

何が世界を構成するのか？

全ての物質を構成する「素粒子」とは何でしょうか？

京都大学大学院 理学研究科
高エネルギー物理学研究室
(素粒子実験)



素粒子って何だろう？

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。

現在見つかっている素粒子たち

17種類の素粒子が発見済み！

- ・物質粒子：物質を構成する粒子
- ・ゲージ粒子：力を伝える粒子
- ・ヒッグス粒子：質量を与える粒子

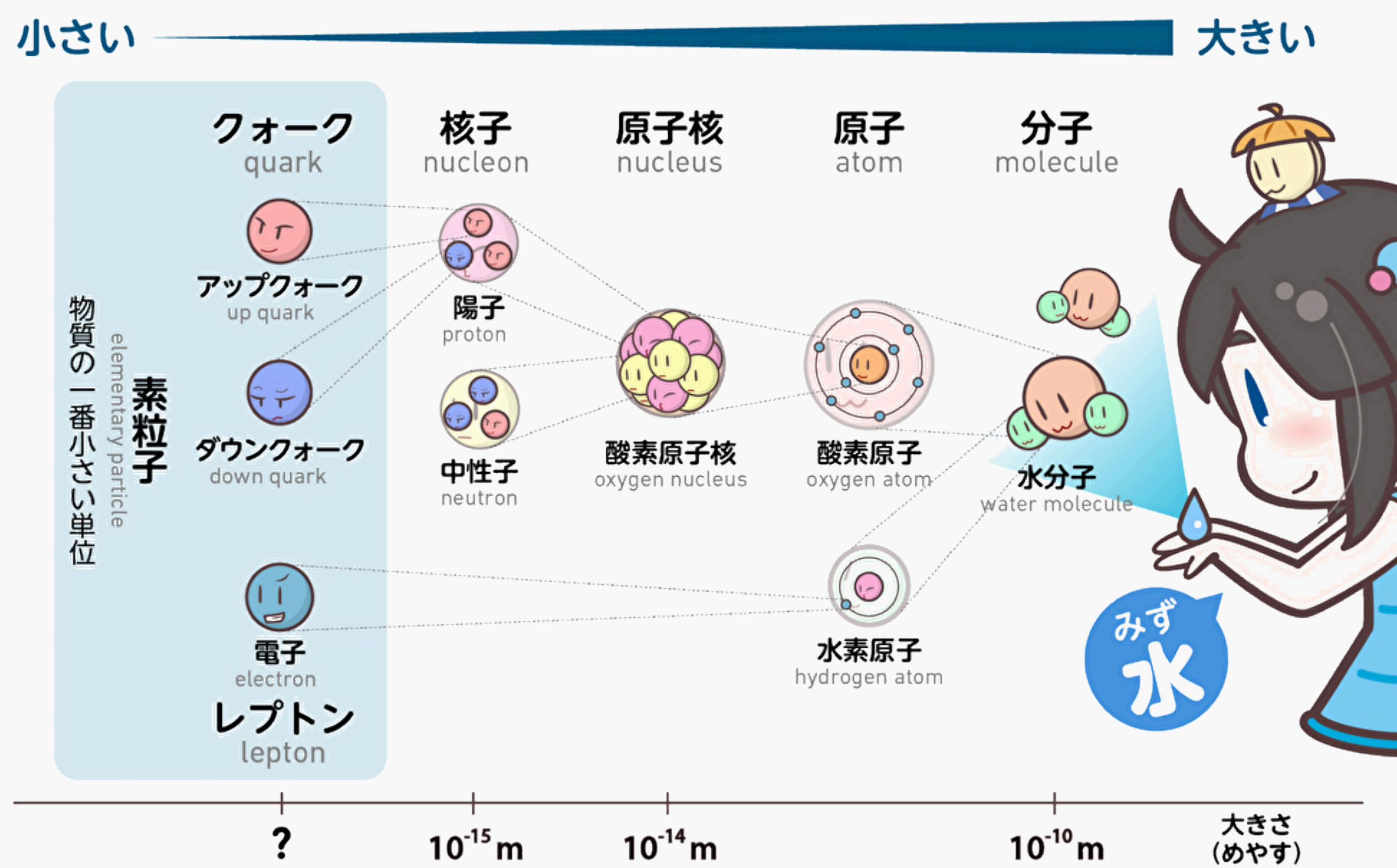
これらの素粒子を用いて世界を描く理論を、**標準模型**と呼びます。

全ての素粒子には、
重さは一緒なのに電荷が正反対の
反粒子というそっくりさんがいます。

何を研究しているの？

世界の最小単位である**素粒子**と、
そこに働く**力(法則)**、そしてその入れ物
である**宇宙**の起源について研究中！

そんな素粒子と宇宙について、
何がわかっていないのでしょうか？

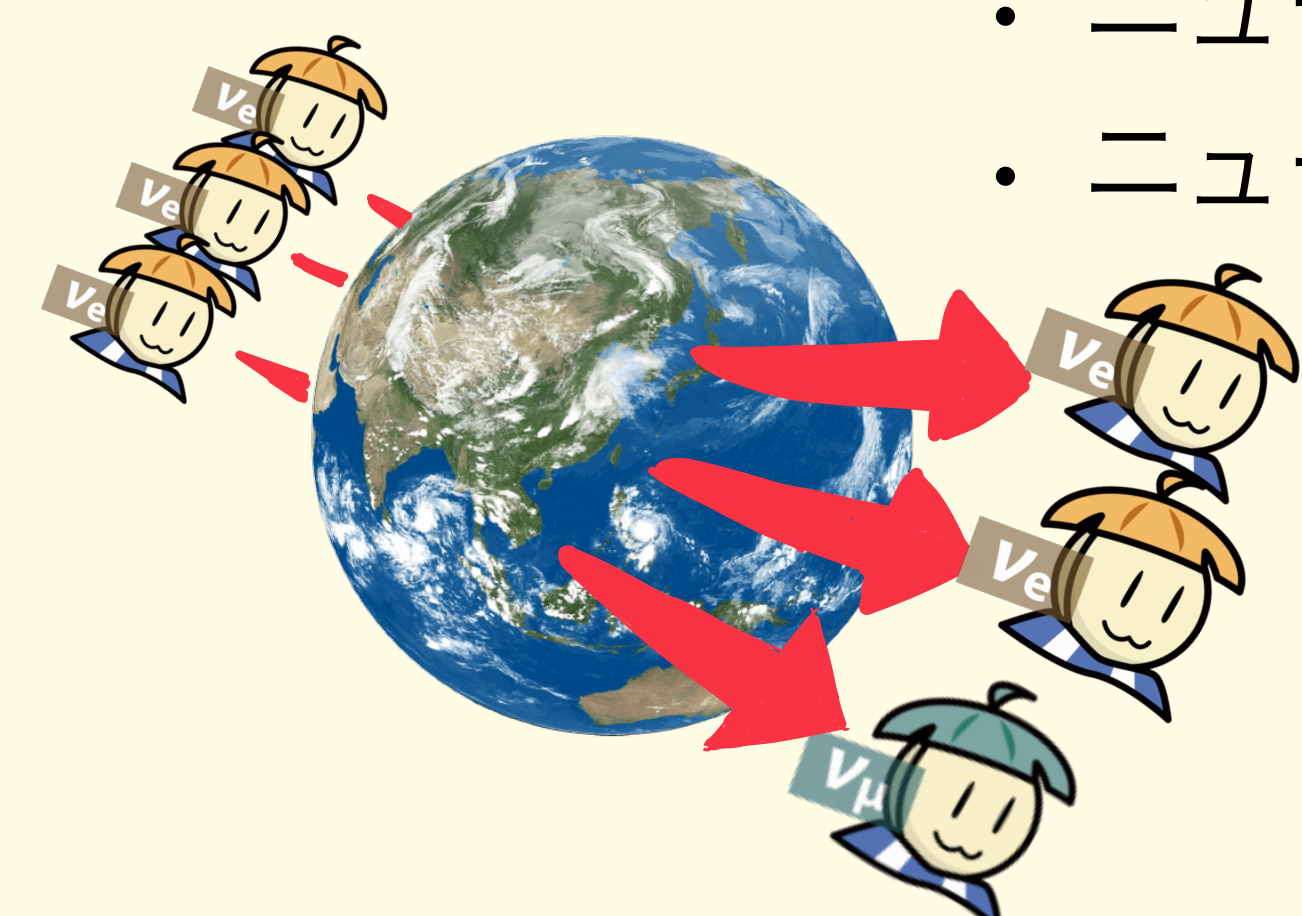


物質粒子 matter (fermions)			電磁気力 electromagnetic	ゲージ粒子 gauge bosons			電磁気力 electromagnetic	反物質粒子 anti-matter (fermions)		
1世代	2世代	3世代		1世代	2世代	3世代		1世代	2世代	3世代
アップクォーク	チャームクォーク	トップクォーク	強い力 strong	光子 (フォトン)			強い力 strong	反アップクォーク	反チャームクォーク	反トップクォーク
ダウンクォーク	ストレンジクォーク	ボトムクォーク		グルーオン				反ダウンクォーク	反ストレンジクォーク	反ボトムクォーク
電子	ミュー粒子	タウ粒子		ウィークボソン				反電子	反ミュー粒子	反タウ粒子
ニュートリノ	ニュートリノ	ニュートリノ	弱い力 weak	ヒッグス粒子 Higgs bosons			弱い力 weak	反ニュートリノ	反ミューニュートリノ	反タウニュートリノ
				ヒッグス粒子						

ニュートリノの性質

ニュートリノは「幽霊粒子」と呼ばれるくらい、ほとんど他の粒子と反応しません。そのため、研究するのが難しく、**わからないことがたくさん**あります。

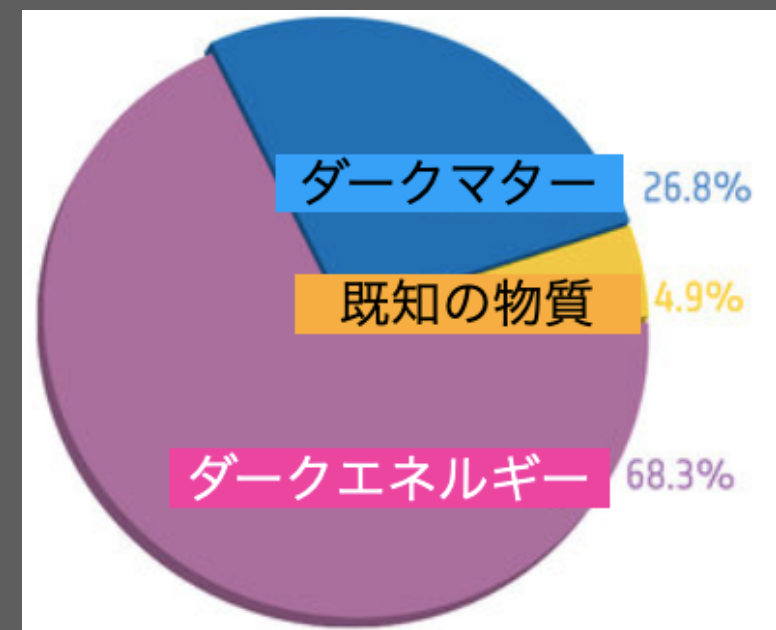
- ・ニュートリノは飛行中に種類を変える！
- ・ニュートリノと反ニュートリノは同じ？



地球を貫通！

ダークマターってなんだろう？

質量を持っているが、
他の反応をほぼしない物質。
宇宙の全ての物質の27 %を占めると
考えられている。何者か全然分かっていない！



様々な存在証拠がある！

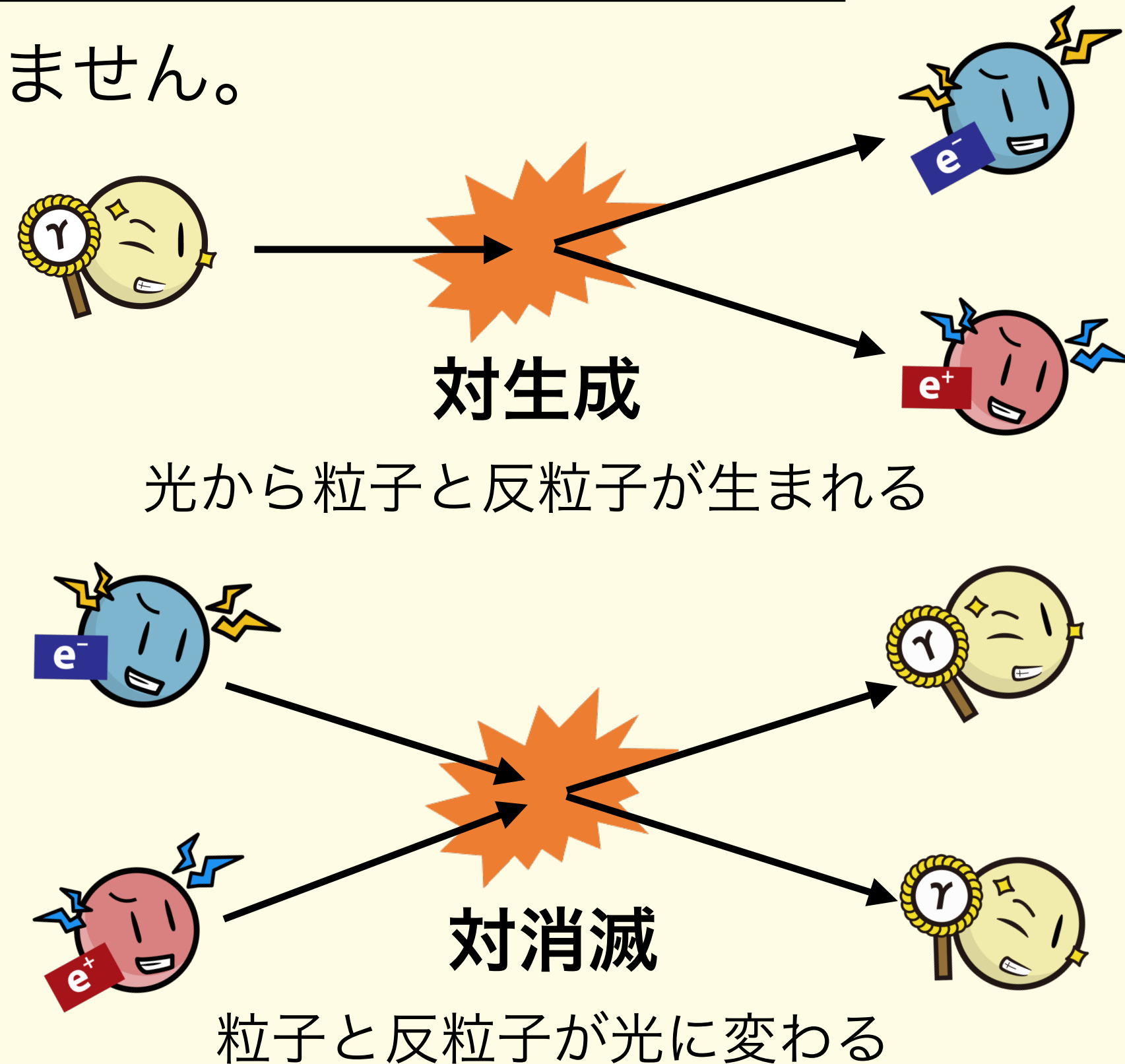
光が曲がる現象
(重力レンズ)

ダークマター

他にも
CMB(次ページ)
の観測や
銀河の回転速度
など

消えた反粒子の謎

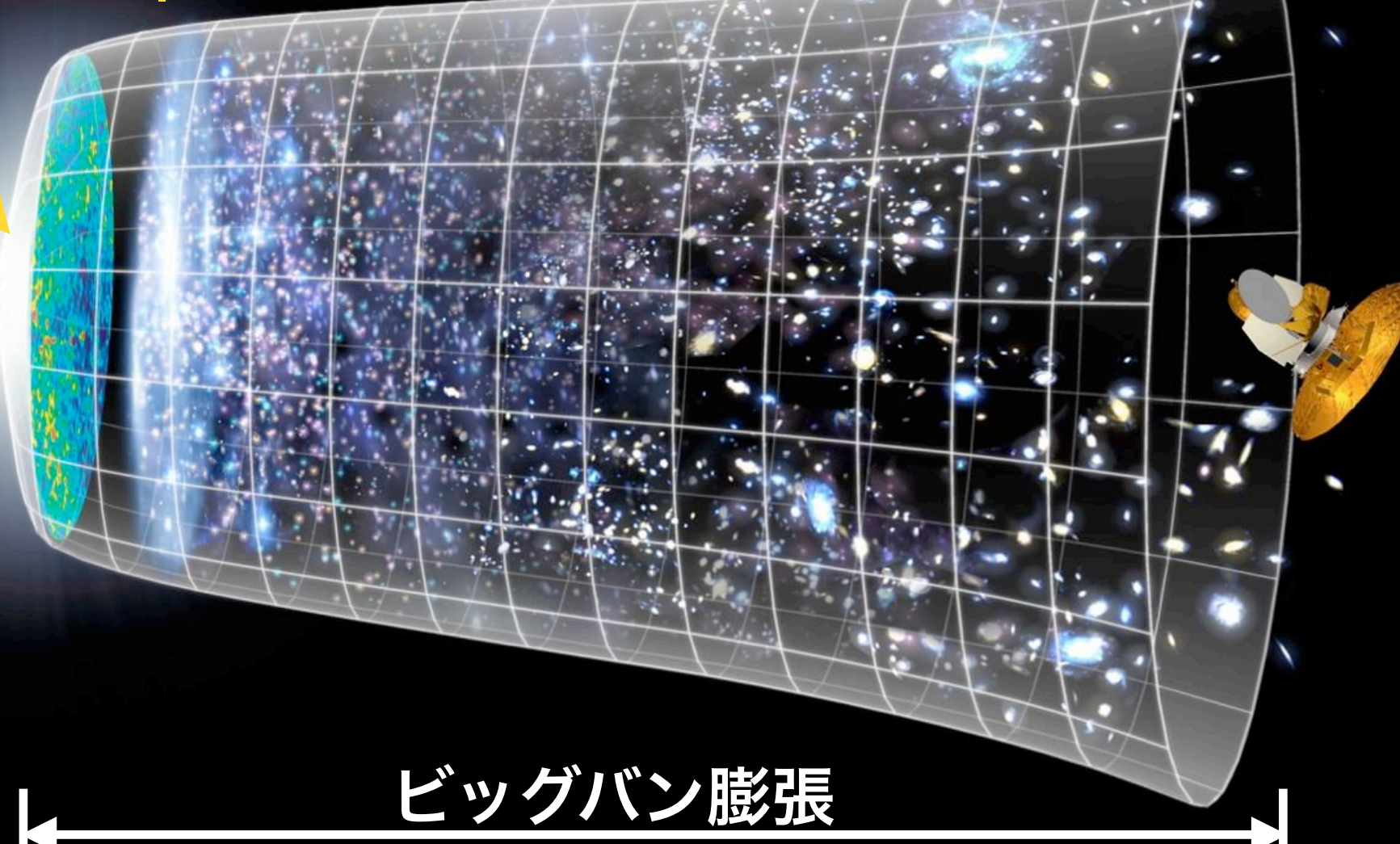
粒子と反粒子は対となる存在です。
お互いに対となって生まれ、出会うと
消滅します。しかし、現在の宇宙は
ほとんど粒子で構成されており、
なぜ反粒子が存在しないのかわかって
いません。



宇宙の起源は？

現在最も有力視されているのが、宇宙が
爆発的に膨張する**インフレーション**。
その証拠はどこにあるのでしょうか？

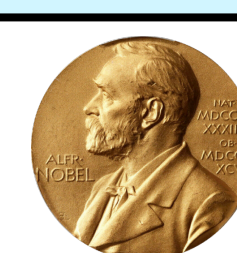
インフレーション



未知の粒子はある？

2012年に標準模型が最後に予言した
ヒッグス粒子が見つかりました。

ノーベル賞受賞！



標準理論を超えて

標準理論で説明できないことは
まだまだたくさん！

- ・力は統一される？
- ・重力を伝える粒子はある？
- ・ニュートリノはなぜ軽い？

ヒッグス粒子の時のように、
これらを解決する理論が予言する
新粒子を探索中！

ニュートリノ実験

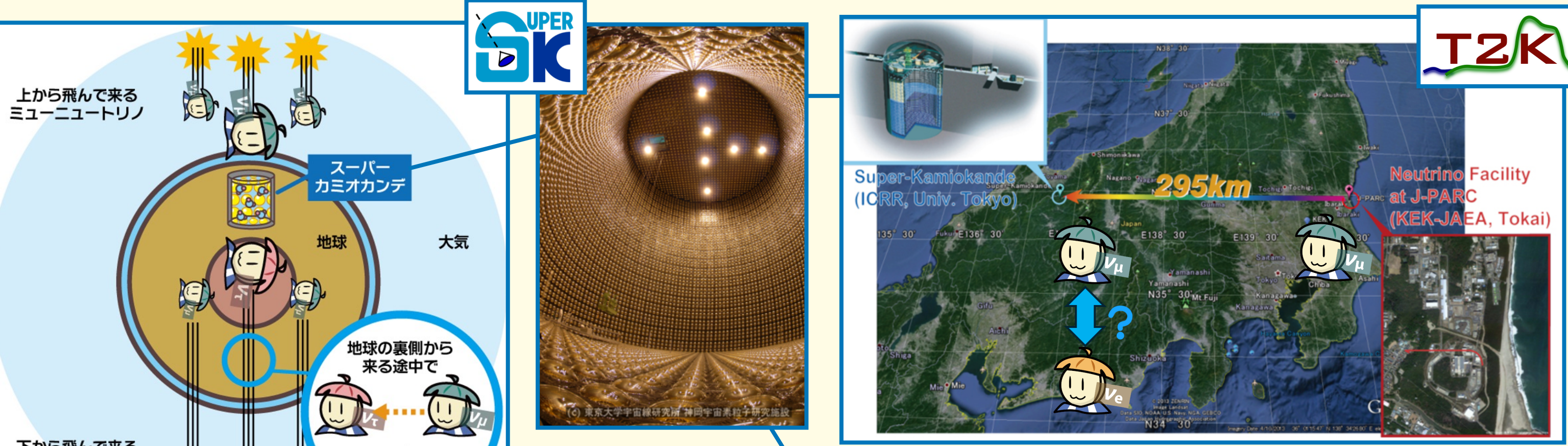


なんでニュートリノを調べるの？

- ニュートリノはニュートリノ振動を起こして別の種類のニュートリノに変化するが、どういう確率で変化する？
- ニュートリノと反ニュートリノは実は同じ素粒子かも？
これらの謎は、**宇宙から反粒子が消えた理由**と関係！！

ニュートリノ振動実験

空から降ってくるニュートリノを用いる 人工的に作ったニュートリノを用いる

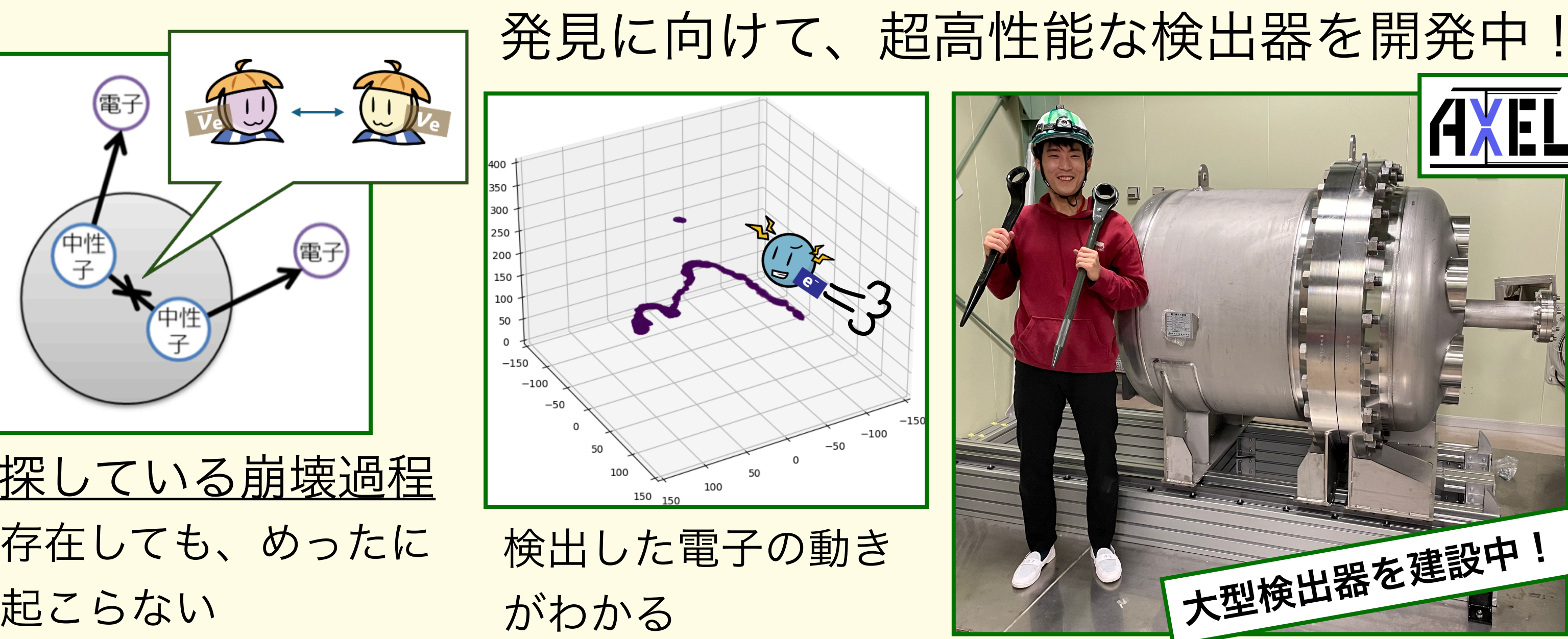


2015年ノーベル賞受賞！

どちらの実験にも使われる
超大型検出器**スーパーカミオカンデ**

ニュートリノレス二重ベータ崩壊の探索実験

ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子の場合にのみ起きる
「**ニュートリノレス二重ベータ崩壊**」を探す！



探している崩壊過程
存在しても、めったに
起こらない

検出した電子の動き
がわかる

大型検出器を建設中！

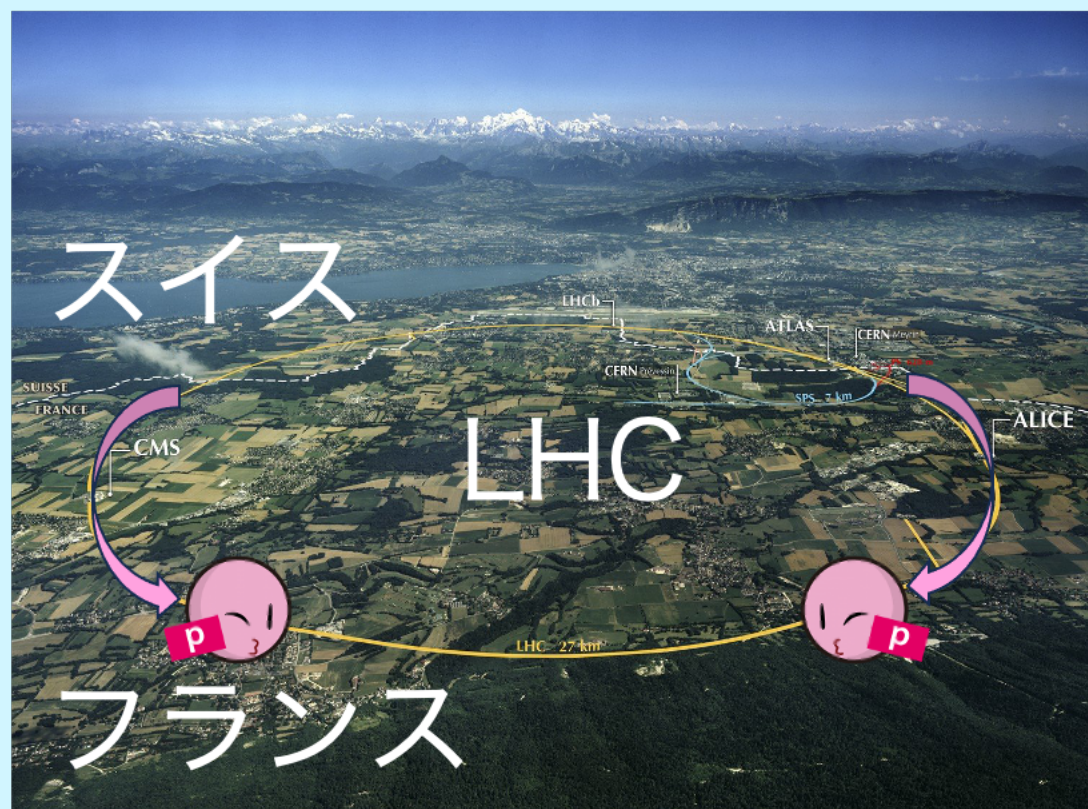
加速器実験

人類史上最高のエネルギーで新粒子を探索する



ATLAS実験

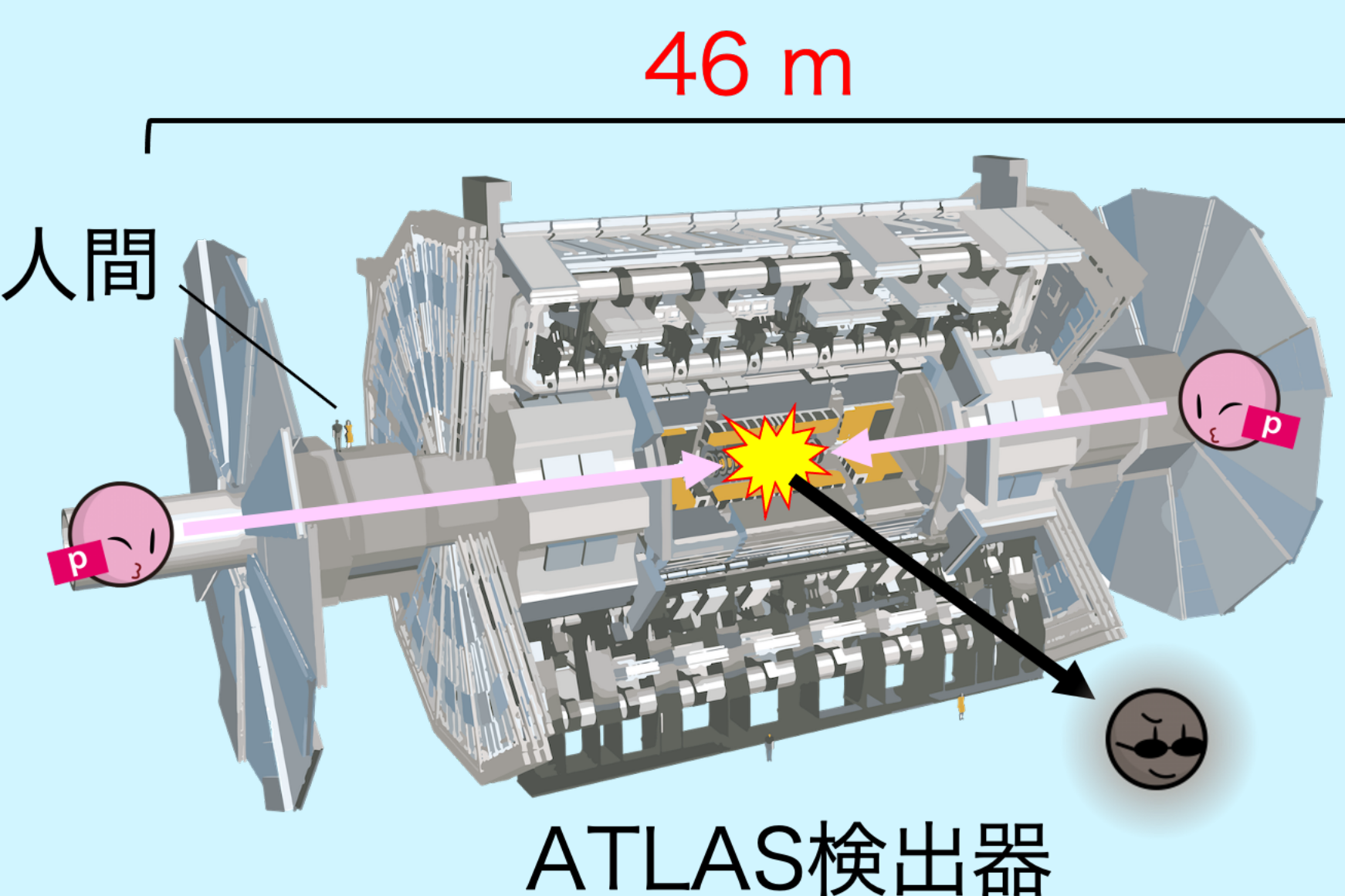
- CERNにある周長27 kmの加速器(Large Hadron Collider)は陽子を光速の99.999999 %まで加速して衝突



どんなにエネルギーを上げてても光速を超えることはできないんだヨ！！

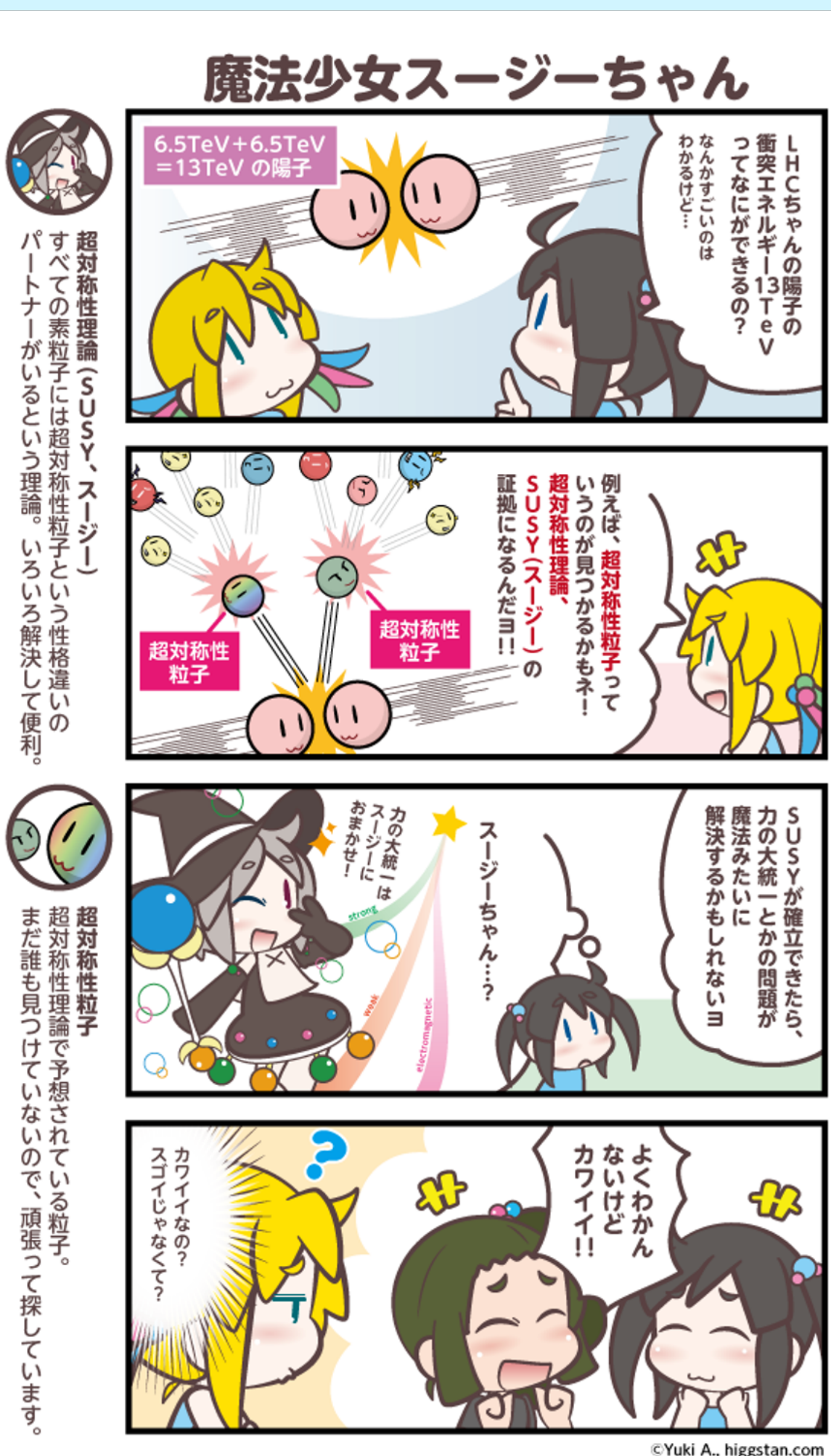
- 高エネルギーな粒子の衝突は新しい粒子を生成
 - $E = mc^2$ ：エネルギーは質量と等価
 - 未発見の重い粒子を生成するための高エネルギー

- 衝突によって生まれた粒子を検出



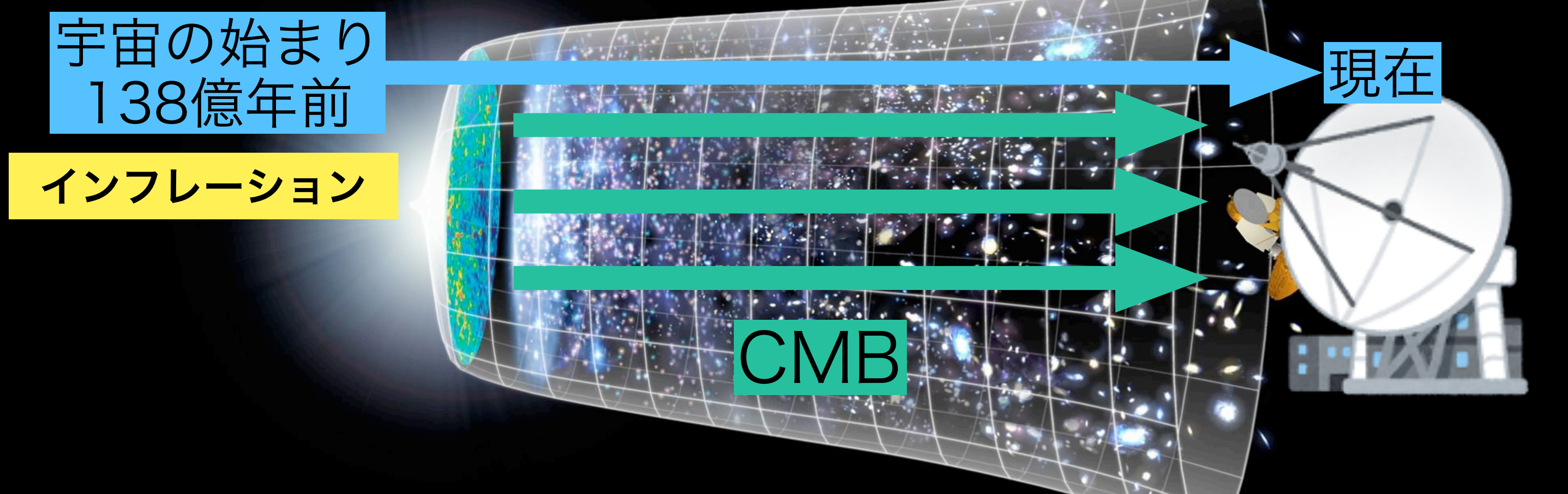
ATLAS検出器

ATLAS実験には5000人の研究者が多様な研究をしています
その一つに新粒子の代表である超対称性粒子の探索があります



CMB観測実験

宇宙最古の光で
宇宙創生の謎に迫る！！

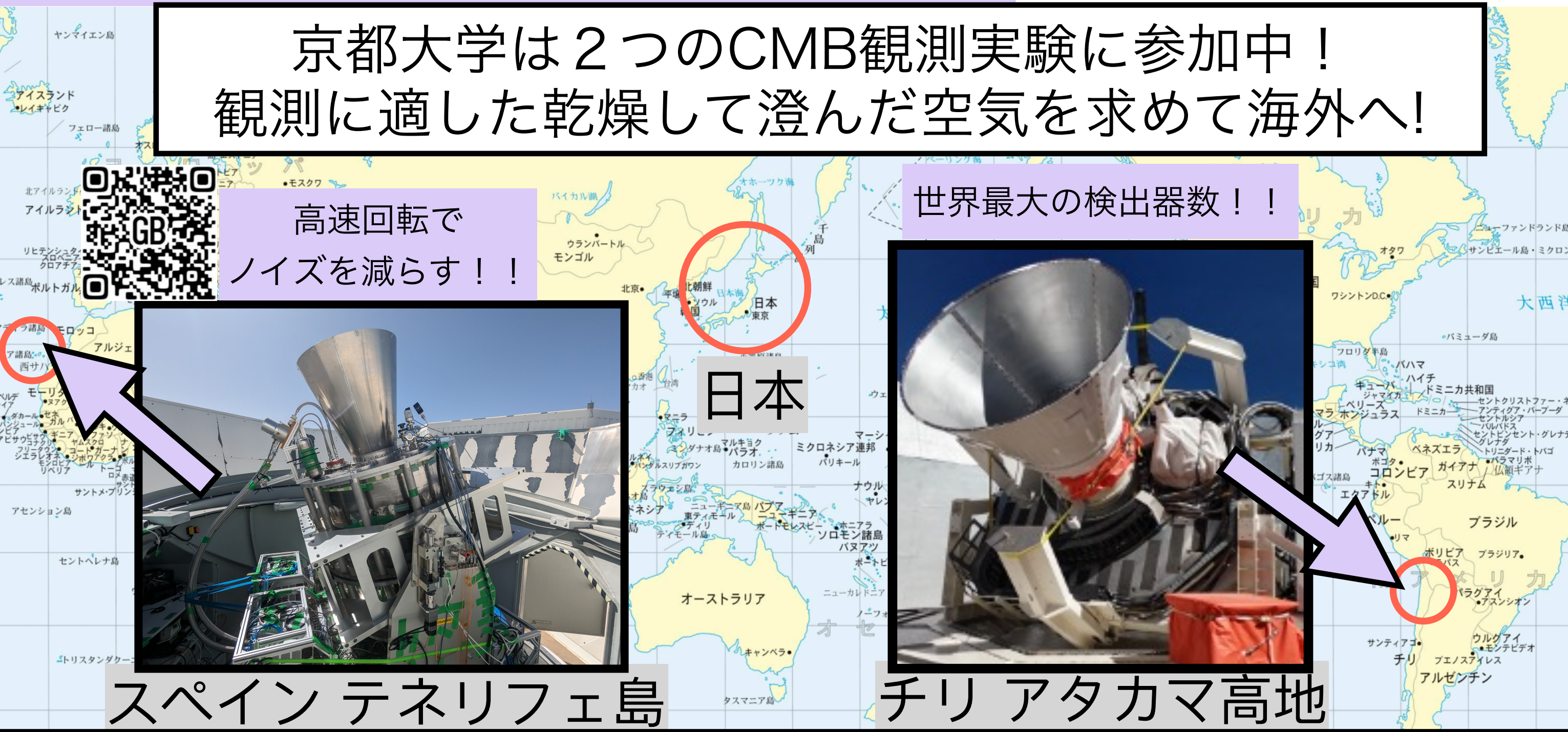
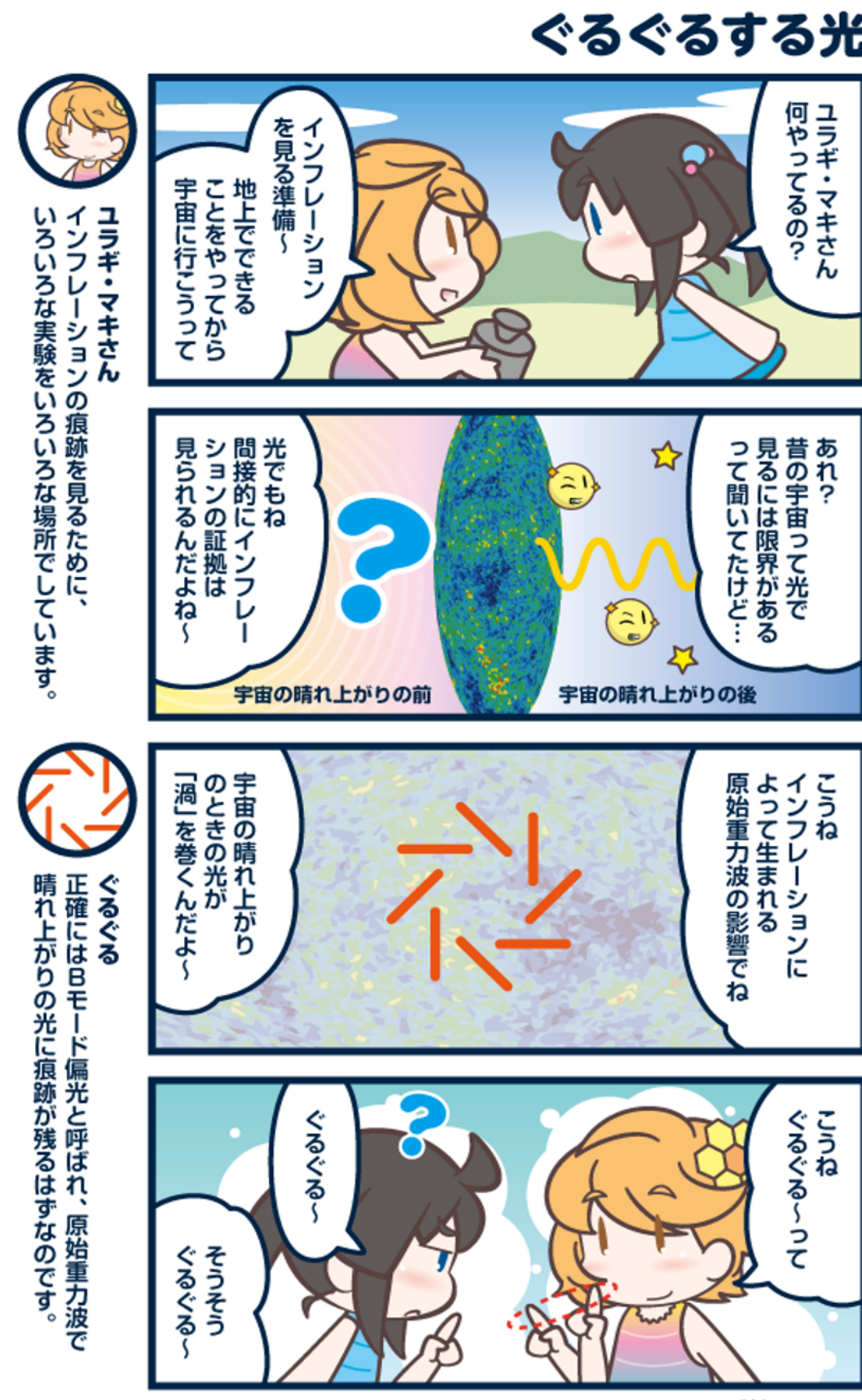


宇宙の始めの頃はビッグバンと呼ばれる状態で素粒子は**高温・高密度**でした。
熱い物体(素粒子)はその温度に対応した光を放ちます。(右図)
その光は僕らの元に届いており、**宇宙マイクロ波背景放射(CMB)**と呼ばれます。



1000度の鉄球
credit:大阪染織機械株式会社

それは138億年前の宇宙の始まりを教えてくれる「宇宙最古の光」です。
CMBの偏光を観測することで、インフレーションの証拠が得られます。



京都大学は2つのCMB観測実験に参加中！
観測に適した乾燥して澄んだ空気を求めて海外へ！

高速回転で
ノイズを減らす！！

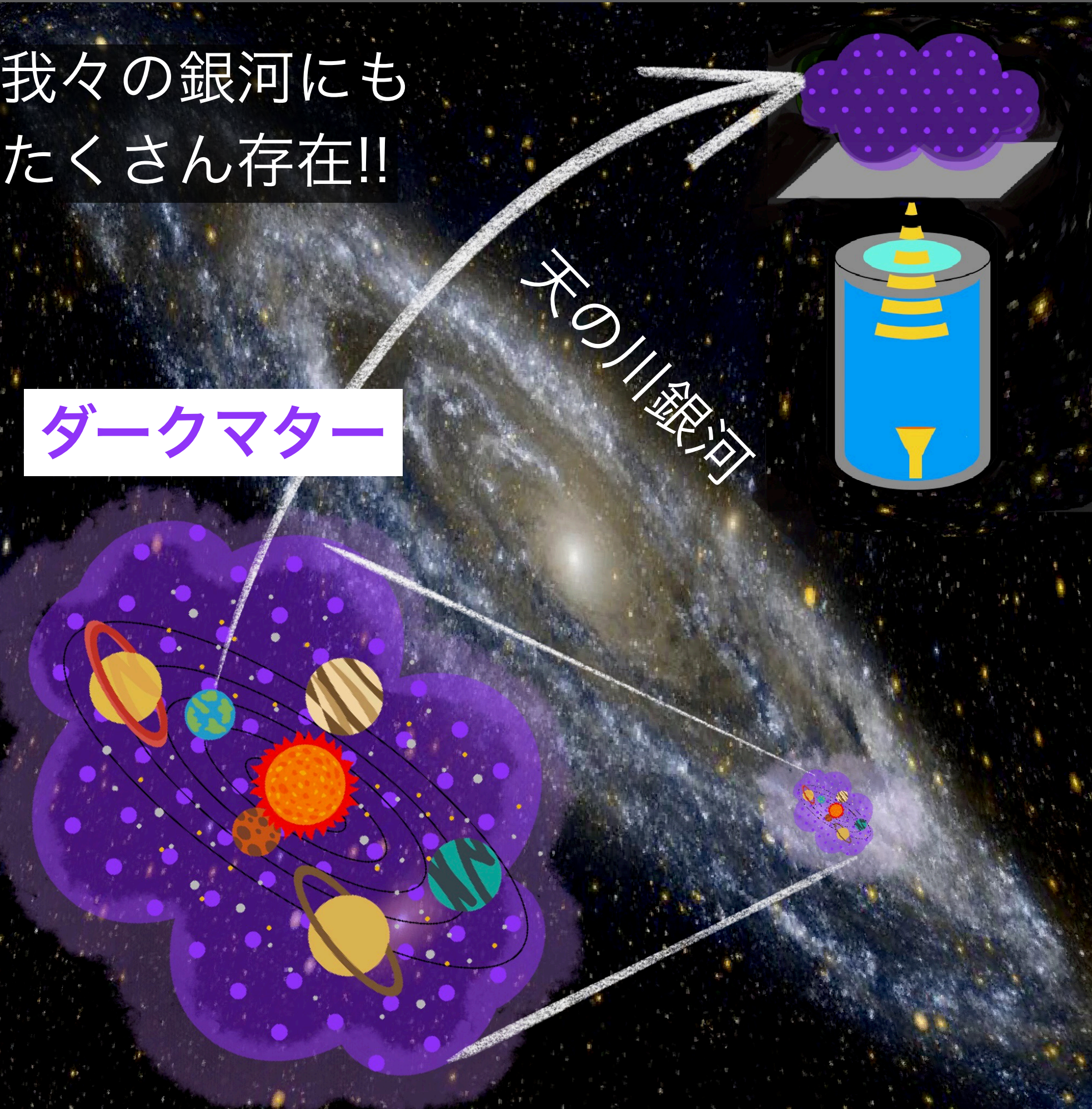
世界最大の検出器数！！

スペイン テネリフェ島

チリ アタカマ高地

ダークマター探索実験

ダークマターを検出し、その正体を解き明かす！！



我々の銀河にも
たくさん存在!!

ダークマター

天の川銀河



ダークマター

アルミ板

電波

極低温
電波受信機

アンテナ

どこにいる？

ダークマターは我々の周りに存在しています。
しかし、反応しにくく人間が感じることはありません。
また、誰も「素粒子」として検出したことがありません。

誰？



どうやって検出する？

ダークマターがダークフォトンと呼ばれる未知粒子であった場合、
金属の板で**微弱な電波**の光に転換されます。
極低温 (-270°C!!) の受信機で捉えます。

何がわかる？

電波の周波数を測ることで
ダークマター1個の**質量** などの性質がわかります。

$$E = mc^2$$

