The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	九州工業大学における教育用計算機環境の構築 : 1CD Linux による利用範囲の拡張
Author(s)	中山, 仁
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2007, 8, p. 14-19
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70244
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

九州工業大学における教育用計算機環境の構築
— 1CD Linux による利用範囲の拡張 —

中山 仁
九州工業大学情報科学センター

1 はじめに

大学における一般情報処理教育のための計算機設備は，従来からの情報リテラシーやプログラミング教育のためだけの設備から，e–ラーニングに代表されるようなより広範な教育支援のためのツールへと急速に変貌しつつある．また，単に講義，演習のためのツールに留まらず，学生の大学生活全般を支援する情報基盤の一部としての役割を期待されることも多くなってきた．さらに，学生自身がパーソナルコンピュータ (PC) を所有することが一般的となり，大学内にもさまざまな用途に向けた学生用 PC システムが設置されるなど，学生を取り巻く計算機利用環境は大きく変化している．

こうした状況のもと，情報処理教育用システムも，これまでのように単に専用の端末教室とそこで利用できる計算機環境を提供するだけでは不十分となりつつある．今後は他の計算機環境や，学生所有 PC に対するサービスのあり方や，それらとの連係を強く意識しながら，システムの設計や運用をすすめていくことが必要になっていくと思われる．

九州工業大学情報科学センター (本稿ではセンターと略す) では，1992 年以来 UNIX そして Linux を中心とした教育用計算機環境を提供してきた．また 2000 年以降は利用者端末をネットワーク起動型のディスクレス PC とすることで，利用面での機能の高度化と運用管理面でのコスト低減，安定性の向上などを両立させることができるようになった [1].

そして今回，2005 年度より運用を行っているディスクレス PC システム上の Linux 利用者環境を，KNOPPIX 日本語版をベースにしたものに全面的に更新した．

KNOPPIX は OS およびアプリケーション環境を 1 枚の CD または DVD にまとめ，PC にその CD (DVD) を挿入するだけで起動，動作させることが可能な，いわゆる「1CD Linux」システムである．この KNOPPIX の特徴を活かし，教室のディスクレス端末で KNOPPIX をネットワーク起動により利用できるようにするとともに，教室端末と同等のソフトウェアパッケージや利用環境を組み込んだ KNOPPIX DVD を作成し，学生や教職員に配布する態勢を整えた．これにより，センターの教育用システム環境を，これまでどおりセンターの教室で利用するだけでなく，DVD を持ち運んで個人所有その他の PC で起動して利用することが可能になった．

本稿では，この KNOPPIX を利用した教育用計算機環境の構築事例を紹介し，集合型端末教室と「持ち運び可能」な DVD パッケージの双方に対応できる環境構成を実現するための，構成上の課題とその対応について述べる．また，システムを構築し，約半年間運用した結果に基づき，この方式の特徴と問題点についても議論する．

2 教育用計算機環境とその拡張

2.1 現有システム設備の概要

情報科学センターは九州工業大学の中の 2ヶ所のキャンパス (戸畑地区，飯塚地区) において，主に学部学生に向けた一般情報処理教育のための計算機利用環境を提供している．それぞれのキャンパスにはおよそ同等の規模と構成を持つシステムを設置しており，それらは学内ネットワークのキャンパス間接続回線 (10Gbps イーサネット) を経由して相互接続している．図 1 はこのうち片方のキャンパスに相当する部分の，2007 年現在でのシステム構成を示したものである．

システムは利用者端末群，各種サーバ群，基幹ネットワークストレージで構成され，それらの間はギガビットイーサネット (1000base–T または 1000base-SX) によるスイッチングネットワークで結んでいる．

端末数は，戸畑地区計 189 台，飯塚地区計 242 台である．最も大きな教室には，このうち 111 台の端末が設置されている．端末の OS は Linux を採用しているが，各キャンパスそれぞれ 20 台の自習用端末については，起動時に Windows XP を選択することもできる．

全ての端末およびサーバの大部分は自身のディスクを持たず (ディスクレス)，起動サーバからネットワーク経由で OS カーネルを転送し起動する (ネットワー

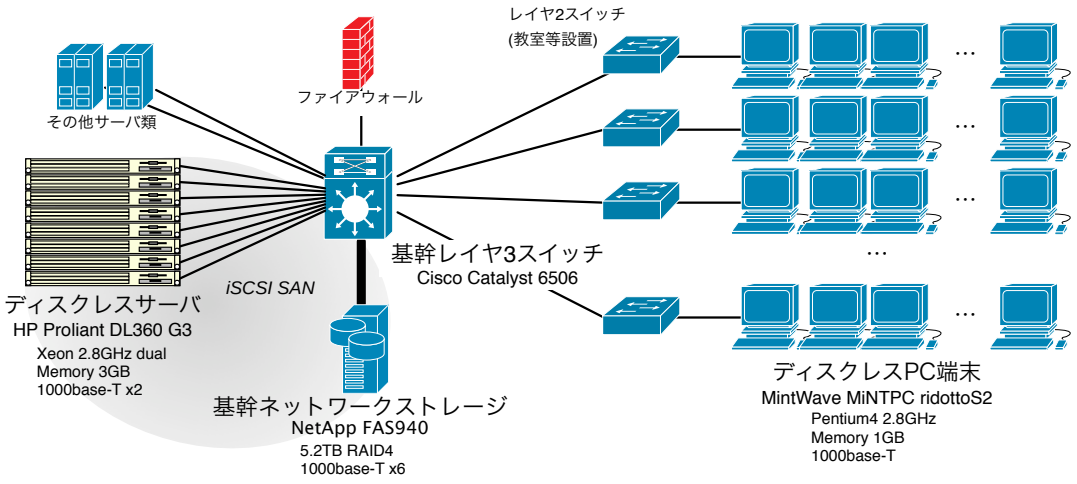

図 1: 教育用システムの概要

クブート)．それぞれの動作に必要なシステムファイルはネットワークストレージ上の対応する領域に置かれ，これもネットワークを通じてアクセスする．ただしディスクレス端末については全て共通のシステムファイルを参照し，端末固有の設定情報などは，起動時に動的にセットされる．

基幹ネットワークストレージは，ディスクレス端末およびディスクレスサーバのシステムファイルの他，すべての利用者ファイル (ホームディレクトリ)，さらに各種の教材データなども格納する．この基幹ストレージは本システムの構成における要であり，システム高負荷時には短時間ながら大量のアクセスが集中することが予想される．そのため，ネットワークインターフェースとして 6 系統のギガビットイーサネット (GbE) を準備し，それらを基幹イーサネットスイッチに直接接続することで，十分なネットワーク帯域を確保できるようにした．

2.2 システムの利用形態の拡張

この教育用システムを含め，従来のセンター計算機システムは，情報処理教育を行うための教室に必要な台数の端末を提供する，ということを第一義として構成されてきた．したがって，講義や演習で端末を利用する場合はもちろん，それ以外の自主学習などでセンターの計算機システムを使いたい利用者も，端末が設置された部屋に出向くという利用形態が前提となっている．

しかし今後，学生の教育や，教育支援の分野における情報基盤の重要性が増すと共に，大学内の情報処理資源の中でも最も大きい部分のひとつであるセンターシステムを，端末教室の枠を越えたより広い範囲でいかに効率的に利用できるようにするかが，重要な課題になっていくと考えられる．これはまた，端末教室を使用する講義が増えた結果，学生が自由にセンターシステムを使える時間枠が減少するジレンマをどう解決するか，という，より差し迫った問題に対する解にもつながるはずである．

こうしたセンター計算機環境の，いわば「遍在化」を進めるためには，さまざまな面でのサービスの新設や改良が必要となる．今回その最初の取り組みとして，センター設備外の PC 上でも利用できるセンター利用環境の構築を行った．これはセンターの端末利用環境をそっくりパッケージ化して，他の各種の PC でも動作する形に再構成したものである．利用者は，センターの教室ではこれまでどおり端末の前に座って端末の環境を利用するとともに，パッケージ化されたセンター環境を自宅などの PC で起動して，センター教室と同等の環境を利用することもできる．これによって，利用者にとってのセンターの利用機会を増大させることができ，そのことがこれまでのセンター設備の有効利用にもつながるのではないかと考えた．

なお今回の作業は端末で動作するソフトウェアシステムの改変のみであり，ハードウェアについての改修は行っていない．一方，センター環境を動作させる PC もごく一般的な仕様のものを想定し，特別なハードウェアの追加や設定を前提としなかった．

3 KNOPPIXを用いた拡大利用環境の構築

センター設備外のPCは，当然それ自身の本来の利用環境やデータを持っている．したがって，センター環境パッケージの動作はそれらに干渉しないものでなければならない．そこで今回の構築では，CDから起動して動作するLinuxディストリビューションパッケージであるKNOPPIXを基盤として採用し，その上にセンター端末設備とセンター外PCとで共通に動作する利用者環境の構築を行っていくことにした．

3.1 KNOPPIX

KNOPPIXは，ドイツのKlaus Knopperが開発する，オープンソースのLinuxディストリビューションである．日本では，独立行政法人産業技術総合研究所(産総研)が日本語化をはじめとする各種のカスタマイズを行った日本語版を配布している[2]．さらにこの日本語版に基づくさまざまなカスタマイズ版も作成され，公開されている．

KNOPPIXは，Linuxとしての動作に必要な全てのコンポーネント，X–Windowベースのデスクトップ環境，各種のアプリケーションを1枚のCDあるいはDVDにまとめ，そのCDから起動して動作させることが可能な，いわゆる「1CD-Linux」「Live CD」などと呼ばれるタイプのシステムである[1]．ハードディスクへのインストールを行う必要がないため，ハードディスクにWindowsその他のOSがインストールされたPCであっても，その環境に全く影響を与えずに起動し，利用することができる．また，ハードウェアの自動認識機能に優れていることも特徴であり，利用者は特別な準備や設定を行うことなく，1枚のKNOPPIX CD/DVDをさまざまなPCハードウェア上で簡単に利用することができる．

この他の特徴としては，

- 1CD-Linuxとしては日本国内で比較的広く利用されており，利用者にとって関連するソフトウェアや情報の入手が容易である
- CD/DVD以外にも，USBメモリやHTTPサーバを利用するものなど，各種の起動方式が開発されており，さまざまな利用形態に対応した展開が期待できる
- 各種のオープンソースソフトウェア(OSS)プロジェクトの基盤として利用されており[3][4]，そうした分野との親和性が高い

などがあり，これらも教育用環境の基盤として採用する理由となった．

3.2 利用者環境作成の流れ

実際の利用者環境の作成作業では，産総研が配布するKNOPPIX 5.0.1日本語版DVDの内容を基本とし，これに講義などに必要なソフトウェアやメニューを追加する他，ディスクレス端末で動作させるためのシステム関連の変更を行う必要があった．オリジナルのソフトウェア構成やデスクトップの設定などはできるだけ改変しない方針とした．これは，学生が市販の書籍や雑誌などを通じてKNOPPIXの学習を行う際の便宜を考えたためである．

KNOPPIXのカスタマイズ，導入作業は大きく以下の3つのステップに分けて行った(図2)．

1. 配布版DVDパッケージの作成
2. 教室版DVDパッケージの作成
3. 教室端末向けカスタマイズおよび導入

1は，センターの利用環境として学生，教職員に公開，配布するDVDを作成するステップである．ここではオリジナルのKNOPPIXに対して，教室端末向けと一般のPC向けの両方の版に共通なカスタマイズを行う．これには講義などに必要なソフトウェア，ファイルの追加や更新，削除，デスクトップを含む各種の環境設定および調整などが含まれる．これはいわば，センター利用環境のマスターコピーあるいは雛型を作成する作業でもある．

2では，センターのディスクレス端末で使用するための追加のカスタマイズを行う．ライセンス上，教室端末でのみ利用できるソフトウェアなどの追加や，利用者認証に関するパッケージの調整などである．ここで作成するパッケージは教室端末でのみ使用するためのもので，公開，配布は行わない．

3は2で作成したパッケージを，ディスクレス端末向けにネットワーク起動可能とし，教育用システムに組み込むための作業である．主に起動時処理，利用者認証，利用者ホームディレクトリなどの設定を行っている．

[1] 一般のLinuxと同様に，ハードディスクにインストールして使用することも可能である．

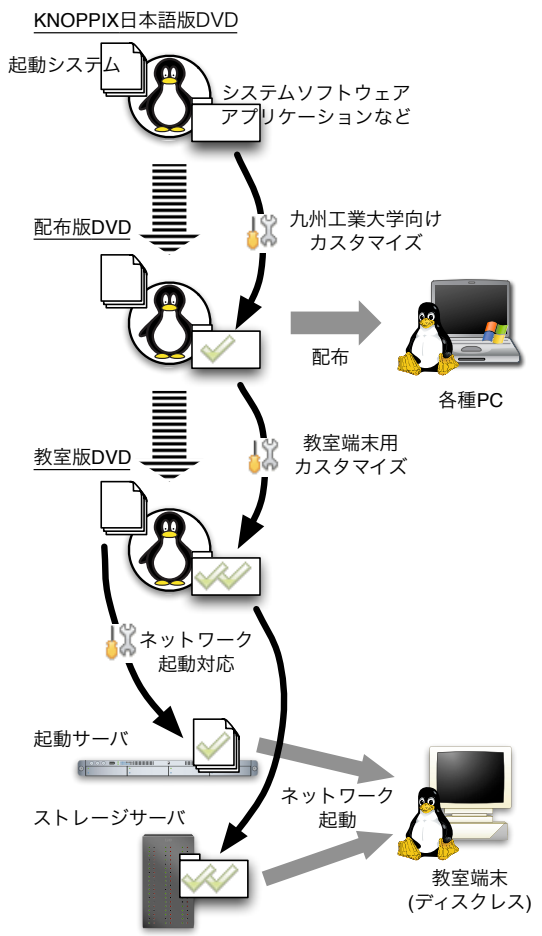

図 2: 利用者環境作成作業の流れ

3.3 配布版 DVD パッケージの作成

KNOPPIX をカスタマイズして新しい CD や DVD を作成する作業を「リマスタリング」と呼ぶ．KNOPPIX のシステムファイルは DVD の中に 1 つないし複数の圧縮されたイメージファイルの形で格納されており，そのままでは編集できない．そのため，リマスタリング手順の大まかな流れは次のようになる [5].

1. 元の KNOPPIX DVD よりイメージファイルを展開
2. ソフトウェアの追加，修正
3. イメージファイルの作成，システム動作テスト
4. イメージファイルより DVD を作成

いったん展開してしまえば，いくつかの注意や制約はあるものの，一般的な Linux と同様にシステムファイルを修正，変更したり，パッケージをインストールしたりすることができる．この段階は，他の Linux でのソフトウェアインストールやシステム調整作業などの作業と，それほど変わるところはない．

しかし，変更結果が正しく動作するかどうかを最終的に確認するには，再びイメージファイル形式に戻してテストしなければならない．イメージ作成にはかなり長い時間を要するため，少しずつ設定を変えて結果を確認するような方法では，作業効率が低下することになる．これに対しては，修正手順や内容を見直してイメージ作成の頻度を少なくする他，イメージ作成作業手順の改良，作業用 PC により性能の高いものを使用するなどの対策を行った．

なお，DVD に同梱して配布することが，ライセンス的にできないかあるいは難しい非オープンソースソフトウェアについては，配布版パッケージからは除外し，配布版から教室版を作成する過程で追加することにした．

3.4 教室端末への移植

一方，現在の教室端末 (ディスクレス PC 端末) で KNOPPIX を動作させるため，ネットワーク起動への対応を中心とした移植作業を行った．

KNOPPIX は，起動するとまずカーネルと miniroot と呼ばれる起動用のシステムイメージを読み込み，miniroot 上の起動コードを実行する．この起動コード内においてハードウェアの検出や初期化，さらに各種の初期設定を行った後，本番のファイルシステムイメージのマウントと制御の移行が行われて，通常の OS としての動作が開始される[2][6].

ディスクレス PC 端末でネットワーク経由により KNOPPIX を起動するには，カーネルと miniroot を起動サーバから取得し，またネットワークストレージ上に置いたファイルシステムイメージを参照して，マウントする必要がある．このようなネットワーク起動のための修正や設定は他の Linux とも共通する部分が多いため，とりあえずネットワーク起動させることはそれほど難しくなかった．逆に，DVD という読み出し専用の媒体を前提にしていることから，同じく読み出し専用でシステムファイルを参照する我々のディスクレス方式と親和性が高く，むしろ従来の Linux よりも，移植に要する工数は減少している．

ただ，起動手順を単純にネットワーク起動に合わせて修正するだけでは起動中に無駄な通信や応答待ちが発生する部分がいくつかあり，特に多数の端末を一斉に起動する際に，起動時間の増大や起動の不安定さの原因になっていた．そのため，起動コードの内容の見直しを中心に，調整作業を行う必要があった．

[2] これは KNOPPIX に限らず，Linux で一般的に用いられる起動シーケンスである．

ところで，端末のシステムファイルをネットワークストレージ上に格納する際に，DVD と同じ圧縮イメージファイルの形とするか，またはそれを展開して一般的な Linux のディレクトリ構造とするかという選択肢がある．ネットワークストレージの場合 DVD の容量制限には縛られないため，その意味では圧縮を行う必然性はない．また原理的には，圧縮イメージの内容にアクセスするのに余分な手順が必要になるはずである．しかし，実際に両方の方式でファイルの読み出し速度を比較したところ，圧縮イメージは通常のファイルと同等かやや高速という結果となった．これは圧縮イメージの処理によるオーバヘッドが，ほとんど無視できるか，またはネットワーク転送時間の差で相殺される程度であるためと考えられる．

この結果より，また DVD パッケージ環境との差異を減らして導入手順を簡略化するという意味からも，端末用システムファイルは圧縮イメージのままストレージ上に格納することとした．

4 運用および評価

4.1 教室端末での利用

新しい利用環境の公開に先立って，一講義室分約 100 台の端末での同時動作テストを行い，2005 年にシステムを更新した際の同様のテストの結果と比較した．なお今回は準備の都合により，前回とテスト条件や手順を揃えることができなかったため，以下の測定値はあくまで参考値である．電源投入 (システムリセット) からログインパネルが表示されるまでの時間は，従来環境が約 70 秒であったのに対し，新環境では約 90 秒であった．また，ログインからデスクトップが起動し終えるまでの時間は，従来が約 70 秒であったのに対し今回は約 40 秒 (ただし 60 台での測定) であった．

また，講義での利用が開始された直後には，100 台前後の端末を一斉に起動した場合に，そのうち 10〜20%程度の端末でランダムに起動に失敗する，あるいは非常に時間がかかるという問題が発生した．これは起動サーバへの負荷の集中が原因と推測され，起動サーバを 1 台から 2 台に増やすことにより解決することができた．

今回の環境の変更に関して，この他には目立った問題は発生しておらず，従来の Linux システムと同様に安定した運用ができている．

4.2 KNOPPIX DVD の配布

DVD の配布については，当初 DVD イメージファイルのダウンロードによる配布方法も検討した．しかし，4GB を越えるファイルを安定して提供するための技術的な準備が整わなかったこと，また利用状況をある程度把握したいという理由により，センター窓口での DVD の配布および空の DVD メディアへの書き込みサービスという形で配布を開始することにした．

今年 2 月から 7 月までの間に，評価版 (ベータ版) も含め，のべ 53 件 (教職員 23 件，学生 30 件) の配布を行った．またこの他に，大学生協が今年度の新入生向けに販売したパーソナルコンピュータセットの一部にも DVD のコピーがバンドルされ，配布が行われた．なお，現時点では配布版 DVD の 2 次配布 (コピー) を禁止していないため，実際に DVD を入手した利用者の数はもう少し増えるものと思われる．

4.3 システム管理面での利点

利用環境をパッケージ化するという今回の試みは，システム管理面でいくつかの副次的なメリットを生み出した．

ひとつは環境の世代管理が容易になったことである．環境が DVD あるいは DVD イメージファイルという，まとまった単位で扱えるようになったことで，開発の各段階の状況を明確に区分し，追跡できるようになった．

次に，環境のテストや検証の作業の自由度が非常に大きくなったことがあげられる．これまでは開発途上の環境をテストする場合には，その環境が動作するテスト用の端末を準備し，そこで作業をするしかなかった．テスト端末の台数が作業の進捗のボトルネックとなることもしばしばであった．一方，今回の方式では，テストは DVD を使って適当な PC の上で行うことができる．最終的には端末上での確認作業が必要ではあるものの，テスト作業の大部分を端末から離れて行えるため，作業の効率は向上した．また，開発やテストと並行して，その環境に基づく利用者マニュアルなどのドキュメント整備を進めることも可能となった．

またこれと同様に，利用者に開発中の環境を公開し，試用してもらうことも容易にできるようになった．このことは，この環境 (教室端末) を使って講義や演習を行う教員にとって，特にメリットが大きい．演習で使用する教材がセンター環境上で正しく動作するかどうかを確認するためには，これまではセンターで評価用に準備した，限られた台数のテスト用端末を利用

するしかなかった．今回は，開発途上の段階から試作DVDを講義担当の教員に渡すことにより，そうした確認作業を教員の手元で行うことが可能となり，問題点の発見や修正をいち早く行うことができた．今後はさらに，ベータ版のDVDイメージをダウンロード配布する態勢を作ることなどにより，より広範囲の利用者の評価を得ることができるのではないかと考えている．

5 おわりに

センター教室端末(ディスクレスPC)と，センター外の各種PCとで共通に利用できる利用者環境の枠組みを開発するという目標は，DVD起動型のLinuxであるKNOPPIXを基盤として用いる今回の方式により，技術的にはほぼ満足できる形で実現できたと考えている．

しかし，提供開始から半年弱が経過した現在，DVDの配布数もそれほど伸びておらず，利用者に十分浸透しているとは言いがたい．利用者にとっては，さまざまな場所でセンター端末の環境が利用できる事自体やその利点について，まだあまり理解が得られていないのかもしれない．提供側としても，そうした点を十分広報できていないという反省もある．配布方法の改善(ダウンロード配布など)も含めて検討が必要であろう．

またDVDで提供される環境についても，ソフトウェア環境や操作性は確かに端末教室と同等であるが，各利用者用のファイル領域(ホームディレクトリ)やプリンタの利用，電子メールをはじめとする各種ネットワークサービスの使い勝手など，周辺環境の面での落差がまだまだ大きい．今後は，これらのサービスについても，教室端末に留まらない利用形態に対応した整備を考えていかなければならない．

一方学内では，今回のセンターのDVDパッケージを基に，学生実験用などの特定用途向けの派生パッケージを作成するといった計画が始まっており，そうした展開との連係も視野に入れて行く必要がある．今後はDVDの他に，CDやUSBメモリ，HTTPサーバからの起動など，より多様な起動方式にも対応するなど，さまざまな利用形態に対応した利用者環境を開発していきたいと考えている．

参考文献

[1] 大西淑雅, 中山仁, 甲斐郷子，ライフサイクルモデルに基づく教育用計算機システムの構築と運用，情報処理学会論文誌 45巻1号，pp.33–45, 2004

[2] 独立行政法人産業技術総合研究所，KNOPPIX日本語版，
http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/

[3] 国立情報学研究所，NetCommons公式サイト，
http://www.netcommons.org/

[4] 独立行政法人情報処理推進機構，学校教育現場におけるオープンソースソフトウェア活用に向けての実証実験，
http://www.ipa.go.jp/software/open/2004/stc/eduseika.html

[5] 大津真，KNOPPIXビギナーズバイブル, 毎日コミュニケーションズ，2006

[6] 白崎博生，Linuxのブートプロセスをみる，アスキー，2004