

---

---

# 1) 5Gが実現したとき コンピュータの歴史は変わる

—— ニューコンセプトに基づく新技術の創造に向けて

---

---

ICOT・研究所所長 / 瀧 一博

本講演録は、第五世代コンピュータ研究開発プロジェクトがスタートして1年目の1983年6月に行われた第1回「第五世代コンピュータに関するシンポジウム」での基調講演である。このシンポジウムは公開の「成果報告会」でもあり、毎年必ず開かれることになる。コンピュータがこの世に登場して半世紀の岐路に立ち、いま第五世代コンピュータ研究開発でその新しい扉が開かれようとしていると、格調高く訴えた。

## 基本的な設計思想に変革を加える

昨年度から第五世代コンピュータの研究開発がスタートしているわけですが、この計画の具体的な内容とか、これまでの研究成果の内容については明日、具体的にご報告したいと思っております。

本日はその研究開発の意義を話すということになっているわけですが、意義というのはなかなか難しく、人によっていろいろな意味づけがあるのではないかと思います。一番わかりやすいのは、このプロジェクトをやるとこんなに役に立つ、場合によってはこんなに儲かるということを言えば、非常に意義深いと思われる方もいらっしゃるかも知れない。しかし、儲かる話というのは私は全く苦手ですので、そういう観点ではなくてお話ししたいと思っております。

一番大きな意義は、この第五世代コンピュータの計画が実現された時にはコンピュータの歴史が変わるということではないかと私は思っています。歴史が変わればなぜいいかということについては、皆さんいろいろ議論されていることと同じでありまして、コンピュータが本当に社会に定着するためには、もう一段、コンピュータ自体が進化しなくてはいけないと思うわけで、そういう次の進化段階へ進めるのがこのプロジェクトの趣旨でもあるし、それに成功すればそのこと自体が一番の意義だと思っているわけです。

それではなぜそう考えるかということなんですが、それを考える根拠として、このプロジェクトがどういう性格を持っているか。性格といっても行政的な性格とかいろいろ観点があるかと思いますが、私が申し上げたいのは、内容的なところから見てどんな性格があ

るかということでもあります。

いま申し上げたように、コンピュータの歴史が変わるということですが、さらに砕いて言えば、現在のコンピュータが持っている基本的な設計思想に変革を加えようということが一番のポイントだと思っております。これについてはもう少し後でご説明したいと思うんですが、そういう基本的な設計理念を変えることによって、コンピュータの新しい段階を到来させたいということでもあります。

それではこのコンピュータの新しい設計理念というものがすでに確立しているかということ、そうでないことは皆さんご存じのとおりであります。

したがって、基本設計を変えるということは、そのコンセプトを確立して、それを実際の基本的な技術にもっていくということだと思います。ですから、基本技術の確立ということがこのプロジェクトの10年間の目標になるわけです。

このプロジェクトをやっていると、各方面からジャーナリストとか研究者などの訪問者がみえるのですが、中には「第五世代コンピュータを見せてください」と言うので「まだありません」と言う。「どこかに隠しているんじゃないですか」なんて冗談を言われる方もいらっしゃいます。もっと真面目に「わが社では3年くらい先に新しいコンピュータの導入計画を考えているんだけど、あなた方が主張している第五世代コンピュータというのは非常によさそうだから導入したい」と申し込まれて困ったりもしているんです。

## 基本技術の確立に10年、その可能性の追求

この10年間のプロジェクトというのは長いほうなんですけれども、基本技術を確立する

ということにやはり10年間くらいはかかるだろうと思っています。ですから、このプロジェクトが成功して、それをベースにして実際の製品ができるのにまた数年かかるということで、十数年先の話というので、ある人々にとっては気の遠くなるような話かもしれません。しかし、その可能性の追究は非常にやるべき価値があると思っているわけです。

このことを別の言葉で言うと、この第五世代コンピュータの設計図はどこかの金庫にあるかという、今はない。目標はむしろそういう基本的な設計図を作ることだというふうに考えてもいいのではないかと思います。

どういう考えに立っているかということについて後でお話しするわけですが、一番難しいのは考え方を伝えるということで、物ができてしまえば、こういうものですよということてたちまち分かってもらえるわけですが、こんなことをしたいということをもっと説明しなければいけないということがあります。

したがって、このプロジェクトの特徴というふうにも言えると思うんですが、こんなふうになりますというお手本が世界のどこにもない。あそこにあるあのお手本を10倍速くするとか、何分の1かに安くすることなら非常に分かりやすいわけですが、そういうお手本はないわけであります。

しかし、それでは全く空漠としたところに踏み出したかという、そうではないということをお願いしたいし、それ自体が一つの特徴だと思います。このプロジェクトの計画については、スタート以前に3年という調査期間もありましたし、実はそれ以前のいろいろな場所における議論も踏み台になっているわけです。例えば私のいた電総研では5、6年前から、次の時代をどう考えたらいいかという議論が続けられていました。そういういろいろ

なところの議論を集約したいということが一つあります。

それとともに、その過程において世界中で行われているいろいろな先進的な研究を参考にして、それをベースに、これからの展開はどうあったらいいかというふうに議論を進めてきました。私自身はそういうふうにならしましたし、皆さんそういう方向できたということで、これまでの研究を踏まえた上で作られた計画ですから、別に思いつきの集合ではないということをお願いしたい。

ただ、いろいろな研究をベースにした時に、そこから何がイメージできるかということについては、ただ集めて統計処理をすれば出てくるというものではない。したがって、いろいろな方と非常にインテンシブな議論をした上で煮詰めてきたもの、別の言い方をすれば、これまでの動向を踏まえて一つの洞察を引き出したというものと申し上げていいと思います。

ということで、新しい技術を作っていくということが一番基本にあるわけです。イメージとかゴールがあってもお手本がないもので新しい技術を作ることについては、わが国は必ずしも経験は豊富ではないわけで、そういうことからしますと、このプロジェクトをやるについては、やり方自体、新しいものを作り出していかなければならないということがあると思います。これまでの伝統的なやり方のままで、そのまま新しい技術が生み出されるとすると、そんなに結構なことはないんですけども、多分そうはいかないと思います。

皆さんよく議論されるように、日本には、どちらかというと新しいものではなくて、もっと安全なものという慣習みたいなものがあるわけで、そういうものだけに頼っている限り

はやはり新しい技術は創造できない。したがって、プロジェクトの進め方自体、新しいやり方が求められているということでもあります。

その辺をまとめますと、結局、新しい技術を創造するというでこれからの一つの日本のあり方を示す努力をするということが、またこのプロジェクトの性格でもあり、意義であると思います。

### ロジック・マシン(論理の機械)の世界を開く

先程ちょうどまい言葉を元岡達先生ご紹介下さったわけですけれども、プリコンペティティブというステージにおいて非常に大きな貢献を日本はこれからするように努力しなければいけない状況になってきていると思います。第五世代コンピュータはちょうどそういう状況に対応したプロジェクトであると思うわけでありませう。

それで、最初に一番基本のところは何かと言うと、使いやすいコンピュータとか、知能を持ったコンピュータとかいった表現もするわけですが、先程はこれを設計思想の変更というふうに申し上げたわけですね。この辺をある時お話ししていたら「それはパラダイムの移行ではないか。新しいパラダイムを求めることではないか」とおっしゃった方がいらっしやいます。

パラダイムというのは何かと言うと、日本語に直訳すると範例と訳されるのですが、一つの文化なり科学の理論なりが発展する時に、そのベースのところの一つの例、それは必ずしも実物ではなくてもいいんですが、一つのお手本があってそれをベースに展開する。そういうものをパラダイムという言葉で呼ぶわけですね。

今の場合にその話を引き戻してみますと、こ

れはちょっと私なりの表現にもなるんですが、コンピュータというのは何であるかという、コンピューティング・マシンではあるのですが、一番基本的にはロジック・マシン、論理の機械であるというふうに思っています。

そういう観点で基本を求めるとすると、それは論理学に行き着くわけですね。それでは現在のコンピュータはどういう論理あるいは論理体系に基づいているかと言うと、皆さんご存じのように、一番の出発点のところにはチューリング・マシンの理論があり、それをベースに発想されてきたと言っても必ずしも間違いではない。今のマシンがチューリング・マシンそのものではないのですけれども、基本を辿ってみればチューリングの理論に辿り着くということで、チューリング・パラダイムと呼んでいいかと思うわけですね。

それに対して別のパラダイムがあるかということを考えてみますと、あるわけですね。チューリングの論文が発表されたのは1936年で、なぜか私が生まれた年なんですけれども、その頃はものの本によると論理学の黄金時代であったようですね。ご存じの計算可能性等を追究するためにいろいろな論理体系が工夫されて、その結果、計算可能性という概念が確立された時期でもあります。その中でチューリングの理論が生まれできたわけですね。

しかし、論理学の方から言うと、チューリングの理論は非常に特殊な理論で、論理学の主流は簡単に言ってしまうと述語論理と呼ばれる論理系にあるわけですね。この述語論理の確立にあたってはいろいろな偉い人の名前もたくさん出てきます。19世紀のフレイゲから始まって、1930年代にはゲーデルとかいった人も活躍したり、フォン・ノイマンという人自身もこの述語論理の活躍の歴史に名をとどめているわけですが、そういう体系がありま

す。

## いま「述語論理」パラダイムに戻る

これにはずっとアリストテレス以来の歴史があって、ある意味で論理学としては普通の、より自然な論理と言っているものです。ですから、ロジック・マシンという観点であれば、チューリング・マシンをモデルにしたマシンではなくて、例えば述語論理マシンというものもあってよかったわけですが、実は歴史はそうは展開しなかった。

それで、ご存じのようないきさつを辿ってきたわけですが、もしかするとこの道は巨大な歴史の迂回路であったのではないかという表現をする人もいます。私も一部そう思うのでありまして、これから申し上げるように、むしろパラダイムとしては述語論理パラダイムに戻すべき時期が近づいてきたというふうにも考えるわけです。

述語論理と言うと難しそうにも聞こえるけれども、それほどものではないので、普通の記号論理学の教科書でご覧になるようなものの前半のところまで十分な程度です。後ろの方は段々難しい話を書いてありますけれども、それはまた別な数学的な観点での話でして、述語論理自体は別に難しいものではありません。

そういう述語論理という論理学におけるモデルがあるんですが、ちょうどそれに対応するように、この10年くらいの間にプログラミングの分野でも述語論理を復活させようという動きが出てきたわけですね。それをロジック・プログラミングと呼ぶのですが、述語論理のような論理をベースにしてプログラム用言語を作って、それを実際のプログラムに使うという動きであります。

この第五世代コンピュータ・プロジェクト

の計画を今になって振り返ってみますと、その基本にあるのはこのロジック・プログラミングの概念であると言ってもいいと思います。それを中核にしてソフトウェアを組み直し、アプリケーションを組み直していこうというふうに読み直すことができます。それから、このロジック・プログラミングという概念をベースにして、それを支えるハードウェアとして、新しいアーキテクチャを持ったマシンを作っていこうというふうに整理することもできます。

さっき論理学の方からというように非常に高踏的に申し上げたんですけども、その結論は、先に論理学があったわけではなくて、先程申し上げたようにいろいろな研究の分析から浮かび上がってきたものであるというふうにも言えるのです。

この辺についてはいろいろの機会にお話ししましたので、またかとおっしゃる方もいらっしゃるかもしれませんが、簡単に復習しますと、いろいろな分野と密接なかわりがあります。例えばデータベースという分野を取り上げてみますと、データベースの世界では関係データベースというのがこれから世の中に定着しようとしています。

この関係データベースの基本概念は関係ということですが、この関係というのは述語論理をベースにした概念であるわけです。いまコンピュータのシステムの中にデータベースが占める割合は非常に大きくなってきているんですが、そこでこれから使われようとしている関係データベース・モデルとプログラミングの世界が合っているかと言うと、現状ではそうではないのです。

プログラムの方では関係というものはベースになっていなくて、もっと手続き的なものがベースになっているんですが、この両者を

比べると実は根っこが違うわけで、別の表現をとれば、データベースの言語の方がより理論的に進んでいて、常用のプログラミング言語の方が古い概念をもとにしている。その2つを無理に竹と木をつないだような形で使わざるを得ないというのが現状ではないかと思えます。

竹と木は同じ植物ですから、その程度の類似性はあるわけで、今の場合もその程度の近さはあるんですが、やはりちょっと違う。

ですから、このロジック・プログラミングというものはむしろプログラミングの方を関係データベースと同じレベルに戻そうというものと考えていただいてもいいと思います。そういう観点からすると、プログラムの方でそれを採用すると、関係データベースの世界と非常にきれいに結びつく可能性があると言っています。

そのほか、例えばソフトウェア工学の方でいろいろな研究がされて、プログラムの新しいスタイルが提案されたり、プログラムの検証とか合成の研究が行われたりしたわけですが、その辺からもロジック・プログラミングが浮上してくるわけです。

と言うのは、検証したり合成したり、あるいはこれからの課題だと思えますが、非常に良いデバッキング・システムを考えようとすると、今のコンピュータの基本的なモデル、GOTOとかアサインメントがベースになっているものはなぜか理論的に非常に扱いにくいのです。アサインメントとGOTOというのは非常に基本的で分かりやすい概念でもあるんですが、むしろ動作を基準にしているので、ある性質を証明しようとかいうことを考えるとやりにくい。述語論理系のもはもともとそういう証明というものがベースになっているので逆にいいわけです。

それは別に理論的だけではなくて、良いプログラムあるいはすっきりしたプログラムを作るのに、これは10年くらい前に流行したんですが、GOTO文はなるべく使わないなどという話があります。これとなぜか一致するところがあるんです。そういうところからも、むしろわれわれが日常使っている普通のプログラミング言語ではなくて、述語論理系のようなものがいいのではないかということが浮かび上がってきています。

### 人工知能との深いかかわり

そのほか人工知能と呼ばれるような分野とも深く関係してきます。最近、非常に注目されている知識工学的なシステム、エキスパート・システムと呼ばれるようなものは、知識を表現してそれを一つの規則の形にして、それを処理することによって一種のコンサルテーション・システムにしようという発想ですけど、知識を整理してルール化することのベースは、総じて言えば、述語論理系のものに戻るといふふうには言っています。

この辺は細かく言えばいろいろ議論があるわけで、途中ですけれども一言蛇足を付け加えますと、専門家というのはとにかく非常に細かい差が気になってしまうわけですが、知識の表現についても大同小異の提案がたくさんあるわけで、私は今のところその大同のほうを申し上げたいと思っているわけです。

それから、人工知能に関連しては自然言語の扱いということがありますが、自然言語の処理というもの、例えば文法とかいったものを見てみますと、それは述語論理と非常に密接な結びつきがあるのです。また言葉の意味を表現する時にも密接な結びつきがあります。

というのは逆に考えますと、そういう論理学自体が何から出てきたかと言うと、自然言語の働きの一部を形成化してみようということから生まれてきたというものですから、結論としては当たり前かも知れないわけです。

先程申し上げたロジック・プログラミング自体も、最初は自然言語の研究をしている人からの提案が出発になっていたという歴史的な事情もあります。

過去のいきさつにこだわらず考えますと、ソフトウェア的な方面で言うと、チューリング・パラダイムではなくて述語論理パラダイムがもし採用できるとすると、今われわれが抱えているいろいろな問題はかなりすっきりと整理されるというふうに見ることができるわけです。

ただ、これまでのソフトウェアの蓄積がどうかという議論があるんですが、さしあたりそれは除いて考えたいと思います。

### 並列性をソフトウェアの概念で考える

それからもう一つは、それではそれはソフトウェアの分野だけかということですが、それはそうではない。コンピュータの方で新しいアーキテクチャの研究がいろいろ続けられてきたわけですが、その中でこれは面白いというものが最近いろいろ研究されています。

それは単にハードウェアの組み合わせとして面白いというだけではなくて、最近の傾向はそれをソフトウェアの概念と結びつけようというふうになってきています。よく引き合いに出すデータ・フロー・マシンとか、それのある種の変形と言ってもいいと思いますけれど、リダクション・マシンの考え方とか、また最近、超並列的なマシン・オーガニゼーションも提案されていますが、それもソフトウ

ェア工学的な概念と結びつけようということになってきているのが新しい傾向なわけです。

逆に言いますと、かつて考えられていた並列性とか連想記憶とかいうボトムアップ的な概念だけではだめで、むしろ上の方のソフトウェア的なものと結びつかなくてはいけない。かつ、最近の非常に顕著な動きは、むしろそういうソフトウェア的な概念を持ち込むことによって、並列性とかいったものがうまくオーガナイズされるのではないかという観点なわけです。

そういう観点ではファンクショナル・プログラミング、関数的なプログラミングというのがよく引き合いに出されるわけですが、さっきの述語論理的プログラミング、ロジック・プログラミングというのは、これまたマクロの話をしめすと、関数的プログラミングを含むような一つの拡張概念です。アーキテクチャ的に考えても、関数的なフォーミュレーションよりも内部により多く並列性を持っているというようなことで、並列を考える時にはさらにいいベースではないかというのが、われわれの計画の基本的なところにあるわけです。

そういう並列的なものを考えてもいいということの裏には、ご存じのLSIの進歩、超LSIの進歩があるわけです。

そこでまたひとつ歴史の流れを考えてみますと、もともとチューリング・パラダイムが採用された基本は何であったかということがあります。1940年代には、まだまだ素子が非常に高価でした。ですから、なるべく単純な構成のハードウェア、できるだけ少ない真空管という時代がかつてはあったわけです。そういうところから生まれたすばらしいアイデアが現在のフォン・ノイマン方式と呼ばれるものであると位置づけたいと思うわけです。

歴史が一巡して、単純なハードウェアの上ですべてソフトウェアでやるということについていろいろ問題が発生してきた。一部にソフトウェア危機とあだ名されるような現象が出てきた。そういう過程を経て、かつてハードウェアが高かった時代の基本思想をあくまで守るということから、ちょうど歴史が一巡して、次の時期に戻っていくというふうなストーリーを組むこともできるのではないかと思っています。

そういうわけで、第五世代コンピュータの基本は述語論理への回帰といったことであると私は位置づけております。これは別に全く新しいものではなくて、むしろより古いものに戻るんだということで、革新という言葉が嫌いな人に対しては、これは復古の思想であると申し上げ、逆に革新が好きな人に対しては、新しいものを開拓するんだと言っているんですが、両方とも別にうそを言っているわけではなくて、ちょうど歴史が一巡していく途中の過程にあるのではないのでしょうか。

これはまだ現在そこまできていないわけで、うまくいけばこれから10年後、1990年代にちょうど歴史が一巡するようなことになるであろうということです。ちょうど現在のコンピュータが生まれて半世紀余りという時期にあるわけですから、そちらから考えてもいいのかもしれません。

#### コンピュータが生まれて半世紀、新しい扉を開く

そんなことで私なりの説明をもう一度させていただいたわけですが、もちろんこの背景には非常にたくさんの議論があって、いろいろな専門家の方々を集めた場で数年間、議論した結果を煮詰めて、それを私なりに言い直してみるとこんなことになるということでご

ざいます。

昨年6月に研究がスタートしまして、そこにいろいろな組織から人を派遣していただいて研究を始めたわけですが、その内容は明日の報告に待つとしましても、私からご報告したいことは、一見、寄り合い所帯のような構成であるにもかかわらず、所内の雰囲気との融合はきわめて早かった。ひと月もたたない内に一つの研究所としてのムードができ、それをベースにこの1年ちょっと、期待以上の研究を各研究員がしてくれている状況にあります。

これは集まってきた研究者の人達や、それを応援して下さる周りの方々の熱意にもよるわけですが、それと同時に、このプロジェクトの目標自体が、ちょっと空漠としたところがあるにしても、非常に理想に燃えたものだということで、若い研究者達が研究に熱中してくれるような内容を持っているのではないかとこのふうにも考えているわけです。

そのほか諸外国での反応については元岡先生が先程ご紹介くださったわけですが、これもわれわれが議論を始めた頃あるいは一昨年の秋に国際シンポジウムをやった時と比べても、非常な様変わりであります。

最初は日本の計画は実現性のないことをやろうとしているんじゃないかという批評もあったんですが、計算機の新しい時代への展開という趣旨に対しては、その後だんだん賛同者が外国でも増えてきている。その一つの現れが各国での新しいプロジェクトのスタートではないかと思えます。その裏には外国での研究者達の応援もあったと思っています。

時間が残り少なくなりましたので、ここでまとめますと、第五世代コンピュータのプロジェクトは、ほかのプロジェクトを引き合いに出しては申しわけないんですが、どちらかと言うとほかにたくさんあるプロジェクトと



---

はかなり違った性格を持っている。そういう今までにない試みをしようとしているわけですが、その辺のことを踏まえて、これから一層いろいろな努力が必要だと思っております。われわれの組織が一つの中心的な役割をしなければいけないわけですが、それだけではなくて、この研究の活動の輪を日本全体に、あるいは世界全体に広げていかなければいけない。そういう芽はあるわけですが、その芽を育てていく。そういうことで本当にコンピュータにとっての新しい時代がくると思うわけです。どこかの局所的な努力

というよりも、新しい時代というのはみんなのものですから、みんながそういうふうになっていくようにしていかななくてはならないと思っております。

そのためにはわれわれも努力をするわけですが、いろいろな関係の方々のご協力とか応援とかいったことも是非ともお願いしたいと思っております。

ちょっと具体性の乏しい話に終始しましたが、これで終わらせていただきたいと思っております。

ご清聴どうもありがとうございました。