

# 世界の終わりと物理学

総合図書館LS（理学研究科物理学専攻・D3）

この世界の終わり

10年～1000年に一度

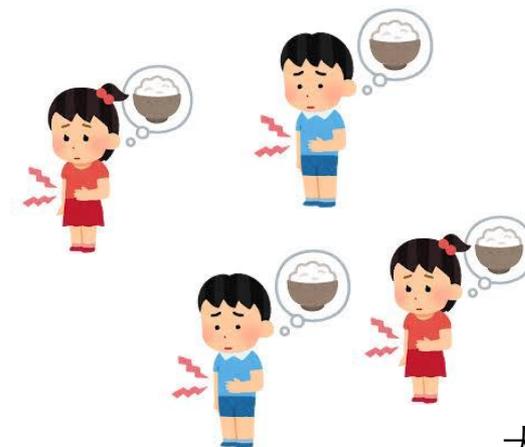
# 社会レベルでの「終わり」



核戦争



大噴火



大飢饉

10年～1000年に一度

# 社会レベルでの「終わり」



大噴火



大飢饉

1000年 ~ 100000000年に一度

# 地球レベルでの「終わり」

例えば隕石衝突



1000年 ~ 100000000年に一度

# 地球レベルでの「終わり」

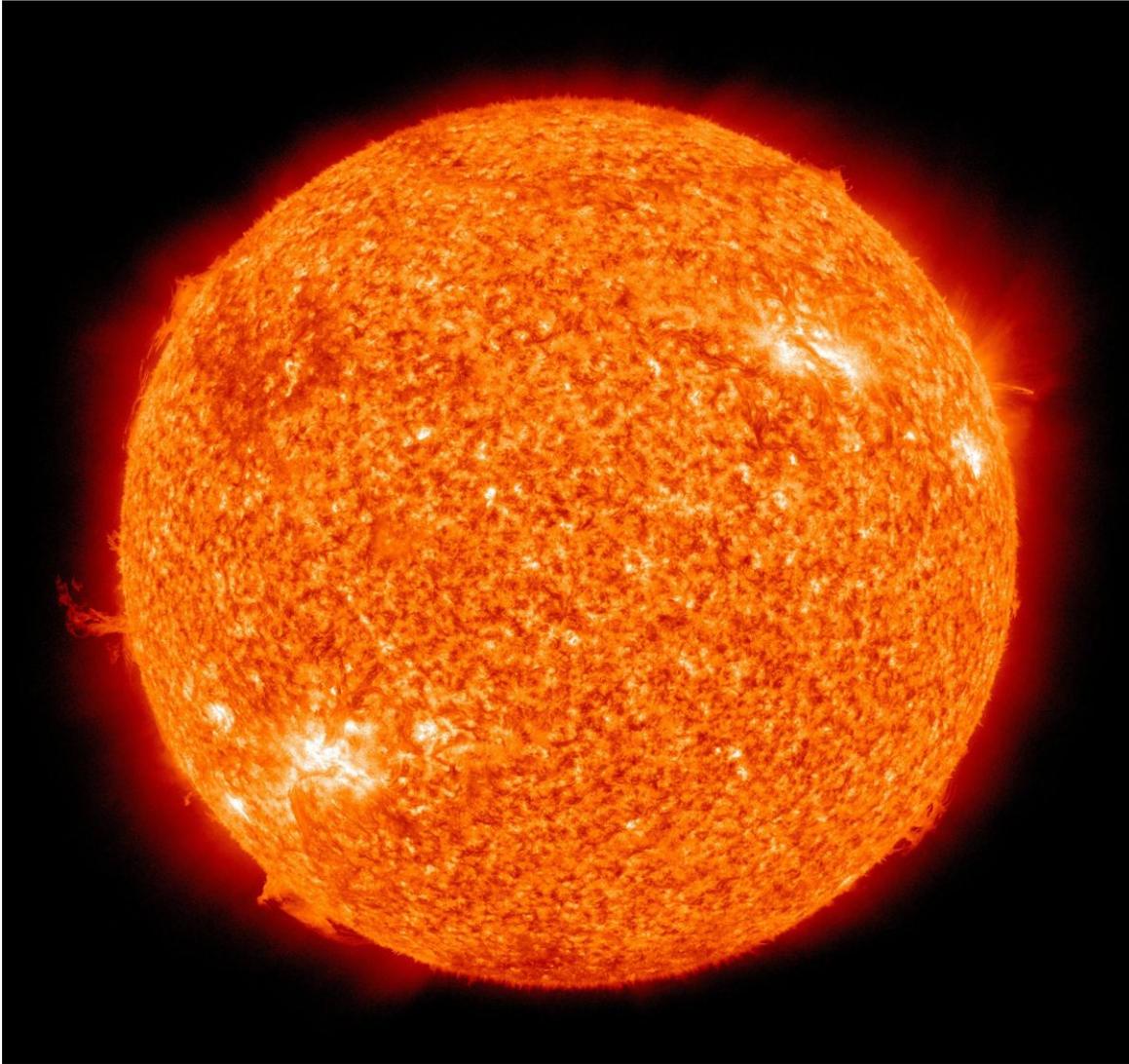
例えば隕石衝突



アル○ゲドンのなチーム

10000000000年に一度

# 太陽系の「終わり」



質量:  $1.9 \times 10^{30}$  kg

大きさ: 696,340 km

大阪大学  
「ワニ博士」



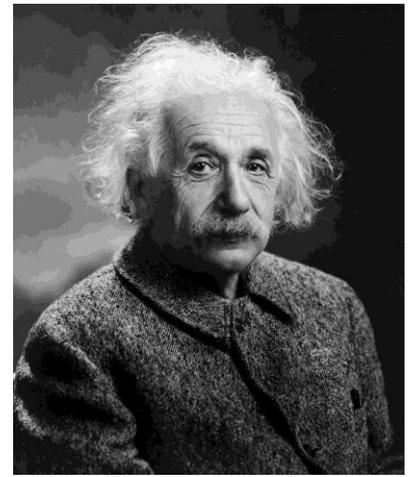
マチカネワニ

質量:  $1.3 \times 10^3$  kg

大きさ:  $7 \times 10^{-3}$  km

10000000000年に一度

# 太陽系の「終わり」



一般相対性理論がいうところには...  
(1915年)

$$G^{\mu\nu} + \Lambda g^{\mu\nu} = \kappa T^{\mu\nu}$$

アインシュタイン方程式

ざっくり言うと...

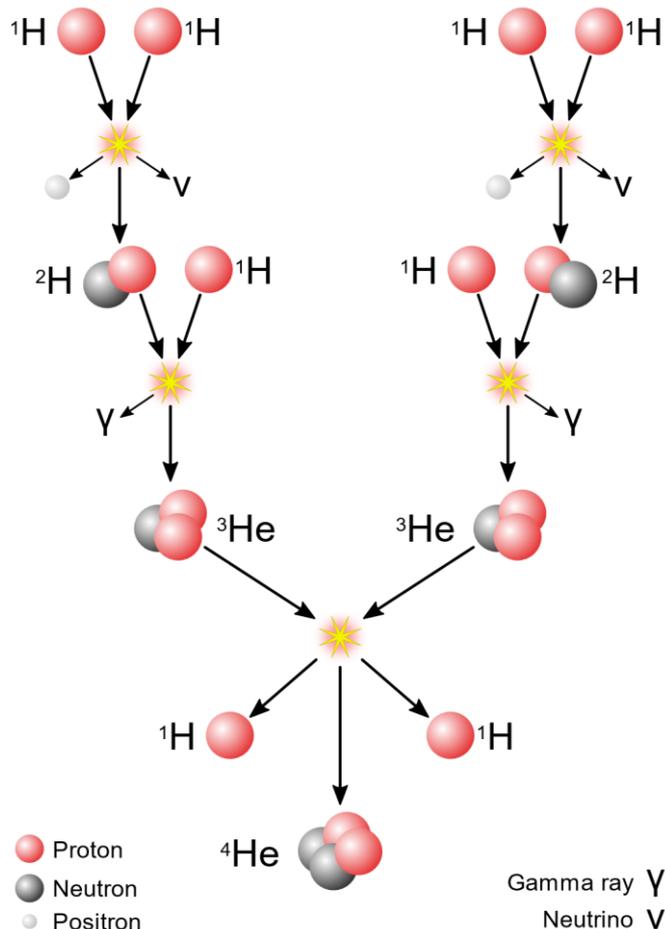
(時間や空間の形) = (物質の質量やエネルギー)

なので、重い物体の周りは空間が歪む

10000000000年に一度

# 太陽系の「終わり」

例) 陽子-陽子連鎖反応



1サイクルあたり  
水素原子核の0.7% (の質量)が欠損

⇒どこに行くのか？

質量とエネルギーの等価性  
(cf. アインシュタイン方程式)

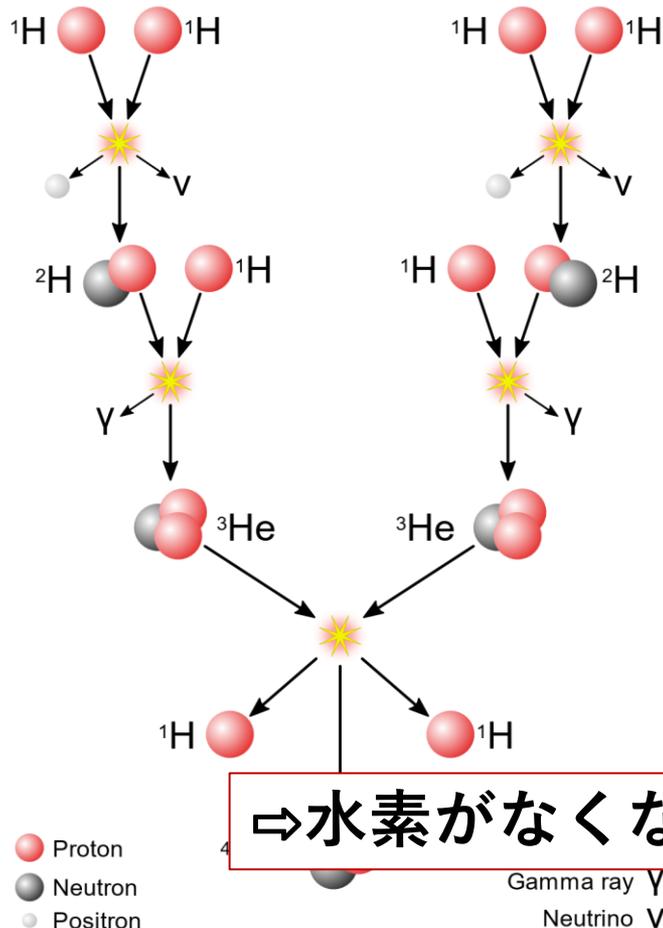
$$E = mc^2$$

水素を材料として、  
エネルギーとヘリウムを生み出す (核融合)

10000000000年に一度

# 太陽系の「終わり」

例) 陽子-陽子連鎖反応



1サイクルあたり  
水素原子核の0.7% (の質量)が欠損

⇒どこに行くのか？

質量とエネルギーの等価性  
(cf. アインシュタイン方程式)

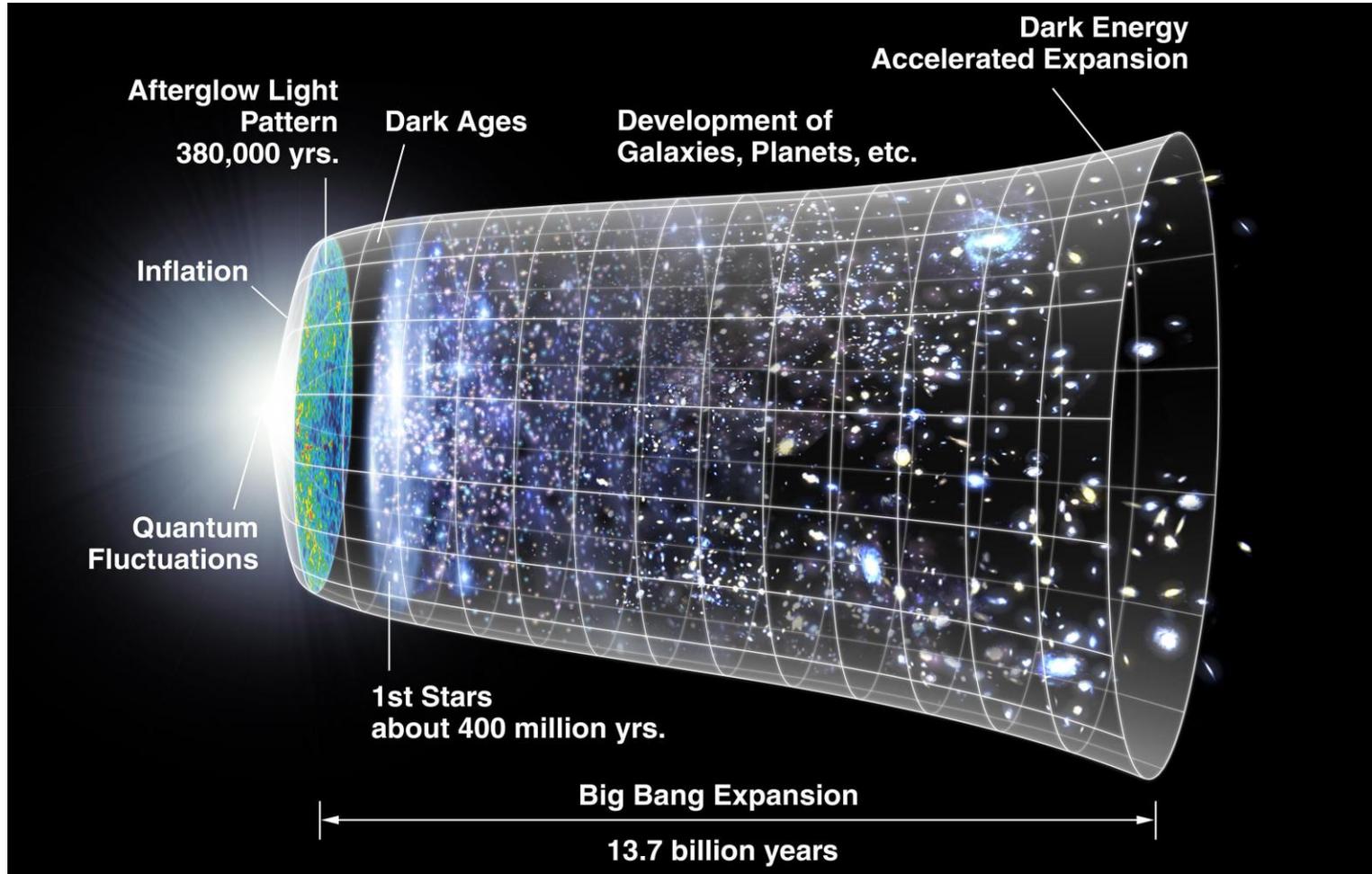
$$E = mc^2$$

⇒水素がなくなるとやがて終わりを迎える

エネルギーを何リウムを主に出す (核融合)

10000000000000000000年に一度

# 宇宙の「終わり」



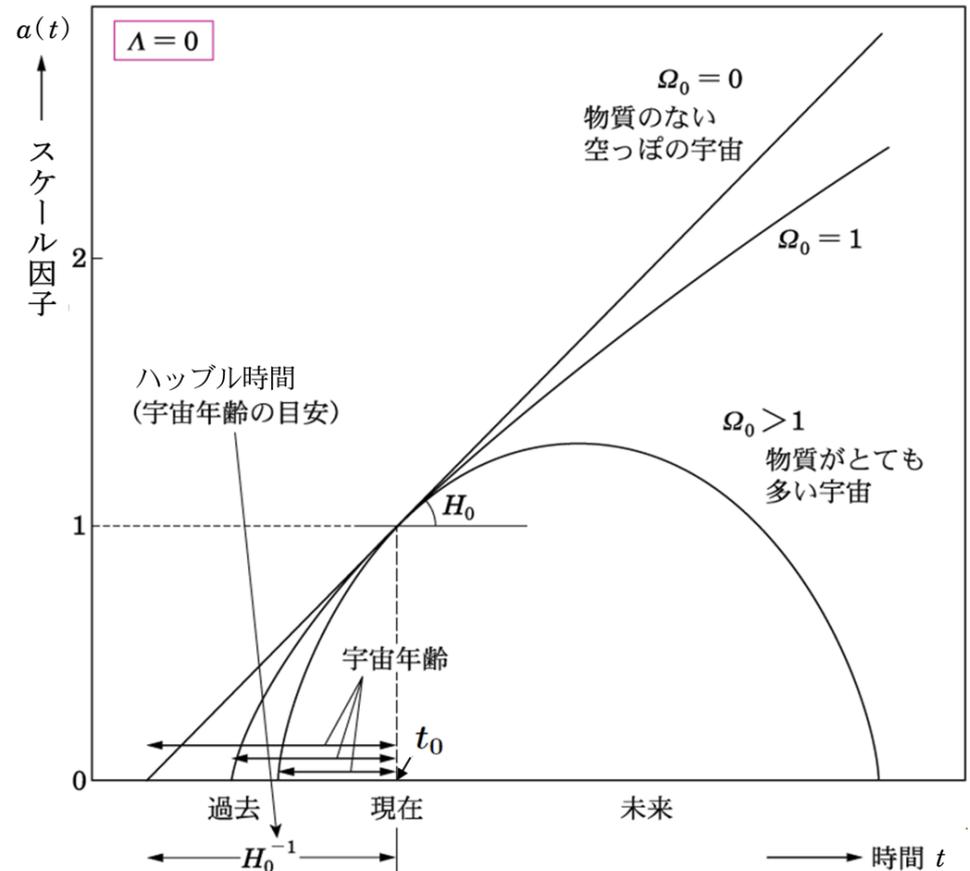
1000000000000000000年に一度

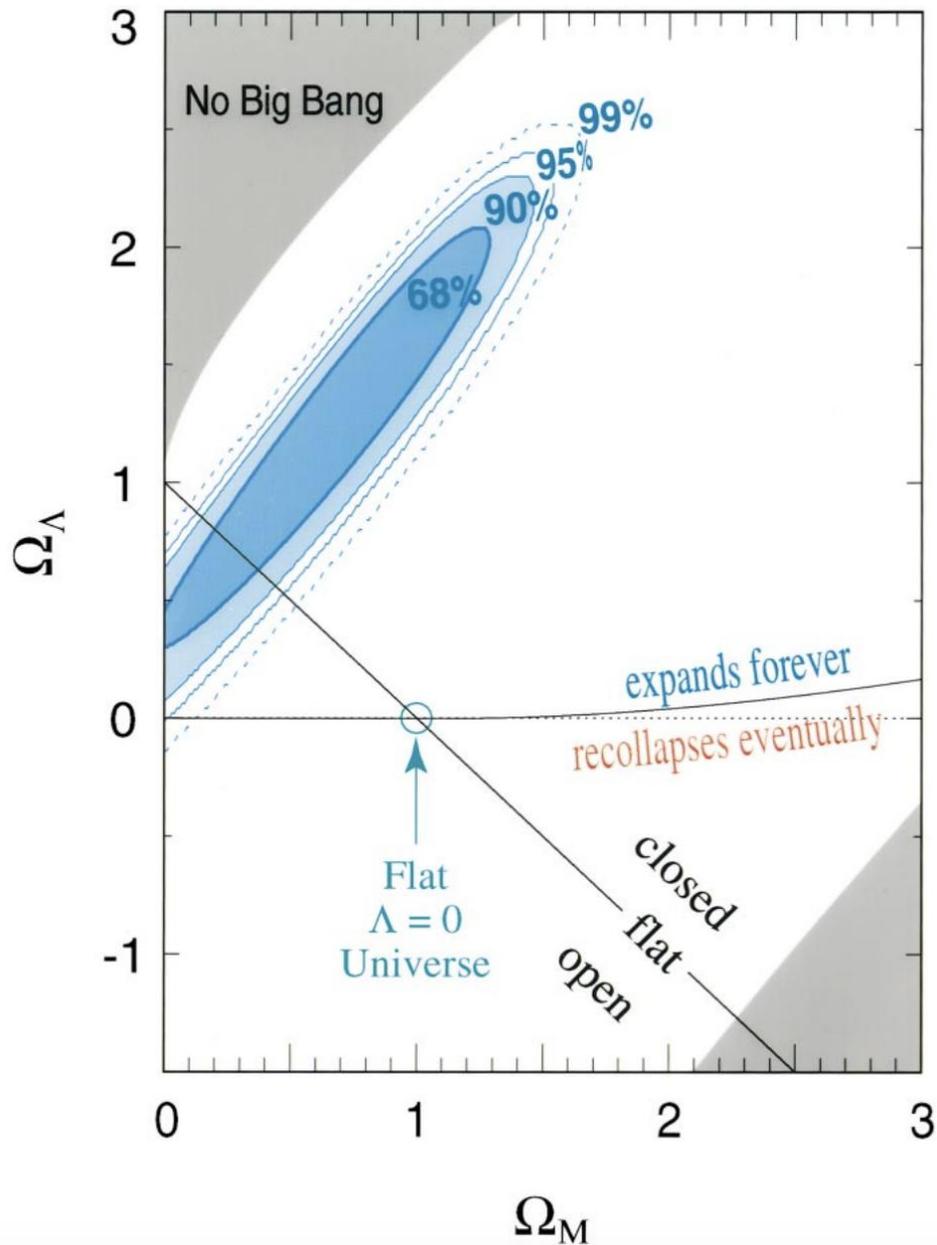
# 宇宙の「終わり」

フリードマン宇宙

アインシュタイン方程式から  
導かれる膨張宇宙

永遠に膨張するか？  
やがて収縮に転じるか？





超新星爆発で出た光を観測

今の実験結果は  
永遠に加速膨張する宇宙を支持

1000000000000000000年に一度

# 宇宙の「終わり」

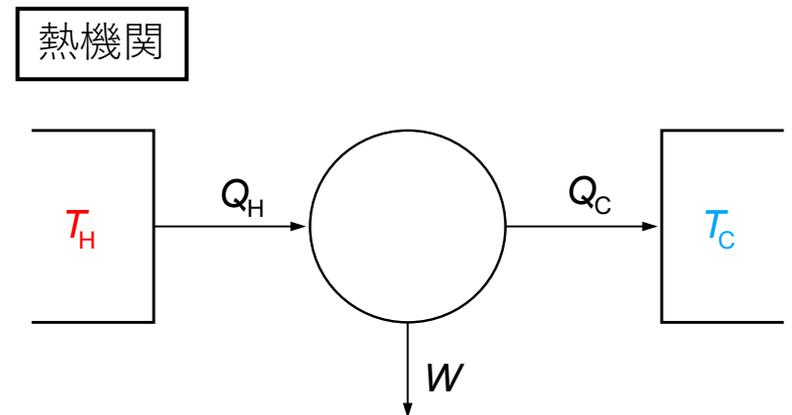
永遠に膨張し続けるとどうなるか？

熱力学第2法則（エントロピー増大の法則）

（様々な表現があるが、）

外に何も変化を与えずに、熱を低温から高温へ移すことは不可能

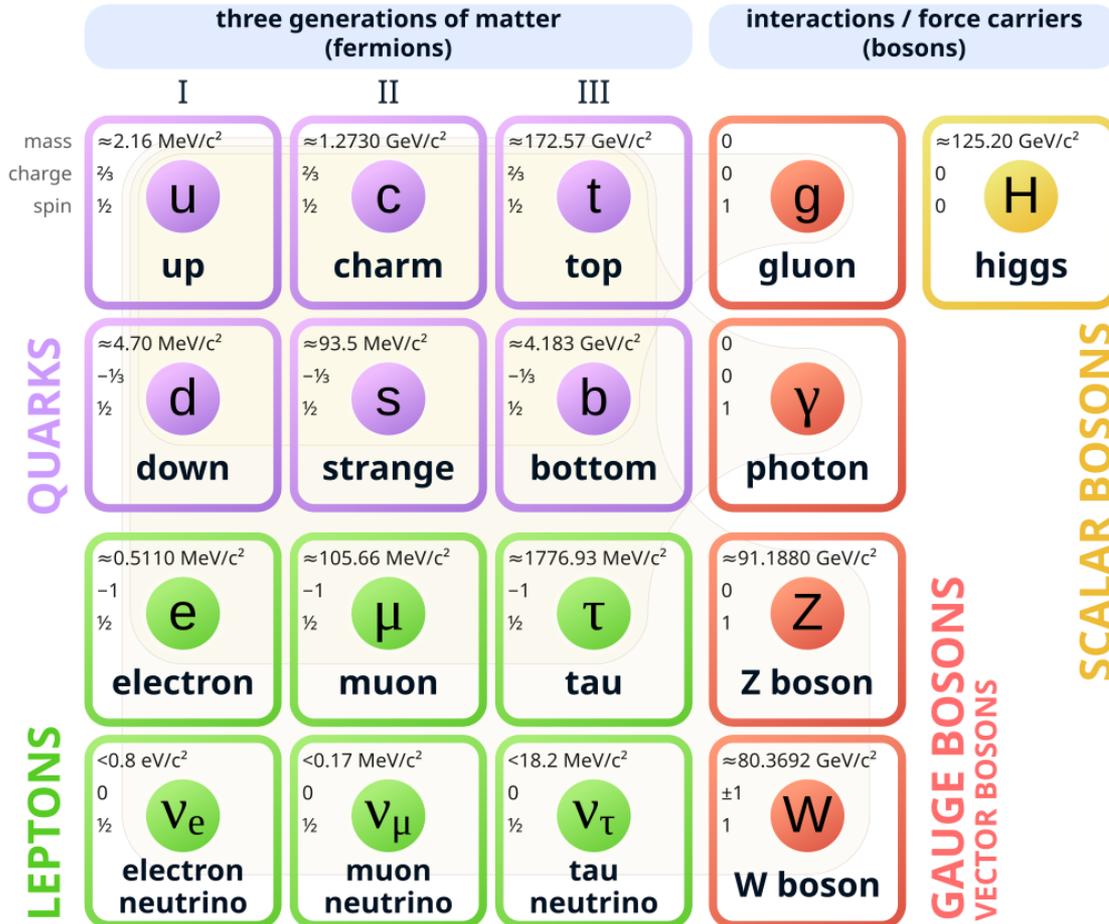
膨張宇宙のエネルギーが一定だとすれば  
やがて何も無い（放射のみの）宇宙になる  
⇒ 熱的死



????年に一度

# 真空の「終わり」

## Standard Model of Elementary Particles



素粒子：物質の最小単位

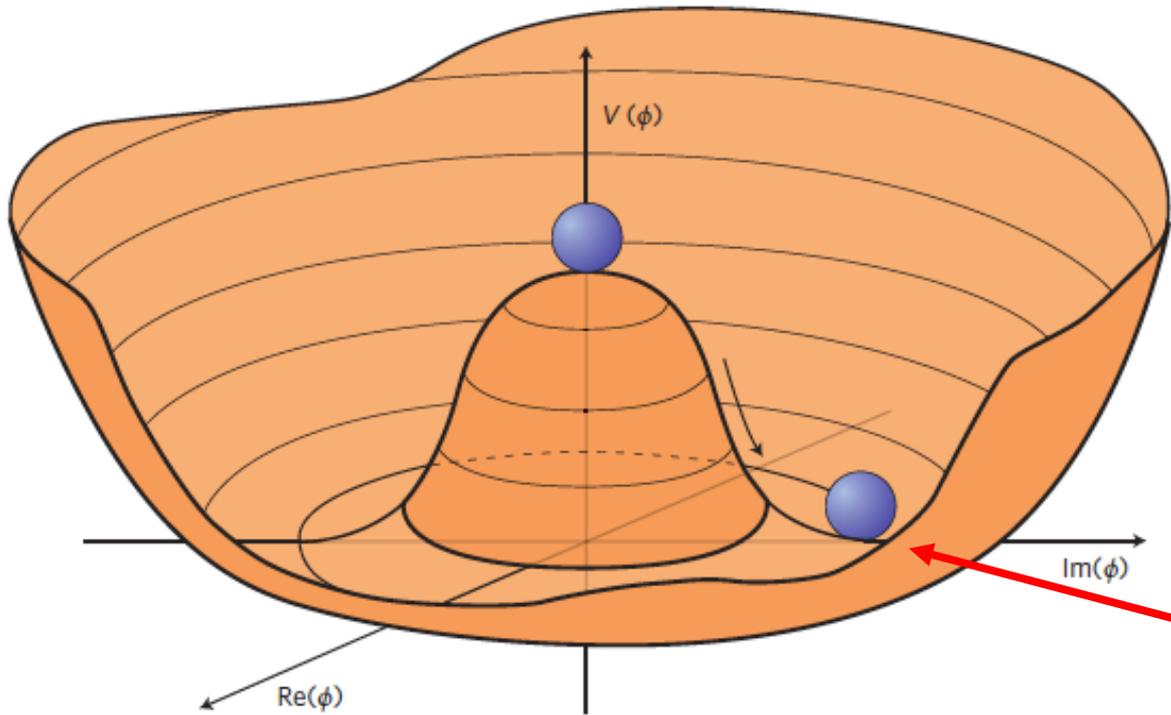
素粒子標準模型  
(世界のルール)

まだ残された謎もある

- ・ ダークマター？
  - ・ ダークエネルギー？
  - ・ 反粒子はどこへ？
  - ・ 力の大統一？
  - ・ 重力の量子化？
  - ・ なぜ3世代？
  - ・ ニュートリノの質量？
- などなど

????年に一度

# 真空の「終わり」



真空（何もない状態）  
を決めるヒッグス粒子

2012年に発見  
(2013年ノーベル賞)

現在の真空

この真空の上で、素粒子の性質が決まる

“Higgs Physics”, John Ellis, (2013)

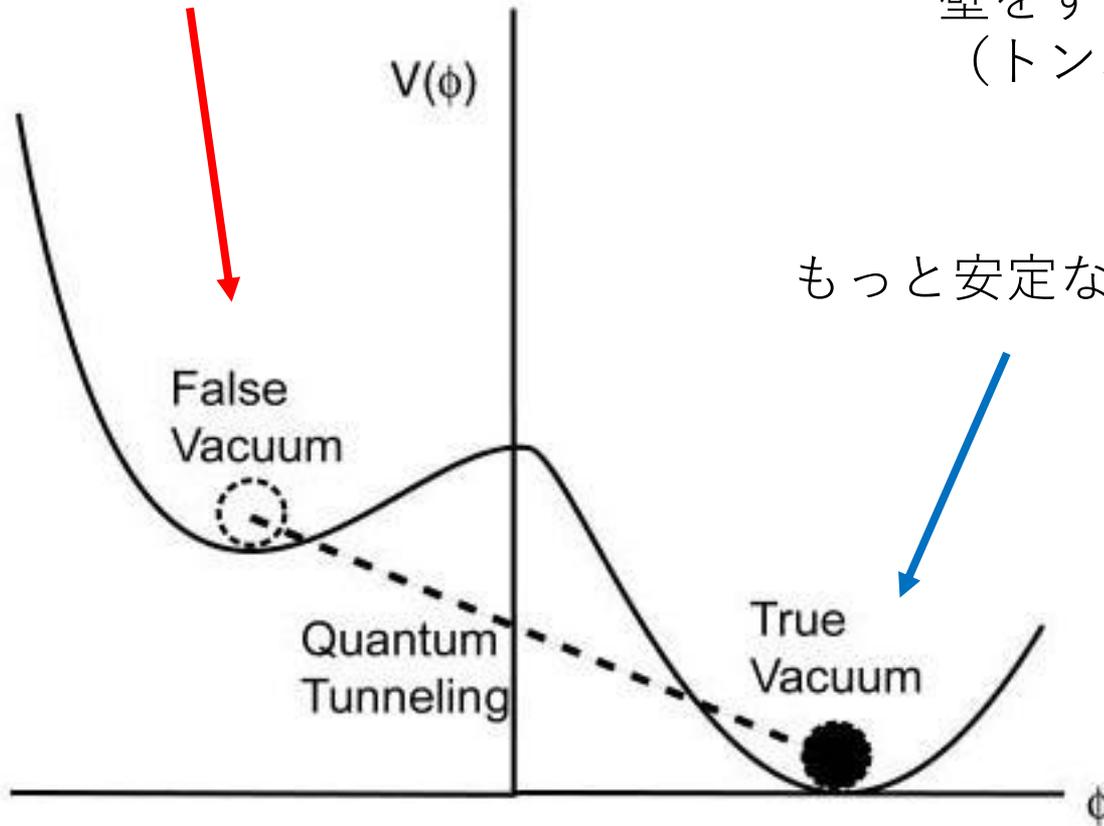
ただし、もっともっと遠くにもっと安定な点があるかもしれない

????年に一度

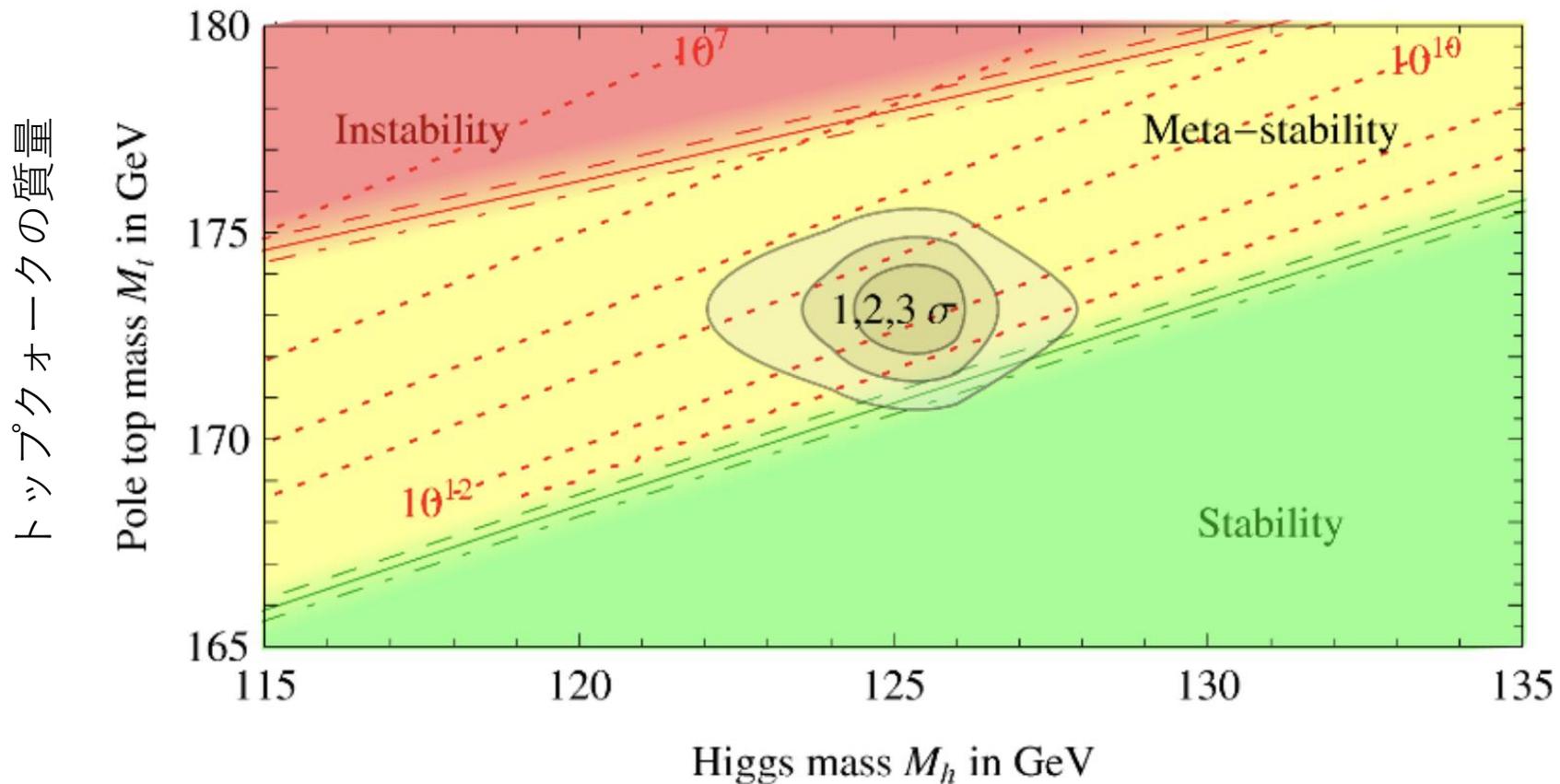
# 真空の「終わり」

現在の真空（偽の真空）

量子力学では  
壁をすり抜ける確率は0ではない  
（トンネル効果）



もっと安定な真空（真の真空）



ヒッグス粒子の質量

真空の安定性はトップクォークとヒッグス粒子の質量で決まる

現在の実験値は、現在の真空が偽の真空であることを支持

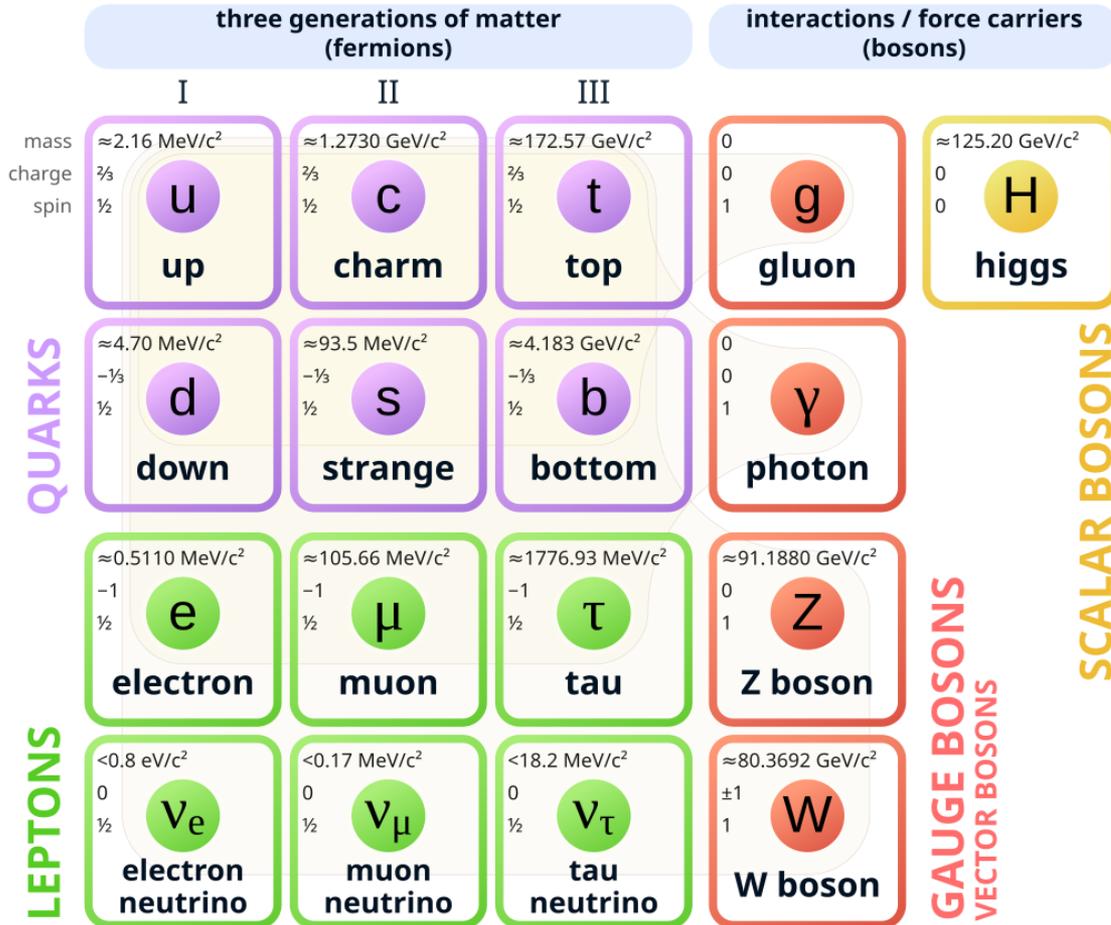
ただし、トンネルするのに $10^{790}$ 年ほどかかる（準安定）



????年に一度

# 真空の「終わり」

## Standard Model of Elementary Particles



真空が崩壊すれば、素粒子の質量や力（相互作用）等すべての性質が書き換わる

私たちの真空の終わり  
その先には何がある？

この過程は確率的  
かつ宇宙のどこでも起こりうる

終わりの終わり