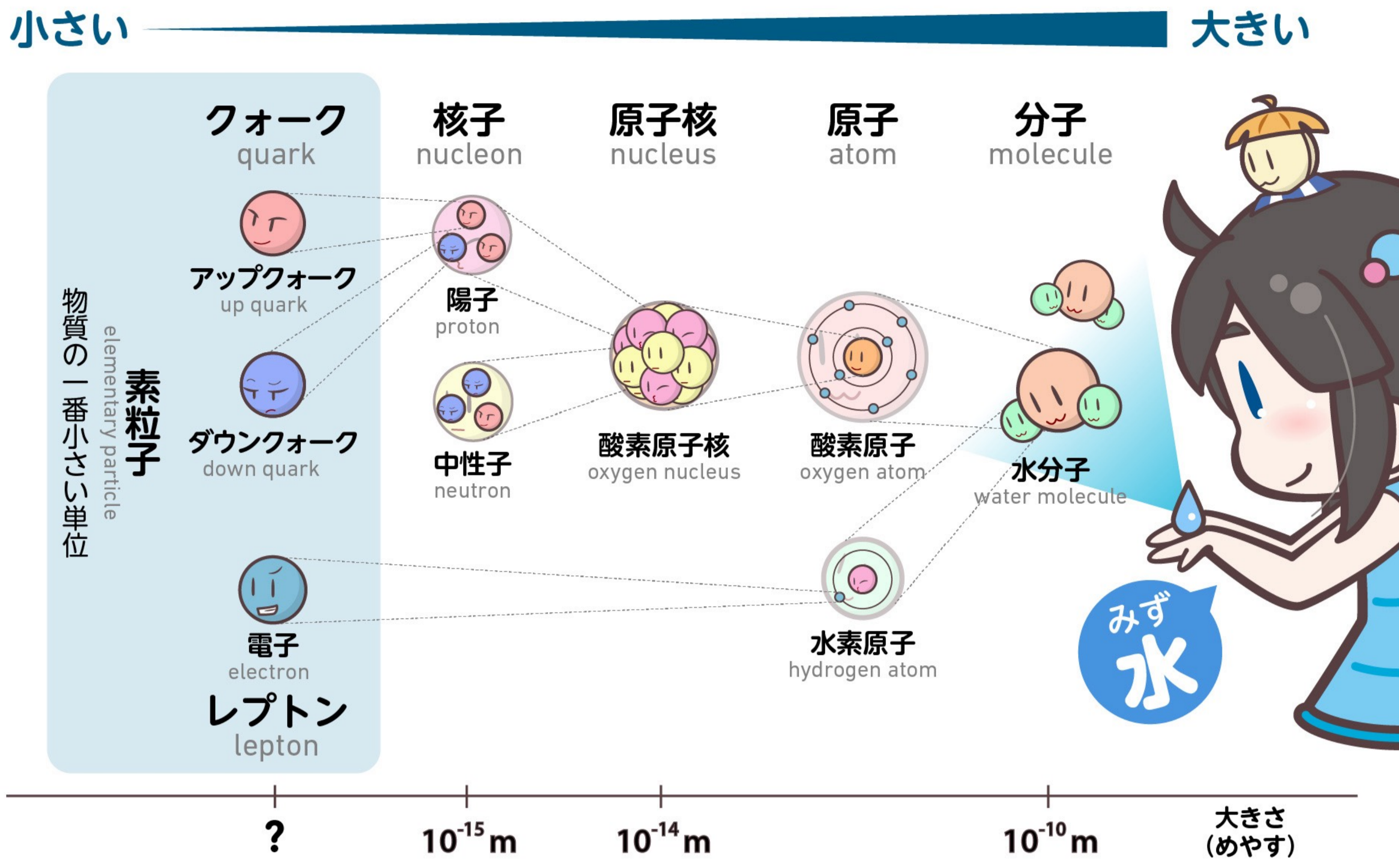


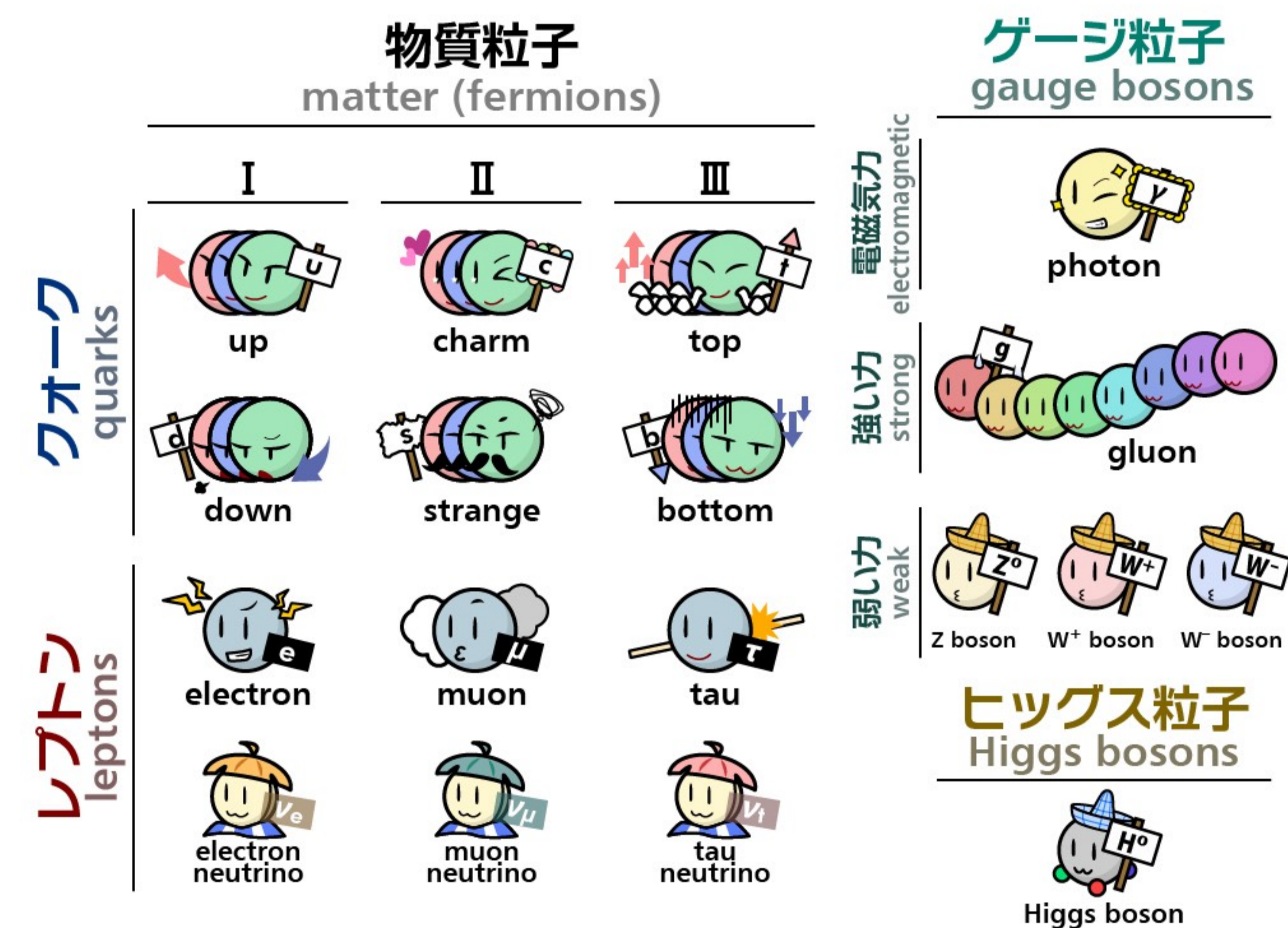
# 素粒子って何？

素粒子とは、身の回りにあるものをこれ以上ばらせないところまで細かくした最小単位のことです。



# どんな素粒子がある？

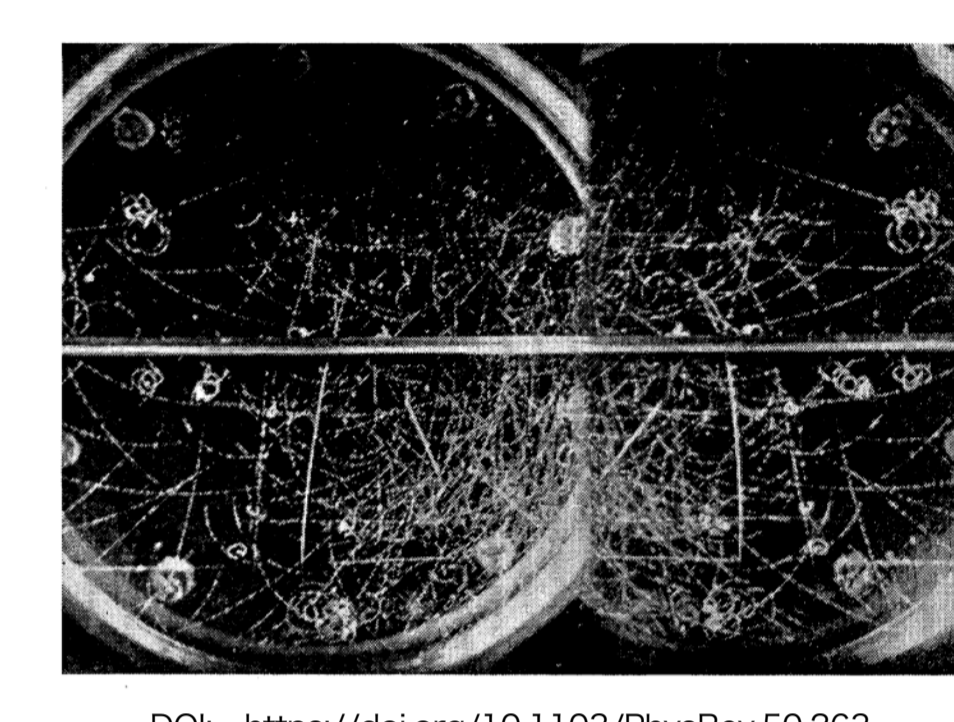
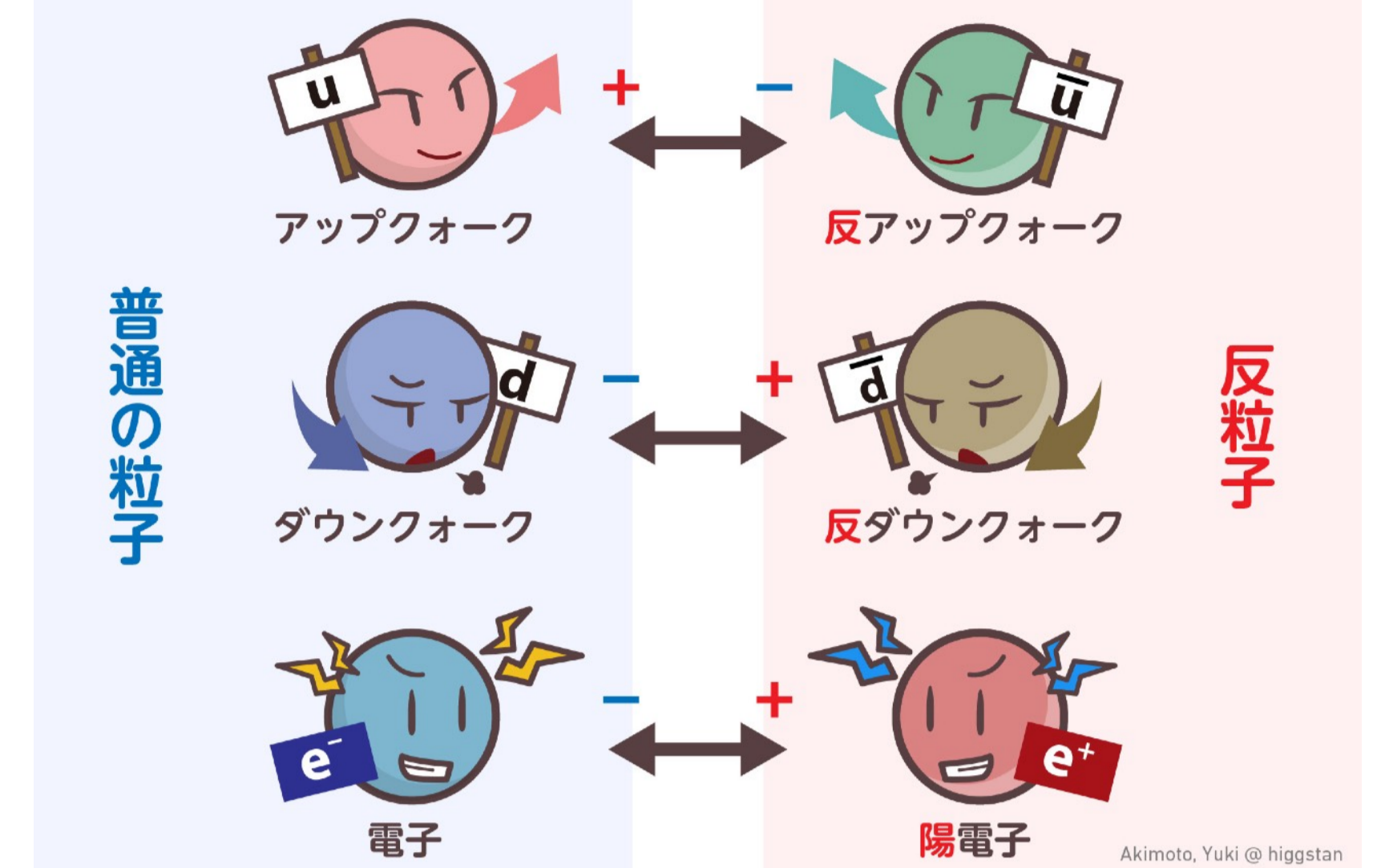
素粒子には普段なかなかお目にかかれないものがあります。例えば、すぐに壊れて別の粒子に変わってしまう粒子や、なんでもすり抜ける粒子などなど。



2013年にはヒッグス粒子が発見され、素粒子標準模型で予言されている粒子は全て見つかりました。

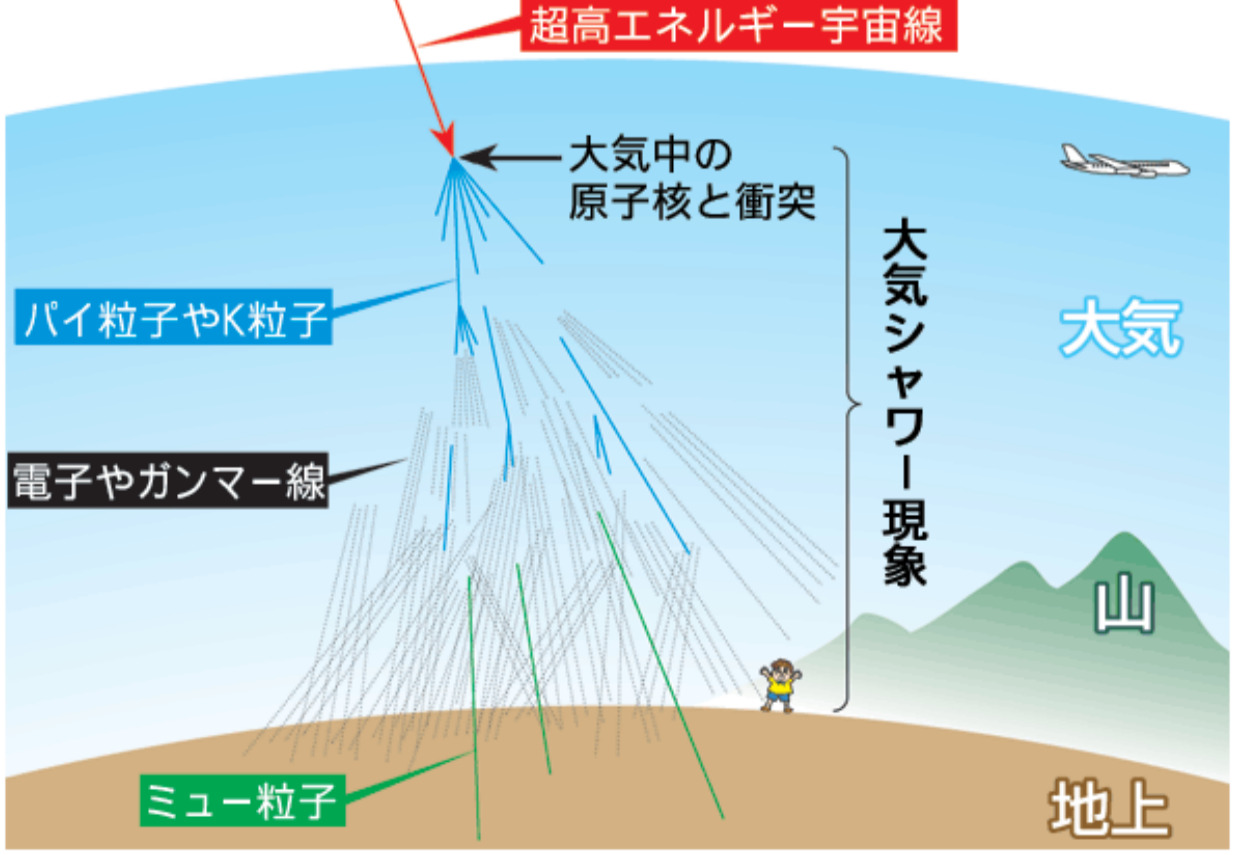
# 素粒子の発見 +α

- 1897年 電子の発見  
真空管内の陰極線が電場で曲がることを観察
- 1911年 (原子核の発見)
- 1919年 (陽子の発見)
- 1932年 (中性子の発見) 陽電子の発見  
霧箱を用いた宇宙線観測。初めての反粒子検出
- 1937年 ミューオンの発見  
霧箱を用いた宇宙線観測
- 1956年 電子ニュートリノの発見  
原子炉でβ崩壊から出てきたニュートリノを観測
- 1962年 ミューニュートリノの発見  
πの崩壊から出てきたニュートリノを観測
- 1964年 宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の発見  
微弱な宇宙からの信号を検出、理論予測と一致
- 1969年 u、dクォークの発見  
原子核中の陽子、中性子を標的とした電子衝突実験
- sクォークの発見  
K中間子の発見から(霧箱を用いた宇宙線の観測)
- 1974年 cクォークの発見  
J/ψの発見から(陽子衝突・電子陽電子衝突)
- 1975年 τ (タウ) 粒子の発見  
電子・陽電子衝突実験
- 1977年 bクォークの発見  
Υの発見から(陽子-原子核衝突実験)
- 1979年 g (グルーオン) の発見  
電子・陽電子衝突からのジェット
- 1983年 W・Zボソンの発見  
陽子・反陽子衝突実験
- 1987年 超新星爆発によるニュートリノの初観測
- 1995年 tクォークの発見  
陽子・反陽子衝突実験
- 1998年 ニュートリノ振動を観測
- 2000年 タウニュートリノの直接観測  
陽子ビームで生成した粒子を原子核乾板で観測
- 2013年 ヒッグス粒子の発見
- 20XX年 暗黒物質の解明??

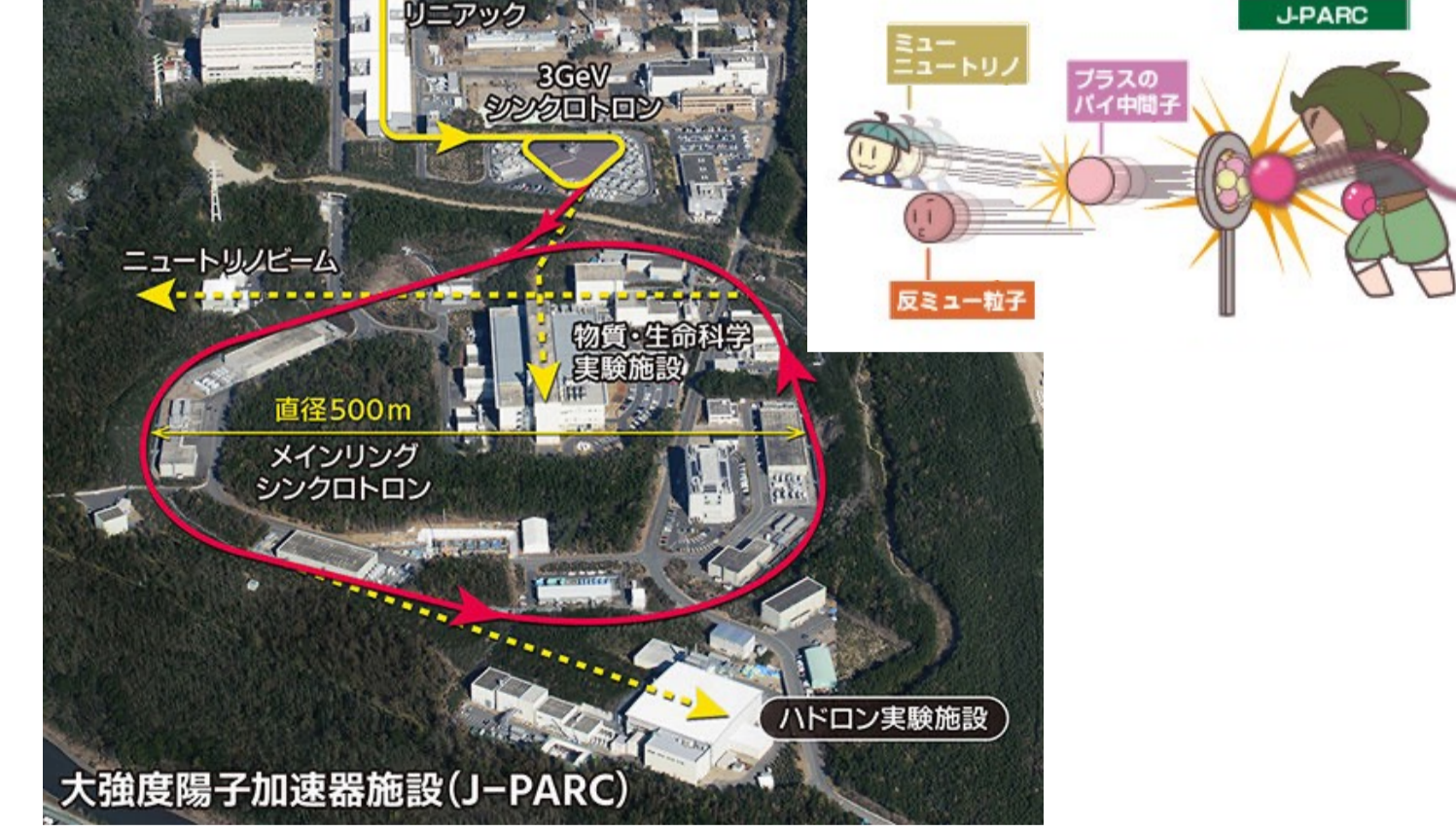


# 素粒子をどうやって調べる？

調べたい現象ごとに、さまざまな素粒子が作られます。

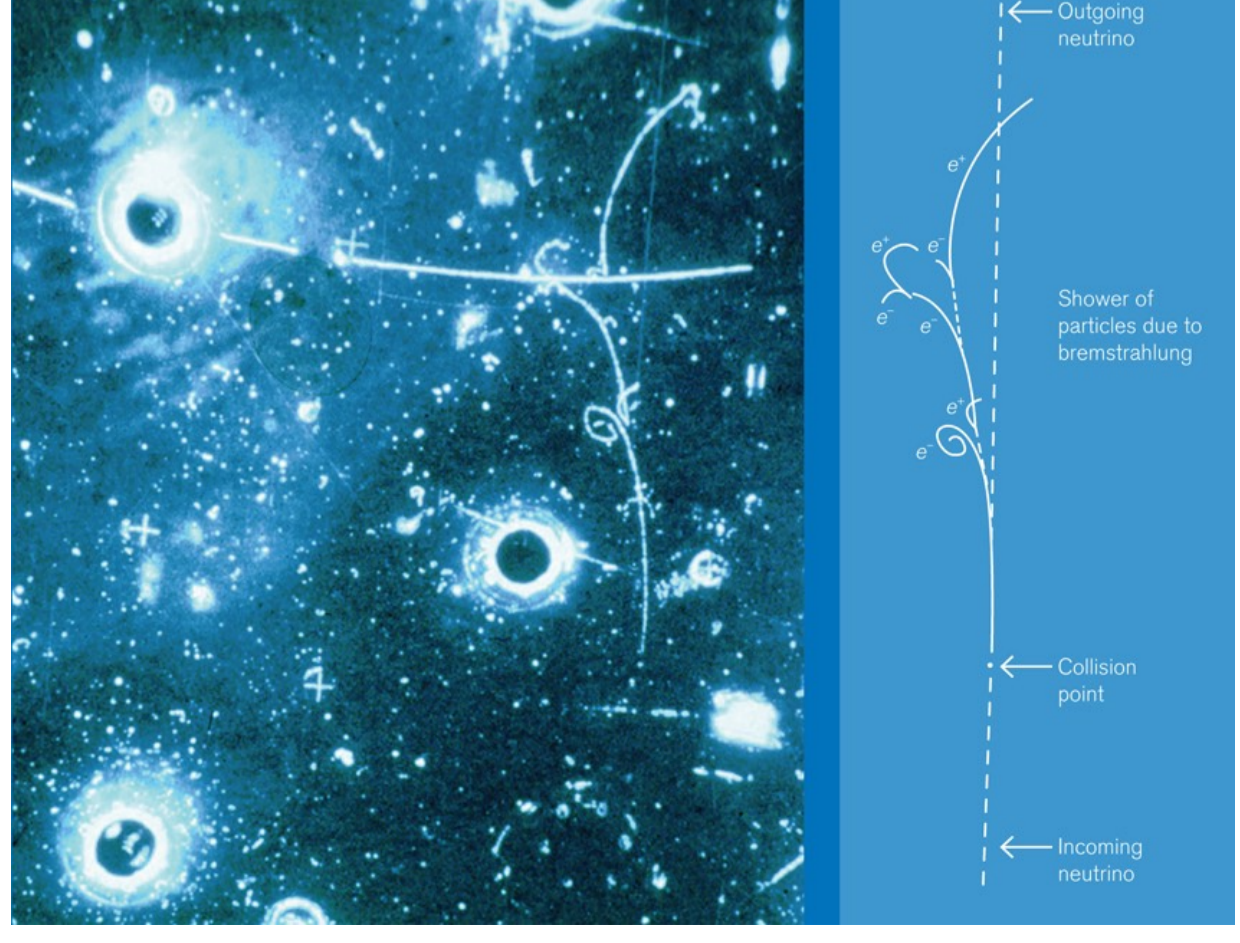


宇宙からの粒子を使う

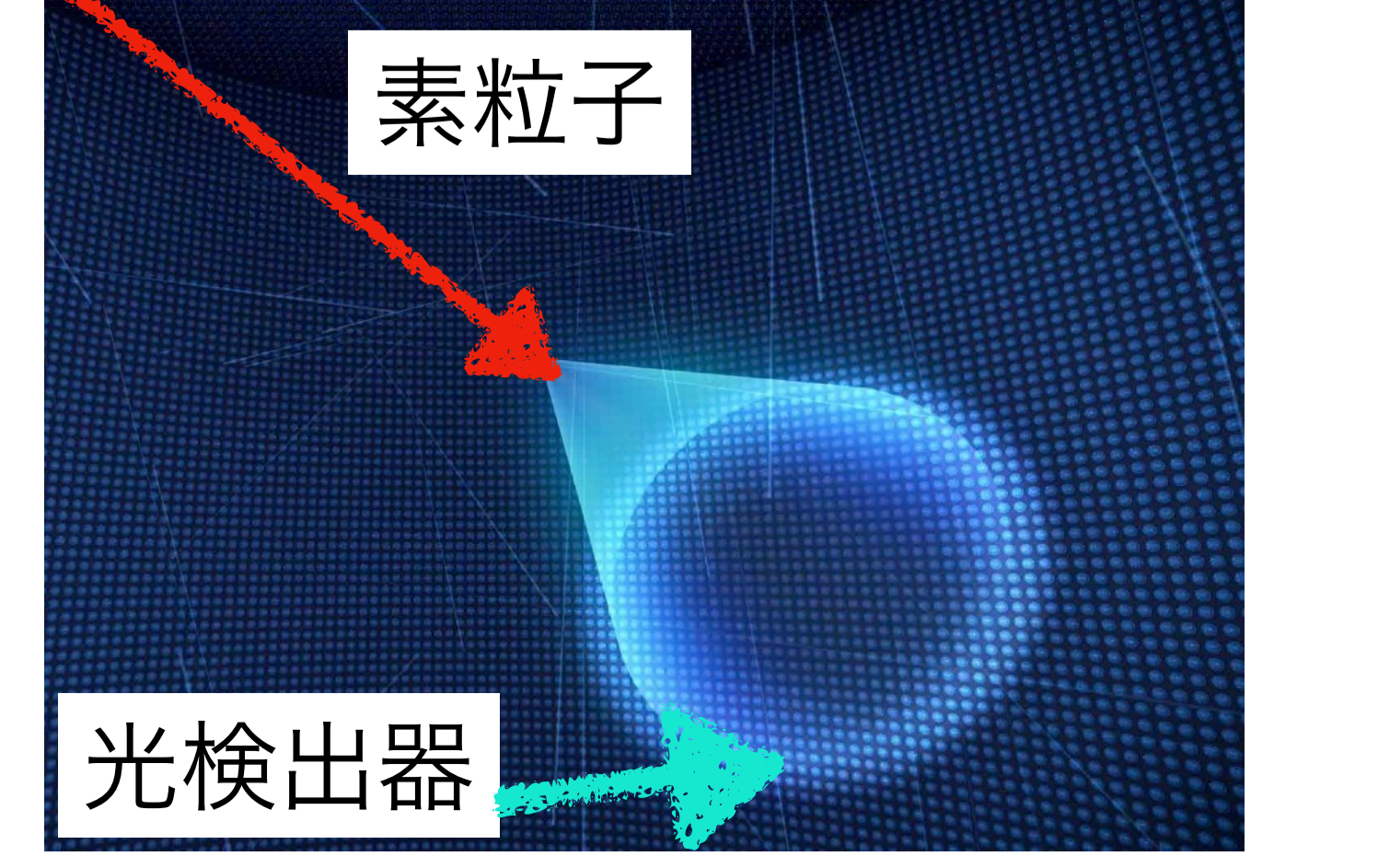


人工的にぶつけて発生させる

見たい粒子とその情報に合った検出の仕方を考えます。



飛んだ跡をみる



光 (エネルギー) をみる

# 稀現象観測実験



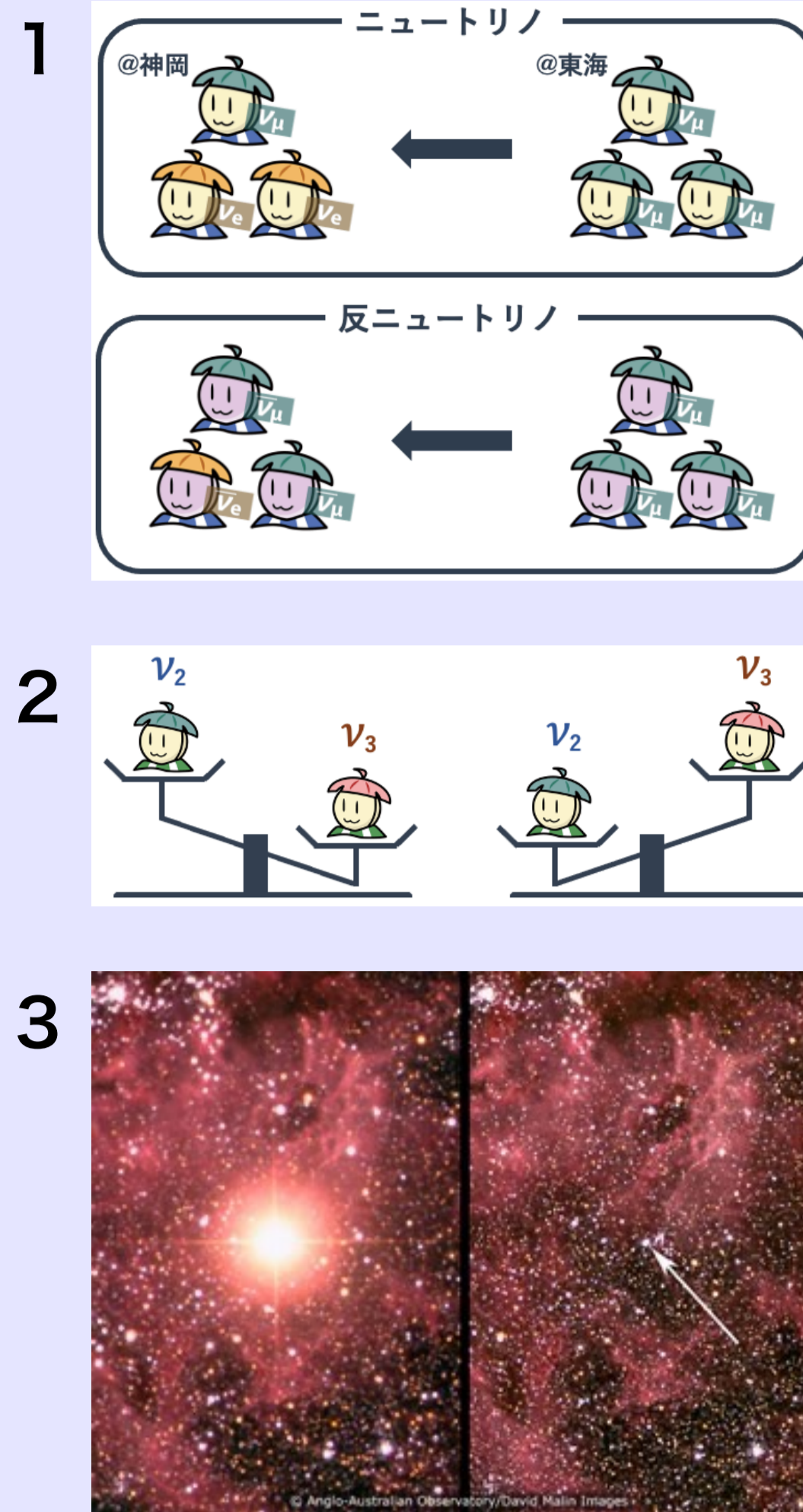
## ニュートリノの観測

茨城県東海村にある加速器や宇宙・大気・太陽からのニュートリノを、岐阜県神岡のスーパーカミオカンデ (SK) で観測

### ニュートリノ振動の観測などから

1. なぜ反物質が宇宙に存在しないか？
2. どのニュートリノが一番重いか？
3. 超新星爆発のメカニズムは？

といった謎の解明を目指します

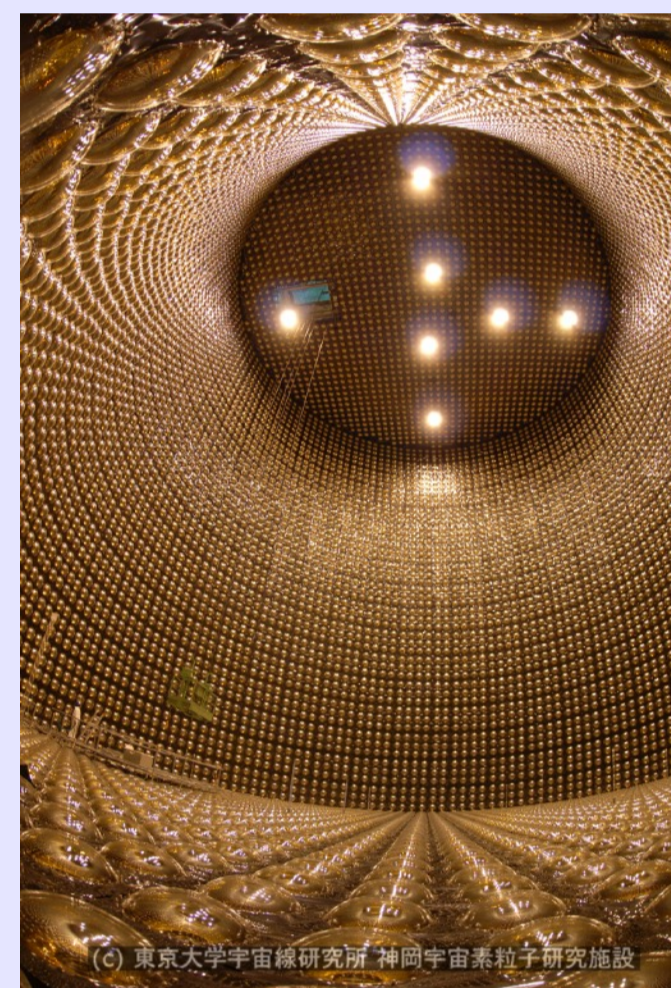


加速器から出たニュートリノの一部は飛行中にその種類を変える (ニュートリノ振動)

## 陽子崩壊の探索

宇宙初期の物理法則を探求するうえで陽子崩壊が鍵を握りますが、これは $10^{34}$ 年 (宇宙年齢138億年の1兆倍のさらに1兆倍) かかっても起こらない稀な現象です

SKは直径41.4m高さ39.3mのタンクに50ktonの純水を入れた検出器であり、陽子 (物質) をたくさん用意することで陽子崩壊を待ちます



スーパーカミオカンデ内部

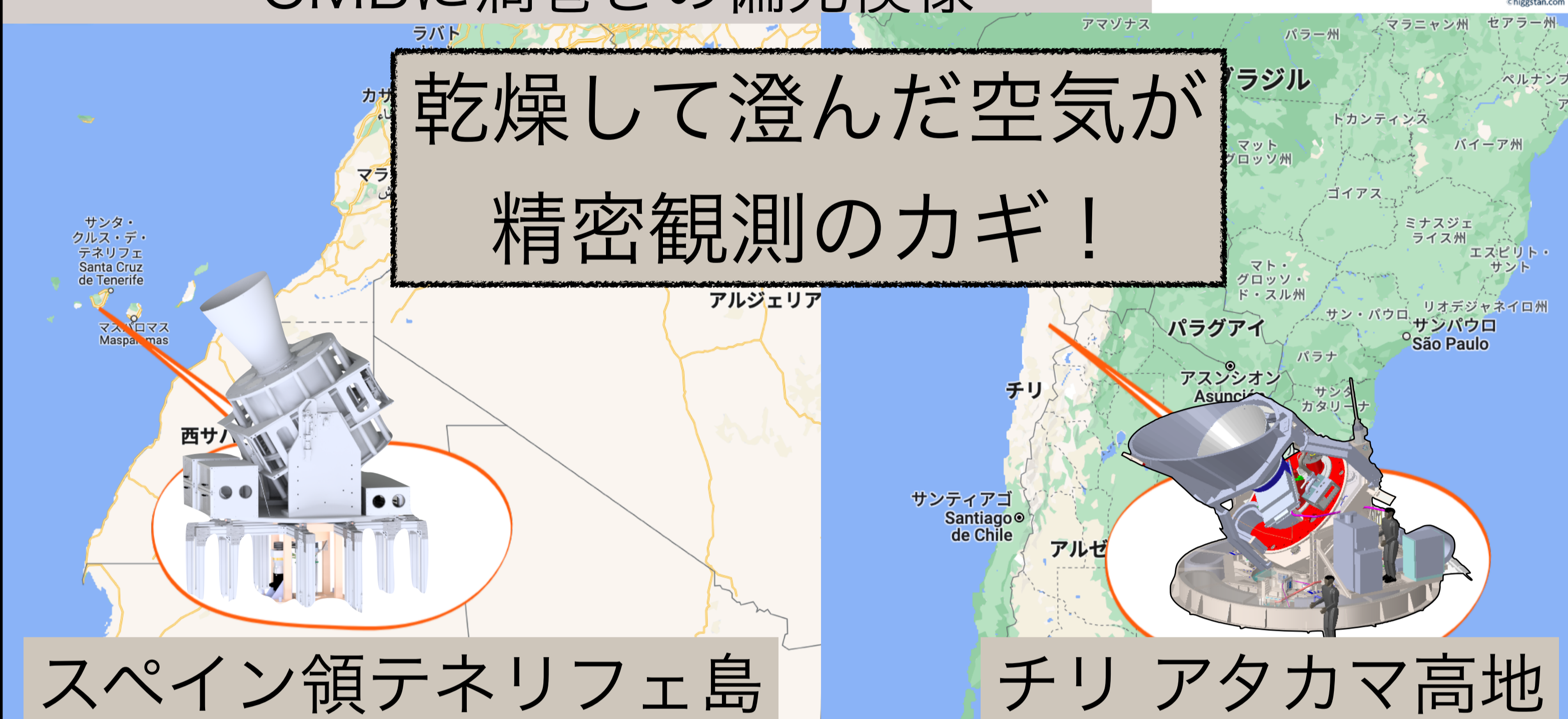
# CMB観測実験



“CMBって何？”  
Cosmic Microwave Background (宇宙背景放射)  
“宇宙最古の光”  
★インフレーションがあると…  
→CMBに渦巻きの偏光模様

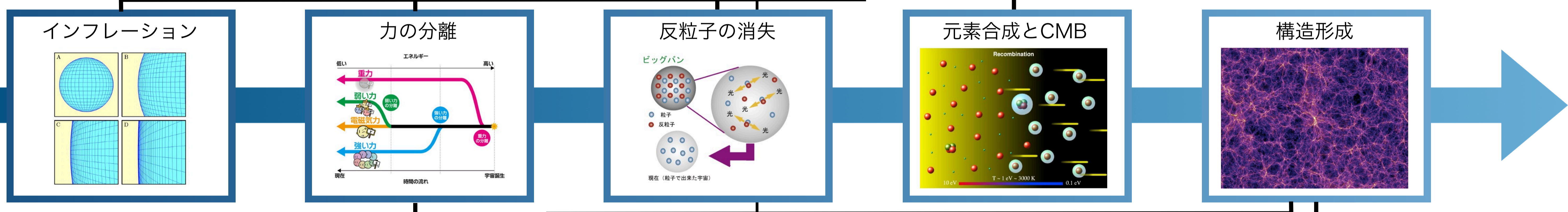


乾燥して澄んだ空気が精密観測のカギ！



スペイン領テネリフェ島

チリ アタカマ高地



# 大型加速器実験



Large Hadron Collider (LHC) にて世界最高エネルギーで陽子同士を衝突させ、生じた粒子を検出する実験です。

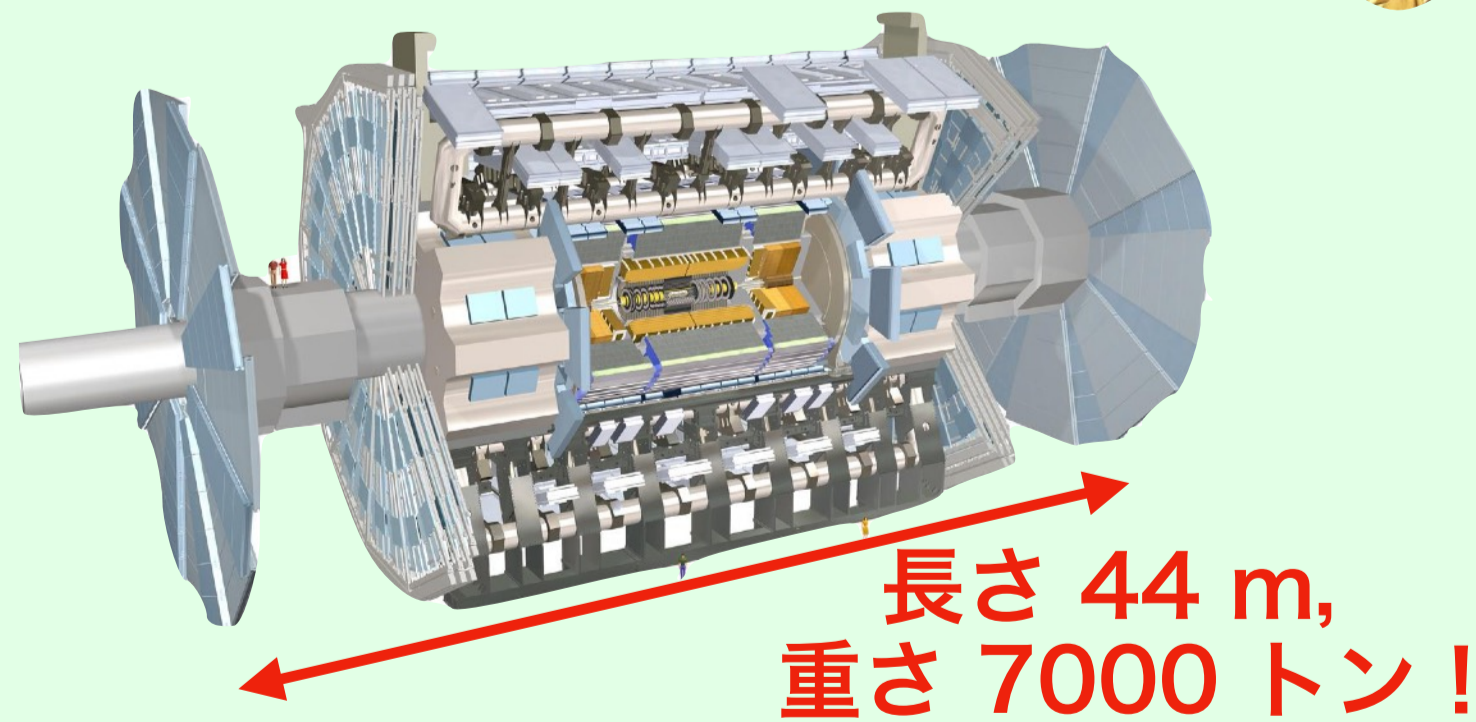
## 高エネルギーを目指す理由

普段見えない重い粒子や宇宙初期に近い状況を作るため！

## ATLAS 検出器による検出

多くの種類の検出器で全面を覆い、粒子を逃さず検出します。

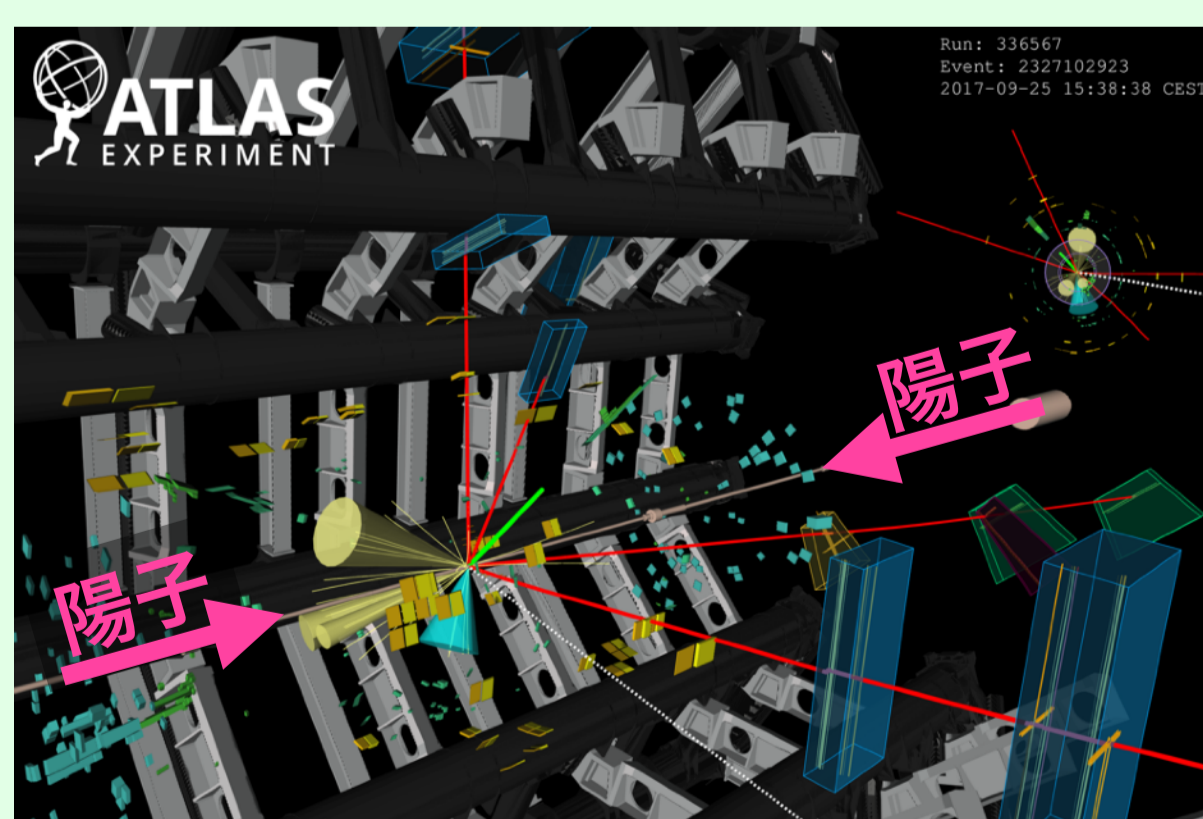
→ヒッグス粒子の発見 (2013)



長さ 44 m, 重さ 7000 トン！



LHC 周長 27 km!



内部での反応の様子(CG)

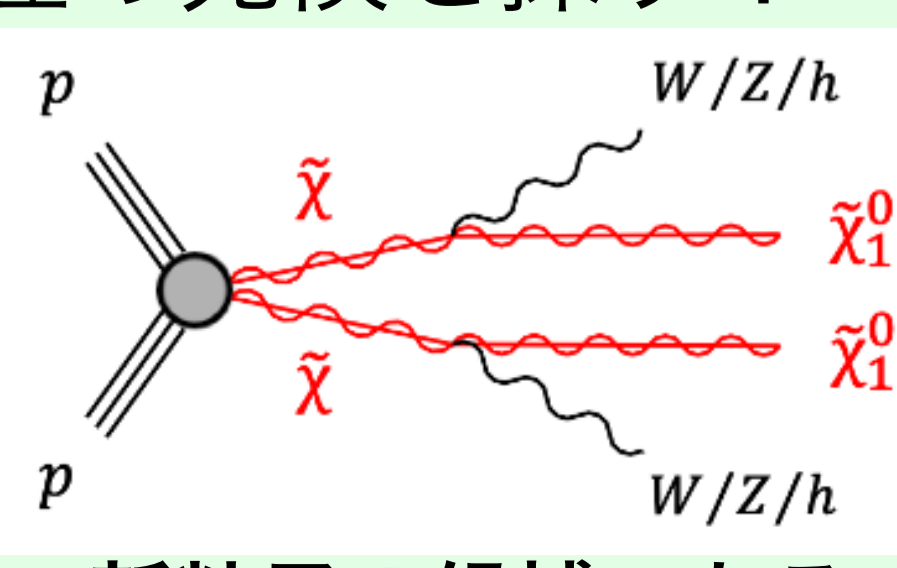
## 何を調べているの？

### 標準模型粒子の精密測定

LHCでしか作れない素粒子など、素粒子の性質を詳しく調べ、新物理の兆候を探す！

### 新粒子, 新現象の探索

様々な理論で予言されている、暗黒物質の存在を説明する新粒子等を探索



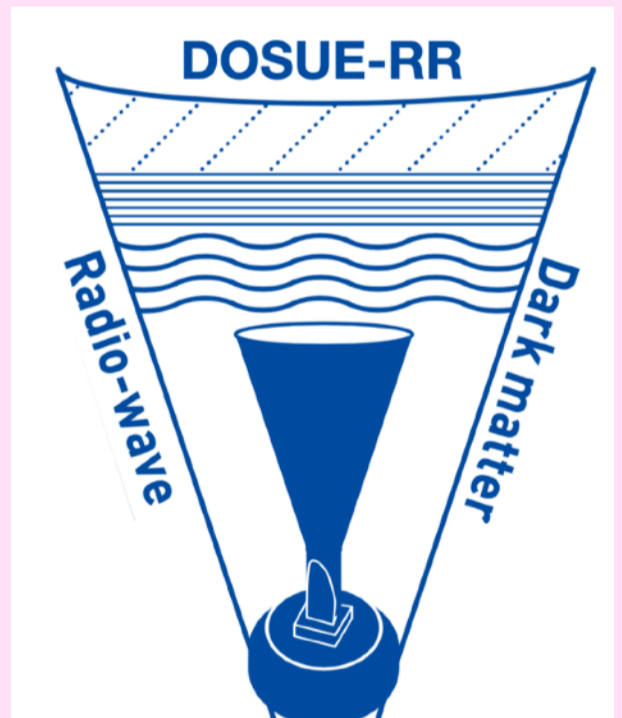
新粒子の候補である超対称性粒子の反応モデル



ATLAS 内部の様子

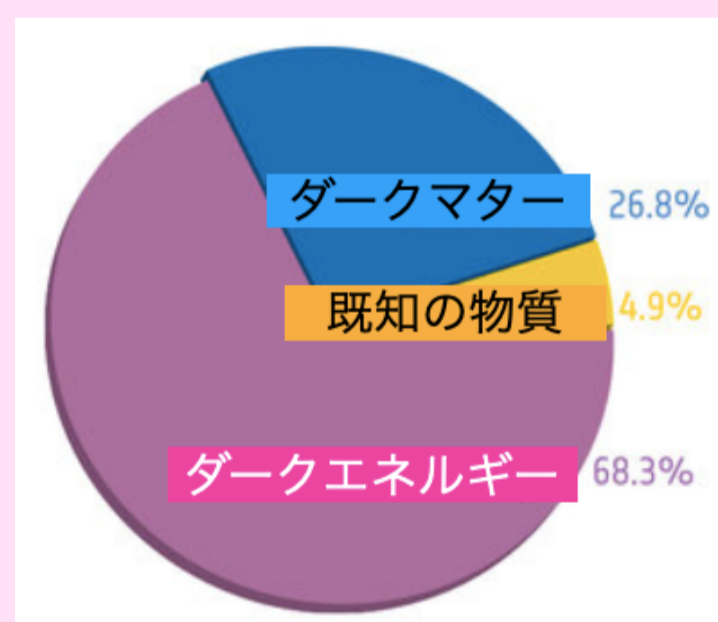
# 暗黒物質探索実験

暗黒物質 (ダークマター) の正体を知って宇宙の謎を解き明かす！！



## 暗黒物質ってなに？

宇宙を組成するエネルギーの27%を占めると考えられる物質。未だ観測されていない…



宇宙の組成

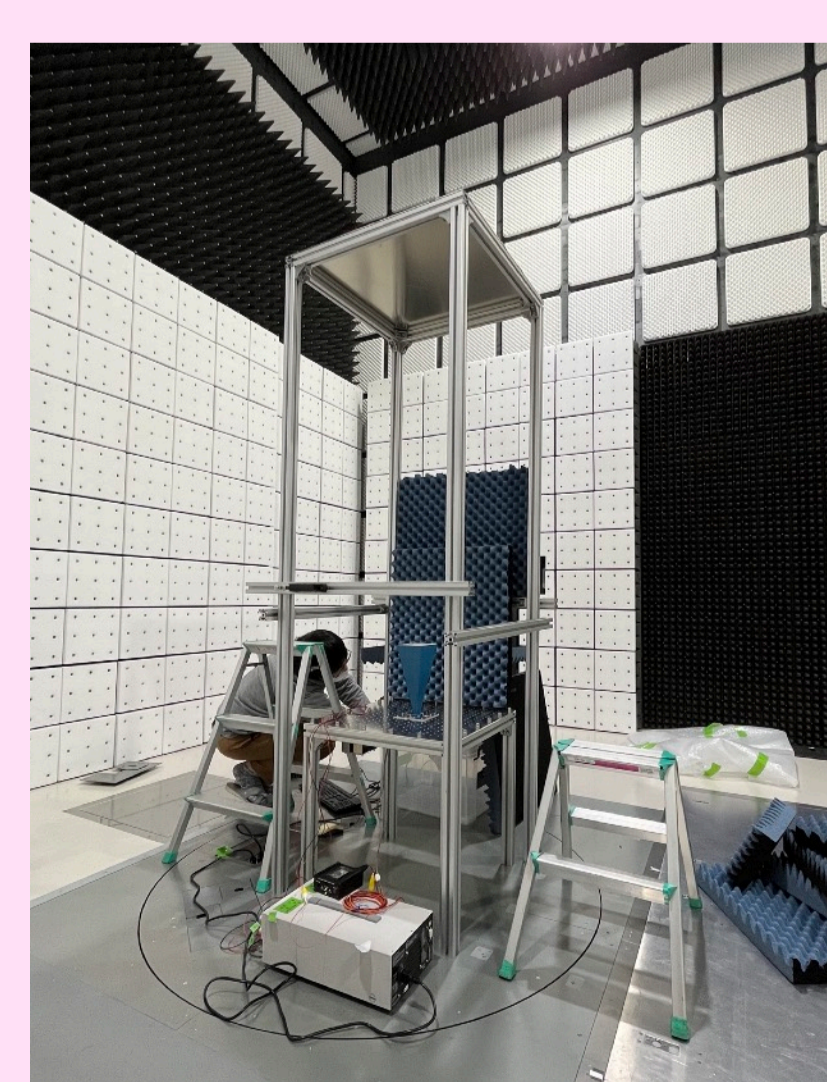
## 暗黒物質を探して何が嬉しいの？

星や銀河は、初期の宇宙のわずかな重力勾配によって暗黒物質の密度に差が生じて誕生。

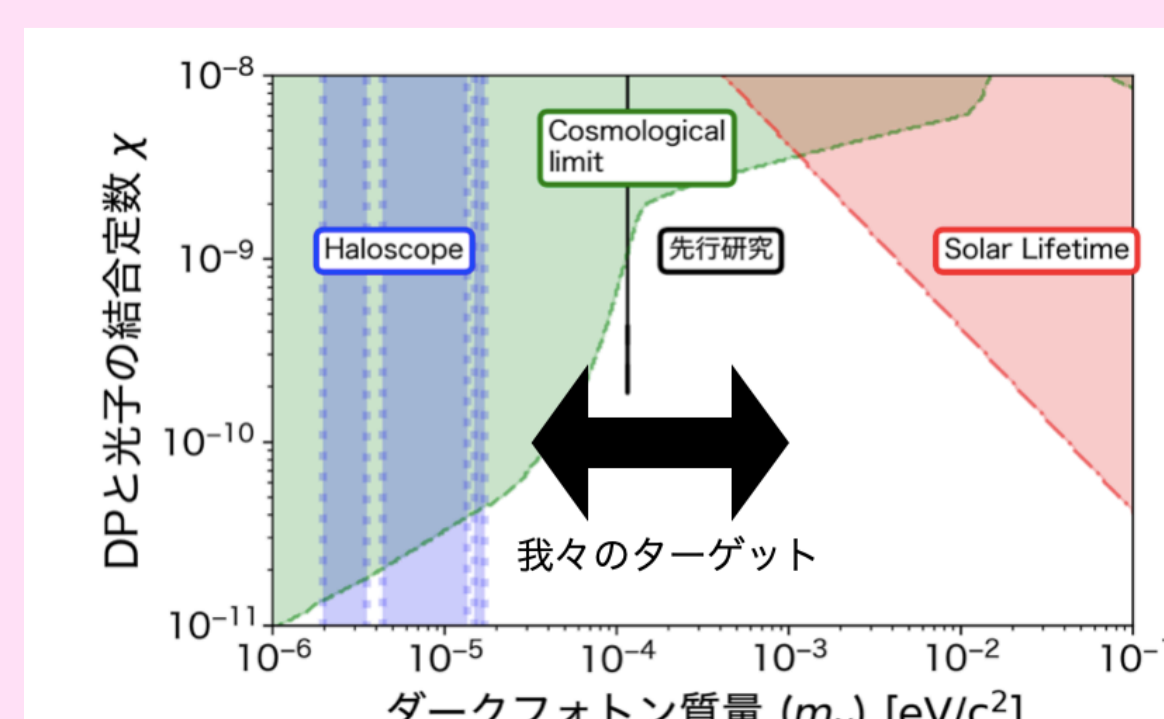
暗黒物質の正体解明は宇宙の起源と未来の理解に繋がります！

## 探索の手法&我々の狙いは…

- ・ 暗黒物質の痕跡をわずかな光から捉える！ → 高感度, ノイズの低減が重要
- ・ 未探索の領域が多い, 20~300GHzの電波の周波数帯を狙う！ → 5G, 6G…の情報通信革命の一端を担うミリ波の電波観測技術



実験セットアップ



探索状況