

NetBoot による学生ノートパソコンの教育専用端末化環境の構築と運用

Implementation and Operation of a Private-PC-Based Thin-Client Environment for Higher Education

大本 英徹 十

Eitetsu Oomoto

1. はじめに

近年、学生個人がノートパソコンを保有していることを前提として、それを情報教育環境として活用する事例が増えている。しかし、その個人ノートパソコンを大学における集合教育環境として利用する場合、教室常設のパソコン機器とは比較にならない困難な状況に直面する。

平成20年度に発足した京都産業大学コンピュータ理工学部においても、米国 Apple 社製ノートパソコンの保有を学生に義務づけている。しかし、我々は単に保有させるばかりでなく、その個人パソコンを教室に持ち込んでネットワーク接続した状態で起動すれば、授業利用に適した状態に完全に調整済みのパソコン端末として直ちに利用できるという試みを実施している。

我々の構築した個人パソコンを演習端末として活用する演習教育用ため環境は Apple 社の NetBoot 技術を活用して実装されており、我々の演習系科目及び実験系科目において日常的に利用されている。この個人パソコンを Thin Client として活用するシステムを我々は OSSP (Operating System Service Provider)方式と呼んでいる。

本稿では本システム導入実現に関わる背景、システムの特徴、運用状況と今後の問題点について述べる。

2. 個人ノートパソコンと教育用演習環境

2.1 個人パソコン保有の意義

現在の高等教育におけるパソコンの必要性有用性、或いは教育的効果は既に言うまでもないが、近年、学生個人にノートパソコンの保有を推奨、或いは、義務づける事例が珍しいものではなく、様々な大学で実施されている^[1]。

学生にノートパソコンを保有させる事に対する教育的効果としては、日常的に PC 操作に習熟することが出来るために情報機器の活用能力が底上げされる、或いは、ソフトウェアのインストール、或いは、ウイルス対策ソフトの導入やバックアップなどパソコンの基本的運用保守を学生自ら行う事で情報関連の基礎知識が自然に身に付くことなどが考えられる。

これらの操作スキルや知識は、「コンピュータに関わる学習をしっかりと行えば自然に身に付くものである」と一刀両

断することは容易いが、我々を含めた多くの大学で極めて多様化しつつある入学者に対して「自然に身に付くことを期待する」のは現実的に極めて難しい。

そのような基本スキルは、従来の大学教育で想定されてきた「十分に管理調整された」学内常設パソコン設備を利用しているだけでは、身に付けることが困難なスキルである。本学も例外ではなく、そのようなスキルを習得できる機会を設けることは、過去殆ど出来なかった。その意味で学生にノートパソコンを持たせることによる利点は大きく、日々のパソコン利用や保守作業を通じて、大学のカリキュラムに組み込みにくい基礎スキル習得の機会として期待できる。

2.2 個人パソコンの演習教育環境としての活用とその困難さ

この学生保有パソコンの活用を一步進めて、カリキュラムを実施するための演習教育環境として活用する事例も散見されるが、個人ノートパソコンを各種演習講義などの集合教育向け端末として利用する場合、従来の教室常設パソコンとは比較にならない極めて困難な状況に直面する。

個人パソコンに想定される稼働状態と集合教育で利用されるいわゆる教室常設パソコンで想定される稼働状態は、かなり大きな相違があり、場合によっては完全に相反する場合すらある。

2.2.1 個人パソコンの稼働状況

個人パソコンの稼働状況は、概ね次のようになろう。

- 一般に学生毎に機種が異なる。これは、大学から機種指定することで、ある程度揃えることが出来るが、パソコンのモデルチェンジに伴い、入学年度が違えば機種が異なってしまうのが通常である。
- 導入されているソフトウェアが統一されていない。当然ながら、各学生毎に導入しているソフトウェアの製品やバージョンはバラバラである。また、ソフトウェアの購入経費は個人負担であるから、特に高価なソフトウェアが導入されていることは殆どない。これも大学で指定することで入学年度単位程度で揃えることは出来るが、各入学年度毎に異なったバージョンとなってしまう事は避けられず、常に最新版にアップデートされていることも期待できない。

†京都産業大学コンピュータ理工学部ネットワークメディア学科

- ・ パソコンの利用コンディションは各パソコン毎に全く違う。各学生のパソコンスキルにより、極めて良好に維持されている場合もあれば、ウイルス感染やディスク障害などによりまともに利用できる状態ですらない状態の場合もあり、それぞれ千差万別である。

2.2.2 常設演習パソコンの稼働状況

通常の大学教育において期待される常設演習用パソコンの稼働状態は、次のようなものであろう。

- ・ 機種が統一されている。技術的には統一されている必要はないが、運用保守の観点から機種が統一されると運用コストが下がるため、統一されているのが一般的である。
- ・ 導入されているソフトウェアは製品・バージョン共に統一されている。「授業」では学生毎に利用できるソフトウェア製品やバージョンが異なっているのは、学生が利用する環境が異なってしまうと、まともに授業運営出来ないのは明らかである。また、特殊で高価なソフトウェアであっても教育上必要であれば導入されて利用できる。
- ・ 各端末のコンディションは十分に整えられており、統一した状態に調整されて授業利用に支障ない状態に維持されている。調整状態が統一されているため、ある程度の余剰機材を確保しておけば、不意の故障に対しても利用する機器を交換する(座席を替わる)だけで問題無く受講が継続できる。

2.2.3 個人パソコンの演習用端末としての活用における問題点

ここで、個人パソコンの状況と常設パソコンに求められる特性を勘案すれば、明らかに相反しており、学生個人パソコンを演習講義での端末として活用する事は極めて困難であることが分かる。

- ・ 導入されているソフトウェアが統一されておらず、また、個人保有のため、特定授業向けの特殊なソフトウェアを導入することも不可能である。
- ・ パソコンのコンディションや設定状態がまちまちであるため、仮に同一機種で同一ソフトウェアが導入されていても、学生によって画面表示や挙動が異なったり、或いは、正常に動作しないことすら珍しくない。
- ・ 演習授業で作成したファイルが個人パソコンの内蔵ストレージに保存していた場合、故障により修理に出されると必要なファイルが全て手元に存在しなくなり、修理から戻るまで受講に支障が出る。

最悪の場合、ファイルが完全に失われて受講継続が困難になる場合すらある。これは、代替機材を利用してでも解消できない。

3. NetBoot による個人パソコンを活用した演習環境の実現

我々は、学部発足にあたり、学生にノートパソコンを保有させる事による間接的教育効果を重視し、その技術上運用上の困難を勘案しながら学生ノートパソコンを学内での演習講義で活用出来る運用技術を検討した。

その結果、Apple 社の NetBoot[2]技術とノートパソコンを組み合わせたシステムにより、運用上の諸問題を高いバランスで概ね解決出来るとの結論に達した。

本演習環境は平成19年末より設計を開始し、平成20年4月よりプログラミング演習系の必修科目において実運用を開始し、平成21年度より学生実験の実施環境としての活用も開始している。

3.1 OSSP 方式による演習システム環境の特徴

我々の OSSP 方式による演習環境の特徴は次のようにまとめられる。

特徴1. 自由に使用・設定可能な個人環境

入学学生は、Apple 社のノートパソコン MacBook の個人保有が義務づけられる。我々は最低仕様(Intel CPU, メモリ 2GB)を指定した上で推奨機種を設定しているものの、Apple 社製ノートパソコンである限り学生の希望次第で自由に機種選択できる。入学時に購入する学生のため、学内書店の丸善書店において斡旋販売を実施しており、学生は3万円程度の本学からの補助の下に安価に購入できるが、既に入学前に MacBook を保有している場合には、それを使用して差し支えない。

各学生は自分のパソコンについて、ソフトウェアのインストールや各種設定は自由に行うことができ、また、演習講義で NetBoot 環境を使用するための特別な処置を全く必要としない。我々は、学生の個人環境について一切関与しないため、入学時から「自分で運用維持管理する」よう指導している。

特徴2. 個人環境に依存しない演習環境

演習教室には学部専用の情報コンセントと AC コンセントが設置されており、受講学生は自分のノートパソコンを接続して NetBoot により OS を起動する。NetBoot とはネットワーク上に用意された NetBoot サーバより OS ディスクイメージをダウンロードしながら起動するものである。この時、ノートパソコンに内蔵されたディスク装置には一切依存せずに起動させることが出来るため、学生のノートパソコンは NetBoot している間に限り完全に事前調整された演習端末(いわゆる Thin Client)として稼働する。つまり、一旦、NetBoot してしまえば、学生は自分のパソコンであろうと他者のパソコンであろうと、全く同じようにログインして全く同じ演習環境として利用できる。

Apple 社製 OS である MacOS X は、ユーザランドレベルでは FreeBSD と概ね互換であり、我々は UNIX 互換 OS として MacOS X を稼働させている。そのため、NetBoot した状況では、Linux や FreeBSD、或いは、Solaris などの UNIX 系 OS を活用して構築された従来の教育環境を実現出来ている。また、学生がログインして作業ファイルを保存するホームディレクトリは NFS サーバ上に確保されており、故障などにより一時的に予備機にて学生が受講する場合でも、特に問題は生じない。

特徴3. 自由度の高い授業向けソフトウェアの選定

この NetBoot によるノートパソコンの活用とは、学生ノートパソコンに対して Apple 社のオペレーティングシステム MacOS X とその上で稼働するソフトウェアを、一時的に貸し出して利用させていると考えることが出来る。これを我々は OSSP (Operating System Service Provider) 方式情報処理教室環境と呼んでいる。さすがに NetBoot には通常のローカルディスクブートよりも時間がかかるものの、起動が完了してしまえば、通常の起動状態と殆ど変わらない操作が可能であり、MacOS X において利用可能な多くのソフトウェアを利用可能である。現時点では、Mathematica や MATLAB といった理工系教育向けソフトウェアを主にインストールしているが、例えば MS-Office などの一般的なアプリケーションも利用できる。

また、授業で利用する環境と同等の個人環境を学生自力で構築できるよう、演習環境に導入するアプリケーションは可能な限りフリーソフトウェアを選定しており、学生にはそれらを手渡して自力でインストールさせている。

特徴4. 仮想化ソフトウェアによる Windows 環境

Windows 上でしか稼働しない少数の特定ソフトウェアに依存した演習講義に対応するため、VMWare Fusion による仮想化 Windows 環境が同時に利用できるようにしている。但し、起動が極めて遅いなど、あまり実用的な環境とは言いがたく、殆ど使われていないのが現状である。

特徴5. 容易なトラブル対応

NetBoot の特徴により、パソコンが故障修理中であるとか自宅に忘れてきた、或いは、授業中の対応が難しい原因不明トラブルなどの場合でも、予備パソコンを貸与するだけで全く問題無く受講継続出来る。尚、我々が提供する演習環境を NetBoot で利用するには特殊な操作や事前処置は必要なく、N キーを押下しながら電源を入れるだけであり、全くのパソコン初心者の新入生であっても特に困難は生じていない。

特徴6. 比較的安価なシステム構築

通常の常設情報処理教室に必要な設備に比較して、本システムは極めて安価に構築できたと考えている。通常、200 台規模の情報処理教室であれば、200 台のパソコン、200 台が接続できるネットワーク装置、若干のサーバ装置が必要となる。これに対し、NetBoot ではサーバ 1 台当たり 25~30 台強のクライアントパソコンをサポートできるため、我々の場合では総数 8 台のサーバだけで最大 200 台のノートパソコンを NetBoot させることが出来ている。(但し、一学年全員の約 160 台同時利用が最大稼働実績)

NetBoot サーバは(構成に依存するが)一台当たり 50 万円強であり、本システムではサーバ装置として 500 万円弱の費用を要している。また、NetBoot 自体は通常の安価な L2 スイッチで十分であり、この点で特に高価なネットワーク装置を必要とはしない。但し、我々の場合には個人パソコンが学内ネットワークに接続されるという運用前提となるため、セキュリティ対策として Web 認証機能を有するス

イッチ装置の導入が必要とした。このような認証スイッチは各大学でのインターネット接続インフラとして導入され始めており、特段の追加コストとは考えていない。

また、ホームディレクトリを提供する NFS サーバとアカウント情報を管理する OpenLDAP サーバは既設サーバを調整して利用しているため特に設備投資していないが、200 台程度のクライアント数であれば、負荷はさほど高くないため、新規導入であってもそれほど高価・高性能なサーバ装置は不要であると予想される。

結果的に、通常の情報処理教室構築と比較すれば、200 台のパソコン設備の代わりに 8 台の NetBoot サーバで済む事で大学側の経費負担はかなり軽いものとなった。但し、我々の場合、新入生への斡旋販売に対して助成を行っているため、それに対する負担は相応にある。

3.2 システムの運用状況と今後の課題

平成 20 年 4 月より稼働開始した本システムの運用状況、及び、それを踏まえた今後の課題について述べる。

3.2.1 パフォーマンス

NetBoot ではブートサーバ上の起動ディスクイメージを NFS マウントして、その内容をダウンロードしながら OS が稼働する。そのため、多数のクライアントをサポートするにはブートサーバのネットワーク及びディスクの I/O ボトルネックが問題となる。我々の NetBoot 構成では、Apple 社の BSDP^[2] (Boot Server Discovery Protocol) により、初めて接続されたクライアントが NetBoot サービスを受けるサーバとして、接続クライアント数の最も少ないサーバが選択されるようになっており、これにより、8 台のサーバへの動的負荷分散が行われる。

また、一度クライアントとサーバ間に接続関係が構成されると、次の NetBoot 時には、原則として同じブートサーバからサービスを受けるが、機器故障などの理由によりサーバが応答しない場合は、再び BSDP により他のサーバを選択した上で NetBoot する。この特性により、ブートサーバの障害時には動的に縮退運転することをクライアント数 150 台弱の状況下で確認している。

また、利用者にとってはシステムのレスポンスが重要である。クライアントの電源投入からログイン画面が表示されるまでのブート時間は、サーバ負荷の軽い状況で平均 61 秒程度、授業利用中の比較的高負荷の状況で平均 80 秒程度であり、全クライアントが同期して一斉起動などの極端な状況でない限り全く問題はない。尚、ネットワーク接続は、サーバが Gigabit Ethernet 2 本の Link Aggregation 接続、クライアントは Gigabit Ethernet 接続としている。

また、NetBoot 時には、アプリケーション起動などのユーザ操作に応じて生じるディスク I/O は、全てブートサーバへの NFS アクセスとなる。我々の利用状況では、通常の内蔵ディスク起動に比較すれば、ややレスポンスが悪いと感じる程度で済む場合が殆どであり、大きな支障とはなっていない。

尚, syslog や /tmp への一時ファイル書き込みなどシステムディスクへの書き込み処理性能を稼ぐため, 書き込み処理はクライアントの内蔵ディスク上のシャドウファイルへの書き込みとなるように調整している. このシャドウファイルの内容は, 再起動することで破棄される.

3.2.2 起動システムイメージの更新

多数の端末が配置された情報処理教室では, OS のアップデートなど, 定期的に起動システムイメージを更新する必要がある, この作業工数が問題になる事が多い. 我々の NetBoot 環境では, 雛形となるクライアント機材上で起動ディスクを作成し, それをマスターサーバ上に配置しておけば, rsync によって全ブートサーバに自動配信されるようにしている. これにより, 起動ディスクイメージの更新・配信のための工数を小さく押さえることが出来た.

3.2.3 実験系科目での活用

平成 21 年度より, 一部の学生実験テーマにおいても NetBoot 環境の活用を開始している. 具体的には, ネットワーキング実験において, Wireshark などのツールを NetBoot 環境で提供し, またシリアルポートや増設 Ethernet ポートを USB シリアルデバイスを貸与して接続させることで確保するといった活用を行っている. 今後は, さらに活用範囲を広げていきたいと考えている.

3.2.3 故障とトラブル対応

我々の OSSP 方式では, 学生は日々ノートパソコンを持ち歩く事になる. そのため, どうしても破損などの故障発生率が高目となっている. 平成 20 年度実績では, 初期故障率 5%, 破損・水濡れなど利用者原因による故障率 5%程度となっており, 平成 21 年度はもう少し高目になる見込みである. 学生に斡旋販売された MacBook には動産保険がバンドルされているため, 学生個人の負担は軽い(5000 円程度)が, 翌年度以降の保険料高騰の原因となるため, 利用者原因による故障率を, もう少し押さえ込む施策が望まれる.

システム稼働開始当初, 授業時に起きるトラブルに十分対応できない可能性を危惧していたが, ごく初期の混乱を除けば, 現在では概ねルーティン化して障害切り分けを授業中に行うことが出来るている. その手順は次の通り.

1. 再起動することで, 統一された OS イメージにて試みる.
2. 予備機材で NetBoot することで, ハードウェア障害の切り分けを試みる.
3. 個人環境設定ファイルを削除して, 復帰するかどうか試みる.

尚, NetBoot はネットワークに完全に依存するため, ネットワークスイッチ装置の障害においては完全に無力である. スイッチ装置の予備機を確保することで対処は可能としているが, 実際のところ, 授業中に障害が起きれば対処は難しいであろう.

3.2.4 学生の個人環境

我々は, 学生の保有する MacBook の個人環境には一切関与しない事を原則としている. 但し, ちょっとしたトラブルや調整に関する応対窓口として, 学内に「CSE ヘルプデ

スク」と称する相談窓口に大学院生アルバイトを配置して, 日常的利用相談を受け付ける体制は整えている.

また, Mac OS X の場合, 多くのソフトウェアが GUI によるパッケージインストールになっており, 初心者でもアプリケーション導入は比較的簡単に出来るため, 簡単な案内書を用意した上で, 我々の NetBoot 環境で使用しているフリーソフトウェア群を自己責任でインストールさせるように指導している. 平成 21 年度入学者に実施したアンケート調査(平成 21 年 7 月初頭実施)では, ほぼ全員(95%以上)が 6 月末時点にて授業環境と同等の環境が構築出来ているようである.

また, Windows の利用を希望する学生も少なからず存在しており, これも簡単な情報提供を行い, また, ヘルプデスクを活用させて, BootCamp を導入して Mac OS X と Windows のデュアルブート環境を利用させている. また, VirtualBox などの仮想化ソフトウェアを用いている者もいるようであるが, Windows 環境の利用実態については十分把握できていない.

3.2.5 セキュリティ

現時点の我々のシステムは特にネットワークセキュリティの点で, あまり頑健とは言えない. 特に NFS 向けの対策として, 近日中に Kerberos 認証を導入し, ホームディレクトリアクセスに用いている NFS サービスを認証付きのよりセキュアなものへ移行する準備を進めつつある.

また, 認証スイッチが提供する ACL (Access Control List) の設定も再検討する予定である.

4. まとめ

我々は OSSP 方式と呼ぶ, 教室に常設パソコンを設置しない, 個人ノートパソコンを活用した情報処理教育環境を構築し, 受講生規模 160 名の演習講義における実運用を行った. 本システムの特徴は, 学生に個人ノートパソコンを自由に活用させつつ, それらを演習講義においては, 完全に調整された演習端末として運用できるという, 個人パソコン環境と集合演習教育環境の完全な両立にある.

今後は, 本システムの運用を継続し, セキュリティ向上などを図りつつ運用ノウハウを積み重ねてゆきたい.

以上

参考文献

1. 永井孝幸, 齊藤明紀, 「鳥取環境大学のリテラシー教育への取り組み」, サイバーメディアフォーラム No.6, 大阪大学サイバーメディアセンター, 2005 年 9 月 (<http://www.cmc.osaka-u.ac.jp/j/publication/for-2005/17-22.html>)
2. Apple Inc., "Mac OS X Server System Imaging and Software Update Administration For Version 10.5 Leopard," http://manuals.info.apple.com/en_US/System_Imaging_and_SW_Update_Admin_v10.5.pdf