

プログラミング実習時の学習者の感情に着目した自発性測定手法の検討

濱田 美奈子[†] 玉田 春昭[†] 中道 上[†] 武村 泰宏[‡]
大平 雅雄[†] マイケル バーカー[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 〒630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-5
[‡] 大阪芸術大学 〒585-8555 大阪府南河内郡河南町東山 469

E-mail: [†] {minako-h, harua-t, noboru-n, masao, mbarker}@is.naist.jp, [‡] takemura@mxw.mesh.ne.jp

あらまし プログラミング実習において、教授者は限られた実習期間内で教育効果を上げるために学習者の自発性を高める必要がある。そのため、教授者は学習者の自発性の高さを実習期間中に把握し、その後の実習に効果的に反映させることが求められる。著者らは自発性の一因として感情に着目し、実習時に学習者が抱く感情の強さから自発性を測定することができるか調査した。その結果、4つの感情の強さを測定することで、学習者の自発性の有無の可能性を示すことができた。

キーワード プログラミング教育, 自発性, 感情, 実習

A Self-Motivation Measurement Method Focusing on the Learner's Emotional Aspect in a Programming Class

Minako HAMADA[†] Haruaki TAMADA[†] Noboru NAKAMICHI[†] Yasuhiro TAKEMURA[‡]
Masao OHIRA[†] Michael BARKER[†]

[†] Nara Institute of Science and Technology 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-0101 Japan

[‡] Osaka University of Arts 469 Higashiyama, Kanan, Minami Kawachi, Osaka, 585-8555 Japan

E-mail: [†] {minako-h, harua-t, noboru-n, masao, mbarker}@is.naist.jp, [‡] takemura@mxw.mesh.ne.jp

Abstract In a practical training course of programming, teachers need students to understand training contents within a limited semester. Because students need not only to take a training course but to learn it by themselves in order to better understand programming, teachers have to lead self-motivated learning of students by changing the level and pace of the training. However, it is difficult to grasp students' self-motivation objectively. The goal of this study is to construct a method for measuring students' self-motivation. Focusing on emotional aspects of students in a programming training course, we have found that the correlation between the intensity of the four kinds of emotions and the possibility of self-motivated learning occurred.

Keyword Programming Education, Self-Motivation, Emotional Aspects, Practical Training Course

1. はじめに

高等教育におけるプログラミング実習(以下,実習)は,概念を与えられるだけでなく学習者が演習問題として実際にプログラム作成に取り組むことで,プログラミングの概念の習得やスキルの向上を目的として行われる教授形態の1つである。しかしながら,実習時

間に与えられる実習内容を理解するだけでは,プログラミングを習得することは難しい。限られた実習期間内に教育効果を上げるために教授者は学習者の実習時間以外での自発的なプログラミング学習を積極的に促す必要がある。

本研究の目的は,実習期間中に学習者が自発的にプ

プログラミング学習に取り組む可能性を測定する手法を構築することである。実習期間中に学習者の自発性の高さを随時客観的に把握することができれば、教授者は実習の難易度や進み具合を効果的に調整し、学習者の低い自発性を高めることが可能になると考えられる。

本研究では、「実習期間中の実習時間以外に学習者が自らプログラミングに取り組む自発的学習が生じる可能性」を「自発性」と定義する。著者らはこれまで、学習者が実習時の特定の状況において抱く感情¹の種類と自発性との関連を調査し、9つの感情が自発性の有無と関連があることを明らかにした[2]。本稿では、これら9つの感情に着目することで、学習者の自発性の高さを測定できるかを検討する。

本稿の構成は以下の通りである。続く2章ではまず、自発性の有無と関連する感情を調査した[2]の概要を示す。次に3章では、自発性の有無と成績との関連を示す調査結果について述べる。4章では、9つの感情の強さと成績との相関を明らかにした調査結果について述べる。これらの調査結果から、5章では、学習者が実習時に抱く感情の強さから自発性の高さを測定可能かどうかについて考察する。最後に今後の課題について述べる。

2. 自発性の有無と関連のある感情

2.1. アンケート調査の分析

我々はこれまでの研究で、学習者の自発性の有無（自発的学習が生じる可能性の有無）と関連のある9つの感情を明らかにした[2]。まず、プログラミング実習の受講経験者23名に対して実習中に抱く感情について自由記述形式で回答するよう依頼した。その際、学習者が実習中のどのような状況でどのような感情を抱くのかを特定するために、実習時に起こりうる典型的な6つの状況を以下のように設定した。回答結果から合計43の感情を抽出することができた。

- (状況 1) 新しい概念を学ぶ
- (状況 2) 演習問題を与えられる
- (状況 3) 演習のプログラムが正常に動作しない
- (状況 4) 演習のプログラムを自力で完成する
- (状況 5) 自分が作成したものよりも優れている実行結果を見る
- (状況 6) 実習の全課程が終了する

次に、各状況でそれらの感情を選択肢としたアンケート調査を、情報科学を専攻する大学生192名に対して行い、学習者の自発性と関連のある感情を明らかにした。アンケートの一部を図1に示す。アンケートで

- 1 プログラミングの実習の受講経験について教えてください。

1.1 あなたは、今までにプログラミングの実習を受けたことがありますか？

(ア) ある (イ) ない

1.2 1.1で(ア)あると答えた人にお聞きします。実習が終わってから自発的にプログラミングをしましたか？

(1) した (2) しなかった

2 以下では、プログラミングの実習の様々な状況において抱くと考えられる感情を列挙しています。あなたが同じ状況において抱く感情に一番近いものを選んで下さい。

[状況1] プログラミングの講義で新しい概念を学んだとき。

(a) 感心した (b) もっと知りたい

(c) 修得したい (d) 学ぶ意味がわからない

(e) 実際どのように使えるのかな

(f) 特に何も思わない (g) 難しい

(h) 嬉しい

図1 学習者の自発性と実習中に抱く感情を調べるためのアンケート

は、感情と自発性の関連がより顕著に表れるように各状況で学習者がもっとも強く抱いた感情を1つだけ回答してもらった。

アンケート結果の利用に承諾してくれた学生138名のうち、有効回答数は117であった。その調査結果をフィッシャーの直接確率検定により分析し、有効水準0.05のとき自発性と関連のある9つの感情が明らかになった。9つの感情が自発性の有無のどちらに関連するのか調べた結果を表1に示す。自発性が有ることに関連する感情とは「その感情を抱く学習者は自発的学習を行う傾向がある」ことを意味する感情である。例えば、新しい概念を学んだとき(状況1)、「もっと知りたい」という感情を抱いた学習者は自発的にプログラミング学習を行っている傾向にあることがわかった。

2.2. 関連研究

自発性の高さ、すなわち学習者が自発的な学習に取り組む可能性は、教授者が学習者に対して行う動機付けの過程の種類や質に依存するものと考えられている。これまで動機付けの効果は、学習者のふるまいや感情に関するアンケート調査、あるいは授業に対する学習者の習熟度や出席率の分析によって評価されてきた(例えば、[1][5])。

感情と習熟度および感情と動機付けの関連について調査した研究は、従来教育心理学の分野で盛んに行われてきた(例えば、[6][7])。しかし、特にプログラミング実習という学習者の自発的学習が実習内容の習得の成否に大きくかわるような学習形態における学習者の感情と自発性の関連についての報告はされていない。著者らは、実習中に学習者が実習の内容に対し

¹ 本研究で扱う感情とは、実習やプログラミングに関する感想も含む、感じたこと全てを指す。

て抱いた感情が学習者の自発的学習に大きく影響を与えるものと仮説を立て、2.1 で述べたアンケート調査を実施し、学習者の自発性の有無と特定の感情との相関を明らかにした[2]。

3. 成績と自発性の有無との関連

本章では、学習者の自発的学習の結果を示すものとして成績に着目し、成績と自発性との関連を調べる。

3.1. 自発性のアンケート調査

学習者の自発性の有無を調べるため、2.1 で述べたアンケート調査(図1)の結果を用いる。ここでは、「実習が終わってから自発的にプログラミングをしましたか?」という質問の回答のみを用いる。その質問に対して、「した」と回答した学習者を「自発性有り」とし、「しなかった」と回答した学習者を「自発性無し」として集計した。アンケートを集計した結果、有効回答数 117 のうち「自発性有り」は 45 名、「自発性無し」は 72 名であった。実習後の自発性の有無(自発的なプログラミング経験有無)のアンケート集計結果を図2に示す。この結果から、過半数の学習者は実習後、自発的にプログラミングを行わないことがわかった。

3.2. 成績と自発性の有無の関連分析

次に、成績と自発性の有無との関連を調べるため、まず、学習者の成績から「成績上位 25%」グループと「成績下位 25%」グループに分類した。成績は、レポートの点数とテストの点数をもとにつけられたものである。無回答を除く有効回答数分全体の成績ごとの人数分布を図3に示す。成績の平均点は 86.99 点(標準偏差: 9.59)であった。117 名の学習者を成績の高い順に並べ、「成績上位 25%」グループと「成績下位 25%」グループに分類した。「成績上位 25%」グループは 95 点以上、100 点以下の 26 名の学習者から成り、「成績下位 25%」グループは 39 点以上、80 点以下の 29 名の学習者から成る。

そして、独立性の検定としてフィッシャーの直接確率検定を行い、成績の高さと自発性の有無に関連があ

表 1 感情と自発性の関連の検定結果 ($P < 0.05$)

状況	感情	P値
1	難しい**	0.0020
	もっと知りたい*	0.0267
2	難しそう**	0.0038
	おもしろそう*	0.0102
	高い評価を目指す*	0.0292
3	友達に相談しよう**	0.0444
4	改良しよう*	0.0187
5	コードが見たい*	0.0350
6	もっとしたい*	0.0152

* 自発性があることに関連する感情

** 自発性が無いことに関連する感情

るかを調べた。独立性の検定は「2つの属性間の独立性(あるいは関連性)の評価と検定をする」ことを目的としている[3]。検定のため、「成績上位 25%」グループ(26名)と「成績下位 25%」グループ(29名)、「自発性有り」グループ(45名)と「自発性無し」グループ(72名)ごとに学習者の人数の 2×2 分割表を作成した。その分割表を表2に示す。これらの関連について検定した結果、 P 値=0.054 となり有意水準 0.10 のとき関連があることが言えた。そして、「自発性有り」における「成績上位 25%」と「成績下位 25%」の人数を比較すると、成績が高い学習者は自発性がある割合が高い。すなわち、プログラミングを自発的に学習する可能性(自発性)が高い。また、「自発性無し」における「成績上位 25%」と「成績下位 25%」の人数を比較すると、成績が低い学習者は自発性が低いことがわかった。

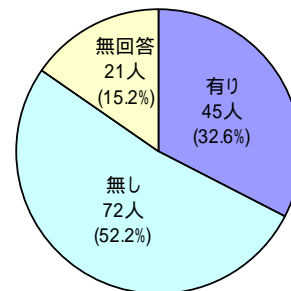


図 2 自発性の有無についての集計結果

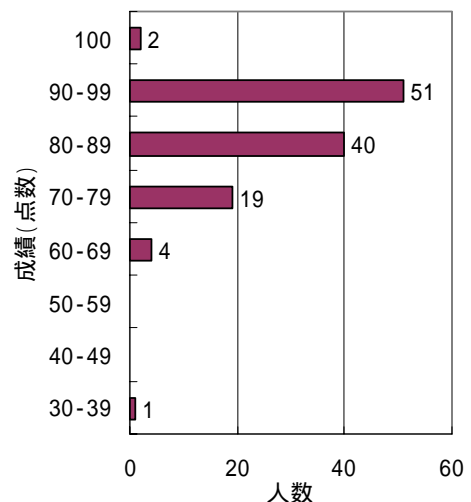


図 3 成績(点数)ごとの人数分布

表 2 成績と自発性の分割表

	自発性有り	自発性無し
成績上位 25%	12人	14人
成績下位 25%	7人	22人

4. 学習者が抱いた感情の強さと成績の相関

本章では、学習者が実習時に抱いた感情の強さと成績の間に相関関係があるか調べる。3章から、成績の高さと自発性の高さには関連があることがわかっている。学習者が実習時に抱いた感情の強さと成績の間に相関関係があれば、感情の強さを調べることによって自発性の有無を測定できる可能性がある。

4.1. 感情の強さのアンケート調査と成績の集計

実習時に学習者が抱く感情の強さを調べるため、芸術を専攻する大学生 15 名が受講するプログラミング実習において、テストとアンケート調査を実施した。実習は全 4 回行い、4 回目の実習時間の最後にテストを行い、そのテストの点数を成績の点数とした。その後、学習者が抱く感情の強さを調べるためにアンケート調査を行った。

実習は教員免許取得の必修単位である情報処理演習の一環として行われた。学習者全員にプログラミング経験がなく、コンピュータの操作にも不慣れであった。そのため、実習の目的はプログラミングの習得ではなく、プログラムとはどのようなものであるかを理解することを主としている。その目的を達成するため、汎用言語である Java が選択され、また、初心者でも取り組みやすいように見て理解できる GUI プログラミングが実習のテーマとして実施された。プログラミングの習得が目的ではないため、実習中に使用するプログラムは全て教授者が与え、主に数値を変更することで動作が変わることを確認させた。そして、四角形や楕円など図形を描く命令を教え、それらの命令を組み合わせで独自の図形を描かせた。

実習の最後の時間に実施したテストは、20 問の穴埋め選択問題である。成績は各問 1 点で 20 点満点とした。テストの一部を図 4 に示す。また、実習終了時（テスト実施後）に行ったアンケートでは、9 つの各感情を抱いた強さを 4 段階評定尺度法で回答してもらった。選択肢は「1. 全く感じなかった」 - 「4. とても感じた」とし、択一選択とした。調査に用いたアンケートの一部を図 5 に示す。

テスト結果の人数分布を図 6 に示す。最高点は満点である 20 点で、最低点は 9 点である（標準偏差: 3.68）。また、平均点は 13.27 点である。また、各感情を学習者が抱いた強さを調べたアンケートの集計結果の一例として、状況 1（新しい概念を学ぶ）において、学習者が「難しい」という感情を抱いた強さを図 7 に示す。この結果から、本実習において状況 1 のとき、学習者のほとんどは「難しい」という感情をととても強く抱いていたことがわかった。

4.2. 感情の強さと成績の高さの相関分析

各感情を抱いた強さと成績の高さの相関を調べる

Java とはオブジェクト指向のプログラム言語であり、
 (1) 言語でもある。プログラムとは、図形の描画や計算など、
 コンピュータへの (2) の集合である。

また、コンパイルという作業は人が理解できる形式である (3) からコンピュータが理解できる形式である (4) に (5) することである。

- (a) 翻訳
- (b) バイナリ
- (c) 作業命令
- (d) コンパイル
- (e) ソースコード

図 4 テスト問題

本日の実習で以下の[状況1]~[状況6]において、あなたがどのように感じたのか教えてください。それぞれのプログラミングに関する感情 ~ について、該当する数値をで囲んでください。

[状況1] 新しい概念を学んだとき。

	全く感じなかった		とても感じた	
もっと知りたい	1	2	3	4
難しい	1	2	3	4

図 5 感情を抱いた強さを調べるためのアンケート

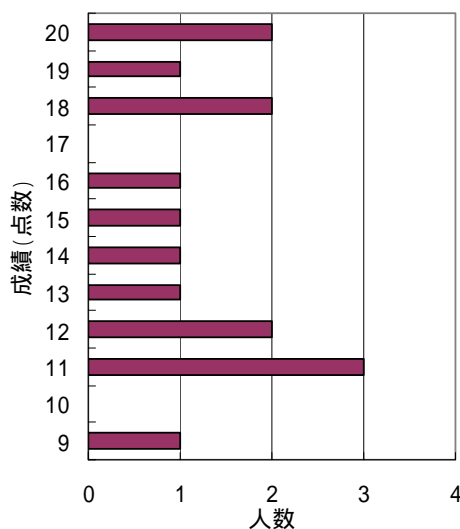


図 6 成績(点数)ごとの人数分布

ため、感情と成績の 2 要素に対するピアソンの積率相関係数を算出した。さらに、算出した相関係数の有意性を検定するために無相関検定を行った。各感情と成績の相関係数と、無相関検定による P 値の算出結果を表 3 に示す。

今回のアンケートでは各感情を抱いた強さは、相関係数が高いほどその感情を強く感じたことを意味する。そのため、正の相関が強いとき、その感情を強く抱くほど成績が高いことが言える。それに対して、負

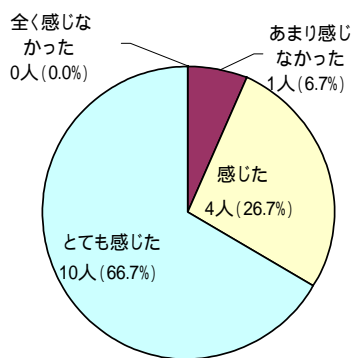


図 7 状況(1) (新しい概念を学ぶ)のとき「難しい」という感情を抱いた強さの集計結果

表 3 各感情と成績の相関係数および無相関検定の結果

状況	感情	相関係数	P値
(1)	難しい**	-0.473	0.075
	もっと知りたい*	0.250	0.368
(2)	難しそう**	-0.563	0.029
	おもしろそう*	0.251	0.367
	高い評価を目指す*	-0.061	0.828
(3)	友達に相談しよう**	-0.298	0.280
(4)	改良しよう*	0.456	0.087
(5)	コードが見たい*	0.440	0.101
(6)	もっとしたい*	0.209	0.455

* 自発性があることに関連する感情
** 自発性がないことに関連する感情

の相関が強いとき、その感情を強く抱くほど成績が低いことが言える。算出した相関係数から、自発性が高いことに関連する6つの感情のうち、5つの感情と成績の相関は正となった。また、自発性が低いことに関連する3つの感情と成績は、全て相関係数が負となった。つまり、相関係数の正負に関しては、状況2(演習問題を与えられる)において学習者が抱く「高い評価を目指す」という感情以外は、これまでの研究結果と同様の傾向が言える値となった。

相関係数の絶対値が0.4以上であるとき、感情を抱いた強さと成績にかなりの相関関係があると解釈できる[4]。相関係数の絶対値が0.4以上となった感情は「難しい」、「難しそう」、「改良しよう」、「コードが見たい」の4つである。また、これまでの研究結果と異なる傾向がでた「高い評価を目指す」という感情は、相関係数が0.2未満でほとんど相関関係がないと解釈できる。

有意水準0.05のとき、状況2において学習者が抱く「難しそう」という感情と成績に相関関係があることがわかった。また、有意水準0.10のとき相関関係があ

るのは、「難しそう」に加え、「難しい」、「改良しよう」の3つの感情である。また、相関係数の絶対値が0.4以上でP値が0.10よりも大きい感情「コードが見たい」と成績のP値は0.101であった。

5. 考察

5.1. クラス単位の自発性を把握する必要性

3章、4章では学習者の自発性を個人単位で把握するために分析してきた。しかし、実習は多くの場合集団学習であり、演習中の指導方法を学習者によって変えることは可能だが、学習者一人一人の自発性に適した実習内容を行うことは難しい。そこで、教授者は個人単位の自発性だけでなく、実習クラス単位で自発性を把握する必要がある。

ここでは、学習者個々人の自発性から実習クラス単位の自発性を導出する方法を検討する。実習クラス単位の自発性の高さを把握できれば、教授者は実習の難易度や進み具合を効果的に調整し、実習クラスの低い自発性を高めることが可能になると考えられる。

5.2. 感情の強さによる自発性の測定の検討

3章で示した成績と自発性の有無との関連と4章で示した学習者が抱いた感情の強さと成績との相関より、感情の強さから自発性の高さを測定可能かどうかについて考察する。まず、3.1節の学習者の自発性の有無のアンケート調査結果から実習クラスの自発性を計算した。次に、4章の学習者が抱いた感情の強さと感情と成績の相関係数から実習クラスの自発性を計算し、比較した。

3.1節の学習者の自発性の有無のアンケート調査結果をもとに実習クラスの自発性を計算した。アンケート調査の結果、「自発性有り」は45名、「自発性無し」は72名であった。「自発性有り」は100%の確率で自発的学習をする、また、「自発性無し」は0%の確率で自発的学習をすると考えられる。そして、この実習クラスの自発性は約38%（「自発性有り」の人数 / 実習クラスの人数 = $45 / (45 + 72) = 0.3846$ ）となった。

次に、4章の学習者が抱いた感情の強さと感情と成績の相関係数から実習クラスの自発性を計算した。計算に用いた式を式(1)に示す。まず、表3において成績との相関係数の絶対値が0.4を超える4つの感情（難しい、難しそう、改良しよう、コードが見たい）ごとに感情の強さの合計を計算した。感情の強さは図5のアンケートにおいて、「とても感じた」を3、「感じた」を2、「あまり感じなかった」を1、「感じなかった」を0として計算した。そして感情ごとに自発性への影響が異なるため、各感情の強さと成績の相関係数を各感情の重み付けとして計算した(表4)。その結果、この実習クラスの自発性0.3923が求められた。

それぞれの実習クラスにおける自発性を比較した

表 4 感情ごとの感情の強さの合計と重み付け

感情	感情の強さの合計値(k_n)	感情の重み付け(w_m)	$k_n \times w_m$
難しい	39	0.473	18.4
難しそう	49	0.563	22.5
改良しよう	29	0.456	13.2
コードが見たい	30	0.440	13.2

$$\frac{\sum_{j=0}^l \left(\sum_{i=0}^n k_i \times w_j \right)}{\sum_{j=0}^{l+m} \left(\sum_{i=0}^n k_i \times w_j \right)} \quad (1)$$

l : 自発性があることに関連する感情
 m : 自発性がないことに関連する感情
 n : 人数
 k : 感情の強さ
 w_m : 各感情の重み

ところ、自発性は非常に近く、感情の強さから自発性を測定することが可能となることを示唆している。自発性は、これまでは実習後でなければ把握することはできなかったが、感情の強さから自発性を導くことができれば、実習中においても感情の強さを測定するだけでその時点の自発性を把握することができる。これによって教授者は実習におけるどのような実習内容が学習者の自発性に影響を与えるのか把握できるとともに、実習内容を効果的に調整し、実習クラスの低い自発性を高めることが可能になると考えられる。

5.3. 自発性の測定の限界

5.2 より、4つの感情を抱いた強さから感情の強さから自発的に学習する可能性の高さを測定可能であると考えられる。しかし、3章で行った成績と自発性の関連調査(以下、調査)と4章で行った感情を抱いた強さと成績の相関を調べた実験(以下、実験)では、被験者の専門の違いから以下の3つの差異がある。

1. 学習者の事前知識
2. 学習者の動機付け
3. 実習内容の専門性

調査の学習者は情報を専攻する学部生であるのに対して、実験の学習者は情報以外の学部生である。そのため、調査の学習者はプログラミングがどのようなものか理解しているのに対し、実験ではプログラミングという言葉さえ初めて聞く学習者も多かった。さらに、コンピュータの操作に関する知識量についても違いがある。また、プログラミングの基本的な概念を習得しなければ卒業に必須な講義の単位が取れない学習者と、他の講義ではプログラミングの概念を使わないためこの実習さ

え修了すれば良い学習者では、動機付けの強さが異なる。さらに、調査と実験では実習の専門性も異なる。例えば、調査の被験者はプログラムを1から作成することを求めるのに対し、実験の被験者は与えられたサンプルプログラムを実装・改良すれば良い。

今後は、同じ専攻の学部生に対して同じ内容の実習を行い、感情と自発性の関連についてさらに調査を進める予定である。そして、検討した感情による自発性の測定がそのような場合にも可能であるかどうかを検討していく予定である。また実習クラス単位の自発性の計算方法についても検討していく。

6. まとめ

我々はこれまでの研究で、自発性と関連のある学習者が実習中に抱く9の感情を明らかにした。本研究では、それらの感情を抱いた強さから自発性が測定できるのか検討した。そのため、成績が高いことと自発性が高いことの関連を調査し、学習者が各感情を抱く強さと成績の相関関係を実験で調べた。

調査の結果、成績の高さと自発性の高さに関連があることがわかった。また実験の結果、「難しそう」など3つの感情に関して、学習者がその感情を抱く強さと成績に相関があることが言えた。このことから、感情を抱く強さを調べることで、学習者の自発性有りの可能性を測定できることが考えられる。しかし、考察で述べたようにこの2つの調査と実験では対象に違いがある。そのため、今後、調査および実験の被験者の対象の違いを考慮し、情報の学習者とそれ以外の学習者それぞれでこれらの有意性を調べていく必要がある。さらに、「難しい」という感情に着目することで、学習者の自発性を高めることができるか調査していきたい。

文 献

- [1] M. Feldgen and O. Clua, "Game As A Motivation For Freshman Students To Learn Programming," Proc. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conf., Session 51H, pp.11-16, 2004
- [2] 濱田, 玉田, 中道, 武村, M. Barker, "プログラミング実習における自発性測定のための感情と自発性の関連分析," 日本教育情報学会年會論文集 21, 2B4, pp.192-195, Aug.2005
- [3] 池田, 石塚, 今泉, 大塚, 岡太, 芝, 鈴木, 南風原, 増山, 山田, 渡部, 統計ガイドブック, 池田(編), 新曜社, 東京, 1989
- [4] 前野, 三國, 図解でわかる 統計解析, pp.85, 日本実業出版社, 東京, 2000
- [5] 松原, 平木, 長町, "知的教育システムにおける動機づけ機能の有効性評価に関する研究," 教育システム情報学会誌, Vol.13, No.4, pp.235-246, Jan.1997
- [6] R. Pekrun, T. Goetz, and W. Titz, "Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research," Educational Psychology, 37(2), pp.91-105, 2002
- [7] Turner, J. C., Thorpe, P.K., and Meyer, D.K., "Students' reports of motivation and negative affect: A Theoretical and empirical analysis," Journal of Educational Psychology, 90, pp.758-771, 1998