、各レベルに該当するIT技術者の年収は、この目安と実際には異なることがある。

図3 IT投資プロセスにそった主要活動の例示

IT投資プロセス		職種		セールス	コンサルタント	IT アーキテクト	プロジェクト マネジメント	IT スペシャリスト	アプリケーション スペシャリスト	カスタマ サービス	オペレーション
		職種	職種								
経営戦略策定	経営目標/ビジョン の策定			目標/ビジョンの 確認	目標/ビジョン の提言						
	ビジネス戦略策定			ビジネス戦略の 確認	ビジネス戦略 策定の助言						
戦略的情報化企画	課題整理/分析 (ビジネス/IT)			ビジネス課題の 整理/ソリューション の提案	ソリューション策定 のための助言	ソリューションの 枠組み策定	プロジェクト 基本計画の 策定				
	ソリューション※設計 (構造/パターン)					ソリューション設計	プロジェクト 管理/統制				
開発	コンポーネント設計 (システム/業務)				コンポーネント設計の 助言		プロジェクト 管理/統制	システム・ コンポーネントの 分析・設計	アプリケーション・ コンポーネントの 分析・設計		
	ソリューション構築 (開発/実装)						プロジェクト 管理/統制	システムの 導入構築	アプリケーション・ コンポーネントの 開発	ハードウェア、 ソフトウェアの 導入	
運用・保守	ソリューション運用 (システム/業務)						プロジェクト 管理/統制	システムの 運用	アプリケーション・ コンポーネントの 運用	ハードウェア、 ソフトウェアの 保守	システムの 運用
	ソリューション保守 (システム/業務)						プロジェクト 管理/統制	システムの 保守	アプリケーションの 保守	ハードウェア、 ソフトウェアの 保守	システムの 運用

※ ソリューション：課題を解決するためのハードウェア、ソフトウェア、サービス、技術及びプロセス等の総称

(参考 11) 日米における IT 関連メーカーの人材育成への投資額比較



(参考12)米国NITRDの人材育成(高スキル社会に向けたIT教育訓練の促進)

IT関連の雇用は大きな成長が見られ、今後10年間に総計2.5百万人の新規労働者が必要とされている。しかしながら、今後のITの発展と革新を支える知識と技術を持つ労働者が不足している。企業は、技術、ビジネス、社会的能力に加えて、4年制大学学士レベルのIT知識が最低の条件としている。

国際的な研究活動がますます激化する中で、次世代の技術研究の知的リーダーとなる博士号取得者を増やしていくことが必要である。

しかし、例えば2001年にコンピュータ・セキュリティ技術で博士号を取得した学生は、全米で20数名に過ぎず、人材育成が緊急の課題である。なお、IT研究者や産業界のリーダーにおいては、大学生やポストドクターだったときにNITRDからの資金援助を受けていた者が大半を占めているが、その数はあまりにも少ない。

(主な研究課題)

- ・ IT労働力のダイナミクスと、戦略的教育や訓練の必要性との関係に関する一層の理解
- ・ 女性や少数民族などにおけるIT関連職業に対する障壁のより良い理解
- ・ 人間の認識能力の発達に関する新しい知識、様々な状況におけるグループおよび個人の学習に関する新しい知識
- ・ 教育訓練環境におけるITシステムの効果に関する経験データ
- ・ 自己啓発と協調的な学習のためのソフトウェア
- ・ 学習環境における情報技術の統合
- ・ 労働力の雇用、維持、開発、研修のための革新的技術

(3) 2003年度のNITRDの計画

2003年度も、先端的で専門的なIT 訓練を行うプログラムの支援を続ける。また、学習に対する理論とモデル、及び学習環境のための高品質ITアプリケ

ーションの探求など、IT リテラシーを向上させ、教育におけるITの効果に対する基本的な問いかけに取り組むための活動を支援する。

(2003年度における各機関の代表的活動)

NSF ・ITリテラシーを向上させるためのアプローチなど、教育訓練におけるITツールとアプリケーション

・女性と少数民族に対するIT 関連職業の障壁の研究；学生のための学際的な研究機会。

NIH ・特にバイオインフォマティクスに関するIT研修の機会拡大

・医療専門家のための先端的なIT 研究開発研修に関する個人及びプログラムに対する資金援助。

NASA : IT安全保障と協同作業における、技術者と科学者の研修と自己啓発のためのインターネット利用

DOE科学局：コンピュータ科学系学生の奨学金プログラム（Computational Science Graduate Fellowship Program）、コンピュータ科学の次世代のリーダーを訓練する全国的な競争的プログラム

(参考 13) 科学技術振興調整費【新興分野人材育成：基盤ソフトウェア】によるソフトウェアの人材育成

(平成 13 年度開始)

「戦略ソフトウェア創造」(東京大学 田中英彦教授)

- ・ 大学院情報理工学系研究科に「戦略ソフトウェア創造」ユニットを設置し、世界に広く流通可能な戦略ソフトウェアを作成し完成させる能力を有するトップクラスの人材を育成
- ・ 大学院生およびポスドクを対象とし、企業および外国人の教官も活用して、年間 10 人程度を育成

(平成 14 年度開始)

「高信頼インターネットソフトウェア開発検証」(北陸先端大 片山卓也教授)

- ・ 学内に人材育成ユニットを設け、高信頼インターネットソフトウェアの設計、開発および検証を行う開発技術者を養成
- ・ 開始後 3 年までに 24 人の博士を育成、5 年までにリーダー的研究開発者または先端 IT 関連企業の起業を行いうる人材を 8 人 / 年育成する体制を確立。

「環境情報獲得のための高信頼ソフトウェア」(慶應義塾大学 稲崎一郎教授)

- ・ 理工学部内に関連分野の教員や客員教授による「人材養成ユニット」を設け、環境情報を知的に獲得するための工学やそれを利用したソフトウェア実装技術に着目し、ソフトウェア信頼性向上に関する人材を育成
- ・ 開始後 3 年までに修士 9 人、博士 4 人を育成し、ポスドク 3 人を主任研究者レベルに、また 5 年までに修士 21 人、博士 12 人、主任レベル 7 人を育成

(参考 14) 秋葉原 IT センター計画

(「公募による秋葉原駅前都有地の買受予定者の決定」H.14.2.15 より)

1. 今後の予定

平成 15 年 5 月	工事着工
平成 17 年 2 月	一部開設 (IT センターの一部)
平成 18 年 2 月	全面開設

2. 求められる最小限の機能

(1) 集客等機能

最先端の IT 機器の展示等を行い、秋葉原に一層の集客を図っていく。

< 機能の内容 >

ショールーム

IT 電化製品などの新商品や、企業、大学などによる新技術、アイデアにより開発される製品などの展示場。

コンベンションホール

映像設備や情報受発信機能 (外部との双方向の対話機能) 等を備えた会議場、集会施設。

多機能イベントホール等

音響や映像、演出照明、情報受発信等、多くの機能を備え、IT 関連の催しや行事等を行い、秋葉原地区の産業の賑わいを創出する場。

デジタルワークショップ

デジタル機器等を活用した、技術やサービス等の IT トレーニング施設。
対象者は、秋葉原の店員や小中高学生等とする。

(2) 産学連携機能

企業と大学の出会いのプラットフォームを作り、新産業の創出や人材育成の拠点としていく。

サテライト連合大学院

複数の電子情報通信系関連の大学院研究室から構成される研究・教育

機関の集合体。

総学生数は、年間 250 名程度とし、先端技術分野での新産業創出拠点として、高度な専門分野における研究開発および人材育成を行う。

(参考) 研究分野： 電子・通信、福祉・ロボット、国際メディア、
環境情報等

プロフェッショナル教育センター

企業の中核技術者を主たる対象として、電子情報通信系エンジニアリングを中心とする高度の技術者の育成を行う、遠隔教育をベースとした専門教育機関。

世界中の優良な教育コンテンツの収集等、海外の大学との連携や、インターネットを活用した遠隔教育を行い、サテライト連合大学院、起業センターと連携を図る。

(参考) 対象科目：ネットワーク技術、電子回路設計技術、ソフトウェア開発技術等

総学生数 1万人/年(最終目標)

起業センター(インキュベーションセンター)

主に、民間や大学等の IT 関連のインキュベータ活動を育成することを業務目的とする機関。施設の提供やマーケットリサーチ、特許等の知的所有権保護、資金面での相談等の支援を行い、サテライト連合大学院、プロフェッショナル教育センターと連携した技術開発サポート、経営支援人材のネットワーク形成を図る。

総合情報センター

国内外の電子情報通信系の文献検索が行える電子化された資料・図書館サテライト連合大学院、プロフェッショナル教育センター、起業センターに必要な情報を、相互に利用できる環境を整備するとともに、一般の企業や都民に対して最新技術等の情報発信を行う。

プレゼンテーションセンター

アジア圏の大学の研究機関等との学術交流や人的交流などを促進。サテ

ライト連合大学院、プロフェッショナル教育センター、起業センターの研究・開発の成果などを発表し、情報交換を行う。

産学連携のプラットフォーム

産学連携機能の事業を効果的に活用し、産学公が連携して、産業と大学の出会いや、交流の場の仕組みを構築し、運営する主体・組織。

(3) 情報ネットワーク機能

地域企業等に対し最新の技術や商品の情報発信を行い、都民が気軽に IT を体験できる場。

秋葉原 IT 拠点情報センター

IT センター、秋葉原地区周辺等における情報システムの管理・運営を業務の柱とし、IT 関連の各プロジェクトのマネージメント支援を行うとともに、地域企業やコミュニティなどに対し、リアルタイムで技術や商品などの情報発信を行う施設。

学びと創造の場

ネットカフェや IT を駆使した様々な表現の展示施設などを持ち、都民が最新情報通信サービスを体験できる集いの場。

データセンター

「秋葉原 IT センター（仮称）」（集客等機能、産学連携機能、情報ネットワーク機能）の業務を支援するデータセンター。