

[家庭・技術家庭]

## プログラム制作学習における課題設定のスマールステップ化と帰納的学習の効果

石井 太郎\*

### 1 テーマ設定の理由

#### (1) 学習指導要領の変遷から

学習指導要領<sup>1)</sup>では、プログラム制作の学習は中学校技術のD情報の計測・制御の内容として必修化された。以前の指導要領では選択内容として扱われていたため、学習教材教具の開発や実践研究が遅れている。しかし、実社会においては各産業分野で幅広くプログラム制作がなされている。したがって、中学校段階で初歩的なプログラム制作の技能を身に付ける必要があり、そのための学習形態の研究や教材教具の開発が、なお一層必要である。

#### (2) 生徒のつまずきから

必修化の流れで、ほとんどの中学生はプログラム制作を技術の授業で初めて学ぶ。通常、プログラムは数字や特殊記号も数多く、英語の学習以上に暗号が並んでいると感じるはずである。ただし、英語は書いても何も起きないが、プログラムは実行すれば即座に応答する。この点に着目し、教師が暗号の意味を教えるのではなく、生徒が暗号を自ら解説し、実際に活用につなげていくことはできないかと考えた。そこで、正確に命令語の意味をとらえられなくても、実際に活用できる範囲で命令語の理解ができるような課題を設定することとした。即座に応答するプログラムの性質を利用すれば、「命令語の小さな変更」と「実行後の結果」をいくつか比較し、帰納的に命令語の大雑把な意味をとらえられる課題を作れると考えた。

さらに、中学生がプログラム制作を行う際、生徒が困難を感じる場面の一つとして、表記された内容の流れがつかみにくいことが挙げられる。例として反復処理が挙げられる。通常、プログラムは上から下へと流れていく。しかし反復の命令語があるとその部分だけが繰り返されたり、条件次第では他のプログラム文にスキップしたりすることがある。

その解決策としてスマールステップの概念を取り入れた学習形態がある。保福ら<sup>2)</sup>は、初学者がプログラミングを学ぶ際の学習について、段階的に少しずつ学習を進めるスマールステップの概念に着目し、基本的な概念について、段階的に理解を進めるための理解構造の提案をした。しかし、中学生の中にはローマ字入力不得手な者も多く、この提案だけでは初心者への支援が不十分である。具体的にはプログラム制作の学習を進める上で、もう一つの困難さは入力の難しさであるといえる。多くのプログラム言語は英語で表記されているため、生徒にとっては入力しにくい。各命令語の英語単語の意味も解らず入力を行えば、生徒の理解は一層の困難を伴う。これでは学習意欲の持続が望めない。

そこで、学習形態にスマールステップの概念を活用したうえで、生徒の入力作業とプログラムの理解についても、さらに踏み込んだ支援が必要であると考えた。

#### (3) 教材教具の現状から

上記のような生徒のつまずきを軽減するため、フローチャート形式のプログラミングソフトが開発された。最近では、中学校技術のプログラム制作の主流となって活用されている。従来のプログラミングソフトとの大きな違いはプログラム制作時の作業内容の違いである。

フローチャート形式の主な特徴は2つある。1つ目は命令語を図形化することで文字入力を減らし、文字の打ち間違いによる入力ミスを軽減化すること。生徒は図形をマウスで移動させるだけで、文字入力は設定のための数字を入力する程度で済む。2つ目は利用する生徒にとって、図形を組み合わせることで直感的にプログラムの流れがつかみやすことが挙げられる。BASICやC言語といったプログラム言語を文字入力する従来形式では、教師の説明も生徒の作業も2倍以上の時間がかかる。つまり、限られた授業時間数でプログラム制作を行うには合理的な制作形式であり、中学校現場においては画期的なプログラミングソフトである。

\* 上越市立柿崎中学校

しかし、実社会のプログラム制作の現場では従来形式のBASICやC言語といった文字入力によるプログラム制作が未だに主流である。なぜなら、フローチャート形式は、特定の制作題材にしか対応しないプログラミングソフトであり、普遍的な形式とは言い難い。つまり、便利なプログラミングソフトではあるが、汎用性がないのである。したがって、実社会では必要とされない形式であるといえる。

学習指導要領では「情報処理の手順には、順次、分岐、反復の方法があることを知ることができるようにする。また、目的や条件に応じて、情報処理の手順を工夫する能力を育成するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにする。」とあり、フローチャート形式はこれを満たしている。しかし、プログラム制作に必要な本当の力が身に付くか疑問である。例えば、従来形式のプログラム制作では、打ち込み間違いを探す作業を「バグ取り」と呼び、プログラム制作過程では、つきものの作業である。「バグ取り」の必要がほとんどないフローチャート形式で身に付く力と、実社会に必要とされる力とは、大きな差がある。また、変数設定や数式の扱いに関しても同様に差がある。そこで、このような差を少しでも取り除くため、従来型のプログラミングソフトを用いた上で、基礎的・基本的なプログラム制作の技能や知識を身に付けられるよう課題設定を工夫していくことが重要であると考えた。

## 2 研究の目的

前述した3つの立場から、本実践では次の2点を研究の目的とする。

- ・生徒がプログラム制作学習に対して困難を感じる要因を追究する。
- ・基礎的・基本的なプログラム制作学習に対する課題設定を工夫する。

## 3 研究の方法

本実践では、生徒が自らプログラム文を理解できる課題の工夫を行い、実社会においても汎用性があるプログラムに関する技能や知識を得られるよう支援することを重視する。

実社会で使用される可能性が著しく低いフローチャート形式を用いず、従来形式の文字入力によるプログラム制作を行うことにした。

そこでプログラム言語の中でも初心者が利用しやすく、汎用性があるソフトウェアを用いることとした。今回は多くの中学校でWindowsOSのパソコンが採用されていること。表計算ソフトMicrosoft Office Excelが一般的なパソコンに標準的に導入されていることが多いことからExcelのVBA（Visual Basic for Applications）を用いたプログラム制作の学習を行う。

しかし、学習指導要領の計測制御の内容を完全に履修するためにはExcelのVBAだけでは不十分である。そのため、D情報(3)プログラムによる計測・制御については、事項イ「情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること」に関する内容についてのみを2年時の学習として行った(表-1)。理由として、事項ア「コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること」を同時に学習すると、インタフェース等プログラミング以外の学習内容を取り扱うこととなり、生徒がプログラムの基本を理解しづらいと考えたからである。そのため、事項アに関しては、3年時の学習でエネルギー変換との融合題材として扱うこととした。3年時の学習ではマイクロチップ(AVR)を用いた計測制御学習を行う。これはVBAに類似したBASIC言語が利用でき、LED、ブザー、センサを制御が可能である。VBAからマイクロチップへと段階的に計測・制御の学習を行うことで、生徒の意欲を継続し、学習理解を深めていくことができると考えた。本実践では、特にプログラム制作の最初の段階に位置づけたExcelのVBAの学習に焦点を絞り実践をまとめていく。

表-1 題材の評価規準

生活や技術への関心・意欲・態度	生活を工夫し創造する能力	生活の技能	生活や技術についての知識・理解
①利用者への影響などを考え、プログラムを作成しようとしている。 ②新しい発想を生み出し活用しようとしている。(3)イ	①計測・制御の目的や条件を明確にし、社会的、環境的及び経済的側面などから情報処理の手順を変更した場合の効果を比較・検討したうえで、計測・制御に適した情報処理の手順を決定している。(3)イ	①設計に基づき、簡単な計測・制御のプログラムを作成できる。(3)イ	①情報処理の手順についての知識を身に付けている。(3)イ

※ 表中の(3)イは学習指導要領の内容を示す。


### (1) スモールステップ化

表-2の指導と評価の計画にあるように、順次・反復・分岐の処理手順を網羅し基礎的・基本的なプログラム制作学習の内容とした。この学習課題を23個にスモールステップ化した。スモールステップの課題はおおむね、簡単な課題を

積み重ね、課題に取り組むまでもなく理解できるような場合は飛ばしてもよいという約束で行われることが多い。本実践ではすべての生徒が初心者であることから課題の省略は原則として行わないこととした。課題はすべてがすぐに簡単なものとせず、処理手順ごとのまとめの段階で考えさせる課題も配置した。

生徒は最初にサーバー上に保存してある基本プログラム（図－1）をコピーし自分のEXCELファイルに貼り付ける。この段階でボタンを押すと、6段階のおみくじが出るプログラムの状態になる。生徒はさらに課題ごとに細部を削除・変更し、命令語とプログラムの実行結果の関係について考察する活動を行う。

表－2 本題材指導計画

時間	◎ねらい ○学習内容 ・学習活動	○評価規準 ・評価方法																																												
第1次 1時	◎自動制御機械の適切な利用場面について考える。 ○最近の自動制御機械のトピックスから製品の問題点を考える。 ・社会的、環境的及び経済的側面から製品の問題点を考える。 ・製品に組み込まれている機能について様々な視点から吟味する。	○利用者への影響などを考え、プログラムを作成しようとしている。新しい発想を生み出し活用しようとしている。 【関心－①②第一次、第二次】 ・発言、プリント、保存されたファイル																																												
第2次	◎VBAを通じて情報処理の手順の基本を学ぶ。 ◎プログラムの利用と効果的なプログラミングに関して多面的に考える。																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">時間数</th> <th rowspan="2">プログラム内容</th> <th rowspan="2">課題番号</th> <th colspan="3">情報処理内容</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>順次</th> <th>反復</th> <th>分岐</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">3</td> <td>おみくじ</td> <td>1～5</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>Rnd (乱数)</td> </tr> <tr> <td>サイコロ</td> <td>6～11</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>応募者抽選</td> <td>12～20</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>1F (分岐), While (反復)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>自動席替え</td> <td>21～22</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>補助課題を2つ加える</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>音声合成</td> <td>23</td> <td>○</td> <td>(○)</td> <td>(○)</td> <td>PlaySound (音声再生)</td> </tr> </tbody> </table>	時間数	プログラム内容	課題番号	情報処理内容			備考	順次	反復	分岐	3	おみくじ	1～5	○			Rnd (乱数)	サイコロ	6～11	○				2	応募者抽選	12～20	○	○	○	1F (分岐), While (反復)	2	自動席替え	21～22	○	○	○	補助課題を2つ加える	2	音声合成	23	○	(○)	(○)	PlaySound (音声再生)	
時間数	プログラム内容				課題番号	情報処理内容			備考																																					
		順次	反復	分岐																																										
3	おみくじ	1～5	○			Rnd (乱数)																																								
	サイコロ	6～11	○																																											
2	応募者抽選	12～20	○	○	○	1F (分岐), While (反復)																																								
2	自動席替え	21～22	○	○	○	補助課題を2つ加える																																								
2	音声合成	23	○	(○)	(○)	PlaySound (音声再生)																																								
第2時	○VBAを使うための基本操作を習得する。 ・ボタンの作り方や、プログラム編集画面の基本操作について知る。 ・おみくじプログラムを貼り付け、VABを実行する。	○適切な編集手順の知識を身に付けている。【知識－①】 ・保存されたファイル、プリント																																												
第3時	○おみくじプログラムを発展させ、サイコロプログラムを作成する。 ・乱数を発生させ、表示するプログラムを工夫し、任意の範囲で整数を発生させるプログラムを作成する。 ・プログラムの要所を変更し、試行させることで、各命令語の意味や使用上の制限について知る。	○課題の条件を満たすプログラムを作成できる。【技能－①】 ・保存されたファイル  ○変更前後のプログラムを実行、比較し、命令語や変数の意味を理解する。 【知識－①】 ・保存されたファイル、プリント																																												
第4時	○サイコロプログラムを簡略化（7行を4行に）することで、命令語や変数の意味について考える。 ・求められる条件や機能（4行以内、ランダムな整数の表示など）に応じたプログラムを作成する。	○順次処理に関して、条件に即したプログラミングを行っている。【工夫－①】 ・保存されたファイル、プリント  ○課題の条件を満たすプログラムを作成できる。【技能－①】 ・保存されたファイル																																												
第5、6時	○サイコロプログラムを発展させ、応募者抽選プログラムを作成する。 ・分岐、反復の命令語を利用し、プログラムを発展させながら、命令語の仕組みについて理解する。	○変更前後のプログラムを実行、比較し、命令語や変数の意味を理解する。 【知識－①】 ・保存されたファイル、プリント																																												
第7、8時	○応募者抽選プログラムを発展させ、自動席替えプログラムを作成する。 ・求められる機能（座席の配列、男女の区別など）に応じ、無作為に座席を抽選するプログラムを作成する。 	○設定された条件を満たすために、命令語を利用し、プログラムを作成できる。【技能－①】 ・保存されたファイル																																												
第9、10時	○プログラミングの活用例として音声合成プログラムに触れ、利用場面を想定・検討し、プログラムの活用を試みる。 ・様々な場面を想定し、具体的にどのような利用ができるか検討する。 ・利用場面に即したプログラムを考え、作成する。	○プログラムの活用方法を考え、その活用について問題点や利点を多面的に検討し、作成している。 【工夫－①】 ・保存したファイル、プリント																																												

## (2) 帰納的学習

すべての課題は電子ファイルで保存を行い、課題ごとに結果や考察を書き添えられるように学習プリントを工夫した。これにより、授業者が生徒のつまづきを早期に把握できるようにしたいと考えたためである。

スモールステップ化した課題には、簡単な課題とまとめの考えさせる課題がある。この考えさせる課題において簡単な課題の結果から考察したプログラム文の機能が帰納的に推察され、考えさせる課題解決のヒントになるよう設定した。この際、学習プリントの記述がヒントになることが多く、書き込みを怠らないよう支援した。

## (3) 意欲の持続

表-2の最後にあるように、音声合成プログラムを設定した。これは生徒の声を1音ずつ録音し、バラバラな音をプログラムによって音声を合成し、EXCEL上に打ち込んだ文章に沿ってスピーカーから音声を出力できるプログラムである。

おみくじやサイコロ、抽選といったプログラムはほぼ定型の正解があるが、工夫の余地が大きい音声合成プログラムを最後に行うことで意欲の持続をねらって設定した。

このプログラムは生徒の設計に任せ、どのような条件下で使用するか考えさせうえて制作させた。生徒が計測・制御の目的や条件を明確にし、多面的に検討したうえて、計測・制御に適した情報処理の手順を決定できるよう、設計段階での支援を特に丁寧に行った。

## 4 実践の省察

### (1) スモールステップ化と帰納的学習

#### ① MsgBox命令に関して

MsgBox命令は図-2を表示するための命令語である。従来のプログラム制作の学習ではこの文法を説明し、プログラム制作を行う。

しかし、本実践では、この文法説明は一切行わなかった。その代り、課題1, 2で基本プログラム文の「MsgBox Msg, vbExclamation, "おみくじ!"」部分を削除・変更し、その結果からプログラム文が果たす機能を考察する活動を行った。例えば、課題2は基本プログラムから「MsgBox Msg, vbExclamation, "おみくじ!"」部分を削除するだけの課題である。そのプログラムを実行すると「図-2が表示されない」という結果が出る。この課題のねらいは、実行後の結果からプログラム文の意味について考察させ、図-2の表示とMsgBox命令の関連性に気づかせることにある。その関連性への気づきから、プログラム文の意味について理解し、活用する活動が、課題11である。

課題11は「プログラム文4行だけでさいころプログラムを作る。ボタンを押すと1~10の数字のみが出現するようにする」である。基本プログラム文を削除・変更し、解答例の図-3のように4行にまとめると、不規則に1~10数字が表示される。この課題11は図-2の表示が不可欠であるため、MsgBox命令の部分は必ず残さなければならない。結果として、ほとんどの生徒が課題11を解決できた。課題11でなかなか4行にまとめることができない生徒でも、すべての生徒がMsgBox命令を削除せず、残すことができていた。

また、単元後に実施したアンケートでは、「図-2の表示に関わる命令語は

```

基本プログラム「おみくじプログラム」
Sub ボタン1_Click0
  Dim Ret As Integer
  Dim Msg As String
  Ret = Int((6 * Rnd) + 1)
  Select Case Ret
    Case 1
      Msg = "今日の運勢は「凶」です。"
    Case 2
      Msg = "今日の運勢は「小吉」です。"
    Case 3
      Msg = "今日の運勢は「中吉」です。"
    Case 4
      Msg = "今日の運勢は「大吉」です。"
    Case 5
      Msg = "今日の運勢は「凶」です。"
    Case 6
      Msg = "今日の運勢は「吉」です。"
  End Select
  MsgBox Msg, vbExclamation, "おみくじ!"
End Sub

```

図-1



図-2

```

課題11「4行プログラム」

Sub ボタン1_Click()
  Ret=Int((6* Rnd)+1)
  MsgBox Ret
End Sub

```

図-3

基本プログラムのどの行に当たるか」を問うた。その結果、92%の生徒が正答した。

このことから、文法説明は一切行わなくても、課題のスマールステップ化によって、「結果から図-2が出なくなったのはMsgBox命令が関係している」と、プログラム文と実行結果の関連性について理解を促すことができたといえる。さらに、生徒は実行結果の蓄積や、プログラム文の活用から「MsgBox命令は図-2の表示に関わる命令である」と、プログラム文が果たす機能を帰納的に推察できていた。

### ② Rnd命令に関して

Rnd命令は乱数を発生させるための命令語である。MsgBox命令と同様にRnd命令に関しても課題5、6で基本プログラム文の「Ret=Int((6\*Rnd)+1)」削除・変更し、プログラム文の役割について考察する課題設定を行った。プログラム文の活用からプログラム文が果たす機能を帰納的に推察する活動については課題8を設定した。課題8は「おみくじに“スーパーラッキー”を追加する。基本形を改造してCase7を作ること。」とした。課題解決には、基本プログラムで1~6だったRnd命令による乱数出現範囲を1~7に増やす必要がある。結果として52%の生徒が課題8を自力で解決でき、他の生徒も友人と相談しながらではあるが、課題を解決することができた。アンケートでも88%の生徒がRnd命令は乱数発生に関わっていると回答できた。

### ③ まとめ

順次処理であるMsgBox命令やRnd命令だけでなく、分岐・反復処理であるIf命令やWhile命令に関しても同様の取り組みを行い、同様の結果を得ることができた。このことから帰納的学習によって生徒はプログラム文の機能を体験的に理解することができることが分かった。また、この帰納的学習の効果はスマールステップ化された課題設定による結果の積み重ねが基礎になっており、帰納的学習と合わせることでさらに効果を上げることができた。

#### (2) 意欲の持続

意欲の持続を目指して、プログラム制作学習の最初に単元の最終目標として生徒に示した。1音ずつバラバラにした音は図-4のように「アイウエオ…」50音だけではなく、「ガギグ…」の濁音や拗音なども含むため膨大な数となった。録音作業は授業の合間に代表生徒に協力してもらい、音を録音させてもらい、授業者が1音ごとにWAVファイルにまとめて用意しておいた。時間の都合で代表生徒の音のみとなってしまったり、音声編集を教員が行ったりしたが、生徒は音声合成プログラムに高い興味を示し、前段である「おみくじプログラム」をはじめ、様々な課題に挑戦していった。音声合成プログラムの基本形(図-5)は下記のように順次処理のみを基調とした単純な構造である。しかし、EXCELのセルとプログラム文の位置関係の整合性を考えたり、場合によっては反復処理を加えるなどの工夫を行い、生徒の工夫の見られるプログラムが完成していった。

文法を説明していく学習では活用に至るまでに、練習の過程でつまずくか、生徒の意欲が減退してしまう。本実践では課題の遅延はあったもののローマ字入力が不得手な生徒も友達と協力しながらでも進めていくことができた。スマールステップ化によって達成感を短期間に連続させることや、音声合成プログラムのように工夫する部分が大きい課題設定によって意欲の持続が図れたと考える。

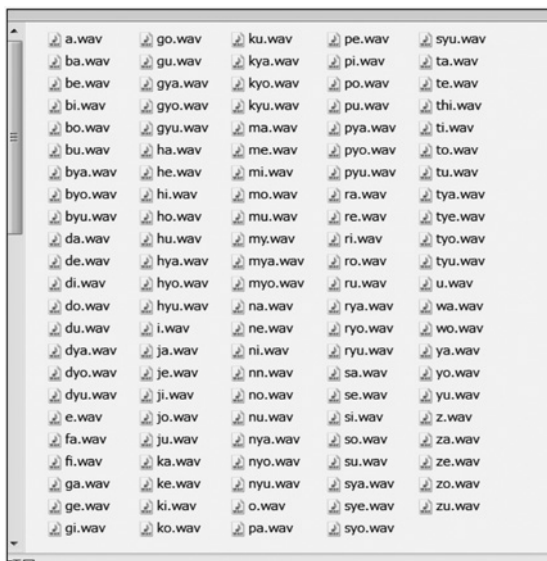


図-4

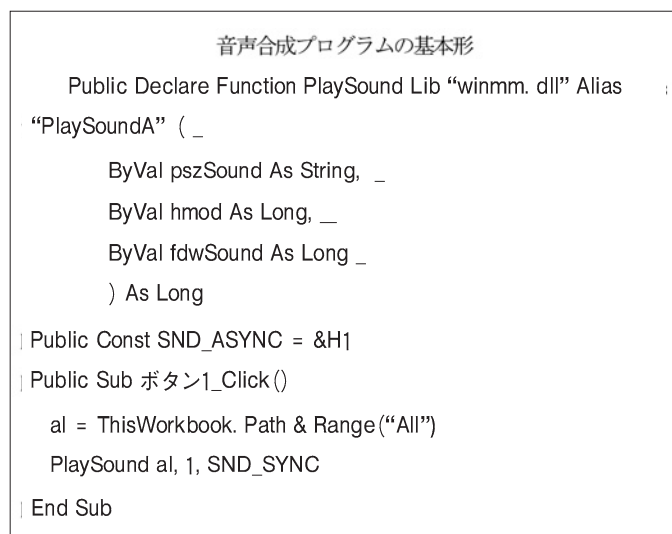


図-5

## 5 研究のまとめと今後の課題

これまで行ってきたプログラムの学習では、文法や用法の説明に時間を割いていたが、今回は教師側からの文法説明をなるべく行わないようにした。そのため生徒はスモールステップ化された課題（課題数23個）を解き、その結果から推しはかって命令語の使い方や文法を習得していった。文法の解釈の相違が危惧されたが、極端な相違は出なかった。むしろ生徒同士の言葉で文法が解釈されることで、体験的に命令語の利用方法を学ぶことができた。課題がスモールステップ化されていることで、授業中の様子以外にも、アンケートや保存されたプログラムから習熟度を的確に捉えることができた。その結果、帰納的学習によってプログラム文の機能をとらえている生徒が多いことが分かった。

学習指導要領解説でも「プログラムの命令語の意味を覚えさせるよりも、課題の解決のために処理の手順を考えさせることに重点を置く」とある。この考え方には中学生段階の基本的な学習内容であることから見ても大いに同意できる。命令語の文法の完全な理解よりも、命令語の活用に重点が置かれるべきであるといえる。

課題をスモールステップ化して設定することは、細かく記録が残るため、生徒の学習状況や習熟度を把握しやすくし、適切な学習評価につながった。そのため、個別の支援に効果がみられた。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	つ	な	み	が	く	る	ぞ		た	か	い	ば	し	ょ	に		ひ	な	ん	せ	よ
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					

図-6

さらに「音声合成プログラム」では津波避難勧告（図-6）を作成した生徒がいた。「津波が来るぞ。高い場所に避難せよ。」という音声を作成し、繰り返すプログラムである。音声プログラムが繰り返す間に、自分も避難できるという発想であった。この生徒が求める機能は、順次処理だけでは作成できなかった。そこで、生徒は「自動席替えプログラム」の学習プリントを振り返り、反復処理を活用する方法に気付いた。ただし、単純に反復処理を導入しても、プログラムは正しく機能しない。教師が支援するためには、生徒がどこまで情報処理手順を理解していたかを探る必要があった。その生徒の学習プリントには、変数の比較に関して曖昧な記述しかされておらず、変数に対する理解が低いことが分かった。学習プリントを振り返らせ、変数の比較方法について助言することで、その生徒は未理解であった情報処理手順に気づき、課題に対応できた。

しかし、「活用」「探究」する学習活動では、生徒の構想が自分の知識・技能で実現可能なものか否か、生徒自身で見極めることが難しい。構想の段階で生徒が自分の知識・技能を過小評価しても、過大評価しても、よりよい学習活動にはならない。

今回の学習の「音声合成プログラム」では、生徒は自分の知識・技能を過小評価しがちであった。生徒は無理をせずに、できる範囲で構想し、プログラムを作成していた。そのため、反復・分岐処理をそれまでの学習課題で使うことができていた生徒が、順次処理のみのプログラムで構想を立てていたという例が見られた。自分の知識・技能を十分に発揮させるためには、グループで構想を検討させるなどの適切な構想場面の設定や、一定数以上の命令語を使用させるなどの制作条件を工夫する必要がある。

## 引用・参考文献

- 1) 文部科学省 「中学校学習指導要領解説 技術・家庭編」2008年 pp.36, 37
- 2) 保福やよい, 長慎也, 西田知博, 兼宗進 「プログラミング初学者の段階的な理解モデルの検討とツールによる支援」研究報告コンピュータと教育 (CE) 2013-CE-118, 21, pp.1-7, 情報処理学会 2013年