

プラネタリウム投影プログラム「木星」制作報告

飯山 青海*

概要

2012年12月から2013年2月の期間に投影するプラネタリウムの投影プログラムとして「木星ー太陽系最大の惑星ー」を制作した。本稿では、この投影プログラムの内容及び技術的な工夫について報告する。

1. プログラムの概略

2012年度は、木星はおうし座に位置しており、12月から2月の投影シーズンでは、星空解説の中で必然的に取り上げる位置関係にあったが、今シーズンは、「星空解説の中の一つの話題」からさらに掘り下げて、今シーズンのメインの話題と位置づけて、木星を解説することにした。

木星は、太陽系の8個の惑星の中でも最大の物であり、木星型惑星の典型例でもある。本プログラムでは、まず始めに木星の特徴を地球と比較しながら解説し、木星という惑星がどのような物であるかという理解を得る。次いで、木星型惑星と地球型惑星というふうにより、異なった性質の惑星が太陽系に存在する理由について、太陽系の惑星形成論における、氷限界線の存在と影響について論じ、木星形成に氷(H₂O 氷)が大きな役割を果たしていることを解説する。更にそれを受けて、木星の4大衛星について、氷という材料物質に絡めて衛星の個性を紹介する。最後に、歴代の木星を探索した探査機を紹介しつつ、全体の総括をする、という流れで構成した。

2. プログラムの内容

投影用に用意した素材は、内容としては、メインパートとなる7つの大きな部分と、その他の1つ素材との、合計8つの部分に分かれている。メインパートとなる7つの話題についてはこの順序で一連のプログラムとして装填されており、もう1つの話題については、独立したマクロとして任意のタイミングで実行できるように

装填された。

以下に各話題の内容を紹介する。

2-1. 惑星の一つとしての木星

この話題は、独立したマクロとして、他の話題とは別に装填された。主に、星空解説の中で木星を取り上げる際に、木星は、地球と同様に太陽の周りを回る惑星の一つであることを紹介し、太陽系の概念や、惑星という概念について整理するための部分である。

バーチャリウム2のリアルタイム描画機能を利用して、8惑星の公転と、惑星の配列順序が分かる映像となっている。

2-2. タイトル

ここからエンディングまでの7つのパートが、メインパートとして装填された内容となる。

タイトルのパートでは、ドームに大きく自転する木星が現れ、ドーム正面に迫ってくるとともに、タイトル文字が現れる。その後、木星は観客の頭上を通過してドーム右後方へと去っていく。

このパートでは、星空解説からの話題の転換と、観客の注意を喚起することが目的であり、あまり詳しい解説をしないことを想定している。

2-3. 大きさ比較

ここでは、木星の直径が地球の約11倍であることを示す静止画と、木星の質量が地球の約326倍であることを示す静止画とが順次ドーム正面に表示される。

木星は太陽系で最大の惑星であるが、その大きさを、明示的に地球と比較することで、観客に印象づけることをこのパートでの狙いとしている。

*大阪市立科学館学芸グループ
iiyama@sci-museum.jp

2-4. 木星の表面模様

ここでは、まず始めに大きな木星がドーム正面に表示され、表面の雲の模様が時間とともに変動する様子が示される。やがて、「大赤斑」の文字テロップと、探査機による大赤斑の近接撮影画像4枚がならぶ。続いて、ボイジャー1号による木星の表面模様の連続変化のムービーが流れ、さらにその後、2009年から2010年にかけて発生した、SEB(南赤道縞)の淡化の様子がわかる4枚の写真が表示される。なお、この4枚の写真は、堺市の熊森照明氏より撮影されたものである。

このパートでは、木星の特徴的な模様である、縞模様と大赤斑について触れ、どちらも時間的に変化する模様であり、雲が作り出している模様であることを解説する。

2-5. 木星の内部構造

前段での木星の表面が雲で覆われている、ということを受けて、ここでは、木星の内部について解説する。地球と木星が並んでドーム正面に現れ、球体の1/8が切断されて内部の断面図(想像図)が見えるようになる。そのご、当初木星とほぼ同じサイズで描かれていた地球の直径が、正しい大きさの比である木星の約1/11に縮小される。

このパートでは、木星の内部が水素(気相・液相・金属状態相)と岩石・氷・鉄等を含む中心核からなることを解説する。なお、水素の液相と金属状態相については、敢えてひとくくりにして深入りをしない解説にとどめる。岩石と鉄を主な構成要素とする地球と比べると、木星は水素が異常に多いことがよく分かるが、地球のサイズを正しい比率に縮小してみると、水素がなかったとしても、中心核だけでも十分地球より大きいことも理解できる。

ここまでで一旦、木星についての知識のまとめを振り返り、地球と木星は、同じ太陽系の惑星であるにもかかわらず、ずいぶん違った性質の惑星になっていることを再確認するとともに、その性質の違いは何が原因になったのか、という疑問を投げかける。

2-6. 木星の形成

前段の疑問を受けて、地球と木星が、太陽系の形成期にどのように形成されたのか、全天周映像で紹介する。

原始太陽系円盤の中で固体ダストが凝結する際に、およそ3AU以遠では、岩石質の固体ダストの他に、氷(H₂O 氷)のダストが形成され、氷は珪酸塩よりも大量に存在しているために、木星軌道付近では、大量の固体ダストが生成し、それによって大型の惑星ができることになったことを解説する。

2-7. 木星の衛星

木星の周囲には、多くの衛星が回っているが、その中でも、4大衛星(ガリレオ衛星)について紹介する。4大衛星が表示され、イオ、エウロパ、ガニメデ、カリストの名前のテロップが表示される。続いて、エウロパの表面の探査機画像と、表面の風景の想像図の全天周映像、イオの表面の探査機画像と、表面の風景(火山活動)の想像図の全天周映像が流れる。

エウロパ、ガニメデ、カリストの3衛星は主に氷を主成分とする衛星であり、木星形成時に、この付近に氷ダストが大量に生成した名残であることに触れる。一方、イオは、活火山のある特異な天体であり、現在のイオの表面には氷はほとんど存在していないが、これは、火山の熱により、氷が失われたものと考えられている。

2-8. エンディング

大きな木星がドーム正面やや左に現れ、ゆっくりと自転する。正面やや右には、木星を訪れた歴代の探査機がスライドショーで紹介され、最後に現在木星に向かっている、ジュノー探査機も紹介される。並行して、クレジットのテロップが流れる。

ここでは、全体を振り返るとともに、木星探査について触れる。人類の持つ木星の知識は、近接探査によって格段に豊かになったが、木星の近接探査はそれほど多く行われているわけではない。特に周回探査を実施したのは、ガリレオ探査機のみであり、やはり周回探査を計画しているジュノー探査機の到着と探査成果が待たれる。

3. 映像制作における工夫事項

3-1. 雲が動く木星モデルの制作

今回のプログラムで何回も使用している木星の3Dモデルであるが、表面の雲の模様が時間経過とともに変化する動画のテクスチャーを貼り付けたモデルを制作し、使用している。

木星は、完全な球形ではなく、赤道方向が膨らんだ回転楕円体であり、その形を考慮に入れて、3DS MAX を使用して、形状モデルを調整し、表面テクスチャーには、バーチャリウム2で動画ファイルを指定して読み込むことができるように指定している。

表面の雲の動きは、カッシーニ探査機が木星にスイングバイを行った際に撮影した14コマ分の木星の展開図画像を素材として、After Effects を使用して、フレーム間補完等の処理を行い、9秒間の動画に編集してある。その際に、動画の先頭と末尾をクロスフェードさせてループ合成を行い、動画をループ再生した時に、ずっと木星の雲が流れ続けていくかのように見えるよう、調整してある。



図1:カッシーニが撮影した木星の展開マップの一コマ
(C)NASA/JPL

この動画は、600 × 1800 ピクセルの横長サイズの動画として、wmv 形式にエンコードした。バーチャリウム2 のドキュメントでは、動画テクスチャーは、480 × 640 ピクセルサイズの mpeg2 形式の動画を読み込むよう推奨されているが、実際にこの指針から逸脱した動画ファイルを読み込ませても、表示上は支障は見られなかった。バーチャリウム2 のバージョンアップに伴う機能拡張が行われていたのかもしれない。

3-2. ボイジャー1号の連続画像ムービーの制作

「木星の表面模様」のパートで使用した、ボイジャー1号の撮影した木星の連続写真のムービーは、NASA から公開されているももとのデータは 60 フレームの連続写真であるが、これも After Effects を使用して補間を行い、16 秒間の動画ファイルに編集して wmv 形式にエンコードして使用した。

3-3. 惑星の内部構造のモデルの制作

「木星の内部構造」のパートで使用した、惑星の断面図が見える映像は、3DS MAX を使用し、3D のオブジェクトとして制作したモデルを、バーチャリウム2 のリアルタイム描画機能を使用して表示している。

各惑星は、球体の 7/8 と 3 面の断面からなるモデルと、球体の 1/8 の面からなるモデルの 2 つのモデルとして制作し、ドーム上に表示する際に、座標を合わせて表示することで、完全な球体に表示されるようにしている。

断面部分をモデルで制作する際に、当初、球体の 7/8 を残して頂点を削除したオブジェクトに、正方形の平面オブジェクト 3 枚を連結し、平面オブジェクトに貼るテクスチャー画像にアルファチャンネルを定義して、平面オブジェクトの球体から外側にはみ出る部分は透明画像として処理する方法をとろうとしたところ、バーチャリウム2 でドーム上に描画する際に、透明で定義してあるはずの部分の透過処理が正しく行われず、黒く描画されてしまう、ということがあった。

この現象を回避するため、断面をもつオブジェクトは、球体の 7/8 の部分と、中心角 90° の扇型の平面オブジェクト 3 面を連結して製作し、はみ出し部分が存在しないように制作した。

3-4. 原始太陽系円盤での木星形成ムービーの制作

「木星の形成」のパートでは、太陽系の原始太陽系円盤内における惑星の成長の様子を全天周映像で紹介しているが、ここで使用した全天周映像は大部分を自作している。

この映像での演出のポイントとして、木星の成長過程が、ドーム正面付近で良く見えること、地球の成長過程と比較できる構図になっていること、氷ダストの存在により、スノーライン(氷ダストが固体として安定に存在する領域の境界線)のすぐ外側の固体密度の高まりが表現されていること、が挙げられるが、既存の全天周動画では、そのような作品を見つけることができなかった(ほとんどの既存の太陽系形成の映像作品は地球の形成にフォーカスが置かれている)ので、自作することを選択した。

演出として考慮した点は、固体ダスト→微惑星→原始惑星の成長過程に注目してもらうことを重視した。各天体が公転しながら成長していく映像を作ると、観客の視線は天体の公転に合わせて回転を繰り返すことになり、じっくりと映像に注目してもらうことが困難となる。そこで、原始太陽系円盤を、黄道面に垂直な断面で分割し、その断面に、それぞれの日心距離における模式的な惑星成長のアニメーションを描くことで、木星の成長過程が観察しやすくなるように画面の構成を考慮した。もちろん、そのような惑星の成長が、本当は公転を繰り返しながら行われていることを想起させるために、断面以外の円盤のテクスチャーはガスや粒子の公転を表現している。

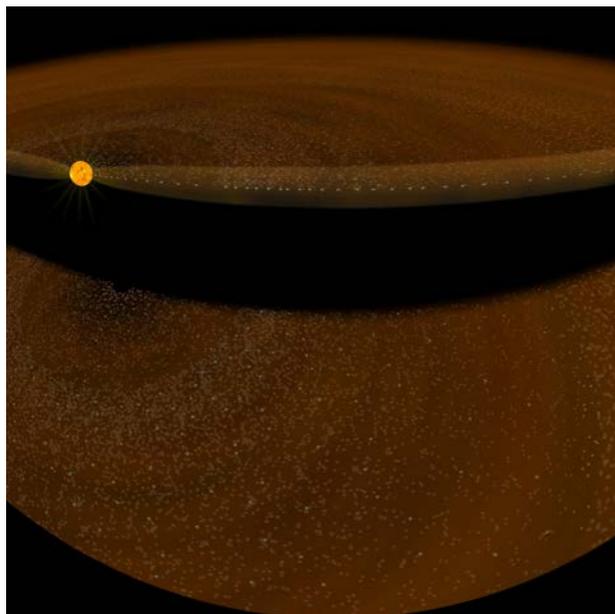


図2:木星の形成アニメーションの一コマ

円盤の回転は、日心距離が小さい位置ほど早く、日心距離が大きいほど遅くなる。今回の映像では、

日心距離 0.3AU から 80AU の範囲のガスとダストの挙動を表現することとして、0.3AU から 80AU までの円盤を、日心距離に応じて 37 本の同心円状に分割し、公転速度を各同心円ごとに個別に設定して、公転速度の違いを模式的に表現している。この公転速度の設定の際に、本来の公転周期の比を再現すると、内側の領域と外側の領域での速度差が大きすぎて、映像として見づらい(目が回る)ものになってしまうため、速度差はあくまで模式的に表現している。

製作作業は、ガスや固体粒子の公転については、主に After Effects を使用して、連続画像として、アニメーションのテクスチャーを準備し、3DS MAX を使用して、立体的な位置関係やカメラの移動を表現して、

全天周動画としてレンダリングを行った。

なお、木星の形成過程の解説の途中で使用している、固体成分でできた原始木星がガス円盤から水素ガスを取り込んでガス惑星に成長する場面については、自作映像ではなく、コニカミノルタプラネタリアム株式会社様より配給されている短編動画を購入し、使用した。