

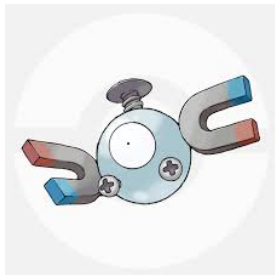
素粒子物理学とは

京都大学理学部課題研究 P2

January 13, 2018

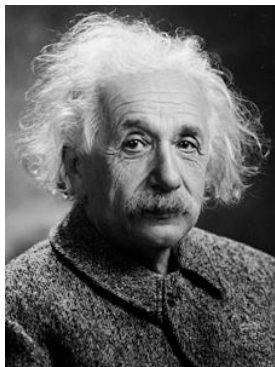
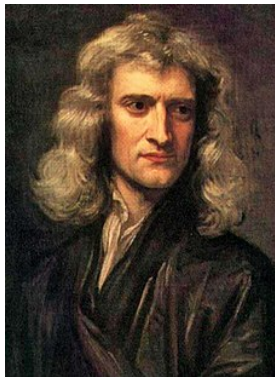
理学（自然科学）とは

- 自然界のもろもろの対象についてその規則性を理解しようとする学問
 - 化学 … 物質を対象とし，その構造や性質，反応を研究する
 - 生物学 … 生物や生命現象を対象とする
 - 地球科学 … 地球を対象とし，その環境や地質を研究する
 - 物理学 …



そもそも物理学とは

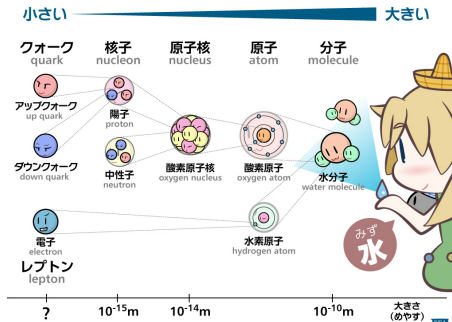
- 我々が住む自然界が従う普遍的な法則を理解しようとする学問
 - 力学 … 物体はどんな法則に従って運動するのか
 - 電磁気学 … 電気や磁気はどんな法則に従っているか
 - 量子力学 … 目に見えない世界はどんな法則に従っているか
- etc...



では素粒子とは？

素粒子とは …

- あらゆる物質を構成する最小単位のこと
- 現在 (数え方にもよるが) 十数種類が知られている



素粒子の種類

物質粒子

物質を形成する素粒子

クォーク



レプトン



ゲージ粒子 (force particle)

力を伝える素粒子



光子



グルーオン



Z粒子



W粒子

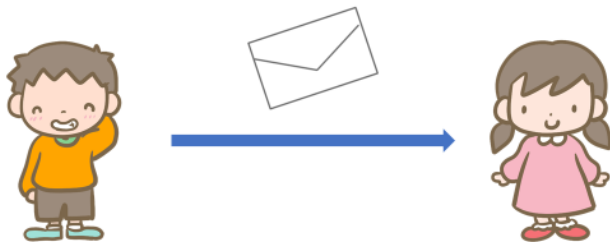
ヒッグス粒子

質量の起源となる素粒子



H

相互作用のイメージ



素粒子物理学の歴史

- 電子の発見 (J.J.Thomson 1897)
- α 粒子の発見 (E.Rutherford 1899)
- 陽子の発見 (E.Rutherford 1919)
- 中性子の発見 (J.Chadwick 1932)

- π 粒子の存在を予言 (湯川秀樹 1934)



- 繰り込み理論の提唱 (朝永振一郎ら **1947** 頃)
- ニュートリノの発見 (F. Reines ら 1956)
- クォークの発見 (1969)
- 小林益川理論の提唱 (小林誠・益川敏英ら **1973**)
- Higgs 粒子の発見 (2012)

- Higgs 粒子の発見 (2013 Nobel Prize)
- ニュートリノ振動の発見 (2015 Nobel Prize)



素粒子をどうやって見るか

素粒子は …

- 小さすぎて直接見ることはできない
(電子の直径は 10^{-19} cm 以下)
- さまざまな検出器を用いて間接的に見ることを考える

小さな検出器

- 霧箱・泡箱
- シンチレータ

霧箱

- 1897年に Wilson が発明
- 粒子が通り過ぎた飛跡を見ることができる



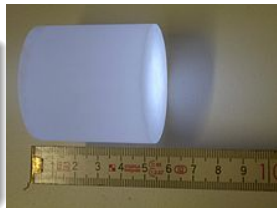
泡箱

- 1952年に Glaser が発明
- 同じく粒子が通り過ぎた飛跡を見ることができる
- 霧箱より観測精度が高い



シンチレータ

- 粒子が結晶内を通過したときに蛍光を発する物質をシンチレータと呼ぶ
- 発された光の強さによって粒子のエネルギーなどが分かる

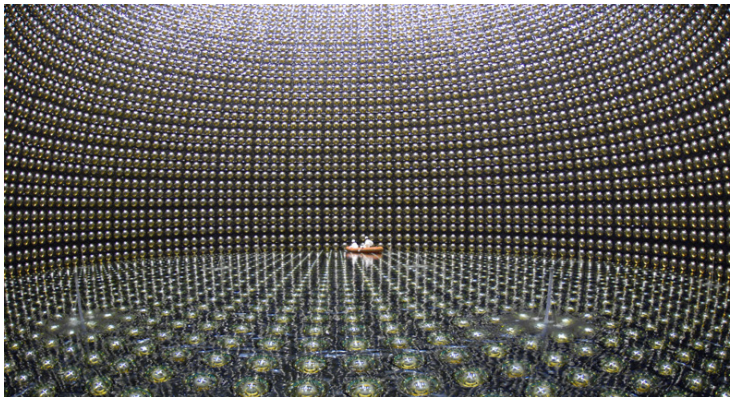


大きな検出器

- スーパーカミオカンデ
- ATLAS 検出器など LHC の各種検出器...

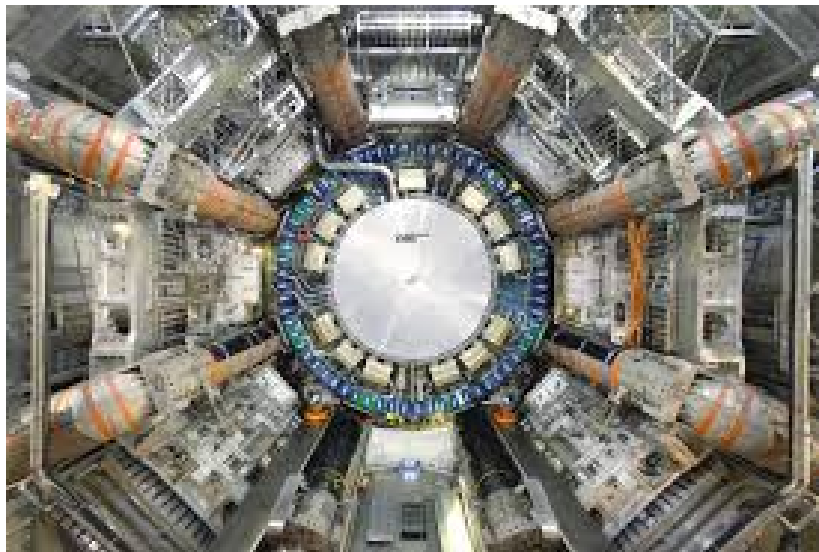
(スーパー) カミオカンデ

- 岐阜県飛騨市旧神岡鉱山内の大型検出器
- 50,000 t の純水がタンクに入っている
- 粒子が水の中を通った時に出る光を 11,000 本以上の検出器でとらえる
- 日本発のノーベル賞を二つも生み出している検出器
- ニュートリノの研究や陽子崩壊の研究を行っている



ATLAS 検出器

- ヨーロッパの CERN LHC 内におかれた検出器
- 全長 44 m, 重さ 7,000 t
- 3,000 人以上の物理学者が研究を行っている
- Higgs 粒子を発見



今まで述べたような検出器で粒子を測定解析するにあたっては大量の「素性が分かっている粒子」を作り出す必要がある

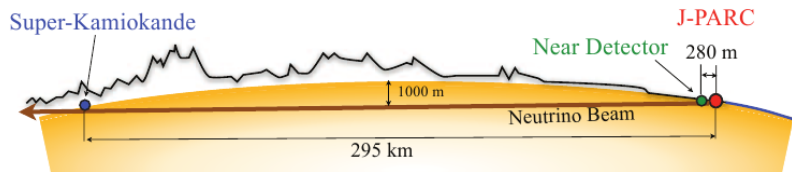
そこで… 加速器を用いる

加速器とは

- 高電圧を用いて粒子を加速し発射する装置
- 小型のもの (コッククロフトウォルトンなど)
- 大型のもの (J-PARC, LHC など)
- エネルギーを大きくする方向と強度を強くする方向の二種類

- 茨城県東海村にある大強度陽子加速施設
- 世界最高強度の陽子ビームを標的に当てて出てきた粒子を用いた実験ができる
- 300 km 離れたカミオカンデにニュートリノビームを供給
- 我々の卒業研究でも使わせていただく

T2K 実験概要図





- 周長 27 km の世界最大の円形加速器
- 世界最大エネルギーの加速器でもある
- 陽子を互いに逆向きに回転させて衝突させる
- その衝突でできた粒子を先ほどの ATLAS 検出器などで観測する



どのようなことが知りたいのか (あるいはわかっていないのか)

- 物質優性宇宙の謎 (反物質はどこへ消えたのか?)
- ニュートリノの質量は?
- 陽子の寿命は?
- 新粒子を発見したい!
(アクシオン, 超対称性粒子, ステライルニュートリノ...)
- そしてそのどれかがダークマターかも?
- 宇宙の始まりはどのようにになっていた?

我々の実験は？

- ミューオンという粒子を用いる
- ミューオンの様々な性質を実験で測定し，既存の理論との整合性を確認する
- 詳細は後半の発表にて！