

小学校教員、教育関係者、開発者のコミュニティによる小学校におけるプログラミング教材の開発と実践

竹林芳法^{†1} 辰己丈夫^{†2} 渡邊景子^{†3} 原田康徳^{†4}

概要：小学校でのプログラミング教育の導入スケジュールを考えると、教材作成に関する研究は急務である。筆者らは、ビジュアルプログラミング言語（Viscuit 等）を用いた実践及び教材開発を行った。小学校教員、教育関係者、開発者のコミュニティによる小学校でのプログラミング教育の教材研究、並びにそれを踏まえての高等教育終了までを見据えた教材展開と展望について述べる。

キーワード：小学校でのプログラミング教育、Viscuit、教材開発、

1. はじめに

本研究のきっかけは、筆者^{†1}が2016年6月～7月にかけて、小学校3年生を対象に行ったScratch1.4ベースのPyonkeeを用いたプログラミング体験学習である。子どもたちが自分で描いた絵にプログラミングを実装する内容であったが、この授業を考察した結果、教科内でのプログラミング教育の在り方について再考することとなった。時を同じくして、6月16日に「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）」が公表された。そこで、その提言の趣旨が「小学校でのプログラミングはコーディングを目的とするものではなく、既存教科内で実施する」ということと捉えた上で、プログラミング教育を既存教科内で行う場合の教材研究を7月末から開始し、8月中旬より、facebookでのコミュニティーで筆者ら4人が情報交換を開始、9月から授業実践をしながら研究を進めた。その内容は、国語、算数、理科においてViscuitを用い、教科指導とプログラミング教育の融合を目指したものである。今現在、発展途上のものであるが、今後、同様の研究がなされ、本研究の成果が実証されていくことを願っている。

2. プログラミング体験学習授業例(6月～7月)

筆者^{†1}が担任する学級で、iOSアプリのPyonkeeを用いてプログラミング体験学習の実施をした。

2.1 2016年6月「ドラえもんのかき方」プログラミング

(1) 対象児童 3年生 14名

(2) 教科と時期

・総合学習(2時間) 6月

(3) ICT環境

- ・児童用 iPad 1人1端末
- ・教師用 iPad 2台
- ・50inch モニター 1台

- ・プロジェクター 1台
- ・Apple TV 1台
- ・無線LAN (上り 1.09Mbps 下り 821.22kbps)

(4) 授業の目標

- ・ドラえもんのかき方をプログラミングで表現することができる。(2時間)

(5) 指導概要



図1 The Foes (cordSpark Academy)

3年生1クラス計14人対象に、iPad(1人1端末)でPyonkeeを使用しているプログラミング体験学習を計画した。実施にあたって、休み時間等を利用しThe Foesという幼児向けビジュアルプログラミングアプリで遊ばせた。図1のようにブロック等をセットしてキャラクターを動かし、ドリル的に難易度が上がっていく。この活動はブロック操作によるプログラミングのレディネスを作ることが目的である。

ブロック操作に慣れたころ、総合学習で、Pyonkeeを使い「ドラえもんのかき方をプログラミングしよう」というテーマで土曜日学校にて2時間授業を行った。保護者にも参加してもらい、協働しながら取り組むようにし、プログラミングへの不安がない様にした。また、完成プログラムを提示し、見通しをもって取り組めるようにした。

^{†1} 大分県臼杵市立福良ヶ丘小学校

^{†2} 放送大学

^{†3} 東京女子体育大学

^{†4} 合同会社デジタルポケット

(6)授業の様子（ドラえもんのかき方）



図2 モニターとプロジェクターでの指導

図2、3-1の様に説明スライドをモニター（左）にapple TVでミラーリングし、教師による作成画面をプロジェクターで黒板に投射した。図3-2の様に、説明テキストを配布し、教師が机間指導をしながら理解しやすい様にした。

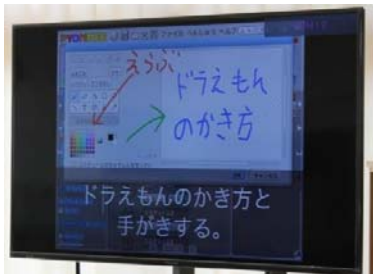


図3-1 モニター（説明スライド）



図3-2 説明テキストを参照しながら作成する児童

(7) 考察

成果

- ・ 絵の切り替えプログラムを理解し、組むことができた。（図5）
- ・ 変数を変えると動きが変わることを理解した。
- ・ 手順の要領を掴んだ児童は自主的に先に進んでいた。
- ・ ブロックの意味を質問し、変えると動きがどうなるのかを探ろうとする姿が見られた。
- ・ 絵を切り替える回数をカウントし、ループを理解した。
- ・ 総合的に見ると、プログラミングへの関心・意欲が高まった子どもが多かった。子どもたちは自分が作った作品を何度も再生して、出来栄を楽しんでいた。うまく作動しない子どもに、「このプログラムが動いていないね。」と問題点を修正すると、もう一度自分でその部分を作り直す姿が見られ、プログラミングへの関心の高まりを感じた。



図4 児童の作品のSCRIPT（ブロック）



図5 児童の作品のイラスト（コスチューム）

課題

- ・ 操作に習熟していない子どもへの補助者の確保
- 保護者の補助や支援教員のサポートがあり、全員が楽しみながら完成することができたが、今回の事例のようにいつも補助者を確保することは期待できない。

2.2 2016年7月（まとあてゲーム）



図6 「まとあてゲーム」児童作品例

「ゲームを作りたい」という声が多数あり、翌月の土曜日学校で「まとあてゲームを作ろう」というテーマで、プログラミング学習を再度を行った。イラストは当日までに各自練らせ、指導方法、配当時間等は2-1同様で行なった。

(1) 考察

成果

- ・子どもたちが一人一人、ゲームに必要な自作キャラクターを用意することができた。(図6)
- ・「もし〜」という条件をプログラミングできた。

課題

- ・描画に時間がかかり、肝心のプログラミングが半分位しか終わらなかった。(後日、教師が補足した。)

児童の感想

- ・むずかしかったけどおもしろかった。
- ・自分のかいた絵が動いて楽しかった。
- ・自分でまたゲームを作りたい。
- ・うまくできた。少しわかった。

児童の変容

- ・多くの児童が1回目よりも2回目の授業の方が、操作や仕組みを理解して作業できた。
- ・コツを掴んだ児童2人はプログラムの変数を自分で変え、レベルデザインをしていた。
- ・プログラミングに興味がある上記2人の希望に応え、梅雨時期の昼休みに4日間 Pyonkee を触らせた。授業で使ったプログラムを見ながらイラストを描いてゲームを作ろうと試みていた。

(2) 問題点と今後の展望

2回の活動を終えて、再確認したことは、「出来上がりまでのプロセスをイメージさせながら作業する」ことの大切さである。そのためには、初期の段階はプログラミングすべきオブジェクトを少なくするべきである。2-1では背景、ドラえもんの2つのオブジェクトだったが、2-2は背景、発射台、敵、自分の弾、相手の弾と5つもオブジェクトを取り入れ活動を難しくしてしまった。

また、教師による教材開発の在り方にも疑問が生じた。2-1、2-2とも教師自作の教材による授業だが、ともに開発に数日を要した。2020年以降、教科内でのプログラミング教育を実施していく上での不安材料として、教材開発の困難さが挙げられる。外部委託だけに頼るのではなく、教師による自作プログラミング教材の開発が活性化されなければ、プログラミング教育の本当の意味での完全実施は難しいのではないかと考えるようになった。

3 教科内でのプログラミング教材研究(Viscuit)

3.1 8月～10月の実践

短時間で教材開発できる言語を探していたところ、Viscuitに出会った。この項はViscuitによる自作教材の展開である。この言語のアドバンテージは、デバッグが容易な点である。描画したオブジェクトをメガネ型の枠に配置した時点でプログラムが作動するので、アイデアスケッチが即完成品となり得る。3-3に作成参考時間を記しておく。プログラムレシピがあればさらに短縮できる。

国語



図7-1「へんとつくり」プログラム

図7-1が初めて作成した教科内での使用を想定したプログラミング教材である。製作時間は数時間で、Pyonkeeに比べて短時間で教材開発が可能であるという結論に至った。これを筆者の1人である辰己が見たことがきっかけで、筆者らのコミュニティが作成され研究が促進されることとなった。二学期に使用することを前提とした教材を、このコミュニティで議論しながらアイデアを練り、9月に入り授業で実践を重ねた。図7-2は、9月に実施した国語の「へんとつくり(小3 光村図書)」の授業での児童作品である。授業のまとめとして15分ほどで完成した。



図7-2「へんとつくり」(児童作品)

Viscuitで教材を研究している過程で、「一定の手順の習得」に対して効果があるのではないかと考え、国語の授業で進出漢字を導入後、「反」(図8)という漢字の書き順プログラムを作成させた。



図8「反」の漢字プログラム(児童作品)

漢字は「一定の手順の習得」なので、こういったプログラミングと相性が良い。一角ずつ配置していくので、単に複数回書くよりもエピソード記憶になりやすいと考える。

ローマ字は、母音と子音からなる。Viscuit でプログラミング（図9）しながら学習することで、母音と子音の組み合わせにより日本語の音声表記ができることのへ理解を深めることができるのではないかと考える。



図9 ローマ字プログラム（児童作品）

理科

理科の「いきものすみか」の観察のまとめとして作成させたものが図10である。あらかじめ、教師がある程度パーツを準備しておき、そこに見つけた虫や見つけた場所を追加プログラミングしながらまとめる活動である。

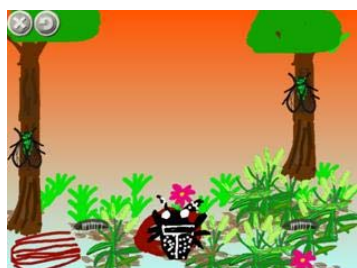


図10 「いきものすみか」（児童作品）

「太陽の動き」のプログラム（図11）である。観察した日中の太陽の動きと、日の出日の入り等の生活体験をまとめて抽象化し、それらを四方位で表現する学習である。南にある地域の山や高速道路、西にあるとなりの小学校を目印として付け加え、日常と繋げる工夫を施させた。



図11 「太陽の動き」（児童作品）

図12は復習としてのプログラミングである。単元は「植物をそだてよう～花がさいたあと～」である。テストで「ハウセンカのつぼみ、花、実」と「成長サイクル」の混同が見られた。そこで、教師が準備しておいたオブジェクトを整理しながらプログラミングをさせ、正しく理解を促すことを目的とした活動である。



図12 「花がさいたあと（ハウセンカ）」

算数

算数は「一定の手順の習得」という学習側面が強い。話し合いや発表を終えた後に、まとめとしてプログラミングをさせることで、導かれた結論の一般化とビジュアル化が容易にできるため、Viscuit による学習と最も相性が良いのではないかと考える。以下、図13は「10倍、100倍」、図14は「かけ算の筆算」のまとめで行った際のものである。

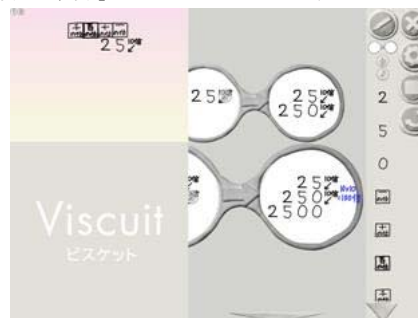


図13 「10倍、100倍」まとめプログラム

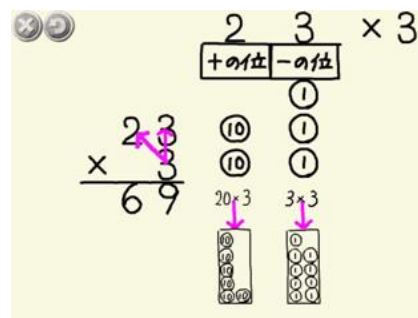


図14 「かけ算の筆算」まとめプログラム

このような使い方実践する中で、Viscuit の思考ツールとしての優れた特性を認識した。算数は教具を用いて指導することが多いが、Viscuit を「電子おはじき」として捉え、プログラミングを施さずに指導に用いた。教師が人型のオブジェクト数体、まとを1つを予め準備しておき、児童はそれを自分たちの思考に沿って自由に活用した。この指導は、子どもたちの実体験と理論とを結びつけ、思考を促した好事例である。（図15-1～4「円と球の導入」）



図 15-1 「どこから投げる？」

図 15-1 をモニターに映し、「輪投げをします。あなただったらどこから投げますか？」と尋ねると、半数の子が右端と左端からと答えた。投げる位置からの距離差が分かりづらいのだと捉え、極端な配置に変えて再度尋ねた。当然真ん中を選ぶだろうという予想だった。(図 15-2)



図 15-2 「これならどこから投げる？」

教師の予想に反し、一番人気は向かって左端紫の位置であった。これは「実体験不足」と「イメージと現実の乖離」、「ここから成功させたい」といった子どもらしい拘り等が表出したのだと考えられる。現実には最短距離から投げるのが有利なことを体感させる必要が生じたために、選んだ場所と同様の位置に並ばせ、的の場所にゴミ箱を設置し、急遽ゴミ箱シュート大会を実施した。すると、成功率が一番高いのは真ん中青の場所の最短距離からだという実証データが得られた。そこで図 15-3 のように課題提示をした。その後、ペアでの活動に移行し、正方形や長方形の四隅から投げれば良いという解答が得られた。(図 15-4)

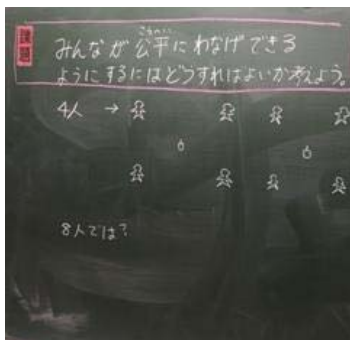


図 15-3 「公平に輪投げできるにはどうする？」

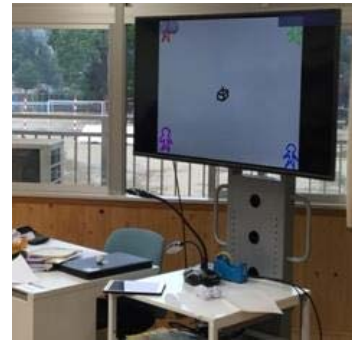


図 15-4 「みんなが公平な位置 (予想をミラーリング)」

そこで、「8 人になりました。どうすればよいですか？」と尋ねると、図 15-5~9 のように思考が変化していった。



図 15-5 「正方形のように配置」



図 15-6 「時計のようにすればいい」(つぶやきから)



図 15-7 「Viscuit 上で距離を測る児童」

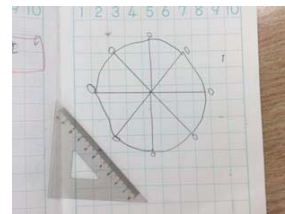


図 15-8 「Viscuit での予想を元にノートに作図」



図 15-9 「最終的な考え」

ノートを用いるだけの思考場面では、描画の手順に戸惑ったり消しゴムで消したりして時間がかかる児童や、丁寧に描画することに拘り、思考が停滞する児童が発生しがちである。この事例では、Viscuit を介して、全員の子どもたちの思考を速やかに具現化させることができた。

3.2 漢字プログラミングの効果

ここまで提案したものは、いずれも授業実践済みのものである。以下に新出漢字プログラミングの効果を、テストデータを元に考察する。サンプル数は10~12である。

漢字テストのスコアは、家庭学習での反復練習の取り組みから受ける影響が小さくない。その影響を少なくした上で漢字プログラミングの効果を把握するため、①プログラミングした翌日に②テスト予告をせずにテストを行なった。

| | 歯 | 鼻 | 整 | 者 | 新出正答数 | 既習正答数 | 全問正答率 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上位層 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 100% |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 100% |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 100% |
| | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 100% |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 100% |
| 中位層 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 83.3% |
| | 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 83.3% |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 66.7% |
| | 9 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 50% |
| 下位層 | 10 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 50% |
| | 11 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 50% |
| | 12 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 50% |
| | 13 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 50% |
| 正解者人数 | 12 | 11 | 8 | 9 | | | |
| 平均正答率 | 92.31 | 84.62 | 61.54 | 69.23 | 76.9 | 73.1 | 75.6 |

図16 「歯」の正答率

図16は、漢字プログラミング実施の翌日に、新出漢字4問+既習漢字2文字=6問の漢字テストを行ったデータである。新出漢字の内、テスト受験者13名のうち12名が、初めて習った24時間後に「歯」という漢字を正確に書くことができた。その他の新出漢字(漢字プログラミング無し)の結果と比べて正答率が高いことがわかる。

もう一つデータをあげてみる(図17)

| 順位 | 正解=1 不正解=0 | | | | 予告なしテスト 正解設問合計 | 予告なしテスト 正答率(%) |
|------------|------------|----|-----|-----|-------------------|-------------------|
| | 階 | 旅 | 委 | 級 | | |
| 上位層 | A | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 |
| | B | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 |
| | C | 1 | 1 | 0 | 0 | 70 |
| | D | 1 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 中位層 | 欠1 | | | | | |
| | E | 0 | 0 | 1 | 0 | 70 |
| | F | 1 | 0 | 1 | 1 | 60 |
| | G | 0 | 0 | 0 | 1 | 60 |
| | H | 0 | 0 | 0 | 1 | 50 |
| 下位層 | 欠1 | | | | | |
| | I | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| | J | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 平均正答率(%) | 60 | 30 | 40 | 50 | 平均(%) | 65 |
| プログラミング正答率 | 50 | 50 | 100 | 100 | | |
| 平均 - プ | -10 | 20 | 60 | 50 | | |

図17 漢字のプログラミングによる正答率分布

図16では漢字指定であったが、図17では児童が任意に

選んだ新出漢字をプログラミングさせ同様にテストをした結果である。このデータは、これまでの漢字テスト結果の平均スコアを元に分類した三層の分布が読み取れる。プログラミングを施した漢字の正答率は75%で、そうでない漢字の45%を大きく上回っている。この結果から、少なくとも24時間以内の記憶定着において、プログラミングがもたらす好影響を垣間見ることができる。

今後のさらなるデータの蓄積が漢字プログラミングの効果の実証となるので、引き続き実践して行きたい。

3.3 本項の各教材の作成目安時間(教材作成と活動時)

| 番号 | 教科 | 作成時間(教) | 作成時間(児) | 備考(児) |
|-------|----|---------|---------|-------|
| 図7, 8 | 国語 | 1~2時間 | 20分 | 数による |
| 図9 | 国語 | 5~10分 | 5~15分 | 画数で差 |
| 図10 | 理科 | 30~45分 | 15~20分 | 組むのみ |
| 図11 | 理科 | 1時間 | 15~20分 | 組むのみ |
| 図12 | 理科 | 20分 | 10分 | 組むのみ |
| 図13 | 算数 | 30分 | 10分 | 組むのみ |
| 図14 | 算数 | 30分 | 10分 | 組むのみ |
| 図15 | 算数 | 10分 | 5分~ | 展開次第 |

4.小学校卒業後のプログラミング的思考育成

4.1 中学校でのプログラミング教材(Viscuit)

2020年にプログラミング教育が小学校に導入されると、その数年後には、中学校・高校でのプログラミング教育が議論されることが予想できる。サーバーを介してwifi環境があればアクセスできるViscuitは来たるべきBYOD時代にも対応できると考える。

本項では、小学校にて筆者らが提案するプログラミング教育を受けたと想定し、中学校・高等学校に進んだ生徒に対するプログラミング教育教材の例を各教科ごとに提案する。

英語

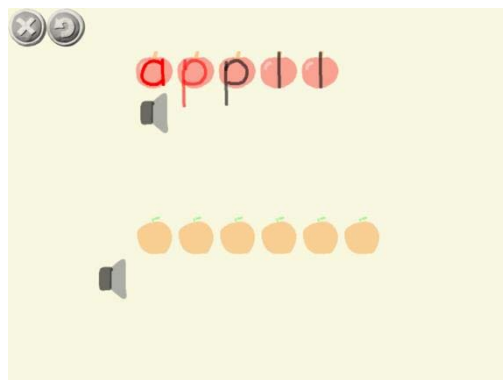


図18 英単語を覚える場面でのプログラム

筆者¹⁾は元中学校英語教員である。中学校現場で指導し

ていた際、英単語を覚えるのが苦手な生徒の多くにローマ字との混同が見られた。解決策としては、フォニックスの指導と音節及びアクセントを意識することが挙げられる。

このプログラミングは10分程度で可能なものである。音節の部分で色分けしており、アクセントの位置を確定させると絵が現れるものである。入門期の簡単な単語の導入時に、このようなプログラミング体験をさせることで、音節やアクセントを意識づけることが可能ではないかという仮説教材である。BYOD環境なら家庭学習としても出せる。

数学

数学の公式や手順は一定のアルゴリズムと捉えた時、プログラミングで表現するの最も適していると考える。筆者^{†1}自身は学生時代数学が不得手であった。何度もノートに公式等書いて覚えようと試みて、覚えられず苦勞した経験を持つ。そういった立場からの教材提案でもある。

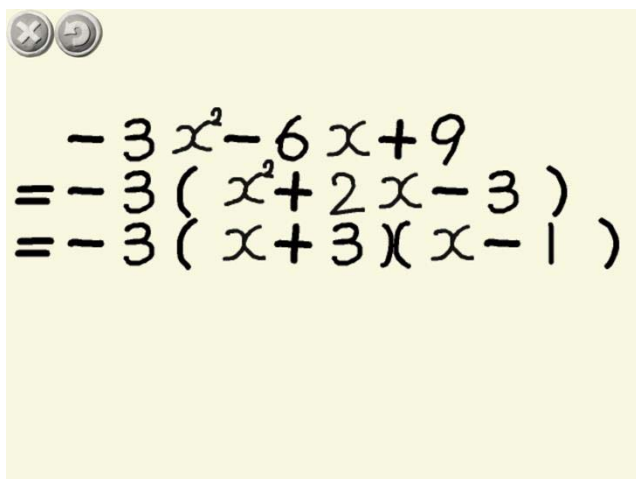


図19 因数分解のプログラム

図19は、因数分解のプログラミングである。機械的学習の勧めではなく、授業導入後の復習と記憶の定着に効果があるのではないかと考える。BYOD環境ならば授業で導入した日の家庭学習としても効果がありそうである。ただし、まず理屈を理解した上で、復習として取り組ませるものであり、機械的学習の勧めではない。ノートに複数回書いて学習する方法の代替としての提案である。

理科

理科の分野は特に体験や観察、実験が重要である。しかしながら、目視できない現象（電気、電子、音、ミクロの世界など）については実験の体験を抽象化して知識として定着させるプロセスが必要である。そのプロセスにおいて、プログラミングが有効であると考えられる。

図20は塩酸の電気分解 [1] のプログラムである。これは指導者が用いても生徒がプログラミングしても理解の助けになると考える。電子の動きの動画の視聴と同類に当たる

が、生徒がプログラミングする場合は、自ら創造者となって、イオンと気体の発生をプログラミングするので、理解の深まりは動画視聴を超えるものと想像する。グループで話し合いながら作らせるとスムーズに導入できると予想する。

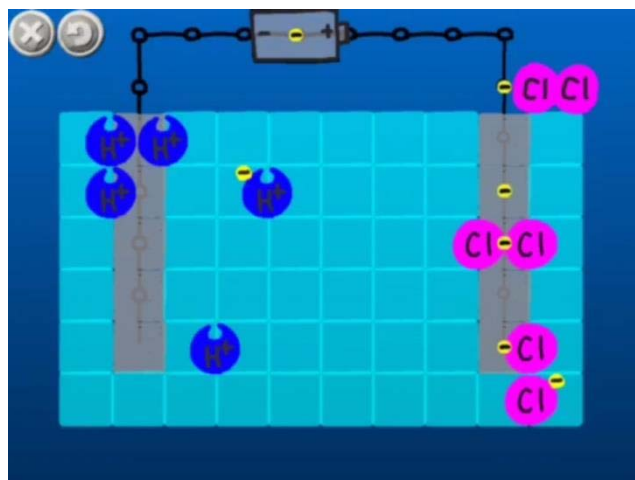


図20 塩酸の電気分解プログラム

国語

国語は文法事項で決まりごとが多く存在する。こういう状況下では、非効率的な学習者は、反復記述学習に陥りやすい。古文のルール [2] をプログラミングして学習する活動はそういった学習者の理解のサポートになるのではないかと仮定した上での教材提案である。BYOD教材としてもルールを楽しみながら学習できるであろう。



図21 古文の係結びの法則プログラム

4.2 高校でのプログラミング教材(Viscuit)

数学

高校数学は中学校以上に様々な公式を扱う。新しい公式の導入時につまづくと、リカバリーに多くの労力が必要となる。そこで、こういった新公式の導入時に短時間で作成でき、ビジュアルで公式の意味を理解できるプログラミングは学習者にとって、学習者効率アップが期待できる。以下図22はlogのプログラミングである。



図 22 log のプログラム

国語

漢文 [3] のプログラムである。レ点等の規則の理解はプログラミングとの相性が良い。



図 23 漢文のプログラム

漢文の読み方指導時にまとまった時間を確保する前提で指導したならば、予め様々なパターンをプログラミングで学習して、ルールをある程度習得しておく、漢文学習時に内容理解に費やす時間が増えることが予想できる。

生物

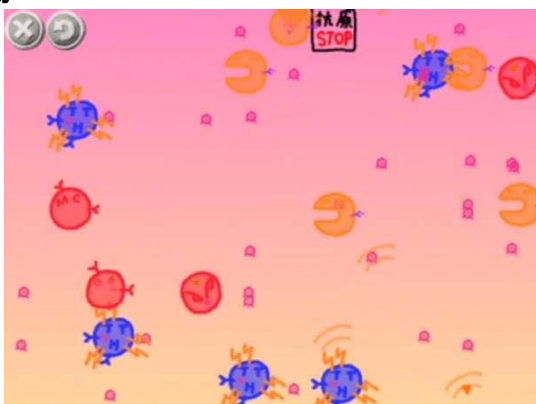


図 24 高校生物「体液性免疫の獲得と抗原抗体反応」

体液性免疫の獲得時における、マクロファージの抗原提示、ヘルパーT細胞の活性化によるB細胞の増殖分化、抗原抗

体反応のプログラムである [4]。細胞の様に極小のものは目視できにくい分野なので、プログラミングによる抽象化が理解の支えとなると考える。筆者[†]は高校時に生物を履修していないが、このプログラミングを通して、体液性免疫の抗原抗体反応についてよく理解できた。

5. 2017年から2020年にすべきこと

小学校でのプログラミング教育導入の準備期間と言える2017年から2020年までにすべきことは、現場教員、教育関係者、開発者サイドの活発な意見交換及び実践である。前例が少ない分野であり、2020年から小学校で「教科内でのプログラミング教育」をスムーズに導入するには、教材選定や教材分析・開発等、それぞれの立場の者が、それぞれの専門の見識を活かし、協働して同じベクトルに沿って研究を積み重ねることが必要である。

今日、幾多もの一般のプログラミング教育機関が存在する。学校現場が外部委託にのみ頼る状況を避けるため、2017年から本格的にアクションを起こす必要があると考える。

6. 終わりに

様々なプログラミング言語が存在するが、小学校の教科及びその授業内で扱うのにふさわしいものは①「短時間に手軽に誰でもできる」ものであり、②『プログラミングで教える』ことができるものであると考える。Viscuitはそういった項目に全て当てはまる。つまり、2020年からの「小学校におけるプログラミング教育」教材の有力な選択肢の一つである。その裏付けは、プログラミング初心者である筆者[†]が、8月から10月末までに制作した膨大なプログラムの数である。本論文で全てを紹介できないが、3ヶ月で50を超えるプログラムを制作した。プログラミング未経験や初心者の教員にとって、Viscuitははかり取り組み易く、教育効果が期待できると実感したため、筆者らは当研究を進めた。同様の研究が積み重ねられることが急務である。

謝辞 漢字プログラミングの方法確立に際して、特定非営利活動法人 ICT 支援 NPO ネットワーク宮城の杉山豊氏に重要なアドバイスを頂いた。謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 小中学生のための学習教材の部屋「知識の泉」
<http://www.7a.biglobe.ne.jp/~gakusyuu/sanarukari/ensanbunkai/ensandekibunbunkai.htm>
- [2] 中学国語系エンターテインメント「中学国語のツボ」
<http://www.geocities.jp/nm3032nakatsu/koten/kt02.html>
- [3] 独立行政法大学入試センター
<http://www.dnc.ac.jp/data/kakomondai.html>
- [4] 生物（数研出版）、井上孝悦氏による youtube 動画講座
<https://m.youtube.com/watch?v=C5oaQI9BHQU>