

### III 総合評価

ここでは、第五世代コンピュータプロジェクトについての、これまでの議論をまとめるとともに、その総合的な意義について述べる。

#### 1 プロジェクトが与える影響

##### 1.1 技術的影響

###### (1) 並列記号処理技術（汎用的な大規模並列処理技術）

従来の技術では、知識処理の問題の高度並列処理は一般に困難とされていた。しかし、本プロジェクトで開発された技術は、並列処理に用いるプロセッサの台数を大幅に増加させ、それらのプロセッサを有効に稼働させる得ることを示した。実際に、千台規模までのプロセッサ数について、ほぼその台数に比例した処理速度が得られることを確認し、さらに、数十万台の規模についても有効に稼働させ得る見通しを得た。また、この技術によれば、大規模な並列ソフトウェアを効率良く作成可能であることを、多くの実験的応用システムの作成を通して実証した。

このような汎用的な大規模並列処理の技術は、近く到来する本格的な並列処理、分散処理の時代に向けて、並列ソフトウェア作成に関するボトルネックを解消し、ソフトウェア危機の解決に大きく貢献できることを示した。さらに、この技術によって、従来のノイマン型コンピュータの数百から数千倍の処理能力の実現方式が確立したことから、述語論理に基づく高次推論機構の実現、本格的な知識ベースの作成、知的対話処理の実現など、従来技術では到達不能であった研究領域へと踏み込むことが可能となった。

###### (2) 知識情報処理技術の基盤技術

上で述べた大規模並列処理技術を土台として、知識情報処理の基盤技術、すなわち、論理に基づき各種の知識をプログラムし、知識ベース化するための中核技術が確立した。この技術は、人間社会に存在する各種の有用な知識を統一的に記述し、コンピュータ上で利用するための技術である。

論理に基づく知識の記述は、従来は、人間社会における規則や経験を客観的、形式的に表現し、整理する目的で使われることが多かった。上で述べた大規模並列処理技術によって、述語論理で記述された定理を、従来技術に比べて、数百倍以上高速に証明することが可能となった。これは、同様に、述語論理に基いて記述された知識を一種のプログラムと見なして、コンピュータ上で高速に実行し解答を得ることが、実用的な時間内で可能となったことを意味する。

この技術によって、コンピュータを、論理に基づく知識表現言語を解釈し、ユーザの問いかけに回答する高度な推論マシンとすることができる。将来的には、ユーザは、マシンのハードウェアやソフトウェアの内部構造を知らなくとも、論理に基づき知識をプログラムするだけで、高度な知識情報処理システムを作成できることとなる。この技術を発展させると、コンピュータの細かな専門的知識の代わりに、この知識表現言語を学ぶことで、医学や法律分野の知識ベースやその応用システムなどの作

成が可能となり、プログラミングやソフトウェアといったものの方法論が変わる可能性がある。

### (3) その他の技術

第五世代コンピュータプロジェクトの開始当初の計画には、その技術目標の実現に関連すると思われたハードウェアやソフトウェア、さらに知識処理の応用など、いろいろな研究課題が挙げられていた。それらの中には、柔軟なマンマシンインターフェース実現を目指した画像や音声処理、自然言語処理技術等も含まれていた。

これらの研究課題は、研究の進捗とともに評価され、相互に比較されて、徐々に絞り込まれた。最終的には上で述べた、中核的な目標との関連において最も重要と思われた二つの大きな技術のグループにまとめられた。

一方、実験的応用システムとしては、当初の関連研究課題に挙げられていなかった遺伝子情報処理システムや、判例をもとに被告の罪状を推論する法的推論システムなどの新しいシステムの試作が追加された。実験的応用システムは、本プロジェクトで開発された並列プログラミング技術や知識表現技術などの評価を効果的に実施することを可能とした。

また、その開発を通して、知識を記述したり体系化する際の難易度が、応用分野ごとにかなり異なることもわかってきた。たとえば、自然科学分野に比べ、社会科学分野や人文科学分野では難易度が高く、さらに深い基礎研究が必要である。そのほか、実験的応用システムは、それ自身が新しい応用分野を開くという重要な役割を演じた。

## 1.2 社会的影響

第五世代コンピュータプロジェクトが開始された頃には、日本のコンピュータ産業が発展し、創造的な技術開発や国際貢献が期待された。さらに、その波及効果として世界に通用する研究者の育成や、それによる日本の基礎研究能力の向上なども期待された。

11年間の研究開発成果と、それを産み出す過程における国際的研究活動の展開、およびそれらについての国際的な評価を振り返るとき、本プロジェクトは、このような期待の多くのものに答えることができたといえる。

「知識情報処理に適した新しいコンピュータ技術体系の確立」という未踏の技術目標は、世界の若い研究者の知的興味とロマンをかきたてることに成功した。また、その技術目標は、リスクの大きな創造的技術開発を基礎研究段階から行うものであったことから、国のプロジェクトとして実施するにふさわしいものであった。

その目標を達成するためには、多くの理論研究を必要とすると共に、そのプロトタイプ実現の過程では、工学的な技術蓄積を必要とした。本プロジェクトでは、理論研究と工学的技術開発とのバランスのとれた運営に成功したといえる。

技術目標の魅力の高さと簡明さは、国際協力と貢献を行なう上での重要な条件であり、これを満たしていたことから、国際協力も順調に進展した。国際交流は、前期(昭和57～59年度)の研究者の個人レベルの相互訪問から始まり、中期(昭和60～63年度)の定期的な2国間ワークショップの開催へと続いた。このレベルで培った、草の根的な研究者間の協力関係をもとに、後期(平成元～4年度)に入ってから研究

用のツールを共用した共同研究へと発展し、この段階で、政府機関を含む組織的な協力関係が確立した。

当初から研究内容を内外無差別に公表してきたことも、国際交流の活発化の重要な要因であった。海外研究者の受け入れによる交流、ソフトウェアの無償公開等、研究内容を目に見える形で公表してきていることは、今後の国が行う研究開発のモデルとなるものと言える。

このような世界に開かれた研究環境のもとで、本プロジェクトに参加した多くの研究者は、新しいコンピュータの理論やソフトウェア、ハードウェア技術を発展させてきた。海外研究者との共同作業は、日常の研究活動の一部となり、文化の違いや研究者の社会的環境の違いを乗り越え、世界に通用する研究者を輩出するに至っている。

このような状況を把えて、フランスの国立研究所 I N R I A のジル・カーン博士は「第五世代コンピュータ以前は、日本の技術は見えても研究者の顔は見えなかった。しかし、第五世代コンピュータ以後は、ヨーロッパの研究者も、日本の研究者との個人的な親交を持つことで、顔が見える状況となった。」と評している。

以上のように、本プロジェクトは、創造的な技術開発、国際貢献、および、日本の基礎研究能力の向上など、その当初の期待に十分応え、日本のナショナルプロジェクトのモデルを示し得たと考えられる。

## 2 将来展望

第五世代コンピュータプロジェクトの技術的な成果を、次の2つに大別して論じてきた。

- a) 並列記号処理技術 (汎用的な大規模並列処理技術)
- b) 知識情報処理技術の基盤技術

これらの技術は、第五世代コンピュータプロジェクトでは、階層をなしており、並列記号処理技術が土台となり、その上に知識情報処理技術が構築されている。並列記号処理技術による処理能力の大幅な向上は、知識情報処理技術の到達可能な上限を押し上げる形となっている。知識情報処理技術のさらに先には、本格的な人工知能の実現へと連る技術がある。

第五世代コンピュータプロジェクトで開発された知識情報処理技術は、従来の技術では、到達困難であった知識情報処理の応用分野のいくつかに足を踏み入れることを可能とした。その結果、その先の研究分野について、研究の道筋が見えるものや、さらなる基礎研究が必要なものなどの区別が、明確になりつつある。このようなものの中には、パターン認識や学習などの、人間のより高度な知的活動に関する研究がある。

### (1) 汎用的な大規模並列処理技術

本プロジェクトで開発された汎用的な大規模並列技術は、並列推論マシン (P I M)、その言語である並列論理型言語 (K L 1)、そのオペレーティング・システム (P I M O S) が中核となっている。

並列推論マシンは、512台の要素プロセッサを有するモデルを始めとして、総計で1,000台を越える、5種のモデルが試作された。これらのモデルは、共通の言語とオペレーティング・システムで制御され、その上に、遺伝子情報処理システムなど、約20種の実験的応用システムが試作されている。これらのシステムの開発によって、大規模並列処理技術が、記号処理や知識処理の応用に対して、世界で最も高速なシステムを実現しているとともに、並列ソフトウェアの生産性についても、他の追随を許さないものであることが実証された。

このような大規模並列処理技術は、プロジェクトの開始当初では、開発リスクの極めて大きな夢の技術として認識されていた。しかしながら、10余年を経た今日、多くの人々が、並列処理技術に基づくコンピュータが次の時代の主流であると認識するようになり、現実にもそのようなコンピュータが、市場に次々と登場する時代となった。

これらのコンピュータは、まだ、プロセッサの台数やメモリー量など、そのハードウェアの規模は十分ではないが、本プロジェクトで開発された言語や基本ソフトウェアを搭載することが可能であり、それにより、知識情報処理の応用に対して実用的な処理速度を達成できる潜在的な能力を有している。これらのコンピュータに、本プロジェクトで開発された言語や基本ソフトウェアなどを移植し、多くの研究者や技術者に広く利用可能とすることが求められている。

現在、このための、「第五世代コンピュータの研究基盤化プロジェクト」が準備されている。

## (2) 知識情報処理技術の基盤技術

本プロジェクトで開発された知識情報処理の基盤技術、すなわち、論理に基づき各種の知識をプログラムし、知識ベース化するための中核技術は、大規模並列処理技術を土台として構築されている。

その土台となっている大規模並列処理技術が、「第五世代コンピュータの研究基盤化プロジェクト」の実施によって、広く世界に普及していくことは、知識情報処理技術の将来に大きな可能性を生み出すことになる。

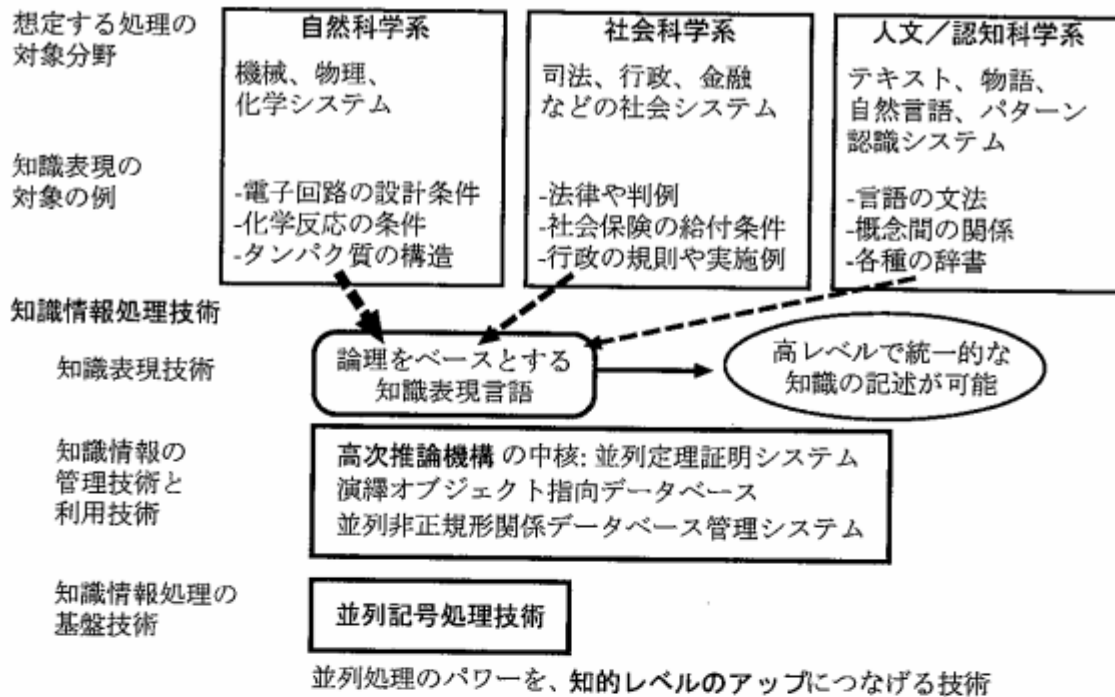
本プロジェクトで開発された論理を基本とした知識表現言語は、演繹・オブジェクト指向言語や制約論理型言語と呼ばれている。この種の言語は、人間社会にとって有用な知識を記述し、知識ベース化する場合の最も有望な枠組みである。

このような知識表現言語や関連技術は新しい応用分野の開拓を加速する。自然科学分野でも、従来の機械や建築などの分野に加えて、分子生物学における遺伝子情報処理など、新しい分野へ応用され始めている。また、社会科学分野における行政や法律の知識情報処理が注目されている。さらに、いくつかの実験的応用システムの試作を通して、論理に基づく知識表現言語が、従来型の知識表現言語と異なり、多くの分野に統一的に適用可能であることがわかってきた。

それと同時に、人間社会にとって有用な知識を活用するためには、知識表現言語で記述し、コンピュータ上に蓄積する作業とともに、その構造や体系自身をより整理された形に組み直す作業が必要であることもわかってきた。

大規模並列処理技術とそれに裏打ちされた知識情報処理技術が、自由に利用可能となる時代には、知識の整理や体系化を含む知識ベース化技術など、新しい知識情報

## 第五世代コンピュータ技術における知識情報処理技術



処理技術が生まれ、その分野特有の発展を遂げるであろう。

このような発展段階に至った時に、第五世代コンピュータの知識情報処理技術の中心である「論理に基づく知識表現をプログラミング言語とし、その証明過程を計算のモデルとする新しいコンピュータ技術」が、真のブレークスルーを達成していたことがわかるだろう。

### 3 まとめ

本プロジェクトは、当初に定義した『知識ベースを用いる推論を中核メカニズムとする新しいコンピュータ技術』という、革新的なコンピュータ技術を開発し、長期に渡って発展を続ける、新しいコンピュータの世代を切り開いたといえよう。