

---

---

## 2) 並列推論技術の中核をつくる

### —— 第五世代コンピュータ時代の技術の芽を育む

---

---

ICOT・研究所所長 / 梶 一博

1990年6月の成果報告会第8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。大詰めを迎えた第五世代コンピュータ・プロジェクトは、PSI、マルチPSI、PIM、PIMOS、KL1、GHC等々の成果も姿を現して、最終ゴール「並列推論マシン」の技術体系に向かって邁進しつつあった。そこには、研究者たちの限りないチャレンジ精神と、世界的な研究の輪の広がりがあった。

## 5G時代に向けての技術の芽

いま唐津一先生から将来に向けての期待のお話があったわけですが、歴史というのはどんどん進んでいきました、5Gの時代というのはいずれ来るんだろうと思います。その時にはいろいろなテクノロジーがきつと必要で、それが総合的に組合わされて、時代の要請に応じていくことになっていくんだと思います。そういう5G的な時代に向けて、それではいま何をやっておくべきかということで、将来必要になるであろう技術は多様にあるということをやい言ったわけですが、その中でも中核になるとするものを切り出して、そういう技術全体の発展の基盤になるような技術の芽を作るのがこのプロジェクトの使命だと思っています。

ですから5Gの時代ということと、それに向けての5Gプロジェクトは密接な関連がありますが、そこでの役割の違いもあるかと思うんです。そういうことを申し上げたのは、これも何回か言っているかもしれませんが、技術開発のプロジェクトのあり方というものに関連すると思うからです。いろいろなやり方があると思いますが、一つは何でもやるというスタイルのやり方、必要と思われるものは何でもやりますということで計画を作っていくやり方があると思います。しかし私の技術観からしますと、そういうプロジェクトはきつとうまくいかないと思うわけです。最初は何でもやるという触れ込みですからいいわけですが、実際にはそうはいきません。

一つのプロジェクトというのは、一つの技術的な理念を中心にして、それをどう展開していくか、そういうことで成り立っていくと思います。世の中全体としてはどうかという

ことで言いますと、それは一つのプロジェクトで賄うのではなくて、場合によっては複数のプロジェクトで、あるいはプロジェクトにならないけれども非常に多彩な技術的な努力が行われる。そういうものを全部足し合わせて世の中が成り立っていく。その中で、特に、新技術を目指すプロジェクトは、しっかりした位置づけを持たなければいけないと思います。

このプロジェクトも8年たって、あと2年ほど頑張っていくわけですが、そういう気持ちで事柄を最初から整理しながら進めてきたつもりです。もちろん途中でいろいろなことを言われたり、言ったりしたことがあるわけですが、私としてはこのプロジェクトの核心である並列推論技術というものに向けてターゲットを絞ってきたつもりです。いろいろな表現を使ってきましたが、短い言葉で技術的な内容を言うとするれば“並列推論”という言葉がいちばん適切であろうというのが私の当初からの考えでして、その線を進めてきております。

## 過去のプロジェクトの経験を生かす

前期、中期ときて、現在後期になっていいますが、そういうことで言いますと並列推論技術の確立に向けてステップごとに展開してきた、ということが言えるのではないかと思います。プロジェクトも後期になりますと何ができるのか、あるいはプロジェクトが成功か不成功かということが取り沙汰されることになると思うのですが、そういう際にいろいろな見方が出てくる。これも多種多様な見方があって当然いいわけですが、私としてはこのプロジェクトが当初から狙ってきたものに対する達成度を見ていただきたいと思います。世

の中にはまた別の期待もあって、こういうことをやるべしという意見もあって、このプロジェクトがやっていない部分はたくさんあるわけですが、そのところで測っていただいても、これはかなりすれ違いになるのではないかと、そんな気もしています。

このプロジェクトが並列推論というものをゴールにして進んできた、あるいはそれを目指していろいろテーマの整理をしてきたということの裏には、大事ではあるが取り上げていないテーマ、あるいは横に置いてあるテーマがあります。このことは何度も言っているような気がします、あらためてはっきりさせたいと思います。残してあるテーマでいちばん大きいのはパターン認識の技術です。この技術は非常に大事であるわけですが取り上げていない。コンピュータ技術をめぐる技術全体からするとこれがどういふところにつながりを持つかということ、マン・マシン・インタフェースのところに関わります。インタフェースというのは情報の交換の場所ですから、そこでは人間にとって非常に快適な、多彩な情報の交換のメディアが必要です。そういうことでこの技術は非常に大事ですが、このプロジェクトでは意識的に、そこは取り上げていない。

取り上げていないものですから、その技術を軽視していると思われるのは心外なわけですが、そのことについてちょっと申し上げます。実はこのプロジェクトの前段階以前、このプロジェクトは8年前にスタートしたわけですが、そのまた10年前からパターン認識のパターン情報処理と呼ばれる大型プロジェクトがありました。これも結果的には10年の非常に長期のプロジェクトになりまして、当時としては巨額の国家予算を使ったナショナル・プロジェクトであったわけです。

私はパターン・プロジェクトのスタート時点で、そのプロジェクトの計画をどうするかという議論に関わっていたことがあります。当時は日本の中でのパターン情報の技術はまだ非常に未熟な段階でして、基礎的な研究から始めていろいろやるべきことがあったのです。そういう段階でして、当時私が主張したのは、パターン情報のプロジェクトを、最終的に統合したシステムを作るイメージで計画を立てるのは間違っているということです。パターンに関わるメディアはたくさんありますから多彩な研究をしなければいけない。しかも当時の研究、特に日本の研究レベル、技術レベルからすると基礎から積み上げていかなければいけないわけですから、そういう基礎研究、基礎技術をしっかりやるような計画にすべきであって、10年後にこういうものができると、総合的なパターン認識装置を作るような計画はだめであるということ強く主張して、その意見を押し通したわけです。いまから20年ほど前の話になりますからだいぶ古い話ですが、そう主張してある程度意見を入れられたわけです。

#### 評価には時間がかかる

それはいま考えてみてもあまり間違っていなかったと思います。そのプロジェクト自体は私が主宰したわけではないので、いろいろなきさつがありまして、最後には総合システムの構築評価とかいって1、2年えらく苦労された人たちもたくさんいるんですが、私に言わせるとこれは実に無駄な努力でして、そういうことをする必要はなかったといまでも思っています。そういう総合システムを作ってデモンストレーションをしたということで一応成功したような終わり方をしていますが、

あのプロジェクトの本当によかったところは、そのデモンストレーションではなかったと思うんです。そうではなくて、その過程でいろいろなテーマについて、いろいろなパターンのメディアについてその処理の手法を研究したことがあのプロジェクトの成果であったと思うし、実際にそれは世の中に浸透していて、10年後の今日、その分野では日本の技術が一流の域にあると評価されているようです。そこに大きな貢献をしたと思うんです。

自分が関係したこともあるということ言うわけではありませんが、プロジェクトの成果とそれの評価は非常に難しいというか、考えていただきたい気がします。単にデモンストレーションをやれば成功であるということでもなし、その直後には製品ができなくて、むしろ技術というのは育っていくのに非常に時間がかかる。ある段階になってもそれがすぐ金儲けにつながるとは限らない。10年ぐらいいろいろなかたちをとりながら進んでいて、やっと実際のレベルに到達するというぐらいのスパンの長い話でして、パターン情報についてもそういうことが言えると思うんです。そういう実際の善し悪し、両方を含めての評価というのはいまだに体系的になされていないような気がします。終わってから十数年たったものですから、たとえば技術的な研究テーマの対象になり得るのではないかと思います。そういう例はまだないようです。そういうふうに研究プロジェクトの評価というのはなかなか微妙であるというか、難しいという気がしています。

#### 必要なステップを踏んで

当時はそういうことであつたわけですが、その分野の特質とその時代を踏まえるとそうい

う判断ができたと思うんです。そういう経験が原体験としてありますが、そういう研究の流れの中でもう一つ大事だと思われたのは、マン・マシン・インタフェースに関わるパターン情報的なところだけではなくて、コンピュータの本体に関わる部分で、それが大きな技術的問題になってくる。それを取り上げる必要が出てきたという判断が、10年前の話であつたわけです。

一つのプロジェクトが終わったから次のプロジェクトという安易な考え方も一部にはあつたかもしれませんが、そうではなくてむしろこれは半分偶然かもしれませんが、研究の歴史とか技術発展の流れというものたまたまそうなつていたということだと思います。そういう流れを総合して考えると、いまのコンピュータから次の時代に進むための準備ができる段階にきていたと言えたと思います。それはそれ以前に蓄積されたいろいろな諸外国を含めた情報科学、コンピュータ・サイエンスの研究の成果を踏まえていたわけですが、ただそれを並べたわけではなくて、そういう研究成果の中に潜んでいるいろいろな流れを整理して、計画としては観念的に統合して将来を見通した。そういう見通しのもとに新しい国のプロジェクトをスタートさせようということであつたわけです。

ですからこの場合には、パターン情報の大型プロジェクトの時の主張とは一見言い方が異なるわけです。あのときはもっと多様に展開せよという主張をしたわけです。しかしこのプロジェクトについて見ますと、多様性というよりは、むしろ多様に研究されてきたいろいろなアイデアを集大成して一つにまとめていく。そういう流れの時期にある。そういう判断を持ちました。そういうことで表面的な計画とか、その周りでの解説では、このブ

プロジェクトはすべてのことをやるように誤解されていた時期もあるわけですが、初期の計画にありました純粹でない部分というものを前期から中期にかけて整理をしてきた。当初から考えていたいちばん中核になるであろうと思われる並列推論に集中するようにしてきました。

このゴール自体というのは10年前に、そういう方向があり得るということで皆さんと議論したわけですが、観念的にそういう方向があるとと言ってもテクノロジーの場合には1年後にそれが実現できるかという、そうではない。一つのターゲットを設定してもそれに至るためには必要なステップが必ずあります。そのステップを踏んでやっていこうというのがこのプロジェクトの一つの特徴であったと思います。研究というのはフィロソフィが非常に大事です。技術的な見通しに対するフィロソフィがその一つ。それからもう一つはそれを実現していくためにどういうステップを踏んでいくか、そういう段階論だと思います。

#### マルチPSIはPIM1の中間ステップ

そういう段階を踏む基礎になるのは、研究を進めていくための、平たい言葉でいうとツールというか、道具であるわけです。往々にして目標だけが先行して、それを技術的に実現するためにはどうするか、そのために必要な研究施設をどうするかという議論が多くプロジェクトでわりと抜けてしまうわけですが、このプロジェクトの場合には、ちゃんと階段を上りながらゴールに進んでいけるように研究上のツール作りを大きな基本的な要素としてやってきました。

これもこの場合だけに必要ではなくていろいろな場合に必要なので、20年前に議論し

ていたパターン情報の場合にも研究上のツールを非常に重視して、当時でいうとタイムシェアリングシステムをベースにして、いまでいう一種のコンピュータ・ネットワークを形成した研究設備を構築したわけです。その時代ではまだ道具と目標が並存していたような気がします。しかしながらこの第五世代プロジェクトの場合には、研究を進めるためのツールは単にどこからか買ってくるとかもらってくるというものではなくて、ツール自体がゴールを達成するための必須の構成要素になる。そういう分野であったわけです。

そういうことでこの研究に必要な研究ツールの主要な部分は自分たちで作ろう。たとえば前期3年間をいちばん象徴的に表すのはPSI、その上のOSのSIMPOSという研究用のワークステーションの構築であったわけです。もちろんそれ以外のいろいろな研究が進んできたことは別途報告しているわけですが、研究用のツールということからしますとそういう見方もできます。それ自体が一つの進歩のメジャーになると言っているのではないかと思います。

そういう準備段階の前期を通りまして、中期に入ってからそういうものを土台にして並列の問題に取り組み始めた。しかしこれも一挙に進むというよりは段階的に進もうということで中期のいちばん象徴的な成果というのは現在マルチPSIとっているものと、その上のOSであるPIMOSというものです。マルチPSIはその前期に作りましたPSIの改良版を64台つなげたものでして、一つの見方からすれば、この10年間のゴールであります並列推論マシン、現在PIMと呼んでいるシステムへの中間のステップということが言えます。それと同時にマルチPSIというのは、並列処理、並列プログラミングの研究を進めるための基

本的なツールになる、基本的なツールとして先行して存在しなければならないだろうということで作ってきたものです。

もちろんそれと並行していろいろな研究が行われたわけですが、中期を象徴する成果としては、マルチPSIとPIMOSの第1バージョンというものをあげてもおかしくはないし、それがいいのではないかと思います。そういうステップを踏みまして現在は最終のゴールである並列推論マシンの技術体系の基本要素となるものに向かって、ICOTおよびその関連の研究者は邁進しているわけです。

### PIMOSのPIMへの移行

これからも詳しく紹介することになると思いますが、ハードということですが、並列推論マシンのプロトタイプになるというつもりでいくつかのシステムの試作を進めています。いくつかのネットワーク・アーキテクチャの評価をかねてモデルを複数製作しているわけですが、256台規模、あるいは512台規模の並列マシンを基本要素として作りつつあります。それはまた全体を結合して試すということがあるわけですが、基本的にはそのレベルの技術をハード的には目指してやっていると申し上げていいと思います。だんだん試作ができ上がってくる段階で、これから1年余りをかけてそういうシステムを組み上げる、これがハード的なものの目標です。

ソフトのほうについて言いますと、マルチPSIの上でPIMOSの試作品ができたわけですが、これはPIMに移行することを想定して設計されてきたもので、それがバージョンアップしてきてPIMの試作機ができ上がると同時に、その上で動き始めるであろうということが期待されています。もちろんそういう体験

を通して改訂作業が行われるはずですが、非常に順調に進んでいると思います。

このPIMとかPIMOSというハードとソフトの基本にあるのはKL1と呼んでいる言語モデルでして、このKL1をベースにして、ハードウェア的なマシンとしてはそれを実行するKL1マシンとしてのPIMです。それからPIMOSより上のソフトとしてはKL1を前提としてOSを組んだり、あるいはいろいろな基礎的なソフト、それからアプリケーション的な評価用のシステムを組んでいく、そういう構造になっています。

一つの言語を基本にしてハード、ソフトを組むという例はいままでになくて、これまで行われているのは、もう歴史に則ってそれぞれ独立して進行しているものが合体しているというのですが、このプロジェクトの場合には基本的な言語を設定してハードとソフトの技術を作ってみようということがそもそも基本からあった。それがその方向で実現しつつあると思います。KL1という言語の中身についてはすでにいろいろ報告されていますし、それに関わるいろいろな研究は発表されているわけですが、ここで一つ付け加えたいのは、新しい言語がどう定着していくかということだと思います。われわれとしてはKL1というもののルーツの一つを論理型言語と位置づけているわけで、PROLOG等から始まります論理型言語の研究の流れの中から出てきた。

### 並列論理型言語 KL1 の特徴

その流れの中で並列制御の機能をどう取り込むかということが長らく研究テーマであったわけですが、GHCと呼ぶ計算モデルが出てきました。これは世の中の的には並列論理型言語と呼ばれていますが、必ずしも正確でない。

GHCとかKL1の特徴は並列を制御する機構を入れた論理型言語だと了解していただくのが正しいわけでして、単に並列に動くような言語というのは実はもっと簡単に存在する。PROLOGという特定の言語は、たまたまインプリメンテーションが逐次型の要素を取り込んだために逐次型なわけですが、そのもとになっている計算モデル、いわゆるピュアProlog的なモデルですと、これは並列言語でして、並列があり余るほど出てくるような計算モデルです。しかもそのモデルでは並列を制御する手だてがない。その並列をどう制御するか、並列制御の機能をどう取り込むかということが、このプロジェクトの前期段階での世界的な研究課題でした。

これについてはGHCという言語モデルが提案されまして、それをもとにKL1という言語に現在なっています。もちろんここにはまたいろいろ研究テーマが存在するわけですが、ハード、ソフトを含めて処理系ができていくわけで、しっかり動ける言語としての資格を備えてきたと思います。このタイプの言語はある意味では非常に新しいわけでして、ふつうに使われているFORTRANであるとかC言語と違うのは当然ですが、Prologのような、Lispのようなスタックベースのインプリメンテーションとも違います。観念的には前から研究されてきたわけですが、実際に使ってみるという立場で言いますと、新しい体験を求めるような言語です。

その言語をもとにしてハードを作ったりOSを作ったりしているわけですが、一つ大事なのはそういう言語でいろいろな問題を書いてみるということです。これは非常に大きな可能性があると思っていますが、新しい言語に対してはアレルギーというものが世の中にはあるように思われます。非常に安定した言語

でないといまどきの学生さんは使わないんだという大学の先生がいます。実際にそうなんだろうと思うんですが、実はこれは非常に不思議なことだと思うんです。

実際に仕事をするという立場ではそういうことがあってもおかしくないわけですが、情報科学、コンピュータ・サイエンスを専攻している、しかもそういう分野を切り開いていくことを期待されているような場所の学生さんがC言語しか使わないというような知的状況は本当に存在するのだろうか。存在するとすれば由々しき問題だと思うんですが、どうなんでしょうか。そういう要素もかなりあるようですが、いろいろそういう言語を使った体験者が増えて経験の交流が進むにつれて、新しい試みをしてみようとする人は増えていくんだろうと思います。

### チャレンジ精神が支え

先ほど来、国際展開の話が出ていますが、原則論として国際展開をやっつけようというのは当初からのことであつたわけですが、それが具体的なかたちに進んできたというのが現状です。それはそれで非常に意義深い進展であるわけですが、そういう国際交流の進展の中でおもしろいと思ったことがあります。これは別にアメリカとは限らなくてもいいんですが、仮にアメリカということを取り上げますと、これはきっとアメリカ人の昔ながらのよさだと思うんです。アメリカ人もいろいろな人がいるだろうというのが先ほどの唐津先生の話にもあるわけですが、新しい言語等に関しても非常に積極的です。人が使っていないから使わないということではなくて、むしろ新しくチャレンジングであるから使ってみよう。それを自分が持っているもう一つ

別の研究課題と結びつけてやっていこう。そんな姿勢が見られました。これは私が昔から持っていたよき時代のアメリカ人のイメージのままです、そういう意味ではアメリカも健在であるというふうに感じたわけです。

研究交流を進めようという段階でいろいろなことがあったわけですが、たとえばアルゴリズムでPSIとかマルチPSIを使うようにしていこうという話し合いが進んだ。打ち合わせするとか、いろいろ勉強するために向こうから3人ぐらい飛んできた。そのこと自体もなかなか大したものですが、そのときにKL1で書いたプログラムを持参してきたんです。まだ向こうはKL1を本格的に動かすものを持っていないわけで、しかもこれは研究段階ですから、英語のマニュアルも完備はしていません。口頭で説明した程度のもので、にも関わらずもうKL1で、数ページですが、プログラムを書いて持ち込んできた。それを動かすということでマルチPSIなり何なりの様子を調べている。こういうことで私としては非常に感激したということがあります。

これは今年の2月ぐらいのことですが、ICOTおよびICOT関連ではKL1を大いに使ってもらっています。たぶん喜んで、おもしろがって使ってもらっていると思いますが、一部にはかなり強制的に使わせられているというふうに思っている人もいるかもしれません。本当は強制してはいけないわけですが、先ほどから言おうとしているのは、新しい言語に対して研究者というのはもっと積極的であってほしい。特に日本の場合にはそうであってほしいと思います。

KL1プログラミングに関してはこの間ワークショップなども開催されまして、いろいろ体験の交流が進みつつあるようです。PIM、PIMOSという基本的なシステムに加えて、

KL1プログラミングが定着する。その上での技術検証用のアプリケーション・プログラムが試みられているというのが現状です。

#### 定着するには成熟期間が必要

このプロジェクトはあと2年ほどありますが、この2年というのは長いのか短いのか。去年は3年もあると言ったわけですが、2年となると3年よりは短い気がします。しかしこの2年間を全力疾走していこうではないかというのがICOTの中のスローガンになっています。2年経ったところでばったりと倒れる、そういう美学を实践しようではないか、こういうことを言っています。そういうことでICOTおよび関連のチームが努力していくわけですが、そろそろその先をどうするかということを考える時期にもきているのではないかという気がします。これに関しては何ら定まった意見はまだなくて、いろいろな意見がありますし、ストーリーとしてもいろいろなストーリーが考えられると思います。いちばん理想的には2年経ったところでものすごい成果が上がって、あとは何をしなくてもこれがどどん世の中に定着していくというストーリーですが、これは残念ながらどうか、私が予期したとおりに言いますか、そこまではいかないようです。

われわれの目標としますプロトタイプあるいは技術の見本というものは、この2年で相当確立させられると思いますが、昔から言っているようにそういう技術がさらに世の中に定着していくためには技術の熟成期間があるだろう。これは、場合によっては製品開発研究というものを含めてもいいわけですが、それがプロジェクト終了後、少なくとも5年ぐらいは必要であろうというのは、初期の段階から私は言っていたつもりですが、やはりそんな



感じです。技術の熟成というものに関してある期間、あるいは熟成するための手だてというものがあってもいいかと思いません。

しかしどういふ手だてがいいかというのはいまた難しいわけで、現在のスタイルのプロジェクトの単純な延長は、私はよくないと思っています。これから2年の最終のデイトがいつになるかは別として、いまの見通しではあと2年で全力疾走の結果、ほぼ当初想定したゴールも達成されると思っています。それがその後の技術発展の非常に大きな礎石になるとは思っていますが、そこまではいけるとは思っています。そういう意味ではこのプロジェクトは当初から言っているように、あと2年で終了したいと思っています。

#### FGCS'92で総合成果発表

毎年成果発表会ということで6月ぐらいにシンポジウムをやっています。そこから各期ごとに国際会議と称してFGCS'81、'84、'88というものをやってくるわけですが、来年はやはりいまごろこういう成果発表会をして、さらに研究が進展しているところを見ていただけるだろうと思いますが、再来年はどうするか。国際会議と成果発表会を同時に二つ別々にやる余裕もないだろうということで、最終的には1992年に最後のFGCS'92を総合的な成果発表会を兼ねてやることになると思います。

たまたまICOTの研究所がスタートしたのが6月1日であるわけですが、一つの想定としては1992年6月1日の週が最後のFGCS'92および成果発表会になるのではないかと考えています。そういうところで節目をつけて、その成果をどう発展させるかというのはこれからの議論、あるいは2年経った後のいろいろ

な世の中の動きとの関わりで固まっていくなだろうと思います。私としてはどういふ熟成方法をとるにしても、その熟成あるいは発展に耐えるだけの成果はICOTおよびその関連の研究陣が作ってくれると期待していますし、その可能性も非常に高いと確信しています。いづれにしても、もし本物の技術、いい技術であればいくつかの手だてというものがその時期になれば現れて発展していくと思っております。少し楽天的すぎるという見方もあるかもしれませんが、そう考えるのがいいのではないかと思います。

未来の予測というのは、非常に大きな予測というのは、私はある程度可能だと思います。コンセンサスが得られないまでも、どういふふうの流れっていくかという流れは場合によっては読めると思います。しかしその大きな流れが実現していくプロセスは計画書のとおりに進むわけではなくて、いろいろな偶然の要素も加味されながら進展していく。私の好きな哲学者の言葉の中に「必然というものは偶然を通して現象するんだ」という言葉があるわけですが、そういうことからすると、あまり細かな予測はしないほうがいい。ということで、2年後にどうなるということは、たぶん小さな偶然のいろいろ組み合わせで決まってくる。しかしながら大きな流れとしては、どういふ方策がとられるにせよ、われわれが想定したとおりの技術ができるとすれば、それは育っていくだろうと思います。

そういうことでデフィニットなことは申し上げられないわけですが、われわれの気持ちとしてはあと2年間をしっかりと展開して、そこで並列推論の技術の中核を作る。ハード、ソフト、それからそれを検証するためのいろいろなアプリケーション問題を体験する。そういうワンセットの研究成果を積み上げて後世

に残したいと思います。今日お集まりの方は当事者であったり関係者であったり、あるいはいろいろご支援いただいたり、あるいはご批判いただくような方々なわけですが、これ

から2年間に関してもこれまでと同様にいろいろ忌憚のない批判を含めて、広い意味での激励をいただければ幸いです。