

N-002

# 自学中心初級プログラマ養成コースの分析と改善

## Analysis and Improvement of a Self-Study Oriented Introductory Programming Course

岡本 雅子† Masako Okamoto  
 喜多 一†† Hajime Kita  
 吉川 直人††† Naoto Yoshikawa  
 寺村 央††† Hisashi Teramura

### 1. はじめに

日本では、Web 技術による多様なサービスの展開、デジタル通信やメディアの活用、組み込みシステムの遍在化など、Information and Communications Technology 社会に向け基盤整備が推進されている中、設備機器や行政制度等のハード面の整備が進められている一方、人材育成等のソフト面では、その絶対数が不足しているだけでなく技術力の底上げに関しても十分とは言えない状況である。「2007 年度組込みソフトウェア産業実態調査報告書」(経済産業省)によると、「現在、組込みソフトウェアに従事している技術者の合計は約 23 万 5,000 人、組込みソフトウェアの急速なニーズ拡大に伴い、不足する技術者数は約 9 万 9,000 人である」と推計している[1].

株式会社キヤミーではこれまでプログラミング経験を持たない初心者を対象に、短期集中型のプログラマ養成コースを実施してきており、2007 年度から京都大学との共同研究でその評価や教材の改善に取り組んでいる。本報告では、その一環として実施した、技術者育成コースにおける学習者の躓きなどの分析とその結果を反映した改善方策などを紹介する。

### 2. プログラミング教育の課題

プログラミングの教育は、大学、専門学校などでの多くの実践が行われており、教授法や支援環境についての研究も少なくない[2][3][4]。しかしながら、プログラミングが多様な知識・能力を要求する知的活動であるのに対し、プログラミングのコースは、ややもすればプログラミング言語やその文法の紹介に終始してしまうことが指摘されている[5],[6]。その結果として、学習者は長い時間をかけて受講するにもかかわらず、実際に自立してプログラミングが行えるようになるのかという点では疑問を持たざるを得ない。

また、学校教育では一般的な意味でのプログラミング教育が行われることが多く、なおかつ多数科目の1つとして並行して開講されている。内容面でもプログラミング言語の文法のほか、アルゴリズムなど計算機科学的な内容の紹介に重点が置かれている。さらに、学習者によっては卒業研究や大学院での研究などで、プログラミングを自身のための研究用ツールとして活用することが多く、他人が使うソフトウェアを開発する機会は少ない。

これに対し、企業内教育では業務としてのソフトウェア開発におけるプログラマの役割・所掌がより明確であり、その内容もより実践性を重視する。さらに、実施面でも新人の研修などでは集中的に時間をとった教育が展開し易い。プログラミングの教育を考えるにあたって、このような学

† 京都大学大学院情報学研究所  
 †† 京都大学学術メディアセンター  
 ††† 株式会社キヤミー

校教育と企業内教育の性格の相違にも配慮する必要がある。

### 3. キヤミーでの取り組み

株式会社キヤミーでは、採用候補者を対象に 1 ヶ月間のプログラミング研修を実施している。研修の対象者としては、特にプログラミングの経験は問わず、全くの未経験者を前提に、C 言語について初級レベルのプログラミング能力の育成を目的に研修を展開している。実際に研修対象者は Windows の操作ができる程度の文系出身者が多い。また、この研修の修了者にはさらに中級レベルのコースを展開している。

同社の研修の特長として、1)同社において、実際にソフトウェア技術者が業務に従事している場の中で「少人数で時間的に集中した研修」を実施していること、2)プログラムの動作や文法の意味の理解に先立って、実際に例題のコードを入力、コンパイル、実行する経験を多く積ませる「写経型学習」を導入していること、3)プログラミングに関する一定の概念的知識の学習後に、課題を与えて自ら解決させる「課題達成型の学習」を取り入れていることなどが挙げられる。これらを通じて、単に C 言語の文法の獲得ではなく、新しい機能・言語などを自主的に獲得できる能力や、問題解決能力などを身につけたプログラマを短期間で育成することを目指している。

同研修では教材として市販の C 言語の教科書を使用し、教科書の各章終了時に同社が作成した確認テストを実施し、学習者の理解度を確認している。C 言語の開発環境には、エル・エス・アイジャパン社のコンパイラ「LSI C-86」を用い、エディタでソースコードを作成し、コマンドプロンプト上でコンパイルと実行を行わせている。教科書の内容をすべて終了した時点で、学習者の知識の定着、活性化のために、小規模なプログラムを要求仕様によって作成する最終テストを実施している。

同社の研修は少人数を対象に行っているが、そこでは一斉講義などは行わず「自学自習方式」を採用している。研修者は教材に沿って自学自習するとともに、様々な躓き箇所や疑問点などについては、研修担当者が自らの経験を踏まえて個別に対応し、指導している。

### 4. 研修状況の分析

株式会社キヤミーと京都大学との共同研究は、同社が進めてきた研修方法をより体系化し、その内容を改善することである。特に、これまで研修担当者が徒弟制度的に行っている指導での暗黙知の形式知化を進め、研修の質的安定化やより多くの研修者の受入れを目指している。

これらの目標のために平成 19 年度は同社で実施されている研修について、プログラミング初学者の躓き箇所等を明らかにする調査を行った。調査方法はキヤミーでの研修終了者を対象として岡本がインタビュー調査を行う形で実施した。インタビュー方法は研修の過程に沿って、行った内

容など逐次確認しながら、その過程を振り返ってもらい、各段階で研修者が感じた困難さを抽出する方法をとった。インタビュー対象者は2名であり、振り返りには2時間程度のインタビュー5回を要した。実施期間の制約からインタビュー対象者は限られていたが、インタビューで得られた状況とこれまでの経験との整合性などに関しては、研修担当者等、同社の社員に合わせてインタビューを行い、確認した。

インタビュー結果から研修者の躓き箇所を、

- プログラミングに関するコミュニケーション上の問題
- プログラムを構成する基本概念の理解上の躓き
- プログラミングに伴う思考法の課題、および
- C言語特有の概念の理解上の躓き

に大別した。以下に具体的に述べる。なお、C言語特有の概念を理解できないことによる躓きについては、JavaやC#などの言語の利用が進むなど、C言語の業務上の位置づけが変化しつつあるので本報告では対象外とする：

#### ①プログラミングに関するコミュニケーション上の問題

分析対象とした研修では自学自習しながら、難しく感じる箇所について研修担当者の指導を仰ぐが、以下のようにプログラミング言語に関わる用語、記号などの音読ができないために研修者が担当者とのコミュニケーションを円滑に行えないという問題が生じていた：

- ・ **特殊記号の入力方法と読み方**：「{」や「;」など日常使用しない記号の入力方法と読み方が分からない。
- ・ **プログラムの読み方**：ソースコードを構成する予約語の音読ができず、そのため疑問点があっても質問ができない。C言語には英語を語源とする短縮形が多用されていることも一因となっていた。

#### ②プログラムを構成する基本概念の理解上の躓き

C言語固有の問題よりもむしろ、手続き型言語全般に共通する基本的な概念の把握に困難を感じていた。

- **変数**：変数は「文字(列)」であるという認識をし、数値などの値を「代入」して用いることが理解できない。
- **繰り返し処理**：ループなど、処理を繰り返すという概念を理解することができない。
- **複数の命令(条件)**：条件を組み合わせる使用することが理解できない。

#### ③プログラミングに伴う思考法の課題

コンパイルや実行時のエラー箇所を自分で見つけることができずデバッグができないことが示された。

上記の知見については、②、③は初学者を対象とするプログラミング教育に関して、しばしば指摘されているが、同社の研修担当者へのインタビューでも過去の研修者に広く観察されることを確認した。担当者へのインタビューでは、このほか、プログラミングの基本である逐次実行なども初学者には難しい場合がある。とりわけ初学者が困難さを感じるものとして、for文などの繰り返し動作が挙げられた。また条件などを組み合わせることについても、困難さが指摘されたが、for文の入れ子的な利用も初学者が典型的に困難さを抱えるものである。

一方、①については、担当者とのコミュニケーションという側面で初めて顕在化されるため、これまで必ずしも十分に意識されて来なかった点である。近代の教育においては音読への意識が低かったこともその背景にある。

## 5. 教材開発

上記の調査結果を基に、研修用に新たにC言語のテキスト教材の試作を進めている。教材の作成方針と構成を以下に示す：

- ① **学習方法の提示**：学習の目的、学習の進め方など、学ぶ内容だけでなく、どう学べばよいのかという学び方を明示した。
- ② **学習目標の提示**：各章の学習の目標と学習時間の目安を明示した。
- ③ **例題**：自習を前提にプログラムのソースコードのほか実行結果を必ず示すサンプルプログラムを用意した。プログラムの逐行的解説とプログラム構成要素の紹介も合わせて行う。プログラミング言語の文法の詳細は他の成書を参照させるものとし、実践的に利用するポイントに焦点をあてた。また、理解を助けるプログラムの動作の図解なども重視した。
- ④ **コラム**：市販のテキストではあまり説明されない、落とし穴や作法など、プログラミングという活動のプロセス面を意識して紹介した。
- ⑤ **課題**：学習した内容を網羅する課題を提示した。

なお、プログラムの音読については、コミュニケーションの円滑化を目的に、プログラミングで使用する記号には読み方、予約語や良く使われる表現には、読み方、語源および適切な日本語訳を表記した。

現在、同教材を用いての研修と学習状況の調査・分析を進めている。新教材の効果も示されているが、例題の不足や課題の難しさも指摘され、改善を進めている。

## 7. おわりに

本論文では、企業における初級プログラマ養成コースについて、実践状況の分析を通して初学者の抱える学習上の課題を洗い出し、いくつかの具体的な課題を指摘した。現在、その結果を反映した教材の開発を進めている。

## 参考文献

- [1] 組込みソフトウェア開発力強化推進委員会：2007年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書，経済産業省(2007)
- [2] 安達，中尾：プログラミング学習における学生のつまずき箇所の分析，教育情報研究，Vol.10, No.4, pp.11-20(1995)
- [3] 田口ほか：個々の学習者の理解状況と学習意欲に合わせたプログラミング教育支援，情報処理学会論文誌，Vol.48, No.2, pp.958-968(2007)
- [4] 王ほか：プログラミング教育における動機づけ教授方法の提案と評価，日本教育工学会論文誌，Vol.31, No.3, pp.349-357(2007)
- [5] A.Pears et al.: A survey of literature on the teaching of introductory programming, ACM SIGCSE Bulletin, Vol.39, Issue 4(2007)
- [6] M. Linn, M. Clancy: The Case for Case Studies of Programming Problems, Communications of ACM, Vol. 35, No. 3(1992)