昭和63年度 情報化国際講演・討論会

「コンピュータインテリジェンスとそのインパクト」

——コンピュータのインテリジェンスはどこまで向上するか——

会 議 録

期　　日：昭 和 63 年 10 月 12 日

会　　場：経団連会館・経団連ホール

JIPDEC

財団法人　日本情報処理開発協会

この資料は，日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて昭和６３年度に実施した「情報化国際講演・討論会」の成果を当日の速記録をもとにとりまとめたものであります。

はじめに

第17回情報化国際講演・討論会は、情報化月間行事の一環として、昭和63年10月12日、経団連ホールにおいて開催されました。本講演・討論会のねらいは、国際的に論議を呼んでいるテーマをタイミングよくとらえ、内外講師による討論によって、動向を把握し対応策に資することにあります。

本年度は「コンピュータインテリジェンスとそのインパクト」と題し、ますます高度化しつつあるコンピュータのインテリジェンスは、いったいどこまで向上するのか、それが産業界に与えるインパクトのどのようなものなのか、につき論議いたしました。当日は、経団連ホール会場には多数の参加を得、活発な意見の交換により多大の効果をあげることができました。

本資料は、講演、パネル討論の内容をとりまとめて会議録としたものです。本資料をとりまとめるのに当り、ご協力いただいた内外の講演者、パネリストの方々をはじめ参加者、また関係の方々に深く感謝の意を表する次第です。

平成元年3月

財団法人　日本情報処理開発協会

目　　次

昭和63年度情報化国際講演・討論会プログラム

1．期　日：昭和63年10月12(水)

2．場　所：経団連ホール

3．テーマ：コンピュータインテリジェンスとそのインパクト

―コンピュータのインテリジェンスはどこまで向上するか―

9：30 10：00	開会挨拶　㈶日本情報処理開発協会　会長　影山衛司 来賓挨拶　通商産業大臣
10：00 11：30	講演「大規模知識ベースを中心とした コンピュータアーキテクチャの将来動向」 シラキュース大学 教授　P．ブルース・ベラ
11：30 12：30	講演「将来のコンピュータアーキテクチャ ―ニューロコンピューティングを中心に―」 電子技術総合研究所 次長　柏木　寛
休　　憩	
13：30 14：30	講演「ファジィコンピュータの動向」 東京工業大学 教授　菅野道夫
14：30 15：30	講演「新しいコンピュータ技術と産業界へのインパクト」 株式会社　日立製作所 専務取締役　三浦武雄
コーヒーブレイク	
15：45 16：45	パネルディスカッション

1．開　会　式

(1) 開　会　挨　拶

財団法人　日本情報処理開発協会
会　長　　影　山　衛　司

皆様おはようございます。

本日は皆様方大変お忙しい中を当国際講演・討論会にこのように多数御出席をいただきまして、まことにありがとうございました。また、通産省から来賓として倉田政務次官の御出席を賜っております。厚く御礼を申し上げる次第でございます。

私どものこの日本情報処理開発協会は設立以来、昨年でちょうど20周年を迎えさせていただきましたが、その間、中立的な公益法人といたしまして、我が国の情報化の進展のために鋭意努力をしてまいりました。先端技術に関する調査研究及び開発、産業の情報化の推進、AIの振興、人材育成、情報処理技術者試験の実施、情報化の普及啓蒙、あるいは国際交流といったような仕事でございまして、今後とも情報化に関しましてあらゆる側面から事業活動に取り組んでまいりたいというふうに考えておるのでございます。

本日、開催をいたします「情報化国際講演・討論会」は当協会の普及啓蒙事業の一環といたしまして、情報化月間の行事に協賛をして実施するものでございまして、今回で17回を迎えることになります。今回は「コンピュータインテリジェンスとそのインパクト」、コンピュータのインテリジェンスはどこまで向上するかということをテーマとして取り上げました。皆様御承知のように最近のマイクロエレクトロニクスの革新はコンピュータの処理速度をますます高速化いたしました。また、情報能力は急速に拡大をしております。さらに、コンピュータエンジニアリングの高速化は単に高速、大量のデータ処理だけでなく、人間の感覚、あるいは知的な機能の実現をも可能にしようとしております。このようなコンピュータのインテリジェント化の進展は私どもにとりましてより使いやすく、より強力なツールの実現を果たすものでございまして、これによって産業界や社会

に与えるインパクトははかり知れないものがあると言えるのであります。このような視点から、本日はそれぞれの分野の専門の方々に御講演をいただきますとともに、皆様方とともに大いに議論をしていただくこととといたしております。

シラキュース大学のベラ教授、電子技術総合研究所の柏木次長、東京工業大学の菅野教授、日立製作所の三浦専務と４人の方々に御講演をいただくことになっておりますが、それぞれ各界を代表される著名な皆様方でございますので、皆様方の御期待に添えるものと私ども考えておるのでございます。

また、講演終了後に講師全員に御参加をいただきまして、パネルディスカッションを行うこととといたしておりますので、どうぞ最後まで御聴講をいただきますようにお願いを申し上げる次第でございます。

本講演、討論会の実施に当たりましては、通商産業省、日本自転車振興会を初め多くの方々のご協力を得ております。この場をおかりいたしまして、厚く御礼を申し上げる次第でございます。

以上をもちまして、主催者側といたしまして、私のごあいさつとさせていただきます。まことにどうもありがとうございました。

(2) 来 賓 挨 拶

通商産業大臣　田 村　元（代理）

通商産業政務次官

倉 田 寛 之

本日、ここに財団法人日本情報処理開発協会の主催により「情報化国際講演・討論会」が開催されるに当たりまして、一言ごあいさつを申し上げます。

昭和47年に始まりました情報化月間も関係者の御努力の積み重ねで本年で第17回を数えるに至り、今日では広く国民の皆様方に情報化に対する正しい理解と深い認識を持っていただくための催しとして定着してまいりました。

本シンポジウムはその情報化月間の各種行事の中にありまして、我が国の情報化の推進に多大な貢献をされておりますが、とれわけ諸外国の要人の方々を招き、情報などの交換に努められるなど、国際交流の観点からも毎年有意義な成果を上げているものと承知をいたしております。

本年も本シンポジウムがかくも盛大に取り行われることに心からお喜びを申し上げる次第であります。

現在、我が国においては情報化関連技術の急速な進歩、通信の自由化の発展などを背景に産業活動、地域開発、国民生活等のあらゆる面にわたって情報化が浸透しつつあります。しかしながら、今後高度で健全な情報化社会の実現を図っていくためにはニーズの高度化、多様化への対応、人材の育成等、情報産業の取り組みが必要な課題がなお存在をいたしております。

かかる課題への情報産業の対応を支援するため、通商産業省といたしましても、従来から情報産業の質的向上を目的としたシステムインテグレーション振興制度の創設、ソフトウェアを工業生産するためのシグマシステムの開発、情報化社会を支える人材育成のための情報大学構想の一層の推進など、各種施策を積極的に展開しているところであります。さらに、来年度に向けましてはこれからの情報産業の健全な発展と多極分散型の産業構造の実現を図るため、地域における産業

の高度情報化、情報産業の活性化のための事業に取り組み、重点的にこれら事業のための支援を講ずる所存でもあります。

しかしながら、高度情報化社会の実現を図るためは本日ここにお集まりの皆様方の御努力が何にも増して重要であります。本日のシンポジウムではコンピュータインテリジェンスとそのインパクトというテーマのもとに、我が国の情報化社会の今後について活発な議論が行われるものと承知をいたしております。我が国の今後の情報化の進展にとりまして、有益な成果が得られることを期待しております。

終わりに、本シンポジウムの準備に携わられた関係各位の御協力に対し、心から敬意を表するとともに、本日御列席の皆様の一層の御発展を御祈念いたしまして、私のごあいさつとさせていただきます。

昭和63年10月12日　通商産業大臣　田 村　元（代読）

2．講　　演

「大規模知識ベースを中心とした
コンピュータアーキテクチャの将来動向」

「大規模知識ベースを中心とした
コンピュータアーキテクチャの将来動向」

シラキュース大学
教授　P．ブルース・ベラ

1．知識とデータの管理

まず最初にデータ、情報、知識の定義であるが、データは、この話の中では意味が付加されることのできるどのようなような表示でも良いという意味であり、情報とは既知の方法を使ったデータの意味、知識とはもっと高いレベルの、事実、あるいは真実の認識とか認知ということである。

たとえば、私が10/12/88と書いた場合、このままだとデータである。10/12/88というだけでは意味がわからない。誰にもわからない。多分今日の日付ではないかと思われるかもしれないが、私は実はそうは思っていない。ある農場における馬、牛、鶏の数を書いたものである。これが情報になる。これは、つまり、この数字だけだとデータであるが、これが馬、牛、鶏だということであれば情報になる。これは本当は日付だと言うのであれば、それでも情報になる。知識とはもう少し高いレベルである。知識は、日付に関しては例えばカレンダーというシステムがあり、またいろいろな習慣がある。

ただここで最も重要であり、ぜひ理解してもらいたいことは、情報とはセットと類似しており、知識はトータルなセットに似たものである。例えばジョンは25歳だと言えば、これは情報の例であるが、しかし、子供には親がいるということは知識になる。したがって、知識にはかなり一般性があり、レベルも高いことになる。こういう定義を今日の講演では使っていきたい。

現在は工業化社会を離れて新しい時代に入ってきた。よくマスコミとかでは情報化時代という言葉が使われている。私は少し違って、情報及び工業社会と定義したい。というのも、社会の工業化は当然社会の情報の基盤となるものであり、工業化がなければ当然情報時代はないのである。我々は毎日、情報の洪

水にさらされているが、多くのさまざまな情報の中には全く意味のない、役に立たないものがある。我々が実際にもとめることは、情報から知識を得たい、あるいはデータから知識を得たいということである。つまり、情報時代は知識時代への移行期だと考えられる。これは全く新しい需要が出てくることを意味している。例えばコンピュータの計算の部門でも出てくる。

ちょっと見方を変えて、知識、情報、あるいはデータの重要性について述べたい。

コンピュータのハードウェアは、役に立つ期間が非常に短い。つまり、新しいコンピュータは、大型で、あるいは小型で、前のよりももっと良く、安いものが次から次に出てくる。毎日、毎日出てきており、1年半ぐらいで、技術も能力も2倍になるという形で推移している。これは考えてみると、驚くべきことである。コンピュータのソフトウェアはそれに比べると、寿命が長い。しかしながら、何といってもデータ、情報、知識よりは短い。データと知識は特に長い。例えば社内のデータベースなどを考えても、もう何年も使われているとしてもデータはまだまだ有用性があり、これからも多分有効だろうと考えられる。ぜひ我々としては技術を開発してそういうところから情報を集め、あるいは知識を集めていけるようなものをつくりたい。我々としてはかなり知識、情報、データに注目している。

したがって、私が最も大事な点だと思うのは、データあるいは知識のエンジニアリング及び管理が将来のシステムの成功につながることである。つまり、将来のシステムということを考える場合、ユーザがどのようなシステムを欲しがるかを考えると、やはり何と言ってもかなり能力、性能の上がったものを必要とする。そこで、データのエンジニアリング、あるいは知識のエンジニアリングを行うことによって、ユーザに対しそのユーザの興味のあるデータとか、あるいは知識を与えていくということになる。したがって、データベースあるいは知識ベースはシステムの中央に来るものであるから、知識あるいはデータのエンジニアリングとか管理に注目していく必要がある。

2．ＡＩとデータベース

かなりの研究開発がいろいろなエキスパートシステムの融合、特にロジックプログラム、それからまたリレーショナル・データベース・マネージメント・システムで行われている。こういった活動が最も集中しているところだと思うが、プロダクションルールシステム、システマティック・ネットワーク・システム、あるいはその他のAI技術、データベースシステムの融合、ネットワークとかあるいは階層的なシステムの研究も行われている。

AIとデータベースの融合には４つのアプローチがある。１つのアプローチはＡＩの方、ロジックプログラミングの方から出てくるものである。つまりPrologとか、もっとレベルの高いプログラミングシステムを拡大し、それに付加能力をつけていくわけである。データベースマネージメントとかの能力を現在のAIシステムに付加していくことである。データベースマシーンはこの役に立つ。それは今非常に大きな問題に対処しているが、この大きな問題というのは後述する。

それからもう一つのアプローチは、どちらかというと、よりデータベース的なアプローチであり、データベース・マネージメント・システムの人間がロジック能力などをデータベースシステムに付加して、知能的なデータの使用方法に結びつけていくということである。

それから３番目の方法はインターフェースであり、インターフェースとソフトウェアをつくって、これをPrologとあるいはロジックプログラミング言語と、あるいはまたプロダクションルールシステムとデータベースマネージメントシステムの間に置くというものである。このようなシステムは現在も商業的に入手することができる。このシステムはこれからもしばらく使われると思うが、もう少し複雑なシステムになるであろう。

それから４番目のアプローチは、２つの技術を完璧に統合していくことである。データベースとロジックシステム、こういったものをボトムアップのアプローチでアプリケーションを考えながら、例えば知識ベースシステムのアプリ

ケーションとか、あるいはこの2つのシステムのインターフェースもかなり高度化され、統合されて本当に1つのシステムとなるわけである。

現在はこの4番目のアプローチの研究は長期的なものであるため、余り行われていない。しかし、ほかのあと3つのアプローチは同じ方向に現在進んでいると思われ、現在はまだ進化の途中の段階であると思われる。

最終的にどのようになっていくかであるが、データノレッジベースシステムとデータベースマシーンの統合で知能の能力も出てくる。それで、データと知識ベースと管理の能力が出てくる。一般ユーザが、例えば給与プログラムなどにも使う。それから知能というものは使われないかもしれないが、AIのアプリケーションはこういう知能の能力も使っていくと思われる。それからまたほかにもユーザは出てくるであろう。ここで重要なことは、こういう統合システムの方向に動くと、その中でもこういう知能の能力があるものをつくっていくということである。ここからデータの知識を得ていく、そしてより効率も高いデータの管理ができるようにするということである。これによって機能がさらに強化されていくことになるが、まだまだ進歩の途中である。しかし、あと数年でそういう段階に到達するのではないかと思われる。

3．なぜ新しいコンピュータアーキテクチャが必要か

まず第1に新しいコンピュータアークテクチャを考える理由は、性能についてである。性能とは能力と機能ということになるが、基本的に言えば、こういう付加的な性能には非常に大きな知識データベースが必要であり、あるいはまたリアルタイム処理が必要な場合にはもっと性能を上げなければいけない。問題の解決において多くの場合データベースマシーンは必要ではない。シークエンスの方法でかなりの問題を解決していくことができる。しかしながら、問題によっては非常にかなりのデータ、大規模知識ベースがあるとか、あるいはリアルタイムで解決する必要があり、かなり高性能のものが必要になる。したがって、性能という理由で我々は新しいコンピュータアーキテクチャを考えているということになる。当然のことながらハードウェアのコストは下がるであ

ろうし、またこれからもさらに下がっていくであろう。ときどき、もうコストはこれ以上下がらないとかいった話を聞くが、やはりますます安くなって、しかも性能は上がるという状況が続いている。

それからもう一つの理由は、ソフトウェアのコストがこれからもますます上がるということである。上がる理由としてはソフトウェアは人間の力がかかり、集約的であり、人工費が高いからである。

それからもう一つコンピュータアーキテクチャが大規模知識ベースに必要かということであるが、ノレッジベースの時代においては、AIの問題は非常に大きなものがあるということも理由の一つである。非常に大規模な知識ベースの問題を考える上においては、アーキテクチャによる解決策も見ていかなければいけないということである。

それから、たくさんのデータベースが現在いろいろあるが、非常に大規模なものもある。こういったものがもう何十年も使われてきている。かなりの知識がデータベースに入っている。何とかこういうデータベースの中から知識を出していかなければいけない。今までのところはこういうデータベースは受け身的にやってきたが、我々は何とかこのデータベースから知識を、受動的なデータからもっとAI的に知識を導き出す際に使っていきたい。これによって当然システムへのニーズが高まり、コンピュータアーキテクチャについても考える必要が出てくるということになる。

もっとも、ユーザはなかなか満足しない。

4．電子的処理／伝送／記憶

エレクトロニック・ディジタルコンピューティング・システムをストーレッジ／トランスポート／プロセッシングという角度から見てみようと思う。

磁気テープは非常にアクセスに時間がかかるがコストは安い。磁気テープから、磁気ディスク、磁気バブルメモリーとか、MOS、それからバイポーラといくにつれてコストは高くなっていくが、スピードは速くなる。

磁気ディスクなどの２次的な記憶装置のアクセスタイムとメインメモリーの

アクセスタイムを見ると大体5～6倍ぐらいの差がある。これはデータベースにとってはかなり問題の種となる。このアクセスタイムギャップの問題については、後でデータベースインテンシィブの問題について話をするときに、もう一度述べたい。

現在、移動ヘッドディスクは若干早くなってきているが、コストもまた多分1/2ぐらい下がってきた。メインメモリーの技術の方もコスト的に2～3倍下がってきた。しかも若干速くなっている。そういう理由もあり、コンピューティングシステムがどんどんどんどんメインメモリー的になってきて、データベースマネージメントの方でキャッシュメモリーがかなり使われるようになってきたという状況にある。ただ、アクセスタイムギャップが少し広くなってきている。このギャップを埋めるメモリーや、アクセスタイムギャップそのものを狭めるような希望もある。最近はオプティカルディスクが出てきた。光ディスクはかなりの記憶の能力を持っているが、やはりアクセスタイムは遅い。

では、次に並行処理について話をしたい。それについて、処理のスピードアップの定義をまず話したい。

スピードアップはここでは次のように定義する。つまり、シングルプロセッサで演算Aを行うのにかかる時間、つまりベストなシークエンシャルなアルゴリズム1で演算Aをするのにかかる時間$T_1(A)$を、同じ演算を複数のP.プロセッサでする場合にかかる時間$T_P(A)$で割った時間$S_P(A)$とする。Pの数をふやせばPに比例したスピードアップをすることができるのではないかと思うが、そのような状況はまれである。

さて、非常に演算集約的な問題である問題、例えばラージベクターの問題といったものを解決するのであれば、これらの問題を解決するために3つのものが必要となってくる。まず第1が高速なバッキングストアである。また、大きなキャッシュ、そして大きなメインメモリータイプの装置を使ってデータを補完する。それによってどの程度の問題を解決できるかが決まってくる。また、このバッキングストアとその問題データを持っているデータベースとそのプロセッサの間に非常に広いバンド幅が必要である。高速なバッキングストアは、

すぐにいろいろなものを出し入れできる。問題解決においては、問題データをディスクから主記憶の中に入れ、そしてこの問題を解決するプロセスを開始するわけである。一たん問題を解決すれば次の問題のためにこのプロセスを再び繰り返さなくてはならない。つまり、次の問題データをそこにロードするというプロセスを踏まなくてはならない。プロセッシングをする時間だけでなく、データのロードにかかる時間も非常に重要である。ここに時間がかかってしまうと、問題を解決する状況全体に影響が及ぼされることになる。ユーザとしては問題の解決の最初から最後までの時間、つまり問題データをロードしなくてはいけない時間も含めた、解決にかかる時間というのに関心があるのであり、これは非常に重要である。

Cray 2を例にして、プロセッサの数が少ない例を説明したい。Cray 2にはコモンメモリーがあり、これは前述のバッキングストアに等しいものである。このコモンメモリーは2ギガバイトであり、つまり、解決することができる問題の規模は2ギガバイトということになる。マトリックスの問題で2ギガバイト程度のものであれば解決できるということになる。

さて、プロセッサは4台ある。これらのプロセッサは4.9ナノ秒ののものである。そしてバンド幅は、1秒当たり2ギガバイトである。つまり、バンド幅全部合わせると8ギガバイト／秒ということになる。かなり大きなバッキングストア、幅広いバンド幅、そして高速なプロセッサが数台ということになる。これが一方にあるわけである。

もう一方がコネクションマシーンである。私のシラキュース大学ではプロセッサが6万4,000台のコネクションマシーンを持っており、研究で使っていて、ノースイースト・パラレルアーキテクチャ・センターの一部となっている。そのコネクションマシーンを例にとると、プロセッサのバンクが4つあり、それぞれのバンクは1万6,000のプロセッサを抱えていて、プロセッサの総台数は6万4,000台ということになる。各プロセッサは8キロバイトのメモリーを持っており、つまり、6万4,000台のプロセッサが持っているメモリーの総量は512メガバイトということになる。かなりの大量のメモリーと言える。プロ

セッシングパワーはこの単純な6万4,000台のプロセッサから来ることになるが、かなりの並行処理がそこで行われるということになる。バンド幅も、そのプロセッサとメモリー間のバンド幅をすべて合わせ、6万4,000台で掛けてみると、かなりのバンド幅ということになる。

このコネクションマシーンで私が非常に強い印象を受けたのは、かなりの関心がデータのローディングに払われているという点にある。I/Oサブシステムでコネクションマシーンにフィーディングしているところで、8データボルトを入れることができる。これらは1つのマルチプルディスクから同時に読み取りをしている。これらのデータボルトが40メガバイト/秒をコネクションマシーンに持ち込むことができ、データボルトが8つあるため、ディスクへのI/Oトランスファーレートは320メガバイト/秒ということになる。ここではデータをディスクからプロセッサのメモリーに入れるということにかなりの注意を払っていると言える。

データベースのデータ集約的な問題を述べる。大量のデータの中から一握りのデータを探したいという場合、大量のデータがあるため、2次的な記憶にデータをストアしなくてはいけない。そして2次的記憶から主記憶へとデータを出さなくてはいけない。そしてそこで検索をする。そしてそのほとんどを捨てて、本当に探しているほんの一握りのデータを取り出し、ユーザプロセッサに送るということになる。これはI/Oに制約を受ける問題ということになる。ここではバンド幅をつくらなくてはならず、ディスクに対するもっと早いアクセスを持たなくてはなけない。コネクションマシーンのデータボルトはそのような方向に向かって設計されている。

I/O時間について何らかの改善を図ることができればプロセス全体の時間を大幅に改善することができる。

5．パフォーマンスを向上させる要素

今までどういったことがなされ、また、パフォーマンスの向上に貢献した分野としてはどういったものがあるかということを見てみたい。

まず高速化技術を筆頭に挙げることができる。そのほかにもパラレリズムを挙げなくてはならない。問題を解決するに当たって高速の技術とパラレリズムをどのように活用することができるかということも見なくてはいけない。パラレリズムについては、これまでデータ並びにノレッジデータベースマシーンで取られてきたアプローチを説明してきた。パイプラインプロセッサを使っているものもあればシミラーマルチプロセッサを使っているものもある。データベースの問題を解決するに当たってこういったものを使っているものもあるし、また専用のファンクションアーキテクチャを使っているものもある。特定のファンクション、例えばジョインとかソート、マージといった機能を実施するに当たってこういったものが使われているものがある。

その他パフォーマンスを向上できる方法として特に重要なものは、新しいパラレリズムのアルゴリズムの開発である。これまでシークェンシャルアルゴリズムも何年にもわたって私どもは検討、研究してきたが、パラレルアルゴリズムのことを研究した人は余りいないと思われる。しかし、これからはパラレルアルゴリズムの開発をしなくてはいけない。アーキテクチャにこのアルゴリズムをマッチングさせることも検討しなくてはいけない。パラレルアルゴリズムとともにディコンポジションの原則も非常に重要である。

大きな問題を多くの小さな問題に分解（ディコンポジション）することができれば、それを個別にかつパラレルに処理することができる。このようなアプローチが可能になればかなりのゲインを得ることができる。ディコンポジションは非常に成功をおさめることができる手法である。マトリックスオペレーションでディコンポジションが使われているが、データベース分野の専門家であれば、ネステッドループジョインがハウスジョインへ進歩したものを見てもらえればわかると思う。ジョインがディコンポーズされ、そして個々のものとして取り扱い可能なものになっていることは、それを連想してもらえればわかると思う。

もう一つのその他としてキャッシングがある。またプロセッサ間のコミュニケーションを削減するということもディコンポジションに非常に沿った考え方

である。つまり、問題を個別の小さな問題に分解することができれば、プロセッサ間のコミュニケーションも少なくすることができるわけである。

また、処理の能力をデータの近いところに移すという方法もある。つまり、データを移送しなくてもいいような状況にするということである。

最後に、高度なシークエンシャルコンピュータを活用するということである。シークエンシャルコンピュータはもはやシークエンシャルではないということがこの場合のポイントである。シークエンシャルコンピュータの中ではかなりの並行処理がなされている。

ある人がパラレルアーキテクチャソリューションで新しいデータノレッジベースマシーンの開発を開始したとする。我々の調査研究によると、このマシーンは処理の時間をシークエンシャルプロセッサに比べて48分の1にスピードアップできるが、この機械を市場に導入、発売するのには時間がかかるとする。しかし、シークエンシャルの技術もさらに進むのであり、2年ごとに大体これが倍ぐらいになる。そうなると、2年後にはスピードアップの時間はわずか24分の1ということになるわけである。シークエンシャルソリューションに対するパラレルアーキテクチャソリューションのメリットというのはわずか24対1ということになる。さらにこれが2年つと、この技術がさらに進歩するため、12対1になり、そしてさらに2年たつとさらに進歩して、メリットは6対1ということになる。パラレルソリューションは、開発開始の時点では確かにすばらしいもののように見えたが、シークエンシャルの方で技術がどんどん進歩してきたため、6年後にはわずか6対1ということになってしまう。ところが、この時点で初めてこの製品が市場に出てくるわけである。これは少し誇張であるかもしれないが。

私がここで何を言いたかったかと言うと、パラレルソリューションというのはシークエンシャル技術の進歩をすべて活用しなくてはならないということである。ここでのパラレルアーキテクチャソリューションというのはこのシークエンシャル技術の進歩、つまり2年ごとに2倍になるというその進歩を活用しなくてはならないのである。マルチプロセッサはジェネレーションからジェネ

レーションへアップグレードできるものでなくてはいけない。もしそうであるということであれば、48対1というメリットはここでもやはり48対1ということになり得るのである。そうなると非常にいいデータベースマシーンソリューションということになる。パラレルアプローチに、シークエンシャル技術を最大限に活用することを私は言いたかったのである。

6. 我が社の現在の調査・研究

我々は現在、マルチメディアデータベースを研究している。ロジックプログラミングとリレーショナルデータベースの組み合わせ、そしてオプティカルデータベースマシーンという観点からこれを見ている。

我々が取っているアプローチを説明すると、非常に高速な光ファイバーネットワークによるマルチメディアサーキットにユーザをつないでいる。マルチメディアホストがあり、ネットワークへのインターフェースやいろいろなデータへのインターフェースもこのマルチメディアホストが行っている。テクストデータ、ヌメリカルデータ、イメージデータ、ビデオデータなどのデータは別々に保管している。ユーザが特定のアプリケーションを持っていて、マルチプルソースからデータが必要であるということであれば、マルチメディアホストがデータの統合、シンクロナイゼーションを行うことになる。

現在のシステムは、ワークステーションがマルチウィンドーイングシステムを持っており、マルチプルウィンドーがオープンなものになっている。1つのウィンドーが例えば画像データ、別なものがテクストデータ、別のものがビデオを保管しているということになる。そうなると基本的にはワークステーションとソースデータ、そしてマルチメディアホスト間のコネクションが必要になる。マルチメディアホストがその間に駐在してインターフェースをするわけである。これだけではもちろん十分ではないが、現状はこのようなものになっている。

さて、今後我々が指向しなくてはいけない方向は、データのシンクロナイゼーションである。いろいろなデータソースが、またいろいろなデータの種類

があり、これらをシンクロナイズしなくてはいけないのである。そしてそれをユーザのワークステーションへと提供していくわけである。いろいろな種類のデータが一時的な関係をお互いに持ち、そのようなままの形でユーザにディスプレイされることが必要である。例えば、天気のデータと飛行機の離発着時間のデータを結び合わせるようなものもその例になるであろう。パイロットが1つの地点から別の地点へと飛行機を飛ばしたいと考えた場合に、現在は天候のデータを見、そしてその天候のデータとフライトのスケジュールのデータを頭の中でシンクロナイジングしているわけであるが、将来はこのようなシンクロナイゼーションをシステムですることが必要になってくる。

以上がマルチメディアのリサーチで、大きな電話会社によってその資金が出されている。システムをつくって、そしてリサーチすることになっており、そしてそのリサーチが1つのテストケースになっている。私が過去4年間で行っているリサーチのほとんどがこのロジックプログラミングと大型のノレッジベースをリンクするというところであり、マルティプルロジックプログラミングユニットが同時に実行されるということであった。大規模なノレッジベースがあり、リアルタイムの必要性がある場合もある。このようなテクノロジーを統一的な方法で結合するということに関心があるわけである。

また、非常に大きなデータベースを見た場合、新しいインデクシングの技術が必要になる。そのようにしてロジックプログラムプログラミングにデータを送ることになる。そうすると、非常に大がかりなインデクシングが必要になる。そこで、インデックスデータをコンパクトな形にするということになり、サロゲットファイルというものをつくることになる。このサロゲットファイルを使ってエクステンションデータベースの中からデータを検索することになる。リレーショナルデータベースのオペレーションをそのようにしてサロゲットファイルで行う。

現在このアプローチのコンピュータアーキテクチャを開発中である。これは非常に高いレベルでのアーキテクチャのダイヤグラムで、ディコンポジションの原則に立脚している。サロゲットファイルは分散して置かれ、そしてクェ

リーはサロゲットファイルプロセッサを通っていく。これらすべてが並行してオペレートできる。メモリーがアクセスされ、コミュニケーションが必要な場合にはプロセッサ間でのインターコネクションが行われる。ユニークアイデンティファイヤーがここに送られ、データがデータベースから持ってこられ、ロジックプログラミングのメカニズムに送られる。

7．オプティカル・データベース・マシン

オプティックスには望ましい特質というものがあり、その中に自然的なパラレリズムというものがある。例えば非常に小さい光のビームを考えると、光は膨大な量のパラレルである。２つの光線を干渉なしで照らすことができ、ノンインターフェアレンスということが考えられる。2本の光線をお互いに重ねようとすると干渉するが、干渉せずに交差させることも考えていかなければいけない。次にこの場合の速度は光の場合には光速ということになり、電気の速度の場合には光の速度よりも何倍か少ないということになる。

これは望ましい特質なのだが、オプティックスの場合の１つの、またディジタルコンピューティングの１つの基本的な性格は、スイッチングが可能であるということであり、オプティカルスイッチングの開発が可能だということである。トランジスターと対応するわけである。

光の独立性というものは余り望ましくない性格の中に含まれ、スイッチングやコンバージョンのコストに現れてくる。電気と光との間でコンバージョンを行うとスピードが減ってしまうという問題が出てくるのである。

データ、ノレッジベースに関して、オプティカルディスクに若干言及したい。

伝送速度についてであるが、磁気ディスクからメインメモリーへの伝送速度は、標準的には１秒間に３メガバイトである。別個にアクチュエーターを入れるとこの速度を明らかに速くすることができる。富士通のディスクのうちの幾つかはマルティプルアクチュエーターがあり、伝送速度が非常に高くなっている。１秒間に３メガバイトを標準的な磁気ディスクの伝送速度とここでは扱っていきたい。ここで、このデータ速度をその100倍にしたいと考えるとする。そ

のために、いろいろなアプローチがこの磁気ディスクの世界ではなされている。データボルトのディスクストライピングがあり、またマルティプルアクチュエーターつきのディスクもある。それらすべてにこの伝送速度の改善の方向に向かってのアプローチである。そこで、オプティカルディスクでデータ速度を300メガバイト／秒に上げていくことができるであろうか。もしもそれが可能であるならば、この速度は現在の電気ディジタルコンピュータを窒息させてしまう。ということは、この速度でもってオプティカルファイバー、あるいはフリースペースを通ってデータをオプティカルプロセッサに送っていく、そして光の形でデータを処理する。同時に必要のないデータをほうり出してしまうということになる。

必要のないデータをここで捨て、我々の関心のある必要なデータだけをコンピュータに入れるという仕組みを考えていきたい。このデータはとてもリッチなデータということになる。というのも、この場合、カリングを工学的に行っているからである。ただ、リサーチの問題としてはここでのテクノロジーを開発できるかどうか、そしてそれを実現させるかどうかという問題がある。この構成部分のものについて、個々に実際にこれが可能かどうか考えていきたい。

マルチプルリードをオプティカルディスクからするという考え方についてであるが、磁気ディスクの場合、ヘッドとディスクサーフェスの間のスペースは非常に小さい。ヘッドが近づけば近づくほどトラックの上のデータの量を増やすことができるが、既に非常に近く位置している。

一方、オプティカルディスクの場合にはこれは標準的なCD－ROMのアレンジメントで、このヘッドの位置が決まっており、光のビームが動く。いろいろなトラックから読み取るためにビームが移動する。オプティカルディスクの場合のヘッドは磁気ディスクに比べてマスが大きい、あるいは高いということがある。このビームは64ヵ所移動させることができる。ということは、つまり64本のビームがあったらいいのではないかと考えられる。ヘッドとディスクサーフェスのスペースは、磁気ディスクに比べた場合、１万対１である。そうすると、複数のビームが複数のトラックを同時に読み取るということが考えられ、

その場合にはそれによって速度が加速されることになる。

私はオプティカルテクノロジーの専門家ではないが、いろいろオプティックスの専門家と話をしたところ、この速度は実現可能だと言っている。つまり、十分な数のビームが並行してディスクサーフェスに向かって照らすことができ、この速度を出すことができると言っている。実際に実験が幾つか行われ、9本のビームまで、ディスクの表面から同時に読み取る実験が行われた。多分それ以上の実験が実際は行われているのではないかとさえ考えられる。

そこで、大量データ伝送に関してはリサーチがこの部分で必要だということになる。そして研究と開発両方がここで必要であり、データを同時に読み取るために複数のビームを使うという開発が必要になってくるわけである。ということは、つまり固定したヘッド、複数のビームがこのトラックをすべて同時に読み取るということが論理的には考えられるわけである。それをさらに越えていくと、ディスクサーフェスに対して全く動かないということも考えられる。そうすると、データ伝送速度が著しく改善されることになる。

次に若干オプティカルコミュニケーションについて触れていきたい。いろいろなレベルでオプティカルコミュニケーションがある。マシーンからマシーン、モジュールからモジュール、ボードからボードへ、チップからチップ、そしてゲートからゲートへというレベルがある。既にもう実現しているものとしてオプティカルファイバーネットワークがあり、非常に高速なデータ伝送速度が可能であり、将来はより一般化していくであろう。日本にもある。また、コンピュータ内のインタートランスファーのオプティカルバックトレーンがこれに関連して考えられている。それから、オプティカルゲートテクノロジーが最後にあり、そのレベルでのコミュニケーションが考えられる。ただ、それは随分先のことになる。

では、このオプティカルプロセッサはデータノレッジベースに関してはどのように見ていくことができるのだろうか。

単純なリレーショナルオペレーションからブール演算に移り、その他の演算、例えば最大、最小、それからレンジといったものに行く。そしてリレーショナ

ルデータベース演算があり、テキストオペレーションがある。このリレーショナルデータベースオペレーションとテキストオペレーションとを同時にすることが考えられる。

8．ホログラフィー

エレクトロリックCAM（コンテントアドレスメモリ）は非常に小さいが金がかかる。またインプット、アウトプットに限定されている。つまり、データを速くはできない、あるいはプロセッサに比べると非常に速い。ローディングタイムに比べると速い。

ホログラフィックカムは、非常に大きい、コストは安い、アクセスは早い、しかしリードオンリーである。

これから我々がやる研究は、かなりの大容量データベースをホログラムを使って記憶することである。そしてそのデレクトリを非常に健全で変化も吸収できるようなものにする、つまり変更するときにきれいにディグレートできるようにするものである。ページオリエンティッドホログラミングメモリーのサイズであるが、各ページが1ミリ四方で、大体10の3乗から10の5乗バイトぐらい、それからまたホログラムアレーごとに10の4乗から10の6乗ページぐらい入れられるため、10メガバイトから100ギガバイトぐらいホログラムアレーごとに入る。当然光で読むことになる。

ある検索を行う際すべてのホログラムに光を照らす。アレー全体に光を出す。そのときにキーの値を入れる。例えば部門の110番というのを調べたいというときに、ページが出てくる。そのときに全体を見るわけであるが、これを光の速度でフラッシュして、このページを全部見ることができる。それでこの110という部門の番号を探す。それでこれを読んでプロセスして、並行に読み出す。あるいは私のリードメカニズムとこのページのインターラクションをして、この検索を終えることもできる。

9．まとめ

特に電子及び光という観点から見てみると、通信の場合は光の方が強い。記憶分野は、光記憶というものもある。データを光媒体を使って取る、そして光ネットワークに入れる、光プロセッサに入れて、そして処理をする。となると、光の記憶は磁気よりは強い。しかし、いい磁気記憶はこれから何年も使われると思われる。ただ、光の技術もかなり接近したレースになってきている。

処理というところを見ると、最新の電子技術は非常に発達しており、光はまだまだ追いつくのに時間がかかるという状況である。いろいろな光デバイスもあるが、まだまだ高価であり、１つの研究所に１つしかないという状況である。

最後に将来のトレンドを見てみたい。現在は知識社会に移行しているところであり、その際には、何とか解決策を見い出さなければいけない。皆さんがユーザであれば何らかのアプローチを見い出して、そして技術を使えるようにして、そして問題解決に当たる必要が出てくるという社会になる。

さらに教育を重視する必要が出てくる。例えば母親のこと、日本ではアメリカとは状況が違うかもしれないが、しかしこれからもさらに勉強をしていかなければいけない。人間の一生は勉強の連続である。これを強調する必要がある。

それからまた技術はさらに発展するであろう。電子技術以外にもたくさん出てくる。光とかあるいは超伝導とか、あるいはほかのものも出てくるであろう。それからまたさらにもっと並列、並行処理が重視される。それからまた大規模データ知識ベースが情報システムの中核となる。新しい方法を開発して、大規模データ知識ベースのコントロール、マネージ、アクセスを行わなければいけない。それから情報処理よりも知識処理となる。そして最後にこの知識社会への動きに呼応していくわけである。ユーザはもっともっと欲しがるため、いろいろな能力が増してきてユーザに与えると、ユーザの方はもっともっと想像力を出して、それを活用していくことになる。

3．講　　演

「将来のコンピュータアーキテクチャ

―ニューロコンピューティングを中心に―」

「将来のコンピュータアーキテクチャ
── ニューロコンピューティングを中心に ──」

電子技術総合研究所
次長　柏木　寛

情報処理のパラダイムを追求していくと、本当に理想的な情報化社会は一体どのように考えたらいいのだろうか。まず情報化社会というのは目的になり得るのか。私の結論は手段でしかないということであるが、その辺について話をした後、それからニューロというよりは、生体情報処理に学ぶという形で話を進めていきたい。

1．情報化社会

情報化社会とは一体何かを考えてみたいと思う。20世紀が我々の物の豊かさを与えてくれたことは異論のないところであろう。さらに、大衆化社会を醸し出したことも周知のとおりである。その中にあって、遺産として残っているのが自由と平等である。誰でも安くていい製品を買うことができ、手に入れるということができるのがエレクトロニクスメーカー、家電メーカーが主としてやった方策であり、我々の身の周りを見るとそういった品々がふんだんにある。

それでは、何がそういうことをもたらしたかというと、複製技術と言ってよい。例えばオプティカルテクノロジーの中での写真とジャーナリズムの結合ということである。これは一番早くは「LIFE」が取り上げて、センセーショナルなイメージを読者の手元に届けたのが最初である。最近では「FOCUS」とか「FRIDAY」とか、のぞき趣味の欲望を満足させてくれるオプティカルなグラビアつきの雑誌が我々の手元に極めてローコストで入って、臨場感豊かに他人の私生活をのぞき見できるという時代を迎えている。

こういった形で臨場感を与え、その場に居合わせたと同じような感じを起こさせるのが複製技術ないしはシミュレーション技術と言っていいのかもしれな

い。これが進んでくると、本物か偽物か見破れるかどうか、これがオリジナルなインフォメーションであるのかどうか本当に見破れるかどうか。真と偽というその世界、またはリアルとイマジュアリー、両方の世界を行き来して、一体どちらに自分がいるのかわからないような話が横行してくる危険性がある。

物が複製化されて大量に世の中に出回ると、物の民主主義ができ上がる。誰でも同じように持てるわけである。さて、それで世の中は、脱工業化、脱工業化と叫んでいるが、脱工業化がイコール情報化かという問いかけに対しては、私はノーと答えたい。必ずしも情報化ではない。それは地球規模の云々といったCO_2の問題、それからもっと突き詰めて言うと、核融合、それからそれと同じように極めて難しい技術として天候の制御、こういったものがある。どれに力を入れて人類が走るかを考えなければいけないのが21世紀であろう。その21世紀を迎えるにあたって、情報マフィアは情報化社会をつくろうと考えているにすぎない。

物の民主主義が進んでいったときに、人間がやる人間の構図として２つ考えられる。１つは自然な働きかけの構図である。これは自然界からデータを取り出し、それを処理しようという行き方である。もう一つは人と人との直接的な働きかけの構図である。これはマンツーマンのコミュニケーションという形になる。そういうものを実現するために必要であり、作用媒体として共通しているのが、データであり、情報であり、それから知識であるという話になる。

しからば、そういうものを使って我々が一体情報化社会というものをどう考えていくか。一番手っ取り早いキャッチフレーズは「知は力なり」ということでアジテーションをやることである。知ることはいいことだ。だから物の大衆化を図ったのに対して今度は情報の大衆化を図り、誰がどこからでも、どこでもいつでもアクセスできるようなコモンのデータベースをつくり、それにアクセスすることによって誰でも同じ情報を持つというコンディションを整えることが情報化社会ではないか。

そもそも、コミュニケーションとはラテン語で「分かち合う」という意味だそうであり、語源的には情報を分かち合うということになるわけである。同じ

データベースをみんなで持つとなると、これはまさしく個性のなくなる方向であって、逆にミーイズムが一所懸命叫ばれたりしているのはそういったバックグラウンドがあるからである。

コミュニケーションの本当のねらいというのは何かということ、思いの疎通というか、互いの心と心の投影ができるようになることが究極の狙いであろう。情報化社会は、そういった人間の考えていることが自分の意思で相手に正しく投影ができるかどうか、そういう条件を整えることができるかどうかにかかるであろう。したがって、今のパソコンなりマイコンなりが売れればいいという市場制覇論にはならないと考える。

以上を総合すると、情報化は人類が自然生態系の中で互いの意思を理解し、平和で健全な社会を構築するための手段であって、目的とはなり得ないものである。工業化社会は複製化技術、量産化技術の開発で物の豊かさと大衆化をもたらしてくれたが、21世紀は情報化社会が情報の複製化、量産化をもたらして、情報の大衆化、豊富な情報をだれでもが持ち得る状態を実現させることになろうと考えている。

2．情報の大衆化とコンピュータ

情報の大衆化の役割を担ったものにはもちろんワークステーション、パソコン等があるが、それと同時にプログラム言語の発達が大きく挙げられる。まずそういった大衆化要因となっている3つの要因を挙げてみたい。

その第1の要因はソフトウェアの進歩と対話機能の付与である。さらにはマウスとかジョイスティックとかキーボード、音声入力といったいろいろな種類の情報がインプットできるような形になっている実態がある。

2番目にはハードウェアの改善によって大幅に小型化して性能が飛躍的に向上したこと、しかも同時にローコストでできるようになったことに帰着すると思われる。大体メモリーの素子のインテグレーションの密度は、当初、1960年代後半では年に2倍と言われていた。1980年に近くなると3年で4倍と言われた。1990年を迎える間近になった今日では2年に2倍とだんだんその倍率の伸

びが低くなっているのが実態である。もちろんその1チップ当たりの集積度もどんどん上がっており、再配線を図って4メガ、16メガといったメモリーをつくる時代に来ている。さらに、マイクロプロセッサと大容量半導体の出現が大変多くの分野に新しい行き方を与えているということは論を待たないところである。

第3の要因としては、コンピュータと通信の結合を挙げることができる。ここで強調したいのは、ネットワーク化を念頭に置くと、各要素が単純であっても、結合によって全体のシステムはいかようにも複雑になり得ることである。さらに、これらを組み合わせて一層高い機能の実現も可能になるため、通信との結合は極めて新しい胎動を促すものと言える。

なお、例えば産業用ロボットを初めとするロボット技術など、姿の見えないところでも制御用のコンピュータとして極めて高度なものがあることは論を待たず、ワープロその他も大変使いやすくいいものが出だしているというのが現実の世界である。

3．近未来のコンピュータ

コンピュータを革新する3つの道として、まず第1に挙げられるのが素子の変革である。次がアーキテクチャの変革、最後がソフトウェア、アルゴリズムの工夫であると言える。

バイポーラトランジスタの性能限界が2000年にはそろそろくるだろうというのが新しい媒質を使ったデバイス開発者達の基本的な主張である。その次に来るのがG_aA_sであり、それからその後、HEMT、JJと続くわけである。HEMTとはハイエレクトロモビリティートランジスタ（高移動度トランジスタ）であり、電子をコンファインすることによって高速化を図ろうということである。JJはジョセフソンジャンクションデバイスであり、これは現在では液体ヘリウム温度で動作するものであるが、最近では高温超伝導体の開発がしきりに叫ばれており、これが窒素まで温度が上がれば相当ユーザビリティーが増すと考えられる。

いずれにしても、シリコンの後にこれだけいろいろな媒質を使った素子が控えているわけであるが、いかんせんシリコンが大変頑張っており、他の素子の出番がなく、デバイス屋の中で新素子を担当している者は、いつ出番が来るかと待っているのが実情である。

次はその高速化に向けての話であるが、プロセッサの中に生息するウサギと亀の話である。高集積化はさらに進んでいくが、LSI回路の中の固有の遅延、例えば高速スイッチング素子としてHEMTとかJJとかを使って短縮してとしてもLSI内の配線によるディレーとか、それからLSI間の配線によるディレーとかは全くなくならないで、亀として残る。この部分をチップクロスの機械の低減をしたり、LSI内の配線長の短縮を図って努力して短縮ができるであろう。さらに、LSI間の配線長の短縮を図って実装その他の工夫をこらすと、すべて亀が駆逐できるというストーリーになっているが、一番難しいのは、LSI内の配線である。現状でも256kbで数メーターのラインを5ミリ角のチップの中で張りめぐらしており、さらに4メガ、16メガとなると巨大なアクセスが必要になる。このLSI内の配線ディグレー、それからさらにパッケージングその他が複雑になってきて、LSI間の配線ディグレー、さらにはボード間、それからメモリーとCPUの間その他と考えてみると、今のコンピュータの裏側は全くケーブルのお化けであり、もっと極端に言うと、電源とケーブルがコンピュータのほとんどの大きさを占めていて、本体は極めて小さくちんまりおさまっているというのが実情である。このバンドルケーブルの問題はやはり相当大きな問題である。光を使う方法等が出ているが、そういった意味で光によるコネクションは重要な位置を占めると考える。

ベクトル型スーパーコンピュータでスピードが10ギガフロップスという値のものを昭和64年度末までに完成しようと、今、通産省が展開しているプロジェクトがあるが、これはごくいいプロセッサを持ってきて、少数で、4台かそのぐらいで達成できるような時期を迎えており、マルチプロセッサで行けばもっと高速なものが実現できるような時代を迎えている。ただ、原型だけはやはりつくっておかなければいけないと努力をしているのが我々の実情である。

従来我々が経験してきたのはコントロールフローのコンピュータであるが、データフローの概念に基づくコンピュータ開発は我々の研究所の中でも行っている。そこでは、プロセッシングエレメントにはCMOSを使っている。プロセッサの数が128、ストラクチャーメモリーエレメントも128という形で考えている。ゲートの数は8万1,000がプロセッシングエレメント、それから3万8,000がストラクチャーエレメントの方の問題である。要はプロセッサの中にメモリーをふんだんに入れ込む形をとって、それで実現しようというものである。我々で試作したモデルで大体3.3メガフロップスという数値を達成しており、商用のスーパーコンピュータの実行速度とコンパラブルの実行速度を達成している。

さて、実際にこういった現在あるアーキテクチャを並列化してやっていくだけが我々のやるべき道であろうか。

情報処理のパラダイムとしては、まず計算の並列化、つまりプロセッサ数を増やして計算機の並列化を図るということと、並列の計算、この2つに分けられる。

並列の計算とは少しわかりにくいと思うが、まず計算機の並列化とは高速性能のための新しい方法と位置づけたい。これは例えばマッシブリー・パワーアーキテクチャ・フォー・ファーストプロセッシングという言い方をすれば明確になると思う。この中にはコネクション、データフロー、SIMD、MIMDのマシンが入る。

次に並列の計算機であるが、新しい並列計算原理、連合、学習、最適化により、従来方式の不得意部分の克服をやるものを並列の計算とカテゴライズしたいと考えている。これはパラレル・アンド・アソシエーティブ・コンピューティング・フォー・ニュープロセッシングということで、ニューロコンピュータとかコンピューティング・フォー・ロジックシナゼティックという形で呼ばれているものがすべてこの類に入る。

我々が狙うのは一体何かというと、この両者の統合、融合であり、それぞれの流れが広がって発展して重なり合う連合学習型の並列分散情報処理が、我々

が狙っていくべき道だろうと考えている。

それでは、連合学習型の並列分散情報処理とは一体何かということをもう一度繰り返して言えば、ニューロを含むより広い新しい情報処理のパラダイムであると考えてもらいたい。高度のパターン認識、ロボットの制御、多形態情報の連合、その他広範な形式化しにくい曖昧な情報処理を可能ならしめ、かつ神経回路網の数理、パターン認識理論、特徴抽出理論、多変量解析理論、やわらかな理論などの理論的裏づけがあって、実現の可能性が極めて高いものと我々は考えているが、この分野については今後積極的な展開を所内では図ってきたいと考えており、昨年から今年に入りニューロの勉強会を省内でやった時にも、かなりこういった認識が出てきている。したがって、こういったことについての努力を今後重ねていきたいと思っている。

それでは、計算の並列化と並列の計算とはどう違うか。計算機の並列化に関しては局所的で質的で極めて厳密、精度よくできる。並列の計算の方では分散的で量的であいまいなものを扱うことになる。計算の並列化の処理原理はかたいアルゴリズム論理ということになる。それに対して並列の計算ではやわらかな論理、学習による連合といったものが出てくる。

次に情報の制御であるが、現在のコンピュータはいずれにしても自立性が小さく、プログラムに依存している。それに対し自立性の大きなものを今後開発する必要があろうと考えている。可塑構造性に対しては全く従来のコンピュータはない。外部からプログラムを入れて駆動する形になっている。自立性が大きい場合にはメタプログラムは必要であるが、自己組織ということで、その可塑性を一応持ち得る。それから、適応学習については、従来のものだとないが、できるようになる。

それでは並列度の増大効果はどうかというと、並列度の増大効果は処理速度の向上をもたらすというのが従来のコンピュータの流れである。しかし、並列記述言語等の不備のために利用者の負担は現状では大変増す形になっている。一方、並列の計算の世界では並列度が増していくと機能の向上が起きてくる。これが質的変化であるかどうかは少し疑問を残すところであるが、一応質的な

変化が出てくると期待したい。ただ、この並列の増大に対する並列の計算の方での一番の問題点は、現存モデルでは学習速度がどんどん遅くなっていくことである。

このように、我々は新世代の超並列・分散情報処理システムの基本パラダイムを、多形態分散情報の連合学習ととらえるような行き方で進めていきたいと考えている。

では、そういった開発に必要な研究開発要素はどのようなものがあるか。

まず原理の確立及びシステム、モデルの基礎研究開発に関して言うならば、脳の情報処理機能のモデル化、多形態分散情報の表現法の研究、それから多形態分散情報の連合法、それから最適学習手法の研究等が挙げられる。

つぎにアーキテクチャの研究開発について言うならば、新デバイスの研究開発、ハードウェアアーキテクチャ、ソフトウェアアーキテクチャの研究開発が挙げられる。さらに、柔軟なマンマシーンインターフェースの研究開発が必要になる。

応用技術の研究開発に関しては、まだ原理的なことがわかっておらず、曖昧情報の処理と利用、柔軟なデータベースの柔軟な問題解決が最終的なターゲットであると言うにとどめたい。

4．生体情報処理に学ぶ

並列の計算の中で、現在ニューロンコンピューティングが取り上げられているが、ニューロンコンピューティングとは、プログラムを必要とせず学習によって知識を獲得し、外部変化に適用できる情報処理システムを開発する工学の一分野としてとらえたいと考える。

この新しいパラダイムはしかし脳では既に実現されているものであり、その基礎はニューロンとニューロンシステムの動作解析に立脚している。そこで神経細胞をまずどのように近似して、それをどのように組み合わせてシステムとして行う情報処理の妙を引き出すかがここでは重要な工学的なヒントとなる。細胞は普通は丸くて中に核があるものであるが、神経細胞に限っては多くの入

力を受けられるよう表面積を増やすために突起を多く持っており、これを樹状突起（デンドライト）と呼ぶ。中枢神経には通常入力は10の３乗から10の４乗、1000から１万程度、多いものでは10万程度の入力がある。出力は１本の神経繊維である。こうして神経細胞は多入力１出力の閾値論理素子として現在まで近似されてきているが、私自身はどうもそれが怪しいと考える１人であり、そうはならないことが、徐々に現在私どもの研究所の研究成果からも裏打ちデータが出てきている。どうも神経細胞１個が１つのマイクロプロセッサに相当するような機能を持っているらしいことが最近ではわかっている。

人工ニューロンを多数集めてシステムをつくってどのような問題をうまく取り扱えるかということについて、最近ではいろいろな研究がなされているが、現在までの研究によって、一般的な問題は３層以上のニューロンネットワークでないと扱えないことが明らかになっている。これはコルモゴロフの存在定理からも証明されるわけであり、３層以上のより多層なものがどんどん出てくると考えられる。ところが、層が増えれば増えるほど複雑な問題を扱うことができるのであるが、学習させること自身が大変難しくなる。

３層以上のネットワークを学習させる代表的なアルゴリズムにバックプロパゲーションというアルゴリズムがある。これは出力と教師信号との差をフィードバックすることによって重み関数を調節するもので、工学的には極めて常識的な方法である。ところが誤差が大きい場合は収束はいいが、誤差が小さくなると収束が大変悪くなる。カーネギー大学のセーモフスキー教授がやっているNETalkというマシーンでは、入力層に203人工ニューロン、中間層に80人工ニューロン、出力層に26人工ニューロンの合計309の人工ニューロンを使って構成しているが、この学習には約１週間かかっているのが実態である。また、このようなニューロンネットを用いるときに学習に極めて時間を要するだけではなく、ローカルミニマムの問題があり、これをどう克服するかという問題も残っている。

以上、要するにニューロンコンピュータが現在直面している課題としては、学習の収束時間をもっと早くするという課題がある。そのためには階層的アル

ゴリズムの提案というのもあるわけであるが、これは古くて新しい課題であり、なかなかいいソリューションが得られないのが実態である。

さらに2番目に挙げることができるのは、ニューロンネットワークの計算に適したコンピュータを開発することである。これは、並列の計算をうまくやってのける新しいマシーンが必要になろうかと考える。

ニューロンコンピューティングがプログラムを必要とせず学習することによって知識を獲得して情報処理を行う工学分野であるならば、うまくいっている脳神経系の仕組みに工学者がもっと注目し、工学者自身の手で研究していく必要があろう。このような情報科学の立場から脳の神経研究を行うことをコンピューティショナルニューロンサイエンスと呼ぶようにしたいと言っている人たちもいる。これは医学者、生物学者の進めている脳神経系の研究とはねらいが違い、また進め方も異なってくるであろう。こうして、ニューロンコンピューティングというワールドは、ニューロンコンピュータサイエンスとこれを支えるテクノロジーだけではなく、コンピューティショナルニューロンサイエンスといったものを大いに進めていく必要があろうと考える。

なぜそんなに生物研究をやるかというと、生きているということを科学的に理解したいというのが第1のねらいである。人間は非並行系であり、その非並行系の中から機能がひとりでに出てきていることが大変不思議なメカニズムの1つである。機能をつくるということを、例えば石ころに電流を流して信号をアンプできるとか、そういった行き方を、機能をつくるということで表現すると、従来の自然科学史の中にそういう形で我々は研究を進めてきたはずである。ところが、機能が形成されることは逆に時間とともに秩序化の方向に自然が進むということであり、これは物理学で言うエントロピーの増大の法則に一見反しているように見える。このメカニズムがどうなっているのか、その法則に反するか反しないのか、新しい法則が必要なのかというのも1つの我々の興味の対象になる。

工学者がそういったものに興味を抱くのは、この生体の巧妙なからくりを知って、それを工学的に利用しようとするからである。

いろいろな実験結果を使い神経のメカニズムを考えるわけであるが、いろいろなメッセンジャーを使い、小胞体を刺激し、カルシュウムを発生させるパス、それからPKC（プロテインキナーゼC）という媒体を使ってチャンネルのあき閉めをつかさどるもの、さらにこれ自身が核に影響を及ぼすということで、これが核に働くことによって学習が実現できるのではないかと言われている。

神経細胞をやる側からすると、素子、システム、さらには素子とシステムの特性を十二分に発揮させるための構造的分化について考えていかなければいけないが、特にこのシステムが当面の我々の狙いであり、運動学習をつかさどる発芽という現象、それから知的学習を、コグニティブなアクティビティーを表現する長期増強という、ロングタームポテンシュエーションというものが重要な課題になってくるわけである。

人間の脳内には最低5種類以上の種類の違う細胞があるらしく、その種類を正確に見分け、並べ変え、実際にどんなプロセッシングを行っているかを実際に眺め、まず一体どういう情報の流れでいろいろな処理を行っているかを学ぼうと、鋭意努力を重ねているところである。

5．新しい情報処理体系の構築 …… 理想を求めて ……

我々が理想とする社会をまず想定し、その社会に適合したコンピュータのあり方を考える方が私自身は正しい行き方だと考えており、現存するシステムに適合した社会形成を考えようということは極めて危険である。我々の本当の狙いは人間の心と心のコミュニケーションである。ある文化からほかの文化への文化の正しい投影が行えればいろいろな誤解がとけていくと考えられる。こういった新しい情報処理の構築にはあらゆる観点から生体情報処理の論理を取り入れていく必要があり、人間と相補性を持った、または人間をアシストするような情報機器研究開発が今後重要になっていくだろうと考えられる。

4．講　　演

「ファジィコンピュータの動向」

「ファジィコンピュータの動向」

東京工業大学大学
教授　菅野道夫

1．ファジィ理論

私がファジィ理論の研究を始めてからかれこれ20年になるが、ファジィ理論では、ファジィネスという不確かさの要素を扱う。ファジィネスとは、言葉の意味や概念の定義の曖昧さを示す不確かさであり、英語の形容詞ファジィからきている。ファジィという言葉は、羊毛のセーターの表面がけば立ったとかいう意味が本来の意味であり、それが派生的にぼやけたという意味になる。

フランス語ではフルー（FLOU）という形容詞を使っており、日本では「曖昧」、中国では「モーフル」という形容詞を当てている。日本でも中国でも曖昧模糊という熟語があるが、日本は上をとり、中国では下をとっている。なぜかというと、中国では、曖昧というと日本よりもはるかに悪い意味にとられるからとのことである。

英語のファジィもそれほどよい意味ではない。例えばファジィ・ヘッドの後に過去分詞のEDをつけると、頭のおかしなという意味になる。

さて、このファジィネスとは、人間の主観性に深くかかわった不確かさの種類であり、そもそもの発端は、カリフォルニア大学バークレーのザデー教授が「FUZZY　SET」という論文を発表したのが始まりであり、1965年のことであった。ザデー教授は現在も元気に活躍中であり、8月に九州でファジィのワークショップがあったときにも来日し、講演があった。ザデー教授は1965年当時既に制御理論の専門家であり、そのためもあってファジィ理論はまず制御の分野から応用が始まった。

さて、このファジィ・セオリーはその後より広い理論のフレマー、つまりファジィ・セオリーとして発展し、その応用版としてファジィ・エンジニアリングの領域が日本を中心として発達した。そして1984年に国際ファジィシステ

ム学会（インターナショナル・ファジィ・システムズ・アソシエーション）が結成された。この学会は翌年の1985年に第１回の国際ファジィシステム学会を開催し、第２回は昨年日本で開催され、第３回目は来年、アメリカのシアトルで開催される予定である。

一口にファジィ・セオリーと言っても、その中身は少し多く、大体３つに分けて考えられる。

１つはファジィ・セット・セオリーである。アプリケーションの時には、このファジィ集合という概念を使って曖昧さの表現をする。

２つ目はファジィ論理という考え方で、これはファジィ・オリジナルなセオリーではない。何かというと、従来の多値論理にファジィ集合を合わせたものである。しかしながら、特に応用においてファジィ論理が非常に大きな力を発揮するため、ファジィ理論の一つの柱として置いている。具体的にはこれから述べるファジィ推論にファジィ論理の考えを使う。

それから３つ目、これは今日は話す時間がないが、ファジィ速度という考え方で、これは確率概念の拡張であり、これを用いて、例えば主観的評価モデルをつくる応用が行われている。

ファジィ・セットと言っても、集合という言葉に驚かなくてもよい。アプリケーションをするときには、このセットという言葉を忘れても大丈夫である。考え方は極めて自然でまたやさしい。

例えば、ミドルエージという言葉の曖昧さを数量化して表わすとする。簡単なために年齢を５歳置きに30歳、35歳、40歳等々とし、それぞれの年齢の人がどの程度ミドルエージだと思われるか、そのグレードをゼロから１までの数字であらわす。例えば35歳の人は0.7であるとか、40歳は１であるとか、50歳は0.5であるとか、とする。このことを評して専門用語で意味の定量化と言う。意味の曖昧な広がりを数量化としてあらわすということである。そして年齢をグレードに対応させる関数をメンバーシップ・ファンクションと言っている。

メンバーというのは何のメンバーであるかと言うと、ミドルエージとみなされる人のクラスというのは曖昧である。境界がぼやけている。なぜかというと、

30歳の人がミドルエージと思われるかというと必ずしもそうではなく、また完全にミドルエージでないかというと、またそうとも言えない。そういうわけで境界がぼやけている。したがって、ミドルエージとみなされる人のクラスはメンバーがはっきりしない。というわけで、ある年齢の人がメンバーであるか否か、そのグレードをあらわす関数というわけでメンバーシップ・ファンクションと呼んでいる。

これがファジィの考え方であるが、よりよく理解するため、従来の考え方で今のことをあらわすとどうなるかを考えてみたい。

従来の考え方は、英語の形容詞でクリスプ（CRISP）と言う。クリスプとは、きびきびしたとかぱりぱりしたという意味で、これはファジィの対立概念である。ファジィでないことをクリスプと言う。クリスプの考えは、俗に言う2値論理的な考え方である。2値論理的な考えとは、白か黒か、イエスかノーか、1かゼロかというように物事を割り切って考える考え方である。そこにおいては、グレードはゼロと1しかとらない。例えば、ミドルエージは、40歳と45歳だけでそれ以外はミドルエージでないという考えである。

このようなクリスプな考えに対して、ファジィの考えは境界がぼやけているわけである。これがどうして集合に関係するかを簡単に話すと、グレードが1のところだけの年齢を集めると、40歳と45歳である。括弧でくくると、これは集合という意味である。クリスプの場合にはこのようにはっきりしているため、メンバーを括弧でくくれるが、ファジィの場合は、両端がぼやけていてこのように括弧ではくくれない。しかしながら、これを、曖昧にしたという意味でファジィ・セットと呼んでいる。

もう一つ例を挙げる。体温で平熱という意味をクリスプの考え方とファジィの考え方であらわすとする。クリスプの場合、36度から37度の間だけをノーマルとすると、36度より0.1度でも低ければ、また37度より0.1度でも高ければもうアブノーマルになるという考え方である。ファジィな考え方では、ノーマルというのは大体36.5度というわけである。

そこで、自然言語で平熱と呼ばれる言葉を数量化するのにどちらが適してい

るかというと、これはおのずから明らかである。自然言語の平熱という意味は、37度を0.1度オーバーした形で直ちに熱があるということにはならない。

先ほどファジィの考え方は、人間の主観性にかかわると話したが、どこが人間の主観性にかかわるかというと、このメンバーシップ・ファンクションの形が人によって違ってくることである。私が考えるノーマル、あなたが考えるノーマルとで違う。

また、国によっても違う。例えばフランス人に質問すると、平熱は大体37度であると答える。つい10日ほど前に中国人の学者が日本へ来たので聞いたら、中国でも平熱は大体37度だと答える。ところが日本では普通36.5度ぐらいだと信じられている。

さて、このファジィ集合の考え方をどうやって使うか、簡単な例を挙げると、次のようなことである。25歳という年齢を少し不確かにして20歳から30歳までとしたとき、それを数量化すると、25歳を頂点に滑らかな曲線が出るが、これがファジィな考え方である。例えば私たちはこれをヤングという言葉で呼べる。もちろんおよそ20歳から30歳までと言ってもよいが、ヤングと簡単に言ってもよい。

こうすることによって何ができるかと言うと、次のようなことである。20歳から30歳までの範囲の人の年齢を２倍すると、40歳から60歳までの計算ができるが、今度はヤングを２倍するとミドルになる。そういった言葉の演算ができるわけである。これがファジィの考え方の基本である。

ファジィ集合のグレードは、ファジィ理論が始まった当初はよく確率と比較された。というのは、確率のゼロから１までの数字を扱ってあらわすからである。しかしながら、確率の考え方とファジィ・セットの考え方は非常に違ったものである。ファジィ・セットはどう理解するかというと、次のようになる。つまりファジィ集合によってあらわされるコンセプト、例えばミドルエージという概念と、あるオブジェクト、35歳という年齢の人、あるいは40歳という年齢の人、そのようなオブジェクトがどの程度コンパティブルであるか、どの程度適合するか、そのコンパティビリティのメジャーをあらわすというわけであ

る。

もう一度繰り返すと、ある人を指してあの人を中年だと言ったときに、その中年だと言った言葉がその人の年齢をあらわすのにどの程度適せざるか、適合するか、コンパティブルであるか、その度合い、コンパティビリティをあらわすというわけである。

ここで、ファジィコンピュータの話のためにファジィの演算について簡単に話をしておきたい。

集合論には、ORとANDの論理演算と、それからもう一つ大事なものがある。それはNOTである。

そこで一つ注意してもらいたいのは、通常の2値論理には演算の数は16個しかないことである。現在のコンピュータは通常の2値論理に基づいてつくられている。したがって、計算機の中にある2値論理回路はたかだか16個あればよいというわけである。ところが、その16個のものが実はORとNOTの演算だけですべて表わせることがわかっているから、計算機の基本回路は2つだけあればよい。ORとNOTの組み合わせ、あるいはANDとNOTでもよい。ところがファジィ論理の方は、このような演算の数が16個じゃなくて無限大である。

1つ1つの演算、例えばORという演算も無限大である。演算の数が無限大で1つ1つの演算のバラエティーがまた無限にある。

というわけで、ファジィコンピュータをつくろうとするときにはこれは非常に大きな問題になる。つまりどのような基本回路をファジィコンピュータの回路としたらよいのかということである。それはいまだに解決がついていない。

もう一つファジィ理論の応用の例を話すと、ファジィ・ナンバーという概念がある。これは大体2だとか、大体3だとか、あいまいな数のことであるが、ファジィ理論によると、ファジィ・ナンバーの演算が可能である。例えば大体2と大体3を足して大体5になるとか（2＋3＝5）、大体2掛ける大体4マイナス大体5は大体3であるとか（2×4－5＝3）、こういった計算である。人間ならこれはすぐにできる。なぜできるかというと、この2＋3＝5として後から（__）をつければいいわけである。ところがコンピュータにはこれはで

きない。大体という意味が理解できない。

ファジィ理論が提供するのは、コンピュータにこのような演算をさせることである。これを少し進めると、このようなファジィ方程式を解くことができる。これは数である必要はないのである。例えばエックス自乗の係数がスモールでマイナス・ビック、プラス・ミディアム、イコール・オールモストゼロ（$\underline{2}X^2-\underline{5}X+\underline{2}=\underline{0}$）といった方程式を解いて、その答えをまた言葉で出すことも可能である。

これから私の話が核心にだんだん入っていくが、ファジィ理論の一番大きな目的は、人間の思考モデルをつくることであり、具体的には、人間と機械の間のインターフェースをつくろうということである。どういうことかというと、従来の計算機は、イエス、ノー、1かゼロか、トルーかフォールスかという論理で考えているが、人間の方はそうではなく、大体このくらいだろうとか、そんなにひどくはないだろうとか、かなりいいかげんなことを考えている。いいかげんな考え方をしているものと、このようなクリスプな考え方をしているものがうまく融合できるわけはないのであり、無理にくっつけようとすると機械に人間が振り回されるとこになるが、そのインターフェースをファジィ理論を使ってうまくつくってやれば、人間と機械の協調が図れるのではないかというわけである。そのインターフェースとは何かというと、コンピュータにこのような人間のいいかげんな思考法を理解させることである。

ファジィコンピュータは、それをさらに一歩先へ進め、コンピュータのハードウェアそのものもこのようないいかげんな論理で動くものにしてしまおうといった構想である。

ファジィ論理という話が出たが、ファジィ論理は、日常言語で書かれたような曖昧な命題を扱う。曖昧とは、意味が曖昧ということである。明日は雨が降りそうだという時に、雨というコンセプトは非常に曖昧である。どのような人間も雨という概念をはっきり定義できる人はいない。どのような字引を引いても雨の意味は書いてない。また、降りそうだという概念も曖昧である。

このような曖昧な命題を扱うわけで、ファジィ論理の特徴は意味の曖昧さ、

それからもう一つは、この意味が真か理かとを問うときに、意味が曖昧であるから２値論理と同じように問えなくて、例えば「だいたい真」であるとか、「非常に理」であるとか、そういったような考え方をすることである。

２値論理はこうではなくて、２は偶数であるというような、主に数学的概念を扱う論理学である。ここで偶数とは、どんな数を持ってきても偶数であるか偶数でないか、確定するアルゴリズムが存在するような概念であるが、ファジィの方はそうではない。

ファジィ論理の応用でファジィ推論をやるが、ファジィ推論とは次のようなものである。別の呼び方で日常的推論とか常識的推論と呼ぶこともある。何かというと、例えば「凍っている道は滑る」「滑りやすい道は危険だ」ということから、我々は凍っている道はとても危険だということを推論する。アンダーラインをひいてあることろは意味が曖昧だということである。人間はこういった推論がすぐにできるが、コンピュータにはできない。

それからファジィ論理以外の論理学では、このような推論はできない。というのは、ファジィ論理以外の論理学では命題、意味の曖昧さを問わないからである。滑りやすいと滑るというのは全然異なった概念として解釈されてしまうからである。ところが滑ると滑りやすいというのは大変似た概念である。したがって、我々は似ている度合いに応じてこの結論の部分、危険度をモディファイしてとても危険だと推論できるわけである。

ファジィ論理は、主にファジィ制御に使われているが、ファジィ制御ではもう少し簡単な次のような推論をする。「車間距離が短くなったら減速せよ」、そして「車間距離は約20メートル」であるという情報を受け取ったときに、「とても減速せよ」ということを推論する。ここでもアンダーラインした部分は曖昧だという意味である。

これをどうやってやるかというと、簡単に言うと、約20メートルとはどの程度短いとみなせるかそのコンパティビリティを計算し、そのコンパティビリティに応じて減速せよという結論の部分をモディファイして「とても減速せよ」と解釈するわけである。

ファジィ制御は3つに分けて考えられており、まず、人間の経験とか知識に基づくアルゴリズムを抽出する。エキスパート・システムのような考え方である。それを、もし何々ならば何々せよというふうな、いわゆるif then形式に表わす。それを制御規則（コントロール・ルール）と呼ぶ。コントロール・ルールを計算機を用いて適用する、これがファジィ制御の考え方である。

2．ファジィコンピュータ

ファジィコンピュータは、大ざっぱに考えて、ファジィプロセッサと呼ばれるものとバイナリプロセッサと呼ばれるもののハイブリッドである。そこにはハイブリットタイプのプロセッサをコントロールする、ハイブリット・プロセッサ・コントローラがある。

ファジィプロセッサとバイナリプロセッサでは、アーキテクチャが全然違う。ファジィプロセッサはアナログタイプのプロセッサで、バイナリプロセッサはいわゆるディジタルタイプのプロセッサである。どういうことかというと、普通計算機はゼロボルトと5ボルトという2つの電圧をつける。ゼロボルトが数値のゼロ、5ボルトが数値の1に対応するとして、そしてゼロと1の数値をもって2進数でディジタルな量を計算する。ところがファジィプロセッサは、ゼロボルトから5ボルトまでの電圧の間の任意の値をつける。連続量である。そういう意味でアナログマシンと呼んでいる。

ファジィプロセッサの中身は3つあり、1つは推論プロセッサである。推論プロセッサとは、ファジィ推論を行う専門のプロセッサである。

2番目は論理プロセッサである。これはファジィ・ロジックの演算をする。ANDとか、ORとか、NOTとか、それ以外にもろもろの演算をするプロセッサである。3番目の演算プロセッサとは、ファジィ・コンセプトの演算をする。例えばヤング・プラス・ミドルはどうなるかとか、スモール掛けるビックはどうなるかとか、そういった演算をするプロセッサである。

現在、ときたま新聞紙上でファジィコンピュータ、ファジィプロセッサと呼ばれているものは、ここの推論プロセッサである。結論的に言うと、ファジィ

コンピュータと言っても、できているものはここだけである。ほとんどのものは未解決である。

さて、ファジィコンピュータには重要なところが3つある。まず、メモリがある。メモリも、ファジィメモリとディジタルメモリがある。ディジタルメモリは、ディジタルな数値を記憶するところであるが、ファジィメモリは広がりを持ったメンバーシップ関数を記憶するところである。おのずからハードウェアが異なり、現在1つのアイデアがある。それは電子回路を使うものであるが、電子回路を使うよりは光回路を使った方がよいのではないかと思っている。

最後に大事なことは知的データベースである。これはまた後で述べる。

現在つくられているファジィ推論プロセッサのストラクチャは並列である。ということは、ファジィ推論という時、if then型の規則を複数個使うわけであるが、通常のコンピュータでやると、1つの規則をつかって、その次に2番目の規則を使うというようにシーケンシャルにやるため時間がかかる。ところがファジィプロセッサはハードウェアのアーキテクチャが並列であるから、この推論の速度は推論の規則の数に依存しない。幾つあっても全く同じである。そして推論のチップとルールを覚えるメモリと、それからこういった広がりを持つメンバーシップ関数を覚えるメモリから成り立っている。

ファジィコンピュータ関係では、現状について少し紹介したいと思う。まず、これはファジィコンピュータというよりはファジィ制御のための汎用のコントローラの現状であるが、現在市販されているものはこのようなものである(表1参照)。

表1　汎用ファジィコントローラの現状

名　　称		推論速度	入出力数	ルール数	発売元
FZ−1000		1μ秒	3入力 1出力	max 19	立石電機
FRUITAX	ST	30秒	5入力 2出力	96	富士電機
	SY	10秒	5入力 2出力	256	
FOC−201		200m秒	2入力 1出力	max 25	奥井電機
LINKman					Blue Circle イギリス

入力と書いてあるものは、if then形式の規則で、ifのところに入ってくる変数の数である。例えばifのところにX_1がスモールで、かつX_2がビックならば、then、Yはミディアムであるといった時に、ifのところに入ってくる変数がX_1とX_2の2つである。入力の数が2である。

立石電機のものは、ファジィ推論プロセッサを使ったものである。

富士電機のものは、通常の産業用パーソナル・コンピュータを使ったものである。ただし、ハードウェアだけのものとファジィ・コントローラをデザインするソフトウェアがついているものがある。

最近発表されたものに、イギリスのブルー・サークル（Blue Circle）という会社が売り出しているリンクマン（LINKman）と呼ばれるファジィコントロール専用のプロセッサがある。

それからソフトウェアの方はこのようなものがある（表2参照）。これはファジィコンピュータのソフトウェアと言うより、既存のソフトウェアのファジィバージョンと言ってもよい。例えばAI構築ツールにファジィ・ロジックを乗せられるようにしたものであるとか、あるいはPrologにファジィ論理を乗

せるようにしたものであるとかである。いずれも現在市販されており、利用可能である。

表2　ファジィ制御・AI用ソフトウェアの現状

名　　称	対　　象	開　発　元
IRPX システム	プラント制御	石川島播磨
FLOPS	AI	ナレッジウェル
Hyper Brain ／能力男	ES	ブレインズ
ERIC	プラント制御	三菱電機
IFCS	一般制御	東　　芝
ORPX システム	プロセス監視・制御	オーシーエンジニアリング
向殿教授（明治大学）	ファジィ PROLOG	明治大学
馬野講師（大阪大学）	ファジィ PS ES−PROLOG ファジィ LISP	大阪大学

ファジィプロセッサの方であるが、現在ではかなりのものはワンチップ化されている。

日本で有名なのは、熊本大学の山川助教授が開発したチップであり、チップにする前の推論速度は1秒間に1,000万回であった。1,000万回というのは推論のところだけである。実は推論の速度というのは、ファジィ推論をするとその後の処理が必要である。

山川助教授のものは、チップにするまでは1,000万回だったが、チップにしたときにデザインが悪かったことと、推論の後処理で少し時間を食ってしまったため、遅くなってしまった（20万回／秒）ということである。これはアナログ処理である。

ところで、現在ファジィチップには2つのタイプのものがある。1つはアナログ、1つはディジタルである。さらにもう一つの分類が可能で、1つは電流

モードで動く、１つは電圧モードで動くというものである。通常の計算機は電圧モードである。ゼロボルト、５ボルトで動く。ところが電流モードのマシンはアーキテクチャが全く違い、何ミリアンペアとか何10ミリアンペアという電流の強さで数量をあらわす。

今年発表した法政大学の廣田助教授のチップは600万フリップス（FLIPS：ファジィ・ロジカル・インフェンス・パー・セカンド）である。

例えば山川助教授のチップ推論であるが、チップにするまでの速さは１秒間に1,000万回、これはどのくらい速いかというと、ジャンボジェット機が髪の毛２本を横切る間の時間である。それだけの時間でやる。普通のコンピュータに比べてどのくらい速いかというと、1,000倍から１万倍ぐらいこのファジィ推論プロセッサは速い。今は余りに速すぎて使い道がなく大変困っているところである。以上は日本のチップの話である。

それからアメリカでは２つある。戸貝氏、渡辺氏、２人ともアメリカのATTのベル研で研究しファジィ推論プロセッサを開発したが、渡辺氏はノースカロライナ大学へ移り、戸貝氏は独立して、戸貝インフラロジックという会社を設立した。それぞれ通常のバイナリ・バイド・ロジックのLLIを使ったものである。

つい最近中国がファジィ推論ボードを発表した。これはまだチップ化されていないが、間もなくチップ化される予定である。この処理速度は世界で最高速度である。１秒間に1,500万回であり、私が見る中では、これが一番すぐれている。そういうこともあって、中国はこの８月にファジィコンピュータを日本で売るために、アクト・インスツルメントという株式会社を設立した。

さて、ファジィコンピュータにこれからどういった問題があるかというと、２つに分けてハードウェアとソフトウェアということになるが、ハードウェアは非常に大きな問題としてファジィプロセッサがある。ファジィプロセッサの３分の１が今解決されている。その次にファジィメモリがあるが、ファジィメモリをどうするか、まだはっきりとしたデザインがあるわけではない。それから、もう一つファジィプロセッサとバイナリプロセッサのハイブリッドについ

て、ハイブリッドのアーキテクチャをどうやってやるか、我々はまだ経験がないから、わからない。非常に大きな問題である。

ところが、これ以上に問題があるのはソフトウェアである。ソフトウェアと言ったときに我々は3つに分けて考えることができる。普通のソフトウェアという意味では2つである。

第1はオペレーティング・システムである。これはハイブリッドプロセッサをコントロールするソフトウェアである。このようなハイブリッドプロセッサは我々はいまだかつて持ったことがないため、イメージがまだわからない。

それから、さらに重要なものはプログラミング言語である。ファジィコンピュータはプログラミング言語として自然言語ベースなものを考えている。自然言語ベースのものを使うということは、2つの重要な問題を我々に投げかける。

1つは、自然言語は、これまでの計算機言語のようなアーキテクチャの言語と違って、閉じたシステムではない。自然言語にはこれといった文法があるわけではない。どういった言葉が出てくるかわからない。これまでの計算機言語はもう限られた言語で、限られたストラクチャー・センテンスしか受けつけないが、自然言語はそうではない。場合によっては、述語が始めにきてその次に主語がくるかもしれない。閉じたシステムではない。したがって、それをどうやってコンピュータに入れるようにうまくまとめるかは非常に大きな問題である。

それからもう一つは、自然言語は、従来のような2値論理的な言葉ではないため、自然言語で書かれたプログラムは、常識とかほかの知識を使って解釈しないと実行不可能である。意味を理解しないと実行はできない。

ところがこれまでのコンピュータのプログラム言語はリミットがないから一切理解する必要がない。例えばAというバリアブルは、何番地と確認されている数値のことである。その数値が何であるか全然問題じゃない。番地を指定するだけである。ところが今度は意味があるから、問題である。

そこで必然的にファジィコンピュータは、インテリジェントでなければなら

ない。というわけで、先ほど少し話した知的データベースというのが出てくるわけである。知的データベースを持たないと、これはファジィプロセッサにならない。それはなぜかというと、ソフトウェアとして自然言語ベースのものを用いているからである。ソフトウェアについては今のところ、何の解決策も見つかっていない。

さて、ファジィコンピュータの特徴を簡単にまとめていたいと思う。まず、ハイブリッド・パラレルマシンであるということである。つまり、フォン・ノイマンタイプである。それからファジィ・ロジック・マシンである。それからノンニューメーカルな情報処理をするということである。これまでのコンピュータは数字情報を扱ったわけだが、ファジィコンピュータは数字情報でなくて、むしろ言語情報を扱う。そういうわけで人間の思考のプロセスのシミュレーターと言ってもよいわけである。そして役割は、セクレタリーとかコンサート的な役割をするマシンである。ファジィコンピュータに何かを問えば、ファジィコンピュータは適当に処理してくれるというわけである。

これまでのように手とり足とり、コンピュータにすべて教えてやらなければ動かないというわけではなくて、大体言ってやれば、こちらの意図を理解して実行して解決策を示してくれるわけである。あるいは助言してくれるということである。

それから自然言語を使うということである。

それからオープン・プログラムである。自然言語ベースの言語体系とはオープンであるということである。クローズド・システムではない。

それからインテリジェント・マシンである。

それからオープン・システム。これがまた大事なことで、コンピュータはインテリジェントでないといけない。使っている間に、だんだんコンピュータが賢くなってこないと使いにくくなる。だからコンピュータは賢くならなければいけない。コンピュータが賢くなるには２つ方法がある。１つは、いろいろな問題を自分が処理していく間にだんだんやり方を覚えて、自分が出した答えが違っているのを指摘されて、やり方を覚えて賢くなることである。それは教え

られて学習することである。

それからもう一つは、自己学習である。これは自分で他のコンピュータに聞くとか、あるいは他から情報を入手するとかして、自分で賢くなることである。そういった進化マシンになると、自然言語を処理するようなシステムにはならないだろう。

3．最近の動き

最近の日本の話題は、何といってもファジィに関しては、通産省がこの6月に発表した、国際ファジィ工学研究所を設立するという構想である。この研究所はLIFEと呼ばれる。LIFEは、Laboratory for International Fuzzy Engineering Researchの略である。これは産・官共同出資の株式会社であり、予定としては、来年（1989年）のうちに設立されることになっている。

その中身であるが、民間企業は46社出資しており、日立が幹事会社で、副幹事会社としては松下、東芝、立石という名前が上がっている。この4つの企業が日本で最もファジィに熱心であるということを同時にあらわしているが、研究開発費は大体55億円である。これはドルにすると4,000万ドルぐらいになるであろうか。実際にはこの研究開発費の3倍ぐらいの費用が投ぜられるのではないかと思われる。これはLIFEが自分自身で使うものであるが、LIFEにはその背後に46社という会社が控えており、その会社独自で研究するものもある。そういうわけでファジィ関係に使われる費用に大体これの3倍ぐらいであり、そしてLIFEのプロジェクトの期間は7年3ヵ月である。

ちなみに第5世代のプロジェクトは1992年に終わるが、通産省は、それが終わる前に既にファジィのプロジェクトを始めたというわけである。専任の研究員が30人か40人ぐらいで研究開発をする。

LIFEは、国・通産省が70％、民間企業が30％の出資である。通産省と言っても、実際に出すところは、基盤技術促進センターである。

話はちょっと脱線するが、基盤技術促進センターは、NTTの株の売却益で設立されたセンターであり、2年ほど前につくられた。なぜつくられたかという

と、これは裏話がある。アメリカはもう大分前から産業の空洞化が言われていて、鉄鋼はもちろんだめ、家電製品はだめ、ハードウェアに関してはほとんどだめの状態にあるが、レーガン大統領が、アメリカの経済を建て直すために打ち出した最大の戦略が、知的所有権の確保である。知的所有権とは、特許権であるとか著作権である。それを押さえることによって世界を制覇し、アメリカの経済を建て直すということであるが、日本はそのアメリカの戦略を受けて非常にあわてた。そこで、一つには、その基盤技術を将来に向けて日本で確立しなければいけない、つまり知的所有権を日本も確立しなければいけないと、その一環として設立されたのが基盤技術促進センターである。

基盤技術促進センターは、通産省の意向を受けて、ニューロ・コンピュータのプロジェクトであるとか、あるいはまた日米同時通訳電話のプロジェクトであるとか、それから、つい最近新聞に出ていた液晶テレビのプロジェクトなどを始めようとしている。基盤技術促進センターは、実は通産省だけではなく郵政省の方が大きな力を持っている。今話した日米同時翻訳電話は郵政省のプロジェクトである。

そういった日本政府の方針を受けて、通産省はLIFEという構想を出したわけである。それは何であるかというと、第5世代の次の第6世代コンピュータのプロジェクトである。というのは、現在第6世代コンピュータの最有力の候補としてファジィコンピュータが理解されているからである。

また話は脱線するが、通産省とは別に、科学技術庁もファジィのプロジェクトを来年から開始しようとしている。本当はこの4月から始める予定だったが、ちょっと金のやりくりがつかなくて来年に延びた。科学技術庁のプロジェクトはFAIR（ファジィ・アーキテクチャ・インテリジェンス・リサーチ）と言う。そのプロジェクトは5年計画で、費用は20～30億である。

LIFEは基礎研究に関しては大学と共同研究であり、それから実証研究、テストはナショナル・ラボラトリとする。また、国際と銘打っているから、海外とも共同研究する。今候補に上がっているのは、アメリカのNASAである。具体的にはジョンソンスペースセンターとやる。フランスの研究所のNFSIとや

る。こういった構想である。

LIFEの中身であるが、LIFEは3つのものについて研究する。

第1は、ファジィ制御である。ファジィ制御の中身は、コントローラー・デザインであるとか、それからファジィモデル、同一ツールの開発であるとかそういったものである。

2番目はファジィ情報処理である。ファジィ情報処理の意味は、自然言語処理、パターン認識等々である。

3番目はファジィコンピュータである。

この3つの分野について、基礎研究、技術開発、実証研究という分類で研究をする。

さて、通産省のプロジェクトは既にアメリカでも大変評判になっており、例えば次のような記事が出ている。「日本はいまやファジィ・ロジック・マシンをつくる研究に着手した。MITIがそのスポンサーである」と。

それからヨーロッパの話題を少し話すと、フランスのマルセイユ市にことし設立される研究所がある。NFSI（ニューロ・ファジィ・システム・インスティテュート）と言う。これはフランスのナショナル・インスティチュートではなく、マルセイユ市のローカル・ガバメントと、その周辺の企業が出資したプロジェクトである。

ヨーロッパには、これ以外に既にECにKOREというプロジェクトがある。ナレッジ・オリエンテッド・リギドニックというプロジェクトで、これはファジィ制御のプロジェクトである。これはスペインとフランスとギリシャがECに今年申請したところである。

それから、アメリカでは何といっても一番大きな話題は、NASAがニューラル・ネットとファジィ・ロジックを結びつけたということである。NASAはこれから宇宙開発、宇宙開発というのは火星ロケットプロジェクトも入っているが、宇宙開発を推進するに当たって、どのような先端技術を使うべきか非常に大がかりなサーベイを行った。そのサーベイの結果浮かび上がったものが2つ、1つはニューラル・ネット、もう一つはファジィ・ロジックである。

そして、この5月には、既にNASAはニューラル・ネットとファジィ・ロジックについてのカンファレンスを開催した。カンファレンスには24人の人間が招待されて講演したわけであるが、講演の中身は、ニューラルと、ファジィと、それから両方合わしたもの、その3つに分かれる。そしてNASAは、24人の招待講演者の中に5人だけ外国人を入れたが、その5人はすべて日本人であり、しかもその日本人は全部ファジィロジックをやっている研究者である。

したがって、NASAは、ファジィ・ロジックに関する限りはまだ日本の力を借りようとしているわけであり、先ほど話したファジィチップも既にNASAが実証テストをすることになっている。既にNASAはファジィ・コントロールの研究をしている。8月に日本でファジィの国際会議があった時、ジョンソンスペースセンターと日本の国際会議場を人工衛星で結んで討論会をやったが、そのときNASAが示したのが、宇宙ステーションにスペースシャトルをドッキングさせるためのファジィコントロールであった。3次元ディスプレーを使って見せてくれたが、そのシミュレーションによると、宇宙飛行士がやるよりも燃料は節約でき、またドッキングのための時間を大幅に節約できることがわかったということである。

ファジィ制御について、2つほど例を話したい。仙台市は昨年の7月に新しい地下鉄を開通させたが、これは自動運転で、日立が開発したファジィ制御で動いている。これは非常にうまく動いている。

もう一つの話題は、株式投資システムのエキスパート・システムをファジィ理論を使ってつくったということである。これを開発した会社は山一証券である。山一証券は、このファジィ・エキスパート・システムを使ったファンドをこの12月から一般に公開した。これは5年の投資信託である。つまり1万円とか10万円のお金を預けると、山一証券がファジィ理論を使って株の売買をして、それを運用するわけである。

2つの新しいことがある。

1つは、このシステムは株の先物を扱うということである。それからもう一つはファジィ理論を使うということである。なぜ山一がこれに踏み切ったかと

いうと、これまで過去のデータを使ってシミュレーションをしてみた。例えば昨年の１月に100億円基金があったとして、ことしの７月の終わりまで、開発したファジィ・エキスパート・システムを使って実際に運用したら、どのくらいもうかったかというのをシミュレーションをした。

昨年は非常によい成績をおさめたが、３年前からやると、余りよい成績でなかった。なぜかというと、３年前ぐらいは株価はリニアに上昇している。リニアに上昇している時は、エキスパート・システムを使わなくても株を買ってほっとけばもうかる。株の売買をすると売買手数料を払わなければいけない。そうなると損する。そういうわけでうまくいかないのであるが、昨年は非常にファジィ・エキスパート・システムが威力を発揮した。なぜかというと、昨年10月19日にブラックマンデーがニューヨーク、シカゴの取引所から始まった。あのような大暴落があったので、ファジィ・エキスパート・システムが非常に大きな力を発揮したのである。山一証券は、このエキスパート・システムを初めは機関投資家に売るつもりだったが、余り成績がよいので売るのをやめて、自分のところで使おうと決心したわけである。

最後に、きわめつきのファジィのアプリケーションをひとつ紹介したい。これこそがファジィの究極の応用の姿ではないかと思う。

それはトイレットペーパーである。トイレットペーパーにファジィ理論を応用したということである。三島製紙という会社が、昨年「ファジィ」というブランドのトイレットペーパーを売り出した。私も早速16ダース買った。そのうちの１ダースはジョンソンスペースセンターに送った。ぜひ宇宙飛行士に使ってもらおうと思ったからである。この三島製紙というのは、昨年ファジィがブームになったので、これは売れるだろうというのでこういう名前をつけたというわけである。ところがもう一つ秘密があり、このファジィという英語の形容詞は、紙の表面がざらざらしていることもあらわすのである。紙の表面がファジィというと、それはとってもよい紙という意味である。もともとそういった専門用語があるから、ファジィという言葉を使ったということである。

5．講　　演

「新しいコンピュータ技術と産業界へのインパクト」

「新しいコンピュータ技術と産業界へのインパクト」

株式会社　日立製作所
専務取締役　三　浦　武　雄

1．産業構造の変化と情報産業

これから先の情報産業、高度情報化時代について将来の産業構造を考えると、リーディング産業として、情報産業が存在するのではないかと考えられる。84年で約20兆円の産業であり、GNPの6.4%である。これが2000年頃になると、大体140兆円ぐらいの産業になるのではないかと考えられ、平均成長率で見ると13.3%であり、GNP比20.7%になる。したがって、産業の中心が情報ビジネスになるのではないかと考えられる。

そうなる一つの要因として、どんなことが考えられるかであるが、経済社会システム化の動向ということで見ると、こういうシステムを解決していくには、それなりの支えられるいろいろなものが必要であり、1つは、技術の革新的な進歩がないと問題解決は出てこないということである。

まず、問題としてどんなことが考えられるかと言うと、要するにこれからの先々の夢ではあるが、マイクロ・エレクトロニクスとソフトウェアによっていろいろな新しい創造と夢が実現していくのではないだろうか。それを解決する問題として、常に技術の革新が支えになっている。マイクロ・エレクトロニクスを中心とする半導体テクノロジーの進歩が、最近のいろいろなコンピュータ、例えばパソコンを初めとする非常に小さなコンピュータが社会に浸透してきている要因である。

また、通信については、光あるいはマルチメディア、衛星といったものの通信技術、それからコンピュータ固有のハードの問題、ソフトの問題の解決なくしては、これからのいかなるコンピュータ・システムも実現できないのではないか。

それからもう一つは、何と言ってもニーズが大変重要であり、社会環境とい

うニーズでは、資源が有限であるということがある。1970年時代に石油ショックにあい、要するにワールドワイドで地球の資源は有限であるという概念が当時導入された。

それともう一つは、最近非常に新しい問題としてクローズアップされている価値環境、つまり情報に対する価値が非常に高まってきていることである。それに加わる問題として、いわゆる国際環境についての問題が出てきている。こういう課題をどうやって解決していくかが大きな問題である。

これに対し、行政対応としていろいろな施策が進められている。その一つは、通信自由化行政であり、高度情報化のための問題解決策につながっている。

それから国際標準化がある。OSIを初めとして、種々の標準化が行われている。

最近の非常に大きな問題として、知的財産権の保護の問題があるが、いずれもいろいろな面での絡み合いがある。

こういう問題を解決するに当たっては、いろいろな対応が必要になっているということであり、このような問題をどう解決していくかが、我々に与えられた課題であると見ている。

まず、社会面から見た対応であるが、コンピュータは全部ソフトウェアがついているのが特徴であり、いろいろとソフトウェアレスにしようという方向にはあるが、システム・エンジニアをひっくるめた広義のソフトウェアという問題はますます大きく伴ってくる。

それから経営の環境、労働環境といった問題も大きく変化していくのではないかと予想される。

また、コンピュータリゼーションにより、人間性の疎外の問題、最近のハッカーを初めとするセキュリティの問題、あるいはこういうものがワールドワイドにどんどん伸びていくことになると、技術の問題、各国の違う文化の融合の問題、情報環境をどうインターオペラブルに扱っていくかといった問題がある。

2．現代コンピュータ技術の課題と解決へのアプローチ

社会的にどう解決するかは、技術だけの解決ではいかない。今度は技術の面からの対応を考えてみると、幾つかの問題が出てくる。

1つは、現代技術の脆弱性の解決である。極めてロジカルに物を考えていくアプローチに大きな難点があった、脆弱性があったということである。そこで、このような論理的なアプローチ、アトミズミックなアプローチから、いわゆる知識工学的なアプローチ（ホーリズム的なアプローチ）への展開があり、新しいコンピュータ・アーキテクチャという話が出てくる。

もう一つ重要なことに、バイオホロニック的アプローチがある。どちらかと言うと、論理的云々というのは、プロブレム・ソルビングに関する問題であるが、このバイオホロニック的アプローチは信頼性という観点からのアプローチである。一言で言えば、従来のシステムは軍隊的なトップがあって、ずっとその下にサブシステムがくっついていくシステムであるが、それに対し、ホロンとか自律分散という考え方は、セルフ・オーガナイジング・システムとして、それぞれ個々のものが自立性を持っており、極端に言えば、人間の体の構成と同じである。人間は、どこかの細胞が壊れても全体としては生きており、そういう信頼性を上げるにはバイオ的なアプローチが必要になってきている。こういうものがコンバインされた形で、新しいコンピュータ・アーキテクチャが考えられている。

まず最初に、ノイマン型のコンピュータについて、幾つかの課題が残っている。その現状を最初に紹介しておきたい。

システムの社会化、大規模化により、非常に大きなシステムが出てきている。典型的な例が、金融関係におけるオンライン・システムであり、日本はもちろん、各国とも非常に普及している。

第1次オンライン、第2次オンライン、それから第3次オンラインと展開しているわけであるが、ソフトウェアの大きさで言うと、10メガステップといった、大変大きなソフトウェアの量になっている。端末機で言うと、1万台ぐらいの端末がコンピュータにぶら下がっている。

汎用コンピュータの実動稼働台数で言うと、85年で669万2,000台という数字

が、通産省の報告によると出でいる。これは一つずつのシステムが非常に大きくなっているということである。

もう一つは、個人用のシステムがどんどん普及していることである。これはパソコンがあり、ワープロがあり、最近ではゲームマシンとか、32ビットのパソコンが出たりしている。日立の昔のMシリーズの、Mの100、180とかいろいろ大きな大型コンピュータの性能に十分まさる性能のものができてきており、そういうものが大変小さくかつ非常に安価に入手できるということである。出荷台数で見ても、1990年には190万台ぐらい出てくる。

こういうところにおいていまだに解決していない問題が幾つかある。まして、その解決の一つの手段としても、新しい考え方のコンピュータが必要であると考えられる。

最近のコンピュータの大きな問題は、データベースの飛躍的拡大に伴う高速処理であり、非常に重要な問題になってきている。次の問題としては、使い勝手と言うか、改善による適用分野の拡大ということである。もう難しいコンピュータはだんだん使わなくなってきており、いかに使いよくするかが大変重要になってきている。

それから社会システムとしての信頼性、セキュリティであり、我々が納入しているコンピュータが、例えば銀行でダウンすると、もう新聞にでかでかと書き立てられるほど、一般社会の大衆に与える影響が非常に大きい。

それから、コンピュータに、人間性をもっと尊重した形が要求されてきている。また、ユーザフレンドリということも出てきている。

また、最近の大きな課題としては、昔はコンピュータセンターが結構都内の地価の高いところにおかれていたが、最近のコンピュータもかなり小さくなってきたとは言っても、コンピュータを設置する場所の土地代が上がってきており、何としても省スペースにしなければいかんという要請が、昔以上に非常に高いニーズとして出てきている。

そういう問題を解決するやり方としては、一つは高性能への要求があり、それからますます高速、大容量のファイルが必要になってきている。また、使い

勝手の改善がある。それから、ソフトウェアの規模の拡大化に対し、どう対策していくかということがある。それからシステムの超高信頼化、セキュリティ、マンマシン（操作性）の向上、知識情報処理、自然言語処理がある。

これを解決する手段として、２つの方法が存在する。１つは、現状のフォン・ノイマンを中心とするアプローチであるが、まず、新しい回路素子を使っていかに高速に持っていくかということである。次はパラレル・プロセシングであり、コンピュータをパラレルにつないで非常な高速性を実現するということ、さらにファイル大容量化、高速処理ということである。それから、ソフトウェアの開発技術をかなり上げないといけないこと、使い勝手をよくするようにいかにソフトで持っていくかということがある。

それからもう一つは、新しい着想による解決策であり、ホーリズム、バイオホロニックというアプローチである。その１つが第５世代コンピュータであり、これは知識処理や推論といった問題がある。

それからデータフロー・マシンである。アナログコンピュータが昔あったが、その考え方がこのコンピュータ・アーキテクチャに適用されるやり方である。

それからファジィやニューロがある。

それから、信頼性を上げる、自律分散システムというのがある。

３．現状技術延長上での解決

では、現在のコンピュータの性能と、世の中のニーズはどうなっているのか。この問題を我々メーカとして解決していくことが、何と言っても現在の社会の問題を解決する一つの大きな使命である。

ハードウェアで実現できるコンピュータの性能は、いずれも単一プロセッサで動くわけであり、単一プロセッサで性能がどんどん上がっていくのではないかと考えられ、現在のコンピュータは、単一プロセッサで20～30MIPS/ℓぐらいのものであるが、2000年のコンピュータは大体1,000MIPS/ℓで、しかも非常に容積が小さくなってくる。それから主記憶装置は64ないし256GBであり、大容量ということに対しては、こういうぐあいにこたえていかないと世の中に対

応できない。

しからば、世の中の要求はどうなっているか。世の中が要求するシステム要求性能は、ハードウェアで実現できる性能をはるかに上回っている。それを何でカバーしているかと言うと、こういうコンピュータを並列に接続することにより、ソフトウェアでこれをカバーして、要求性能まで性能を持ち上げていっている。一番大きな接続は6台ぐらい、あるいは8台ぐらいのコンピュータをつないだりしている。

それをさらに大きく実現しようと言うのが、超並列プロセッサである。中のアルゴリズムは、アーキテクチャはフォン・ノイマンであるが、超並列でこういった問題を解決していくことが出てくると予想されているわけで、こういう関係の研究開発も進められている。

MIPSを決める2つの要因がある。MIPSとはミリオン・インストラクション・パー・セカンドの略で、毎秒どのくらいのインストラクション（命令）が実行されるかということである。これを向上させるためには、一つずつの命令を実行するサイクルの数を増やすか、あるいはワンサイクルの時間をどんどんどんどん速めていくという、この2つでやっていくわけであり、現在のコンピュータもかなり性能は上がってきているのであるが、ますます高性能が要求されるようになってくる。

そうすると、シリコンのテクノロジーが中心になっている従来のテクノロジーでは対応できなくなり、ガリウム砒素（G_aA_s）とか、あるいは超電導素子という形になっていこうとしている。最近よく超電導素子が騒がれているが、1GIPSを超えるくらいの実現になると、こういうものがないとできない。

では新回路素子はどんなものがいろいろやられているか。スイッチング・スピードを上げようとすればするほど消費電力は大きくかかり、それをいかにクーリングしながら高速にやるか、いろいろ技術的に難しい。現在はECLとかが使われているが、JJ（ジョセフソン・ジャンクション）などの超電導の素子を使わないと、超高速の辺になってくるとできない。

超電導については、1980年に超電導トランジスタの原理が発明されている。

特に86年に、IBMのチューリッヒの研究所において、セラミックスを使った超電導材料が発見されることにより、こういう回路素子への可能性が非常に大きく出てきた。我々の方でもジョセフソン・ジャンクションのLSI化基礎技術を88年に確立しており、こういうところのレベルの研究開発もやっている。

次に、これからは非常に大容量ファイルが必要になってきており、そのためにはトラックの密度を上げることが必要である。トラックの円周の中にどれだけ入れるか。それから記録線密度とは、１つの周辺のラインの中にどのぐらいのビットで入れるかということである。

現在、我々の会社でも、10～15GBというような大容量の磁気ディスクを出しているが、これがどんどん進んでいくと、磁気記録円盤とヘッドの間隔がコンマ２ミクロンとかになり、これをジャンボ機でたとえると、ジャンボ機が２ミリぐらいの高さでずっとロングに走っているということである。よく例に挙げる話であるが、ゴミの付着で言うと、後楽園球場に髪の毛が１本落ちていても駄目だというぐらいのハイテクノロジーが適用されている。したがって、それも限界があるだろうと考えられる。

これを解決するため、光ディスクの開発がますます進んでいる。現在は書き込みオンリーであるが、次は書換可能の方向にくる。これの限界には、光スポットの径の限界というのがある。こういう限界になる前に、どこかに逃げていかないといけない。どうやって逃げるかということの解決方法の一つとして、新しいコンピュータへの展開という必要性も、先になると出てくると思われる。

これからいよいよ出ようとしつつあるのが、光磁気ディスク装置である。大容量で、しかも書換可能な光磁気ディスクが開発されようとしている。

これまではハードの話だけしてきたが、次に、ソフトウェアも相当大変な問題がある。通産省で出している「2000年のソフトウェアの人材」のソフトウェア技術者の需給見通しを見ると、2000年になると約100万人足りないようになるということである。これをどうするか。足りない分、我々がやろうとする夢が実現できないことになるわけであり、こういうことの解決にも、新しいコンピュータ・アーキテクチャが無視できない一つの課題として出てくる。

しかも大変嫌な問題は、単に数だけの問題ではなく、ソフトウェア一つずつが極めて規模が大きくなってきて、非常にソフィスティケートにそういうものが組み合わさっていることである。金融のオンライン・システムにしても、ポスト第3次では膨大なステップ数が必要になってきている。

それからオペレーティング・システムについては、これはコンピュータメーカが一緒につくっているが、これ自身も非常に膨大な開発が必要であり、これも一つのアプローチで最近国際的に標準化をして、いろんなソフトをつくるのをやめようという動きも、セービングのための一つのアプローチとしてある。

これらのことを解決するには、相当の生産性向上をしなければならず、何と言っても、生産技術の向上、ツールの整備が必要である。

それからソフトウェアの標準化、モジュール化、共用化が必要である。

それから、ソフトウェアの流通性、コンパチビリティ、インタオペラビリティといった問題が重要になる。ソフトウェアは、1回つくると、あとはコピーすればいくらでもできるわけであるから、そういった意味では反復活用することが非常にいい。

第5番目は、ユーザソフトの活用である。共同で開発したソフトをぜひ使わせてもらう、あるいはユーザとの共同開発ということが重要になる。

6番目は労働装備率の拡大である。この言葉は大変難しいかもしれないが、要するに、全く人手でやっていたものを機械化しようということであり、最近のようにOA機器を使ってみたり、あるいはまたソフトウェア・エンジニアリング・ワークステーションとか、あるいはネットワークでいろいろ端末をつないでやるということで、機械化によって労働力を整備しよう、セーブしようという考え方である。

それから、何と言ってもソフトウェア技術者の質的向上を図らなければいけない。

それから、プログラムレスの問題。

それから、使い勝手重視によるつくり直しの排除。要するに、でき上がったものが結構使えないということではぐあいが悪いため、何をつくるべきである

とか、what to makeが極めて重要になってきている。

それから、人間性重視の環境である。いろいろ試行錯誤しながら、こういう職場環境にすれば非常に生産性が上がるとか、あるいはまた人間があくまで知能労働になっているため、いわゆる達成感を出させるにはどうすることがいいのか、こういったアプローチが重要である。

以上は、現代技術の延長として、フォン・ノイマン型コンピュータでもこれだけの大きな課題があるということである。なぜフォン・ノイマンにこんなにこだわっているかというと、現在情報化と言いながら、そこに蓄積された財産は、すべてフォン・ノイマンで財産が蓄積されている。この継承は、技術の問題というよりも文化、カルチャーができ上がっているということであるため、そのカルチャーの継承という意味で非常に重要である。

それと同時に、それだけでは技術的にどこかで行き詰まる可能性があるため、新しいアーキテクチャのアプローチが重要になってきている。新しいアーキテクチャ応用へのアプローチとして、脳機能の模倣を考える。

4．新しいコンピュータ技術による解決 —— 新しい着想による解決策と可能性

左脳は、数学で言うと代数学的なものの解き方をする。何か物理的な現象を解析しようとする時、その数式モデルをつくり上げ、その数式モデルを丹念に解いていくという論理的あるいはアトミズミックなアプローチである。

典型的なのは、コンピュータそのものがそうであり、現在ノイマン型のコンピュータは、極めて論理的にすべてのものを追求し、すべてのものを記号処理というよりも数値処理をしている。数式で皆解いている。これは精密な計算、あるいは正確な記憶が非常にすぐれているわけである。

ところが、世の中の自然現象というのは何も数式になっているわけではなく、すべてアナログの情報でアナログで動いているため、そういう問題を解決するのにこれだけでは非常に難点があり、新しいアーキテクチャ、新しいコンセプトが出てきている。

その考え方の典型的なものは、アトミズミックな、ロジカルな論理をベース

に考えているが、処理の仕方が、数値じゃなくて知識という考え方で対応していこうじゃないかという考え方が一つ存在する。

そういうところで出てきているのが、第5世代の考え方であり、AIとかその辺が今出ている。

それから右脳的とは、これは完全に幾何学的アプローチ、数学で言う幾何学の補助線を引くかのごとくで何も難しいことを言うわけではない。例えば、刀鍛冶が、いわゆる湯の温度を色だけで見てすべてやる。それで最適に刀を焼き直す。焼入れの温度になっているとか、要するに経験をベースにしていろいろやっているものであり、エキスパートと言われるのは、右脳的なアプローチである。

したがって、難しい数学的なモデルをつくる必要は何もなく、経験とかそういったものだけを蓄積していくという考え方で、そのアプローチが、例えば学習である。アルゴリズムは何もない。しかし何か問題を解決するのはいつもこういうパスを通っていると、そういうものをどんどん、どんどん集積させて、それによってそういうものの論理を経験からつくり上げていくわけである。学習論理というのはそうである。パターン認識でも、何回も何回も同じことをこれはこうだこうだと認識していくと、その経験が積み重なって、これはこういうものだと認識していくという考え方である。ニューロも同じような系統である。

従来のノイマンでは何が苦手なのかと言うと、もともとシーケンシャルなコンピュータであるため、並列処理が苦手である。それから推論、曖昧処理、認識、学習、記号処理、こういうのは全部苦手であり、こういうものが得意なものが、データフロー、あるいはルールというロジックが入っている第5世代、ニューロ、ファジィである。

これらは現在新聞紙上をいろいろにぎわしている問題であるが、技術的にもまさに緒についた段階である。例えば人間のニューロという立場でいけば非常に膨大な素子が入っているわけであり、そういうものを、今のいかなる最先端のハードウェア技術で人間と同じようにしようとしても、それは不可能なこと

である。それを実現するハードウェア・テクノロジーの進歩とともに新しいコンセプトを入れることによって、今の新しいコンピュータ・アーキテクチャが実現していくということである。

また、新しいコンピュータは、テクノロジー自身がまだまだ緒についた段階であるということと同時に、その応用分野も極めてコンセプチュアルである。高度情報化時代というと、何となく大きな夢があるわけであり、その夢を、そこに存在するコンピュータに見合った形につくり直していくことによってそれが実現されていくわけであるが、夢というものがそれほど明確でなく、何となく夢があるという感覚であって、そういった意味で応用自身がまだまだはっきりしない。しかし可能性がある、だからテクノロジーも可能性がある、もう一つニーズも可能性がある。その可能性をさらに絡み合わせながら、それを解いていくことによって初めて物が実現していくのではないかと我々は認識している。

しかし、可能性云々というだけではなく、実現できるところからどんどん実現していけば、本当の意味でのファクトファインディングができて前進するのではないかと、幾つかの応用を我が社でもやっている。その一端を少し簡単に説明すると、ファジィによる人間の主観の表現についてであるが、通常の表現は、身長の場合センチメーターではっきり決めて何センチ以上は高い、何センチ以下は低い人だと完全にサッと線を引ける。従来のコンピュータでもそう処理していくわけであるが、実際は、何も厳密な線を引くのではなく、人間の主観では、境界はむにゃむにゃむにゃっとしている。むしろ、むにゃむにゃむにゃっとした主観を入れてやる方が実際的な考え方になるわけであり、ファジィの表現では、高い人というと、要するに分布の形で出てくる。

それから、例えば満足度ということで物を考えてみると、何か悪いとか良いとか、ファジィ的表現、要するに1、ゼロではなくて面があるということである。何となくというやつである。グレーンゾーンが存在するのが実際である。

列車運転の自動制御において、列車をとめるのにATC（オートマチック・トレーン・コントロール）が働いているわけであるが、1センチ狂ってもぐあい

が悪い。実際に停止というのはそのぐらいの精度でコントロールするわけであるが、その辺についても、乗り心地よく正確にうまく停車させればいいということになると、ファジィを入れることによってむしろ人間中心のシステムができるのではないかということである。

実際にオートマチック・トレーン・コントロールはどんなことになっているかと言うと、列車が停車位置にくると、列車の運転速度をこの段階でどういうふうにしなさいということを全部決めたパターンの絵がつくられている。これを数値制御でやるごとくに、これからのデビエーションを検出しながら、フィードバックをとりながら、ぎくしゃくぎくしゃくしながら持っていくのが従来のやり方である。そうしないで、人間的なアプローチでグレーンゾーンを持たせながら、むしろ乗り心地よく停車させていこうということでやる、要するに、しょっちゅう神経をとがらしてフィードバック・コントロールするのではなく、あるゾーンでいろいろな考え方でやっていく。実際に運転手は皆それをやっている。熟練運転手は、こういう時にどのように止めたりしているかを聞いて、そのようにコンピュータを動かしていこうというのが、わかりやすく言うと、ファジィ・コントロールである。

今の例のように、制御の分野にファジィを使うのは、ファジィがもともとコントロール・エンジニアリングから提唱された理論があるからであるが、我々のコンピュータビジネスという点からみると、大変大事なユーザとして金融証券とか流通とかいうユーザがいるが、これらユーザの問題にもファジィの考え方は適用できるのではないか。要するに意思決定にこういうものを使うことができるのではないだろうか。たとえば、株の売買にこういうファジィの考え方が適用できる。

次に、ニューロ・コンピューティングへの期待であるが、一つは学習機能によるプログラムレス化である。これはプログラムレスになるというわけではなく、学習をして、不要なパスを皆落としていくのである。ぜい肉をとっていって一番大事なところだけを残していく。要するに関係ないのはみんなはずしてしまうということであり、そういった意味ではソフトが簡略化されるという意

味である。

従来のコンピュータは、何々しなさいという命令でもってソフトウェアができているが、それに対し、こういうニューロとか新しいコンピュータ・アーキテクチャは、訓令というか、こういうことをしなさいと言うと、コンピュータが考えてやってくれるため、中身の内容が高いレベルでのソフトウェアで処理できるという意味で、その分プログラムレスになるという考え方である。

こういうものが一番期待できるのは、世の中の現象は全部アナログで動いている点で、アナログとディジタルの間のインターフェースのところであると考える。典型的には、現在非常に重要になってきている文字認識、音声認識、画像認識である。こういう問題を従来のコンピュータでやらせようとするとべらぼうにソフトウェアが大きくなり、どうやってそれを解決しようかと一生懸命ハードウェアが頑張ったり、ソフトウェアが頑張ったりしているが、こういう問題のスマートな解決は、まさにニューロ・コンピュータの働き場である。

それから非手続型推論への応用である。従来のやり方は、プロセス・オリエンテッドにいろいろなことをやっていくが、そんな面倒臭いことはせず、パターン認識的なやり方でやる。画像の輪郭の切り出し、あるいは相互干渉による結果の収れんへの応用がある。

それからもう一つは、パラレル処理適応の容易性である。もともとニューロ・コンピュータはアナログ・コンピュータ的なアプローチであり、最初からパラレルである。パラレルを前提としたコンピュータであるから、当然高速になる可能性がある。そのかわり、その分素子は余計要る。こういう可能性が出てきたということは、高速の素子が極めて安く入手できることが前提になっている。つまり、半導体との関連は非常に深い。

ニューロ・コンピュータの一つの例として、神経模倣による両眼立体視について述べる。２つの立体画像があるとする。人間の目と同じように、左眼で見た絵、右眼で見た絵という２つの映像があると、被写体までの距離が簡単に測定できる。これは三角量の原理で当然にできるが、従来のテクノロジーでは、絵だけ見ただけでは出てこない。どうやって距離を算出するかというのに

ニューロ的なアプローチのパターン認識の話になる。

これはどういうことをしているかと言うと、映像を写真の画面だと見て、その写真の画像が幾つかのマスでてきていて、その一つずつが写真のピクセル、画素に対応していると考えていただきたい。片眼でスキャニングすると、ここは明るいとか暗いとか、マスごとの輝度の違いが出てくる。そして左側に得られた映像の明るさの情報と、右側から入ってきた絵の明るさの情報の間の相関をとる。相関の強いやつは残す、相関のないやつは全部はずしていくと、こういうことである。要するに重なっているところを残す。左側と右側で見ているから当然違う。ずれているが、相関という形ではあるゾーンをもって重なっている。そういうことをずうっとやっていく。

そうして、側制御フィードバック、これはある分布をもったデータを制御するフィードバックの理論で、分布のあるゾーンに入ったものだけはポジティブにフィードバックし、強調させる。言うならばある確率を持っているところはますます色が黒く出るようにし、確率から非常にはずれたようなところはどんどん消していく。要するに強調のための仕掛けである。

そうして、大きく強調されて残っているのを結ぶと輪郭になってくる。この輪郭が出てくると、これとこの絵とのインフォメーションが重複する格好でゾーンに出るようになっており、距離の判定ができる、こういう仕掛けである。

それから、例えばニューロ・コンピューティングの組み合わせ問題への応用として、ニューロ・ポートフォリオがある。東京証券取引所で扱っている1,500銘柄の株の中から、5つだけローリスクで高収益が得られる株を選び出そうということを考える。ところが、仮に100銘柄の中から5つということにしても、3ギガフロップスの日立のスーパー・コンピュータS−820/80を使って80秒かかる。全部の組み合わせをやり、それぞれの組み合わせにつき株価の変動を計算しているためそうなる。これが1,500になると4年弱もかかる。これをニューロ・ポートフォリオでやると、100銘柄で約0.1秒、1,500銘柄で約2秒である。こんな短時間でできると、初めて実用になる。

どんなことをやっているかと言うと、考え方は次のようなことである。同じ

ような相関を持った銘柄を幾つ買っても傾向は同じであり、だから買うならできるだけ違う種類の、性質の違ったものを選び出すことの方が得である。性格の違ったものをまず選び出して、その中から収益が出てきそうな組み合わせだけを計算すれば、1,500銘柄といっても、実際には20だとか30だとか相関の強いものだけ選び出せば非常に少ない数になる。その組み合わせだけ計算し、その中からセレクションすればいいため非常に短時間で計算できる、こういう仕掛けである。

そういうのがニューロの一つの使い方ということで、これは何もニューロ・コンピュータを使っているわけではないが、こういうニューロ的コンセプトを使うことによっても非常にアルゴリズムが簡単になっていく。

大事なことは、それに適したハードウェアがそれだけ速いということであり、AIの問題にしても、必ずしも第5世代のコンピュータがないとAIができないわけではなく、現在のフォン・ノイマンでもAIの問題はやっており、それを第5世代的にやると、相当膨大なルールを入れておいても解決ができるということである。コンピュータの世界は、要するにハードウェアとソフトウェアとの協調により、いろいろな問題が解決していくだろうということである。

しからば、我々なりに見ているのは、需要はどう変わっていくかであるが、ノイマン型のコンピュータは、知的資産が膨大に残っており、これを捨てるわけにいかないのである。いい悪いということではなく、それの文化ができ上がっているのであり、これは継続的に更に伸びていくのではないかと考えられる。

ところが、これだけでは幾つかの課題が残されているわけであり、特にIOの問題、パターン認識といった問題がある。そういうところについては、推論の並列制御の第5世代であるとか、ファジィとかニューロとか、そういう問題によって、ハッチングされている分野が解決されていくんじゃないかと考えている。

6．パネルディスカッション

パネルディスカッション

パネリスト　P．ブルース・ベラ（シラキュース大学教授）
菅　野　道　夫　（東京工業大学教授）
三　浦　武　雄　（㈱日立製作所専務取締役）
コーディネータ　山　本　欣　子
（㈶日本情報処理開発協会常務理事）

山本　1時間という大変短い時間ではあるが、会場から集めた各講師への質問を中心にして、パネルディスカッションを開始させていただきたい。

まず最初に、本日のシンポジウムの副題の「コンピュータのインテリジェンスはどこまで向上するか」という観点から、パネリストの方々に5、6分ずつ話をしていただきたい。

ベラ　データベースがすべての中心に核として存在し、データベース・マネージメント・ソフトウェアがデータベースとインターアクトしている、あるいはさまざまな分野とのインターフェースとなっている。ピクチャー・プロセシング、シグナル・プロセシング、CAD、CAMなどである。それからノレッジベース・システム、また一連のそのほかのシステム等をつないでいる。データベースがすべての中心、核にあるということを繰り返して言いたい。それをいかに管理し組織するかが大変重要であり、また将来データベースをどのように利用していくかは非常に大切なことである。

さらにつけ加えたいのは、単にデータを管理しているだけではなく知識を管理していくことになることである。データを将来はどのように組織化するか、ストラクチャ化していくかに注意していかなければいけない。

ここで言いたいことは、インテリジェンスという層を、アプリケーションとデータベース・マネージメント・ソフトウェア、またデータベースの間に置かなければならないことである。インテリジェンスの利用は、今アプリケーションに

依存している。例えば軍事的なコマンド・コントロール、ノレッジベース・プロセシング、CAD、CAM、それから決定サポートシステムにおいてはかなりのインテリジェンスが利用されることになる。つまり、アプリケーションの種類によって、またアプリケーションで解決される問題によって変わってくるが、インテリジェンスはアプリケーションに依存している。

データベースに加えてノレッジベースが必要である。と言うのも、システムは知識とデータの両方を管理するからである。さらにDBMSソフトウェアをノレッジベース・ソフトウェアに変える必要がある。あるいはノレッジベース・マネージメント・システムを、DBMSソフトウェアを含む形に直していかなければいけない。さまざまなアプローチがとられており、現在いろいろなプロダクトがマーケットにも出ていて、幾つかのアプリケーションとインテリジェント・システム等をインターフェースするようなプロダクトも幾つかある。ただ、まだ先は長いと思われる。

次に、もう一つ指摘したい点は、テクノロジーと並行処理についてである。シーケンシャルなシステムは、いろいろなローレベルのテクノロジーを利用するだけでなく、パラレリズムを利用していくことを考えなければいけない。そうすると、テクノロジーとパラレリズムが双方使われるケースが出てくる。ただ、この並行処理とテクノロジーが対立する場合もある。

テクノロジーがリミットに到達したとして、ある技術によって能力が2倍にならなくなった、あるいはコストが半減しなかったと考えると、並行処理の重要性は相当なものである。そして、並行処理はいまだに移動する標的であり、並行処理により性能を改善する余地は十分にある。

最後に、教育が鍵であるということを言いたい。学習は一生かかって行うプロセスである。また、一生続けていかなければいけない。大人になればなるほど学ぶことの重要性が増してくる。この分野においても、教育が大変重要である。

菅野　ファジィ理論がいろいろな応用においてうまくいくのは、一言で言うと曖昧にするからうまくいくということである。これは従来の科学の考え方からす

ると逆説的なことで、これまではひたすら曖昧さを排除して客観性を求め、物事をイエスかノーか式にはっきりさせようとしたわけであるが、ファジィ理論が登場して、その理論を使って物事を曖昧に処理すると非常にうまくいくということが出てきた。これがファジィの秘訣である。

例えば、もう4年ぐらい前、1984年だったと思うが、ニューヨークタイムズにファジィ・ロジックという記事が出た。その中身を紹介すると、アメリカに人工知能の研究で有名なカーネギーメロン大学というのがあるが、そこのコンピュータ・サイエンティストが、バックギャモンという、2人でさいころを投げて駒を動かすゲームのコンピュータ・プログラムをつくっていた。ところがその人が幾らやっても強いプログラムができなかった。その人は従来の方法論でやっていた。つまり自分の出番はできるだけ精密に記述して、きちっと表関数をつくって、次にどういった手を打てばよいかを考えていたわけであるが、ある日その発想をやめ、ファジィ・ロジックを使って状況と戦略を曖昧に記述するプログラムをつくった。そうしたら、そのプログラムは世界チャンピオンに勝ってしまったというわけである。それが記事になったのであるが、そこでも考えられるのは、曖昧に記述するとうまくいくということである。

日本ではファジィ制御が非常に盛んで、現在既に実用化されているものが11個あり、プロジェクト自身は、昨年の12月の調査で80個ぐらいファジィ制御のプロジェクトがあるが、ファジィ制御をやっている人が異口同音に言うことは、初めはこんないいかげんな理論をやってよいのか半信半疑だったけれども、実際に適用して曖昧に条件を記述して、曖昧に制御プロトコルを書いておると非常に良くなる。良くなるという意味は、従来の方式よりかえって精度が良くなるというわけである。

日立が開発した、仙台市の地下鉄の自動運転システムは世界で最もすぐれたシステムであると言ってもよい。新幹線よりもすぐれている。ファジィでやると、従来のものよりは、例えば停止精度一つを見ても3倍も良くなってしまう。

これはなぜかというと、1つ具体的な例を考えてみたいが、それは人間が使っている言葉である。我々は、自然言語の良さは、その曖昧さにあると、意味の広

がりにあると考えている。従来の考え方は、自然言語をロジカルなものであると考えていたが、我々はそうではなく、自然言語はファジィネスに本質があると考えている。

これはどういったことかと言うと、我々は考えるときに言葉を使う。人間の思考の系列、ストリングは言葉のストリングにほかならない。人間の思考は実時間で流れるプロセスであるから、1つのことを決める、あるいは1つのものに名前をつける時、それを確定的に考えていたのでは一歩も先に進まない。そこで、対象を曖昧に把握して曖昧に名前をつける。つまり対象の定義を途中で切り上げてしまう、いいかげんにしてしまう、そして次へ進むわけである。そうすると初めて思考が可能になる。

それから、思考ということを離れても言語が曖昧であることはすぐわかる。ほとんどすべての自然言語は2値論理的な存在ではない。2値論理的な存在とは何であるかというと、抽象的にコンセプトAがあった時に、その否定、ノットAをとり、AとノットAで全世界を覆うならばそれは2値論理的なコンセプトだと言われる。

しかしながら、自然言語のコンセプトはほとんどそのようなものはない。例えば机、ディスクをとってみると、ディスクのノンディスクで世界が覆われるわけではなく、机であるとも机でないとも判定できない中間のものがある。もっと簡単に言えば、小さいと大きいという概念は世界を2分しない。必ず小さいと大きいの中間のものがある。これを論理学の言葉で言うと、そういった概念は2値論理的な概念ではないということである。ファジィの言葉で言うと、そういった概念はファジィな概念、ファジィ論理にした概念だというわけである。こういうわけで自然言語は、曖昧さにキーがある。

まとめると、自然言語がうまく機能するのはその曖昧さにあって、また人間のすぐれた思考、あるときには直観、あるいは勘を働かせる、そういったことは曖昧な言語を自由自在に短時間の間に駆使しているからだと言っても差し支えない。それがエンジニアリングの面ではファジィ制御における整合であるとか、あるいはエキスパート・システムにおける整合であるとか、あるいは最近盛んに行われ

ているパターン認識におけるファジィ理論の整合であるとか、そういった形で出てくるのではないかと思われる。

三浦　今日、新しいコンピュータ技術ということで挙げられているのは、現在のフォン・ノイマン型コンピュータが意識されて、こういう言葉が出ていると思うが、フォン・ノイマン型コンピュータは、もともと弾道計算のための数値計算の機械ということで始まった。当時は、ハードウェアが非常に高いためパラレル・プロセシングではできず、シーケンシャル・コンピュータで現在のフォン・ノイマン型コンピュータが完成した。これがその後EDPに利用されるようになった。まさに数値計算のコンピュータをそういうところに適用するのは容易であり、それで問題がなかったが、いろいろ考えてみるとソフトが非常に大きくなってきた。

要するに当時はハードが高かったからハードをけちってソフトに負担をかけようという考え方であったのが、このごろはソフトの方が大変になってきたため、ここで非常に大きな問題にぶつかってきた。スピードの問題も、パラレルにやらないでシリアルにけちっていた。したがって、こういう問題を何とか解決するため、ノイマンにしてもパラレル・プロセシングという問題を真剣に考えないと大変だという話になってきた。

もう一つ、これはスピードから出てきている問題であるが、扱う情報がEDPだとか数値計算の時はよかったが、だんだん単なる数値ではなく、コンピュータに本当の意味での人間的判断をさせるために、記号処理から、最近では知識処理の必要性が出てきた。そこにナレッジ・エンジニアリングが出てきて、そういう解決の道が一つ出てきた。

もう一つは、アルゴリズムという観点から見ると、もともとは数値計算であるから、左脳的なアプローチでやってきたが、どうもばかみたいに数式を書いて、何でもかんでもがむしゃらに計算するのがいいのかというと、必ずしもそうではなく、人間は数式なしで多くの問題を解決している。ということを考えてみると、これがフォン・ノイマンの欠点であるが、欠点と現在扱うべき問題との間の矛盾

である。そこを考えると、これを解決する方法は何かというと、もともとコンピュータは人間の脳と同じなんだから人間に近づけてみたらどうだろうかということである。そういうアプローチが当然とられるわけである。

私はAIだとかニューロ・コンピュータとかの元祖は、もともとがそういうところからスタートしていると思っている。

私の経験で言うと、10数年前だったと思うが、当時通産省の支援で、ロボット視察団を組んで海外に行った。何のことはない今のAIの海外の状況を調べようということで行ったわけであるが、いろいろなことが当時行われていた。まさに現在のニューロ・コンピュータのアプローチである。しかし、帰ってきて、結論的にはそういうアプローチがみんなストップしてしまった。なぜ当時ストップしたかと言うと、人間に近づけるアプローチをやろうとすると、もうべらぼうに膨大な計算をしないとできない。そうすると計算のスピードが追いつかない。言うなればハードウェアがそれに伴っていなかったために全然うまくいかなかった。最近になってそれを解決する一つとして、ナレッジ・エンジニアリングといったものが出てきた。コントロールについても、ファジィという考え方も出てきている。

したがって、これを解決するには、現在のフォン・ノイマン型コンピュータの上に、今言った問題解決のためのコンセプトとかアルゴリズムとか、そういうものを入れることによって問題を解決しようという行き方が一つある。

もう一つは、ハードウェア的にどんどん半導体テクノロジーが進歩するわけであるから、新しいコンセプトが乗りやすいハードウェア・テクノロジーを併用することによって、新しいコンピュータを生み出していこうという考え方が出てくるのではないかと考える。

基本的には、ニューロ・コンピュータとかファジィ・コンピュータとか新しいコンピュータ・テクノロジー、AIの考え方とか、そういうニーズは何となく必要になってきていると私は思っているが、問題は、それを実現するハードウェア・テクノロジーと関連した進め方があるのではないか、どう進歩するか今後変わっていくのではないかという気がする。

企業の立場からコンピュータ・ビジネスを考えると、大変大事なことが3つあり、1つはフォン・ノイマンであろうと非ノイマンであろうと、最先端の高度なハードウェア・テクノロジーを必要とすることである。

第2番目は、必ずコンピュータにはシステムとかソフトがつきものである。新しい考え方のアルゴリズムとかソフトウェアもやっぱり高度技術であるが、同時にソフトウェアの財産という問題がある。これはもうテクノロジーじゃなくて、フォン・ノイマン型コンピュータにはソフトやシステムによって文化がつくり上げられているということであり、そういうことでフォン・ノイマンでつくり上げられたソフトウェアのところに、非ノイマンのソフトウェア体系を持ち込もうということになると、そこに非常に大きなフリクションが出てくるだろうと考えられるのである。それをどう融合していくかが、一つの今後の大きな課題ではないか。

それからもう一つ、今日のテーマの中には出てきていないが、いずれのやり方にしても、これから先、いわゆるセキュリティの問題は非常に大きな課題として今後残ってくるのではないかと考える。

山本　幾つか質問がきているので、それに従って答えをいただきたい。

最初は、ベラ教授への質問である。少し細かい質問が3つ入っているが、1つは、アメリカにおける光ディスクの普及状態を教えていただけないかということである。

2番目は、データを分散的に管理するメリットとデメリットを教えていただきたいということである。オプティカル・メディアとかオプティカル・コミュニケーションとか、そういったような大変大容量で高速の機能というものを考えた時、最も有効な方法が分散的に管理することなのであろうかという趣旨である。

それから3番目として、ノイマン型から非ノイマン型のいろいろなコンピュータ、あるいはニューロ・コンピュータ、アーキテクチャが変化していくという一つの方向もあるけれども、それとは別に、シーケンシャルな処理そのものが変化していくという可能性はあるのだろうか、ないのだろうか。この3点についてで

ある。

ベラ　最初の質問に関してであるが、まだ家庭には浸透していないというのが私の考えである。将来はこれまで以上に広く家庭にも普及していく余地があると思われる。現在ではこの変化は非常にゆっくりしたものである。

アメリカではCD－ROMのミュージックプレイヤーが非常に人気が出てきている。CD－ROMの方がより大量のデータを持っている。主として、変更不要のデータが記録されている。この市場が発展しつつある。特にデータベースのディストリビューションの方法で入手できないようなものに関して見られていくと思われる。

CD－ROMがエンサイクロペディアで使われる可能性が考えられる。特に教育的な観点から見ていろいろな可能性が考えられる。中学、高校の生徒たちに対するような教育的なデータが家庭で大幅に増えていくであろう。その前の段階としては、安価なCD－ROMのプレイヤーが家庭用に出てくる必要がある。

CD－ROMに関しては、これからもいろいろなアプリケーションが普及する可能性はある。大量のデータが非常に安いコストで入手できる状態になれば、家庭用のコンピュータ、特に教育的なデータへのアクセスという観点から増えてくると思われる。

次は分散的な管理のためにメリット、デメリットについてであるが、後半の方が質問者にとってより重要ではないかと思うので、初めの部分は簡単に答えたい。もちろん分散管理のメリットは、その場合全世界的な組織があって、データが最も使用されるようなところにあるようにしたいということが前提だと思う。アクセス、またはアップデートに関して、そこにあることが前提になっている。

デメリットについてはコミュニケーションのコストなどがあるが、何をディストリビュートするか、また何を複製するかということがある。そのように、いろいろなことがアプリケーションの種類にかかわってくる。

オプティカル・メディア、あるいはオプティカル通信の大容量、高速を考えた場合、これが最も効果的な方法なのかという質問についてであるが、私自身最も

有効な方法は何であるかはわからない。将来を占うことはできない。ただ、光学的な通信に関しては、オプティカル・メディアから直接オプティカル・コミュニケーションに移行できると考えて、そして直接ユーザへ移行できると考えると、それは非常に大きく状態を変えていくと思われる。と言うのも、データの伝送速度が非常に速くなるからである。

現在いろいろできることよりも、はるかに多くのことができるようになると思われる。現在は伝送速度、あるいはコンバージョンによって制約を受けている。将来の見通しは、オプティカル・メディアとオプティカル・コミュニケーションにとっては、大変明るいものであると思う。

また、分散的なデータベースの管理にとっても、将来の見通しは明るいと思う。

将来のコンピュータ・アーキテクチャはノイマンから非ノイマン型に移っていくかについてであるが、それはある程度そういった変化があると思う。

それからシーケンシャルな処理のものが変わるかであるが、シーケンシャルな機械にも多くの変化が見られた。将来もそういった変化は見られるであろう。より多くのケーパビリティが標準的なフォン・ノイマン・ストラクチャに組み込まれることになるであろう。フォン・ノイマンのストラクチャはこれから何年もの間存在し続けると思う。と言うのも、それによって我々は育ってきたし、ノイマン型のストラクチャを使って問題が解決されてきたからである。

ただ、新しいアーキテクチャも出現してきている。ニューロ・コンピュータも見られるであろうし、ファジィ・コンピュータも出てくるであろう。大型のパラレル・プロセッサも出てくるであろうし、いろいろなアクティビティがコンピュータのアーキテクチャ、あるいは一般的なコンピュータの演算の分野で出てくると思われる。ただ、シーケンシャルな処理の機械はこれからまだ何年も存続し続けると思う。

山本　それでは、次に菅野教授への質問で、ファジィ測度と判定とに関してである。各仮定の判断は直観的あるいは主観的であるということであるが、その測度の方法を規定した後の判断は、各仮定の統計的処理に基づいた、あるいは経験

に立脚した絶対的判断と考えてよいのであろうかという質問である。

菅野　ファジィ測度とは、数学の言葉で使うと加法的ではないノンアディティブなメジャーだということである。長さのメジャーとか、面一なメジャーは加法的なメジャーと言われる。

加法的でないものを一つ例をあげると、例えば非常に古い本、ボリューム1からボリューム3からなる本があったとする。古本屋でボリューム1だけ売っている店、それからボリューム2、3をあわせて売っている店、それからボリューム1、2、3を合わせて売っている店があると、そのボリュームが合わさった値段はボリューム1の値段、ボリューム2の値段を足したものより高い。なぜかというと、セットになった方が価値があるからである。そういったときは、ただ単にボリュームごとのプライスを足しても全体の価値にならないわけである。そういったものはノンアディティブと言う。

ところが、我々人間は普通何か物事を評価するときにメジャーを使っているが、メジャーというのはほとんどアディティブがない。これは実験をしてみるとよくわかる。そういったことから、ファジィ理論で考え出されたのがファジィ測度という考え方である。ファジィ測度を使って、例えばエキスパートが物事を評価するときのスケールをうまく求めて、そしてそのスケールを計算機に入れてやれば一種のエキスパートの評価モデルができる。これがファジィ測度の使い方である。

具体的な例を言うと、もう3、4年前になるが、スタンフォード大学の人と協力して材木の品質評価のシステムをつくったことがある。普通エキスパートが木材を見て上、中、下と分類して、それで値段を決めている。そのエキスパートは何を見て上、中、下と判定しているか、そういった評価モデルをファジィ測度を使ってうまくやったことがある。

というわけで、従来の統計的処理とは少し考え方が違う。これで質問の答えになったかどうかわからないが、これで今の質問の答えにさせていただきたい。

山本　それでは、三浦さんへの質問である。ニューロ・コンピュータはソフト

ウェアが不要と一般に言われているが、例えばメタ知識とかメタ・プログラムとかいったものが必要だとも言われている。従来のソフトウェアづくりに比べ、どの程度人間にとって容易になるのかという質問である。

三浦　コンピュータのソフトウェアを歴史的に見ると、昔はマシン言語でいろいろなものを書いていたが、昔は手続型の言語で、コンピュータの中身を知らないと書けなかった。それが、最近のOAを見ていると、非常にマンマシン・インタラクティブにやっていて、何もコンピュータを知らなくてもできるようになってきている。

号令をかけて人が動く。これは大昔のコンピュータのソフトである。号令をもう少しマクロ的に言うと命令になる。こうしなさい、ああしなさいと言うと、やる。それをもっとマクロ的にすると、訓令になる。もっと高度の、考え方だけをやれば動き出すということになる。ソフトウェア自身がどんな方法であっても、歴史的に見ると、号令から命令型に変わり、命令型から訓令型にどんどん変わっていって、非常にソフトウェアレスの方向に動くというのは、ノイマンだろうと非ノイマンであろうと同じである。

ところが、ノイマンのコンピュータで訓令型をやろうとすると、これは大変時間がかかる。要するにシーケンシャル・コンピュータであるから、時間がかかりすぎると実用にならない。

それならニューロ・コンピュータならどうなのかと言うと、ニューロ・コンピュータは、もともとパラレル・コンピュータであるためスピードが速い。それともう一つは、過去における事象からどんどん学習をしていくため、例えば幾つかの訓令を与えると、その訓令の中を分析して命令をつくり、命令を分析して号令をつくって、自分のコンピュータの中で全部そういうものをつくり上げていく。つまりそれだけソフトウェアが楽になる。

基本的にはソフトがなくなるわけではなく、どういうことをしようかということは人間が考える。言いかえると、プログラマはなくなるかもしれないが、システムエンジニアはいつまでも残る。だから、システムエンジニアが自分の考えて

いることをダイレクトに、コンピュータの知識がなくても入る形になっていくであろう。そういうものを最も効率よく処理していく機械がニューロ・コンピュータではないかという気がする。このように、本質的にはプログラマはなくなっていくが、マクロな意味でのソフトウェアはなくならない。

山本　次に、ベラ教授への質問である。アメリカにMCCというプロジェクトがあるが、特にMCCにおける研究のベリーラージ・ナレッジ・ベースにかかわる研究に関してのコメントをいただきたいということと、あわせて日本のICOTがやっているFGCSのプロジェクトに関して、同じようにナレッジ・ベースに着目した場合のコメントをいただきたいということである。

ベラ　MCCについての動向はそれほど私は知らないため、これについて答えることはできないが、MCCは企業の連合であり、米国のものである。共同研究をやっているところであり、そこに入っている組織は、その研究の方向性をある程度まで決めることができるようになっている。並行処理、データベース、大量のノレッジ・ベースといった分野、また人工知能、ソフトウェア・エンジニアリング、こういった分野が現在のところ調査研究が積極的になされているところである。

ICOTの第5世代コンピュータシステムのプロジェクトについてであるが、2つだけコメントとたい。

1つが、マクロ的なものであり、また後ほどミクロ的レベルでのコメントをしたい。

マクロ的なレベルでのコメントであるが、このプロジェクトが本当に軌道に乗ったのは82年である。そしてこれは世界にかなり大きな影響を与えた。日本人が大々的なプロジェクト、第5世代プロジェクトと呼んでいるプロジェクトを活用し、米国においてそのプロジェクトを売り込むのにこれを使っている。ECに対しても同じアプローチをとっていると見られている。

第5世代プロジェクトは、当初たしか共同作業として始まったと思う。日本は、

世界の関係各位の間で第5世代コンピュータの開発に当たって共同の作業がなされるだろうと、大量のデータベース・ロジック・プログラムに基づいて、こういった共同作業がなされるだろうと思ったようである。

しかし、その後環境は競争的なものになり、日本以外にもこういったプロジェクトが出てきてしまった。競争は基本的にいいものだと思う。また、その成果についてもかなり共有が見られる。第5世代プロジェクトにかかわった人々が論文を発表しているため、世界各地の人々がそれを見ることができるし、世界中の人がICOTに1ヵ月、2ヵ月、もしくはそれ以上滞在してその作業から学ぶといったことも行われている。

また、11月の末に第5世代の会議が開催される予定であり、みずからの成果について発表するべく、いろいろな人々がこれに集うことになっている。もちろんICOTのメンバーも、それについてみずからの成果を発表することになっている。

以上がマクロ的なコメントである。

次にミクロ的なコメントについて話したい。

私、実は昨日ICOTを訪問し、現在ICOTで行われている活動についての知識をアップデートすることができた。このプロジェクトには3段階あって、ICOTは現在第2の段階にあり、ほぼその第2段階目を終えつつあることがわかった。

質問との関係であるが、我々が現在行っている研究と似たようなものを研究している研究者がICOTにいる。ルールとか事実の管理の仕方を研究している。

データベースに対して、すべてに目次をつけようという一般的な要求がある。また、管理しなくてはならないデータの量は大規模である。シラキュース大学のICOTの研究者も、そして世界各地の研究者も、我々も、データを効率よく管理する方法を探している。そしてインデックス・データに変更を加え、実際にすべてにインデクシングをしながらデータの数を押さえることができる方法を探している。我々はコンキャッテッド・ネーテッド・コードワードという技術を今摸索している。リレーショナルなオペレーションをこれらの手法を使って行うことができる。

ICOTの研究者は幾つかのアプローチを検討している。その中で最も著名なア

プローチはスーパー・インポーズ・コード・ワードであろう。個々のデータでトランスフォメーションをする。個々のデータをロジック上オアという形で提示し、このコードのワードを問い合わせで処理をする。問い合わせがあった場合には、そのコード・ワードに対して処理をするという手法である。

一般的な分野における研究の他にも、私はICOTの研究者とノレッジ・ベース・マシンのことについて話をした。たしかKM1だったと思うが、ノレッジ・マネジャー・ワン、もしかしたらMではなかったかもしれないが、いずれにせよノレッジ・ベースのマシンでＩＣＯＴが現在開発しているものである。高度なパラレル・マシンで48台のプロセッサを抱え、プロセッサ何台かをグループにまとめるということになるわけである。

第5世代プロジェクトは、世界の演算に大きな影響を及ぼした。非常に前向きの姿勢をとったこのプロジェクトの構想者に、私は称賛の言葉を寄せたいと思う。

山本　もう一つ菅野教授への質問がある。ファジィを用いた場合の鍵は、結局のところ知的データベースをどうやって構築しておくかにあると思われるが、いろいろの面で問題はないのか。結局データベースを構築する上で、データ・フォーマット構築法などは現在と同じものと考えていいのか。それからファジィのプロセッサは、結局のところ何を行っているのか。パターン・マッチングのようなものをやっているのか、やはりシーケンシャルな処理をしているのか。

菅野　まず第1の質問であるが、キーは知的データベースではなくてやはり自然言語処理である。自然言語処理のために知的データベースが必要なのであり、知的データベースだけでまた自然言語処理ができるわけではなく、問題は、知的データベースを用いて自然言語をいかに理解し、いかに処理をし、いかにアウトプットするか、そのソフトウェア、そのテクノロジーがキーだろうと思う。

それから2番目の質問であるが、結局のところ何をやっているかというと、従来のマシンが信号処理をやっているとすれば、ファジィのマシンは意味処理をやっている、セマンテック・プロセシングをやるマシンだということである。も

ちろんパターン・マッチングのようなことをやる。あるコンセプトとあるコンセプトがどの程度共通部分を持っているか、別の言葉で言うと、どの程度似ているかという意味でのマッチングをとる。

それからシーケンシャルの処理はもちろん行う。ファジィ・コンピュータは、例えばファジィ・アルゴリズムという形で与えられた問題解決の手続をする。そういうわけでシーケンシャルな手続もするし、またファジィ推論という形で幾つかの知識データベースに含まれている規則を使う場面においては、シーケンシャルなことは必ずしも要求されないから、並列の処理もやるというわけである。

そういうわけで、場合に応じて処理の仕方も違う。違うという意味は2つあって、1つはファジィ・プロセッサの中で処理の仕方がシーケンシャル、パラレルというふうに違うということと、それからもう一つは、バイナリー・プロセッサもついているから、数字情報処理はバイナリー・プロセッサを使ってやる、そういったふうに考えてもらえばよい。

質問　私は情報部落の外部の人間であるから、今日の話は大変興味深かったが、経済分析の立場から幾つかの点で疑問を感じた。外部の無責任な意見ではあるが、参考までに質問したい。

第1点は、コンピュータによる情報処理の全体としての需要動向であるが、R＆D計算とか軍事計算については需要量は莫大であろうけれども、ルーチン的な大量な経営計算や経済計算はそろそろピークを超えているのではないか。だから、情報化時代というものは、いまやピークを過ぎつつあると言えば言い過ぎかもしれないが、通説がうたい上げているほど薔薇色な展望はないと考えた方がよろしいのではないか。

それと関連があるが、もしそうであるとするならば、ソフトウェア需要についても、通説的な展望というのは過去の展望であって、現在においてはソフトウェア需要ももうピークに差しかかっておる時代ではないか。したがってプログラマの需要数も、今までのように過大なことを言うのは、むしろソフトウェア・ハウス側の営業上の宣伝になっているのではないだろうか。

こういうことを言う経済学的な根拠は、例えばマハルップ以降に情報の経済学というのがあるが、この議論の展開で、経済成長率と知識産業とか情報産業とかの売上の伸び率を比較すると、それほど実績は乖離がない。日本電気などが計算した時期は、大変薔薇色の計算結果になっている。計算は人によって結果が違うのは非常におかしなことなのであるが、経済学者が冷静にやるとそうではない。

さらにアメリカあたりの将来の展望だと、成長率弾性値はむしろ低下する。つまり情報産業の経済的な評価という点は、私は全然専門外であり、大変失礼なことを言っているのは承知しているが、やや経済的には信じがたいような意見が横行しているのではないか。これが1つである。

もう一つは、いわゆる通説における情報処理の情報というものは、人生における情報一般というものに比べると非常に限定された意味しかないであろう。これはディジタルであれファジィであれ、非常に限定されたクオリティーの情報しか使えないのであって、人生において本当に価値のある情報というのは、実はコンピュータの処理外であるはずであり、そういう点もグローバルに考えて、情報問題を議論したら誤解がないのではないかと思うのである。

以上2問である。

山本　いささか型破りの質問ではあるが、誰か何かコメントはあるだろうか。

三浦　コンピュータの情報処理の需要動向が、科学計算などにはあるだろうが、一般の分野においてはもうピークにきているのではないか、先は細っていくのではないかという意見については、少なくとも私は全然そう思っていない。

具体的に言うと、コンピュータはバッチ的な計算よりもオンライン・リアルタイムの計算の方がますます増えてきている。従来オンライン・リアルタイムは、製造業の方を中心としたビジネスの方が多かった。合理化という観点から利用されることが多かった。ルーチン的な事業は合理化が一つの典型的なものだろうと思うが、確かにそういう方面においては、必ずしも膨大に増えていくという感じはしない。

しかし、最近オンライン・リアルタイムは、合理化ではなくビジネスの道具として利用されており、例えば証券会社は、膨大なコンピュータを入れているが、日本における有名な証券会社がすばらしい業績をあげているのは、コンピュータなくしては実現できず、要するにコンピュータは合理化の道具ではなくて、ビジネスのための経営発展、業容拡大のための大事な道具になっているということである。その動向は、我々はユーザからいろいろ聞くのであるが、ますます増える方向であり、ソフトウェアの需要は減るどころか、我々も日常茶飯事の仕事はますます増大する方向で、ソフトウェアにたずさわる人口はますます増える方向にある。

ただ、プログラマの問題は、機械化などにより、当初の予測よりは、ある段階においては頭打ちになると思うが、少なくともシステム・エンジニアをひっくるめた人間は、私は増えると考える。先ほど私が出した、2000年に100万人という数字は、通産省が有識者を集めて検討した結果が数字になって出るわけである。私は日常生活では実感を持って感じている。

基本的には、こういう情報化産業が伸びるか伸びないかという判断は、要するに、情報価値がますます高まっていくかどうかという観点によると思うが、戦略的な必要性がますます重要になってきており、情報価値がますます高まる方向にある。それにはどうしてもコンピュータが必要であり、頭打ち論には私は逆の考え方を持っている。

その次の、情報処理は限定された情報しか扱っていないのではないか、人間に価値のある情報というのは必ずしもないのではないか、少ないのではないかという話であるが、確かに情報が必要以上に流れており、その中からどうセレクションしないといけないか、今後本当に価値のある情報をどう絞り出していくかは、これからの大きな課題ではないかと考える。

山本　そろそろ時間である。締めくくりとして、菅野教授、ベラ教授、何か最後に一言コメントがあれば、お願いしたい。

菅野　ファジィは、ハードウェアに関しては今は日本とアメリカと中国がしのぎを削っているところであり、それに新たにヨーロッパが参入しようという傾向を見せていて、アジアとアメリカとヨーロッパで大いに競争して新しいものを生み出していく、そういった時代になればうれしいと思っている。

ベラ　先ほどの方のコメントに関してであるが、振り返って20年前の状況がどうであったかを想起するのもいいのではないかと思う。20年前、15年前の状況から10年前の状況、そしてさらに5年前の状況、さらに今日の状況を振り返ってみると、将来どうなるかある程度わかってくると思う。もちろんこれはあくまでも推測である。

しかし、いずれにせよ我々は先に進んでいる。それを阻止しようとしても我々にはできない。いまや我々は新しい時代に突入しており、今までに経験したことがない時代に入ってきている。その時代に全く選択の余地がなく頭から突っ込んでいる。

今から10年後、15年後、20年後ということになると、現在とはまた異なった状況になるであろう。それは、情報、知識が変わるからであり、新しいコンピュータが開発されるからである。どのようなものが出てくるかはわからない。誰にもわからないと思う。しかしながら、どういったものが出るだろうという推測はできる。非常にエキサイティングな段階に我々は入っている。将来は世界は非常に異なったものになると思っている。

山本　従来のノイマン型コンピュータも非常に重要であり、まだ問題がたくさん残っているという話も大変印象的であったが、いずれにしても、将来の新しいコンピュータに対して、我々の夢を大きく広げさせてもらったということができるのではないかと思う。それと同時に、「コンピュータのインテリジェンスはどこまで向上するか」といったタイトルでシンポジウムが開けるのではないかという気がした次第である。

最後に、大変有意義な話及び大変丁寧な質問応答をいただいた講師の方々と、

それから最後まで熱心に参加いただいた会場の方々に深く感謝したい。

56年度～62年度　情報化国際講演・討論会

62年度（1987）第16回

「1990年代の情報化を考える」

— 情報技術の革新と新産業の興隆 —

61年度（1986）第15回

「システム監査実務の進め方」

60年度（1985）第14回

「機械翻訳シンポジウム」

59年度（1984）第13回

「高度情報化への対応」

— システム化のノウハウ —

58年度（1983）第12回

「ニューメディアのビジネスに与えるインパクト」

57年度（1982）第11回

「ニュー・インフォメーション・テクノロジーと経営戦略」

56年度（1981）第10回

「情報革命 — 80年代の課題」

— 変化への対応と新たなる挑戦 —

平成元年3月発行

発行所　財団法人　日本情報処理開発協会
東京都港区芝公園3丁目5番8号
機械振興会館内
Tel (432) 9371 (代表)

印刷所　有限会社　蒼文社
東京都文京区千石4丁目42番16号
Tel (946) 0365 (代表)