

## プログラムの制御構造とそのイメージ形成について —第2報—

### On a Relation between Control Structure and Imagining in Programming II

小池 慎一<sup>†</sup>, 山住 富也<sup>††</sup>, 長谷川 聡<sup>††</sup>

Shin-ichi KOIKE, Tomiya YAMAZUMI, Satoshi HASEGAWA

**Abstract** In this paper we show that the correlation between log on time and tracing test is not significant in the elementary education programming course, but the one between imagining test and tracing test is significant.

It is already known that there is high correlation between the capacities of imagining and comprehension of control structures. Then we examined here two school years data in 1996 and 1997. And, because using the IBM 9121 system, we were able to use the records of student's connecting to the system at the end of each school years. At first we thought that the log on time may be good parameter of their studying attitude. Then we analyzed those 5 data, i. e. the log on time, the numbers of outputted papers, the student record, imagining test and tracing test. As the result, we got the low relation between the log on time and the tracing test, but the high one between the imaging and the tracing.

#### 1. はじめに

初めてプログラミングを学習する初心者の学習過程において、分岐・反復などの基本的制御構造の理解度と、プログラムのソースコードの図形的イメージ形成能力とに高い相関があることが示されている<sup>1)</sup>。

本報は、そのイメージ形成能力を測るイメージテストとプログラミングの理解度を測るトレーステストについて、1996年度および1997年度に実施した2クラスのデータについて検証するものである。

使用されたコンピュータはIBM9121-320システムであり、学生は大学の実習室の端末を通してしか操作できない。その記録は、利用状況表として学期末にまとめて教員に報告される。その中から学生のログオン時間とプリントアウトされた用紙の枚数データが、学習態度のパラメータとなるのではないかと考え、それらについても解析した。対照データとしては、授業中の筆記による小テストと期末のプログラム作成テストを合わせた評価点を用いた。

結果として、ログオン時間とプリントアウトの枚数対評価点、トレーステスト、イメージテストとの間の相関は小さくでた。イメージテストとトレーステスト間の相関は認められた。

#### 2. 本論

##### 2.1 データについて

始めに、解析に用いたデータについて説明する。

##### (1) ログオン時間

ログオン時間は、学生が端末装置を立ち上げてコンピュータに接続している経過時間である。接続したままで何もしなくても、いろいろ試みても経過時間には変わらない。また、進度が遅く、ただ端末の前に座っていて、誰かができるのを待っている学生はログオン時間は長くなる。反対に、よくできる学生がいたとすれば、彼にとってはログオン時間は短くなるかもしれない。

一般的には、初心者ばかりで平均的な能力を持つ熱心な学生ばかりであると仮定すれば、ログオン時間の長さはおおむね、学生の理解度に比例するであろう、と予想される。

##### (2) 出力枚数

プログラムのソースコードを手直ししたり、実行結果を見るために、submitコマンドでプリントアウトさせる。間違いも含めて積極的に試みる学生は当然出力枚数は増加すると予想される。反対に、非常にできる学生は無駄な試みはしないであろうから、出力枚数は少ない。実際は、初めてプログラミングをする学生ばかりなので、おおむね出力枚数が多ければ、熱心さを表し、到達度も高いと予想する。

<sup>†</sup> 愛知工業大学計算センター (豊田市)

<sup>††</sup> 名古屋文理短期大学情報処理科 (稲沢市)

以上の(1)と(2)については, 1996年度は端末に座る回数が標準で11回, 1997年度は授業の方法を変更したこともあり, 6回である。正規の時間以外に利用した学生も多いので, 時間数のばらつきは大きい。

### (3) 評価点

成績評価のために, 授業の中で文法事項とアルゴリズムの復習をかねた小テストを数回行い, 平常点とした。また, 定期試験として, 小さなプログラムを与えられた時間内で独力で作成させる課題を課した。それらの合計点を評価の基準とした。ここに評価点はその点数である。

### (4) イメージテスト

イメージテストとは, プログラムの断片を見せて, その制御構造を図の中から選択するものである。テスト問題の例は既報である<sup>2)</sup>。

### (5) トレーステスト

トレーステストは, プログラムの断片を見せ, それを順次実行した場合の変数の値の変化を答えるものである。プログラムの繰り返しとか分岐に対する正しい理解がないと答えられない。しかし, 変数の型の理解が不十分であっても流れさえ追えば正しい解を得ることは可能である。

トレーステストは学習の達成度を反映すると位置づけられている<sup>1)</sup>。しかし, 文法事項についての正確な知識を要求しないし, 自分でプログラムを作成する能力とは異なる。よって, その点では本当の成績評価とは一致しない可能性がある。

## 2.2 対象

1996年度と1997年度の後期の工学部建築学科の3年次の学生に対し授業時間中にテストを行った。科目は選択科目である。3年次後期ということで, 単位数が不足しているから受講したと明言する学生もかなり含まれている。両年度について, 授業内容およびテストの時期について相違があるので以下に記す。

### (1) 1996年度

10月開講で, 2コマ目よりコンピュータの操作を教える。文法の講義とその簡単な応用プログラ

ムを実習させる。イメージテストとトレーステストは12月に実施した。それ以前に, 学習の効果を見る意味で小テストを3回行っている。内容は, 文法とか制御構造の知識を確かめるものである。テスト受験者は30名であった。

### (2) 1997年度

10月開講で, はじめの6コマはコンピュータに触れさせず, プログラム電卓を用いてアルゴリズムの実習を行った。そのために, 1997年度の学生のコンピュータの平均ログオン時間は1996年度の場合の1/2以下である。イメージテストとトレーステストは最後の2月に実施した。テスト受験者は30名であった。

いずれのクラスにも, イメージテストおよびトレーステストに関する予備知識は与えてない。

### (3) テスト受験者

ここでテスト受験者としたのは, イメージテスト, トレーステストおよび定期試験を全て受験した学生を意味する。したがって, 受講者はテスト受験者より多い。

## 2.3 解析結果

前述のログオン時間, 出力枚数, 評価点, イメージテスト, トレーステストのデータに関して相関行列を計算した。結果を表1と表2に示す。

表1. 相関行列(1996年度)

	ログオン時間	出力枚数	評価点	イメージテスト	トレーステスト
ログオン時間	1.00	0.45	-0.40	-0.24	-0.35
出力枚数		1.00	0.24	0.27	0.20
評価点			1.00	0.56	0.89
イメージテスト				1.00	0.57
トレーステスト					1.00

表2. 相関行列(1997年度)

	ログオン時間	出力枚数	評価点	イメージテスト	トレーステスト
ログオン時間	1.00	0.49	0.22	-0.17	0.10
出力枚数		1.00	0.38	0.09	0.42
評価点			1.00	0.50	0.47
イメージテスト				1.00	0.63
トレーステスト					1.00

(1) 表1について

5%の有意差があったのは、イメージテスト対トレーステスト、評価点对イメージテスト、評価点对トレーステストの3組の相関である(図1~3)。

評価点とトレースの間有意差があったことは、トレーステストがいわゆる成績を代用する特性を示すと解釈する。イメージとトレースの関係については既報で論じた通り、イメージ形成能力の高い学生はプログラミング能力も高いと言う解釈を支持している<sup>2)</sup>。

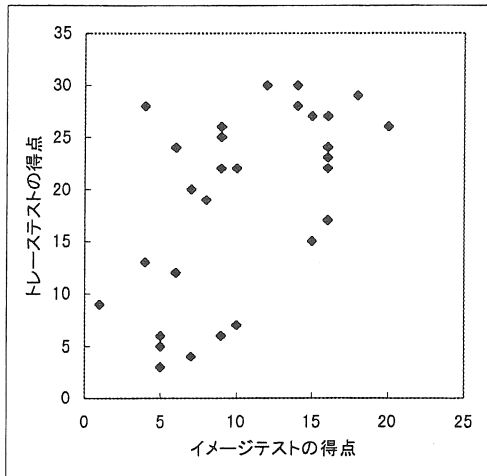


図1. イメージテストとトレーステストの得点の散布図 (1996年度)

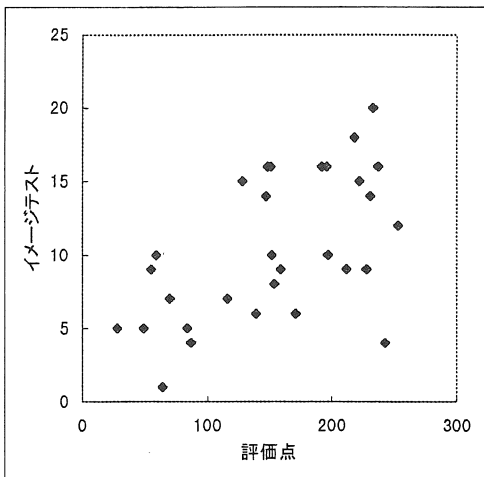


図2. 評価点とイメージテストの得点の散布図 (1996年度)

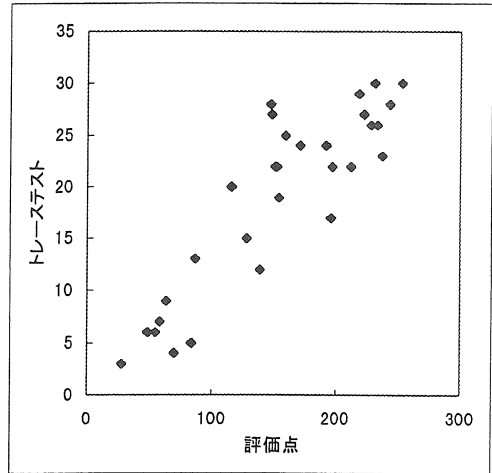


図3. 評価点とトレーステストの得点の散布図 (1996年度)

(2) 表2について

5%有意差があるのはイメージテスト対トレーステストのみで、評価点对イメージテストも評価点对トレーステストも20%有意差に留まった(図4~6)。1997年のデータについては相関を弱めるような要因が存在すると考えられる。

すなわち、1997年の評価点の平均は140点中の73.5点、標準偏差は20.3であるのに対して、1996年の評価点の平均は260点中の154.1点、標準偏差は66.4である。それに対してトレーステストの平均と標準偏差は1997年が20.0点と6.7および19.0と8.6であり、大差がない。1997年の評価点のばらつきが小さいのは、落ちこぼれが少なくなるように授業を工夫した点もあるので、本人の本当の理解度を測るより、単位が取れるようにとの配慮が効いた結果とも言える。したがって、本人の能力を表すと考えられるトレーステストとの相関が小さ目にてたと考える。

(3) ログオン時間、出力枚数とその他のデータとの相関について

1996年のログオン時間と評価点、イメージテスト、トレーステストのいずれも負の相関を示している。努力すればよい得点を得るという常識とは反する結果である。これは、ただ端末の前に座っている時間が長くても、返って成績が悪いことを意味している。主観的な判断であるが、単位を取るために、自身はほとんど何もしないで誰かが出

来るのを待っていて, 気がつくとそのような学生もレポートを提出して帰っているという現実からするとあなづける.

出力用紙の枚数についても, 小さな相関値しか示さない.

以上より, 端末の前に座っている時間と出力用紙の枚数は, 評価点, イメージテスト, トレーステストのいずれの得点とも有意な相関は認められないのは妥当である.

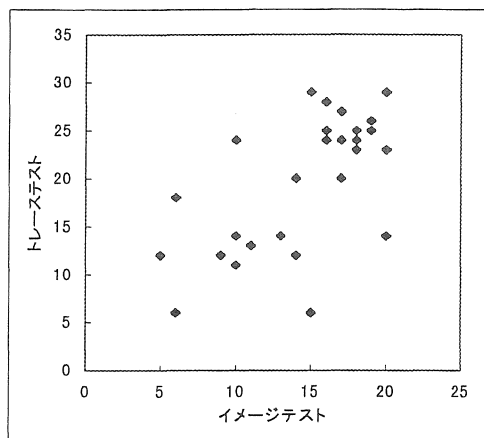


図4. イメージテストとトレーステストの得点の散布図 (1997年度)

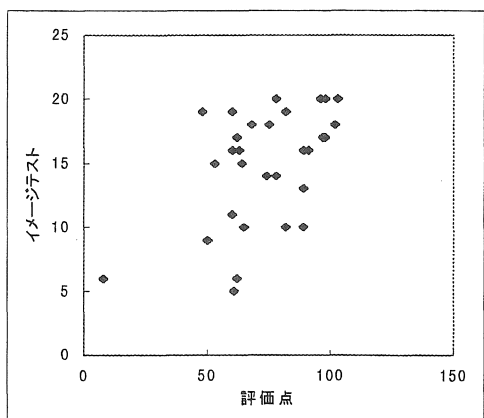


図5. 評価点とイメージテストの得点の散布図 (1997年度)

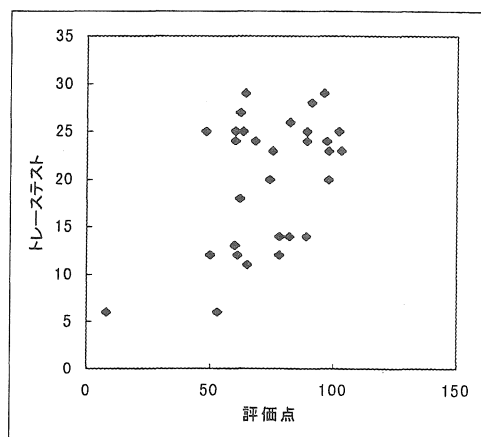


図6. 評価点とトレーステストの得点の散布図 (1997年度)

### 3. 結論と考察

前節の解析結果より, 以下の結論を得る.

(1) トレーステストと評価点の間の相関に有意さが認められたことから, トレーステストがプログラミングの能力を表すとの仮説が確認された.

(2) イメージテストについては事前の学習がなされていないことから, 制御構造に対する直感的な理解度を反映する, すなわち, 潜在的な能力を反映するとの考えが実証された.

(3) 端末に接触する時間数(ログオン時間)と出力用紙の枚数は, 評価点とイメージテスト, トレーステストのいずれとも相関はない. したがって, 学習態度の良好なパラメータとはいえない.

今後の課題として, 以下の2点が挙げられる.

(a) イメージテストの問題自体に, プログラミング言語の記述が含まれている. したがって, プログラミング言語の知識がゼロではテストができない.

(b) 今後, 言語の知識なし, あるいは言語の知識が少なくとも評価できる方法が存在するかどうかについて検討したい. もし有効な方法が見つければ, プログラマ適性テスト等のための有効な方法となり得よう.

### 参考文献

- 1) 長谷川聡, 山住富也, 小池真一: 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, 情報処理学会論文誌, Vol. 39 No. 4. (1998) 掲載予定.
- 2) 小池真一, 山住富也, 長谷川聡: プログラムの制御構造とそのイメージ形成について, 愛知工業大学研究報告, Vol. 32B, p. 183, (1997) (受理 平成10年3月20日)