

[教育方法一般]

小学校中学年段階におけるプログラミング学習の 試行と子どもの様相

水谷 徹平*

1 研究の動機

内閣府は、国の最重要政策の一つとして、Society 5.0を掲げ、AI、IoT、ビッグデータなど第四次産業革命が経済社会に急激な変化をもたらし、その中での成長戦略を進めていく旨が示されている。教育においても、大きく変化する社会の中で自分の人生を自ら切り開けるような人材の育成が必要とされ、平成29年告示の小学校学習指導要領では、プログラミング教育を実施することが明記されている。総則において小学校段階でプログラミングに取り組むねらいは、「論理的思考力を育むとともに、プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることなどに気付き、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などを育むこと、さらに、教科等で学ぶ知識及び技能等をより確実に身に付けさせることにある。(中略)したがっ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計画的かつ無理なく確実に実施されるものであることに留意する必要がある」と示されている。さらに、例示以外の内容や教科等においても「プログラミング学習」を学習活動として実施することが求められている。しかし、古市は「2020年度に小学校の新学習指導要領が全面実施となる。自治体の教育行政における小学校での『プログラミング学習』に対する準備について、学校現場からは『全く進んでいない。』という声を聞く」と述べている。

「小学校プログラミング教育の手引」では、「プログラミング的思考」とは、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と示されている。そして、「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を身に付けるための学習活動」を行うことと規定している。

「プログラミング的思考」を育むための学習活動をプログラミング学習と呼ぶとき、プログラミング学習は先進的な学校や教員による試行はなされているものの、試行的な実践が蓄積されつつある時期であると言える。小学校段階において、どのようなプログラミング学習を行うことで、どのように「プログラミング的思考」は育まれるのか、またどのような資質・能力と関係しているのかという臨床的な知見が蓄積されているとは言い難い。

本研究では、小学校中学年でプログラミング学習を試行し、子どもの資質・能力の相関を探るとともに、小学生段階における内容の難易度を検討し、小学校段階におけるプログラミング学習の在り様を探ることを目的とする。

2 研究実践の対象と方法

(1) 対象児童と時期

新潟県公立小学校4学年児童26名、平成31年1～3月

(2) 使用機器とアプリケーション

2in1タイプWindowsタブレット端末26台、無線LAN、ジャストスマイル8「ブロック」、「チャート」

(3) 研究の方法

「小学校プログラミング教育の手引き」における、「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」するプログラミング学習を試行し、質問紙と達成度による調査を行う。プログラミングを行っている間、画面キャプチャで動画撮影し、試行段階の様相や、他の調査結果との相関について調査し、小学校中学年段階におけるプログラミング学習の在り様を検討する。

*長岡市立表町小学校

3 研究実践の内容と様相

(1) 体育「リズムダンス」×プログラミング（2時間扱い）の内容と様相

第1時では、サイドステップやジャンプなどの基本のステップや動きを踊って確認後、アプリ「ブロック」を使って曲に合わせて組み合わせ、4人グループでのダンス創作を行った。プログラミングによる順次処理、繰り返し処理を行わせ、曲に合わせてアニメーションを表示させてステップや動きをグループで練習した。アニメーションを参考に実際に踊りながら、曲に合う組み合わせを探し、決めポーズで終わられるよう、ダンス創作を行った。

第2時は楽曲を変え、基本の動きにオリジナルポーズを加えてダンスを考えた。4拍のオリジナルポーズを写真4枚でアニメーション化し、プログラム上で表示させ、初めはゆっくりなテンポで練習し、徐々にテンポを速くして楽曲のリズムで踊れるようにした。グループでダンス動画を撮影し、自分たちで見て修正点を考えながら練習して、相互発表を行った。

「ブロック」を使ったダンス創作は初めてであったが、操作への困難さは特になく、全6グループが1時、2時ともダンスを完成させ、意欲的に練習して発表することができた（図1）。

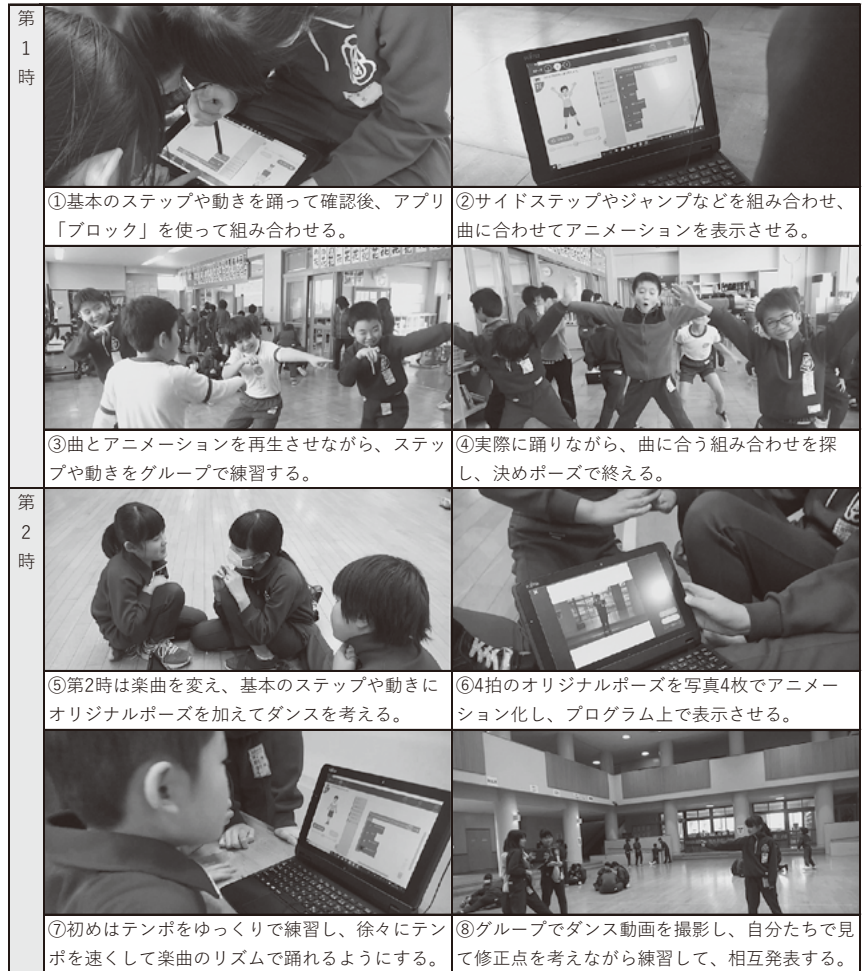


図1 体育「ダンス」におけるプログラミング実践の流れ

(2) 理科「水の循環」×プログラミング（1時間扱い）の内容と様相

毎朝の行動をアンブラグドで考え、チャート図の書き方を習得後、「水の循環」をチャート図でどう示すかについて、考える活動を行った。アプリ「チャート」を使って順次、繰り返し、分岐といったプログラミングの要素を確認しながら、繰り返しには、「降雨し、川を流れ、海に行き、蒸発する、雲になる」を順次的に入れ、分岐には地面にしみこむかどうかで川を流れるか地下水になるかを選択した。最終的には全員がチャートに表すことができたが、ヒントを与えなければできない子どもが多かった。うまくできていない子どもの画面を転送し、どこがおかしいかというデバッグ的思考をステップごとに行うと、チャート図に示せていない子どもを含め、多くの子どもがおかしい箇所に気付くことができていた（図2）。

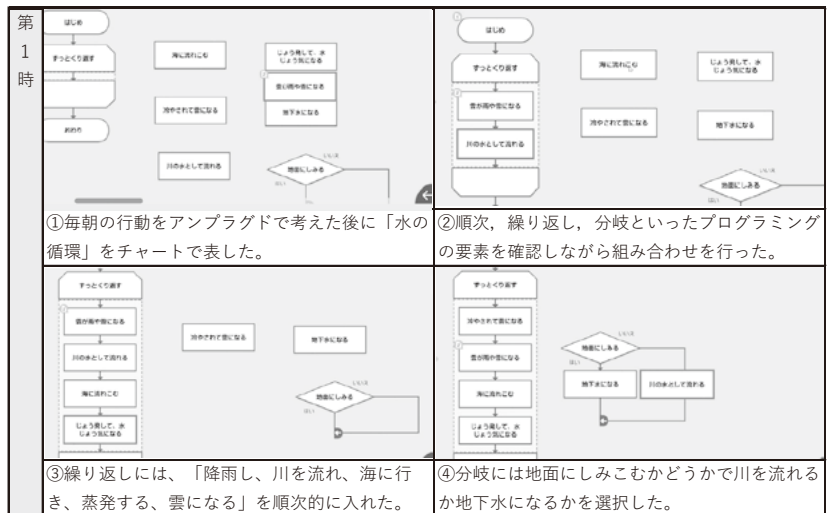


図2 理科「水の循環」におけるプログラミング実践の流れ

(3) 算数「平面上の位置」×プログラミング（1時間扱い）の内容と様相

マップ上のエージェントを、障害物を避けてゴールまで進めるマップ課題を「ブロック」で行い、「東西南北へ」と「何歩進む」というブロックを組み合わせる課題解決を行った。ステージ1を全員で試した後、ステージ2, 3, 4を個人で行った。

操作方法を習得した後、算数「立方体と立方体」の学習内容である「平面上の位置」で、平面を2つの記号であらわすことができることを学習し、2人ペアで1人は印刷されたマップをもとに、エージェントが

どこにあるかを口頭で伝えて問題解決する活動を行った（図3, 図4）。タブレット操作担当者は実行した結果のみのフィードバックを受けるよう、ディスプレイのマップ表示部分を付箋紙で目隠しをした。マップ担当者が「ロボットは4の6にいるよ」、「5の1に岩がある」、「ゴールの宝箱は4の1」などと情報を伝え、タブレット操作担当者がメモをして、プログラムする姿が見られた。

(4) 理科「電気の働き」×プログラミング（1時間扱い）の内容と様相
理科「電気の働き」の発展内容として、自動的に回路がついたり切れたりする課題に「ブロック」で取り組んだ。店舗をイメージした問題解決

面で、「お客さんが来たら自動ドアを開ける」、「お客さんが来たらメロディーを流す」、「室温が20～28℃になるよう、暖房と冷房を入れる」といった問題解決に取り組んだ（図5）。分岐が1つないし2つ出てきて、入れ子構造となることもある難しい問題である。「お客さんが来たらメロディーを流す」も、「実行したとき」、「ずっと」、「もしお客さんが来たらメロディーを流す」だけでは、メロディーが流しているときにお客さんが来てしまうと重なって何度も流れてしまったり、入口周辺にいると何度も流れてしまったりすることに気づき、メロディーがすでに流れているときには流さないようにするにはどう処理するとよいかを考える姿が多く見られた。試行錯誤を重ねながら自分のイメージしていた通りにプログラムが動いたときは、「やった」、「できた」と喜びながら、自動ドアや夜間照明、エアコンの設定温度など、生活の多くの場面で自動的に処理されている様々な回路の自動切り替えやオン・オフが、プログラムによってどのように指示されているかのイメージをもつことができた。

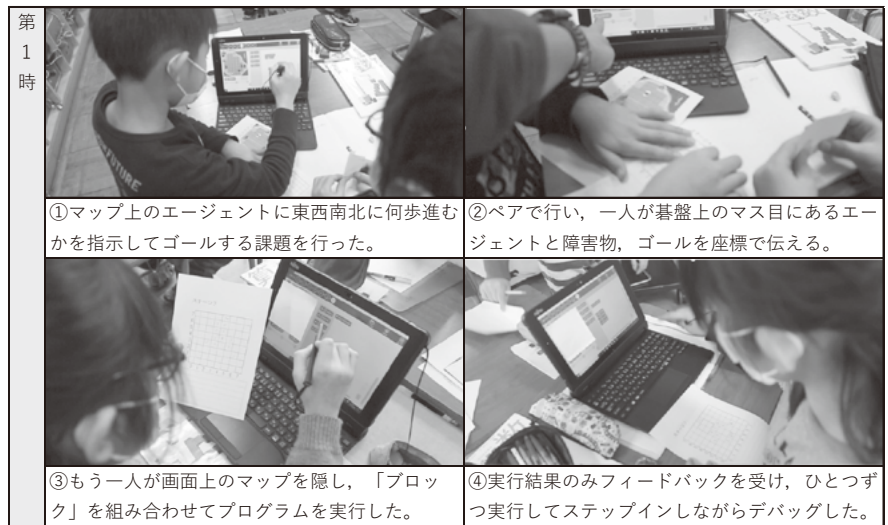


図3 算数「平面上の位置」×プログラミング

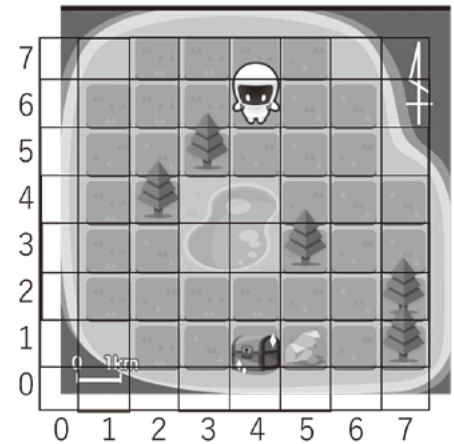


図4 マップ課題の例

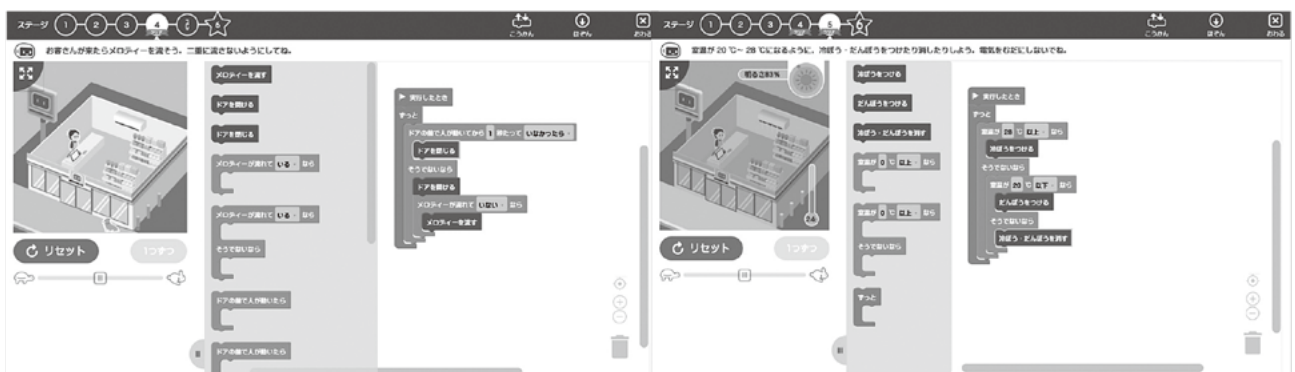


図5 理科「電気の働き」における問題場面の例

4 研究の結果と分析

(1) 体育「リズムダンス」実践について
 質問紙では、表1で示した項目について、「とてもそう」「まあまあそう」「あまりそうではない」「そうではない」それぞれを4・3・2・1に変換して平均値を出した。全体の様子を見ると、体育が好きだと感じつつ、ダンスを考えて踊ることはあまり好きではない傾向が見られた(表1)。

次に、ダンスを考えて踊ることへ否定的評価をした子ども(7名)の結果からは、

「あなたは体育の時間は好きですか」が3.10であることから体育が嫌いなわけではないこと、「プログラミングを使って考えた体育のダンスは楽しかったですか」、「プログラミングを使ったことでダンスを考えるのは考えやすかったですか」の評価がそれぞれ3.10、3.00と肯定的に捉える傾向があったことが分かる。体育への否定的評価をした子ども(5名)の結果からは、体育への評価よりもダンスへの評価が高く、ボール運動や走る・跳ぶ運動といった他の内容に比べればダンスに肯定的である傾向が伺える。「プログラミングを使って考えた体育のダンス」、「プログラミングを使ったことでダンスを考える」の評価がそれぞれ3.14、3.00と肯定的に捉えていた。自由記述で、「プログラミングを使って考えた体育のダンスでどんな力がついたと思うか」を問うた。「どんなステップをするのかを考えたりなどの力がついた」、「みんなで考えて写真をとっていれたり、組み合わせてリズムに合うダンスを作ったりできた」、「自分でダンスを考えて楽しむ力がついた」、「自分で曲にあわせてリズムをとることができた」、「ダンスがこんなに楽しいかと思った」といった記述があり、子どもの様子からも楽しそうに活動に取り組む様相が見て取れた。

片測(2018)は、表現運動・ダンス授業における主体的・対話的学習(アクティブ・ラーニング)については、「法則に従った『正しい解答』が存在するわけではない表現運動・ダンスであれば、どのようなコミュニケーションやワークによってどのような身体的な体験が生み出されるのか、どのような過程を経て動きの創作が登場するのか、そこに他者はどのように介在する可能性があるのか、このような検討が求められる」と述べる。

運動経験や体力の2極化が顕著になり、またさまざまな特性がある子どもが共に学ぶことを考えたとき、「人前で表現することへの抵抗感」、「ダンス経験の少なさによる基本の動きやステップの乏しさ」、「創作したダンスを覚えたり練習したりして改善していく際の、記録性の乏しさ」などが、ダンスを創作して表現することを阻害する要因になると考えられる。プログラミングを使って考えたダンスでは、体を動かす技能や同調運動があまり得意ではない子どもも、一連の動きをアニメーションで表示して繰り返し練習できたり、プログラミングで表示させたアニメーションをもとに、徐々に速くして練習できたりすることが一助となり、自信がついたり恥ずかしさが漸減していったりすると考えられる。今回はアップテンポのロックのリズムに合わせてダンスをしたが、楽曲そのものが、順次、繰り返し、分岐といったプログラムの要素をもつものであり、それに合わせたダンスはやはり順次や繰り返しが多用される特性がある。前述の片測は、「ICTの活用により主体的・対話的学習(アクティブ・ラーニング)を促進するような授業研究も必要」と述べる。以上から、プログラミングとダンスは親和性が高いと考えられる。

(2) 理科「水の循環」実践について

水の循環の仕組みは、言葉では説明できたり、図示はできたりするにもかかわらず、チャート図作成が難しい様相が多く見られた。質問紙の回答では、「チャートの書き方が分かった」、「水がぐるぐるまわっていることが分かった」といったものもあったが、「雨が降った後、蒸発するのをどこに入れるか迷った」、「地下水になるところが難しかった」、「水がどうなるかはわかってはいたけど、どうやって書けばいいのか難しかった」といった記述も見られた。降雨し→川を流れ→海に行き→蒸発

表1 ダンス実践における質問紙調査の結果

あなたは体育の時間は好きですか。	あなたはダンスを考えておどることが好きですか。	プログラミングを使って考えた体育のダンスは楽しかったですか。	プログラミングを使ったことでダンスを考えるのは考えやすかったですか。
3.39	2.96	3.57	3.48
ダンスをすることへの否定的評価をした子どもの結果			
あなたは体育の時間は好きですか。	あなたはダンスを考えておどることが好きですか。	プログラミングを使って考えた体育のダンスは楽しかったですか。	プログラミングを使ったことでダンスを考えるのは考えやすかったですか。
3.10	1.90	3.10	3.00
体育への否定的評価をした子どもの結果			
あなたは体育の時間は好きですか。	あなたはダンスを考えておどることが好きですか。	プログラミングを使って考えた体育のダンスは楽しかったですか。	プログラミングを使ったことでダンスを考えるのは考えやすかったですか。
1.80	2.57	3.14	3.00

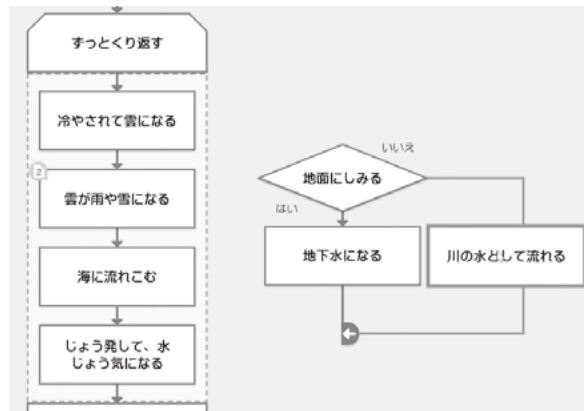


図6 地面にしみこむかどうかの分岐

し→雲になるという順次処理については、はじめを何にするかを迷いながらも多くの子どもが自力解決することができた。難易度が高かったのが、「地面にしみこむかどうか」で「川を流れる」か「地下水になる」という分岐であった。

自力で順次処理を記述できたのは20名(76.9%)であった。自力で回答できなかった子どもに「初めはどこにする?」、「次は?」などと声をかけ、言語化させるヒントを与えたところ、全員が解答できた。自力で分岐処理を記述できたのは3名(12%)であり、「全部の水が川を流れるわけじゃなく、地下水として流れるものもあるんだよね」、「どこに入ると思う?」とヒントを与えて解答できた子どもが10名(38.5%)であった(表2)。地下水になるという知識が定着していなかった可能性や、フローチャートに表すことへの習熟が不足していた可能性もあるが、分岐という概念が難しいようであった。

新地ら(2017)は、小学6年生を対象にフローチャートの描画を行わせる課題を行わせ、ある課題では、順次処理の正答率は85.7%、繰り返し処理は71.4%、分岐処理は61.9%と分岐処理でのつまずきが多いことを報告している。6年生段階でも6割程度の記述と考えると、4年生でのチャート図作成は難しいかもしれない。しかし、不完全なフローチャートを順番にたどっていくと「これはおかしい」、「間違っている」ということは多くの子どもが理解していた。チャート図を示されていれば、順に辿ってデバッグすることには利用可能であると考えられる。

川本ら(2015)は、小学校児童が利用可能なフローチャート活用学習システムを開発し、小学校3~6年生15名を対象にして、フローチャートを作成することを通して、学習前よりも論理的文章が書けるようになった可能性が示唆されることを報告している。川本らの報告は、統制群との比較はないこと、少人数であることからさらに検証の必要があるが、プログラミング学習の結果と何らかの資質・能力とに相関があることは考えられる。

そこで、フローチャートの分岐・順次双方を自力解決した場合を4点、ヒントをもとに解決した場合を3点、順次処理のみを自力解決した場合を2点、ヒントをもとに解決した場合を1点とし、相関係数を導いた。教研式知能検査結果(ISS)とフローチャートの解答は0.31と強い相関は見られなかった。また、CRT学力検査の得点率との相関を調べたところ、「書くこと」とについても0.29と強い相関は見られなかった。保護者に学校アンケートでとったタブレット・PCの使用経験(4件法)の結果とでは0.05と相関は見られなかった。他にもさまざまな検査結果やワークテスト結果との相関係数を出してみたところ、CRT算数の思考力が0.53で最大であった。

なお、「ブロック」を用いた個人でのマップ課題のクリア時間(秒)とも、-0.49と逆相関があり、フローチャート作成とブロックでのプログラミング作成能力には何らかの相関がある可能性が示唆された(表3)。

(3) 算数「平面上の位置」実践について

まず個人でstage1の例示しながら操作法を試し、stage2~4を自力解決した。クリアするのにかかった時間(秒)の平均を表4に示した。Stage2~4で徐々に障害物が増え、難しくなっていくことが伺える。マップ課題のstage3(図4)に関しての試行回数は平均1.77回で、13人(50%)が1回の試行でクリアした。7人(26.9%)が2回の試行、5人(19.2%)が3回の試行、1人(3.85%)が4回の試行でクリアしていた。表4の結果についても、各種検査結果等との相関係数を導いた。CRT算数の思考力とも0.12と低く、顕著な相関が見られる項目がなかった。課題が簡単すぎ、天井効果が出ていると考えられる。「平面上の位置」を2組の記号で示すという、座標の概念を活用することで情報を伝達する、算数の学習内容を生かした活動を行った。ただ、マップが複雑になっていくと、座標の発信側は、「この障害物の情報は必要ない」と考えて省いた情報が、受信側では何も無いと思って通ろうとして、障害物にあたってしまいうエラーが多く見られた。エラーを示す「そこは通れないよ」といったメッセージが出ると、「ひとつずつ」というステップ実行を行う機能を用いて、どこでエラーが発生しているかを突き止め、プログラムをデバッグして問題解決する姿が見られた。即時フィードバックが円滑なデバッグにつながっていると考えられる。

表2 理科「水の循環」におけるフローチャートの正解数

	順次処理		分岐処理	
	自力解決	ヒントあり	自力解決	ヒントあり
度数(人)	20	6	3	10
百分率(%)	76.9	23.1	11.5	38.5

表3 各種結果とチャート図の解答率との相関係数

知能検査(ISS)	0.31
国語テスト「書くこと」(点)	0.29
算数テスト「思考力」(点)	0.53
タブレット・PC使用経験	0.05
個人でのマップ課題クリア時間(秒)	-0.49

表4 マップ課題の個人クリアタイム

stage1	stage2	stage3	stage4
30.0	21.6	42.1	62.8
平均クリアタイム(秒)			

(4) 理科「電気の働き」実践について

ステージ3「お客さんが来たら自動ドアを開け、いなくなったら1秒たったら閉めよう」という問題を取り上げると、「実行したとき」、「ずっと」、「ドアの前に人が動いてから1秒経って人がいないならドアを閉める」、「そうでないならドアを開ける」といった分岐が必要である。平均クリアタイムは243秒で、手順数平均は17.3回、試行回数平均2.5回で全員がクリアできた。分岐が1つであれば、小学校中学年段階でも解答可能であった。また、「室温が20～28℃になるよう、暖房と冷房を入れる」といった分岐が2つある問題では、自力正答が2名(7.7%)と難しく、ひたすら総当たり方式で実行する子どもが多数であった。結果と各種検査結果等との顕著な相関はなかった。課題が難しすぎ、床効果があると考えられる。田口ら(2019)は、4学年の児童でscratchを用いて簡単なプログラムを書き、機械を思い通り動かせたと報告し、「系統的な学習計画のもとに児童を育てていけば(中略)第6学年におけるプログラミング学習も円滑に進むはず」と述べる。発達に応じた複雑さを吟味し、系統的な学習計画を立てる必要がある。

5 研究のまとめ

小学校中学年段階におけるプラグド環境のプログラミング学習初学者に対して、以下のことが示唆された。

- ・体育「リズムダンス」はプログラミング学習との親和性が高く、体育が好きではない子どもやダンス表現・創作が好きではない子どもの抵抗を低減する可能性がある。
- ・小学校中学年におけるフローチャート記述について、特に分岐を含むものは難易度が高い。反面、フローチャートを見てステップ実行的に順次、確認していくことはできる。
- ・フローチャート作成能力と、ビジュアルプログラミング作成能力、数学的な思考力は相関がある可能性がある。
- ・ビジュアルプログラミングにおいて、1回程程度の分岐であれば作成可能であり、また、エラーが出た場合に、ステップ実行で一つずつ動作を確認していくことで、デバッグすることができる。デバッグ処理の際に、フローチャートがあれば、フローチャートからもエラーが出る箇所を見つけることができる。

本研究でのプログラミング学習の試行は、「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」にあたる。プログラミング教育黎明期においてはBを試行し、どの学年や、どの内容と組み合わせるかが重要である。発達に応じた難易度の学習課題を、試行とデバッグを繰り返して解決する中で、「プログラミング的思考」を育むと考えられるからである。上記の知見や、様々な研究、実践の知見をもとに、6年間を見通したカリキュラムを作る必要がある。反面、本稿で示した知見は、少人数を対象としたものである。さらに事例とデータを積み上げ、客観性を担保する必要がある。また、数学的な思考力など資質・能力と「プログラミング的思考」の関係や転移が起こるのかどうかについて、さらに検証していきたい。

アプリケーションに関わっていえば、小学校中学年では、複雑なフローチャート作成は難しいが、フローチャートがあればデバッグ処理でエラー箇所を見つけることができる。アプリケーション上でビジュアルプログラムを組むと、同時にフローチャートが表示される機能を実装したアプリケーションは有用である可能性がある。ステップ実行をしたときに、フローチャート上でどの記述を実行しているかを可視化するアプリケーションの開発が待たれる。

引用・参考文献

- ・片渕美穂子『表現運動・ダンス関連記事の動向から見えるダンス授業研究の課題』, 和歌山大学教育学部紀要, 2018
- ・古市文章『小学校におけるプログラミング的思考の導入にかかるジレンマ: 小学校におけるプログラミング教育の現状と課題』, 佛教大学教育学部学会紀要, 2019
- ・川本佳代, 出口直輝, 林雄介, 平嶋宗, 砂山渡『論理的思考力育成を指向したフローチャート活用学習システムと小学校児童による実験的評価』, 教育システム情報学会誌, 2015
- ・新地辰朗, 安藤孝治『フローチャート分析から考察する走行型ロボットを用いた小学校プログラミング教育』, 日本科学教育学会研究会研究報告, 2017
- ・田口瑞穂, 村上宙思『小学校第3・4学年理科におけるプログラミング教育の検討』日本科学教育学会研究会研究報告34巻, 2019
- ・文部科学省『小学校学習指導要領』, <http://www.mext.go.jp/>, 2018
- ・文部科学省『小学校プログラミング教育の手引(第二版)』, <http://www.mext.go.jp/>, 2018