

初等アセンブラプログラミング授業における評価方法を考慮した教材コンテンツの作成

荒井 正之[†] 渡辺 博芳[†] 高井 久美子[†] 武井 恵雄[†]

[†] 帝京大学理工学部 〒320-8551 宇都宮市豊郷台 1-1

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

あらまし COMET /CASL を題材とした CPU 理解と初等アセンブラプログラミングの修得を目的とした授業で、WebCT を用いたセルフラーニング型の授業を行っている。本コースでは、前年度までコース目標の設定、教材作成、評価方法の決定の順番で教材コンテンツの作成を行ってきた。本年度は、教材作成の前に評価方法を決定し、評価方法を考慮して教材コンテンツの作成を行った。その結果、昨年度に比し、学習目標に到達する学生が約 10% 増えた。

キーワード 評価方法、教材コンテンツ、WebCT、セルフラーニング、プログラミング

Teaching Material Contents Based on Evaluation for a Novice Assembler Programming Course

Masayuki ARAI[†] Hiroyoshi WATANABE[†] Kumiko TAKAI[†] and Shigeo TAKEI[†]

[†] School of Science and Engineering, Teikyo University 1-1 Toyosatodai, Utsunomiya, 320-8551 Japan

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

Abstract It is very important to make a method and a criterion for evaluation of student achievement clear before making the teaching material contents. This paper describes a practice example of this evaluation first idea. We added teaching material contents based on the predefined method and criterion of evaluation. As a result, the rate of students who passed the final examination for this course was 10% higher than last year.

Keyword Evaluation, Teaching Material Contents, WebCT, Self-learning, Programming

1. 実践の背景と目的

COMET /CASL を題材とした CPU 理解と初等アセンブラプログラミングの修得を目的とした授業において、WebCT を用いたセルフラーニング型の授業を行っている[1,2]。我々が目指すセルフラーニング型授業は、学生が自分のペースで学び、かつその授業を履修することで学生が自己学習力を育成できるような授業である。このような取り組みによって、学生の主体的な学習を引き出し、従来に比較して学習効果も上がって来ている。しかし、それでも合格に至らない学生も少なくない。本コースに合格するには、演習ごとに課されたすべてのプログラムやレポートを提出して、それら 1 つ 1 つに合格し、かつ、最後の修了試験に合格しなければならない。昨年 の 不 合 格 者 の 状 況 を 調 べ て み る と、プログラムなどの提出課題による不合格者は少数であるが、修了試験の不合格者が比較的多いという状況であった。

そこで、本実践活動では、学習目標に到達する学生

を増やすことを目的とする。特に不合格者が多数となる修了試験の合格者を増やすことを第一の目的とする。授業や教材の設計において、学習内容を絞り込み、教材を作成する前に、評価方法を定めるべきであると言われている[3,4]。これらを参考に、教材コンテンツの作成の前に評価方法を決定し、評価方法を考慮して教材コンテンツの作成を行うこととする。

2. 授業概要

本コースは情報科学科 2 年生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修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。

本コースでは設置当初から、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修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できる。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できる。

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。

2.1. 授業形態

本コースでは、自己学習力の育成を目的に、昨年度からセルフラーニング型の授業形態をとっている[1,2]。典型的な授業の進め方は、以下の通りである。

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る。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、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。

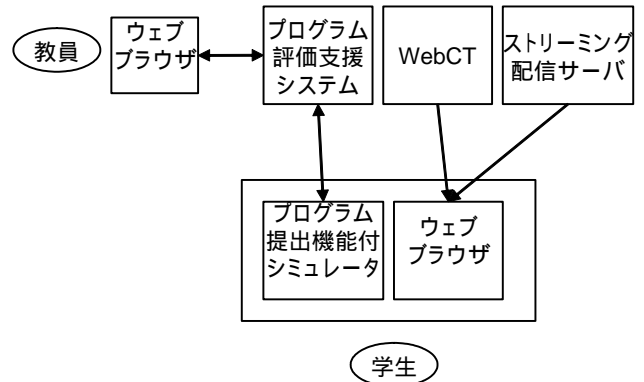


図 1 初等アセンブラプログラミング演習授業の環境

本コースに合格するための条件は、演習ごとに課されるすべてのプログラムやレポートを提出して合格すること。さらに、最後の授業で行う修了試験に合格することである。

2.2. 授業を支援するシステムの構成

本授業の演習環境を図 1 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[5-7]を参照されたい。

3. 実践内容と結果の考察

3.1 実践内容

我々は、前年度まで、表 1 に示すように、コース目

標の設定，コースの実施計画の作成，各モジュールの設計と作成，そして最後に評価方法の決定という順番で教材コンテンツを作ってきた。本年度は，文献[3]の教材作成のステップを参考にして，表2に示すような手順に変更した。すなわち，教材作成の前に評価方法を決定して，評価方法に基づいて教材コンテンツの見直しを行うことにした。ただし，コースの評価方法の決定では，過去の修了試験問題と同様な傾向の問題を出題し，昨年度と同じ合格基準を採用することを決定し，実際には修了試験問題を作っていない。しかし，これによってティーチングチームの間で学習者の到達点のイメージを具体的に持つことができた。

表1 前年度までの教材コンテンツの作成の流れ

ステップ1	コースの目標を決定
ステップ2	コースの実施計画の決定
ステップ3	各授業(モジュール)の目標の決定
ステップ4	各授業のコンテンツの設計と作成
ステップ5	各授業の最終課題の決定
ステップ6	コースの評価方法の決定

表2 教材作成のステップ(文献[3]より引用)

ステップ1	カリキュラムの位置づけと授業に関する情報を把握する
ステップ2	コースの目標を決定する
ステップ3	コースの評価方法を決定する
ステップ4	コースの実施計画を作る
ステップ5	各モジュールの目標を明確化する
ステップ6	各モジュールの最終課題を決定する
ステップ7	各モジュールのコンテンツを設計し投入する
ステップ8	作成した教材を評価する

教材コンテンツの見直しの方針を以下の通りとした。

- ・ 修了試験に出題予定の問題を考慮して，教材コンテンツを作成する。
- ・ すべての授業において，修了試験を考慮した教材コンテンツを用意する。
- ・ 修了試験に出題する問題に類似した問題を繰り返し学習することが可能な教材コンテンツとする。
- ・ 小テストなどを実施する場合は，得点目標を明確にする。

文献[4]で「各モジュールのコンテンツを設計し投入する」ステップにおいて，代表的なモジュールの流れとして，「導入部分」，「学習内容の提示」，「学習者の参加」，「モジュールの最終課題」，「発展的な学習」といった流れが紹介されている。これまで作成した教材を見直してみると，ビデオ教材やテキスト教材において学ぶべき概念の解説は，修了試験で試される知識を

ほぼカバーしている。したがって，「学習内容の提示」においては大きな問題はないと考えた。一方，「学習者の参加」においては，各授業(モジュール)の最終課題がプログラムとレポートの提出であるため，プログラムの例題実習を主な内容としていた。そのため，モジュールの最終課題をクリアできない学生は少ないが，修了試験をクリアできる学生が多くなっていったと考えられる。

以上の分析から，各授業における「学習者の参加」のフェーズで，修了試験をクリアできるように十分な練習の機会を与える必要があることがわかった。そのためには，小テストやセルフテストの活用が有効であると考えられる。

そこで，本年度の授業では，小テストとセルフテストの見直しを重点的に行った。小テストおよびセルフテストの作成および実施方針を次の通りとした。

- ・ 授業ごとに小テストを用意する。小テストは，授業の最後に受験する。その授業中に小テストを受験する時間がとれなかった場合は，宿題として授業後6日以内に受験する。
- ・ 授業の6日後に小テストを一度締め切り，試験2週間前に再度公開して，試験直前に再度締め切る。
- ・ 小テストは何度でも受験できる。全員が80点以上得点できることを目標とする。
- ・ 学生の集中力などを考慮して，小テストの出題数は10問くらい，制限時間は20分から長くても45分くらいとする。
- ・ 小テストは同じような問題にならないように，4問程度の問題のバリエーションを用意する。
- ・ その授業で修得しなければならない項目に対して，基本的に1つのセルフテストを作成する。
- ・ セルフテストは，なるべく簡単で学生が自信を持てるような問題とする。

小テストおよびセルフテストは，修了試験を行う6回目の授業を除く，1回目から5回目の授業に用意した。実際の修了試験では正解のバリエーションが多くなるような設問をしているのに対して，小テストでは自動採点のために正解のバリエーションが少なくなるような設問をしなければならなかった。それでも設問のスタイルをできるだけ修了試験に近づけるようにした。

表3 小テストの問題数と受験制限時間

	1回目の授業	2回目	3回目	4回目	5回目
問題数	11	15	10	10	10
制限時間	20分	25分	20分	20分	45分

表 4 セルフテストの出題回数と問題数

	1 回目 の授業	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
出題 回数	3	6	3	7	2
問題数	12	26	13	20	9

表 5 修了試験の合否結果

	合格者	不合格者	合格率
A 組	75	8	90.4%
B 組	70	7	90.9%
計	145	15	90.6%

表 3 に小テストの問題数と受験の制限時間を示す。5 回目の授業は、修了試験の前ということもあり、学生にじっくり取り組んでもらうために、制限時間をいつもより長い 45 分とした。表 4 には、その授業で課したセルフテストの出題回数と全問題数を示す。

3.2 結果

本コースは情報科学科 2 年生後期に設定されており、後期の前半で受講するクラス(仮に A 組と呼ぶ)と後半に受講するクラス(仮に B 組と呼ぶ)の 2 つに分かれている。2003 年度の受講者は、A 組が 87 名、B 組が 82 名であった。このうち、途中で出席しなくなった学生などが数名おり、最後まで受講した学生は、A 組が 83 名、B 組が 77 名であった。レポートやプログラムの未提出などによって、不合格になる学生は、どちらの組も 1 人もいなかった。最後の授業で行った修了試験の合否結果を表 5 に示す。

昨年度も、ほぼ同等の難易度の修了試験を行っているが、合格率は約 80%であった。本年度は、昨年度に比し、合格者を約 10%向上することができた。

小テストの平均得点、平均受験回数、そして小テストを最初に受験した時の平均受験時間を表 6 に示す。すべての小テストにおいて平均点が 80 点以上となっている。なお、表 6 に示した小テストを最初に受験した時の受験時間に比べ、2 回目、3 回目と、受験回数を重ねるたびに受験時間は短くなる傾向であった。

表 6 小テストの平均得点・平均受験回数・初受験時の平均受験時間

	第 1 回	2	3	4	5	平均
得点	85.3	80.9	88.7	89.5	85.7	85.0
受験回数	9.2	6.9	5.4	3.1	3.2	5.5
受験時間	17 分	17 分	10 分	17 分	17 分	16 分

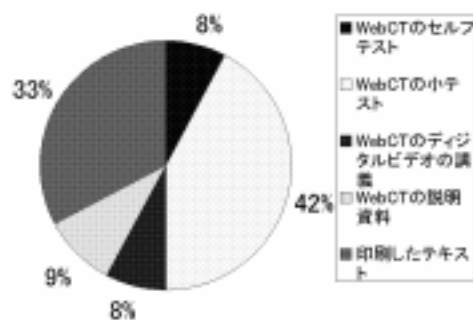


図 2 修了試験に役立った教材コンテンツ

本コースの最後に「修了試験に役立った教材コンテンツは何か」について、B 組の学生に対してアンケート調査を行った。その結果を図 2 に示す。最も役に立った教材コンテンツは、小テストという答えが全体の 42%をしめた。

3.3 考察

表 6 に示したように、すべての小テストにおいて、平均得点が 80 点以上であり、学生が 80 点を目標にして努力した様子がうかがえる。受験回数は、1 回目の授業と 2 回目の授業の小テストの回数が多いが、授業の進行に従って減少している。1 回目の授業の小テストでは、プログラムの提出課題がなかったこと、学生に対して、表面的に勉強をしているだけでは合格できないというメッセージを含めたかったこと、これらの理由により、難易度を高めに設定した。最初に受験した時の平均受験時間は 3 回目の授業における小テストを除き、ほぼ 17 分となっている。5 回目の授業の小テストの制限時間は長すぎたが、他の小テストの制限時間は適当であったと言える。

修了試験の不合格者の平均得点と平均受験回数を表 7 に示す。

表 7 修了試験不合格者の小テストの平均得点と平均受験回数

	第 1 回	2	3	4	5	平均
平均得点	64.7	54.2	70.0	62.7	46.7	59.6
平均受験回数	6.5	5.8	5.6	2.8	1.8	4.5

表 7 に示す不合格者の平均得点と平均受験回数は、表 6 に示す全体の平均得点と平均受験回数に比べて、得点で約 25 点、受験回数が 1 回も低いことがわかる。特に後半の 4 回目や 5 回目の小テストで、得点が低くなってきており、授業の進行に伴い、理解度が低くなっ

てゆく傾向がある。修了試験不合格者の中には、小テストの平均点が80点以上の学生が5人、受験回数が10回以上でも50点しか得点できない学生が1名、受験回数が2回程度でほぼすべての小テストに満点をとる学生など、多様な学生が存在する。このようなデータを細かく分析して、コースの途中でそれらの学生にどのように対応して行くかが重要な検討課題である。

図2のアンケート結果から、学生は小テストが最も修了試験に役立つと考えていることがわかった。小テストは、もともと修了試験の問題を意識して、類似問題を中心に出题しているため、ほぼ予想した結果であった。次に役立つ教材は「印刷したテキスト」という結果となった。電子的な教材だけではなく、従来の印刷ベースの教材も重要であることがわかった。その理由として、印刷ベースのテキストに慣れている学生が多数いること、印刷物の方が集中しやすいコンテンツなどが存在すること、自宅からインターネットに接続する環境がないため、自宅では印刷したテキストで学習する学生がいること、などが考えられる。学習内容によって、印刷物、ビデオ教材、スライド教材など、どのようなメディアが有効であるかの検討が重要と考える。

4. 実践成果と課題

今回の実践活動全体を通して得られた知見は次の通りである。

- ・ 評価方法を考慮して、教材コンテンツを作成することにより、学習目標に到達する学生が増えることを確認した。今回の実践活動では、特に修了試験の内容を教材コンテンツに反映することによって、去年に比べて修了試験の合格者が10%増えた。
- ・ 修了試験の得点を向上させるためには、WebCTの小テストの機能を活用することが有効であることがわかった。
- ・ WebCTの小テストは、学生の理解度の確認を行うための有効な手段であることが確認できた。

今回の実践活動を通し、小テストに関して、次のような知見が得られた。

- ・ 目標とする得点を設けて、それに向けて何度もリトライすることが有効であること。
- ・ 修了試験の直前に再度公開することにより、学習内容の再確認ができるため有効であること。
- ・ 小テストは授業(モジュール)ごとに出題することが有効であること。
- ・ 学生の集中力などを考慮して、問題数、難易度、制限時間を適切に設定しなければならないこと。

今回の実践では、問題数は約10問、制限時間は20分くらいに設定した。

今後の課題として次があげられる。

- ・ 今回の実践では、初等アセンブラプログラミング演習授業において、評価方法を考慮して、主にWebCTの小テストとセルフテストの見直しを行った。小テストやセルフテスト以外の教材でも、同様な効果が得られると考えられるので、それらの教材についても評価方法を考慮した補足的な教材を追加したい。また、プログラミング以外の分野の授業でも有効と考えられるので、他分野の授業での有効性について検証を行いたい。
- ・ 教材を学生へ提供するためのメディアとして、印刷物、ビデオ教材、スライド教材、その他の電子的な媒体など、種々のものが考えられる。どのような教材もしくは学習内容に対して、どのようなメディアで教材を提供することが有効であるかの検討が必要である。
- ・ 小テストの受験記録などを参考にして、コース途中で学習目標に到達できそうにない学生を選別することが可能と考えられる。そのような学生のデータ等を分析して、どのように対応するかを検討を行いたい。

文 献

- [1] 渡辺博芳, 高井久美子, 佐々木茂, 荒井正之, 武井恵雄: WebCTを活用したセルフラーニング型授業の試み, 第1回日本WebCTユーザカンファレンス,(2003.3).
- [2] 渡辺博芳, 高井久美子, 佐々木茂, 荒井正之, 武井恵雄: 武井恵雄:セルフラーニング型授業の試み - LMS・ビデオ教材・評価支援システムによるプログラミング教育 -, 論文誌情報教育方法研究, Vol.6, No.1, pp.11 - 15 (2003.11).
- [3] 中島英博, 中井俊樹, 城下英行: eラーニングにおける教材作成支援の試み, 第1回日本WebCTユーザカンファレンス,(2003.3).
- [4] 中井俊樹, 山里敬也, 中島英博, 岡田啓, “eラーニングハンドブック ステップでつくるスマートな教材,” マナハウス, 2003.
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] Watanabe,H., Takai,K., Arai,M. and Takei,S. : Case-Based Adviser for Near-Miss Programs, Proc. of The 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AI-ED 2003) Sydney, pp.149-156 (2003).