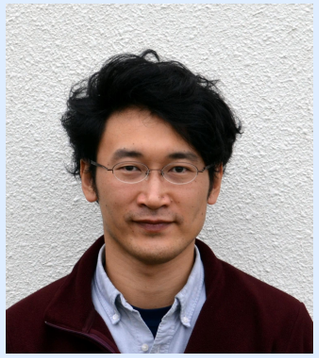
A1 & A2

–「素粒子」の物理

–「対称性」の物理

吉岡



鈴木

隅田

吉田

田島

木河

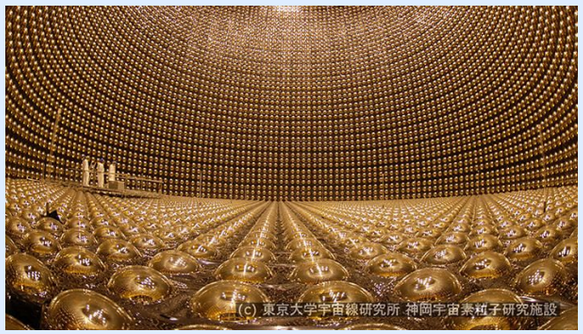
理論: (素粒子論研究室)

前期: 吉岡, 後期: 吉田

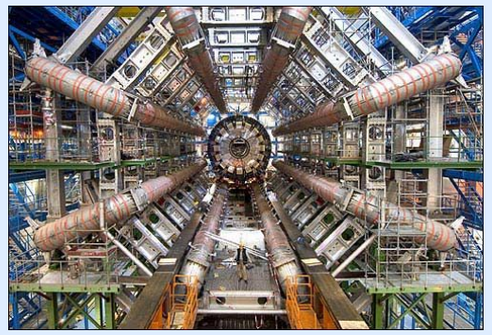
実験: (高エネルギー素粒子物理学研究室)

前期: [A1] 鈴木 (宇宙“観測”実験), [A2] 隅田 (LHC-ATLAS実験)

後期: [A1] 田島 (宇宙“観測”実験), [A2] 木河 (ニュートリノ実験)



2015
ニュートリノ
振動の発見



2013
ヒッグス粒子
の予言/発見

A1 & A2 の月曜日午後

・理論・実験の両面から学ぶ。

13:00

14:00

15:00

16:00

17:00

18:00

理論ゼミ（A1/A2合同）

2h

実験ゼミ（A1/A2合同）

1.5h

A1実験

A2実験

1.5h

理論ゼミ

「標準模型入門」

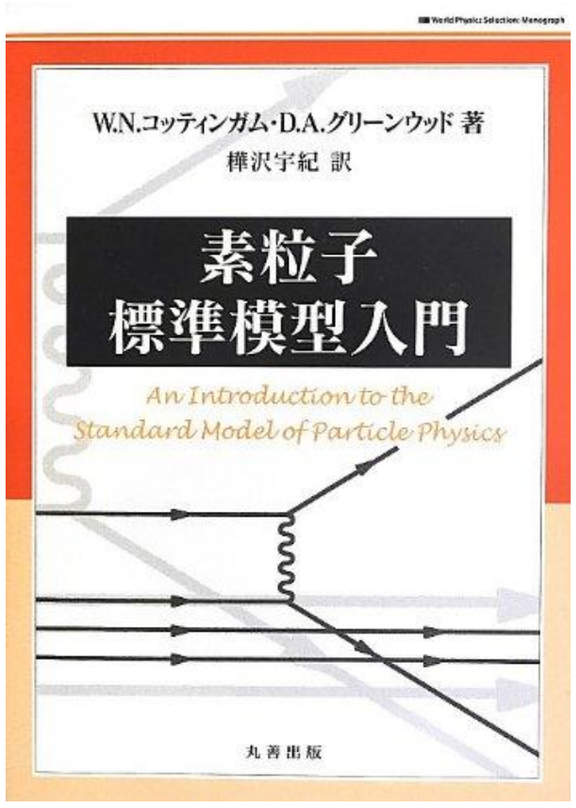
- 標準模型
  - 素粒子物理学の基礎（にして現在の究極の?）理論を学ぶ

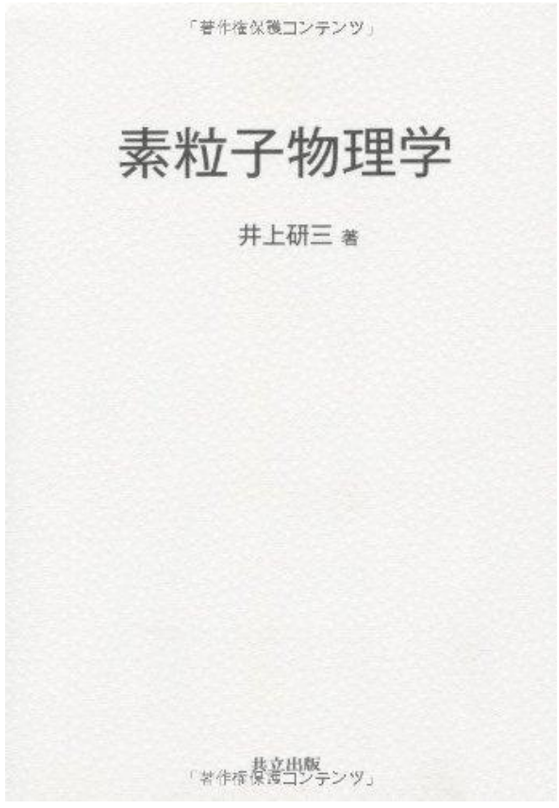
- ゼミの目標
  - 素粒子物理学において、対称性が果たす役割について理解を深める。

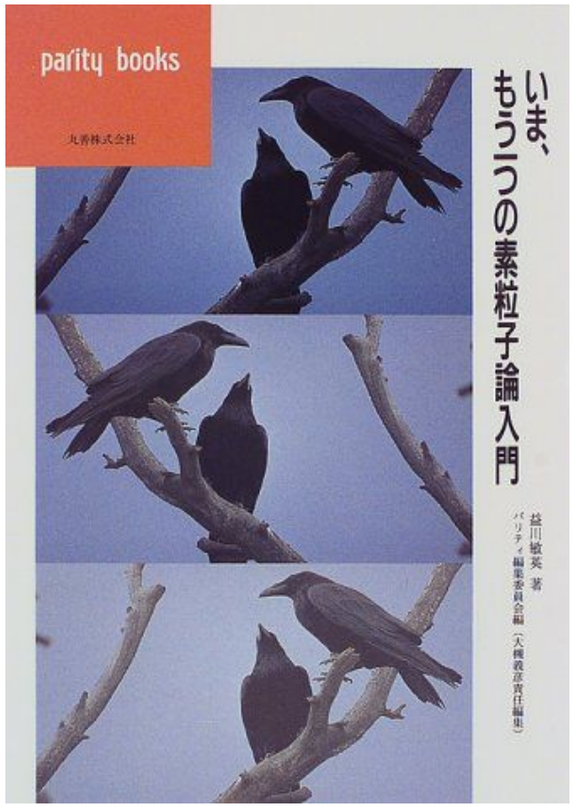
- ゼミの形式
  - テキスト
    - 初回に担当教員と相談して決める。
    - 決まったテキストのどこを担当するか決める。
  - 発表
    - 担当者が各章の内容を全員の前で解説する。

理論ゼミ

·過去に使ったテキスト



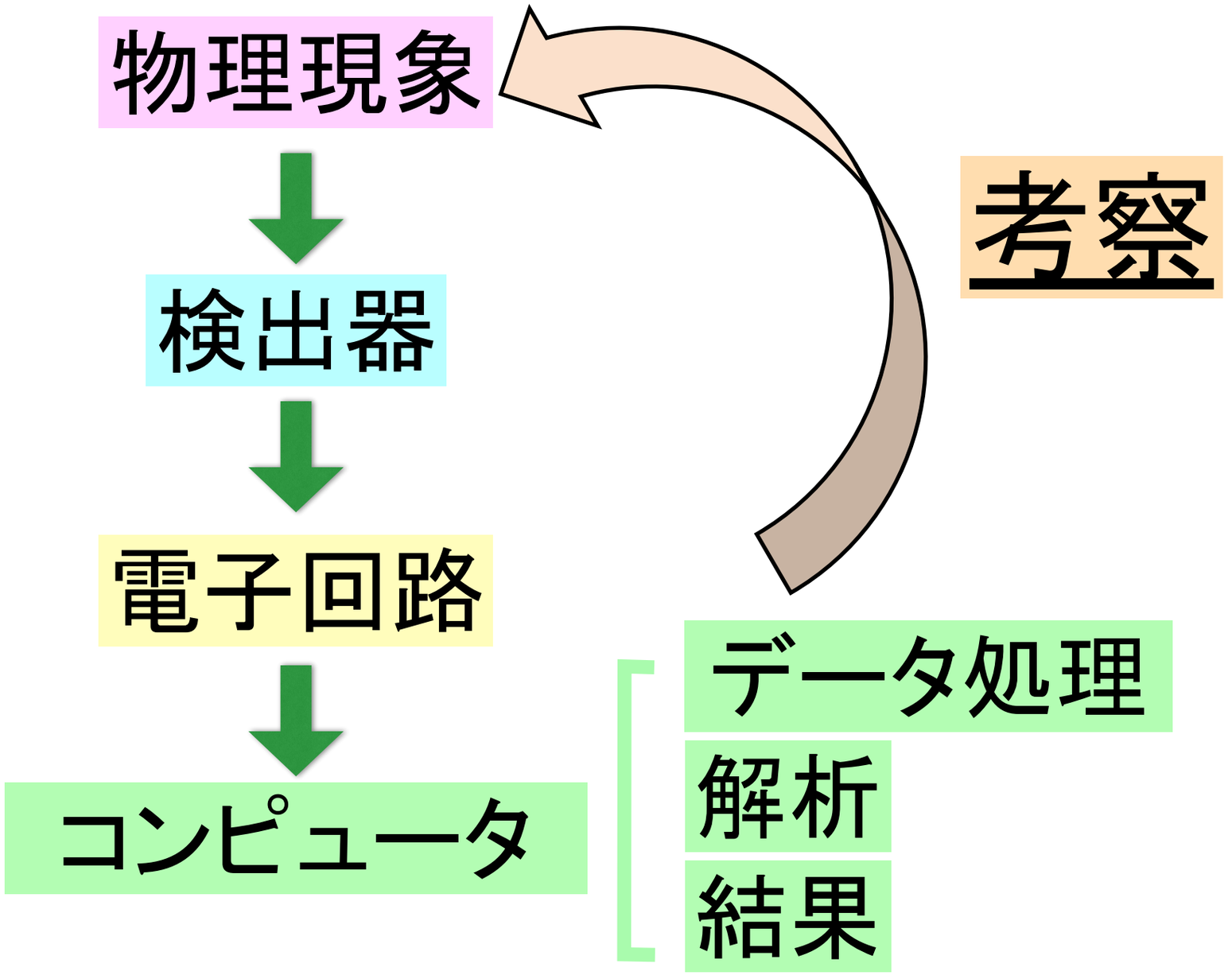




- 「素粒子標準模型入門」(コッティンガム/グリーンウッド)
- 「素粒子物理学」(井上研三)
- 「いま、もう一つの素粒子論入門」(益川敏英)
- 「クォークとレプトン 」(ハルツェン/マーチン)
- 「素粒子物理」(牧二郎/林浩一)
- 「素粒子物理」(戸塚洋二)
- 「素粒子物理学の基礎 I」(長島順清)

A1 & A2 実験

- 目標
  - すべての素粒子実験に共通な手法を学ぶ。
    - 机の上の1人でできる実験から3000人の巨大実験まで
  - 実験を最初から最後までやってみて、吟味して理解



実験ゼミ

・A1・A2合同ゼミ

‣素粒子物理実験と密接に関係する

検出器 の教科書を読んで、
考える・解釈する・想像する。

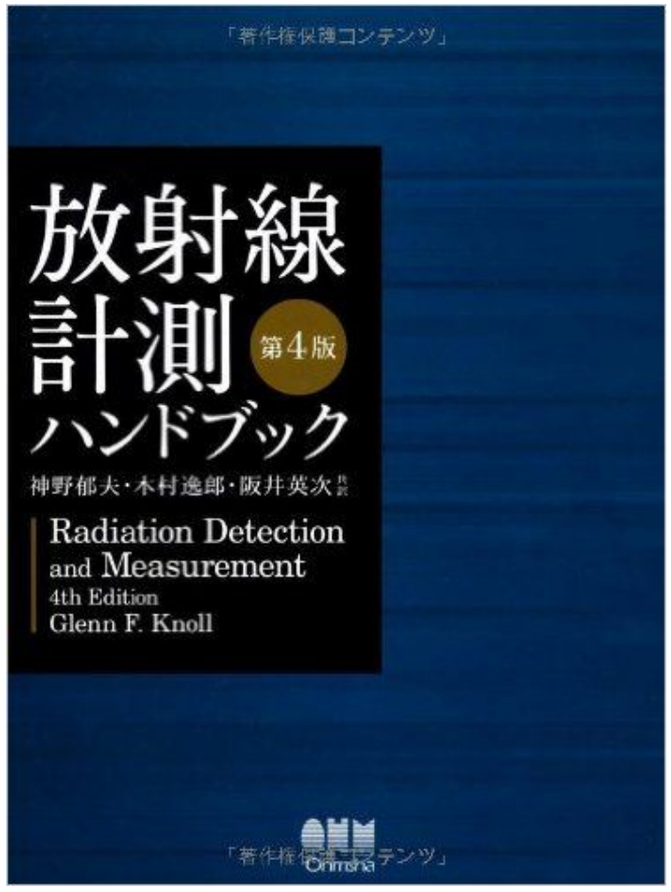
物理現象

↓

検出器

・教科書

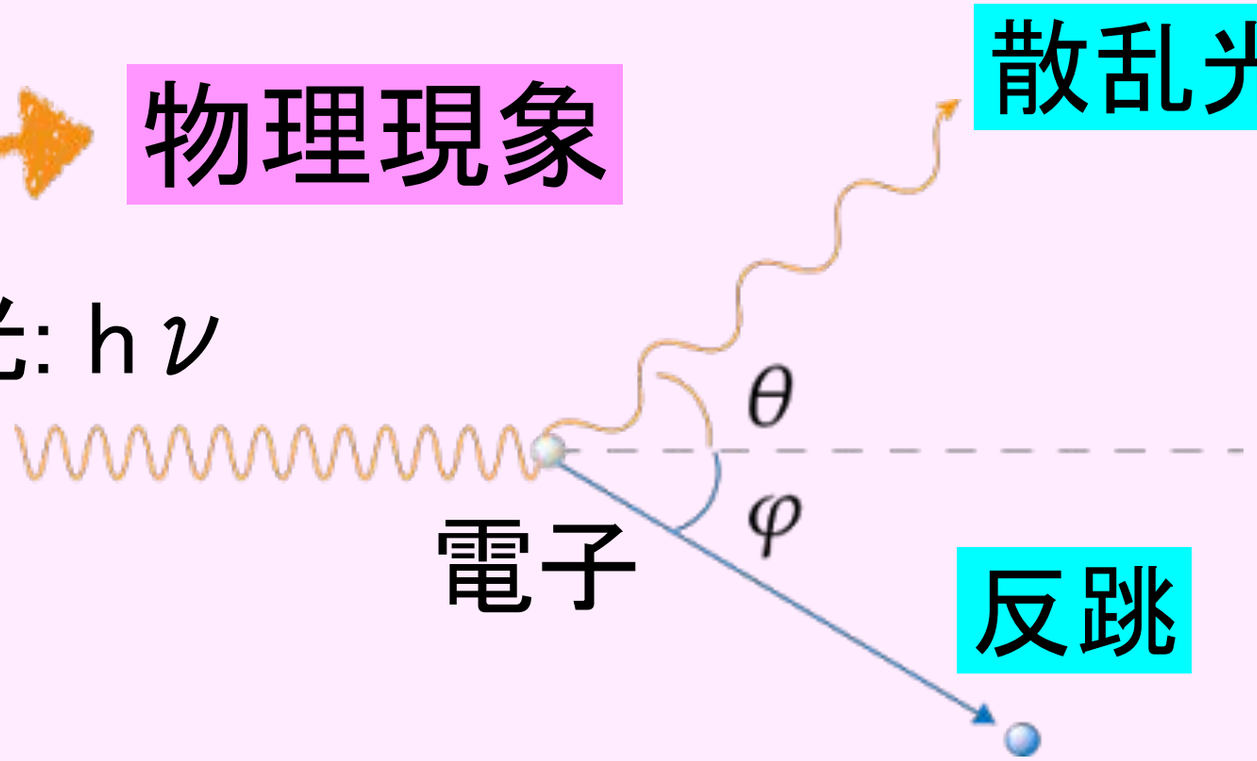
–「放射線計測ハンドブック 第4版」
G. F. Knoll



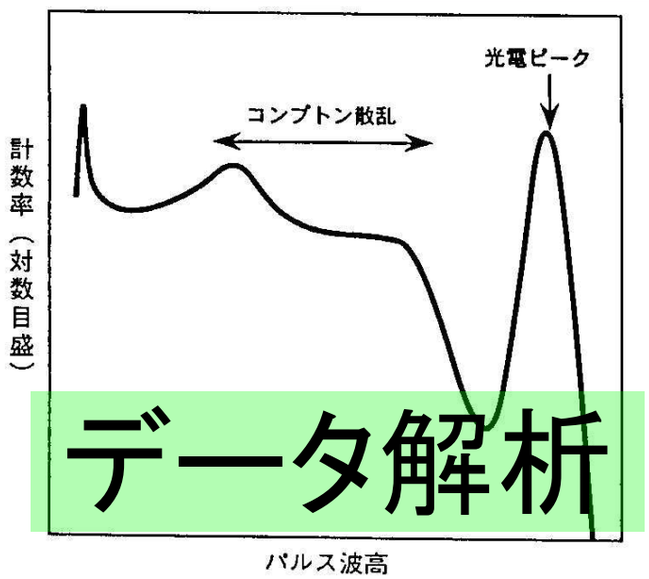
A1: コンプトン散乱の測定

- 内容:「光の粒子性」と「場の量子化」を学ぶ実験
  - 入射光(ガンマ線)によって反跳された電子と散乱光のエネルギーと散乱断面積の角度相関を測定する。

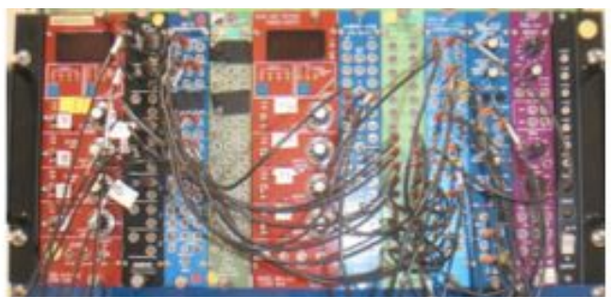
物理現象



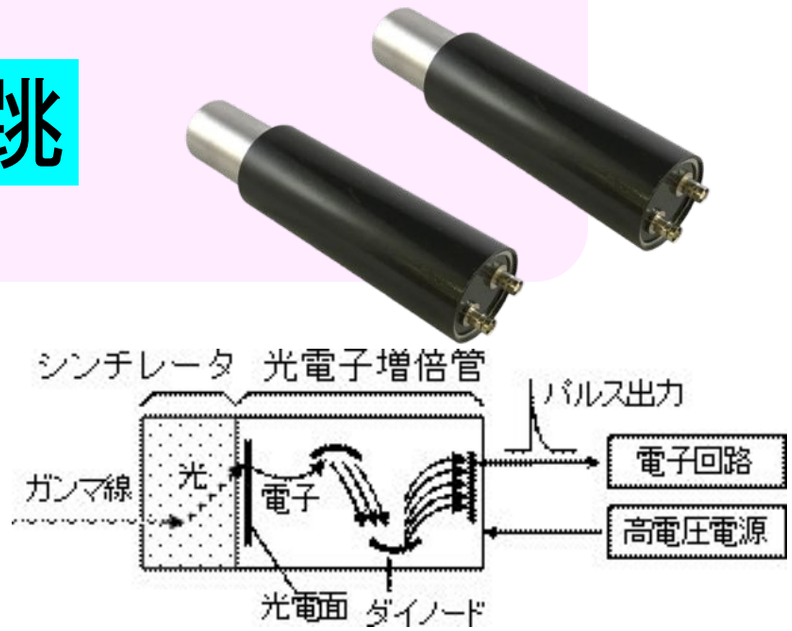
考察



データ解析



電子回路



検出器

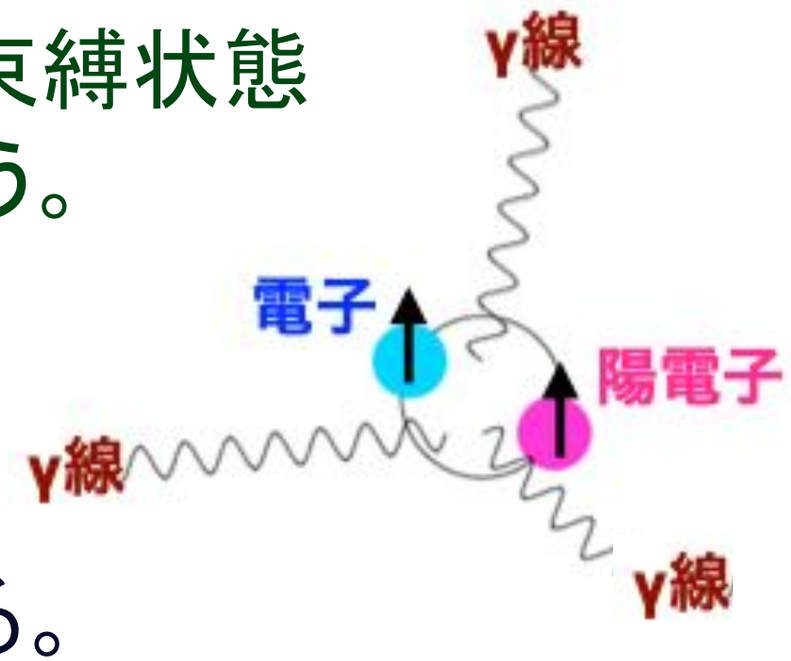
A2: ポジトロニウムの寿命測定

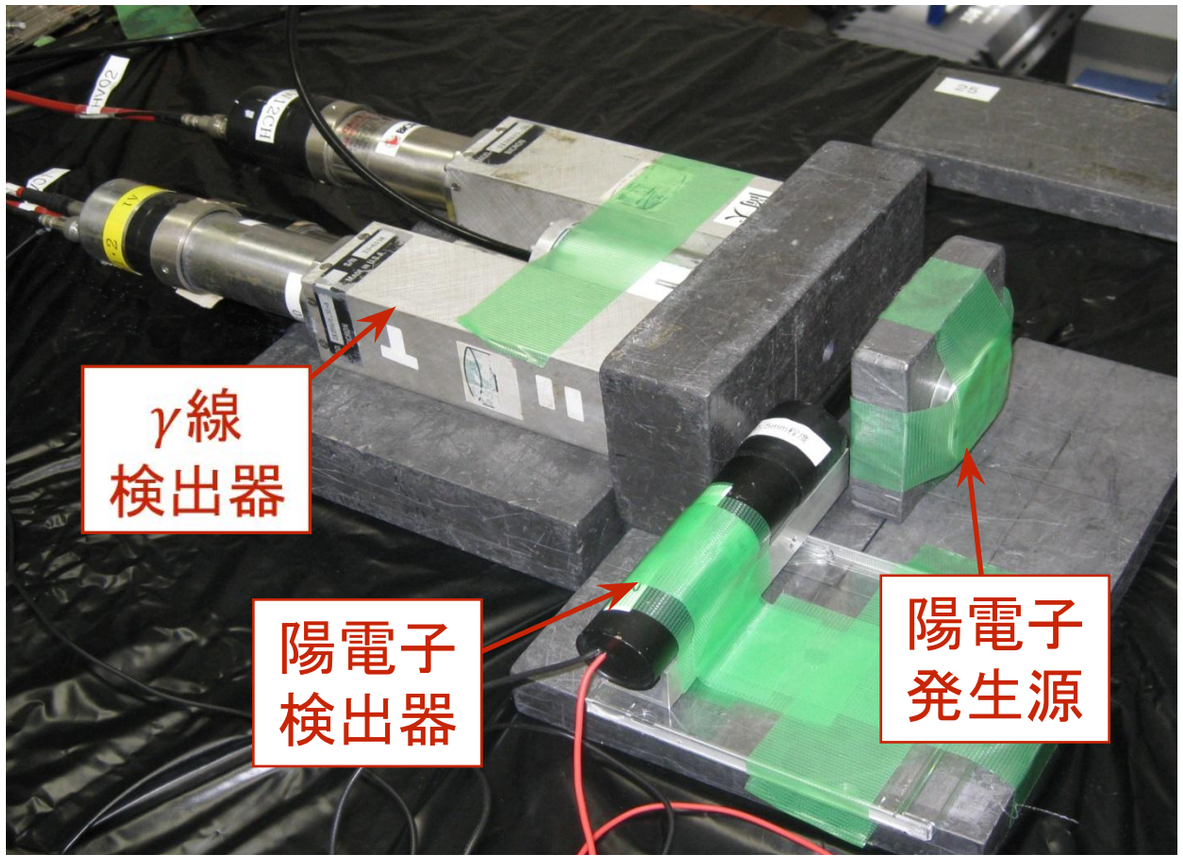
・内容: 電子とその反粒子である陽電子の束縛状態
(ポジトロニウム)を用いた測定を行う。

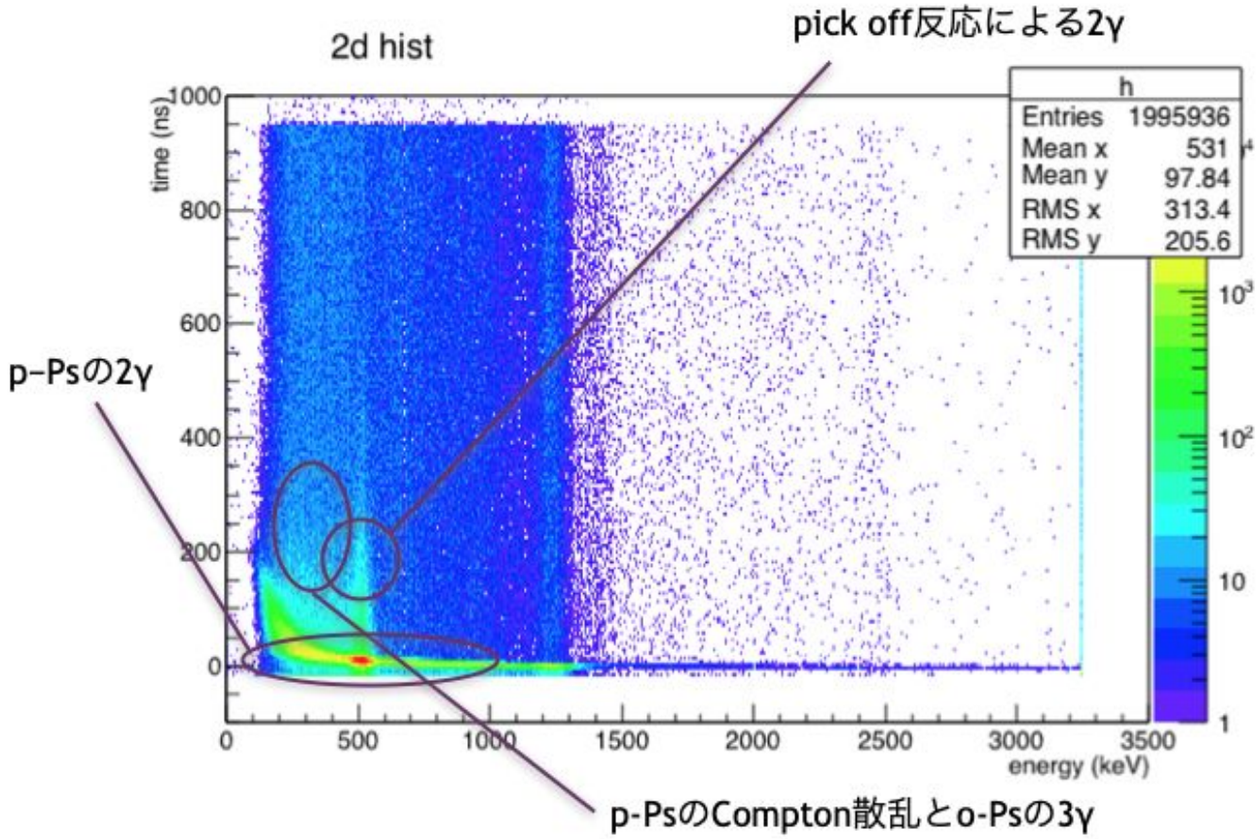
– 寿命(崩壊するまでの平均時間)の測定

‣ 理論計算と物理測定の両方を
自分の手でやってみる。

‣ 量子電磁気学(QED)の精密検証になる。







理論値からのズレ→未知の物理の寄与?

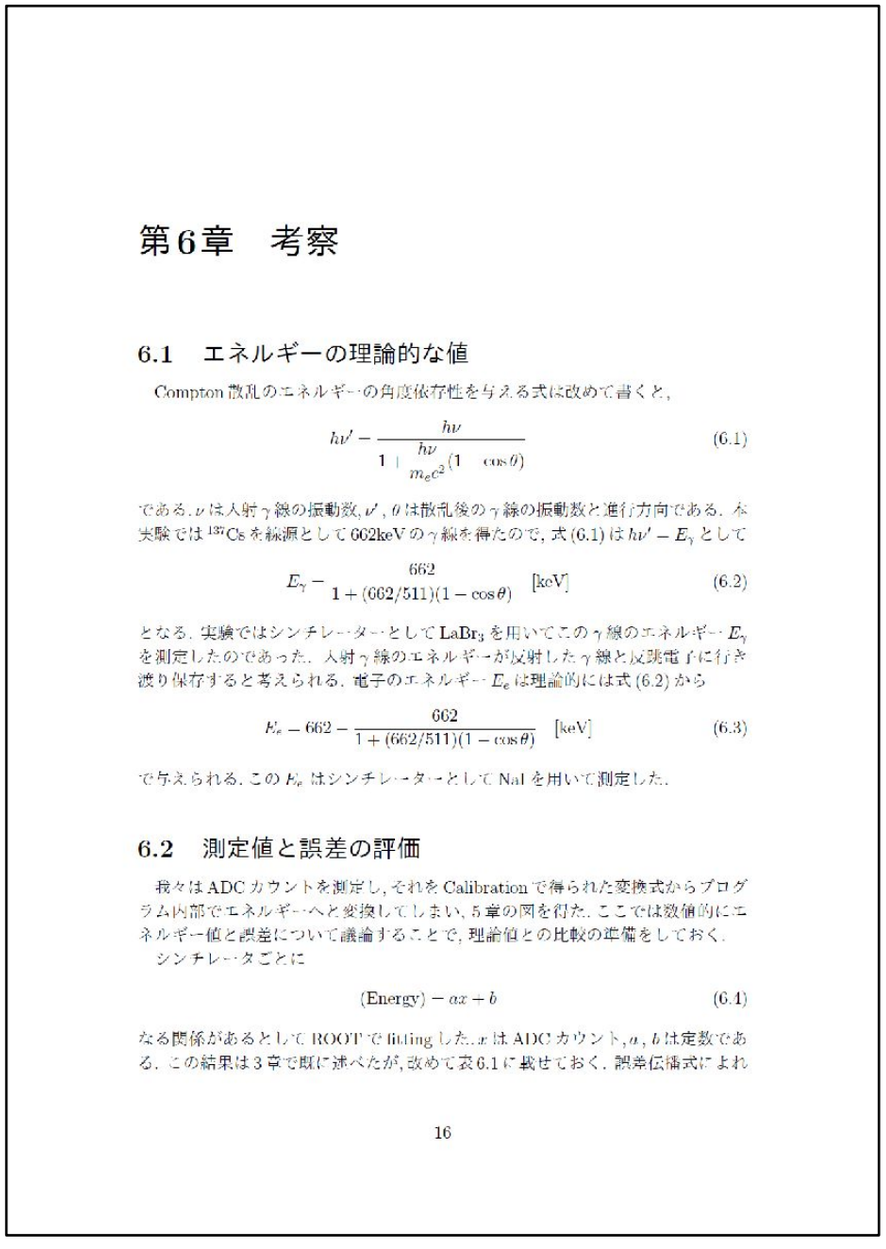
発表会

・実験結果を出し、物理の考察を行い、発表する。

- ✓ A1・A2 合同

レポート

- 実験結果を出し、物理の考察を行い、レポートにまとめる。
- A1, A2グループ毎に1つのレポートをまとめる。



第6章　考察

6.1　エネルギーの理論的な値

Compton 散乱のエネルギーの角度依存性を与える式に改めて書くと,

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_e c^2}(1 - \cos\theta)} \tag{6.1}$$

である. ν は入射 γ 線の振動数, ν', θ は散乱後の γ 線の振動数と進行方向である. 本実験では ^{137}Cs を線源として 662keV の γ 線を得たので, 式 (6.1) は $h\nu' = E_\gamma$ として

$$E_\gamma = \frac{662}{1 + (662/511)(1 - \cos\theta)} \quad [\mathrm{keV}] \tag{6.2}$$

となる. 実験ではシンチレーターとして $LaBr_3$ を用いてこの γ 線のエネルギー E_γ を測定したのであった. 入射 γ 線のエネルギーが反射した γ 線と反跳電子に行き渡り保存すると考えられる. 電子のエネルギー E_e は理論的には式 (6.2) から

$$E_e = 662 - \frac{662}{1 + (662/511)(1 - \cos\theta)} \quad [\mathrm{keV}] \tag{6.3}$$

で与えられる. この E_e はシンチレーターとして NaI を用いて測定した.

6.2　測定値と誤差の評価

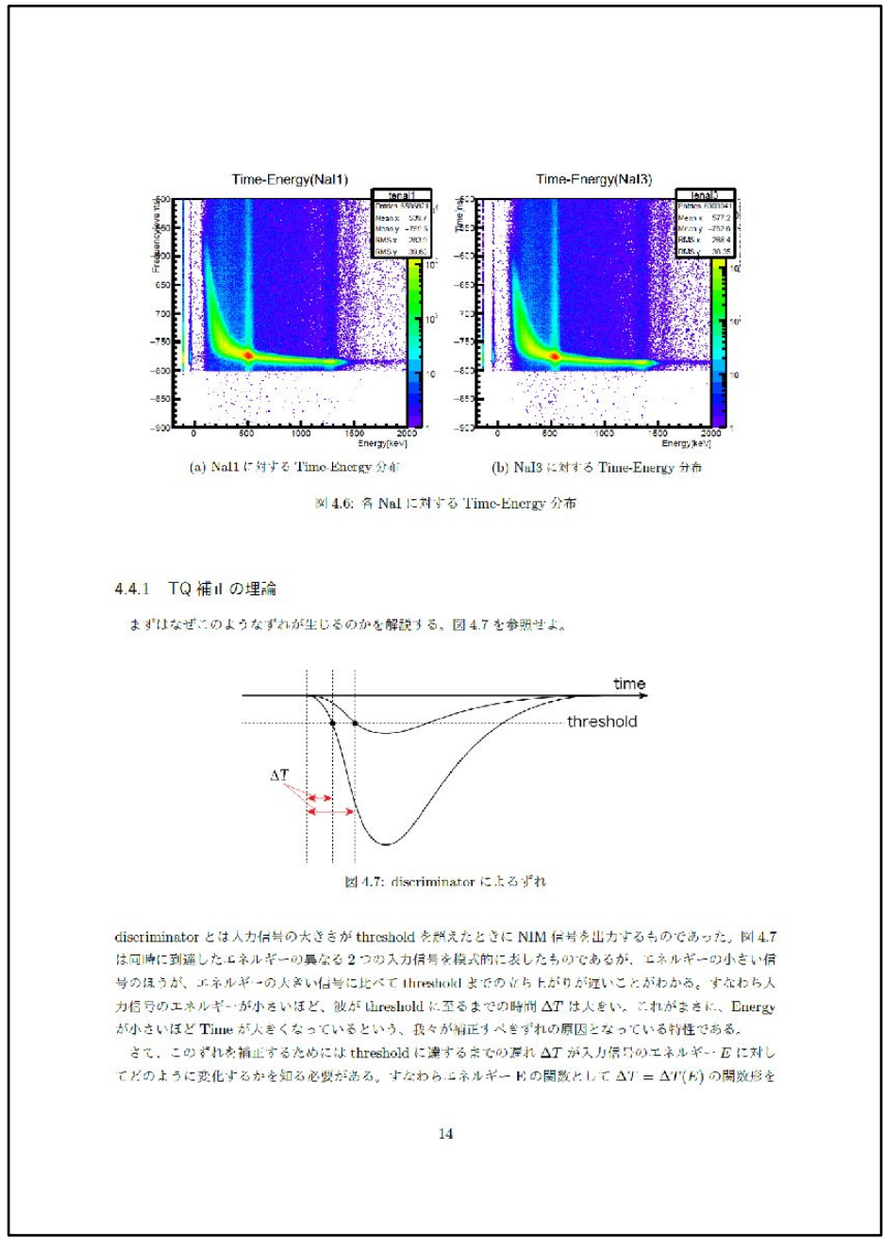
我々は ADC カウントを測定し, それを Calibration で得られた変換式からプログラム内部でエネルギーへと変換してしまい, 5 章の図を得た. ここでは数値的にエネルギー値と誤差について議論することで, 理論値との比較の準備をしておく.

シンチレータごとに

$$(\mathrm{Energy}) = ax + b \tag{6.4}$$

なる関係があるとして ROOT で fitting した. x は ADC カウント, a, b は定数である. この結果は 3 章で既に述べたが, 改めて表 6.1 に載せておく. 誤差伝播式によれ

16



(a) NaI1 に対する Time-Energy 分布　(b) NaI3 に対する Time-Energy 分布

図 4.6: 各 NaI に対する Time-Energy 分布

4.4.1　TQ 補正 の理論

まずはなぜこのようなずれが生じるのかを解説する。図 4.7 を参照せよ。

図 4.7: discriminator によるずれ

discriminator とは入力信号の大きさが threshold を超えたときに NIM 信号を出力するものであった。図 4.7 は同時に到達したエネルギーの異なる 2 つの入力信号を模式的に表したものであるが、エネルギーの小さい信号のほうが、エネルギーの大きい信号に比べて threshold までの立ち上がりが遅いことがわかる。すなわち入力信号のエネルギーが小さいほど、波が threshold に至るまでの時間 ΔT は大きい。これがまさに、Energy が小さいほど Time が大きくなっているという、我々が補正すべきずれの原因となっている特性である。

さて、このずれを補正するためには threshold に達するまでの遅れ ΔT が入力信号のエネルギー E に対してどのように変化するかを知る必要がある。すなわちエネルギー E の関数として $\Delta T = \Delta T(E)$ の関数形を

14

スケジュール

前期	後期	
4月	10月	理論ゼミ　実験ゼミ　実験演習
5月	11月	
6月	12月	
7月	1月	本実験
8月	2月	
9月	3月	発表会