

手順的な自動処理による論理的思考力育成の評価結果の検討

吉田典弘^{†1 †2} 篠澤和久^{†2}

手順的な自動処理を用いた情報教育は、論理的思考力を育成するのに有効であることが、情報処理学会の提言などで述べられている。そこで、大学生を対象に JavaScript によるプログラミング教育の授業を行い、この授業を受講することで、論理的思考力が育成されるかを評価した。この評価結果からだけでは、手順的な自動処理によって論理的思考力を育成できたとは言えないが、検討した中で判明したことを報告する。

Examination of the evaluation result of logical thinking training by procedure automatic processing

NOHIRO YOSHIDA^{†1 †2} KAZUHISA SHINOZAWA^{†2}

It is described by the proposal of Information Processing Society of Japan, etc. that the information education using procedure automatic processing is effective in raising logical thinking. Then, it had a class in the programming education by JavaScript for the college student, and taking a lecture on this lesson estimated whether logical thinking would be raised. Although it cannot say that logical thinking power has been raised by procedure automatic processing only from this evaluation result, it reports having become clear in having inquired.

1. はじめに

「手順的な自動処理」とは、情報処理学会の情報処理教育委員会が、2005年（平成17年）10月に「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言2005」の中で公表している。この提言では、(1) 小学校・中学校・高等学校それぞれの発達段階に応じて適切な「手順的な自動処理」の体験を持たせる。(2) 高等学校の教科「情報」に選択科目を追加することで、「手順的な自動処理」に関心を持った生徒が系統的に学べる場を設ける。(3) 大学の一般情報教育において、「手順的な自動処理」についての制作体験をさせる。また各専門において、その専門に関連した情報系科目を選択可能とする（教員養成系においては必修とする）。というように、これからの情報教育において、「手順的な自動処理」を体験させることが重要とされている。

上記の「手動的な自動処理」とは、問題を定式化し、その解決方法をアルゴリズムとしてくみ上げ、何らかの方法（プログラミングだけでなく、スクリプトやマクロの利用なども含む）によって、コンピュータ上で実行し、その結果を検証し、必要ならばもとに戻り再実行するという一連の流れを示している。このような提言に関して、大学での教育実践の先行研究として次の報告がある [1]。

この報告では、大学における一般情報教育、つまり教養教育における情報の中で実践していくことが最も適していると提案している。また、この報告の中では、このような「手順的な自動処理」を通して、論理的思考力を身に付けられることも述べられている。そして、「手順的な自動処理」を、スクリプト言語を利用した教育で行うことが良いと提案している。ここでは、スクリプト言語が script（台本）のように比較的簡単に記述できることから、簡易的なプログラム言語として位置づけされている。また大学において有効なスクリプトとして JavaScript があり、この良い点は、パソコンの環境に依存されずに、テキストエディタと Web ブラウザさえあれば、簡単にプログラミング教育ができる点であるとしている。

2. 論理的思考力育成に関して

2.1 先行研究

プログラミング教育を実践して、論理的思考力育成の解析方法についての先行研究を調査した。その一つとして、「ドリトルによるプログラミングを用いた論理的思考能力の育成」があった [2]。この研究における調査対象は、高等学校の生徒であるが、論理的思考の評価問題を作成し、プログラミング学習の事前事後における論理性の評価を実施した。また、授業アンケートを実施し、プログラミング学習によって、学習者はどのような能力が育成されるかの調査を行っている。ここでの評価問題では、数学を基礎とした内容であった。

^{†1} 相模女子大学

Sagami Woman's University

^{†2} 東北大学大学院情報科学研究科

Tohoku University

また、最近の研究報告として、「アルゴリズム・論理的思考学習の実践と成果分析」[3]がある。この論文の内容は、高等学校の2年生198名に対して、「アルゴリズム」と「Scratch」というツールを使用して、単元「アルゴリズムと論理的思考」ということで、50分授業を6週（6回）行っている。アンケートでは、ツールの楽しさ、難しさ、わかりやすさについて、6件法で質問している。その後、「アルゴリズム」という語について、思い浮かべることを自由記述により得ている。この解析には、テキストマイニング用のソフトウェアである「KH Corder」を使用し、共起ネットワーク図を作成し、初回アンケートと最終アンケートの比較を行っている。アンケートの結果であるが、「アルゴリズム」については、初回アンケートでは、テレビで見た知識や曖昧なイメージを捉えていることが確認できた。一方、最終アンケートでは、「処理手順」「問題解決」「手段」など、アルゴリズムの本質に関わる単語によるクラスターが観察された。単元後の生徒は「アルゴリズム」という語について、語の本質に迫る理解をしたと考えられると述べている。「論理的思考力」についての意識を問うアンケートは、最終アンケートのみに設置したが、その結果は、生徒の多くが「論理的思考力」について、十分な理解が得られなかった可能性を示唆している。「アルゴリズム」と比較して、「論理的思考力」は生徒にとって理解が難しい概念であることが分かったとしている。以上の2件の報告はいずれも、JavaScriptのようなスクリプト言語ではなく、GUIによるプログラミング環境を利用した教育実践の場合によるものである。また、対象が高等学校の生徒であったが、これらの論文以外に、大学生を対象に、スクリプト言語を利用し、受講前と受講後において、論理的思考力が育成されていたかを評価したという論文や報告を調査したが、ほとんどないことが判明した。

2.2 プログラミングにおける論理的思考力とは

ここでは日本以外の先行研究について述べる。M. WINGは論文[4]の中で、「手順的な自動処理」により論理的思考力が育成されると、直接は書いてはいないが、同様な内容を示していることが分かった。また論文中で、Computational thinkingとは、

- (1) 様々な抽象化レベルで考えるもの
- (2) ルーティンワークではなく、考えるという基本スキル、
- (3) 人間の創造性や知性やスマートさをコンピューターで拡張するもの、
- (4) 数学や工学的な考え方を補完するもの
- (5) アイデアやコンセプトであって、ソフトやハードではない
- (6) 万人のものである

ということを定義している。特に、(1)の抽象化と(2)の

考えるという観点からは、JavaScriptを用いたプログラミング教育を行うことで、論理的思考力が育成できるということと同じ方向性を差している。その理由は、論理的思考力というのは、プログラミングをする上では、与えられた問題を抽象化する必要があり、当然であるのだが、この抽象化を行う上では、考えることが必要である。

また、コンピューティングに関してでは、抽象化と自動化と題して述べている。ここでは、コンピューティングの本質は抽象化であるとしており、コンピューターは、私達の抽象的概念を自動化することができるとしている。この自動化は、抽象化を解釈する、ある種類のコンピューターの必要性を意味するとも述べている。このようなことから分かるように、プログラミングによる論理的思考力とは、

1. 問題を抽象化
2. 筋道を立てる
3. 問題を解決する

ということと考えられる。

2.3 本報告の目的

本報告では、対象を相模女子大学メディア情報学科の学生とし、プログラミング教育の実践する言語として、JavaScriptを用いた授業を行い、受講した学生が、受講前と受講後では、論理的思考力を身に付けられたかを数値的に評価するが目的である。

これにより、手順的な自動処理によるプログラミング教育によって、論理的思考力が育成できることを確認したい。そこで、この目的のために、ただ単に、JavaScriptの使い方を教えただけでは、受講後の点数が向上することはないので、論理的思考力が育成できるような授業内容、つまりカリキュラムの構成を次のようにした。

3. JavaScriptによるプログラミングの授業内容

JavaScriptによる授業では、論理的思考を育成させるため、プログラムの構造の基本である、

- (1) 順次処理
- (2) 選択処理
- (3) 繰り返し処理

が正確に理解できるように教育を行った。また、プログラムがどのような順番で動作しているかを、自分で追えるように、1行ごとにソースプログラムが何を行っているかを、毎回の授業でその意味を理解させて行った。なお、シラバ

スについては表1の通りである。なお、授業回数は15回で、1回の授業時間は90分であった。

表1 JavaScriptの授業のシラバス

授業回数	授業内容
第1回	JavaScriptの概要と記述のルール
第2回	イベントハンドラの利用、関数の基本
第3回	変数の利用、変数の演算
第4回	配列、関数の引数
第5回	繰り返し処理、文字の表示
第6回	条件分岐1 if文、if～else文
第7回	条件分岐2 switch文
第8回	breakとContinue、関数の戻り値
第9回	文字入力とエラー処理、オブジェクト
第10回	ウィンドウの操作、スクロールの操作
第11回	文字色、背景色の操作、画像の操作-1
第12回	画像操作-2 サムネイル画像の利用
第13回	日付、時間の操作
第14回	Mathオブジェクト
第15回	一定間隔での処理を繰り返す

4. 論理的思考力の評価方法と結果について

4.1 評価方法

論理的思考力を育成されとするJavaScriptについて、2013年4月から7月の3か月間、学生に上記のシラバスに基づいて教授し、受講前と受講後で論理的思考力が育成されたかを数値で評価した。評価手法は以下のようにした。

1. 論理的思考力が育成されたかを判断するものとして、論理と真偽に関する問題である、国家公務員Ⅲ種および地方公務員初級採用試験（高卒程度）の過去問題を10問解かせ、その点数を受講前、受講後で比較した。問題については付録B.1, B.2を参照（なお、研究会会場では全問題を配布予定）。
2. 上記の問題について、JavaScriptの授業を受講したクラスと、全く受けていない、情報処理概論という講義科目だけを受けたクラスについて、同じ問題を出題し、その結果を比較する。

4.2 評価結果の予測

- ・JavaScriptによる授業を受講したクラスは、論理的思考力が育成されるので、受講前と受講後の点数は、受講後の方が高くなっている。

- ・この授業を受けていないクラスは、論理的思考力を育成していないので、受講前と受講後の点数には、大きな変化は生じない。

4.3 評価結果

評価結果を付録Aに示す。評価人数は、JavaScriptの授業を受講したクラスが37名で、受けていないクラスが39名であった。この結果より以下のことが分かる。

- (1) JavaScriptによる教育を受講した学生は、受講前と受講後の得点の平均は、受講後の方が高くなっている。3.03点から3.65点に上昇している。
- (2) しかし、この教育を受けてないクラスについてにおいても、受講後の得点の平均が高くなっている。しかも、その点数の伸び幅は、JavaScriptの授業を受けたクラスよりも大きい。2.46点から3.36点に上昇している
- (3) 10点満点で、各問題は5択であるので、最低2点は取れるが、両クラスとも平均3点台なので正解率が悪い。
- (4) JavaScriptの授業を受講したクラスでは、7点以上が増えている。そこでこの結果と授業の成績の関係について調べてみた。この5名の学生全員が評価S(最上)であった。

4.4 考察

今回の評価結果だけでは、JavaScriptによる教育を受けた学生の論理的思考力が育成されたとは言えない。また、出題した問題が、プログラミングによる論理思考力の育成を正確に評価できる内容ではなかったようである。

しかし、この評価結果で注目するのは、上記4.3の(4)である。受講後の問題解答で、7点以上の得点を取得している学生の成績が全員、最上の評価となったことである。このことは、JavaScriptのプログラミング教育による何かしらの教育的効果が生まれた可能性があると考ええる。

なお、今回の平均点が、どの結果でも低いので、次回の評価では、学生の対象は今回と同じようにするが、数学的な基礎学力がある別学科の学生にも行ってもらい、その結果も追加して評価する予定である。

また、論理的思考力の育成を評価する問題は、プログラミング教育によって育成される項目を測れるように改良して出題する予定である。

5. おわりに

手順的な自動処理を体験できる JavaScript によるプログラミング教育により、論理的思考力を育成できることを明確に確認する結果を得ることはできなかった。しかし、別の結果として、JavaScript の授業を受講した学生の内、受講後の問題で高得点を挙げた学生の全員は、授業の成績が最も良い結果となっていた。これは何かしらの教育効果が出ていると思われることが予想される。2014 年度の 4 月から、再度、JavaScript を用いたプログラミングの授業を行い、論理的思考力を評価できる問題を準備し、対象となる学生をメディア情報学科だけでなく、数学の基礎力がある別学科の学生にも同じ問題を解かせ、その結果を評価する予定である。

謝辞

本研究を進める上で御助言をいただいた、東北大学大学院情報科学研究科情報リテラシー教育プログラムの代表・窪俊一准教授、副代表・静谷啓樹教授ならびにメンバーである邑本俊亮教授、徳川直人准教授、和田裕一准教授に、謹んで感謝の意を表します。

なお、本研究は、2013 年（平成 25 年）度相模女子大学特定研究費 A により行われた。

参考文献

- 1)河村一樹:一般情報教育におけるプログラミング教育の在り方について、情報処理学会コンピューターと教育研究会研究報告, Vol.2011-CE108 No16,pp.1-8 (2011)
- 2)足利裕人:ドリトルによるプログラミングを用いた論理的思考能力の育成,第 14 回上月情報教育研究助成論文集 pp.217-238 (2008)
- 3) 中園長新:アルゴリズム・論理的思考学習の実践と成果分析, CIEC 研究会論文誌 Vol. 3, pp.1-11(2012)
- 4) JEANNETTE M. WING: Computational thinking and thinking about computing, Phil. Trans. R. Soc. A 366, pp.3717–3725(2008)

付録

付録 A 論理的思考力の評価結果の表

JavaScript の授業を受講したクラス

学生番号	5月点数	7月点数	点数差	点数上昇は○
1	3	2	-1	
2	1	5	4	○
3	1	3	2	○
4	2	2	0	
5	2	1	-1	
6	3	1	-2	
7	4	7	3	○
8	4	4	0	
9	4	7	3	○
10	1	0	-1	
11	4	4	0	
12	4	5	1	○
13	6	1	-5	
14	2	2	0	
15	5	3	-2	
16	1	3	2	○
17	2	5	3	○
18	1	1	0	
19	4	8	4	○
20	3	1	-2	
21	3	4	1	○
22	5	4	-1	
23	2	2	0	
24	3	4	1	○
25	5	3	-2	
26	6	7	1	○
27	0	4	4	○
28	4	6	2	○
29	2	2	0	
30	2	5	3	○
31	4	1	-3	
32	5	5	0	
33	0	2	2	○
34	2	6	4	○
35	6	6	0	
36	2	1	-1	
37	4	8	4	○
平均	3.03	3.65	0.62	17名

授業を受講していないクラス

学生番号	5月点数	7月の点数	点数差	点数上昇は○
1	5	3	-2	
2	2	3	1	○
3	3	1	-2	
4	1	6	5	○
5	3	6	3	○
6	2	6	4	○
7	2	0	-2	
8	2	1	-1	
9	2	2	0	
10	0	3	3	○
11	2	2	0	
12	4	3	-1	
13	4	2	-2	
14	3	4	1	○
15	3	5	2	○
16	3	3	0	
17	2	1	-1	
18	0	1	1	○
19	2	4	2	○
20	4	5	1	○
21	5	6	1	○
22	1	6	5	○
23	3	2	-1	
24	3	4	1	○
25	1	1	0	
26	3	5	2	○
27	4	5	1	○
28	2	2	0	
29	1	7	6	○
30	4	5	1	○
31	1	3	2	○
32	2	2	0	
33	0	3	3	○
34	5	4	-1	
35	3	2	-1	
36	2	3	1	○
37	1	2	1	○
38	1	3	2	○
39	5	5	0	
平均	2.46	3.36	0.90	22名

付録B.1 論理的思考力評価問題 5月実施 一部抜粋

問1 次のア～ウから正しくいえるものは次のうちどれか。
(裁判所事務官Ⅲ2004)

- ア 魚が好きな人は、釣りが好きである。
イ 刺身が好きでない人は、魚が好きでない。
ウ 海が好きな人は、魚が好きである。
1 釣りが好きな人は、海が好きである。
2 海が好きでない人は、釣りが好きでない。
3 釣りが好きでない人は、刺身が好きでない。
4 刺身が好きでない人は、海が好きでない。
5 刺身が好きな人は、釣りが好きである。

問2 あるクラスの生徒について、「運動部に入っている生徒はファミコンをもっている。」と「文化部に入っている生徒は携帯電話をもっている。」の二つが確実にいえるとき、「文化部に入っている生徒はファミコンをもっていない。」ということが確ジにいれるためには、次のうちどれが確実にいえれば良いか。(海上保安大学校など 1999)

- 1 ファミコンをもっていない生徒は文化部に入っている。
2 携帯電話をもっていない生徒は運動部に入っている。
3 携帯電話をもっている生徒は運動部に入っていない。
4 運動部と文化部の両方に入っている生徒はいない。
5 ファミコンと携帯電話の両方をもっている生徒はいない。

問6 あるクラスの生徒に対して、日本史、世界史、古文、生物の各科目について好きかどうかを調べたところ以下のとおりであった。これらのことから確実に言えることはどれか。(入国警備官など 2005)

- ア 世界史が好きな者は、全員、生物が好きである。
イ 古文が好きな者の中には、世界史が好きな者がいる。
ウ 日本史が好きな者は、全員、古文が好きである。

- 1 日本史が好きな者は、全員、生物が好きである。
2 世界史が好きな者は、全員、日本史が好きである。
3 古文及び世界史が好きな者は、全員、生物が好きである。
4 生物及び古文が好きな者は、全員、日本史が好きである。
5 古文が好きでない者は、全員、生物が好きではない。

付録B.2 論理的思考力評価問題 7月実施 一部抜粋

問1 A～Dの推論のうち、論理的に正しいもののみを挙げているのはどれか。【国家一般職・平成24年度】

- A: ラーメンが好きな人は、牛丼が好きである。
ラーメンが好きな人は、ギョウザが好きである。
したがって、牛丼が好きな人は、全員ラーメンが好きであ

る。

B: イスが好きでない人は、ネコが好きでない。

ハムスターが好きでない人は、ネコが好きである。

したがって、イヌが好きでない人は、全員ハムスターが好きである。

C: 野球とサッカーが両方好きな人は、テニスが好きである。
テニスが好きな人は、卓球が好きである。

したがって、野球またはサッカーが好きな人は、全員卓球が好きである。

D: 数学が得意な人は、国語も英語も不得意である。したがって、国語または英語が得意な人は、全員数学が不得意である。

1 A, C

2 A, D

3 B, C

4 B, D

5 C, D

問2 次のアとイの命題から論理的にウが導かれているとき、アに当てはまる命題とし、最も妥当なものはどれか。

【東京消防庁・平成22年度】

ア 「
」

イ 「Aは外国語を話せない」

ウ 「よって、Aは海外旅行が好きではない。」

- 1 外国語を話せる人は、海外旅行が好きである。
2 外国語を話せない人は、海外旅行が好きではない。
3 外国語を話せない人は、海外旅行が好きである
4 海外旅行が好きでない人は、外国語を話せる。
5 海外旅行が好きでない人は、外国語を話せない。

問5 A, B, Cの3人は、それぞれP町かQ町に住んでおり、次のように話した。

A: 「私とBは、同じ町に住んでいる。」

B: 「私もCも、P町に住んでいる。」

C: 「AもBも、私と違う町に住んでいる。」

ところが、このうち一人が、自分以外の2人の名前を取り違えて話していることがわかった。このとき、A, B, Cのそれぞれが住んでいる町の組み合わせとして最も妥当なものはどれか。【国家Ⅲ種・平成21年度】

- | | A | B | C |
|---|----|----|----|
| 1 | P町 | P町 | Q町 |
| 2 | P町 | P町 | Q町 |
| 3 | P町 | P町 | Q町 |
| 4 | P町 | P町 | Q町 |
| 5 | P町 | P町 | Q町 |