

# プログラミング実習科目における教育工学的視点による授業改善方略の設計と実践上の問題の検討

西田 知博<sup>1,a)</sup> 中畠 康二<sup>2</sup>

**概要:** プログラミング実習科目における受講者の問題として、学習内容についていけず、学習意欲が減退してドロップアウトしてしまうことなどがある。本稿では、これらの学習上の問題について、教育工学的視点でインストラクショナルデザイン (ID) の諸モデルを参照した授業改善の方略を策定し、実践した結果について報告する。また、そこで明確となった、実践教員が抱える ID 活用上の問題・課題について考察する。

## Study on Instructional Design for Programming Courses and Problems in Practical Applications

TOMOHIRO NISHIDA<sup>1,a)</sup> KOJI NAKAJIMA<sup>2</sup>

**Abstract:** We have problems on programming courses, for example, some students cannot follow learning contents, and their motivations decline and they will be dropout in the class. In this paper, we report how we improve the programming class to solve these problems by using Instructional Design (ID) methods. In addition, we consider the problems, such as gaps between teachers and instructional designers, to develop ID tools.

### 1. はじめに

情報を専門とする大学教育においてプログラミングは基礎となるものである。一方、それを初めて学ぶ学生にとっては習得しなければいけないことが多く、それについて来れないため学習意欲を継続できず、ドロップアウトすることも少なくない [1]。

これを解決する方策としては、「一度に学ぶ内容 (学習項目) が多すぎる」ことがプログラミング学習のつまずきの原因のひとつになっている点に着目し、例題間の構文要素の差分を抽出するツールを使い、そのギャップを小さくする教材設計を行う [2] など、教材作成の工夫によるものが考えられる。

一方、学習者の問題・課題を解決するための授業改善の

方策として、授業設計の見直しに活用できるインストラクショナルデザイン (ID) のさまざまなモデルや理論があり [3]、特に Learning Management System (LMS) などの ICT 活用と合わせて設計を行うことによって、その効果が期待できる。

ただ、教員個々が自分の担当科目に存在している問題・課題を分析し、それに対して ID の諸モデル、理論から選択して適切な方策を計画し、実践するのは容易ではない。この点を支援するため、筆者らは、教員の問題分析と方策選択を支援するためのツール (以下、分析支援ツール) の設計に取り組んでおり、本稿はその予備調査的位置づけとなる。

分析支援ツールは、「学習意欲のためのデザイン」と「学習成果のためのデザイン」の両側面でのデザインを統合して設計する構成となっており、それぞれの側面における、

- (1) 科目の問題分析
- (2) その中から解決する問題とその対象者の選択
- (3) 対処方策のリストアップとその中からの選定

<sup>1</sup> 大阪学院大学  
Osaka Gakuin University

<sup>2</sup> 熊本大学  
Kumamoto University

a) nishida@ogu.ac.jp

表 1 ARCS-V モデルの下位分類 ([4] より訳出)

要因	下位分類
Attention	A-1: 知覚的喚起
	A-2: 探究心の喚起
	A-3: 変化性
Relevance	R-1: 目的志向性
	R-2: 動機との一致
	R-3: 親しみやすさ
Confidence	C-1: 学習要求
	C-2: 成功の機会
	C-3: コントロールの個人化
Satisfaction	S-1: 自然な結果
	S-2: 肯定的な結果
	S-3: 公平性
Volition	V-1: 実行計画の具体化
	V-2: 適切な制御
	V-3: 自己モニタリング

表 2 受講者数

上位クラス		中位クラス		下位クラス	
1 年生	編入	1 年生	再履修	1 年生	再履修
45	1	29	16	29	10

#### (4) 方策の実施成果の評価方法の決定

という手順を経て、最終的には両側面を統合したアクションプランができていく。

「学習意欲のためのデザイン」では、ARCS-V モデル [4] を援用している。ARCS-V モデルは、学習意欲を A (Attention: 注意), R (Relevance: 関連性), C (Confidence: 自信), S (Satisfaction: 満足感), V (Volition: 継続意志) の 5 要因に分類し、学習者の学習意欲を高めるための方策立案を支援する実践的モデルである。5 要因にはそれぞれ 3 項目の下位分類が設定されており (表 1), 下位分類ごとにヒントが提示されている。ARCS-V モデルを活用して対象となる学習者を分析し、いずれの要因に原因があるかを明確にして当該要因のヒントを参照することにより、効果が期待できる方策を立てることができるようになる。

また、「学習成果のためのデザイン」では、ガニエの学習成果 5 分類や 9 教授事象 [5], メリルの ID 第一原理 [6] といった代表的なモデルの中から、科目の問題の解決に適合したものを選定して改善方策を検討する。学習内容 (知識やスキル) の保持と転移が解決すべき問題があるとする、たとえば、メリルの第一原理を適用し、「課題中心の学習」、「適用・例示・活性化・統合を促進する学習」を指針にして、具体的に授業設計に取り込める学習活動を検討することになる。

分析支援ツールの設計では、さまざまなモデルや理論の中から、有効なものを選定して活用する手順を自動化しようとするところが狙いのひとつであるが、本研究では、選定から実践までのプロセスにおいて、科目担当教員がどのように「ID を活用した授業改善の手順」を認知し、授業運営できるかを実際の場面で検証することに焦点化するため、分析支援ツールの利用支援者が選定作業に寄り添う形で方策選定を行い、授業で実践している。つまり、分析支援ツールを活用した授業改善の運用試行とその検証の段階

という位置づけにて、第一筆者が科目担当の教員として、第二筆者は分析支援ツールの利用支援者として、実際の科目において、授業改善の方策を検討し、試行したものである。本稿では、第一筆者が担当するプログラミング科目において実践した授業改善の方策とその結果、ならびに考察を次節以降に記述する。

## 2. 研究の方法

本研究では、ID のモデルを援用した授業設計改善を試み、学習意欲と学習成果の双方に焦点を当て、その効果を測るため、次の手順とその効果の測定方法を計画した。

大阪学院大学情報学部において 2015 年度後期に実施したプログラミング実習 II を対象とし、授業に当たって授業改善を施し、幾つかの方法で、その効果を検証した。この授業は、1 年後期に担当されており、半期 15 回で、受講者数は表 2 の通りである。1 年生は前期には PEN[7] を用いたプログラミングの授業を受けており、その授業 (座学および実習) の成績をもとに上位、中位、下位の 3 クラス分けている。このうち、第一著者が上位クラス、非常勤講師と TA1 名が中位クラス、外国人の専任教員と TA1 名が下位クラスを担当している。また、この授業では実習のプログラミング言語として Processing[8] を用いている。

### 2.1 ID を援用した授業設計改善の方策

#### 2.1.1 学習者に関する問題分析

分析支援ツールでは、問題分析として、科目担当教員が、

- (1) 問題の内容
- (2) その対象者

を挙げるところから始める。利用支援者が科目担当者に発問し、問題の分析を促した結果、

- 「後続科目への橋渡し (もっと学びたい) ができていない」 (上級レベルの受講生)
- 「学習意欲の継続が難しい」「学習内容について来られず、ドロップアウトする」 (中・下級レベルの受講生)

といった問題が挙げられた。このうち今回は、中・下級レベルの受講者を対象として絞り込み、挙げられた問題に対し、「ドロップアウトしない」「修了率を高めたい」という目標を確認した。

#### 2.1.2 授業設計の改善方策の選定

次に、中・下級レベルの受講者に対して、「ドロップアウトしない」「修了率を高めたい」という目標を達成するための方策として、学習意欲・学習成果の両側面からアイデアを出し、その中から実現できそうな方策を選定する作業

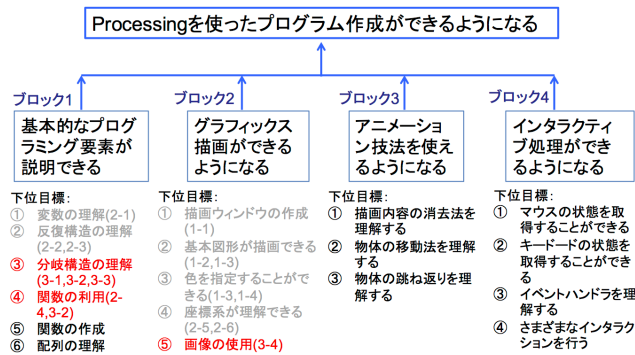


図 1 学習課題を系列化した図

## 第1回進行管理



図 2 LMS 上の進捗管理

を行った。アイデア出しにおいては、学習意欲の側面からは、ARCS-V モデルを援用し、

- 最初に学習の全体像を示す
- 学んだことがそのあと何につながるかを示す
- ゴールを明確に示す
- 逐次、学習の進捗と先の工程を確認させる

などの方策を選定した。

また、学習成果の側面からは、ガニエの9教授事象を援用し、授業において、

- 授業の目標を知らせる
- 今までに学んだことを思い出させる
- 新しく学ぶことを提示する
- 学習の指針を与える

といった方策を選定し、両側面の方策を統合し、実施方策を決定した。

その結果、当該科目の学習課題を系列化した図(図1)と、学習目標と評価方法、合格基準を毎回の授業開始時に示し、授業終了時には、LMS 上で学習進捗を記録(図2)し、進捗と残り工程について考える時間を作ることとした。

## 2.1.3 授業設計改善方策の効果の評価

問題分析、方策選定ののち、実施された方策の効果の評価するため、学習意欲と理解度を確認するアンケートを実施した。アンケートは3回行い、授業開始時に事前アンケート、中間レポートI(第5,6回目)の終了後に中間アンケート、ならびにすべての授業が終わったあとに期末アンケートを実施した。

事前アンケートは図3に示す通りである。設問1~4は学習意欲を問うもので設問3までは「とてもそう思う」「少し思う」「どちらともいえない」「あまり思わない」「全然思わない」の5段階で回答してもらった。また、設問5以降は学習項目の授業開始時点の理解度を問うもので「よく理解している」「少し理解している」「どちらともいえない」「あまり理解していない」「まったく理解していない」の5段階で回答してもらった。

中間アンケートは図4に示す通りである。このアンケートは、ARCS-V モデルに基づき、学習意欲の5要因に関して問題があるか否かを調べるものであり、「とてもそう思う」「少し思う」「どちらともいえない」「あまり思わない」「全然思わない」の5段階で回答してもらった。それぞれの設問は「おもしろそう(A)」「自分にとって意味ありそう(R)」「やったらできそう(C)」「できたら満足しそう(S)」「最後まで続けられそう(V)」を問うものとなっており、その対応は図4に示している。

期末アンケートは図5に示す通りである。設問1,2は学習成果を問うもの、設問3~7は学習意欲の減衰について問うものである。また、設問8以降は事前アンケートの設問5以降と同じものとなっており、学習項目がどれだけ理解されたかを評価するものとなっている。

また、LMS 上で毎回記録される進捗確認のデータに基づき、学習が適切に進められているかどうかを評価することとした。図2のようにLMSのアンケート機能を用い、各回の演習問題の進捗を受講生が自己管理する。このアンケートは進捗に応じて随時書き替えが可能で、また、振り返りの確認も可能である。

## 3. 結果と考察

### 3.1 アンケート結果の分析

#### 3.1.1 アンケート回答者数

アンケート回答者数は表3の通りである。受講者数は上位クラス46名、中位クラス45名、下位クラス39名の計130名である。下位クラスは担当が外国人教員であるという要素もあり、第一筆者が一部呼びかけを行ったが、回答率が低くなっている。また、中間・期末アンケートは中位クラスも回答者数が少なくなっている。また、上位クラスに関しても中間アンケート以降は回答者数が半数以下となっている。

1. この科目で学ぶことに興味がありますか？
2. この科目で学ぶことは、あとで自分の役に立ちそうですか？
3. この科目は、最後までやり通せそうですか？
4. 3 で「あまり思わない」「全然思わない」とした人は、その理由を教えてください。(自由記述)
5. 変数は理解していますか？
6. 反復構造は理解していますか？
7. 分岐構造は理解していますか？
8. 関数の利用は理解していますか？
9. 関数の作成は理解していますか？
10. 配列は理解していますか？
11. グラフィックス描画は理解していますか？
12. アニメーションを使った物体の移動は理解していますか？
13. アニメーションを使った物体の跳ね返りは理解していますか？
14. マウスやキーボードを使ったインタラクティブな処理は理解していますか？
15. イベントハンドラは理解していますか？

図 3 事前アンケート

表 3 アンケート回答者数

	全体	上位	中位	下位
事前	91	41	41	9
中間	30	22	4	4
期末	18	15	1	2

表 4 事前アンケート：学習意欲 (平均値)

	設問 1	設問 2	設問 3
全体	4.3	4.2	3.9
上位	4.6	4.4	4.3
中位	4.1	4.2	3.7
下位	3.3	3.4	3.3

### 3.1.2 事前アンケートによる学習意欲の分析

表 4 は事前アンケートの中で学習意欲を問うている設問 1~3 を「とてもそう思う」を 5, 「少し思う」を 4, 「どちらともいえない」を 3, 「あまり思わない」を 2, 「全然思わない」を 1 として平均を求めたものである。

上位クラスはどの設問も平均が 4 を超え、授業開始時の学習意欲が高いことが伺える。中位クラスは「3. この科目は、最後までやり通せそうですか？」が少し低い値となり、受講者の不安感が伺える。また、下位クラスは他のクラスと比べ、全体に低い結果となっている。

### 3.1.3 中間アンケートの分析

表 5 は中間アンケートの各設問の回答を「とてもそう思う」を 5, 「少し思う」を 4, 「どちらともいえない」を 3, 「あまり思わない」を 2, 「全然思わない」を 1 として平均を求めたものである。

全体の平均を見ると、3 未満となる項目は、「5. この科目で扱う学習内容は自分の得意分野である (R)」 「14. 具体的な学習計画を立てている (V)」 「18. 学習のやる気を阻害す

1. この科目の学習内容に興味がある (A)
2. 学習が進むと関心は高まっている (A)
3. 学習内容の全貌を目にしている (A)
4. 学習内容に退屈していない (A)
5. この科目で扱う学習内容は自分の得意分野である (R)
6. 積極的に学習を進めている (R)
7. 学習内容を習得するとどういいうメリットがあるか理解している (R)
8. 自分のペースで勉強できる方がやりやすい (R)
9. 科目の学習目標をはっきりと理解している (C)
10. 科目の合格基準をはっきりと理解している (C)
11. 今の自分で科目の合格基準に達せられると感じる (C)
12. 授業開始時から比較して自分の向上を感じる (C)
13. 学習目標達成のために、学習方法を自分で工夫している (C)
14. 具体的な学習計画を立てている (V)
15. 今、学習意欲は高い (やる気が十分ある) (V)
16. 今の作業をいつまでにやるか意識している (V)
17. 生活の中に、学習のやる気を阻害するものがある (V)
18. 学習のやる気を阻害するものが出てきた場合に対処する準備ができています (V)
19. 学習するうえで他の学生と相談することがある (V)
20. 学習の進捗を自分で時々振り返っている (V)
21. 課題・作業が停滞してきたら計画を見直して作戦を立て直す (V)
22. 学習目標達成までの残り工程がどれくらいか意識している (V)
23. 自分の努力の結果が肯定的に感じられる (S)
24. 身につけた知識・能力を他の場面で活かそうと感じる (S)
25. 学習して得られた成果は自分で喜べるものになっている (S)
26. 科目の目標・練習問題・試験 (レポート課題) に整合性を感じる (S)

図 4 中間アンケート

るものが出てきた場合に対処する準備ができています (V)」 「22. 学習目標達成までの残り工程がどれくらいか意識している (V)」 の 4 つであり、また、ネガティブな項目である「17. 生活の中に、学習のやる気を阻害するものがある (V)」 は平均が 3.1 で、逆転して (6 からの減算を) 考えれば 2.9 となる。これらのことから、計画や自己制御が要素となる継続意思 (Volition) が弱いということが伺え、自律的な学習に関する支援が必要なが分かる。

### 3.1.4 期末アンケートによる学習成果・意欲の分析

表 6 は期末アンケートの中で学習成果を問うている設問 1 の「達成できた」、設問 2 の「とてもそう思う」の 5 とし、以降、順に設問 1 の「全然できなかつた」、設問 2 の「全然思わない」の 1 まで値を割り当て、平均を求めたものである。設問 3 は「とても減衰した」を 1 として「全然しなかつた」を 5 として順に値を割り当て、平均を求めたものである。

1. 学習目標をどれくらい達成できましたか？  
[選択肢]  
達成できた, まあまあできた, どちらともいえない, あまりできなかった, 全然できなかった

2. 自分の学習成果に満足していますか？  
[選択肢]  
とてもそう思う, 少し思う, どちらともいえない, あまり思わない, 全然思わない

3. 途中で学ぶ意欲の減退はありましたか？  
[選択肢]  
とても減退した, 少しした, どちらともいえない, ほとんどしなかった, 全然しなかった

4. 3 で、「とても減退した」「少しした」と回答した人は、何が原因だったか教えてください？  
[選択肢]  
この科目の学習, 他の科目の学習, 学習以外の要素

5. 4 で「学習以外の要素」とした人は、具体的に書いてください。(自由記述)

6. 3 で、「とても減退した」「少しした」と回答した人に伺います：学ぶ意欲の減退を乗り越えられた原因は何でしょうか？  
[選択肢]  
学習課題マップがあり、学習の工程が見えていたから  
最初に自分で「目標達成しよう」と意志表明していたから  
毎回の授業開始時に自分の学習進捗を確認していたから  
毎回の授業終了時に次回までの学習到達目標を確認できたから  
その他

7. 6 で「その他」とした人は、具体的に理由を書いてください。(自由記述)

【設問 8 以下は、事前アンケートの設問 5 以下と同じ】

図 5 期末アンケート

このアンケートは上位クラスの回答者がほとんどであるが、学習成果に関する平均値は 3 に近いニュートラルな結果となっている。また、意欲の減衰については 2.1 で、学習意欲が少し減衰した傾向が見られる。設問 4 には 6 名の回答があり、意欲減衰の原因が「この科目の学習」であると回答した者が 4 名、「他の科目の学習」とした者が 2 名であった。

### 3.1.5 学習項目の理解度の分析

表 7 は事前アンケートと期末アンケートで行った各学習項目に対する理解度を「よく理解している」を 5、「少し理解している」を 4、「どちらともいえない」を 3、「あまり理解していない」を 2、「まったく理解していない」を 1 とし平均を求めたものである。

Processing によって初めて学習するインタラクティブ処理やイベントハンドラは理解度が 1 以上上昇している。また、「変数」は 0.6 増加して 4.1、「分岐」は 0.4 増加して 3.8 と基本的な事項の理解度が定着していることが分かる。一方で、「反復」や「配列」は 0.2 増の 3.6 にとどまり、やや

表 5 中間アンケートの結果 (平均値)

(A)	1	2	3	4					
全体	3.9	3.7	3.3	3.8					
上位	4.1	3.9	3.5	4.1					
中位	2.8	2.3	2.8	2.5					
下位	4.0	3.8	2.5	3.5					
(R)	5	6	7	8					
全体	2.3	3.5	3.5	3.9					
上位	2.5	3.5	3.6	4.1					
中位	1.5	3.8	3.3	3.3					
下位	1.8	2.8	2.8	3.8					
(C)	9	10	11	12	13				
全体	3.5	3.7	3.0	3.4	3.1				
上位	3.5	3.6	3.1	3.5	3.0				
中位	3.5	4.3	2.5	2.8	3.5				
下位	3.5	3.5	3.3	3.8	2.8				
(V)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
全体	2.4	3.4	3.6	3.1	2.7	3.5	3.3	3.3	2.9
上位	2.2	3.3	3.4	3.2	2.6	3.6	3.3	3.3	2.8
中位	3.0	3.8	4.5	2.5	3.3	2.0	3.5	3.0	3.5
下位	2.5	3.3	3.5	3.3	3.0	4.3	3.3	3.5	3.3
(S)	23	24	25	26					
全体	3.0	3.3	3.6	3.4					
上位	3.0	3.4	3.7	3.5					
中位	2.8	2.5	3.0	3.0					
下位	3.3	3.3	3.5	3.8					

表 6 期末アンケート：学習成果・意欲 (平均値)

	設問 1	設問 2	設問 3
全体	2.9	2.7	2.1
上位	3.1	2.9	2.2
中位	2.5	2.0	2.0
下位	2.0	2.0	1.0

表 7 学習項目の理解度 (平均値)

	変数	反復	分岐	関数利用	関数作成	配列	描画
事前	3.5	3.4	3.4	3.1	3.0	3.4	3.3
期末	4.1	3.6	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6
差	0.6	0.2	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3
	物体移動	跳ね返り	インタラクト	EV ハンドラ			
事前	3.4	2.8	2.2	1.9			
期末	3.3	3.2	3.3	3.1			
差	-0.1	0.4	1.1	1.2			

理解度の増加が少ないという結果になっている。

### 3.2 進捗確認データの分析

図 6 はレポートではない通常課題に取り組んだ各授業回において LMS 上の進捗確認にデータを登録した受講者数を示したものである。12,13 回は発展課題が多かったこともあり大きく提出者数が減少しているが、それを除いても、全体的に提出者数は減少傾向にある。これは、3.1.3 節のアンケートの分析結果から伺えた「計画や自己制御に関

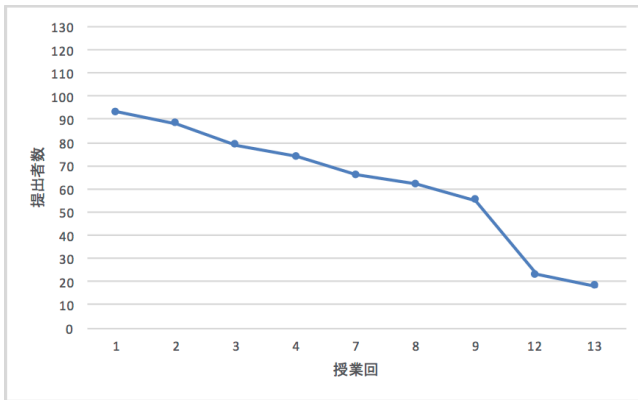


図 6 進捗提出者数

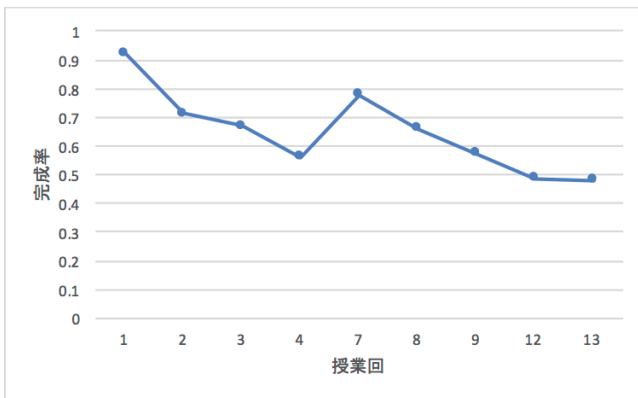


図 7 課題完成率

する継続意思 (Volition) が弱い」ということが進捗確認の提出者数の変化からも裏付けられた結果となった。

また、図 7 は進捗確認のデータから各回の課題完成率の平均の変化を示したものである。中間レポートまでの 4 回の授業では完成率が 9 割超から 6 割弱まで減少している。その後、第 1 回の中間レポート後に、再び 8 割程度に完成率が上がり、課題に取り組む意欲が回復していることが伺える。しかし、再び完成率は 5 割程度に減少している。このことは、授業が進む毎に課題を完成させることができない者が増え、ドロップアウトの危険が生じていることを示している。一方で、第 1 回中間レポート後の第 7 回に完成率が回復している。これは 1 回目のレポート提出が終わり、課題に取り組む姿勢がリセットされたこと、この回からアニメーションを取り扱っており、学習内容に新鮮さを感じたことが影響していると考えられる。この結果は、今後、ドロップアウトを防ぐための授業進行や教材内容の改善のヒントになると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、担当しているプログラミング演習科目において存在している問題・課題を分析し、それに対して ID の諸モデル・理論から選択し、適切な方策を計画して、授業改善を行った。

選定した方策にしたがい、これまでは学生の課題の取り組みを見ることにより教材の変更・改善などを行ってきたが、この授業では授業開始時までに教材をすべて準備し、学習課題を系列化して全体像を提示した。しかし、この点は授業実践者としては、逆にドロップアウトを増やすのではないかという不安もあり、インストラクショナルデザイナーとのギャップを感じた。また、ID の視点から学習者に要求する授業への取り組みのレベルも高く、実際の学生の意識との大きな差も感じた。これは、アンケートや進捗の提出者数が減少していることから見て取れる。その差を埋めるためには、進捗管理などの自主的な取り組みを習慣づけるような、より積極的な支援や、各自の学習状況の見える化などを進めていかなければいけないと考えている。

また、冒頭で述べた通り、本研究は教員の問題分析と方策選択を支援するためのツールを設計するための予備調査的位置づけである。この分析ツールの実現においては、上記のようなインストラクショナルデザイナーと授業実践者とのギャップを埋め、授業実践者が ID を受け入れるような工夫がツールの中に必要である。今回は、対象となる授業を担当する教員のうち ID に取り組んで教材やアンケート等の作成を行ったのは第一著者のみであった。しかし、今年度は分析ツールを他の教員にも利用してもらい、教員の意識をあわせることによって、教育効果を深めていきたいと考える。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 15K01044 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] Lister, R. et al.: A Multi-National Study of Reading and Tracing Skills in Novice Programmers. ACM, SIGSCE Bulletin, Vol.36, pp.119-150 (2004).
- [2] 長 慎也, 保福 やよい, 西田 知博, 兼宗 進: De-gapper — プログラミング初学者の段階的な理解を支援するツール, 情報処理学会論文誌 第 55 巻 1 号, pp.45-56 (2014).
- [3] 鈴木克明: [総説] e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン, 日本教育工学会誌, 29 巻 3 号, pp.197-205 (2005).
- [4] Nakajima, K., Nakano, H., Watanabe, A., Suzuki, K.: Proposal for the Volition Subcategories of the ARCS-V Model, International Journal for Educational Media and Technology, 7(1), pp. 59-69 (2013).
- [5] R.M. ガニエほか: インストラクショナルデザインの原理, 北大路書房 (2007).
- [6] 鈴木克明, 根本淳子: 教育設計についての 3 つの第一原理の誕生をめぐって, 教育システム情報学会誌, Vol.28(2), pp. 168-176 (2011).
- [7] 西田知博, 原田章, 中村亮太, 宮本友介, 松浦敏雄: 初学者用プログラミング学習環境 PEN の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2736-2747 (2007).
- [8] Processing Foundation, Processing Home Page (online), 入手先 <<https://processing.org/>> (2016.06.07).