

プラネタリウム投影プログラム「探査機“かぐや”が見た月世界」制作報告

石坂 千春*

概要

2009年9月1日から11月29日まで投影した、日本の月周回衛星「かぐや」の活躍を紹介するプラネタリウム「探査機“かぐや”が見た月世界」を企画・制作したので報告する。「かぐや」は月を周回しながら、精密な月面探査を行ない、月の歴史についての知見を深めた。「かぐや」の観測で最も印象深いのは、高解像度テレビカメラによって撮影された月面映像と、レーザ高度計による地形の詳細図である。これらをプラネタリウム投影用の素材に加工する手順について主に報告する。

1. はじめに

月周回衛星「かぐや」(SELENE)は、2007年9月14日にH-IIAロケットで打ち上げられた、日本の無人月探査機である。2009年6月11日未明に1年半の運用を停止するまで、「かぐや」は、これまでになく詳細な月の観測を行なった。

「かぐや」にはハイビジョンカメラ、重力測定器、レーザ高度計、X線測定器、粒子測定器、磁場測定器など、さまざまな観測機器が搭載されていた。「かぐや」はアポロ以来、最も詳細な観測を行なったミッションであった[2]。

「かぐや」は月面の地形を詳細に観測し、月の表側(地球側)と裏側(向こう側)の違いを明らかにした。また、重力の強さが地球側と向こう側とで違うことを明らかにした[3]。これらは月の誕生についての諸説の中で、ジャイアント・インパクト説を支持する結果である。

プラネタリウム「探査機“かぐや”が見た月世界」では、かぐやが撮影した貴重な映像と、探査結果とを組み合わせ、観覧客が「かぐや」と一緒に月面旅行をし、月と地球の歴史、生命とのかかわりについて思いをはせるよう演出した。

2. プログラムの流れ

「かぐや」は4つのパートに分け、通して流すことも、それぞれのパートを別々に投影することもできるようにした。投影時間は通して流すと約15分間である。プログ

ラムには映像とBGMのみが組み込まれており、解説は学芸員がライブで行なった。

各パートの内容と目的は、次の通りである。

1) パート1「イントロダクション」

人類は昔から月に親しみ、月を見つめてきた。一方、月は手の届かないナゾの多い天体でもあった。

400年前、ガリレオ・ガリレイは自作の望遠鏡で月を観測し、月のクレーターや“海”を発見した(ガリレオの月観測から400年となることを記念して、2009年は世界天文年と定められた[1])。

40年前、人類は初めて月面に降り立った。

しかし、今なお月には謎が多く残されている。パート1では、2つのナゾに注目した。

- ①月がいつも同じ面を地球に向けていること(月の自転周期と公転周期が一致していること)
 - ②月が地球に対して衛星としては大きすぎること(半径が地球の約1/4もある)
- これらは何を意味するのであろうか。

2) パート2「月へ」

月のナゾを明らかにするため、人類は月を目指した。2009年は、アポロ計画が実施されてから、ちょうど40年目であった。アポロが明らかにしたことが、新たなナゾを呼んだ。

- ①月の石の組成(同位体比)が、地球の石とよく似ていること
- ②月が年3.8cmずつ地球から遠ざかっていること

*大阪市立科学館 学芸員/中之島科学研究所 研究員
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ishizaka/>

これらの謎を解明する手がかりを得るため「かぐや」は月を目指した。

3) パート3「かぐやが見た月世界」

「かぐや」が撮影した美しい月面の映像や、地形図を見ながら、月の成因について考察する。

「かぐや」は、月の表側(地球側)と裏側(向こう側)では地形が全く異なり、重力の分布(重心の位置)が地球の方に1.9kmほどずれていることを明らかにした[3]。

これらは月の成因について、ジャイアント・インパクト説を強く示唆するものである。

すなわち、

- ①45億年ほど前、火星サイズの原始惑星が原始地球に衝突し、飛び散った物質が集まって月の原型ができた。そのために、月が衛星としては大きく、月の石の成分が地球の石と似ている。
- ②月は現在よりもずっと地球に近いところにあり、地球の潮汐力により卵型をしていた。月はいつも同じ面を地球に向けるようになり、じよじよに遠ざかった。
- ③35億年ほど前、まだ熱く溶けていた月の核が地球の方に寄り、表側に溶岩が流れ出て“海”を形成した。そのため月の表側と裏側の様子が異なり、重心が地球側に寄った。
- ④全体が冷えて固まり、25億年ほど前から現在と同じ姿になった。

4) パート4「エンディング」

月の存在は地球生命の誕生とも深く関わっている。もし月が無かったら、地球の自転は安定せず、生命が維持できなかったと考えている研究者がいる[4]。また、月による潮の満ち干が、生命誕生の場を提供したという説もある[5]。

月は地球生命にとって、奇跡のような偶然の積み重ねの象徴なのである。

3. 映像制作手法

投影に当たっては JAXA が所有する動画および静止画データ[6]について、(財)日本宇宙フォーラムに使用申請を行ない、提供を受けた。また一部は、日本プラネタリウム協議会[7]を通じて JAXA から提供されたものを使用した。レーザ高度計 LALT[8]のデータについては、JAXA 宇宙科学研究所「かぐや」LALT チームより提供を受けた。

これらの画像データを投影プログラムに組み込むため、全天周動画システム・バーチャリウムⅡに適応する画像形式に変換した。ここでは映像制作手法について、特に、下記3点をまとめる。

- (1)HD 月面映像をドーム映像に変換する
- (2)HD 月面映像をドームマスターの中に貼る
- (3)レーザ高度計 LALT による地形図を月球儀にする

3-1. HD 映像をドーム映像に変換する

HDCAM によって撮影された月面映像を、動画の前面パノラマ映像に変換するには、まず平面映像を仮想のシリンダーに貼り、それを仮想立方体上に配置された仮想カメラで4方向から撮影する。

- ①discreet 3ds_max6 を起動
- ②「名前による選択」→「cylinder01」を選択
- ③「マテリアルエディタ」→ビットマップ 24 ビット→ファイル選択(シーケンスにチェック)→「適用」
- ④「シーンをレンダリング」→「ビューポート」→「カメラ選択」→Top, Front, Left, Right
- ⑤「時間出力」→範囲(始点、終点)フレームを指定
- ⑥「レンダリング出力」→保存ファイル名を指定
- ⑦「レンダリング」

レンダリングが完了したら、上記で制作した4面の画像と、背面(黒四角でよい)を合成し、ドームマスターに変換する。

- ①After Effect を起動
- ②「素材読み込み」→front, top, left, right(シーケンスにチェック)、back は黒の四角を指定
- ③「composition duration」を指定
- ④「仕上がり用背景」→2800x2800 solid を指定

ドームマスターを全天周動画に変換する方法は[9]を参照されたい。

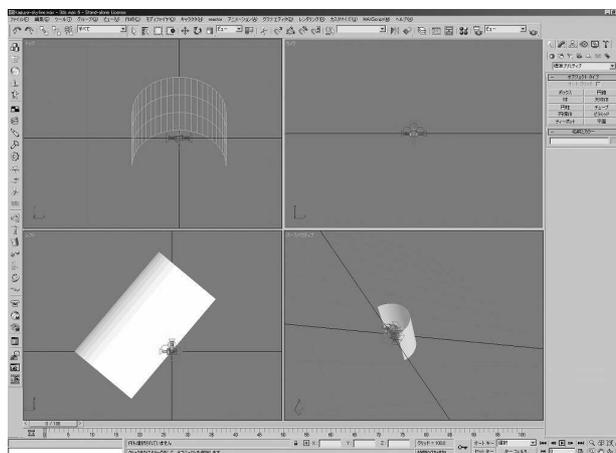


図1. 3ds Max 起動画面。左上の窓が仮想シリンダー、残りの3つの窓は各カメラの配置を示す。

3-2. HD 映像をドームマスターに貼る

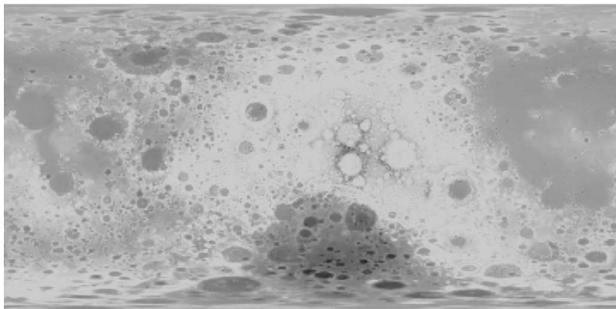
HD 映像をバーチャリウムでそのまま投影することはできないため、ドームマスターに仮想プロジェクタを配置し、映像をはめ込む。

- ①After Effect を起動する
- ②「base」→ 2800x2800 +HDTV を指定
- ③「Effect」→「Virtual projector」→位置を指定
- ④「レンダリング」

3-3. 平面図を球面に貼って.X モデルを作成する

LALT の長方形画像(経度 360°、緯度 180°)を球面に貼り、バーチャリウムで投影できる月球儀のモデル(.X ファイル)を作成する。

同じ LALT の平面図を白黒にしたものを“影”として指定することで、地形が立体的に見えるようにできる。



↓



図2. LALT の平面図(上)を月球儀(下)に変換する
月球儀を.X モデルとして製作すれば、バーチャリウムで自由に回転させることができる

- ①3dsMax を起動
- ②「オブジェクトタイプ」→「球」→半径(m)を指定
- ③「セグメント」→経度の分割数(解像度)を指定
- ④「マテリアルエディタ」→「拡散反射光」→「ビットマップ」→地形平面図ファイル(カラー)を指定
- ⑤「バンプ」→「ビットマップ」→影ファイル(白黒)を指定→バンプの量を指定

- ⑥「修正」→「編集可能メッシュ」→「モディファイヤ」→ X フォームを指定→すべてを集約
※もしくは、「ユティリティ」→「集約」→「選択を集約」
- ⑦「ファイル」→「選択を書き出し」→「x-ファイル」→「モデル・タイプ」→Solid(d3)を指定→ファイル名(.X)

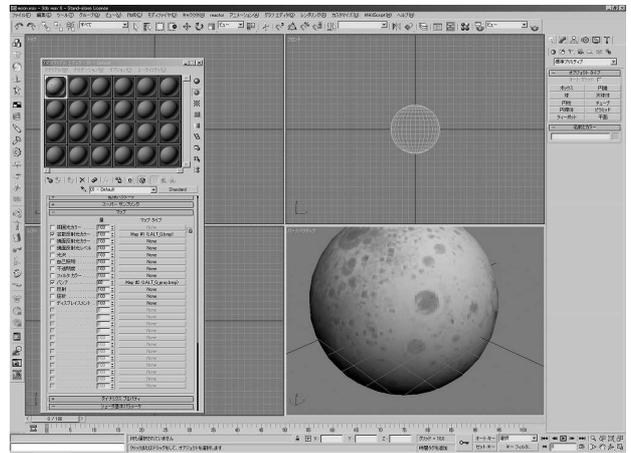


図3. X モデル作成用3dsMax起動画面

こうして作成した月球儀モデル(moon.x)を投影するには、次のようなコマンドを発行する。

*** ここから ***

背景に星を配置

stars on

objects setting

mn is v:¥shows¥object¥moon.x

mn scale 1

li is light # 太陽光の設定

li range 100

li position 100 0 50

scene ambient 30 30 30 # 影の明るさ

add objects to the scene

+0.5 scene distant stars

li on

scene add li

scene add mn

set viewing parameters

scene attitude 0 35 0

+1 scene intensity 100 dur 2

+1 mn rvelocity 3 0 0 # 自転させる

*** ここまで ***

4. まとめ

本稿ではプラネタリウム投影プログラム「探査機“かぐや”が見た月世界」の制作およびその手法について報告した。

「かぐや」の投影期間は2009年9月1日～11月29日、投影回数は298回、観覧者数は55,951人であった。また、本プログラムの投影は世界天文年2009日本委員会公認イベントとして登録した。

参考文献

- [1]世界天文年 2009 日本委員会
<http://www.astronomy2009.jp/>
- [2] 宇宙航空研究開発機構 JAXA
http://www.jaxa.jp/projects/sat/selene/index_j.html
- [3]http://www.jaxa.jp/article/special/kaguya/seika01_j.html
- [4]Lascar et al. , Nature 361, 615(1993)
http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/person/Laskar/jxl_moon.html
- [5]D.Deamer, 1999 など
<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/events/deamer1.html>
- [6]JAXA デジタルアーカイブス <http://jda.jaxa.jp/>
- [7]日本プラネタリウム協議会 <http://shin-pla.info/>
- [8]宇宙科学研究所「かぐや」LALT チーム
http://www.kaguya.jaxa.jp/ja/science/LALT/Lunar_Global_Shape_and_Polar_Topography_j.htm
- [9]石坂千春 大阪市立科学館研究報告 18、p.105 (2008)