

# WebCT を活用したセルフラーニング型授業の試み

渡辺 博芳<sup>†</sup> 高井 久美子<sup>†</sup> 佐々木 茂<sup>†</sup> 荒井 正之<sup>†</sup> 武井 恵雄<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 帝京大学理工学部 〒320-8551 宇都宮市豊郷台 1-1

E-mail: † {hiro,kumiko,sasaki,arai,takei}@ics.teikyo-u.ac.jp

**あらまし** 個々の学生が自分のペースで学べるセルフラーニング型の授業を展開することで、学生が自己学習力を習得し、自ら学ぶ姿勢を身に付けることが期待される。本論文では、WebCTを導入することで、セルフラーニング型の授業形態を目指した2つの演習授業の事例について述べる。1つはオブジェクト指向プログラミングをテーマとした授業で、「物語」導入型の教材コンテンツを用いた授業を試みた。もう1つはCOMET /CASL を題材としてCPU理解と初等アセンブラプログラミング習得を目的とした授業で、提出したプログラムの評価支援システムやビデオ教材のストリーミング配信とWebCTを組み合わせてセルフラーニング環境の構築を試みた。

**キーワード** WebCT, セルフラーニング, 自己学習, プログラミング

## Practice Examples of Self-Learning Courses Using WebCT

Hiroyoshi WATANABE<sup>†</sup> Kumiko TAKAI<sup>†</sup> Shigeru SASAKI<sup>†</sup> Masayuki ARAI<sup>†</sup> and Shigeo TAKEI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> School of Science and Engineering, Teikyo University 1-1 Toyosatodai, Utsunomiya, 320-8551 Japan

E-mail: † {hiro,kumiko,sasaki,arai,takei}@ics.teikyo-u.ac.jp

**Abstract** In this paper, courses in which each student can learn at his/her own pace are called “self-learning courses”. Students are expected to obtain the ability and adopt the attitude of learning by themselves through self-learning courses. This paper describes case studies of two courses which aim at having students to learn by themselves and learn at their own paces. The first one is an introductory course on object oriented programming, in which, we have tried teaching material contents with stories. The second course aims at giving students an understanding of the CPU (central processing unit) and learning programming in an assembly language. In the course, we constructed a self-learning environment using the combination of an evaluation assistant system of students’ programs, a server for streaming digital media and WebCT.

**Keyword** WebCT, Self-Learning, Programming

### 1. はじめに

本論文では、WebCT[1]を活用してセルフラーニング型の授業形態を目指した2つの演習授業の事例について述べる。演習授業では、単に与えられた課題に対して問題解決を行い、それをレポートで提出するという形態をとることが多い。このような形態が有効に機能するには、学生に自主的に学習する能力、つまり自己学習力が求められる。しかし、全ての学生がそのような力を身につけているわけではない。そこで我々は、演習授業ではあるが、講義、例題演習、課題演習、修了試験を1セットとする形の授業を行っている。しかし、このような講義を含む形態では学習進度の同期をとる必要が生じるため、次のような問題が生じる。

- ・ 常に教員の指示を待つなど、学生に受身の学習姿勢が習慣化される傾向がある。
- ・ 自己学習力のある学生の中に、講義などで自分のペースを乱されることを煩わしく感じる者もいる。これらの問題を解決するために、学生が自分のペー

スで学習できるような授業形態の実現を試みた。ただし、従来の演習授業のように、自己学習力を持つ学生を前提とするのではなく、授業を履修することで自己学習力を育成できるような授業形態を目指している。それによって、学生が自ら学ぶような姿勢を身に付けてほしいと考えている。

以降では、セルフラーニング型授業の具体的な実践例として、オブジェクト指向プログラミングの演習授業と初等アセンブラプログラミングの演習授業について述べる。オブジェクト指向プログラミング授業では、特に、オブジェクト指向プログラミングにおけるオブジェクト指向設計(仕様)と制作(実装)の独立性を説明するために「物語」導入型の教材コンテンツの作成を試みた[2]。一方、初等アセンブラプログラミング授業では、履修者人数の都合から2つの教室に分かれたために、一方の教室を我々が従来行ってきた授業進行、他方の教室を学生の自主性を重視したセルフラーニング型の授業進行とし、それらの比較を行った。また、

これら2つの授業を含むこれまでの経験から、セルフラーニング型授業を構成する上でのポイントについて考察する。

## 2. 「物語」導入型教材コンテンツを利用したオブジェクト指向プログラミング授業

### 2.1. 授業の概要

本コースは3年次前期に設定されており、2時限連続の授業(クラス)6回から構成されている。このコースを履修する学生は1,2年次でプログラミング1~4を履修し、プログラミングにおける基本的な概念を習得していることが想定されている。本コースではオブジェクト指向プログラミング入門に焦点をあて、カプセル化、メッセージとその反応としてのメソッド、クラスとインスタンス、例外処理、継承などを理解することを学習目的としている。

### 2.2. 教材コンテンツの作成方針

WebCT上に載せるコースコンテンツを作成する際に、以下のような方針をとることにした。

- ・ キャラクターを登場させ、「物語」を持たせる。具体的には、架空の会社に入社し、開発部に配属した新人が、開発部長、開発部の先輩とのやり取りを通して、オブジェクト指向プログラミングを習得していくというものである。1回分の授業内容を1話と呼ぶ。
- ・ 1話は複数の節から構成する。1話の最初には授業の目的を明示し、最後にはまとめを提示する。
- ・ 節ごとにセルフテストを配置する。
- ・ 1話ごとに、まとめのクイズ(小テスト)とアンケートを実施する。

### 2.3. 「物語」による導入の目的と具体例

教材コンテンツに物語を持たせた目的は、学習対象である概念が使われる状況や、解くべき課題が置かれている状況設定を学生に明確にすることにある。もちろん、学生が授業内容に親しみをもち持つことも目指している。

特にオブジェクト指向プログラミングにおいて、オブジェクト指向設計(仕様)と製作(実装)の独立性、分離性を意識してプログラムを作成することが重要である。しかし、学生には、そのような必然性や利便性が理解しにくい。例えば、以下のような課題を設定することを考えてみる。

課題 時分秒を扱う時間クラスを定義し、それを利用してn個の時間データの合計を求めるプログラムを作りなさい。

このような課題の指示だけでは、ほとんどの学生はカプセル化による情報隠蔽の効果などといったことは全く意識しない。また、「動作すればよい」と言わんばかりに、オブジェクト指向の考え方を無視したプログ

ラムを作成する学生も多い。このようなことについて、学生を適切に導く必要がある。

そこで、時間クラスの仕様を提示した上で、「この仕様に合わせた形で時間クラスを実装しなさい。この時間クラスを使ってn個の時間データの合計を求めるプログラムを作りなさい。」といった指示をすることで、適切な設計の例を学生に示すことができる。また、設計と、クラスの実装、そのクラスを使ったプログラミングが独立に行えるといった分離状況も理解できる。

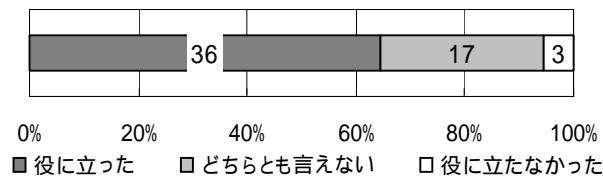
このような状況設定を説明するために、「部長が時間オブジェクトを設計し、ヘッダファイルにクラスの宣言を書いた。部長の命令で新人の須田くんがヘッダに基づいて実装部を書くことになった。」といった単純な物語を展開する。これによって、「部長の設計を読み取って実装部を書かなければならない」、「ヘッダは部長が定義したので勝手に変更しては行けない」といった状況に導くことができると考えられる。物語だけでこのような状況設定に学生を導くことは困難であるが、課題の指示が物語の展開の中で学生に受け入れられ易くなることが期待できる。

### 2.4. 典型的な授業の進め方

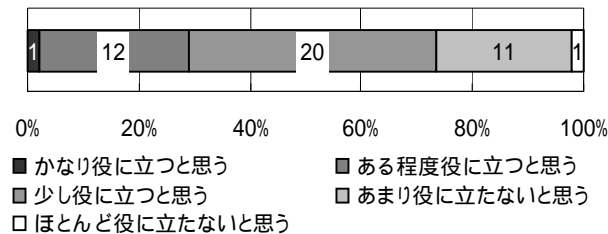
授業の最初にその日の授業の目標、授業に出てくる概念について全体講義を行う。全体講義では、授業目標を強調し、概念の説明はごく簡単なものとし、できるだけ短時間で終わるように心がけた。全体講義の後、学生はWebCTの教材コンテンツを読んだり、例題を実行したり、提示された課題に対するプログラムを作成したりといった自主的な学習モードに移行する。教員は教室内を巡回して学生を支援する。また、この同じ時間帯に、教室の一部でミニ講義を行うこともある。

ミニ講義は、講義や説明を聴きたい学生を教室の一隅に集め、液晶プロジェクタやホワイトボードを利用して行う。ミニ講義は大きく分けて2種類あり、1つは全体講義の直後に、その日の授業に出てくる概念についての詳しい講義を希望者に対して行うもので、もう1つは課題に対するプログラム作成が思うように進まない学生を対象に行うものである。後者は演習時間に学生の様子を見て必要と判断したときに、全体に声をかけて、補足説明を聴きたい学生を集めて開始する。

毎回の授業で課題レポートを課しており、レポートの提出と採点は、WebCTの機能を利用している。また、毎回の授業でWebCTのクイズ機能を利用してまとめの小テストを行う。学生に課題レポートを提出させるだけでは、課題を完成させる作業に集中し、概念を理解するための学習がおろそかになる可能性があるからである。同様にWebCTの機能を利用して毎回の授業で授業アンケートを行い、授業改善に役立てる。最後の授業では普通教室において修了試験を行う。

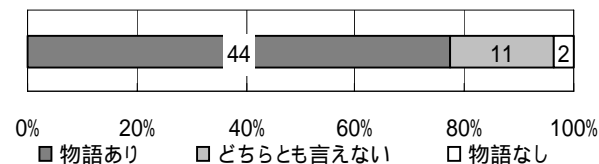


(a)クラス1への質問:物語は状況理解に役立ちましたか。

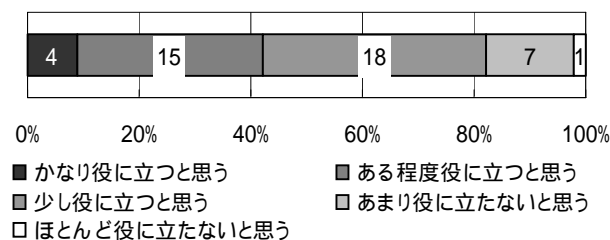


(b)クラス2への質問:物語は状況理解に役立ちましたか。

図1 「物語による導入」の「状況理解」に関する有用性



(a)クラス1への質問:物語ありとなしてどちらがとっつきやすいですか。



(b)クラス2への質問:物語は教材に親しみやすくすることに役立ちましたか。

図2 「物語による導入」の「教材への親しみやすさ」に関する有用性

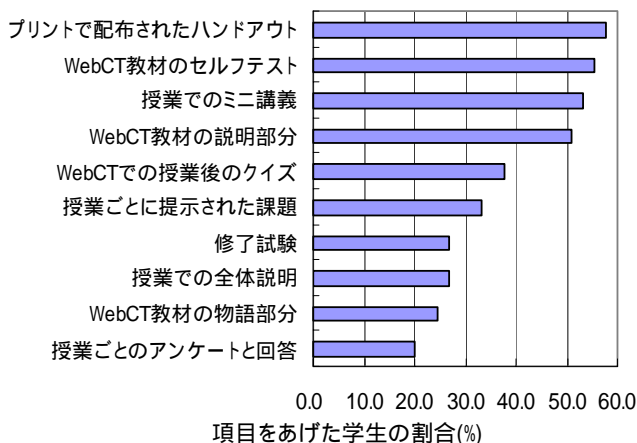


図3 「学習に役に立ったものをあげてください」という質問に対する回答

## 2.5. 実践結果

これまで述べたような授業を 2002 年度前期に 2 つのクラスに対して行った。2 つのクラスをクラス 1, クラス 2 と呼ぶことにする。履修者はクラス 1 が 58 人, クラス 2 が 46 人であった。最後の授業時に授業全体に関するアンケートを実施した。教材や授業の進め方についての評価自体を模索していたため, クラス 1 とクラス 2 に対するアンケートの質問が異なっている。

物語による導入に関して, 「物語は状況理解に役に立ちましたか」という質問に関する回答を図 1 に示す。クラス 1 とクラス 2 とで回答の選択肢が異なるが, クラス 1 で 60% 以上が「役に立った」と回答しており, クラス 2 でも「かなり役に立つと思う」から「少し役に立つと思う」までが 70% 以上であることから, 状況設定理解のために物語による導入が有効であることが示唆された。

物語が教材に親しみやすくする効果についてのアンケート結果を図 2 に示す。クラス 1 への「物語ありとなして, どちらがとっつきやすいですか」という質問に対して, 77% が「物語あり」と回答している。また, クラス 2 への「物語は教材に親しみやすくすることに役立ちましたか」という質問について, 「かなり役に立つと思う」から「少し役に立つと思う」までが 80% 以上である。これらから, 物語による導入が教材内容に親しみやすくする効果があると言える。

クラス 2 に対して学習に役に立ったものを複数回答可で質問した結果を図 3 に示す。セルフテスト, まとめクイズ, 教材の説明部分など WebCT 上に載せた教材をあげる学生が比較的多く, その有効性が示唆されている。一方で, WebCT 教材の説明部分のポイントをまとめて配布したハンドアウトをあげている学生が最も多く, 紙に印刷された教材への依存が大きいと言える。全体説明に比較してミニ講義をあげる学生が多かったが, ミニ講義の以下のような性質が好評であったようである。

- ・ 絞られたテーマについて短時間の講義を受けられること。
- ・ 聴きたいテーマのみ受講すればよいこと。

## 3. プログラム評価支援システムを併用した初等アセンブラプログラミング授業

### 3.1. 授業の概要

本コースは 2 年次後期に設定されており, 3 時限連続の授業(クラス)6 回から構成されている。本コースでは, CPU の構成と動作を理解すること, 初等アセンブラプログラミングを習得することを学習目的としている。CPU の機能と構成を理解するために, まず, 最初に初等アセンブラプログラミングを学んだ後, CPU の詳細について学ぶというアプローチをとっている。

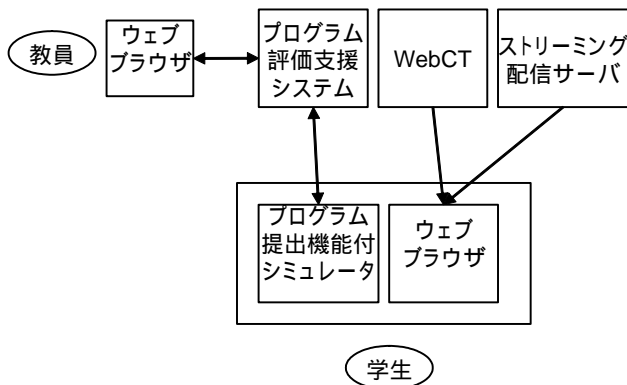


図 4 初等アセンブラプログラミング演習授業の環境

表 1 前半と後半の各教室の人数

教室 \ クラス	前半	後半
教室 A	65	60
教室 B	26	30

表 2 各教室の修了試験の平均点数

教室 \ クラス	前半	後半
教室 A	63.7	62.6
教室 B	72.0	63.3

本コース設置当初から、COMET/CASL を教材として、独自のシミュレータ WCASL を開発し、利用してきた。WCASL は 2 つのシミュレーションモードを持つ。初等アセンブラプログラミング習得を目的としたモードでは 1 命令の実行でレジスタやメモリがどのように変化するかを見ることが出来る。一方、CPU の動作理解を目的としたモードでは、1 命令を実行するフェーズを詳細に見ることが出来る。

授業 6 回の内容は以下の通りである。

- 最初の授業で、CPU とアセンブラプログラミングの概要の講義を受け、シミュレータの使い方を学ぶ。
- 2 回目～5 回目は初等アセンブラプログラミング演習であり、簡単な講義と例題の学習の後、提示された課題について、その題意を満たすプログラムを作成する。各課題について合格するまでプログラムの再提出を繰り返す。
- 6 回目は修了試験と CPU 理解のための実習である。CPU 理解では 1 つの命令の実行を詳細にトレースするシミュレータの画面を見ながら講義を受け、その後、自分で実際にトレースを行い、それに関するレポートを提出する。

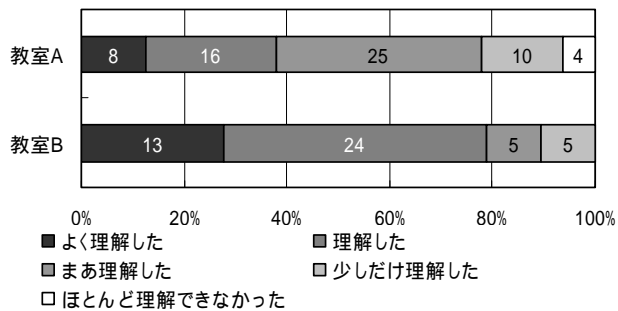


図 5 理解度についての質問の回答結果

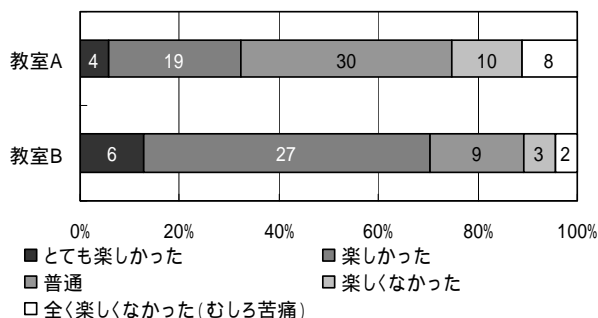


図 6 授業の楽しさについての質問の回答結果

### 3.2. 授業を支援するシステムの構成

本授業の演習環境を図 4 に示す。教材は WebCT で提供する教材以外にも、テキスト（印刷物）を配布している。また、WebCT 上のコンテンツにはビデオ教材へのリンクが存在し、ビデオ教材自体はストリーミング配信サーバから配信する。ビデオ教材は、EZ プレゼンテータを用いて作成した。EZ プレゼンテータはプレゼンテーションスライドを作成し、カメラに向かって講義をすることで、講義とスライドの同期をとった教材コンテンツを自動的に生成するツールである。学生はこれらの教材をウェブブラウザで閲覧できる。

学生用パソコンにはプログラム提出機能が付いたシミュレータがインストールされており、これを用いてプログラミングやプログラム提出を行う。このシミュレータを自宅のパソコンにインストールすることで、自宅からのプログラム提出も可能になる。提出時にプログラムの動作を自動的に評価し、動作が正しくない場合は直に再提出を指示する。動作評価をパスした提出プログラムについては、教員が評価支援システムを利用して迅速に評価を行う。本シミュレータには、動作の正しくないプログラムに対するアドバイスの機能も付加されている。評価支援システムやアドバイス機能についての詳細は文献[3-5]を参照されたい。

### 3.3. 実践結果

2002年度の授業では、1つのコンピュータ教室に履修者全員が入らないために、2つの教室に分けて行うことになった。そこで、一方の教室では学習のペースを学生に任せるような形態で行うこととした。もう一方の教室では従来行ってきた授業形態をとった。

授業の最初は、普通教室で全体講義を行い、そのときに以下のようなことを説明し、学生の希望する教室を選択してもらった。2つの教室を仮に教室A、教室Bと呼ぶことにする。

- ・ 教室Aでは、昨年度まで行ってきた授業と同じ形態で授業をする。つまり、教員が全体に講義や説明をし、その後、例題実行、課題演習を行う。
- ・ 教室Bでは、自分のペースで学んでもらう。教員は全体に対して講義や説明をほとんどしない。

その結果、前半後半の2つのクラスについて、教室の人数配分は表1のようになった。なお、WebCTに載せるコンテンツは基本的には同じであるが、教室Bでは全体講義をしない分、教員が説明の必要性を感じた事項を授業中にまとめて追加して提示することもあった。教室Bにおけるデジタルビデオ教材の閲覧はヘッドセットを使用し、静かな環境を維持することに留意した。

最後の授業では修了試験を行ったが、その結果（平均点）を表2に示す。前半クラスでは、教室Bの平均点の方が著しく高かった。ただし、統計的に有意ではない。後半クラスでも、差が小さいものの、教室Bの平均点の方が高かった。

最後の授業でアンケートを行った。全ての学生の回答を回収することができなかったが、そのアンケート結果の一部を図5と図6に示す。図5は授業の理解度についての質問の結果である。教室Bでは約80%の学生が「理解した」と感じており、その割合は教室Aに比較して著しく高いことがわかる。また、図6は授業の楽しさについての質問の結果である。教室Bでは約70%の学生が「楽しかった」と感じており、その割合は教室Aに比較して著しく高い。

以上の修了試験結果及びアンケート結果から、教室Bの方が、教育効果が大きかったと考えられる。ただし、以下のような点を考慮する必要がある。

- ・ 2つの教室へのグループ分けが無作為ではなく、授業の形態を説明した上で学生の希望で分けため、元々教室Bの学生は学習に対する自覚が高かった可能性がある。
- ・ 表1に示すとおり、結果として教室Bの方が少人数であり、少人数教育の効果が出た可能性がある。以上のような要因もあると考えられるが、学生の自主性を重視したセルフラーニング型授業が効果的であ

ることも示唆された。

以下は、教室Bの学生が記述した感想（自由記述）の例である。

- ・ 「自分のペースでやれるのが一番の魅力でした。人のペースに影響されずに自分の感覚でやれるのがよかったですと思います。」
- ・ 「この授業が始まる時自分のペースで授業を進めていくことが出来ると言っていたが、本当にその通りで、自分のやりたいように勉強することが出来て、とても真剣に取り組むことが出来たし、力になったと思う。このような授業方法だったら、他の授業でもやってみたい。」

同じように、「自分のペースで学習できることがよかった」という指摘は、教室Bでアンケートに回答した47人中13人の学生が述べており、我々が目指していた授業が概ね実践できたと考えられる。

## 4. WebCTによるセルフラーニング型授業

本章では、WebCTを用いてセルフラーニング型の授業を構成する上で考慮した点として、「学習内容と学習手順の提示」、「セルフテストの活用」、「複数の学習手段の提供」の3点について述べる。

### 4.1. 学習内容と学習手順の提示

WebCTの教材コンテンツでは、学習対象について説明する教材コンテンツ（学習内容）と学習手順の両方を提示した。オブジェクト指向プログラミング授業は、物語を含む教材であるので、学習内容である教材の途中に、アノテーションの形で学習に関する指示を提示する形式をとった。一方、初等アセンブラプログラミング授業では、学習内容と区別して学習手順を提示した。

我々は、セルフラーニング型の授業では学習手順を示すことが特に重要であると考えている。教師から与えられたことを単に覚えることが学習であると考えている学生もあり、自己学習力を持たない学生が多い。そういった学生は、自分で自分の学習スケジュールを管理することができない。このような学生にデフォルトの学習手順を示すことが目的である。

以下に初等アセンブラプログラミング演習授業で提示した学習手順の例を示す。

(学習手順の例)

STEP01 算術演算を理解する。

- ・ CPU2 中の「2. 算術演算」のコンテンツを見て、セルフテストをやるう。
  - セルフテストに正しく解答できるまで何度もやるう。
- ・ ADDAを理解する。
  - テキストp27のプログラムを実行しよう。
  - (AA)と(BB)の値をいろいろと変えて実行してみよう。

- プログラムの意味がわかるまで、何度も実行しよう。
- ・ SUBAを理解する。
- :
- STEP02 論理演算 ANDを理解する。
- ・ :

自己学習力を持つ学生は、このようなデフォルトの学習手順に必ずしも従う必要はないが、自己学習力の不足する学生にとっては、提示された学習手順が大いに役立つと考えられる。また、「上級学習者」としての教員から提示された学習手順は、学生が自己学習力を育成するのに役立つと思われる。

WebCT をセルフラーニング型授業の支援ツールとして利用しようとしたとき、このような学習手順をチェックリストの形で、別ウィンドウに表示し、学生が行った学習活動にチェックを入れることで学習活動の管理ができるような機能があるとよいかもしれない。

#### 4.2. セルフテストの活用

セルフラーニング型の授業のための教材コンテンツにおいて、WebCT のセルフテストが有用である。セルフテストは、質問の解答を選択すると、その解答に対して正解 / 不正解の情報と解説がフィードバックされるという単純な機能であるが、理解したかどうかを学生自身で確認するためには十分である。また、セルフテストはインタラクティブ性があり、単に教材を閲覧するだけでは単調になりがちな学習活動に変化を与えることができる。図3を見ると、学習に役立ったものとして、セルフテストをあげる学生が多い。

#### 4.3. 複数の学習手段の提供

ある概念や事柄を学習するための手段を複数提供することも効果的と考えられる。例えば、初等アセンブラプログラミング授業では、教材として、WebCT 上に HTML 形式で記述したページ、EZ プレゼンターによるデジタルビデオ、スライド形式の教材を提供し、印刷したテキストも配布した。また、その他、シミュレーターを使った例題実行、教員によるミニ講義、教員や友人とのディスカッションなども重要な学習手段である。

このように複数の学習手段があることで、学生は自分に合った学習手段で学ぶことができる。例えば、ある学生はテキストを読み、HTML 形式で記述したページを見るだけで理解できたかもしれないが、別の学生はデジタルビデオ教材を見ることで理解できたかもしれない。更に、複数の学習手段による学習活動を通して理解を深めることができると考えられる。

#### 5. おわりに

WebCT を用いたセルフラーニング型授業(学生が自分のペースで学び、自己学習力を育成できることを目

指した授業形態)の実践例について報告した。授業アンケート結果や学生の感想から、WebCT を用いることで、我々の意図するようなセルフラーニング型の授業がほぼ実践できたと思われる。

今回の実践でセルフラーニング型の授業がうまくいったのは、「必修の演習授業であったこと」も大きな要因であると考えられる。つまり、(1)学科として重視している授業の1つであり「きちんとやらないと卒業できない」ということが、教員にも、学生にも、定着していること、(2)授業時間が講義に比較して長いため、仮に予習をして来なかった学生でも、十分な時間をかけて学習活動ができたことなどの要因である。通常の授業におけるセルフラーニング型の授業実践について、検討を行う必要がある。

初等アセンブラプログラミング授業のアンケートで次のような感想を書いた学生がいた。

「講義以上に成果が出たと思います。周りの騒音、黒板の文字などに左右されないのでも効率がよかったですと思います。今後こんな形式の授業が主流になる気がします。」

今後、セルフラーニング型授業のあり方について検討を続け、このような形態の授業を増やしていきたい。

**謝辞** 本論文をまとめるにあたって、帝京大学工学部助教渡丸岡邦明先生との学内メーリングリストでの議論が役立ちました。「物語」導入型教材コンテンツで利用した挿絵は、帝京大学卒業生 松下晋也君に描いて頂きました。帝京大学大学院生 吉田宏志君、岡田和則君には、教室 B において学生の声を収集する作業に協力して頂きました。ここに、感謝いたします。

#### 文 献

- [1] 梶田将司: WebCT による新しい学校教育スタイルの模索, 情報教育シンポジウム論文集, Vol.2001, No.9, pp.129-136(2001).
- [2] 渡辺博芳, 佐々木茂, 高井久美子, 武井恵雄: 「物語」導入型教材コンテンツを用いたオブジェクト指向プログラミング教育の実践例, 情報教育シンポジウム論文集, Vol.2002, pp.133-138 (2002).
- [3] 渡辺博芳, 荒井正之, 武井恵雄: 事例に基づく初等アセンブラプログラミング評価支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.1, pp.99-109 (2001).
- [4] Watanabe,H., Arai,M. and Takei,S. : Case-Based Evaluation of Novice Programs, Proc. 10th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AI-ED 2001),San-Antonio, pp.55-64 (2001).
- [5] 渡辺博芳, 高井久美子, 荒井正之, 武井恵雄: 初等アセンブラプログラミングにおけるニアミスプログラムに対するアドバイス文生成法, 情報技術レターズ, Vol.1, pp.241-242 (2002).