

プラネタリウム投影プログラム「電波で見た宇宙」制作報告

江越航*

概要

当館では2011年3月から5月にかけて、「電波で見た宇宙」という内容でプラネタリウム番組を投影した。今回の番組中では電波天文学の話題を取り上げて、電波とは何か、電波を利用すると宇宙のどんな姿が見えてくるのかについて解説した。さらに最新の電波天文学のトピックスとして、現在建設中のALMA望遠鏡について取り上げた。本稿では番組制作に当たってのコンセプト、製作した番組の内容、および番組中で使用した画像処理、映像処理の手法について報告する。

1. はじめに

2011年3月1日より5月29日まで、「電波で見た宇宙」と題したプラネタリウム番組の投影を行った。現在の天文学では、可視光線だけでなく、電波、赤外線、X線などいろいろな波長の電磁波で宇宙を観測している。このような全波長に渡る天文学の中においても、電波天文学は特に重要な位置を占めている。今回のプラネタリウムでは電波望遠鏡を使うことでどのような宇宙の姿が見えてくるのか、実際の観測例を取り上げるとともに、現在建設中の最新の電波望遠鏡であるALMA望遠鏡についても紹介した。

以下において番組制作に当たってのコンセプト、および製作した番組の内容について報告する。

2. 番組コンセプト

今回の番組においては、主に次の点を伝えることを重視して製作した。

○電波望遠鏡を使うことで、目では見えない新しい宇宙の姿を知ることができる

天文学は、古くから目で見える光、可視光線で観測するものであった。今から400年前に天体望遠鏡が発明されたが、これも可視光線を観測する点では同じである。

一般の方の印象は、宇宙とは目で見える星がすべてであると思っているものと考えられる。しかし、宇宙からは目では見えない電磁波もやってきており、目で見

えているものは宇宙のほんの一部分にしか過ぎない。異なる電磁波で宇宙を観測すると、それぞれ違った宇宙の姿が見えてくる。

電波望遠鏡により、星間分子、宇宙背景放射、パルサーなどさまざまな発見がなされてきた。これらを全て取り上げることはできないので、今回のプラネタリウムでは特に星の材料となるガスやチリの観測という点を中心に紹介した。

また現在、最新の電波望遠鏡として、南米チリ・アタカマ砂漠にALMA望遠鏡が建設中である。これは、日本のほか、アメリカ、カナダ、ヨーロッパ等の国々に関わる国際共同プロジェクトである。この望遠鏡は天文学上、大きなインパクトを与えるものになると思われるが、一般には十分知られているとは言えない。今回、日本も関わっているこの電波望遠鏡について伝えることも目的とした。

3. 番組の構成

番組の構成は、次のように主に7つのパートに分けて作成した。()内は、作成したsftファイルの名称である。

○イントロ(intro.sft)

前半の星空解説に続く導入として、現在見えている星空だけがすべてではなく、目では見えない光もあることを紹介する。

今から400年前に、天体望遠鏡が発明され、天文学は大きく進歩した。しかし20世紀になって、目で見えない光、電波をとらえる望遠鏡が発明された。電波望遠鏡で宇宙を見てみると、全く違った宇宙の姿が見

*大阪市立科学館事業グループ/中之島科学研究所
e-mail:egoshi@sci-museum.jp

えてくる。

○電波とは (radio.sft)

我々の身近にある電波を使った製品から始めて、電波とは何であるのか解説する。

電波以外にも、X線、紫外線、赤外線など他にも目では見えない光があり、これらを総称して電磁波と呼ぶ。電波望遠鏡で宇宙を観測すると、主に温度の低い天体を見ることができる。

「電波で見た宇宙」というと、電波望遠鏡から電波を出しているように感じる人が多いが、実際には電波を出しているのは天体の方である。電波望遠鏡で天体から出した電波をとらえることを、「電波で見る」という言い方をする。

宇宙から電波がやってきていることを初めて発見したのは、1931年、ジャンスキーである。これにより、電波天文学という新しい天文学の分野が始まった。

○電波による観測 (observe.sft)

可視光線で見たと写真と比較しながら、電波望遠鏡による観測例をいくつか紹介する。

オリオン座領域では、星が見える領域と電波が強い領域が異なっている。電波が強いところには、暗黒星雲と呼ばれる水素ガスの集まりが存在する。そしてこうした水素ガスの雲は、新たな星が誕生する場所である。

渦巻銀河を見てみると、電波望遠鏡でもやはり渦を巻いている。星が誕生するには、材料となるガスが必要であることを示している。

しかし、可視光線で見たと電波望遠鏡で見たと姿が全く異なる天体や、電波望遠鏡でなくては見えない天体もあり、これらの謎を探るにはさらに高度な望遠鏡が必要となる。

○電波望遠鏡の発展 (development.sft)

電波望遠鏡は、大きければより詳しい天体の構造を知ることができる。そこで、電波望遠鏡をいくつか紹介し、だんだんと大きな電波望遠鏡を作ってきたことを紹介した。さらに、実際にその大きさを体感するため、アメリカ国立電波天文台の 25m の電波望遠鏡をドームいっぱい映し出し、その大きさを体感した。

しかし、大きな電波望遠鏡を作るには限界がある。そのため、小さな電波望遠鏡をたくさん並べて一斉に同じ天体を観測する電波干渉計という技術が開発された。

○VLBI によるはくちょう座 A (VLBI.sft)

電波干渉計により観測された、はくちょう座 A の中心部分のさらに詳しい描像を紹介した。

はくちょう座 A では、中心のごく狭い領域から強い電波が出ており、上下にジェットが噴出している。この天体の正体はブラックホールであり、その構造と電波で

観測されている様子を対比した。

○ALMA (alma.sft)

現在、電波天文学の最も新しいトピックスとして、南米チリに建設中の ALMA 望遠鏡について紹介した。

ALMA 望遠鏡は日本も関わっている国際プロジェクトであり、アンデス山脈中の標高約 5000m のアタカマ砂漠に、口径 12m のパラボラアンテナ 54 台と口径 7m のパラボラアンテナ 12 台の合計 66 台を組み合わせる巨大な電波干渉計である。

ALMA 望遠鏡が完成することで、宇宙ができて間もない頃の生まれたての銀河や、星の誕生、太陽系のような惑星系の誕生、有機分子などの生命に関連した物質などが観測されると期待されている。

○エンディング (ending.sft)

電波で見た星空を出して、今回のテーマのまとめとして、電波で宇宙を見ることによって、目で見るだけでは分からない全く新しい宇宙の姿を知ることができること再度確認する。

4. 動画の編集

ALMA 望遠鏡のサイトからは、望遠鏡を紹介する動画を入手することができる。この動画を組み合わせてプラネタリウム番組中で使用するための編集には、従来は専用の動画編集ソフトが必要であった。しかし最近では比較的簡易なソフトも充実してきており、今回は Windows に標準で付属している「ムービーメーカー」を使用して編集を行うこととした。図 1 がその画面である。

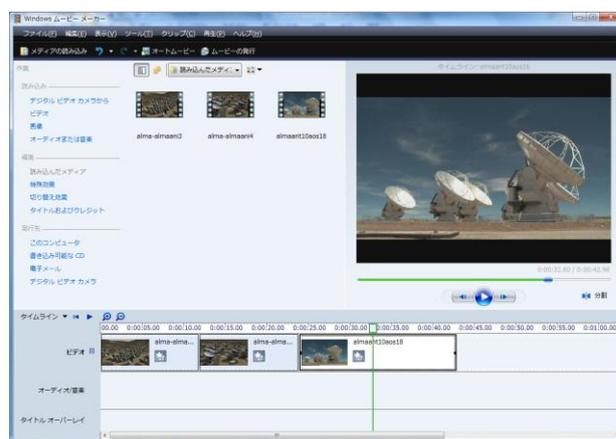


図 1 ムービーメーカーの操作画面

ムービーメーカーの使用方法は次の通りである。

- あらかじめ使用する動画を、上部の作業領域にドラッグ&ドロップして指定しておく。
- 指定した動画をタイムラインの欄に必要な順番で並べる。
- タイムライン中の動画は、左右の枠をドラッグすることによりトリミングして、必要な時間範囲のみを選ぶことができる。

- ・ タイムライン中の動画を右クリックして現れるメニューで、フェードイン、フェードアウトを指定することができる。
- ・ 必要な処理がすんだら、メニューより[ファイル]—[ムービーの発行]と選んで、動画を書き出す。

今回の編集では複数の動画を切り替えた時の効果は、フェードイン、フェードアウトを指定しただけだが、その他にもさまざまな切り替え効果や、動画の中に回転、ズーム、フォーカス等の特殊効果を加えることも可能である。

5. 画像処理

プラネタリウム番組中の演出として、魚眼レンズにて撮影した小笠原の VERA の画像をドーム全体に投影して、よりリアルに体感できるようにした。しかしながらオリジナルの写真は撮影当日の天気が雨だったため、パラボラアンテナと背景の空の両方が白く、アンテナが空にとけ込んでしまい見づらい写真になっていた(図2)。

そこで、Photoshop を使用して背景の空に色をつけることで、両者が区別できるようにした。以下がその手順である。

- ・ 背景の作成

新規レイヤーに背景となる空を作成する。

描画色を水色、背景色を白色として、グラディエーションツールにより、背景の空を描いた。上空部分が水色となるようにし、地平線側には樹木があることから、この付近は白となるようにグラディエーションを作成した。また地平線の部分が曲線状となっているため、これに合わせて円形のグラディエーションとした。

- ・ 写真の空の領域削除

先ほど作成した背景の上に別のレイヤーとして撮影した写真を重ね、写真の空の領域を削除した。ただし、アンテナとの境界は突起物やメッシュ状の部分が存在することから、単純に削除することは出来ない。

今回は自動選択ツールにより、空の領域を選択して削除した。この際、設定する許容値は5前後の値を何度か試してみて、適当な値を選択する。この時、アンチエイリアスのチェックを入れておくことで、選択範囲の境界をなめらかにすることができる。空の領域は、一度に全部選択する必要はなく、何度か同じ作業を繰り返す。メッシュ状の部分など難しい部分は、「現在の選択範囲との共通範囲」のモードにして、あらかじめ大まかな範囲を選択したのち、自動選択ツールにより必要部分を選択する。

このようにして作成した画像が図3である。背景にとけ込んでいたアンテナが見やすくなっていることが分かる。



図2 小笠原 VERA(画像処理前)



図3 小笠原 VERA(画像処理後)

6. 上空からの写真

番組中、ALMA 望遠鏡があるチリ・アタカマ砂漠の場面においては、宇宙から見た地球をズームアップして、アタカマ砂漠まで拡大していく演出を行った。この場面の写真は、NASA が制作したフリーウェア NASA World Wind を使用した(図4)。

このソフトでは、地球上のさまざまな場所の上空から見た写真を作成することが出来る。ソフトウェア中で使用されているほとんどの画像が、パブリック・ドメインとして利用可能である。

図4がそのソフトウェアである。メニューより[Edit]—[Place finder]で座標と高度を指定できる。表示した画像は[File]—[Save Screenshot]で png 形式にて保存

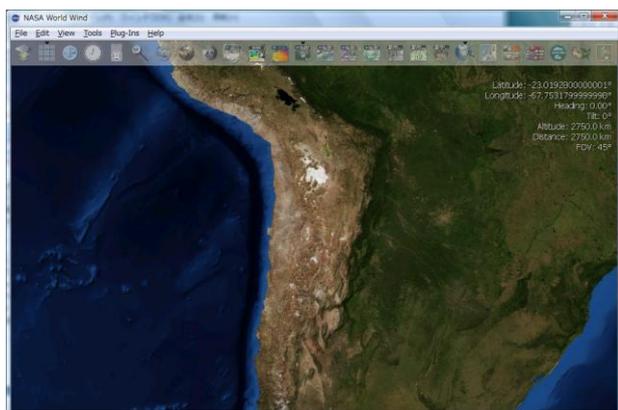


図4 NASA World Wind 画面

できる。

今回は高度を 1/4 ずつ変化された画像をいくつか作成し、バーチャリウムで投影する際には 4 倍に拡大しつつ、それぞれの画像を重ね合わせて表示して、ズームアップしていく演出を行った。

7. プログラミング上のテクニック

7-1. 全天周動画とスライドの貼り付けの順番

全天周動画の前面にスライドを表示する場合、スライドの明るさを明るくしながら表示すると、最初に四角い黒オブジェクトが表示されてしまうことがある。

これを避けるためには、プログラミングの際、先にスライドオブジェクトを定義しておく必要がある。この定義の順番により、全天周動画の前面に、徐々にスライドオブジェクトを表示することができる。

7-2. スライドとテキストの傾きの違い

プログラミングの際には、ドーム中心に domef と名付けた仮想オブジェクトを定義して利用している。domef はドーム傾斜角である 20 度傾けて定義している。スライドを表示する場合、この domef の方を向くように定義することで、どちらの方向にスライドを配置しても、水平に表示させることができる。

一方、ドーム上にテキストを表示する場合、ドームの見切り線に平行に表示される。そのためスライドとテキストを同時に表示すると、正面に表示する場合を除いて、向きがずれてしまう(図5)。このため、正面以外に



図5 スライドとテキストの傾きの違い

テキストを表示する場合は、attitude を変化させて傾きを調整した。

7-3. 2枚のスライドの重ね合わせ

番組中、可視光線で見た天体の姿と、電波望遠鏡で見た姿を対比し、両者を重ねる演出をした(図6)。この演出は、上側に来る映像の intensity を下げることで、下側と両方同時に見えるようにしている。

また、両者を移動して重ねると、もともとの画像が分からなくなる。そこで、可視光線、電波の画像ともそれぞれ 2 枚ずつオブジェクトを定義し、2 枚のオブジェクトをあらかじめ重ねて表示して、上側の画像のみを動かして中央で重ね合わせて表示するよう演出した。

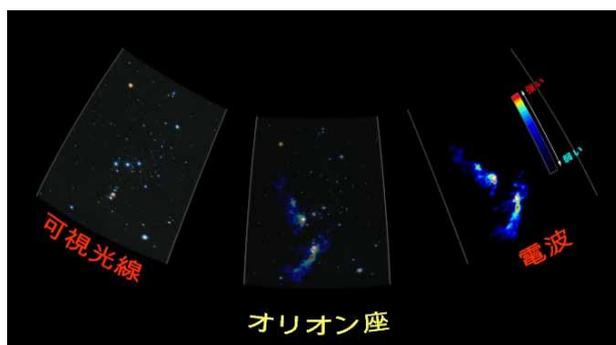


図6 2枚のスライドの重ね合わせ(中央)

8. おわりに

今回、電波天文学という天文学の主要な一分野を取り上げ、その概略と最新の状況を知らせる番組を制作した。ただ来館者にとっては、まず電波という言葉自体が難しさを感じ、取っ付きにくかったようであった。

しかしながら、目では見えない光で宇宙を観測することは、現在の天文学の重要なポイントであり、これにより天文学が大きく進歩して来たことを取り上げるのは、プラネタリウムにおける主要なテーマのひとつであると考えられる。

ALMA 望遠鏡は今年には完成し、来年からは本格的な観測をする予定となっていることから、今後さまざまな新しい成果が公表されることと思われる。こうした成果を盛り込み、さらに構成・演出方法に検討を加えた番組を検討したい。

謝辞

ALMA 望遠鏡の画像使用においては、国立天文台 ALMA 推進室に便宜を図っていただきました。ここに謝意を表します。