

# 科学系博物館における「投影と相似」の演示に関する研究

## 光と影のひみつを探る

筑波大学大学院修士課程教育研究科

中村 信介

### 章構成

### 要約

1. はじめに
2. 研究目的・研究方法
3. 「光と影のひみつ」の教材の説明
4. 「光と影のひみつ」の教材化
5. 「光と影のひみつ」の教材の仕組み
6. 「光と影のひみつ」の活動概要
7. 考察
8. おわりに

本研究では、国立科学博物館での体験教室において「光と影のひみつ」と題し、主に投影と相似の内容の体験を提案した。そして、この活動を通し、参加者に楽しんでもらうことで算数に対する興味関心を高め、その上で将来学ぶ算数・数学につながるかを検証した。

キーワード：投影、相似、算数・数学的活動

### 1. はじめに

文部省（1999）は小学校学習指導要領において、算数科の目標の中に「（算数的）活動の楽しさ」を含め、また、中学校学習指導要領（1999）において、数学科の目標の中に「数学的活動の楽しさ」を含めており、算数においても数学においても、児童生徒が算数・数学的活動を通して「楽しさ」を味わうことを重視していることが分かる。

しかし、国立教育研究所によると、日本の児童は国際的にみて算数の成績が高いが、算数への全般的な態度としては肯定的な割合は低い方となっている。さらに中学生になると、数学に対する態度が肯定的な割合は低くなり、国際的に見ても低いほうである。理科においても、児童生徒の理科の成績は国際的に見て高く、理科に対する好意的な態度の児童の割合は国際平均並であるが、中学生になると、その割合は国際的に最も低くなる。このような状況に対し、小川（2003）は「児童生徒の自然や科学に対する興味関心を高めることが重要な課題となっている。」と指摘し、「その興味関心を高めるためには、学校と科学系博物館が連携し、学習の場を広げ、児童生徒に科学に対する広い視野を与えることが必要である。」としている。「また学校では総合的な学習の時間が導入され、体験的な学習活動の充実が図られている。体験的な学習活動として、博物館の教育機能が重要な役割を担いつつある。」と指摘している。

そこで本研究では、国立科学博物館での体験教室において、「光と影のひみつ」と題し、主に投影と相似の内容の体験を提案する。そして参加者に楽しんでもらうことで算数に対

する興味関心を高め、その上で将来学ぶ算数・数学につながる活動を実践する。

## 2. 研究目的・研究方法

### (1) 研究目的

本研究では以下を研究目的とする。

研究目的：国立科学博物館における体験教室において、「光と影のひみつ」の活動を通して子どもたちが将来学ぶ算数・数学につながるか。

この研究目的に対して、以下の課題を設定する。

課題 1：光と影を使った活動を通して、相似の仕組みを参加者の各発達段階に応じて理解できるか。

課題 2：箱庭に関する活動において、図形を投影することを参加者の各発達段階に応じて理解できるか。

課題 3：活動全体を通して参加者が楽しめるか。

### (2) 研究方法

国立科学博物館で、全年齢者を対象に、「光と影のひみつ」と題し、30 分の体験教室を開く。そして、その様子を録画したビデオを分析し、そこに記録された参加者の発言や行動の反応から、上記で設定した課題を考察する。その考察から、上記の研究目的が達成されたかどうかを検証する。

## 3. 「光と影のひみつ」の教材の説明

体験教室において、第 1 の活動は箱庭（図 1 と図 2）を組み立てる活動である。この箱庭は筑波大学数学教育研究室による「数学の歴史博物館」において「投影とアナモルフォーズの実験室」で紹介されているソフトウェアを利用して出力した。アナモルフォーズとは、ある一点から見たときにのみ意味を持った絵が見えるように描かれた絵や図形のことである。この箱庭のオリジナルの点として、本来、穴

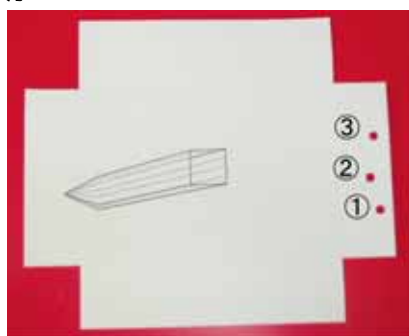


図 1 展開された状態の箱庭



図 2 組み立てた箱庭

は、ある一点から見たときにのみ意味を持った絵が見えるように描かれた絵や図形のことである。この箱庭のオリジナルの点として、本来、穴

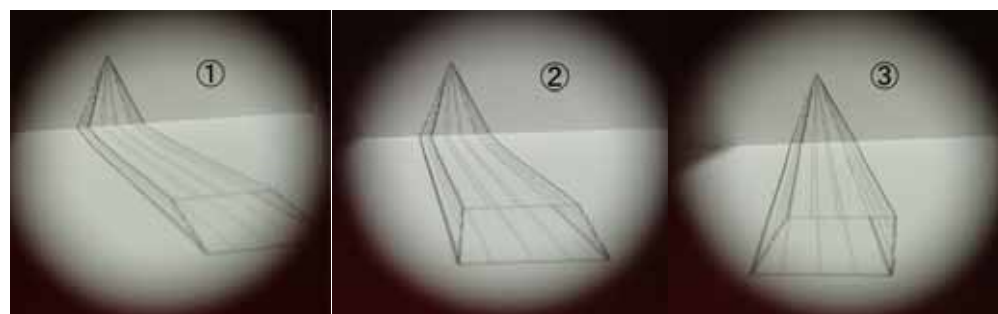
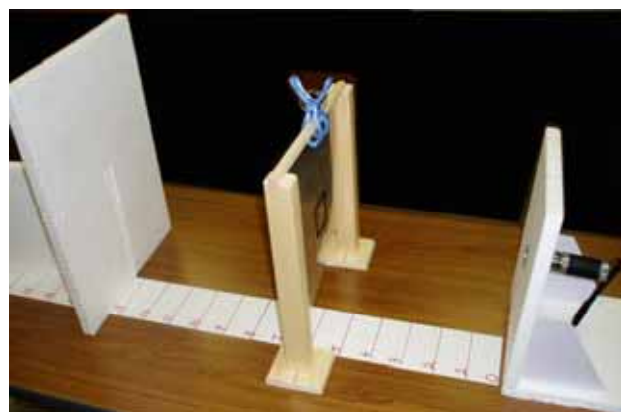


図 3 左の穴から順にのぞいた図

は 1 つなのだが、3 つに増やすことで、1 つの穴からのみ正しい図形（四角錐）が見られることが分かるようにした。図 3 は、図 2 において、左の穴から順にのぞいた図である。

第2の活動は、光と影を使った活動である。参加者は、図4の装置を使って、OHPシートに描かれた正方形を2倍に拡大する活動をする。図4の左にあるのが影を投影するスクリーンである。真ん中にあるのが、正方形が描かれているOHPシートとそれを固定するための衝立（ついたて）である。右にあるのが、光源であるLEDライトである。衝立の下を右から左に横切っているのが0から1ずつ目盛りが刻まれた厚紙である。体験教室では光源の位置を0にし、衝立の位置を6に合わせた。スクリーンを動かすことで影の大きさを調節する。



また、図5のように正方形が格子状に並んだ厚紙（以下、単に格子と書く）があり、この1個の正方形は、OHPシートに描かれている正方形と同じ大きさである。この厚紙をスクリーンに投影された正方形の影に当てることで、正方形が何倍の大きさになっているのかが目で見て分かる。

第3の活動では、第1の活動を振り返るため、OHPシートを四角錐が描かれているOHPシートに交換し、垂直に立てられたスクリーンに投影し、その影をペンでなぞる（図6）。なお、四角錐のイメージを持ってもらうために四角錐の模型（図7）を作った。



図5 格子が描かれた厚紙

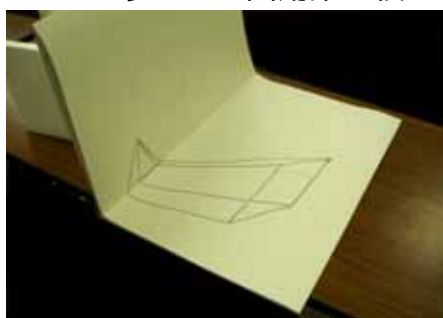


図6 四角錐の影をなぞった図



図7 四角錐の模型

#### 4. 「光と影のひみつ」の教材化

図4にある光と影のひみつを探るための装置のもつ算数・数学には「相似」がある。相似は中学校3年生で学習する内容であるが、相似が未習である小学生でも学べる内容がある。各発達段階に応じて、今回の体験を通してどのようなことが学べるかを以下の表にまとめた。体験教室における第2の活動を通して、子どもから「2倍になった」という言葉やそれに関する言葉を拾うことができれば、後に相似を学ぶ際のきっかけになると考える。

箱庭に関する活動の中の算数・数学には「投影」があるが、投影は現在の学習指導要領では学習しない。しかし、水谷(2002)の言うように、「投影図は空間図形を見る1つの視点を与えてくれる。この視点は、今後、空間図形を扱う場面において問題解決の有力な手段となり得る。」と指摘し、「2次元と3次元を相互に推察する能力、すなわち平面図形と空間図形を結びつける力は生徒が将来最も必要とする力のひとつである」と述べている。体験教室における第1の活動と第3の活動を通して、子どもから「重なった」「一致した」という言葉やそれに関する言葉を拾うことができれば、後に投影や空間図形

を学ぶ際のきっかけになると考える。さらに、四角錐という立体図形を OHP シートという平面に写し、さらにそれをスクリーンに、しかも垂直なスクリーンに投影するという経験から、空間図形に対して理解を深めるための重要な学習となり得ると考える。

| 学年   |      | 学習内容                 | 「光と影のひみつ」の体験と関係している活動  |
|------|------|----------------------|--|
| 小学校  | 1 年生 | ものの個数、長さの比較、身近な立体、加法 | 目盛りを読む。OHP の図と拡大された図の形と辺の大きさを比べる。目盛りの数字を足す。四角錐を観察する。光源から衝立までの距離を 1 つ分と考え、光源からスクリーンまでの距離がそのいくつ分に当たるかを求める。 |
|      | 2 年生 | 乗法、四角形               | 目盛りから乗法を使って考える。OHP シートの図から四角形の特徴を捉える。  |
|      | 3 年生 | 基本的な図形についての理解        | 箱庭を組み立てることで直方体の特徴を捉える。   |
|      | 4 年生 | 伴って変わる 2 つの数量について、面積 | 伴って変わる 2 つの量を見だし、関係を調べる。   |
|      | 5 年生 | 平行四辺形、台形、ひし形、数量の関係   | OHP の図を平行四辺形、台形、ひし形に変え拡大する。またそれらについて 2 つの伴って変わる数量の対応や変わり方を調べる。   |
|      | 6 年生 | 倍数、比、比例              | 伴って変わる 2 つの量のうち、比例関係にあるものを見いだす。光源から衝立、スクリーンまでの距離関係を比で表す。   |
| 中学校  | 1 年生 | 四角錐、比例、文字式           | 伴って変わる 2 つの数量を見だし、式やグラフで表現する。光源から衝立、スクリーンまでの距離関係を文字で表す。  |
|      | 2 年生 | 文字式の利用、1 次関数         | 1 次関数を見いだす。  |
|      | 3 年生 | 相似、三角形の相似条件、平行線と線分の比 | 光源が相似の中心であること、OHP シートの図と投象は相似関係であることを理解する。さらに証明する。相似比が距離の比であることを理解する。                                    |
| 高等学校 | 数学基礎 | 数学と人間の活動             | 透視図法、アナモルフォーズ、投影が人間の活動とどう関わってきたかを調べる。例えば道路標識の「止まれ」など。  |
|      | 数学   | 面積比、体積比、三角比          | 相似形の面積比、体積比について考える。衝立とスクリーンが平行でないときを三角比を使って考える。  |
|      | 数学   | 図形と方程式               | 透視図やアナモルフォーズを座標で考える。   |
|      | 数学 B | 空間図形とベクトル            | 空間座標における具体物として、光源、衝立、スクリーンなどの装置を使う。  |

## 5. 「光と影のひみつ」の教材の仕組み

### (1) 箱庭の原理

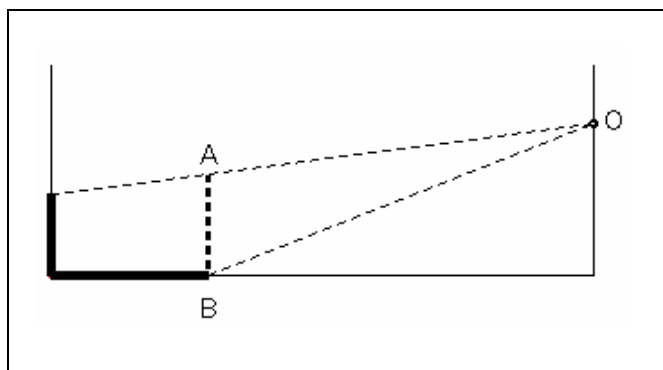


図8 箱庭の模式図

図8において、視点をOとし、これを箱庭における一番右の穴とする。太い線で書かれているのが、箱庭において実際に描かれている図である。

このOから中をのぞくと四角錐が見えるのは、太い点線で描かれているABという図が、手前にあるように見えるからである。すなわち、箱庭の側面と底面に描かれてい

る四角錐を箱庭に投影した投影図である。図9は、この箱庭の原理を参加者にも体験してもらおうと筆者が考えた図4の装置の模式図である。図8と違うのは、投影する四角錐がOHP

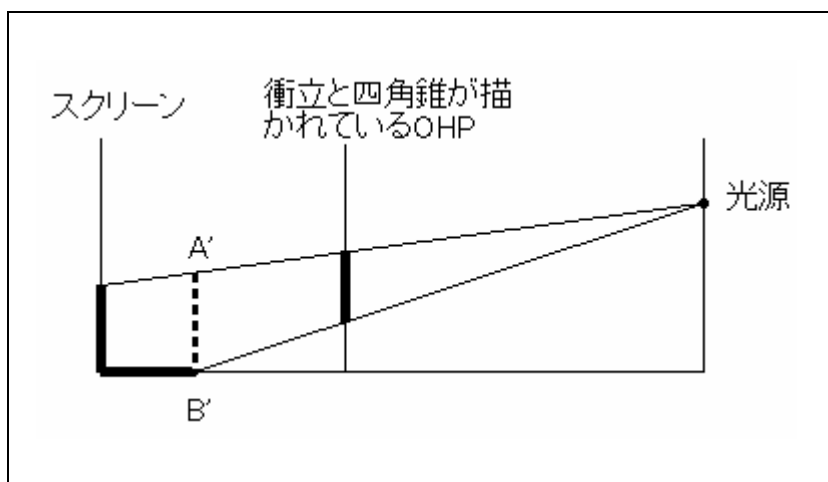


図9 第3の活動における図4の装置の模式図

シートに描かれているということである。この四角錐をスクリーンに投影することで、箱庭において実際に描かれている図ができる。つまり、図8と同様に、光源の位置から見ると、スクリーンに描かれている図は四角錐に見え、さらに手前のOHPシートに描かれている四角錐と重なるのである。ちなみに太い点線で描かれているA'B'は、OHPシートがない場合には、図8と全く

同じ役割をする。さらにA'B'とOHPに描かれている図は相似な関係になる。

### (2) 正方形を拡大する活動についての数学的説明

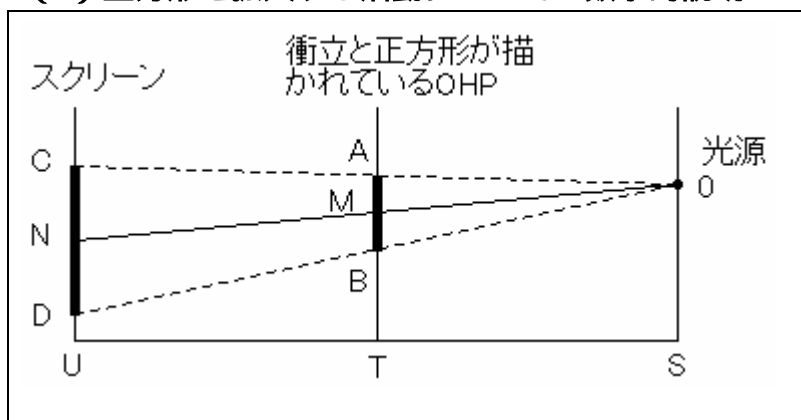


図10 第2の活動で図4の装置を真横から見た模式図

衝立とスクリーンは互いに平行を保っている。すなわち、影の大きさを変えるためにスクリーンを動かすとき、必ずこの関係を保ったまま動かす。図10において、 $AB \parallel CD$  のとき、同位角は等しいので、 $\angle OAB = \angle OCD$ 、 $\angle OBA = \angle ODC$  より、2組の角が等しいので、 $\triangle OAB \sim \triangle OCD$  と言える。よって、相似な図形の対応する辺の

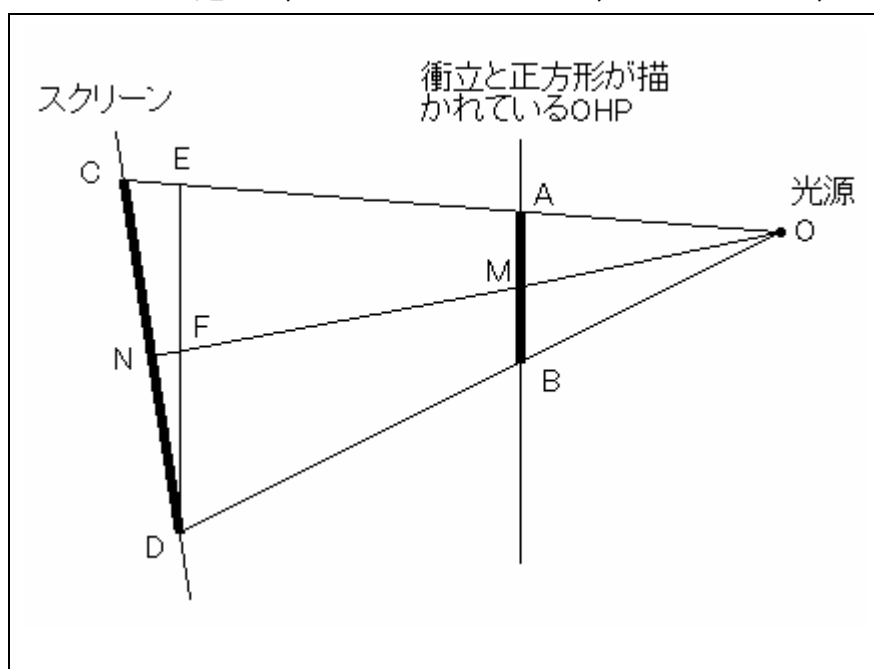
比は等しいので、 $OA:OC=AB:CD$ 。今、OからUTに垂直な線を引き、その交点をSとする

と、平行線と線分の比の定理から、 $OA:OC=ST:SU$ 。以上から、 $AB:CD=ST:SU$  と言える。つまり、OHP シートに描かれている正方形とスクリーンに投影される正方形の大きさの関係は、光源から衝立までの距離と光源からスクリーンまでの距離に依存することが分かる。影の大きさをもとの図の 2 倍に拡大したいときは、光源から衝立までの距離の 2 倍の位置にスクリーンを置けばいいことになる。

衝立とスクリーンが平行なとき、 $AB$  と  $CD$  の中点をそれぞれ  $M$ 、 $N$  とすると、 $AM:BM=CN:DN=1:1$  である。しかし、衝立とスクリーンが平行ではないとき、スクリーンに相似な図形が描かれず、かつ  $CN:DN \neq 1:1$  である。以下、これを示す。

(仮定)  $AB$  と  $CD$  が平行でないとする。 $D$  から  $AB$  に平行な直線を引き、 $OC$  との交点を  $E$  とする。 $M$  は  $AB$  の中点で、直線  $OM$  と  $CD$  との交点を  $N$ 、 $DE$  との交点を  $F$  とする。

(証明) 前の説明から、 $AM:BM=EF:DF=1:1$  である。 $DCE$  において三角形と比の定理「 $DCE$  の辺  $DC$ 、 $DE$  上にそれぞれ  $N$ 、 $F$  をとるとき、 $DN:NC=DF:FE \iff NF \parallel CE$ 」の対偶



「 $DCE$  の辺  $DC$ 、 $DE$  上にそれぞれ  $N$ 、 $F$  をとるとき、 $NF$  と  $CE$  が平行でないならば、 $DN:NC \neq DF:FE$ 」が成立する。よって、 $DN:NC \neq 1:1$  となる。特にこの図で言えば、 $DN < NC$  と言える。つまり、 $DN$  側と  $NC$  側では、拡大している比率が違うということになる。よって衝立とスクリーンが平行でないときは、スクリーンには OHP シートの図と相似な図形が描かれない。

図 11 衝立とスクリーンが平行でないときの装置の模式図

## 6. 「光と影のひみつ」の活動概要

### (1) 活動環境

日時：平成 17 年 11 月 19 日

対象：国立科学博物館への来館者（1 回目 9 人、2 回目 9 人で、1 グループ 2～4 人になるように、それぞれ 6 つのグループに分けた。幼稚園児 1 人、1 年生 1 人、2 年生 7 人、4 年生 2 人、5 年生 3 人、大人 4 人の計 18 人であった。なお、大人は基本的に子どもたちのことを見守っていたので、考察の対象からははずした。）

準備：光源（LED ライト）、図形の描かれた OHP シート、衝立、スクリーン（以上 4 つを衝立装置と呼ぶ）、格子状のマスが描かれた厚紙、目盛りの描かれた厚紙、サインペン、箱庭の紙、セロテープ、四角錐の模型、アンケート



## (2) 活動展開

「光と影のひみつ」は、大きく分けて 箱庭を組み立てる活動、 正方形を拡大する活動、 箱庭の活動を振り返る活動、と 3 つの活動に分けられる。以下、それぞれの目標と活動概要を記す。そして、その目標に基づき参加者の発言や行動を記す。

### < 箱庭を組み立てる活動 >

#### [ 目標 ]

箱庭を組み立て、3 つの穴から内側を見て、右の穴からのみ四角錐が見えること。

#### [ 活動概要 ]

参加者全員に展開された状態の箱庭を渡し、指導者の指示のもと箱庭を組み立てた。その後、「3 つの穴から中をのぞいて何が見えるかな?」と言い、何が見えるかを参加者に尋ねた。次は子どもたちの発言の一部である。

1 年生: 「ピラミッド!」

2 年生: 「面白いものが見える!」「山の影」  
「立体的に見える!よく見たらピラミッドが立っているように見えるよ。」

4 年生: 「三角形?鉛筆みたい。」

5 年生: 「とんがってる箱!」



図 12 箱庭をのぞいている様子

各自に見えたものを言ってもらった後、四角錐の模型を提示した。そして、「このような形が見えるのはどこですか」と言い、また各自にその内容を言ってもらった。配慮した点として、四角錐という用語は中学校 1 年生で学習するので、その用語は使わず、「このような形」という表現した。

### < 正方形を拡大する活動 >

#### [ 目標 ]

ライトを使い、OHP シートに描かれた正方形を、形を変えずにスクリーンに投影し、2 倍の大きさの正方形を作り、また、それがなぜ 2 倍になっているかを考える。

#### [ 活動概要 ]

光源のスイッチを入れ、部屋を暗くし、OHP シートに描かれた正方形をスクリーンに投影できるよう装置の位置を調節した。

そして、最初の質問「(OHP の) 正方形の 2 倍の大きさの影を向こう(スクリーン)に映してみよう」を投げかけた。配慮した点として、参加者の中には小学校 1 年生や幼稚園児もいたので、「この線(正方形の一辺)が 2 つ分になるように…。」と分かるように言葉を変え、小学校高学年や大人からの質問にあったのだが、「面積を 2 倍にするわけではない」などの説明を加えたグループもあった。



図 13 拡大している様子

最初の質問に対して、参加者は思い思いにスクリーンを動かし、およそ2倍になったところで、指導者は格子状のマスが描かれた厚紙を渡し、「これを使って2倍になっているか確かめてみよう」と言った。ここでも注意すべき点として、年齢の低い子どもに対しては、初めから厚紙を渡し、「この四角（格子4つ分の正方形、つまりOHPに描かれている正方形の2倍の大きさの正方形）に入るようにしよう」など、適宜言葉を変え説明した。

参加者が格子の厚紙で2倍になっていることを確かめた後、次の質問「これで、なぜ2倍になっているんだろう」を投げかけた。ここでも、年齢に応じ、「目盛りに注目してみよう」などの説明を加えたグループもある。指導者が、参加者による説明を一通り聞いた後、「では3倍は？4倍は？」と質問を続けた。

次は第2の活動における子どもたちの発言や行動をまとめたものである。なお、考察との関係上、ABCの3つのグループに分け、さらに小文字のアルファベットを使い学年内でも区別した。

|     |   |
|-----|---|
| (A) | 幼稚園児：2倍ということが分からなかったので、指導者が格子の4×4マス分の辺をペンで濃く塗り、それに合うようにスクリーンを動かすようにと指示した。その後それに合うようにスクリーンを動かしていた。2倍ができた後、より大きい影をつくるために指導者が「大きい影にするには？」と言うと、その位置から後ろに下がった。さらにスクリーンに映らないくらい遠くに動かしていた。逆に、OHPに近づけたとき「ちょーちっちゃい！」 |
|     | 2年生a：格子を使い、2倍になることを確認していた。3倍のとき影が大きかったので、3倍にするにはスクリーンを「前にすればいい！」と言っていた。   |
|     | 2年生b：格子を使い、2倍になることを確認していた。指導者が「2倍はどこだ？」という質問を言うと、「ここ！」と言い、8の目盛りを指した。実際に格子をあてて確かめると、2倍の大きさより小さかったので後ろに動かし「12だ！」<br>指導者が「3倍は？」と言うと「19だ」   |
|     | 2年生c：言葉を発さなかったが、スクリーンを前後に動かし、格子を使って2倍になることを確かめていた。  |
| (B) | 1年生：はじめ、手でOHPの正方形の大きさを測り、影がその2つ分であることを確認していた。3倍のとき、格子を使って確認し、指導者の「何で18なんだろう？」という質問に対し、「あっ！分かった！」と言ったが、説明はできなかった。4倍のとき24に動かせた。   |
|     | 2年生d：格子を使い、2倍のときに「12」と発言。4倍のとき、言葉を発さなかったが、24の目盛りのところにスクリーンを置いていた。   |
|     | 2年生e：格子を使い、2倍、3倍、4倍のとき九九を口にしてしていた。「 $6 \times 2 = 12$ 」「 $6 \times 3 = 18$ 」「 $6 \times 4 = 24$ 」   |
|     | 2年生f：衝立の目盛りを4にして、スクリーンを8に動かし、格子を使って2倍になることを確認していた。4倍のとき、九九で「 $4 \times 4 = 16$ 」と言いながらスクリーンを動かしていた。   |
|     | 2年生g：格子を使い、12の目盛りにスクリーンを動かし、2倍になることを確認していた。格子のマスが6×8であることから「6倍しか無理だよ！」「100倍でもできるよ！」発言していた。  |



|     |   |
|-----|---|
|     | <p>4 年生 a：格子を使い、2 倍になることを確認していた。3 倍のとき「18 かな？」と発言。まず 18 の目盛りにスクリーンを置き、それを格子で確かめていた。</p> <p>衝立の位置を 7 の目盛りにずらし、2 倍は「14」、3 倍は「21」と発言。</p>  |
| (C) | <p>4 年生 b：格子を使い、2 倍になることを確認した後「11 だ。」と言い、指導者が「2 倍と 11 の目盛りは関係あるかな？」と質問すると「12」と発言。</p> <p>3 倍のとき、スクリーンを 18 に移動させ、格子を使い 3 倍になることを確認して「あっ！比例だ！」と発言。</p> <p>衝立の目盛りを 5 にして、スクリーンを 15 に動かし、3 倍になっていることを確認していた。</p>  |
|     | <p>5 年生 a：2 倍の理由を聞くと「この物体（衝立）の部分までの長さの 2 倍ぐらいのあたりだからかな？」</p> <p>衝立が 5 の目盛りにあるとき「今（スクリーンが）10 にあるから！」</p> <p>3 倍のとき、まずスクリーンを 15 の位置に置き、格子で確かめていた。さらに衝立を 4 の目盛りに動かし「<math>4 \times 4 = 16</math> だから（4 倍は）こうだ！」</p> <p>衝立を 3、スクリーンを 18 に動かし「6 倍できました！」「比例だ！」</p> |
|     | <p>5 年生 b：2 倍の理由を聞くと「ここの線（衝立）が 6 やから、<math>6 \times 2 = 12</math> やから。」「3 倍は <math>6 \times 3</math> で 18」</p>  |
|     | <p>5 年生 c：3 倍の理由を聞くと「ここ（衝立）が 6 で、目盛り（スクリーンの位置）は 18」「（2 倍のとき）12」「（4 倍のとき）24」</p> <p>衝立の目盛りを 8 にすると 2 倍にするには「16 だ！。それは、（光源から衝立が）8 で、こっからが（スクリーンと衝立の距離が）8 だから！」</p>  |
|     |   |

#### < 箱庭の活動を振り返る活動 >

##### [ 目標 ]

光源の穴から、影をなぞった図を見て、 の活動を結びつける。

##### [ 活動概要 ]

正方形の描かれた OHP シートはずし、四角錐の描かれた OHP シートと交換した。影をなぞる作業に時間がかかるため、6 グループを 3 グループにした。箱庭に描かれている四角錐と同じ様子を映し出すため、光源の位置を斜め上から光が当たるように移動させ、影をなぞるための垂直の厚紙をセットした。そして、影を 2 人に手分けしてなぞってもらい、部屋を明るくし、ライトを取りはずし、その穴からペンでなぞった図を見てもらい、体験教室を終了した。

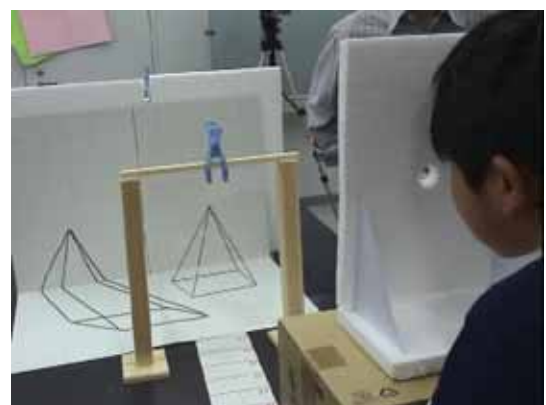


図 14 光源の位置からのぞいている様子

次は第 3 の活動における子どもたちの発言や行動の一部をまとめたものである。

幼稚園児：「同じになった。マジックのペンとさっきのやつ（箱庭のこと）」

1年生：「（影を見て箱庭と）似てる！重なった！」

2年生 a：「（四角錐の OHP を見た瞬間）さっきと同じ図形だ、箱の方と。」「本当だ、重なってる！」

2年生 b：「見えた！ピラミッドが見えた！」

4年生 a と b：「重なった！」「重なってる。」

5年生 c：「（垂直のスクリーンに映った影を見て）ずいぶん違う！」「おおーすげー重なってる！影で描いた線と、前のこれ（OHP の四角錐）が重なってる！」

1年生と2年生 a と5年生 b が、四角錐の模型を OHP シートと四角錐の影をなぞった図の間に置いていた。

## 7. 考察

(1)課題 1：光と影を使った活動を通して、相似の仕組みを参加者の各発達段階に応じて理解できるか。

なぜ2倍になるのかを、目盛りとの関係からは分からなかったのは、5.(2)活動展開の< 正方形を拡大する活動>にある子供たちの発言や行動をまとめた表の(A)から、幼稚園児、2年生3人であったことが分かる。しかし、いずれもスクリーンを衝立から遠ざけると影の正方形は大きくなり、近づけると小さくなることは分かったようで、さらに格子を使って2倍になっていることも確認できていた。よって、1年生の学習内容と関係する「光源から衝立までの距離を1つ分と考え、光源からスクリーンまでの距離がそのいくつ分に当たるかを求める」ことはできなかったが、1年生の学習内容と関係する「目盛りを読む、OHPの図と拡大された図の形と辺の大きさを比べる」こと、それから図を拡大縮小するには距離が関係しているということが体験できたと考えられる。幼稚園児の子どもは、スクリーンに影が映らないくらい遠くに動かして、影が映らないことに驚いていて、逆にOHPにできるだけ近づけても影が消えてなくならないことにも驚いていた。それはまさに拡大縮小と距離の関係を体験できたことであると考えられる。2年生bは、2倍のとき8の目盛りを指していることと、3倍のときの「19だ」という発言から、目盛りとの関係からは分からなかったことが伺える。

なぜ2倍になるのかを、はじめ目盛りとの関係からは分からなかったが、指導者から「目盛りに注目してみて」と言われて気付けた子は(B)から、1年生、2年生4人、4年生1人であった。いずれも九九を口にしたり、先にスクリーンを目的の目盛りに動かしその後格子を使って2倍になっていることを確かめられたりすることができた。 $6 \times 2 = 12$ という発言は、1年生の学習内容と関係する「光源から衝立までの距離を1つ分と考え、光源からスクリーンまでの距離がそのいくつ分に当たるかを求める」ことができていると考えられる。ある2年生の子は、格子のマスが $6 \times 8$ であることから、6倍までしか調べられないということを言っていた。さらに、（光さえ届けば）100倍でもできるよと言っていた。つまり、この子は2倍の活動だけで、拡大の決まりが分かり、一般性を意識できていると考えられる。

なぜ2倍になるのかを、指導者からの助言無しで目盛りとの関係から分かったのは(C)から、4年生1人、5年生3人であった。いずれも2倍になっている理由を衝立と光源とスクリーンの距離関係から説明できていた。4年生1人、5年生1人が「比例」という言葉を発していた。比例は小学校6年生で学習する内容なので、彼らがその言葉を知っていたことが重要なのではなく、この活動を通して、比例を思い浮かべたことが重要である。彼らは、この活動で、伴って変わる2つの数量に気付き、さらにそれらが比例関係になるということに気付いたと思われる。正確に言えば、OHPシートに描かれた正方形の一辺の大きさと光源から衝立までの距離を固定したとき、スクリーンに投影された正方形の一辺の大きさと光源からスクリーンまでの距離が比例関係になる。この関係を見つける活動は、比例だけでなく関数の考えを育成することにもつながると考えられる。

以上から、低学年の子どもであっても相似の仕組みのひとつである、相似の中心からの距離によって大きさが決まるということが、各発達段階に応じて理解できたと言える。

(2)課題2：箱庭に関する活動において、図形を投影することを参加者の各発達段階に応じて理解できるか。

14人中14人が、第3の活動のとき、光源の位置からなぞった影をのぞいて「見えた」「重なった」「さっき(箱庭)のと同じだ」と発言していた。このことから子どもの発達段階に関わらず、第1の活動と第3の活動が結びついたと言える。中でも1年生1人、2年生1人、5年生1人が第3の活動のとき、OHPシートと四角錐の影をなぞった図の間に、図7の模型を置いていた。このことはまさに図8にあるように、箱庭中央に存在しているように見える四角錐を箱庭に投影しているという、箱庭の仕組みを理解していることを示していると考えられる。

(3)課題3：活動全体を通して参加者が楽しめるか。

活動全体を通して参加者が楽しめたかどうかをアンケートから考えたい。活動終了後にアンケートとして「おもしろかったこと、不思議に思ったこと」を書いてもらった。以下、その一部を紹介する。なおひらがなを適宜漢字に変換した。

1年生

何倍とか、箱を作って、穴を見たのが楽しかった。

2年生

あとで穴から見たとき一致したこと。

影がおもしろかった。

三角形(四角錐のこと)に見えたことが不思議。

$6 \times 2 = 12$ がおもしろかった。

4年生

(箱庭で)四角錐に見えて不思議に思った。比例がよく分かった。

箱のなぜ一番右を見ると三角形(四角錐のこと)に見えるのか。

5年生

「どこなら一番よく見えるか」とか「正方形の影を～倍にする」とかがすごくおもしろかった。ま

たやりたいです。

影の形が、映しているものと違う形になるのがおもしろかったです。

特に 、 、 、 から楽しんでもらえたことが伺える。そこに学年間の偏りは見られない。他の回答からも肯定的な感想が伺え、おおむね楽しんでもらえたと思う。注目すべき回答の 1 つとして、 はおそらく学習したばかりと思われる掛け算を、学校以外の場所で使えたことに感動しているとも取れるし、拡大している正方形の大きさが実は距離に依存していることに気付いて感動しているとも取れる。また、 はとても肯定的な回答であり、指導者から見た活動中の様子からも大いに楽しんでもらえたことが伺える。

以上 3 つの課題に対する考察から、「光と影のひみつ」の活動を通して、子どもたちが将来学ぶ算数・数学につながるかという研究目的はおおむね達成された。

## 8. おわりに

本研究では、国立科学博物館における体験教室において、「光と影のひみつ」の活動を通して子どもたちが将来学ぶ算数・数学につながる可能性があることを考察することができた。

しかしその一方で、活動中に指導者からの参加者に対する声かけが多くなってしまった。30 分という短く限られた時間の中で、学年も学校も違う子どもたちを相手に活動を終えるためには仕方ない部分もあると思われるが、もう少し子どもの発言を引き出す工夫をする必要があったと思う。

また、「光と影のひみつ」の活動が、本当に子どもたちが学ぶ算数・数学につながったかを見るためには長期的な調査が必要であり、さらに学校現場で実践する場合についても考える必要がある。

## 謝辞

今回の研究に際し、国立科学博物館の小川義和先生、亀井修先生をはじめとする諸先生方、ボランティアの方々には、多大なるご協力と共に、大変貴重なご助言・ご指導をいただきました。厚く御礼申し上げます。

## 注

本研究は、日本学術振興会科学研究費基礎研究 B(2)課題番号 17300243「科学博物館等における数学展示・実験教具とその実践手法の開発研究」(研究代表者礪田正美)による研究の一環として行われた。

## 引用・参考文献

文部省(1999)．小学校学習指導要領解説 算数編．東洋館出版社

文部省(1999)．中学校学習指導要領解説 数学編．大阪書籍

文部科学省(1999)．高等学校学習指導要領解説 数学編、理数編．実況出版

小川義和(2003)．学校と科学系博物館をつなぐ学習活動の現状と課題．科学教育研究 第 27 巻第 1 号 24-32

- 小川義和(2003)．科学教育における対話と連携の推進 サイエンス・コミュニケーション  
．日本科学教育学会年間論文集 27 125-126
- 小川義和，下條隆嗣(2003)．科学系博物館の単発的な学習活動の特性 国立科学博物館の  
学校団体利用を事例として ．科学教育研究第27 巻第1 号 42-49
- 丸野悟(2002)．透視図法を題材とした幾何の授業実践 原典を利用した教材開発 ．教育  
評価の転換と歴史文化志向の数学教育 中学校・高等学校数学科教育課程開発に關す  
る研究(9) ．筑波大学数学教育学研究室 238-248
- 福田匡弘(2003)．透視図法の数学化についての授業研究 射影と切断の歴史を手がかりに  
．「確かな学力」の育成と歴史文化志向の数学教育 個に応じた指導、数学史・道  
具 中学校・高等学校数学科教育課程開発に關する研究(10) ．筑波大学数学教育学  
研究室 103-115
- 大西直(2004)．身近な事象の数学化についての授業研究 透視図法とアナモルフォーズ画  
法を用いて ．「確かな学力」の育成と道具を用いた数学教育 中学校・高等学校数  
学科教育課程開発に關する研究(11) ．筑波大学数学教育学研究室 111-122
- 国立教育研究所(1998)．小学校の算数教育・理科教育の国際比較 第 3 回国際数学・理科  
教育調査最終報告書 ．東洋館出版社
- 坂本正彦(2002)．実空間と数学を橋渡しする学習課題 光と陰による曲線と投象の探求 ．  
課題学習・選択数学・総合学習の教材開発 明治図書
- 丸野悟(2002)．透視図のしくみを解明しよう 人の目に見えると同様に物体を描く技法 ．  
課題学習・選択数学・総合学習の教材開発 明治図書
- 磯田正美，福田匡弘(2003)．画家の視点から生まれた数学の世界(1)～(2) ．教育科学 数学  
教育 7，8 月号 明治図書
- 田端毅(2003)．鏡とのぞき窓から生まれた数学の世界(1)～(3) ．教育科学 数学教育 9，10，  
11 月号 明治図書
- 磯田正美，大西直，田端毅(2004)．反比例を表す軸を探す ．教育科学 数学教育 3 月号 明  
治図書
- 水谷尚人(2002)．空間図形の学習における「記述すること」とコミュニケーションの役割  
に關する研究 ．日本数学教育学会誌第84 巻第7 号 2-9
- 鈴木英昭(1996)．台形を正方形と同じようにのばそうとすると？ ．多様な考えを生み練り  
合う問題解決授業 意味とやり方のずれによる葛藤と納得の授業づくり 明治図書

## Web references

<http://130.158.186.230/museum/ana/index.html>