

情報科学の観点から評価した教員のアルゴリズム構築能力[†]

川島 芳昭*
宇都宮大学教育学部*

宇都宮大学教育学部教育実践紀要 第4号 別刷

2018年2月28日

情報科学の観点から評価した教員のアルゴリズム構築能力[†]

川島 芳昭*

宇都宮大学教育学部*

本報告は、教員のアルゴリズムを構築する能力の実態を調査し、今後の教員研修のための知見を得ることを目的に調査した結果である。調査の対象は、2017年度の免許状更新講習を受講した48名である。調査内容は、アルゴリズムの3つの基本処理である「順次処理」、「分岐処理」、「反復処理」の手順を記述し、その結果を考案した情報科学の9つの観点から評価した。その結果、順次処理では変数や値と演算の関係や代入式、分岐処理では条件設定の指導の重要性、反復処理では繰り返すための条件設定に関する指導の必要性があることが分かった。

キーワード：アルゴリズム、情報科学、実態調査、プログラミング

1. はじめに

2017年3月に公開された新しい学習指導要領では、プログラミングに関する教育を小学校から実施することが明記された¹⁾。この背景には、情報後進国と言われている危機意識と諸外国の動向がある。文部科学省は、2014年の事業として「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」の報告書を公開している²⁾。この調査により、23ヶ国のプログラミング教育の実態が調査されている。特に、現地訪問調査まで行った英国では、2013年に「National curriculum」の改訂が行われ、その後の実施状況の結果が報告されている。その中で小学校から高等学校までの一貫したコンピュータ教育のために従来の教科「ICT」を教科「Computing」に変更し、コンピュータ・サイエンスの内容を強化した学校教育が行われている実態が示されている。

一方、プログラミング教育を実施するにあたり、指導する教員の問題がある。また、小学校段階でどこまで指導する必要があるかという問題もある。しかし、これらの問題に対する十分な調査がなされていない。

本報告では、教員のアルゴリズムを構築する能力の実態を調査し、今後の教員研修のための知見を得

ることを目的に行った。調査の観点は、アルゴリズムの基本となる「順次処理」、「分岐処理」、「反復処理」の3つの処理に対する考え方を情報科学の観点から評価した。

2. 教員のアルゴリズム構築能力の調査

2.1 調査目的

調査は、教員のアルゴリズム構築能力を調査することを目的に実施した。これにより、学校教育に導入されるプログラミング教育の指導を行う教師の実態の把握と、指導できる教員を養成するための研修への知見を得ることを目指す。

2.2 調査期間と対象

調査期間：2017年8月6日

調査対象：2017年度免許状更新講習を受講した48名の教員（内訳は以下の通り）

幼稚園教員：1名、小学校教員23名、中学校教員7名、高校教員（工業、商業も含む）：16名、特別支援学校教員：1名

2.3 調査概要

調査は、2017年度の免許状更新講習の中で二段階の指導の後に3種類の課題として行った。

第一段階は、Code.org³⁾が運営するHour of Code⁴⁾によってプログラミング（コード）やアルゴリズムに慣れ親しむ段階とした。内容は、初心者向けの学習内容（Grades 2+, Blocks）である「Moana」を選択し、一人一台のコンピュータ環境で受講者自身の進捗で行わせた。選択の理由は、

[†] Yoshiaki KAWASHIMA*: Ability of Teacher to Building Algorithms Evaluated from The Viewpoint of Information Science

* School of Education, Utsunomiya University
(連絡先:kawasima@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

「Blocks」で提供される学習内容がScratchを基本としたビジュアルプログラミング言語を使用するため、初心者でも視覚的に分かりやすいことやアルゴリズムを認識しやすくと考えたためである。この時、指導者は、操作方法に対する指示を与えるのみとし、基本的には受講者に自ら解決させた。

第二段階は、Hour of Codeによって体験的に知ったアルゴリズムの理解の深化を促す段階とした。そのため、受講者は、指導者からの基本的なアルゴリズムの処理手順「順次処理」、「分岐処理」、「反復処理」の流れ図（フローチャート）を用いた解説を聞き、Hour of Codeの課題解決に利用したブロックに照らし合わせながら理解することに努めさせた。この時、反復処理は条件分岐を用いた流れとして指導した。

以上の二段階の指導の後、表1に示す3種類の問題内容をワークシート上に提示し、その流れをそれぞれ記述させた。記述方法は、フローチャートで記述することを推奨したが、記号に慣れていない受講生には文字や絵を使って記述しても良いこととした。記述した内容は、筆者がこれまで検討してきた情報科学の評価基準⁵⁾⁶⁾に従って評価した。しかし、評価に際し、これまでの評価基準では評価が難しい回答があったため、評価基準の改善を行った。

2.4 評価基準の改善

本調査は、アルゴリズムの基本的な流れの指導の後に実施した。特に分岐処理では、条件を設定することにより後続処理が変化することを伝えた。しかし、記述された回答の中には、設定された条件と分岐の判定基準の整合性がとれていないものも見受けられた。例えば、条件設定が「天気」、判定基準が

表1 処理と問題内容

処理	問題内容
順次処理	5+3を計算する手順を書きなさい
分岐処理	天気を確認し、「晴れたらピクニックに行く、晴れていなければテレビを見る」という行動に対する手順を書きなさい
反復処理 (分岐処理含)	「サイコロを6が出るまで振り続ける」という行動に対する手順を書きなさい。

「Yes/No」となっている場合である。これまでの評価基準では、「分岐の条件の考え方」のみを評価してきた。そのため、上記の例では「天気」を条件として認められるかは評価者の主観で判断された回答である。すなわち、分岐処理に必要な条件設定や条件と判定の整合性がとれていない回答に対して、本当に正しく考えられているのかを客観的に判定できていなかったのではないかと考えた。そこで、分岐処理の評価項目に新たに「⑥条件設定の考え方」を加えた。さらに、これまで「分岐の条件の考え方」としていた項目を「⑦分岐の条件や判定結果等の考え方」と改めた。新しい評価基準を表2に示す。表2に示す新たな情報科学の観点からみた新評価基準に従って、本報告では回答を評価することとした。

3. 結果と考察

3.1 順次処理

順次処理の手順を記述する課題は、「5+3を計算する手順を書きなさい」である。正答と判断する手順の例は、「足される値を5」→「足す値を3」→「足される値の5と足す値の3の加算」となる。なお、課題には、計算結果の表示について指示していないため結果の出力に関する記述の有無は評価しないこととした。

回答内容を情報科学の評価基準①～③の項目ごと

表2 情報科学の観点からみた新評価基準

処理内容	評価項目	評価基準
順次処理	①処理手順の方向性	開始位置から終了位置（結果）に向かう方向が正しく考えられているか
	②処理手順の経路	目的達成のための道筋を最後まで考えられているか
	③順次処理の考え方	目的達成に必要な1つ1つの処理の流れが論理的に考えられているか
分岐処理	④分岐の考え方	条件によって後続処理の場合分けがなされることを考えられているか
	⑤後続処理の考え方	後続処理を正しく考えられているか
	⑥条件設定の考え方（新規）	目的に適した条件が考えられているか
反復処理	⑦分岐の条件や判定結果等の考え方 (評価の観点の一部見直し)	分岐の条件を正しく判断し、条件と判定の整合性がとれているか ※条件と判定基準（Yes/No等）、判定結果と後続処理が正しく考えられているか
	⑧開始と終了の関係性	反復処理では開始と終了の関係が考えられているか
	⑨反復条件の考え方	反復処理では条件指定によって繰り返されるのが考えられているか ※記述された処理の流れから必然性のある条件となっているか

に評価した結果を図1に示す。図1に示すように、「①処理手順の方向性」、「②処理手順の経路」の2つの観点の正答率は95.8%と高いことが分かった。しかし、「③順次処理の考え方」の正答率が72.9%と他の観点に比べて低いことが分かった。誤答と判定した回答で最も多かったのが電卓による計算手順のように「5」→「演算子」→「3」と記述されている回答であった。今回の調査では、「Hour of Code」を用いたプログラミング体験は行っているが、変数や演算を用いた内容は含まれていなかった。また、順次処理のアルゴリズムの指導においても演算に必要な変数や値を事前に準備する必要があることを特に強調して指導は行わなかった。そのため、①や②の観点の考え方はできているが論理的に1つ1つの処理の流れを考えられていることが求められる③の観点は誤答と判断した。

以上の事から、将来的にプログラミング教育を指導する教員を育成するためには、基本的な3つの処理手順だけでなく、変数や値と演算の関係や代入式などのプログラミングを行うために必要な基本的なアルゴリズムの指導を強化する必要があると言える。

3.2 分岐処理

分岐処理の手順を記述する課題は、「天気を確認し、「晴れたらピクニックに行く、晴れていなければテレビを見る」という行動に対する手順を書きなさい」である。正答と判断する手順の例は、「天気を確認する」→「条件：晴れ」、判定基準はYes/Noとして「Yes:ピクニックに行く」、「No:テレビを見る」の後続処理とした。順次処理の評価も行えるが、本調査では分岐処理のみの観点から評価した。そのため、条件と判定基準、判定基準による分岐と後続処理の考え方を評価する評価基準④～⑦について調査した。その結果を図2に示す。

図2に示すように、全ての観点で89.6%と高い正答率であることが分かった。分岐処理は、Hour of Codeによるプログラミングによって具体的に体験した後に、アルゴリズムについて指導している。そのため、全体的に理解が高かったと考えられる。

3.3 反復処理

反復処理の手順を記述する課題は、「サイコロを6が出るまで振り続ける」という行動に対する手順を書きなさい」である。正答と判断する手順の例は、「サイコロを振る」→「条件：出た目が6」、判定基

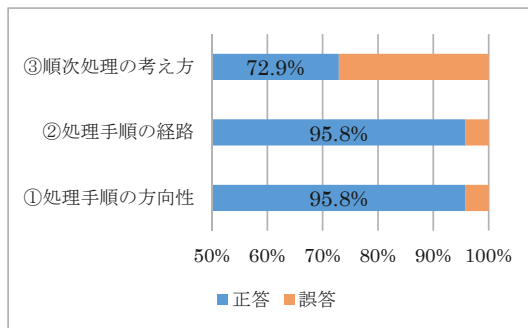


図1 順次処理の正答率

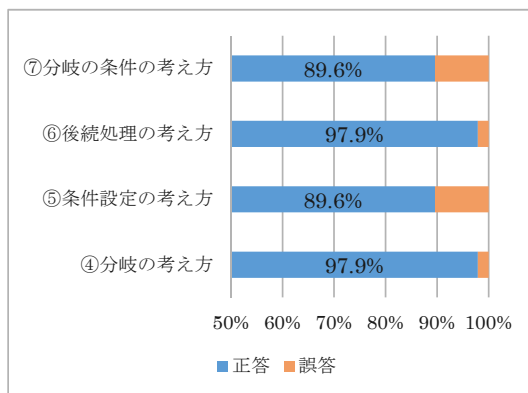


図2 分岐処理の正答率

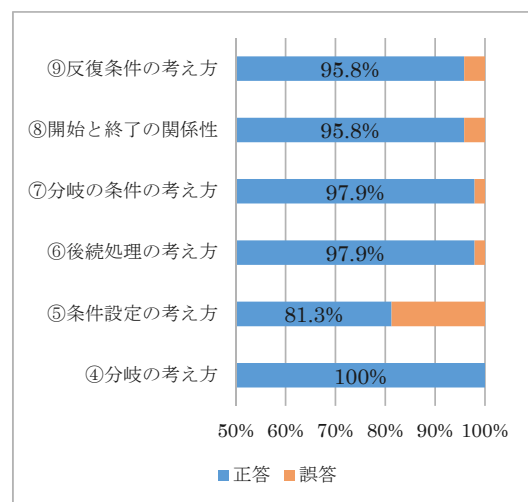


図3 反復処理の正答率

準はYes/Noとして「Yes:終了処理」、「No:サイコロを振るに戻る」流れとした。今回出題した課題の反復処理は、条件によって繰り返す内容である。そのため、評価基準の分岐処理と反復処理の2つの評価基準④～⑨で回答を評価した。その結果を図3に

示す。

図3に示すように、「⑤条件設定の考え方」以外は、全て95.8%と高い正答率であることが分かった。しかし、「⑤条件設定の考え方」の正答率は81.3%と他の観点に比べて低かった。誤答と評価した多くが、条件設定をせずに「サイコロを振る」の後に、6の場合の後続処理、1～5の場合の後続処理（サイコロを振るに戻る）流れとして記述されているものであった。しかし、誤答の受講者のほとんどが分岐処理の課題における条件設定はできていた。以上の結果から考察すると次のことが言える。

1つ目は、分岐処理の課題は分岐することに意識が強く、条件設定を明確にしてから後続処理につなぐことを考えている。一方、反復処理の課題では、処理をどこに戻すかに意識が強く働き、条件設定を含めることが抜けてしまうのではないかと考えられる。また、分岐処理にて判定基準をYes/Noで行えない条件設定をしていた受講者は、反復処理の課題においても上記の間違いをしている。そのため、分岐処理の指導を行うときには、条件設定に重点を置いた指導が必要であり、特にYes/Noの真か偽かで判断できる条件設定の重要性を指導することが必要であると言える。

2つ目は、ビジュアルプログラミング言語による誤解が考えられる。Scratchに代表されるビジュアルプログラミング言語では、反復処理用のブロックが用意され、その間に繰り返す処理を挟み込むように配置することで反復処理を行うことができる。しかし、今回の指導のように反復処理を分岐処理による流れによって指導した場合、挟み込むという考え方との齟齬が発生する。そのため、受講者によっては、条件設定をしなくとも反復処理の流れが成立するものと考えたのではないかと推測できる。

以上の2つのことから、分岐処理（二分岐処理）における条件設定をYes/No、即ち結果が真か偽かで判断できる条件を考えることができることが反復処理を指導するために必要である。さらに、反復処理のアルゴリズムを指導するには、繰り返す処理を反復の開始と終了の間に挟み込む流れを指導し、その後、詳細な処理手順の流れとして条件分岐が使われていることを段階的に指導することが必要であると言える。

4. まとめ

本報告は、2017年度の免許状更新講習を受講した教員を対象に、「順次処理」、「分岐処理」、「反復処理」の3つの基本アルゴリズムを構築する能力を調査した結果である。そのため、調査結果は限定的であるが、今後の教員研修などの一助になるものと考えられる。また、アルゴリズムについて情報科学の観点であるそれぞれの処理手順の考え方を中心に評価した結果であるが、情報技術の観点である具体化する際に発生する課題などについてはまだ調査できていない。今後は、情報科学と情報技術の双方から評価できる教員研修などの方法を考案し、実践していく予定である。

なお、本報告はJSPS科研費（基盤研究（C））JP16K04663の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 文部科学省：学習指導要領等，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm（最終アクセス日 2017/11/1）
- 2) 文部科学省：「諸外国におけるプログラミン教育に関する調査研究（報告書）」，http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming_syogaikoku_houkokusyo.pdf（最終アクセス日 2017/11/1）
- 3) Code.org（非営利団体）：<https://code.org>（最終アクセス日 2017/10/31）
- 4) Code.org：Hour of Code，<https://hourofcode.com/jp>（最終アクセス日 2017/10/31）
- 5) 川島芳昭，菊地章，小林剛大，石川賢：情報科学と情報技術の観点に基づくアルゴリズム学習の評価基準の提案，日本産業技術教育学会誌，第57巻，第4号，pp.213-222（2015）
- 6) 阪東哲也，川島芳昭，菊地章，加部昌凡，森山潤：PIC-GPE組込LED発光教材を利用した小学校プログラミング教育の実践と評価方法の提案，日本産業技術教育学会誌，第59巻，第3号，pp.187-198（2017）

平成29年10月31日 受理

Ability of Teacher to Building Algorithms Evaluated from The Viewpoint of Information Science

Yoshiaki KAWASHIMA*

* School of Education, Utsunomiya University