

第五世代コンピュータ・プロジェクトの評価及び

今後の課題と展開のあり方

中間報告

エグゼクティブサマリ編

平成4年6月18日(木)

電子計算機基礎技術開発推進委員会

## 1. 社会的・政策的評価

### (1) 目標設定とその意義

第五世代プロジェクト開始以前は、後発の国産コンピュータメーカーが欧米先進国の技術にキャッチアップすることを目標にした研究開発を行うことが多かった。

これに対し、本プロジェクトは、知識処理指向の並列推論マシンという独創的かつ革新的技術の研究開発を先導的に行うことを目標とした。

目標とする技術について、海外アンケートでは、約80%の人が「先駆的」であると評価している。

これらの技術は全く新しい分野の研究であったため、基礎段階の研究から着手する必要があった。特に国際貢献の観点からみれば、この基礎段階の研究という点は極めて重要である。すなわち、国際的に共通して利用できる競争段階以前 (pre-competitive) の技術、すなわち基礎研究を行うプロジェクトとして本プロジェクトは推進されている。

このように本プロジェクトは基礎研究によって国際貢献に役立つことを目標段階から明確化したプロジェクトであり、その後の通産省の研究開発プロジェクトのひな型となった。

このような目標設定を行うことにより、本プロジェクトは新しいコンピュータ技術の研究分野を創造するとともに、世界に開かれた研究プロジェクトとして認知され国際的な支持を得た基礎研究となっている。

### (2) 研究開発実施体制

当初わずかであった本分野における研究者を育成するのに非常に有効な組織であった。

また、限られた予算、人員で知識情報処理指向のコンピュータシステムという全体的目標の大半を達成した。これは極めて効率的、効果的な実施体制であったと評価される。

### (3) 成果の公開・普及

本プロジェクトでは、これまでも、開発された技術の公開・普及を積極的に進めてきた。

さらに、国には帰属していない研究開発段階のソフトウェアの著作権に関し、その著作権者である（財）新世代コンピュータ技術開発機構が無償での利用を認め、公開していく予定であり、これにより、これらのソフトウェアが国の内外の基礎から応用までの広い領域の研究開発基盤としておおいに利用されることとなろう。

#### （４）国際貢献について

論理プログラミング、並列処理、知識処理の分野で（財）新世代コンピュータ技術開発機構は世界をリードする研究の拠点となっている。また、（財）新世代コンピュータ技術開発機構は開かれた機関として本分野における世界の研究の交流の拠点になっている。ただし、交流のためのインフラであるネットワークなどの整備は我が国全体として、今後も進めていく必要がある。

国際共同研究も着実に拡大しつつある。

これらの点から（財）新世代コンピュータ技術開発機構は日本における本分野のセンター・オブ・エクセレンス（COE）となっている。

#### （５）応用分野への適用

第五世代コンピュータ技術の応用分野はさまざまなものが考えられる。こうした応用分野は本プロジェクトで生まれたシーズから、発展していくものである。この中には、第五世代技術を基礎として近時に実用化が可能な分野も多数ある。一方でプロジェクトが目指した基盤のうえでさらに、知識の電子化技術、知識の構造化技術、知識の獲得技術等の技術の開発を行うことにより、さらにより高度な知識処理の世界が展開するであろう。

例：金融オンラインシステム、超並列数値計算システム、遺伝子情報処理、  
CAIシステム、生活情報知識ベースシステム

#### （６）第五世代コンピュータの意義

本プロジェクトは昭和57年度から、知識処理、人工知能分野における基礎研究を推進してきた。既に、（財）新世代コンピュータ技術開発機構は並列推論技術については世界の中心的研究所として、海外からも高く評価されており、欧米諸国の研究機関と研究協力が盛んに行われている。

また、研究開発の推進体制を整備し、効果的な運営を行うことによって多大な成果を挙げ、これを内外に広く公開してきた。

本プロジェクトを推進してきた、ここ10年間においてわが国の置かれた状況は、国際社会への貢献を不可欠なものとして求めてきたといえる。本プロジェクトは、こうした背景の中でプロジェクト当初から国際貢献を課題として挙げ、これをプロジェクト実施段階で基礎研究を推進し、成果を広く還元することによって実現してきた。

わが国の国際社会に占める位置が、相対的に大きくなっている今日、これまで以上に国際貢献が重要となる。本プロジェクトは今後、国際貢献を志向した研究開発プロジェクトの一つの有効なモデルとなるであろう。

## 2. 学術的・技術的評価

### (1) プロジェクトの位置付けと成果の概観

第五世代コンピュータ・プロジェクトは、非定型的処理の効率的並列処理を可能にする知識情報処理のための新たな技術体系の基礎を確立することを目指すものであった。

並列論理型のパラダイムに基づき、従来の技術の漸次改良では到達できない、大規模並列処理を基盤とした知識情報処理技術体系を確立した。

### (2) 並列記号処理技術

従来の技術では、大規模な並列ソフトウェアの開発は困難を極めた。これに対し第五世代技術では、システムが無駄のない統一性を持ったものとなり、大規模並列ソフトウェアの開発が飛躍的に容易になった。

特に、並列オペレーティングシステムPIMOS及び並列論理型言語KL1は、世界で初めて並列化を自動的に行うことができるようにした本格的システムである。従来の並列化技術では、どの部分が同時に実行できるかを指定し、さらに各部分の情報のやりとりの制御の指定をすべて人手で行う必要があったのに比べ、これらを自動化し画期的な生産性向上を果たす技術として、高く評価されている。

海外アンケートにおいても、並列論理プログラミング言語システムにおける技術水準を世界の技術水準に比してどうかという質問に対し、「卓越している」および「優秀である」が約69%となっており、高い評価を得ている。

当初目標と比べても、KL1やPIMOSの開発により十分に目標のレベルに達している。処理速度についても、PIMによって100MLIPS (LIPS: Logical Inference Per Second、1秒間に何回の推論処理が行えるかの単位) を達成

しており、当初の目標は、十分に達成されている。

### (3) 知識情報処理

従来の技術では、大量の知識を人手で低レベルな表現に変換する必要があり、実際的な規模の問題に取り組むことはほとんど不可能だった。第五世代技術では、大規模の実際的な問題に対する知識情報処理に不可欠な、高レベルで自由に表現した知識を効率的に並列処理する技術の基礎を確立できた。

例えば、計算機による定理証明の分野は、従来は現実的な時間の中に解を得ることは困難であると考えられていたが、本プロジェクトによって並列処理を有効に利用した定理証明技術が開発されており、従来未解決であった問題の証明が得られる等多大な成果を上げることができている。

海外アンケートにおいても、知識情報処理における技術水準が世界の技術水準に比してどうかという質問に対し、「卓越している」および「優秀である」が約65%となっており、高い評価を得ている。

当初目標についても、知識ベース関連についてはK a p p a - p等により実現されている。知的インタフェースシステムについては、長期的な研究課題として位置づけ、より基礎的な自然言語処理の研究を進めている。

### (4) 実験的応用システム

従来の技術では、机上の検討や小規模の実験のみに終わることが多かった。この点、第五世代コンピュータ・プロジェクトにおいては、プロジェクトで構築した効率的で快適なソフトウェア開発環境の上に開発した種々の基礎技術を要素技術として利用できたため、実用レベルの複雑性と規模を持つ問題に取り組めた。

例えば、法律と判例から、罪状およびその理由を示すシステム、あるいはタンパク質の配列から構造と機能を推定するシステム等の成果が得られている。

当初目標と比較すると、機械翻訳システムが民間の開発に委ねられ、より基礎的な自然言語処理に代わったほかは、ほぼ当初目標のとおりであった。

### (5) 第五世代技術の適用範囲

知識情報処理を代表とする複雑で非定型的かつ大規模な処理を必要とする分野では従来の定型的な処理を原則とする技術では効率的には処理できない。第五世代の技術は、複雑で大規模な非定型処理を効率化する技術を提供し、従来技術ではカバーし切

れなかった分野での計算機の利用を可能にするものである。

#### (6) 第五世代技術の実用化時期

並列記号処理技術については、ハードウェアの低廉化が進むと見込まれることから、5年程度の間には第五世代の並列記号処理技術が、従来技術に対して価格性能比で有利になる分野が広がってくると予想される。また、10年程度の間には、従来コンピュータでは処理されなかった新たな適用分野を開拓していくことになるだろう。

知識情報処理技術については、第五世代技術は本格的な知識情報処理の基礎を固めた段階であり、さらに5年から10年程度の研究開発期間を経れば、知識情報処理の実用化が進むであろう。従って、次世紀の初頭に第五世代の知識情報処理技術が実用面で本格的に開花し、その後、多くの分野に広まるであろう。

#### (7) 第五世代プロジェクトの成果の特筆すべき点

既存技術の個別の要素技術の部分的改良ではなく、知識情報処理に必要な技術全体を並列論理型という一貫したパラダイムに基づき、統合的に開発し体系化した。

また、机上の検討や実験的な小規模システム、あるいは試験データを収集するためのシステムではなく、1千台規模のプロセッサを有効利用する大規模並列処理ソフトウェアを容易に構築できる、本格的な機能と処理能力、快適なソフトウェア開発環境を持った並列処理システムを構築した。

プロトタイプ並列処理システムと開発した知識情報処理の諸技術を実際的な複雑さと規模を持つ問題に総合的に適用して、システムの機能と能力を実証しながら実践的研究開発を行い、机上の検討や小規模の実験のみでは得られない知見を得ることができた。また、従来計算機の利用が困難だった分野への効率的な計算機利用の方式を具体的に示すことによって、学際的に研究分野を開拓した。

### 3. 今後の課題と展開のあり方

#### 3.1 今後必要な研究開発課題と展開

##### (1) 並列技術

並列論理型言語KL1を高速に実行するための基本技術はこれまでに確立したと

いえるため、ハードウェアに関しては今後は、専用プロセッサの高速化やアーキテクチャの改良等、商用化に向けての研究開発が必要である。

並列基本ソフトウェアについては、世界で初めての本格的な並列オペレーティングシステム等、画期的な技術が生まれており、今後これらの有効性を実証していくとともに、さらなる発展に向けての研究開発が必要である。

## (2) 高度な推論技術

高度な推論技術は、本プロジェクトにおいても研究開発を行ったが、非常に基礎的な分野であり、さらに発展させた研究や異なるアプローチによる研究も今後必要である。

## (3) 大規模知識ベース技術

本プロジェクトにおける並列処理技術の開発により、高速な推論処理を実行できる環境はそろいつつあるが、複雑で知的な処理を行う場合には、判例、特許情報等の専門知識あるいは社会背景等の人間が持つ常識のような大規模で体系化された知識ベースを整備する必要がある。

しかし、こうした現状では知識ベースを効率的に構築するのに必要な、知識表現、知識構造化、知識獲得等の技術が確立されていない。

以上のことから、大規模知識ベースに必要な技術の研究開発を進める必要があるが、こうした技術は知識そのものに関する基礎的な研究であり、長期的な研究開発を進めることが必要である。

## (4) 応用分野

本プロジェクトの中で、第五世代コンピュータ技術の応用分野として、さまざまな実験的なアプリケーションソフトウェアの開発を行ってきた。こうしたアプリケーションソフトウェアは、それぞれの研究分野において便利なツールとなりつつある。これらは研究開発段階のものであり、本格的な利用を図るためには、汎用的な応用のための研究開発、あるいは専門分野の応用のための当該分野の専門家と協力して行う研究開発が必須である。

### 3.2 第五世代コンピュータ技術の今後の活用と展開

#### (1) 研究開発段階のソフトウェアの無償公開

本プロジェクトで開発されたKL1、PIMOS等の並列処理技術と、定理証明、Kappa、Quixote等の知識情報処理技術は、並列処理、知識処理分野の研究者や応用分野の研究者にとって、研究対象となるとともに有効な研究ツールとして今後の発展の基盤となる技術である。従って、これらのソフトウェアを米国、欧州等で一般に行われているように無償での利用を認めれば、第五世代技術の検証になるのみでなく、広い研究領域にわたる科学技術に対する貢献になる。

そこで、国に帰属しないこれら研究開発段階のソフトウェアの著作権について、著作権者である(財)新世代コンピュータ技術開発機構は無償で自由に利用することを認めるため、具体的な準備を行っている。

#### (2) 国として研究を進めるべき分野

##### (第五世代コンピュータ技術の研究基盤化)

本プロジェクトで作成されたソフトウェアの多くは、本プロジェクトで開発したハードウェアである、マルチPSIおよび並列推論マシンPIM上でのみ動くものがほとんどである。従って、これらソフトウェアが、現在の研究開発環境の中で活用されるためには、既存のコンピュータ資源上での稼働を可能とし、広く利用できるような環境を整備する必要がある。

また、国際貢献という観点からは、国際的な広い範囲への普及を考える必要があり、本プロジェクト参加者以外も本プロジェクトで開発された技術を利用可能とする環境を整備することが不可欠である。このような環境を整備することによって、世界的にみた幅広い領域の研究者が、本プロジェクトで開発された技術を利用することとなり、本分野の発展が加速されることになる。

そこで、本プロジェクトで開発されたソフトウェアを既存OSの中で研究開発環境において広い範囲で利用されているUNIX上で利用可能となるようUNIX上に移植することが必要である。また、さらに並列処理機能を持つUNIX上に拡張することにより、市販あるいは試作段階の並列マシンを利用している並列処理の研究者がこれらの市販機では実現されていない本プロジェクトで開発された並列化を自動化する並列処理技術を研究開発に利用可能とする必要がある。

また、発電所における診断システム等、応用レベルでの利用を考える場合にも、既存のシステムとの融合が重要であり、本プロジェクトで開発されたソフトウェア



がUNIX上で利用できるようにすることが応用分野の発展を促進する意味でも不可欠である。

これにより、本プロジェクトで開発した技術を今後本分野の研究基盤とすることができる。

さらに、研究基盤という観点からは、今後の知識処理技術の基礎となる知識表現等の技術について、本プロジェクトで生まれた技術を発展させることが、次のステップに続ける上で重要である。

これら第五世代コンピュータ・プロジェクトで開発された技術を研究基盤として活用できるようにする事業は、国際貢献という観点から、国として実施すべき分野である。このため引き続き官学民の協力による研究体制を維持しつつ、国が主体となって推進する必要がある。

期間的にみると、本プロジェクトで開発したソフトウェアのUNIX上への移植は2年間程度の期間を要すると見込まれるため、その範囲内に限定することが適当である。

### (3) 民間に期待する分野

並列処理技術等、近い将来実用化が期待される分野については、並列ハードウェア等既に競争的な領域に入りつつある分野があり、これらは本プロジェクトの技術を活用しつつ、さらに実用化に向け、民間が主体に取り組んでいくことが期待される。

### (4) 大学等に期待する技術

本プロジェクトでは、多くの基礎理論を用い、1つの体系として並列推論技術を生みだし、検証してきたものである。これらの基礎理論の多くは大学等で生まれてきたものであり、今後とも、大学等からコンピュータ技術を新たな高みに引き上げる基礎理論が生まれることを期待する。

また、基礎的段階にあり、様々なアプローチが有り得る技術については、広く研究者がアイデアを出し合い、実験していくことが重要であり、こうした面でも大学等での研究が進んでいくことが期待される。

これらの研究を促進するという観点からは、研究ツールとして並列推論マシンPIM等の強力な並列推論パワーが利用可能な環境が整備されることが望ましい。

#### 4. 結論

第五世代コンピュータ・プロジェクトは、国際貢献を目的として、並列推論というパラダイムの下に研究開発を進めてきた。本プロジェクトは当初の目標を達成し、技術的にも高く評価されている。

今後は、こうした第五世代コンピュータ技術の有効活用を図り、並列処理および知識処理のための研究基盤化を進めていくことが不可欠である。そうした研究基盤の充実により、本格的な知識情報処理の時代が切り開かれてゆくこととなろう。