

京都精華大学 2012年前期

自然科学論

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

京都精華大学・非常勤講師

第2回「宇宙の始まりと終わり」

第2回 2012年4月17日

質問

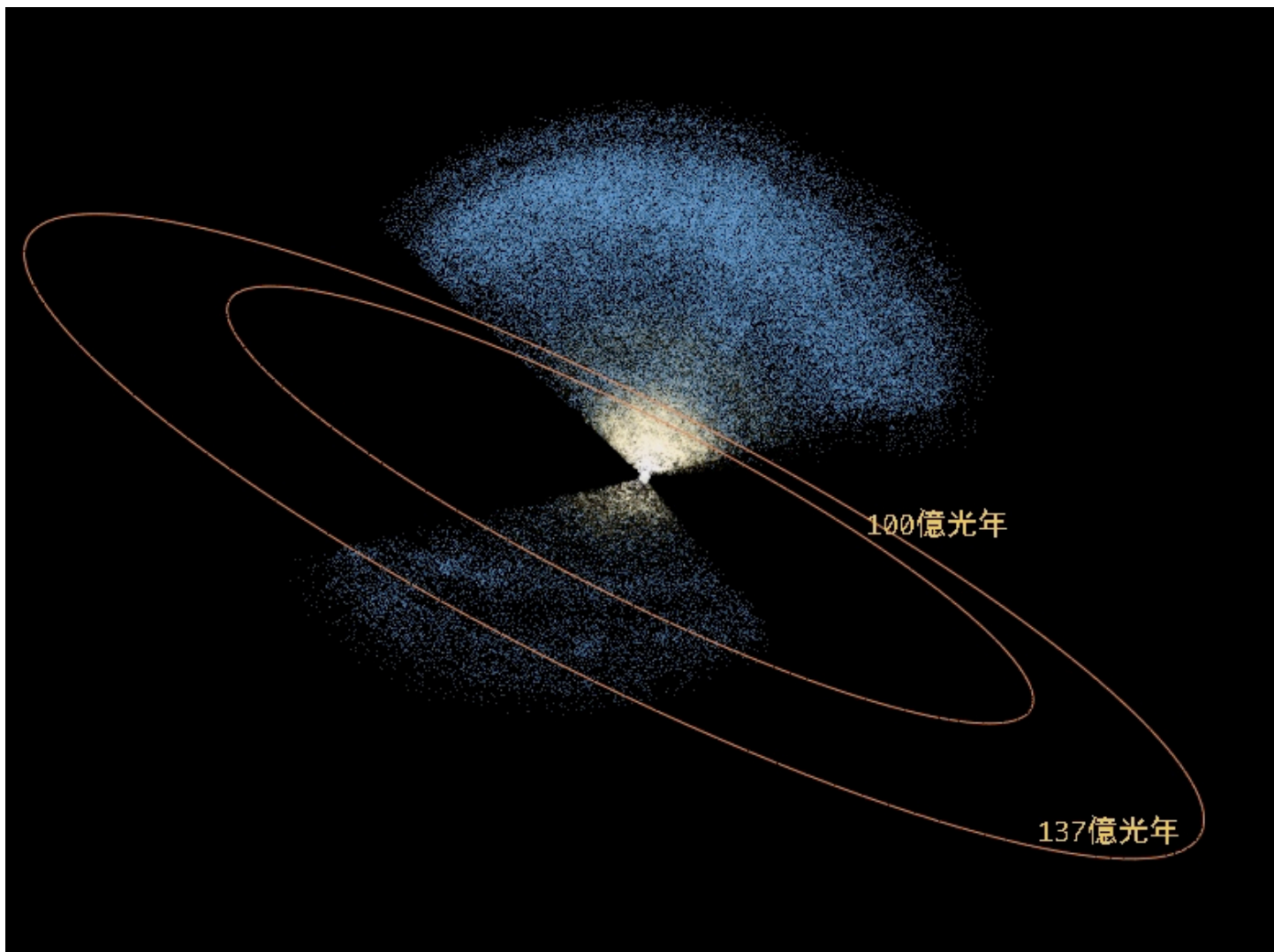
- 日本という国はいつまで続くと思いますか？
- 地球はいつか終わりを迎えることは知っていますか？
- この宇宙に終わりはあると思いますか？

今日の内容

- わたしたちの宇宙はどんなところ？
- 宇宙はどのようにして始まったか？
- 終わりはあるのか？

* 講義では実際に操作してみます

宇宙はどんなところ？



国立天文台が制作したフリーウェア“Mitaka”

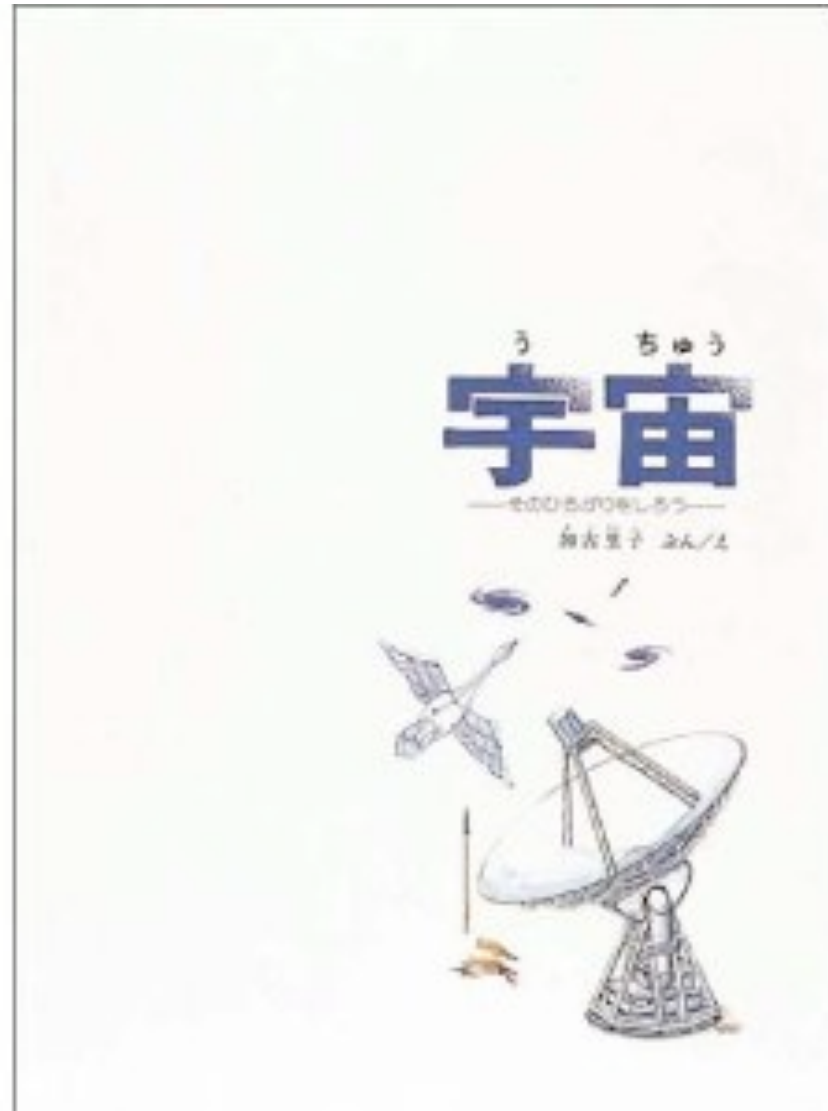
Mitaka: <http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/index.html>

Mitaka plus (Macに対応): <http://orihalcon.jp/mitakaplus/>

参考文献

加古里子(かこさとし)
宇宙—そのひろがりをしろう—
福音館書店(1978)

ちょっと古いですが。



Powers of ten

<http://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvDjuy0>

You Tube Powers of 10 検索 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 17 件の動画 チャンネル登録



POWERS OF TEN (更新版) へ移行 (click) >> 閉

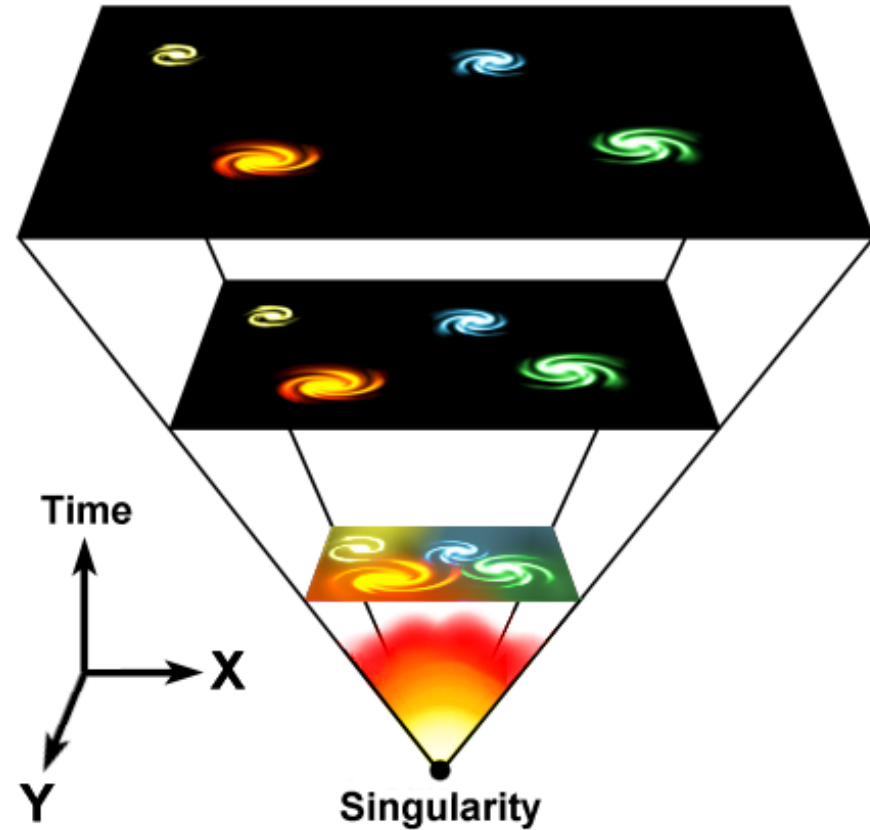
0:00 / 9:35 360p

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 再生回数

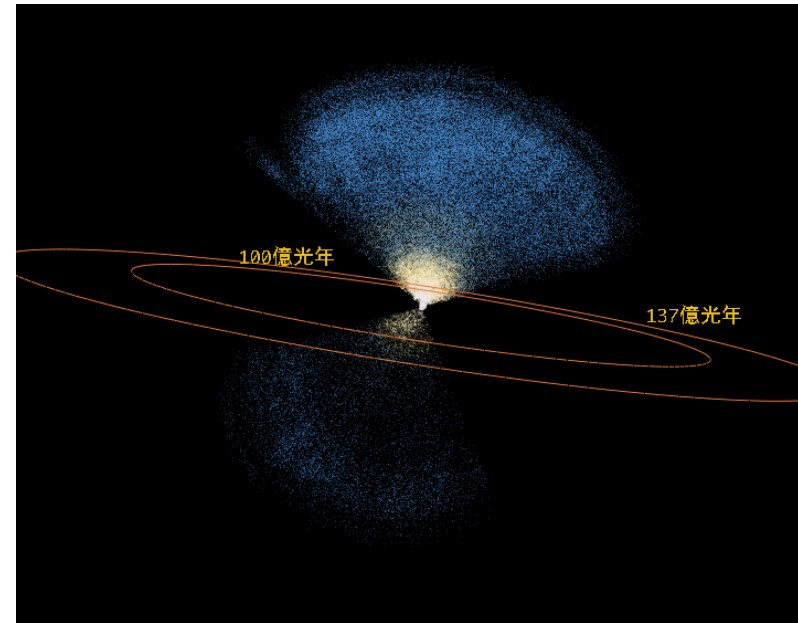
宇宙は膨張している！？

- 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

宇宙に端はある？



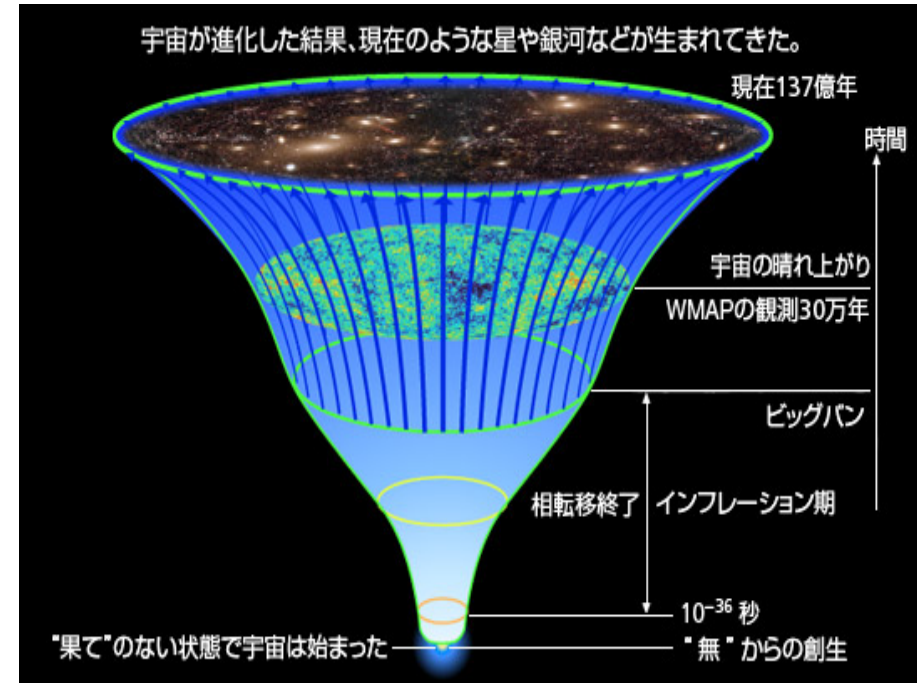
- 全てのモノ、情報は、光の速度を超えられない。
- 一つだけ光の速度を超えられるのは、「空間が広がる速さ」。
- 地球から遠い場所ほど、地球から速く遠ざかっている。
- ある地点から先は、地球から光の速さより速く遠ざかっているため、我々は決してそこへ行けないし、そこで起きている情報を得ることはできない。
- その距離を地球からみた「観測可能な宇宙」の果てということ
はできる
- その先には....

ビッグバン宇宙論

- 現在宇宙は膨張している
- つまり昔の宇宙は今より小さかった。
- ずっとさかのぼるとほとんど一点になる。宇宙は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

宇宙はどのように生まれたのか？～現在の理解

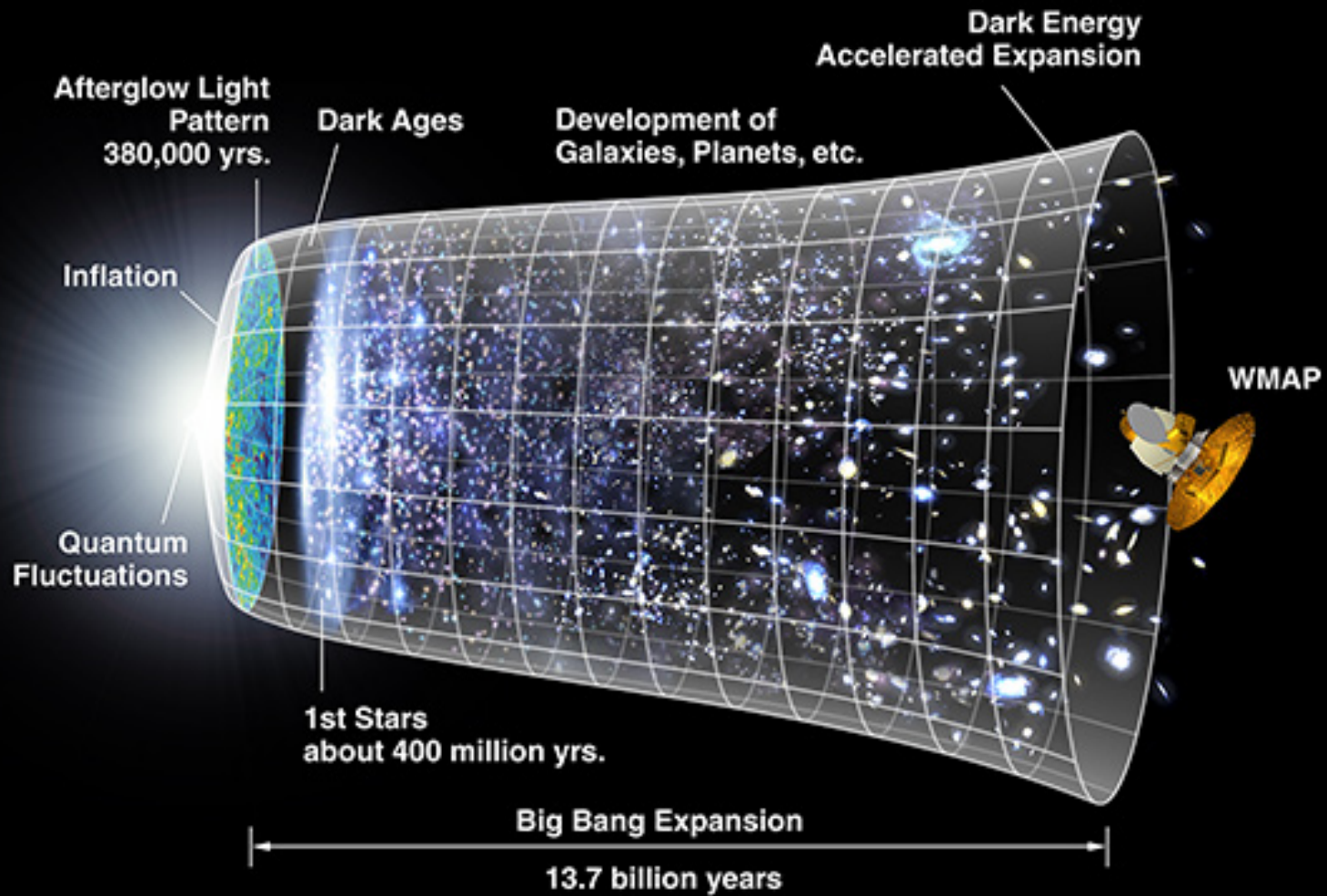
- 宇宙は「無」から生まれた
- 「無」のゆらぎが、ある時「真空の相転移」を起こし、急激に広がった（インフレーション）
- 「真空の相転移」が起きて潜熱が解放されて云々...（難解）



佐藤勝彦先生のHPより

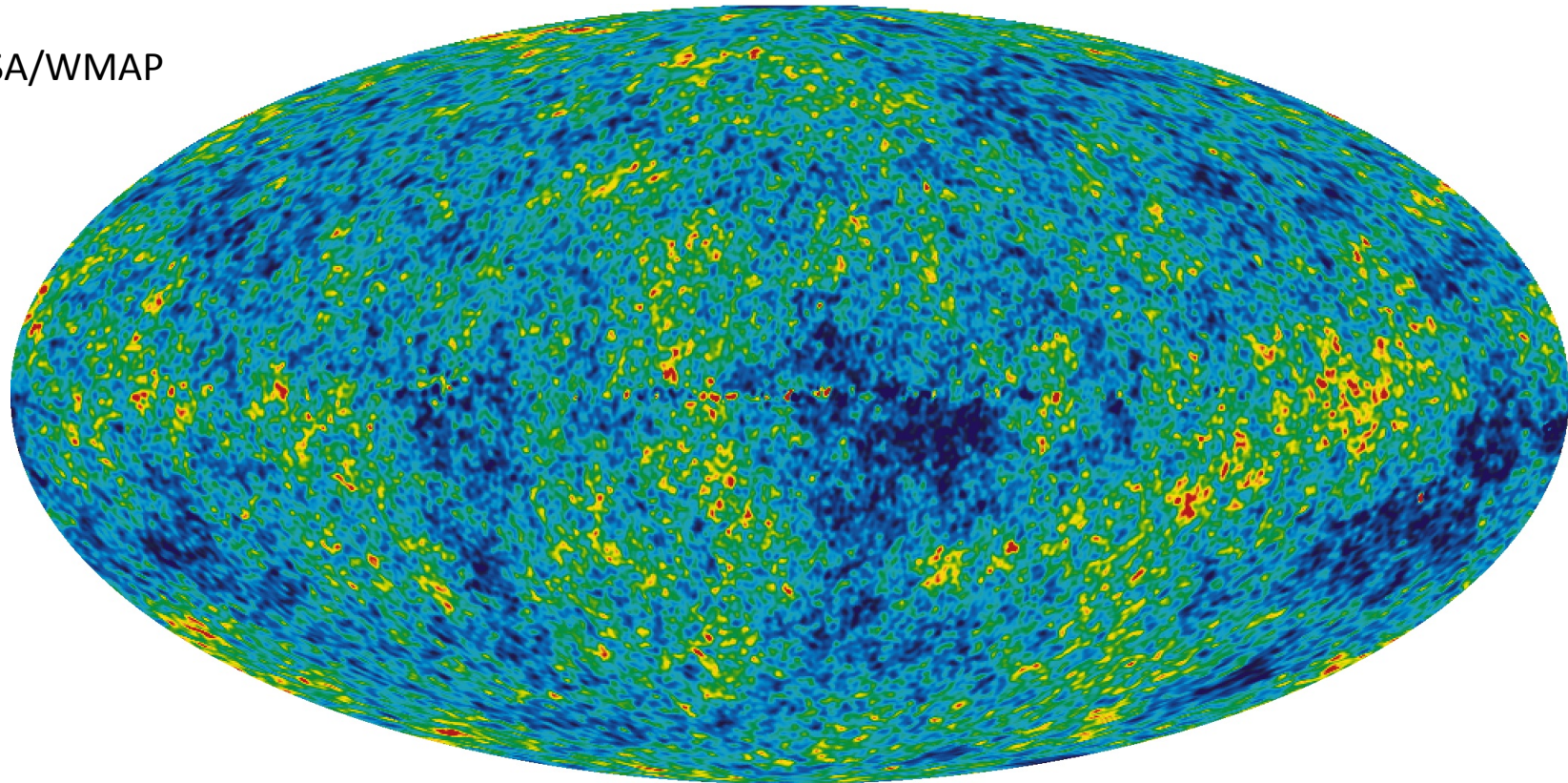
<http://utaprc4.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~sato/>

宇宙の歴史



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

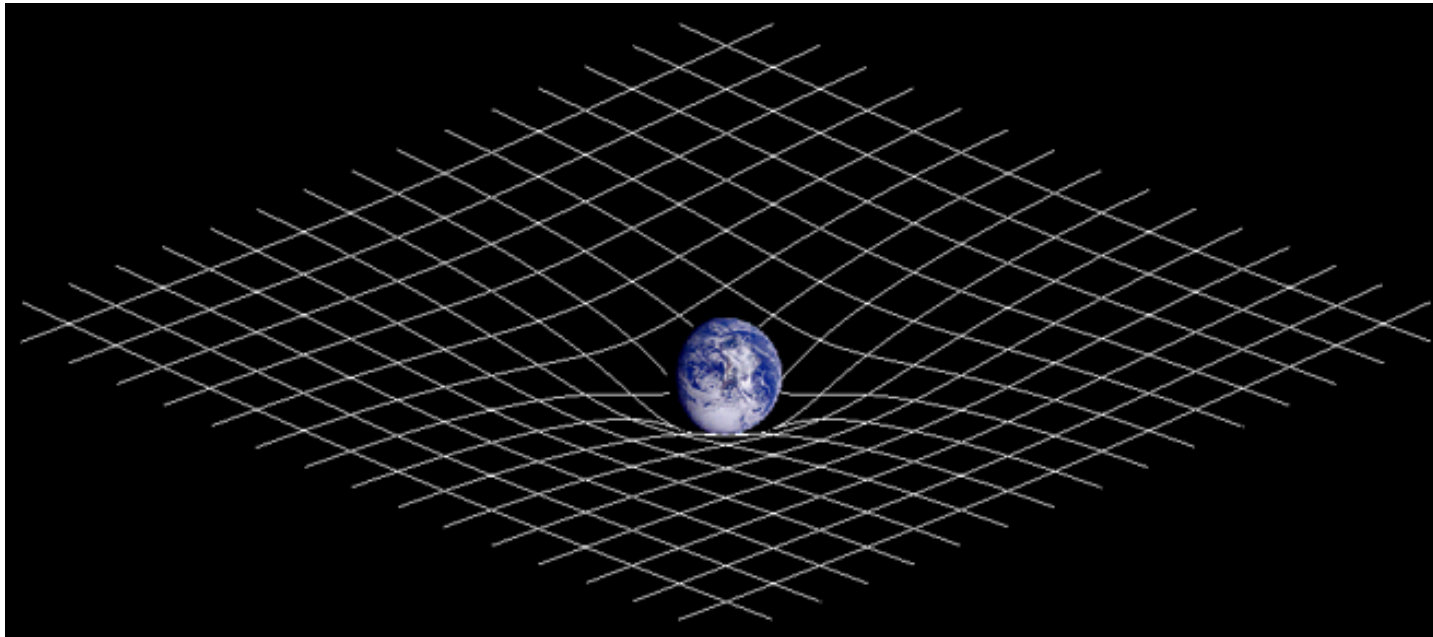
- 絶対温度で約2.7度(約マイナス270度)に相当する電波が宇宙空間に満ちている
- 超高温のビッグバンから膨張によって冷えたなごり

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。
- 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

宇宙の未来は？

Galaxy Cluster SDSS J1004+4112: "Quintuple Quasar"  HUBBLESITE.org

宇宙の膨張はいつか止まる？

- ボールを上に向けて投げるといつか落ちてくる
- もっと速い速度で投げると、より高くまで上がって、やがて落ちてくる
- ある速度を超えると、地球の引力を振り切って落ちてこない
- 宇宙の膨張もこれと同じ。宇宙の中の物質が持つ引力と、膨張の勢いのバランスで未来が決まる

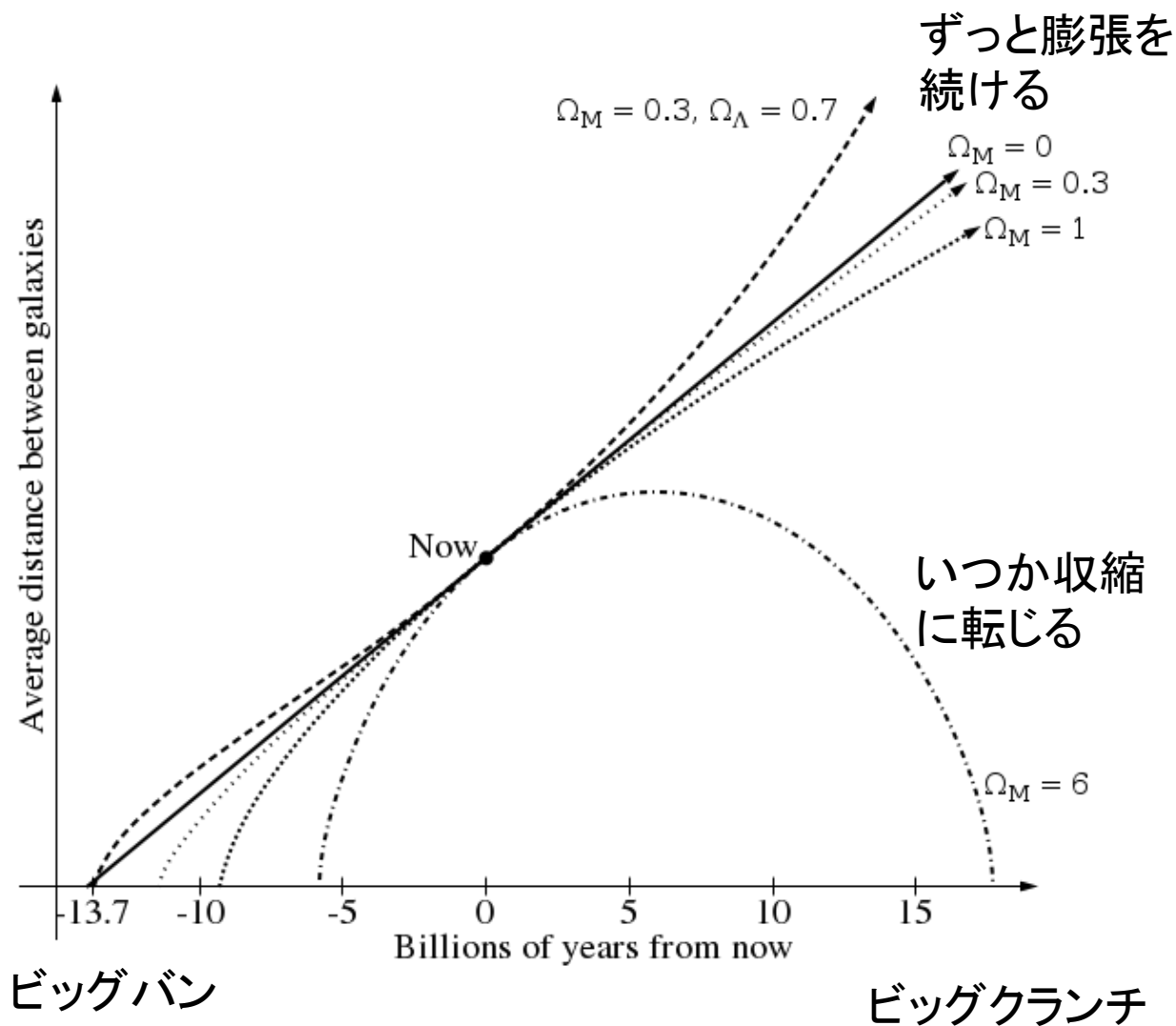
宇宙の運命を予言する アインシュタイン方程式の解

宇宙の中にある物質の
引力が膨張の勢いに勝
てば、宇宙はいつか収
縮に転じて、最後はつぶ
れてしまう

=ビッグクラッシュ

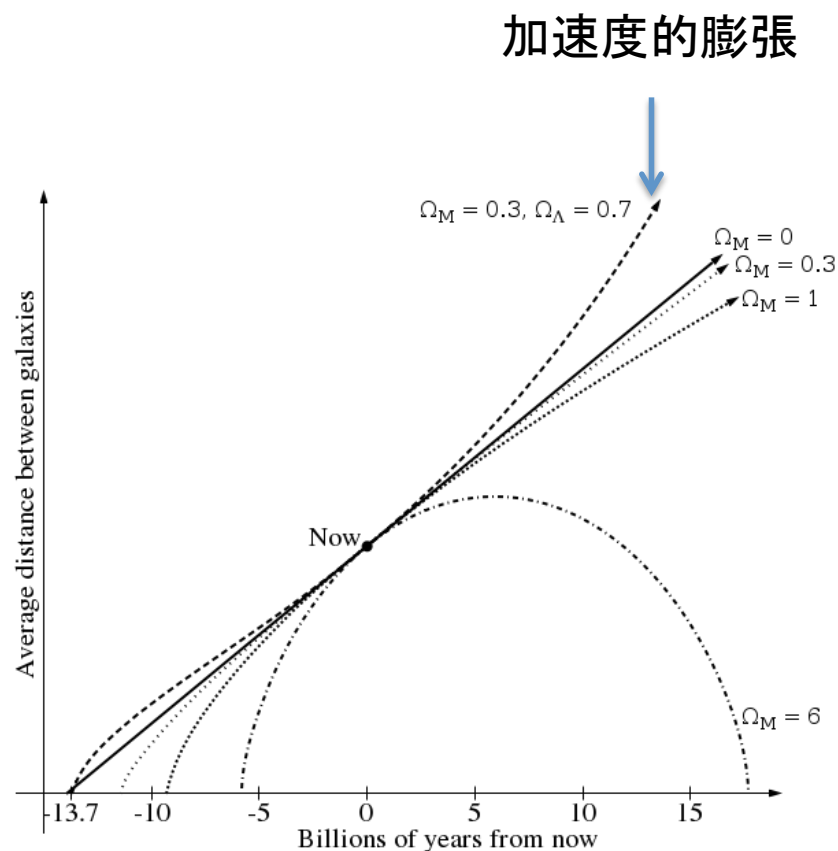
引力の方が弱ければ、
段々減速しつつも永久に
膨張を続ける

このどちらかと思われて
いたが...

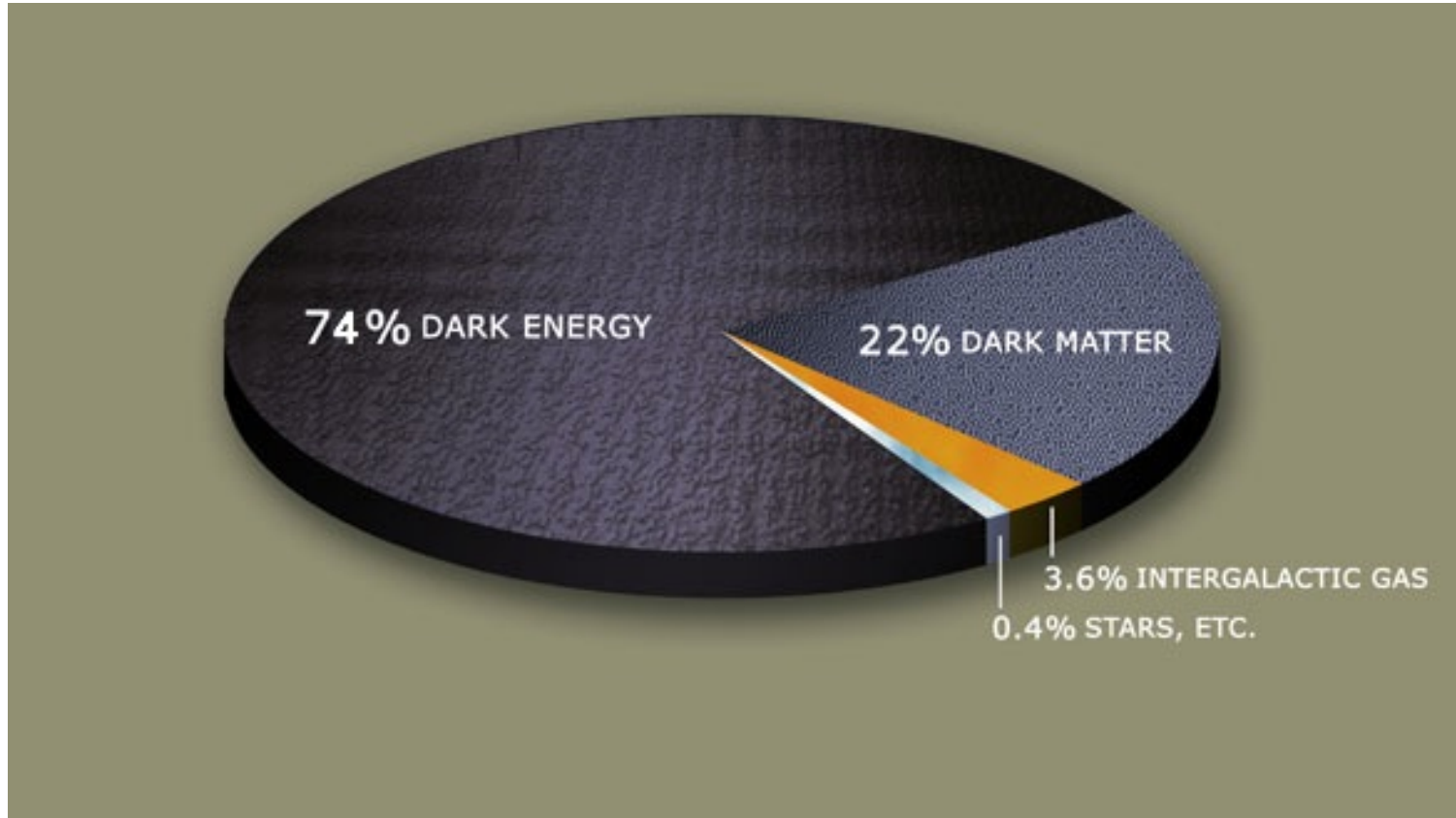


宇宙は加速度的に膨張していた！

- 最新の観測では、宇宙の膨張する速度はどんどん速くなっていくらしい(2011年のノーベル物理学賞)
- 膨張を加速させる力(反発力)がある！(これはアインシュタインが「生涯最大の誤り」と言った宇宙項に他ならない)
- 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。引力をもつ。
- 残りは全てダークエネルギー。反発力をもつ。

ダークマター・ダークエネルギーの正体

- ダークマターの正体
 - 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。
 - 候補2: ある種の素粒子(未知のものかも)
- ダークエネルギーの正体???
- 宇宙のほとんどは「なんだかよくわからないもの」からできている

人類の未来は？



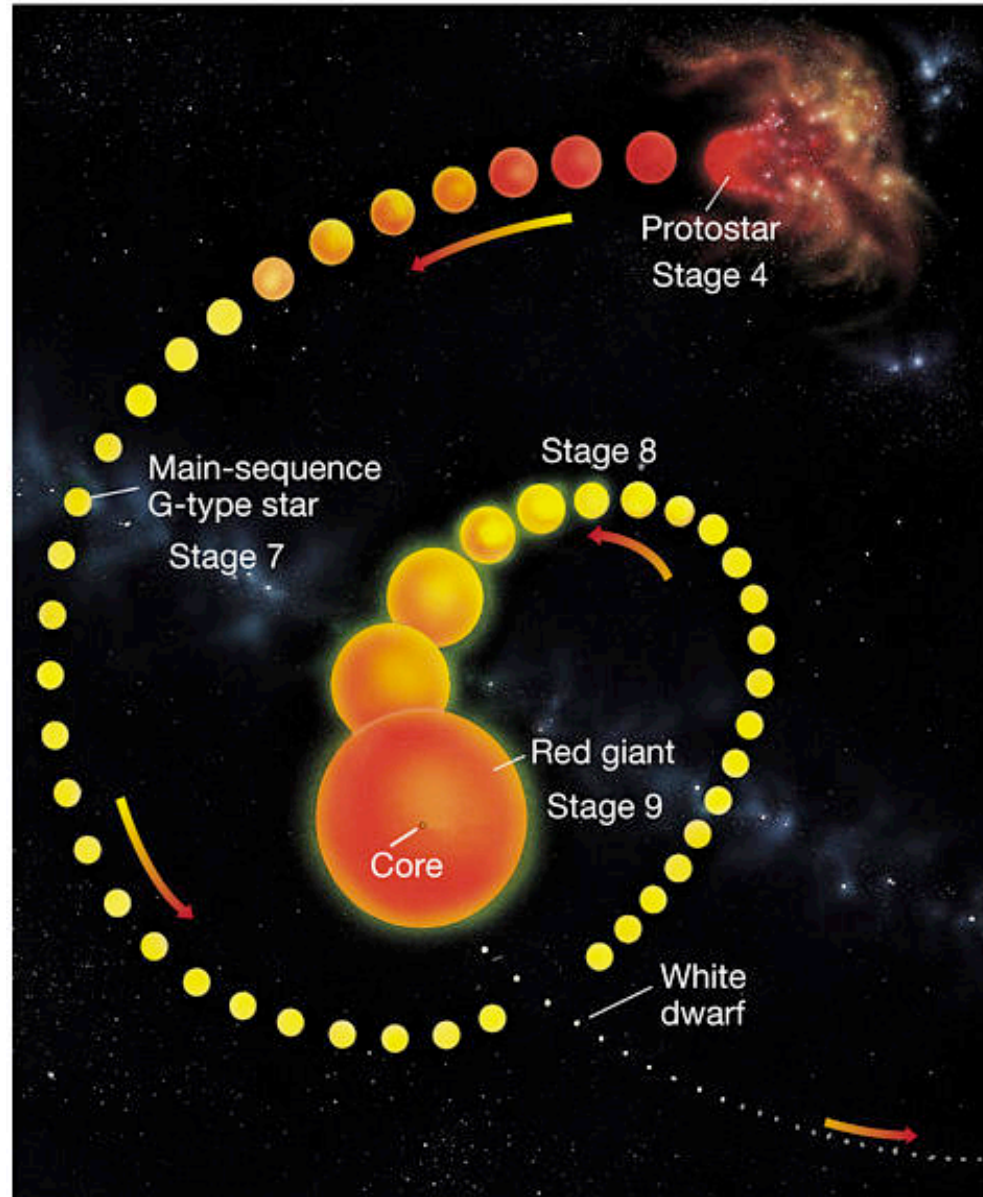
太陽と地球の未来

太陽は約60億年後寿命を迎え、急に赤く膨れ上がる(赤色巨星)

(恐らく)このとき地球は飲み込まれる

人類の遠い子孫(その時にはヒトの形をしていないかも)がこの時も生きのびようと思ったら、違う恒星に逃げないといけない

(そこまで生きのびるのも大変だろうけど...)



他の星へ逃げて、その先は？

- 全ての星はいずれ寿命を迎える
- 新しい星が生まれるためのガスや塵も、やがて尽きる
- やがてブラックホールと光子だけの宇宙になる(ブラックホールもやがて蒸発してしまう)？
- 宇宙の膨張はどんどん加速し、やがてすべてがバラバラになってほとんど空っぽの宇宙になる？
- ほんとのところどうなるかはほとんど分かっていない....

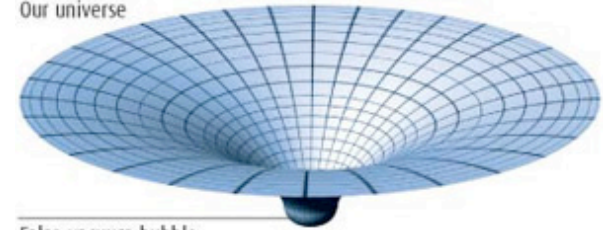
子宇宙／孫宇宙が生まれるかも？

- 宇宙のある場所から、突然別の宇宙が生まれて膨張を始めるかも？
- もしかしたら、我々の宇宙が生命が住めなくなる前に、子宇宙・孫宇宙に移り住めるかも？
- もしかしたら我々の宇宙も、別の宇宙から生まれたのかも？
- でも新しく生まれた宇宙は、我々の宇宙とは似ても似つかないかも？
- 研究はされているが、まだまだ分からない事だらけ...

CREATE YOUR OWN UNIVERSE

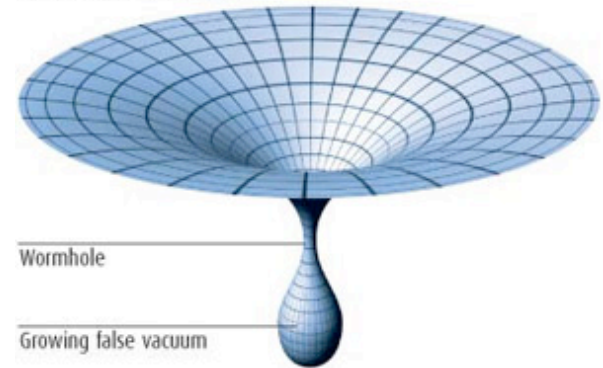
First, concentrate a large amount of mass in a way that distorts the space-time of our universe, creating a region of "false vacuum"

Our universe



False vacuum bubble

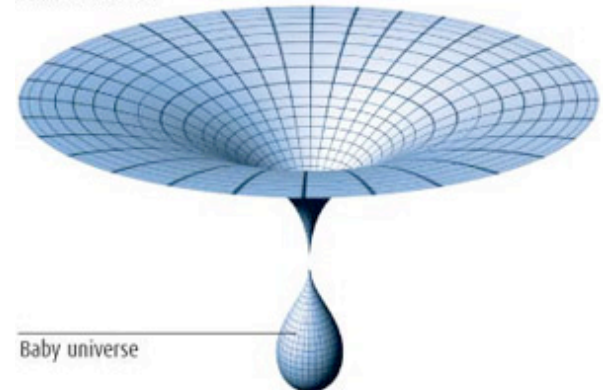
As the false vacuum grows, its connection to our universe narrows into a wormhole



Wormhole

Growing false vacuum

Eventually, the wormhole pinches off and a new baby universe is born



Baby universe

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。



アンケート設問

1. 人類はいつか地球を出て、宇宙空間や他の星に住む「べき」と思いますか？
2. 宇宙がいつか終わりを迎えるとしたら、人間が生きている意味、進歩する意味はあると思いますか？あるとすればそれは何ですか？
3. 今日の授業の感想を自由に書いて下さい

補足：大きな／小さな数の表し方

- $10000000000 = 10^{10}$
- $100000 = 10^5$
- $10 = 10^1$
- $1 = 10^0$
- $0.1 = 10^{-1}$
- $0.00001 = 10^{-5}$
- $0.0000000001 = 10^{-10}$