

## プラネタリウム投影プログラム「ブラックホール」制作報告

石坂 千春\*

### 概要

2010年6月3日から8月31日まで投影した、プラネタリウム特集テーマ「ブラックホール～宇宙一明るい!?ナゾの“黒い穴”～」を制作したので報告する。

#### 1. はじめに

「ブラックホールは光すら吸い込む黒い穴」そんなイメージがあるかもしれないが、実際には観測によってブラックホール候補天体は数多く発見されている。これは、ブラックホールが宇宙でもっとも効率よくエネルギーを生む場所であり、明るく輝いているからである。

ブラックホールがどのように観測され、なぜ明るく光るのか、をテーマに紹介する投影プログラム「ブラックホール～宇宙一明るい!?ナゾの“黒い穴”～」を制作したので報告する。

投影では、観測結果や実写ビデオと、コンピュータグラフィックによる全天映像とを組み合わせ、迫力と説得力を持って、ブラックホールについての知見を豊かにできるよう、演出した。

また、現在、天文学の分野で話題になっているブラックホール観測可能性についても言及した。

#### 2. プログラムの流れ

本作は4つのパートに分かれた投影プログラムで構成されている。特集テーマ部だけを通して流すと約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、解説は学芸スタッフ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「ブラックホールは実在する」

1971年、はくちょう座の首のつけ根あたりに、強いX線源が発見された。後に、ブラックホール候補天体となる「はくちょう座X-1」である[1]。

ブラックホール候補星はくちょう座X-1は、実視等級が9等級ほどの青色超巨星HDE226868の伴星である(はくちょう座X-1想像図[2])。

パート1は導入部として、はくちょう座X-1の可視光による観測と、X線衛星による観測を対比させて表示し、「ブラックホールは光らない」といわれているのに、なぜX線観測で発見できたのか?と問題提起をした。

##### 2) パート2「ブラックホール発見の歴史」

パート2ではブラックホール発見の歴史をたどった。

ブラックホールは重力が極限まで強くなった星、光すら出てこられない＝黒い天体である。太陽1個分の質量を直径6kmのボール、地球1個分ならパチンコ玉1個にするくらいの密度がある。

もともとはアインシュタインの一般相対性理論の解の一つとして求められたもの(1916年)だが、アインシュタイン自身は、実際の宇宙にはそのような極限状態は存在しないと思っていた。

ちなみに、ブラックホールの形状としては「穴」ではなく「球」である。つまり、形状から言えば、「ブラック“ホール”」ではなく、「ブラック“ボール”」である。



図1. 「ブラックホール」タイトル画

\*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/>

ブラックホールが実際に発見されたのは、ずっと後のことで、1963年の3C273である。1967年には、A.ホイラーによって「ブラックホール」という言葉が生み出された[3]。

以来、100個ほどブラックホール候補天体が発見されている。見つかっているブラックホール候補天体は3種類ある。1つは大質量星の最期の段階で形成される直径数10kmくらいの恒星ブラックホール、2つ目は、銀河中心核に存在すると考えられている直径数億kmにもなる巨大ブラックホール、そして、3種類目が、最近発見されてきた中間サイズのブラックホールである(見つかってきたブラックホールの分布図[4][5])。

### 3) パート3「ブラックホールはなぜ見える？」

パート3では、ブラックホールが見える(光る)理由について、身近な例をひきながら解説した。

ブラックホール自身は見るができないが、洗面台の栓を抜くと渦ができるように、ブラックホールはまわりにあるガスや星を吸い込んで渦(降着円盤)をつくる(「重力の井戸」実験の映像)。落ち込みながら密度の上昇した物質が互いに擦れあって膨大な熱エネルギー(光)を生じている。その渦は独特な性質を持つので、ブラックホールがあることがわかる(ブラックホール天体の写真[6])。

ブラックホールは、ものが落ちてエネルギーを生じるという点で、底なしの水力発電のようなものである(例として、関西電力より提供を受けた黒部第4ダム映像と、展示場1階の「水力発電」の映像を流した)。

パート3のおまけとして、理論的な予測に基づいたブラックホールに突入する全天周映像を流した。

### 4) パート4「ブラックホールそのものが見える!？」

巨大ブラックホールは、銀河の中心に鎮座していて、質量が太陽の数100万～数億倍もある。ほとんど全ての銀河の中心に巨大ブラックホールがあると考えられている。我々の天の川銀河の中心にも、太陽の370万倍の質量を持つ巨大ブラックホールがある(天の川銀河中心へのズーム動画[7];次章参照)。

もしかしたら、天の川銀河の中心にある直径1000万kmほどの巨大ブラックホールは、その「影」が観測可能かもしれない、と考えられている[8]。明るく光る渦を背景にして、光を出さないブラックホールが黒く浮かび上がるのではないかと予想されているのだ。これが現在、ブラックホールをめぐるもっともホットな話題である(電波望遠鏡群ALMAの目標の一つともなっている)。

## 3. 映像制作手法

銀河中心やはくちょう座X-1など、拡大率の違う一連の静止画[7]をつないでズーム動画に加工する方法を記載する。1秒ごとに1コマずつ静止画を拡大し、動画とした。

- ①After Effect を起動
- ②「ファイル」→「読み込み」
- ③「新規コンポジション」でサイズ→D3用(752×564)
- ④映像全体のタイムスケールを指定
- ⑤ファイルをタイムラインウィンドウにドラッグ&ドロップ
- ⑥各ファイルの「トランスフォーム」→「スケール」
- ⑦始点で85.1%、終点で106.3%になるように設定
- ⑧切れ目なく画像がつながるようタイミングを調整
- ⑨「コンポジション」→「ムービー作成」
- ⑩「レンダークュー」→「出力モジュール」
- ⑪「形式」→640×480(D3用MPG)
- ⑫ファイル名を指定して「レンダリング」

## 4. まとめ

本作の投影期間は2010年6月4日～8月31日、投影回数は288回、観覧者数は66,237人であった。

ブラックホールには多くのナゾが残されている。特に、巨大ブラックホールがどうやってできたのかは未解明である。巨大ブラックホールの質量と、銀河の恒星の数には正の比例関係があり[9]、巨大ブラックホールと銀河とがなんらかの関係を持ちながら成長(共進化)してきた可能性も考えられている。

宇宙には、人の目には見えなくてもブラックホールが確実にあって、今も人々の興味を吸い込んでいる。

## 参考文献

- [1] Braes & Miley, Nature 232, 5308 (1971)
- [2] <http://www.eso.org/public/videos/eso1004a/>
- [3] 福江純「カラー図解でわかるブラックホール宇宙」(サイエンス・アイ新書)
- [4] J. Ziolkowski, astro-ph/0307307 (2003)
- [5] R. Johnson, <http://pages.prodigy.net/wrjohnston/relativity/bhctable.html>
- [6] <http://www.spacetelescope.org/images/archive/category/quasar/>
- [7] <http://www.worldwidetelescope.org/>
- [8] 高橋芳太氏(理化学研究所)より画像提供
- [9] Ferrarese & Merritt, APJ 539, L9(2000)など