

国立大学情報処理センターの学術研究システム動向

田中昌二^{*1}，佐藤俊介^{*2}，原山美知子^{*3}

岐阜大学総合情報処理センター

〒501-1193 岐阜市柳戸 1 - 1

^{*1} TEL: +81-58-293-2040 FAX: +81-58-293-2044 akiji@cc.gifu-u.ac.jp

^{*2} TEL: +81-58-293-2040 FAX: +81-58-293-2044 shun@cc.gifu-u.ac.jp

^{*3} TEL: +81-58-293-2714 FAX: +81-58-293-2714 harayama@info.gifu-u.ac.jp

概要

国立大学情報処理センターは、学術研究用システムの設置と運用を主たる業務としてきた。ここ数年、コンピュータ技術は大きく進歩し、それに伴って、保有する学術研究システムも大きく変化してきた。ここでは、国立大学情報処理センターで構成する協議会調査書の回答を集計することにより、ここ6年間の学術研究システムの変遷を追った。その結果、学術研究用システムとしては、汎用計算機（メインフレーム）からWSを経てベクトル計算機およびスカラー並列計算機が設置され、システム性能、メモリ容量、ファイル容量ともに目覚しく向上していることが明らかになった。

キーワード

情報処理センター，計算機システム運用，汎用機，ベクトル計算機，並列計算機，国立大学

Trend Survey on Computers for Academic Research of the Computer Centers of National Universities in JAPAN in '94-'95

Akiji Tanaka , Shunsuke Satoh , Michiko Harayama .

Abstract

It is the main service of computer centers of Japanese national universities to provide high performance computer systems for academic research. The progress of computer technology during recent years has been made their computer systems change. Here, the annual reports of the computer centers in '94-'99 are surveyed to show the changes of the computer systems for research calculation and data processing. Mainframe computers have decreased , and vector processors and parallel computers are increasing. Also , CPU performance , memory size and file size are increasing remarkably.

Keywords

computer center, computer maintenance, high-performance computer, vector processor, parallel processor, national university

1. はじめに

国立大学の情報処理センターは、学術研究を目的とする科学技術計算やデータ処理を行う計算機システム（学術研究システム）を運用してきた。ここ数年、情報ネットワークの整備と社会的なニーズによって、主要業務は、ネットワークサーバの運用やインターネットサービスなどに業務内容が移りつつあるが^[11]、学術研究システムの運用が主要な業務であることは変わっていない。ここ数年の間にハイエンドコンピュータの性能は年々向上し、情報処理センターが保有できる計算機の計算処理性能の上限更新に伴い、各大学が保有する学術研究システムの内容は大きく変化している。ここ数年の学術研究システムの動向を明らかにするために、'94-'99年度の国立大学情報処理センター協議会調査書^[1-6]を調査したので報告する。

2. 集計対象とした計算機

学術研究を目的とする科学技術計算やデータ処理を行う計算機システムを調査するため、本報告では主に調査書の主要計算機システム構成の項目に記述された計算機リストを調査した。まず、計算機リストの中で、電子メールサーバなどの情報ネットワークあるいはインターネットサービスを行うためのシステム（ネットワークサーバ）や業務用、教育用のシステムを除外しようとしたが、計算機リストの記述では、アプリケーションサーバ、ファイルサーバ、電子メールサーバなどとして用途を記述しているセンターもあれば、従来通り、主システム、副システムとして記述しているセンターもある。また、ワークステーションでは、ネットワークサーバと計算機能と両方の機能をもたせているコンピュータ運用もあるとみられる。そこで、次のような観点で主な計算機を抽出した。

- 1) メインフレーム（汎用機）、ベクトル計算機とスカラ並列計算機（8 CPU以上）
- 2) 用途が明確に記述されている場合は、計算サーバ、アプリケーションサーバなど学術研究用途と思われるもの
- 3) 用途が明確でなく、1, 2であげたよりも性能の高い計算機が存在する場合、その中で最も性能

の高いもの

- 4) ファイルサーバと記述されているか、ハードディスク容量がめだって大きい計算機

端末およびパソコンは除外した。

3. 学術計算システムの変遷

図1は、主な計算機を、ベクトル計算機、スカラ並列計算機、メインフレーム、ワークステーション（WS）に分類し、調査年度ごとに集計した結果^[12]を折れ線グラフで示したものである。各センターの保有計算機数が複数の場合もあり、コンピュータ数の合計は大学数とは異なっている。

1990年代前半まで、過半数の大学で主システムとして活躍していたメインフレームは減少の一途を辿っており、99年度現在では1割強のシステムが運用されているにすぎない。ただし、最近の調査書では、メインフレームは運用していても主要計算機でないとして記述していないケースが存在する可能性はある。

ベクトル計算機は、76年のCRAY-1から始まったスーパーコンピュータの代名詞でもあり、それ以来世界最速の計算機を目指して計算機メーカーが凌ぎを削っている計算機アーキテクチャである。94年のデータ^[7]では14システムが導入されているに過ぎないが、その後年々増加し99年では合計で27システムが導入されている。

WSに関しては、96年度まで増加してそれ以降減少している。導入しているシステム数全体ではWS数は増加しているが、学術研究システムとしてよりも電子メールサーバなどのネットワークサーバ専用機として導入しているケースも多くなっている。また、学術研究システムの中でも、CPUサーバすなわち言語プログラムをコンパイル実行して利用する目的よりも、特定アプリケーションの専用サーバとして導入している例が増加している。

メインフレームが減少した代わりに増加してきたのがスカラ並列計算機である。95年度から99年度への推移をみると、保有システム数は、ほぼ逆転変化している。かつての「メインフレーム+WS」体制から、「ベクトル計算機+並列計算機」体制へ進行しつつあるといえる。

4．ベクトル計算機

図2は、ベクトル計算機を1996年度から1999年度まで出し、縦軸を計算性能MFLOPS（対数軸）、横軸を導入年月として、それぞれの計算機をプロットした結果である^[12]。ここには、調査書上でベクトル計算機であることを明言されている計算機に加え、メーカー資料等からベクトルアーキテクチャと判断された計算機も含まれている。ベクトル並列計算機の場合はCPU性能の合計を計算性能とした。具体的には、対象の計算機が複数のCPUを持ち、表示性能が単一CPU当たりの数値であることが明言されている場合は、単一CPUの性能に単純にCPUの数をかけた数値を用い、単に数値が示されていない場合は、単一CPUあるいはその数値が全体性能であるものとして扱った。また、ベクトル計算機であっても性能が明記されていない場合や、性能がFLOPSで表記されていない場合は除外した。

なお、94年度ごろまでは、主システムにはメインフレームが記述され、ベクトル計算機は副システムに記述されていることが多い。この時代のベクトル計算機の性能は、MFLOPSのオーダーに留まっているものが多く、性能的にも副システムとしての位置付けであったと考えられる。90年代後半に入ると、導入件数は大きな変化はないものの、新規に導入されたベクトル計算機の性能は軒並みGFLOPSオーダーとなり、性能がめざましく向上していることが明らかである。付録1に、調査書より抽出したベクトル計算機の一覧を示す。

なお、調査書では不明であるが、このような性能を有効に利用するためには、プログラムのベクトル化が必要であり、ユーザが限定されるといわれている。

5．スカラー並列計算機

1999年度調査書よりスカラー並列計算機（8CPU以上搭載可能機）を抽出した。付録2にその一覧を示す。調査書に、スカラー並列計算機と明言しているシステムだけでなく、「複数のCPUを搭載しており、ベクトル計算機でない計算機の中で、メーカーのWWWページ等から並列計算機に該当すると判断した計算機」も含まれている。スカラー並列計算機は基本的には、WSのCPUを並列化したものが多く、CPU性能

の評価が難しい。まず、1CPUの性能表示がクロック、ベンチマークテスト、FLOPSと3種類あり、ベンチマークテスト（SPECint、SPECfp）でも年度によって異なる。また、共有メモリ型と分散メモリ型ではアーキテクチャも利用方法も異なり、さらに共有メモリ型では、CPU、メモリ、キャッシュの接続技術が性能のポイントとなるため、単純にCPU数をかけてトータル性能を出すことはできない。そこで、この報告では性能比較は断念したが、世界的に計算機のベンチマークテストを実施したレポート（Linpack Benchmark Report）^[13]の存在が知られており、各計算機の該当CPU数の結果を調査すれば、性能比較は可能であると考えられる。

図3は、CPU数を横軸、抽出件数を縦軸に取ったグラフである。この図では、並列計算機であると判断できる場合でも、CPU数が特定できない場合には集計から除外した。CPU数は9から16CPUを中心に分散している。

ところで、スカラー並列計算機の運用に関しては2つの考え方があるとみられる。かつてのメインフレームや、ベクトル計算機のように高性能なマシンを提供して1プログラムの処理時間を短縮しようという考え方と、複数のユーザに1CPUずつ利用してもらって、ターンアラウンドをあげようという考え方である。前者は共有メモリ型アーキテクチャマシンを採用する。後者は、分散メモリ型アーキテクチャマシンを採用し、計算機クラスと呼ぶ^[8,9]。計算機クラスの方が廉価であるとして、CPU数が大きくなると共有型計算機は製造が難しい、接続方式によってはトータル性能が頭打ちになるなどといわれている。複数のユーザが利用する共同利用システムには、計算機クラスの方が向くともいわれる。しかしながら、パソコンの性能がめざましく向上する中で^[14]、ユーザニーズに個々のCPUが相対的な高速性能を保てるかどうか疑問であり、4年から5年間のレンタル期間中、高性能な学術研究システムとして運用するのが難しい可能性がある。共有メモリの場合、メモリ空間が大きくとれる一方、プログラムを並列化するのはやや難しい。ベクトル機と異なり、並列化は必須ではないため、ユーザは限定されないが、1ユーザがメモリを占有すると順番待ちが発生する。

6．メモリ性能

図4は、保有している主要計算機が搭載するメインメモリ容量を年次別にまとめた結果である。ただし、具体的なメインメモリ容量が調査書に記載されていない場合は、集計から除外している。

近年、パソコンの普及とともに、半導体記憶素子は急激な低価格化と大容量化を実現している。96年度では導入計算機の約8割が1GBに満たないメモリ容量で運用されてた。全体の約半数の計算機には、256MB未満のメモリ容量しか搭載されていない。しかし、その後メインメモリの大容量化は着々と進み、99年現在では、全体の約7割が1GB以上のメモリを搭載している。

CPUに関するユーザ要求は、ターンアラウンドの短縮であることを考慮すると、パソコンの性能が向上によって、共同利用のコンピュータではCPU性能に対する要求が非常に厳しくなっている。しかし、メモリ容量に関しては、パソコンではまだ100MBオーダーであるため、学術計算システムの搭載メモリ容量は、現状では価値が高いと考えられる。

7. ファイルサーバ

図5は、抽出した学術研究計算機から、ファイルサーバ、及びディスクアレイ装置について、縦軸にハードディスク容量[GB]、横軸に導入年月を取りプロットした結果である。また、独立した専用のファイルサーバやディスクアレイ装置を持たない場合には、その組織が導入している計算機の中で、もっとも大容量のハードディスクを搭載している計算機を抽出した。ハードディスクの容量は、90年代の初めころは、10GB以下に集中していたが、現在は、50GBから300GBの範囲に広く分散している。要求されるハードディスク容量は、学術計算システムのメモリの増加やWWWの利用によって増加したが、今後、マルチメディアシステムの利用が多くなるとさらに増大すると考えられる^[10]。

8. 画像処理とマルチメディアシステム

画像処理用計算機は、数値計算によるシミュレーションの結果を可視化するために導入されたものである。当初は通常のワークステーションに可視化アプリケーションを搭載する形で運用されることが多

かったが、その後、画像処理能力に優れたグラフィックワークステーションの登場により、主力がグラフィックワークステーションへと移ってきた。最近では、さらに、動画・音声などを広範囲にわたって扱うマルチメディアシステムの導入が始まった。この流れも調査書の記述に現われている。

96年の段階では、画像処理用途と明言したマシンを導入している大学は5大学に満たず、システムとしてマルチメディアを取り上げた大学はわずか3大学である。ところが、99年現在では、20以上の大学が画像処理、もしくはマルチメディアという用途でマシンを導入しており、システムとしてマルチメディアを取り上げている大学も7大学に上っている。さらに、VOD (Video On Demand) や、3D画像処理、デジタルビデオ編集、MPEGエンコーディングなどといった新技術も取り入れられるようになった。

マルチメディアシステムは、学術研究利用者も注目しているが、インターネットとともに一般社会に浸透しつつあり、学内全体で利用されるメディア基盤となる可能性があると予想される。

9. 導入アプリケーション

各センターで保有しているソフトウェアは、コンパイラ、アプリケーション (UNIX, PC, 特定計算機) ソフトに分けられる。コンパイラは記述のないところもあるが、研究ユーザのプログラムのコンパイルだけでなく、アプリケーションソフトのコンパイルにも必要なため、ほとんどのセンターでC, C++, FORTRANが導入されており、COBOL, LISPなども導入しているところが少なくないと思われる。

1999年度の調査書で、アプリケーションソフトウェアと導入センター数を調べ、カテゴリ分けした。パソコンソフト (Windows, Macintosh他) は除き、表1にカテゴリ別の保有センター数と代表的なソフトウェアの名前を示す。

括弧内の数字はそのソフトの保有センターのべ数である。調査書の記述からでは、ソフトウェアのOSや本数は不明である。ライセンスもネットワークライセンスやサイトライセンスなどいくつかの形態が考えられるが調査書では不明である。表1に掲載したソフトでは、統計処理のSAS, SPSS, 数式処理のMathematica, 可視化のAVS, その他IMSL, MATLAB, Gaussian, Oracleなどが多数のセンターで導入され

ていることがわかる。

ソフトウェアの種別	のべ数	ソフトウェア名(数)
統計処理	83	SAS(41), SPSS(30), S-Plus(5)他
数式処理	45	Mathematica(37), Maple(4)他
科学技術計算ライブラリ	34	IMSL(14), SSL2(3), ASL(3), GKS(3)他
可視化ソフト	26	AVS(21), PV-WAVE(3)他
数値計算	18	MATLAB(13), Amber(3)他
データベース	12	Oracle(12)他
CAD, CAM, CAE	12	I-DEAS(2)他
画像処理	7	SPIDER(2)他
マルチメディア	5	STARWORKS(2)他
図形処理	5	XGKS(3), 他
ネットワーク関連	4	LSF(1), CWSI(1)他
医療支援	4	Dr. View(2)他
翻訳ソフト	4	ATLAS(4), PIVOT-E/JE(4)
解析(化学)	33	Gaussian(16), MOPAC(5), Cerius2(2)他
解析(構造)	30	MARC/MENTAT(11), NASTRAN(5), MSC/NASTRAN(3)他
解析(流体)	8	-FLOW(6)他
解析(電気・電子)	8	Pspice(2)他
解析(その他)	5	GENETYX(1), SYNOISE(1), CODE(1)他
その他	10	

表1 保有アプリケーションソフトウェア

10. まとめ

国立大学情報処理センターで構成する協議会調査書の回答を集計することにより、ここ6年間の学術研究システムの変遷を追った。その結果、学術研究用システムとしては、汎用計算機(メインフレーム)からベクトル計算機およびスカラー並列計算機に様変わりし、システム性能、メモリ容量、ファイル容量ともに目覚しく向上していることが明らかになった。その一方、パソコンの性能向上によって、利用者のニーズが変化してと考えられ、今後、学術研究システムのあり方も変わっていく可能性がある。その展望を得るためには、計算機システムと利用に

関し、さらに検討が必要であると考えられる。

参考文献：

- [1] 国立大学情報処理センター協議会編，1999年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1999．
- [2] 国立大学情報処理センター協議会編，1998年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1998．
- [3] 国立大学情報処理センター協議会編，1997年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1997．
- [4] 国立大学情報処理センター協議会編，1996年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1996．
- [5] 国立大学情報処理センター協議会編，1995年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1995．
- [6] 国立大学情報処理センター協議会編，1994年度国立大学情報処理センター協議会調査書，1994．
- [7] 島崎 眞明 著，“スーパーコンピューティング応用の現状と将来”，情報処理 Vol. 36 No. 2, pp. 125-131, 1995．
- [8] 森 眞一郎，富田 眞治 著，“並列計算機アーキテクトからみた計算機クラスタ”，情報処理 Vol. 39 No. 11, pp. 1073-1077, 1998．
- [9] 平木 敬，丹羽 純平，松本 尚 著，“分散共有メモリに基づく計算機クラスタ”，情報処理 Vol. 39 No. 11, pp. 1078-1083, 1998．
- [10] 橋本 雅伸 著，“ハードディスクの大容量化，高速化技術”，情報処理 Vol. 37 No. 11, pp. 988-994, 1996．
- [11] 新井 智久，矢野 陽一 著，“マイクロプロセッサ”，電子情報通信学会誌 Vol. 81 No. 11, pp. 1107-1112, 1998．
- [12] 原山 美知子，佐藤 俊介，田中 昌二 著，“協議会調査書に基づく近年の国立大学情報処理センターの動向”，学術情報処理研究 No.3, 1999
- [13] Jack J. Dongarra, “Performance of Various Computers Using Standard Linear Equations Software”, <http://www.netlib.org/benchmark/performance.ps>, 1999

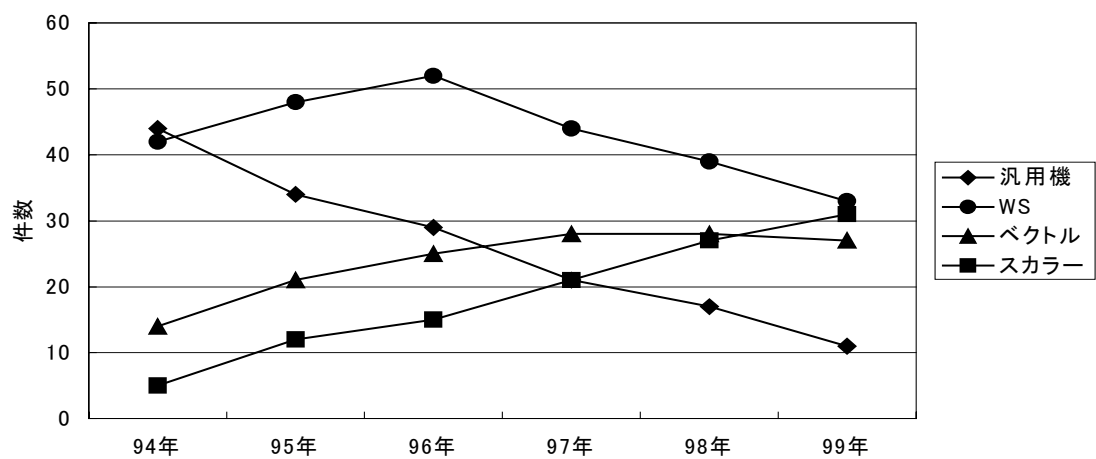


図1 計算機種別学術研究システム数の推移

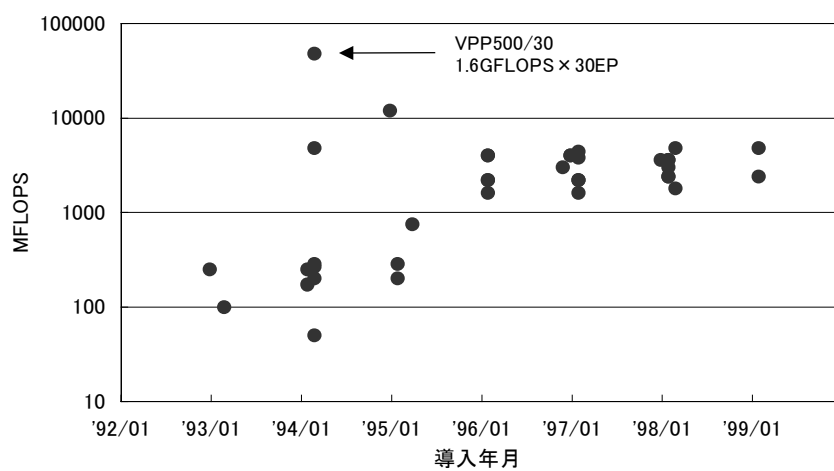


図2 ベクトル計算機性能の推移

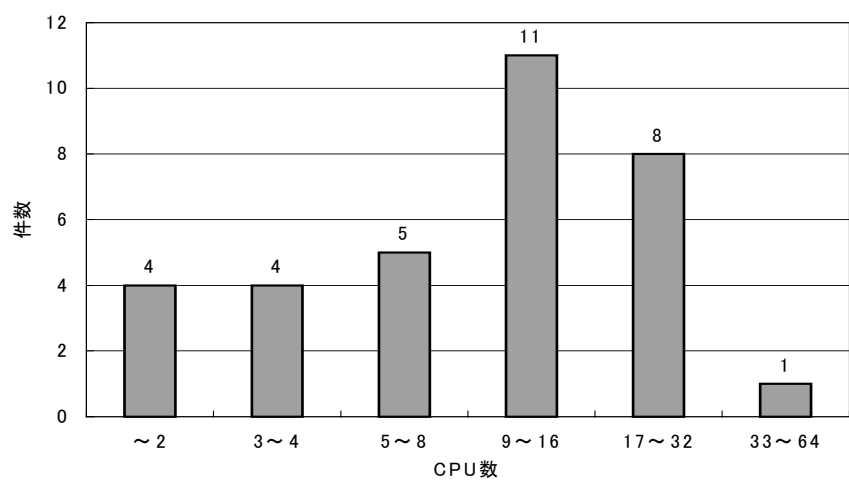


図3 スカラー並列計算機CPU数 (1999/04現在)

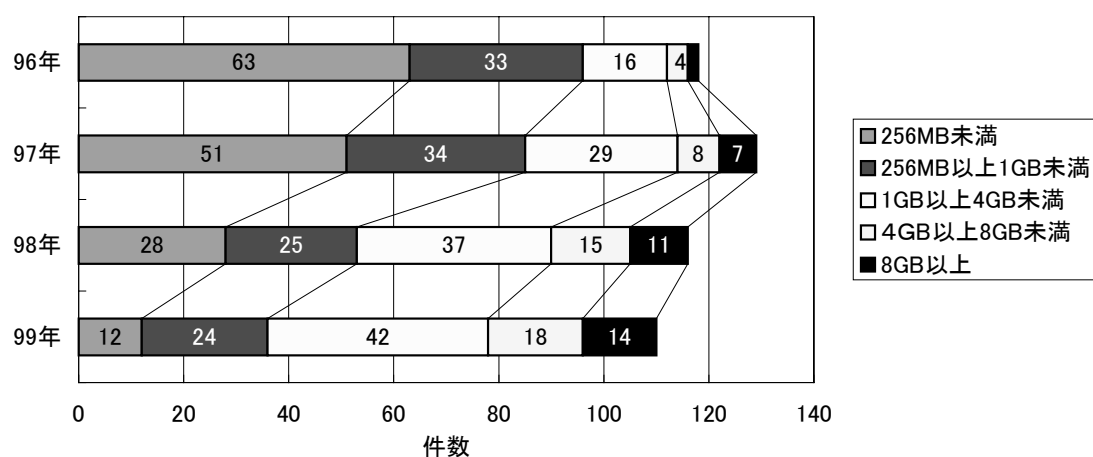


図4 メモリ容量の推移

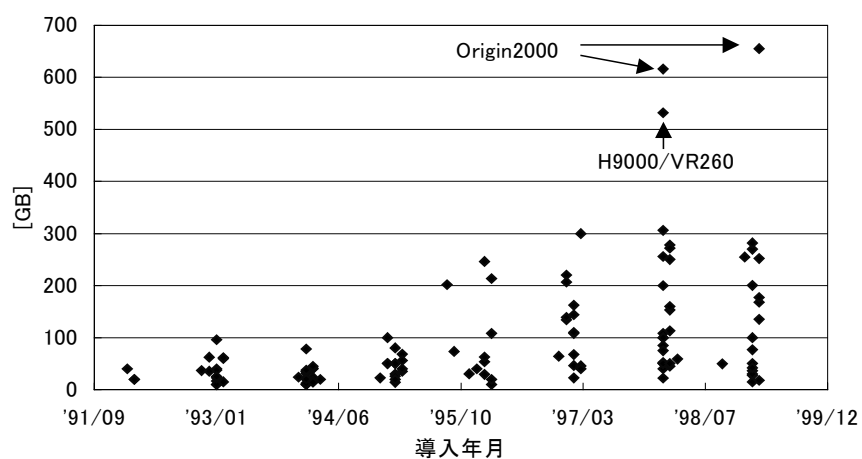


図5 ハードディスク容量の推移

付録：

機種	メーカー
c3	CONVEX
C3200FS	CONVEX
C3420ES	CONVEX
C3440	CONVEX
C3440GT	CONVEX
C3450	CONVEX
SPP1000	CONVEX
C3440	CONVEX
C916/12256	CRAY
EL98	CRAY
EL98/2-1024	CRAY
J90Se/8	CRAY
J932/24-8192	CRAY
XMS	CRAY
SX-4/2C	NEC
SX-4B/1A	NEC
SX-4B/2	NEC
SX-4B/2A	NEC
SPP1000 CD4	SUN
S-3600/120	日立
S-3600/180H	日立
S-3800/160	日立
S-820/40	日立
S-820/80	日立
VP2100/10RE	富士通
VPX210/10S	富士通
VX	富士通
VX-1	富士通
VX-3S	富士通
VPP500/30	富士通
VX-2E	富士通
VX-E	富士通
VX-S	富士通

付録1 ベクトル計算機一覧

機種	メーカー
CS6400	CRAY
SR2201	HITACHI
SR2201	HITACHI
Exemplar V2250KS	HP
Exemplar/s8	HP
V2200	HP
RS/6000-580 Culsteer2proc	IBM
RS/6000-SP	IBM
TX7/V2200	NEC
Origin2000	SGI
Origin2000	SGI
Origin2000	SGI
Origin2000	SGI
Origin2000	SGI
power challenge	SGI
Enterprise6000	SUN
S-7/7000 M500	富士通
S-7/7000 M300	富士通
S-7/7000 M600	富士通
(AP3000ノード)	富士通
(AP3000ノード)	富士通
(AP3000ノード)	富士通
AP1000	富士通

付録2 スカラー並列計算機一覧