



Title	スーパーコンピュータとの出会い
Author(s)	小椋, 隆
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1985, 57, p. 35-39
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/65647
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

スーパーコンピューターとの出会い

大阪大学大学院工学研究科（造船学科）

小 椋 隆

1. はじめに

筆者の大型汎用計算機との関わり合いは、卒業研究のため研究室に配属された時に始まり、それ以前は、多少パソコンをいじった経験が有る程度です。したがって、修士課程を終了するまでの3年間に得たコンピューターに関する知識はごく限られたものであり、しかもユーザーという立場に限定されています。ところが、研究室が関係している共同研究の中で、スーパーコンピューターの先駆的マシンであり、現在においても数少ないCRAY-1を利用する機会に恵まれました。この話が大型計算機センターの知る所となり、今回の寄稿を依頼された訳です。なお、筆者は、ごく平均的ユーザー程度の見識しか持ち合わせておりませんので、スーパーコンピューターに関する総括的解説は、専門書、雑誌等^(1,2)をお読み頂くとして、今回は、ユーザーの一人として、スーパーコンピューターに寄せる期待と感想を、ユーザーサイドの要望等もおりませて書かせて頂きます。拙筆ではありますが、スーパーコンピューター導入の一助となれば幸いと考えます。

2. 大規模数値解析の現状

筆者が研究指導を受けた大阪大学溶接工学研究所弾塑性学部門は、種々の非線形性を考慮した構造物の静的および動的荷重下における強度解析、また、溶接構造物の溶接による変形や残留応力に関する研究を主として行っております。このような研究の中で有限要素法を始めとする数値解析は極めて重要な位置を占めており、コンピューター無しでは研究を遂行し得ないと言っても過言ではありません。この傾向は、我々の分野に限られたものではなく、工学・理学における多くの学問分野で、コンピューターによる数値シミュレーションやデータ処理が研究上の必須条件となっており、方法論としての数値解析法も、かなり整えられつつあります。たとえば、船体構造の弾性応力解析の場合では、未知数が10万にも及ぶ有限要素法による計算が設計の現場で実際に行なわれています。

しかし、大規模な計算も、1回連立方程式を解けば解が得られる線形問題に限られ、問題が多数の繰り返し計算を必要とする非定常・非線形問題、特に、現象が3次元になると、計算速度および記憶容量の制約により通常の汎用計算機では、対応できないのが現状ではないでしょうか。今日に至る数値解析の歴史を顧みても、常に、コンピューターの限界との戦いであり、多くの研究者は、より高性能な計算機の出現を熱望したに違いありません。その要求をある程度満足し得る可能性を

秘めているものが、スーパーコンピューターでしょう。なお、現在の所、演算速度が100 MFLOPS（1 MFLOPS：1秒間に百万回の浮動小数点演算を実行する速さ）以上の計算機がスーパーコンピューターと考えられており、たとえば、最近開発されたSX-2（日電）は、最大1300 MFLOPSの性能を持つと言われています。これらスーパーコンピューターの性能は、超LSIの高密度化、高速アレイプロセッサの開発等により実現されたものです。ちなみに、阪大のACOS-1000は、ほぼ15MIPS（1MIPS：1秒間に百万回の命令を実行する速さ、ただしMFLOPSとは異なる）の性質を持ちます。

3. CRAY-1の利用体験

筆者は、幸いな事に、共同研究を通じてセンチュリー・リサーチ・センタ株式会社（CRC社）の保有するCRAY-1（150 MFLOPS）を利用する機会に恵まれました。CRC社は、各種科学技術計算を始め、事務計算や研究コンサルタント業務を行っており、その性格上、多種多様なソフトを取り扱うことから、これらソフトに対応し得るように、各種のコンピューターがひとつのネットワークを形成する形で接続されています。図1は、CRC社から提供して頂いたもので、ネットワークの概要を示しています。FACOM M-190、CYBER 73等がCRAY-1を中心にシステム構成されており、前者がFront End Processor 後者がBack End Processor としての機能を持ちます。つまり、入出力のための計算機を指定さえすれば、ユーザーは、CRAY-1を意識することなく、あたかも、個々に超高速のアレイプロセッサを内蔵した計算機といった感覚で、Front End の各計算機が利用できるようになっています。

一方、阪大の大型計算機センターにおいては、統合アレイプロセッサ（IAP）によるベクトル演算の高速化⁽³⁾、また、昨年末に導入された High-speed Fortran Processor（HFP）によるスカラー演算の高速化^(4,5)という形でシステムの性能向上が図られて来ました。ここで、IAP および HFP をスーパーコンピューターに準ずる Back End Processor また ACOS-1000 本体を Front End Processor と見なせば、CRC社におけるネットワークと同形態のシステムを構成しています。しかし、トータルなシステムとしての使い勝手の点では、過渡段階という事情のためか、いくつかの改善すべき点が残されているように感じられます。たとえば、HFP では使用できないファイルが限定されており、せっかくの高速演算性能もその利用形態が制約されています。また、JCL に関しても、ACOS-1000 に対する JCL の形式を基本としていますが、オプション等においてかなりの相異があり、ユーザーは、HFP を場合によってはかなり意識しなければならないような気がします。

次に、最も関心の高い演算速度についてですが、一般に、スーパーコンピューターの演算速度は演算命令のベクトル化率に依存することからプログラムの書き方に大きく左右されます。そのため

通常は、複数のベンチマークプログラムを用いて演算速度の評価が行なわれます。特に、米国でスーパーコンピュータの先駆けとして登場したCRAY-1の場合には、後で詳しく述べますが、Fortranの自動ベクトル化に制約があり、高速ベクトル演算機能を最大限に利用するためには、プログラミング上、特別の配慮が必要となります。たとえば、有限要素法等の数値解析には付き物の連立一次方程式の解法に含まれる $A(I) = A(I-1) + B(I)$ のような形式の逐次計算は、自動ベクトル化されないで、そのままCRAY-1に流すとスカラー計算として処理され、計算効率の点で不利となります。もちろん、CRAY-1を保有しているCRC社においては、こうした問題に対する専門的プログラマーが多数おられ、ユーザープログラムの中で自動ベクトル化にかからない部分があれば、これを個々にベクトル化可能な形に書き換える事で計算効率の向上が図られています。しかし、私がCRAY-1を使わせていただいた時は、たいていACOS-1000が混み合っている時で、しかも、私自身にそうしたプログラムの修正をお願いする余裕の無い時でしたので、CRAY-1のスーパー性を十分引き出せないのを覚悟で、そのままのSourceで利用させて頂きました。このため、スーパーコンピュータの威力を直接体験する機会を逃してしまう結果となりました。

4. 感想と期待

CRC社における経験は、以上のように非常に限られたものでしたが、これを通してスーパーコンピュータがどのようなものであるかを感覚としてとらえることができ、また、大学にある我々がスーパーコンピュータに何を期待すべきかを、おぼろげながら感じることもできました。我々が期待するのはやはりスーパーコンピュータの高速演算性能、特にベクトル演算における高速性でしょう。プログラムのほとんどがベクトル計算である有限要素法や差分法において、その威力が発揮されるものと考えられます。

ただ、スーパーコンピュータ時代を目前にして気がかりなのは、各研究室において開発、蓄積してきた財産、すなわち、現在保有しているプログラムの問題です。これらはもち論、スーパーコンピュータのベクトル演算を意識して作成されたものではないですし、その多くはFortranで記述されていますので、はたして機種毎に個性が強いと言われるスーパーコンピュータの高速演算能力が、プログラムの手直し無しに生かせるのでしょうか。また、高速ベクトル演算用にプログラムの一部を書き直すという事態を考えますと、大学の各研究室に蓄積されたプログラムの多くは学生が作成したか、もしくは部分的に修正を加えたものです。さらに、平均2・3年の周期で学生が入れ代わるという特殊な事情のため十分なドキュメント管理が難しく、ましてや系統的に構造化されたプログラム等、望むべくもありません。したがって、ドキュメント不備や未熟なプログラミング技術が障害となり、プログラムの書き換え作業には、かなりの困難がともない、それに費やされる時間も無視できないものと予想されます。この問題は、大学の特殊性に起因するものであり、

高度なプログラミング技術を持った常勤職員を抱えている企業における事情とは異なります。

では、我々大学における学生は、スーパーコンピュータ時代をひかえて、どう対処したら良いのだろうかと考えこまざるを得ない所ですが、その危惧を打ち消すような福音が既に用意されつつあります。すなわち、先にも触れましたが、ユーザープログラムをコンパイルの段階で、高速ベクトル演算に適合した形に変換する自動ベクトル化機能、および、機械的にベクトル化不能な部分をプログラマーが手直しする際に必要な情報を与えるベクトル化支援ツールの充実が挙げられます。

自動ベクトル化に注目しますと、コンピュータ先進国の米国では、CRAY-1等のスーパーコンピュータが開発された当時、蓄積されたソフトウェアの多くがアセンブラで記述されており、ソフトウェアとの整合性に対する配慮から当然スーパーコンピュータの照準もアセンブラに合わされました。今日においても、Fortranの自動ベクトル化よりもアセンブラによって高速性能を引き出そうという考え方が強いようです。一方、コンピュータにおいて後進の我国では、アセンブラで記述されたソフトの蓄積は少く、むしろ高級言語であるFortranが技術計算ソフトの主流を成しています。したがって、我国の各メーカーは、Fortranの自動ベクトル化機能の開発に力を注いでおり、現在、表1⁽²⁾に示される様に、かなり高い水準に達しています。また、ベクトル化支援ツールの開発もこれと平行して進められており、我々ユーザーがプログラミング上の制約を全く感じずにスーパーコンピュータを従来機と同じ感覚で利用できる日が目前に迫っている様に思えます。

5. お わ り に

本格的スーパーコンピュータの導入を待ち望む者の一人として、いくつかの要望を述べさせて頂きますと、まず、センターのユーザーの中でコンピュータに修熟していない学生の占める割合が大きいという特殊な事情を考慮して頂きたい。そのためには、将来実現するであろうスーパーコンピュータを中核とするシステムでは、ユーザーにスーパーコンピュータを意識させないシステムを構成し、JCL等においてもユーザーが負担を感じなくて済むようにスムーズな移行に努めて頂きたい。また、スーパーコンピュータ導入を前提とした立場で、ユーザーの教育、啓蒙を目的とした分かり易い情報や資料を提供して頂ければ、ユーザーとしても対応し易いのではないのでしょうか。

参 考 文 献

- 1) 特集・スーパーコンピュータ, Computer Today 1984/7 №2, サイエンス社
- 2) 唐木幸比古: スーパーコンピュータの使い勝手, bit, Vol. 16, №5, 共立出版, pp. 484 - 490.
- 3) 大中幸三郎: FORTRAN 77 (V) のススメ, 大阪大学大型計算機センターニュース, Vol. 12,

№3, pp. 59 - 68(1982).

- 4) 藤井 護：高速FORTRANプロセッサの概要，大阪大学大型計算機センターニュース，Vol.14, №2, pp. 71 - 74(1984).
- 5) 大中幸三郎，後藤米子：HFP FORTRAN 77 概要(1), (2)，大阪大学大型計算機センターニュース，Vol.14, №3, pp. 51 - 76(1984).

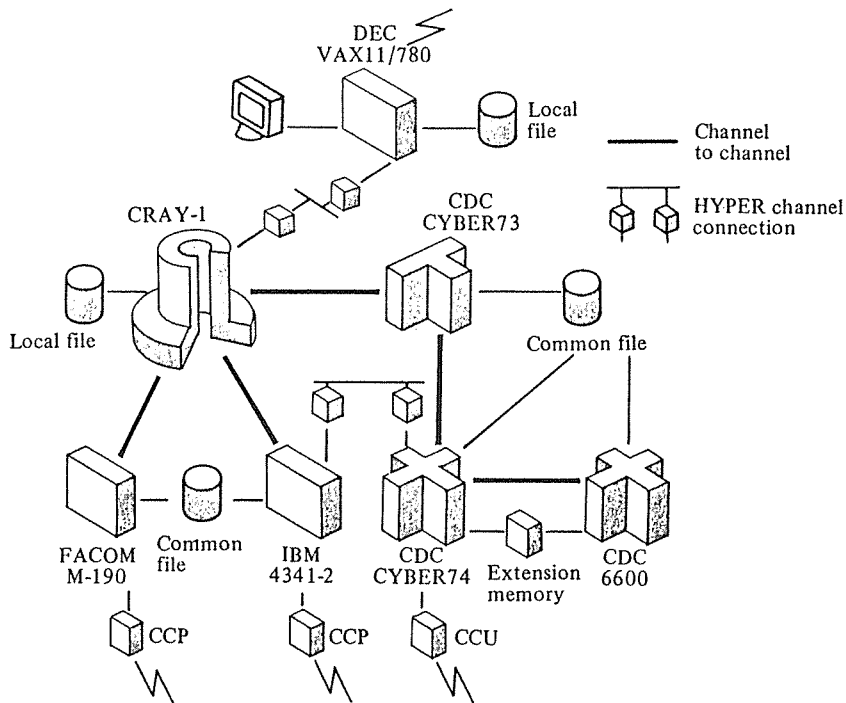


図1. CRC Complex System

表1. スーパーコンピュータの演算機能 (F:FORTRAN自動ベクトル化)

	演 算	FORTRAN 例	M-280H IAP	S-810	VP	CRAY-1 X-MP	Cyber 205
1	四 則 演 算	$A(I) = B(I) + C(I)$	F	F	F	F	F
2	内 積 ・ 総 和	$S = S + A(I) * B(I)$	F	F	F	F	F
3	I F 文	$IF(A(I), EQ, B(I)) C(I) = D(I)$	F	F	F	関 数	関 数
4	整 数 ・ 論 理 演 算	$N(I) = L(I) + K(I)$	—	F	F	F	F
5	間接添字(リストベクトル)	$A(N(I)) = B(L(I)) + C(K(I))$	—	F	F	プリ プロセッサ	関 数
6	集 約 ・ 分 散	$A(I) = B(N(I))$	—	F	F	プリ プロセッサ	関 数
7	関 数 (sin など)	$A(I) = SIN(B(I))$	—	F	F	F	F
8	逐 次 演 算 (1次)	$A(I) = A(I-1) + B(I)$	F	F	—	—	—
9	逐 次 演 算 (2次以上)	$A(I) = A(I-4) + B(I)$	—	—	—	—	—
10	ループ内並列処理	スカラー前処理とベクトル演算	—	F	F	—	—
11	並列スカラー処理	スカラー演算とスカラー演算	—	—	—	F	—