

ネットワークを利用した授業支援システム構築とその評価: プログラミング実習科目における実践

武藤 武士・本間 啓道*・中山 満子†

Development and evaluation of learning support system with LAN environment:
A practice at C programming course.

Takeshi MUTOH, Yoshimichi HONMA, and Michiko NAKAYAMA

In this paper, we describe the advanced C programming course using LAN environment. In this environment, we use three methods for white board presentation application called vic, TV converter, and direct view. Furthermore, we use vic for teacher's PC screen image transfer. For slide presentation, we employ the MagicPoint, and students see it using vic and a Web browser. From the result of statistical analysis of six methods, vic transfer of teacher's PC screen image was statistically significant for students' understanding this class. The result means that it's important for students' understanding to show how person operate the computer system.

1. はじめに

近年、インターネットを教育に利用した仮想大学の試みが行われている[1]. また、インターネットを利用して実際に単位認定を行い、卒業が行える大学まで出てきている. これらの技術は、Webベースのアプリケーションを利用したWeb Based Teaching/Training[2]や、インターネットを利用した遠隔授業が仮定されており、教育現場におけるインターネットの活用が重要視されている.

筆者らは、おかもちくんプロジェクト[3]として、無線LAN環境を利用することで普通教室でのコンピュータ利用環境に関して研究を行っている. ここでは、学生にノートコンピュータを自由に利用してもらい、教室で無線LAN環境を提供することで、既存の授業環境を損なうことなく、学生の理解の向上を目指している.

本論文では、有線LANによるコンピュータルームにおいて、おかもちくんシステムで想定される環境を構築し運用することで、システムの導入効果について考察を行う. 特に、プログラミングの授業に対して評価を行

い、その有効性について議論する.

以下、2章で今回利用した授業システムについて説明し、3章で授業実践について具体的に説明する. 4章で授業支援システムに対するアンケート調査の結果について考察を行う. 最後に5章でまとめを行う.

2. 授業システムの概要

今回構築した授業システムの概要図を図1に示す. 以下、ハードウェア環境とソフトウェア環境について詳しく説明する.

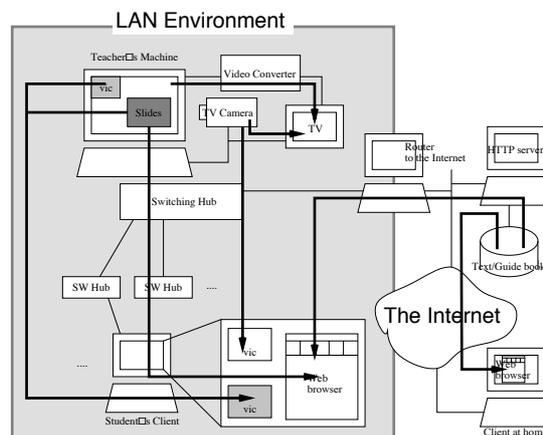


図1：システム概要図

* {mutoh,honma}@info.nara-k.ac.jp

† 大阪市立大学 学術情報センター

2.1 実習室のハードウェア環境

奈良高専情報工学科実習室(以下, 実習室)では, 平成9年度に導入されたPentium 133MHz, 32MB Memory, 2.5GByte HDD(IDE), LAN 100BaseTXのハードウェア環境で計算機演習の授業を行っている[4]. 全ての学生用コンピュータ(以下, クライアント)はWindows95とFreeBSDの二つのOSのデュアルブート環境になっており, 授業に応じてこれらの環境を使い分けている. 今回, 評価するシステムはFreeBSD上に構築されている.

実習室のクライアントの配置を図2にしめす. ネットワークは, 図の6台1組で100BaseTXのHubに接続され, このHubから100BaseTXのスイッチングHubを経由して, サーバ類に接続される構成になっている. テレビにはCCDビデオカメラの入力の他に, TVコンバータを利用した教官用PCの作業画面の提示が可能である.

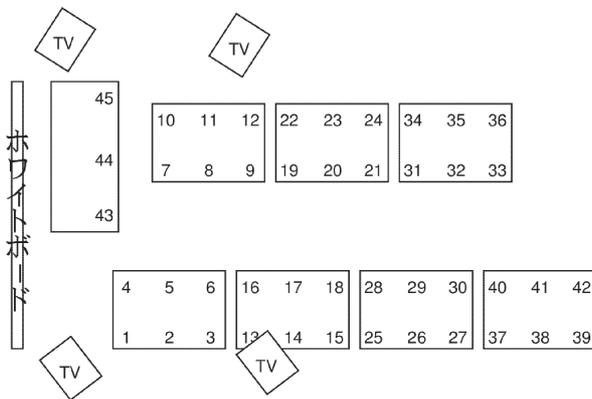


図2: 実習室のコンピュータの配置: 数字は学生の着席位置

ユーザのホームディレクトリ提供のためのNFSサーバやfirewallを実現しているサーバ機は, 平成11年度予算で更新され, PentiumII 400MHz×2(SMP), 256MB Memory, 4GB HDD(SCSI)×2というハードウェア構成である.

このサーバとは別に, 作業画面と黒板のビデオ入力画像の転送のために, PentiumIII 500MHz, 128MB Memoryのサーバを用意している(カメラサーバ). カメラサーバにはビデオ入力ボードが付加されており, NTSC品質で画像を入力することが可能である. また, ビデオ分配器を利用し, 同じカメラの画像をテレビとカメラサーバの両方に出力している. また, TVコンバータを利用して作業画面をTVに直接出力することも可能である.

2.2 授業に用いたソフトウェア環境

ここでは, 学生が授業でテキストを参照したり, 作業画面を見るために利用するソフトウェア環境について説明する. 使用したソフトウェアは, Webブラウザ, 画像

転送ソフトウェアvicおよびスライドプレゼンテーションソフトウェアMagicPointである.

テキストはWebでインターネットから参照可能な形式になっており, Webブラウザ¹により授業中だけでなく自宅からも閲覧することが可能である. また, 極力ブラウザの独自仕様を使わないようにしているので, テキストブラウザを含めた好みのブラウザでの閲覧が可能である.

一般に, 授業中の書画カメラや黒板の板書, 作業内容の提示は, クライアントとは別系統のディスプレイを用意するなどの高価なハードウェアを利用して実現されていることが多い. このようなハードウェアの導入には, 配線などの初期の工事が必須であり, 構成変更などが難しくなるのが普通である. 実習室でも4台のテレビが設置されているが, 学生の座る位置によってはほとんど見えないなど問題も多い. vic[5]はIP Multicastを利用したビデオ画像転送ツールであり, インターネット全体に渡ってビデオ画像を放送するために, ネットワーク帯域を可能な限り有効に使うように, さまざまな動画像圧縮技術に対応し, 作業画面の提示以外にもNTSCビデオ入力画像の転送が可能であり, UNIX系のOSだけではなくWindowsでも動作が可能であるなどの特徴がある.

授業スライドはMagicPoint²を利用して作成した. MagicPointには, mgpnetと呼ばれる簡易HTTPサーバ機能があり, 学生は授業のスライドをプレゼンテーションにほぼ同期した形で, 手元のクライアントのWebブラウザで見ることができる. 同時に, vicを利用しての画面転送も行った. 授業終了後に利用したスライドは画像データに変換され, Webブラウザを利用して教材からの参照ができるようになっている.

3. 授業実践について

表1: 授業の内容 (2001年9月26現在)

内容	授業回数	課題回数	スライド使用回数
UNIX入門	7	1	0
かけ算の表の作成	1	1	0
画像処理	4	2	2
文字列処理	2	1	1
テスト ¹	1	1	0

¹ペーパーテストに変えて時間内でのプログラム作成を行った.

本システムを利用した授業実践および評価のためのアンケート調査は, 情報工学科3年次のプログラミングIIというC言語でのプログラミング実習を中心とする授業で行った. 授業はWeb上に用意されたテキストを中心に

¹クライアントではNetscape 4.76を利用

²<http://www.mew.org/magicpoint/>

表2:教材および手引に関する評価

文章	アンケート項目	形式	評価値の割合[%]					平均 ¹	母数
			1	2	3	4	5		
手引	内容の難易度 ²	共通	4.9	51.2	39.0	4.9	—	2.44	41
	使いやすさ ³	Web	7.3	51.2	39.0	2.4	—	2.37	41
		印刷	13.9	58.3	25.0	2.8	—	2.17	36
	参照頻度(授業中) ⁴	Web	56.1	34.2	9.8	0.0	—	1.54	41
	参照頻度(授業外) ⁵	Web	0.0	20.0	15.0	20.0	45.0	3.90	40
	配布の必要性 ⁶	印刷	29.3	29.3	26.8	12.2	2.4	2.29	41
	利用したか? ⁷	印刷	17.1	73.2	9.8	—	—	1.93	41
教材	内容の難易度	共通	2.5	45.0	50.0	2.5	—	2.53	40
	使いやすさ	Web	0.0	86.4	9.1	4.6	—	2.18	22
		印刷	7.7	69.2	15.4	7.7	—	2.23	13
	参照頻度(授業中)	Web	58.5	26.8	7.3	7.3	—	1.63	41
	参照頻度(授業外)	Web	0.0	19.5	19.5	14.6	46.3	3.88	41
	配布の必要性	印刷	26.8	26.8	29.3	14.6	2.4	2.39	41
	利用したか?	印刷	14.6	75.6	9.8	—	—	1.95	41

¹ 値が小さい程評価が高い。

² 1:非常に分かりやすい, 2:分かりやすい, 3:難しい, 4:非常に難しい

³ 1:非常に使いやすい, 2:使いやすい, 3:使いにくい, 4:非常に使いにくい

⁴ 1:よく見た, 2:ときどき見た, 3:あまり見なかった, 4:まったく見なかった

⁵ 1:週2回以上, 2:週1回程度, 3:1ヶ月に2,3回程度, 4:1ヶ月に1回以下, 5:見たことがない

⁶ 1:非常に必要, 2:必要, 3:どちらでもよい, 4:不要, 5:まったく不要

⁷ 1:はい, 2:いいえ, 3:あることを知らなかった

行い、必要に応じて作業画面やスライドを学生のクライアントで表示する形式に進めた。プログラミングの授業であるため、課題を多く出す形式を取った。

実際の授業の内容を表1に示す。授業当初は、実習室のUNIX環境を学生が使うのがはじめてであるため、実習室の環境説明とUNIXに関する入門を行った。ここで、電子メールの送付方法を解説した。UNIX入門の課題は自己紹介を電子メールで送付するものである。

3.1 Webおよび印刷形式の授業教材

Webで用意しているテキスト教材(以下、教材)は、印刷用のものと2重に作成する負荷を避けるために、DocBook/SGML[6]を用いて作成し、適宜印刷用形式(PostScriptおよびPDF)とWeb用の形式とに変換して提供している。これらのHTTPサーバの提供やコンテンツの作成はFreeBooks Project³[7]の一部として行われており、実習室以外の環境でも利用可能とするために、文章はモジュール化され環境依存の部分は分離されるなど再利用性の向上に注意をしている。

3.2 感想メールによるコミュニケーション訓練と迅速なフィードバック

毎回の授業のあとで、その授業に対する感想を電子メールで送る課題を出した(感想メール)。この課題の目的は電子メールを利用したコミュニケーションの訓練とともに、説明不足や理解不足、質問などに迅速に対応するためである。このために、学生全員を登録したメーリングリストを作成し、メールの説明で十分な場合は、次の

授業までに返答を行った。更に口頭での説明が必要な場合は、次の授業で補足説明を行った。

3.3 プログラミング課題と提出方法

プログラミングの課題は、決まった時間までに指定したファイル名でプログラムとその出力結果などを所定のディレクトリに置いておき、自動的に集める方法を取った。これは、ディレクトリ作成やファイルの移動などのUNIXのコマンドの習得が目的であった。当初はUNIXに不慣れなため、提出状況を学生に報告し、再提出での減点を行わないこととした。

4. 導入システムの評価と考察

夏休み前の最終授業で行ったアンケートの内容は、以下のような項目に分類することができる。

- ① 導入したシステムの評価
- ② 各授業での内容への興味や理解度、授業回数
- ③ 課題の回数、難易度
- ④ 感想メールの提出の手間と授業改善への効果
- ⑤ 自由形式での記述

本論文ではシステムに関連する項目に関してのみ更に説明を行う。

教材に関する評価を表2にまとめた。難易度や使いやすさの面ではそれなりに良い評価を得ている。学生は課題があるにもかかわらず、授業外で教材はほとんど参照していない。印刷形式を要望する学生も多かったが、自分で印刷して利用する所までは行っていない。

³ <http://freebooks.info.nara-k.ac.jp/>

表3：主な感想に対する回答

感想	度数							アンケート (7/11実施)	合計 (のべ)
	6/13	6/20	7/4	7/11	9/4	9/12	9/19		
説明不足/難しい/速い	0	2	11	0	1	12	4	9	38
UNIX操作が難しい	12	2	2	0	3	0	0	7	26
家で作業ができない	1	0	0	3	2	1	0	2	9
黒板が見にくい	2	1	0	0	0	0	0	6	9
母数	37	35	35	30	21	28	31	41	

4.1 自由記述と感想メールからの考察

ここでは、主にアンケートの自由記述形式の項目と毎回の感想メールについて、比較的多く挙げられた意見(表3)に基づき、アンケート結果の数値データも参照しつつ、考察する。

説明不足/内容が難しい

学生は基本的なプログラミングしか経験していない状態であったので、説明の内容などを難しくと感じたようである。これは、感想メールでそのような記述があった分については直ちに追加説明を行うことで対処した。

また、授業担当が2名であるため、前回の説明者とは違うものが説明することで、新たな観点からの説明を行うという対処も行った。

当初は感想メールでの分からない部分の記述が単に「わからない」などの曖昧な内容であったため、授業中に指導を行い、具体的に分からない内容をしめすように指示することで、その後、送られて来るメールの内容はかなり改善されており、コミュニケーションのための訓練としての役割は果たせたと考えている。

また、感想メールで追加説明を行うことの学生の評価であるが、表4にしめすように、手間はかかると考えているが、授業改善の効果を認めている傾向があり、このような手法が有効であると考えられる。

表4：感想メールについての評価

項目	評価値の割合					平均	母数
	1	2	3	4	5		
手間 ¹	29.3	43.9	19.5	7.3	0.0	2.05	41
授業改善効果 ²	12.1	68.3	17.1	2.4	—	2.10	41

¹値が大きい程評価が高い。1:非常にめんどくさい、2:めんどくさい、3:どちらともいえない、4:楽、5:非常に楽

²値が小さい程評価が高い。1:非常に有効、2:有効、3:意味がない、4:非常に意味がない

UNIXの操作がむずかしい

この授業で学生がUNIXにはじめて触れるため、これまでのGUI中心のコンピュータ操作からの移行への戸惑いのためだと思われる。回を重ねる毎にこのような返答をした学生が減って来ていることから、慣れるために自

宅で作業可能であった方が望ましいと考えられる。

今回用いたシステム毎の理解への貢献に対する主観的評価を表5にしめす平均値について1要因6水準(黒板転送(目視,vic,テレビ)/授業スライド(vic,Web)/作業画面提示(vic))の分散分析を行った結果、 $F(5,40)=10.00, p \leq 0.05$ で有意であった。下位検定としてLSD検定を行った結果、テレビを利用した黒板提示が他の方法に比べて評価が低く、vicによる作業画面提示が他に比べて評価が高いことが分かった。黒板転送におけるテレビを利用した評価が低いのは、教室の中にテレビが見にくい場所が多く存在するためだと考えられる。また、作業画面提示の評価が高いのは、UNIXの操作を実際に手元で見ながら確認できることが原因の一つと考えられる。

表5：システムによる理解度への貢献度合の評価

システム	方式	評価値 ¹ の割合[%]				平均 ²	母数
		1	2	3	4		
黒板転送	目視	2.5	55.0	32.5	10.0	2.50	40
	テレビ	4.9	31.7	43.9	19.5	2.78	41
	vic	12.2	56.1	19.5	12.1	2.32	40
作業画面提示	vic	22.5	67.5	10.0	0.0	1.88	40
授業スライド	vic	5.0	72.5	10.0	12.5	2.30	40
	Web	4.9	78.1	9.8	7.3	2.20	41

¹1:非常に役立った、2:役立った、3:役立たなかった、4:まったく役立たなかった
²値が小さい程評価が高い。

黒板(ホワイトボード)が見にくい

実習室にはホワイトボードが設置されているが、照明環境および縦長の部屋構成のため、後ろの席の学生が黒板の見にくさを指摘している。目視による視認性の向上のために、照明環境の改善などは必要であると考えられる。

表6に席の位置による黒板の視認性に対して、クロス集計した結果をしめす。黒板転送に関して全体部分に対して平均値について1要因3水準(目視/テレビ/vic)の分散分析を行った結果、 $F(2,40)=8.41, p \leq 0.05$ で有意であった。下位検定としてLSD検定を行った結果、vicとその他の手法に関して有意となった。このことから、vicを利用した黒板転送を行うことで、黒板の補助としての効果が得られることが確認できた。

表6:席の位置による黒板の視認性に対する評価

方式	場所	評価値 ¹ の割合[%]				平均 ²
		1	2	3	4	
目視	前 ³	0.0	25.0	66.7	8.33	2.83
	中 ⁴	0.0	10.0	80.0	10.0	3.00
	後 ⁵	0.0	0.0	66.7	33.3	3.33
	全体 ⁶	0.0	9.8	70.7	19.5	3.10
テレビ	前	0.0	8.3	75.0	16.7	3.08
	中	0.0	0.0	30.0	70.0	3.70
	後	0.0	27.8	44.4	27.8	3.00
	全体	0.0	17.1	48.8	34.2	3.17
vic	前	0.0	58.3	33.3	8.3	2.50
	中	0.0	30.0	50.0	20.0	2.90
	後	5.6	33.3	44.4	16.7	2.72
	全体	2.4	39.0	43.9	14.6	2.71

¹1:非常に見やすい, 2:見やすい, 3:見にくい, 4:非常に見にくい

²値が小さい程評価が高い.

³図2の席番号で, 1-12, 43-45. 有効回答数12.

⁴同じく13-24. 有効回答数10.

⁵同じく25-42. 有効回答数18.

⁶場所が不明な回答を1含むため, 有効回答数41.

自宅で作業を行う環境が欲しい

プログラミング課題を多く出したため, 学生は授業以外の時間でもプログラムの作成を行う環境が必要であった. 実習室は平日18:30までは学生に解放されており, これを利用している学生が多かったが, 自宅にあるパソコンで作業をしたいという要望はかなり多かった.

UNIXのプログラミング環境は, ハードウェアの経済的な負担を除いては負担なしで構築可能である. 実際に, 実習室の環境であるFreeBSDは無償配布されている. また, WindowsでもCygwin⁴を利用することで, UNIXライクなコマンドライン操作環境とC言語での開発環境を実現可能である. もう一つのメジャーなOSであるMac OS Xでは, 既にベース部分はFreeBSDであり, 無料の登録でC言語の開発環境も入手可能である. したがって, 良くまとまった解説さえあれば, 学生は自宅で実習を行うことが可能である. しかし, このような様々な環境を想定すると, 有効な解説文章を書くことは難しくなる上, トラブルへの対応も複雑化するため, 現実的ではないと思われる.

もう少し進めて, 実習室の環境を自宅のコンピュータに用意するというアプローチも考えられる. 筆者らは夏休み前の補講として, 自由参加でFreeBSDのインストール手順についての解説を行った. 10:00から15:00まで, 休みをはさみながら行ったが, ソフトウェアの導入部分までは到達できなかった. また, 実習室環境の古さと, 現在学生の所持しているコンピュータで実際に利用できるインストール方式の違いなど, 学生は自宅でインストールをできる自信をつける所まではたどりつけなかったようである.

⁴<http://www.cygwin.com/>

環境の違いなどを仮定せずにすませる方法としては, 学生個人に入学時にノートパソコンを与え⁵, 授業で必要なソフトウェアなどは標準でインストールし, 提供する方法が考えられる. この方式は, 授業でもノートパソコンを利用してもらうことで, 授業での作業結果をそのまま持ち帰ることができるという利点がある. 問題点としては, 高価なコンピュータを購入しても, 5年と言う長い高専卒業時までには陳腐化してしまうこと, 部品の保守や故障時の対応をよく考慮しないと授業が受けられない可能性があることなどがあげられる.

その他の意見

●説明を聞き逃す(3):作業に没頭しているなどの理由で説明を聞き逃し, 理解が不十分になるという意見も見られた. これに関しては重要な説明や作業画面の提示を行う際に明示的に合図を送るしか無いと思われる. また, 説明時にクライアントの画面に割り込んで, 強制的に作業画面や黒板転送画面を表示するソフトウェアも有効と考えられる.

●課題の提出が不安(3):課題を特定ディレクトリの特定名のファイルとして提出する形式にしたため, 学生は提出が出来たかどうかの確認ができず, 戸惑ったようである. これは, 提出状況をWebで掲示することで, 学生がいつでも参照できる環境を現在構築中である.

4. 作業画面転送に関する考察

作業画面の転送は, 実際に行われている操作を確認できるという意味で, 学生の理解の助けになったようである. 特に, vicでは画面に表示可能なものは全て転送可能であるので, 実際にやるべきことを確認しながら自分の作業ができたことが, 理解の助けとなった理由と考えられる.

しかし, vicにはデータが画像として転送されているという問題が存在する. UNIXのコマンドラインでの作業提示では, 入力をカット&ペーストして利用できることが望ましいが, 既に画像データとして転送されている作業内容は学生が手で入力する必要があり, 作業追従に必要な時間を増大させてしまう. しかし, 授業のペースが速いなどの意見も見られることや, 実際に手を動かしてみても試してみることの利点を考えると, その得失に関してはもう少し調査を行う必要があるだろう.

Freeの黒板転送ソフトウェアとしてはWBD⁶が存在す

⁵方法としては学生自身による購入や, 学校からのレンタル方式が考えられる

⁶<http://www.mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/wbd/>

る。このソフトウェアでは、線画のパス情報や入力文字の文字コード情報などを転送し表示するため、併用する事でvicでの問題点を補完する効果が期待できる。しかし、現在は日本語の表示ができないため、本格的な授業での利用は難しい。また、このソフトウェアはコンピュータ画面上での黒板転送を行うため、タブレットなどの入力装置がないと、黒板のような自然な筆記は難しい。

コマンドライン作業などの端末を利用した作業は、NFSなどの共有ディスクにファイルとしてその内容を書き出し、学生はそのファイルを表示しながら作業するという古典的な方法も利用可能である。この手法では、画像としてデータを送らず、文字コードなどの最低限のデータ転送を行うだけで済むため、帯域の有効利用の点からも検討の余地がある。

5. おわりに

今回の結果から、学生は自宅での自習を行いたいと考えていることが分かった。そこで、学生によるノートPC持ち込みの試みも検討中である。

アンケートの統計的解析から、LANを利用した作業画面や黒板の転送は学生の視認性の向上だけでなく、理解への助けとなることも確認できた。

画像転送や黒板などのシステムについては更に検討を行い、統合化された授業アプリケーションとして、容易に利用可能なシステムの構築も行いたい。

謝 辞

本研究は奈良高専情報工学科平成13年度3学年43名の協力の元に行われました。度々変わる環境と不安定な状況への忍耐、およびアンケートへの協力に感謝します。

参考文献

- [1] Keiko OKAWA & Jun MURAI, School of Internet: A University of the Internet, INET98, 1998.
- [2] Arrana GREENBERG, WBT: The New Millennium - Training at the Speed of Change, INET99, 1999
- [3] 武藤武士, 村尾元, 中山満子, どこでも無線LAN教室「おかもちくん」構築のための予備的考察, 奈良工業高等専門学校紀要 (pp.89-95), 2001.
- [4] 武藤武士, 工藤英男, 情報工学科の新情報処理システムについて, 情報処理研究発表会論文集第17号(pp.198-201), 1997.
- [5] Steven McCanne & Van Jacobson, vic: A Flexible Framework for Packet Video, Proceedings of ACM Multimedia, 1995.
- [6] Norman Walsh & Leonard Mueller, DocBook: The Definitive Guide, O'Reilly, 1999.
- [7] 武藤武士, 桐山和彦, DocBook SmartDocを利用した情報基礎教育のための教材作成の試み, 情報処理教育研究集会予稿集(pp.68-71), 2001.