

Title	スーパーコンピュータの基礎知識
Author(s)	塩野, 充
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1986, 60, p. 103-108
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/65681
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

スーパーコンピュータの基礎知識

岡山理科大学理学部電子理学科 塩野 充

大阪大学大型計算機センターにもいよいよ今年からスーパーコンピュータが導入される事になった。しかしながらスーパーコンピュータとはなんぞやという事がはっきり分っている人は以外に少ない。そこで本稿ではスーパーコンピュータに関する基礎知識をまとめて啓蒙の一助とする事にした。まず、コンピュータをその規模から分類すると次のように分類される。

超大型コンピュータ

大型コンピュータ

中型コンピュータ

ミニコンピュータ(ミニコン)

パーソナルコンピュータ(パソコン)

これらのうち、超大型から中型までは汎用コンピュータと呼ばれる。超大型や大型コンピュータのことをメインフレームと呼ぶこともある。又、最近ではミニコンとパソコンの中間的な性能をもち、メインフレームとの通信回線による接続を前提としたワークステーションとよぶコンピュータも現れてきている。ところで自動車の場合は大きい方が小さい方よりスピードが速いとは限らないが、コンピュータの場合は大きい方がスピード、即ち演算速度が確実に速い。したがって、超大型コンピュータが最も演算速度が速く、パソコンが最も遅い。パソコンでやるとものすごく長時間かかったり、あるいは到底出来ないような複雑かつ大規模な計算でも超大型コンピュータを使えばたちどころにやっつける。しかしながら世の中には想像を絶するような複雑かつ大規模な計算を必要とする分野も少なくない。例えば気象予測、宇宙開発、原子炉設計、核融合、量子力学、航空機や高層ビルの構造計算、バイオテクノロジー、その他あらゆる分野が考えられる。そのような大規模計算の需要は科学技術の進歩に伴って益々増大しつつあるのである。それらの大規模計算を行うには超大型コンピュータを占有してフルに使っても何十時間、あるいは何日間もかかるものが少なくない。そういう需要に応えるべく登場したのがスーパーコンピュータと呼ばれる特殊コンピュータである。スーパーコンピュータは価格や汎用性は度外視してとにかくスピードをケタ違いに上げることのみを目的として作られた特殊なコンピュータであり、自動車でいえばやはり価格や乗り心地などは全く無視してひたすらスピードの向上だけを目的として作られたレーシングカーや一頃話題になったスーパーカーのようなものである。レーシングカーでファミリードライブをする人はいないように、スーパーコンピュータで会社の事務計算などをするものではなく、極めて大規模な科学技術計算だけを行うための専用コンピュータである。出現当初は科学技術計算用超高速コンピ

ュータなどと呼ばれていたが最近ではスーパーコンピュータという呼び名が一般的になったようである。スーパーコンピュータと長音を付けない表現も用いられるが、“スーパーマン”をまだ“スーパーマン”とは言わないのでここでは長音を付けておく事にしよう。門外漢はスーパーコンピュータと第5世代コンピュータを混同しがちであるが、第5世代コンピュータは人間の知能活動をシミュレートしようとするコンピュータであるのに対し、スーパーコンピュータは自然現象をシミュレートするためのコンピュータであり、あくまで第4世代コンピュータの中の特殊コンピュータにすぎない。コンピュータの演算速度を表わす単位にはMIPS (Million Instructions Per Second、ミップスと読む)と、MFLOPS (Million (or Mega) Floating-point Operations Per Second、ミリオン(又はメガ)フロップスと読む)がある。MIPSは普通のコンピュータ即ち汎用超大型ないし大型コンピュータのスピードを表わす単位で、1秒間に何百万個の機械命令(命令の最小単位)を実行出来るかを表わす。MFLOPSはスーパーコンピュータのスピードを表わすときの単位で1秒間に何百万個の浮動小数点演算が出来るかを表わす。1個の浮動小数点演算は複数個の機械命令からなっており、平均的には大体1MFLOPS \approx 2.35MIPSといわれている。現在の汎用超大型コンピュータのスピードは高々数十MIPSである。これに対して現在商用化されているスーパーコンピュータのスピードは数百 \sim 1000MFLOPS前後である。我国の通産省の目標値は10GFLOPS (Giga FLOPS=1000MFLOPS、ギガフロップス)である。現在スーパーコンピュータと称せる目安は大体100MFLOPS以上といわれている。しかしスーパーコンピュータのこれらの演算速度は自動車の最高スピードと同じで、いつでもその速さで走るといっわけではなく、取り扱うプログラムによって出せるスピードには大きな変動がある。そういう意味でスーパーコンピュータの演算速度はピーク性能と呼ばれ、瞬間最大風速などとたとえられる。スーパーコンピュータの元祖はよく知られているようにアメリカのクレイ・リサーチ社のCRAY-1であり、1976年に登場し、“米国の宝”といわれた。ピーク性能は80MFLOPSであった。その後、日本でもスーパーコンピュータが作られ、日立S-810/5、S-810/10、S-810/20、富士通VP-50、VP-100、VP-200、VP-400、日本電気SX-1E、SX-1、SX-2などが発表されているがいずれも数字の大きいのが最大機種である。又、最近元祖から1.95GFLOPSのCRAY-2が発表された。これはUNIX(システムV)をOSとし、アセンブラやFORTRANだけでなくC言語も使える。半導体素子の演算速度を上げるためには回路に電流を沢山流さなければならないので、そのために発熱量も非常に大きくなってしまふ。発熱を冷やすための手段としては汎用コンピュータのようなファンによる空冷では追いつかないので、回路全体が無色無臭の不活性炭化ふっ素液の液槽に直接どっぷりとつかって冷却される世界初の液浸冷却方式を採用している。演算が始まって熱が生じてくると冷却液からブクブクと泡が出始めるのでバブルズというニックネームがついているそうである。値段は構成によって異なるが最小構成

で45億円である。ちなみにCRAY-1は20億円であった。クレイ・リサーチ社ではさらに1、2年先を目標に現在のシリコンVLSIよりも格段にスピードの速いガリウム砒素VLSIを用いた10GFLOPSのCRAY-3も開発中とのことである。現在商用化されているスーパーコンピュータのピーク性能をまとめると表1のようになる。スーパーコンピュータは現在世界中で100

表1 現在商用化されているスーパーコンピュータのピーク性能

国名	メーカー	機種	ピーク性能
米 国	クレイ・リサーチ社	CRAY-1	80MFLOPS
		CRAY-XMP	400MFLOPS
		CRAY-2	1.95GFLOPS
	CDC社	Cyber 205	400MFLOPS
日 本	日 立	S-810/5	160MFLOPS
		S-810/10	315MFLOPS
		S-810/20	630MFLOPS
	富士通	VP-50	140MFLOPS
		VP-100	250MFLOPS
		VP-200	500MFLOPS
		VP-400	1.14GFLOPS
	日本電気	SX-1E	285MFLOPS
		SX-1	570MFLOPS
		SX-2	1.3GFLOPS

台ぐらい稼動しており、そのうち50台以上がCRAY-1である。CRAY-XMPはCRAY-1からCRAY-2へのつなぎの機種といわれている。日本におけるスーパーコンピュータの現在の設置状況は、

- 東京大学大型計算機センター：S-810/20
- 京都大学大型計算機センター：VP-200
- 大阪大学大型計算機センター：SX-1（予定）
- 名古屋大学プラズマ研究所：VP-100
- 日本原子力研究所：VP-100
- NTT武蔵野電気通信研究所：CRAY-XMP
- 三菱総合研究所：CRAY-1
- センチュリリサーチセンター：CRAY-1
- 高エネルギー物理学研究所：S-810/10
- 分子研究所：S-810/10

などである。この他にも徐々に増えつつあるが、なにしろ高価であるため急激な普及は予想しがたい。スーパーコンピュータは汎用超大型コンピュータの数十倍の演算スピードをもっているがそれはどうしてであろうか。現在のスーパーコンピュータは別名ベクトル計算機とも呼ばれるように、計算をスカラではなくベクトルのまま各要素の演算を並列に実行出来るから速いのである。例えば、

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

という2つのベクトルがあるとき、

$$Z = X + Y$$

というベクトル演算を実行する場合を考えよう。汎用コンピュータの場合は、

$$z_1 = x_1 + y_1$$

$$z_2 = x_2 + y_2$$

.....

.....

$$z_n = x_n + y_n$$

というようにn回の足し算を1つずつ実行しなければならない。ところがスーパーコンピュータではベクトル演算によりn個の足し算を並列に行うから非常に速く出来る。ベクトル長(ベクトルの要素数)が大きい程ベクトル演算の効果は大きくなる。スーパーコンピュータの高速性の原理を一口で言えば以上のような事であるが、具体的にはパイプラインと呼ばれる命令の先行制御装置を何本も使ったり、いろいろと複雑な工夫がなされている。我々ユーザが作るプログラムもスーパーコンピュータにかけようとする場合はベクトル化を配慮したスーパーコンピュータ向けの特別な工夫が必要となる。そのような事を念頭に置いていないまずいプログラムをスーパーコンピュータにかけてもスピードアップにならずにかえってコスト高になってしまい損をする事がある。ベクトル化はFORTRANでいえば最も内側のDOループにしか効果を現わさないで、例えば2次元配列A(1:10, 1:10000)があるとき、

```
DO 1 J=1, 10000
```

```
DO 2 I=1, 10
```

```
A(I, J)=0.0
```

```
2 CONTINUE
```

```
1 CONTINUE
```

というプログラムと、

```
DO 1 I=1, 10
```

```
DO 2 J=1, 10000
```

```

      A ( I , J ) = 0 . 0
2   CONTINUE
1   CONTINUE

```

というプログラムを比べた場合、後者の方が格段にベクトル化率が高く、スピードアップが期待出来る。即ち簡単にいえば最も内側のDOループの実行回数が多くなるようにすればよい。したがってこの例では更に配列を2次元配列A(1:10, 1:10000)とせず、1次元配列A(1:10000)として、

```

      DO 1 I=1, 10000
      A ( I ) = 0 . 0
1   CONTINUE

```

とすればもっと速くなる。このいろいろな工夫が必要であるがここでは省略する。

スーパーコンピュータのスピードをMFLOPSやGFLOPSで示されてもシロウトには果たしてそれがどれだけ速いスピードなのか、直接的に把握しにくい。そこで筆者は東京大学大型計算機センターのスーパーコンピュータHITAC S-810/20と、手持ちのパソコンNEC PC-98XA(model-2)に、

$$y = \sqrt{\sin^2 x + \cos^2 x}$$

を100万回実行させる計算をしてその総所要時間を比べてみることにした。この2者だけを比べるのも少し極端なので、間に同センターの汎用超大型計算機HITAC M-280Hをいれて3者の比較をした。パソコンだけメーカーが違うがこれは筆者の手持ちの関係である。計算は、

$$Y = \text{SQRT}(\text{SIN}(X)**2 + \text{COS}(X)**2)$$

なる式で、K=1~10000のDOループで回し、X=K/100.0とした。パソコンの方も本当はFORTRANでやるべきであろうがこれも手持ちの関係で普通のBASICインタプリタで実行した。その結果、

- (1) S-810/20: 0.588 (秒)
- (2) M-280H: 10.065 (秒)
- (3) PC-98XA: 6236 (秒)

となった。(1)は(2)の約17倍、(3)の約10605倍のスピードである。これをもっと分りやすくたとえるために中間の(2)を時速210kmの新幹線ひかり号とすれば(1)は時速3570km、即ち音速の約3倍で最新型のジェット戦闘機より速いスピード、東京大阪間約9分である。(3)は時速0.34kmつまり秒速約10cmだから虫が這う程度の速さであり、東京大阪間約2カ月かかる。ところでPC-98ファンの名誉のため申し添えておくと、上記のPC-98XAには高速演算プロセッサ80287も装着しておらず、しかもBASICインタプリタという最も遅い環境での測定であ

り、これをもし80287を装着し、FORTRAMコンパイラやBASICコンパイラで実行すれば1桁程度以上のスピードアップが可能であろう。従って、虫の這う速さではなく、人間の歩く速さぐらいになる。しかし、いずれにしてもスーパーコンピュータは物凄いスピードであることがお分かり頂けたであろう。阪大センターにおけるSX-1の稼動に期待しよう。

(元プログラム相談員)

参考文献

- (1) 村田、小国、唐木：“スーパーコンピュータ”、丸善、(1985)
- (2) 工業調査会：“スーパーコンピューティングへの期待”、M&E、1985年6月号、pp.56-61、工業調査会
- (3) 石田晴久：“すさまじいアメリカのコンピュータパワー”、東京大学大型計算機センターニュース、Vol.17, No.7・8、pp 41-46 (1985)
- (4) 栗田昭平：“ベールをぬいだスーパーコンピュータCRAY-2”、bit、1985年8月号、p. 34、共立出版。
- (5) ASCII：“スーパーコンピュータCRAY-2発表”、月刊アスキー、1985年8月号、p. 144、(株)アスキー。