

小学生を対象にした数学ワークショップの実践

－けいはんな科学教室における実践報告－

釣井達也

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

後藤田洋介

(大阪成蹊大学 教育学部)

片岡佐知子

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

Practice of the Mathematical Workshop for Elementary School Students:
Report of the KEIHANNA Science School in 2018

Tatsuya TSURII

(Center for Educational Research of Science and Mathematics, Nara University of Education)

Yosuke GOTODA

(Faculty of Education, Osaka Seikei University)

Sachiko KATAOKA

(Center for Educational Research of Science and Mathematics, Nara University of Education)

要旨：本研究では、小学生を対象に図形をテーマとしたワークショップの実践を行った。ワークショップは、「創る活動」を通して、身近にある模様や形を数学的な視点で観察や実験ができるような構成とした。ワークショップ参加者にアンケートを行った結果、参加した全児童が好意的な回答をしたことに加え、学校で学習する教科とのつながりを見出した児童もいることが分かった。本稿では実践したワークショップの概要及び、アンケートの結果について報告する。

キーワード：数学ワークショップ Workshop on Mathematics
ものづくり数学 Mathematical Making
数学的活動 Mathematical Activities

1. はじめに

平成 30 年全国学力・学習状況調査報告書小学校算数における指導改善のポイントとして「日常生活の事象を図形の構成要素や性質を基に観察し、図形を判断したり、事柄が成り立つことを論理的に考察し、数学的に表現したりすることができるようにする指導の充実」が示されている(文部科学省 2018)。敷き詰められた図形の中に、ほかに敷き詰めることができる図形を見出したり、図形の構成要素や性質に注目したりすることが求められている。日常生活において上記のような図形に関する見方や感覚を豊かにするためには、身のまわりの模様や形を数学的な視点で捉えられるような経験が必要であると考えられる。そこで、本研究では「体験」を重視したワークショップを、小学生を対象に実践を行うこととした。

2. 研究の目的・ねらい

本研究では、小学生を対象とした身のまわりの模様や図形に関連したワークショップを社会教育の場面において実践を行う。ワークショップのねらいとして、創作を通じて児童が身のまわりにある模様や図形を数学的な視点で捉えられるような体験ができること、また、ワークショップで学んだ内容が、数学(算数)や理科、図画工作といった学校における学習とつながっていることを感じられるような構成にすることとした。

3つのテーマのワークショップを実践し、アンケート調査から評価を行った。

3. ワークショップの概要

ワークショップの設計は山内ら(2013)を参考にし、「導入」「知る活動」「創る活動」「まとめ」の構成とした。ワークショップのコンセプトは「数学に関係した工作活

動を通して、模様や形の中に隠れている数学的な現象を考える」とした。本コンセプトより、ワークショップ全体の名称を「工作で学ぶ、ワクワク数学!!」とした。

本ワークショップでは数学に関係した工作活動として「万華鏡」「たたみかえ六角形」「一刀切り図形」の3つの活動を取り扱うことにした。各工作活動での学習目標（見ることができる数学的な現象）を表1にまとめた。

表1. 工作活動と数学的な現象の対応関係

工作活動	数学的な現象
万華鏡	・対称変換 ・平面充填、空間充填
たたみかえ六角形	・図形の表と裏の区別
一刀切り図形	・対称変換による直線の重ね合わせ

それぞれの工作活動に関して、知る活動では授業者から歴史的な背景などの紹介を行った。

上述した3つの活動に共通するワークショップの展開は表2にまとめた。

表2. ワークショップの展開例

	内容
1. 導入 (5分)	自己紹介やワークショップのめあての説明
2. 知る活動 (5分)	・取り扱う定理の背景の紹介 ・工作で使用する道具の諸注意
3. 創る活動 (100分)	・基本的な工作の活動 ・基本的な活動で得られる数学的な現象の確認 ・応用的な工作の活動
4. まとめ (10分)	・作成した作品の発表 ・数学的な現象の解説とまとめ

3. 1. 万華鏡の工作活動

万華鏡の工作活動では、三角柱や四角柱などの形をした鏡を紙筒に入れて模様を作り出す万華鏡（一般的な万華鏡）と、立方体の形にした鏡の内側に模様を作り出す立方体万華鏡の工作を行った。ここでは、中牧・愛木(2012)を参考に教材の作成を行った。

基本的な工作活動では、紙筒の中に三角柱の形をした鏡を入れる万華鏡を作成した。応用的な工作活動では、紙筒の中に入れる鏡の形を四角柱、五角柱、六角柱、二等辺三角柱にした万華鏡の作成や、立方体万華鏡の作成を行った。

これらの活動で見られる数学的な現象は、紙筒の中に柱形の鏡を入れた万華鏡では平面充填に関する現象が見られ、立方体万華鏡では空間充填に関する現象を見ることができる。

3. 2. たたみかえ六角形の工作活動

たたみかえ六角形の工作活動では、メビウスの帯を応用して作られる数学パズルの工作を行った。ここでは、西山(2003)を参考に教材の作成を行った。

基本的な工作活動としては、3つの面が次々と現れる3面折りをを行った。3面折りはメビウスの帯が1回捻り（180度捻り）に対して、3回捻り（540度捻り）となっており、表裏のない図形である。応用的な工作活動では、6面折り（6回捻り、1080度捻り）のたたみかえ六角形の作成を行った。

これらの活動で見られる数学的な現象は、たたみかえ六角形を作る際に奇数回捻れば表裏のない図形となり、偶数回だと表裏のある図形となることである。

3. 3. 一刀切り図形の工作活動

一刀切り図形の工作活動では、一刀切り定理と呼ばれる定理「一枚の紙の上に直線だけで描かれた図形は、紙を適切に折れば、一回ハサミを入れるだけでその図形を切り取ることができる」を用いて、児童自身が独自の一刀切り図形をいくつか作り、それらを組み合わせて1つの作品を作った。ここでは、エリック・ジョセフ(2009)を参考に教材の作成を行った。

基本的な工作活動では、正三角形や正方形、星形などの図形を一刀切り定理を用いて作成した。応用的な工作活動は、児童自身が考えた図形を一刀切り定理を用いて作成し、児童が考えた一刀切り図形作品集を作成した。

ここでは、切り取りたい線を一直線に重ねることがポイントとなるため、紙を折る際に、角の二等分線や辺の垂直二等分線などを駆使する必要がある。

4. ワークショップの実践

4. 1. 実施日と実施体制について

本ワークショップは、地域貢献活動の一環として、けいはんなオープンイノベーションセンター（京都府精華町）のガイダンスルームにおいて実施した。実施時には授業実施者の他に授業補助者を1名から2名配置した。実施内容と実施日は表3にまとめた。

表3. 実施日と実施内容

実施内容	実施日と実施時間
万華鏡	平成30年7月21日（土） 2時間
たたみかえ六角形	平成30年8月4日（土） 2時間
一刀切り図形	平成30年8月18日（土） 2時間

4. 2. ワークショップの参加募集について

ワークショップの各授業内容が独立しているものと考え、各回で参加者を募集した。広報はホームページやフライヤーなど利用して行った。募集対象は小学生、定員は20名とし、各回、事前予約で満席となった。

4. 3. アンケートについて

参加者を対象にしたアンケートを実施した。アンケートの内容は、学年、性別、教室への参加回数、満足度、内容理解、時間、学校の学習との関連、印象に残ったことの8項目を調査した。満足度、内容理解、学校の学習との関連に関しては、4件法で、時間に関して3件法で調査した。また、学校の学習との関連、印象に残ったことについては自由記述で回答を求めた。アンケートの質問項目は表4にまとめた。

表4.アンケートの質問項目

年生	男	女	教室参加	回目
当てはまるものに○をつけてください。				
今日の教室はどうでしたか？ 楽しかった まあまあ楽しかった あまり楽しくなかった 楽しくなかった				
教室の内容はどうでしたか？ わかった だいたいわかった 少しむずかしかった むずかしかった				
教室の時間はどうでしたか？ 短かった ちょうどよかった 良かった				
今日の教室で学んだことが、学校での学習と つながっている 少しつながっている あまりつながっていない つながっていない				
★どんなところがつながっていると思いますか？				
今日の教室で一番、印象にのこったことを書いてください。				

5. 実践の結果

5. 1. ワークショップの参加者について

当日の参加児童数や男女比を表5にまとめた。各回当日の欠席等で20名未満の参加者数となった。男女比はやや女子が多いが、ほぼ同数となった。

表5.当日の参加児童数と男女比

	男子	女子	不明	合計
万華鏡	8名	11名	0名	19名
たたみかえ六角形	8名	9名	0名	17名
一刀切り図形	7名	8名	1名	16名

参加した児童の学年については表6にまとめた。

表6.参加児童の学年

	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	不明
万華鏡	1名	2名	8名	5名	2名	1名	0名
たたみかえ六角形	0名	0名	8名	4名	2名	3名	0名
一刀切り図形	0名	0名	7名	5名	1名	2名	1名

5. 2. アンケートの結果

アンケートの集計結果を図1から図4にまとめた。各回参加児童数の合計が異なるため、百分率を用いて集計した。

ワークショップの満足度に関しては各回とも「楽しかった」「まあまあ楽しかった」といった好意的な回答を得ることができた。

ワークショップの内容理解に関しては各回でほぼ半数の児童が「わかった」に回答している一方で、万華鏡と一刀切り図形の授業では少数ではあるが、「少しむずかしかった」「むずかしかった」という回答であった。

ワークショップの実施時間に関しては「ちょうどよかった」が大半を占めていた。たたみかえ六角形、一刀切り図形のワークショップでは「短かった」という回答結果も目立っていた。

ワークショップの内容と学校の学習との関連に関する質問項目では、「つながっている」「少しつながっている」と回答した児童が万華鏡では約70%、たたみかえ六角形では約50%、一刀切り図形では約55%と各回で学校での学習内容とのつながりに関してつながっていると考えている児童の回答数に差が見られた。

自由記述の結果に関しては表7、表8にまとめた。

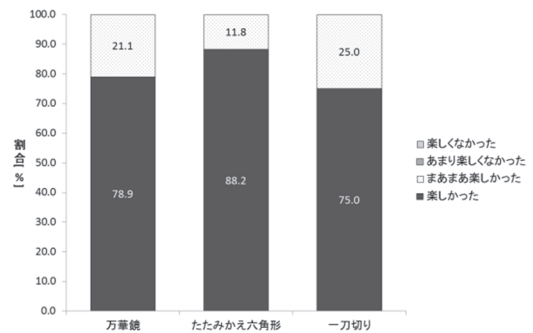


図1.満足度に関するアンケート結果

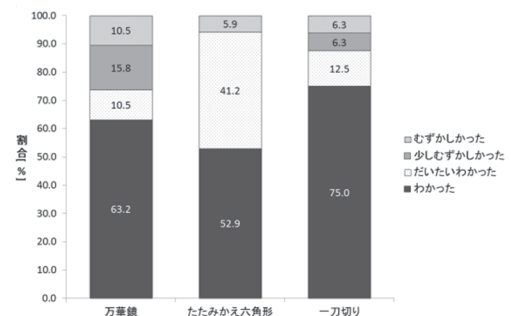


図2.理解度に関するアンケート結果

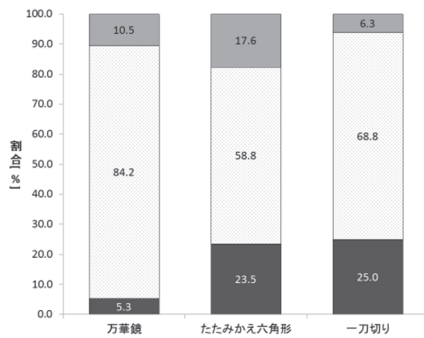


図 3.時間に関するアンケート結果

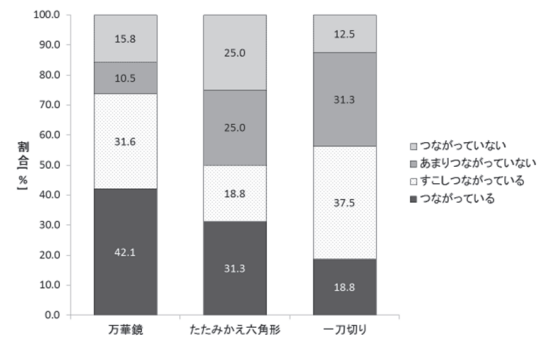


図 4.学校の学習との関連に関するアンケート結果

表 7.学校の学習との関連についての自由記述結果 (抜粋)

参加回	自由記述の内容
万華鏡	<ul style="list-style-type: none"> ・頭をつかいながら、くふうをしたりすることです。 ・四角形の形や、その四角形のかがみのせいしつを使って、どういふふうに見えるかためす所 四角形の形ためす→理科 四角形の形→算数 ・三角形と四角形を使ってやったことがつながっているの思いました。 ・学校の学習とつながっているとおもいます。学校でもかたちのべんきょうをするからです。 ・一つのもようが何こもうつたりするのは数学とつながっていると思います。 ・つながっていない理由は万げきょうの工作をしないかぎり発見出来ないから。 ・かがみにうつしたらどうなるかを考えること。
たたみかえ六角形	<ul style="list-style-type: none"> ・正六角形や正三角形が出てくるとこ ・(つながっていないと思うところ) そもそも、こういう内容や事をしていない ・数字や形を考えるとこ。 ・ちがうめんにもなること ・理科とかであるとおもったからです。
一刀切り図形	<ul style="list-style-type: none"> ・いろいろなところ ・いっかいだけせんをいれることだから ・自分で考えてするところためしてみるこ ・すうがく ・おり紙をつかってはさみで切る所。

表 8.ワークショップの中で印象に残ったことに関する自由記述結果 (抜粋)

参加回	自由記述の内容
万華鏡	<ul style="list-style-type: none"> ・まんげきょうをみるときれいだった。 ・かがみを同じもようを立て、3まいのかがみでのぞいてみると、おくまでみえることが分かったこと。 ・さいしよのビー玉をりょうめんテープでくつつけたこと。→作ったら思ってたよりきれいだった。 ・今日の教室でいろいろなかたちのまんげきょうをつくれてたのしかったです。 ・かがみではんしゃしたもようがおもしろかったです。形をかえることで見える数がわかりました。 ・立方万げきょうというものがあることにおどろいた。さらにがらをつけるとふしぎなもようになることをしつた。 ・立方まんげきょうの、中のがらが印象にのこった ・二つのまんげきょうを使って二つともこういふふうになっているんだなあと思った。
たたみかえ六角形	<ul style="list-style-type: none"> ・6面折りの6を出すのがむずかしかった。 ・裏表をつなげて、切ったらつながること。(理由) いつも目でおうだけで、切ったことがなかったから ・表と裏が無い世界は不思議という事が分かった。しかし、少しむずかしかった。 ・6面折りで、1回とくしゆな、おりかたができて、よかった。 ・全部の数字をだすのにくせんした。 ・つくるのは、むずかしかったけど、つくったあとは、すごたのしかったです。家でもしたいとおもいました。 ・すこしつくるのがむずかしくてめんどくさかったけれど楽しくできてよかったです。そして、またできるといいなあと思いました。(ちゅうせんであてればたのしくできてよかったです！)
一刀切り図形	<ul style="list-style-type: none"> ・星はむずかしかったけど楽しかった ・いっかくぎりでいろいろかたちがつくれることをしりいろいろさくひんもできてよかったと思いました！ ・いっかいだけはさみの線を入れるだけでいろいろな形がつくれるなんてすごいと思つた ・一刀ぎりでいりをしれたこと。 ・一つきるといっばいもようができることがすごかったです ・色んな折方をして、切ったら、色んな形ができる。 ・最後一刀切り図形で紙の絵をつかつたところ。

6. 考察

アンケートの結果より、各回の満足度は好意的な回答になっており、ワークショップに参加した児童は概ね満足したと考えることができる。

理解度に関する調査項目では、万華鏡と一刀切り図形のワークショップが、たたみかえ六角形のそれに比べ、「少しむずかしかった」「むずかしかった」という回答が多くなっていた。これは、万華鏡の工作と一刀切り図形の工作において、児童独自の作品を作る過程が含まれていたため、たたみかえ六角形と比べて、工作作業の内容が複雑であったことが原因であると考えられる。しかし、理解度に関する4件法の結果を好意的な回答(わかった)を4点、好意的でない回答(むずかしかった)を1点で評価し、平均値を算出した結果、万華鏡は3.26点、たたみかえ六角形は3.41点、一刀切り図形は3.56点であったことより、各ワークショップは小学生にとって適当かつ同程度の難易度で実践できたと考えられる。

学校での学習とのつながりに関する自由記述では「算数」や「理科」が今回実施したワークショップとつながっていると回答した児童が数名見られた。各回に共通して、図形に関する内容(多角形や直線など)が算数と関係しているという回答を得ることができた。本ワークショップでは工作を通して数学を学ぶことを目標としており、表1で挙げているように、各回のワークショップは図形に関する内容を主に取り上げた。本ワークショップが工作の活動だけではなく、行った工作によって児童が図形に関する内容について考えており、ワークショップを設計した際に設定をしたコンセプトである、「数学に関係した工作活動を通して、模様や形の中に隠れている数学的な現象を考える。」を概ね達成できていたと考えられる。一方で、ワークショップ全体のタイトルを「工作で学ぶ、ワクワク数学!!」としていたが、自由記述で「おり紙をつかってはさみで切る所」という回答は見られたものの、図画工作という回答は見ることができなかった。その他の学校での学習とのつながりに関しての回答は、万華鏡や一刀切り図形の回において、活動中の工夫や何度も試行することが理科等と関連しているという回答も見ることができた。これは、本実践では基本的な工作の活動を行った後に、児童が自由に考え、万華鏡や一刀切り図形の工作の活動を行っていたためだと推察する。たたみかえ六角形の活動では、3面と6面のたたみかえ六角形を作成したが、児童がオリジナルのたたみかえ六角形を作成していないため、工夫や試行についての記述が少なかつたのではないかと考えられる。学校での学習とのつながりに関しては、つながっていない理由を答えた児童もいた。この児童は「(つながっていないと思うところ)そもそも、こういう内容や事をしていない」と回答しており、学校での学習に加えて、本ワークショップのよう

な、インフォーマルな場面での学習がより一層必要になるのではないかとと思われる。

ワークショップの中で印象に残ったことに関する自由記述では、「かがみではんしゃしたもようがおもしろかったです。形をかえることで見える数が変わりました。」や「いっかいだけはさみの線を入れるだけでいろいろな形が作れるなんてすごいと思った」など、コンセプトである、模様や形の中に隠れている数学的な現象を考えているような記述が見られた。その一方で、たたみかえ六角形や一刀切り図形のワークショップでは工作が難しかったというような記述が散見されたため、今後のワークショップの改善の必要があると考えられる。

7. まとめ

小学生を対象にした身の回りの模様や形を数学的に捉えるワークショップを社会教育の場面での実践を行った。実践の結果、各回の満足度は好意的な回答を得ることができた。理解度に関して、むずかしいと捉える児童がいたものの、全体としては適切な難易度でワークショップを実践することができた。

学校での学習とのつながりに関する調査項目では、数学や理科とのつながりを意識した回答が得られた一方で、図画工作に関する内容は少数に留まっていたり、学校での学習とつながっていないと回答したりした児童もいた。

今後、インフォーマルな場面でも数学を始めとした学校の学習を発展できる機会がより一層必要になるだろう。

参考文献

- 文部科学省 国立教育政策研究所 (2018), 「平成30年度全国学力・学習状況調査報告書 小学校算数」, 文部科学省
- 山内祐平, 森玲奈, 安齋勇樹 (2013), 「ワークショップデザイン論—創ること学ぶ」, 慶応義塾大学出版会
- 中牧卓也, 愛木豊彦 (2012), 「合わせ鏡を題材とした教材の開発」, 岐阜数学教育研究, 第11号, pp.113-142.
- 西山豊 (2003), 「ヘキサフレキサゴン (hexaflexagon) の一般解」, 大阪経大論集 第54巻4号, pp.153-173.
- エリック・D・ドメイン, ジョセフ・オルーク著, 上原隆平翻訳 (2009), 「幾何的な折り紙アルゴリズム—リンクージ, 折り紙, 多面体」, 近代科学社

本ワークショップは、独立行政法人 国立青少年教育振興機構「平成30年度子ども夢基金助成活動」の支援を受けた。