

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

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

18歳人口の減少や学力低下が深刻な社会問題となる中、大学入試の多様化に伴って学生も多様化するようになった。これま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となり、多様化した学生に合った教授内容と教授方法を考え直す必要がある。東京電機大学情報環境学部では学生のモチベーションに着目し、Java言語を対象としたプログラミング入門教育を対象に、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メソッド (SIEM: Systematical Information Education Method) を作り上げた[1,2]。モチベーションの時系列評価を過去3年間実施した結果、どのようなプログラミング入門教育においても利用可能な、SIEM アセスメント尺度を完成した。本レポートでは、学生のモチベーションを客観的に測定できることを示し、その要因分析結果を授業に反映することによって、授業改善できることを述べる。

2. SIEM について

SIEM は、認知心理学に基づいた情報教育方法である[3,4]。主な特徴を以下に示す。

2.1 スモールステップ

学習すべき内容はできるだけ細分化されていることが初学者である学生にとっては望ましい。目標に至るステップを細かくし、失敗を最小限におさえるような配慮をし、興味を失わせないように工夫する。それには簡単な問題から少しずつ学習させ、成功の機会を与えながら、自信をつけさせていく方法を取り入れる。講義は5分程度説明したらすぐに実習する流れを取り入れる。例題は10行から20行程度の短いプログラムが大半であり、説明と実習が交互に繰り返されるようにする。プログラムの入力、web ページで公開している講義ノートを、単にコピー

し、ペーストするのではなく、例題の要点を説明しながら、学生と一緒に入力することを原則とする。

2.2 ティームティーチング

複数の教員が各自の専門性を生かして協力し、学生の指導にあたる授業形態である。教員がチームを組んで授業を行うことで、一斉授業より細かな指導が可能となる。学習の速度には個人差があるが、全ての学生が学習内容をほぼ理解できるようになるためには、ある程度個別の対応が必要であり、チームティーチングの形態は柔軟な対応が可能となる。1クラス約70名の学生に対して専任の教員が2名、大学院生のアシスタントが2名で担当する。

2.3 即時フィードバック

プログラミングは単なる座学ではなく、実際にパソコンを操作しながら学ぶ授業である。教員は、一方的な説明になっていないか、クラス全体が説明した内容を十分に理解できているかを正確に把握する必要がある。これを調べるために、授業の理解度と学生の要望等を毎回アンケート調査する[5]。調査結果は、web ページで公開し、次の授業の最初に簡単なコメントを付けながら解説する。授業評価による理解度が、80%を下回るときは、指導そのものに問題があったものと解釈し、後日、補足説明する。

3. SIEM アセスメント尺度

3.1 SIEM アセスメント尺度の完成

教員は常に授業に専念しているが、学生にとって適切に授業を実施できているか否かを客観的に測定することはできなかった。中間試験や期末試験の点数は、学生の成績を評価する上では重要であるが、点数の高い学生が本当にプログラミングの能力が高いのか疑問がある。我々は、授業の評価尺度として学生のモチベーションに着目した。モチベーションの測定は J.M.Keller の ARCS モデルを活用し、独

自に追加した項目を含めて評価項目を作成した[6]. この評価項目の妥当性を検証するために, 2002年と2003年に開講したプログラミングの入門教育から得られたデータを基に, 評価項目の最適化を実施し, SIEM アセスメント尺度を完成した. ARCS 理論(動機付けモデル)では, 学習意欲を注意(Attention), 関連性(Relevance), 自信(Confidence), 満足感(Satisfaction)という4側面の枠組みで評価する[7]. ARCSは, これらの頭文字を並べたものである. これまで実践してきたプログラミング入門教育の教授方法と内容を分析し, 情報教育評価に適すると判断される独自の評価項目を設定し, データを積み重ねてきた結果完成したのがSIEMアセスメント尺度である[8]. 表1にSIEMアセスメント尺度を示す.

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.

(1)から(16)の項目はSIEMアセスメント尺度評価項目である. これらの項目から授業改善のためにモチベーションに影響する要因は何かを分析できる. この分析結果から授業改善のための提案を行うことができ, 具体的な改善策を授業にフィードバックすることで, 学習者に最適な授業戦略が可能となる. (17)から(19)の項目は, モチベーション評価項目であり, 学習者のモチベーションを算出する. (18)は「現状認知度」という呼び方をしており, これは「学習者自身が現状でどの程度の力があると認知しているのか(あくまでも)主観的に評価する」ものである. 各々の質問項目を学習者が5段階リッカート尺度により自己評価する. 各項目の評価尺度は, 「1: まったくそう思わない」「2: あまりそう思わない」「3: どちらともいえない」「4: ややそう思う」「5: 強くそう思う」とした.

3.2 モチベーションの算出

モチベーションの算出は, Atkinson.J.W の達成行動の動機付けモデルを使っている. 個人の持つ要求(価値=重要度)と課題達成に関する認知的要因(期待度)が達成行動の生起を決定する理論である. 達成行動の強さ(T)は(1)式で算出される.

$$T = M \times P \times I \quad (1)$$

M: 成功達成要求(期待度1)

P: 成功確率(期待度2)

I: 誘因価(重要度)

これは, 行動の生起は目標達成への期待と目標の価値(誘因価)との関数であると仮定した理論である. つまり, 人は目標達成の可能性の高低を考慮しつつ, 自分にとって最も高い価値を持った目標状態を有する行動を選択するとしたものである. J.M.Keller もモチベーションを直接左右する因子として「価値」と「期待感」を挙げており, 主観的な課題達成への見通し(期待感)と課題に取り組み, それを達成することが持つ意義(価値)との相乗作用であるとする「期待度」×「価値理論(重要度)」の枠組みを採用している. 本研究でも, この「期待度」と「重要度」に, 表1で示した評価項目(17)と(19)を採用しモチベーションを算出している.

4. モチベーションの測定

4.1 モチベーション測定の測定結果

モチベーションの測定は、授業の前期、中期、後期の3回実施し、前回の調査からの変化について要因分析を行う。前期の測定は、ガイダンス期間を除くため授業開始から1週間程度経過してから実施している。中期の測定は中間試験の直前に、後期は期末試験の直前に実施することを原則としている。

4.2 コンピュータプログラミング A

「コンピュータプログラミング A」、Java 言語を使ってプログラミングの入門教育を学習する。主に手続き型の考え方を学習し、これに続く科目「コンピュータプログラミング B」でオブジェクト指向の考え方を学習する。「コンピュータプログラミング A」は情報環境学部が開設した 2001 年から開講している。2004 年度のモチベーション(MV)の変化を表 2 に示す。前期のモチベーションは高く、学生のこの授業に対する期待の高さがうかがえる。中期にかけて低下しているのは、中間試験前ということもあり、プログラミングの難しさが浸透したためと考えられる。2004 年度の絶対値が高くなった原因は、課題の出題に関して課題の難易度を設け、学生が自分に合った課題を選択できるような工夫を行ったためと考えられる。この結果、授業内容を十分に理解できている学生から、授業内容を理解することで精一杯の学生まで満足できるようになり、全体のモチベーションが向上したものと考えている。

4.3 コンピュータプログラミング B

「コンピュータプログラミング B」は、オブジェクト指向の入門を学習する中級コースである。MV の変化を表 3 に示す。2004 年度は、学生は最初から MV の高い集団といえる。この授業に対して「将来役立つもの」であり、「もっと勉強を努力したい」と考えており、それが MV を高める要因となっている。後期 MV は中期 MV の平均値から 2.2 ポイント低下し、下位群の人数の割合が 6.4% 増加した。下位群に焦点をあて分析すると、中級コースの授業になり、下位群では内容の難しさから授業がよく理解できず、自分の方向性を見失ってしまい、MV を下げている傾向がうかがわれる。

表 2 コンピュータプログラミング A (2004 年度)

		前期 9月	中期 11月	後期 12月
全体 (標本数=46)	平均	22.3	19.8	19.4
	標準誤差	0.75	0.94	1.04
	中央値	25	25	22.5
	最頻値	25	25	25
	標準偏差	5.09	6.39	7.03
	分散	25.9	40.8	49.4
	尖度	4.73	-0.38	0.01
	歪度	-2.22	-0.91	-1.04
	範囲	21	21	24
	最小	4	4	1
	最大	25	25	25
合計		1026	913	891
上位群 20 ≤ MV	人数 (割合)	40 (87.0%)	30 (65.2%)	30 (65.2%)
	MV の平均	24.0	24.0	23.8
中位群 10 ≤ MV < 20	人数 (割合)	4 (8.7%)	12 (26.1%)	9 (19.6%)
	MV の平均	14.0	13.8	14.7
下位群 MV < 10	人数 (割合)	2 (4.3%)	4 (8.7%)	7 (15.2%)
	MV の平均	5.0	6.8	6.3

表 3 コンピュータプログラミング B (2004 年度)

		前期 4月	中期 6月	後期 7月
全体 (標本数=31)	平均	19.8	18.8	16.6
	標準誤差	0.98	1.31	1.42
	中央値	20	20	20
	最頻値	25	25	25
	標準偏差	5.44	7.27	7.91
	分散	29.5	52.9	62.5
	尖度	-0.03	-0.92	-0.87
	歪度	-0.91	-0.73	-0.56
	範囲	17	21	24
	最小	8	4	1
	最大	25	25	25
合計		615	582	516
上位群 20 ≤ MV	人数 (割合)	22 (71.0%)	19 (61.3%)	16 (51.6%)
	MV の平均	22.7	23.9	23.1
中位群 10 ≤ MV < 20	人数 (割合)	5 (16.1%)	6 (19.4%)	7 (22.6%)
	MV の平均	16.0	14.0	14.3
下位群 MV < 10	人数 (割合)	4 (12.9%)	6 (19.4%)	8 (25.8%)
	MV の平均	8.8	7.2	5.8

中級以上になると学生の理解度や MV にばらつきが出やすく、クラス集団の中でもどの集団に合わせた SIEM を行うのが難しいところであるが、モチベーションの変化を測定することによって的確な状況把握が可能となる。

4.4 コンピュータ基礎 II

「コンピュータ基礎 II」は、工学部二部電子工学科の授業である。前述した通り、SIEM アセスメント尺度は情報環境学部で誕生したが、どのようなブ

プログラミング入門教育でも利用可能であることを前提に作成してある。このことを検証するために、異なる学部、すなわち工学部の授業に適用し、モチベーションの変化を測定した。「コンピュータ基礎Ⅱ」は、1年生の後期に開講している。受講者数は約80名、週一回90分で開講し、TAが1名、プログラム言語はC言語を使用する。受講生は、新入生から社会人に至るまで幅広い。情報環境学部との主な相違点は、授業実施形態と受講生の層が大きく異なること、チームティーチングのスタッフが少ないこと等があげられる。授業では教員の思い込みによる一方的な授業を防ぐため、授業毎にアンケート調査を実施し、授業の理解度等を把握している。MVの変化を表4に示す。

全体のモチベーションが前期から中期にかけて1.6ポイント程度減少しているが、中期から後期へのモチベーションは維持している。中期モチベーションの減少は「もっと高めたい」という期待度の低下が要因となっている。チームティーチングとスモールステップがうまく機能していない可能性が考えられる。この根底には学習者の将来設計や目的意識の希薄さといった問題があるのかも知れない。具体的な改善策は、更に細分化したスモールステップやチームティーチングでのコミュニケーション機会の増加などの改善が有効であることが示唆される。

表4 コンピュータ基礎Ⅱ (2004年度)

		前期 9月	中期 11月	後期 12月
全体 (標本数=49)	平均	19.1	17.4	17.5
	標準誤差	0.83	0.98	0.89
	中央値	20	20	16
	最頻値	25	25	16
	標準偏差	5.83	6.84	6.24
	分散	34.0	46.8	38.9
	尖度	0.01	-0.66	-0.21
	歪度	-0.78	-0.58	-0.53
	範囲	21	23	23
	最小	4	2	2
	最大	25	25	25
	合計	936	855	859
上位群 20≦MV	人数 (割合)	30 (61.2%)	25 (51.0%)	21 (42.9%)
	MVの平均	23.0	23.0	23.3
中位群 10≦MV< 20	人数 (割合)	16 (32.7%)	15 (30.6%)	21 (42.9%)
	MVの平均	14.3	14.9	15.5
下位群 MV<10	人数 (割合)	3 (6.1%)	9 (18.4%)	7 (14.3%)
	MVの平均	5.7	6.2	6.3

5. まとめ

SIEM アセスメント尺度によって、コンピュータ入門教育における学生のモチベーションを正確に要因分析することが可能となった。この尺度は、異なる学部の授業でも、モチベーションの変化を測定することができ、要因分析を行える。要因分析結果から授業改善策を提案し授業にフィードバックすることによって、その効果を確認することができる。SIEM アセスメント尺度は、授業内容、学生の成績、授業を担当する教員とは無関係に、客観的に学生のモチベーションを測定することを可能にした。

モチベーションの測定から授業改善策の提案までのフィードバック周期を可能な限り短縮することができれば、即効性のある授業改善を実現できるものと考えている。今後は中級レベル以降のプログラミング科目についても要因分析を行うこと、他の教員へのSIEMの拡大、プログラミング入門教育以外への拡大を行い、その効果を検証していく計画である。

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を導入したプログラミング教育の効果について, 情報処理学会, No4, p341-p342 (2004.3)
- 3) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, 教育心理学の手法を用いたアンケート調査によるプログラミング教育の評価について, 情報処理学会, No4, p263-p264 (2003.3)
- 4) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, 教育心理学の手法を用いたプログラミング教育効果の分析, 情報科学技術フォーラム, No4, p425-p426 (2003.9)
- 5) 土肥紳一, 宮川治, 大井尚一, 授業理解度のリアルタイム収集, 日本工学教育協会, p419-p422 (2002.7)
- 6) 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.
- 7) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM アセスメント尺度によるプログラミング教育の分析, 情報処理学会, 第67回全国大会講演論文集(4), p361-p362(2005.3)
- 8) 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)