

プログラミング教育における 制御構造のイメージと理解度について

長谷川 聡[†] 山住 富也[†] 小池 慎一^{††}

初心者に対してプログラミング教育を行う際に、制御構造の理解が十分でないためにプログラミング全体の理解が困難な学習者の存在に気付く場合がある。そこで、我々は、プログラムの実行時の動作を正しくイメージできるかどうか、制御構造の理解度に関係していると考え、プログラミングの学習者を対象に、制御構造のイメージと理解度について調査を行った。その結果、制御構造のイメージと理解度の間に回帰関係が認められた。また、調査に用いたイメージテストはプログラミングの潜在的能力の指標になるものであるとの結論を得た。

Imagining and Understanding on Control Structure in Programming Education

SATOSHI HASEGAWA,[†] TOMIYA YAMAZUMI[†] and SHIN-ICHI KOIKE^{††}

In education of elementary computer programming, we find that some of the students can not understand enough because of their insufficient understanding of control structures in programs. We consider that imagining of the run-time behavior has influence deeply on the understanding of control structures. In this study we examined the relation between imagining and comprehension of control structures. As the result, we found the relation between correctness of imagining and ability to understand the control structures in program. In addition, we got a conclusion that the image test detects one's potential capacity for programming.

1. はじめに

C や Pascal のような構造化された高級言語によるプログラミングを学ぶうえで、学習の初期の段階で基本制御構造（順次・選択・反復）を理解することが必要である。しかし、実際の教育において、制御構造の学習段階で学習者間に大きな理解度の差が生じる場合がある。学習者が制御構造を理解し、プログラミング技能を習得するためには、単に言語の文法を記憶するだけでは不十分である。我々は、制御構造を理解するためには、その制御構造に応じたプログラム実行時の動作を正しくイメージできることが必要なのではないかと考えた¹⁾。

そこで、制御構造の理解度とイメージの関係を調べるため、プログラミングを学ぶ学生を対象に、制御構

造の理解度を調べる「トレーステスト」と制御構造のイメージの把握の程度を調べる「イメージテスト」の2種類のテストを実施した^{2)~4)}。調査の結果、イメージテストとトレーステストの得点には回帰関係が見いだされた。また、イメージテストの得点はプログラミングの潜在的能力を表す指標となるとの結論が得られた。

2. 制御構造の理解度とイメージの測定

学習者のプログラム理解度とイメージ形成の関係を調査するために以下に説明する2種類のテストを用いた。

● トレーステスト

制御構造の理解度を測定するテストである。このテストは、図1に例を示すような簡単な制御構造を含むソースプログラムを、机上で読みとって処理後の変数の値を答えるものであり、値を正しく答えることができた変数の数が得点となる。

● イメージテスト

[†] 名古屋文理短期大学情報処理学科
Department of Data Processing, Nagoya Bunri College
^{††} 愛知工業大学計算センター
Computing Center, Aichi Institute of Technology

問. 次のプログラムについて、
実行後の変数の値を答えなさい。

```
n := 4
j := 1;
for i:=1 to n do
  if i>2 then j := j+i
  else      j := j*i;
```

図1 トレーステストの問題例
Fig.1 A example of trace test.

制御構造のイメージについて調べるテストである。テストの内容は、制御構造を含むソースプログラムを読んで、その制御構造に対応するイメージ図を選択回答するものである。イメージ図は、選択構造と反復構造の2つの基本構造を表す図(図2(a))およびそれらを組み合わせた図(図2(b))からなり、プログラム実行時の動作イメージを直感的に表している。

3. 調査とその結果

前述のトレーステストとイメージテストを同時に行って両者の関係を調べる調査を、同じ学習者を対象に時期を変えて2回実施した。対象は、短期大学の情報処理学科においてプログラミングを学ぶ学生80人であり、実施時期は、講義開始から10講目(調査1)および20講目(調査2)である。

以下に、調査1、調査2の結果を示し、さらに両調査間の比較を行う。なお、いずれのテストも100点を満点とした。

3.1 調査1の結果

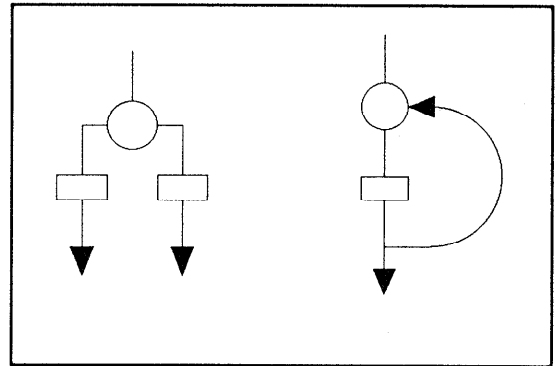
調査1では、トレーステストは平均点79.5、標準偏差20.3、イメージテストは平均点52.9、標準偏差31.9となった。2つのテストの得点の相関図を図3に示す。

3.2 調査2の結果

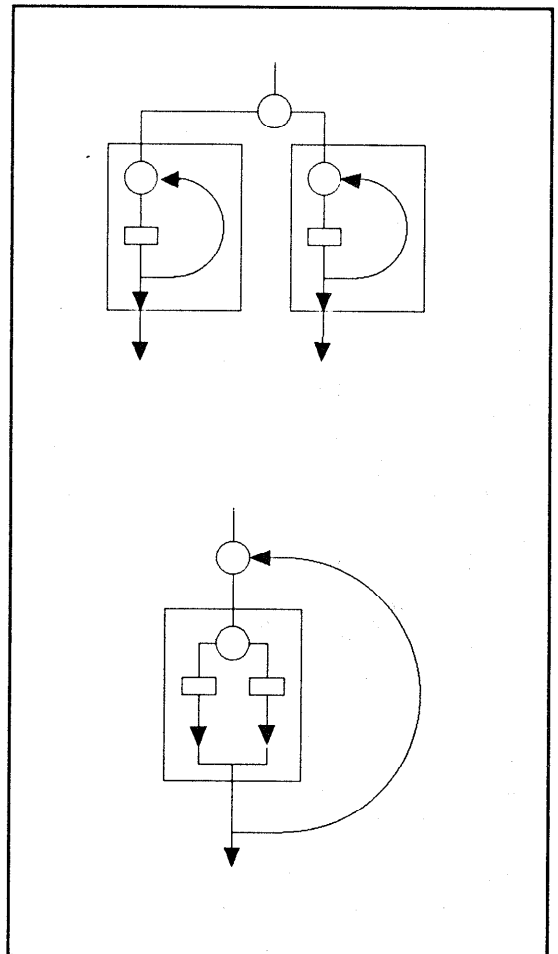
調査2では、トレーステストは平均点64.4、標準偏差25.0、イメージテストは平均点61.3、標準偏差32.1というデータを得た。2つのテストの得点の相関図を図4に示す。

3.3 調査1と2の比較

調査1と調査2を、トレーステスト(図5)とイメージテスト(図6)のそれぞれの得点で比較した。



(a)



(b)

図2 イメージ図。(a)基本構造、(b)組合せ構造
Fig.2 Image diagrams. (a) fundamental structure, (b) combination structure.

4. 調査結果およびテストについての考察

4.1 トレーステストについて

調査1では平均点が79.5点と高かった。そのため

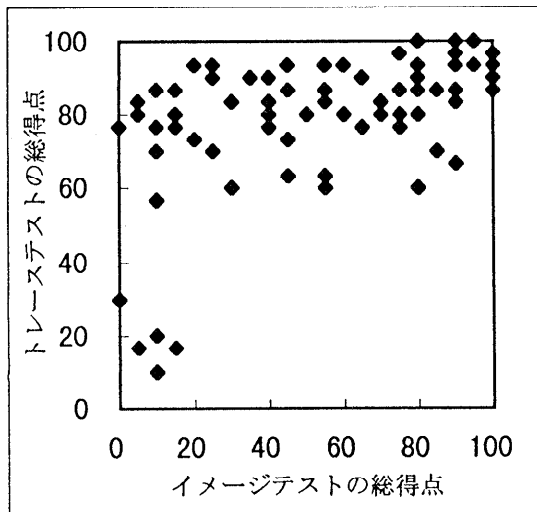


図3 イメージテストとトレーステストの得点の相関図 (調査1)
Fig. 3 The relation between image test and trace test (examination 1).

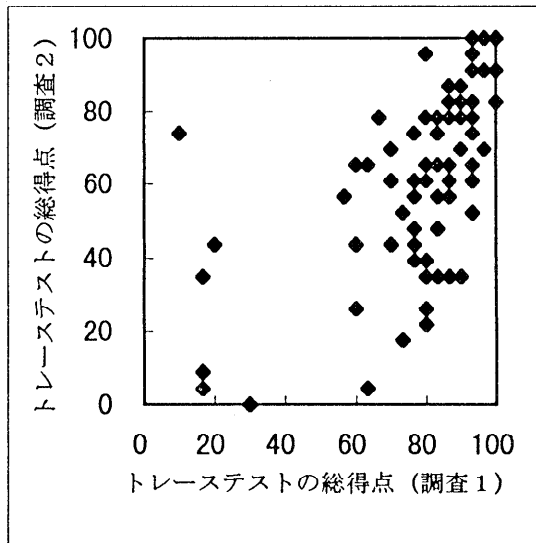


図5 トレーステスト (調査1と調査2) の得点の相関図
Fig. 5 The Relation between the points of 2 trace tests.

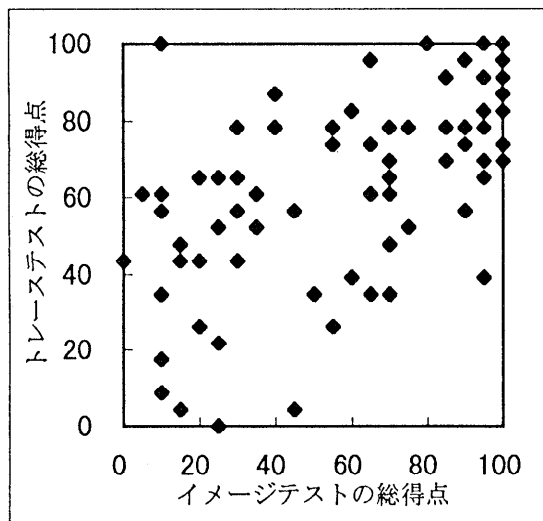


図4 イメージテストとトレーステストの得点の相関図 (調査2)
Fig. 4 The relation between image test and trace test (examination 2).

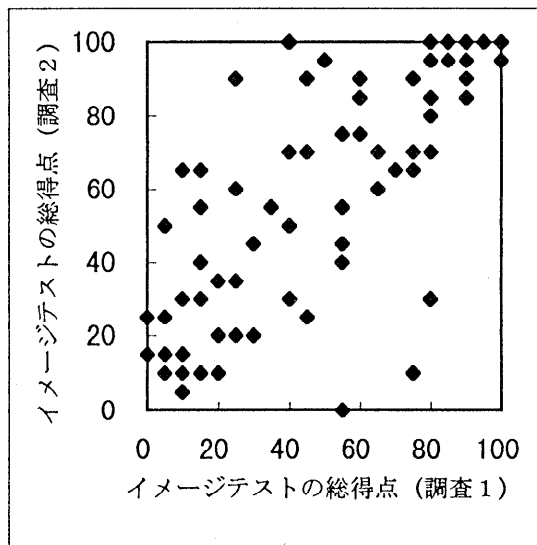


図6 イメージテスト (調査1と調査2) の得点の相関図
Fig. 6 The Relation between the points of 2 image tests.

当然存在すると見られたバラツキが小さくでた。そこで、調査2では、調査1に比べ難度を上げてテストを行った。その結果、平均点は64.4点とさがり、図4に見られるようにバラツキは平均点の回りにほぼ対称に広がった。

このテストはソースプログラムの読み取り能力を見るものであり、学習到達度を表している。分布が対称になったことは、調査2が妥当な評価値を与えてると推定できる。

4.2 イメージテストについて

イメージテストで、調査1と2のデータ間の母分散の比の検定を行った結果、有意差は認められなかった。これは、2回の調査の間に、調査対象となった学生の集団には統計的に意味のある変化がなかったことを示している。また、平均点には約15点の上昇が見られたので、対応あるデータの差の検定をしたところ有意差が認められた。

このことについては次のように考える。すなわち、

調査1と調査2はほぼ同様の内容であり、かつイメージについては特別の教育はしていない。さらに、母集団としての質の有意な変化は認められなかったことから、平均点の上昇はテストに対する慣れを反映している。言い換えれば、イメージテストは学習到達度ではなく、本来母集団のメンバの持っているプログラミングに対する潜在的な能力を反映するものである。

4.3 イメージテストとトレーステストの関係

2回の調査のいずれでもイメージテストとトレーステストの得点の間には何らかの回帰関係が存在しているように見える。しかし、調査1(図3)ではトレーステストの得点のバラツキが小さく、2つのテストの関係が分かりにくい。そこで、回帰関係の有無を明らかにするために、イメージテストの得点を x 、トレーステストの得点を y として、調査1と調査2(図4)に関して回帰分析を行い、ともに有意差のあることが分かった。回帰式としては、調査1では $y = 0.74x + 93.40$ 、調査2では $y = 0.62x + 40.85$ を得た。

4.4 調査結果のまとめ

4.2節に述べたように、イメージテストは、学習効果に依存しない潜在的なプログラミング能力の基準と考えられる。また、イメージテストとトレーステストの間には有意な回帰関係があることから、潜在的なプログラミング能力が高いほど、プログラミングの学習達成度も高くなるとの関係がデータからも裏付けられた。

5. 今後の課題

今回の結果を発展させて、イメージテストで用いたイメージを積極的に学生に提示して、制御構造に対する明白なイメージ図を形成させた場合に、プログラミングの学習効果が向上するか否か、などについて調査研究したい。

参考文献

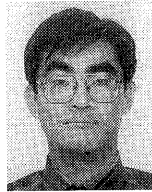
- 1) 長谷川聡, 山住富也: プログラミング教育と学習者のイメージ形成, 名古屋文理短期大学紀要, Vol.22, pp.9-14 (1997).
- 2) 長谷川聡, 山住富也: プログラミング教育におけ

る制御構造理解のためのイメージ形成の効果, 第51回情報処理学会全国大会論文集, 1-295 (1995).

- 3) 長谷川聡, 山住富也, 小池慎一: プログラム教育における制御構造の理解度とイメージ形成について, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 576, p.288 (1996).
- 4) 山住富也, 長谷川聡, 小池慎一: プログラム教育における制御構造の理解度とイメージ形成について~その2, 電気情報通信学会 1997年総合大会講演論文集, D-15-26 (1997).

(平成9年6月9日受付)

(平成10年2月2日採録)



長谷川 聡 (正会員)

1964年生。1988年名古屋大学理学部物理学科卒業。同年(株)島津製作所入社。知識処理システムの研究開発に従事。1994年より名古屋文理短期大学情報処理科勤務。現在、同講師。1998年名古屋大学大学院多元数理科学研究科博士前期課程修了。短期大学でのプログラミング教育の傍ら生体情報処理分野の研究に従事。生物物理学会、分析化学会、形の科学会、CIEC(コンピュータ教育利用協議会)各会員。



山住 富也 (正会員)

1963年生。1990年中部大学大学院工学研究科後期博士課程電気工学専攻修了。現在、名古屋文理短期大学講師。工学博士。



小池 慎一 (正会員)

1941年生。1969年名古屋工業大学工学研究科修士課程修了。現在、愛知工業大学計算センター助教授。