

インターネットワーキングと大学教育

楠 菊 信

論 旨

トランジスタは産業の米といわれたが、最近のコンピュータの中核をなすマイクロプロセッサは産業の頭脳であり、時計、家電、自動車等の日用品をはじめ、計算機、ネットワーク等の知脳となり、社会の仕組みを変えるまでに至っている。

ここでは計算機のハードウェア・ソフトウェア・ネットワークの発展の経緯、従来の通信網とインターネット的計算機網の相互関連、大学におけるマルチメディア等について述べ、最後にアントレプレナー的人材育成を志向する、本学の経営情報学部の教育研究との係わりについて述べる。

1. マイクロプロセッサの開発経緯

図1はコンピュータの処理の中核をなすMP(マイクロプロセッサ)の近年の発展状況を示したもので、縦軸はMIPS(million instructions per second),横軸は最近の30年を示している。縦軸の対数メモリに対し、さらに右肩上がりの急峻さで伸びており、その発展ぶりはすさまじいものである。左下のインテル4004は最初にLSIチップ化されたMPで、()内の0.75,4の数値はクロック数が $0.75 \times 10^6 / \text{秒}$ 、演算データビット長が4ビットであることを示している。このときのトランジスタ数は、2300個であった。これが25年後には右上のDEC社のAlphaの(200,64)と、驚異的に高性能化されている。現在も日進月歩であり、最近のものは図示されていないが、最新のMPの1つであるPentium Proは、Alphaのさらに倍位の性能を持ち、1cm × 1cmのチップの中に2000万個のトランジスタが集積されているようであ

る。一昔前のメインフレームを遥かに凌駕する高性能のMPが超廉価で入手できるのであるから、我々の技術的環境に大きなインパクトを与えるのは当然であろう。

2. マイクロプロセッサの動作

MPはマイクロプロセッサの名の示すように、極めて小さくなったが、基本の考え方は、50年前にノイマンが考え出して以来残念ながらあまり進歩していない。製造技術の力でLSI化され、小さく高性能となったというのが本音である。図2のように、MP、RAM(random access memory: しょつ中変わる様なプログラムやデータを記憶する書き替え可能なメモリ)、ROM(read only memory: あまり変わらない又は壊れては困る様なプログラムやデータを記憶する固定的なメモリ)が中心となる。コンピュータの動作は非常に簡単な基本動作に分解される。すなわち、

- IF(instruction fetch)

- 命令をRAMやROMから持ってくる .
- DEC(decode)
命令の機能 , 例えば加算か減算か等を
を解読する .
 - RD(read data)
演算にデータが必要ならば , それを
内部レジスタ , RAM , ROMなどから

- 持ってくる .
- EX(execution)
演算を行う .
 - WT(write)
演算結果をRAMに書き込む .
- の5つの基本動作の繰返しでどんな複雑な
処理も実現されることになる .

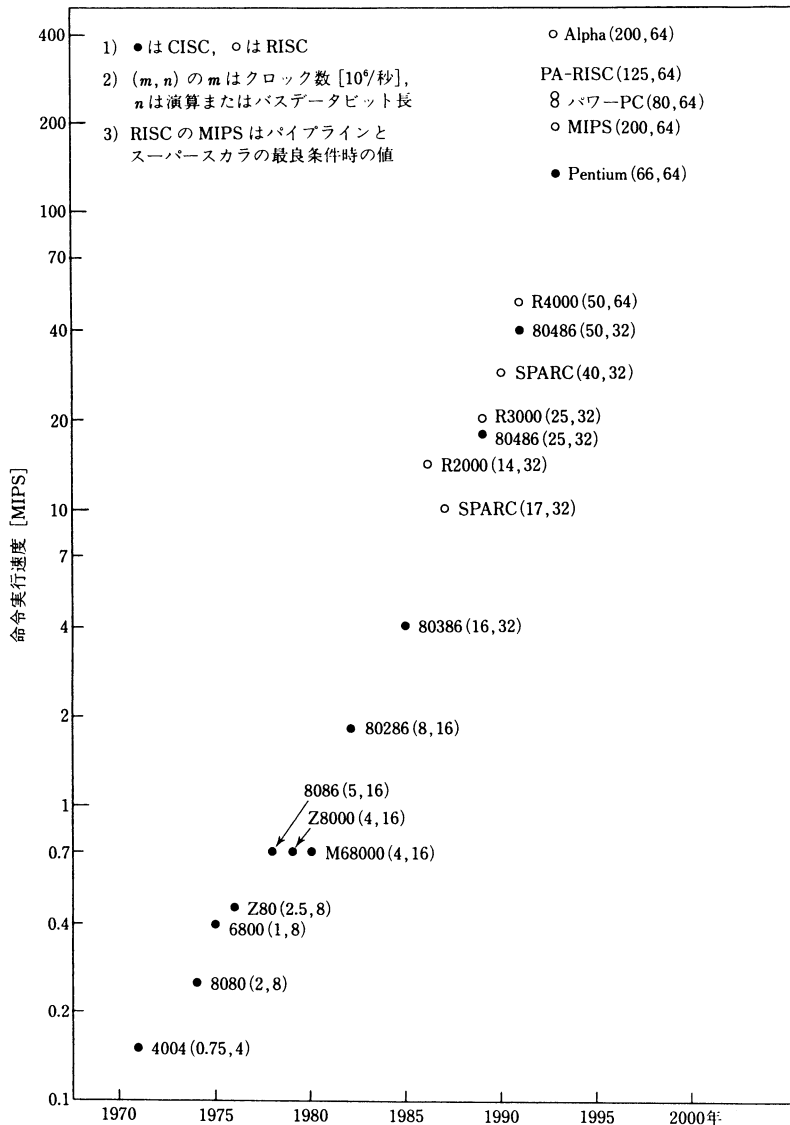


図1. マイクロプロセッサの開発経緯¹⁾

バスは水道の本管みたいなもので、これにいろんなものをぶら下げて、作り易く且つ使い易くしている。これにはメモリの他にマウス、フロッピーディスク、ディスプレイ、通信線(RS232C等のインタフェース経由)などがぶら下がる。最近のマルチメディアでは、拡張IOカードを通して、音声やオーディオ機器等も繋がる。ここで図2のようにMPに必要な周辺装置を接続して、独立にある程度の処理を行えるようにしたものをMC(マイクロコンピュータ)と呼ぶ。このようなMPが中心となって階層的にネットワーク化され、上位のネットワークに順次接続されるが、このとき各階層に応じて適切な接続方法がとられている。

MCの場合、以上の5つの基本動作はすべてMPの意志によって行われる。この意味からはMPは完全なone-man controlのmaster(主人公)であり、RAMやROM等の周辺装置はslave(従者)である。主人公はMP1人であるから通信の衝突ということは起こり

得ない。しかしこれだけでは例外的に困ることがある。例えばディスクのように機械的な動作を伴うものは低速なので時間がかかる。MPがこれに付きっきりになってじっと待っているわけにはいかないで、通信の準備が完了したらディスクの方からMPの動作に割り込んで接続を依頼する。どこかに障害が発生した場合も同様で、必要な手当なしに処理を続行したらエラーとなってしまう。このように周辺装置は割り込みによって意志表示できるが、その順序付けや採否はMPの手中にある。

図2において、今日のMCの隆盛をもたらしたものは、部品的にはMP、RAM、ROMなどを構成するLSI技術であり、方式的には次のマウスとフロッピーディスクである。

(1) マウス

従来キーボードのように文字を用いる入力用IO装置が一般的であったが、人間が計算機を容易に且つフレンドリに利用するた

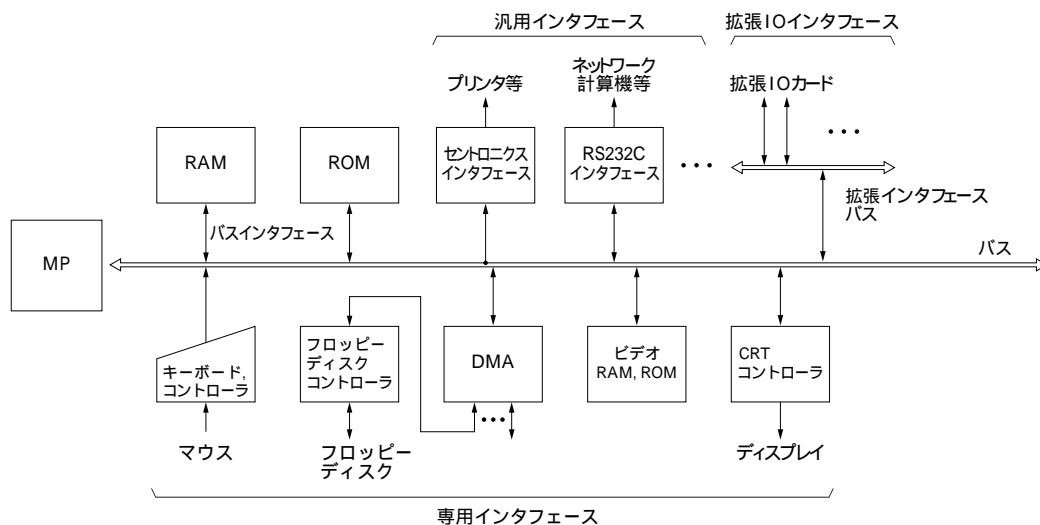


図2. マイクロコンピュータの周辺装置の接続構成例¹⁾

めには、視覚、聴覚、触覚を総合的に利用するマンマシンインタフェースが重要であるとの認識に立ち、改善のためのいくつかの提案がなされた。その一つがマウス (mouse, はつかねずみがうずくまっている姿に似ている) であり、広く用いられるようになった。マウスによる入力方式では、人間の手の動きを画面上のポインタという視覚に変換して操作できるために、キーボードに不慣れな人でも比較的抵抗なく計算機と通信することが可能となった。

(2) フロッピーディスク

フロッピーディスクによるプログラムの運搬は手軽で扱いやすく、その伝達手段として非常にすぐれている。すなわちフロッピーディスクをベースとして、OS (オペレーティングシステム) 種々の高水準言語処理用プログラム、ユーザプログラム等を手軽に且つ安全に移動可能となった。ちなみに MS-DOS の DOS は Disk Operating System の頭字を連ねたものである。

3. マイクロコンピュータを核とするネットワーク化

図3は工学系大学の情報処理システムの例であり、最下位の MC が階層的にネットワーク化され、通信範囲が順次拡大されていくことが示されている。1例として上部中央の*印のブロックは、(Alpha)チップの68台のMCが1本のイーサネット (10Mbps) に繋がれていることを示す。情報処理センター内のMCは上部の2本のイーサネットに收容され、センター棟内のFDDI (fiber distributed data interface, 100Mbpsの光ファイバ) リングにまとめられる。キャン

パス内の他のMCは近隣のイーサネットに收容され、これらは学内最上位のキャンパス内FDDIリングからさらに上位の学外のネットワークに伸びていく。

前述のようにMCの中ではMPが主人公で one-man control であるが、この場合は複数のMCが1本のイーサネットに繋がるので、このことをMA (multiple access) という。このときMCに主従関係はなく、すべて同格なので次のような接続方法をとる。いまAとBという2つのMCがあるとすると、Bが発信中であればAはその信号を傍受すなわちCS (carrier sense) でき、発信を押さえるので問題は生じない。しかし信号には伝ぱん遅延があるので、Bが直前に発信していればCSできない場合が生じる。このときはA、Bの2つが1本のイーサネットに繋がれてしまうので、A、Bの両方に混信が生じる。このような混信を知ったなら、両方とも直ちに発信を中止し、ある時間をおいて再発信するようにしたのがCD (collision detection) の機能である。すなわちこの接続方式はCSMA / CDと呼ばれる。

次の階層はFDDIで、接続にはトークンアクセス (token access) 方式を用いる。全MCが空きのときにはリング上にトークンという1個のパルス信号を流しておき、空きの目印とする。いま発信したいMCをAとすれば、Aはこのトークンを自分の中に取り込んでしまうことにより、リングを自分が使用中であることを示す。Aは宛先アドレスをつけて信号をリング上に流す。各MCはこの信号を順次中継再送するが、宛先MCのみ信号内容を残し、他のMCはそれを素通りさせる。Aが1周した信号を検出すれば、トークンを再びリング上に戻して処理を終わる。この例ではリング上に発信MCが1

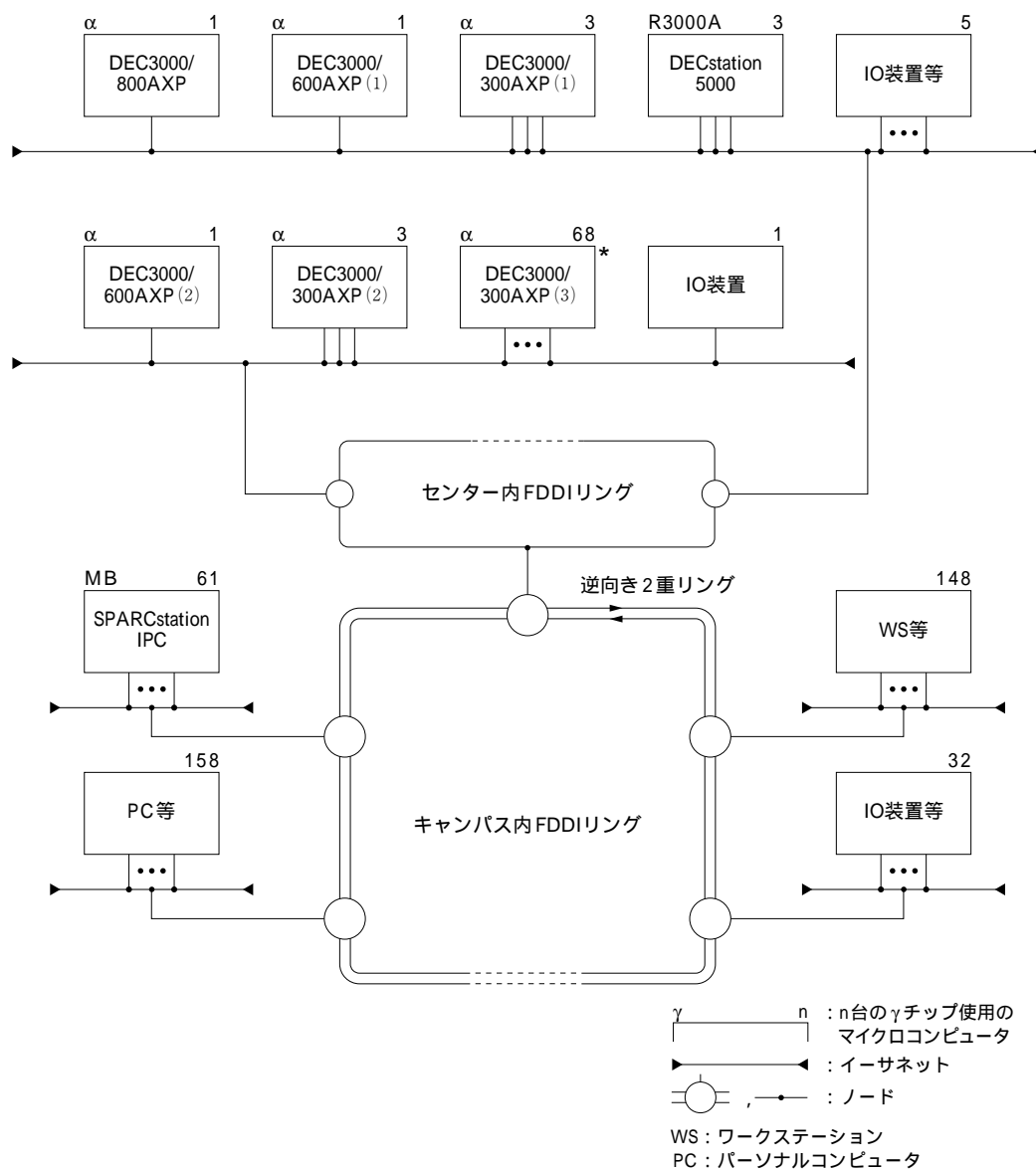


図3. マイクロコンピュータを核とする分散処理システムの例¹⁾

つしか許されないとしたが、複数MC分の信号伝送を許すような拡張版も使われている。

以上の様な階層的な積み上げをしながら、計算機ネットワークは世界的な規模に拡張され発展してきた。すなわち、ネットワー

クをまわりに順次拡張できること、どこかに障害が発生した場合に又はどこかをいじりたい場合に、その波及範囲をできるだけ狭くしたいことから、切れのよい階層化がどうしても必要になってくる。

4. ソフトウェア構造の オブジェクト化

ネットワークの階層化の必要性を前述したが、プログラムやデータの量も増大の一途を辿っており、同様の工夫が必要になる。これらはハードウェアの様に目に見えるものではないためにやり難く、重要にも拘わらず見落されがちである。図4において、例えば「学校に行く」という抽象的な概念に対し具体実現方法として、徒歩で行く(オブジェクト1)、自転車で行く(オブジェクト2)、自動車で行く(オブジェクト3)など種々の方法が考えられる。このとき各オブジェクトはそれに必要なデータと動作プログラム(メソッド)をペアで持ち、自己完結形となっているので設計し易く、又何か変更する必要が生じてても、該当するオブジェクトをいじるだけですむ。

最近では、これを例えば音声や画像処理などのもっと大きいブロックでオブジェクトをとろうとする考えに拡張されてきている。文書の作成中に電話がかかるかもしれないし、動画を再生しているときにファクシミリを受け付けることもある。このように「～しながら、～をする」のがマルチメディアの世界である。このとき上記の新オブジェクト指向の機能が大いに威力を発揮する。

データや知識にも同様のことがいえる。図5において人間を例にとり、をモラルとすれば、これは日本人も米国人も基本的には同じなのでインヘリタンス(継承)可能である。一方生活習慣は日本人の s_1 と米国人の s_2 とで明らかに違ってくる。すなわち知識についても共通部と個別部を階層的に

整理し、且つ使用目的に応じてきれいに分類しておけば、メンテナンスが楽になり、メモリ量が減り、情報検索時間も短くなる。最近発表されたJavaは、オブジェクト指向の考え方に基づいて設計された、多様なオブジェクト化機能を持つプログラミング言語である。

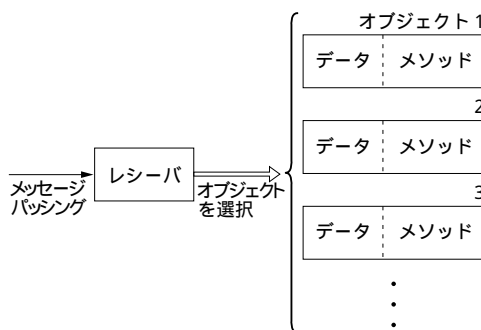


図4. プログラムの概念表現の機構²⁾

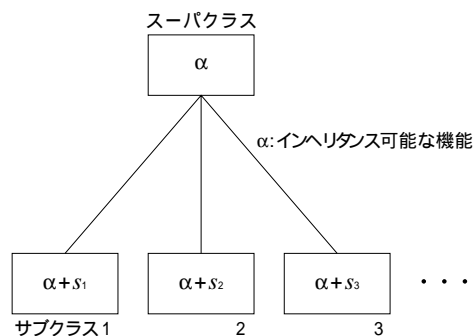


図5. インヘリタンスによる機能表現の階層化²⁾

5. インターネットの特質

現在インターネットが大流行りであるが、これはきわ立った利点と欠点を持つユニークなネットワークシステムといえる。表1に示すように、米国で戦時中に重大なエマージェンシの発生に備え、最低限

表1. インターネットの歴史

1.	ARPANET (advanced research project agency) ・米国防省が1970年代に開発 ・核攻撃や自然災害後の通信確保が目的 ・少数のユーザを対象 ・通信品質(トラフィック渋滞 通信内容の紛失), 料金徴収等は考慮していない。
2.	学術研究用に流用
3.	インターネットとして商業用にまで拡大 ・1. 項の属性を継承する。 ・現在のユーザ数は百数十カ国, 約2500万。増加の一途を辿っている。 ・システム全体に責任を持つ管理者, 運営者, 所有者がいらない。

の通信の確保を狙いとして作られたものであるが、時代の変化とともに学術研究用に、さらに商業用にまで拡大転用されるようになった。すなわち、民事用として予め統一的な設計理念の下に開発されたのではなく、個別の計算機網の接続が自然発生的に行われて出来たものである。

したがってシステム全体に責任を持つ特定の管理者、運営者、所有者が存在するわけではなく、各ユーザはローカルなインタフェース条件さえ満足すれば、誰でもネットワークに加入できる。この開放性によりこれだけの急成長がもたらされたのだと思う。従来存在したことの無いユニークな開発スタイルの利点である。

一方欠点としては次がある。一つは悪質なメディア(犯罪、ポルノ等)の跳梁である。悪平等の世界ではしばしば悪貨が良貨を駆逐する現象を生じがちであり、我々の良識だけで十分かどうかということである。他はネットワークの低信頼性で、通信内容の迷走・紛失・漏洩、遅延時間の不定等である。

これらの欠点を改善する方法として、通信品質と料金の多様化、通信内容の規制、ユーザのモラルに訴える仕方等が考えられるが、これらは何れも前述の利点と裏腹をなすもので、下手にいじると角を矯めて牛を殺すおそれがあり、非常に難しい所と思う。これらの改善は将来に期待することとして、現在のインターネットの機能で間に合うサービスも沢山ある。電話、ファクス、パソコン通信などの通信品質の高いネットワークと組み合わせ、適在適所に使っていけば、従来の社会システムの仕組みを脅かす程の潜在能力を持つことは確かなようである。

以上のようなインターネットの利害特質を勘案し、NTTでは従来の設計手法によりend-to-endで通信品質を保証する、高品質でやや高価格のネットワークをギランティ(guarantee)型、インターネット流のやや低品質で低価格のネットワークをベストエフォート(best effort)型として、サービスの多様化を図ろうとしている。後者については、インターネットを含むコンピュータ通信用の開放形の新しいネットワークをOCN(open computer network)として開発中であり、近々サービス開始の予定である。

6. 大学におけるマルチメディア

大学におけるマルチメディアの考え方を表2のように整理する。2項の両通信の定義に際し、マルチメディア通信の方はこれからの問題としてむしろ望ましい姿で定義し、インターネット通信は現実的な面から現状の姿で定義している。しかし扱うメディアの種類 of 拡張と実時間性の向上は、専らネットワークの性能そのものに依存するので、両者の境界はそれほど厳密ではなく流

表2. 大学におけるマルチメディア

1.	<p>開かれた大学としての基本理念</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大学のリソース（学生，教官，教育研究情報等）を国内外に開放し，相互の活性化に資する．このためにマルチメディア等に関する最新技術を有効に利用する．
2.	<p>通信の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マルチメディア通信 データ，文字，音声，静止画，動画，立体画等の複合形態を双方向・実時間で扱う． ・インターネット通信 データ，文字，静止画等の複合形態を非実時間で扱う．
3.	<p>マルチメディア環境の社会技術相関</p> <p>(1) 交信パスの拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・五感+直感による自，他間の交信が自然である．このためには全感覚器官の駆動が理想である． ・VR（仮想現実）も用い，交信パスを極力拡大する．又交信情報を蓄積，通信する機能により，交信の広域化を図る． <p>(2) 情報の選択</p> <ul style="list-style-type: none"> ・増え続ける情報のためにその整理法と蓄積法に工夫を要する．このとき時間的，空間的に任意にアクセス可能な情報技術の利用が必須となる． <p>(3) 個別教育</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学生の質は玉石混交の傾向を強めつつあり，各学生と個別的に交信可能なコンピュータの利用が有用となる． <p>(4) 省エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資源，時間の概念も広義のエネルギーの中に含め，省エネルギーを総合的に捉える必要がある． ・物理的移動は通信で代替可能であり，情報通信の役割は益々重要となる．

動的である．現在のインターネット通信の扱うメディアは本格版マルチメディアの先駆というべきかもしれない．表2の各部を次の様に少し敷衍してみる．

(1) 交信パスの拡大

我々が他(人,生物,物)と接する時には，天与の全感覚を使用し，五感+直感によるのが理想であり，且つ自然である．従来技術では，五感のうち聴覚と視覚だけがcomputableであったが，最近のvirtual reality技術の発展により，触覚をはじめ，臭覚，味覚についてもその獲得に向かって研究が活発に進められている．近年の理工系離れは，視覚 記憶という特定の器官にだけ頼るために，無味乾燥なものとして多くの若者に嫌われる一因となっている．

(2) 情報の選択

我々の身の回りでは情報が物凄い勢いで増えつつある．大学でいえば，知識の獲得に関し新人は常にゼロからスタートし且つその受容容量はほぼ決まっているわけであるから，基本となる重要な情報を中心にきちんと整理して与えないと，消化不良や拒絶反応を起こしてしまう．社会システムでいえば，トップは膨大な細部の情報に圧倒されてアクセスする意欲を放棄しがちであるし，下部は局所的な情報に詳しいために，自分の立場に固執しがちである．最近我が国の公共的社会システムに大きなほころびが立て続けに生じているが，この両者の乖離も重大な原因の一つと思われる．これは情報論の問題であり，個人の善意だけでは解決できない．社会システムの各ポストにはそのレベルに対応するデータベースが必要な筈で，情報量が多くなればなる程，情報の階層的整理が必要になる．そうでないと，そのポストにふさわしい意志決定ができないことになる．

(3) 個別教育

大学進学率は40%を越し，今や45%に迫る

勢いである。18才人口が減り現存の大学がつぶれないとすれば、進学率は更に上がる筈である。一方進学率が上がれば、玉石混交の石(ここでは知的レベルだけの単純な評価)の比重が高まるのは当然である。すなわち、我々の教育システムに個別教育的な手法を採り入れざるを得なくなってきた。このとき個人の能力別に我慢強く付き合ってくれるパソコンの力を借りる方法が、方々とられ始めている。又今後、大学間の単位互換や社会人のリフレッシュ教育のために遠隔授業が多用される傾向にあるが、このとき個別教育実現のために、ネットワークとして双方向通信の機能は必須となる。

(4) 省エネルギー

資源、労働時間も最終的にはエネルギーに還元されるので、人間の物質生活はエネルギーによって支えられていることになる。したがって、省エネルギーは今後我々の物質生活の重要な規範となる。通信は本来物理的移動に代替可能である。このとき貧弱な通信では代替可能な範囲は狭いが、マルチメディアのような高度な通信になればなるほど、代替可能な範囲は広くなり省エネルギーの効果が著しくなる。出来るだけ少ないエネルギー消費で高度な文化や文明を維持することが、今後の重要な課題となろう。

7.アントレプレナー志向

(1) 最近の起業環境

アントレプレナー(entrepreneur:意欲的なベンチャー起業家)像の追求は本学の志向する教育理念であるが、これを刺激する有力な環境の一つに、前述のコンピュータ関連技術の発展がある。先進国において今

や、社会をリードする産業は、通信・情報やそのソフトウェアを主とする産業が支配的である。この分野での起業は、従来の重厚長大形の製造業よりも負担が小さくて済むからである。例えば自動車や船舶の製造の会社を起こそうとすれば、設備、人員などの初期投資は膨大なものとなり大変な手間がかかる。これに対しソフトウェア産業はアイデアが勝負であり、場合によってはオフィス一つ、電話一本でもスタートでき、資金力のない若者でも容易に挑戦できる。

このような起業ブームの発端は言うまでもなくシリコンバレーである。ここで注目すべきことは、シリコンバレーのベンチャー企業群は、産業振興政策による公的援助に頼り、需要予測やマーケティング調査を綿密に行うような、石橋を叩いて渡る式のものではなかったことである。すなわちパソコン産業の初期のパイオニアたちは、ほとんどがアマチュアのコンピュータマニアであり、自分に興味が湧き素晴らしいと感ずることを徹底的に追求し、その成果を世に問うという、純粋な未知へのチャレンジ精神が動機であった。このような独創的な製品を生み出したいとする気風が全米に拡散し、米国産業の再生を促進し、現在の活況をみるに至ったのである。

これに加えて米国では、才能のある人材なら、年齢、人種、国籍を問わないオープンな風土が基本となっており、これも大きく寄与している。シリコンバレーの就業人口の6割は外国人といわれる。これらの異文化間の切磋琢磨が新しい付加価値を生み出すのであり、あらゆる面に閉鎖性のはびこる我々の社会の改造は緊急の課題であろう。若い学生もこのような観点から、英語の聴・読・書のある程度のレベルは是非確保し、

国際的感覚を身につける努力が必要である。

(2) ベンチャーキャピタル

シリコンバレーの企業群が今日の規模にまで成長した理由の他の一つとして、冒険心に富むベンチャーキャピタリストの存在も見逃せない。いかほど素晴らしい技術があっても、企業を運営する資金とノウハウがなければどうにもならない。彼らは資金調達や経営のプロであり、その企業の将来の成長性への洞察と確信の基に資金を調達し、ときには経営の面倒もみてやる。我が国には、目にみえるハードウェア以外の価

値は認めない風土に加えて、社会活動の不合理性、不効率性を温存する各種の規制があり、ベンチャーキャピタルの出現を阻害している。広義のソフトウェアに対する正当な理解と評価が極めて重要になってきており、これに対する意識改革が緊急の課題である。

以上を本学の経営情報学部にあてはめれば、(1)項は情報に関連し、(2)項は経営に関連する。本学部は経営と情報の単純な結合ではなく、両者のハイレベル且つ密結合の融合によって、より高い付加価値と新しい学問分野の創出が可能となろう。

参考文献

- 1) 楠 菊信 1994、『マイクロプロセッサ』丸善(株)：4, 48, 167.
- 2) 楠 菊信, 武末 勝, 脇村 慶明 1995、『コンピュータの論理構成とアーキテクチャ』コロナ社：204, 205.
- 3) 楠 菊信 1997、『Knockin 'on the Door』4, TSCクラブ：95-105.