

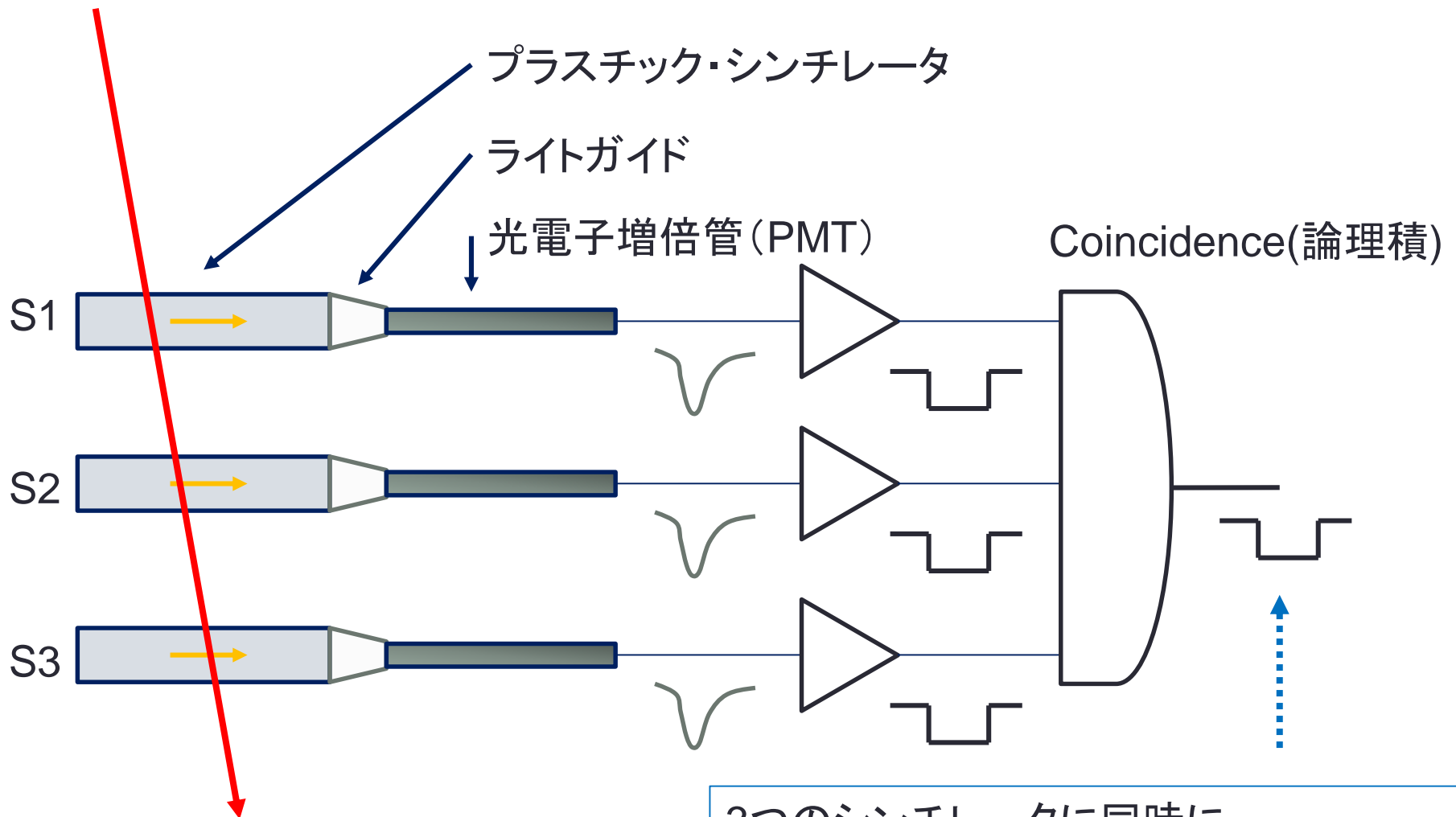
シンチレータと光電子増倍管を用いた 宇宙線ミュオンの検出

2013年度 4年生実験
資料(1)

目的・概要

- 宇宙線ミュオンが地上まで飛来している証拠をつかむ
 - 宇宙線の存在は既に知られているが、どのような実験で確認できるか、自分で納得できる測定をする
- さらに詳しくミュオン検出のシグナルを調べる
 - シンチレータの中でのエネルギー損失
 - $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ (と荷電共役反応) の検出ミュオンの寿命測定
- 測定を通して、素粒子物理で用いる基本的な実験装置、技術を身に付ける
 - プラスチック、シンチレータ、光電子増倍管
 - 検出器の信号の扱い方、信号を処理する電子回路
 - NIM, CAMACモジュールの機能と使い方
 - 個々の事象データの収集
 - コンピュータによる解析(ROOT)

宇宙線ミュオン検出実験のセットアップ(1)



3つのシンチレータに同時に
シグナルが検出された時のみ信号が出る

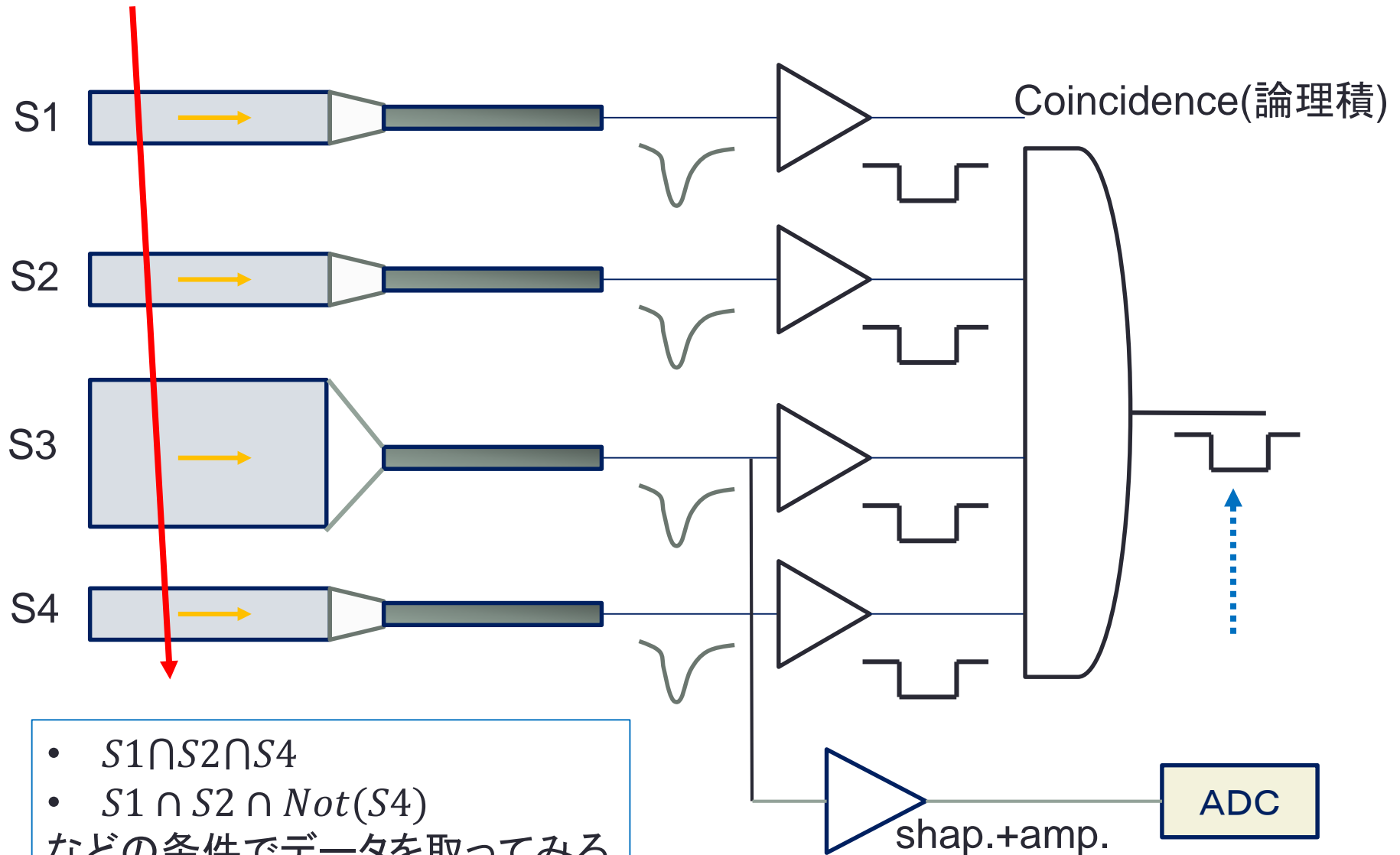
セットアップ(1)の説明

1. シンチレータを2または3枚上下方向に配置してPMTからの信号が同時に来た事象を選択
 1. PMTからのアナログ信号をDiscriminatorでデジタル信号に変換する
 2. Discriminatorからの信号をCoincidence回路に入力し、同時計測したことを示す新たなデジタル信号を作る
 3. PMTからのアナログ信号の大きさ、長さとDiscriminatorのthresholdを記録しておく
 4. 同時計測した事象のレートをスケーラーで測定
 1. 十分な統計が溜まるまで数時間～数日の間測定を続ける

セットアップ(1)の説明(続き)

2. 同時計測した事象が本当に宇宙線によるものか確認する
 1. 同時計測した事象は本当に一つの粒子が
 2. 各PMTがランダムに鳴って生じた訳ではないことを示す
 1. PMT単独でのレートとDiscriminatorから出る信号の長さを元に見積もる
 2. 同時計測に使うシンチレータを2枚または3枚にした場合にランダムな coincidence がどれくらいの頻度で起こるか予想する
 3. 実際に観測された同時計測のレートから、各PMTがランダムに鳴ったという仮定を棄却できるか？
 1. 同一の粒子が複数のシンチレータを鳴らした結果だと言えるか？
 4. 宇宙線は上から来ているのか？
 1. セットアップ(1)の周りを鉛ブロックで囲ってレートが変化するか確認
 1. 全体の上に鉛を置いた場合のレート
 2. 全体の下に鉛を置いた場合のレート
 3. レートに有意な差が見えるか？

宇宙線ミュオン検出実験のセットアップ(2)



セットアップ(2)の説明

- 大きめのシンチレータ(S3)を導入する
- $S1 \cap S2 \cap S4$ の条件でデータを取る
 - S3をシンチレータが突き抜けたと予想される
 - S3におけるミュオンのエネルギー損失はいくらか？ $-dE/dx$ に関するBethe-Blochの式から予想される値と比較する
 - ADC値からエネルギーへの変換係数が必要である。ガンマ線源を用いて検出器のエネルギーを較正する方法を考える
- $S1 \cap S2 \cap \text{Not}(S4)$
 - S3にミュオンが入射したが、S3で吸収されたと考えられる
 - サンプリングADCを使ってシグナルの波形を10 μs に渡って測定する
 - ミュオンが崩壊して生じた電子の信号が見えるか？
 - S3からの信号をTDCに入力してミュオンが入射してから電子が生成するまでの時間を測定する
 - 崩壊までに要した時間の分布を作る → 寿命を求める

これからすべきこと(1)

- 宇宙線を測定していることの確認
 - シンチレータ+PMTを3つ作れば測定はできるはず
- 大きめのシンチレータを使えるようにする
- ADCの測定は電荷積分型ADCがあれば良いが、無いので sampling ADCを使って波形を測定するために、**波形を引き延ばすフィルタを作ってから測定する**
 - 信号波形を、**長さ:約100 ns、高さ:-1.0V**くらいにしてからADCに入力する
- コンピュータへのデータの取り込み
 - CAMAC, C++プログラムについては、今度集まった時に説明します

これからすべきこと(2)

- ROOTを使った解析

- 事象ごとのデータを理解する(波形データ、TDC)
- 波形データから波高を計算して波高分布を作る
 - 作ったフィルタ回路から出力される波形の関数形を計算する
 - 波形データから関数形に合うようにパラメータをフィットする
 - 求めた関数から波高を計算してヒストグラムに入れていく
 - 信号が2つ以上ある事象が無いか探す(100 nsのフィルタ使用)

草津セミナーに向けて

- まず、宇宙線のシグナルを検出していることを実証する
 - 様々なセットアップで測定してレートを調べるだけで、できると思います
 - 自分たちで、どのような測定をして確かめれば良いか考えてその結果をまとめる
- 検出器やエレクトロニクスのセットアップについて説明する
- ADC, TDCを使った測定
 - できればCAMACでコンピュータに取り込んだデータを解析した結果も少しは載せたい
 - 実験を再開してから考えましょう