

学生の学習意欲を維持・発展させることを目指した プログラミング実験の実施報告

大西 淳* 高山 直紀**

A Programming Experiment Aimed at Growing Students' Eagerness to Study

Atsushi ONISHI and Naoki TAKAYAMA

The importance of computer software is continuously increasing in the global marketplace. However, many people are not satisfied with the computer programming education provided by Institutes of Technology and Colleges. Therefore many teachers are trying to improve programming education, and the teaching staff of the Department of Computer and Information Engineering at Tsuyama National College of Technology is no exception. This article reports the results of a new programming experiment introduced into the curriculum of the 2nd year-class. The experiment challenges students to create easy programs, such as the construction of a small game program. We expected that the students would gain motivation to study programming through their attainments with these programming challenges. The results of questionnaires proved our success, with the presupposition that experimental attainments are related to eagerness to study. Our next attempt is to show this presupposition is true.

Key Words: Programming, Experiment, Eagerness

1. 緒 言

家電品など、我々の日常生活を支える工業製品の多くは、それに組み込まれたコンピュータにより動作が制御されている。また、金融機関の ATM サービスなど、日常生活で我々がよく利用するサービスの中にも、コンピュータを中心とするシステムで運用されているものが多く存在する。そのため、製品やシステムを実現することにより便利で豊かな生活を提供しようとする人材の養成機関である工業系大学や高専では、プログラミング技術が重要な教育項目の一つとなっている。

しかし、現状では、多くの工業系大学や高専において、プログラミング教育が世の中の期待に応えられているとはいえない。情報処理推進機構が平成 24 年に公表した資料¹⁾では、製品出荷後に判明した不具合の最多数の原因として、ソフトウェアの不具

合が指摘されている。

このような状況のため、各教育機関では、プログラミング教育の改善に向けて試みが重ねられている²⁾⁻⁷⁾。これは、津山高専情報工学科においても同様である。本稿では、カリキュラム改訂を機に平成 22 年度から津山高専情報工学科第 2 学年の工学実験に導入したプログラミング実験について報告する。この実験の内容を考案するにあたり、著者らは、実験を通して学生にまず成功体験を得させ、そこから達成感やプログラミングのおもしろさを感じさせることができれば、それが入学時に持っていたプログラミングに対する学習意欲の維持や新たな学習意欲の喚起につながる、という仮説を置いた。学生が学習意欲を持って臨めば、その後に受けるプログラミング教育の効果が高くなると考えられるからである。そこで、著者らは、この仮説のもと、プログラミングに関して学生が成功体験を得て、そこから達成感やおもしろさを実感できる、という要件を満足するように実験の内容を考案し、実際に実験を実施した。

本稿では、まず、考案した実験内容を提示する。そして、その後、この実験が上述の要件を満たしていることを確認するために実施したアンケートの結

原稿受付 平成 24 年 8 月 31 日

* 情報工学科

** 研究生

果について考察する。

2. プログラミング実験の内容

本稿で報告の対象とするのは、津山高専情報工学科第2学年を対象に実施したプログラミング実験である。このプログラミング実験は、工学実験（必修科目）の前期課題の一部として、平成22年度からカリキュラム改訂にあわせて新たに導入された。導入した主な目的は、第1学年配当の科目「プログラミング I」の内容を学生に復習させることである。他の目的として、ソースプログラムをエディタを使って入力して実行し、結果に問題があればそれを修正する、という一連のプログラミング作業の経験を反復して積ませるということも掲げている。本稿では、実施初年度である平成22年度と翌23年度を対象として報告する。

1世代前のカリキュラムにおける第2学年の工学実験では、前期にプログラミング実験を実施しておらず、後期においてのみプログラミング実験を実施していた。また、この後期プログラミング実験は、さらにもう1世代前のカリキュラムで実施していた実験課題をベースとして引き継ぎ、現行カリキュラムでも実施しているものであり、難易度が比較的高いのではないかと一部の教員からあがっている。このような状況のため、1世代前のカリキュラムでは、第2学年の後期実験に入った段階で、多くの学生は第1学年で学んだプログラミングの基本事項に習熟しておらず、学生の能力と実験課題との間にギャップが生じていた。本稿で対象とする実験は、この問題を解決するために導入した。

実験は、4回分（4週分）の実験課題で構成されており、1回あたり2コマ（100分）分の課題となっている。平成22年度と平成23年度では、難易度を調整した都合で異なっている課題が多少あるが、概ね同じような課題内容である。このうち、前半2回分は、標準入出力、条件分岐、反復など、JavaScriptを使って「プログラミング I」で学習した基本事項を、典型的な課題を解くことで思い出すようになっている。具体的には、整数の大小判定や自然数の総和と計算などを題材に、テキストに示したサンプルプログラムを、簡単な要件に従って改造するという課題を提示している。例えば、大小判定の条件を変更したり条件を増やしたりする、for文による繰り返し回数をキーボードから入力された値に変更する、for文の入れ子構造を応用して指定した図形を「*（アスタリスク）」で書かせる、などといった課題である。

そして、残る後半2回分は、前半で思い出した基本事項を活用して、じゃんけんゲームを作成し、これを改造していく課題となっている。最初に与える

サンプルプログラムは、標準入力で2人分のじゃんけんの手（グー、チョキ、または、パー）を入力すると、入力されたそれぞれの手を文字列として表示するというものである。これに、勝敗判定する機能を加える、1人分の手を乱数を使って決定するようにする、あいこの場合は決着がつくまで繰り返すようにする、1勝制から3勝先勝制（先に3勝したほうを勝ちとする）に変更する、勝率を表示する機能を加える、といった改造を施していく。

著者らは、実験作成の任を担った後、上述した実験内容を考案して課題としてまとめた。その際、復習と作業習熟という前述した実験導入の目的を意識したのは当然であるが、他にもう一つ別の目標を著者らの判断で掲げた。それは、プログラミングに対する学生の学習意欲をできるだけ維持したり、あるいは、新たに喚起したりできるような実験にしようという目標である。1世代前あるいはそれ以前のカリキュラムにおけるプログラミング教育を振り返ったとき、必ずしも、学生にプログラミング能力が身につけているとは言えない、という反省があった。その原因を、教員あるいは学生の立場から考えたとき、一つ思い当たるのが、多くの学生はプログラミングを楽しいものと考えておらず、それを学習しようという意欲が不足している点である。同様の考察は、プログラミング教育を行っている他の教育機関でもなされている⁸⁾。特に、津山高専情報工学科の1世代前のカリキュラムでは、前述したように、基礎学習の後に十分に習熟する機会を与えず、さらに、半年という空白期間において比較的難易度の高いプログラミング課題にとりくませており、このような実験の構成には不合理を感じた。

そこで、著者らは、次の4点に留意して実験課題の考案・作成を行った。これらの留意事項は、総じて、学生にまずプログラミングに関する成功体験を得させ、そこから達成感やおもしろさを感じさせることができれば、それが入学時に持っていたプログラミングに対する学習意欲の維持や新たな学習意欲の喚起につながる、という著者らの仮説に基づいて設定したものである。

- 1) 前半2回分の課題の難易度は極力低くし、できるだけ自力で、時間内に必ず完成できる課題にする。これらの課題を完遂することにより、多くの学生に成功体験を得させて達成感を感じさせ、後半の実験に向けてプログラミングをおもしろいと感じさせる。
- 2) 後半2回分の課題に取り組んだ後には、直感的に実現法を思いつくわけではない、よく見かける常識的な機能を複数持つ、やや規模の大きい身近な題材のプログラム作品を完成できるよう

にする。この成功体験を通して、さらにプログラミングのおもしろさを感じてもらう。

- 3) 特に後半 2 回分の課題を作成するにあたっては、極力、これまでの授業で学習した内容のみで完成できる題材を探す。具体的には、高度なグラフィック機能や再帰など、特殊・高度な機能や技巧を必要とせず、標準入出力、条件分岐、反復など基本的な機能と技法のみで実現できる題材を探す。これは、これまで学習してきた内容は十分に意味があったと自覚させると同時に、実験の難易度を上げないための留意事項である。
- 4) 学生間の能力差を吸収できるよう、必ず取り組まなければならない「必須課題」以外に、能力や時間に余裕があるもののみ取り組めばよい「任意課題」を設ける。特に、能力差が顕著になる後半 2 回分は「任意課題」を活用し、時間切れでどの課題で実験終了となっても、能力に応じて達成感を得られるようにする。

3. アンケート調査

3. 1. アンケートの概要

作成した実験課題を評価するため、導入初年度の平成 22 年度と翌年の平成 23 年度にアンケート調査を行った。アンケートの対象となった平成 22 年度および平成 23 年度の情報工学科第 2 学年の工学実験履修者数は、それぞれ、43 人および 40 人である。ただし、この中には、欠課その他の理由により、設問ごとに未回収や無回答だった学生が含まれる。

アンケートの主な目的は、2 章で述べた学習意欲に関する著者らの留意に対して学生がどのように反応したかを確認することである。この目的に添う質問項目として、次の 3 つに大別される内容を設定した。ただし、平成 22 年度と平成 23 年度のアンケートでは、実験課題が一部変更になったり、アンケート実施方法を見直したりしたため、質問の数や具体的な質問文は完全には一致しない。

- 1) 難易度や所要時間に関する質問（選択回答）
- 2) 成功体験や達成感に関する質問（選択回答）
- 3) 能力差の吸収に関する質問（選択回答、自由記述）

3. 2. 難易度などに関するアンケート結果

難易度および所要時間に関するアンケート回答の集計結果を、百分率を使って表 1 から表 3 に示す。なお、前述したように、質問ごとに回答総数が異なるが、集計の都合上、いずれの質問でも、分母は工学実験の履修者数（平成 22 年度は 43、平成 23 年度は 40）としている（以下、別の集計結果でも同様）。

表 1 難易度に関するアンケート結果（4 週分全体）

問い：難易度はどれくらいでしたか？（択一回答）				
	平成 22 年度		平成 23 年度	
	前半	後半	前半	後半
簡単すぎる	7.0%	0.0%	7.5%	2.5%
ちょうどよい	65.1%	34.9%	62.5%	62.5%
難しすぎる	14.0%	51.2%	20.0%	27.5%

表 2 難易度に関するアンケート結果（各週）

問い：難易度はどれくらいでしたか？（択一回答）				
	平成 22 年度			
	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目
簡単すぎる	2.3%	4.7%	0.0%	
ちょうどよい	37.2%	27.9%	23.3%	
難しすぎる	14.0%	11.6%	25.6%	
	平成 23 年度			
	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目
簡単すぎる	7.5%	2.5%	7.5%	2.5%
ちょうどよい	60.0%	62.5%	62.5%	60.0%
難しすぎる	22.5%	27.5%	22.5%	25.0%

表 3 所要時間に関するアンケート結果

問い：時間が足りなかった週がありますか？（重複回答）		
	平成 22 年度	平成 23 年度
1 週目	11.6%	35.0%
2 週目	27.9%	27.5%
3 週目	51.2%	17.5%
4 週目	44.2%	22.5%

また、前述したアンケート実施方法の違いなどの事情により、表 2 の平成 22 年度分の結果について、1 週目から 3 週目の回収率が他の結果に比べて悪くなっていること（約 50%）と、時間の都合で 4 週目のアンケートが実施されなかったことに注意を要する。

全 4 週分の実験を終えた後に全体的な難易度を問うた結果を示す表 1 と、4 週目を除いて各週の終わりにその週の難易度を問うた結果を示す表 2 を見ると、前半課題の結果は両年度であまり変化がないが、後半課題の結果は大きく変化していることがうかがえる。これには、平成 22 年度のアンケート結果を反省し、平成 23 年度後半課題を変更したことが影響していると考えられる。具体的には、平成 22 年度の 4 週目の課題（2 次元配列を応用した迷路ゲームの作成）を削除し、平成 23 年度は、平成 22 年度の 3 週目の課題（じゃんけんゲームの作成）にいくつか新たな課題を追加して、3 週と 4 週の 2 週にわたって実施するよう変更した。

このような課題変更の結果、平成 23 年度は、前半後半とも、「ちょうどよい」の回答が 60%以上を占

めて最多数となり、また、「簡単すぎる」の回答が10%未満と最少数となり、平成22年度前半と同じような傾向となった。「難しすぎる」の回答が30%弱を占める状況の善し悪しについては、断定的な判断は難しい。現時点で著者らは、次の理由により、この「難しすぎる」の回答状況には問題がないと判断している。

- ・「難しすぎる」の回答数は、クラスで6人～11人である。プログラミング実験は、クラスを3グループに分けて、グループごとに時期をずらして実施するため、同じグループ内で「難しすぎる」と回答した学生は、2人～4人程度と考えられる。また、著者らが実際に実験を担当して学生に対応した状況を顧みると、実験中に質問は多数寄せられたが、質問の多くは、if文やfor文の構文など、第1学年で学習済みの内容を思い出すためのもの¹であった。この程度の人数と質問内容であれば、教職員は十分に対応できている。プログラミング以外の課題の実験担当の経験と比べても、学生の実験態度などに問題はない。
- ・提出された実験レポートを確認しても、到達度や取り組みについて、他の実験との差異は認められない。

以上のことから、変更後の平成23年度の実験課題の難易度について、著者らは問題ないと判断している。

また、表3に示す所要時間に関するアンケート結果についても、実際に実験を担当した経験や提出された実験レポートを考慮に入れて、著者らは大きな問題はないと判断している。前述した後半課題の変更が、この結果にもよい方向で反映されている。

他に表3から読み取れることとして、1週目の回答数が平成23年度に増加していることがあげられる。その原因としては、平成23年度の1週目にあった標準入出力の復習課題に、新たに変数の型変換に関する課題を追加したことが考えられる。この課題追加に関して、表1の前半と、前述した回収率の違いに注意しながら表2の1週目の難易度に関するアンケート結果を参照すると、両年度の間で著しい変化は見られず、平成23年度は課題を追加したことにより単に時間不足に陥っただけと考えられる。この時間不足も、実験運用の工夫（実験時間の多少の延長や2週目への繰り越しなど）で十分カバーできている。

まとめると、断定的な判断が難しいところはあるが、アンケート結果と実際の実験の状況とを考え合わせて、平成23年度の実験課題に難易度と所要時間に関する問題はない、と著者らは判断している。

3. 3. 成功体験などに関するアンケート結果

次に、成功体験や達成感に関するアンケート回答の集計結果を、表4、表5、および、表6に示す。なお、表5と表6は、ともにおもしろかった課題を問う質問の結果であるが、平成22年度と平成23年度

表4 達成感や満足感に関する質問の結果

問い：今回の実験で、達成感や満足感を得られたと感じたことはありますか？（重複回答）		
	平成22年度	平成23年度
いろいろなプログラムを動かすことができたとき	53.5%	55.0%
任意課題を解くことができたとき	4.7%	27.5%
今まで知らなかった知識が得られたとき	32.6%	37.5%
プログラムにランダムな動きをもたせることができたとき	18.6%	15.0%
勝率などゲームの要素を実装することができたとき	25.6%	17.5%
上記以外	4.7%	2.5%
（どの選択肢にも印がない回答）	11.6%	10.0%

表5 おもしろかった課題を質問した結果（平成22年度）

問い：おもしろかった課題はどれですか？（重複回答）	
1週目：値の出力	9.3%
2週目：while文の条件を変更	4.7%
2週目：2次元配列	9.3%
3週目：じゃんけんの手を乱数で決めるよう改造	48.8%
3週目：3回勝つまでじゃんけんを続けるよう改造	25.6%
3週目：-1が入力されるとじゃんけんをやめるよう改造	18.6%
4週目：キーボード入力で迷路を移動	20.9%
（どの課題にも印がない回答）	2.3%

表6 おもしろかった課題を質問した結果（平成23年度）

問い：おもしろかった課題はどれですか？（重複回答）	
1週目：変数の型変換	7.5%
2週目：while文の条件を変更	10.0%
2週目：2重ループで四角を表示	17.5%
2週目：2次元配列	7.5%
3週目：じゃんけんの手を乱数で決めるよう改造	45.0%
4週目：3回勝つまでじゃんけんを続けるよう改造	37.5%
4週目：-1が入力されるとじゃんけんをやめるよう改造	27.5%
4週目：勝率表示などじゃんけんをさらに改造	25.0%
（どの課題にも印がない回答）	10%

¹ 実験でJavaScriptの実行環境として利用しているWebブラウザで、エラーメッセージを表示させる方法を知らない学生が多い。

では課題が一部異なっているため、表を分けている。また、紙幅の関係で、この質問の選択肢は主要な課題のみとし、全課題はあげなかった。

表 4 は、実験を通して達成感や満足感を得られた経験があれば、その状況と一致する選択肢に印をつけてもらった結果を示している。全く印をつけなかった学生、すなわち、4 週の実験を通して全く達成感や満足感を得られなかった学生が、残念ながら約 10% 存在したことがわかる。その一方で、「いろいろなプログラムを動かすことができたとき」という選択肢に印をつけた学生と、印をつけなかった学生の割合を比較すると、印をつけた学生が過半数であり、プログラムを動かすことで達成感や満足感を得られなかった学生より多いことがわかる。この結果に基づいて、著者らが配慮事項として想定した、課題を完遂させることが学生の達成感につながる、という考えは間違いではなかったと考えている。

また、このように過半数の学生が、いろいろなプログラムを動かすことができたときに達成感を感じたと回答したという結果は、学生にとって解決可能な難易度の課題が、学生が達成感を感じるのに十分な数だけ今回の実験に含まれていたことを示しているとも考えられる。この結果は、表 1 と表 2 に加えて、今回の実験課題の難易度が妥当であることを補強する事実であると考えられる。

続いて、表 5 および表 6 を見ると、いずれも後半、すなわち、3 週目と 4 週目の課題の数値が高くなっており、やや規模の大きいプログラム作品を完成させることでプログラミングのおもしろさを感じてもらおう、という著者らの狙いは、概ね達成できていると判断している。実験を実施する前は、実験の難易度が高すぎて意欲を失う学生が出るのではないかと心配していた。しかし、この心配は表 1、表 2 および表 4 の結果で解消され、このことが表 5 や表 6 の結果につながっていると考えられる。他の心配として、利用する機能や技巧が低すぎて、後半課題の題材が学生の興味を引きつけるものになっていないのではないか、というものもあった。しかし、この心配も表 5 や表 6 の結果により解消されたと考えている。ただし、さらに高い数値を目指して後半課題を改良する必要性を感じている。

また、表 5 と表 6 では、前半の数値が低くなっている。その原因としては、後半との相対的な判断が入っていることが考えられ、それが原因ならば大きな問題はないと著者らは判断している。他に、表 5 と表 6 において後半の数値が比較的高くなっていることから、前半で興味を失った学生は少ないことも推測される。この点からも、著者らは、前半の数値が低いことについては、あまり心配していない。ただし、後半課題と同様、前半課題についても、さら

に高い数値を目指して改良する必要性を感じている。

以上、本節の考察および 3. 2 節の考察から、学習意欲に関して著者らが留意した事項のうち、1) ～ 3) については、平成 23 年度に実施した実験課題で十分に反映されていると判断している。

3. 4. 能力差の吸収に関するアンケート結果

最後に、能力差の吸収に関するアンケート回答の集計結果を表 7、表 8、表 9、および、表 10 に示す。

表 7 任意課題に取り組んだか否かを質問した結果

問い：任意課題には取り組みましたか？（択一回答）		
	平成 22 年度	平成 23 年度
積極的に取り組んだ	9.3%	25.0%
自分でできそうなものを選んで取り組んだ	7.0%	15.0%
時間が足りないなどの理由で取り組まなかった	55.8%	40.0%
任意課題はやるつもりがなかった	11.6%	12.5%

表 8 任意課題はあったほうがよいか否かを質問した結果

問い：任意課題はあったほうがよいと思いますか？（択一回答）		
	平成 22 年度	平成 23 年度
あったほうがよい	16.3%	32.5%
どちらかというとなあったほうがよい	25.6%	32.5%
どちらかというといらない	34.9%	20.0%
いらない	7.0%	7.5%

表 9 任意課題の必要性を質問した結果

問い：なぜ必要だと思いましたか？（択一回答）		
	平成 22 年度	平成 23 年度
高いレベルを要求されてやる気が出る	2.3%	27.5%
早く解けた人が時間を有効に使える	23.3%	40.0%
解けそうにない問題でも飛ばして先に進める	4.7%	2.5%

表 10 任意課題の不要性を質問した結果

問い：なぜ不要だと思いましたか？（択一回答）		
	平成 22 年度	平成 23 年度
任意であればやりたくない	9.3%	10.0%
できなかったときくやしい	0.0%	2.5%
必須と任意の区別がややこしい	9.3%	5.0%
課題を飛ばして先に進むのがすっきりしない	11.6%	7.5%

なお、表9および表10に関する質問の対象者は、それぞれ、表8の回答で「あったほうがよい」、「どちらかといえばあったほうがよい」と回答した学生および「どちらかといえばいない」、「いない」と回答した学生である（百分率の分母は、他の表と同じく、履修者数）。また、表9と表10のアンケートには「その他」の選択肢も挙げていたが、省略してある。

表7の結果から推測されるのは、プログラミング実験に対する意識の差が両年度の間で存在したことで、平成23年度の学生の方が意識が高いと考えられる。この違いは、表8の結果や、表9の「高いレベルを要求されてやる気が出る」の結果に影響していると思われる。他に、これまでに示してきた表1～表6の結果にも影響しているかもしれない。

このような意識の差の影響を考えても、著者らは、表8の結果から、任意課題の存在は学生に受け入れられていると判断している。表8の質問に回答した理由に関するアンケート結果を、表9および表10に示す。これらの表で省略した「その他」を選択したものに対しては、自由記述で理由を問うていた。その結果、あったほうがよいとする理由としては、「いろいろな問題が解けるから」、「やりたい人がいるかもしれないから」、「好奇心旺盛な人がいるから」、「応用問題に挑戦することで実力UPするから」といった回答があった。また、なかったほうがよいとする理由としては、「時間が足りない」、「問題が多すぎる」といった回答があった。これらの自由記述による回答や表8の結果から、直接、任意課題があったほうがよいか否かは判断できない。しかし、自由記述の回答や表9および表10の結果を俯瞰してみれば、アンケートに回答する学生の態度に特に問題は感じられず、まじめにアンケートに取り組んでくれていると判断できる。この前提のもとで考えれば、表8の結果は学生の正直な気持ちを表しているのではないかと考えられる。さらに、表7の結果についても、学生なりに妥当な判断で任意課題に取り組んでくれており、著者らの留意事項4)も、十分に実験課題に反映できているのではないかと考えている。

4. ま と め

本稿では、平成22年度から津山高専情報工学科第2学年の工学実験に導入したプログラミング実験について報告した。課題を考案する際、学生に成功

体験を得させ、そこから達成感やプログラミングのおもしろさを感じさせる実験になるよう、著者らは、課題の難易度や課題解決に必要とする機能の種類などに気を配った。そして、この実験を平成22年度と平成23年度に受講した学生に対してアンケートを実施したところ、学生に達成感やおもしろさを感じさせるという著者らの狙いは実現できているという結果が得られた。

しかし、学生に達成感やおもしろさを感じさせることが、入学時に持っていたプログラミングに対する学習意欲の維持や新たな学習意欲の喚起につながっていく、という論理については、未だ仮説のままである。今後、本稿に掲載できなかった未整理のアンケート結果について考察を加えたり、新たにアンケートを実施したりすること、あるいは、他で行われた研究の成果を調査して活用することにより、この仮説を実証することが、残された課題である。他に、3.4節で述べた、プログラミングに対するクラスごとの意識の違いが、実験後の意識やアンケート結果に及ぼす影響について考えることも、今後の課題の一つに挙げられる。

謝 辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 23501196 の助成を受けて実施している。ここに記して感謝する。

参 考 文 献

- 1) 情報処理推進機構 IT人材育成本部：IT人材白書2011，情報処理推進機構，(2012)87
- 2) 大西建輔ほか2名：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，51,10(2010)1341-1346
- 3) 有村光晴ほか4名：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，51,11(2010)1485-1491
- 4) 増原英彦ほか1名：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，51,12(2010)1627-1632
- 5) 伊藤一成：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，52,1(2011)111-113
- 6) 高田喜朗ほか1名：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，52,2(2011)210-215
- 7) 槇島和紀ほか1名：プログラミング、何をどう教えているか，情報処理，52,3(2011)361-367
- 8) 角田博保：プログラミングはたのしいですか？，情報処理，52,12(2011)1561