

# SIEM を活用したプログラミング入門教育のための 授業コンテンツ

東京電機大学 情報環境学部 土肥 紳一 宮川 治 今野 紀子  
{ dohi | miya | konno }@sie.dendai.ac.jp

## 1. はじめに

少子高齢化が深刻な社会問題となる中、18歳人口は今後も減少が続く。このような状況の中、入試制度は多様化し、入学して来る学生も多様化している。これまで大学で実施してきた画一的な授業形態を維持することは困難な状況となり、学生に合った教授内容と教授方法を見直す時期に遭遇している。この問題を解決するために、我々は学生のモチベーションに着目し、認知心理学に基づいた学習理論によるシステムティックな情報教育方法(SIEM ジーム: Systematical Information Education Method)を提案した[1]。さらに SIEM アセスメント尺度を完成し、学生のモチベーションを正確に測定・分析できるようにした[2]。SIEM を取り入れたプログラミング入門教育は、授業を担当する教員の熱意を大前提に、学生のモチベーションを高い状態に維持した授業を実施可能である。SIEM を支える重要なものは、授業コンテンツである。教育現場における人間と情報環境を探りつつ、SIEM を活用したプログラミング入門教育のための授業コンテンツについて述べる。

## 2. SIEM について

SIEM は、継続的測定法(モニタリング)と教授システムから成り立っている。モニタリングは、ARCSモデルの枠組(J.M.Keller)を基に、独自の項目を追加し、表 1 に示す SIEM アセスメント尺度を完成した[3]。モチベーションの測定は、表 1 の 19 項目に対して 5 段階のリッカート尺度でアンケート調査し、(17)重要度と(19)期待度の積として算出する[4]。一方、教授システムは、系列位置効果に基づいた授業構成、モデリング学習と発見学習、スモールステップの導入、即時フィードバックの導入、ティーム・ティーチングで成り立っている。プログラミング入

門教育の大前提として、学生の自主自立を目指す東京電機大学と情報環境学部の独創的な教育思想があり、これをスーパークラスとして継承している[5,6]。主なものは、必修科目の廃止、事前履修条件の導入、学費単位従量制の導入、学年制の廃止、セメスター制の導入、50分もしくは75分による週複数回の授業開講等が挙げられる。

表1 SIEM アセスメント尺度

因子1: 授業構成因子	
(1) 成功機会度	授業中にできた・わかったという実感がありますか。
(2) 親性度	授業の内容は親しみやすいですか。
(3) 愉楽度	このプログラミングの授業は楽しいと思えますか。
(4) 理解度	このプログラミングの授業は理解しやすいですか。
(5) 知覚的喚起度	自分が入力したプログラムの動作結果を見るのは楽しいですか。
(6) 意義の明確度	授業の意義や目的がはっきりしていますか。
(7) 好奇心喚起度	授業では好奇心を刺激されますか。
因子2: 自発性因子	
(8) 将来への有用度	将来に役立つと思いますか。
(9) 向上努力度	もっとプログラミングの勉強を努力しようと思いますか。
(10) 自己コントロール度	授業で学習したことを基にして、自分で工夫し勉強してみようと思いますか。
(11) 自己目標の明確度	自分の到達すべき学習の目標がはっきりしていますか。
因子3: 双方向性因子	
(12) コミュニケーション度	授業中、学生・教員などとのコミュニケーションはありますか。
(13) 所属集団の好意的反応度	教員やクラスのメンバーは好意的ですか。
(14) コンテンツの合致度	演習問題などは授業内容と一致していますか。
因子4: 参加性因子	
(15) 参加意欲度	休まずに出席しようという意欲が起こる授業ですか。
(16) 参加積極度	授業での自分の参加態度は積極的ですか。
モチベーション評価項目	
(17) 重要度	プログラミングを学習することは重要だと思いますか。
(18) 現状認知度	現在の時点で、プログラミングの知識・技術は身につけていると思いますか。
(19) 期待度	もっとプログラミングの知識や技術を高めたいと思いますか。

### 3. 教授システムと授業コンテンツとの連携

SIEM で活用する授業コンテンツは、前述した教授システムと密接に連携できる必要がある。代表的なものとして、系列位置効果に基づいた授業構成、モデリング学習、そして発見学習との関係を述べる。

#### (1) 系列位置効果に基づいた授業構成

授業の冒頭部は初頭効果(primacy effect)により、終末部は新近効果(recency effect)により、記憶・学習効果は高くなる。この系列位置効果を利用して、SIEM では授業の冒頭部に必ず身につけさせたい知識や技術を伝授し、終末部に再度確認を行う。具体的な枠組みとしては冒頭部と終末部にモデリング学習の要素の構成を配置し、中間部は記憶と再生効果が低い傾向があるため、学生が自ら問題解決にあたり経験を身に付ける発見学習を要素とした授業構成としている。授業時間後は、当日提出の課題に取り組む学生に対して、主に TA と SA による個別対応を実施している。図 1 に、授業の構成を示す。

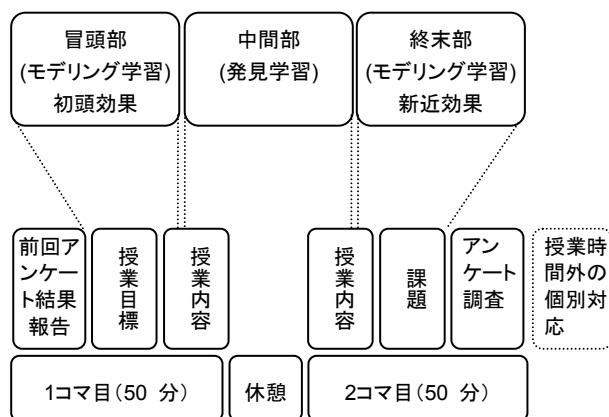


図 1 系列位置効果に基づいた授業構成

#### (2) モデリング学習

モデリング学習は、Bandura,A.が提唱した注意や記憶といった認知機能を重視した学習理論である。基礎的な学習内容や必ず身につけさせたい知識や技術に関しては、①注意過程、②保持過程、③運動再生過程、④動機付け過程をベースとしたモデリング学習理論を背景とした教授法を取り入れている。具体的な例として、教授者のスクラッチプログラミングを模倣することを行う。模倣の中から、プログラム構造の明確化、インデントの自然な理解へと導く。

#### (3) 発見学習

授業では、学生の主体的な探索態度形成のため、発見学習の要素を取り入れている。モデリング学習によって本質的に重要な基本原理が同定されているので、学生はそれに基づき、発見的方法の時間では試行錯誤をしながら問題解決にあたる。この枠組みは、学習内容の確実な習得と共に、学生のモチベーション、創造的思考、自己効力感を高める効果を目指している。発見学習の中では、多様化した学生の個性尊重が重要である。問題を解決するプログラムの解答は一つではないこと、自分で考えることの重要性、実行結果よりプログラムを作成するプロセスを重んじる必要がある。学生のモチベーションを維持もしくは向上できるよう、シンプルな例題や問題を提供し、解けたという実感を与える。

### 4. SIEM を活用したコンテンツ作成の原則

#### (1) 論理的な思考の喚起

論理的な思考によって、未熟な認知モデルを経て、正しい認知モデルにつながることを望ましい。このことは、本人の考えの延長線上にその解答があることを期待させる。その様子を、図 2 に示す。

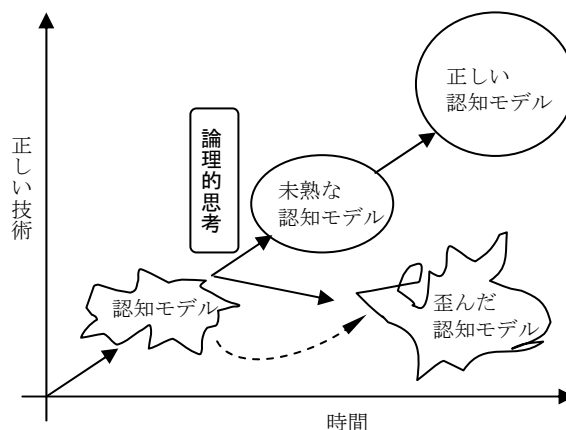


図 2 論理的な思考

#### (2) 授業コンテンツ作成のポリシー

授業コンテンツは、気づいた時に何時でもやり直せる、スモールステップで学習できる、実質的である(必要なことを、必要なときに、必要なだけ学習できる)、学習者の視点を取り入れている。教授する時に気をつけることは、余計なことは言わない、おどろき最小の法則(Principle of least astonishment),

急いではいけない(詰め込みは行わない)ことに十分注意する必要がある[7,8].

## 5. コンピュータプログラミングAのコンテンツ例

### (1) 二重スパイラル構造

コンピュータプログラミングAはプログラミングの入門教育を目的としており、2005年度の開講では約70%の学生が初学者であった。2学科を対象に4名の教員が授業を担当しており、3名の教員がSIEMを実践して授業を実施している。この授業コンテンツは、図3に示すように、二重のスパイラル構造になっている。授業の目標に向かって大まかな内容から細かな内容へ向かう3回のスパイラルが存在し、その中で、文法に着目した15回のスパイラルが存在する。表2は、その章立てを示したものである。「II. 振る舞いの基礎」、「III. 振る舞いの応用」、「IV. 振る舞いの適用」の順に、3回のスパイラルが組み込

表2 コンピュータプログラミングAの章立て

	章	タイトル	出力	繰り返し 返し	クラス 図	振る舞い 引数	返却 値	分岐	入力
I. プログラムの骨格	1	I-1 はじめに							
	2	I-2 出力	○						
	3	I-3 繰り返し	○	○					
II. 振る舞いの基礎	4	II-1 振る舞い	○	○	○				
	5	II-2-1 引数	○	○	○	○			
		II-2-2 複数の引数	○	○	○	○			
	6	II-3-1 返却値	○	○	○	○	○		
		II-3-2 引数と返却値	○	○	○	○	○		
III. 振る舞いの応用	7	III-1-1 分岐	○		○			○	
		III-1-2 分岐と引数	○		○	○		○	
		III-1-3 分岐と返却値	○		○	○	○	○	
	8	III-2 入力	○	○	○		○	○	
9	III-3 配列	○	○	○	○				
IV. 振る舞いの適用	10	IV-1 ジャンケンゲーム	○		○	○	○	○	
	11	IV-2 数当てゲーム	○		○	○	○	○	
	12	IV-3 ファイルの入出力	○	○				○	

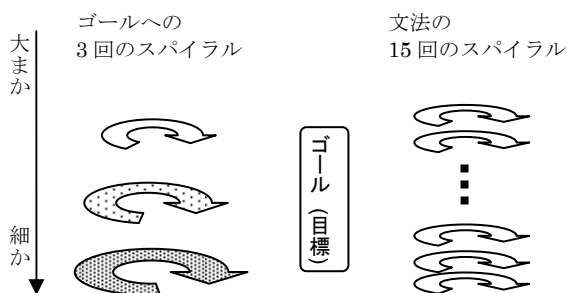


図3 二重のスパイラル構造

まれている。2章から12章にかけて、文法に着目した計15回のスパイラルが組み込まれており、全体として図3に示した二重のスパイラルとなる。

### (2) スモールステップ

学習者にとって成功の機会を多く体験させることは、重要である。しかし、成功に導く授業コンテンツの設定を誤ると、その敷居が高すぎ、成功に至らない。このような場合は、スモールステップによってさらに細分化する。適切に細分化された授業コンテンツを一つずつ解決することによって、当初の目標を達成できるようになる。このような成功体験が、学生のモチベーションを向上でき、次の授業の楽しみへと導く。スモールステップをどのように設定するかは、学生の資質や興味に大きく左右される。

### (3) 視覚的な工夫

授業コンテンツは、視聴覚効果を工夫して取り入れた。入力方法の実演(モデリング学習)を行い易くするために、実演前のプログラムの朗読、トークン種別に色づけをし、印象付けを行う。このような工夫を行った結果、ブロック構造の理解、インデントの間違いや綴りの誤りの減少、トークンの違いの理解を効果的に行えるようになった。

### (4) 配置の工夫

ブラウザでの閲覧を容易にするため、左上にソースプログラム、左下に実行結果、右側に解説を掲載する配置を取り入れた。教授者は、左側の画面に着目し、要点を説明しながら実行結果の説明を交えて

<<previous | index | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | next>>

## 5.4 引数4

**プログラム**

①プログラム

```

プログラムA5_4
public class A5_4 {
    public static void main(String[] args) {
        int a = 3;
        paint(a);
    }
    public static void paint(int number) {
        for(int i = 0; i < number; i++) {
            System.out.print(" ");
        }
        System.out.println();
    }
}
                    
```

②実行結果

```

A5_4の実行結果
> java A5_4
***
                    
```

**プログラムの説明**

引数4

プログラムA5\_4を見て下さい。mainの振る舞いのブロックからpaintの振る舞いに遷移することとpaintの振る舞いの動作を覚えて下さい。paintの振る舞いでは、引数で指定された個数の"を繰り返して出力しています。

コンパイル・実行と結果

プログラムA5\_4をコンパイル・実行してください。A5\_4の実行結果と同様になったことを確認してください。

下記の手順に従って実行してみましょう!

エディタにプログラム入力

プログラムA5\_4をエディタに入力・保存します。ファイル名はA5\_4.javaです。

コンパイルと実行

A5\_4.javaをコンパイル・実行します。エラーが出力されている間はプログラムを必要コンパイルからやり直してください。

結果

A5\_4の実行結果と同様になったことを確認してください。

図4 コンテンツの例1

[<<previous](#) | [index](#) | [1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | **5** | [6](#) | [7](#) | [8](#) | [9](#) | [10](#) | [next>>](#)

#### 4.5 main メソッド、クラス、引数と返却値

プログラム

```

プログラムB4.2
public class B4_2 {
    public static void main(String[] args) {
        Teacher teacher = new Teacher("SIEI", "nikamura"); //①
        teacher.setSalary(20000); //②
        System.out.println(teacher.getSalary()); //③
    }
}

クラス図
classDiagram
    class Teacher {
        -private String id
        -private int salary
        +public Teacher(String id, String name)
        +this: id = id;
        +this: name = name;
        +public int getSalary()
        +public void setSalary(int salary)
    }

```

メソッド呼び出し

プログラムの説明

mainメソッド  
クラス

プログラムB4.2を見てください。このmainメソッドでTeacherオブジェクトが生成(インスタンス化)されています。

確認になりますが、クラスのオブジェクトを使用するにはクラスのコンストラクタ(クラス名と同じ特殊なメソッド)を呼び出しオブジェクトを生成する必要があります。

Teacherクラスのソースコードを見て下さい。クラスはオブジェクトの設計図でした。クラスは基本的に以下の三つの宣言から成り立っています。

- クラスの宣言
- 初期(インスタンス変数など)の宣言
- 実行(メソッド)の宣言

クラス宣言のブロックで状態の宣言と振る舞いの宣言が行われます。ただし、状態の宣言の順番やメソッドの宣言の順番には意味がありません。

つまり、Teacherクラス宣言のブロックでは実行が上から下順に動作していません。

もう一度、プログラムB4.1を見て下さい。mainメソッドの命令の各行に番号が付いています。各行の意味は

1. Teacherクラスの変数の宣言になります。宣言と同時にTeacherオブジェクトが生成され、変数teacherでラベル付けされています。ただし、生成

図 5 コンテンツの例 2

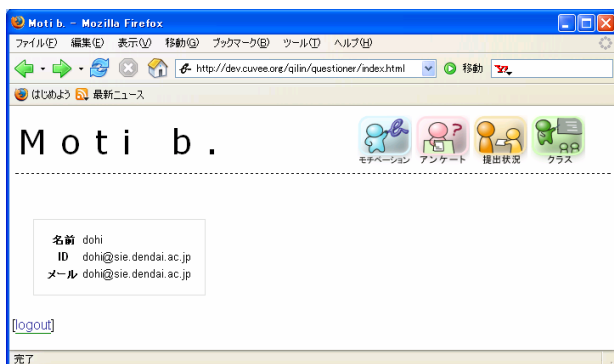


図 6 モチベーションモニタリングシステム

プログラムを入力する。学生は、その説明を聞きながらプログラムを入力する。口頭で説明した内容で不足する事項は、右側の説明を部分的に活用する。後日、学生が復習を行うときは、右側の説明を閲覧しながら単独で復習できる。これらの内容は、過去の試行錯誤と、授業で活用した経験から改善して来たものである[9]。その例を、図 4 と図 5 に示す。

#### 6. モチベーションモニタリングシステム

モチベーションの測定は、表 1 に示した SIEM アセスメント尺度を使ってアンケート調査を行う。測定結果から要因を分析し、今後の授業改善策を提示できる流れになっている。これらの分析作業は煩雑なため、可能な限り自動化できることが好ましい。現在、モチベーションモニタリングシステム(Moti b.モチペー)を開発中であり、図 6 にその一部を示す。主な機能は、授業毎に学生の理解度を調査するアンケート、モチベーションの測定、そして重回帰分析を用いたモチベーションの要因分析である。要因分

析結果から、授業改善策を提案する部分も自動化できることが望ましいが、この部分の開発は難しく、人手に頼って実施している。

#### 7. まとめ

SIEM を活用したプログラミング入門教育のための授業コンテンツについて述べた。SIEM を支える重要なものは、授業コンテンツのみならず、授業を担当する教員の熱意が大前提である。2006 年 4 月の新入生を対象としたアンケート調査で、普通教科「情報」の学習状況を調査したところ、情報 A が 53.6%、情報 B が 10.5%、情報 C が 10.5%、受けていないが 25.1%であった。今後、情報を受講した学生は増加する。SIEM を活用したプログラミング教育を実施しながら、ますます多様化する学生に合った授業コンテンツへと発展させて行きたい。本研究は、東京電機大学総合研究所研究 Q06J-13 およびハイテク・リサーチ・センタープロジェクト重点研究として行っているものである。

#### 参考文献

- 1) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM を導入したプログラミング教育の実践効果, 情報処理学会, SSS2003, p199-p204 (2003.8)
- 2) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM によるプログラミング教育の客観的評価, 情報科学技術フォーラム(FIT2004), 情報科学技術レターズ, Vol.3, No.3, p347-p350(2004.9)
- 3) Keller, J.M, & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS motivation model in courseware design (Chapter 16). In D.H. Jonassen(Ed.), Instructional designs for microcomputer courseware. Lawrence Erlbaum Associates, U.S.A.
- 4) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM アセスメント尺度を活用したプログラミング入門教育, CIEC, PC カンファレンス 2005 講演論文集, p251-p254(2005.8)
- 5) 未来科学と教育戦略, 東京電機大学経営企画室, 東京電機大学出版局(2006.6)
- 6) 情報環境学部白書, 東京電機大学情報環境学部 (2006.3)
- 7) 実践インストラクショナルデザイン, 清水康敬, 東京電機大学出版局
- 8) はじめてのインストラクショナルデザイン, ウォルター・ディック, ピアソンアンドエデュケーション
- 9) コンピュータプログラミング A 講義ノート(2005 年度版), <http://www2.dcl.sie.dendai.ac.jp/2005/proA/>