

## 技術報告

# 科学体験展示物の館内製作報告 (2010年)

久松 洋二\*

The Annual Report of Interactive Exhibits Built at Ehime Prefectural Science Museum in 2010

HISAMATSU Yoji

**Abstract** : This paper reports the technical part of new interactive exhibits built and made at Ehime Prefectural Science Museum in 2010. We introduce five new exhibits in this report. They are a rotational energy exhibit, a tautochrone curve exhibit and three types of mirror exhibits. Each explanation includes a brief description of the exhibit, details on how to build, mechanical and educational problems.

**キーワード** : 展示物 常設展示 体験装置 館内製作 回転エネルギー 等時曲線 鏡 2010 愛媛

**Key words**: exhibitions, permanent exhibitions, interactive exhibits, how to build, rotational energy, tautochrone curve, mirror, 2010, Ehime

## はじめに

愛媛県総合科学博物館の常設展示、科学技術館では館内で製作した体験展示物を公開している。科学技術館には1次資料や映像展示、模型、科学法則の体験装置が120種程度展示されており、その内全体の3分の2が体験装置、さらにその半数は博物館内で製作されたものである。館内製作展示物については、企画、設計、製作、仕上げ、展示台や補助具の製作、グラフィックスの執筆、デザイン、出力、展示物等の設置まで、全て学芸員が行っている。学芸員がそれら作業を行うことは、製作経費の節約、メンテナンスの有利、変更修正の容易さ、修繕の迅速さなどの利点がある。また、サイエンスショー等の普及事業や企画展示で一度公開した器具をその評判や使い勝手を鑑みて常設展示用に改良を加えて公開したり、公開後の展示についても来館者の反応を確かめながら改良を加えることができるため、館内製作の展示物はより体験者にとって分かりやすく使いやすい展示物となっている。さらに、故障や破損について素早い対応ができることから、装置の過大な保護を行う必要がなく、直接的な操作

によって実験できる分かりやすい装置になる。

2010年に常設展示として公開した5点の館内製作展示物は次のとおりである。

- 1 ころがりエネルギー
- 2 おなじ時間
- 3 にげられない
- 4 きまぐれミラー
- 5 顔の花

本稿では、これら5点の展示物の製作内容について報告する。

## 1 ころがりエネルギー

### 内容

平成22年3月に常設展示として公開した、プラスチック円板と回転軸からなる回転体を木製レールの坂に転がす実験を行う装置である。回転体には2種類あり、「プラスチック円板と回転軸が固定されているもの」と「プラスチック円板が回転軸回りに自由に回転できるもの」を用意した。その2つを木製レールの坂で競走させることにより、回転エネルギーの差によって回転体の重心移動速度（落下速度）に大きな差が生まれることが確かめられる。

\* 現所属：愛媛県教育委員会事務局管理部生涯学習課

〒790-8570 愛媛県松山市一番町4丁目4-2

Lifelong Learning Division,

Administration Department, Ehime Prefectural Board of Education,

4-4-2 Ichibancho, Matsuyama, Ehime 790-8570 Japan

<http://ehime-c.esnet.ed.jp/shougai/index.html>

## 装置・演出

プラスチック円板が回転軸に固定されたものは、軸の回転にともなってプラスチック円板が転がるので、解放される重力ポテンシャルが回転エネルギーに変換される。そのため円板が軸に固定された回転体は全体の落下速度が著しく遅くなる。一方、円板が軸に固定されていない回転体は、円板の大きさ自身が落下運動にほとんど影響を与えないので、軸だけが回転し、とてもスムーズに坂を転がり落ちる。物体の大きさが運動に関係するというのは、物体の「回転」が運動に関係することであり、そのことを実験で確かめる装置である。

回転体の大きさは2種類用意して、回転に消費されるエネルギーの大きさを比べられるようにした。また、坂の先には少し床面に余裕があり、円板の転がり進むことができる。転がった途端に高速に運動する回転体から、回転に大きなエネルギーが消費されていたことに気づかされる。

## 設計・製作

円板のサイズ<sup>注1)</sup>は10 t × 100 φと10 t × 150 φの2種類で、素材はMCナイロンである。ステンレスロッドを回転軸とし、円板をセットカラー<sup>注2)</sup>を使って挟むように固定した。円板が軸に固定されない回転体には、円板の中心に大きく穴をあけてベアリングを挟み込む仕組みで円板と軸を独立させた。また、円板表面にはカッティングシートで模様を作り、回転を見やすくした。

回転体を転がす坂はパイン集成材の角材と板材を組み合わせ合わせて製作した。坂の表面には0.5tゴムシートを貼り付けて軸が滑らないようにしている。コースの傾斜と長さは、円板が固定されていない回転体が坂を転がるときの速さ、落下にかかる時間から決定した。

## 運用・問題点

この装置は平成17年度の特別展で公開した装置<sup>1)</sup>を改良したもので、その際、坂をアルミフレームで作ったために回転体が転がらず滑ることが多かったこと、傾斜が急で距離が短かったために実験時間が短かった反省から、坂の材質と傾斜、長さを見直した結果の設計となった。坂が長くなった分、坂の途中から実験したり、スタート位置をコースごとに変更したりと現象を確かめる幅が広がったように感じる。一方で、木製のコースは耐久性に欠けるため、数年後にはコースの再作製が予想されている。

注1 本稿での規格は全てmm（ミリメートル）単位とする。

注2 軸を締める固定具。図1参照。

## 2 おなじ時間

### 内容

平成22年3月に常設展示として公開した、サイクロイドを逆にした凹型のコースの左右から金属球を同時に転がせて競走させる実験である。スタート位置の高さが違っても2球は最下部で衝突する「等時曲線」という特殊なコースの存在を理解してもらい、かつそのことを実験で確かめる装置である。

### 装置・演出

サイクロイドに切り抜いた2枚の亚克力板を並べてレールのコースを作り、そこに19φの金属球を転がせて実験する装置とした。実験の際は、コースの左右に自分で金属球を配置し、同時に手を離し、落下する球を競走させる。球を自分で配置することにより、コースのどの場所からでもスタートできる、つまり左右の高さの組み合わせを自由に選択できるので、コースが等時曲線であることを実験で直接確かめられる。

サイクロイドのコースは色付きの亚克力にし、コースの形状を見やすくしている。また、親子で一緒に体験できるように、背の低い幼児でも金属球を配置できることを念頭に、装置の一部を踏み台にした。

### 設計・製作

小学生が一人で両手を広げて楽に金属球を配置できるサイズを基にして、サイクロイドコースの幅を900ミリに決定した。また、誰にでも金属球を配置できるように、サイクロイド板の配置も低めにしている。その結果、大人にとってはしゃがんで体験するほうが楽に感じる程度の低さとなった。

コースを装置背面板から前に浮かせて設置して曲線形状を目立たせ、かつ体験者にとって金属球が配置しやすくした。その下部には球受け部を作り、落球に備えた。コースは10ミリの間隔で固定した5tカラー亚克力板2枚で作られ、金属球はその断面を転がる。10ミリの間隙に金属球が嵌り込むように乗るので、ちょうど亚克力板の小口がレールの役割を担い、金属球は安定して落下する。亚克力板の間隔は、外周12カ所に金属カラーを挟むことで一定に保っている。特に、コースの頂上は使用頻度も高く、手で押さえられるなど他の場所より強い力を受ける場所となるので、金属カラーを密集させて強度を確保した。

亚克力板の切り抜きは、専門業者にサイクロイドの形状データを提供し、レーザー加工を発注して行った。装置本体は、体験中に装置が転倒する可能性も考えられたので、十分な重量で装置の安定を図る必要があり、35ミリ厚のパイン集成材で製作した。ただし、落球の受け

皿部分のみ18ミリ厚の集成材を使用した。装置の踏み台部分には滑り止めシートを、金属球の受け皿内部は落球の衝撃吸収に3tゴムシートをそれぞれ接着した。

### 3 にげられない

#### 内容

平成22年3月に常設展示として公開した。3枚の直交する鏡を設置した装置である。正対しないと自分が映らない1枚の平面鏡と違い、どの位置から見ても自分の顔が映ることが実際に確かめられる。この鏡の配置<sup>注3)</sup>は反射板等に利用されている。

#### 装置・演出

「直交する3枚の鏡」という要素を簡潔に伝えるために装置の装飾を行わず、鏡とその固定台のみで構成した。鏡の装置単体では、ただの合わせ鏡としての印象しか与えられないので、グラフィクスでの体験への導入が重要となる展示物である。

また、自転車の反射板の表面を切り削り、内部の3直交する反射板の集合体が見えるようにしたものをグラフィクスに貼り付けて、日常への利用を実感できるようにした。

この展示物の隣には、展示物「とがり万華鏡」<sup>2)</sup>が配置されており、テーパーのついた3つの鏡による万華鏡としても楽しめるという関係性も示唆した。

#### 設計・製作

3枚の18ミリ厚パイン集成材を直交させた箱型鏡固定台の内側に3tアクリルミラーを貼り付けることで製作した。木材とアクリルミラーとの接着にはエポキシ系の接着剤を使用した。鏡固定台は鏡より少し大きいサイズで製作し、角を丸く削って事故防止に努めた。

装置デザインには隣の万華鏡展示<sup>2)</sup>との兼ね合いも考えて、机に対して垂直に立てられた2枚の鏡を可動式にして直交以外の角度にも変えられる特殊な万華鏡とするアイデアもあった。しかしそのためには装置の耐久性や安定性を向上させ、可動する2枚の鏡を閉じたときに手や指が挟まない仕組みを入れる必要が生じる。その結果、展示としての単純さは失われ、3枚の直交する鏡が生む「どの場所からでも自分を見ることができる反射」という当初の展示の意図まで体験者がたどり着けないことが危惧されたので、3直交の鏡だけの内容で装置を構成した。可動式の鏡による像の変化をあらゆる装置は別の機会に製作するつもりである。

#### 運用・問題点

グラフィクスに貼り付けた反射板は、展示物の設置後まもなく来館者に剥がされる目にあった。触って表面の細かい反射板の構造を確かめることを目的としたものなので、ある意味当然の結果ともいえる。現在のところ、剥がされないうまい固定方法は見つかっていない。

### 4 きまぐれミラー

#### 内容

平成22年3月に常設展示として公開した。直交した2面鏡が回転できるようにした装置。2面鏡に映る自分の顔を確認しながら、鏡を回転させると、鏡の回転角と自分の姿である像の回転角が食い違ってしまう。鏡が斜めになると映る自分は横向き、鏡が横に倒されると自分は逆さに映る姿を楽しむ装置。

#### 装置・演出

合わせ目が鉛直方向になるように鏡を合わせて自分の顔を見ると左右が正しい像、つまり、他人が見た自分の顔を見ることができる。その後に鏡をゆっくり回転させると、鏡の回転角に対して、映る像の方が大きく回転していることに気づく。合わせ目の角度が45度のとき、像は真横、つまり90度回転する。鏡を真横にして合わせ目の角度が90度になった時、像は倒立の180度となる。ちょうど、合わせ目の角度の2倍が像の回転角度となり、そのため半周（180度回転）するとともにの正立像（360度回転）に戻る。

合わせ鏡は木製の土台に固定され、鏡台は回転台に固定されている。一目で回転台と分かるべく、鏡よりも十分大きく円形が目立つように設置し、回転させる装置であることを分かりやすくしている。体験者は鏡を持って回すことも、回転台を直接回すこともできる。回転台自身を斜めに固定したので、体験者には鏡がのぞき込みやすくなっている。

#### 設計・製作

木製の枠に3tアクリルミラーをエポキシ系接着剤で接着した。装置の木材部分はパイン集成材を使用した。鏡の回転装置はテレビの回転台を利用した。テレビの回転台は、縁のある2枚のプラスチック円板の間に円環状に配置されたボールベアリングが挟まった構造で、2枚の円板同士はなめらかに回転でき、かつ離れないように中心軸で固定されている。回転台を斜めに設置したため、体験中に装置が転倒する可能性も考えられたので、装置の安定を考え、十分な重量の土台を使用した。回転台を斜めに設置すると来館者が自分の顔を見ながら体験するのに都合がいいことは、姫路科学館の吉岡克己学芸員<sup>3)</sup>

注3 この鏡の配置をコーナーキューブやキャッツアイという。

に教えていただいた。

## 運用・問題点

斜めの鏡は回転面と重力の軸をずらし、そのため安定した回転が難しくなるとともに、回転機構に常時負担がかかる。実際、接しながら回転する2枚の円板の上部は常に離れて開いている状態である。しかし、回転部分にテレビ台を流用することで、部品の手入と交換が容易であり、回転に不具合が起これば随時交換して対応している。

## 5 顔の花

### 内容

平成22年3月に常設展示として公開した。互いに直交しない3枚の合わせ鏡に自分の顔を映すことにより、自分の顔が5枚の花びらになったような像が得られる装置である。基本的に2人で体験する装置で、1人がモデル、もう1人がモデルの像を見たり撮影する役割になる。

### 装置・演出

3枚の鏡をテーパのついた筒状に張り合わせた万華鏡で、自分の顔の像で模様を作る。鏡は3枚とも同じ大きさで、二面角<sup>注4)</sup>が72度になっている<sup>4)</sup>ため、球を20等分割するとがり万華鏡<sup>2)</sup>である。のぞき込んだ自分の顔が放射状に5つ並んで花びらを開くような像を得る。

鏡に顔を入れる本人はモデルとなるので、自分の姿を見ることができない。もう一人がモデルの顔による像を撮影して楽しむ演出である。デジタルカメラや携帯電話、ゲーム機などで気軽に撮影してもらうことを目指した。

鏡は斜めに張り合わされて構造的にもろくなっているため、鏡面以外に触れられないよう前後にカバーをつけた。安定してのぞき込む姿勢をとれるように、手すりもつけている。また、幅の薄い装置で転倒の危険性があるため、装置全体を床にアンカーボルトで固定した。

### 設計・製作

この装置は、サイエンスショーで使用された実験器具で、当初鏡部分だけで作られていた。今回、常設展示への設置に当たって、アルミフレームで枠組みして鏡を内部空間に配置した。5tアクリルミラーを張り合わせて作った万華鏡を8tアクリル板で前後を挟み込むように固定した。

8tアクリル板は、以前、博物館の常設展示撤去時に出た廃材で、その再利用のため、フレームその他の規格はこのアクリル板を基準に設計されている。アクリルミ

ラーの万華鏡の開口に合わせてアクリル板を切り抜き、その小口を万華鏡のテーパにに合わせて削って万華鏡をはめ込み、ミラーの固定及び指挟み等の事故防止を図った。

顔をのぞき込む位置も低く設定すると同時にイスを設置し、幼児から大人まで無理なく体験できるようにした。大人はイスに座り、幼児はイスに乗ることでだいたい同じ位置に首を出すことができる。

## 謝 辞

装置「きまぐれミラー」の設計に際して姫路科学館の吉岡克己学芸員には有益なご助言をいただいた。ここに記して深くお礼を申し上げる。

## 参 考 文 献

- 1) 久松洋二. 愛媛県総合科学博物館資料目録第2号館内製作展示目録2006. 愛媛県総合科学博物館. 2006. p.62.
- 2) 久松洋二. 科学体験展示物の館内製作報告(2008年). 愛媛県総合科学博物館研究報告. 2008. 第14号. pp.61-67.
- 3) 姫路科学館. 姫路科学館展示ガイド もっと楽しむ実験体験と本物体験. 姫路科学館. 2010. 127pp.
- 4) カウパー・シュワーベ, 石黒敦彦. ジオメトリック・アート. 工作舎. 2006. pp.34-37.

注4 2枚の平面がつくる角のこと。



写真1 ころがりエネルギー



写真2 ころがりエネルギーで使用する回転体. 青い円板が軸に固定された回転体で, 白い板が軸に対して自由に回る回転体



写真3 おなじ時間



写真4 アクリル板によるサイクロイドコース. 19φの鉄球を使用. コースの左右で2球同時に手を離すと, 左右での高さの違いに関係なく必ず最下点で衝突する.

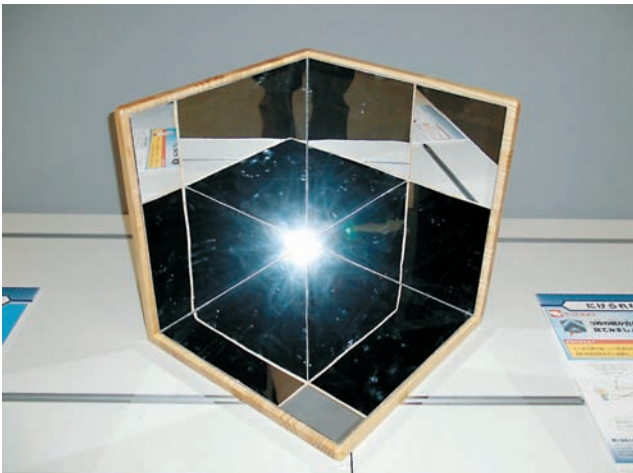


写真5 にげられない

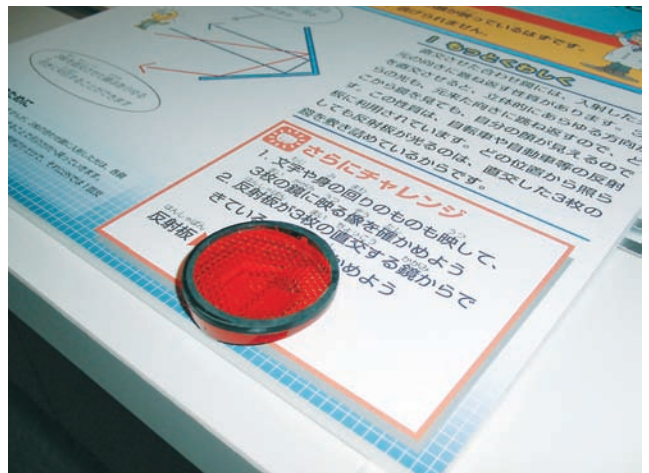


写真6 グラフィックスに貼り付けた反射板



写真7 きまぐれミラー



写真8 回転部はテレビ台を流用した.



写真9 顔の花

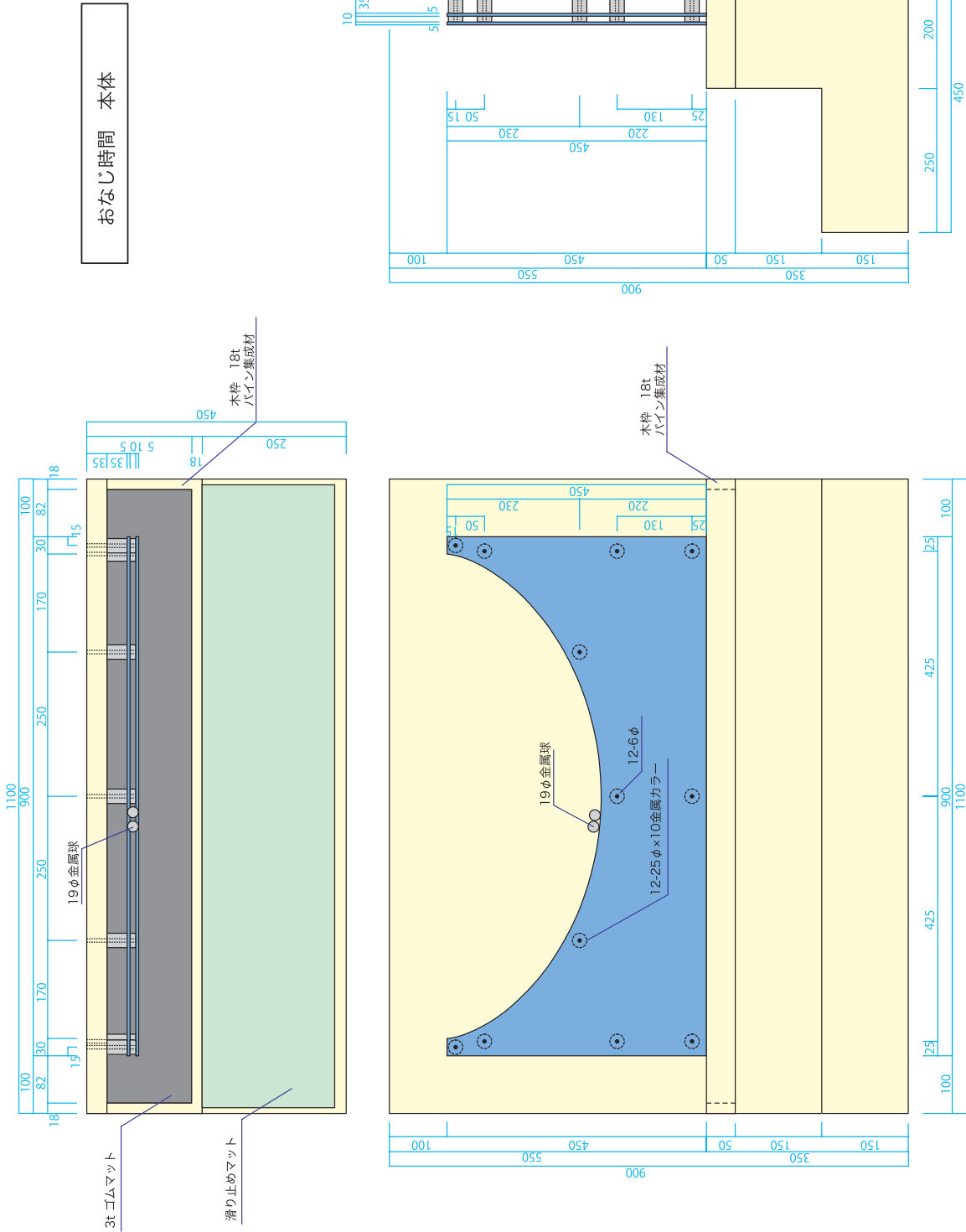



写真10 モデルがのぞきこむ側には椅子を設置している.



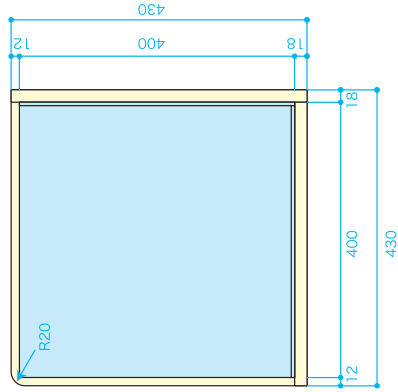
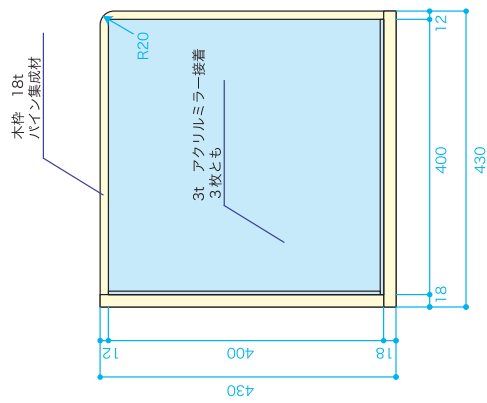
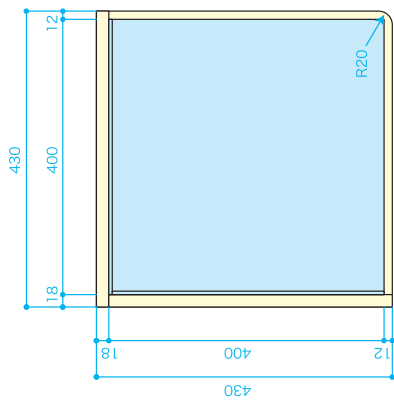
写真11 のぞきこむことで、顔が花びらのように放射状に並ぶ.





 Dept. of Science & Technology Ehime Pref. Science Museum	TITLE	同じ時間	SUBJECT	本体	SCALE	1/10	SIZE	A4	DATE	2010.2.1	DESIGN	HISAMATSU	CHECK		NO.	1
	図2 おなじ時間の図面															

にげられない 本体



 Dept. of Science & Technology Ehime Pref. Science Museum	TITLE	SUBJECT	SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	にげられない	本体	1/10	A4	2010.3.1	HISAMATSU		1

図3 にげられないの図面

さまぐれミラー ミラー部

さまぐれミラー 本体

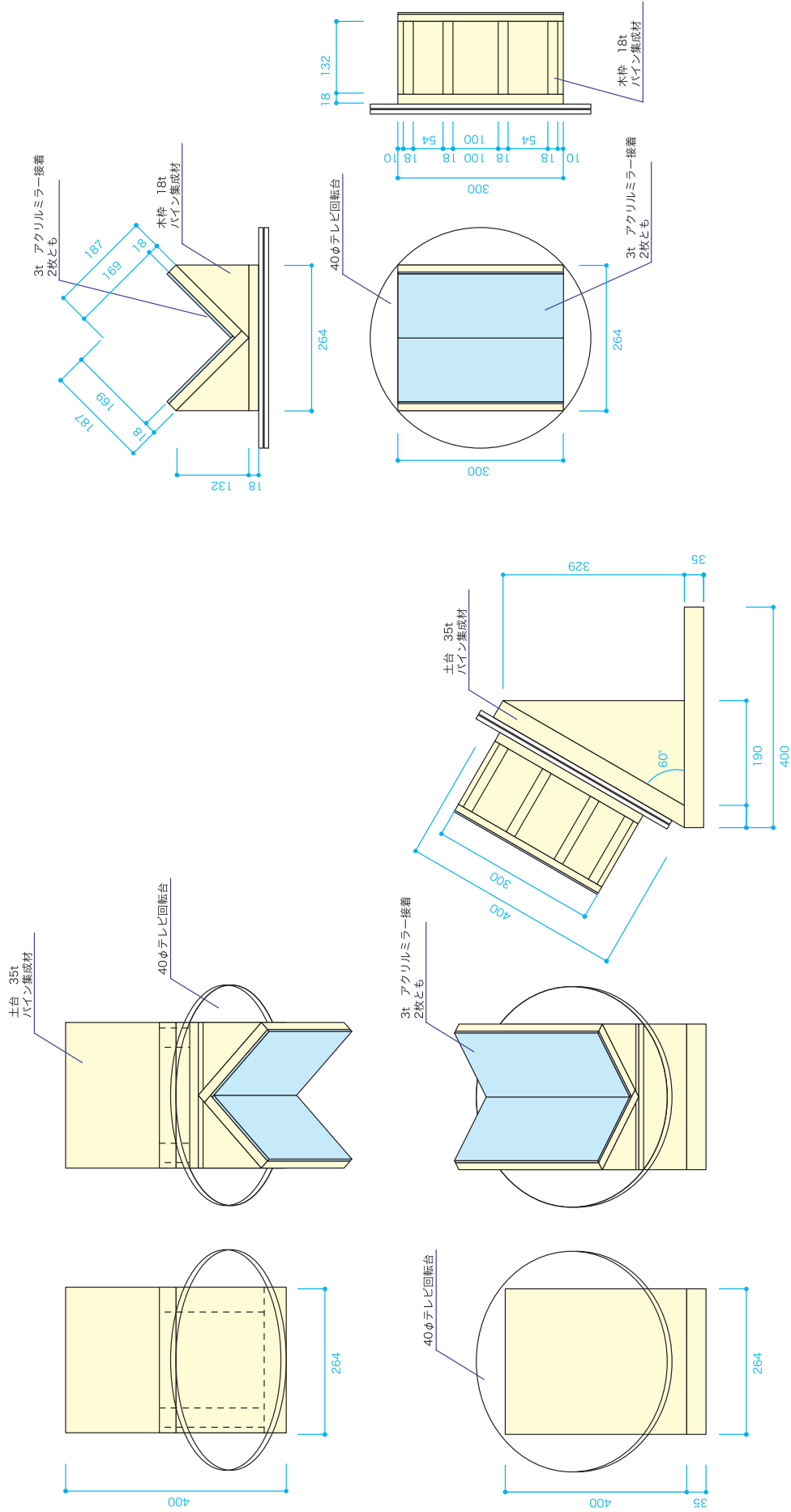
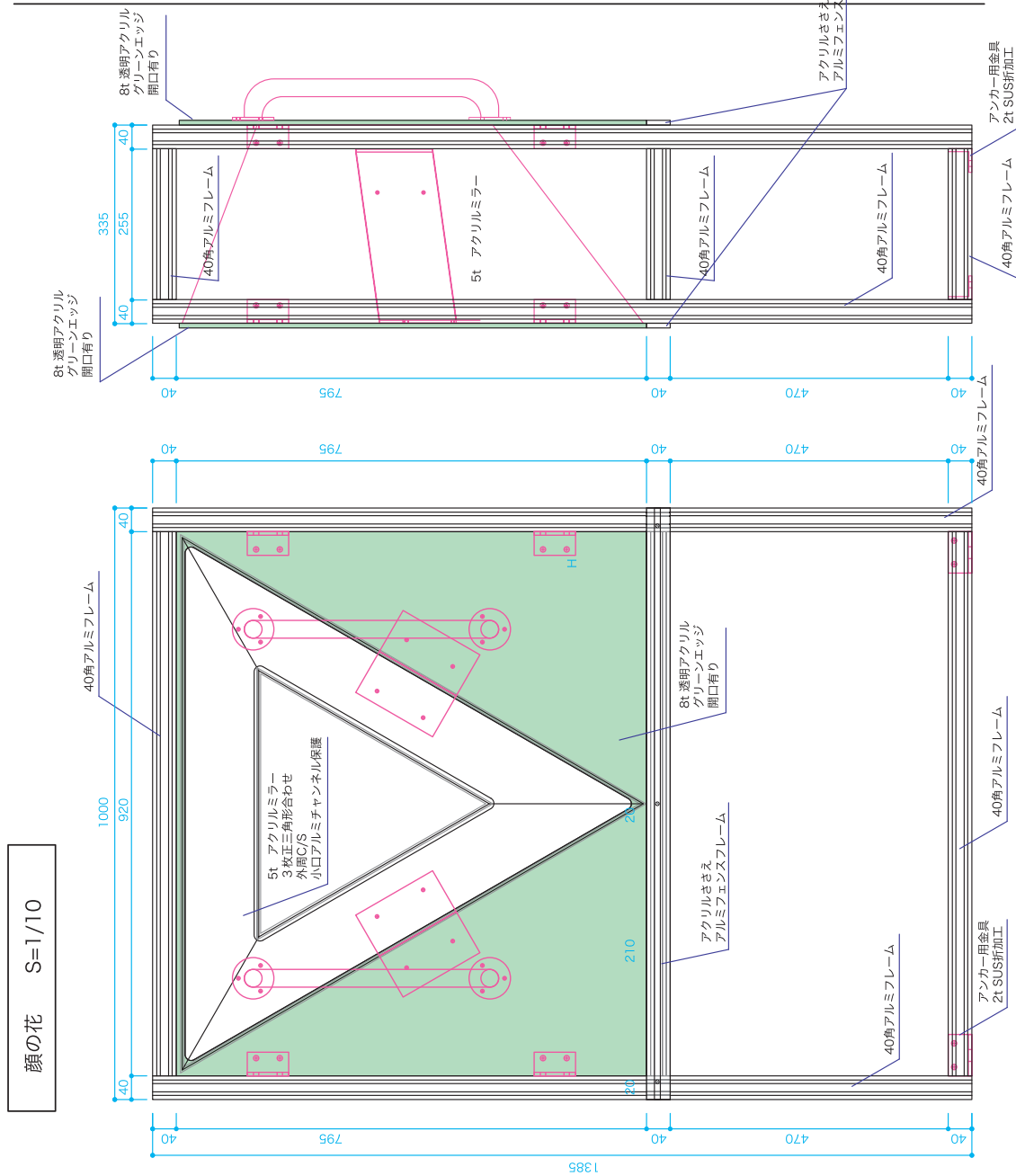


図4 きまぐれミラーの図面

 Dept. of Science & Technology Ehime Pref. Science Museum	TITLE	SUBJECT	SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	さまぐれミラー	本体/ミラー固定部	1/10	A4	2010.3.2	HISAMATSU	HISAMATSU	1

顔の花 鏡の寸法 S=1/10



顔の花 S=1/10

 Dept. of Science & Technology Ehime Pref. Science Museum	TITLE	SUBJECT	SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	顔の花	装置外觀/鏡の規格	1/10	A4	2009.9.1	HISAMATSU		1

図5 顔の花の図面1

