

マルチプラットフォーム型情報教育支援システム

A Computer Education system on Multi-Platform

飯倉道雄* 吉岡亨* 樺澤康夫*

日本工業大学工学部

〒345-0826 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1

TEL 0480-34-4111 FAX 0480-342941

E-mail: {iikura,yoshioka,kabasawa}@nit.ac.jp

Abstract: In the present educational environment, high schools and other educational institutions have undertaken computer education using a range of platforms. If university entrants are expected to continue to study information technology, the present uniform learning environment for information technology may not match the learning histories and the academic level of individual students. Therefore, an information technology learning environment was established on an information processing system that supports several platforms. Computer education in this environment necessitates platform-independent software.

We have been developing such software using a WWW browser and a Java Applet program. In this paper, we propose a method to establish a multi-platform computer education environment and to create platform-independent learning support software.

Keywords: Web-based learning environment, computer education, multi-platform, WWW

1. はじめに

今日、高等学校においては多くの学科で情報技術に関する教育が行われており、初等情報技術の知識および情報機器の操作を既に習得して大学へ入学する学生が増加してきている。また、2003年より高等学校普通教科「情報」が新設され、この傾向は更に増大するものと考えられる。大学内に適切な情報教育環境を整備すれば、新入生の情報技術に関する継続した学習が期待できる。

しかし、高等学校における情報教育の内容や方法は一律でなく、情報教育環境を支えるプラットフォームは多様化しているため、画一的な情報教育環境は学生個々の学習履歴や学習進度に適合しないことがある。そこで、複数のプラットフォームに対応した情報処理機器構成を採用し、学習者が過去に習得したプラットフォームで学習を継続できる情報教育環境の整備を試みた。また、異なるプラットフォーム上で同一アプリケーション・プログラムの利用を可能とするために、WebブラウザおよびJava Appletプログラムなどを活用した学習支援ソフトウェアを開発した。

マルチプラットフォームに対応した情報教育環境の試みは、多様な形で行われている^{[1]-[3]}。本情報教育支援システムにおいては、学習者は現在使用中のクライアント機から、希望するサーバの学習支援ソフトウェアを利用することにより、さまざまな学習が可能である。また、それらのソフトウェアは、学習者の使用するプラットフォームに依存しない。さらに、インターネット上のWebサイトをも利用対象とすることにより、学習支援範囲の拡大を図っている。

本論文では、マルチプラットフォーム型情報教育環境におけるプラットフォームに依存しない学習支援ソフトウェアの構成法について提案し、本情報教育支援システムを利用した学生演習結果について評価・検討したので報告する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、次の3点である。

プラットフォームに依存しない学習支援ソフトウェアの開発

(開発されたソフトウェアを用いた学生演習を行うことによる)

これらソフトウェアの有効性の検証

複数のプラットフォームが稼動する情報教育環境が学習者に及ぼす影響の考察

3. システムの概要

図1に本システムの機器構成を示す。一般情報リテラシー学習などを可能とするWindowsNTサーバ、高速科学計算をサービスするOPEN/VMSサーバ、効果的な学習支援を目指すJavaサーバおよび利用者個々のファイルなどを一括管理するNFSサーバの四つのサーバを置いた。これらのサーバと利用者とのインタフェースを提供するクライアント機を、ネットワーク機器でスター状に結合する構成とした(平成9年3月導入)。クライアント機は47台を1組として、各々10Mbpsの回線でハブに接続し、これを3組用意した。サーバと各ハブ間は100Mbpsで接続し、ネットワーク負荷の軽減を図った。各クライアント機には、UNIX系

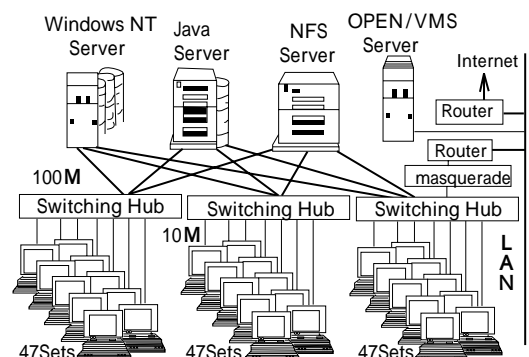


図1 マルチプラットフォーム型情報教育支援システム機器構成

* Michio Iikura, Tohru Yoshioka and Yasuo Kabasawa
Nippon Institute of Technology

システムであるLinuxとSolarisおよびWindowsNTシステムの3種類のOS (Operating System)環境を搭載した (Solarisは平成12年3月より稼働)。

このシステムの利用者は、クライアント機の起動時にこの3種類の環境よりプラットフォームを選択可能である。既定はWindowsNTとした。NFSサーバは、UNIX系アプリケーション・プログラムの管理および利用者アカウントの一括管理を行い、また、利用者のホームを提供する。WindowsNTサーバは、WindowsNT利用者およびWindows系アプリケーション・プログラムの管理を行っている。この結果、WindowsNTシステム環境を使用してもUNIX系システム環境を使用しても、利用者のホームは同一で、自分のデータにどの環境からでもアクセス可能である。その結果、利用者とクライアント機は固定化されない。また、インターネットに接続されている学内LANに接続し、学内外を問わず世界中のWWWサーバ上にある情報の利用を可能とした。

4. プラットフォームに依存しない学習支援ソフトウェア

本章では、プラットフォームに依存しない学習支援ソフトウェア4例についてその概要および構成法について述べる。

(1) タイプ練習ソフトウェア

タイプ練習ソフトウェアは、次の五つの要素で構成されている。

- タイプ練習Webページ
- タイプ練習JavaAppletプログラム
- タイプ練習履歴収集Javaサーバ・プログラム
- タイプ練習履歴ファイル
- タイプ練習履歴表示プログラム

タイプ練習ソフトウェアはJava Appletプログラムとして作成され、WWWサーバよりクライアント機上にダウンロードされて実行される (図2)。

Java Appletとそれを実行可能なWebブラウザを利用することにより、プラットフォームに依存しないタイプ練習ソフトウェアを作成した。Java Appletの利用により、WWWサーバの負担は軽減されるが、各学習者のタイプ練習履歴は一括管理する必要があるため、練習履歴の収集はWWWサーバ側で行う。そのために、タイプ練習履歴収集サーバ・プログラムをJavaアプリケーション・プログラムとして作成し、それをWWWサーバ上で実行することにより、クライアント機上のJava Appletプログラムからの情報収集を可能とした。

このタイプ練習ソフトウェア (平成9年度稼働) は、モニタに表示される参照文字列と同じ文字列を入力することを基本としているが、参照文字列に難易度をつけた。ある難易度の参照文字列を、定められた時間内に、定められた最大誤入力文字数以下という条件を満足してタイプできれば難易度が1上がり、条件を満足しない場合は、難易度は不変あるいは難易度を1下げることとした。タイピングは、タイプ速度と誤入力文字数の二つの尺度で評価することが多いが、評価尺度を時間当たりの正当入力率と単純化した。

学習者ごとの全練習履歴および最終到達難易度 (ハイスコア) を保存している。平成10年度よりこの学習者の練習履歴を公開した。タイプ練習履歴ファイルに保存された学

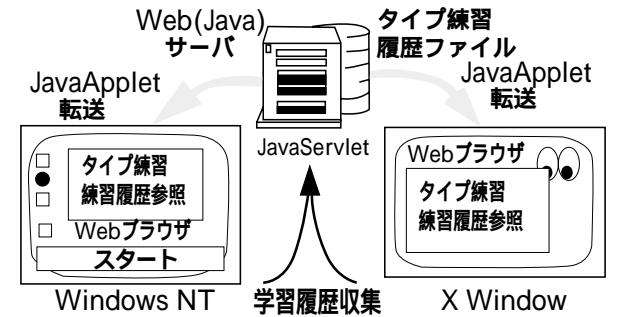


図2 異なるプラットフォーム上で同一アプリケーション・プログラムの起動

■タイプトレーナ・プログラム■
練習履歴 ランキング マニュアル パスワード変更 (旧型)

ランキング

順位	入力数分	ユーザ名	日付	練習時間	開始 Lv	終了 Lv	入力数	誤入力数
1	180.60	student-1	2000/Jul/14	15:17:17	601	10	49	1810
2	164.93	student-2	2000/Jan/02	17:41:22	211	10	23	585
3	157.88	student-3	2000/Jul/14	15:17:18	271	10	25	715
4	156.68	student-4	2000/Jan/01	15:08:22	211	10	21	560
5	144.93	student-5	2000/May/25	15:03:20	207	10	19	514
6	143.47	student-6	2000/Jan/08	14:38:04	225	7	15	550

図3 タイプ練習におけるハイスコア・ランキングの表示例

習者の練習履歴データは分類されて、学習者相互間で参照可能である。また、この練習履歴より個々の学習者の最高到達難易度を抽出し、クラスごとあるいは学科・学年ごとに成績上位学習者の表示 (ハイスコア・ランキング) 機能を備え、練習意欲の向上を図った (図3)。さらに、すべての学習者の練習履歴が学習者相互で参照可能であるので、成績上位学習者の練習パターンを参考にした学習指導を可能とした。

(2) プラットフォームに依存しないVOD (Video On Demand) システム

デジタル化したビデオ教材を、コンピュータ・ネットワークを介して再生するVODシステムの研究開発が盛んに行われている^[4-6]。しかし、これらを利用するためには、専用のハードウェアを必要とすることが多い^[7]。また、これらの再生ソフトウェアはプラットフォームに依存し、異なるプラットフォーム上で同一のビデオ教材を提供することは容易でない。

そこで、プラットフォームが異なっても、同一のビデオ教材を提示可能なシステムを開発した。Java Appletを利用してビデオ再生を行う方式を採用したので、Java Appletを実行可能なWebブラウザ上であれば、ビデオ再生が可能である。

本VODシステムは、図4に示すとおりビデオ・サーバとビデオ・クライアントで構成されている。ビデオ・サーバ上にはテキスト・データ、JavaApplet形式のビデオ再生プログラム (Video Player) およびビデオ・データ (Video Image) を用意した。

ビデオ・データは、GIF 画像データとSun au形式の音声データから構成される。各シーンを構成する画像データは、jar アーカイブ・ファイルとして圧縮される。個々のjar アーカイブ・ファイルは、それぞれのシーンに対応する音声データとともにビデオ・サーバに保存される。

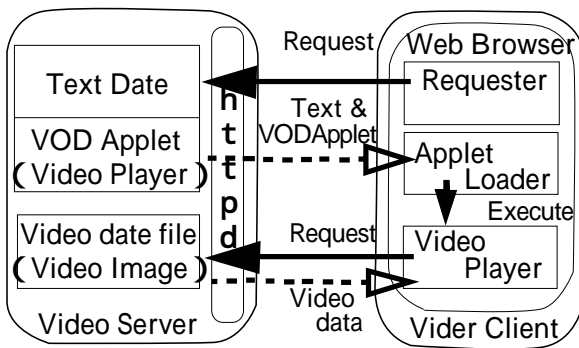


図4 Java Appletによるビデオ再生

テキスト・データはビデオ・データによる学習を補完するために、教科書的な内容を用意した。

ビデオ・データの再生手順(図4)は、次のとおりである。

- ビデオ・クライアントよりビデオ・サーバに再生要求
- ビデオ・クライアントにビデオ再生プログラムをダウンロード
- ビデオ・クライアントのWebブラウザ上でビデオ再生プログラムを実行
- ビデオ再生プログラムがビデオ・サーバにビデオ・データを要求
- ビデオ・データがビデオ・クライアントにダウンロードされてビデオ再生

本VODシステムは、インターネット上での利用も考慮したので、ネットワークの帯域予約を行わずに、ビデオ・データを転送している。ビデオ・データは、意味あるシーンごとに分割され、シーンごとにダウンロード終了後再生される。このことにより、シーンの途中で再生が中断されることはない。ネットワークの輻輳により、データ転送が遅れた場合も、意味のあるシーンごとにビデオ再生が行われるため、学習者は教材の内容を把握することができる。

このシステムを利用して、AWK言語の学習支援ビデオ教材を作成した。その表示例を図5のWebページ左側フレームに示す。

(3) プラットフォームに依存しないプログラム実行環境

プラットフォームが同一でない情報教育環境において、初等プログラミング教育を行うために、プラットフォームに依存しないプログラム実行環境として次の3方式を用意



図5 VOD利用したAWK言語学習支援Webページ

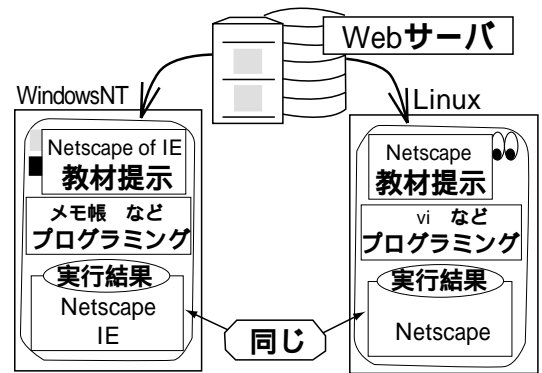


図6 Webブラウザ上のプログラム実行環境

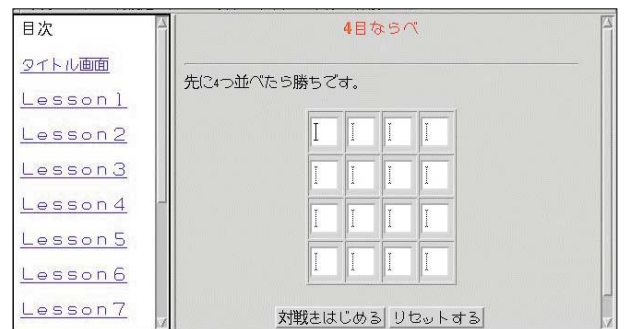


図7 JavaScript言語学習支援Webページ

した。

コンピューティング・サーバ上での実行

各クライアント機からターミナル・ウィンドウ (telnet など)を用いて、コンピューティング・サーバに接続し、プログラムを実行する。よく知られているTSS(Time Sharing System)によるプログラミングとその実行である。プログラム作成・編集・実行のすべてをコンピューティング・サーバ上で行うので、学習者が使用するプラットフォームの違いによる教育上の問題は少ない。しかし、すべての処理をサーバ上で行うため、一斉授業においては、サーバの応答遅延が問題になることもある。現在、コンピューティング・サーバとして高速科学計算をサービスするOPEN/VMSサーバが利用されている。

Webブラウザ上で実行

JavaScriptのようなWebブラウザ上で実行可能なプログラミング言語教育については、クライアント機上でプログラム作成・編集・実行をする。プログラム実行はWebブラウザ上で行われるため、学習者が利用するWebブラウザの違いにより、実行結果の表示に多少の差異が見られることもあるが、実行結果そのものは同一である(図6)。JavaScript言語学習支援Webページの例を図7に示す。この環境におけるWebサーバの主な処理は教材提示であり、プログラム作成・編集・実行処理は各クライアント機に分散されるので、サーバの負荷は軽減される。

Webサーバ上で実行

クライアント機上に、学習対象となるプログラミング言語のプログラム実行環境を持たない場合、WWWサーバのCGI (Common Gateway Interface)プログラムを利用したプログラム実行が考えられる。この方法でのプログラ

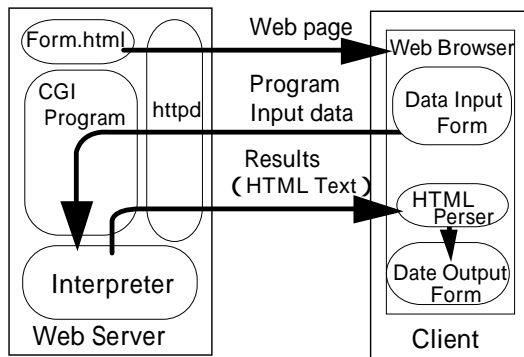


図8 Webサーバ上でのプログラム実行

ム実行の様子を図8に示す。クライアントのWebブラウザより指定されたWebページを参照することにより、プログラムおよびデータの入力フォームを得る。入力されたプログラムおよびデータは、CGIプログラムに転送される。CGIプログラムはこの入力されたプログラムとデータを、プログラム実行環境（現在はインタプリタのみ）へその引数として渡して実行させ、その実行結果を得る。さらに、この実行結果をHTML形式のテキスト・データに変換して、クライアントに返送する。クライアント側では、このテキスト・データをWebブラウザ上に表示する。

図5はAWK言語学習支援のためのWebページ例である。プログラム実行環境として、ページ右フレームにプログラム入力フォームとデータ入力フォームを配置した。プログラムとデータ入力後右フレーム上段中央にある「実行」ボタンをクリックすることにより、AWKプログラムが実行されて、処理結果が右フレーム下方に表示される。ページ左側フレームは、AWK言語学習のための前節で述べた電子教材（テキストおよびビデオ教材）である。

この方法によるプログラミング学習の特長は、クライアント機上にWebブラウザを用意するだけで、プログラム作成・実行を含むプログラミング言語学習ができることである。

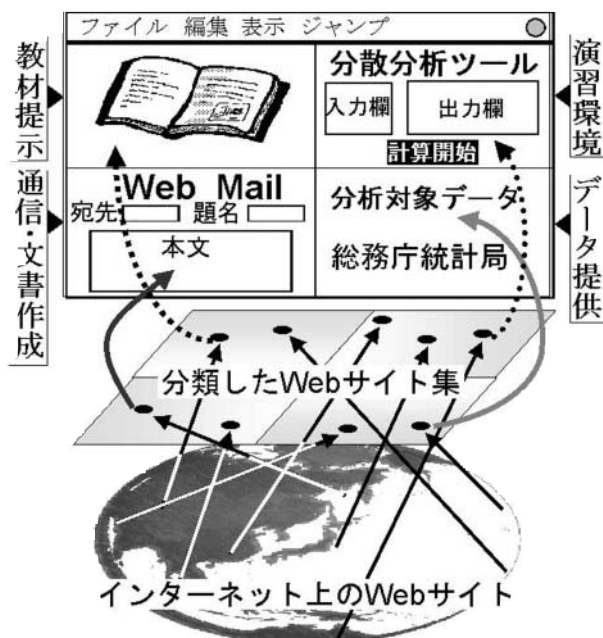


図9 WWWを利用した学習支援Webページ

(4) Webブラウザを利用した統合学習環境

前節で述べたAWK言語学習支援Webページ（図5）は、ビデオ教材、テキスト教材およびプログラム実行環境など学習に必要なものをすべてWebページ上に統合しようとした学習環境の1例である。この考え方を、WWW上に応用すれば、そこにある多種多様な情報やソフトウェアを利用した多彩な学習支援が可能になる。まず、WWW上の利用可能な教材を検索し、そのリスト（URLリスト集）を作成する。次にそれらをカテゴリー別に分類・整理する。分類・整理された教材にリンクを張った新たな学習支援Webページを作成し、学内のWebサーバに置く（図9）。Webページには次の四つの基本フレームを用意している。

教材提示

学習内容を解説したVODを含む電子教科書。

データ提供

学習課題に対する演習などを行う場合のデータを提供するフレーム。

演習環境

プログラミング演習などにおいては、プログラム実行環境を用意した。また、データ解析などの演習には、データ解析用のツールを提供した。最も簡単なツールとしてJava Scriptなどで書かれた電卓があげられる。数値解析や統計処理をサービスするWebページなどにリンクすることにより、多種多様な解析あるいは分析ツールを提供できる。

通信・文書作成

電子会議やWebメールが利用できるWebページにリンクし、学習者相互の情報交換や学習結果の保存あるいはレポート提出などに利用する。

このWebブラウザを利用した統合学習支援Webページは、学生が携帯する情報機器上からも、学内LANに接続することにより利用できる。

5. システムの評価

本章では、開発されたシステムおよびソフトウェアの評価を行う。

(1) 一斉授業におけるサーバの応答遅延

サーバが集中管理するような方式においては、一斉授業における各サーバへの負荷集中によるサーバの応答遅延が心配された。そこで、Linuxのアプリケーション・プログラムを一括管理するNFSサーバおよびJavaAppletプログラムを一括管理するJavaサーバの同時起動時における応答時間を測定した。起動実験においては、起動要求時刻を同時にするため、各クライアントからプログラム制御によりサーバへ要求を出して計測した。

図10にNFSサーバが一括管理するX-Windowの立ち上がり時間と同時起動台数の関係を示す。起動時間は指定された全クライアント上でX-Windowが起動するまでの時間である。ネットワーク負荷を集中した場合の最大応答遅延時間を測定するために、まず第1系統内の47台について計測した。さらに、第1系統の47台に加え、第2系統のクライアント機を順次追加して計測を続けた。第3系統のクライアント機を含めた計測も行ったが、100台を超える同時起動については、起動できないクライアントが見られたため、第3系統まで含めた全クライアント機の同時起動は計測はできなかった。100台程度の同時起動においては、単独起

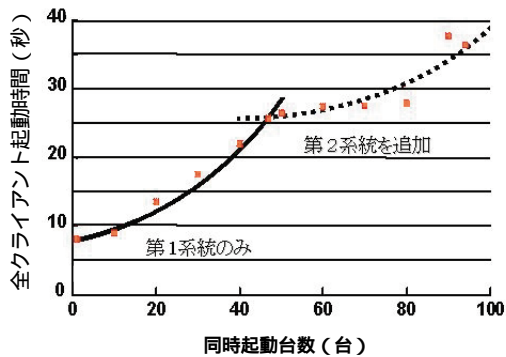
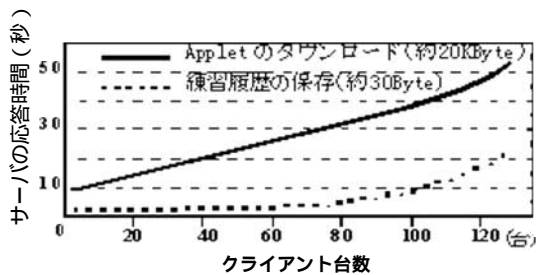


図10 X-Windowの起動時間

図11 タイプ練習Appletにおける
同時実行台数とサーバの応答時間

動に比較して約5倍の起動時間を要することが分かった。

図11にJavaサーバが一括管理するタイプ練習ソフトウェアの応答時間と同時起動台数の関係を示す。Javaサーバよりタイプ練習Java Appletプログラムのダウンロードに要する時間においては、約100台程度の同時起動で、単独起動に比較して5倍程度の応答遅延が見られた。同様に、タイプ練習履歴の保存(書き込み)においては15倍程度の応答遅延が認められる。

一斉学生演習においてもサーバの応答遅延は存在するが、人手による同時起動であるので、同時起動実験における応答遅延時間を上回ることにはなかった。応答遅延による学習者の混乱は、学習者に対してサーバの応答遅延の存在とそれの度合をあらかじめ説明しておくことで解消されている。計算機への一斉電源投入やソフトウェアの同時起動などの同時同一操作は、学期初めの演習に多くみられるので、受講生への十分な説明が必要である。しかし、学期初めを除けば、受講生の同時同一操作が少なくなるので、サーバへの負荷集中によるサーバの応答遅延が問題になることは、ほとんどなかった。

(2) タイプ練習の効果

タイプ練習ソフトウェアは、学生演習の初期段階で利用している。毎年4月の第1回目の演習でタイプ練習ソフトウェアの使用方を講習し、5月の連休直後にタイプの試験を行っている⁹⁾。保存されている学習者ごとの全練習履歴および最終到達難易度を、平成10年度より公開した(図3)。

図12は平成9年度(練習履歴公開前)の受講生215名と平成10年度(練習履歴公開後)の受講生216名の一斉タイピング試験結果を比較したものである。受講生の年度間格差も考えられるが、平成9年度の上昇した難易度の平均8.95に対して、平成10年度の平均は14.30であった。分散分

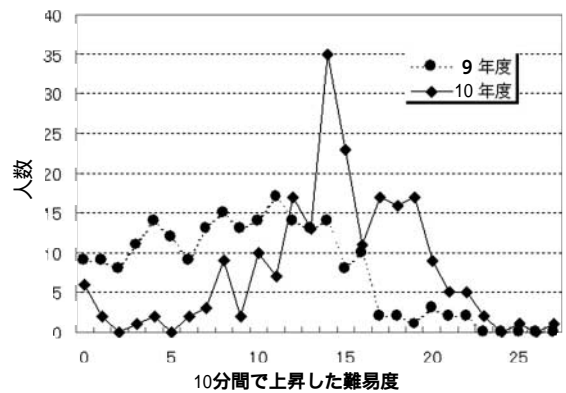


図12 一斉タイピング試験結果の年度比較

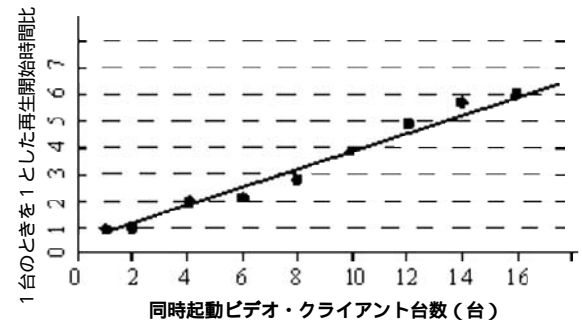


図13 クライアント台数とビデオ再生開始時間

析の結果 $F_0=123.07 > F_{1,427}(0.05)=3.86$ となり、この平均値の差は有意であった。全学習者の練習履歴公開により、学習者のタイプ練習意欲の向上が認められたと判断した。

(3) VODシステムの初回再生開始時間

VODシステムの性能評価基準として、ビデオ・クライアント側で、ビデオ再生要求を出してから、ビデオ・クライアント上でビデオ再生が開始されるまでの再生開始時間があげられる。そこで、複数のビデオ・クライアントがビデオ・サーバ上の同一ビデオ・データを再生するまでの、初回再生開始時間を測定した。図13は、同時に再生要求を行うビデオ・クライアントの台数を1台から16台に増加させた時の初回再生開始時間比を表している。再生開始時間は、ビデオ・データの大きさに比例するので、ビデオ・クライアント1台のときの再生開始時間(90秒のビデオ・シーンで約8秒)を1として、その比率で表している。本VODシステムでは、ビデオ・クライアントは一度受信したビデオ・データをキャッシュする。再生要求時に、キャッシュされたビデオ・データが存在すれば、直ちに再生が開始される。このため、初回再生開始時間のみ計測した。

図13より、同時起動ビデオ・クライアントを16台にした場合、再生開始には、1台の場合の再生開始時間と比較して6倍程度の時間を要することが分かる。本VODシステムを利用した学習は、一斉授業での利用より個別学習での活用に重点をおくべきであることを確認した。ビデオ教材を利用した一斉授業は、ネットワークのブロードキャスト機能などを利用したビデオ再生方式を検討したい。

(4) 統合学習支援Webページによる学習実験

統合学習支援Webページを評価するために、統計解析(分散分析)をテーマとした教材を図9のWebページ概念

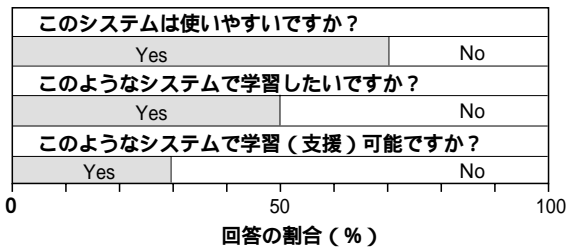


図14 Webページによる学習実験後のアンケート調査結果

図のよう試作した。被験者として、平成11年度の卒業研究をまとめるにあたって、統計的分析が必要と思われる学生10名の協力を得た。実験後のアンケート調査結果を図14に示す。被験者の多くが日常的にWebブラウザを利用していることも影響して、操作性については良好な結果となった。しかし、Webブラウザ上での学習可能性については、可能でないとの否定的な意見が大半を占めた。否定的な意見の多くは、「(この方法による学習は) 孤独で退屈である」ということであった。

(5) 本システム利用者のプラットフォーム利用状況

本システムを利用している本学システム工学科の学生の協力を得て次の内容のアンケート調査を実施している。

- 複数OSを利用したか？
- 複数のOSを利用した場合、主に利用したOSは何か？
- OSの選択基準は何か？

平成9年度～11年度のアンケート調査結果を図15に示す。図中、「WindowsNTのみ使用」の学生が存在しないのは、本学システム工学科にはLinuxシステム環境を使った学生演習（必修課目）が存在するためである。3年間の推移における特徴は平成9年度～平成10年度と増加傾向にあった「主にWindowsNTを利用」の学生が、平成11年度には急減している点である。この原因は平成9年度、平成10年度のアンケート調査結果で、主にWindowsNTを利用する学生の大半が「Linuxに比べ日本語環境の使いやすさ」をあげていた。そこで平成11年3月にLinuxの日本語環境を強化したことによると考える。

6. まとめ

学習者がプラットフォームを選択できる情報教育環境における学習支援ソフトウェアの開発およびその評価を行い、次の結果を得た。

(1) プラットフォームに依存しない学習支援ソフトウェアの評価

初等情報教育（リテラシー教育、初等プログラミング教育）を支援するソフトウェアに関しては、受講生が過去に経験したプラットフォームで学習可能であり、受講生100

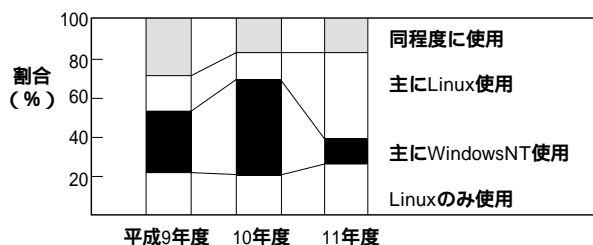


図15 プラットフォーム使用状況の年度比較

名程度の一斉授業において利用可能である。

(2) 学習履歴公開の効果

タッチ・タイプの練習においては、学習者個々の練習履歴や成績を公開することにより、練習意欲の向上が見られた。

(3) 選択可能なプラットフォームの学習者への影響

マルチプラットフォーム型情報教育支援システム開発の大きな目的は、学習者が過去に経験したプラットフォームで継続学習可能な環境の提供であった。このシステム運用当初は、利用者がWindows派とUNIX派に分かれるものと想定していた。しかし、本システム運用開始後3年を経て、利用期間の長い利用者ほど、二つのプラットフォームを使い分ける傾向にあることが分かった。このシステムの開放利用時間帯においては、異なるプラットフォームの2台のクライアント機を操作して、一つの課題に取り組む利用者も少なくない。これらの利用者は、それぞれのプラットフォームの長所を見出して、使い分けしているものと考えられる。

今後ますます高度化する情報化社会にあって、オペレーティング・システムやアプリケーション・ソフトウェアの比較検討能力は重要な資質となることが予想される。複数のプラットフォームが利用可能な環境での学習が、この能力の向上に寄与できるものと考えられる。

7. おわりに

複数のプラットフォームを提供する情報教育支援システムにおいて、Webブラウザを利用した学習支援ソフトウェアについて考察した。本システムの利用者の多くがWebブラウザの利用経験者であることも影響して、本システムの操作性についての問題はほとんど発生しなかった。今後学習意欲の向上が期待できるシステムへ改善したい。また、情報処理機器の小型化・高性能化により、情報処理機器を携帯する学生が増加している。学習者が携帯するさまざまな情報処理機器への学習支援ソフトウェアの柔軟な対応が急がれる。併せて検討をすすめたい。

参考文献

- [1]飯倉,吉岡,樺澤:マルチプラットフォーム対応型情報教育システム III, 第12回私情協大会, 1999.9
- [2]門間譲司, 坂本寛:UNIXとWindowsNT混在環境における教育システムの統一的運用, 第57回情処大会, 6S-3, 1998.
- [3]平松敏祐, 築瀬洋一郎,池田ひでみ:UNIXとWindowsNT統合環境における情報教育, 第58回情処大会, 3X-2, 1999.
- [4]S. Gringeri, B. Khasnabish, A. Lewis, K. Shuaib, R. Egorov, and Bert Basch:Transmission of MPEG-2 Video Streams over ATM, *IEEE MultiMedia*, Vol. 5, No. 1, 1998.
- [5]岡村耕二, 荒木啓二郎:帯域予約されたネットワーク上の連続メディア送信, *情処学論*, Vol. 37, No.5, 1996.
- [6]D. W. Brubeck, and L. A. Rowe:Hierarchical Storage Management in a Distributed VOD System, *IEEE MultiMedia*, Vol. 3, No. 3, 1996.
- [7]C. J. Beckmann, A. A. Moin, and S. Nog:Bandwidth reservation with selectable bit-rate streams, *Multimedia Systems*, 6, pp.219-231, 1998.
- [8]飯倉,小林,吉岡,樺澤:全学習者の練習履歴参照機能を持つタッチタイプ練習環境の開発と評価, *教育システム情報学会誌*, Vol. 15, No. 4, pp.361-365, 1999.