

一般情報処理教育における大規模分散システムの利用実態

岩田 晃[†] 石原 進^{††} 岡田 稔^{††}

Unix系ワークステーションで構成した大規模分散システムの一般情報処理教育による利用実態を調査した。Unixワークステーションを特別に意識しないユーザインターフェースの利用により、この3年半の間に、約91.5%の学部3,4年の学生が使用し、約76.4%の学生が本格的に利用していることが判明した。各ユーザに割当てたファイル容量は3,000KBであるが、利用実績統計からは95%収容値が2,300KBであり、特に問題は発生していない。ただし、共用領域の確保と、無用な実行ファイルの消去等、運用に留意する必要がある。10MbpsのイーサネットLANでは授業用には20台程度、本格的ユーザが自習で利用する場合には16台以下のネットワークセグメントに切り分けるのが望ましいことがわかった。インターネットメールの利用は急激に増加しており、最初の2年は、年間増加率が2.5倍を越えている。平成9年度前期にはその伸びが鈍化している。平成9年度前期に全体を平均すると、本格的に利用した学生は一人あたり毎週2.6通のメールを出し、4.5通のメールを受け取った計算となる。

The Usage of Resources in a Large Scale Client Server System for Fundamental Computer Science Education

AKIRA IWATA,[†] SUSUMU ISHIHARA^{††} and MINORU OKADA^{††}

We surveyed the usage of resources in a large scale unix system which has been introduced at the Education Center for Information Processing, Nagoya University. The user interface, whose bac-end unix system is invisible to the user, is widely accepted. About 91.5% of the undergraduate junior and senior students have used our system at least once, and about 76.4% of those are using it for more than 10 hours, during these past three and a half years. The file limits for a normal user is set to 3,000 KB, and is appropriate for the current file usage, but some users exceed that limit. We must show users how to delete command files which are compiled once from source files and are no longer used. With a 10 Mbps Ethernet LAN we find the best number of workstations is 20 for beginners of computer science in lecture and less than 16 for power users on self-study. The usage of Internet mail has increased about 2.5 times per year, for the last three years. In 1997, however, the number of mail messages dropped to a lower level. In 1997 the average number of mail messages was 2.6 sent and 4.5 received messages per week by the active user.

1. はじめに

名古屋大学情報処理教育センター(以下、本センター)では平成6年度より大規模分散システム(以下、本システム)を一般情報処理教育の利用施設として大学全体に提供している¹⁾。教育の実施については各学部が独自に実施し、本センターでは装機のハードウェア・ソフトウェアの提供と維持管理を受け持っており、職員は数名しかいない。Unix系ワークステーション(WS)

が最初に取り入れられたのは大学などの研究室環境であり、一般情報処理教育とはシステム利用の手段、目的などに大きな相違点があり、一般情報処理教育に適用するための研究はまだ少なく、明らかにされていない問題が多くある^{2),3)}。分散処理システムではファイルの配置構成とネットワーク構成によりその性能が変化すると考えられる。ユーザファイルは一元管理し、どのWSから利用しても利用環境の変化が少ない事をめざした、ルータ機能を持つファイルサーバをネットワーク構成の中心に置いた本システムは、各教室毎別のサブネットに分割され、各種サーバ群のネットワークとも分割された構成となっている¹⁾。その利用実態を調査することで一般情報処理教育を目的とする大規模システム構成の問題点が明確にできる。

[†] 大同工業大学応用電子工学科
Department of Applied Electronic Engineering, Daido
Institute of Technology
^{††} 名古屋大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University

表1 システム利用割合(学部別・学年別,平成9年9月末日現在)

Table 1 System usage

部局	B1	B2	B3	B4	M1	M2	D1	D2	D3	Total
文学部	20.3/84.3	37.1/90.7	47.8/94.3	37.3/86.3	2.2/32.6	1.8/21.1	0.0/7.0	4.3/10.6	4.8/19.0	26.7/69.6
教育学部	47.9/98.6	56.5/95.7	68.4/93.7	69.8/88.4	3.1/34.4	2.9/48.6	0.0/26.3	4.0/12.0	8.3/16.7	44.6/75.7
法学部	15.6/82.3	55.0/94.8	59.9/92.1	64.6/89.1	0.0/26.9	20.7/55.2	0.0/9.1	0.0/33.3	11.1/11.1	44.9/84.1
経済学部	35.4/97.1	52.5/95.4	88.3/98.8	74.5/97.9	4.5/22.7	19.2/46.2	0.0/21.4	9.1/18.2	12.0/20.0	57.9/90.8
情報化学部	63.9/98.1	40.6/100.	93.1/100.	87.8/100.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	71.1/99.5
理学部	27.1/64.0	66.7/84.9	84.0/93.6	89.5/93.9	1.7/13.4	2.2/17.2	1.2/11.1	2.4/9.4	0.0/15.8	45.9/61.6
医学部	28.4/80.4	50.0/84.0	32.7/53.1	18.6/38.2	0.0/9.0	0.0/51.9	0.0/1.7	0.0/20.4	0.0/21.4	14.4/39.8
工学部	49.1/78.7	91.0/96.8	88.9/100.	90.2/98.5	1.8/17.0	5.0/28.9	0.0/8.5	2.5/12.4	4.7/21.9	53.6/68.7
農学部	12.5/43.5	51.8/76.4	74.1/87.8	73.2/88.4	0.0/1.8	2.5/13.9	0.0/5.1	3.8/11.5	0.0/8.3	36.4/53.2
国際開発研究科	-/-	-/-	-/-	-/-	5.6/19.4	2.8/19.4	0.0/0.0	2.8/13.9	2.9/5.7	3.2/14.0
人間情報学研究科	-/-	-/-	-/-	-/-	3.8/17.9	10.0/35.0	0.0/2.7	0.0/4.9	4.5/18.2	4.2/17.6
多元数理科学研究科	-/-	-/-	-/-	-/-	25.7/45.7	22.4/43.1	0.0/8.7	10.0/30.0	0.0/0.0	17.8/35.7
医療技術短期大学部	62.0/64.0	55.2/61.7	53.5/56.6	0.0/0.0	0.0/0.0	-/-	-/-	-/-	-/-	53.4/57.0
Total	38.4/76.8	67.3/89.7	76.5/91.6	76.4/91.5	2.5/16.6	5.2/29.1	0.2/7.1	2.4/13.6	3.7/17.7	45.1/65.8

数字は登録者数に対して[10時間以上利用者数%] / [最低1回利用者数%]. 過年度生を除く. 学生は在籍者全員登録(14,080名).

医学部のM1, M2はB5, B6. 医短のB4, M1は専攻科1, 2年を表す.

また, 近年マスコミによるキャンペーンが進み, 急激に利用が増加しているインターネットの利用状況をネットワークメールの利用結果等から解析し, 今後のWWW利用への指針を得ることができる. 教育環境でのネットワークの調査研究も余り多くないが^{5)~6)}, 研究環境とは利用方法等が異なるので, その特徴を明確にする必要がある. ネットワークパケットの調査を実際の教室で行うことで, その構成や, ネットワーク利用を最適化する指針が得られる. 更に, 今後は大容量のデータファイルを扱うことが多くなるマルチメディアを利用したシステムの設計に対する有益な指針が得られることとなる. 本論文ではUnix WSによる大規模分散型教育システムの利用実態を調査し, その特性を解析した. 以下, 利用頻度, ファイル使用量, ネットワーク利用量, メール利用量について解析し, その結果をふまえて, 今後の大規模分散システム設計指針について言及する.

2. 利用実態概要

本センターでは平成5年度末のシステム更新後, 名古屋大学の正規課程(医療技術短期大学部生を含む)在籍学生を全員登録し, システムの利用者は着実に増加している¹⁾. 本研究調査時点では, システム更新から3年半が経過しており, 学部生のほぼ全員が更新後の入学である.

表1に平成9年9月末におけるシステム利用割合を学部, 学年部別に示す. 登録学生数は14,080名でありその65.8%, 9,267名がシステムを一度でも利用した学生の割合である. 10時間以上(セッションタイム)の利用者は45.1%, 6,349名となっており, 以後本論文での実質利用者(授業で7回以上の出席に相当

する)の定義とする. 平成7年度末の36.5%, 4,959名¹⁾に比して割合, 人数ともに確実に増加している. また, 表より学部生に比して大学院生の利用率が低いことがわかる. 大学院生は研究室に配属され, 所属する研究室のコンピュータなどを利用できるため, 特に本システムを使用する必要が無い場合が多いことなどによると考えられる. 3,4年の学部生は91.5%がシステムを使用しており, 76.4%が実質利用者となっている. なお, 新生は半年間で76.8%が利用し, 38.4%が実質利用者となっている.

部局別の傾向を見ると, 学部3,4年の実質利用者は医学部と文学部では50%以下であり, 他の部局が60%以上であるのに比して低いことがわかる. また, キャンパスが分かれている医学部, 医療技術短期大学の利用者率が65%以下であり, 他の学部が80%を越しているのに比して少ないことがわかる. 地理的なアクセス条件が利用を阻んでいると考えられる.

3. 各リソース利用実態

3.1 個人ファイルの使用量

近年ハードディスクの容量単価の減及び画像データの流通等に伴い, 一般論としてユーザのファイル使用量は急激に増加している. 本センターのような大規模なシステムでは変更が簡単ではなく, その容量は, 常に不足気味といえる. 本センターでは学生のクォータを3,000KB, ハードリミットを6,000KBとしている.

図1に平成8年度末での学生ユーザの使用ファイル容量の度数分布を示す. なお, この統計では, あらかじめユーザに配布したファイルの初期容量(39KB)から変化の無いユーザは削除して, ログインしてファ

表2 共用ファイル領域の実態
Table 2 File usage in common area

ファイルディレクトリ	用途	容量 (MB)	ファイル数
/edshome/pub/lib	ライブラリ	359.8	13,832
/edshome/pub/contrib	データ	102.7	131
/edshome/pub/bin	実行ファイル	99.9	867
/edshome/pub/man	マニュアル	5.9	386
/edshome/pub/include	include ファイル	3.6	877
/edshome/pub/tmp	一時作業用	29.3	2,729

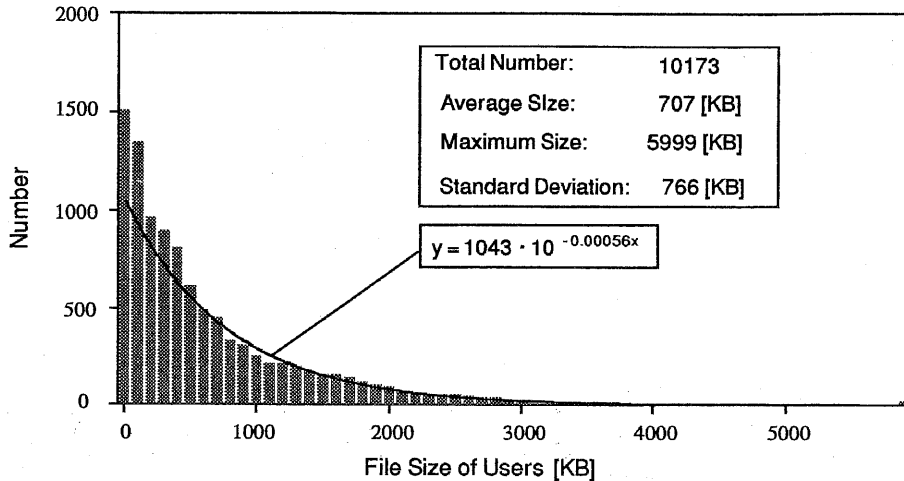


図1 使用ファイル容量
Fig. 1 A file usage of the system

イルの増加がみとめられたユーザ 10,173 名（過年度生も含む）のみの集計である。図には指数関数分布を仮定し、最小 2 乗法で求めた回帰曲線もプロットした。95%、99% 収容値は約 2,300 KB、3,400 KB となり減少データのスムーズさを見れば、3,000 KB のファイル制限はほぼ合理的と判断できる。

ファイル使用容量の多いユーザのファイルの種類を調べると、ソースファイルをコンパイルした実行ファイル等を多数保有している場合が多い。プログラミング教育などでは、使用済みの実行ファイルの消去を指示することで、ファイル使用容量の無用な増加を防ぐことができる。

なお、ここ 2,3 年急激に WWW が利用されはじめ、そのためのファイル使用容量が増加する傾向となっている。現在 Web ページ専用の領域をクラブ・サークル等 38 の学生団体にクォータ制限は特に付けずに提供しており、その容量は平均で 1.95 MB となっている。各個人でもこの程度の容量で Web ページの作成は可能と考えられる。

また、本システムでは共用ファイル領域を十分に用

意し、各ユーザの自由な書き込みを可能としている。すなわち、他のユーザと共通的に使用できる実行ファイル、画像ファイルやライブラリファイルの保管を認めることで、パワーユーザによる新しいソフトウェアのインストールと他ユーザによる利用が可能となり、個人ファイルの領域の少なさをカバーしている。表 2 に平成 9 年 9 月末現在の共用ファイル領域の使用容量とファイル数を示す。繰り返して使用するファイルは、公開とネットワークニュースによるアナウンスを原則としてこの領域に保存可能である、利用法などオンラインマニュアルの作成も推奨している。また、研究用にシステムを利用するユーザには別途ファイル容量を増加する方法が用意されている。

3.2 ネットワークの利用

いままでコンピュータを余り利用していないと思われる新入生のクラスによるネットワーク利用を調べ、一般情報処理教育でのネットワーク利用の問題点を明らかにする。

40 台の学生用 WS と 1 台の教師用 WS とで構成された教室でのネットワーク利用率を調べた。図 2

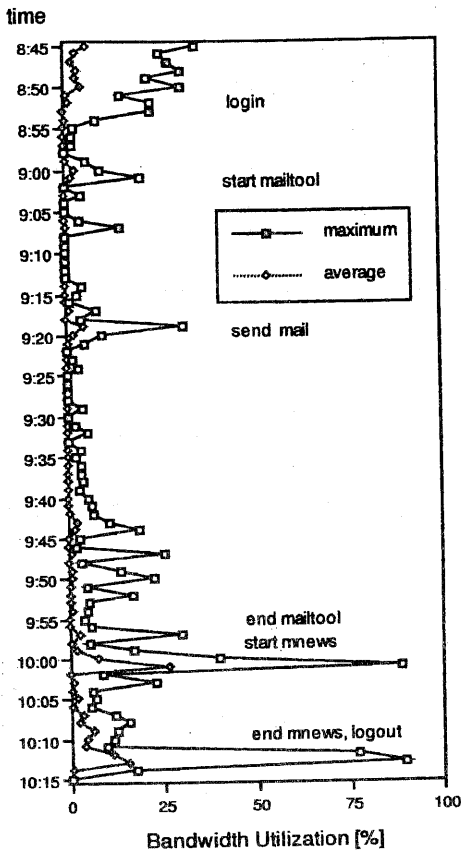


図2 教室でのネットワーク利用率 (1)
Fig. 2 A network usage in a classroom(1)

にある講義の初回の授業の時のネットワーク利用率 (Bandwidth Utilization) B_u を示す。ここで、ネットワーク利用率 B_u [%] は 1 秒間に長さ P_i [bits] のパケットが n 個送信されたとき次式で定義する。

$$B_u = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n P_i \times 100$$

R : 媒体伝送速度 (10^7 bps)

ただし、 P_i はパケットのプリアンブルからチェックシーケンスまでも含むビット数とする。毎秒の値を一分間毎に最大値と平均値を求め図2に示した。

NISにより全員を一元管理していることと、ログイン時に各人のホームディレクトリが各クライアントWSでオートマウントされるため最初のログイン時にネットワーク利用率が上がっている。クライアントWS

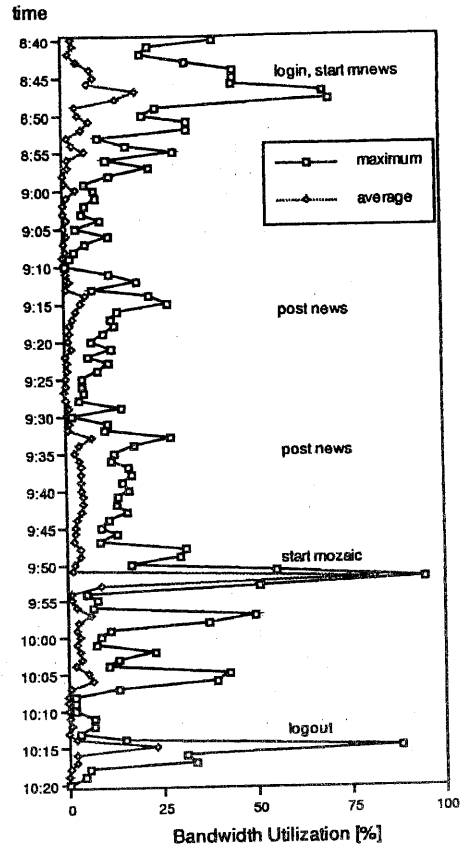


図3 教室でのネットワーク利用率 (2)
Fig. 3 A network usage in a classroom(2)

には Sun OS に標準で付属する OpenWindows システムがログイン前に予め起動されており、一度起動してしまえばネットワークの負荷は小さくなり、テキストエディタの起動、日本語入力、メールツールの起動など、教師の指示による一斉起動でもネットワークの利用率は大きくなく、システム応答の時間的遅れはほとんど発生していない。ネットワークニュースツールである mnews の場合は、ソフトウェアがファイルサーバにあり、また起動と同時にニュースサーバと nntp での接続、ニュースグループの情報のデータ転送が行われるのでネットワーク負荷は増加する。しかし 40 台の構成では最大 2 分程度の遅れであり、授業として見た場合に大きな支障とはなり得ない。ニュースは個々の記事を読むときもネットワークが使用されるが初心者の場合はその負荷は小さい。授業終了時にニュースツールの終了およびログアウトが重なるとネットワーク利用率はほぼ一杯になる。このように一般情報処理

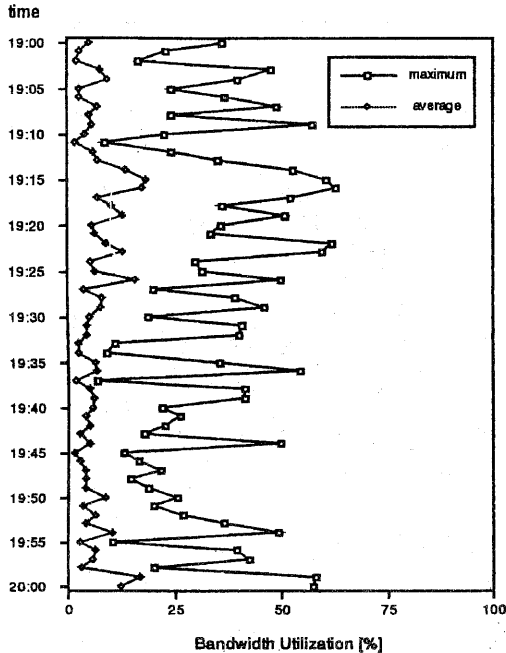


図4 自習室でのネットワーク利用率
Fig. 4 A network usage in free-working room

教育システムにおけるピーク負荷特性^{4),5)}が顕著に現われる。

図3には第2回目の授業の例を示す。ログインと同時にニュースツールの起動の指示を行ったので、ネットワークは混雑し全員が起動できるまでに数分かかることとなった。また、ニュースの投稿を教師が指示した場合も、ネットワークは混雑する。

WWWブラウザのMosaicではソフトウェアがファイルサーバにあることと、起動と同時にWWWサーバに接続するため、40台が教師の合図で同時に起動すると、ネットワークは破綻状態となる。しかし、数分すれば接続が完了し、初期データの転送も終了するので、教師の合図を工夫すれば40台での使用も不可能ではない。

最後に、ある程度使用に慣れたユーザ利用の例として、夜間の自習室でのネットワーク状況の例を図4に示す。自習室は12台のWSと6台のX端末の構成であり、利用者もこの時間内に入れ替わっており、人数は平均16名で2~3名の増減があったが、ネットワークの負荷は常時高く、ほぼ一杯に利用していることがわかる。コンピュータ利用に慣れたユーザが自由にネットワークを使用する場合には10MbpsのイーサネットLANでは16台以下のセグメントに分割す

る必要がある。

3.3 メール利用量

Unix系WSからはインターネットメールが全面的に利用可能となっており、その利用量は急激に増大している。システムが稼働してから3年間の、一週あたりのメール数の変化を図5に示す^{*}。図からわかるとおり、この3年半の間に送受信したメールの数は飛躍的に増加を続けている。夏期休暇、冬期休暇、春期休暇に対応しメール数の低下がみられる。

表3に各年度の全平均メール数を示す。平成6年度と平成7年度では内部→外部が前期2.9倍、後期3.4倍、内部相互が前期2.1倍、後期3.0倍、外部→内部が前期5.0倍、後期3.3倍の増加となっている。平成7年度と平成8年度では前期が各々3.0倍、2.6倍、2.5倍、後期が各々2.4倍、2.4倍、1.9倍、平成8年度と平成9年度では前期が各々1.5倍、1.3倍、1.5倍、増加率は年毎に減少している。システム利用者数の増加以上に一人当たりのメールの利用数の増加はめざましいものがあり、インターネットメールが学生の情報伝達手段として定着したことがうかがわれる。また、ドメイン外からの受信メールが、送信メールの2倍程度となっているが、外部のメーリングリストへの参加と外部からのダイレクトメール(バルクメール)によるものであることが判明している。平成9年度前期の送受信の結果によれば、システムを本格的に利用している実質利用者約6,300名が毎週4.5通のメールを受信し、2.6通を送信していることに相当する。

4. 分散型システム設計の指針

ここでは、解析結果に基づいて今後の大規模分散システムを設計する際の指針について示す。

個人ファイルの使用量はクォータ3,000KBでも共

表3 学期別週平均メール数
Table 3 Seasonal average of the number of weekly mails

	内部→外部	内部相互	外部→内部
平成6年度前期	903	592	1,518
後期	1,237	571	3,917
平成7年度前期	2,631	1,269	7,560
後期	4,265	1,731	13,008
平成8年度前期	7,965	3,353	18,903
後期	10,141	4,180	24,161
平成9年度前期	11,809	4,393	28,520

内部とはアドレスが eds.ecip.nagoya-u.ac.jp
外部とはアドレスが eds.ecip.nagoya-u.ac.jp 以外

^{*} 1996年12月と1997年1月とに見られる急激な低下は、ログファイルの容量不足による採取データの欠落のためである。

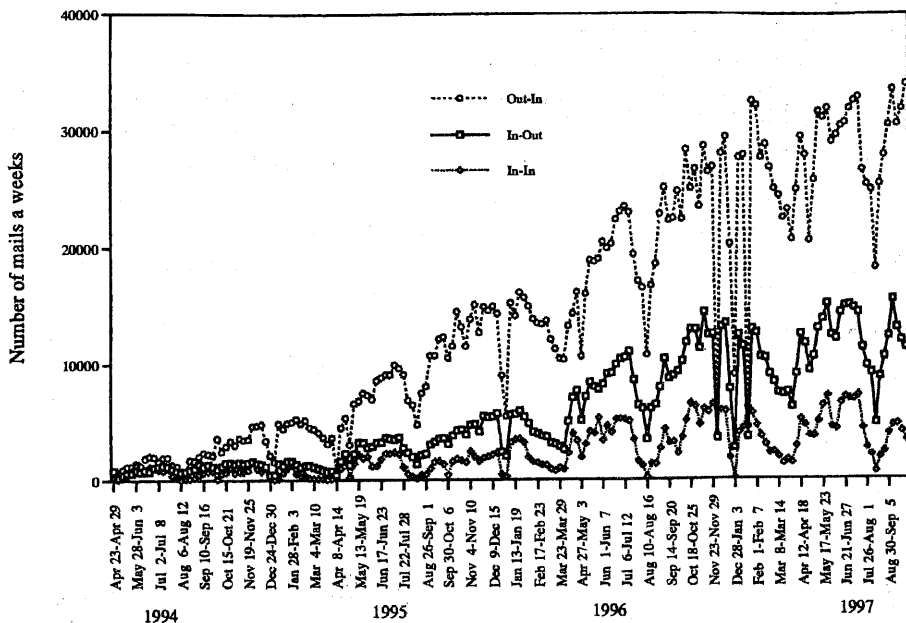


図5 メール送受信量の推移
Fig. 5 Number of exchanged messages

用ファイルスペースの確保で一応足りている。ただし、言語ソースファイルをコンパイルした実行ファイルなどはすぐ消去するなどの指導が必要である。また、共用ファイルスペースの利用を許可しない場合は、相応の容量の増加が必要であろう。さらに、画像ファイルなどを多用する、HTMLファイルなどの増加は、ファイル必要容量を2 MB程度は増加させるので、今後の設計には充分考慮する必要がある。

10 Mbps のイーサネット LAN を用いた集中管理型のネットワーク構成のシステムでは40台のセグメントは使用方法に注意すれば利用可能である。ネットワーク利用の最も典型的なWWWブラウザの利用では、キャッシュサーバをセグメント内に置くなどの改良を行えば実用可能である。また、クライアントが20台程度であれば、ほぼネットワークはボトルネックとはならない。これは、シミュレーションの結果とも合致する⁴⁾。しかし、WSを使いこなしているユーザが自由に、ほぼ独立してネットワークを使用する場合は16台以下のセグメントに分割する必要がある。

インターネットメールの利用は急激に増加しており、2.5 ~ 3 倍の年間伸び率となっている。管理的にはメールスプール、ログファイルの容量が急激に増加す

るのに対処する必要がある。今後、さらに増加が予想されるバルクメールや画像ファイルを添付した長大なメールなどへの対応も必要である。現在は一人あたり約500 KBに各個人のスプール領域を制限しているが、システム全体では600 MB以上使用されている。

5. おわりに

Unix系ワークステーションで構成した大規模分散システムの利用実態を調べた。学部で3,4年生では全体の約91%以上の学生が使用したことがあり、約76%の学生が10時間以上すなわち本格的に利用していることがわかった。大学院修士では約30%の利用者になっている。一般教育用として目的に沿っていることとなる。さらに、利用状況の解析結果に基づいて大規模分散システムの設計指針を示した。

謝辞 名古屋大学情報処理教育センターのシステムを利用した研究を進めるにあたり、便宜をお計らい下さいました名古屋大学大学院工学研究科(情報処理教育センター長)の毛利佳年雄教授に深く感謝します。また、システムの運営・維持に従事されている情報処理教育センターの職員各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 岡田稔, 桜井桂一, 岩田晃: 教育用大規模分散型 WS システムの一構成法, 情報処理学会論文誌, Vol. 37, No. 12, pp. 2447-2456 (1996).
 - 2) 中山仁, 大西淑雄, 松永正, 有田五次郎: 工学系学生のための情報処理集合教育環境の設計と構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 11, pp. 2257-2238 (1994).
 - 3) 土井博生, 戸出英樹, 池田博昌: コンピュータネットワークにおけるトラフィック特性の検討, 信学技報, IN 96-139, pp. 79-84 (1997).
 - 4) 石原進, 岡田稔, 岩田晃, 桜井桂一: イベント駆動による LAN 通信量解析モデル”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J78-A, No. 8, pp. 961-964 (1995).
 - 5) S. Ishihara and M. Okada : A Modeling and Simulation Method for Transient Traffic LAN, Trans. IEICE Comm., Vol. E-80-B, No. 8, pp. 1239-1247 (Aug. 1997).
 - 6) 小島英樹, 石原進, 岩田晃, 岡田稔: 大規模分散型教育用ワークステーションシステムの利用実態”, 情処研報, 分散システム運用技術研究会, 97-DSM-5-5, pp. 25-30 (May. 1997).
-