

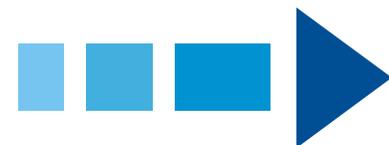


# 宇宙のはじまりと未来

令和2年7月23日現在

鹿児島現代物理勉強会

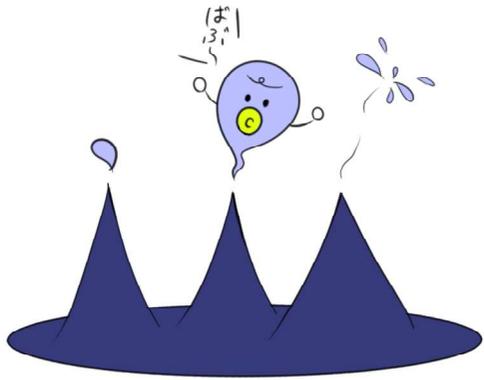
御領 悟志



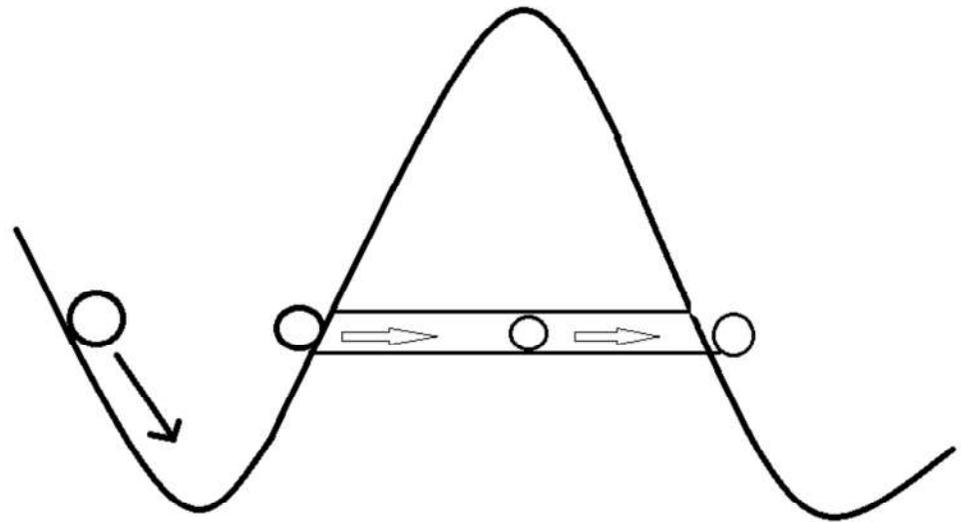
# 宇宙のはじまり

- 無の中から、「量子のゆらぎ」の中から宇宙は生まれた。
- 不確定性原理  $\Delta E \cdot \Delta t > h / 4\pi$
- はじめは、小さな小さな泡のようなもの。
- その小さな泡のような宇宙誕生からとても短い間に、宇宙は一気に膨張。
- **10のマイナス34乗秒間に、**
- **宇宙の大きさは10の43乗倍に成長！**
- 宇宙のインフレーションという。

# 無のゆらぎ・トンネル効果

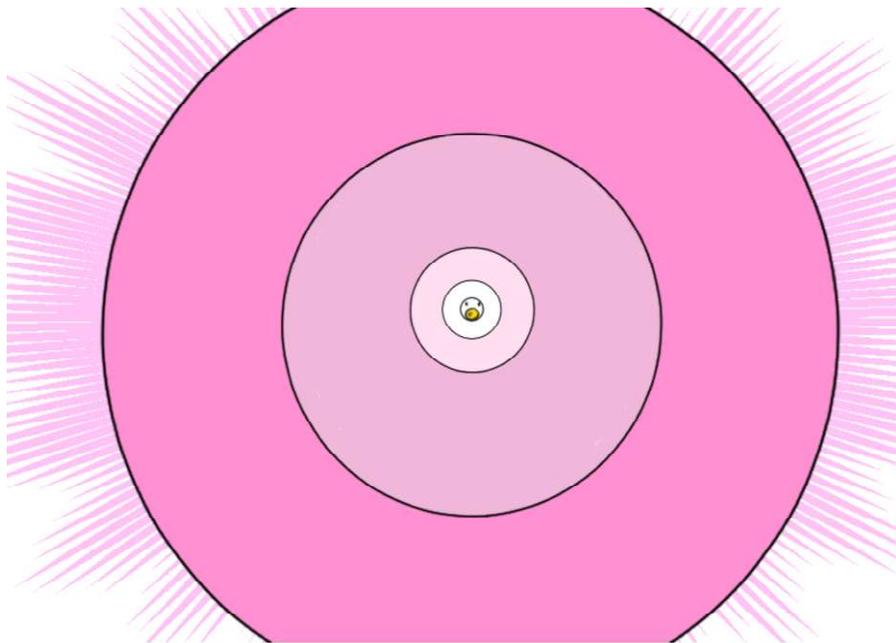


宇宙の卵が、生まれては消え生まれては消えを繰り返す。



ミクロの世界では、**粒子がエネルギーの山を越えることなく**反対側に通り抜けることができる。

# インフレーション宇宙



- $10^{-10}$ nm(十ノメートル)の空間
- (十ノ=10億分の1)
- 10億分の1メートルの100億分の1
- ↓
- 1000万光年以上の銀河団スケールに成長
- (1光年=9兆5000億キロメートル)

# ビッグバン

- 宇宙の急激な膨張**インフレーション**が終わり、真空に蓄えられたエネルギーが、一気に放出された。**(火の玉の宇宙)**
- 灼熱状態 **温度は10億度の10億倍の10億倍**
- 熱エネルギーから物質粒子と光が作られた。
- このとき**反物質粒子**も物質粒子と同じ数だけ作られた。
- **素粒子の誕生！** → クォークなど 現在**17種類**

# 素粒子の種類

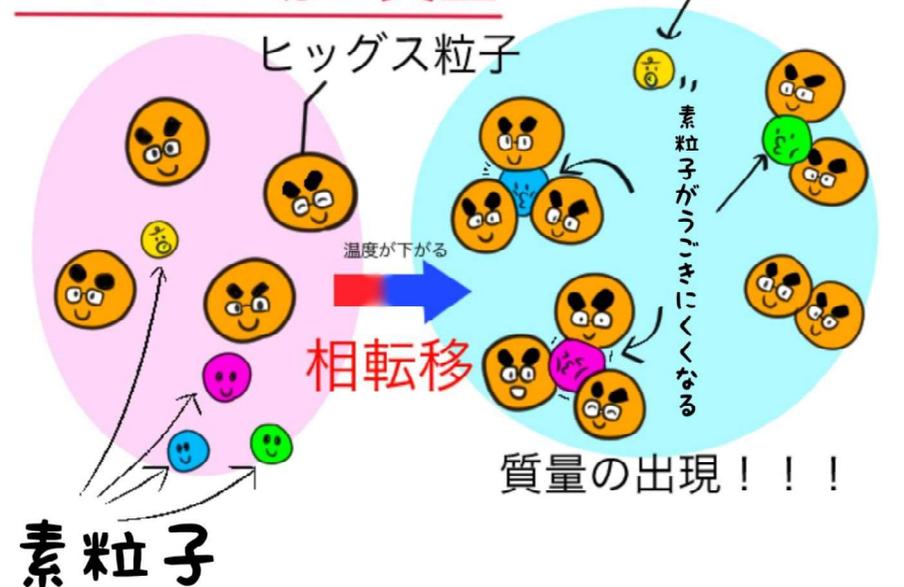
- 素粒子とは
- これ以上分けることの出  
来ない細かな**究極の粒子**
- 現在**17種類**



# ビッグバンの直後①

- ビッグバンからさらに1兆分の1秒後
- →「ヒッグス場」の形成
- 素粒子は動きにくくなる → 「質量」の獲得

## ヒッグス場と質量



## ビッグバンの直後②

- 粒子と反粒子とが出会い消えてしまう → 「対消滅」
- 陽電子(粒子)  $e^+$  + 電子(反粒子)  $e^-$  → エネルギー
- 粒子が反粒子より10億個に1個程度多かった！(理由不明)
- 粒子が優勢になる！(反粒子は消えてなくなる)
- CP対称性の破れ(粒子と反粒子で物理法則が非対称)
  
- 反粒子 = 粒子と同じ質量を持つが電気符号が反対
- 陽電子 = 電子の電気量の符号がプラス粒子

## 1万分の1秒後～3分後

- **1万分の1秒後** 陽子・中性子の誕生(クォークの結合)
- **1兆度**



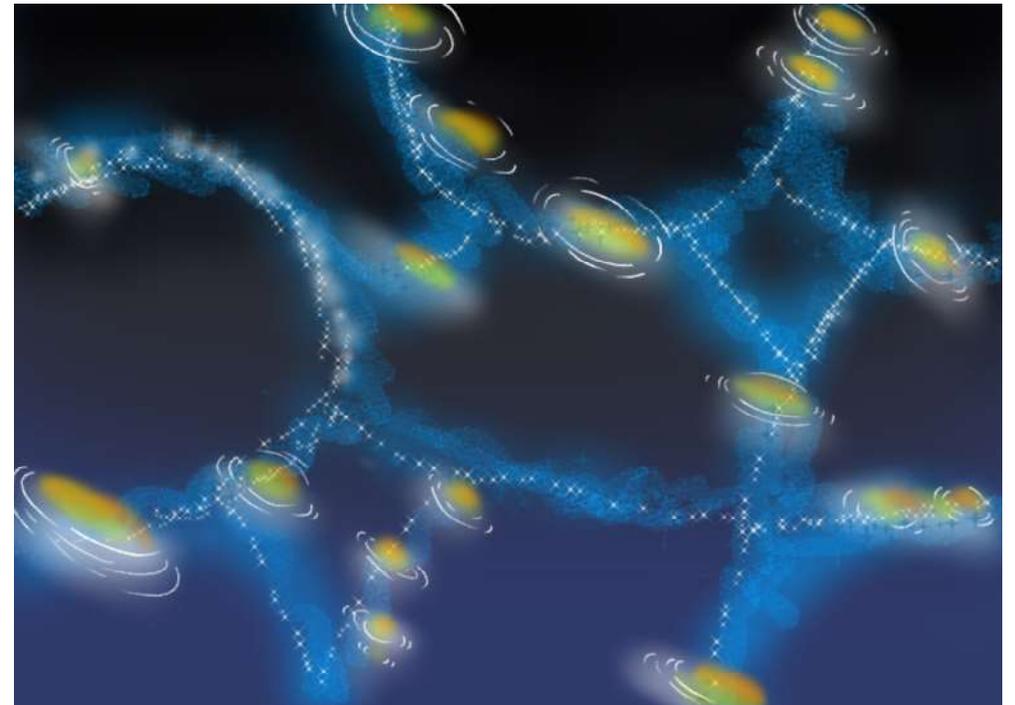
- **3分後** ヘリウム原子核の誕生「核融合反応」始まる。
- **10億度** 宇宙全体が今の太陽の内部のような状態
- **20分後には終了。**

## 37万年後

- 断熱膨張 → 3000°C程度まで下がる。
- 電子・原子核の速度が遅くなる。
- 正の電気が負の電子を電氣的引力で捕まえる。
- 水素・ヘリウム原子核の電子の取り込み (原子の誕生)
- ↓
- 「宇宙の晴れ上がり」
- 光が電子に邪魔されずに直進できる。

## 3億年後頃まで

- 宇宙の**暗黒時代**
- ほとんどが、**HとHe**ガス
- ガスの濃淡が少しずつ成長
- →**ダークマター**が影響
- 恒星・銀河が生まれる環境をゆっくりと育んだ時代。
- **原動力は「重力」**
- 初期宇宙の物質分布のむら→現在の**宇宙の大規模構造**



## 3億年頃

- ファーストスター (第1世代の恒星)
- 太陽質量の数十倍から100倍 表面温度10万°C
- 誕生から300万年後に超新星爆発 (鉄まで生成された後)
- 「ブラックホール」の誕生 大きさ30km程度
- 第2世代以降の恒星 (太陽程度の大きさ) の材料となる。
- 第2世代以降の軽い恒星は、爆発しない。
- 巨大化→赤色巨星

## 5億年頃まで

- ガスの濃いところから「**銀河**」が誕生
- 原始銀河の衝突・合体 → 成長
- その後何億年から何十億年かけて成長した。

## 8億年後頃まで

- 銀河中心に「**巨大ブラックホール**」の形成
- 太陽の質量の**100万倍～10億倍程度**
- 半径**300万km～30億km**
- ①ブラックホールの「**合体**」
- ②        "        **が周囲のガス・恒星を飲み込む。**
  
- **超新星爆発後のブラックホール → 太陽の10倍程度**

## 92億年後頃(46億年前)

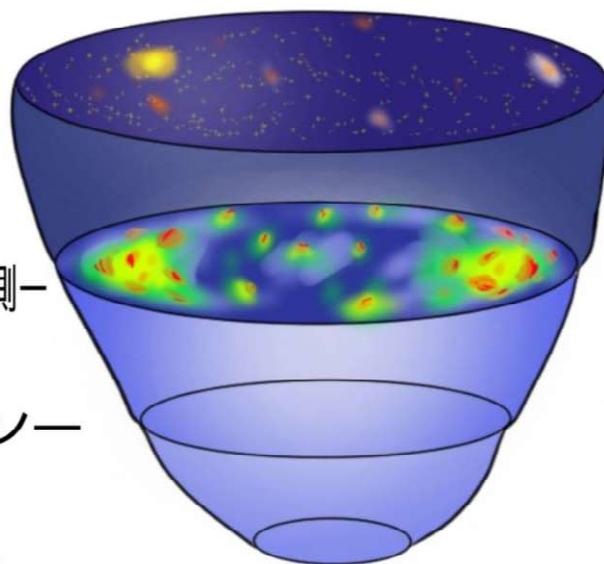
- ガスの濃い部分 重力により収縮 → 「**原始恒星**」の誕生
- 原始惑星系円盤の形成
- ちりを材料に微惑星から「**惑星**」誕生
- 恒星の近くに「**岩石惑星**」
- 恒星の遠くに「**巨大ガス惑星**」「**巨大氷惑星**」
- **太陽系の誕生**
- 天の川銀河(銀河系) 1兆個を超える恒星集団の周縁部
- おとめ座銀河団の近くに位置

現在—

WMAP衛星の観測—

ビッグバン—

宇宙のはじまり—



インフレーション

37万年

138億年

# 138億年 宇宙の進化



# 宇宙の未来

- **宇宙の未来を決めるのはダークエネルギー**
- **ビッグリップ。**
- **ダークエネルギーの増加 → 宇宙膨張の加速**
- **全てのものが引き裂かれる。**
- **ビッグクラッシュ**
- **ダークエネルギーの減少 → 宇宙は重力により収縮**
- **宇宙が一つの点に戻る。**

## 参考図書

- **別冊ニュートン 138億年の大宇宙(改訂第2版)2020年5月**
- **図説 最新宇宙論 縣秀彦著 学研 2019年9月**