

高等学校「情報Ⅰ」の研修資料におけるプログラミングの概要

兼宗 進^{1,a)} 長瀧 寛之¹ 島袋 舞子¹ 間辺 広樹²

概要：2022 年度から高等学校の新教育課程が開始される。情報科では現行の「社会と情報」と「情報の科学」が必修科目である「情報Ⅰ」となり、新たに「情報Ⅱ」が新設される。文部科学省は、今後全国で開始される教員研修に合わせて情報Ⅰの研修資料を公開した。本発表では研修資料の概要を紹介し、プログラミングの内容を中心に、情報Ⅰの実施に向けたポイントと課題を議論したい。

キーワード：プログラミング教育, 高等学校, 学習指導要領, 共通教科, 情報Ⅰ, 情報Ⅱ, 研修資料

1. 新教育課程でのプログラミング

2020 年度から開始される新教育課程では、小学校から高等学校までのすべての教育段階においてプログラミングが実施される [1][2]。本稿では、中央教育審議会の情報ワーキンググループの委員としての小学校から高等学校までの情報教育の検討、有識者会議の委員としての小学校プログラミング教育についての検討、高等学校「情報Ⅰ」「情報Ⅱ」の学習指導要領 [3] の検討、情報Ⅰの教員研修資料 [4] の検討等で得た知見を含めて学校教育におけるプログラミング教育を概観し、筆者が行っているプログラミング教育の研究を報告する。

プログラミングを中心とした情報教育が重視されることになった背景には、わが国における IT 系と産業技術に対する期待と危機感がある。そのような背景から、学校教育段階でのプログラミング教育のキーワードとして、「人工知能」「IoT」「ビッグデータ」等が使われることになった。

表 1 に、新教育課程で扱われる小学校から高等学校までのプログラミングの内容を示す。小学校ではプログラミングを体験し、中学校では計測・制御と双方向コンテンツのプログラミングを学び、高等学校ではアルゴリズムを含めたプログラミングを学ぶ。

2. 小学校でのプログラミング教育

小学校では、プログラミングを体験し、日常触れる身近なソフトウェアがプログラムによって作られていることを

表 1 プログラミングの実施段階

学校	開始年	教科
小学校	2020	総合的な学習の時間 算数、理科など各教科
中学校	2021	技術
高等学校	2022	情報Ⅰ
	2023	情報Ⅱ

理解する。そして、体験を通して学んだプログラミングの考え方を教科の学習で活用する。

表 2 に、小学校プログラミング手引き [5] で紹介されている、小学校段階でのプログラミングの学習活動の分類例を示す。分類 A は「総合的な学習の時間」「5 年生算数」「6 年生理科」などに示された、正多角形の学習、エネルギーの観点からの電気の効率的な利用などが該当する。これらは今後教科書にも記載され、すべての小学校で実施される内容である。分類 B は各学校の裁量に応じて、各教科の学習にプログラミングを利用する形態である。基本的には実際にプログラミングを行うが、プログラミングで学んだ考え方を教科の学習に利用することも考えられる [6][7][8]。

表 2 小学校段階のプログラミング学習活動分類例

分類	内容
A	学習指導要領に例示されている単元等で実施
B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C	各学校の裁量により実施するもの（A、B 及び D 以外で、教育課程内で実施するもの
D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
F	学校外でのプログラミングの学習機会

¹ 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University, Neyagawa, Osaka
575-8530, Japan

² 神奈川県立柏陽高等学校
Hakuyo Senior High School

^{a)} kanemune@gmail.com

プログラミング言語は、タブレットで利用できるものを中心に。文字入力を行わずに画面にブロックを配置する、Scratch[9]などの言語が多く使われている。小学校段階では画面の中で仮想的なプログラミングを行うだけでなく、小型のロボットや基板のような実世界の物体を動かす体験も有用と考えられる。図1に、プログラミング的思考を題材にした小学生向けの書籍[10][11][12]の説明の例を示す。

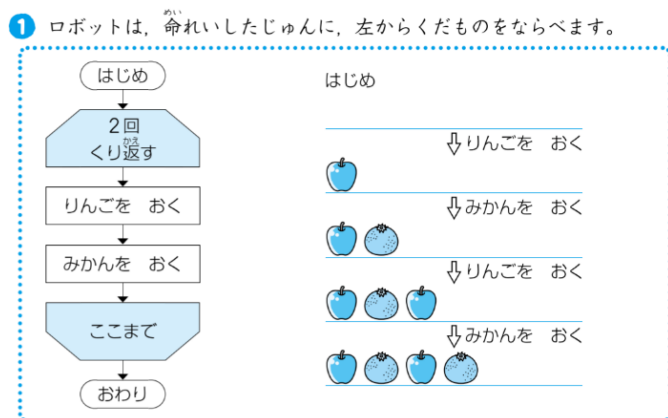


図1 書籍でのプログラミング的思考の説明例

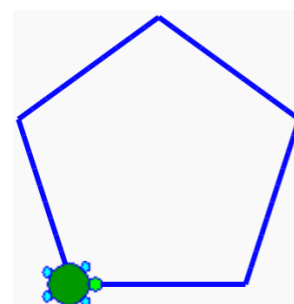
小学校段階のプログラミング学習の特徴は、教科の中で行われることにある。プログラミングによるグラフィックスは、図画工作や音楽、国語などの教科において、既存の道具に加えて、新たな表現する手段としての道具として活用することができる。プログラムは論理を言語として表現したものと考え、英語の学習などに活用することも考えられる。

ここでは5年生算数の「正多角形の作図」での利用例を紹介する。この単元で、子どもたちは鉛筆と紙、三角定規、コンパスを使い作図を行う。理論的には分度器を使えば任意の多角形を描けるが、現行の授業では正方形や正三角形の作図までに留まっていた。

プログラミングを利用すると、子どもたちが任意のn角形を描けるようになる。ドリトル言語[13]で記述したプログラムの例を図2に示す。この例では移動した軌跡が線として残るタートルグラフィックスを利用して五角形を作図している。回転する角度と繰り返す回数を変えることで、任意の正多角形を描くことができる。

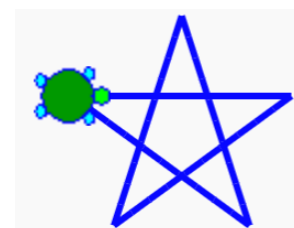
このプログラムを修正することで、星を描くことも可能である。頂点は5個あることから繰り返しは5回と類推できるが、回転する角度は簡単なクイズ問題として扱える。図3に144度で描いた星の作図例を示す。

プログラムを記述することは、機械に「曖昧さがないように指示を伝える」体験であり、「相手に簡潔に意味を伝える」という意味で、論理的な思考力を育成する学習の機会と考えることができる。



かめた=タートル! 作る。
「かめた! 100 歩く 72 左回り」! 5回 繰り返す。

図2 正五角形の作図プログラムと実行例



かめた=タートル! 作る。
「かめた! 100 歩く 144 右回り」! 5回 繰り返す。

図3 星の作図プログラムと実行例

3. 中学校でのプログラミング教育

中学校においては、技術・家庭科の技術分野の中で、「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」に続く、「D 情報に関する技術」においてプログラミングが扱われる。図4に、学習指導要領における「D 情報に関する技術」の内容（抜粋）を示す。

(1) については、従来の情報モラルに加え、情報セキュリティとその仕組が扱われるようになり、それらが情報のデジタル化や手順の自動化と並んで情報の技術の柱となった。

(2) については、従来アプリケーションソフトウェアを用いて行われていた「デジタル作品の設計と製作」の内容を、プログラミングを通して学ぶように変更された。さらに小学校算数での正多角形の作図のプログラミングとの違いを明確にするために、「ネットワークを利用する」「双方向性を持たせる」ことになった。これは何らかの形で生徒同士のプログラムが文字や画像などを交換するプログラムである。小学校では、フローチャートで記述されるような、順次・反復・条件分岐といった「ひとつのプログラムが処理を行う手順の流れ」が重視されていた。中学校ではセンサやアクチュエータ、そして他のプログラムなどとの通信を扱うため、「プログラムが他のプログラムなどとやり取りしながら並行して処理を行う手順の流れ」を、アクティビティ図などを用いて扱う。

双方向コンテンツの例として、教室内でのメッセージ交換の例を示す。これはドリトルのネットワーク機能(LAN

(1) 生活や社会を支える情報の技術について調べる活動などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 情報の表現、記録、計算、通信の特性等の原理・法則と、情報のデジタル化や処理の自動化、システム化、情報セキュリティ等に関わる基礎的な技術の仕組み及び情報モラルの必要性について理解すること。 イ 技術に込められた問題解決の工夫について考えること。
(2) 生活や社会における問題を、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って解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 情報通信ネットワークの構成と、情報を利用するための基本的な仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができること。 イ 問題を見いだして課題を設定し、使用するメディアを複合する方法とその効果的な利用方法等を構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること。
(3) 生活や社会における問題を、計測・制御のプログラミングによって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 計測・制御システムの仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができること。 イ 問題を見いだして課題を設定し、入出力されるデータの流れを元に計測・制御システムを構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること。

図4 中学校技術・家庭科技術分野「D 情報の技術」の内容（抜粋）

環境での変数共有機能）[14]を使い、「こんにちは」のような短いメッセージをお互いに送り合う。図5に画面例を示す。同一のサーバに複数人が接続することで、3人以上のグループ会話も可能である。

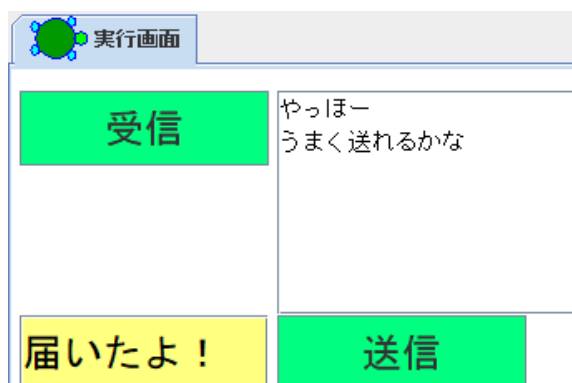


図5 メッセージ交換の画面例

(3) については、現行でも「D 情報に関する技術」の中で「プログラムによる計測・制御」として、計測制御に関するプログラミングが扱われているが、小学校理科での電気の性質や働きを利用した道具としてのプログラミングとの違いを明確にするために、「計測・制御システムを構想」が追加された。センサやアクチュエータの選択や、センサからの入力でどのようにアクチュエータにデータを出

力するかといった内容を扱うと説明されている。図6にライントレースをしながら壁を検知してボールの荷物を運ぶ教材の例を示す。

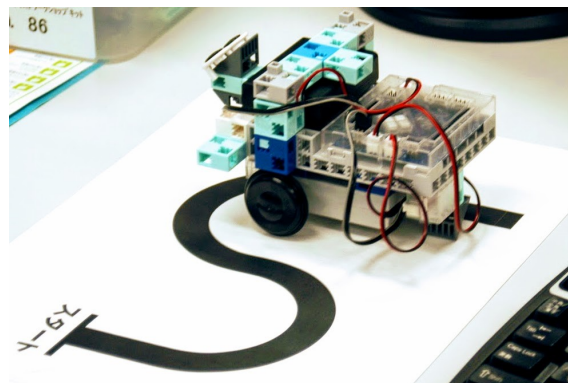


図6 荷物を運ぶ制御学習例

4. 高等学校でのプログラミング教育

高等学校においては、現行の共通教科「情報」の必修科目である「社会と情報」「情報の科学」が統合されて「情報I」になり、さらに発展的な選択科目として「情報II」が新設される[3]。情報Iには「コンピュータとプログラミング」と「情報通信ネットワークとデータの利用」が、情報IIには「情報とデータサイエンス」と「情報システムとプログラミング」があり、情報通信、データ処理、情報システムなど幅広い内容が予定されている。

情報Iの「情報通信ネットワークとデータの活用」、情報IIの「情報とデータサイエンス」においてはビッグデータ等に代表される、統計的な内容を含むデータ処理やデータ分析が扱われ、数学や理科など教科間の連携した学習も期待されている。以下に情報Iで予定されている内容案を示す。

- (1) 情報社会の問題解決
- (2) コミュニケーションと情報デザイン
- (3) コンピュータとプログラミング
- (4) 情報通信ネットワークとデータの利用

情報IIの「情報システムとプログラミング」では、クラウドサービスなどで利用されるサーバで動作するプログラミングを扱う。PCやスマートフォンなどで利用するメッセージ交換や情報サイト、オンラインのゲームなどが動作する仕組みを体験的に学習することが予定されている。以下に情報IIで予定されている内容案を示す。

- (1) 情報社会の進展と情報技術
- (2) コミュニケーションと情報コンテンツ
- (3) 情報とデータサイエンス
- (4) 情報システムとプログラミング
- (5) 課題研究

図 7 に、情報 I においてプログラミングが扱われる「(3) コンピュータとプログラミング」の内容を示す。(ア) においてはコンピュータの仕組みを扱い、(イ) においてはアルゴリズムとプログラミングを扱い、(ウ) においてはモデル化とシミュレーションを扱う。

コンピュータで情報が処理される仕組みに着目し、プログラミングやシミュレーションによって問題を発見・解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のような知識及び技能を身に付けること。

(ア) コンピュータや外部装置の仕組みや特徴、コンピュータでの情報の内部表現と計算に関する限界について理解すること。

(イ) アルゴリズムを表現する手段、プログラミングによってコンピュータや情報通信ネットワークを活用する方法について理解し技能を身に付けること。

(ウ) 社会や自然などにおける事象をモデル化する方法、シミュレーションを通してモデルを評価し改善する方法について理解すること。

イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。

(ア) コンピュータで扱われる情報の特徴とコンピュータの能力との関係について考察すること。

(イ) 目的に応じたアルゴリズムを考え適切な方法で表現し、プログラミングによりコンピュータや情報通信ネットワークを活用するとともに、その過程を評価し改善すること。

(ウ) 目的に応じたモデル化やシミュレーションを適切に行うとともに、その結果を踏まえて問題の適切な解決方法を考えること。

図 7 高等学校「情報 I」学習指導要領における「(3) コンピュータとプログラミング」の内容

中学校や他の教科との関連としては、中学校技術科「D 情報の技術」の学習を踏まえたプログラミングを扱う。コンピュータでの情報の内部表現や情報の抽象化、情報デザインについては、情報 I の「(2) コミュニケーションと情報デザイン」の内容と関連付けて扱う。モデル化とシミュレーションについては、数学 A の「場合の数と確率」との関連が深く連携が大切と説明されている。

5. 高等学校「情報 I」の研修資料

5.1 研修資料の全体

研修資料 [4] は 4 つの章から構成され、それぞれが学習指導要領の内容に対応している。

(序章) 情報科とは何か

(第 1 章) 情報社会の問題解決

(第 2 章) コミュニケーションと情報デザイン

(第 3 章) コンピュータとプログラミング

(第 4 章) 情報通信ネットワークとデータの活用

序章では、情報科で学ぶ内容、情報 I と情報 II の関係、情報 I の学び方、中学校までに身に付けてくること、など

が説明されている。図 8 に、第 1 章以降の各節の学習内容を示す。

第 1 章 情報社会の問題解決	
学習 1	情報やメディアの特性と問題の発見・解決
学習 2	情報セキュリティ
学習 3	情報に関する法規、情報モラル
学習 4	情報社会におけるコミュニケーションのメリット・デメリット
学習 5	情報技術の発展
第 2 章 コミュニケーションと情報デザイン	
学習 6	デジタルにすること
学習 7	コミュニケーションを成立させるもの
学習 8	メディアとコミュニケーション、そのツール
学習 9	情報をデザインすることの意味
学習 10	デザインするための一連の進め方
第 3 章 コンピュータとプログラミング	
学習 11	コンピュータの仕組み
学習 12	外部装置との接続
学習 13	基本的プログラム
学習 14	応用的プログラム
学習 15	アルゴリズムの比較
学習 16	確定モデルと確率モデル
学習 17	自然現象のモデル化とシミュレーション
第 4 章 情報通信ネットワークとデータの活用	
学習 18	情報通信ネットワークの仕組み
学習 19	情報通信ネットワークの構築
学習 20	情報システムが提供するサービス
学習 21	さまざまな形式のデータとその表現形式
学習 22	量的データの分析
学習 23	質的データの分析
学習 24	データの形式と可視化

図 8 研修資料の構成

5.2 第 3 章「コンピュータとプログラミング」

第 3 章ではプログラミングが扱われている。サンプルプログラムの記述に使われているプログラミング言語には Python が採用されており、今後はドリトル [15][16]、JavaScript、Visual Basic、Swift の各言語に対応した版の PDF が公開される予定である。

学習指導要領解説では、(ウ) のモデル化とシミュレーションについては、使用する教材が明示されていなかった。そのため、表計算や専用のアプリケーションの利用が想定されていたが、研修資料ではプログラミングを用いたモデル化とシミュレーションが扱われていることは大きな特徴と考えられる。

第 3 章の内容は、「(ア) コンピュータの仕組み」「(イ) アルゴリズムとプログラミング」「(ウ) モデル化とシミュ

レーション」からなる。図 9 に、第 1 章以降の各節の学習内容を示す。

(ア) コンピュータの仕組み	
学習 11	コンピュータの仕組み ・コンピュータの構成、演算の仕組み ・AND・OR・NOT、真理値表 ・計算誤差、プログラミングを使った確認
(イ) アルゴリズムとプログラミング	
学習 12	外部装置との接続 ・センサ、アクチュエータ、計測・制御プログラム
学習 13	基本的プログラム ・フローチャート、順次・分岐・反復、変数
学習 14	応用的プログラム ・配列、乱数、関数、WebAPI
学習 15	アルゴリズムの比較 ・探索アルゴリズム、ソートアルゴリズムの比較
(ウ) モデル化とシミュレーション	
学習 16	確定モデルと確率モデル ・モデル、モデルの分類 ・確定モデル、確率モデルのシミュレーション
学習 17	自然現象のモデル化とシミュレーション ・自然現象のモデル化とシミュレーション

図 9 第 3 章「コンピュータとプログラミング」の構成

5.3 コンピュータの仕組み

学習 11 では「コンピュータの仕組み」として、コンピュータを構成する装置、論理回路、メモリ上のデータ表現と計算精度、計算誤差を扱っている。プログラムでは、Python の扱える浮動小数点数の最大値を超えた値を扱うことでオーバーフローを表示させる例や、「0.28 - 0.27」を計算させることで 2 進での小数の計算による誤差を表示させる例を扱っている。

5.4 アルゴリズムとプログラミング

学習 12 では「外部装置との接続」として、小型のマイコンボードに接続されたセンサーの計測値を用いてデータを出力するプログラミングを扱っている。図 10 に、複数の LED やセンサを搭載した基板 (micro:bit) [17] を示す。この学習は中学校技術科の内容を発展させるものと考えられるが、外部装置と接続する形のプログラミングの体験や、機器に組み込まれて動く形のプログラミングの学習が扱われており、出力した結果が入力値に影響を及ぼすフィードバックのようなフィードバック制御といった、計測・制御の内容は深く扱われていない。

学習 13 では「基本的プログラム」として、「順次・分岐・反復」の制御構造、流れ図 (フローチャート) での表現、状態遷移図・状態遷移表を紹介した後、それぞれの制御構造を、「流れ図」「日本語記述」「コード」で表現している。図 11 に、処理を説明する 3 通りの記述 (流れ図、日本語

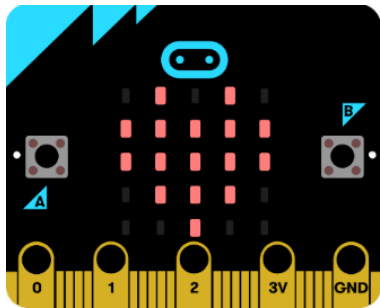


図 10 小型基板教材 (micro:bit)

記述、コード記述) の例を示す。

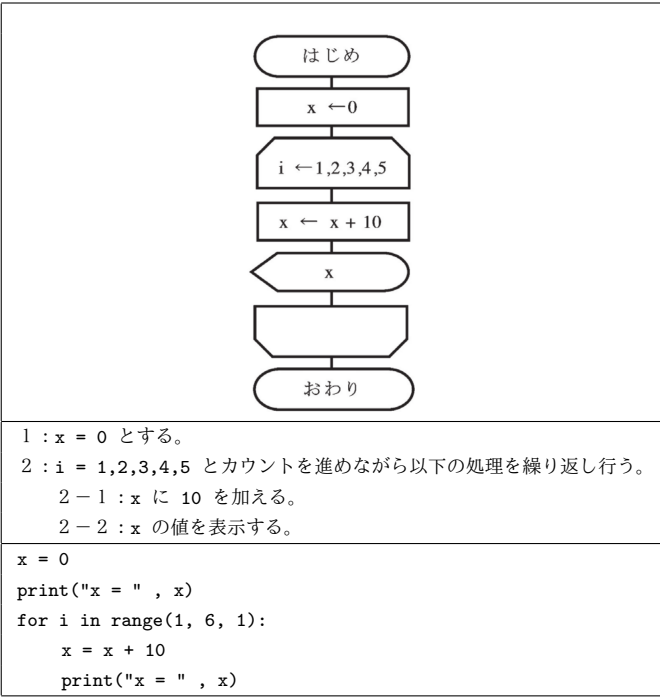


図 11 プログラムの記述例 (流れ図、日本語記述、コード記述)

学習 14 では「応用的プログラム」として、4 つのトピックを紹介している。リストは順序のある集合データを扱うためのデータ構造で、配列と同様にインデックス (添字) で要素にアクセスできる。リストを使うことで、従来の配列とは異なりインデックスを使わずにデータ全体を順に処理するプログラムを記述することができ、プログラムを簡潔に扱えることは大きな利点と考えられる。リストを使用できない言語によってはサンプルプログラムを配列で代替することも考えられる

学習 14 では、続いて乱数と関数定義を扱っている。そして、言語や OS に定義されたライブラリを利用することの発展として、WebAPI を扱っているのは大きな特徴と考えられる。WebAPI としては郵便番号から住所を検索するサービスを利用しており、GET で送信した郵便番号の検索結果を JSON 形式の半構造データとして受け取り、表示している。

学習 15 では「アルゴリズムの比較」として、探索アルゴリズムと整列アルゴリズムのプログラムをそれぞれ 2 種類ずつ紹介し、比較処理を実行した回数を、データ数を変えながら計測する実習を行う。そして、計測した回数をデータ数とともにグラフを描き、計算量の視覚化とアルゴリズムによる性能の違いを観察している。図 12 に、データの違いによるクイックソートの性能の違いを比較したグラフの例を示す。

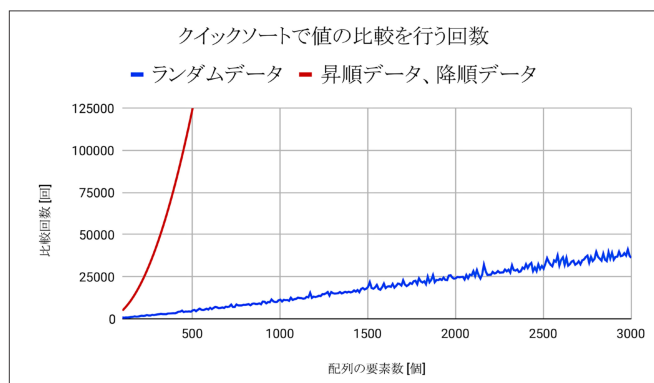


図 12 性能を比較するグラフ例

5.5 モデル化とシミュレーション

学習 16 では「確定モデルと確率モデル」として、未来の状態が一意に確定するモデルのシミュレーションと、未来の状態が確率的に定まるモデルのシミュレーションを扱っている。確定モデルの題材では預金の複利計算のプログラムを、確率モデルの題材ではサイコロの目の出現確率とモンテカルロ法で円周率を求めるプログラムを扱っている。

学習 17 では「自然現象のモデル化とシミュレーション」として、物体の放物運動と、生命体の増加と、ランダムウォークのシミュレーションを扱っている。

6. プログラミング学習環境について

今後、研修資料を利用した教員研修が全国の都道府県などで行われることが期待される。研修を行う教育センターのコンピュータには、あらかじめ実習環境として Pythonなどをインストールしておくことは可能と考えられるが、研修後に教員が勤務先の高校で数十台の PC に言語環境をインストールしたり、バージョンアップなどに合わせてそれらを最新の状態にメンテナンスしていくことは容易ではない。

そこで、オンラインのプログラミング学習環境 Bit Arrow[18][19]において、明星大学と東京農工大学との共同研究として、ブラウザで Python の実習を行えるように開発を進めている。Bit Arrow は、プログラミング言語として、C、ドリトル、JavaScript、DNCL、Python に対応しており、ユーザーが記述したプログラムコードをブラウザ上で

JavaScript にコンパイル（トランスパイル）して実行することで、サーバーとのネットワーク通信を行わない高速な実行が可能になっている。Python についても基本的にはトランスパイルによる実行を基本とするが、統計や機械学習などの学習のために numpy や scipy などの Python に特有のライブラリを使用する場合は、サーバー上のライブラリを利用できるように、サーバー実行の機能も用意した。

高校でのプログラミングの学習では、端末への学習環境のインストールが困難な場合が多かったことから、ブラウザで実行できる JavaScript やアプリケーションソフトウェアで実行できる Visual Basic などが利用されてきた。今後はプログラミングが必修化されることに合わせて、プログラミングの学習に適した学習環境を利用することが望ましい。また、Bit Arrow のようにブラウザ等で手軽に利用できる学習環境の提供も重要になってくると考えられる。

本稿では研修資料の第 3 章を中心に紹介したが、第 4 章では統計的なデータ処理を行うために、表計算、Python、R による簡易なプログラミングが扱われており、データベースの説明では SQL も紹介されている。データベースの学習には、sAccess[20] のようなオンライン学習環境を利用することも考えられる。

7. 今後の実践と情報入試に向けて

本稿では小中高で必修化されるプログラミング教育の概要と、高等学校の教員研修で使用される予定の研修資料の概要を報告した。高校の情報 I などで扱われる内容については、すでに公開されている学習指導要領と学習指導要領解説に加え、今回公開された研修資料を合わせて参照することで、今後、教科書に記載される内容や、授業で扱われる内容をある程度具体的に検討できるようになった。また、検討が進められている共通テストや二次試験などでの大学入試テストの検討についても参考になる部分が多いと考えられる。

新しい教育課程では小学校段階からプログラミングが扱われるが、情報科学の内容についても理解することは重要である。今後も継続して CS アンプラグド [21][22][23][24]をはじめとしたわかりやすい教材の研究を進めたい。

参考文献

- [1] 文部科学省, "新学習指導要領（平成 29 年 3 月 公示）," http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm
- [2] 堀田龍也, "新学習指導要領における情報教育の動向," 情報処理, 情報処理学会, vol.59, no.1, pp.72-79, 2018, <http://www.ipsj.or.jp/magazine/9faeag000000tq7i-att/5901education.pdf>
- [3] 文部科学省, "高等学校学習指導要領解説," http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1407074.htm
- [4] 文部科学省, "高等学校情報科「情報」教員研修用教材,"

- http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416746.htm
- [5] 文部科学省, “小学校プログラミング教育の手引,”
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm
- [6] 小林祐紀, 兼宗進, “コンピューターを使わない小学校プログラミング教育 ルビィのぼうけんで育む論理的思考,” 翔泳社, 2017.
- [7] 小林祐紀, 兼宗進, 白井詩沙香, 白井英成 編著, “これで大丈夫! 小学校プログラミングの授業 3 + α の授業パターンを意識する [授業実践 39],” 翔泳社, 2018.
- [8] 小林祐紀, 兼宗進, 中川一史 監修, “小学校プログラミング教育の研修ガイドブック,” 翔泳社, 2019.
- [9] “Scratch,” <https://scratch.mit.edu/>
- [10] 兼宗進監修, 島袋舞子著, “ドリルの王様 1,2 年のたのしいプログラミング,” 新興出版社啓林館, 2019.
- [11] 兼宗進監修, 島袋舞子著, “ドリルの王様 3,4 年の楽しいプログラミング,” 新興出版社啓林館, 2019.
- [12] 兼宗進監修, 島袋舞子著, “ドリルの王様 5,6 年の楽しいプログラミング,” 新興出版社啓林館, 2019.
- [13] “プログラミング言語「ドリトル」,”
<https://dolittle.eplang.jp>
- [14] 兼宗進, 村松浩幸, “ドリトルによるプログラミング学習,” 東京書籍, 2017.
<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/detail/101646/>
- [15] “まずはここから プログラミング事例集,” 東京書籍, 2018, <https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/detail/102829/>
- [16] 吉田葵, 佐々木寛, “IT・Literacy Scratch・ドリトル編—ブラクティス「情報科」,” 日本文教出版, 2016.
- [17] “micro:bit,” <https://microbit.org/ja/guide/>
- [18] “オンラインプログラミング環境 ビットアロー (Bit Arrow),” <https://bitarrow.eplang.jp>
- [19] “Bit Arrow で始める プログラミング事例集 Vol.2,” 東京書籍, 2019,
<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/detail/111752/>
- [20] “sAccess,” <http://saccess.eplang.jp>
- [21] “CS アンプラグド,” <https://csunplugged.jp>
- [22] 兼宗進監訳, “コンピューターを使わない情報教育 アンプラグドコンピュータサイエンス,” イーテキスト研究所, 2007.
- [23] 兼宗進, 白井詩沙香, “テラと7人の賢者,” 学研, 2017.
- [24] “Computer Science without a Computer,”
<https://www.csunplugged.org/en/>