

児童の工作与プログラミングにおけるティンカリング

Tinkering in Children's Crafts and Programming

田中 愛*・中川 一史**
放送大学大学院*・放送大学**

2020年の小学校学習指導要領全面実施以降、多くのプログラミング教育が実践されている。教科学習の目的を達成し、プログラミング的思考を身につけるため多くの実践がなされているが、創造社会の実現に向け、小学校段階から創造性育成のためのプログラミング教育も必要である。本稿では、児童に創造性を育むプログラミング教育実施の観点から、近年メイカームーブメントで注目を浴びている、ものづくりに着目した。ものづくりとティンカリングは古い教育手法の延長線上にある新しいアプローチである。創造性を育むためのプログラミング教育を学校教育で今後展開していくために、学校で児童が慣れ親しんでいる実践であるものづくりの一つである工作与プログラミング教育を結びつけることが有効であることを提案した。

キーワード：プログラミング、創造性、構築主義、ティンカリング、ものづくり、工作

1. はじめに

2020年の小学校学習指導要領全面実施以降2年が経過した現在、各教科等でプログラミング教育を行うために、多くのプログラミング教育が実践されている。実践を概観してみると（文部科学省，2020），教科学習の目的を達成するために、教師からプログラミングで表現するものの目標が設定され、児童が手順通りにプログラムを作成したり、児童に一つ一つ指示を与え、その結果を一斉授業の中で確認したりする方法がとられているものがある。一方、児童が自ら目標と計画を再評価しながら、色々な操作を試すことによってプログラムを作り上げている実践もある。創造社会を担う子どもたちにとって、今後さらに必要になるデジタルとフィジカルの融合を前提とした価値観、知識、スキル、創造性獲得のために、創造的思考の育成を重視したプログラミング教育も必要である。

本稿では、小学校で多く使われているScratchの理論的背景を視野に入れた上で、ものづくりとティンカリングを日本の学校教育に取り入れていく方法について論じる。

2. Scratch

2.1. Scratch と構築主義

ここでプログラミング的思考を育むために小学校

で活用されることが多いScratchについて述べる。Scratch誕生の背景にはシーモア・パパートの構築主義がある。構築主義では、学習が最も効果的に行われるのは、人々が実世界で具体的な物を作ることに積極的であるときだと考えている。パパートは、ものづくりを通して学習を発展できる環境を用意することで、子供たちが自ら科学概念を構築できるとし、その構築や自己表現のための表現ツールとしてLOGOを作った（パパート，1982）。

その後、パパートの指導を受けたミッチェル・レズニックが中心となりScratchが開発された。

2.2. Scratch と創造的思考

レズニックはScratchを子供たちが自分のアイデアを表現する手段として位置づけ、プログラミングを通じた「創造的な学び（Creative Learning）」の重要性を述べ、プログラミングを通して青少年が創造的思考者として成長することを重視した。そのために必要な学習環境として「プロジェクト、情熱、仲間、遊び」の4つの原則を提唱している。（レズニック，2018）。このような理念の元誕生しているScratchであるが、レズニック（2020）は「多くの学校は創造的思考の育成に重点を置いていない。彼らが自分でデザインし、創造し、表現する機会を増やす必要がある」と述べている。

ここで創造性とは何かを論じる必要がある。アメ

リカの創造性教育の研究者である J.A.Smith (1973) は「創造性とは、選択された経験を結び合わせて、新しいパターン、新しいアイデアまたは新しい所産を作り出すことである。」と定義している。

森山(2019)は、「プログラミングにおける創造性」として、2つの側面があると述べている。一つは「プログラミングの中で手順を最適化する際の創造性」と、もう一つは「実現したい『自分の意図』を考える際の発想としての創造性」である。レズニックが重視している創造性とは後者の創造性であろう。

3. ものづくり・ティンカリング

3.1. ものづくり (メイキング)

ものづくりの歴史的なルーツは、第一に人間の基本的な活動として、第二に教育的な実践の一形態としてある (Shirin Vossoughi, 2014)。ものづくりとは何かを創造するプロセスであり (Hsu, Baldwin, & Ching, 2017)、従来の図画工作科で取り入れられている工作活動、理科のものづくりもこれに値する。Sylviaら (2015) は「ものづくりこそが、学びの本質であり子ども達にとって欠かせないものである」とし「ものづくり」を重視した学習理論を展開している。彼らの学習理論は、パパート (1982) の構築主義の学習理論を核としており、ものづくりにおいて、手やはさみ、身近な材料・道具等の多様なツールの中に、コンピュータもそのツールの一つとして捉えている。構築材料としてクリエイティブな目的でコンピュータを利用することは、生徒の能力を引き出し、複数の知識領域をつなげ、アイデアの海への様々なアプローチを可能にするとしている。

プログラミング、コーディング、フィジカルコンピューティングは、子どもが人工物 (例えば自分のロボット) を作り、再構築し、プログラム設計、コーディング、デバッグを行うことができるため、ものづくりと考えられている (Hsu et, al, 2017)。

3.2. ティンカリング

Wilkinson&Petrich (2015) は、「現象、道具、素材をいろいろと直接いじくりまわして遊ぶこと」をティンカリングと呼んでいる。ティンカリングは、個人的に意味のあるアイデアを開発し、そのアイデアを物理的に実現するためのいくつかの局面で行き詰まり、試行錯誤を積み重ねることでブレークスルーを経験するという生成的なプロセスであり、創造的

で即興的な問題解決を重視するものである。このようなティンカリングのアプローチは、メイカームーブメントやSTEMの領域を中心に広く一般的に受け入れられている (Martinez and Stager 2013)。そのために、ティンカリングの定義は緩くそして幅広い。レズニック (2018) は、ティンカリングはボトムアップアプローチであると述べ、小さなものから簡単なアイデアを試し、起きたものに対応・調整を行い計画を洗練し続けるプロセスであるという。また、ティンカリングでは、目標と計画を絶えず再評価し続けるため、解決策にたどり着くために曲がりくねった道をたどるが、効率を失う中で得るものは創造性と俊敏さであり、ティンカリングが創造性を生み出すという。

3.3. プログラミング的思考

文部科学省 (2020) が小学校段階のプログラミング教育のねらいの1つとして示した「プログラミング的思考」とは、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義であり「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」を指す (文部科学省, 2016)。ティンカリングにはプログラミング的思考の一部である「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」をティンカリングするプロセスが含まれることがあるが、プログラミング的思考は、ある程度の明確な根拠をもって試すべき行為を決定することが重視されている (長山, 2019)。プログラミング的思考について、山崎ら (2020) は、我が国の小学校プログラミング教育では、プログラミング的思考を鍵思考と位置付けているが、Computational Thinking (CT) 概念を極めて限定的に、かつ狭義に解釈していることから、ティンカリングやデザイン思考により、人間の創造性や英知と、相互コミュニケーションによる協働力と社会における自己実現力を、コンピュータによって拡張することを鍵語とする再定義が今後必要であることを述べている。有識者会議の議論の取りまとめにおいて、「定められた手順を効率的にこなしていくことにとどまらず、自分なりに試行錯誤しながら新たな価値を生み出していくこと」が「現在、社会や産業の構造が変化していく中で、

私たち人間に求められる」と述べられていることから、森山が示した「実現したい『自分の意図』を考える際の発想としての創造性」を重視していくこと、つまり、問題に対する単一の答えの存在や解決までの明確なプロセスを強調する『論理的な思考』を超えて、作る、ティンカリングする、コーディングする、遊ぶことを支援する、プログラミング教育において創造性を育むことが必要であると言える。さらに、時代はSociety5.0の超スマート社会の到来に向けて、これからはデジタルとフィジカルの融合を前提とした価値観、知識、スキルが求められており（内閣府Society 5.0 科学技術政策）、創造社会の実現に向け、デジタルとフィジカルを融合したプログラミング教育が今後必要であろう。レズニック（2018）も物理的なものとデジタル的なものの両方でより多くのティンカリングの機会を与える必要があると述べている。

3.4. 工作とプログラミングにおけるティンカリング

このようにものづくりとプログラミングにおけるティンカリングの重要性が先行研究から示唆されているところであるが、ティンカリングにおいて学習者がどのような学習の次元を得ているのかを明らかにした研究がある。Bevan et al. (2015) は、ティンカリングによって学習者がどのような学習の次元を得ているのか記録し、ティンカリングラーニングディメンションフレームワークを作成している。

表 1 :Tinkering Studio が開発した Learning Dimensions Framework (Bevan et al.2015)

ラーニング ディメンション	指標
意思と意図	<ul style="list-style-type: none"> 積極的に参加している。 自分なりのゴールを設定している。 知的、創造的な冒険をしている。 素材からの率直なフィードバックを元にゴールや方向性を調整している。
問題解決と 批判的思考	<ul style="list-style-type: none"> 小さい修正を何度も加えながら、問題を解決している。 問題を構成要素に分解している。 仲間にアイデアや助けを求めている。 自分なりの問題回避策をつくっている。
概念的な 理解	<ul style="list-style-type: none"> 観察し、質問している。 一時的なアイデアをどんどん試している。 自分なりの説明を組み立てている。 自分が見つけた解決法を新たな問題に適用している。
クリエイティ ビティと 自己表現	<ul style="list-style-type: none"> 遊びながら探求している。 素材の美しさやそれが持つ独特の現象をプロジェクトにいかしている。 自分の興味関心ごとに結びつけ考えている。 見慣れた物を見慣れない方法で使っている。

社会的・情緒 的な関わり	<ul style="list-style-type: none"> 他者と協働している。 お互いに助けたり、助けられたり、教えたり、教えられたりしている。 プロジェクトを自分ごととしてとらえ誇りを持っている。 他人のアイデアを記録したりシェアしたりしている。
-----------------	--

その結果、ティンカリングを通じた学習には、5つの学習次元があり、表にある指標が見られることを明らかにしている。Bevanら（2015）は、本フレームワークが理論、研究、そして将来の実践の設計と実施につながるものであるとした上で、ティンカリングによる学習の例を拡大するために、対象を広げたさらなる研究が必要であると述べている。

4. おわりに

Martin（2015）によると、ものづくりとティンカリングの設定に基づいて編成された学習環境はモチベーションを高め、エンゲージメントと持続性、アイデンティティの発達をサポートすることができという。作る、ティンカリングする、コーディング、遊びの活動は、教育における比較的新しい手法のように思われるかもしれないが、その理論的ルーツは、ピアジェの構成主義を基礎とするパパートの構築主義にある。また作ることはヴィゴツキーの社会構成主義とも関連しており、子供たちが知識を共有しながら他者と交流することで学習と認知の発達をサポートすることができる（Nussbaum et al, 2009）。ものづくりとティンカリングは古い教育手法の延長線上にある新しいアプローチなのである。したがって、児童の慣れ親しんだ実践を置き換えるのではなく結びつけること、ものづくり・ティンカリングをまったく「新しい」ものとして、または他の豊かなSTEMや芸術活動の形態よりも優れたものとして提示するのではなく、教師の既存の専門性を認識し活用することが望まれる（Shirin, 2014）。つまり、学校の日常的な実践の上に位置付けることが必要であろう。例えば、小学校図画工作科学習指導要領表現の目標には、「身近な自然物や人工の材料の形や色などを基に思い付いてつくること、感覚や気持ちを生かしながら楽しくつくること、並べたり、つないだり、積んだりするなど体全体を働かせてつくること」と指導事項を挙げ、造形的な創造活動が目標として掲げられている。これは先に述べたものづくり・ティンカリングのアプローチに通じるところがある。このことから、プログ

ラミングと工作を融合することで、児童の創造性をさらに伸ばすことが可能となるであろう。学習における、ものづくり、ティンカリング、プログラミング、遊びの価値に注目する研究者は少なくないが

(Krieger et al.2015; Hsu et al.2017; Martinez & Stager, 2013), ものづくりに基づく活動における児童の学習体験を記録した研究は不足している (Stella, 2020)。今後日本においても、学校教育にもものづくりとティンカリングのアプローチを取り入れ、創造性を育むプログラミング教育を展開するために、それらの実践で、児童がどのようなものづくり・ティンカリングを行っているのか分析することが今後の課題である。

5. 参考文献

- 文部科学省 (2020) 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル<https://miraino-manabi.mext.go.jp/>
- シーモア, パパート (1982) .マインドストーム—子供, コンピュータ, そして強力なアイデア, 未来社.
- レズニック, M.村井裕実子, 阿部和広, 伊藤穰一, ロビンソン, K. (著) 酒匂寛 (翻訳) (2018) .ライフロング, キンダーガーテン 創造的思考力を育む4つの原則, 日経BP.
- レズニック (2020) .Google for Education.https://services.google.com/fh/files/misc/googlewp_tokyo.uni_mit_inahigashi.pdf
- J.A .Smith, 恩田彰訳 (1973) .創造的授業の条件設定, 黎明書房.
- 森山潤 (2019) .プログラミング的思考とコンピューショナル・シンキング, 小・中・高等学校でのプログラミング教育実践—問題解決を目的とした理論的思考力の育成, 日本産業技術教育学会, p. 24,
- Shirin Vossoughi (2014) .Making and Tinkering: A Review of the Literature, National Research Council Committee on Out of School Time STEM, 1-55.
- Hsu, Y.C., Baldwin, S., &Ching, Y.H. (2017) . Learning through making and maker education. *TechTrends*, 61 (6), 589-594.
- Sylvia Libow Martinez, Gary Stager (著) .阿部和広 (監修) 酒匂寛訳 (2015) .作ること学ぶ Makerを育てる新しい教育のメソッド, オライリージャパン.
- Wilkinson, K.&Petrich, M.金井哲夫 (訳) (2015) .ティンカリングをはじめよう-アート, サイエンス, テクノロジーの交差点で遊んで遊ぶ, オライリージャパン.
- Martinez, S.L., &Stager, G. (2013) . *Invent to learn: Making, tinkering and engineering in the classroom*.Torrance:Constructing Modern Knowledge Press.
- 文部科学省 (2020) .小学校プログラミング教育の手引き第3版, https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf
- 文部科学省 (2016) .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) .
- 長山弘 (2019) .小学校音楽科におけるプログラミング教育のあり方の検討-授業実践事例を手がかりに-初等教育カリキュラム研究 第7号,55-67.
- 山崎貞登, 松田孝, 二宮裕之, 久保田善彦, 磯部征尊, 川原田康文, 大森康正, 上野朝大 (2020) .Society5.0を支えるSTEAM/STREAM教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態, 上越教育大学研究紀要, 第39巻第2号.
- 内閣府, Society 5.0, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., & Wilkin son, K. (2015). Learning through stem - rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education*, 99(1), 98-120.
- Martin, L. (2015) . The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5 (1) . <http://doi.org/10.7771/21>
- Nussbaum, M., Alvarez, C., McFarlane, A., Gomez, F., Claro, S., &Radovic, D. (2009) . Technology as small group face-to-face Collaborative Scaffolding. *Computers and Education*, 52 (1), 147-153. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.005>
- Krieger, S., Allen, M., & Rawn, C. (2015, February). Are females disinclined to tinker in computer science? In *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* , 102-107.
- Stella Timotheou, Andri Ioannou (2020) .On Making, Tinkering, Coding and Play for Learning: A Review of Current Research.