

科学系博物館における「ピタゴラス音律」の演示に関する研究

ストロー笛の作製を通して

筑波大学大学院修士課程教育研究科
江山 静海

章構成

1. はじめに
2. 研究目的・研究方法
3. 「ピタゴラス音律」の教材化
4. ストロー笛の作り方
5. 「ドレミのひみつ」の活動概要
6. 議論
7. おわりに

要約

本研究では、国立科学博物館においての単発的な体験活動を通し、日常を数理的に見る眼を育むきっかけを作れるかどうか検証した。体験者は楽器作りの教材を用いた体験活動の中で、ピタゴラス音律の中に含まれる算数・数学を見いだすことができた。さらに、この活動の中では扱わない日常の楽器についても数理的に観察することができた。

キーワード：ストロー笛、ピタゴラス音律、楽器、単発的な体験活動

1. はじめに

文部省(1999)は小学校学習指導要領解説において、算数科改善の基本的な考え方のひとつに、「楽しさと充実感のある算数の学習にする」ことを挙げている。そのような学習とは「自分で実際に作業をしたり、体験をしたり」することと位置づけた上で次のように述べている。また、「そうした学習活動を充実させることによって、算数への関心や意欲が高まる。それと同時に、算数の好きな生徒がさらに増えていくようになる。」(1999,p.9)とも述べている。

しかし、平成13年度小中学校教育課程実施状況調査報告書 中学校・数学 (国立教育政策研究所教育課程研究センター,2003)によると、「数学の勉強が好きだ」という質問に対しての肯定的な回答は、学年が上がるにつれ減少している。また、数学は「学年が進むにつれて、役に立たないと思う生徒が増えてくる」(p.245)ことも述べている。これについて根本は、「一般的には「数学」は学校での数学の時間にだけ現れる極めて特殊な世界の出来事と受け止められ」(2004,p.190)、「日常の中に普通に見いだせるというようには思われてはいない。」(2004,p.192)ことを挙げ、「学年が進むにつれて、数学の学習が役に立たないと思う生徒が増えてくる」というこの傾向については、学年が進むにつれて数学の学習内容の抽象度が高くなり、現実の生活から少しずつ離れることがあるので必然的な状況」(2004,p.418)と述べている。

これを受けて筆者は、以下の先行研究に着目した。「我が国の科学系博物館で最も頻度の多い単発的な学習活動」について小川、下条は、「科学系博物館に特有の学習資源が生徒の科学系博物館に対する態度の形成に影響を及ぼしている」(2003)と述べている。また「一般的に博物館における体験的な学習は、長期的な記憶に残りやすいといわれている」(2004)こと、「体験的な活動がより記憶に残りやすい」(2004)ことも示している。

そこで本研究は、体験者が博物館で日常の事象に算数・数学を見いだす単発的な体験活動を行うことで、日常を数理的に見る眼を育むきっかけを作ることを主題とする。筆者は、この博物館での単発的な体験活動で日常と算数・数学の結びつきを体験者に印象付けることで、将来的に学年が進んでも抽象的な数学の学習内容から日常性を見つけられる力、すなわち、日常を数理的に見る眼が育まれると考える。

本研究は、国立科学博物館において主に児童・生徒を対象とした単発的な体験学習の「たんけん教室」で行われるもので、小学生が多く参加することが想定される。そこで、根本が「活動を通して数学を学ぶことの「楽しさ」が味わえるようになる」という意味で、数学の学習で物事をよく観察する、操作して考えること、予想して実験してみることなどの活動は大切である。」(1999,p.29)と述べていること、また、1講座30分の短い時間の中で体験者により強い印象を残すことを考え、音楽、楽器を体験者の身の回りの日常にあるものとし、道具を用いた楽器作りの体験活動を実践する。道具には子どもの身の回りに多くあるものを用いることで、より興味・関心を持ち楽器作りに取り組むと考え、ストローを使用する。ピタゴラス音律により作製された笛を、実際に吹く体験、長さを測る体験、作る体験を盛り込んだ教材により、音楽、楽器という日常の中に算数・数学を見いだす体験活動を実践する。

2. 研究目的・研究方法

(1) 研究目的

本研究では、ピタゴラス音律を取り上げ、ストローを用いた楽器作りの体験活動を行う。音楽史の中で算数・数学が活かされてきた事実を実際に体験し、音楽、楽器という日常から算数・数学を見いだすことで、日常を数理的に見る眼を育むきっかけを作ることを目的とする。

目的達成のため、以下を課題とする。

課題1：ピタゴラス音律を用いたストロー笛を扱う中で、そこに隠れた算数・数学を見いだすことができるか。

課題2：ストロー笛を作る単発的な体験活動を、他の日常とリンクさせ事象を数理的に見ることができるか。

(2) 研究方法

国立科学博物館における単発的な体験学習の講座である「たんけん教室」にて、「ドレミのひみつ」と題した、ストローを用いて笛を作製する活動を行う。事後アンケート、活動の様子を撮影したビデオおよび体験者の反応に基づき考察する。

3. 「ピタゴラス音律」の教材化

音律の歴史を紐解くと、ピタゴラスが活躍していた古代ギリシアまでさかのぼる。古代オリエント文明の中心であったエジプトには様々な楽器があったが、音程と比率との関係は耳のよってのみ確かめられ、関係を明確に体系的にまとめ、法則を発見するまでには至ってなかった。ピタゴラスらは今日のように振動数を測る手立てのない時代の中で、調和する音の関係について数的な秩序を導入しようとした。その方法は、モノコードと呼ばれる1本の弦を共鳴箱の上に張り、コマを移動させながら音高を変える楽器を2台並べて、互いの弦長を比較するというものであった。その原理の基本は「美しく鳴り響く音同士の間弦長比は、簡単な数値で表される」ことであった。

ピタゴラスは実験により、2台のモノコードの弦長比を1:2にすると、うなりのない「純正8度」(オクターブ)が生じ、2:3の比にすると、うなりのない「純正5度」の響きが生じることを確かめた。この純正5度の堆積の繰り返しによって得られる12個の音から構成されるのがピタゴラス音律である。

具体的には、基本音Cの弦長を1とし、その純正5度である弦長 $\frac{2}{3}$ 倍点をGとする。(図1)

次に、Gの弦長の $\frac{2}{3}$ 倍点のDを取るが、これは基本音のCとそのオクターブ上のC(基本弦長の $\frac{1}{2}$ 倍点)の間に入らないため、弦長を2倍し、オクターブ低いDを取る。以下同様に、 $\frac{2}{3}$ 倍点を取り、基本音のCと高いCの間に入らない場合はその都度2倍すると、ピタゴラス音律の12音を得る。(図2)そのうちの始めの7音、C-G-D-A-E-B-F#を音階上に並べると、C-G-E-F#-G-A-B-Cという全音階となる。このF#をCの純正4度上のFと置き換えたものが、長音階のピタゴラス音律である。

活動では、まずドレミ・・・と普段聞きなれている音階に鳴る笛とそうでない笛を用意し、聞き比べることから始める。そこから、ドレミ・・・と鳴る笛にはある秩序があることを見出し、ピタゴラス音律の音階を音楽と算数の両側面から観察する。

そして実際に基本弦長を21cmとして計算したピタゴラス音律で作製したストローをもとに笛を作製する。

以下に、この体験活動の中に見いだされる算数・数学の内容を学習指導要領に基づき学年別に表に示す。課題1はこの表に基づき、各発達段階においてさまざまなレベルで達成されると考えられる。「ストローが長い方が音が低く聞こえる」など長さと言の関係を表す体験者の発言が出れば、課題は達成されたものとする。また課題2については、「木琴もそうだ」など、この活動では扱わない楽器や、この活動から得たことをヒントに他の日常場面について数理的に考えるような体験者の発言が出れば、達成されたものとする。

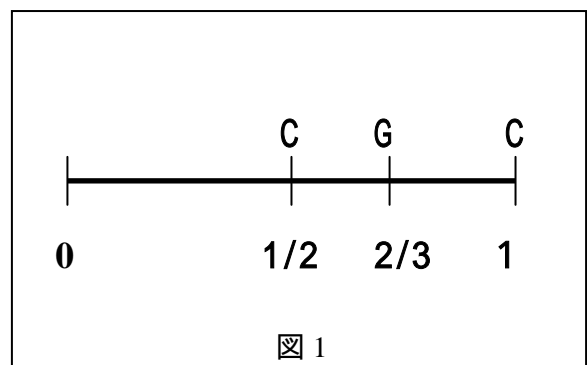


図1

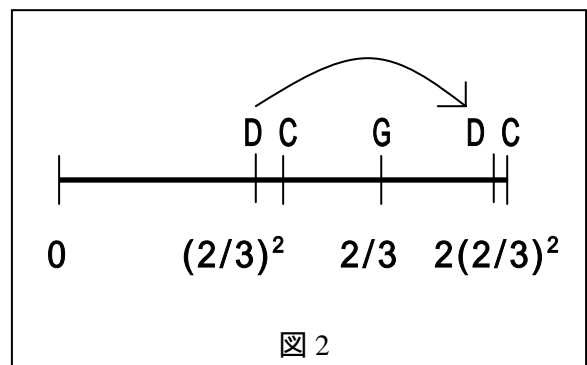


図2

学年	学習指導要領に基づく算数・数学の学習内容	「ドレミのひみつ」での活動
小学校	1年生 数と計算(個数や順番を数える) 量と測定(長さの直接比較と間接比較、任意単位による長さの測定) 図形(形とその特徴のとらえ方、方向や位置)	用意されたストローの数を数える。ストローの長さを比較し、長さが2個分や半分になっていることを発見する。2種類のストロー笛を観察する。ゴムで長さを測り、2個分や半分となることを確認する。ストロー笛を並べ替える。
	2年生 数と計算(乗法の意味) 量と測定(長さの単位) 図形(いろいろな形の構成と分解)	ストローの長さを比べる。2種類のストロー笛を観察する。ゴムで長さを測り、2倍や半分であることを確認する。ストロー笛を並べ替える。ストロー笛を作る。模造紙の笛にスティックを貼り、2倍や半分になっていることを確認する。
	3年生 数と計算(除法が用いられる場合) 量と測定(目的に応じた計器などの選択) 図形(基本的な図形)	2種類のストロー笛を比較し、ストローの長さがおよそ何cmか、何倍か、何分の一かを確認する。ストロー笛を並べ替える。ゴムで長さを測り、両はじのストローがおよそ何倍、何分の一の関係かを確認する。ストロー笛を作る。模造紙の笛にスティックを貼る。6年生は比を確認する。
	4年生 数と計算(概数と四捨五入、分数の意味と表し方) 数量関係(伴って変わる2つの数量の関係)	
	5年生 数と計算(除法の結果と分数) 数量関係(簡単な式で表されている数量の関係)	
	6年生 数と計算(分数の乗法、除法) 数量関係(簡単な比の意味)	
中学校	1年生 数と式(一次式) 数量関係(比例、反比例)	
2年生 数と式(文字式の利用、方程式の利用) 図形(数学的な推論) 数量関係(一次関数)	2種類のストロー笛を観察し、音と長さの比例関係があるかを確認する。ストロー笛を並べ替える。ゴムで長さを測り、比の確認をする。ストロー笛を作る。模造紙の笛にスティックを貼り、様々な音の比を確認する。	
3年生 図形(図形の拡大・縮小と相似の意味)		
高等学校	数学基礎 数学と人間の活動 社会生活における数理的な考察	2種類のストロー笛を観察し、音と長さの比例関係を確認する。ストロー笛を並べ替える。ゴムで長さを測り、比を確認する。ストロー笛を作る。模造紙の笛にスティックを貼る。高2以上は弦長と振動数の関係を確認する。
	数学 方程式と不等式(一次不等式)	
	数学 いろいろな関数(指数関数と対数関数)	
	数学 極限	
	数学B 数列	

4. ストロー笛の作り方

(1) 用意するもの

ストロー10本、定規、ボール紙、はさみ、セロハンテープ

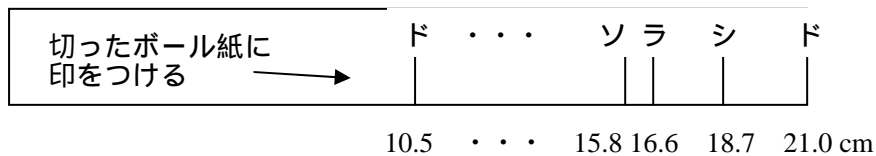
(2) 作り方

ボール紙を幅2cm、高さが基準のド(低いド)の長さの長方形に切る。

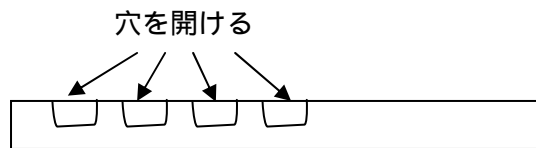
基準のドから計算して出したそれぞれの音の値を定規で測り、ボール紙に印をつける。

(例)基準のドを21cmにすると、計算の結果はおおよそ以下のようになる。

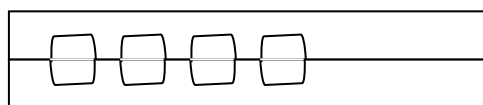
ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
21	18.7	16.6	15.8	14	12.4	11.0	10.5



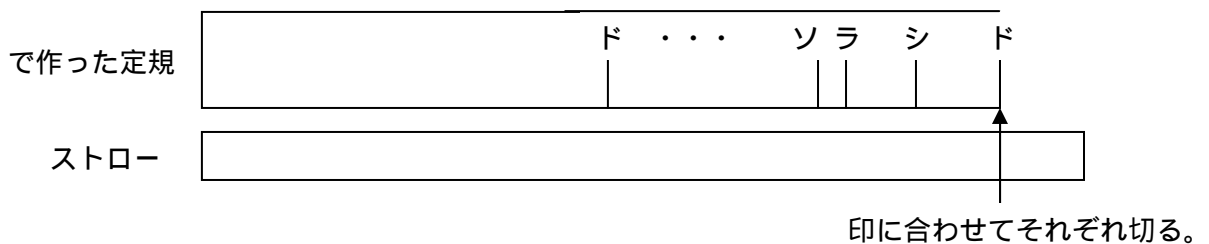
ストローを2本用意し、他のストローを挿す道具を作る。2本のストローに等間隔にストローの太さの半分くらいの穴を8つ開ける。



同じものを2本あわせて間をセロハンテープでとめると、以下のようなストローを挿す道具が出来る。



残りのストロー8本を1本ずつ で作ったボール紙定規の長さに合わせて切っていく。小さい子供が作る場合には、一度ストローに印を付けてから切る。



切った 8 本のストローの底をセロハンテープで留める。二重に留めると空気が漏れにくく、音が鳴りやすい。

のストローを の道具に順番に挿して、できあがり。(図 3)



図 3

5. 「ドレミのひみつ」の活動概要

(1) 活動環境

日時：平成 17 年 11 月 19 日 (30 分×2 回、各 11 人、7 人)

対象：国立科学博物館での「たんけん教室」に参加の子ども及びその保護者

準備：ストロー笛の作り方プリント、長さを測り切ったストロー、ゴム定規、セロテープ、笛の絵を描いた模造紙、21cm のマグネット付スティック 3 枚、14cm のマグネット付スティック 5 枚、事後アンケート、記録用のデジタルビデオカメラ

(2) 活動展開

いろいろな学年の子どもたちが混ざった教室において、体験者自身がそれぞれ実際に吹く、測る、作る等の体験をすることを中心に活動を展開する。笛という具体物を扱っていく中で、体験者の中で音楽と算数・数学がリンクし、日常を数理的に見る眼を育むきっかけをつくる。



写真 1 笛を吹く体験者

笛を吹く活動

【目標】

ドレミ...と聞こえる(ピタゴラス音律をもとに作られた)ストロー笛の中には、何らかの秩序があることに気づく。

【活動概要】

始めに、指導者がピタゴラス音律をもとに作ったストロー笛を吹き、体験者にどんな音が聞こえたかどうか尋ね、それがドレミ...と聞き覚えのある音であることを確認する。次に、体験者たちに同じピタゴラス音律をもとに作ってあるが、ドレミの順番を並べ替えたストロー笛を渡し、吹いてドレミ...と音が出るか確認する。(写真 1)



写真 2 ストロー笛を観察する体験者

【対話】

指導者：みんなに、先生と同じ笛を用意したので、吹いてみよう。何か気づくことはあったかな？(写真2)

体験者：長いのは低い音で、短いのは高い音。

指導者：ほかにはどんな風に聞こえた？

体験者：バラバラ。

指導者：じゃあ、先生と同じ笛になるように、ストローを並べ替えてみよう。(写真3) どうやったの？

体験者：長い順に並べていく。



写真3 ストローを並べ替える体験者

次に、長い順に並んではいるが、ピタゴラス音律を用いずに適当な長さで作った笛を渡し、同じようにドレミ…と聞こえるか確認する。

【対話】

指導者：今度はこの笛。これ長い順に並んでいるかな？

体験者：並んでいる。

指導者：じゃあこの笛も配るから、さっきのと吹き比べてみてね。何か気づくことはあるかな？どんな音がする？

体験者：シャープとかが聞こえる。

体験者：音が違う。高い。

指導者：でもこれも長い順に並んでいるよ？さっきの笛と何が違うから音が違うの？

体験者：ストローの長さ。



写真4 2種類のストロー笛の長さを比べる体験者

ゴム定規で測る活動

【目標】

ゴムの定規では、メモリがなくても2倍が測れることを理解し、それを用いて高いドと低いドの長さを測り、高いドが低いドの半分の長さであることに気づく。

【活動概要】

もち手を除いた両端と、真ん中に印をつけたゴムを配り、真ん中の印が常に両端の印の半分の位置(長さ)を示すことを説明する。笛の両側のドとドを抜き出して、どんな関係があるか測る。



写真5 低いドだけをゴムで測る体験者

【対話】

指導者：ドレミ……って鳴る笛の端のドとドを抜いて、このゴムの定規で測ってみよう。どんな関係がありそう？(写真5,6)

体験者：半分。

指導者：何が半分？

体験者：低いドの半分が高いド。

指導者：じゃあ、ドレミ……って鳴らない笛ではどう？半分？

体験者：半分の半分。

体験者：もっとずっと小さい。

指導者：ドレミ……って鳴らない笛は、ドとドが半分にならないのかな？

体験者：ならない。



写真6 低いドと高いドを一緒に測る
体験者

ストロー笛を作る活動

【目標】

最初の活動で見つけたピタゴラス音律によるストロー笛に含まれる秩序を、長さのバラバラなストローを楽器に組み立てることで再現する。

【活動概要】

あらかじめピタゴラス音律になるように切ったストロー8本と、ストローをさすソケットを配る。テープでストローの底をふさぎ、長さを考慮してソケットに挿し、笛を完成させる。身の回りにある道具から楽器を作っていく中で、その中に算数が隠れていることに気づく。



写真7 ストロー笛を作る体験者

まとめ

【目標】

具体物から紙面へ考える対象を移すことで、笛と算数・数学をリンクさせる。

【流れ】

模造紙に大きく白抜きで笛を書いたものと、21cmの長さの青スティック3枚を出す。模造紙上の笛の低いドの長さは42cmで、用意した青スティック2枚分である。ここで前のゴムで測る活動を振り返る。オクターブが1:2の関係だったことを利



写真8 模造紙に書かれた大きな笛に
注目する体験者たち

用して、体験者を一人模造紙の前に出し、青スティックを貼ってもらう。何をすればいいのかわからない体験者のために、ヒントとして先にスティック1枚を高いドに貼って見せる。そして前に出した体験者に残りの2枚を低いドに貼ってもらう。次に、新たに14cmの長さの黄スティック5枚を出し、同じように貼ってもらう。(写真9)黄スティックはゴムで測る活動はしていないが、アイデアとしては青スティックと同じなので、どこに貼れそうか考えてもらう。ヒントとして先に低いドに3枚貼って見せ、残りの2枚をソに貼ってもらう。(ドとソは純正5度)。

【対話】

指導者：ここに大きな笛とスティックを3枚用意しました。このスティックをどこに貼ればいいのかわかるかな？ヒントは、こうです。(高いドに1枚貼って見せる)

体験者：低いド。

指導者：前に出てきて、貼ってもらえるかな？

体験者：(低い度に2枚貼る)

指導者：同じように、今度はこの5枚も貼ってもらいます。やり方は同じだけど、ヒントは…(低いドに3枚貼って見せる)。残り2枚、どこに貼れるかな？(写真9)

体験者：…シかな？(写真10)

指導者：シって言っているよ。シかな？前に出てきて貼ってくれる？

体験者：(シに貼るが、違うとわかりラにずらす。

しかしまだ違うので、ファにずらす。これも違いソであることに気づく。)

指導者：ラかな？ファかな？ソかな？ソで合ってる？

体験者：合っている。

指導者：黄色いスティックは、低いドに3枚貼れてソに2枚貼れるという関係があるみたいだね。

ここで、ピタゴラス音律をド ソ レ ラ …と求めていく過程を書いた画用紙を見せ、ピタゴラス音律を作るのには決まった方法があるということを示す。最後にグランドピアノの絵を見せ、なぜこのような形をしているのか問いかけた。(写真12)



写真9 模造紙に黄色のスティックを張る体験者。どこに貼ればいいのか分からない様子



写真10 スティックを貼る位置を当てる体験者



写真11 模造紙の笛に黄色のスティックを貼る体験者

【対話】

指導者：グランドピアノはどうしてこういう形をしているの？ どうして三角形とか四角形じゃないの？

体験者：(ストローを指差しながら)弦が張ってある。

指導者：弦が張ってあるから？ストローと関係あるって。

体験者：あっ・・・！

指導者：わかった？ 今度音楽室に行ってみてね。



写真 12 グランドピアノの絵を見て、ストロー笛との共通点を考える体験者

6. 議論

(1) 課題 1 に対する議論

課題 1：ピタゴラス音律を用いたストロー笛を扱う中で、そこに隠れた算数・数学を見いだすことができるか。

事後アンケートより抜粋(体験者の記述の一部)

【「ドレミのひみつ」で、どんなひみつを見つけましたか？】

(小2)ひくいドのはんぶんがたかいド。

(小2)たかいドとひくいドのながさがはんぶんのながさだった。

(小2)のこりの2つをソにできるなんてっ！と思いました。

(小3)ストローが長いと高い音ができることがわかりました。

(小3)ひくいドはたかいドの2ばい。

(小4)ストローの長い順にならべると長いストローは低い音になる。

(小4)ひくいドのながさの半分のながさのストローがたかいド。そうちょうせつしなければその音がでない。そのほかの音もそういうしくみでできている。

(中1)ソの音のストローはドのストローの $\frac{2}{3}$ の長さだ。

(55歳)ドとドは1に対して $\frac{1}{2}$ 、ドとソは1に対して $\frac{2}{3}$ 。

アンケートに書き出される言葉はそれぞれの発達段階によって異なるが、全員がストローの長さに着目し、そのことについて回答をしている。中でも多かったのが高いドと低いドのストローの長さが1:2であることについて書かれているものであった。同じ内容でも、小学校1、2年生の回答には半分という言葉が多くみられることに対し、小学校3年生以上では2倍、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{2}{3}$ と倍数の関係で表現されているものが多かった。これは乗法、除法の既習や、分数の演算の定着などの学年間の学習内容の差によるものと考えられる。 の回答については、最後にまとめとして行った同じ長さのスティックを貼る活動についてのことと思われる。ゴムで長さを測る活動では、高いドと低いドの関係が半分、もしくは2倍の関係にあることを確認したため、これについては多くの体験者がまとめの活動で青スティックを貼る位置が高いドと低いドであることに気づいていた様子が体験者の反応から伺えた。しかし、同様の活動として取り出した新たな黄スティックを、低いドに3枚貼った残りの2枚をどこに貼ればよいかと考える活動においては、どの体験者も首をかしげ、

「シ!」「ラ!」などと当てる声があがった。前に出てきて実演してもらった体験者も2枚の黄スティックを貼るのに、シ、ラ、ファ、ソと4回目にしてソに貼ればいいことを発見した。 の回答からは、黄スティックをソに2枚貼れることを発見した喜びと驚きが伺える。 を書いた体験者は、最後にピタゴラス音律を求める過程を書いた画用紙から、オクターブだけではなく、音律全体にわたって何らかの仕組みがあることを発見したことが書かれている。具体的に何倍ということとはわからなくても、ストロー笛の中にはある秩序が含まれていることを理解したと考えられる。

この結果、ほとんどの体験者がストロー笛に隠れた算数・数学を見いだすことができ、課題1は達成されたといえる。

(2) 課題2に対する議論

課題2: ストロー笛を作る単発的な体験活動を、他の日常とリンクさせ事象を数理的に見ることができるか。

事後アンケートより抜粋(体験者の記述の一部)

【「ドレミのひみつ」でおもしろかったこと、ふしぎに思ったことはなんですか?】

(小1) ピアノににているところがありました。

(小2) どうしておとがなるのかふしぎ。

(小3) ストローで長いじゅんになれば「ドレミファソラシド」の音になるということがふしぎでした。

(小4) このふえには、ある、しくみがあること。

(小4) 長さによってぜんぜんちがうんだなと思いました。

(小4) 長さがちがうだけでおとがかわるのがふしぎ。

(50歳) 身近な現象の基本を体験することは大切ですね。

(55歳) 音(ドレミ)が計算しつくされたものであることにびっくりしました。

の回答は、算数・数学について述べられたものではないものの、ピアノの絵を見せたところ、その場にあるストロー笛とその場にはないピアノで共通点があることを発見したことが示されている。これは、博物館での単発的な学習がこの体験者の身の回りにある日常とリンクしていることを示しており、体験者の日常を見る眼になんらかの影響を及ぼすことが期待できる。 の回答も算数・数学的な言及のあるものではないが、楽器を科学的に分析しようとする視点が伺える。 の回答は、まさにストロー笛に秩序があることを発見したことが書かれている。この回答は議論(1)で を書いた体験者であり、このストロー笛を用いた単発的な体験活動において、ピタゴラス音律が長さの計算によって作られたものであり、特にオクターブに関しては1:2の関係があることを理解しており、楽器の中に隠れた算数を発見したことが伺える。この体験者は、体験中に発見したことを周りの体験者に伝えたり、一緒に議論したりと、とても意欲的な態度で取り組んでおり、ストロー笛の中に見え隠れする算数に大変な興味を示していた。 については、音と長さの関係について言及しているものである。1:2 や 2:3 という具体的な音と長さの関係についてのことではなく、長さが変わればそれに伴って音が変わるという関数の考えが示されている。関数は学校では小学校4年生で学習する内容であり、この関数の考え方を用いてストロー

笛を観察していることが伺える。 は子どもと一緒に「たんけん教室」に参加した先生の意見である。身近な現象を体験することの重要性を述べている。また、 は大人の体験者であるが、子どもと同様にストロー笛の中に算数・数学を見いだしたことへの驚きを示されている。日常の事象を、別の視点から何か見いだす体験をすることは、年齢を問わず新たな発見や喜びがあることと考えられる。

この結果、この博物館での単発的な体験活動により、日常を科学的・数理的に分析しようとする視点を持つ体験者が数名いることがわかった。これは筆者の設定する課題2が一部達成されたと考えられる。

7. おわりに

本研究では、博物館における単発的な体験活動で楽器の中から算数・数学を見いだす活動を行うことにより、体験者に日常を数理的に見る眼を育むきっかけを作る体験の実践を行った。体験者はストロー笛を観察する、吹く、測る、作製する等の体験を通して、楽器の中に隠れている算数・数学を見いだすことができた。さらに、ストロー笛からグランドピアノや木琴など、他の楽器へと観察の対象を拡張した体験者からは「あっ！」という気づきの声が上がリ、これはストロー笛だけに限らない様々な楽器を数理的に観察したためと考えられる。

しかし本研究は、楽器を用いた単発的な体験活動に焦点をあてたものであるため、楽器以外のところにおいても日常を数理的に見る眼に影響を与えたかどうかという点には課題が残る。

謝辞

研究の実施に際して、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、職員の方々、ボランティアの方々には多大なるご協力と共に、大変貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに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」(研究代表者磯田正美)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(平成10年12月)解説 数学編．大阪書籍．
- 文部省(1999)．高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編．実況出版．
- 根本博(2004)．数学的な洞察と目標準拠評価 数学教育の挑戦．東洋館出版社．
- 根本博(1999)．中学校数学科 数学的活動と反省的実験 学ぶことの楽しさを実現する．東洋館出版社．
- 竹井成美(1997)．教育視点による平均律・五線譜・ドレミ誕生の歴史 音楽を見る！．音楽之友社．

- 磯田正美・原田耕平(2003)．絵をみてできる数学実験．講談社．
- 小川義和(2002)．科学系博物館における学校と連携した学習活動の類型化．日本科学教育学会年会
論文集 26．p.195-196．日本科学教育学会．
- 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 27(1) p.24-32．
日本科学教育学会．
- 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 27(1)．p.42-49．日本科学教育学会．
- 小川義和・下條隆嗣(2004)．科学系博物館の学習資源と学習活動における態度変容との関連性．科
学教育研究 28(3)．p.158-165．日本科学教育学会．
- 磯田正美(1990)．数学化の立場からの学習指導に関する事例的研究．分割数(number of
partitions)の体験分析．日本数学教育学会誌
- 蓮沼秀昭(2004)．音階の作り方に見る数学．ギリシア時代の道具、MESOLABIO 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関する研究
(11)．筑波大学数学教育学研究室 p.55-68.
- 白川嘉子(2004)．ピタゴラス音律にみられる数学を題材とした体験研究．モノコードの追体験を通
して．「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
に関する研究(11)．筑波大学数学教育学研究室 p.69-82.