

アルゴリズム教育支援ツールとしてのPADの試用

新國三千代

札幌学院大学社会情報学部の「プログラミング言語 I」ではPAD (Problem Analysis Diagram) を用いてアルゴリズムの設計に重点を置いた構造化プログラミング教育を行っている。本稿では、講義でPADの導入をどのように行っているかを述べ、次に、アルゴリズム教育支援ツールとしてPADが有効かどうかを測る手がかり、すなわち何らかの尺度を見い出すための試みを紹介する。現時点では収集したデータの分析が不十分なため、PADの有効性を明らかにするために収集したデータの概要と統計的な分析結果を述べるに留めた。

なお、ここで使っている“アルゴリズム”という言葉は、一般的に用いられる“算法”という意味ではなく、“プログラムの制御構造の記述”を指す言葉として使用している。

1. 「プログラミング言語 I」の講義と演習

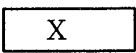
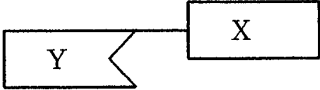
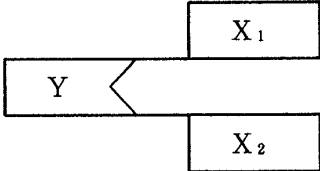
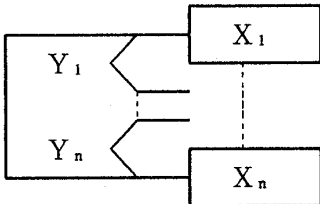
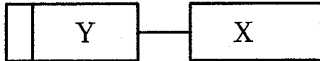
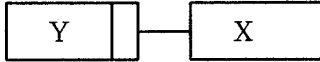
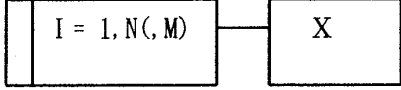
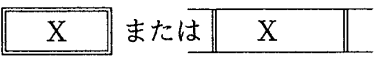
現在、社会情報学部におけるプログラミングの講義科目には、「プログラミング言語 I (FORTRAN)」と「プログラミング言語 II (COBOL)」があり、2・3学年の選択必修科目になっている（それぞれ、講義4単位、演習2単位）。「プログラミング言語 I」の講義担当は筆者、演習担当は当学部の森田彦である。「プログラミング言語 I」では、特定の言語に依存しない“プログラム設計法”を核にした講義を行うことを目標としている。これは、プログラミング教育がプログラミング言語の文法教育で終わってしまう傾向にあるため、プログラミングにとって最も骨格になるものを教育の中心に据え、それを学習する過程でプログラミング言語の文法を修得する方が好ましいと考えたからである。

講義では、図1に示したPAD (Problem Analysis Diagram) の基本図式である接続、

Michiyo NIKKUNI 札幌学院大学社会情報学部

選択、繰り返しを一年間かけて一つ一つ学習していく。その日考える問題を毎回プリントで渡し、始めの30分間を新しく取り上げるPADの図式表現やそれをFORTRAN言語で記述する方法等の講義にあてる。1講義で基礎・演習・応用の3題の問題を課す。問題の作成は森田と共に行い、作成にあたっては、今までの研究成果⁽¹⁾に従い学生にとって身近で考え易くしかも興味をそそるような問題、例えば自動販売機や、トランプ遊び、オセロゲームなど多少遊び心を持って作れるようなものを考えた。

基礎と演習問題については講義時間にPADを書かせ、それをFORTRAN言語で記述させる。これは、実際に自分でPADを用いてプログラムを書く経験を積むことで、プログラムを作るという意味をよく理解できると考えたからである。基礎問題についてはPADとFORTRAN言語で記述された解答例を学生に板書させる。正解は一つしかないと思いついて入っている学生が多いため、適宜、複数の解

名称	PAD図式	FORTRANによる表現 (意味)
処理		X (XというFORTRAN言語の命令を処理する)
選択	<p>① </p> <p>② </p>	<p>① IF Y THEN X ENDIF (もし、YならばXを処理)</p> <p>② IF Y THEN X₁ ELSE X₂ ENDIF (もし、YならばX₁ YでなければX₂を処理)</p>
多分岐 選択		<p>IF Y₁ THEN X₁ ELSE IF Y₂ THEN X₂ ELSE IF Y₃ THEN X₃ ELSE [IF Y_n THEN] X_n ENDIF (もし、1ならばX₁ 2ならばX₂ nならばX_nを処理する) []:省略可</p>
繰り返し	<p>① </p> <p>② </p> <p>③ </p>	<p>① 1 CONTINUE IF (Y) THEN X GO TO 1 ENDIF (Yである間Xを処理)</p> <p>② 1 CONTINUE X IF (Y) GO TO 1 2 CONTINUE (Xを処理し、YになるまでXの処理を繰り返す)</p> <p>③ DO m I=1, N, M X m CONTINUE IがMずつ増加しNになるまでXを処理する)</p>
副プログラムの定義		Xという関数またはサブルーチンを別に定義する。

出力処理のPAD図

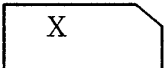
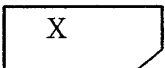
入力 処理		Xで示すように入力する
出力 処理		Xで示す様に出力 (表示) する

図1 PAD (問題分析図: Problem Analysis Diagram) の基本図式

答例を示し違った表現もありうることを説明する。また、不適切な解答例についてはその理由を考えさせるように心がけた。講義の3分の2位をPADによる図式化とFORTRAN記述作業、そして解答例の説明に当てている。講義担当者は学生が作業を進めている間、講義室を一巡し、質問を受けたり学生が理解できない点を拾い出すように努めている。

講義時間に書かれたプログラムは演習時間に各自入力・実行を行い、目的に合ったプログラムになっているか否かを確認することになっている。演習時間は演習担当教員以外に大学院生が10人に一人ついており、課題が完成した学生は大学院生のチェックを受けることになっている。チェックの対象は、PADとプログラムの両方である。

2. PADによる図表現

PADによる図表現の仕方は二段階方式で行う。まず、トップダウン的に大まかなPADを描き、次にその大まかなPADを見ながら、必要な変数を定義し、その後、詳細なPADを描いていく。この過程では、接続・選択・繰り返しを組み合わせながらPADを書いていくが、適宜、必要な変数を付け加えてPADを完成させていく必要がある。この変数の定義は学生にとっては難しいようで、ここで詰まる学生が結構いる。筆者は、日本大学の市田陽児氏から、「PAD上でデータ定義を行うことはなかなか難しい。まず、DFD(データフローダイアグラム)を用いてデータの流れを描いてから変数を定義し、その後でPADを書く方がよい」という助言をうけており、これについては今後検討する必要があると感じている。

講義では、PADの箱内の記述を日本語を用いて行っている。これは、PADの図表現の学習において、他の新しいことを同時に学ぶという負荷を最小限にしたかったためである。新しい制御構造を学ぶ時は、2~3の例題を与えてPADの書き方に慣れさせたり、箱の

枠のみを与えて内容を記述させる等の練習を繰り返し行った。

3. PADの有効性を測るデータの収集と分析結果

アルゴリズムの制御構造の記述にPADが有効か否か調べるために、適宜テストを行いデータを収集した。PADの有効性を示すためには、PADを用いないでプログラムを記述する教育を受けたグループと比較してみる必要があるが、適当な被験者が見つからずこの試みは断念した。

アルゴリズムの記述教育を4年間やってみて、アルゴリズム教育を云々する以前にもっと解決しなければならない大きな問題があると感じてきた。それは、学習意欲や学習のやり方など、大学生の講義に対する学習態度の問題である。アルゴリズム教育を効果のあるものにするためには、学習態度そのものを改善していく必要があると考えている。

以上の理由で、PADの有用性を測るためのデータの収集は、学習態度に関するものも含め幅を広げて行っている。1994年度に収集したデータは、1)講義の出席データ、2)アンケート調査結果(4月、6月、12月に3回実施)、3)テスト結果(小テスト2回、前期末、後期末テストの合計4回)である。以下、それぞれについてデータの概要とデータの分析結果を紹介する。

3.1 講義の出席データ

講義の出席データは、講義中に出席カードを配り、講義終了時に回収するという形で収集した。1994年度の講義の出席状況は、図2に示すとおり、前期、後期で出席率の割合が異なっている。前期では、8割以上出席した学生の割合が43.8%、6割以上が77%とあまり高い出席率とは言えないが、後期になると8割以上出席している学生の割合が60.1%、6割以上は79.8%に増えている。因みに、1994年度の当講義の履修希望者は217名であった。

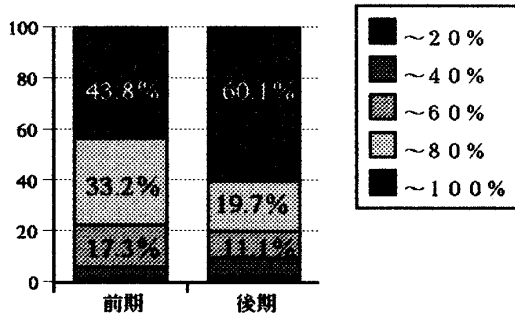


図2 講義の出席状況

3.2 4月のアンケート調査

4月の開始時に、東工大坂元昂先生が作成した大学生の学習技能・学習意欲・創造性を調べる調査⁽²⁾を実施している。アンケートの調査票は、表1～表3の通り質問内容は全く同じものを使い一切変更していない。

この調査は、1992年から「プログラミング言語I」履修学生（主に2年目）を対象に毎

表1 大学生の学習技能の調査

I. あなたの日常行動と各項目の内容とを比べて、より当たっていると思われるものの数字に○をつけて下さい。(成績には一切関係しませんので、正直に答えて下さい)

学籍番号 _____ 氏名 _____

	非あ 常た につ てい る	やあ やた っ てい る	ど言 ちえ らな とい も	ああ また りっ てい ない	まあ った たっ くて いな い	
1. わからなかったところを書き出しています。	5	4	3	2	1	() ¹
2. 授業と直接関係のない本も読んでいます。	5	4	3	2	1	() ²
3. 何か調べる時や、物事を考える時は、自分のアイデア を大事にしています。	5	4	3	2	1	() ³
4. 自分の身近なものに関連付けておぼえています。	5	4	3	2	1	() ⁴
5. 他の内容と関連付けて調べています。	5	4	3	2	1	() ⁵
6. 相手を見ながら聞いています。	5	4	3	2	1	() ⁶
7. おぼえる時は、線や印の種類をかえてつけています。	5	4	3	2	1	() ⁷
8. 図や表にしながらか調べています。	5	4	3	2	1	() ⁸
9. 参考書や問題集を使って解いています。	5	4	3	2	1	() ⁹
10. 実物や、それにかわる資料を見たりして調べています。	5	4	3	2	1	() ¹⁰
11. 大事な順におぼえています。	5	4	3	2	1	() ¹¹
12. 要点をまとめて書いています。	5	4	3	2	1	() ¹²
13. 辞書や事典をひいて調べています。	5	4	3	2	1	() ¹³
14. ノートをとる時は、図や表にまとめたりして、 わかりやすくしています。	5	4	3	2	1	() ¹⁴
15. わからなかったところはわかるまで読んでいます。	5	4	3	2	1	() ¹⁵
16. わからなかったところを調べています。	5	4	3	2	1	() ¹⁶
17. 繰り返しておぼえています。	5	4	3	2	1	() ¹⁷
18. 問題の要点をおさえながら解いています。	5	4	3	2	1	() ¹⁸
19. 大事だと思うところは熱心に聞いています。	5	4	3	2	1	() ¹⁹
20. 大事だと思うところに印をつけたり、線を引いたり して読んでいます。	5	4	3	2	1	() ²⁰
21. はじめに予想を立てて解いています。	5	4	3	2	1	() ²¹
22. メモをとりながら聞いています。	5	4	3	2	1	() ²²
23. 要点をおさえながら読んでいます。	5	4	3	2	1	() ²³
24. 教科別にノートの種類を分けて書いています。	5	4	3	2	1	() ²⁴
25. メモをしながらか調べています。	5	4	3	2	1	() ²⁵
26. どうしてもひとりで考えてわからなければ答えを見 て解いています。	5	4	3	2	1	() ²⁶
27. 要点をおさえながら聞いています。	5	4	3	2	1	() ²⁷
28. わからない時は、先生に聞いています。	5	4	3	2	1	() ²⁸
29. 重要と考える部分に線を引いたりして書いています。	5	4	3	2	1	() ²⁹
30. 本の中にメモを記入しながら読んでいます。	5	4	3	2	1	() ³⁰

年4月に実施してきた、1994年度の調査の対象者は当日の講義に出席した189名である。

1994年度のこのアンケート調査をもとに、SASのFACTORプロシジャを用いて因子分析を試みた結果、学習技能で9因子、学習意欲で8因子、創造性調査で3因子が抽出された。紙面の関係で詳細なデータの掲載は省略するが、全データの因子分析における

VARIMAX回転後の因子負荷行列を求めて、負荷が高い変数を並べた結果に基づき因子に寄与している質問との対照表を求めた一例を表4に示した。関連した質問が同じ因子として分離されていることがわかる。

表5は、表1～表3の調査の質問回答で、5または4、すなわち「非常にあたっている」「ややあたっている」を「あたっている」、2または

表2 大学生の学習意欲の調査

Ⅲ. あなたの日常行動と各項目の内容とを比べて、より当たっていると思われるものの数字に○を付けて下さい。(成績には一切関係しませんので、正直に答えて下さい)

学籍番号	氏名	非あ 常た にっ て い る	やあ やた たっ て い る	ど言 ちえ らな い も	ああ たり っ て い な い	まあ たっ たっ て い な い	()	数字
		5	4	3	2	1	()	1
		5	4	3	2	1	()	2
		5	4	3	2	1	()	3
		5	4	3	2	1	()	4
		5	4	3	2	1	()	5
		5	4	3	2	1	()	6
		5	4	3	2	1	()	7
		5	4	3	2	1	()	8
		5	4	3	2	1	()	9
		5	4	3	2	1	()	10
		5	4	3	2	1	()	11
		5	4	3	2	1	()	12
		5	4	3	2	1	()	13
		5	4	3	2	1	()	14
		5	4	3	2	1	()	15
		5	4	3	2	1	()	16
		5	4	3	2	1	()	17
		5	4	3	2	1	()	18
		5	4	3	2	1	()	19
		5	4	3	2	1	()	20
		5	4	3	2	1	()	21
		5	4	3	2	1	()	22
		5	4	3	2	1	()	23
		5	4	3	2	1	()	24
		5	4	3	2	1	()	25
		5	4	3	2	1	()	26
		5	4	3	2	1	()	27
		5	4	3	2	1	()	28
		5	4	3	2	1	()	29
		5	4	3	2	1	()	30

表3 大学生の創造性の調査

II. あなたの日常行動と各項目の内容とを比べて、より当たっていると思われるものの数字に○を付けて下さい。(成績には一切関係しませんので、正直に答えて下さい)

	非 常 に あ た っ て い る	あ た っ て い る	ど ち え ら な い も	あ た っ て い な い	あ た っ た く て い な い	()	1
1. 明るい	5	4	3	2	1	()	1
2. 熟考型	5	4	3	2	1	()	2
3. 物事にすぐには動じない	5	4	3	2	1	()	3
4. 予見力のある	5	4	3	2	1	()	4
5. 人に親しまれる	5	4	3	2	1	()	5
6. 学業成績が抜群	5	4	3	2	1	()	6
7. 自立的な	5	4	3	2	1	()	7
8. 考えを進めるのが速い	5	4	3	2	1	()	8
9. 話好きな	5	4	3	2	1	()	9
10. 内向的な	5	4	3	2	1	()	10
11. 体力が平均以上である	5	4	3	2	1	()	11
12. 次々に新しいアイデアを出す	5	4	3	2	1	()	12
13. 好奇心が強い	5	4	3	2	1	()	13
14. 記憶力がすぐれている	5	4	3	2	1	()	14
15. 健康な	5	4	3	2	1	()	15
16. 問題に対して敏感な	5	4	3	2	1	()	16
17. 暖かみのある	5	4	3	2	1	()	17
18. 綿密な	5	4	3	2	1	()	18
19. 持続力がある	5	4	3	2	1	()	19
20. 見通しのきく	5	4	3	2	1	()	20
21. ユーモアのある	5	4	3	2	1	()	21
22. 知的活動を好む	5	4	3	2	1	()	22
23. 忠誠心がある	5	4	3	2	1	()	23
24. 推理力のある	5	4	3	2	1	()	24
25. 新しいものを好む	5	4	3	2	1	()	25
26. 特殊なことに対しても一般的な形で 問題とする	5	4	3	2	1	()	26
27. ねばり強い	5	4	3	2	1	()	27
28. 仮説を発展させる	5	4	3	2	1	()	28
29. もの柔らかな	5	4	3	2	1	()	29
30. 細心な	5	4	3	2	1	()	30
31. 頼りになる	5	4	3	2	1	()	31
32. 応用力のある	5	4	3	2	1	()	32
33. 外向的な	5	4	3	2	1	()	33
34. 一つの考えをジックリ追求する	5	4	3	2	1	()	34
35. 努力をする	5	4	3	2	1	()	35
36. 多角的に見る	5	4	3	2	1	()	36
37. 活動そのものを楽しむ	5	4	3	2	1	()	37
38. 論理的な	5	4	3	2	1	()	38
39. 他人の仕事の監督・指導ができる	5	4	3	2	1	()	39
40. 自分の活動分野の最新の動向に 精通している	5	4	3	2	1	()	40

表4 各因子に寄与する質問の対照表—学習技能調査の例

	番号	質問内容
因子1	30	本の中にメモを記入しながら読んでいます。
	25	メモをしながら調べています。
	22	メモをとりながら聞いています。
	29	重要と考える部分に線を引いたりして書いています。
	1	わからなかったところを書き出しています。
	28	わからない時は、先生に聞いています。
因子2	19	大事だと思うところは熱心に聞いています。
	20	大事だと思うところに印をつけたり、線を引いたりして読んでいます。
	26	どうしてもひとりで考えてわからなければ答えを見て解いています。
	13	辞書や事典をひいて調べています。
因子3	17	繰り返しておぼえています。
	16	わからなかったところを調べています。
	15	わからなかったところはわかるまで読んでいます。
	18	問題の要点をおさえながら解いています。
因子4	7	おぼえる時は、線や印の種類をかえてつけています。
	8	図や表にしながら調べています。
	6	相手を見ながら聞いています。
	14	ノートをとる時は、図や表にまとめたりして、わかりやすくしています。
因子5	10	実物や、それにかわる資料を見たりして調べています。
	9	参考書や問題集を使って解いています。
因子6	11	大事な順におぼえています。
	12	要点をまとめて書いています。
因子7	21	はじめに予想を立てて解いています。
	23	要点をおさえながら読んでいます。
	27	要点をおさえながら聞いています。
因子8	3	何か調べる時や、物事を考える時は、自分のアイデアを大事にしています。
	4	自分の身近なものに関連付けておぼえています。
	5	他の内容と関連付けて調べています。
因子9	2	授業と直接関係のない本も読んでいます。
	24	教科別にノートの種類を分けて書いています。

表5 4月のアンケートの集計で偏りが大きかった質問

1. 学習技能調査

	あっている	あっていない
a) あっているが45%以上		
19: 大事なところは熱心に聞く	61.9%	11.1%
20: 大事なところは印、線をつける	59.8%	15.9%
29: 重要箇所線を引く	56.6%	18.5%
26: 分からない時答見て解く	55.0%	16.9%
24: 教科別にノートを分ける	52.7%	22.3%
3: 自分のアイディア大切に	47.6%	13.8%
11: 大事な順に覚える	47.6%	22.8%
13: 辞書や事典を調べる	45.5%	21.2%
b) あっていないが45%以上	あっていない	あっている
9: 参考書問題集解く	61.4%	14.3%
1: わからないところ書き出す	55.6%	9.6%
10: 実物、資料見て調べる	51.9%	16.9%
28: 分からない時先生に聞く	51.9%	22.2%
8: 図・表にして調べる	49.2%	15.3%

2. 学習意欲

	あっている	あっていない
a) あっているが45%以上		
13: グループ活動円滑に気配り	48.6%	16.0%
5: 上手く実行する方法考える	46.4%	12.2%
b) あっていないが45%以上	あっていない	あっている
16: 学期始めに生活勉強計画立てる	59.1%	14.8%
12: 進んで応用問題する	59.1%	7.8%
10: 分からない所全て先生に聞く	58.6%	8.8%
15: 研究計画を立ててやる	55.2%	10.5%
11: 難しい問題にファイト持って挑戦	51.9%	11.6%
21: 語学の力をつけるためコツコツと	50.3%	16.4%
22: 新しい課題見つけて取り組む	47.5%	13.8%

3. 創造性

	あっている	あっていない
a) あっているが45%以上		
13: 好奇心が強い	61.7%	9.0%
15: 健康な	60.1%	12.8%
25: 新しいものを好む	59.6%	9.6%
1: 明るい	52.1%	11.7%
37: 活動そのものを楽しむ	49.5%	11.7%
9: 話好き	48.9%	20.2%
21: ユーモアのある	45.7%	12.2%
2: 熟考型	45.2%	13.8%
b) あっていないが45%以上		
(該当無し)		

1, すなわち「あまりあっていない」「まったくあっていない」「当たっていない」として集計した時に、何方か一方に極端な偏りが出たもの(全体の45%以上)を大きい順に並べた結果である。この結果は、表4の因子分析の結果抽出された因子に寄与している質問の対応表と比較すると、特定の因子に偏っていることが分かる。これから導き出される結果は、要約すると、「学習意欲に乏しく、積極性に欠ける」という好ましくないものである。アンケート調査を実施したのが大学2年ということが影響しているのかもしれない。

3.3 6月のアンケート調査

6月にPADについての感想を聞く調査を行った。この調査では、分析のために必要と思われる関連事項も聞いた。調査票は図3の通りである。当調査の回答者は当日の講義出席者196名である。調査の結果を概観すると

1994年度「言語I」履修者アンケート(1) 1994.6.22

学籍番号 _____ 名前 _____

下記の質問にお答え下さい。当アンケートは講義の参考にするためのものです。成績には一切関係ありません。

1. 1) 出身高校 1. 普通 2. 商業 3. 工業 4. その他
2) 言語IIの履修 1. とっている 2. とっていない

2. 大学に入る前の経験についてお聞きます。

1) 入学前にプログラミングを学んだ経験は?

1. ある 2. ない

以下2)~4)は1)で「ある」と答えた方にお聞きます。

2) 学習した言語に○をして下さい。

1. BASIC 2. COBOL 3. FORTRAN 4. PASCAL 5. C 6. 他

3) 流れ図(フローチャート)について学びましたか?

1. 学んだ 2. 学ばない

4) 構造化プログラミングについて学んだことがありますか?

1. ある 2. ない

3. 1年目の「情報処理」のBASICプログラミングについてお聞きます。

1) 理解できましたか?

1. よくできた 2. まあまあできた 3. どちらとも
4. あまりできなかった 5. まったくできなかった
(3,4,5を選んだ理由)

2) もっと触れて欲しいと思うところがありましたか?

1. ある 2. ない

(1.と答えた方、例えばどんなことですか)

次の通りである。

大学入学前にプログラミングを経験したことがある学生は11%と極めて少なかった。「プログラムを作る上でPADは役に立っていると思うか?」という質問に対し、「大変役に立つ」が26.7%、「まあまあ役に立つ」が53.3%でこれらを合わせると80%になる。これに対し、「あまり/まったく役に立たない」とするものは8.2%と極めて少ない。当調査は、6月に実施したため比較的扱っている内容がやさしく、かなりの学生がそれほど苦しまずにPADを書けたということが影響しているのかもしれない。1992年6月に実施した同様のアンケート調査でも、「大変/まあまあ役に立つ」と答えた学生が約70%、「役に立たない」と答えた学生は8.2%であった⁽³⁾。しかしながら、大学入学前にプログラミングの経験がある学生の多くは、PADを書かなくても

4. 当講義で用いているPADについてお聞きます。

1) あなたがプログラムを作る上で、PADは役に立っていると思いますか?

1. 大変役に立つ 2. まあまあ役に立つ 3. どちらとも
4. あまり役に立たない 5. まったく役に立たない

(理由)

2) PADを使わない講義(例えば、1年目の「情報処理」のBASICプログラミングのような講義)も同時に併設されたとします。あなたはどちらを選択しますか?

1. PADを用いた講義 2. PADを用いない講義
(何故ですか)

5. あなたは、「言語I」の講義についてどう思いますか?

1. 面白い 2. まあまあ面白い 3. どちらとも
4. あまり面白くない 5. 面白くない

(何故ですか)

6. 「プログラミング言語I」の講義/演習で分からないこと、つまづくことはどんなことですか?

何でもよいですから、箇条書きで書いて下さい。

図3 6月のアンケート

プログラミング言語で直接記述していけるため、PADを書くことを面倒がる傾向にある。この中には、整然と構造化されたプログラムを書くものもたまにはいるが、大半が試行錯誤をしながらGOTO文を多用して制御が複雑に絡み合ったプログラムを書く場合が多い。

「PADを使わない講義も同時に併設された」とするとどちらを選択するか?という質問に対し、「PADを用いた講義」が76.5%、「PADを用いない講義」が23.5%であった。かなり多くの学生がPADを用いた講義を選択すると答えている。また、講義についての感想を聞くと、「面白い」14.3%、「まあ面白い」44.9%で両方合わせると59.6%が面白いと答えている。また、「どちらとも」が30.1%、「あまり／面白くない」が10.7%であった。

3.4 12月のアンケート調査

12月にPADの有効性を測るための調査項目を検討することを目的にアンケート調査を行った。PADの有効性を聞くといつも同じ様な結果(有用/まあ有用が約7割)が出てくるので、別の形のアンケート調査を試みた。図4に示す通り、「講義や演習について面白いと思ったか否か」を問い、その理由を書かせるというものである。質問ではPADについて一切触れずに、どの程度PADに関連する記述が引き出せるかを知ることにも興味があった。このアンケートの結果は次の通りである。

「プログラミング言語Iの講義や演習は面白いと思われましたか?」という質問に対し、「面白い」が54.8%、「どちらとも」34.7%、「面白くない」10.7%で6月のアンケート調査の同じ質問とほぼ同じ結果になっている。「面

白い」を選んだ理由で多かったものは、1) プログラムを作る面白さ・楽しさ・感動を挙げたものが35件、この中には、「PADに魅了された」等PADに関するものが6件あった。次は、2) 講義の進め方や内容(分かりやすさ)に関するもので34件、そして、3) 問題の内容の面白さ・身近でわかりやすい等を挙げたものが13件あった。自由回答であるため幅広く色々な理由が挙げられてきたが、1)～3)は過去4年間の講義と演習の経験の中で改善をはかってきたことなので、講義と演習担当者の努力がある程度評価された結果と考えている。

特に1)では、「PADに従って書いたプログラムが1回で上手く動くのを見て感動した!」とか「プログラムを作成していく過程が面白い」といったものがあり、一部の学生には「PADでプログラムを設計してからプログラム言語に記述していく」というやり方が受け入れられているようである。その一方で、「面白くない」理由として、「PADが書けないから」というものがあった。4月に実施した学習意欲や学習技能・創造性の回答結果との相関も取りながら、書けない原因は何か、何が問題なのかを明らかにする必要があると考えている。

「プログラミングに興味をもったか?」という質問に対しては、「持った」58.3%、「どちらとも」34.5%、「持たない」7.1%と、当然かもしれないが前問の結果とほぼ同じ値になっている。

3.5 テスト

1994年度は、前期と後期の期末テストの他に、前・後期に各1回小テストを行った。すなわち、合計4回のテストを実施したことになる。小テストはPADの有効性をみるものではない。後期末のテスト問題(図5)はPADを白紙状態から書かせるもので、PADの理解度と記述能力を知る上では最も有効なデータと考えられるので、ここでは後期末テストに

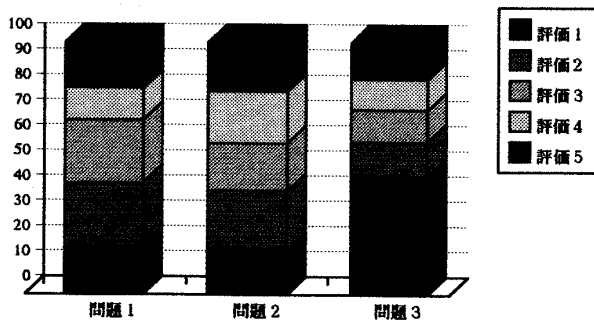
- 下記の質問にお答え下さい。 選択肢→1.はい 2.どちらとも 3.いいえ
- 1) 言語Iの講義や演習は面白いと思えましたか? ()
(理由)
 - 2) プログラミングに興味を持ちましたか? ()
 - 3) 言語IIを履修している方にお聞きます。
言語IIと比較して、言語Iの方が面白かったと思えますか? ()
(理由)

図4 12月のアンケート

●1994年度後期末試験問題

文京台セブンイレブンは、お客さんの年齢層により1日の売上額がどうなっているかを調べるために、あなたにプログラムの作成を頼みました。
 年齢層は、高校生以下(1)、19~25歳(2)、26~35歳(3)、36~59歳(4)、60歳以上(5)とする。レジでは、年齢層(1~5の数字)と商品の価格を入力することができる。夜の0時に閉店すると、1日の年齢層別の売上額を出力する。
 [問1] 上記のプログラムの概要を、サブルーチン副プログラムを用いてPADで書きなさい。日本語を用いてよい。0時の判定は組み込みサブルーチン(GETTIM)を用いる。
 [問2] このプログラムで使用する変数を定義して、詳細なPADを書きなさい。サブルーチン副プログラムのPADも書きなさい。
 [問3] 問2のPADをFORTRAN言語で記述しなさい。

図5 後期末のテスト問題



評価1 < 評価5

図6 後期末テストの結果

ついて概観することにする。

図6は後期末のテストの評価を問題別に5段階評価した結果である。問題1の大まかなPADと問題2の詳細なPADが完成しているにも関わらず、時間切れで全く問題3に手を付けていないものがかなりいた。問題3で評価1の者が約40%にもなっているのはそのためである。そこで、後期末の問題1と問題2の評価データをもとにデータ分析を進めることにした。問題1と問題2の評価データを用いて、次のような3つのグループ分けを行った。

- GR 1: 問題1と問題2の評価が2以下, すなわち「PADが書けないグループ」
(該当者は38名で全体の18%)
- GR 2: GR1またはGR3以外, すなわち「まあ書けるグループ」
(該当者は122名で全体の57.8%)
- GR 3: 問題1と問題2の評価が4以上, すなわち「PADが書けるグループ」

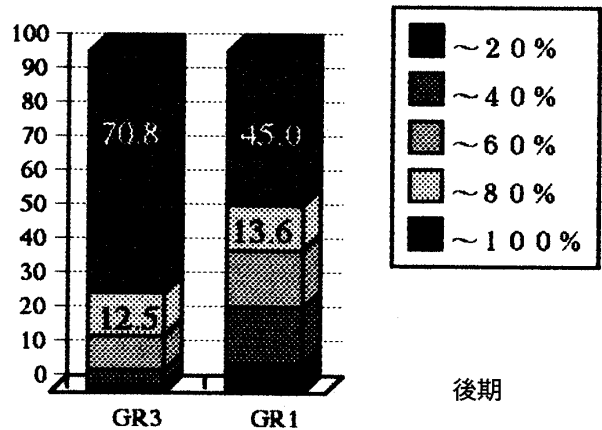


図7 後期の出席状況

(該当者は48名で全体の22.7%)

後期末のテストは、7~8割以上の学生が正解を与えることを期待したが、問題中の「0時の判定」の仕方や0時の判定に組み込み関数を用いさせたことなどで、問題が多少難しくなってしまう、正解を与えたもの(GR3)は約23%しかいなかった。

PADを学習する上で、何がGR1とGR3を分ける要因になっているのだろうか? それを明らかにするには、学生の学習態度と講義の2つの面からの検討が必要であろう。前者の学生の学習態度の検討では、3.1の講義の出席データと3.2の学習意欲・学習技能・創造性調査結果を用い、後者については、3.3と3.4の講義に関するアンケート調査結果を用いた。出席状況は、図7に示した通り、GR1では8割以上出席した学生の割合は45.0%と低いが、GR3では70.8%と高い値になっている。また、6割以上出席した学生の割合を見ると、GR1では58.6%であるが、GR3では83.3%にもなる。カイ2乗検定を行った結果、P値が0.000となりテストの出来具合と出席回数とは極めて強い関係があることが示された。一般にプログラミングのような積み重ね的な講義では、途中で欠席するとそれ以降の学習が分からなくなる場合が多く、これは予想される結果ではあった。学生の学習意欲・学習技能・創造性調査では、グループ別

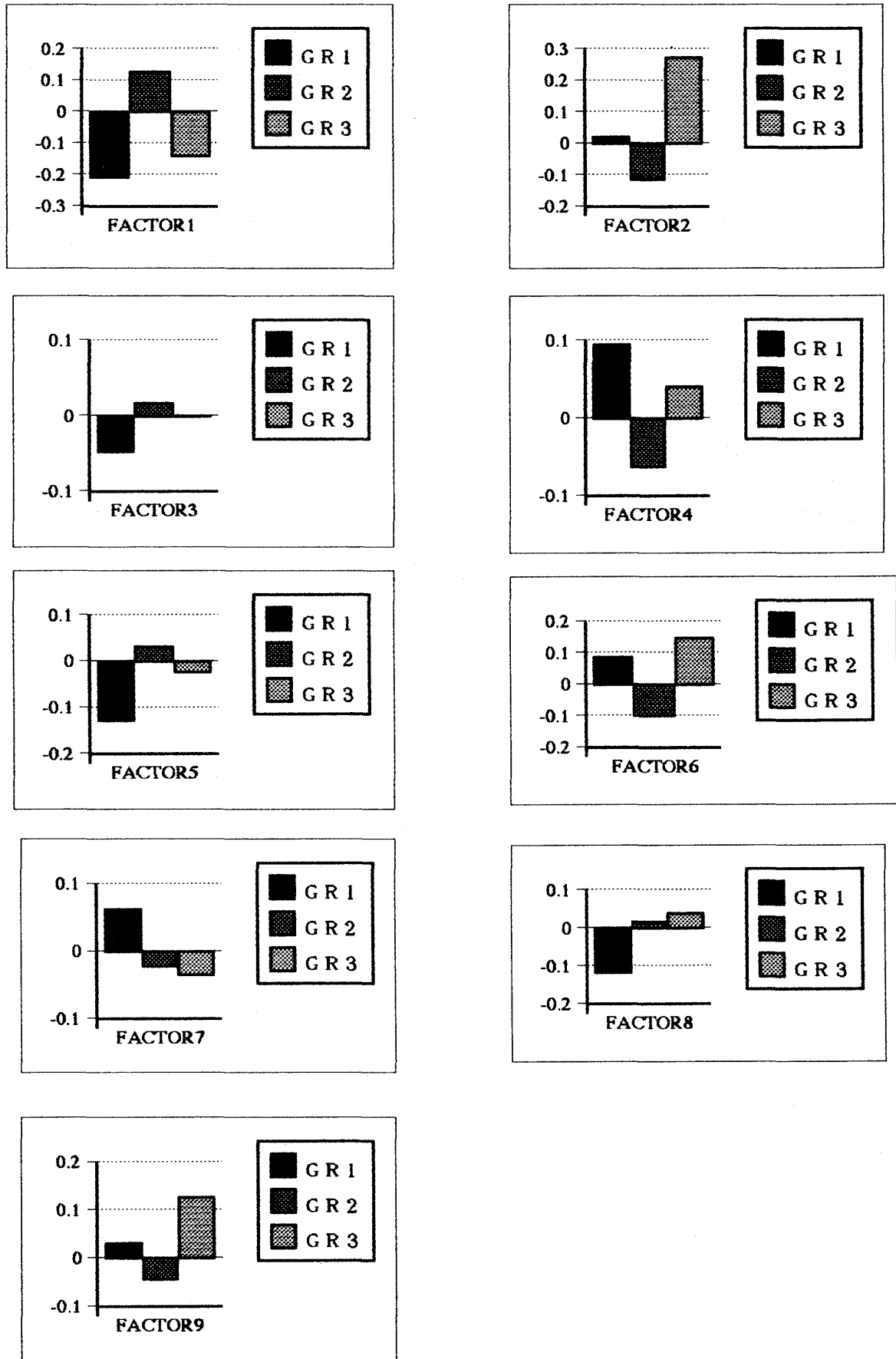


図8 学習技能の因子得点の平均

に各調査毎に因子得点の平均を求めた。図8に学習技能調査に対応する因子得点の平均を図示した。因子についての詳細な分析はこれからであるが、GR1とGR3では違った傾向を示していることが分かる。

講義の面からの分析では、6月のアンケートのグループ別回答結果をみると、GR1では大学入学前にプログラミングを経験したものはいない。また、1年次の「情報処理」のBASICの理解についてもGR3では「よく／まあ理解できた」と答えた者が8割弱いるが、GR1では40%強しかいない。従って、GR1は1年の時からプログラミングに対し苦手意識を持っている学生なのかもしれない。しかしながら、「プログラムを作る上でPADは役に立っていると思うか?」という質問に対しては、「大変／まあ役に立つ」がGR1の8割を占めており、若干ではあるがGR3より多くなっている。また、「PADを使わない講義も同時に併設されたとするとどちらを選択するか?」という質問に対しては、「PADを用いた講義」と答えた学生の割合はGR3が約70%、GR1はGR3より若干少ないが6割を超えている。これは、講義開始後2ヶ月目位なので比較的内容がやさしかったことが影響しているのかもしれない。

12月のアンケートのグループ別回答結果によると、GR3では「講義を面白い」と感じるものが60%強、「プログラミングに興味を持った」ものは50%いるが、GR1ではそれぞれ約35%と30%と少なくなっている。これは予測がつく結果ではあるが、グループによる違いの要因を解明するには因子分析を更に詳しく行う必要がある。

4. まとめ

本稿では、アルゴリズム教育支援ツールとしてのPADを本学部の「プログラミング言語I」の講義と演習で試用した経験を紹介し、その有効性を明らかにするために収集してい

るデータとその分析例を述べた。

PADに関するアンケート調査では、「プログラムを作る上でPADは役に立っていると思うか?」という質問に対し、「大変／まあ役に立つ」と答えた者は8割に達している。また、「PADを使わない講義も同時に併設されたとするとどちらを選択するか?」という質問に対し、「PADを用いた講義」と答えた者が約7割いる。以上のことは、少なくともPADを用いた講義を学生は評価していると考えてよいであろう。

その一方で、最初にプログラム言語で記述してからでないでPADを書きあげることができない学生の存在も無視できない。プログラミング経験者の場合が多いが、大学後初めてプログラミングを経験した者もいる。ただし、彼らの多くはプログラムの流れを理解するにはPADがあった方がいいと主張する。講義で扱った問題が比較的小規模で単純な制御構造をもつプログラムが多かったことも影響していると思われるが、PADの有効性を明らかにする上では問題となることなので、今後もっと掘り下げて追求する必要があるであろう。

今回の分析結果からは、有効性を示す尺度を見出すまでには至らなかった。PADの有効性を測る尺度を求めめるためには、坂東昌子先生が指摘されたようにこの講義が始まる前と終了直後にここで紹介した学習意欲、学習技能、創造性調査を実施し、その違いを比較してみる必要があると考えている。また、テストの評価との相関も分析する必要がある。その際、森田彦が進めている「アルゴリズム理解能力の分析」の研究結果とも照らし合わせることで、より有効な尺度を見出すことが可能になると考えている。最終的には、この尺度を用いることでプログラミング教育の有り方について何らかの視座を与えることができると考えている。

謝辞 本研究は、本学社会情報学部 of 理系教員研究プロジェクトとして認可され、学部の財政的援助を受けて行われたものである。記して感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 森田 彦, 新國三千代: 社会情報学部における情報処理基礎教育, 社会情報, 札幌学院大学社会情報学部紀要, Vol.1, No.2, pp.35-47 (1992).
- (2) 坂元 昂: 大学教育改善技法, 社会情報, 札幌学院大学社会情報学部紀要, Vol.2, No.2, pp.101-109 (1993).
- (3) 新國三千代, 森田 彦, 原田 融: PAD を用いたプログラミング教育, 平成4年度情報処理教育研究会講演論文集, pp.95-98 (1992).