

小中高における発達の段階を踏まえたプログラミング教育に関する研究

—教員研修用教材の開発を通して—

情報教育室 谷山伸司 西田剛志 平井敬浩

渡部浩二 加藤憲司

【要約】

本論では、初等中等教育段階でのプログラミング教育において、発達の各段階を踏まえたプログラミング題材の在り方を提案し、教員研修用教材作成に反映させることについて言及している。本研修用教材の構想に当たり、プログラミング教育に関する研修体制や教材作成状況等を調査するアンケートを行い、結果を検証した上で、スパイラル学習の視点から研修用教材をまとめたウェブハンドブックを作成することとした。

【キーワード】 プログラミング教育 プログラミング的思考 オンデマンド研修用教材
双方向性のあるコンテンツのプログラミング 情報 I

1 研究の目的

プログラミング教育を通して育む資質・能力は、「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」の中で、全ての学習の基盤となる資質・能力である情報活用能力の一部であるとされ、かつ、次のように整理された。

【知識・技能】

(小) 身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。

(中) 社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成することができるようにすること。

(高) コンピュータの働きを科学的に理解するとともに、実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること。

【思考力・判断力・表現力等】

発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。

【学びに向かう力・人間性等】

発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。

今日、コンピュータは人々の生活の様々な場面で活用され、豊かな社会生活や経済発展の実現のために必要不可欠なものとなっている。第4次産業革命ともいわれる、人工知能（AI）やビッグデータ、IoT、ロボティクス等の技術の急速な進展に伴い、これらの情報技術が今後、私たちの生活の中で当たり前のもので存在

していると考えられる。情報技術を手段として効果的に活用していくことの重要性は、一層高まっていくことが予想され、このような中、学習指導要領の改訂により、小・中・高等学校段階を通じてプログラミング教育の充実が図られた。

このような経緯に鑑み、本年度からプログラミング教育が必修化された小学校においても、小・中・高等学校での12年間を見通したプログラミング教育の在り方について理解することは、子どもたちのプログラミング経験の礎を形づくる意味において重要である。

本室では昨年度まで、小学校におけるプログラミング教育の充実に向けた取組として、ウェブサイトを活用した教員研修の在り方について研究を行ってきた。小学校で学習するプログラミングに、中学校技術・家庭科（技術分野）

（以下「技術分野」という。）や高等学校で新設される共通必修科目「情報 I」の中で扱われるプログラミング学習への体系的かつ有機的なつながりを持たせるという意味で、これらを俯瞰的に考察し、発達の段階を考慮しつつ内容を整理することは、プログラミング学習を取り巻く教育観を適切なものとするために必要なことである。

ただし、プログラミング教育を通して育む資質・能力の前述の整理において、「知識・技能」は、小中高の各段階での書き分けがなされているのに対し「思考力・判断力・表現力等」及び「学びに向かう力・人間性等」については、小中高を通じて育まれるべき資質・能力として示

され、各段階での違いに特段の記述はない。単に「発達の段階に即して」とのみある。このことから、小・中・高等学校を見通したプログラミング教育の実施に当たっては、児童生徒の学習成果を踏まえつつ、発達の段階を的確に捉えた異校種間の円滑な接続に配慮しながら、論理的な処理の流れの理解やプログラミングの体験、問題発見・課題解決等の学習を通じて、プログラミング教育を体系的な学習として実現することが求められる。

そこで、県内のプログラミング教育の実施状況や教員の意識についての調査を行い、その結果を踏まえた上で、小中高を通して体系的に考えるプログラミング教育の在り方について、インターネット上の教員研修用教材としてウェブハンドブックにまとめることとした。

2 研究の内容

(1) プログラミング教育に関する調査

県内の小・中・高等学校のプログラミング教育に関する実施状況を把握するため、次のような方法でアンケート調査を実施した。

- 調査方法
ウェブアンケートによる記名式での調査
- 調査対象
小・中学校は県内の抽出校（小学校65校、中学校31校）、高等学校は共通教科情報科の「情報の科学」を開講する8校
- 調査時期
令和2年7月～8月
- 回答者
各学校から1名が回答（小学校は校長が指名する教員、中学校は技術科担当教員、高等学校は情報科担当教員とする。）
- 回答数
小学校63校、中学校26校、高等学校7校

ア 小学校のアンケート結果及び考察

小学校では、本年度からプログラミング教育が実施されている。そこで、年間指導計画の作成方法や実施する学年及び単元など、具体的な実施状況について質問した。また、教員の指導力向上への取組や系統的な学習状況を把握するため、教員研修実施の有無と中学校との連携について質問した。

年間指導計画の作成に関する質問の回答結果は次のとおりである（表1）。

表1 年間指導計画の作成について

年間指導計画の作成に当たり最も参考にしたもの	校数	割合 (%)
市町教育委員会の情報	15	23.8
同じ市町の学校の情報	30	47.6
情報教育主任（担当）の情報	14	22.2
学年部の情報	4	6.4
計	63	100.0

各学校で取り扱う単元に関する質問の回答結果は次のとおりである（表2）。

表2 実施する単元について

どのような単元で実施するか (回答数が多かった主な単元名)	校数
電気と私たちの生活（理科6年）	41
円と正多角形（算数5年）	39
整数（算数5年）	14
わり算と筆算（算数4年）	10
図形の拡大と縮小（算数6年）	7
平均とその利用（算数5年）	7
音楽づくりの題材（音楽4年）	7
円の面積（算数6年）	6
ローマ字を書こう（国語3年）	6

教員研修の実施状況及び同じ市町の中学校との連携に関する質問の回答結果は次のとおりである（表3・4）。

表3 研修会実施の有無について

研修を予定しているか (複数回答)	校数	割合 (%)
校内研修の実施	53	84.1
校外研修会への参加	30	47.6
授業研修会の実施	7	11.1
予定なし	4	6.3

表4 中学校との連携について

同じ市町の中学校と連携を行っているか	校数	割合 (%)
実施している	28	44.4
内容 (複数 回答)	連絡協議会	(22) (34.9)
	授業研究会	(5) (7.9)
	交流事業や合同授業	(4) (6.3)
	出前授業	(1) (1.6)
実施していない	35	55.6
計	63	100.0

ほかにも、中学校でプログラミング教育の取組についての授業参観や意見交換をする機会があれば参加したいかという質問では、全ての学校が肯定的に回答している。

以上のことから、次のことが分かる。

- 【表1】市町教育委員会が開催する研修会の資料や、同じ市町の情報教育主任が集まり共有した情報を参考にするなど、学校間の連携を図りながら各学校が指導する単元を検討し、年間指導計画に反映させている学校の割合は7割を超えている。
- 【表2】学習指導要領で学習場面が例示された、電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習（理科6年）や多角形の作図に関する学習（算数科5年）だけでなく、他の教科や学年においてもプログラミング教育が計画されており、教科の特性に応じてプログラミング教育を学習活動に取り入れる取組が進められている。
- 【表3・4】9割を超える学校がプログラミングに関する研修を本年度既に予定又は実施しており、プログラミング教育に関する気運の高まりが感じられる。5割近くの学校が中学校との連携協議を行っていることから、今後、プログラミング教育の視点からの異校種間連携の充実が期待できる。

イ 中学校のアンケート結果及び考察

学習指導要領改訂により、技術分野では、従前の「計測・制御のプログラミングによる問題解決（以下「計測・制御のプログラミング」という。）」に加え、「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（以下「双方向性のあるコンテンツのプログラミング」という。）」が追加された。計測・制御のプログラミングで使用する教材及び環境に関するアンケート結果は、次のとおりである（表5・6）。

表5 計測・制御のプログラミング教材

どのようなプログラミング教材を使用しているか	校数	割合 (%)
ロボット教材	15	57.7
ソフトウェア教材	8	30.8
その他	3	11.5
計	26	100.0

表6 計測・制御のプログラミング環境

どのようなプログラミング環境を使用しているか	校数	割合 (%)
フローチャートを使った学習環境	13	50.0
ブロック型プログラミング言語を使った学習環境	10	38.5
その他	3	11.5
計	26	100.0

来年度から実施される、双方向性のあるコンテンツのプログラミングで使用する教材に関する予定状況は次のとおりである（表7）。

表7 双方向性のあるコンテンツのプログラミング教材の予定状況

どのようなプログラミング教材を使用しているか	校数	割合 (%)
現時点では未定	17	65.4
具体的な教材名の記載あり	9	34.6
計	26	100.0

以上のことから、次のことが分かる。

- 【表6】9割近くの学校がプログラミング環境としてビジュアル型プログラミング言語を利用しており、生徒がプログラムの構造を視覚的に理解でき、プログラムの実行や修正を容易に行うことができるよう配慮している。
- 【表7】双方向性のあるコンテンツのプログラミングの学習は来年度からの実施であるが、既に使用する教材を予定している学校は9校（34.6%）である。具体的な教材名を確認すると、同じ教材を挙げている学校が5校あり、教員間での情報交流若しくは共有が図られていることが推察される。

ほかにも、小学校でプログラミング教育の取組についての授業参観や意見交換をする機会があれば参加したいかという質問では、88.5%の学校が肯定的に回答しており、小学校における成果を踏まえた指導の必要性を多くの担当者が感じていることが分かる。

ウ 高等学校のアンケート結果及び考察

学習指導要領改訂により、共通教科情報科に共通必修修科目「情報Ⅰ」が新設され、全ての生徒がプログラミングやモデル化とシミュレーション、情報デザイン、データの活用等によって問題を発見・解決する方法を学習することに

なった。

アンケートでは、「情報Ⅰ」で扱うプログラミング教育の学習内容や学習環境、中学校との連携について質問した。

「情報Ⅰ」で使用するプログラミング言語に関する質問では、7校中6校が「『情報の科学』で指導経験のあるプログラミング言語を使用する」と回答があった。具体的には、VBAが4校、ドリトルが2校である。残りの1校は、現在、人工知能研究の現場での使用が多いPythonを挙げていた。

「情報Ⅰ」でプログラミングの内容を指導することについての自由記述には、次のような意見があった。

- 教科書以外に、生徒が興味を持つ教材集があるとよい。
- 生徒の疑問や質問にしっかりと答えられるか不安である。
- 生徒の経験や習熟度の差が大きく、一斉授業が難しい。

全ての回答者が、プログラミング学習の際に使用する予定のプログラミング言語を回答することができたが、これには、本アンケートの回答者が、現行教育課程の「情報の科学」でプログラミングの内容を指導している教員であり、プログラミング指導の経験を現に有していることが大きく関わっている。このことから、プログラミングの指導経験の浅い教員が指導内容や指導方法に対して不安を抱くことなく、当該科目の指導を通じて育成すべき資質・能力を、生徒が確実に身に付けることができるよう、体験的な研修機会及び研修教材の充実が必要であることが分かる。

中学校でのプログラミング教育の取組について、授業参観や意見交換をする機会があれば参加したいかという質問では、7校中5校が「どちらかといえばそう思う」と回答した。

しかし、中学校との連携に関しては、生徒の通学区域が広範囲にわたることから、実際には、中学校での学習内容等の把握が難しい。

そこで、小・中学校段階でのプログラミング的思考の育成やプログラミング教育の取組に関する状況を理解し、高等学校でのプログラミング教育の充実を図るため、ウェブハンドブックの活用が期待できる。

(2) ウェブハンドブックの作成とホームページを活用した情報発信

前項で示したとおり、プログラミング教育に関する異校種間連携について関心が高く、これまでの学習の成果を踏まえた授業改善若しくはこれからを見通した指導内容選択についての意欲が感じられる。このことを踏まえ、小・中・高等学校を見通したプログラミング教育について俯瞰し、それを基にした研修資料や教材に関する情報を提供するため、ウェブハンドブックを作成することとした。

なお、ウェブハンドブックは、異校種の学習内容に関する理解や指導事例等の共有、県内教員相互の交流が図られる「えひめプログラミング教育ホームページ」のサイト内に作成することとした。

ア ウェブハンドブックの構成

本ウェブハンドブックは、利用目的や用途の違いを考慮し、「校種別ハンドブック」と「教材別ハンドブック」の二つの構成に分けて作成した(図1)。



図1 ウェブハンドブック画面
(トップページ)

校種別ハンドブックは、小中高それぞれの校種で「概要編」「教材入門編」「教材活用編」「資料編」の4項目でまとめることによって編集の観点を明確化するなど、所属する校種だけでなく、異校種での教育内容を理解する際の補助となるよう、編成方法の配慮を行った。

なお、「概要編」「教材入門編」「教材活用編」「資料編」の編集の要点はそれぞれ、次のとおりである。

【概要編】

プログラミング教育のねらいや学習指導のポイントなど、異なる校種の教員が利用することを意識した。

【教材入門編】

授業で役立つ教材の特長や利用手順を動画や資料にまとめるなど、教員が利用しやすいページ構成とした。

【教材活用編】

教材を利用した教員の自己研修を支援するため、研修課題やプログラム等を掲載した。

【資料編】

大学での研究に対する教員の自己研修や学習指導に役立つ情報をまとめて掲載した。

教材別ハンドブックは、小中高、三つの校種別ハンドブックに掲載した内容を教材別に分類整理したものである（図2）。小中高を通した使用方法を概観することで、学びの体系性を生かした教材活用の工夫を考えるための資料として用意した。

教材名「micro:bit」

教材作成編

教科・単元等
技術・家庭(技術分野)
D 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

作成者
BBC(英国放送協会)

利用形態
無線接続を介した micro:bit による通信

サイトURL
<https://archive.microbit.org/ja/>

概要
micro:bit(マイクロビット)は、プログラミング教育、STEM 教育の盛んなイギリス生まれのマイコンボードです。シミュレーション機能により、micro:bit に転送する前に、プログラムの動作を確認するデバッグ作業も可能です。
2台の micro:bit を用いて、無線通信機能を使うことで双方向通信を可能にします。
micro:bit の双方向通信には、次のものがが必要です。
・micro:bit 本体(2台、有償)
・コンピュータ
・MakeCode エディター(プログラミングソフト、無償)
・USB ケーブル(microB タイプ)

利用方法等
作成したプログラムを micro:bit で実行するまでの手順は、以下のとおりです。
1 ソフトウェアの起動方法
(1)「MakeCode for micro:bit」のサイトへアクセスします。
<https://makecode.microbit.org/>

図2 教材別ハンドブックの例

イ 小学校編

概要編では、「小学校プログラミング教育の手引」の要点を掲載した。「小学校プログラミング教育の手引」からの主な抜粋内容は次の3点である。

- プログラミング教育で育む資質・能力
- 小学校におけるプログラミング教育のねらい

- プログラミング的思考を身に付けるための学習活動の例

その上で、各教科等の特質に応じて、児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力(プログラミング的思考)を身に付けるための学習活動を計画的に実施する必要があることを述べた。

教材入門編では、小学校のプログラミング教育を進める上で欠かすことのできないビジュアル型プログラミング言語として、Viscuit及びScratchを取り上げた。これらのプログラミング環境は、インターネット環境があればいつでもどこでも利用できる上、これらを使った授業展開例が多く報告されており、自主研修を行う際の基礎知識となる。今後、多くの学校でこれらの教材の活用が見込まれることから、この教材入門編で、それぞれの教材の特長や基本操作を紹介することとした。

Viscuitには、以下のような特長がある。

- 文字入力をする必要がない。
- 直感的な操作により自らの着想を簡単に実現できることが多く、達成感を持たせやすい。

このような特長から、Viscuitは、小学校全学年を通して体系的にプログラミング的思考を育む入り口の教材として最適であり、発達に大きな差がある小学校段階において、「できない」「難しい」というような劣等感を感じさせることなく、児童の誰もが楽しく取り組めるプログラミング環境であると考えられる。

なお、教材入門編においては、動きのある作品を表現することに長けているViscuitのプログラムを説明するために動画を活用するなど、マルチメディアの特長を生かした掲載に努めた(図3)。



図3 教材入門編のページの一部

掲載している動画は、下記の内容である。

- ① 自分の描いた図を一定方向に動かす
- ② 自分の描いた図を上下左右ランダムに動かす
- ③ 二つの図を交互に組み合わせて、アニメーションをつくる
- ④ 二つの図が重なることをきっかけに、新たな動きをするよう設定する
- ⑤ 図を回転させる

①から⑤の動画を順番に見れば、基本的な操作が理解できるようにしている。全ての動画の視聴時間を2分程度とするなど、視聴に負担がないよう配慮した。

Scratchについては、「小学校プログラミング教育の手引」で紹介されている「正多角形の作図」等の簡単なプログラミング例を題材として基本操作の説明をすることとした。特に「正多角形の作図」に関するプログラムは、全ての算数科の教科書に掲載されており、多くの小学校でプログラミングを体験する学習として取り上げられることを想定して、教材入門編で取り上げている。

教材活用編では、教材入門編で扱ったViscuitとScratchを活用したプログラミング題材の例を考案して掲載した。教材活用編での題材づくりの主な観点を「遊びの要素」及び「自由性」とし、学習題材に遊びの要素を取り入れた上で、児童の自由な発想を生かすことにより、豊かな没頭体験を味わわせることを重要視した。

【題材例①】デジタル絵本

- ・対象学年 2年生
- ・教科 国語科、図画工作科
- ・使用する教材 Viscuit

物語教材をデジタル絵本にするという題材である(図4)。



図4 デジタル絵本作品の例

前述のアンケートにおいても、Viscuitによるデジタル絵本の作成が挙げられており、国語科と図画工作科との合科的な扱いで、プログラミング体験を教科の中に取り入れやすいと考える。掲載している題材例では、2年生で学習する「スイミー」を例に挙げているが、他学年の物語教材でも応用が可能である。

物語の場面を表現するためには、叙述に戻る必要がある。登場人物の行動、場面の情景等を一つ一つ確かめることにより、物語を一層読み深めることにつながる。作成するデジタル絵本の背景の色合いを工夫すれば、登場人物の気持ちの変化も表現できる。デジタル絵本を活用し、学習のまとめとして、絵本を見せながら音読発表会をすると楽しい活動になることが期待できる。

【題材例②】プレゼンテーション

- ・対象学年 小学校高学年
- ・教科 総合的な学習の時間等
- ・使用する教材 Scratch

Scratchのメッセージ機能を活用したプレゼンテーション資料作成をプログラミング題材として提案した。これは、前述のアンケートのプログラミング教育実施状況では挙がっていなかったが、「遊びの要素」と「自由性」を題材に込めるという考え方を実感してもらうため提案した。紹介した教材は、町探検をして、発見したことを伝える活動を想定したものである。地図上のイラストをクリックすると、Scratchのメッセージ機能により、自分たちが見つけた史跡の画像が登場し、説明を加えるといったプログラムを想定している(図5)。



図5 プレゼンテーション資料の例

自分たちが発表するシナリオを計画し、どの画像をどのタイミングで登場させるのかを考え

ながらプログラミングをしていく。そのような活動を通して、十分にプログラミング的思考を育むことが可能である。

このような、情報を提示しながら自分の考えをまとめて発表する学習は、総合的な学習の時間だけでなく、他教科においても存在する。表現活動の手段を増やす観点においても意義のある題材ではないかと考えている。

以上、二つの題材を紹介したが、このほかにも、Viscuitを用いた模様づくりやScratchを活用した作曲等、「遊びの要素」と「自由性」を題材づくりの観点とした事例を主に掲載している。

また、参考にできるプログラミングのデータをダウンロードできるようにするなど、すぐに授業で活用できるように配慮した。

小学校では、中学校や高等学校とは違い、プログラミングを学習する特定の教科は存在しない。各教科等において、学習のねらいに即した形でプログラムを利用することとなる。多様な教科の特性そして発達の違いを考慮した上で、教育活動の中にプログラミング体験やプログラミング的思考を育む授業を設定し、プログラミング的思考の素養を身に付けていく。その素養を身に付けた児童を中学校、高等学校が引き継ぎ、更なるプログラミング的思考の育成を図る必要がある。

ウ 中学校編

概要編では、小学校でのプログラミング教育の成果を生かし、生徒の資質・能力を更に伸ばすという観点から、中学校でのプログラミング教育の中核を担う技術分野におけるプログラミング教育のねらいや、学習指導を通して育成する能力等について、学習指導要領解説や「中学校技術・家庭科（技術分野）におけるプログラミング教育実践事例集」の記載内容から抜粋してまとめ、掲載した。

教材入門編では、学習指導要領改訂に伴い追加された双方向性のあるコンテンツのプログラミングの単元で使用する教材を中心に紹介記事を掲載した。掲載した教材名等は次のとおりである（令和3年2月1日現在）。

- ① 「プログル技術」（特定非営利活動法人みんなのコード）
- ② Scratch1.4のメッシュ機能

③ 「micro:bit」（Micro:bit 教育財団）

④ 「ArTeC[®]Robo」（株式会社アーテック）

教材活用編では、教材入門編で紹介した教材を使用した研修課題等を掲載し、教員が自主研修を進めたり、共通の教材を使った相互研修を実施したりできるようにした。記載に当たっては、指導内容や指導方法がイメージできるように、教材の体験を通してその特長や活用方法を理解できるように記述に努めた。研修資料や参考プログラムをリンク貼付するなど利便性にも配慮している。

掲載している教材の一例として、「プログル技術」について説明する。

「プログル技術」は、「特定非営利活動法人みんなのコード」が開発した、ブラウザ上で操作するインターネット上の教材であり、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として、「チャットアプリ」の制作体験に利用することが想定されている。生徒は、教員が管理者として用意した仮想ネットワークの中でチャットアプリを作成していくことになる。用意された5段階のステージの指示に従って、順に「チャットアプリ」のプログラム及びデザインの完成を目指していくという形態を取っている。

プログラミングには、Scratchと同じくブロック型のプログラミング言語を利用しており、小学校との接続性への配慮がうかがえる。プログラムやデザインにはある程度の自由性を持たせているので、生徒の考えを生かすという観点で、プログラミングの題材として適しており、PDCAサイクルの視点の自然な醸成が期待できる。

生徒が普段スマートフォンなどで利用しているチャットツールの仕組みについて、利用者としてではなく、開発者の視点から体験を通して理解することができるので、プログラミングを現実社会の問題に生かすという態度が体験的に備わっていくこととなる。

こういったことを含めて「プログル技術」の主な特長をまとめると次のようになる。

- サーバに接続しデータを送受信することでサーバの仕組みを体験できる。
- チャットでテキストを送受信できるプログラミングが体験できる。

- 視覚的にも直感的にも分かりやすいブロックを使って簡単にプログラムが作成できる。
- プログラミングした結果がチャット画面ですぐに確認できる。
- 制作過程で、デザインを工夫したり機能を作ったりと創意工夫して、生徒の発想を生かしたチャットアプリが制作できる。
- ブラウザ上で学習を進めるため、インターネットの接続ができる環境であれば、場所や時間、端末の違いを気にすることなく使える。
- 教員は管理画面で、生徒の進捗管理や課題提出状況が確認できる。

ネットワークを利用した双方向性という技術は、生徒たちのほとんどが日常接しているので、社会的インフラとしての技術を、実感を持って学ぶのに非常に適した題材と言える。小学校では、プログラミングで世界を広げることを重視するのに対し、中学校では、情報機器を活用した課題解決と課題発見の繰り返しといったことを重視する。そのため、中学校では、小学校での自由性や遊びという観点に重きを置いた体験で得たプログラミングの楽しさや達成感を下地として、有用性という観点を重視した題材により、生徒の課題意識や気付きを生かした学習を行っていくことが重要である。

プログル技術での段階的学習知は、その的確さゆえに、知識が課題意識を生むといった、望ましい知の循環を持った実践的な学びにつながる。それゆえ、有用性を観点とした課題意識を基にした、生徒の自由な発想が、Scratchなどのより汎用的なプログラミング環境で試す意欲に昇華されていくことが期待される。

また、教材活用編の記事には、教材別ハンドブックへのリンクを設けているので、同じ教材が異校種で、どのように活用されているかを参考にすることができる。中学校の教員が、ウェブハンドブックに掲載している小学校や高等学校の研修教材等を理解又は活用することで、校種間の接続を意識した指導等により、指導内容の充実改善につなげていくことを期待している。

エ 高等学校編

高等学校では、共通必修科目「情報Ⅰ」において全ての生徒がプログラミングを学習することとなる（職業教育を主とする専門学科では、「農業と情報」（農業）、「工業情報数理」

（工業）、「情報処理」（商業）、「海洋情報技術」（水産）が、「情報Ⅰ」の代替科目として考えられる。）。Society5.0時代に向けて、社会の変革に対応し、プログラミング教育を通して、課題解決に向けた思考力・判断力を身に付けることが求められている。

高校では、これまでに身に付けた知識・技能の応用という観点を更に重視した、学びの意味を実感させるような題材が適している。一例として、クラスの席替えのプログラムを教材活用編に挙げている。複数の条件を加味したクラスの席替えを自動的に行うプログラムといった題材は、それまでに学ぶアルゴリズムを参考にしながら、自らの工夫で問題解決をすることとなる。同じような動作をしたとしても、プログラムとしては多様な解決法があり、高校生にとって、自分だけのプログラムを完成させることが達成感を得る学びにつながっていく。こういった、身近な事柄に対する学びの活用が、論理的な考えに裏打ちされた責任感を持って社会に参画する道を歩んでいく礎になることを期待している。

概要編では、「情報Ⅰ」で扱う「コンピュータとプログラミング」のうち、フローチャートやアクティビティ図といったアルゴリズムの表現方法についての研修教材を掲載した。その上で、「ソート」や「探索」等の典型的なアルゴリズムをフローチャートや擬似言語を用いて説明するなど、プログラミングの在り方、表現法について学習できるようにした。

教材入門編では、小学校及び中学校で扱うことが想定されるブロック型プログラミング言語から、PythonやJavaScriptなどのテキスト記述型プログラミング言語への自然な移行を目指した指導について言及している。

一例を挙げると、インターネット上のプログラミング学習環境「Make Codeエディター (<https://makecode.microbit.org/>)」の紹介である。Make Codeエディターは、ブロック型プログラミング言語での記述をPythonやJavaScriptでの記述に変換ができるという機能を持つ（図6・7）。なお、Make Codeエディターは、micro:bitのシミュレーション環境を兼ねているため、プログラムの実行結果の確認もできる。

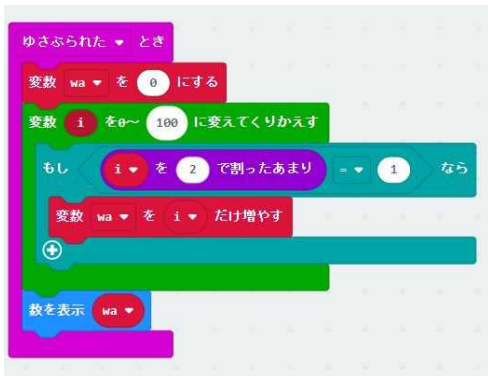


図6 ブロック型言語によるプログラム例

```

1 wa = 0
2
3 def on_gesture_shake():
4     global wa
5     wa = 0
6     for i in range(101):
7         if i % 2 == 1:
8             wa += 1
9     basic.show_number(wa)
10 input.on_gesture(Gesture.SHAKE, on_gesture_shake)
11

```

図7 図6によるプログラムをPythonでの記述に自動変換したもの

また、PythonやJavaScriptによるプログラムをブロック型のプログラムに変換することも可能である。デバッグの際にコードからだけの確認でなく、ブロックの組合せとしても確認できることから、ブロック型プログラミング言語に慣れていることが想定される初学者にとっては最適なプログラミング環境と言える。

教材入門編では、Make Codeエディターのほかに、インターネット上のプログラミング学習環境として「BitArrow (<https://bitarrow.eplang.jp/bitarrow>)」「Google Collaborator (<https://colab.research.google.com/>)」の二つを紹介している。特に、Google Collaboratorは、Googleのクラウドサービスであり、協働作業にも適しているという特長を持つ。

なお、教材入門編では、インターネット上のプログラミング学習環境以外に、前述のアンケートにおいて、現在、授業で使用していると回答が多かったExcel VBAについても、基本的なプログラミング技術として、次の①から⑤の記事を掲載している。

- ① セルの値の取得及びセルへの出力
- ② 変数とデータ型の宣言
- ③ ループ構造の表現
- ④ 分岐構造の表現
- ⑤ サブプロシージャとユーザー定義関数

この①から⑤の記事は、Excel VBAを実用面から見れば十分とは言えないが、プログラミングの基本構造を学ぶ観点で言えば十分なものとしているので、教科指導の際の参考としても利用できる。

教材活用編では、プログラミングを日常生活でも活用する意欲を高めるという観点から、前述の「クラスの席替えの自動化プログラム」のほか、「意見発表会の発表順決定プログラム」など、学校生活での場面をイメージした題材を扱っている。

また、「モデル化とシミュレーション」で扱うことを想定した題材として、確率論的シミュレーションの例としてよく知られた、文化祭の模擬店での釣銭の用意に関する問題を挙げている。

ある会場への入場料を500円とする。
 入場者は、500円か1,000円を持ってくるものとする。
 500円ぴったり持ってくる確率を p とおく。
 今、 n 人の入場者が見込まれるとして、どれくらい、お釣りの500円玉を用意しておけば安心できるだろうか。

制作するのは、繰り返して行われるシミュレーション実験の自動実行とその結果の整理を行うプログラムである。

ほかにも、インターネット上のデータを自動取得して目的に応じた処理を行うプログラムなど、データ活用という観点からの課題も挙げた。

こういった生徒自身が悩んだことのある問題や、あれば便利だと思っていたような課題等を扱うことにより、情報機器の課題解決への利用が身近に感じられるようになることは間違いない。

ただし、インターネット上のデータを自動取得するプログラムのように、使用方法によっては情報モラル上の問題を内包してしまうのが、情報機器を課題解決に利用する際の注意点となる。こういったことも注意点として、記事にしていきたい。

なお、「情報I」ではプログラミング学習を行う上での言語の指定はされておらず、文部科学省の研修用教材においてはPythonのほか、JavaScript、VBA、ドリトル、swift言語についても採り上げられている。

紹介した題材は、実習をWeb上やExcelを利用して行うことができるため、1人1台端末の導入やWi-Fiの環境を整えばいつでもどこでも学習できるという利点がある。今後は、モバイル端末用のアプリ開発やAIの利用の観点でのプログラミングに関する記事も多く掲載していきたい。

3 研究のまとめと今後の課題

小学校から高校にわたり、プログラミング的思考は、情報モラル、情報セキュリティ、統計と並んで、学習指導要領に挙げられている学習の基盤となる資質・能力の一つである情報活用能力の一部とされている（【総則編】小学校学習指導要領（平成29年告示）解説p.50、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説p.51、高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説p.55、ページ番号は文部科学省ホームページ上のPDF版による（令和3年1月1日確認））。ここで改めて注目せざるを得ないのは、要素として必要とされているのが、プログラミングスキルではなくプログラミング的思考であることであり、かつ、それを発揮する若しくは育成する場面をカリキュラムマネジメントとして設定していく必要があるということである。

そうであれば、小学校プログラミング教育の文脈で語られがちなプログラミング的思考を、発達の段階という要素を加味して考えることは当然必要であり、情報教育に携わる教員としての責務といえる。

プログラミング的思考が、問題解決でコンピュータを活用する際に表出される思考の動きや特徴を基に定義されていることを踏まえれば、学校教育において、プログラミング的思考を発揮する若しくは高揚させる上で最も大切なのは、適切な課題に対して目的意識を自律的に持ち批判的に考えるという場面や題材を児童生徒に感じさせることである。

発達の段階という観点とは、こういった場面や題材若しくは問題の在り方を考える際に考慮する必要がある。我々が本論で狙ったのは、発達の段階を意識しながら指導の過程を可視化することにより、一つの教科として定められていないプログラミング教育を体系的な学習として実現させることにある。

ここで我々が児童生徒の発達の段階を捉える

ために参考にしたのは、エリクソンの心理社会的発達理論である。

エリクソンの心理社会的発達理論では、発達段階を8ステージに分類しており、小学生の発達段階はおおむね第4段階の「児童期」に、中高生は思春期を含む第5段階の「青年期」に当たる。

また、この理論では、「児童期」の発達課題というべき心理社会的危機を「勤勉さ対劣等感」とし、「青年期（思春期を含む）」の心理社会的危機を「自我同一性対同一性の拡散」としており、ウェブハンドブックに掲載する題材選択の在り方、考え方に、それぞれの段階の発達課題を反映させた。

児童期は、「勤勉」に学習する中で、学びの楽しさを知るとともに、計画的に学習課題をこなすという習慣を身に付け、その一方で、周囲と比べられたり、いわゆる評価をされたりすることで、「劣等感」という感覚を覚える段階でもある。プログラミング題材を、この児童期が内包する心理社会的危機を克服するという観点で見ると、

- 勤勉性の発達による「学ぶことの楽しさ」を生かした、「もっと学びたい」と思うような題材
 - 他との違いを劣等感と感じないような、現に有する力を生かして個々に応じた課題を自ら若しくは指導者が設定できるような題材といった選択が必要であることが分かる。言い換えれば、大人が目線で見ると重要性の感じられる活動であるよりも子どもの目線で見ると没頭できるような活動であること、そして、大人からの押し付けでなく児童が自分の設定したゴールを越え成長するという自己教育的な体験を豊富に含むような活動であることが、題材選択の観点として必要だということである。
- これは、プログラミング教育だけにとどまらず、全ての活動において言えることではあるが、プログラミングが、
- 自らの自由な発想を生かした「遊び」の感覚を大切にしたい課題を設定することが容易である
 - 結果がすぐに確かめられ、自分の行為に対し、常に自己評価を行うことができる、言い換えれば、試行錯誤を繰り返しながらよりよ

いものを目指す活動にすることができるという特長を持つため、プログラミングを含んだ題材は上記の目的が達成されやすいということになる。すなわち、大いに遊ぶことが大いに学ぶということになり、プログラミングで繰り返し大いに遊ぶ（学ぶ）という経験を積むことで、劣等感と折り合いをつけながら、自ら「学ぶことを学ぶ」という、望ましい発達過程が期待できることになる。そのため、本論で提案しているウェブハンドブックでは、遊びの要素を含む題材を中心に構成しているのである。

なお、ウェブハンドブックでは、遊びを主体とする教材以外にも、Scratchによるプレゼンテーション作成を挙げているが、これは、プログラミング技能向上にはプログラミング経験を重ねることが大切であるという観点からである。プレゼンテーションという、繰り返し設定される場面で得たプログラミング技術が自らの課題設定と目的意識から得た技能であるという感覚、言い換えれば自信が、次の段階に生きてくることは言うまでもない。

児童期の次の段階である青年期は、いわゆる思春期から始まる。この段階は、同一性の拡散に抗いながら自我同一性の確立に向けて悩んだり、思索を巡らせたりする段階である。モラトリアムという言葉で特徴付けられる段階でもある。

青年期という発達段階を考察するに当たり、「学習者のエージェンシー」との関連を想起せずにはいられない。

学習者のエージェンシーは、「OECD Learning Framework 2030」において、「複雑で不確かな世界を歩んでいく力」と定義され、社会に参画し、人々や物事、環境によりよい影響を与えるという責任感を意味するとされたものであり、単に、主体性という言葉では表せないものである。

自分の進んでいく道が正に社会に参画する道であり、その道が社会に良い関わりをする因子となることを望む段階が青年期であることを考慮に入れれば、学習者のエージェンシーは、青年期で得ることが期待される望ましい「忠誠心」、すなわち、自らの責任で選択した事柄を大切にし貫き通す強さに近いものであると見なすことができる。

よって、ウェブハンドブックに掲載する教材としては、学習者のエージェンシーという観点からも吟味した上で、中学校では、身の回りの課題を扱い、ものづくりが社会貢献につながるという感覚を感じさせる題材、高校では、それまでの学習が課題解決につながり、これまで自分がしてきたことの意味を実感させるような題材を選択するなど、社会性や存在理由という文脈を感じるような題材の掲載に努めた。

発達の段階という観点で見れば、例えば、センサーを利用したプログラミングなど、小中どちらの学校でも等しく扱う題材であっても、その意味合いは異なるものであることが分かる。つまり、小学校では、自らの興味に重きを置いた、遊びという観点を重視したものであるのに対して、中学校では、生活に役立つという観点を重視した扱いになり、社会性又は社会参画への意欲の芽生えを誘発するものとなる。スパイラル的な学習過程を想起すればよいが、このように、同じ題材を扱う場合でも、違う視点で扱うことになるので、重層的な学びにより、かえって高い学習効果が期待できることになる。

このように、発達の段階という視点で、改めてウェブハンドブックを見れば、初等中等教育でのプログラミング教育の体系性を感じることができる。ウェブハンドブックでは、学習内容のつながりの可視化を目指してきたが、これにより、発達の各段階で何を目指しているかが示唆されるので、スパイラル学習として捉えるべきプログラミングの学習を児童生徒の育ちに反映することができるようになる。

ただし、実感を持って学習の成果を児童生徒の育ちに反映するためには、適切な評価、そして評価のよりどころになる評価の観点が欠かせない。プログラミング学習が「自ら学ぶことを学ぶ」のに適していることから分かるように、メタ認知の観点からプログラミング教育を見ることができる。そういった意味から、自らの知識や技能を推し量る規準をあらかじめ示しておくことは、非常に意義深い。

そこで提案するのが、プログラミング教育に係るポートフォリオであり、それをルーブリック評価として活用するとともに、児童生徒の自己教育力に還元することである。

現在進められている1人1台端末環境では、

パブリッククラウドの活用が期待される。このことは、初等中等教育段階で一貫したポートフォリオ作成の可能性を示唆しており、児童生徒自身のそれぞれの開発体験を軸とするプログラミング教育で非常に高い効果を示すことは疑いなく、今後の方向性として、研究する分野となることは必至である。

「えひめプログラミング教育ホームページ」には、プログラミング教育を進めるに当たって若しくは児童生徒のプログラミング的思考を育む観点から、「私たち教師にとって必要な態度があるとすれば、子どもたちの精神の自由性を阻害せず、望ましい個性を生かしながら、温かい雰囲気の中で、プログラミングを楽しみ、良さを理解するような支援、勇気付けでしょう。」と書かれてある。

本論で提案したウェブハンドブックが、発達の段階に着目した、スパイラル学習的な体系的プログラミング教育につながる一助として活用され、子どもたちが豊かな未来を手にする縁にならんことを願ってやまない。

主な参考文献

- 文部科学省 『小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）』 2016
- 文部科学省 『小学校プログラミング教育の手引（第三版）』 2020
- 文部科学省 『中学校技術・家庭科（技術分野）におけるプログラミング教育実践事例集』 2020
- 文部科学省 高等学校情報科「情報Ⅰ」教員研修用教材（本編）
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416756.htm 2020
- 文部科学省 高等学校情報科「情報Ⅰ」教員研修用教材（プログラミング言語版（第3章））
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1421808.htm 2020
- 文部科学省 高等学校情報科「情報Ⅰ」教員研修用教材（演習解答等）
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00664.html 2020
- 檜垣賢志 谷山伸司 平井敬浩 松田智也 渡部浩二「小学校でのプログラミング教育の

推進を支援するコミュニティサイトの構築」
『教育研究紀要第85集』愛媛県総合教育センター 2019

- 檜垣賢志 谷山伸司 平井敬浩 松田智也 渡部浩二「ウェブサイトを活用した教員研修の在り方に関する研究—『えひめプログラミング教育ホームページ』の利活用を通して—」
『教育研究紀要第86集』愛媛県総合教育センター 2020
- 愛媛県教育委員会「えひめプログラミング教育ホームページ」
<https://programming-edu.esnet.ed.jp/>（2021.1.1参照）
- 愛媛県教育委員会「えひめプログラミング教育ハンドブック」
<https://programming-edu.esnet.ed.jp/community/community/webhandbook>（2021.2.1参照）
- 特定非営利活動法人みんなのコード「プログラミング技術 | 授業で使えるプログラミング教材」
<https://middle.proguru.jp/>（2021.1.1参照）