

算数教材とプログラミング教育について

中 込 雄 治¹

黒 木 伸 明²

GIGAスクール構想による整備が進み、小学校でも児童一人一台のタブレットPCが使用できる環境になってきており、学校教育においてどのようにタブレットPCを効果的に活用するかが課題となっている。タブレットPCは、様々なアプリケーションソフトを活用するとともに、児童自身にプログラミングを体験させるプログラミング教育にも活用することができる。本研究では、算数科におけるプログラミング教育に着目し、ビジュアルプログラミング言語（スクラッチ）を活用して児童にどのようなプログラミングの体験をさせることができるか、また教師がプログラミングによってどのような教材を開発することができるかについて考察した。帰納的な発見をもとにした探究活動などの場面において、プログラミングが効果的に活用できることを明らかにした。

Keywords：プログラミング教育、ビジュアルプログラミング言語、スクラッチ、探究活動

1. はじめに

情報化社会の進展¹⁾にともない、現在全国の小学校でGIGAスクール構想²⁾の整備が進み、児童一人一台のタブレットPCが使用できる環境が整えられてきている。タブレットPCは様々なアプリケーションソフトが活用できるとともに、プログラミング教育においても活用することが期待されている。児童にプログラミングの体験をさせるということは、コンピュータに自分が求める動作をさせるという経験を積ませるということであり、より主体的にコンピュータを活用しようとする態度の育成につながる。このプログラミング教育は2020年度から小学校に導入され、いま教師にもプログラミングを指導できる力が求められている。まず教師自身がプログラミングの体験を通して、その面白さを実感し、授業で活かせるような簡単なプログラムなどを組めるようになることが期待されている。³⁾

本研究では、ビジュアルプログラミング言語⁴⁾としてスクラッチ⁵⁾を採用し、児童にどのようなプログラミングの体験をさせることができるか、

また教師がプログラミングによってどのような教材を開発することができるかについて考察する。

2. 教科書で扱われているプログラミング教材

算数教科書では、プログラミング教材として「正多角形の作図」という題材が小5において扱われている。⁶⁾ここでは、正多角形を「プログラミングを用いて描けること」がねらいではなく、「描くためにどのようにプログラムを改善していけばよいかを考えることができること」⁷⁾がねらいとなっている。例えば、正方形ならば「前に4 cm進む」「90度左に向きを変える」という動きを4回繰り返せば描くことができるが、正三角形では「前に4 cm進む」「60度左に向きを変える」という動きを3回繰り返しても描くことができない。そこで、コンピュータに自分が求める動きをさせようとして試行錯誤を重ね、進む方向に対して左に回転する角度を外角の120度にすればよいことを見出し、「前に4 cm進む」「120度左に向きを変える」という命令（コマンド）にすれば正三角形を描くことができることを理解する。このように実際にプログラムを実行しながら、改善に向けた試行錯誤を重ねることによって、プログラミング的思考を育んでいく。この教材「正多角形の作図」

1. 宮城学院女子大学教育学部

2. 上越教育大学名誉教授

は、プログラミング的思考力を培うと同時に、外角を使った作図という新たな視点にもとづいた作図法の発見にもなるので、図形に関する理解を深める内容にもなっている。他のプログラミング教材としては、「倍数を求める」や「数の並び替え」などが高学年の算数教科書で扱われている。⁸⁾

現時点の算数科では上記のような教材のみにとどまっているが、将来的にはさらに様々な学年・単元などで創意工夫を生かしたプログラミング教育の展開が期待されている。⁹⁾ 児童の興味関心を引き出し、プログラミングの楽しさ面白さ達成感を味わうことができ、コンピュータを活用しているという態度が喚起され、同時に教科の学びの充実にもつながるような教材の開発が一層期待されていると言える。そうした観点に立ち、児童にどのようなプログラミングを体験させるか、具体的な教材の内容を検討していく。

3. 学生のプログラミング体験の状況

児童にプログラミングの体験をさせるということは、教師自身にプログラミングを指導できるだけの力が求められることになるが、小学校教師を目指す学生はどのくらいプログラミングの経験を持っているのだろうか。教育学部の学生を対象に「初めてプログラミングを体験したのはいつか？」というアンケートを取ったところ、次のような結果を得た（対象：宮城学院女子大学教育学部教育学科児童教育専攻3年生45名、2021年12月実施）。

小学校 4%（2人）、中学校 48%（22人）

高校 11%（5人）、大学 37%（17人）

高校までで体験している学生の中にはロボットを動かした経験を持つ学生も若干名いたが、大学で初めて体験した約4割の学生を含め多くの学生は、パソコン画面上に正多角形を描かせた程度の経験にとどまっていた。こうした状況から、教師を目指す学生が将来プログラミングを指導する力を有するためには、大学の「算数科教育法」の授業などでもプログラミング教育にかかわる内容を積極的に扱っていくことが必要であると言える。本研究ではそこでどのような内容を扱うかについての

検討にかかわるものにもなっている。

4. 探究活動に活かすプログラミング

一人一台のタブレットPCが配備されたことと、スクラッチのようなブロックを操作することで容易にプログラムが組めるビジュアルプログラミング言語が登場し普及したことから、キーボードに不慣れな児童にも自分のペースで手軽にプログラミングを行うことが可能な状況になってきた。こうした状況を踏まえて、まずここでは「繰り返し計算」に着目してプログラミングを体験させる教材について考察する。「繰り返し計算」は探究活動に活かせることが考えられ、次のような教材が検討できる。

[1] 紙を折っていったときの厚みは？

紙の厚みを 0.1 mm として何回も折ることができると仮定したとき、例えば42回折るとどのくらいの厚みになるだろうか。これは 0.1 に 2 を42回かけることになる。 2 を繰り返しかける「繰り返し計算」であることに注目すると、ループ構造を取り入れた図1のようなプログラムが考えられる。



図1 折った紙の厚みを調べる

スペースキーを押すと「 0.1 mm の紙を何回折る？」と表示されるので、42と入力してエンターキーを押すと、「厚みは 439804651110.4 mm 」と表示される。これは約44万 km であり、地球から月までの距離約38万 km を超えることになる。こ

のプログラムによって、42回のときに驚くほど大きな数になることがわかると同時に、いろいろな数値を入力することによって、折る回数により厚みがどのように変化するかを帰納的に発見することもできる。また紙の厚みの方を様々に変えたらどうなるか、というような探究活動にもつながっていくことができる。¹⁰⁾

[2] アトラクションの乗り方は何通り？

小6で学んだ「並べ方」(順列)を活かして、ディズニーランドにある16のアトラクションすべてに乗る順序を考えると、これは $16!$ ($1 \times 2 \times 3 \times \dots \times 16$) 通りになる。この計算はかける数を1ずつ増やして繰り返しかけていく「繰り返し計算」なので、図2のようなプログラムを考えることができる。



図2 アトラクションの乗り方を調べる

スペースキーを押すと「いくつ乗る？」と表示されるので、16と入力してエンターキーを押すと、「16個のときは20922789888000通り」と表示される。つまり20兆9227億8988万8000通りであることがわかる。¹¹⁾ この場合も $16!$ が非常に大きな数になることがわかると同時に、様々な数値を入力することによって、階乗計算の結果がどのように変化するかを帰納的に発見することができる。

[3] 1から100までの和は？

1から n までの自然数の和 ($1+2+3+\dots+n$)

は、1, 2, 3, …と1ずつ大きくなる数を n まで繰り返し足す「繰り返し計算」を行っているといえることができる。したがってループ構造を取り込んだ図3のようなプログラムを考えることができる。



図3 自然数の和を調べる

スペースキーを押すと「いくつまでの和？」と表示されるので、例えば100と入力してエンターキーを押すと、1から100までの自然数の和「5050」が表示される。自然数の和は、逆に並べて足して2で割るという手計算でも求めることができるが、そのようにして求めた答えがあっているかどうかをこのプログラムで調べるという活用方法もある。

[4] 木はどこまで伸びるか？

80年前の尋常小学校6年生用の算数教科書にある問題¹²⁾に挑戦させ、「繰り返し計算」が必要になることに着目させてプログラムを作成させる。ここでは小6を対象とした授業を想定して、指導の流れやポイントを考えてみる。

(1) 尋常小学校6年生の算数教科書にある超難問に挑戦しよう！

①「あるところに1本の木が生まれました。最初の1年に高さが1mとなり、次の1年に50cm伸び、その次の1年に25cm伸びるというように、毎年その前年に伸びた長さの半分だけ伸びていきます。この木はどこまで伸びるのでしょうか？」に挑戦してみよう。10年後の木の高さを予想してみよう。

②木の高さは毎年その前年に伸びた長さの半分だけ伸びるということから、「(伸びた量)×0.5」を繰り返して足していくことで木の高さを求めることができる。スクラッチでこの繰り返し計算をするプログラムを作成してみよう。

(2) 正の数を無限に足しているのに…

①試行錯誤を重ねることによって、図4のようなプログラムにたどり着く。



図4 木の高さを調べる

スペースキーを押すと「何年後?」と表示されるので、例えば10と入力すると、「10年後は1.998046675 m」と表示され、予想が検証できる。②具体的な計算結果から「あれっ、2を超えないなあ」とか「これは限りなく2に近づいていきそうだなあ」と、実際に様々な数値を入力して計算をさせてみるという経過をたどることで、児童が帰納的に収束していくことを発見していく(53年後は1.999999999999998 mと表示されるが、54年後以降は2 mと表示される)。¹³⁾

(3) プログラムを組んでおく利点

①ここでの計算に関しては、電卓だけでも行える。しかしプログラムを組ませておくと、伸び率などを様々な変化させた場合にも、計算結果がどのように変化していくのかを容易にシミュレートすることができる。伸び率0.5を例えば0.8にすると

157年後に4.999999999999999 mとなる。¹⁴⁾

②ここでは正の数を無限に足していっても無限大にはならず一定の値に近づくことを帰納的に発見させているが、このようにプログラミングは計算結果がどうなるか調べたい、条件を変えたときの変化の様子を調べたい、予想が適しているか検証したいといったような探究活動に活用できると言える。

5. 創作活動に活かすプログラミング

身近で役立つプログラム、人に役立つプログラムを作るという設定は、児童の興味関心を引き出し、プログラミングに意欲的に取り組ませる動機づけになる。そこで小6の児童に小2の勉強を応援する「小2用九九練習ドリル」をスクラッチで作成させる。児童がオリジナルの作品(プログラム)を作るという点で、創作活動に活かすプログラミングと言える。ここでも小6を対象とした授業を想定して、指導の流れやポイントを考えてみる。

[1] 「小2用九九練習ドリル」の作成

(1) 雛形になるシンプルなプログラムを紹介

図5のような雛形になるシンプルなプログラム例を紹介し、「九九練習ドリル」のイメージを培う。



図5 九九練習ドリル(雛形)

スペースキーを押すと「7×8=?」と表示されるので、56と入力してエンターキーを押すと「せ

いかい!」と表示され、間違えた答えを入力すると「ざんねん! こたえは56です」と表示される。

(2) プログラムを改良してオリジナルの「九九練習ドリル」を作成しよう!

雛形のプログラムでは「 7×8 」しか出題されず、改良したいという意欲が湧く。「様々な問題を出したい」「得点を表示したい」「暗唱練習用にしたい」など、改良したいという児童の要求に応じてプログラミングを支援し、試行錯誤を繰り返しながらプログラムを改良していく経験を積ませる。

(3) 「様々な問題を出すドリル」に改良

図6のプロクラムは、ループ構造に変数と乱数および条件分岐を組み込み、スペースキーを押すと様々な九九の問題が10問出題されるようにしたものである。答を入力すると正誤を判断して「せいかい!」と表示したり、「ざんねん! こたえは〇です」と表示したりする。

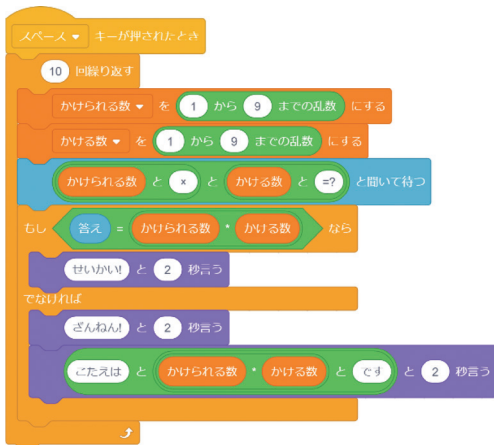


図6 九九練習ドリル (様々な問題)

(4) 「暗唱練習用のドリル」に改良

図7は、数字のイラストを用意しておき、変数と乱数を組み込んで作成したプログラムの実行画面である(プログラムは割愛する)。スペースキーを押すと九九の問題が出題され、1秒後にその答えが表示される。問題が出題された瞬間に児童が答えを暗唱し、1秒後に表示される答えで正誤をチェックするという、九九の暗唱練習用ドリルで

ある。

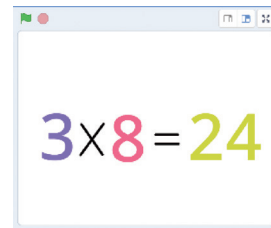


図7 九九練習ドリル (暗唱練習用)

(5) 児童のモチベーションをアップさせる

児童に自身の作品(プログラム)のネーミングを考えさせたり、正誤判断時における様々なメッセージを考えさせたりするとモチベーションがアップする(作品名例「九九名人養成ドリル」「かけ算の達人になれるドリル」、メッセージ例「あなたは天才です!」「くじけない心が大事です!」など)。

(6) マニュアル作成

作品の操作マニュアルを作成させて、実際に小2の児童に使ってもらう。使った感想を聞き、さらに改良を加えていく。こうした活動でプログラミング的思考がさらに深められていく。

[2] いろいろな「計算ドリル」の作成

他にも「たし算ドリル」「ひき算ドリル」「わり算ドリル」「混合計算ドリル」などのように、演算対象を変化させた「学習ドリル」に発展させてくことができる。「わり算ドリル」では割り切れる場合や余りがある場合などが考えられ、より高度なプログラミング的思考が必要となる。また児童が自分自身の勉強の効率を上げるためにドリルを作成するという展開もある。

6. 教材開発に活かすプログラミング

スクラッチは教師が教材開発に用いることもできる。ここではコンピュータで正確に図形の作図ができることを活かした教材を考える。図形の性質を理解させるためには、まずは児童に定規・分度器・コンパスを使って手作業で作図させることが重要であるが、手作業では長さや角度でわずか

なずれが生じてしまい、正確に作図することは難しいことが実感できる。¹⁵⁾ コンピュータに図形を描かせるプログラムを開発しておく、正確な作図にもとづく幾何学模様作りを体験させることができる。ここでは小3の単元「円と球」における教材開発を考える。

[1] 円で作る模様の世界！

中心の位置と半径の長さを決めると円を作図するように作成したスクラッチのプログラムを使って、小3の児童に円を用いた模様を描かせ、円に対する理解を深める。小3における授業を想定したときの指導の流れとポイントを考えてみる。

(1) 円の中心と半径の関係を押さえておく

① まずコンパスを使って円を手作業で作図させ、中心の位置と半径の長さを決めれば円が描けることを学習しておく。

② 図8のような画面を見せ、コンピュータ画面での半径と円の大きさの関係を把握させる。半径の大きさは左の円から、10, 50, 100 になっている(スクラッチでは画面中央を原点0とした座標が $-240 \leq x \leq 240$, $-180 \leq y \leq 180$ の範囲で想定されている)。

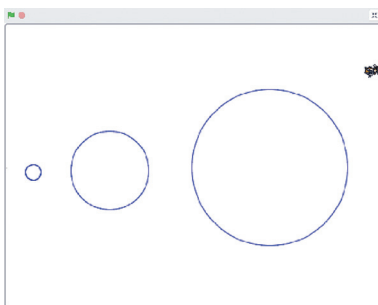


図8 半径と円の大きさの関係

(2) 中心と半径を決めて円で模様を描こう！

① 図9は児童に円で模様を描かせるために作成したプログラムである(三角関数は使っていない)。



図9 円で模様を描く

スペースキーを押すと、画面右上に「中心の位置をマウスでさして半径を入力」と表示される(ネコのスプライトはあらかじめ小さくしてある)。描く円をイメージし、その円の中心の位置をマウスポインターで指しておき、半径の長さを入力してエンターキーを押すと、円が描画される。中心の位置や半径の大きさは任意に決められるので、児童は自由に円を描画することができる(円は画面枠に触れないように描く)。

② 「この場所にこの位の大きさの円を描きたい」と児童が見通しを立てて円を描くことによって、中心と半径の関係がより深く理解される。¹⁶⁾

③ 作成した作品において工夫した点を発表させる。作品はプリントアウトして紙で残したり、色を塗らせたりして「円模様コンテスト」のような企画と組み合わせると児童のモチベーションがアップする。図10は予想される児童の作品例である。

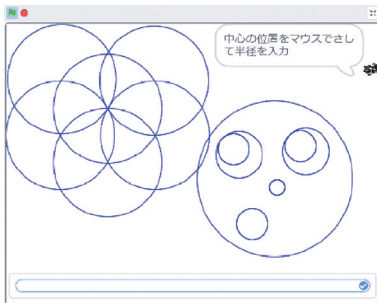


図10 円模様の作品

[2] いろいろな図形で作る模様の世界

プログラムを改良して、「円弧で作る模様」「正多角形で作る模様」などのように発展させることができる。一般に、児童の作品制作過程に着目すると、作品が出来上がってから題名を考えるという段階から、逆に題名を考えてから作品を作るという段階に変わっていく様子が見て取れる。後者の段階では見通しを持った作図活動になるので、図形の特徴や性質を意識した活動になっており、より深い学びに変化していると捉えることができる。またコンピュータを活用して模様を描かせると、児童は顔や文字を描きたがるが、こうした目的意識が工夫を凝らした作図にしようとする意欲にもつながっていくと考えられる。¹⁷⁾

7. 問題作りに活かすプログラミング

教師が問題を作成する際にスクラッチを活用することもできる。例えば、 $(A+B) \times C \div D$ のような計算問題で答が自然数になる問題を作成したいと考えたときに、図11のプログラムが役立つ。

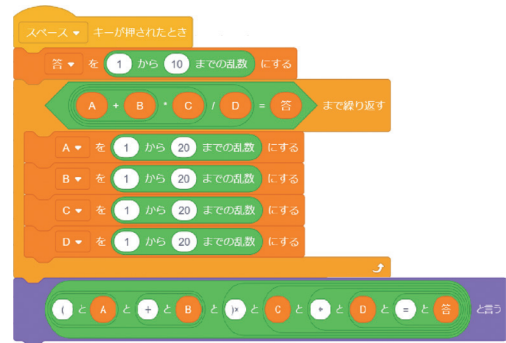


図11 問題作成支援ソフト

スペースキーを押すたびに「 $(11+4) \times 12 \div 20 = 9$ 」のような等式が次々に表示される。自然数で構成された「 $(A+B) \times C \div D = \text{答}$ 」の式を表示するプログラムであるが、変数「A」から「D」はそれぞれ「1から20までの乱数」で選び、変数「答」は「1から10までの乱数」で選んでいるので、ここを変えることで難易度も調節できる。他にも問題作りに役立つようなものとして「約数をリストアップするプログラム」「素数かどうかをチェックするプログラム」など多数考えられる。

8. 算数教材とプログラミング

第4章では、児童が興味関心を持ちそうな題材として、【折った紙の厚み】【アトラクションの乗り方】【自然数の和】【木の高さ】などを算数教材として取り上げた。それぞれの計算内容としては、2の累乗・16の階乗・初項1公差1の等差数列の和・初項1公比0.5の等比数列の和を扱っているが、こうした計算において繰り返し（ループ構造）を組み込んだプログラムが作成できることを示した。

第5章では、「九九練習ドリル」という人に役立つプログラムの作成という設定で児童のやる気を引き出し、九九を題材としてオリジナルのプログラムを作成させるという算数教材を取り上げた。ここでは条件分岐を組み込んだシンプルなプログラム【九九練習ドリル（雛形）】を例示し、それを改良させて様々な問題を出す【九九練習ドリル（様々な問題）】のようなオリジナルのプログラム

を作成させることによって、児童のプログラミング的思考が深められることを示した。

第6章では、スクラッチを用いた算数の教材開発例を取り上げた。円の中心と半径の理解を深めるために、児童に円で模様を描かせるという教材であったが、円の中心の位置や半径の大きさを任意に決められるようにして、児童が自由に円を描画できるようなプログラムにしてある。このように教師が算数教材を開発するときにプログラミングが活用できることを示した。

第7章では、算数の問題作りにスクラッチを用いた例を取り上げた。条件に見合った数値を乱数を使って見出すようにして、式と答えが自然数の範囲だけで構成されるような計算問題作りを支援するプログラムである。このように算数の問題作りにプログラミングを活用することができることを示した。

9. 得られた知見

第4章から第7章までの教材の考察を通して、以下の知見を得ることができた。

[1] プログラミングにより探究活動（帰納的に発見する、変化を調べる、検証する）が可能となる

第4章で扱った教材【折った紙の厚み】【アトラクションの乗り方】【自然数の和】【木の高さ】の考察を通して、計算結果がどうなるか調べたい、条件を変えたときの変化の様子を調べたい、予想が適しているか検証したいといったような探究活動にプログラミングが活用できることを明らかにした。例えば【木の高さ】では無限等比級数を実際に計算させることで、収束することを児童が発見していく。こうした帰納的なアプローチによる探究活動ができるのも、プログラミングで様々な計算結果が容易に確認できるからである。また【折った紙の厚み】【アトラクションの乗り方】では桁数の大きな数値を扱ったが、スクラッチでは計算結果を高い精度で表現できるので、こうした題材も探究活動の対象として扱うことが可能となっている。

[2] プログラミングにより創作活動が可能となる

第5章の教材【九九練習ドリル】の考察を通して、児童にオリジナルのプログラムを作成させるような創作活動にプログラミングが活用できることを明らかにした。また第6章の教材【円で模様を描く】でもその考察を通して、コンピュータでの図形の正確な描画を活かしたオリジナルの幾何学模様作りのような創作活動にもプログラミングが活用できることを明らかにした。

[3] プログラミングにより算数の学びを深めることができる

第4章の教材【折った紙の厚み】【アトラクションの乗り方】【自然数の和】【木の高さ】では、繰返し計算（累乗・階乗など）に関する理解を深めている。【折った紙の厚み】では単位換算（*mm* から *km*）、【アトラクションの乗り方】では大きな数（14桁）、【自然数の和】では大きくなる和、【木の高さ】では一定の値に近づく和（収束）を扱っている。第5章の教材【九九練習ドリル】では、かけ算九九を題材としている。雛形のプログラムを改良してオリジナルのプログラムを作成していく過程では、プログラムを実行して論理の正誤検証をしながら改良するので、児童の論理的思考力の向上が図られる。第6章の教材【円で模様を描く】では、円の中心と半径に関する理解を深めている。このように児童のプログラミング体験や、プログラミングによって教師が開発した教材を通して、算数の学びを深めることができる。

[4] プログラミングによりコンピュータの捉え方がかわる

プログラミングでは、まず何をやりたいのかを決めることが前提になり、コンピュータにどのような作業をさせるかを考えていく。つまり、ビジュアルプログラミング言語は目的を達成するための道具として位置づけられる。したがって、児童にとってプログラミングの体験はまさしくコンピュータに自分が求める動作をさせるという体験になっている。またプログラミング能力がついてくると、第4章で取り上げたような算数的疑問などを解決するのに、プログラムを組んでコン

ピュータで確かめてみようという態度も育まれる。このようにプログラミングによって、コンピュータは自分で動かすことができるもの、疑問や問題を解決するために活用できるものというような捉え方ができるようになる。

[5] プログラミングにより算数教材を開発することができる

第6章の教材【円で模様を描く】のように算数教材を開発することができる。教材開発を行うにあたっては、学習のねらいや児童の状況にかんがみ、算数のどの題材でプログラミングを用いたどのような教材開発が可能かを見極める力が教師に求められる。また同時に教師自身が数学の力をつけておくことも大切である。【円で模様を描く】のプログラム中にある数値0.0698は三角比の表からとった $\cos 88^\circ$ の値に2をかけたものである。¹⁸⁾

10. 今後の課題

第4章や第5章で示したプログラムは10行未満のものであるが、この程度の短いプログラムでも相当に探究したり創作したりすることができると言える。プログラミングはそれほど難しいものではなく、いろいろなことができてもむしろ面白いものだと思えてもらえることを期待したい。プログラミングの楽しさ面白さ達成感を味わうことのできる算数教材の開発は、まだ端緒に着いたばかりである。今後も得られた知見をもとにして、さらに算数教材とプログラミング教育について、教育現場での検証も重ねながら研究を深めていきたいと考える。

註

1) 1980年代に家庭用パソコンが普及し始めた頃は、「コンピュータはプログラムを組んで動かすもの」という捉え方が一般的であった（ワープロは「ワープロ専用機」を使うのが主流であった）。その後、情報化社会の進展にともない、様々な充実したアプリケーションソフトが登場し、「コンピュータはアプリケーションソフトを使うためのもの」という捉え方に変

わっていった。しかし、現在、多様な社会問題（地球的な規模で生じている問題なども含む）が発生する中で、既存の与えられたアプリケーションソフトを使うだけでなく、そうした多様な問題を解決するためにコンピュータをどのように動かしたらいいか、コンピュータを目的に応じて動かすことができる力、目的を達成するためのアプリケーションソフトを開発することができる力の養成が、より必要な時代になってきたと言える。

- 2) 2019年に開始された文部科学省の取り組みで、高速ネットワークを整備し、全国の児童・生徒に一人一台のコンピュータを用意するという構想である。
- 3) 「小学校プログラミング教育の手引（第三版）」（文部科学省、2020年2月）p.5に次のような記述がある。「教師自ら実際に体験することによって、プログラミングはそれほど難しいものではなく、むしろ面白いものだということが実感でき、さらに、授業でこんな使い方ができそうだというアイデアも湧いてくるものと思われます。」
- 4) プログラムをテキストで記述するのではなく、視覚的なオブジェクト（ブロック）でプログラミングするプログラミング言語である。
- 5) スクラッチ（Scratch）は、マサチューセッツ工科大学のLifelong kindergartenグループが開発した教育用ビジュアルプログラミング言語である。ブラウザでScratchのサイト（<https://scratch.mit.edu/>）に接続して、「作る」をクリックすることで、プログラム作成画面を表示させることができる。
- 6) 例えば、東京書籍では小5下p.134、学校図書では小5pp.144-145、啓林館では小5pp.236-237に掲載されている。また「小学校プログラミング教育の手引き（第三版）」やWebサイト「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」（<https://miraino-manabi.jp/>）でも、算数でのプログラミングの例として正多角形の作図が紹介されている。
- 7) 「算数・数学科の指導におけるICTの活用について」（文部科学省、2020年11月）p.7に掲載されている。（https://www.mext.go.jp/content/20200914-mxt_jogai01-000009772_001.pdf）
- 8) 例えば、「倍数を求める」は、東京書籍小5上p.126、

啓林館小 6 pp.182-183、「数の並び替え」は、東京書籍小 6 pp.242-243、学校図書小 6 pp.216-217 に掲載されている。それぞれ条件分岐などが学習できる教材になっている。

- 9) 「小学校プログラミング教育の手引き（第三版）」p.2 に次のような記述がある。「本手引を参考にして、学習指導要領に例示された教科・学年・単元等に限定することなく、適切なカリキュラムマネジメントの下で、各学校の創意工夫を生かしたプログラミング教育が展開されることが期待されます。」
- 10) ここで扱った計算結果は例えば Windows10 のアプリの電卓でも確認できるが、プログラムを組んでおくと条件をいろいろ変えたときにどうなるかというシミュレーションが行えるので、探究活動に活用できる。
- 11) スクラッチでは 21 の階乗まで整数表示で確認できる。
 $21! = 51090942171709440000$
- 12) 図 12 は尋常小学算術第六学年児童用下 p.76（緑表紙教科書、1935 年から 1942 年まで使用された国定算数教科書）から抜粋したもの。
- 14) 精度の限界から 159 年以降は 5m を超えた値が表示されてしまう。
- 15) 「小学校プログラミング教育の手引き（第三版）」p.25 に次のような記述がある。「正六角形などを定規と分度器を用いて作図することを試みさせ、手書きではわずかな長さや角度のずれが生じて、正確に作図することは難しいことを実感させます。」
- 16) Word の図を描く機能を使っても円を描くことはできるが、中心と半径を意識させる描き方ではない。
- 17) 筆者は「青少年のための科学の祭典」（1998 年）において、グラフ電卓と距離センサーを用いて、歩いた様子がグラフ化されてスクリーンに映し出される装置を用意し、児童たちに歩いてグラフを作らせた経験があるが、顔や文字を作ろうとする児童が多数いた。
- 18) プログラム作成時に使った数学的手法は一般性がある場合が多く、他に転用することができる。例えば、図 14 は平方根を求めるプログラムで、自然数を入力するとその平方根が表示されるが、「(答え)<(変数)×(変数)」のところを「(答え)<(変数)×(変数)×

(16) 或所ニ、一木ノ木ガ
生エタ。最初ノ一年ニ高
サガ一米トナリ、次ノ一年
ニ 50 糎ノビ、ソノ次ノ一年
ニ 25 糎ノビルトイフヤウ
ニ、毎年ソノ前年ニノビタ
長サノ半分ダケノビルモ
ノトスルト、コノ木ハドコ
マデノビルデアラウカ。



図 12 尋常小学算術第六学年児童用下 p. 76

- 13) これは初項 1 公比 $1/2$ の無限等比級数で 2 に収束する。収束の様子は面積 1 の正方形を基にして図 13 のように図解することもできる。

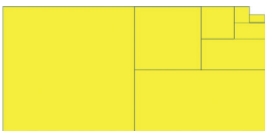


図 13 面積が 2 に収束する

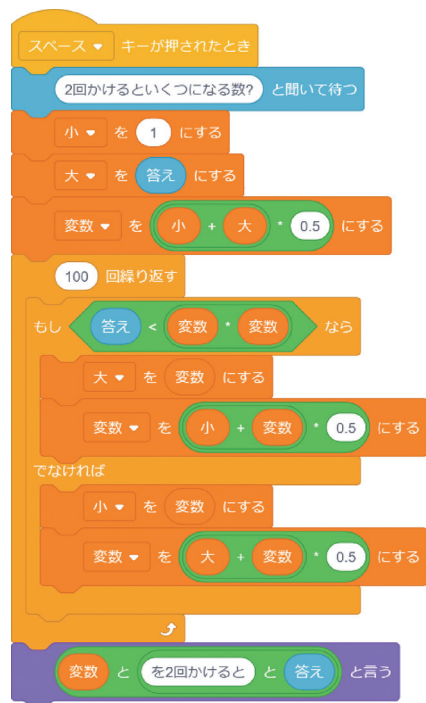


図 14 平方根を求める

(変数)」に変えれば3乗根を求めるプログラムになる。つまりここで使っている数学的手法（大小両側から条件に合致した値を絞り込んでいく方法）は、 n 乗根を求める場合にも活用できる手法である。取り上げた教材で言えば、【折った紙の厚み】では a^n 、【アトラクションの乗り方】では $n!$ 、【自然数の和】では初項 a 公差 d の第 n 項までの等差数列の和、【木の高さ】では初項 a 公比 r の等比数列の第 n 項までの和のように一般化した内容を扱うことができるような数学的手法が使われていると言える。なお、スクラッチにはダイレクトに平方根を求める機能もあるが、ここではプログラムにおける数学的手法の一般化を示すために図14のようなプログラムを作成した。

参考文献

- 中込雄治、「小型コンピュータの活用で変化する指導形態について—ポケコンやグラフ電卓が数学の授業に及ぼす効用—」、日本数学教育学会誌第78巻第7号数学教育 50-4pp.9-13、1996年
- 中込雄治、「グラフ電卓を活用した創作活動が数学の学習に及ぼす効果」、第29回日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集 pp.535-540、1996年
- 中込雄治・渡辺信、「テクノロジーで数学を体感させる可能性—科学の祭典での試みを通して—」、数学教育学会研究紀要 Vol.38/No.1・2pp.63-67、1997年
- 文部科学省、「小学校学習指導要領」、東洋館出版社、2017年
- 文部科学省、「小学校学習指導要領解説算数編」、東洋館出版社、2017年
- 鷺崎弘宣・齋藤大輔・坂本一憲、「Scratchでたのしく学ぶプログラミング的思考」、マイナビ出版、2019年
- 梅田恭子、「ICT活用指導力アップ!」、実教出版、2019年
- 中込雄治・黒木伸明・千田真佑子、「算数・数学教育におけるテクノロジーの活用場面について」、宮城学院女子大学発達科学研究No.20pp.7-18、2020年
- 守屋誠司、「教育現場で役立つ情報リテラシー」、実教出版、2020年
- 文部科学省、「小学校プログラミング教育の手引き（第三

- 版)」、2020年
- TENTO& できるシリーズ編集部、「できるキッズ子どもと学ぶScratch3 プログラミング」、インプレス、2020年
- アंक、「Scratchの絵本」、翔泳社、2020年
- 石原正雄、「スクラッチ3.0 ワークブック」、カットシステム、2021年

