

京都文教大学 2015年秋学期

宇宙の科学

担当教員：磯部洋明

京都大学大学院総合生存学館 准教授

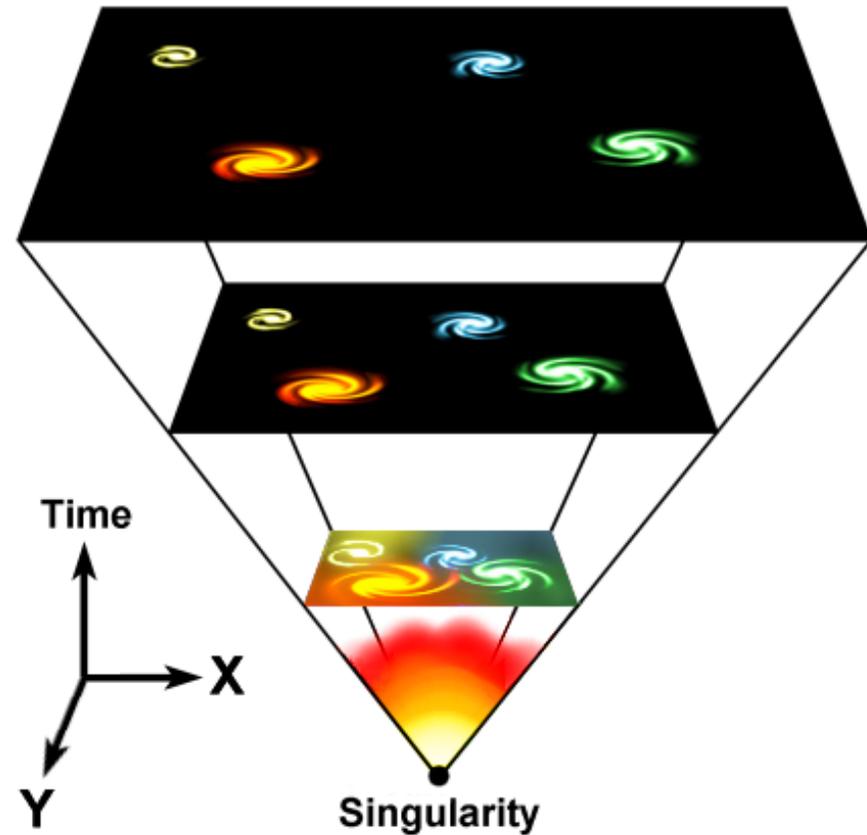
京都文教大学・非常勤講師

第2回「宇宙のはじまりから終わりまで」

2016年10月3日

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！



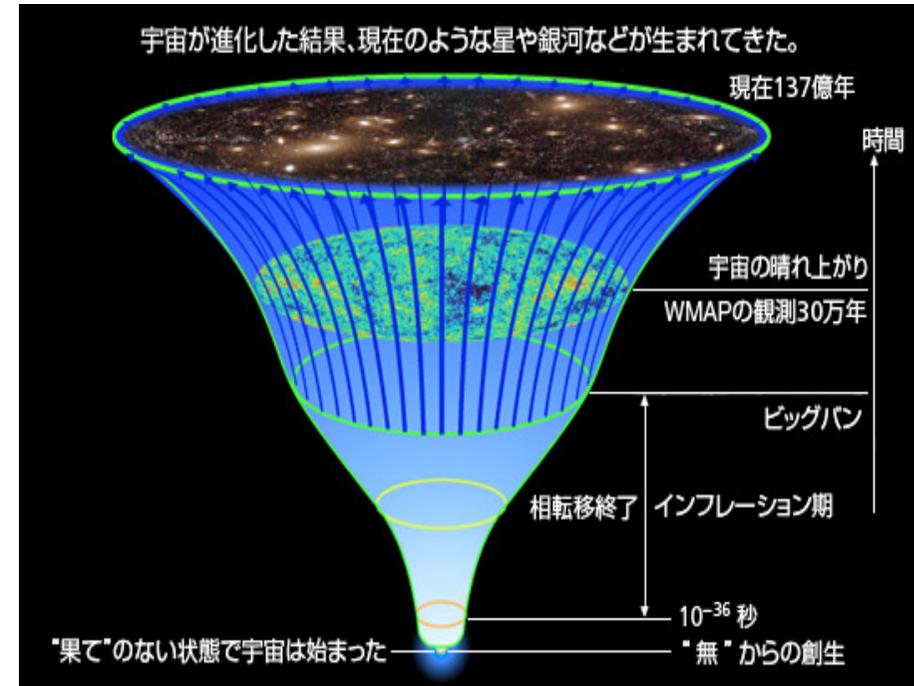
From Wikipedia Commons

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

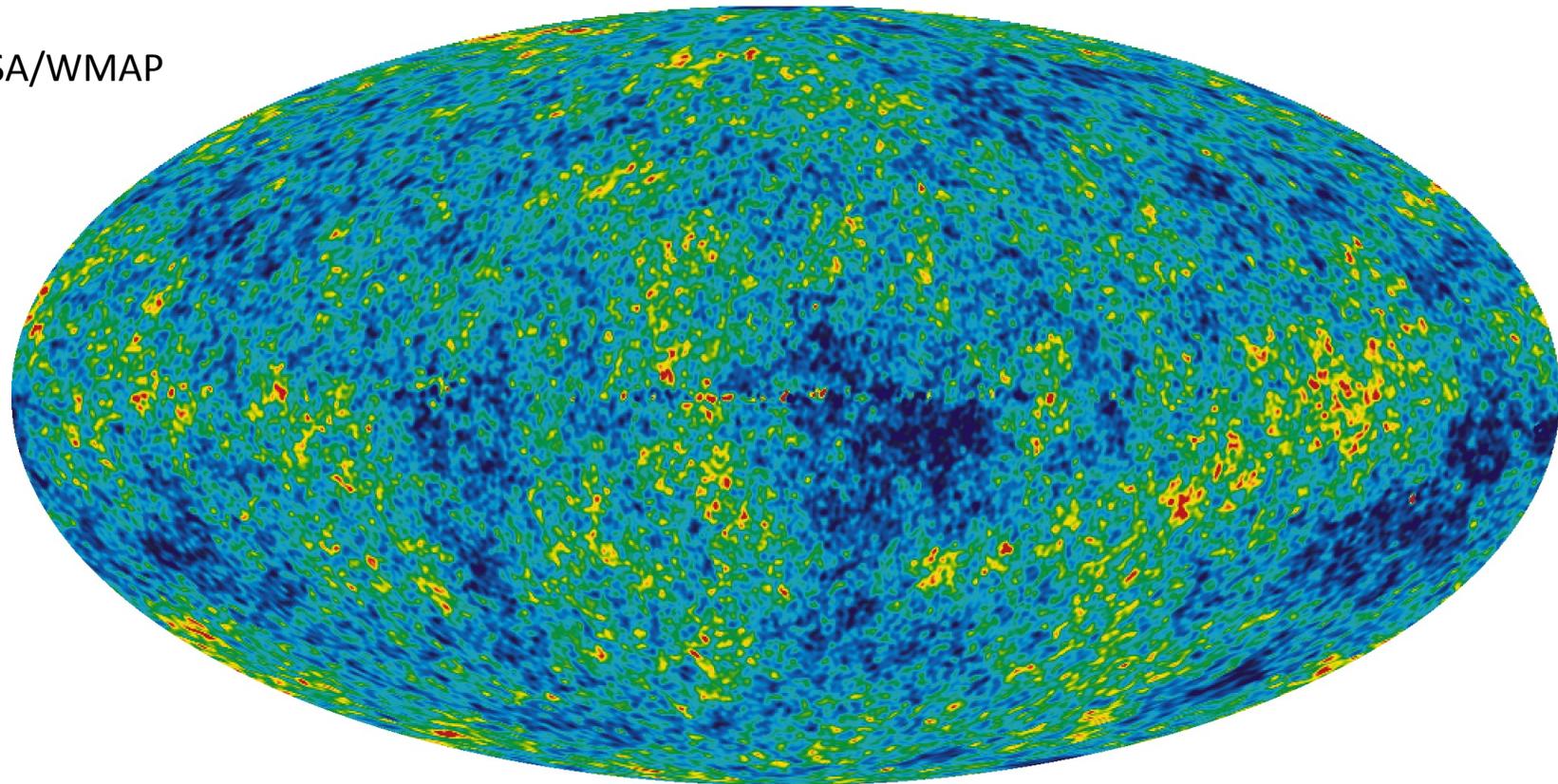
- 宇宙は「無」から生まれた
- 「無」のゆらぎが、ある時「真空の相転移」を起こし、急激に広がった（インフレーション）
- 「真空の相転移」が起きて潜熱が解放されて云々...（難解）



佐藤勝彦先生のHPより
<http://utaprc4.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~sato/>

ビッグバンの名残：宇宙背景放射

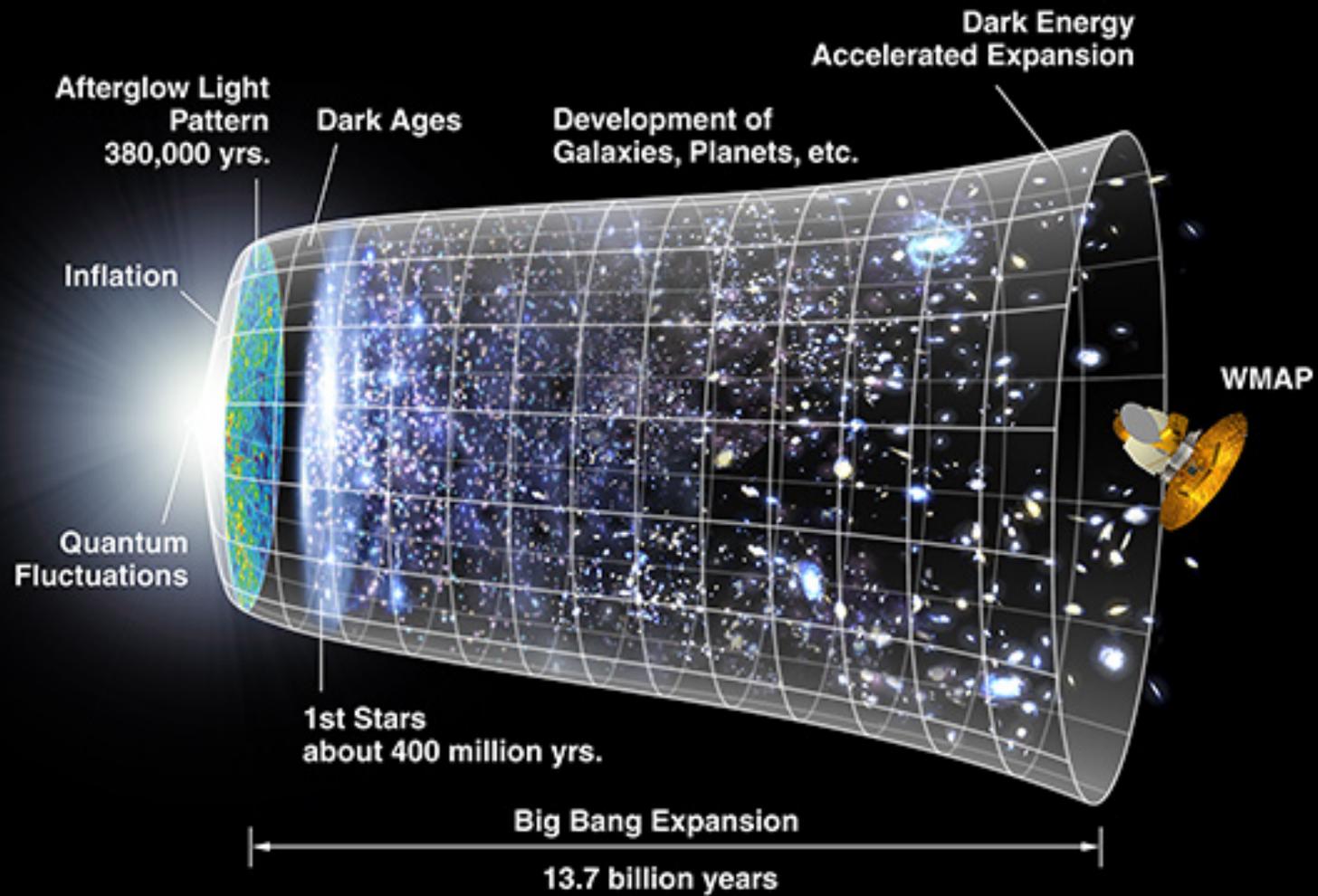
NASA/WMAP



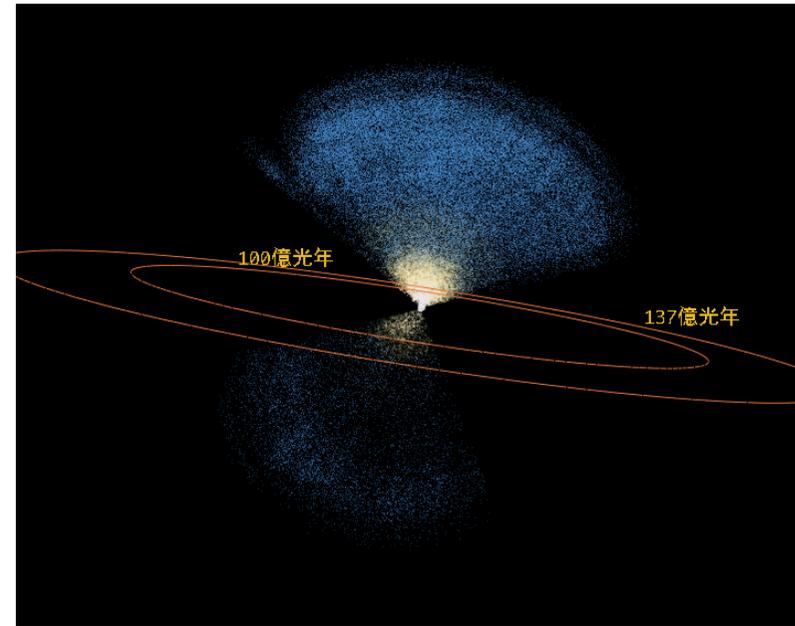
-200 T(μ K) +200 WMAP 5-year

- 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

宇宙の歴史



宇宙に端はある？



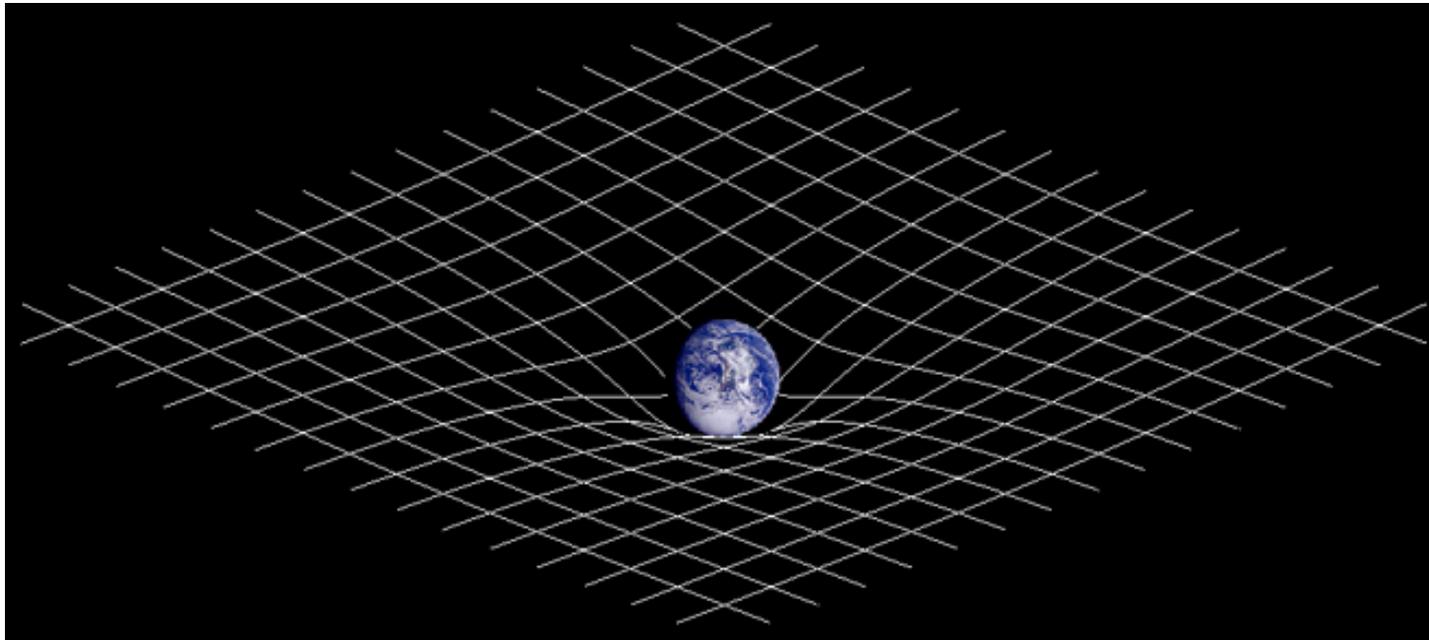
- 全てのモノ、情報が空間中を伝わる速さは、光の速度を超えられない。
- 「空間が広がる速さ」には光速という上限はない
- 地球から遠い場所ほど、地球から速く遠ざかっている。
- ある地点から先は、地球から光の速さより速く遠ざかっているため、我々は決してそこへ行けないし、そこで起きている情報を得ることはできない。「因果関係が切れた世界」
- その境界を地球からみた「観測可能な宇宙」の端ということ是可以する
- その先に何があるのかは、現在人類が知っている物理学が概ね正しいとするならば、「原理的に」知りえない。
- 決して知覚できない、因果関係を持ち得ない世界は「存在している」と言えるのか？

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

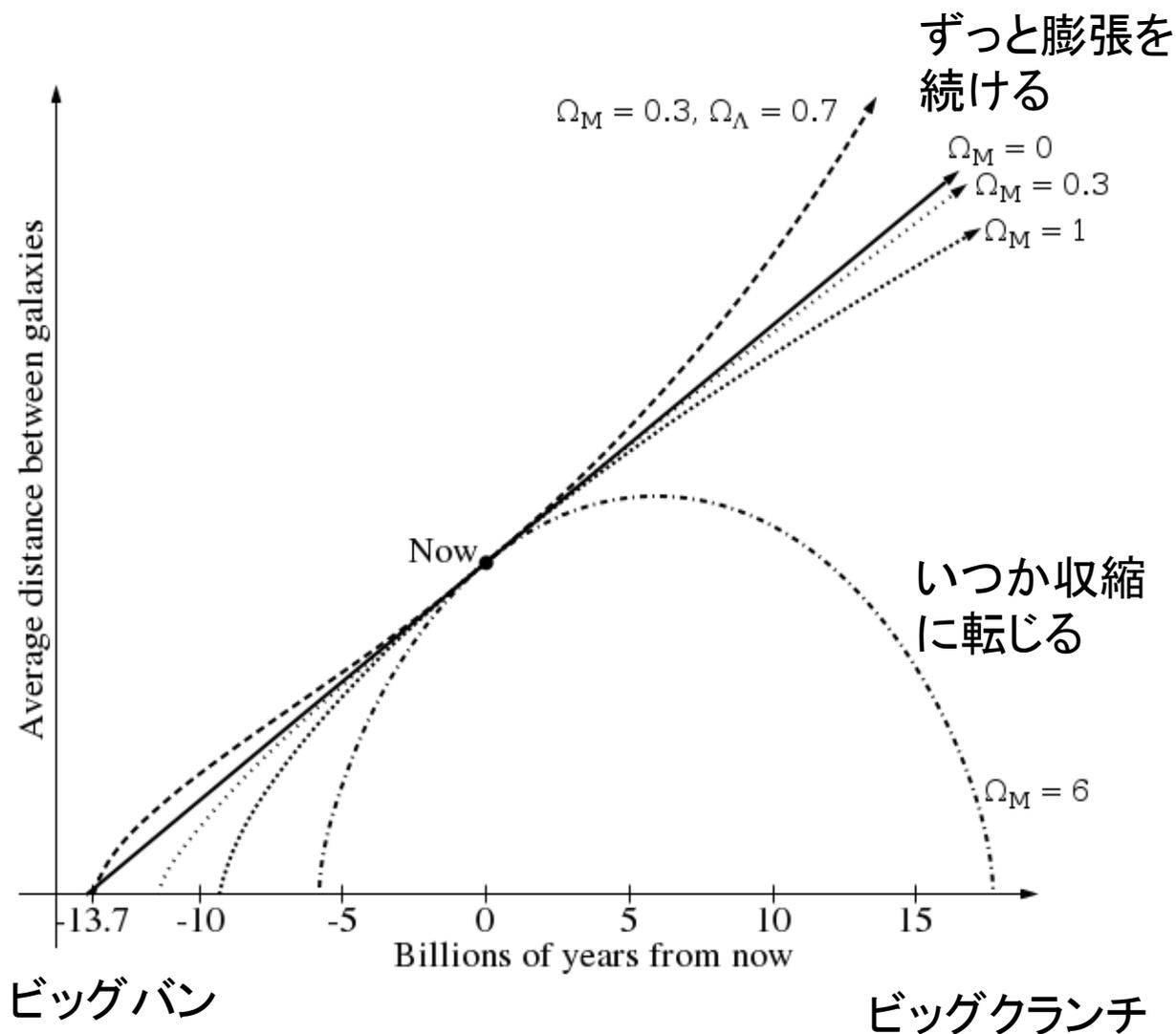
宇宙の運命を予言する アインシュタイン方程式の解

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

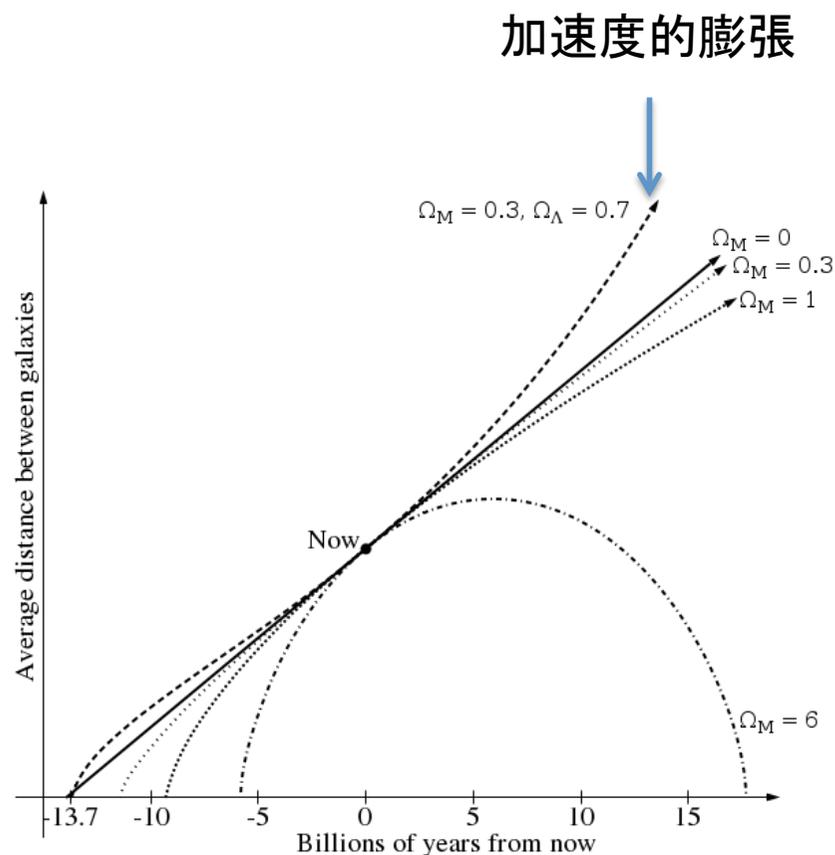
引力の方が弱ければ、
段々減速しつつも永久に
膨張を続ける

このどちらかと思われて
いたが...

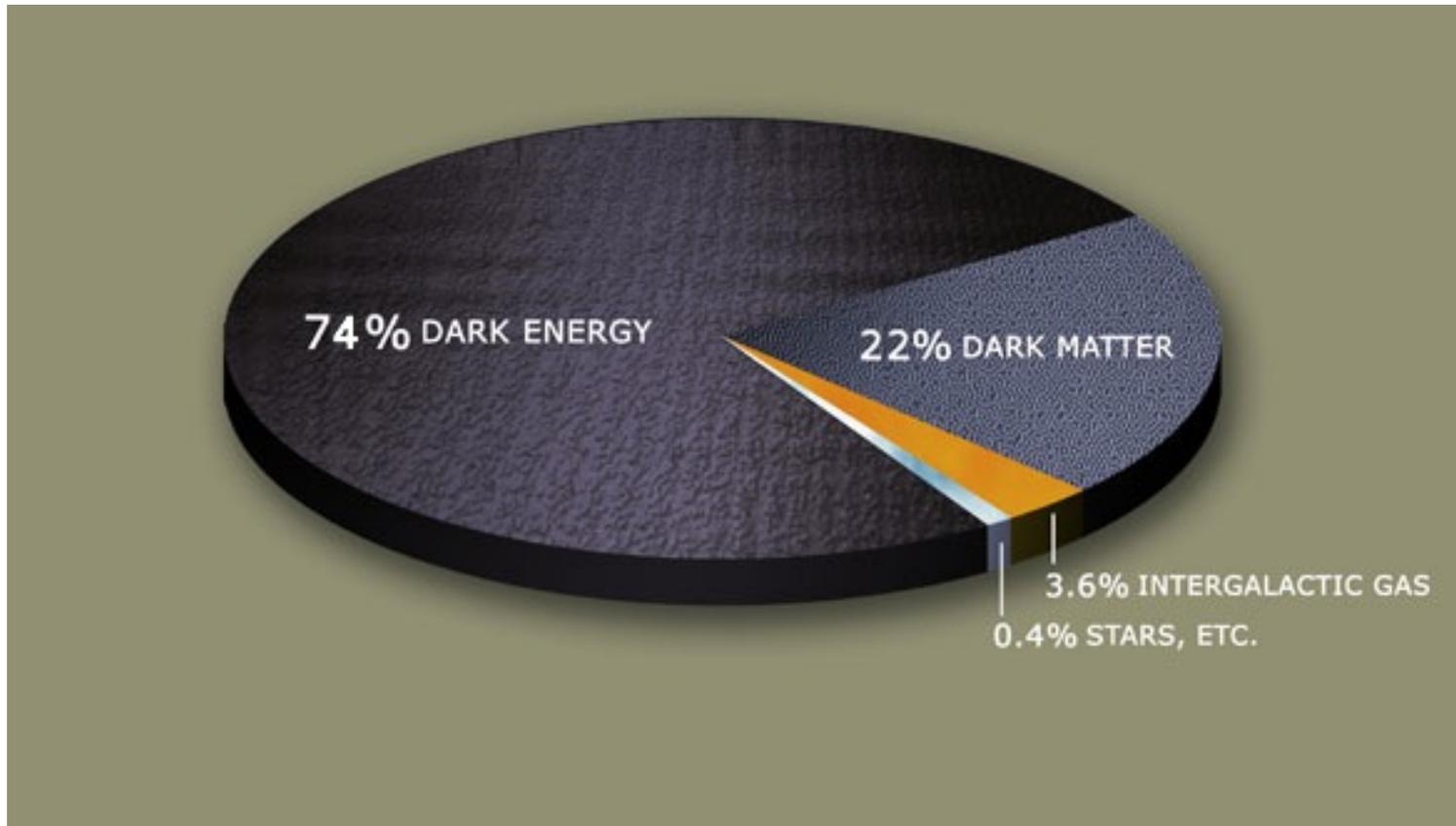


宇宙は加速度的に膨張していた！

- 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？



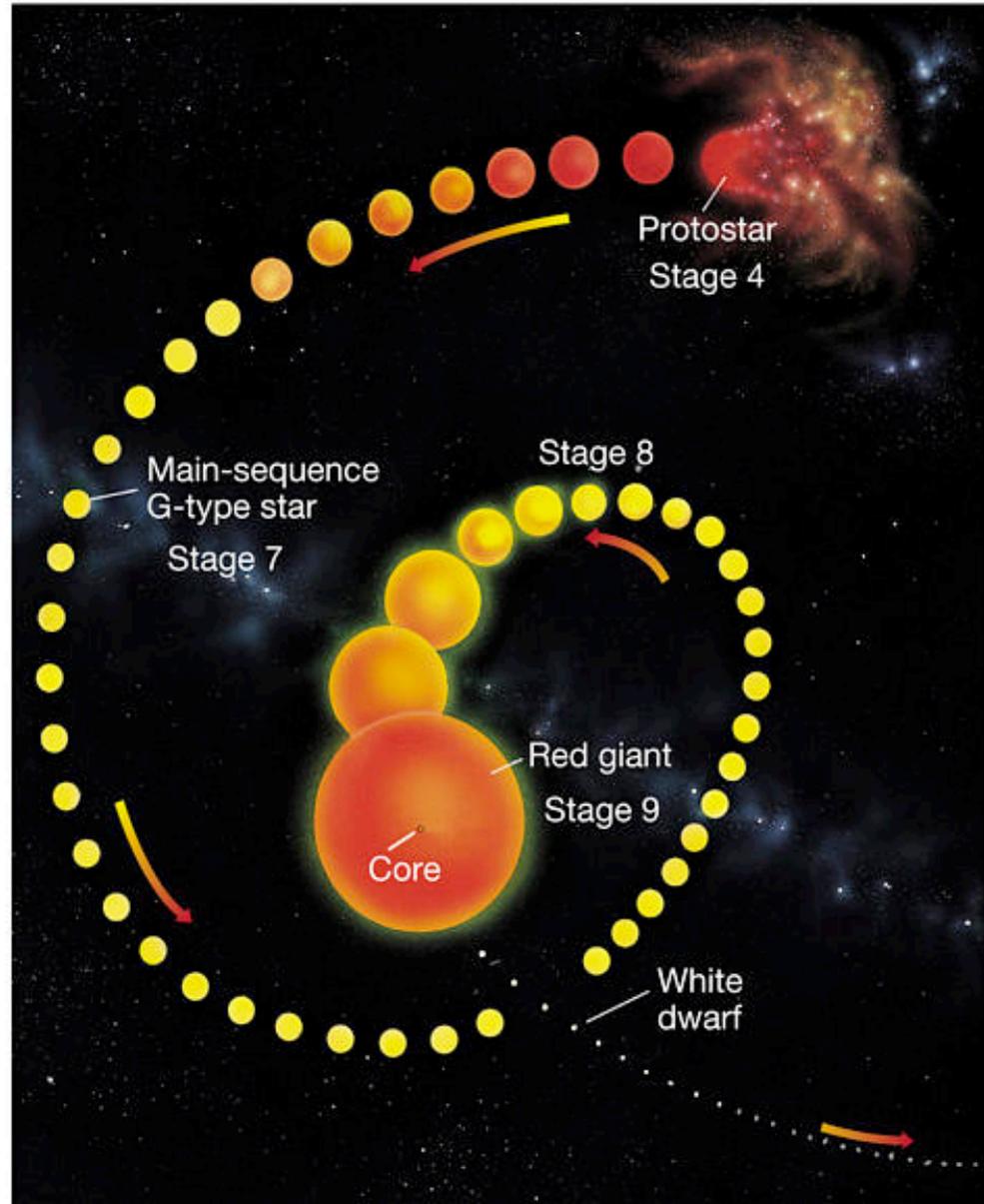
太陽と地球の未来

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....

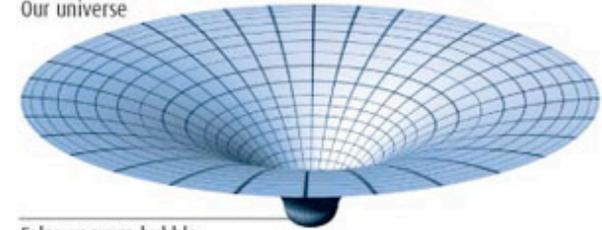
子宇宙／孫宇宙が生まれるかも？

- 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

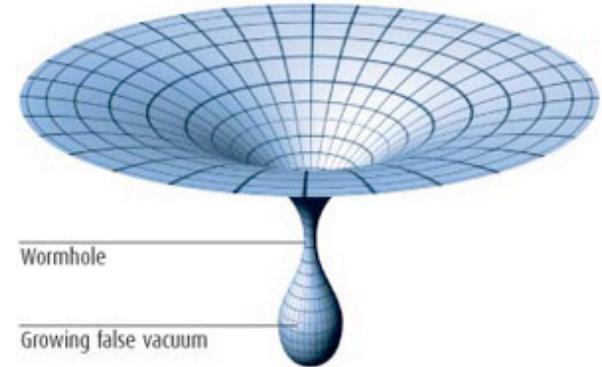
First, concentrate a large amount of mass in a way that distorts the space-time of our universe, creating a region of "false vacuum"

Our universe



False vacuum bubble

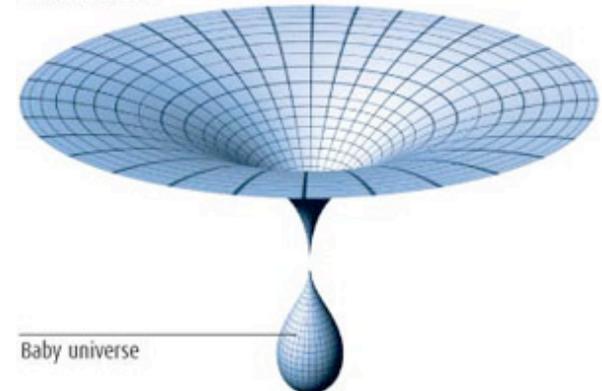
As the false vacuum grows, its connection to our universe narrows into a wormhole



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。

