

プラネタリウム投影プログラム「星空ぐるり百光年」制作報告

江 越 航 ^{*1)}, 西 岡 里 織 ^{*2)}

概 要

当館では 2023 年 3 月から 5 月まで、「星空ぐるり百光年」というタイトルでプラネタリウム番組を投影した。この番組では、それぞれの星までの距離には違いがあり、宇宙は 3 次的に広がりを持つ空間であること、それぞれの星は固有運動をしており、宇宙は永遠不変でなく、変化するものであることへの理解を目的とした。さらには、これらの事項を解明しようとした天文学者たちの奮闘を通して、現在の宇宙像は先人たちの努力の結果得られてきたものであることを伝えることも意図した。本稿では番組制作に当たったのコンセプト、製作した番組の内容について報告する。

1. はじめに

夜空に輝く星を見ても、そこに奥行きは感じられず、どの星が近くにあってどの星が遠くにあるのかを知ることとはできない。むしろ星たちは天井に貼り付いて移動しているように見えることから、かつては地球が宇宙の中心にあり、星たちは天井に張り付いているという天動説が長い間信じられて来た。

しかし天動説では、惑星の複雑な動きを説明するためには、複数の円軌道を組み合わせるなどの高度な手法が必要となる。16 世紀に、コペルニクスは天体観測に基づき、地球が太陽の周りを回るという地動説をとることで、惑星の複雑な動きを簡潔な原理で説明した。

ただ、地球が太陽の周りを回るなら、地球の公転に伴い、星たちの見える位置にずれが生じるはずである。このずれであらゆる年周視差は大変小さく、なかなか観測することができなかった。観測に成功したのは 19 世紀になってからのことで、ドイツの天文学者ベッセルが初めて年周視差の値を測定した。これにより実際、宇宙には奥行きがあり、星たちの距離も、各々異なっていることが明らかになったわけである。

しかも星たちはじっとしているわけではなく、それぞれ固有運動と呼ばれる別々の動きをしている。そのため、将来は星の並びも変わってしまい、今見えている星座の形も何万年もの未来には大きく変化してしまう。

さらにこれらの固有運動を調べることで、運動星団と呼ばれる、力学的に共通な運動をもっている星の集まりを知ることも可能となる。

2021 年度に新しくなったプラネタリウムでは、時間的・空間的に移動しながら星空を見せることが、今まで以上によりリアルに実現することが可能となった。そこで数百光年の宇宙空間を 3 次的に旅行するような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のコンセプト、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

2. 番組コンセプト

この番組は、星たちは天井に貼り付いているわけではなく、それぞれの星までの距離には違いがあり、宇宙は 3 次的に広がりを持つ空間であることを意識し

*大阪市立科学館 学芸員

^{*1)} egoshi@sci-museum.jp

^{*2)} s-nishioka@sci-museum.jp

てもらふことを目指して制作した。

かつ、星たちはずっと同じ場所に留まっているわけではなく、それぞれの星は固有運動をしていることを通して、宇宙は永遠不変でなく、変化するものであることも合わせて伝えることとした。

また星までの距離や、位置が変化することに関しては、決して最初から明らかだったわけではなく、これらの事項を解明しようとした天文学者たちの奮闘を紹介することで、現在の宇宙像は先人たちの努力の結果得られてきたものであることや、科学の進歩について知ってもらふことも意図した。

現在の天文学においても、天体の位置を詳細に測定する位置天文衛星が活躍しており、星の位置や動きを正確に知ることは、私たちが宇宙のどこにいるのか、これからどうなるのかを知ることもつながっている。

こうした宇宙の空間的広がり、時間的変化を、新プラネタリウムの機能を生かして体感として感じてもらうことで、非日常の気分を楽しんでもらいながら、宇宙の姿を知ってもらうこと目指している。

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

昔から人々は、夜空の星たちを線でつないで、星座を作ってきた。私たちが今知っている星座は、5000 年以上前に作られたと言われている。紀元前 10 世紀ごろに作られたメソポタミアの境界石には、さそり座が描かれている。星座の星の並びは、ずっと変わらないことが分かる。

夜空の星たちは、まるで天井に貼りついて、星の並びはずっと変わらないように思える。しかし、星たちは本当に天井に貼り付いているのであろうか。星は宇宙の中で、どのように広がっているのだろうか。地球を飛び出し、星空の中を旅してみよう。

○視差

かつて、地球は宇宙の中心であり、星たちは天井に貼りついていてという天動説が信じられて来た。しかし、惑星の動きを説明するためには、天動説では複雑な手法が必要だった。

16 世紀にコペルニクスがとなえた地動説は、この惑星の動きを単純なモデルで説明することができた。

しかし、地動説が正しいならば、地球が公転するに伴い、星たちの位置がずれる年周視差が観測されるはずである。このずれは大変小さく、なかなか観測されなかった。

年周視差の観測は、観測技術の進歩により、19 世紀になって、やっと成功した。1838 年にベッセル、シュ

トラーベ、ヘンダーソンの 3 人が、ほぼ同時に年周視差の観測に成功した。宇宙は確かに三次元的に広がった空間なのである。



図2 ベッセルによる視差の発見

○ぐるり百光年

実際に宇宙空間にどのように星が広がっているのか、宇宙に飛び出してみよう。

ひしゃくの形をしている北斗七星や、W の形をしているカシオペア座は、別の方向から見ると、全く違う形になってしまう。



図3 北斗七星への飛行と周遊

地球を徐々に遠ざかりながら星の並びを見てみると、太陽系の端に来て、星座の形は全く変わらない。1 光年ぐらい離れると、少しずつ星の並びが変わってく



図4 百光年彼方への飛行

る。そして 100 光年離れると、星座を作る多くの星が、その中に入ってしまう。私たちが普段見ている夜空の星は、だいたい 100 光年ぐらいの範囲に位置しているのである。

○固有運動

紀元前、ヒッパルコス、星の位置を星の位置を記録したカタログを作った。この結果は、プトレマイオスのアルマゲストという本に残されている。

18 世紀、ハレーはこの記録と最新のデータを比べてみると、アークトゥルス、アルデバラン、シリウスの位置がずれていることに気づいた。

天体写真が撮られるようになると、さらに大きく移動する星が見つかった。へびつかい座のバーナード星は、20 年足らずの間に、明らかに移動しているのである。

星たちは、宇宙空間で同じ場所に静止しているのではなく、それぞれ勝手に動いている。その結果、遠い未来には星座の形も、全く変わってしまうことになる。



図5 固有運動による 10 万年後の星空

○運動星団

ひしゃくの形をした北斗七星も、固有運動により、将来の形は変わってしまう。しかしよく見ると、中央の 5 つの星は、同じ方向に動いている。

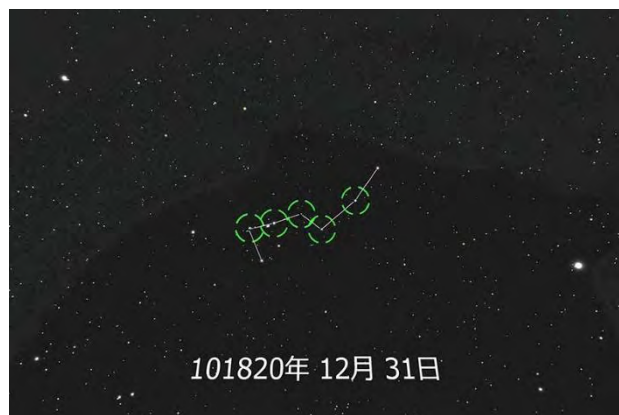


図6 北斗七星の固有運動

他にも、時間を早送りしてみると、同じように動く星の集団がある。例えば、ヒアデス星団やプレアデス星団などの星たちも、固まって動いて行く。こうした星の集

団を、運動星団と呼んでいる。これは、もともと同じ分子雲から生まれた、仲間の星だからである。運動星団を調べることで、同じ仲間に属する星たちや、星たちの年齢を知る手がかりを得ることができる。



図7 運動星団

○エンディング

現在、星の距離の計測は、宇宙から行われている。1989 年はヒッパルコス衛星、2013 年にはガイア衛星が打ち上げられ、多くの星のカタログを作成した。日本もジャスミン衛星の打ち上げを計画している。また VERA 計画では、電波を出す星の位置や運動から、天の川銀河の立体地図が作られている。

多くの星の位置や運動を正確に調べることで、私たちの天の川銀河の形や、見えない天体の存在が分かる。そしてこれらの情報は、私たちの天の川銀河がどのように進化してきたのか、その歴史を知ることにつながる。

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うと回答し、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. 百光年の移動

今回の演出では、地球から百光年彼方まで遠ざかる際に、距離の感覚がつかめるよう、基準となる大きさの球面グリッドを表示した。これは、次のようなスクリプトで実施した。

3D モデル
モデル:sphereGridLoader.osg

3D モデル位置
L:0 B:0 R:3
3D モデル方向
H:0 P:0 R:0
3D モデルサイズ
サイズ:900000000000000

これは、スペースエンジン Media Globe Σ SE にあらかじめ用意されている 3D モデル sphereGrid Loader.osg を読み込み、太陽を原点とした位置に表示させている。ここでグリッドの大きさ 900000000000000 の単位は m であり、おおよそ 0.01 光年に相当する

こうしたモデルを、0.01 光年から 100 光年まで、10 倍刻みの 5 つの大きさで用意して、遠ざかりながら順に表示させることで、距離感を出している。

遠ざかる際の演出は、次のようにしている。例えば、0.01 光年から 0.1 光年の間は

カメラ位置_3
継続時間:8 補間:慣性 天体:太陽
座標:赤道 R:6323.9744 減速:2

ここで、半径 6323.9744 の単位は天文単位で、0.1 光年に相当する。0.01 光年の位置から 0.1 光年の位置まで、8 秒かけて加速しながら遠ざかる演出となっている。これを順に繰り返しながら、100 光年彼方まで遠ざかった。これにより、対数スケールで表示される距離変化を、違和感なく移動している。

6. 時間の進みによる固有運動

通常、Media Globe Σ SE で星空を表示する場合は、地球上に配置した座標系の上にカメラを置き、時間変化など必要な演出を行う。しかし固有運動を示すために、この座標系のまま 10 万年の時間を進めると、星空も高速度で日周運動してしまうことになる。

そこで、星空を表示した後、銀河座標に変換する。

カメラ位置
[相対値] 天体:地球
座標:銀河 L:0 B:0 R:0
カメラ方向
[相対値] 天体:地球
座標:銀河 H:0 P:0 R:0

この座標系において、固有運動 On とし時間を進めることで、星空を日周させずに、固有運動だけを見せることが可能となる。

星空 固有運動
天体:星空 固有運動:On

日付
継続時間:10
Date:01/01/100000

7. 年周視差発見の歴史

星までの距離や、位置が変化することに関しては、最初から明らかだったわけではなく、天文学の進歩によって、少しずつ解明されてきた。

年周視差については、1838 年頃に同時に、ベッセル、シュトルーベ、ヘンダーソンの 3 人が、発見することになる訳であるが、これは年周視差の測定を続けてきた天文学者たちの積み重ねが、ちょうど実を結んだ時期にあたるためである[1][2]。

そこで今回の番組では、こうした天文学者たちの発見の歴史を追体験するような内容を組み込んだ。単に発見の事実だけでなく、天文学者たちの奮闘ぶりを合わせて伝えることで、今我々が知っている知識は長年の科学の歴史の積み重ねで得られたものであること、そしてその積み重ねは現在も続けられていることを伝えるような内容とした。

8. おわりに

今回のプログラムでは、宇宙空間を 3 次元的に移動する演出をふんだんに用いることで、夜空に見える星たちの距離には違いがあり、宇宙は 3 次元的に広がりを持つ空間であることを意識してもらうことを目指した。

百光年の移動については、距離の感覚がつかめるよう、基準となる大きさの球面グリッドを表示した。この際、グリッドのサイズ、移動時間を調節することで、地球から百光年彼方まで、違和感なく空間飛行する演出をすることが可能となった。

加えて現在のプラネタリウムは、時間的にも自在に変化させた星空を表示することが可能である。ただし、時間の変化については適切な座標系を選ぶことが必要になるため、プログラミングの過程でこの手法も獲得できた。

また、ただ単に宇宙空間を飛び回る演出に終始するのではなく、天文学の進歩には多くの天文学者が関わってきた積み重ねを伝えることも重要だと考えている。今回の番組では、プラネタリウムの機能と天文学の歴史という項目を組み合わせた内容の番組が制作できたのではないかと考えている。

参考文献

[1] 齊田 博, 星を近づけた人びと(上), 地人 書館, p1-38 (1984)

[2] 小暮 智一, 天文教育, Vol.24 No.1, p57-68(2012)