

報告



パネル討論会

スーパーコンピュータへの期待

昭和58年後期第27回全国大会† 報告

パネリスト

浅井 清¹⁾, 柏木 浩²⁾, 天野 恒雄³⁾竹中 裕行⁴⁾, 三輪 建夫⁵⁾, 司会 石田 晴久⁶⁾

表-1 のように発達してきたスーパーコンピュータに対し、最近、各方面での期待が高まっている。しかしスーパーコンピュータは汎用・万能というわけではない、最新のスーパーコンピュータは表-2 のような仕様をもつが、こうした機械はどのような計算に対しても、速いというわけではなく、スーパーコンピュータ向きの計算というものがある。したがって、スーパーコンピュータを使いこなすには、そのための技術が必要となる。スーパーコンピュータに有効な計算とは、切れ目なしにデータが供給されるものである。最近のスーパーコンピュータのサイクル時間は、6~14 nsec (ナノ秒) になってきた。演算機構としては、4~12 個の演算器が並列に動き、1~2 サイクルごとに各演算器から計算結果が出てくる。したがって、単純に考えると1個の演算器あたり約数十 MFLOPS (mega floating-point operations per second)、全体で数百 MFLOPS である。ただし、このスピードを出すには、演算が並列に行われるプログラムを作らなくてはならない。

さて、スーパーコンピュータのユーザはたいいてい科学技術計算をやる人で、言語としては FORTRAN を使う人が多い。そのため、普通に FORTRAN のプログラムさえ書けば、コンパイラでスーパーコンピュータ向けに、最適化してくれるようでは困る。この最適化には2つのレベルがあり、1つはソース・プログラムの変形、もう1つはオブジェクト・プログラムでの最適化である。そこでこれら FORTRAN 処理系の研究も再び重要となる。またユーザにとっては、FORTRAN だけではなく、アセンブラ語もよく知って、高速なプログラムを書くことも有利であ

表-1 主なスーパーコンピュータ

出荷年月	モデル
1976	CRAY-1
1981	CRAY-1S
1981	CDC Cyber 205
1982	CRAY-1M
1983.7	CRAY X-MP
1983.10	HITAC S-810/10 & 20
1983.12	FACOM VP-100 & 200
1985(?)	ACOS SX-1 & 2
1985(?)	CRAY-2

表-2 最新のスーパーコンピュータの仕様例

浮動小数点演算サイクル=6ナノ秒 (nsec);
delay=0.25 nsec
ベクトル演算器=16個 (うち8個が並列動作)
最大演算速度=8/6×10 ⁹ FLOPS=1,300 MFLOPS
記憶アクセス=3.5 (nsec) 最大主記憶=256 MB

る。命令セットに対する研究も重要なのはいうまでもないであろう。

さらにアルゴリズムの研究も欠かせない。日本ではこれらのノウハウの蓄積には時間がかかるであろう。これに関して、アメリカでは1976年頃から CRAY-1 が使われていることでわかるように、すでにかかなりのノウハウの蓄積がある。また注目したいのは、イギリスで、かなり前からスーパーコンピュータを導入しており、その利用は日本よりも進んでいる。しかし、国産機の登場で、これからは日本も、スーパーコンピュータの先進国になれる見通しが出てきた。

次に運用面のことを考えたい。私のセンタには、国産のスーパーコンピュータ (日立 S810) が入り運用を始めた。富士通のスーパーコンピュータも1983年12月には名大プラズマ研に入り、京大にも1984年春に導入された。そうしたセンタでの問題は、これをいかに

† 日時 昭和58年10月20日, 12:30~14:45

場所 名古屋大学

1) 日本原子力研究所, 2) 分子科学研究所, 3) 名古屋大学, 4) センチュリーリサーチセンター, 5) (株)三菱総合研究所, 6) 東京大学

うまく運用するかどうかである。大勢のユーザがマルチ・アクセスするわけであるが、入出力、とくにディスクやディスク・キャッシュや半導体拡張記憶などの記憶のハイアラキの割りつけやアドレスの拡張が重要である。また、われわれの場合、全国のセンタで初めての導入であるから、全国のユーザにネットワーク経由でのサービスもしなくてはならない。

さらに、これから数年にわたって問題になると思われるのは、ライブラリの蓄積である。ユーザが書いたFORTRANのプログラムや、現在のライブラリをスーパーコンピュータ向けに改造して、ユーザがこれらのライブラリを通して、スーパーコンピュータを意識しなくても使えるようにしたい。

このようにみても、スーパーコンピュータについては、研究すべきテーマがいろいろあることが分る。

今後のスーパーコンピュータの応用分野としては、とくにグラフィックス分野が期待される。NHKテレビの「ニュースセンター9時」のグラフィックス画面はCRAY-1でつくられたものである。

また、アレイプロセッサとしては、ミニコン用のボード・レベルのものがアメリカで開発されている。こうしたボードやさらにはチップ・レベルのものの普及が望まれる。こうしたものは、今後はパソコンでもグラフィックスに利用できるようにしたい。そうしたパソコンで、ベクタ・プロセッサの経験を積む人が増えれば、大きなスーパーコンピュータもよりよく利用されるようになる、と期待できる。

(司会 石田 晴久)

スーパーコンピュータにおけるベクトル化率

浅井 清

日本原子力研究所（以下原研という）でも、増加する計算需要に対処する方法のひとつとしてベクトル計算機に注目し、過去7年間その適応性について調査してきた。ここではその結果について報告する（カッコ内の文章は発言したものではないが、読者の理解を助けるために付け加えた）。スーパーコンピュータという言葉は、ここでは現在発表されているベクトル計算機を指すとしてお話しする。

ベクトル計算機の性能を生かすためには、ユーザ・プログラム（以下計算コードという）のベクトル化率が高くなければならない。ベクトル化率は、計算コードをすべてスカラ演算で実行したとき、その演算時間のうち、ベクトル演算で置き換え可能な時間の比率と

して定義される。

ベクトル化率 V 、ベクトル計算機のベクトル演算性能 α 、ベクトル演算利用による性能向上倍率 P との関係を図-1に示す。図-1からわかるようにベクトル化率が50%よりも小さいときは、どのように高性能のベクトル計算機であっても速度向上倍率は2倍にもならない。したがってベクトル計算機の性能を生かすためには、計算コードのベクトル化率は50%以上は欲しい。

原研で過去7年間に調査した長い計算時間を要する計算コード45本のベクトル化率の分布は図-2のようになった。これらの計算コードは長時間、かつ多用されているものを選んで調査した。ベクトル化が容易かどうかでは選んでいない。

図-2でベクトル化率が1~30%となっているうちの3~4本の計算コードも最近の調査でベクトル化率が70~80%であることがわかった（図-2ではその修正をしていない）。そのことを考慮に入れると図の棒グラフは、図-3の曲線（実線）でなぞることができる（これは原研での調査データに基づいた正確なプロット曲線である。図-2の各計算コードについてもっとベクトル化率を上げることもできるが、それに

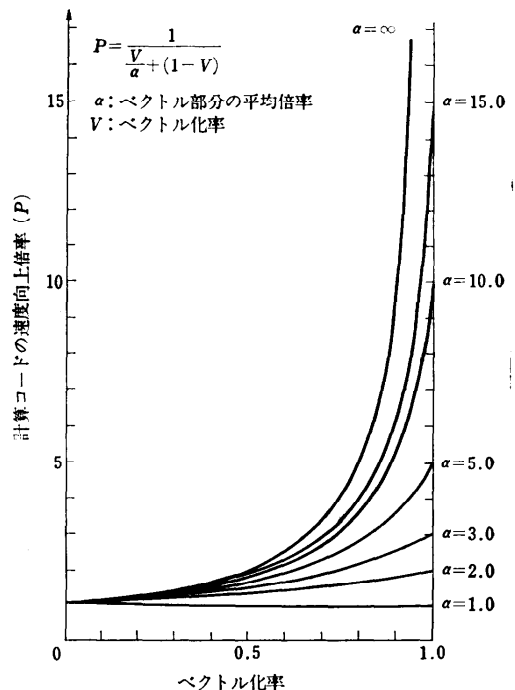


図-1 ベクトル化率と計算速度向上倍率

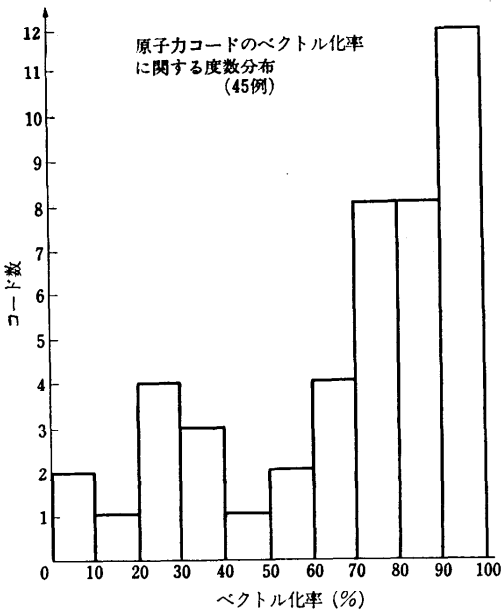


図-2 ベクトル化率の度数分布

はかなりの人手がかかるので適当な値であきらめることが多い。経験からいえば、ベクトル化率を 80~90% まで上げると、それ以後のベクトル化率向上は難しいことが多い。乱数、ルジャンドル多項式など回帰的計算を含む、あるいは計算コード全体を書き換えなければならない、などの場合が多いからである。

ベクトル化率を向上させるためにおこなった変更(すなわち計算コードの書き換え)は、図-4 の物理的問題から計算(原子力)コードへ至る道筋のうちのアルゴリズムの部分である(そのアルゴリズムの変更も、いくつかのサブルーチンをひとつにまとめるとか、3次元添字のついた変数を1次元変数に変更するなどの泥臭いものが多い)。計算スキームを変更することはしない。例えば幾何形状が複雑であるために有限要素法を採用しているのであって、それを有限差分法に変更すると、元の計算コードの特徴が失われてしまうからである。

それでは、アルゴリズム・レベルの手直しをおこなわないで、上記 45 本の計算コードをベクトル化自動コンパイラにかけた場合のベクトル化率はどうなるであろうか。そのときのベクトル化率の分布は図-3 の破線のように

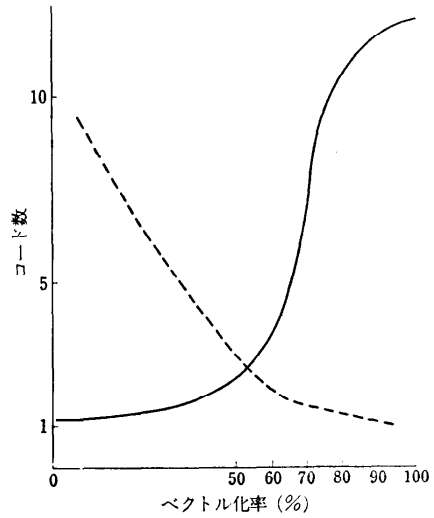


図-3 実際のベクトル化率の度数分布

なるであろう(この点に関してはデータを整理していないので、破線はやや正確さに欠けるが……)。このような結果になるのは2つの理由がある。そのひとつは(現在のレベルの)コンパイラでは計算コード中のひとつのアルゴリズムをほかのアルゴリズムに交換できないということ、ほかのひとつは、コンパイラではサブルーチン間に渉る修正はできないということ、この2つの理由である。このような主張については計算機メーカーの方々からの反論を期待する(会場のメーカー側出席者から、コンパイラでかなり対処でき、そうでなく人手が必要なアルゴリズムの修正があったとしても、それは全体のソース・ステートメント数の5~10%以内で高いベクトル化率を得ることができる場合が多いというコメントがあった。この数字は原研の経験値とも一致する。この程度の書き換えで図-3の実線のような高いベクトル化率の分布を得ることがで

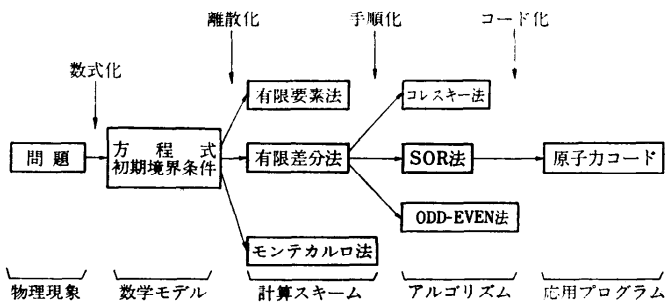


図-4 物理問題から原子力コードへ至る道筋

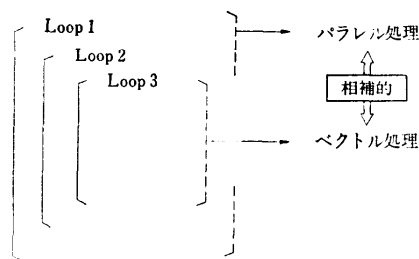


図-5 パラレル、ベクトル処理の相補関係

きるのであるから、ベクトル計算機は非常に価格性能比が良いことがわかる。

計算コードのベクトル化作業をおこなう過程で感じたことは、ベクトル計算機の方式（多数のプロセッサを並置した）パラレル計算機の方式が互いに対立するものではなく、補い合うものであるということである。図-5の Loop 1, 2, 3のうち Loop 3をベクトル処理で、Loop 1, 2をパラレル処理でおこなうか、あるいは Loop 2, 3をベクトル、Loop 1をパラレルで処理するかは、ループ内演算のベクトル処理、パラレル処理適合性、パラレル処理可能な装置台数、計算コードの入力データ等に依存する。両方式をうまく組合せることでより速い演算が期待できる。言い換えれば、ベクトル処理技術はパラレル計算機の時代においても必要なものである。

最後に、この会場におられる方々が次の計算機を作られるものと思うので、計算機運用にたずさわる者の立場から一言お願いをしておきたい。次の計算機は、それがパラレル計算機であっても、(1)遺産の継承（スカラ、ベクトル計算機計算コードがさほど手直し無く使用可能）、(2)高速性、(3)汎用性、(4)拡大、縮小の柔軟性（ソフトを変更することなく演算装置台数等の規模を変更できる）の4項目を満たすようにしていただきたいということである。実用という見地からは、これらの条件はいずれも欠かすことはできない。

分子科学におけるスーパーコンピュータへの期待

柏木 浩

分子科学者は現在開発されつつあるスーパーコンピュータに熱い期待をよせている。分子科学は新しいエネルギー資源の開発、新しい機能を持った物質の生産、医療や生物の育成に新しい光を与える基礎科学である。この分野では計算機の利用が大変に重要でかつ有用である。分子科学研究所電子計算機センターには現在2

台の M200H 計算機があり、全国の 500 名を超える研究者の利用のために年間 8000 CPU 時間のフル稼働が行われている。主な研究は、分子軌道計算による分子の電子状態と化学反応の研究、固体および固体表面の物性論、溶液や蛋白質のシミュレーションによる動的性質の研究、X線結晶回折と各種分光法の実験データの解析などである。なかでも非経験的分子軌道計算は理論的な基礎も強力で、化学結合の長さを 10^{-4} Å の精度で計算でき、化学反応の経路も予測できるようになっている。計算機が高速化すれば予言可能な領域が拡大することが目に見えているので、スーパーコンピュータへの期待は大変大きい。

現在開発されつつあるスーパーコンピュータは従来の汎用機に比べると大変高速な計算機であるが、分子科学における研究と技術の爆発的な発展のためには、検討すべき点が残されている。分子軌道計算による光合成の研究を例として挙げてみよう。光合成反応中心は葉緑素の二量体であると考えられている。太陽光のエネルギーはここに集められ、この分子の励起状態から電子が1個放出されることから光合成が開始されるが、詳しいメカニズムは明らかにされていない。この系を計算するためには約 1000 個の原子軌道が必要で、M-200 H を用いると数千時間かかる。ファイル量は 10^4 MB 以上必要になるだろう。計算速度が百倍になれば CPU 時間は数十時間になるから、この点は解決できるとしても、まだ次のような点で検討が必要である。

1) 高速な大容量記憶装置

現在発表されているスーパーコンピュータの主記憶容量は $\sim 10^2$ MB であり、分子科学の分野でスーパーコンピュータに期待されているデータ量 $\sim 10^4$ MB に比べるとはるかに少ない。したがって、主記憶の外側に大容量の記憶装置が必要である。スーパーコンピュータの計算速度は1語のデータあたり、 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 秒であるのに対して、磁気ディスク装置の転送速度は 10^{-5} 秒にすぎない。この対策として複数のディスクボリュームの並列入出力が考えられているが十分でない。機種によっては 1 GB 程度の半導体拡張記憶装置が提案されているが、作業用ファイルに限定される。かなり有力と思われるが、一層の根本的な対策が望まれる。

2) 多数のデータセットの管理

分子研の活発なユーザは今でも1日の計算の結果、10~100 個のデータセットを生産している。スーパーコンピュータになってスループットが上がると1人1日

で100~1000個のデータセットを得るようになると推定される。このように多数のデータセットを取扱うためには現在のデータセットの管理方式では不十分であり、データベース管理システムが持っているような機能が必要と考えられる。IBMタイプの大型計算機では煩雑なデータセットの取扱いが計算機の使いにくさの一因になっている。

3) 出力結果の分析

分子軌道計算の場合、解の分子軌道は原子軌道についての係数行列の形で得られる。原子軌道の数が数十個程度であれば、ラインプリンタ用紙にプリントしてこの行列を眺めることで解の概要を知ることができるが、1000軌道にもなると、この行列は 10^6 個の数値から成り立ち、ラインプリンタ用紙に出力すると2000頁(1箱分)にもなる。こうなると眺めることも無意味であり、グラフィックディスプレイに表示するなどの対策が必要になる。この例のように大規模計算の結果についてはそれを分析する手続きが増えてくる。このための手段としてはスーパーパーソナルコンピュータとかワークステーションとか呼ばれているものをインテリジェント端末として用いることが一つの解決策であろう。

4) プログラム言語

分子研センターでよく使われているプログラムにはステップ数が $10^4 \sim 10^5$ のものが少なくない。これらのプログラムのほとんどはFORTRANで書かれているために可読性が悪く、開発はもとより追加や保守の労力は大変なものである。次々に登場してくるアーキテクチャの異なるベクトルプロセッサやパラレルプロセッサに研究者が対応していけるようにするためにはどうしたらよいだろうか。根本的には科学論文や教科書に載っている程度の定義と式を書けばプログラムになるような言語の登場が望ましい。

スーパーコンピュータは超高速計算を必要とするような特殊な計算を対象としているのだから、特殊の分野の特別な訓練を受けた一部のユーザが使えるさえすればよいという意見がある。しかし、少なくとも科学技術分野では広い範囲で高速計算を必要としているので、スーパーコンピュータは誰もが使えるような標準的な計算機として期待される。科学研究の発展を考えると、スーパーコンピュータの適用範囲の限定や、研究者とプログラマ、計算実行者との分離は好ましくない。創造的な研究においては、研究者に自由な発想を許し、利用のための負担が少ない計算機であることが望まれる。終りに、

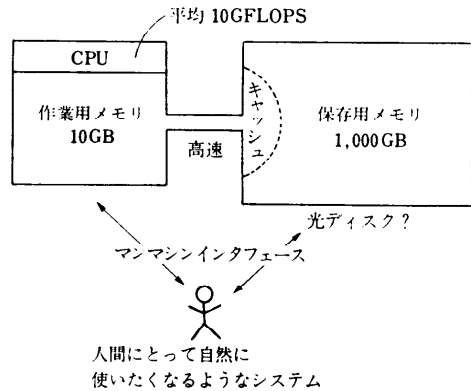


図-1 数年後に期待されるコンピュータ

数年後に期待されるコンピュータの規模を図-1に示す。

プラズマ・核融合研究と スーパーコンピュータ

天野 恒雄

最近のプラズマ・核融合の分野における、計算機シミュレーションの進歩は著しく、より高速な計算機の導入を必要としている。名古屋大学プラズマ研究所は全国共同利用研究所であるが、電子計算機センターは、M-200 2台、M-190 1台、のシステムから、59年1月からVP-100 1台、M-200 2台のシステムに増強された。現在、計算機センターは、京大、阪大、広島大、筑波大の各核融合研究センターと高速の回線で結ばれているが、将来さらにRJEステーションは増える予定である。計算機は、月曜日の午後から、土曜日の夜10時半まで連続運転されている。アメリカでは、Livermore研究所に国立磁気核融合電子計算機センターが設置されていて、現在、CRAY-I 2台、CDC-7600 1台が動いて、アメリカの主要国立核融合研究所、主要大学とサテライトを用いた通信回線で結ばれている。近い将来、CRAY-IIが追加される予定である。CRAY-Iが1978年に導入されて以来、アメリカの核融合シミュレーション研究の進展はめざましく実験の結果とシミュレーションの結果の比較のためにワンパラメータ、数十時間のCPUタイムを使うような計算が続々と行われている。特に、3次元の非線形MHD(磁気流体力学)のシミュレーションと実験結果を比較することによって、トカマク装置で長い間理解できなかったプラズマ電流が急激にターミネートするディスラプションと言う現象が説明できるよう

になったことは、大きな成果の一つである。トカマクの研究で先駆的で最も進んでいたソ連が、最近、米国、日本、ヨーロッパの研究に遅れをとり始めた大きな原因は、計算機の遅れが一つであろう。

プラズマ・核融合のコンピュータ・シミュレーションのモデルは多種多様であり、磁気流体力学モデルによる2~3次元の線形及び非線形シミュレーション、速度空間2次元、速度空間1次元のFokker-Planck方程式の計算、中性原子のプラズマ中での運動と電離、荷電交換の過程を追跡するモンテカルロシミュレーション、プラズマ粒子を数十万個の超粒子で代表させて、粒子の運動方程式とMaxwellの電磁場の方程式を連立させてセルフコンシステントに計算する粒子模型、さらには、粒子模型と流体模型を組合せたハイブリッド模型などがある。これらのモデルは、各モデルに固有な数値計算上の手法をもっており、絶えざる、モデルと計算法の改善を必要としている。また最近では、装置設計のための構造計算、放射線シールドのような技術計算も大きなウエイトを占めるようになってきた。

現在までの、われわれのベクトルマシンの経験は原研のAPUを用いたもの、Livermore研究所のCRAY-Iを用いたもの、プラズマ研のVP-100導入に際して行ったベンチマーク・テストと、VP-100導入以来、数カ月の経験に限られている。この数カ月間のVP-100の経験からは、VP-100のパフォーマンスは、メーカカタログと良く一致していて、今までのスーパーコンピュータより優れている。コンパイラも、ベクトル化の範囲の広さ、DOループの中でIFが使えるなどの点で従来のものより優れている。ベクトルマシンによって、計算がどれだけ速くなるかは、次のような簡単な推定と良く合っている。いま、スカラ演算に比べて α 倍速いベクトル命令を持つ計算機があるとし、プログラム全体に対して β ($1 \geq \beta \geq 0$)の割合の部分がベクトル化されるとする。ベクトル命令を用いることによって、実行時間は $\beta/\alpha + (1-\beta)$ に短縮できる。いま $\alpha=20$ (α の値は、計算機の性能とプログラム中の代表的なベクトル長に依存する)、ベクトル化率が50%、75%、95%の場合、計算速度はほぼ2倍、3.5倍、10倍になる。このようにベクトルマシンの性能を十分に使うためには、プログラムのベクトル化率を高めることが必須である。以下いくつかの、われわれのVP-100による経験について述べる。ある3次元のMHD計算では、陽差分法で時間発展が解

```

SUBROUTINE SSCAL (NXYZ, CXYZ, AXYZ,
                  MXYZ) DIMENSION AXYZ(1)
DO 10 IXYZ=1, NXYZ
10 AXYZ (1+(IXYZ-1)*MXYZ)
   =AXYZ (1+(IXYZ-1)*MXYZ)*CXYZ
RETURN
END

```

図-1 ベクトル化の例

かれているがごくわずかのプログラムの修正で計算速度は20倍になった(この速度はM-200と比較しての値である。以下同じ。M-200とVP-100のスカラ性能比は約2.5倍である)。陰差分法で回帰演算をふくむ場合も、2~3次元のADI法でDOループの順番を適当にとることによって、最内側のループは回帰演算をふくまないようにして、ベクトル化ができる。40×70メッシュの2次元のFokker-Planck方程式の場合、このテクニックで20倍の速度がえられた。さらに、このプログラムでひんばんによばれている図-1に示されているSUBROUTINE SSCALで、実際上はMXYZ=1でしかよばれないのでこのサブルーチンをそのように書きかえたところ、2倍速くなり、合計40倍の速度がえられた。図-1のサブルーチンでコンパイラは、MXYZが正か負か予測できない。MXYZ<0の場合は、回帰関係になりベクトル化できない。以上のようなベクトル化は、アプリケーション・プログラムFORTUNEを用いてプログラムを実行し、各サブルーチン、各ステートメントに使用されたCPU時間を出して、CPU時間の多い部分を優先的にベクトル化していけばよい。また、VPソースをとることによって、どのステートメントがベクトル化されるかを知ることができる。

ベクトル化によって計算が遅くなる場合もまれにある。例えばADAMS法で常微分方程式を解く場合、ベクトル化をしないよう指定したときの方が計算が速くなった。ADAMS法は、おそらく常微分方程式のソルバとしては最も優れたものであるからこのことは、スカラ計算機でベストの計算法は、ベクトル計算機でベストでないことを意味し、数値計算数学に新しい問題を提示するものである。これらの例から見られるようなプログラムのわずかな変更で、数倍、数十倍の高速化がえられる場合が多い。一方、モンテカルロ計算などのようにベクトル化がむづかしい場合や、プログラムの構造から変えて書き直さないとベクトル化できないようなプログラムも多い。このようなノウハウの蓄積のためにユーザの経験の交流が必要である。

最後に、ベクトル計算機には直接には関係はないがこの機会に計算機メーカーに要望したいことがある。日本の計算機メーカーの作るハードウェアの進歩は近年著しく米国をしのぐものがある。また VP のコンパイラのようにソフトウェアの面でも米国をしのいでいるものがあると思われる。しかし、計算機の使い易さのためのソフトウェアの面では、従来の汎用大型機にフォロしすぎたためか遅れているように思われる。汎用の大型機は、科学技術屋には最も評判の悪い計算機である。計算機が高速化しても、プログラムの新しい開発は少しも楽にならない。TSS の使い易さ、デバッグのやり易さ、I/O の簡単さ、JCL の簡易化などにもっと力をいれてほしい。計算機の能率を最適化するのではなく、人間の側の能率を最適化する配慮が必要である。

ベクトル化と2次記憶の重要性

竹中 裕行

航空宇宙、原子力、国防、気象等の分野において、コンピュータシミュレーションは、今日欠くことのできない手段であり、技術者は常により高速で、大容量メモリの大きなコンピュータを求め続けてきた。

80年代に入って、CRAY-1, CYBER 205 等に代表される、いわゆるスーパーコンピュータが実用化されてきた。CRC においても80年に CRAY-1 を導入し、社内外の計算サービスを行ってきたが、ここではスーパーコンピュータの1ユーザとして述べてみたい。

スーパーコンピュータは大型汎用コンピュータの10倍以上の性能を有しており、従来のコンピュータの基本である逐次処理、つまりスカラ処理からパイプライン方式によるベクトル処理、あるいはプロセッサレイ方式による並列処理の機能を持つアーキテクチャが採用されているのが大きな特徴と言える。

構造解析においても、マトリックス演算を繰り返す行うわけで、大次元でかつスパースなマトリックスをいかに効率良く処理するかが大きな課題である。プログラムのベクトル化によって逆行列の計算やFFTの計算でスカラ演算の5~10倍のスピードアップを計りベクトル処理の有効性を経験した。プログラムのベク

```

DO 10 I=1, M
DO 10 J=1, N
A(I, J)=0.0
DO 10 K=1, L
A(I, J)=A(I, J)+B(I, K)*C(K, J)
10 CONTINUE

```

→ 5

```

DO 10 I=1, M
DO 5 J=1, N
A(I, J)=0.0
CONTINUE
DO 10 K=1, L
DO 10 J=1, N
A(I, J)=A(I, J)+B(I, K)*C(K, J)
10 CONTINUE

```

図-1 ベクトル化

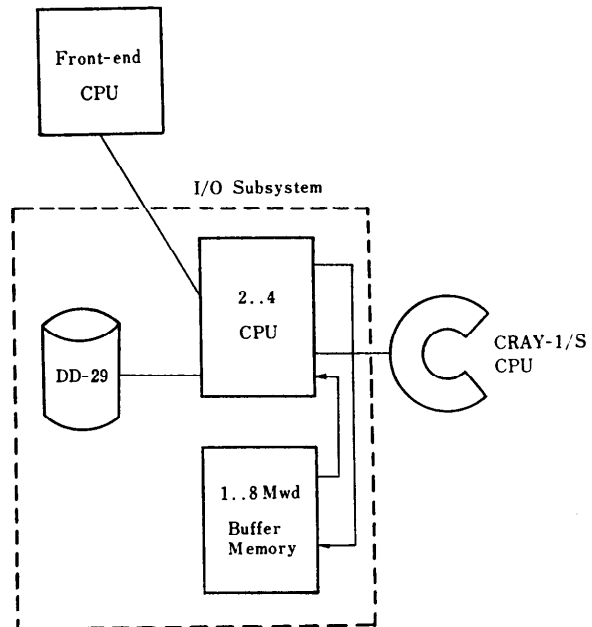


図-2 I/O サブシステム

トル化は FORTRAN コンパイラによって自動的になされるが、プログラムの中にはベクトル化ができずスカラ演算になってしまう部分がある。それらの部分に手を加えてベクトル化できるように組み直すことはユーザにとって大きな負担となる。CRAY の場合、コンパイラがかなりのベクトル化を行ってくれるが、全面的なベクトル化はまだ無理である。たとえば、左辺の変数のインデックスがインバリエントであればベクトル化はなされない。これを図-1 のように組み直すとベクトル化が行われる。

また、ベクトル化が行われても、計算実行の順序が製作者の意図に反することがある。CRAY の場合これらを未完型依存関係および破壊型依存関係としているが注意を要する点である。ユーザとしては、アーキテクチャの能力を十分に引き出す OS なりコンパイラの成熟を是非期待したい。

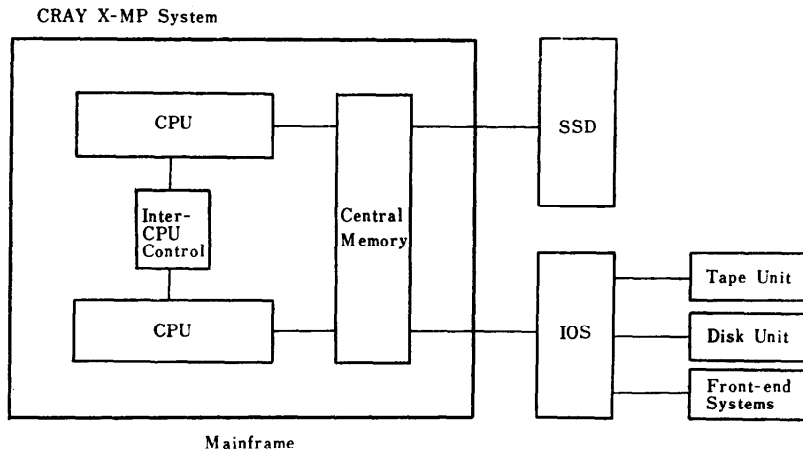


図-3 半導体メモリ (SSD)

表-1 ベンチマーク

Configuration	Total Elapsed Time (Sec)	CPU Time (Sec)	I/O Time (Sec)	Percentage of Total due to I/O
Disks only	1136.2	497.9	638.3	56.2
1 Mwd Buffer Memory	896.6	497.9	398.7	44.5
4 Mwd Buffer Memory	561.3	497.9	63.4	11.2
8 Mwd SSD	525.6	497.9	27.7	5.3
IBM 3033	10699.5	1158.5	9541.0	89.2

Reference FINITE ELEMENT NEWS

次に、大容量2次記憶装置（ディスク）のアクセスタイムとデータの転送速度の問題である。構造解析においても、動的解析や非線形解析では膨大な量のディスクを必要とし、いかにCPUやメモリのアクセスタイムが早くとも、結局ディスクの物理的スピードに押えられて、データの取り取りに費す時間（I/Oタイム）がジョブのスループットを悪くしている。このI/Oタイムの軽減のためにいろいろな方策が取られている。CRAYの上位機種では図-2に示すように、メモリとディスクとの間にI/Oサブシステムを置き1~8M語のバッファメモリを配置している。さらに最上位機種であるX-MP(2CPU)では図-3に示すように、I/Oサブシステムのほかに超高速チャンネル(1250MB/s)を通じて8~32M語の半導体メモリ(SSD)を256M語まで実装できるように設計されている。このSSDを使用した場合、ディスクに比較して30~50倍のスループットの向上をみている。表-1に示す例は、構造解析の代表的なプログラムであるNASTRANによる2次記憶装置の違いによるスループット比較のベンチマークである。表でわかるように、ディスクだけの場合、トータル時間の56%がI/Oに使われている。I/Oサブシステムを使用した

場合、4M語のバッファで11%、さらに8M語の半導体メモリを使えば5%までI/Oを軽減できる。

このように、ディスクをメモリに変えると効果があるが、半導体メモリは何分高価である。安くて大量の半導体メモリを自由に使って大規模なコンピュータシミュレーションを手軽に行える日が一日も早くくることを期待したい。

CRAY-1 納入実績の分析

三輪 建夫

CRAY-1の登場により本格的にスタートを切ったスーパーコンピュータの歴史は、国産スーパーコンピュータの商用化により、新しい局面を迎えている。

この状況は、スーパーコンピュータ利用の一般化をもたらし、計算センタとしてCRAY-1を稼働させている当社としては、大型科学技術計算の需要を喚起してくれるものと期待している。

さて、こうしたスーパーコンピュータの現状を理解し、さらに将来の利用動向を探るためには、スーパーコンピュータ市場をほとんど独占しているCRAY-1の納入実績を分析してみることに意味があると思われる。

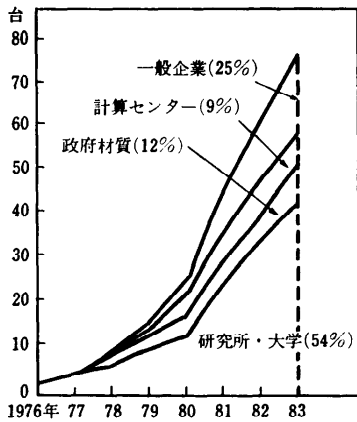


図-1 納入先タイプ別 CRAY-1 納入実績

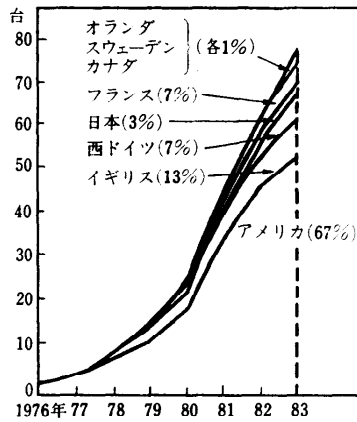


図-2 国別 CRAY-1 納入実績

図-1 は納入先のタイプ別に、稼働台数を年次に累計で示したグラフである。まずこのグラフで分かることは、1980 年から急速に増加していることであり、さらにその傾向の衰えが見えないことである。1985 年には 100 台の大台を突破しそうな勢いである。さて、その内訳を見てみると 1983 年現在では研究所・大学が 54% を占めている。確かに米国の国立研究所などでは、CRAY-1 を何台も保有している所があり、スーパーコンピュータの最大の利用目的が研究であることに間違いないようだ。しかし、最近の増加率としては一般企業の方が高く、1980 年では全体の 13% であったのが、1983 年では 25% となってきている。この一般企業の中の多くが実は石油会社であり、石油探査に使用されている。以前は CRAY-1 の主要 3 分野として、原子力・核、気象、軍事が挙げられていたが、それに石油探査が加わった感がある。ともあれ、CRAY-1 ユーザーの 1/4 が一般企業であるという事実は、もはやスーパーコンピュータが採算を度外視した一部の研究所だけのものではないということを示している。これはスーパーコンピュータの持つ「速さ」という側面だけでなく、「優れたコストパフォーマンス」と

いう面も評価されてきたことによるのであろう。

一方、図-2 は国別の台数を示したものである。1983 年現在で米国が 67% と圧倒的ではあるが、1980 年の 75% と比較すれば、それも揺らぎつつあることが分かる。その要因は、ヨーロッパにおける導入増加である。しかも、5 カ国に分散している。

このように、全体的な傾向としては、米国の国立研究所における原子力・核エネルギー研究における利用から、各国における一般企業をも含めた多方面での科学技術計算への利用へと、スーパーコンピュータの利用分野が拡大しつつあると言える。このような状況下で、国産スーパーコンピュータの持つ役割は大きく、日本国内における稼働は当然のこととして、海外、特にヨーロッパにおける健闘を期待したい。そして、CRAY-1 を代表とする米国製スーパーコンピュータと国産スーパーコンピュータとの競合により、より速く、より使い易い次世代のスーパーコンピュータが登場してくるのを待ち望みたい。そのためにも、ユーザーが適確にスーパーコンピュータを評価するとともに、それを活かすソフトウェア・ノウハウを蓄積・流通させる必要がある。