

# 課題研究 P1, P2の紹介

## スタッフ

P1 : (理論) 福間、川合、(実験) 市川

P2 : (理論) 畑、吉岡、(実験) 隅田、中家

1. P1,P2での理論ゼミ紹介 福間
2. 素粒子実験とは? 市川
3. P1実験紹介 市川
4. P2実験紹介 隅田

# P1とP2の理論ゼミ

## ■やること

### 『相対論的場の量子論』

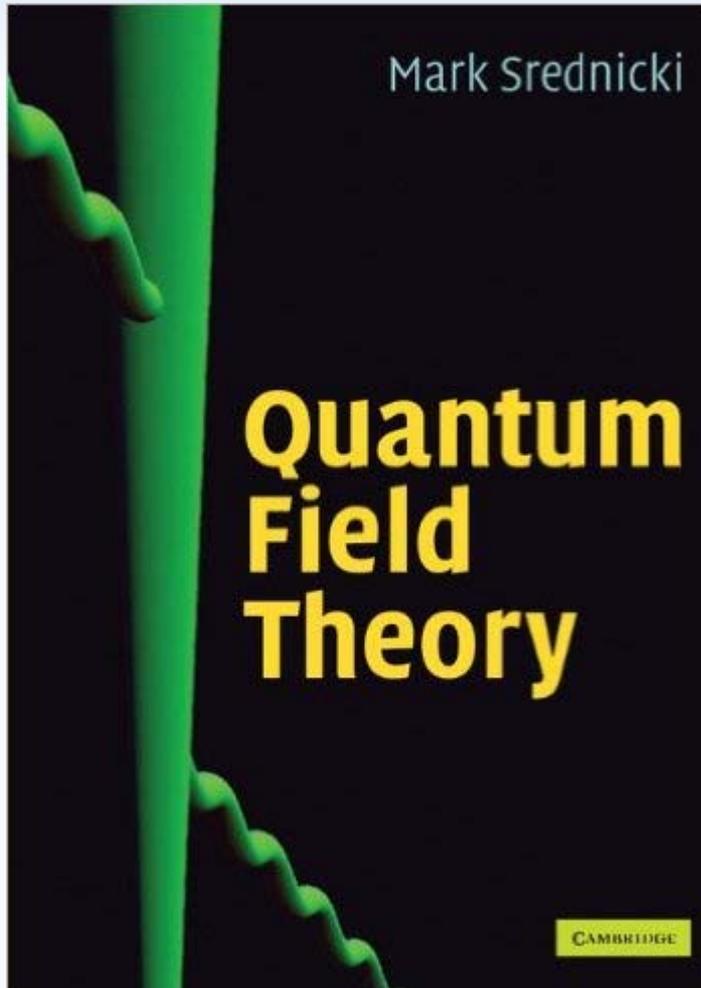
- 素粒子論の基本言語
- 教科書(英語)を輪読して勉強

【日時】 毎週月曜日の午後（1時半～5時くらい）

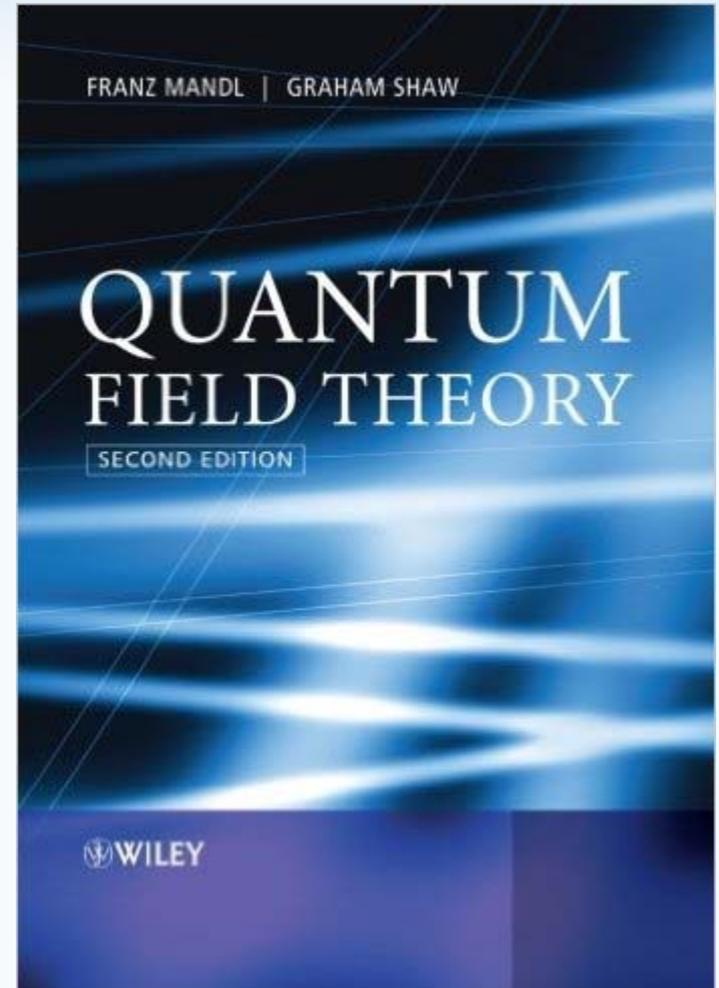
【内容】 担当発表者による説明＋みんなで議論

【前提】 量子力学と特殊相対論

## ■ 平成 27 年度に使っていた本



Srednicki



Mandal & Shaw

# 素粒子物理学とは？



物質、時空、宇宙の成り立ちを、  
とことん理解しようとする試み

物質の最小構成要素

2008年 ノーベル賞

質量の起源は？

力(相互作用)の起源は？

物質優勢宇宙の起源は？

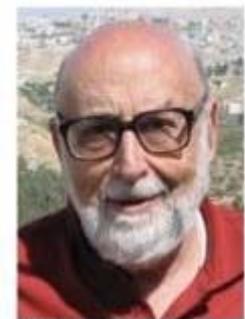


Photo: Pnicolet via  
Wikimedia Commons  
François Englert

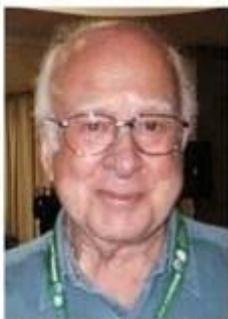


Photo: G-M Greuel  
via Wikimedia  
Commons  
Peter W. Higgs

2013年 ノーベル賞

# 素粒子物理学実験とは？



2002年ノーベル賞

実験により、物質、時空、宇宙の成り立ちを、とことん理解しようとする試み

物質の最小構成要素 クォーク、レプトン、ダークマター？

ダークエネルギー？？？

質量の起源は？ヒッグス機構=空間の性質なのか？

力(相互作用)の起源は？ SUSY(超対称性)?

物質優勢宇宙の起源は？ クォークのCPの破れ？ レプトンのCPの破れ？

目的を達成するためには、手段を選ばない

エネルギーを上げる、強度を上げる、地下に潜る、カナリア諸島に行く、でかい検出を作る、極低温に冷やす.....

京大高エネルギー物理学研究室では、ニュートリノ振動、宇宙背景放射測定、LHC-ATLAS、K中間子稀崩壊、新しい検出器開発等に取り組んでいる

目的のためには手段を選ばない(=自分の経験の範囲にとらわれない)、という態度は、将来生きていく上で貴重なスキル！



# P1: 自然における相互作用I

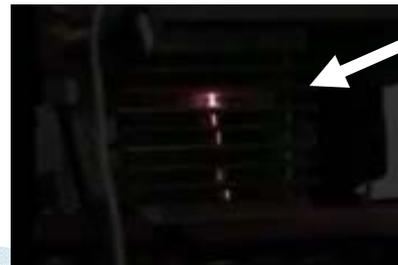
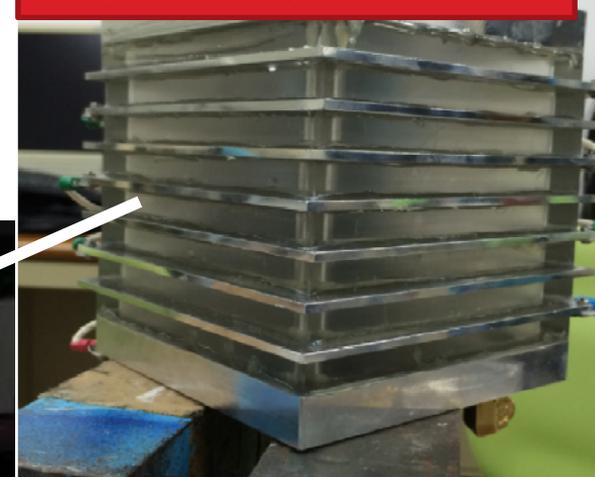
## 前期: 実験ゼミ+簡単な実験

- 週一回 (金曜午後)
- 基礎的な実験技術を学ぶ**という振りをして**、今まで京大的な学風の中で学んだ机上の理論が、実際の自然を記述していることを実感してもらう。
  - ✓ 磁場、電場は、Maxwell方程式が記述する仮想のものではなく、実際の電気製品(電波、電流)を動かすもの
  - ✓ 物を実際に作る。
- **あえて**、最新の技術ではなく手作りすることで、身の回りを科学的に楽しむ方法を学ぶ。
- どういう実験をしたら面白いか、考える。

手作り8kVパルス電源



手作りスパークチェンバー

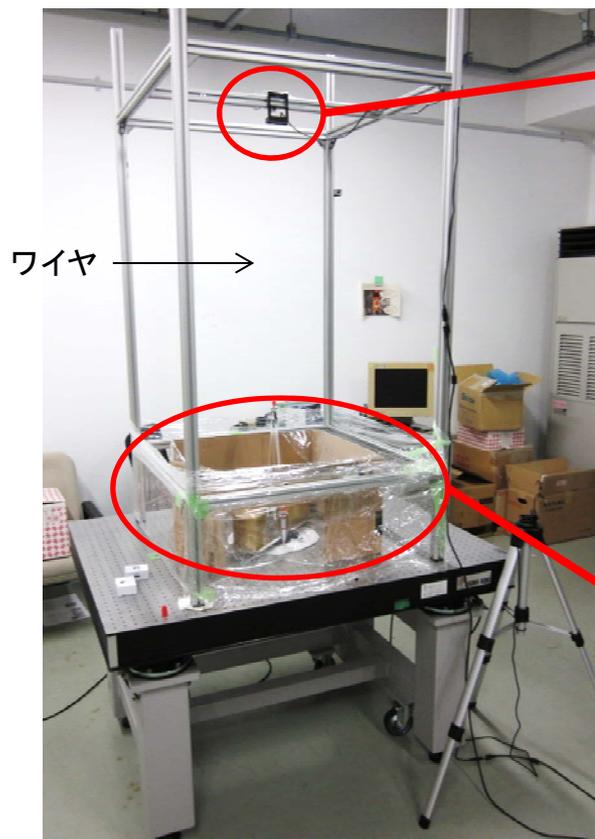
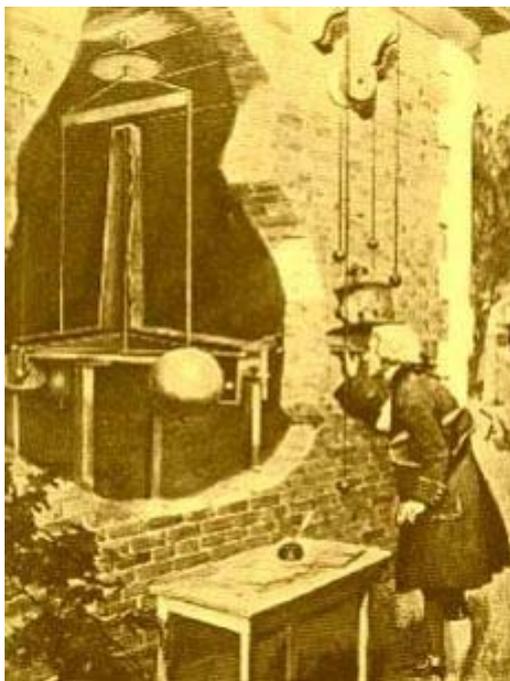


# 卒業研究(実験・後期)

- ▶ 自分たちの興味・アイデアをもとに、主に素粒子物理に関係ある研究テーマを決め半年かけて実験を行う。
  - 2～3テーマ
  - 実験計画、装置の設計、製作、データ収集・解析までを自分たちで行う。

# 2013年度

キャベンディッシュのねじれ秤による重力測定をもっと小さなスケールで → **余剰次元の探索**



ワイヤ →



CCDカメラで自動取得



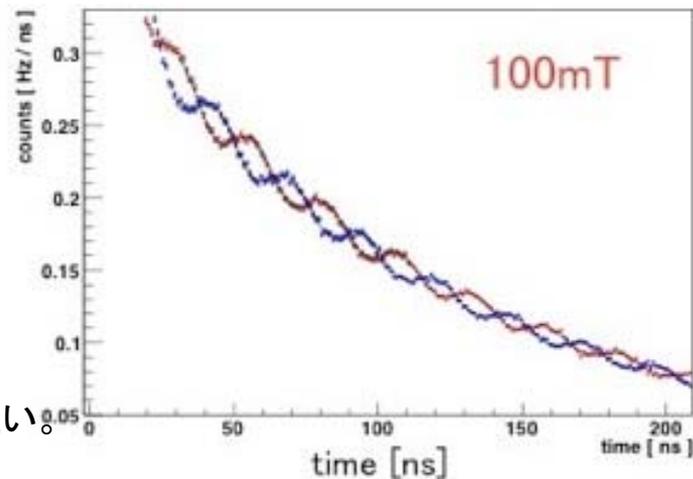
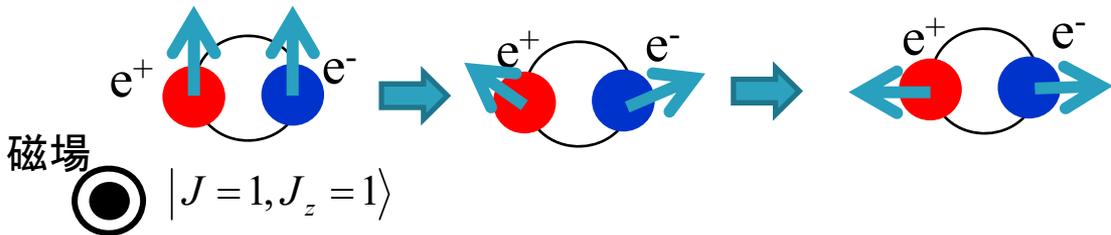
ねじれ秤

全部、学生が設計製作した。

# 2016年度

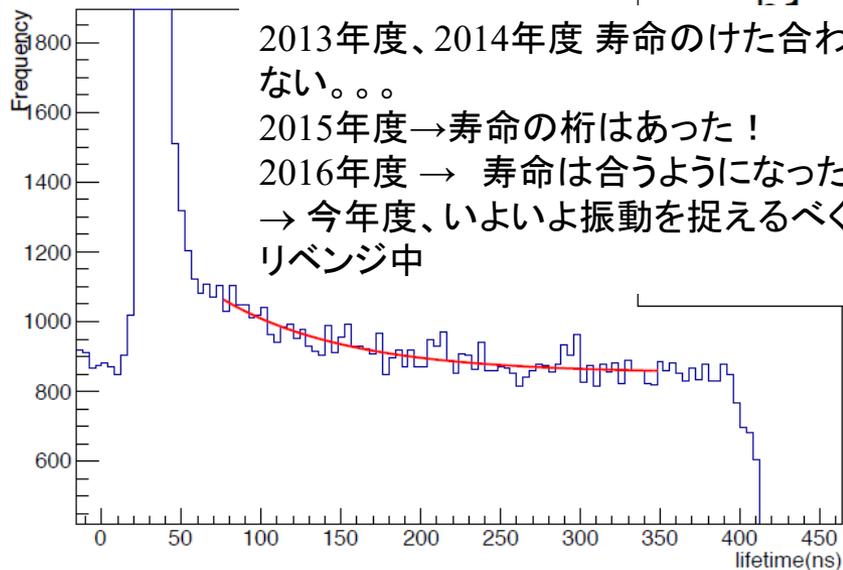
## ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

量子力学的な歳差運動を利用



こんなデータを取りたい。

[http://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/Tabletop\\_experiments/HFS\\_measurement\\_with\\_quantum\\_oscillation.html](http://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/Tabletop_experiments/HFS_measurement_with_quantum_oscillation.html)



# 2017年度

- ▶ 2017年度はポジトロニウムの量子振動、ミューオンによるパリティの破れを利用した異常磁気能率の測定に挑戦中
- ▶ 皆さんの興味・アイデアで決める。
- ▶ 「物理は現実」を**実感**する！物を作る！測る！理解する！

連絡先:

市川: 5号館306号室, [ichikawa \(at\) scphys.kyoto-u.ac.jp](mailto:ichikawa@scphys.kyoto-u.ac.jp)

川合: 5号館505号室, [hkawai \(at\) gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp](mailto:hkawai@gauche.scphys.kyoto-u.ac.jp)

福間: 5号館503号室, [fukuma\(at\)gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp](mailto:fukuma@gauche.scphys.kyoto-u.ac.jp)

過去の実験・レポート(失敗談)などの情報

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/p1p2.html>

京大 P1で検索!

# P2: 「自然における相互作用 II」

## • 内容

- 素粒子の基本的な性質の測定や、相互作用の基本的対称性 (パリティ、荷電交換、時間反転等) とその破れの検証を行うことで、自然の本質に迫る。

### ▶ 前期

#### - 理論ゼミ

- ✓ 場の理論、素粒子標準理論。

#### - 実験ゼミ

- ✓ 主に測定のための素粒子と物質の相互作用について。

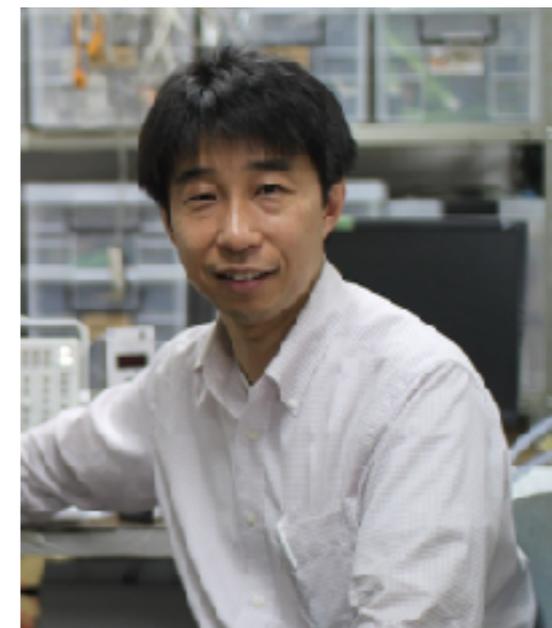
#### - 基本的実験技術の修得

- ✓ 2016年度は電子・陽電子束縛状態 (“ポジトロニウム”) の崩壊寿命測定。

### ▶ 後期

#### - 理論ゼミ

- 卒業研究として学生自身で 実験を計画、デザインし、測定を行って、素粒子理論との整合性を確認する。



## • 担当

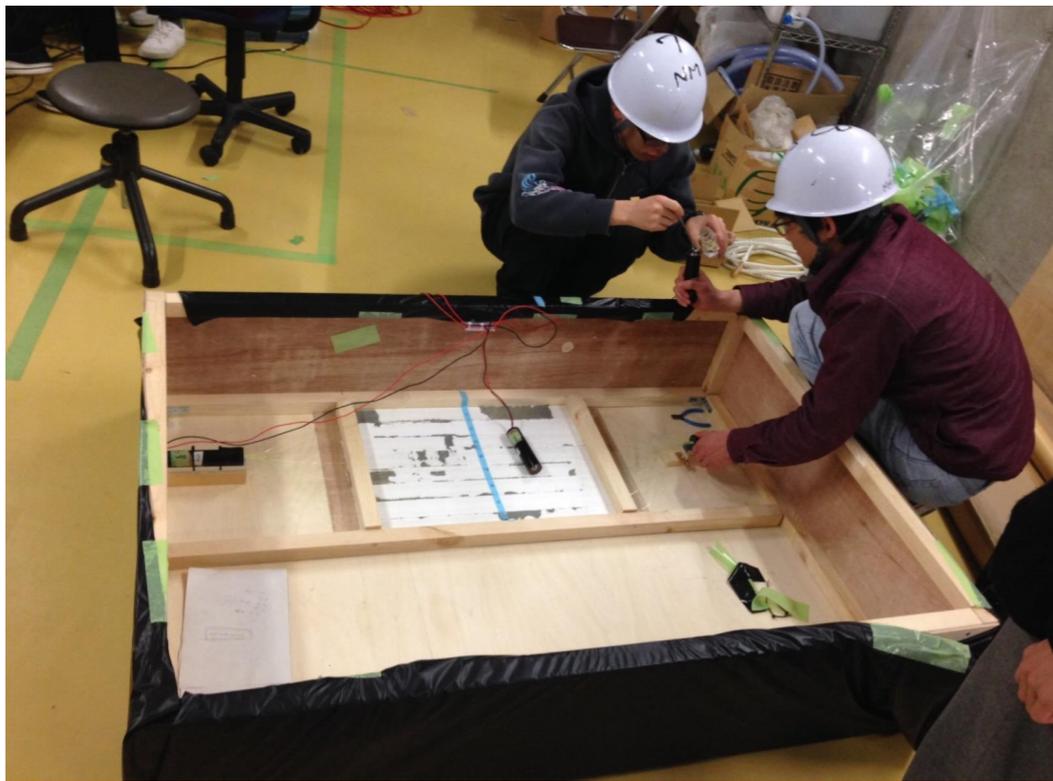
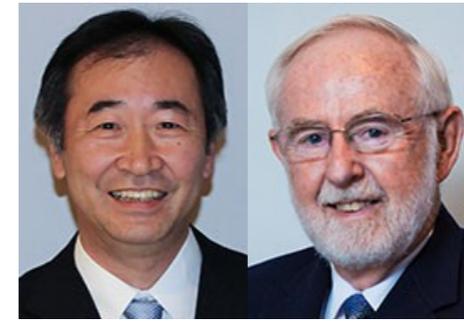
- 理論: 畑浩之
- 実験: 中家剛, 隅田土詞

# 2015年度の卒業研究

- ニュートリノの反応断面積測定

- 茨城県東海村 J-PARC のニュートリノビームラインで自作の測定器を使って測定を行った。

- ✓ ノーベル物理学賞 2015:  
「ニュートリノ振動の発見」

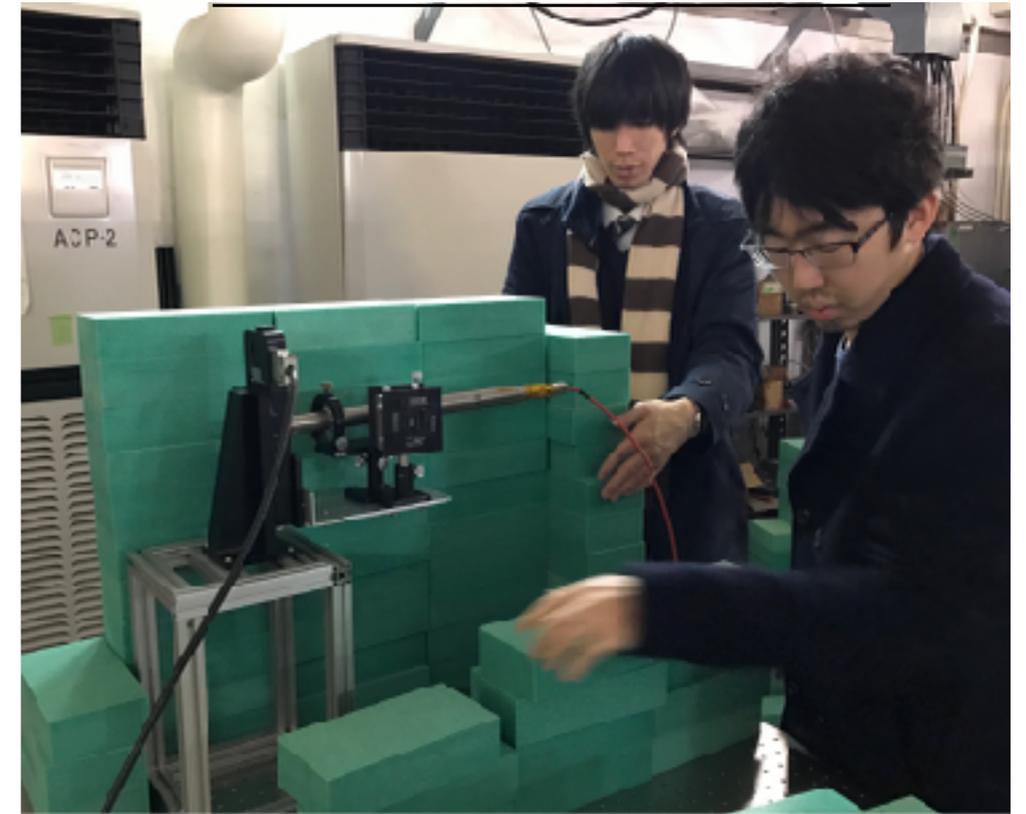


準備の様子

# 2016年度の卒業研究

- 中性子に働く重力の測定。
  - 理学部5号館東棟(物理学教室)の加速器を用いた中性子源 (KUANS) での測定。
    - ▶ スリットを使った中性子の精密な位置測定によって粒子レベルでの重力相互作用の検証を行う。

中性子実験の準備の様子



- 霧箱の製作。
  - $\alpha$ 線、電子、陽電子の観測。



霧箱の撮影セットアップ



観測した $\alpha$ 線

# 2017年度の卒業研究(予定)

---

- ミューオンの崩壊測定。

- 東海村J-PARC MLF のミューオンビームを用いて以下の3つの測定を行うことを目標にしている。

- ▶ ミューオンが静止した後の崩壊寿命。

- 弱い相互作用の検証。

- ▶ ミューオンの磁気能率(崩壊する位置に磁場をかける)。

- 標準模型の精密検証？

- ▶ 崩壊してできた電子のエネルギー測定。

- パリティ対称性の破れの検証。

- ✓ 理学部5号館 301号室で準備中。

- 先輩に話をきくのも良いかも？

- 教員への質問なら中家(305)、隅田(308)へ。

# その他、過去の実験

---

- 磁石による荷電粒子収束
  - ベータ崩壊におけるパリティ非保存の検証
  - $\mu$ 粒子の異常磁気能率測定
  - ポジトロニウム超微細構造の測定
  - 加速器ニュートリノ検出
  - ニュートリノのヘリシティ測定
  - EPR パラドックスの検証
  - 手作りガス検出器での位置検出
  - ポータブル放射線測定器の製作
- 
- ✓ 自分達でどんどん新しいアイデアを出して  
研究を進めていく！
  - ✓ 是非一緒に素粒子の研究をしよう！