

〔研究ノート〕

IT 人材育成に関する研究 —ビジネス系学部でのプログラミング教育—

A study in regards to IT human resource training —Programming training at business faculties—

中村学園大学 流通科学部

木 下 和 也

はじめに

本稿では、プログラミング教育において教授方略を立てる際の基礎となる学習理論を整理する。筆者の実践では、プログラミング教育には大きく分けて「基礎となる知識およびスキルの養成」と、「それを利用して具体的な機能を持つプログラムを作る知識およびスキルの養成」という2つの目的が存在する。この二つの目的は、同じ授業デザインでは効果は出ないと考えている。すなわち、同じプログラミングの授業であっても、異なる目的を達成するための教授方略や学習方略は、相互に異なると考えている。それぞれの目的を達成するためには、その授業を構成する理論的背景が異なっているといてもよいだろう。このような差異を説明できる学習理論について整理し、授業デザインの基礎としたい。

1 学習理論による授業の捉え方

プログラミングをどのように教えるのかという視点で考えるとき、インストラクショナル(ID)理論が役に立つ。玉木他(2010)によれば「IDを用いて教育の効果や効率、学習の継続を促進するには、そのプロセスのすべてを通して学習理論を考慮する必要がある」(玉木他, 2010, p.140)と述べている。その学習理論を説明するために、まず、方向性教授モデルと構成主義的学習モデルを取り上げたい。同じく玉

木他(2010)によれば、「教授方略の計画を立てる際に、一般的に『習得』させたい知識やスキルには方向性教授モデルを使い、知識やスキルを学習者自身のものにするための活動へ『参加』させる際に、構成主義的学習モデルを適用する」(玉木他, 2010, p.141)と述べられている。また続けて、「これらのモデルは相反するものではない。学習者が主体的に学び、教育の効果や効率を上げるために、両モデルのよい特徴を強化するように方略を立てることが大切である」ことも指摘されている。

実は前述のように、筆者の実践しているプログラミング教育では、二つのスキル養成を目的としている。この二つの目的に叶う授業デザインの考え方がこの方向性教授モデルと構成主義的学習モデルといえる。これらをさらに深く突き詰めると、異なる学習観で説明することができる。それは方向性教授モデルの根幹を成す行動主義的学習観と、構成主義的学習モデルを理論的に支える構成主義である。さらに構成主義は認知的構成主義と社会的構成主義に分類される。

本研究では、学習理論を整理するうえで、高垣(2010)に基づき、学習観を行動主義、認知的構成主義、社会的構成主義の3つの用語で分類する。実は、文献によって、その用語の使い方に違いがある。それは、研究者による視点の違いなど様々な理由による。その多くは、行動

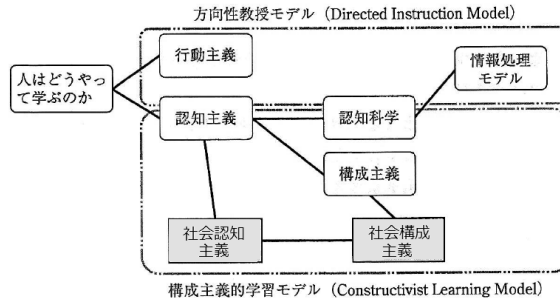


図1 学習理論のアプローチの関係概略と2つのモデル (玉木他, 2010, p.142)

表1 心理学における3つの異なった理論的立場 (高垣, 2010, p.25)

	行動主義	構成主義	
		認知的構成主義	社会的構成主義
学び (learning)	事実, スキル, 概念の獲得 ドリル的な練習によって生じる 個人の頭のなかで生じる 浅い情報処理と手続きの表現を含む	活動的な構築, 既有知識の再構築 既有知識と新しい知識を結びつけるような複数の機会と多様なプロセスによって生じる 他者や環境との相互作用によって生じる 深い情報処理を含む	社会的に定義された知識や価値の協同的な構築 社会的に構築された機会によって生じる 他者や環境との相互作用によって生じる 内容, 方法 (学び方), 解釈 (学ぶ意味, 価値ある知識) に関する複合的な情報処理
教育 (teaching)	伝達, 提示 (話すこと)	より完全な理解へと向かう思考に生徒を導くこと	生徒と協同して知識を構築すること
学習者の役割	情報の受動的な受容	活動的な (心の内部における) 構築 知識の源 (個人とグループ)	他者と自分との活動的な共同構築 知識の源 (グループ内でのグループと個人)
	労働者	生成者, 建設者	共同生成者, 共同建設者
	活動的な聞き手, 指示に従う者	活動的な思考者, 説明者, 解釈者, 質問者	活動的な思考者, 説明者, 解釈者, 質問者
	時間通りに学習を完了する	理解, 質問, 説明	理解, 質問, 説明 共同構築, 社会的文脈の解釈
教師の役割	「大人」としての立場を明らかにする	より専門的な知識をもっている人	より専門的な知識をもっている人
	マネージャー, 管理者	促進者, ガイド	促進者, ガイド, 共同参加者
	時間通りの課題遂行を励ます	意味のあるアイデア, 題材, 他者と相互作用する機会を創り出す	意味のあるアイデア, 題材, 他者と相互交渉する機会を生徒とともに構築する
	誤答を訂正する	アイデア, 誤解に耳を傾ける	知識の異なる解釈を共同構築する, 社会的に構築された概念に耳を傾ける

主義に対する批判から議論され始めた認知主義、また、学習とは人間の心の中で組み立てられていくとする構成主義の基本概念、さらに、人間は環境や他者とのかかわりの中で学習し発達するとの考え方に基づく社会的構成主義や状況論的アプローチを、それぞれの研究者の視点で分類し整理したものである。

羅 (2011) では、「学習論は、行動主義から認知主義、認知構成主義、社会構成主義と変遷している」(羅, 2011, p.97) と指摘している。特に行動主義から構成主義へのパラダイム転換は歴史的にもインパクトが大きく、菅井 (1993) によれば、その転換期は10年にも及ぶ。行動主義が受動的な学習観であるのに対し、構成主義は能動的な学習観である。

行動主義に関しては、スキナーが1960年代にプログラム学習とティーチングマシーンを開発し、スモールステップ、即時フィードバック、自己ペースでの学習などの考え方が当時の授業や教材設計の思想に影響を与えている。また、この考え方は今日でもeラーニング教材などの設計においては、大きく影響している。

その後、ピアジェの認知・発達理論に基づき、構成主義に基づく学習観が普及するに至った。この場合の構成主義は、高垣 (2010) や羅 (2010) の見解では認知的構成主義に相当すると考えられる。子安他 (2003)、今井・野島 (2003) での事例を見れば明らかなように、そもそも、行動主義や構成主義といった考え方は、どちらが正しいのかという議論の対象ではなく、伝統的な学習理論はそれぞれの領域に応じて適用され、その領域においては成果をあげているといえる。

例えば、本研究の整理に近いものとしては、中村 (2007) の行動主義、心理学的構成主義、社会的構成主義が挙げられる。木村・金 (2004) では、行動主義、認知主義、状況論的アプローチといった分類がなされている。例えば、認知的徒弟制のような状況に埋め込まれた

学習は社会的構成主義の学習観に基づくという言い方もできるが、状況論的学習観に属するという言い方もできるわけである。他には、多くの文献で行動主義、認知主義、構成主義という分類がなされている。

さらに、佐伯 (2008) では、行動主義的学習観、認知主義的学習観、社会主義的学習観に分類したうえで、以下のように表現している。

行動主義的学習観は「何らかの客観的な評価基準を明確に設定し、学習者の反応がその評価基準を満たしているか否かによって、学習したか否かを判定するという考え方」(佐伯, 2008, p. 3) と表現しており、「学習されるべきことをすべて学習者が達成すべき行動の項目(行動目標)に細分化し、それらを系統的に並べて、一歩いっぽ確実に習得させていくことが教育であるとする考え方につながる」(佐伯, 2008, p. 4)。これを「できることだけを評価」と表現している。

次に、認知主義的学習観は、以下のように定義される。「認知心理学では、学習は理解(わかること)を通じた知識獲得とされる。しかも、この理解が生まれるには、既有知識の枠組み(スキーマ)との関連付けや心的モデル構成など、積極的に知識づくりが行われなければならない。したがって、このような観点から教育においては、カリキュラムの継続性が教科の論理だけではなく子どものつまずきや誤信念(間違った知識)との関連から考慮されることが必要となり、誤信念を反証する実験や観察が必須となる」(佐伯, 2008, 同上)。これを「わかることの支援」と表現している。

行動主義と認知主義の共通点は、学習者個人の能力向上が志向されていることであり、「このような個人能力主義に対し、学習や発達をもともと社会的な関係の中で生まれ、育まれるものであると主張したのがロシアのヴィゴツキーであった」(佐伯, 2008, 同上)。

人は「常に外界の様々な媒介(道具、記号)

の資源を利用しており、それらの資源の活用を他人との社会的相互作用によって内言化していく」(佐伯, 2008, 同上) という考え方がベースにあり、そのような研究は状況論とも呼ばれる。この影響を受けたのがレイヴとウェンガーであり、「学習は人が実践共同体に参加すること—当初は周辺の参加から、次第に十全的参加へ—を通して共同体の成員としてのアイデンティティを確立していく過程であるとし、そのような参加過程を正統的周辺参加と呼んでいる」(佐伯, 2008, 同上)。さらに、エンゲストロームは、「ヴィゴツキー心理学を発展させて、学習を共同体の分業、道具的環境、慣習などとの活動システムの変容ととらえる拡張された学習論を展開している。このような考え方は総称して社会構成主義」(佐伯, 2008, 同上) と呼ばれ、それに基づく教育は学び合いを重視することとなる。これを「学びあう共同体づくり」と表現している。

これらの意味するところは、前述のように、学習を個人的なものから、グループや社会など他者との関係にまで拡張したものを段階的に整理したものといえる。これを、学習者の行動で大雑把に表現すれば、反復練習によって覚える学習から、グループや多くの人と学び合うことで自身の知識やスキルが互いに向上していく学習といった拡張を意味する表現になるであろう。もちろん、このように簡単に一言で表現できるような分類ではなく、様々な根拠を元に長い時間に積み上げられた理論が存在することは言うまでもない。

このように諸説ある中で、どの視点や捉え方、分類、用語の使い方が正しいのかを議論することは本稿の目的ではないため、ここでは、授業デザインに絞って書かれている高垣(2010)による学習観の分類を採用する。その上で、先行研究からプログラミング教育の授業デザインを整理し、さらに、それに照らし合わせて筆者の実践を整理する。

2 授業デザインの定義

授業デザインとは、その名の通り、授業を設計することであるが、それに伴う過程がある。秋田(2012)では、一般に、授業がどのようにしてデザインされ、準備されるのかについて、その過程を説明している。そこでは、「授業のデザイン過程は、現実の学習の質を決める一つの要である」(秋田, 2012, p.163) と指摘し、図2のように、「教師が授業時間をデザインし、それに基づいて授業し、振り返り、次の授業をデザインしていく過程」(秋田, 2012, p.164) を説明している。図中の「(教材の)理解」と「翻案」の部分がデザイン過程の中心であり、理解の次に翻案が示され、さらに翻案にも四つの下位過程が示されている点が注目される。秋田(2012)では、「これらは段階的、直線的に進んでいくのではなく、実際の場面においては、教師の頭の中で往きつ戻りしつつ、一体となって進んでいく」(秋田, 2012, p.165) としている。

そのうえで、「教師の教材内容に対するより深い理解、すなわち学問の体系の中でその内容がどのような位置を持つのか、どのような内容がすでに学ばれている必要があり、どの学習へつながっていくのか、そして目の前の子供にとって、単元へのどのようなつながりが感じられているのか、という三つの交差点の中で教材を理解することができれば、単元や授業は充実発展するようになる」(秋田, 2012, 同上) のである。ここでは、小学生から中学生を想定した表現を引用しているが、対象が大学生の場合も、根底には同じ意識をもって授業デザインの過程を踏むべきである。

また、高垣(2010)では、この授業デザインを、授業の実践サイクルの中に組み込んで、「教師が授業する営み」を説明しており、「授業を構想する仕事(授業構想)、授業を展開する仕事(授業展開)、授業を省察する仕事(授業省察)」の3つであり、これらは、有機的なサイ

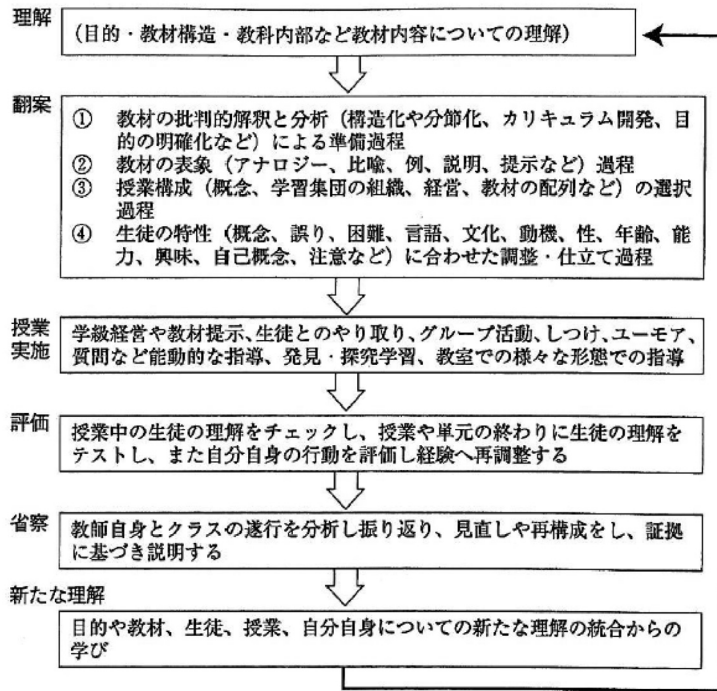


図2 授業デザインの過程 (秋田, 2012, p.164)

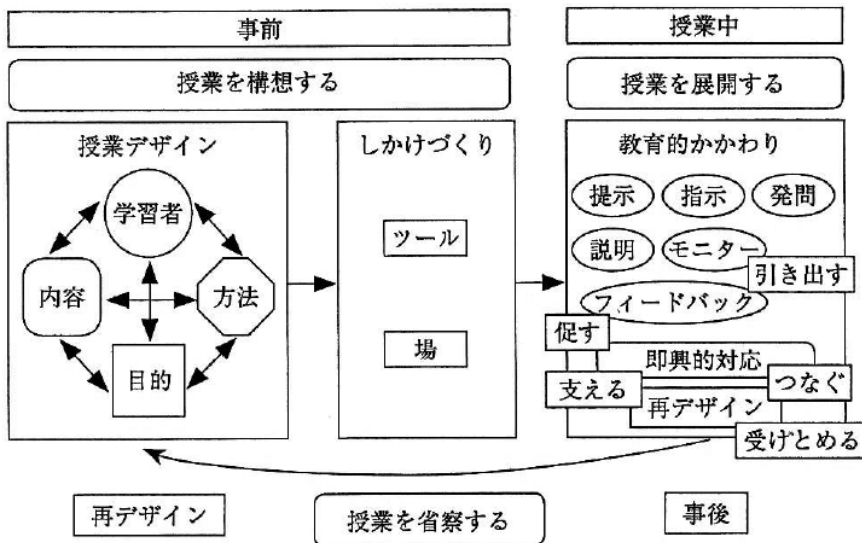


図3 授業の実践サイクル (高垣, 2010, p.35)

クルを構成している」(高垣, 2010, p.35) と指摘している。

秋田 (2012) および、高垣 (2010) の議論に基づけば、授業デザインは一度の授業で完成するものではなく、積み重ねによって完成するものであると解釈できる。図3では、授業展開の中に「再デザイン」という過程があり、授業構想へとフィードバックしていることが示されている。教員が授業を行う上での反省は当然心得ているであろうが、これがきちんと授業の再デザインというサイクルでなされているのかどうかを振り返ってみる必要はあるだろう。その意味では、筆者がこれまでに行ってきた実践は、授業の再デザインを繰り返した結果であるといえる。しかし、その再デザインは、このような明確な構造をもってなされたものではなく、様々な反省を混沌とした状態から試行錯誤の結果導き出している。その過程は非常に効率が良いものと言えないため、このような授業の実践サイクルを頭に描いて行うことがさらに効果的で効率的な授業デザインに近づくものと考えられる。

3 学習環境のデザインとその視点

高垣 (2010) は、「教師の主たる仕事は、す

べての子どもの主体的な学びをうながすことという教育的意図に基づいて、学習環境を構想し、教育実践を展開していくこと」(高垣, 2010, p.26) と述べている。その上で、それを実現する学習環境のデザインのためには、教育心理学の諸理論や学習科学の統合的な知見から、「少なくとも以下の7つの視点(学習者側の要員として吟味すべきポイント)を考慮に入れ、臨機応変にダイナミックな学習環境を構想し、実践を展開することが望ましい」(高垣, 2010, p.26) と指摘している。

すなわち、学びの重視、個性の重視、意欲の重視、思考の重視、協働の重視、表現の重視、体験の重視の7つであり、その内容と関係は図4に示されている。

筆者は、この後に示すプログラミングの授業を検証するツールであるマトリクスを構成する際、個性の重視と意欲の重視の二つを独立させ、残りの5つの項目と突き合わせることを提案する。

4 先行研究の実践事例によるプログラミング教育の分類と検証マトリクスの提案

ここまでは学習理論を背景とした授業の捉え

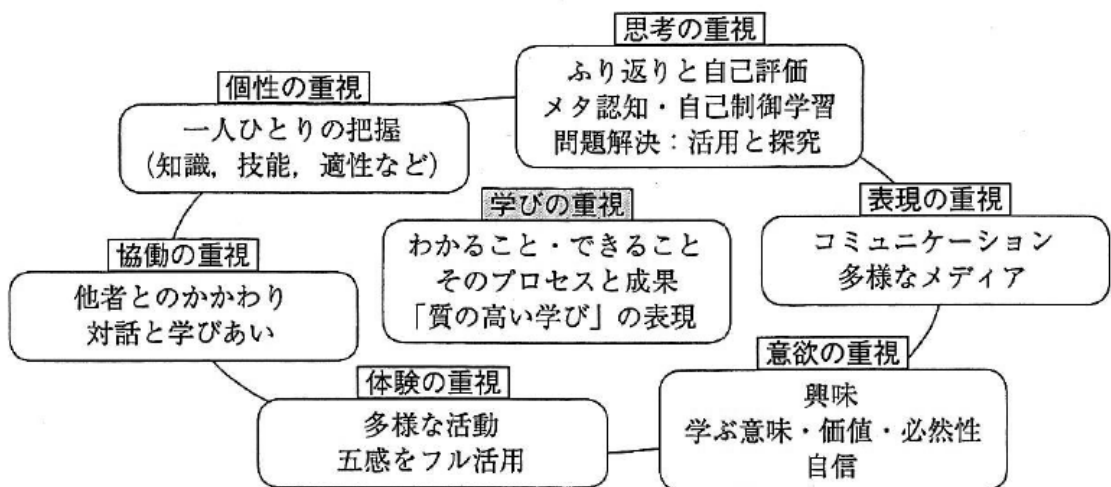


図4 学習環境をデザインするための7つの視点 (高垣, 2010, p.26)

方について述べてきた。それはプログラミング教育に限った話題ではなく、小中高および大学を含めたすべての授業デザインに適用する理論といえる。人が学ぶという行為に対して、教える側が、どのようにその効果を高めるかについて考えるとき、授業の構造を理論的に解明しようとした結果が集約されているのが、学習理論であり、それに基づいて授業はデザインされなければならないということである。

前節までの議論に対して、ここでは、プログラミング教育を対象とした授業実践を分類する作業に入る。最近（2012年から2015年）のプログラミング教育をテーマとした文献（情報処理学会コンピュータと教育研究会研究報告）を元に、その主題を分類し、プログラミング教育に関する教える側の関心を整理したい。この分類作業の後に、筆者の実践がどの分類に属するのかを検証し、授業デザインの視点を議論する。

上述の文献を整理すると、

- ・どんな言語を用いたか、
- ・どのような学習環境（プログラミング環

境）、

- ・どのような教材、
- ・どのような授業形態（協働かどうか）、
- ・つまずきの原因究明、
- ・学習者の能力（初学者かどうか、タイピング能力）、
- ・学習者の違い（小中高生か大学生か、学部や興味の違い）、
- ・アルゴリズム教育か言語教育か

といった内容の組み合わせであることがわかる。これをさらに大きな視点で見れば、プログラミングの「学習システム（学習環境、教材）」、「特定の言語の学習方法」、および「学習形態、動機付け、気づき」の3つに集約され、最終的に、どのようなメソッドを用いて、どのように効果を測定したのか、という「メソッドおよび分析法の提案」に集約される。

そこで、本稿では、授業デザインを議論する上で、プログラミング教育を「学習理論に基づく学習観による分類」と「メソッドおよび分析法の提案による分類」の2方向で分類されるマ

表2 プログラミング教育における授業デザインの検証マトリクス

	行動主義	構成主義	
		認知的構成主義	社会的構成主義
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 学びの重視 共同の重視 思考の重視 体験の重視 表現の重視 </div>	
学習形態 動機付け 気づき <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 意欲の重視 個性の重視 </div>			
学習システム 学習環境 教材			
特定の言語の 学習方法			

トリクスを提案する。さらに、前述の7つの視点を、マトリクスを構成する2方向の分類に組み込んだものを、プログラミング教育における授業デザインの検証マトリクスとして提案する(表2参照)。

このマトリクスの特徴は、先行研究の実践事例から見た現場教員の授業への取り組みや工夫提案と、学習者の行動と心理を体系化した学習理論という双方の視点から、教員自身の授業を構成する要素を特定し、その内容や効果を検証・評価するツールとして活用できる点である。

5 実践授業の分類

この検証マトリクスに筆者の実践を記入したものが表3である。この検証マトリクスを元に、筆者の実践を検証し、ビジネス系学部におけるプログラミング教育の授業デザインについて議論を進めることとする。

ここで、この検証マトリクスに当てはめた筆者のプログラミング教育における授業の要素を説明する。筆者がこれまで行ってきたプログラ

ミングの授業は大きく分けて2つであり、それは「基本的なアルゴリズムの学習」と「その応用としての開発」である。後者はさらに2つの段階に分類される。したがって、3種類(3段階)となり、これらの内容は学習者からの視点で以下のように記すことができる。

- (1) 基本的なアルゴリズムを修得する
- (2) 小規模ながらも何らかの機能を持ったアプリケーションやシステムを作る
- (3) 比較的大規模なシステムを作る(実在するシステムの模倣など)

(1)は全くの初学者に対応した授業であり、文字の入出力、繰り返し処理や条件分岐などの基本的な記述と、合計や平均の求め方、ソートなど、基本的なアルゴリズムを学習する。この学習内容はいわば規模の大きなプログラムの部品として必要な知識となる。また、言語を覚えると言うよりも言語を利用しながら処理の流れを理解することが主目的である。

次に(2)では、基本的なアルゴリズムを利用したプログラムの開発を目的とする。Web

表3 授業実践を記入した検証マトリクス

	行動主義	構成主義	
		認知的構成主義	社会的構成主義
		学びの重視 共同の重視 思考の重視 体験の重視 表現の重視	
学習形態 動機付け 気づき 意欲の重視 個性の重視	・初学者向け・繰り返し学習 ・複数言語を利用した繰り返し学習	・アルゴリズム学習における互恵的教授法	・状況を模倣した開発課題 ・課外学習と授業の連携
学習システム 学習環境 教材	・スモールステップ教材 ・自学自習できるWebプログラミング環境	・画面の工夫による他者を意識した学習環境 ・漫画を利用した考える教材	・共有フォルダを活用した共同開発支援環境
特定の言語の 学習方法	・初学者に対応した言語の選択 ・アルゴリズム学習に特化した言語の選択		

プログラミングであれば、会員名簿の入出力、成績データの入出力、インターネット掲示板の作成といった、データとプログラムを扱うわかりやすい構造のプログラムであり、そこには基本的なアルゴリズムが利用される。

そして(3)に至っては、本格的なシステム開発を目指す内容である。このような内容はすべての学生に向けた授業ではなく、ゼミナールなどの専門的な授業で展開される。ビジネス系学部においてゼミナールとは、担当教員の専門領域を学び、卒業研究および卒業論文の執筆に直結した授業といえる。また、ゼミナールは2年次後半か3年次より始まり、2年から2年半に渡り研究するための演習科目である。

筆者の実践では、(2)以降の授業において、以下のような工夫を施している。すなわち、授業が単独に存在するのではなく、他の授業との関連や課外活動とのつながりを持ち、授業やゼミナールにフィードバックすることで、専門科目とのつながりを意識できるものとしている。この辺りは構成主義的学習観で説明できる授業デザインの要素と考えられるであろう。これらの授業を上記のマトリクスに配置すると、アルゴリズムの学習に関しては主として行動主義、システム開発の初期段階では、理解することを目指すために認知構成主義、応用的なシステム開発に関しては状況論的アプローチを伴う社会的構成主義に基づいた授業デザインを行っている。

まとめ

授業デザインを行う基本的な考え方として、学習理論に基づかなければならないことを述べた。学習理論は学ぶ行為を人間の行動と心理から系統的に整理した理論であり、本稿では行動主義、認知的構成主義、社会的構成主義という分類に基づいて議論している。この分類の仕方は多くの研究者の視点によって境界が異なる。それゆえそこで使用される用語も異なる。しか

し、大まかな視点では、これらは同じ領域をそれぞれの視点で説明しているのであり、その多くは行動主義から社会的構成主義までの文脈のなかで説明されている。

また、これらの学習理論に基づいた授業デザインは、授業構想、授業展開、授業省察の3つからなる有機的なサイクルの中で行われる。授業デザインは1回で終わるのではなく、授業実施後に再デザインされるというサイクルで改善されていく。現場の教員は学習者の表情や試験の結果、授業アンケート結果などをもとに、反省し授業を改善していくと思われるが、その際に行動主義や構成主義のような学習理論に照らし合わせているわけではないだろう。筆者も同様に、現場の教員の視点だけで試行錯誤している。しかし、自身の授業を何らかの分類をもって検証することは効率的に再デザインを行うサイクルの中で必要であろう。その視点で、筆者はプログラミング教育における検証マトリクスを提案した。

このマトリクスは、上述の学習理論と、先行研究で報告されている実践事例を報告者の視点(つまり、報告者が何を目的に何を報告したいのか)から分類し、2軸で説明できるようにしたものである。この2つの視点が交差するところに実践した授業の要素を当てはめることで授業の構造を把握し、授業デザインを検証するツールとして活用できると考えた。

引用文献

- 秋田喜代美 (2012), 学びの心理学 授業をデザインする, 左右社
- 今井むつみ・野島久雄 (2003), 人が学ぶということ 認知学習論からの視点, 北樹出版
- 木林理恵・金銀美 (2004), 学習に対する状況論的アプローチについての基礎文献報告. 言語情報学研究報告13, 自然会話分析への言語社会心理学的アプローチ, pp.163-176.
- 子安増生・田中俊也・南風原朝和・伊東裕司 (2003), ベーシック現代心理学 教育心理学, 有斐閣

木下和也

- 佐伯胖 (2008), 学びとコンピュータハンドブック, 東京電機大学出版局
- 菅井勝雄 (1993), 教育工学—構成主義の「学習論」に出あう, 教育学研究, 60, pp.237-247
- 高垣マユミ (2010), 授業デザインの最前線Ⅱ 理論と実践を創造する知のプロセス, 北大路書房
- 玉木鉄也 (2010), これ一冊でわかる eラーニン

- グ専門家の基本, 東京電機大学出版局
- 中村恵子 (2007), 構成主義における学びの理論—心理学的構成主義と社会的構成主義を比較して—, 新潟青陵大学紀要, 7, pp.167-176
- 羅曉勤 (2010), 教育心理学における研究パラダイムの再考—学習動機研究を中心に—, 淡江外語論叢, 16, pp.96-118