



情報科学センター教育用計算機システムの変遷

中山 仁¹

1 はじめに

1987年の発足以来、情報科学センターは現在運用中のものも含めて7代の教育用計算機システムを導入、提供してきました(表1)。多人数、集合型の情報教育のために安定した環境を提供する、という一義的な目標[1]は変わらないものの、設計や導入の時期に応じて重要視される要件も異なり、また利用できる製品や技術の変化によっても、システムの形は大きく変化してきました。

本稿ではそうした変化を振り返る意味で、歴代の教育用システムの構成や特徴を簡単に紹介し、その変遷をたどってみたいと思います。なお本稿は、情報科学センター広報第24号(2012)に掲載された記事を元に、加筆修正を行ったものです。

2 メインフレームシステム(1988–1992)

情報科学センターとして最初の計算機システムとして導入されたのは、IBM社の大型計算機をホスト計算機とし、パーソナルコンピュータ(パソコン)を端末として採用した、いわゆるメインフレームシステムでした[2]。

ホスト計算機は、飯塚地区の教育用端末へのサービスと研究利用などでの大規模ジョブの処理を行う大型機(IBM3081-KX6)と、戸畑地区の教育用端末へのサービスを行う中型機(IBM4381-R23)の2台で構成されました。教室端末パソコンは4MbpsのトークンリングLANでホストと接続され、端末エミュレーション動作を行うことによって対話型の専用端末環境を提供する他、DOSで動作するパソコンとしても利用できました。

飯塚と戸畑のホスト間(キャンパス間)は9600bpsの回線で接続されました。また、BITNETという国際的な学術系ネットワークにも参加し、九大、広島大、東京理科大山口短大(当時)、近畿大九州工学部(当時)とBITNETの接続を行いました。

教育用のOS環境としては、IBMのVM/CMSが採用されました。これはアカウントごとに仮想マシンを設定し、その上で対話型の利用環境を提供するものでした。ちなみに、MVSという研究利用向けのもう一つのOS環境も、この仮想マシンの機能を用いることで同じホスト計算機上に共存して動作していました。CMSは、高機能なスクリプト機能やプログラマブルなエディタ機能を標準で持っており、またファイルの取り扱いがシンプルだったこともあって、メインフレーム用OSでありながら、むしろUNIXのシェル環境やパソコンなどに近い使い勝手を実現していました。

運用面での大きな特徴のひとつとしては、全学生、教職員に無条件にアカウントを提供したことが挙げられます。これは、システムを従来の「計算機演習のための設備」から、「大学の情報基盤の一環」としようとする姿勢の現れでもあったのでしょう。結果的に、講義や研究などの従来型利用以外の利用者

¹情報科学センター、jin@isc.kyutech.ac.jp

システム	利用者端末	ホスト計算機	主な利用者OS	サーバ	ファイルサーバ	LAN	キャンパス間接続
1988年 メインフレーム システム	パーソナルコンピュータ	IBM3081-KX6 (メモリ64MB, ディスク20GB) IBM4381-R23 (メモリ32MB, ディスク10GB)	VM/CMS	-	-	4Mbps (トークンリング)	9600bps
1992年 UNIXワークス テーションシ ステム	X-Window端末	Sun SPARCstation 2 (メモリ48MB, ディスク414GB) × 37	UNIX (SunOS)	-	Sun SPARCserver 490 (メモリ64MB, ディスク20GB) × 2	10Mbps (10base5, 10base2)	64Kbps
1996年 UNIXワークス テーションシ ステム	X-Window端末	SONY NEWS-7000B (メモリ256MB, ディスク2GB) × 20	UNIX (NEWS-OS)	Sun SPARCstation 5 × 10	SONY NEWS 5000X (ディスク90GB) × 4	100Mbps (100base-TX), 10Mbps (10base-T)	600Kbps
2000年 ディスクレスPC 端末システム	ディスクレスPC (Celeron 400MHz, メモリ 256KB)	-	Linux	Compaq AlphaServer ES40 (メモリ2GB, ディ スク18GB) × 2 Compaq PersonalWorkstation 600au × 16 他	Compaq AlphaServer DS20 (ディスク 320GB) × 4	1Gbps (1000base-SX), 100Mbps (100base-TX)	6Mbps
2005年 ディスクレスPC 端末システム	ディスクレスPC (Pentium4 2.8GHz, メモリ 1GB)	-	Linux	HP DL360G3 (Xeon 2.8GHz, メモリ3GB) × 32 HP ML370G3 (Xeon 2.8GHz, メモリ3GB) × 4	NetApp FAS940 (約 5.2TB) × 2	1Gbps (1000base-T, 1000base-SX)	100Mbps
2009年 ディスクレスPC 端末システム	ディスクレスPC (Core2Duo 2.1GHz, メモリ 2GB)	-	Linux Windows	HP BL460c (Xeon L5420, メモリ8GB) × 18 HP BL460c (Xeon L5420 × 2, メモリ16GB) × 4	NetApp FAS3140 (約 9.6TB) × 2	10Gbps (10Gbase-SR), 1Gbps (1000base-T, 1000base-SX)	10Gbps
2014年 ネットブートPC 端末システム	ネットブートPC (Core i3 3.4GHz, メモリ 8GB, キャッシュ 用SSD 128GB)	-	Linux Windows	Cisco UCS B22M3 (Xeon E5-2450, メモリ 64GB) × 15 Cisco UCS B22M3 (Xeon E5-2450, メモリ 128GB) × 6 他	NetApp FAS3220 (約 14TB) × 2	10Gbps (10Gbase-SR), 1Gbps (1000base-T, 1000base-SX)	40Gbps

表 1: 歴代の教育用計算機システムの比較

はそれほど多くはありませんでしたが、アカウントに付随して学内全員に電子メールアドレスを付与されたことも含め、当時としては先進的な試みであったと言えるでしょう。

一方、システム運用開始当初には、演習などで90名規模での一斉操作を行った際に、深刻な性能問題がしばしば発生しました。その後、管理システムを中心としたシステムソフトウェアの大幅な改修を含むさまざまなシステム調整を行った結果、多人数での演習に耐えられるレベルにまでなんとか改善することができました。このことは、集合教育で使用するシステムでは、一般的な業務系システムなどとは大きく異なる観点での性能的な配慮が必要になる、ということをも痛感させられる経験となりました。

3 UNIX ワークステーションと X Window 端末による分散システム (1992–1996–2000)

この時期、パソコンやワークステーションなどの小型コンピュータの高性能化、低価格化が急速に進み、学内でもそれらのシステムが多く使用されるようになりました。こうした高い価格対性能比を持つシステムに対し、センターのメインフレームシステムは性能的にも使い勝手の面でも見劣りするようになってきました。また学内ネットワークの整備が進んで、ネットワーク機能や他のシステムとの関係機能が重視されるようになってきました。こうした背景のもと、1992年にはシステム構成を全面的に見直し、複数のUNIXワークステーションをホスト計算機とする分散型のシステムを導入しました [3]。

このシステムでは、教育用ホスト計算機を飯塚21台、戸畑16台のSun SPARCstation 2ワークステーションで構成しました。利用者端末は、X Window プロトコルでの入出力、描画表示に特化した端末であるX Window 端末(X 端末)を使用し、ホスト1台あたりおよそ10端末を接続する構成としました。

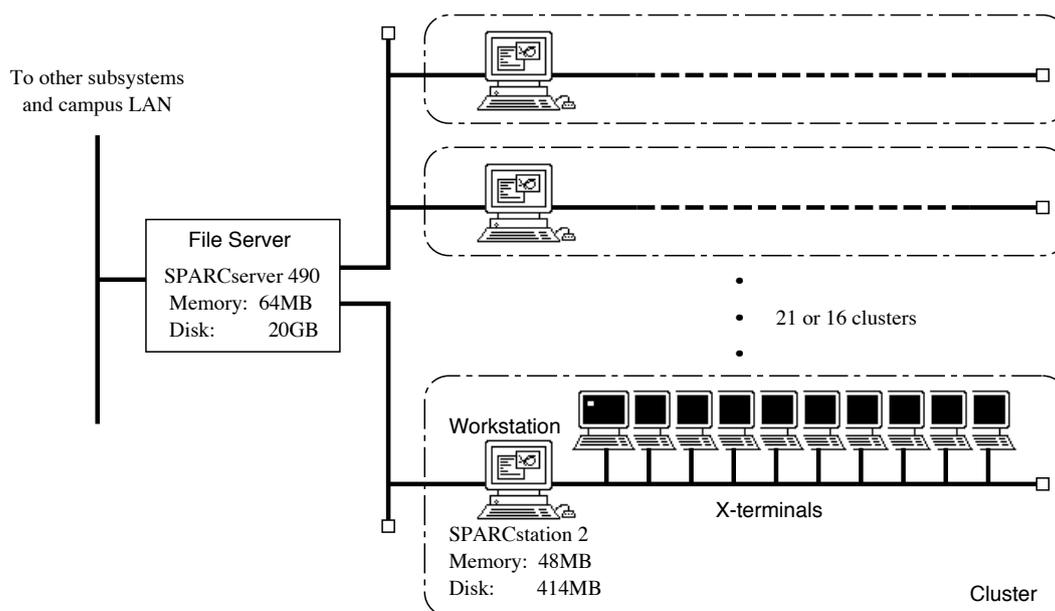


図 1: ワークステーションシステム (1992 年) の構成 (部分)[4]

また、利用者ファイルや教材データなどを収容するために、独立したファイルサーバを飯塚と戸畑のそれぞれに準備しました。システムの構成の概要(1 キャンパス分)を図 1 に示します。

当時国内で、比較的大規模な教育用計算機システムをこのような分散型のシステムとして構築した例はまだ少なく、特に X 端末を積極的に採用した事例としては最初期のものとなりました。本システムを含むいくつかの成功事例を受けて、その後多くの教育機関で分散型システムへの移行が急速に進んでいきました。

利用者環境は、BSD 系 UNIX (SunOS) と X Window による GUI を基盤とするもので、これは現在の利用者環境の原型にもなっています。学内ネットワークとの関係が強化され、LAN 経由での機能提供が開始されました。また、広域ネットワークも BITNET からインターネットに移行し、電子メールの教育と利用が本格的に行われるようになりました。

その後 1996 年のシステム更新 [5] では、前システムの分散型のシステム構成を継承しながらも、その当時の技術的発展の成果を反映させ、システムの主要構成要素の性能 (CPU 性能、ディスク容量、ネットワーク速度など) を大幅に向上させることができました。性能以外の面では、端末とホストとのネットワーク接続経路を冗長化したり、ファイルサーバを 2 系統化しさらにディスクを RAID 化するなど、システムの安定性、可用性を高めるアプローチも取り入れました。また、各種のネットワークサービスの重要性が高まったことから、ホスト計算機としての他にもワークステーションを導入し、サーバとして運用するようになりました。

利用者環境では X 端末がカラー表示に対応し、X Window 環境にはより多機能な OSF/Motif デスクトップが提供されるようになりました。また WWW (World Wide Web) の普及が始まった事を受けて、Web ブラウザを提供する他、Web ページの作成、公開についても試験的なサポートを始めました。情報科学センター自身も Web での広報活動を開始し、従来冊子などで発行していた手引きやマニュアル類も、順次オンライン化していきました。

4 ディスクレス PC 端末システム (2000–2005–2009–2014–現在)

1990年代後半になると、パーソナルコンピュータ(PC)の高性能化、低価格化はさらに進行し、大学などの集合教育環境でも、ホスト計算機と端末の組み合わせに代わって、多数のPC端末を設置する事例が見られるようになってきました。しかしPCのシステムは基本的に個々の端末がOSを含むシステムファイルを持ち、設定情報なども分散するため、集合教育向けに全端末で均質な環境を提供するような運用が難しい面があります。また、システムファイルを格納するハードディスク(HDD)が端末故障の原因になりやすい、という問題もありました。

2000年のシステム更新[7]では、こうしたPC端末の問題点への対策として、個々の端末にはHDDを内蔵せず、全ての端末のシステムファイルをファイルサーバに格納して集中管理する、ディスクレス方式のPC端末を提案し、導入することになりました。ファイルサーバを利用してディスクレスの計算機を動作させる手法自体はすでに目新しいものではありませんでしたが、数百台規模のPC端末のシステムで使用されたのは、おそらく国内初の事例であったと思われます。

ちなみに当時、PCのハードウェアをカスタマイズして販売する事はまだ一般的に行われておらず、ディスクレス端末のアイデアを打診したいくつかのメーカーからは「PCはHDD無しでは売れません。HDD無しでは保証もできません」という返事が返ってきました。通常のPCとして買ってからセンター職員総出でHDDを外すか、などと半ば真剣に検討したこともありましたが、最終的にはHDD無しの仕様を満たす端末を調達できることになりました。

このシステム(図2)においては、主に端末の一斉起動時の安定性を重視して、完全なディスクレス(ネットブート)ではなく、起動に必要なOSのカーネル部分を端末に内蔵された小容量のフラッシュメモリに格納し、端末はそれを読み込んで起動を行う方式をとりました。カーネルが起動した後は、ファイルサーバ上のシステムファイル(および利用者ファイル)にアクセスしながら動作します。

端末で動作する利用者OSとしては、それまでのUNIX系OSを継承する意味もあってLinuxを採用しました。Linuxは当時PC向けのフリーかつオープンなOSとして普及が始まっており、利用者が自身でOSを入手して利用できることや、さまざまな技術的情報やノウハウが入手しやすいことも選択の理由となりました。

ディスクレスあるいはネットブートで動作するPC端末システムは、その後Windowsなどより多くのOSにも対応するものがいくつか製品化され、現在の情報科学センターシステムを含む、多くの教育機関や企業のシステムで利用されるようになっていきます。

さて、その後2005年に導入したシステム[8]でも引き続きディスクレス端末を採用しましたが、十分な性能の端末起動用サーバを準備することで端末は完全にネットブートする方式になり、これによって端末のソフトウェア(利用者OS)の修正や更新などをより柔軟に行えるようになりました。また一部の端末については、Linuxの他にWindowsも利用できるようになりました(デュアルブート)。なお、現行システムではすべての端末でデュアルブートが利用できるようになっています。

一方、システムの多機能化に伴ってサーバの数が大幅に増えることへの対策として、サーバのハードウェアを共通仕様化し、さらにネットブートとiSCSI方式のIP-SAN(Storage Area Network)を用いたディスクレス方式を導入することで、サーバ群の集約化を行いました。IP-SANやサーバのディスクレス化の技術は、実用的なシステムではその頃まだほとんど利用されておらず、このシステムでの採用は先駆的な事例となりました。これらの技術は、多数のサーバで構成されるシステムを、比較的 low コストで構築、運用する方式として、現在ではクラウドシステムなどでも利用されるようになっていきます。

また、この頃になると、教育システムを利用する学生も多くが自分のPCを持つようになり、端末教室の外でコンピュータやネットワークを使用し、学習する機会も増えてきました。このような「教室外」の利用者に対するサービスとして、それまでにもリモートアクセスでの利用手段を提供するなどしてきましたが、2007年からはさらに、利用者OS(Linux)をDVDから起動可能なLinux(KNOPPIX)へ

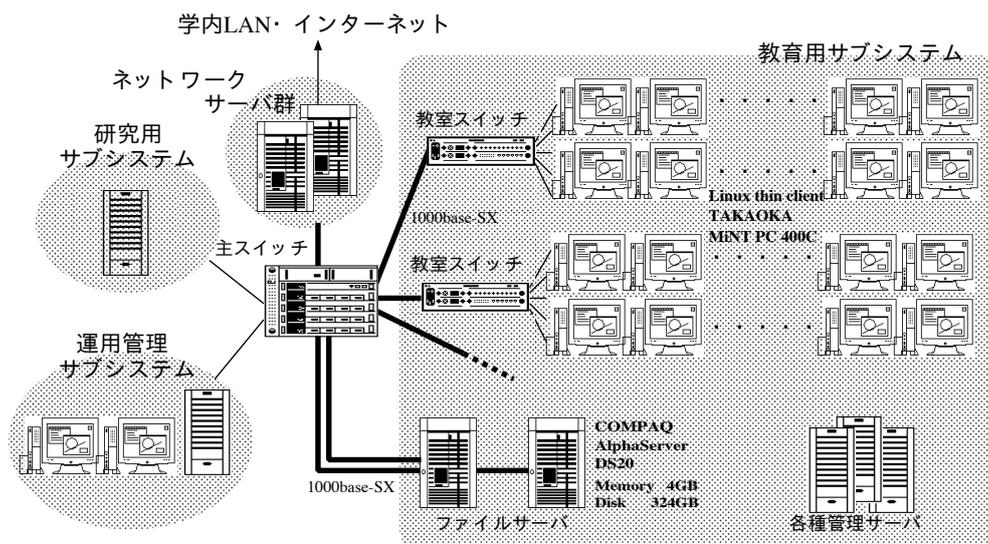


図2: ディスクレス PC 端末システム (2000 年) の構成 (部分)[6]

と変更し、同時に教室端末の利用者環境をパッケージしたDVDの配布を始めました。このDVDで起動することにより、自宅などのWindows PCを一時的に教室端末と同等の環境に切り換えて利用することができる²ため、教育システムの利用者環境を、もっといろいろな場所に持ち出して使うことが可能になりました。

2009年のシステム更新[9]においては、教室外のWindowsベースのPCとの親和性などにも配慮して、Linux、Windowsのデュアルブート端末の数を増やし、端末のおよそ半数をデュアルブート化しました。一方で、WebMailやネットワークストレージなど、教育用システムのシステム資源を「教室外」でより有効に利用してもらうための取り組みも、少しずつ進めています。

システムを構成するサーバ群については、前システムでの集約化の流れをさらに進める形で、仮想マシン環境を導入してその上で動く仮想サーバ群として実現することになりました。複数の仮想サーバを1つの物理サーバに集約することにより、物理サーバ台数と運用コストの低減、エネルギー効率の向上などの効果を得ることができました。

最後に、2014年に導入された現在のシステムでは、すべての教室端末がLinux、Windowsのデュアルブートとなりました。なお、各端末にはWindowsの動作を高速化するためのデータキャッシュ用のSSD (Solid State Drive)が搭載されたため、厳密な意味ではディスクレスではなくなりましたが、起動および動作においてはネットブート方式を踏襲しています。

サービス面での大きな変化としては、教育用システム利用者向けの自前での電子メールサービスを廃止し、現行の教育用システムの導入と同時期に開始された、全学の生涯メールサービスに機能を移管したことが挙げられます。生涯メールサービスは、商用のいわゆるクラウド型のサービスを使用して実現されており、インフラとしての無停止性やスマートフォン対応、セキュリティ対応などの機能面で限界が見えていた従来のセンターの電子メールに代わって、より高機能で信頼性の高いメールサービスを提供できるようになりました。

この他、リモートアクセス環境の高機能化をめざして、VDI (Virtual Desktop Infrastructure) 技術に基づく遠隔利用環境を導入しました³。これはセンターのサーバ上で教室端末と同等の機能を持つ仮想マ

²このような方法論をさらに発展させて、BYOD (Bring Your Own Device:利用者端末利用) といった形で商業化されつつあります

³2016年度より公開開始予定

シンを複数台動作させ、利用者は自身の PC やタブレット端末からネットワーク経由でそれらの仮想マシンに接続して遠隔操作するもので、将来的には、より多様な利用環境を提供する有力な手段となることが期待されます。

5 おわりに

四半世紀のシステムの歴史をざっと振り返るだけでも、この間、いかに計算機技術の発展が急速であったか(各種スペック値などは文字どおり「桁違い」に増えています)、またいかに多様な技術が生み出され、利用されてきたかを、改めて実感することができます。その中であって、初代のメインフレームシステムで用いられていた仮想マシン技術が、形を変えて最新の仮想サーバや VDI として再び活用されているのを見ると、優れた技術の息の長さを感じさせられるところもあります。

スマートフォン、タブレット端末の普及やネットワークサービスの多様化など、利用者(学生)を取り巻く情報環境が変化すると共に、システム側でも外部のクラウド型サービスの存在感が急速に増大するなど、今後もますます大きな変化が続くものと思われま。教育用システムにおいても、そうした新しい技術動向を積極的に取り入れて変化を求める一方、情報教育を支援するシステムとしてのより良いあり方を、息長く追求していきたいと考えています。

参考文献

- [1] 矢鳴虎夫: センターシステムの構築とその経緯, 九州工業大学情報科学センター広報第 1 号, pp.2-11, 1988 年
- [2] 廣田豊彦: VM/CMS による教育システムの設計-ハードウェア編-, 九州工業大学情報科学センター広報第 1 号, pp.17-22, 1988 年
- [3] 山之上卓: システム解説, 九州工業大学情報科学センター広報特別号, pp.9-20, 1991 年
- [4] 中山, 大西, 末永, 有田: 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第 35 巻第 11 号, pp.2225-2238, 1994 年
- [5] 中山仁, 甲斐郷子: 新計算機システムの特徴, 九州工業大学情報科学センター広報第 9 号, pp.3-12, 1997 年
- [6] 中山, 大西, 望月, 山之上, 甲斐: Linux thin client を端末とする集合教育用計算機環境の構築, 情報処理学会研究報告 2000-DSM-18, pp.31-36, 2000 年
- [7] 中山仁: 教育用計算機の構成と特徴, 九州工業大学情報科学センター広報第 14 号, pp.3-9, 2002 年
- [8] 中山仁: 教育用計算機システムの構成と特徴, 九州工業大学情報科学センター広報第 18 号, pp.47-52, 2006 年
- [9] 中山仁: 教育用計算機システムの概要, 九州工業大学情報科学センター広報第 21 号, pp.52-55, 2009 年