

## 第6回 宇宙の旅

本番: 10月21日(土) 11時: 接続テスト、13時: 現場集合、13時半: 本番、14:45: 案内終了

リハ: 10月 7日(土) 14時サイピア

台本読合せ2回目: 10月13日(金)21時

場所: Explorer Island, Exploratorium、(International Spaceflight Museum), Abyss Observatory

データ集→<https://docs.google.com/document/d/1WEn4PTfLUxSU96PWSyUeVdVdFKIPsqWBzYvw106zP-A/edit>

配布資料→<https://docs.google.com/document/d/1PMTb-f5P15k9tOzofJrQveUShelEjyQzrRJ3mFtLXrU/edit>

大丈夫なYouTube→[https://docs.google.com/document/d/1npg6WoE1zGDyWb4YwiZI7F8w0-WokHpNN5\\_IN6mLZ9U/edit](https://docs.google.com/document/d/1npg6WoE1zGDyWb4YwiZI7F8w0-WokHpNN5_IN6mLZ9U/edit)

## ポイント

- ・これまで見たことのないものを見せて、好奇心を引き出す。
- ・Explorer Islandでは、①火星の呪い、②空気が薄い火星でエアバッグを使う意味(SLとYouTube)、③呪いに打ち勝ったオポチュニティの14年間を紹介。つむじ風/ダスト・デビルの発生タイミングで太陽電池パネルのホコリが吹き払われたことを話す。
- ・木星: 複雑な模様がみんな「雲」だということ、望遠鏡ではなく探査機でまったく違う現象が見えること(衛星は省略)
- ・土星: 雲の様子が木星と違うこと、六角形の不思議、エンケラドスに注目。
- ・近くの恒星: 移住可能性と異星人の可能性に注目。
- ・星雲: 星の死(ガス放出)と誕生(原始惑星系円盤・宇宙ジェット)
- ・銀河: 衝突と爆発

## 0. 全体の話

集合場所: Explorer Island(アメリカ航空宇宙局NASAのジェット推進研究所が作ったバーチャル科学館)日没設定

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Explorer%20Island/90/99/35>



ソヨン「では「バーチャル科学館を探検しよう!」の第6回を始めます。実は5月に行われた第2回のバーチャル体験で国際宇宙ステーションや火星に皆さんを案内しました。そのとき来られた方はおられますか?・・・今回はその続きとして、火星よりも遠い星に、さらには銀河の中心や宇宙の中心にまで皆さんを案内したいと思います。

今スクリーンに見えているのは、アメリカ航空宇宙局NASA(のジェット推進研究所)が作ったバーチャル科学館です。これは現実の映像ではなく、コンピュータの中に作られた世界で、「仮想3D空間」といいます。

今回の探検隊のメンバーを紹介します。

ヤン:

アカーシャ

小学6年生(未定)

ピヨノみつぐ君

.....

SL体験操作の抽選の話、後半は難しくなるので、クイズゲームを用意していること・・・ではアカーシャさん、お願いします。

(今回の流れ)

アカーシャ「はい！ 今日、皆さんが探検するのは、宇宙です。ヤンさん、太陽系の絵をお願いします。これは私たちの太陽系の惑星を太陽から近い順に並べたものです。

前半では、まず地球のすぐお隣の火星を探検し、次に大きな惑星である木星と土星の2つを探検します(マウスポインタで指差す)。

後半は太陽系の外に飛び出します。遠い未来に人間が移り住めるかもしれない。そのような星が誕生している場所を探検します。最後には宇宙の誕生までを皆さんに体験してもらおうと思います。」



## 1. 宇宙の旅ー前半:太陽系

### (1)火星探査ロボットの歴史



「火星の呪い」→「薄い大気への着陸」→「オポティニティの14年」。「つむじ風」発生時に太陽電池パネルの話

(時々、砂嵐が起きるので、その時は司会を中断して、ヤンによる実況中継に切り替える。

動けるアバターはうろつくオポチュニティについて回ったり、着陸エアバッグをマウスでドラッグして動かしたり、竜巻”ダストデビル”に逃げ回ったりする。)

アカーシャ「まず最初は、こちらです。(アバターのアップからカメラを引きExplorer Islandの全景) NASAのバーチャル科学館の中に(火星展示コーナーにズーム)火星探査についての展示コーナーがあります。

(火星の呪い)

ヤン「まず最初にお話したいのは、火星探査はとてもむずかしくてなかなか成功しないということです。3回のうち2回は失敗しています。ロシアは過去50年間に、十数回挑戦しましたが、完全な成功は一度もありませんでした。それで「地球と火星の間には魔の空間がある」とか、「火星の呪い」とか言われていたそうです。

(参考: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E6%98%9F%E6%8E%A2%E6%9F%BB>)

ソヨン「そんなに難しいんですね。どうしてですか？」

ヤン「火星と地球はとても離れているので火星からの通信電波が地球に届くのには時間が掛かります。このため、何か問題が起きても操作が間に合わないというのが難しい理由の一番目です。一番早い時、つまり、火星が地球に最も近づいている時でも、片道で4分かかります。

(薄い大気での火星への着陸)

ヤン「2番目の理由は、火星の空気がとても薄くて、着陸する時にブレーキを掛けにくいということです。この映像をご覧ください。

<https://youtu.be/JXZa8cmab1g?t=58> (NASA/JPL) 一回目

(パラシュートを開いて、逆噴射して、エアバッグでバウンド)

ソヨン:おじさんたちが抱き合って喜んでいましたね。

ヤン「まあ、「魔の空間」を無事に乗り越えて成功したんですから、本当にうれしかったと思います。」

ソヨン:ボールが飛び跳ねていましたね。

アカーシャ「この映像は今から14年前の2003年に火星着陸に成功した時のものです。(アカーシャ:エアバッグに座る)飛び跳ねたボールがこちらにあります(エアバッグをズーム)

(ソヨン:これですね(スクリーンを指差す)。アバターはエアバッグに座る。ヤンがエアバッグをころがす)。

アカーシャ「これが探査機が火星に着陸するときに使われたエアバッグです。

ヤン「このエアバッグ、私のマウスで動かすことができます」

ソヨン「ボールにみたいに着陸するなんて、中の機械が壊れちゃわないんでしょうか？」

ヤン「それじゃ着陸するところをもうちょっと丁寧に見てもらいましょう。

<https://www.youtube.com/watch?v=KyktvC7w7Js>

ヤン「火星の大気は地球の130分の1です。そのため空気抵抗が小さく、パラシュートを使ってゆっくり降りようとしてもうまくスピードを落とすことができません。映像にあったように逆噴射ロケットも使いますが、最後は着地する寸前にエアバッグを切り離します。それでも火星の重力が小さいで、なんどもバウンドしてますね。」

参考(探査機が火星の大気圏に突入するときの速度は、秒速5.9キロメートル/時速2万1千キロ)

(オポティニティの14年)

アカーシャ「そのエアバッグからでてきたのが、こちらのオポティニティです。チャンスという意味があります。(止まっていたら、タッチして起動させる) なんとなくカブトムシに似ていませんか? ツノのように見えるのが目です。それから羽根を広げたように見えるのが太陽電池パネルです。オポチュニティの重さは184キログラム。お相撲さんの体重と同じぐらいです。

このオポチュニティ、何が凄いかと言うと、なんと14年も経った今でも元気に調査を続けています。

ソヨン「14年ってすごいですね。会場の皆さんが生まれる前から一人で頑張ってるんですね」

ヤン「設計寿命は1年ですが、その14倍ですからすごいです。もともと太陽電池パネルにホコリが溜まって発電できなくなると考えられていました。ところが意外にも、(つむじ風の説明が済んだかどうかで説明を変える)つむじ風でホコリが吹き払われて、太陽電気パネルがきれいな状態に保たれているみたいです。」

ソヨン:たった一人で14年も探検しているなんて、ちょっと可哀想ですね。(会場の反応、質問を聞く。)

(つむじ風が起きた時に)

アカーシャ「あっ、今、火星で嵐が起きています(アカーシャ:つむじ風に乗る)

(ソヨン:スクリーンを指差す。「アカーシャさんが飛んでますね」)

アカーシャ:竜巻みたいですが、「つむじ風」と言います。

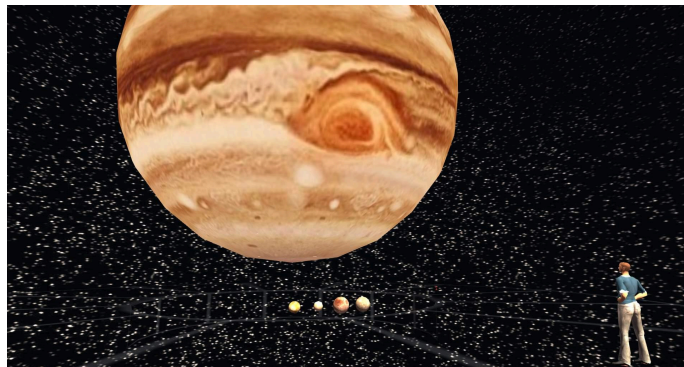
ヤン「「竜巻」は雷雨の時に発生しますが、「つむじ風」は晴れた日で地面が熱くなった時に発生するものです。風速は時速120km、特急電車ぐらいの速さで、台風の猛烈な風(風速33m/s)ぐらいです。火星の重力は地球の40%ぐらいだから、こんな風に人間が吹き飛ばされると思われたんです。

ところが、さっきも説明したように、火星の大気は地球の130分の1なので、空気抵抗も同じだけ小さくなる。このように人が飛ばされることはありません。でも重力が地球の40%しかないため、砂ぼこりが巻き上がりやすいです。」

(3)木星(JUNO探査機)

アカーシャ「では火星はこのぐらいにして、もっと遠くの世界を探検してみましょう。木星にテレポート！」

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Spaceport%20Alpha/49/131/671>



アカーシャ「これは木星の3Dモデルです。あとで紹介しますが、ハッブル宇宙望遠鏡という、地球の周りを回っている望遠鏡で撮影した画像が使われています。この木星に去年の7月から新しい探査機が観測を始めました。ヤンさん、探査機の映像をお願いします。」

スライドショーその1

ヤン「これがJUNOという木星探査機で、大きな太陽電池パネルを持っています。5年間をかけて木星に到着しました。……」

・大赤斑: 17世紀の中ごろ(1665年)には存在していた(ガリレオが天体観測を始めたのは1609年)。少なくとも350年は続いていることになる。たぶん台風の種類。

・オーロラ

・雲の様。ハッブル宇宙望遠鏡よりはるかに詳細。

ソヨン「すごく複雑で、色とりどりですね。」

ヤン「もしかして地面の色と思うかもしれませんが、これは地面ではなくて雲です。下の方から湧き上がったいろんな物質(リン、硫黄、炭化水素類)が太陽の紫外線で変質して色を変えたもの。

・赤道付近は比較的穏やか。

・その両側は複雑。巨大台風

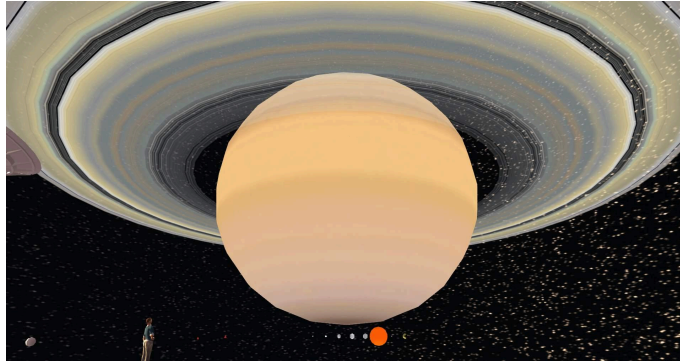
・南極側: 地球サイズの嵐に覆われている。

## ソヨン:会場の質問

### (5)土星(Cassini探査機)

アカーシャ「では次の土星にテレポートしますね。」

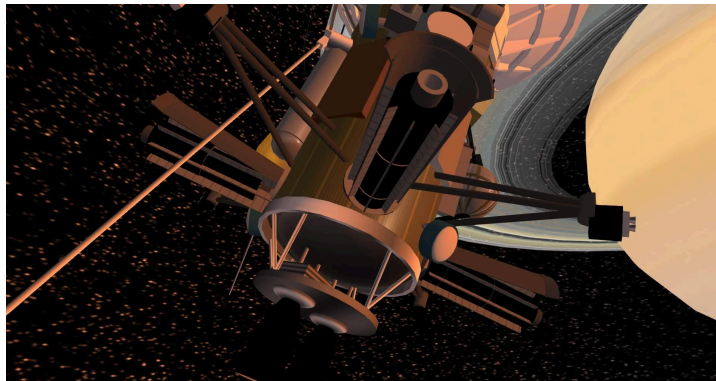
<http://maps.secondlife.com/secondlife/Spaceport%20Alpha/79/62/691>



アカーシャ「これが土星の3Dモデルです。やっぱりハッブル宇宙望遠鏡の画像が使われています。(FlyCamモード)」

ソヨン「輪がきれいですね」

アカーシャ「ほんとにきれいですね。この土星は、こちらのCassini探査機(カメラ)が13年間にわたって詳しく観測し、つい先月、ミッションを終えたところです。その映像をヤンさんお願いします。」



### スライドショーその2

- ・土星とタイタン
- ・輪
- ・夜の側から見た土星の輪

ソヨン「とても美しいですね」

- ・オーロラ
- ・大白斑。木星の大赤斑のように永続的ではない。木星大気の厚さは5000km。その下に液体の金属水素があるらしい。(まだ実験室で完全な再現には成功していないらしい。9700℃、200万気圧)
- ・ドラゴンのような模様。
- ・北極の六角形。南極にはない。

ソヨン「六角形になるなんて不思議ですね」

ヤン「ジェット気流がその下に流れる風に押されて六角形になるようです。これはシミュレーションで再現した結果として発表されています。」

ヤン「カッシーニ探査機は土星の衛星も詳しく調査しています。これはエンケラドゥスといって、とても小さく、月の1/3の大きさしかありません。しかし地球以外に生命が存在する可能性が一番高いと一躍有名になりました。今年の4月にその研究を発表したのがNASAと日本の研究グループです。」

青いところは、氷の厚さは10m以下のところ？

こちらは水蒸気が噴出しているのを観測したもの。氷の下の海底のどこかで摂氏90度以上の熱い水が噴き出していて、生命の材料となる物質も存在することが分かっています。

ソヨン「海底で熱い水が噴き出していると、どういうことがあるんでしょう？」

ヤン「地球でも最も古い微生物の化石は、まだ酸素がない頃に、深海底で熱い水が噴き出していた場所で見つかっています。今現在も、太陽の光が届かず酸素もない海底より下の世界で生きている微生物がいることが分かっています。

だから、ケンケラドゥスにも、もしかしたら生命が誕生しているかもしれません。エンケラドゥスは氷が薄いので、その下の海に潜って調べることも将来は可能なのです。それで凄く注目されているわけです。」

ソヨン: 会場の質問

## 2. SL操作体験の抽選

ソヨン: ではここでSL操作体験の抽選です。

.....

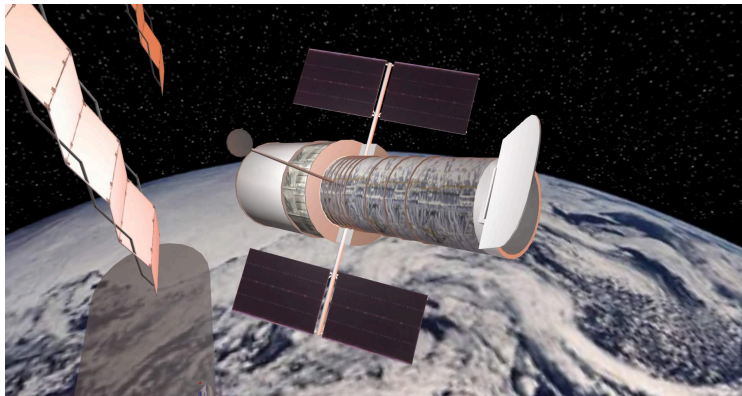
前半が難しかった子供さん、後半はもっと難しくなります。こちらにクイズゲームを用意していますので.....

ではヤンさん、アカーシャさん、後半をお願いします。

## 3. 宇宙の旅: 後半 - 太陽系よりも遠くの世界

アカーシャ「後半で一番活躍するハッブル宇宙望遠鏡をまず紹介します。テレポート

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Spaceport%20Alpha/128/107/451>



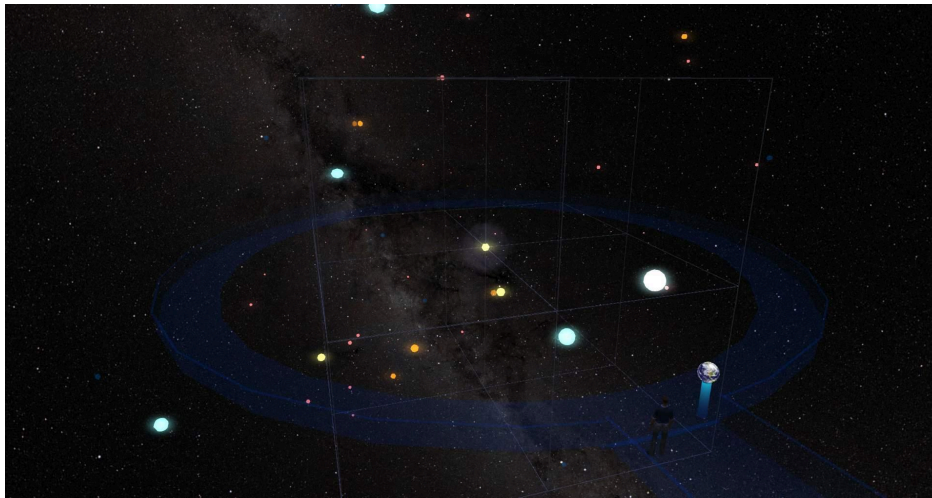
アカーシャ「ここは第二回の5月に案内したInternational Spaceflight Museumの中です。ここに展示されているのが、現在、最も性能のいい望遠鏡、ハッブル宇宙望遠鏡です。スペースシャトルに乗って宇宙に打ち上げられ、地球の周りを回りながら27年間にわたってさまざまな天体を撮影してきました。前半で木星と土星の3Dモデルがありましたが、あれもハッブル望遠鏡の映像を元に作られています。

### (1) 近くの恒星 (深夜設定)

アカーシャ「ではこれから太陽系の外に向かいます。テレポート！」

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Farwell/99/130/3601>

アカーシャ「目の前に広がっているのは、私たちの太陽系の周りを取り囲む星々です。ヤンさん、案内をお願いします。」



ヤン「まず、回りの星空を見てみましょう。これはDeep Star Mapsといって5年前にアップデートされた最新の星空です。天の川が一周していますね。これは私たちの銀河系を横から見た姿です。まず入ってきた入り口の横、こちらは銀河系の中心から反対、外の方向になります。ここに三つ星が見えます。これが冬によく見える「オリオン座」です。この「オリオン座」の中のオレンジ色の星と近くの明るい星を結ぶと、「冬の大三角形」です。この2つの明るい星は太陽系のとても近くにあります。あとで行ってみましょう。

天の川に沿って上の方を見ていくと、このWの文字、わかりにくいですが「カシオペア座」です。これを結んで延長した先が「北極星」。その先に「北斗七星」があります。

もとに戻って、入口から真正面、こちらは銀河系の中心方向です。まず天の川の両側に明るい星があります。七夕の日に出会うと言われている織り姫と彦星、ベガとアルタイルです。この2つも太陽系にすごく近い星です。その上、十字架みたいなのは「はくちょう座」です。これと先ほどの2つの明るい星が「夏の大三角形」です。

下の方を見てみましょう。北半球では夏に地平線近くにやっと見える「さそり座」の赤い星がこのあたりにあります。その左の方が「いて座」、私たちの天の川銀河の中心がこの方向です。下の方を見ると、私たちが住んでいる北半球からは見えませんが、「南十字星」があります。その左隣、これが私たちの太陽系に一番近い「ケンタウルス座アルファ星」です。」

**ソヨン: その都度、指差す。サイピアのプラネタリウムと比べる**

アカーシャ「主な星座をざっと見たところで、今度は真ん中の明るい星を見てください。これが私たちの太陽です。その周りをジャングルジムのように取り囲んでいる、その1本が10光年、光が10年かかって進む距離です。星の大きさ、色、明るさは本物に合わせてあります。ではここから星々の旅に出発！」

ヤン「4.3光年: ケンタウロス座アルファ。三重連星。プロキシマ・ケンタウリには惑星がある。生まれてから50億年前後。プロキシマ・ケンタウリには地球型の惑星が1個見つかっています。

**ソヨン「太陽が3つもある世界ってどんな世界でしょう？」**

ヤン「まず惑星の軌道がとても複雑になるでしょうね。たえず3つの太陽のどれかに近づいたり離れたりするので気温変化がとても激しくなると思います。だから人間が移り住むには難しそう。」

8.6光年: シリウス／おいぬ座アルファ(2つ星): 生まれてから2億年。一方は白色矮星。惑星はまだ見つからない。もしあったとしても、まだ若すぎるので、生命は生まれたばかりかも。

10.5光年: エリダヌス座イプシロン星: わずかに変光している。惑星が見つかっていて、地球型の惑星が存在する可能性があると言われている。太陽系に似ているが、生まれてから7~8億年なので、地球では酸素が増え始めたばかりのころ。高等生物までの進化はムリ？。

**ソヨン「おいしいですね」**

11.9光年:くじら座タウ星。惑星が7つ。そのうち4つは生命が居住可能な範囲にあると言われている。生まれてから58億年なので。生命の存在が期待できるだけでなく、私たちよりも進んだ文明があるかも。

**ソヨン**「もしかしたら、そこから地球を訪れている異星人がいるかもしれないですね？」

ヤン「あるいは文明が進みすぎて滅んでしまった後かもしれないですね。とにかくほかの文明と出会うにはこのくじら座タウ星が一押しです。もし遠い未来に私たちがこの太陽系を捨てなくてはならなくなった時に、移り住もうとして、すでに文明が栄えていて一緒に済めないようなら、ひとつ手前の若いエリダヌス座イプシロン星に地球の生態系を再現するのがいいかもしれません。」

**ソヨン**: 会場の感想と質問

(3) 星の終わりと誕生(銀河系内のさまざまな星雲)

アカーシャ「では次に、銀河系の中心に向かって出発です。ヤンさん、お願いします。」

スライドショーその3



・ガスの放出(球状): 星が一生を終える頃になると、このようにガスを周りに放出して、後に小さな白い星を残す場合があります。

**ソヨン**: きれいですね!

ヤン「周りにツクシみたいなのがいっぱいできています。みなさんツクシって見たことありますか？」

**ソヨン**: 会場に聞く。

・ガスは球状に放出されているんじゃなくて、赤っぽいガスがドーナツ状に取り囲んでいて、ガスはこの画面のこっち側と向こう側に放出されています。

・それを横から見たら、もしかしたらこの画像のようかもしれません。



・ガスの放出(双極型): ドーナツを作っているガスや塵がまだ中心の星に落ち込んでいく場合は、放出されるガスはこのように両側に放出されます。



・星の誕生：若くて明るい星が沢山ある場所ではもっと大規模に「つくし」がニョキニョキしている。



・そのひとつの拡大。へび座の中にあるわし星雲 7000光年：「創造の柱」。走らん周りの青みがかった霞は、若い星で加熱されて蒸発。

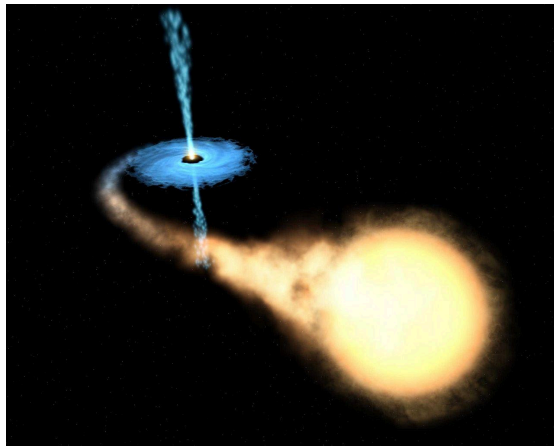


・りゅうこつ座のイータカリーナ星雲 7500光年：「神秘の山／MYSTIC MOUNTAIN

」 頂点のジェットをズーム

ヤン「これが何かを知るために、次の映像を見てください。

<https://www.youtube.com/watch?v=hu6hIhW00Fk> (Goddard)



ヤン「これ、実はブラックホールの例です。さきほど、星の一生の終わりにはガスを回りに放出して、燃えカスが残るといいましたが、爆発する場合があります。その時には奇妙な天体が残ります。その一つがブラックホールです。ブラックホールは、ほかの星に近づくと、そのガスをどんどん吸い込んでいき、円盤ができてきます。するとその上下にジェットが現れます。こういう円盤やジェット、実は、ブラックホールだけのものではありません。新しく生まれる原始の星でも同じことが起きます。つまり、星が生まれるときにも周りのガスや塵が落ち込んでこのような円盤ができるので、その上下にも同じようにジェットが生まれることがあります。

**スライドショーその3に戻る**

ヤン「さっきのジェットがそれだと考えられています。」

**ソヨン「あの柱の中で新しい太陽が生まれているということですね?!」**

ヤン「そうです。生えてきたツクシの中で新しい太陽系が生まれている証拠です。

・別のジェット:これはオリオン座の中の星雲。この中で新しい太陽系が生まれている。



こんな風に、私たちの銀河系のあちこちで、新しい太陽系が生まれるということは、その中には地球のように生命が誕生する星もきっとあると思います。

**ソヨン「すごいですね！」**

・かに星雲:さっき、星の一生の終わりには爆発するものもあるといいました。これがそれ。963年前に爆発しています。その中心はブラックホールにはならず、太陽と同じ重さの星が直径10kmにまで圧縮された中性子星というものができています。超高速で回転して、まわりにすごいエネルギーを放出しています。



ソヨン「なんかとんでもない星になるんですね！」

・変わった星雲: そのほかよく分からないのもあります。



・バブル星雲: 泡の直径は7光年。泡の真ん中からずいぶん偏ったところに太陽の10~40倍の質量があり生まれてから400万年も経った星があつて、1000万~2000万年後には超新星として爆発する可能性が高い。

・キャッツアイ星雲: なぜこんな複雑な形になったのかわからない。連星?

ソヨン: 銀河系の中にはとても凄いけど、よくわからない星があるみたいですね。(会場の感想と質問)

(5) 銀河系の外へ

アカーシャ「ではいよいよ天の川銀河の外に飛び出します。ヤンさんお願いします。」

スライドショーその4

省略: <https://www.youtube.com/watch?v=C0XNyTp5brM> (Hubble)

・渦巻星雲と棒渦巻星雲



ヤン「私たちのいる天の川銀河はこの棒渦巻銀河だそうです。なぜこんな棒みたいなのが生まれるのか、とても不思議だったんですが、こちらの動画をどうぞ。」

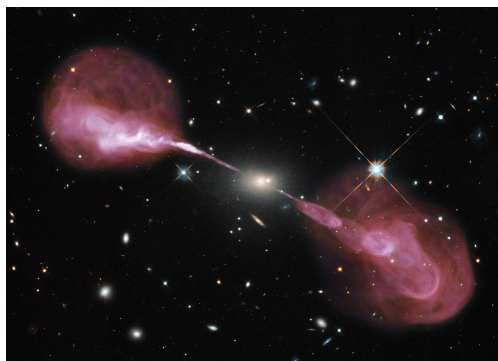
<https://www.youtube.com/watch?v=C1y947vM690&hl=ja%5FJP&version=3&rel=0>

これは国立天文台ほかのグループが、2014年に行ったシミュレーション。2400億個、星のみでは約200億個をシミュレーション。実際の天の川銀河を構成する星は2000億～4000億個

(参考: <http://th.nao.ac.jp/release/20141112/index.html>)

[スライドショーその4に戻る](#)

・銀河の中心のブラックホールと宇宙ジェット: さしわたし100万光年以上。



・銀河同士の衝突とスターバースト





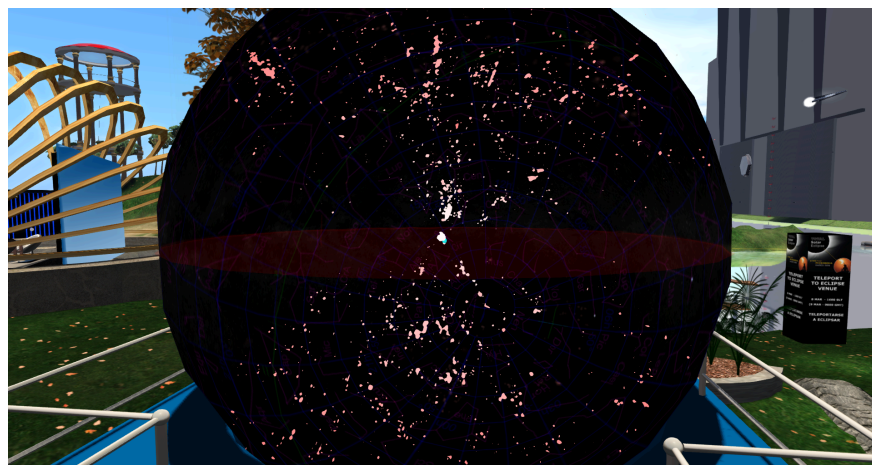
・銀河団、壁

### (6) 銀河団／Galaxy Clusters

アカーシャ「これを3Dに見ていただくためにテレポートします！」

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Exploratorium/106/66/26>

アカーシャ「ここはエクス-プロラトリウムという、サンフランシスコにある有名な科学博物館のバーチャル版です。そこに超銀河団の3Dモデルが置かれています。銀河クラスターとかグレートウォールと呼ばれています。」



ヤン「(FlyCamモード)、ここに壁があり、このあたりに空洞があります。泡のようです。」

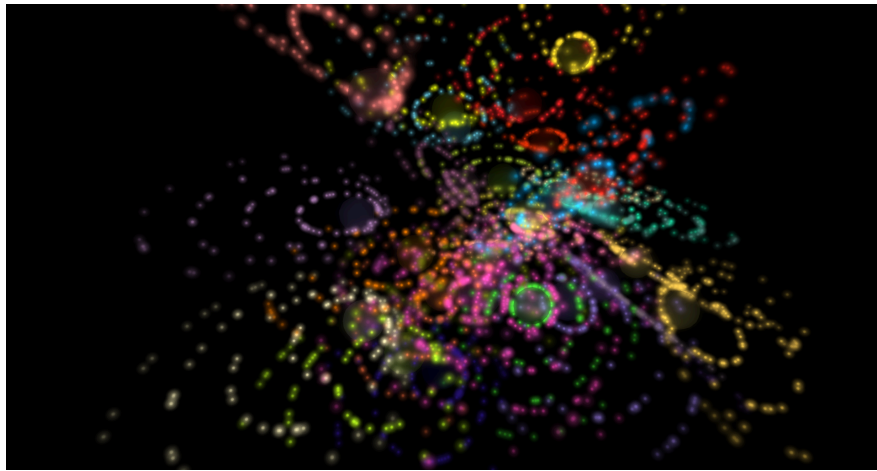
ソヨン: 会場の感想と質問

### (7) ビッグバン・ライド

アカーシャ「ずいぶん遠くまで来ました。最後に宇宙の中心までテレポートします。」

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Exploratorium/129/126/426>

アカーシャ「ここは150億年前、地球の歴史よりも3倍ぐらい昔。ここで宇宙の誕生、ビッグバンを体験してみましょう。(ヤン: シミュレータを起動させる) 皆さん、あの光の玉に座ってください。」



中央の球が白く光りだしてから乗る。

宇宙の膨張中はそれぞれに銀河の同心円状の輪がどのようにずれるかに注目。

宇宙はたぶん膨張しっぱなしだが、ここでは収縮して終わる。

**ソヨン: 会場の感想と質問**

(8) 地球へ

アカーシャ「これで宇宙の旅を終わります。私たちの地球に帰りましょう。ヤンさんお願いします。

<https://www.youtube.com/watch?v=kcpjWCIQHEE> (JAXAかぐや 満地球の出、HDTV)

これはJAXAの衛星かぐやが月の周りをまわりながら、月の地平線から地球が昇るところをハイビジョンカメラで撮影したものです。」

**ソヨン「あ、昇ってきました。とてもきれいですね！ 感想と質問**

ヤン「ここがオーストラリア。だからこちらの雲が帯になったところに日本列島があるかと。」