

情報系学科新入生に対する導入教育と そのための演習教育環境†

浮 貝 雅 裕^{††} 菅 原 研 次^{††} 三 井 田 惇 郎^{††}

近年における計算機システムの高機能化・低価格化に伴い、計算機採用教育が以前にも増して注目されている。本論文では、情報系学科新入生に対する体系的な導入教育を目的として、計算機利用を前提とする演習カリキュラムを提案する。あわせて、一斉方式による演習授業を効果的に実施するための一指針として環境型演習教育なる授業形態を提案するとともに、本学科新入生に対する実施例と、その導入教育効果について述べている。環境型演習教育とは、優れた学習者インタフェースを提供する学習者主導型のコースウェアを利用した体系的な学習を主体とし、多人数教育で必要不可欠な一斉説明はマルチメディアで効果的に行う形態で実施される演習教育のことである。この教育方針に基づき、本学科演習室には高機能ワークステーションおよび AV 機器が導入されている。演習カリキュラムでは、計算機リテラシー教育も含め、計算機システムの利用からプログラミングに至るまでの概念を浅く広く習得させることを目的としている。そのためのコースウェアは、UNIX 上で稼働する Smalltalk-80 のプロジェクト機能とウィンドウシステムを利用して開発し、優れた学習者インタフェースと学習者主導型の体系的な学習環境を実現しているところに特徴がある。本学科新入生に対し、演習カリキュラムに基づく環境型演習教育を実施してきた結果、その有効性および導入教育効果が認められた。

1. はじめに

社会の高度情報化に伴い、大学などにおける情報処理教育のあり方が重要視されてきているが¹⁾、新入生に対する導入教育のあり方が、その後の学生の修学に大きな影響を及ぼすことは明らかである。また、近年における計算機ハードウェア、ソフトウェア技術の進展は著しく、特に高機能ワークステーションなどは優れたネットワーク機能やプログラム開発環境を提供しており、柔軟性が高く、利用者の要求に合わせた環境が作りやすくなってきている。このような時代背景から、パーソナルコンピュータや高機能ワークステーションを多数導入したり、それらを使用してプログラミング教育などを行っている事例は多数報告されており²⁾⁻¹⁰⁾、計算機初期教育のための環境に関する研究などもなされている¹¹⁾。しかし、新入生に対する導入教育のための教育支援環境として、計算機を効果的に利用した事例報告は見受けられない。また、そのような導入教育の実施には、現在の情報技術に十分に対応でき得るハードウェアとソフトウェアを備え、ネットワークで相互に接続された計算機設備、ならびに計算機に不慣れた学習者のための優れたユーザインタフェースなどが必要となる。新入生に対して早期に優れ

た計算機環境に慣れ親しませることも教育上効果的である⁷⁾。

このような見地から本学情報工学科では、計算機リテラシー教育、ならびに計算機システムやプログラミング関連の科目学習に対する動機付けを目的として、導入教育のための演習授業を新入生に対して実施してきており¹²⁾⁻¹⁴⁾、その内容や実施形態は学生の理解度や意見・反応などを考慮して絶えず更新を行ってきた。本論文で提案する演習カリキュラムは、ACM のコンピュータサイエンスのカリキュラム推奨案など^{15),16)}も参考にして検討し、計算機システムの利用からプログラミングに至るまでの概念を浅く広く学習できるように構成した。あわせて、本論文では、一斉方式による多人数演習教育を効果的に実施するための授業形態を提案し、それを環境型演習教育と呼ぶことにする¹⁷⁾。環境型演習教育とは、優れた学習者インタフェースを提供する学習者主導型のコースウェアを利用した体系的な学習を主体とし、一斉説明を効果的に行うためにマルチメディアの活用が可能となる教育環境で実施される演習教育を意味するものとする。

環境型演習教育による導入教育効果を検討するため、本学科演習室に UNIX を搭載した高機能ワークステーションを 1 人 1 台の使用を配慮して 45 台導入した。それらはイーサネット[®]で相互に接続されている。さらに、計算機に不慣れた学習者の利用や学習者主導型コースウェアの開発などを考慮して、UNIX 上で稼働する Smalltalk-80¹⁸⁾を導入した。本研究で

† Advanced Work Station for Elementary Computer Science Education by MASAHIRO UKIGAI, KENJI SUGAWARA and YOSHIRO MIIDA (Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology).

†† 千葉工業大学工学部情報工学科

は、優れたユーザインタフェースの提供だけでなく、体得的な学習環境としても Smalltalk-80 に着目している。また、一斉説明をマルチメディアで効果的に行うための AV 機器も導入した。その表示装置は、多数の学習者に対する提示を考慮して、カラーモニタ 6 台を天井からの吊り下げ式で分散配置した。演習カリキュラムに基づき、Smalltalk-80 のプロジェクト機能とウィンドウシステムを利用して開発されたコースウェアは、優れた学習者インタフェースと学習者主導型の体得的な学習環境を実現している点に特徴がある。そのコースウェアは、Smalltalk-80 環境に埋め込む形で構造化されている。

本論文では、計算機を利用した情報系学科新入生に対する導入教育のための演習カリキュラムと、そのための演習教育のあり方を提案している。2 章では導入教育における演習授業の必要性とそのためカリキュラムについて具体的に述べるとともに、計算機を利用した演習教育を効果的に行うための一指針として環境型演習教育なる授業形態を提案する。3 章では本学科における演習教育設備について説明し、4 章では演習授業の実施形態、ならびに演習カリキュラムに基づいて開発されたコースウェアと各単元教材について具体的に述べている。5 章では現在に至るまで実施されてきた演習授業とその導入教育効果について考察し、6 章ではまとめと今後の展望について述べている。

2. 導入教育とその教育環境

2.1 導入教育のための演習カリキュラム

近年における社会の急激な情報化に伴って、情報系学科の新入生が専門分野の学習を進めていく上で用語の理解などが一つの障壁となりつつある。例えば、言葉としての説明は理解できても概念が把握できなかったり、わからない用語の説明の中にさらに未知の用語が多数使用されている場合も珍しくなく、これは初学者に対する計算機リテラシー教育などにおいても例外ではない。このような理由から、勉学意欲のある学生が挫折してしまわないように、特に新入生に対しては何らかの対応策が必要であろう。新入生に対しては、概論などのような専門分野への導入科目が用意されているのが一般的である。しかし、科目の性格上、その講義内容は広範囲にわたるため、従来のテキスト主体の導入教育だけでは情報工学分野における諸概念や用語などを十分に理解させることは難しい。したがって、演習や実験のように体得的な学習が可能となる導

入教育の併用が効果的であろう。

このような観点から本学科では、新入生に対して計算機リテラシー教育、ならびに計算機システムとプログラミング関連の科目学習に対する動機付けを試みた体得的な演習授業を実施してきており、講義授業による導入科目との相補的な教育効果をねらっている。表 1 に現在実施している導入教育のための演習カリキュラムを示す。このカリキュラム構成は、新入生を対象とした導入教育であること、学習のために計算機環境を最大限活用すること、計算機リテラシー教育やその後の講義科目などに対する動機付けなどを考慮して、計算機システムの利用からプログラミングに至るまでの概念を浅く広く学習できるような構成とした。

なお、演習カリキュラムの構成に際しては、コンピュータサイエンスの学部用カリキュラムの詳細なコース構成などを提供した ACM のカリキュラム推奨案¹⁵⁾ や講義と演習の融合、導入コースの広さ優先の構成などを提案したレポート¹⁶⁾ なども参考にした。カリキュラムに関する検討はその後も継続されており、ACM と IEEE-CS のジョイントで作成された Computing Curricula 1991 のレポート¹⁷⁾ では、単一のカリキュラムの推奨案ではなく、カリキュラム開発におけるガイドラインを提供し、将来的な学問分野の変化に対する柔軟な変更や発展が可能なカリキュラム構成を奨励している。一演習科目のカリキュラム構成とは次元が異なるが、今後の計算機技術の進展に対応して、本演習

表 1 導入教育のための演習カリキュラム
Table 1 Curriculum for the introductory laboratory course.

演習項目	内 容
計算機システムの基本操作	概要説明、システムの起動と終了、基本操作の実習 (マウス、ウィンドウ操作など)
オペレーティングシステム	OS の概要、UNIX ファイルシステム、シェルコマンド実習
システムソフトウェア	ワードプロセッサ、テキストエディタ、プログラムのコンパイルと実行
ネットワーク	電子メール機能、リアルタイム対話機能、ファイルサーバ、プリンタサーバ
タートルグラフィックス	タートルグラフィックスによる図形表示、メッセージセンディングの概念、基本文法
制御構造	カウンタ型繰り返し表現と幾何学図形、条件型繰り返し表現、条件選択表現、乱数を利用した条件選択
データ構造	配列、キュー、スタック、レコード、簡単なデータベースの利用

カリキュラムの変更や演習設備の更新も絶えず必要となろう。

2.2 教育環境

計算機利用による教育に関してはいろいろと議論のなされるところであるが^{20),21)}, 計算機自体が教育を変えるものではなく, それを利用する教員側が十分な配慮をしなければならないことは明らかである。しかし, 計算機に触れたことがないような新入生が実際に計算機を使用してプログラミング演習を行うような場合, キーボード入力やエディタの操作, オペレーティングシステムのコマンド操作などに不慣れなため, 本質的なプログラミングの学習に専念できない傾向が見受けられる。また, パーソナルコンピュータの利用だけでは, 現在の高度に発達した計算機技術を十分に体得させることは難しくなっている。これらの問題点に対処するためには, 優れたハードウェアとソフトウェアを備えるとともに, 不慣れな学習者にも使いやすいユーザインタフェースを持つ計算機システムが必要となる。さらに, 一斉方式による多人数教育に対応するためには, 動的で具体的な操作説明や補助教材などを見やすく提示する設備も必要となる。したがって, 計算機に不慣れな学習者に対して効果的な演習教育を実施するためには, 概ね以下に示すような教育設備が必要となろう。

(1) 計算機システム: ネットワークにより相互に接続された高機能ワークステーションが望ましい。一般的にワークステーションはネットワーク機能やプログラム開発環境の面で優れており, 柔軟性が高く, 利用者の要求に合わせた環境を作りやすい。これにより, ネットワークに関する演習や教材の自動配布などが可能となるほか, 将来的に分散処理環境における教育支援システムなどの構築が可能となる^{22),23)}。

(2) ユーザインタフェース: 対話型処理環境, マルチウィンドウ機能, モードレスで誤操作に強い操作環境を実現していることが望ましい。マウス操作が主体でポップアップメニューの中から行うべき操作項目を選択するという対話型処理環境は, 計算機に不慣れな学習者にも理解しやすく, 短時間の学習で一通りの操作方法をマスターすることができる。また, マルチウィンドウ機能は, ディスプレー上に同時に複数のウィンドウを開くことができるため, 視覚的でより人間の思考に近い形で計算機と対話することができる。さらに, 現在の作業モードを意識することなく, 単一のモードで編集, コンパイル, リンク, 実行などが行え

るモードレスな処理環境は, 計算機に不慣れな学習者にも理解しやすい。また, 使いやすいエディタ機能も必要とされる。

(3) マルチメディア: 一斉方式による多人数教育では, 全学生を対象とした説明が必要不可欠であり, マルチメディア対応の AV 設備が望まれる。その表示装置は, 操作説明や補助教材などを全学生に対して十分に見やすく提示できなければならない。さらに, AV 機器を計算機制御可能な対話型マルチメディアシステムと計算機ネットワークを利用して, 教室内の表示装置への一斉提示機能のほか, 任意あるいは全学生用計算機のディスプレイ画面への動的な提示機能などがあればより効果的であろう。

本論文では, 上記(1)~(3)を概ね満足する教育設備を備え, その計算機環境で開発された学習者主導型のコースウェアを利用した体得的な学習を主体とし, 一斉説明にはマルチメディアを効果的に活用する形態で実施される演習教育を, 環境型演習教育と呼ぶことにする。

3. 演習教育設備

環境型演習教育を実施するための計算機設備として, 本学科では図1に示すような計算機システムを導入した。45台のUNIXワークステーションはイーサネットワークにより相互に接続されており, 電子メール機能やリアルタイム対話機能などが利用できる。また, 各ワークステーションからファイルサーバやプリンタサーバも利用可能なシステム構成となっている。各ワークステーションは主記憶 8 MB, 補助記憶装置として 40 MB のハードディスクと 5 インチフロッ

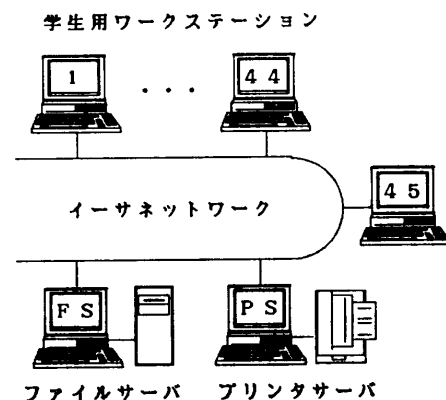


図1 演習システムの概略図

Fig. 1 Networked workstations for the introductory laboratory course.

ピーディスクを内蔵している。ディスプレイは高解像度ビットマップディスプレイ (1,024×782 ドット) が使用されており、キーボードは JIS 準拠、ポインティングデバイスは 2 ボタンのマウスである。オペレーティングシステムは SystemV をベースにした UNIX であり、その上でオブジェクト指向言語の Smalltalk-80¹⁸⁾ が動くようなシステム構成となっている。学習者主導型のコースウェア開発や導入教育のためのユーザインタフェースなどを考慮して採用した Smalltalk-80 は、マウス操作が主体の対話型処理環境、マルチウィンドウシステム、モードレスな操作環境、使いやすいエディタ機能を提供している。本研究では、優れたユーザインタフェース機能のほか、体得的な学習環境という観点からもモードレスな操作環境を実現している Smalltalk-80 に着目している。したがって、その環境内で学習者主導型の学習が可能となるコースウェアを開発することにより、計算機に不慣れな新入生でも短時間で計算機操作の学習から解放され、以後演習教材に専念して学習を進めていくことができる。演習カリキュラムに対応して開発されたコースウェアおよび演習単元教材に関しては 4 章で詳述する。

さらに、一斉授業における説明をマルチメディアで効果的に行うため、OHP 設備のほかに VTR やカラービデオカメラなどの AV 機器を演習室に設置し、表示装置として 29 インチカラーモニタ 6 台を天井からの吊り下げ式で分散配置した。これにより、従来の静的な教材提示のほかに、ビデオ教材の利用や動的な操作説明などが可能となり効果を上げている。現状では、AV 機器の計算機制御やネットワークを利用した AV 情報の転送・表示機能などは実現されていない。しかし、カラービデオカメラと演習室内に分散配置されたモニタを利用して、教員がそれらの機能を補うことは十分可能である。

4. 演習授業

4.1 授業形態

本学科新入生に対する導入教育のための演習授業は週 1 回 3 時間で実施され、半期で終了する必修科目である。ガイダンスでは、導入教育演習全般についての説明や、新入生の情報工学分野に関する予備知識や興味度をあらかじめ把握しておくために自作のアンケート調査を実施する。その後、演習授業で使用する計算機システムの起動から終了までの手続きを実際に体験させる。この際、計算機に不慣れな学生が大多数を占

めるため、配布資料のみによる説明は極めて困難である。本演習の教育環境では、ビデオカメラを利用して担当教員による具体的なシステム操作を全学生に対して一斉提示できるため、初心者でも行うべき操作とその結果が動的に確認でき、操作上のトラブルがほとんどないのが実状である。現在は、クラスを半分に分割し、約 50 名ずつの学生に対して演習授業を実施しており、2 名の教員がそれらの指導に当たっている。図 2 に、1 回の演習授業の典型的な流れを示す。まず、担当教員により当日の演習内容に対する概要説明が一斉に行われる。その後、Smalltalk-80 環境で開発されたコースウェアの学習手順にしたがって、学生各自のペースで学習を進めていく。この間、担当教員は巡回を繰り返しており、いつでも学生からの質問に対応できるような体制をとっている。教員側は、コースウェアの利用だけで十分な理解が得られそうな学生に対しては、問題解決能力を養わせるべく、なるべく干渉しないように心がけている。現状では、コースウェアのナビゲーションにより問題なく学習を進めていくことができる学生が半数程度いるため、質問のある学生に対しては 2 名程度の教員で十分な対応が可能となっている。演習終了時には、開始時に配布したレポート用紙に当日の学習進捗や理解度、および演習授業の進め方や内容に関する意見や感想などを記入させて提出させる。このレポートを基に、担当教員が学生の理解度や演習授業の内容、進め方の良否などに関する分析・討議を行っている。また、演習カリキュラムやコースウェアに関しては、担当以外の学科スタッフとも適宜討議を行ってきた。学生にはレポートの主旨を明確に説明し、理解度や進展などを正直に書くよう絶えず指導してきている。これらの討議の結果や担当教員による演習授業中の感触などを考慮して、現在に至るまで絶えず演習カリキュラムやコースウェアの内容の更新が行われてきた。

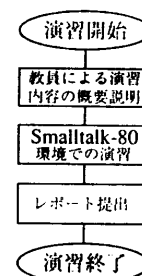


図 2 1 回の演習授業の流れ

Fig. 2 A typical weekly laboratory flow.

4.2 コースウェアの概要

演習カリキュラムに基づいて開発されたコースウェアは、Smalltalk-80のプロジェクト機能とウィンドウシステムを利用して図3に示すような構造化がなされており、原則としてテキストなどの補助資料なしで学習できるように配慮されている。各単元教材は主として説明用、例題実行用、理解度確認のための練習問題用のウィンドウ群から構成され、それらのウィンドウはディスプレイ画面上でアイコン化されている。練習問題は学生の能力差に対応するために難易度が異なる問題を数題用意しており、ほとんどの学生が提示された順に興味を持って意欲的に取り組んでいる。与えられたすべての問題が終了でき、演習内容が十分に理解できたと思われる学生は、毎回3~5割程度である。しかし、基礎的な問題はほぼ全学生が終了できており、演習内容が全く理解できないような学生は見受けられない。

図4に演習システム起動時に表示される演習コースウェアの単元選択画面を、図5に単元学習画面例の一部を示す。ただし、図4では紙面の関係からウィンドウの配置は変えてあり、そのほかには演習を終了するための手順を示したウィンドウが開いている。図4に示されるように、各単元に対応した教材を持つプロジェクトへの入口となるウィンドウがアイコン化されており、これらのプロジェクトに入る操作を選択することで各単元学習画面が得られる。図5では、単元「計算機システムの基本操作」に入った直後の画面におけるアイコン化された教材ウィンドウの部分だけを示しているが、そのほかには演習の手順を示したウィンドウなどが開いている。学生は、演習の手順を参照しながらアイコン化されたこれらのウィンドウを順次開き、各自のペースで学習を進めていくことができる。

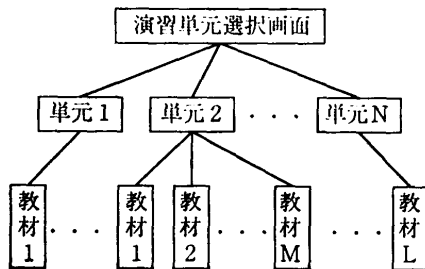


図3 演習コースウェアの構造化概略図
Fig. 3 Laboratory courseware structure for the introductory course.

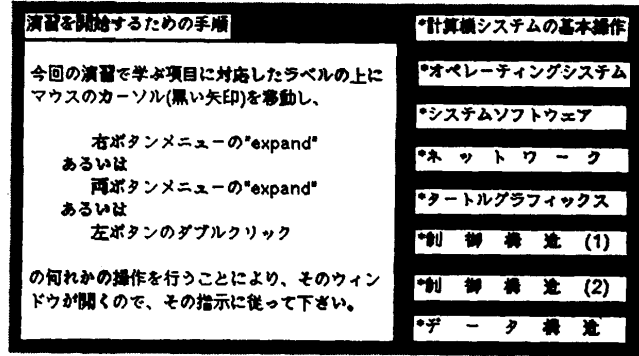


図4 単元教材選択画面
Fig. 4 Initial screen view for selecting unit teaching materials.

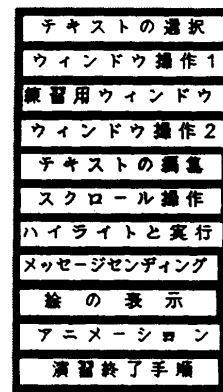


図5 計算機システムの基本操作学習手順
Fig. 5 A scenario for teaching basic operations of the computer system.

4.3 単元教材

以下に、各演習単元における学習内容について具体的に説明する。

(1) 計算機システムの基本操作：演習を進めていく上で必要となるマウス操作、ウィンドウ操作、テキストの編集、例題プログラムの実行などについて学習する。まず、実際の操作に先立って、ビデオにより計算機システムの開発の背景などを概観させ、計算機分野における用語などに慣れさせる。その後、基本操作の学習を進めていくための具体的な操作手順などについて、ビデオカメラを利用した動的な説明が担当教員により一斉に行われた後、学生はコースウェアにしたがって、各自のペースで基本操作の学習を進めていく。通常、多人数の学生が初めて計算機システムを使用する場合には単純なシステム操作上のトラブルが多く、科目担当者だけでは十分に対処しきれないことが普通である。しかし、事前のビデオ学習やビデオカメ

ラを利用した動的な説明, および計算機に不慣れた学習者にも使いやすいユーザインタフェースとマルチウィンドウ機能を利用して開発したコースウェアの利用によりシステム操作上のトラブルが少なく, 担当教員だけで十分な対応が可能となっている。この単元における演習教材は, すべて説明文に対応した操作を実際にモードレスで行えるように工夫されている。また, 絵の表示やアニメーションなども取り入れており, 計算機に対する興味をもたせながら自然と操作が習得できるように配慮している。本演習システムでは, 誤操作からシステムダウンに至る例は極めて少ないため, 学生はのびのびと操作練習をしている。

(2) オペレーティングシステム: UNIX ファイルシステムの概要について学ぶ。Smalltalk-80 のウィンドウシステムが提供している Terminal ウィンドウが UNIX 端末の機能を提供しているため, 説明用のウィンドウを見ながら Terminal ウィンドウ内でシェルコマンドの実習などを実際に行うことができる。Terminal ウィンドウではスクロール操作ができるため, 表示されていた情報が失われてしまうことがなく, マウスを使用したシェルコマンドの編集作業などもできるため, 計算機に不慣れた学習者にも理解しやすい学習環境である。

(3) システムソフトウェア: 日本語機能を利用したワードプロセッシングやエディタを利用した C と FORTRAN 77 言語のソースプログラムファイルの作成, およびそれらのコンパイルと実行などを実際に体験させる。図 6 に簡単な C 言語プログラムの編集からコンパイル, 実行に至るまでの画面上の操作例を示す。ただし, 通常はディスプレイ画面上における各ウィンドウの位置や大きさは任意であるが, 紙面の関係からそれらをオーバーラップさせ, サイズも小さくしている。Terminal ウィンドウでは, 図に示されるように作成したプログラムファイルの内容を表示したり, コンパイル, 実行などの作業が UNIX 端末と同様に行える。また, Terminal ウィンドウの下には, UNIX の標準エディタに比べて使いやすいエディタ機能を提供するファイルエディタのウィンドウが表示されている。このファイルエディタでは, copy&paste 機能を使用して説明用ウィンドウのプログラム例をそのままコピーしてファイルを作成することもできる。また,

<p>プログラム例</p> <p>また, Cのコンパイラを起動</p> <p>cc ファイル名</p> <p>なお, ファイル名には, Fortran 拡張子を, Cのプログラムでなければならぬ点に注意する。</p> <p>[プログラム例1] 文字列を出力</p> <pre>main() { printf("Computer Science\n"); }</pre> <p>[プログラム例2] 1から10までの和を出力</p> <pre>isum=0 do 10 i=1,10 isum=isum+i 10 continue write(*,100)isum 100 format(1h,'1から10の和は',i0)</pre>	<p>Terminal</p> <pre>\$ cd c \$ ls prog.c \$ cat prog.c main() { printf("Computer Science\n"); } \$ cc prog.c \$ a.out Computer Science \$</pre> <p>/usr/user/lab-a/private/c/prog.c</p> <pre>main() { printf("Computer Science\n"); }</pre>
--	--

図 6 モードレス環境におけるプログラムファイルの作成からコンパイル, 実行までの操作例

Fig. 6 An example of editing, compiling and executing a program within the mode-less environment.

モードレスな操作環境では, 説明用のウィンドウを見ながらエディタでプログラムファイルを作成し, その内容を表示したまま Terminal ウィンドウでコンパイルや実行を行うことができる。ここでは導入教育が目的のため, 簡単なプログラムファイルの作成からコンパイル, 実行までを体験させるに留まっている。各処理に対応してモードが異なるような操作環境では, 入学直後の学生にこのような体験をさせること自体困難であろう。

(4) ネットワーク: 電子メールの送受信, リアルタイム対話, プリンタサーバの利用などを実際に体験させ, コンピュータネットワークに対する認識を深めさせる。

(5) タートルグラフィックス: Smalltalk-80 のシステムクラス Pen を利用して, LOGO²⁴⁾ と同様なタートルグラフィックスを行わせる。タートルグラフィックスは初学者にも理解しやすいため, プログラミングそのものをあまり意識させない導入教材として適している。ここではプログラミングを実際に体験させるとともに, 以後の単元でも必要となる Smalltalk-80 文法を簡単に教えておく。また, オブジェクト指向に

におけるメッセージセンディングの概念にも自然に慣れさせることができる。

(6) 制御構造：プログラミングにおける繰り返しと条件選択の概念を、効果的な例題を利用して教えている。カウンタ型の繰り返し表現では、図7の教材例に示されるように、5回の繰り返しを利用して五角形を描かせたりして、繰り返し処理の結果が視覚的に確認できるように配慮している。Smalltalk-80では、実行させたいプログラム部分をハイライトさせた後、メニューから実行を選択するだけでプログラムが実行でき、結果がそのままディスプレイ上に表示されるため、数字などを変えた再実行および結果の確認が簡単に行える。したがって、学生は納得がいくまで実行を繰り返したり、プログラムを発展させたりすることが容易にできる。例えば、回転する角度の部分のみをハイライトさせ、その数値を変更するだけで異なる図形を容易に描かせることができるため、興味を持たせながら自然と繰り返しの概念を理解させることができる。しかし、再実行のためにエディタを起動してのプログラム変更、コンパイル、リンク、実行のような一連の処理を必要とする操作環境では、同様の効果は期待できないであろう。そのほか、条件型繰り返し表現や条件選択表現に関する教材においても同様の配慮を行っている。

(7) データ構造：配列、キュー、スタックなどの

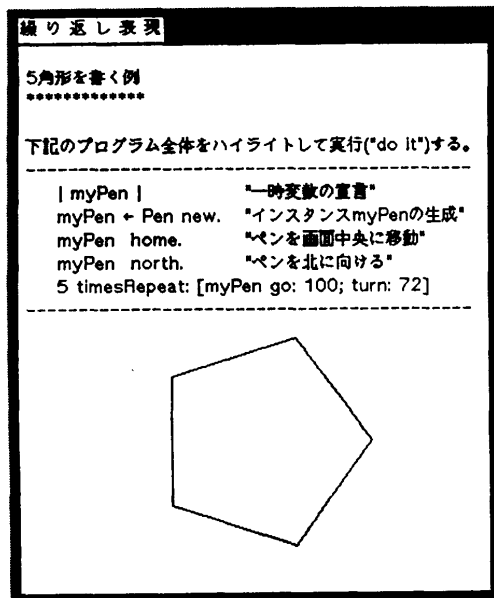


図7 繰り返し表現の教材例
Fig. 7 An example of teaching materials for repetitive construct.

データ構造を、ディスプレイ画面に視覚的に表示できる教材を作成した。図8にスタックを学習するための教材画面の一例を示す。図8の下部に示された操作パネルにおいて push するデータを入力した後、マウスで push ボタンをクリックする操作により、そのデータがスタックエリアに表示される。また pop 操作では一番最後に push されたデータが取り出され、スタックエリアの表示も更新される。このように、学習者が直接データの操作ができ、その結果が視覚的に画面上で確認できるような教材の利用は効果的である。そのほかのデータ構造の学習に関しても同様である。また、自作した簡易データベースシステムの利用を通して、データベースやレコードの概念を紹介している。

5. 導入教育効果

本学科新入生に対する導入教育のための演習授業は、その開始からすでに3年半実施されている。その間、担当教員同士や学科スタッフも交え、教育環境およびカリキュラムやコースウェアの構成などに関する討議・検討が重ねられ、さらに受講した学生の意見や反応なども考慮しながら絶えず演習授業の改善が行わ

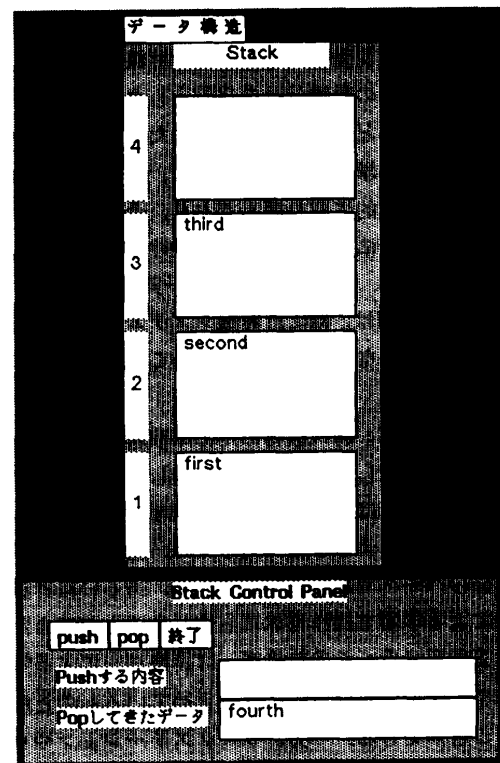


図8 データ構造スタックの教材例
Fig. 8 An example of visualized teaching materials for stack operation.

れて現在に至っている。演習カリキュラムに基づいて実施されてきた環境型演習教育による導入教育効果について検討するため、以下に教員側と学生側双方からの評価を示す。

(1) 教員側：計算機利用による体得的な演習授業を実施するためのユーザインタフェースとして Smalltalk-80 を採用した結果、計算機に不慣れな学生でも短時間の学習で演習授業の進行に必要な基本操作を習得することができた。入学時の調査によれば、パーソナルコンピュータの所持率は 25% 程度である。しかし、それらの学生は有効利用しておらず、多少キーボード操作に慣れている以外は初学者と変わりなく、このことより計算機利用教育のためのユーザインタフェースとして Smalltalk-80 の有効性が認められた。また、体得的な学習環境実現の観点からも採用を決定した Smalltalk-80 のプロジェクト機能とウィンドウシステムを利用してコースウェアを開発・利用した結果、以下の諸点が明らかになった。すなわち、本演習におけるコースウェア利用の学習では、学生各自のペースで学習が進められること、モードレスな操作環境で試行錯誤による学習者主導型の学習が可能なこと、説明テキストに対応した例題の実行や練習問題による体得的な学習効果、ならびに計算機リテラシー教育や関連科目への動機付けを目的とした演習カリキュラムの有効性などが確認できた。また、演習カリキュラムに対応した学習単位に関しては、多くの学生が興味を持って意欲的に取り組んでおり、今後開講される関連科目の学習に対する良い動機付けになり得るものと期待している。さらに、多人数一斉教育における AV 設備の活用は、特に計算機システム利用開始時の動的な操作説明などに効果的であることが確認された。

(2) 学生側：導入教育のための演習カリキュラム構成が概ね定着した 1989 年に実施した演習授業終了時の調査によれば、Smalltalk-80 環境で開発したコースウェア利用による学習に対しては、約 80% の学生が自分のペースで自由に学習できた、あるいは計算機利用による学習で操作自体にも慣れることができたなどと答えている。この結果は、計算機利用による学習環境を、学習者が好意的に受けとめているものと解釈することができる。一方、ワークステーションやウィンドウシステムを使用した演習は難しすぎると答えた学生は 5% に留まっている。また、演習内容が全く理解できなかつたと答えた学生は 1 人もいなかった。こ

の調査では、計算機を利用した導入教育のための演習授業として良かった点と悪かった点を学生に自由に記述させ、選択項目はいっさい設けていない。しかし、学生個々では多少の不满を持っているが、個人差があるため、全体に対して占める割合は 10% にも満たないものがほとんどである。10% を越える意見としては、練習問題の解答要求が 14%、用語などの説明不足と計算機システムのエラーメッセージへの対処に関するものが各 12% 程度出されている。これらに関しては、演習授業の進め方に対する教員側と学生側との見解の相違が主な要因となっており、いずれも善処可能なものである。また、15% 程度の学生が学習進度に差がつくことを気にしているという興味深い結果も得られている。

その後も継続的にコースウェアの充実が計られており、最近実施した授業終了時における同様の調査結果によれば、約 85% の学生がマイペースでの学習やコースウェアによる学習環境を好意的にとらえている結果が得られた。そのほかには、初心者でも学習しやすい、練習問題により理解度が確認できる、納得するまで繰り返し学習できる、復習のために以前の学習環境に戻れるなどの具体的な意見も挙げられている。改善すべき点に関しては、単元教材の部分的な説明不十分の指摘が約 25% を占め、そのほかでは本当に内容が理解できたかどうかかわからないという類の回答が約 10%、学習進度に差がついてしまうが約 7% であり、そのほかは 5% にも満たない小數意見であった。1989 年時点の調査結果と比較して、良かった点に関してはほぼ同様な結果が得られているが、改善すべき点に関しては多少異なってきた。部分的な説明不十分に関しては、現在単元単位で教材の充実が計られており、今後このような意見は徐々に解消できるものと確信している。また、内容の理解に関しては、演習時の学習環境ではできても後で覚えているかどうかかわからないという類の意見が多く、浅く広く体得的に学習させ、その後の科目学習に対する動機付けを目的とする教育方針を考慮すると、特に問題はないものと思われる。

以上のことから、演習カリキュラムに基づいて実施されてきた環境型演習教育の有効性が確認された。しかし、前述の調査によれば、ある程度の学生が学習進度の差を気にしていることから、今後は学習者個々の進度に応じた達成感が得られるような配慮も単元教材には必要となろう。さらに、階層型ファイルシステム

やデータ構造の演習教材に関しては、新入生を対象とした工夫をしてはいるものの、関連知識がないためにそれらの概念を十分に把握させるまでには至っておらず、教材のさらなる工夫が望まれる。

6. おわりに

本論文では、計算機リテラシー教育、ならびに計算機システムやプログラミング関連の科目学習に対する動機付けを目的とした、情報系学科新入生に対する導入教育のための演習カリキュラムを提案し、あわせて、そのための演習授業を効果的に行うための一指針として、環境型演習教育なる授業形態も提案した。環境型演習教育とは、優れた学習者インタフェースを提供するコースウェアを利用した学習者主導型の体得的な学習を主体とし、一斉説明にはマルチメディアを効果的に活用する形態で実施される演習教育のことである。体得的な学習環境の実現と優れた学習者インタフェースの提供を考慮して採用した Smalltalk-80 環境で演習コースウェアを開発し、現在に至るまでの3年半、AV 機器を備えた本学科演習室で新入生に対する導入教育が実施されてきた。その結果、大多数の学生が各自のペースで意欲的に学習を進めることができ、計算機システムの利用からプログラミングに至るまでの概念を概ね習得することができた。また、AV 機器の併用は、特に入学直後の授業時における動的な計算機操作の一斉説明に効果的であった。今までに実施した調査によれば、大多数の学生が演習カリキュラムに基づく環境型演習教育を好意的に捉え、興味を持って演習授業に取り組んでいるという結果が得られ、担当教員による授業中の感触も含め、新入生に対する導入教育効果が十分に認められた。これらのことより、本論文で提案した計算機利用を前提とする導入教育のための演習カリキュラム、およびその教育を効果的に行うための一指針として提案した環境型演習教育の有効性を確認することができた。

今後は、現在までの演習授業経験を基にしてコースウェアの充実を計るとともに、学習者の能力差にも十分に対応可能な学習環境の実現を目標とし、学習者モデルに基づくアドバイス生成や効果的な学習制御を可能とする教育支援機能などを分散処理環境上で順次開発し、環境型演習教育をより発展させていく予定である。

参考文献

- 1) 情報処理学会大学等における情報処理教育検討委員会：平成元年度教育改革の推進に関する研究委託中間報告書，大学等における情報処理教育の改善のための調査研究 (1990)。
- 2) 米沢ほか：多人数初心者向きプログラミング教育システムの基本設計について，情報処理学会論文誌，Vol. 27, No. 1, pp. 96-102 (1986)。
- 3) Hanblen, J. O. et al.: A New Undergraduate Computer Arithmetic Software Laboratory, *IEEE Trans. Educ.*, Vol. 31, No. 3, pp. 177-180 (1988)。
- 4) Hanblen, J. O. and Parker, A.: An Updated PC-Based Assembly Language Programming Laboratory, *IEEE Trans. Educ.*, Vol. 31, No. 4, pp. 241-244 (1988)。
- 5) 鈴木，香川：マルチメディア LAN 複合型教育システムの効果の一例，日本工業教育協会誌，Vol. 38, No. 3, pp. 23-28 (1990)。
- 6) 松山，横井：情報教育実習システムにおける効率的電子掲示板機能の実現，第 40 回情報処理学会全国大会論文集，pp. 37-38 (1990)。
- 7) Sherman, M. and Drysdale III, R. L.: Teaching Software Engineering in a Workstation Environment, *IEEE Softw.*, pp. 68-76 (May 1988)。
- 8) Fuchs, W. K. et al.: Workstation-Based Logic Animation and Microarchitecture Emulation for Teaching Introduction to Computer Engineering, *IEEE Trans. Educ.*, Vol. 32, No. 3, pp. 218-225 (1989)。
- 9) 宇津宮ほか：専門情報処理教育のための新しい計算環境—分散形計算環境の構築，第 39 回情報処理学会全国大会論文集，pp. 22-23 (1989)。
- 10) 大島ほか：分散ネットワークシステムにおける教育と運用，第 39 回情報処理学会全国大会論文集，pp. 34-35 (1989)。
- 11) 清水ほか：情報工学科の計算機初期教育のための環境について，信学論 (A), Vol. J 71-A, No. 9, pp. 1734-1741 (1988)。
- 12) 山口ほか：Smalltalk-80 を用いたソフトウェア教育支援システム—概要および導入教育について，第 39 回情報処理学会全国大会論文集，pp. 32-33 (1989)。
- 13) 山口ほか：Smalltalk-80 を用いた新入生導入教育，千葉工業大学研究報告，理工編，No. 36, pp. 79-83 (1990)。
- 14) 浮貝ほか：情報工学科新入生に対する導入教育のための演習授業について，情報処理学会コンピュータと教育研究会報告，No. 12-4 (1990)。
- 15) Austing, R. et al.: Curriculum '78—Recommendations for the Undergraduate Program in Computer Science, *Comm. ACM*, Vol. 22, No. 3, pp. 147-166 (1979)。

- 16) Denning, P. J. et al.: Computing as a Discipline, *Comm. ACM*, Vol. 32, No. 1, pp. 9-23 (1989).
- 17) 情報処理学会(編): 情報処理ハンドブック, pp. 1385-1386, オーム社, 東京 (1989).
- 18) 例えば Goldberg, A. (著), 相磯 (訳): Small-talk-80—対話形プログラミング環境, オーム社, 東京 (1986).
- 19) Turner, A. J.: Computing Curricula 1991—A Summary of the ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force Report, *Comm. ACM*, Vol. 34, No. 6, pp. 69-84 (1991).
- 20) Moonen, J.: Impact of Computer Technologies on Education, *Information Processing 89*, Ritter, G. X. ed., pp. 553-559, Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland (1989).
- 21) Collis, B. A.: Impact of Computers on Education, *Information Processing 89*, Ritter, G. X. ed., pp. 561-562, Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland (1989).
- 22) Fukushima, M. et al.: A Distributed Support System for Programming Laboratories, *Proceedings of the 5th International Joint Workshop on Computer Communications*, pp. 307-313 (1990).
- 23) 福島ほか: 分散処理環境上の演習支援システムの一構成, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会報告, No. 45-19, pp. 141-148 (1990).
- 24) Papert, S.: *Mindstorm-Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York (1980).

(平成 2 年 11 月 14 日受付)
(平成 3 年 11 月 5 日採録)



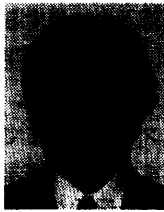
浮貝 雅裕 (正会員)

昭和 30 年生. 昭和 53 年千葉工業大学電子工学科卒業. 同年同大学電子工学科助手, 現在同大学情報工学科助教授. 工学博士. 教育へのコンピュータの利用に関する研究などに従事. IEEE, 電子情報通信学会, CAI 学会, 日本音響学会各会員.



菅原 研次 (正会員)

昭和 25 年生. 昭和 48 年東北大学通信工学科卒業. 同年富士通入社. 昭和 55 年東北大学博士課程中退. 同年千葉工業大学電子工学科助手, 現在同大学情報工学科助教授. 工学博士. 研究テーマは知識工学, 計算機ネットワーク, 分散 AI, CAI, ヒューマンインタフェース. IEEE, 電子情報通信学会, 人工知能学会, ソフトウェア科学会, 日本ロボット学会各会員.



三井田 健郎

昭和 15 年生. 昭和 38 年防衛大学校卒業. 昭和 43 年慶應義塾大学大学院博士課程修了. 昭和 56 年千葉工業大学電子工学科教授. 昭和 63 年同大学情報工学科教授, 工学博士. 情報処理教育, 音場の計算機シミュレーション, 移動物体検出システムなどに関する研究に従事. 電気学会, ASA, 日本音響学会各会員.