

全国科学博物館協議会平成 27 年度海外先進施設調査報告

「博物館や研究機関による最先端の科学的知見の展示・教育普及活動への反映方法について-欧州宇宙機関による探査実績を例に-」

名古屋市科学館 小林 修二

1. 実施日時

2015 年 10 月 7 日～10 月 16 日（10 日間）

2. 実施場所 （訪問順）

- ①European Space Research and Technology Centre (ESTEC) (欧州宇宙技術研究センター)
- ②Artis Planetarium
- ③ESAC (欧州宇宙天文学センター)
- ④MDSCC (マドリード深宇宙通信施設)
- ⑤Planetario de Madrid
- ⑥L'Hemisferic Ciudad de las Artes y las Ciencias (芸術科学都市)

3. 具体的な実施内容

今回の調査では、博物館と研究機関において、欧州宇宙機関（ESA）による宇宙探査の実績を例に、最先端の科学的知見の展示・教育普及活動をどのように実施しているのかを調査した。具体的には、研究機関である、オランダの European Space Research and Technology Centre (ESTEC) (欧州宇宙技術研究センター) とスペインの ESAC (欧州宇宙天文学センター)、及び MDSCC (マドリード深宇宙通信施設) を訪問し、最先端の研究・観測現場を見学するとともに、担当者から教育普及活動をどのように実施しているのか聞き取り調査をおこなった。

また、研究機関に近く、地域の核となる博物館（オランダの Artis Planetarium、スペインの Planetario de Madrid と L'Hemisferic Ciudad de las Artes y las Ciencias）を訪れ、研究機関との連携状況等を把握するとともに、展示やプラネタリウム等を見学し、担当者から教育普及活動も含めた情報発信のコンセプトについて聞き取り調査をおこなった。

仕組みがバランスよく理解できるようになっている。

その他にも、国際宇宙ステーションで活躍する宇宙飛行士の活動や、地球観測衛星の観測装置（オゾン観測装置（OMI））や観測成果、スプートニク打ち上げなどの宇宙開発の歴史、アポロ 11 号の月面着陸の実物大模型などが展示されていた。興味深かったのが、アリアンロケットの展示で、ロケットの仕組みが説明されていると同時に、音と光と煙でイベント的にロケットの打ち上げの様子が再現されていた。子どもには大人気の展示とのことであった。また、ISS（国際宇宙ステーション）の COLUMBUS（ESA 建造の実験モジュール）と ZVEZDA（ロシア建造のサービスモジュール）の実物大模型も興味深かった。COLUMBUS の壁面の実験装置がモックアップで作られる中、グローブボックス（外気と遮断された状況下で作業が出来るよう、内部に手だけが入れられるように設計された密閉容器）など実際に触れる体験型の展示が作られていた。また、



図 3 COLUMBUS と CUPOLA

奥にみえるのが CUPOLA からみた地球の姿。実際の ISS の配置とは異なるが、コンパクトに展示がまとめられている。

COLUMBUS の奥には CUPOLA（ESA が建造した観測用モジュール）が取り付けられていた。展示では見学者が CUPOLA に入って、CUPOLA の窓から地球の姿を眺めることができ、実際に ISS に居るかのように楽しむことができる。CUPOLA の窓は、リアプロ（画面の後方から映像を投影してスクリーンに映し出す方式）で作られており、数年前の展示改修の目玉として設置されたそうだ。このように、不定期ではあるもののこまめに新しい展示が追加されており、最先端の観測成果を展示に反映していた。

スペースエキスポでは、併設されている ESTEC の紹介がされていた。ESTEC では、探査機を打ち上げる前に、宇宙の過酷な環境でも無事に動くかどうかのテストをおこなう設備が設けられている。パネルを用いて「探査機のテストをおこなう施設全体の地図」、「宇宙の極端な温度環境が再現できる部屋」、「ロケット打ち上げ時の振動を再現できる部屋」、「電波暗室（外部からの電磁波の影響を受けず、さらに内部で電磁波が反射しないように設計された部屋）」、「低周波の音などの音に関するテストが出来る部屋」などが説明されていた。訪問時には日本と ESA が共同で打ち上げる水星探査機（BepiColombo：ベピコロンボ）の技術テストが実施されていたため、現場を直接見ることはできなかったが、試験が順調に進んでいるとのことだった。

ESTEC は毎年 1 回一般公開されており（2015 年は 10 月 2 日（土）に実施）、その日には、ESA の宇宙飛行士の講演会をはじめ、各施設の見学や、さまざまな実験が体験できるようになっている。一方、毎週末には Space Train というバスに乗って一部の施設を見学することができる。写真撮影は出来ないが、火星探査車を開発するための火星のジオラマや、COLUMBUS や CUPOLA のより精巧な模型を見ることができた。COLUMBUS の精巧な実物大模型は、新たに付け加える装置を開発するときにも使用されるそうだ。

常設展示があるスペースエキスポと、普段入ることはできないものの、特別なタイミングではしっかりと最先端のことを伝える ESTEC は、最先端の科学的知見の展示・教育普及活動への反映という意味で、とても理想的な環境に思えた。

(2) Artis Planetarium

ア 基本情報

Artis Planetarium がある動物園 (Natura Artis Magistra) は 1938 年オープンという歴史のある施設で、その広さは約 10 万 m² である。その中の一施設として、1988 年に Artis Planetarium はオープンした。プラネタリウムのドーム直径は 20m で、光学式はツァイスの IV-B 型、デジタル式はスカイキャンのデジタルスカイが導入されている。天文の展示を入れても約 1000 m² と、面積的には小規模な施設である。



図 4 Artis Planetarium 展示スペース

宇宙服や、様々な望遠鏡のパネル展示など、絵的に見せる展示となっている。

イ 調査結果

Natura Artis Magistra は、動物園をはじめ、熱帯植物園、水族館、プラネタリウムが併設されており、都心にありながらも、古い建物と自然との調和が見事である。プラネタリウムの横を動物が歩いている様子はとても新鮮だった。

施設の設立自体が動物園からスタートしているため、宇宙関連の展示は少なめだった。プラネタリウムのドームの周辺には、天文学の歴史（天動説から地動説、望遠鏡の発明以降の天文学の歴史、アインシュタインの相対性理論など）を模型で説明したものや、太陽系の惑星に関する展示、宇宙服、チュリモフ・ゲラシメンコ彗星と探査機ロゼッタのことがスライドショー的に映像で映し出されるなど、文章による説明で深く理解させるというよりも、視覚から簡易的に見せる展示が多かった。

プラネタリウムでは、学習投影、宇宙旅行や宇宙飛行士の体験をするもの、海の生き物のアニメ、ダーウィンの生物進化の番組など、1 日 7 回の投影が行われていた。学習投影は時間の関係で見ることが出来なかったが、その他の番組を見る限り、光学式プラネタリウムは使われておらず、デジタル式プラネタリウムのみで、ドーム全体に迫力のある映像が表現されていた。宇宙の階層構造や国際宇宙ステーション等が取り上げられていたが、特に ESA の最新の成果などは取り上げられていなかった。また、特に ESA との目立った連携はおこなわれていないようである。ただし、動物園や水族館があることから、海に関するドーム映像やダーウィンの進化論の映像を投影するなど、施設全体の目的にあったドームの使い方をしていると感じた。

(3) ESAC (欧州宇宙天文学センター)

ア 基本情報

ESAC は ESA の宇宙望遠鏡や太陽系探査の中心的役割を果たしている。探査機の探査データを最初に受け取り、分析した後に、関係機関にそのデータが送られる。現在運用中のミッションは、ロゼッタ探査機をはじめ、ガイア探査機、XMM-Newton X 線望遠鏡、地球観測衛星 SMOS などがあげられ、宇宙探査の最前線にある研究機関である。広さは約 10 万 m^2 である。

ESAC はマドリッドから西に約 30km に位置するが、深宇宙の探査機とのやり取りをおこなうために、2005 年 9 月にマドリッ

ドから西に約 90km 離れた場所に、関連施設として 35m の深宇宙探査アンテナが設置されたセブレロース観測所が開設された。



図5 セブレロース観測所

イ 調査結果

ESAC は一般へは公開されておらず、訪問の際には事前にパスポートの写しを送る必要があるなど、セキュリティーの厳しい施設である。しかし、閉鎖的ということはなく、事前に調整を行うことにより、施設内では担当者からさまざまな話を聞かせてもらうとともに、施設内の各所を見学させてもらうことが出来た。

探査機と各アンテナ局の運用状況が見られるコントロールルームでは、各地のアンテナや、それぞれの探査機の状況が常時見られる体制がとられている。一方で、スタッフは別室で 24 時間その状況をモニターしているものの、その数は数名程度と意外に少ない印象を受けた。異変があれば、それぞれの担当者にアラームが届く仕掛けとなっているそうだ。その他、SMOS や XMM-Newton X 線望遠鏡のコントロールルームも見学したが、こちらも同じような体制で、何かが起これば全ての状況が把握できるよう多くのモニターが設置されているものの、スタッフの数は総じて少なかった。X 線望遠鏡のコントロールルームでは、トラブルシューティングを含め、様々な状況を想定したマニュアルが整然と並べられており、非常時にもすぐに対応できる体制が整えられている。

ESAC では、教育プログラム

(CESAR : Cooperation through Education in Science and Astronomy Research) として、ヨーロッパの高校生や大学生を対象に、ESA の電波望遠鏡や光学望遠鏡を使用しながら天文学や宇宙科学の授業がおこなわれている。ESAC は、若手の育成にも力を入れているようで、スペインの若い科学者に天体物理学や基礎物理学の分野への参入を後押しすることを目的とした研究所 Spanish Laboratory for Space Astrophysics and Fundamental Physics (LAEFF) も保有している。



図6 CESAR室

ヨーロッパ各地の望遠鏡とつながるようになっており、これらをつかって天文学の授業がおこなわれる。

(4) MDSCC (マドリッド深宇宙通信施設)

ア 基本情報

NASA のジェット推進研究所が運用するディープスペースネットワークの一部となっている。ディープスペースネットワークは、その他にも、アメリカのゴールドストーン深宇宙通信施設、オーストラリアのキャンベラ深宇宙通信施設の合計三カ所の基地があり、地球のどこからでも、常に探査機と通信が取れる体制となっている。遠方の微弱な電波を捉えるため、70m のアンテナをはじめ、複数のアンテナが約 50 万 m² の敷地に設置されており、探査機との

通信をおこなっている。また、隣接した場所には、約 600m² の広さをもつ一般公開用の博物館が設けられており、土日は自由に見学することができる。



図7 70mアンテナを望む管制室（模型）

正面には70mアンテナがあり、管制室の雰囲気を味わうことができる。

イ 調査結果

公開施設の規模は小さいものの、通信をおこなっている各探査機の縮尺模型をはじめ、ロケットや月面探査車のジオラマ、月の石、国際宇宙ステーションの模型や宇宙飛行士が着ていた服などがコンパクトに展示されており、宇宙に対する興味関心が高まるような展示構成となっていた。感心したのが、管制室の実物大模型で、管制室の一部ではあるものの、管制をおこなうパソコンが置かれるとともに、遠くには70m アンテナを望むその配置はとても見事で、その雰囲気を十分に味わうことができた。また、ディープスペースネットワークの歴史などの情報をシアターで常時投影するだけでなく、展示室でもパネルにうまくまとめて解説しており、この通信施設や博物館の設立目的が明確に伝わるようになっていた。



図8 施設の歴史を示すパネル

壁面には、ディープスペースネットワークの歴史や現在通信をおこなっている探査機の解説がされている。

(5) Planetario de Madrid

ア 基本情報

Planetario de Madrid は、マドリッド中心街のアトーチャ駅から南へ2kmほど離れたところに1986年オープンした。プラネタリウムのドーム直径は17.5m。光学式はツァイスのRFP。展示室を含めた延べ床面積は4500m²ほどである。

イ 調査結果

施設自体にお昼休みが設けられており、施設は昼過ぎに一旦休館するが、朝、夕方の開館のタイミングではプラネタリウムのチケットを求める長蛇の列ができており、地元で支持された博物館であると感じた。プラネタリウム番組のクオリティーも高く、全天プロジェクター（ドーム全体を一つのスクリーンとして、映像を出すためのプロジェクター）は導入されていないものの、昔ながらのスライドプロジェクターや、3管式プロジェクターをうまく組み合わせることによって、ドーム各所に各機器からの様々な映像を映し出し、ドーム全体で統一感がとれた映像表現がなされていた。自分が見学した一般番組は、地球の誕生と進化を解説する内容で、原始惑星系円盤から太陽や地球が形成され、現在の姿に至るまでの様子が再現されていた。また、小学生向けの学習投影番組では、黄道の説明やそこに位置する星座、星の日周運動など日本でも学習する事項をはじめ、星の固有運動や、惑星、星団、星雲（オリオン星雲）、銀河系、銀河の大規模構造など、多くの事項が表現されていた。今晚の星空から理解を深めるというよりも、駆け足でいろんなシーンを楽しませることによって、プラネタリウムドームの天文学の世界を満喫させる内容となっていた。学習投影のコンセプトは「Open your mind」とのことで、学校の授業で教えないことを、プラネタリウムをきっかけに知ってほしいとのことだった。その目的にまさに合致した番組の流れだと感じた。番組制作においては、先に訪れたESACと協力しており、現在、「宇宙飛行士」に関連する番組の撮影を、カナリア諸島でおこなっているそうだ。来年度、プラネタリウムの機器がリニューアルされるのに合わせて、その新番組の投影を開始する予定とのことだった。

展示室ではESAの活動を紹介するコーナーが設けられており、過去、現在、未来にわたる惑星探査機や宇宙望遠鏡、地球観測衛星の紹介、それらの観測がもたらした成果、そしてヨーロッパ各国にあるESAの組織やESACのことがパネルにまとめられていた。スペインの博物館では、一部では英語の表記がされているものの、多くがスペイン語表記に限定されており、同じヨーロッパであっても、オランダとは言語への対応がかなり異なっていた。

別のエリアでは火星に焦点をあて、巨大な火星儀をはじめ、火星探査機マーズエクスプレスや火星探査車オポチュニティーの模型が展示されていた。オポチュニティーが発見したブルーマーブルを含めた地表のジオラマが設置されており、これまでの観測成果から判明している火星の地表の変化の過程など、最新の知見に基づいて展示が構成されていた。また、この展示の内容も含め、最新の火星の観測データをまとめた書籍も販売されており、書籍による教育普及活動もおこなわれていた。



図9 ESAの活動を示す展示

ESAの探査機の観測成果や、ヨーロッパ各国にあるESAの組織などがパネルにまとめられている。



図10 火星探査車の展示

火星探査車オポチュニティー模型と観測された地表の様子がジオラマで再現されている。

(6) L'Hemisferic Ciudad de las Artes y las Ciencias (芸術科学都市)

ア 基本情報

芸術科学都市は、スペインのバレンシアにある科学教育と芸術のための施設の複合体である。その広大な敷地の中には、非常に特徴的な形を持つオペラハウスや水族館、プラネタリウム (HEMISFERIC) (延べ床面積約 13000m²)、科学館 (MUSEO DE LAS CIENCIAS PRINCIPE FELIPE) (延べ床面積約 40000m²) が存在する。プラネタリウムは 1998 年にオープンした。ドーム直径は 24m。30 度の傾斜を持ち、IMAX をメインに活用されている。光学式はツァイスの IX 型、デジタル式は、ユニビューが導入されている。

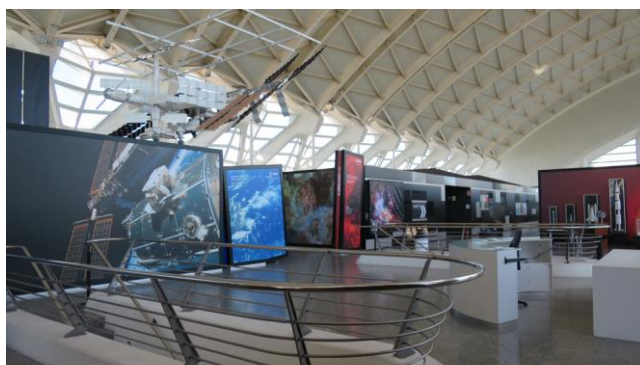


図11 MUSEO DE LAS CIENCIAS PRINCIPE FELIPE 展示エリア

天井には国際宇宙ステーションが展示されている。

イ 調査結果

宇宙に関する展示は規模が大きく、エンターテインメント性の高いものが多い。展示室の中には、追加料金を払って、国際宇宙ステーションの中で無重量状態を味わう体験ができるエリアや、ロケットの打ち上げや着陸時の加速・減速を体験できるエリアもある。天井からは国際宇宙ステーションの巨大模型が展示されているが、開館当初に作られたままだそうで、昔の計画では盛り込まれていたものの、途中で中止となったセントリフュージュのモジュールなどもそのまま取り付けられていた。その他、ESA の活動を紹介するパネルや ESA が打ち上げた探査機、土星の衛星タイタンを探査する探査機ホイヘンス、太陽風の影響を観測するための Cluster の模型など、ESA ならではの展示が見られた。これらの探査機は、ESAC と協力して設置を進めたとのことである。

また、模型だけではなく、ハッブル宇宙望遠鏡で使用していた太陽電池パネルや観測用のカメラの実物が展示されていた。スペースデブリとの衝突痕を見やすくするなどの工夫がされており、実物の持つ価値を高めていたように思う。

一方で、プラネタリウムのドームは IMAX としての活用が多く、光学式プラネタリウムは、最近ではほとんど使用されていないとのことであった。運用面から使用を見合わせているようだった。番組も購入しているものが多く、最新の知見を伝える意味ではあまり多く活用されていないようだった。

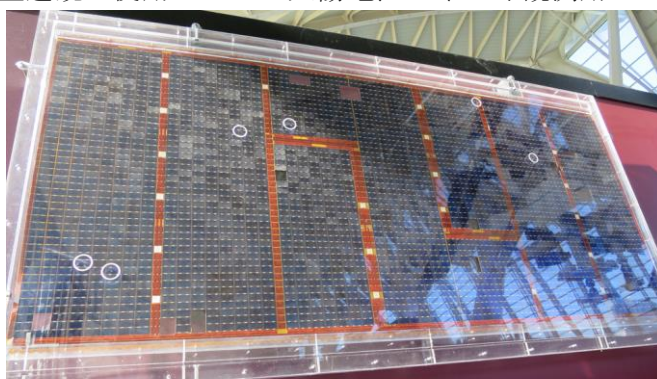


図12 ハッブル宇宙望遠鏡の太陽電池パネル
○で囲まれたところには、スペースデブリとの衝突痕を見ることができる。

5. 今後の課題等

今回は、欧州宇宙期間 (ESA) の宇宙探査の実績を例に、最新の観測、研究をおこなう研究機関とその近隣にある博物館での教育普及活動の状況を調査した。

オランダの ESTEC の場合、隣接したスペースエキスポが教育普及活動という意味で重要な役割を果たすと同時に、研究機関そのものも、頻度は少ないものの一般に開放されており、最新の知見を伝える上で大きな役割を果たしていた。一方のスペインの ESAC の場合、高校生や大学生を対象にした天文学や宇宙科学の授業がおこなわれているが、一般向けには開放されていない。その分、近隣の博物館との連携を強化しており、「Planetario de Madrid」や「MUSEO DE LAS CIENCIAS PRINCIPE FELIPE」の担当者からは、ESAC との連携強化の話聞いた。ESA の最新の知見が、ESAC から博物館を通して一般の人に伝わるのは、とてもよいやり方だと思う。

このように教育普及活動に対しては、オランダとスペインは、施設の目的や規模に応じて方法は異なるものの、それぞれにとってベストな手法を模索している印象を受けた。

一方で、展示に関しては、奥深さを感じるものは多くなかった。探査機等の展示は模型が中心で、いくつかの観測機器などの実物は展示されているものの、自分自身の勉強不足もあるが、その観測機器の背景を知らなければ、その良さがなかなか伝わって来なかった。実物というとても価値あるものを展示する場合には、その背景や仕組みを伝えたり、関連したものをあわせて展示する等、その価値を高める工夫が必要だと改めて実感した。

今回の訪問先の中で少し異質なのが、アメリカの NASA が管轄している「MDSCC」である。過去、アメリカ訪問時に博物館を訪れた際には、展示物の物量にも圧倒されたが、実物の展示であっても関連したものがまとめて展示されており、そのつながりが理解しやすかった。「MDSCC」は、博物館の大きさこそそれほどの規模ではないが、貴重な実物（70m アンテナ）を中心に、通信を行っている探査機の模型などが展示されており、その役割やそれが作られた背景が丁寧に解説されていて、とても分かりやすく構成されていた。見習うべき点が多い博物館であった。

ESA は、フランスのパリにその本部が置かれているほか、ドイツには欧州宇宙運用センター（ESOC）が、他にもヨーロッパ各国に、さまざまな組織が設置されている。今回の視察では、その一部の状況を把握することができた。また、機会を見つけて訪れたいと思う。