

素粒子と宇宙

青木 慎也

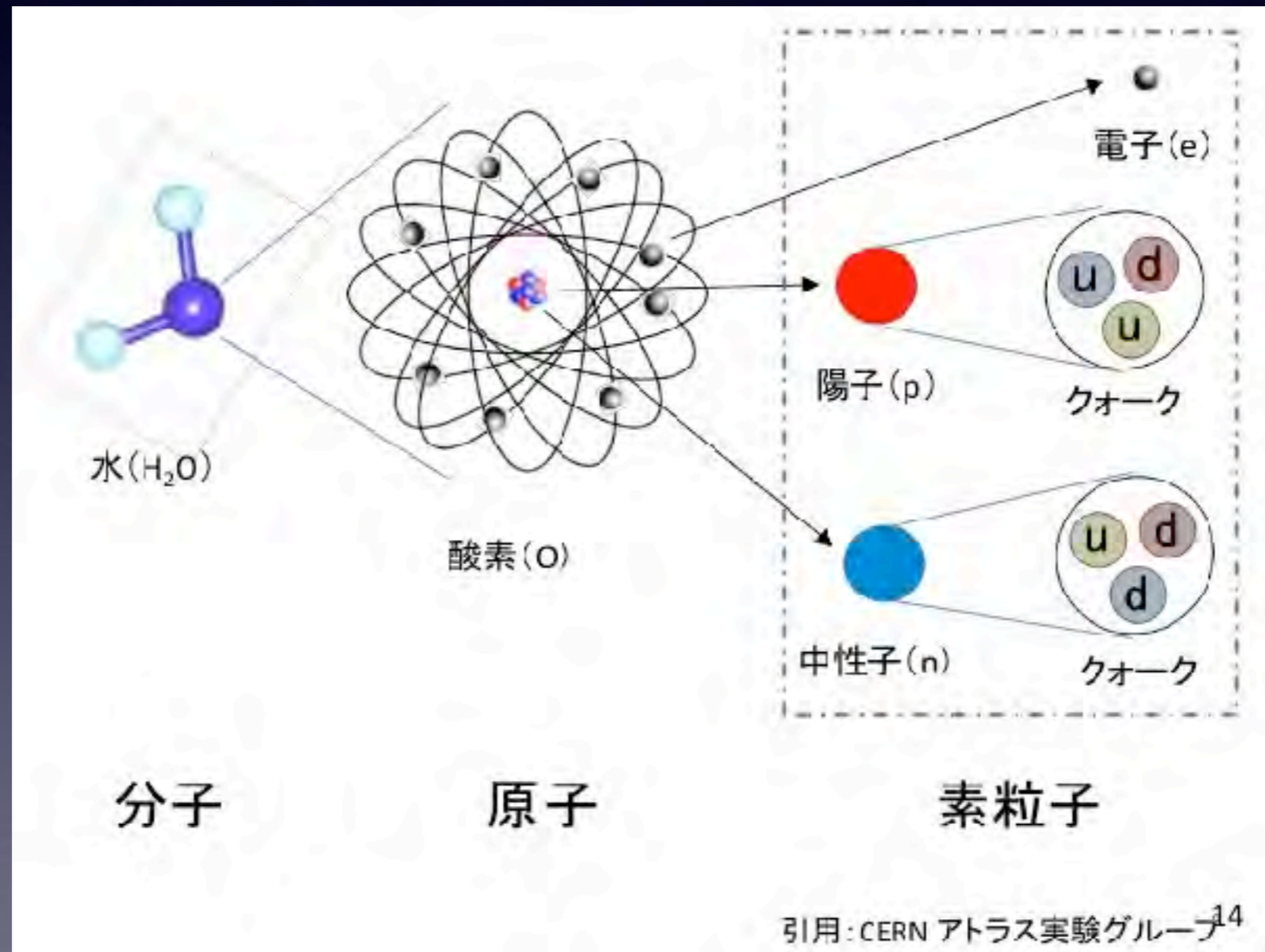
京都大学 基礎物理学研究所

「無と全体の輪廻」

2018年6月3日、京都大学基礎物理学研究所

素粒子

素粒子：物質の最小単位。全ての物は素粒子で出来ている。
物を分解すると最後は素粒子に行き着く。



素粒子論

存在：どのような種類の素粒子があるか？

		世代 Generation		
		I	II	III
電荷 Charge	スピン Spin			
クォーク Quarks	+2/3	u up	c charm	t top
	-1/3	d down	s strange	b bottom
レプトン Leptons	-1	e electron	μ muon	τ tau
	0	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino

<http://higgstan.com/standerd-model/>

個性（関係性）：素粒子はどのような個性を持つか？

質量、電荷など  実は相互作用（をやる能力）

相互作用＝力

全ての相互作用は4つの（素）相互作用に還元される。

重力、電磁気力、弱い力（ベータ崩壊）、強い力（核力）

力は（素）粒子の交換で伝わる。

例：電氣的力（クーロン力）

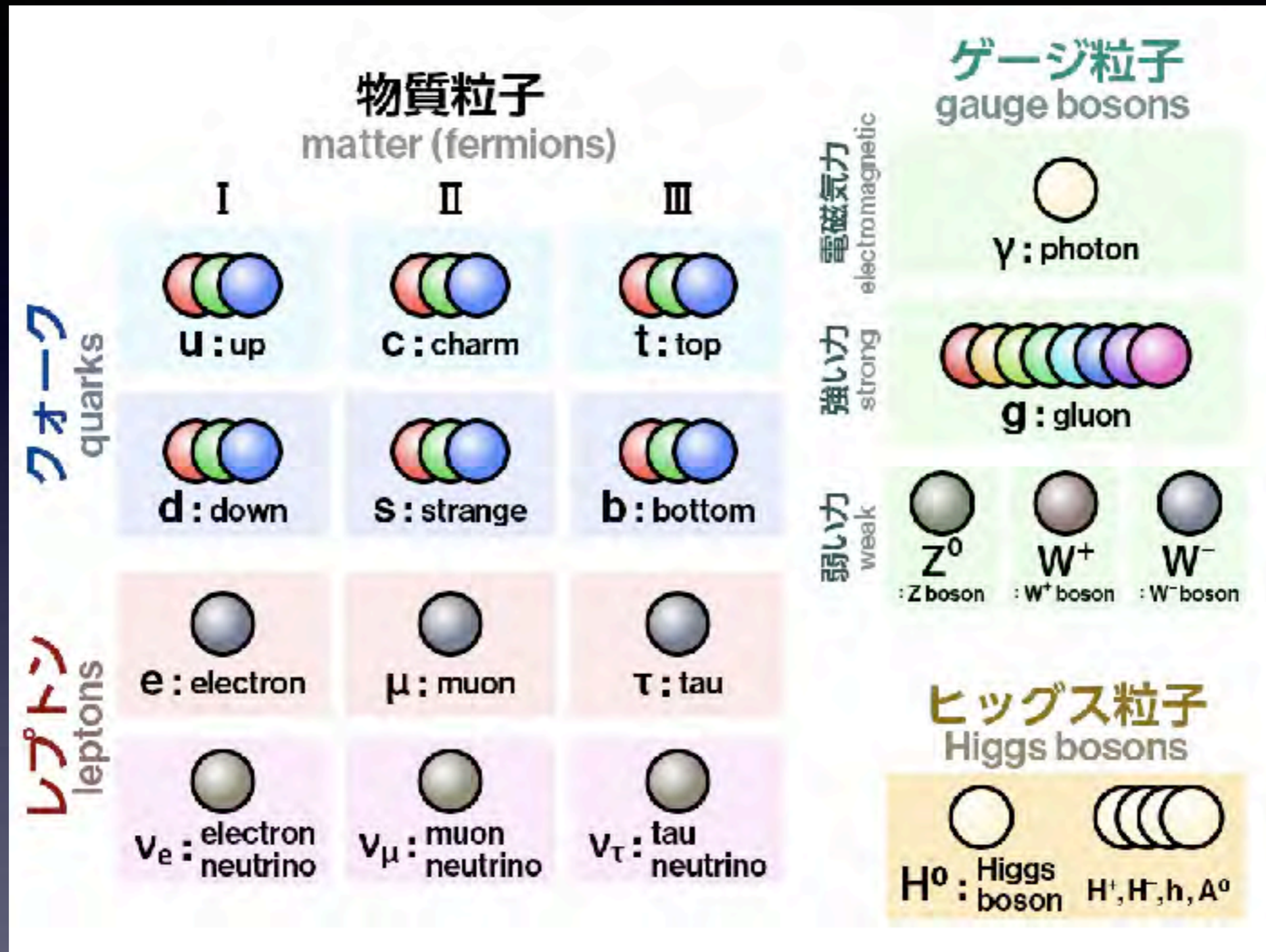
光子（電磁波）の交換（キャッチボール）で力を伝達



電荷：電磁相互作用をする能力＝光子をやり取りする能力

光子も素粒子！

素粒子標準理論



<http://higgstan.com/standerd-model/>

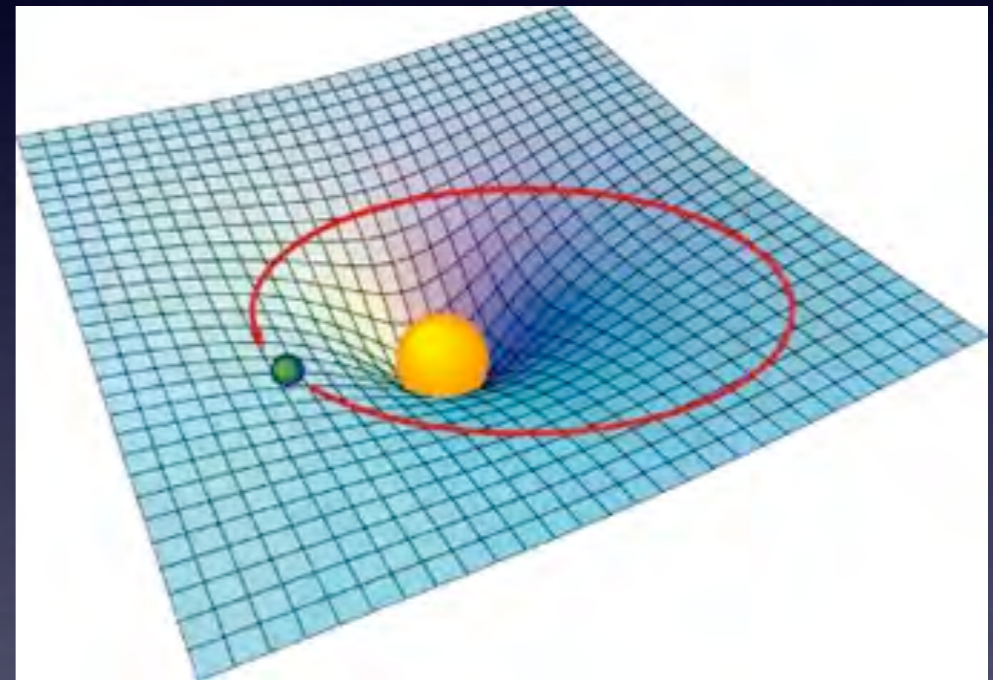
重力を媒介する粒子（重力子）がない！ 未解決の大問題

素粒子と重力

ミクロな素粒子の世界では重力はほとんど効かない。慣性質量

宇宙のようなマクロな世界では重力は重要。重力質量

重力は一般相対性理論で記述される



ミクロな世界の法則：量子力学

確率的な予言しかできない理論

<http://granite.phys.s.u-tokyo.ac.jp/ja/?GWHistory>

重力（一般相対性理論）は量子力学と相入れない！

素粒子標準理論に重力がない理由

量子重力理論の構築

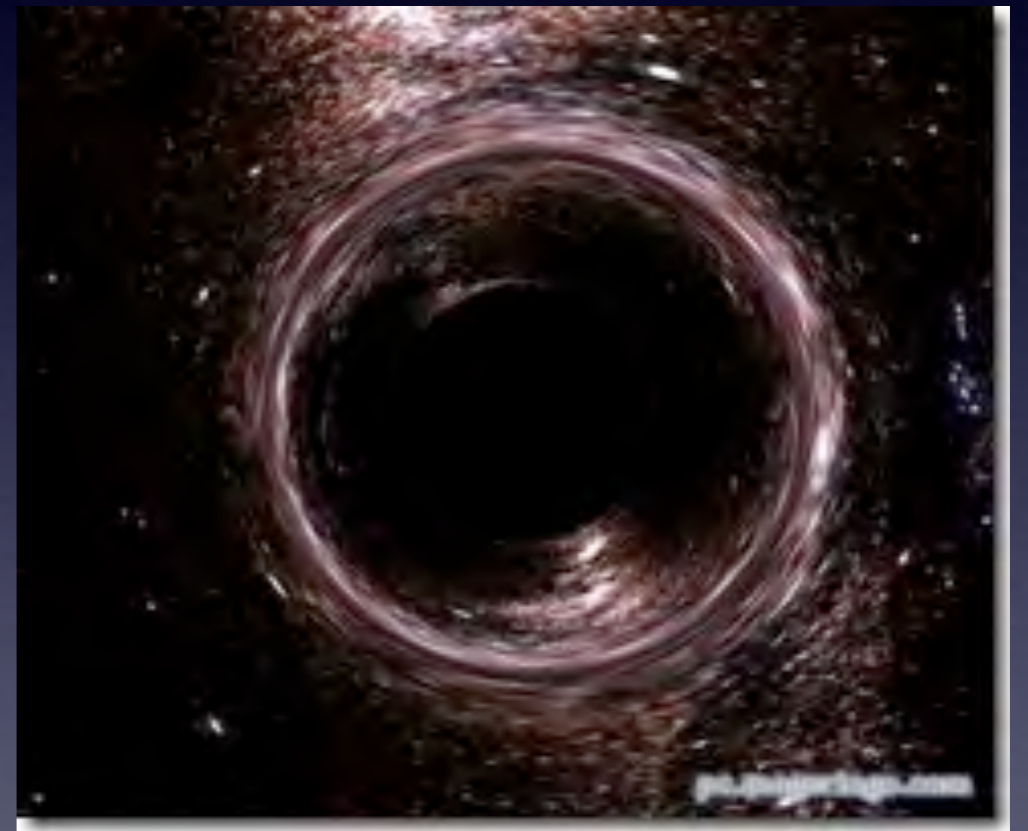
未解決の大問題

ブラックホール

量子重力理論のヒントはブラックホールにある！

光すら逃げ出せないほど重力が強い（超高密度の）星

<https://publicdomainq.net/black-hole-0014033/>



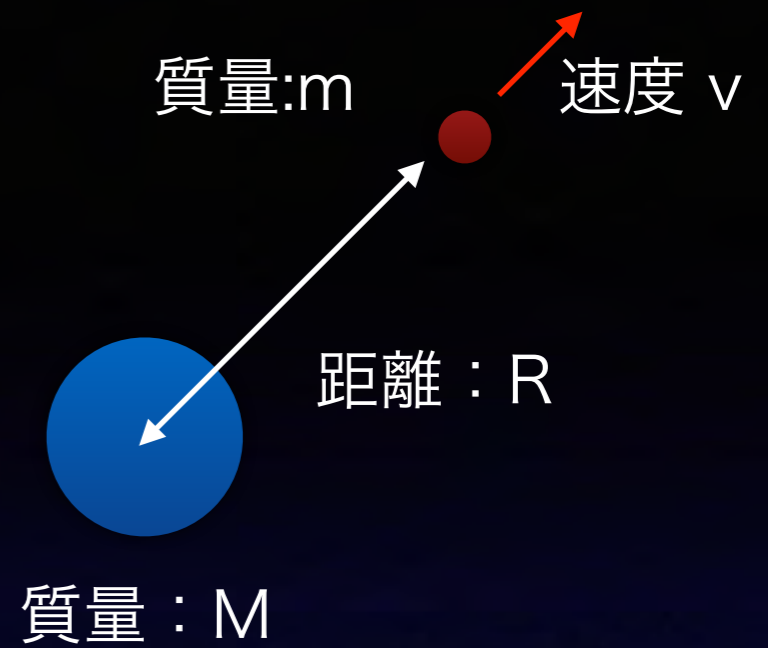
<https://pc.mogeringo.com/archives/55278>

ミクロな世界でも重力の効果が重要になる。

質量Mの星から脱出するには？

運動エネルギー = 重力エネルギー

$$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{Mm}{R}$$



脱出速度 $v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

ニュートン定数

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$c < v_{\text{esc}}$ なら光すら脱出できない

(星の) シュワルツシルド半径 $R_S = \frac{2GM}{c^2}$

例: 太陽 $R_S \simeq 3 \text{ km}$ 地球 $R_S \simeq 0.9 \text{ cm}$

ブラックホール = 半径がシュワルツシルド半径より小さい星

ブラックホールの性質

ブラックホールは温度を持つ $T = \frac{\hbar c^3}{8\pi kGM}$ プランク定数 \hbar
ボルツマン定数 k

ホーキングがブラックホールの近傍での量子力学から導いた
軽い方が温度が高い → 加熱 → 蒸発 (?)

ブラックホールに吸い込まれたものは最後は蒸発してしまうので
その個性は回復できない 情報喪失問題？

ブラックホールから量子重力理論へのヒントが得られるの
では？

ブラックホールはエントロピーを持つ

エントロピー $S = \frac{kA}{4\ell_p^2}$

表面積 $A = 4\pi R^2$

プランク長さ $\ell_p = \sqrt{G\hbar/c^3}$

ブラックホールの情報は表面のみに？ 重力はホログラム？

ホログラフィック原理

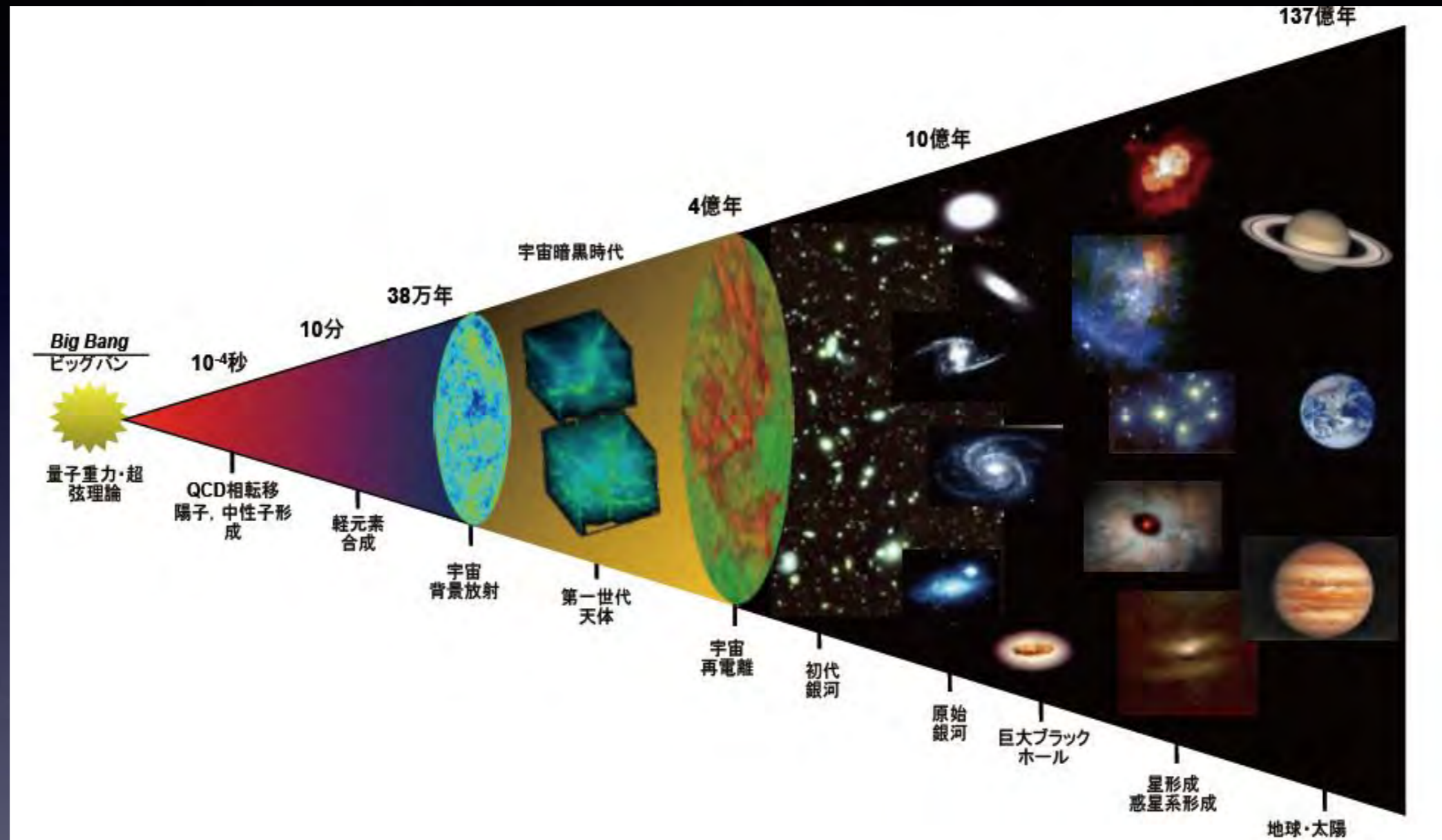
http://kubotaholo.la.coccan.jp/world_hologram.htm



<http://dse.ssi.ist.hokudai.ac.jp/~onosato/SSI-IS2006/Report/term15/index.html>

量子重力理論を構築する鍵になるのでは？

宇宙の始まりと進化



量子重力理論で宇宙の始まりを理解できるのでは？