

# 科術プロジェクト2009「カメラをつくって、写真を撮ろう！」、 「音をみよう！きこう！つくろう！」実施報告

小野 昌弘<sup>\*1</sup>，長谷川 能三<sup>\*2</sup>，永原 達哉<sup>\*3</sup>

## 概要

“科学と芸術の融合”をテーマにした『科術プロジェクト2009』では、一般参加者向けにふたつのワークショップを実施した。小野学芸員とフォトグラファーによる『カメラをつくって、写真を撮ろう！』では、ピンホールカメラを製作、撮影、現像を行った。また長谷川学芸員とミュージシャンによる『音をみよう！きこう！つくろう！』では、簡単な楽器を製作し、演奏会を開いた。これらふたつのワークショップの実施内容について報告する。

### 1. 2009年度プロジェクト

科学と芸術はお互い縁がない、かけ離れた分野であると思われる。それは活動している世界がまったく違う、という認識があるからである。しかし双方、扱っている素材などは同じである場合がある。

本事業では科学者(科学館学芸員)と芸術家が手を組んで、新しい発見に取り組み、そして成果を広く伝えることが主旨である。

#### 1-1. カメラをつくって、写真を撮ろう！

##### ●実施概要

開催日…平成21年3月15日(日)

場所…工作室

講師…田中 新吾(フォトグラファー)

小野 昌弘(大阪市立科学館・学芸員)

アシスタント…梅本 麻衣子、藤井 裕美、

谷田 早知子、畑中 彩、福山 歩

##### ●内容

参加者は講義の中で、科学者と一緒に写真の歴史や化学の歴史をひも解きながら、理解を深める。またプロのカメラマンも加わり、参加者自身でピンホールカメラを作って、写真を撮り、そして現像して作

品を完成させた。プロカメラマンによる撮影ノウハウも教えてもらう講習も加えたワークショップを、公募した参加者向けに開催した。

##### ●募集状況

図1-1フライヤーを大阪市内公共施設で配布、また関連専門学校などにも配布した。

\*応募総数…96名(定員40名)

\*参加者…37名

フィルムカメラの再ブームなどもあってか、こどもの参加だけでなく大人の参加も目立った。

##### ●広報宣伝

科学館ホームページ上と図1-1のフライヤー配布にて一般に募集した。下図フライヤー・イメージとして、ピンホールカメラで作る白黒写真を基本としている。また科学者と芸術家の対比にも工夫してみた。募集に関しては小学校5年生以上に設定し、年齢層を広くしたので、子どもだけが応募対象にならないようなイメージ制作に心がけた。



図1-1. 募集用に制作したA4フライヤー

\*1 \*2 大阪市立科学館 学芸課 学芸員

\*1 ono@sci-museum.jp

\*2 hasegawa@sci-museum.jp

\*3 大阪市立科学館 学芸課 普及教育セクション  
nagahara@sci-museum.jp

●準備～予備実験

ピンホールカメラの本体になる箱選びにはさほど時間は掛からなかった。しかし箱を完全遮光する施しには小野学芸員が苦勞していた。また当日使用する印画紙を用いて、晴れ、曇りと色々な天気を考慮し、また室内、室外と条件を分けて撮影した。ピンホールの開口時間、現像の所要時間等、予備実験を何度も繰り返した。

また当日使用する工作室は制作場所と同時に、現像室にも使用するために、カメラ製作、撮影時間、そして現像作業と、それぞれの時間配分を検討した。

●当日の進行

午前中は小野学芸員の講義を中心に進めた。途中、田中さんにプロのカメラマンとしての意見なども交えて、科学と芸術の両面から写真を考察した。

午前中後半にピンホールカメラの製作に取り組んだ。午後からは屋外や屋内数箇所での撮影を行い現像まで行った。詳細は小野学芸員より報告する。



写真1-1. 上手に写真を撮る方法を講義している田中さん

1-2. 音をみよう！きこう！つくろう！

●実施概要

開催日…平成21年3月20日(金・祝)  
 場 所…研修室、工作室、会議室  
 講 師…金子 鉄心(吹奏楽器奏者)  
           池田 安友子(打楽器奏者)  
           えぐち ひろし(弦楽器奏者)  
           長谷川 能三(大阪市立科学館・学芸員)

●内容

音に関するいろいろな実験を通して、参加者は音を聞いたり、見たり、そして体で感じながら音の正体をさぐる。またプロのミュージシャンと一緒に簡単な楽器を作り、最後は参加者全員で演奏会を開く、というワークショップを、公募した参加者向けに開催した。

●募集状況

科学館ホームページ上と図1-2のフライヤー配布にて一般に募集した。

- \*応募総数…47名(定員40名)
- \*参加者…31名

●広報宣伝

科学館ホームページ上と右図フライヤー配布にて一般に募集した。フライヤー・イメージとして、楽器を使ったワークショップを表現したかったので参加講師を並列配置した。募集に関しては“カメラ…”同様、小学校5年生以上に設定し、年齢層を広くしたので子どもだけが応募対象にならないようなイメージ制作に心がけた。



図1-2. 募集用に制作したA4フライヤー

●準備～予備実験

3人のミュージシャンがそれぞれの分野を活かした楽器キットを考案した。過去の事例から製作内容が複雑にならずに、所要時間ないように検討してもらった。しかしながら楽器製作後にアトリウムで参加者全員による演奏会を考えていたので、誰でも比較的簡単に演奏が出来ること。そして音階調整や音量の加減も考慮してもらった。結果楽器のキットとしてかなり完成度の高いものが仕上がった。

●当日の進行

午前中は長谷川学芸員の講義を中心に進めた。途中、3人のミュージシャンに参加してもらい、楽器を使って音の実験を行った。午後からは打楽器班、吹奏楽器班、そして弦楽器班に分かれて、楽器の製作を行った。詳細は長谷川学芸員より報告する。



写真1-2. 弦楽器を使って音色の実験をしている長谷川学芸員とえぐちさん

(第1章:永原 達哉)

## 2. 「カメラをつくって、写真を撮ろう!」

### 2-1. はじめに

科術プロジェクト「カメラをつくって、写真を撮ろう!」では、紙箱を利用したピンホールカメラを製作し、印画紙の感光および、現像を行った。本事業の内容について以下に報告する。

### 2-2. 内容

本事業において、参加者の直接の指導を担当したのは筆者小野と、プロカメラマンの田中新吾氏である。それぞれが担当した内容は、小野が写真の歴史と化学の解説、ピンホールカメラ製作手順、撮影に関する諸注意を行い、田中氏が、写真を取る際のテクニック、また現像上の諸注意などについて解説を行った。まず、筆者から、写真についての歴史と化学を紹介し、その後、どのような発展を遂げてきたのかを解説した。また、日本人最初のプロカメラマンである上野彦馬についての解説を行った。

田中氏からは、具体的に写真を撮影するに当たってどのような点について、注意をすればよいのか、モデルを使い実際に写真を撮影しながら解説した。



写真2-1. 田中氏によるレクチャーの様子

その後、ピンホールカメラの製作を行ったが、その内容については、本誌「大人の化学クラブ実施報告」(p. 203)とほぼ同じ内容であるため、そちらを参照していただきたい。

製作したカメラを使つての撮影場所は、正面玄関、科学館西側バス駐車場、展示場3階からの外景を設定した。それぞれの場所で1枚ずつ撮影した後、暗室にした部屋に戻って、印画紙を現像した。ただし時間的な問題から、ネガの現像のみ完成としている。

参加者には、現像を終えた印画紙の中から1枚、自分でベストと思われる写真を選んでもらった。それらは本事業の作品展として、3月20日から3月31日まで地下1階研修室前で掲示した。



写真2-2. 作品展の様子

### 2-3. 解説

最近では、写真を撮るといえば、デジタルカメラであり、銀塩写真というのは通常ありえない状態になっている。

しかし、趣味として銀塩写真を楽しむ人たちが、ある程度の人数でいるのも確かであり、さらにカメラの原理を分かりやすく伝えてくれるピンホールカメラを利用して写真を撮る人もいる。撮影されたものは、現像処理を経て、プリントされるが、この現像は、銀が還元される化学反応そのものであり、化学の教材としても非常に効果的なものと考えられる。暗室作業での現像中に、ただの白い印画紙に少しずつ像が浮かび上がってくるようすが、化学反応が進行していることを明確に伝えられるからである。このような教材としての魅力が大きい銀塩写真であるが、難点としては、現像液や定着液の処理の問題があるのが、少々マイナス要因になるところであろう。それから、日本における写真の歴史についても、紹介を行ったが、これは、上野彦馬という人物の江戸期における化学に対する取り組みの歴史でもあったことを紹介した。

上野は、日本で最初のプロカメラマンとして江戸後期から明治期に活躍した人物であるが、当初は、写真技術に関する情報がほとんどないまま現像液を作るなどの化学実験に組みこみにほんの写真家の開祖と言える人物である。

さて、通常の科学館の事業であると、この当たりで解説が終わるが、今回はプロのカメラマンのアドバイスも聞くことができるという、参加者にとっては内容が非常に充実したものになったと考えられる。

今回一緒に本事業に取り組んでいただいた田中氏にこの紙面を借りてお礼を申し上げます。また、貴重な図書資料を芝哲夫先生からお借りしましたことにも付きましてもお礼申し上げます。

参考までに、本事業で使用した、プレゼン資料を掲載する。なお、資料の一部は、省略していることをご了承ください。

### 2-4. 参考文献

八幡政男「評伝 上野彦馬」(1993)

大阪市文化教育連携事業  
科学と芸術が融合したワークショップ

**カメラ**をつかって、  
**写真**を撮ろう！

科 術  
科術プロジェクト

### 今日の講師紹介

写真家・・・田中新吾

科学者・・・小野昌弘

### アシスタント

梅本麻衣子

畠中 彩

藤井裕美

福山 歩

谷田早知子

### 写真の歴史



世界最初の風景写真

### 写真の歴史

カメラの原型

カメラ・オブスキュラ(camera obscura)

意味は、暗い部屋

1826年、フランスのニエプスが、現存する一番古い写真を撮影。



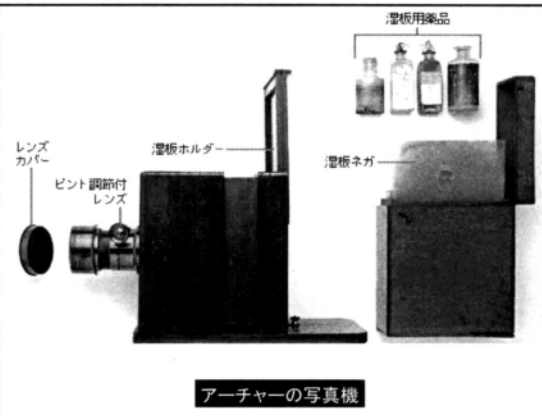
世界最初の風景写真  
「実験室からの眺め」

★1837年 ダゲール ニエプスと共に写真技術の開発・改良を行う。銀板上にヨウ化銀を塗り、感光させた。ダゲレオタイプ

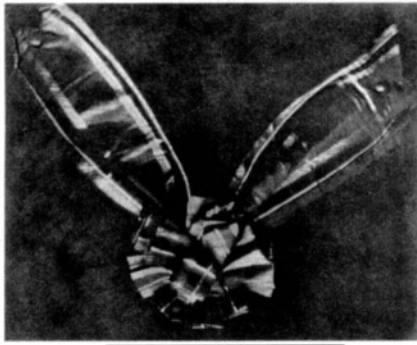
★1851年 アーチャー 湿式タイプ発表

★1878年 ベネット ゼラチンと臭化銀の感光乳剤を使った、乾板タイプ発表。現在のフィルムに近いもの

★1861年 マックスウェル カラー写真撮影...



アーチャーの写真機



史上初のカラー写真  
(マックスウェル1861)



日本では...  
左から、桂小五郎(木戸孝允)、高杉晋作、伊藤博文 (撮影時期:1862~1863)

この写真は、誰が撮った?

### 日本最初の写真家 上野彦馬(1838~1904)



彦馬は当時、長崎にいた医学者  
ポンペについて化学を勉強し、  
写真について興味を覚える。

その後、写真研究を本格的に行い、  
その実用化に成功、日本写真術の  
開祖とされている。  
1862(文久2)年、長崎に上野  
撮影局を開業する。

### 上野とポンペ

- ポンペ・ファン・メールデルフォールト(1829-1908)  
オランダの軍医  
1857年来日。長崎で、医学・化学の  
講義を行う。

↓

上野彦馬も化学の講義を受ける  
そこで、「ポトガラヒー」に出会う



### 上野と化学

写真に興味を持った、上野は、化学に関して  
の講義と実験を行う。

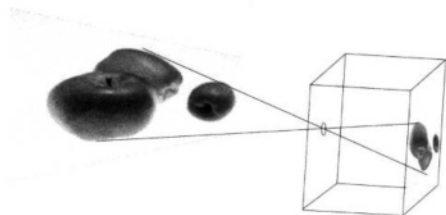
写真を自分で撮るために化学を勉強し、  
必要な試薬を自分で作った。

上野は、自分でアルコール、硫酸、アンモニアなど  
を作った。

硫酸約500gの合成 → 4人の作業員が、  
6昼夜連続作業

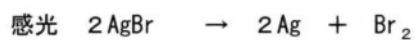
### ピンホールカメラ

### ピンホールカメラの原理



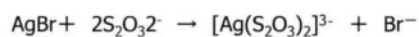
### 印画紙上の反応

(光・h $\nu$ )



この銀を核として、現像液により、臭化銀がさらに還元され、銀を析出する

→ 像ができる



### 還元とは...

- 電子を受け取る化学反応のこと。  
イオン化している銀が、電子を受け取り、  
金属銀として析出すること。

他の例としては、水素が化合することや  
酸素が取れる反応などがある。

酸化還元反応

化学反応において還元は、酸化とセットになっている。

### 写真を上手に撮るポイント！

1. 光 (露出)

2. 演出

3. アングル

### 3. 「音をみよう!きこう!つくろう!」

#### 3-1. 実施内容

音に関する実験は、2000年9～11月にサイエンスショー「なんでも楽器」を企画・演示している。今回はこのサイエンスショーの内容の一部を基本とし、さらに短時間で行なうサイエンスショーなどでは取り扱いの難しい音色や倍音、和音などについての内容を盛り込んだ。

##### 3-1-1. 「音」は空気のふるえ

まず、「音」というものが空気のふるえであることを確認するために、通常展示場2階に展示している「ドラ」を用意し、ドラの音を体で感じてもらったり、叩いたばかりのドラにさわってもらい、ドラがふるえているのを感じてもらった。また、中国の「魚洗」という洗面器のようなものをこすることにより、器がふるえによって水しぶきが立ち、同時に音が出ることを観察した。

さらにオシレーターとアンプをスピーカーにつなぎ、スピーカーのコーンをゆっくりからだんだん速く動かしていくことにより、ふるえが速くなると音として聞こえるようになり、さらにふるえが速くなると音は高くなっていくことを実験した。



写真3-1. ドラをさわる参加者



写真3-2. 「魚洗」



写真3-3. スピーカーの動き

##### 3-1-2. ふるえるものと音の高さ

次に、楽器がどのようにして音の高さを変えているのかを、実際の楽器やサイエンスショーで用いた器具を使って実験した。

まず、ギターを実際にならしてもらい、どうやって音を変えているかを見ていった。ギターの場合、弦を押さえることにより有効な弦の長さを変えているだけでなく、弦の太さによってそれぞれの弦の基本の音の高さが異なり、さらに弦を張る力の強さによってチューニングを行なっている。そこで、板バネにおもりを付けた器具を用い、バネの長さやおもりの重さ、バネの堅さによって振動のスピードが変化することを観察してもらった。



写真3-4. ギターと板バネを使った器具の比較

他の楽器においても、大きさや長さ等と音の高低が関係している。そこで、ストローで作った笛の長さを短くしていくと音が高くなっていくことと、リコーダーやサクソといった管楽器のしくみを関連づけて実験した。また、グラスや瓶を叩いたりこすったりした場合には、水を入れていくと音が低くなっていき、瓶を吹いて音を鳴らした場合には、水が多いほど高い音になる。これは、瓶を吹いた場合には瓶の中の空気がふるえるのであり、水が増えるにつれて空気のスペースが狭くなるためである。



写真3-5. 水を入れた瓶を吹いて音を鳴らす

このような実験を通して、ふるえる「もの」や「空間」が、「長い」・「大きい」・「重い」・「やわらかい」と言った場合には音は低くなり、「短い」・「小さい」・「軽い」・「堅い」といった場合には音が高くなるということを理解してもらった。

### 3-1-3. 声や楽器の音色を見てみよう

しかし楽器は、音の高低だけでなく、それぞれの楽器特有の音色を持っている。また、人の声も「あ」と「い」と「う」…では全く違う音と感じ、さらに人それぞれ声色が異なる。

このような音の高さ以外の違いを、パワースペクトルや声紋表示によって見てもらった。周波数をリニアにとると、人の声や多くの楽器では、等間隔に並んだいくつもピークがみられる。この等間隔のピークの内、一番周波数の低いピークを「基音」といい、基音の高さ(周波数)がその音の高さとなる。また、基音の2倍・3倍・4倍…のピークを「2倍音」「3倍音」「4倍音」…といい、これらをまとめて「倍音」という。

どの倍音がどれくらいの強さで含まれているかが、それぞれの楽器や人の声によって異なり、これがそれぞれの楽器の特有の音色や人それぞれの声の違いとなっている。

尚、打楽器の中にはこのような倍音のピークが現れないものがある。

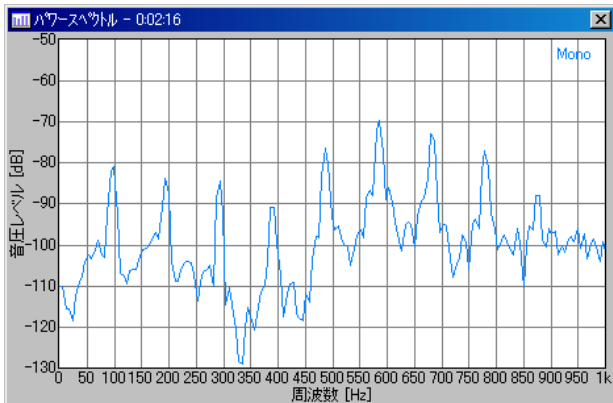


写真3-6. パワースペクトル

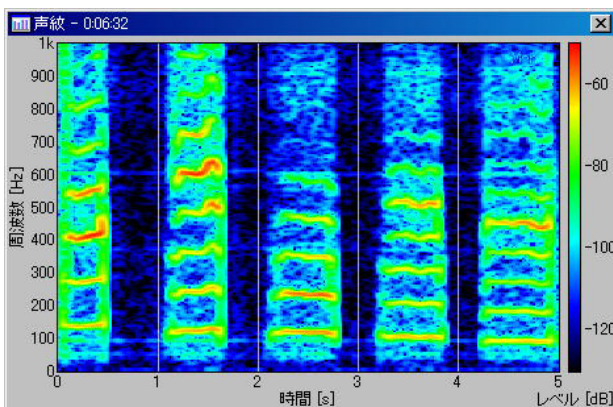


写真3-7. 「あ」「い」「う」「え」「お」の声紋表示

### 3-1-4. 倍音と和音

次に、それぞれの倍音がどのような高さの音なのか、パワースペクトルを使って調べる実験を行なった。

まず、ピアノを使って基準となる「ド」の音を出し、そのパワースペクトルを取ると、たくさんの倍音が含まれている。次に、ピアノの鍵盤を順番に叩きながら、「ドの2倍音」の周波数が基音となる音、つまり「ドの2倍音」と同じ高さになる音を探していく。同様に、「ドの3倍音」「ドの4倍音」…と同じ高さの音を探していく。すると、「ドの2倍音」は「1オクターブ上のド」と、「ドの3倍音」はだいたい「1オクターブ上のソ」と、「ドの4倍音」は「2オクターブ上のド」と、「ドの5倍音」はだいたい「2オクターブ上のミ」と同じ高さの音になっているのがわかる。

この実験から、「ド」の音の中には、「ミ」や「ソ」の音が含まれていることがわかる。今回時間の関係で、基準の音を「ド」とした場合しか実験することができなかったが、基準の音を「ソ」にすると、「ソ」の音には「レ」や「シ」が含まれていること、基準の音を「ファ」にすると、「ファ」の音には「ド」や「ラ」が含まれていることがわかる。この「ド・ミ・ソ」「シ・レ・ソ」「ド・ファ・ラ」という音の組み合わせは、小学校の音楽の授業などで習う和音になっている。



写真3-8. ピアノを使って倍音と同じ高さの音を探す

### 3-1-5. 純正律と平均律

このように、倍音がどんな高さの音になっているかを調べることで、各音の高さがどのような関係になっているかがわかる。ここで、1オクターブ音が高いと周波数が2倍になっていることを使って整理すると、「ド」「レ」「ミ」「ファ」「ソ」「ラ」「シ」の音の周波数の関係が、 $1 : 9/8 : 5/4 : 4/3 : 3/2 : 5/3 : 15/8$  になっていることがわかる。

このような関係の音階を「純正律」といい、音の響きがいいと言われている。しかし、変調したときに各音の関係がずれてしまうため、現在ではこの関係から少しずれた「平均律」という音階が主に使われている。



### 3-1-6. 音を変えてみよう

最後に、面白実験としてヘリウム中での音変わりの実験を行なった。この実験に使う酸素を20%混合したヘリウムガスは、雑貨店などで小型の缶入りで売られている。また、テレビ番組等でこのガスを入れた大きな袋の中で楽器を弾くといった実験もなされている。しかし、一般に売られている小型の缶では、数回吸って声を出すだけの量しか入っておらず、ヘリウムガスの入った大きな袋の中に入ってみるということは、実際にはなかなか体験できない。

ヘリウムガス中で音に変化するの、ヘリウム原子が軽いのでヘリウム中での音速は空気中の約2倍と速く、これによって共鳴する音が高くなるからである。このため、喉から口で音を共鳴させている人の声や、管楽器では音が変わるが、打楽器や弦楽器など空気ではなく弦などが振動している楽器は音が変わらないと言われている。



写真3-1-9. ヘリウム中での楽器演奏

ところが、予備実験も含め、実際にヘリウム中でいろいろな音を出して見ると、面白い結果がえられた。人の声はヘリウム中では非常によく変化して聞こえる。声紋表示によって調べてみると、基音や倍音の振動数は変化していないが、それぞれの強度が変化して、空気中のときより音の高い成分が強くなっている。つまり、声帯の振動数は変化しないが、これによる空気の振動の中で、どの倍音が喉から口の間でよく共鳴するかということが変わったのである。絶対音感のある人が、ヘリウム中でも声は高くなる(ピッチが変わらない)という表現をすることがあるのもこのためである。ところが、ヘリウム中でサックスを演奏してもらると、多少音が高くなるものの、人の声ほど大きな変化は感じられない。声紋表示によって調べてみると、基音の周波数が少し高くなり、それに伴い倍音の列もそれぞれ周波数が高くなっていった。これは、リードの振動はさまざまな周波数が混ざっており、その中で管の長さとその中で音速で決まる周波数の音だけが共鳴しているからである。

更に、ヘリウム中で鈴を鳴らしてみると、音に変化があったのである。打楽器類は、ヘリウム中でも音が変わらないと思われがちであるが、中の玉が当たって起きた振動が、球殻状の鈴内部で共鳴しているため、サックスと同様の効果が出ていたのである。

当日の実験では、ミュージシャンにヘリウム中で演奏してもらったり、参加者全員というわけにはいかなかったが希望者にはヘリウム中で声を出してもらった。

### 3-1-7. 楽器の製作と演奏会

午後からは参加者は3グループに分かれ、3人のミュージシャンの指導により楽器を製作した。打楽器グループは池田安友子氏の指導により「スプリングドラム」を、管楽器グループは金子鉄心氏の指導により「スライドホイッスル」、弦楽器グループはえぐちひろし氏の指導により「ギター」(4弦ギター)を製作した。

その後、全員で自作の楽器の演奏を練習し、アトリウムで一般の来館者を対象に演奏会を行なった。

### 3-2. アンケート結果

今回の参加者に簡単なアンケートをとったところ、参加31名中、28名から回答があった。結果の概略は以下のとおり。

- 今回以外の科術プロジェクトについては、昨年の「カプラ100」を知らなかった方が25名、「プラスチック100」をしらなかった方が18名と多く、実際に参加したというのは「プラスチック100」に1名、「カメラをつかって、写真を撮ろう!」に1名だけであった。
- 科学と芸術が一緒になってやることについては、「一緒になってやるのがいい」が23名、「一緒になることでプラスアルファになることがあった」が19名と肯定的で、「2つがひとつになっただけ」が1名あっただけで、「別々にやった方がいい」「かえて中途半端だった」という意見はなかった。
- 難易度については、「ちょうどいい」が12名、「ちょっと難しい」が7名(以下略)ということで、適度なレベルだったと思われる。
- 内容については、「ほぼ思っていた内容」が11名、「少し思っていたのとは違ったが、よかった」が11名(以下略)であった。思っていたのと違っていた点では、「楽器をつくるとは思っていなかった」「演奏会までするとは思わなかった」ということであるが、演奏会についても「楽しかった」「すごい!」というように、概ね好評であった。

### 3-3. テキスト

当日参加者に配布したテキストは、次ページ以下のとおりである。

科術プロジェクト


2009年3月20日

音を みよう  
きこう  
つくろう!

<p><b>金子鉄心</b></p> <p>86年ロックバンド「おかげ横アウザース」のサクソフォーン奏者としてメジャーデビュー。その後、ケルト音楽の影響を受け、88年、ギタリストの押野コータロー氏等と共にバンド「オーサカ・エグザイル」を結成。サクソ以外にも、イリアン・パイプス（アイルランドのバグパイプ）、ティンホイッスルなどの演奏を手掛ける。</p>	<p><b>えぐちひろし</b></p> <p>オルタナリズムデュオ「IL N eLo」、フラスロッカーズ「hatho trampoline school」のギタリスト。やさしいことを探る、深いことを痛快に、愉快なことを真面目に軽快に演奏活動中。ギター各種、三味線、バンジョーなど弦楽器大好き</p>	<p><b>池田安友子</b></p> <p>大阪芸術大学音楽学科卒業。ソロ活動のほか、様々なアーティストのレコーディングやサポート参加、ラジオドラマ、ミュージカルや海外公演など、ジャンルを問わず様々な演奏スタイルで活動中。繊細かつダイナミックな演奏で「樂姫」とよく言われる。パーカッションパフォーマンス「Beat JACK」メンバー。</p>
--	--	--

**長谷川 能三**

大阪市立科学館学芸員、物性物理学を専攻、修士(理学)。科学館の展示場でこなしているサイエンスショーや科学教室などで、これまで光や音に関する実験を企画・実演してきた。また、嵐気球や虹のような現象を追いかけたり、東洋初のロボット学天棚「かくてんそく」の運用にたずさわる。  
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/nosoz/>  
 E-mail:nosoz@sci-museum.jp



**大阪市立科学館**  
 〒530-0005 大阪市 北区 中2番 4-2-1  
 ☎ 06-6444-5184

1. 「音」は空気のふるえ

- ・音になるものはふるえているのを感じてみよう
- ・ものがふるえる
  - 空気がふるえる(音)
  - 鼓膜がふるえる
  - 音を感じる
- ・ふるえるテンポ(スピード)
  - テンポが遅いと、音は(低くなる)
  - テンポが速いと、音は(高くなる)

2. ふるえるものと音の高さ

- ・ふるえるものが長いと、音は(低くなる)
- 短いと、音は(高くなる)
- ・ふるえるものが硬いと、音は(高くなる)
- やわらかいと、音は(低くなる)
- ・ふるえるものが重いと、音は(低くなる)
- 軽いと、音は(高くなる)
- ・ふるえるところが大きいと、音は(低くなる)
- 小さいと、音は(高くなる)

3. 声や楽器の音色を見てみよう

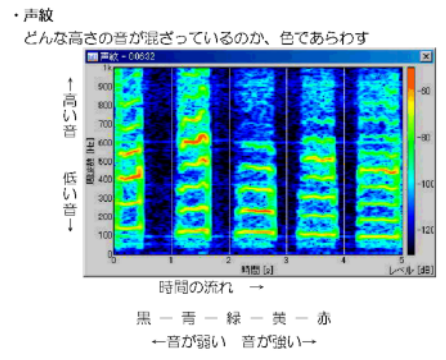
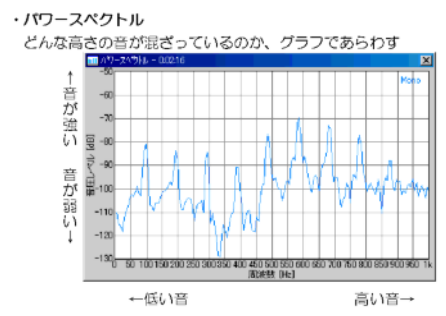
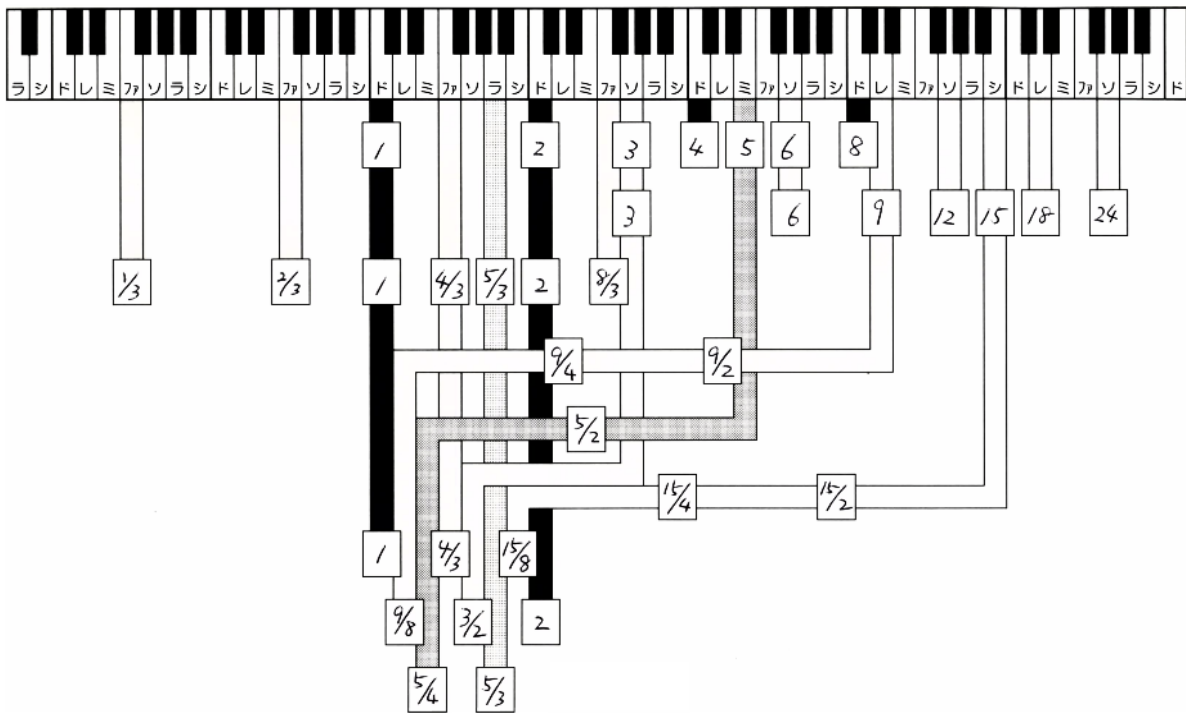
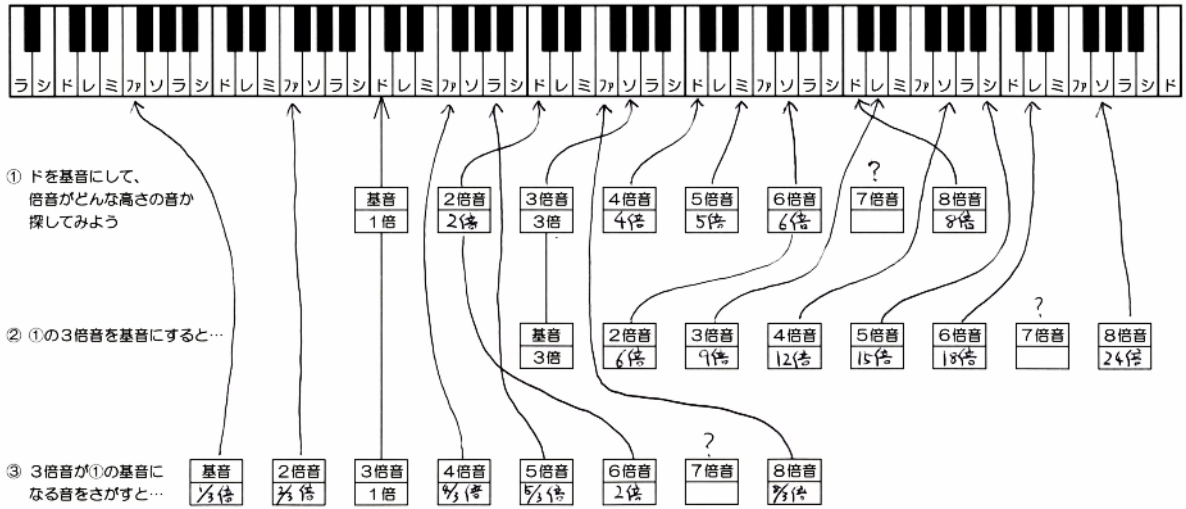


写真3-10. グラスを叩きながら水を入れる

#### 4. 倍音と和音

- ・基音：等間隔に並んでいる音の中で、いちばん低い音
- ・倍音：等間隔に並んでいる音の中で、いちばん低い音以外
  - 2倍音：基音の2倍の周波数の音
  - 3倍音：基音の3倍の周波数の音
  - 4倍音：基音の4倍の周波数の音



### 5. 純正律と平均律

・純正律

ド	1		
レ	$9/8 = 1.125$	$9/8 = 1.125$	一番広い
ミ	$5/4 = 1.25$	$10/9 = 1.1111...$	広い
ファ	$4/3 = 1.3333...$	$16/15 = 1.0666...$	狭い
ソ	$3/2 = 1.5$	$9/8 = 1.125$	一番広い
ラ	$5/3 = 1.6666...$	$10/9 = 1.1111...$	広い
シ	$15/8 = 1.875$	$9/8 = 1.125$	一番広い
ド	2	$16/15 = 1.0666...$	狭い

・平均律

ド	1		
レ	1.122462048...	1.122462048...	広い
ミ	1.259921049...	1.122462048...	広い
ファ	1.334839854...	1.059463094...	狭い
ソ	1.498307076...	1.122462048...	広い
ラ	1.681792830...	1.122462048...	広い
シ	1.887748625...	1.122462048...	広い
ド	2	1.059463094...	狭い

※  $1.059463094... \times 1.059463094... = 1.122462048...$   
 $(1.059463094...) ^2 = 2$

### 6. 音を変えてみよう

- ・ヘリウム80%+酸素20%混合（ヘリウム100%だと窒息死）  
 → 音速が普通の空気の2倍強  
 → 空洞の大きさが小さくなったのと同じ

・人の声はどう変わる？

・楽器の音はどう変わる？

### 7. 楽器を作って演奏してみよう

- ・金子さん グループ：トロンボーン笛
- ・えぐちさんグループ：4弦ギター
- ・池田さん グループ：音変わりドラム

※ 希望を出していただきますが、希望者の多いグループは抽選させていただきますので、ご了承ください。

※ 午後1時に、この部屋（研修室）に集まってください



写真3-11. 手作り打楽器「スプリングドラム」の製作



写真3-12. 手作り管楽器「スライドホイッスル」



写真3-13. 手作り弦楽器「ギター」の製作



写真3-14. 手作り楽器による演奏会の練習

## 4. 総括

### 4-1. カメラをつくって、写真を撮ろう!

#### —カメラ人気—

現在、デジタルカメラが一般的にカメラの代名詞になっている。家電量販店に行っても、全てとわいていいほど店内に並んでいる商品はデジタルカメラである。しかしながら、一部のマニアだけでなく、ファッション的感覚でカメラを趣味にする人達が増えたために、フィルムカメラの人気も再燃している。そんな背景も影響してか、応募者は100名近くに達した。また子どもだけではなく、大人の応募者も多数あった。

#### —ピンホールカメラ—

カメラの原理を理解できるものとして、また工作的要素として人気があるのが“ピンホールカメラ”である。市販されている折りたたみ式の箱、アルミ缶を長方形に切ったもの、そして印画紙。基本的にこれらがあればピンホールカメラは手軽に作る事ができるのである。



写真4-1. ほぼ完成状態のピンホールカメラ

#### —参加者の反応—

“プロはどのように写真を撮るのか?”そう思うのはカメラ好きにとっては興味のあるところである。今や高性能で安価なデジタルカメラが手に入るご時世で、プロとアマチュアの違いは何か? 田中さんは3つの要素、①光、②演出、③アングルの重要性を説いていた。そのプロの手ほどきに、参加者は真剣に聞き入っていた。



写真4-2. 3つの要素を駆使して  
模擬撮影をする田中さん

ピンホールカメラが完成して、撮影ポイントへ出て行く参加者達。その顔は心配と期待が入り混じったものであった。撮影が済み、ピンホールカメラを大切に抱えて部屋に戻って来ていた。そして赤い光だけが灯る部屋の中、心配そうに現像液に印画紙をつけていたが、画像が浮き出てきた者は歓声を上げ、そうでない者は落胆の声を発していた。“作品”としての完成度の高い写真を作った参加者も、そうでない参加者も一緒に科学を学び、そして芸術を楽しんでいたようだ。

合計で3枚を撮影。参加者は1枚を選び、それらを地下1階研修室前に展示紹介した。



写真4-3. 真剣に“作品”を選ぶ参加者

#### —科学の目と芸術の目—

カメラを製作、また写真の撮影並びに現像において、科学的データは必要である。例えば、ピンホールの穴の大きさ、印画紙までの距離、そして感光させる時間。また現像液を作る時も、現像を行う時間も科学的データは必要である。これらを見捨てては写真は完成しない。ピンホールカメラにはファインダーはない。よって撮影範囲はだいたい分かっていても、アングルを決めるのは勘に頼らなければならない。今回の作業において芸術的作用は“感覚”を研ぎ澄ますことであった。

### 4-2. 音をみよう!きこう!つくろう!

#### —音という存在—

“音”はあまりに身近過ぎて、高い音、低い音などがなぜそうなるのか疑問すらわからないのが現状であろう。人間にとって音が心地良く感じる理由を科学的に紹介された時、プロのミュージシャン達が驚きの表情をしながら、大きくうなずいていたのが印象的であった。“目からうろこ”とはこのことをいうのであろう。

#### —楽器製作—

打楽器班は研修室、吹奏楽器班は工作室、そして弦楽器班は会議室に分かれて製作を行った。弦楽器は多少凝った作りになったために制作にかなりの時間が掛かってしまった。しかし3人のミュージシャンが何回も試作を行い、作った楽器はシンプルな作りではあるが、魅力的な音が出て、参加者は驚きと感動を持っていたようだ。

### －演奏会－

各班で先ず自分達のパートを練習した。次に全員が集まって練習を行った。課題曲は『キラキラ星』。吹奏楽器が基本のラインを演奏し、リズムを弦楽器が担当した。打楽器はテンポを刻むというよりは、効果音的要素の強い仕上がりになっていた。

アトリウムのエレベーター前にスペースを設けた。アトリウムには想像以上に来場者がいたために、参加者の中には少々緊張気味の人もいた。演奏自体は当日に楽器を作り、そして簡単な練習を行っただけとは感じさせない内容であった。大きな拍手が来場者から沸き上がった。



写真4-4. ミュージシャンも加わったの演奏会

### －科学の目と芸術の目－

プロのミュージシャンの凄いところ。それは当日3人が科学館に到着して、ほんの数分間簡単なやりとりがあっただけで、ワークショップが始まって、ミュージシャン紹介の際には完璧な音楽を演奏していた。ジャム・セッションなど決め事をほとんどしないライブを経験している3人にとっては、たやすいことだったのではあるだろうが。

聴覚は人間が持つ重要な感覚のひとつである。自然が造り出す音だけでも美しい音色として人間の聴覚に響くが、人間が作り出した音加わり、やがて“音楽”という形が出来た時、音は芸術として確立された。しかし音が映像としても美しいものだと感じられたのは科学のおかげである。

### 4-3. 最後に

ふたつのワークショップを通して感じたこと。それは、芸術がまさしく“感覚”に頼る部分が多いものであることを再認識したことである。感覚とはいわば“勘”である。この勘が本質的に優れている者がプロとして評価されることが多い。しかし先天的に感覚が優れていなくとも、勘の成功率を高めることは経験の積み重ねで可能である。ただ“センス”だけは残念なことに経験や努力では克服できない。科学者としても、勘とは言わずとも科

学的裏づけとは別に経験に基づいた“感覚”を持っている。それは科学的現象を毎回同等に発生させることは難しく、精度を上げるために経験という感覚を使うのである。

科学と芸術の融合は結果的に他分野に住む人と人との相互理解と交流を深めることである。本プロジェクトを通して一般参加者がそれを理解してもらうことは成功したのではないかと感じる。

(第4章:永原 達哉)

### 謝辞

本企画に関わった全ての人たちにこの場を借りてお礼を申し上げます。