

4) 新時代への発進

— FGCS12年の軌跡と成果

ICOT・研究所所長 / 瀧 一博

第五世代コンピュータ・プロジェクトの仕上げは、第4回「第五世代コンピュータ国際会議」FGCS'92で、最終成果を内外に広く発表することであった。この基調講演では、12年前のFGCS'81の基本理念から説き起こし、その理念を継承しつつ前期、中期、後期の研究開発成果を公にした。これらは、世の中の趨勢に合わせてすぐに商品化される性格のものではなく、さらなる「並列推論技術の成熟」を目指して継続されるべき基礎技術の研究であると語った。

FGCS'81からの12年

本日はFGCS'92のために、皆様、多数ご参加いただきまして誠に有り難うございます。

私どもは「第五世代コンピュータ」の研究プロジェクトを10年計画ということで進めてまいりました。実は、ちょうど10年前の今日、私どもの研究所が発足しております。ということで、プロジェクトが実質的にスタートして今日でちょうど10年になるわけであります。

この機会に私どもの10年の研究成果を皆様に見ていただくというのがこの国際会議の第一の目的であります。それと同時に、未来のコンピュータ、情報処理技術の将来を目指して、世界中の各地でもさまざまな意欲的な研究が進められています。FGCSに関連するそれらの先進的研究の発表と交流の場を提供するのがもう一つの目的であります。

さて、私はこのプロジェクトの技術的な目標を端的に表すキーワードとして「並列推論」という言葉を使ってきております。従来のコンピュータ技術の枠組みを越えた新しい技術は何かということ考えたとき、そこでは「並列推論」という技術が中核になるであろうというのが私たちの想定であります。

私はこのことをこの10年来、機会あるごとくくり返しご説明してまいりました。このことを何度も繰り返しているのは、もちろんその重要性をアピールしたいからであります。もう一つ、裏の事情もあるわけです。

というのは、プロジェクトの当初にかもし出されたものですが、プロジェクトに対するある種の過大なイメージともいうべきものがありまして、これが意外に根強く、いまだに、残りつづけているようだからであります。例えば、人工知能 (AI) の難問を10年で片付け

ようとしているとか、人間並みの機械翻訳システムを作ろうとしているとか、そういったイメージであります。

当時は、そのようなイメージをもとにして、不可能に挑戦しようとする無謀なプロジェクトだという批判があったりしました。また、最近では、そのような壮大な目標を掲げているにもかかわらず、その目標をほとんど達成していない、だからこのプロジェクトは失敗だ、という評論が国の内外で現れたりしています。

そのようなイメージの元はなにかというと、これは、プロジェクト開始の前の年に開かれたFGCS'81にあったということができると思います。たしかに、そこではさまざまな夢や構想が語られています。それが非常に衝撃的な形で世界中に伝えられたのは事実であります。

しかし、いくら野心的なプロジェクトを目指すとはいえ、そのままの形でプロジェクトになるはずがありません。仮にそのままプロジェクトをスタートさせたとしても、それを有効な研究計画として運営することはできません。実際、プロジェクトのスタート時点では、計画はもっと、ある意味では、つましいものになっていたのです。

例えば、機械翻訳システムなどの応用システム自体の開発はプロジェクトの目標からは消えていました。高度に知的なシステムを10年で完成させることは不可能で、その前段階として、基礎研究の充実とか、コンピュータ技術自体の改作が必要になります。むしろ、それをプロジェクトの内容にすべきだというのが私たちの判断であったからです。一方日本では、現実的な、低いレベルでの機械翻訳システムの開発などは、すでに民間企業の自発的な、競争的な段階に入ろうとしていたという事情もあったのです。

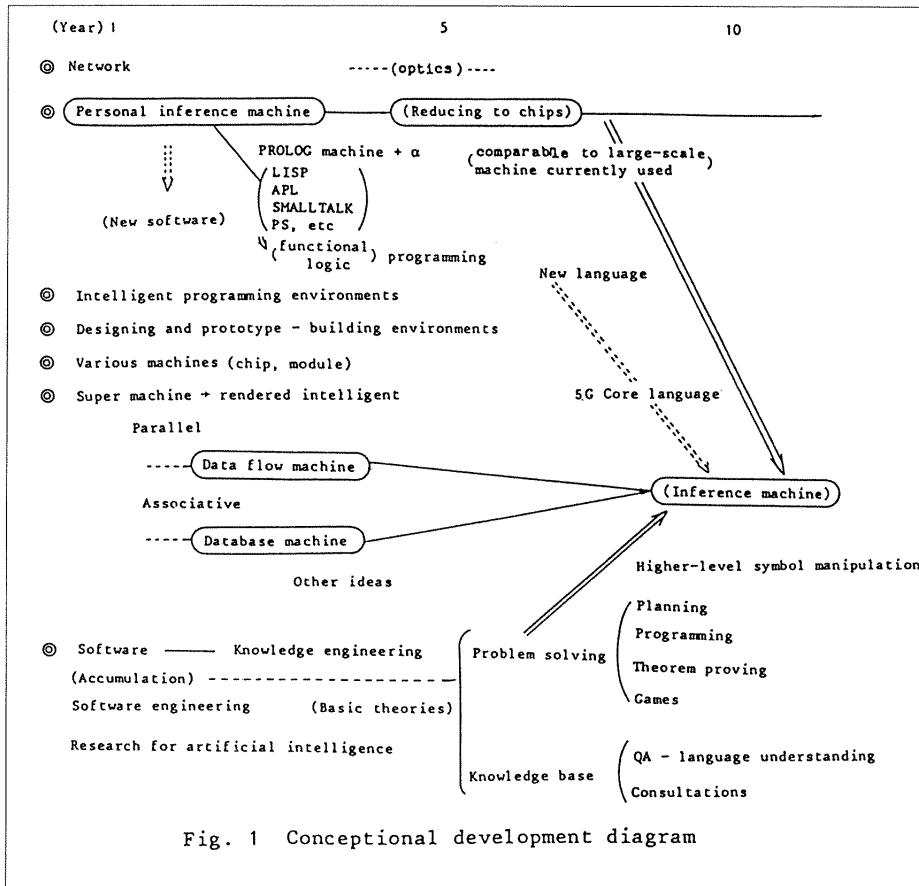


Fig. 1 Conceptual development diagram

T. Moto-oka (ed) : Fifth Generation Computer Systems (Proc. FGCS'81), JIPDEC : North-Holland, 1982, p. 113

また、パターン認識などに関連するテーマも大幅に削除されました。実は、それ以前の10年間に「パターン情報処理」というプロジェクトが通産省のナショナル・プロジェクトとして行われていたのです。そういう事情もあり、また、研究の段階が異なっているという判断もあったわけです。

このパターン情報処理のようなテーマでカ

バーする分野というのは、このプロジェクトでは意識的にゼロに近づけたわけですが、それ自体の重要性というのは減っているわけではありません。むしろ、次に残された大きな研究テーマとして残り続けているわけであり、これがまた、新しい次のナショナル・プロジェクトのテーマとなっていくことが期待されるわけであり、

FGCS'81の理念の継承

それでは、FGCS'81は、世の中を欺いていたのでしょうか。私はそうは思いません。当時の雰囲気では、研究の新しい展開に対して悲観的な見方の方が非常に多かったのです。例えば、人工知能の研究など役に立つようになるはずがないという意見が大勢でした。そのような時代には、10年スパンであれ、50年スパンであれ、技術研究の未来に前向きな姿勢を持つことは貴重なことだったと思います。だからこそ、前向きにも、後ろ向きにも世の中の反応が大きかったのだと思います。それが第一です。

第二には、FGCS'81の中ですでに、「並列推論」というものの構想が明確な形で示されていたと思うからです。

ここで1枚の図を見ていただきたいと思います。(図1、スライド)

これは私がFGCS'81の講演で使用した一種の古文書であります。この原案は1980年に作ったのですが、その4年ほど前に着想し、周囲の研究の仲間たちと議論を続けてきた構想を1枚にまとめたものであります。

ここには、「並列推論マシン」というものをゴールにするという構想が明示的に示されているわけであります。

これはインファランス・マシン(推論マシン)ですが、いろいろな並列アーキテクチャをベースに展開してこういうものにいきたい。そのためには新しい言語の研究が必要である。現在KL1と言っているようなものでしょうか、コア・ランゲージというものを設定したい、そういう図でもあります。

それから上のほうは、これは研究用のインフラストラクチャでありますけれども、研究

用のパーソナル・インファランス・マシン、ワークステーションをつくりたい、それをチップにしたい。そのチップは、きっとこのゴールに役に立つであろうというようなこと。あるいは、この辺は、コンピュータ・ネットワークをもっとたくさん引きたいなというようなことであります。

下のほうは、ソフトウェアということからしますと、ソフトウェア工学であるとか、人工知能の研究、こういうものをベースにして、みずから研究しながらハイレベルの記号処理の骨格をつくり、それを目標に反映させたい、こういう構想をお話ししたわけであります。

私としては、興味と時間のある方には、のちほど黒住恭司研究所次長が報告しますプロジェクト後期の研究計画と比較検討していただけると幸いです。12年前の基本構図と、現在の研究の達成とを比べて、達成できたところは評価し、足りないところは批判する、あるいは原案の未熟だった点を批評する、というようなことをお願いしたいわけであります。(スライド終わり)

研究集団が信念を貫く

ところで、世の中には、一個人の構想や信念より、委員会の結論を重んじる人もいますように思います。しかし、ここでちょっと脱線しますが、西洋には、「委員会によって設計された馬はラクダであった」という諺があると聞いたことがあります。

このプロジェクトのための準備委員会は3年間熱心な議論を続けてきたわけで、普通の委員会仕事ではあまり見られない、なかなか立派な仕事だったと当時から思っていました。しかし、壮大なものではありましたが、やはりラクダだったのだらうと思うのであります。情

熱のあまり幾つか余分のこぶもあったよう
あります。これはさらに脱線でありますけれ
ども、本来の馬そのものよりもラクダにこだ
わるという人たちも結構いらっちゃって、場
合によっては学会とか、ジャーナリズムの世
界にもそういういわば官僚主義的な見方が結
構あるので、私、最近でも驚くことがあり
ます。

このような意見は、私は、今初めて言っ
ているわけではなくて、少なくとも日本語で
、この10年公言しております。それがけしから
んということなら、私はいつでもクビになる
運命にあったわけでありまして。

ということで、私はこの10年、プロジェク
トの実質的な責任者として、自分の信念に基
づいて、「並列推論」の路線を推進してまいり
ました。それでも野心的すぎるとい批判が
ありましたが、それについては責任をとれる
と私は思っていたわけでありまして。

もちろん国のプロジェクトですから、個人
の独断ではいけないわけで、この10数年、い
ろいろな人と議論を重ねてきました。幸いで
あったのは、それが一個人の信念にとどまら
ず、プロジェクトに結集した多くの研究者や
研究リーダー達の共通の信念になったとい
うことであります。

このプロジェクトが成功したとすれば、私
は成功だったと信じていますが、それが一番
大きかったのだらうと思っております。研究
プロジェクトというようなものが成功するに
は、さまざまな環境条件に恵まれることも必
要ですが、一番大事なのは、それにかかわる
研究集団が、目標に対して共通の信念と意志
を持てるかどうかだと思います。そのことが、
この10年間、実現できたといいますか、体験
できたというのは、私自身にとりましても非
常に恵まれたことであつたと思うわけであり

ます。

以上のことを前置きにして、次には、10年
間の研究成果を「並列推論」の観点から、そ
の大筋をお話ししてみたいと思います。とこ
ろで、このプロジェクトで一番のポイントは
何かといえば、それは、ある一つの言語に絞
って、それをベースに、ハードウェア、ソフ
トウェアの展開を試みた、そのことを壮大な
規模で実験したということだったと言っ
てよいのではないかと思います。

「論理プログラミング」というものを、超並
列のマシン・アーキテクチャと、応用やソフ
トの問題とをつなぐリンクとして位置づける
というのが当初からの私たちの構図でありま
して、この「並列推論」のためのプログラミ
ング言語を求めるといのが最初からの私た
ちの課題であつたわけでありまして。

このテーマは、古川康一次長を中心にした
グループによって追求されたのですが、その
結果、プロジェクトの中期の初め、上田和紀
研究員によってGHCという言語モデルが提案
されました。これにはPrologとかConcurrent
Prologなどの先駆者があつたのですが、それ
らを洗練し、簡素化したようなモデルです。こ
のGHCをベースに近山隆室長が、KL1という
プログラミング言語を設計しました。

このKL1という「論理型言語」から派生し
た言語が私たちのプロジェクトの後半の基礎
になったのであります。言い換えれば、私た
ちの後期の研究計画はすべてKL1ベースに統
一したということでありまして。

並列推論を実現する KL1

例えば、ハードウェアとして、マルチPSIと
いうものを中期の終わりに作りました。これ
は前回のFGCS'88でデモをしましたが、その

後、数セットのコピーを作り、その後のソフトウェア研究のインフラとして役に立ちました。

後期には、最終目標のひとつとして、ハードウェアとしての「並列」推論マシンPIMを数種類試作してきました。これらは今回デモをしているものであります。

これらのマシンは、内部接続のネットワーク・アーキテクチャなど内部ではそれぞれ異なった構成をとっておりまして、それ自体が研究の対象であるわけですが、外からみると、それらはすべてKL1マシンであります。

これらの詳細については、内田俊一部長や瀧和男室長の報告を聞いていただきたいのですが、ここで強調したいのは、これらはすべて、内部のチップ設計に至るまで、KL1という普通には超高級言語に相当する言語を「機械語」と想定して設計されているということです。

ソフトウェアの方の研究テーマも、勿論、KL1ベースに統一したわけでありまして。応用ソフトも、OSのような基本ソフトも、すべてKL1をベースにして書こうということでありまして。

FGCS'88の時、PIMOSというOSをデモしたわけですが、これはKL1によって書かれた初めてのOSソフトだったということが出来ます。このときは、まだ雛形の段階であったのですが、その後、改良発展しておりまして、今回のデモでも裏方ですべてを支えているのは、立派に成長したPIMOSだということになっております。

詳細は近山隆室長の報告を聞いていただきたいのですが、ここで強調しておきたいのは、OSのように複雑で大規模なソフトをすべてKL1で書くことができたということだけではありません。むしろ、OSのようなソフトを作

るのに、KL1の方が、普通の言語より実ははるかに適しているということ、体験を通して実証したということ、強調したいのであります。

OSや言語処理系のような基本ソフトだけではなく、KL1がいろいろなアプリケーションにも有効であることを示すことが後期の大きな課題であったのですが、新田克巳室長が報告しますように、LSI-CAD、遺伝子解析、法的推論など、かなり多様な課題についてそのことを実証できたと思っております。これらは実際的な問題と密接につながり、しかも規模においても実用に近い大きさを持つものであります。しかしながら、ここで再び強調したいのは、それらもやはり、「並列推論」の有効性を実証するのが目的であったのだということでありまして。

このように、一つの言語に統一してプロジェクトの展開を行うというやり方は、実は、プロジェクトの前半でも試みたことでありまして。この時期は逐次技術のレベルであったのですが、Prologを拡張したESPという言語をベースにしました。

ESPをKL0と想定して、ハードウェアとしては、逐次型パーソナル推論マシンPSIを設計しました。これを研究用ワークステーションにしようということで、改良版を入れまして、総計で約500台のPSIを作り、これをプロジェクトの中で使ってきたということになります。

このPSIのOSであるSIMPOSはすべてESPで書かれております。これは、当時では、論理型言語で書かれた最大規模のソフトウェアだったと思います。

プロジェクトの中期までは、このPSIとSIMPOSを研究用のインフラとしてエキスパート・システムや自然言語処理システムなどの研究を展開してきたのであります。

仮説の設定と検証

ところで、このようなやり方は実は研究者の夢でもあります。しかし一方、疑問を持つ方もいらっしゃると思います。私たちのプロジェクトは、規模は大きいのですが、やはり基礎研究の範囲にあり、自由な伸び伸びした雰囲気の中で創造的な成果を生み出したいということであったわけです。とすると、そのような方針は、研究の自由や多様性を制約するものではないかというような疑問です。

しかし、これも私あるいは私たちの信念によるのであります。私は研究も「仮説の設定と検証」のプロセスだと思っております。とすると、その仮説は純粹で明瞭であることが望ましいわけです。そうでなければ、何を検証しようとしているか分からなくなります。

実用的なシステム自身は、いろいろと妥協—妥協と言って悪ければ、いろいろなニーズに対応する幅の広さというものを持たれていいると思いますけれども、研究プロジェクトという限りは、この仮説というのは明瞭で検証に耐え得る形でなければいけない。成果が出た後は、これにはいろいろな過去のしがらみ、妥協、その他を加えたものを展開していただいてもいいと思うんですけども、そういうことを当初から信念として持っておりまして、あえて批判を呼ぶような方針も貫いてきたわけでありました。

それともう一つは、私たちの仮説の中には、極めて豊富な、自由な研究の世界が含まれているという信念が私たちにはあったということです。仮にそれが制約であったとしても、「創造的な制約」であるはずだと私は信じていたわけです。

このような方針を決めた時、私たちの研究

員の間に抵抗がなかったと言えば嘘になると思います。KL1や並列プログラミングというのはまったく新しい世界です。そこに飛び込むには勇気が要ります。しかし、その心理的障壁を乗り越えた後は、研究員たちは並列プログラミングの新しい技法を次々に生み出してくれたのであります。

新しい言語とか、そういうものに対して、世の中に結構抵抗感があって、安定した言語やシステムしか使わないという、一種の保守主義の風潮もあるようでありますけれども、やはり未来というものを切り開いていくためには、新しい未知のものにも挑戦する、冒険をするという精神を残しておくということは、非常に大事じゃないかと思います。そういう実験も、この10年間のプロジェクトを通してやらせていただいたと思っています。

後期の成果「定理証明」システム

後期の成果にはまだいろいろなものがありますが、その一つとして、高速の定理証明システム（プルーバ）の開発を挙げたいと思います。詳しいことは長谷川隆三室長の報告にあります。これは定理証明研究の復活につながるものだと思っています。

コンピュータによる定理証明の研究というのは、数学者の目からすると、これはおもしろいことしかやれないというわけで、昔からいろいろと批判もあったわけです。しかしながら、ごくごく最近の成果なんですけれども、オーストラリア大学の人たちとの共同研究の一環として、私たちの「プルーバ」とマシンを使って、ある数学者がオープン・プロブレム（未解決問題）として挙げていた問題を解くことができたということがあります。

それから、この「プルーバ」は数学の定理

の証明をするというだけではなくて、さっき法律の推論をするシステムを試みていると言ったわけですが、その中での推論エンジンとしても使われています。片方では数学の定理、片方では法律の問題という、両方に使われているということを申し上げたいと思います。

また、プログラミング言語の研究もKL1で終わっているわけではありません。KL1の上位に位置する言語として、例えば、制約論理型言語のGDCCというものが開発されています。また、Quixoteという言語もあります。

プロジェクトの当初から、私は、論理型言語、関数型言語、オブジェクト指向言語のこの三者を統一することとか、プログラミングの世界とデータベースの世界を統一することとかを主張していたのですが、このQuixoteという言語は、その考えを具体化した一つの例だと思っています。これは演繹オブジェクト指向データベース言語というべきものがあります。

一方、私どもの自然言語処理の研究の中で、CILという言語の試みがありました。これは向井国昭研究員によるものですが、状況理論などにも対応することを考えた意味表現言語です。QuixoteはこのCILを自然な形で取り込んでおります。ということで、これは意味表現言語でもあり、全体として、知識表現言語というものの今後のあり方を示すものであろうと私は思っております。

これについては、分散並列型のデータベース管理システムKappa-Pの試みとともに横田実室長の報告を聞いていただきたいと思えます。

すぐ商品化されるものではない

以上が、非常におおざっぱではありますが、私たちの10年プロジェクトの最終成果の見取り図であります。私が10年前に構想した、あるいは15年前から夢見て実現したいと願っていたことについて、私自身としては、予想どおりと言うべきか予想以上にと言うべきか、かなり満足のいく結果を得たと内心思っております。

もちろん、ナショナル・プロジェクトは自己満足のためにはありません。このプロジェクトは、次の時代のコンピュータ技術の核となるものを創ろうということであったわけです。未来のコンピュータ、あるいは情報処理のためには、さまざまな要素技術が必要であると思います。このプロジェクトがそのすべてを行うことは不可能ですが、その中核となる部分は作れた、少なくとも、その見本を示すことができたと自負しているわけがあります。

とはいうものの、このプロジェクトの成果は、プロジェクトが終わってすぐに商品化されるというものではありません。だからこそナショナル・プロジェクトであった意味があるわけです。この成果が、本当に社会に根づき始めるにはあと5年ほど、「技術の熟成」とでもいうべき期間が必要だろうと思っております。そのような観測を、私は、プロジェクトの当初から、10年前から持っておりまして、また公言もしてきたことですが、何故か、プロジェクトが終わろうとしている今も同じ考えであります。

技術というのは、研究の基本段階からビジネス最前線までに、10年とか20年のギャップがあることが結構あるものであります。例えば、いま世の中で騒がれているダウンサイジングというような流れの中で、UNIXとかC、あるいはRISCなどというものがありますが、

これらもそういう類のものであります。

ビジネスの世界では、最先端の話題ということだと思いますけれども、もちろん進歩はしてきておりますけれども、これら自体については古くから研究されてきたわけでありまして、言ってみれば、産業界はやっとそこに追いついてきたというのが、研究者のほうから見た正直な考えではないかと思うわけです。

そういうことで、現実と基礎研究の間にはかなりのギャップがあります。私たちのプロジェクトは、そのまた先の技術を目指していたというわけでありまして、そういうことに関連する話題としましては、現在、この数年、並列コンピュータへの動きというのは非常に活発になろうとしています。しかし考えてみますと、10年前、並列コンピュータに対しては懐疑的な意見が圧倒的に多数であったわけです。5年前でもそうでした。私たちが、前期の段階を終わって後期、並列の部分にさらに重点を移そうとしたときにも、並列なんか不可能だ、せつかく成功裏に終わった前半を守るためにも並列はやめたほうが良いという意見が多々ありました。

というわけで5年前もありましたし、現在でも懐疑論は当然、いろいろとあるでしょう。しかしながら、流れというものは、この数年で急激に変わろうとしていると思います。これはもちろん、半導体技術というものが着実に進歩していますから、チップを500でも1,000でも5,000でも並べることが、ハードウェア的にはそれほど難しくなく、比較的容易にできる時代になってきたという背景があるわけです。

いまはまだ、科学技術計算用のスーパーコンピュータという想定がほとんどで、ソフトウェア的には安易な考えのものが多いうであります。しかしそれでも新しい時代は始ま

ろうとしているわけでありまして。

ところで、科学技術計算といっても、行列計算のようなものを、ただ単純に大規模に行うレベルではそれでもよいでしょうが、いずれソフトウェアの問題が深刻になってくるはずであります。ここで、もしも、その問題が解決されて、複雑な構造を持つ大規模な問題全体を扱えるというようになったらどうでしょうか。その時には、単に科学計算という範囲に限定されない、いわば汎用的な能力を持つことになるわけでありまして。そうなれば、いまの大型汎用機（メインフレーム）を置き換える可能性を持つということになるわけです。

そういうのが、将来の新型のメインフレームのコンピュータに至る一つのストーリーだろうと思います。そういうことで、まず、チップを並べていろいろ苦労して、ソフトウェア問題を体験する。そこで新しいものに至るというのも、一つのストーリーだろうと思いますが、どういう技術が必要になるかということは今からでも考えることができるわけです。そこで必要になる技術は何かということを考えてみますと、実は、それは私たちが追求してきた「並列推論」の技術であった、ということになるはずなのであります。

この考えを人に強制するつもりはないのですが、仮に、私たちの試みを知らずに、あるいは、まったく異なると信じる哲学から出発したとしても、名前の付け方とか、細かい点は違っていても、紆余曲折の末、大筋は同じようなものに落ち着くだろうというのが私の予想であります。技術の本質というものは、そんなにたくさんあるものではないと私は思っています。

すでに行われた試みと独立に、自分たちなりに苦労をしながら、結局は追体験をするということも貴重なことであります。しかし、も

っと効率的に、このFGCSで試みられたことを土台にして、前進することの方にエネルギーを振り向けるという行き方もあるだろうと考えております。

ですから、汎用の並列推論マシンを追求したいという技術者にとって、私たちのプロジェクトの成果というのは、大いに参考にさせていただけるものと確信しております。

「並列推論技術の熟成」を目指して

このプロジェクトは今年で終わるわけですが、「並列推論技術の熟成」ということになると、これまでとはパターンの異なった活動が必要になると思われれます。コンピューティング・モデルの中に「分散協調」という考えがありますが、そういうパターンで、このプロジェクトで作られた種子が国の内外に飛び散って、それが世界の各地で芽をふくというということを期待しているわけであり

ます。そのためには、世界中からこのプロジェクトの成果に自由にアクセスでき、それを自由に利用できるようになっていなければならないわけです。すなわち、例えば、ソフトウェアであればソースコードを含めて、成果を積極的に全面公開すること、それを一種の「国際公共財」とすることが必要不可欠だと思うのであります。

渡部恒三通産大臣、熊野英昭機情局長が先ほどお話しになりましたように、このプロジェクトの成果をそういう方向で世界中に大いに活用していただける、その方針をしっかりと定めていただいたというのは、非常に大きな努力であったと思います。私としても非常に

感慨深いものがあります。

このプロジェクトでは、この10年間、国際交流を積極的に進めてきたつもりであります。世界の各地で先進的な研究を進めている多くの研究者の方々と交流を持つことができました。その人たちからさまざまな支援と協力を受けてまいりました。それなくしては、プロジェクトの完遂はなかったと思っているわけでもありません。

そういうことからしても、また、微力ながらも人類の未来に貢献したいということで進めてきた日本のナショナル・プロジェクトの立場からしても、その成果をそれにふさわしい形で、後世に、国際社会への遺産として残すことが私たちの義務であると考えているわけであります。その成果がそれにふさわしい形で後世に、国際社会への遺産として残すことができるということになったのは、非常に大きな節目、未来に対するステップボードだと思います。

このプロジェクトは終わりますが、終わりは新しい出発でもあります。コンピュータや情報処理技術の進歩は、人類社会の将来に深くかかわっております。この重要性を認識できないような社会思想、イデオロギーとか社会体制は、どうやら滅びるらしいというのが、この数年間の世界史的な事件でもあったわけですね。新しい時代をこれからさらに進めていかなければならないわけです。新時代を発進させるために、未来への情熱を共有する人々の輪が、世界中に、また日本の中でも、さらに大きく広がりつつけることを期待して、私の話を終わらせて頂きたいと思います。

ご清聴ありがとうございました。