

プログラミング入門教育におけるモチベーションと成績の関係

土肥 紳一†, 宮川 治†, 今野 紀子†

概要

受講者のモチベーションを高めることを目的に、認知心理学に基づいた学習理論によるシステマティックな情報教育メソッド (SIEM :School of Information Environment Method) を開発した。Java 言語を対象としたプログラミング入門教育に適用し、モチベーションの時系列評価を過去 8 年に渡って実施してきた。モチベーションの時系列評価を分析することによって、受講者のモチベーションを向上させる教育の在り方の具体的な分析が可能となり、授業改善に有効なアセスメントとしての利用が期待できる。本論文では、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モチベーションと成績の関係を述べる。

The relations between students' motivation and results of examination at Introductory Computer Programming Education

Shinichi Dohi†, Osamu Miyakawa†, Noriko Konno†

Abstract

In order to improve students' motivation, SIEM (School of Information Environment Method) is developed. Through the application of SIEM to the goal of prompting computer programming education in the Java course, an evaluation of students' motivation as reflected in passage of time as well as through other qualitative measures has been performed over the past eight years. When used to evaluate the influence of the time factor on students' motivation, it can simultaneously be used to analyze the factors inherent in the educational method that improves students' motivation and it is expected that SIEM can also be applied as an effective assessment to be used to help professors improve a class. In this paper, we describe the relations between students' motivation and results of examination at Introductory Computer Programming Education.

1 はじめに

プログラミング入門教育における教育効果は、中間試験や期末試験等の成績を使って、評価されることが一般的である。しかし、試験時にプログラミングが苦手(成績不良)であった者が、立派にシステムエンジニア等の仕事に就いている場合もある。このような状況を考えると、プログラミング入門教育の評価の本質は、試験の成績よりもモチベーションが適切であると考えられるようになった。なぜなら、モチベーションは個々に内在しており、それを高めることは、試験の成績といった絶対的なハードルを超えることとは異なる。一般的に、モチベーションの高い人は成績も高いことが期待されており、これを

示すことの意義は大きい。なお、ここで述べるモチベーションは、一般的に利用されているモチベーションではなく、プログラミング入門教育に限定した狭義の意味として用いる。

プログラミング入門教育における受講者のモチベーションの向上を目指した研究に取り組むようになり、SSS2003 で初めて研究成果を公表した [1]。学教会を通じて継続的に講演発表等を続けた結果、最も多く受けた質問は、「モチベーションの向上は成績の向上につながるのか」であった。我々の研究目的はモチベーションの向上であり、成績の向上ではなかったこと、また、モチベーションと成績の関係を示すために十分なデータを持っていなかったことから、この関係は分析して来なかった。2003 年から 2010 年まで 8 年に渡り継続的にデータの収集を行い、この疑問に応えるために十分なデータが蓄積できたと考え、モチベーションと成績との関係について、初めて分析した。

† 東京電機大学情報環境学部
Tokyo Denki University, The School of Information Environment

2 モチベーションの測定

本研究では、SIEM(ジーム)を開発した。SIEMは教授法とモチベーションのモニタリングを組み合わせたシステムとなっており、中期と後期に調査した結果からモチベーションをさらに向上するために授業改善策が提案できる仕組みを備えている。SIEMは、受講者のモチベーションに影響を与える要因を明らかにした、Keller, J.M. の ARCS モデルの枠組みを理論背景とした測定法である[2]。プログラミング入門教育におけるモチベーションを測定するために、評価尺度を開発した。この評価尺度は、SIEM アセスメント尺度と呼んでいる[3]。この評価尺度は、教授者や教授内容に依存しない構造となっている。モチベーションがどの因子の影響を受けているかを分析することにより、さらにモチベーションを向上するための授業改善策を提案できる。なお、紙面の都合で SIEM アセスメント尺度の内容は省略した。

2.1 測定対象となる授業

測定対象となる授業は、「コンピュータプログラミング A」である。この授業は、初学者を対象にプログラミングの入門を学習する。言語は Java を使い、手続き型の考え方にに基づき、分岐や繰り返しなどの基本的な概念を学習し、引数と返却値の関係を学びながらメソッドを活用したプログラム分割を教わる。「コンピュータプログラミング A」は履修者が多いため、現在、5 クラスに分割して開講している。この授業は、入学した年の秋学期(後期)に履修し、受講者の大半は新入生である。新入生は入学後、約 2 週間の導入教育を受講し、ここで実施しているアンケート調査結果から、プログラミング経験等を図 1 に示す。年度による変動はあるものの、プログラミングの経験者は約 20% に止まり、大半が初学者である。

2.2 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理論を使っている[4, 5]。心理学の分野では、動機付けを説明する三つの要素があり、認知(cognition)、情動(emotion)、欲求(need)と言われている。認知は「当人の主観的な解釈」、情動は「感情」、欲求は「人を行動に駆り立て、その行動を方向付けするような比較的安定した心理エネルギー」を指す。Atkinson, J.W. の達成動機付け理論は、欲求変数(達成欲求、失敗回避欲求)、認知変数(成功・失敗の主観的確率)、情動変数(正負の誘因値)の積として定式化したものであり、三変数を同格に扱う[6]。この理論により、達成行動の強さ(T)、すなわちモチベーションは(1)式で推測できる。

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

ここで、M は欲求変数(成功達成要求 = 期待度 1)を、P は認知変数(成功確率 = 期待度 2)、I は

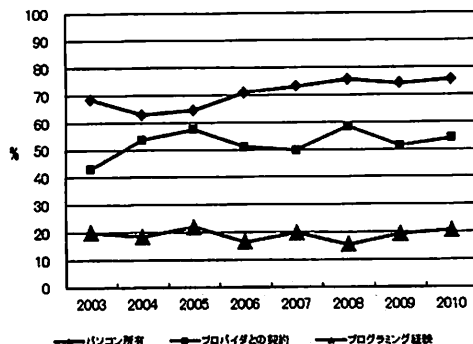


図 1: プログラミング等の経験

情動変数(誘因値 = 重要度 s)を表す。これは、行動の生起は目標達成への期待と目標の価値(誘因値)との関数であると仮定した理論である。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。Keller, J.M. 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「重要度(I)」と「期待度(M × P)」は SIEM アセスメント尺度の同項目と対応付け、その積としてモチベーションを算出している。モチベーションの最小値は 1、最大値は 25 になる。

3 モチベーションと成績の関係

2003 年度から 2010 年度に開講した「コンピュータプログラミング A」について、この授業を担当した C 先生のクラスについて、モチベーションと成績の関係を分析した。総受講者数は、566 名であった。

3.1 入学前のプログラミング経験との関係

大学入学以前のプログラミング経験の有無は、分析において最も大きな影響力があると考えられる。導入教育時のアンケート調査結果から、入学前のプログラミング経験の影響について分析した。該当者を抽出したところ、プログラミング未経験者が 246 名、経験者が 56 名おり、二つの母集団について差があるかどうか、t 検定を行った。その結果、中間試験(t(300)=-2.11, p<0.05)、期末試験(t(300)=-3.89, p<0.01)共に、プログラミング経験有りは無しに比べて有意な差が認められた。一方、中期モチベーション(t(102)=-1.61, p>0.05)、後期モチベーション(t(300)=-0.96, p>0.05)共に、プログラミング経験有りは無しに比べて、有意な差が認められなかった。そ

の他、入学後の受講生の環境（自宅学習）は、入学時に全員がノート PC を購入しており、プログラミングの授業を学ぶ中での差は無いと考えられる。

3.2 中期と後期の差に着目した分析と考察

モチベーションは、授業の前期、中期、後期の3回測定している。定期試験は中間試験と期末試験を実施しており、中間試験は中期モチベーションの測定を行った次の授業で実施し、同様に期末試験も後期モチベーションの測定を行った次の授業で実施している。なお中間試験と期末試験の問題は、穴埋め形式や用語の説明を問う問題ではなく、問題文に記載された内容を満足するプログラムを白紙の状態から完成し提出するものである。したがって、中間試験や期末試験だけを受けて正解を得ることは困難であり、普段からプログラミングを実践していないと完成に至らない。答えはソースプログラムをファイルで回収し、独自に開発した採点システムを使う [7]。

3.2.1 回帰分析結果

モチベーションと成績の関係を明らかにするために、中期から後期へのモチベーションの変化と、中間試験と期末試験の点数の変化に着目し、これらの関係を分析した。具体的には、後期のモチベーションから中期のモチベーションの差を求める。同様に、期末試験の点数と中間試験の点数の差を求め、これらを回帰分析した。なお、中間試験と期末試験の点数は偏差値化し、この差を利用した。年度毎の分析結果と 2003 年から 2010 年をまとめて分析し相関係数、P 値、回帰直線の切片と傾き (X 値) を表 1 に示す。モチベーションの測定時や定期試験の欠席者を除いた有効件数は、410 件であった。なお分析には、EXCEL の回帰分析を使用した。年度毎のばらつきがあるものの、相関係数は負になるものは無かった。2003 年から 2010 年をまとめて分析した結果、相関係数は 0.141 となり、わずかながら正の相関があることが分かった。この場合の P 値は 0.004 となった。これらの結果から、「モチベーションの向上と成績の向上には関係が無い」との帰無仮説をたてた場合、5% の有意水準で棄却されることになり、モチベーションの向上は成績の向上につながることが示された。

モチベーションと成績の間の因果関係は難しいが、SIEM の実践によって、毎回、授業の理解度調査を実施し、その結果を即時フィードバックしている。中間試験前には、10 回を超える授業を実施しており、モチベーションの向上を目指した実践が中間試験の成績を導いている。一方、中間試験以降は、その成績がモチベーションに影響を与えている可能性が考えられる。しかし、中間試験以降、期末試験前までに 10 回を超える授業を実施しており、モチベーションの向上を目指した実践が、期末試験の成績を導いていると考えている。

表 1: 回帰分析結果

年度	相関係数	P 値	切片	X 値
2003 年	0.077	0.516	0.123	0.102
2004 年	0.123	0.410	0.758	0.203
2005 年	0.154	0.326	-0.425	0.268
2006 年	0.282	0.035	1.121	0.433
2007 年	0.001	0.997	-0.162	0.001
2008 年	0.359	0.007	1.182	0.440
2009 年	0.199	0.225	2.802	0.305
2010 年	0.055	0.728	2.124	0.068
2003 から 2010 年	0.141	0.004	0.776	0.196

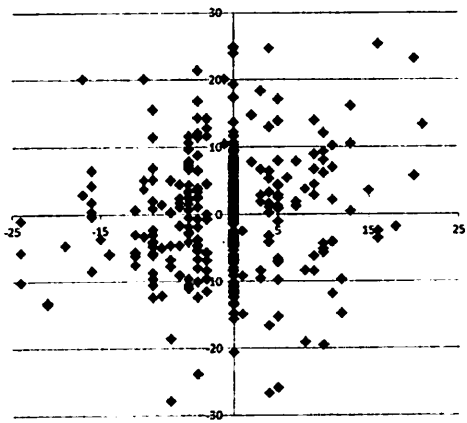


図 2: 散布図 (2003 年から 2010 年)

3.2.2 散布図

2003 年から 2010 年をまとめて散布図にしたものを図 2 に示す。第 1 象限から第 4 象限にかけて多くの点が存在していることがわかる。表 1 からこの回帰直線の切片は 0.776、傾きは 0.196 になり、正の切片を持っている。このことは、第 2 象限に含まれる受講者が多いことを意味しており、この人たちはモチベーションの向上が無くても成績の向上が見られたことを意味している。別な言い方をすると、モチベーションの低下の抑制によって成績の向上が見受けられ、この事は直感と一致している。Y 軸上に点が密集しており、モチベーションの変化がなかった受講者が沢山いることもうかがえ、状態に着目した分析を行う必要がある。

2003 年から 2010 年について、モチベーションと成績（偏差値）の中期および後期における状態の分析を行った。回帰分析の結果、中期の相関係数は $R=0.191$ 、後期の相関係数は $R=0.212$ となり、弱い正の相関があった。紙面の都合で、結果のみ示した。

表 2: 上位群, 中位群, 下位群の表現

	記号の意味
H	20 以上 25 以下
M	10 以上 20 未満
L	1 以上 10 未満
U	モチベーションの測定時に不在

3.3 後期の状態に着目した分析と考察

モチベーションは授業の前期, 中期, 後期の時点に測定を行うが, その状態は, 時間的に変化する。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では, 後期におけるモチベーションがどのような状態になったかが重要である。先に示した中期と後期の差に着目した分析では, モチベーションと成績に変化が無かった受講者は原点に集約され, その影響が見えなくなる。後期のモチベーションの状態に着目し, モチベーションの推移と評価の関係を分析した。

3.3.1 モチベーション推移と成績の表現

モチベーションは, 1~25 の数字に定量化され, その値によって上位群, 中位群, 下位群の 3 つに分類できる。これらを区別するために H, M, L の各文字で表現した。なお, モチベーションの測定時に不在だった受講者は, U で表現した。この関係を表 2 に示す。モチベーションの測定は, 授業の前期, 中期, 後期に実施している。実施時期を表現するために, H, M, L, U の各文字を左から順に 3 文字並べ, その位置で表現した。したがって, 前期が L, 中期が M, 後期が H であった場合のモチベーション推移は, LMH と表現できる。

成績は, 授業毎に出題する課題が 20%, 中間試験が 40%, 期末試験が 40% の割合で評点を付ける。評点は 0 から 100 の数字に定量化され, その値によって S(90 以上 100 以下), A(80 以上 90 未満), B(70 以上 80 未満), C(60 以上 70 未満), D(40 以上 60 未満), E(0 以上 40 未満) の成績となる。

3.3.2 モチベーション推移と成績の関係

後期モチベーションに着目し, 2003 年度から 2010 年度の「コンピュータプログラミング A」のモチベーション推移と成績の関係を表 3 と表 4 に示す。表 3 は人数を示したものである。表 4 は表 3 の関係を割合で示したものである。後期モチベーション毎の計の列に着目すると, H が 42.4%, M が 20.0%, L が 14.3%, U が 23.3% であった。全体の約 4 割が, 後期モチベーションは H であることがわかった。続いて後期モチベーションの H に着目すると, 成績は S が 15.4%, A が 8.1%, B が 7.1%, C が 6.4, D が

表 3: モチベーションと成績の関係 (人数)

後期	S	A	B	C	D	E	計
H	87	46	40	36	26	5	240
M	32	26	21	18	9	7	113
L	7	16	15	16	21	6	81
U	18	15	19	12	16	52	132
計	144	103	95	82	72	70	566

表 4: モチベーションと成績の関係 (割合)

後期	S	A	B	C	D	E	計
H	15.4	8.1	7.1	6.4	4.6	0.9	42.4
M	5.7	4.6	3.7	3.2	1.6	1.2	20.0
L	1.2	2.8	2.7	2.8	3.7	1.1	14.3
U	3.2	2.7	3.4	2.1	2.8	9.2	23.3
計	25.4	18.2	16.8	14.5	12.7	12.4	100

4.6%, E が 0.9% であった。S と A が全体の 23.5% を占めており, 全体の四分の一が高い成績であることがわかった。表 3 のモチベーションと評価との関連について χ^2 検定を行い, $p < 0.05$ でモチベーションと評価は関連があることが示された。

後期モチベーション毎と成績毎の割合を示したものを表 5 に示す。U の中で最も多いのが E の 39.4% であった。このような高い割合になるのは, 欠席が多いためと考えられる。同様に L は D が 25.9% となり, E の 7.4% を加えると約 3 割が低い成績となった。M は S が 28.3% と最も高くなった。S と A を加えると 51.3% になり, 約半数が高い成績となった。H は S が 36.3% と最も高くなった。S と A を加えると 55.5% になり, 約半数以上が高い成績であった。成績毎に後期モチベーションの割合を見ると, 成績の S から E にかけて最も多いのが H であった。H の割合は, S が 60.4%, A が 44.7%, B が 42.1%, C が 43.9% であった。一方, D における H の割合は 36.1% に低下し, 続く L の 29.2% に接近している。E は 74.3% が U となり, 欠席との関係が顕著に伺える結果となった。

3.4 モチベーション推移と成績の関係

3.4.1 後期が H になる場合

モチベーション推移と成績の関係について分析を行った。後期が H になる場合の成績との関係を図 3 と表 6 に示す。なお表 6 からは, 合計が 0 になるモチベーション推移は省略した。最も多かったモチベーションの推移は HHH の 163 名であった。成績の高い人は S が 66 名, A が 34 名であった。高い成績の割合は, 163 名に対し 61.3% にもおよんだ。一方, 低い成績は, D が 16 名, E が 2 名であった。同様にこれらの割合は 11.0% であった。

表 5: モチベーション毎と成績毎の関係 (割合)

後期	S	A	B	C	D	E	計
H	36.3	19.2	16.7	15.0	10.8	2.1	100
M	28.3	23.0	18.6	15.9	8.0	6.2	100
L	8.6	19.8	18.5	19.8	25.9	7.4	100
U	13.6	11.4	14.4	9.1	12.1	39.4	100
計	25.4	18.2	16.8	14.5	12.7	12.4	100

H	60.4	44.7	42.1	43.9	36.1	7.1	42.4
M	22.2	25.2	22.1	22.0	12.5	10.0	20.0
L	4.9	15.5	15.8	19.5	29.2	8.6	14.3
U	12.5	14.6	20.0	14.6	22.2	74.3	23.3
計	100	100	100	100	100	100	100

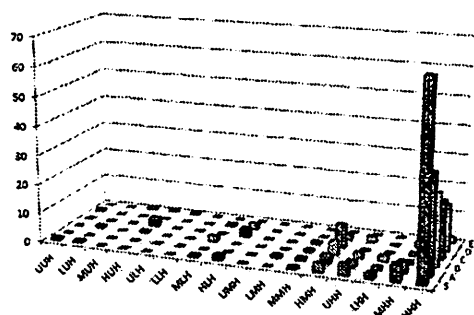


図 3: 上位群のモチベーションと成績の関係 (全体)

表 6: 上位群のモチベーションの推移と成績との関係

推移	S	A	B	C	D	E	合計
UUH	1	0	0	0	1	0	2
LUH	1	0	0	0	0	0	1
MUH	0	0	0	0	0	1	1
HUH	0	0	1	3	0	1	5
ULH	0	0	0	0	0	1	1
MLH	1	0	2	0	1	0	4
HLH	2	0	0	3	2	0	7
LMH	0	1	0	0	0	0	1
MMH	1	1	1	1	0	0	4
HMH	3	3	5	8	2	0	21
UHH	4	2	2	0	1	0	9
LHH	2	1	2	0	0	0	5
MHH	6	4	1	1	2	0	14
HHH	66	34	25	20	16	2	163
合計	87	46	39	36	25	5	238

3.4.2 後期が M になる場合

後期が M になる場合の成績との関係を図 4 に示す。最も多かったモチベーション推移は HMM の 31 名であった。このモチベーション推移は、前期と中期にかけてモチベーションが高かったが、後期にかけて低下した。高い成績は S が 8 名、A が 9 名であった。これらの割合は、31 名に対して 54.8% であった。一方、低い成績は 4 名であった。HMM の高い成績は、S が 9 名、A が 6 名であった。これらの割合は、30 名に対して 50.0% であった。MMM の高い成績は、S が 10 名、A が 4 名であった。これらの割合は、26 名に対して 53.8% であった。LMM は 3 名おり、全員が A であった。前期のモチベーションは低かったが、中期に向上し、後期にかけて維持した。MLM の高い成績は、S が 2 名、A が 2 名であった。これらの割合は、9 名に対して 44.4% であった。中期に低下したものの、後期にかけて向上した。

3.4.3 後期が L になる場合

後期が L になる場合の成績との関係を図 5 に示す。最も多かったのが MML の 18 名であった。後期にかけてモチベーションは低下した。S から E まで幅広く分布している。HML は 10 名おり、A は 2 名であった。残念ながら SIEM をもってしてもモチベーションの向上をはかることができなかった。HHL は 10 名であった。後期に極端にモチベーションが低下し、最悪の推移となった。S から D まで幅広く分布している。LLL は、8 名であった。

3.4.4 後期が U になる場合

後期が U になる場合の成績との関係を図 6 に示す。最も多かったのが UUU で、44 名であった。普段の授業でも欠席の多いことが考えられ、低い成績は、D が 2 名、E が 27 名と多く、44 名に対する割合は 65.9% にも及んだ。一方、高い成績は、S が 2 名、A が 3 名いることもわかったが、44 名に対する割合は 11.4% であった。MUU と HUU は、途中から授業への参加をあきらめたことが考えられる。また、成績の低い人の割合が増えている。HHU は S が 2 名、A が 1 名であった。「脱落者」=「不合格者 (D, E 評価)」であると仮定すると、130 名中 66 名が該当する。UUU は、恒常的な授業欠席者と考えられ、44 名中 29 名が脱落者に該当し、66.0% を占める。HHU は、何らかの理由でモチベーション測定時に欠席したことが考えられ、29 名中 5 名、17.0% に止まった。

4 まとめ

受講者のモチベーションを高めることを目的に SIEM を開発し、2003 年から 2010 年まで 8 年に渡って継続的に収集したデータを基に、モチベーションと成績との関係を初めて分析した。「中期と後期の差

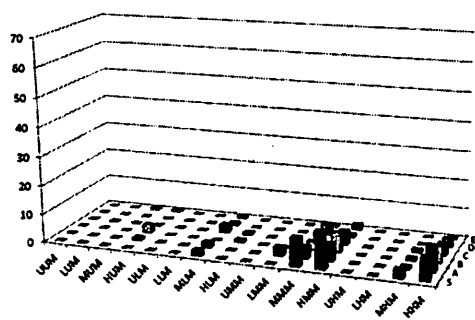


図 4: 中位群モチベーションと成績の関係(全体)

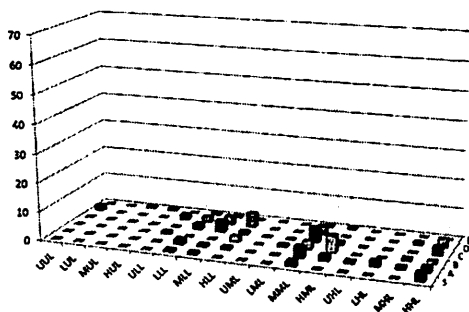


図 5: 下位群モチベーションと成績の関係(全体)

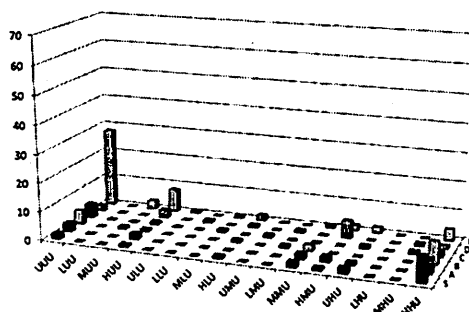


図 6: 欠席者のモチベーションと成績の関係(全体)

に着目した分析」によって、モチベーションの向上は成績の向上につながることが示された。「後期の状態に着目した分析」によって、後期モチベーションが上位群に含まれる受講者が 42.4%にも上った。さらに、S 評価や A 評価は後期モチベーションにおける上位群における割合が 15.4%と 8.1%におよんだ。これらの分析結果から、モチベーションの向上を目指した教育は、成績の向上につながっていることが示されたと考えている。

モチベーションの変化の理由については、直接に調査はしていないが、要因分析や CS 分析により、どのような要因で変化しているのかわかる。例えば、前期と後期のモチベーション値は同じであっても、学生のモチベーションに「将来への有用度」の多寡が影響しているのか、「理解度」が影響しているのかなど、変化の要因は同定できる。

SIEM は受講者のモチベーション向上を目的としたシステムであり、今回、モチベーションと成績の関係を明確にしたことで、SIEM は成績向上にも効果的なシステムということができるとは思われる。大学のアウトカム評価の重要性が指摘されている中、SIEM の意義は大きい。

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C) 課題番号 21500957)、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。

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, 情報教育シンポジウム SSS2003 論文集, Vol. 2003, No. 12, pp. 199-204 (2003).
- [2] Keller, J.M. and Suzuki, K.: *Use of the ARCS motivation model in courseware design (Chapter 16)*, In D.H. Jonnasen(Ed.), *Instructional designs for microcomputer courseware*. Lawrence Erlbaum Associates, U.S.A. (1988).
- [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, Vol. 3, No. 3, pp. 347-350 (2004).
- [4] Atkinson, J.W.: *An Introduction to Motivation*, Princeton, N.J., Van Nostrand (1964).
- [5] Atkinson, J. W. and Feather, N. T.: *Theory of Achievement Motivation*, Wiley, New York (1966).
- [6] 上淵 寿: 動機づけ研究の最前線, 北大路書房 (2004).
- [7] 高野辰之, 宮川 治, 小濱隆司: オブジェクト指向プログラミング教育における採点支援システムの開発とその評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.103, pp 41-45(2008)