

学生のモチベーションの向上を目指したプログラミング 入門教育の実践

土肥 紳一 宮川 治 今野 紀子

東京電機大学 情報環境学部

〒270-1382 千葉県印西市武西学園台 2-1200

e-mail: {dohi, miya, nkonno}@sie.dendai.ac.jp

概要

我々は、学生のモチベーション（学習意欲）を向上することを目指したプログラミング入門教育を実践してきた。新入生の約 80%は、プログラミングの未経験者である。プログラミングの授業は単なる座学ではなく、講義で教わった内容を基に自分でプログラムを入力し、度重なるコンパイルエラーと格闘し、実行結果が正しく表示されて初めて完結する。このようなプロセスは、実習における指導を適切に行わなければ機械的な作業に陥りやすく、本質的な理解を妨げることにもなりかねない。情報環境学部は 2001 年 4 月に開講した新しい学部である。プログラミング入門教育での講義内容、指導方法を抜本的に見直すことによって教育効果の向上に努力してきた。2005 年 3 月には卒業生を送り出すことができ、彼らが学んできた教育の効果が社会からのフィードバックとして聞かれ始めている。これまでの投稿では、主にセメスター毎のモチベーションの分析結果を述べてきたが、本論文では約 4 年という長い時間の中で得られた教育の実践効果を中心に述べる。我々の試みは、大学教育以外でも十分活用できるものと考えており、この実践が拡大することを期待している。

1. はじめに

大学の教育現場では、少子化にともなう志願者数の低下、入試の多様化にともなう学力格差の拡大などが、深刻な問題となっている。このような状況の中で、プログラミング教育を実施するためには、従来から実施されて来た数値計算などを主体としたプログラミング教育の実施は困難であり、教育内容と教育方法の抜本的な見直しに迫られた。

毎年実施している導入教育の中でアンケート調査を行い、その項目の中に入学以前のパソコン所有状況、プロバイダとの契約状況、プログラミング経験などの有無を調査している。図 1 にその推移を示す。2001 年度は約 30%がプログラミングの経験者であったが、その後は約 20%に減少し、2005 年度が若干増加する傾向があった。平均的には、新入生の約 80%がプログラミングの初心者である。

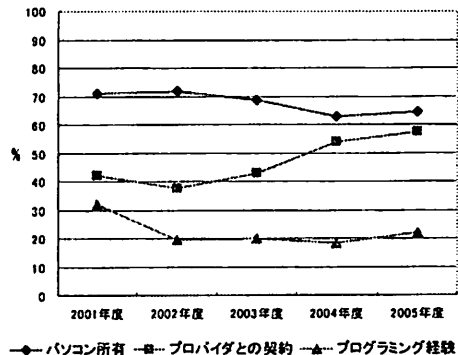


図 1 入学以前のプログラミング経験等

2. 学生のモチベーションへの着目

2.1 自主自立の教育理念

東京電機大学情報環境学部は、情報環境そのものを良くする技術、情報環境上で処理する技術、情報環境を豊かにする技術、そして社会が求めている最先端の技術を学ぶことを目的に、2001 年 4 月に開講した。学科は、情報環境デザイン学科と情報環境工学科の 2 学科があり、大学院を含めても学生数は約 900 名のたいへん小規模なキャンパスである。この学部は学生の自主自立を目指し、独創的

な教育システムを導入してきた。主なものは、新入生に対する約 2 週間の導入教育の実施、学年制の廃止、必修科目の廃止、事前履修条件の導入、単位従量制の導入、GPA(Grade Point Average)の導入、セメスター制の導入などが挙げられる。新聞紙上などで、大学入学時点における学生の目的意識は、低下していることが指摘されるようになった。このような学生の目的意識を向上させることを目的に、入学直後に約 2 週間の導入教育を実施している。また授業に対する価値観を学生と教員が認識する上で、単位従量制が効果を挙げている。さらに授業を 1 週間に複数回開講することの評価は学生および父母からも好評である。我々が着目したのは、このような学部の教育理念をスーパークラスとして継承し、学生のモチベーションを向上する教育を実施することである。モチベーションを高い状態に維持したまま授業を行えることが、教育効果の改善につながるものと考えている[1]。

2.2 モチベーションの算出

学生のモチベーションに着目した考え方は、認知心理学の世界では既に定着しており、モチベーションの具体的な算出方法が定義されている[2]。その算出方法は、Atkinson.J.W の達成行動の動機付けモデルを使っている。これは個人の持つ要求（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）式で推測される。

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

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。我々もこれに従いモチベーションを算出している。

2.3 モチベーション評価項目の推移

教育効果を客観的に測定することは、非常に難しい。単なる試験の成績のみで評価することは、本当にプログラミングの能力を判断できるのか、疑問がある。さらに、同じ科目を複数の教員が担当する場合や、異なる学部の学生を指導する場合など、授業内容の違いによって教育効果の比較が難しい。このような状況を考えると、成績以外の評価尺度が必要である[3,4]。過去 3 年間に渡って実施してきた、プログラミングの入門教育（「コンピュータプログラミング A」）における、モチベーション評価項目（(17)重要度、(18)現状認知度、(19)期待度）の授業前期、中期、後期における変化を、2004 年度とそれ以前に分け図 2 から図 4 に示す。2004 年度の 5 の値が高くなっている。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。

図 2 は授業の前期の状態を示したものである。学生の授業に対する重要度と期待度の 4 から 5 の割合が高い。また現状認知度のグラフから、新しい知識を得る前の知識の乏しさを認知していることが明確にうかがえる。図 3 は授業中期の状態を示したものである。前期と比較すると、重要度と期待度の 4 から 5 の割合が低下している。授業の進行によってプログラミングの難しさが浸透し、モチベーションの低下を招いているようである。逆に、現状認知度が 4 から 5 に推移しており、新しい知識が定着してきていることもうかがえる。図 4 は授業後期の状態を示したものである。全体的に中期と傾向が似ているが、現状認知度が中期よりも高い値に推移している。

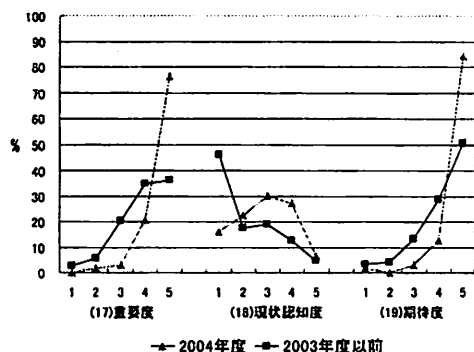


図 2 モチベーション評価項目 (前期)

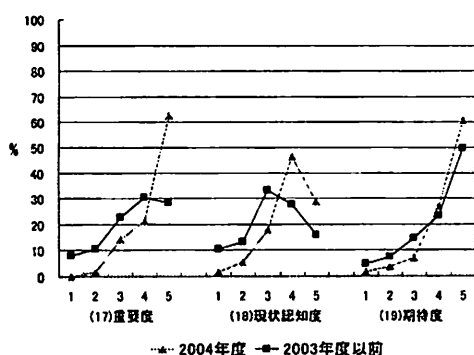


図 3 モチベーション評価項目 (中期)

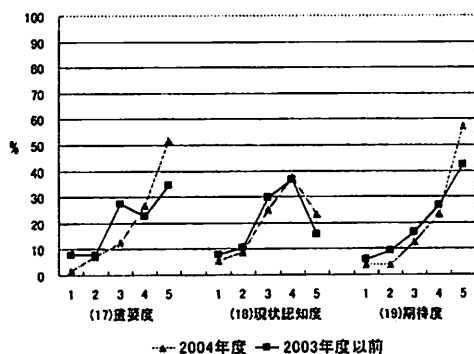


図 4 モチベーション評価項目 (後期)

3. プログラミング入門教育の実践

学生のモチベーションの向上を目指したプログラミング入門教育を実践するため、スモールステップ、即時フィードバック、チームティーチングの手法を取り入れた[5]。またモチベーションを定期的にモニタリングし、その要因分析を行うことによって少しずつ授業コンテンツや教授方法の工夫を行ってきた。

3.1 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した。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た。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せるようにしてある。プログラムの入力には web ページで公開している講義ノートを、単にコピー&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。

3.2 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ながら協力し、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、しかし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、大学院生および学生のアシスタントが 3 名程度で担当している。

3.3 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などを毎回アンケート調査している。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している。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、補足説明している[6]。

3.4 モチベーションの要因分析

2003 年度までは初学者に的を絞った授業を実施してきたため、授業毎に出題する当日締切りの課題は、比較的容易に解けるものが多かった。この結果、授業内容が十分に理解できている学生にとっては、物足りない状況であることがわかった。4.4に示す尺度によって要因分析を行った結果、2004 年度はモチベーションの阻害因子として「自発性因子」にその要因があることが判明した。さらに自発性因子を分析した結果、「自己目標の明確度度」、「自己コントロール度」の改善が鍵となることがわかった。このような分析結果から、難易度の高い課題を追加し、学生が自己目標にあわせ選択して取り組めるように工夫した。ささいな工夫ではあるが、毎回の授業内容を理解することで精一杯の学生から、授業内容を十分に理解している学生まで、満足できる課題を出題できるようになり、モチベーションの高い状態を維持できたと考えている[7]。

4. 長期間に渡った教育の実践効果

これまでセメスター毎にモチベーションの分析を行ってきたが、約 4 年という長い時間に着目した教育の実践効果について述べる。

4.1 TA, SA の人材創出効果

モチベーションを向上するための教育は、それを支援する人材の影響が大きい。情報環境学部プログラミング教育を受講した人材が育成されてきた主な推移を図 5に示す。2004 年度から、SA(Student Assistant)の制度が発足した。SA は、実習をともなう科目で多く採用されており、一度学んだことを後輩に指導することによって SA 自身も理解を深めることができる。また情報環境学部の教育思想を理解している SA は、その思想を忠実に継承している。学生は SA を身近な相談役として頼りにしており、その効果を発揮している。特にプログラミングの授業では、間違いやすいポイントについて先輩の経験に基づき指導を受けることができ好評である。

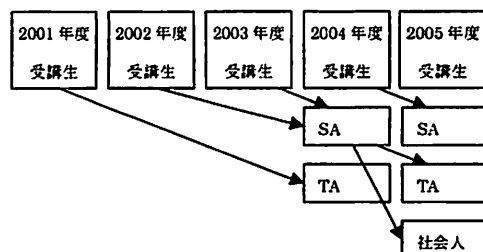


図 5 人材育成の主な推移 (概要)

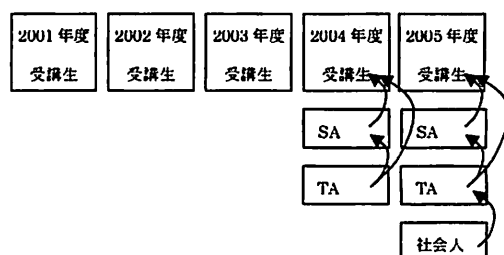


図 6 受講生への主なフィードバック (概要)

情報環境学部の教育思想を熟知した SA が支援スタッフとして授業に参加できることで、モチベーションに着目した教育の密度を高めることができるようになった。さらに SA を経験した学生の何名かは大学院へ進学し、TA(Teaching Assistant)として授業を支援している。教育思想の本質を理解している SA と TA の支援が得られるようになった 2004 年度以降の教育効果は大きい。受講生への主なフィードバックを図 6に示す。

4.2 スモールステップの最適化

情報環境学部が完成し、2005 年度から新カリキュラムがスタートした。この学部は、学年が無いため、2004 年度と 2005 年度はカリキュラム変更に伴う経過措置が行われている。2006 年度から、完全な新カリキュラムに変更される。主なものを挙げる。

情報環境学部では、プログラミング入門教育として2004年度から全員がJava言語を学ぶことになった。入門教育である「コンピュータプログラミング A」では、手続き型言語の考え方を学習した後、これに続く「コンピ

ュータプログラミング B」でオブジェクト指向の入門を学習する。さらに「オブジェクト指向設計」へと発展していくカリキュラム体系となった。オブジェクト指向の新しい概念を学習するための準備として、何が必要であるかを検討した。この検討には、図 6 で示した SA や TA の意見を十分に反映し、教授内容を精査した。実際に授業を受けてきた学生の意見を取り入れることにより、これまで授業を実施する側が気付かなかったささいなことも、フィードバックできるようになった。

4.3 オブジェクト指向を意識した授業の流れ

「コンピュータプログラミング B」では、オブジェクト指向を意識した授業の流れを取り入れた。旧カリキュラムで実施してきた教授内容は、もちろんオブジェクト指向を意識していたが、手続き型の先入観が排除し切れておらず、理解の妨げになっていたことが SA および TA からの指導で明らかになった。具体的には、クラス図よりも先にオブジェクト図を多く取り入れ、また、対象となるオブジェクトは、身近な例をたくさん取り入れるようにした。先のスモールステップの最適化と連携しながら、2005 年度のコンピュータプログラミング B では、モチベーションの高い状態で授業を始めることができている。

4.4 SIEM アセスメント尺度の完成

これまで実践してきた教授方法・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(Systematical Information Education Method)アセスメント尺度である。表 1 に尺度全体を示す[8]。

5. SIEM アセスメント尺度について

モチベーション評価項目の時間的な変化は、学生の様子を直感的に観測できる。重要なことは、授業前期の高いモチベーションをいかに授業後期まで維持できるかである。これを行うためにはモチベーションが変化した要因を客観的に分析できる必要がある。

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いますか。
(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：自覚性因子	
(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。

5.1 ARCS モデルの活用

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、これまで困難であった。学生の成績を評価する上で中間試験や期末試験の点数は重要であるが、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[9]。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[10]。ARCS理論では、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。ARCSは、これらの頭文字を並べたものである。その理論背景である枠組みを応用し、実際の情報教育に適用したのが我々の研究である。情報教育分野で実践に即した研究は国内では今のところきわめて少ないと思われるが、今後、注目される分野であろう。

5.2 モチベーション評価項目

表1の(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を与え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え、3.4で例示した学習者に最適な授業戦略が可能となった。(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根拠となる。(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主観的に評価する」ものである。実際に習得しているのかどうかは、主観なので判断できないが、重要度と期待度の質問項目の間にこの項目を入れることで心理的效果を生み、モチベーション評価項目として完成される。需要と供給は現状を把握させることでより明確になるからである。学習者の自己イメージや自信などを把握することも可能である。

6. おわりに

2005年3月に卒業生が誕生した。論文概要の執筆時点で、卒業生からのフィードバックが発生し始めている。現在、卒業生の多くが社員教育を受けているが、モチベーションに着目した教育を受けSAを経験した何名かは、新人研修の社内教育においても、本学部の教育思想を継承しているようである。一例ではあるが、各自に与えられた研修課題を早々に終えた後、グループ内で課題に苦戦し

ている他の新人に分かりやすく指導しているそうである。モチベーションに着目した教育は、コンピュータ入門教育に限定されたものではなく、他の分野においても十分に活用できる。高等学校の授業でも活用できるのみならず、コンテンツ産業、受験産業、企業内教育など幅広い活用を期待できる。学力低下が社会問題として取り上げられる今日、モチベーションの向上こそが教育効果の最善の解決策であると確信しており、今後、このような教育の試みが広がることを期待したい。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) S.Dohi, O.Miyakawa, N.Konno: Analysis of the introduction to the computer programming education by the SIEM assessment standard, ITHET2005, pF4A-8-pF4A-13 (2005.7)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 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, 情報教育の授業評価尺度の開発, 情報処理学会, 情報教育シンポジウム SSS2004 論文集 Vol.2004, No.9, p151-p154 (2004.8)
- 9) 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)
- 10) 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.