

科学ライブショー “ユニバース”

その 10 年の歩みと今後の展望

伊藤哲也 (国立天文台先端技術センター / ちもんず)

半田利弘 (東京大学 天文学教育研究センター)

A Science Live Show “UNIVERSE”

Its history in ten years and future

Tetsuya Ito (National Astronomical Observatory of Japan / Chimons)

Toshihiro Handa (The University of Tokyo)

Abstract

Through a science live show "Universe" we introduce many topics of the latest sciences including astronomy. The lives how is composed several sessions most of which is added by computer simulations. It is held twice on every Saturday at the Science Museum Tokyo. In the “Universe” the show is hosted by an active researcher who introduces many scientific topics with fully interactive software. Our show has no fixed script and the presentation changes from the show to the show depending on response of the audiences, although the host must sets a plot of the live show to have a consensus with the software operator. It has been held over 500 times since 1996 and the total number of audiences has been over 45000. Even ten years old our presentation is still novel, because it is still evolving both in software and hardware.

1 . はじめに

天文教育普及施設の定番といえばプラネタリウムである。プラネタリウムはその名の通り天球上での惑星の運動を再現するために作られたものであり、地球上の任意の位置からの可視光で見る夜空を再現するという点にかけては非常に優れている。しかし、それだけでは現代の宇宙像を把握するには不十分だと言わざるを得ない。

現代天文学はさまざまな視点による観測結果を総合することによって宇宙で起こる現象を客観的に把握することを目指しており、その際には、推測された現象から具体的な観測データが再現できるかが重要な手がかりとなる。すなわち、視点移動による現象の総合的な把握が必須となる。さらに、現代天文学では太陽から宇宙の果てまでの空間面と電磁波のさまざまな波長やニュートリノなどの非電磁波による観測などの観測方法の面で多様な広がりを持っている。これらを説明する道具として、伝統的なプラネタリウムの機能では能力が不十分なのである。

そこで、この限界を越える手段として “完全デジタルCG劇場” として 10 年前にスタートしたのが、科学技術館ユニバースである。ここでは、完全デジタル画像合成の自由度を活かして、最新の宇宙認識に基づく現象の説明を複数の立場を切り替えて表示することで直観的に表現する手段を提供している。

また、科学としての天文学で最も重要なのは、得られた知識そのものではなく、それがいかに

納得できるように体系化されていると感じることができるかにある。これが、ユニバースの上演スタイルとしての特徴に現れている。これまでは講師や解説者が一方的に観客に語りかける「講演会型」で観客は“番組”を見るだけ、聞くだけというのが最も多い形であった。最近では、それに替ってレスポンスアナライザーなどを用いた「参加型」も増えてきている。しかしこれは進行の一部に“参加”するのみで進行シナリオは固定されている。これらに対し「ユニバース」では、客席との会話を通した「共演型」を採用している。これによってショーの内容は観客の反応に応じた自在な展開と演出が行われ進行は動的に変化する。

ユニバースのハードウェアとソフトウェアの両面で常に進化を続けてきたこともあり、スタートから10年たった今も、いまだにその上演形態も上演内容も斬新なものであると自負している。ここではその概要と10年の歩み、そして今後の展望について報告する。

2. ユニバースの概要

科学技術館（東京都北の丸公園）における「ユニバース」初演は1996年4月で、今年10周年を迎える。1回のライブショーは40～50分で、毎週土曜日に2回開催している。年約100講演おこなっており、これまでの上演回数は1000回を突破した。定員72名の会場に対して1回30-50名の参加があり、のべ参加者数は4万5千人を数えている。会場には400インチスクリーンとCGを生成するコンピュータを備え、偏光を用いたカラー立体視機能も持っている。

おおまかな話題に分けられたコンテンツ（コーナーと呼ばれる）の数は当初4つから始まったものが、案内役の要望や時事的な話題への対応の必要に応じて追加され、現在では10以上にわたっている。案内役はこの多数のコーナーの中から2-3を選んでショーを進行する。観客とのやり取りの中で思わぬ質問が出ることもあり、案内役は説明しようとするテーマの科学的内容を十分理解しておく必要がある。また画像もショーの自在な展開にあわせるため、機能や表示内容をよく理解した熟練したオペレーター（アシスタントと呼ばれる）が手動で操作をおこなう。

3. 進化するユニバース・コンテンツ

ユニバースは10年間、ちもんず（後述）の新ソフトウェア開発によって、日々起きる新しい天体現象の解説のために新演出を追加し、新コーナーを追加することで進化を続けてきた。当初より、展開の大筋は決まっているものの決まった台本はなく、案内役が観客の反応に応じて自在な展開を行っている。このためには、アドリブが重視されるが、それを支える知識や方法論に対する理解が案内役やアシスタントには要求される。

一般的な例としての上演内容を以下で紹介するが、このような上演形態であるそのため、実際の内容は、案内役や観客の反応によって、また時間の経過とともに大きく変化することに注意されたい。

太陽系シミュレータ

太陽系シミュレータは、CGによる惑星運動を表現するものである（図1）。太陽系が再現されたCGの3次元空間の中で視点、視角を自在に変更することができ、さらに地上からの夜空を見える状態から宇宙空間へと連続的に展開できる。手動操作が前提であるが、操作性に優れ、話の展開に合わせた展開が可能である。このソフトウェアを用いて、解説される主なテーマは、惑星の配置と運動、太陽系の構造、日食と月食、彗星と流星群などである。

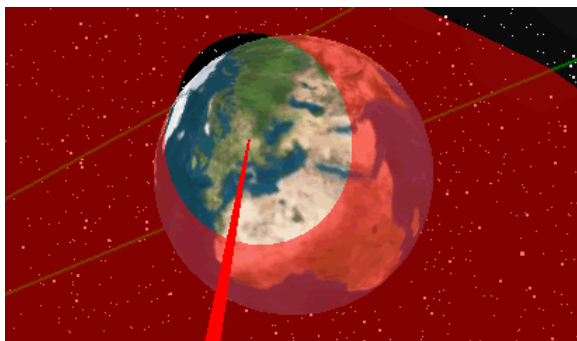
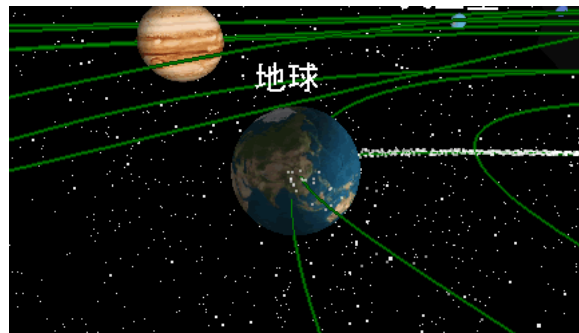
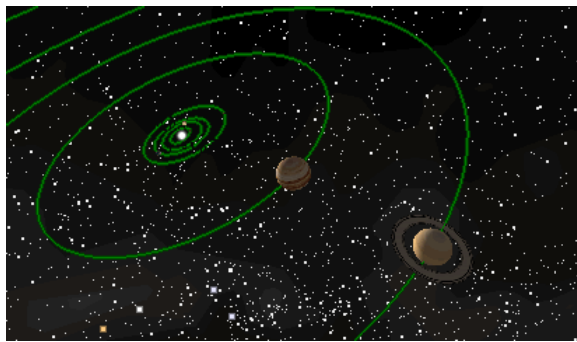


図1 太陽系シミュレータ

上左：木星と土星の軌道

上右：地球と彗星の残した出すとチューブ

左：日食時の地球表面の本影と半影

太陽系力学シミュレータ NoA

太陽系力学シミュレータ NoA（図2）は11体のリアルタイム重力計算をおこなうもので、冥王星と8個の惑星と太陽に加えさらに追加の1天体について、動きを追うことができる。太陽と惑星で、太陽系内の力学現象を再現できるほか、天体の質量を変更して動きの変化を観察することができる。これを用いて解説される主なテーマは、太陽重力の効果、ケプラー運動と重力、スイングバイ、追加1体による擾乱などである。

実感太陽系

実感太陽系は太陽系天体の大きさと広がりを実感的に把握してもらうためのコーナーで、実体を持つ模型と地図を用いた解説手法である。コンピュータソフトウェアをあえて使用しないのは、その方が、この内容が理解するには妥当だからである。

この類のプレゼンテーションは従来から各地で行われているが、縮尺を200億分の1にしたことと具体的な地名に対応づけていることが特徴である(図3)。この縮尺では地球直径が0.7mm(大きさが見える限界)、冥王星の距離が約300m(徒歩で行ってもらえる限界)となる。これは、具体的にイメージ可能な天体で



図2 太陽系力学シミュレータ NoA

歩いて訪ねる、200億分の1太陽系の旅

2000年11月11日 東京大学天文センター十畳山天文台特別公開日

☆ 同一縮尺の惑星の絵があるところ

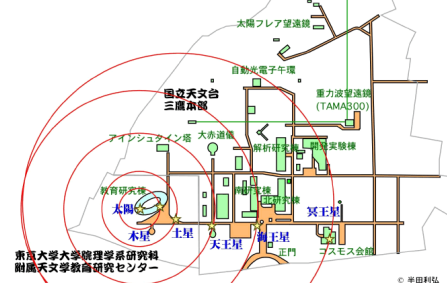


図3 実感太陽系縮尺図の一例

ここでは出張講演で使った東京大学天文研究教育センターの例を示す

ある地球の大きさと太陽系の広がりと同じベースで把握可能という点でほぼ唯一の縮尺である。これを科学技術館周辺の地図に重ね合わせた惑星軌道やその該当地点の写真、同縮尺で示した惑星の直径などを交えて紹介するもので、科学技術館以外での上演の際には地図や写真を随時その地のものと交換していることで実感性を盛り上げている。

さらには同一縮尺では、最も近い恒星が北京付近にあることを示すことで、太陽系と星間空間との広がりスケールの違いまで紹介することができる。

恒星間飛行シミュレータ HippLiner

恒星間飛行シミュレータ HippLiner はヒッパルコス星表による恒星の3次元の分布と運動をコンピュータ内に再現し、その中で場所、視角などを自在に変更できるようにすることで、太陽近傍の恒星世界を体感できるようにしたソフトウェアである(図4)。恒星の星座線も3次元で引かれているため、異なる恒星から見た場合の星座の変形を示すことができる。また、3次元的な固有運動も実装しているので現在とは何万年も異なった時点での恒星配置も再現できる。

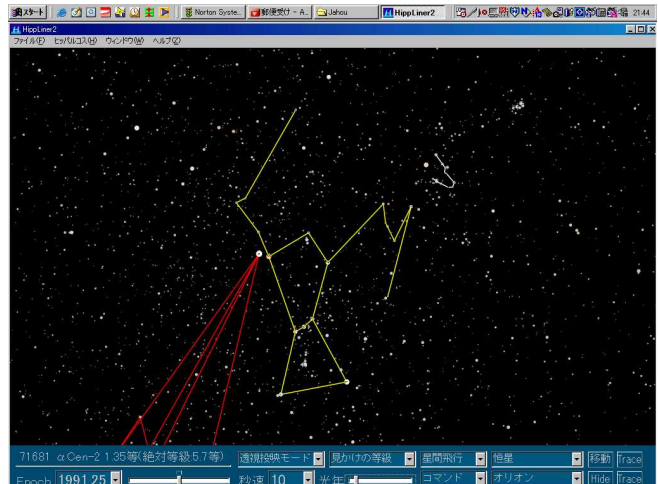


図4 恒星間飛行シミュレータ HippLiner

これを用いて解説される主なテーマとしては、恒星間移動、星座と恒星の3次元分布、固有運動と星団、銀河面と恒星分布などが挙げられる。

銀河衝突シミュレータ

銀河衝突シミュレータは多体問題専用計算ボード GRAPE を活用し、観客が指定した二つの渦巻銀河の衝突パラメータ(衝突方向や速度、傾き・大きさなど)にしたがって、その場で計算・表示するソフトウェアである(図5)。

現在、コンピュータを用いたシミュレーションによる天文学は理論天文学の重要な部分を占めていて、たとえばアンテナ銀河や車輪銀河など、特異な形をした銀河が銀河同士の衝突によってできてきたと考えられている根拠の1つもコンピュータシミュレーションの成果である。このことへの理解をすすめるとともに、シミュレーション天文学の一端を実感することができる。さまざまな観客にさまざまなパラメータ指定をってもらうという点で観客に主導権があるユニバースの特徴をよく生かしたコーナーとなる。

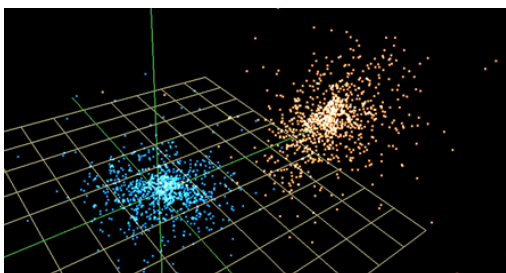


図5 銀河衝突シミュレータ

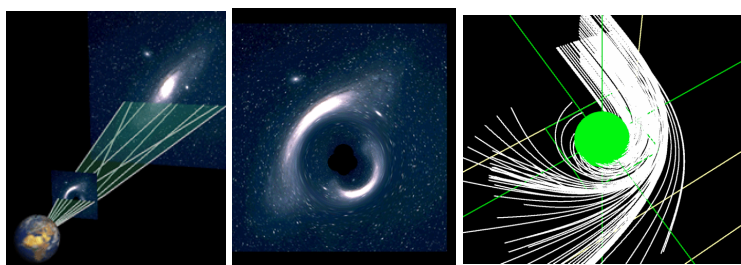


図6 重力レンズシミュレータ

重力レンズシミュレータは

重力レンズシミュレータ強重力場下の一般相対論的による時空のゆがみを光線の追跡と画像変換で示すソフトウェアである(図6)。重力の働きの解説から重力レンズ現象とその実例について解説する。

ここで、変形を受ける画像を天体ばかりでなく観客中の希望者を撮影したデジタルカメラ画像を用いることで、親しみを増すことと画像変形の特徴の把握の容易さを同時に果たすことを狙っている。変形画像はモデルとなった観客にプリントアウトして手渡すことも行っている。

国際宇宙ステーション

日本や欧米各国によって建造が進んでいる国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)を3次元コンピュータグラフィクス化し、建設が進む様子の中をさまざまな視点から見ることができる(図7)。建設の現状やそこでおこなわれる研究の計画などを紹介している。

また、近年では人工衛星の原理(重力と周回運動の関係)を紹介できるような拡張が進んでいる。



図7 国際宇宙ステーション

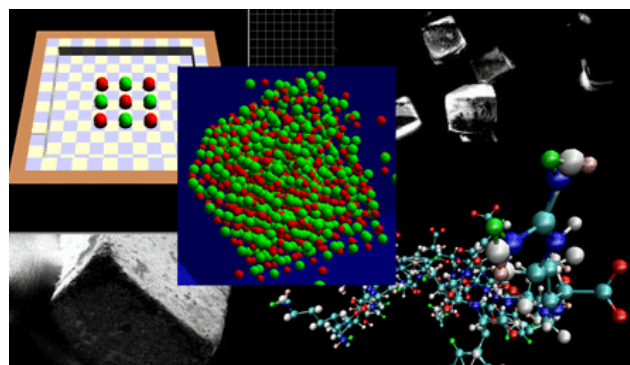


図8 原子・分子熱運動シミュレータ

原子・分子熱運動シミュレータ

原子・分子熱運動シミュレータは、宇宙とは対照的なマイクロ世界である分子間力と熱運動の様子を示すシミュレータである(図8)。陽イオンと陰イオンによる結晶格子の様子や物質の3態を原子が並ぶ形の3次元動画で示すことができ、さらに原子を1個外部から結晶格子に打ち込むことで原子のなればにどのような変化が起きるかを示すこ

とができる。

リアルタイム計算であるため、熱振動や変化の様子を現実的に示すことができる。

ゲストコーナー

特徴ある重要な位置を占めているのがこのコーナーである。これはユニバースオリジナルのコンテンツではなく、実際に、研究の現場で活躍する研究者や技術者・大学院生を招待し、10~15分程度で仕事の内容を説明していただくものである。ただし、よく見られるようなゲストの一方的な講演ではなく、案内役とゲストのかけあいで進行することが特徴で、科学の現場でみられる議論の雰囲気再現をめざしている。

4. ちもんず

ちもんずとは、ユニバースを支える学生集団であり、ユニバースを実現する上で欠かせない要素である。上演中のPCの操作をはじめとして、観客の誘導やアンケート、立体視用偏光めがねの配布など、毎回の上演の実務に関すること、さらには準備のためのゲストとの連絡や出張講演

への対応、上述したソフトウェアの新規開発・上演報告書作成やウェブページ管理など、ユニバースの実質を支えている存在である。実際の宇宙が膨張する上で目立たないながらも最も重要な要素を示すものが“暗黒エネルギー”であるように、ちもんずはユニバースを広げていく見えないエネルギーである。

これまで累計 45 名程度のメンバーがいるが、学生であるため入れ代わりがあり、実働は 10 - 20 名程度である。当初は東京大学のアマチュア天文サークルである地文研究会を母体としていたが、関係者の後輩や知人・観客を巻き込むことで人的規模を拡大してきた。現在では構成メンバーの所属大学も多数に及び、月 1 回開かれる定例打合せとともにメーリングリストを活用（過去ログ約 17,500 通）している。さらにちもんず出身で博士号をとり研究職について案内役を務める者もあり、案内役を養成する場としても機能している。

5．出張ユニバース

1998 年 8 月に 五島プラネタリウムでおこなわれた出張講演をかわぎりに、ユニバースはこれまで数多くの出張講演をおこなってきた。国内各地はもとより、北京をはじめとした海外でも講演をおこなっており、これまでの出張講演回数は 96 回を数える。出張には案内役と操作係のチームで取り組む。プラネタリウムなどでは現地スタッフと共演し、プラネタリウム投影機と組み合わせた形での上演も数多い。2 次元映像であればコーナーは限定されるものの、ノート PC とプロジェクタで上演可能で、このため大変手軽に出張講演ができる。また、3 次元映像での上演も可能となるよう、2 台のプロジェクタ+スクリーン+デスクトップ PC のセットが輸送梱包箱とともに用意されている。当初、出張講演は事務も含めてちもんずがおこなっていたが、現在は事務を科学技術館に移管している。

6．ユニバースから学ぶもの

ユニバースの特徴のひとつはちもんずが運営の重要部分を担っていることである。人材は個人個人のネットワークを中心に様々なルートから供給されているが、アシスタントとして PC 操作をおこなう前に十分な見習い期間をおいたり、案内役による特別解説を適宜行うことで上演内容の裏にある科学を理解する仕組みを確保するなどして、有効な人的資源の確保のシステムを作り上げている。このことが、概して「主要メンバーが卒業したら自然消滅」してしまいがちな学生集団の問題点を永続的なものとして支えている。

また、ユニバースは案内役、操作・開発部隊、ゲスト、観客の四者がそろってはじめてショーとして成り立つ。ゲストとの対話や客席との対話によって展開の主導権の一部を観客に委ねることで講演会スタイルにありがちな、単なる知識の提供からの脱却を図り、観客の参加意識を高めることができる。この観客まで巻き込んだ上演形態は歌舞伎や落語の観客からの掛け声などにも見られる日本的演芸スタイルもヒントになっている。

繰り返しになるが、ユニバースの目的は具体的な科学的知識を伝えること自体にあるのではなく、まず科学に興味を持ってもらうこと、そして科学的手法の基礎である納得を具体的な事例で伝えることだと考えている。本当に伝えたいことの本質は科学の面白さであり、それは対象年齢を上にも下にも限定しない。観客からはたびたび要求されることもあるが、対象年齢をあえて明示しないのは、その哲学の現れである。

したがって、内容の理解に対して特定の前提知識の積み重ねに置く形で厳選することもしていない。これは、多様な情報を提示し、その中での注目点をどこに置くのかは観客が自分で判断すればよいということからである。我々が本来伝えたいことは実際には一般化されたかなり抽象的な概念なのであるが、それは具体的な知識の集積の上でしか成り立たないものである。これを前提にすると、紹介する個々の知識の全てが1回の上演で理解されることを前提として内容を組む必要はないはずである。子供が同じ絵本を繰り返し読んで知識を得るように、本当の知識は繰り返しによって次第に得られるものである。これには学校教育とは異なる観点であると共に、社会教育施設としてもリピータが多くを占めるようになることが本質的に重要となる。固定した台本を作成していないというのは、そのためのしくみの1つなのである。ちょうど、古典落語や古典的な漫才が繰り返し見ても楽しめるように、そして新たな発見が毎回あるように、科学の普及にもこんな観点が必要なのではと言うのがユニバースからの提案である。

7. 今後の展望

科学技術館の来館者以外にもユニバースを体験してもらおうと、機材やメンバーが各地に出かけることで上演する「出張ユニバース」は既に何度も行っており、かなりの数の都道府県への上演が実現している。これは今後も継続して続けていきたい。

しかし、我々の人数や行動範囲は限られている。そこで新たな展開として、我々の考え方や手法に共感を覚える人々によってユニバースが他の科学館や学校などでも上演され拡大していくことをめざしたい。「分家ユニバース」と呼ぶこの展開は、現地のスタッフや教員・生徒が主体となってユニバースに似たものを自分たちの場で上演してもらうものである。科学館であっても館ごとにスタッフが受ける機材や時間枠や予算の制約は大きく異なっているはずなので、それに合わせて本質は保持しながらも演出や展開を変えた形での上演をめざすのである。イベント的な開催ではあるが、学校でもこれまで、東京工業大学附属高校や巣鴨中学・高等学校での文化祭で生徒が中心となった上演がおこなわれたことがあり、これは決して不可能な話ではないと考えている。また、沖永良部高校では現場教員との共演による変形出張ユニバースも行われており、これにはSSHやSPPの利用した資金が活用されている。このように様々な機会や可能性を利用してユニバースのやり方の全国への拡大を図りたいのである。

この動きに参加したいという方はぜひ気軽に筆者まで連絡をいただきたい。分家ユニバースのやり方はまだ手探りの状態なので、お互い十分な調整を行った上で、どのような形で実現するのが双方にとって最もコストパフォーマンスがよいかを詰めていきたいと考えている。もちろん、出張ユニバースへの依頼も歓迎であるので、こちらも科学技術館の担当者（木村かおる氏）や筆者まで申し出て頂きたい。

もちろん、科学技術館での「本家」ユニバースにおいても今後さらに新プログラム開発やソフトウェアのバージョンアップが続けられていくのは当然である。

こうして、現実の宇宙が加速膨張しているように、我々の科学ライブショーユニバースも拡大し続けて行きたい。まさに、“UNIVERSE is expanding!”としたいものである。