

リスーピアの数学ワークショップ

谷 克彦 ● 日本数学協会

岡部恒治 ● 埼玉大学経済学部

リスーピア開館！

●—— 岡部恒治

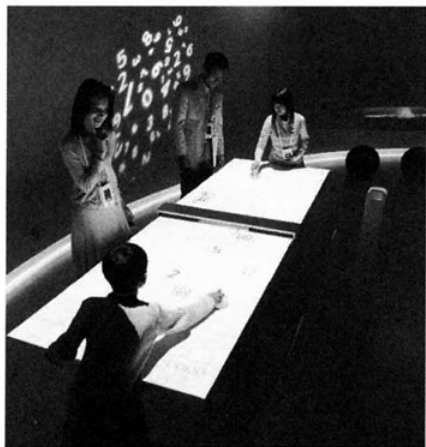
昨年8月に、お台場のパナソニックセンター東京に、自然に潜む数学の美しさ・身近な暮らしの中にある理科の面白さに触れ合うためのミュージアム「リスーピア：RiSuPia」が開館しました。このような数学(算数)を主要なテーマの1つにした、本格的な体験型の常設施設は、現在ここだけです。

私は、日本数学協会のメンバーの協力を仰ぎながら、「子どもたちが日常的に理数に親しむことができる施設を作る」という目的のために、数学部門でのアイデアに全面的に協力してきました。この施設が開館するまでの作業はハードではありましたが、新しいものを創り上げていく喜びも大きいものでした。

リスーピアの常設展示

リスーピアの常設展示やワークショップには、子どもたちに数学(算数)の美しさや不思議、面白さを伝え、気軽に数学(算数)の世界を楽しんでもらうための工夫や仕掛けが数多く施されています。フリースペースも

素数ホッケー



あって、そこにはそろばんや知恵の板など、気軽に遊べる道具も揃っています(ここで多面体作りなどのミニワークショップも開催されています)。

とくに、3階の有料スペース(大人500円、高校生300円、中学生以下は無料)の「素数ホッケー」は、何度も報道されていますのでご存知の方も多いでしょう。

これは、ゲームセンターで見かけるエアホッケーに素数の判定を取り入れたもので、今年度の文化庁メディア芸術祭で、審査委員会推薦作品に入選しました。これを機に、公的な催しには貸し出すつもりだそうです(ただし、スペースと設置費用がかなりかかります)。

週末ワークショップ

リスーピアの名物の1つは、実際にものを作ったり、問題を解いたりして参加するワークショップです。数学に関しては日本数学協会が担当して、毎月、第2週の土曜・日曜に、午前・午後の2回ワークショップが開かれています。

数学協会のワークショップは、ほとんどが募集してから数日のうちに満杯となってしまいます。「そろばん」のときは100人を越える参加者が出た回があって、当日席をあてにしたお客さんで入れない方もいらっしゃいました(このワークショップでは、会場外の見物の方々からも感嘆の拍手をいただきました)。

あまりに、数学の評判が良いせいも、最近は、日本数学協会の枠である第2土・日のほかにも数学のワークショップの割合が大きくなっています。

以前は、「数学は実験できないから、こういう博物館に向いていない」という思い込みがありましたが、それを完全に覆したのも大きな成果です。みなさんもぜひ一度リスーピアまで足を運び、ご自身で体験してください。ご意見をお寄せください。

■ <http://risupia.panasonic.co.jp>



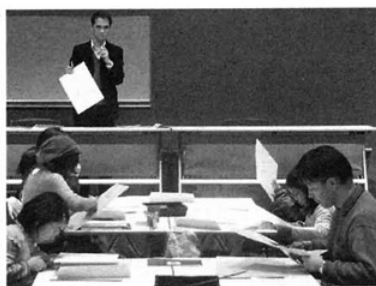
多面体



万華鏡



ソロバンを作ろう



ブーメラン



知恵の輪



手づくりキューブ組木

リスーピアの万華鏡授業を行って

●—— 谷克彦

リスーピアで、万華鏡作りのイベント(2006年9月)を担当しました。会場には1回に80人ほど、ほとんどが親子づれでの参加でした。当日の内容をかいつままで紹介します。

「万華鏡の実験——繰り返し模様の世界の探検」

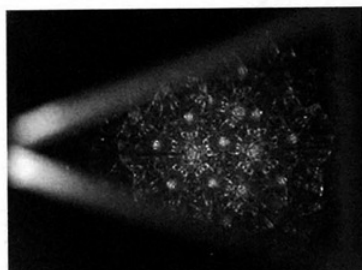
不思議な国のアリスならずとも、鏡を張り巡らした部屋に入ると、とても不思議な気持ちになります。鏡に映ったたくさんの自分の姿に、いったいどれが本当

の自分なんだろうかと考えてしまいます。景色がはてしなく繰り返す結晶世界に迷い込んだかのような。万華鏡は、スコットランドの物理学者ブリュースター卿の特許“カレイドスコープ”(1816年)に始まります。やがて日本にも伝わってきました。(ここで万華鏡を取り出す)

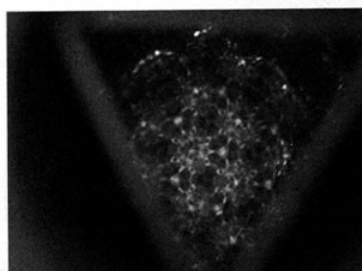
万華鏡の中に映し出される美しい幾何学模様は、千変万化し、ほんの一瞬垣間見た映像に心を奪われるのは、花火の鑑賞と似たところがあります。まず、万華鏡を作って、繰り返しや対称性のある模様の美しさを観察してみましょう。きっと、繰り返し模様のできる原理もわかるでしょう。

●—— いろいろな合わせ鏡を研究しよう[1時間]

教材とした鏡の組み合わせは、A, B の 2 種類です。



A 正五角形タイプ(二等辺三角形ミラー)



B 正三角形タイプ(正三角形ミラー)

ブリュースター卿の特許を見ると、2 枚の合わせ鏡のなす交差角(頂角)が、例えば 18° のように 360° を割り切れる偶数の角度にするとよいと述べられています。 360° を偶数 $2C$ で割り、求めた頂角 θ は以下の表のようになります： $\theta = \frac{360}{2C}$

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
頂角 θ°	180	90	60	45	36	30	25.71...	22.5	20	18	...



C が大きくなるとどんどん三角形が細くなり、万華鏡が暗くなるので 18° あたりがたしかに適当でしょう。

頂点のまわりの対称点群は、 $C \text{ mm}$ (C が偶数の場合)、あるいは $C m$ (C が奇数の場合) となり、きれいな対称模様ができます。[注： C は C 回回転対称軸、 m は鏡映面、 C が奇数のときは、2 つの m は同じ共役類に入るため mm ではなく m と表記し、 C が偶数のときは、2 つの m は異なる共役類のため mm と表記します。]

A の鏡の組み合わせでは点群 $3m$ 、B では点群 $5m$ の対称図形が得られるはずですが、さらに A の場合に

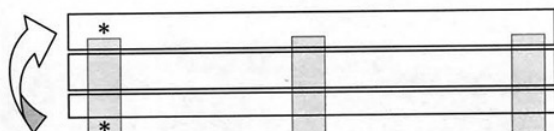
は、平面が正三角形で埋め尽くされるので、周期的な繰り返し模様(格子)を生みます。

当日の授業ではこのような数学的説明はあえて行わなかったのですが、A, B の万華鏡の映像を比較観察することで、繰り返しのある・なしの模様の違いなどに気づきます。また、合わせ鏡が、対称図形を生む仕組みが理解できたようです。

●—— さあ工作に入ろう[1時間]

鏡筒作り 鏡の内側の稜線を合わせて三角柱を作り、外側をビニールテープで巻きます。形がきちっとできれば、内径 24 ミリの紙筒にぴったり納まる設計になっているのです。

●保護膜(青いビニール)が貼ってある方が使う面です。3 枚の鏡を、青いビニールの貼ってある面を机に向けてきちんと並べ、下図のように透明なビニール・テープを貼ります(のりしろ * に注意)。



●ひっくり返して、保護膜をはがします。保護膜をはがした面は手でさわったり、よごしたりしないように注意します。三角形の形がゆがまないように注意しながら、ビニール・テープを貼った側を外側にして、筒を作ります。出来上がった三角形の鏡の筒を紙筒の中に入れます。きつくもなく、ゆるくもない仕上がりに。

几帳面な子供、乱雑な子供とさまざまですが、みな順調に出来上がります。鏡を作る繰り返し模様を観察するには、この段階で筒を覗いてみるといいでしょう。ただし、アイピース(覗き穴)はまだ付けていませんから、紙筒にゆるく納まっている鏡が飛び出してくる危険性があります。目に当たらないように必ず注意をします。

黙っていても子供たちは自分の作った筒を覗いています。そして、繰り返し模様の美しさに驚嘆の声がたちこちで上がります。「これで良いですか!」と誇らし

げに持ってきます。自分で作った達成感をしばし味わうことができるでしょう。

ワンド作り さらに万華鏡映像の美しさを体験するために、覗く物体(ワンドといいます)作りに取り掛かります。小さい子供も集中してやっています(大きい子供より熱心に見えます)。

容器にガラス屑を入れ、粘性のある液体をつめて蓋をします。液体の表面張力を利用し、息を止めて徐々に蓋のネジを締めます。手が震えないように。

- 容器(ラウンドケース)に、さまざまな色や形のガラス屑やビーズを、容器の3/4程度入れます。好みの配色なども工夫しましょう。洗濯糊を水で薄めたものを容器に注ぎます。糊の表面が容器のふちから盛り上がるくらいに入れます(ガラスのうしろにかくれていた気泡が少し出る)。

- コツは、盛り上がった液面と蓋の中心をまず接触させること。それから、蓋が傾かないように、落ち着いてゆっくりネジを締めていくことです。

蓋が締まるとともに、液体が周囲の空気を押し出していきます。気泡を残さずに密閉できれば大成功。理科の知識を総動員することになります。上手にできて自慢げな子供もいれば、できばえが気に入らずやり直す子供もいます。一度失敗すると容器や手がベトベトしてすべりやすく大変やりにくい。蓋のネジを平行に締めることも大事なわざです。粘性のある液体には、ここではポリビニルアルコール(洗濯糊)を用いました。

- 具の入ったラウンドケースと紙筒を透明シートでぐるぐる巻いてつなぐ。巻いた透明シートの上を、ほどけないように、透明ビニール・テープで止めます(ほかの人と協力すること! 手が3本要ります)。

なぜ透明テープを使うか?→光がよく入るように。

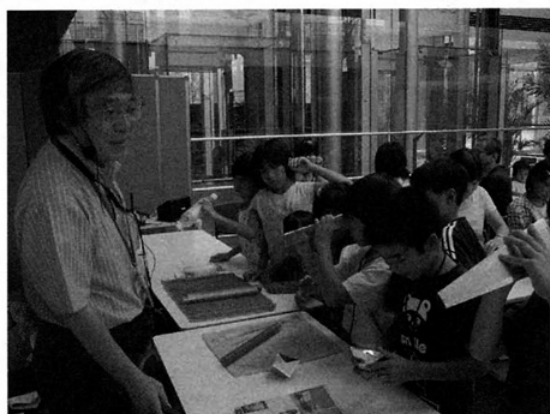
- 最後にアイピースを貼ります。

粘性のある液体の中をガラス屑がゆっくり落下していく様子が観察できます。万華鏡に入れて覗くと、時折り花火のようにパッと色のついた光の輪が広がり、

あちこちから歓声が上がります。実はこれも後半の狙いの1つです。

落下する粒子の後ろに追従する粒子は、先行粒子の後ろにできる負圧に引き寄せられます。そして上昇する液体の対流も起きます。初期条件の粒子の配置も2度と同じものが出現することはないでしょう。毎回毎回異なる光景が見られるのです。ガラス屑たちは「定まると見し運命にカオスあり」です。繰り返し模様は美しいが死の世界。一度しか見られない「移ろい行くもの」が、我々の心を捉えるのは、生きている世界だからです。子供も大人も、じっと目をはなさず覗いています。その口元はみなことごとく緩んでいるのです。

休憩時間に、万華鏡の見本を見せる(写真) プラトンの多面体が浮き出て見えるものや、ミラーボールが見える万華鏡などの見方を説明し、みんなに触れてもらいました。ブリュースターが例にあげた2枚鏡で18°の頂角(点群10mm)の万華鏡は、打ち上げ花火がパッと開くようで人気がありました。



会場に集まった全員の万華鏡が必ず完成します。それは、ほかのどれとも異なっています。ガラス屑の配色も自分の好みで選んだ作品なのです。子供たちは誇らしげに、自分の万華鏡を大切に持ち帰るので、我々やスタッフもとても心が温かくなります。良い時間を過ごしたと思います。

[たにかつひこ]

[おかべつねはる]