

総合報告

## 4) 第五世代コンピュータの研究基盤化プロジェクト (後継プロジェクト)

ICOT・研究所所長 / 内田俊一

第五世代コンピュータ・プロジェクトおよび後継プロジェクトは1995年の3月で終了する。第五世代コンピュータ・プロジェクトを「タンポポの花を咲かせるプロジェクト」、後継プロジェクトを「タンポポの花（第五世代コンピュータの成果）に綿毛をつけて、世の中に広く種を飛ばすプロジェクト」と表現した。内田所長の本講演はその総括的総合報告である。

## 後継プロジェクトとは

ただ今ご紹介にあずかりました、ICOTの研究所長をしております内田です。今の測一博先生のお話を受けて、第五世代コンピュータ研究基盤化プロジェクトの総合報告ということで話をさせていただきます。

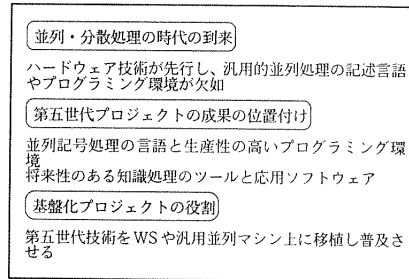
このプロジェクトはご存じのように、平成5年4月より開始して来年の3月で終了するというもので、第五世代コンピュータ・プロジェクトの成果の幅広い普及を目的としており、第五世代プロジェクトの後継のプロジェクトということで、「後継プロジェクト」とも呼んでいます。

今回のシンポジウムのポスター、案内ビラ等のあちこちに、タンポポの花が出てくることに皆様お気づきかと思えます。これは何故かという、第五世代プロジェクトを「タンポポの花を咲かせるプロジェクト」に見立て、後継プロジェクトを「タンポポの花（第五世代の成果）に綿毛をつけて、世の中に広く種を飛ばすプロジェクト」にたとえているわけです。この後継プロジェクトの役割を象徴したいということで、このシンボルをあちこちに使っています。種というのは言うまでもなく第五世代コンピュータの技術ということで、「これに今、綿毛をつけて世界各地に飛ばしていますよ、このプロジェクトの目的が着実に達成されつつありますよ」ということをお話しするのが、私の講演の主旨となっています。

## 後継プロジェクトの背景

後継プロジェクトが実施された背景を復習させていただきますと、このようになるので

図1 プロジェクトの背景



はないかと思えます。(図1)

先ほどの測一先生のお話にもありましたし、皆さんは我々よりもっと身近に時代の変化をお感じになっていると思いますが、今、以前にも増して、並列、分散という時代に突き進んでいると思います。その現象は、ハードウェア技術先行ということで現れてきていると思っています。特に最近、大規模な並列ハードがいろいろなメーカーから発表され、市販されてきました。しかしながら、並列の言語やソフトウェアはまだまだであると思います。このような並列ソフトの良し悪しが、今後の並列処理や分散処理の重要なポイントになるだろうということは明らかで、このような点から第五世代プロジェクトの成果を見ると、非常に汎用性、それから生産性の高い、並列処理言語、プログラム環境を提供している。また、将来有望と思われる知識処理のツールとか応用ソフトの卵のようなものも提供していることができたわけです。

この基盤化プロジェクトはその辺を捉えて、そういう成果を、ICOTが作った並列推論マシンという特定のマシン上だけではなく、世の中で広く使われているワークステーション、特にUnixベースのワークステーションや並列マシンの上に載せて、将来のコンピュータ技術や新技術開発の研究基盤にしようという

図2 プロジェクトの目標

<b>研究開発の目標</b>
PIM上のKL1とPIMOS環境と同等なものをUnixベースの逐次および並列マシン上に新たに開発する。
将来性のある知識処理のツールや応用システムを改良・発展させた上でUnixマシン上に移植する。
<b>普及活動の目標</b>
大学・研究機関へ技術移転し、さらなる発展を期する。
新しい教育の材料や研究のインフラとする。
汎用並列言語やプログラミング環境のデファクト・スタンダードを目指す。

ことで開始されたわけです。

後継プロジェクトの研究開発の目標は、これまで並列推論マシンの上でしか動かなかったKL1という言語の処理系や、並列応用PIMOSという、KL1の上に載っている並列プログラムの作成環境、実行環境を、Unixベースの逐次および並列マシンに移すことです(図2)。

また、後継プロジェクトでは、このような技術的な目標だけでなく、作ったものを徹底的に普及するという活動が、非常に重要なもう一つの目標として認識されています。普及先としては、その成果の性質上、国内外の大学および研究機関を考えています。それらの機関で教育や研究のインフラとして使ってもらって、それを積極的に推進していけば、将来における産業のデファクト・スタンダードになるだろう、また、そうなるように努力しようという努力目標を設定したわけです。

#### 後継プロジェクトの目標と活動

このような後継プロジェクトを実施する体制ですが、ご存じのように、その前の第五世代プロジェクトを実施していた体制から移行す

図3 研究開発活動

<b>研究体制作り</b>
研究所縮小 90人(7研究室+研計部)を40人へ ローテーションにより、20人を入替え。
<b>予算と研究体制</b>
13億×2年間 研究所 40人=2研究部+研究計画部 外注ソフト開発要員 約50人 研究開発ツールの整備 汎用並列マシン (20+16+16+6) +(PIM/p: 512+PIM/m: 256+64+32)

する形で実現致しました(図3)。

後継プロジェクトは、日本のコンピュータ、情報分野での最大級のナショナル・プロジェクトと言える第五世代コンピュータのソフトランディングというような役割も担っていたことができます。研究所は平成4年度、これは第五世代プロジェクトの11年目にあたるわけですが、この間に90人から40人に縮小しました。同時に、20人の研究者をローテーションにより新人へと入れ替えました。研究員の数が減り、また、新人と入れ替わるということは、当然の結果として、研究パワーが減少してくるわけです。そうすると、後継プロジェクトの研究テーマをどうやって選ぶとか、その為には誰に残ってもらわなければいけないかとかいうことが問題になってきます。これらについては、再委託を担当していた各社と非常に密接な相談をさせていただきました。

また、予算面でも、各年度13億円ということで、当初私の思っていたことが充分できる額を通産省で確保していただきまして、お陰かげで40人プラス、ソフトウェアの開発要員50人を確保することができました。この50人の方は、十年選手とは言わないまでも、第五世代プロジェクトに長く関わっていた方です

ので、プログラムを作成し、いろいろなアルゴリズムを実現するという点に関しては優れた知識ベースをお持ちであったということから、研究開発テーマの継続性がうまく維持できたという結論となりました。

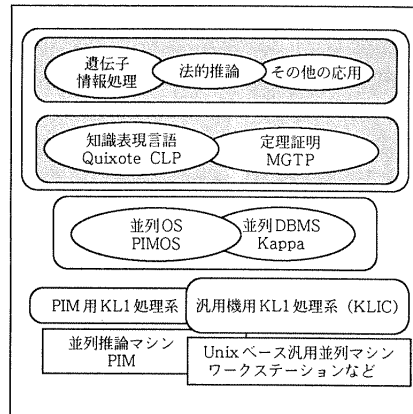
マシンに関しては、新たにUnixベースの汎用並列マシンを購入しました。ハードよりも、その上のUnixまわり、もしくは並列のためのソフトウェアのライブラリ等が整っているものということで、スーパー・サーバと呼ばれるものを手当てした結果、プロセッサの台数は20台規模とか16台とか比較的小さいものになっています。こういうマシンの他に、このプロジェクトで作った並列推論マシンの512台構成、256台構成、64台構成、32台構成を、それぞれ1台ずつ確保しました。これらのマシンは、並列応用ソフトの研究に非常に活躍致しました。

#### 後継プロジェクトの研究テーマ

後継プロジェクトの研究テーマ全体は(図4)のようになっています。従来は並列推論マシン上のKL1処理系がこれら全部の研究を支えていたわけですが、今度はこのUnixベースの汎用並列マシンやワークステーションなどの上の汎用機用KL1処理系、KLICと呼んでおりますが、これが出てくるわけです。KL1言語からC言語へコンパイルすることを基本として移植しますので、KL1からC言語ということでKLICという名前になっていると、設計者の近山 君が言っていたかと思います。

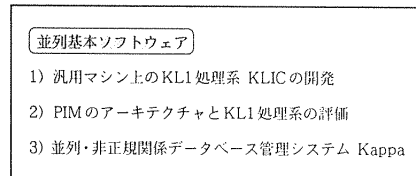
その他に、並列OSとか、並列データベース管理ソフト、知識表現言語、定理証明、遺伝子、法的推論などのテーマを残すことにしました。また、5種類作ったPIMのアーキテクチャの評価研究をしようというテーマがあり

図4 後継プロジェクトの研究開発テーマ



最初の3つのテーマは、並列基本ソフトウェアということで分類していますが(図5)、この中に、先ほど申し上げたKLICシステムの開発というのがあります。KLICシステムは、まず、逐次型のワークステーションで動くものを作って、すでにリリースしており、非常に大勢の人に使っていただいています。現在、それを核に並列マシン上で動くものが作られ、IC班の中で使われていますが、この開発もうまくいきました。ICOTの中ではKLICを使って、

図5 研究開発内容(1)



その他の応用ソフトや知識処理のツールを Unix 環境に移す作業が急ピッチで進んでいます。

PIM のアーキテクチャの評価が二番目ですが、この PIM というマシンは、第五世代プロジェクトの本当に最後、ギリギリで滑り込みセーフかアウトか判定に難しいというぐらいのところで作りましたので、ほとんどきちんと動かさずに第五世代プロジェクトの中で完成したというだけでした。しかし、後継プロジェクトというチャンスが与えられましたから、では落ちついて評価してみようということになりました。5 つのモデルを担当した各メーカー、担当者の方に集まってお話しして、タスクグループというのを作り、ベンチマーク・プログラムを載せ、だんだん大きな応用プログラムを載せてきた、というように、いろいろと載せ替えて比べてみて評価データの分析をしました。これで作りっぱなしにならずに、きちんと評価までできたわけです。その結果は論文等にまとめられていますし、明日の講演でもうまくプレゼンテーションしてくれると思いますので、ぜひ、聞いていただきたいと思います。他では得られないような、良い所も悪い所も含めた評価、結果が発表されるとと思います。

三番目は、並列・非正規関係データベース・システムの Kappa です。このテーマでは、PIM 上で開発された Kappa というデータベース管理ソフトをコンパクトにして、Unix マシンに載せようというものです。Kappa というのは、拡張型の関係データベース管理システムで、通常の正規形の関係データベースと異なり、関係のテーブルの各桁目に複数のデータを入れることができる、テーブルのネスト構造を許しています。この結果、複雑なデータ構造が出てきても少ないテーブル数で表現できると

いうことで、辞書とか遺伝子情報などの格納に適していますが、処理が複雑になる分を並列処理で稼ぐことにしています。後継プロジェクトでは、この機能を絞込んだ上に、低レベルの処理は C 言語で書いて、KL1 と C 言語の混じったソフトとして新たに作り直し、非常に高速かつコンパクトなものになっています。

## 知識処理ソフトウェア

次は知識処理ソフトウェアということで、ひとつのグループにまとめているテーマのいくつかを説明します (図 6)。担当は、先ほどの並列基本ソフトが第一研究部で、こちらが第二研究部です。

図 6 研究開発内容 (2)

知識処理ソフトウェア (1)
1) 並列定理証明システム MGTP
、
2) 知識表現言語
・ 演繹・オブジェクト指向言語 Quixote
・ 並列・制約論理プログラミング言語 GDCC
・ 異種・分散強調問題解決システム Helios

最初は、並列定理証明システム MGTP というものです。これは、応用ソフトの中では非常に成功した部類のものです。定理証明の処理は、ツリー構造の探索をするということになっていますので、並列処理がうまく適応できるに違いないと言われていたわけですが、その割にはツリー構造が非常に不規則である。また、そのツリーの枝がどういふふう伸びるかは、実行時にしかわからないということなので、それまでの技術では並列処理の適応は非常に困難と言われていました。定理証明のグループは、第五世代プロジェクトの後期に並列処理の効果的な適応に成功し、プロセッサ台数にほぼ比例した処理速度の向上を達成しました。当初 256 台の PIM/m を用いて、

200倍以上の高速化が起こったわけです。これは、我々の知る限り、知識処理の大規模な応用でこのような高速化が達成された世界で初めての例であるということもあり、大変、元気づけられました。これが引き金となって、他の応用にも同じような手法が次々と適用され、台数に比例するような高速化が達成されていきました。おかげでKL1言語や並列OS、さらにPIMも含めた総合的なワーク・ベンチというか、土台の優秀さが証明されることになりました。速度的に言うると、その時点で最も速いと言われていたワークステーションなどから100倍くらい速いということがわかりました。100倍速いと、質的にもいろいろ変化が起こり、それまで証明されていなかった定理が証明されるなどの新しい発見も可能になりました。

後継プロジェクトで、MGTPはアルゴリズムや実装方法を改良しました。具体的にツールとしても使えるとなると、知識表現言語のための推論エンジンや法的推論システムのエンジンにするというような使われ方ができるまでに発展しています。

次に知識表現言語についてお話しします。ICOTでは、論理に基づくデータベース、知識ベース、そして知識表現言語を研究してきました。ところが世の中では、演繹的な論理に基づく言語の他に、オブジェクト指向のデータベース、知識ベースの研究も盛んになってきました。ICOTでは、第五世代プロジェクトの後期に、演繹とオブジェクト指向、両方の機能を合わせ持つ、Quixoteと呼ばれる言語を設計して処理系を開発したわけです。

Quixoteは、論理プログラミング言語の上にオブジェクト指向の継承機能等も載せたことで、言語としての表現力は高かったわけですが、処理系の実装は非常に複雑になりまし

て、実際に使う際の安定性に若干問題がありました。そこで後継プロジェクトでは、これを実際に使えるものになろうということで、言語仕様を改良したり、処理系をコンパクトにしたり、さらにKLICを使ってUnix環境への移植も行ったりしています。ということで、かなりコンパクトになりまして、米年の3月までには、実際に使える形になって世の中に出ていく予定になっています。

教育的見地からは、さらにコンパクトなものが欲しいということで、Quixoteの機能を少し削った、 $\mu$ -Quixoteというパソコン上でも動くものを作りました。これは、教育用として大変便利に使っていただいています。

このほか、第五世代プロジェクトでは、制約論理プログラミング言語GDCCというものも開発していきまして、これもKLICを用いてUnix環境に移植しています。

最近ではネットワークの時代になりまして、知識ベース、データベース、いろいろなソルバがネットワーク上に分散していて、そういったものを統合的に扱えないかという問題にも目を向けました。これは将来に向けての研究活動ですが、異種分散協調問題解決システムという研究も始めています。

図7 研究開発内容 (3)

知識処理ソフトウェア (2)
3) 遺伝子情報処理システム ・ DNAおよび蛋白質の配列解析・編集システム ・ 蛋白質の構造解析 ・ 分子生物学データベース・知識ベース
4) 法的推論システム new Helic-II

知識処理ソフトウェアの研究テーマとして、あと二つあります(図7)。遺伝子情報処理システムと法的推論システムです。

遺伝子情報処理システムは、第五世代プロジェクトの後期において、並列推論マシンや

KL1 言語の評価用ということで研究を開始したものです。当時は、アメリカのアルゴンヌ・ナショナル・ラボラトリをはじめとする国立研究所の皆さんに大変お世話になりました。我々は、非常に先端的な分子生物学を彼らから学びまして、KL1でいろいろなプログラムを書いて、その評価ということでいろいろな面白いプログラムを作ったわけです。

後継プロジェクトでは、もはや評価用プログラムを作るという領域をはるかに超えて、ICOTの分子生物学のグループは、さらに分子生物学の分野に深く踏み込み、生物学者の方々に実際に使っていただけるようなツールを提供し、そちらの進歩に貢献できるまでに至っています。実際には、並列推論マシンを用いたDNAやタンパク質の非常に高品質な配列解析とか、生物学の知識ベース、データベース、また、タンパク質の構造解析などのツールを開発しています。その一部はKLICにより、すでに汎用並列マシン上に移植され、たとえば東大の医科学研究所のCM5のようなところにも移植する。そしてこれから生物学の方々にどんどん使ってもらおうというようなところまで手が伸びております。

法的推論システムというのは、これも後期に、第五世代コンピュータのプロトタイプ・システムのハードウェアだけでなく、知識言語その他いろいろな成果を総合的に評価するのにいいなと思って始めたわけです。しかしながら、現在では評価というレベルをはるかに超えまして、法律の専門家と共同研究をして、刑法の問題等を扱うというだけではなくて、実際に弁護士と検察の論争をシミュレートするといった高級な機能までついています。そういう意味で、非常に柔軟かつ強力な推論機構がソフトウェアとして実装され、さらにそれが並列処理マシンの上に載っているという状

況で、ある意味では、ICOTで作った中で一番インテリジェントなシステムといえるところまでできています。

以上のような研究テーマに取り組み、幸いいずれも、世界のレベルの最先端をいく研究内容を維持できています。そのテクニカルな内容は、本日の午後以降、担当者が説明しますので、私はここで非常におおざっぱに、何がアウトプットとしてでてきたかという研究開発成果を説明したいと思います(図8)。

図8 研究開発成果

<b>KLIC 逐次版の配付と移植</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・高速でコンパクトなコード生成に成功</li><li>・'93年11月より公開し、主要なWS、パソコンへ移植済み</li></ul>
<b>KLIC 並列版の配付と移植</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・'94年12月以降、順次公開予定</li><li>・国内、海外の主要並列マシン、8機種以上に移植の見込み</li></ul>
<b>その他のソフトウェアの開発成果</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・'93年11月に7システム、'95年3月までに16システムを公開予定</li></ul>

まず、後継プロジェクトの目玉であったKLICについては、逐次版が開発されています。これは汎用マシンの上で使えるようになっていて、この種の言語としては群を抜く高速性を発揮しており、ICOTの技術の集大成ともいえるものができています。1年前から配布していますが、評判が良く、国内外ですでに数百人の方に使っていただいています。特に授業の教材等に使っていただいているようで、大変喜んでます。この逐次版を核にして、現在、並列版を作っています。現在、ICOTの中ではその並列版をすでに使っていて、デバッグしているところです。

そういう意味からすると、このシンポジウムでは、最新のツールを使ってデモンストレーションをしながらプレゼンテーションをするわけです。私は今、プロジェクトをスライド

と同じように使っていますが、明日以降は、この中にオンラインのデモンストレーションが混じって出てきます。そのようなデモンストレーションの中には、ICOTにあるスパークセンターとかDECのAXP7000といった並列Unixマシンで動作しているデモもありますので、注意してご覧いただきたいと思います。

並列版のKLICは、現在ICOTの外部の方々との協力を得て、国内、海外メーカの並列マシンに移植中です。ここ2、3か月の内に8機種以上に移植される予定になっています。国産メーカ3機種や、IBMのSIMなど海外のマシンも、さらにそこに追加される予定になっています。

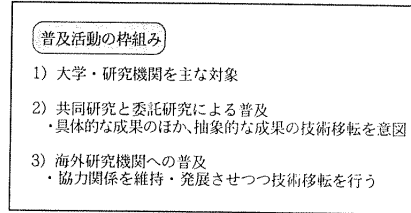
ICOTで開発されたソフトウェアは、全部ICOTフリーソフトウェアとして公開することになっていまして、先ほど、広瀬勝貞次長からご紹介がありましたように、昨日、新しいソフトウェアをフリーソフトにしてよろしいという決定が下されたということなので、それを入れてちょうど100本のソフトウェアがフリーソフトとして出ていくことになります。

### 第五世代コンピュータ技術の普及活動

以上で研究開発の報告を終わらして、今度は普及活動の方に話を移したいと思います(図9)。

普及活動というのは、第五世代プロジェクトの成果の性質上、国内、海外の大学や研究機関を主な対象として行いました。第五世代プロジェクトおよび後継プロジェクトの研究開発成果のかなりの部分は、ソフトウェアという形で具体的にまとまっているわけです。しかしながら、基礎研究がメインでしたから、例えばKL1でプログラムを書く時にどうやってモジュールを分けるかとか、負荷分散をどの

図9 第五世代コンピュータ技術の普及活動



ようにすれはうまくいくか、それから法律の条文その他を知識表現言語で書くときに、状況理論等を使ってどうまとめたらいいかというような、ある意味では先進的な成果というのは、まとまっていないわけです。それらがどこにあるかということ、一部は論文になっていますが、多くは研究員の頭の中という状況で、ICOTの研究所在なくなると雲散霧消する可能性がありますので、このような抽象的な研究成果をできる限り残したいと思ったわけです。

抽象的な成果の技術移転をどうするかということを考えますと、第五世代プロジェクトに参加していた研究者間のヒューマンネットワークを維持して、それとともにこれを発展させるというようなことが方法として浮かびます。それを国内に限らず、海外にも広げるということで、第五世代プロジェクトの間に築いた国際的なヒューマンネットワークも維持しようと心がけました。これが全体的な普及活動の枠組みということができます。

### ヒューマンネットワークの構築

まず足下から何をやったかということ、ICOTを中心とするヒューマンネットワークの維持と構築です(図10)。まず最初に、タスクグループというものを作りました。



図10 タスクグループ (TG) の設置

- |   |
|---|
| 1) ICOT OBや研究協力者を中心とする<br>Human Networkの構築  |
| 2) 期待した役割<br>・ ICOTの研究水準と研究パワーの維持<br>・ 研究開発の一部を分担<br>・ 成果普及活動の推進役、および海外研究協力の実施を支援 |

第五世代プロジェクトが終了して、多くの人が第五世代プロジェクト関係の仕事から離れていったわけです。そうすると、ICOTの研究パワーは当然減少するわけですが、あまり減少すると、後継プロジェクトの研究や海外との共同研究の維持ができなくなる。そこで、研究パワーをどう維持しようかということで考えたのがこのタスクグループです。

このグループは、これまでICOTに長い間協力していただいた大学の先生とか、ICOTのOBとか、新たに加わった大学の先生方をメンバーとして、ICOTの研究開発の一部を担当してもらい形で活動をお願いしました。また、大学に対する普及活動とか海外共同研究の支援をお願いするというような、いってみればICOTの手助けをしてもらおうということを第一に考えたグループです。

例えばICOTは、後継プロジェクトのために20人くらいの新人を迎えました。ところが困ったことの一つは、英会話の能力の低下です。どういうふうになるかという、第五世代プロジェクトの後期は、多くの研究員がICOTに3年とか5年とかいましたから、英会話もかなり上手なわけです。それが海外の研究者にとっての標準になっていまして、このくらいで話しても分かるんだという前提で会話する。後継プロジェクトになってから新人が海外出張すると、ICOTの人ということで皆さんに大変歓迎されて、ニコニコいろいろな外国の人

が近寄ってきてどんどん話しかける。話しかけられた方は、分からなくてボカンとしている、それで逃げる、という現象が起きました。これには非常に困りまして、海外とのワークショップを開く時には、先輩としてのタスクグループメンバーを同伴させて、指導を仰ぎながらやることにしました。このような点においても、いろいろご支援をいただきました。このようにさまざまな形でご協力いただいているのが、このタスクグループです。

個々には説明しませんが、現在、タスクグループは7つありまして、メンバーはICOTの人を除いて約90人弱ぐらいです(図11)。

ミーティングの開催回数は月1回か2回です

図11 タスクグループの種類

- |                               |
|-------------------------------|
| 1) 並列記号処理システム全般に関するTG (18)    |
| 2) 並列推論マシン評価に関するTG (10)       |
| 3) ポータブルKL1言語処理系に関するTG (9)    |
| 4) 並列定理証明TG (9)               |
| 5) 異種知識ベース・異種問題解決TG (17)      |
| 6) 蛋白質立体構造予測TG (17)           |
| 7) 法的推論TG (7)                 |
| ( )内は、正規メンバー数<br>(ICOT研究員を除く) |

が、最近はネットワークが張り巡らされていますから、日常の情報交換はネットワークを使ってやっていて、非常に密接に、ICOTの研究、普及活動を支援していただいています。並列マシンの評価に関するタスクグループ、定理証明等、主要なテーマのひとつひとつに大体ひとつ、タスクグループが設けられています。

次に、普及活動として具体的に何を行ったかを報告させていただきます(図12)。まず、KLICという逐次型の処理系ができて、それを広めるということが急務だったわけでした、これに関しては、マシンを使ったプログラミング実習を含む講習会を開催しました。大学の

図12 国内普及活動

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1) KLIC 講習会       | 国内大学 5ヶ所 海外大学 1ヶ所   |
| 2) 大学での講義 (非常勤講師) | 国内大学 4大学6学科   |
| 3) 共同研究           | ・国立研究所 電総研 機技研<br>・メーカー 5社 (自主研究グループ)   |
| 4) 委託研究           | ・KLIC処理系の機能拡張や知識処理の応用ソフト<br>を利用した研究を委託<br>・国内大学 15グループ 海外大学 2グループ<br>・成果は無償公開 (IFSの拡張部分となる) |

実習用の端末室を利用させていただいているわけですが、最近、各大学とも端末実習室というのが充実してきて、30人から50人を受け入れることができます。ということで、大学の皆さんにご協力をいただきまして、国内5か所、海外1か所でそのような講習会を開きました。

また、従来、ICOTは大学から非常勤講師を頼まれていましたが、第五世代プロジェクトの10年余りの間は、研究開発が忙しいのであまりお受けしていませんでした。しかし、今年の前半だけは積極的に引き受けました。半年で6コマから10コマの講義があるので、私を含むグループリーダークラス8人でこれに対応しました。学部や大学院の学生さんは、大変興味を持って聞いてくれましたが、それが4大学6学科やるとなると、スケジュールがかなり大変でした。でもそれに余りあるくらい、皆さん熱意を持って聞いていただけだと思います。

ICOTの研究所が無くなりますと、以後こういう講義などもできなくなるわけですし、並列推論マシンを使ったデモなども、もはや並列マシンありませんからできないということで、これを今、40分弱のビデオに収めてあります。今回のシンポジウム参加者にはこのビデオを無料でもっていただこうと思っています。

そのビデオの放映を入り口横のホールで行ってしまっていて、皆さんのコンファレンスバッグの中に入っている申込書を忘れずに送っていただきますと、締切以前に到着した分は無料でお届け致します。それ以後はとりあえず有料になるかと思っていますので、よろしくお願い致します。

その他の普及活動は、共同研究と委託研究を軸にしました。共同研究は、従来、電総研とは実に密接にやっていたのですが、途中から機械技研も加わり、人の交流を含めて長いことやってきました。他に、第五世代プロジェクトの時には、関連メーカー8社に委託研究という形でいろいろな研究をお願いしていましたが、後継プロジェクトでは、この再委託というものがなくなりました。それに伴い、メーカーに戻ったり、メーカーに知識処理の研究をしたりしている方々で、自主研究グループというのを作りまして共同研究をやったわけですね。例えば並列推論マシンの評価研究はこういった形で実施しました。

先ほど、第五世代プロジェクトの成果の中には、プログラミングの方法論とか負荷分散とか、いろいろな抽象的な成果があって、こういった成果をどうしようか考えたという話をしましたが、これらの抽象的な成果を、特に大学に移転しようと思いついて、従来からご協力いただいている先生とか、ICOTのOBで大学の先生になった方々の間で非常に小規模な委託研究グループを編成しました。このようなグループを国内で15、海外で2つセットアップしまして、こういった委託研究から、面白いアイデアや新たなKL1のソフトが生まれてくることを期待しています。当然、この成果は公開しようと考えています。

## 委託研究テーマと委託先

参考までに、国内の大学との間でどのような委託研究をしているかを紹介しておきたいと思えます（図13）。全部で15テーマありますが、各テーマについては、こちらの趣旨を説明した上で、それぞれの先生方からご提案いただいています。

図13 委託研究テーマと委託先（1）

並列論理型言語の処理系と環境
1) 言語処理系の最適化（京大 田中英彦研究室）
2) KL1の実装最適化（京大 中島浩研究室）
3) プログラムの解析と最適化（早大 上田和紀研究室）
4) 視覚的インターフェース（筑波大 田中二郎研究室）

まず、全体を4つのグループに分けました。その中で、並列論理型言語に関係するテーマというのが4つあります。その成果を、KLICの開発や普及に生かそうというわけです。たとえば、プログラムの解析と最適化については、元々のKL1設計者の一人である上田和紀さんが早稲田にいらっしゃいますから、彼にお願いしているというように、相変わらずご協力いただいています。東大の田中英彦先生にも、相変わらずお世話をいただいています。

図14 委託研究テーマと委託先（2）

並列定理証明
5) 推論技術の高速化（東大 淵一博研究室）
6) 定理証明に基づく論理型言語（九大 雨宮真人研究室）
自然言語処理
7) PIMを用いた自然言語処理（東工大 田中穂積研究室）
8) 並列自然言語処理（九大 谷口倫一郎研究室）
9) 自然言語処理ツール（奈良先端大 松本裕治研究室）

また、定理証明のグループでは淵一博先生にも登場していただいています。ICOTの定理証明グループを作ったのは淵さんですので、相変わらずその後も面倒をみてもらっているということです（図14）。

自然言語処理については、ICOTでは第五世代プロジェクトで自然言語処理の研究をやっていましたが、後継プロジェクトではやめてしまったわけです。というように研究開発をストップしたテーマについては、外の人をお願いするということになりまして、3つぐらいのテーマを外の研究グループにお願いしています。ICOTの無償公開ソフトは、これからの分も含めて100本ありまして、その中で自然言語処理に関するものは非常に多く使われています。なぜ使われているかという、ICOTのOBで大学やメーカに戻った人がそのソフトを相変わらず作ったり足したりしているからで、この点でも、自然言語の研究は外において活発に実施されているということがお分かりいただけるかと思います。

その他の応用システム等で6つのテーマがあります（図15）。ここでも同じことで、例えば並列VLSI-CADは、プロジェクト後期には結構面白い応用として大規模に研究していたのですが、後継プロジェクトではやっていません。このあたりは、人脈、成果を含めてICOT

図15 委託研究テーマと委託先（3）

応用システム等
10) 分散システム上のAI技術（慶大 古川康一研究室）
11) KL1による制約処理（東理大 溝口文雄研究室）
12) 並列VLSI-CADシステム（神戸大 瀧和男研究室）
13) 論理型言語むきアーキテクチャ評価（東大 田中英彦研究室）
14) 論理型言語を用いたトランザクション管理（北陸先端大 横田治夫研究室）
15) 高速並列科学技術計算法（北陸先端大 国藤進研究室）

のOBで神戸大学に行った瀧和男先生に引き継いでいただいて、さらに発展させてもらっています。

委託研究や大学の先生という役割がどんなものであるか、以上のような話からもご想像いただけるかと思います。このようにICOTのOBや先生方を動員させていただきまして、有形、無形のICOTの研究成果があちこちに飛び散っていくように、広まっていくように、工夫しているということです。

### 海外普及活動

また、海外にも同じことをやりたいわけです(図16)。海外との研究協力は、やはり第五世代プロジェクトの時代に築いたいろいろな人脈、人間関係を基に展開しています。このリストには、ICOTが覚書等を交換して、かなり大規模に共同研究を展開したところのみをあげています。これ以外にも個人ベースで、非常に多くの海外の研究者の方からICOTは支援をいただきまして、その人間関係を相変わらず維持しています。

現在も活発に研究協力を行っている相手先としては、NSF、スウェーデンのSICS、AUN

図16 海外普及活動

第五世代プロジェクトから継続する研究協力	
米国	* NSF (Mr.Y.T.Chen) ANL (Dr.E.Lusk,Dr.R.Overbeek,Dr.R.Stevens) NIH (Mr.R.J.Feldmann,Dr.G.Michaels) LBL (Dr.C.Cantor,Dr.C.Smith)
フランス	INRIA (Dr.L.Kott,Dr.G.Kahn)
英国	DTI (Dr.K.Shotton,Dr.P.Rothwell)
スウェーデン	* SICS (Dr.S.Haridi,Dr.M.Nilsson)
オーストラリア	* ANU (Prof.M.McRobbie,Dr.J.Slaney)
*印は後継プロジェクトにおいても活発に交流のあるもの。	

等があります。

NSFとICOTは共同で日米ワークショップというのを開催しています。その5回目が今年の3月にオレゴン大学で開かれました。このワークショップは、並列プログラミング言語に関するワークショップでして、この時集まった皆さんについてKLICの講習をしていくように、成果普及も行っています。

また、スウェーデンのSICSとは研究者が頻繁に行き来しまして、論理プログラミング言語の処理系などの研究情報やソフトウェアの交換をしています。SICSの研究所長であるセイフ・ハリディ博士、このシンポジウムのパネリストでもありますが、その方に今日も来ていただいています。

オーストラリア国立大学のマイケル・マクロビー教授のグループとは、並列定理証明の共同研究をかなり密接に行っていたので、ICOTがなくなって彼らの研究にも支障をきたすといけないということで、KLICやMGTPのプログラムをオーストラリア国立大学の計算機に移植して、そのまま使ってもらえるような手当てをしようと思っておりますし、頻繁に研究者の行き来も行っています。こういう形で海外にも成果をいろいろ持ってもらうよう努力をしています。

以上お話したのは、第五世代プロジェクトの間から続いていた協力関係ですが、後継プロジェクトになりまして、さらに一歩進んでもっと積極的に、こちらから研究資金を提供して無償公開ソフトの普及や実際のソフト作りを一緒にやらせようというプロジェクトを開始しました(図17)。そのひとつは、Prolog言語の育ての親ともいえるべき、デビッド・ウォレン教授のいるブリストール大学が相手です。ここでは、KLICに組み込むための新しいアイデアに基づく並列デバッグの研究

図17 後継プロジェクトにおける共同研究

研究開発の一部と普及活動を委託 1) ブリストール大学 (Prof.D.Warren, Prof.S.Grogory) 並列デバッガーおよび制約ソルバー 2) オレゴン大学 (Prf.J.Conery, Prof.E.Tick) 最適化コンパイラおよび制約を用いた配列解析
---

や、制約問題のソルバの研究をしていただいています。またブリストール大学の研究者に、研究ツールとして、また、教育のツールとしてKLICを使っています。

もうひとつの共同研究先はオレゴン大学です。ICOTとNSFの覚書のもとで最初にICOTに派遣された客員研究員がエバン・ティック博士で、彼は今、オレゴン大学のプロフェッサになっています。また彼の先輩格のジョン・コネリー教授もロジック・プログラミングの専門家、最適化コンパイラや、遺伝子情報処理のRNA配列解析の手法を共同で研究したりしています。これらの研究成果も、ICOT無償公開ソフトウェアとして公開しようということで研究を進めています。

### ICOTフリーソフトウェア

以上のような普及活動によって、第五世代プロジェクトと後継プロジェクトで開発されたソフトは、国内外へ出ていっているわけです。このICOT無償公開ソフトは、ICOTフリーソフトウェアということでIFSと呼びならわされていますが、これがちょうど100本になっています(図18)。これらをどのように出していたかといいますと、プロジェクト終了時点で77本、後継プロジェクトの1年目で7つ、来年の3月までになんとか16出すということで、ちょうど100ということです。

図18 ICOTフリー・ソフトウェア(IFS)および技術情報の配付

Internet上のanonymous FTPサーバによるIFSの配布 第五世代プロジェクト 77システム '92年8月 後継プロジェクト 7システム '93年11月 後継プロジェクト 16システム '95年3月 IFSのアクセス状況 2,200サイトへ、12,000ファイル World Wide Webサーバによる情報提供 ('94年10月) ・ICOTの研究活動、組織、出版物、IFSなどの紹介 ・800サイト/1ヶ月のアクセス
--

その配布は、インターネット上のアノニマスFTPを使って持って行ってもらっています。何本持っていかれたかというのは、実はあまりよくわからないわけです。孫引き、曾孫引きでいってしまうので、その分はICOTでは分からないわけですが、ICOTへのアクセスで数える限り、二千数百サイト、一万数千本ほどです。

また、FTPの他に、最近皆さんよくインターネットの上でモザイクとかワールド・ワイド・ウェブというお話をお聞きになると思いますが、こちらのサービスを10月から開始してまして、これにはハイパーテキスト、図面、写真、ムービーなどを入れられますから、単にソフトウェアだけではなくて、第五世代プロジェクトと後継プロジェクトの最新の成果やPIMの写真、ついでに東京タワーの写真なども含めて出しています。ICOTのニュースなども適宜流しています。こちらの方がはるかにアクセスの頻度が高くて、月だいたい800以上で、どちらかというところ、こちらに、もっとアップ・トゥ・デイトの情報を入れていこうと今考えています。

ここでは、今まで書きためたICOTのテクニカル・レポート、要するに技術論文のタイトル・リストも提供しています。タイトル・リ

ストはいいのですが、では本体はどうしたのということになります。本体の方は、実は、文字情報として入れるように保管していなくて、印刷物としてしか持っていないので、ちょっと困ったのですが、それを写真にとって、CD-ROMに格納することになりました。ICOT設立以来書きためた二千数百件の論文が、4枚ほどのCD-ROMに入りました。ICOTの研究所がクローズした後、論文を読みたいという方も多と思うので、このCD-ROMも、今回のシンポジウムの参加者には無料配布しようということにしています。

このCD-ROMの実物は、入り口の右でデモをしていますので、お暇な折に見ていただきたいと思います。CD-ROMについても、先ほどの最新成果のデモ・ビデオと同様に、皆さんのコンファレンス・バッグの中の申込書でお申込みください。これもまた締切を設定しまして、それを過ぎると有料になるかもしれないと考えていますので、ぜひ、今回お申込みいただきたいと思います。ということで研究所なき後も、このような形で皆さんのお手元にいろいろなものがいくように工夫をさせていただいています。

### 1995年3月に完了

以上お話しましたことをもう一度振り返ってみると、このプロジェクトには二つの役目があったと思います(図19)。一つはこれまでお話してきたように、成果の普及という側面です。これは、今お話したような形で、当初に意図したものはだいたい実行できたかと思えます。

もう一つの役割は、第五世代プロジェクトのソフト・ランディングということです。最盛期には年間七十数億円の予算をいただいて、

図19 まとめ(1)

後継プロジェクトの2つの役割	
1) 成果の普及	KLIC: 多種マシンへの移植、研究・教育ツールとして活用されている。 その他のソフトウェア: 大学等での利用活発
2) 第五世代プロジェクトのソフト・ランディング	ICOT研究所の研究員: 大学、親会社等で、より多くのチャンスが期待できる PIM等のマシン類: 大学等での活躍の場が確保された

何百人もの人が忙しく働いてくださり、使ったワークステーションも100や200ではないわけです。最後には並列推論マシンという大物も作りまして、人も物も最大限抱えたプロジェクトとして最後に至りました。そういう人や物を含めて、また海外でICOTの成果を使って共同研究をしていただいたたくさんの方々も含めて、徐々に縮小していき、「集中から分散へ」という言葉そのままに、それぞれ参加していただいた方がその期間内で最も適切と思われる方向に分散していくのをエンカレッジするというのが、この後継プロジェクトのもう一つの役割であったわけです。

先ほどの測さんのお話にもありましたが、この根幹となる技術が、幸い、時代の要請に合っていたということもあって、メーカーに技術を携えて帰った人、大学に移った人等、ざっとみると、仕事のチャンスや部署に恵まれているように思います。その結果、非常に忙しくて困るという人も多々いるわけですが、これはいいとしまして、そういう恵まれた状況がそこに作り出され、また、それぞれ行った先で活躍しているわけです。

また、現在まだICOTに残っている人たちも同様に、今後の仕事やポジションということと言えますと、恵まれた状況にあるのではないかと思います。

皆さんそれぞれの新たな活躍の場所を得ら

れたということで、一つは済むわけですが、もう一つの問題は開発したマシンの行く末でありまして、これはもうすでに通産省の方から発表がありましたが、東大、北陸先端大、京大、九大、さらに上野の国立博物館等に移設されます。また、PIMだけでなく、国立博物館にはPSIの1号機からずっと入ることになっています。

最後まで使っていたPIMが、大学に移っていき、次の時代を担う研究者、技術者の育成に使われる。私は、PIMを作っていただくために、ここにいらっしゃる各メーカーの皆さんに無理難題を持ちかけ、幸いにしてたくさんの方の協力を得てPIMが完成したわけですが、そういったものが、そのままポツと捨てられるのではなくて、次の世代の技術者、研究者を育てるという役目につくということ、非常に嬉しく感じています。ということで、もらってくださる人には非常に感謝しているわけです。

このように、ソフト・ランディングを含めて、うまくいくということになりまして、ICOTの研究所は予定通り、来年の3月でクローズします(図20)。ICOTの研究員は、それぞれのメーカーや出身母体に帰ったり、ある人は大学に行ったりということになります。その後、ICOT無償公開ソフトウェアが残るわけですが、ご存じのようにソフトウェアというのはメンテナンスをする人がいなくなると、死んでしまいます。そのあたりは、現在通産省といろいろと相談させていただいて、最低限配布の継続および保守を面倒見るグループ、それからマシンを残したセンターを置いて、2年くらいやっていくことができないかということで、ほぼその方向で実現の見通しだと考

図20 まとめ(2)

## 今後の計画

- 1) ICOT研究所のクローズ(’95年3月)
- 2) IFSの配布の継続と保守のためのセンター(’95年4月以降)
- 3) IFSをさらに育成するためのネットワーク上のVirtual Research Laboratory構想の実現

えております。

ICOTフリーソフトウェアというのは、その保守だけではなくて、さらに将来性があるわけですから、できれば研究集団を作って、新たにICOTフリーソフトウェアを生み出すというような活動をしたいと考えています。先ほどの淵先生のお話の中で、バーチャル・インスティテュートという言葉が出てきましたが、バーチャル・リサーチ・ラボラトリーというようなものを、インターネット上に作りたい。この中に参画していただく皆さんは、これまで協力していただいた大学の先生や、研究所、メーカーにいるICOTのOBその他、ICOTフリーソフトウェアに共通の興味を見いだせるような人を非常にゆるく結んで、その上で何か活動したいと思っています。そのための予算措置その他については、まだよく分かりませんが、関係方面の協力を得ながら、そういうものが生み出せればいいのではないかと、今、構想を練っている次第です。

第五世代プロジェクト、第五世代後継プロジェクトを合わせて、一巻の終了ということで、私としましては、今までご協力いただいた皆さんに改めてここで感謝の意を表するとともに、今日の講演のご清聴を感謝したいと思います。

どうもありがとうございました。