

素粒子ってなに？

素粒子：これ以上分解することができない物質たち、世界を構成する最小単位。

宇宙も、星も、人間も、力も、質量も、全て素粒子でできている！

現在見つかった素粒子たち

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
- 反物質粒子：物質粒子と逆の性質の粒子

標準理論

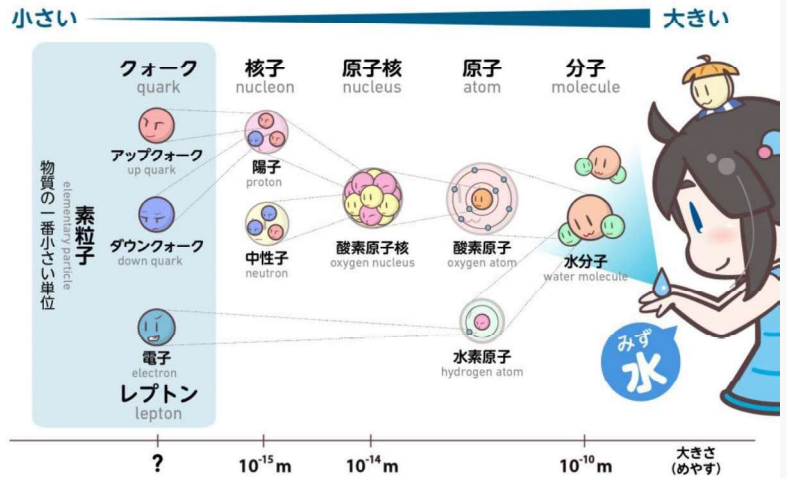
宇宙を17種類の素粒子とその相互作用によって記述する理論。

物理法則のルールブックのようなもの！

何を研究しているの？

宇宙の最小単位である**素粒子**と、そこに働く**力(法則)**、そして**宇宙**の成り立ちについて研究中！

宇宙の成り立ちと、素粒子の性質は複雑に関係していて分からないことばかり



物質粒子 matter (fermions)			ゲージ粒子 gauge bosons			反物質粒子 anti-matter (fermions)		
クォーク quarks	レプトン leptons		電磁気力 electromagnetic	強い力 strong	弱い力 weak	クォーク quarks	レプトン leptons	
1世代	2世代	3世代	光子 (フォトン)	グルーオン	ウィークボソン	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			ヒッグス粒子	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
ダウルクォーク	ストレンジクォーク	ボトムクォーク				反ダウルクォーク	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				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				反ニュートリノ	反ニュートリノ	反ニュートリノ

消えた反物質の謎

宇宙の始まりには粒子と反粒子は同じだけあったと考えられているが、現在の宇宙には反粒子がほとんどない→なぜ？



ニュートリノが別の種類のニュートリノに変化する「ニュートリノ振動」の測定からこの謎に挑む！



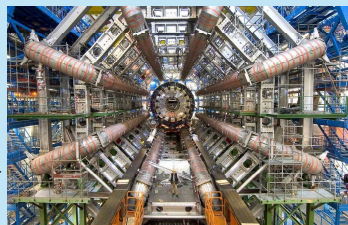
未知の素粒子はある？

2012年にヒッグス粒子が見つかり、標準模型の素粒子はすべて発見

しかし、標準模型は完璧ではない！
標準模型では説明できない現象がまだまだたくさんある！
(例：暗黒物質 / etc...)
これらを解決する理論では、**新粒子の存在が予言されている**

大型加速器を用いた実験で、**新粒子の発見**に挑む！

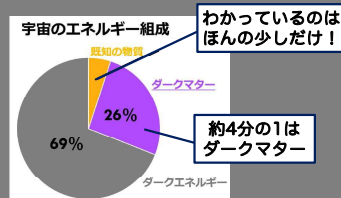
ATLAS実験の検出器→詳しくはポスター2枚目で！



ダークマターって何？

質量を持っているけど、ほかの物質とほとんど反応しない。たくさん存在するのは確かだけど、正体は未だ謎のまま。

- 証拠の例
- 重力レンズ効果
 - 銀河の回転速度



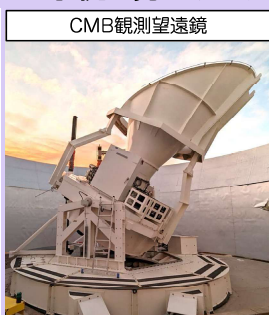
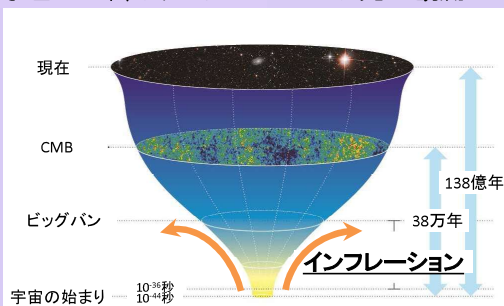
重力レンズ効果



宇宙の起源は？

現在最も有力視されているのは、宇宙が急激に加速膨張したとする**インフレーション**です。

宇宙から降り注ぐCMBという光を観測してその証拠を見つけます



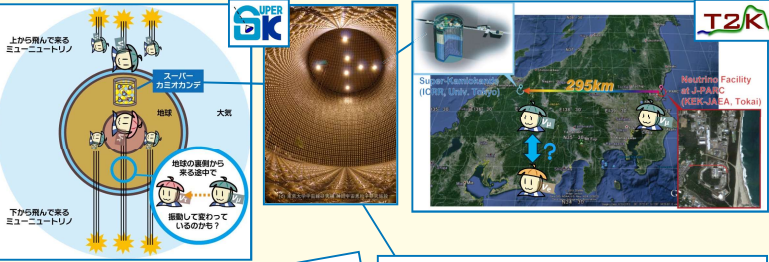
ニュートリノ実験



ニュートリノ振動実験

- 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
- ニュートリノと反ニュートリノの振動の仕方の違いを調べることで**宇宙から反物質が消えた理由**が分かるかも？

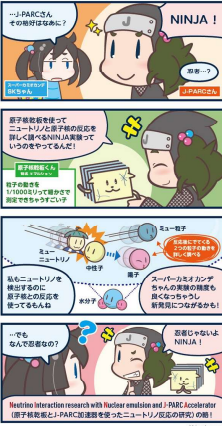
空から降ってくるニュートリノを用いる 人工的に作ったニュートリノを用いる



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**

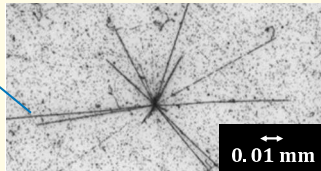
J-PARC に NINJA 見る



ニュートリノ反応精密測定実験

- ニュートリノが物質とどう反応するかはまだまだ分かっていないことが多い
- 原子核乾板(写真フィルム的一种)**を使って**1/1000 mm以下の精度**でニュートリノと物質の反応を調べる

原子核乾板中の
粒子の飛跡

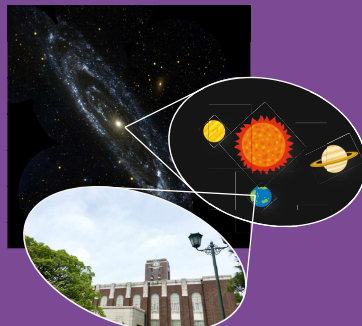


NINJA

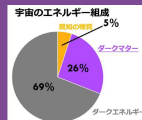
ダークマター探索実験



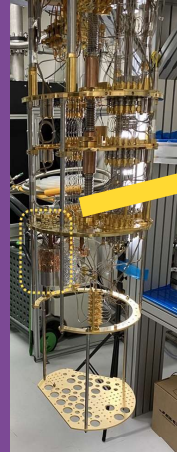
ダークマターを検出し、その正体を解き明かす!!



天の川銀河にも、太陽系にも、
我々の周りにも存在している



宇宙の成分の1/4を
占めているが、正体
はわかっていない



希釈冷凍機
(-273℃まで冷却可能)



どこにいる？

ダークマターは我々の周りに常に存在していますが
私たちがその存在を感じることはありません。
一体どんな「素粒子」なのかは誰にもわからないのです。

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の物質であった
場合、わずかな光に変身することがあります。
その光を**極低温(-273℃)の超伝導量子ビット**で捉えます。

何がわかる？

ダークマターの**重さ**や**光への変身のしやすさ**
といった性質を調べることで、
「この宇宙が何からできているか」
という謎を解き明かします。

電波のエネルギー(周波数) ダークマターの質量

$$E = mc^2$$

ATLAS実験

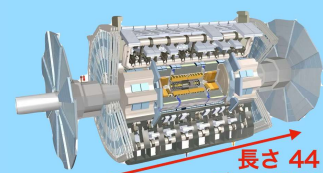


Large Hadron Collider (LHC) にて
世界最高エネルギーで陽子同士を
衝突させ、生じた粒子を
ATLAS検出器で検出する実験
→ **ヒッグス粒子の発見 (2013)**

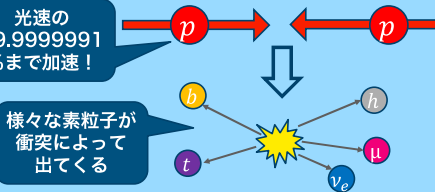
なぜ高エネルギー？

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！

$$E = mc^2$$

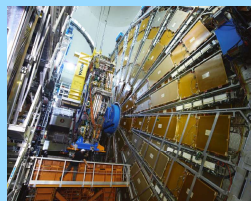


長さ 44 m,
重さ 7000 トン！
ATLAS 検出器の全体像



ATLAS検出器って？

多くの種類の検出器で
衝突点全面を覆い、
粒子を逃さず検出



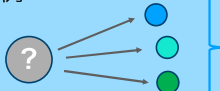
↑ 検出器の様子

何を調べているの？

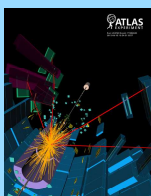
- 標準模型粒子の精密測定
LHCでしか作れないヒッグス粒子
をはじめとする素粒子の性質を
詳しく調べ、新物理を探す！
- 新粒子、新現象の探索
様々な理論で予言されている、
暗黒物質の存在を説明する新粒子を探索

↓ 探し方の一例

新粒子？
このままでは
検出できない



出てくる粒子を
検出器で捉え、
詳しく調べよう



CMB観測実験

宇宙の始まり
138億年前

インフレーション

CMB

現在

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)。

その光は私達の元に届いており、

CMBと呼ばれます。

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から、宇宙初期に起きた急激な
加速膨張(インフレーション)に迫れます。



1000度の鉄球
credit: 大阪染織
機械株式会社



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！

