## アセンブラプログラミング演習における セルフラーニング型の補習と**人的支援**による学習活動の促進

# A Self-Learning Course for Programming in an Assembly Language with Teaching Assistants

高井久美子\*\*\* 荒井正之\* 古川文人\*\* 及川芳恵\*\* 渡辺博芳\*\*\* 武井惠雄\*\*\*

\*帝京大学理工学部

\*\*帝京大学ラーニングテクノロジー開発室

Abstract: In this paper, we report on our supplementary course on assembler programming which is held for the students who failed the exam. The regular course, based on a mastery learning theory, is provided via CMS which make students learn individually and at their own pace. However, there were a certain number of students who could not pass even the re-exams in the past. In 2004, we improved the supplementary course along the PSI(Personalized System of Instruction) method in the following way: (a) We have organized a group of the students and teaching staffs including teaching assistants. (b) We reconstructed e-learning contents on CMS by dividing the original contents into smaller modules. PSI method recommends that the mastery learning will work with the small size of learning modules, and the small modules will be suitable for immediate feedback from teaching staff. We have made the course so that (c) each student can learn at their own pace using CMS anytime, anywhere, and they also can get help from teaching assistants. And (d) students take an online test after learning every module and take an offline test after every three modules. After introducing this method, the re-exam pass rate has been improved drastically. Especially, all students in the course passed re-exam in 2005 and 2006.

Keywords: self-learning, CMS, personalized system of instruction (PSI), programming education

#### 1. はじめに

本学部情報科学科では、プログラミングをはじめとするトレーニング科目については、自作のシミュレーション教材とコース管理システム(CMS)の活用の組み合わせによって学力の定着を図ってきた。また「学生が自ら、そして自分のペースで学ぶことができる授業」、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セルフラーニング型授業」を目指した実践を重ねている。セルフラーニング型授業と個々の学生が完璧に習得するまで繰り返せる学習環境によって、学生の理解が進み、教育効果が高まったことは既に報告した『」

Kumiko Takai\*, Masayuki Arai, Fumihito Furukawa, Yoshie Oikawa, Hiroyoshi Watanabe and Shigeo Takei Teikyo University しかし一方には学習のペースを確立できない学生もおり、必修科目においても、どうしても不合格者が出る.これは後々の学習に響くので解決が待たれたが、3年前から、PSI (Personalized System of Instruction) 方式でき参考にして、スモールステップ教材を用い、学習内容を一つ一つ習得することをインタラクティブに支援する方法を採用して以来、良好な結果を得ることができたので報告する.

## 2. 対象科目と補習の必要性

本実践の対象となる元々の科目は、情報科学科2年次後期の必修の演習授業で、3時限連続の演習授業6回(1.5単位)として設定されている.授業目標はCPU(Central Processing Unit)の構成と動作を機械命令のレベルで理解することにある.授業ではアセンブラによるプログラミングを学んだ後、最終目標を、

<sup>\*</sup>E-mail:kumiko@ics.teikyo-u.ac.jp

CPUの動作を理解して人に説明できることに置いている.これは、ノイマン型コンピュータの基本、つまりCPUと主記憶との関係の徹底理解が目的であり、携帯電話をはじめ、これからも出現する多様な情報機器を見る目の教育に主眼を置いている.

このため、学生一人ひとりが、自らの力で機械命令の機能や実行過程の詳細トレースを行う過程を重視している。教材は、演習テキストのほか、CMS上に用意された毎時の学習ガイド、スライドや講義ビデオ、理解度チェック用のセルフテストと小テスト等々があり、授業中はもとより、自宅からのセルフラーニングを可能にしている。

しかし、授業後、修了試験を行うと、大多数の学生が好成績で合格する一方、15%ほどの不合格者が出てしまう、そのまま3年次に進むと必修の実験・演習と重なって履修できず、留年や退学の要因ともなるので、2年次での合格が好ましく、再試験に先立って補習授業を行ってきたが、なかなか全員合格には到達しなかった。

## 3. 補習方法の特徴

補習の方法は、1960 年代にF.S. Kellerによって提唱されたPSIを参考にしたものである。 PSIは一般的に以下の特徴を持つ。

- ① 教員・助手・補助指導員などからなるチームを組む
- ② 小単元・完全習得方式と即時フィードバックを指向する
- ③ 学生の自己ペースで学習を進める
- ④ 講義への出席または欠席は受講者の自由である

PSIでは基本的に、教材を小単元に分割し、系列的に配置する。受講者は現在の単元をマスターしないと、次の単元の教材を受取れない。各単元の学習後には通過試験が課せられ、その直後に補助指導員によって、正誤のフィ

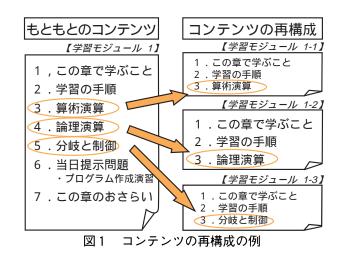
ードバックと概念の訂正や定着が行われる.

本実践では、前述の補習授業にこのPSIの考えを導入し、セルフラーニング型授業として設計し直した。一般的なPSIと、この授業を以下で比較する。

前出の①については同様である.②についてもほぼ同様だが、1単元ごとにCMSの小テストによる通過試験を配し、理解度を受講者がセルフチェックすることとした.満点に近い点を取ることによって自動的に次の単元のコンテンツが公開される.小テストのフィードバック機能には限界があり、対面での指導も必要なため、この他に、3単元ごとに、補習授業中の学習活動を自由とした点は同様だが、全体的に学習のペースをコンスタントに保たせるための配慮から、③については原則として出席を取った点が、④については原則として出席を取った点がそれぞれ異なっている.

#### 4. 授業実践の方法と運用の実際

補習授業の実施にあたっては、まず、スモールステップ教材を開発した。もともとの授業では一つの学習モジュールで複数の学習内容を扱っていたのを、1学習モジュールの中で1内容を扱うように分割した。コンテンツの再構成の例を図1に示す。

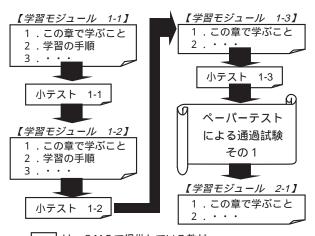


もともとのコンテンツでは、【学習モジュール1】に、算術演算、論理演算、分岐と制御といった複数の学習内容を配置していた。これを再構成し、【学習モジュール1-1】で算術演算を学び、【学習モジュール1-2】では論理演算を学ぶように分割した。

このようにして、学習内容をスモールステップ化して、全体で9個の学習モジュールに再構成した。この学習モジュールが、PSI方式で言うところの単元に相当する.

次に、これらのモジュールをCMS上で自己学習できる教材として再配置した。補習期間には、ティーチングアシスタント(TA)2名をコンピュータ教室に配して、教員の監督の下で適切なアドバイスを与えるようにした。

補習における学習の進め方の例を図2に示す. 補習を受ける受講者は、CMSの教材コンテンツを見ながら学習し、一つの学習モジュールを終えたら、理解度のセルフチェックのためのCMSの小テストを受験する.



」」は、CMSで提供している教材 図2 補習での学習の進め方の例

小テスト画面例を図3に示す. テストを提出すると, その場ですぐに解答の正誤と自分の解答に対する解説を見ることができる. 結果が不十分な場合には何度でも受けることができ, 自動的に出題される類似問題を解くこ

とになる.満点に近い点を取ることによって 自動的に次のモジュールが公開されるので, 受講者が十分に理解したと自ら判断したら, 次のモジュールへ進む.

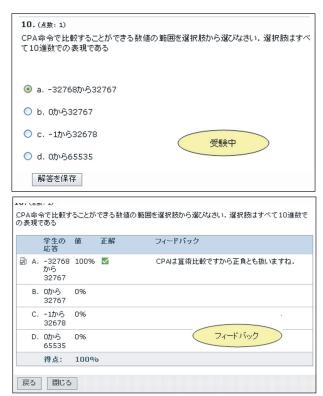


図3 CMSの小テストの画面例

3モジュールを修了した受講者は、TAに申し出てペーパーテストの通過試験を受ける. TAは、試験用紙を与え、試験監督をして、採点する. 採点においては満点を合格とするが、90%以上できている場合には誤った部分についてその場でヒントを与えながら質問し、正しく解答できれば合格とする. 90%未満の場合は不合格とする. 不合格の場合でも、60%以上できている場合には、できなかった箇所についてアドバイスを与える. 60%に達していない場合は、単に「もう一度勉強して挑戦するように」とだけ伝え、具体的なアドバイスは与えない.

もともとの修了試験が不合格の学生が対象 であるため、日々の到達点を示して、全体的 に学習のペースをコンスタントに保ち、9 モ

ジュールの修了に至らせるように配慮した. TAは質問に答えたり、学習の進み具合を見 て通過試験の受験を促すなど、適切な支援を する.

## 5. 授業実践の結果(従前方式との 対比)

補習と再試験実施の経過を表1に示す. 本 稿で述べた補習方法(本方式)は2004年度か ら採用している.補習の期間はいずれも3日 間である.

	110 - 130 130 130 1 1-1-1				
2002年度以前	修了試験の翌週に再試験を実施, 学期末に再々試験を実施				
2003年度	学期末に講義形式の補習授業を 実施,その後,再試験を実施				
2004年度以降	本稿で述べたスモールステップ 教材と人的支援を併用した補習 授業を実施,その後,再試験を 実施				

表1 補習・再試験実施の経緯

#### (1) 再試験結果

2002年度から2006年度までの修了試験の受 験者は115名から163名で、その合格率は、 74%から89%の間で推移している. 修了試験 の不合格者すなわち補習授業の対象者は15名 から41名であった. 修了試験・再試験の合格 率を表2に示す、2004年度以降は、合格率が 伸びており、 特に、2005年度、2006年度の 受験者は全員が合格している。どの年度も試 験問題の難易度は変えていない.

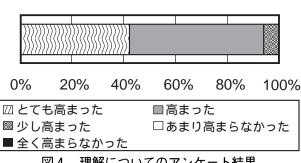
表 2 修了試験・再試験の合格率 (%)

年度	2002	2003	2004	2005	2006
修了試験	80.0	88.9	74.7	87.7	87.0
再試験	78.8	78.6	94.0	100	100

#### (2) アンケート結果

2004年度から2006年度まで補習終了後にア ンケートをとった. 本方式による補習におけ

る学習の進め方のポイントとして「学習のペ ースは自由である,単元ごとに通過試験があ る | の 2 点を示し、本方式による補習におけ る学習の進め方と他の科目における従来型の 講義や演習授業の進め方とを比較する質問を した. 本方式による学習の進め方は「力がつ くと思う |、「学習意欲がわく | と回答した学 生が多く,「どちらかといえば本方式による 学習の進め方 という回答を含めると約90% の学生が本方式による学習の進め方を首肯し ている. また、「補講を受講して、自分の理 解が高まったと思いますか」との質問への回 答結果(2004年度から2006年度までの合計) を図4に示す、94%の学生が「理解がとても 高まった」「高まった」と答えている.



理解についてのアンケート結果

学生が記述した感想(自由記述)の例を次 に示す.

- ◆各単元ごとに小テストがあったので、学習意 欲がわいた
- ・テストがあることにより、わからないままで おわるのではなく、理解して次に進むことが できるのでとてもよかった
- 先輩がわかりやすくおしえてくれた
- 今までわからなかった問題がわかるようにな ったのですごくよかった。 再試に向けて自信 がついた

これらから、各単元に配置した小テストが 学習意欲を向上させ、理解を高めるのに役立っ たことがわかる. 理解できたことで自信を持っ

た様子や、TAによるアドバイスが有効であった様子も窺える.

#### (3) 考察

理解が定着した理由として、スモールステップ型の教材開発と、補講を進める際の体制としての「CMSによるセルフラーニング+人的介助」が有効であった。本実践の対象となった学生は、修了試験に不合格となった学生であり、セルフラーニング型の授業では十分に学習の効果を上げることができなかったと考えられる。

そこで、スモールステップ型の教材を開発して学習を進めやすくするとともに、セルフラーニングによる学習がスムーズに進むように、学習内容の理解や学習の進め方についてインタラクティブに支援した。CMSによるセルフラーニングでは、学生が自分のペースで学習を進め、理解度をセルフチェックする。学生は、「学習し、理解度をチェックし、不十分な場合は再度学習する」という学習のサイクルを繰り返し、最終的に単元内容を習得する。補講の対象となった学生にとってプ型の教材と、TAによる適切な支援によって、学生はこのサイクルをスムーズに経験することができ、学習内容の理解も進んだと思われる。

また,理解度をセルフチェックさせることは,教員チームにとって,チェックのための 負荷が軽減されるという利点もある.

#### 6. おわりに

演習授業の修了試験で不合格となった学生に対して、スモールステップ化した教材を開発し、CMSによるセルフラーニングに加え

て学習者が理解度を自らチェックし、自分の 理解に合わせて学習を進め、学習内容を一つ 一つ習得することと人的介助を併用した補習 授業を行った.

この補習方法の導入後は試験の合格率が高まり、学生のアンケート結果からは学習意欲や理解度の面において肯定的な意見が得られた. スモールステップ化した教材や学生補助員からの適切なアドバイスにより理解が定着したものと考えられ、学習内容を一つ一つ習得することをインタラクティブに支援する補習授業が有効であったと言える.

今後,これらの知見に基づいて,学習の進み方によって閲覧できるコンテンツが異なるしくみや学習者の到達レベルに合わせた課題設定により,学習を進めやすくすることで,学習効果を高めることが考えられる.さらに,こうしたアプローチは他の科目にも適用できると考えられる.

## 参考文献

- [1]渡辺博芳, 高井久美子, 佐々木茂, 荒井正之, 武井 惠雄: セルフラーニング型授業の試みーLMS・ビ デオ教材・評価支援システムによるプログラミ ング教育ー. 論文誌情報教育研究, Vol. 6 No.1, pp.11 ~15, 2003.
- [2] F.S. Keller: GOOD-BYE TEACHER..... Journal of Applied Behavior Analysis, Vol. 1, No. 1, pp. 79-89, 1968.