

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。

招大型コンピュータ

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 ちどころにやってのける。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な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≒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百~1000MFLOPS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 いうわけではなく、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 1.95 GFLOPS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う。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っつかないので、 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	玉	クレイ・リサーチ社	C R A Y - 1 C R A Y - X M P C R A Y - 2	8 0 M F L O P S 4 0 0 M F L O P S 1.9 5 G F L O P S
		CDC社	Cyber 205	400MFLOPS
B	本	日 立	$S - 8 \ 1 \ 0 / 5$ $S - 8 \ 1 \ 0 / 1 \ 0$ $S - 8 \ 1 \ 0 / 2 \ 0$	1 6 0 M F L O P S 3 1 5 M F L O P S 6 3 0 M F L O P S
		富士通	V P - 5 0 V P - 1 0 0 V P - 2 0 0 V P - 4 0 0	1 4 0 MFLOPS 2 5 0 MFLOPS 5 0 0 MFLOPS 1.1 4 GFLOPS
		日本電気	S X - 1 E S X - 1 S X - 2	285MFLOPS 570MFLOPS 1.3GFLOPS

合ぐらい稼動しており、そのうち 5 0 合以上が C R A Y - 1 である。 C R A Y - 1 から C R A Y - 1 から C R A Y - 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、

$$X = (x_1, x_2, ..., x_n)$$

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

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、

 $z_1 = x_1 + y_1$

 $\mathbf{z}_2 = \mathbf{x}_2 + \mathbf{y}_2$

.

.

 $z_n = x_n + y_n$

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ので、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(1:10,1:1000)とせずに、1次元配列A(1:10000)として、

DO 1
$$I = 1$$
, 1 0 0 0 0 0 A (I) = 0.0

1 CONTINUE

とすればもっと速くなる。この他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 $PC-98XA \pmod{1-2}$ に、

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

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 HITACM-280Hをいれて3者の比較をした。パソコンだけメーカが違うがこれは筆者の手持ちの関係である。計算は、

$$Y = SQRT(SIN(X) **2 + COS(X) **2)$$

なる式で、 $K=1\sim1000000$ 0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210 km の新幹線ひかり号とすれば(1)は時速3570 km 、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0.34 km つまり秒速約10 cm 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-987 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。