

# 学びと実践の往還型プログラミング教育のための カリキュラム開発

佐井 貴紀・川島 芳昭

宇都宮大学共同教育学部教育実践紀要 第7号 別刷

2020年8月31日



# 学びと実践の往還型プログラミング教育のための カリキュラム開発<sup>†</sup>

佐井 貴紀\*・川島 芳昭\*  
宇都宮大学共同教育学部\*

本研究は、学びと実践を往還的に行うプログラミング教育のためのカリキュラムを開発することを目的に行った。一般的なプログラミング教育は、小課題を解決するための知識の修得とそれを基にしたプログラミングの構築を行う指導である。しかし、学習者は単発的な学びを繰り返すため、学びの蓄積や活用に繋がらないだけで無く学習意欲の向上を図ることが難しいなどの課題がある。そこで、インストラクショナル・デザイン論を考慮し、学習意欲の向上と学びと実践の往還を通した新たなプログラミング教育を実現するためのカリキュラム開発を行い、その有用性について検討する。

キーワード：プログラミング教育，カリキュラム，技術科教育，中学校

## 1 はじめに

近年、第4次産業革命ともいわれ、人工知能やIoT、ビッグデータ、ロボティクス等の技術の急速な進化が行われている。それに伴い、内閣府は新たな社会として第5期科学技術基本構想「Society5.0」を公示した。その社会では、すべての人とモノがつながり、大量の情報を人工知能によって適切に判断させたり、身近なものの働きがインターネット経由で最適化されたりすることが目指されている<sup>1)</sup>。そのため、普遍的に求められる情報活用能力をはじめ、課題解決能力などの基盤となる資質・能力を習得することが必要である。

平成29年度の学習指導要領改訂では、情報活用能力や課題解決能力を育成するための手段の1つとして、プログラミング教育の充実が追加された<sup>2)</sup>。これは、前述した社会の中でコンピュータを適切かつ効果的に使用していくために必要な資質・能力であるためである。

中学校では、このプログラミング教育の多くを「技術・家庭技術分野（以下、技術科）」における内容「D

D 情報の技術	D 情報に関する技術
(1) 生活や社会を支える情報の技術 ア 情報の表現の特性等の原理・法則と基礎的な技術の仕組み イ 技術に込められた問題解決の工夫	(1) 情報通信ネットワークと情報モラル ア コンピュータの構成と基本的な情報処理の仕組み イ 情報通信ネットワークにおける基本的な情報利用の仕組み ウ 著作権や発信した情報に対する責任と、情報モラル
(2) ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決 ア 情報通信ネットワークの構成、安全に情報を利用するための仕組み、安全・適切な制作、動作の確認、デバッグ等 イ 問題の発見と課題の設定、メディアを統合する方法などの構想と情報処理の手順の具体化、制作の過程や結果の評価、改善及び修正	(2) デジタル作品の設計・制作 ア メディアの特徴と利用方法、制作品の設計 イ 多様なメディアの発信による表現や発信
(3) 計測・制御のプログラミングによる問題の解決 ア 計測・制御システムの仕組み、安全・適切な制作、動作の確認、デバッグ等 イ 問題の発見と課題の設定、計測・制御システムの構想と情報処理の手順の具体化、制作の過程や結果の評価、改善及び修正	(3) プログラムによる計測・制御 ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組み イ 情報処理の手順と、簡単なプログラムの作成
(4) 社会の発展と情報の活用 ア 生活や社会、環境との関わりを踏まえた技術の概念 イ 技術の評価、選択と管理・運用、改良と応用	

図1 「D 情報の技術」新旧内容項目一覧  
左：新（平成29年度告示） 右：旧（平成20年度告示）

情報の技術」で担っている。また、「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編」<sup>3)</sup>には、プログラミングについて「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」と「計測・制御のプログラミングによる問題の解決」という2つについて学習することと定められている（図1）。特に図1の(2)については、従来のデジタル作品を設計・製作するだけの活動ではなく、「双方向性のあるコンテンツのプログラミング」を扱うことが追加された。このように、プログラミング教育の充実を図るため、取り扱うべき事項が増えていることが分かる。

一方、中学校技術科は授業時数が少ないという課題がある。学校教育法施行規則別表第2によると「技術・家庭」は、第1, 2学年で70時間、第3学年で35時間が充てられている<sup>4)</sup>。しかし、技術科のみで考

<sup>†</sup> Takanori SAI\* and Yoshiaki KAWASHIMA\*: Curriculum Development for Returnable Programming Education of Learning-Practice

\* Cooperative Faculty of Education, Utsunomiya University

(連絡先:kawasima@cc.utsunomiya-u.ac.jp 著者2)

えた場合、第1、2学年で35時間、第3学年で17.5時間となり、三年間合計では87.5時間しか充てられていない。これは、他のどの教科よりも授業時数が少ないと言える。また、技術科には「A材料と加工の技術」「B生物育成の技術」「Cエネルギー変換の技術」「D情報の技術」と4つの領域が存在する。したがって、「D情報の技術」に充てられる時間は単純計算で4分の1の約22時間となる。そのうえ、「D情報の技術」には図1で示す「(1)生活や社会を支える情報の技術」「(2)ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」「(3)計測・制御のプログラミングによる問題の解決」「(4)社会の発展と情報の技術」の4つの内容項目がある。そのため、この内容項目1つに充てられる時間も約4分の1の5.5時間しか確保できないこととなる。したがって、技術科の授業は短時間で効率よく進めることが求められていることが分かる。

新学習指導要領に基づいた先行研究として、山田ら(2019)による双方向性のあるコンテンツのプログラミングを題材にした授業実践がある<sup>5)</sup>。この実践では、国土地理院サーバを使用し、JavaScriptでプログラミングするという学習活動が行われた。成果として、生徒に主体的な学びの意欲を持たせることができたことや、双方向通信が行えることなどが挙げられている。しかし、この実践では、「D情報の技術」における4つの内容項目のうち、「(2)双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」のみを対象としているにもかかわらず、授業時数は計10時間となっている。これは、前述した5.5時間を大きく超過してしまっている。

このように、1つの内容項目についての研究は多くあるが、一題材、一授業についての考察であり、カリキュラム全体を考慮したものは多くない。一方、プログラミングを含む1つの内容項目を5.5時間で終わらせるというのは困難である。したがって、内容項目の関連性を見出し、カリキュラム単位での見直しをすることが必要である。さらに、効率的に授業を行いつつ、生徒の深い理解を達成しうる授業も必要であると考えた。

以上のことから本研究では、社会的に求められているプログラミング教育を理論と実践の往還をとおして効率的かつ効果的に指導するためのカリキュラムを考案することとした。

## 2 現カリキュラムの分析

カリキュラムの分析は、インタラクショナルデザイン(以下、ID)論<sup>6)</sup>を参考に行った。インタラクションとは、「学習を支援する目的(purposeful)な活動を構成する集合体」と定義されている。そしてID論はティーチングのプロセスではなく、学習のプロセスを支援することに焦点化するものであるともされている。すなわち、意図される目的や学習成果を設定したうえで学習活動を設計するための理論であると言える。これにより、偶発的な学習ではなく、意図的な学習を行うことができると考えられる。そのためID論ではカリキュラムを設計するにあたって、一番大きなくくりを「コース」、コースの内容を細分化しまとめ直したものを「単元」、単元の内容をさらに細分化したものが「学習活動」とすると位置付け、この一つ一つのくりに対応した学習目標として「パフォーマンス目標」を設定する。

### 2.1 パフォーマンス目標

ID論におけるパフォーマンス目標は、表1に示す5つのレベルに分類できるとされている。この5つのレベルのパフォーマンス目標は、図2に示すコースの構造と対応している。「1.生涯目標」は、コースが終了した後に、学習者が学んだことをどう生かしていくかを定めたものとされる。「2.コースの最終目標」「3.単元目標」「4.特定のパフォーマンス目標」は、それぞれ「コース」「単元」「学習活動」が終了した時点で学習者が獲得する能力を示したものとされる。「5.下位目標」は、このコースを行うにあたって、学習者があらかじめ獲得しておくべき能力を示したものとされる。

これらの5つのレベルのパフォーマンス目標は、「生涯目標」から「下位目標」の順に段階的な目標

表1 パフォーマンス目標を示す5つの目標

目標	主な内容
1.生涯目標	これは学習されたものをコース終了後も継続して将来的に利用することを意味している。
2.コースの最終目標	これはコースに関するインタラクションが完了した後、すぐに期待されるパフォーマンスを述べたものである。
3.単元目標	これはコース全体の構造において共通したねらいを持った目標(トピック)群としての単元ごとに期待されるパフォーマンスを明確化したものである。
4.特定のパフォーマンス目標	これはインタラクションのある一定のまともりで得られる特定の学習成果であり、課題分析に適切な大きさである。
5.下位目標	これはある対象目標への必須、あるいは支援的な前提条件である。

の設定が必要である。すなわち、学習者が生涯にわたって学ぶための目標である「生涯目標」を設定することで、その目標を達成するために必要な学習内容が決定される。その学習内容によって求められるのが「コースの最終目標」となる。「生涯目標」を達成するためには、複数の関係するコースが必要となるため、必然的に複数の「コースの最終目標」を設定することが求められる。一方、一つのコースは、複数の単位によって構成される。そのため、一つのコースにつき、複数の「単元目標」を設定する必要がある。同様に、一つの単元は複数の学習活動によって構成されるため、一つの単位につき複数の「特定のパフォーマンス目標」を設定する必要がある。

## 2.2 5つの構成要素

表2にパフォーマンス目標の5つの構成要素を示す。表2に示す5つの構成要素によりパフォーマンス目標の目的が明確になるとされている。これは学習者が学習の意義を理解するのに有効であると考えられる。表2の5つの構成要素を用いたパフォーマンス目標の例として、ガニエが示したものを引用する<sup>6)</sup>。

表2 伝わる目標を記述するための5つの構成要素

構成要素	
状況	学習者が直面する刺激的状況、環境条件
習得した能力動詞	9つの異なる学習した能力（後述）を分類することができる動詞
対象	学習者が扱う内容
動作動詞（行動）	パフォーマンスがどのように完了するかを表した動詞、行動の観察可能な箇所
ツール、制約、または特別な条件	パフォーマンスを実行するときに要求される特別なツール、制約、条件

コンピュータ実験室において、簡単な仕様のデータ一覧が与えられたとき [状況]、学習者はマイクロソフト・アクセスのデータベース・テーブルの構築 [対象] を、適切なデータ型を用い、適切なキーを選択し [道具、制限、あるいは条件]、コンピュータに入力することで [動作動詞]、例示する [学習した能力動詞]。

このパフォーマンス目標は単に「データベース・テーブルの構築を例示する」と書くこともできる。しかし、学習者を評価する状況、「データベース・テーブルの構築」という明確な対象、「コンピュータに入力する」という学習者の動作等、構成要素を含んだパフォーマンス目標の方がより明確に、何を狙っているかが伝達できる。

## 2.3 技術科情報領域の分析

本研究では、図2に示した技術科情報領域の4つの内容構成をID論におけるコースに対応させ、パフォーマンス目標を設定することで、現状のカリ

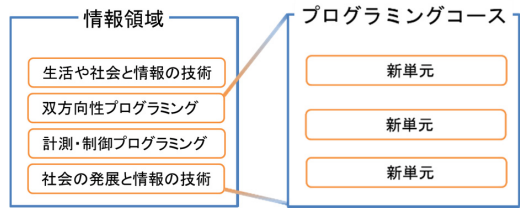


図2 本研究で検討するプログラミングコース

表3 5つの構成要素を含ませた場合の中学校学習指導要領技術科情報領域の内容

(2)	ア	[状況] 情報通信ネットワークの仕組み、情報を利用するための基本的な仕組みとは何か説明を求められたとき、[行動] 口頭で説明あるいは図等を使って [対象] それらの仕組みを [LCV] 分類する。
	イ	[状況] あるアルゴリズムが与えられたとき、[制約] 8割以上の正確性と、特別な支援なしで [行動] プログラムを制作し、必要に応じて改良を加えることで、[対象] プログラミングの手順を [LCV] 例示する。
(3)	ア	[状況] ある問題に直面したとき、[対象] その問題を解決させようとするアルゴリズムを [制約] メディアを複合する方法とその利用方法を考慮して、[行動] プログラムを制作し、結果を評価し、改善していくことで [LCV] 生成する。
	イ	[状況] 計測・制御の仕組みとは何か説明を求められたとき、[行動] 口頭で説明あるいは図等を使って [対象] それらの仕組みを [LCV] 分類する。
(4)	ア	[状況] あるアルゴリズムが与えられたとき、[制約] 8割以上の正確性と、特別な支援なしで [行動] プログラムを制作し、必要に応じて改良を加えることで、[対象] プログラミングの手順を [LCV] 例示する。
	イ	[状況] ある問題に直面したとき、[対象] その問題を解決させようとするアルゴリズムを [制約] 計測・制御システムを考慮して [行動] プログラムを制作し、結果を評価し、改善していくことで [LCV] 生成する。
(4)	ア	[状況] 情報の技術とは何か説明を求められたとき、[制約] 技術の光と影や発展の過程、生活や社会、環境との関わりを踏まえて、[行動] 口頭で説明あるいは図等を使って [対象] 情報の技術について [LCV] 分類する。
	イ	[状況] ある技術が示されたとき、[制約] 安全性や経済性、環境負荷等の面から客観的に、[対象] その技術を [行動] 評価、選択、管理、運用することを [LCV] 選ぶ。

キュラムの課題を分析することとした。まず、技術科というコースに「生活や社会と情報の技術」「双方向性のプログラミング」「計測・制御のプログラミング」「社会の発展と情報の技術」という4つの単元が内包されていると考えられる。この中で、「双方向性のプログラミング」と「計測・制御のプログラミング」は、同じプログラミングを扱うにも関わらず異なる単元として扱われている。これは、パフォーマンス目標を設定するとより顕著となる。

表3は中学校学習指導要領技術科情報領域の内容の一部を、表2で示した5つの構成要素を含ませてパフォーマンス目標に書き換えたものである。例えば、「(2) イ」と「(3) イ」は、『メディアを複合する方法とその利用方法を考慮して』と『計測・制御

表4 本研究における「コースの最終目標」

評価基準	パフォーマンス目標
知識・技能	[状況] 情報の技術とは何か説明を求められたとき, [制約] 技術の光と影や発展の過程, 生活や社会, 環境との関わりを踏まえて, 情報通信ネットワークや, 計測・制御の側面から [行動] 口頭で説明あるいは図等を使って [対象] 情報の技術について [LCV] 分類する。
	[状況] あるアルゴリズムが与えられたとき, [制約] 8割以上の正確性と, 特別な支援なしで [行動] プログラムを制作し, 必要に応じて改良を加えることで, [対象] プログラミングの手順を [LCV] 例示する。
思考・判断・表現	[状況] ある問題に直面したとき, [対象] その問題を解決させるアルゴリズムを [制約] メディアを複合する方法とその利用方法または, 計測・制御システムを考慮して, [行動] プログラムを制作し, 結果を評価し, 改善していくことで [LCV] 生成する。
主体的に学習に取り組む態度	[状況] ある技術が示されたとき, [制約] 安全性や経済性, 環境負荷等の面から客観的に, [対象] その技術を [行動] 評価, 選択, 管理, 運用することを [LCV] 選ぶ。

システムを考慮して』という「制約」が異なるだけで、他の構成要素である「状況」や「行動」は同じである。このように、どちらもプログラミングを扱うにも関わらず異なる単元として扱うことにより、生徒が2つの内容のつながりを感じにくくなるのが課題として考えられる。また、指導時数の課題からも、これらの内容を関連付けたカリキュラムに基づいた指導が必要だと言える。

### 3. カリキュラムの設計

カリキュラムの分析を受けて、本研究では図2に示す「双方向性のプログラミング」以降の3つの単元を統合した新しいコース（以下、プログラミングコース）を検討し、そのコースのカリキュラムを設計することが重要だと考えた。

#### 3.1 プログラミングコースの目標

プログラミングコースに合わせて、表3の目標を修正したものを表4に示す。これらが、本研究で扱う「プログラミングコース」の「コースの最終目標」である。これらは、文部科学省が示す「評価の三つの観点」に基づいて設定した<sup>7)</sup>。まず、「知識・技能」として、「知識」の習得にまつわる目標と、「技能」の習得にまつわる目標の2つを設定した。特に、前者については、習得をねらう知識をあえて「情報の技術」とすることで、ネットワークと計測・制御の枠を超えた単元を作成しやすくなった。「思考・判断・表現」では、前述した例でも扱った表3における「(2) イ」と「(3) イ」を統合した内容としてい

る。「主体的に学習に取り組む態度」については、表3における(4)イと合致していると考え、特に変更することなく、そのまま設定している。

#### 3.2 提案するコースの往還的な学習の流れ

図3に本研究で提案するコースの往還的な学習の流れを示す。

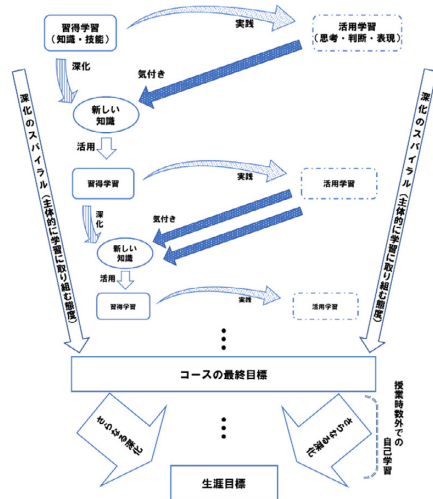


図3 提案するコースの往還的な学習の流れ

提案する往還的な学習の流れは、まずコースの最終目標を設定するところから始める。次に、コースの最終目標を複数の段階に分け、各段階の目標を学習目標と設定する。授業は、生徒に最終目標を明示し、それを達成するための段階的な学習目標を伝えてから行うこととなる。すなわち、現在の学習目標が最終目標のどこに位置づく学びなのかを明確にし、その後に「習得学習」から「活用学習」の学びを繰り返すこととなる。この時に重要となるのが、生徒のこれまでの経験や体験を基にした気付きを引き出すことである。引き出された生徒の気付きと、「習得学習」の内容が結びつくことで、新しい知識・技能を誘起、それを達成したいという欲求が生まれる。これにより、知識・技能の深化と学習意欲の向上が期待できる。さらに、深化した知識・技能と学習意欲の向上は、次の学習の基盤となり学習の系統性が高まる。その結果、学習効果の向上が期待できるものと考えた。

以上のように、コースの最終目標を達成するために細分化された各授業の学習目標を達成する「習得学習」「活用学習」は、生徒の気付きを媒介することで系統性が強まり、既知の学びと新規の学びを往還的に捉えることのできる学びになると言える。

そして、この往還的な流れは、学んだことを活かすことを徹底するため、生徒に「何のために学ぶのか」という本質的な学習の意義理解を意識させることにつながる。これはつまり社会に対して自分の学んだことを還元しようという動機につながる。これは「主体的に学習に取り組む態度」といえる。すなわち、往還的な学習を行い、生徒の学びが深化することで、自然と主体的に学習に取り組む態度が育まれるのである。この態度が育まれた場合、技術科における少ない授業時数内のみならず、授業時数外での自己学習を促すことにつながる。その結果、技術を適切に評価・活用していく態度の育成、生涯目標へとつながっていくものと期待できる。

### 3.3 習得学習と活用学習

習得学習は、客観主義に基づき、オペレーション法を参考にする。客観主義とは、知識・スキル習得に重点が置かれ、授業者が学習者の水準に適合した目標を設定し、分析した教授内容の伝達を効率的に行うことを目指すことである<sup>8)</sup>。そして、オペレーション法とは、短時間のうちに知識・スキルを体系的・効率的に獲得させることを目指した学習指導法である<sup>9)</sup>。オペレーション法では、あらかじめ、作業を構成する要素（オペレーション）を抽出する。そして、各オペレーションに練習課題を構成する。そしてその練習課題を易しいものから徐々に難しいものへ系統的に配列したカリキュラムとする。基礎的・基本的な内容を定着させる学習指導法として効果的であるが、学習者の創意工夫を育むことには不向きである。

活用学習では、構成主義に基づき、プロジェクト法を参考にする。構成主義とは、学習者の状況や興味関心、他者との相互作用などを前提として、実体験に則した学習活動を中心に組み立てる。そして授業者は、学習者が対象範囲における事実や答えを見つけることを手助けするものである。そして、プロジェクト法とは、学習者が自ら問題場面に投入し、主体的にその問題の解決を図る方法である<sup>9)</sup>。

プロジェクトとは、①目的を立てる、②計画を立てる、③実行、④結果の検討という一連のプロセスを社会的環境の中で行う活動のことを指している。このプロジェクトを行う中で学習者は、関連する知識・技能を習得するのみならず、高度な思考を展開し、新しいプロジェクトに向けて方向付けをしていくことが期待される。しかし、プロジェクト法にお

いて学習者のレディネスが不十分な状態であると、プロジェクトを完遂することそのものが困難となってしまう。したがって、レディネスが十分だと判断できた段階において、生徒の創意工夫を育むためにはオペレーション法よりもこちらの方法が優れているといえる。

### 3.4 問題解決

問題解決とは、森山らによれば、①問題または目標が目の前にあり、②解決の手段や方法が直接的に与えられていないときに、③手段や方法を発見したり、組み合わせたりを通して、④目標に到達しようとするプロセスであるとされている<sup>9)</sup>。したがって、問題解決は図4に示すように、常に初期状態(S)、目標(G)方法(M)で構成されている。

統制的な課題においては問題解決の目標も方法も一通りしか存在しない。授業者主導で「習得学習」において知識・技能を習得させるのに適した課題であるといえる。一方、方法拡散的な課題と目標拡散的な課題については、方法が複数存在するため、学習者ごとに自分なりの問題解決を行うことができる。

一方、問題解決の順序性については、上之園らが行った生活応用力の形成に関する因果分析がある(図5)<sup>10)</sup>。生活応用力とは、技術科の授業で得た様々な経験、学習した内容知・方法知、培われた価値観を、生活の場にある様々な事象や問題に対し、技術

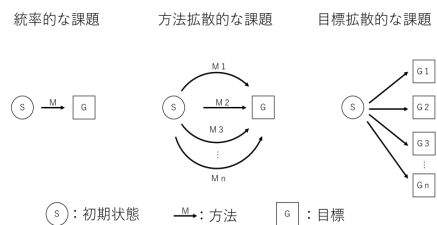


図4 問題解決の構造

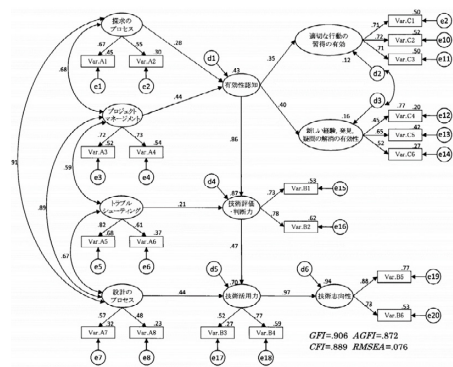


図5 問題解決と生活応用力の形成モデル

的な見方・考え方，行動として適応する能力である。上之園らによれば，問題解決の手順は「①計画，②実行，③評価」のサイクルであるとされている。これは，前述した森山らが示した定義と大きく外れていないと考えたため，本研究では今後，問題解決のプロセスを「①計画，②実行，③評価」と表すこととした。さらに，図5のモデルから，「探求のプロセス」・「プロジェクトマネジメント」→「トラブルシューティング」→「設計のプロセス」という4つの枠組みの順序性が形成されていることが分かる。そしてさらにそれらは「有用性認知」→「技術的評価・判断力（技術的な見方・考え方）」→「技術活用力（生活応用力）」といった因果関係に即している。このことから，単一のプロジェクトを「①計画，②実行，③評価」という流れに沿って展開しただけでは技術活用力を適切に形成することができないと推測できる。そのため，活用学習において理想とされる流れは，従来行われていた一連のプロジェクトが終了してから生活応用力を促す単元を設定するのではなく，主題材に先行して前提的な題材を設定し，「探求のプロセス」「プロジェクトマネジメント」「トラブルシューティング」の経験をさせる。こうして，技術評価・判断力（技術的な見方・考え方）の形成を図った後に，主題材として，「設計のプロセス」から始まる一連のプロジェクトに取り組ませる。これにより，問題解決の順序性に沿った流れで活動を進めることができるため，従来よりも生徒の理解が深まると考えられる。

### 3.5 提案するプログラミングコース

本研究で行う学習の流れを図6に示す。図6に示すように，本研究で扱うプログラミングコースは，3つの単元で構成される。1つ目の単元は，オペレーション法を参考に習得学習の比率を多くしたものとなる。2つ目の単元は，技術的な見方・考え方の形成を図ることを主目的としつつ，習得学習と活用学習の比率を，半々にしたものとする。これは，3つ目のプロジェクト法を参考に活用学習の比率を増やした単元への接続をスムーズに行うためでもある。また，1つの単元内に1種類の学習のみというわけではなく，1つの単元内においても，習得学習と活用学習の両方が行われるように配慮する。そして，本研究では，往還型の学習を行うため，何度も習得学習と活用学習を繰り返す。そのため，各活動にそれぞれ別の題材を充てるのではなく，1つの大きな



図6 プログラミングコースの単元構成

題材を設定し，その中で，基礎を学び，探求・プロジェクトマネジメント・トラブルシューティングを行い，問題解決を行うことができるよう配慮する。

## 4. 教材の提案

### 4.1 教材に求められる4つの条件の提案

開発したプログラミングコースを円滑に進めるための教材に必要な条件を4つの観点から提案する。

第一に，低コストであることが望ましい。山本(2008)の研究によれば，日本の教材費予算措置率は年々減少しており，平成18年時点では65.5%となっている<sup>11)</sup>。このことから，地方における水平的格差は是正されるどころか財政力の弱い都道府県にある市町村自治体ほど，教材費予算の流用度が高くなる傾向があることが分かっている。技術科では，教材費が高額になりやすく，地域間での財源格差の影響を受ける可能性が高い教科である。そのため，無料もしくは低コストで使用することができる教材が望ましいと言える。

第二に，ビジュアルプログラミング言語であることが望ましい。教育の情報化に関する手引き<sup>1)</sup>によると，中学生が1分間に入力できる文字数の平均は15.6文字である。この結果を考慮すると，テキストベースのプログラミング言語を用いることは，生徒が「タイピングすること」に集中してしまい，プログラミングそのものへの意識が向かなくなってしまうことが予想される。この問題を解決するためには，ビジュアルプログラミング言語を用いた教材が望ましいと言える。

第三に，特別なソフトウェアを必要としないことが望ましい。情報分野の教材には大きく分けて，インストールするタイプのソフトウェア型の教材と，ブラウザ上で動作する教材の2種類が存在する。前者は，使用する機器のOSによってはインストールできないものや，使用感が変わってしまうものもある。しかし，後者は特別なソフトウェアを必要とし



ない。そのため、ブラウザ上で動作する教材が望ましいと言える。

第四に、拡張性があることが望ましい。技術革新が急速に進む現在、プログラミング教育の在り方も、今後変化していくことが容易に予想できる。この時、使用する教材の拡張性が高ければ、その教材を時勢に沿ったより良いものに改良していくことができる。そのため、学校環境の変化に即時に対応できる拡張性があることが望ましいと言える。

#### 4.2 使用するプログラミング言語の提案

本研究では、MIT メディアラボグループが開発したビジュアルプログラミング言語であるScratch3.0<sup>12)</sup>を提案する。さらに、イギリスの公共放送局であるBBCが中心となって提供しているmicro:bit<sup>13)</sup>を接続して使用する。

Scratch3.0は、ブラウザ上で動作し、無料で使用することができる。また、安価で購入できるマイコンボードであるmicro:bitとの接続の他、カメラと接続することでビデオモーションセンサー機能や、MIDI楽器を扱う音楽拡張機能など、多くの拡張機能が搭載されている。

#### 4.3 教材の提案

教材は、生徒自身にビデオゲームを制作させるための教材（以下、ゲーム制作教材）とした。ゲーム制作教材の利点は、学習者が「活用学習」に意欲的に取り組めること、機能を細分化できるため目標設定が容易であること、学習者が経験に基づいた新たな気付きを創造しやすいことなどが挙げられる。

内容は、武器を操作して敵を倒すというゲームとした。生徒に制作させる要素として、「敵モンスターの管理」「武器の管理」を最低限とし、これらの他にゲーム性を向上させる機能を生徒ごとに考えさせ、実現させることとした。プログラミングコースの単元構成と教材の内容を表5に示す。

第1単元はプログラミングについての基礎的な知識・技能を習得することを主目的とした単元である。そのため、教材には、一斉指導で基礎的なプログラムが組めることが求められる。この単元において生徒が制作するプログラムを図7に示す。

図7に示すように、敵モンスターを管理するプログラムでは、繋げたブロックが上から順に処理されていること、モンスターの体力が変数で管理されていること、剣に触れた時と体力がなくなった時のそれぞれで分岐が起こることを主に実感させる。剣を

表5 プログラミングコースの単元構成と教材の内容

	第1単元	第2単元	第3単元
重視する手法	オペレーション法	オペレーション法 プロジェクト法	プロジェクト法
ねらい	基礎的な知識・技能の習得	トラブルシューティングの練習	設計・制作・トラブルシューティングのサイクルの実践
内容	最低限（敵モンスター管理、剣の管理）のプログラムを一斉指導で制作する。	第1単元のプログラムを踏まえて、グループ活動で機能の追加を行う。	生徒が追加したい機能を考え、個別時授業で設計・制作を行う。



図7 敵モンスターを管理するプログラム（左）  
ユーザーが操作を管理するプログラム（右）

管理するプログラムでは、同じ動作を繰り返す処理が行われることを実感させること等を目的に行う。さらに、1度に全て制作させるのではなく、易しい段階から徐々に難易度を高めることと、生徒の気付きを基に次の学習へ接続する往還型の学習を行う。

第2単元は技術的な見方・考え方の形成を目的とした単元である。そのため、第1部で制作した不完全なプログラムを観察、デバッグする活動が中心に学習する。そのため、誤ったプログラムの動作の確認やそれを改善するデバッグのしやすさが求められる。この時、ゲーム型教材を用いているため、生徒は経験を基に「何を改善したらよいか」ではなく、「どう改善するか」「改善のために、学んだことのうち、

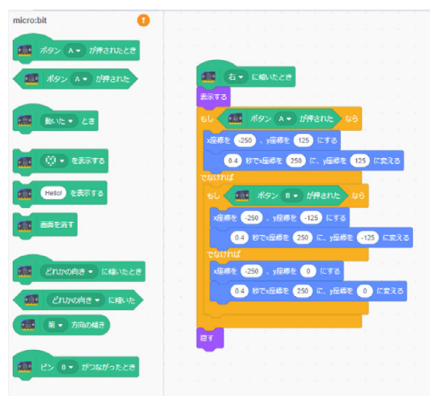


図8 micro:bitの動きと武器を同期させるプログラム

どれを使えばいいか」ということに集中した学びを行うことができる。また、micro:bitを接続することで、図8に示すように、micro:bitの傾きやボタン入力をプログラムに組み込むことができる。これにより、より直感的な操作を行うことができ、双方向通信と、計測・制御のプログラミングの基礎を養成することが期待できる。

第3單元では、これまでに培ったものを生かして、生徒一人一人が、より良いゲームを制作するべく、設計・トラブルシューティング・評価・デバッグを行うことを目的としている。そのため、生徒には、新たな機能を生み出す発想力や、それを実現するための創造性が求められる。

一方、この単元は個別学習となるため、生徒の実態を把握することが困難になってしまう恐れがある。そのため、「やろうとしていること」「それを実現するためのアルゴリズム」「実際のプログラム」などを記入させるワークシートを“企画書”として用いることで、「ゲーム開発」を想定した活動につながり、生徒の意欲向上を図れるとともに、生徒の学習の進行状況の管理が容易になると考えた。

## 5. おわりに

本研究は、社会的に求められているプログラミング教育を理論と実践の往還をとおして効率的かつ効果的に指導するためのカリキュラムを考案することを目的に行った。そのために、現カリキュラムの分析と、新カリキュラムの設計、新カリキュラムで使用する教材の開発を行った。

その結果、習得学習と活用学習に生徒の気付きを加えた往還型のカリキュラムを開発することができた。しかし、本研究では実践までには至らなかった。今後は、開発したカリキュラムを実践し、その効果を検証することを目指す予定である。

なお、本報告はJSPS科研費（基盤研究（C））JP19K02751の助成を受けて実施した。

## 参考文献

- 1) 文部科学省「教育の情報化に関する手引き」(2019)  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/mext\\_00117.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00117.html) (2020/02/29 確認)
- 2) 文部科学省「中学校学習指導要領（平成29年告示）」  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-)

[cs/youryou/chu/](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/) (2020/02/29 確認)

- 3) 文部科学省：「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編」  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chukaisetsu/index.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chukaisetsu/index.htm) (2020/02/29 確認)
- 4) 学校教育法施行規則別表第2  
[https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=322M40000080011\\_20170401\\_999M40000080011&openerCode=1](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=322M40000080011_20170401_999M40000080011&openerCode=1) (2020/02/29 確認)
- 5) 山田哲也, 香西孝行, 雲本直人, 岩山敦志, 伊藤陽介, 阪東哲也, 曾根直人, 藤原伸彦, 長野仁志：「双方向のデジタルコンテンツをJavascriptでプログラミングする授業実践～国土地理院サーバの利用～」鳴門教育大学情報教育ジャーナルNo.16 pp.1-6 (2019)
- 6) R.M.ガニエ, W.W.ウェイジャー, K.C.ゴラス, J.M.ケラー 著 鈴木克明・岩崎信 監訳『インストラクショナルデザインの原理』北大路書房 (2007)
- 7) 文部科学省：学習評価の在り方について  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364317.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364317.htm) (2020/02/25 確認)
- 8) 技術教育分科会編集 | 日本産業技術教育学会：『新 技術科教育総論』(2009)
- 9) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科 協同プロジェクト (P) 研究グループ 著 森山潤 菊池章 山崎貞登 編：『子どもが小さなエンジニアになる教室 イノベーション力育成を図る中学校技術科の授業デザイン』(2016)
- 10) 上之園哲也 森山潤：「技術科教育における生活応用力の形成に関する因果モデルの検討」日本科学教育学会 Vol.37 No.1 (2013)
- 11) 山本裕詞：地方分権下の「教育の機会均等」に関する国家の責任-地方財政措置による地方教育予算の実態に着目して-, 東北大学大学院教育学研究科研究年報 第57集・第1号 pp.429-443 (2008)
- 12) Scratch3.0  
<https://scratch.mit.edu/> (2020/02/29 確認)
- 13) はじめよう | micro:bit <https://microbit.org/ja/guide/> (2020/02/29 確認)

令和2年4月1日 受理



# Curriculum Development for Returnable Programming Education of Learning-Practice

Takanori SAI and Yoshiaki KAWASHIMA