

ティーチングガイド

# 宇宙の発見

**NASAのウェブ  
宇宙望遠鏡**の歴  
史的な打ち上げ  
を支援する活動

マガジンの  
クラスセット



銀河  
を  
眺める

生徒が以下を行います：

- 工学、太陽系、光、太陽系外惑星、などについて読む
- 研究を行い、スケールモデルを作成する
- STEMの専門家と出会い



## ビデオコネクション

NASAのウェブ宇宙望遠鏡を打ち上げるまでの道のりを、CNN Filmsの新しいドキュメンタリーを見ながら生徒たちと共有しましょう。**惑星Bの探求**。ビデオや特典記事は、[scholastic.com/nasawebb](https://scholastic.com/nasawebb)をご覧ください。

## 活動1: 宇宙のスケールモデルを作成します

### 目的

生徒は、宇宙のスケールを表すモデルを作成します。

時間 30分

### 使用材料

- 雑誌ページ2-4
- 木星の写真: [bit.ly/Webb01A](http://bit.ly/Webb01A) と [bit.ly/Webb01B](http://bit.ly/Webb01B)

### 課題

**1** 木星の画像を見せて、生徒たちに興味を持ってもらいます。赤い点が何であるかを生徒に推測してもらいます。(何世紀にもわたって猛威を振るっている嵐です。) また、その大きさを推測してもらいます。地球よりも大きいと言ってください。縮尺を示す合成画像を表示します。

**2** 過去に使ったことのあるモデルの例を教えてもらいます。模型はどのように役に立ったのでしょうか。模型は、宇宙の規模のような難しい概念を探究するのに役立つことを説明します。

**3** 太陽系、地球、ケンタウルス座アルファ星、ケンタウルス座、プロキシマ星などの相対的な距離を計算したり、教室や校庭での立ち位置を測ったりして、自分の体で宇宙のライブモデルを作ってみましょう。生徒たちは、自分が選んだ天体の距離をネットで調べてみましょう。

- 生徒が作った太陽系のスケールモデルにケンタウルス座アルファ星を加えようとするとどうなるでしょうか？比較的近いもの(太陽)から遠いもの(ケンタウルス座α星)へとモデルを移行する際に、生徒同士がお互いの視界に入るようにスケールをどのように変化させる必要があるかを話し合います。

**遠隔操作:** 家にあるものを使ってモデルを作って撮影したり、スケールモデルを描いたりすることができます。

**高校生:** 同じ概念を2Dと3Dの手法でモデル化し、それぞれのメリットと限界を比較することができます。

## 活動2: 望遠鏡から学ぶこと

### 目的

生徒は、科学者がどのようにして宇宙の遠くにある物体について学ぶかを、モデルを使って説明します。

時間 20分

### 使用材料

- 雑誌ページ3、6-7
- 丸い物体と光源
- 任意: NASAによるトランジットグラフの動画: [bit.ly/Webb02A](http://bit.ly/Webb02A) と水星の太陽面通過の写真 [bit.ly/Webb02B](http://bit.ly/Webb02B)
- 高校生: 「Redshiftを知る」記事 ([scholastic.com/nasawebb](http://scholastic.com/nasawebb))

### 課題

**1** 望遠鏡は、遠くの物体を見るのに役立つだけでなく、天体が他の物体の認識をどのように変化させるかを観察し、宇宙についての詳細を推測することができることを説明します。

**2** 大きさの異なる丸い物体を、速度と距離を変えて光源の前にかざすことで、通過する惑星が星からの光をどのように遮るかをモデル化します。**可能であれば:** 前述のNASAのビデオや画像を見せます。聞いてみましょう: この概念は天文学者にどのように役立つでしょうか？

**3** 生徒に聞いてみましょう: 物体の大きさは、光を遮る量にどのように影響しますか？また、物体と光源の間の距離はどうでしょうか？科学者たちは、通過する惑星の質量を計算したり、惑星の軌道を調べたりするためにも、このような観測を行っていることを説明してください。

**4** NASAは、通過する惑星が遠くの星の視界にもたらす明るさの低下を探すことで、1,000個以上の太陽系外惑星を発見したことを指摘します！

**5** 高校生のために: 雑誌の3ページ目を読んだ後、赤方偏移について疑問に思ったことを生徒に話してもらいます。その後、「赤方偏移を探る」の記事を読み、質問に答えてもらいます。

## 活動3: 銀河探査

### 目的

生徒は、宇宙にある物体についてガイド付きで調査を行い、その結果を発表します。

時間 90分

### 使用材料

- 雑誌ページ6-7
- 中学生: 研究活動Aとサンプル研究ソース ([bit.ly/Webb03A](http://bit.ly/Webb03A))
- 高校生: 研究活動B、サンプル研究ソース ([bit.ly/Webb03B](http://bit.ly/Webb03B)) と「スターパワー」記事 ([scholastic.com/nasawebb](http://scholastic.com/nasawebb))

### 課題

**1** 雑誌の6〜7ページを読んだ後、以下の質問をパートナーと話し合ってもらいます: 太陽系外惑星を研究することで、自分たちの惑星をよりよく理解することができるのでしょうか？もし、宇宙に他の生命体がいるとしたら、それについて何を知りたいですか？

**2** 高校生: 生徒に「スターパワー」の記事を読ませ、星がどのようにしてヘリウムやその他の元素を形成するかについての質問に答えさせます。そして、次を聞きます: 私たちが「星屑」でできていると言われるのはなぜ？

**3** 全学年: リサーチ活動シート(必要に応じてリサーチソースのサンプルも)を配布します。生徒はパートナーと一緒に、または一人で作業することができます。

**限られたインターネットのための遠隔操作:** サンプルソースからテキストを印刷し、生徒用パケットに追加します。

**4** ポッドキャスト、ブログ記事、マルチメディアプレゼンテーション、インフォグラフィックを作成して、活動シートのパート3を完成させます。生徒に自分のプロジェクトをクラスメートと共有するように促します。

**作文:** TRAPPIST-1系の惑星は、片側が永久に昼で、もう片側が永久に夜である「潮汐結合」している可能性があります。そのような惑星に住んでいるとしたら、どのような感じなのかを想像させ、それについての創造的なストーリーを書かせます。

## NGSS基準

**学年: 7-8:** MS-ESS1-1: 地球・太陽・月のシステムをモデル化します。MS-ESS1-3: 太陽系天体のスケール特性を把握します。

**NGSS、学年: 9-10:** 練習2: モデル: 同じシステムの2つの異なるモデルのメリットと限界を評価します。

名前 \_\_\_\_\_

## 研究内容 太陽系外惑星

太陽系外惑星とは、太陽系外にある惑星のことです。太陽系外惑星については、科学者が解明したことがたくさんありますが、まだわかっていないこともたくさんあります。以下の質問に答えて、自分なりの研究をしてみてください。

### パート1: ブレインストームとプラン

1. 研究する太陽系外惑星のシステムを選択してください。リストアップされた選択肢の中から1つ、または自分で選択することができます。

☐ TRAPPIST-1    ☐ Kepler-452    ☐ 55 Cancri    ☐ その他:

2. パートナーと一緒に作業をする場合は、それぞれに研究課題を与えてください。

### パート2: 研究内容

以下の表にメモとソースを記録するか、別のシートに同様のものを作成してください。

質問	メモ	出典
この太陽系外惑星は、何光年の距離にありますか？		
科学者は、この惑星の年齢を推定しましたか？		
その太陽系外惑星の中から一つ選んでください。地球と比べてどうですか？		
NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、これらの太陽系外惑星についてどのような疑問を持っていますか？		
この太陽系外惑星について、他に調べてみたいことはありますか？		

### パート3: 共有と振り返り

自分の発見をクラスで共有する方法を選びます。



ポッドキャスト



ブログ記事



マルチメディア・プレゼンテーション



インフォグラフィック

パートナーと一緒に作業した場合、チームワークはこのプロジェクトを完成させるのにどのように役立ちましたか？

名前 \_\_\_\_\_

# 太陽系を探る

太陽系内の天体について、科学者たちは多くのことを学んできましたが、まだわかっていないこともたくさんあります。以下のヒントを参考に、太陽系のある天体について調べてみてください。

## パート1: ブレインストームとプラン

1. 研究テーマを選びます。リストアップされた選択肢の中から1つ、または自分で選択することができます。

☐ 木星      ☐ 238P彗星 / Read      ☐ Eris (矮小惑星)      ☐ その他: \_\_\_\_\_

2. パートナーと一緒に作業をする場合は、それぞれに研究課題を与えてください。

## パート2: 研究内容

以下の表にメモとソースを記録するか、別のシートに同様のものを作成してください。

質問	メモ	出典
この天体は、地球からどのくらい離れていますか？		
地球の大きさに対するこの物体の大きさは？		
重力はこの天体にどのような影響を与えますか？		
NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、この天体についてどのような疑問を持つでしょう？		
この天体について、あなたが調べてみたい別の疑問は何ですか？		

## パート3: 共有と振り返り

自分の発見をクラスで共有する方法を選びます。



ポッドキャスト



ブログ記事



マルチメディア・プレゼンテーション



インフォグラフィック

パートナーと一緒に作業した場合、チームワークはこのプロジェクトを完成させるのにどのように役立ちましたか？

それぞれのパートナーがチームにもたらした強みは何ですか？



# 銀河を 眺める

## 他の惑星に生命は存在するのか？

宇宙については、未知のことがまだたくさんあります。しかし、世界中のエンジニアや科学者が協力して、これまでよりもはるかに遠くを見ることができるスーパーヒーローの望遠鏡を開発しています。実はこの望遠鏡、何十億年も前の光を記録する、いわばタイムマシンのようなものなのです。



# 宇宙の

すべてを変えてしまうかもしれない、強力な新しい望遠鏡の打ち上げが間近に迫っています。

# 広

大な宇宙の中で、宇宙塵や深い暗闇、そして四方八方に広がる燃えるような星々に囲まれた、点のような自分を想像してみてください。気が遠くなるような、でもかっこいい！人類が誕生して以来、私たちは宇宙に魅了され、疑問を抱いてきました。宇宙はどれくらい大きいのか？宇宙の大きさは？他の惑星に生命は存在するのか？宇宙はどれくらい大きいのか、他の惑星に生命はいるのか、宇宙はどのように始まり、今も変化し続けているのか。宇宙はどれほど大きいのか、他の惑星に生命は存在するのか、宇宙はどのようにして始まり、変化しているのか？



## より近くで見る

私たちの銀河系を探索する最も古い方法の一つは、望遠鏡を使うことです。子供の頃、ペーパータオルを丸めて天井に向けて望遠鏡を作ったことがあるかもしれません。本物の望遠鏡は、カーブミラーを使って夜空の光を集め、焦点を合わせます。

世界で初めて空に向けられた望遠鏡は、1609年にイタリアの科学者ガリレオによって設計されました。ガリレオは木星の周りを回る月を発見し、すべての天体が地球の周りを回っているわけではないという結論を導き出し、当時の天文学に大きな影響を与えました。

その後、天文学者や科学者たちは、宇宙を探索するために、より大きく、より複雑な装置を作っていました。望遠鏡の性能が向上したことで、私たちの宇宙に関する

基本的な事実が発見されました。望遠鏡が登場する前は、よく観察すると、惑星が太陽の周りを回っているという説がありましたが、望遠鏡がそれを証明しました。星は固体ではなく、ガスの球体であり、私たちに最も近い星は太陽で

**「私はいつも、宇宙の極限、つまり知識の限界に達する場所に魅了されていました。」**

—ノラ・ルエットゲンドルフ、  
望遠鏡の科学者

あることが、望遠鏡によって証明されました。また、私たちの銀河系には何千億もの星があり、宇宙には何千億もの銀河があることも証明されました。さらに感度の高い望遠鏡を使うと、ほとんどの星の周りには少なくとも1つの惑星があり、その多くは太陽系のように複数の惑星を持っていることが

わかりました。また、望遠鏡のおかげで、それぞれの惑星の大きさや、他の惑星や太陽からの距離など、太陽系の規模も明らかになりました。

## NASAのウェブ 宇宙望遠鏡

**鏡** この完全に滑らかな鏡は18個のパーツから構成されており、打ち上げ後には約21フィートの長さに展開することができます。それぞれのミラーは、極寒の宇宙空間でも形状を保つことができる、軽量で強度のあるベリリウムという素材でできています。ミラーには、赤外線をよりよく反射させるために、微細な金の薄い層がコーティングされています。

### サンシールド

5層構造のサンシールドはテニスコートの大きさ！その仕事は、太陽の熱を100倍以上も小さくすることです。

**クライオクーラー** 鏡の後ろにあるクライオクーラーは、基本的には宇宙における高度な冷蔵庫であり、ヘリウムガスと高度な機械を使って「MIRI」(宇宙を観測する機器の一つ)を華氏-448度まで冷却します。(寒いよね！)

# 目

しかし、最初の星や惑星はどのようにしてできたのでしょうか？宇宙には他にも居住可能な惑星があるのか？宇宙にいるのは私たちだけなのでしょうか？その答えを探すために、NASA、欧州宇宙機関（ESA）、カナダ宇宙庁（CSA）は、さまざまな経歴や専門分野の科学者やエンジニアを集めて、これまでで最も高性能な望遠鏡を開発・製造しました。NASAのウェッブ宇宙望遠鏡です。



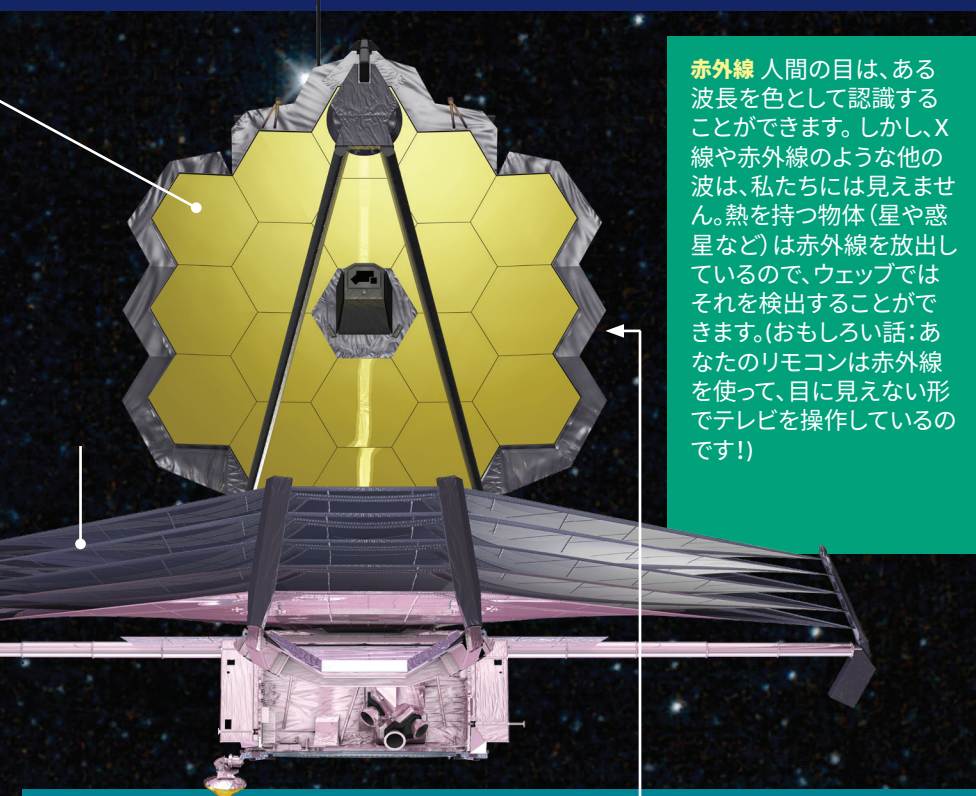
## 次のフロンティア

NASAのウェッブ宇宙望遠鏡は、何千人ものエンジニアと科学者が何年もかけて協力して作り上げたものです。

NASAのウェッブ宇宙望遠鏡は、フランス領ギアナ（南米）から宇宙に打ち上げられる予定です。これまでに宇宙に打ち上げられた中で最大の光を反射する鏡を持ち、現在最大の宇宙望遠鏡であるハッブルの100倍の性能を持つことになります。NASAのウェッブ宇宙望遠鏡は、数十億年前に形成された天体を含め、他の望遠鏡では見られなかった天体を観測することができます。初期の銀河がどのように形成されたのかを理解することで、我々の銀河がどのように始まったのかを知ることができます。この望遠鏡では、赤方偏移と呼ばれる現象を測定することで、他の銀河と我々の銀河との距離を示すことができます。赤方偏移とは、物体の光の波が遠くに行くほど赤くなる現象です。

複雑に聞こえるかもしれませんが、覚えておってください。科学者たちは、あなたと同じように好奇心旺盛に育ち、世界を変えるような答えを見つけようと懸命に努力しています。

この望遠鏡を驚異的なエンジニアリングの結晶にしているユニークな特徴をご覧ください。宇宙への打ち上げ時や打ち上げ後に少しでも不具合があれば、ミッション全体が失敗に終わる可能性があるからです。

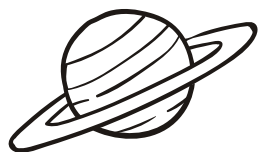


**赤外線** 人間の目は、ある波長を色として認識することができます。しかし、X線や赤外線のような他の波は、私たちには見えません。熱を持つ物体（星や惑星など）は赤外線を放出しているので、ウェッブではそれを検出することができます。（おもしろい話：あなたのリモコンは赤外線を使って、目に見えない形でテレビを操作しているのです！）

**カメラと分光器** ウェッブの4つの観測装置（鏡の裏側）は、非常に微弱な信号を記録し、異なる光のスペクトルを測定することができます。一度に100個もの天体を観測できるNIRSpec！







## 光の速さ



宇宙はあまりにも巨大なため、マイルで測ることはできません。  
では、科学者は何をしているのでしょうか？

電気のスイッチを入れると、一瞬で部屋中に光が広がるように見えます。光の速さは宇宙で最も速く、1秒間に18万6,000マイルもあります。これは驚異的な速さですが、瞬間的ではありません。実際、太陽から目の前までの9,300万マイルの距離を光が移動するのに8分かかります。遠く離れた星の光を見るには、何年も待たなければなりません。

科学者たちは、**光年**と呼ばれる距離の尺度を使っています。これは、光が1年で移動できる距離のことです。最も近い銀河であるアンドロメダ銀河は250万光年の距離にあり、私たちが見ているアンドロメダ銀河からの光は今届いていますが、250万年前に

アンドロメダ銀河を離れています。つまり、私たちは250万年前のアンドロメダ銀河を見ていることになります。250万年前のアンドロメダ銀河を見ていることになりますが、まだ新しい光が届いていないので、現在のアンドロメダ銀河がどのようになっているかはわかりません。

つまり、遠くを見渡せば、何十億年も前の光を見ることができるのです。人類がこれまで以上に遠くを見ることができるようになるNASAのウェブ宇宙望遠鏡のミッションにとって、なぜそれが特に重要なのか、続きをお読みください。

**ToDoリストが長いと思いませんか？NASAのウェブ宇宙望遠鏡に対する科学者たちの意欲的な目標をご覧ください。**

**タイムトラベル:** NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、赤外線を使って「タイムマシン」の役割を果たし、135億年前の光を検出することで、宇宙初期に形成された最初の星や銀河を見ることができます。信じられない？

**星や惑星が生まれる仕組み:** NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、ハッブル宇宙望遠鏡よりもさらに詳細に、巨大な塵の雲を見通すことができます！これらの塵の雲は、星や惑星系が形成される場所です。

**銀河の形成:** 銀河が何十億年もかけてどのように形成されたかを明らかにするために、NASAのウェブ宇宙望遠鏡は非常に微弱な赤外線信号を検出し、天文学者が初期の銀河と現在の楕円形や大渦巻きなどの銀河構造を比較できるようにします。

そして、最後にもうひとつ、特別な目標があります...それは6ページ目で確認してください！







スポットライト

## ハッブル宇宙望遠鏡

1970年代、アメリカ航空宇宙局 (NASA) と欧州宇宙機関 (ESA) が協力して、最先端の望遠鏡の開発に着手しました。天文学者のエドウィン・ハッブルにちなんで「ハッブル宇宙望遠鏡」と名付けられました。1990年、5人の宇宙飛行士がスペースシャトル「ディスカバリー号」に乗り込み、ハッブル宇宙望遠鏡を目的地へと導きました。以来、ハッブル宇宙望遠鏡は地球から380マイル(約160km)離れた場所で、宇宙からの驚くほど美しい画像を撮影し、私たちの宇宙への理解を深めています。

**天** 文学者たちは、数学と観察を組み合わせ、138億年前の宇宙が、現在観測されているものよりも気が遠くなるほど小さな体積で始まったことを突き止めました。「ビッグバン」と呼ばれる驚くべき出来事によって、宇宙は劇的に膨張し始めました。そして、このページを読んでいる今も、宇宙は膨張し続けているという証拠が見つかったのです。

ビッグバン後の最初の1秒間は、温度は華氏100億度で、宇宙は物質、エネルギー、光などの小さな粒子が密集した「宇宙のスープ」でした。この「スープ」が広がって空間を占めるようになると、宇宙は冷えていきます。(熱いスープを床にこぼしても、広がっていくうちに冷めていくのと同じです。)

小さな粒子が結合して原子になり、原子が集まって星や銀河になりました。最初の星は、分子と呼ばれる原子のグループを作りました。さらに多くの星が生まれました!星は死にました。小惑星、彗星、惑星、そしてブラックホールもできました。このようにして、銀河はお互いに離れていき、宇宙はどんどん広がっていくのです。

**「以前の私に、金属製の雪が降る惑星や、表面温度で鉄が溶けるような惑星(実在する!)について聞いても、信じてもらえなかったかもしれません。私の想像力は宇宙よりも限られているので、もっと面白いサプライズが待っているのではないかと思います!」**

—NASA 天文学者 プラバル・サクセナ博士



# 近隣惑星との出会い

## 他の惑星で 生命は生存できるのか？

太陽の周りを回っている他の惑星については、皆さんもよくご存知だと思います。私たちの最も近い隣人である火星や、環状の惑星である土星などです。また、他の恒星の周りを回る太陽系外惑星もあります。

太陽系外惑星は、その軌道上にある恒星からの光に遮られてしまうため、何世紀もの間、望遠鏡で観測することができませんでした。そのため、太陽系外惑星が近くの天体に与える影響を調べるなど、別の方法で観測するしかありませんでした。

NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、太陽系外惑星の理解をまったく新しいレベルにまで高めます。ウェブがあれば、これらの惑星を見つけるだけでなく、それらが何であるか、どこから来たのかを真に理解することができます。

写真：太陽系外惑星、NASAゴダード・スペース・アンド・テック・センター/JPL-Caltech



TRAPPIST-1惑星の表面のイメージ図。表面に水が存在し、空には他の惑星が見える。

## 天体の発見

今

、科学者たちが最も知りたいと思っている惑星系の一つが、**39光年離れた中心星の周りを地球サイズの惑星が7つ**回っていると考えられている「TRAPPIST-1系」です。

天文学者たちは、複数の望遠鏡を組み合わせ、この星系の惑星のほとんどが（水素やヘリウムなどの気体ではなく）岩石質の固体であることを発見しました。岩石質の惑星には、「生命の構成要素」である水が存在する可能性があり、これは大きな意味を持ちます。一般的に科学者は、惑星が生命を維持できるか **どうかを判断するために、液体の水を探します**。今のところ、地表に液体の水がある惑星は地球だけです（他の惑星には氷があるものもあります）。他の惑星ではまだ生命の痕跡は観測されていませんが、宇宙は広大で、私たちが探索したのはそのほんの一部に過ぎません。





「いつの日か私たちが他の惑星の表面に住んでいるかもしれないという可能性は、本当に感動的です。」

—NASA惑星科学者、  
ジェロニモ・ビヤヌエバ博士

## 未来を見据えて

NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、宇宙に打ち上げられた後、約2週間かけて180回のマヌーバを行い、自らを展開させます。(すごい!)科学者や好奇心旺盛な人々は、この革命的なエンジニアリングの偉業を祝うことを楽しみにしています。そして、画期的な宇宙の発見が待っているのです。

ここ数年の最もエキサイティングな天文学的発見の一つは、**TRAPPIST-1の3つの惑星が**、(地球のように)液体の水を保持している可能性の高い岩石質の惑星であるハビタブルゾーンを周回していることです。これは驚くべき可能性です。これらの惑星のいずれかに生命の痕跡、つまり「生命の指紋」がある可能性は？地球にいながらにして、NASAのウェブ宇宙望遠鏡を使って、**遠く離れた惑星の大気中に**、生命を維持するための酸素などの特定の分子を探すのです！

しかし、NASAのウェブ宇宙望遠鏡は、他の星系や銀河にある天体を調べるだけでなく、太陽系も探査します。火星などの惑星、冥王星やエリスなどの矮小惑星、小惑星、彗星、カイパーベルト天体（太陽系を取り囲む大きな環を構成する天体）などを観測します。また、火星や土星の天候や、小惑星に含まれる鉱物の特定など、さまざまな情報を得ることができます。宇宙の隣人を研究することで、私たちの宇宙をより深く知ることができるのです。

スピッツァー望遠鏡のTRAPPIST-1データをもとにしたイラスト



# チームの紹介

NASAのウェブ宇宙望遠鏡の開発に携わる何千人もの科学者やエンジニアをご紹介します。



**ノーラ・ルエツゲンドルフ**  
欧州宇宙機関・計測器科学者

ノーラ・ルエツゲンドルフが最初に天文学に興味を持ったのは、彼女の祖父でした。「祖父は朝食時にブラックホールの話をしてくれました」と彼女は振り返る。現在、ノーラ・ルエツゲンドルフは、NASAのジェームズ・ウェブ宇宙望遠鏡に搭載されているNIRSpecという装置が、同望遠鏡の打ち上げ後に科学者たちが使用できるようにするための準備を、彼女のチームとともにに行っています。「私は主にブラックホールに興味があり、JWSTは宇宙で最も巨大で最も古いブラックホールを観測することになります」。

ルエツゲンドルフの科学的成功への道のりは、「100%価値がある」と彼女は言います。「物理学を学ぼうと決めたとき、(家族の中にも)『難しすぎるのではないか』『多くの人が失敗する』と言う人がいました。そのようなことに耳を傾けてはいけません。苦労しましたが、今の仕事はとても気に入っています」。

彼女がこの仕事で気に入っているのは、「望遠鏡を巨大な冷蔵庫に入れて、NASAのさまざまなセンターで宇宙をシミュレートするときのような、実践的な側面」です。



**ネスター・エスピノザ**  
宇宙望遠鏡科学研究所  
(STScI) 天文学者

エスピノザが学7年生のときから、科学は不思議なものだと感じていました。「私たちを取り巻く世界の動きなどを数学で予測できるなんて、ちょっと不思議な感じがしましたね」。

最大のきっかけは、物理の先生でした。彼女が声をかけてくれるまでは、「テレビの中の科学者」という固定観念にとらわれていたので、自分には科学の道はないと思っていました。「また、チリで育った私は、科学が生活のためにできることだとは思っていませんでした。しかし、彼女は私に、科学者になれるだけでなく、かなり優秀な科学者になれると言ってくれたのです」。

エスピノザの仕事は、ウェブに搭載された機器が宇宙からあらゆる種類の信号を抽出できるようにすることです。彼が特に力を入れているのは、遠方の太陽系外惑星の研究にウェブをどのように利用できるかということです。

「科学は誰にでもできる」と言い切ります。「科学は誰にでもできるものです。成績優秀である必要も、天才である必要もありません。あなた、そうです、あなたでも一科学は誰にでもできるものです」。



**ダニー・マニュエル**  
メカニカルエンジニア  
ノースロップ・グラマン

子供の頃、ダニー・マニュエルが何よりも好きだったものは、友人たちとバスケットボールをすることでした。しかし、彼は数学にも興味があり、最終的には機械エンジニアになりました。

「多くの子供たちは、こんなにたくさんの数学を学ぶことに不満を持ち、二度と使うことはないと思っていました。」「私の考えでは、数学は問題を批判的に解決することを訓練するものです」。

今では、ウェブのメカニカルエンジニアとしての自分の役割を、「LEGOセットを組み立てるようなものだが、巨大な宇宙船の部品を組み立てるようなものだ」と例えています。彼のチームは、**宇宙ですべてがうまくいくように**、テストに多くの時間を費やしています。「このチャンスを逃す手はありません!」

マニュエルは、ウェブが、宇宙にいるのは私たちがけなのか、ビッグバンが起こった原因は何だったのか、といったことを明らかにしてくれると期待しています。また、将来的には、科学的発見が私たちの生活を豊かにすると信じています。「今は、**生きていることが信じられないほどエキサイティングな時代です**。」「**未来は、若くて鋭い頭脳によって築かれるのを待っているのです**」。



**アンバー・ストローク**  
天体物理学者、  
NASA

アーカンソー州の夜空がとても暗い田舎で育ったアンバー・ストロークは、幼い頃から星に対する好奇心が旺盛でした。現在は、遠くの銀河で星がどのように形成されるのか、銀河はどのように進化するのか、巨大なブラックホールが銀河の成長にどのように影響するのかを研究しています。

まだまだ未解決の問題がたくさんあります。「銀河が時間とともにどのように変化していくのかを語る上で、私たちは重要な部分を失っています。ウェブでは、ビッグバンの後に生まれた最初の銀河、つまり宇宙の本の最初のページを見ることができると期待しています。ウェブで発見できる宇宙は、驚きに満ちていると思います」。

10代の若者とプロフェッショナルへのアドバイスは何でしょう? 助けを求めることを恐れてはいけません! 「**私が嫌いな科学のステレオタイプは、孤高の天才が研究に没頭するというものです。様々な方法で物事を考える多様なチームからは、必然的により創造的なアイデアが生まれます**。」





# 赤方偏移を探る（そして宇宙を探る）

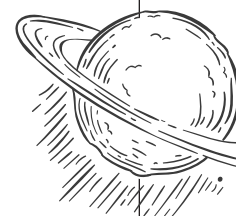
赤方偏移という現象について調べ、質問に答えてみましょう。

## アイスクリーム・トラックは、私たちが宇宙を理解するのにどのように役立つのでしょうか？



アイスクリーム・トラックが陽気な音楽を奏でているところを想像してみてください。トラックが停車しているときは、トラックのスピーカーから聞こえてくる音と同じで、**音の波長が変わらずに伝わってきます**。しかし、トラックが近づいてくると、聞こえてくる**音の高さが**だんだん高くなっていくのがわかります。アイスクリーム・トラックからは同じ数の音波が出ますが、トラックが動いているため、音波同士が接近しています。これは、**音の波の周波数が高くなる**ことで、より高い音が聞こえるようになるためです。トラックが走り去ると、逆に波長が短くなり、周波数も低くなるので、音程がどんどん低くなっていくのがわかります。

この現象は**ドップラー効果**と呼ばれ、光の波にも見られます。物体が遠ざかると、その物体が発する光の波は遠くに引き伸ばされ、波長が長くなります。可視光の**スペクトル**では、赤が最も波長が長く、青と紫が波長が短いです。そのため、物体が遠ざかるにつれて、その光はスペクトルの赤側にシフトしていくように見えます。物体自体はいつもと同じ光を放っているのに、その光が自分に届くまでに**赤方偏移**が起こります。（赤方偏移は目で見えることはできず、科学的な道具を使って光を波長ごとに分離する必要があります）。



赤方偏移は、宇宙を理解する上で特に重要な概念です。1929年、天文学者の**エドウィン・ハッブル**は、遠くの銀河の赤方偏移の観測結果から、銀河は互いに遠ざかっており、遠ざかるほど速く遠ざかっていることを突き止めました。この発見は、**ビッグバン理論**を裏付ける証拠となりました。

現在、科学者たちは、宇宙の起源をより深く理解するために、遠くの銀河からの赤方偏移した光を調査し続けています。遠く離れた昔の光は、可視光のスペクトルから人間の目には見えない**赤外線**のスペクトルへと赤方偏移しているのです。そのため、NASAのウェブ宇宙望遠鏡のような強力な望遠鏡は、最初の銀河がどのように形成されたかをよりよく研究するために、赤外線を検出するように作られています。



## 考えてみよう

以下の質問に別紙で答えてください。



1. 赤方偏移について学んだことに基づいて、青方偏移とは何かを予測してください。

どのような場合に青方偏移が起こるのでしょうか？

2. 宇宙観測における赤方偏移の概念を示す図を作成してください。

赤方偏移の図については、[go.nasa.gov/2PDPVN9](https://go.nasa.gov/2PDPVN9) を参照してください。

# 星のパワー



記事を読んで、星がどのように元素を生成しているかを知り、質問に教えてください。

**星は見ているだけではなく、他にも魅力的なものがあります。**

## ☆ ステラエナジー

星が輝くのは、大量のエネルギーを放出しているからだが、そのエネルギーはどこから来るのでしょうか。その答えは、星の中心部にある水素原子にあります。星の中の熱と圧力、そして星の重力は、2つの**水素原子を核融合させる**のに十分な大きさです。これにより、複数の水素イオンが結合して、1個のヘリウムイオンができます。水素原子の陽子は同じ正の電荷を持っているため、この反応を起こすには大きなエネルギーが必要となります。その結果、1つのヘリウム原子核、陽電子やニュートリノと呼ばれる粒子、そしてガンマ線という膨大なエネルギーを得ることができます。

## ☆ 水素、ヘリウム、そしてビッグバン

ビッグバン理論とは、宇宙が高温・高密度の状態から急速に膨張したという理論です。ビッグバンから20分以内に、陽子と中性子が衝突して水素とヘリウムの原子核が形成されました。しかし、時間が経つにつれ、中性子が崩壊し始め、ヘリウム原子核を形成するのに十分な中性子がなくなってしまいました。科学者たちは、ビッグバン理論が示唆する膨張率に基づいて、宇宙は**約3/4の水素と約1/4のヘリウムで構成されていると計算しています**。そして、これが現在の宇宙で観察される割合です。

## ☆ その他の要素

ビッグバンの直後に水素とヘリウムができたとなると、周期表の他の元素はどこから来たのでしょうか。これらの原子は、星でも作られています。赤色超巨星と呼ばれる**年輩の星では**、水素が枯渇し、星は高温になります。このエネルギーの増加により、ヘリウム原子は、炭素、酸素、マグネシウム、シリコンなど、周期表の鉄までのすべての元素に融合し始めます。この時、鉄原子は他の原子と融合し続けることはなく、より多くのエネルギーが必要となります。しかし、最終的には星は崩壊し、**超新星**として爆発し、鉄よりも重いさまざまな元素が生成され、宇宙に散らばることになります。

1925年、**セシリア・ペイン**は、星が主に水素とヘリウムでできていることを世界で初めて明らかにしました。

## 質問

以下の質問に別紙で教えてください。

1. 星の存在がなければ、宇宙はどのように変わるのかを説明してください。
2. 星がヘリウムやその他の元素を生成する仕組みを視覚的にモデル化します。

星がどのように生まれ、生き、死んでいくのかをもっと知りたいですか？次をご覧ください。

[go.nasa.gov/3sTKS9A](https://go.nasa.gov/3sTKS9A)

