

小学校理科の授業でのプログラミングの扱い

内田 祐貴

神戸松蔭女子学院大学人間科学部

Author's E-mail Address: yuchida@shoin.ac.jp

Study on Programming Education in Science Elementary Schools

UCHIDA Yuki

Faculty of Human Sciences, Kobe Shoin Women's University

Abstract

2020年度より実施される小学校学習指導要領では、いくつかの大きな改訂が予定されている。その中の1つに、「プログラミング教育」の実施があげられる。プログラミング教育の実施においては、プログラミングの教科は新設されず、算数や理科などの教科内での学習活動の例が、新学習指導要領に記載される形になった。理科においては、「電気の利用」の単元において例示がなされ、教科書にも記載されることになった。小学校の現場においては、学習指導要領での例示があるものが中心になると考えられる。そこで、本論文では、新学習指導要領に対応した教科書の「電気の利用」におけるプログラミング教育の記載について分析を行い、実際の実験や、利用するプログラミング言語、いくつかの観点で特徴があることが分かった。それらを踏まえ、理科の理解を深めるプログラミング教育の行うための問題点を指摘した。

“Programming Education” is one of the important matters in the new courses of study for elementary school. “Programming Education” will be conducted in classes such as mathematics and science. Specifically, “Programming Education” is included in “Use of electricity” of sciences classes. In this paper, we study the contents of elementary school science textbooks for programming education in the “Use of electricity”. We show that these contents are characterized in several points of view, such as experiments, programming language. We point out problems in conducting programming education for elementary school science.

キーワード：科学教育、小学校、プログラミング教育

Key Words: Science Education, Elementary school, Programming Education

1. はじめに

2020年度から、小学校で新しい学習指導要領が実施される。今回の改定においては、大きな変更が複数含まれている。その中の1つに、いわゆる「プログラミング教育」があげられる。しかし、「プログラミング」の教科は新設されず、その実施は特異な形式となっている。さらに、新学習指導要領においては、理科、算数、総合的な学習において、例示がされているだけであり、専用の教科書などもなく、実施において、多くの小学校教員が不安を抱えている。これまでに、教員の研修や、小学校のICT環境の整備など、実施における一般的な問題点の指摘や[3、7、11など]、理科におけるプログラミング教育の在り方についての考察がされてきた[1など]。一方、具体的な扱い、特に教育課程内で、授業としてどのようにプログラミング教育を扱っていくかということに関する研究は、新学習指導要領に対応する教科書が確定したのが2019年度ということもあり、これからの課題である。本論文では、小学校理科の授業において、プログラミング教育を行うための問題点を整理し、新学習指導要領に対応した教科書の具体的な内容に対し、理科の授業としてプログラミング教育の扱いについて考察を行う。

1-1. 小学校におけるプログラミング教育

最初に、小学校においてプログラミング教育が、どのような理念のもとに導入されたかをまとめ、小学校におけるプログラミング教育の位置づけを俯瞰する。小学校におけるプログラミング教育に対する基本的な考え方は、2016年度に文部科学省の小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議において議論された。そこで、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の方向性が示され、小学校におけるプログラミング教育は、「子供たちに、コンピュータに意図した処理を行うように指示することができるということを体験させながら、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての『プログラミング的思考』などを育成するもの」とされた[15]。ここで、「プログラミング的思考」という考え方が示され、具体的には、「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」と定義された。これらにより、小学校におけるプログラミング教育は、コーディングを覚えることではなく、「プログラミング的思考」を育成することを基盤に、ここの議論が新学習指導要領に反映された。

とはいえ、プログラミング教育はやや特異な形で実施されることになった。新学習指導要領において、「各教科等の特質を生かし、教科横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする」とされ、プログラミングの教科は新設されず、各教科の授業内などで行われるものとなった。具体的には、プログラミング教育として、算数の第5学年の「B 図形」における正多角形の作図を行う学習、理科の第6学年の「電気の利用」における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習、総合的な学習の時間におけるプログラミングを体験しながら

ら論理的思考力を身に付けるための学習の3つが例示された [13]。教科の特性という観点からは、プログラミングと相性が良い、算数や理科の理数科目で、プログラミングを扱うことは自然な流れである。その一方、新学習指導要領の記述だけでは、プログラミング教育を円滑に行うことは不十分であり、「小学校プログラミング教育の手引き」により、その補完が行われている [16]。プログラミング教育の手引きには、実施にあたり2つの重要事項が記載されている。1点目は、プログラミング教育の目的（育成を目指す資質・能力）が整理されたことである。新学習指導要領の特徴の1つに、各教科で育成を目指す資質・能力を、「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「学びに向かう力・人間性等」の3項目に整理し明確化したことがあげられるが、プログラミング教育もこれに倣う形となった。小学校プログラミング教育の育成を目指す資質・能力として

【知識及び技能】 身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。

【思考力、判断力、表現力等】 発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。

【学びに向かう力、人間性等】 発達の段階に即して、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態度を涵養すること。

に整理された。さらに、小学校プログラミング教育のねらいとして、各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、教科等での学びをより確実なものとするときとされているが、そのために、各教科の育成を目指す資質・能力とプログラミング教育の育成を目指す資質・能力をどのように整合性のある形で授業内に落とし込むかの議論は不十分である。2点目は、小学校の段階のプログラミングに関する学習活動を分類が示されたことである。新学習指導要領では、プログラミングに関する学習活動は3例が例示されたのみであったが、それらも含め、学習活動をA～Fの6つに分類し（表1参照）、A～Dに関しては指導例も示された。分類AとBは、各教科等での学びをより確実なものとするための学習活動としてプログラミングに取り組みものであり、授業内で行うことを想定したものである。分類Aは学習指導要領に例示があり、分類Bは例示が無いものが分類されている。分類Aは、算数と理科でそれぞれ1例が、総合的な学習の時間で3例が記載されている。算数と理科の例に関しては、新学習指導要領に対応した教科書にも記載されることとなっている。分類Bには、音楽、社会、家庭、総合的な学習の時間がそれぞれ1例ずつ記載されている。しかし、これらは、基本的に教科書に記載がなく、授業内で行うには、各教員が独自に内容を足す必要がある。分類Cは、教育課程内ではあるが、各教科等とは別に、つまり、何らかの教科等に位置付けることなく、行うものが分類されており、プログラミングの楽しさを体験するなどの3例が記載されている。これらを実施するには、学習活動の位置づけや時間の確保も含め、各校が創意工夫しながら、その裁量で行うものとなっている。分類Dは、クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するものが分類されており、活動内容として2例が記載されている。分類E、Fは小学校と、ある意味関係なく行われるものとなっており、例示は無い。このよ

表 1. 小学校でのプログラミングに関する学習活動の分類 [16]

実施	分類	内容
授業内	A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
	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
一部授業内	C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
クラブ活動など	D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
教育課程外	E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
	F	学校外でのプログラミングの学習機会

うに、プログラミングの学習活動に対し、文部科学省はかなり幅広く捉えているが、このことがかえって、実施にあたり、小学校教員の多くが困惑する一因になっていると考えられる。特に、教育課程外である、分類 E、F に対して、文部科学省は地域や企業・団体等と積極的に連携・協力することを求めており、企業や教育産業などからの参入は、现阶段では積極的である。しかし、実施のための具体的にどのように連携すべきか、また、教育課程外で行う活動をどのように位置づけるかなど、小学校教員が一番求めている、プログラミング教育を実際に行うための情報は不足している。

1-2. 小学校理科の授業におけるプログラミング

新学習指導要領に対応した教科書の検定の結果が公表され、例えば小学校理科であれば、プログラミングに関して、実際に教科書に記載があるのは、分類 A に関するもののみであった。具体的には、小学校理科全 6 社の新学習指導要領に対応した教科書では、プログラミングの扱いが例示された単元は、第 6 学年の「電気の利用」だけである。プログラミング教育の手引きによれば、分類 A と B の違いは、新学習指導要領の記載の有無の違いであるだけと述べられおり、学習指導要領に記載が無くてもプログラミングの学習活動を推奨している。プログラミング教育を授業内で行う場合、分類 A と B が中心になる。しかし、教科書などの教材も含めた準備状況を考えるに、2020 年 4 月からのプログラミング教育の実施において、その主たる学習活動は、理科と算数の新学習指導要領に例示されているものとなることが予想される。このことは、「電気の利用」においてプログラミング教育を具体的にどのように授業で扱うかが、プログラミング教育の円滑な実施に、大きな役割を果たすこと示している。そこで、次節において、新教科書の内容に沿って、「電気の利用」の授業においてプログラミング教育を実施するための要件について考察していく。

理科において、プログラミング教育が導入されることが決定されてから、いくつかの先進事例が報告されている。その多くは、「電気の利用」におけるものである。例えば、マイコンボード micro:bit を利用し、電気の制御を行うプログラミングや、IoT ブロック MESH を利用した LED の明かりの制御などがある [4、6]。これらの先進事例にみられるように、理科にお

けるプログラミング教育の特徴の1つに、PC（タブレット）だけでなく、センサーやLEDライトなどのデバイスが必要であり、それらをPCにどのように接続するかという問題もある[10]。これらについても、理科においてプログラミング教育を行うために検討すべき事柄である。

2. 「電気の利用」におけるプログラミング教育

「小学校学習指導要領解説 理科編—平成29年7月」において、プログラミング教育に関しては、第6学年「電気の利用」において、エネルギー資源の有効利用という観点から、学習例が記載されている。具体的には、「身の回りには、温度センサーなどを使って、エネルギーを効率よく利用している道具があることに気付き、実際に目的に合わせてセンサーを使いモーターの動きや発光ダイオードの点灯を制御するなどといったプログラミングを体験することを通して、その仕組みを体験的に学習する」となっている[14]。これにより、新学習指導要領に対応した教科書もこれを、対象とするものとなっている。

プログラミング教育を行うには、プログラミング言語についても考えなければならない。「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」では、小学校におけるプログラミング教育は、コーディングを覚えることではないとされている。これにより、アンプラグドプログラミング教育も想定されている。しかし、小学校でのプログラミング教育全体において児童がコンピュータを用いてプログラミング体験を行わないことは望ましくないと、プログラミング教育の手引きに明記されており、実際の実施においては、児童がプログラミングをする学習活動が行われることになる。そこで、どのプログラミング言語を学習活動で用いるかが問題となるが、現段階ではScratchなどのビジュアルプログラミングの使用が想定されている。プログラミング教育の手引きでは、特定のプログラミング言語の使用を推奨せず、ビジュアルプログラミング（おそらくはScratch、図1参照）を模した疑似的な言語によるプログラム例を記載するとされている。一方、新学習指導要領に対応した理科の教科書においては、Scratchの利用を前提にしたものは無く、教育出版と啓林館の教科書に例示がされているだけである。その代わりに、webブラウザ上で動く専用ソフトを用意するなど、特殊な状況となっている。

2.1 小学校プログラミング教育の手引きにおける「電気の利用」での指導例

理科の授業内でプログラミング教育を行うには、理科の学びを確実にするものでなければならない。そのために、プログラミング教育の手引きにおいては、学習指導要領解説の例を受け、「電気の利用」で行うプログラミング教育のねらいとして、「プログラミングを通して、身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があることに気付くとともに、電気の量と働きとの関係、発電や蓄電、電気の変換について、より妥当な考えをつくりだし、表現することができるようにします」とした。具体的な学習活動としては、プログラミングを通して、身の回りには電気の性質や働きを利用した道具として、「物体との距離を計測するセンサーにより通電を制御するスイッチをつないだ、発光ダイオードの点灯回路を作成し、その上で、



図 1. 小学校プログラミング教育の手引きにおけるビジュアルプログラミングの例 [16]

このスイッチの通電を制御するプログラムの作成」が例示されており、明示されていないが、これが身近な生活でコンピュータが活用されていることへの気付きにつながると考えられる。また、電気の量と働きとの関係、発電や蓄電、電気の変換について、より妥当な考えをつくりだし、表現するために、「人が必要とする明るさは確保しつつ、照明が点灯したままにしないなど電気を無駄なく効率よく使うためには、センサーが人を感知する距離や時間などの条件をどのように設定すればよいかなどの疑問をもち、センサーを用いた通電の制御（自分が意図する動き）はどのような手順で動作するのか、それを再現するには命令（記号）をどのように組み合わせればよいのかを考え、試行錯誤しながら（プログラミング的思考）プログラムを作成」する例があげられている。こちらがプログラミング的思考の育成に対応している。このように、ある程度は、「電気の利用」における目標と、プログラミング教育のねらいの整合性を図ることを目指したものとなっている。その一方、制御に関しては、この距離センサーを利用するビジュアルプログラミングでのプログラミング例の図（図 2 参照）があるのみで、どのようなセンサーを使うのか、センサーとコンピュータの接続などに関しては、一切言及がなく、この手引きだけでは、不十分である。

2.2 教科書における「電気の利用」におけるプログラミング教育

授業内でのプログラミング教育においても、基本となる教材の 1 つが教科書であることは、変わらない。特に、理科の授業におけるプログラミング教育では、「電気の利用」の授業において、新しい学習指導要領に対応した教科書の内容に沿って授業をしていく小学校が多数であろう。そこで、前節までの指摘を踏まえながら、教科書の具体的記載に基づいて、どのように理科の授業内でプログラミング教育を行うか考察していくために、インターネット上で内容を公開している、東京書籍、大日本図書、教育出版、学校図書、啓林館の教科書の記載内容に対し分析を行っていく。新しい教科書では、専用コンテンツなどを web 上などに用意

(通電を制御するプログラム例)

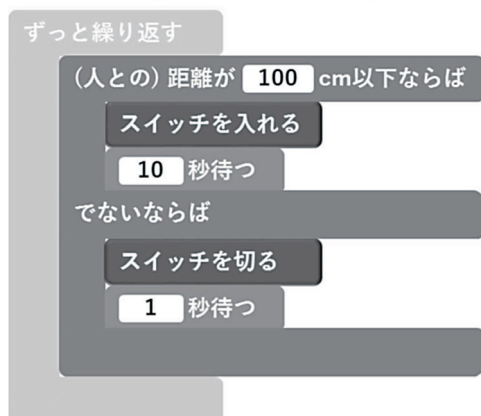


図 2. 「電気の利用」における通電を制御するビジュアルプログラミングの例 [16]

しておき、そこにアクセスするための QR コードを教科書に記載するなど、ネット利用を含め、デジタルコンテンツとの融合が進んでおり、今回の分析においても、ネット上で公開されているデジタルコンテンツなども含めて行う。

東京書籍においては、コンデンサを電源に、人感センサーを用いて、人が近づくと発光ダイオードの明かりがつき、しばらくすると消えるプログラミングを扱っている [12]。センサーには、Sony 社製の MESH ともう 1 つの写真が掲載されている。プログラム例としては、MESH 専用の MESH タグを用いたものと、ビジュアルプログラムの図が記載されている。また、電流の制御には内田洋行社の MESH に対応したプログラミングスイッチを用いており、これに発光ダイオードをつなぎ、MESH タグを用いたプログラミングをする。さらに、発光ダイオードだけでなく、モーターや電子オルゴールを使う例や、蓄電メーター付きのコンデンサを使うことで、センサーによってどれくらい電気を効率的に使えたかを比較する内容も記載されている。しかしながら、これら記載内容を授業で行うには、専用の教材を完備する必要がある。その一方で、これら実験を仮想的に再現できる、web ブラウザ上で動くデジタルコンテンツも用意しており、独自のビジュアルプログラミングにより、ブラウザ上でモーターを回すことなどができるようになっている。

大日本図書は、MESH の明るさセンサーを用いて、暗いときだけ明かりがつく発光ダイオードのプログラミングが記載されている [9]。制御に関しても同様に、内田洋行のプログラミングスイッチを用いて、MESH タグでのプログラミングの図が掲載されている。教科書の記載内容通りに行うには、専用の教材を完備する必要がある。その一方、web 上の専用サイトで、今後、各理化学機器メーカーのプログラミング教材に対応したコンテンツの公開を予定している。

学校図書では、LED を点滅させるプログラミングを扱っている [2]。web ブラウザ上で動く

専用ソフトを用いて、独自のビジュアルプログラミングにより、ブラウザ上でLEDを点滅させることができるようにしている。教科書の内容も、このソフトの内容を基に構成されており、インターネット環境とパソコンだけあれば、教科書の内容と一致した授業を行えるようになっている。

教育出版においては、最初にScratchを用いたプログラミングの例を記載し、その後に、赤と青のLEDを用いて、歩行者用の信号機を再現するプログラミングを扱っている[5]。プログラミングの例は、Scratchのものが掲載されている。

啓林館は、人が近づいたとき等、必要な時だけ明かりがつくプログラミングを行っている[8]。シールを用いたプログラミング用のシートを用意し、アンプラグドプログラミング教育をできるようにしている。また、これに対応したwebブラウザ上で動く専用ソフトを用意しており、プログラミングによりブラウザ上で明かりがつくか確認できるようになっている。この他に、ScratchとMESHも教科書内で紹介されている。

3. まとめ

新学習指導要領に対応した教科書の、「電気の利用」におけるプログラミング教育の記載内容の分析を行った。エネルギーの効率的な利用として節電のためのプログラミングや、信号機を再現するなど、各社により、扱う具体的なプログラミングは異なっていた。しかし、自分が意図する一連の活動を実現するために、動きに対応した記号を組み合わせたらいいのか試行錯誤する点からは同じであり内容であると言え、各社の教科書とも、プログラミング的思考を育成する学習活動を重視したものとなっている。その一方、プログラミングの具体的な取り扱い、いくつかの観点で分類できることがわかった(表2参照)。1つは、実際に実験を行うかである。専用教材を用意し、実際に明かりをつける実験のプログラミングを行うものと、専用ソフトを用意し仮想的に実験を行うものである。もう1つは、プログラム自体についてである。MESHタグや、Scratchなどの既存のプログラム言語を利用するものと、独

表2. 教科書におけるプログラミングの取り扱いの特徴

教科書会社	実験の有無	プログラミング言語	アンプラグド
東京書籍	MESHセンサーを用い発光ダイオードを点灯 専用ソフト上でモーターの回転など	MESHタグ 専用ソフト	—
大日本図書	MESHセンサーを用い発光ダイオードを点灯	MESHタグ	—
学校図書	専用ソフト上でLEDを点灯	専用ソフト	—
教育出版	発光ダイオードを点灯	Scratch	—
啓林館	アンプラグド用教材で明かりを点灯 専用ソフト上で明かりを点灯	アンプラグドプログラミング 専用ソフト	専用教材を付録

自のビジュアルプログラミングを用意したものである。さらには、アンプラグドへの対応もある。アンプラグドプログラミング教育に対応したのは啓林館のみであった。

このように、教科書により、「電気の利用」におけるプログラミング教育の扱いは、プログラミング的思考の育成という点では同じであるが、その内容には相違があると言える。特に、プログラミング教育の実施においては、その環境整備が大きな問題の1つであることが指摘されており、実験を伴う理科の授業においては、この問題はさらに重要である。今回は、アンプラグドなものから、専用教材を用意し、実際に実験を行うものまで、選択肢は広いと言える。2020年4月から、初めてプログラミング教育が小学校で行われるという状況において、教科書の幅が広く、それぞれの状況に対応し、選択肢があるということは望ましいと言える。その一方、理科の理解を深めるためのプログラミング教育という観点からは、実際にプログラミングを組み込んで実験を行うことは重要である。しかし、専用教材の完備は、費用や教員の教材に対する習熟も含め、非常に実施へのハードルが高い。センナーなどは、実験に十分に使える性能の安価な汎用品があり、安価なマイコンボードである Raspberry Pi や micro:bit などを利用して、使いやすく統一した形で教材へ利用した指導法の研究も重要であろう。また、プログラミング言語としては、独自のものや MESH タグを利用したものが多かったが、これらは汎用性に欠ける。特に、プログラミング教育においては、複数の教科や教科横断的な実施が推奨されているが、そのときに、同一のプログラミング言語を利用できることは、円滑な実施に効果的であり、毎回違うプログラミング言語を使うより、児童の負担が少なくなることも期待できる。また、Scratch などは、web 上に自分の作ったプログラミングを保存でき、インターネットに接続できる環境があれば、端末によらず利用できる。これにより、学校と家でプログラミング体験を継続できるなどのメリットが考えられる。今後は出来る限り様々なデバイスで行える、プログラミングに関する学習活動についても研究が求められる。

プログラミング教育が重要であることは、衆目が一致するところであり、新学習指導要領において、プログラミング教育が例示されたのは、当然のことである。しかしながら、現段階で、プログラム教育、理科教育の両方の観点から十分であるとは言えない。プログラミング教育の効果を高め、さらに、理科の理解を深められるものにするために、上記の問題点を解決する教材や指導法の研究と実践は喫緊の課題である。

文献

- [1] 伊勢正明、「小学校理科におけるプログラミング教育に関する一考察」、武蔵野教育學論集 5、pp.77-86 (2018)
- [2] 学校図書、「みんなと学ぶ小学校理科」、<https://gakuto.co.jp/2020tokusetsu/rika/>、2019年12月1日引用
- [3] 金子大輔、「小学校におけるプログラミング教育の必修化とその実施上の課題」、北星学園大学経済学部北星論集 59 (1)、pp.23-33 (2019)
- [4] 木月美里、「小学校理科におけるプログラミング教育の実践—第6学年「電気の利用」

- MESH を活用して—」、理科の教育 67 (787)、pp.21-23 (2018)
- [5] 教育出版、「未来をひらく小学校理科」
<https://www.kyoiku-shuppan.co.jp/2020shou/rika/index.html>、2019年12月1日引用
- [6] 窪田美紀、「自分の思ったとおりに電気を制御してみよう」、日本理科教育学会全国大会
論文集 69、pp.93 (2019)
- [7] 黒田 昌克, 森山 潤、「小学校段階におけるプログラミング教育の実践に向けた教員の課
題意識と研修ニーズとの関連性」、日本教育工学会論文誌 41、pp.169-172 (2017)
- [8] 啓林館、「わくわく理科」、
https://shinko-keirin.co.jp/keirinkan/sho/text_2020/science/index.php、2019年12月1日引用
- [9] 大日本図書、「たのしい理科」<https://www.dainippon-tosho.co.jp/introduction2020/rika/>、2019
年12月1日引用
- [10] 高橋純、「理科における小学校プログラミング教育の実施」、日本理科教育学会全国大会
論文集 69、pp.89 (2019)
- [11] 立田ルミ、「小学校におけるプログラミング教育の導入と問題点」、情報学研究 6、pp.89-
92 (2017)
- [12] 東京書籍、「新しい理科」<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/text/shou/rika/>、2019年12月1日引
用
- [13] 文部科学省、「小学校学習指導要領解説—平成29年3月」、大日本図書 (2018)
- [14] 文部科学省、「小学校学習指導要領解説 理科編—平成29年7月」、大日本図書 (2018)
- [15] 文部科学省、「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)」、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/houkoku/1372522.htm、2019
年12月1日引用
- [16] 文部科学省、「小学校プログラミング教育の手引き (第二版)」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm、2019年12月1日引用

(受付日 : 2019. 12. 10)