

1. 教育用計算機環境に対する要求と課題



大阪大学

齊藤 明紀

saitoh@ist.osaka-u.ac.jp

大阪工業大学

中西 通雄

naka@is.oit.ac.jp

はじめに

本稿では、大学の情報基盤センターや総合情報処理センターなど、

- 大量の端末設備を有し、
- 全学の学生が利用者であり、
- 講義や演習を行う教室も提供する、

ような計算機システムへの要求と課題について述べる。プログラミングから始まった端末を用いた講義は、いわゆるコンピュータリテラシー科目の必修化で大幅にコマ数を増やした。しかしながら、構築・運用管理の方式を考案できる人材は偏在している。今回の特集で、個人や個別センターに蓄積されてきた教育用計算機システムのノウハウが広く流通することを期待している。教育用計算機環境に対する要求は、およそ次の2つに集約される。

- 講義や演習での利用と授業時間外の自習使用の両面で安定した使いやすいサービスを提供すること。
- 侵入事件等、情報セキュリティ上のトラブルを起こさないこと。

これらの要求を具体化するにあたっては、多くの詳細な個別要求と制約がからみあっている。

システム設計

計算機環境全般に対する要求は図-1に示すように多種多様である。

教育用計算機システムはコストの面から、既存のOS・ミドルウェア・アプリケーションを組み合わせた上で多少のカスタマイズを行う程度しかできないことが多い。そこで、システム設計は入手可能なハードウェア・ソフトウェアとそのコストから逆に提供するサービスを決めてゆくといった作業手順となる。

可用性の目標設定も困難な課題である。たとえば、可用性を99.5%程度確保したとすると年に1~2日は計算機の不具合で計画外のサービス提供停止が起こることになる。安定運用のためにハードウェアを二重化して可用性を確保することは一般的な手法であるが、全面的な二重化は予算の関係で許されないことも多い。さらにシステム設計段階で、運用管理のための形態も考慮しておくべきである。

ソフトウェア環境の選定

許された予算の範囲内で、教育活動を行うために必要なソフトウェアを調達せねばならない。各ソフトウェアは、導入予定の計算機環境で動作するかどうか確認が必要である。たとえば、Windowsではシステム管理者の特権がないと利用できないアプリケーションが多く存在するが、そのようなソフトウェアは演習室環境では採用できない。

ライセンス形態と経費も大きな問題となる。必要なラ

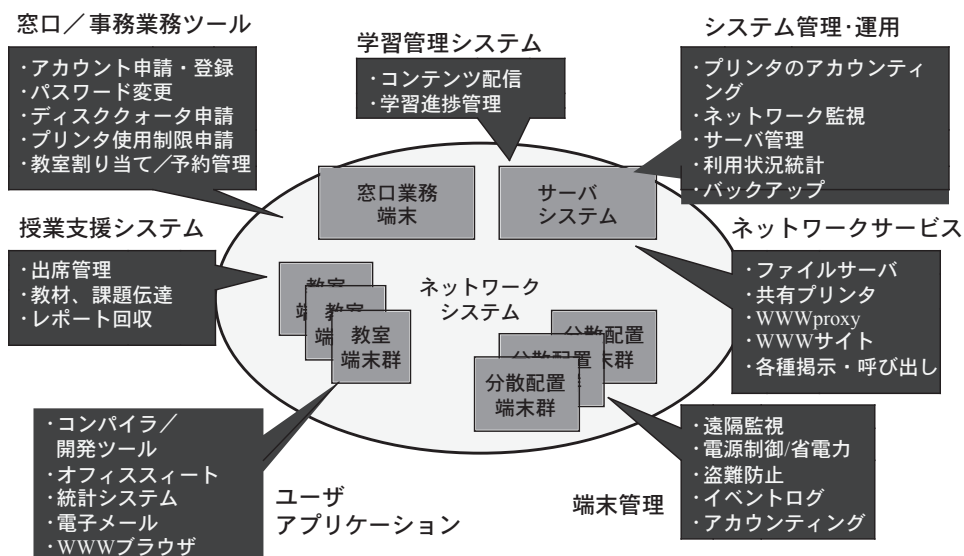


図-1 教育用計算機システムへの要求

イセンス数の数え方も、同時使用ユーザ、登録ユーザ、インストール CPU 数などさまざまである。たとえば市民が参加する講習会での使用は、アカデミックライセンスの適用外となることがある。

初心者向けのプログラミング環境も必要である。初歩のプログラミング向けでは、ファイルを作ってコンパイル・実行する作業が単純な操作で行えなければならない。

サービスの設計

個人 Web ページサービス、メール転送サービス、Web メールサービス、ディスク容量制限など、提供するサービスの選定も重要な課題である。

サービスごとに、技術的な設計だけでなく運用方法を含めた設計が必要である。たとえば容量制限を適用する場合には、現在の使用容量を表示するツールや、指導教官からの届出で割り当て容量を増やす制度と窓口要員の操作する管理ツールの整備などを行う必要がある。さらに図-1に示すシステム管理・運用ツール、窓口業務支援ツールの整備も必要である。

教育支援という観点では、授業支援システムや学習管理システムも含める必要がある。授業支援システムは、出席管理（ログイン・ログアウト記録の取得／収集と処理）、教材や掲示や課題などの保管と伝達、レポートや宿題の受付などを行うシステムである。学習管理システムは、講義コンテンツの配信や各学生の学習進捗状況を管理するシステムであり、SOI などの自習教材ベースの講義を提供する際に必要となる。

情報コンセント

学生がノートパソコンを持ち込んで利用するための情報コンセントや無線 LAN のホットスポットの整備の要求も最近増えてきた。これらへの接続を学生の自習使用に供する場合は、接続記録はもとより、後述するような利用記録を残す必要がある。

一部の大学に見られるように、教室には端末の代わりに情報コンセントを設置し学生個人にノート PC を持たせることで、計算機利用講義を行う場合がある。この場合に特有な問題については鳥取環境大学の事例を参照されたい。

教室の AV 設備

計算機のソフト・ハードのほかに、教育用計算機を用いて授業を行うための教室や自習用教室の設備も整備しておく必要がある。

授業のための設備としては、マイク等の音声システムのほかに、映像システムを充実させておくべきである。入力としては、教卓の端末、持ち込みパソコン、オーバヘッドカメラ・ビジュアルプレゼンター装置、VTR、DVD プレーヤのほか、広い教室では黒板を映すカメラなどもある。出力には、学生 2 人に 1 台の割合で置くモニター、プロジェクタ+スクリーンが必須である。これらの入力と出力を必要に応じて自由に切り替えられるようにしておかねばならない。

教員 1 人で多人数の学生を相手にする場合には、教卓側で学生の計算機画面を 1 つまたは複数を選択して見る装置（ソフトウェアで実現される時もある）も有効であ

る。さらに、複数教室を連動した一斉授業を実施する場合には、複数の教室間にまたがった AV 系統の配線と入出力切替を用意しておく必要がある。

遠隔講義の対応には、教員の顔を映すカメラや、遠隔教室の学生を映すモニターやスクリーン（これは教室のうしろに配置するのがよいようである）も必要になる。

カスタマイズ・構築

大学等での教育用システムは、企業での IT システムと異なる特性を持つ。

- 計算機のハードウェア、ソフトウェアともに、家庭での単独使用または企業での利用を想定して作られているため、大幅なカスタマイズが必要である。
- 学校側にも納入業者の側でもノウハウが不足している上に、進歩が早いのでノウハウが急速に珍腐化する。
- 書籍等の情報が少ない。
- 大規模教育用計算機システムのパッケージがほとんどない。

などの理由で、構築が難しい。

一斉利用

教育システムでは一斉演習を行うため、全端末で一斉に同じ操作が行われることがある。たとえば、コンピュータリテラシー科目の4月の第1回目の講義の際には、パスワード変更が全端末により一斉に行われる。また、講義時間の終了時に全端末でログアウトが行われ、10分間の休憩時間の間に次の講義の受講生がログインするなど、企業のOA用PCシステムとは比べものにならない重い負荷がアカウント管理システムに加えられる。特にWindowsで移動プロファイルを用いたシステムを通常の企業システムにおける常識に基づいて構築を行うと、プロファイルサーバへの致命的な過負荷を招くことになる。

端末の共有

また、1台の端末を交替で多数の利用者が使用するだけでなく、利用者が毎回異なる席に座る、あるいは異なるキャンパスに移動して利用することも教育システムの特徴である。

一般的に計算機やソフトウェア、特にOS自体も企業内やSOHOでの使用を想定して製作されているため、大幅なカスタマイズが必要である。たとえばほとんどのOSで、パスワード変更機能は多人数の一斉変更に耐え

るようには実装されていない。

Windowsでも、LinuxやBSDも同じであるが、デスクトップ計算機用のOSはワークステーション的利用法を想定して構成されている。すなわち、特定の一利用者が個人の机の上に置いた端末機を占有し、日常的な管理作業も行うという形態である。そのため、一般利用者の権限でもソフトウェアのインストールやプリンタ設定の操作などができてしまうことがある。

ファイルやレジストリなどのアクセス権などを変更して一般学生からOS領域やプログラムファイルを保護する必要があるが、そのような変更によってアプリケーションによっては正常に動作しなくなることがある。これを防ぐためには個々のアプリケーションごとに必要な権限（ファイルの読みだし、書き込み、レジストリの読み出し、書き込み）を洗いだし、アクセス権設定に反映させる必要がある。最悪の場合は、アプリケーションの使用をあきらめるか、セキュリティ上の弱点をあえて残すかの板ばさみになることもある。

学校の特殊性は、利用者の入れ替わりが激しく初心者の割合が非常に高いということにもある。学校においては、全利用者の数分の一（大学では約1/4）は常に1年生であり、初めて演習室の計算機システムを使用する。そのため、個人の環境設定を自力で行えない利用者への対処が必要となる。ところが、近年のOSはレジストリなどの形式が非公開のバイナリファイルに個人設定を格納することが増えており、個人の設定を管理者権限で変更することがますます難しくなっている。

ノウハウの収集とカスタマイズ技術

システムを提案する業者側には、このような教育用システムの特長事情を熟知し、十分な設計構築ノウハウを持った人材が少ないため、学校側のスタッフ自身が計算機システムやネットワークシステムに精通し、納入業者に適切な情報を与える必要がある。

以上に挙げた以外にも通常の端末OSには教育用システムに用いるためには不適な点が多くある。今回の特集で紹介される各大学のシステムとも、WindowsやLinuxを各端末計算機にインストールしただけでなく、非常に多くの手間をかけたカスタマイズや自作ツールのインストールを行った結果実用に耐える演習室システムを構築している。

システム構築の難しさは、IT分野の進歩の急激さにも起因している。新しい技術が1つ現れただけで、適切なシステム構成がそれまでと大きく変わる。

国立大学の場合、さらに政府調達による入札がシステム構築を困難にしている。すなわち、仕様策定時には、半年先に公表済みで価格証明が行える段階になり、1年先には納入可能となる新機種の特長・性能・価

格を予想する必要に迫られるのである。

セキュリティ

セキュリティ面への要求は多いが、それには必ず利便性の悪化やコスト（人手であったり、金銭であったり）が伴うことが理解されていない。実行不可能な紙の上だけのセキュリティ対策に陥らないように努力（根回しと説得）が必要である。有効性と実現性の適切なバランスをとらねばならない。

端末の保護

不用意な操作で端末がダメージを受けないような対策が必要である。まず端末自身がファームウェアパスワードなどのセキュリティ機能を持つ必要がある。また、起動メディアを限定する機能は必須である。学生が持ち込んだフロッピーディスクやCD-ROMで起動されてしまうと、ハードディスクの内容を自由に改変することが可能になってしまう。特殊な起動オプションが指定できたりしないように制限した特殊なブートルードを用意することが必要となる。

アカウントの保護

セキュリティの基本はアカウント（ログイン名とパスワード）の保護である。特に初期パスワードとして学生の誕生日を用いることが多いが、誕生日はクラス名簿等から簡単に得られるので問題である。またこれは、学生に対して、「パスワードは他人から推測可能な簡単な、数字だけのものでよい」という誤った認識を与えることになる。

ランダムな文字列の初期パスワードをつけ、パスワード通知書は封筒に入れて学生に手渡すことが望ましい。しかし、年度当初に確定した新入生のリストが大学本部から得られるのは講義開始の直前であることが多い。学生リスト入手から2～3日でパスワードを含めたアカウントの準備を完了させるシステムが必要となる。

ログ管理

大学では、外部からの攻撃に対抗すること以上に、利用者自身による（悪意の有無にかかわらず）侵入や運用妨害への対処が重要である。また最も深刻なのは、利用者が学外組織に対して迷惑行為や侵入行為等を行った場合である。不正行為が行えないように技術的に対処することには限界がある。そこで後で調査が可能なような記録を残すことが必須である。

たとえば、掲示板が荒らされたとの苦情を受けた場合にはWWWプロキシのログと個々の端末への利用者の

ログイン記録を照合して調査する必要がある。個々の利用者端末でのイベントログやプロセスアカウンティング（いつどのアプリケーションを起動したかの記録）は標準の設定では取得されなかったり、個々の端末上に1～数日だけ保管されて順次削除されることが多い。これを中央のサーバに収集することが必要である。数百台の端末からログを収集する際のネットワーク負荷や、収集したログの容量管理やバックアップも同時に考えねばならない。

物理的セキュリティ

ソフトウェアに関するセキュリティに注意が向きがちであるが、物理的なセキュリティも忘れてはならない。端末の筐体の施錠を行わないと、メモリやハードディスクやマウスなどの部品や、PCそのものが失われる。また、プリンタの給紙トレイから紙を失敬する輩もいる。また、監視カメラとタイムラプスビデオを設置することも検討せねばならない。もちろん、建物の入口に守衛を配置する、時間外の入入りには利用者に記帳させるなどの措置も有効である。

運用・保守・管理

共同利用の設備なので、故障報告など教室環境の保守運用に利用学生の協力を依頼することは望ましいが、端末に故障が起きた場合にも、別の席に移動さえすれば学生自身には支障ないため、報告されないことも多い。

講義や演習を行う演習室では、故障によって使用可能な端末数が当該の部屋を使用する受講生の数を下回することは許されない。そのため端末稼働率を高く保つことが必要である。しかしながら、手厚い保守サービスを契約することは予算面から難しく、多くの場合連絡した翌営業日に対応する契約となっている。端末稼働率の確保のためには、端末の異常を速やかに発見する必要がある。しかし既存の多くのツールはpingやSNMPエージェントとの通信に基づいて異常を検出している。そのため、たとえば、画面制御ソフトウェアのハングアップやフロッピーディスク、マウスの故障などネットワーク機能と関係ない部分の障害はこれらツールでは発見できない。

故障等のトラブルの監視と原因判別

大規模な教育システムでは端末の地理的配置も広範囲となるため特有の問題が生じる。端末が同一の棟のいくつかの部屋に集中しておかれている場合は、保守スタッフが全端末を巡回する作業や、異常端末を訪れて対処することに大きな支障はない。

ところが多くの総合大学に見られるように、計算機センタの端末室以外に各学部で端末室を分散配置してセンタで管理する形態では端末室を訪れることも容易ではない。キャンパスの広い大学では車での移動が必要なものもしばしばある。

このように地理的広がりが大きい場合には、電源再投入で復旧する程度の軽微な障害ですら対処に大きな人手を要する。

明らかにハードウェアの故障である場合には保守業者に連絡すれば足りるが、多くの場合はセンタのスタッフが障害の切り分けを行わねばならない。

人手という観点では、キーボードのキャピタルロックがかかっているためにログインできないとか、CRTの照度調整を何者かが操作したために電源が入っていないと誤認するなどの障害報告でセンタスタッフが現場に赴くことのタイムロスも大きな問題である。このような、権限（特権ユーザのパスワード、あるいは筐体の鍵）なしに対処できる軽微なトラブルに対しては、アルバイトやボランティア組織の手を借りることも有用である。

ハードウェア故障の修理作業

故障修理に関しては重要な問題点がある。通常の保守契約では、各機器を納入時の状態に戻すのみである。このため、端末のハードディスクが破損した場合には、修理した後にOS等の設定を再度行う必要がある。納入後にセンタ側で追加変更した部分を、HDD故障のつど学校側のスタッフが再度行うことは大きな管理負担となる。

この問題への対処としては、いくつか考えられる。

1. ソフトウェア設定の維持管理も含めて業者に委託する

学校側のスタッフの負担は減るがかなりのコスト高となる。

2. ソフトウェア設定の復旧を自動化する

大規模教育システムで利用可能な自動化ツールは一般には市販されておらず、特注または自ら開発する必要がある。また、端末の設定の自動化ツールの運用下ではアプリケーションのインストールに際して特別な対処が必要になる。

3. ソフトウェア設定の復旧を不要にする

ディスクレス端末を利用すると、端末のHDD故障は起こらなくなるが、OSに特殊な設定・運用が必要である。また、ディスクレスシステムではMACアドレスの集中管理が必須である。端末の故障修理の際にMACアドレスが替わると管理サーバへの登録が必要である。MACアドレスを誰がどのように登録するかという問題が生じる。

電源管理

省エネルギーおよび防火の観点から、端末の24時間稼働は望ましくない。また端末室のサービスタイム外の夜間においては電源を切ることが求められている。大規模かつ高度な端末の集中電源管理システムが必要である。

端末の電源投入時刻は規定の出勤時刻以前でないと1時限の講義に間に合わない。また閉室後にシャットダウン・電源断を行うべき時間帯は退勤時刻を過ぎた時刻である。このため、適切な電源管理ツールなしには日常的な早朝出勤・残業が強いられてしまう。

現在、パソコンのATX電源（自己電源断可能）やWakeOnLan機能など、端末の電源管理のための要素技術は存在するが大規模使用に耐える統合された電源管理システムは市販されていないのが現状である。

ソフトウェア管理

運用開始後も、新たなソフトウェアの導入、ソフトウェアの設定の変更、バージョンアップ、セキュリティパッチなど、プログラムやその設定を高頻度で変更することが、よいサービスのためには必要である。

ソフトウェアやパッチは、インストールを特権利用者によって対話的に行うことを前提として作られている。多くは、物理的に端末のコンソールを操作して行うことも求められる。センタに配置される通常の人員は、多数の端末に対してこのような人員消耗的管理作業を行うには少なすぎるのが通例である。

さらに修正パッチの提供や設定の変更の必要性が生じるとに

- 意図通りに変更が可能か検証
- 他のソフトウェアの正常な稼働に悪影響を与えないか、いわゆる「相性問題」の検証
- 遠隔・無人インストールが可能ないようにパッケージ化し直す

などの作業が必要となり、個人の机上のPCでのパッチ適用作業とは比べものにならない手間がかかる。

技術的な困難さは、ハードウェアやソフトウェア構成が均一でないことで倍化する。用いる端末の機種が3種類あれば、上記作業をそれぞれの機種ごとに繰り返さねばならない。構成の不均一はたとえば、教室の前の教卓席だけ別設定にするとか、弱視の学生用の大型ディスプレイを接続した端末を設ける、あるいは、費用の関係で特定の教室の端末にだけインストールするアプリケーションがある、など種々の理由で起こる。また、3～5年間の運用期間中には保守部品の在庫が底をついて、類似品や後継機種で代替されることがある。ハードディスク

やビデオカードなど、エンドユーザにとっては同等品でも OS 設定は変えなければならないことがある。

特に近年コンピュータの利用が広まるにつれ、講義時間だけでなく昼休みや放課後まで常時端末室が混雑し続けている。そのため、ソフトウェア修正のタイミングを探ることが難しい。スタッフが残業して深夜に修正作業を行うか、あるいは利用者がログオンしていないタイミングを選んで更新を行う自動化システムが必要である。さらに、たまたまソフトウェア修正を行った際にたまたまハングアップしていたり、故障等で稼働していなかった端末は、復旧した時点でソフトウェア修正を個別に行わねばならない。このように設定バージョンの管理を効率良く行うことが必要であるが、有効な市販ツールがみあたらない。

利用統計の収集と出力

利用統計は、システムの構成および運用の評価だけでなく、学内外への報告や次期システムの予算要求・設計のためにも必須である。システム運用担当者が、学生の所属ごと、端末の設置場所ごと、時間帯ごと、およびアプリケーションの種類ごとといった利用統計を、数値データだけでなくグラフも含めたレポートとして簡単に出力できるように、システム設計段階で考えておくべきである。

運用規則

教育用計算機システムでは利用規程が定められているが、運用規則も定めておくべきである。これは、運用管理体制や業務分担のほか、これまで述べてきたような実際の運用を支える技術担当者の行動基準、規則違反行為等の発見と対応、利用者教育の方法などを規定するもので、各大学のキャンパスネットワーク運用規則や情報基盤センター等の部局ネットワーク運用規則を基にして策定する。電気系3学会（電子情報通信学会、電気学会、本学会）で作成された「高等教育機関におけるネットワーク運用ガイドライン」などが参考になろう^{☆1}。システム設計の際には、これらの運用規則に従ってシステムを円滑に運用できるように、必要なソフト・ハードを組み込むべきである。

リプレース

大規模なシステムのリプレースでは、設置場所の関係もあり、旧システムの撤去後に新システムを搬入し設定・試運転のうえ提供開始という手順となる。年度末にシステム更新を行う場合には、講義コマ数を確保するために最低でも1月末、可能ならば2月半ばまでは旧システムの運用を継続する必要がある。4月の本稼働までのスケジュールは非常に厳しい。

また、旧システムからの個人ファイルやアカウンティングデータの移行も大きな問題である。

近年ではIMAP4メールサーバ専用機（アプライアンス）に蓄積されたメールをシステム更新の際に新サーバにいかにも移動するかも課題として浮上してきている。

まとめ

各大学で教育用計算機センターが発足した1980年代当時には利用者も多くなく、システム構築・運用はそれほど大きな問題となっていなかった。メインフレームを利用したシステムの場合にはレンタル契約に付随してかなりの運用サービスが提供された。

いまや大量の利用者端末とサーバシステムおよびネットワークを調達・運用管理することは高度な専門技術と多大な労力を必要とするようになった。しかし多くのセンターは発足当時の状況に対応した員数で発足して以降ほとんど定員増なしのままで、現代の複雑なシステムの導入・運営を行わねばならない状況にある。

さらに大きな課題は人材の育成である。システム設計運用のためには展示会や学会等に頻繁に出席して技術動向を把握することや、有望なシステムは少数導入して検討するなどシステム更新時期以外の技術動向調査活動も必要となる。技術専門職員は朝の開室から窓口業務等に追われており、技術動向の把握や新機種の評価に費やす時間はまったく足りない。一方教官はあくまでも教育と研究が本務である。センター業務に有用なノウハウを蓄積しても業績評価につながらないため技能習得の意欲を持ちにくい。

電話システムや電力システムのように、少数の技術職員と外注委託で調達から運用までできるほどには計算機分野は枯れてきていない。当面はスタッフの育成と確保、および各地で孤立して開発されているノウハウの流通が課題と考えられる。

（平成16年2月9日受付）

^{☆1} <http://www.icice.org/jpn/teigen/nwgl.html>