

FGCS'84 基調講演

3) フォン・ノイマン型から
非フォン・ノイマン型へ
——プロジェクトの基本理念——再説

ICOT・研究所所長 / 瀧 一博

1984年11月に第2回「第五世代コンピュータ国際会議」が東京の京王プラザホテルにおいて、内外の関係者約1100人の参加で開かれた。プロジェクト前期の総括とともに、中期に向けての開発課題について抱負を語ったのが、この基調講演であった。前期で開発した逐次型推論マシンPSIをベースに、プロジェクトは中期へと進んでいく。

述語論理をベースに仮説の証明

本日から始まります国際会議に、世界各国から多数の皆様がご出席いただきまして、主催者の一人であります私としても非常に大きな喜びであります。

私の話は、今日の午後から始まりますICOTプロジェクトの成果報告に先だち、その前置きとして、このプロジェクトのスタートにあたる基本理念、技術的な枠組みについてそれをふり返ってみたいと思います。前回の国際会議から3年経っており、また、プロジェクトがスタートしまして、2年半経っているわけではあります。

ひとことで申し上げますと、2年半ないしは3年の私たちの体験というのは、当初に立てた基本理念というものに対して、私たちの確信を深めさせるものがあったと言ってもよろしいかと思います。

私たちの考えの基本には、コンピュータの歴史の中で、次の第二の新しい時代が来であろうと、そして、その新しい時代に向けての準備をしなければならないというのが、このプロジェクトだと思っているわけでありませう。現在のコンピュータの技術の体系、技術的な枠組みというものに、いろいろな限界があるということについては、多くの人々が指摘しているわけでありませうけれども、私たちはその限界というだけではなくて、次の新しい技術的な枠組みの可能性が見えてきたというふうに判断したわけでありませう。もちろん、私たちが提案した枠組みというのは、可能性の指摘であります。

したがって、仮説であるわけですね。仮説であるということは、証明されていないということでありまして、この仮説の証明をしよう

というのが、このプロジェクトであると申し上げてもよろしいかと思います。私たちの仮説に対して、もちろん、賛否両論がありますが、この3年ほどの体験というのは、私たちの中だけではなく、世界中に同じ方向に対しての賛同者、理解者というものが、非常に増えてきたということだと思っております。いろいろな意味で、私たちのプロジェクト、あるいは、私たちの提案というのが世界中にセンセーションを引き起こしたということがあります。これは理解と同時に多くの誤解を引き起こしたわけでありませうけれども、いずれにしても、賛否両論ということで大きなセンセーションを引き起こしたということは、やはり、基本的に言いますと、多くの人々が、この次の、新しい時代への予感を意識的に、あるいは無意識的に持っていたと、そういうところに、一つの刺激となったのではないかと、思っているわけでありませう。そういう意味では、これももちろん証明ではありませうけれども、多くの人々が、ある種の未来への予感を持っていたというふうに言っていると思ひますし、それ自体、一つの傍証になるのではないかと、思っております。

どういった技術的な枠組みであるかということについて、3年前にも申し上げましたし、その後、いろいろ申し上げているわけでありませう。いまさらということもあるかと思ひますけれども簡単に復習させていただきますと、一番基本的な枠組みというのは、これは非常に単純化した言い方ですが、述語論理と呼ばれる論理体系をベースにしまして、コンピュータのハードウェアとソフトウェアの体系を再構築していこうということでありませう。そういうことで、私たちの考えでの第五世代コンピュータというのは、非常に単純化して申し上げますと、述語推論マシン、あるいは推論マ

シンと言っているかと思うわけでありませぬ。現在のコンピュータには、機械語というものがありますけれども、その機械語に相当するものとして、私たちは核言語というレベルの言語を設定しようとしております。この機械語というのは、コンピュータの基本的な構成、アーキテクチャというものを規定するものでありまして、現在の機械語というものは、いわゆるフォン・ノイマン方式というものの特徴を集中的に表しているわけですが、私たちの構図では、この機械語に相当する核言語というところで、この、新しい考えを表していきたいというふうに思っているわけでありませぬ。

こういう核言語に対して述語論理をもとにした新しいプログラム言語、新しい言語を設定しようということでありませぬ。そういうものがうまく設定できませぬと、それを実現するマシンとして、新しいコンピュータが考えられると思ひませぬ。それには、並列処理であるとか、あるいは、連想的な検索というものがある、一つの必要な非常に有効なものになってくる。そういうことで、いわゆるフォン・ノイマン型から、非フォン・ノイマン型へ進む一つの道を見い出せるのではないかと、そういうふうにするわけだ。

人工知能応用の新しい技術基盤

一方、ソフトウェアに関しましては、新しいレベルの核言語というものをベースに、その上で、ソフトウェアを構築していく。つまり、現在のレベルよりは非常に高い水準から出発する。したがって、ソフトウェアとしては、非常に高い機能までのぼっていきというふうにするわけだ。そういう能力を生かしまして、自然言語の扱いとか、あるいは、

知識処理というものをより有効に実現していくベースを作っておきたい。というのは、非常に簡単でありますけれども、私たちの構図であるわけでありませぬ。先ほど申し上げましたように、この構図というのは仮説でありませぬ、いわば、作業仮説であるわけだ。しかし、仮説と言ひませぬも適当に選んだというつもりではありませぬ。むしろ、情報処理の研究分野で、これまでいろいろ研究されてきたこと、それから、それを取り巻くいろいろな関連技術の動向、あるいは社会的なニーズというものを総合して、その中からしぼり出した仮説だと、私たちは思っているわけだ。いろいろな分野が関係するわけだ。ありますけれども、一つの大きな分野というのは、いわゆる人工知能の分野であります。

この人工知能というもの、あるいは、その応用というもの、将来の情報処理の世界にとって非常に大きな意味をもつということは、いろいろな人々が言っておられるわけだ。私どもも、そのとおりだと思ひ、そういう新しい応用に向けての技術的なベースを作っていくべきであろうということが基本にあるわけだ。

ただ、この数年、人工知能の応用ということに関しては、いわゆるAIビジネスというものが、とりざたされておひまして、一つの産業になろうとしているわけだ。このこと自体は、非常に喜ばしいし、いいことだと思ひませぬけれども、私たちのプロジェクトの関連でいひませぬと、私どもの立場は、このAIビジネスに対して直接かかわることはないと言ひませぬと思ひませぬわけだ。

現在のAIビジネスというのは、ベースになるマシンとしては、現在のコンピュータの上で構築されているわけだ。それはそれなりに有効性がありますけれども、いずれ限界が

来る。そのため人工知能の持っている本来的な意義を、さらに未来に向けて伸ばすためには、新しい技術的基盤が必要だというのが、私たちの立場でありまして、そういう基盤を作るべく努力する。将来、人工知能の応用がより健全に大きく発展していくためのベースを作っていくということに、われわれの問題意識があると言っていると思います。

私達のプロジェクトというのは、人工知能の問題に深くかかわっておりますけれども、人工知能プロジェクトそのものではありません。あるいは人工知能の応用としての知識工学、ないしはエキスパートシステムのプロジェクトそのものでもありません。人工知能という研究のゴールは、我々の知能のメカニズムの解明ということでありまして、これは非常に高い目標であります。これは、10~20年で解明されるというほど、私は楽観的ではありません。非常に基礎的な研究が多数積み上げられて、21世紀には、かなりのことがわかってくるかもしれないというふうに思うわけでありまして、また、そういう意味では、非常に息の長い努力を必要とすると思います。

エキスパートシステム、知識工学といえますと、これは様々な応用分野に広がっていくわけでありまして、応用分野との関連で、新しい技術の検証をするということは、非常に大事ではありますけれども、すべての分野についてのエキスパートシステムを作るといことは、一つのプロジェクトでは不可能でありまして、これはいろいろな立場の世界中の人々の努力の総和として進んでいくものであると思います。そういうことで、非常に人工知能の問題に深くかかわっておりますが、その人工知能プロジェクトであるというふうに、単純に言うことはできないと思います。

新しいアーキテクチャのコンピュータ開発

次に関連します分野は、ソフトウェア工学の問題でありまして、先ほどお話が出ましたようにソフトウェアの生産性向上というのは、非常に大きな問題になりつつあります。そのために、それは現在の問題でもありますから、そのためにいろいろな、多彩な努力が必要であると思います。しかしながら、私たちのプロジェクトは、そういういろいろな努力の中の一つとして、将来を見通した一つのアプローチを進めていきたいというふうに思っているわけでありまして、したがって、現在の段階ではいわゆるUNIXであるとか、新しい言語というものが、現実面では話題にのぼって当然だと思いますけれども、私たちのプロジェクトには、ADAというような言語というものは対象にならない、もっと将来的な高いレベルの言語を追求していこうというふうに思っているわけです。このソフトウェアの生産性の問題をかなり画期的に改善させるためには、単にソフトウェアの作り方だけではなくて、それを支えるハードウェアの助けも必要になるわけでありまして、そういうことで、このハードウェアおよびソフトウェアを含めた一つの新しい体系を確立するように努力していこうというのが、私たちのプロジェクトであると言っていると思います。

私たちのプロジェクトは、新しい時代のためのソフトウェア工学のプロジェクトである、そういうふうにしても間違いのないと思いますが、それを支える新しいアーキテクチャを持ったコンピュータの開発が必要であるというふうに言えると思います。

この新しいコンピュータのアーキテクチャの問題に関しては、いろいろな提案が、最近

出てきつつあります。これらの著しい特徴というのは、単に新しい並列処理方式というだけではなく、新しい言語との結びつきというものが強調されているわけであります。

関数型言語との結びつき、あるいは関係型言語との結びつき、あるいは対象指向型言語との結びつきというものが、非常に意識されているわけであります。そういうことで研究の大きな流れの中でもソフトウェアとハードウェアの密接な関連というものが生まれてきておりますし、ソフトウェア的な分野の中でもソフトウェア工学と人工知能的なアプローチというのが融合してきているというふうに言えるわけであります。そういうことで、コンピュータ技術を構成するいろいろな要素というものが、新しいベクトルをもってきている。それは発散していくベクトルではなくて、10年後か10数年後か、そこは定かではありませんが、その頃に一つの方向に融合していく、そういうベクトルであると私たちは観察しているわけであります。

Prolog を出発点に

いろいろな分野に関連しておりますけれども、強調したいのは、この部分的な分野での可能性の追求、これも必要なんですが、それだけではなくて全体を通した構図が描けるかどうかという、そういう発想ではないかと、そういう発想が必要ではないかと思うわけです。たとえば、非常に局所的な分野で言いますと、知識を表現するための知識表現言語という分野では、いろいろな提案があってもおかしくない、あるいはアーキテクチャのところで、いろいろな提案があってもおかしくないわけです。あるいはプログラミングという場面だけ取り上げていろいろな言語の可能性という

ものがあってもいいわけです。しかしながら、そういう分野を全体として統一できるような考え方があるかどうかという発想が必要だと思うわけです。私たちとしては、そういうものが見えてきたと思っているわけでありますけれども、もちろん、まだ見えないという意見があってもおかしくはありませんが、もし、見えないとすれば、それは現在の体系が続いていくということでありますけれども、あるいは、だんだん賛同者が増えてきていると思えますけれども、そういう新しい可能性というのがより強く見えるようになってきたと、いうふうに言っていると思います。この辺の議論に関しまして、一番議論が集中するのは、先ほど申し上げた核言語というものの設定についてであります。

一つは、私たちは、この核言語をソフトウェアとハードウェアを結ぶ一種の機械語のレベルだと想定しているわけですが、これを将来とも、ユーザが使うユーザ言語の提案だと思った議論というものもあるわけです。これは一種の誤解だと申し上げていいかと思いますが、ユーザ言語として、我々が追究しようとしている論理型言語というものが、いかどうかという議論がありますが、これはそういう議論も必要ですが、必ずしも私たちの設定と合っている議論ではないと思います。それから、同じことですが、私たちの、この論理型言語の追究にあたって、基本として、Prolog というものを出発点にしたわけがあります。ところが、このPrologを最終的な解答として未来に向けて、これが最終的な解答だと思っているいろいろ議論される方も結構多いわけです。これは、やはり私どもの意図が伝わっていないのではないかと思います。私たちは、当初から、このPrologを出発点にしていますが、それには多くの拡張・改良が必

要だということを申し上げているわけです。

それから、このPrologをベースにして出発したとか、あるいは論理型言語というものの枠組みを取り上げたいということは、他のもの、他のアイデアを排除するものではないわけです。たとえば、関数型言語とか、対象指向型言語というのは、非常に魅力的な特徴をもっているわけであります。

私たちの考えは、これらの新しい方向へ向けての言語というのは、いずれ一つの共通の基盤を持って融合されるであろうということです。私たちの論理型言語の提案というのは、対象指向型言語とか、関数型言語を排除しているものではないわけです。むしろ、私たちの気持ちを言うとするれば、この三者を融合する基盤として、論理型言語というのが一番基本的ではなからうかという仮説を申し上げているというふうに思っていたらいいと思います。これも、もちろん仮説でありますから、少し研究が進んでいけば、また、改定が必要かもしれませんが、しかし、現在までのところでは、そういう仮説が、なかなか有効ではないかと思っているわけであります。

逐次型推論マシンPSI 開発の意味

私たちが、このプロジェクトの前期段階の中で行ってきた活動に即して、考えてみたいと思います。

ご承知のように、この逐次型推論マシンというものを、前期において私たちは開発してきたわけですが、この目的は、中期以降の研究のためのツールであります。しかしながら、その設計にはもちろん私たちの基本的な考えというものを盛り込もうとしているわけであります。逐次型推論マシンの機械語としまして、KL0という言語を設定しました。これは、

プロジェクトのスタート直後に設定したわけであります。そういうKL0、核言語第0版というものを機械語とする逐次型マシンとして逐次型推論マシンを設定してきたわけであります。このKL0というのは、拡張Prologと申し上げていいわけです。しかし、先ほど申し上げましたように、このKL0というのは、機械語という設定なわけであります。したがって、この新しい我々のマシンに対するソフトウェア構築のために、そういうシステムプログラムのために、私たちは、ESPという、少し高いレベルの言語を設定しております。これは、たとえてみれば、現在の機械語に対して、マクロアセンブラがあるようなものでして、KL0に対する一種のマクロアセンブラ的な位置付けだと言っていると思います。このESPには、関数型のノーテーションとか、あるいは対象指向型の書き方というものが取り入れられております。そういう言語を使いまして、現在、逐次型推論マシン、PSIと呼ばれるマシンのオペレーティングシステム(OS)をも開発しつつあるわけです。

このおおよそのプログラムというのはすべてESPで書かれています。これは、この会場、あるいは次週のICOT研究所のオープンハウスで行うデモンストレーションで見ただけだと思いますけれども、この論理型言語で制御プログラムを書く一つの大きな実験になっていると思います。このSIMPOSと呼ばれるOSも、必ずしも小さなプログラムではありませんで、かなり大規模なプログラムであります。しかも、オペレーティングシステムのコントロール部分というのは、いろいろ細かい制御を書かなければいけないんですけど、そういうものも、このESPというものを使って書きつつあるということです。このESPを使ったということは、このSIMPOSというOSを

作るのに、非常に有効であったと思います。それから、この、生産性だけではなくて、できつつあるものの効率というものも、そう悪くはないと見ていただけたと思います。

このKL0、それをマシン語とするPSIマシンの設計、それからESPという言語の設定、それを使ったSIMPOSの構築というような私たちの体験というのは、いろいろな批判に対する一つの答えになるのではないかと思います。受けた質問ないしは批判の一つは、論理型言語でコントロールプログラムは書けないのではないかとありますが、私たちは、それに対する一つの試みをしている。それから、そういう論理型言語では、大きなプログラムは書けないのではないかとこの意見もありますけれども、それに対する一つの答えになると思います。もちろん、私たちの作業というのは進行中でありまして、まだ、大きなアプリケーションプログラムというのをのせる段階には至っていませんけれども、現段階で申し上げれば、いろいろな、次の、これからの展開に対する素材を皆様にも提供できているのではないかと申すわけでありまして。

中期に向けて核言語KL1の開発

私たちの研究は、もちろんPSIだけではありませんで、いろいろなものを含んでおります。このKL0核言語にしなくても、中期に向けて、より高度な機能をもたせるために、KL1というものの検討を進めております。KL1の中には、並列性をもっと自然に取り込むとか、そういうことが試みられているわけでありまして。それから、KL1というレベルだけではなくて、知識表現、あるいは自然言語の意味表現という観点から、その核言語の上ののった、より

高い水準の知識表現言語、あるいは、知識プログラミング言語というものの研究も進めているわけでありまして。

核言語の関連で、よく議論されることの一つは、なぜPrologで、なぜLispでないかという、非常に単純な質問がありますけれども、これは議論しますと長くなりますが、ひとことだけ申し上げますと、Lispは、関数型言語であるという意味では、私たちは大いに評価しているわけでありまして、関数型言語と論理型言語というものの融合をめざさなきゃいけないという立場からしますと、そこに対立的な関係は、本来はないと思います。ただ、よく議論されておりますのは、非常に近未来の実用化システムを作るのに、どっちがいいかという議論と、将来の新しい技術を作るための作業仮説として、何がいいかという議論が混同されて議論されていると、私は感じられるわけでありまして。

近未来に実用的システムを作って商用化するという観点からは、まだ、いろいろな選択があつて当然だと思います。しかしながら、そういう議論と、ハードウェア、ソフトウェアを含めたものに対して、新しい技術的な枠組みの可能性を追究しようという立場というのは、必ずしも同じではないわけでありまして。新しいものを生み出す努力をするためには、私の考えでは、むしろ、非常にすっきりした作業仮説をもっているべきであろうと思うわけですので。

日本の中では、いろいろな妥協することというのが美德とされておりますけれども、いろいろなものを混ぜこぜに含みつつ、非常に革新的なものをねらうというのは、ただでさえ難しい目標をもっと難しくするものだと私は思うわけですので。

我々は、少し割り切りすぎかと思ひますけ

れども、理論的な立場から、一番有望であると思われる仮説をまず取り上げると、それを追究することによって、あるいはその可能性、あるいはその限界というものが見えてくるだろう、それをもとにフィードバックをかけていくべきではないかと、そういうふう思うわけでありませぬ。

いろいろな議論を、この3年間も、多くの人からいただいたわけですが、そういう議論というのは私たちの考えをより豊かにする材料にもなったわけでありませぬ。それから、これからの展開のためのいろいろな問題点というものを提起してもらったとも思っております。

しかしながら、私として強調したいのは、基本的なフィロソフィーというものに対して、私たちは、3年前より、より多くの、より強い確信を持ってきているということでありませぬ。このことは、単に私たちが、2年半プロジェクトを進めてきたということだけではありません。むしろ、それを含みますが、世界中で直接、間接に関連するいろいろな研究が活発化してきた、特にこの2~3年活発化してきた。そういうものが、実は、やはり私たちの構想の内容を豊かにするのに、やはり大きく助けになっているわけだ。そういう世界中での新しい活動の活発化というものをベースにして私たちが想定した路線というものの正しさを私たちは私たちに確信を深めているというふうに言ってよろしいかと思っております。

来年から、私たちの中期の段階に入るわけですが、この中期の段階というのは、このプロジェクトの中で一番むずかしいステージだと、私たちは思っております。前期というのは、中期のために基本的な通路を整備するか、あるいは、そのための基礎的な研究を展開するというところで一種の準備であったと思っております。

中期の課題－並列型推論マシンの開発へ

本来のねらいである並列型推論マシンの研究であるとか、あるいは、その上に立ったより高度の推論機能をもとにした問題解決システムの追究というようなことは、中期の大きな課題であります。これは、必ずしも容易でないということ、その当初から予想していたことでもありますし、皆様もご覧になるかと思いますが、そういう困難な課題に挑戦していかなければいけないというわけでありませぬ。そのためには、そのために必要なことの一つは、自分たちが言っていた基本理論というものをもう一度ふり返ってみて、それをより明確な形で設定することだと思っております。そういうことで、あえて長々とお話ししたわけでありませぬけれども、中期の展開にもこの基本理念の再確認というものが大事なことだと、私は思っているわけでありませぬ。また、私たちのプロジェクトは何を含んでいるか、何をねらっているかということ、正しく多くの人に理解していただくということが必要なわけでありませぬ。そして、新しい時代に向けて世界中の人々が協力していく必要があります。

したがって、国際的な協力というものが必要であるということでありませぬけれども、この国際的な協力のための一つの大きな前提というのは、我々は何をめざしているのかということをお互いに、よくわかり合うことだと思っております。一番大事なことは、近未来で産業レベル、ビジネスレベルでの競争力ではなくて、新しい時代へ向けて、新しい技術的な体系が構築できるかどうかという、非常に大きな仮説に対して世界中の人々が一致協力して、そういう問題を追究

していくことだと言っていいと思うわけであり
ます。

これは、もちろん、だれかがだれかを強制
するというものではなくて、個人レベルでも
そうでしょうし、国レベルでもそうだと思
いますけれども、それぞれの立場における自
発的な努力というものが非常に大事な前提
だと思いますが、そういうものを前提とし
て大きな協力体制ができていくと私は信
じているわけであります。そういうこと
で何度も申し上げていることを繰り返
したことになるかもしれませんけれど、
この第2回の、実質的に

は第1回のFGCS'84国際会議の最初にあ
たりまして、私たちが立てた基本理念を
振り返ってみたいわけであります。本日
以降、私たちのプロジェクトの成果発表、
それから世界中での、いろいろな研究の
発表というものが行われます、そういう
ものが私たちの願いであり、この新し
い時代に向けての大きな新しい努力に
対して、非常に大きな役割を持つこと
を期待しまして、私の話を終えさせて
いただきます。

どうも、ご清聴ありがとうございました。