

学術俯瞰講義

2. 物質の生い立ち

—素粒子、原子、宇宙—

理学系研究科物理学専攻
ビッグバン宇宙国際研究センター
佐藤 勝彦

「†:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。」

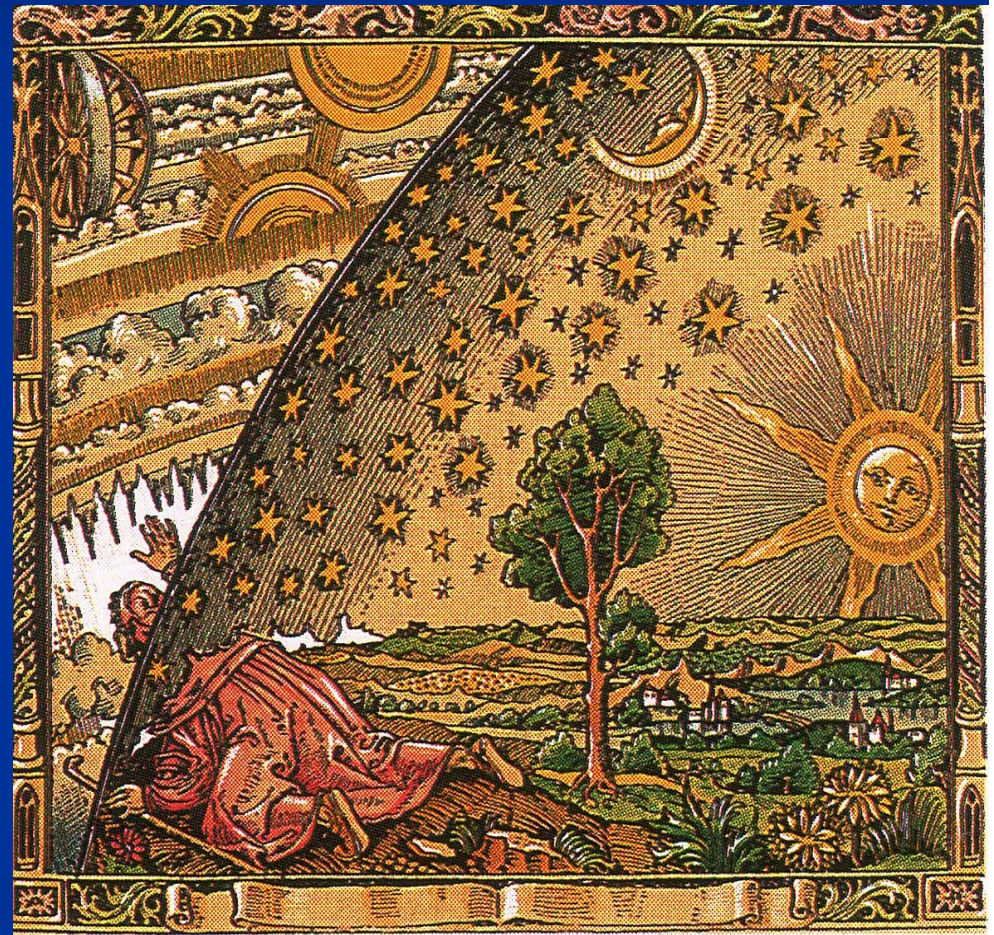
2. 物質の生い立ち —素粒子、原子、宇宙—

- 講義1 私たちは物質世界をどのように認識してきたか —物質の階層構造—
- 講義2 物質世界はどのように運動するのか —物理法則—
- 講義3 時空 —物質の演舞の舞台—
- 講義4 宇宙の創生、進化
—統一的自然観をめざして—

宇宙の進化

—統一的自然観をめざして—

- 1. 宇宙とは？
- 2. 相対論的宇宙論
- 3. ビッグバン宇宙
- 4. 統一理論と宇宙の創生
- 5. 観測的裏付け
- 6. 暗黒物質、暗黒エネルギー問題
- 7. まとめ



1. 宇宙論とは？

中国淮南子によれば

宇：四方上下＝空間

宙：往古来今＝時間

宇宙とは、時空とその中に含まれる
物的存在をあわせたもの。

科学的に宇宙の始まりを知るためには
時間・空間の物理、一般相対論が必要。

人類はその歴史が始まったころから
自らが住んでいるこの世界がどのよ
うなものであるのか問い続けてきた。

- 遠くに行けば世界はどうなっているのだろうか？
世界には果てがあるのだろうか？
- この世界は昔からこのようであったのだろうか？
世界には始まりがあったのだろうか？ これから
宇宙はどうなるのだろうか？

これらの問いかけは、神話や哲学の課題として問い
続けられてきた。



Snorri Sturluson

◆ EDDA ◆

New complete translation by
Anthony Faulkes



エーダ アイスランドバイキ ングのサガ(伝説)

時の始まったときには、
何もなかった。砂も海もま
た冷たい波もなかった。
地は見当たらず、上に空
もなく大きな口を開けた
裂け目があったが、どこ
にも草木はなかった。

シヴァ神 (宇宙破壊神)

右足で立ち、左足を上げたダンスで宇宙を、創生(ブラフマー)、維持(ヴィシュヌ)、破壊(シヴァ)する。

三神一体＝トリムールイ

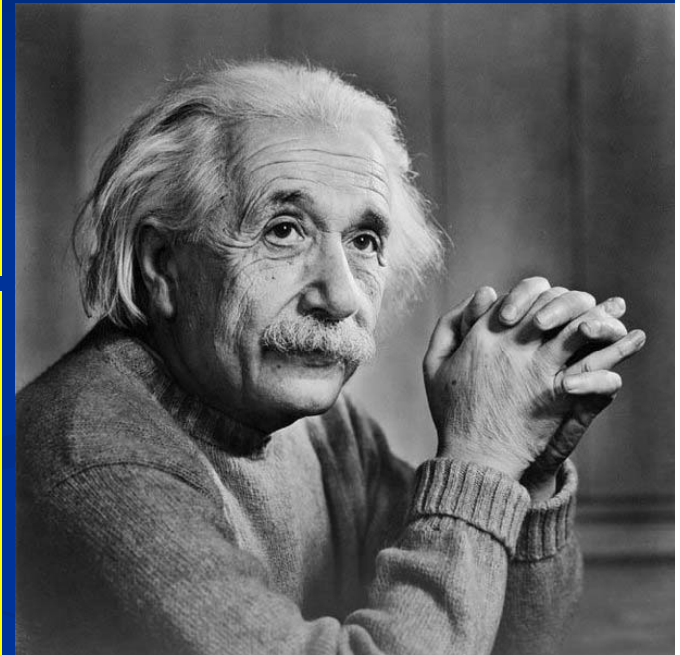
右手に持った小太鼓で宇宙の創生を奏でる。



宇宙の創生： アインシュタインの言葉より

「私は神がどのような原理に基づいてこの世界を創造したのか知りたい。そのほかのことは小さなことだ。」

「私のもっとも興味を持っていることは、神が宇宙を創造したとき、選択の余地があったかどうかである。」



今、これらの疑問に科学の言葉で答えることができる時代になった。

2. 相対論的宇宙論

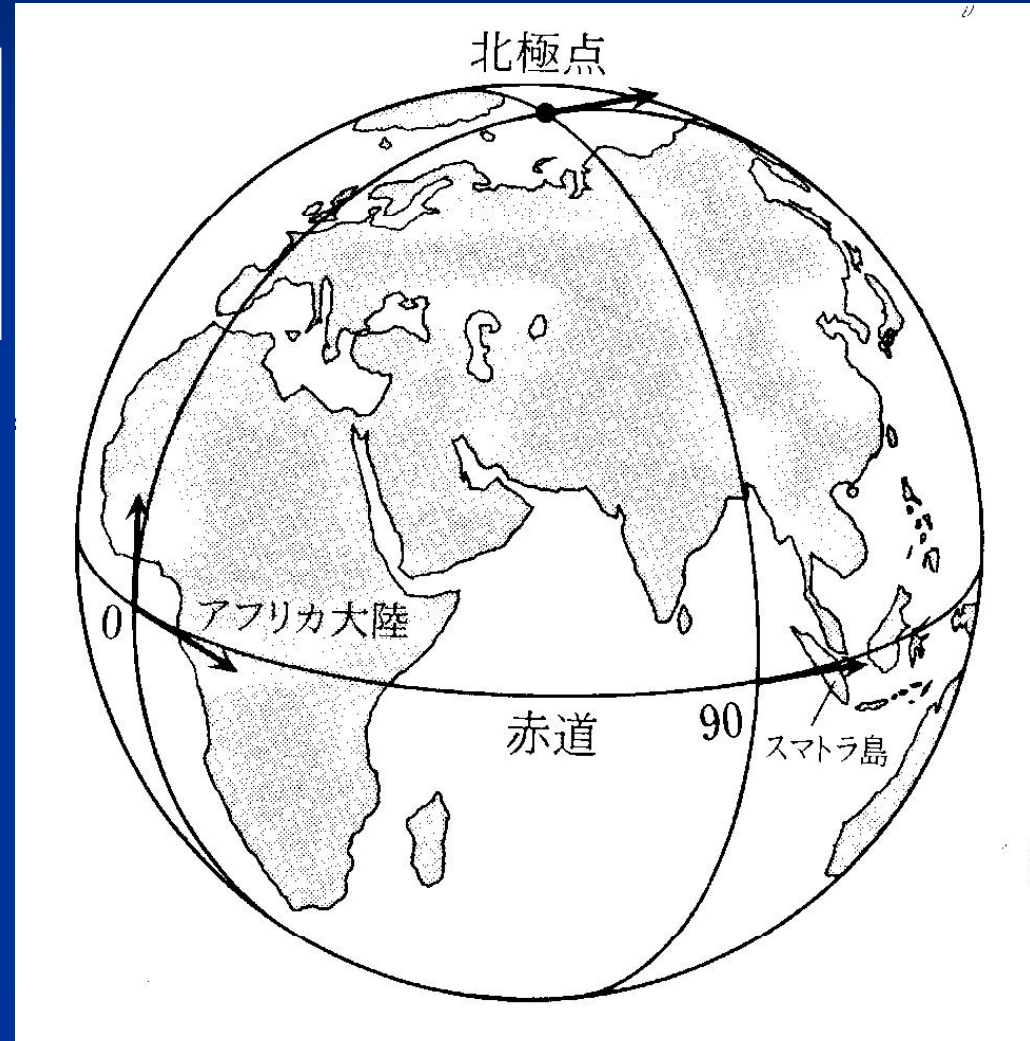
アインシュタインの静止宇宙モデル（1917）
収縮も膨張もしないモデル。

4次元のユークリッド空間に埋め込まれた4次元球の表面（3次元）。次元を1つ下げれば地球の表面のようなもの。

曲率が正。

閉じた（有限の）宇宙モデル。

しかしどこまで行っても、果てのない宇宙。



アインシュタインは宇宙は永遠不変だと確信していた。

アインシュタインの静止宇宙モデル（1917）

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

時間空間の幾何学を表す量

万有引力を表す量

宇宙定数（宇宙斥力：空間が互いにおしあう）を導入して、収縮させようとする万有引力と釣り合わせ、静的モデルを作った。

フリードマン宇宙モデル (1922)

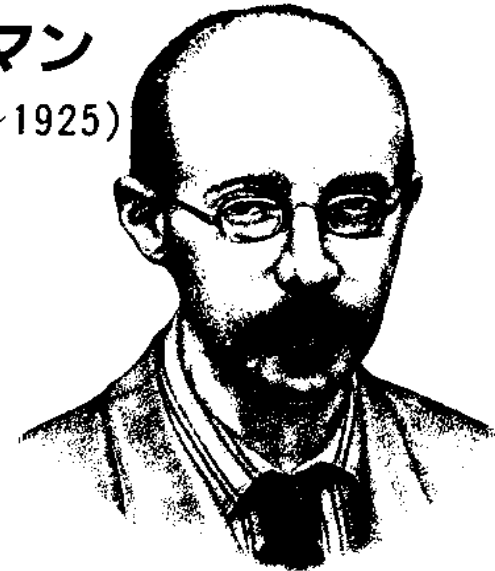
アインシュタインの元の方程式を使って、宇宙が膨張することを示した。

宇宙原理(宇宙は一様・等方)を満たす宇宙の
アインシュタイン方程式

$$\dot{R}^2 + K = \frac{8\pi G}{3} \rho R^2$$

●フリードマン

(ソ連・1888～1925)



佐藤勝彦 2001「宇宙はわれわれの宇宙だけではなかった」
PHP文庫 P91

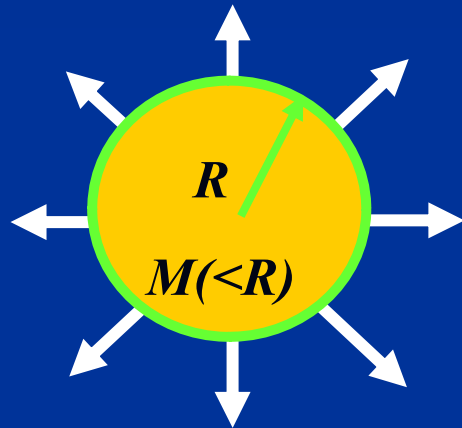
R: 宇宙のスケール項

$$\begin{aligned} &= +1 \\ K &= 0 \\ &= -1 \end{aligned}$$

曲率の
符号

フリードマン宇宙モデル (1922)

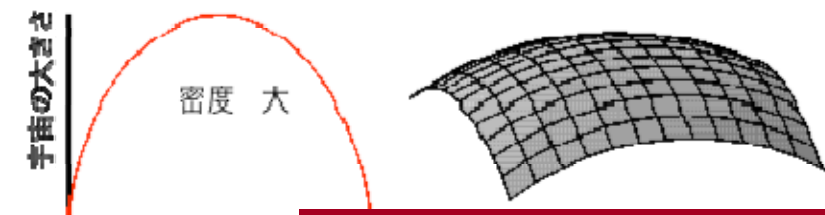
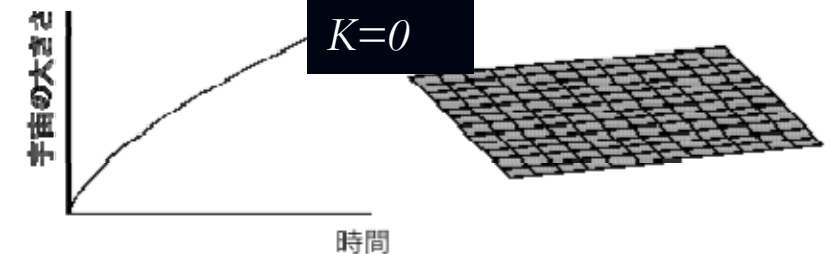
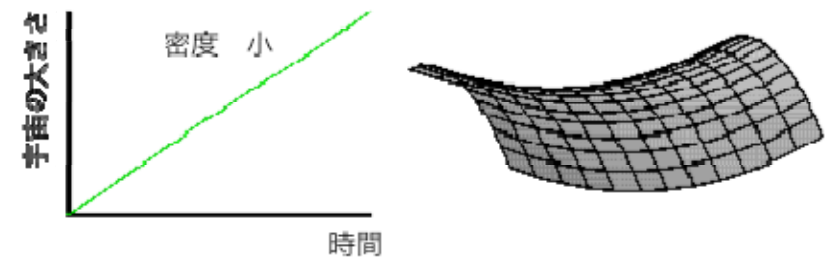
アインシュタイン方程式は、
変形すると、一様密度の球
の半径の時間変化の式



$$\frac{\dot{R}^2}{2} - \frac{GM}{R} = -\frac{K}{2},$$
$$M \equiv \frac{4\pi}{3} \rho R^3$$

G : ニュートンの重力定数
 M : 半径 R 内の球の質量
 K : 系の全エネルギー(定数)
 ρ : 半径 R 内の球の平均質量密度

$K < 0$: 永遠に膨張を続ける



$K > 0$: やがて収縮に転じる

アインシュタインのフリードマン論文審査報告：

フリードマンの結果は疑わしい。計算しなおしてみると、静的モデルになった。Somewhat haughtily, the Friedmann's results suspicious and that he found there are error; after correction Friedmann's solution reduced to the stationary one.
(Blackholes and Universe, by I. Novikov, 1990.)

G.ルメートル(1927)も 宇宙が膨張するモデルを発表。

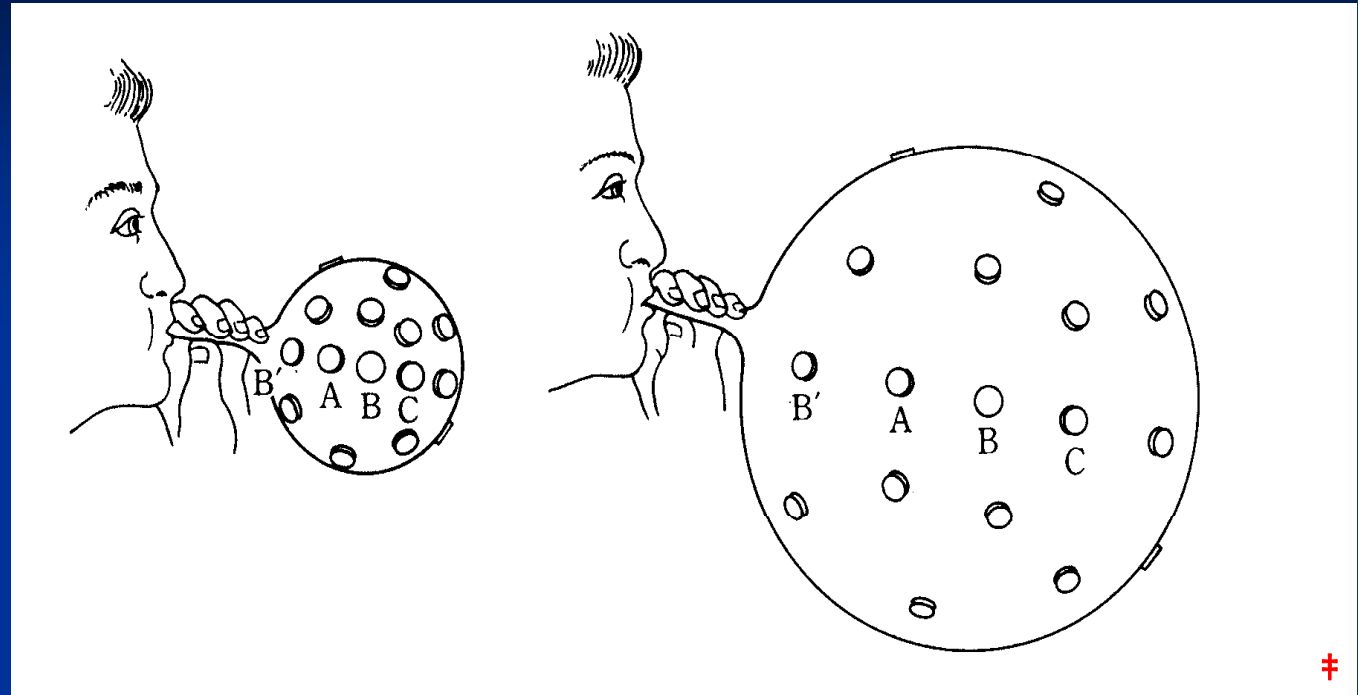
ルメートルに対して。

あなたの計算は正しいが、物理のセンスは忌まわしい。Your calculations are correct, but your physical insight is abominable.
(5th Solvay Conf.1927.)



佐藤勝彦 2001「宇宙はわれわれの宇宙だけではなかった」
PHP文庫 P93

膨張宇宙の発見 (E.Hubble,1929)



佐藤勝彦 2001「宇宙はわれわれの宇宙だけではなかった」 PHP文庫 P103

ハッブルの法則：
遠くにある銀河ほど、
高速度で遠ざかっている。

ノーベル賞を束にして出してよい大発見。

もはやこの世界は永遠不変ではなく、始まりがあり、動的に進化する存在である。



<http://image.gsfc.nasa.gov/People/people/Hubble.gif>

銀河が宇宙の基本構成天体



出典: <http://www.solarviews.com/cap/ds/milkyway.htm>

銀河が宇宙の基本構成天体



銀河が宇宙の基本構成天体

銀河は“蜂の巣構造”で分布

宇宙は100億光年を越えて、銀河で満ちている。 = 銀河宇宙



ハッブル宇宙望遠鏡



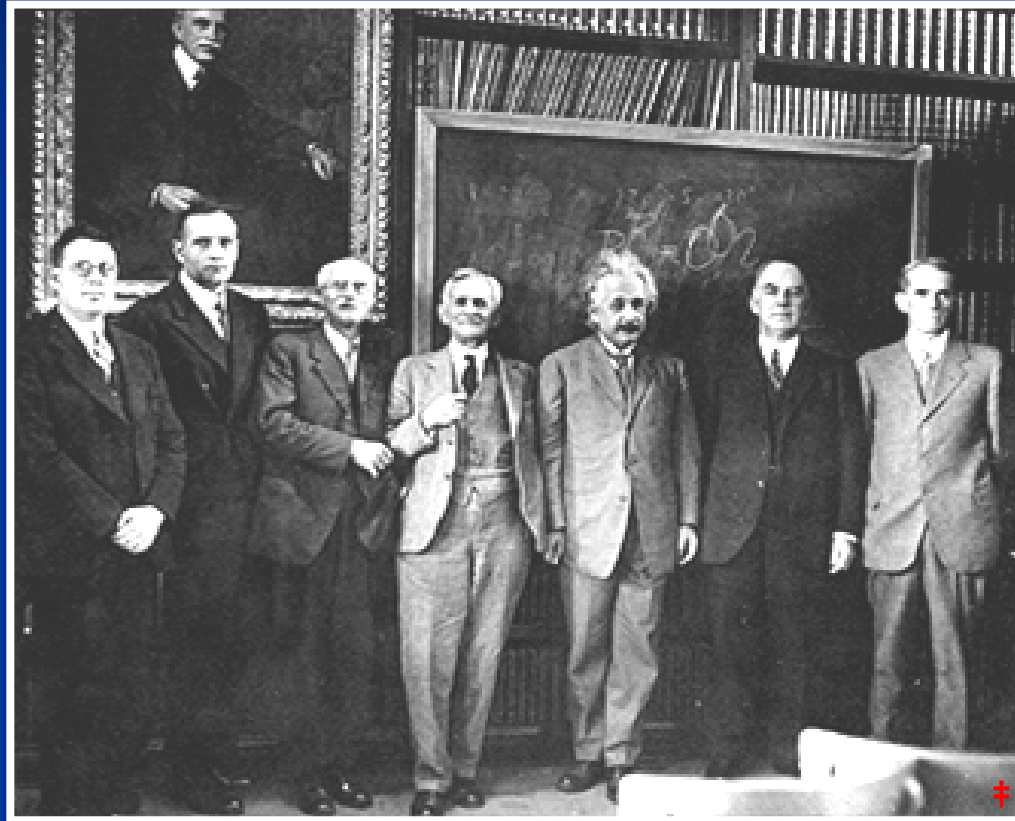
- 1990年4月24日に打ち上げられた宇宙望遠鏡(口径2.4m)。打ち上げ直後はピンボケであったが、1993年12月、スペースシャトルエンデバー号による修理の結果、0.1秒角の解像度を達成。
- 宇宙膨張の速さ、ハッブル定数を測定。宇宙年齢 およそ 140億年。



アインシュタイン：宇宙定数の導入は人生最大の失敗だった。

1931年に
ウィルソン山天文台
を訪問した
アインシュタイン

<http://www.mtwilson.edu/History>



自分の方程式の予言を素直に信じないで、宇宙膨張の予言ができなかったことは、不覚だった。しかし、宇宙定数の導入自体は、彼の輝かしい業績の一つである。

宇宙定数の導入は人生最大の失敗ではなかった！

- 宇宙の初期におこる急激な膨張、インフレーションは真空のエネルギーに対する斥力によるが、真空のエネルギーは数学的にはアインシュタインの宇宙定数と同じ。
- 最新の観測は、現在の宇宙は加速度的に膨張していることを示している。第2のインフレーション？

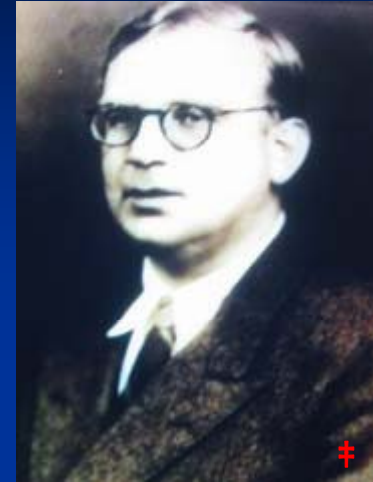
アインシュタインの宇宙定数は復活！

講義後半に仔細紹介

3. ビッグバン宇宙モデルの成立

1. ガモフは、原子核物理学に基づき、宇宙は熱い火の玉から始まらなければならないことを示した。(1946)

宇宙を構成する元素はほとんど水素やヘリウムであり、重元素は微量である。これを説明するためには、巨大な一個の原子核として始まった宇宙は高温で分裂しなければならない。



●ガモフ(アメリカ・1904-1968)

2. 宇宙マイクロ波背景放射の発見。(1965)

宇宙が熱い火の玉として始まった証拠

物理学の偉大なる勝利である。

ペンジャス
(アメリカ・1933 -)



ウィルソン
(アメリカ・1936 -)

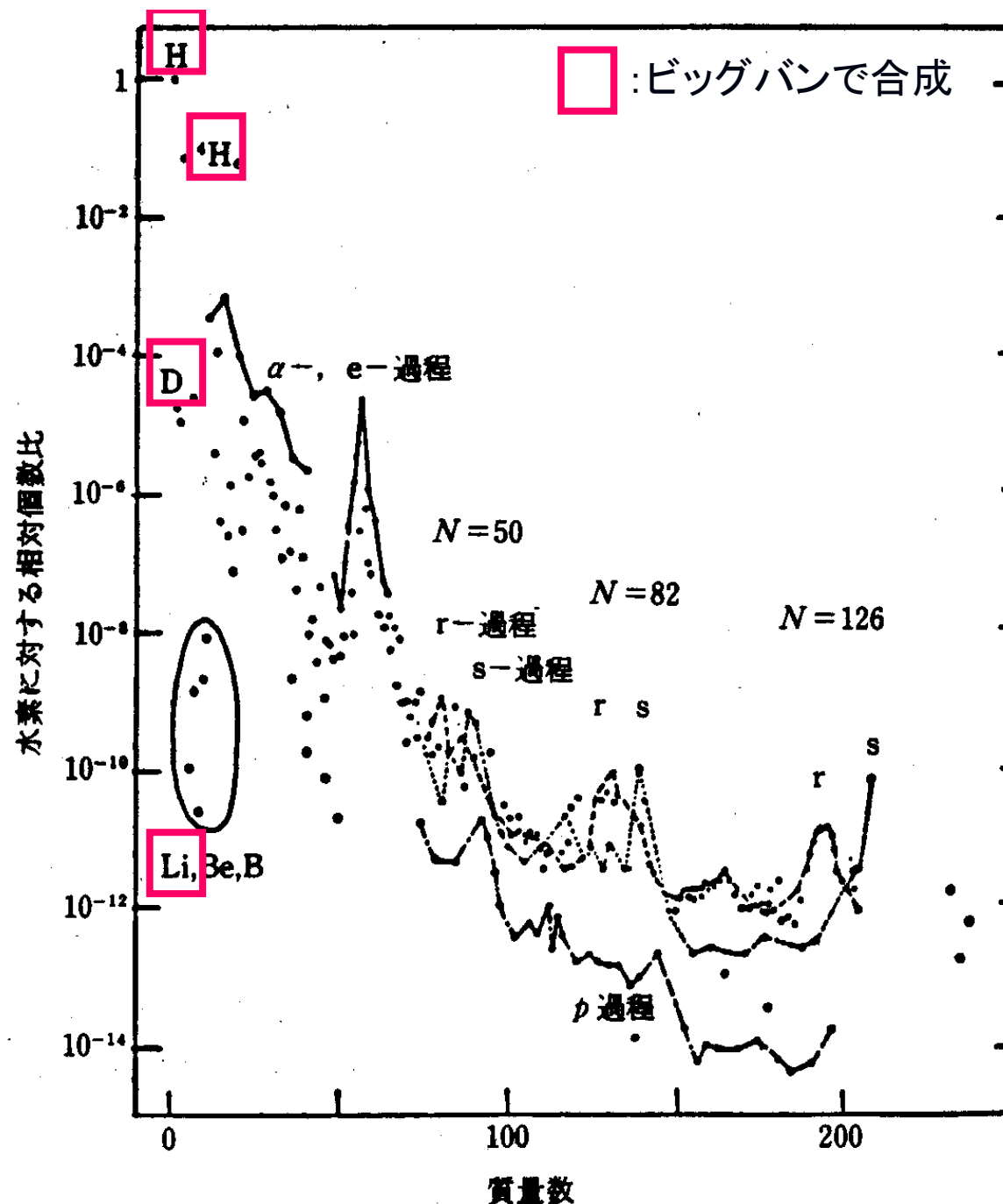


宇宙における 元素の 組成比

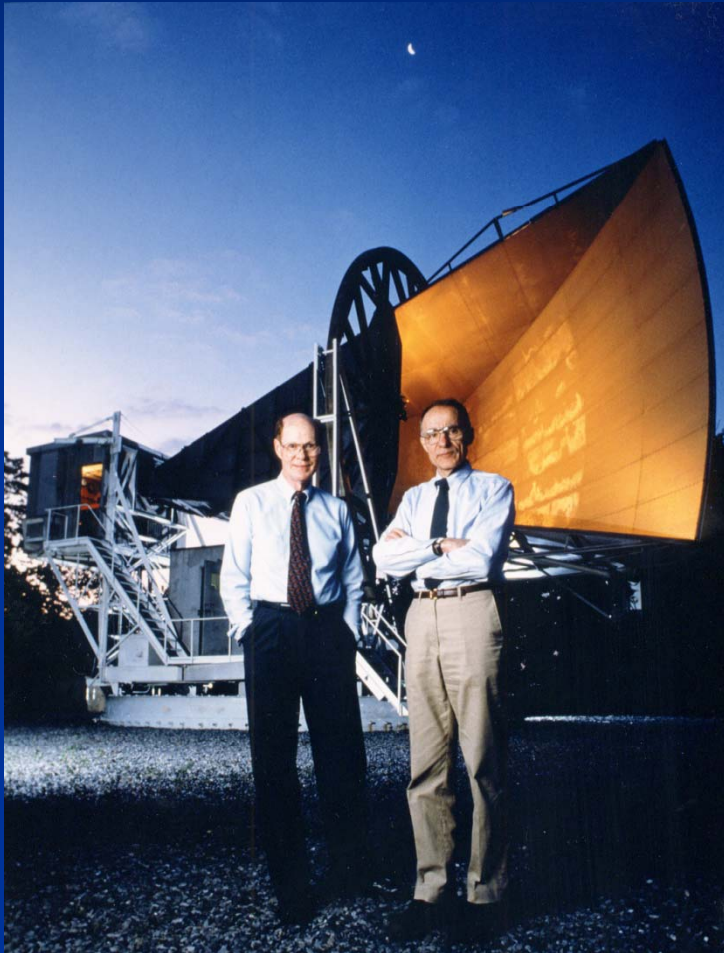
ガモフは元素の分布を
ビッグバンによって、一
挙に説明しようとした。

ビッグバンで合成され
る元素は軽元素
(H,D,He,Li)のみ。

他は星の中で合成され
る。



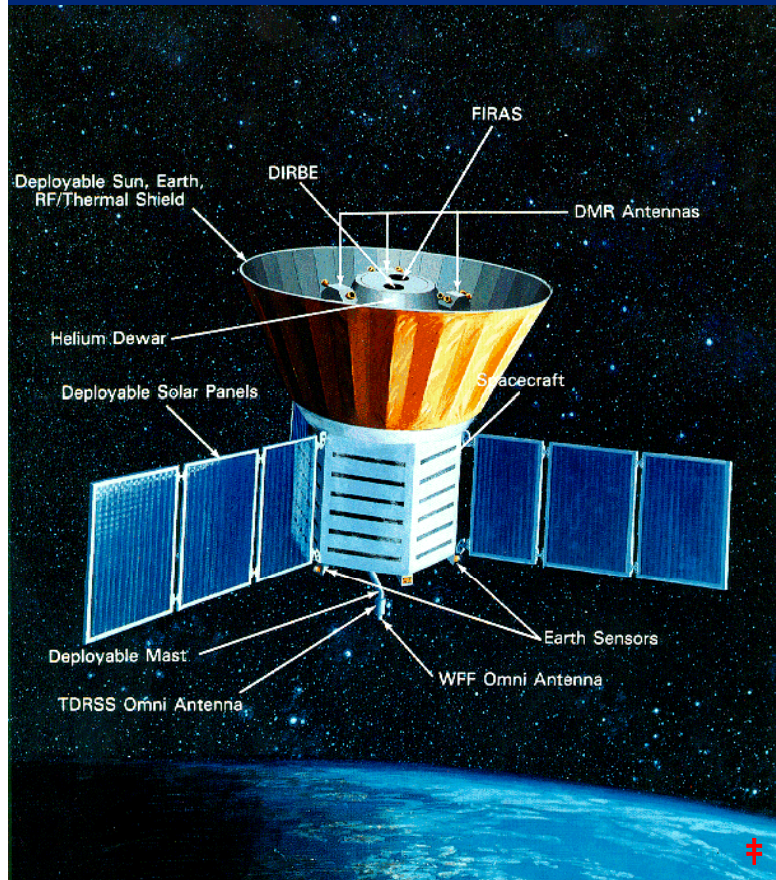
火の玉宇宙の証拠： マイクロ波背景放射



テルスター衛星での宇宙通信
技術開発中に発見

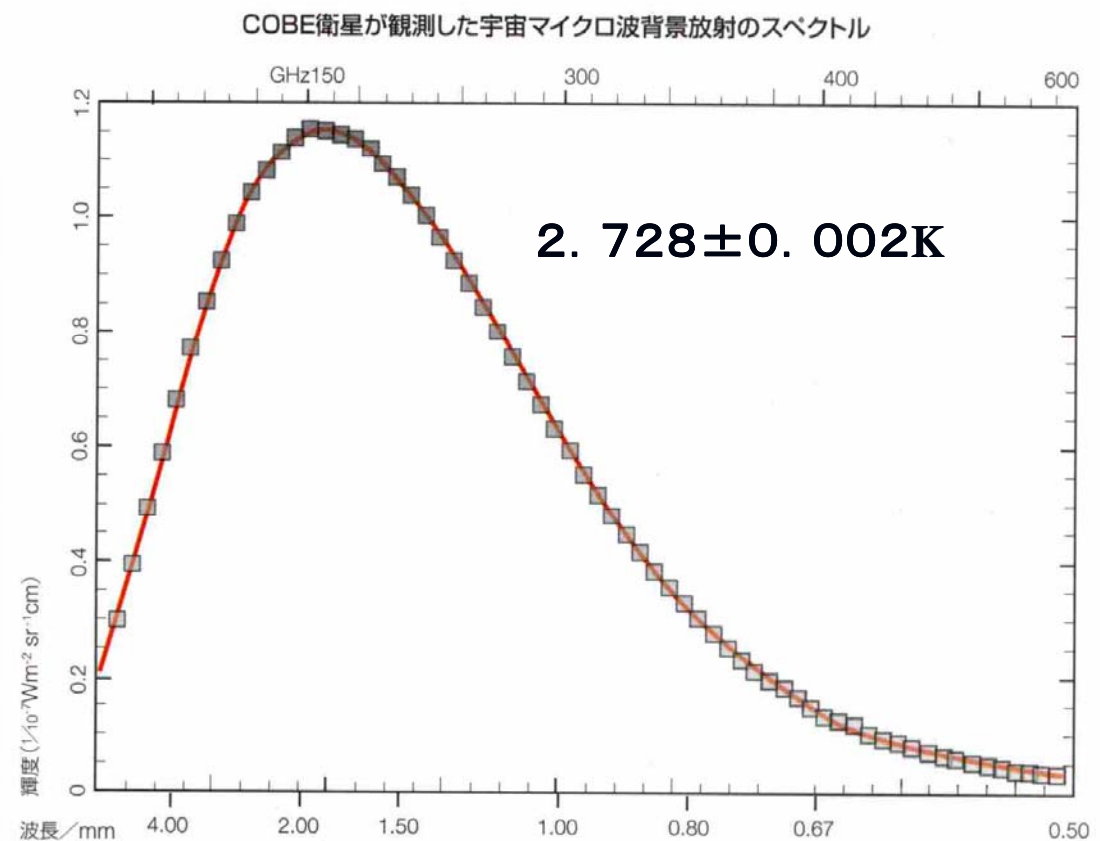
- 元素の起源の研究から、ガモフの共同研究者(アルファー、ハーマン)が、理論的に存在を予言。
火の玉が冷えて現在は温度、5K。
- 1965年に、ベル研究所のペンジアスとウィルソンが発見、測定温度、3. 5K。
- 現在の観測温度、
 $2.728 \pm 0.002\text{K}$

マイクロ波宇宙背景放射は完全な、 黒体放射(プランク分布)だった。(1992)



COBE衛星

マイクロ波宇宙背景放射探査衛星



4. 統一理論と宇宙の創生

ビッグバン宇宙論の原理的困難

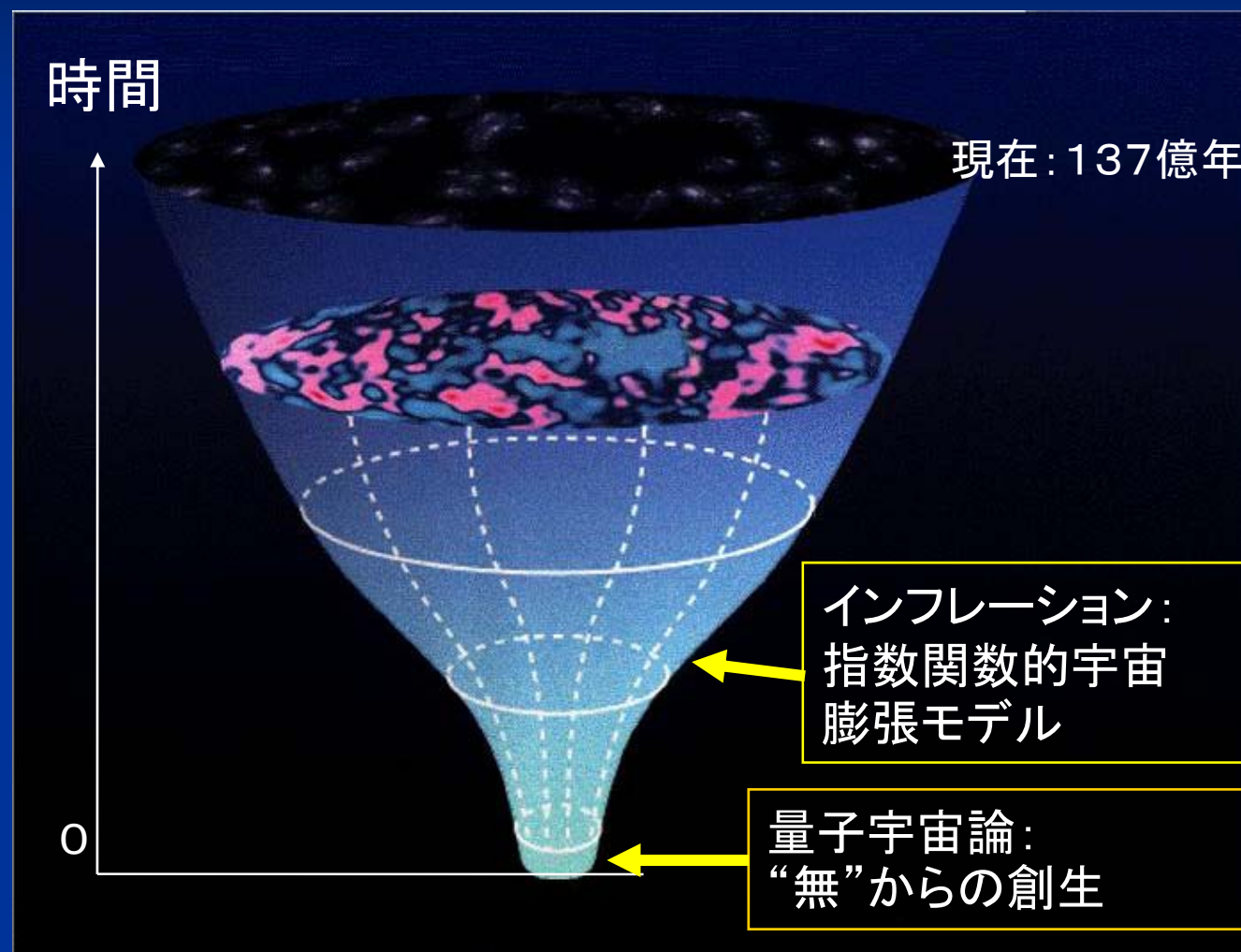
ビッグバン宇宙は、物理学が破綻する時空の「特異点」から始まらなければならない。

— 物理法則では決まらない神の一撃 —

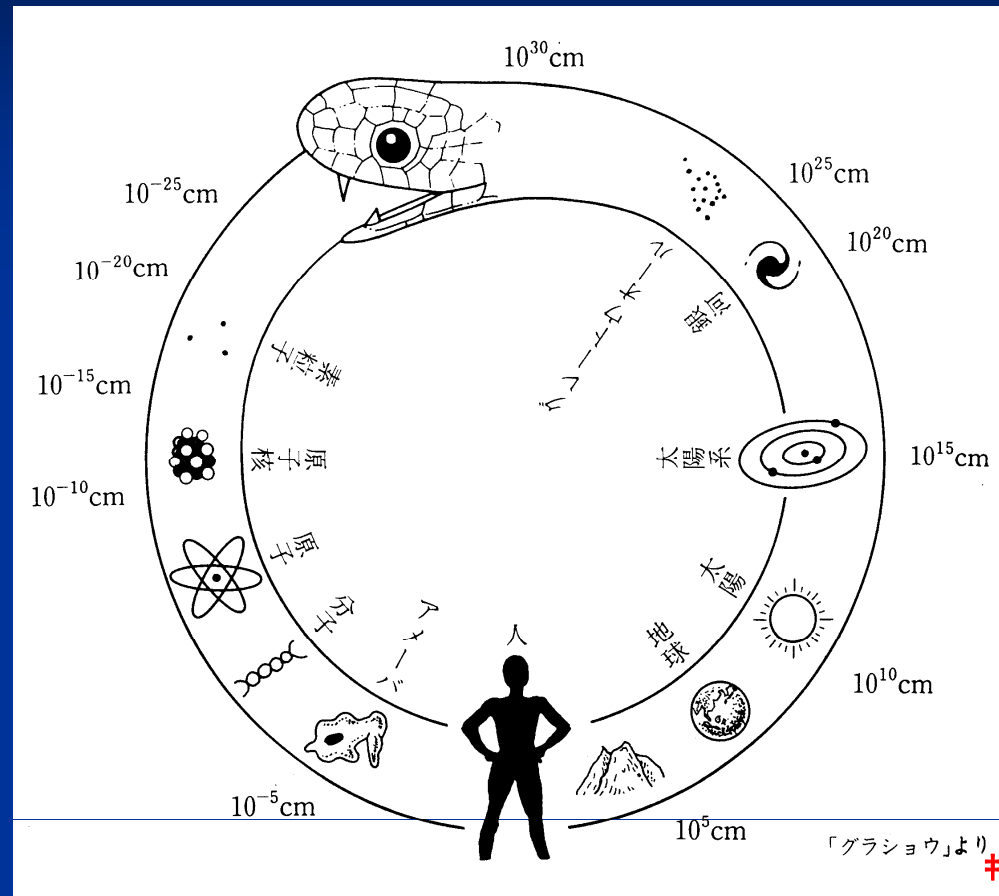
ビッグバン宇宙論の問題点

- 1. なぜ火の玉として始まるのか？
- 2. 現在の宇宙構造の起源を説明できない。
銀河や銀河団の種を宇宙初期で仕込もうとしても、
地平線(因果律)を超えて作らなければならない。
- 3. 一様性問題: 宇宙背景放射が地平線(因果律)を越えて
一様であるのは謎である。
- 4. 平坦性問題: 宇宙は極めて平坦であるが、相対論から考えると
不思議である。

これらの困難・問題を解決するために
インフレーション理論、量子論的創生が考えられた。



宇宙という物的存在としては最も大きな存在の起源を研究するためには、逆に最も小さな極限である素粒子の法則が必要である。



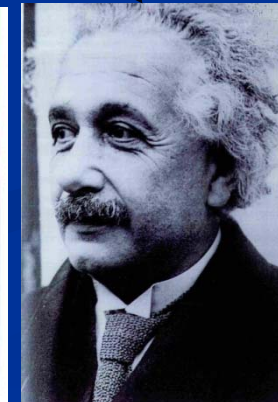
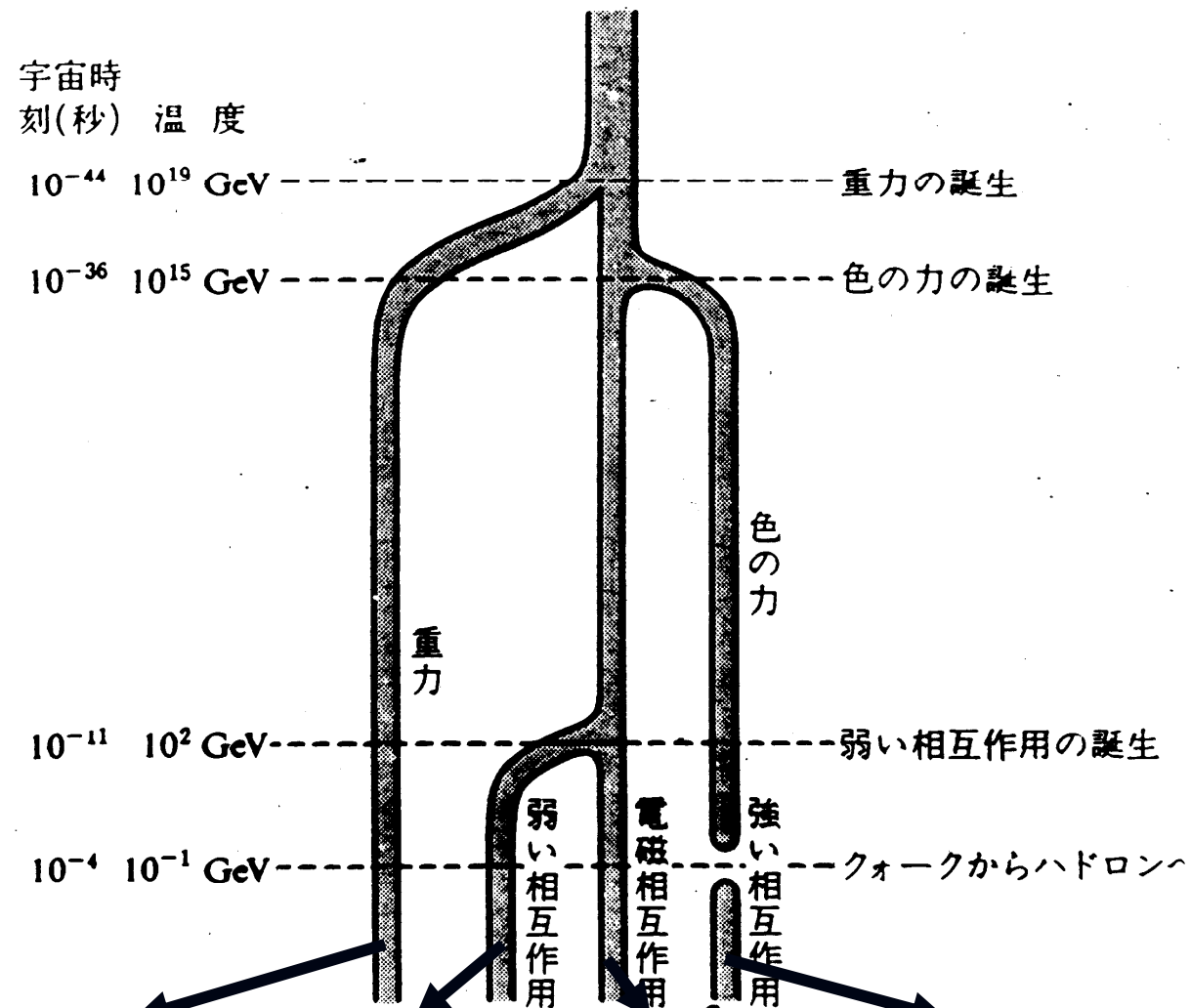
ウロボロスの図

『宇宙「96%の謎」』 佐藤勝彦著、実業之日本社、p.61

未完ではあるが、「力の統一理論」が、初期宇宙、宇宙の創生の鍵。

統一理論の 予想する 「力の進化」

生物の進化と
同じように、
力も枝分かれ
し進化する。



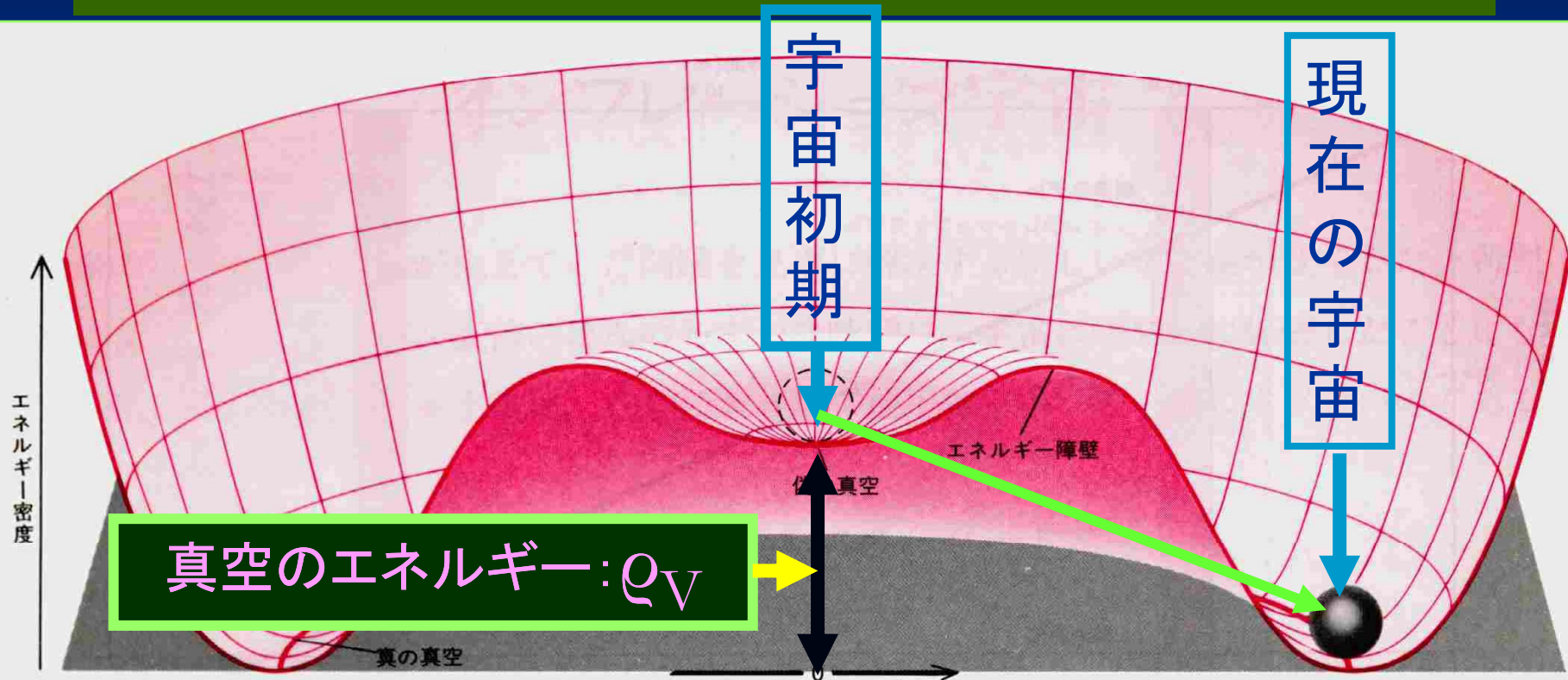
佐藤勝彦
2001

「宇宙はわれ
われの宇宙
だけではな
かった」

PHP研究所
P35

真空の相転移

によって力は枝分かれを起こす。



佐藤勝彦 2003 『宇宙「96%の謎」』 実業之日本社 P127

創生直後の宇宙は真空のエネルギーに満ちていた！
真空のエネルギー密度は相転移まで一定、 ρ_V

真空のエネルギー密度、 ρ_V は、
アインシュタインの宇宙定数、 Λ と同じ役割を果たす。

$$\Lambda = \frac{8\pi G}{c^4} \rho_V$$

アインシュタインの宇宙定数は宇宙初期において復活した！

真空のエネルギーに働く斥力(空間の押し合う力)によって宇宙は
加速度的急膨張



宇宙の**インフレーション**と呼ぶ。

インフレーションは魔法のメカニズム？

- 真空のエネルギー密度は、相転移がおこるまで一定。決して宇宙が膨張しても真空のエネルギー密度は薄まることはない。体積が増えれば、それに比例して宇宙全体の真空のエネルギーは急増大。(状態方程式 $p(\text{圧力}) = -\rho c^2$ (エネルギー密度) の流体に相当)
- その真空のエネルギーに斥力が働き、宇宙を急膨張させる。
- あたかも、ただで 宇宙の物質エネルギーを創っているように見える。
- 急増大した真空のエネルギーが相転移によって熱エネルギーに換わり、巨大な火の玉宇宙が創生される。

クォーク、レプトンが真空のエネルギーより生成

真空のエネルギー $\rightarrow \gamma, \rightarrow q + \bar{q}, \rightarrow e^- + e^+, \rightarrow \nu + \bar{\nu}, \dots$

インフレーション理論とその予言。

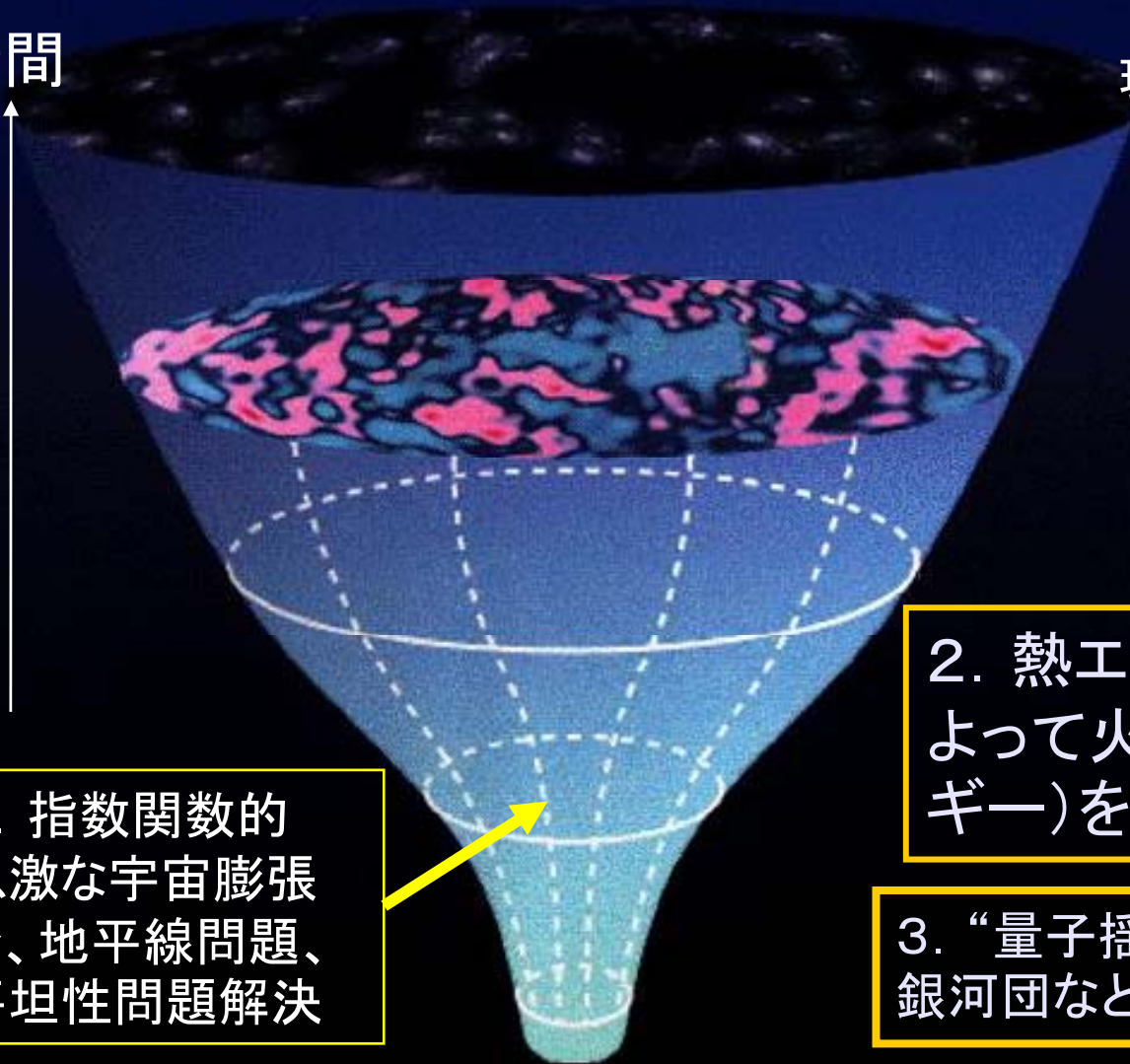
時間

現在: 137億年

1. 指数関数的
急激な宇宙膨張
で、地平線問題、
平坦性問題解決

2. 熱エネルギーの解放に
よって火の玉(物質エネ
ルギー)を作る。

3. “量子揺らぎ”を引き伸ばし、銀河、
銀河団など宇宙構造の種を仕込む。



宇宙における
究極の「物質の生い立ち」は、
インフレーションだった。



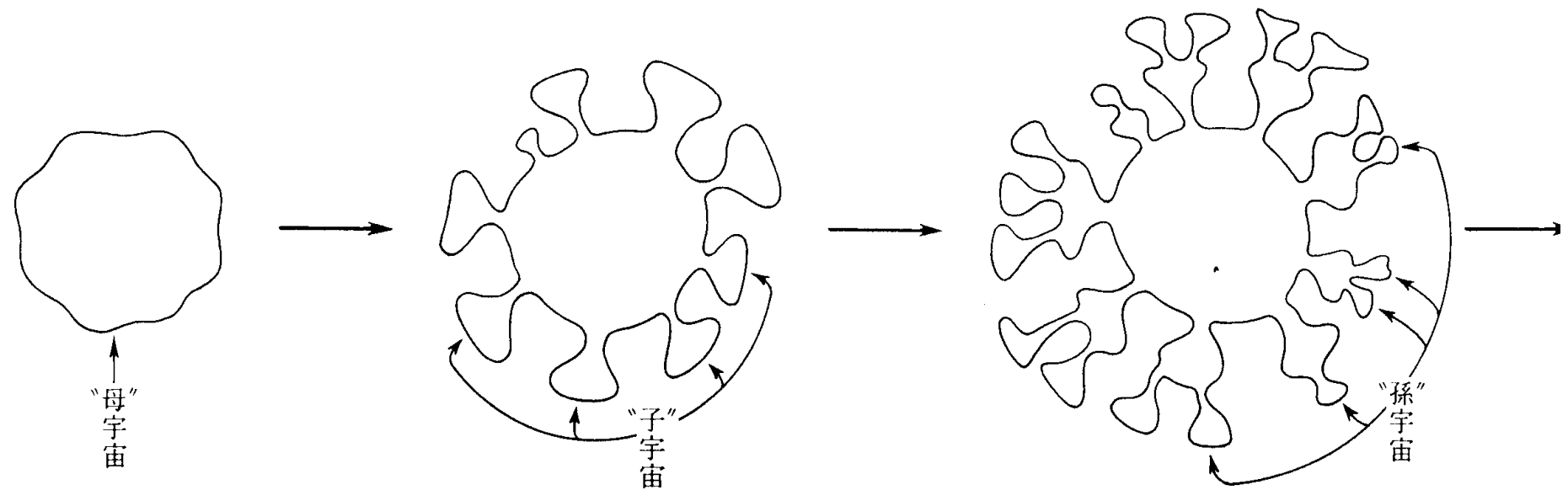
「物質世界の構造の生い立ち」も
インフレーション期の“量子揺らぎ”だった。



インフレーションは、物質だけではなく、
無数の宇宙を創るメカニズムである。

宇宙の多重発生

インフレーション期に宇宙は無限に作られる。

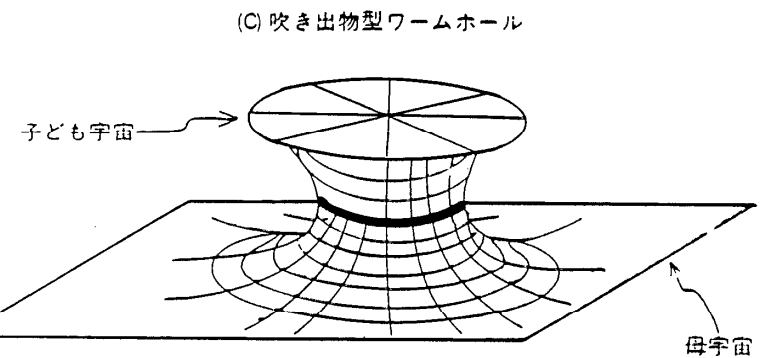
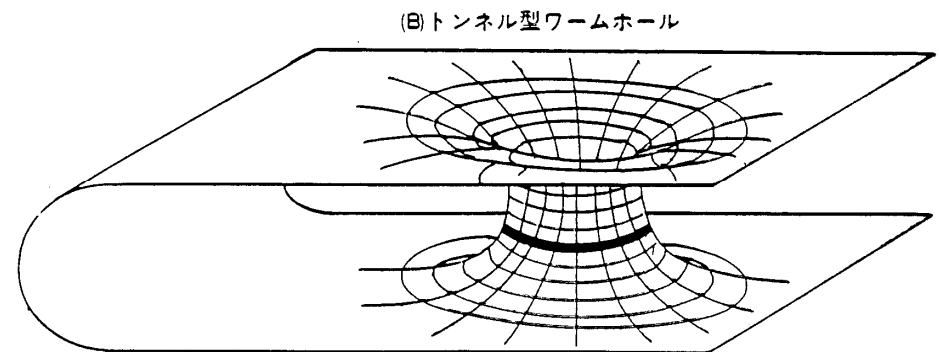
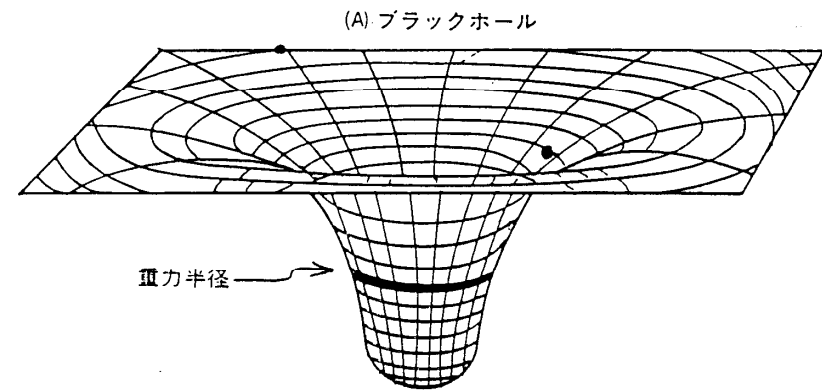


無限の宇宙(multiverse)。
-宇宙は我々の宇宙だけではなかった-

子宇宙は、キノコ形
ワームホールの形成
によって生まれる。



ワームホール



壺中の天
(後漢書
方術伝)



壺中の
天地には
美酒、山海
の珍味が
満つ。

佐藤勝彦 1990「壺の中の宇宙」
二見書房

インフレーション理論まとめ

1. ビッグバン宇宙(火の玉宇宙)を作るメカニズムである。

- ①小さな量子宇宙をマクロ宇宙へと膨張させ、
 - ②量子揺らぎを引き伸ばし宇宙構造の種を仕込み、
 - ③真空のエネルギーを熱エネルギーに転換し、宇宙に物質エネルギーを満たす。
- (しかし、統一理論が未完のため、インフレーションを起こす場が不明。
インフラトン場とよばれている。)

2. 無限に宇宙を作るメカニズムである。

母宇宙から子宇宙を、そこから孫宇宙へと無限に。

しかし、母宇宙はどうして創られるのか？

Creation of Universes from nothing !

—宇宙は無から創生される。—

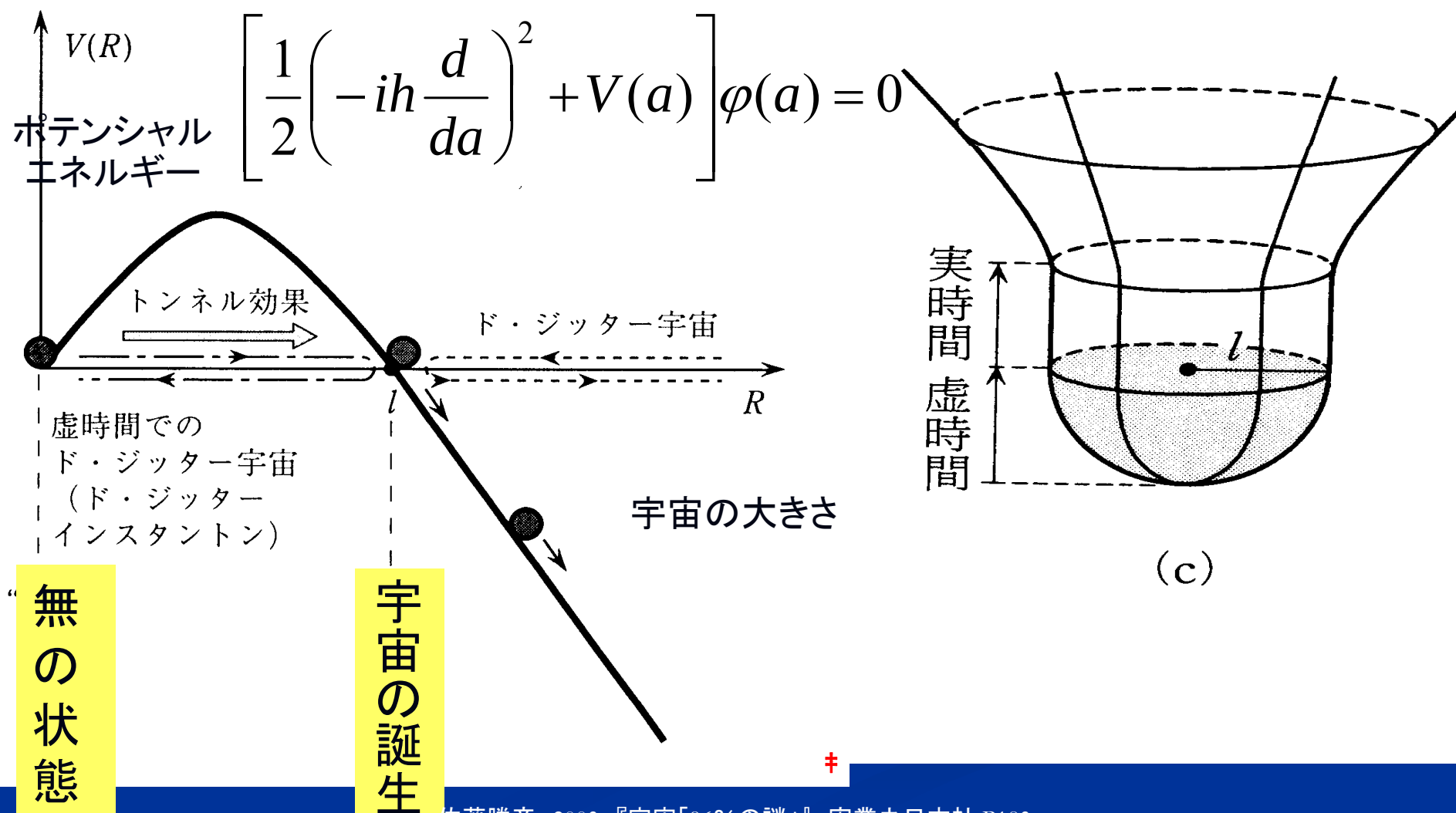
A. Vilenkin (83)



量子重力理論

“無”からの創生/果てのない条件からの創生

ウィーラ・ドイット方程式 (宇宙のシュレディンガー方程式)

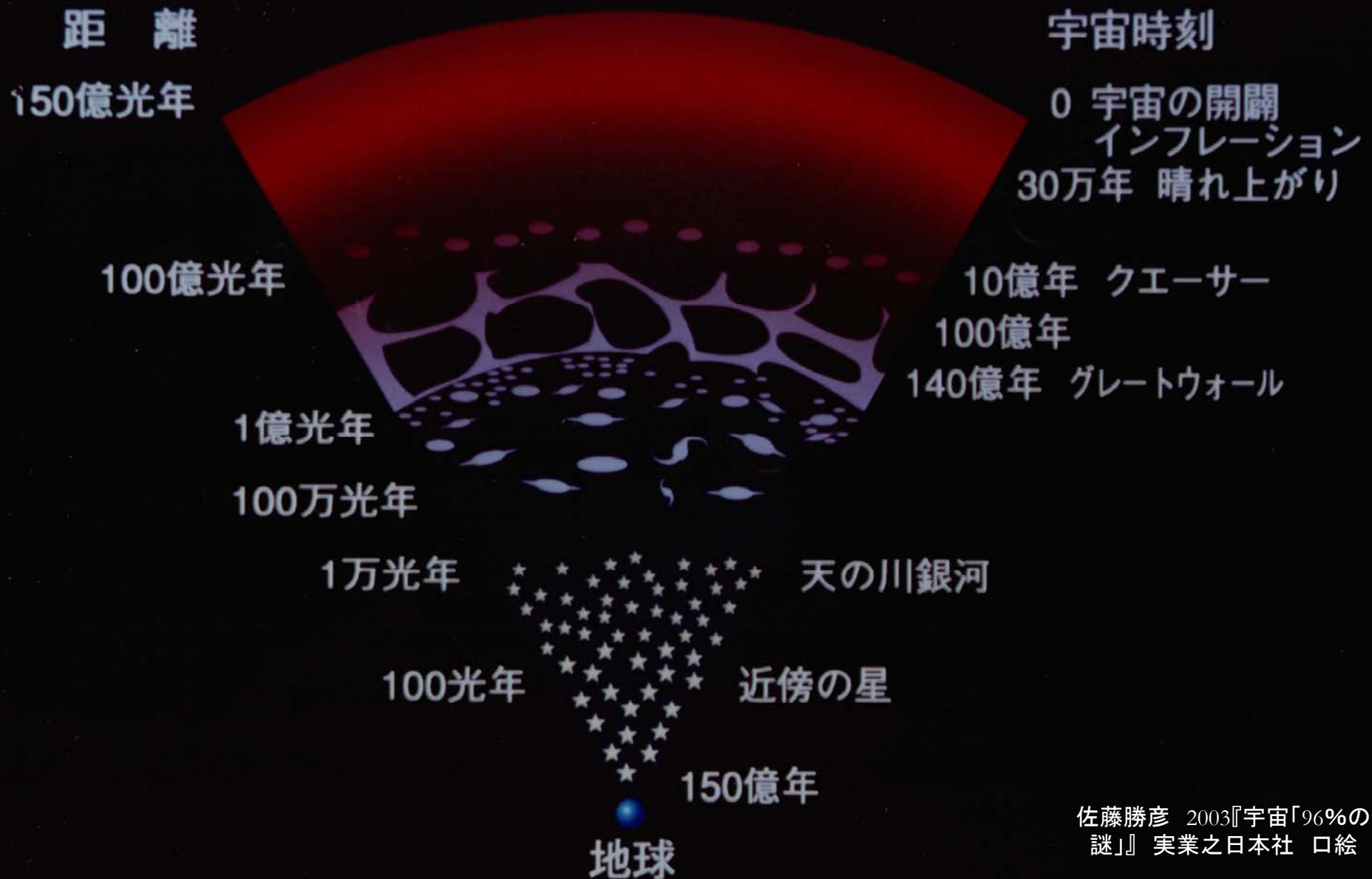


現在の宇宙創生と進化のパラダイム

1. 宇宙は“無”から生まれた。
2. 創生された量子宇宙はインフレーションを起こし、巨大な宇宙へと成長した。潜熱の解放により、物質エネルギーが生まれ火の玉宇宙となった。
3. インフレーション中の量子揺らぎは引き伸ばされ、宇宙構造の種が仕込まれた。
4. 揺らぎはしだいに成長し、銀河、銀河団など現在の宇宙の豊かな構造を形成した。

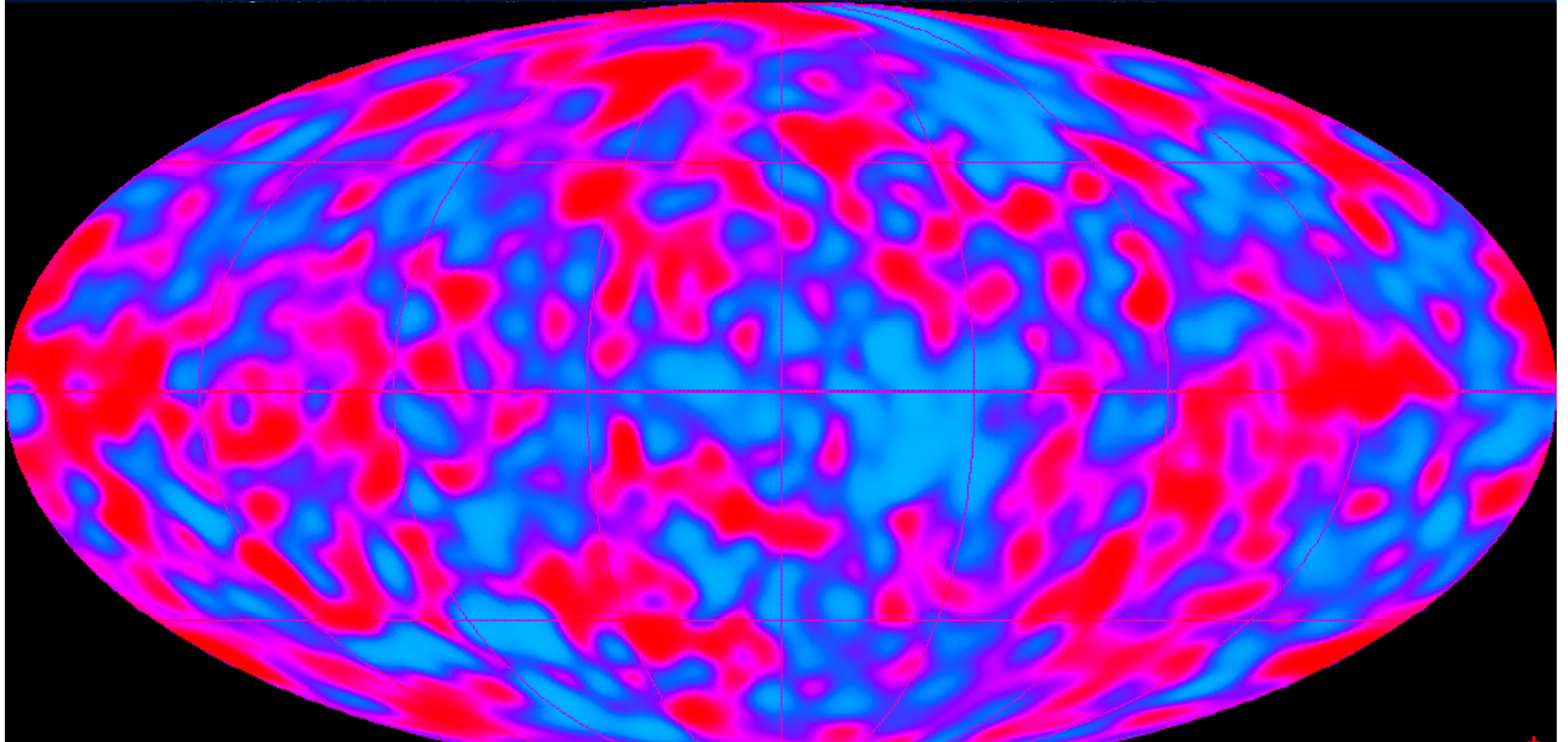
宇宙では遠くを見ることは、過去を見ることである。現在という時刻に居ながら、開闢の瞬間も原理的には見ることができる。

5. 観測的うらづけ



宇宙では遠くを観測すれば過去が見える

インフレーション理論は観測的に裏付けられた。



出典: http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/cobe_images/emb_fluctuations_big.gif

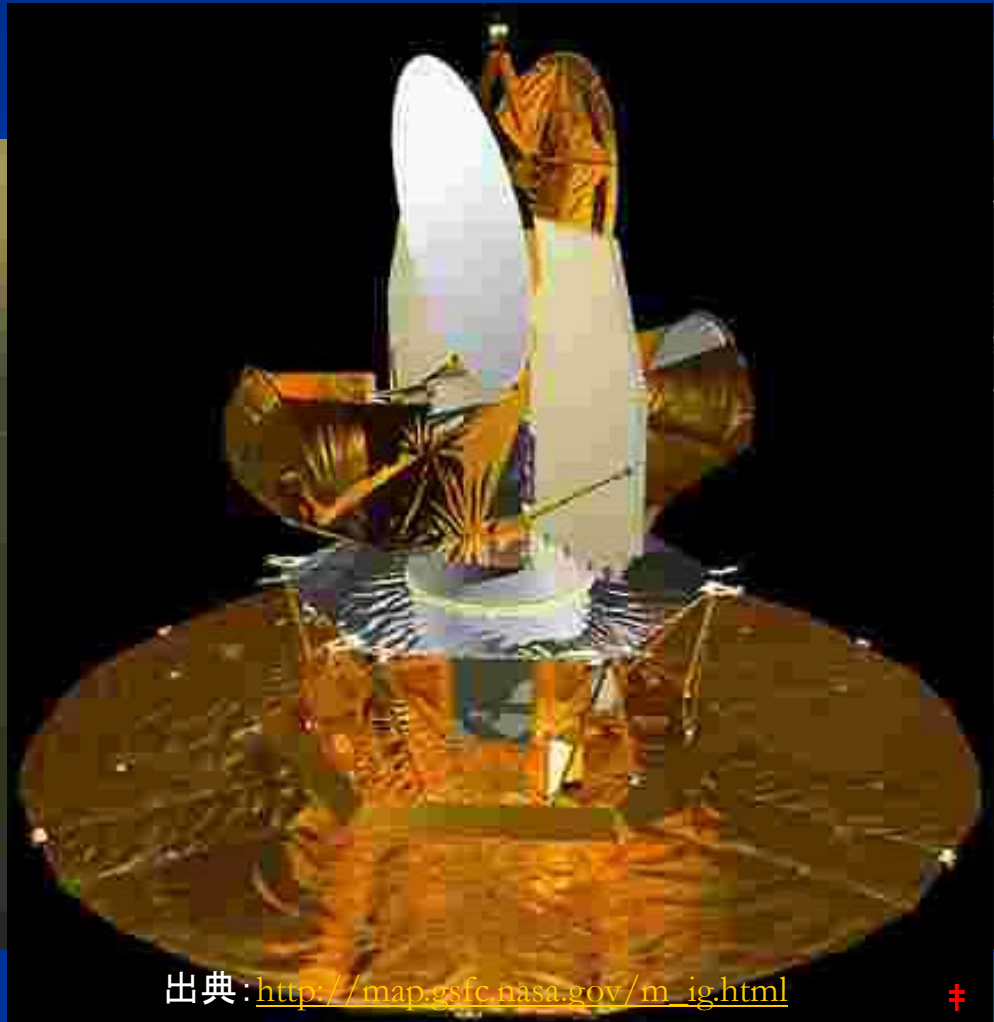
✱

COBEは宇宙開闢30万年ころの宇宙の姿を描きだし、宇宙構造の種を見つけた。それはインフレーション理論が予言した、量子揺らぎによる種と見事に一致した。

2003年2月、米国NASAのWMAP衛星
はさらに詳しい観測によって
インフレーション理論を裏付けた。



出典 http://map.gsfc.nasa.gov/m_ig.html



出典: http://map.gsfc.nasa.gov/m_ig.html

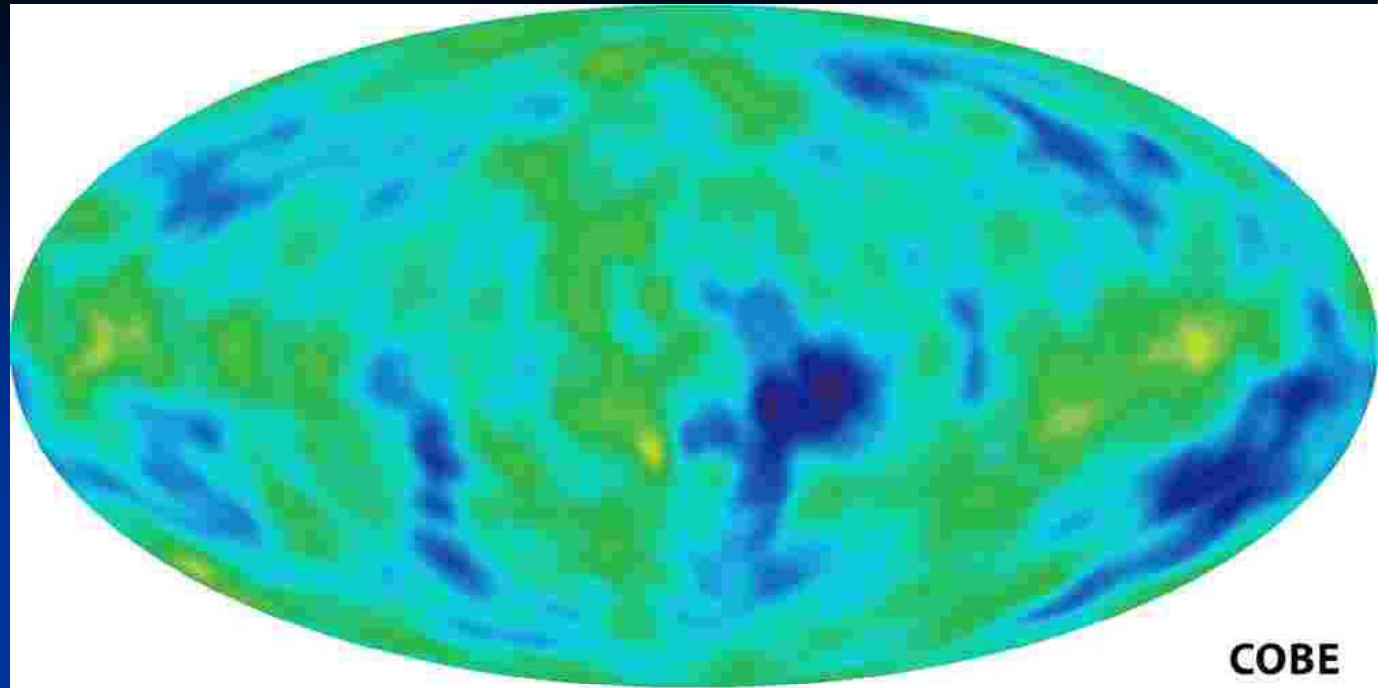


WMAP 衛星の 描いた 宇宙開闢 38万年 頃の宇宙 の姿

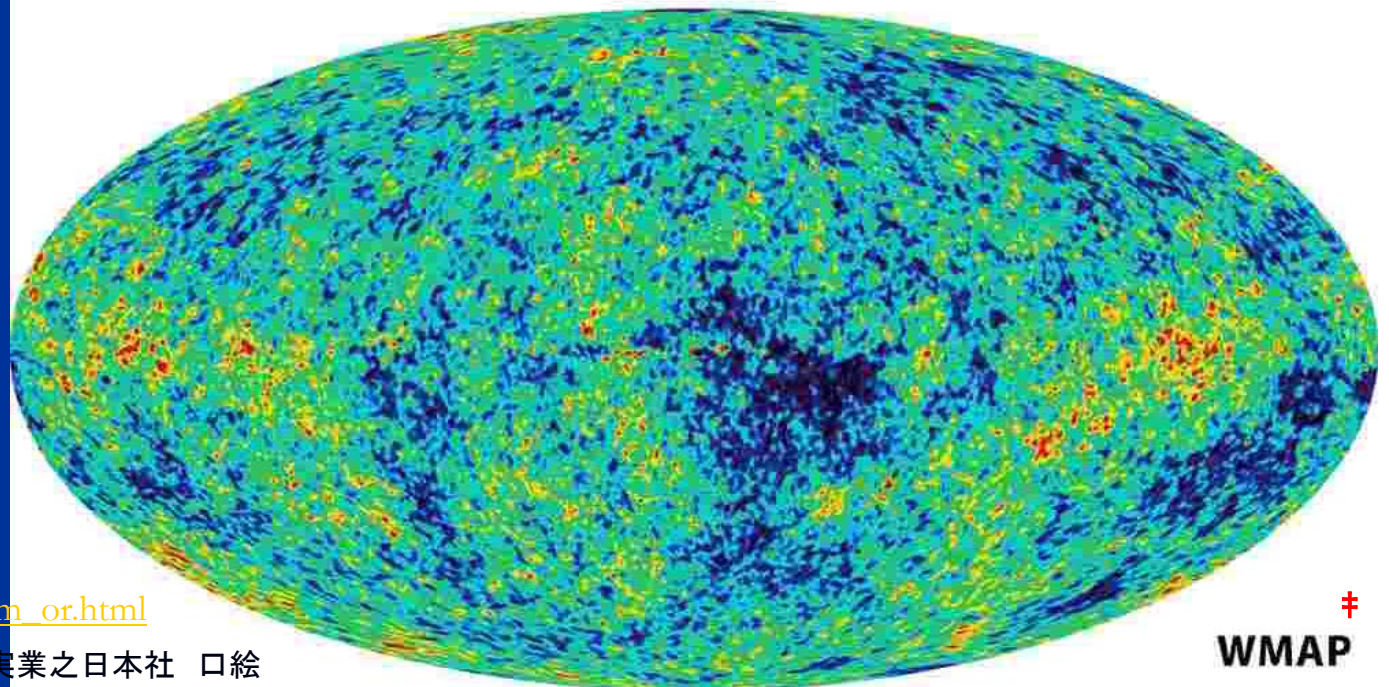
宇宙の年齢は
 137 ± 2 億年と
決まった！

出典：http://map.gsfc.nasa.gov/m_or.html

佐藤勝彦 2003 『宇宙「96%の謎」』 実業之日本社 口絵



COBE



WMAP

宇宙背景放射の観測でわかったこと

- 宇宙の幾何学： 極めて平坦。

密度パラメータ： $\Omega = 1.02 \pm 0.02$

- 発見された、凸凹、「宇宙構造の種」は、インフレーション期の量子揺らぎに一致。

パワー則指数： $n = 0.93 \pm 0.03$

- 宇宙の年齢は 137 ± 2 億年。

- —

- —

BC4004年10月22日(土)午後6時

アイルランド、J. アッシャー主教が求めた宇宙創生の時間



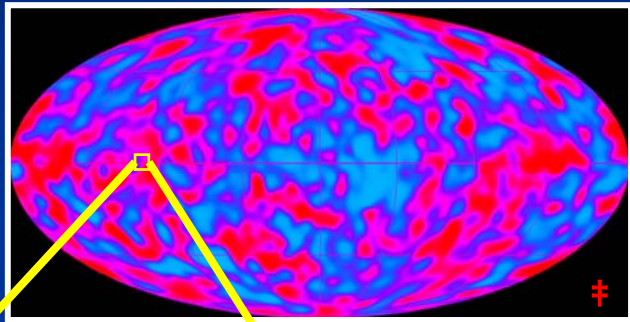
- チャールス一世の牧師でもあったアッシャーは一生をかけて旧約聖書に記載された出来事を積算し、新約聖書の内容を加味し求めた(1650年)。
- アダムは130歳になったとき、男の子セトをもうけた。セトは800年生きて息子や娘をもうけた、アダムは930年生きた。… —

The search for the beginning of time, M. Gorst, 2001

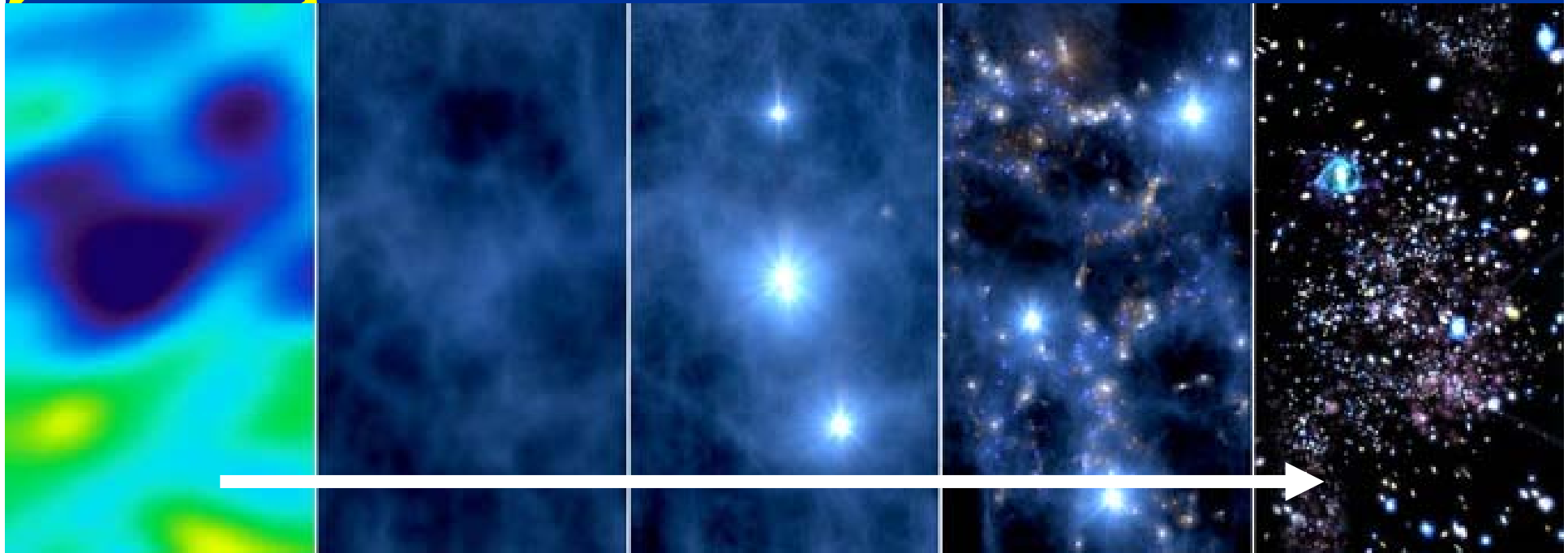
億万年を探る、松浦訳、青土社

宇宙の構造形成の計算機シミュレーション

- “構造の種”がCOBE/WMAPで観測された。
- その種を初期条件として重力によって物質が集まり、グレイトウォール、銀河団、銀河が形成される。



http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/cobe_images/cmb_fluctuations_big.gif



量子揺らぎに起源を持つ“種”からの銀河、銀河団 など宇宙の大構造形成のシミュレーション

冷たい暗黒物質宇宙における 構造形成シミュレーション

京都大学	吉川耕司
上海天文台	景 益鵬
東京大学	須藤 靖

計算機

国立天文台、東京大学初期宇宙研究センター

観測的宇宙論の急激な進歩で、
宇宙の大スケールの構造が明らかになってきた。シミュレーションは観測によく一致。

20億光年

スローンデジタルスカイサーベイによる宇宙の地図

インフレーションは量子揺らぎを100桁のスケールで引き伸ばす顕微鏡ともいえる。

宇宙の大構造を観測することは、量子揺らぎを観測することである。

宇宙の創生・進化の描像が確立した。

観測は理論とほぼ完璧に一致 ！

アインシュタインの相対論から100年で
我々の住む世界、宇宙の基本的な進化・構造を
知ることができた。

宇宙における我々の位置もわかった。

しかし、

知の世界が広がるとそのフロンティア
も広がり、新たな謎も生まれてきた。

6. 暗黒物質、暗黒エネルギー問題

宇宙を構成する主要な物質の正体はまったく不明？

- 通常の物質 : 4%

我々の体や輝いている星を構成する物質。

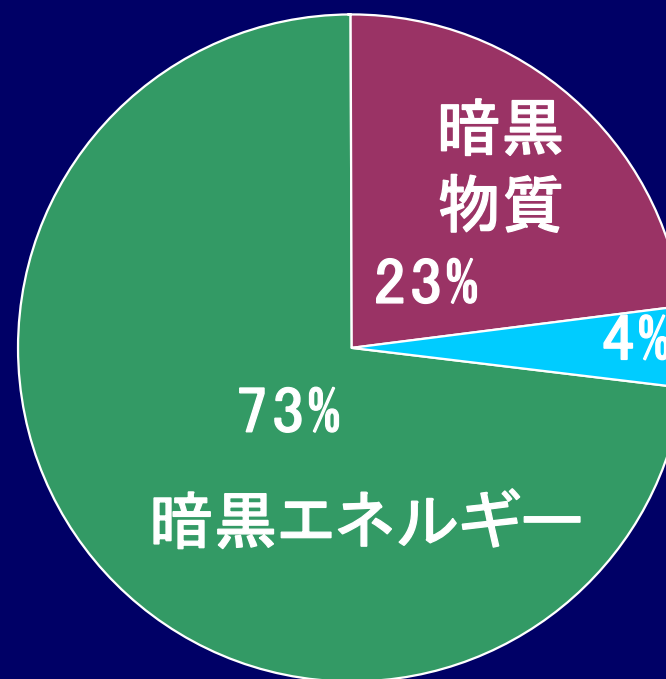
- 暗黒物質 : 23%

銀河や銀河団の中を満たしている正体不明物質。

- 暗黒エネルギー : 73%

宇宙全体に一様に広がった正体不明の真空のエネルギー。

宇宙の組成

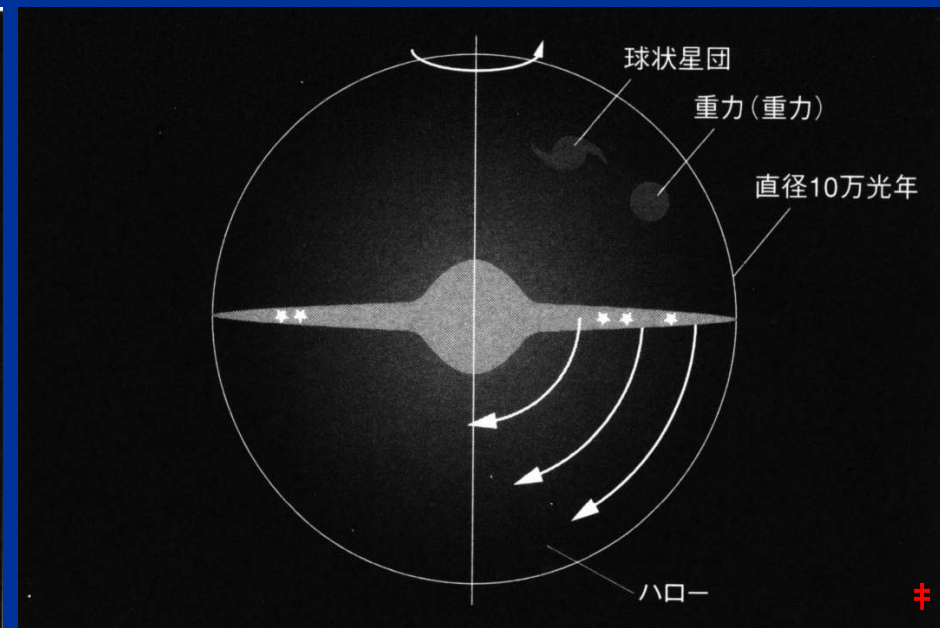
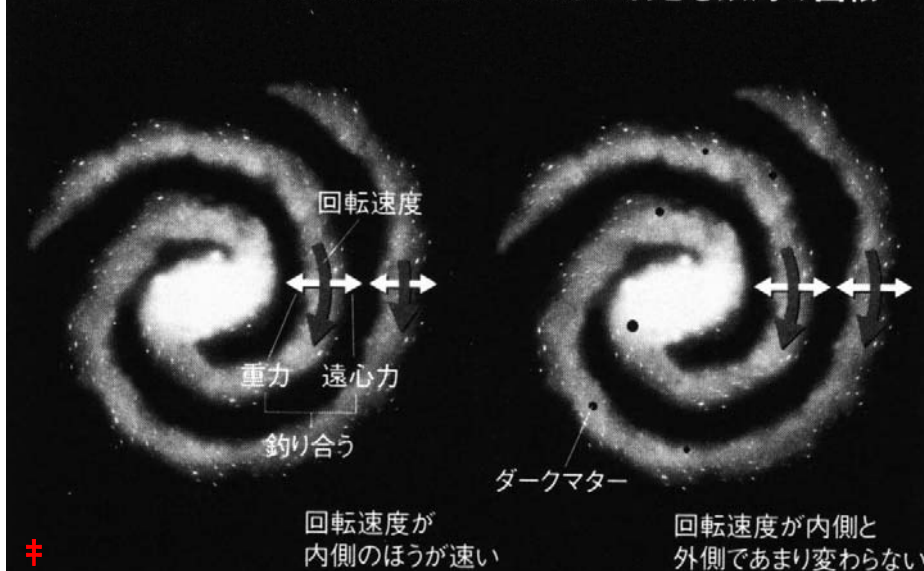


通常の物質

暗黒物質

銀河、銀河団、超銀河団の内部周辺を覆うように存在する光らない物質。重力の源となっていることで存在がわかる。謎の正体不明の重力源。
宇宙の物質エネルギーの約23%

以前考えられていた渦巻き銀河の回転 実際の渦巻き銀河の回転



佐藤勝彦 2003 『宇宙「96%の謎」』 実業之日本社 P205

私たちの銀河の光っている星の総質量の 少なくとも10倍以上存在。

暗黒物質の候補と探査

- 質量をもったニュートリノ

(可能性はほぼ消えた)

- ニュートラリーノ

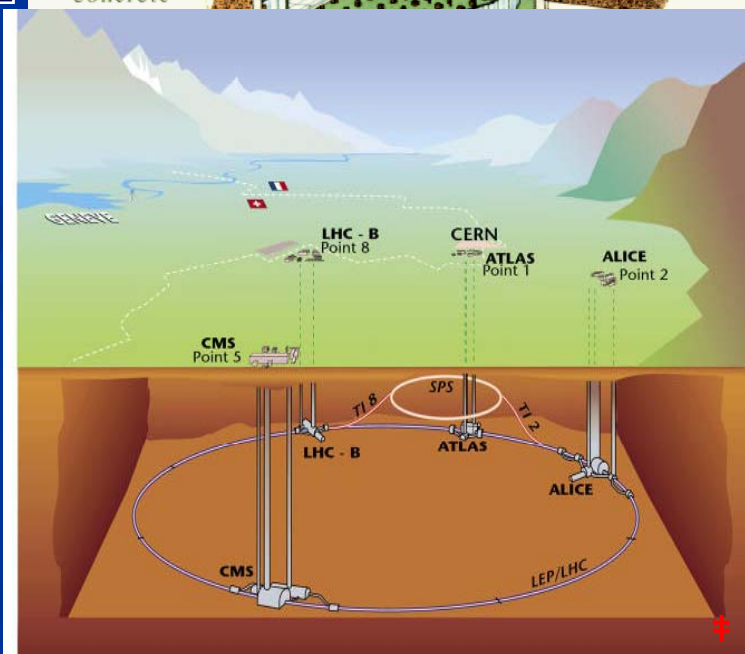
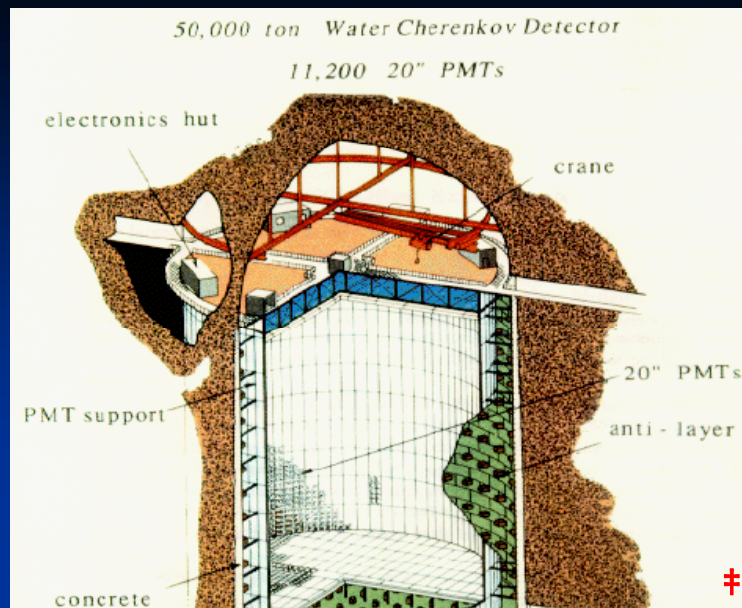
(超対称性理論が预言する
未知の素粒子)

- アキシオン

- 隣の“膜宇宙”の物質??

-

スーパカミオカンデはニュートリノが質量を持っていることを示したが、暗黒物質として必要な質量の100分の1



LHCで、暗黒物質候補への示唆が得られるかもしれない。

CERN: <http://public.web.cern.ch/Public/Welcome.html>

影宇宙 (Shadow World)

10次元宇宙に浮かぶ“膜宇宙”

この世界
(3次元)

重力

あの世界
(3次元)

隣の“膜宇宙”の天体が
見えない重力源、暗黒物質
の正体？

From S.Hawking, The Universe in a Nutshell

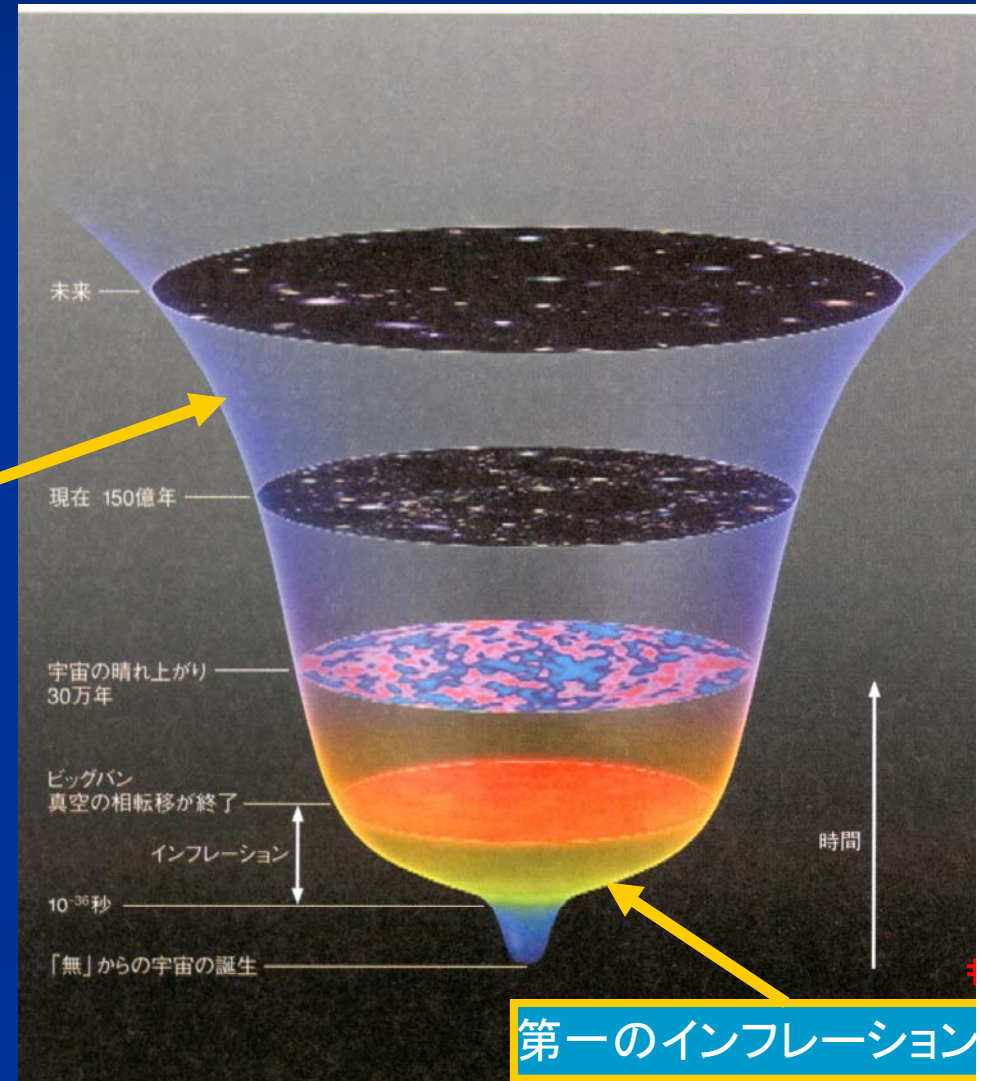
暗黒エネルギーの発見

米国科学雑誌Scienceは、1998年における科学の大発見のトップは、宇宙を満たしている“真空のエネルギーの発見”であると発表した。

真空のエネルギーに働く斥力により、宇宙は今第2のインフレーションの時代に突入したのか？

二つのグループが、遠方の超新星の観測から、宇宙のエネルギーの70%余りは真空のエネルギーであると報告

(Permuter et al, '98, Schmitdt et al, '98)

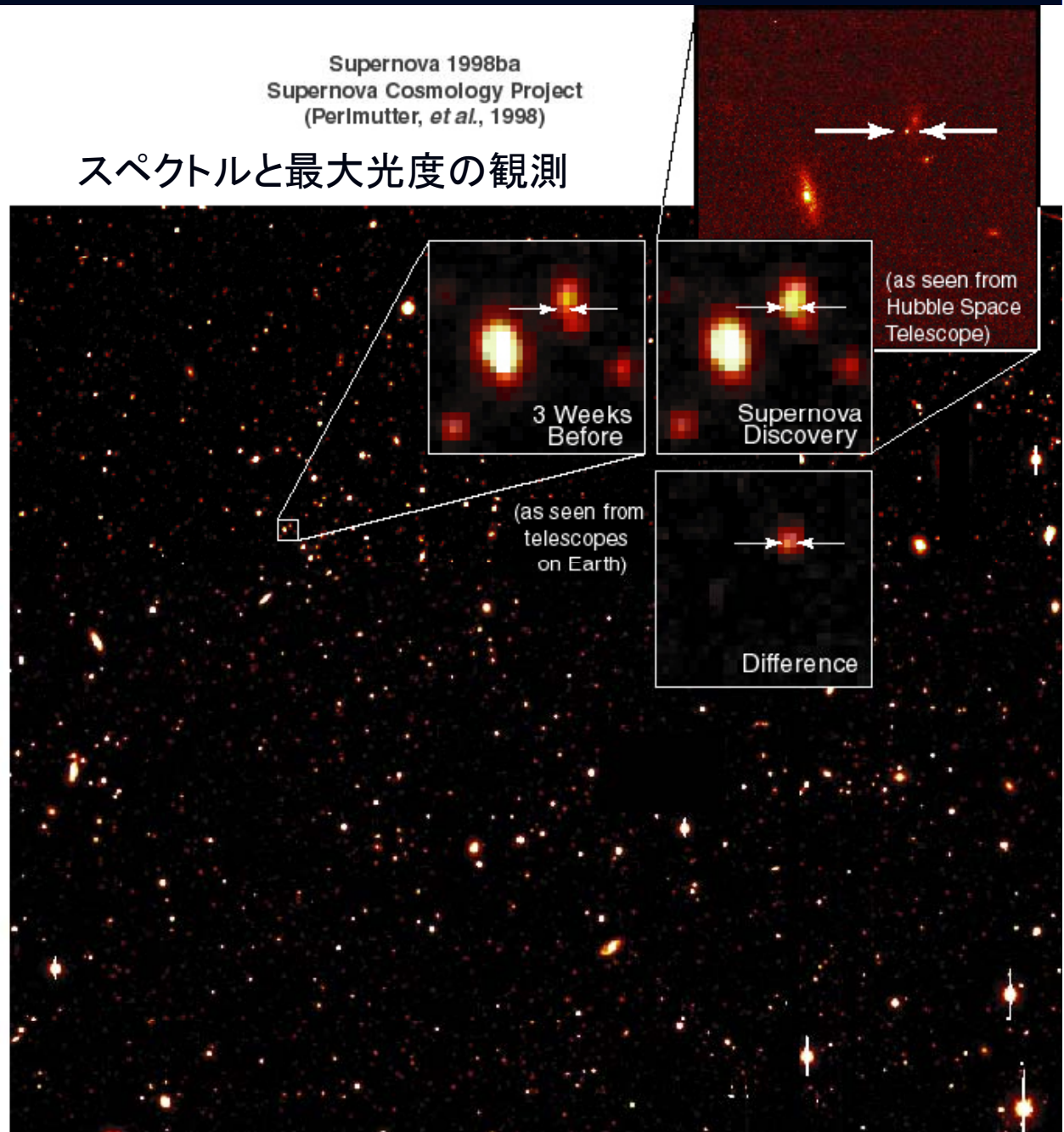


遠方の超新星
観測から真空
のエネルギー
が宇宙に満ち
ていることがわ
かった。

WMAP衛星も
確認。

Supernova 1998ba
Supernova Cosmology Project
(Perlmutter, *et al.*, 1998)

スペクトルと最大光度の観測



アインシュタインの宇宙定数は、
現在の宇宙でも復活した！

「宇宙定数の導入は人生最大の失敗」
ではなく、アインシュタインの輝かしい
業績の一つである。

しかし、その正体はまったく不明。

暗黒エネルギー問題

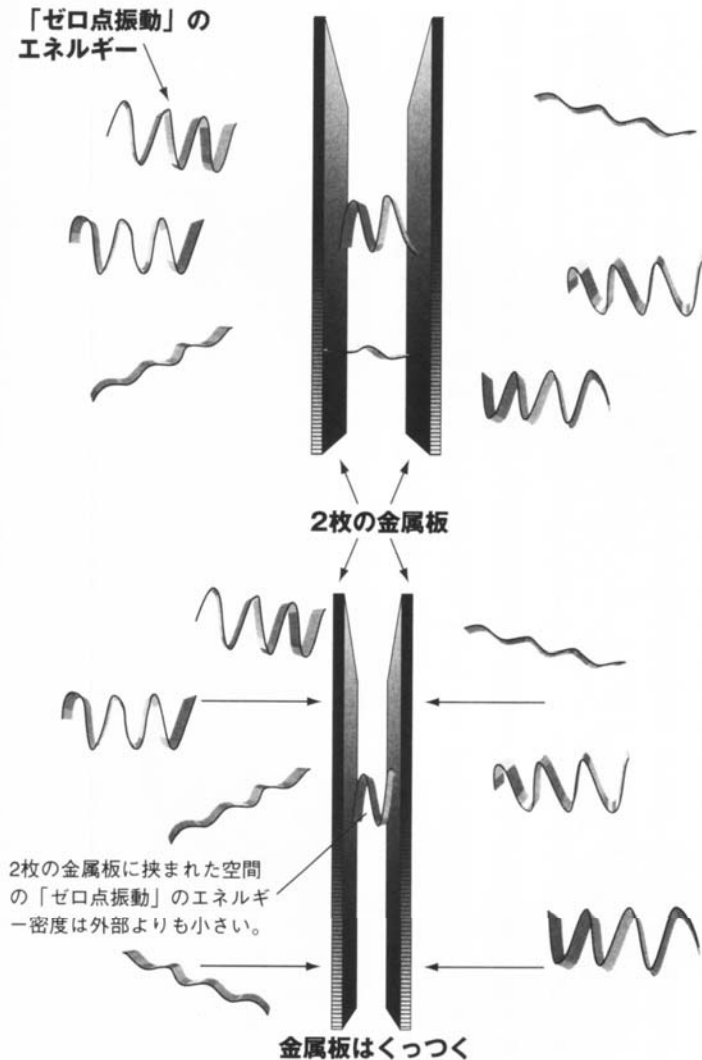
発見当初、単純に真空のエネルギーと呼ばれていたが、その値が宇宙の年齢と共に変化する可能性も考えられ、暗黒エネルギーと呼ばれるようになった。

1. 暗黒エネルギーの正体（物理的実体）はいったい何か？

2. 偶然性問題： なぜ宇宙は、宇宙開闢100億年余の時代に、第2のインフレーションを始めたのか？

3. このエネルギーは、第1のインフレーションの様に、いつか消えるのだろうか？

真空のエネルギーの“差”の測定 —カシミヤ効果—



真空も量子論的にゆらいでいる。

ゼロ点振動のエネルギー = 真空のエネルギー

2枚の金属の板に挟まれた空間のゼロ点エネルギーは、外の広い空間のゼロ点エネルギーより小さいため、押されてくっつくようとする。

真空のエネルギーの絶対的エネルギーの測定はできないが、このように“エネルギーの差”は測定できる。

偶然性問題

■ 人間原理のみが答えることができるのか？

宇宙は無限に存在し、それぞれ異なった真空のエネルギー=宇宙定数を持っている。 その中でも、知的生命体(人間)がうまれる宇宙のみ認識される。

現在の値より、大きな真空のエネルギーを持つ宇宙では天体の形成が進まず、知的生命体も生まれない。認識される宇宙は現在観測されている値くらいか、それ以下の値を持つ宇宙のみ。(S.Weinberg,89)。

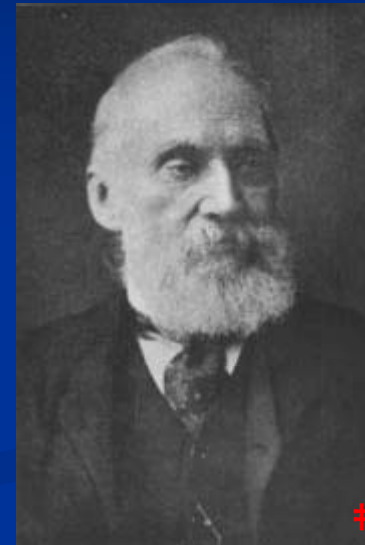
宇宙の未来

- この加速膨張は何時までも続くのだろうか？ いつか「相転移」がおこり、ダークエネルギーは消えるのだろうか？
- 加速膨張が続くなら、我々が影響を及ぼすことのできる物質領域はどんどん狭くなる。もはや人類は無限の宇宙に広がることはできない。
- もし加速膨張が止まるなら、無限の世界に羽ばたくことが可能。また収縮に転ずる可能性も残されている。

知の世界の拡大と共に新たな謎も生まれてきた。 暗黒物質、ダークエネルギーの正体は？

19世紀末、ケルビン卿は19世紀物理を覆う2つの暗雲(エーテルの未検出、黒体輻射の発散)の存在を指摘、それらは相対論、量子論への鍵だった。

暗黒エネルギー、暗黒物質問題は新たな物理学への鍵か？



ケルビン卿
ウィリアム・トムソン

これらの謎を解くことによって、21世紀の新たな物理学、宇宙像が描き出されるに違いない。

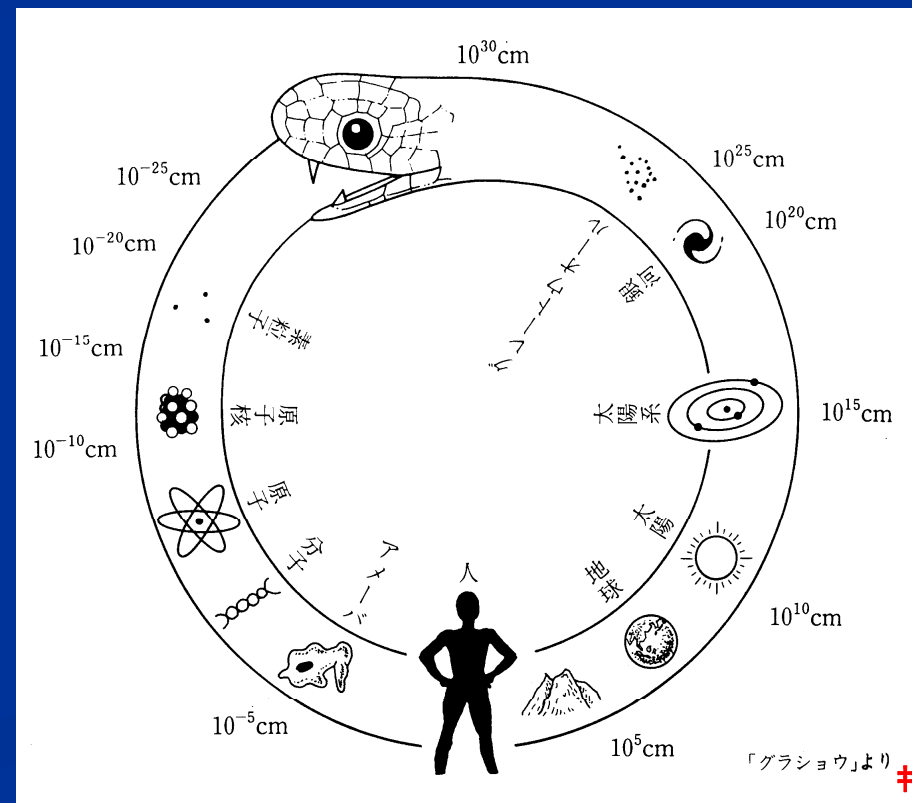
7. まとめ

確固とした物理法則にしたがって運動するミクロ世界からマクロの世界まで60桁に及ぶ物質世界の構造を知った。

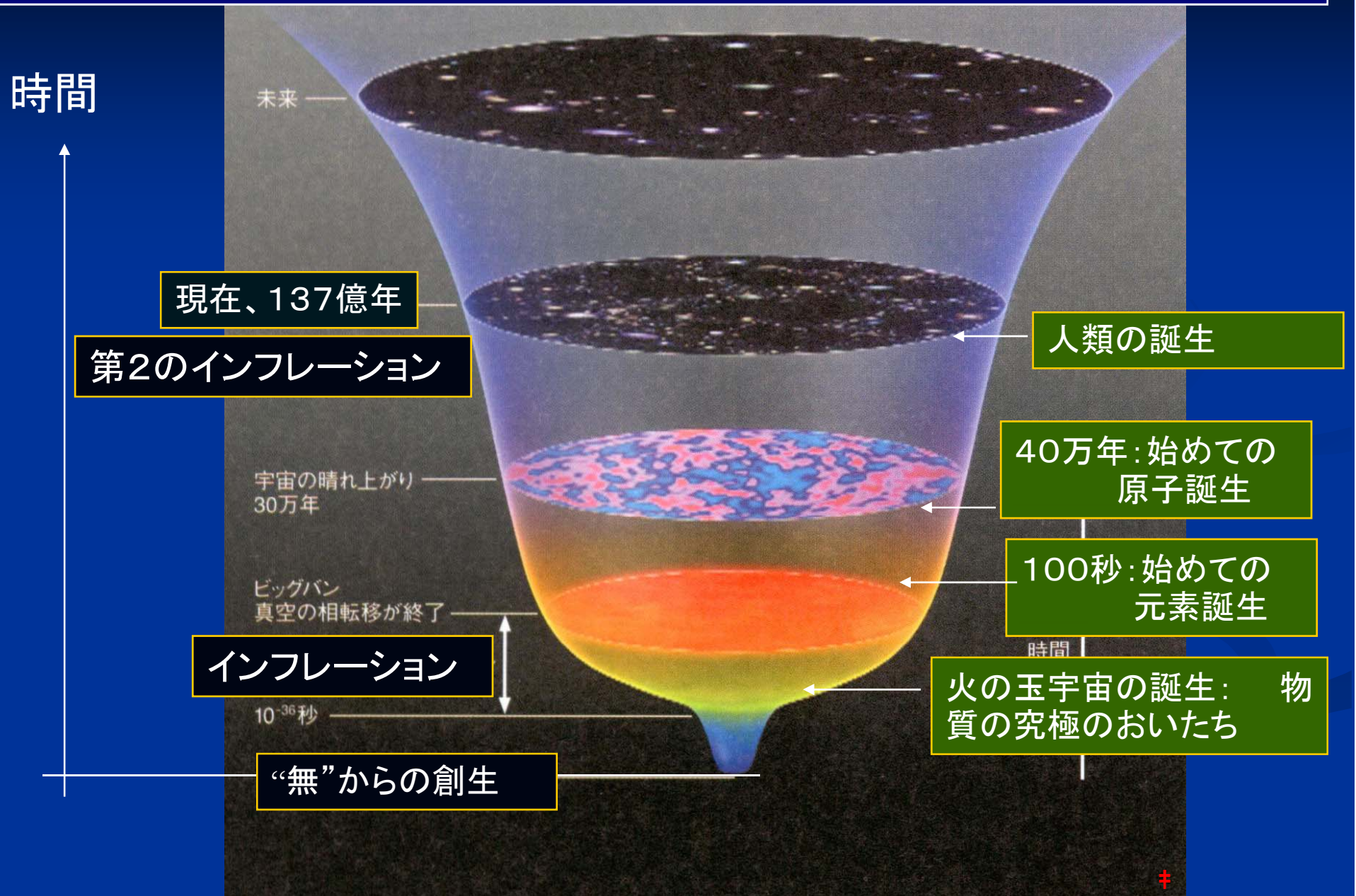
しかし、そこが果たして階層の果てなのだろうか？

- 物質の根元的姿は、10次元空間の「ひも」なのか？
- 百数十億年の観測的果ての彼方に、まだ巨大な物質の構造があるのか？
- 私たちの住む宇宙である時空多様体の“外”にも宇宙はあるのか？

万物法則は存在するのか、どのような法則なのか？

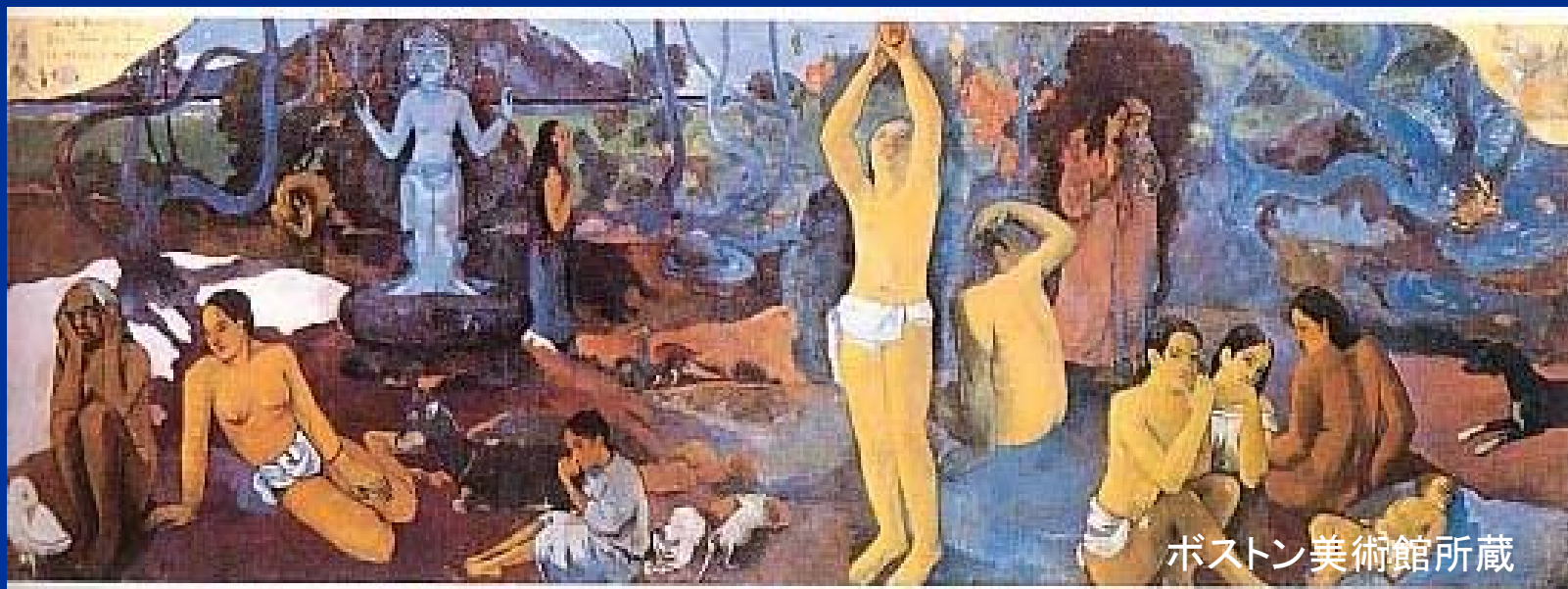


物質生い立ちは時空の進化と一体



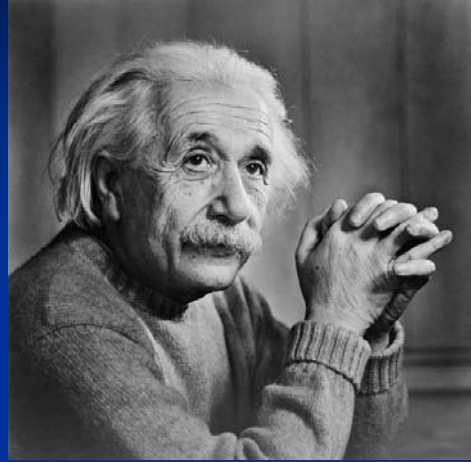
世界を知ることとは自らを知ることでもある。

「われら何処より来たりしや」、「われら何者なるや」、「われら何処に去らんとするや」（ゴーギャンの晩年の品）



- 我々は、物質世界、宇宙の中で
自らが何者であるかを知っている。
- 人はこの宇宙の中でもっともすばらしい存在。

アインシュタインの言葉



深く探求すればするほど、知らなくてはならないことが見つかる。

人間の命が続く限り常にそうだと私は思う。