

宇宙論・超新星

天文学概論 第12回

The Tadpole Galaxy — UGC 10214



HUBBLESITE.org

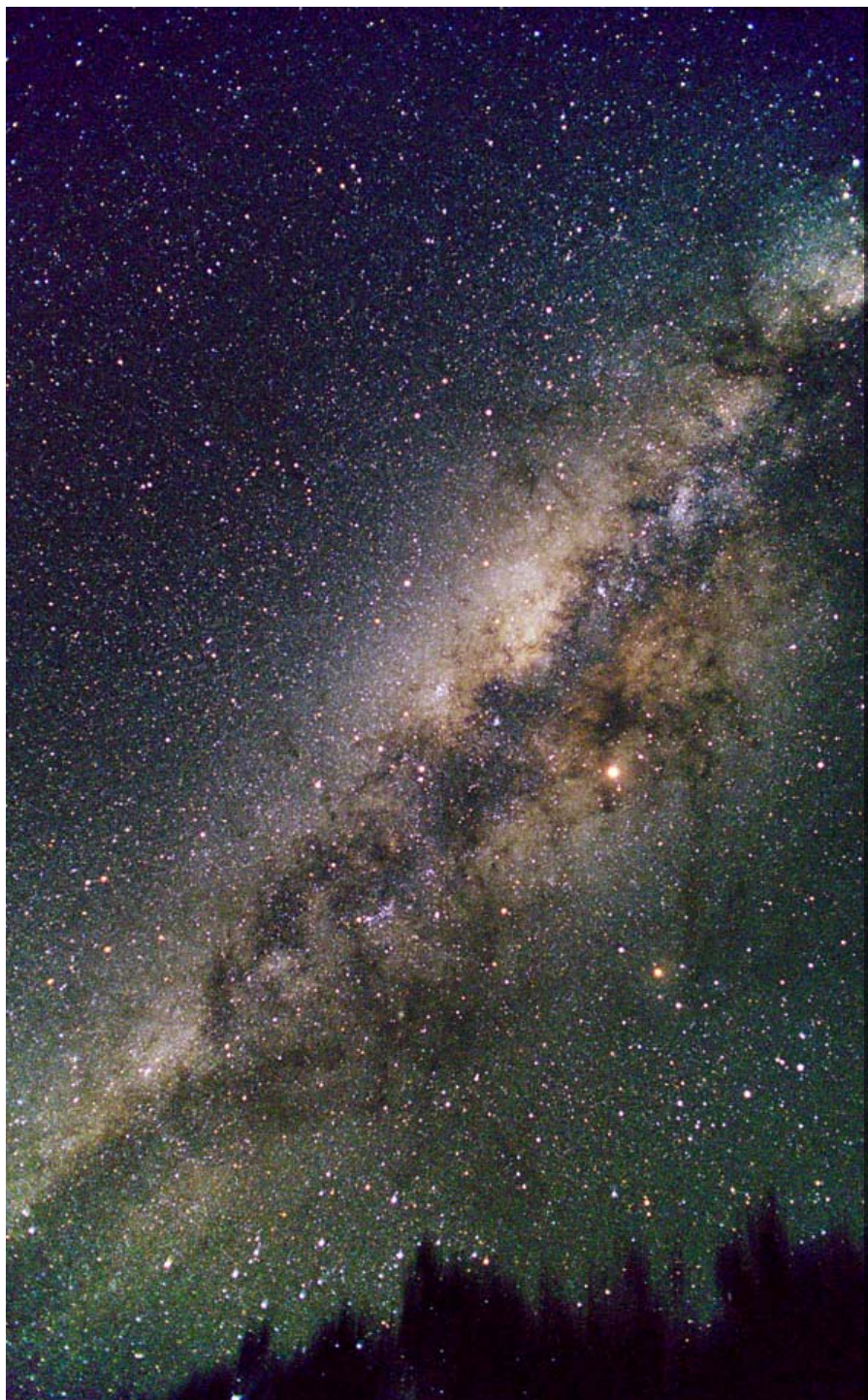
担当教員

高梨 直紘（東京大学 生産技術研究所）
naohiro.takanashi@emp.u-tokyo.ac.jp

専 門

- ・ 観測的宇宙論（宇宙膨張の測定）
- ・ 科学コミュニケーション

宇宙は、生命で満ちた世界なのだろうか？



Paul Gauguin, 'D'où venons nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?' (1897)



我々はどこから来たのか？

我々はなにものか？

我々はどこへ行くのか？

今日の授業の目的

- 宇宙の成り立ちについて理解しよう
- これまでの話とのつながりを考えよう
- 宇宙図の読み方を覚えよう

宇宙

往古來今、謂之宙、四方上下、謂之宇

淮南子(齊俗訓) BC2世紀頃

宇宙とはなんだろうか？

宇宙とは、すべての物質が存在を命じた時間と空間の広がりです。私たちの、私たちの生活する景色、そこに生きる動物や植物は、すべて自然の一部です。科学は、私たちの生活する世界の仕組みを明らかにし、その仕組みを説明することです。科学は、科学とは、宇宙に含まれるすべてのモノやコトを理解するための方法です。私たちの何が不思議なことに気づいたとき、なぜ？という自然の問いは、科学の第一歩です。興味をもった対象を調査や観察し、より深く理解することには、科学は、科学とはなんだろうか？

[illegible]

私たちがもっとも広く大宇宙を宇宙、この見解で「私たちが目撃する宇宙」は、かつてははるかに狭いものであった。現代の科学は、私たちの人生を生み出した宇宙の謎にそって、宇宙創生の驚くべきシナリオを明らかにしつつある。137億年のはるかかなたの宇宙の歴史を、その誕生の瞬間までさかのぼってみたい。

およそ470億年「私たちが目撃する宇宙」の現在の半程

私たちが人間をたかづくる身体、それは「小さな宇宙」で生まれ、元素という材料から成り立っています。現代の科学は、この元宇宙に、宇宙に輝く星々の中で生まれ、まき散られたものであることを明らかにしました。宇宙と人間の不思議なつながり、時間をさかのぼるためにも、さかのぼってみたい。



宇宙図の見方 ルール①

宇宙を見ることは、昔を見ること

- 光の速さは有限：秒速30万km
- 私たちは常に過去の姿を見ている
- 遠方の天体ほど過去の姿

宇宙図の見方 ルール②

見える宇宙と見えない宇宙がある

- この瞬間の宇宙を同時には見えない
- しずく型の部分が見えている宇宙
- 「宇宙原理」を前提に世界を捉える
(一様性・等方性)

宇宙図の見方 ルール③

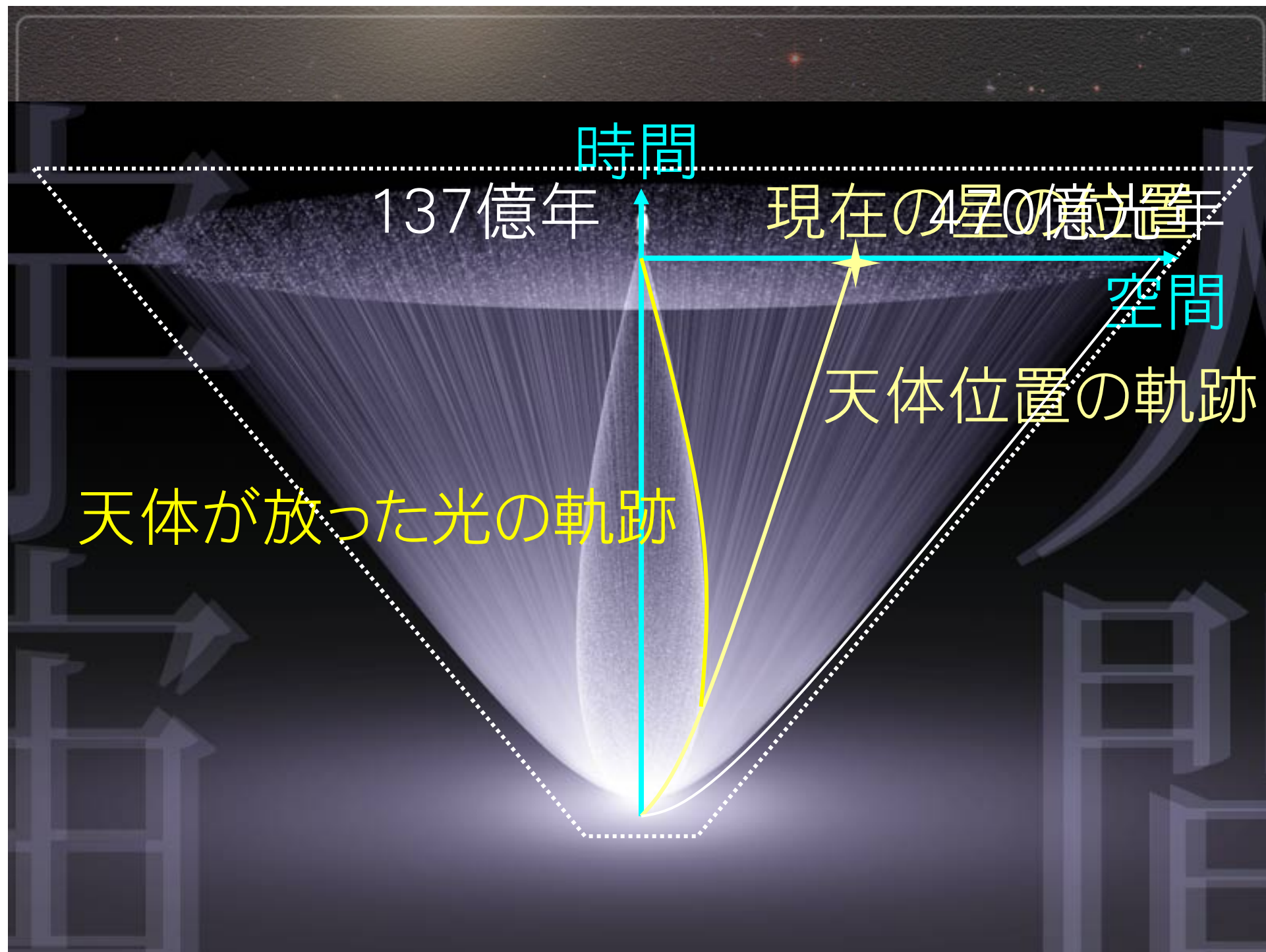
宇宙では、遠くの「距離」は要注意

- 距離と光行距離は異なる概念
- 光が到達するまでに宇宙は膨張する
- 「光年」は通常は光行距離を意味する

宇宙図の見方 ルール④

宇宙は「科学の眼」で見えてくる

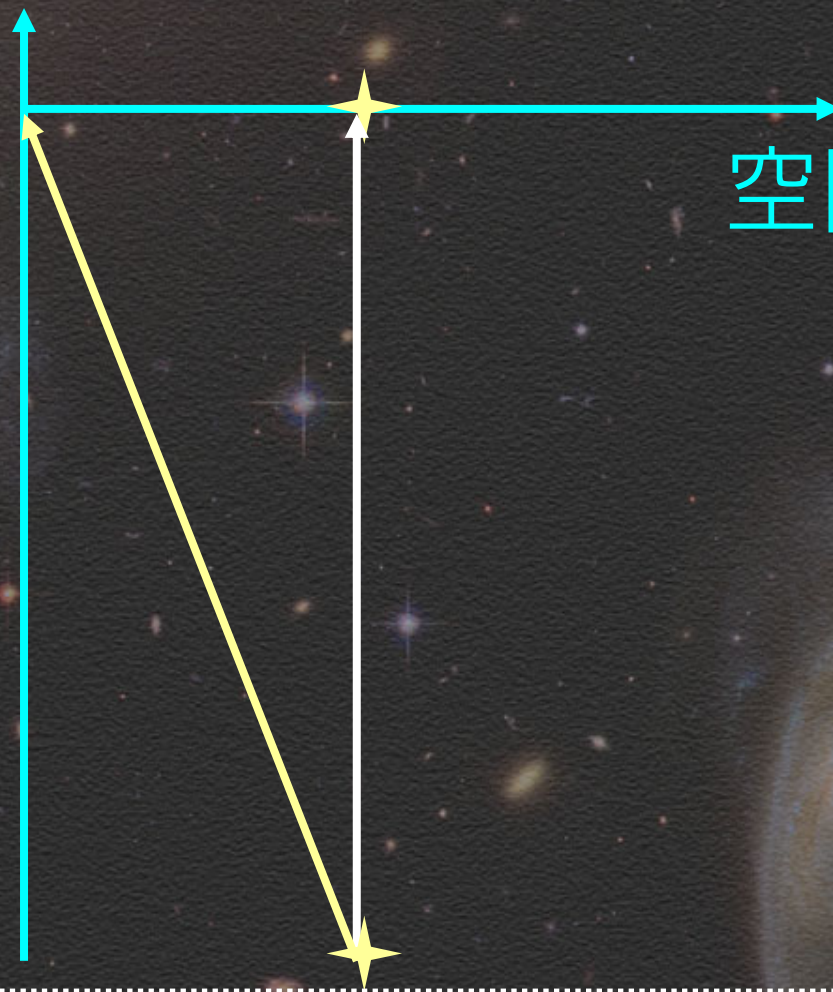
- 実際に観測される宇宙はごく狭い範囲
- 宇宙を理解するには科学的思考が不可欠

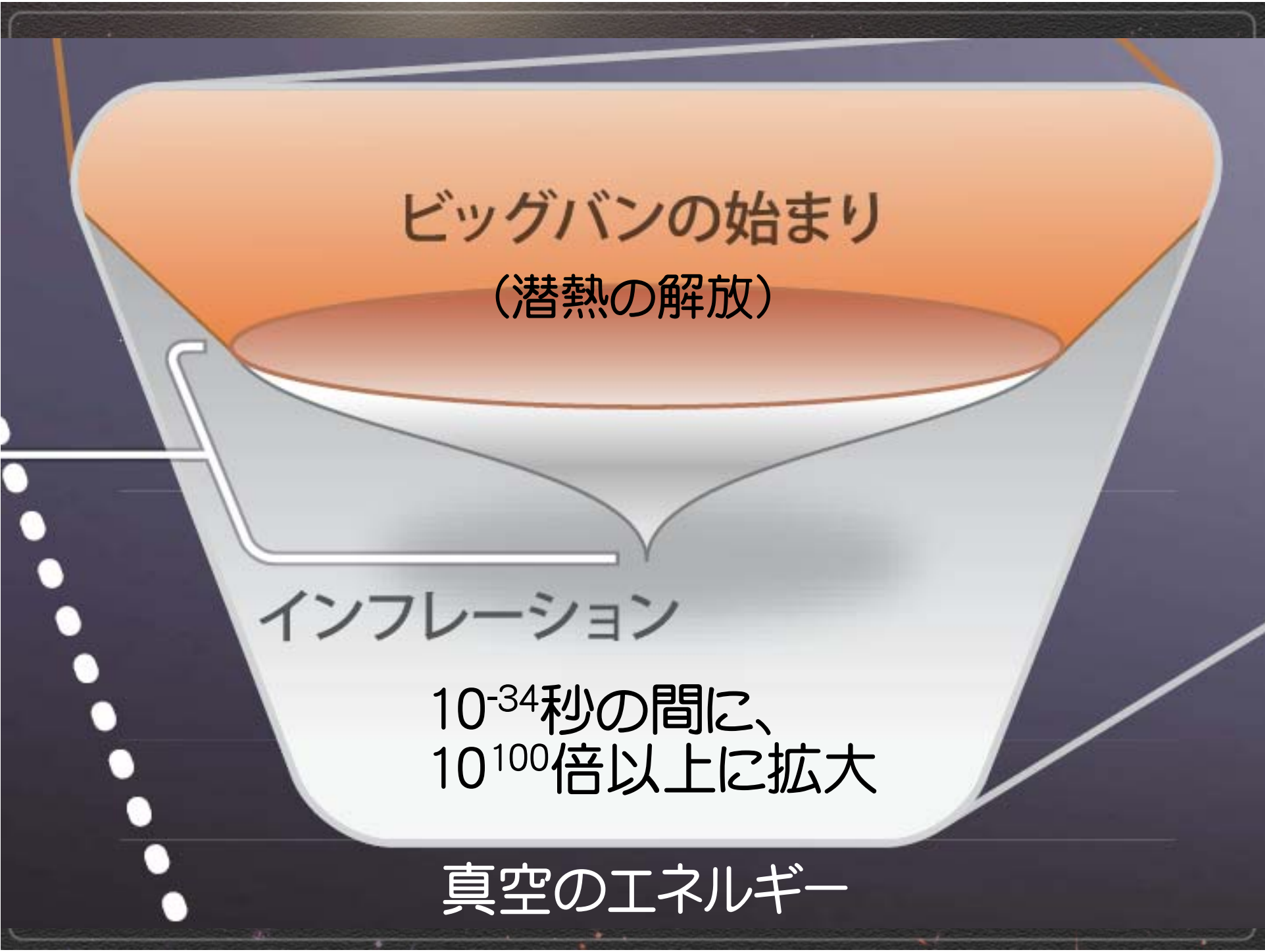


宇宙のサイズが
一定だった場合

時間

空間



A diagram illustrating the expansion of the universe from the Big Bang. It features a funnel-like shape that widens as it goes upwards. The top part is orange and labeled 'ビッグバンの始まり (潜熱の解放)'. The middle part is light gray and labeled 'インフレーション'. The bottom part is white and labeled '真空のエネルギー'. A dashed line on the left side indicates the expansion path. The background is dark blue with some white dots.

ビッグバンの始まり
(潜熱の解放)

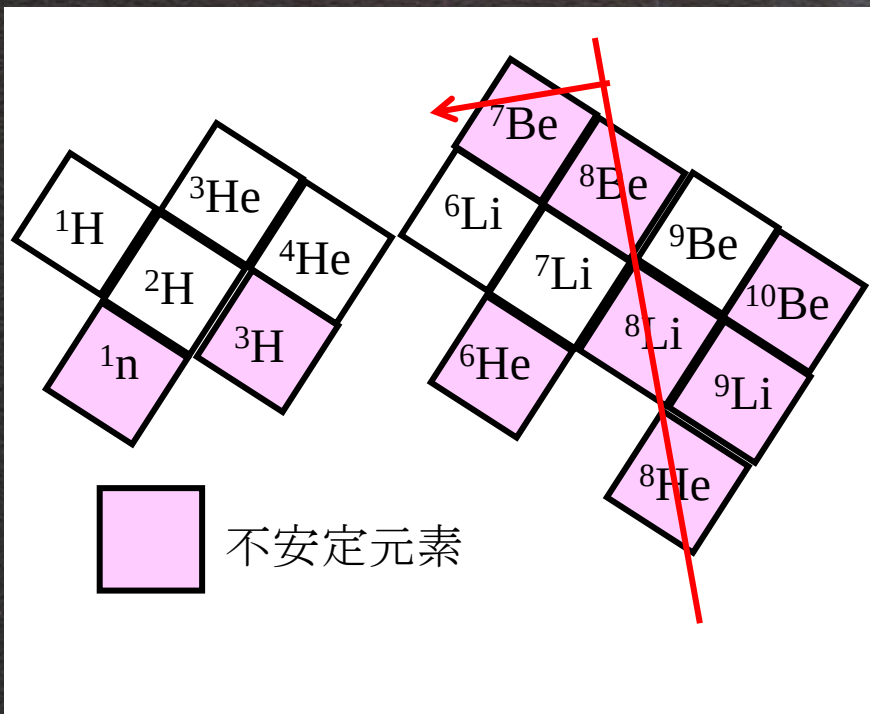
インフレーション

10^{-34} 秒の間に、
 10^{100} 倍以上に拡大

真空のエネルギー

ビッグバン

元素を生み出した最初の3分間



10^{-36} 秒後：電子・ニュートリノの誕生

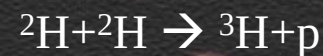
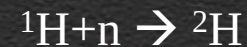
10^{-4} 秒後：陽子・中性子の誕生

3分後：軽元素(ヘリウム・リチウム)の誕生

.....

38万年後：宇宙の晴れ上がり

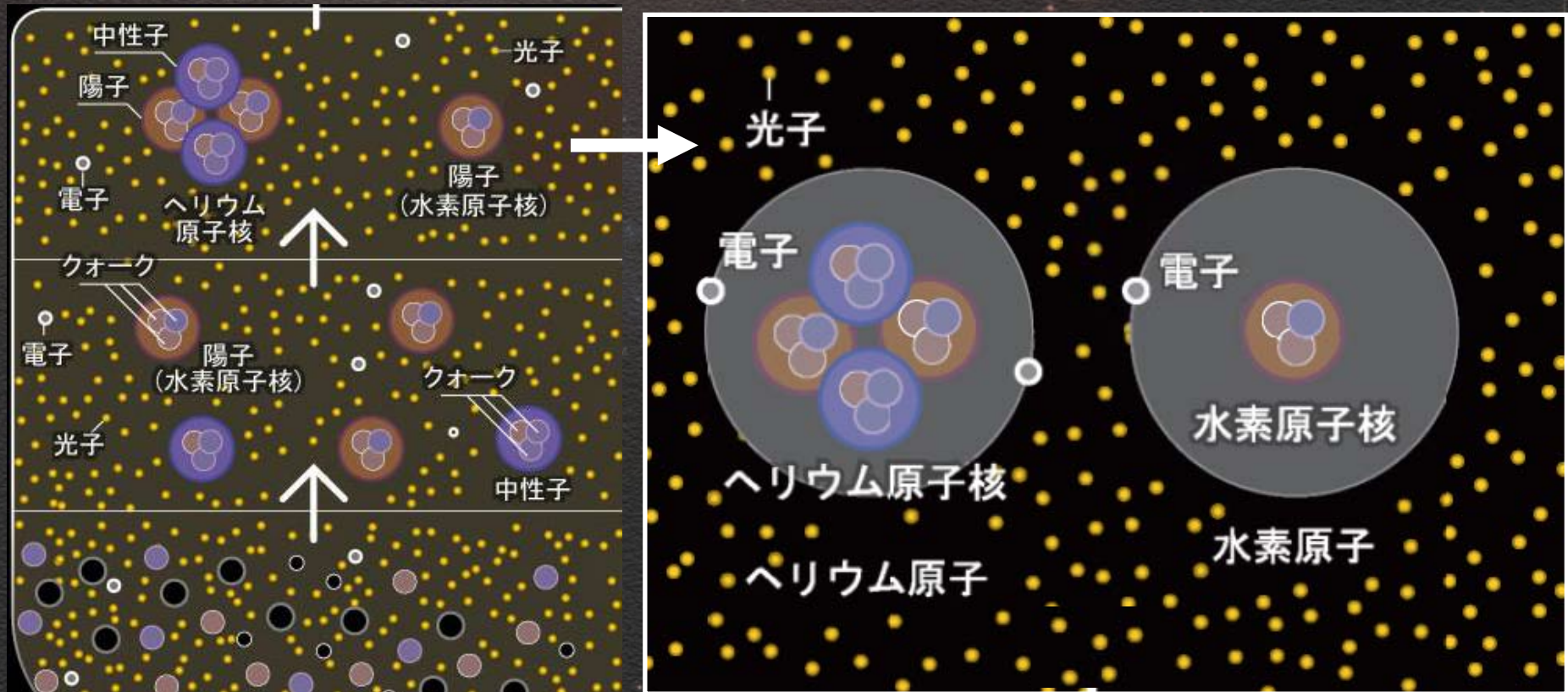
Heの合成



${}^7\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ の合成



宇宙の晴れ上がり

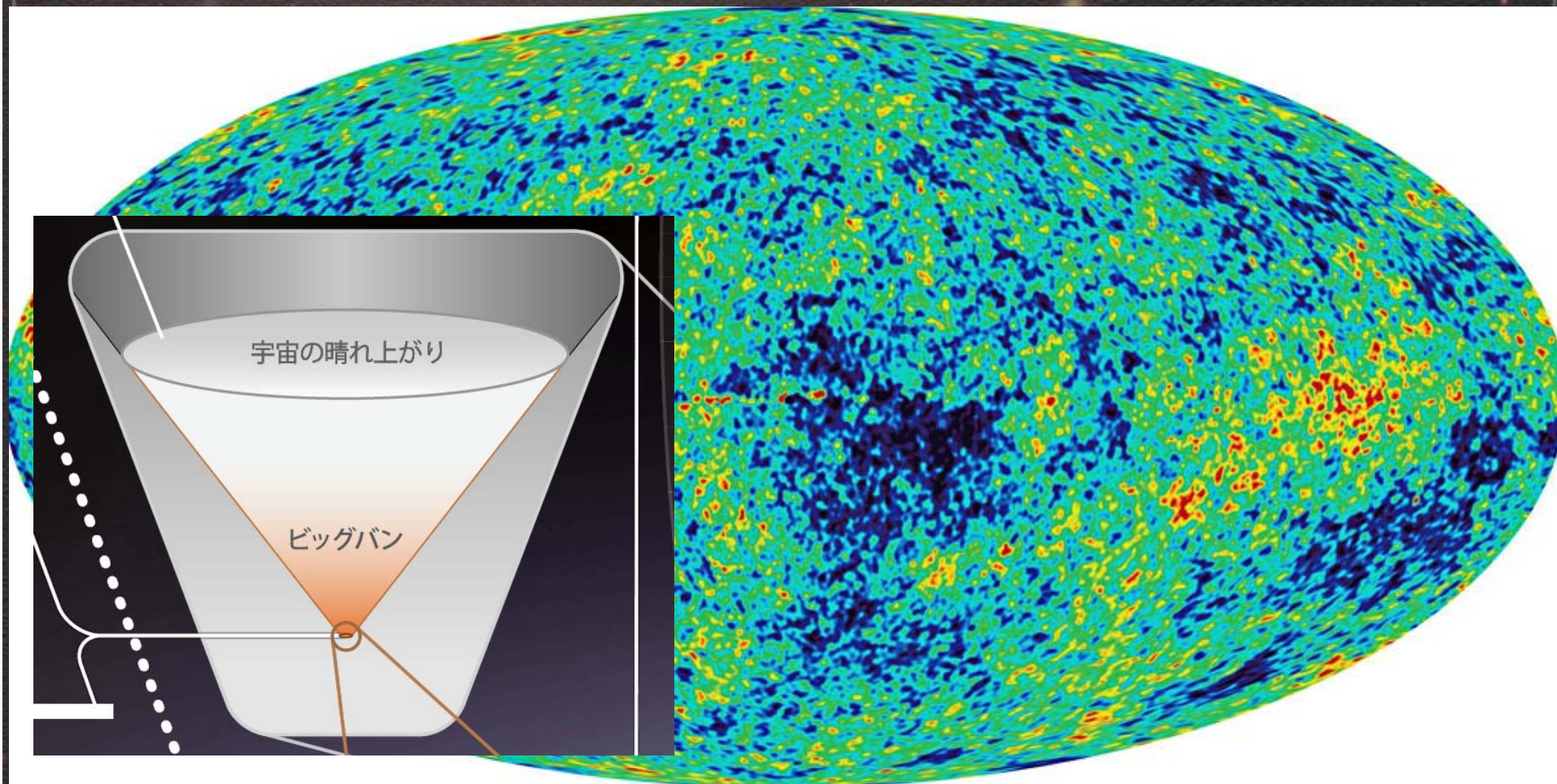


宇宙誕生から38万年後、温度3000K
光が直進できるようになった

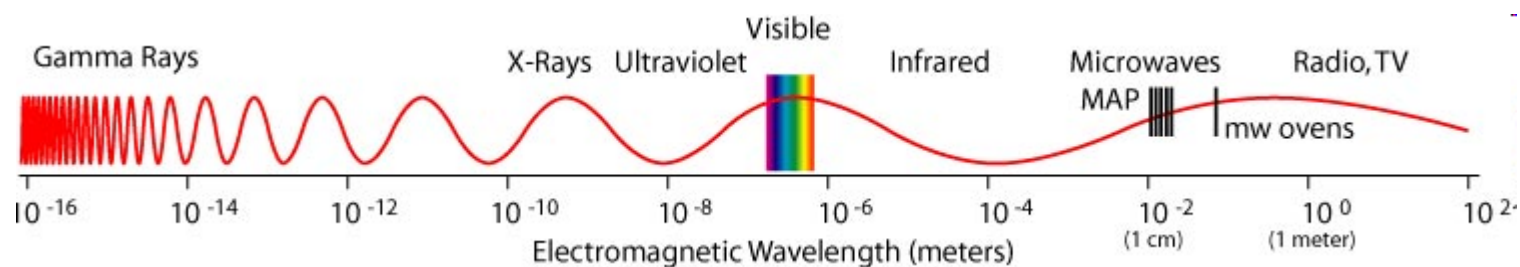
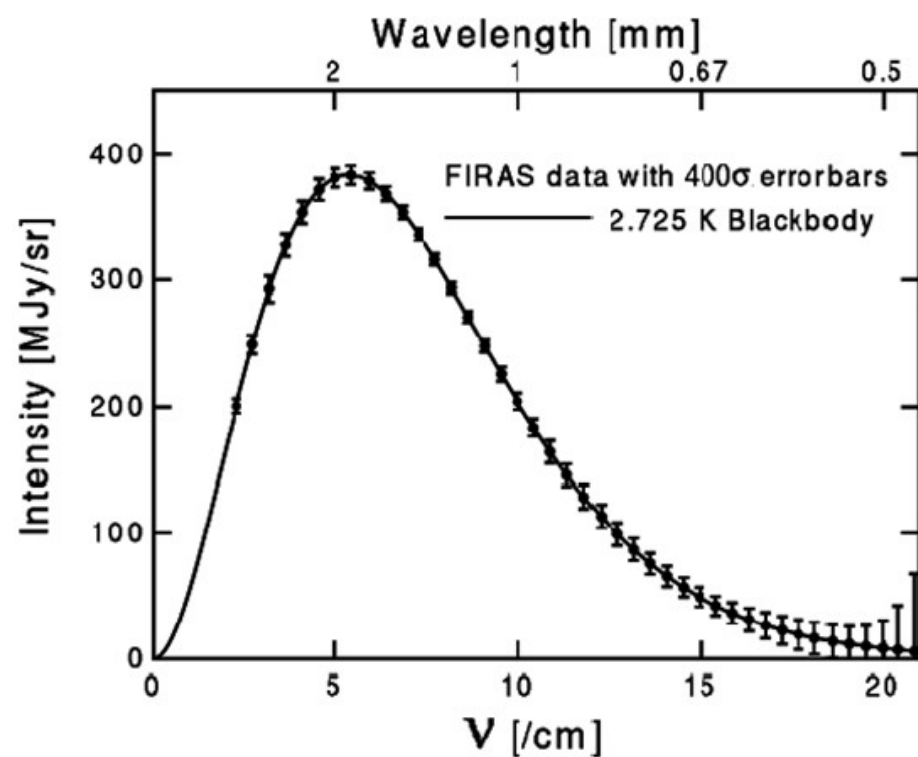
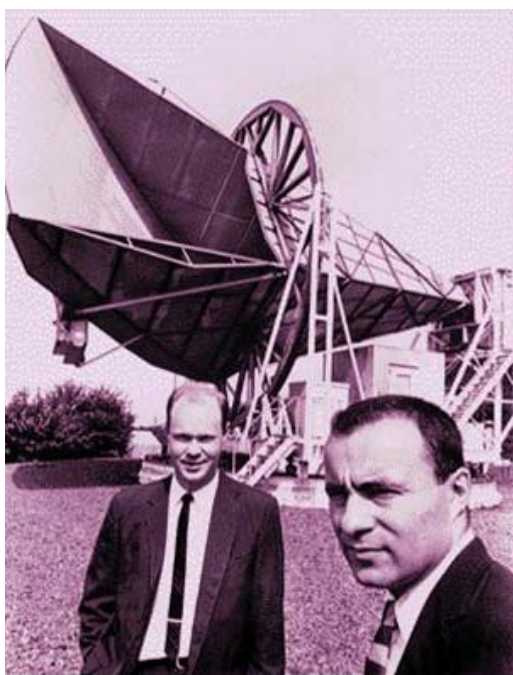
宇宙の晴れ上がり



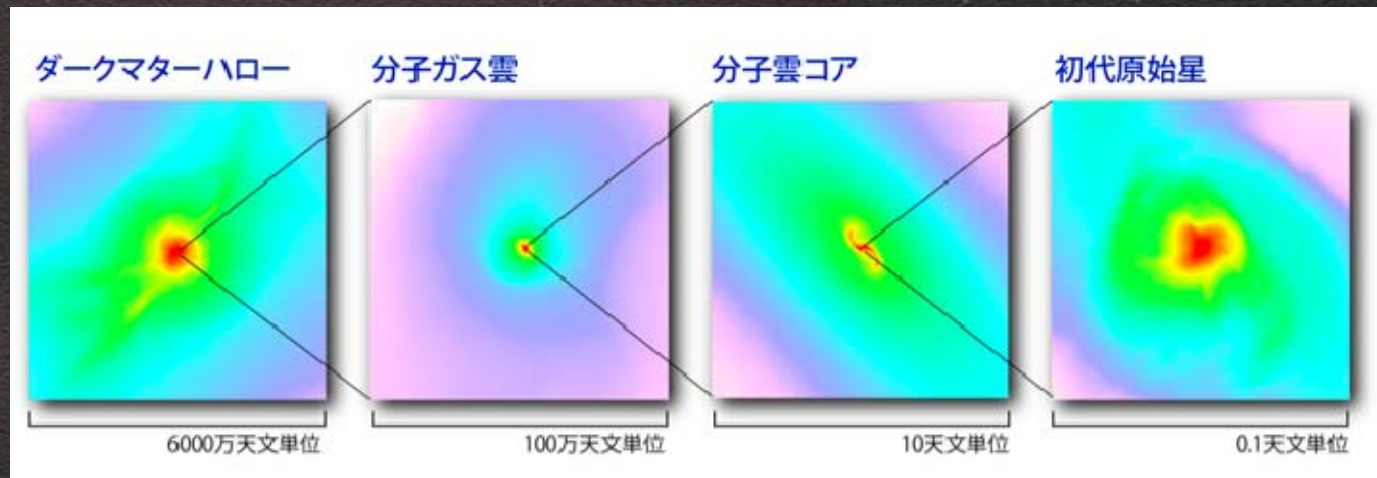
宇宙背景輻射



宇宙背景輻射

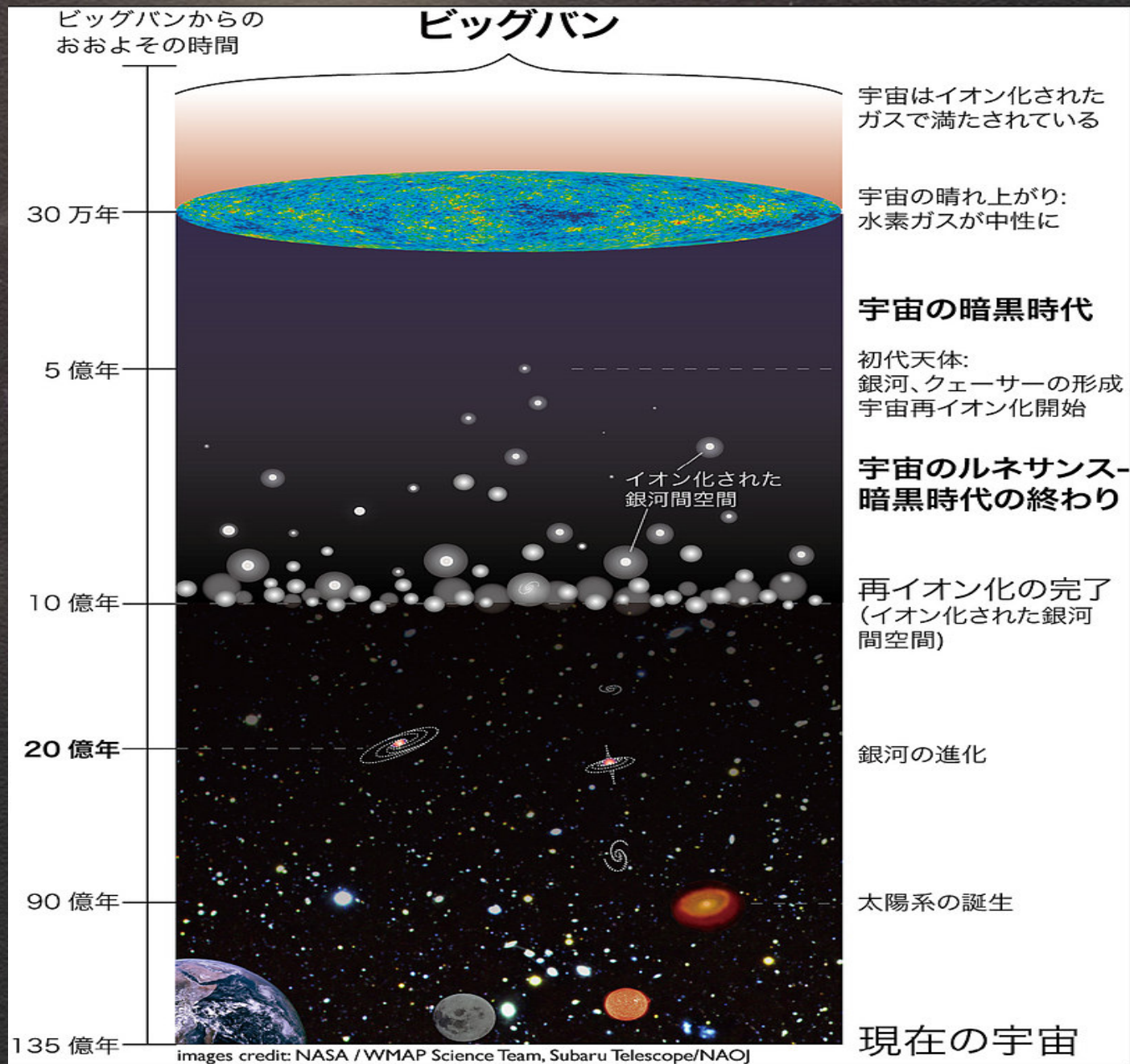


最初の星の誕生

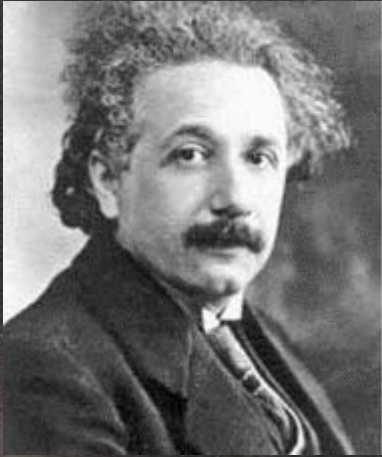


40太陽質量の星が最初の星だった

Credit: Naoki Yoshida (IPMU)



一般相対論的宇宙モデル



- 光速度不変
- 相対性原理

アインシュタイン方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

時空の歪み

宇宙項

物質の分布

観測から宇宙の振る舞いがわかる

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

時空の歪み

宇宙項

物質の分布

宇宙を記述する3つの基本量について観測的に求めること

ハッブル定数

減速係数

密度パラメータ

曲率係数

宇宙項

次回までの宿題

宇宙図を読んで、一番印象に残ったことを
小学生にもわかるように説明せよ(A4 1枚程度)。
イラストや表を使っても良い。

(「宇宙図」で検索をかけるとオンラインで読めます)

提出期限 1/11(次回講義時)