

京都精華大学 基礎講義

自然科学論

～宇宙科学と人文社会科学・芸術表現～

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

先週の質問から

- 雨水も放射能汚染されていますか？
 - 空気中の放射性物質を集めて落ちてくるので、雨の放射性物質濃度は高いことがあります
- 海は大丈夫？今年は海水浴しない方がいいですか？
 - 今のところ西日本で気にする必要はないと思います。東日本はちゃんと放射線の測定が行われると思うので、それを確認して問題ない数値であればOK
- 広島原爆で出た放射能が、南極の氷の中で見つかった、
というのを聞いたことがあるのだが、放射能はどこまで飛ぶのか？
 - 時間がたてば地球全体に拡散します。ただし、濃度は薄まります
 - 放射性物質は「見えないから怖い」といいますが、実はきちんとした装置を使えば極めて微量でも検出できます。なので、見つかったからといって危険なわけではありません

問題

- コップ一杯の水を海に流して、世界中の海に均一に混ざるくらいよく混ぜた後、もう一度コップ一杯の海水を汲んだとき、その中に最初のコップに入っていた水分子が含まれる確率は何%か？

- 食品が汚染されてるって具体的にはどういうこと？野菜などにどうやって放射能が含まれているのか？
 - 空気中に飛散した放射性物質(ヨウ素、セシウムなど)が葉などに付着するので、洗えば相当落ちます
 - 水や土壌が汚染された場合は、食品の中に取り込まれてしまうこともあるようです
- 放射能を持った食品を食べるとどうなる？
 - 物質によって体内のどこへいくかは異なります。
 - ヨウ素は甲状腺、セシウムは特定の臓器にはたまらない。ストロンチウムは骨に蓄積、プルトニウムは特に毒性が強いなど。
- なるべく摂取しないに超した事はありませんが、きちんと測定されて基準値以下のものであれば、避ける必要はありません。

- 今後原発はどうなるのか
 - ...何ともいえません。東京電力は6-9ヶ月で「冷温停止」という安全な状態に持って行く、という工程表を発表しています。各地の放射線は減ってきてはいるようですが、予断はできない、というところだと思います。
- どうして原発事故になったのか(福島)女川原発はそんなに被害がなかったのに。
 - 福島第一原発の方が旧式で、冷却用がむき出しになっているなど、津波に対して弱い状態だったという報道は見ました(事故の言い訳にはなりませんが)
- 今後の電力はどうするのか
 - ...わかりません。皆さんを含む社会がどう選択するかです
 - 原子力発電の新設は極めて難しいと思います(政治的に)
 - 少なくとも長期的には原発への依存を減らさざるを得ないでしょう。ただし、太陽光など再生可能エネルギーへの移管は簡単ではありません(電気代をいくらまでならあげていいですか?)

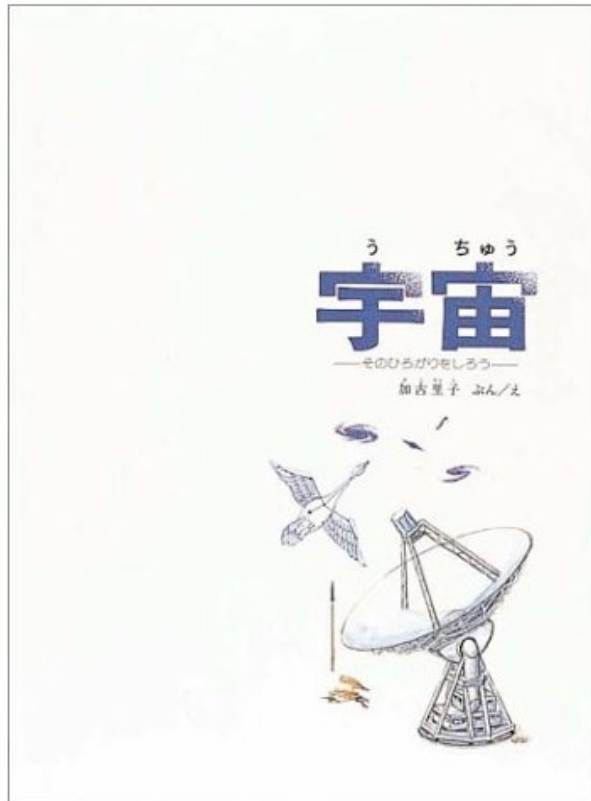
- 先生、たかじんのそこまで言って委員会を見てはったなと思いました。
 - ...見てないです。あまり好きじゃないので(笑)
- 過去にあった原発事故について。科学者と原発開発のかかわり。科学者の立場が気になります。
 - ...重い質問ですね。科学と倫理の関係は、原爆の開発、遺伝子工学などでも問題になります。いずれその話はしたいと思います。

今日の内容

- 宇宙の大きさ
- 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

参考文献

- 宇宙 ―そのひろがりをしろう―
加古里子ぶん／え 福音館書店



私が最初に宇宙に興味を
持ったきっかけとなった絵本。

今になって読み返してみると、
かなり専門的なことまで書いてある。

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](#)

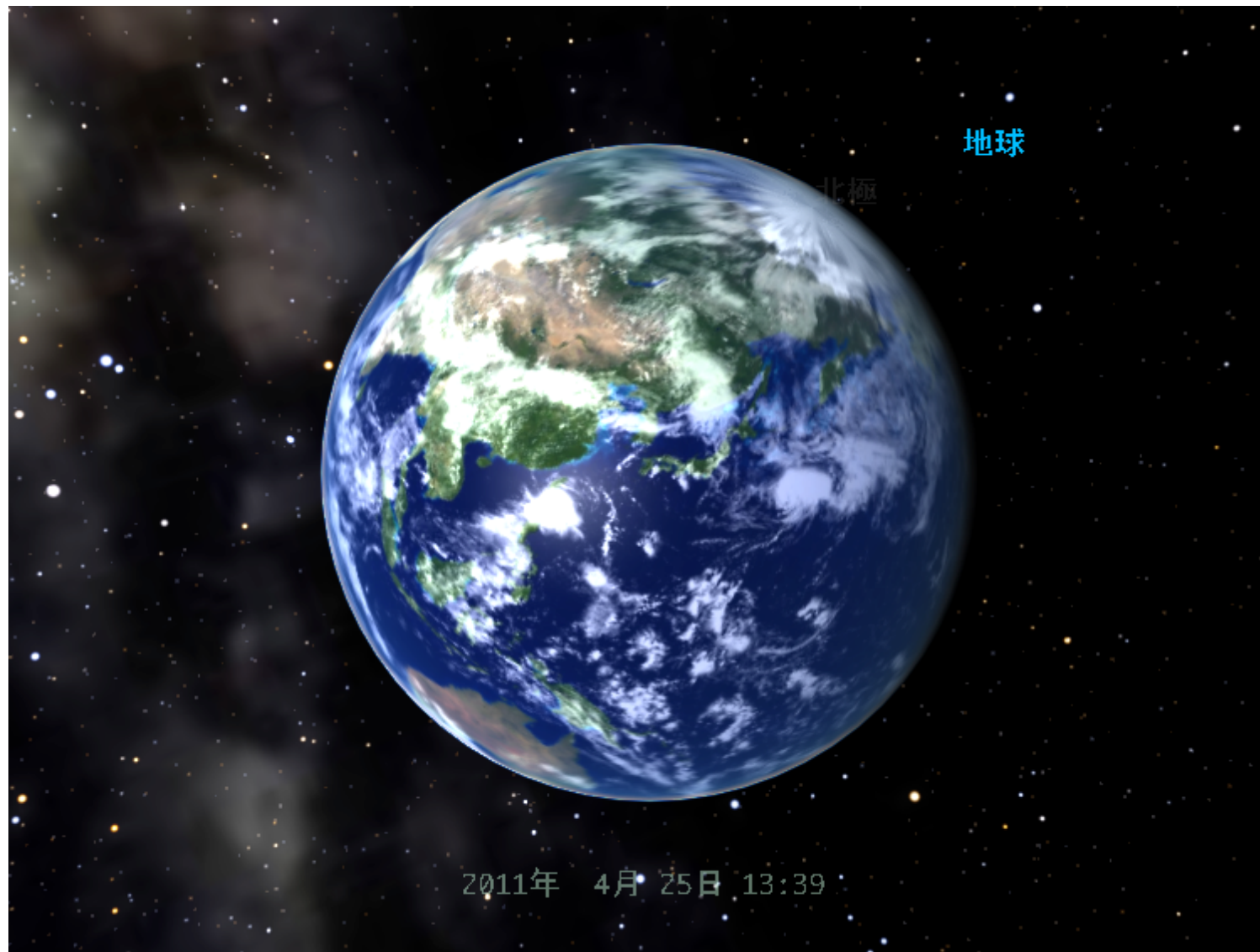


0:00 / 9:35 360p

[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

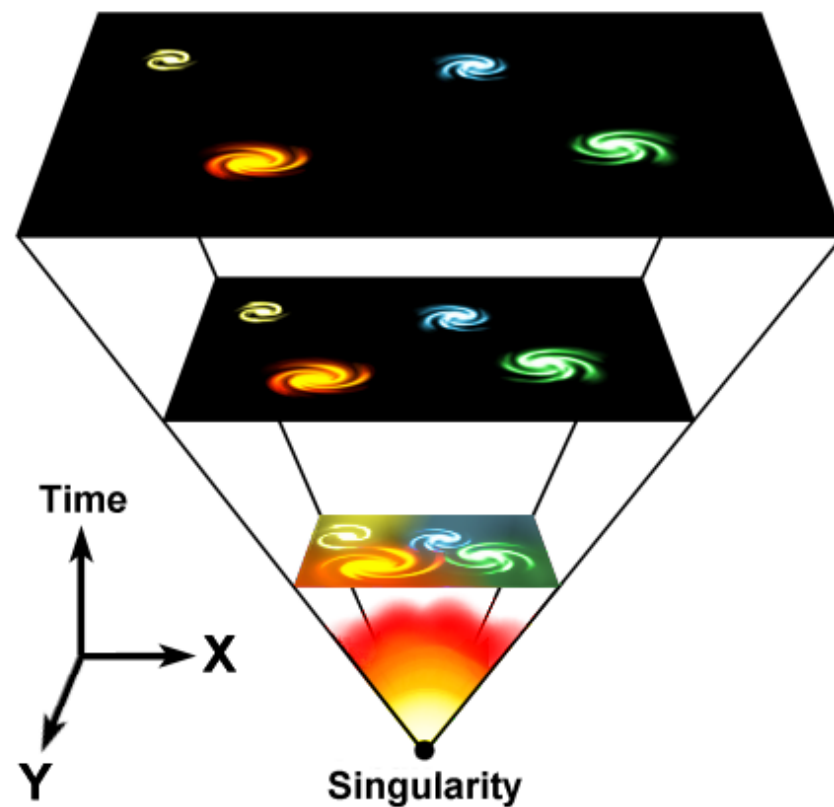
(バーチャル)宇宙旅行へ



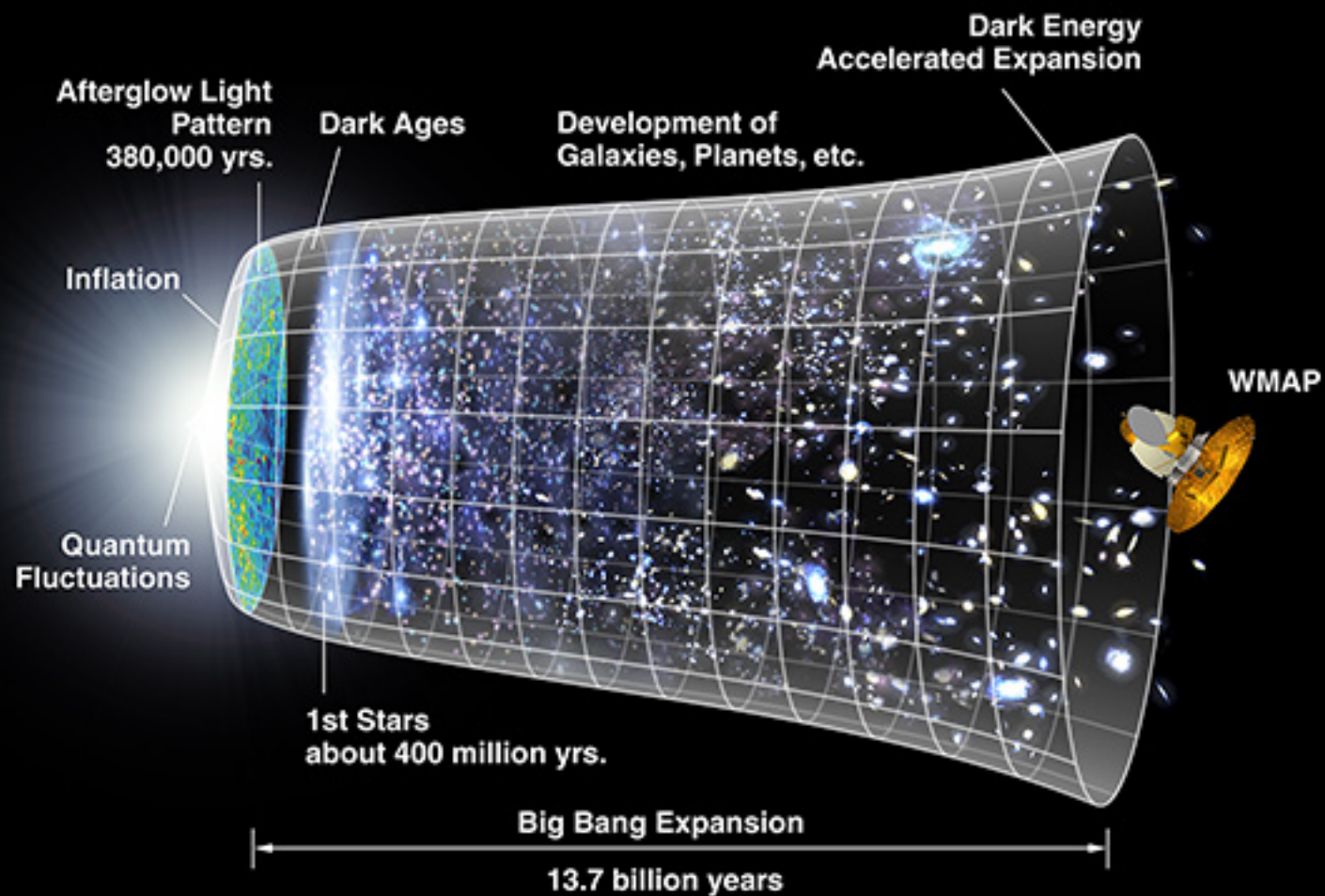
国立天文台が開発したフリーソフトウェア”Mitaka” <http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

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

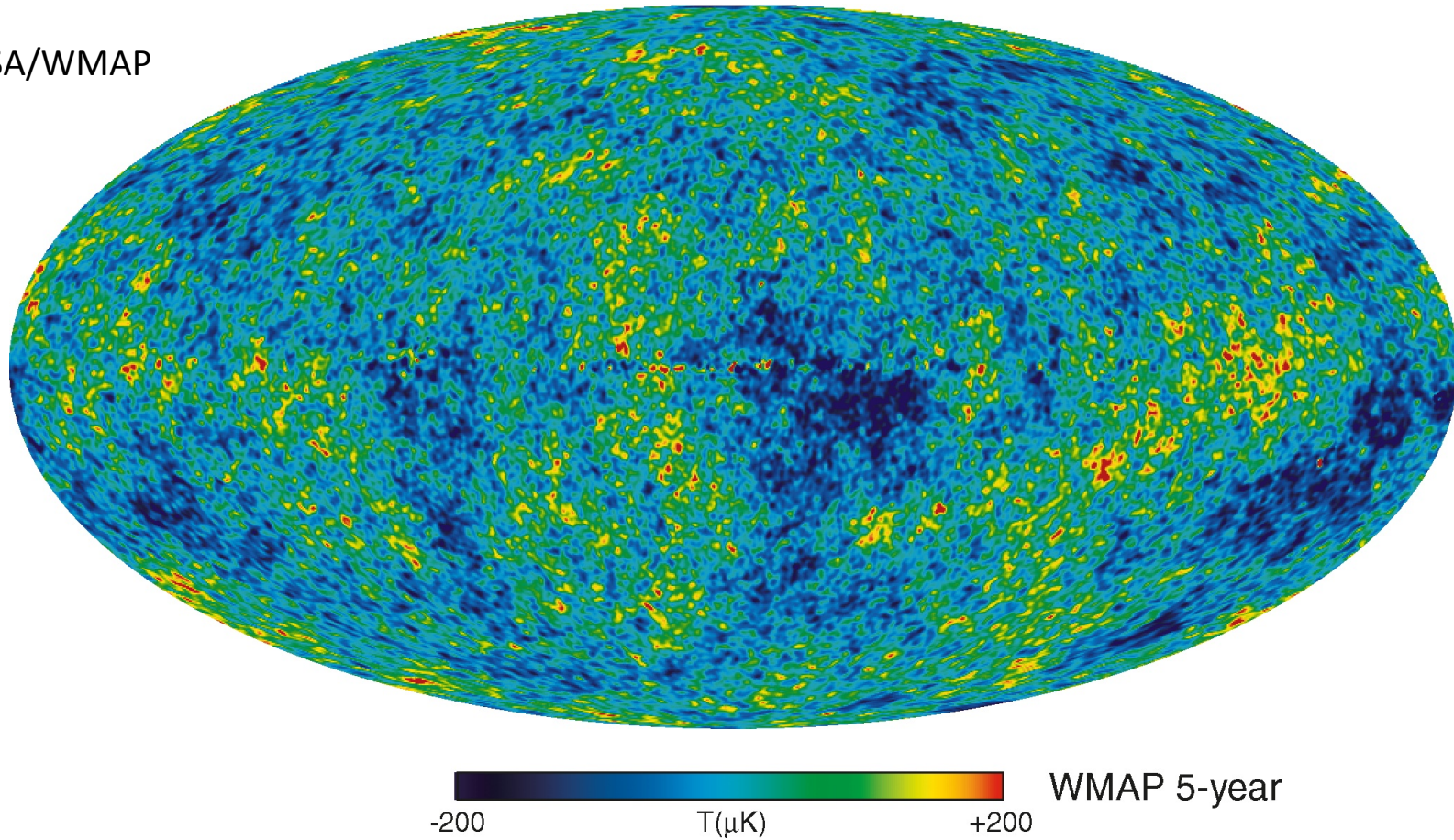


ビッグバン宇宙論

- 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
- $\Rightarrow$ 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



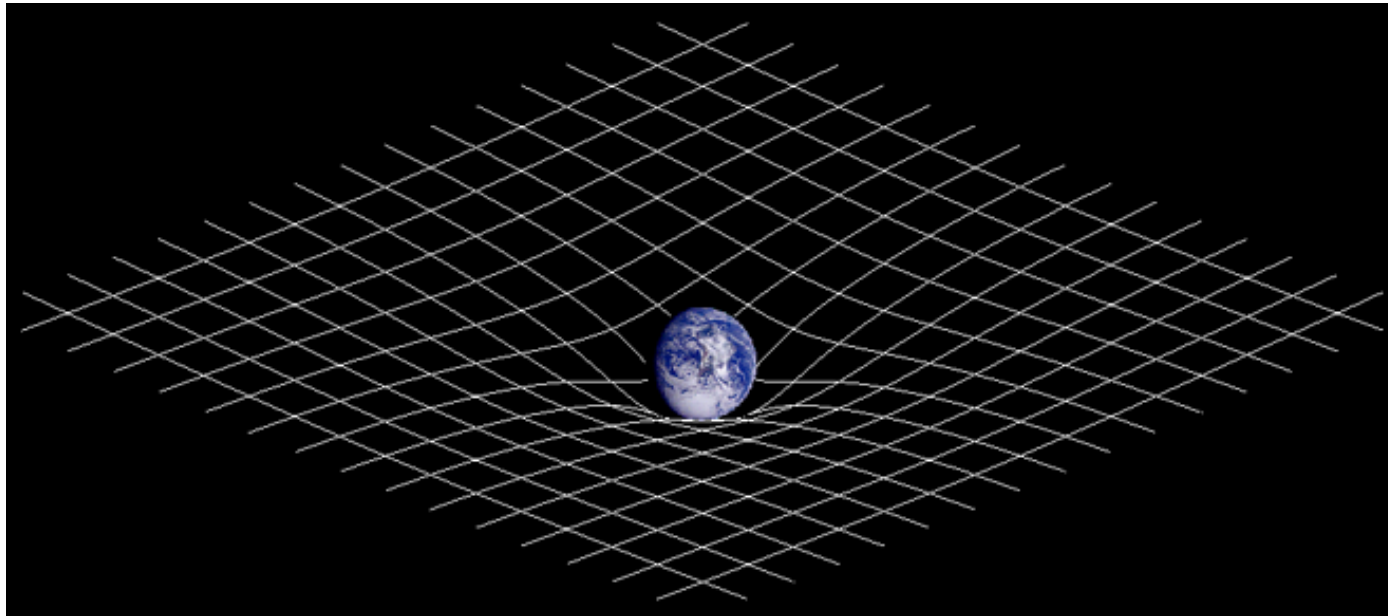
- 絶対温度で約2.7度(約マイナス270度)に相当する電波が宇宙空間に満ちている
- 超高温のビッグバンから膨張によって冷えたなごり

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

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

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。

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

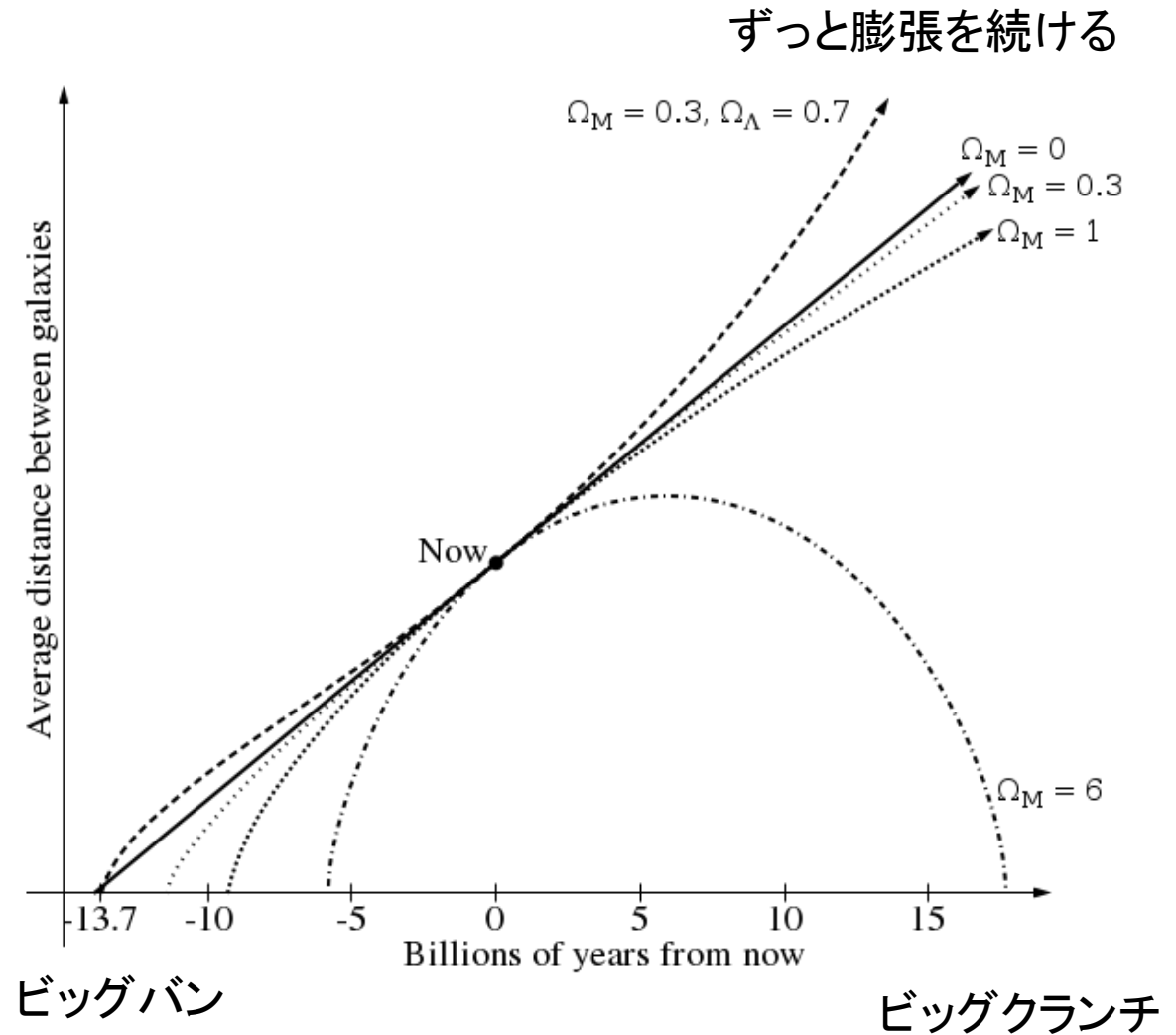
宇宙項

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

- 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

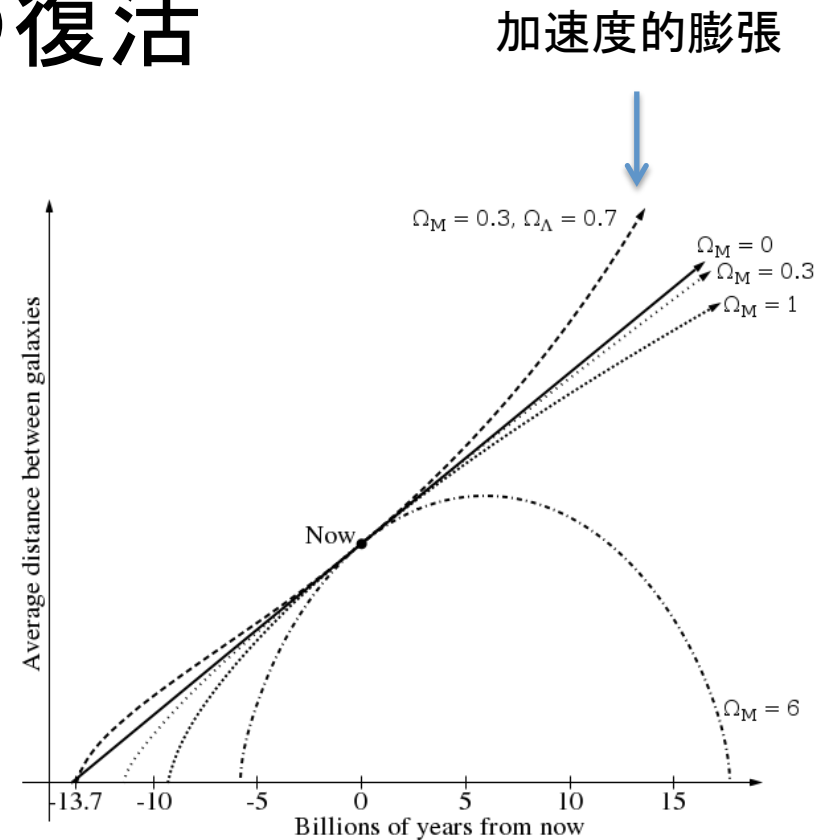
膨張宇宙解

- 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。

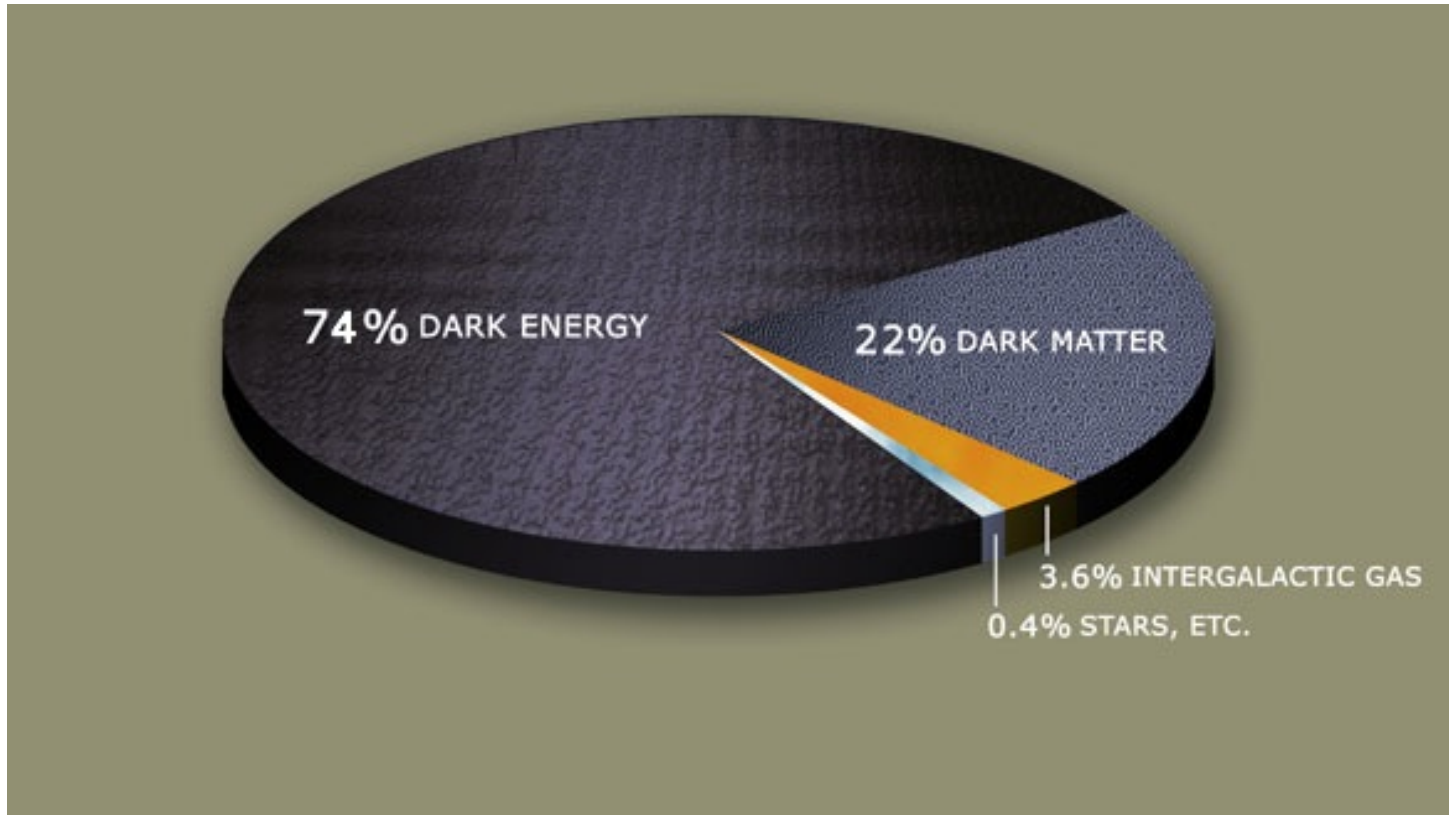


宇宙項の復活

- 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！ $\Rightarrow$ 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ほんの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

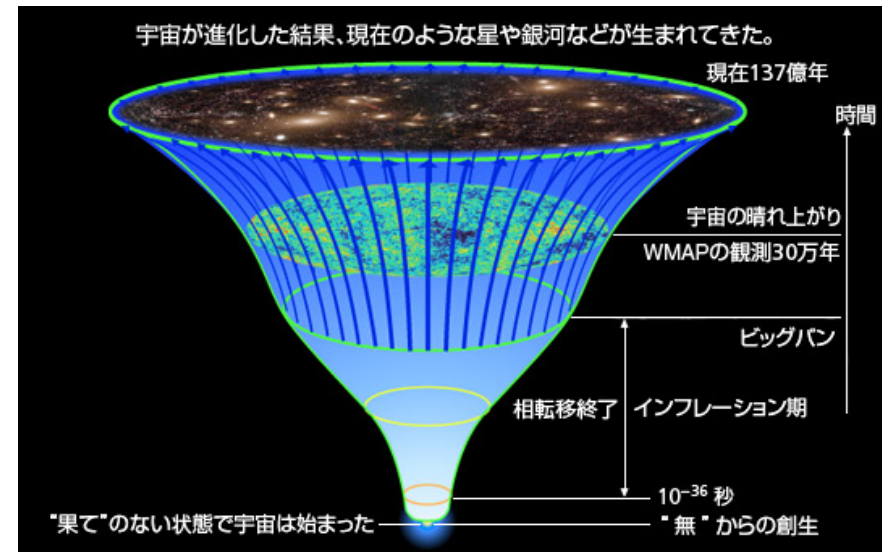
- 候補1：普通の物質だが暗くて見えないモノ。ほとんど光らない星、チリなど。
 - Massive Compact Halo Objects => MACHO(マッチョ)
- ある種の素粒子(未発見のモノを含む)
 - Weakly Interacting Massive Particles => WIMP(弱虫)
- ダークマターの正体説明は現代天文学・物理学の最大の課題の一つ。

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
るっぽいけど、、

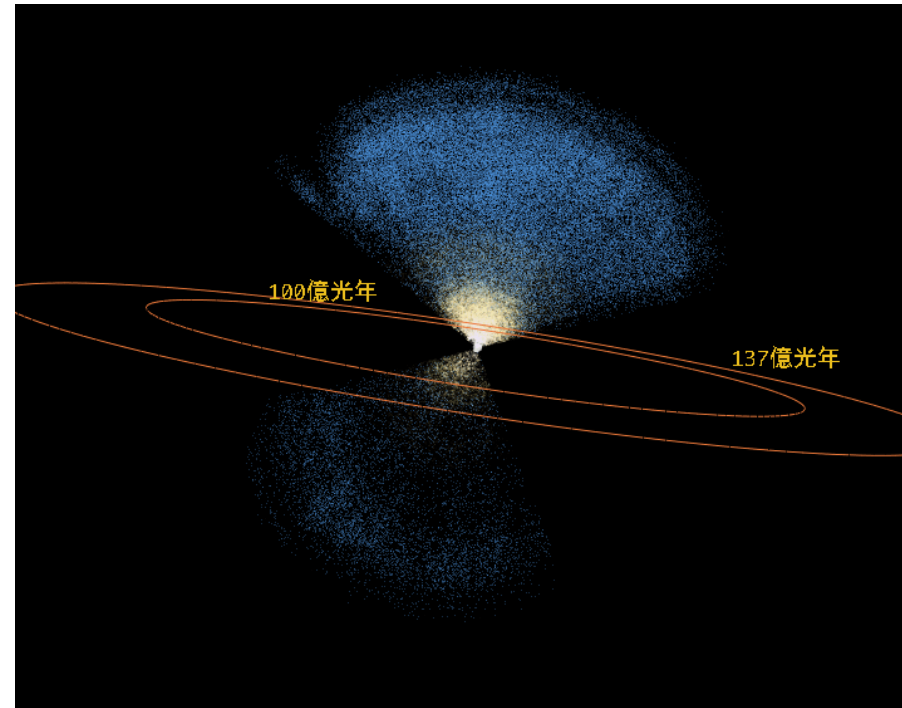
宇宙は何から生まれたのか？～現在の理解

- 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」の果てということ是可以する
- その先には....

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。

