

認知科学を取り入れたプログラミング多重ループ理解の効果的な教育について

Effective learning method of programming multiple nested loop understanding incorporating cognitive science

時田 真美乃^{*1}, 長谷川 理^{*2}, 不破 泰^{*1}
Mamino TOKITA^{*1}, Osamu HASEGAWA^{*2}, Yasushi FUWA^{*1}

^{*1} 信州大学, ^{*2} 武蔵野大学
^{*1} Shinshu University, Musashino University

Email: m_tokita@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究は、プログラミング学習時における最も基本的な制御構造の IF 文・FOR 文の多重ループの学習で、「入れ子構造」の学習が困難な要因に人間の認識の限界が関係することを取り入れて、認知的科学的な工夫を取り入れた教育法を提案するものである。まず、学習機材として IchigoJam を使用し、制御構造の動作やそのタイミングの理解について音を利用する教材を開発した。その上でこの教材の学習後に、理解が促進されたかについて調査した。その結果、音によるタイミングの理解を強化する教材を実施後に、FOR 文の 2 重・3 重の理解が促進されることが示された。

キーワード：プログラミング教育, 初年次教育, 入れ子構造, 多重ループ, 認知科学, 人間の情報処理

1. はじめに

プログラミング学習を初等教育から実施することの重要性が高まっている。それに伴い、大学初年次教育においてもプログラミング教育を含めて教育することが推奨されている。本研究は、大学初年次教育における情報の基礎的な知識の修得におけるプログラミングの制御構造の理解において、効果的な教育カリキュラムの構築を目的とし、その方法について論じるものである。

情報の基礎的教育に、認知科学の知見を取り入れることについて、例えば高校における「情報」教育では人間がどのように情報処理しているか、という視点の重要性について言及しているものがある⁽¹⁾。

再帰的な「入れ子構造」を持つ数学的な課題とその他の課題についての関連性についての先行研究はあり⁽²⁾、また第一著者の過去の研究では、学習者は高次の入れ子構造になるとその理解度を検証する課題において正答率が下がることが論理-数学的課題においても見られていた⁽³⁾。

本研究では、特にプログラミング学習時における最も基本的な制御構造の IF 文 FOR 文の多重ループの学習で“入れ子構造”の学習が困難となる要因に、人の認識の限界が関係することを取り入れ、認知的負荷が軽減するような認知的科学的な工夫を検証するものである。

2. 提案する教育カリキュラム

本研究では、プログラミング学習うちの多重ループ学習、すなわち制御構造について、特に繰り返し構

造の FOR 文の 2,3 重構造について音を用いて情報の固まりを聴覚的に際立たせて提示することで、記憶の負荷が減少し理解が促進されるようになることを目標とした。

評価は、音による体験学習を実施後のテストの正答率によって行う。

実験環境については、大学初年次の情報学入門の授業を使用することとした。この授業で著者らは、IchigoJam の機材を 1 人 1 台使用し、情報学全般の知識の体験的学習の実践にも 2014 年度から取り組んできている⁽⁴⁾。

その一貫の中で、プログラミングの学習の際に本研究内容の演習も実施することとした。演習に用いる実験機器は 1 人 1 台 IchigoJam を使用することで実施した。IchigoJam は、BASIC 言語が動作するボードコンピュータであり、圧電サウダを使用し、音を出力するコマンドを入力すると、音による学習が可能になる。PLAY コマンド、BEEP コマンドを制御構造の含まれるプログラムに挿入し、体験学習を実施する。

FOR 文の制御構造の理解の例として、各ループの繰り返しが固定の場合と可変の場合とも比較することとした。提案する教育プログラムは、本研究の目的である「音によるタイミングの教示により認知的負荷が軽減されることで、理解が促進される」が検証されることを目指し、図 1 のような手順で、授業カリキュラムを実施した。

1. 繰り返し構造 FOR 文の 1 重の解説を行い、IchigoJam でプログラムを組む練習をする。
2. [テスト(1)]
FOR 文 1 重・3 重の理解度を確認するテストを行う
3. 繰り返し構造 FOR 文 1-3 重の通常の解説を行い、IchigoJam でプログラムを組む練習をする。
4. [テスト(2)]
FOR 文 1 重・3 重の理解度を確認するテストを行う。
5. <音によるタイミング教示>
IchigoJam の PLAY コマンドを使用し FOR 文の 1-3 重の構造を理解する体験学習を行う。
6. [テスト(3)]
FOR 文 1 重・3 重の理解度を確認するテストを行う。
7. [テスト(4)]
「5」の教示の 3 ヶ月後の授業の最終回にて再度理解度を確認するテストを行う。

図 1 IchigoJam を使用した音による
タイミング教示の実践手順

また、実際に使用したプログラムのうち、2 重構造の例は図 2 のようになる。外側のループが実行される時に「ド」の音となり、内側のループが実行される時に「ソ」の音なるように PLAY コマンドを組み込む教材を作成した。

```

10 for j=1 to 9 : PLAY"C" : wait 30
20   for i=1 to 9
30     print i*j, " "; PLAY"G"
40     wait30
50   next
60   print
70 next
80 wait 30
90 end

```

図 2 IchigoJam による Basic プログラム
(FOR 文 2 重構造の教材の場合)

3. 実践

実践は、初年次の後期の情報学入門のプログラミングを学習する授業で行なった。受講者数は 85 名であり、テストは e-Leaning の教材を用い WEB 上で実施した。

4. 結果と考察

結果については、まず繰り返し構造の学習において最初に FOR 文の 1 重構造のみ学習をした場合は、表 1 の通りとなる。

表 1 [テスト(1)]における FOR 文の正答率(%)

	テスト(1)(定数)
FOR文一重	93.6
FOR文二重	10.6
FOR文三重	10.6

FOR 文 1 重に関しては、音によるタイミングの提示を行わなくても正答率が高いともいえる。一方で、一重に関して理解をしていますが、二重、三重について応用して思考することはとても難解であることがみて取れる。

表 2 [テスト(2)・(3)]の音によるタイミング
教示の実施前後の正答率(変数)の比較(%)

	テスト(2)(変数)	テスト(3)(変数)
FOR文一重	96.1	97.4
FOR文二重	36.0	51.3
FOR文三重	15.8	32.0

次に表 2 に、音によるタイミング教示前後の正答率の比較を示す。FOR 文二重、三重については、音によるタイミング教示実施後に、正答率が 20%近くも上昇することが確認された。このテストで使用した WEB 課題は、授業では使用していないもので、また授業では定数しか取り扱っていない。

表 3 [テスト(4)]における正答率(定数・変数)
の比較(%)

	テスト(4)(定数)	テスト(4)(変数)
FOR文一重	94.1	94.1
FOR文二重	86.0	55.3
FOR文三重	83.5	25.8

また、最終回における定数及び、変数の WEB によるテスト結果は表 3 の通りとなった。定数の課題については 3 重も含めて 9 割近い正答率にもなった。一方で、変数については、音によるタイミング教示の授業直後に行った正答率とほぼ変わらず知識が定着している様子が見られた。

これらの結果から、提案した教育プログラムは、体験的理解を促すものとして、一定の効果が示唆されたと考えられる。今後、変数による理解、特に 3 次の構造についての理解に、音以外のものを取り入れ、認知的負荷を軽減することにより理解が促進するような教材を検討していく予定である。

参考文献

- (1) 神谷良夫: 教師のための認知科学-新教科「情報」と「総合的な学習」を支えるもの; コンピュータ & エデュケーション, Vol.8, pp68-73(2000).
- (2) 林創: 再帰呼び出しを含む手続き処理の難しさ; 認知科学, 6(4), pp389-405(1999).
- (3) 時田真美乃, 平石界, “心の状態及び数学的課題における再帰的推論の処理時間の関連性, 人間行動進化学会プログラム, p29(2017).
- (4) 時田真美乃, 長谷川理, 不破泰: “はんだづけから始める大学生への情報の基礎的知識の教育効果~プログラミングの基礎的理解を含めた体験的学習~, Vol.31(No.7) : pp25-30(2017).