

京都文教大学 2011年秋学期

宇宙の科学

担当教員：磯部洋明

京都大学宇宙総合学研究ユニット・特定講師

京都文教大学・非常勤講師

第2回 2011年10月04日

お知らせ：次回10/11は休講です

質問

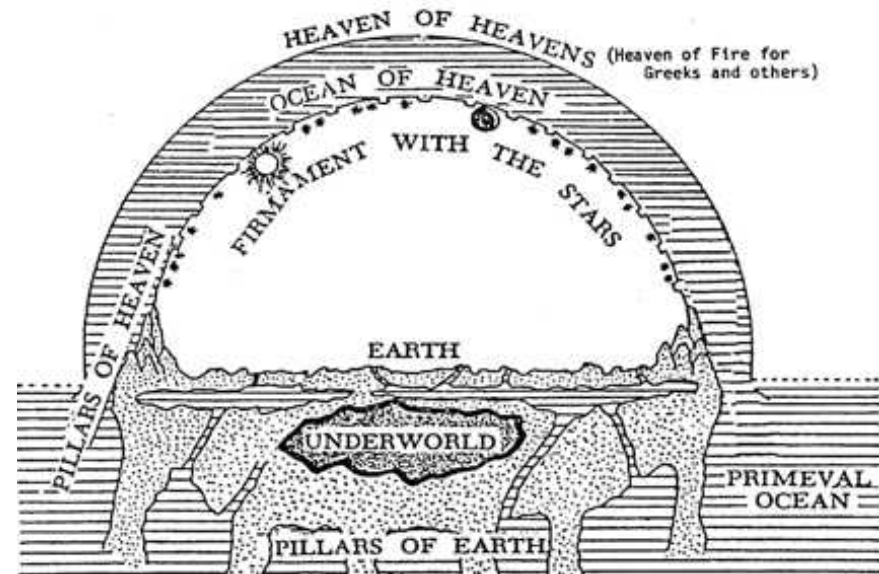
- 日本という国はいつまで続くと思いますか？
- 地球はいつか終わりを迎えることは知っていますか？
- この宇宙に終わりはあると思いますか？

今日の内容

- 宇宙観の変遷
- アインシュタインの一般相対性理論
- 宇宙のはじまりと終わり

古代人の宇宙観

古代の人は陸地は平たく、
星々は天球からつり下がっ
ていると考えていた。



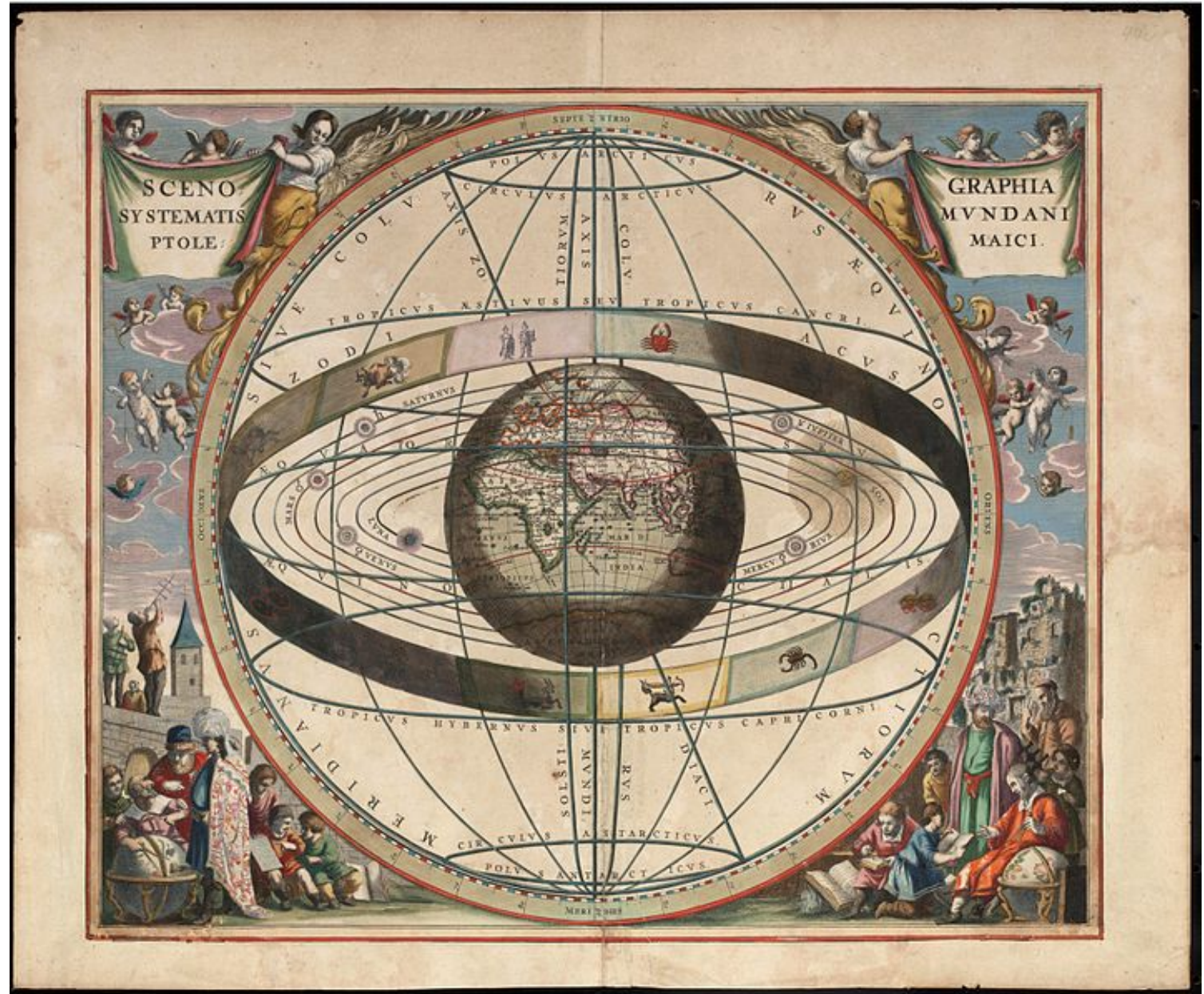
<http://www.aarweb.org/syllabus/syllabi/g/gier/306/commoncosmos.htm> より拝借



http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320a/contents/rekishi/answer01/img/figure_01.gif より
拝借

天動説

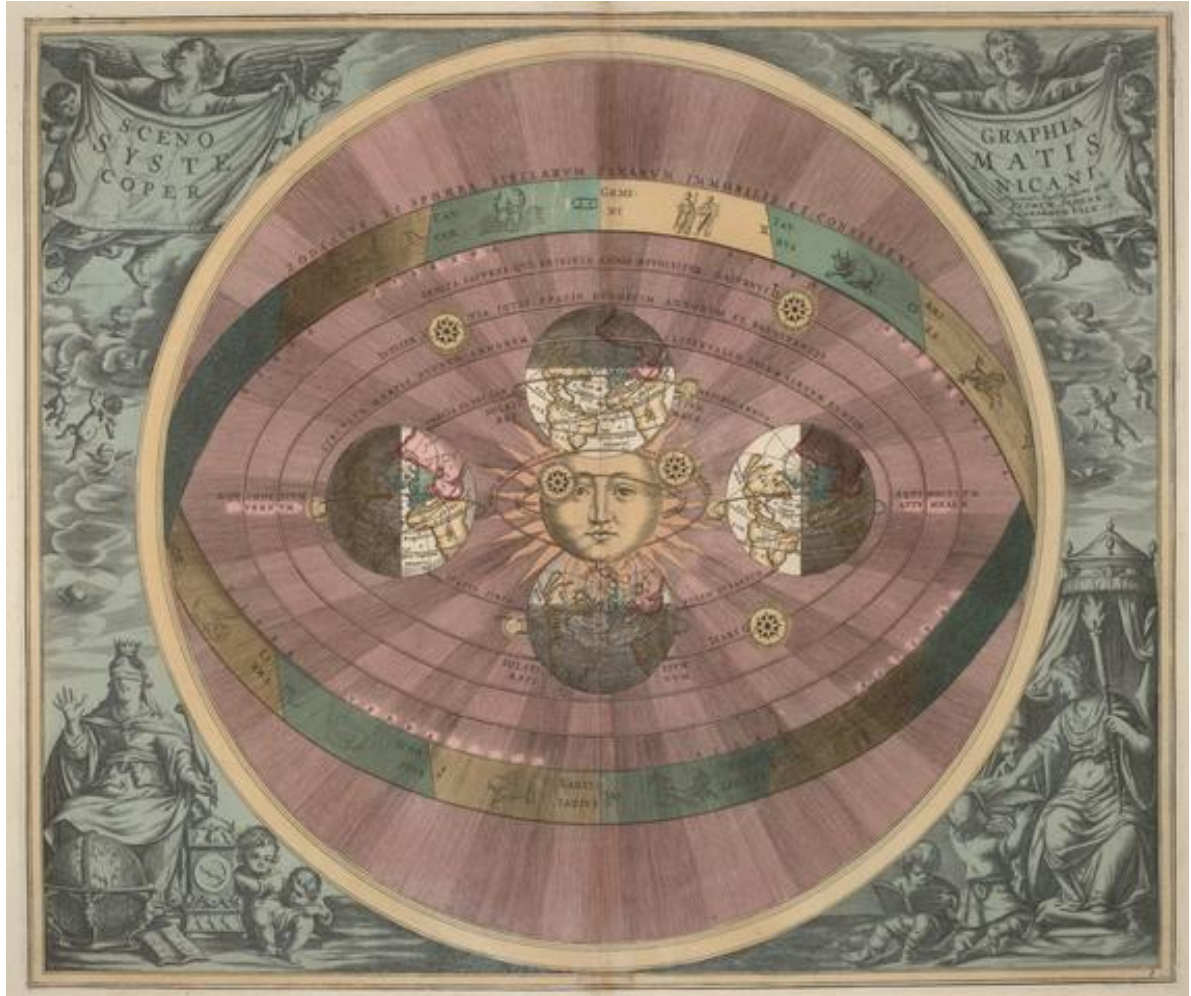
地球が
宇宙の
中心



地動説

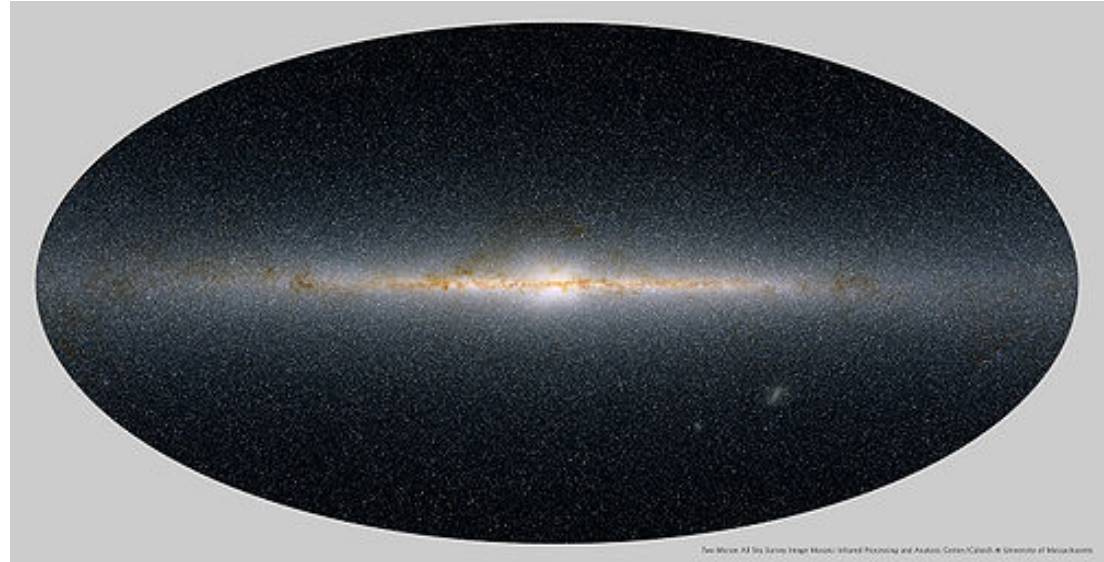
天体の動きの注意深い観察から、人々は地球は世界の中心ではなく、他の惑星と同じように太陽の周りを回っていることを見いだした。

それでも宇宙の中心は太陽系



太陽は銀河系の端っこにある

天の川＝銀河系
中心部を横
からみてる



太陽系は
この辺



太陽は銀河に数ある恒星の一つ
銀河系は宇宙に一つだけ？

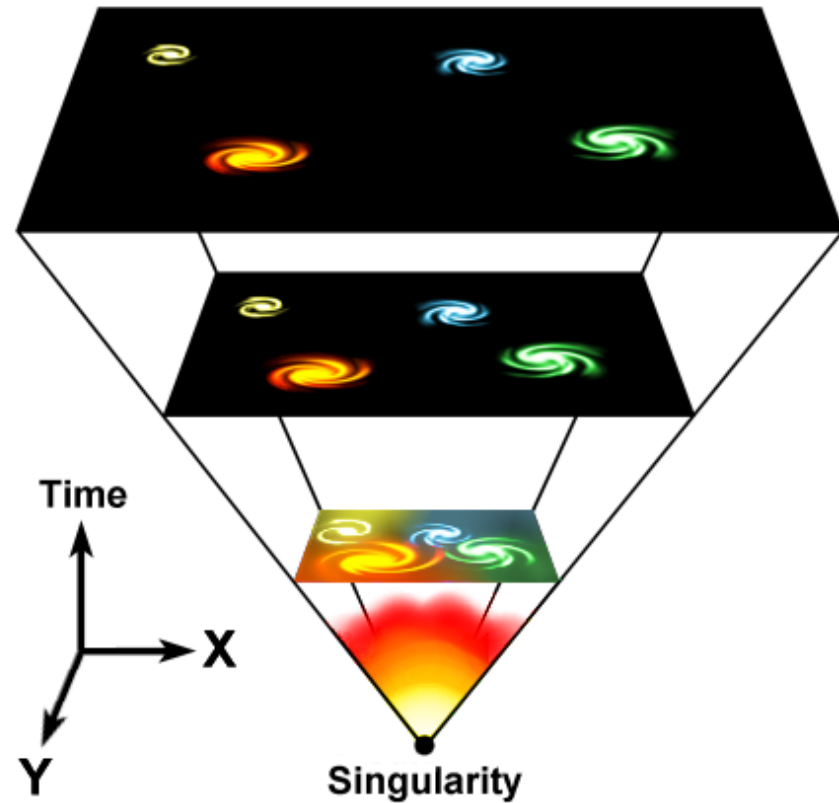
宇宙には銀河がいっぱい



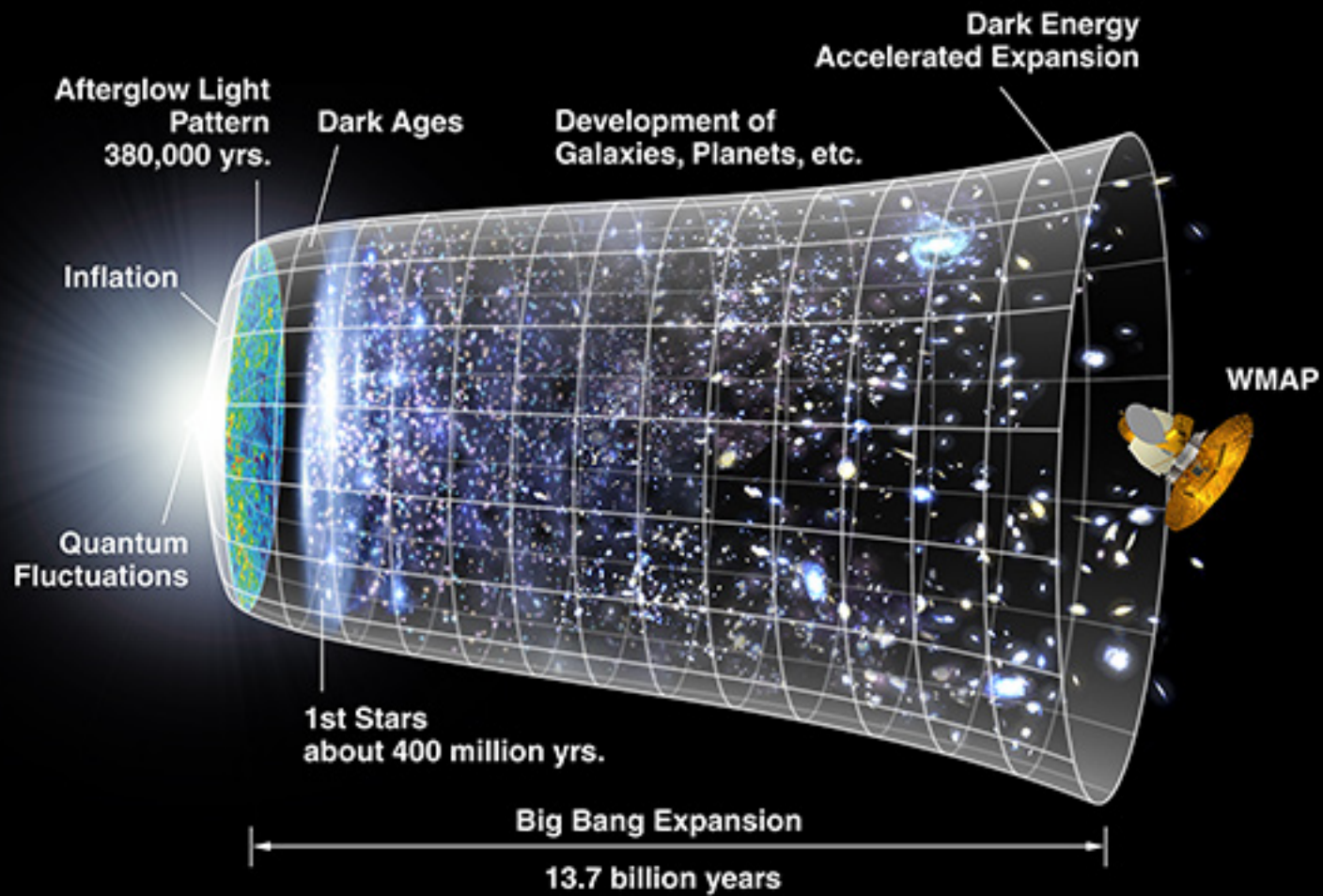
銀河系は数ある宇宙の一つ

宇宙は膨張している！？

- 観測的発見：遠くの銀河ほど（太陽系から）速く遠ざかっている(E. Hubble, 1920年代)
- ということは昔は今より小さかった
- => 宇宙には始まりがあった！



From Wikipedia Commons



Powers of ten

<http://www.youtube.com/watch?v=wTwvkGjsNEY>

You **Tube** [ランキング](#) [アップロー](#)

POWERS OF TEN - 10 の冪乗 (日本語字幕つき)

[unmei99](#)



POWERS OF TEN (更新版) [へ移行 \(click\)](#) >>

0:00 / 9:35 360p

[unmei99](#) — 2008年03月31日 — [参考 Cosmic View-National Astronomical Observatory of Japan \(国立天文台\) http://4d2u.nao.ac.jp/html/... \(1\)Kees Boeke ...](#)

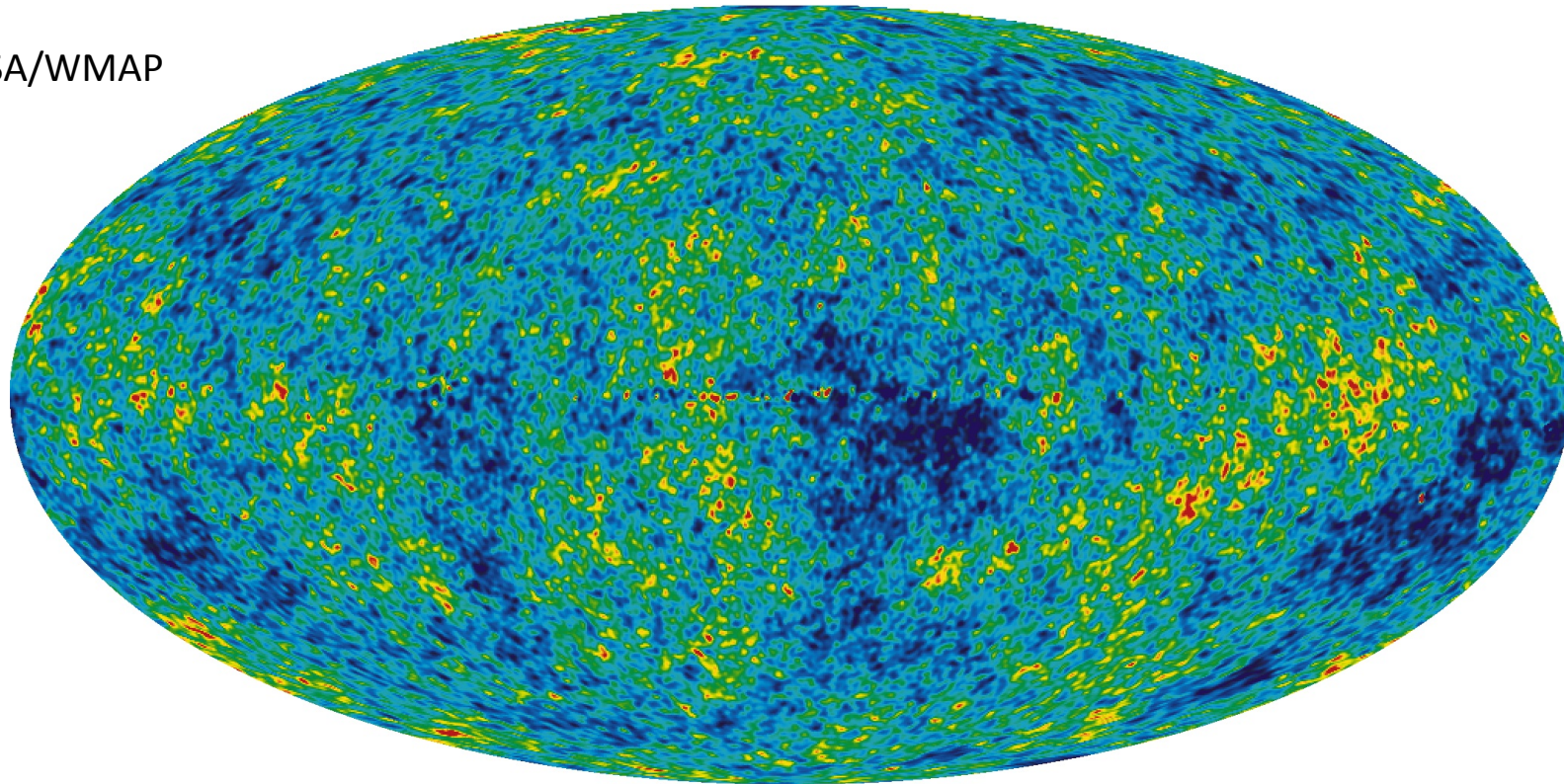
80,428

ビッグバン宇宙論

- 現在の宇宙が膨張しているなら、昔の宇宙は今より小さかった
- => 宇宙はほとんど一点の、超高温高圧の状態から生まれた... ビッグバン(ジョージ・ガモフ 1948)
- 膨張速度が分かれば、逆算すれば宇宙の年齢がわかる。
- 最新の観測結果では、宇宙の年齢は約137億年

ビッグバンの名残：宇宙背景放射

NASA/WMAP



-200 $T(\mu\text{K})$ +200 WMAP 5-year

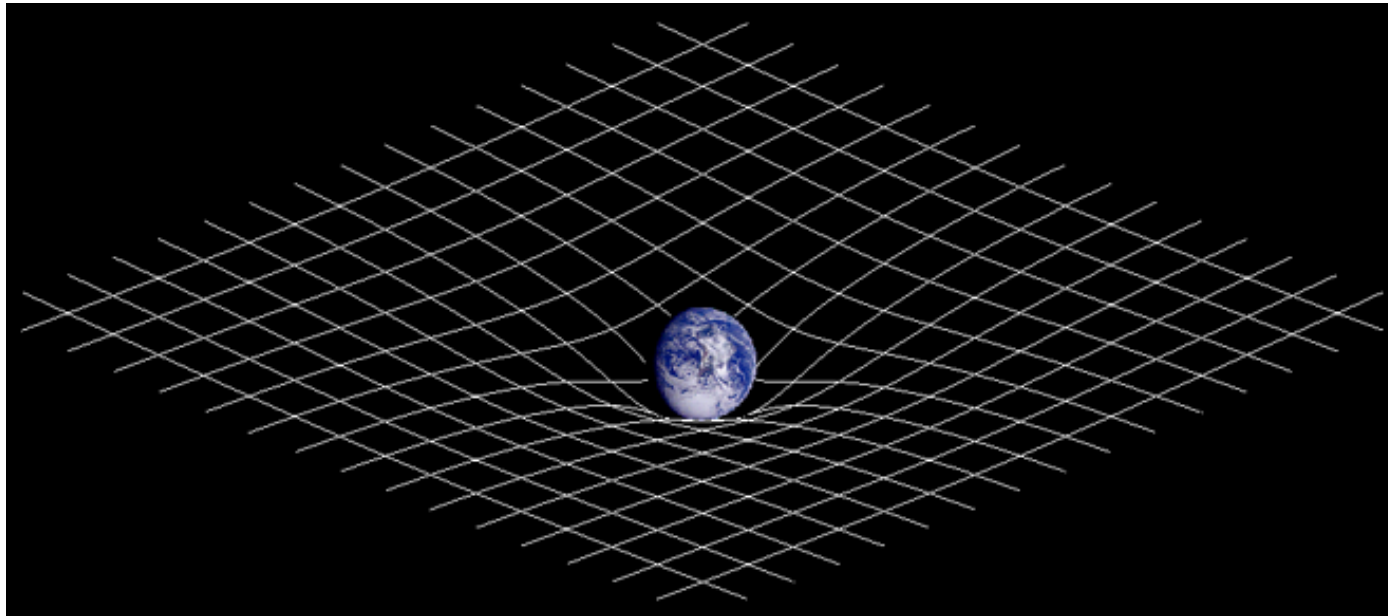
- 絶対温度で約2.7度(約マイナス270度)に相当する電波が宇宙空間に満ちている
- 超高温のビッグバンから膨張によって冷えたなごり

アインシュタインの一般相対性理論 (A. Einstein, 1916)

アインシュタイン方程式 = 時空のゆがみ具合を表す方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

空間のゆがみ具合 = 宇宙の物質(エネルギー)の分布



From Wikipedia Commons

一般相対性理論は時空と重力の理論。時空がゆがんでいる ⇒ 重力を感じる

アインシュタインの宇宙項

- アインシュタイン方程式を解くと、宇宙は自分自身の重力でつぶれてしまう、という解が出てくる
- 宇宙は時間的に変化しない、というのが当時の宇宙観。アインシュタインでさえも、「変動する宇宙」という描像を当初受け入れられなかった。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

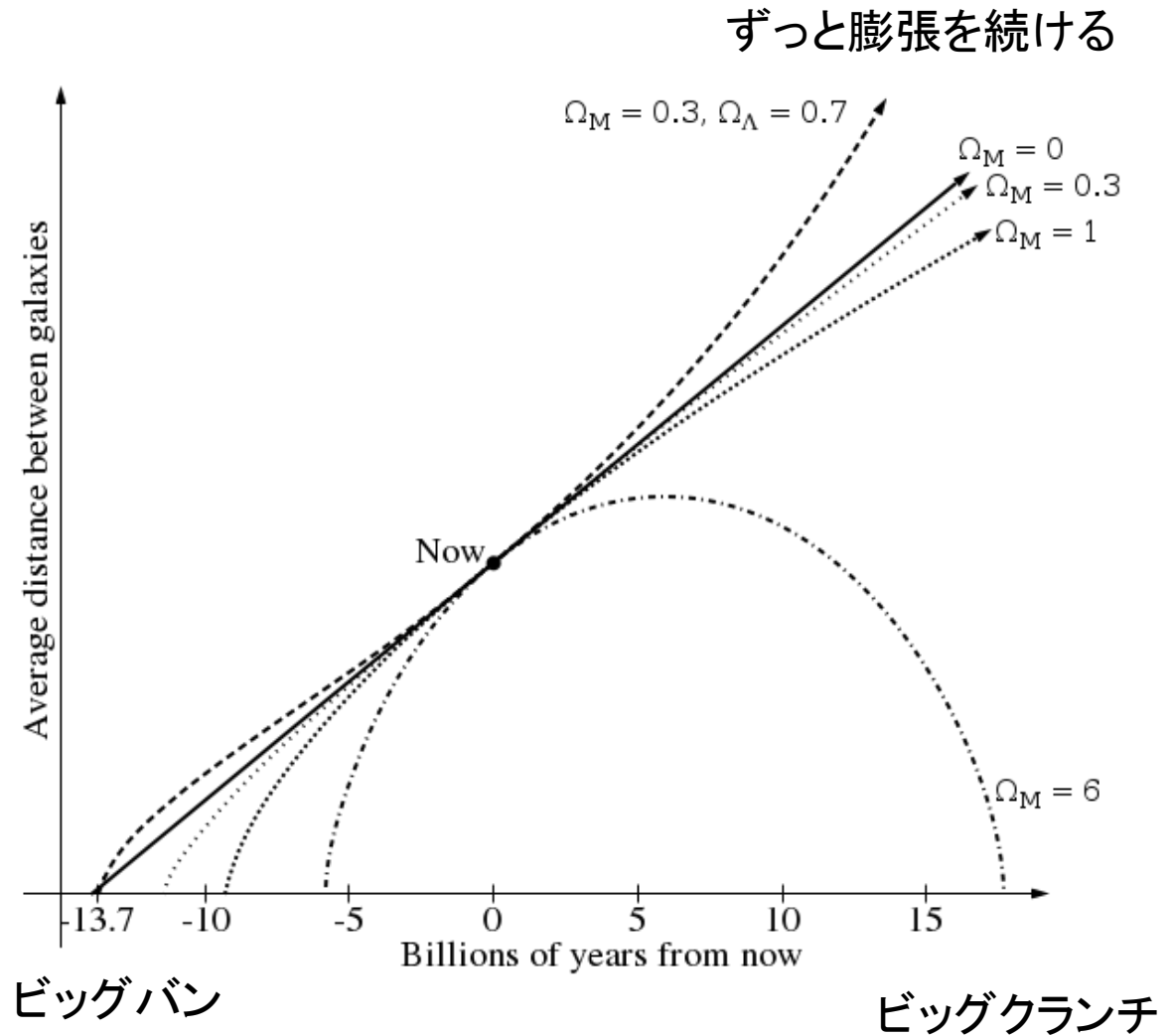
宇宙項

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- アインシュタインは宇宙をなんとか「静止」させるため、収縮させる引力につりあうような反発力の項(宇宙項)を方程式に付け足した。
- 後に宇宙が実際には静止しておらず、アインシュタインは後に「人生最大の誤りだった」と述べた

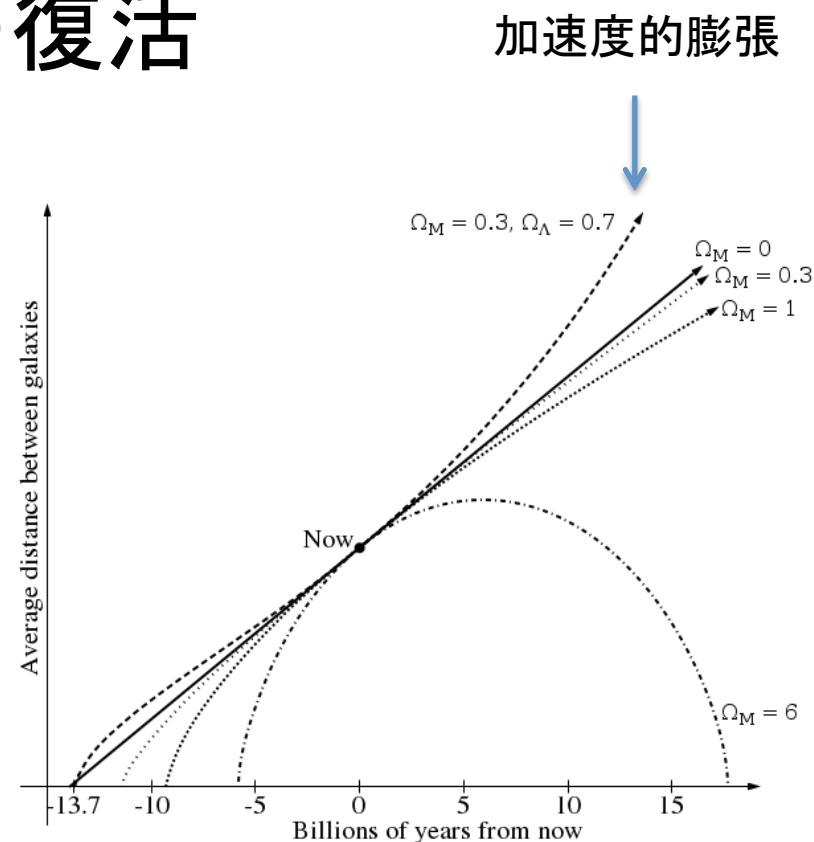
膨張宇宙解

- アインシュタイン方程式の解には、膨張を続けるものや、いつか収縮に転じて再び1点にまで縮むものがある(フリードマン、ルメートル 1920年代)
- ずっと膨張するか、いつか収縮に転じるかは、宇宙に含まれている物質(エネルギー)の量で決まる。

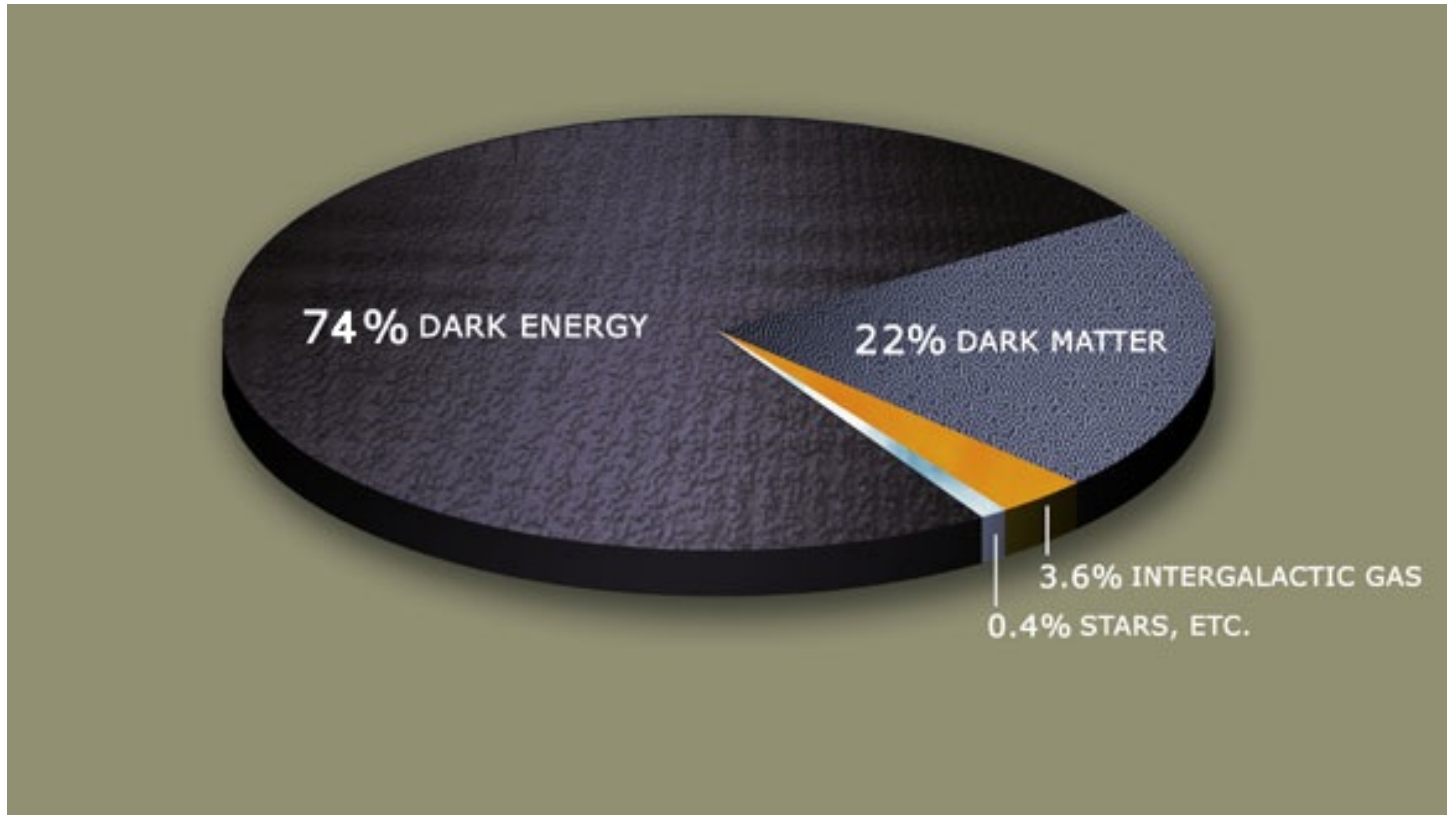


宇宙項の復活

- 最新の観測では、宇宙は加速度的に膨張しているらしい。
- 膨張を加速させる力(反発力)がある！ => 宇宙項
- 正体がよくわからないので「ダークエネルギー」と呼ぶ



宇宙は何からできているか



- 見えている物質（星、星間ガスなど）は宇宙全体の物質の4%
- 22%がダークマター（正体不明）
- 残りは全てダークエネルギー（真空のエネルギー、宇宙項のもと）

ダークマター・ダークエネルギーの正体

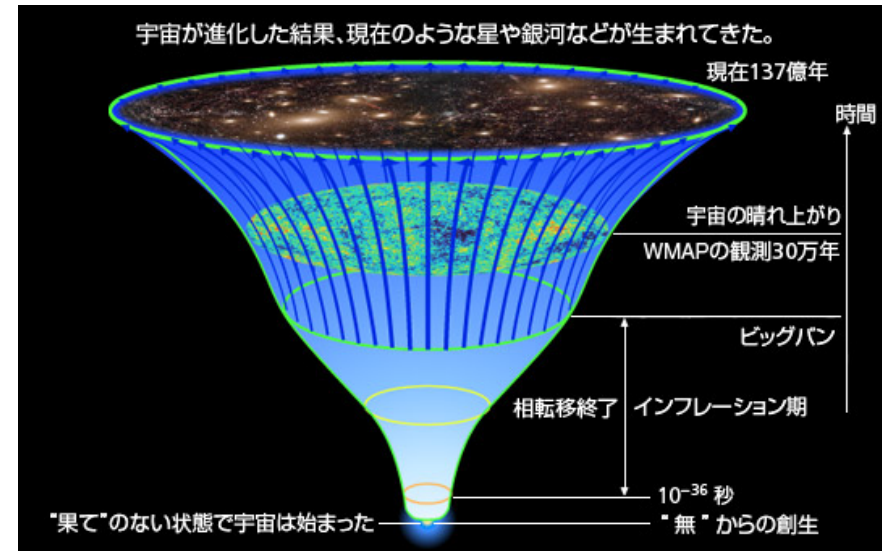
- 候補1: 普通の物質だが暗くて見えないモノ。ほとんど光らない星、チリなど。
 - Massive Compact Halo Objects => MACHO(マッコヨ)
- 候補2: ある種の素粒子(未発見のモノを含む)
 - Weakly Interacting Massive Particles => WIMP(弱虫)
- ダークエネルギーの正体???
- 現代天文学・物理学の最大の課題の一つ。

振動宇宙論

- 収縮に転じた宇宙がビッグクランチを経て再び膨張に転じる=>永遠に繰り返す？
 - 仏教的な輪廻転生宇宙観に近い？
- 観測的証拠はないが、ある種の理論(超ひも理論)からそういうことがあり得ることは提唱されている
- ただし、最新の観測結果によると、宇宙は永久に膨張を続けるっぽい、、、、

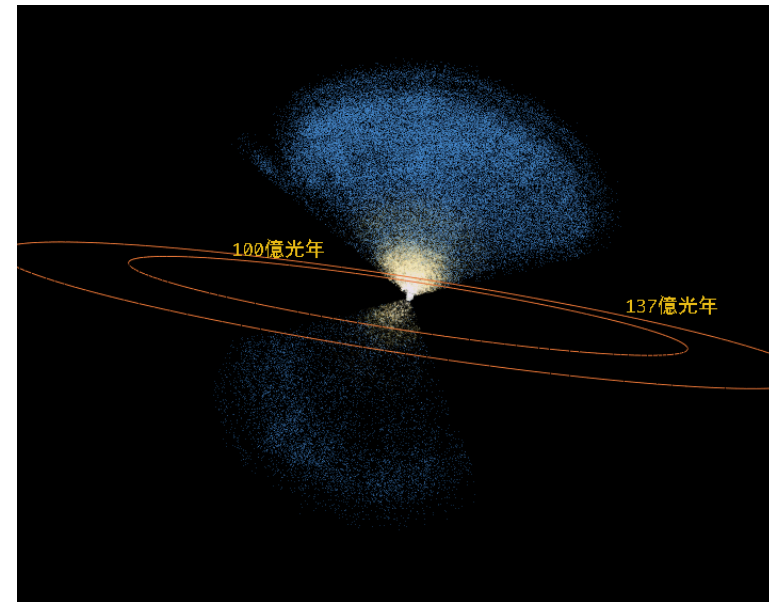
宇宙は何から生まれたのか？～現在の理解

- 宇宙は「無」から生まれた
- 「無」にもゆらぎがある
- 「無」のゆらぎが、ある時「真空の相転移」を起こし、急激に広がった（インフレーション：佐藤勝彦ら）
- 「真空の相転移」が起きて潜熱が解放されて云々...（難解）



(なぜか)ニコンのHPより

宇宙に端はある？



- 全てのモノ、情報は、光の速度を超えられない。
- 一つだけ光の速度を超えられるのは、「空間が広がる速さ」。
- 地球から遠い場所ほど、地球から速く遠ざかっている。
- ある地点から先は、地球から光の速さより速く遠ざかっているため、我々は決してそこへ行けないし、そこで起きている情報を得ることはできない。
- その距離を地球からみた「観測可能な宇宙」の果てということはある
- その先には....

宇宙に終わりはある？

- 遠い遠い未来（地球も太陽も無くなったさらにその先）に、宇宙がどうなるかはまだ「分かっていない」
- シナリオ1：宇宙はある時収縮に転じ、最後は1点につぶれて終わりを迎える
 - そこから新たな宇宙が生まれるかもしれない？
- シナリオ2：宇宙は永遠に膨張を続けるが、太陽のような星は全て死に絶え、ブラックホールと光子だけの宇宙が残る
 - その一部から新たな宇宙が生まれるかもしれない？

多元宇宙 (multiverse)

- uni(一つの)-verseに対して multi(複数の)-verse
- 我々の宇宙と同じような(又はかなり違った)宇宙が他にもたくさんある？
- 理論的にはあり得る。しかし外の宇宙の情報は「原理的に」知り得ない
- 決して知覚できないものを存在していると言えるか？ 哲学的問題。



宇宙が終わることになったらどうしますか？

- それも運命だとあきらめる
- 最後の1秒まで生き残る努力をする

地球も宇宙もいつか終わりを迎えるのに、
人類が進歩を続ける意味はなんですか？

- アンケートの感想の欄にぜひ書いて下さい