

コンピュータ・サイエンス科における低・高学年の授業モデル

上杉 泰貴*1・新田 佳忠*1・安藤 明伸*2

附属小学校*1・技術教育部会*2

概要：宮城教育大学附属小学校では、コンピュータ・サイエンス（CS）科を設置し、発達段階に応じた授業内容や授業モデルの在り方について検討を重ねている。令和4年度の公開研究会において、「学校教育目標『体も心もたくましく、しかも、しなやかな子供』を目指して～本質に迫る授業を通して～」という主題の下、2つの授業提案を行った。2年生では、ロボット教材「toio」を用いたプログラミングを通して、遊びや体験を重視しながらCS的な気付きを深める授業づくりを行ったことで、アルゴリズムに着目させることができた。6年生では、コンピュータを使った問題解決を通して学習の個性化を図ることで、プログラミングの内容を充実させることにつながった。

キーワード：情報活用能力育成、情報の科学的な理解、コンピュータ・サイエンス

1. はじめに

1.1. コンピュータ・サイエンス科の創設

附属小学校では、2019年度の実践を基に、2020年度に「コンピュータ・サイエンス科」（以下：CS科）を設置し、特定非営利活動法人みんなのコード（以下みんなのコード）との共同研究として、情報の科学的な理解を柱に据え情報活用能力を系統的に育むことのできるカリキュラムや授業モデルの在り方を検討してきた（上杉ら 2022）。低学年からコンピュータを題材とし、プログラミング等の体験的・探究的な学習活動を充実させる時間を確保することは、情報を科学的に理解することと情報を科学的に扱うことの双方を担保でき、系統的な情報活用能力の育成に資するものと考えている。

1.2. 校内共同研究における位置付け

校内では、学校教育目標「体も心もたくましく、しかも、しなやかな子供」を目指して～本質に迫る授業を通して～という主題の下、国語や算数などの各教科で共同研究を行っている。CS科もその中に位置付けてくものとして、「情報やコンピュータの特性を実感し、デジタル社会の歩き方を見いだす授業」を、この教科の本質に迫る授業として設定している（宮城教育大学附属小学校 2022）。

便利な生活を実現する上でコンピュータが欠かせない存在となっている昨今において、コンピュータやデジタル化された情報そのものを題材として扱い、その特性について体験的に捉えたり、そのよさに気付いたりしていくことは、コンピュータを主体的に活用する上での基礎となるものである。また、その学習の過程においては、プログラミングを児童の学びの文脈に沿って位置付けることが容易にでき、プログラミング的思考を効果的に育むことが期待できる。

更に、説明書がなく直感的な操作が可能なデジタル機器が広く普及したことで、その仕組みを知らなくとも便利な生活を送ることができるようになった。一方で、直感に頼った操作がもたらすリスクも増えており、よりよく、より安全に主体性をもってデジタル社会に参画するためには、デジタル化された情報やコンピュータについての特性を踏まえて判断を重ねる経験が欠かせないと考える。

表1 附属小学校でのCSの7つの要素

A	コンピュータの仕組み
B	ネットワーク技術
C	アナログとデジタル
D	データと分析
E	メディアの特徴
F	プログラミングとアルゴリズム
G	コンピューティングと社会との関わり

表2 2年1組「すすめ、ロボットたんけんたい」の単元構成

単元名	すすめ、ロボットたんけんたい		時数のめやす	4時間扱い(本時4/4)
単元の目標	知識及び技能	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータに意図した処理を行わせるためには、必要な手順があることに気付くことができる。 ・プログラミングを通してコンピュータの特性について気付くことができる。 		
	思考力、判断力、表現力等	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータに意図した処理を行わせるため、手順を分解し、順序立てて考えることができる。 ・コンピュータに指示を出すことを通して、コンピュータの特性について考えることができる。 		
	学びに向かう力、人間性等	<ul style="list-style-type: none"> ・身の回りで活用されるロボット(コンピュータ)に興味を持ち、生活と関連付けて考えようとしている。 ・意図した動きに近づくよう、論理的類推を基に、試行錯誤しながら粘り強く取り組むことができる。 		
単元の本質	<p>本単元の本質を「プログラミングを通して、コンピュータの特性に気付いたり、論理的思考力の基礎を養ったりすること」とした。「コンピュータの特性」については、小型のロボット(10to10)にプログラムで指示を出すことを通して、コンピュータは指示されたとおりにしか動かないことや、疲れずに動き続けることなどを楽しみながら気付かせるようにする。</p> <p>また、プログラミング教育でねらっている「論理的思考」について「順序だてて考えること」、「目的に迫る手順(アルゴリズム)は一つではないこと」の二つに重点化し、プログラミングを通して育成・発揮させていくことをねらっている。</p>			

時数	ねらい	主な学習活動	扱う主なCSの要素	評価規準		
				知技	思考力	態度
1	身の回りにはたくさんのロボットがあることに気付き、本単元の見通し(学習活動の概要と機器操作)を持つことができる。	<ul style="list-style-type: none"> ・私たちの身の回りには多くのロボットがあることに気付く。 ・ロボットを使ってコースを探索するという学習活動を捉える。 ・簡単なプログラム(直進、曲がる)を作成し、動かしてみる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【アルゴリズムとプログラミング】 ・目的に迫るための手順を考える。 <ul style="list-style-type: none"> 【エンビューティングと社会との関わり】 ・身の回りで活用されるロボット(コンピュータ)。 	◎	○	身の回りにはたくさんのロボットがあることに気付き、本単元の見通し(学習活動の概要と機器操作)を持つことができたか。(発言、ワークシート)
2・3	目的に迫るため、手順を分解し、記号の組合せを考えながら、プログラムを作ることができる。	<ul style="list-style-type: none"> ・目的の地まで進むプログラムを考え、試行錯誤しながらプログラムを考える。 ・作成したプログラムを共有し、「繰り返し」のプログラムがあると簡潔に表すことができることに気付く。 ・人間への指示とコンピュータへの指示を比較し、コンピュータの特性に気付く。 	<ul style="list-style-type: none"> 【アルゴリズムとプログラミング】 ・パターンを見つけて「繰り返し」を使うことで簡潔に表すことができる。 【コンピュータの仕組み】 ・コンピュータの特性。(指示されたとおりにしか動かない、疲れずに動き続ける等) 	◎	○	目的に迫るため、手順を分解し、記号の組合せを考えながら、プログラムを作ることができたか。(発言、プログラム、ワークシート)
4本時	目的に応じて最適な手順(アルゴリズム)は変化することに気付くことができる。	<ul style="list-style-type: none"> ・既習内容を振り返り、本時の問題を捉える。 ・目的の地まで進むプログラムを考える。 ・考えたことを共有し、目的を達成するには複数の手順があると気付く。 	<ul style="list-style-type: none"> 【アルゴリズムとプログラミング】 ・目的に迫るためには複数の手順(アルゴリズム)があること。 ・目的に対して最適な手順(アルゴリズム)を選ぶ大切さ。 	◎	○	目的に応じて最適な手順(アルゴリズム)は変化することに気付くことができたか。(発言、プログラム、ワークシート)

1.3. CS科の系統性と授業づくり

CS科の学習の系統性を担保するため、発達段階に応じた7つの要素を整理し、単元や授業の中でいづれかについて取り扱うことができるように留意した。これは、K-12 ComputerScience Frameworkや、DQ Instituteのデジタル・インテリジェンスとそのフレームワークを参考にしたもので、情報活用能力育成や中学校との接続という視点から自校化を図っている。

単元の設計は、各学年が中心となり、大学やみんなのコードの助言を受けながら行った。学習活動の設定に当たっては、コンピュータに関する題材について、児童が体験的・探究的に関わるのが重要と考え、次の二つの視点を基に吟味するようにした。

【視点1】情報やコンピュータの特性を捉える活動の設定

【視点2】日常生活とのつながりに気付かせたり学びの活用を促したりする働き掛け

1.4. これまでの実践を受けて

授業実践を重ねたことで、CS科で目指す児童の姿を設定したり、各学年10時間の年間カリキュラムを開発したりすることができた。児童の意識の変容からは、このカリキュラムにおいて情報やコンピュータの

特性を捉える活動を設定することで、児童の情報の科学的な理解が促され、「問題解決や表現する手段としてコンピュータを活用しようとする事ができる」「コンピュータや情報の特性を体験的に捉え、それらを基に判断することができる」等の資質・能力の育成につながるという示唆を得るなどの成果が得られた。児童の文脈に沿って問題解決場面を作り出すことは、情報の科学的な理解を促す上でも有効であることが分かってきた。

一方で、発達段階や中学への接続を考えた単元構成へ改良する必要性が見えてきた。具体的には、(1)低学年においては、「題材を大事にし、CS的な気付きや体験を通して情報の科学的な理解につながる素地を養う」形で単元を構成すること、(2)高学年において、Fプログラミングとアルゴリズムの内容の充実を図ることである。

2. 令和4年度公開研究会における提案

2.1. 提案の方向性

令和4年度の公開研究会においては、CS科として2つの授業提案を行った。1.4.で示した課題を受け、低学年における単元構成の改良と、高学年におけるF要素の充実を意識することを試みた。授業は2年1組(30

名)と6年3組(29名)の学級で行い、参会者と共に研究協議を行う場を設けた。また、6年3組の授業は、個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実を意識した提案も含む形とした。

2.2. 低学年における授業提案

2.2.1. 指導計画と教材

2年1組では、「すすめ、ロボットたんけんたい」という単元を構成した。単元の構成を表2に示す。

本単元では、写真1に示した小型のロボット教材「toio」を使用した。「toio」は、ビジュアルプログラミングによって容易に操作できるということに加え、プログラムしたことを基に実際にロボットが動くので、より実感を持ってコンピュータの特性について学ぶことができる教材である。また、「toio」は、コース上を正確に動くことができることからプログラミングの導入段階である2年生に適した教材であるといえる。

この「toio」を活用して、本単元では、「目的に迫るために順序立てて考えること」「目的に迫る手順(アルゴリズム)は一つではないことに気付くこと」の2つをねらいとして、実践を行った。



写真1 ロボット教材toio

2.2.2. 本時の様子

本時は、4時間扱いの4時間目に位置付け、「プログラミングを通して、目的に応じて最適な手順(アルゴリズム)は変化することに気付くことができる」ことをねらいとした。

導入では、これまでの活動を振り返り、コンピュータへの指示の出し方で気を付けていたことや、コンピュータの特性について話し合わせた。その後、本時で使用するコース図を提示し、道筋が複数あることを捉えさせた。

その上で、「どんなプログラムでスタートからゴールまで行こうか」と問い掛け、活動を行わせた。児童は、「一番遠そうな道で行こう」「へびを捕まえない」など、それぞれにストーリーを描きながら課題解決に向かっていった。児童は、自分の机の上でスタートからゴールまでロボットが動くように試行錯誤を繰り返す姿が見られた。教師は、コンピュータの特性についての気付きを言語化したり、特性についての気付きを促す働き掛けをしたりしながら児童の思考を見とり、黒板に考えを表現させていった。

右、左などのブロックを使い、手順を意識して組み



写真3 試行錯誤を繰り返す

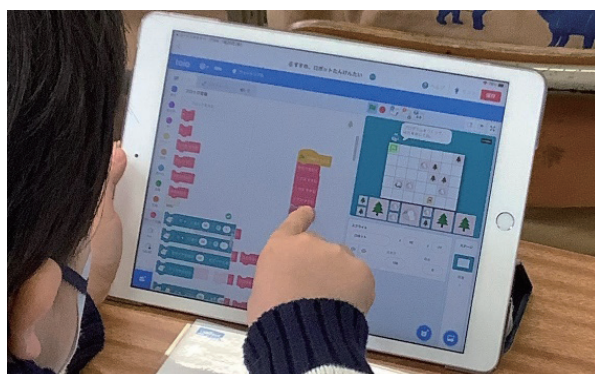


写真2 toioを使ったプログラミングの場面

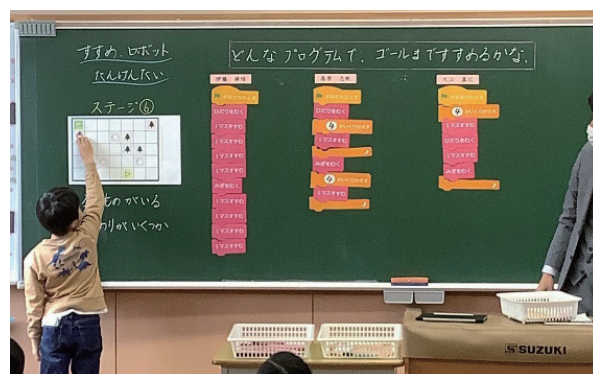


写真4 黒板にプログラムを表現させる

合わせたものや、パターンを認識して繰り返しで表現したものの3つを取り上げ、なぜそのように考えたのかを全体で共有していった。「早く着きたいからじゃないかな」「カブトムシをゲットしたいからだと思う」と、プログラムを読み解きながらその意図を推し量ろうとしていた(写真2, 3, 4)。

その後、「どれが正解(のプログラム)ってあるの。」と問い掛けると、どの考え方もゴールに行く道りりをたどっていることを挙げ、どの考えも正解であるという考えを表出していた。終末においては、異なるコースを提示し、本時の学びである「目的に応じてプログラムを作ること」について、体験ベースで振り返る活動を設定した。

このように、体験を基に学ぶように単元構成をしたことによって、低学年の児童でもCS的な気付きを得ることができたと考える。

2.3. 高学年における授業提案

2.3.1. 指導計画

6年3組では、卒業製作というテーマでコンピュータを用いた問題解決に取り組み、学習の個性化を通

してプログラミングの内容の充実と、デジタル社会ならではのものづくりの仕方とその価値を見いだすことができるように単元を構成した。構成表を表3に示す。ビジュアルプログラミング言語(Scratch等)や、教育用マイコンボード(ArtecRoboやMicro:bit等)、AIプログラミング環境(Teachable Machine等)の普及によって、処理の自動化や動的な表現を含むコンテンツの開発等に手軽に取り組むことができるようになった。それらを支えているのは、「指示されたことを素早く正確に行うことができる」「大量のデータの扱いに長けている」といった、コンピュータの特性である。

そのようなコンピュータによる問題解決は、実社会で数多く行われていることから、本単元の本質を「実社会では、コンピュータが問題解決の有効な手立てとなり、コンピュータの特性を生かして解決方法が設計されていること」と捉えた。コンピュータの特性を生かすことにより問題を解決できる場面があることを理解し、実際にその活動に取り組むことで新たな価値を作り出す良さを味わわせたいと考えた。具体的には、CS科の学びを活用したデジタルなものづくり「卒業制作」を通して、学校生活をよくする問題解決を扱う。

表3 6年3組「卒業製作」の単元構成

単元名	卒業製作 ～コンピュータの力を生かして～	時数のめやす	7時間扱い(本時6/7)
単元の目標	知識及び技能	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータの特性を生かした問題の解決に必要な、知識・技能を身に付けることができる。 開発する側にとって有益となる建設的なレビューの方法がわかる。 	
	思考力、判断力、表現力等	<ul style="list-style-type: none"> 身の回りにある小さな問題を見だし、コンピュータの特性を生かして解決する課題を設定することができる。 課題の解決に必要なプログラムを考え、問題の解決に向けて問題を切り分けてデバッグすることができる。 	
	学びに向かう力、人間性等	<ul style="list-style-type: none"> コンテンツをよりよくするために色々と条件を変えてテストし、その結果を建設的に伝えようとしている。 コンピュータを用いた問題解決に主体的に取り組もうとしている。 問題解決のプロセスの中に、新たな課題を設定しようとする。 	

時数	ねらい	主な学習活動	扱う主なCSの要素	評価規準			
				知技	思考表	態度	評価規準と評価方法
1	身の回りの問題を見だし、コンピュータの特性を生かして解決する課題を設定し、見直しを持つことができる。	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータを用いた問題解決例を調査し、どのような特性を生かしているのかを共有する。 小学校生活をより豊かに、より便利にするアイデアを出し合う。 これまでCS科で学習したことを想起しながら、実現可能性を検討し、学習計画を立てる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【コンピューティングと社会との関わり】 ・AIの利便性 【メディアの特徴】 ・コンテンツの概念 	○		◎	身の回りの問題を見だし、コンピュータの特性を生かして解決する方法について見直しを持つことができたか。(発言、記述)
2	手順や構造を図示しながら具体的にコンテンツ等の設計を考えることができる。	<ul style="list-style-type: none"> 様々な視点から、プログラムの手順やウェブサイトの構造を検討する。 コンテンツの企画書を作り、ポートフォリオにまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【プログラミングとアルゴリズム】 ・目的や問題の認識 ・手順の図示 	◎	○		手順や構造を図示しながら具体的にコンテンツ等の設計を考えることができたか。(記述)
3・4	設計したコンテンツ等を、コンピュータ上でプログラミングし表現できる。	<ul style="list-style-type: none"> 制作活動に取り組む。 (例1)センサの調整とプログラミング (例2)AIの学習とプログラミング (例3)ウェブ上での表現と利用規約 等 	<ul style="list-style-type: none"> 【プログラミングとアルゴリズム】 ・センサの存在と計測等 【ネットワーク技術】 ・ウェブでの表現の方法 	◎	◎	○	設計したコンテンツ等を、コンピュータ上で表現することができたか。(行動観察)
5(本時)・6	コンテンツを相互にレビューすることの社会的な意義を理解するとともに、新たな改善点を見だし修正しようすることができる。	<ul style="list-style-type: none"> コンテンツを紹介したり、試したりする。 様々な立場からコンテンツを評価する。 見いだした改善点について、優先順位を付けて修正を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 【プログラミングとアルゴリズム】 ・問題解決の手順を見直し改善する 【コンピューティングと社会との関わり】 ・建設的なコメントの入力と送信 	○		◎	コンテンツを評価し合うことの社会的な意義を理解するとともに、新たな改善点を見だし修正しようすることができたか。(行動観察、記述)
7	コンテンツの紹介を通じて、学習を振り返ることができる。	<ul style="list-style-type: none"> 作成したコンテンツをオンラインで紹介する。 どのようなコンピュータの特性を生かして解決することを考えたのか、振り返る。 	<ul style="list-style-type: none"> 【コンピューティングと社会との関わり】 ・オープンソースとオンラインコミュニティ 			◎	コンテンツの紹介を通じて、学習を振り返ることができたか。(発言、記述)

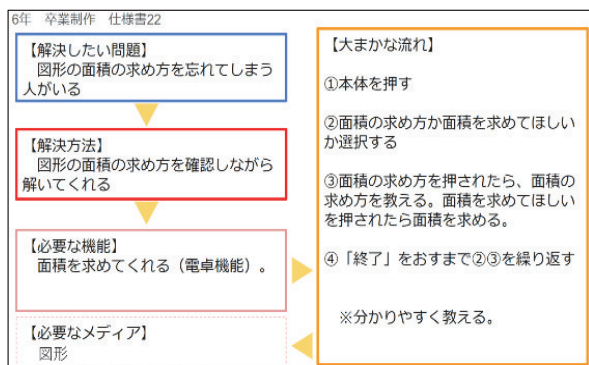


図1 児童が作成した仕様書

身近な問題を見いだすところを出発点とし、「問題の発見」「解決方法を見通す」「活動を行い評価する」「一般化する」というプロセスを意識しながら、学んできたことを生かして改善を図り、問題解決につなげたという実感を持たせたいと考えた。

2.3.2. 本時までの授業の様子

1・2時間目では、単元の見通しとともに、問題解決の方法を見通すことができるようにした。まず、学校生活で不便と感じている点を出し合い、コンピュータを使った解決の実現可能性を話し合わせた。問題解決の方法として、コンテンツの制作等が挙げられると想定し、コンテンツの仕様書を作成させることを通して、目的や共通認識を持たせられるようにした。その後、自分が計画した仕様書をもとに問題を小さく分け、製作に取り組ませた(図1)。

児童は、「出席確認の手間を省くためにAIを使って自動化する」「発表スライドで画像を使いたかったけど、自由に使えるものかどうか判断に迷った。自分たちが描いたイラストを検索できる形で提供したい」「歴史の学習で覚えることが多かったから、タイピン



図2 児童が作成したプログラムの例(1)

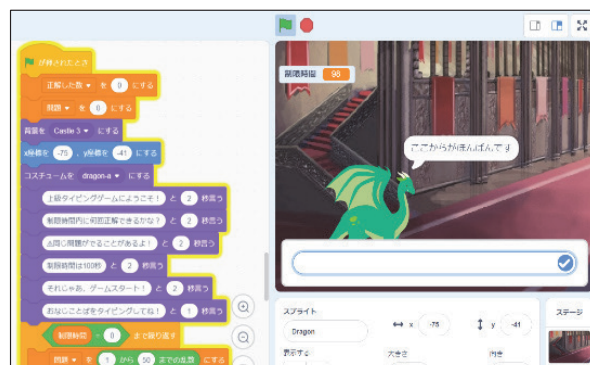


図3 児童が作成したプログラムの例(2)

ゲームと組み合わせて楽しく学べるようにしたい」という願いを持ち、大半がScratch3やStretch3を選択して製作を始めた。

それぞれの課題が異なるため、児童の願いを基に教師が参考となるウェブサイトやGoogleSite上にまとめた「CS資料集」を提供し、すべてをゼロから作らなくても良いことを伝えた。これは、デジタル社会におけるものづくりの一つの価値として捉えている。先人が公開しているものを自身の問題解決に生かすという視点で提示したことで、児童自身の負担感も減り、自身の設定した問題の解決に適用する部分に焦点化することが可能になった。



写真5 導入で整理したレビューの価値



図4 コメントの書き方の提示(バグの指摘)



写真6 作ったコンテンツを試用する



写真7 プログラムの改善を図る

授業を通して教師が心掛けたことは、児童が製作の過程で考えなければならないCSの要素を把握し、適切なタイミングで働き掛けることである。例えば、Scratch上で画像を利用する場合、リミックス文化による再配布が問題となることがある。リミックス文化の良さとともに、それが「画像の再配布となる」ことや、それを許可するかどうかは画像の著作権者によることである。必要に応じてグループや全体で取り上げながら、コンテンツの製作を支えていった。図2および図3は児童が作成したプログラムの例である。

2.3.3. 本時の授業の様子

本時は、7時間扱いの5時間目に位置付け、コンテンツを相互にレビューすることの社会的な意義を理解し、新たな改善点を見いだすことができることをねらいとした(写真5)。

導入では、これまでの振り返りを基に、「作り手として製作と評価をしてきたこと」「友達に体験してもらいたい」という願いをもつ児童が出てきたことを共有した。コンテンツが完成していないとしても、それを一度世に出すことで多くのユーザーに試用してもら

うことができ、建設的なフィードバックにより作り手が改善に生かすことにつながるというサイクルは、実社会でもアプリ開発に役立てられている。実際のアプリレビュー画面を提示し、どのように書くことで改善につなげやすくなるのかを話し合うようにした。この際の視点は、「バグの指摘」「UIの改善と機能の追加」の二つとして整理した。どちらも、作り手にとって価値の高い情報であるが、環境について付記したり、どのような場合に再現するかが書かれていたりしていなければ修正に生かすことが難しい。Scratchのコメント機能と関連付けた上でレビューの適切な書き方について確認し、個人の課題を確認したうえで活動へと進ませた(図4)。本時の中で、児童は、製作の続きに取り組む姿が多く見られた。必要感を感じた数名の児童は、試用を依頼したり、自らコメントに表現したりしながら活動に取り組む様子も見られた(写真6, 7)。

終末においては、ここまでのデジタルなものづくりのプロセスをまとめ、個人の課題に対する振り返りを行わせた。児童の振り返りを表4に示す。

児童は、レビューの体験を基に、実生活におけるアプリのアップデートと関連付けて捉えたり、問題解決ができたかという視点に立ち返るの必要性を感じたりしたことが分かる。また、リミックスの良さに言及するものも見られた。

補足となるが、本時の後6時間目には、多くの児童がレビューに取り組むなど、それぞれの進度に応じて活動を選択する様子が見られた。

表4 本時を受けた児童の振り返りの記述

今日は友達にコメントをしたのですが、反映には時間がかかるということがわかりました。やっぱり、ゲームなどはコメントが反映されにくいところもあるのかなと思いました。

実際に、友達にもコメントして、友達にコメントももらいました。解決したい問題の根本的なめあてに、「サッカー用語を知らない人が多い」と書いていたので、タイピングするだけではなく、その意味もしっかりわかるようにと教えてもらいました。

問題の難易度の要望はあったけど、プログラムへの要望はほとんどなかったのでよかったです。リミックス機能を使えばその難易度も沢山作れるし、リミックス文化っていいなと思いました。

3. 実践を終えて

令和4年度の公開研究会を通して、低・高学年のCSの新たな授業モデルを提案することができた。低学年においては、最初からアルゴリズムという言葉を導入するのではなく、プログラミングを通して目的に応じた手順の組み合わせが複数あることを体験させるなど、活動をベースとして気付きの中に要素を位置付けることができた。高学年においては、教師がすべてを教える授業デザインではなく、先人の地背を尊重しながら活用することでプログラミングの内容の充実を図ることができた。デジタル社会におけるものづくりプロセスを捉えさせ、自身の問題解決に適用する場面でのプログラミング的思考の働きを見取ることもでき、有効なモデルとなる可能性がある。

参考文献

DQ Institute, デジタル・インテリジェンスとそのフレームワーク, <https://www.dqinstitute.org/> (参照日:2020年8月15日)

宮城教育大学附属小学校研究紀要No.48 (2022) 学校教育目標「体も心もたくましく、しかも、しなやかな子供」を目指して ～本質に迫る授業を通して～ (第3年次), 92-100

The K-12 Computer Science Framework, <https://k12cs.org/> (参照日:2020年8月15日)

上杉泰貴, 新田佳忠, 竹谷正明, 利根川裕太, 安藤明伸ほか (2022), コンピュータ・サイエンスの原体験を小学校1年生から積み重ねるカリキュラムの開発と実践, 第48回全日本教育工学研究協議会全国大会論文集, 19-22