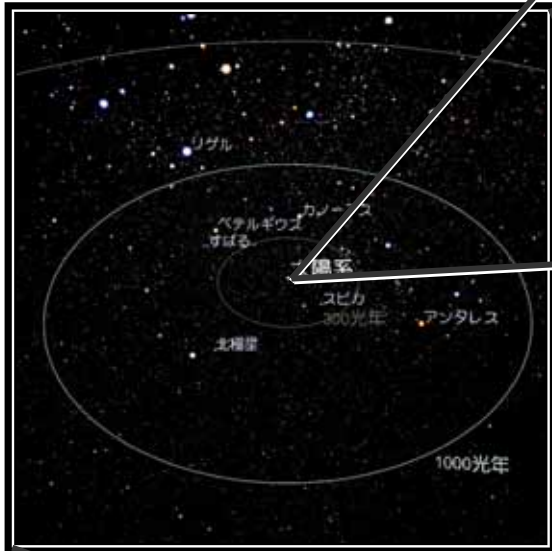
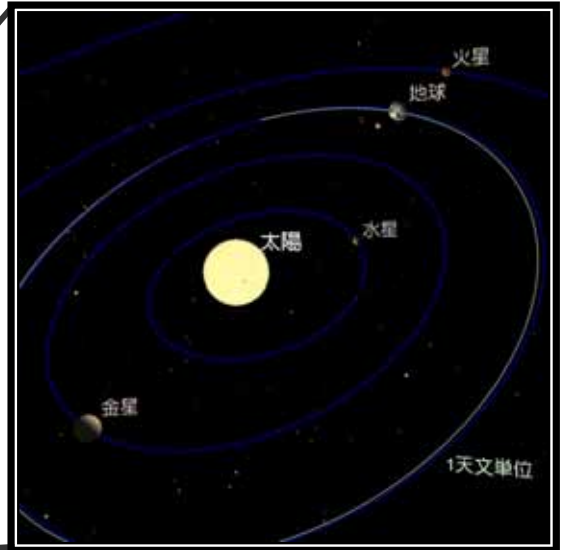


# 宇宙の階層構造

私たちは、広大な宇宙の中に生きています。私たちの住む地球は、この宇宙の中のどこにあるのでしょうか？地球から出発して、太陽系の惑星たちの世界を経て恒星の世界、銀河の世界、そして数多くの銀河の集まる銀河団の世界へと旅を試みましょう。この仮想空間は最新の太陽系のデータ、恒星カタログ、銀河カタログを基に構築されたもので、現在私たちの知っている宇宙の姿を表しています。

## 太陽系

太陽系には地球をはじめとする9個の惑星と、無数の小天体があります。惑星は、ほぼ同じ面内でほとんど円を描いて太陽のまわりを回っています。右の図では惑星の大きさを3000倍に拡大して表現しています。一番遠い惑星の冥王星まで、光の速度で約5時間もかかります。しかし、この広大な太陽系も、宇宙全体からみれば、ほんの小さな一角を占めているに過ぎません。

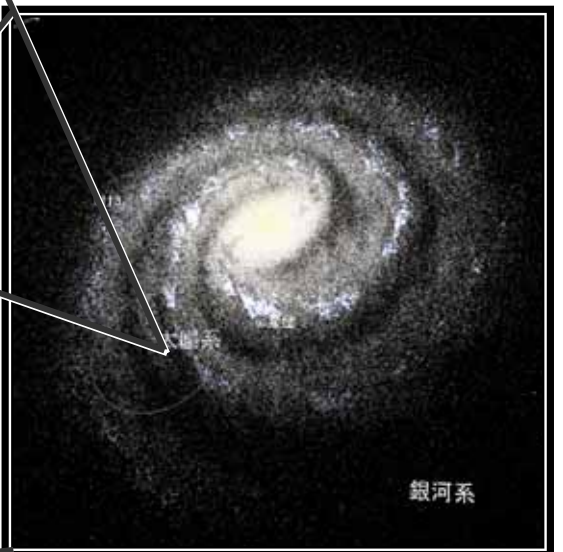


## 恒星の世界

太陽系を離れること遥か彼方、ようやく太陽の近所の恒星たちの世界にやってきました。恒星は水素を核融合させることで自分で光っています。恒星にはさまざまな大きさや色があります。太陽と夜空の星のほとんどが恒星です。太陽に一番近い恒星である、ケンタウリまでは光の速度でも4年以上かかります。

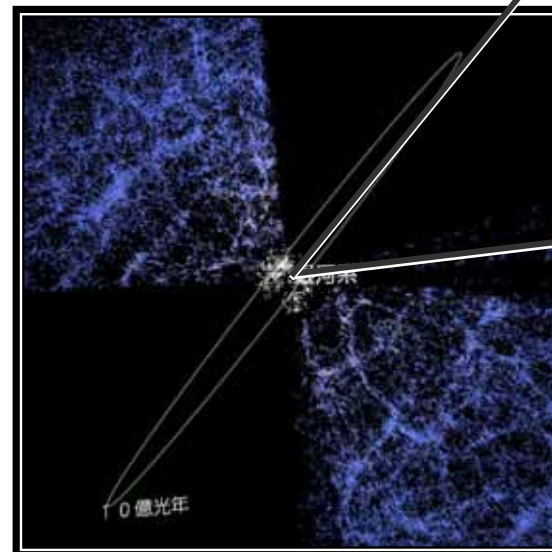
## 銀河系

私たちの天の川銀河系の全体像が見えるところまで来ました。この銀河系の図は、最新の観測データや理論をもとに作られた想像図です。銀河系の大きさは半径で5万光年もあります。銀河系は渦をまいている渦巻銀河で、約1000億個の恒星からできていると考えられています。私たちの太陽系は、銀河系の中心から2万6千光年離れた、オリオン腕というところにあります。



## 宇宙の大規模構造

宇宙には銀河が数多く存在します。左の図は銀河系を中心にして他の銀河の位置を示したものです。このようにしてみると、銀河が数多く集まった銀河団と、銀河の存在しない空洞が存在していることがわかります。このような構造は、宇宙の始まりに存在した物質のわずかな密度揺らぎから形成されたものと考えられています。銀河系の上下に扇形に銀河が存在しているように見えるのは、その方向には観測の邪魔になるものが少ないために、観測が多くなされていることを反映しています。実際には同じような構造が宇宙全体に広がっています。



使用したカタログ:

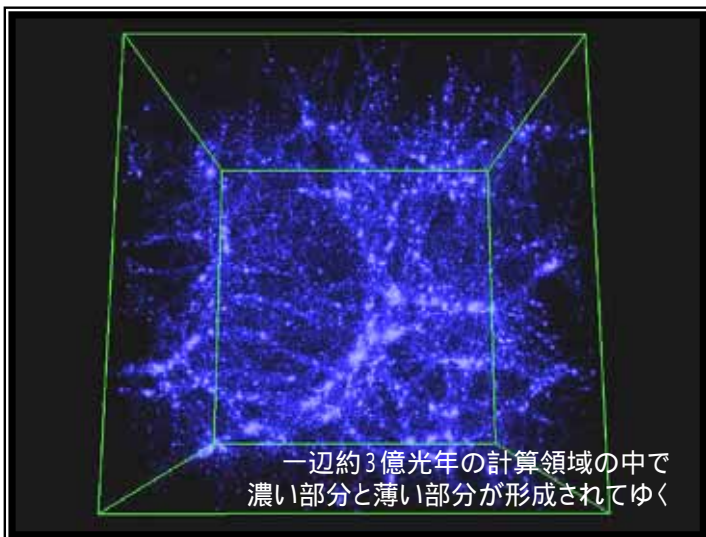
The Hipparcos and Tycho Catalogues, Nearby Galaxies Catalogue, SDSS Data Release 2, Orbital Elements of Minor Planets.

国立天文台・4次元デジタル宇宙プロジェクト  
<http://4d2u.nao.ac.jp/>

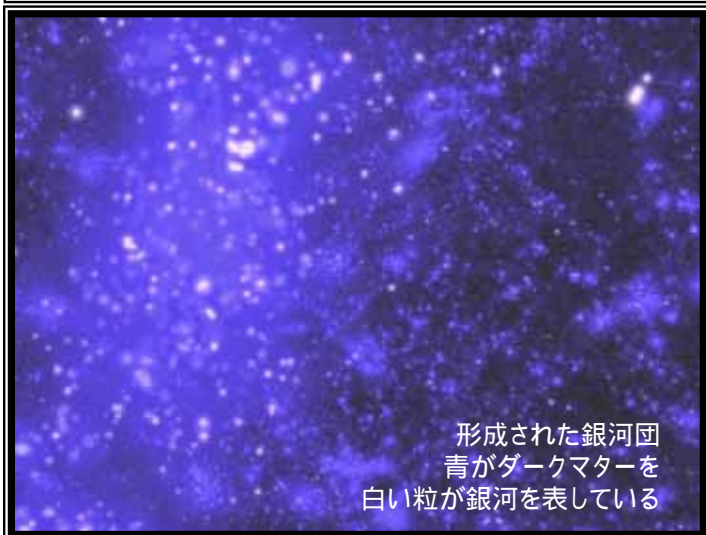
4D2U  
国立天文台 4次元デジタル宇宙プロジェクト

# 宇宙の階層構造

宇宙を理解するためには、スーパーコンピュータを用いたシミュレーション(数値実験)もとても役に立ちます。観測で分かった宇宙の姿が、なぜそのようなものかを、様々な条件のもとで何度も繰り返して数値的に実験することができるためです。そのような数値実験のいくつかを立体映像で紹介します。「宇宙の階層構造(ダイジェスト版)」では「宇宙の大規模構造」と「月の形成」を取り上げます。



一辺約3億光年の計算領域の中で濃い部分と薄い部分が形成されてゆく



形成された銀河団  
青がダークマターを  
白い粒が銀河を表している

## 月の形成

巨大衝突説に基づいた月の形成過程を紹介します。これは地球と火星程度の天体の巨大衝突によって月が形成されたという説で、現在最も有力な月の起源説とされているものです。

この映像は、スーパーコンピュータを使った2つのシミュレーションを基にしています。前半は、天体をたくさんの粒子の集合体として扱って、巨大衝突後にそれらの粒子が飛び散ってゆく様子を再現しています。後半は、衝突によって飛び散ったたくさんの破片から、1つの月にまとまってゆく様子を紹介します。破片の多くは地球に落下してゆきますが、残った破片は集まって成長してゆき、わずか一ヶ月ほどで、大きな月へと成長してゆきます。

これらの映像は、全て実際にスーパーコンピュータで計算された粒子の運動を元に作られたCGであり、全ての粒子が互いに重力で引き合っているのです。このことを念頭において映像を見ると、また違った不思議な魅力が感じられるのではないのでしょうか？

シミュレーションデータ協力：  
矢作日出樹、納田明達

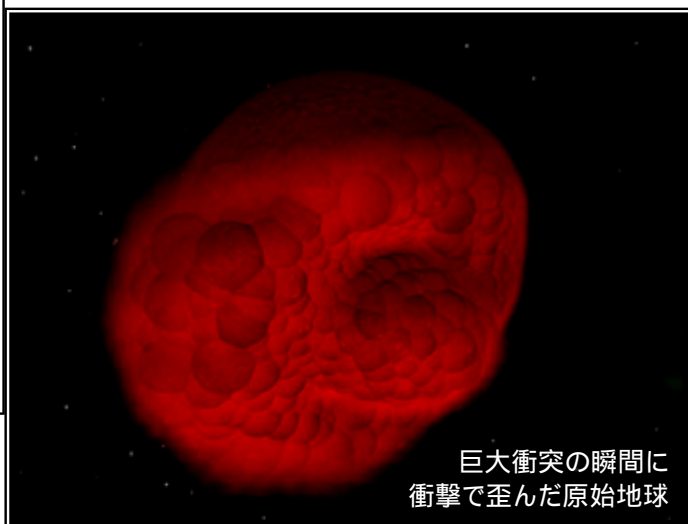
国立天文台・  
4次元デジタル宇宙プロジェクト  
<http://th.nao.ac.jp/~4d2u/>

## 宇宙の大規模構造

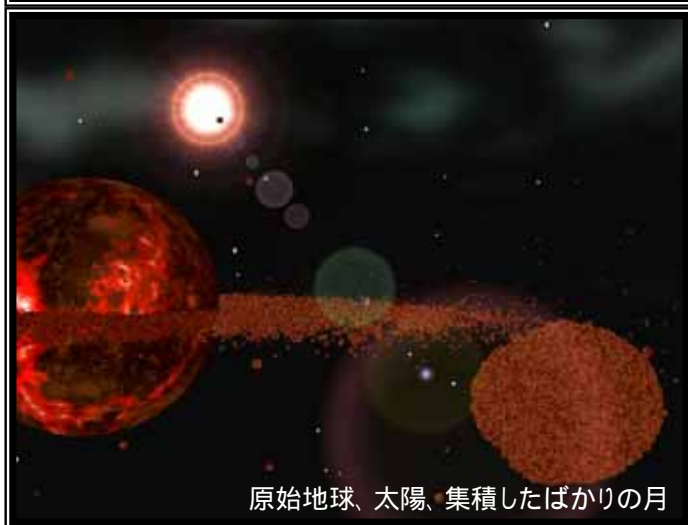
銀河は宇宙に一樣に存在しているわけではありません。宇宙で最も大きな構造は、銀河団と呼ばれる銀河の集団と、銀河のほとんど存在しないポイドといわれる空間からなっています。このような構造は、宇宙初期にほとんど一様に分布していた物質に存在した、わずかな密度の揺らぎが成長して形成されたと考えられています。

ここで紹介する映像は、約130億年前の時点から、現在に至るまでの間、宇宙の大部分の質量を担っているダークマターの分布や運動の変化を追った、大規模重力多体計算の結果から作られたものです。

宇宙初期には物質の分布にわずかな揺らぎが存在しているだけです。その揺らぎは時間と共に成長していき、細かい網目状の構造を作ります。その網目構造は成長し、濃い部分が生まれます。そこでは銀河が次々と生まれています。銀河はこの網目構造に沿って運動し、最終的にはその節々にできる銀河団へとのみ込まれてゆきます。この計算でできた最も大きい銀河団の質量は太陽の10の15乗倍にもなります。これは大きい銀河の更に1000倍もの質量になります。



巨大衝突の瞬間に  
衝撃で歪んだ原始地球



原始地球、太陽、集積したばかりの月