

自宅で行うオリジナル作品制作の学習効果と問題点 ～ オンラインプログラミング学習環境を用いて～

間辺 広樹¹ 長島 和平² 並木 美太郎² 長 慎也³ 兼宗 進⁴

概要: 一般家庭への情報通信環境の普及とオンライン学習環境の増加は、これまで困難だった学習活動を可能にし、教育の質向上が期待できるようになった。高等学校におけるプログラミング教育も、これまで限られた授業時間の中だけで実施せざるを得ない状況にあったが、授業と同等の学習環境を容易に自宅に再現できるようになったことから、授業と自宅学習を連携した学習活動を見込めるようになった。本研究では、高等学校の情報科目「情報の科学」を受講し、プログラミングの基礎を学んだ高校1年生312名に対して、冬季休業期間中に「オンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow を用いたオリジナル作品作り」という宿題を課した。アイデアを形にするという過程を体験させることで、プログラミング技術の向上を見込んだものである。本稿では、プログラミングの自宅学習に関して明らかになった問題点について報告すると共に、生徒作品と生徒の取り組み状況等から得られた学習効果について示す。

キーワード: プログラミング教育, オンラインプログラミング学習環境, Bit Arrow, JavaScript, 情報教育

Learning effect of programming homework by online learning environment

MANABE HIROKI¹ NAGASHIMA KAZUHEI² MITAROU NAMIKI² CHO SHINYA³ SUSUMU KANEMUNE⁴

Abstract: In recent years, personal computer ownership rate as information communication terminal has been increased. Moreover, online programming learning environments have also spread and getting accessible to people.. This means to be expected to improve the quality of programming education. Therefore, we gave a programming homework, which is to create original programming content, to high school students during winter vacation. In this report, we introduce how we attempted the learning activity and evaluate the learning effect of the activity.

Keywords: Programming Education, Online Programming Learning Environment, Bit Arrow, JavaScript, Informatics

1. はじめに

プログラミング教育の必要性が社会の中で強く認識され、小学校から大学までのすべての校種においてその充実が求められるようになってきた。平成28年12月の文部科学省中央教育審議会の答申（中教審第197号）[1]によれ

ば、「小学校において、教科等における学習上の必要性や学習内容と関連付けながらプログラミング教育を行う単元を位置付けること、中学校の技術・家庭科技術分野においてプログラミング教育に関する内容が倍増すること、高等学校における情報科の共通必修科目の新設を通じて、小・中・高等学校を通じたプログラミング教育の充実を図ることとしている。」と、各校種でのプログラミング教育の充実を求めている。平成29年3月には、文部科学省、総務省、経済産業省がプログラミング教育の普及・推進を目指す官民連携の組織「未来の学びコンソーシアム」[2]を設立し、

¹ 神奈川県立柏陽高等学校 Hakuyo high school

² 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

³ 明星大学 Meisei University

⁴ 大阪電気通信大学 Osaka Electro-Communication University

「必要な情報を活用して新たな価値を創造していくために必要となる情報活用能力の育成（プログラミングを含む）」を求めた。プログラミング教育が大きな規模で改革されようとしている反面、学校現場においては、誰がいつ、何を、どのように教えればよいか、など様々な問題に直面していて、大きな戸惑いがある。

本研究では、高等学校におけるプログラミング教育に焦点を当てる。次期学習指導要領では高等学校の共通教科情報科の共通必修科目を「情報Ⅰ」へと統一・改定し、「全ての高校生」が学ぶこととなったことが、従来と最も大きな違いである。また、「プログラミングによりコンピュータを活用する力を身に付けられるようにする」と、学習目標も高く設定されている。高等学校ではテキスト型言語を用いた実践が多いが、言語や学習環境が学びやすさや授業進度に影響するため、それらを慎重に選択することが必要である。例えば中西 [3] は、西田ら [4] が開発した初学者用プログラミング学習環境 PEN を用いたことで、それまで用いていた表計算ソフトのマクロ言語よりも「おまじないの要素が少ない」ことから、「授業の進行が楽になった」と報告している。科目の単位数は2単位と少ない。学習目標へ到達するために、効率的な教授法の検討が今後必要である。特に、プログラミングの習得には時間が掛かるため、学習時間の確保が必至である。

一般に授業時間の不足を補うために行われる学習活動が、家庭における「宿題」である。中野ら [5] が「韓国では児童生徒は家に帰れば必ずコンピュータがあり、先生はそれを前提に宿題を出す。まれにコンピュータが家にない児童生徒がいると、学校から教育委員会にそれを報告し、そこで対処がなされる」と報告するように、授業を補助する一般的な学習の形である。これまで日本では、家庭のパソコン保有率の問題や、宿題のために教員が講じる配慮や対策への負担などから、コンピュータを使った学習を宿題などの形で生徒に課すことはこれまで難しかった。しかし、総務省の「通信利用動向調査」[6] によれば、近年パソコンを情報通信端末として保有する世帯は80%を超えていて、配慮を必要とする家庭が減少してきた。また、例えば家庭がパソコンを保有していたとしても、OS やアプリケーションソフトが授業環境と一致するとは限らないことも宿題実施の障壁となっていた。

宿題に言及した高等学校の授業に、平成26年度プログラミング教育実践ガイドに紹介された田中 [7] の報告がある。これは、Webブラウザとテキストエディタを用いたJavaScriptの授業であり、「特殊な機材は一切使用しないため、自宅に持ち帰っての復習が可能である」と宿題の可能性を示唆している。確かに、この環境であればインストールの手間などは不要であり、JavaScriptの活用はプログラミングの入門に適している。しかし、筆者らの経験では、ウィンドウを切り替えながらの作業が強いられることで学

習に集中できないことや、エラーメッセージがわかりにくいことなどが課題であった。また、生徒作品を集めることにも負担があった。

しかし、オンラインで学べるプログラミング学習環境には、授業と同等の学習環境を家庭のパソコンに作りやすいことや、作品の収集を容易にする可能性がある。そこで、オンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow と、そこで活用できる教育用 JavaScript を用いることとした。

学校の休業期間とオンラインプログラミング学習環境を利用した宿題を課すことで、高校生がどれだけの学習時間を使い、どのような学習効果が得られるかを明らかにすることが、本研究の目的である。宿題の内容は「オリジナルの作品作り」である。この内容は、筆者らが「アイデアを形にすることがプログラミングの魅力」と生徒に伝えているメッセージを、実体験を通して理解させようとしたものである。また、文部科学省中央教育審議会の答申 [1] で、「情報コンテンツを創造する力を育む」ことを目的の一つとするとした選択履修科目「情報Ⅱ」の実施を見据えたものでもある。更に、作品制作には困難が伴うため、その解決を生徒自身で図る過程でプログラミング技術の習得と向上を見込めると考えた。そこで、次のように学習計画を立てた。

- (1) 通常のプログラミングの授業を5回程度実施する
- (2) 冬季休業中に自宅にてオリジナル作品を制作させる
- (3) 休み明けに提出された作品を教員がチェックする
- (4) 作品を生徒同士で閲覧しあう
- (5) 取組み状況と感想をアンケート調査する

家庭でパソコンを所有していないなどの生徒に対しては、冬季休業中に学校のコンピュータ教室を解放し、自由に使えるようにした。自宅での学びは授業のように時間を気にする必要がないため、じっくりと考えたり、試行錯誤しながらプログラミングすることができる。このことによって、エラーの処理など生徒自身による問題解決能力の向上や、プログラミングによって創造する力の伸張が期待できる。一方で、教師の管理下ではないことから、安易な手段で宿題を終わらせてしまうことなどが問題点として懸念される。本稿では、この取り組みの詳細を示した後、自宅による作品制作の学習効果と、明らかになった問題点について報告する。

2. 研究の背景

2.1 家庭学習のための事前調査

本研究の対象となったのは「情報の科学」を受講する高校1年生312名である。事前に家庭におけるパソコンの利用状況とプログラミングの印象について、以下のようにアンケート調査した。

- (1) インターネットに接続したパソコンを自宅にて自由に使えるか。(使える/使えない)

- (2) 授業以外でのパソコンの利用頻度（ほぼ毎日/1週間に数日程度/1ヶ月に数日程度/数ヶ月に1回程度/全く利用しない）
- (3) パソコン操作は得意か（とても得意/少し得意/あまり得意でない/苦手）
- (4) プログラミングができるようになりたいと思うか（強く思う/少し思う/あまり思わない/全く思わない）

その結果、(1)のインターネットに接続したパソコンを自宅にて自由に使えると答えた生徒は252名(81.3%)と8割を超えていた(図1)。(2)の授業以外でのパソコンの使用頻度については、頻度の高い生徒は少なく、「1ヶ月に数日程度・100名(32.1%)」「数ヶ月に1回程度・90名(28.8%)」「ほとんど使わない・50名(32.1%)」と頻度の少ない生徒が240名(76.9%)と大半を占めた(図2)。その影響もあってか、(3)のパソコンの操作については「得意」「少し得意」と感じている生徒は少なく、「あまり得意でない・147名(47.1%)」「苦手・77名(24.7%)」と苦手意識を持っている生徒は254名(71.8%)であった(図3)。ただし、(4)のプログラミングができるようになりたいと思うかについては、「強く思う・102名(32.7%)」と「少し思う・174名(55.8%)」を合わせて276名(88.5%)ができるようになりたいと回答した(図4)。

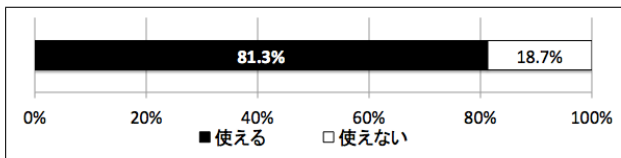


図1 インターネット接続したパソコンを自宅で使えるか (N=312)

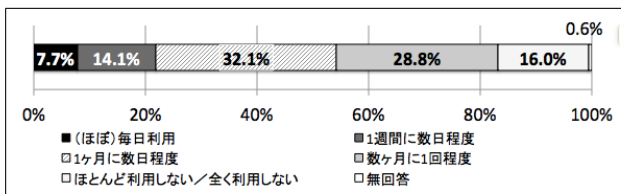


図2 授業以外でのパソコンの使用頻度 (N=312)

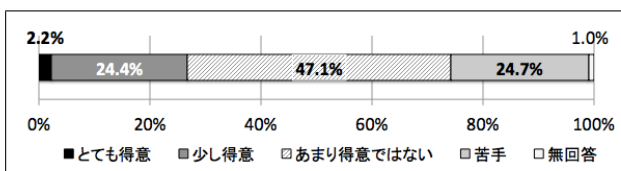


図3 パソコン操作は得意か (N=312)

この結果から、一部の生徒は家庭学習ができないが、コンピュータ教室を解放するなどの措置で対応が可能と考えた。また、プログラミングができるようになりたいという生徒の気持ちは強いいため、ある程度積極的に作品作りを取

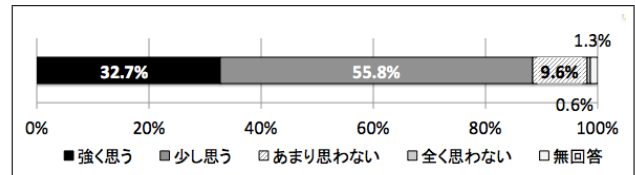


図4 プログラミングできるようになりたいと思うか (N=312)

り組むが、パソコン操作への不安などから生徒には負担の大きな宿題になると想定された。

2.2 オンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow

Bit Arrow は長島らによって開発が進められてきたオンラインプログラミング学習環境である [8][9]。現在、JavaScript, C 言語, ドリトル [10] の3言語から選択して利用することができる。サーバー上で動作するため、学校と家庭のパソコンの機種や OS が異なっても同一環境で実施できるメリットがある。また、などの要素にアクセスする DOM(Document Object Model) を操作するライブラリが用意されているため、スペルミスを引き起こしやすい長い命令を短くしたり、プログラムの実行を一時的に停止させるなどの難しい処理を容易に実現できるようになっている。

JavaScript は一般に Web ページを構成する HTML ファイルの script タグ内に記述するが、BitArrow の教育用 JavaScript には HTML と JavaScript のタブが用意されていて、これを使い分けることで2通りの学習方法から選ぶことができる。

図5の方法では、HTML タブ内だけをを用いて従来型の JavaScript のプログラムを BitArrow のにプログラムを記述し、実行している。従来はエラーがわかりにくいことやエディタとブラウザを使い分ける操作が煩雑であったが、その課題が解消されていてプログラミングに集中できるというメリットがある。

図6の方法では、HTML タブ内に要素名を定義するなど必要なことだけを記述した上で、JavaScript タブ内にプログラム本体を分けて記述し、実行している。こちらの方法では通常の命令が BitArrow 固有の命令に置き換わる(例えば document.write が addText になる、など)が、前述した DOM を利用できるというメリットがある。

また、Bit Arrow にはゲームのサンプルプログラム(図7、図8、図9)や命令の一覧と各命令の詳しい説明も用意されているため、独学にも対応している。ゲームをサンプルとすることは、野口 [11] が「評価の高い(学生間でも面白いと評価する)作品が含まれており、プログラミング技術ばかりでなく、さまざまな能力が開発されていることがわかった」と報告するように、高い学習効果が期待される。

Bit Arrow のサンプルのゲームは、所謂「落ちもの系」で、上から落ちてくる複数のボールをボタンを押してキャラ



図 5 BitArrow 版 JavaScript の画面

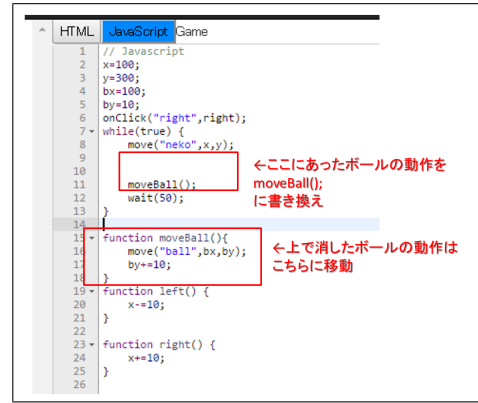


図 8 Bit Arrow のサンプルプログラム



図 6 DOM を利用できる BitArrow 固有の画面

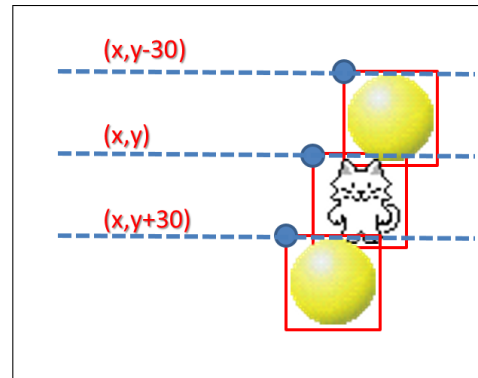


図 9 Bit Arrow のサンプルプログラム

クタを動かすことで、ボールにぶつからない様にするものである。これを手順に沿って作成していけば、画像のアニメーションや、衝突判定、配列、関数などプログラミングに関する様々な概念を学べるようになっていく。

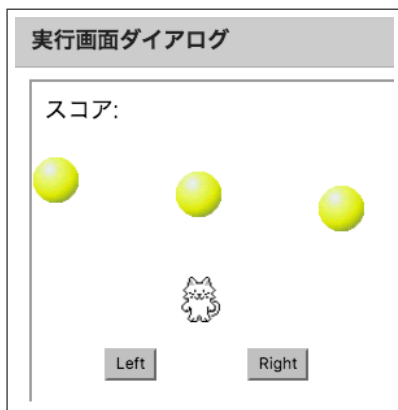


図 7 Bit Arrow のサンプルプログラム

3. 研究計画

本研究は、Bit Arrow の教育用 JavaScript を使って以下のように、6 時間の授業を行った後、自宅での作品制作を行わせたものである。その後、各生徒の家庭のパソコンが

ら Bit Arrow にアクセスできることを確認させた上で、冬季休業中の作品制作を行わせた。授業の内容と作品制作前に生徒に与えた指示内容を示す。

3.1 プログラミングの授業

授業は 1 コマ 65 分で、1 人の教師が操作画面を提示しながら説明し、生徒にも同様のプログラムを作成させる形で進めた。

- (1) 順次構造の理解：ドリトルを使った簡単な図形の描画
- (2) 条件分岐の理解：Bit Arrow の使い方、奇偶判定、じゃんけん (if)
- (3) 反復構造の理解：画像表示 (for)
- (4) 条件分岐の反復構造の組合せ：FizzBuzz 問題 (if と for)、コラッツの予想 (while)
- (5) 復習と確認テスト
- (6) 確認テストの結果から多くの生徒が誤っている箇所の指摘

尚、5 コマ目までの実践については文献 [12] に詳細を記してある。Bit Arrow は 2 コマ目から用いた。利用に先立ってクラス ID とユーザ名でログインすることや、インターネット上のサーバを使って学習するために、自宅からもアクセスして同一環境で学習できることなどを説明した。プログラミングの基本概念として扱ったものは、変数、順次構造、条件分岐 (if)、反復構造 (for, while) 等である。これ

らを奇遇判定や FizzBuzz 問題などのわかりやすい問題を解く過程で説明した。5~6 コマ目の授業では、それまでのプログラムを復習したり、改変や発展させるための時間を設け、色々なことを試してみるように指示した。

3.2 作品制作

冬季休業中の作品制作については、プリントを配布して指示を出した。プリントには以下の、「評価の観点」を示した。

- (1) 技術の高さ（授業の内容を応用・発展させてプログラムを作ることができたか）
- (2) 独創性（オリジナリティのあるプログラムを作ることができたか）
- (3) 自分で作ったか（コピー＆ペーストに頼らず、試行錯誤しながら自分で作ることができたか）

また、「プログラムメモ」として、作品制作後に生徒が記入する欄を設けた。

- (1) どのようなプログラムを作ったか
- (2) 実行画面のイラスト
- (3) どのような点を工夫したか
- (4) どのような点に苦労したか
- (5) 作品制作に要した時間
- (6) 感想

自宅からパソコンによるインターネットアクセスができない生徒に対しては、コンピュータ教室の開放日を示した。また、Bit Arrow のサイトに紹介されているサンプルプログラムと命令一覧を紹介し、独学に適することから、有効活用するように促した。作品制作のために生徒間で情報交換することや家族に相談することは構わないが、必ず自分でアイデアを出してそれを形にするための努力をするように、との指示をした。どうしてもアイデアが出ない場合は、サンプルのゲームプログラムを改変し、そこに自分のアイデアを組み込むことは認めるが、インターネット上に公開されているプログラムなどをコピーして使うことのないように、という注意をした。

冬季休業明けの計画として、プログラムメモを提出し、教師が Bit Arrow に保存された作品をチェックすることと最初の授業でクラス内（各クラス生徒約 40 名）で相互に閲覧し合うという活動を行う予定であることを告げた。

4. 作品制作の実施結果

作品制作の結果として、「実施状況」、「生徒はどのような作品を作ったのか」、「生徒はどのようなプログラムを書いたのか」を概観した上で、生徒作品を相互閲覧した後のアンケート結果について示す。

4.1 実施状況

4.1.1 作品の提出状況

自宅で作業ができない生徒への配慮として行ったコンピュータ教室の解放は、28 名が利用した。Bit Arrow に保存された作品を確認したところ、3 名除いた 309 名（99.0 %）が作品を制作し、提出を済ませていた。冬季休業明けの始業日には、プログラムメモ（図 10）を提出させた。

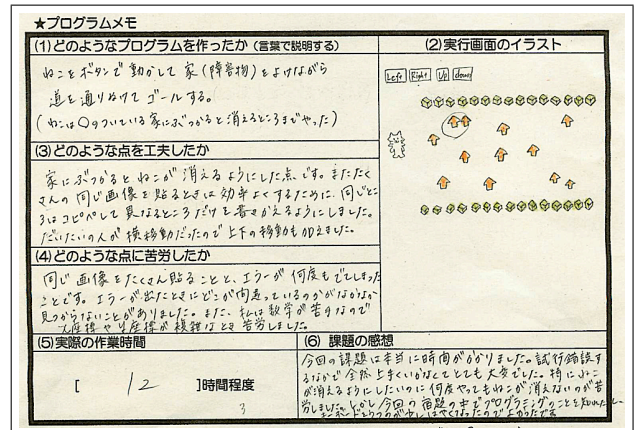


図 10 プログラムメモの例

筆者らは 1 作品ずつ本人が書いたプログラムメモと照らし合わせながら、ソースプログラムとその実行結果をチェックした。

4.1.2 作品提出後の授業

作品提出後の授業では、クラスの生徒作品にリンクを設定した HTML ファイルを配布し、相互に閲覧する時間を設けた。その後、「作品制作を通して学べたことはあったか、またそれは何か」、「クラスメイトの作品を見て感じたこと」、「作品制作の感想」をアンケート調査した。

4.2 生徒はどのような作品を作ったか

提出された 309 作品を見ると、サンプルプログラムと同じ「落ちもの系」が、全体のほぼ半数の 150 作品（48.5 %）を占めた。その中でもサンプルと全く同じものと、サンプルとは差異が認められないと筆者らが判断したものが、合わせて 46 作品あった。サンプルとの差異が認められないとは、例えば、画像を変えただけゲームとしての操作性や楽しみ方に違いがないものなどである。逆に、サンプルを元にしながらも工夫を凝らして、サンプルとは操作性や楽しみ方に違いを出した作品も多かった。例えば、図 11 は、時間内に障害物を避けてゴールまで進むゲームとして制作された。衝突判定などはサンプルプログラムを元にして作られているが、キャラクタをキー操作で動かす工夫などが施されていて、サンプルとは違うゲームに仕上がっている。プログラムメモ（図 10）には、制作に 12 時間を要したことや、エラーに苦しんだこと、数学が苦手なために座標の設定に苦労したこと、作品制作を通してプログラミングに

ついて知ることができたことなどが記されている。



図 11 生徒作品

画像を移動させるアニメーションは 23 作品 (7.4 %) が制作された。文字列を足跡として残しながら歩くうさぎのアニメーションや、星型に並んだ複数のビーバーが協調してダンスをするアニメーションなど、多くの作品に工夫点があることを確認した。また、ゲームは「落ちもの系」以外のものもあり、スロットマシンやアニメーションと組み合わせた独自のゲームなどもあった。また、素因数分解などの数学的な題材に取り組んだ作品もあった。

4.3 生徒はどのようなプログラムを書いたのか

生徒が書いたプログラムを見ると、授業で学んだ命令だけで構成されているものと、サイトの命令一覧で紹介されている命令を用いたもの、授業でもサイトの命令一覧にもない命令を用いたものに分かれた。

4.3.1 授業で学んだ命令だけで構成されたもの

図 12 は、授業で使った命令だけで構成された生徒の作品例である。FizzBuzz 問題の For と if の組合せと条件設定の仕方を応用して、幾何学模様という全く別の作品になっている。オリジナルのアイデアを実現したという観点からすると、筆者らが設定した学習目標に到達した例である。

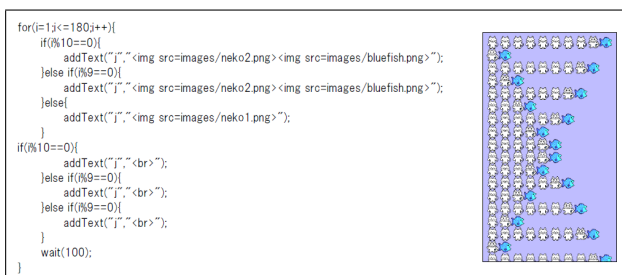


図 12 生徒作品

4.3.2 命令一覧で紹介されている命令を用いたもの

サイトの一覧で紹介されている命令や概念で、授業で学ばなかったものも多く使われた。最も多く使われたものは配列であった。その多くは、サンプルプログラムと同種の動きをするゲームなどに使われていて、サンプルプログラムを通して利用したと考えられる。また、画像を回転したり、拡大縮小する命令も多くの作品に使われていた。

4.3.3 授業や命令一覧以外の命令を用いたもの

ハイレベルな動作をする作品も複数みられた。それらの多くは教育用 JavaScript ではなく、従来型の JavaScript が使われていた (図 13)。その理由を当該の生徒に尋ねたところ、Web や書籍を見て自分で調べ、それを元にオリジナルの作品制作をしたという回答や、プログラミングができる父親に教えてもらいながら作品制作したという回答などが返ってきた。生徒自身で調べたことも考えられるが、Web 上のソースをコピーして用いたことも否定できない。実際に、その中の 7 作品で、同一のプログラムが Web 上にあることを確認した。



図 13 従来型の JavaScript で作られたプログラム

4.3.4 整理のされていない同種の命令を並べたもの

その他、特徴的な傾向として、凝った動作をするプログラムや、制作に多くの時間を費やした作品に、整理のされていない同種の命令を書き並べたもの (図 14) が多かった。

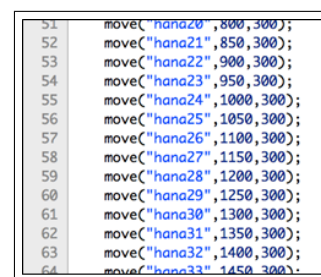


図 14 同種の命令を並べたプログラム例

4.4 プログラムメモとアンケート結果

4.4.1 制作に要した時間

作品制作に要した時間の集計結果を図 15 に示す。平均で 5.9 時間で、3 時間から 5 時間が最も多い時間帯であった。39 名が 10 時間以上制作に費やした。

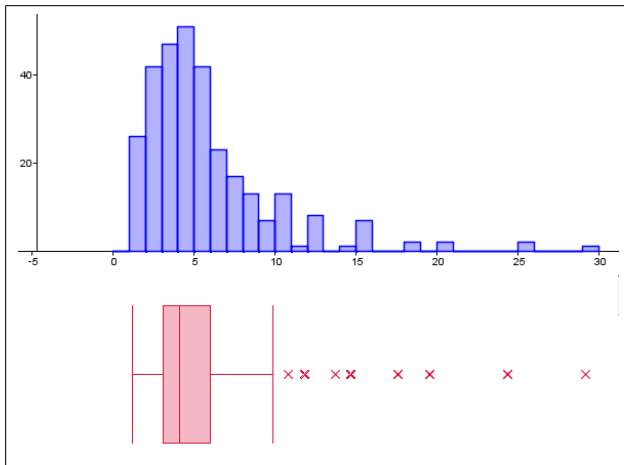


図 15 作品制作に要した時間

4.4.2 作品制作を通して学べたこと

アンケートの「作品制作を通して学べたことはあったと思いますか?」の問いに対して、259名(83.8%)が「はい」と答えた。

その理由を、『プログラミングスキル向上の自覚』『プログラミングの難しさ』『技術への驚嘆や原理の理解』『アイデアを出すことの重要性』として分類したものを図 16 に示す。

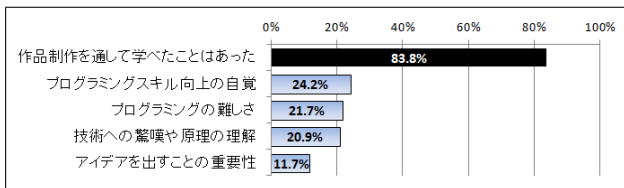


図 16 作品制作を通して学べたことの有無とその理由

学べたことはあったと答えた生徒の理由として最も多かったものは、『プログラミングスキル向上の自覚』である。75名(生徒全体の24.2%)が記述した。その内容は、「指示の順番を正確に行うこと」「正確に命令をしないと正しく動作しないこと」「トライアンドエラーは少しずつ変えること」など、プログラミングに必要な基本的な考え方が多く書かれていた。また、「習っていない命令でも使ってみて動作を確認すること」と、積極性が芽生えたものや「授業だけでは理解できなかったプログラミングをしっかりと理解できた」や「だんだん while や if の意味がわかってきて、自分の思い通りに動いた時は嬉しかった」など、家庭学習を通して理解できたことを示す記述もあった。

『プログラミングの難しさ』は67名(同21.7%)が記述した。その内容は、「自分のアイデアがあっても形にするのは難しいということ」「エラーをなくすことは難しい」などが記されていた。

『技術への驚嘆や原理の理解』は63名(同20.4%)が記述した。その内容は、「普段やっているゲームがどれほどすごい技術でできていたか」などが記されていた。

『アイデアを出すことの重要性』は36名(同11.7%)が記述した。その内容は、「教科書やサイトに載っている基本的なものに、自分で工夫することで新しいものを作り出すことができるということ」「オリジナルのものを考えるのは難しい」などが記されていた。

作品の傾向や制作時間との関係も調査したが顕著な傾向は見られず、サンプルのままの作品を提出した生徒とそうではない生徒も上記のような記述の傾向に大きな差異は認められなかった。

4.4.3 クラスメイトの作品を見て感じたこと

「クラスメイトの作品を見て感じたことを書いて下さい」の問いに対しては、「アイデアが人それぞれで、自分では思いつかないようなプログラムがたくさんあって、面白かった」「間違い探しなど画像をうまく使うことで様々なゲームができるんだと感じた」など、アイデア個性を出すことの重要性や、それが作品の価値を高めることの記述が複数見られた。また、「自分がやろうとしてできなかった動きができていた。凄い」や「サンプルをほとんど参考にしていないような作品が何個かあってすごいと思った」など、技術面での驚きを示す記述もあった。

その中で、図 17 の作品については、「習ったことを使いつつ、皆も楽しめる素晴らしい作品」「間違い探しがオリジナル感があって良い。画像をうまく使って様々なゲームを作れることを知った」と他の生徒から高く評価されていて、工夫や独創性のあるものに価値があることを生徒自身が感じ取っていることを確認した。

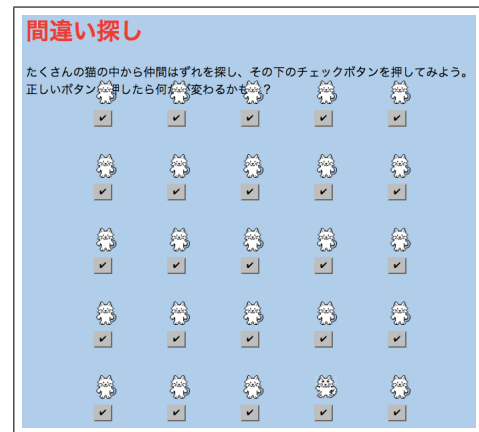


図 17 生徒から高く評価された作品

一方、否定的な記述として「同じような作品が多くて残念だった」と、サンプルプログラムと似た作品が多かったことを嘆くものや、「画面を見ても何をしたいかわからない」と、操作の仕方をわかりやすく伝えることを制作者本人に求める指摘も多かった。

4.4.4 作品制作の感想

感想として最も多く書かれていたのが「難しかったけど、楽しかった」「大変だったけど、うまくできた時の達成感

は大きい」といった、困難と喜びとが混在したコメントであった。

肯定的な意見としては、「授業では全く追いつけなかったが、後になって自分で内容を確認することでより深い理解ができるようになって、楽しいと感じることができた」と、作品制作を行う過程でプログラミング技術が向上したことを自覚したコメントや、「僕はパソコンが苦手で、操作も遅いです。ただ、今回は冬休みという時間があり、その分丁寧に試行錯誤する中で、仕組みをよく理解できました。大変でしたが、楽しかったです」と家庭学習だからこそ情報技術への理解を深めることができたというコメントがあった。

否定的な意見としては、「何を作っているのかわからない」など、アイデアがでないことを嘆いたものが多かった。また、「もっと学んでから作品制作を行いたかった」「命令一覧や命令の使い方が書かれたプリントが欲しかった」など、学習活動への改善点を提案するものもあった。

5. 考察

本章では、「実施状況と家庭学習について」「学習効果について」「作品制作の問題点について」の3観点で本学習活動を評価した上で、パソコンを使った家庭での学習活動の情報科教育への位置付けについて考察する。

5.1 実施状況と家庭学習について

休業中の課題として99%という高い提出率を記録した。パソコンとインターネット接続環境が家庭に普及したことで、オンライン学習環境を利用して授業と同じ学習環境を家庭にも構築できたことが、それを実現する背景となったと考えられる。家庭で作品制作ができない生徒のためにコンピュータ教室の開放を行ったが、28名がコンピュータ教室で制作をした。この中には、友人と一緒に作業をしたという生徒や、わからないところを先生に聞きに来たという生徒も含まれていたため、家庭で制作できなかった生徒は28名より少なかったと考えられる。これを機会に家庭にパソコンとインターネットの環境を整えたという生徒もいて、情報通信環境は今後もより多くの家庭へと浸透していくことが考えられる。家庭学習は今後の情報教育・プログラミング教育における重要な検討課題である。

作品制作に費やした時間は平均で5.9時間と、当初筆者らが想定した時間を大きく上回った。10時間以上費やした生徒も1割以上にのぼる。これは、制作しながら面白さが出てきたことや、エラーを消すために何時間も掛かってしまったなど、様々な要因が考えられる。初学者に何時間もプログラミングさせることができたのも、自宅学習だからこその結果である。

5.2 学習効果について

アンケートの「作品制作を通して学べたことはあったと思いますか?」の問いに対して、8割を超える生徒から肯定的な回答を得た。その理由については、『プログラミングスキル向上』に関するものが最も多く、次いで『情報技術の原理の理解』、『アイデアを出すことの重要性』が多かった。

『プログラミングスキル向上』については、「トライアンドエラーは少しずつ変えることが必要」などプログラミングに関する基本的な事項が多く、事前の授業において、それらを十分に理解させることができていなかったが、「だんだんwhileやifの意味がわかってきて、自分の思い通りに動いた時は嬉しかった」など、作品制作を行っていく過程で、基本的な事項を理解し、プログラミングへの意識が変容したことが伺えた。創作性の高い作品を作った生徒や問題解決できた生徒の記述には、「大変だったけど達成感があった」「難しかったけど楽しかった」など困難と喜びとが混在するものが多かった。サンプルを写しただけと考えられる生徒も、ゲームを作れたことに喜びを感じたり、正確に記述しなければいけないことなどを学び取っていて、それぞれに学習の意味を見出していた。このように感じるものの背景には、家庭学習でじっくりと作品制作に取り組むことができたことや、作品を形にしようとする生徒の意欲が背景にあったと考えられる。ただし、プログラミングの技術や能力については、筆記テストなどを用いた客観的な評価を行うことが必要であり、例えば作品制作に要した時間と筆記テストの結果などに、何らかの関わりも期待できるが、その検証は今後の課題である。

5.3 作品制作の問題点について

明らかになった問題点は、サンプルプログラムと異なる作品を46名の生徒が提出したことと、インターネット上に公開されているプログラムとほぼ同じものを7名が提出したことである。事前に「サンプルプログラムを改変し、アイデアを組み込むことは認める」と「インターネット上に公開されているプログラムをコピーして使わない」の注意はしたが、どちらも徹底はできなかった。プログラミング技術を向上させる過程では、プログラムの一部を写すという行為を悪いと決めつけることもできないが、自分の作品として提出するに際しては、何が良くて何が悪いのかの線引きを十分に行うことが必要であった。特に、インターネット上のプログラムをそのまま写して自分の作品として提出する行為は明らかに問題である。それらはすべて従来型のJavaScriptで書かれたプログラムであるため、教育用JavaScriptで作ることと限定すれば、問題を回避できる可能性もあるが、今後は著作権教育も並行し、徹底した指導を行うことが必要である。

生徒によっては「アイデアを出す」ことが思いのほか難しく、作品制作の敷居を高くした。生徒からは「何を作っ

ていいのかわからない」という趣旨のコメントが多かった。これが、サンプルと類似した作品が多かったことの背景にもなっていると考えられる。毎日の学校の授業も日常的な情報機器の使い方も、生徒は基本的に「受け身」であり、自ら何かを創り出そうという意識が希薄になっていることなどが要因として考えられる。だからこそ、コンピュータがプログラム次第で変化する機械であることを理解させることが必要である。本実践では十分な例示が出来なかったが、図 10、図 12、図 17 などの作品をプログラムレベルで示して、単純な命令も組合せ次第で様々なものを作れることを具体的に示すことは一定の効果があると期待している。今後の検証課題である。

プログラミングの技術指導の問題点として、図 14 のように同種の命令を書き並べたようなプログラムが、多くの作品に使われた。これは所謂「力作」に多く、生徒が思いを形にしようと努力した証でもある。限られた授業時間で作品制作を行わせたことで、プログラムの読みやすさや効率化を意識したプログラム作りを指導する時間を作れなかった。今後は授業時間の確保や教材の工夫をして、良いプログラムの条件など指導をすることが必要である。

6. まとめ

一般家庭への情報通信環境の普及とオンライン学習環境の整備を背景に、「自宅で行うオリジナル作品制作」を高校生 312 名に課した。その結果、9 割を超える生徒が自宅で作品制作し、ほぼ 100 % の生徒が期限内に作品を提出した。また、作品制作を通して 8 割を超える生徒がプログラミング技術の向上を自覚した。これらの結果から、本学習活動が高等学校情報科のプログラミング教育の中で行う活動として、適切かつ有効なであることを確認した。特に、限られた授業時間の中でプログラミング技術の向上を見込むことは困難であるが、自宅学習を併用することができれば、学習の幅も広がり、教育の質向上も期待できる。

ただし、Web 上のプログラムのコピーや、サンプルプログラムがそのまま提出されてしまうなどの問題が生じた。今後はこれらの問題に対する有効な解決策を検討しながら、新たなプログラミング教育の形を追求していきたい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (17K00989, 奨励研究 16H00221)、パナソニック教育助成財団第 42 回研究助成、並びに、NPO 法人 Canvas の協力を受けています。

参考文献

- [1] 文部科学省中央教育審議会の答申 (中教審第 197 号): <http://www.mext.go.jp/b.menu/shingi/chukyo/0/toushin/1380731.htm>
- [2] 「未来の学びコンソーシアム」: <https://miraino-manabi.jp/>

- [3] 中西渉: プログラミング入門をどうするか: 5 高校におけるプログラミング教育 - 愛知県の状況と実践事例の報告 -, 情報処理学会会誌, 情報処理 57(4), pp.358-361(2016).
- [4] 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 48(8), pp.2736-2747(2007).
- [5] 中野由章, 和田勉: 新学習指導要領とこれからの情報教育: 情報処理学会会誌, 情報処理 50(10), pp.996-1004 (2016).
- [6] 総務省「平成 25 年通信利用動向調査」: http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin02.02000072.html
- [7] 田中健: 平成 26 年度プログラミング教育実践ガイド, 普通科高校での Web プログラミング, http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_jirei/
- [8] オンラインプログラミング環境「ビットアロー (Bit Arrow)」. <http://bitarrow.eplang.jp/>
- [9] 長島和平, 本多佑希, 長慎也, 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: オンラインで複数言語を扱うことができるプログラミング授業支援環境. 情報教育シンポジウム (SSS2016), pp.137-140(2016).
- [10] 兼宗研究室: プログラミング言語「ドリトル」. <http://dolittle.eplang.jp/>
- [11] 野口隆文: ゲーム作成を課題にしたプログラミング教育とその分析手法の開発, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 104(222), pp.1-6(2004).
- [12] 間辺広樹, 長島和平, 並木美太郎, 長慎也, 兼宗進: オンラインプログラミング学習環境 BitArrow を用いた JavaScript の授業実践報告, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2016-CE-138(3), pp.1-8 (2016).