# 課題研究 P1 / P2 の紹介

2021年12月2日 課題研究ガイダンス



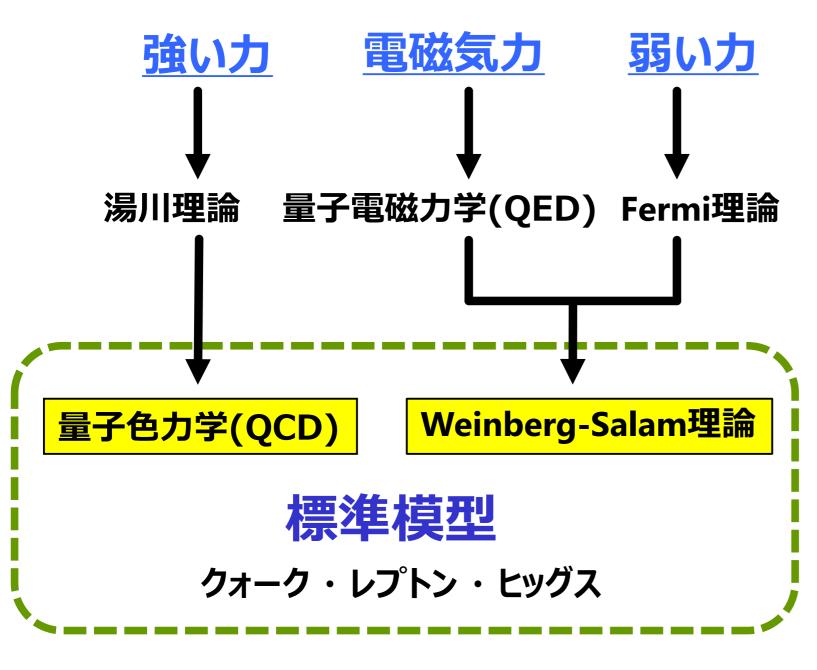
## スタッフ/目次

- ・スタッフ
  - P1
    - ▶理論: 福間 [素粒子論研究室]
    - ▶実験: 田島、鈴木 「高エネルギー研究室」
  - P2
    - ▶理論: 橋本 [素粒子論研究室]
    - ▶実験: 木河、隅田、中家 [高エネルギー研究室]
- ·紹介目次
  - P1, P2での理論ゼミ紹介 橋本
  - 素粒子実験(高エネルギー実験)とは? 鈴木
  - P1実験紹介 鈴木
  - P2実験紹介 隅田

# P1とP2の理論ゼミ

# 素粒子論の現状

4つの力



ダークマター・ダークエネルギー

重力

"量子重力"



(超弦理論?)



未完成

## P1とP2の理論ゼミ

## ■やること

## 『相対論的場の量子論』の勉強

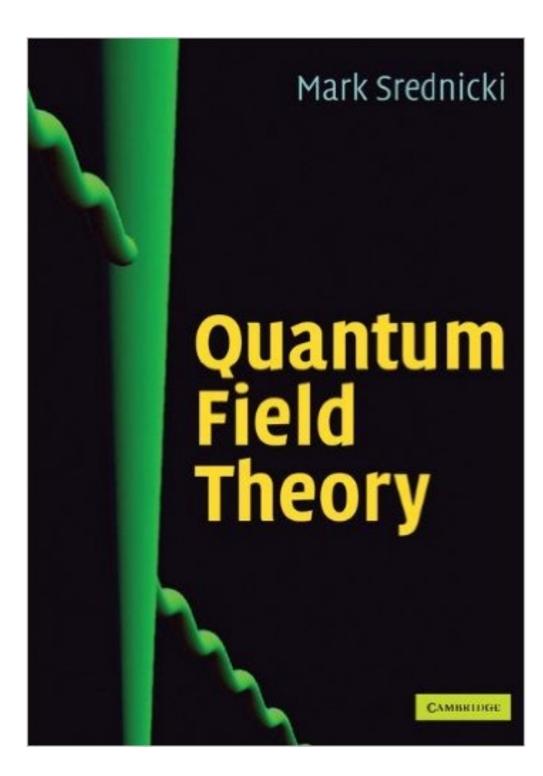
- ・素粒子論の基本言語
- ・教科書(英語)を輪読

【日時】毎週月曜日の午後

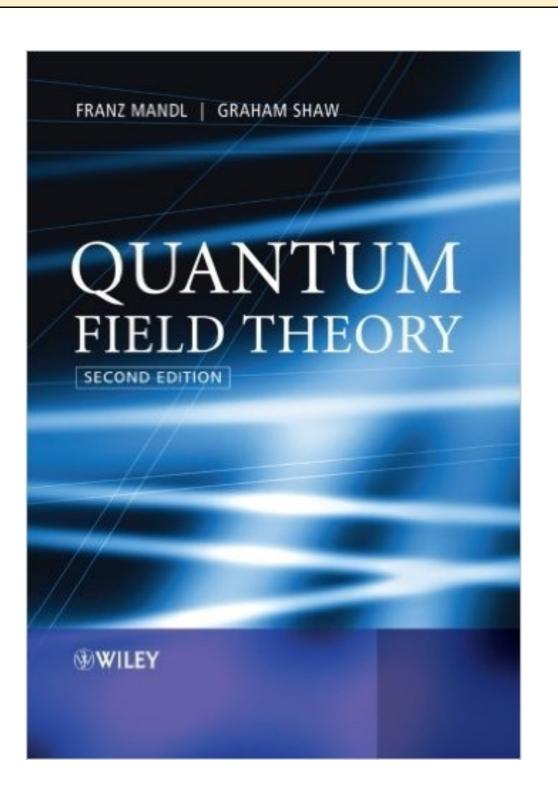
【内容】 担当発表者による説明 + みんなで議論

【前提】量子力学と特殊相対論

## 今年度/前年度使っていた本



Srednicki



Mandal & Shaw

# 素粒子物理学とは

## 素粒子物理学とは?

物質、時空、宇宙を、とことん理解しようとする試み。

## 問題が山積み

- ✓ 物質の最小構成要素は?
- ✓ 力(相互作用)の起源は?
- ✓ ダークマター?
- ✓ 宇宙の起源?

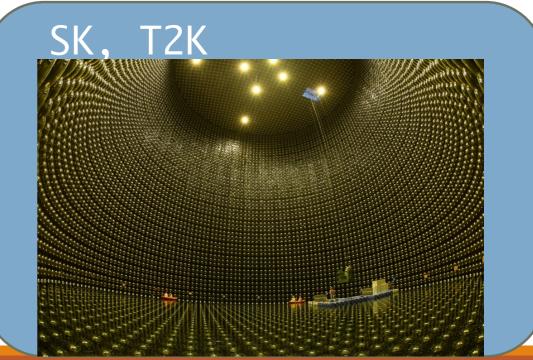
## 素粒子物理学実験とは?

物質、時空、宇宙を、実験でとことん理解しようとする試み。

- ✓ 物質の最小構成要素は?
- ✓ 力(相互作用)の起源は?
- ✓ ダークマター?
- ✓ 宇宙の起源?







## 素粒子物理学実験とは?

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、極地に行く、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!

# 課題研究 P1

## P1実験: 自然における相互作用!

前期:実験ゼミ+簡単な実験

- > 週一回(金曜午後)
- 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。
- 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。
- 後期にどういう実験を したら面白いか、考える。



### 手作りスパークチェンバー



# P1 卒業研究(実験·後期)

### 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

- 2~3チームに分かれて、別々のテーマで実験
- 。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。
- 。過去の例
  - 。宇宙線を用いたミューオンg-2の測定
  - 。 ポジトロニウムの量子振動
  - 。リングチェレンコフ検出器の製作
  - 。ワイヤーチェンバーの製作
  - 。スパークチェンバーの製作
  - 。 ねじり秤による重力の測定
  - 。ラムシフトの測定

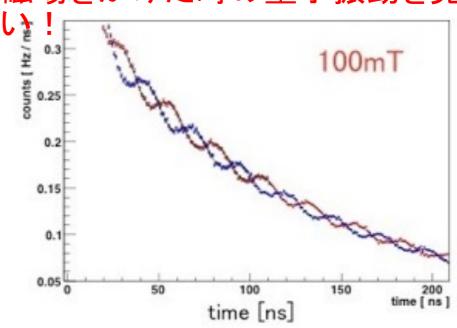
# P1 卒業研究(2020 年度)

## ポジトロニウムを用いた実験

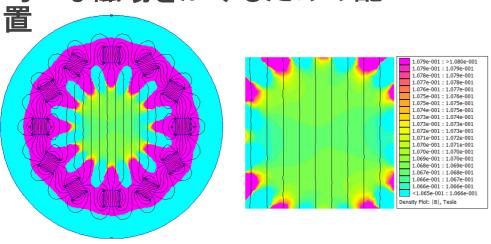




磁場をかけた時の量子振動を見た



均一な磁場をかけるための配



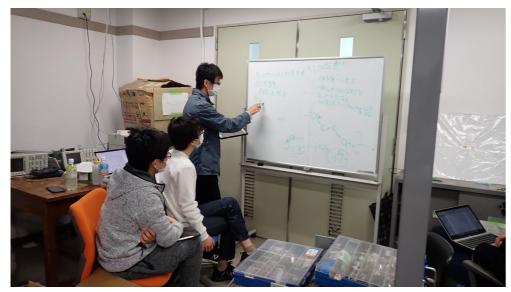
<sup>22</sup>Na からの陽電子を物質に入射 →ポジトロニウムの生成

磁場によって寿命に量子振動が出る

…これを測りたい

# P1 卒業研究(2020 年度)

## ガムテープ実験



自分たちで装置をつくりあげ、この 現象をより深く探究する。



ガムテープの粘着面を貼り合わせて勢いよく剥がすと、青白く発光する → X線も出るらしい

Vol 455 23 October 2008 doi:10.1038/nature07378

nature

*Nature* **455**, 1089–1092

LETTERS

## Correlation between nanosecond X-ray flashes and stick-slip friction in peeling tape

Carlos G. Camara<sup>1\*</sup>, Juan V. Escobar<sup>1\*</sup>, Jonathan R. Hird<sup>1</sup> & Seth J. Putterman<sup>1</sup>

Relative motion between two contacting surfaces can produce visible light, called triboluminescence<sup>1</sup>. This concentration of diffuse mechanical energy into electromagnetic radiation has previously been observed to extend even to X-ray energies<sup>2</sup>. Here we report that peeling common adhesive tape in a moderate vacuum produces radio and visible emission<sup>3,4</sup>, along with nanosecond, 100-mW X-ray pulses that are correlated with stick-slip peeling events. For the observed 15-keV peak in X-ray energy, various models<sup>5,6</sup> give a competing picture of the discharge process, with the length of the gap between the separating faces of the tape being 30 or 300 µm at the moment of emission. The intensity of X-ray triboluminescence allowed us to use it as a source for X-ray imaging. The limits on energies and flash widths that can be achieved are beyond current theories of tribology.

When a continuous medium is driven far from equilibrium, nonlinear processes can lead to strong concentrations in the energy density. Sonoluminescence<sup>7</sup> provides an example in which acoustic energy concentrates by 12 orders of magnitude to generate subnanosecond flashes of ultraviolet radiation. Charge separation at contacting surfaces<sup>8,9</sup> is another example of a process that funnels diffuse mechanical energy into high-energy emission. Lightning<sup>10</sup>, for instance, has been shown to generate X-rays with energies of more than 10 keV (ref. 11). Although triboelectrification is important in in peeling tape, we employed efficient high-speed X-ray detection equipment. Our measurements indicated that the scintillations in





製作した自動ガムテープ 貼り付け&巻き取り装置

# その他

### 2021年度のテーマ

- ●ガムテープ実験のさらなる改良
- ●カシミール効果の測定
- ●スパークチェンバーでの宇宙線精密測定

自分で企画・設計した装置での測定は面白い!

### 連絡先:

田島: 5号館303号室, tajima.osamu.8a(at)kyoto-u.ac.jp

鈴木: 5号館307号室, suzuki.junya.4r(at)kyoto-u.ac.jp

福間: 5号館503号室, fukuma(at)gauge.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

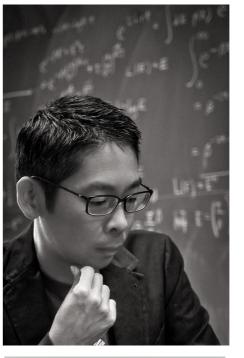
### 京大 P1で検索!

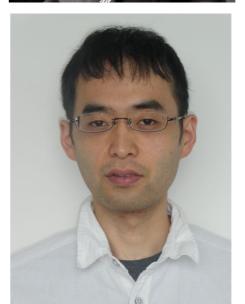
# 課題研究 P2

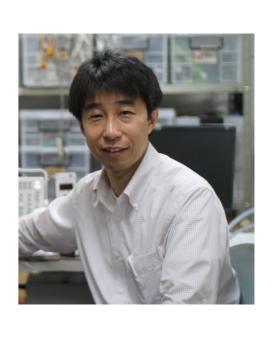
# P2:「自然における相互作用II」

### • 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
      - √ポジトロニウム(電子・陽電子束縛状態)の 崩壊寿命測定、1光子干渉の観測、 ガンマ線のエネルギー分解能測定
  - ▶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: 橋本幸士
  - 実験: 中家剛, 木河達也, 隅田土詞







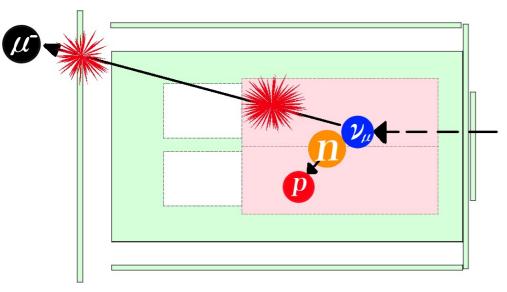


# 2020年度の卒業研究

- ・ニュートリノの反応断面積の測定
  - J-PARC のニュートリノビームを用いて、 鉛ガラスをターゲットにした ニュートリノ反応の散乱断面積を測定し、 謎の多いニュートリノの詳細な性質に迫った。



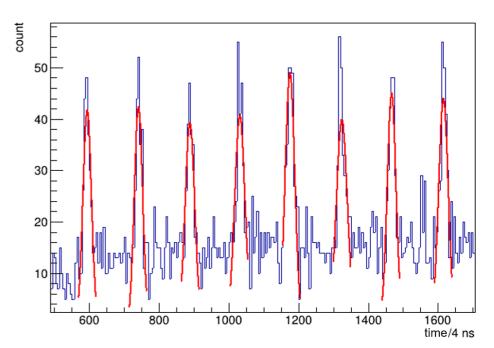
#### 検出原理



#### 実験装置全体



#### 鉛ガラスで見えた反応事象のタイミング



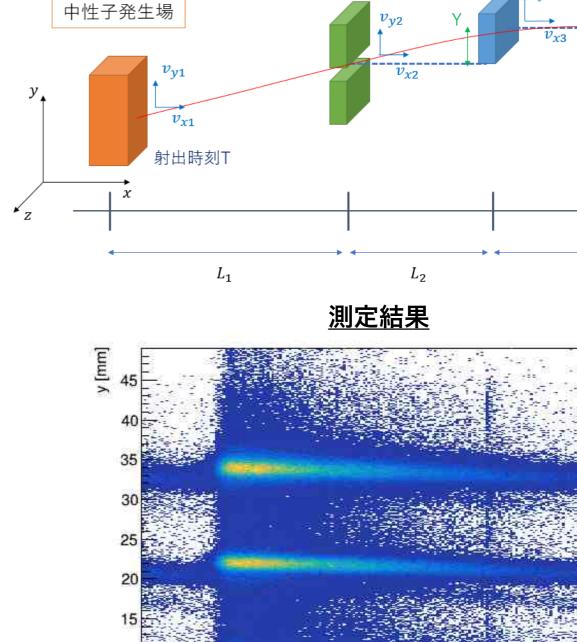
# 2020年度の卒業研究

### ・中性子に働く重力の測定

- J-PARC MLF ビームラインの 冷中性子(v < 1000 m/s )を使って、 粒子レベルで本当に重力が働いているか、 実際に「落ちている」ところを 中性子の位置を精密に測ることでみてみた。

### ビームラインの様子





実験原理

Cd slit

検出器

160

140

120

100

80

60

40

20

t [ms]

上流スリット

中性子ビーム射出部

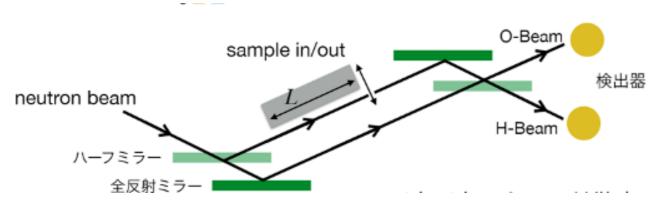
Cdスリット

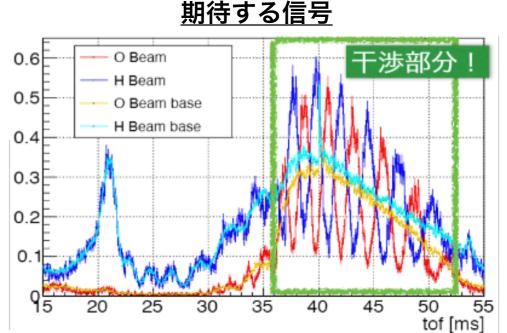
検出器など

# 2021 年度の卒業研究(予定)

- ・中性子に働く重力の測定・改
  - J-PARC MLF ビームラインの 冷中性子(v < 1000 m/s )を使って、 重力ポテンシャルを中性子が感じているか、 中性子干渉計を使って測ってみる。

#### <u>中性子干渉計のセットアップ</u>

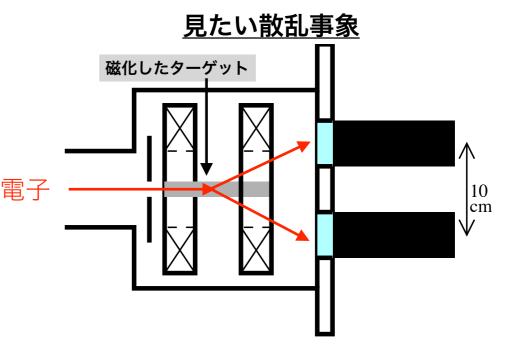




・メラー散乱(電子電子散乱)を用いたβ崩壊でのパリティ対称性の破れの測定



√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?



# その他、過去の実験

- ・µ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
- 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粒子検出
- ・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!

### ▶連絡先

- 橋本: 5号館509 koji (at) scphys.kyoto-u.ac.jp
- 中家: 5号館305 t.nakaya (at) scphys.kyoto-u.ac.jp
- 木河: 5号館307 kikawa.tatsuya.6e (at) kyoto-u.ac.jp
- 隅田: 5号館308 toshi.sumida (at) cern.ch
- ・過去のレポート、発表資料
  - https://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/p1p2.html