

問題解決能力を育成するプログラミング教育

～小学校6年間を見通した指導計画～

完田八郎¹・小林祐紀²

¹鳥取大学附属小学校

²茨城大学教育学部

プログラミング体験の問題解決場面で子供たちが活用する手順を小学校段階での学習内容に合わせて作成した「プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）」を、各教科・領域の授業の問題解決学習に活用していく。それによりプログラミング的思考の手順は焦点化され、子供にプログラミング的思考を用いた問題解決能力を育成することができると考えた。また本年度は、小学校の6年間を見通したプログラミング教育を観点に取り入れた。これにより「プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）」を扱う実践を基盤とすることで、プログラミング教育がめざすプログラミング的思考の育成と情報技術を生かそうとする態度の育成を、6年間を通して効果的に指導するための見直しをもつことができた。

キーワード：プログラミング教育，問題解決能力，小学校6年間，プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2），情報技術を生かそうとする態度

1 はじめに

1.1 プログラミング教育の未来へつなぐ授業づくりの視点

1.1.1 本校が提案するプログラミング教育特有の見方・考え方

(1) プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）

プログラミングの問題解決を行う場面で活用する論理的思考は、もちろん様々な教科・領域にも活用できるが、本来はプログラミング教育特有の見方・考え方である。

本研究で実践する「プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）」は、コンピュータのプログラミングにつながる問題解決の手順の一部である。これは「英国の教科コンピューティングでのコンピューショナルシンキングの概念」（太田剛，他，2016）の5つの概念をもとにしている。特にその中でも、「デコンポジション」「アルゴリズム的思考」「一般化」「評価」の考え方を学習の手順として整理し直した。具体的には「デコンポジション」の概念から「問題分割」「活動（命令）の発見」を、「アルゴリズム的思考」の概念から「計画（アルゴリズムの作成）」を、「一般化」の概念から「場合分け（条件分岐）」を、「評価」の概念から「デバッグ（見直し）」（図1，図2）をである。これらは、いくつかあるプログラミング的思考を必要とする手順の中から、小学校の各教科・領域の問題解決の手法として活用されているものに近いものである。よって現場の教師や子供にイメージしやすい手法であると考ええる。

それぞれの手順は次のような活動である。

- ① 問題分割・・・複雑で難しい問題に出合ったときは、問題の内容を整理したり単純化したりして、具体的で解きやすい問題に小分けする。

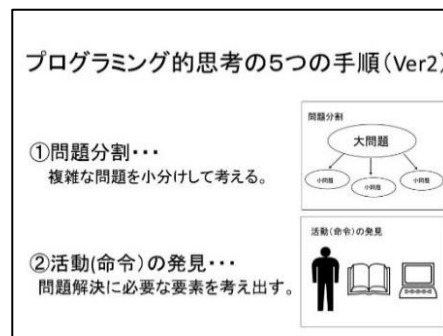


図1 プログラミング的思考の5つの手順（問題分割・活動の発見）

- ② 活動（命令）の発見・・・問題解決までの要素（活動・命令など）を理解や解決しやすいように、いくつかの部分に分ける。
- ③ 計画・・・問題解決までの要素（活動）を組み合わせて、ゴールまでの計画を立てる。
- ④ 場合分け・・・計画した過程をイメージしながら、起こりうる事象を予測して対応を準備する。（条件分岐）
- ⑤ デバッグ・・・出した答えを検証し、正誤判断したり改善したりして次の活動につなげる。

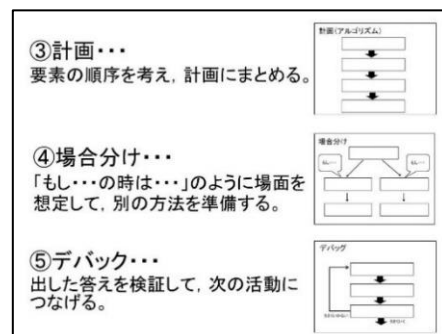


図2 プログラミング的思考の5つの手順（計画・場合分け・デバッグ）

これら5つの手順は、子供たちがプログラミング教育の中で身に付けるべき特有の見方・考え方である。

(2) 生活の中でプログラムの働きのよさや、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付く視点

プログラミング教育を行う中で、子供は日常生活の場面でコンピュータやそのプログラムが多く活用されていることを知る。そのことを教師が意識して、分かりやすく提示して伝えることで子供はプログラムのよさやコンピュータなどの情報技術の有用性についても気付くことができる。当然そこで身に付けたコンピュータやプログラムに対するプラスの見方・考え方は、プログラミング体験への意欲付けにもなり、定着した「プログラミング的思考の手順」と合わせて再び教科・領域での問題解決場面で活かされるというスパイラルを生む。このようにコンピュータやプログラムなどの情報技術を前向きに捉える視点もプログラミング教育特有の見方・考え方である。

1.1.2 本校が提案するプログラミング教育の学びのプロセス

プログラミング教育における学びのプロセスについては、1 単位時間の中でのプロセスという捉えではなく、年間を通して、各教科・領域の中でプログラミング教育のねらいを達成していくためのプロセスと捉える方が自然であると考えます。

1 年次は1 年間を3 段階に分けたプログラミング教育の学びのプロセスを提案した。その3 段階とは、まずプログラミング的思考について「知る」段階をスタートとして位置付ける。この段階では、プログラミング的思考の基本やコンピュータとプログラムの関係などの基礎を導入していく。

次にそれを教科・領域の中で活用することを「学ぶ」段階とする。この段階では、プログラミング的思考の手順を教科・領域の問題解決に利用していく。ここで子供はプログラミング的思考の手順が、教科・領域の問題解決にも有効であることを実感する。

最後に身に付けたプログラミング的思考をプログラミング体験に「活かす」段階へ進めていく。プログラミング的思考の手順が教科・領域の問題解決学習で有効な手法であると同時に、コンピュータプログラミングでも活用できることに気付き、習熟していくことにより、両方の場面でより効果的に活用できるようになる。

2 年次はこの3 つプロセスの実施順序や時期を決めずに繰り返して実践を行った。1 年次と2 年次の学びのプロセスの違いが、プログラミング教育の2 つのねらいを達成するための妥当性に影響があるのかについても検証しながら研究を進めていった。結果として、2 年次の方がプログラミング体験、プログラミング的思考、問題解決のつながりがより明確になり、子供の意識に残りやすくなったと考えられた。つまり、この3 つのプロセスは期間や順序が大切なのではなく、繰り返し授業に組み込んでいくことで成果が得られると考えられる。

このことからプログラミング教育においては、「3つの学びのプロセス」を繰り返す年間指導はある程度有効であると考えられ、3年次もこの学びのプロセスを継続して取り組んでいく。

1.2 プログラミング教育の「未来へつなぐ」とは

これからの社会では「Society 5.0」の到来が予測されている。このような予測できない変化の時代を生きてく子供達に必要なであろう2つの力をプログラミング教育では身に付けることができる。その2つとは、プログラミング教育の中心的なねらいの中にある「プログラミング的思考の育成」と、コンピュータやプログラムなどの「情報技術を生かそうとする態度」である。

プログラミング的思考とは、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて求められる物事を論理的に考えていく力である。これから先の20年後、30年後の未来を生きていく子供たちにとって、この論理的思考力を身に付けておくことは不可欠である。また「情報技術を生かそうとする態度」も同様で、今後の社会ではプログラムやコンピュータなどを人生や社会づくりに生かそうとする姿勢が必要である。そういった意味でプログラミング教育は子供たちを「未来につなぐ」学びであると考えられる。

2 問題の所在

小学校学習指導要領解説総則編（2018）において小学校でのプログラミング教育の方針が示された。しかし、プログラミング的思考の明確な指導法や指導内容は示されていない。続けて発表された小学校プログラミング教育の手引（第三版）（2020）や「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」のwebサイトによって多くの教科・領域で実践事例が示されている。しかし、そこに示されている内容はパソコン操作に特化した高価な教材や高度なプログラムの知識を必要とするものが多く、プログラミング的思考の育成を具体的にどのように行っているのか分かりづらいものも少なくない。そのため、どのようなICT環境の小学校であっても、教科・領域の学習の中で無理なくプログラミング的思考を身に付けることができる指導方法が求められている。さらに現場の教師にとって授業をイメージしやすく、子供にとって効果的なプログラミング教育の実践方法を明らかにすることが重要になっている。そこで一般的なICT環境の学校で実践できる効果的なプログラミング教育の6年間を見通した年間指導計画や具体的な指導法を明らかにしていくことの必要性が高まっている。

3 研究の目的と方法

3.1 研究の目的

プログラミング教育が目指すプログラミング的思考とは、問題解決場面で行うコンピュータのプログラミングにつながる論理的思考であると考えられる。問題の解決には手順が必要であり、1つ1つの事柄を組み合わせることで計画し、試行錯誤して進めていかなければ答えにはつながらない。こういった思考方法はどの教科・領域での問題解決場面でも効果的に活用できる。

つまり、コンピュータのプログラミングにつながる問題解決のための手順（本研究では「プログラミング的思考の手順（Ver.2）」と呼ぶ。）を、教科・領域での問題解決場面で活用することで、プログラミング的思考を育成するとともに、問題解決能力も育成することができる。こうした実践を重ねることで子供たちは情報技術を生かしていかうとする態度を身に付けていくことができる。本研究では、研究仮説を「プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）を基盤とした各学年の発達段階に合った教材・指

導法で計画的にプログラミング的思考について指導することで、子供に情報技術を生かそうとする態度や問題解決能力を育成できる。」として、実践を進めていく。さらに、こうした取組を実践し検証することで効果的なプログラミング教育の6年間を系統的に見通した指導計画を作成していくことを目指す。

3.2 研究の方法

3.2.1 教材と達成目標

表1 教材例

低学年	中学年	高学年
<ul style="list-style-type: none"> ・ルビィのぼうけん（図書） ・コードAピラー ・スクラッチ ・NHK for school 視聴覚教材 	<ul style="list-style-type: none"> ・ルビィのぼうけん（図書） ・アーテックロボ ・スクラッチ ・NHK for school 視聴覚教材 	<ul style="list-style-type: none"> ・理科・算数 教科書 ・マイクロビット ・スフィーロ・ボルト ・NHK for school 視聴覚教材

【教材の選定】

1年生から6年生の各教科・領域の教科書にあるプログラミング教育に関する内容と昨年度までに実践した教材の中から効果的だった教材を精選し、それぞれの学年に合った教材を選定して授業実践に活用する。

【達成目標の構想】

「プログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）」と「情報技術を生かそうとする態度」について学年部ごとに具体的な達成目標をもって授業実践を行う。

表2 学年部別のプログラミング的思考の5つの手順（Ver.2）の達成目標

低学年	中学年	高学年
① 問題の分割 ：問題を小さく分割することを知っていること	① 問題の分割 ：問題を小さく分ける必要性に気づき、分割すること	① 問題の分割 ：問題の本質を考えて、自分なりの判断で必要に応じて分割できること
② 活動の発見 ：必要な活動を選ぶことができること	② 活動の発見 ：目的に合わせて、必要な活動を見付けることができること	② 活動の発見 ：問題の本質を考えて、解決のための最適な活動を考え出せること
③ 計画 ：行う活動を整理して、順序を考えて計画することのよさが分かること	③ 計画 ：目的に合わせて、見通しをもち、組合せを考えて計画することができること	③ 計画 ：目的に合わせて、行う活動を整理して、最適な組合せを創造し計画することができること
④ 場合分け ：計画について「もし〇〇なら」に気づき、対処しようとする	④ 場合分け ：計画について「もし〇〇なら」に気づき、対処する方法を考えること	④ 場合分け ：計画を見て想定できるイレギュラーな事象に気づき、今までの経験や知識をふまえて対処する方法を考えること
⑤ デバッグ ：実行して、気付いたことを伝え合うこと	⑤ デバッグ ：実行して、気付いた問題の改善方法を考え、他者に伝えること	⑤ デバッグ ：目的に沿った評価の観点をもち、問題を分析して判断した改善策を他者に伝えること

表3 学年部別の情報技術を生かそうとする態度の達成目標

低学年	中学年	高学年
身近な生活でプログラムを使ったコンピュータが世の中の役に立っていることを知り、使っていこうとすること。	身近な生活でプログラムが使われていることやコンピュータが世の中の役に立っていることに気づき、自分の生活にも生かしていこうとすること。	身近な生活でプログラムやセンサーが使われている場所に気づき、コンピュータの働きをよりよい人生や社会づくりに生かそうとすること。

3.2.2 実践

【検証授業の実施】

本校の1～6年生の全クラスで授業実践を行う。「選定した教材」と「達成目標の構想」をもとにプログラミング教育による「プログラミング的思考の5つの手順 (Ver.2)」と「情報技術を生かしていこうとする態度」の2つの力の育成を意図した各教科・領域での実践を行う。

3.2.3 検証方法

【実態調査・分析】

本校の子供の問題解決能力の変化を把握するために、「プログラミング的思考の5つの手順 (Ver.2)」「情報技術を生かしていこうとする態度」の2つの観点についてアンケート・聞き取り調査を実施・分析する。(※アンケートの質問項目は、低・中・高学年に分けて作成した。)

【ポートフォリオ】

学習ワークシートをポートフォリオとして保存し、「プログラミング的思考の5つの手順 (Ver.2)」に関してワークシートに子供が記述した内容を分析し、記述内容の変容で効果の検証をする。

【子供の発言・行動の記録】

子供の授業中の「プログラミング的思考の5つの手順 (Ver.2)」「情報技術を生かしていこうとする態度」の2つの観点に関わる特徴的な発言や行動を考察する。

4 総合考察

4.1 結果と考察

4.1.1 児童アンケート結果と考察

4.1.1.1 低学年 (1年・2年) 児童アンケート結果

低学年においては、12月時点ではプログラミング的思考の5つの手順 (Ver.2) を活用した授業の実践はできていない。つまり、アンケートは授業を行う事前の意識調査になっている。今回はプログラミング学習を経験している2年生と、現時点では小学校でのプログラミング学習未経験の1年生を比較した。その結果において、15%以上数値の差異が生じた項目について、表4・表5に示す。

※数値は肯定的回答の割合

※クラス人数：1年生 (2学級) 66名、2年生 (2学級) 47名 (アンケート時)

表4 プログラミング的思考の5つの手順 (Ver. 2) アンケート結果 (15%以上数値の差異が生じた項目)

番号	質問項目	割合 (1年生)	割合 (2年生)
3	もんだいをとくときに、じゅんばんをかながえてけいかくするをしていますか？	68.2	46.8

表5 情報技術を生かしていこうとする態度アンケート結果 (15%以上数値の差異が生じた項目)

番号	質問項目	割合 (1年生)	割合 (2年生)
6	あなたのまわりにプログラムがつかわれていると思いますか？	47.0	87.2

4.1.1.2 低学年 (1年・2年) 児童アンケート結果の考察

プログラミング的思考の5つの手順 (Ver. 2) に関する質問については、すべての質問で1年生の方が10%前後高い数値だった。アンケート時の子供の反応を見ても、1年生は自己肯定感が高く、2年生は客観的に自分の姿を捉えている印象があった。

一方で情報技術を生かしていこうとする態度の「あなたのまわりにプログラムがつかわれていると思いますか？」という質問に対しては、やはりプログラミング学習経験のある2年生が2倍近い数値だった。プログラムに対する認知が進んでいることが分かる。

4.1.1.3 中学年 (3年・4年) 児童アンケート結果

中学年においては、7月前後から全学級の理科の学習の中でプログラミング的思考の5つの手順 (Ver. 2) を活用した授業を実践した。

※クラス人数：3年生 (2学級) 60名、4年生 (2学級) 64名 (アンケート時)

表6 3年生情報技術を生かしていこうとする態度アンケート結果 (15%以上数値の差異が生じた項目)

番号	質問項目	割合 (7月)	割合 (12月)
8	あなたは自分の生活の中で、コンピュータを生かしていこうと思いますか？	45.0	65.0

表7 4年生情報技術を生かしていこうとする態度アンケート結果 (15%以上数値の差異が生じた項目)

番号	質問項目	割合 (7月)	割合 (12月)
8	あなたは自分の生活の中で、コンピュータを生かしていこうと思いますか？	48.4	66.1

4.1.1.4 中学年 (3年・4年) 児童アンケート結果の考察

プログラミング的思考の5つの手順 (Ver. 2) に関する質問については、すべての質問で3年生、4年生ともに数値に有意な差異が認められなかった。昨年までの研究で、2年間4年生の1学級を担当して各教科・領域の中でプログラミング的思考の5つの手順 (Ver. 2) を活用したプログラミング教育を実践したときほどの変化は数値では見られなかった。今年度は理科のみでの実践だったことが影響しているのかもしれない。

一方で、3年生、4年生ともに「あなたは自分の生活の中で、コンピュータを生かしていこうと思いますか？」という質問に対して、ほぼ20%近い数値の上昇が見られた。やはり学習を積み重ねることでコンピュータを積極的に活用していこうとする意識が高まることが分かる。

3年生と4年生の数値を比較すると、全般的に4年生の数値が高く、8問中4つの質問項目で15%以上高い数値を示していることが分かった。学習時の発言や活動の様子などの反応も4年生の方が納得感をもってプログラミング的思考について理解できている印

象がある。

4.1.1.5 高学年（5年・6年）児童アンケート結果

高学年は、低学年と同様に12月時点ではプログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)を活用した授業を実施していない学年である。つまり、アンケートは授業を行う事前の意識調査になっている。しかし、5年生、6年生ともに4年生時にプログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)を活用した授業実践を1年間行った学年である。

※クラス人数：5年生（2学級）65名，6年生（2学級）61名（アンケート時）

表8 情報技術を生かしていこうとする態度アンケート結果（15%以上数値の差異が生じた項目）

	質問項目	割合（5年生）	割合（6年生）
6	あなたの身近な場所でプログラムやセンサーが使われている場所を知っている。	56.9	77.0

4.1.1.6 高学年（5年・6年）児童アンケート結果の考察

プログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)に関する質問については、低・中学年に見られた学年差がほとんどなく、5年生、6年生は数値だけでなく項目ごとの傾向もよく似ていた。年間を通して各教科・領域の中でプログラミング的思考の手順を学習した子供たちは、学習後に時間が経過しても、同じような意識の傾向を示すのかもしれない。

一方で情報技術を生かしていこうとする態度に関する質問項目では、すべての項目で5年生より6年生が高い数値を示した。全学年の中でも6年生の情報技術に対する前向きな姿勢が突出していることが分かった。やはり6年生では、プログラミング教育だけでなく、各教科・領域での学習内容の中でプログラミング技術を含めた社会全体の未来を見通していく力が高まっていることを感じる。

4.1.2 学習ワークシートの記述内容の分析

プログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)に関連する学習ワークシートは、3年生、4年生の理科単元「植物を調べよう」・「季節と生き物」の植物の変化を整理するために活用した。植物の変化を捉え、アニメーション動画に落とし込む一連の観察記録作成は、その過程での問題解決をプログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)を活用して行った。

このワークシートを学習の時系列に並べてみると、子供たちの変化が分かってきた。4年生では、多くの子供たちが学習当初の段階に記述されている内容よりも、プログラミング体験を積み重ねながら進めていった学習後の記述の方が、内容が詳しく見通しをもった記述が増えていた。

具体的には、はじめはタブノキの変化について「これから秋には、葉が黄色くなって落ちていくと思う。」という記述から、次の季節のワークシートでは、「気温が低くなり成長がにぶくなったから（葉が黄色くなって落ちた。）」と理由を予想した記述に変化した。これは、プログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)を活用して学習を進める中で、見通しや根拠の必要性を意識して思考できるようになったためと考えられる。

一方で3年生では、4年生と同じような学習過程で単元の学習を進めていったが、ワークシートの記述については大きな変化が見られなかった。アンケートと同様でプログラミング的思考の5つの手順(Ver.2)について学年に理解の差があったと考えられる。

4.1.3 検証授業

4.1.3.1 検証授業 4年理科実践「季節と生き物」

本時の授業づくりにおいて子供たちはプログラミング体験を「プログラミング的思考の5つの手順」ごとに区切り、意識しながら活動を進めていった。例えば、植物の変容を捉えるときに、全体ではなく、花・幹・葉・実などに「分割」して捉えていった。

1年間を通して観察する樹木の変化を、全体像のみで捉えるのではなく、部分に分割して捉えることにより花・茎・葉の変化に焦点を絞り観察することによって、「なぜ夏には葉が茂り、秋に葉や実を落とすのか」という疑問をもち、様々な仮説を立て、調べていくなどの学びの深まりが見られた。

また調べた内容を分かりやすく表現するために、ステップチャートにアニメーションの流れを「計画」した。アニメーションの完成イメージを見通すことにより、自分が説明しようとする内容が的確に見る人に伝わるのかといった相手意識をもちながらまとめる子供の姿も見られた。出来上がった作品を見直す「デバッグ」の活動では、自分が計画段階でイメージしていたアニメーションに近付けるために、繰り返しプログラムの数値や言葉を修正し、アニメーションを再生するなどの試行錯誤を重ねる子供もいた。また「プログラミング体験」自体が「分割」「活動（命令）の発見」「計画」「場合分け」「デバッグ」の流れで作られていることなども併せて意識しながら学んでいった。このような実践の中で問題解決能力を高めるプログラミング教育を行った。

4.1.3.2 検証授業の効果の考察

同じパターンで学習過程を繰り返すことで、子供たちは教師が詳細な指示をしなくても、プログラミング的思考の5つの手順（Ver. 2）を活用して主体的に植物の変化の特徴を部分ごとに整理して、変化の理由を調べたり考えたりしながらステップチャートにアニメーションの流れをまとめ、デバッグを繰り返しながらスムーズに作品を完成させていた。つまり、子供たちは問題解決をする場面でプログラミング的思考を使っていた。

4.2 研究のまとめ

4.2.1 結論

当初予定していたすべての学年での実践はできなかった。しかし、昨年までの2年間の研究と本年度の研究を合わせて考察すると、4年生以上の子供たちについてはプログラミング的思考の5つの手順（Ver. 2）を活用した実践を繰り返し行うことで、各教科・領域の問題解決場面でその考え方を効果的に利用することができるようになる。また全学年を通して、プログラミング体験を行うことで情報技術を生かしていこうとする態度について学年が上がるごとに意識が高まっていくことが分かった。

これらのことをふまえて効果的な教材と達成する目標を具体的に設定し、各学年の学習内容に合わせた単元の中でプログラミング的思考を育成する手立てを実践することで、6年間を見通した問題解決能力を育成するプログラミング教育の年間計画を作り上げることができる。

4.2.2 課題

今年度初めて3年生と4年生を対象に長期間（約5か月間）に渡ってプログラミング的思考の5つの手順（Ver. 2）を活用したプログラミング教育を実践した。実践は理科のほぼ似通った内容の単元で行った。しかし、アンケート結果やワークシートの記述内容、授業中の発言内容や行動観察を考察していく中で大きな違いを実感した。3年生と4年生を境にプログラミング的思考の5つの手順（Ver. 2）の有効性に違いがあることが分かった。これからプログラミング教育を進める上で、3年生以下の子供たちに分かりやすいプログラミング的思考に関わる概念が必要であると感じた。

4.2.3 今後の展望

3年間のプログラミング教育に関する研究を総括すると、子供たちに分かりやすくプログラミング的思考を整理し、各教科・領域の中で教師が意図的にその学びを仕組んでいくことで、子供たちの意識は変化することが分かった。また、単にプログラミング体験をするだけでは、情報技術を生かしていこうとする態度はある程度高めることはでき

るが、効果的にプログラミング的思考を高めることはできないことも分かってきた。

小学校におけるプログラミング教育は、高価な教材を準備して子供たちに体験させることよりも、教師が子供たちに必要なプログラミング的思考を整理して、意図をもって学びの環境を準備する方が大切である。子供たちを未来につなぐこれからの教師は、教材や専門家にプログラミング教育のすべてを任せるのではなく、基本的な知識とスキルを理解した上でプログラミング教育のねらいを明確にもって目の前の子供たちに合わせて授業をデザインしてほしいと考える。

【文献】

太田剛，森本容介，加藤浩（2016）「諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査－英国，オーストラリア，米国を中心として－」日本教育工学会論誌 40(3)pp. 198-205

文部科学省（2018）小学校学習指導要領解説 総則編 日本文教出版

文部科学省（2020）小学校プログラミング教育の手引（第三版）

文部科学省（2018）小学校と中心としたプログラミング教育ポータル.

<https://miraino-manabi.jp/>（最終閲覧日：2021年1月4日）