

名古屋市科学館紀要

第43号 2017

Bulletin of Nagoya City Science Museum
No.43 2017



名古屋市科学館

Nagoya City Science Museum
Nagoya, Japan

名古屋市科学館紀要

第43号 2017

Bulletin of Nagoya City Science Museum

No.43 2017

目 次

- 1 生命科学系常設展示のフレキシブルコーナーの活用について
尾坂知江子 1-4
The activity which continue to change contents of exhibits on life science
OZAKA Chieko
- 2 名古屋市科学館のプラネタリウム学習投影
小林修二, 毛利勝廣, 持田大作,
中島亜紗美, 稲垣順也, 野田 学 5-18
The planetarium school program in Nagoya City Science Museum
KOBAYASHI Shuji, MOURI Katsuhiko,
MOCHIDA Daisaku, NAKASHIMA Asami,
INAGAKI Junya, NODA Manabui
- 3 生命ラボの新プログラムその4
尾坂知江子, 後藤年彦, 夫馬政承 19-27
New workshop programs of “Bio Lab” (4)
OZAKA Chieko, GOTO Toshihiko,
FUMA Masatsugu
- 4 企画展「バイオなものづくり～生物の多様性に学ぶ」実施報告
尾坂知江子 28-34
A report of the exhibition “Biomimetics - The technology getting clues from biological diversity”
OZAKA Chieko
- 5 かがくゼミナール「立体臓器モデルを作ろう」実施報告
森 健策, 長柄 快, 舘 高基,
伊神 剛, 堀内智子 35-41
An activity report on Science Seminar “Let’s Create 3D Organ Model”
MORI Kensaku, NAGARA Kai,
TACHI Koki, IGAMI Tsuyoshi,
HORIUCHI Tomoko

生命科学系常設展示のフレキシブルコーナーの活用について

The activity which continue to change contents of exhibits on life science

尾 坂 知江子*

OZAKA Chieko

1. はじめに

平成元年に新設公開した生命館5階「生命のひみつ」の常設展示品を平成23年度から4年かけてようやく展示更新することができた。常設展示の更新は経費がかかるので、一度作ると数十年作り替えることができない現状がある。この間の経験を踏まえ

て、また数十年後になる次の展示更新のことを慮って、内容を替えて行くことを前提とした展示品や館内製作等で比較的簡易に内容を替えていけるパネルや映像機器をいくつか導入した(図)。ここに報告し、その意義や課題についてまとめておきたい。なお本稿では、これらをフレキシブルコーナーと呼ぶ。



生命館5階「生命のひみつ」平面図

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| ①「生きものギャラリー」のINGの展示：撮影空間、デジタル映像ディスプレイ | ⑤「チャレンジ！DNA」：デジタル映像ディスプレイ |
| ②「DNA ウィンドウ」：陳列ショーケース | ⑥「バイオのめぐみ」：変形サイズ印刷物、2穴留金具※現在検討中 |
| ③「バイオギャラリー」：陳列ショーケース、大型モニター「バイオピック」 | ⑦「バイオのめぐみ」「あなたにインタビュー」変形サイズ印刷物 |
| ④「細胞ラボ」のクイズの質問と解説：A3サイズカラー印刷、ラミネート | |

図 生命館5階展示平面図

*名古屋市科学館学芸課

2. 「生きものギャラリー」のINGの展示 (平成24年3月公開。図の①。写真1)

「生きものギャラリー」ゾーンの右端に二つの大きな丸窓と2台のデジタルディスプレイがある。この窓の奥（バックヤード側）は、大きな箱状になっている。ここは、観察実験の進行状態を一定の時間間隔で撮影するタイムラプスカメラで撮影する空間になっている。それを展示室側から覗けるようになっている。これをING（実験進行中の）の展示と呼んでいる。撮影した映像は、加工編集後ディスプレイで上映していく。例えばモジホコリが広がっていく様子や観葉植物の概日リズムの撮影を行った。しかし、覗き込む来館者の顔も写ってしまう、夜間の照明に赤外線を利用する必要がある、被写体である生物の維持などいくつかの課題が見えてきたので、これらをクリアしながら、興味深い映像を撮っていきたい。



写真1 「生きものギャラリー」のINGの展示

3. DNAウインドウ（平成26年3月公開。図の②。写真2）

前面にガラス扉がある陳列ショーケースである。手前上部には配線ダクトがあり、照明器具を取り付けることができる。また内部で電源を使うこともあるかもしれないので、コンセントが取り付けられている。

ここでは、遺伝子に関して語ることができる標本（特に生物の教科書の出てくるモデル生物）を展示し、解説することを目的とした。これは当初の生命館の展示について、故近藤恭司名古屋大学名誉教授（動物育種学）から「なぜ科学館では、教科書に出てくる生物ぐらい展示しないのか。教師でも見たこ

とがないのではないか。」とのアドバイスから計画したものである。現在、致死遺伝子で有名なイエローマウスの剥製が展示してあり、その解説のスライドショーをデジタル画像ディスプレイで流している。

次回はシロイヌナズナの花の形成に関するABCモデルについて展示する計画が進行している。モデル生物は小さいものが多いので、観覧者を惹きつけ観察してもらうのは工夫が必要である。



写真2 DNA ウインドウ

4. バイオギャラリー（平成27年3月公開。図の③。写真3）

ここが一番大きいサイズの陳列展示設備である。DNAウインドウと同じように前面がガラス扉のショーケースであるが、下部は機器が収められる棚になっている。生物を飼育栽培展示する可能性があったので、天井は放熱や除湿のためにパンチングメタルにした。内部壁面は、解説パネルを留めるなどピンを打っても跡が目立たないものにし、床面は水拭き可能なものにした。

すぐ隣には、大型モニター「バイオトピック」がある。この数年、借用可能な科学教育映像が増えてきたので、当初ここで上映するつもりでいた。しかし、テーマをバイオギャラリーの展示と関連づけた方が来館者の興味関心を惹き、理解が深まると考え、バイオギャラリーの展示解説を補完する内容にしている。テーマに合う既製の動画が見つからない場合は、写真等で構成するスライドショーを館内製作している。

バイオギャラリーの現在までの利用状況を表に示した。このようにできるだけ地域の生命科学系の研究・技術開発を紹介する実物、標本でミニ企画展示にしてきた。特に予算はつけていないが、関係機関にご協力いただき実現している。

表 バイオギャラリーの利用リスト

バイオギャラリー利用状況

回	会期	タイトル	展示	映像 大画面:50インチ 小画面:17インチ	協力
1	2015.3.12 6.28	愛知県のブランド養殖魚 絹姫サーモン	・絹姫サーモン(3倍体)の飼育展示	大画面:愛知の海、愛知県水産試験場の紹介 小画面:絹姫サーモン作製方法の解説スライドショー	愛知県水産試験場
2	2015.7.7 10.4	名古屋コーチン	・名古屋コーチン剥製♂♀各1羽 ・三河種(地鶏)剥製♂ 1羽 ・名古屋コーチン卵標本	大画面:愛知県(NHK番組)「いのちドラマチック 名古屋コーチンよみがえったブランド鶏」	愛知県農業総合試験場
3	2015.11.3 2016.11.27	あいちの食用きのこ栽培 ～ エリンギはこうやって作られる!～	・菌床エリンギの凍結乾燥標本 ・パネル2点	大画面:エリンギ作出の解説スライドショー	愛知県森林・林業技術センター 乾燥標本製作協力:鳳来寺山自然科学博物館
4	2017.1.4 2.28 予定	フグは食いたい...	・トラフグの飼育展示 ・シロサバフグ、ヒガフグ、コモンフグ、クサフグの剥製標本展示	大画面:「ナゴヤでしょ～名古屋市中 中央卸売市場」・「至極のトラフグ 安心! 安全! 国産養殖」	名古屋市食品衛生試験所 中部水産(株)



写真3 バイオギャラリーの展示風景

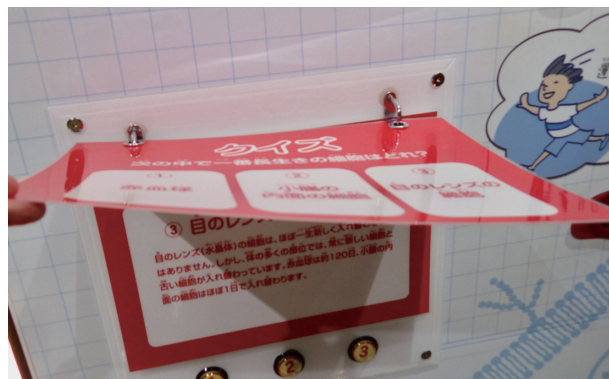


写真4 細胞ラボのクイズ

5. その他の工夫

内容を館内で作り替えることができるように、紙タイプのものや、スライドショーのディスプレイをいくつか採用した。

「細胞ラボ」(図の④ 写真4)では観覧者が答えるクイズが3箇所ある。クイズは3択式で、質問文と解説文のパネル2枚は、A3サイズの紙の印刷物をラミネートしたもので、2穴で展示壁面にぶら下がるようになっている。デザインもシンプルにして、館内でも作成できるようにしてある。このパネルの下に3つのボタンがあり、正解ならピンポン、誤答ならブーと音になる。展示裏で配線を替えれば、正解のボタンの位置を変更することも比較的簡単にできる。

「チャレンジ! DNA」(図の⑤ 写真5)の展示では、遺伝子研究の基本である「みつける～突然変異」「しらべる～DNA鑑定」「くみかえる～GFPメダカ」を3つのブースで展示している。ブース間の

壁面では小さいディスプレイが3台取り付けられている。ここではそれぞれ関連の研究者(トーマス・H・モーガン、アレック・ジェフェリーズ、下村脩)に注目し、科学史的内容のスライドショーを流している。これらも筆者が写真素材等を借用し、手作りした物である。写真素材やイラストがあれば、内容を更新していくことができる。



写真5 チャレンジ DNA のスライドショー

「バイオのめぐみ」(図の⑥)では、最新のバイオテクノロジーを医、食、環境に分け写真等で紹介している。様々な分野にバイオテクノロジーが活躍している様子を表現しているため、スペース的に各技術を解説できていない。そこで、展示品の前に紙めくり方式の留め具をつけた。しかし、解説可能な紙面が狭い、照明がないなど課題があり、検討中になっている。

その他、「くらしとバイオテクノロジー」ゾーンでは、アンケート形式(投票形式と記述形式)の展示(図の⑦ 写真6, 7)があり、その質問や解説パネルを比較的安価に替えていくことができるように意識して展示製作している。

6. フレキシブルコーナーの長短所

常設展示品は一度作ると次の展示替えまで数十年そのまま使うことになる。特に理工系の模型展示物は、展示を作った途端、古くなり、陳腐化していく運命にある。最近、カラープリンターや大型プリンター、映像を簡易編集できるコンピュータソフトなど、素人でも比較的簡単に使える機器が普及してきた。これらを使って、前述したように部分的に内容を替えてきた。この長所は、話題をいいタイミングで柔軟に紹介することができること、外部に製作依頼しない分、経費がかからないこと、そして観覧者

にとっては、手作り感が親しみを持てたり、新鮮味を感じてくれることであろう。しかし、製作する職員の人件費がかかる、多用するといわゆる“文化祭”のようになり、有料市民利用施設としての展示のグレードが下がることになる。安全性・堅牢性にも問題があることもある。さらにこのような軽微な展示替えは、当館のような大規模館では、実際は大きな話題にならないし、集客に貢献することは少ない。とはいえ、学芸活動として、筆者は次のように位置付けている。

- ①展示方法の研修になる。手法・手技の習得だけではなく、館内に常駐する学芸員だからこそ観覧者の反応を確認することができる。
- ②展示物の借用など地域の関係者との連携が強まる。

7. 謝辞

貴重な標本や映像、情報を提供していただいた関係諸機関並びに生物教育関係者に、この紙面をもって心より感謝の意を表したい。また、生命館5階の展示更新を担当していただいた(株)乃村工藝社、(株)日展並びに展示更新後の技術的なサポートをしてくれる展示維持担当のノムラテクノ(株)の皆様心よりお礼申し上げる。



写真6 投票形式の「くらしとバイオテクノロジー」



写真7 記述式回答の「あなたにインタビュー」

名古屋市科学館のプラネタリウム学習投影

The planetarium school program in Nagoya City Science Museum

小林 修二^{*}・毛利 勝廣^{*}・持田 大作^{*}・中島 亜紗美^{*}・

稲垣 順也^{*}・野田 学^{*}

KOBAYASHI Shuji・MOURI Katsuhiro・MOCHIDA Daisaku・NAKASHIMA Asami・
INAGAKI Junya・NODA Manabu

1. はじめに

名古屋市科学館のプラネタリウムでの学習投影は、1966年（昭和41年）の幼児投影¹⁾、1968年（昭和43年）の小4投影、1974年（昭和49年）の中学投影²⁾とバリエーションを増やしてきた。現在では幼児投影、小4、小6、中学向けの学習投影をおこなっている。

学習投影は、実施施設のある都市の規模や、運営主体、運用体制等により大きく異なる。また、学習指導要領の改訂や投影技術の進歩などに伴い、その内容も時代とともに変化してきている。そこで、本稿では、名古屋市科学館での学習投影の現状をまとめた。さらに、いくつかの特徴的な施設の実施状況を調査した。

2. 名古屋市科学館での学習投影

(1) 申し込み方法

名古屋市には、2016年現在261校の小学校があり、一学年の児童数は約1万8000人である。学習指導要領では、第4学年で「月や星の動きについて」、第6学年で「月の位置や特徴について」の見方や考え方を養うとある。そこで、小学校4年生と6年生を主な対象とした学習投影を実施している。プラネタリウムの座席数は350席で、来館する学校の人数より、余裕を持たせた配席としている。2015年度の実績として、小4の学習投影の放映回数は53回、小6の放映回数は53回、さらに名古屋市内および近郊の幼稚園・保育園等の年長児を対象におこなっている幼児投影は84回、合計190回の学習投影を実施した。

一般の見学者を対象としたプラネタリウムの投影枠を考慮し、各種学習投影は1日2回程度とし、効率よく学習投影の枠を設けていく必要がある。そこで、学習単元の年間指導計画などをもとに、あらかじめそれぞれの学習投影の期間を設けている。5月上旬～7月中旬頃を幼児投影、9月下旬～11月中旬頃を小6学習投影、11月下旬～2月下旬頃を小4学習投影、2月下旬～3月上旬頃を幼児投影とし、それ以外の期間で、市外の学校も含めた学習投影の枠を設けている。

これらの状況を踏まえ、小学生向け学習投影の場合は、年度のはじめに、市内の各学校に対して、教育委員会を通して以下のような依頼文（図1、2）を送付し、申し込みを受け付けている。第6希望まで記入された予約希望日時をもとに、プラネタリウムの席が効率よく配席できるよう、各学校の参加日時を設定している。

幼児投影の場合は、小学校同様、事前申し込みで希望にあわせた参加日時を割り振っている。

中学生向け学習投影の場合は、完全オーダーメイド方式を採用していて、時期を設定せずに、団体予約受付可能な枠を基本に、申し込みを受け付けている。

(2) 来館時の配布資料

学校団体の来館時には、的確に情報を伝え、プラネタリウムドームに入ってもらい必要がある。そこで、学校の先生には、あらかじめ注意事項をまとめた紙を渡し、児童への情報周知をお願いしている（図3）。また、指定された座席への着席には、かなりの時間を要する。そこで、学校毎に着席エリア

^{*}名古屋市科学館学芸課

小学校長 様

平成28年 5月20日

名古屋市科学館副館長

プラネタリウム学習投影について（依頼）

当館の運営につきましては、平素より格別のご高配をいただき、厚くお礼申し上げます。
さて、みだしの件につきまして、下記のとおり実施いたしますので、ご案内いたします。

記

1. 内 容

(1) 小学6年生プラネタリウム学習投影
「地球から宇宙へ」……太陽と月と地球との関係、太陽系のしくみ、そして広大な宇宙の姿にふれ、宇宙の中の人間について考えます。

(2) 小学4年生プラネタリウム学習投影
「冬の星座と太陽・月・星の動き」……プラネタリウムで星座を探したり、太陽・月・星が時間とともに動いていくようすを眺め、楽しみながら天体に関心を持てるようなお話をいたします。

2. 期 間

(1) 小学6年生プラネタリウム学習投影
平成28年9月27日（火）～平成28年11月24日（木）
※上記日程の内、9月27日、11月1日の第1回目投影及び9月30日の第3回目投影は実施しません。

(2) 小学4年生プラネタリウム学習投影
平成28年12月6日（火）～平成28年12月20日（火）
平成29年1月11日（水）～平成29年2月28日（火）
※上記日程の内、12月6日、2月1日の第1回目投影及び1月31日、2月28日の第3回目投影は実施しません。

3. 開演時間

第1回目投影	第3回目投影
10時00分から	12時40分から

※学校の事情により、いずれの回も都合が悪い場合は、ご相談ください。
※投影時間は約50分

4. 観覧料 生徒・引率教職員とも無料（抽選結果通知後に添付の減免申請書を提出してください。）

図1 学習投影についての依頼文1

5. 申込方法

(1) 別添の申込書に必要事項を記入の上、**文書交換にて**送付してください。

期限 平成28年6月10日（金）（必着）

遅れた場合は抽選後の空き枠となります。

(2) **必ず第6希望までご記入ください。**第7希望以上のご希望がある場合は、特記事項にご記入ください。**第6希望までの記入がない場合は無効とします。**

(3) 例年「10時00分」の回の希望が多いので、「**12時40分**」の回を**最低1つはご希望にお入れください。**

(4) 科学館備え付の**補聴システム**ご利用の場合は、その旨をご記入ください。

(5) **車イス利用**の児童がいる場合は、その人数をご記入ください。

6. 参加日の決定

(1) 7月5日（火）までに各校へ文書交換にて「見学引受書」を送付します。
※ 結果についてのお問い合わせは、7月7日（木）13時以降にしてください。
電話 231-9771（団体予約専用）

(2) ご希望が重なった場合には、抽選により日時を決定させていただきます。ご希望に添えない場合もありますが、その際は再度ご希望を伺います。

(3) 見学引受書が届きましたら、**別添の減免申請書を速やかに文書交換にて名古屋市科学館まで送付してください。**（押印は必要ありません。）

(4) 転入による人員の変更があった場合は速やかに科学館へご連絡ください。

7 その他

(1) 展示学習カードが、科学館のホームページにございます。事前学習や当日の「しおり」にご活用ください。
「科学館について」→「教育関係者の方へ」→「学校団体でご利用」
<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/about/educators/group.html>
よりダウンロードできます。

(2) 休憩室は、生命館1階（170席）、理工館3階（84席）、理工館7階（96席）にございます（予約不可）。一般の方も利用されますので、**荷物の放置や場所取りなどはご遠慮ください。**なお、再入館できますので、白川公園などの外での昼食も可能です。

(3) 開演30分前までに会場へください。（遅れると観覧できなくなることもあります。）
当日は「見学引受書」をご持参いただき、団体受付窓口にて手続きをして下さい。

(4) 開演時間～9時30分前後は大変混み合います。10時の回の学校を優先してご案内いたしますので、ご了承ください。

(5) 本書類はNEDPSでも配信しておりますのでご利用ください。
※減免申請書・名古屋市科学館案内図は複写して両学年ご使用ください。

担当：科学館総務課庶務係 伊藤（6年） 炭（4年）
電話：201-4486（代表）

図2 学習投影についての依頼文2

学習投影

プラネタリウム 入場前のお願い

- お手洗いは**事前**にお済ませください。（6階は混み合う場合がございます。）
- ドーム内は飲食禁止でございます。（水分補給は休憩室をご利用ください。）

着席後 児童のみなさんにお伝えください

- ライトの点滅する時計はカバンの中へおしまいください。
- 投影中の出入り口を確認してください。
- お座りの座席番号とエリアのアルファベットを覚えてください。（投影中、万が一、席を離れた際、すみやかにご案内するためです。）
- 投影中、気分が悪くなったり、お手洗いに行きたくなった場合は、無理をせず、早めにスタッフに声をかけてください。（席を立ていただければ、スタッフがかけつけます。）
- 投影中は、静かにご観覧ください。また、椅子が左右に回転しますが、必要な時以外は回転させないでください。落ち着かない、騒がしい場合はスタッフが直接声をかけて頂いたり、場外へご案内させていただいたりすることがございます。

先生方へお願い

- 投影中は僅かな光も投影の妨げになりますので、携帯電話やカメラの**電源をお切りください。**緊急連絡が必要な際は、外へご案内しますので、スタッフに声をかけてください。
- 投影終了後、すぐに次の回の入場が始まります。先生方ですみやかに退場の誘導をお願い致します。
- プラネタリウム退場後は、一度、エスカレーターで下の階へ下りてください。6階展示室は次の回の入場待ちのお客様で大変混雑しております。ご理解とご協力をお願い致します。

図3 注意事項の案内

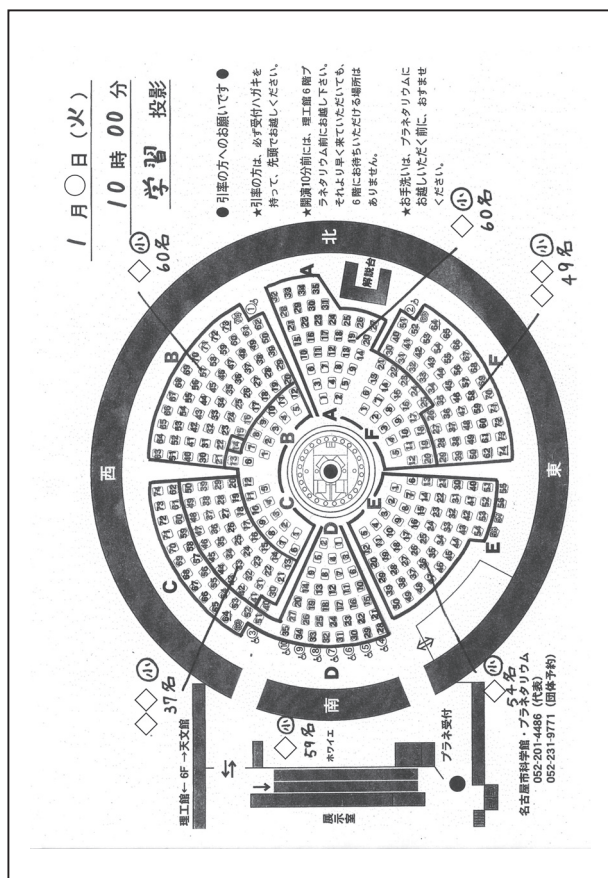


図4 配席の図（サンプル）

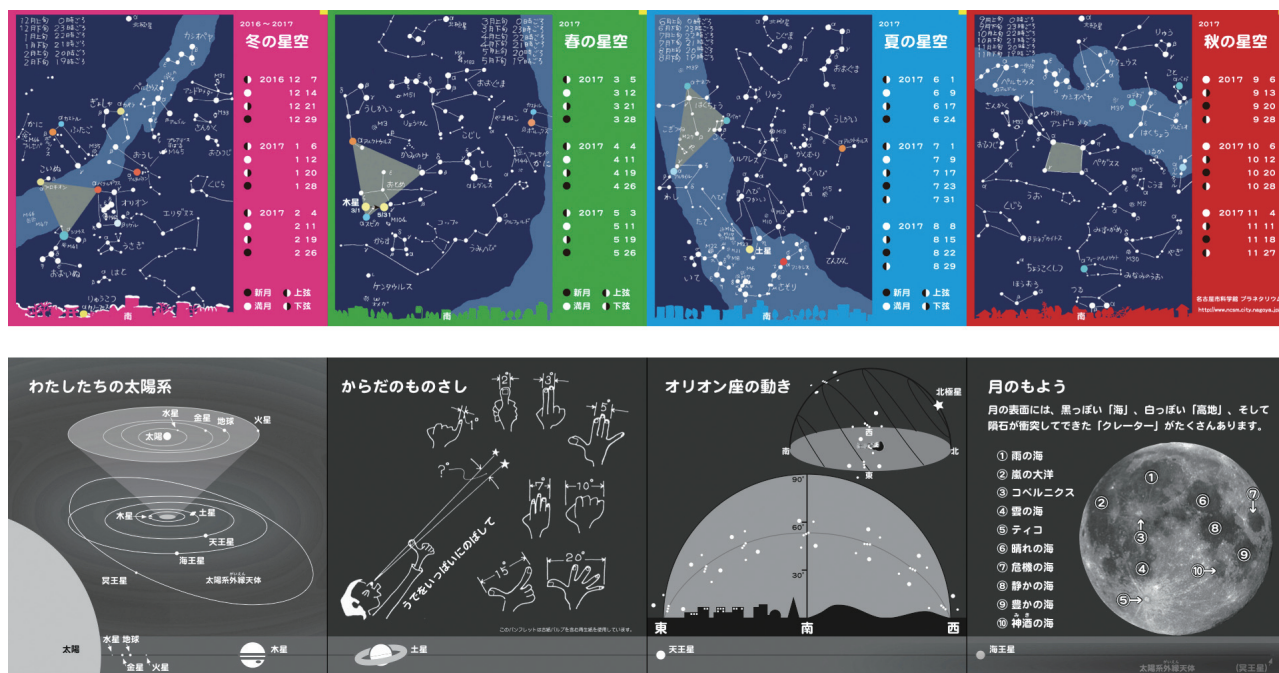


図5 スクエアパンフレット（展開図）

を指定した座席表を同時に配布している（図4）。

小学校以上の学習投影に参加する児童には、資料（スクエアパンフレット）（図5）を配布している。表面（カラー）は各季節の星空と月の満ち欠け表、裏面（白黒）は、太陽系のスケール、からだのものさし、オリオン座の動き、月面の地名をいれてある。学校に帰ってからの復習や、自分自身で夜空を見上げ、星を探すときに活用してもらおうというものである。四つ折りにすると、正方形（square：スクエア）になり、その状態でCDやDVDのケースにぴったり収まるサイズである。空きケースなどに入れて大事に使ってほしいと説明している。月の満ち欠けや惑星の位置が変わるので、毎年作成している。

（3）幼児投影の内容

夏期は「たなばた」、春期は「ふたごのほし」の物語を中心に、ロケットの打ち上げなどドーム全体に映像を映し出す場面を比較的多めに使用しながら、生解説をおこなっている。投影時間は一般投影より10分短い40分間である。

5月中旬から7月下旬「たのしいたなばた」
今夜みられる星を探したり、七夕の歌を歌ったり、宇宙旅行に出かけたりします。

2月下旬から3月上旬「たのしいほしまつり」
今夜みられる星を探したり、ふたごのほしのお話を聞いたり、宇宙旅行に出かけたりします。

図6 幼児投影の広報文

（4）小4学習投影の内容

小学校4年生向け学習投影の50分間は「小4学習投影の内容の一例」を基本としている。学習指導要領を中心としながら、臨機応変にアレンジをしつつ、生解説をおこなっている。

学習投影時の一コマを写真1に示す。写真では、天体の位置を観察するための「目盛り」や「からだのものさし」が空に投影されている。また、時間の経過を示す「時計」や、「天体の軌跡」がボタン一つで表示できるようになっている。それ以外にも、プラネタリウムの基本的な機能としての日周運動や、年周運動なども任意に操作できるようになっている。

番組の大きな流れ（導入→夕暮れ→星の動き→宇宙旅行→朝）は、事前にプログラムが組まれており、夕暮れ後から星の動きまでのシーンでは、児童の理解の状況に応じて、先述の操作が自由に行なえるようになっている。

小4学習投影「冬の星座と太陽・月・星の動き」

プラネタリウムで星座を探したり、太陽・月・星が時間とともに動いていくようすを眺め、楽しみながら天体に関心を持てるようなお話をします。

[導入]

天頂と方角の確認

12時の太陽の位置（方角・高さ）

→ 夕方までの太陽の動き

青空の中の月（上弦の月）をさがす

天文台作り

からだのものさし

[夕暮れ]

夕方から20時までの太陽・月の動き

[月の形ともよう]

いろいろな月の形（三日月、半月、満月）

表面の黒いもよう

[星の見つけ方、伝説など]

最近の天体現象

秋季：夏の大三角・七夕の星・北斗七星・北極星など

冬季：秋の四辺形・オリオン・カシオペア・北極星など
一等星とその色

[星の動き]

星・月の日周運動

地球儀と星空の比較

[宇宙旅行]

ロケット打ち上げ（種子島）

地球と宇宙ステーション

[朝]

小6学習投影「地球から宇宙へ」

太陽と月と地球の関係、太陽系のしくみ、そして広大な宇宙の姿に触れ、宇宙の中の人間について考えます。

[導入]

天頂と方角の確認

12時の太陽の位置（方角・高さ）

天体としての太陽（大きさ、距離、表面）

夕方までの太陽の動き

[夕暮れ]

夕方から19時までの太陽・月の動き

[星空と月]

都会の星空（暗さに目を慣らそう）

夏の大三角、秋の四辺形

最近の天体現象

天体としての月（模様と地形）

月の満ち欠けと見える位置（太陽・地球・月の関係）

山奥の星空

エチオピア王家の星々、カシオペア座→北極星

[星・月の動き]

星・月の日周運動

[太陽系から宇宙へ]

太陽系の姿と惑星の世界

お隣の恒星は？

銀河系と銀河

[宇宙旅行]

太陽系から銀河へ

大急ぎで地球へ帰ろう！（パワーズ・オブ・テン）

[朝]

図7 小4学習投影の内容の一例（広報文より）

図8 小6学習投影の内容の一例（広報文より）

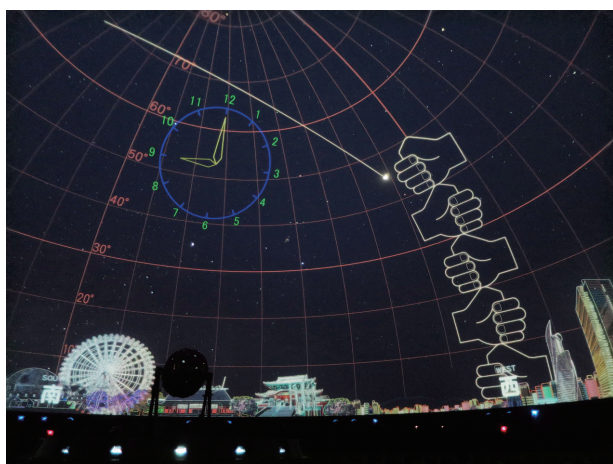


写真1 学習投影の一コマ

(5) 小6学習投影の内容

小学校6年生向け学習投影の50分間は「小6学習投影の内容の一例」を基本としている。学習指導要領を中心としながら、宇宙視点での天体が理解できることを目標に解説している。

(6) 中学学習投影の内容

中学生向け学習投影は、投影内容の変更が可能な投影枠を利用し、事前に学芸員と内容を打ち合わせの上で解説を行う。貸し切りの場合は、一般番組の内容にプラスして、惑星の年周運動や緯度変換の説明を行なう等、臨機応変な対応が可能である。また、プラネタリウムだけではなく、天文台で昼間の星を観望するなどの要望も受け入れている。

貸し切りではなく、一般投影枠などに中学生が入る場合でも、ある程度学習的な内容を取り入れた生解説を行なうことができるので、団体予約時に相談してほしいと呼びかけている。

このような完全オーダーメイド方式は、最近では、高校や大学からもリクエストがあり、各種調整をおこなった上で、申し込みを受け付けている。

中学学習投影は、事前打ち合わせにより、さまざまな内容の投影が可能です。

投影テーマ例

それぞれの時期に見える星・星座
星の日周運動（名古屋、赤道、北南極,,）
太陽の年周運動
惑星の運動（内惑星・外惑星）
月の満ち欠け
銀河系、宇宙論
宇宙の広さ（パワーズオブテン）

図9 中学学習投影の内容（広報文より）

（7）参加者人数の変遷

開館から2015年度（平成27年度）までの学習投影の参加人数の変遷は図10のとおりである。学習投影の対象学年が時代とともに変わっているのは、学習指導要領の変更による天文分野の履修学年の変化による。

この統計では、幼児投影は近郊の幼稚園・保育園も市内の園と同じ扱いにしているため、市内の年長組園児総数を上回っている。それ以外の学習投影は

名古屋市内の学校に限定しているため、近郊の学校については、この統計には入っていない。

2010年（平成22年）のように大きく人数が下降している年は、建物の建て替えや機器のオーバーホールによって、十分な学習投影枠を履修時期に提供できなかったことによる。中学学習投影については、1990年ごろから、グループ行動による校外学習を行なう中学が急増したため、団体で予約する中学校が急減した。2000年からの学習指導要領の移行期間以後、さらに申し込み数が激減したため、現在は、予約枠をとらずに随時受付としている。

名古屋市の1学年の児童数は、昭和50年代の第二次ベビーブームの頃が約3万人、現在は約1万8000人である。2015年（平成27年）時点で、幼児投影は学年数以上、小4、小6はほとんどの学校が参加していることがわかる。名古屋市科学館は交通の便の良い立地なので、館側からのバスなどの交通手段の提供は行っていない。現在、中学生以下のプラネタリウム観覧は無料なので、引率の教職員のみ観覧料減免を行なっている。

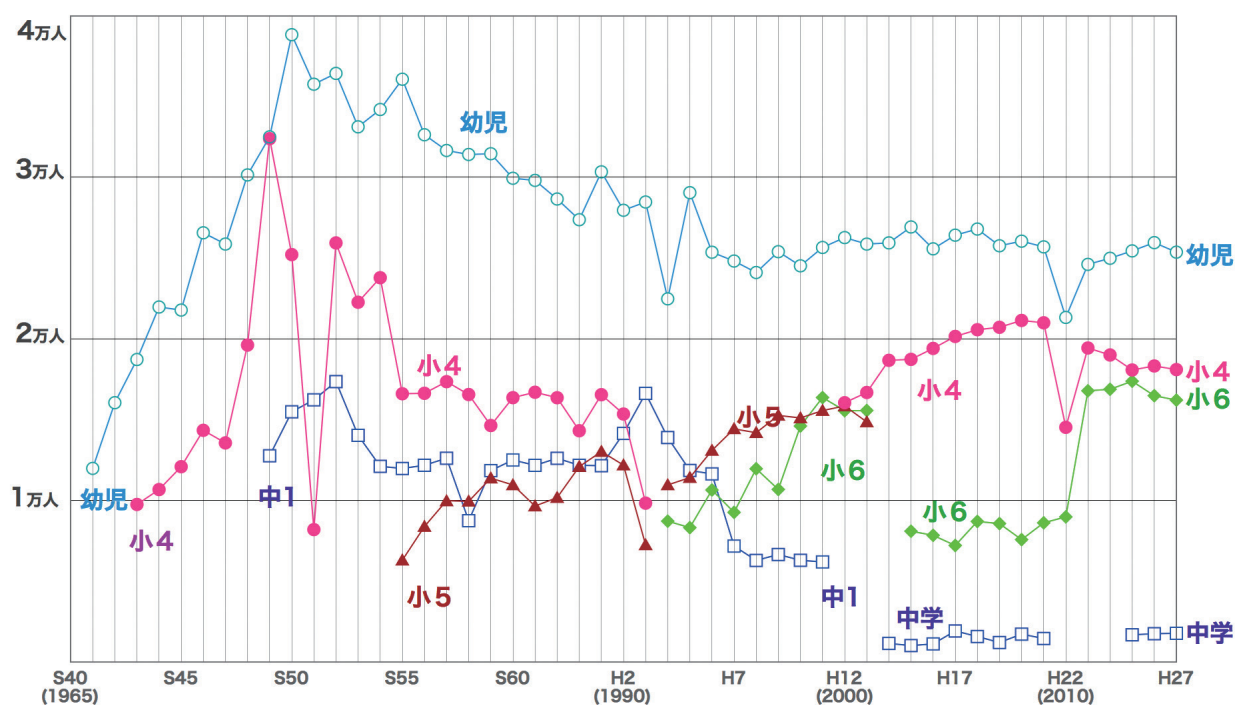


図10 学習投影の参加人数の変遷

(8) 投影の基本の考え方

名古屋市科学館では、学習投影も一般投影と同様、専門の学芸員が生解説で投影している。履修時期との兼ね合いや、月齢などの天文的条件、および当日の天気などによって臨機応変に解説内容を変えている。そして、プラネタリウムをきっかけに本物の星を見て欲しいという解説のスタンスは学習投影も一般投影も同じである。その日の星の探し方から、その時々天文現象、国際宇宙ステーションが見られる日が近ければ、その探し方などを取り上げている。プラネタリウムでの学習は、あくまで本物の星をみるための事前学習であり、星をみる代替手段ではないと考えている。天文分野の学習は夜間の観察を子どもたちにさせにくいという背景はあるが、たとえ市街地であっても月や一等星などの、学習に必要な天体は見えている。やはり、できるかぎり本物の夜空を見上げて欲しいと思うのである。感受性の豊かな子どもたちが実際に星を見上げて何かを感じることは、とても重要な自然との接点だろう。プラネタリウムを見てそれで終わりでは、あまりにも残念である。

もう一つの基本は、指導要領や教科書の内容だけで終わらないというスタンスである。教科書の内容は、基本、教室で履修できるようにできている。せっかくプラネタリウムに来たのだから、天文の授業を代替するのではなく、プラネタリウムでしか体験できないことを学習してもらおうということである。

例えば、山奥の星空では、天の川を見ることができる。その正体は銀河系の星の集まりであるが、私たちは、地球を離れ、銀河系を俯瞰することは、実際にはできない。プラネタリウムの中では、視点を連続的に変化させて、仮想的にその状況を実現することで、天の川と銀河系を結びつけることができる。

さらに、特徴的な事例が、2003年（平成15年）から2010年（平成22年）までの小6学習投影である。この時期はいわゆるゆとり教育によって小学校理科での天文分野の履修が4年生だけになった。また中学1年生で行なわれていた天文分野の履修が中学3年生の2学期後半となった。この履修時期は進路決

定などに多忙な時期であり、学習投影の参加も激減することが予想された。その結果、多くの子どもたちは小4で履修する宇宙観のままで大人になってしまふこととなる。そこで多くの学校が参加できる最高学年ということで小6をターゲットにし、より広い宇宙の解説をしたいと考えた。

具体的には、学習指導要領の移行期間に、学習投影に参加したすべての学校の先生にアンケートを行った。その中で、この小6学習投影の主旨を説明し、参加希望を調査した。そして行なったのが「教科書に天文分野がない学年での学習投影」である。タイトルは「宇宙のはなし」と題し、今見えている星空から宇宙の果てまでをじっくり解説し、最後に名古屋大学情報科学研究科とのコラボレーションで制作したCG「パワーズオブテン」³⁾で、宇宙の果てまで行って帰ってくるという内容である。

結果としてアンケートを行なった約4割の学校の参加が得られたのは、教育現場にも当時のカリキュラムでの天文教育の少なさへの危惧や、当館のスタンスへの理解があったからだと考えている^{4), 5)}。

3. まとめ

名古屋市科学館の学習投影は、大都市であるがゆえに、複数校の児童をひとまとめにして行なうというスタイルである。毎回300名ほどの児童を前にしている以上、学校のクラス単位の授業のようなひとりひとりの顔を見ながらの細やかな教育指導は不可能である。また、児童がワークシートに記入しながら進めるということも難しい。そこで我々は、プラネタリウムでしかできない体験に注力し、少しでも多くの児童が本物の星を見上げてくれるように解説をしたいと考えている。

また学習投影は、地域の子どもたちが、自分の意思とは無関係にプラネタリウムや科学館に連れて来られる機会でもある。理科が好きかどうかとは関係なく全員がプラネタリウムというものを体験する。この学習体験が興味深く面白いものであれば、その地域の人々の科学への興味関心の向上や、将来のプラネタリウムの発展につながるであろう。学習投影は子どもたちの未来の宇宙観につながっている。このことを心に置いて、投影を続けていきたい。

4. 謝辞

今回の調査研究を行なうにあたり、日本プラネタリウム協議会の総会や研修会（全国プラネタリウム大会・前橋2015, 全国プラネタリウム研修会・琵琶湖2015, 全国プラネタリウム研修会・御園2016）に参加し、パネラーとして当館の取り組みを発表しつつ、他館の発表などからの情報収集を行った。そういった情報に基づいて、訪問可能ないくつかの特徴的な施設を選択し学習投影の調査を行った。

付録では、訪問した施設に関して名古屋市科学館からの観点で特徴をまとめる。他の施設の状況を知ることにより、名古屋市科学館の特徴を改めて認識することができた。そして当館でも活用が可能な手法などは、適宜取り入れていきたいと考えている。

訪問時に快く対応してくださった皆様や、情報をいただいた皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 山田卓, 北原政子 (1972) 幼児向けのプラネタリウム投映について 市立名古屋科学館紀要 No.7, p34-37.
- (2) 山田卓 (1984) プラネタリウムにおける中学校天文学習プログラムをコンポーネント方式に プラネタリウム研究第1集, p21-29.
- (3) 毛利勝廣, 鈴木雅夫, 山本晃裕, 安田孝美 (2001) 天文教材「パワーズ オブ テン」C.G. の制作と活用 情報文化学会論文誌, Vol.8 No.1, p25-27.
- (4) 毛利勝廣 (2003) 教科書の中の天文学 天文クラブ一般クラス機関誌「?」, No.115, p2-5.
- (5) 毛利勝廣, 野田学, 北原政子, 服部完治, 小林修二, 持田大作, 中島亜紗美 (2015) 名古屋市科学館の学習投影 日本プラネタリウム協議会 会誌 10 号 (ぶらネタ), p15-18. 日本プラネタリウム協議会

＜付録＞ 他施設での学習投影の状況

学習投影は、ドームの大きさや形状、使用する機器などの設備面によって、投影する際の展開や話し方も変わってくる。例えば、座席の配列が同心円状の場合、児童によって正面の向きが異なるため、視点の移動に注意を払わなければならない。傾斜ドームの場合は、日の入りの方位などを南正面のままでは正しく再現できないため、日の入りをきちんと見せるためには、方角を回転させて、西を正面にもってくるなどの工夫が必要になる。またデジタルプラネタリウムがあるかどうかによる表現力の差は大きい。当館もリニューアルによってデジタル式を導入でき、星の軌跡などをわかりやすく投影できるようになった。

設備面だけではなく、実施施設の運営主体やスタッフの職種、人数、運用体制等によっても内容は変わってくる。専門学芸員が解説をする場合もあれば、引率してきた学校教員がそのまま授業をする場合もある。

運営面では、主体が教育委員会に近い組織の場合、学校との連携も取りやすく、観覧料も減免で対応できるなど、学校団体向けの環境を作りやすい。都市の規模はもちろん、交通手段のアクセスのしやすさによっても、参加校の数は大きく変わってくる。

具体的には、以下のような項目による差異が挙げられる。

- ・ ドームの直径
- ・ 座席数
- ・ 座席の配列（一方向・同心円）
- ・ ドームの形状（水平式・傾斜式）
- ・ プラネタリウム投影機（光学式・デジタル式）
- ・ 解説者（学校教員・社会教育主事・学芸員）
- ・ 観覧料（有料・無料）
- ・ 施設のある都市の規模
- ・ 運営主体（教育委員会・財団法人・NPOなど）
- ・ 投影番組（完全オート・一部オート・完全マニュアル）

このように多種多様な違いがあるため、最適かつ可能な学習投影の内容や運営方法は、施設によって当然、異なってくる。以下では、これらの違いを意識した上で、名古屋市科学館からみた、それぞれの施設の特徴を述べる。

(1) 明石市立天文科学館

A. 施設の概要

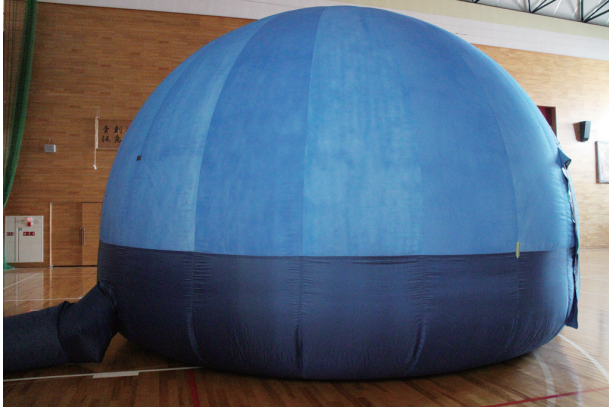
兵庫県明石市にあり、日本標準時子午線である東経135度上に建てられている科学館で、「時と宇宙」をテーマに各種展示やプラネタリウムの投影を行っている。プラネタリウムの投影機はカールツァイス・イエナ社製のUniversalium 23/3で、1960年6月の開館以来56年にわたって稼働を続けており、日本で最も稼働期間が長いプラネタリウムである。手動操作を行いながら生解説するスタイルを、開館からずっと続けている。ドームは直径20mの水平式、座席は同心円、300席。

B. 学習投影の内容

視察した小学4年生向けの学習投影には、小学4年生の団体と特別支援学校の団体、そして一般の見学者が数名入っていた。学習投影では基本、事前に先生と打ち合わせを行い、展示見学の有無や館内で昼食をとるかどうかの確認に加えて、学習の進捗状況や学校からの希望を確認するようにしているとのことであった。打ち合わせた内容を学習投影打ち合わせ表という所定のフォーマットに記載して保管をしている。しかし視察した日の学校団体とは打ち合わせができていなかったようで、投影前に解説者が先生のところへ行って直接話をしていた。後で解説者に確認したところ、この投影前のコミュニケーションで先生の要望を聞くことができ、解説に活かすことができたとのことであった。こうした解説者の姿勢はとても大切であると感じた。投影は児童に話を振って、その答えに対してさらに話をしていくというもので、ドーム内での一体感ができあがっていた。

事情があって、プラネタリウムに来ることが難しい学校に対しては、移動プラネタリウムを行っている。移動プラネタリウムは主に中学校の学習投影で活用していて、市内の中学10数校のうち、年間で34校から依頼があるそうだ。直径6mのエアドームと大平技研製の投影機を使い、その日の星空、日周運動、緯度変換などを解説する内容となっている。定員は約40名で、中学校のほぼ1クラス分である。視察の日は、朝から科学館のスタッフ2名が機材をもって中学校を訪問し、丸一日かけて4回投影していた。学習のスタイルは基本、まず学校の先生が模型を使って地球の公転について講座を行い、その

後、エアドームで科学館スタッフがプラネタリウムを使って解説するというものである。ドーム径が小さい分、生徒との距離が近くて一体となって講座を行っている雰囲気ができている。



付録写真1 明石市立天文科学館 エアドーム

(2) 大阪市立科学館

A. 施設の概要

大阪市立科学館は、1989年に開館した。その前身は1937（昭和12）年に開館した日本初の科学館「大阪市立電気科学館」で、現在は大阪市と関西電力株式会社との共同で設立された「公益財団法人大阪科学振興協会」が運営している。プラネタリウムの年間入館者数は約33万人。全国でも屈指の規模を誇る施設である。学芸員自らがプラネタリウムの番組の企画や制作、解説をおこなっている。光学式（INFINIUM L-OSAKA：コニカミノルタ）とデジタル式（VIRTUARIUM II：五藤光学）の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは26.5m、傾斜式、座席は一方向、312席。

B. 学習投影の内容

学習投影は小学生向けの学習内容を踏まえたAコースと、中学生向けの学習内容を踏まえたBコースが設けられている。Aコースでは、「太陽のうごきをしらべよう」「月のかたちやうごきをしらべよう」「星をしらべよう」の3つの内容を中心に解説が行なわれ、内容の詳細に関しては、それぞれの解説者に任されている。

視察した学習投影（小4対象）では、学芸員が明るい状態でステージ前方に立ち、諸注意などを行ってから、解説台に移動し、解説をスタート。その後、質問を繰り返しながら太陽や月、星の動きをドーム内で観察していった。観察の際には、デジタ

ルプラネタリウムを使用して星の軌跡を描いたり、角度を用いて、その位置を確認したりしていた。ドームが傾斜式・一方向のため、太陽や月が昇る方位、沈む方位を確認する場合、地平線が座席によって隠れるため、座席正面の方向を、南から西や東に変更しなければならない場面があった。「月の黒いところは何？」というクイズを実施したときには、一連のプログラムが事前に組み込まれており、設問から解答までを、学芸員がドーム全体の映像を使って、順番に解説していた。

番組としては、多くの映像的演出が、手動で任意のタイミングで行なえるような作りとなっており、解説内容も含め、学芸員の力量に問われる部分が多いと感じた。経験年数の長く、経験豊富な学芸員が多数いるからこそできる運用体制だと感じた。

大阪市立科学館の学習投影では、児童にも観覧料が必要である。この金銭的負担もあるため、科学館に来館しづらくなる状況がある。しかし、学校団体説明会（引率教員対象）を事前に設け、学芸員による展示のみどころ解説やプラネタリウム見学をおこなうなどの工夫をしている。そのような努力により、大阪市内の小学校299校のうち、7割程度の小学校（多くは4年生）、約2万2000人が参加しているとのことである。

(3) 岡三デジタルドームシアター「神楽洞夢」

A. 施設の概要

三重県津市にある、証券会社の岡三証券が設置している私設のプラネタリウムで、会社として顧客へのプレゼンテーションを行う会場である。そして地域社会への貢献を目的に津市の小学4年生向け学習投影を中心にプラネタリウム投影をおこなっている。プラネタリウムはデジタル式（UNIVIEW：オリハルコン）のみで、光学式プラネタリウムは設置されていない。ドームは14.4m、水平式、座席は一方向、80席。

一般にドームの中央部には光学式プラネタリウムがあり、それなりのスペースをとってしまうが、それが無いために座席をできるだけ多く効率的に配置できている。このことは会社として各種プレゼンを行う会場として、説明画面への視界を遮るものがないという機能としても大切である。5台のプロジェクターによって投影される映像は明るくて解像度も高く、見栄えのするものであった。プラネタリウム

の一般向け投影は毎週木曜日16:00の1回だけで、その他に小学校4年生向けの学習投影が平日の午前1回、午後1回、完全予約制で行われている。

B. 学習投影の内容

津市の教育委員会を通じて市内の学校に小学校4年生向けの学習投影のアナウンスを行い、約半数の参加があるとのことだった。視察した投影には約70名の団体がバスで来館していた。スタッフはプラネタリウム部門の3名のみで、3名で児童の誘導から注意事項の説明、投影を全て行っていた。内容は基本、教科書に忠実に従ったもので、デジタル式プラネタリウムならではの機能を使い、日を瞬時に切り替えて様々な位相の月の日周運動を見せたり、星の日周運動を見せたりというものであった。太陽が昇ってきても星を消さずに日周を続けるという演出は、太陽と星が空を同じように動いていくことを理解するのに大変分かりやすいものであった。またそれぞれの方角に仮想の窓を作って、それ以外の部分をふさぎ、窓の中だけで星の日周運動を見せるというやり方も新鮮であった。この方法は空全体ではなく、東だけ南だけとそれぞれの方角に集中して見せることができ、さらにその方角毎の動きだけを取り出して見ることもできる。ただし実際には窓の中から見るようなことはないので、うまく実際の空とつなげる工夫が必要だとスタッフも話していた。

番組の最後には宇宙旅行に出て、宇宙のスケールについて児童に感じてもらう演出が組み込まれていた。これは当館でも行っていることであるが、学習だからと言って、教科書の内容だけに縛られることなく、宇宙に興味を持ち正しい理解につながるような内容をしっかりと児童に伝え、体験させることが重要であると考えた。



付録写真2 神楽洞夢ドーム内

(4) 葛飾区郷土と天文の博物館

A. 施設の概要

葛飾区郷土と天文の博物館は、1991年に開館し、葛飾区が運営している。施設として、歴史学、民俗学、考古学、文化財、天文学の5部門を持つ。プラネタリウムの年間入館者数は約5万人。天文の学芸員が、プラネタリウムの番組企画や制作、生解説に携わっている。光学式（INFINIUM β :コニカミノルタ）とデジタル式（SKYMAX DSII-R2:コニカミノルタ）の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは18m、傾斜式、座席は一方向、165席。「全天周映画よりもプラネタリウムを重視。新しい映像機器を駆使しつつも、生解説・手動操作・オリジナル番組の制作が自在にできるプラネタリウム。」という、基本方針のもと、数多くの番組を制作、運営している。

B. 学習投影の内容

学習投影は小学生向け番組と、中学生向け番組が設けられている。小学生向け番組では、小学3年生で学ぶ太陽の動き、4年生で学ぶ地球から見た月と星の特徴とその動き、6年生で学ぶ宇宙の広がりが一つの番組にまとめられ、天文の専門職員によって解説される。

小学生向けの内容では「1. 太陽の動き」「2. 月の動き」「3. 月の満ち欠け」「4. 星と星座」「5. 星の動き」「6. 宇宙へ」の流れで、解説が行なわれる。それぞれの項目の中で、表現できる映像演出ボタンが事前に作られており、解説者は児童の状況に応じて、適宜ボタンを押せるようになっている。例えば、「2. 月の動き」の所では、「三日月の動き」「半月の動き」「満月の動き」が、「4. 星と星座」の所では、「夏の星空」「当日21時の星空」「冬の星空（12月）」「冬の星空（2月）」が選択できるようになっている。解説者が手動で対応するが、すべて自由ではなく、あらかじめ決められた場面で、どのような内容を伝えるべきかをしっかり考えた上で、ボタンが設けられており、とても参考になった。「6. 宇宙へ」では、地上からの観察だけではなく、視点を変えて、宇宙から地球や月の動きをみる。

「地球をゆっくり離れながら、学習内容を違う角度から振り返ります。星空の動きは地球が自転しているために起きること、月が地球のまわりを回って

いること、太陽系の姿、星座の星たちは銀河系に散らばる星たちであることなどを、立体感のある映像で紹介し、宇宙への関心を高めます。」(葛飾区郷土と天文の博物館のホームページ¹⁾より)

教科書だけにとどまらない、科学館ならではの役割だと感じた。学習投影の基本的な流れは、ホームページに掲載されており、学校の先生が事前に状況を把握するのに役立つと思われる。

学習投影前後には、事前アンケートと事後アンケートが取られている。事前アンケートでは、学習投影当日の各学校の「月や星の動き」の指導状況を把握することができ、それらが解説に活かされている。

4年生の学習投影では、区内49校すべてが参加するとともに、江戸川区や墨田区・台東区など区外からも多くの児童が参加している。

(5) かわさき宙と緑の科学館

A. 施設の概要

2012年4月に現在の「かわさき宙と緑の科学館」としてリニューアルオープンした施設で、主に川崎の自然を扱った展示室とプラネタリウム、天文台で構成されている。光学式(MEGASTARⅢ Fusion: 大平技研)とデジタル式(ステラドーム・プロ: アストロアーツ, UNIVIEW: オリハルコン)の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは18m, 水平式、座席は同心円, 202席。

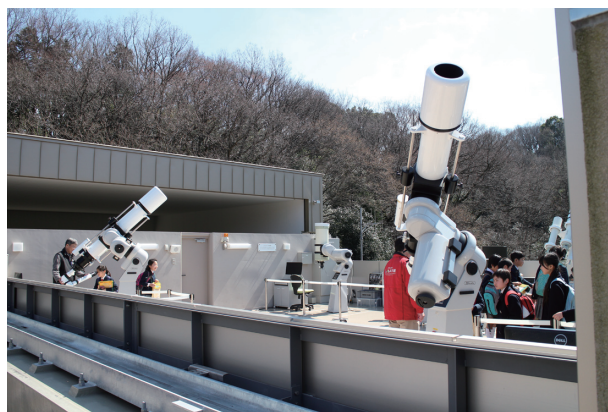
B. 学習投影の内容

視察した学習投影は、私立の小学4年生の団体60名ほどを対象にしたものであった。プラネタリウムドーム前に整列した児童達に向けて解説者が挨拶と注意を伝えることから学習投影が始まるが、これを行うことによって児童達にこれからの学習に対する意識付けをするとともに、解説者も児童の雰囲気を感じ取れる良さがある。投影の導入部分では、児童達の通う学校の校庭から見上げた景色がまわりにパノラマとして投影された。公立の小中学校全てと私立の数校分、合わせて170校ほどのパノラマの映像をもって、学習投影のときにはこれを使い、さも学校の校庭から空を見上げた雰囲気で話をすることであった。児童からは驚きの声が上がるとともに、その後の方角確認がスムーズに行えたのは、よく知っている場所であるからこそであろう。実際

に学校で夜間に星の観察ができるのであれば、さらに効果的であろう。各学校のパノラマを投影する演出は各地で試みられているが、名古屋市科学館の場合は、一回の投影に複数の学校が入るので実現は難しい。

学校側には、投影の後に屋上に出て太陽や星を望遠鏡で観望するオプションも提示されており、今回の団体はそれを希望されていた。投影中に、太陽を望遠鏡で見た様子の説明を加えることで、その後の観望体験をより効果的なものにする工夫が行われていた。

学校団体は学習投影を申し込む際に、事前アンケートを記入することになっている。アンケートには観覧の位置づけや、実際の空での観察有無、要望など、解説者が投影を行う際に参考となる項目がまとめられている。具体的な要望が出ることは少ないとのことであるが、要望がある場合には生解説の利点を活かして臨機応変な対応をしている。今回の学習投影(3月15日)では冬の大三角と夏の大三角が見たいという要望があったので、明け方に東に昇る夏の大三角を見やすいよう北西側の座席が使われていた。アンケートには引率教員が学習投影内で説明をするかどうかを聞く問いがあり、教員が解説をすることもあったとのことだった。川崎市内の全ての公立小学校にステラドームスクールという、プラネタリウムの番組を簡易につくることができるソフトウェアが配布されており、これを利用して教員が自らプラネタリウムの番組を制作し、科学館にデータを持ち込んで実際に投影ができる仕組みが整えられている。マウス操作で学習コンテンツを時系列に並べることで簡単に番組が完成するというものであるが、現実には扱いにくい部分もあるそうで、利用は年に3件ほどにとどまっているとのことであった。



付録写真3 かわさき宙と緑の科学館 観望会会場

(6) 杉並区立科学館

A. 施設の概要

杉並区立科学館は1969（昭和44）年に開館し、2015（平成27）年3月末でプラネタリウムの投影を終了した。原稿執筆時点では建物も解体され、新しい科学館的施設にはプラネタリウムは設置されないとのことだ。かつては科学教育センターの草分けとして、全国をリードする活動をしていたが、その活動が未来へ繋がらなかったということになる。人口の多い東京地域でのプラネタリウムが存続されないことへの危機感もあり、閉館直前に訪問して学習投影を見学してきた。

光学式（GM2-SPACE：五藤光学）と補助投影機を多数備え、ドームは15m、水平式、座席は一方向、140席。

B. 学習投影の内容

杉並区では理科移動教室というカリキュラムを持っており、施設が費用を負担するバスで様々な学年の児童・生徒が施設に来館し、理科実験観察と学習投影を1限づつ体験して帰るというスタイルで、児童たちは小学校の時期だけで複数回のプラネタリウム体験をすることになる。

杉並区立科学館は学校教育型の学習投影に相当する。スタッフは正規職員の学芸員と複数名の非常勤職員であったが、閉館直前には非常勤職員だけになっていた。ドームは15m水平型150席。学習投影時、解説者はワイヤレスマイクを持ち中央で児童を見ながら話したり、操作のためにコンソールに戻ったりしつつ授業を展開していた。児童は配布されたワークシートを使い、学習指導要領の内容に沿って、プラネタリウムの星空を、いわゆる本物の星空の代用として観察し記録していた。星座を見つける場面では、ドーム内を薄明るくして児童たちが自由に歩きまわらせ、自力で星座を探させる場面もあった。ワークシートはとても工夫されており、かつては全国の学校教育型のお手本的存在でもあった。

ただし、ワークシートをドームに投影するのにOHPを使っており、白いシートを空に映し出したためにドーム内が明るくなってしまっていた。方角を知るために投影するパノラマは、色あせてしまっていて、美しくないどころか、解説者が示している景色を認識しにくいような状態であった。

雰囲気は今度本物の星を見てみたいというものではなく、淡々と授業が展開されていた。

このような現状は、非常勤スタッフだけでは手の打ちようもなかったのであろう。当館も2011年のリニューアル前は、杉並区立科学館よりも古い設備を用いていた。ただし様々な工夫や熱意は生徒たちに伝わる。「来てよかった。また今度来てみたい。」という気持ちにさせ、科学とのつながりを持たせることが、いかに大切かということを考えさせられた。

(7) 多摩六都科学館

A. 施設の概要

多摩六都科学館は、小平市、東村山市、清瀬市、東久留米市、西東京市の五市が設置した参加体験型の科学館で、1994年に開館し、2012年にプラネタリウムのリニューアルをおこなった。最新鋭の投影機を設置し、「最も先進的なプラネタリウム」としてギネス世界記録が認定された。現在、乃村工藝社が指定管理者となって運営されている。

光学式（CHIRON II：五藤光学）とデジタル式（VIRTUARIUM II：五藤光学）の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは27.5m、傾斜式（角度は22度と比較的急である）、座席は一方向、234席（移動式のものも含む）。

B. 学習投影の内容

学習投影は、小学4年生、小学6年生、中学生、幼児を対象にしており、平成27年度の参加人数は、小学4年生10,762人、小学6年生381人、中学生1,363人である。小学4年生は域圏5市のほとんどの学校が参加しているが、小学6年生の参加率はかなり低い。これは、域圏5市の児童は半額免除、域圏外は一般団体料金を適用していることが影響しているとみられる。

視察した回は、135名程の青梅市（域圏外）の小学校1校のみであった。5名のプラネタリウムの専門スタッフが、児童の誘導から注意事項の説明、投影を全て行っていた。諸注意が終わった後、児童達の通う学校の校庭から見た昼間の景色が周りのパノラマとして投影され、子ども達は驚いていた。馴染みの景色なので方角もわかりやすく、単独校利用ならではの工夫された導入であった。

投影内容は基本、教科書に忠実に従ったもので、光学式とデジタル式プラネタリウムの機能を使い分

け、効果的に太陽や月の日周運動や、星の日周運動を見せていた。番組の最後には宇宙旅行に行くという映像演出が組み込まれていた。ただし全体の雰囲気としては学習指導要領に基づいた授業色が強く、プラネタリウム本来の星空を見上げる楽しさは少なかった。

指導要領の内容をきちんとなぞることも重要であるが、普段の教室とは違う場所に来ているのだから、教室でできることとは違う、ワクワク感がもっと感じられるほうが、せっかくプラネタリウムに出かけてきたと言う価値が高まるように思われる。

(8) 前橋市児童文化センター

A. 施設の概要

前橋市児童文化センターは、1969（昭和44）年に、プラネタリウムをはじめ最先端の設備を備えた、前橋市の科学・文化・芸術・交通安全の拠点として前橋こども公園内に建設された。2012年の公園の再整備にあわせて、プラネタリウムなどの施設も一新されている。前橋市の教育委員会の施設であり、学校教員もその運営に大きく関わっている。

数年で交代していく児童文化センターの職員が、他の業務も行いながら、プラネタリウムの番組企画や制作、生解説に携わっている。光学式（CHRONOS II-HYBRID：五藤光学）とデジタル式（VIRTUARIUM II：五藤光学）の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは12m、水平式、座席は同心円（用途により一方向に変更可能）、100席。

B. 学習投影の内容

学習投影は、前橋市内の全小学校の4・6年生と、希望のある幼稚園・保育所の幼児や、中学校・特別支援学校の児童生徒に対して学習投影を行なっている。小学校の学習投影では、理科の授業と関連づけて指導者が児童に質問しながら授業形式で学習を進めていく、学校教育型の学習投影に相当する。特徴的なのは、4年生ではドーム内照明をつけ、手元を明るくしながら、星座早見盤の使い方の実習をしたり、月の動きをワークシートに記録したりすることだ。

6年生では、電球付きスタンドを準備して、月の満ち欠けの実験をおこなうなど、体験を通して学習できるように工夫されている。また、それぞれの学習投影のシナリオ案が作られていたり、職員の研修

会が定期的に実施されるなど、多くのスタッフが年ごとに入れ替わりつつ運営にあたる施設ならではの伝達の工夫があった。小学校、幼稚園、中学校・特別支援学校などの参加者、合計約1万人に対して学習投影が実施されている。

他にも、児童文化センターでは、天体望遠鏡を運搬して、年15回ほど、小学校で移動天体教室を実施しており、児童や保護者もあわせて、平均で100名を超える参加者があるそうだ。

(9) 宗像ユリックスプラネタリウム

A. 施設の概要

宗像ユリックスプラネタリウムは、福岡県宗像市にある芝生広場や屋内プール、イベントホール、図書館などが併設された総合複合施設にあるプラネタリウムで、2011年にリニューアルオープンした。宗像ユリックスNPO法人エム・ワイ・ピーによって運営されている。

スタッフ自らがプラネタリウムの番組の企画や制作、解説、見学者の誘導など、プラネタリウムの運営に関わるすべてのことに対応している。

プラネタリウムの年間入館者数は約3万人。光学式（スカイマスター ZKP4：カール・ツァイス）とデジタル式（ステラドーム・プロ：アストロアーツ、UNIVIEW：オリハルコン）の両方式のプラネタリウムを備え、ドームは12m、水平式、座席は一方向、80席。

B. 学習投影の内容

視察では、小学校4年生の学習投影を見学した。天頂、方位の確認を行なった上で、光学式プラネタリウムで二至二分の太陽の動きを確認。続いて、三日月の動き、半月の動き、満月の動きを天球上で確認。次に星の色や明るさを確認した上で、冬の大三角の位置の変化や、東西南北、それぞれのエリアの星の動きをデジタル式と光学式をあわせて確認。その他にも、星座の解説や街中と山奥の星空の違いなどが説明された。学習投影の内容は、小学校3・4・6年生と中学校3年生向けの計4種類が準備されており、それぞれのプログラムの内容は指導案形式で、ホームページでも閲覧できるようになっている²⁾。

多くの学習内容が網羅されており、限られた時間の中でそれらを実現するために、かなり詰め込まれ

ている印象を受けたが、それ以上に担当者の創意工夫を感じることができた。二至二分の太陽は、名古屋市科学館の場合、補助投影機で投影することができるが、ここでは補助投影機が存在しないため、光学式の惑星投影機を活用することによって再現していた。光学式の星空を主体とし、デジタル式の星空はあくまでも補助的なものと位置づけ、星の軌跡の表現以外、ほとんど使用していないのが特徴的であった。

付録参考文献

- (1) 葛飾区郷土と天文の博物館 小学生向け学習投影ホームページ
<http://www.museum.city.katsushika.lg.jp/school/planetarium%20/es/index.php>
- (2) 宗像ユリックスプラネタリウム 小学校団体向けホームページ
<http://hosizora.com/group/study-1/>

生命ラボの新プログラムその4

New workshop programs of “Bio Lab” (4)

尾 坂 知江子*・後 藤 年 彦*・夫 馬 政 承*

OZAKA Chieko・GOTO Toshihiko・FUMA Masatsugu

1. はじめに

生命館5階の実演コーナー「生命ラボ」は、生命科学の実験観察を自分自身で体験できるコーナーである。平成24年3月のリニューアルオープン以来、1か月毎に実演プログラムを替え実施してきた。開発したプログラムは26件になり、これまでも名古屋市科学館紀要で報告してきた^{1), 2), 3)}。本稿では、平成28年1月から12月に開発した新プログラム4件について報告する(表)。実施、運営の方法、プログラム開発の基本的な考え方等については、以前の報告を参照していただきたい。

2. 4つの新プログラムについて

(1)「マイクロピペットを使ってみよう」(資料1)

ここでは、いつもの生物を使った実験と違って、生命科学の研究を「ちょっぴりかがくしゃきぶん(タイトルの前振りコピーより)」になって疑似体験するプログラムを企画した。

科学研究というと、少し前までは、白衣を着た人が試験管や三角フラスコを持っているというようなイメージが一般的であったかもしれない。この数年で、ようやくテレビ番組や映画などでも科学捜査の場面で、マイクロピペットを使っている様子が象徴

表 名古屋市科学館生命館5回「生命ラボ」実演プログラム(平成28年1月～12月)

名古屋市科学館 生命館5階 「生命ラボ」 実演プログラム (平成28年1月～12月)

タイトル	実施 時期	概要と協力者名、学習のポイント(※)	実施 回数	参加 者数
目と耳とどっちがはやく?	平成28 1月	生理学研究が所が開発した「シナプスメーター」を使い、音(聴覚)と光(視覚)を感じて、スイッチを押し、かかった時間を比べた。協力:全国科学館連携協議会 ※神経、シナプス	32	366
ゾウリムシのからだ	2月	生物顕微鏡で生きているゾウリムシのサイズや泳ぎ方、食胞などを観察した。※単細胞生物	32	377
★マイクロピペットを使ってみよう	3月	マイクロピペットやマイクロチューブの使い方を学び、微量な実験を疑似体験した。※マイクロスケール	35	389
紫外線を防ぐには	4月	紫外線と健康との関係を説明し、ガラス、日焼け止めクリーム、布などが紫外線をふせぐかを紫外線検知紙で調べた。※紫外線、UVカット	35	501
タンポポのタネはいくつある	5月	タンポポのひとつの頭花にいくつタネがあるかを台紙に貼りながら数えた。近年セイヨウタンポポのタネ(舌状花)の数が少なくなっているといわれて、それを確かめることができた。協力:渡邊幹男 ※頭花と舌状花、雑種タンポポ	35	477
シロアリのふしぎな行動	6月	ボールペンの線をヤマトシロアリが辿る行動を確かめ、その理由を考える実験を行った。最後に道しるべフェロモン(におい)によるコミュニケーションについて考えた。 ※道しるべフェロモン	33	463
ビタミンCを調べてみよう	7月	ヨウ素液を使って、ジュース等に含まれるビタミンCを調べた。※ビタミンC	37	627
ダンゴムシは ジグザグがお好き	8月	オカダンゴムシが迷路を解く行動を観察し、交差点、T字路迷路でその行動のひみつを追求した。 ※交替性転向、左右非対称性脚運動	37	798
あれっ?目のさっかく(その3)	9月	ダイヤモンド錯視やエビングハウス錯視などを体感する。協力:自然科学研究機構生理学研究科 ※視覚情報	33	485
★手のひみつ	10月	自分の手の骨の形をビニール手袋に描いてみたり、牛の足の骨を組み立てて、関節の素晴らしさを体験する。 ※骨格、関節	36	458
★大きな細胞を見てみよう ～シャジクモを使って	11月	顕微鏡でシャジクモの細胞の中にある流れ(原形質流動)を観察した。協力:日本生物教育学会サポーターシステム ※生物顕微鏡	35	440
★光る生きもののひみつ	12月	ヘイケボタルの発光器の観察と発光バクテリアのお絵かきを実施。後者の結果を2日後に科学館HPで確認できるようにした。 協力:池谷治義(桐蔭学園)、別所学・中井遼介・小西花織(名古屋大学大学院生命農学研究科) ※発光生物、バクテリア	32	444

★印が、新プログラム。★印がついていないものは、紀要の前号で報告した1), 2), 3)。

的に映し出されるようになってきた。生命科学、特に遺伝子関連実験では、マイクロリットルレベルのごくわずかな量で実験することが多い。定量を計り取るピペットは、先端に使い捨てのチップを装着して使うマイクロピペットとなり、液体を入れるガラスの試験管は、使い捨てのマイクロチューブが使われている。液体を混ぜるにもマイクロスケールの世界では工夫が必要で、専用のミキサーが使われる。これらの器具は一般の方々にはまだなじみが浅いし、高価な精密機器なので、触るのにも注意が必要である。

生命ラボでは、1本数万円するマイクロピペット10本を自由に使える状況にあった。マイクロピペットを使う先端技術の実験を実演内で開催するのは困難であるが、今回は、器具に触れたり使ったりすることを目標にした。まずマイクロピペットの使い方や目盛を変える方法を指導した。次に何か具体的な課題があった方がいいので、2つのごく簡単な実習を準備した。まず、2つの液体を混ぜてアルカリ性になると色が変わる実験をマイクロプレートで行い、次に小学生がよく知っているヨウ素デンプン反応を使って物体Xを調べることにした(写真1)。このような課題については、紙に微量な水滴を落としてドットを作っていくなどいろいろな楽しいバリエーションが考えられると思う。



写真1 マイクロピペットの容量を調節しているところ。

生命ラボには幼児から高齢者まで多様な人が参加するので、どこまで使いこなせるだろうか、またこのようなただ実験器具を使ってみるという実演を楽しんでもらえるだろうか心配していた。しかしこの実演参加後に、ある女子中学生が母親の前で「私、

研究者になる。」と宣言していた。実験機器を体験するのも、科学への興味や理解を深めるきっかけとなるであろう。

(2)「手のひみつ」(資料2)

20数年前に名古屋大学農学部故藤岡俊健解剖学教授からウシの肢の骨格標本(手根骨から先の部分)を12本分(つまり3頭分)いただいていた。この骨格標本は、表面に油分が浮くことなく非常に綺麗な状態のものであったが、活用する機会がなかった。今回この貴重な骨格標本を使って、実演を組み立てることとした。

2015年、チーム医療に必要な力を習得するための共同作業をするアセンブリ授業の一環で、藤田保健衛生大学の学生が手の骨についての実演を生命ラボで企画実施した。これにヒントを得て、ウシではあるが実物の骨を触って、自分の手の骨の仕組みを考える内容を企画した。

まずヒトの手の拇指対向性を確認してから、紙に手の骨の形を想像で描いてみる。それから骨格のイラスト図を見ながら、今度はビニル手袋を片手にはめて、その上に手根骨、中手骨、指骨を色分けして描いて自分の骨を確認してもらった(写真2)。その後、前述のウシの骨セットを渡し、関節の形をヒントに順番に並べる作業をしてもらった。もちろんウシは偶蹄類であり、ヒトの5本指の手の骨格とは機能形態がかなり違うが、基本構造は同じである。反対に、比較形態学的にウシは指先で立っていることやヒトは蹄ではなく平爪であることなど、ヒトの手の特徴を解説することができた。



写真2 ビニル手袋の上に手の骨を描いているところ。

当初、一般の方が骨格標本を直に触るのには抵抗があるかもしれないと危惧していたが、これは全く問題なかった。作り物と思うほど綺麗な骨格標本だったからだろう。

(3)「大きな細胞を見よう～シャジクモを使って」(資料3)

通常生命ラボのプログラムをさらに充実させるため、日本生物教育学会生物教育サポートシステムと連携して開発することを試みた。日本生物教育学会生物教育サポートシステムとは、生物教育の知識や技能を持つ会員を登録しておき、学校や生涯学習の場で生物学習活動をサポートするため2009年に創設された。この名古屋地域にも数人のベテラン生物教育関係者が登録している。サポーターシステムにネットから申し込み、西郷孝氏(元県立旭丘高等学校教諭)と伊藤政夫氏(市立向陽高等学校教諭)が協力してくれることになった。

テーマを検討した結果、シャジクモの原形質流動を生物顕微鏡で観察する実演になった(写真3)。シャジクモは、数cmにもなる大きな細胞(実際は多核細胞)を持つことで有名で、顕微鏡で観察すると液胞の中をさまざまな粒が流れていくのを簡単に観察することができ、細胞がダイナミックに活動しているのを実感することができる。生物の教科書にもよく出てくる教材であるが、実際に学校現場で生徒に観察させる機会は多くはないという。さらにテーマの検討中に、大隈良典氏が細胞のオートファジーに関する研究でノーベル賞を取ったというニュースが飛び込んできた。この大隈博士の研究は、酵母の液胞を顕微鏡でじっくり観察することが端緒となっていた。シャジクモでオートファジーを観察できるわけではないが、その舞台となる液胞の中を観察してもらい、細胞の中身により興味を持ってもらうことを目指した。

シャジクモは、向陽高校と県立明和高等学校で維持しているものを譲渡していただき、実演を行う1ヶ月間の維持の仕方や参加者が確実に観察できる方法などを工夫した。顕微鏡の観察用に、小さなチャック付きビニル袋に少量の水とともにシャジクモを入れて試料とした(写真4)。これはスタッフが事前に準備する必要があるが、割れる危険性があるガラススライドを使わなくてもよく、安全で扱いやすいうえ、何回か使い回しができることがわかった。

生きた生物を使った実験観察は、入手方法や1ヶ月間良い状態で継続使用できるかがネックとなる。今回の実験は、オーソドックスで、奇をてらった実験ではないが、日本生物教育学会員が持っている地域の情報や知識経験を十分に活用させていただいた。本件は、個人ベースで関係者に依頼しても実現可能であったかもしれない。しかし、生命ラボの活動が、将来的にも学会活動やこの地域の生物教育の活性化の一端を担っていければと思い、このような手続きを踏んだ。



写真3 シャジクモ 節と節の間が一つの細胞。

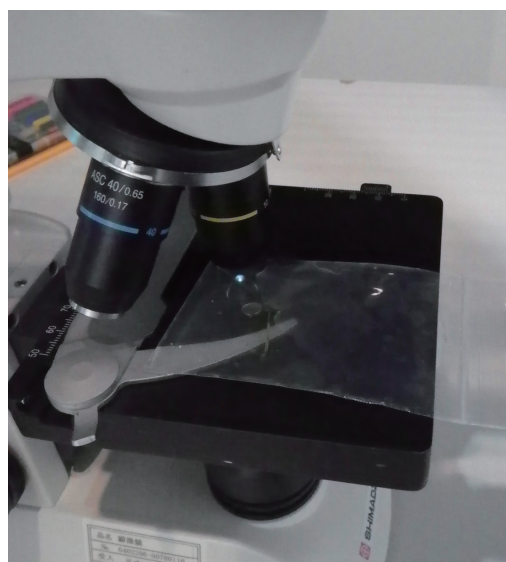


写真4 チャック付きビニル袋に入れたシャジクモ試料。

(4)「光る生きもののひみつ」(資料4)

今回のプログラム開発目的は二つある。一つは、常設で生体展示している発光生物を有効活用するこ

と、二つ目は、インターネットの活用を探ることである。そこで、生体展示しているヘイケボタルの発光器の観察と発光バクテリアを使ったお絵かきを実施し、科学館公式ウェブサイトが発光バクテリアの培養結果の写真を載せる方法を試みた。このインターネットで培養結果を確認するというのは、テクイノベーションミュージアム（アメリカ、シリコンバレー）の常設展示室内で行なっている遺伝子組み換えワークショップからヒントを得た。

発光生物を多くの人に観察してもらうには、大きなハードルがある。発光生物は魅力的ではあるが、「生命ラボ」の会場は明るく、真っ暗にすることはできないので、工夫が必要となる。そこで、参加者の観察用に合成樹脂製の小さなバケツ状容器（小さなゴミ箱を代用）と中央に覗き穴がある蓋を準備した。また後述するバクテリアの写真撮影用に黒いプラダン（段ボール状の合成樹脂の板）を使用して、暗箱（およそ高450x幅450x奥行450）を作った（写真5）。

当館で生体展示しているヘイケボタルは、池谷治義氏（桐蔭学園、高校教師）が完全飼育しているホタルで、羽化したものをもらっている。池谷氏は通年飼育していて、当館へは通常は月2回ほど送ってもらっている。ホタルの成体は羽化後1週間ほどしか生きないので、今回実演に使用するにあたって、通常より回数を多くし、1週間に1回送ってもらうことにした。実演時には、オスとメスを1頭ずつ小さな透明容器に入れ、腹部を観察できるようにした。屋外でホタルの発光を観察したことがある方でも、発光器をじっくり観察することはほとんどないだろう。



写真5 発光を確認するための暗箱。左は写真撮影に使用。

発光バクテリアの生体展示は、名古屋大学大学院生命農学研究科の研究者・院生がホタルジャコやイチモンジヒゲなどの発光魚から採集したバクテリアをもらい、週に2回程、シャーレ内の寒天培地に植菌しながら維持し、常時展示している。実演では、発光魚と発光バクテリアの共生関係に軽くふれ、生きているバクテリアの動いている様子を顕微鏡観察してもらった（今回は個別観察ではなく、1台の顕微鏡に撮影カメラをつけて大きく投影した）。そのあと滅菌綿棒を使って発光バクテリアでお絵描きをしてもらった。この際、紙に印刷した9cmシャーレ大の丸の中に事前に鉛筆で下絵を描いてもらい、その上に培地が入ったシャーレを置き、描くようにした。

培養結果をインターネットで公開する（写真6）ために、次のような作業を行なった。

- ①参加者には、下絵を描いた紙に自分の席の番号を記入してもらい、持ち帰ってもらう。この紙には、インターネットのどのサイトを見ればいいのか、いつからいつまで見ることができるかも記入してある。
- ②実演後に、シャーレ9枚（3x3）を並べられる枠に参加者が描いたシャーレを番号と絵の向きを確認して並べて、冷蔵庫で保管する。
- ③翌日（約24時間前後）に写真撮影用の暗箱に入れて、ISO感度を6400に調整したデジタルカメラ RICOH WG-4 で撮影。
- ④撮影データにパワーポイントで席の番号、日付等を入れて加工し、PDFファイルにする。
- ⑤科学館公式ウェブサイトにアップする。

写真撮影は、主に運営員が担当し、インターネットへのアップは学芸員が行なった。1ヶ月間火曜日以外は毎日この作業を行なった。

このような発光バクテリアのお絵描きは、2005年の企画展「光る生きものたち〜輝く魅力と探求の浪漫」のイベントでも実施したが、その時は、数日後に再度来館して確認してくださいと言うしかなかった。しかし、インターネットの普及により、科学館ウェブサイト写真に載せることが可能になった。生物実験は、変化を見るのに時間がかかるものが多い。しかしこのようにインターネットを活用し、実験結果を後日参加者に自宅で確認してもらう手法を確立することができ、生命科学系実演に新しい展開

が可能となった。この手法は、他の実験でも応用できるだろうし、科学館のウェブサイトを見てもらうきっかけともなっているだろう。



写真6 インターネットで公開した発光バクテリアのお絵かき写真。

3. おわりに

今回開発した4件のプログラムは、生物学実験として面白いだけではなく、インターネットを使った試みや地域とのつながりを考える視点を持っている。生命ラボの利用者は年間およそ6千人であり、科学館の年間利用者数140万人のうちの1%にも満

たない。開発した内容を実演に参加した方々だけではなく、学校や他の社会教育の科学活動の場で利用してもらうことにより、地域における公立科学館の役割を果たせればと思っている。

4. 謝辞

「生命ラボ」がリニューアルして5年になろうとしている。毎月替わるテーマを待ち望んでくれる来館者も現れるようになった。できるだけ本物の生物を使って充実した実演内容にしたいと心がけて来たので、多くの方々、関係機関のご協力なしにはできなかった。関係各位に心より感謝の意を表したい。

参考文献

- (1) 尾坂知江子・吉原攝子・榊原友紀・田代里子・河合正秋・佐久間寛 (2013) 新「生命ラボ」の実験体験プログラムについて 名古屋市科学館紀要第39号 p28-38. 名古屋市科学館
- (2) 尾坂知江子・河合正秋・後藤年彦 (2014) 生命ラボの実験体験プログラムについて (その2) 名古屋市科学館紀要第40号 p20-29. 名古屋市科学館
- (3) 尾坂知江子・河合正秋・後藤年彦 (2015) 生命ラボの実験体験プログラムについて (その3) 名古屋市科学館紀要第41号 p16-26. 名古屋市科学館

資料1 「マイクロピペットを使ってみよう!」

1 概要

生命科学の研究では、以前の実験室で見られた試験管、フラスコ、スポイト等の容量の器具はあまり使われなくなっている。極微量で実験するために使われている器具（マイクロピペット、チップ、マイクロチューブ、マイクロプレート）を用いた実験を体験する。20分という短い時間で、最先端の実験器具を使い、ちょっぴり科学者気分を味わってもらおう。

2 準備 ①と②はグループ分用意する

① 試料

- ・液体X（片栗粉に水を混ぜたもの）・液体Y（ヨウ素液）
- ・液体A（紫キャベツの色素溶液）・液体B（重曹の水溶液）
- ・5mLのプラピペットとゴム球

② 器具

- ・マイクロピペット ・色チップ（チップラックごと）
- ・マイクロチューブ ・5mLプラピペットとゴム球
- ・マイクロプレート ・安全メガネ

共用器具

- ・微量遠心機（ちびたん）2 ・ミキサー1



3 方法

体験1 マイクロピペットの使い方をマスターしよう

- ① ダイヤルを回して、いったん、計量する容量より多めの数字に合わせ、ゆっくりとダイヤルを戻して、計量する量 200 μ L に戻す。
- ② マイクロピペットを片手でしっかりとにぎり、親指はプッシュロッドの上におく。
- ③ チップラックに入っているチップにマイクロピペットの先を真上から差し込み、軽くトントンとたたくようにしてしっかりとつける。
- ④ プッシュロッドを第1ストップまで押した状態で、チップの先を液面につける。
- ⑤ ゆっくりとプッシュロッドを押さえていた指を離して、液体を吸い上げる。
- ⑥ 容器の上に移動して、ゆっくりと第1ストップまで押し、液を出す。さらに第2ストップまで押し下げて、チップ内の液を完全に出す。

体験2 液体Xを調べよう

- ① マイクロピペットのダイヤルを回して 200 にして液体Xを 200 μ L 吸い取る。
- ② マイクロチューブに入れ、しっかりふたをする。マイクロチューブを30秒間遠心分離器にかけ、変化を観察する。マイクロチューブのふたを開けて、液体部分だけを吸い出して捨てる。
- ③ チップを交換し、マイクロピペットで液体Y（ヨウ素液）を 200 μ L 加えてふたをしてよく混ぜる。ヨウ素デンプン反応が起こり青紫色に変化したことを記録する。液体Xにはデンプンが入っていたことを確認する。

体験3 液体Aの反応を調べよう

- ① 液体Aを 200 μ L 吸い取り、マイクロプレートの左角の穴に入れる。
- ② 数字を 50 に調整し、液体Aを別の穴4つ分ける。計算上は4つの穴に分配できる。
- ③ チップを交換して液体Bを 50 μ L ずつ液体Aの穴に加えていく。
- ④ 色の変化を観察して、記録する。
- ⑤ 液体Aは紫キャベツの色素溶液であり、酸性・アルカリ性で色が変わることを、液体Bは重曹の水溶液でありアルカリ性のため紫キャベツの色を青く変化させることを説明する。

4 コメント

- ・楽しみながらマイクロピペットの使い方をマスターする体験を取り入れる。
- ・慣れていない段階でダイヤルを0から200まで回すのは大変なので、予め近い値まで回しておくが良い。
- ・それぞれのマイクロピペットには、測定可能な容量の上限と下限があるのでそれを超えて使用してはいけない。
- ・マイクロピペットの種類によっては目盛の桁に注意する必要がある。
- ・初めて使用するときは、プッシュロッドを操作して、第1ストップと第2ストップの位置や手ごたえをしっかりと確認しておく。

資料2 「手のひみつ」

1 概要

手は人類発達の歴史の中で、重要な役割を果たしてきている。親指と他の指を合わせることができる動き（拇指対抗性）が、細かい作業を可能にしていることを確認する。骨のつくりについて、牛の骨格標本を組み立てながら観察することを通して、関節の仕組みを理解することができる。

2 準備

- ・記録用紙（白紙に自分の手の形を書いて、自分の手の骨を予想して書き入れる）
- ・ビニル手袋（手を入れて、自分の骨を探りながら骨を書き入れる）
- ・油性ペン
- ・手にあたる部分のウシの骨格標本
- ・「ヒトの手の骨」シート
- ・「ヒトの手の骨と牛の骨との比較」シート

3 方法

A 手の観察

- ① 拇指対抗性を自分の手の動きで確認する。
- ② 両手の向かい合った指を合わせ、一本ずつ離す。
- ③ ②と同じことを中指の背中を合わせた形で試す。

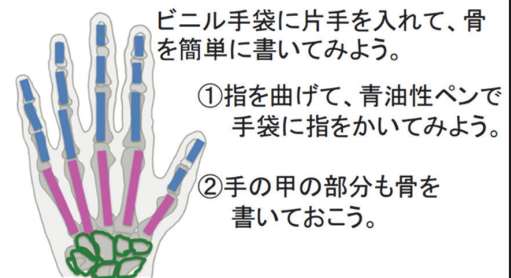
B 手の骨の観察

- ① 記録用紙に自分の手の形を写し、手の骨を予想しながら書き入れる。
- ② 「ヒトの手の骨」シートを見ながら、確認する。
- ③ ビニル手袋に手を入れ、シートを見ながら自分の骨を記録する。

C 牛の骨の観察

- ① 牛の骨格標本を取り出し、ヒントを与えながら、大きさをもとに順序良く並べる。
- ② 関節部分を合わせながら、正しい組み合わせを確認する。
- ③ 関節部分を動かしながら、動き方を確認する。

自分の手に骨を書いてみよう！



4 コメント

- ・普段、手のひら、足のひらで立っているように見える牛や馬が、実は指先で体を支えていることに気づかせたい。
- ・牛は蹄が2本の偶蹄類、馬は蹄が1本の奇蹄類であることも説明するとよい。
- ・手の骨の数を予想してもらい、指骨14、中手骨5、手根骨8の合計27個の骨からできていることを説明することで、多くの骨からできていることに興味をもつことができる。
- ・ウシの骨はいくつかのパーツに分かれるが、同個体の同じ肢ではないと関節がびったり合わない。ジップロック付きの大きめの袋に牛の手の骨を入れ、グループ分用意するとよい。さらに、手根骨はまとめて一つの袋に入れて、観察する。

牛の骨を並べてみよう！



資料3 「大きな細胞を見てみよう～シャジクモを使って」

1 概要

シャジクモは節と節との間が維管束組織ではなく、一つの大きな細胞(多核細胞)からできている。そこで顕微鏡を通して細胞の中がダイナミックに動いている様子を観察することができる。細胞の中にある液胞の中には、タンパク質などいろいろな物質が入っていて、大きな分子だと粒のように見える。それが、液胞の中をらせん状に動いて循環している様子を観察する。

2 準備

- ・生物顕微鏡
- ・シャジクモの節間細胞を少量の水とともにジップロック付きビニル小袋に入れたもの
- ・浸透圧実験用シャジクモ
- ・塩水 ・スポイト
- ・真水 ・ピンセット

3 方法

A 浸透圧の実験

- ① シャジクモを塩水の中に入れて、変化の様子を観察する。
- ② 取り出して、観察する。
- ③ シャジクモを真水の中に入れて、変化を観察する。
- ④ 取り出して、観察する

B 節間細胞の観察

- ① 節間細胞をプチビニル袋に入れて顕微鏡で観察し、細胞の液胞内で動いている物を観察する。
- ② 細胞内での動きを見ながら、中心線を境界として逆方向に動いている様子を観察する。
- ③ 細胞の末端部分を探し、Uターンして動きが変わる様子を観察する。

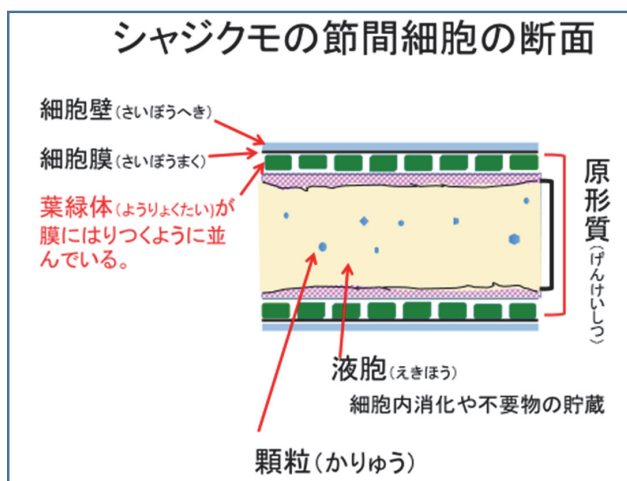
4 コメント

- ・シャジクモの節間細胞1つを完全な形で用意して、水を張ったシャーレにグループごと数準備しておく。
- ・顕微鏡で観察するとき、中立線を境に顆粒が反対方向に流れていること(対面通行)や節近くでUターンしていることに着目させると楽しく観察できる。

5 参考図書

山本啓一(1997) 最高速モータータンパク質車軸藻ミオシン, 生物物理 Vol. 137, No. 2, p68-72 ほか

※日本生物教育学会生物教育サポートシステムから協力を得て実施した。



資料4 「光る生きもののひみつ」

1 概要

生体展示している発光生物（ヘイケボタル、発光バクテリア）を使って観察実験し、発光生物への理解を深める。発光生物には、体内で発光物質を作るタイプと発光バクテリアと共生するタイプがあることを紹介する。そして、発光バクテリアの植菌作業を体験し、バクテリアが時間をかけて増えると光って見えるようになること確認する。インターネットで自分の実験結果の写真を確認することができるようにした。

2 準備

- ・記録用紙（バクテリアで書く絵の下書きをするもの）
- ・ヘイケボタル（ミルビンにオス・メス各1頭ずつ入れる）
※ミルビン：（株）ナリカ製。蓋がレンズ状になった透明プラ容器。
- ・発光バクテリア培地シャーレ
（発光バクテリアを培養し、光っているもの。）
- ・発光バクテリア培地シャーレ
（新しい培地、シャーレ蓋と底に日付と番号を書いておく）
- ・滅菌綿棒 ・鉛筆 ・暗箱
- ・アオメエソとヒカリキンメダイの紙の模型
- ・生物顕微鏡（発光バクテリアの観察用、顕微鏡カメラ装置、デモ実験）

※発光バクテリア培養培地の調整
（直径9cm シャーレ 10枚分）
水 200ml, 酵母抽出物 1g, トリプトン 2g, 塩化ナトリウム 6g, 寒天 4g を混ぜ、pH7.2-7.4 に調整する。オートクレーブにかけ、滅菌シャーレに分注する。



生体展示している発光生物

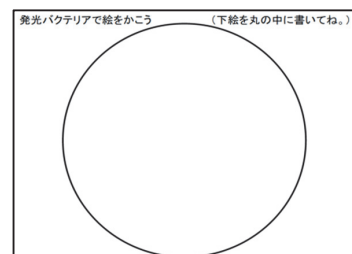
3 方法

A 科学館で展示している発光生物の観察

- ① 発光生物の展示について確認する。
- ② 発光の仕方の違いについて解説。
- ③ ヘイケボタル（オス・メス）の発光器を観察。
- ④ 発光バクテリアの観察。

B 発光バクテリアを使っての実験

- ① 記録用紙に描きたい絵の下書きをする。
- ② 下書きの上に発光バクテリア培地シャーレを重ねて置く。
- ③ 元になる発光バクテリア培地シャーレから、滅菌綿棒を使って発光バクテリアをすくい取る。
- ④ 下書きをなぞるように、発光バクテリアで培地に絵を描く。
- ⑤ 暗箱に入れて、まだ光っていないことを確認する。
- ⑥ 光った様子の写真を、ホームページ上で確認する。（後日）



記録用紙おもて

光ったかな？（結果の確認） 2016.12 V2

■目印を記入し、自分の実験結果に丸をつけておこう

2016年12月 日 時 分

1 2 3
4 5 6
7 8 9

発光バクテリアで書いた絵は、今は見えませんが、十数時間経つとバクテリアが増え、光り出します。そして、2日くらい経てば光らなくなります。

あなたのシャーレの写真を下記の科学館ホームページで確認しよう。

写真を確認できる期間
12月 日10時～6日間

※この種のバクテリアは、培養の条件により、発光期間が短縮したり、発光できない場合があります。ご了承ください。

「名古屋科学館のHPへお知らせ」12月生体展示「発光バクテリア」に写真を載せてください。
http://www.ncsm.city.nagoya.jp/visit/visitors_guide/information/2016/post_155.html

名古屋科学館生命少研「光る生きもののひみつ」 協力：別府市・伊豆市・小笠原町（名古屋大学大学院生命科学研究科）

記録用紙うら

4 コメント

- ・複雑な絵を綿棒で描くことは困難であるから、簡単な絵にするとよい。
- ・シャーレの裏に日付と番号をあらかじめ記入しておく。
- ・ヘイケボタルをあらかじめミルビンの中に入れて、明るい所に置いておき、直前に暗いところに置いて夜になったと勘違いさせると、実演中に発光する様子を観察することができる。
- ・インターネットに写真を載せるので、個人情報や公序良俗に反しないか気をつける。

企画展「バイオなものづくり～生物の多様性に学ぶ」実施報告

A report of the exhibition “Biomimetics - The technology getting clues from biological diversity”

尾 坂 知江子*

OZAKA Chieko

1. はじめに

企画展「バイオなものづくり～生物の多様性から学ぶ」を企画開催したので、ここに報告する。概要をまとめて表1に、ちらしを図1に示した。

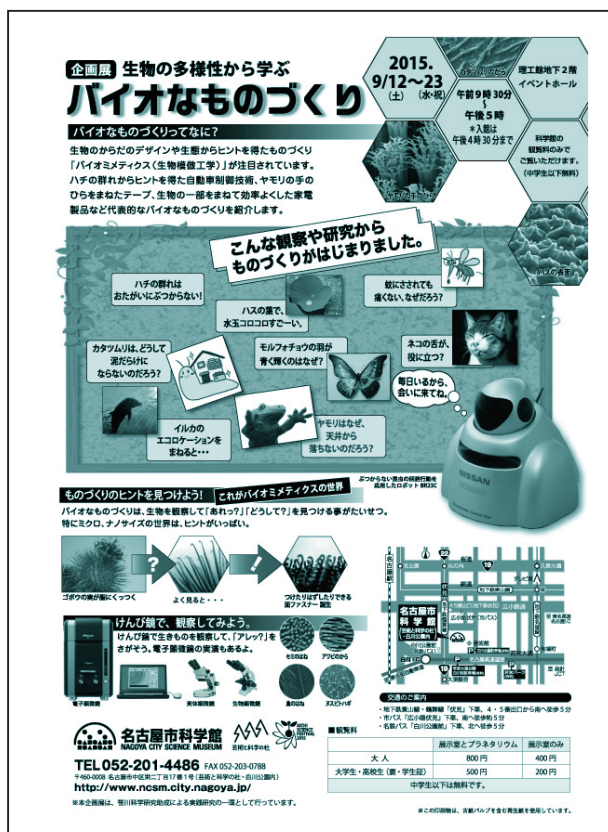
「バイオなものづくり」とはバイオミメティクスのことで、日本語では「生物模倣工学」と訳すことが多い。まだ一般には親しみのない言葉なので、「バイオなものづくり」という言葉を使った。

表1 企画展「バイオなものづくり」基本情報

企画展「バイオなものづくり～生物の多様性から学ぶ」基本情報	
開催趣旨：生物のからだのデザインや生態からヒントを得たものづくり「バイオミメティクス（生物模倣工学）」が注目されています。ハチの群れからヒントを得た自動車制御技術、ヤモリの手のひらをまねたテープ、生物の一部をまねて効率よくした家電製品などの代表的なバイオなものづくりを紹介しました。	
開催期間：2015年9月12日（土）～9月23日（水・祝）開催日数10日	
入場者：14,909人	
会場：理工館地下2階 イベントホール（約440m ² ）	
主催：名古屋市科学館	
協力：名古屋市生活衛生センター、名古屋市消費生活センター、名古屋市立大学大学院医学研究科、名古屋コミュニケーションアート専門学校、EMファームなかの、株式会社シャープ、帝人株式会社、東洋アルミニウム株式会社、日産自動車株式会社、日東電工株式会社、（株）日立ハイテクノロジーズ、三菱レイヨン株式会社、株式会社ライトニックス、株式会社LIXIL、青柳誠司（関西大学）、石井大祐（名古屋工業大学）、石黒茂（中部バードカービング協会）、今泉智人（国立研究開発法人水産総合研究センター水産工学研究所）、下村政嗣（千歳科学技術大学）、高橋智一（関西大学）、穂積篤（産業総合試験所）、間野隆裕（名古屋昆虫同好会）、「のぞいてみよう！ミクロの世界」サイエンスナビゲーターの皆さん	
入場料：常設展観覧料で観覧可能	
展示内容：1）バイオなものづくりってなに？ バイオミメティクスを実物、写真、映像等で紹介。 ヨーグルトがつかないアルミ素材（実験可）、ヤモリテープ、汚れにくい外壁素材（タイル）、モルフォテックス、日産ロボット[BR23C]の実演、マイクロニードル 他	
2）ヒントを見つけよう 走査型電子顕微鏡を使つての実演開催と実体顕微鏡観察コーナーを設置。	
3）みんなのアイデア 「〇〇のようにXXXXXXX できたらいいな。どうしてかという・・・」の問いに対して観覧者にアイデアを記入してもらい掲示。	
【実演】	
◆日産・BR23C 実演（担当：企画展会場スタッフ） 毎日 10：00～、11：30～、14：00～、16：00～ の4回 約10分ほど解説、デモ実演してから、エリア内に子ども達（1度に2、3人）にはいってもらう。	
◆日立・走査型電子顕微鏡の実演（担当：ミクロの世界サイエンスナビゲーター）	
9月12日（土）	蛭薙観順 アワビの殻
13日（日）	大井崇生 ヌスビトハギ
15日（火）	蛭薙観順 アワビの殻
16日（水）	蛭薙観順 アワビの殻
17日（木）	石野沙季 微化石
19日（土）	浅田瑞枝 モルフォチョウ、セミ
20日（日）	高瀬弘嗣 蚊
21日（月祝）	浅田瑞枝 モルフォチョウ、セミ
22日（火祝）	石野沙季 微化石
23日（水祝）	蛭薙観順 アワビの殻
◆シャープ・掃除ロボット「コロロボ」 適宜解説（担当：企画展会場スタッフ）	



図1 企画展「バイオなものづくり」チラシ（表と裏）



さて、バイオミメティクスは、バイオテクノロジーと違って生物を直接利用するのではなく、生物の有用な機能を観察研究して、それを人工的に再現して利用しようというものである。生物は、40億年の進化の中でさまざまな環境に適応してきた。その多様な生物の形や生態は、今までとは違った技術へのヒントの宝庫なのである。また生物は体内で、常温常圧かつ莫大なエネルギーを使うことなく生化学反応を起こし、必要なものを作り生きている。この点でも環境負荷の少ない技術イノベーションとしてバイオミメティクスは期待されているのである。

特に今世紀に入りバイオミメティクスが注目されているのは、超微細なものの観察や測定技術が高性能化したり、微細なものの製造を可能にするナノテクノロジーが発展した事を反映している。マイクロ、ナノの世界は、サイズが小さいというだけではなく、私たちが住むメートルサイズの世界の常識では気がつかない現象が起っている。例えば、分子間で引き合うごくわずかな力が影響したり、可視光の波長との関係で色が見えたり、見えなかったり、水滴をはねかえしたり、空気でさえ粘り気が問題になる。そこで、某大な生物標本を持っている自然史博

物館でもその所蔵資料の価値が見直され、電顕写真のデータベース化が始まっている。当館でも、2012年3月より開始した走査型電子顕微鏡の実演「のぞいてみよう！ミクロの世界」で、この非常に興味深い生物のミクロ、ナノの世界を紹介してきた。

当館の展示は「ものづくり」が一つの柱であるし、生命科学系でも生物標本こそないが、先端技術を扱っているのだから、企画展のテーマとして、バイオミメティクスを取り上げることにした。

2. 企画のために

前述のように、バイオメティクスは、自然史博物館でも科学(技術)館でも興味深いテーマである。そこでバイオメティクスを謳った展覧会はすでに何箇所かで開かれていた。

名古屋市科学館では特別展「ふしぎ！昆虫パワー」展（会期：2010. 7. 17-8. 31）で昆虫関係のバイオミメティクスを幾つか扱った。また、筆者が見学したアメリカ・カリフォルニア大学バークレー校ローレンスホール オブ サイエンス でも、ヤモリの肢裏の展示がすでに行われていた（2010. 12. 30撮影，写真1）。その他国内で筆者が直に見学してきた展覧

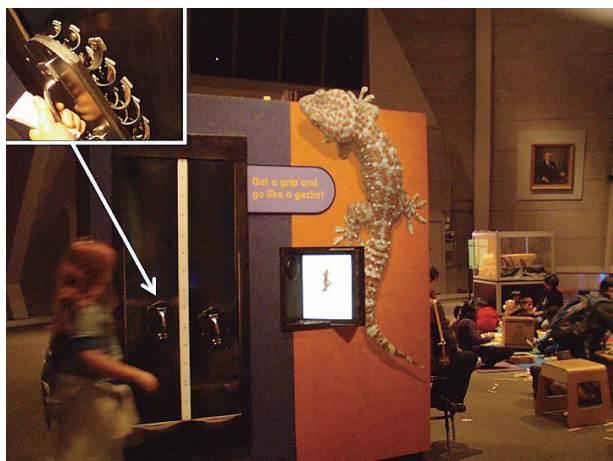


写真1 ローレンスホールオブサイエンスのヤモリの肢の秘密を体験する展示。左上は、ヤモリの足裏を模した器具。

会は次のものである。

* 科学技術館「4億年、昆虫との手紙展：バイオミメティクスーいきものに学ぶイノベーション」(会期：2014. 3. 20 - 4. 6)

* 東京農業大学「食と農」の博物館「バイオミメティクスを超えて！～昆虫などの生き物や自然に学ぶものづくり～」(会期：2014. 10. 1 - 2015. 3. 15)

* 千葉県立現代産業科学館「生物のデザインに学ぶー未来をひらくバイオミメティクスー」(会期：2014. 10. 11-11. 31)

その他、高分子学会バイオミメティクス研究会や積水化学工業株式会社主催の「自然に学ぶものづくりフォーラム」などを事前調査してきた。

3. 企画展「バイオなものづくり」の展示

会場展示配置図と展示品一覧を図2と表2に、会場風景は写真2に示した。会場は、大きく3つにゾーンに分けた。

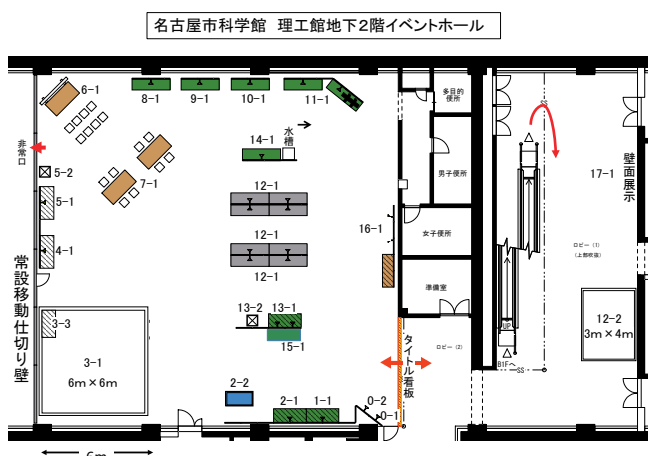


図2 企画展「バイオなものづくり」会場展示配置図

表2 企画展「バイオなものづくり」展示品一覧

	内容	展示方法	展示設置方法	協力
0-0-1	ご挨拶	解説パネル	システムパネル	
0-2	バイオミメティクスとは		システムパネル	
1-1-1	ゴボウの実、面テープ	体験・実物	机	
2-1-1	超撥水性アルミロータス(ハス)	体験・実物、体験装置	机	東洋アルミニウム株式会社
2-2	ハスの葉で超撥水体験	体験・実物、体験	フネ	EMファームなかの
3-1-1	日産ロボットBC23C実演(ハチ)	実演：BC23C2台	床・枠	日産自動車株式会社
3-2	日産ロボットEporo(魚群)	エポロミニ模型3体、映像1	50型モニター	日産自動車株式会社
4-1-1	外壁素材(タイル)展示(カタツムリ)	体験：実物タイル、比較実験装置	机	株式会社LIXIL
5-1-1	モルフォチョウ標本展示	昆虫標本	机	名古屋市生活衛生センター
5-2	帝人モルフォテックス展示	布製品実物	タワーケース	帝人株式会社
6-1-1	電験コーナー／電子顕微鏡用モニター	実演：日立走査型電子顕微鏡	60型モニター、イス	(株)日立ハイテク/ロジーズ、「のぞいてみよう！ミクロの世界」サイエンスナビゲーター
7-1-1	実体顕微鏡で観察	体験：実体顕微鏡、観察試料	机、イス	
8-1-1	モスマイト比較観察(ガ)	モスマイト比較模型	机	三菱レイヨン株式会社
9-1-1	イルカ型ソナー(魚群探知機)	ソナーの受信部、映像1	机、10型モニター	今泉智人(国立研究開発法人水産総合研究センター水産工学研究所)
10-1-1	カワセミのくちばし、N500系	剥製、新幹線ミニ模型	机	石黒茂(中部バードカービング協会)
10-2	フクロウの羽	羽の標本、実体顕微鏡	机	
11-1-1	蚊の口の構造、注射針2種	実物展示、実体顕微鏡、生物顕微鏡、映像1	机、40型モニター	青柳誠司(関西大学)、株式会社ライトニックス
12-1-1	シャープ家電製品パーツ展示	家電製品パーツ(エアコン室外機ファン、室内機ファン、洗濯機バルセーター、掃除機圧縮ブレード、扇風機ファン、ドライヤー)、映像6	机、11インチモニター	株式会社シャープ、間野隆裕(名古屋昆虫同好会)
12-2	掃除機ロボット(イルカのエコロケーション)	実演：コロロボ(実機3台)	机、枠	株式会社シャープ
13-1-1	ヤモリの展示	生体展示2種(クレステッドゲッコー・ラガツィウチワヤモリ)	机、飼育ケース	名古屋コミュニケーションアート専門学校
13-2	ヤモリテープ	実物、映像1	タワーケース	日東電工株式会社
14-1-1	タコの展示	生体飼育展示(マダコ)	飼育水槽	
14-2	タコ型ハンドグリッパ(汎用真空吸着グリッパ)	実物(汎用真空吸着グリッパ)	机	高橋智一(関西大学)
15-1-1	離しやすさを利用した高機能表面(ナメクジ)	実物比較展示	床・枠	穂積篤(産業総合試験所)
16-1-1	アイデア募集		机+システムパネル	
17-1-1	電子顕微鏡写真 ミクロの世界へ	電子顕微鏡写真10枚	壁面利用	名古屋市立大学大学院医学研究科



写真2 企画展「バイオなものづくり」会場風景

1) バイオなものづくりってなに？

ハスの葉の超撥水体験（写真3）や日産BR23Cや（写真4）、掃除ロボットの実演（写真5）など、代表的なバイオミメティクスについて、該当する生物の紹介と技術を、できれば比較体験できるように配慮して紹介した。（株）シャープの生物にヒントを得た電化製品のコーナーでは、対応する生物を写真や映像資料で紹介した。またこのエリアでは、隔壁にシステムパネルではなくネットを利用し、展示環境が単調にならないようにした（写真6）。

バイオミメティクスの展示（あるいは解説）は、生物の持つ特殊な形態とその意味の理解と、それを応用した技術・製品の両面の理解が必要となり、どうしても解説的になってしまう。体験や実演、映像解説などで理解しやすいように工夫したつもりである。さらに会場スタッフには、見学者にできるだけ声をかけて説明してもらったが、展示としてはまだまだ改善の余地があったと思う。

2) ヒントを見つけよう

ここでは、生物実物を観察することで、バイオミメティクスへの理解を図った。ヤモリとマダコは、生体展示を行った（写真7）。しかしながら、どちらも昼間は陰に隠れてあまり動かないので、展示設備環境を工夫すべきであった。ヤモリは爬虫類であるので、動物取扱業の届け出がいることもあり、名古屋コミュニケーションアート専門学校に協力を仰いだ。実体顕微鏡の観察では、プラスチックシャーレに注射針やオナモミなどの観察資料を入れて観察してもらった。（株）日立ハイテクノロジー



写真3 ハスの葉の超撥水を体験



写真4 日産BR23Cを2台使って実演



写真5 シャープ掃除ロボット「ココロボ」

から走査型電子顕微鏡を会期を通して借用することができたので、「のぞいてみよう！ミクロの世界」



写真6 隔壁にネットを使った展示設備



写真8 走査型電子顕微鏡を使った実演

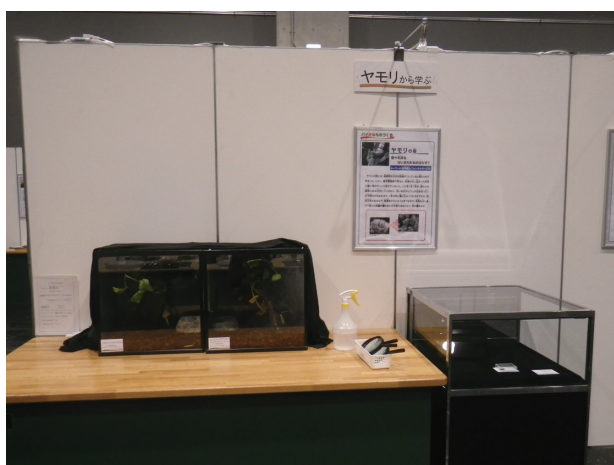


写真7 イモリの飼育ケース。上に暗幕がかけてある。



写真9 「あなたのアイデア」記入、掲示場所

のサイエンスナビゲーターが担当して、毎日実演を行うことができた（写真8）。

3) みんなのアイデア

展示の最後のコーナーでは、「○○のようにxxxxできたらいいな。どうしてかという・・・」という質問に対して200名を超える楽しい回答があった（表3、写真9）。アイデアの中には、会場内では触れていない生物も含め、50種以上の生物名が上っていた。頻出度の高かった上位3点は、鳥、ハス、魚であった。空を飛びたい、水の中を泳ぎまわりたいという願望や、タコのように色が変わるカバ

ン、オジギソウのように変化する建材など技術への提案もあり、見学者の理解度や興味の持ちようがとても面白いし、参考になった。

4. 謝辞

小さな企画展にもかかわらず、多数の関係諸機関、関係者にご助言やご協力いただいた。会場スタッフの皆さんには、わずかな研修にも拘らず、実演や展示解説で活躍していただいた。また、本企画展では、笹川科学研究助成によって行われた実践研究の成果を活用させていただいた。紙面をもって心より感謝申し上げる。

表3 「みんなのアイデア」に寄せられたアイデア（太字は生物名）

1	アメンボ のように水の上をあるけるくつがほしい。	48	スパイダーマン のように体から糸を出し、カベをはいまわれるかつ驚異のジャンプ力を持てるような道具が欲しいです。期待しています。
2	アメンボ みたいに水の上を歩けるくつがあったら楽しいな。洪水や津波だってへっちゃら？	49	クモ みたいに糸を出せる手袋がほしい。理由は、遠いところにどこでも行けるし、何かを取りにいく時、糸で物をすぐ取りにいけるから。
3	あめんぼう のように水に浮く。	50	くも のようにどこでもいける物があったらいいな。
4	アリ のように力強くなりたい。	51	コウモリ みたいに暗やみでも物を感知できる何かを車につけたい。
5	イカ のスキから自分の分身みたいな物を作ってみたい。	52	コウモリ のように超音波を出せる耳形アイがあるといいと思います。なぜかというくらやみでよくはよくぶつかるからです。
6	犬 のようにねていたい。	53	魚 のように深いところにもぐりたい。
7	犬 のようににおいがよく分かったらがんとか病気も速くわかるのに。	54	魚 のようにえらこきゅうできる海パンがほしい、なぜかというとせんすいごっこで一位になれるから。
8	犬 のはなのようににおいにびんかんなにせもののはっけんきがあったらいいな。どうしてかというそれだとばくはつするものとしなものかわからないとたいへんだから。	55	魚 のように水中で空気をとり入れるマスクがあるといいな？
9	イモムシ のようにやわらかいソファがあったらいいな。	56	魚 のように水中でも息ができるようなゴーグルがほしい。
10	イルカ のようにちょうおんぱがだせるメガネがほしい。	57	魚 のように水中のごくわずかな酸素を集め、いままでの何倍も泳げるものがほしい。理由は深くもぐり、泳ぐと息ができないことと、魚を下から見る時にあわがあるのでみれないから（にげてしまう）
11	イルカ 達のように超音波を使って遠距離の人たちと交信できるといいな。	58	魚 のように長くもぐりたい。
12	うさぎ のようにピョンピョンしてはいくつがあったらだれかとかけっこをしたいな。	59	魚 のように泳げるヒレがあったらいいな。どうしてかというたくさんごしょうの中で昼ねをしたいから。
13	馬 の足みたいなロボットさんと楽しく遊びたいな。	60	魚 のように水中でも息ができるゴーグルがあったらいいな。
14	イルカ エコロケーションを強化して、ゴキブリを駆除する全自動掃除機。	61	魚 のように水中で息をするゴーグルがほしい。
15	オジギソウ のように建築が変化する建材があったらいいな。	62	さかな みたいにおよぎたい
16	おばけ のようにかべをのぼれるくつがあったらいいな。どうしてかというとなんとなく。	63	さかな のようにみずのなかでもいきができるゴーグルがほしい。なぜならたんけんができるから。
17	オバビニア のようにへんどうぶつがいたら、いっぱいみつけれさかいとかがあったらいいな。	64	サメ のように何回も生え変わる歯がほしい。
18	オバビニア のように飛び出す口が欲しい。	65	くるくる風に乘って回る 種子 のように風にのってくるくる回って空を飛んでみたい。
19	蚊 に刺されると同じくらい痛くない注射器が欲しい。	66	セミ のように短い命を全力で生きたい。
20	か にさされない服があったらいいな。なぜかという私は顔とかに虫よけクリームをぬるのがいやだから。	67	草食 どうぶつみたいに視界がひろくなったらいいな。
21	カエル のように高くジャンプできる足がほしい。	68	たこ のようなきゅうばんがほしいなあ。
22	カエル のように飛べるブーツがあったらいい。ちこくした時に飛びたい。	69	タコ のようになんにでもひつつける手ぶくろがあるといいな。なぜかと言うとさわれないものをひつけて持ち上げれるようにしたいから。
23	かえる や うさぎ のように高くとべるくつがほしい。	70	たこ みたいなきゅうばんがくっついていてぶくろがほしい。
24	かたつむり のようによごれがおちるふくかしょっきがほしい。あらうのがらくだから。さいがいのときにもべんり。	71	タコ のように壁に止まれる、水中でいきができるごゴーグルが欲しい。
25	カタツムリ みたいにかたいからがほしい。どこでものぼれるほしい。	72	タコ のように色を変えられるかばんがあったらいいなあああ。
26	かたつむり みたいなおさらやコップがあったらいいな。	73	ダニ や ノミ になりたい。
27	かたつむり のようなら洗い物がらくらくで使う洗剤も少なくエコだよな。	74	だんごむし みたいに小さく丸くなれるからだがあったらいいな。だって人間だもの。
28	かたつむり のからのようにくさらないたべものがあったらいい。	75	タンポポ の綿毛の様にフワフワ飛んでいきたい。
29	カタツムリ のからのように、すぐ油污れが取れるお皿があったらいいな！	76	チーター のようにはやく走れるくつがほしい。
30	カバ のようにながくもぐれるアクアラングがあったらいいと思います。なぜかという7びょうしかもぐれませんから。	77	チーター のように速く走れるくつがほしい。
31	花粉 症の症状が出なくなる薬があったらいいな！理由は花粉の時期、つらくなくなるから。	78	チーター のように速く走れるくつがほしい。
32	かめ のようにながく生きたいです。	79	チーター のようにはやくはしれるくつがあったらいいな。
33	カメレオン のように背景にあわせて、色の変わる服！！	80	ちょうちょ みたいにとびたい。
34	カメレオン のように体の色をかえられる服があったらいいな。	81	ドレスをきて ちょうちょ みたいにとんでみたいな。
35	カメレオン の舌みたいなマジックハンド。冬にこたつに入っている時はうごきたくないで、その場でとおくものがとれたら超べんり。	82	そらをとべる ちょうちょ のはねがほしい。
36	カメレオン のように風景にとけこむ服。	83	モルフォチョウ のはねのいろのうようなふくがあったらすてきだろうな。
37	カメレオン のように360° 見ることができめがねがほしい。	84	ちょう のようにとべれるきれいなつばさがほしい。
38	カメレオン の舌みたいに一瞬で遠くのものを取りたい。	85	ちょうちょ になりたい
39	カメレオン みたいにその日のきぶんで色をかえられるふくがあったらいいな。	86	ちょうちょ みたいにかいれいなはねがあったらいいな。
40	カメレオン のように遠くにしがのびるものがほしい。	87	ちょうちょ のようにそらをとべるはねがほしいです。
41	キョクアジサシ のように水分を殆ど摂取せずに地球半周できるような水筒。	88	チョオチョ みたいにとべたらいいな。
42	グソクムシ のように食べなくてもすんだら楽かも。	89	動物 の気持ちがわかる機械があったらいいな～
43	くま のように冬眠ができる布団が欲しい。いっぱい寝たいから。	90	どうぶつとはなせるきかいがほしい。どうぶつとはなしたいなあー。
44	クマムシ のように氷点下238度でも生きられるクローン人間があったらいいな	91	たくさんの 動物 のように速くの声が聞こえるものがあったらいい。
45	くまむし のように無てきの服がほしい。	92	とかげ みたいに木とか歩けるくつがほしい。
46	スパイダーマン のように壁を登ることができる手袋。	93	ドラえもん のようにじだいをいきできたらいいな。どうしてかというドラエモンのテレビを見てあんなふうになったらいいなとおもうから。
47	くも の糸のようにどこにでもくつつくロープがあればいいな。どうしてかというと火事や災害時、高層ビル等から脱出できるのに。	94	ドラえもん のように何でもしまえるポケットがあったらいいな。どうしてかというとなんでもしまえたらにもつにならないから。
		95	ドラえもん のようなポケットがほしい。
		96	カワセミ の眼のようなコンタクトが欲しい。
		97	とり のようにとべるどうぐがあったらいいな。

98	とりのようにつばさがあつたらいいな。
99	とりみたいにとびたいな。
100	とりのようにとびたい！
101	とりみたいにはねがついてととべるふくがあつたらいいな！
102	とりのようにそらをとべたらいいな。なぜならきもちよさそうだから。
103	とりのように空をとぶ
104	とりのようにとべるつばさがあればいいな。
105	とりのように空を飛ぶことができる羽が欲しいな。
106	とりのようにとべるつばさがほしい。
107	とりのようにとべるくるまがあつたらさいこう。あつたら楽。
108	とりみたいにとびたい。
109	とりやむしのようにはばたいて飛ぶ飛行機なんてどうでしょう。滑走路がなくともいいね。
110	鳥のように空をとべるハネがあればいいな。税関やめんどくさいこともないし、飛行機代もかからないなんて。夢みたいだし楽だから。
111	鳥といっしょに空を飛ぶ
112	鳥のように自由に空を飛びたい。
113	鳥みたいになりっぱな羽があるといいな。自由にはばたけるから。
114	鳥のように飛べる羽があつたらいいな。どうしてかという空で飛んでいる気持ちを体験したいから。
115	鳥のようにとべて、そうじができるそうじロボットがあつたらいいな。なぜならビルのかべそうじがたいへんだから。
116	鳥のように飛べる羽がほしい。
117	鳥みたいにとべる人間だったらいいな。どうしてかというところいろいろに行けるから。
118	鳥のように空をとべる羽があつたらいいな。
119	鳥のように空を飛びたい！！
120	トンボやクモのように視野が広がるメガネがあれば事故も減るだろうなあ。
121	なくものたちのようにいい声がだせるかくせいきがほしい。
122	ナマケモノみたいにまったり生きたい。
123	なまけもののようにはたかなくていい世界。
124	ナメクジの超はっ水性を使って、車の窓がワイパー無しできれいになってほしい。
125	ネコの肉球みたいに気持ちいい布団があつたらいいな。
126	ネコのように身軽になりたい。
127	ねこのようにごろごろしてみたいな。
128	ネコみたいに太っててもやせてても、カワイイ そんな世界ないかな
129	ちょうちょのようにそらをとべるはねがあつたらいいな。
130	ねこみたにおとをたてないであるけるくつがあつたらいいな。
131	はすのはっぱのように水をはじくめがねがあつたらいいな。
132	はすのはっぱのように水をはじくかさがあつたらいいな。どうしてかというとかさがさびないから。
133	ハスのように水をはじくぼうしがあつたら楽しいな。ほくのぼうしぬれないよー。
134	ハスの葉みたいなガラスがあつたらワイパーいらなに。
135	ハスの葉で服を作ったかさなしでぬれないようにになりたい。
136	ハスの葉のように水をすべらすことができるのを利用して、どくと水の分解ができる装置があつたらなと思いました。
137	ハスの葉みたいに全部の物がみずをはじいたらいいな。
138	ハスの葉みたいなかさやレインコートがあつたたいいな。
139	ハスの葉のようにみずをはじく紙がほしい。わけはこうすると紙がぬれずに字を書けるから。
140	ハスの葉のようによごれがすぐにながれおちるつくえがあつたらいいな。
141	ハスの葉のような肌になれるクリームが欲しい。なぜなら肌に張りが欲しいから（切実）。
142	ハスの葉っぱのように水をはじくふくがあつたらいいな。雨の日が楽しいかも。
143	ハスの葉でぬれないバックを作してほしい。なぜならランドセルがぬれてしみができるから。
144	ハスの葉っぱでつくったかさがあつたらいい。
145	ハスの葉 ぬれないくつとふくをつくってほしい。なぜならぬれたらきがえなくていいから。
146	ハスの葉みたいなトイレがあつたらおそうじらくらく。
147	ハスの葉みたいなさがあつたらいいな。
148	ハスの葉っぱがすごかったよ。
149	ハチやかがよけてくれるふくがあればいいな

150	ハチみたいにかっこいい針がお尻にあつたらいいな。なぜならかっこいいから。
151	車の運転時、雨の日にワイパーがなくても運転ができたらいいなあ。特殊な液を吹き付けると雨がよけるような。
152	水にぬれない服。家でできえるのがめんどうだから。
153	バラのようにトゲトゲでできをふせぐことができるトゲトゲのふくがあつたらいいな。
154	フクロウみたいによるでもはつきりみえるめがあつたらいいな。
155	フクロウみたいに空をすばやく飛べたらいいな。
156	へびのようにいろいろなところにはいりこめる、乗り物があつたらいいな。
157	ペルーガのように冷たい海でも寒くないウエットスーツがほしい。
158	ベンギンみたいにまぎつの少ないすべれるもの。
159	マグロのように1日中動いていられる眼がほしい。
160	ムカデや虫類のようにはいまわって移動できる手段がほしい。どうしてかというとぜったいにころばないから。
161	虫(チョウチョなど)のようにだっぴできる皮ふがあつたらいいな。
162	モグラのように土をかける手袋があつたらいいな。
163	夜行性の動物みたいに夜もライトがなくても見えるメガネがほしい！！
164	ヤモリのようにかべをするするのぼったりする手ぶくろがほしい。
165	ヤモリの指に働くフォンデルワース力により、体を支えることができるなら、それを応用して介護福祉現場にヘルパーさんの負担が少なくなるような器具が作れる。
166	ヤモリのようにかべをのぼれるくつがあると楽しい。どうしてかというところなんむきであそべるから。
167	リスのようにふくらむホッペ。
168	ナイルワニのように体を守る服があるといいなと思います。なぜかというボクはよくけがをするし、よくころぶからです。
169	ユリの花粉はふくなどについてしまうととれない。花粉がつかないようにしてほしい。
170	人間以外のものと喋れる道具があつたらいいな～
171	傘のいらない社会
172	BR23C みたいにちゃんとついてくれるベルト。子どもが迷子にならないように！
173	マリオのように不死身になりたい。
174	ヒトの感情がいつでも脳波で分かるもの。
175	歩いた分だけポイントがたま万歩計。歩いたポイントをお金にかえてつかえたり、ユニセフなどのほきんにしたり。
176	宿題とかが無い二次元世界に入りたい。
177	さむくないゆきがほしい。
178	洗わなくてもいい服。
179	目がつかれないゲームきがほしい。
180	うごくにんぎょうがほしい。
181	ゴロゴロねるどうぐがあつたらいいな。
182	水になりたい、土になりたい。
183	2次元の人が3次元にこれる道具つくってくれー。
184	高齢者や体の不自由な人も思いっきり体を動かせるきかいがあつたら、ほくたちと差がほとんどない生活ができる。
185	クローン人間が欲しい。
186	うちゅうでいきができるひとがいいな。
187	永遠にいたい。
188	年をとらないジュースがほしい。
189	音のでないドライヤー
190	そうじ用品を買っただけで部屋中ピカピカになる道具。
191	かこにもどりたい
192	空までとべるランドセルがほしい
193	空をとべるどうぐがほしい。
194	とべるランドセルがほしい。
195	そらがとべてくもがたべられるの。
196	つけると飛べるようになれるロボ。小さいころからの夢だから。
197	そらをとぶロボットでくものうえにのりたい。
198	すぐにどこにでも行けるドコデモドアが欲しいなあ。
199	どこでもドアほしい。しゅんかんいどうできたい。そらをとびたい。
200	ひみつのどうぐがほしい。なぜならドラエモンがいてのび太みたいにたのめばなんでもかいいけつできるから☆
201	うしろにも目があるといいな。
202	すぐにどれみかよめるめがねがほしい。
203	アナウンサーのように、文がすらすらよめるきかいがあつたらいいな。

かがくゼミナール「立体臓器モデルを作ろう」実施報告

An activity report on Science Seminar “Let’s Create 3D Organ Model”

森 健 策^{*}・長 柄 快^{**}・舘 高 基^{***}・
伊 神 剛^{****}・堀 内 智 子⁺

MORI Kensaku・NAGARA Kai・TACHI Koki・IGAMI Tsuyoshi・HORIUCHI Tomoko

1. はじめに

医療現場などで用いられる医用イメージング装置の進展は目覚ましく、非常に高精細な人体断面画像が臨床の場で撮影されている。例えば、マルチスライス型CTスキャナを用いればわずか数十秒程度で体幹部のCT画像を撮影することができる。当然のことながらこのような高精細3次元医用画像は臨床の場における様々な変革をもたらし、診断や治療などにおいて欠くことのできない装置となってきた。

一方、1980年代の光造形に端を発する3Dプリンタの発展も、医学の分野において大きな役割を果たしてきた。当初は、頭蓋モデルを光造形で造形する程度であったものが、最近では透明樹脂で外観を不透明樹脂で内部の脈管を再現して、臓器の外形と内部構造双方を観察できるような臓器モデルが3Dプリンタによって製作可能となった¹⁾。また、臨床の場における活用も進みつつある²⁾。

3Dプリンタの医療応用は、社会的にも非常に注目された技術であり、そこには画像処理、3Dプリント、そして医療など様々な科学技術が必要とされる。名古屋大学情報基盤センター・大学院情報科学研究科・医学系研究科のメンバーからなる研究グループでは、毎年8月に独立行政法人日本学術振興会が主催する「ひらめき☆ときめきサイエンス」イベントの一つとして、「3Dプリンタを使って臓器モデルを作ろう！」と題された中学生・高校生向けのイベントを開催してきた^{3), 4)}。このイベントは毎回数多くの申込者があり、このような科学技術を紹介

するイベントに対する社会全体の関心が高いことが知られた。

これらを踏まえて、名古屋市科学館より筆頭著者を中心とする研究グループに対して「かがくゼミナール」として、3Dプリンタの医療応用に関する講演会開催の打診があり、2016年12月23日（金・祝）に名古屋市科学館「創造のひろば」において、表題のタイトルのイベントを実施することになった。本論文は、このイベントを実施するにあたり、イベントにおける内容の選定、3Dプリンタが利用できない環境下において各自に立体臓器モデルを作成方法の模索、当日の様子などを、記録としてまとめたものである。

2. 「かがくゼミナール：立体臓器モデルを作ろう」

名古屋市科学館から提示されたイベントの概要は、土日祝での開催、小中学生を対象、参加者各人が利用可能なコンピュータや3Dプリンタはない、理科室にあるような実験装置、はさみ、糊などの文房具は利用可能とのことであった。一方、先述の「ひらめき☆ときめきサイエンス」では、医用画像処理研究で利用する高性能なラップトップコンピュータを参加者一人につき1台を用意して画像処理実験を行い、さらに、大きな造形エリアを持つ業務用3Dプリンタ2台を利用することで臓器モデルを造形する大掛かりなイベントである。これは、「ひらめき☆ときめきサイエンス」自身が、小中高生が大学の研究室を訪問し、最先端の研究設備に触れながら当該分野の研究について学ぶことを意図しているためである。一方、科学館を利用する場合には、このような設備を持ち込んで、実習を伴う講義を実施することは難しい。そこで、(1) コンピュータ、

^{*} 名古屋大学情報基盤センター

^{**} 名古屋大学大学院情報科学研究科

^{***} 名古屋大学工学部電気電子情報工学科情報工学コース

^{****} 名古屋大学医学部附属病院腫瘍外科

⁺ 名古屋市科学館学芸課

3Dプリンタがなくても、文房具程度のもので立体臓器モデル作成の原理を、実際に手を動かしながら学べること、(2) 立体臓器モデルがどのように医療の場で利用されるかを学べること、を学習の主題として設定し、当日の実習内容を決定することにした。

(1) については、臓器のスライス断面形状の形に厚紙等を切り抜き、それを順次貼り合わせることで立体臓器モデルを造形するようにした。また、厚紙には、臓器断面形状をあらかじめ印刷しておくことを考えた。これにより、はさみ、糊等の文房具程度で立体臓器モデルが作成できる。そして、基礎となる技術について森が簡単な講義を行うこととした。

(2) については、医療の現場で3Dプリンタによって造形された臓器モデルを利用している医師に、その経験を語ってもらうのが一番と考えた。そこで、名古屋大学側の研究グループにおいて、医師として3Dプリンタによる臓器モデル造形と利用に関する研究に携わっている伊神が、肝臓手術の難しさ、そして、3Dプリンタによる臓器モデルがどのように役立つかな等を解説することとした。

当日の大方のプログラムを作成後、名古屋市科学館より広報メディアを通じて参加者募集の宣伝活動を進めた(図1)。なお、定員15組30名のところ、総応募者数479名(往復はがき165名、インターネット314名)不備を除くと合計394名であった。また、科学館ホームページ以外に、広報なごや1月号、中日新聞11月19日、28日においても本イベントが案内された。

3. 立体臓器モデル作成方法

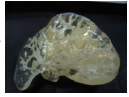
3.1 素材選定

イベント企画当初は厚紙を貼り付けることで立体臓器モデルを造形することを考えた。しかしながら、厚紙の厚さは0.5-1mm程度であり、厚紙を用いて高さ100mm程度の臓器モデルを造形する場合、100-200枚程度の厚紙を貼り合わせることが必要となり、2時間程度のセミナーで実施することは難しい。また、切り口もきれいではなく、厚紙に代わる素材を探す必要があった。

そこで、3-5mm厚程度のスチレンボードを臓器断面形状に合わせて切り抜くこととした。これにより、高さ100mm程度の立体臓器モデルを造形する場合でも、20枚から30枚程度の貼り合わせで済む。

平成28年度第5回「かがくゼミナール」のお知らせ
立体臓器モデルを作ろう

人体内部を撮影した画像を印刷した厚紙を組み合わせて、立体的な臓器(そうき)モデルを作りましょう。
また、コンピュータと3Dプリンタで臓器モデルを作る方法や、手術室でどのように利用するかも紹介します。
研究室で作ったいろいろな臓器モデルを見て、さわって、観察してみましょう。



3Dプリンタで作った臓器モデルの例

●講師 森 健策さん(名古屋大学 情報基盤センター長・教授)と伊神 剛さん(名古屋大学医学部附属病院 消化器外科 講師)

●対象 小学3年生から中学生までと保護者

●日時 平成28年12月23日(金祝) 13時から15時

●会場 名古屋市科学館 理工館3階 創造のひろば(定員30名)

●参加費 小中学生185円、保護者335円(保険料を含む)

●申込方法
(1)往復はがき 催し名・参加希望日・参加者全員の「住所・氏名・電話番号・学年・テーマについての質問」を記入して科学館の「かがくゼミナール」係へ
(2)インターネット 名古屋市電子申請サービス
*「利用手引き」や「おしらせ」をお読みの上、お申込をお願いします。
☆「キーワード検索」で「名古屋市科学館」と入力
(パソコン用) <https://www.e-shinsei.city.nagoya.jp/>
(携帯電話用) <https://www.e-shinsei.city.nagoya.jp/m/>

●締め切り 平成28年12月9日(金) 必着(応募者多数の場合は抽選)
*締め切り後5日以内に当選・落選のおしらせをお送りします

●申込先・問い合わせ 460-0008 名古屋市中区栄2-17-1
名古屋市科学館「かがくゼミナール」係
TEL 052-201-4486 FAX 052-203-0788

取得した個人情報と本事業の運営目的以外には使用しません。
この印刷物は古紙・ペレグを含む再生紙を使用しています。



図1 かがくゼミナール「立体臓器モデルを作ろう」案内チラシ。市内の小中学校 約400校に配布した。

スチレンボードの切り抜きには、電熱線を利用したスチレンカッターを利用する。その切り口は極めてきれいである。副次的に出来上がる立体臓器モデルもきれいに仕上がるのが期待できる。

一方、スチレンボードを採用することで生じた問題もあった。当初は厚紙を予定していたため、臓器断面画像を直接プリンタにより印刷することを考えていた。しかしながら、3mmないし5mm程度の厚さを有すスチレンボードに直接印刷できるプリンタは業務用の特殊用途プリンタであるUVプリンタしか存在せず、それを導入することは極めて難しく、代替案を考えることにした。試行錯誤の結果、見出したのがプラスチック製(PET製)透明フィルム(プラス製光沢透明フィルム)である。この透明フィルムの表面は家庭用のインクジェットプリンタで印刷可能のように加工されており、裏面は糊面となっている。そのため、簡単にスチレンボードに貼ることができる。貼り付け時に位置ずれが発生した場合でも簡単に剥がすことができ、再貼り付けができる。PET製であるために、電熱線によるスチレン

カッターによってスチレンボードと共に切断できる。

作成手順を決定する過程では、3mm厚ならびに5mm厚のスチレンボード双方を森・長柄・館・堀内の4名で試し、仕上がりの美しさ、貼り合わせ枚数などを比較した。その結果、3mmのスチレンボードを20枚貼り合わせて用いることに決定した。

3.2 断面画像の生成

スチレンボードには3次元CT像から抽出された肝臓領域の断面輪郭をそれぞれ描画することにした。切断する輪郭線を描画するだけではどのように貼り合わせればよいかわからないため、切断線と貼り合わせ線双方の色を変えて描画し、先述の透明フィルムに印刷することにした(図2)。また、スチレンボードの表面と裏面双方に切断線と貼り合わせ線が描画された透明フィルムを貼り付けることにした。また、印刷される輪郭線の位置合わせを厳密に行うことで、あるスライス断面の位置は、透明シート貼り付け後、スチレンボード表面と裏面で正確に位置合わせされるようにした。断面画像の大きさ計算時には、透明シートと糊の厚さも考慮に含めた。なお、対象とする臓器は医師の伊神が専門とする肝臓とした。



図2 透明シートに印刷された臓器断面輪郭画像。茶色が切断線、黄色が貼り合わせ線である。左側が表面。右側が裏面である。

3.3 立体臓器モデル作成手順

立体臓器モデル作成手順をまとめると、a) 透明シート印刷、b) 透明シート貼り付け、c) スチレンボード切断、d) 切断済みスチレンボード貼り合わせ、となる。

a) では、臓器輪郭をA4 1シートあたり6断面

分描画する。先述のように、切断線は茶色で、貼り合わせ線は黄色で描画する。なお、当日は、余白部分にクリスマスツリーのモデルも断面画像として描画した(図1左下部)。3次元腹部CT画像から肝臓領域を抽出し、画像処理によって輪郭線を自動生成した。スチレンボードの厚さと貼り合わせ枚数に従って、断面画像の大きさを決定し、透明シートを印刷する。

b) では、A3スチレンボードに、片面2枚、両面合わせて4枚の印刷済み透明シートを貼り付ける。透明シートの上端左端・上端右端を、スチレンボードの上端左端・上端右端にそれぞれに合わせて貼り付けた場合に、各断面の表面・裏面がきちんと位置合わせされるように透明シートを印刷する。

c) では、切断線(茶色線)に合わせてスチレンボードをスチレンボードカッターで切断する。透明シート自体もプラスチック製であるため、電熱線で切断可能である。

d) では、貼り合わせ線に合わせて、各スチレンボードを貼り合わせる。接着剤としては、スチレンボード用接着剤が利用できる。この接着剤はすぐに固形化しないため、貼り合わせ位置微調整をゆっくりと行うことが可能である。



図3 会場の様子

4. 当日の様子

4.1 準備

会場の全景を図3に示す。「かがくゼミナール」当日は、午前10時ごろから準備を開始した。もちろん、名古屋市科学館職員によって、はさみ、カッティングボード等の事前準備がなされている。

ゼミナール会場では、3Dプリンタによって造形

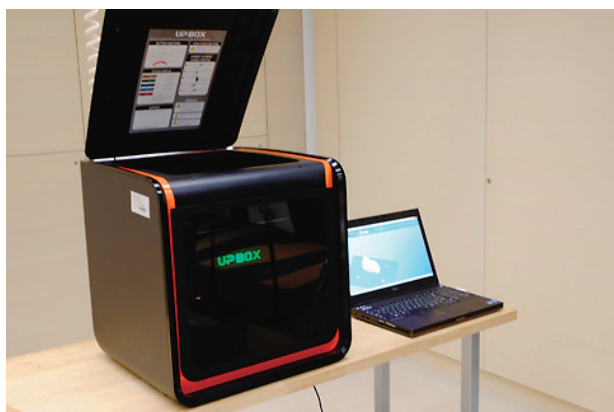


図4 会場に設置された3Dプリンタによって造形された臓器モデル（上段），3Dプリンタ（中段）と当該プリンタで造形された臓器モデルを観察する様子（下段）。

された臓器モデル，車で運搬可能な小型な3Dプリンタを展示した（図4）。名古屋大学学生が3Dプリンタを準備し，当日製作する立体臓器モデルをゼミナール中に造形するようにした。

スチレンボードへの透明シートの貼り付けも，当日の準備時間中に行った。一組あたりスチレンボード2枚であり，表裏各面に2シート，合計8枚，これを15組分，合計120枚を貼り付けることになった



図5 スチレンボードへの透明シート貼付けの様子

ため，かなりの時間を要した（図5）。スチレンカッターも当日に組み立て，各机に配布した。

4.2 講義

講義では，医用画像処理の概要，3Dプリンタの概説と，医療現場における利用法について解説した。技術的には，3Dプリンタによってどのように臓器モデルが造形されるか，物体断面を順次積み重ねると物体形状が再現できること，今日は人間3Dプリンタになることなどを説明した（担当 森）。また，肝臓手術において，難しい部分，3D画像が果たす役割，そして，3Dプリンタによって造形される臓器モデルがどのように医療の場で活用されるかを説明した（担当 伊神）（図6）。また，事前に寄せられた質問に対して，技術的な部分は森が，臨床的な部分は伊神がそれぞれ回答を作成し，技術面も含めて伊神からまとめて回答する形をとった。

4.3 立体臓器モデル製作実習

3Dプリンタの医療応用に関するセミナーを行う場合には，単なる講義と実体モデルの回覧で終わることがほとんどである。一方，今回のゼミナールでは，立体臓器モデルを参加者各自が実際に制作することを目玉とした。ここでは，3.3で示した立体臓器モデル製作手順を示し，c) とd) の過程を参加者各自が順次追うことで立体臓器モデルを製作した。

最初に，各断面をカッターで切り取る作業を行った。ここでは，カッティングボード，カッター，金属定規を用いて各断面の切り離し処理を行った（図7（a））。切り離された断面は，omoteと書かれた面が上になるように元の位置に並べるように指示を出した。



図6 講義の様子。森による工学に関する講演（上段）と伊神による医学に関する講演（下段）

次に、スチレンボードカッターによって各断面を切断線に沿って切り抜く作業を行った（図7（b））。各断面切り抜き後は、貼り合わせ時の混乱を回避するために元の位置に再度はめ込み、机の上に再度並べるように指示した（図7（c））。また、スチレンボードとスチレンカッターの電熱線は垂直とすること、やけどを防止するため軍手を着用することなどを指導した。

最後に、切断された断面を順次貼り合わせる処理を行った。貼り合わせに必要な接着剤は、大瓶から小瓶に小分けしたものを各自に配布し、貼り合わせるようにした（図7（d））。また、余白部分に印刷されたクリスマスツリーも同様に組み立てられた。

これらの製作実習では、大学院生（長柄・館）が丁寧に指導に当たった。また、名古屋市科学館職員が裏方としての製作サポートに当たった。製作された立体臓器モデルとクリスマスツリーの例を図8に示す。



(a)



(b)



(c)



(d)

図7 製作の様子。(a) カッターによる断面ごとの切り出し，(b) スチレンカッターによる臓器輪郭線に沿った臓器切り抜き，(c) 切り抜き後の各断面，(d) 貼り合わせの様子。

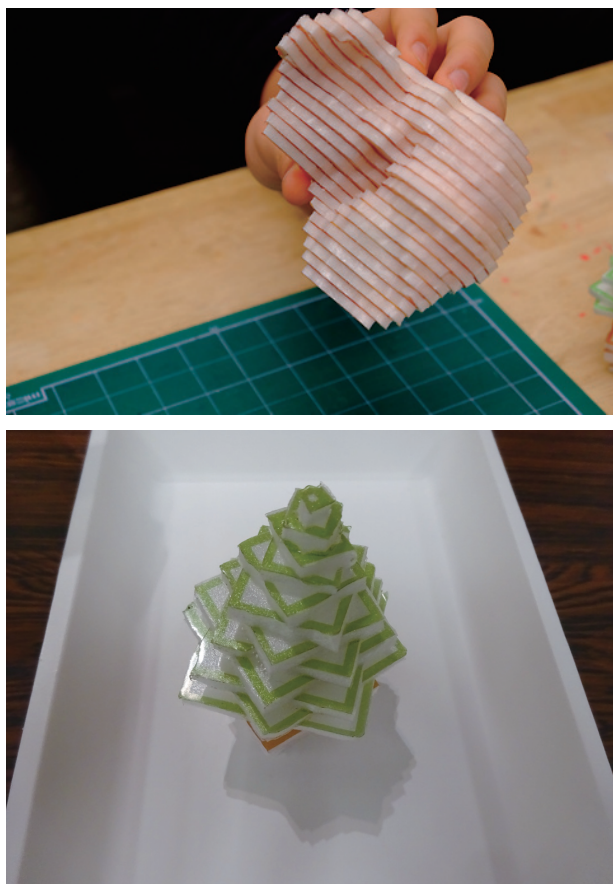


図8 完成した立体肝臓モデル（上段）とクリスマスツリー（下段）。肝臓モデルを背側から撮影している。3mm厚のスチレンボードを貼り合わせたものであるが肝臓形状がきれいに再現されている。

4.3 参加者以外への説明

名古屋市科学館「創造のひろば」はオープンスペースであり、今回のイベントは参加者以外でも展示室から自由にその様子を観察することができた。研究目的に造形した3D臓器モデルを展示室に面した箇所に展示したこともあり、数多くの来館者が立ち止まり、その様子を観察した。また、数多くの質問が参加者以外の来館者から寄せられ、名古屋大学学生が積極的にこれらの質問に答えていた。

5. イベントを終えて

イベント終了時に行ったアンケート結果によると、今回のイベントは非常に好評であったといえよう。すべての回答は、本イベントに対する肯定的な意見であり、人体やその模型作りをもっと行いたいとの意見が出された。講義だけであると単調になりがちであるが、専門分野の異なる2名で講義ができたこと、これに加え、実習を伴うゼミナールであっ

たことも好評を博した要因であったといえよう。今回のイベントは、従来のイベントとはかなり異なるものであるため、別途アンケート結果に関する詳細な分析結果を報告したいと思う。

今回のゼミナールでは、立体臓器モデルとその医学応用に重点を置いて説明を行っており、その途中の過程にある、CTなどの医用画像撮影装置、画像処理技術、そして、3Dプリンタの技術などの説明はかなり省略した。そのために、今後のイベントでは、技術面に重きをおいたイベントの開催も必要であると考ええる。

6. むすび

本稿では、2016年12月23日に開催した「かがくゼミナール：立体臓器モデルを作ろう」の概要について述べた。スチレンボードを参加者全員が切り抜き、それを貼り合わせることで立体臓器モデルを製作する初めての試みであった。医用画像処理、その結果を用いた立体臓器モデル製作、そして、その医学応用に関する技術に関する社会への情報発信は、大学等における研究を理解していただく上でも重要である。来年以降もこのようなイベントを開催したいと考える。

謝辞

本イベントは文部科学省・日本学術振興会科学研究費補助金新学術領域研究「多元計算解剖学」における研究成果を利用した。

参考文献

- (1) 森健策 (2016) I 医療分野における 3D プリンタ利活用の最新動向 医療分野における 3D プリンタの応用動向—診療報酬改定の影響と今後の動向も含めて インナービジョン Vol.31, No. 7, pp. 4-7. インナービジョン
- (2) Tsuyoshi Igami, Yoshihiko Nakamura, Tomoaki Hirose, Tomoki Ebata, Yukihiro Yokoyama, Gen Sugawara, Takashi Mizuno, Kensaku Mori, Masato Nagino (2014) Application of a Three-dimensional Print of a Liver in Hepatectomy for Small Tumors Invisible by Intraoperative Ultrasonography: Preliminary Experience, World Journal of Surgery, Vol.38, No.12, pp.3163-3166 Springer
- (3) 日本学術振興会ひらめき☆ときめきサイエンス 過去の実施プログラム (2017年1月29日閲覧)

https://www.jsps.go.jp/hirameki/07_kako_jisshi_program_h27.html

- (4) 日本学術振興会 ひらめき☆ときめきサイエンス プログラムの事例紹介 (2017 年 1 月 29 日閲覧)

https://www.jsps.go.jp/hirameki/09_kufuu_h26.html

名古屋市科学館紀要 第43号

2017年（平成29年）3月31日 発行

編集・発行 名古屋市科学館

〒460-0008 名古屋市中区栄二丁目17番1号

TEL 052(201)4486

FAX 052(203)0788

<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/>

印刷 アーク印刷株式会社

この冊子は、再生紙（古紙配合，白色度70%）を使用しています。

