

運用の省力化のためのシンクライアントシステム管理ツールの導入と評価

安部 達巳[†] 下村 健^{††} 妹川 竜雄^{††}
関谷 貴之[†] 丸山 一貴[†]

東京大学情報基盤センターの教育用計算機システムの標準端末は、NetBoot サーバ (Xserve) とクライアント (Mac OS X) によるシンクライアントシステムで構築されている。30 台以上の NetBoot サーバ上の起動イメージの管理、および 1,000 台以上のクライアント端末と付随するネットワーク機器の管理に係る負担の軽減がシステム運用上の一つの課題であり、2008 年 3 月のシステム更新に伴いシンクライアントシステム管理ツールを導入した。本報告では、管理ツール導入前後でシステムの管理、運用がどのように改善、省力化されたかを報告する。

Reduction of Operation Cost Using Thin Client Management Tool

TATSUMI ABE,[†] TAKESHI SHIMOMURA,^{††} TATSUO IMOYAWA,^{††}
TAKAYUKI SEKIYA[†] and KAZUTAKA MARUYAMA[†]

Information Technology Center of the University of Tokyo provides students and faculty staff with the Educational Campuswide Computing System (ECCS). From years of operation of ECCS, we have learnt the management cost of over 1,000 clients, dozens of servers and network switches is a significant problem. In March 2008, we introduced the new ECCS (ECCS2008) based on a NetBoot system with a thin client management tool. The tool lightens the work load for operation of the NetBoot system such as updating boot image files and changing broken clients. In this paper, we report how we reduced the operation and management cost of the ECCS2008 using this tool.

1. はじめに

東京大学情報基盤センターは、本学教職員や学生の教育および教育・研究における情報アクセスの基盤となる環境として、教育用計算機システム (ECCS, Educational Campuswide Computing System) を運用している。2004 年 3 月に運用を開始した ECCS (ECCS2004) では、NetBoot によって Mac OS X が動作する 1,149 台の iMac 端末と、Windows と UNIX の 2 つの OS が動作する 227 台の端末で構成されるシンクライアントによるシステムを導入した⁴⁾。この 1,000 台以上の iMac 端末で構成される ECCS2004 は、世界最大規模の NetBoot システムであった。

ECCS2004 では、Mac OS X や Windows といったいわゆるパソコンと同様の OS が動作する端末を

採用したことで、Office ツール、数式処理ソフトウェア、統計処理ソフトウェア、CAD などの多様なアプリケーションが利用可能となった。その結果、情報リテラシーやプログラミングなどのコンピュータの操作に直接関わる講義だけでなく、コンピュータを道具として活用した語学や統計学などの講義においても ECCS が活用されるようになった。また、シンクライアントシステムを用いたことで、サーバ室で集中的に管理するブートサーバ上の作業で、全ての端末の OS やアプリケーションの更新が可能となるなど、システム全体の TCO を大幅に削減することができた。

一方で ECCS2004 の NetBoot システムでは、全てのブートサーバで端末の起動用の設定を一括して変更する方法や、起動用のデータを配信する方法がメーカーから提供されず、ECCS 全体を統合的に管理することが容易でなかった。そこで、本センターの当時のスタッフは管理の手間を減らすツールなどを自作していたが、人事異動等で担当者が変わると前任者のノウハウが十分に受け継がれず、新任者が作業に慣れるまでは、以前と同程度の時間で作業を完了するのは困難であった。また、端末が故障するとブートサーバや関

[†] 東京大学情報基盤センター
Information Technology Center, the University of Tokyo

^{††} キヤノン IT ソリューションズ株式会社
Canon IT Solutions Inc.

連する機器の設定に手間取ることも多かった。

このような背景の下で、本センターでは 2008 年 3 月より教育用計算機システム ECCS2008 の運用を開始した。ECCS2008 では、ECCS2004 と同様に Net-Boot によるシンクライアントシステムを導入するだけでなく、前述の問題を解決して運用の省力化を実現する NetBoot 管理ツールを導入した。本報告では、この管理ツールの機能や構造、また本ツールを運用することで得られた知見を報告する。

2. ECCS2008

ECCS2008 は、NetBoot 方式による 2 種類の端末システムとメールサービスシステム、これらに付随する各サーバとネットワーク機器からなる。本章では ECCS2008 全体の構成とともに NetBoot 管理ツールを用いて運用する iMac 端末システムについて述べる。また、第 1 章で述べた ECCS2004 の問題点を整理し、これらを解決するために実現すべき機能をまとめる。

2.1 システムの構成

システム全体の概念図を図 1 に示す。主に以下の要素からなる。

iMac 端末システム Mac OS X による NetBoot システム。iMac 端末とブートサーバからなる。駒場、本郷各キャンパスの端末はそれぞれのキャンパスに設置されたブートサーバから起動する。柏キャンパスには本センターのスタッフが常駐しないため、本郷のブートサーバを用いて起動する。本学の教職員や学生が端末を利用するために、本センターは約 30,000 アカウントを発行している。

CAD 端末システム Citrix Provisioning Server for Desktops による Windows の NetBoot システム。端末とブートサーバからなる。駒場、本郷各キャンパスの端末はそれぞれのキャンパスのブートサーバから起動する。柏キャンパスには端末は設置されていない。

端末用ファイルサーバ 端末ユーザのホームディレクトリを保持するためのファイルサーバ。駒場キャンパスのみに設置されており、本郷キャンパスの端末もキャンパス間回線を通じてこれを参照する。

メールサービスシステム 端末ユーザ及びメールサーバホスティングサービスユーザ向けのメールシステム。合計で約 45,000 アカウントを有しており、全て駒場キャンパスに設置している。

認証サーバ iMac 端末システムとメールサービスのために LDAP サーバを、CAD 端末システムのために Active Directory サーバを運用し、両者間

表 1 iMac 端末の設置状況

設置場所	台数 (台)
駒場・センター	633
駒場・分散配置	53
本郷・センター	133
本郷・分散配置	302
柏・分散配置	15

で認証情報の連携を実施している。マスターサーバは駒場キャンパスに設置されているが、各端末からの認証要求を受けるスレーブサーバは駒場・本郷の両キャンパスに設置している。

ネットワークシステム 上記の各システムを接続するためのネットワーク機器。幹線を担う 4 台の L3 スイッチと多数の L2 スイッチからなり、L3 スイッチは駒場と本郷に 2 台ずつ設置されている。

2.2 iMac 端末

iMac 端末は Intel Core 2 Duo 2.0GHz とメモリ 2GB を搭載しており、ブートサーバである Xserve から OS イメージをネットワーク転送することで動作する (NetBoot 方式)。こうした運用手法は前システムである ECCS2004 を踏襲している。これに加え、仮想マシンソフトウェアを利用して Windows Vista を Mac OS X 内で稼働させる運用を行っているため、Mac OS X の OS イメージだけでなく Windows Vista の OS イメージも集中管理し、32 台のブートサーバに配信している⁵⁾。

iMac 端末の設置内訳は表 1 の通りである。駒場、本郷の各キャンパスとも本センター外に設置された端末 (これを分散配置端末と呼ぶ) がある。特に本郷キャンパスでは各部局のユーザが利用する際の利便性のため、センター内に設置された端末よりも分散配置端末の方が多くなっている。なお、ブートサーバは各キャンパスのセンター内のサーバ室に集中して設置している。

2.3 ECCS2004 の問題点の解決

第 1 章で述べたように、ECCS2004 の iMac 端末システム運用には機能面で 3 つの問題点があった。これらは以下に大別される。

- OS イメージファイルの管理
- OS イメージファイルの全ブートサーバへの配信
- 端末故障時の交換作業にかかる一連の作業

第 1 の問題は、OS イメージファイルと呼ぶクライアント起動用データ (以下「OS イメージ」という) の管理を、ブートサーバごとに行う必要があった点である。OS やアプリケーションのアップデート、利用者からの要望に応じたソフトウェアのインストール等で、ECCS2004 の運用中に OS イメージを度々更新

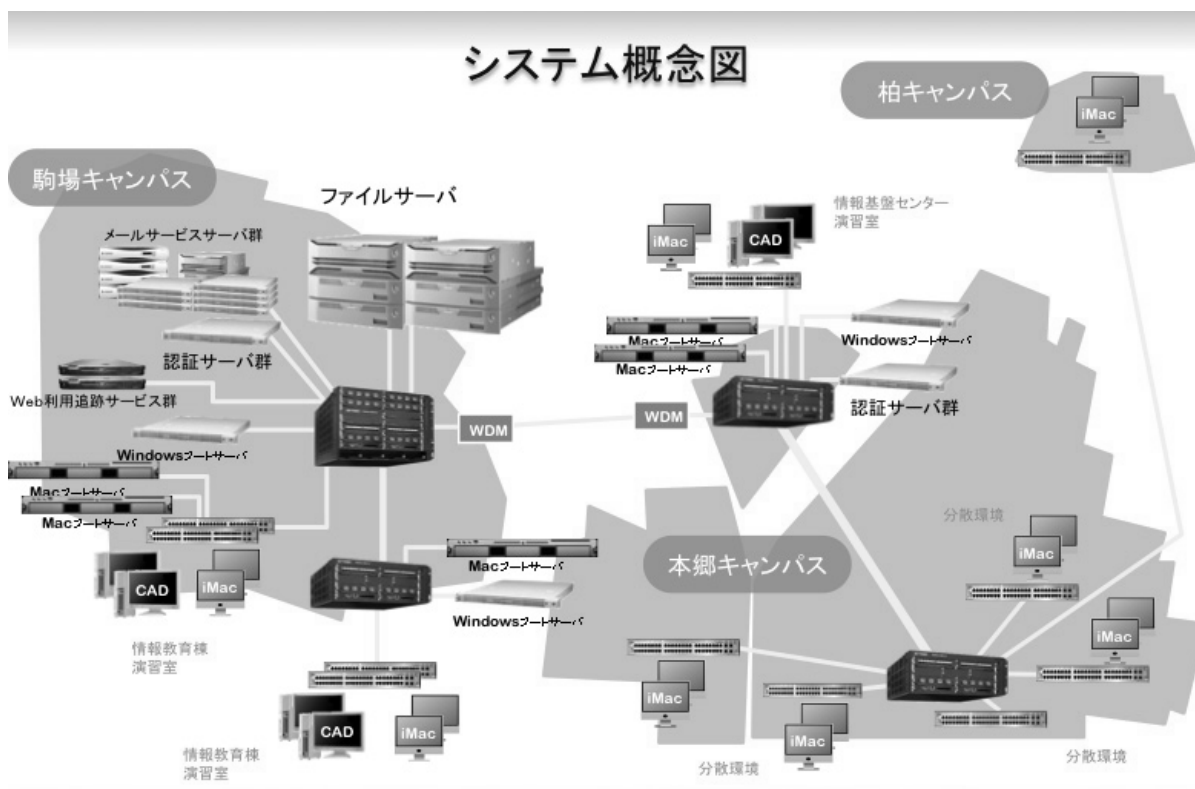


図 1 ECCS2008 概念図

したが、Mac OS X Server に付属する GUI ベースのサーバ管理ツールでは、1 台のブートサーバ上の OS イメージの管理しか行えなかった。このためマスターとなるブートサーバで OS イメージを作成した後は、(1) マスターとなるブートサーバで設定変更し、(2) 約 50 台ある他の全てのブートサーバに新しい OS イメージと設定ファイルを配信し、(3) 全ブートサーバで NetBoot サービスを再起動する、という手順を実施していた。これらの運用はスクリプトを用いてある程度自動化していたものの、全ブートサーバの設定状態を確認するには 1 台ずつ GUI ツールを使用するか、全ブートサーバの OS イメージと設定ファイルを確認する必要があった。

第 2 の問題は、OS 等のアップデート後に新規作成した OS イメージを全ブートサーバに配信するのに要した時間である。新しい OS イメージを作業用のブートサーバで作成した後、rsync を使用して各サーバに配信していたが、全ブートサーバへの配信を完了するまでに約 24 時間を要していた。これは、1 台から残り全てのブートサーバに配信していたため、主にネットワークインタフェースの帯域に制約を受けていたと考えられる。セキュリティ対策やアプリケーションの動作不良に迅速に対応するため、配信時間の短縮が求められていた。

第 3 の問題は、ハードウェア故障時等に端末の交換作業にかかる作業量が比較的多い点である。ECCS ではセキュリティに配慮して、予め登録した端末以外がネットワークの利用や OS の起動ができない仕組みを導入しており、この仕組みはブートサーバとネットワーク機器を連携して設定することで実現されている。従って、故障した端末を新しい端末に交換するには端末本体ならびにこれらの機器の設定を修正する手間がかかった。

これらの機能を実現するツールは、Mac OS X Server には用意されていない。Mac OS X Server に標準で付属するツールは OS イメージを作成する機能のみであり、セキュリティに配慮しながら大規模な NetBoot システムを管理運用するにあたっては大きなギャップがあった。運用担当者はこうした作業を出来る限り自動化して運用コストを下げるためにスクリプト等を作成するが、人事異動等で担当者が変わることもあり、スクリプトの改変や、運用のための工数を安定させることが難しかった。

3. NetBoot 管理ツール

NetBoot 管理ツールは、2.3 節で述べた機能を実現することで、シンクライアントシステムの管理負荷軽減を目的に開発したツールである。図 2 にツールの概

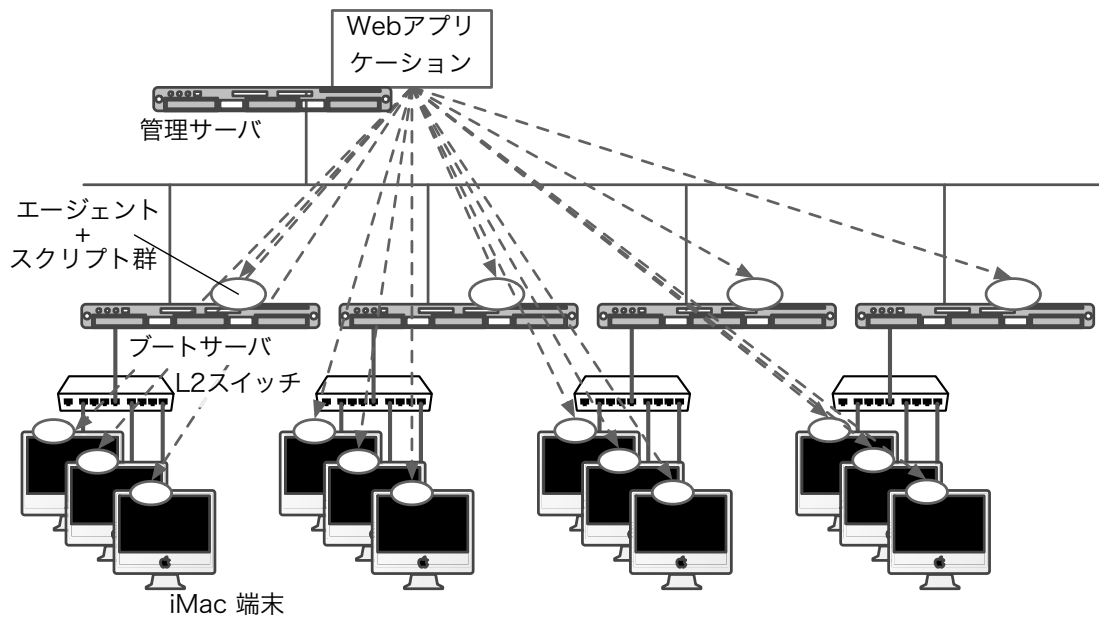


図 2 NetBoot 管理ツール

念図を示す。NetBoot 管理ツールは以下のモジュールからなる。

- 管理サーバ上で動作する Web アプリケーション (Java Servlet)
- NetBoot システムを構成するブートサーバ及び iMac 端末 (以下「構成要素」という) 上で動作するエージェントプログラム
- 構成要素上に配置されたスクリプト群

NetBoot システム管理者が Web アプリケーションを操作すると、その内容は Java RMI によって各エージェントプログラムに伝播する。エージェントプログラムは指示された処理を実行するため、ローカルホスト上の対応するスクリプトを起動し、情報収集や設定変更を実施し、その結果を Web アプリケーションに返す。

ユーザインタフェースには、図 3 に示すような Web ベースの GUI を採用している。管理サーバ及びエージェントプログラムは Java で実装され Java 1.5 で動作を確認している。スクリプト群は Mac OS X 10.5 (Leopard) を対象として開発されているが、ユーザインタフェース部は OS に依存しない。OS バージョン変更時の修正量は全体の 10%(数百行) 程度と見積もっている。

3.1 OS イメージの管理

通常 NetBoot システムで OS イメージを変更するには、ブートサーバ上に OS イメージを配置した上で、各種の設定ファイルの編集や NetBoot に関わるサービスの再起動などの作業を、各ブートサーバに対して

個別に行う必要がある。また、ECCS2008 のように大規模な NetBoot システムでは、例えば一部のブートサーバの配下の端末を検証用の OS イメージで起動して、他のブートサーバでは通常運用のための OS イメージを用いる等、複数の OS イメージを管理することがある。

NetBoot 管理ツールでは、ブートサーバをグループ単位にまとめた上で、グループに対して OS イメージを割り当てるだけで、グループ内の全てのサーバに対して設定の変更等の操作を一括して実行できる。必要に応じて操作の実行日時を指定することもできる。OS イメージが複数存在する場合も、各イメージの ID や作成日、説明を GUI で確認することができる。

3.2 OS イメージの配信

OS イメージを ECCS で利用するには、全てのブートサーバへ配信 (コピー) しなければならない。これまでは、本センターのスタッフが作成したスクリプトをコマンドラインで実行することで OS イメージの配信を行ってきた。NetBoot 管理ツールではこの作業を GUI の操作により行う。配信を実行する際には、配信すべき OS イメージを置いたブートサーバ (以下「配信元サーバ」という) とそのイメージ、さらに配信先となるブートサーバ (以下「配信先ブートサーバ群」という) を GUI 上で指定する (図 3)。必要に応じて、指定した日時に配信処理を実行することもできる。

OS イメージは約 30GB の巨大なファイルであるため、短時間で効率的に配信をする方法として、ftp, rsync, multicast, P2P などを候補として検討した上



図 3 ユーザインタフェース (OS イメージ配信)

で、次の理由から ftp を採用した。

- 他の方式に比べて処理速度が速い。
- P2P や multicast などに比べて、動作や仕組みが理解しやすく、開発が比較的容易である。
- 巨大ファイルの配信に広く利用されている実績がある。

1 台の配信元サーバから配信先ブートサーバ群に効率的に OS イメージを配信するために、ブートサーバ上のエージェントプログラムは次の手順で配信処理を実行する。

- (1) 配信先ブートサーバ群の各サーバのネットワークをチェックして、配信元サーバと同一のキャンパス内に存在するブートサーバと、異なるキャンパス内に存在するブートサーバの 2 つのグループに分類する。
- (2) (1) のグループ内のそれぞれ 1 台のブートサーバに OS イメージを配信した上で、グループ内の配信済みのブートサーバから最大 n 台の未配信のブートサーバに同時に OS イメージを配信することを繰り返す配信シナリオを生成する。
- (3) (2) の配信シナリオに基づいて配信を実行する。配信元となるブートサーバでは配信時のみ ftp のサービスを稼働し、その間に配信先となるブートサーバが OS イメージを取得する。
- (4) 配信先ブートサーバ群の全てのブートサーバへの配信完了後に、各サーバは OS イメージの MD5 チェックサムを計算する。配信元サーバとチェックサムが異なるサーバがあった場合は、これを新たに配信先ブートサーバ群として (1)-(4) を実行する。

3.3 端末の交換作業

ECCS2008 の NetBoot システムでは、第三者が持

ち込んだ Mac をネットワークに接続して不正に利用されることを防ぐために、各端末の MAC アドレスに基づく次の設定を行っている。そこで、運用中の端末が故障して保守用の端末に交換する際には、MAC アドレスに関する設定を適宜修正する必要がある。

- ブートサーバに予め登録された MAC アドレスを持った端末のみに OS イメージを割り当てる。
- 端末が接続された L2 スイッチにおいて、予め登録された MAC アドレスを持った機器のみがネットワークを利用できる。

NetBoot 管理ツールは、全ての端末の MAC アドレスや起動に用いるブートサーバなどの基本情報を管理しており、エージェントプログラム経由でブートサーバや端末の操作が可能であるだけでなく、L2 スイッチの設定変更操作も可能である。この L2 スイッチを操作する機能は、対話型処理を自動化する Expect を用いたモジュールとして実装しており、モジュールを入換えることで異なるメーカーのスイッチを管理することも可能である。以下に、NetBoot 管理ツールを用いた端末の交換作業の手順を説明する。

- (1) 保守用の端末の MAC アドレスの一覧を、NetBoot 管理ツールに事前に登録しておく。
- (2) 故障した端末を保守用の端末に置き換えることを GUI 上で指定する。NetBot 管理ツールは、自動的にブートサーバと L2 スイッチの故障端末の MAC アドレスに関する設定を、保守端末の MAC アドレスに修正する。
- (3) 端末室などで故障した端末を保守端末に交換する。故障した端末は修理に出す。
- (4) 入れ替えた保守端末が正しく起動することを確認する。

通常、故障した端末は部品などを入換えた上で、今後の保守用の端末として返却される。つまり完全に新しい端末が保守端末となることは少ないため、保守用の端末の MAC アドレスの一覧を NetBoot 管理ツールが保持することで、端末交換時の作業の手間は削減可能となる。

3.4 本ツールの評価

3.1 節で述べた OS イメージの管理については、全ブートサーバの設定の一覧表示が可能になった。また、3.3 節で述べた端末の交換作業については、NetBoot サービスの再起動などの作業手順が 10 ステップから 4 ステップに簡素化された。このように本管理ツールを用いることで、作業手順漏れや設定ミス等の発生はほぼ皆無となった。

3.2 節で述べた OS イメージの配信について、

ECCS2008 では $n > 2$ とすると極端に速度が低下するため現在 $n = 2$ で運用している。しかし、配信は約 1 時間で完了しており、ECCS2004 で約 24 時間かかっていた²⁾ のに比べると、配信時間を大幅に短縮できた。

4. 関連研究

本ツールの特徴の一つは、シンクライアントシステムを構成する複数のブートサーバと、サーバとクライアントとの間に位置する複数のネットワーク機器の双方を、一括して管理できる点である。ブートサーバのみを管理するツールは、Mac OS X server 自身が提供している。また複数のネットワーク機器を管理するツールとしては例えば Kiwi CatTools¹⁾ などがあるが、両方を管理するツールは見当たらない。本学と同様に教育用の計算機システムとして Mac による Net-Boot を導入する大学は少なくない (例えば、電気通信大学や神戸大学など)。しかし、著者らの知る限り、本学と同様のクライアントの管理ツールは利用していないようである。

3.2 節で述べたように、処理速度の速さや開発の容易さ、技術としての実績から、本ツールでは OS イメージの配信に ftp を用いた。一方 Indiana University では 5-50GB 程度の仮想マシンの起動イメージファイルを、BitTorrent を用いて 1 台のサーバから 40 台の PC に配信する例がある³⁾。配信時間は 6-24 時間から 1-4 時間に短縮できたと報告されており、ネットワークや機器の構成が明らかではないが、我々と大きな違いは無いようである。

5. まとめ

従来 (ECCS2004) のシンクライアントシステムの管理運用において 1 章で報告した通り 3 つの問題があり、運用の省力化のために各担当者がスクリプトを作成していたが、そのために担当者変更の際には次の担当者にも同等のスクリプトに関する知識および Xserve, L2 スイッチの CLI の知識が要求され、担当者変更直後のシステムの管理運用が停滞する場面があった。

ECCS2008 では 3 章で述べた NetBoot 管理ツールを導入したことにより、Xserve や L2 スイッチの CLI 等、内部処理を意識すること無く OS イメージや端末の安定した管理運用が行えるようになった。これより、特定の担当者に依存せず、人事異動などの担当者変更にも迅速に対応できることが期待される。また、GUI で OS イメージ配信や故障端末交換などの機能が分類、定型化されており、実行結果も確認し易いこ

とから、作業の分担、引き継ぎが容易になった。更に OS イメージの配信方法の見直しにより配信の所要時間が短縮され、緊急度の高いシステム更新に迅速な対応が取れるようになっている。

6. 今後の課題

現在 NetBoot 管理ツールでは、イメージ配信や端末のシャットダウンなどの実行結果を管理ツールの GUI から確認することが出来るが、異常終了時に補足情報が無いため、NetBoot 管理サーバにログインしてエラーログを収集する必要がある。障害の切り分けに時間がかかっている。異常終了時にエラーログに出力する内容を GUI から確認出来るようにすると、障害対応の改善が見込まれる。

また、起動イメージの設定はブートサーバ単位でしか出来ないため、テストなどで特定の端末のみ起動イメージを切り替える場合は、ブートサーバ上で直接設定ファイル (NBImageInfo.plist) を編集し、NetBoot サービスを再起動することで実現している。本管理ツールから端末単位で起動イメージを設定できると、テストなどの運用がより容易になると思われる。

参考文献

- 1) Kiwi Enterprises: Kiwi CatTools (2008). <http://www.kiwisyslog.com/kiwi-cattools-overview/>.
- 2) 前田光教, 松岡喜美代: Mac OS X の NetBoot システムのサーバ管理, 平成 16 年度大阪大学総合技術研究会 (2005).
- 3) O'Donnell, C. M.: Using BitTorrent to distribute virtual machine images for classes, *SIGUCCS '08: Proceedings of the 36th annual ACM SIGUCCS conference on User services conference*, New York, NY, USA, ACM, pp. 287-290 (2008).
- 4) 関谷貴之, 安東孝二, 尾上能之, 田中哲朗, 山口和紀: NetBoot による端末を用いた教育用計算機システムの開発と評価, 情報処理学会誌, Vol.48, No.4, pp.1651-1664 (2007).
- 5) 田中哲朗, 田川善教: マルチユーザ環境における仮想マシン上の Windows 環境の構築, 平成 20 年度情報教育研究集会, pp.475-478 (2008).