

プログラミング学習における学習定着度の決定要因 —学習の進捗状況および学習者の意識との関連性に基づく分析—

長谷川卓也¹

概要: 高校教科「情報」のプログラミング単元において、生徒が自分のペースで練習問題に取り組み、スモールステップで学習を進められるように授業を構成した。授業ごとに提出させた学習記録(取り組んでいる問題の番号、質問感想)とテスト成績の関係、およびプログラミング学習に対する意識と成績の関係について分析を行った。それにより、学習過程終盤の進捗状況だけでなく、学習過程初期の進捗状況がテスト成績に関係することを示唆する結果が得られた。また「難しい」と感じる意識と成績には関係性を見い出せなかった。

キーワード: プログラミング学習, 高等学校, 教科情報

1. はじめに

新学習指導要領[1]により高等学校では「情報 I」が必修となり、プログラミング学習の機会が大きく拡大する。また「情報 I」が大学入学共通テストの科目の一つになり[2], 学校にはより高度な学習の指導が求められるであろう。

これらプログラミング教育の拡がりや高度化にともない、生徒の学習のつまずきに対する手当てやプログラミングを苦手とする生徒への対応は、ますます重要となる。『高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材』[3]はプログラミングの学習活動の進め方の留意点として「プログラミングの習熟度に合わせた対応」を挙げる。ここでは「プログラミングに慣れていない生徒については、細かく管理することにより活動はしやすくなると考えられるが、自ら解決していく主体性も下がるため、生徒同士で進行状況を相互チェックさせフォローアップさせる活動を取り入れる」と指摘する。

学習者の習熟度に合わせた対応のためには、学習者の習熟度を知るため手立てが必要である。近年では、ソースコードの編集履歴を用いて自動的に検出する方法の研究[4]や、プログラムの正誤だけでなく、その質(正解との近さ等)を評価し、部分点という形で学習者へフィードバックすることで学習者の意欲を保持しようとするシステムの開発[5]についての研究報告がある。しかしそれらの手法やシステムを実際の授業に導入するには、一定の技能と手間が必要となる。本実践では生徒からの日々の学習記録報告という平易な方法で学習状況を把握し、指導

にあたった。本稿では成績群ごとの学習過程での特徴やプログラミング学習に対する認識の特徴、および学習記録報告の有用性について報告する。

2. 授業実践の概要

2020年度、筆者は勤務校にて「情報の科学」(2単位:高校1年4クラス113名)を担当した。教科書に沿い、単元「アルゴリズムとプログラム」において、エクセルVBAを用いて数独を解くプログラム(以下、数独プログラムと呼ぶ)の作成を中心とした学習指導を、2学期から3学期にかけて行った²。

数独プログラムにおける具体的な処理は「セルの値の入力」「セルの塗りつぶしの色も設定」であり、処理自体は単純で種類も少ない。しかし、プログラム全体の行数は200行近くあり、10個程度のサブプロシージャで構成される。また制御構造の5重の入れ子を持つプロシージャを含むなど、高校生にとって難度は高い。

指導は3部構成で行った(表1)。プログラミング技能を定着させるには一定量の練習が必要であると考え、第2部ではスモールステップで学習を進められる練習問題教材を用い、生徒の主体的な学習を促した。また第2部では授業終了時に学習記録(取り組んでいる問題番号、質問・感想)を書かせて提出させた。それを参考にクラス全体への一斉指導、個別指導を取り入れた。

表1 プログラム単元の構成

	目標	学習活動
--	----	------

¹ 京都橘中学校・高等学校

² 2020年度は新型コロナウイルス感染症予防のため、一定期間オンライン授業や短縮授業が実施された。そのため、2学期内で完結する予定だった「アルゴリズムとプログラム」単元の講義は2学期から3学期にまたぐ形で実施することになった。

第1部 (4回)	プログラミングの基礎知識を身につける.	説明を聞き, 写経的にプログラムを作成する. (一斉講義)
第2部 (7回)	プログラミングの基礎技能(アルゴリズムの理解とコーディング能力)を身につける.	生徒が自分のペースで練習問題に取り組む個別学習が中心. 相談可. 要所で解説(一斉指導)あり. 最終的に数独プログラムのサブプロシージャを作ることになる. ●(各回)学習記録
(1回)		自習
(1回)		●実技テスト
第3部 (2回)	ある程度長く複雑なプログラムが読める.	数独プログラム全体の解説を聞く. 考える活動も含む. (一斉講義) ●プログラミング学習に対する意識調査アンケート

実技テストの概要, プログラミング学習に対する意識調査アンケートの内容は次節で結果とともに記す.

3. 結果と考察

本実践から得たデータは, 学習記録, 実技テスト成績, プログラミング学習に対する意識調査アンケートの3種である. 先にデータごとの分析を行い, 後にデータ間の関係に着目した分析を行う.

3.1 各データの個別分析

(1) 学習記録

第2部の2回から7回まで(3学期実施分), 生徒に学習記録を Google フォーム³によって提出させた. 記録の項目は授業終了時点で取り組んでいる問題番号と, 質問・感想(自由記述)である. なお, 第2部の1回は2学期に実施しており, 学習記録をとっていない.

授業時間数が同じ2クラス(56名)を分析対象候補とし, さらに学習記録データが全て揃っている生徒, つまり第2部の2回から7回までの計6回の講義にすべて出席した41名を分析対象とした.

表 2 練習問題の内容と進捗状況 (n=41)

番号	問題内容(制御構造)	1回	2回	3回	4回	5回	6回	7回	計
1~5	演算子 変数		0	0	0	0	0	0	0
6	If文		0	0	0	0	0	0	0
7	If文		1	0	0	0	0	0	1
8	If文		2	0	0	0	0	0	2
9	If文		3	0	0	0	0	0	3
10	If文		2	1	0	0	0	0	3
11	For文		2	0	0	0	0	0	2
12	For文		0	0	0	0	0	0	0
13	while文		11	2	0	0	0	0	13
14	while文		4	1	0	0	0	0	5
15	For文(For文) ⁴		8	1	0	0	0	0	9
16	For文(For文)		1	0	2	0	0	0	3
17	For文(For文(If文))		3	2	1	0	0	0	6
18	For文(For文(If文))		2	3	1	0	0	0	6
19	For文(For文(If文(For文)))		2	17	5	4	0	0	28
20	For文(For文(If文(For文)))		0	2	4	1	3	0	10
21	For文(For文(If文(For文(For文))))		0	5	9	5	4	2	25
22	For文(For文(If文(For文(For文)))) ※割り算 Int関数を含む		0	6	17	27	15	7	72
23	For文(For文(If文))		0	1	2	4	17	26	50
24	問題22の解説スライドを作成		0	0	0	0	2	6	8
問題番号 ⁵ 平均			13.5	18.9	20.8	21.6	22.3	22.9	
標準偏差			3.0	2.7	1.7	1.0	1.0	0.7	
進捗			-	5.4	1.9	0.8	0.7	0.6	

記録なし

³ https://docs.google.com/forms/?usp=forms_alc

⁴ For文の中にFor文を含む入れ子構造を示す.

⁵ 取り組んだ問題番号を問題数ととらえ量的データとして処理した.

練習問題ごとの内容、および授業各回において生徒が取り組んでいる問題とその人数を表2にまとめた。前回の授業から進められた問題数を進度として表した。例えば第3回では平均して5.4問分進んだが、第6回では0.7問分しか進んでいないことが読み取れる。後の問題ほど難しさが増し、問題に費やす時間が増加している。授業の回が進むにつれ集団における取り組む問題の広がり(標準偏差)が小さくなっていることが読み取れる。

(2) 実技テストの成績

テスト問題は、8割程度完成しているプログラムの空所部分を補い完成させるというものである。問題は5問出題した。各プログラムは完成すると5行から20行程度になる。各問題の配点は1点(完全解答)で、全体で5点満点である。

得点分布は表3の通りとなった。平均点は3.9点、標準偏差は1.1であった。満点の人数が最も多く、正規分布とならなかった。

1点から3点の群を下位群、4点を中位群、5点を上位群とし、この3群の特徴分析を後で行う。

表3 実技テストの得点分布 (n=41)

成績	人数(名)
0点	0
1点	2
2点	3
3点	8
4点	13
5点	15

下位群 13(名)
 中位群
 上位群

平均点 3.9点

(3) プログラミング学習に対する意識調査アンケート

単元終了時にプログラミング学習に対する意識を調査するためのアンケートを実施した。番号、(略称)、質問内容は以下の通りである。設問1~12の選択肢は、「強くそう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらかといえばそう思わない」「強くそう思わない」の4択とした。41名中39名から回答が得られた。

アンケート内容

- 設問1(楽しい) プログラミングは楽しかった。
- 設問2(難しい) プログラミングは難しかった。
- 設問3(英語より難) プログラミングの実技テストは英語のテスト(考査)より難しかった。
- 設問4(数学より難) プログラミングの実技テストは数学のテスト(考査)より難しかった。
- 設問5(英語力に関係) 英語の能力が高ければ、プログラミングができる。
- 設問6(数学力関係) 数学の能力が高ければ、プログラミングができる。

- 設問7(知識が重要) プログラミングに関する基本知識を理解すれば、プログラミングができるようになる。
- 設問8(練習が重要) プログラミングの実践的な練習を重ねれば、プログラミングができるようになる。
- 設問9(できる気持ち) 「必ずできる」という気持ちがあれば、プログラミングができるようになる。
- 設問10(楽しむ気持ち) 「楽しんで取り組もう」という気持ちがあれば、プログラミングができるようになる。
- 設問11(才能) 才能があれば、プログラミングができる。
- 設問12(努力) 努力すれば、プログラミングができるようになる。
- 設問13(感想) プログラミングの授業の感想を自由に書いてください。(自由記述)

3.2 データ間の関係分析

(1) 学習記録と実技テスト成績との関係

問題22は入れ子構造が複雑であり、Int関数等の新しい概念が登場し、解決に平均1.7時間を要した(問題22に到達しなかった人、解決できなかった人のデータは除く)。第6回では問題22を解決できなかった生徒(遅い群)と、解決できた生徒(早い群)がおよそ半分に分かれた。各群のテスト平均点を表4に示す。遅い群の平均点は早い群のそれより小さい。

表4 第6回の進捗分類と点数 (n=41)

進捗分類	人数	平均点
早い群(問題23以降)	19	3.5
遅い群(問題22以前)	22	4.4

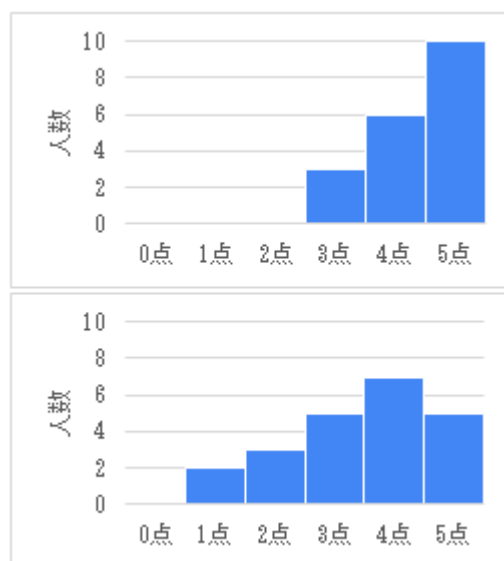


図1 第6回の成績分布(上:早い群, 下:遅い群)

ヒストグラム(図1)から、遅い群において成績分布が低得点方向へ広がっていることが読み取れる。

次に、さかのぼって第2部初期の第3回の進捗状況に着目する。第3回では、問題19に取り組んでいる生徒が多かった(約4割)。また問題19に到達していない生徒、問題20以降に取り組んでいる生徒も一定の数に及んだ。生徒を3群に分け平均点を求めた(表5)。練習問題の進捗が遅い群ほど平均点が低かった。

ヒストグラム(図2)から、遅い群において成績分布が低得点方向へ広がっていること、また高得点の分布が少ないことが読み取れる。

表5 第3回の進捗分類と点数 (n=41)

進捗分類	人数	平均点
早い群 (問題20以降)	14	4.2
中間群 (問題19)	17	3.9
遅い群 (問題18以前)	10	3.4

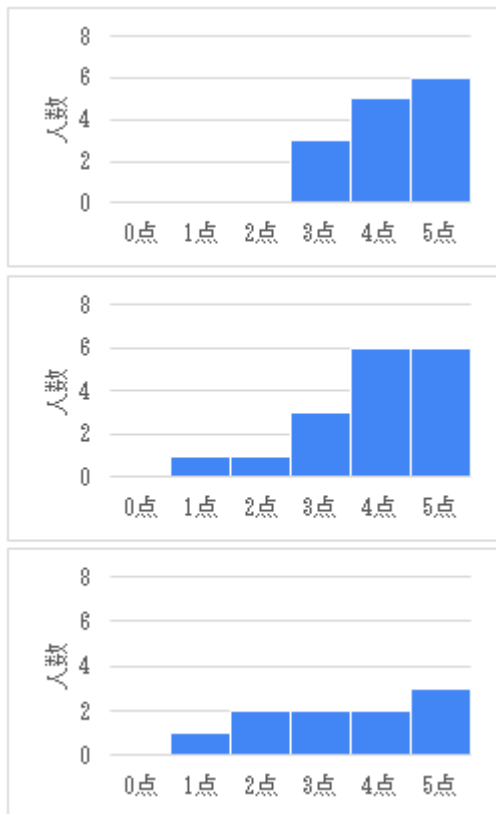


図2 第3回の成績分布
(上:早い群, 中:中間群, 下:遅い群)

次に、学習記録の質問・感想(自由記述)に着目する。キーワードとして「楽しい」(「楽しかった」「たのしい」等を含む。「難しい」も同様)、「難しい」の出現回数をカウントした。ただし同生徒同回の記述に複数回出現した場合は1カウントとした。キーワードが出現した生徒の人数と平均点をまとめた(表6)。

分析対象41名全体の平均点は3.9点であったが、「楽しい」と1回でも回答した生徒の成績はそれよりも高かった(4.3点)。

一方「難しい」と1回でも回答した生徒の平均点3.9点であり、全体平均と一致した。「難しい」に関しては回答人数が多く、回答数にばらつきがあったので、回答数ごとの平均点も求めた。最も回答が多かった2回の生徒の平均点は4.2点であり、全体平均より高かった。「難しい」と訴える生徒は一定数いるものの、その訴えと成績との間に関係性は見いだせなかった。

表6 「楽しい」「難しい」の回答と平均点 (n=41)

	人数	平均点
「楽しい」と1回でも回答した生徒	7	4.3
「難しい」と1回でも回答した生徒	36	3.9
内訳(1回)	8	3.6
(2回)	13	4.2
(3回)	8	3.6
(4回)	5	4.0
(5回)	2	3.5

(2) 実技テスト成績とプログラミング学習に対する意識との関係

各設問に対し、成績群(表3参照)別に、肯定的回答(「強くそう思う」「どちらかといえばそう思う」)の回答割合を求めた(表7-12)。

「楽しい」の肯定割合は上位ほど高い。学習記録における表6の傾向とも一致する。

表7 「楽しい」「難しい」 (n=39)

	設問1 楽しい	設問2 難しい
下位群	64%	100%
中位群	85%	100%
上位群	93%	87%
全体	85%	95%

生徒が感じたプログラミングテストの難しさはどの程度のものであろうか。絶対的な同定は不可能である。他教科との比較により、相対的な位置づけを明らかにしようと試みた。プログラミング学習に対する「難しい」の回答は高いが、英語・数学と比べると低いことが分かる(表8)。また上位群ほど「難しい」の割合は低い。

表8 英語・数学との難しさの比較 (n=39)

	設問3 英語より難	設問4 数学より難
下位群	73%	55%
中位群	54%	31%
上位群	20%	13%
全体	46%	31%

テキスト型プログラミング言語(VBA)と英語は単語レベルでは似ている面があり、プログラミングに英語力の必要性を感じる生徒が多いと予想していた。しかし、それは全体で3割に満たなかった。むしろ数学力の必要性を感じる生徒が多かった。数独プログラムは割り算や小数の切り捨て処理などの内容を含んでいた(問題 22)。その印象が強かったため、このような結果になったと考えられる。

表 9 プログラミング力と英語力・数学力 (n=39)

	設問 5 英語力に関係	設問 6 数学力に関係
下位群	9%	73%
中位群	38%	100%
上位群	27%	73%
全体	26%	82%

プログラミング力の習得には「知識」が重要と答えた生徒の割合が高かったが、「練習」が重要と答えた生徒の割合はさらに高かった(表 10)。それらと比べると心構えの必要性を重視する回答は少なかった(表 11)。心構えなどよりも実際に「努力」する行動が重要だと考えている生徒が多かった(表 12)。プログラミングには「努力」が必要であり(設問 12)、その「努力」の中身とは「練習(設問 8)」だという認識なのであろう。また、プログラミング力の高さには「才能」が関与するという回答も多く見られた。「才能」に関する設問において、下位群・中位群よりも上位群での肯定割合が高かった点は興味深い。

表 10 知識・練習の重要性 (n=39)

	設問 7 知識が重要	設問 8 練習が重要
下位群	82%	91%
中位群	85%	100%
上位群	87%	100%
全体	85%	97%

表 11 プログラミング力と心構え (n=39)

	設問 9 できる気持ち	設問 10 楽しむ気持ち
下位群	64%	73%
中位群	69%	69%
上位群	60%	80%
全体	64%	74%

表 12 プログラミング力と才能・努力 (n=39)

	設問 11 才能	設問 12 努力
下位群	82%	100%
中位群	77%	100%
上位群	100%	100%
全体	87%	100%

4 まとめ

プログラミング学習に対する「楽しい」意識が高いほど、テスト成績は高かった。一方、「難しい」という意識と成績には関係性が見られなかった。生徒から「難しい」という嘆きの声が出ると教員は不安になるものであるが、それほど気にする必要はないのかもしれない。

テスト直前の学習状況(第 2 部 6 回)がテストの結果に反映することはある程度予測できた。しかし、今回の分析により、初期段階(第 2 部 3 回)の進捗状況が後のテスト成績に関係していることが分かった。早期に学習状況を把握することは指導上大きな意味を持つ。

学習記録報告の利用は平易であり、また一定の有用性を確認できた。しかし、生徒が具体的にどのようにつまづいているのかに関する情報は乏しい。具体的にどのようにつまづいているのかを生徒自身が言語化できるのであれば、それほど大きな問題ではない。それができないから問題なのである。生徒が言語化できないつまづきの内容を解明し把握するシステム、しかも容易にリアルタイムに行えるシステムの開発や研究が今後ますます必要となろう。

参考文献

- [1] 文部科学省, 【情報編】高等学校学習指導要領(平成 30 年告示) 解説, https://www.mext.go.jp/content/1407073_11_1_2.pdf (2021 年 9 月 29 日参照)
- [2] 独立行政法人 大学入試センター, 令和 7 年度以降の試験, https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/shiken_jouhou/r7ikou.html (2021 年 9 月 29 日参照)
- [3] 文部科学省 高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材(本編) 第 3 章, https://www.mext.go.jp/content/20200722-mxt_jogai02-100013300_005.pdf (2021 年 9 月 29 日参照)
- [4] 浦上 理, 長島 和平, 並木 美太郎, 兼宗 進, 長 慎也: プログラミング学習者のつまづきの自動検出, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2020-CE-154, 2020 年
- [5] 鄭 佳健, 寺田 実: 初心者のプログラムを正誤と質で評価するシステム, 情報処理学会プログラミング・シンポジウム予稿集, 62 巻, p75-82, 2021 年

正誤表

下記の箇所に誤りがございました。お詫びして訂正いたします。

訂正箇所	誤	正									
3 ページ 表 4	表 4 第 6 回の進捗分類と点数 (n=41)										
	<table border="1"><thead><tr><th>進捗分類</th><th>人数</th><th>平均点</th></tr></thead><tbody><tr><td>早い群 (問題 23 以降)</td><td>19</td><td>3.5</td></tr><tr><td>遅い群 (問題 22 以前)</td><td>22</td><td>4.4</td></tr></tbody></table>		進捗分類	人数	平均点	早い群 (問題 23 以降)	19	3.5	遅い群 (問題 22 以前)	22	4.4
	進捗分類	人数	平均点								
	早い群 (問題 23 以降)	19	3.5								
遅い群 (問題 22 以前)	22	4.4									
<table border="1"><thead><tr><th>進捗分類</th><th>人数</th><th>平均点</th></tr></thead><tbody><tr><td>早い群 (問題 23 以降)</td><td>19</td><td>4.4</td></tr><tr><td>遅い群 (問題 22 以前)</td><td>22</td><td>3.5</td></tr></tbody></table>		進捗分類	人数	平均点	早い群 (問題 23 以降)	19	4.4	遅い群 (問題 22 以前)	22	3.5	
進捗分類	人数	平均点									
早い群 (問題 23 以降)	19	4.4									
遅い群 (問題 22 以前)	22	3.5									
<table border="1"><thead><tr><th>進捗分類</th><th>人数</th><th>平均点</th></tr></thead><tbody><tr><td>早い群 (問題 23 以降)</td><td>19</td><td>3.5</td></tr><tr><td>遅い群 (問題 22 以前)</td><td>22</td><td>4.4</td></tr></tbody></table>		進捗分類	人数	平均点	早い群 (問題 23 以降)	19	3.5	遅い群 (問題 22 以前)	22	4.4	
進捗分類	人数	平均点									
早い群 (問題 23 以降)	19	3.5									
遅い群 (問題 22 以前)	22	4.4									