

科学館展示場4階「科学の探究」の改装について

石坂千春*, 江越航*, 大倉宏*, 嘉数次人*

概要

大阪市立科学館の展示場4階では、2023年11月まで「宇宙とその発見」というテーマで、①宇宙をさぐる、②大阪の科学史、③企画展コーナー、④サイエンスタイムトンネル、という4つのエリアに分けて展示を展開していた。

今回、2023～24年に実施した展示改装において、フロアテーマを「科学の探究」と改め、その中を①私たちの宇宙、②大阪と科学、③科学の歴史とあゆみ、という大きな3つの部分に分けて展示の改良、更新を行い、新たに合計120あまりの展示を展開しリニューアルした。

本稿では、展示リニューアルに先立ち、2021年度に策定した「大阪市立科学館展示改装基本構想」、2022年度に策定した「展示改装基本計画」を振り返るとともに、完成した展示の概要を紹介する。

1. はじめに

大阪市立科学館の展示場4階は、2023年11月まで、「宇宙とその発見」というテーマで、①宇宙をさぐる、②大阪の科学史、③企画展コーナー、④サイエンスタイムトンネル、という4つのエリアに分けて展示を展開していた。

4階フロアは、1992～94年度の第一次展示改装、1998年度の第二次展示改装、2018年度の第四次(第一期)展示改装において、それぞれ部分的な展示改装を重ねてきたが、一部の展示品については使用から30年ほど経過して老朽化も目立ってきていた。そこで今回の第四次(第二期)展示改装では、フロアテーマを「科学の探究」と改め、その中で①私たちの宇宙、②大阪と科学、③科学の歴史とあゆみ、という大きな3つの部分に分けて、合計120あまりの展示を展開した。

本稿では、今回の4階の改装について、施工に先立って行った、2021年度の「大阪市立科学館展示改装基本構想」策定、2022年度の「展示改装基本計画」策定を振り返るとともに、完成した展示の概要を紹介する。

2. 「大阪市立科学館展示改装基本構想」と、「展示改装基本計画」について

2-1. 大阪市立科学館展示改装基本構想

展示改装にかかる準備の第一弾として、2021年度に展示改装基本構想の策定を行った。基本構想は、科学館の使命「科学を楽しむ文化の振興」を実現する拠点としての展示場を、どのような方針で改装するかをまとめたものである。科学館の展示の特性や問題点、科学館を取り巻く状況などをふまえた上で、改装全体の方向性を示している。その中で、4階については、大阪の科学史コーナーの拡充、サイエンスタイムトンネルの充実、1階にあった発電コーナーの発展的移設、などの構想が立てられた。そしてこれをベースに、4階のフロアは大きく、「宇宙」、「大阪の科学史」、「サイエンスタイムトンネル」、の3つで構成することとした。

2-2. 展示改装基本計画

2021年度にまとめた基本構想に基づいて、翌2022年度には展示改装基本計画の策定が行われた。ここでは、全体を包むコンセプトの下で、展示場各階のシナリオと全体構成、展示物案をまとめている。その過程では、外部の委員を迎えて内容を検討する「展示改装検討委員会」が設置され、科学館で作成した案を検討し、方向性や具体案の決定や修正を行った。そのうえで、4階については、

*大阪市立科学館学芸課

- ・フロアテーマを「宇宙とエネルギー」とする
- ・目的は、人類が理解している宇宙の姿や、理解するための物理概念・原理を、歴史的段階を背景に知ってもらうこと、また大阪と科学の関りを広くアピールすること、などとする
- ・手法としては、①宇宙をさぐる、②大阪と科学、③サイエンスタイムトンネル、の3エリアで構成し、実物資料、体験展示を中心として、現象そのものや物理概念の確認をたのしめるようにする

ことが定められた。

2-3. 更新された4階展示場

以上の過程を経て、2023年度には具体的な設計施工を実施し、2023年11月からの休館、改装工事を経て、2024年8月1日にリニューアルオープンとなった。設計にあたっては、基本計画をベースに、いくつかの修正を加えている。

完成した4階の概要は以下のとおりである。

- ・フロアテーマは「科学の探究」
- ・フロア構成は、以下の3つのエリアからなる
 - ①私たちの宇宙
 - ②大阪と科学
 - ③科学の歴史とあゆみ

さらに、①～③の各エリアは、以下の小テーマで構成され、それぞれのコーナーを構成する。

- ①私たちの宇宙: 「宇宙のすがた」、「宇宙を探る」、「宇宙をつくる素粒子」
- ②大阪と科学: 「大阪の科学史」、「大阪の産業史」、「大阪の科学研究 ー大阪大学・大阪市立大学ー」
- ③科学の歴史とあゆみ: 「力と運動」、「光と熱」、「電気と磁気」、「科学の利用」

それぞれの詳細については、以下の3～5章で紹介する。

なお、各展示にはタイトルと解説パネルを設置し、体験型展示の場合は操作方法や注目点を加えた。また体験型展示の場合は英中(簡)韓の翻訳を行い、大阪市立科学館公式ホームページで提供した[2]。各展示の解説パネルには二次元コードを配し、解説ページを参照できるようにしている。

3. 「私たちの宇宙」エリア

3-1. 「宇宙のすがた」

「宇宙のすがた」は、天体の姿や現象を紹介するコーナーである。

(1) 構成アイテム

全部で14個の展示で構成される。

- ・太陽(ウェルカム展示): 既存

- ・太陽系の惑星: パネル作り替え
- ・惑星の風景: 既存
- ・太陽系小天体: 新規
- ・太陽風と大気: 既存
- ・オーロラ: 既存
- ・隕石: 既存
- ・惑星体重計: 既存
- ・惑星の重力比べ: 既存
- ・月の満ち欠け: 既存
- ・宇宙の階層構造: 新規(壁グラフィック)
- ・デジタル星座早見盤: 既存
- ・星の三次元分布: 作り替え
- ・天の川銀河: 新規
- ・宇宙の大規模構造: 既存

(2) 展示概要

ここでは、新規製作の展示を中心に解説する。

①太陽系小天体

これは新規に設置した展示である。太陽系の中には惑星以外にも多数の天体がある。「衛星」「準惑星」「小惑星」「外縁天体」「彗星」である。それぞれの代表天体の写真を壁に掲示し、小惑星についてはヨーロッパ南天文台 ESO の動画で紹介している[3]。

②宇宙の階層構造

これは新規に設置した壁グラフィックである。天体にはそれぞれ独自のスケールがある。各天体を直径1cmにした時の、隣の天体までの距離を表示している。

表示しているのは、地球と太陽(太陽系の階層)、太陽と隣の恒星(恒星の階層)、恒星間距離と天の川銀河の大きさ(天の川銀河の階層)、そして天の川銀河とアンドロメダ銀河(銀河の階層)である。

大きさと距離との関係が一番大きいのは恒星の階層で、太陽の直径を1cm とすると、最も近い恒星(プロキシマ・ケンタウリ)まで約290kmである。

大きさと距離の関係が一番小さいのは銀河の階層で、天の川銀河の直径を1cm とすると、隣のアンドロメダ銀河 M31は、たった25cm先である。

天体同士は独特な階層構造を示している。

③星の三次元分布

これは旧来のものを改良し、拡大した展示である。天井には恒星に見立てた電球を、北斗七星の大きさと形(相対位置)が、実際の空で見たときと同じになるように配置してある(図1)。恒星までの距離の縮尺も、全部の恒星で同じである。

地球に見立てた観察口(円筒)から覗いた時と、数十光年(展示では数10cm)離れた時とでは形が違うことを観察できる。



図1. 星の三次元分布

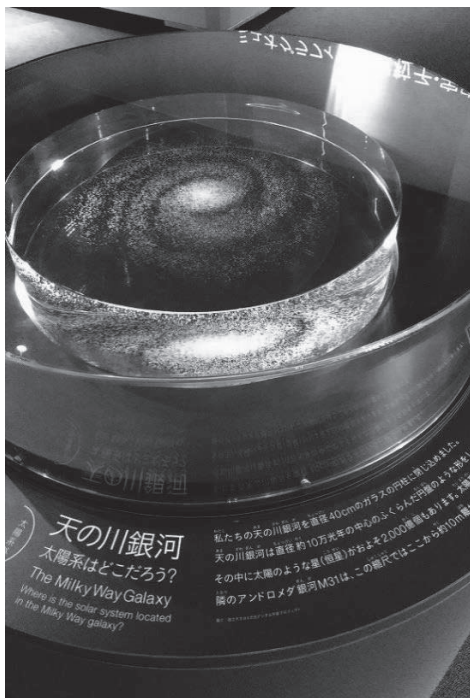


図2. 天の川銀河

④天の川銀河

天の川銀河を直径40cm のガラスの円柱の中に再現した。実際の天の川銀河には約2,000億個以上の恒星があるが、Mitaka のデータ[4]を利用し約12万個の点をレーザーで刻んでいる。

約10m 離れた天井にアンドロメダ銀河 M31の円形パネルを、縮尺を合わせて配置した(図2)。

⑤オーロラ

オーロラは太陽活動と密接な関係があり、太陽と地球の関係の理解につながる現象であることから、旧展示を引き続き展示している。この展示は真空に近い状態にした容器があり、ボタンを押すと、内部の電極に高電圧がかかるようになっている。すると薄い空気中の窒素や酸素に電子がぶつかって、オーロラと同じような光を出す仕組みである。

3-2. 「宇宙を探る」

天体や宇宙をどのように探るのか、観測手段を主に展示するコーナーである。

(1) 構成アイテム

全部で10個の展示で構成される。

- ・宇宙開発: 移設
- ・波長による見え方くらべ: 既存
- ・パラボラゴルフ: 既存
- ・電波望遠鏡: 既存
- ・赤外線観察装置: 既存
- ・望遠鏡のしくみ: 既存
- ・生駒山宇宙科学館の反射望遠鏡: 新規
- ・紫外線観察装置: 既存
- ・X 線観察装置
- ・X 線回折装置: 新規(静展示)

(2) 展示概要

ここでは、新規展示のうち、「生駒山宇宙科学館の反射望遠鏡」を紹介する。「生駒山宇宙科学館の反射望遠鏡」は、1968年に閉館した生駒山天文博物館に設置されていた有効口径60cm の反射望遠鏡の反射鏡と鏡筒を設置した。1999年、宇宙科学館の閉館にともない、当館に寄贈されたものである(図3)。

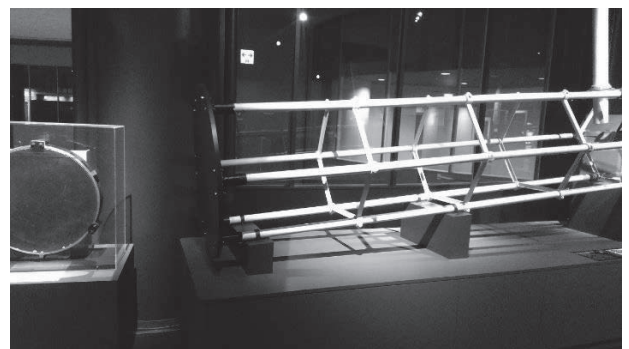


図3. 生駒山宇宙科学館の反射望遠鏡[5]

3-3. 「宇宙をつくる素粒子」

このコーナーでは、宇宙がどのような粒子で構成され、どのように観測されるのかを紹介する。

素粒子や宇宙線は一般的に馴染みがないものであるため、コーナー紹介パネルでは一次宇宙線が大気に入射し、どのように二次宇宙線が生成されるかという

過程を網羅的に紹介し、来館者がこのコーナーに置かれた装置が検出するミュー粒子やニュートリノがどこで生成し、どのように飛来するのか、その由来を理解しやすいようにした。

(1) 構成アイテム

本コーナーは全部で4つの展示で構成される。

- ・ミュオグラフィ: 移設
- ・ニュートリノ研究: 移設
- ・宇宙線検出装置: 移設
- ・大型霧箱: 移設

(2) 展示概要

①ミュオグラフィ

多線比例係数管式(MWPC)ミュオグラフィは、東京大学国際ミュオグラフィ連携研究機構の協力により稼働展示している(図4)。この装置は6枚のMWPCを持ち、正確に宇宙線ミュオンの飛来方向と数をカウントし、ミュオグラフィ像を描くことができる。

この装置の側面と上面にはたくさんのLEDがあり、リアルタイムにミュオンの飛来方向をLEDの光で示す。



図4. ミュオグラフィ

②ニュートリノ研究

ニュートリノ研究は、K2K 実験と T2K 実験、カミオカンデとスーパーカミオカンデでの実験を紹介する展示である(図5)。K2K は KEK12GeV シンクロトロンで生成したニュートリノをSKに打ちこんでニュートリノ振動が起こっていることを確実に示した実験である。T2K はこの実験を継承した J-PARC 50GeV のシンクロトロンで生成したニュートリノをSKに打ちこむ実験で、ニュートリノ振動のパラメータ θ_{13} を測定する実験である。改装前は、K2K の電磁ホーンと鉛ガラスを展示していたが、今回の改装で T2K の電磁ホーン用のキャパシタとサイリスタスイッチを追加した。

また、ニュートリノの観測により素粒子や宇宙に関する研究を行うカミオカンデとスーパーカミオカンデの光電子増倍管を1台ずつ展示している。



図5. ニュートリノ研究

③宇宙線検出装置

「宇宙線検出装置」は、改装前は「スパークチェンバー、ワイヤーチェンバー」という名称であったが、今回の移設を機に名称を改めたものである。

ワイヤーチェンバー(MWPC)は、ミュオンが飛来する様子を見ることができる装置で、ハンガリーウィグナー研究所の協力で展示している。

またスパークチェンバーも同様にミュオンの飛来を確認できる装置である。本展示では、福井崇時博士と宮本重徳博士が開発したスパークチェンバーのオリジナル原器の実物も展示されている。スパークチェンバーを展示している施設は多いが、そのオリジナルは当館以外では阪大理学部の実験の展示でしか見られない貴重なものである。

④大型拡散型霧箱

宇宙線コーナーの最後は、富山の RAD 社製の80センチ角の大型拡散型霧箱を稼働展示している。自然放射線(主にラドンの崩壊による α 線と β 線)が常時観察できる。霧箱では γ 線は見えない。しかし、 β 線に交じって γ 線が蹴とばした電子も混ざっているはずだが両者は区別できない。今回の改装で冷却器を一新して冷却能力が向上したため、以前30分に1回程度しか見えていなかったほぼ水平に走るミュー粒子の軌跡(30センチ以上のもの)が、10分に1回程度見えるようになった。

なお霧箱については、この他に「大阪の科学研究」コーナーにウィルソン型霧箱を展示している。

4. 「大阪と科学」エリア

科学や技術はグローバルなものであるが、人類の活動の一つであるがゆえに、それぞれの地域における特色が見られるのも事実である。科学館が位置する大阪は古くから商業都市として知られているが、同時に科学や技術に関する活動も活発で、数多くの研究・開発が行われてきた。大阪市立科学館では、1999年から

展示場4階において、「大阪の科学史」と名付けたコーナーを設置し、江戸時代の天文学や銅精錬産業、明治初期の理化学学校といった大阪の科学や産業に関する展示を展開していた。

また、同じ4階で展開していた「宇宙はいま」エリアの中で、旧大阪帝国大学、大阪大学で使われていたコッククロフト・ウォルトン型加速器や、大阪市立大学で使われたウィルソン型霧箱などの展示を通じて、大阪での物理学研究について紹介していた。

今回の展示改装においては、新たに江戸時代から現代の大阪で行われていた科学や産業、技術などについて、科学的視点から整理して紹介することとした。それに伴い、エリア名称も「大阪と科学」とした。

「大阪と科学」エリアは、大きく分けて3つのコーナーに分かれる。

- ①大阪の科学史：近世から明治初期にかけて大阪で行われていた科学研究の紹介
 - ②大阪の産業史：近世以降の大阪で発展した銅精錬や綿工業をはじめ、1920～30年代の「大大阪」の産業を支えた電気事業や電気科学館の活動を紹介
 - ③大阪の科学研究－大阪大学・大阪市立大学－：旧大阪帝国大学、大阪大学、大阪市立大学で行われた、素粒子をはじめとした物理学研究を紹介
- ここでは、それぞれについて概要を紹介する。

4-1. 大阪の科学史

「大阪の科学史」コーナーは、近世から明治初期にかけて大阪で行われていた科学研究を紹介したもので、旧展示では「大阪の科学史」という名称で、「江戸時代の天文学」、「住友長堀銅吹所」、「大阪舎密局」の3つの展示を展開していた。今回の改装に当たっては、「大阪の天文学」、「大阪舎密局」の2つに加えて、「橋本宗吉とエレキテル」を新たに加え、合計3つの展示で構成した。「住友長堀銅吹所」については、産業史のコーナーに含めた。



図6. 橋本宗吉とエレキテル

「橋本宗吉とエレキテル」(図6)では、江戸時代後期

の大阪で活躍した蘭学者橋本宗吉(1763～1836)の静電気研究を紹介した展示である。橋本の著作『エレキテル究理原』、『エレキテル訳説』の複製本と、エレキテルの模型を展示した。模型は、『エレキテル究理原』中に描かれている図を参考に新たに制作したものである。また、解説パネルには、橋本宗吉のプロフィールと、静電気研究の概要を紹介している。

4-2. 大阪の産業史

今回の改装では、新たに大阪の産業史について一つのコーナーを設置した。展示は大きく分けて、「綿工業」、「住友銅吹所」、「大大阪を支えた電気事業」、「電気科学館復元展示」、「学天則」の5つで構成している。

①綿工業

本展示では、明治・大正の日本を経済的に支えた大阪の紡績業と製糸業を紹介している。大阪の綿産業は、江戸時代の大和川の付け替えを機に盛んになったと言われている。本展示では、その様子的一端を伝えるものとして、江戸時代の農学者・大蔵常永(1768～1861)の著書『綿圃用務』中の「糸紡ぎの図」に彩色を施したものを八尾市歴史民俗資料館の協力で掲げ、また糸車も展示している。

また、明治に入り洋綿が輸入されるようになると国内の綿では太刀打ちができず、全国的に綿業は衰退する。それを挽回した嚆矢が大規模な近代的工場である大阪紡績であった。大阪紡績の成功により、紡績業は日本をリードする産業に成長する。この成功は何もないところから生まれたのではなく、大消費地である大阪があったことと、江戸時代からの連綿と続いた綿産業があったことに起因する。本展示では、大阪紡績株式会社や天満紡績株式会社の工場の様子などを写真パネルで紹介している。

②住友銅吹所

「住友銅吹所」は、旧展示「住友長堀銅吹所」を継承しており、展示資料は同一で、展示タイトルとパネルを改めている。

③大大阪を支えた電気事業

「大大阪を支えた電気事業」は、大阪市が「大大阪」と呼ばれた1920～30年代において、産業を支えた電気事業についてパネルで紹介し、また大大阪時代の電気事業と電気科学館に関して動画で紹介したシアター「大大阪の繁栄」を設置した。ビデオは約7分間で、毎時10分から50分までの間、10分おきに上映している。

④電気科学館復元展示

当時の大阪市域の電気事業に関しては、1922年から1943年までの間、大阪電灯株式会社を買収した大

阪市が配電事業を行っていた。その事業の一環として、電気知識の普及のための施設として大阪市電気局が設置したのが、当館の前身である大阪市立電気科学館である。電気科学館は、電気に特化した博物館施設であり、なかでも電気に関する体験展示をメインとしていた。中でも、電気の原理を利用した展示は古びないことから、同じようなものが現在でも多くの科学館で使われている。そこで今回、電気科学館の開館時に設置されていた体験展示のうちの「磁石説明装置」、「電界の説明装置」、「廻転玉子」、「射撃練習装置」、「輻射計動作説明装置」、「幻の花」、「X線実験装置」6つを復元した。復元に際しては、当時の詳細な仕様を記述した資料が現存しないため、『電気科学館二十年史』の記述や、当時の写真ほかの資料を参考にした。各展示の名称は当時のものを採用した。また、体験できる部分の構造やメカ、展示デザインは現代風にアレンジした。

⑤学天則

かつて1階で展示していた、日本初のロボット「学天則」の復元模型と、学天則の動作原理模型を4階に移設したものである。学天則は、1928年に当時大阪毎日新聞社の論説員であった西村真琴が制作した人造人間(ロボット)で、東洋初のロボットと呼ばれることもある。この模型は、サイズはほぼ当時と同じで、当時と同じく圧縮空気で動く。その機構は、模型脇に機構模型で見ることができる。

復元模型は、移設に際して全体の状態確認と、稼働のためのエアコンプレッサーの更新、顔をFRP製のものに更新するなど、部分的に改修を行った。学天則は可動展示で、毎時0分から約3分間作動する。

4-3. 大阪の科学研究—大阪大学と大阪市立大学—

大阪市立科学館は、かつて大阪大学理学部があった場所に建てられており、大阪大学とはゆかりの深い関係にある。1931年に中之島に新設された大阪帝国大学では、菊池正士がコッククロフト・ウォルトン型加速器の建設を行い、湯川秀樹が中間子論の研究を行うなど、当時最先端の原子物理学の研究が行われていた。

また、菊池正士のもとで研究していた渡瀬譲は、戦後新設された新制大阪市立大学(現大阪公立大学)理工学部に移り、ここで宇宙線の研究を行ったほか、南部陽一郎や早川幸男、山口嘉夫、西島和彦、中野董夫も同じく大阪市立大学で理論物理学のグループを立ち上げるなど、こちらでも宇宙線や素粒子物理学の研究が盛んに行われた。

現在の原子核・素粒子物理学研究において、大阪で生まれ、発展した科学の役割は非常に大きく、これ

らの事柄を、歴史的資料を通して伝えるために、「大阪大学と大阪市立大学」のコーナーを設けた(図7)。ここでは、主な展示を取り上げる。



図7. 大阪の科学研究コーナー

①コッククロフト・ウォルトン型加速器

このコーナーの中心となる展示は、1993年から展示しているコッククロフト・ウォルトン型加速器である。今回の改装では、展示構成はそのままに、加速器と、象限電位計など測定器を入れたケースをそのまま移設した。(図8)

②バンデグラフ加速器の加速管

今回の改装を機に、新たに大阪大学バンデグラフ棟で使われていたバンデグラフ加速器の加速管をコッククロフト脇に展示した。併せて集電極へ電荷を運ぶベルトやイオン源も展示した。

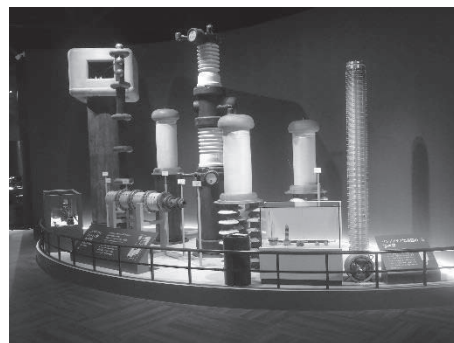


図8. コッククロフト・ウォルトン型加速器とバンデグラフ加速器の加速管

③湯川秀樹と南部陽一郎

大阪大学と大阪市立大学(現大阪公立大学)での物理学研究を紹介する展示も新たに制作した。中でも、各大学を代表する物理学者である、ノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹と南部陽一郎についてはパネルを中心に、二人にゆかりの資料を展示した。

湯川秀樹の中間子論は彼の博士論文でもあり、大阪大学の講師時代に書かれたもので、現在の大阪市立科学館の建つまさにこの場所で書かれものであった。

また、もう一人のノーベル物理学賞受賞者である南

部陽一郎は何度も大阪市立科学館に足を運んでいて、齋藤吉彦前館長が考案した「磁石のテーブル」を楽しむ姿を映した写真もこの装置と伴に展示されている。

「磁石のテーブル」は、丸い回転テーブルにかつてカーアクセサリーとしてポピュラーであった方位磁石を1000個敷き詰めたものである。たくさんの磁石が相互作用した結果、そこかしこに磁区のような近傍の磁石の向きが揃った小集団が生じる。これは彼がノーベル賞を受賞した自発的対称性の破れの一例と言ってよい。

5. 「科学の歴史とあゆみ」エリア

現在の科学は、人類の長い歴史の中で、多様な自然現象を観察することを通して発展してきたものである。「科学の歴史とあゆみ」エリアでは、人類が自然法則に対する理解を深めてきた過程を辿ることで、物理概念を理解することを目的としている。その際、物理概念を分野別に整理し、特徴的な現象を示す展示と資料により、実体験として理解することを目指している。

このエリアは、以前は「サイエンスタイムトンネル」という名称で、同様のコンセプトで展開していたが、その際の問題点を洗い出し、修正を行った。大きなものとしては以下の2点がある。

①展示テーマの提示の見直し

「サイエンスタイムトンネル」でのメインストーリーは、古代から現代までの時代別であり、コーナーを構成する各エリアは「古代の科学」、「中世の科学」といった名前を前面に出した上で、展示を構成していた。そのため、エリアで取り上げる科学分野(力学、電磁気学など)は副次的な扱いとなり、見学者が科学的内容を把握しにくいという欠点があった。

そこで今回の改装に当たって、時代順の構成はそのままとしながら、メインストーリーを科学分野に変更した。具体的には、古代では力学、中世～近代では光学、熱力学、電磁気学という分野を前面に押し出してコーナー分けを行い、それぞれのコーナーに体験展示と実物資料を配置した。科学分野を軸にエリア全体を整理した結果、来館者が各コーナーでの展示内容を把握しやすくなった。さらに、今回の改装の目標の一つとしていた「群展示」の手法を実現でき、来館者が各分野の科学的内容をより理解しやすくなった。

②体験展示と実物展示の結合

サイエンスタイムトンネルの特徴は、科学の原理や法則を実験で確かめる「体験展示」と、科学の研究や実験・応用を伝える実物資料で構成した「実物展示」の二本柱を活用したことである。これにより、従来の科学博物館(science museum)と科学館(science center)の両方の要素を組み合わせた、当時の科学館としては

先進的な展示構成となっていた。しかし、建物の性格上、体験展示は導線の真ん中に配置し、資料展示は壁面に配置せざるを得なかったため、両方の展示が分離した状態となり、来館者が双方の間を回遊しにくいものとなっていた。

そこで今回の改装では、体験展示と実物資料を有機的につなぐために、各コーナーに「ナビサイン」という柱上のサインを配置し、テーマと概要文、当該分野の歴史年表を配置した(図9)。年表には、当該分野の重要な発見・発明などと共に、それに関する展示物の名称を示し、ナビサインを見た人が体験展示や資料展示の区別なくコーナー内を回遊できるように工夫した。



図9. ナビサイン

5-1. 科学の夜明け、力学

科学の夜明け、力学のコーナーは、主に古代をテーマに扱っている。冒頭の一部では、「科学の夜明け」と名付けた展示ケースを設置した。これはエリア全体のコンセプトを紹介する概説的な展示物で、青銅剣やアンティキシュラ機械(復元模型)といった古代の科学資料から、エジソンの蓄音機といった現代資料までを並べている。

本コーナーのメインは力学のコーナーである。特に日常生活の中で接する現象の多くは、力学に基づいて理解されるものが多い。また力学の方法や概念は、物理学の基本となっており、より高度な物理学を学ぶ上でも基礎となるものである。

そこで力学のコーナーでは、力のつり合い、仕事、運動の法則、振り子などの分野を中心とした展示構成とし、力学の法則の理解を目指した。中でも今回新規製作、改修したのは、次の展示である。

①滑車

動滑車を用いることで、重たいものを半分の力で持ち上げることができる展示である。なるべく見た目で重たいものを持ち上げることで体験者の驚きが得られるよう、約30kgの重量のバーベルを持ち上げる展示とした。

この展示では体験者がロープを引っ張った際に、動滑車が動く様子が分かるように、動滑車の向きを横向きになるよう取り付けた。この動滑車を正面から引っ張られるようにするため、上面に取り付けた定滑車で、引っ張る向きを90度変化させる構造にした。

②てこ

てこの原理を使って、重たいものを軽い力で持ち上げることが可能なことを体験する展示である。滑車と同じ約30kgの重さのバーベルを持ち上げることで、両方の展示の比較ができるようにしている。

可動部分に挟まれると危険なため、全体をケースで覆って、持ち上げるバーだけ触れる構造にしている。手を離しても急にバーが落ちないよう、ダンパーを取り付けるとともに、バーの上下の可動範囲にも制限を設けている。また、バーと全体を覆うケースにできた隙間に手を入れないよう、ブラシ状のカバーで塞いでいる。さらにこの隙間から物を入れることを想定して、展示ケースに点検用の扉を設けている。

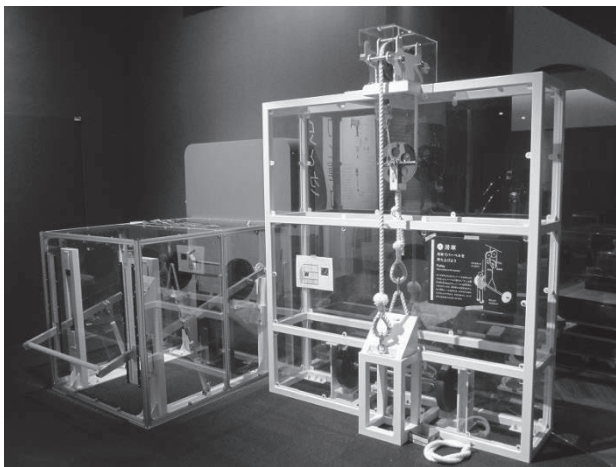


図 10. てこ(左)と滑車(右)

③歯車

歯車は力を伝える装置として、古代から現代まで、多くの場面で用いられている、いろいろな歯車の原理を示すため、ハンドルを回して動かすことが可能な以下の3つの展示を作成した。

- ・ウォームギアで回転速度を減少させ、スコッチヨーク機構で往復運動に変換
 - ・かさ歯車で垂直方向の回転に変換し、ゼネバ機構で断続回転に変換
 - ・内歯車で同じ方向に回転速度を減少させ、かさ歯車によって垂直方向の回転に変換
- これらの展示はいずれも内部の構造が分かるように

なっており、様々な工夫で力の伝え方を変えられることが体験できるようになっている。

④力くらべ

以前から展示しているものであるが、一部改良を加えている。展示スペースの関係から、同じ大きさのハンドルの組み合わせと、大きいハンドルと小さいハンドルの組み合わせの2種類とした。

以前の展示では、ハンドルの外枠をスポークで支えていたが、ハンドルの環の中に隙間があると急にハンドルが回った際に危険なことから、スポークをなくしてこの部分には手が入れない構造にした。また、床に固定する部分が4本足で固定すると、力を加えた際に展示が変形する原因となることから、4本の足の全体をプレートで固定した。

5-2. 光学・熱力学

(1)光学

光は我々にとってかけがえのないものであり、光に関する研究も古代から行われてきた。光の進路を扱う幾何光学は、レンズや鏡とも関連し、近代物理学や天文学の誕生につながっている。また、光を分ける分光は、暗線の研究が原子物理学につながるとともに、光そのものの研究が、電磁気学や量子論など、現代物理学につながるきっかけとなった。

光学のコーナーでは、特に幾何光学や分光を中心にした体験展示を展開した。新規製作したのは次の展示である。

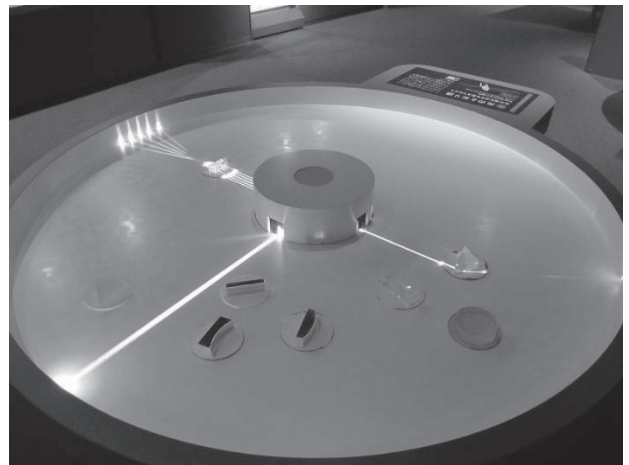


図 11. 光のとおり道

①光のとおり道

中央部に設置したLEDからスリットを用いて細い光線を出すことで、光の通り道が分かるようなテーブルを用意した(図11)。この鏡やレンズ、プリズムを使って、光の反射や屈折、分光などの体験ができるようになっている。また、円筒状の透明アクリルも用意し、円筒内

で2回反射して分光することで、雨上がりの虹が生じる原理も示せるようにした。さらに、プロジェクターなどで用いられる、光を RGB の3色に分けるダイクロイックミラーを使った実験もできるようにした。いずれの光学機器も、持ち帰り防止のため、薄い円盤状の白い板に固定している。

また、壁面に展示資料として、以前から展示している光学機器の小ケースのほか、新たに分光に関する大ケースの展示も行った。

②分光(大ケース)

改装前に仮展示していた、大型のアダム・ヒルガー社製石英分光器のほか、いくつか分光機器の関連資料を展示するケースとした。また、分光と元素分析の関連に触れ、分光を用いて発見された元素の展示も行っている。

(2)熱力学

熱力学は、熱と仕事の関係やエネルギーについての経験則を体系化した物理学の一分野で、状態がどのように変化しうるかを述べる。エネルギー保存則やエントロピー増大の原理を扱うこの分野は、発電、自動車、冷蔵庫、エアコンなどの動作原理として我々の日常生活に関連している。

①熱力学(大ケース)

この資料展示の内容は、基本的にサイエンスタイムトンネル時代のそれを継承している(図12)。



図12. 熱力学(大ケース)

故橋本正満氏が制作した小型蒸気機関車は、石炭を焚いて子供が乗った貨車を引いて走らすことができた。実際イベントで正面玄関前にレールを敷いて子どもたちを乗せて走らせている写真も掲げられている。

また大正から昭和初期にかけて大阪工業試験所で基礎実験に使用された各種温度計も引き続き展示されている。されている。それらに加え、新たに今回、豊田将章先生指導の下、大谷中学校・高等学校科学部が制作したニューコメンエンジン模型を展示した。

ニューコメンエンジンは世界初の蒸気機関で効率は

低かったものの湧水に苦しんだ炭鉱で使用され産業革命をけん引した。シリンダーに蒸気を導き、そのシリンダーを冷却することでピストンを大気圧で動かした。

今回電源の関係で動画再生は見送られたが、展示されている模型が実際に動く様子は、QRコードから見ることができる。

②真空中の音と風

風は空気が動き吹くものであり、音は空気の振動であるから、真空中では音も風もない。これを実験で示したのが本展示で、2018年度に新設し、今回小改良を加えた。

これまでは真空鐘の中のマイクを置き、真空になると音を拾えなくなる様子をスピーカーを通して確かめていたが、来館者には理解しにくかったことから、今回マイクとスピーカーを排した。また、実際に装置内の空気が引かれているのかわかりづらいという欠点があったので、今回真空計を追加した。また音源として電子ブザーをやめ、ベルを叩いて音を出すようにした。

4-3. 電磁気学・発電

電磁気学は、力学と並び古典物理学の中心となる分野である。古代には電気と磁石は別々のものと考えられていたが、ボルタの電池の発明が端緒となり、やがて電気と磁石の間には密接な関係があることが明らかになる。両者を結ぶ法則の発見は、科学の進歩にとって重要なブレークスルーとなり、電気を使う現代文明の基盤となっている。また電磁気学の学問体系の完成が、相対性理論へとつながる足掛かりになっている。



図13. 電磁気学コーナー

そこで電磁気学のコーナー(図13)を2つのパートに分けて「電気の力・磁石の力」として電気・磁気を別々に扱い、静電気、電池、磁石、磁力線に関する展示を展開した。そして後半は「電磁気学」として、電流と磁場の相互作用、電磁誘導、発電、渦電流、電磁波に関する展示を展開し、電気と磁気の関係を示す構成とした。そしてここまでの「科学の歴史とあゆみ」の流れ

を踏まえて、さらに次のコーナーの展示である発電や電気製品、計算機などの科学の利用へとつながる構成にした。以下では、コーナーを構成する主な展示物を取り上げる。

①人間電池

以前から展示しているものを、同じコンセプトで全面的に作り直した。左右の手で2種類の違う金属に触れると検流計が振れることで、自分が電池となり、電気が流れることが確かめられる。左右4種類の金属を並べる際に、曲線上に配置して、自然に左右の手が置けるように配置した。

②三相交流モーター

誘導電流の応用例として、三相交流モーターの展示を作成した。スイッチを入れることで、コイルに三相交流が流れ、その上に置いた金属板が、徐々に誘導電流により回転する様子を見ることができる。三相交流の周波数は、手前のつまみで変化させることができ、また3つのコイルに LED が取り付けられ、どのコイルに電流が流れているかを分かるようにしている。

③ヘルツの実験

この展示は以前からあった展示に改良を加えてものである。誘導コイルにより火花を飛ばし電磁波を発生させ、両端にアンテナとして針金がついたネオン管を光らせる。以前はネオン管が1つしかなかったが、今回5つに数を増やした。距離が離れるにつれ、ネオン管の光が弱くなることで、電波の減衰することがわかると同時に、空間を伝搬した電波がネオン管を光らせているのだと実感できるようになった。

また、発電のパートでは、発電に関する以下の展示を新たに設置した。

④手回し発電

ハンドルを回して発電機で発電し、LED を点灯させる。発電機はデュアルハルバツハ配列磁石の固定子を持つコアレスモーターで、高効率に発電し、漏れ磁界が少ないため結果的にペースメーカー使用者にも安全な展示になっている。スイッチで無負荷、小さな負荷、大きな負荷を選ぶことができる。無負荷ではハンドルは軽く回り、発電はしない。LED は点灯せず7セグの表示も0である。小さな負荷を選択するとハンドルは少々重くなり LED は少しだけ光る。大きな負荷ではハンドルが重くなり、消費(発電)電力は大きくなり LED は明るく光る。7セグで発電量を確認できる。電流計と電圧計もあり、電流と電圧の積が電力になっていることも確認できる。

⑤電気をおこそう

タッチパネルで発電のしくみを解説する展示である(図14)。各種発電のイントロダクションの役割も持つ。



図14. 電気をおこそう

⑥水力発電

ハンドルを回してボールポンプで水をくみ上げ、一定量水がたまったところで水を落下させ水車を回して発電する。この参加体験型の展示は改装前は1階にあったが、コンパクト化して4階に移した。水は、一定量持ち上げられるか、あるいはハンドルを回して30秒経過するまで貯水槽に蓄えられ、電磁バルブが開くことで落下する。

⑦太陽光発電

この二十数年でポピュラーで身近になった太陽光発電は、ゲーム性を持たせ展示とした。展示上部に複数のライトを設置し、ボタンを押すとテーブルに順次光が照射される。テーブルにパドルで向きを変えることができる太陽光パネルがあり、2人が対戦式により大きな発電量を競うようになっている。そして30秒間の各人の太陽光による発電量が表示されるようになっている。

⑧振動発電

圧電素子を利用して振動で発電できることを紹介する展示である。「ふんで電気をおこそう」は床に設置された圧電素子の上で足踏みをして起こった振動によって発電し LED を光らせる。しくみを理解しやすいように、指で押して LED を光らせる「指でおして電気をおこそう」も併設した。

⑨燃料電池発電

燃料電池発電は、水素と空気中の酸素から電力を得る発電で、化石燃料に代わるエネルギー源として注目されている。水素は水素吸蔵合金の入ったボンベから供給される。ここでは5つの燃料電池スタックを直列につなぎ発電し、4個のファンを回し LED を光らせる。

4-4. 生活の中の科学

このコーナーでは、これまでの展示を通じて紹介してきた科学の成果の利用について取り上げている。大きく分けて、電磁気学の応用と、気象学の二つを取り上げている。

(1)電磁気学の利用

電磁気学の完成は、私たちの生活に大きな変革を

もたらした。19世紀末には、電磁波の存在が示された。電磁波の中でも特に電波は、テレビやラジオ、携帯電話などに応用され、現代の文明に欠かせないものになっている。同様に、電子の流れや振る舞いが解明されたことにより、それを応用した真空管やトランジスタ、ICといった製品が開発された。それらは多くの家電製品や電卓、コンピュータなどに応用されている。また、電磁気学で得られた原理の応用により、モーターや熱源などが発明されて、家電製品に応用されている。

そこでこのコーナーの前半では、電磁気学で得られた成果やその利用をテーマとして取り上げた。

①電波の利用

情報を遠くまで伝える手段として、目的に応じて様々な波長域の電波が使用されている。そこで電波の波長別にどのような用途で用いられているか、中短波領域の例としてラジオ、極超短波領域の例として、携帯電話、無線LANを取り上げ、いくつかの代表的な機器を展示した。

②家電製品のいろいろ

「家電製品のいろいろ」は、かつて1階に展示していた「家庭の消費電力とエネルギー」をベースとして制作したもので、什器と展示品は旧展示のそれを流用しているが、展示の内容自体は新たなものとした。

旧展示「家庭の消費電力とエネルギー」は、昭和初期から最近までの家電製品を年代別に並べるとともに、国内の消費電力量の変遷グラフを掲示することにより、私たちの生活のエネルギー利用について考えることを目的としていた。そのため、家電製品の解説には、製品の中で用いられている科学原理や技術については触れていなかった。

一方、今回新設した「家電製品のいろいろ」は、私たちの生活に身近な製品の中で用いられている科学原理や技術に注目するという目的にしておき、解説パネルと資料キャプションもこれに基づいて制作している。例えば、電気ストーブの解説では、ニクロム線に電気を通すことによって発生するジュール熱で、周囲をあたためるという原理を紹介している。これにより、旧展示と同じ展示資料を用いながらも、新しい4階の展示コンセプトに対応した新展示を制作することができた。

③計算機、エレクトロニクス

「計算機」と「エレクトロニクス」は、20世紀以降に発達した電子機器を中心に、実物資料で構成した展示である。

「計算機」は、古典的な計算機であるソロバンや、簡単に指数や対数などの計算が可能な計算尺、手回し計算機などの機械式計算機に加え、1960～70年代の電子計算機や、電卓(卓上電子計算機)とソロバンを組み合わせた製品(ソロカル)も展示し、計算機の変遷

がわかる構成としている。また、展示品の中の一点であるトランジスタ電卓「キャノーラ130」、IC電卓「キャノーラ1200」、「機械式手回し計算機」は、外装のふたを開けるなどして内部の基盤などが見える様に展示し、複雑な回路やメカが組み込まれている様子がわかるようにしている(図15)。

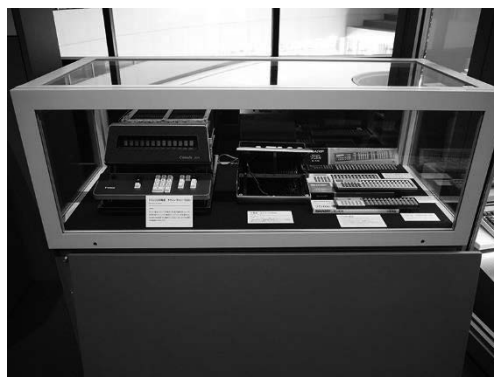


図15.「計算機」の一部。ケース内の展示品の左がキャノーラ130、真ん中がキャノーラ1200

また、「エレクトロニクス」は、19世紀末から明らかになってきた電子のふるまいと、それを利用した製品を紹介した展示である。20世紀の初めに開発された真空管、20世紀半ばに開発されたトランジスタ、集積回路(IC)を実物で展示している。真空管、トランジスタは、共に初期の製品も展示している。また、集積回路については、シリコン塊からICチップができるまでの製造過程がわかる資料を実物資料で展示している。これは、以前1階にあった展示「コンピュータのいろいろ」ケース内で展示していたが、今回の改装を機に「エレクトロニクス」に組み込んだ。これにより、本展示では、20世紀に大きく発展した真空管から集積回路までの一連の電子部品を紹介することができた。

なお、これらの展示に利用した実物資料は、一部を除いて旧4階の「20世紀の科学」で紹介していた資料群を利用している。このように、「家電製品のいろいろ」と同様、同じ資料を用いても、切り口を変えることにより、新たな展示を構成することができるのは、実物資料の持つ特徴であり、また利点といえる。

④京コンピュータ、コンピュータのいろいろ

「京コンピュータ」と「コンピュータのいろいろ」は、1階に設置していた展示を移設したものである。この中で、前者は展示方式や解説に変更はない。後者は、かつて1970～90年代のパソコンと、IC(集積回路)ができるまでの製造過程がわかる資料を展示していたが、今回の改装に当たって、IC製造過程の資料を「エレクトロニクス」展示に移動した。そして、新たに21世紀以降に使われるようになったスマートフォン、タブレット、スマートウォッチなどの新しいコンピュータ製品に置き換

えて展示している。これらの製品は、旧1階展示「家庭の消費電力とエネルギー」で展示していた資料群で、今回移設した。

(2) 気象

気象もまた、現代物理学と深く関わりがある。天気予報は、物理法則に基づき、大気の状態を予測するものであり、そこでは力学、熱力学などの成果が用いられている。さらには、こうした予測には、観測装置とコンピュータが欠かせないものになっている。そこで、気象のコーナーを設けて、気象観測の原理と天気予報の仕組みを紹介することとした。特に気象観測機器を紹介する以下の展示を新たに製作した。

① 気象観測機器のいろいろ

気象台ではいろいろな気象データの観測が行われている。ここでは、気象観測のために用いられた、温度、湿度、気圧、雨量などの気象観測機器を展示している(図16)。歴史的な古いタイプの観測機器も展示しており、かつての気象観測の様子を知ることができるとともに、機器そのものの原理から、気象観測の方法の理解の助けになるようにしている。



図 16. 気象コーナー

6. 改装後の様子

改装に伴う工事は、2023年11月から2024年7月までの長期休館中に行われた。

新規展示物の制作にあたっては、科学館スタッフと施工業者が打ち合わせを重ねて仕様を決め、試作とテストランを重ねた。既存の展示物についても、ケースのタッチアップや部品交換などのオーバーホールなどの改修を行った。

そして2024年8月1日のオープンから多くの来館者が訪れて展示を観覧・体験した。その中で、使用したパーツの欠落や造作の破損、機械の故障などの不具合が数多く見られ、早いものは初日に発生した。多くは、耐久性の弱いパーツやメカを用いたことや、構造上の

問題など主な原因であり、設計・製作段階での想定 of 甘さもあった。そのため、施工業者と連携して改良や修理を重ねている。これまでの科学館での経験と業者のノウハウを組み合わせ設計・施工を行ったものの、まだまだ至らなかった点があり、大きな反省点となった。

この原稿の執筆時点(2025年1月)においては、前述したオープン後の展示物初期不具合の解消に加えて、今後の長期的な安定的な展示運用のためのメンテナンス体制の構築を目指して体制整備を行っている。

7. おわりに

以上、今回の展示改装では基本構想、基本計画の策定を経て施工し、無事完成した。展示場全体のフロアデザインを一新し、また来館者にコンセプトが伝わりやすいように構成を整理することができた。体験展示と資料展示の組み合わせや群展示の手法実現という、当館の展示ならではのアプローチも一定実現することができた。今後は、メンテナンス体制を整備して機能の維持に努めるとともに、来館者の反応や科学技術の進化などを見つつ、来館者がより科学を楽しむことができるフロアになるように維持、整備していきたい。また、普及事業をはじめとした各種事業において4階のフロアや各展示物、展示資料を有意義に活用するための工夫を積極的していきたい。

[1] 大阪市立科学館研究報告 29, 141 (2019)

[2] <https://www.sci-museum.jp/exhibit/n4f-1/>

[3] <https://www.eso.org/public/videos/archive/category/solarsystem/>

[4] 加藤恒彦・国立天文台4次元デジタル宇宙プロジェクト

[5] 嘉数次人、月刊うちゅう2024年12月号、p4(2024)