

プラネタリウム投影プログラム「天王星発見 240 年」制作報告

江越航*

概要

当館では 2021 年 3 月から 5 月まで、「天王星発見 240 年」というタイトルでプラネタリウム番組を投影した(4 月 25 日以降は新型コロナウイルス感染症の拡大防止等のため、臨時休館)。この番組は、天王星という天体の性質・特徴を紹介するとともに、天王星の発見、観測、探査の歴史を通して、現在私たちが知っている天文の知識が、長い間の天文学の進歩とともに現在の姿にたどり着いたことを伝えようとするものである。天王星はプラネタリウムのテーマとして扱われることが意外に少なく、当館でも初めて本格的に取り扱った番組である。本稿では番組制作に当たったコンセプト、製作した番組の内容について報告する。

1. はじめに

天王星は木星・土星について 3 番目に大きな惑星である。しかし太陽から遠い所にあるため、望遠鏡が発明された近代になって発見された新しい惑星である。発見したのはイギリスの天文学者ウィリアム・ハーシェルで、1781 年 3 月 13 日のことであった。

古代からハーシェルの時代まで、惑星は水星・金星・火星・木星・土星の 5 つしか知られていなかった。そのため天王星の発見は、太陽系の端は土星だという常識を打ち破る大発見だった。この天王星の発見が契機となり、その後 1846 年には海王星、1930 年には冥王星の発見がなされ、現在私たちが知っている太陽系の姿が形作られている。

こうして発見された天王星であるが、望遠鏡で観測しても小さな点にしか見えず、なかなかその詳しい姿は分からなかった。また、天王星を直接探査した探査機はボイジャー 2 号に限られており、今でも多くの謎に包まれた惑星である。

投影を開始した 2021 年 3 月は、ハーシェルが天王星を発見してちょうど 240 年目にあたる年である。そこで今回、「天王星発見 240 年」と題したプラネタリウム番組の制作を企画した。

以下において、この番組制作に当たったコンセプト、および制作した番組の内容について報告する。



図1 番組ポスター(©NASA/JPL-Caltech)

2. 番組コンセプト

この番組は、天王星という天体の性質・特徴を紹介するとともに、天王星の発見、観測、探査の歴史を通して、現在私たちが知っている天文の知識が、長い間の天文学の進歩によって得られたことを伝えようとするものである。

天王星は太陽系の中でも遠方にある天体であり、発見後 200 年もの間、その性質の多くは不明なままだった。近年、探査機による観測によって詳細な姿が明らかになってきたものの、まだまだほかの惑星に比べると、探査は進んでいない。

そのため、天王星はプラネタリウムのテーマとして扱われることが意外に少なく、この番組は当館で初めて本格的に天王星を取り上げたものとなる。

*大阪市立科学館学芸課
e-mail:egoshi@sci-museum.jp

また筆者は 2016 年に、全国科学博物館協議会の視察研修において、ハーシェルが住んでいたイギリス・バースを訪問する機会があり、現地の様子を記録してきた[1]。新発見は単に偶然だけでなく、歴史や文化、その土地の雰囲気などにも影響されると考えられる。そこで、現地で撮影した写真を交え、実際に発見した土地の様子を紹介することとした。

今回の番組では、こうした発見の歴史を通して、現在私たちが知っている宇宙観は昔から不変のものでなく、多くの研究の積み重ねがあったおかげで、現在の姿にたどり着いたことへの理解を目指している。

3. 番組の構成

番組の構成は、次のように主に 6 つのパートに分けて作成した。以下に、各パートの内容を示す。

○イントロ

今から 240 年前、イギリスの天文学者ウィリアム・ハーシェルが新しい惑星・天王星を発見した。今回の番組では、天王星はどのようにして発見されたのか、そしてどんな星なのかを紹介する。

- ・ イギリス・バースにてハーシェルと妹のカロラインが天体観察
- ・ おうし座の先端に、見慣れない星を見つける
- ・ 天王星の姿
- ・ 古くから知られていた 5 惑星の紹介
- ・ タイトル



図2 ハーシェルと天王星の発見

○天動説

はるか昔から人々は夜ごと空を見上げ、天体の動きを観測してきた。そして星々の中には、惑星と呼ばれる不思議な動きをする天体があることも知っていた。

こうした星たちの動きを説明するため、コペルニクスが地動説をとるや、その後ガリレオが望遠鏡でより詳細な観測をすることで、地動説は確固たるものとなった。

しかしこの時代になっても、太陽系の惑星は水・金・火・木・土星の 5 つしか知られていなかった。



図2 地動説と5惑星

- ・ 星空の中を、惑星が動いて行く
- ・ 天動説・地動説の図
- ・ コペルニクスと、地動説による太陽系の惑星の動きの説明
- ・ ガリレオと望遠鏡の図
- ・ 太陽系の 5 惑星(水・金・火・木・土)

○ハーシェル

18 世紀後半、イギリス・バースに音楽家でアマチュア天文家のウィリアム・ハーシェルが住んでいた。1781 年 3 月 13 日、ハーシェルは夜空を観測中に見慣れない星を見つけた。当初は彗星と思われたが、軌道の計算から、土星の外側で円軌道を回る星と判明した。新しい惑星・天王星の発見だった。

天王星の発見が契機となり、1846 年には海王星、1930 年には冥王星が発見され、太陽系はさらに外側まで広がっていることが明らかになった。

- ・ イギリスの地図、バースの風景
- ・ ハーセルの家
- ・ 夜空を観測中、おうし座の先端に見慣れない星
- ・ 太陽系の図 新天体は楕円軌道でなく円軌道
- ・ 5 惑星に加え、6 番目の惑星の発見
- ・ 天王星・海王星・冥王星と太陽系が広がっていく



図3 イギリス・バースの風景

○天王星とは

こうして発見された天王星だが、望遠鏡でも青い点にしかならず、発見後 200 年もの間、多くが謎に包まれたままだった。しかし地道な観測で、地球の 4 倍ほどの大きさをもつ、氷の惑星であることが分かってきた。

1977 年には、カイパー空中天文台による恒星の掩蔽の観測により、土星と同じく環があることも分かった。

天王星の大きな特徴は、自転軸が横倒しになっていることである。そのため太陽の周りを公転する際、天王星の北極や南極では、軌道の半周の 42 年間はずっと昼、残りの 42 年間はずっと夜が続くことになる。

- ・ 天王星の大きさ 地球の 4 倍
- ・ 重さは地球の 14.5 倍
- ・ 自転周期 17 時間(以前は 10 時間と思われていた)
- ・ 表面は水色
- ・ 内部はほとんど氷の巨大氷惑星
(一方、地球は主に岩石と鉄でできている)
- ・ 1977 年 予想される掩蔽の様子の説明
- ・ カイパー空中天文台の写真
- ・ 実際の掩蔽の様子と、観測されたグラフ
- ・ 天王星の環の発見
- ・ 天王星の自転軸が横倒しであることの説明
- ・ 天王星の公転の様子 昼夜が 42 年ずつ続くことの説明

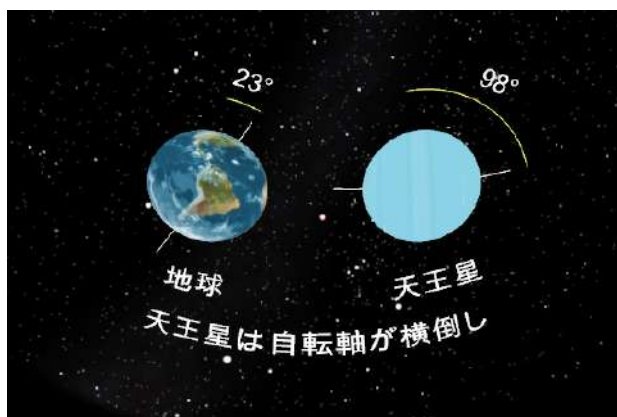


図4 天王星の自転軸の説明図

○ボイジャー

天王星に関する理解は、1986 年 1 月に惑星探査機ボイジャー 2 号が天王星に接近したことで、大きく進歩した。

謎の惑星だった天王星は、間近から見ても水色一色で、雲一つない不思議な天体だった。

また天王星の環の観測や、衛星ミランダの探査などが行われ、初めて詳細な天王星の姿が明らかになった。

- ・ ボイジャー打ち上げ 木星・土星の探査の様子の動画

- ・ 天王星接近までの、太陽系内でのボイジャーの軌道の軌跡を表示
- ・ ボイジャーが撮影した天王星の写真
- ・ 全天映像による、天王星のそばを通過するボイジャー
- ・ 天王星の環の写真と、環を通過する全天映像
- ・ 天王星を周る衛星の軌道と、通過するボイジャー
- ・ 衛星ミランダの写真と表面の様子の全天映像
- ・ 天王星を離れていくボイジャー



図5 ボイジャーによる衛星の探査

○エンディング

現在、ハッブル宇宙望遠鏡により、時期によって天王星にも雲が生じることが観測されている。

また、すばる望遠鏡や ALMA 望遠鏡による観測でも、天王星の新たな姿が分かりつつある。

天王星は他の惑星とはまた違った姿をしており、天王星を知ることは、私たちの太陽系がどのような歴史をたどってきたのかを知る手掛かりとなる。

- ・ ハッブル宇宙望遠鏡が観測した天王星に雲が生じている
- ・ ハッブル観測と、天王星の公転との関係
- ・ すばる、ALMA 望遠鏡が観測した天王星の写真
- ・ 天王星が遠くに離れていく演出
- ・ クレジット

4. 内容の検討

番組の内容に関しては、12 月 15 日シナリオ案についてプラネタリウム担当者からの意見集約をしたのち制作を行い、1 月 20 日プラネタリウム担当、2 月 3 日学芸課内、2 月 17 日館内職員への試写を行い、内容の修正を行った。

最終的な職員アンケートにより、番組の難易度は多くがふつと回答し、やや難しい、やや簡単がそれぞれ少数だったことから、概ね適切な難易度になったと考えている。

5. 天王星の自転周期

天王星は表面の模様が乏しく、自転周期が長い間不明であった。昭和 40 年代の教科書を見ると、0.451 日 (10 時間 49~50 分) と記載されている[2]。

理科年表の値を参照すると、昭和 55 年以前は 0.45 日 (10.8 時間) だが、昭和 56 年に 0.649 日 (15.6 時間) と改定され、さらに平成 6 年版で 0.718 日 (17.2 時間) と改定されている[3]。

自転周期の測定は、1977 年にブラウンホーファー線の観測から 15.57 時間と報告されている[4]。さらにボイジャー 2 号天王星最接近した半年後の 1986 年 7 月、ボイジャーによる磁場の観測から自転周期は 17.24 時間と報告されている[5]。

番組では単に現在知られている自転周期の値を伝えるだけでなく、表面の模様が乏しいことからなかなか自転周期が決まらず、最近になってやっとその値が求まったという過程も伝えるようにしている。

6. パワーポイントによる動画の作成

1977 年に観測された天王星の環によって恒星が掩蔽される様子は、簡単な動画で解説することとした。

動画としては比較的単純なものであるため、作業が容易な Power Point のアニメーション機能を利用して作成した。具体的には、小さな丸を、直線移動とフェードを組み合わせて表示することで、天王星の環による掩蔽を再現した。

作成したアニメーションは、Power Point のビデオ作成機能を使用して動画にし、番組プログラムに取り込んだ。

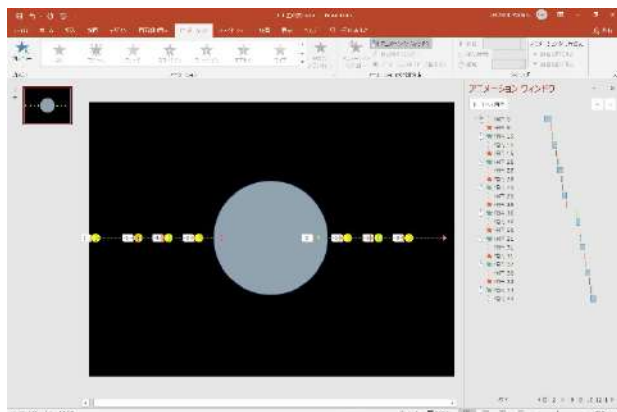


図6 Power Point による動画の作成

7. 天王星のグリッドモデル

天王星の自転軸が横倒しとなっていること、また、それが原因で公転軌道の半周ずつ昼夜が続くことの解説動画は、バーチャリウムの機能にある惑星の 3D モデ

ルを利用して制作した。

ただし天王星の 3D モデルは、表面の模様がほとんどないため、そのままどどのように天王星が自転しているかが分かりにくい。

そこで、グリッド状の表面テクスチャーを作成し、天王星のモデルの表面に貼り付けた。これにより、自転の様子が把握しやすくなり、昼夜が続く理由を分かりやすく表示できるようになった。

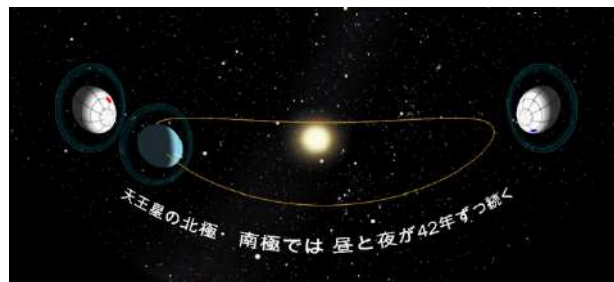


図6 天王星のグリッドモデル

8. おわりに

今回のプログラムは、太陽系の惑星の一つでありながら、プラネタリウムのテーマで扱われることが意外に少ない天王星を本格的に取り上げた。

マイナーな惑星ではあるものの、番組内容について、特に何度もプラネタリウムに通っている客層からは、比較的好意的な反応を得られた。

今回、この番組を作るきっかけは、発見されて 240 年目という節目の年であることに加え、かつて実際に現地を訪問して、記録写真を持っていたことも大きい。

同じようなテーマが続くと、来館者にもだんだん飽きられてしまうことから、目新しいテーマを取り上げられるよう、普段から資料の準備を進めていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 江越 航, 大阪市立科学館研究報告, 26, p47-62(2016)
- [2] 田中 濟, 天体観測シリーズ 4「惑星とその観測」, 恒星社厚生閣, p285(1782)
- [3] 国立天文台編, 理科年表, 丸善出版, (1981-2021)
- [4] Brown, R. A. & Goody, R. M., ApJ, Vol.217, 680-687(1977)
- [5] Desch, M., Connerney, J. & Kaiser, M., Nature, Vol.322, 42-43(1986)