

No.64

March 25, 1997

The logo consists of a stylized circle with horizontal lines, containing the letters 'EAIJ'. To the right of the circle, the word 'Information' is written in a large, italicized serif font.

EAIJ Information

「日本のソフトウェア問題について」
—現状分析と将来対策—(最終報告)

日本工学アカデミー情報専門部会情報工学振興策WG

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

「日本のソフトウェア問題について」

—現状分析と将来対策—

情報専門部会情報工学振興策 WG 最終報告の作成に際して

2年間議論を続けてきた日本のソフトウェア問題について最終報告書をまとめることにしました。しましたという言い方は少し変です。委員会を続けて来た以上、報告書を作成するのは、従来の慣例から言って当然のことだからです。このような言い方をしたのは、この報告書が少し変わった形態を取っているからです。そこで前文でこの報告書の性格について少し述べておきたいと思います。

ソフトウェア問題は根の深い問題です。そしてこの多くは技術問題と言うよりは文化問題です。組織、あるいは更に大きな捉え方をすると人間社会の構造は、情報流通手段と密接な関連があります。人間社会が複雑化していったにも拘わらず、技術が未発達で、体系的な情報流通手段を持たなかった中世から近世に掛けて、維持できる唯一の安定した組織形態は階層構造であったと言えるでしょう。情報流通がより容易になれば、それに適した新しい形態が可能になります。この意味で情報流通技術が社会の組織構造に影響を与えます。現在起こっている様々な社会的変革は情報流通技術の極めて急速な進歩に起因していると言えます。

この直接の影響は、従来の組織形態が急速に陳腐化し、新しい社会構造への変革を促していることです。基盤的な技術を実際の生活のレベルにまで具体化するのがソフトウェア技術です。基盤的な技術が進歩しますと、まず最初にその技術を具体化するためのソフトウェアが必要になります。今日、目につく新しいソフトウェアの多くはこのようなものです。

このような大きな変化を積極的に推進しようとする社会あるいは国が、そのようなソフトウェア開発にも力を入れるのは当然のことと言えます。ソフトウェア開発推進の背景にあるものは、狭い意味でのソフトウェア技術の問題であるより、むしろその技術がもたらす社会的、文化的効果を見通す能力と、その結果としての変革を受け入れようとする勇氣と決断力の問題です。今日、それを歴史的必然として認識し、さらに積極的に変革を推進することによってリーダーシップを取ろうとしているのがアメリカであり、旧来の階層的社会を維持したいがために、このような変革に目をつぶってきたのが日本でした。これが日米のソフトウェアの差となって現われてきたといえます。従って、今日の日本のソフトウェア問題とは歴史観の問題であり、その背後にある文化の問題です。

2年前にこの委員会において議論を開始した時、すぐに当面したのがこの問題でした。文化問題となると、合議の上で結論を出すということは極めて困難に成ります。文化とは様々な個人の考え方の集約であり、そこに統一的な視点を見つけることは不可能に近いからです。委員会という小さなコミュニティーの中においてさえ、最初のうちは各委員が関心を持つ対象のレベルの違いが議論を困難にしていました。例えばある委員は比較的詳細な技術の内容を重視し、他の委員は技術と社会の関わりの方に関心を持ちました。そのため最初の一年間は、各委員の考え方、現象に対する見方をおつけあい、たとえ意見の違いは有っても、現状の認識と議論の枠組みは共通にすることを心掛けました。その上で議論を重ね、一応筋を通すことの出来るシナリオを作ってみました。これが中間報告です。中間報告の作成に際しては、提起された問題点や意見は、時に相反するものであった為、そのすべてを取り込むことは出来ませんでした。その意味で中間報告は独断的なものであり、多くの見方の中の一つというべきものです。

しかし中間報告を委員会としての統一見解とすることは全委員の了承する所であり、最終報告においてもこれが中心になっています。一方、この問題については様々な見方や考え方が可能であることを、

委員会活動を終了するに際して強く主張したいと思います。この意味で、統一見解に加えて各委員が持っている個人としての意見を付加することが妥当ではないかと考えます。この最終報告書はこのような性格のものとしてお読みいただければ幸いです。

最後になりますが、情報流通技術によって社会構造が変化するという上記の見方に立って、日本のソフトウェアの将来について蛇足ながら付け加えたいと思います。今日、新しいソフトウェアとして目立っているのは情報流通のための新しい基盤技術を個人レベルで直接利用するためのものです。しかしその技術によって社会構造の変化が誘起されるとしたら、次に、新しい社会組織の建設の為、更にその維持発展のために、今後、もっと多くの、そしてこれらとは異なる多様なソフトウェアが必要になります。変革とは、そのきっかけとなったものより多くの変化を惹き起こすものです。その意味で、今後大きなソフトウェア需要が生じる可能性が大きいと考えられます。そのようなソフトウェア開発を手中に収められるかどうか、あるいはそのために何が必要なことか、このことを真剣に考える時期に来ている様に思います。

工学アカデミーの会員の皆様から御意見や御批判を頂ければ幸いです。

1997年1月末

日本工学アカデミー情報専門部会副部長
情報工学振興策WG主査
早稲田大学理工学部情報学科

大須賀節雄

(調査・執筆)

日本工学アカデミー情報専門部会

部会長	戸田 巖	富士通(株)常務取締役
副部会長	青木 利晴	日本電信電話(株)常務取締役研究開発本部長
	大須賀節雄	早稲田大学理工学部情報学科教授

「情報工学振興策」WG

主査	大須賀節雄	早稲田大学理工学部情報学科教授
----	-------	-----------------

—1995年度—

委員	稲垣 康善	名古屋大学工学部教授
	牛島 和夫	九州大学工学部教授
	大槻 説乎	広島市立大学情報科学部教授
	後藤 敏	日本電気(株)情報メディア研究所所長
	諏訪 基	電子技術総合研究所情報科学部部長
	土居 範久	慶應義塾大学理工学部教授
	東山 尚	日本ラダック(株)会長
	細谷 僚一	日本電信電話(株)NTTソフトウェア研究所所長
	薬師寺泰蔵	慶應義塾大学法学部教授
オブザーバ	松澤 孝明	科学技術庁研究開発局総合研究課
事務担当	堀田 博文	日本電信電話(株)NTTソフトウェア研究所主幹研究員

—1996年度—

委員	稲垣 康善	名古屋大学工学部教授
	牛島 和夫	九州大学大学院システム情報科学研究科教授
	大槻 説乎	広島市立大学情報科学部知能情報システム工学科教授
	片岡 雅憲	(株)日立製作所システム開発研究所所長
	後藤 敏	日本電気(株)C&C研究所所長兼情報メディア研究所所長
	諏訪 基	電子技術総合研究所情報科学部部長
	高梨 裕文	(株)富士通研究所副社長
	土居 範久	慶應義塾大学理工学部教授
	東山 尚	日本ラダック(株)会長
	細谷 僚一	NTTソフトウェア(株)取締役営業本部長
オブザーバ	森本 浩一	科学技術庁研究開発局総合研究課計算科学技術研究企画官
事務担当	小林 透	日本電信電話(株)NTTソフトウェア研究所主任研究員

目 次

日本のソフトウェア問題について—現状分析と将来対策—

中間報告	大須賀節雄
1. はじめに	1
2. ソフトウェア問題とは何か	1
3. 現象面に現われた日米の相違点	2
4. 立ち遅れの原因	4
5. 現象の理解	9
6. 将来の方策	11
7. 結び—技術開発体制に関する提言	18

最終報告

情報技術研究の進め方—先進的情報技術開発に向けて—	大須賀節雄
1. はじめに	21
2. ソフトウェア技術開発の分類	23
3. 先進的情報技術研究の努力目標	24
4. 先進的情報技術研究の現状	26
5. 先進的情報技術研究の必要性—長期的な視点	27
6. むすび	29

人材育成の役割分担	牛島和夫
1. はじめに	30
2. 情報技術者の養成と確保	30
3. 専門能力の重視	32
4. コンピュータサイエンス教育カリキュラムJ95の開発	33
5. おわりに	34

日本のソフトウェア問題を考える—技術発展の歴史的・方法論的視点からの検討—

	大槻説乎
1. はじめに	35
2. ソフトウェア技術のパラダイムシフトについて	35
3. 対策への提言	38
4. おわりに	39

ネットワーク化社会を支える新システム技術	片岡雅憲	
1. Dependable Systems Architecture		40
2. Secure Systems Architecture		41
3. Service Systems Architecture		42
4. まとめ		43
日本のソフトウェア問題について	後藤 敏	
1. はじめに		44
2. 何故、米国はソフトウェア事業で成功したか		44
3. 日本のソフトウェア課題		45
4. 日本はソフトウェアで何をすべきか		45
日本のソフトウェア問題について—ハードからソフト問題を考える—	高梨裕文	
1. はじめに		47
2. ハードウェア産業のソフトウェア支配		47
3. 具体的な例		48
4. 施策の提案		48
日本のソフトウェア技術の飛躍をめざして—長期的視点からの3つの提言—	諏訪 基	
1. はじめに		51
2. 長期的視点からの3つの提言		51
国立計算機科学高等研究所の設立構想	土居範久	55
活動報告		61

情報専門部会情報工学振興策 WG 中間報告

「日本のソフトウェア問題について—現状分析と将来対策」 の作成に際して

今日、コンピュータの世界で大きな変革が起こっています。通信ネットワークの急速な発展やコンピュータの小型化により、長い間、メインフレームを中心としてきたコンピュータの構成が大きく変化し始めました。これに伴って、ソフトウェアの世界でも従来の考え方では予想できなかった変化が起こっています。アメリカから発したこの変化に日本は乗り遅れたため、気がついたときには我々の周辺に流通しているソフトウェアの多くがアメリカ製のもので占められているという結果になっています。多くの人が事の重要性に漸く気がつき、今更ながら愕然としているという状況です。このまま日本はソフトウェアの世界から取り残されてしまうのではないかと、という懸念を多くの人が抱いています。

工学アカデミーとしてはこの事態を傍観することなく、できる限り積極的にこの対応策を検討するという方針の下に、情報工学振興策作業部会が構成されました。情報工学振興策とあるように、この作業部会の最終的な目的は技術的な立場からソフトウェアの振興を促す方策を練ることにあります。しかし、ソフトウェアというものの性格から、議論を技術の世界だけに閉じ込めることは困難です。ソフトウェアが人間の日常生活と密接に関係するだけに、その背景にある文化を視野に入れない限り、説得力のある議論にはなり得ないことは明らかでした。しかしそこまで検討範囲を広げることは WG の議論としては多くの困難を伴います。文化論に陥ったら、收拾がつかなくなる恐れが予想されるからです。しかしこの作業部会は敢てこれを試みました。今日のソフトウェア問題を議論するには、この問題を避けて通ることはできないという認識があったからです。計画としては2年以内で一応の結論を出すこととし、前半は文化的背景を含めた総合的な議論を、2年目に入って、後半で技術論を行うことを目的として来しました。前半は1995年1月から今日まで11回の会合を開き、産官学から専門家によって、様々な視点からソフトウェア問題に関する議論を重ねて来しました。前半の議論に参加したメンバーのリストを巻末に示します。

本報告書はこの前半の WG 活動の一応の結論として作成されたものです。この最後に技術的な部分が含まれていますが、これは技術内容を示すためのものではなく、技術をソフトウェア問題に含まれるさまざまな側面のうちの一つとして位置づける為のものであります。技術面の内容については本 WG の活動の後半で、より深く議論することを予定しています。

今日のソフトウェア問題は技術的な将来予測が的確に為されなかったために生じたものであり、技術面の議論をするということは、そこに踏み込むことを意味するわけですから、これは新たな困難への挑戦です。この中間報告書作成の目的の一つは、工学アカデミーの会員の皆様から、この後半の議論に資する御意見や情報を頂ければという期待でもあります。皆様からの有益な情報をお待ちしています。

1996年3月

日本工学アカデミー情報専門部会副部長
情報工学振興策 WG 主査
早稲田大学理工学部情報学科

大須賀 節雄

日本のソフトウェア問題について

—現状分析と将来対策—

日本工学アカデミー情報専門部会情報工学振興策 WG 中間報告
(平成8年3月)

情報専門部会副会長 情報工学振興策 WG 主査
早稲田大学理工学部情報学科
大須賀節雄

1. はじめに

最近、“日本ソフトウェアが危ない”という声を耳にする機会が多い。確かに周りを見回して見ると、新しいソフトウェアの殆どがアメリカ製で占められ、日本勢の衰退が著しい。ソフトウェアに関する日米の差について、“もはや回復の見込みがなく対策の取りようがないほど開いてしまったので、ギブアップするほかない”と言う悲観論も少数ながら現われている程である。この現状をどう理解すべきなのだろうか？現実には本当に悲観的なものなのだろうか？それともこれは一過性の現象であり、いつか再びソフトウェア開発の機会が戻って来るのだろうか？我々は今非常に難しい判断の岐路に立たされている。

問題の重要性から様々な組織によってデータ収集が行われてきた。例えば日本のソフトウェア製品の輸出入比較、情報分野において出された論文数の国際比較、等である。これらはすべて表面に現われてきたデータを集め、集計したものである。これらのデータ集計は現状の一面を現わすものとして重要ではあるが、表面に現われたデータは我々の危惧を裏打ちするのみであって、その対策として何をすべきかについては何も語ってはくれない。今日、必要なことはこのような傾向を生じた原因の考究であり、そのための現象の背後にある構造分析である。

しかしこの問題の理解の難しさは、ソフトウェア技術が他の多くの分野の技術と異なり、社会、制度、組織、教育からは文化まで、関連する要因が多いため、ソフトウェア技術の全体像が見えにくいという点にある。そのため、多くの個人

的な見解が示され、問題の重要な側面を示しているが、個々の意見をそのまま鵜呑みにする訳にもゆかない、これら様々な見解や現象の観察を参考にしながら問題の全体像をより明らかにし、それに基づいて将来に向けて取り得る対策を探ることが必要である。

2. ソフトウェア問題とは何か

現在議論されているソフトウェア問題の背後には複雑に絡み合った技術的、経済的、国際的な変化がある。まずこれを分析する必要がある。

2.1 技術面の変化

技術面での様々な変化の中で今日のソフトウェア問題を惹き起こしている代表的なものはダウンサイジングとネットワーキングであろう。これに最近の図形・画像処理技術を加えることも必要であろう。この変化が情報システムの構成的変化を生じ、また同時にコンピュータの利用環境を大幅に変化させ、コンピュータ利用層が専門家から一般市民に拡大した。これが従来とは異なるソフトウェア技術の変化を惹き起こしている。

これらの技術のソフトウェアへの影響は次のように2通りあると言える。

(1) 利用分野の拡大により従来とは異なる新しい多くのソフトウェアが必要になった。

(2) メインフレームを中心とした従来のコンピュータ利用方式からワークステーションやパソコンの分散システムへ、というシステム構成形態の転換が始まり、そのためのソフトウェアが必要になった。前者はソフトウェアに対する新需要であり、情報産業全体としてみると規模の拡大であ

る。商品価値をもつ新しいソフトウェア開発には想像および創造力、ソフトウェア製品がもたらす効果予測にたいして経験に基づく判断が必要である。新しい需要を喚起するために必要なこれらのノウハウは現在、圧倒的にアメリカが優れたものをもっており、これがベンチャーの成立を積極的に促すアメリカ型社会構造と相俟って、この部分のソフトウェアは独占的にアメリカが強くなっている。パッケージソフトウェアとしてすでに多種のものが市場に出回り始めている外、図形・画像処理関係の先進技術においてもアメリカが技術を独占してきた。

我が国では、メインフレーム時代の情報処理システムはCOBOL、PL/1、FORTRANなどを使用した受託および派遣によるプログラム開発が事業の主体を占めてきた。加えて、基本ソフトウェアの分野ではIBM社の優位が続き、我が国の企業はこれに追い付き、追い越すことに全力を挙げてきたが、そのためにワークステーション、パソコン、ネットワークのソフトウェアで遅れを取る結果になった。我が国でもゲーム用ソフトウェアが例外的に市場を占有してきた。しかしゲーム用ソフトウェアは他の目的に転用されない専用特殊ソフトウェアであることが此れ迄の強みであったと同時に、今後の発展の可能性を考えると弱みにもなり得る。図形処理ソフトウェアを初めとして、汎用性の高いアメリカ型のソフトウェアがゲーム用として利用されることが考えられる。

一方、システム形態の変化に応じて、既存システムから分散システムへの転換が必要になる。しかし、このためのソフトウェア需要には上記のような新規性はなく、システム概念としてはすでに固まったものを、新しい環境に合わせて作り替えるのみである。ソフトウェア作成技術は必要であっても特に創造性や想像力を必要としない。(1)が将来に向けて急速に拡大するのに対し、これはあくまで一時的需要であり、一定量の既存ソフトウェアの転換がすめば過渡的需要は急速に減少する。その後の新規需要がコスト面で日本以外の国に流れる可能性もかなり大きい。

このように、技術面では、新しく作り出された需要の殆どがアメリカ製ソフトウェアで占められ

ている傾向が際立った特徴である。

2.2 経済面での変化

一方景気の低迷のためにユーザ企業からの情報システム開発の新規需要も落ち込んでおり、ソフトウェア関連企業には厳しい時代になっている。一部、開発力のあるソフトウェア会社の中にはメインフレームから分散システムへの転換需要を抱えて短期的には比較的安定しているところもある。しかしこれも過渡的なものである。多くの金融関係企業がバブル時代のつけを精算するまで実質的にはかなりの年数が掛かると考えられ、かつてのような情報システム開発が再び行なわれる期待は少なくなっている。

2.3 国際的なソフトウェア開発状況の変化

ソフトウェア開発戦線は国際的にも大きな変化が生じている。インド、シンガポール、台湾などのアジア諸国で急速にソフトウェア産業が発展しはじめたことである。近年これら諸国が経済力を高め、自立性を強めるにつれ、アメリカで先進技術に従事してきた技術者が故国に帰り、そこにソフトウェア産業を樹立しはじめた。これら諸国の労働賃金は先進国に比べ著しく低く(1/10ないし1/3)、これが労働集約的なソフトウェア開発において大きな競争力になる。またネットワークを通し、今や国際語になった英語による開発など国際的な環境にマッチしている利点もあることから、先進国のソフトウェア開発企業や金融機関が進出して、そこでの企業化に拍車をかけている。近い将来、ソフトウェア開発コストの世界的な基準価格が今日より下がることが予想される。日本の労働賃金レベルが高いという状況は開発途上国に対してのみならず欧米の先進国に対しても同様で、日本はこの点で最も弱い立場に置かれることになる。

3. 現象面に現われた日米の相違点

このような様々な変動期に入って、ソフトウェア開発において発展しているアメリカと遅れている日本の間ではっきりした相違点が幾つか目につく。

3.1 ソフトウェア技術の分布とその変化

ソフトウェア問題がソフトウェア開発技術に関わっていることは言うまでもない。日本の今日の問題はソフトウェア技術の多様化に対応し損なったことから発している。ソフトウェア技術として、メインフレームを中心としたOS、言語、コンパイラ、アプリケーションソフトウェア、データベースなどを初め、産業応用ソフトウェア、ワークステーション用OS、ネットワークソフトウェア、図形・画像処理ソフトウェア、マルチメディアソフトウェア、応用向け各種パッケージソフトウェアなどを考えたとき、アメリカはゲーム以外の全領域にわたって先進技術を持っている。特に、メインフレーム以降のソフトウェアについてはアメリカが開拓し、技術を自らのものとしてきた。これに対し、日本はメインフレームを中心としたものと、産業応用ソフトウェアには開発に力を入れ、それなりの成果も上げてきたが、それ以外ではゲームソフトに鋭い山がある他は手を拱いてきた。

さらに、これらとは別に大学、国公私立研究機関で行われる広いスペクトルに亘る研究対象としてのソフトウェアがある、その活動は全体から見ると微々たるものであるが、アメリカではそれが新しいソフトウェア群を産み出す芽となったことで大きな効果を挙げたが、日本では大学の関心分野と企業の関心分野が乖離してしまっていた。これが日本のソフトウェアが一部に片寄っている原因にもなっている。

今日、日米間のギャップが極めて大きなものになっているが、この問題は新しいユーザ層の開拓、ソフトウェア開発体制等を含めて、技術文化とでも言うべき側面を持っている。今日のソフトウェア問題を狭い意味での技術の問題として捕らえていては問題の本質を見誤るおそれがある。

3.2 大学、既存企業、ベンチャー企業の関係

その一つの典型がソフトウェア技術開発の社会的な分担状況に見られる。ソフトウェア開発に携わっている基幹的組織とされるのは、これまで組

織的な開発、製造を行ってきた従来型の企業、新しいアイデアに基づいて組織を作る所謂ベンチャー企業、それと大学である。今日、アメリカで新しいソフトウェア技術を発展させ、需要を作りだすのにベンチャー企業が極めて大きな役割を演じていることは周知の事実になっており、積極的にベンチャー企業の成立を促すベンチャーキャピタルのシステムが定着している。いずれも日本にはない組織である。日本では組織としてはソフトウェア産業が存在するが、多くは従来型大企業に密着して、その仕事の一部を受け持つ為のものであり、そこから新しいソフトウェアが産み出される仕組みになっていない。

このような組織自体の性格の違いを加え、組織間の関係が日米で異なる。アメリカのベンチャー企業の多くは大学で作られたアイデアを実現するために作られている。この組織は技術移転を可能にする最も効果的な方法であり、またその成功例が大学を刺激し、研究テーマの選定の幅を広げ、独創的アイデアの創出を促す結果になっている。またこれが可能なのは、アメリカの大学に対する規制が緩やかで、研究費やソフトウェア開発の要員の確保が自主的にできる為である。これに対し日本ではベンチャー企業を産み出す土壌ができていない。これには様々な理由が考えられる。日本ではベンチャーキャピタルのシステムも整っておらず、またかつてベンチャー型企業が成功しそうになると、大企業がその分野に進出して、ベンチャー企業という社会的システムの成立を阻んだ。一方、大学に対する人員規制を始めとして有形無形の規制が厳しく、研究者の手足を縛ってきた。ソフトウェア開発ではアイデア実現のために人手を要するのに、アメリカ型の研究スタイルを取るとは殆ど不可能に近い。このため大学の研究者は実用性の高いソフトウェア研究からは離れる結果になった。これを図1に示す。

アメリカでは大学が従来型企業、ベンチャー企業のいずれとも密接な関係を保っているが、日本では大学は孤立し、大企業は新しいソフトウェアにおける遅れをアメリカのベンチャー企業や大学と提携することで取り戻そうとしている。ソフトウェア産業は長期的視点は欠いたまま、一部は従

技術、教育などの側面から検討する。

4.1 文化的側面—メンタリテイの問題

今日のソフトウェアは個人のアイデアの実現であるといつてよい。アイデアをソフトウェアに結晶化するには人の考え方が大きく影響する。人間の考え方は文化的背景の下で形作られる。ソフトウェア開発に関わる多くの要因のうち、直接的に文化的要因として分類されてはいなくても、文化的背景を無視しては説明できないものも多い。この意味でソフトウェア問題に文化的側面は無視できない要素である。アメリカでは個人の自主性、独立性、創造性、責任感が基本に有り、それがインセンティブとなり具体的行為として新ソフトウェア技術が創出された。一方、日本では常に周囲の目を気遣って突出することを嫌い、あるいは逆に他人の独走を批判し、時にはその心にまで平気で立ち入るといった習慣が根強く残っているために、個人としての活動にブレーキが掛かってしまう。これは農業社会に原因を求めるような考え方もあるが、恥の文化と言われたように、周囲の人の目に基づいてモラルが形成されてきた日本の特徴的な文化的背景に大きな要因がある様に思える。これがジェラシーを正当化してきた。さらにこれに儒教的な文化が加わって今日の日本の精神風土が形作られてきたとも言える。これにたいし、欧米の基督教文化では神の下で人間は平等であり、神との契約関係に基づいてモラルが形成されてきた。このようなモラルの単純さ、モラル形成における人間の非介入が、人の目を気にする必要はない、個性の発露の自由な精神風土を作ってきたと考えられるのではないだろうか。以下、ソフトウェア問題に関係する日本とアメリカの文化的背景とそれに根差した人間のメンタリテイを比較する。

[1] 協調性と個性

日本の社会においては常に協調性が重視されてきた。グループとしての活動が中心であり、個性はむしろ排除されてきた。これは一面では長所になるが、同時に短所にもなる。現在進行中の新しいソフトウェアを産み出したのは個人のアイデアである。アメリカは歴史的に個性を尊重する社会であり、これが新しいソフトウェアを産み出した。

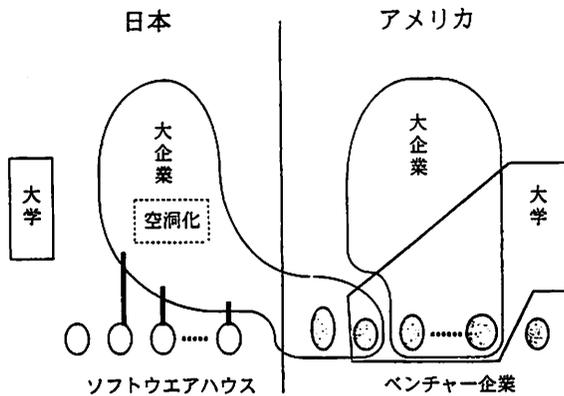


図1 ソフトウェア技術関連組織の関係

来型から分散型システムへの転換で短期的な需要に沸いている。即ち、ばらばらな状況のまま、現在どうにか過ごしているというのが実情であろう。

しかしこれが長く続く筈がない。大企業はアメリカとの提携で新規需要の一部は確保しても、これでソフトウェア人員の潜在的過剰状況を解消する見込みは薄く、自社内あるいは系列内の需要掘り起こしにも限度がある。一部ソフトウェア産業の活況もメインフレームから分散型システムへの転換需要が存在する間だけである。大学のソフトウェア研究は役に立たないことを自認している限り、存在価値を失うであろう。“日本のソフトウェアが危ない”ということの真の意味はこのような将来性の見えない状況に陥っている日本の現状を危惧するところにあるのであろう。

4. 立ち遅れの原因

そのような状況に立ち至った原因を探るのは容易ではない。これが難しい理由は、ソフトウェアあるいは情報技術の性質による。他の多くの科学技術分野では、それぞれ独自の対象を持つことによって、考察対象をその範囲に限定することができ、またこの範囲内で、対象に固有の性質によって特徴付けられる分野の構造が作られてきた。情報は特定の対象を持たず、これら多くの分野に横断的に関わる。それが関わる範囲は通常の科学技術の対象のみならず、人間そのものから、人間の営みのあらゆる側面、従って文化に密接に関わってくる。これがソフトウェア問題の難しさである。以下ではこの問題の内部構造を文化、組織、社会、

[2] 視野の狭さ

日本人とアメリカ人を比べた時、直接当面している問題以外の問題にたいして関心を抱く専門家の割合はアメリカの方が多いように思える。これは此れ迄キャッチアップ型で仕事を続けてきた者と創造的に仕事をする者の相違によると考えられる。創造的な仕事をするためには常に新しい考え方を吸収し、幅を広げておくことが重要である。日本人のような視野の狭さが新しい開発には障害になる。

[3] 創造性

この直接的な結果として、日本人は管理された組織に安住することを好み、管理体制を崩すものとして個性を発揮するものを排除する。新しいソフトウェア開発には創造性が必要であることは多くの人が認めている。創造性は個人が優れたアイデアを出すことと同時に、周囲の人間がそれを育てることが不可欠の条件である。個人として優れたアイデアを出す潜在的な能力は先天的なものであって、これについては日米間で大きな差がある筈はない。しかし習慣からくる後天的な能力において真の創造性が発揮されないでいる。ソフトウェアの分野では新技術は大半が外国特にアメリカで創製された概念から出発したものである。古くはストラクチャードプログラミングから始まり、最近ではオブジェクト指向、エージェントなど、この例は枚挙にいとまがない。これらがフォローすべき重要な概念であることは確かであるが、本来、独創とは新しい概念を作り出すことであるから、技術的重要性はともかく、日本におけるこれらの研究はすべて独創とはいえない。創造性にとって重要なことは思考の対象の枠組みを前以て設定してしまわないこと、独創的な研究とは新しい枠組みを見いだすことである。これは与えられた枠組みの中で行う研究とは異質と言ってもよい程の違いがある。しかし日本においては外国技術のキャッチアップの期間が長く、研究者にもそのような研究スタイルが身に付いていない。

一方、後者の問題、すなわち創造性を育てる環境にも大きな問題がある。創造的な能力と考え方を身に付けた者のみが他人の創造的なアイデアを評価できる。日本では外国製の新概念をいち早く

取り入れた研究は高く評価される。これにたいし、全く新しい概念に基づく研究提案が日本でなされたとき、即ち、外国製の概念名のついていない研究が提案された時、それが正しく評価される機会は極めて少ない。これは研究レベルの話に留まらない。日常的にも新しいアイデアが育つ環境が制約されてしまっている。創造的なアイデアは他の人の考え方と異なるものであるから、周囲の人は、それぞれ自分の考え方とは異なるこのアイデアが優れたものであることを認め、それを育てる努力をせねばならない。日本では、他人の優れたアイデアを育てるためには自分達がどのように振る舞わなければならないかを理解しないまま、多くの人達が安易に創造性を口にする。時にはそのアイデアを潰す行為を行なっていることに気がついていない。これは日本固有の文化に基づく根の深い問題であり、意識して「出る釘を打つ」人達よりも、意識しないだけに一層解決が困難な問題と言える。個人の創造性には日米差はないと述べたが、このような環境下で、創造的なアイデアを表明する意欲を失う人は少なからずいる。

4.2 組織的側面

今日のソフトウェア問題は日本の社会における組織のあり方と極めて密接な関係がある。これについては主要なテーマの一つとして本稿の後半で述べるので、ここではその主要点に触れるに止める。

[1] 組織の功罪

日本のような文化的背景の下では組織が大きな力を持つ。上位下達の命令系統を持つ階層的組織は、明確な目標を持ち、階層の上位になる人が優れた判断能力を備えている場合、限られた人材のもとでも極めて効率の良い行動を行なうことができる。反面、組織の進むべき目標が見えておらず、試行錯誤が行なわれるとき、しばしば大規模な行動が無駄な結果になる可能性がある。問題の根源は、組織にあって権限を持つ人が必ずしも問題を把握し、理解し得ないことである。そのため優れたアイデアを正しく理解せず、それを潰したり、見落とす危険を犯す。

これにたいし、個人を単位とする社会では、広

い範囲の人々に方針決定の機会が分散される。初期の模索段階を経て、ある程度の見通しが得られた段階で本格的な支援体勢を組むことができる。アメリカで新しいソフトウェアに関するアイデアが表明され、大学等でその基本部分が検証され、次いでベンチャー企業として組織化されるのは、理に適った方法である。重要なことはこのような過程を通して、社会全体では多くの試行錯誤が行なわれ、その中から良い成果が生まれる確率が高くなることである。

[2] システム開発と組織

しかしベンチャー企業方式が効果を挙げるのは、対象が小規模の範囲である。対象が大きくなると、個人あるいは少人数の範囲で管理できなくなり、組織化が必要になる。大規模ソフトウェアは部品ソフトウェアの単なる集積で出来るわけではない。小規模ソフトウェアを作る技術とは全く異質の、システム化の技術が必要になる。そのような組織化されたソフトウェアを開発するには、開発する人間の側の組織も必要になる。

ソフトウェア開発のみでなく、人間のあらゆる活動において、複雑化する社会に向けて、従来の様な階層型一本槍ではなく、状況にもっと柔軟に対応することが出来る新しい形の人間の組織化が必要になる。広範な形態の組織を視野に入れた組織モデル化の技術と、それを実現する為の方法論が必要になる。これからの組織は人間の組織であると同時に、それを支える情報システムが不可欠である。動的な環境に合わせて組織のリストラクチャリングを可能にするには、短期間で複雑な情報システムを構築することが要求されるが、これも新しいソフトウェア技術開発の問題である。これらの問題は現在の新しいソフトウェア発展の陰に隠れてアメリカでも必ずしも進んでいない。

4.3 技術的側面

日本において狭義のソフトウェア開発技術が遅れているとは誰も思っていない。例えばソフトウェア技術者がアメリカのベンチャー企業で今日開発されているソフトウェアを見たなら、自分達でも作れると思うであろう。日本のソフトウェア開発が遅れたとしたら、その原因は狭義のソフトウ

エア開発技術にあるのではなく、これも文化的要因に帰せられるもっと深いところにある。

[1] 知に対する評価

日本ではソフトウェアはハードウェアの付属物としてしか考えられなかった。このため日本ではソフトウェアを独立の製品とする考え方に消極的であった。ソフトウェアの認識の仕方はアメリカやヨーロッパと日本では著しく異なっている。ヨーロッパやその流れを汲むアメリカのように知の長い伝統を持つ国では、知の価値を認め、その知の具体物としてのソフトウェアに対価を支払うということに大きな抵抗はなかったと思われる。対価の額の決め方には技術的な困難があり、今日でも知的所有権問題として議論の対象とされているが、これは情報に価値を認めた上での技術論である。

[2] 概念化・抽象化

情報は他の多くの分野と異なり、特定の対象を持たず、これら多くの分野に横断的に関わり、それぞれの分野の構築に際して情報論的側面を支えるメタ科学として存在する。従って情報分野では積極的に概念化を行なうことによって、対象領域を明確にする必要がある。これをソフトウェアという形で現すことによって初めて商品化が可能になるからである。概念化の為に抽象化の過程が必要である。これらはいずれも日本人に得意なものではないが、教育を通してこれを育てる地道な努力が必要である。

[3] 戦略性・計画的

今日のアメリカのソフトウェア優位は個人の自由を最大限に保証するという原則に基づくボトムアップの開発方式と競争原理がもたらした結果的成功であり、規制を減らすことによって自由競争を促すという一般的戦略を別にすれば、技術的な戦略を用いて今日の優位性を作り出した訳ではない。一方、アメリカ程の力を持たない日本としては、戦略性は技術開発において必要な要素である。日本の遅れの原因として、ソフトウェア開発における大きな戦略がなかったことを指摘する人も多い。メインフレームからネットワークシステムへというような大転換が戦略性でカバーできたかどうかは一概に言えないが、メインフレーム時代の受託および派遣によるプログラム開発に於てすら、

要求仕様の設計や最新ソフトウェアの利用の面では遅れを取っており、国際比較での生産性は低下していた。総合的な計画性が欠如していたことは事実である。将来に向けてこの能力を高めることは極めて重要である。

4.4 社会的側面

日本の社会はムラ社会であると言われる。あらゆる階層で横並び意識が目立つが、これも独自の判断と決定を回避する没個性の現われである。オープンな社会では横並びの対象者を特定できないから、横並びは閉じた社会でのみ可能である。閉じた社会を維持するために、よそ者を排除する傾向が生まれ、自分達は内部指向になる。この結果、異文化との文化的融合に背を向け始める。このようにして、国際化の時代にありながら、日本のムラ社会は強固にこの伝統を守り、真の国際化に遅れてしまっている。

[1] ムラ社会ソフトウェアとオープンソフトウェア

この構造がソフトウェア開発の世界でも生じていた。日本のソフトウェア開発の主体は伝統的に国内マーケットを対象として、大型コンピュータによる大規模ユーザの情報システムを特注スタイルで開発することであった。日本ではソフトウェアとはオープンなマーケットを対象とするものではなかった。情報システム開発を必要とするユーザ、例えば金融機関は、これまでの顧客を安定して保持するため、個々の企業ごとに瑣末なレベルで異なる手続きを定め、書式の形式化を行なった。この様な囲い込み方式は、基本技術は同じであっても、対象企業ごとに表面上は異なった個別金融情報システムの開発を余儀なくした。システム開発側の企業にとっても、これは有利な制度であったに違いない。基本的には同じ開発技術を繰り返して用い、表面的な変更を行なうだけで、経費としては所要マンパワー分を請求できたからである。しかし、長い目で見たとき、これは開発側企業にも不利な結果をもたらした。新しい技術開発の機会を減少させ、ソフトウェア標準化の意識から離れてしまった。さらに、優れた技術者を新鮮味のない仕事に使って才能を潰すという愚も犯した。

慣れ合い的な習慣のため、要求仕様、設計仕様が明確にされず、ソフトウェア開発が仮定に基づいて行われてゆくために利用者と開発者の間で認識の差が生じ、不満が蓄積するケースも多くあったにも拘わらず、本質的な解決の努力がなおざりにされてきた。それでもこの大きな枠組みの中でソフトウェア開発が行われている間は、日本企業特有の TQC 活動に見られるような、局所的な改善の積み上げが効果を挙げたため、多くの人々がこれを日本人の優れた特質であるかのように錯覚した。

今日の新しいソフトウェアはこのような日本の状況とは全く反対に、オープンな国際的マーケットを開発し、機能の標準化を行なった結果生まれたものである。しかも良いソフトウェアを開発するために、開発者は馴れ合いを徹底的に廃し、利用者からの批判を早期に見いだし、それを早期にシステム改良に結び付ける、と言う努力をおこなってきた。このような努力は、ベンチャー企業として出発するうえで不可欠なベンチャーキャピタルの厳しい評価に耐えるためにも不可欠なものである。

今日、日本の企業が新しいソフトウェア開発に乗りだし始めたが、仮に技術的には新しいソフトウェアを開発できたとしても、優れた商品を育てる厳しい周囲の目がない為にそれをより良くする機会がなく、そのような環境を求めて国外に拠点を移さざるを得ないと言う状況にあると聞く。ソフトウェア開発の空洞化の原因がこのような所にもあることを理解する必要がある。

[2] 規制と競争原理

日本社会とアメリカ社会の大きな違いが規制に対する基本的な考え方にある。アメリカは規制を外して自由競争を最大限に推し進め、これが新しい技術開発を促し、国際競争力をつけてきた。今日のソフトウェア技術もこのことを無視しては語れない。今日、日本では規制緩和の掛け声が高いが、一方では規制により許認可権を保持したい官僚機構が、他方ではムラ社会の中で競争を避けたい企業が規制の撤廃に抵抗することは容易に想像できる。日本の企業の多くは、これまで技術面で先頭に立つことを嫌い、競争を避けた 2 番手指向であった。この意識が続くかぎり技術競争は起こ

りえず規制も無くならないであろう。

[3] 人の流動性

ムラ社会の特徴は人的な流動性を阻害する。この結果それぞれの組織の局所的文化にのみ精通した多くの労働人口を作り出した。これからのソフトウェアは人間社会の様々な側面に関連しているので、異なった組織での人の考え方、行動様式を知らなくてはできない仕事になりつつある。流動性の少ない日本においてはそのような多様な見方のできる人も少ないため、実現が困難であるという面も無視できない。

[4] 社会的無定見

日本では一般の市民の科学技術に対する知見が乏しく、表面的にはともかく内容に関する関心は極めて薄い。このことは欧米諸国と日本で科学技術系の雑誌の普及度の差にも見ることができる。この結果、欧米に比べ、日本では科学技術の発展に対するマスコミの影響がセンセーショナルになる。正しい科学技術の認識がないままにマスコミ情報に判断を頼り、大勢がそのようになると内容的には専門の領域に関する事柄までそれに振り回される。専門家の意見が実質的には無視される結果になっている。その様なマスコミ情報を作っているのは科学技術の真の専門家でないだけに、日本では科学技術の発展が素人によって振り回されている結果になっている。

4.5 教育・研究的側面

[1] 大学の組織

日本は半ば西欧化し、一方で西欧的基準で行動しながら、時として日本固有の、非国際的行動を取る。明治以後の日本人の意識の改革が中途半端なままに今日に至っている。真の国際化に向けてこれからも意識改革は続ける必要がある。国際化と固有文化の両立方式を探るという面で大学の役割が大きいのが、今日、日本の大学は目的を見失って、ただ機械的に卒業生を社会に送り出す機関になってしまっている。今日、多くの大学は改革の意識を持っている。しかしこれまで研究・教育面で社会的に何らかの貢献をしてきた主要大学ですら、最小限必要な改革を自力で行える余裕のある大学は少ない。今日、世界的なレベルで大変革が

起こっている中で、日本の大学は外枠は変えない(変えられない)ままで、教授個人の意識の変革によってのみ、辛うじて対応してきた。しかしそれも限界をすでに越えている。これを放置すれば、最盛期を過ぎた日本の急落は目に見えている。大学はレジャーランドであると揶揄され、大学人自らが自嘲的に言っているうちに、多くの人がある異常さに無神経になってしまっているが、このような現象は日本の大学のみであることに改めて気づくべき時が来ている。

[2] 大学のソフトウェア研究

アメリカの新しいソフトウェアの多くは大学において産み出され、それが大きな流れになっていった。新しいソフトウェアの開発にはアイデアが必要なことは言う迄もない。しかしソフトウェアの場合、アイデアはソフトウェアという形になって初めて多くの人々に理解されるようになる。研究対象としてのソフトウェアにはこのように新しいアイデアの発想と、その育成という2段階のステップをへて評価対象になるが、そのために第2の段階は極めて重要である。一般にここに多くのマンパワーが必要になる。従ってソフトウェア研究はチームで行わねば成果が出ない。しかし今日の日本の大学では、分野によって必要な研究体制が異なるという主張は全く通用しない。また外部からプログラム開発の要因を補うことが制度上難しい。仮に、制度上は可能であったとしても、それに必要な研究費は望むべくもない。この結果、日本のソフトウェア研究者の多くはこのような組織が必要でない個人的な研究対象を見いだすという方向に進んでしまっている。そこで学んだ学生が、大学で得た知識に基づいてベンチャー企業を作るといったアメリカ型になることは難しい。

[3] 大学における規制

今日の大学には目に見えるもの、目には見えないが大学の自由な発想を束縛するものを含め、無数と言ってよい程の規制がある。これが大学を無力化し、変革のエネルギーを消耗させている。ここでそれらを逐一挙げることはしない。これまで折りに触れて多くの識者が述べていることだからである。ただ、ソフトウェア開発に関わる一例を挙げよう。アメリカでは上記ソフトウェア開発に

おける大学院生の寄与は非常に大きなものである。教授はこれら大学院生に研究費から報酬を支払い、アイデアの実現を図る。一方、学生にとっては自分の研究とも密接に関わるソフトウェアを開発することで学業を維持することができる。このような学生が大学院で得た経験と知識を役立ててベンチャー企業を起こし、重要なソフトウェアを開発している例は多い。これにたいし、日本の国立大学では、大学院生には学業専念義務があるという理由で、研究費をこのように使うことは許されていない。現実には学生は学業と全く無関係のアルバイトに励み、そのために彼ら自身の研究にも密接に関わるソフトウェア開発がおろそかになる例も生じている。大学に開発のための人員を配置することが不可能であるなら、そしてそれでもなお新しいソフトウェアを大学で産み出すとしたら、大学院生が直接ソフトウェア開発に関わることは不可避である。ただしこれは大学院生に半ば仕事としてソフトウェア開発に参加させる訳で、たとえ国としてソフトウェア産業の活性化が遅れても、学生としての本分を守ることが重要であると判断するなら、それもひとつの見識ではある。要は根拠のある理由によって決定がなされているかどうかである。

[4] 概念化・抽象化の教育

一方、教育、研究の指導者の方にも問題は多い。その一つが概念形成や抽象化の能力を育てる教育の欠如である。具体的な物を対象とする他の多くの科学・技術分野と異なり、ソフトウェアはこれらに横断的であるが故に、対象を明確にする概念化が重要になる。これは例えばアメリカの研究・技術者の概念化とその命名の巧みさを見れば明らかである。将来の技術者になる学生に、このような教育を強化する必要がある。

[5] 実務経験

これとは反対に、既に触れたが、日本社会の流動性が悪いため、今日の大学は、時に、実務とはかなりかけ離れた存在になっている。その裏返しとして、企業の実務者の概念化、理論体系化の欠如が目立つ。このような状況を放置することは社会全体の活力という点では大きな損失である。これにたいしては人事交流を含めた情報交換の場を

増やすなどの対策を取ることで改善の機会は作ることができよう。

[6] 高等教育・研究機関の必要性

このように現在の大学に関する批判はあっても、高等教育・研究機関が広く根付いていると言う事実は日本のかけがえのない財産である。ソフトウェア問題の解決は高等教育・研究機関による知的能力資源をもってするほかない。今日の日本がこの貴重な財産を維持できずに荒廃の危機に直面していることが問題なのである。長期的に日本の科学技術を育ててゆくために必要な対策を検討し、実施できる定常的な組織の成立が望ましい。

5. 現象の理解

このように今日のソフトウェア問題に潜む構造的な原因を探ることによって日米間に多くの相違点が洗いだされ、その中に今日のソフトウェア問題に影響する要因が数多く見いだされる。ここで取り上げた日本的な特徴は今日のソフトウェア開発の傾向にはそぐわない。その多くは単にソフトウェア問題のみでなく、もっと大きな時代の流れに逆らうものでもある。必要な変革はできる限り進めなければならない。

しかし同時に、これら構造的要因の多くは今日のソフトウェア問題が生じる以前から有ったという事実にも目を留める必要がある。これらの要因を持ちながら、ある時期にはソフトウェア開発が活発に行われ、ソフトウェア危機とはプログラマ不足と考えられた時期があった。従って、これらはソフトウェア問題の遠因ではあっても、現状を説明するための直接の原因とは言い難い。問題を正しく理解するには、現状を現象としてよりよく説明するための、さらにこれとは異なる視点が必要である。

5.1 現状の理解の為の視点

全ての技術(学問)は萌芽期、形成期、発展期、成熟期という発展過程を経る。成熟期の技術は産業を通して経済を活性化する。産業・経済面からみれば、成熟期の技術をリードしたものが最大の見返りを得る。日本はこれまで多くの技術分野で成熟期の設計・生産技術を押さえ、これが日

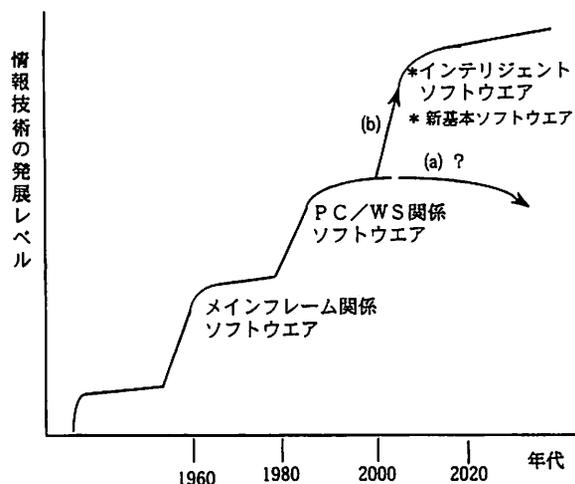


図2 技術(分野)の発展段階

本の経済的發展をもたらした。しかし情報技術においては大きな規模のパラダイムシフトがアメリカ主導で起こり、それに伴ってソフトウェア開発目標が見失われた。今日、アメリカがこの段階の技術を押さえており、日本は前記の文化的特徴が示す保守性あるいは変化にたいする不適応性のため右往左往している。これが今日のアメリカ優位の現象である。

今日、ソフトウェアを中心として生じている現象は、このような視点にたつと、将来対策を含めて全体が理解できるように思える。上記の諸要因も、このような現状に至った理由、今後の対応と結び付けて考えると整理されてくる。

特定の技術のみならず、それを含む一つの技術分野としてもこのような発展過程があり、成熟期を過ぎればその分野は衰退する(図2(a))。それによたいし、分野としては大きな発展過程にある中で、特定の技術がこのような発展のパターンを示すことも多い。この時は分野全体としては、(図2(b))のように、次の新しい技術が開発されて、次の発展サイクルを形成することになる。分野として発展が続くかどうかの見極めは重要である。多くの人は情報の分野がこのまま最盛期を終えて衰退するとは考えていないであろう。情報の技術にはまだ発展のエネルギーがあるし、同時に、今の技術ではまだ何か不足で、このまま定着してしまっは不都合、と感じている人々も多い筈である。そうすると今日のアメリカ優位は情報分野全体の中で、主要ではあるが、一部において発展期の技術

を押さえた、という見方ができるであろう。これについては今からどうにもならないが、要点は次の時代をリードする新しい技術は何かを見いだすことである。今日、新しいソフトウェアを開発するには一人の創造的な才能に対し10—100人の支援技術者が必要と言われている。新しいソフトウェア開発の道が開ければ、潜在的に過剰人員の問題は解決する。

前節で挙げた諸項目は、今日の日本の社会を変化にたいして極めて対応の鈍いものにしてしまった点に問題の本質がある。技術が変化しなければこれで成り立ってきたが、現在の様に急速な技術変化が生じている時代に、この変化についてゆけない社会ができてしまった。これは社会の老化現象であり、再活性化する為に新しい対応策が必要になっているのが現状であろう。

5.2 問題解決へのアプローチ

なすべきことは二つある。一つは、(ソフトウェア以外の分野で)かつて、日本の技術が優位を占めていたとき、アメリカをはじめその他の国々がいかに日本の技術の優位性を変える努力をしてきたか、それがどれだけ効果を挙げたか、を知ることである。特に技術のある部分は既に日本の優位性が脅かされているが、それがいかに推移してきたか、を知ることが重要である。逆に、かつて日本が先進国諸国を追上げているとき何をし、それが効果を挙げたかを振り返ることも、より身近な例として参考になる。

もう一つは将来対策である。将来対策は上記の分析に基づいて作るものであるから、ここでは一般的な視点からのグローバルな議論にとどめる。技術の優位性を達成するには、(進んだ技術を保有する国にない)何らかの新しい要素が必要である。それは労働力コスト、新技術、研究開発体制、新施設、など様々である。もちろんこれは必要条件であって、これらが社会的な環境にマッチしなければ効果はない。ソフトウェア問題についても、このような認識の下で現代から近い将来への社会的環境、ソフトウェア技術の推移、特に将来の問題点を分析し、対策をとることが必要である。成熟期に入った技術は、言い替えれば停滞期に近付

いた技術でもあり、それを越えた新しい技術開発の可能性は高い筈である。ただし、ソフトウェア分野では外国で作られた概念を導入した研究や開発が提案されることが多いが、将来方針を立てるときには、個々の技術によって何が達成され、問題点がいかに解決されるのか、などについて見通しを明らかにすべきである。

6. 将来の方策

日本的な文化を背景とした現在の産業構造の弱点は環境変化に対応しにくいことであるが、技術変化の速度が鈍り、技術開発の先行きが見えるようになればいずれ追い付くだけの力は持っている。今日のソフトウェア問題でも、最も変化の大きな発展の時期は越して成熟期に入ろうとしており、現在進行中の技術の傾向（図2(a)の先行き）が見えてくれば、近い将来、日本からもこの新しい技術環境に適応した製品が現われるであろう。その意味では今日の危機は終わりに近づいているということもできる。しかし問題はこのような日本の技術開発の基本構造にある。このままで終わってしまったら、問題を将来に先送りするだけである。これからは、成熟期に入った技術を後発グループがキャッチアップする迄の時間差が産業面で大きな意味を持つようになることが予想されるので、将来は技術転換の影響がもっと大きな問題となって現われてくるであろう。しかも技術転換の周期が短くなるため、次の技術転換はあまり遠い先のことではない。そのために今日、産業の基本構造を変え、自から新しい技術を産み出すことのできる体制、少なくとも変化の予測をし、それに早急に対応することのできる体制を今から作りあげねばならない。

上記の視点にたつて将来の可能性を考える。労働力コスト、新技術、研究開発体制、新施設、などの中で、日本で可能なものとしては新技術とその開発体制に立脚する他ない。例えば図2において、次の技術の飛躍時点を5—10年後とみなして（もちろんこれはもっと短いかもしれない）新しい技術を開発する必要がある。この前提に立って考察するとして、次の2つのことが重要である。

(1) 新技術開発を効果的に行うための体制なら

びに諸施策の確立

(2) 次の技術転換として可能性の高いソフトウェア技術の予測

6.1 開発体制と今後の方策

現状の打開と将来の発展の為に技術開発の体制を早急に変えてゆく必要がある。開発体制は4節で述べた要因の分析と密接に関わる。技術開発の阻害要因を排除した新しい体制に変換してゆく努力が必要である。技術開発の体制としては図1に示した現在の日本のばらばらな開発体制をアメリカのように新しい発想を産み出す大学、発想を企業化するベンチャー企業、大規模な製品化を進める大企業のようにそれぞれの組織が特徴を活かした活動を積極的に進めながら、相互に密接にかつ相補的に協力し合える形が望ましい。しかし体制を変えるには時間が掛かり、またアメリカが新技術開発をリードしているからといって、今日の日本がその開発体制を真似ることは賢明な方法とは言いがたい。アメリカと日本の研究・開発人口の違い、個人を尊重する西欧と没個性的な日本の文化の違いにより、アメリカで可能な方式が必ずしも日本の風土に馴染むとは限らないからである。アメリカでも多くのベンチャー企業ができては姿を消していった。多くのアイデアが出されたが、新技術の成功率は低い。即ち革新の時代には新技術の成功は確率的なものである。そして文化的背景を考慮したとき、成功率が研究・開発人口の違い以上の開きとなって現われてくると予想されるから、現状では、同じ体制の下で日本がアメリカに対抗することは困難に思える。一方、アメリカでは無作為にアイデアが出され、それが活かされるのも偶然的な要素を含むため、アメリカ方式が新技術開発に効率的であるとも言えない。従って、アメリカ型が理想である訳でもなく、より優れた体制があり得る。この点を分析し、日本に欠けている部分を補いつつより効果的な開発の方式を考える余地がある。そして時間的な要素を含めて、段階的にそこに近づく様な方策が必要になる。これを知るために、日本と西欧文化の違いをさらに考察してみる必要がある。日本と西欧文化の特質の本質的な相違は何であろうか？これは比較文化

論の領域の問題であり、専門家を差し置いて軽々に論じることのできないものであるが、このような分析は将来対策を検討するに当たって文化面に根ざす要因をどこまで取り込むことができるかを判断するうえで不可欠であり、何時かは踏み込まねばならない問題である。4節における要因の分析を整理して、ソフトウェア問題に関わる重要な要因として

(A) 個人メンタリテイにかかわるもの—自主性、独立性、創造性、責任感の欠如

(B) 社会的体制と諸制度および規制、特に産学共同に関わるもの—活動の可能性の抑制、

(C) 組織に起因するもの—集団による相互牽制、発想機会の制約、

が挙げられる。これらについて、現状が適切でないとしたら変更を検討する必要があるが、

[1] その変更は可能であるか、あるいは時間的な見通しはどの程度か？

[2] 変更することが良いことかどうか？

[3] 変更するとしたらなにをすべきか？

を考察する必要がある。大きな原因であることが明瞭であっても、それを変えることが不可能であるとしたら、その改善策は絵に書いた餅であり、実効がない。また、仮に変えることが出来るものであり、情報技術振興に役立つとしても、その変更努力が社会全体としてマイナスの結果になるようなことは避けねばならない。このような検討の結果、何をどこまで変更するかという努力目標が見いだせたら、次にいかにしてその目標を達成するかについて検討する、と言う手順になろう。

新方式の目標とすることは、

(1) より多くのアイデアが創出される

(2) 創出されたアイデアの適切かつ健全な評価機能が発揮される

(3) 効率的な育成の促進がはかられる。

(4) そのための障害を可能な限り排除することである。

6.1.1 個人のメンタリテイ

アメリカでは個人の自主性、独立性、創造性、責任感が基本に有り、それがインセンティブとなり具体的行為として新ソフトウェア技術が創出さ

れた。一方、日本では常に周囲の目を気遣って突出することを嫌い、あるいは逆に他人の独走を批判し、時にはその心にまで平気で立ち入るという習慣が根強く残っているために、個人としての活動にブレーキが掛かってしまう。この様な日本人特有のメンタリテイは近年表面的には急速に変化しつつあるとはいえ、深層において大きな変化がおこっているとは言い難く、これからも短期間に変えることは不可能に近い。また個人のメンタリテイは日本社会独特のモラルによって作られていることを考えると、これまでと変わるモラル形成の方式が見いだされないうままに、それを破壊することは安易に行うべきことでもない。従って、この面では時間を掛けて十分な検討を行ったうえで、100年の計で行うぐらいの覚悟が必要であろう。ただしこれは技術開発に必要な程度の期間内で効果が現われることは期待されないということであって、長期的な方向としては出来る範囲のことを実行する努力は必要であることは言うまでもない。基本的には家庭内でも学校や職場でも個性尊重の環境を作り上げることが重要であるが、特に企業では広い視野を持った人を増やすこと、少なくともこれまでのように企業固有の局所的文化だけに浸ってられる様な環境は変えてゆくこと、例えば年功序列制に替って契約制に近い形を導入する努力は必要であろう。

6.1.2 政治的・社会的体制と諸規制

このような時代になって、国または社会として必要な制度上の措置が取られることが望まれる。社会的な体制としては大学で新しい萌芽的な研究をし、それを産業界が受け取って技術として育てると言う基本構造を早急に確立することが不可欠である。産業界では新技術の育成に不可欠なベンチャービジネス促進の動きは遅まきながら動きだしている。成功例が出れば、民間活力によりこの動きは急速に発展するであろう。これに対し大学の側では実質的な進展は極めて遅い。社会的な体制としてはベンチャービジネスの成立条件が満たされるだけでは不十分であり、そこに様々な新しいアイデアを提供し、多様なベンチャービジネスの成立を促す役割を持つ大学とセットになって初

めて強力な新技術発生源として機能する。このように、制度面あるいは規制緩和に際して検討されるべき対象は多数あるが、ソフトウェア開発の面で特に重要視されねばならないのは大学と産業界との協力、即ち産学共同である。産学共同の重要性は以前から唱えられていたが、現在の日本では、産学共同の掛け声だけは盛んであっても、現実には効果は上がっていない。主に大学側にそれを可能にする条件が整っていないからである。

かつて、日本に初めて近代的な大学が設置されて以来第2次大戦後まで、産学共同に対する大きな障害はなく、技術移転は積極的に行われた。しかしその後、今から30年程以前から、官の立場は産学共同を抑制することに変わってきた。これには大学紛争の影響が大きい、それによって産学共同は著しく後退した。これは将来の技術社会へのビジョンを欠いた大学および研究行政の結果であった。近年、産学共同の声が大きくなると共に、この方針も変化し、大学と企業との共同研究のための予算が計上されるようになったが、その実質的な効果は大きなものとは言えない。その基本的な考え方は、大学において開発された技術を産業界に移転するというものであるが、情報関係について言えば（そして恐らく多くの他分野でも）、研究開発の実態が理解されているとは言い難い。すでに指摘したように、情報技術ではアイデアが独創的であるほど、そのアイデアを産業界に移転可能なレベルにまでまとめ上げる過程に人手を要するのに、今日の大学ではその人手を確保する手段が閉ざされているに等しいためである。また技術変化が激しい時代（これは今後定常的にこのような状態になることが予想されている）には新しい状況が次々と発生し、社会の動きを変えているのに、大学ではその実情が見えにくく、問題の把握が困難になっている。このような理由で、古い時代の大学からの技術移転の方式はもはや成り立たないのである。産学協力の効果をあげるために必要なのは大学の変革と同時に大学—産業界間の人事交流と人的な協力関係を含めた情報流通である。今日、研究予算の配分が国立大学に偏っているため、大学における実質的な研究は、国立大学でなされているのが実情であるのに、国立大学には産

業界との人事交流や人的な協力関係を含め、実効的に産学共同を進める気運を阻害する様々な規制がある。この結果、今日では大学の社会的な機能が制度や規制によって殺されてしまっている。

これを改善するには、第一に大学における研究が実効的な成果を挙げることを妨げている規制をなくすこと、第二に大学の人的資源を活用するために、地方国立大学および私立大学の研究を促進することと、煩雑な諸手続きを簡素化すること、である。

これらはいずれも国の行政に関わり、国として必要な制度上の措置が取られることが望まれる。この点、1995年秋に科学技術基本法が制定されるに至ったことは喜ばしいことには違いないが、これが実質的な効果をもつかどうかは、これからのその実施の方策に依存する。この法の精神を活かすには官僚組織の思い切った機構改革が必要であるが、科学技術振興のために機構改革が行われることは期待し難い。せめて現存する多くの政治的、社会的規制が撤廃されることが臨まれるが、それに賭けていたら次の技術改革にも取り残される危険がある。それは諸規制が従来からある古い組織の権限や利害と複雑に結び付いていて変更に対する抵抗が大きい、一朝一夕で、言い替れば次に技術の新しい波が生じる時に自発的技術開発が可能になる様な体制作りに必要な時間、例えば5年以内に、変化するとは期待できないからである。これら規制を緩和する努力は一方で必要であるが、技術開発の問題解決はその成果を待つて手を拱いている訳にはゆかない。従って、新しい技術開発のためには、規制が新技術開発を阻害する程度を可能な限り少なくするように機能する新組織の設立あるいは既存組織の改革を進めるほかないと思われる。

問題はもちろんこれに留まらない。大学側では現状からの脱皮が強く望まれる。大学は現状に甘んずることなく、研究者一人一人が、何をすべきかを考えること、そのためには専門馬鹿に陥ることなく、現状と将来に対する自己の考えを明確にし、なすべきことを定めてゆく必要がある。

6.1.3 組織のあり方

将来対策として文化的要因は変え難いし、制度的な転換も期待しがたいとしたら、それを前提とした新しい方式、例えば新しい開発組織あるいは方式を形成してゆくことが大事である。自主性等、上記の個人的な性質は新しいアイデア創出という行為に向かうインセンティブであって、アイデア創出の機能とは必ずしも同じではない。アイデア創出はより先天的な機能であり、その機会を作り、それを阻害する要因を排除する環境を作れば、日本独自の方式でこれを代替することは可能であろう。時間的要素も含めて最も可能性の高いのは、規制の排除と同様の効果をあげるように機能する新しい組織を作ることである。文化や規制を変えることと比較するなら、今日最も実現の可能性が高いのは組織改革による現状打開である。

一口に組織と言ってもそれ自体多様であり、組織が個人に及ぼす影響も複雑である。組織の作り方によって、個人を刺激もするし抑圧もする。組織はそれを構成する人間の間関係で定まり、一方ではこの関係が極めて弱く無組織に近いもの、従って個人の活動の自由度が大きいもの、から、関係が極めて強く、個人の活動範囲が組織によって厳重に規定されるものまでである。その関係の作り方によって、組織自体の機能が定まる。従って組織が達成すべき目標に応じて、最適な組織が作られねばならない。

従来日本の産業活動はグループによる生産活動に重点が置かれ、そのために組織の均質性が重視された。組織活動の目標は組織外から導入されたため、組織が新しい発想を産み出す機能を持つ必要はなく、この傾向が促進された。技術開発あるいは産業の方向性が見え、目標が設定されている時はこの方式は効率的である。そして均質な組織を作れる社会程、この効率は良い。しかし、技術の転換が始まるとこの状況が一変し、技術開発の目標が見失われた。

今日、社会的に問われているのは、新しい技術開発の目標を産み出すことである。これには情報生成が必要とされ、それは創造性という個人的な行為によって作られる。すべてのアイデアが将来

の産業の目標になるという保証はないから、可能な限り多数のアイデアを作り出し、厳密な評価によって実現性の高いものを選び出し、それを育成するという過程が不可欠である。今日のほとんど全ての組織は旧来の目標追求型として作られてきたので、このような機能を果たすには全く不向きなものであり、根本的な改変が必要である。この影響の大きさを恐れて小手先の変革で済ませようとしたなら、将来その組織は衰退する他ないであろう。しかし現実には既存組織を理想の形に転換することは容易ではない。第1に組織には古い権威主義、既得権益などのしがらみがあり、またそれが少なくとも個人への影響を考え、すべての人が不利益を蒙らないという配慮が働くため、理想的な組織が転換によって作られた例は極めて少ない。新しい組織を計画的に作る必要がある。第2に、目的に合う最も適切な組織形態を見出すという問題がある。これは要求条件として6.1節の(1)から(4)(12ページ上部)を満たす組織を見出すことであり、新組織の設計問題としてそれ自体が解決されるべき極めてチャレンジングな技術問題である。これまで組織作りは経験的に行われてきたが、より科学的あるいは計画的な組織作りを考慮すべき時期に来ている。

(1)について、アイデア創出が人間の持つ先天的な機能であるとしたら、この組織には先天的能力の高い個人の協力が第一義に重要である。各個人に創造活動の刺激を与えると同時に、創造のための精神的自由を与えること、それを阻害する凡ゆる要因を排除すること、特に相互の牽制の機会をなくし、無意味な規制は組織として受けとめて個人にその影響が精神的規制にならない環境を作ること、創造活動に必要な情報の収集と配布を組織として保証すること、が重要である。このような個人をすべての組織に取り込む必要はなく、外部の知能を役立てる組織とする。特に大学との協力が重要である。大学は本質的に組織化されていない組織であり、今のままでは以下の(2)、(3)の機能が存在しない。社会的にこれを補う組織作りは人材の効果的利用の面で極めて重要である。

(2)についてはこのように作り出されたアイデ

アを受け、商用化にいたるまでの実現の可能性を組織として評価することが要求される。

(3) この結果を受けて、組織としてそれを現実に育て上げることが重要である。この段階は新技術開発に際し組織力が最も力を発揮すべき部分であり、アメリカでも最近ではベンチャーキャピタルによる評価と育成が組織的に行われるようになって新技術開発が加速している。

(4) このような時代になっても、政治的・社会的に様々な規制が残り、それが新しい技術の発生にブレーキとして作用するであろう。望ましい組織はその防波堤となって、個人への波及を防ぐ必要がある。このような機能をすべて備えた一つの組織とするか、(1)から(4)の各段階を別組織とするかについては今後の検討に待つほかない。別組織にした場合、全体の組織の社会的広がりが大きくなり、結果的に実現の成功率は減ることが考えられる。すなわちこのような組織自体が極めて革新的になることが必要であり、それには組織が社会の他の部分と切り離されて独自に存在し得るものであることが望ましい。それでないと、組織が既存の文化の下でなし崩しに壊される危険が有るからである。問題はこれまではいかなる組織を作っても、組織の目的には直接は関わらない何らかの面、例えば税制、で従来の社会体制に組み込まれ、効果が挙げられなかったことである。この面ではどうしても6.1.2の政治的、社会的体制の面からの改革が必要であろう。

また、組織の作り方によっては、組織内の各個人が努力するほど組織全体としての機能が低下する様なものができてしまう。これを負機能組織と呼ぶことにしよう。今日の国立大学の事務組織は概ねこれに近い。これにたいし個人の努力が増幅されて組織の機能に反映されるようなものを正機能組織と呼ぼう。組織としては後者を目的とすべきことは言うまでもない。この目的を達成する組織のあり方を見い出すことは、それ自身大きな技術課題である。上述したように、これからは、より科学的組織設計の方法を開発し、それに従って計画的な組織作りを考慮すべき時期に来ている。

組織化の母体としてはどのようなものがあるか、も重要な検討テーマである。大きな企業体が従来

の人事政策と切り離して組織を全く新しく作れば良いが、この可能性はどのようなものであろうか。もう一つ、これまでは高度技術化にどちらかというとり残されてきたが、潜在的に大きな力を保有する機関として地方自治体がある。これを中心に新しい組織を作る可能性は大きいと考えられる。

このように個人、社会、組織の3要素の中で最も実現の可能性の大きなのは組織面でのアプローチであり、上記の条件を満たす新しい組織を作ることにより、アメリカ型の新技術開発に対し、日本独自の方式でこれに対抗するほかないであろう。

6.2 革新的なソフトウェア技術開発

今日の技術変化は大規模コンピュータから小型コンピュータの分散システムへ、というシステム形態の変換に伴うものであった(図2(a))。このような転換はソフトウェア開発に大きな変化をもたらした。近い将来次の波が来ることを予想して、新しく開発するソフトウェアの方向を見定める必要がある。これがどのようなものであるかを論じる前に、その条件を挙げておこう。これは

- [1] 実需要のあるもの
- [2] 技術の完成時点でリーダーシップを取れるようなもの

[3] ハードウェア環境にマッチしたものであることが必要である。[3]に関して、いかなる優れたアイデアもそれを実現する十分な性能のハードウェアがなければ実現は困難であり、此れ迄長い間、ハードウェア機能の不足のための制約の時代が続いてきた。しかし今日、ハードウェアの発達速度は急で、既に現時点で見通せる範囲の近い将来にハードウェア先行の時代、すなわちハードウェアが提供する機能を使いこなすためのソフトウェア概念が追い付かない状況が発生する時代が来ることも予想される。従って、以下では[1]と[2]について考察する。[1]についてはいくつかの可能性があるが、分類すると

- (1) 個人の活動範囲を広げ、新しい需要を作り出すソフトウェア
- (2) 社会活動を支えるソフトウェア
- (3) 情報技術の基礎となる基本ソフトウェア

(4) ハードウェアと一体化したソフトウェアのいずれかであろう。

6.2.1 ネットワーク系ソフトウェア

(1) はネットワーク上の分散コンピュータシステムという新しい環境の下で、多くの人が潜在的に抱えている要望を満たすことのできるソフトウェアである。これには多くの可能性があり、将来大きな市場を形成するものと予想される。このクラスのソフトウェアも多様な性格のものがあるが、次のように分類しておく。

(i) 個人応用を中心とした、パーソナルコンピュータマルチメディアソフトウェア概念の発展系：これには遠隔通信とパーチャルリアリティの組み合わせたもの、特にエンターテイメント、芸術分野への応用、知的興味を刺激する教育的ソフトウェアなど、従来にはない個人向けシステムが含まれる。

(ii) ネットワーク化に伴うサイバースペース支援用ソフトウェア：これには個人がネットワーク社会に適合出来るように様々な支援を行うもの、たとえば情報検索のためのナビゲーションや、信頼度の高いセキュリティシステムなどが含まれる。

(iii) 独立の機能をもち、また次の(2)に関連する大規模ソフトウェアを構築するための部品になるソフトウェア：有限要素法など各種技術系や会計システムなどオフィスシステムの構築に必要な多くのプログラム群がこれに含まれる。

このクラスのソフトウェア開発に関しては、国際的マーケットを持ち、製品に対する評価システムが確立しているアメリカが有利である事情は余り変わらず、これに打ち勝つ努力が必要である。しかしこれらのソフトウェアの概念は定着してきているので、製品の質とコストについて実現技術の勝負ということになり、この段階になると従来型の技術開発に近づき、日本の企業が力を発揮する機会が大きくなると思われる。予想される将来のマーケットの大きさに比べると現在市場に出ているソフトウェアは僅かであるという見方が成り立つので、産業としての将来性は大きい。

このクラスのソフトウェアについて、現在の技術の延長では6.2の[2]の条件を満たすこと

は容易ではない。しかしこれらの応用システムは人間とのコミュニケーションの比重が今後一層大きくなり、インテリジェント化の重要性が増す。その方法に進むならソフトウェア開発の質が変化するので、新しい技術を加味した商品マーケット拡大の機会も生じ、その面で優位性を保つ可能性も生じるであろう。

6.2.2 システム系ソフトウェア

6.2の(2)はこのように直接個人応用に関わるものではなく、社会的なシステムや産業分野で使われる新しいソフトウェア技術である。このようなソフトウェアシステムの必要性は既に4.2の中で組織的側面の分析中にいくつか現われている。それはシステム化に関して、

(i) 大規模ソフトウェアシステムの構築技術

(ii) 組織設計および情報システムの実時間開発である。さらにネットワーキングにともなって、

(iii) 大規模情報ベースシステム

を挙げておこう。これらはいずれもアメリカにおいても技術的に未開発のものであり、6.2の[2]の条件に関しては(1)のクラスよりさらに未開発分が大きいだけ、ハンディキャップは少ないことが予想される。

(i) の大規模ソフトウェアシステム構築技術は従来に替わる新しいソフトウェアシステム開発方式を開発することである。従来システム開発方法では開発可能なソフトウェアシステムの規模に上限があることが明らかになってきた。近年、生産、流通、輸送、医療その他、多くの分野で、社会的活動の規模が急速に大きなものになりつつあり、それにソフトウェア開発が追い付かない現象が起りはじめた。システム開発に際して、開発管理は個人に任される他ないが、従来方式の限界は開発規模が大きくなって個人の管理能力を超えてしまうことである。従来方式のブレークスルーの可能性の一つは人間が行ってきた開発管理をコンピュータに移すことであるが、それは自動化の基本原則でもあり、複雑なシステムの開発自動化の新しい方式が必要となり、しかも緊急を要する。

(ii) は環境変化に合わせて企業等の組織変更とその変更に合わせて情報システム開発を速やかに

行う技術である。これには組織論に基づき、状況に合った最適組織の決定とその実現技術が必要であり、人間を含む組織の設計、シミュレーションの技術が今後重要性を増すと思われる。既に述べた新技術開発のための組織のあり方についてはこれより次元の高い組織であるが、そのような組織もより科学的な方法で設計問題として扱う必要がある。また、今後のあらゆる組織は情報システムなしには実現し得ないから、これには変更時間内に新しくめざす組織に適合した情報システムを遅滞なく開発することが前提になり、これが大きな問題である。必要な情報システムを短期間で実現することは、従来の開発方式では難しい。そのために新しいソフトウェア開発技術が必要になる。この問題は技術的には(i)と共通のものがある。即ち情報システムの開発自動化技術によって要求の明確化と、より基本的なレベルでのプログラミング自動化を達成することが必要になる。

(iii)はネットワークを介して地域、国、地球レベルの大規模な情報ベースシステムを構築、その管理とアクセス手段を提供するための技術である。ネットワーキングが進行するにつれグローバルな情報蓄積・共用の方向に向かってゆくことは確実と言えるが、その実現は容易ではない。今日、一方には死蔵されている多くの情報があり、他方には情報への潜在的需要がありながら、それらを有効に結び付ける技術的な手段がないために情報利用が進んでいない。WWWのように個人の関心の範囲でグローバルに情報にアクセスする手段が提供されたことに伴って人々の関心がそこに集中しているが、これら社会的な必要性から収集され、結果的に死蔵されている大量の情報に対しては、これとは違い組織的かつ自動的に検索、処理、利用する手段が開発されねばならない。従来、これに関連する技術としてデータベースシステムと情報検索システムがあるが、前者は後者に比しデータへのアクセスが高度ではある反面、扱える情報の範囲が狭く、逆に、後者は今後応用に合わせて要求される高度な使い方には適さない。この両技術は多様な情報利用のために期待されている多種情報アクセスのなかの一部を可能にするのみである。インフラストラクチャとしてのネットワー

ク資源を効果的に使うために、個人間通信手段として使う他に、マルチメディア情報を含む大規模情報ベース利用技術を促進する必要がある。これにもソフトウェアの高度化が必要である。これらの技術、あるいはこれ以外の技術的發展の可能性についての技術的な分析と将来見通しの議論によってさらに詳細化する必要がある。

これらに共通して必要とされるのはソフトウェアの高度化、特にインテリジェント化である。これは大きな流れとして進行中であり、近い将来、これが実用技術となる可能性が高い、インテリジェント化についてはかつて人工知能の人為的に作られたブームがあり、それが去った今、懐疑的な考え方が広く支配しているが、冷静な目で観察するならば、これが最も可能性が高い新技術であることは容易に見いだせるであろう。インテリジェント化については、実用化のために越えねばならないいくつかの条件がある。技術的な議論はここでは避けるが、かつての人工知能システムはいずれもこの条件を満たさないままに過度な宣伝が行われ、結果的に信頼を失った。しかし過去にこだわるあまり、将来への適切な判断を誤らないようにすることが重要である。

6.2.3 新基本ソフトウェア

6.2の(3)はOSはじめとする基本ソフトウェアである。ソフトウェア分野で今日のアメリカ優位の原因の一つには新しいコンピュータの環境に適した基本ソフトウェアをアメリカが独占したことにある。基本ソフトウェアに関してはもはや日本はアメリカに太刀打ちできないという悲観論があるが、メインフレーム時代には日本でもOSが開発されていたのでOS開発の技術自身が劣っている訳ではない。新しい状況に適合するOSの概念設計の遅れといえる

基本ソフトウェアの考え方は極めて流動的であり、今日でも、ウィンドウズ95システムが主流を占めているという言い方が広まったすぐ後に、これからのネットワークと言う環境の中では、このような単独コンピュータのOSの問題より、OSの違いに気を留めることなく、ネットワーク内のどのコンピュータで開発されたプログラムでも使え

るような言語システムが主流になるという議論があり、JAVA の様な言語が注目されている。これらはコンピュータとネットワークが結び付いたときの将来像に関する見通しの問題であり、現在でもそれが定まっている訳ではない。安易な悲観論は避けるべきであろう。

今日我々はこの事実が気がついているので、もし新しい状況変化が生じる可能性があるとき、日本でも新しい基本ソフトウェアを開発する機会はある。今後10年といった程度の範囲で考えるなら、これに匹敵するシステム形態の変化の可能性は十分にあると予想される。例えば、ハードウェア技術が進歩し続けており、LSI チップの集積度がさらに上がったとき、今日の論理機能のみではその全体を使い切れなくなることも予想され、中規模容量データ記憶との一体化を考える時期が来ることも予想される。データ領域をどのように使うか、という点に先進的情報技術の見通しが必要になる。例えば論理とデータベース（の一部）を一体化したチップや、データと処理機能の中間的な性格をもつ知識を収めることのできるチップ、あるいは記号的な処理にニューラルネットワークのようなアナログ的な処理機能を組み合わせた新しい汎用性の高いコンピュータなどが考えられる。これらが実現したなら、当然従来とは異なる新しい基本ソフトウェアの開発が必要になるろう。

6.2.4 ハードウェア一体系ソフトウェア

6.2の(4)はコンピュータが単独にコンピュータとして使われるのみでなく、周辺技術と一体化して使われるケースに対応するものである。周辺技術は現状では主として機械系、電気系のハードウェアであり、自動車、家電製品などに既に多数のマイコンが使われているが、今後この傾向はあらゆる分野に浸透してゆくものと考えられる。近年の技術的傾向はインテリジェント化にあるとされ、インテリジェント・ビル、インテリジェント端末、インテリジェント・ロボットなど、インテリジェントを修飾語とする技術が使われるが、これはすべてコンピュータ組み込みを前提とする。

以上の分析を通して結論するなら、技術的観点から将来性はあるが、その可能性を現実のものに

する開発体制の転換ができるかどうかにかかっている、というあたりである。

7. 結び—技術開発体制に関する提言

以上、ソフトウェア問題の分析と、将来対策への考察を試みた。現在、情報分野で急速にパラダイムシフトが起こっており、ソフトウェア問題はそのため情報技術の転換によって生じた混乱に起因するものである。このような混乱は転換期に付き物であるが、日本の社会が持つ保守性のために、この急速な転換による混乱が一層拡大されて現われたものと解釈される。非常に近い将来、新しい情報技術の概念がはっきりしてくることによって落ち着きを取り戻し、新しいパラダイムの下でのソフトウェア開発が日本においても行われるようになり、一見、問題が解決する可能性がある。しかし、仮にそのような楽観的な見方が当たっていたとしたら、それで解決されるのは、表面的な問題の一部に過ぎない、日本社会が持つ構造的欠陥とすら言える特徴を改めてゆかない限り問題の本質は残さないままであり、すぐ次に同じ問題が、恐らくもっと深刻な形で現われる可能性が高い。この問題に関して、これも日本的な文化の特徴である。“喉元過ぎれば熱さを忘れる”であってはならない。

問題をはっきりさせるために、ここまでの議論を整理してみよう。

まず技術問題ではダウンサイジング、ネットワーキングに直接関連する部分の技術変化が大きかったので、人々の目も殆どそれに奪われてきた。しかし、ソフトウェア問題として以前から指摘されてきたこれ以外の多くの問題、特に本文中に挙げたシステム系ソフトウェア技術に関わる問題は本質的な解が見いだされないままであり、この影響が一層の深刻さを増すことはあきらかである。これに比し今日もっとも注目されているマルチメディアやバーチャルリアリティなど、新しい傾向のソフトウェア開発は技術的な面で本質的に大きな困難はない。上記のシステム系のソフトウェアが、たとえば対象をどのようにモデル化しそれを表現するかとか、所要時間内に処理をすませるためにどのようなプログラムとするかといったプログラ

ムの実装技術であるのにたいし、これは何をプログラムにするかという要求や仕様の表現に関わるもの、すなわち情報システムの人間社会への適用法に関する考え方の転換であり、方針が定まれば次々に新しいプログラムが作り出されるものである。

これにたいし、今後、我々が取り組まねばならないもう一つの問題は将来の開発体系や技術開発能力の開発問題である。情報分野では新しい技術転換がおこる機会は今後いくらでもある。しかもこの次は、今回とは違った推移をする可能性がある。今回は、この過渡期に作られたアメリカ主導型パッケージソフトウェアは予想される将来のマーケットの大きさに比べると小さく、努力してパラダイム転換をしたアメリカがさほど大きな利益を挙げられないで終わる、という結果になるという見方も成り立つが、次の転換が同じパターンで推移するとは限らない。知的所有権問題がらみで、努力をしたものが報われる、という構造がより一層明確に打ち出されてくることが予想されるからである。しかもこれからの技術の進歩を考えるなら、技術転換による新しい技術の安定期間は短縮する一方であると見込まれる。我が国でも新しい技術を独自に産み出す構造を早急に確立する必要があるのはこのためである。

問題の打開には短期的にも長期的にも早急に対策に着手せねばならない。短期的に、すなわち5—10年ほどの限られた時間内で技術開発面で効果を上げるためには、以下の様な点について配慮する必要がある。

- * 戦略的に技術開発を進めること；アメリカのように技術開発が社会的な活動の一環になっている場合を別にすれば、人材と予算が限られた中では戦略的に技術開発を進める外なく、そのための適切な組織作りを図ることが望ましい。ただし、組織は両刃の剣であり、組織自体の評価が常に必要である。組織が目的に対して負機能組織になることは絶対に避けねばならない。このため組織化に際しては、同時にその組織の評価機構を発達させることが重要である。
- * 最も適切な研究リーダーを選び、大幅な権限を与えること；革新的な研究開発のように未開の

分野に踏み込む場合、リスクは覚悟の上で、ゴールまでの一応の筋道を見通した研究リーダーの考えを中心に進める外ない。大勢の合議で方針決定を行う方式では革新的な成果は得られないことはこれまでの経験が示している。ただしこの結果はリーダーの能力に依存するから、リーダーの選定はもっとも重要な決定である。権限を与えることは開発途中では脇から決して口を挿まないということであるが、独善に陥ることを防ぐため、最終結果の評価をきちんと行うシステムを初めから準備しておくことは必要である。また実務段階では、組織が果たす機能は方針に沿って提案される発想の評価と育成であり、これに偏りが生じることは避けねばならない。多数の発想者からの多様な考えを理解し、適切に評価できる幅広い視野と能力が必要である。この段階で適切な判断を要するが、これを研究リーダー個人にまかせる理由はないので、これを補佐する視野の広い支援グループがあって、自由に発言できるようにすることが望ましい。さらに、新しいアイデアの生成にはできるだけ広い範囲の人々が参加し、相互に牽制しあうようなことのない、自由な発想の場が保証されねばならない。

- * 大学と緊密な関係を保つこと；研究的要素を多分に含む開発に際しては、このような発想源として大学との協力関係を緊密にし、新しいアイデアの生成や評価・育成に際して、状況に応じた方針の修正を行うことが重要である。
- * 研究評価機構を抜本的に見直すこと；創造的な技術を育ててゆくうえでもっとも重要なことは創造性を育てる環境を作ることである。創造的なアイデアを正しく評価する機構があれば創造性は自然に育ってゆくであろう。既に述べたように、日本では外国製の新概念をいち早く取り入れた研究は高く評価される。これにたいし外国製の概念名のついていない独自のアイデアがあっても、それが正しく評価される機会は少ない。創造的な研究が研究者の哲学に基づいてなされるとしたら、評価者はそれを正しく理解したうえで評価せねばならない。それには評価者に優れた能力と努力が要求される。それが困難

なために、しばしば評価の範囲を狭める様なことが行われる。外国の評価済みの概念を利用することは最も安全に見える方法であり、それ以外に内容に関わらない評価項目、例えば年齢、性別、職業、経歴、研究のカテゴリーなどによる制約を付ける。創造的な研究を育成するというのが目的であるなら、これらの制約は百害あって一利もない。新しいアイデアを育てようとするなら真に独創的能力のある人が評価をすることはできない。少なくとも創造的な研究成果を持った人を評価者とするほかない。評価方法としては現在とは逆に、外国生まれの概念を用いた研究テーマの評価は低くするような試みをしてみるのもよい。

正しい評価をすることが困難なことはどこでも同じである。もしどうしても正しい評価が困難な時は、誤った評価をするよりも特別な評価はしない方がよい。誤った評価はすぐれたものを排除する危険性があるが、無評価ならよいものが積極的に落とされる危険はないからである。アメリカが自由競争のもとで、アイデアが遅しく育ってくるのを待つというシステムは、まさに人為的な評価はしないシステムであり、組織化をしない方式でもある。組織を作るということはこれほどに困難なことを認識せねばならない。それにも拘わらず、日本が組織を作ってアメリカに対抗するほかないとしたら、評価機構を含めて組織化の方式に徹底した考察を行わねばならない。研究成果の事後評価と同時に、評価者の事後評価を行うぐらいのことはしなくてはならない。

現状を打開するための緊急避難的措置としては

このような条件を満たす組織を作る外なく、それ自体多くの困難を含んでいるが、さらに異質のものを排除する日本の特徴がこのような新しい技術開発の実現に障害になる可能性がある。技術開発と同時にそれらの弊害を出来るだけ排除した組織とする必要がある。これらの弊害が文化的要因に根ざすことから、新組織は従来組織から離して作ることが必要かもしれない。この様な組織設計を含めて、新しい技術的課題は多く、これに積極的に取り組むことによって新しい展望を開くことは、可能であると言っても必ずしも容易ではない。

このような研究開発組織作りはいわば緊急避難的なものであり、より望ましいのは社会の活性化によって自律的に、あるいは自然発生的にこれに相当する変革が行われることである。この点はアメリカの社会に見習う点が多い。そのような基盤が出来た上で、技術開発を支援するという位置づけで組織を作るのが望ましいスタイルであろう。これには上記の条件とは別に、意識改革を含め、さらに遠い先を見込んだ長期対策が必要である。これには、

- * 情報の価値の認識を高め、基礎研究の充実を図り、次世代技術の発芽を促す
- *ベンチャー企業育成の社会的仕組みを作る。
- * 大学の研究・教育機構を強化すると共に、大学の研究成果の正当な評価を行う。
- * 人事交流を含めて産官学の情報流通を良くし、正しい現状認知や他文化の吸収を速やかに行うなど、教育、行政、産業面での改革が必要である。この改革は教育、行政、産業などの個々の分野で行うのみでなく、全体の体系として一貫したものであることがもっとも重要なことである。

情報技術研究の進め方

—先進的情報技術開発に向けて—

早稲田大学理工学部情報学科 大須賀節雄 (おおすが せつお)

1. はじめに

本報告の本文においては、ソフトウェア技術の現状に関する分析と、それから導かれるソフトウェア技術の将来性について述べたが、本調査研究小委員会の目的である「情報工学の振興」という課題に対して、これだけでは十分とは言えない。今日情報技術、特にソフトウェア研究の現場では研究目標の設定に不透明さが目立っている。ここでは本文を補完する目的で「情報技術研究」の在り方について述べる。

必要性の分析から導出されたソフトウェア技術課題はあくまで開発目標であり、直ちに実現できる訳ではない。基礎的な研究成果の積み上げによってようやく到達される。開発はこのような研究成果を用いて目標を達成する行為であり、研究は目標達成に必要な材料をより豊かにする行為といえる。すなわち研究と開発は横系と縦系の関係にあり、これがうまくかみ合って初めて成果としての織物が出来上がる。そこでより大きな開発を可能にする研究成果がより高く評価されるのは言うまでもない。従来にはなかった新しいアイデアが研究成果として実現され、それが大きな開発に結び付く時、独創的な研究として最も高い評価を受ける。しかし、このような新しい研究の芽は開発目標とは無縁で、新しい原理や構造—機能関係の発見によって実現される。

研究の成果は有用性と独創性との二元評価である。独創性、新奇性のない研究はもちろんのこと、たとえ独創的なアイデアでも有用性が少ないと判断されたら評価は当然低い。研究の難しさは、将来、開発という行為を通して評価される有用性を見越して研究目標を設定せねばならないことと、独創的な研究ほど成功確立はさがること、である。ここに研究者の能力に見合った適切な研究目標の選定の問題が生じる。変動期には有用性の判断が難しく、多くの研究者が研究目標の選定に苦しむ

ことになる。この点では物理学のように、厳然として不動の自然が常に研究目標であり得る分野と、情報学のように研究者自らが自己の判断で目標を定めねばならない分野では研究者の心理的負担には雲泥の差がある。これは学問分野の性格の違いであるが、この認識が不十分であることが、研究開発の育成にさいして今日多くの問題を生じている。これについて後に述べる。

研究と一口に言ってもさまざまな段階がある。ソフトウェア技術開発の最終成果はプログラムの形で表された製品である。研究とは出発点である「解決すべき問題」あるいは「新しいアイデア」からこの最終成果に到達する過程であって、多くの場合、この全過程は長いので個々の研究者はその一部を対象とする。その対象とする部分によって研究方法も異なり研究行為も違った名称で呼ばれる。最終成果に直接接続する範囲は開発研究、出発点に近いものが基礎研究と称せられるなどである。変動期にあつては、開発研究ではいかなる最終成果（プログラム）が要求されているかに細心の注意を払っていることが重要であるが、基礎研究では必ずしもそうではない。それは状況の変化のために、要求される最終成果が容易に見通せないことに加え、最終成果に到るまでの過程が長く、時間的遅れがあるため、研究開始時にどのような最終成果が要求されるかの見通しが一層立たないからである。今日、基礎研究に近いソフトウェア研究の現場では多くの研究者が目標の設定に確信が持てない状況に悩んでいるのもこのためである。

本文で述べた様に、開発研究では商品としてのプログラムを作るのに多くのマンパワーを要し、日本の大学ではそれが確保しにくいので、日本においては基礎研究は大学、開発研究は企業という役割の分離現象が進行している。これが本文図1（次頁）の大学と企業の乖離現象である。基礎研究と開発研究のこの関係は日本のみでなくアメリカ

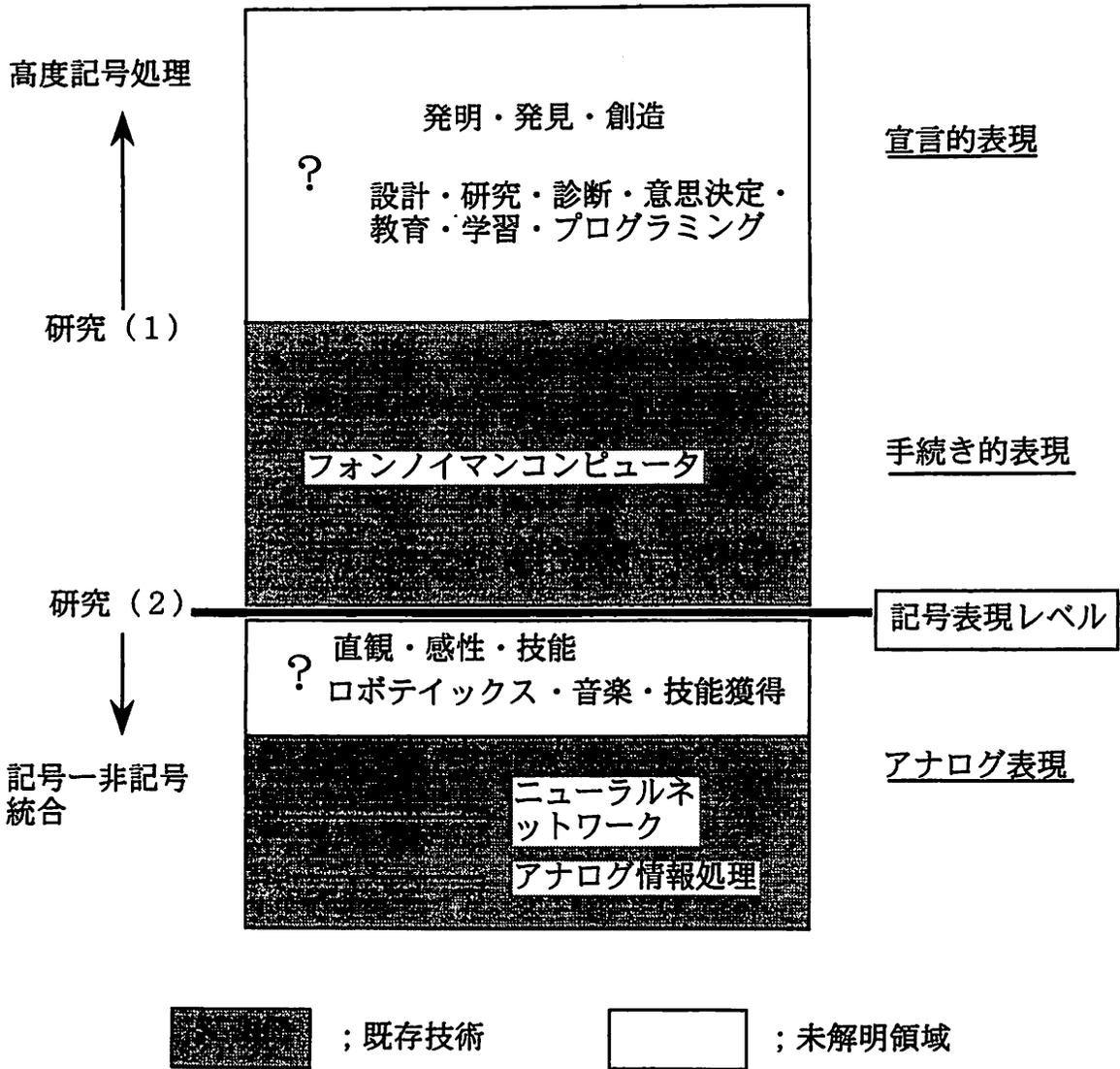


図1 情報処理の範囲

カにおいても同じであるが、日米間での大きな差は、アメリカにおいては大学でもより開発研究に近い部分の研究あるいは開発そのものができる体制にあるので、多くの大学の研究者が、開発研究にまで関わり、基礎、開発の両グループの間に大きな溝が存在しないことであろう。この結果、基礎から開発間での研究者間の情報流通が良く、この中間の部分の研究から多くのベンチャー企業が生まれた。日本の研究・開発体制に変化が生じない限り、日米間のこの違いの傾向は続くであろう。従って、これを改善するには、本文に述べたように、研究・開発体制を変えるということが重要なのである。

これ以外に、研究の面から情報技術の振興を図るとしたら、できることは基礎研究に従事している主として大学の研究者がどのような態度で研究を進めるのが望ましいかの指針を見いだすことである。日本の研究者の研究遂行能力は既に十分に高く、このような指針の下でテーマ選定が適切に行われれば、研究実績も高まることは十分期待される。

このような指針をみいだすには、情報技術に関して、より深い認識を持ちかつ長期的な展望を持つことが必要である。以下では主文を補う意味で、情報技術研究の方向を考察する。

2. ソフトウェア技術開発の分類

今日コンピュータの利用は日々拡大しており、それに伴って新しいソフトウェア技術開発が必要になっている。本報告の本文において、情報技術の大きな変化は主としてネットワーキングやダウンサイジングなどをきっかけに生じていると指摘した。目に見える現状の説明としてはこれで十分であるが、将来を見越して行う基礎研究の目標を立てるには、もう一步踏み込んで、変化の可能性を見いだす必要がある。しかし発展の方向が多様であるため全体としてこの傾向はつかみ難い。ここではまずそれを発展の方向によって分類し、見通しを良くすることを試みる。

発展の方向は大きく2分出来る。一つはコンピュータのみならず周辺技術の発達によってそれら周辺技術とコンピュータの新しい結合が行われ、その結果新しいソフトウェア技術が要求されるようになること、もう一つはソフトウェア技術そのものの質的な発展によって開拓される新しいコンピュータ利用の可能性の拡大である。この組み合わせによってソフトウェア研究を次の4つの型に分類する。以下で既存技術と呼んでいるのは、従来のプログラミング技法に基づいて開発されてきたオペレーティングシステム、プログラミングパラダイム、データベース、ネットワーク管理、応用その他の技術を指す。新しい情報技術は、これら既存技術を人間の情報処理と比較した時、従来のコンピュータ技術では実現が困難であるが人間には備わっている情報処理機能の中で将来コンピュータ化が可能なものを称する。

- (1)既存技術内で残された問題の解決
- (2)既存ソフトウェア技術の範囲で、コンピュータ関連技術の展開によって生じる新しいコンピュータ利用の可能性の発見とプログラムの開発
- (3)新しい情報技術の開発
- (4)新しい情報技術が、コンピュータ関連技術の展開によって生じる新しいコンピュータ利用の可能性の発見とプログラムの開発

2.1 既存技術内で残された問題の解決

既存技術内でもまだ様々な問題が残されている。

新しいプログラムパラダイムの提案(例えばオブジェクト指向)、データベースの機能拡大、CADシステムやCASEシステムの開発、新しいゲーム開発等、残された問題の解決を計る多くの研究が進められている。実質的にはソフトウェア研究の大半は未だこの領域にある。しかし実用上必要な基本技術は既にほぼ出揃っているため、この分野の研究は新しい研究成果によってどれだけ効率の向上が図られるかにかかっており、現実にはこの効果はしだいに頭打ちになってきている。既存技術はこの意味で成熟した段階に入っている。

2.2 新しいコンピュータ利用の可能性の発見とプログラムの開発

ネットワークとの結合による新規利用形態とそのためプログラムや産業機械、自動車、家電、その他周辺機器へのコンピュータ導入に伴うプログラムなど、コンピュータハードウェアあるいは周辺機器の発達によって新しいコンピュータ利用の可能性が拡大し、それに伴って新しいプログラム開発が行われる様になった。これは本報告書本文に示された必要な技術開発のうち、1. ネットワーク系、3. 新しい基礎ソフトウェア、4. 周辺機器用ソフトウェアがこれに相当し、今日、最もめざましい発展を示している分野である。これらのソフトウェア開発は既存プログラミング手法によって可能なので、狭い意味での技術的問題(いかにそれを実現するか—HOW)は少ない。ここで要求されるのは、新しい機器とコンピュータを結合することによってどのような可能性が生まれ、それが人々に受け入れられるか、即ちどのようなプログラムを開発するか(何を実現するか—WHAT)の判断である。新しいネットワーク環境に対しては日本はアメリカに大きく水をあけられてしまったため、両者の差が大きく見えるが、産業機器や家電の様な周辺装置の利用に関しては日本も健闘はしている。ではなぜ日本においてネットワーク系のソフトウェアが発達しなかったのであろうか?ネットワーク利用環境に差があったことは事実であるが、それ以上に、産業機器や家電用のプログラム作成では何をなすべきかという目標が最初から明確でWHATの問題なかったから

と言える。日本の弱点は WHAT にたいして自主的な考えが弱い（与えられた問題はよくこなすが、問題を見いだす能力が弱い）点にある。この改善努力は早急になすべき課題である。

2.3 新しい情報技術の開発

人間は言語を初めとして様々な情報を扱い、行動に役立っている。人間の行う情報処理の多様さと複雑さは、今日の技術的手段のとても及ぶものではない。その限界すら今日の我々は掴みえない。その多くは脳における情報処理であり、今日、脳を対象とする研究に関心が集まっているのは一つにはこの理由による。もちろん脳が人間の情報処理の唯一の機関であるわけではない。これについても知る必要があり、それは構造的な（あるいは生理的な）研究以外に、情報処理の機能面で研究することも必要である。

その限界は明確でなくても、その中で今日の情報技術が占める部分は明確に定義される。図1でハッチングした部分がそれに相当する。この多くの部分が今日のコンピュータ技術である。これは人間の扱う情報の極く一部に過ぎず、しかもそれは将来必要となることが予想される諸問題に対処することが困難である。例えば、本文で挙げた大規模ソフトウェアシステムの開発の問題は今後一層深刻になるが、従来の方法ではもはや頭打ちになろうとしている。このような新しい技術は従来知的情報システムと呼ばれてきた。この技術を獲得した者が様々な問題解決に先行的な地位を占めることが出来るという意味において、これは真の技術研究課題である。この研究課題については、既存技術とは異質であることから、理解が容易ではない。その必要性と可能性について3. 以下でより詳細に述べる。

2.4 知的情報システムと周辺技術との協調利用

知的情報システムとネットワークとの結合、あるいは産業機械、自動車、家電、その他周辺機器への導入は更に大きな可能性を開く。このような利用形態は分散協調型の自律エージェントシステムなどで提案はされているものの、知的情報シ

テムそのものの開発が十分進んでいない状況においては直ちに目的を達成することは困難である。研究の順序としてはまず知的情報システム概念を明確にする必要がある。

3. 先進的情報技術研究の努力目標

既存の情報技術が対象としてきた範囲を越え、新しい情報の世界を研究対象とすることは今後急速に必要なだろう。これを必要とする大きな変化が一情報技術の範囲内に留まらず、すべての科学技術にかかわる大きな変化として生じつつある。これについては、5. で述べる。この情報技術を先進的情報技術と呼ぼう。この特徴は創造や発見などで代表される高度の知的機能である。もちろんそれに限定する必要はない。この範囲で将来もっと多様な概念を表すことも可能になろう。このような技術の規範として人間の思考方式を考えることは自然である。人間のみが創造や発見の方法論を持ち、それを実行してきたからである。従って先進情報技術の、少なくとも第1目標は、人間が扱っている情報の出来るだけ大きな部分をカバーする情報世界を定式化し、それをコンピュータに乗せることを試みることである。

人間に可能な情報処理の中で、今日のコンピュータ技術によって可能な部分は極く一部に過ぎず、それは上述した意味において、先進的情報技術とは言えないものである。これがなぜ先進的情報技術とは言えないかという理由は、その原理にある。上述したように、将来の科学や技術を支援するものとして期待されているのは、科学における発見や、技術における設計や計画などの活動から、さらには研究や教育などを支援するに足る情報技術である。これらはいずれも「未知の対象を見いだす」ことを含む機能である。今日のコンピュータはあらかじめプログラムされたことを忠実に実行する機械であり、これによって実現されるのは方法が既知の行為のみである。

先進的情報技術研究の目標は、機能面で現在実現されている情報技術を越えて、人間の行っている多様な情報処理の出来るだけ大きな領域をカバーする新しい情報技術を開発することである。図1について言えば、ハッチングした部分の外に研究

領域を拡大することである。この問題は大きく2つの分野に分けられる。一つは記号をベースとした情報技術、他は非記号的な情報技術である。前者に対しては既存技術としてデジタル技術に基づくコンピュータ技術があったが、上述したように、現行技術が提供する機能はこれから多くの技術分野で発生する多様な要求に答えることは困難である。従ってこの領域での拡大は、今後予想される要求機能をj提供する記号処理技術である。

この問題は早くから情報研究者の一部に意識されていた。その主たる研究分野は人工知能である。人工知能は人間の情報機能を分析するという科学的側面と、それを合成的に実現するという技術的側面を持ち、先進情報技術として発展してきた。これはまさに図1の現行情報技術でカバーされない領域を研究対象としている。これは発見や創造と言った機能、あるいはその根底にある自律的問題解決の機能を備えた知的情報システムの実現である。このような機能を通して理解の根底にある諸問題が解決され、言語理解やパターンの理解が解決され、さらにそれによって人間—コンピュータ間あるいはコンピュータ—コンピュータ間のコミュニケーションが可能になり、創造的かつ協調的なシステムの実現が期待される。実際には現行コンピュータ技術と、このような新しい情報技術の間には大きなギャップがある。それは既知の方法を踏襲すること（現行情報技術）と、未知の方法を発見すること（先進情報技術）の違いである。そのために人工知能は大きな努力を続けてきた。この努力が困難であるとはいえ先進情報技術への本道であることは間違いない。しかしこれまでの人工知能研究によっては創造や発見の方法論を実現するまでに至っていない。これらは多数要素から要求機能あるいは性能を満たす複合物を作ることを含み、この方法論に必要なものは体系化の技術であるが、残念ながらこれ迄の人工知能研究の多くは要素研究に留まり、体系化・統合化の努力が十分ではない。知的機能は要素にも含まれると同時に、体系化の過程においても必要であり、これを欠いた人工知能は先進情報技術としての目標の半ばにしか達しない。

一方、非記号的な情報の処理メカニズムに関し

て、かつて研究のピークがあったが、近年再びこの技術への関心が高まり、ニューラルネットワークを初めとして、人工生命、創造現象などさまざまに発展している。これらは脳科学の研究にも近く、いわば生物の脳の工学的あるいは人工的モデルとも言える。最近の脳研究への関心の高まりと歩調を合わせて再び注目されている。自然に発生する情報、あるいは自然現象を受容する際の情報jは記号化という抽象化を経る以前の原始的情報であり、これが人間が行う情報活動の大きな部分を占めていることは明らかである。従って、情報技術研究のこの領域への拡大は不可欠である。最も重要なことは、両領域への拡大がばらばらに行われることなく、両者を一体化する努力である。それぞれの領域内での研究によっても大きな成果が期待できるが、これらを統合することによって新しい応用の可能性が広がるからである。パターン認識や感性情報処理はこの両領域にまたがる問題として従来から重要視されてきたが、この外、直感や技能など、統合化によって研究対象の範囲に入ってくる問題も多い。特に非記号情報の分野にとって統合化は極めて重要である。新しい情報技術の一つの問題は複雑性への対応である。対象の複雑さに対応して、制御主体である知的情報システム自体が内部に複雑性を生成する機能を持たねばならない。そのためには内部で実現した様々な単純機能を自由に組み合わせる機能を持たねばならない。

現在の非記号情報処理の多くは単能機能であり、異種の機能と組み合わせる方法を持たない。一方、記号情報の特徴は組み合わせの柔軟性にある。従って非記号情報処理と記号情報処理の統合によって、記号を通して異種の非記号情報処理同志あるいは記号情報処理との組み合わせが可能になり、情報システムとしての応用範囲が著しく拡大する。

非記号情報処理と記号情報処理の統合は脳研究との関連からも重要である。脳研究にとって重要なことは生理的構造と脳機能の関連を見出すことであるが、アプローチとしては脳の構造的な研究が主体になろう。しかし、脳のように複雑な機能を構造的な研究のみから見出すことは極めて難しい。情報論からの考察により、存在せねばなら

ないと考えられる必要な機能が、現実に見い出されるか、あるいはどのような構造によって実現されているかを見い出すというアプローチが必要となる。

この例を記号化について見てみよう。記号化は情報の抽象化である。抽象化は個別の中から共通性を引き出すことであるが、情報処理という観点からみれば、(抽象化された共通性に基づいて表現される結果の) 解釈法を与えて、個々の表現から共通表現に形式変換を行うこと、といえる。言葉としてはこのように定義されるとしても、これは脳の中で既に行われている記号化という抽象化を、後で説明したに過ぎない。脳の中ではこれを構造として実現している。この形式変換のメカニズムは単純な非記号情報処理系の積層構造とするモデルが作られているが、上記の定義に従って、これを「解釈する」部分を構造的に実現することが出来れば、抽象化を実現するモデルが出来る。これには記号を解釈すること、すなわちその記号がもたらす効果を導出する部分を構造的に作り出せばよい。記号情報に関して言えば、この導出は機械的に定義されるので、それを実現する構造モデルを作ることが出来る。

非記号処理と記号情報処理の統合はこのようなモデルを作成することであり、このようなモデルが情報的に与えられていれば、それを実証することを目的として脳構造の分析を進めることが出来る。

4. 先進的情報技術研究の現状

このように先進的な情報技術開発の研究は、記号情報処理としての拡大(コンピュータの知能化)は主として伝統的な人工知能研究として進められ、非記号情報の処理は、人工知能の一分野としての活動の外、ニューラルネットワークや創発、あるいは人工生命など、それぞれ限定された領域の研究グループによって研究が進められてきた。この統合化が必要であるが、これには非記号処理と記号処理を結び付ける情報モデルが作成されねばならない。抽象化された記号概念を含むモデルを非記号処理の拡張として作成することは困難であり、モデルは記号処理の側から非記号処理を包含する

方法で作る外ないであろう。従って統合化は人工知能の一貫として進めることが望ましい。

しかし今日の日本においてこのような総合的な視点からの人工知能研究は活発とは言えない。これには幾つかの理由がある。1980年代に記号処理に基づく人工知能研究に大きな関心が寄せられ、研究開発が活発に行われた。日本から第5世代コンピュータの名前で研究プロジェクトが華々しく発足し、新しい情報技術が誕生すると考えられたからである。多くの企業が人工知能による直接的な成果に期待してこの分野に参入した。マスメディアがこの傾向を煽ってきた。しかし、この期待は十分には達成されなかった。人工知能は大きな情報技術の変遷の一部であるが、このような先進技術の全体の規模は大きく、当時の人工知能のレベルは多くの企業の期待を満すまでに至っていなかったからである。研究者が目標とする分野の全体を掌握しておらず、問題の大きさに気がついていなかった。先進情報技術として要求されるのは知的な多くの機能が総合されたシステムであるのに、研究の実態はそのための要素技術、それも必要な全てではなく研究者の関心を引いた幾つかのもの、に過ぎなかったからである。

このような傾向は人工知能のみでなく先進技術研究の宿命と言ってよい。しかし、日本におけるその後の経過は極めて悪いものであった。

1980代は後にバブルと呼ばれた経済の過熱時期にほぼ一致していた。この退潮と同時に研究全体が減少していったが、そのみでなく、失望感から人工知能研究を意識的に軽視する風潮すら現われた。特に人工知能あるいはそれが中核をなす先進情報技術の本質を理解しないままに表面的な風潮で開発に参加した層にこのような傾向が見られる。これは極めて日本的な傾向といえる。他の国々においても人工知能研究の退潮は目につくが、それを積極的に排除することはないし、先進技術の中核としての位置付けに変化はないからである。本報告書内で将来の情報技術の多くが、知能化を要求すると述べたが、この対応策が十分にとられないで来た。

しかし国際的には人工知能研究は確実に進んでいる。その一つの現われは発見、創造など、先進

情報技術の中心的な概念になるものが、はっきりした形で定義され表現されるようになったことに見られる。今日この分野で大きな進歩がある。また此れ迄はともすると弱かったシステム化の研究が積極的に行われるようになった。上記の発見や創造も多様な機能を統合するシステムとしての概念を含む機能であり、この面からも機能の統合化が進行していることが判る。発見、創造が先進技術の中核的な概念であることは既に述べたが、これらが、コンピュータ内で実現される可能性が高くなってきたことは、先進技術の目標が漸く視野に入ってきたことを意味する。この結果、人工知能の様な先進技術においても、日本の立ち遅れが懸念されるに至っている。

一方、非記号処理の分野では研究は活発化している。国の方針として脳の研究を促進するという方向が定まった結果、ニューラルネットワークや創発などの研究活動は活発に行われている。この方面の研究が活発化したことが主な理由で、近年はこの統合化に関心が向けられるようになった。統合化にとって重要なのは単に記号と非記号の空白域を埋めるインターフェースを作るだけでなく、図1で情報の全領域を統一的な概念で表現し、処理することであって、これには両領域のバランスの取れた研究が必要である。

5. 先進的情報技術研究の必要性 —長期的な視点

前節では研究対象として従来技術とは質的に異なる新しい情報技術の研究の重要性を述べた。このような新しい情報技術の必要性は実は情報技術内で閉じたものではない。今日、科学技術の根底の部分で大きな構造的変化が生じようとしており、またその必要性が叫ばれている。長期的には、将来の科学技術体系を構築するために情報技術が重要な手段となること、そのために情報技術そのものの高度化が重要であることを認識する必要がある。本文で大規模ソフトウェアの開発問題を挙げたが、これは情報技術固有の問題というより、多くの分野に共通な問題が情報の分野で発生した一例である。この解決には共通問題を解決する基本技術を開発することから始めねばならない。

5.1 新しい情報技術の必要性 —技術の方法論確立のための情報技術

新しい情報技術研究の必要性を論じるには、今日科学技術の深層で生じている変化に目を留める必要がある。近代科学の概念が確立し、教育の体系にも取り込まれ、更に技術と結び付いて産業構造を変革させるという経過を経て今日の文明社会が形成されてきた。科学技術はこの間絶えず変革を起こしつつ発展を遂げてきた。現在もなおこの変革は続いている。しかし現在進行中の科学技術の変革は、これまでの科学技術の発展の歴史の中でしばしば現われてきた新陳代謝的な変化とは異なっており、更に大きな構造的変化に基づいている。これまでのすべての変革は、自然の理を追及するという科学の目的およびそれを可能にするために取られてきた方法論という基本的な枠組みの中で行われてきたものであったが、今日の科学技術の研究者が当面しているのは科学技術の新しい枠組みの構築である。

これまで科学と技術は科学技術と常に並立的に称されてきたが、実際には分析を通して発見を目的とする科学と、合成を通して創造を目指す技術とは基本において異なるものがあつた。ただ対象が「物の世界」であるという点が共通であることから、技術は科学的発見の成果を取り込んで発達してきたし、技術の発達はその科学的な研究手段の提供によって科学の発見を促進してきた。

分析的な科学には限界があり、分野によってはいずれ終了するが、合成を主とする技術には組合せ的な無限の可能性がある。その可能性の中で、技術は人工的な環境を実現することにより、人類に豊かさや快適な生活空間を提供してきた。この傾向は一層促進することはあっても、けっして元に戻ることはない。しかし、生産規模の拡大は地球規模の環境破壊や資源の枯渇などの深刻な問題を生みだしてきた。この主たる原因は、技術に関しては、目的とする特定の対象を開発する方法論のみに関心が持たれ、技術の根底である合成そのものの基本原則やそれに従う方法論が存在しなかつた為と言えらる。これらの問題を解決しつつ、将来にわたって良好な環境を持続的に発展させるため

に、新しい技術開発の方法論を創造する必要が生じている。

このような方法論は、従来の科学が観測に基づいて展開された分析の方法論であるのに対し、合成の方法論である。例えば多くの分野に横断的な設計の方法論がある。今日、多くの分野において設計の方法論が経験的に作られている。機械、電気・電子、建築、材料などの諸分野では経験的な設計の方法論に基づいて現実の物が設計されている。設計と言う行為は情報処理である。分野によってすべて異なった形式で表現されているが、それは分野間に相互関係がないままにそれぞれの分野で設計法が経験的に作られてきたためであり、この背後には共通の方法がある。これが合成の一般的な方法論である。試行的なプロセスを通して目標に達する合成は創造的な行為である。従って合成の方法論は独創性に裏打ちされたものである。また合成とは多数要素から要求機能を備えた複合物を生成することであり、本来複雑さの問題を含んでいる。合成の方法論はこの複雑さへの対処方式を持たねばならない。

合成の技術を方法論として確立し、さらに現実のものとする為に合成のプロセスを定式化し、表出することが必要であるが、その手段としては情報技術以外には存在しない。このように科学技術の発展傾向を正しく見通し、そのための先進的な情報技術を開発することは極めて重要なことである。

合成の方法論を確立するための情報技術は多岐にわたるので、既存技術に依存する部分もある。現在、目に見える形で現われているものには、合成の方法論の記述を可能にするためのインフラストラクチャとなるもの（マルチメディアその他）、あるいは比較的概念が単純であり、従って実現の手掛かりが容易にみいだせるもの（バーチャルリアリティその他）などがある。しかし合成の核心部分、特に創造的機能を表す情報技術は従来のコンピュータ技術を越えた、新しい概念に基づくものである。従って今日の情報技術をみて、これから開発すべき先進的な情報技術はいかなるものかを理解することは困難であり、将来に対する鋭い洞察が要求される。

このような状況は技術のみでなく思想、芸術等でも革新的な考え方が現われる場合常に見られることであるが、これが先進技術の理解を困難にする。日本においてはこのような研究開発の態度を取ることが最も不得意な面でもあり、また理解しえないものは評価の対象から除外される傾向が強いため創造的な技術の進展が阻害されてきた。また科学行政を初めとしてそのための対応策が後手に回っていた。このため情報分野では研究においてもアメリカ優位の状況を生じつつある。このような見方の出来る人を早急に育てねばならない。

5.2 情報技術の判り難さ

先進的な情報技術の研究が支持され難いもう一つの理由は多くの人にとって理解し難い為である。先進的情報技術の研究開発を促進するためにも、研究者自身が情報技術の理解され難い原因を知っておくことは重要である。

既存分野の研究と比較してみよう。物理学を初めとして、現存する科学技術の諸分野はすべて現実の「物」で構成される世界を対象としている。これらの分野では研究とは物の構造を知ること、構造とそれが作り出す機能の関係を知ることといえる。研究には対象を記述することが不可欠であり、このような「物」によって形成される対象世界が記述される。各分野はそれぞれの対象とするものを記述する手法を持っている。「物」の世界では矛盾は存在しえないから、記述される対象は論理的に整合の取れた無矛盾の世界のみである。

未知の現象に対してはそれを説明する新しいモデルが作られる。未知なるが故に、作られるモデルが正しいものとは限らない。モデルは仮説である。仮説は現実である「物」の世界では存在し得ないものもある。観測によって、あるいは既知の知識を用いて、仮説モデルを検証し、それが正しくないと判ったときにそれを修正する。モデルから予想される現象がすべて現実に観測されたなら、このモデルは真なるもの（現実を表しているもの）とし、ここに新しい発見が行われたことになる。これは科学的方法論そのものであるが、この中で、最終モデルに到るまでの途中のすべてのモデルは必ずしも現実には存在しない仮想的な「物」を表

している。それに対応する現実の「物」は存在しない。どの分野でも関心を持つのは最終モデルであって、そこに到る科学的方法論そのものは研究対象とされてはいない。それは研究者の頭の中で作られる情報の構造であって、多くの分野においてその重要性は認識されながら、科学的方法論そのものを表現する方法あるいは言語は既存分野には存在しない。このためかつては徒弟制度的にその方法論を師から弟子に伝授する外なく、後に情報的に表現されるようになって、多少体系的な教育が出来るようになった。

情報の技術はこの世界を直接の研究対象とする。そのためにこの世界を表現する言語を必要とする。このような世界は、もちろん「物」の世界の様に目には見えない。この世界では、現実には存在しない仮説モデルも表現されねばならない。即ち仮想世界である。仮説を含むから矛盾を内包する世界でもある。試行的な過程を含む合成の方法論はこのような仮想モデルを含む情報の一定の構造として表される。

この様な世界は従来の既存分野で用いられてきた表現法、例えば物理の世界を表現する数式等では表現出来ない。これら既存分野の表現法では、情報世界の中でたまたま（現実世界が要求する）無矛盾性を満たす特殊なモデルを表現出来るに過ぎない。情報技術の対象とする世界は遥に多様性

の高い世界であり、その中で特殊なもの、即ち論理的に整合関係を満たしているものが「物」の世界に対応する。例えて言えば、これは情報の世界という高い次元の像の、現実世界という低い次元への投影像である。

一般に、高次元の象から低次元の投影像は理解できるが、この逆は成り立たない。他の分野からみて情報世界が理解され難いのはこのためである。

6. むすび

ソフトウェアの現状に対し、研究面からの考察を行った。研究の方針を決めることは一般論としても難しいことであるが、特に情報の研究は、情報という目に見えない対象を相手にするために、既存の諸分野の研究者から見ても理解しにくい部分がある。この傾向は日本において特に強い。日本における情報技術の研究が遅れた原因の一つがここにある。

我が国の科学技術の健全な発展を支えるために情報技術の果たすべき役割は大きい。このことを理解し、限られた研究開発資源（人材、研究費、時間）の範囲で効果的に情報技術を発展させるために、研究体制を改善すると共に、個々の研究者もそれぞれが明確な見通しをもって研究を促進することが必要である。

人材育成の役割分担

九州大学大学院システム情報科学研究科 牛島和夫 (うしじま かずお)

1. はじめに

東西冷戦構造が終焉し、高度経済成長が終わりを遂げた後、わが国の社会・経済のおかれた環境は不透明なままである。アジアをはじめとする各国が鉄鋼、素材、部品などの産業分野でわが国を次第に凌駕するようになってきた。半導体メモリでは韓国が、ASICでは台湾が、ソフトウェア開発ではインドが、得意の分野でそれぞれ先頭を走り始めている。わが国の産業構造は独自技術を基盤とする知識集約型へ転換を進めなければならない。

右肩上がりの高度成長の時代には、企業は均質で白紙の人材を大量に採用し確保して彼等を自らの手で教育しながら明日の成長のために備えてきた。白紙というのは専門能力を問わないと云う意味である。これまで、わが国の産業界が新卒者を獲得する際には、専門能力よりは潜在能力や協調性を重視してきた。白紙の人材を戦力に育てるには年単位の時間がかかる。数ヶ月の新入社員教育、数年のOJTを通じて専門能力を付けさせようというものである。供給より需要が上回る時代にはそれでよかった。右肩上がりの成長が企業内教育のコストを隠蔽していたからである。バブル経済に至る道筋では、旺盛な需要に応えようとして、とにかく人を抱えておくことが力になったかもしれない。バブルがはじけて企業による供給が消費者の需要を上回るようになると、白紙の人材を将来への投資として囲い込むことは、企業にとって著しい重荷になる。それらの人たちに専門能力を付けさせる企業内教育のコストが高つく時代になってきたといえよう。

2. 情報技術者の養成と確保

情報技術者の養成・確保が声高に叫ばれたのは、1987年4月通産省産業構造審議会情報産業部会情報化対策小委員会が「高度情報化を担う人材の育成について」と題して中間まとめを報告したのが

きっかけである。これによれば、西暦2000年までには情報技術者の必要数が215万人に達する。これに対して現状のまま推移すれば供給数は118万人で差引き97万人が不足するというものであった。

この報告を視野にいて、1988年6月文部省教育改革情報化専門部会は「情報技術者の養成確保について(中間まとめ)」を発表した。大学等で西暦2000年までに養成すべき数として150万人を掲げ、情報関係学部・学科の入学定員の増加を年率7—10%とする目標を示した。一方、情報関係学部・学科の量的拡大が質の低下を招くことのないように、教員の養成、カリキュラムの開発、施設・設備の充実に努めるべきことを述べている。

文部省の「中間まとめ」を受けて、多くの大学において、情報関係学科等が設立されてきた。しかし、そこでの教育を担当する真の専門家の数は少なく、カリキュラム等、多くの問題を残したままの出発であった。文部省では翌1989年7月に情報処理学会に対して、「情報処理教育の改善のための調査研究」を委嘱した。情報処理学会では「大学等における情報処理教育検討委員会」を組織して調査・検討を重ね、先ず理工系情報専門学科におけるモデルカリキュラムJ90を1991年3月に提言した。

わが国の国立大学理工系学部情報系専門学科が初めて誕生したのは1970年であった。専門学科の誕生と前後して専門学科の必要性や内容、カリキュラム、設備などが文部省を中心に検討された。そこでは「情報学科はそれ自体、広範な学問であって、そのための専門学科を画一化することは好ましくない。特に大学における専門教育を単一の基準で律することは困難である」としてカリキュラムを例示するものの「標準あるいは基準として解すべきではなく、各大学、学部の事情に即して弾力的に組織すべきである」と述べている。わが国では既存の分野のバランスが重視されて新しい分野の芽が育たない傾向が強い。上の文言には

「広範な学問」と述べることによって「情報科学が既存の分野と密接な関係にあり既存の分野を拡大するものであっても決して犯すものではない」と宣言し、情報専門学科の誕生を何とか認めてもらうための苦心が読みとれる。当時専門学科の出身者は当然存在しなかったので、新しい学科に集まった教員は、電気工学や電子工学、物理学や数学などの出身者からなり、カリキュラム編成にも既存の分野の色を引きずってしまうことがしばしばであった。「広範な学問」と規定することによって、引きずることがほとんど問題にされなかった。

一方、米国の計算機科学会 ACM では、コンピュータサイエンス (CS と略す) の大学教育について、1968年にカリキュラム68という提案を行った。これは、電気工学、物理学、統計学といった既存の学問領域に対して CS が独立な学問領域であり、独立の学科を作って教えるべき内容をもったものであることを初めて宣言したものである。ACM は、10年後にカリキュラム78を、さらに1988年の検討案を経てカリキュラム91を提案している。

1989年当時わが国の情報系専門学科の問題点は、最初の情報学科が発足して20年たっているにもかかわらず専門性についての共通な理解が各大学、各教員の間で必ずしも得られていない点である。学問が広範であるとしても、情報系専門学科のアイデンティティを明確にするために、専門学科ならば、これだけは習得しておくべき科目を示し、卒業生の専門能力について共通の尺度を明らかにする必要がある。検討委員会では情報系専門学科の卒業生の専門能力を明確にするためにはコアとなるコンピュータの基本を論理のレベルからきちんと身につけさせる教育がすべての情報系専門学科で行われなければならないという問題意識で、ACM カリキュラム78を1989年度に集中的に検討した。このカリキュラムは1978年当時のメインフレームの影響が色濃く残っているものの、コアの部分はまだ十分通用するもので情報系専門学科で教えるべき最低条件として、カリキュラム78に10年間の学問の進歩を反映させたカリキュラムを各学科の事情を考慮して作るべきであるという結論に達した。

検討委員会では、多くの情報系専門学科の協力

を得て、各学科で実施されているカリキュラムと実験・演習科目の内容説明を提供してもらい「カリキュラム78のコア科目に10年の学問の進歩」を物差しにして、必修科目の内容や実験・演習の内容を中心に、各大学のカリキュラムを分析した。大学ごとに大きな揺れがあることがわかった。すなわち、カリキュラム78を遥かに越える内容のカリキュラムを実施している学科がある一方、電子工学科や数学科にプログラミング教育の味付けをしたにすぎないような学科、重要科目を非常勤講師が担当し、しかも集中講義になっている学科、など様々であった。

検討委員会では、様々の特徴を持つ広範な情報系学科に共通に使える最小限のモデルカリキュラム J90を示すことにした。内容は紙数の関係で省略する。カリキュラム78を基礎においているためにやや旧式ではあったものの、このようなカリキュラムの存在に気がついていない情報系学科も当時存在していたので、あるいは情報系学科を発足させたものの自らカリキュラムを主体的に編成できない学科もあったので、J90はそれなりの役割を果たすことができた。

1992年12月通産省産業構造審議会情報産業部会情報化対策小委員会が、再び中間報告を発表した。それによれば、必要数は194万人、供給数は140万人で、差引き54万人不足するという下方修正になっている。1987年報告に比べて、ソフトウェア生産性向上施策等による需要減が21万人(215—194)、一方人材育成努力による拡大が22万人(140—118)としている。

情報産業にとって、高度成長時代には次から次へと舞い込んでくる仕事をこなすには大学で専門能力を身につけたかどうかを吟味している余裕はない。1980年代を通じて情報専門学科を持つ大学の数はきわめて少なかったから、吟味するまでもなくほとんど非専門学科出身から採用するしかなかったのである。彼等を企業内で教育するコストは右肩上がりの時代には目立たずむしろ将来利益を生む投資と考えられていた。しかし、不況による情報化投資の手控えなどにより需要が減退すると教育コストが重くのしかかる。千人採用していた企業が、3百人に採用を減らし、さらに百人に

絞った。千人の内訳をみれば、非専門のもの9百人と専門能力を持ったもの百人を採用していたことになる。これを専門能力を持ったもの百人にとどめた結果だと解することがいえよう。1987年報告の不足数はこの千人に対応し、1992年報告の不足数は、ここでいう百人ではとても足りないということの意味している。求められているのは量よりも質＝専門能力である。

ソフトウェア開発を「人・月」で見積もり、達成度をプログラムの「行数」で数えることが相変わらず行われている。いずれも開発担当者の専門能力の差を無視した計数である。情報産業にとって、専門能力を持った人材をどれだけ確保できるか、時間はかかるが、それが今後の鍵であろう。

3. 専門能力の重視

わが国の産業界が新卒者を獲得する際には、専門能力より潜在能力や協調性の方を重視してきたようだ。数ヶ月の新入社員教育、数年のOJTを通じて専門能力を蓄えさせようとする。情報産業の場合には、上に述べたとおり、専門能力を持った新卒者を求めようにも情報処理専門教育を行っている大学は少なかったから、非専門学科の出身者を採用せざるを得なかった。

1994年4月経済同友会から「大衆化時代の新しい大学像を求めて」と題する提言が発表された。新聞の要約によれば、「大企業であればあるほど良い就職先であるという大企業神話と、より序列の高い大学を卒業することが就職に有利だという学校神話を変える必要がある」として、企業に対して、「新卒一括採用に関わらず通年採用を採り入れる」「入社試験では学生の出身大学を聴取しない。学習歴を重視すべきである」「大学院、研究所で実績を積んだ者を適切に処遇できるよう職種・能力別給与体系を構築すべきである」としている。これらのことを裏返せば、企業は採用に当たって、一括採用にこだわっていた、出身大学の名前にこだわっていた、何を学んできたかにはこだわっていなかった、大学院を出ても学部卒後2年、あるいは5年としか待遇しなかった、と正直に表明しているとも受け取れる。これらを改めるべきであるというのだから、実現されればそのイ

ンパクトはきわめて大きい。

ぜひ学習歴を重視していただきたいと思う。専門学科に対してカリキュラムを調査してみるのも一つの方法だろう。個別科目のシラバスも公表されている。その際に必然的に大学の名前がでてくることになる。採用側は、優の数や可の数にこだわらず、なにをどのようにして学んだかを調べてみることを勧めたい。どのようにというのは、演習や実験を通してどのような鍛え方をしているかみることである。学習した科目をどれだけ身につけているかを評価してほしい。工学系の場合には、実験科目や演習科目での学習経験を調べるのがよいと思う。成功経験よりも失敗経験の方がよいかもしれない。失敗の原因をきちんと分析整理して知識化できているならばしめたものである。

大学設置基準の大綱化を受けて、あるいは教養部の廃止転換を受けて、また18歳人口の減少をにらんで、ユニークな名前を付けた学部や学科が最近続々と登場している。国際や情報の名前を一部に含んだものが非常に多い。学部・学科の名前だけでは内容がよくわからない場合も多い。採用側は学部・学科の名前でなく、内容で評価する必要があるだろう。特に新設学部や学科では、どのような人材を育成するかを説明する文書を受験生に向けてたくさん発行している。さらに多くの大学で、自己点検・評価に関連して各種の資料を世間に公表するようになってきた。採用判定に当たって、これらの資料を参考にしてもらうことは、大学によい緊張をもたらすことになる。

10年以上前になるが、ある大企業の技術系役員に、私の研究室出身の学生の配属に疑問を呈したことがある。その学生の専門能力を無視した配属が行われたと思ったからである。彼は当時ユニークなテーマで修士論文をまとめたのでその専門知識を職場で生かすことができることを私は期待していた。運動部の主将を務めていたからそちらの方が評価されたのではないかと勘ぐった。産学協同というのはなにも個別の研究開発テーマだけで行うのではなく、卒業生を送り出し受け取る際にもあってよいのではないか。「この学生はこういうことを得意とし、この点では力不足である、このような成功体験や失敗経験を持っている、問

題解決に際してこのように克服した」といったきめ細かい調査をした後でならば、企業側の意志で配属を決定しても納得がいく。相手の技術系役員は私の意見をよく聞いて下さった。同じ頃に別の大企業の事務系役員に同じことを一般論として申し上げたら「それは会社が独自に決めることでくちばしを入れてもらっては困る」と一蹴されたおぼえがある。

企業は従来、均質で白紙の人材を好んでいたように見える。しかし今後は「独創性のある専門家としてグローバルに活躍できる人材が必要だ。大学でそのような人材を育てよ」といつてくる。私は、それを聞くと直ちに「あなたは自分の気に入らない部下を窓際に追いやっているようなことはありませんか」と反問することになっている。企業にはほんとに独創性を認める環境が用意されているのか。異質のものを認めて、その特徴を積極的に活用する用意があるのか。独創性と創造性を持った人材を求めているのであれば、独創性や創造性に対して企業はどのように対処すべきであると上の同友会の提言で表明してほしかった。独創性とか創造性とかいうことがやや安易に云われすぎている嫌いがある。独創とは他人が考えないことを先んじて考え、他人のやらないことを先んじてやることである。創造とは従来ないものを創り出すことである。「それでも地球は回る」と言わしめたように新しい概念や提案は周囲の理解が得られないことの方が多い。天才の数はそんなに多くないし、教育で作出せるものでもない。むしろ、指示待ち人間ではなく、提案型人間、問題発見型人間がほしいと言い換えた方が人材要求の目的に適っていると考えられる。これなら教育で育てることができる。つまらないように見える提案でも、門前払いせず必ずまな板の上に乗せて吟味してやる度量と余裕である。

日本人は周囲の目を気にする。こんなことを云ってみてもだめだろうと自主規制させるような雰囲気を取り除かなければならない。最近どこの大学でも学生から質問がほとんどでない。こんなことを質問したら笑われるのではないか。多様な学生を受け入れる大衆化した大学にあって、個人個人で知識に偏りがあるのが当たり前になったと考え

れば、どんなつまらないことでも質問させる雰囲気を作り上げることが重要だろう。「何だおまえそんなことも知らないのか」と突き放すのではなく「それはいい質問だ。それがわからなければ、先に進んでもなにもわからないのだから」というスタンスである。

独創性や創造性をつぶすことはたやすい。当麻喜弘東京工大名誉教授はエッセイの中で独創性を阻害する要因として、以下を挙げておられる。

(1)研究テーマの必然性を厳しく問いただす。(2)研究テーマの従来との差異を厳しく問いただす。(3)得られるメリットを厳しく問いただす。(4)詳細なスケジュールを提出させる。(5)予算の正確な根拠を説明させる。(6)進捗状況を頻繁に問いただす。(7)失敗を厳しく責める。(8)組織の統制を強める。(9)流行を追わせる。(10)他からの遅れを責める。(11)論文を数多く読ませる。(12)大量の申請書を書かせる。

4. コンピュータサイエンス教育カリキュラム J97の開発

情報処理学会情報処理教育カリキュラム調査委員会では、J90の提言以降も、精力的に情報処理教育について調査・検討を続けてきた。その重要な一環として J90提言以降の CS の発展をふまえて新しい CS カリキュラムの策定作業を94年8月から精力的に行ってきた。中間報告が1997年3月に行われる予定であるので、内容には詳しく立ち入らないが、特筆すべきことは、策定作業には1970年以降に発足した情報系専門学科（東工大、東京農工大、京都大、大阪大、九州大）の卒業生のみによってワーキンググループを編成し策定作業を行ったことである（主査：柴山潔・京都工芸繊維大学教授）。委員13名の平均年齢40歳である。わが国では依然として長老の意見を尊重する習慣が根強く残っている。長老の一言が若手の提案を踏みつぶし、若手が発言の意欲をなくす。カリキュラム等の検討でも一般には同じことがいえる。従って若い世代のみによる策定が実施できたことは画期的なことと云ってよいだろう。実際問題としてこんなことが画期的だと評価しているようではだめで、当たり前になっていくことによって今後の展

望も開けると考える。提案しただけでは意味がない。これを今後いかに実質化していくかが重要である。情報処理学会では情報系専門学科のアクレディテーションを学会として取り上げていくことを検討しており、それを軌道にのせていくことによって J97の実質化を期している。

5. おわりに

人材という言葉を使うのには抵抗感がある。企業の必要にあわせて都合よく料理するための素材という意味ならば人材でもよい。役に立たない材料ならばいつでも道ばたに投げ捨てられる。企業や組織体の必要に応じて求められる、専門能力を有する人材は財産であって、材料ではない。「人

材」ではなく「人財」と書くべきであろうか。

日本電子技術者の意識調査（日経エレクトロニクス誌1995年9月25日号）によれば、

(a)技術者が足りないと思う人の割合：

米国21.0% 日本76.5%

(b)技術者が十分活用されていると思う人の割合：

米国80.2% 日本16.8%

と好対照をなしている。専門能力を持っていてもわが国ではセクシヨンの壁が強く適所で専門能力を発揮できないことに不満を持っていることを示している。技術者側からみて宝の持ち腐れが生じている。そのことを雇用者側はどのように評価しているのだろうか。個別に(a)を足し合わせてゆくと1987年報告ができあがってしまうのだ。

日本のソフトウェア問題を考える

—技術発展の歴史的・方法論的視点からの検討—

広島市立大学情報科学部知能情報システム工学科 大槻説乎 (おおつき せつこ)

1. はじめに

日本のソフトウェア研究の生産性は、先進国と比較しても、他分野と比較してもかなり低いと言われている (Comparative study of Japanese software development, Final Report for EAJ, March 3, 1994 参照)。この問題に対する現状分析と将来対策に関する情報工学振興策作業委員会 (以下 WG と省略する) の見解は、平成 8 年 3 月に WG 主査、大須賀節雄教授によって行われた中間報告「日本のソフトウェア問題について」に詳しく述べられている。報告書では、日本のソフトウェア研究の進展を阻んでいる原因を、文化、社会、技術、組織、教育の広い範囲にわたって分析し、将来の方策を展望し、研究開発体制に対する提言を行っている。これは、日本のソフトウェアの研究開発体制をマクロな視点から総合的に捕えたものであり、この切り口でカバーすべきすべての問題点とその原因を網羅していると考えている。

本報告は、筆者が日本のソフトウェアの研究・開発の方法論を、歴史的な視点から見直した結果気付いた重要な問題点を一つ取り上げて検討し、対策を記述したものである。したがって、本報告は前記の中間報告書の付録であって、技術論としての具体性も詳細さも、方法論としての網羅性も備えていないことをお断りしておく。

2. ソフトウェア技術のパラダイムシフトについて

2.1 ソフトウェア研究とパラダイムシフト

日本のソフトウェア研究の生産性が、無条件に低いわけではない。ここ数年の日本国内の邦文論文誌の論文数は増加傾向を示している。これは図 1 中の大学院教育の欄に示されているように、ソフトウェアを専攻する大学院の学生が漸く研究成

果を産出する活動期にさしかかったことから裏付けられる。

問題は、ここ数十年の間に起こったソフトウェアのパラダイムシフトに対する日本の貢献度が低いことである。図 1 は、ソフトウェアに関わるコンピュータ技術において、パラダイムシフトを引き起こしたと考えられる項目とその年代を示したものである。図 1 の中の技術革新とプログラム言語の欄への日本の貢献度を考えると、日本のソフトウェア研究が、特にパラダイムシフトに対する先見性・実行性に乏しかったことは明らかである。実際、機械独立なプログラム言語の出現、プログラム独立なデータとしてのデータベースの出現、オペレーティングシステム、TSS、CHI、ハイパーテキスト、オブジェクト指向、CSCW、エージェント、etc. は大なり小なりソフトウェアのパラダイムシフトを惹き起こした技術であるが、ブレイクスルーに対する日本の貢献度は極めて小さいと言わざるを得ない。

これが日本のソフトウェア研究の低生産性の原因か結果かはさておき、ここは低生産性を克服する突破口の一つであろう。この問題は後の第 3 節、対策への提言でもう一度立ち戻ることにする。

2.2 ソフトウェア産業とパラダイムシフト

前述の日本のソフトウェア研究の低生産性、特にパラダイムシフトに対する先見性の低さは、日本の産業界が外国の技術に頼らざるを得なくなった主要な理由の一つであろう。コンピュータが戦時下に外国で完成したこと、戦後はじめて日本に入ってきたことによって、日本でソフトウェア産業が立ち上がった当初、外国技術に頼らざるを得なかったのは止むを得ない。しかし、その後しばらく、今よりは明るい依存度を示し始めていた時期があったのではないか？ たとえば、OS、コンパイラ、シェル、ツール、etc. の中でも、日本で

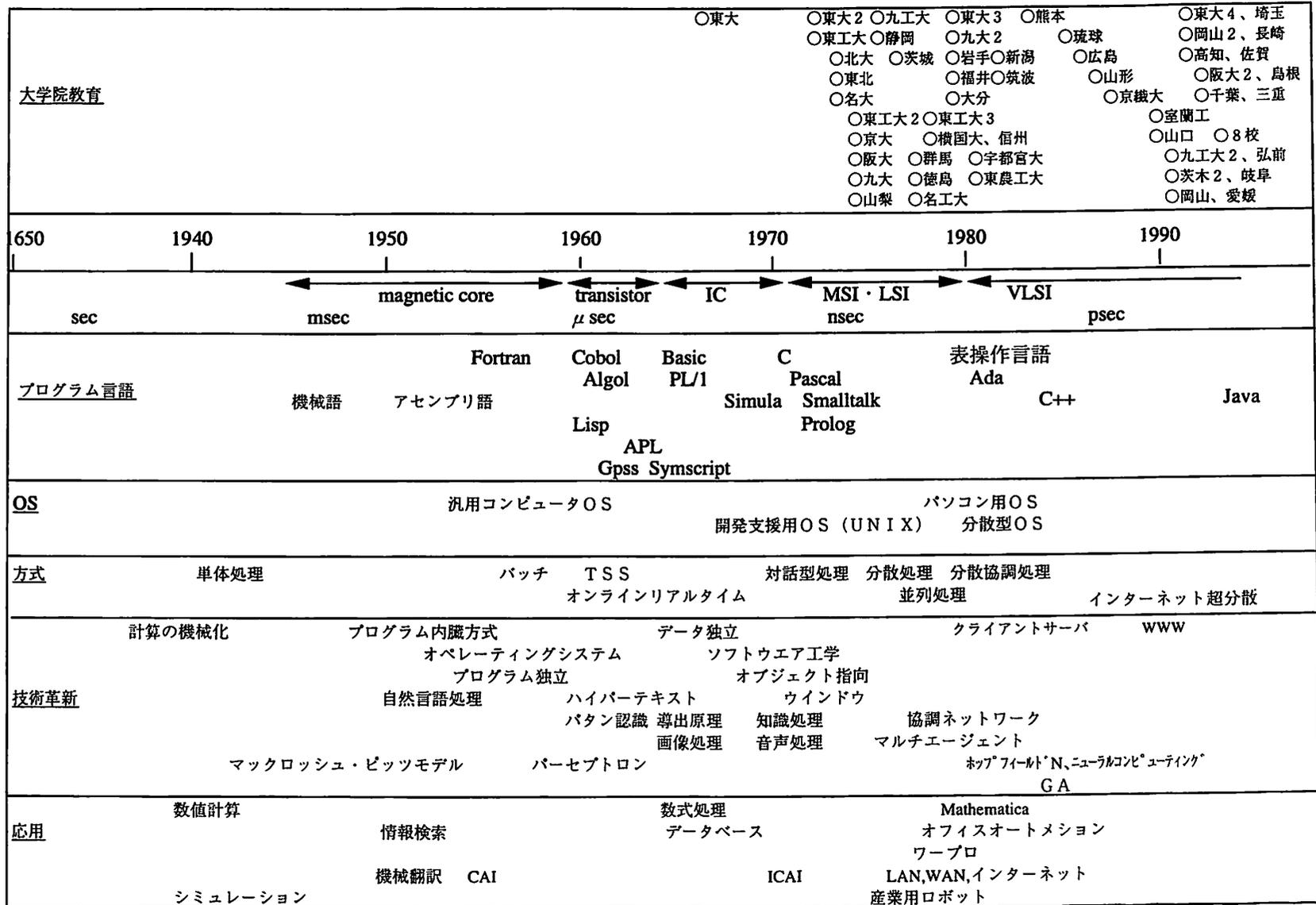


図1 大学院設立状況とコンピュータ関連技術の年表

オリジナルに開発したソフトウェアは沢山ある。中でもオフコンは典型的な日本型ソフトウェアとして成長してきた。このようなオリジナルな産業を育成する状況はなぜ起こったのか？そして、この独自性はなぜ発展しなかったのか？ オフコンを事例としてこの問題を検討することは、今後日本で独創的な技術を開発させるうえで役立つであろう。

WGにおける検討によれば、外国製（殆どはアメリカ製）のソフトウェアは日本の企業や社会が伝統的に持っている日本固有の経営方法との整合性に欠ける場合がある。それならば、逆にオフコンのように日本で発展した独自のソフトウェアは、日本の社会・企業固有の特徴と整合しているであろう。議論された日本の特徴は次のように纏められる。

1) 個人と組織に対する認識

日本人は組織を重視し、米国人は個人を重視する。換言すれば、日本では個人の個性や能力が尊重されにくい。この結果、日本では組織ごとに固有のシステムが構築されてきた。企業の系列化と出向や下請けとの関係等も同じ考え方に基礎をおいている。欧米の横型（職能中心）社会に比べて、日本が縦型（組織中心）社会であると言われる由縁である。この特徴の違いは産業構造に大きい影響を与え、オープン化、ネットワーク化への適応が遅れるという結果をもたらした。

2) ユーザと企業との関係

日本では、企業はユーザを囲い込みたがり、ユーザは企業に頼りたがる。このもたれ合いの構造は、一方では日本のオフコン産業の発展を促したが、他方では、市場調査の重要性を減少させる原因の一つになった。また、囲い込みの手段として、ハードウェアの差異を強調するあまり、ソフトウェア共有化の趨勢が遅れをとる原因にもなった。結果として、日本のソフトウェアを世界に進出させる上で、阻害要因になってしまった。この事実は、コンパイラのように、企業の系列に依存しない共通のソフトウェアが、外国と競争できたことによっても裏付けられる。

3) 大学・研究所と企業との関係

大学はあまり企業に役立つ研究をしていない。また、企業は日本の大学を人材供給源としてしか見ない傾向がある。この原因には前述の研究の非生産性だけではなく、大学と企業の伝統的価値観の違いも関わっている。

このような日本的な特徴は、はからずも、何故日本の産業がパラダイムシフトに弱いかを、如実に物語っているように思われる。つまり、囲い込みの構造は組織や概念の変革に対する柔軟性を持っていないからである。親会社・子会社、メーカー・ユーザーの囲い込み関係はパラダイムシフトの起こらない定常状態では強力な生産性を発揮することができるが、一旦変革に直面すると、逆にブレーキとして働くからである。ソフトウェア産業以外の産業、例えば、自動車、鉄工、電気などの産業でも、この原則は成立している。しかしこれらの産業は、相次ぐパラダイムシフトに晒されるという劇的な技術革新の連鎖に巻き込まれた経験はなく、緩やかな定常発展時期を比較的長期間経験したことが、幸運にも日本的囲い込みの構造を効果的に機能させる結果になった。これに反し、ソフトウェアの分野は、不幸にしてここ20年に亘って継続的に起こった激しいパラダイムシフトを経験した。例えばネットワークへの適応、オブジェクト指向への対応、ダウンサイジングへの適応、マルチメディアへの対応など、ほとんどすべての産業構造に関わる激しいパラダイムシフトに、準備の無いまま巻き込まれざるを得なかったため、その対応が遅れてしまった。もし、日本のソフトウェア産業が、20年前からパラダイムシフトと囲い込み構造との間の関係に着目していたならば、パラダイムシフトそのものを先導できなかったにしても、囲い込み型産業を転換して、開放型産業を展開すべき時期を遙かに早く予見する可能性があったことは否定できない。

このように急激なパラダイムシフトは、ソフトウェアという抽象的な工業生産物に特有の現象と考えられ、今後の展開にも大きい意味を持ってくるであろう。したがって、上記の考察は、将来のパラダイムシフトと、その後に訪れるであろう比較的長期の成熟期において、どのような産業構造

を採ればソフトウェアのバランスのとれた恒常的な発展がのぞめるかを検討する際の、資料の一つになりうるかもしれない。

2.3 ソフトウェア研究の空洞化と日本の産業

もし、日本でソフトウェア研究の空洞化が起きたとしても、日本の産業そのものはダメージを受けないということをしぼしば耳にする。理由は、日本のソフトウェア産業は、既に世界的な展開を完了しているからであるといわれている。果たしてそのとおりであろうか。確かに、短期的な視点で見れば、前述の通り国内のソフトウェア研究を当てにしなくても、国際的な人材・市場の獲得によって十分企業活動を支えることができるであろう。

一方、周知の通り、最近アジアのソフトウェア生産能力は急速に伸びており、既に日本のソフトウェア流通市場にも大きい影響を与えている。少し長期的に展望すれば、アジアに限らず、世界の各地からソフトウェア生産力を持つ新しい企業が次々に生まれ、それらの一部は単なるプログラミングの請負ではなく、自立して大企業に発展するであろうことは予想に難くない。今後現われるであろう新しいソフトウェア企業は、当然、世界的な展開を行うことによって発展をはかることは明らかである。その時点でも、次世代のパラダイムを先取りして、適応的な企業経営をするためには、今言われているように、世界的な展開によって人材・市場を獲得するという戦略だけでは難しいのではないであろうか。時勢に適応した生産能力を持続するためには、人材そのものを育成する場を確保する必要があるのではないであろうか？ ソフトウェア問題を解決する短期的な処方ばかりに目を奪われていると、長期的な施策を誤ることはないであろうか？

3. 対策への提言

3.1 基本的な考え方

本報告はソフトウェアのパラダイムシフトの予見性（いかに素早くパラダイムシフトが起こっ

ていることに気付いて、適応的なフォローアップを行うか）と主導性（いかに適切にかつ強力にパラダイムシフトを主導するか）にしばって考えてきた。ソフトウェアのパラダイムシフトとは「対象に対するモデルのイノベーションである」と言うことができよう。パラダイムシフトを予見したり、主導したりするためには、モデルを構成する方法論に対するイノベーションが必要である。言い換えれば、新しい what を見つけるための方法論、すなわち対象に対する what, why, when and how をタイムリーに（再）構成することである。

予見のためには、先ず、現在普及しているパラダイムの適用限界の同定から始まり、近未来の需要の見通し、適切な先端技術の援用などによって、統合的な観点から選定したいいくつかの新しいモデルの問題点を検討し、評価する必要がある。パラダイムを先導するためにはこのような作業に加えて、モデルそのものを構成することも必要である。これらの予見性や先導性は、ごくまれには、無意識的に、しかも偶然の機会に発現されるかもしれないが、一般には UNIX を創り上げたときのように、異なる意見を十分に闘わせることによって、初めて実現することができるであろうと考える。

このやりかたは、もちろん、研究的な立場に立つと、真実の一部しか反映していないことがわかる。何故ならば、適用できる先端技術は、純粋に科学技術上の興味から出発した基礎研究がシーズになることは明らかであるから、さらに基礎的な研究を包含した議論が必要であることは間違い無い。しかし、WG が対象にしているソフトウェア産業の問題に限れば、この考えに端を発したパラダイムシフトが、歴史的にはいちばん多いことが分かる。（プログラム言語の誕生、OS の誕生、データベース、オンラインリアルタイム、パソコン、ワークステーション、ネットワーク、その他多くの革新的応用システムはこの範疇に入るのである。）

3.2 具体的な方策

1) 短期的な視座での対策

次世代に実用化すると考えられる超分散社会では、現在のソフトウェアパラダイム（オブジェクト指向、知識処理）は適用限界に行き当たるので、どうやってブレイクスルーを求めるかという、従来日本が最も苦手とした領域に踏み込まざるを得ない。既に提示されている近未来のパラダイム（バーチャルリアリティ、エージェントモデル、GA、ニューラルコンピューティング、etc.）を含めて、異なるブレイクスルーの方法論を持っている多数の個人や研究グループが、資源に苦勞することなく、競合するのが一番有効であろう。

良く言われるように、ベンチャービジネスはうまく機能すれば、ブレイクスルーとなることは確かである。しかし漫然とベンチャーの出現を待っていたり、ベンチャーを発掘するノウハウを輸入するだけでは、問題は解決しない。積極的に研究を活性化する必要があり、そのためにはこれまで行ってきた組織化の経験を生かすべきであろう。

★特定のパラダイムを重点的に組織して研究するという従来の手法は、リスクが大きいばかりでなく、研究者の間に、多様性の欠如という、きわめて日本的で技術の発展にとって有害な流行を生み出すことが分かった。

★単発的なフォーラム、シンポジウム、研究会などは人的、時間的な資源に限られる上、フィードバックが限定されるという点で、成果が少ない。

★科学研究費や政府機関・財団によるテーマの募集は経済的に大きい助けになるという点で有効な方法であることは間違い無い。現在、研究資金が足りないというのも正しい指摘である。しかしただ金額を増やせばよいのではない。選考の際の固定的視点や先入観、マンネリ化、予測

や書類選考の限界、などの問題は常に存在するので、組織者は常に、この点に十分な考慮を払う必要がある。

★学会のSIGはこのような現状認識から出来てはいないが、有能なオーガナイザーの下にSIGを構成して、方法論の違うグループを作って意図的に議論を活性化するのは、経済面を除けば、一つの解であろう。新しい研究分野はこの形で発展する場合が多い。

2) 長期的な視座での対策

既に述べたように、“今”の対策ではなく“将来”の対策を考えなければ、非生産性に起因する研究と産業応用の悪循環は断ち切れない。これに対して最も緊急で有効な方法は、月並ではあるが、やはり教育そのものの改革であろう。日本の教育ではhowを教えることに重点が置かれる。特にソフトウェアでは、howだけしか教えない（教えられない）指導者が多い。この問題は単に学校教育にとどまらず、企業教育においても例外ではない。この点をまず最初に改革しなければならない。

4. おわりに

コンピュータを使っていると、ここが不自由だとか、こうなっていると素晴らしいな、とかいった感想は常に付きまってくる。つまり、コンピュータは出現以来ずっと未完成のまま使われ続けてきた。ソフトウェアという一見柔らかい手段によって、頭に描いたモデルはいづれ実現可能であると思われて、使われている。しかも驚くことには、こうなって欲しいと考えたことは、実際、次々と実現されてきた。

人間の発想はある意味では良く似ている。意味のある発想を見付け出して、徹底的に検討し、実験して、実現するための方法論そのものを、もっと大勢で真剣に議論することも、研究の活性化に繋がるのではなかろうか。

ネットワーク化社会を支える新システム技術

(株)日立製作所システム開発研究所 片岡雅憲 (かたおか まさのり)

社会インフラはネットワーク化、グローバル化に向かって大きく動いており、この変化は誰にも止めることの出来ない必然的なものに見える。私達はこの変化に驚き、これを嘆くよりも、むしろこの変化の流れに身を投じて積極的にこれに関与していくとの心構えを持つことが大切であろう。この心がなければ、ただ単に東方(米国)からの変化に心を砕き、常にその後塵を拝することになる。そうではなくて、その変化の原点を見極めて、そこへ乗り込み、次の変化を予測して、先駆けて新しい施策に取り組む、との意欲こそが期待される。

社会インフラがネットワーク化され、グローバル化されていく、このことの本質的な意味を深く考えてみる必要がある。情報システムは社会の基本インフラとしての公共性を増し、より重要性を増していく。したがって、今以上に Dependable (頼りがいのある) なシステムが要求される。また、ネットワークはインターネット等のオープンネットワークが中心となり、不特定多数の人がこれを共用する。このことが、情報の共有や通信費用の低減に優れた効果をもたらす。しかし、同時に勝手な流用や悪意に基づく盗難、破壊への危険が増す。こうした危険から身を守るための Security 技術がより重要性を増す。ネットワークは、人と人、組織と組織、プロセスとプロセス、地域と地域等の、多様な結びつけを可能とし、時空を超える乗物となる。これにより、これ迄に創造もしなかったような新しい Service を可能とする。この可能性はあまりにも大きく広くて、目を回している人も少なくない。いったい何が起きているのか、どうしていくべきなのかを落ち着いて、体系的に理解したいものである。

以上のように考えると、これからのネットワーク化社会を支えていくためには新しいシステム技術が必要とされ、その根幹となる次の3つのシステムアーキテクチャが重要である。

- A. Dependable Systems Architecture
- B. Secure Systems Architecture
- C. Service Systems Architecture

本稿では、以下でネットワーク化社会を支えるこれらの3つの新システム技術を概説することとしたい。

1. Dependable Systems Architecture

ネットワーク化社会のインフラとしての情報システムは高い公共性を有し、Dependable (頼りがいのある) なものでなくてはならない。一方、この情報システムを構成要素面から見ると、広域を対象するため複数のベンダーからの多様な製品を多数含む。その中には COTS (Commercial Off The Shelf: 流通品・市販品の活用技術) の考え方に基づいて調達された市販品も含まれている。即ち、選び抜かれた高級品だけで構成されている訳ではない。ごく普通の製品を多数個組み合わせて作りあげた複雑なシステム、そこでの Dependability を実現することは容易ではない。そうであればこそ、この Dependable Systems Architecture への期待は極めて大きい。このシステム技術は次の機能を実現する。

- ①高信頼性、高可用性
- ②24時間、365日連続運転
- ③ピーク負荷対策、負荷分散
- ④異種システム間接続

上記の①の高信頼性、高可用性は従来システムにおいても求められてきた基本的な特性である。しかし、その実現方法となると大きな違いがある。従来システムは本質的に特定目的のシステムであり、プライベート(私有)システムが中心であった。このようなシステムにおいて高信頼性、高可用性を実現するには、高信頼の構成要素を用いること、そしてこれが故障した時のバックアップ手段として2重系等を用意して高可用性を確保すること、が基本的であった。社会インフラを構成す

る公共システムにおいても、これらの方法を部分的には採用する必要がある。しかし、すべてをこのように構成することはコスト的に困難である。前述したように、COTSに基づく市販品を用いざるを得ない。この状況においては、システム構成要素たる市販品の特性を事前に良く評価しておき、その良所を生かし、不具合点を回避するような技術が必要となる。また、故障に対しては、これを特別な2重系や待機系で対応するものではなく、運転中の残りの現用系で対応するような自律分散システム技術¹⁾が大切である。

また、広域、大規模システムにおいては、②の24時間、365日運転が必須である。システム保守作業時等においては、対象部分のみを部分停止させ、システム全体の運転は継続させなくてはならない。

プライベートシステムにおいては、ピーク負荷に見合うだけのシステム能力を持たせることがシステム設計の基本であった。社会インフラを支えるネットワークシステムにおいては、その時の利用形態や状況によりピーク負荷の生じる箇所が変わりうるし、全てにおいて大きな余裕を持つことがコスト的に許されない。負荷を常時監視して、これを動的に分散する③の技術が必要である。

最後に、公共システムの立場からすると、特定のベンダーや特定組織のものだけを用いることは許されない。また、過去に蓄積された膨大な知的財産がネットワーク上で活用出来ることが大切である。このようなことから、④の異種システム間接続技術が重要である。この技術には次のような技術要素が含まれる。

- (イ)異種システム間接続プロトコル及びプロトコル間変換
- (ロ)異種システム間ディレクトリ統合
- (ハ)既存データベース/ファイルのWWW及びオブジェクトによるラッピング
- (ニ)ユーザインタフェース切替・変換

2. Secure Systems Architecture

過去、私達日本人は、情報の価値を強く意識する習慣を持たなかった。しかし、その本質において、情報は権力や金力の原点であり、また生活における文化や感性を媒介するものである。

一方、あらゆる情報機器、情報システムのデジタル化が急速に進展している。デジタルシステムにおいては、情報は伝送され、コピーされても劣化しない。原本と複写物がまったく同じであり、区別がつかない。情報の中に含まれる知的財産権を守り、管理するための仕組みが必要である。

以上のようなことを考えると、今やSecurity (以降 Secure Systems Architecture を Security と略称) 技術は私達に必須の技術といえよう。

Security 技術=暗号技術と誤解している人もいるが、暗号技術は Security 技術の一部でしかない。Security 技術は大きな広がりを持ったシステム技術である。また、現在も成長を続けている技術分野であり、その技術体系はまだ十分に整理されてはいない。以下では、便宜上、次のように分類して概説する。

- ①暗号
- ②バイオメトリックス
- ③セキュリティ ミドルウェア
- ④セキュリティ アプリケーション

上記①の暗号技術においては、DES、RSA 等の米国勢が強力である。我が国では、NTT の FEAL²⁾、日立製作所の MULTI³⁾等が頑張っている。暗号技術の関係者にとっては常識でも、一般の人には理解されていないことがいくつかある。その1つは、「暗号は腐る」ということである。今日のコンピュータ技術の急速な発展により、ある種の簡単な暗号はコンピュータで解読されてしまう。現在は解読されていなくても、コンピュータの性能が上がり、近い将来、解読される可能性がある。この意味で暗号技術は、より高度なものへと常に改良されていかなければならない。新鮮でなくてはならない。

暗号技術に関するもう1つのポイントは「暗号には国境がある」ということである。守ろうとする情報が重要であればあるほど、より高度な暗号が必要とされる。したがって、高度の暗号技術は経済政策や外交政策を含めた国家政策と直接的に関わってくる。このため最先端のものはその国の中に封じ込まれ、輸出禁止となる。我が国がネットワーク化社会において世界のリーダーシップをとろうとするならば、自ら優れた暗号技術を持つ必

要がある。

②のバイオメトリックス (Biometrics: 生物測定学) とは、指紋、掌紋、声紋、DNA、瞳孔、網膜、筆跡等の形状を認識して個人認証を用いようとするものである。これらは暗号と異なり、盗まれる心配がない。逆に被験者の心理上の問題や、認識装置の経済性の面で、今後さらに改良されるべく期待されている。

③のセキュリティミドルウェアは、暗号を使うことを前提としたシステムのためのミドルウェアである。例をあげると、例えばファイアウォール (Fire Wall) がある。これは許された者だけを通して中にある情報の利用を可能とするゲートウェイである。ファイアウォールが少数のうちには許されるが、これが沢山出来ると、ネットワーク上を動く時に、そこら中で多くのファイアウォールの通過手続きを強いられることが煩わしくなる。そこで、より進んだミドルウェアである VPN (Virtual Private Network) ではファイアウォールを連携・連動させる。あるグループに属するメンバーであるならば、いちいち通過手続きをしなくても済むようになる。VPN のようなミドルウェアは現在はコンピュータ上に実現されているが、今後は、ルータやスイッチ等の通信機器の上でも実現されていくことになる。セキュリティミドルウェアのその他の例としては、認証サービスを専門とする認証局実現のためのミドルウェアや暗号キートをなくした時の対策としてのキイリカバリ (Key Recovery) のためのミドルウェアがある。

最後に④のセキュリティアプリケーションでの代表例としては、EC (Electronic Commerce) で用いられるセキュアコマースプロトコル (Secure Commerce Protocol) がある。これは EC において必要な人だけが必要な情報だけを参照可能とする仕組みである。例えば EC で買い物をした場合に、預金残高は銀行は知っても売り手には知られたくない、購入品名は売り手は知っても、銀行には知られたくない、といったセキュリティ管理が可能である。

以上に述べたように、Security 技術 (Secure Systems Architecture) は単に暗号技術だけでなく、ネットワークシステムの各所・各層で必要で

あり、新しいシステム技術として欠かすことが出来ないものになってきている。

3. Service Systems Architecture

ネットワークは人と人、組織と組織、プロセスとプロセス、地域と地域を結びつけ、多様な組み合わせや統合を実現する。その組み合わせは無限とも言え、これ迄に想像もしなかったような新しい Service を可能とする。この可能性はあまりにも大きく、すべてを予測することは誰にも出来ない。しかし、少なくとも次にあげる技術は Service Systems Architecture の中核部となるものと言えよう。

①コンテンツ作成・実行

②コンテンツ流通

③マスカスタマイゼーション (Mass Customization)

またはワンツワンマーケティング (One to One Marketing)

④CTI (Computer Telephony Integration)

⑤サーブスイエローページ (Service Yellow Page)

⑥サービスエージェント (Service Agent)

情婦がデジタル化され、マルチメディア化され、ネットワークで配布されるようになった。これとともに、このようなデジタル化された知的著作物が「コンテンツ」の名で呼ばれ、より重要視されるものとなった。コンテンツはこれ迄のどのような知的著作物よりも、より大量に、より速く配布され、社会的、経済的に大きな影響をもたらす。上記①は、このようなコンテンツの作成を支援し、また実行を可能とするものである。

また、②はコンテンツを流通させるための仕組みである。コンテンツを契約者だけに配布するためには、暗号化技術が必要である。さらに、手に入れたコンテンツを勝手にコピーさせないための「電子透かし」技術が必要とされる。コンテンツの使用料は、一般に1回あたり低価格であり、回数を重ねることによりビジネスを成り立たせることになる。そのため、このような課金方針、支払い方式に適したマイクロペイメント (Micro Payment) 技術が要求される。

ネットワークは売り手買い手を直接的に結び付ける。このため売り手は買い手の要求やその動向を即時に知ることが出来る。買い手は自分の要求を買い手に直接ぶつけられる。③のマスカスタマイゼーション (Mass Customization) あるいはワンツーワンマーケティング (One to One Marketing) と呼ばれる技術は、このような売り手と買い手の直接的な結びつけをより豊かにするための技術である。

また、これと連携するものとして④のCTI (Computer Telephony Integration) がある。テレフォンショッピング等のアプリケーションにおいて、顧客の特性や過去の購入歴等を参考にしながら電話応対が出来る。

求めるべきサービスの固有名称がわからない場合に、⑤のサービスイエローページ (Service Yellow Page) が役に立つ。クライアントがどのようなサービスを求めているのかを、多元的に且つ連想的に探索する。

最後に⑥のサービスエージェント (Service Agent) は以上述べた①～⑤の基礎となる技術である。エージェント技術は、これ迄のソフトウェア生産技術を集大成したものと言える。即ち、オブジェクト指向技術、AI (Artificial Intelligence) 技術、ネットワーク技術を統合したものであり、これからのソフトウェア生産技術の基盤となるものである。エージェントは自立した単位であり、ネットワーク上を自由に動ける。また、専門知識を持っている。したがって、エージェントは擬人

化することが出来て、ネットワーク上の各種サービスをモデル化し、記述するのに適している。

以上、Service Systems Architecture を構成する技術要素系をいくつか紹介した。この分野は急成長しており、今後とも多くの可能性に満ちた楽しみな技術分野と考えている。

4. まとめ

本稿では、ネットワーク化社会を支える新システム技術という観点から、大きな流れの中で期待される新技術について概説した。こうしてまとめてみると、Dependable Systems Architecture、Secure Systems Architecture、Service Systems Architecture の開発のどれもが、真面目で粘着質の日本の技術者に適した仕事に思える。大切なことは世界のシステム技術をリードしていくとの気概なのではないだろうか。

以上

(文献)

- 1) 森欣司他「自律分散概念の提案」
電気学会論文集 Vol.104-C, No.12 PP303
～310 (1984)
- 2) S. Miyaguchi, et al, "Expansion of FEAL
Cipher," NTT Review, Vol.2, No.6 (1990)
- 3) 宝木和夫、佐々木良一「マルチメディア向け
高速暗号アルゴリズム Hisecurity-Multi2の
開発と利用方法」1989年
暗号と情報セキュリティワークショップ電子
通信学会 WC IS'89-D2(1989)

日本のソフトウェア問題について

NEC C&C研究所 後藤 敏 (ごとう さとし)

1. はじめに

今の日本は深刻なソフトウェア・クライシスであると大合唱が起こりつつある。10年前に同じ言葉が使われたが、今使われる言葉は全く違う意味を持っている。日本はソフトウェアにおいて米国に完全にリードされてしまい、世界市場は勿論、日本市場さえも米国製ソフトに占領され、日本は技術的にも追いつけない状況になっているという発言である。10年前のクライシスはソフトウェア人口が大量に不足してしまい、日本の産業が成長できなくなるというものであった。何たる意味の違いであろうか。

米国のパソコンショップに行くと愕然とするのは、PCソフトの安さと豊富さである。\$100—\$300で相当の機能をもったソフトが買える。しかもほとんどが米国製で日本製を見ることはない。つまりソフトに関して日本からの輸出はほとんどないということである（ゲームソフトは除く）。日本のパソコンショップでも日本語処理、ワープロを除けば、多くが米国製ソフトの日本語版である。要はPC、WSのOSソフト、ミドルソフトの分野は残念ながら米国に押さえられていることである。

新事業は時代が移り変わる時に顕著に出現する。かつて汎用コンピュータが出現した折には、合理化、省力化、集中化、生産性向上というものの効率向上を志向した世の中の動きが背景にあった。今、ダウンサイジング、オープン、マルチメディアといわれている背景には、個性化、大衆化、多様化、知的化という人間の心の豊かさを志向した社会の動きがある。つまり今は時代が変わる大きな節目の時期にあるといえる。コンピュータのメインフレーム時代からオープン、ダウンサイジング時代へ移行した時、最大の変化はソフトウェアに起こっている。メインフレーム時代ではソフトウェアは自社のハードで動けば良かったのであり、ソフトウェアは、ハードのおまけであった。自社

ハードで動く優秀なソフトは他社ハードとの差別になり、自社ソフトを他社のハードに載せることは戦略的に行わないというのが各社の戦略であった。ところがオープン化時代では、どのハードウェア・プラットフォームでも動くソフトウェアを開発する必要が生じ、OSの標準化が推進され、ミドルソフト、アプリケーションソフトはハード、OSから独立することが要求された。結果としてソフトウェアはハードから切り離され、ソフトウェアという切り口の製品が出現し、ソフトウェア事業という新事業分野が形成されたのである。ソフトウェア事業という立場からは、ソフト製品を売るためには競合他社のハードであれ、OSであれ、自社のものを含めて、最も大きい市場に向けてプラットフォームを選び、ビジネス展開をすることが必要条件となったのである。

2. 何故、米国はソフトウェア事業で成功したか

何故、米国がソフトウェア事業で成功したかをまず振り返ってみたい。

(1) ソフトウェアの事業に早く目覚めた。

IBMメンフレーム時代（20年前）から、ソフトウェアだけで事業になると気づき、多くのソフトベンチャー会社が設立され、ソフト製品の開発がなされた。PC、WSが出現してから、この動きは更に加速化した。要は、ソフトウェアを製品として見て商品企画し、製品として技術開発し、事業として販売することに、経験とノウハウを長く蓄積してきており、事業として運営する方法を知っている。

(2) お金に基づく信賞必罰の精神

事業の成功者には大きな報酬が報いられる給与体系（ストックオプション等）があり、会社に勤めているプログラマーでさえも億万長者になるチャンスがあり、実際に数多くのミリオネア、ビリオネアが誕生した。勿論、これらの成功者は競争に

負けた無数の敗北者の屍の上に立っている厳しい競争社会にあることは忘れてはならない。

(3) ベンチャーキャピタルの存在

アメリカンドリームを夢見る者がアイデアと技術により、ベンチャー会社を起こし、投資家が応える社会の仕組みが存在した。ソフトウェアの場合、小人数で投資が少なく会社を簡単に起こせるという容易さがあった。

(4) 人のモビリティの高さ

個人が得意な技術を武器に、自己を最も生かせる組織で仕事をする風土があるため、転職することが容易である。会社が新事業を開始するに当たっても、事業開拓に適した優秀な人材を短期間で集め、事業を拡大できる。たとえ個人が失敗しても能力次第でを再トライできるチャンスがあり、ハイリスク・ハイリターンを目指して果敢なトライができることが、ソフト事業の体質に合っていた。

(5) 大学が研究の事業化に積極的

大学はアカデミズムに閉じこもることなく、事業に直結した研究開発を行うことに積極的であり、企業との共同研究を通して、新事業を生み出すタマ作りに意欲を燃やしている。この背景には大学が軍事費や国費の豊富な資金によって基礎研究に十分投資できたことで大学が活性化した理由もある。

3. 日本のソフトウェア課題

米国がソフトウェア事業で世界をリードしてきたことの原因をいくつも列挙できても、日本が米国の物真似で成功するとは限らなく、日本の抱える課題を明確にして、今後の日本が取るべき方向を考えたい。

ソフトウェア問題は文化、社会の風習とかなり密接な関係にあり、日本人の価値観をまず考えてみる必要がある。歴史的背景や文化風土から、日本人は以下の価値観を長い間持ち続けてきた。

(A) 横並び主義 : 「一匹狼」より、「寄らば大樹の陰」

(B) 平均化指向 : 「出る杭は打たれる」より、「出ない杭で腐る」

(C) 安全運転指向 : 「一獲千金」より、「苦節十年」

(D) 年功序列 : 「亀の甲」より、「年の功」

日本人のこれらの価値観は、明確な目標があり、追いつき追い越せという形態の仕事をする場合には、非常に効果的に大きな威力を発揮してきた。集団の和を尊び、個人が切磋琢磨し、たえなる改良の積み重ねで目標を達成するという作業には極めて向いていた。ソフトウェアの世界でも、IBMという明確な目標が見えていたメインフレーム時代では、日本は米国に劣らずとも負けることのないソフトウェアを多く開発し、ソフトウェアでも最先端の技術にすでに追いつき、追い越したと自負をしていた。ところが、オープン、ダウンサイジング、マルチメディアという新しい事業が急速に立ち上った時期においては、個人の豊かな発想による独創性が極めて重要で、日本人の従来の価値観を否定した価値観を持たなければ新事業を引張ることが難しいことが分かってきた。つまり、横並びでなく抜き出すこと（一匹狼になること）、平均化指向を諦めること（出過ぎてしまえば杭は打たれない）、リスクを持つこと（一獲千金を夢見ること）、年功序列の破壊（能力主義の徹底）が、新事業創出ではより重要な価値観となったのである。

4. 日本はソフトウェアで何をすべきか

新しい時代への転機で日本、日本人、日本企業は何をすべきであろうか。日本の各々個人が次の3点を志しを持って考え、行動することを提案したい。

(1) 世界的視野に立ち行動すること

科学技術はもともとボーダレスであり、国際会議や国際シンポジウムでは、日本人もそれなりに活躍してきた。しかし技術のみでなく製品自身がボーダレスとなったために、急速な対応を取ることが必要となった。特に、ソフトウェアは技術開発と製品化が一体となっており、国際レベルでの対応が必要となった。従来は日本語の壁に守られていたソフトウェア製品はマルチバイト対応のソフトにすることにより、異言語間の対応が容易となり、日本語の壁はなくなったと言ってよい。こ

のため米国製ソフトは時間遅れがなく、日本に流入してきた。このため、日本でも世界で通用するもの、世界の標準品を受け入れようという大きな方向になったきた。今まで日本が取ってきた国際化はあくまでも日本から見た国際化、日本を国際化することが主な行動規範であったが、今後はまづ世界の視野に立って考え、次に日本を考えるとすることでなければ、日本市場さえも危うく、まして世界市場へも進出できないという状況になった。

市場の大きい米国市場向けにソフトを開発し、米国発のソフトに仕立て発信してみる。そして日本はもとより世界に向けて市場を取っていくという従来とは異なった開発、販売が必要となる。このためには世界で通じる言語として英語を日本人が自由に使うことが前提で、世界の様々な文化を持つ異種の人達が協同で仕事をするという体制を作る必要がある。

(2) 日本人は自信を持って仕事をし、世界に向けて発信すること。

世界レベルで仕事をする時には、個人のアイデンティティがまず必要であり、個人の得意な技術、スキルをもとに、個人の独創力を発揮させながら、他人を良く理解しながらチームワークの作業ができることが前提となる。過去から現在まで集団の力と個人の指導力で日本でも素晴らしいソフトを作ってきた。オンラインシステム、生産管理システム、流通システムのソフト等、世界に冠たるソ

フトは多々ある。この意味において日本人はもっと自らの仕事に誇りを持つべきであり、もっと世界に対して、自らが開発したソフトウェアの良さを発信していくべきである。また、良いものは良いという発言をもっと行うべきであり、ややもすれば自虐的になる日本人の性格を改め、日本人同士も良いことは誉め合うという風土を育てる必要がある。

(3) 米国の個人主義に日本の集団主義を融合

米国での仕事のやり方は、まず個人ありきで、個人が自分がやりたい仕事を見つけて、自らの力を発揮できる会社に入って仕事をするという個人主義に基づいている。日本では、まず集団ありきで、仕事自身よりは名前で会社を選び、会社では全体の仕事に対して各人の役割を決め、各個人がその役割を果たすために力を助け合いながら仕事をまっとうするという集団主義に基づいている。個人主義と集団主義の両者とも長所、欠点があり、両者の最適な融合化を計って仕事を実行することが新しい事業展開に有効である。つまり、単に米国流のやり方をまねするだけでは、日本人は米国を上回ることはできず、2流で終わってしまう。米国にない新しいやり方を導入して、競争力のある製品を作ることができる。この点からもっと米国をはじめ、他の国の様々な文化を学び、日本の文化もきちんとを学び、新しい文化を創り出すことが今の我々に問われていることではないかと思う次第である。

日本のソフトウェア問題について

—ハードからソフト問題を考える—

(株)富士通研究所 高梨裕文 (たかなし ひろぶみ)

1. はじめに

日本のソフトウェア技術が欧米に対して非常に遅れていることは、日本国中みな認める処となっている。最近、その差が更に大きくなり、どんどん開いて来ていると見なす事が出来る事象がいろいろと見受けられる。当然のことながら、21世紀に向かってこのままでよいのだろうか心配だ、何とかせねばと言う気持ちの昂りを抑えることが出来ないのは、筆者だけではあるまい。

しかし、全ての分野において欧米の支配を受けているのではなく、少し特異な分野であるが、ゲームの世界は欧米の追従を許さない唯一の分野であると言える。それを除くOS、ミドルウェア、アプリに至るソフトウェア技術のリーダーシップは、アングロサクソン系の民族によって支配されており、21世紀になっても、その一隅を突き崩すことすらかなわぬ状況にある。

このような背景の中で、21世紀に向かってどのような手を打つべきか議論する時、現状認識では、言語の問題、民族性の問題、教育の問題に集約され、解決の糸口を見いだせなくなることが多い。一方、ハードウェアの分野においては決して欧米に引けを取ることなく、21世紀に向かってインフラストラクチャの整備などで世界的リーダーシップをとっていると言っても過言でない。それはそれなりに重要な役割と言えるが、インターネットなどの発達により、エンドユーザが一般ユーザへと展開されていく高度情報化社会の中でハードウェアの価格破壊は必須であり、IT産業の主役がサービスやソフトウェアへ移行していくことを誰も止めることは出来まい。

筆者がハードウェアをバックグラウンドとして知識を持っている企業人であることから、現在、日本が世界でも遅れをとっていないと思われるハードからソフトを見ることによってソフトウェア問題の解決施策を導き出せないかという観点か

ら纏めてみたい。特に20世紀後半の繁栄を導き出したエレクトロニクスの分野、その主役とつとめているLSIの世界に絞って、押し寄せて来ているソフトウェアの波を認知させることによって危機感を募り、ソフトウェアに対する関心度を高める事を情報工学振興策の一つとして提案したい。

2. ハードウェア産業のソフトウェア支配

インターネットの進展は全ての人の予想を覆し、世界の隅々までアメーバの成長のように浸透していき、その成長を止めることが出来ない状況になっている。個人個人はインターネット上で会話による情報交換を時間と空間を越えて行い、ショッピング、商取引、認証など現実の世界があたかもネットワークの中にあるが如く行え、個人の生活がネットワークと切り離せなくなってくる。このようなインターネットの進化を止めようとするには、インターネット上の全ての行為を有料に、それも非常に高い料金を支払わねば使えない状況に追い込むことであろう。

しかし、エンドユーザは安く使うための方法を社会に強く要求するようになる。これは、インターネットを支える情報インフラ、通信インフラのハード、ソフトの低価格提供を強制し、その開発製造に携わる企業に、強烈なコストダウンを押しつけることになる。

一方、LSI産業では極限に近い微細化、超高集積化、ウェハサイズの面積化、システムLSI化など技術の高度化が進む。当然のことながら、開発期間の長期化、研究開発投資の増大とともに、製造ラインのための設備投資が現在の5~10倍と膨大になり、企業一社だけでは投資しにくくなっていく。製造設備は国際標準化の方向に向かうことは言うまでもあるまい。またウェハサイズも300mmと大きくなり、ウェハ単価も一枚の失敗も許されないほど高価になる。安く作るためには、製造

ラインを最小コストにするための計画と工程管理が非常に厳しくなることは言うまでもない。

企業はコストダウンするために、労働賃金の低い労働力を求めて製造のグローバル展開を行って来たが、それぞれの地域の生活程度の向上に伴って、世界的問題であった南北経済格差を埋め、世界的に労働賃金の平準化が進む結果を生む。

ハードウェア製造企業にとって残された方法は、徹底的に効率を重視した経営の追求である。全ての工程において、コンピュータを導入して最適化を行い、僅かな利潤を生み出していく経営を行えない企業は、激しい競争から脱落して行くことになる。

21世紀はハードウェア企業にとって非常に厳しい時代となる。しかし、先手をうって、いろいろなモデリングを行える技術を開発し、それらを駆使したCAD、CAM、CAEなどシミュレーション技術、コンカレントな作業を可能にするソフト技術、トータルなオプティマイゼーションを可能にするソフトなど、先行して開発を行えば十分に利益を見込める優良企業として成長を保証されることになる。

3. 具体的な例

ハードウェアの代表的な例としてLSIを考える。現在でもLSIの設計には、集積規模が大きくなってきたこともあって、CADのツールのよさとVHDLなど高級言語を駆使出来る能力があるかどうか設計の時間短縮に大きな影響を与えることは常識となっている。論理設計/検証、回路設計、レイアウト設計など現在では、コンピュータなくしてLSIの設計は不可能になって来ている。最近では、デバイスの内部で起こること、半導体プロセスの化学反応など物理/化学現象をシミュレーションによって予測する技術として、TCAD、計算物理、計算化学の手法が注目されて来ている。更に欧米においては、プロセス装置そのもののモデリングなどが試みられており、これらがすべて揃うとコンピュータ上にLSIの仮想工場を構築することが出来てしまう。所謂、バーチャル・マニファクチャリング・エンタープライズ (Virtual Manufacturing Enterprise : VME) である。実

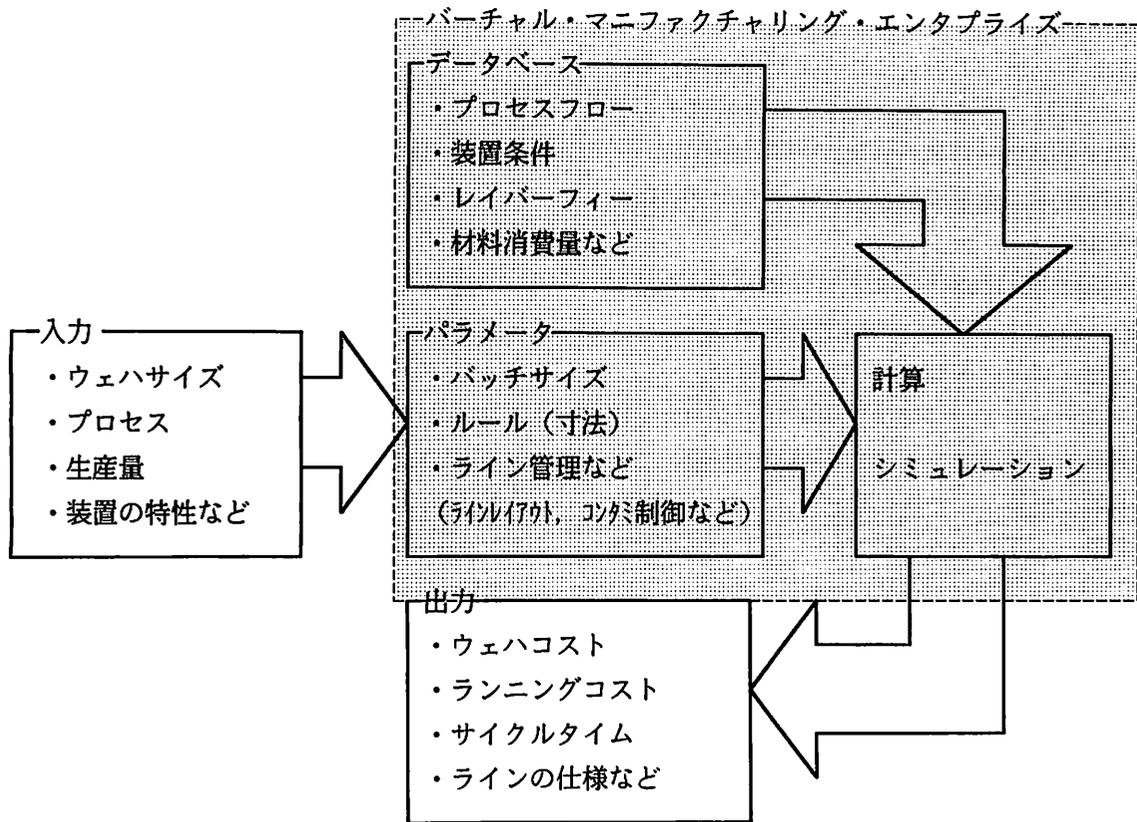
際にはトータルコストのモデリングを加えて考えるのが通常である。一般的なバーチャル・マニファクチャリング・エンタープライズは第1図のように示され、チップコスト・ミニマムにするための全ての条件を設定することが出来る。

このような構成が可能になると、出力として欲しいデータに合わせて、いろいろなバリエーションが構成できる。例えばロジックおよびメモリーを数種類、同時に製造するために必要な装置類、数、クリーンルームの面積そしてその時のウェハコストがどの位になるか、また手持ちの装置によって最小コストのチップを製造するには、どうすればよいかなどVMEのアレンジメントでたちどころに求めることが出来る。厳しいコストダウンに対応するため、製造装置そのものが世界標準となっていれば、安いチップを作る必要条件が、VMEの開発レベルによって決まってくる可能性は非常に大きいと考えるべきであろう。それほどVMEの価値が高まってくると予想されよう。

米国のSIA (Semiconductor Industrial Associations) では、半導体産業、特にLSI産業の将来予測 (ロードマップ) を世界に向けて発表している。過去においては、その牽引になっていたのがメモリー (DRAM) であった。最近では、ロジックやシステムLSIが同等に扱われるようになり、それらを考慮した技術のロードマップが示されるようになって来ている。1994年に発行されたSIAのロードマップによると、2007年には、 $0.1\mu\text{m}$ ルールで300mm以上のウェハサイズとなり、効率的製造を行うためには、バーチャル・マニファクチャリング技術を用いることが絶対条件になって来ることを示している。

4. 施策の提案

先に述べたように、ソフトウェア技術の遅れが民族性、教育制度などにその原因があるとするならばなかなか解決策を見いだせない。ここで提案するのは、研究開発から製造技術にわたって世界的に見てもトップレベルにあるハードウェア製品におけるソフトウェア技術の重要度を予測し、ハードウェアに関連した産学官界に危機感を喚起することによって、日本の社会をソフトウェア化して



第1図 バーチャル・マニファクチャリング・エンタプライズ (VME) 構成例

BREAK THROUGH NEEDED-SHOW STOPPERS	0.35 μm / 1995 Needs	Multilevel (hierarchical) model-based decision support system	Accurate behavioral models for humans in manufacturing	
INNOVATION NEEDS	0.18 μm / 2001 Needs		Virtual Manufacturing Enterprise (VME) incorporating complete design for manufacturing capabilities	"Total Cost" modeling environment
	0.13 μm / 2004 Needs			
CONCEPT EXISTS BUT MUST BE PROVEN	0.1 μm / 2007 Needs	Data-level integration of model-based decision support systems	Process development integration with manufacturing (bridges between SWIM, TCAD, and CIM Frameworks)	

第1表 Priority of Modeling and Simulation Technology Needs (1994年 SIA 発表の "The National Technology Roadmap for Semiconductors" より)

いこうと言う方策である。日本として集中的に強化振興を図るべき具体的な研究開発テーマとして挙げるとすれば以下のようなことが考えられる。

- 1) LSI 設計、製造技術に関する有効な過去の研究成果のデータベース化。
- 2) 物理現象、化学現象などのモデリング技術の活性化。
- 3) 計算物理、計算化学などコンピュータを使ったシミュレーションの研究の活性化。
- 4) 各種プロセス装置のモデル化の奨励。
- 5) パーチャル・マニファクチャリング・エンタプライズ関連ソフトウェア技術の奨励。

具体的な施策として次に挙げるようなことを国、民間企業、大学が力をいれていくことが必要である。

- 1) 国全体のソフトウェア開発環境の整備、強化。
- 2) 大学におけるソフトウェア教育の整備、強化。
- 3) 研究開発成果のネットワーク上へのオープン

化の奨励。

- 4) ネットワーク上の発表を論文発表相当に評価する。
- 5) ソフトウェア開発のための産学共同プロジェクトの奨励。
(実質的なものにするため、若い大学教員に数年間、民間企業に派遣して共同プロジェクト作業を行う機会を作り義務付ける。)
- 6) 独創的ソフトウェアの研究開発に従来通り力を注ぐとともに重点分野として上記テーマに焦点を当てる。
- 7) 民間企業共同プロジェクトにおいて、ソフト開発の比重を同等以上に指導する。
- 8) この領域の活性化策として、ベンチャーを奨励する。奨励策として資金援助体制の確立、ベンチャーに対する規制の撤去、税制上の優遇措置を行う。

日本のソフトウェア技術の飛躍をめざして 長期的視点からの3つの提言

電子技術総合研究所 諏訪 基 (すわ もと)

1. はじめに

世界で初めての電子計算機 ENIAC が生まれて半世紀が経過した。その間、半導体を中心としたエレクトロニクス技術の目覚ましい進歩に支えられて、ハードウェアの性能の飛躍的な向上と、小型化によるコンピュータのパーソナル化が実現した。50年の歴史の流れの中で、コンピュータ産業の中での主役も時代と供に変化し、90年代に入ってからデファクトスタンダードとマーケット支配との相乗効果が一層顕著に現われるようになってきたこともあり、この分野での企業戦略は大きく変わりつつある。

さらに、ネットワーク技術の進歩とインターネットの普及は、生産物としての情報の産業的な価値をさらに高める方向に作用している。すなわち、第3の産業革命と呼ばれる情報技術が、第1、第2の産業革命とは種類の異なる生産物である「情報」をコンピュータにより生産し、流通し、消費する産業形態を生み出したのである。

そのような新しい技術の潮流に乗って、マイクロソフト社に代表される新しいソフトウェア系の企業がパーソナルコンピュータの世界を制覇する勢いの中で、日本の情報技術産業はいま一つ元気がでていない。日本のソフトウェア技術の水準が、アメリカのそれと比べて“常に”10年以上は遅れているとも言われている。勿論、バンキングシステムやJRのみどりの窓口システム、あるいは、コンビニエンスストアのPOSシステムや宅配便業者の物流管理システムなど、いわゆる「カスタムソフト」と呼ばれるソフトウェアを高い信頼性をもって構築する技術ならびに生産管理技術は、わが国なりの技術を確立しているし、ゲームソフトでも世界をリードしている。しかし、「アメリカと比べて10年以上は遅れている」という印象は拭うことができないのが事実と受け止められている。

このような状況の中で、わが国のソフトウェア

技術の問題を議論する輪が広がってきている。ここでは、速効的な解決策を探るというより、少々時間を掛けてでも、じっくりと腰を据えて改善すべき問題点に着目して解決策を考えるべき事項に関して、対策を提言する。

2. 長期的視点からの3つの提言

急がば回れ、という諺にあるように、日本のソフトウェア技術が抱える問題点を解決するために取り組むべき長期的な戦略を提言する。基本的には、いずれも人材を育てることに關する問題である。

提言1. 独創的なアイデアを育てる環境の育成

コミュニティの中から出た独創的な発想を育てる雰囲気とメカニズムをそれぞれのコミュニティの中に作り上げる。

日本の社会は、身内から出た独創的なアイデアや他と異なる発想を上手に育てられない風土があることが良く指摘される。一方、「情報」は基本的には新しい情報に価値がある。情報を経済活動の基盤に据えるためには、情報の生産技術が基本であり、ソサエティーは全く新しい情報を生産する機能と能力を備えている必要がある。これは、多量生産によるコストの低減を旨とするモノの生産戦略や生産技術とは本質的に異なるものである。わが国のソフトウェア技術の向上のためには、このようなわが国に特有と思われる風土を改める努力が必要である。少なくとも情報技術に携わるコミュニティから改善していくことを提言したい。特に日本のコンピューター産業の中で独創的なアイデアを育てる雰囲気を醸成する必要がある。そのような動きを促進するために、民間企業や大学、国研で生まれた優れたソフトウェアのアイデアが、効果的に育ちうるような環境を提供するた

めの資金を公的な機関が提供するという施策も一案である。

[背景]

80年代の始まりの当時のアメリカは、日本の産業技術に高い関心を示す雰囲気にあった。SRI インターナショナル（スタンフォード研究所）の会長に就任して間もなかったミラー博士は、スタンフォード大学コンピュータサイエンス学科の新しいビルの落成式で、クヌース、マッカーシー、ファイゲンバウムなど、スタンフォード大学のそうそうたる教授陣を前に、檄を飛ばしていた。「ハードウェアでは日本に負けているが、ソフトウェアに関しては当分アメリカが優位を保てる状況である。頑張れ」と。何故に優位が保てているかというところ、「ソフトウェアの分野は研究者の創造性がある。日本人はこのことを十分知っているが、創造性の点で劣っていると思込んでいる。自分たちのこの弱点を克服するために、教育制度の見直しを試みている。本当は彼等は創造性が特に劣っているわけではないのに。実際、新しい発想ができる若者たちも育っている。」というのがミラー博士の分析の前半であった。ところがその後半で、「日本にはその資質を備えた若者が育ちつつあるが、彼等がその創造性を発揮したくても、日本の社会はそれを受け入れるような風土にない。これは当分変わることがないであろうから、ソフトウェアでは当分の間、アメリカがリーダーシップを取ることができる。」というのである。

15年以上たっても今だに「アメリカのと比べて10年以上は遅れている」印象を持つとすれば、ミラー博士の指摘された点はかなり根深いものようである。少なくとも情報技術に携わるコミュニティーから改善していくことが必要であると考えられる。

提言 2. 社会的制度の点検と改善

コンピュータおよびネットワークによる情報処理に適応した社会的制度への変革を起す努力を行う。

コンピュータによる情報処理技術は人類の文明にとって新参者である。とくに日本の場合、新し

い物が社会システムの中に入ってきて、戸惑いが生じているのみならず、従来の法体系や社会規範の中で、情報処理システムとその利用に関して、位置付けが正当になされていないものが多数ある。このままではせっかくの新しい社会インフラとしての情報処理システムを有効に活用できないばかりか、需要からの刺激を受けた新しい技術開発も滞り、世界に対して情報発信が益々できなくなってしまう恐れがある。

情報処理システムやソフトウェアの特質に合わせて社会を見直す更なる努力が必要であると考えられる。やはり新しいブドウ酒は、古い革袋に入れ続けるわけにはいかない。

[背景]

最近規制緩和の動きが急である。新しい社会基盤として情報処理システムとネットワーク社会を目指すためには、それ以前の社会インフラを前提としたさまざまな仕組や制度を改めなければならないのは言うまでもないことであるが、現実はそのような改革の進行速度が諸外国と比べて非常に遅いのが気になるところである。古い革袋を新しい革袋に取り換えるために、どんなことをやってきたか。ネットワークを含めた情報技術は、なかなか日本の法体系の中では考えられないもので、制度的に数々の障害があった。このハードルを越えるための今までの努力の事例として以下のようなものがある。

(1) ネットワークと通信事業

アルパネット (ARPA-net) は、アメリカで1970年代にすでに実用化されていたが、日米間で公衆回線でデータ通信ができるというサービスは1980年までなかった。KDDがその秋、パケット通信サービスを始めてから初めて日本から米国のタイムネットなど商用ネットワークにつながるようになった。ネットワークがソフトウェアや情報の研究を進める上で、重要なツールであることは我が国においてもかなり以前から認識されていたが、ネットワークが情報処理技術を研究する国立研究所にすんなり入ってきたわけではない。日本では1986年、東大の計算センターを中心としたJUNETが動き始めた。電話回線を使ってパケツリレー方式でメールやニュースを交換するものである。こ

のとき、メールを流すと通信事業法に触れると問題になった。これをクリアしないと国の機関が使うわけにはいかないという意見が管理者側には強かった。

(2) ネットワークによる情報交換と建前論

計算機は国有財産として登録されているので、不特定の人が使っているのか。電総研のような国の研究機関が情報伝連のリレーサービスをしているのか。やり取りする情報の中に違法なものがあったら、だれが責任を取るのか。ファックスを導入したり、専用電話回線を引いたりするのも難しい時代の中で、ネガティブな議論が満ちていた。それに通信にかかわる費用負担を誰がするかも問題になった。安心して利用できるようになったのは1994年、科学技術庁が旗を振った省際ネットの実現だった。いくつかの省庁が提携してお墨付きのもとに動き出したことは、制度的心理的な面で、省際ネットの完成は大いに意味があった。

(3) ソフトウェアの配布と国有財産管理

ソフトウェアを高度なものに育てるには、自分でこっそり楽しんで論文を書いているのでは無意味である。作ったものは人に使ってもらわねばならない。最近のソフトウェアは規模が大きくなり、他の人が作ったものの上に積み上げて、共同作業で育てるという側面が強くなっている。このような場合、国の機関として注意をしなければならないのが国有財産管理法による管理規定である。研究者が作成したソフトウェアやデータは、(財産価値があれば) 建て前上国有財産として扱われる。従って国有財産としての使用許諾の手続きが必要になる。ソフトウェアの場合、次々と改良が加えられるものであり、特許の使用許諾とは性質を異にした側面があるため、従来そのままの規定の適用は困難であった。

プログラミング言語などは人に使ってもらって初めて意味を持つ。過去において、国立研究所の職員が作成したプログラムを大学や研究機関に配布するに当たって、霞ヶ関の担当部署に許諾を求めても、かつては返事が返ってこなかったものだ。1985年ごろ、電総研で画像処理研究のためのパッケージソフトを開発したが、公開までに非常に時間がかかった経験がある。そこで研究現場では学

術使用許諾契約書を作成し自主的に配布する方法しか見当たらない状況にあった。インターネット時代を迎えて、いくつかの変遷をたどりつつ、最近、プログラムやデータの扱いを明確にした「職務発明等取扱規定」に集大成されている。

このような制度等の見直しの結果、公的機関で研究開発されたソフトウェアを公開しながら、使えるソフトウェアで勝負していこうという環境が整いつつあり、目に見える成果も出始めている(注参照)。ソフトウェア技術の研究を効果的に進めるには、良質な利用者集団を育てなければならない。パッケージソフトの場合、利用者からのフィードバックによって高度化が進み、使える物に育っていく。この、「使えるソフトウェアの提供」→「良質な利用者からのフィードバック」→「ソフトウェアの高度化」というループを活用することが優れたソフトウェアを生むための基本である。公的機関の場合、「実証型ソフトウェア」の研究開発を円滑に進めるにあたって、制度的な研究環境を情報技術のR&Dに適合するものへと整備することが必要であった。産業界ではパッケージソフト型の技術開発の足腰を強化するためにも、ネットワーク利用を促進する戦略が重要な役割を果たすと考えられる。

注：最近、この様なソフトウェアの環境を整えた効果と思われる成果が電総研からも出始めてきた。まず多言語エディターMuleが注目を浴びている。このソフトはユニックスのワークステーションを持つ国内はもとより、海外も含めた研究集団で使われている。英語がベースだが、電総研の研究者が日本文字のほか、多くの言語の文字を扱える枠組みを考案したことによって、世界各国の研究者が、それぞれ得意とする言語の文字を扱えるように協力してくれて開発されたソフトである。ネットワークの上でバーチャルラボラトリーが出来ている。

ネットワークがらみでは、Dele Gateも広く利用され始めている。インターネットではセキュリティが問題になっているが、悪意を持った部外者に入り込まないように“ファイアウォール”で、排除する仕掛けになって

いる。更に最近は JAVA の先を行く Horb というソフトウェアが生まれている。

提言 3. 情報技術分野に適したアカデミアの評価規範の確立

情報処理に関するわが国の学会は、研究業績としてソフトウェアを正当に評価する規範を持つべきである。

アカデミアソサエティとしての日本の学会の活動が、ソフトウェア技術の向上にもっと効果的に寄与すべきである。ソフトウェア技術を育てるためには論文至上主義に基づく業績評価のメカニズムだけでは、必ずしも適切な結果を助長しない。むしろソフトウェア技術そのものを評価し業績として認める規範が必要になっている。具体的には、学会はソフトウェアについても、業績として審査し認証する機能を持つべきである。

[背景]

村上陽一郎著「科学者とはなにか」に、科学者の共同体としての学会の歴史的考察と評価のメカニズムが述べられている。それによると、学会と言う専門家集団は19世紀の後半から形成され始め、専門の研究者として認められるためには「研究論文」を發表することが義務づけられる、とある。

論文が学会の機関誌であるジャーナルに掲載されるためには、レフリーによる査読をクリアしなければならない。その際の基準の第1はサムシング・ニューイズムと呼ばれるものである。従来 of 学問の世界では、それぞれ学会にはその学会固有の知識体が形成されており、レフリーは投稿されてきた論文が、共有財産として所有している知識体に対して、何か新しいものを付け加えるものであるか否かを最重要の判断基準として評価を行っている。

ソフトウェアには、そのコンセプトに新規性と学問的価値があるものはもとより、機能的に有用であり実用的な効用が大きいもの、実装技術が優れていて処理速度や保守性能が高いものなど、サムシング・ニューイズムを越える多様な評価軸がありえるのではないか。このように、ソフトウェアの技術分野固有の評価基準を確立し、アカデミアの業績評価の基準を確立するのが、この分野の研究開発のターゲットを明確化することにつながり、ひいては、ソフトウェア技術への魅力を提供することができるはずである。

情報処理に関するわが国の学会は、研究業績としてソフトウェアを正当に評価する規範を持つ努力をすべきである。

国立計算機科学高等研究所の設立構想

慶應義塾大学理工学部 土居範久 (どい のりひさ)

ソフトウェアは5年から10年アメリカに遅れをとっているとよく言われるが、技術に関してアメリカに負けているところはない。圧倒的に負けているのは、技術力によるのではなく、アメリカのダイナミズムに負けているのである。この点に関しては、ヨーロッパも同じで、アメリカの一人勝ちといった様相を呈している。ただ、惜しむらくは、日本は、コンセプトを産み出す力に欠けている。

計算機科学（コンピュータサイエンス）は、もの造りの科学／工学である。完成品を造ること、つまり“設計”を徹底して行わないことには、コンセプトは生まれにくい。しかし、残念なことに、我が国の大学においては、計算機科学の重要なアプローチのひとつであり、コンセプトを産み出すために必要不可欠な、この“設計”を追究する体制がとりにくい。ソフトウェア造りに必要とするソフトウェアファクトリーがないだけでなく、質のよい研究者や労働者をたくさん抱えることができないからである。つまり、日本の大学にはソフトウェア工学が馴染まないのである。

また、研究推進に必要な研究者の数や研究費等が著しく少なく、研究施設等にも問題があることなどから、日本の経済力の大きさ、産業規模の大きさに比較すると、計算機科学は、まだまだ国の内外の期待にこたえるだけの十分な貢献を果たしているとは言えない状況にある。欧米のみならず、アジア諸国における情報技術分野の教育・研究および産業の育成にかかる努力を見ていると、我が国も早急に体制を整えなければ、国力に相応しい貢献をすることはできない。

コンセプトを産み出す能力を身に付けた人造りのためにも、計算機科学の成果を社会に活かすためにも、長期にわたって継続的に研究を推進する必要があることから、いま、我が国で早急に必要としているのは、大学における教育・研究では実行することの難しい実用化に向けた研究を行なう

ための研究所である。

諸外国の例をみても、基盤的な計算機科学の研究成果を活用するための長期的研究を実施するために、計算機科学の研究に対する求心力のある研究機関をはやくから設立しており、大学等と連携をとりつつその国の学問分野の発展に寄与している。

ともかくにも、アジアに於けるここ数年の計算機科学の分野の発展には目を見張るものがあり、なかでも、韓国、台湾などでは欧米で活躍している自国出身の研究者を連れ戻すことを積極的に行い、国をあげてこの分野の研究・教育はもちろんのこと産業の発展に力を注いでいる。また、インドではバンガロールにいわゆるシリコンバレーを作り上げ、計算機産業を国の発展の要にしつつあり、米国や日本の企業も進出するとともに、かなりの開発・研究業務も発注している。マレーシアは“マルチメディア・スーパー・ユリドール”という計画をたて、2020年にはアジアの情報通信のハブになることを目指して、大改革を行いつつあるし、香港、シンガポールでも初等・中等教育から計算機教育にかなり力を入れてきており、タイやインドネシアも力を入れようとしている。さらに、韓国では、省庁の見直しを行った折りに情報通信省をつくり、情報と通信を一つの省（部）で管掌するようなことまでしている。

アメリカを見てみると、4年前、クリントン政権が発足後1箇月の間に、

- (1)雇用を創出し、環境を保護する長期的経済成長
- (2)国民のニーズに対し、より生産的でより敏感な政府
- (3)基礎科学、数学および工学分野における世界的リーダーシップ

といった戦略目標を、まず、立てている。また、1993年11月23日にはクリントン大統領は、改めて、「我が国は、現在および将来の目標を実現するために、科学、数学、工学分野において今後とも世

界に指導力を発揮していかなければならない。」と述べ、さらに、「我々は、産業界、州政府、および地方行政、国内の学校、専門学校、大学との協力関係を強化しなければならない。我が政府は、明日のアメリカを築くために、科学への投資を最優先にすることを公約する。」と述べている。そして、1995年6月にはクリントン大統領とゴア副大統領との共著になるホワイトハウス文書「Science in the National Interest (国家利益のための科学)」を発表し、国家利益のための科学を方向付けしていくために、

- (1)科学的知見の最先端でリーダーシップを維持すること
- (2)基礎研究と国家目標との連携を強化すること
といった目標を立てている。そして、そのために、
 - (1)基礎科学および工学における投資と物的・人的および財政的資源の有効活用を促進するパートナーシップの育成
 - (2)21世紀のための最も優れた科学技術者の育成
- (3)すべてのアメリカ国民の科学技術に関する理解力の向上

といったことを約束している。さらに、その文書では、「教授陣や学生達が、産業界の研究や産業界によって資金提供を受けた研究に係わることで、研究成果そのものを凌ぐ多くの利益がもたらされる。」と述べている。

情報通信システムは、これらのための中核として位置付けられ、この分野を着実に発展させることに、多大なる関心が払われている。HPCC (High Performance Computing and Communication) プロジェクトは一応昨年度で終了したが、全米科学財団 (NSF, National Science Foundation) では、計算機科学分野の長にチューリング賞授賞者の Juris Hartmanis を迎え、5箇所のスーパーコンピュータセンターとシステムセンターを中心に、計算機科学分野のより一層の充実を図ろうとしている。また、National Research Council で、アメリカの英知を集めて作り上げた報告書 “Computing The Future” では、今後とも計算機科学・工学分野においては、基礎的な研究と学際分野の研究を中心に、今まで以上にしっかりやっ

我が国では、我が国の科学・技術の現状を踏まえて1995年11月15日に“科学技術基本法”が公布された。この科学技術基本法には、研究・開発に係わる情報化の促進がうたわれており (第13条)、科学・技術に関する情報処理の高度化、科学・技術に関するデータベースの充実、研究・開発機関等の間の情報ネットワークの構築等の研究・開発に係わる情報化の促進のための施策が求められている。そして、1996年7月2日には、その実施計画としての“科学技術基本計画”が閣議決定されたのである。これらで求められ実施されようとしている科学・技術の情報化を支えるためには、情報を扱う学問分野を健全に発展させ、成熟させることが肝要であり、計算機科学はこうした学問の中核をなす分野である。つまり、計算機科学分野の研究を推進することは、科学・技術の情報化を促進するための基盤の確立を目指す科学技術基本法でまさに求められているものなのである。

いまや、あらゆる学問分野の研究が“情報抜き”では考えられないということからも、また、計算機科学の発展的な拡大とともに、人文・社会科学から自然科学にわたる幅広い学術研究を支援する基礎的学問としての計算機科学の役割が大きくなり重要性がますます増大していることから、このような役割を担う国立の研究所を我が国にも設置し、計算機科学の研究を推進することが急務である。

以下に抄録を掲載する“国立計算機科学高等研究所設立構想”は、このようなことから、日本学術会議で、情報学研究連絡委員会 (委員長:土居 範久) が情報工学研究連絡委員会 (委員長:萩原 宏) と緊密な連携をとり審議した結果を取りまとめ、第4部 (理学) および第5部 (工学) との共同の対外報告として、1996年9月20日付けで発表するとともに、将来の勧告に向けて、1996年10月17日の日本学術会議総会で討議された日本学術会議情報学研究連絡委員会・第4部・第5部報告“計算機科学研究の推進について”の一部である。

最後になったが、本稿をまとめるにあたり御協力頂いた東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻武市正人教授に厚く御礼申し上げる。

国立計算機科学高等研究所設立構想（抄録）

1. 国立計算機科学高等研究所設立の趣旨

2. 計算機科学研究の背景と高等研究所設立の必要性

計算機による情報処理は現代社会において欠くことのできないものとなっており、どの学問分野の研究においてもきわめて重要な役割を果たしている。科学分野の研究にあつては、伝統的な理論と実験に加えて第三のパラダイムとしての計算手法として寄与してきており、工学分野では設計技術に計算機による処理が不可欠なものとなっている。

人間の知的活動において計算機による情報処理が重要な地位を占め、本質的なまでに位置づけられるようになったのは、大量の情報を利用したいという願望、高度に処理された情報を手にしたいという知的欲求によるところが大きい。実際、計算機が50年前に出現して以来、計算機のハードウェア・ソフトウェアに係わる学問と技術による情報の蓄積と処理の実現は人間の知力の増幅機として結実し、われわれの社会に18世紀の産業革命にも匹敵する“情報革命”をもたらしつつある。

計算機科学はこのような情報革命を支える学問として着実に成果をあげてきた。計算機科学における主要なテーマは、アルゴリズム（算法）的考え方、情報の表現法、およびそれらを具現する計算システムに集約される。この学問分野は計算機“科学”と呼ばれるが、そこには理論と抽象化に基づく科学的手法と、抽象化と設計を規範とする工学的手法の融合が見られ、それが学問分野形成のひとつの特徴にもなっている。計算機科学のどの研究分野にも、科学的原理を追究して方法論を確立するという科学的側面と、それに基づいて問題解決のための計算システムを設計し実現するという工学的側面が連係した体系が存在する。

計算機科学の学問としての歴史は伝統的な学問分野に比べてきわめて短い、上にあげたような他に類を見ない学問の特質から、その間の成果は社会および学問分野に大きな影響を与えており、

情報革命を支える中核的学問としていっそう重要性を増してきている。こうしたなかで、人類の知的資産を継承しつつ知力増強を目的とする情報革命を成功に導くためには、これまでに確立された基盤的な計算機科学の各分野を成熟させるとともに、あらたな知的概念を総合的に融合する研究を推進することが肝要である。我が国においては、これまで、計算機科学分野の国立の研究所が存在しないために、研究の中核的組織がなく、今後の研究を支えてゆく体制が不十分といわざるを得ない。いまや、あらゆる学問分野の研究が“情報抜き”では考えられないということからも、また、科学研究の空洞化を防ぎ、将来の学問の発展を促すためにも、計算機科学の研究を推進する高等研究所の設置は急務であるといえる。

- 計算機科学の中核的組織の必要性
- 総合的な研究を推進する機関の必要性
- 先端的な研究を推進する機関の必要性
- 産学研究者の交流推進機関の必要性

3. 計算機科学の研究分野

計算機科学が学問としての基礎を築いてから50年ほどであるが、現在の研究分野は多岐にわたっている。すでに確立された分野もあるが、そこにもなお多くの課題が残されている。また、それらを基礎として、新しい視点、社会的な要請などから生まれてきた分野もある。さらには、他の学問分野との刺激によって、あらたな学問分野としての発展の芽となる研究分野も考えられる。これらは基盤・総合・先端のキーワードを冠した計算機科学として捉えることができる。計算機科学はつねに発展し続けており、研究分野は研究の進展とともに変わってゆくものである。以下に示すものは計算機科学分野の現在の姿である。

● 基盤計算機科学

計算機科学として現在までに確立された基盤計算機科学として以下の11分野があげられる。これらは、文部省の調査研究に基づく「大学等における情報処理教育のための調査研究報告書」（平成3年3月）および米国計算機学会（ACM）による報告書 *Computing as a Discipline* by P. J. Denning, *Comm. ACM* 32,

pp. 9-23, 1989 をもとにして、現状にあわせて研究分野を記したものである。米国 National Research Council による広範な調査報告に基づく提案書 *Computing the Future* (J. Hartmanis and H. Lin eds., 1992) でも、これらを中核的な計算機科学として定義している。

- ・情報学基礎 (情報と情報構造)
- ・算法設計 (アルゴリズムとデータ構造)
- ・計算モデル (プログラミング言語)
- ・計算機構 (アーキテクチャ)
- ・計算情報処理 (数值的・記号的計算)
- ・ソフトウェア機構 (オペレーティングシステム)
- ・ソフトウェア設計 (ソフトウェア方法論・ソフトウェア工学)
- ・情報ベース (データベース・情報検索)
- ・知識情報処理 (人工知能・ロボティクス)
- ・多元情報処理 (人間・計算機インタラクション)
- ・情報ネットワーク (データ通信と情報ネットワーク)

基盤計算機科学のどの分野にも、理論・抽象化・設計の三つの学問的手法が見いだされ、自然科学と工学が相互に刺激を与えつつ発展してきている。情報を対象とする自然科学としてのアプローチでは、情報のありかたを観察したうえで、それを操作できる対象として抽象化し、モデルを設定する。また、工学的アプローチでは、モデル化をおこなうことと、それに基づく情報処理のシステムの設計が主題となる。

理論的手法の源泉は数学に見いだされるものであり、定義・定理・証明、および結果の解釈からなっていて、これらが繰り返されて、首尾一貫した理論を構築する。抽象化の概念は実験科学に見られるもので、仮説の設定・モデルの構築・実験、および結果の解析を繰り返して行なって、現象を解明する。また、設計は工学の基礎であり、要求記述・仕様記述・システム設計、およびシステムのテストを繰り返して問題解決のためのシステムを構築する。このような学問的手法が自然科学と工学の融合をもたらし、基盤計算機科学の体系を形作っている。

●総合計算機科学

計算機科学は基盤計算機科学にみられるように、自然科学と工学の学問の壁を越えた融合を特徴として発展してきた。一方で、計算機科学においてはつねに、それまでに確立された分野やその学問的アプローチとは直交した方向で、あらたな概念に基づいて研究が進められてきている。現在の基盤計算機科学の分野も、ある時期にはそれまでに成熟していた分野の上に構築されたものである。今後、基盤的な計算機科学の分野として扱われると期待され、また、学問としての計算機科学の体系に影響を与えると考えられる研究課題は山積している。これらは、現在の基盤計算機科学の各分野にまたがる基本的問題を横断的に扱う総合計算機科学としての研究分野であり、

- ・大規模情報処理 (大規模情報資源と情報意味論)
- ・大規模分散並列計算
- ・巨大ソフトウェアシステム
- ・大規模非均質情報処理
- ・高信頼計算システム
- ・実世界計算システム

などがある。総合計算機科学の分野は基盤計算機科学の成熟とともに、その成果の上に立って、情報革命を担う計算機科学のあらたな発展を目指すものである。このような総合計算機科学の成果は基盤計算機科学にあらたな視点を与え、計算機科学のさらなる発展を促すものといえる。

●先端計算機科学

伝統的な学問の各分野から計算機科学分野を見ると、計算機科学はそれぞれの分野に情報処理技術や計算的手法を提供しつつ、その分野の諸問題に対する普遍的な理論・技術を構築する学問であるということが出来る。これまでにも、学問の壁を越えた“情報”の普遍的な扱い方が学問研究・技術開発に貢献してきているが、さらにこのような研究を通じてあらたな学問分野を創生することが期待されている。

こうして、さまざまな学問分野との接点で生まれる先端計算機科学の研究は“冒険的”な性格をもっており、基礎的な分野、総合的な分野

の確固たる安定した研究の上に成立するものである。たとえば、伝統的な計算機科学分野の研究と脳科学、分子生物学などの研究からあらたな情報処理の形態が創出されるものと考えられる。また、さまざまな学問分野における多様な情報を蓄積するためのデータベース技術も、学問領域を越えたところに発展するものである。これまでも、計算機科学は基本的な成立形態において他の学問分野や社会・産業と密接に連携しつつ成熟してきており、情報革命を支える学問として幅広く研究が進められている。

計算機科学の研究体系は、基盤計算機科学分野とそれらの理論・抽象化・設計のアプローチを2次元に配置し、その上に横断的概念による総合計算機科学分野の研究課題を配した3次元的形式で表現することができる。基盤計算機科学のさらなる成熟は、総合計算機科学の発展とあいまって、計算機科学の進歩につながるものである。さらに、このように3次元に配置された分野と他の学問分野との接点から創生される先端計算機科学の研究は、計算機科学分野全般に限らず、あらたな学問の芽となり、学問研究に刺激を与えるものであるといえる。

4. 計算機科学の成果

5. 諸外国における国立計算機科学研究所の例

諸外国においては、計算機科学の学問としての重要性の認識のもとで、国立の研究所が設立されて大きな成果をあげてきている。代表的な機関には

- アメリカ
- NSFによるスーパーコンピュータセンター5機関とシステム研究センター5機関、SEI (Software Engineering Institute)、など
- フランス
- INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique)
- ドイツ
- GMD (Forschungszentrum Informations-technik GmbH)
- オランダ

●CWI (Centrum voor Wiskunde en Informatica)

などがある。

これらの国立研究所の規模・運営形態に違いはあるが、たとえば、フランスのINRIAでは常勤300名・客員660名の研究者、ドイツのGMDでは研究者620名の研究者を擁し、計算機科学のさまざまな分野の研究を推進している。

6. 国立計算機科学高等研究所の組織

計算機科学高等研究所においては、基盤計算機科学の各分野を核として総合計算機科学の研究を推進する恒常的体制と、これらの分野と協調して学際的な先端計算機科学のプロジェクトを実施するための流動的体制を併存させる。

研究所における部門は基盤計算機科学、総合計算機科学、および先端計算機科学の分野をあてるものとする。基盤計算機科学11分野に対してそれぞれ8名の研究員、総合計算機科学6分野にそれぞれ10名の研究員を常勤研究員として配置する。さらに、先端計算機科学の学際的研究を推進するために常勤研究員12名を中心に、客員研究員40名を配して4分野でプロジェクト研究を実施する体制をとる。

研究所は、全体として160名の常勤研究員と40名の客員研究員で組織する。

- 基盤計算機科学研究部門 11小部門に各8名の常勤研究員
 1. 情報学基礎
 2. 算法設計
 3. 計算モデル
 4. 計算機構
 5. 計算情報処理
 6. ソフトウェア機構
 7. ソフトウェア設計
 8. 情報ベース
 9. 知識情報処理
 10. 多元情報処理
 11. 情報ネットワーク
- 総合計算機科学研究部門 6小部門に各10名の常勤研究員
 1. 大規模情報処理

-
2. 大規模分散並列計算
 3. 巨大ソフトウェアシステム
 4. 大規模非均質情報処理
 5. 高信頼計算システム
 6. 実世界計算システム
- 先端計算機科学研究客員部門 4小部門に各3名の常勤研究員と各10名の客員研究員によりプロジェクト研究を行なう。

本稿は、日本ソフトウェア科学会誌「コンピュータソフトウェア」Vol. 14, No. 1, 64-74, 岩波書店発売（1997年1月）に掲載された拙著“国立計算機科学高等研究所の設立に向けて”に加筆したものである。

—活動報告—

第1回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年1月27日(金)

議題：委員紹介、今後の活動計画について

第2回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年3月13日(月)

議題：講演「ドイツミュンヘン大学 Martin Wirsing 教授」

題名「The Current State of Software Engineering in Germany」

及び

情報システムの社会への浸透について

第3回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年4月10日(月)

議題：各組織のソフトに関する現状紹介、委員会の進め方について

第4回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年5月11日(木)

議題：文化とソフトの関係に関して、及びユーザ企業とメーカーに関して

第5回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年6月5日(月)

議題：国家としてのソフトに対する将来の情報技術と戦略課題について

第6回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年7月5日(月)

議題：情報と人間の関わりについて、及びシステム構築方法について

第7回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年9月12日(火)

議題：ソフト開発に対する大企業と小企業の取り組みの違いについて

第8回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年10月19日(木)

議題：歴史的観点に基づく対策の重要性、及び情報システムの課題について

第9回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年11月14日(火)

議題：ソフトウェア問題の明確化と戦略について

第10回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成7年12月13日(水)

議題：ソフトウェアの特質について、及び日本でパラダイムシフトを起こすには

第11回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年1月31日(水)

議題：「官」の役割について、及び世界のリーダーシップをとるための教訓

第12回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年3月11日(月)

議題：開発体制と今後の方策について

第13回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年4月22日(月)

議題：向こう半年間で議論すべき技術的議論の枠組みについて、及びデンバー空港システムの失敗事例について

第14回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年5月20日(月)

議題：ソフトウェア問題の分野論について、及び産業構造の変革について

第15回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年6月18日(火)

議題：今後議論すべき対象ソフトウェアの分類について

第16回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年7月16日(火)

議 題：ネットワーク系ソフトウェアに関する問題について

第17回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年9月26日(休)

議 題：システム系ソフトに関する問題について

第18回 情報工学振興検討小委員会

開催日：平成8年10月28日(月)

議 題：10年先を見た場合の新しいハードとそれに対する基本ソフトについて

1997年3月25日

編集
発行 **日本工学アカデミー**

〒100 東京都千代田区丸の内1-5-1
新丸ビル4-007

TEL : (03) 3211-2441~2

FAX : (03) 3211-2443