

特集：次世代情報教育の構築に向けて ——プログラミング教育——

# プログラミング初学者の学習方略と段階的理解度に関する調査および支援ルールの作成について

匂坂 智子\*, 渡辺 成良\*\*

## Investigations of Beginners in Programming Course Based on Learning Strategies and Gradual Level Test, and Development of Support-Rules

Tomoko SAGISAKA\*, Shigeyoshi WATANABE\*\*

Recently beginners' programming courses for university freshmen have high number of dropout and low achievers. To find the cause of this problem, this study investigated into students in beginners' programming course based on learning strategies and programming test with gradual level. These investigations have two research questions: 1) What kind of learning strategies students have, which affect their grade and learning performance? 2) What type of questions in the programming test students cannot answer, and in particular the differences in the unanswered questions that exist among four student groups with the learning levels. The result shows the evident differences about the learning strategies and the programming test among the four student groups with the learning levels. Additionally this study did discriminant analysis to classify these four groups and shows equations that can classify more than 85% of all students correctly. We finally give some learning support-rules for the programming course.

キーワード：プログラミング学習, 学習者特性, 学習方略, 支援ルール, 理解度

### 1. はじめに

プログラミング学習は、学習者が計画性を持って自律的にプログラミングをしていくことで効果があがるといわれている。近年プログラミングの授業では、学業不振者や再履修者の増加が問題になっている。このような学習者を学習過程の早い段階で見つけ出し、弱点補強のための練習問題の提供や、学習方法に関するアドバイスの提供等、具体的な支援を行うことが望まれている。

しかし学習過程の中で思うように成果があげられず学業不振に陥ったり、再履修になってしまう者に対して、どうしたらそのような状況に陥らなくてすむのか、どんな支援方法があるのかについては、今のところ

授業担当者の経験や勘に頼る以外に適切な方法が見いだせていないのが現状である。少しでも合理的な支援を行うためには、学習者の特性や、学習の進展を阻害している要因を把握し、それをふまえてどのような学習者に対し、いつ、どんな教材やアドバイスを提供したらよいのかについての支援ルールが必要である。そのようなルールを作ることができれば、その場限りではない継続的な支援が可能になると思われる。さらに支援ルールの中で、人が介在しなくても実行可能な部分があれば、それを教材提供システムの中に組み込む等の可能性も考えられる。このようなルール作りを行うには、先に述べた学習者の特定につながる学習者特性の調査と同時に、学習者が実際にプログラミング学習でつまづいているポイントを明らかにしておく必

\* 電気通信大学大学院 (Graduate School of Electro-Communications, University of Electro-Communications)

\*\* 電気通信大学 (University of Electro-Communications)

受付日：2008年5月6日；再受付日：2008年8月7日；採録日：2008年9月27日

要がある。

そこで本研究はこのような支援ルール作りのための事前調査として次の二つの調査を行い、これらの結果に基づく支援ルールの方向性を示唆する。調査内容の一つはプログラミング初学者が持つ学習者特性およびそれらと成績結果との関連に関するものである。他の一つは学習者がどのような段階の問題につまづいているのかを明らかにする意図で行ったプログラミングの段階的理解度に関するものである。これらの調査結果に基づき、学習者を四つの成績グループに分け、これらのグループ間の違いを特徴付ける要素がどのようなものであるかを検討し、支援ルールの作成を試みた。なお本研究が扱うプログラミングの内容は初歩的なコーディングであり、対象者は初めてプログラミングを学ぶ大学1年生である。

本研究のような学習者特性に関する調査は、これまで心理学や教育心理学の分野でさかんに行われてきた。近年ではe-Learningの分野でも数多く実施されている。例えば学習スタイルと学習結果に関するものや<sup>(1)(2)</sup>、学習態度<sup>(3)</sup>や学習意欲および自己制御学習<sup>(4)</sup>と学習結果に関するもの等がある。しかしこれらの研究は学習結果に影響を与える要因を見つけ出すことに焦点がおかれており、その結果を支援につなげるような提案はなされていない。本研究は学習者特性として学習者の学習方略に注目し、それらと学習結果の関係を明らかにすることだけでなく、その結果を用いた支援ルールを提案することを目的としている<sup>(5)</sup>。

本論文の概要について述べる。はじめに学習者の学習方略に関する調査を行い、その結果と期末試験結果を重回帰分析したところ、成績グループごとに学習方略の使用に違いがあることが確認された。また学習方略の結果から成績グループを判別するための判別式を導いた。次に段階的理解度の試験を行い、その結果を決定木分析し、成績グループごとにどのような問題につまづきやすいかを調べた。最後にこれらの二つの調査結果に基づき、支援のためのルールを作成した。

## 2. 調査 (1)：学習者特性に関する調査

### 2.1 学習方略とプログラミング初学者のための学習方略自己診断質問票の構成

学習者特性の調査を行うために本研究は、学習者特性の構成概念の一つである学習方略をとりあげ、プログラミング学習のための学習方略自己診断質問票を作成した。

学習方略 (learning strategy) とは、学習者が自ら学習を促進するために行う効果的な学習法、またそれを実行するための計画や工夫や方法のことである。学習目標の達成や技能習得のためには、学習方略の知識とその運用が不可欠であるといわれている<sup>(6)</sup>。学習方略は認知的、メタ認知的、その他の方略 (ex. 情意面に関する方略、学習環境の整備等) に分けられ<sup>(7)</sup>、学習課題やその目的によってさまざまなバリエーションがある。例えば学習計画や時間管理の方略、読み方や復習、試験に関する方略、また学習過程で行われる情報の精緻化や体制化方略、自分の理解過程を監視したり制御するための理解監視方略、さらに学習者が自らの学習のために意識的に動機づけを行ったり、学習の妨げとなる不安や焦りを解消するための方略、快適な学習環境の整備等である<sup>(8)</sup>。学習方略は学習者によってその持ち方や使用方法、レパートリーに個人差がある<sup>(9)</sup>。近年では学習方略が学習能率に影響することが分かり、学習方略の指導や訓練を行うことが重要視されてきている。

プログラミング学習のための学習方略質問票の作成には、Weinstein<sup>(10)</sup>の「Model of Strategic Learning」の分類項目を参考に作成した。このモデルは学習者が学習目標を達成するには、知識以外に「意志」と「自己制御」、「スキル」の3要素が必要で、これらに関する方略をバランス良く持つことでうまく学習が達成できるという。このモデル分類を参考に学習方略の項目を選択しプログラミング学習用に作成した (表1)。質問票は10の学習方略から構成されており、質問数は全88問となっている。各質問に関しては、MSLQ (動機付け方略質問票)<sup>(11)</sup>や学習過程の調査票<sup>(12)</sup>、メタ認知質問票<sup>(13)</sup>、時間管理リスト<sup>(14)</sup>等を参考にプログラミング学習者向けに作成した。事前調査については過去2年の間に20～30人程度の小規模の

表1 プログラミング初学者のための学習方略質問票の質問項目

要素	学習方略	質問数
意志	1. P 学習への不安と心配 WRY	8
	2. P 学習への興味 INT	8
	3. P 学習への意欲 MOT	8
自己制御	4. P 学習の集中力 CON	8
	5. P 復習と理解確認 REV	8
	6. P 学習の時間管理と計画性 TMT	8
スキル	7. P 学習の要点把握 MID	8
	8. P の課題への取組み REP	8
	9. P 学習の情報の扱い方 P 情報の精緻化 P_INF	16
	10. 通常の学習時の情報の扱い方 情報の精緻化 N_INF	8

授業で3回実施し、質問内容を何度も修正しながら、信頼性係数  $\alpha$  を上げるために問題数を増やした。各質問項目の信頼性係数  $\alpha$  の平均は  $\alpha = 0.73$  となっている。なお表1のP学習とはProgramming学習のことである。

## 2.2 調査方法と対象者について

調査の対象者は、ある私立大学のC言語プログラミングの授業（前期）を受講している1年生（計62名）である。調査は試験と同日に行った。その理由は、今回の調査は学習者の学習方略に基づく学習効果を測定するのではなく、学習者の学習達成度とその時点で実際に用いることのできる学習方略との間の関連に注目したかったからである。本研究は学習達成度が低い学習者は高い学習者に比べて、何かある学習方略が不足しているのではないかと考えている。調査を行うことによって、この辺りに支援の糸口を見いだしたいと考えている。

分析には調査対象の62名中、外れ値分析の結果3名を除いた計59名のデータを用いた。学習方略の質問に対する回答は自己申告である。学習者は提示される質問に対して、5段階の自己評価を行う（1.完全にあてはまる、2.かなりあてはまる、3.まあまああてはまる、4.すこしあてはまる、5.まったくあてはまらない）。回答結果の点数で学習者の学習方略の評価を行う。

はまる、4.すこしあてはまる、5.まったくあてはまらない）。回答結果の点数で学習者の学習方略の評価を行う。

## 2.3 結果

### 2.3.1 四つの成績グループの分類

本研究では二つの調査の分析を行うために、期末試験結果をもとに学習者を四つの成績グループに分類した。成績グループの分類方法については次の手順で行った。試験結果を一次元のクラスタ分析（Ward法、測定方法：平方ユークリッド距離）し、五つのクラスタを確認した。各クラスタの人数を確認するとトップのクラスタの人数が3名と少なく、バランスが悪かったため、上位二つのクラスタを合わせ、計四つの成績グループに分類した。四つのグループの詳細は、上位上グループはG1（15名）、上位下グループはG2（22名）、下位上グループはG3（14名）、下位下グループはG4（8名）である。なお本論文の中で上位と下位といった場合、上位はG1とG2グループを、下位はG3とG4グループのことをさす。なおこれらのグループの得点はG1は68点以上、G2は39点以上、G3は17点以上、17点未満はG4となっている。

表2 期末試験結果と各項目の平均

	全体 N=59	G1 N=15	G2 N=22	G3 N=14	G4 N=8
期末試験 (SD)	46.7 (26.3)	83.0 (12.8)	47.9 (5.9)	28.2 (6.1)	7.8 (2.6)
WRY	22.8	25.6	22.6	21.9	19.5
INT	27.7	29.2	27.0	28.4	25.2
MOT	22.7	25.7	23.5	21.0	18.8
CON	26.0	28.9	25.5	25.7	22.1
REV	19.8	21.8	20.7	17.4	18.1
TMT	21.1	23.0	21.9	20.3	16.6
MID	22.7	23.7	23.0	23.0	19.5
REP	23.9	24.8	24.4	23.9	21.5
P-INF	40.6	46.2	41.2	39.2	31.3
N-INF	22.4	24.9	21.9	20.8	21.7

### 2.3.2 平均

表 2 は期末試験結果の平均、標準偏差 (SD)、各学習方略の項目全体の平均、および成績グループごとの平均である。上位の学習者ほど期末試験結果および各方略の平均点が高い傾向にあることが確認できる。

### 2.3.3 相関

表 3 は学習方略質問項目の平均と期末の成績結果の相関である。いくつかの項目を除き、学習方略の項目と成績結果の間に有意な相関が見られた。

### 2.3.4 学習者全体の傾向

学習者全体の傾向を知るために、期末試験結果を従属変数に、10 の学習方略質問項目の平均を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行った。表 4 の結果は、P\_INF の [P 学習の情報の扱い方] と CON の [P 学習の集中力] の項目が期末成績結果に影響を与

えていることを示している。(  $R^2 = .296$ , 情報の扱い  $\beta = .378^{**}$ , 集中力  $\beta = .286^{*}$  )。

### 2.3.5 四つの成績グループごとの傾向

グループごとの学習者の特徴を探るために、期末試験結果を従属変数に、10 の学習方略の項目内のすべての質問を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行った。表 5 にはグループごとに反応があった質問項目と質問内容、標準化係数  $\beta$ 、そのモデルの説明力を表す決定係数  $R^2$  が示されている。結果の読み方は、 $\beta$  が負の値の場合は、質問内容と逆の意味として解釈する。各グループの特徴を示す質問を以下に示す。

#### グループ 1 の結果

- ・プログラミングを勉強している間に気が散っても、再び集中することができる (CON7)
- ・プログラムコードを書く課題に取り組む時、そのプログラムは自分が実現しようと思っていることができていないか見直す (REP7)

#### グループ 2 の結果

- ・プログラミングの勉強をする時、試験のことを考え、自分で想定問題を考えてみる (REV2)

#### グループ 3 の結果

- ・プログラミングやプログラミングに関連する科目 (ex. 数学) が苦手でも不安を感じない (WRY1)
- ・プログラミングの授業内容が難しいと、課題をやらずにあきらめてしまう (MOT3)
- ・プログラミングの授業で成績目標を持っていない (MOT5)
- ・プログラミングの課題を行っている時、集中力を維持することが難しい (CON3)
- ・プログラミングの課題に取り組む時、その課題は以前自分が学んだプログラムに関係があるか思いだそうとしない (P-INF12)
- ・同じような処理をする動作のプログラムをパターン化しようと試みない (P-INF14)

#### グループ 4 の結果

- ・プログラミングの課題提出に遅れることがある。また課題についての情報を把握していない (MOT7)
- ・プログラミングの課題を行っている時、集中力を維持することは難しいとは思わない (CON3)
- ・学習中、書かれていることを意識的に振り返ったり

表 3 期末成績と学習方略質問項目の平均との相関

要素	学習方略	相関係数
意志	P 学習への不安と心配 WRY	.336**
	P 学習への興味 INT	.257*
	P 学習への意欲 MOT	.462**
自己制御	P 学習の集中力 CON	.410**
	P 復習と理解確認 REV	.337**
	P 学習の時間管理と計画性 TMT	.347**
スキル	P 学習の要点把握 MID	.270*
	P の課題への取組み REP	.231
	P 学習の情報の扱い方 P_INF	.478**
	通常学習時の情報の扱い方 N_INF	.217

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$   $N = 59$

表 4 学習者全体の傾向 (重回帰分析)

	標準化係数 $\beta$	$t$	有意確率
P-INF	.378**	3.186	.002
CON	.286*	2.411	.019
$R^2$		.296	
調整済み $R^2$		.271	

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$   $N = 59$

復習したりしない (REV4)

- ・ プログラムの中の個々のステップの細かい動きや意味が分からない (P-INF7)

- ・学習計画を実行したり守ることができる (TMT1)

表5 成績グループごとの学習者の特徴

		G1	G2	G3	G4	質問内容
意志	WRY1			$\beta = -.616^*$	$\beta = -.757^*$	プログラミングやプログラミングに関連する科目 (ex. 数学) が苦手なので不安を感じる
	$R^2$			.379*	.573*	
	MOT3			$\beta = -.482^*$		プログラミングの授業内容が難しいと思っても、課題だけはこなそうと思っている
	MOT5			$\beta = -.626^*$		プログラミングの授業でとりたい成績目標を設定している
	MOT7				$\beta = -.751^*$	プログラミングの課題提出は遅れたことがない。また課題についての情報は把握しているつもりだ
	$R^2$			.621**	.564*	
自己制御	CON3			$\beta = .618^*$	$\beta = -.804^*$	プログラミングの課題を行っている時、集中力を維持することが難しい
	CON7	$\beta = .570^*$				プログラミングを勉強している間に気が散っても再び集中することができる
	$R^2$	.323*		.382*	.647*	
	REV2		$\beta = .502^*$			プログラミングの勉強をする時、試験のことを考え、想定問題を考えてみる
	REV4				$\beta = -.771^*$	学習中、書かれていることを意識的に振り返ったり復習したりする
	$R^2$		.252*		.594*	
	TMT1				$\beta = -.858^*$	私は自分でたてた学習計画をなかなか実行したりまもることができない
$R^2$				.737**		
スキル	REP7	$\beta = .528^*$				プログラムコードを書く課題に取り組む時、そのプログラムは自分が実現しようと思っていることができているか見直す
	REP8				$\beta = .551^*$	私はテストでプログラム作成のための時間配分を間違え、課題を完成させることができなかったことがある
	$R^2$	.278*			.304*	
	P-INF7				$\beta = -.894^{**}$	プログラムの中の個々のステップの細かい動きや意味がわかる
	P-INF12			$\beta = -.551^{**}$		プログラミングの課題に取り組む時、その課題は以前自分が学んだプログラムに関係があるのではないか思い出そうとする
	P-INF14			$\beta = -.415^*$		同じような処理をするプログラムは、同じような動作をするプログラムとしてパターン化しようと試みる
	$R^2$			.815**	.799**	

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$   $N = 59$  (従属変数：期末テストの結果，独立変数：各学習方略項目内の質問)



授業担当者達とこの結果について話し合ったところ、以下のような意見が得られた。上位と下位グループの間に、はっきりとした学習に対する意識の違いが現れているのではないと思われる。上位グループはプログラミング学習に対してポジティブな意識を持ち、反応項目も直接プログラミング学習や試験に関するものである。一方下位グループはプログラミング学習に対してネガティブな意識を持っていると思われる。特にグループ3はプログラミングの学習意欲が低く明確な目標がないこと、またプログラミングの情報の精緻化方略（P-INF）の項目に負の反応が現れていることである。これはプログラミングの学習スキルや勉強方法が分からず、学習意欲が下がっていることが考えられる。グループ4については、学習意欲が低く、また復習と理解確認に関する方略やプログラミングの情報の精緻化方略（P-INF）に負の反応がでている。しかしその一方でポジティブな反応項目もある。反応項目の中にポジティブ、ネガティブ両方が混在しているのはこのグループの特徴である。これはまだ自分の中ではっきりとした学習方略が確立されていないものと考えられる。

### 2.3.6 成績グループ判別のためのモデル式

成績グループの特徴を探るだけでなく、学習方略の調査結果から四つの成績グループを判別するためのモデル式が立てられれば、今後の学習支援にとって有効である。そこで成績グループ判別ためのモデル式を次の手順で求めた。図1は期末試験の結果によって観測されたグループとその人数である。判別精度を上げるために、一つの判別式で四つのグループを判別することとした。まず①式で全体を上位と下位グループに分割し、②式によって上位グループをG1とG2に判別し、さらに③式によって下位グループをG3とG4に判別することとした。

判別式を求めるにあたっては、ロジスティック回帰分析と線形判別分析を使用した。式に使用している変数の選択については、期末試験結果と学習方略質問全88問をステップワイズ重回帰分析を行い、期末試験を説明する重要度の高い変数を絞り込み、それらを使って判別式を求めた。求めた式の中で最も判別精度の高かったものを挙げる。

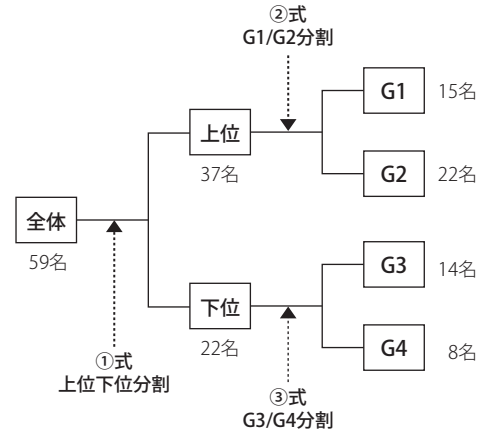


図1 判別式を用いた学習者の分類手順  
(数字は判別前の実際の学習者数)

#### 2.3.6 (1) 判別式①：上位と下位グループの判別

①式を求めるにあたっては、上位と下位グループの母分散・共分散行列が異なっていたため、線形判別分析を行わず、ロジスティック回帰分析を行った。

上位 = 1 か下位 = 0 を判別する①式は次のとおりである。Y = 1（上位）となる確率  $p$  とすると、

$$\ln(p/(1-p)) = 1.458 \cdot \text{REV5} + 2.297 \cdot \text{WRY1} + 1.236 \cdot \text{P\_INF2} + 1.629 \cdot \text{TMT5} - 1.274 \cdot \text{WRY3} + 1.645 \cdot \text{TMT3} - 1.781 \cdot \text{REP1} - 10.786 \quad \text{①}$$

$p > 0.5$  ならば  $y = 1$  と判別

$p < 0.5$  ならば  $y = 0$  と判別

表6は①式によって上位と下位グループが判別された結果を示している。表の中の観測値とは、判別する前の実際の学習者の数で、予測値とは判別式を使って計算機によって算出された値である。①式は全体で

表6 ①式の結果：上位下位を分ける判別式の正答率

		予測値		合計	正解数	正答率
		上位	下位			
観測値	上位	33	4	37	33	0.89
	下位	2	20	22	20	0.91
合計		35	24	59	53	0.90

\* 交差妥当性の検証結果：全体の判別率は84.7%であった。

約 90% の正答率で上位と下位グループを判別している。

### 2.3.6 (2) 判別式②：G1 と G2 グループの判別

次に先の①式で求められた上位グループ計 35 名（誤判別 2 名を含む）を、G1 と G2 に分ける判別関数②式を求めた。

$$z = 1.286 * \text{CON2} - .221 * \text{MID5} + .197 * \text{INT6} + .054 * \text{TMT3} \\ - .252 * \text{P\_INF7} + .432 * \text{P\_INF2} + .272 * \text{REP7} \\ + .920 * \text{MOT5} - .947 * \text{MOT3} + .606 * \text{WRY5} \\ - .540 * \text{TMT8} - 6.315 \quad (2)$$

表 7 は②式によって G1 と G2 グループが判別された結果を示している。②式は約 80% 以上の正答率で G1 と G2 を判別している。

### 2.3.6 (3) 判別式③：G3 と G4 グループの判別

次に、先に求められた下位グループ計 24 名（誤判別 4 名を含む）を、G3 と G4 に分ける判別関数③式を求めた。

$$z = .973 * \text{N\_INF4} + .625 * \text{P\_INF7} + 1.286 * \text{N\_INF5} \\ - 1.369 * \text{N\_INF8} - .728 * \text{TMT4} - .966 * \text{MID3} \\ + .566 * \text{MID4} - .274 * \text{REP3} + 1.162 * \text{REP4} \\ + .293 * \text{WRY6} - 3.804 \quad (3)$$

表 7 ②式の結果：G1 と G2 を分ける判別式の正答率

	a 予測値	b 観測値	c 正解数	正答率 1 c/b	正答率 2 c/a
G1	16	15	14	0.93	0.88
G2	19	22	17	0.77	0.89
合計	35	37	31	0.84	0.89

\* 交差妥当性の検証結果：全体の判別率は 82.8% であった。

表 8 は③式によって G3 と G4 グループが判別された結果を示している。③式は約 80% 以上の正答率で G3 と G4 を判別している。

### 2.3.6 (4) 結果：①②③式を合わせた最終正答率

最後に先の三つの判別式によって得られた成績グループ判別のための最終正答率を表 9 に示す。全体の最終正答率は 86% と高い正答率を得た。

## 2.4 調査 (1) のまとめ

調査 (1) ではプログラミング学習者の学習方略の調査を実施し、四つの成績グループの傾向を示した。また三つの判別式を求め、85% 以上の正答率で学習方略の調査結果から成績グループの判別がなされた。これらの判別式の中のパラメータを解釈すれば、さらに各グループの間の学習方略の違いを示すことができると思われるが、今回はデータ数が少ないので行わなかった。今後の課題はデータ数を増やした上でグループの特徴を解釈できれば良いと考えている。上位者が持っていて下位者が持っていない特徴や学習方略を明らかにすることで、どのような支援が可能なのか、その方向性が見えてくるように思われる。

表 8 ③式の結果：G3 と G4 を分ける判別式の正答率

	a 予測値	b 観測値	c 正解数	正答率 1 c/b	正答率 2 c/a
G3	14	14	13	0.93	0.93
G4	10	8	7	0.88	0.70
合計	24	22	20	0.91	0.83

\* 交差妥当性の検証結果：全体の判別率は 79.1% であった。

表 9 ①②③を合わせた最終正答率

		予測値				合計	正答率
		G1	G2	G3	G4		
観測値	G1	n1 = 14	1	0	0	15	n1/15 = 0.93
	G2	1	n2 = 17	1	3	22	n2/22 = 0.77
	G3	1	0	n3 = 13	0	14	n3/14 = 0.93
	G4	0	1	0	n4 = 7	8	n4/8 = 0.88
合計		16	19	14	10	59	
予測確度		n1/16 = 0.88	n2/19 = 0.89	n3/14 = 0.93	n4/10 = 0.70		
全体正答率		(n1 + n2 + n3 + n4) / 59 = 51/59 = 0.86					

### 3. 調査（2）：学習者の段階的理解度

#### 3.1 段階的な理解過程の調査と試験概要

調査（2）はプログラミング学習者の理解度の調査である。今回、学習者の理解過程がわかるように、期末試験問題を段階的な試験内容として作成した。試験作成にあたっては、Schmeck の「学習結果に影響を与える学習モデル」<sup>(15)</sup> に基づいて作成した。このモデルは学習者の理解過程を 3 段階（レベル 1：浅い，レベル 2：精緻，レベル 3：深い）にあらわしたものである。下記は試験問題の概要である。

レベル 1（基礎）：30 行のソースコードにコメントをつける問題

Lev. 1-1：変数やデータ型，入出力等基本的な文法事項の理解，定義の意味内容の理解

Lev. 1-2：条件（if 文）による作業の切り替えの概念

Lev. 1-3：まとまったブロックの作業内容を要約  
レベル 2（理解・深化と応用）：

Lev. 2-1：プログラム内の数値の変化をトレース

Lev. 2-2：手本プログラムの一部を変更させる

Lev. 2-3：欠けているプログラムの完成（空欄補充）

レベル 3（総合）：

Lev. 3：プログラムの作成

試験問題はレベル 1，レベル 2，レベル 3 と上がるごとに難易度が上がり，内容も知識を問うものから，プログラム作成のような生産能力を問う問題へと変わっていく。実際に行った期末試験問題数は全部で 35 問（計 100 点）あるが，分析にはすべての問題を

使用せず，クラスター分析と重回帰分析を用いてグループ判別に影響を与える重要度の高い七つの問題群に絞りこみ，その結果について比較することとする。

#### 3.2 試験結果

表 10 は，四つの成績グループの七つの問題群の問題レベル別の平均点と標準偏差（SD），正答率（%）を示している。今回分析で使用する七つの問題群に関するグループ間の平均差については，問題レベルごとに分散分析を行い，0.01% 水準の有意な群間差を確認している。

各グループの結果をみていくと，G1 はほぼすべてのレベルの問題を約 60～90% 正答している。G2 はレベル 1 の問題を約 63% 正答し，レベル 2 と 3 については約 35% ほど正答している。G3 はレベル 1 の問題を約 60% ほど正答し，レベル 2 と 3 は約 14% 程度の正答である。G4 はレベル 1 の基本的な問題さえ約 24% しか正答していない。つまり，G1 は基礎力，応用力，総合力ともに優れたグループである。G2 と G3 は基礎知識については理解していても，まだプログラミング言語が使えるレベルに達していない発展途中の学習者である。G4 は基礎知識さえ身につけていない学習者である。

#### 3.3 決定木によるルール生成

どのレベルの問題が学習者のグループを分ける分岐点になっているのかを調べるために，決定木分析を行った。決定木には CRT を使用した。図 2 は決定木によるグループの分類結果である。

表 10 成績グループごとのレベル別問題の平均点

グループ		G1 N = 15	G2 N = 22	G3 N = 14	G4 N = 8
問題レベル					
基礎	レベル 1 (計 18 点)	16.33 SD 2.05 90.7%	11.32 SD 3.15 62.8%	10.29 SD 2.78 57.1%	4.25 SD 2.37 23.6%
理解深化	レベル 2 (計 25 点)	18.20 SD 5.03 72.8%	9.50 SD 4.21 38.0%	3.71 SD 2.78 14.8%	1.62 SD .916 6.4%
総合	レベル 3 (計 15 点)	9.47 SD 4.45 63.1%	5.23 SD 4.62 34.8%	2.14 SD 2.59 14.2%	0 SD 0 0



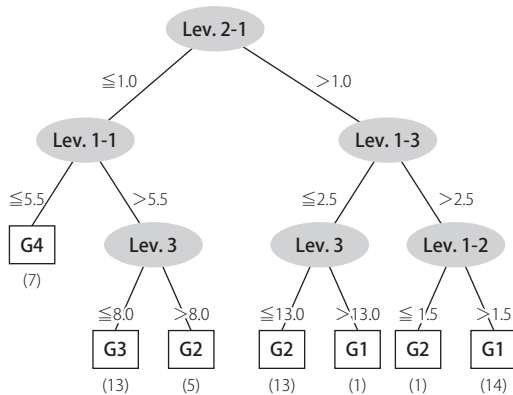


図2 レベル別問題による4グループの分類

図2の楕円で示す部分はレベル別問題で、正方形で示す部分は最終的に分類された学習グループである。分類結果の下にある括弧中の数値は、決定木によって正しく分類された数を示している。最終的に決定木分析で正しく分類された人数はG1は15名、G2は19名、G3は13名、G4は7名で、分類精度は91.5%である。

各グループの分岐点となる問題は次の通りである。

1) 上位と下位の分岐点：Lev. 2-1

プログラム内の数値の変化をトレースする問題

2) G1とG2の分岐点：Lev. 1-3

プログラム内のまとまったブロックの作業内容を要約する問題

3) G3とG4の分岐点：Lev. 1-1

変数やデータ型、入出力等基本的な文法事項の理解、定義についての問題

授業担当者達とこの結果について話し合ったところ、次のような意見が得られた。上位下位グループを分ける問題は、プログラムのトレースができるかどうかの影響しているようである。特に変数の値の受けわたとそれに伴う値の変化が追えるかどうかである。この図では下位グループの大半が、トレースを十分にできていないようである。

G1とG2を分ける問題は、ブロックの作業内容を要約できるかどうかの影響しているようである。実際の試験問題は「2～7行は何をする関数か？」や「結局このプログラムは何をするプログラムか？」などの質問であるが、G2はこれに満足に答えていない。G2

グループは、局所的にコードは理解していても、全体を掴めていないようである。これでは最終的に自分でプログラムを作成することはできないに違いない。

G3とG4を分ける問題は、Lev. 1-1の非常に基礎的な内容を理解しているかどうかの影響しているようである。G4は基礎的な内容さえまったく理解していないと思われる。

#### 4. プログラミング学習支援のためのルール

二つの調査結果から、今後プログラミング学習においてアドバイスを行うための支援ルールについて、授業担当者を含めて検討を行った。ルールの骨子は、不足していると考えられる学習方略を見つけ、それをトレーニングし、獲得するためのアドバイスを提供することにある。今回の支援ルールは教員が授業や演習の時に用いるだけでなく、コンピュータなどによる教材や教材提供システムに組み込み、総合的かつ適応的な支援を行うことを目指して考えられたものである。

##### 4.1 学習支援のためのルール

1. 学期半ばの適当な時期に、学習者に学習方略の質問に答えてもらい、判定式を使いおおよその成績グループの見当をつける
2. 教材を提供し一定の段階に達したら、分岐点となるレベル問題を決定木順に提供し、学習者の理解状態の診断と、グループの見当をつける
3. 次の要領でグループ別に教材の提供や支援を行う  
グループ1と判定された学習者は、自律的な学習者であると考えられるため、e-Learning等の自習環境で練習問題などをすすめていく。

グループ2と判定された学習者も、自律的学習者であると考えられるが、プログラミング学習のための情報精緻化スキルが不十分である可能性がある。そこで類題を多く提供し、問題提示の際は、過去に勉強した学習内容と比較させたり、関連づけたりしながら、どのように学習を行ったらよいかアドバイスをしていく。理解度については局所的な理解に偏る傾向があるので、全体的な理解を促す問題を提供する。

グループ3と判定された学習者は、使用できる学習方略が十分ではない学習者と考えられる。そのため

e-Learning 等の自習中心の学習ではなく、対面学習を中心として、基本事項を確認しながら学習をすすめていく。また学習意欲の低さも考えられるため、プログラミング学習への意味や目標設定などを確認する必要がある。教材ではプログラミングのトレースを中心に構成する。

グループ 4 と判定された学習者は、使用できる学習方略が十分ではないと考えられるため、自習中心よりも対面学習を中心に行う。学習方略の中でも特に学習習慣や自己管理についても十分ではないと考えられるので、1 年次の学習セミナーなど基本的な学習スキルのトレーニングコースへの参加を勧める。

## 5. おわりに

今回、プログラミング初学者を対象に二つの調査を実施し、学習方略と理解度の面から学習者の傾向を掴むことができた。またこれらの結果に基づき、支援ルールを作成した。しかし今回行った調査にはまだ課題がある。調査対象者が 59 人と少ないため、作成したルールの妥当性については今後の課題である。

今回の調査結果をプログラミングの担当者に報告したところ、学生のつまづき状況や支援やアドバイスをするポイントについて、今まで気がつかなかったことがあったので、参考になるとの意見をいただくとともに、ルール作成にも協力していただいた。今後は調査回数を増やし、実施時期なども変えながら確実な支援が行えるよう、より詳細なルールの作成を行っていく。

## 参 考 文 献

- (1) Byrne, P. and Lyons, G.: "The effect of student attributes on success in programming", Proceedings of the 6th Annual ITiCSE Conference (2001)
- (2) Zywno, M. and Waalen, J.: "The effect of individual learning styles on student outcomes in technology-enabled education". Global Journal of Engineering Education, Vol. 6, No. 1, pp. 35-44 (2002)
- (3) Cereijo, M.: "Attitude as predictor of success in online training", International Journal on e-Learning, Vol. 5, No. 4, pp. 623-639 (2006)
- (4) Yukselturk, E. and Bulut, S.: "Predictors for student success in an online course", Educational Technology & Society, Vol. 10, No. 2, pp. 71-83 (2007)
- (5) 匂坂智子, 渡辺成良: "プログラミング初学者の学習結果に影響を与える学習方略に関する調査とデータ分析, 学習支援の可能性について", 第 53 回人工知能学会研究会研究会資料 (2008)
- (6) Palmer, D. J. and Goetz, E. T.: "Selection and use of study strategies: the role of the students' beliefs about self and strategies", In C. E. Weinstein et al. (Eds.), Learning and Study Strategies, Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation. Academic Press, New York, pp. 41-61 (1988)
- (7) 三宮美智子, 西之園晴夫 (編): "情報教育重要単語 300 の基礎知識", 明治図書出版, 東京, p. 94 (2001)
- (8) 辰野千寿: "学習方略の心理学—賢い学習者の育て方", 図書文化社, 東京 (1997)
- (9) 日本教育工学会 (編): "教育工学事典", 実教出版, 東京 (2000)
- (10) Weinstein, C. E., Husman, J., and Dierking, D. R.: "Self-Regulation interventions with a focus on learning strategies", In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, and M. Zeidner (Eds.), Handbook of Self-Regulation. Academic Press, San Diego, pp. 727-747 (2000)
- (11) Pintrich, P. R., Smith, D. A. F. et al.: "A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)". (Tech. Rep. No. 91-B-004). University of Michigan (1991)
- (12) Schmeck, R. R., Ribich, F., and Ramanaiah, N.: "Development of a self-report inventory for assessing individual differences in learning process", Applied Psychological Measurement, Vol. 1, pp. 413-431 (1977)
- (13) Scharow, G. and Dennison, R. S.: "Assessing metacognitive awareness", Contemporary Educational Psychology, Vol. 19, pp. 460-475 (1994)
- (14) Feldman, R.: "P.O.W.E.R. Learning: Strategies for Success in College and Life", 2nd. ed. McGraw-Hill, Boston (2005)
- (15) Schmeck, R. R.: "Individual differences and learning strategies", In C. E. Weinstein et al. (Eds.), Learning and Study Strategies, Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation. Academic Press, New York, pp. 171-191 (1988)

## 著 者 紹 介



匂坂 智子

1993 年玉川大学文学部外国語学科卒（英語学）、95 年同学大学院文学研究科修士課程修了、95 年玉川大学視聴覚センター、96 年～2002 年玉川大学文学部非常勤講師（語学学習指導担当：学生の語学学習相談、TOEFL 指導、語学教材開発などに従事。またリスニングの

授業などを担当）、2000 年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了、2002 年～2004 年ドイツ学術交流会（DAAD）奨学生としてドレスデン工科大学 Informatik ネットワーク研究室、2005 年より電気通信大学大学院電気通信学研究科博士後期課程在学中。



渡辺 成良

1968 年東京工業大学工学部電気工学科卒業、70 年同学大学院理工学研究科修士課程、1973 年同博士課程修了、工学博士。73 年から 91 年まで群馬大学工学部電子工学科に勤務。91 年から電気通信大学電気通信学部勤務、現在、情報通信工学科教授。

学習支援システム、特に e-Learning 環境における学習履歴の自動分析、マルチエージェントシステムの研究に従事。教育システム情報学会、IEEE、電子情報通信学会、電気学会、情報処理学会、人工知能学会等の会員。