

A1 & A2

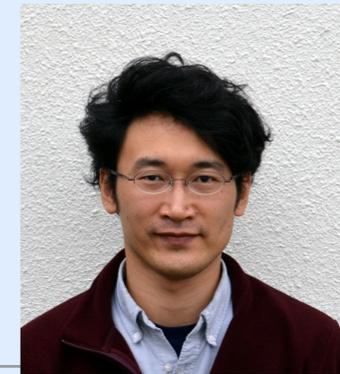
–「素粒子」の物理
–「対称性」の物理



吉岡



陳



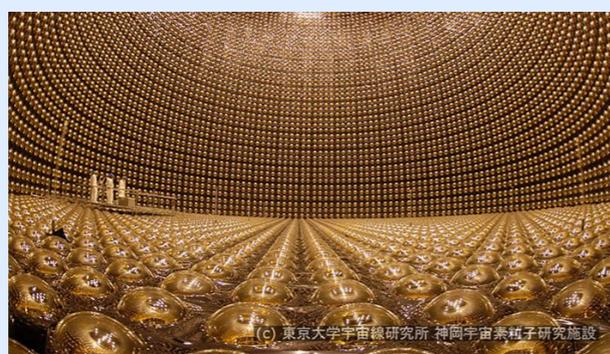
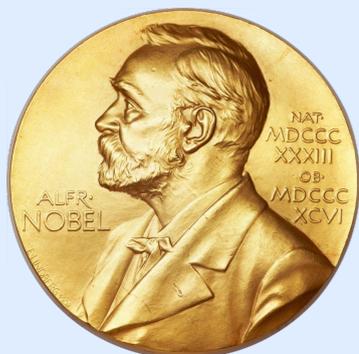
鈴木



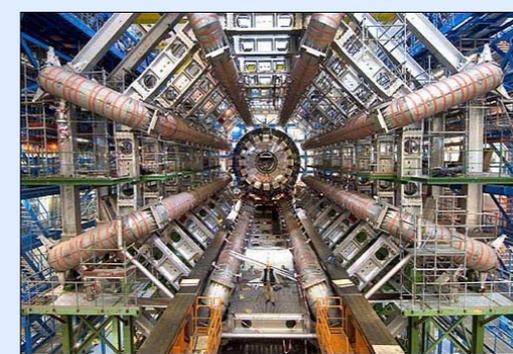
木河

理論: (素粒子論研究室)
吉岡

実験: (高エネルギー素粒子物理学研究室)
前期: [A1] 鈴木, [A2] 陳
後期: [A1] 木河, [A2] 陳



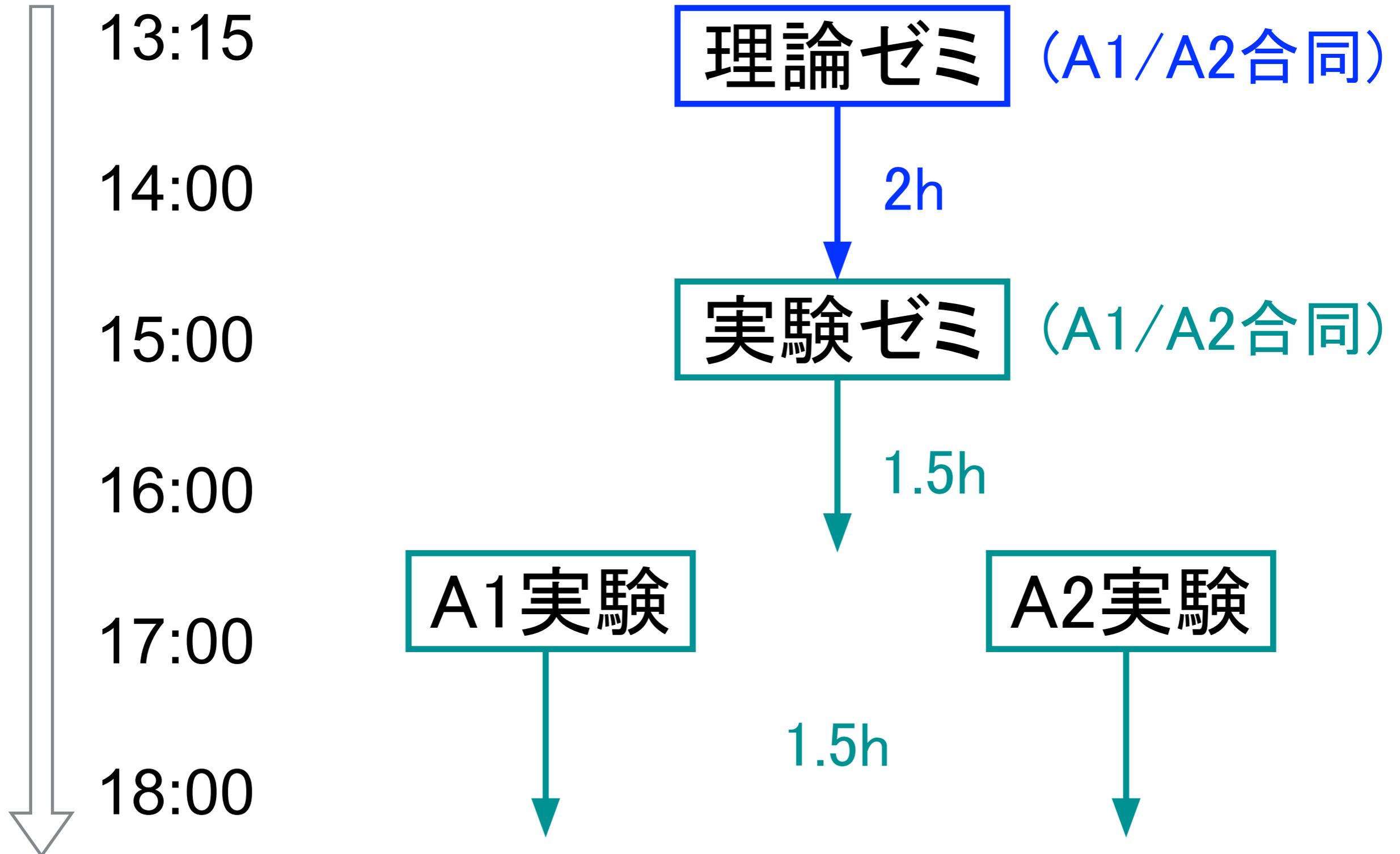
2015
ニュートリノ
振動の発見



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。



「場の量子論入門」

- ・素粒子物理学の基本言語である「場の量子論」を理解するための基礎を学ぶ

- ・ゼミの目標

- テキストの輪講を通して、場の量子論を理解するための基礎的内容の習得を目指す

- ・ゼミの形式

- テキスト

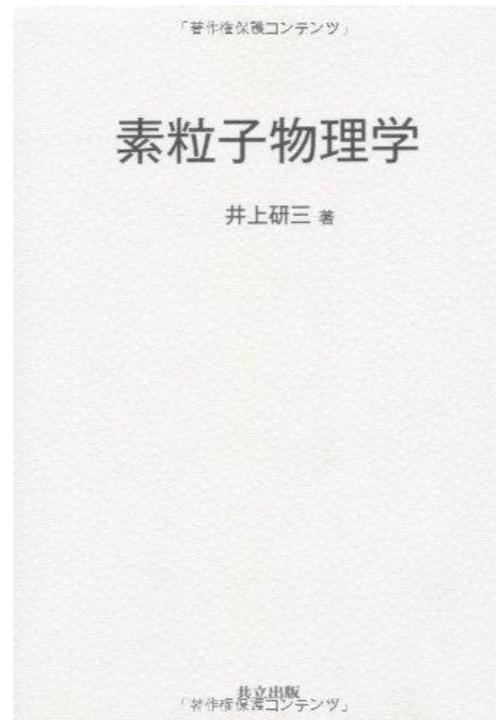
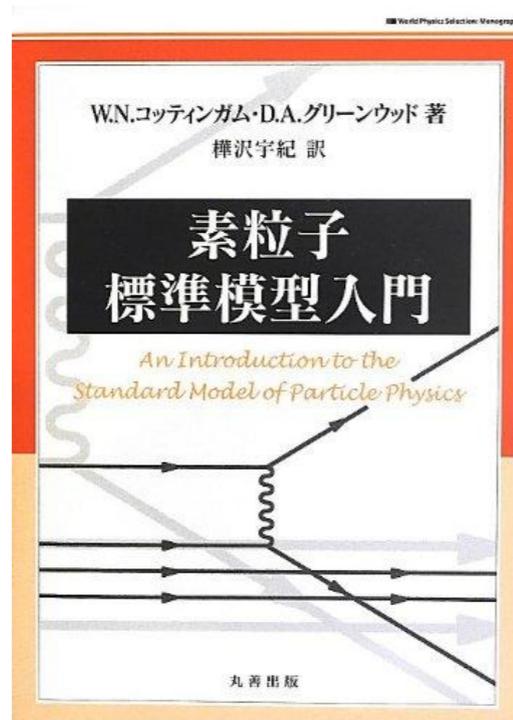
- 初回に担当教員と相談して決める
 - 決まったテキストのどこを担当するか決める

- 発表

- 担当者が内容を全員の前で解説する

理論ゼミ

テキストの候補の例

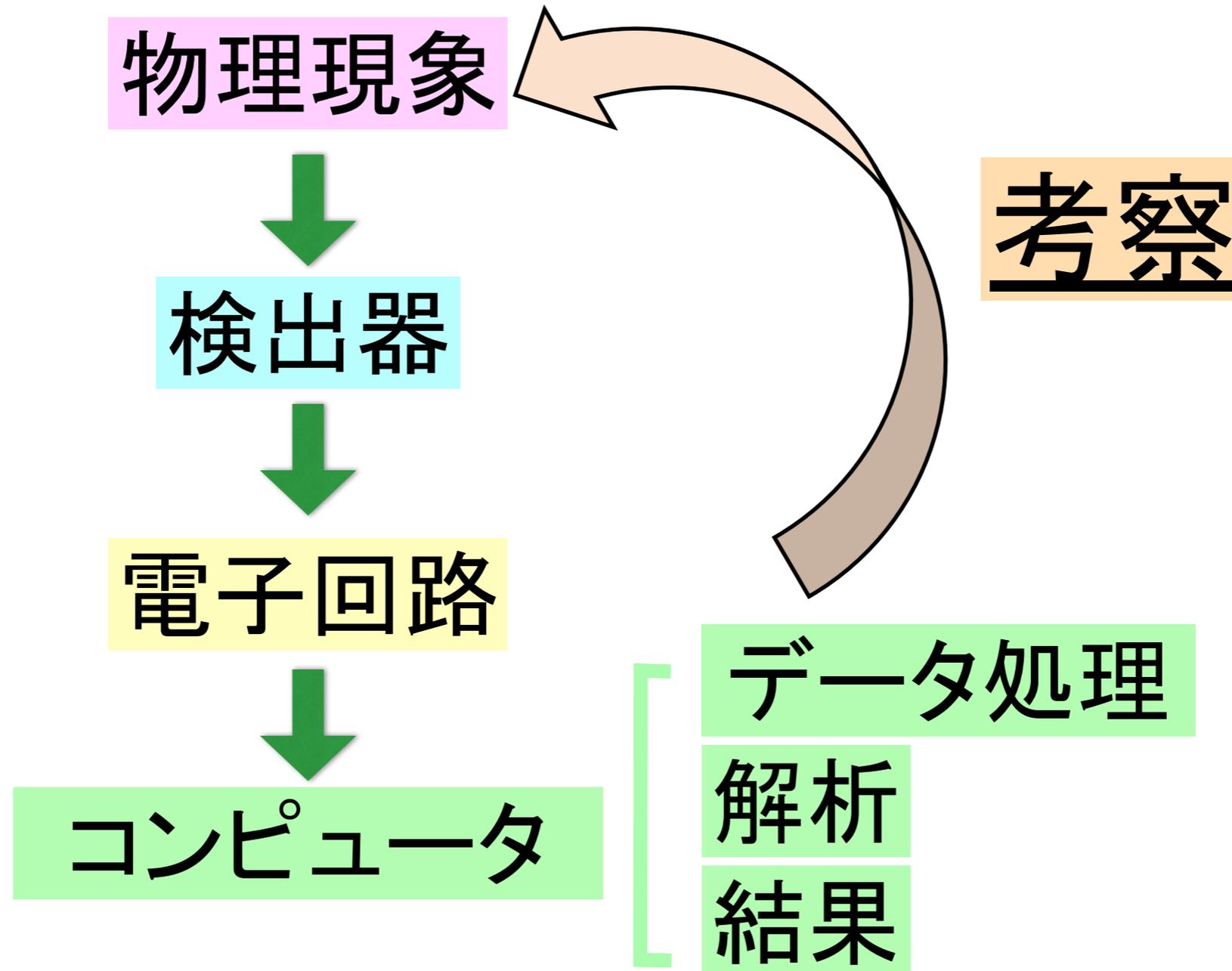


- 「素粒子標準模型入門」(コッティンガム, グリーンウッド)
- 「量子力学と経路積分」(ファインマン, ヒップス)
- 「現代物理学の基礎としての場の量子論」(磯暁)
- 「素粒子物理学」(井上研三)
- 「いま、もう一つの素粒子論入門」(益川敏英)
- 「クォークとレプトン」(ハルツェン, マーチン)
- 「素粒子物理」(牧二郎, 林浩一)
- 「素粒子物理」(戸塚洋二)
- 「素粒子物理学の基礎 I」(長島順清)

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

・今年度用いた教科書

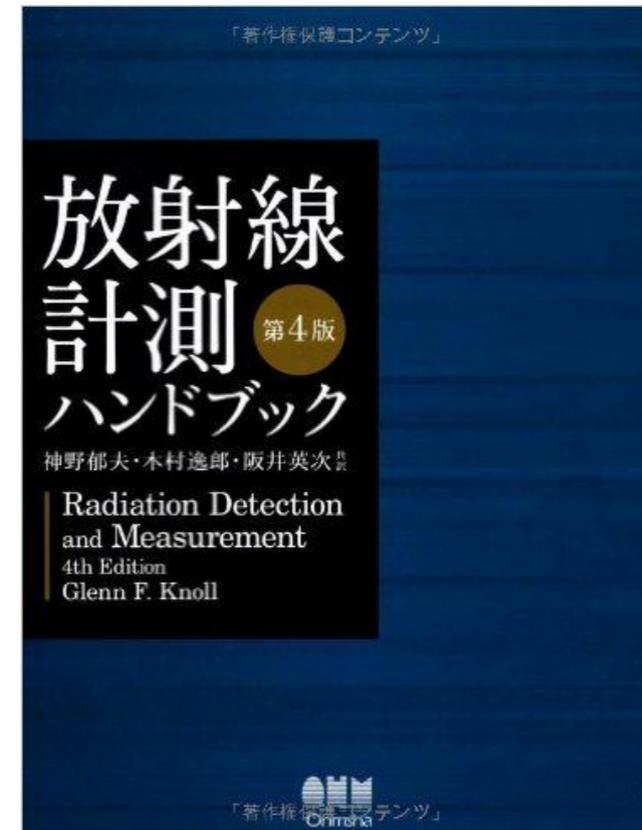
- 「放射線物理学」

C. Rangacharyulu

- 「放射線計測ハンドブック

第4版」 G. F. Knoll

- 使用する教科書は初回に
相談して決める



最終課題

- A1とA2それぞれで物理量を測定し、理論と比較することで物理法則を検証。
- 検出器の較正、回路の設計、データの解析など分担し、最終的な結果についての考察はみんなで行う。
- 学生からのやりたい実験の提案也大歓迎。
- 過去の課題の資料も参考にしてください。

<https://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/a1a2.html>



課題研究A1/A2



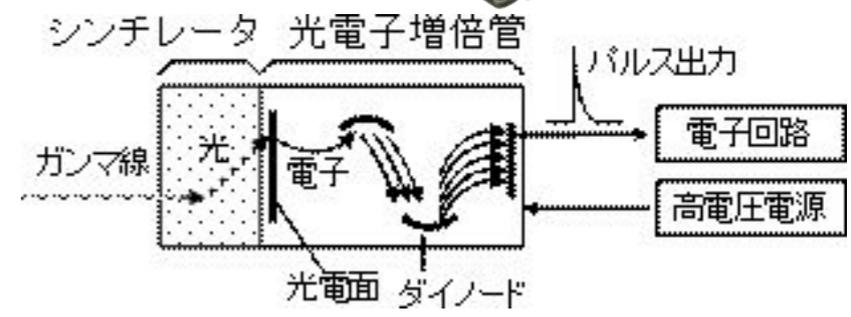
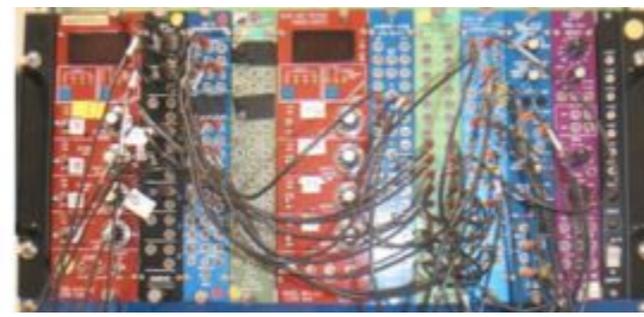
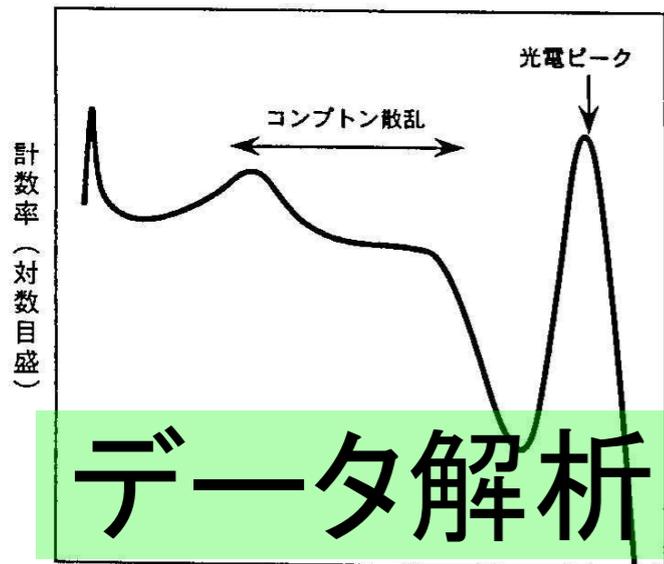
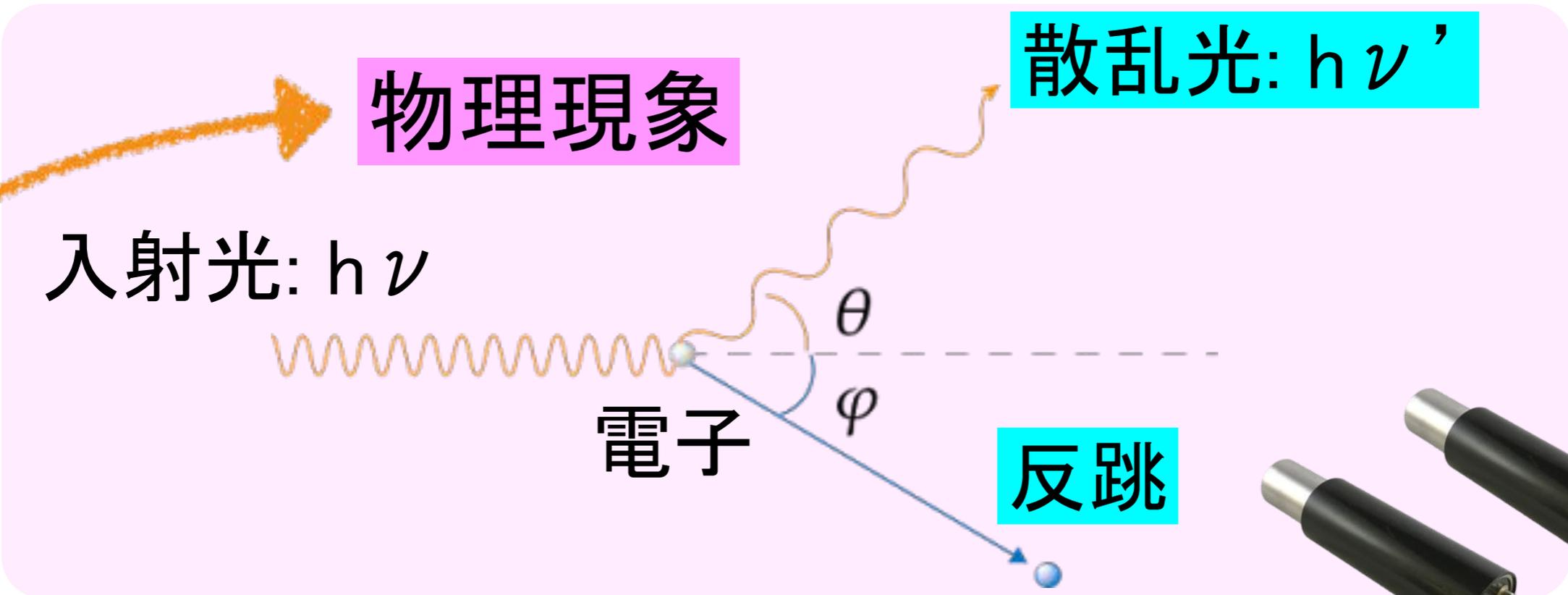
Google 検索

I'm Feeling Lucky

今年度のA1: コンプトン散乱の測定

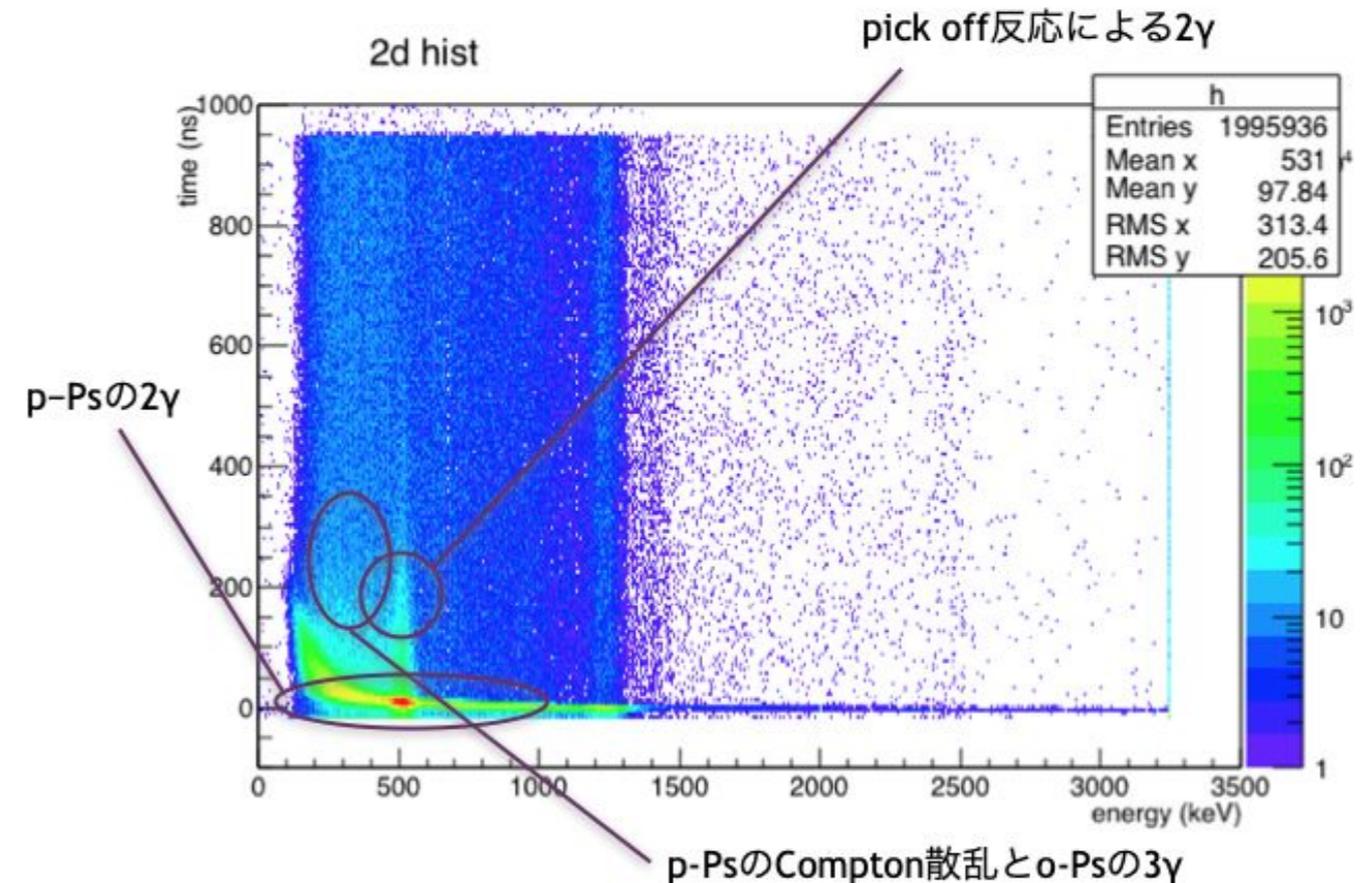
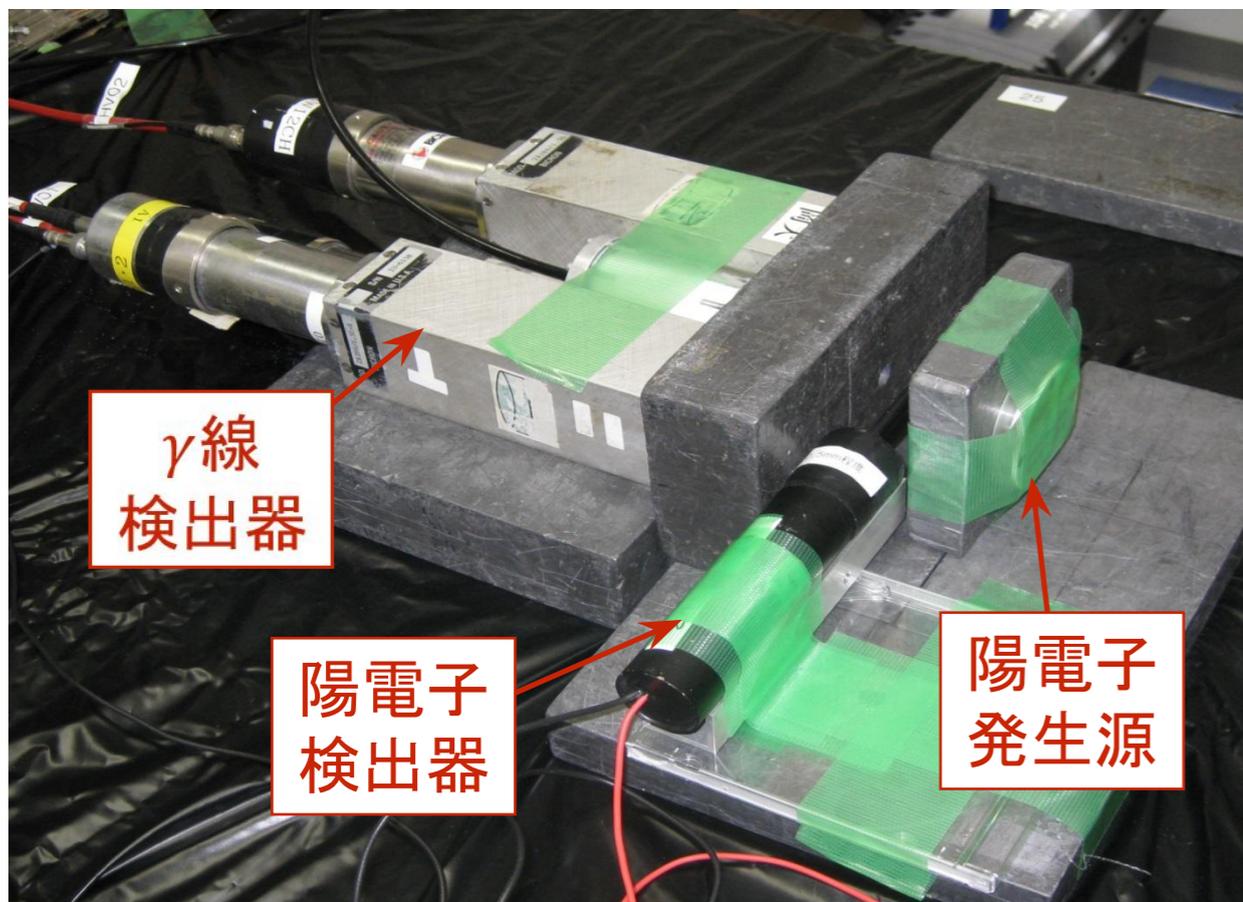
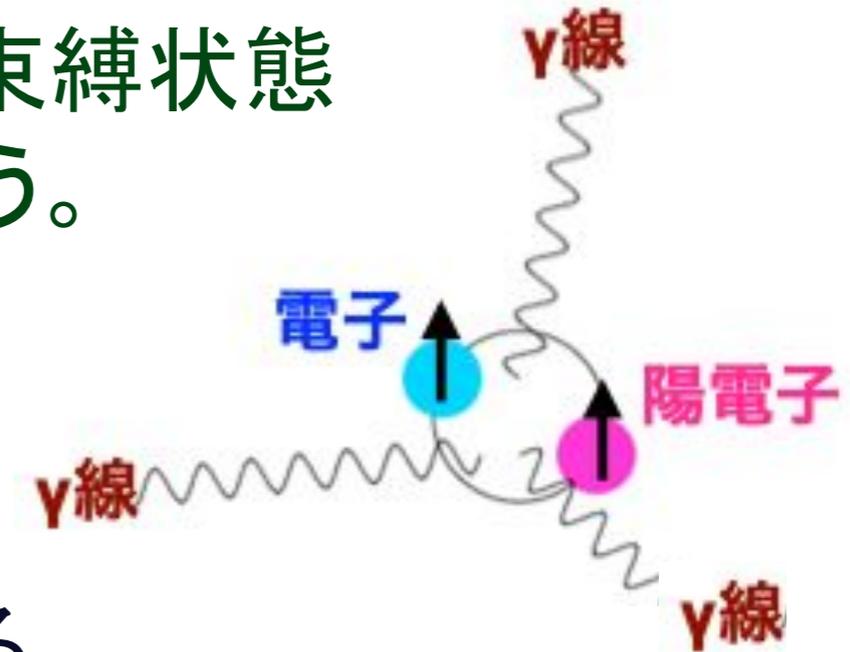
- ・内容: 「光の粒子性」と「場の量子化」を学ぶ実験
 - 入射光(ガンマ線)によって反跳された電子と散乱光のエネルギーと散乱断面積の角度相関を測定する。

考察



今年度のA2: ポジトロニウムの寿命

- ・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を改めて書くと、

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

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

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

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 を測定したのである。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

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

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

$$(\text{Energy}) = ax + b \quad (6.4)$$

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。誤差伝播式によれば

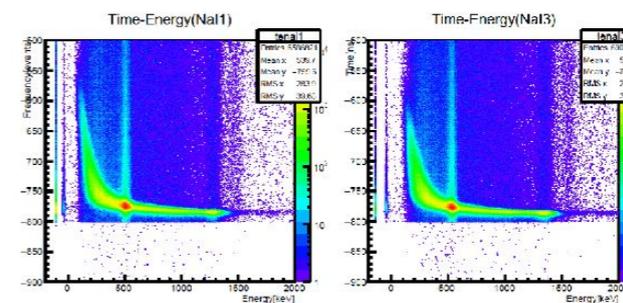


図 4.6: 各 NaI に対する Time-Energy 分布

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。

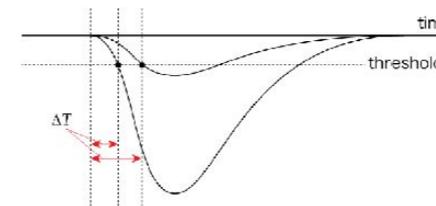


図 4.7: discriminator によるずれ

discriminator とは入力信号の大きさが threshold を越えたときに 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近いことがわかる。すなわち入力信号のエネルギーが小さいほど、それが 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

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			
8月	2月			本実験
9月	3月			↓
				発表会