

パーソナルコンピュータとワークステーションの性能比較

パソコンは、WSを超えたか

ポリテクカレッジ香川
(香川職業能力開発短期大学校) 藤田 紀勝

1. はじめに

コンピュータの種類は、メインフレーム(汎用機)、ワークステーション(以下、「WS」という)、パーソナルコンピュータ(以下、「パソコン」という)の3つに分類できる。メインフレームは、大規模な事務システムや科学技術分野に用いられる。WSは、高い処理能力と信頼性を持つためCAD/CAMやネットワークやグラフィック分野に用いられる。パソコンは、個人で気軽に用いられるコンピュータとして一般家庭に普及している。

しかし近年パソコンとWSの差別化があいまいになってきている。理由としてパソコン用CPUの高速化、パソコン用UNIXの登場があげられる。最近のパソコン用CPU(CISC型)は、WS用CPU(RISC型)の特徴である多段パイプライン、キャッシュメモリの内蔵、並列命令など同じ機能を有している。またOSにおいても、PC-UNIXの登場により安定性という面に対等になった。今回PC-UNIXであるLinuxを用い、コンピュータ分野におけるパソコンの役割の再確認を行った。

2. UNIX系OSについて

2.1 UNIXの概要

UNIXは、1969年からAT&Tベル研究所のKen Thompson氏を中心とするグループにより作られ、研究教育機関に無料配布されたのが始まりである。1971年には、ユーティリティを含めた完全な形のOSが発表された。その後Version 6を境に分裂し、

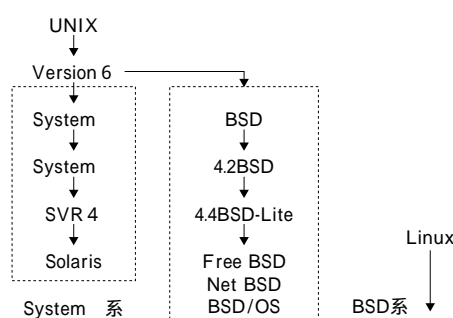


図1 UNIXの系譜

それぞれが独自に発展していった経緯がある。図1は、UNIXの系譜である。UNIXは、BSD(Berkeley Software Distribution)およびSystemVという2種類のシステムが存在する。SystemVは、商用の標準UNIXとして普及していった。BSDは、インターネットの原形であるARPANETの中心的な役割を果たしたネットワーク上のOSとして普及していった。また独自に発展したLinuxが存在する。

Solarisは、System Vから発展していったOSである。Linuxは、System VとBSDの優れた点を吸収したOSである。Linuxは、UNIXコードからは完全に独立したOSでありUNIX系のOSであるが、厳密にいうとUNIXライクなOSといえる。

UNIXといっても、さまざまな種類があることがわかる。UNIXは、パソコンからメインフレームまで幅広くOSとして用いられている。

2.2 SolarisとLinuxの性能

比較に用いるOSは、System V系のSolarisとLinuxである。表1は、SolarisとLinuxの性能を示したものである。

表1 LinuxとSolarisの比較

	Linux	Solaris 2.51
最小構成	386.16MB	Pentium 32MB
OSの起動時間	54秒	1分17秒
Xwindows起動時間	1回目10秒, 2回目4秒	1回目13秒, 2回5秒
GUI環境	優れている	優れている
ソフト量	標準	豊富
動作保証	なし	あり
サポート体制	メーリングリストを活用	あり(有料)
OSの価格	無料	約16万円

OSの性能を測る尺度としてスループットとターンアラウンドタイムがある。スループットは、単位時間当たりの処理能力である。ターンアラウンドタイムは、コンピュータに命令を出し応答してくるまでの時間である。スループットの向上は、ターンアラウンドタイムの短縮につながる。ターンアラウンドタイムの向上は、「動作の快適性」の向上を意味する。Linuxは、2世代前のCPUでも動作する点からOSとしての性能が理解できる。一方Solarisは、PentiumレベルのCPUが必要である。その他の要素として「安定性」「操作性」があげられる。両OSとも安定性は、インターネットサーバに利用され、高いことが実証されている。操作性も高いレベルにあるといえる。また最近のOSは、ネットワークOSとして用いられるため、同時処理能力(マルチタスク能力)が必要とされている。同時処理能力は、4項において実験を行う。

結論としてSolarisとLinuxは、「動作の快適性」「安定性」「操作性」を高いレベルで実現しているOSであるといえる。Solarisは、サンマイクロシステムが動作保証、サポートを行う。Linuxは、Freeソフトであるため保証が行われない。ソフトの量からもSolarisが豊富である。動作保証、サポート、ソフト面で問題なければLinuxという選択になる。

3. CPU性能について

3.1 Ultra SparcとPentium

使用するCPUは、Pentium 300MHzとUltra Sparc 167MHzである。Pentium は、intel社からパソコン用に開発されたCPUである。現在intel社は、パソコン部門でシェアトップである。SPARC

表2 Pentium とUltra Sparcの仕様

	Pentium	Ultra Sparc
処理ビット数	32bit	64bit
1次キャッシュ	32kB	32kB
2次キャッシュ	512kB	512kB
パイプライン数	12ステージ	9ステージ
並行命令数	5	4
アーキテクチャ	CISC+RISC	RISC
クロック数	300MHz	167MHz

は、サンマイクロシステムズ社からWS用に開発されたCPUである。現在サンマイクロシステムズ社は、WS部門でシェアトップである。Ultra Sparc 167MHzは、当校に1998年4月のリプレイス時に導入されたWSのCPUである。表2は、PentiumとUltra Sparcの仕様を示したものである。

SPARCは、RISCアーキテクチャである。Pentium は、CISCアーキテクチャである。RISCは、最低限の命令セットを用いて高速化を図ろうとしたものである。一方CISCは、複雑な命令セットを用いて高速化を図ろうとしたものである。現在RISCアーキテクチャが注目されている。理由は、高級言語のプログラミングが主流であるからである。高級言語のコンパイラは、大半が単純な命令に変換するためCISCの高速処理が利用できない。このような背景のなかPentium は、CISC命令をRISC命令に変換することにより性能の向上を行った。

3.2 クロック速度について

次にクロック数について記述する。命令によって異なるが、1命令1クロックで処理できるのであれば1秒間にPentium (300MHz)で3億回、SPARC(167MHz)で1億6700万回命令を出せることになる。この例からもわかるように処理能力は、アーキテクチャが同じであればクロック数に比例して速くなるといえる。

次にCPUの処理ビット数について記述する。一般的にCPUの処理能力が32bit, 64bitは、レジスタの大きさをビット数で表したものである。レジスタとは、CPU内部にある演算処理用の高速メモリである。ビット数が大きければ、アドレス空間の拡張、演算速度の向上がなされる。まずアドレス空間につ

いて記述する。ほとんどのCPUは、1アドレスにつきメモリ1バイトを割り当てる。32bitでは、

$$2^{32} = 4,294,967,296$$

4GBのアドレッシングが可能である。実際4GBのうち2GBをOS自身が使用するので、アプリケーションが使えるのは2GBである。64bitでは、

$$2^{64} = 18,446,744,073,709,551,616$$

16EBで事実上無制限のアドレス空間を直接扱うことが可能である。32bitCPUであるPentiumは、アドレス指定方法を見直すことにより64GBのアドレッシングが可能となった。64GBのアドレス空間は、アドレッシング領域として十分な広さだといえる。

アドレス空間の必要性について科学技術計算を例に記述する。気象シミュレーションのモデルとして緯度、経度、高さ方向に2,000 × 2,000 × 20kmの直方体を考え、さらに1,000 × 1,000 × 200の小さな要素に分割し、有限要素法などの数学的手法で空気の流れの流体解析を行う場合について考える。倍精度計算に必要な変数を7個とすると、データ量は、

$1,000 \times 1,000 \times 200 \times 7 \text{ 変数} \times 8 \text{ バイト} = 11.2\text{GB}$ となる。Pentiumは、32bitCPUであるがメモリを大量に使用する計算についても行うことができる。

次に演算速度について記述する。科学技術演算は、倍精度浮動小数点演算(64bit)を行う場合がほとんどである。このような場合32bitCPUは1回に32bit処理しかできないため、2回に分けて計算しなければならない。64bitCPUは、64bitデータを一度に扱えるため、大きなデータであっても高速に処理可能となる。また浮動小数点データのフォーマットや語長は、CPUのアーキテクチャに関係なくIEEE754-1985といった規格で定められている。Pentiumは、倍長整数演算(64bit)においてもMMX専用レジスタを用いることにより64bit処理が可能となった。WS用高速化実装技術としてキャッシュメモリの搭載、命令のパルプライン実行、スーパースケラー、分岐予測がある。Pentiumにおいても上記すべての高速化技術を採用している。

結論としてPentiumは、RISC処理、アドレス空間の拡張、浮動小数点ユニットの搭載、MMX専

用レジスタにより、64bitCPUと同等の性能を発揮しているといえる。次項において加算、浮動小数点演算、マルチタスク能力について実験を行う。

4. パソコンとWSの性能比較

比較に用いるパソコンとWSの仕様を表3に示す。Slackware3.5は、Linuxならびに各種アプリケーションをバンドルした配布パッケージである。Slackware3.5のパッケージには、Cコンパイラも含まれた形で配布されている。Cコンパイラは、EGCSである。EGCSは、gccをベースに最適化を強化したコンパイラである。パソコンは、Slackware3.5をフルインストールしたものをを用いた。同様にWSは、Solarisをフルインストールしたものをを用いた。Solarisは、Cコンパイラが付属していないためSunWorkShopを別途使用した。

数値演算速度は、コンパイラ能力により大きく影響する。本実験では、それぞれのコンピュータにおいて標準的に使用されているコンパイラを用いた。C言語による演算は、最適化設定なし、演算速度で最適化の2つで測定を行った。

実験1：C言語により1から2,147,483,647(long型の最大値)までカウントするプログラムの演算時間を測定する。Long型は、64bit演算である。Pentiumは、64bit処理専用レジスタMMXにより計算が行われる。

表3 パソコンとWSの比較

	パソコン	WS
CPU	Pentium 300MHz	Ultra Sparc 167MHz
OS	Linux(Slackware3.5)	Solaris2.5.1
メモリ	64MB	64MB
ハードディスク	4.2GB	4.2GB
CD-ROM	内蔵	なし
Cコンパイラ	EGCS(フリー)	WorkShop(12万9000円)
本体価格	23万円(98年4月)	173万円(98年4月)

表4 64bit計算の演算時間

	パソコン	WS
実験1(最適化なし)	39秒	207秒
実験1(最適化あり)	14秒(-fast-math)	25秒(-fast)
実験2(最適化なし)	79秒	230秒
実験2(最適化あり)	55秒(-fast-math)	68秒(-fast)

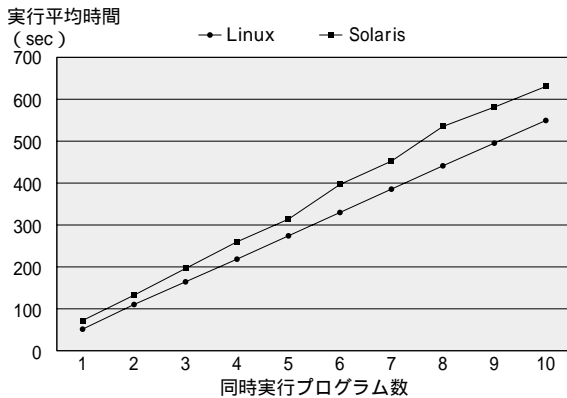


図2 LinuxとSolarisのマルチタスク能力

実験2：C言語により平方根ならびに三角関数演算を繰り返し行うプログラムの演算時間を測定する。プログラムは、巻末に付録1として示した。プログラムは、メモリを消費しないものを用いた。

実験1, 2の結果を表4に示す。

整数演算速度は、クロック数に比例して速くなった。整数演算においてパソコンは、MMXを搭載することによりWSと同じ性能を発揮している。浮動小数点演算速度においてもPentium が速い結果となった。現在最速モデルを考えた場合、Ultra Sparcのクロック数は、400MHzである。Pentium は、450MHzである。整数演算は、クロック数に比例するためパソコンのほうが速いことがわかる。しかし浮動小数点演算では、WSのほうが速くなる。クロック数から考えると最速モデルにおいてWSは、約1.38倍パソコンより速くなることが予想される。次にコストについて考える。Ultra Sparc 400MHz搭載モデルは、400万円以上する高価なものである。しかしPentium 450MHz搭載モデルは、30万円ほどのものである。総合的に考えた場合、ソフト的、メンテナンスサポート、保証が必要な場合にのみWSが必要であるといえる。結論としてWSの得意領域であった64bit処理計算においても、パソコンで代用可能であるといえる。また最適化する必要性を実感した。

実験3：マルチタスク能力を測定する。

サーバ機は、多くのユーザからアクセスされる。そのためネットワークOSには、マルチタスク能力が必要となる。付録1のプ

ログラムを用いて同時にプログラムの実行を行った。プロセスの問題があるため、プログラムは起動時すぐに実行を行った。実験結果を図2に示す。横軸は、プログラムの同時実行数を表している。縦軸は、実行時間の平均を示している。実験結果よりLinuxは、線形が直線となった。Solarisは、完全な直線とならなかった。マルチタスク能力の線形性は、サーバ用途として重要な要素といえる。またマルチタスク能力においてもLinuxのほうが優れている結果を得た。

5. 結 論

WSとパソコンの性能比較を行った。パソコンの急速な発展によりパソコンの処理能力がほぼWSレベルにある結果となった。パソコンは、ハードウェアレベルの安定性まで求めないのであれば、科学技術計算分野、ネットワーク分野においてWSレベルの性能を発揮できる。今回用いたLinuxは、OSならびにアプリケーションすべてフリーソフトであり、インターネット上から自由にダウンロードできる。今後さらにWS分野にパソコンが進出してくることが予想される。

参考文献

- 1) 清兼義弘：64ビットUNIX & CDE .
- 2) JaniceWinsor：Solaris 上級システム管理 .
- 3) 服部雄一：C言語とPADによる数値計算 .
- 4) <http://banana.yz.yamagata-u.ac.jp/> toba
- 5) 大島篤：パソコン解体新書 .
- 6) 佐渡秀治：Linux/FreeBSD，日本語環境構築と活用 .
- 7) 海上忍：Linux 徹底活用ガイド .
- 8) <http://www.intel.com/pressroom/kits/processors/quickref.htm>
- 9) 日経バイト：最新パソコン技術大系 .

付録1

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#define M_PI 3.141592654
#define ND 10000.0
static inline double square(double x){
    return (x*x);
}
int main(int argc, char **argv) {
    double i, j, dd;
    double a, b, c;
    time_t t;
    int tt1, tt2;
    tt1=time(&t);

    b = 0.0;
    for (i = 0.0; i < 2.0*M_PI; i+=2.0*M_PI/ND) {
        c = square(sin(i));
        for (j = 0.0; j < 2.0*M_PI; j += 2.0*M_PI/ND) {
            a = sqrt(c+square(cos(j)));
            b += a;
        }
    }
    tt2=time(&t);
    printf("time %d\n", tt2-tt1);
    printf("%e\n", b);
    scanf("%lf", &dd);
    return(0);
}

```