

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12802

研究課題名（和文）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苦手克服のための学習支援

研究課題名（英文）Learning support for overcoming difficulties in Understanding Nested Loops of programming incorporating cognitive science

研究代表者

藤川 真美乃（時田真美乃）（Fujikawa, Mamino）

信州大学・学術研究院総合人間科学系・助教

研究者番号：70647106

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：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for文の多重ループ学習で、「入れ子構造」の学習が困難となることに、人の認識の限界が関係することを取り入れ、教育における工夫の効果を検証した。学習教材としてIchigoJamを使用し、制御構造の動作や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。可聴化を用いることで、多重ループ学習の理解が促進されるかについて、テストの理解度の正答率を比較した。その結果、可聴化を用いた方が有意に正答率が高い結果が得られた。2017年度より学会発表を継続し、それらの研究の成果を論文にまとめ、2021年に教育システム情報学会誌に掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は認知科学の知見から、記憶や注意の工夫を考え、プログラミング学習の理解の促進を実践した研究となる。特に初学者の多くに理解が困難であった多重ループ学習に、可聴化を使用して教示することで理解が促進される結果は、教育方法、学習教材の発展につながる有用な知見となる。教育工学における学術的意義では、ICTを有効活用した実践事例としても意義をもち、また認知科学における学術的意義では、人間の脳の特徴をふまえ、ワーキングメモリや認知といった認知科学的な知見を考慮した上で、認知的な負荷を軽減する工夫の事例として有用となる。

研究成果の概要（英文）：I incorporated the fact that the limitations of human perception are related to the difficulty in learning "nested structures" in multiple loop learning of if and for statements, the most basic control structures when learning programming, and examined the effects of our innovations in education. Using a single-board computer, IchigoJam, as a learning material, I developed a teaching material that uses sound for understanding the operation and timing of control structures. I compared the percentage of correct answers in the test comprehension to see if the use of audification facilitated the understanding of multiple loop learning. The results showed that the percentage of correct responses was significantly higher when audification was used. I have continued to make presentations at conferences since 2017, and the results of these studies were summarized in a paper, which was published in the Japanese Society for Information and Systems in Education in 2021.

研究分野：教育工学，認知科学

キーワード：プログラミング教育 初年次教育 教育工学 多重ループ チャンク リハーサル 認知科学 情報基礎

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

本研究は入れ子構造を形成する再帰的な事象への人の理解の促進についての研究である。入れ子構造を形成する再帰的な事象の理解についての研究は、人間の知的活動を表象のレベルで分析する心理学的立場からも、またプログラミング学習における実証的な教育学の立場からも、知見を積み上げていく必要のある研究領域であるといえる。

本研究で実施した教育学の立場からプログラミング教材を題材とした背景については、現在、情報技術は社会の基盤となり、多くの人に基本的な情報に関する知識や技能の取得が必要となったことが関わる。情報の基礎的知識とその主体的な活用は、文部科学省の「情報活用の実践」・「学士力」等でも推奨され、大学の初年次教育の中で情報教育の重要性が増している。その中で、初等教育からプログラミング学習を実施する重要性が高まり、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情報教育することが推奨されている。大学で携わる授業でも、そのカリキュラムの中で FOR 文の反復処理の多重ループにおいて、1 次のループの課題と比較してそのループの回数が高くなるほど躓きが多く見られる傾向があり、授業方法に工夫が必要であることが示されてきた。複雑なプログラミングの構造の理解については、例えばインデントは、従来から、プログラムの構造を明確にする手法として用いられてきている。一方で、先行研究においても、初学者にとって基本的なプログラムの制御構造にある多重ループについてはインデントだけでは理解が難しいことが言及されている。

### 2. 研究の目的

本研究では学習の負荷が軽減するような工夫として可聴化を取り入れることとした。可聴化とは、プログラムの適切な箇所でも音を発するように、プログラムを実行する過程でその音の出力からプログラム構造を理解する手法として位置付けた。

学習教材において、聴覚と視覚を合わせて使用する方法は、ワーキングメモリ理論を用いて、まだ記憶領域の小さい低年齢の学習者や、発達障害の学習者に対する学習支援で使用している事例がある。本研究の対象である初学者についても学習の負荷の高いと考えらるので、聴覚系も使用することが初期の学習の記憶の強化につながる可能性があると考えた。したがって、本研究の目的の前提として図 1 のモデルを考えた。

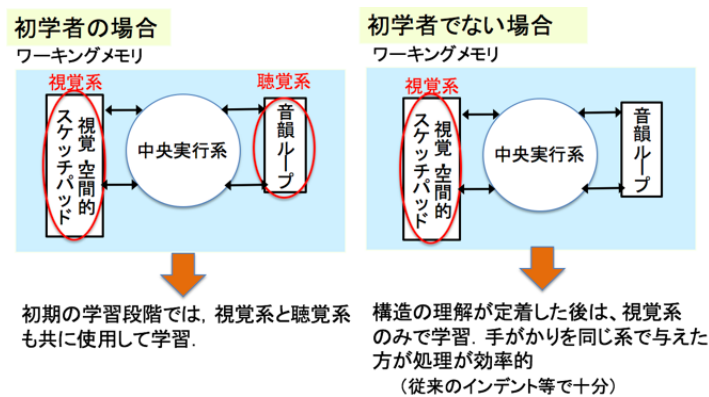


図 1 本研究での多重ループ学習の理想モデル

この前提から、本研究では、初学者が学習する多重繰り返し構造において、視覚系の教示と聴覚系の教示を合わせた教材を使用することとした。本研究の目的は視覚系と聴覚系の教示の合わせた教材を使用することで初学者のプログラミング制御構造の FOR 文の多重ループ理解が促進することを示すことである。

### 3. 研究の方法

研究方法は、多重ループ学習の授業で、音を出力することが可能な情報機器を用いて実施する方法とした。使用機器として IchigoJam を採用した。



図2 使用したIchigoJam

本機器は、圧電サウンダーを搭載しており、BEEP 命令や PLAY 命令を実行するだけで、簡単に音を出力することが可能であることを利用した。この教材については学生1人1台ずつ配布して実施した。また、多重ループの教材としては、例えば2重ループ課題であれば、図3に示す教材を考案し、音の出力を聴き、処理の流れを理解する内容とした。

```
10 FOR j=1 to 9 : PLAY"C" : WAIT30
20   FOR i=1 to 9
30     PRINT i*j," "; PLAY"G16" : WAIT30
40     WAIT30
50   NEXT i
60   PRINT
70 NEXT j
80 WAIT 30
90 END
```

図3 可聴化を行った2重ループの教材

外側のループとが内側のループが実行されるときに、それぞれ異なる音域と長さになるように、違いを明瞭にした。この教材を用いて、この学習を実施前と実施後における理解度の比較をプログラミングのテストの理解度で測ることを実践した。

#### 4. 研究成果

この研究の結果、プログラミングテストの理解度の比較において、本教材を使用した場合に、使用しなかった場合と比較して有意に正答率が高くなる結果が示され、その内容について2017年から2019年における教育システム情報システム学会で発表を実施した。また本研究の成果の最終のとりまとめについて論文を作成して2020年度に投稿し、2021年に投稿内容が教育システム情報学会誌に掲載された。

学習が難しいとされる領域については人間の「知覚」や「記憶」の限界が関係している可能性がある。本研究はプログラミングの多重ループ学習という領域において、ワーキングメモリなど認知科学の知見をふまえて、認知的負荷を軽減する教材を考案し、その成果を得たものである。今後このような認知科学の知見を有効に活用した学習教材についての事例を考案したり、より良い教材の考案に向けることへとつなげていくことが必要となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 時田真美乃, 不破泰	4. 巻 38
2. 論文標題 初学者向けプログラミング基礎教育における可聴化を用いた多重ループの効果的な学習方法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 49, 54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14926/jsise.38.49	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 時田真美乃, 不破泰
2. 発表標題 初学者に向けたプログラミング多重ループの効果的な学習法について
3. 学会等名 教育システム情報学会研究会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 時田真美乃
2. 発表標題 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
3. 学会等名 教育システム情報学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 時田真美乃
2. 発表標題 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学習法について
3. 学会等名 教育システム情報学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 時田真美乃
2. 発表標題 心の状態についての再帰的推論は独立した推論なのか：高次の志向性を伴う「論理-数 学的」課題との関連
3. 学会等名 日本認知科学学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 時田真美乃
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本人間行動進化学研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------