

小学校理科におけるビジュアルプログラミング教材の開発

—通常学級における ASD 児を含む授業を想定して—

Development of Visual Programming Teaching Materials in Elementary School Science Education:
Supporting Children with Autism Spectrum Disorders in Regular Classes

渡邊 佳代*1

要 旨

平成 29 年度告示の小学校学習指導要領において、プログラミング教育が必修化され、プログラミング的思考が求められるようになったが、プログラミングの教科は新設されていない。また、通常学級において ASD 児との協働作業によるプログラミング教育についての実践研究はほとんど見られない。そこで、ASD 児が所属する通常学級で、理科第 3 学年「電気の通り道」の単元において、電気を通すものと通さないものの理解を深めると共に、プログラミング的思考の育成と協働作業におけるコミュニケーション能力の伸長を目指したプログラミング教材を開発した。開発過程で TEACCH の構造化された指導法の要素を用いた。本教材を用いて仮想実験を行うことで単元の理解が深まる可能性が高い。同時に、プログラミングをすることで自分の考えた通りに「順次処理」が行えるプログラミング的思考の育成や、協働作業によるコミュニケーション能力の向上に繋がると考える。

Keywords : プログラミング教育, 電気の通り道, TEACCH, ASD 児, プログラミング的思考
programming education, electric way, TEACCH, children with autism spectrum disorder,
computational thinking

1. はじめに

1.1 小学校理科教育について

平成 29 年度告示の小学校学習指導要領において、理科教育で育む資質・能力の三つの柱は表 1 の通りに整理されている。また、理科の内容は「A 物質・エネルギー」と「B 生命・地球」に大きく分けられ、このうち「エネルギー」では「エネルギーの捉え方」、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効」について学年毎に単元を構成している。例えば、「エネルギーの変換と保存」であれば、第 3 学年で「磁石の性質」、「電気の通り道」、第 4 学年で「電流の動き」、第 5 学年で「電流がつくる磁力」、第 6 学年で「電気の利用」を学習する。このうち学習指導用要領でプログラミング教育が唯一例示してあるのは「電気の利用」である。

*1 川崎医療福祉大学 医療福祉マネジメント学部 医療情報学科

1.2 小学校におけるプログラミング教育と理科教育について

平成 29 年度告示の小学校学習指導要領において、プログラミング教育が必修化され、プログラミング的思考が求められるようになった。プログラミング教育で育む資質・能力の三つの柱は表 1 の通り整理されている²⁾。しかしプログラミングの教科は新設されず、プログラミングを扱う専用の時数も規定されていない³⁾。そこで、各教科の学習指導要領に例示した単元やその他多様な教科・学年・単元等に取り入れることや、教育課程外の様々な場面で実施することが考えられ、表 2 の学習活動の分類がなされている⁴⁾。

表 1 理科教育およびプログラミング教育で育む資質・能力

	知識及び技能	思考力, 判断力, 表現力等	学びに向かう力, 人間性等
理科	自然の事物・現象についての理解を図り, 観察, 実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。	観察, 実験などを行い, 問題解決の力を養う。	自然を愛する心情や主体的に問題解決をしようとする態度を養う。
情報	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。	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。	発達の段階に即して, コンピュータの動きを, 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。

表 2 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

A 分類	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 分類	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ている各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C 分類	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D 分類	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
E 分類	学校を会場とするが, 教育課程外のもの
F 分類	学校外でのプログラミングの学習機会

プログラミング教育を導入した理科教材の調査において、板橋⁵⁾は、プログラム言語について視覚的な理解の容易さからビジュアル言語ベースの教材が多く導入され、中でも「Scratch」を用いた授業の導入事例が多く見られるとした。伊藤⁶⁾の調査では、6年の教科書に記載されている「MESH」が多く使用されていたが高価であるため、端末とネット環境があれば無料で利用できる「Scratch」が 2 番目に多く使用されたかもしれないとした。また、森岡ら⁴⁾は、理科教育における実践事例・指導案を調査したところ、表 2 の A 分類は第 6 学年の単元「電気の利用」42 件で最も多く、次いで B 分類 23 件、C 分類 2 件、D～F 分

類は 0 件であった。B 分類のうち、第 3 学年では「電気の通り道」3 件、「身の回りの生物（生命）」2 件、「風とゴムの力のはたらき（エネルギー）」1 件、「磁石の性質（エネルギー）」1 件であった。

B 分類の教材開発が行われている中、梅ら⁷⁾は、理科のそれぞれの単元の学びの本質を見失うことなく、より理解を深めることと同時に、プログラミングによって、問題を解決する体験を通して、児童の自発的な発想を自然に促し、主体的に論理的に考えていくプログラミング的思考を育成することとの両立をはかることを目的にプログラミング教材を開発した。その教材の発達段階によるプログラミング要素は、第 3 学年では「命令の順次実行」、第 4 学年以上では「命令の繰り返し」を組み込んだが、高学年では「条件分岐」を組み込みたいと述べている。内田^{3,8)}は第 4 学年の「天気の様子」、「月と星」についてプログラミング教材を開発した。いずれも観測用のハードウェアをプログラムで制御するもので、児童の観測と併用使用が望ましい使い方であると考察した。森岡ら⁹⁾は、第 5 学年「植物の発芽、成長、結実」の単元で「条件制御」という理科の見方・考え方を育み、単元での学びの理解を向上させるために、プログラミング体験を用いる教材を開発した。プログラミング要素としては「条件分岐」を用いたが、プログラミング体験としては、児童が作成する部分と教師が準備して作成しておく部分を児童の実体に応じて検討すべきであるとした。

1.3 ASD 児に関連した研究動向

教育職員免許法及び同法施行規則の改正と 2019 年 4 月施行では¹⁰⁾、「特別の支援を必要とする幼児、児童及び生徒に対する理解」が明示され、特別支援に関する教育が、今後教員となる全学生において習得すべき内容となった¹¹⁾。角南¹¹⁾の先行研究調査によると、自閉スペクトラム症（Autism Spectrum Disorder）児（以下、ASD 児と表記）は、社会的コミュニケーションに困難を示し、限局された反復行動を特徴としているため、多様な子どもが共に学ぶ通常学級においては活動の参加や友達関係に適応困難を生じさせやすいとしている。教師の困難感では、学習面や生活場面、パニック、感情のコントロール、対人関係等の問題が示されたが、それに対する集団の中での具体的な対応や他児への配慮の検討が求められているとした。清水¹²⁾はインクルーシブ教育の推進が求められている中、通常学級における ASD 児への介入を通して、ASD 児のことをまずは教師が深く理解し、教師との関係性を基盤にして、場面を見極めながら他者とつながる経験を作り出すことが重要な視点であるとしている。

一方、発達障害児を対象としたプログラミング教育において岡田ら¹³⁾の研究では、特別支援学級において Viscuit を用いたプログラミング教育で、プログラミング的思考の発達や自立活動の側面であるグループ学習によるコミュニケーションと協働作業能力向上への効果が認められた。また、水内ら¹⁴⁾も特別支援学級においてプログラミング教育を実施したが、用いた教材である Code A Pillar, Ozobot, Viscuit は全て障害のある児童にとって効果的で、論理的思考力の獲得、認知、学習、コミュニケーション能力など発達の諸側面にプラスの成果が見られた。学びにくさだけでなく得意な面も併せ持つ発達障害児にとってプログ

プログラミング教育は能力の開花と伸長を期待させるものの、実践も少なく、また教育内容や方法、効果に関する検証はほとんどなされていない現状であり、実践の積み上げは急務である¹³⁾。特に通常学級において ASD 児との協働作業によるプログラミング教育についての実践研究はほとんど見られない。

そこで、ASD 児が所属する通常学級で、理科第 3 学年「電気の通り道」の単元において、電気を通すものと通さないものの理解を深めると同時に、プログラミング的思考の育成とコミュニケーション能力の伸長を目指した教材開発を目的に研究を実施した。

2. 方法

開発する教材の位置付けとして、理科教育で育む資質・能力では、「知識及び技能」のうち、自然の事物・現象についての理解を図ること、プログラミング教育で育む資質・能力では、「思考力、判断力、表現力等」のうち、発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成することとした。小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類では、B 分類に該当する。開発する教材の単元は、小学校理科第 3 学年「電気の通り道」のうち電気を通すものと通さないものとし、電気を通すものと通さないものの理解と電気回路についての問題を見だし、表現することを目的とした教材とする。

教材は、小学校で多く使用されているビジュアル言語「Scratch」を用いて開発し、電気回路の背景画像と児童の身の回りにあるものをスプライトとして用意する。プログラミング要素としては、「順次処理」と「呼出処理」を用いる。

授業の背景として、電気回路の実験は、電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があることを理解する授業で実施し、電気を通す場合は明かりが付き、電気を通さない場合は明かりがつかないことを理解している。プログラミングについては、他の教科で実施したことはあるが、まだ自分の考えをプログラミングすることができない児童が大半であることを想定している。授業の実施時間は教師用指導書通りの 3 時間とした。

3. 結果

開発した教材の開始画面は、図 1 の通りである。身の回りにある電気を通すものとして、スプーン（鉄）、10 円玉、1 円玉、電気を通さないものとして、ノート、ものさし、三角定規のスプライトをそれぞれ用意した。また、つなぎ方によって電気を通す場合と通さない場合があるものとして、はさみのスプライトを用意した。それぞれのスプライトをクリックすると回路につながり、電気を通すもの場合は豆電球に明かりが付き、吹き出しに素材名が表示され（図 2）、電気を通さないもの場合は豆電球に明かりがつかず、吹き出しに素材名が表示される。つなぎ方によって電気を通す場合と通さない場合があるものは、それぞれ電気を通すつなぎ方と電気を通さないつなぎ方のスプライトを用意した（図 3）。また、プログラミング時に使用するスプライトとして、電気を通すもの：5 円玉、50 円玉、100 円玉、

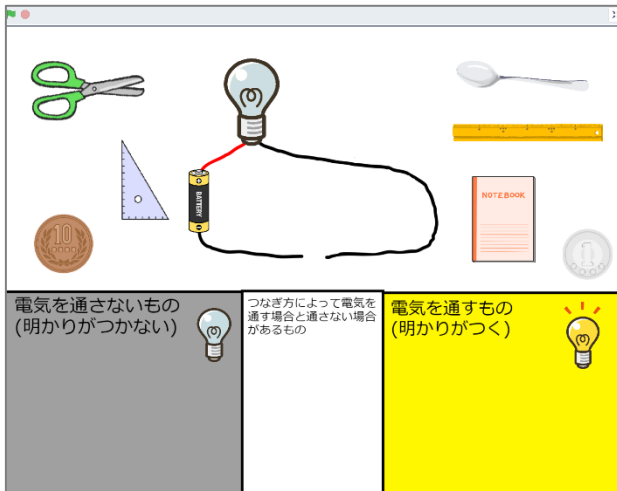


図1 開発した教材（開始画面）

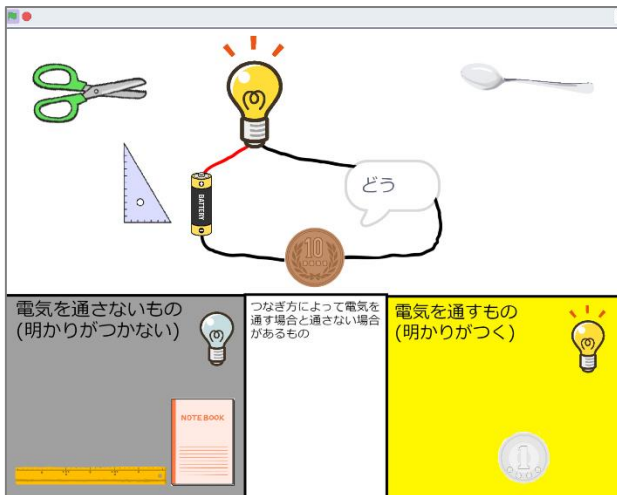


図2 開発した教材（電気を通すもの）

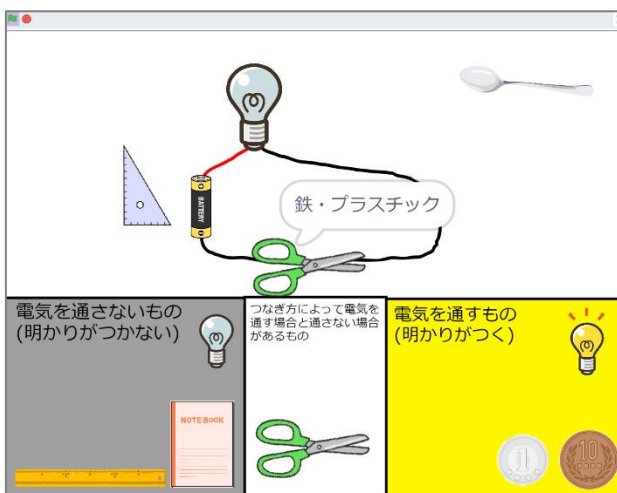


図3 開発した教材（つなぎ方によって電気を通す場合と通さない場合があるもの）

目玉クリップ，銀の折り紙，電気を通さないもの：グラス，のり，分度器，消しゴム，1000円，金の折り紙，つなぎ方によって電気を通す場合と通さない場合があるもの：えんぴつ，カッターナイフを用意した。

授業構成（表3）は，第1時で開発した教材を用いて電気を通すものと通さないものの理解を深め，第2時でプログラミングの基礎を学習する。第3時は開発した教材を基に，グループで一つのプログラム作品を仕上げる。この授業を通して，次の①～⑤の目標を達成する。①電気を通すものと通さないものがあることを理解できる，②ものの素材を理解し，電気を通すものと通さないものに分類することができる，③「Scratch」で「順次実行」コードを使用してスプライトを動かすことができる，④完成したプログラムを用いて電気を通すものと通さないものの説明ができる，⑤自分の考えを相手に伝えたり，相手の考えを受容したりする，状況に応じたコミュニケーションができる。

表3 授業構成

	めあて	実施内容
第1時	電気を通すものと通さないものがあることがわかる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 開発した教材をタブレットで開き，身の回りにあるものをクリックすることで，電気を通すものか通さないものかを調べる。 ・ 電気を通すものの素材，電気を通さないものの素材を理解する。
第2時	プログラミングのコードとスプライトの動きがわかる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ タブレットで「Scratch」を開き，以下のコードを使ってスプライトを自由に動かす。 ・ 「イベント」では，「スプライトをクリックすると動く」コードを使用する。 ・ 「動き」では，「スプライトが数秒で目的の位置に移動する」コードを使用する。 ・ 「見た目」では，「スプライトに吹き出しで話をさせる」コードを使用する。 ・ 完成したプログラムを隣同士で紹介し合う。
第3時	グループで作成したプログラムを実行することで，電気を通すものと通さないものが紹介できる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3～4人のグループを作る。 ・ 電気を通すスプライトと電気を通さないスプライトを1人1つずつ選ぶ。 ・ 電気を通す場合，通さない場合に使用する「イベント」の「送る」コードを理解する。 ・ グループで作品を完成させ，みんなに紹介する。

その他の ASD 児への配慮としては、実際の身の回りのものを箱へ保管し、必要に応じて箱から出して手で触ることができる環境と、プログラムのコードとスプライトの動きが分かる解説書（めくり式本）を用意した。

4. 考察

「電気の通り道」では、電気の回路について、乾電池と豆電球などのつなぎ方と乾電池につないだものの様子に着目して、①電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があることと、②電気を通すものと通さないものがあることを理解し、観察、実験などに関する技能を身に付けることができるよう指導する必要がある。①②のいずれの場合も実験をすれば技能と知識の両方を習得できるが、ASD 児は自分にとってより興味があつたり重要であつたりする感覚刺激に注意を向けている（注意散漫）ため¹⁵⁾、興味関心が実験で使用する装置に集中した場合、知識の習得を十分に行うことができない可能性がある。同時に、グループ活動において良好なコミュニケーションが行えない可能性もあると推察される。そこで、身の回りの多くのものを実験で用いることになる②の実験において、パソコン画面上で仮想的に実験できる環境を用意した。TEACCH の長期的目標は、ASD の人が社会の一員として私たちの文化の中でできるだけ快適かつ効果的に過ごせるようにすることであり、彼らの知識やスキルを伸ばしつつ、環境をより理解しやすいものにする¹⁵⁾ことが求められている。このことから本研究で開発した教材は、ASD 児にとって画面に集中して仮想実験の様子が観察できるため、知識の獲得に重きを置いた授業が展開できると考える。ただし、画面上では身の回りにあるものがどのような素材でできているか実感し難いため、実際の身の回りにあるものを箱の中に用意し、必要なときだけ取り出して素材を確認できる環境を用意した。

次に、開発した教材は、簡単な「順次処理」と「呼出処理」からできているため、第3学年の児童でもプログラムのコードを理解した上で、プログラミングできるものとなっている。特に、めくり式本を一枚ずつめくりながら、一つずつプログラムのコードを組み立てたらいいため、手順書に沿ってブロックを組み立てていく要領でプログラムができ上がる仕組みとなっている。ASD の人は概念化や整理統合のスキルが特に困難なので、構造化は彼らが能力を発揮する上で必須のものであり、言語処理に比べて視覚処理が相対的に強いこと、および視覚的な強みに焦点を当てた介入法が特に有効であることが示されている¹⁵⁾。本研究で開発しためくり式本により、活動の手順が視覚的に示されているため予測可能となり、順序立ててプログラミングできると考えられる。またそれに加え、画面の動きを確認しながら、さらに発展的なプログラミングを行う可能性も推察される。

本研究で開発した教材を用いて授業を実施することで、電気を通すものと通さないものによって異なるプログラムを用意する必要があることや、身の回りのものが電気を通すものかどうか、また、何によってできているかその素材を理解した上で、プログラミングすることが可能となる。また、グループで教え合いながらプログラミングをすることで、コミュニケーションや協働作業能力の向上に繋がり、完成したプログラムを用いて、みんなに説明

する力を身につけることができる。しかし、開発した教材はまだ実際の教育現場で使用していないため、現段階で評価をすることには限界があるが、理科教育における ASD 児との協働作業によるプログラミング教材として、一つの可能性を示すことができたのではないかと考える。

5. まとめ

ASD 児が所属する通常学級で、理科第 3 学年「電気の通り道」の単元において、電気を通すものと通さないものの理解を深めると共に、プログラミング的思考の育成と協働作業におけるコミュニケーション能力の伸長を目指したプログラミング教材を「Scratch」を用いて開発した。開発過程において、TEACCH の構造化された指導法の要素である物理的環境の整理統合や予測可能な活動の手順の提示を用いた。それにより、開発した教材を用いて仮想実験を行うことで単元の理解が深まり、プログラミングすることで自分の考えた通りに「順次処理」が行えるプログラミング的思考の育成に繋がると考える。さらに、協働作業によりコミュニケーション能力の向上に繋がると考える。

文 献

- 1) 文部科学省. 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説「理科編」, 2017.
- 2) 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.
- 3) 内田祐貴. 小学校理科でのビジュアルプログラミングの利用ー温度測定を例にー. 神戸松蔭女子学院大学研究紀要. 第 2 巻, 139-147, 2021.
- 4) 森岡真弥, 山本朋弘, 野口太輔. 小学校理科の実践事例に見られるプログラミングに関する学習活動の分析. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要. 第 55 号. 127-131. 2023.
- 5) 板橋夏樹. 小学校教員養成課程 (理科) におけるプログラミング教育に関する一考察. 日本科学教育学会研究会研究報告. Vol.32 No.3, 13-16, 2017.
- 6) 伊藤宗彦. 初等理科教育においてプログラミング教材を活用した単元. 東京私立初等学校協会理科研究部紀要. 第 2 巻, 11-13, 2020.
- 7) 梅伸司, 鼎裕憲, 成瀬喜則. 小学校理科教育での学年の発達段階に応じたプログラミング教材の開発. 教育情報研究. 第 37 巻 1 号, 11-20, 2021.
- 8) 内田祐貴. 小学校理科での天体撮影プログラミング教材の研究. 神戸松蔭女子学院大学研究紀要. 第 3 巻, 137-145, 2022.
- 9) 森岡真弥, 山本朋弘, 野口太輔. 小学校理科でのプログラミング体験としての自動灌水システム教材の開発. 日本科学教育学会年会論文集. 541-542, 2022.
- 10) 文部科学省. 平成 31 年度から新しい教職課程が始まります: 法令改正及び教職課程の認定の概要. 2019.
- 11) 角南なおみ. 通常学級における発達障害研究の動向と展望. 東京大学大学院教育学研究

科紀要. 第 59 卷, 105-114, 2019.

- 12) 清水研吾. 通常学級の学習場面における ASD 児の教育的支援についての一考察—他者との情動共有経験に焦点をあてて—. 滋賀大学大学院教育学研究科論文集. 第 24 号, 1-11, 2022.
- 13) 岡田克己, 大山美香, 井上愉可里, 渡辺勇士, 原田康德, 成田泉, 水内豊和. 発達障害児を対象とした Viscuit によるプログラミング教育. 富山大学人間発達科学部紀要. 第 14 巻 2 号, 37-44, 2020.
- 14) 水内豊和, 山西潤一. 小学校特別支援学級における様々な障害のある子どもに対するプログラミング教育の実践. STEM 教育研究. Vol.1, 31-39, 2018.
- 15) ゲーリー・メジボフ, ビクトリア・シェア, エリック・ショプラー. 自閉症スペクトラム障害の人へのトータル・アプローチ TEACCH とは何か. 初版第一刷, エンパワメント研究所, 東京, 2007.

(2023 年 9 月 16 日 受理)