

ストロンチウム 90 カウンター初号機アップグレードのための
ベトーカーの改良
2016.02.01 -29

概要

初号機は宇宙線バックグラウンドを抑制しきれていない欠陥が発覚した。AC の上部にシンチレータを載せ、側面に波長変換ファイバーを巻き、両端をひとつの PMT で読み出す方式だ。これでは側面から入射する方向に対して死角が生じるのだ。そこで側面にもシンチレータを設置し、PMT は2つで OR 演算する方式に変更する。線源を用いて性能評価を実施した。。

1. 改良前ベトーカーの解体

ベトーカーはシンチレータの4側面には WLSF(Y-11)シート4層が1周巻かれており、両端をひとつの光電子増倍管(PMT)に接続されている。PMT の型番は R9880U-210 で直径 6 mm のウルトラバイアルカリ光電面をもつ。解体作業で遮光材を剥がしてみると、シンチの角周辺のファイバーは折れていた。図1の光が漏れている箇所が折れている位置を示す。

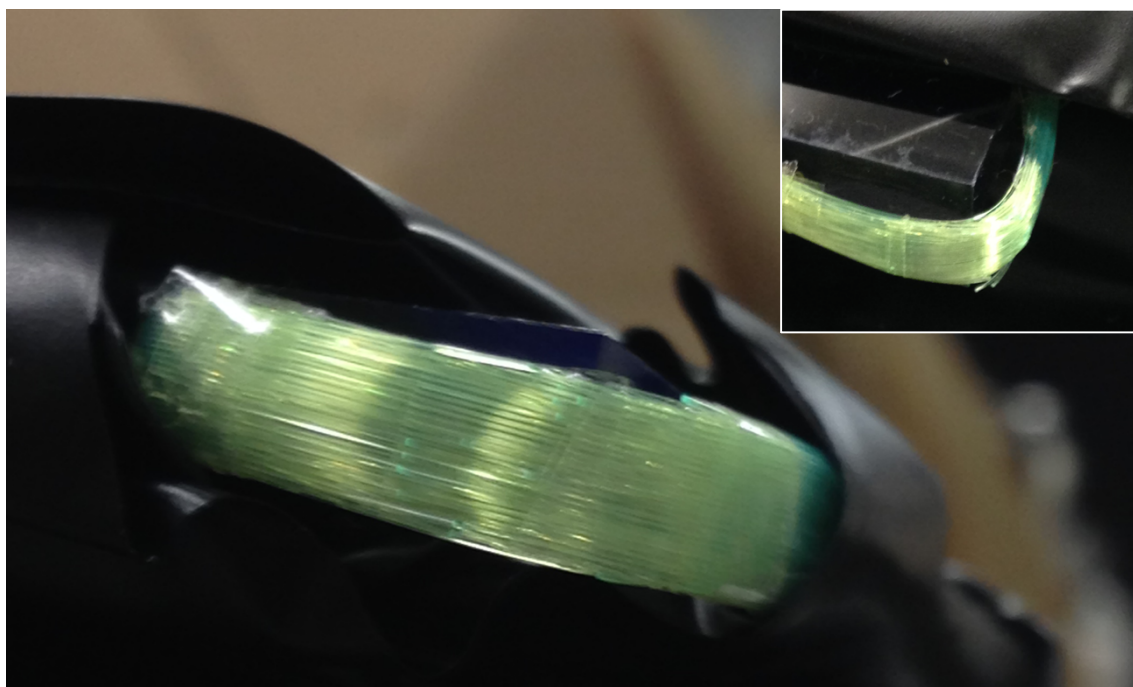


図1. 解体時の波長変換ファイバーシート

2. 改良計画

初号機のアップグレードではACの上部と2側面にシンチ板を配置する予定だ。使用するプラスチックシンチレータは400 mm×200 mm×5 mm が1枚、400 mm×50 mm×5 mm が2枚。どれもシンチの側面にWLSF(Y-11)シートを4層重ねて、それぞれのシンチからのファイバーの両側を片側ずつ束ねてそれぞれPMTで読み出す方法をとる(図2)。

3. 製作進捗と工数

- 2/1-15 にファイバー切り出し：150 cm、25本1束 … 24束
- 2/15-17 シート化：幅5 mm 長さ40 cm
- 2/17 シンチに貼り付け、遮光処理
- 2/21 断面研磨、読み出し部取り付け

シンチとファイバーの貼り付けは自己融着テープ(白)でシンチ板の他側面をアルミホイルで包み、その上から塩化ビニル製シート(黒)で遮光している。アルミホイルにしたのは主に直接黒シートを貼るとプラシンにくっついて、解体した後に汚れること、そしてファイバーに入射するシンチレーション光の絶対値を増やす狙いがある。昔はファイバーを束ねる時にセロハンテープを使用していたが、自己融着テープは柔らかく粘着力ではなく繊維同士の融着なのでファイバーに優しく、隙間なく締めることができることで採用された。

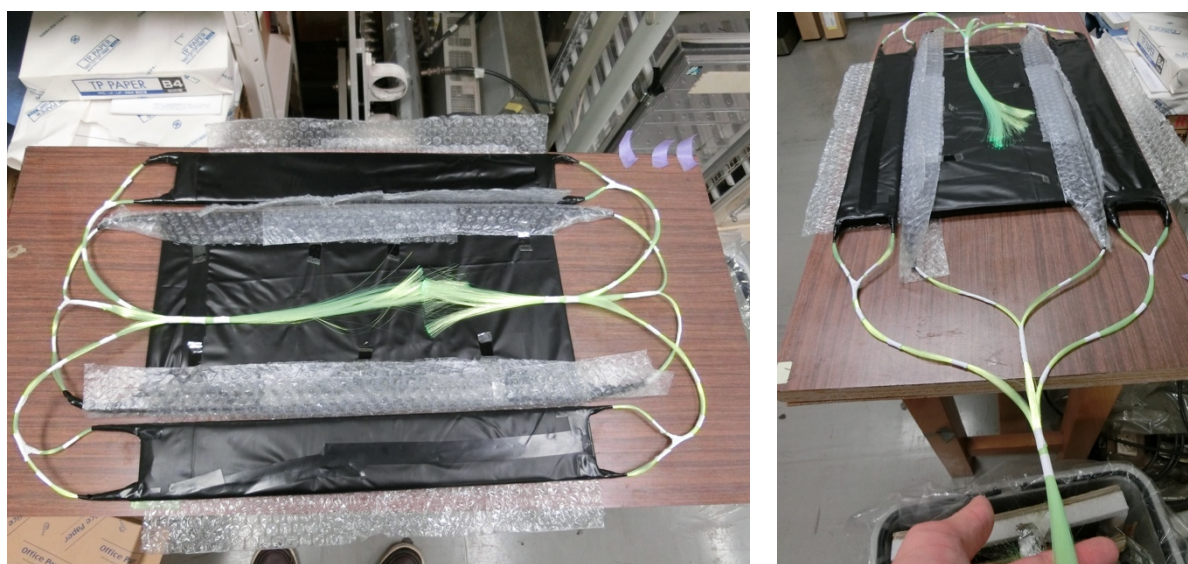


図2. 改良後ベトーカーンター

4. 性能評価測定

アップグレードしたベータカウンターは3つのシンチを同時に2つのPMTで読み出す方式を採用している。それぞれのシンチに荷電粒子が通過した時の平均光電子数、そして入射位置一様性から性能を評価する。

4.1. セットアップ

^{90}Sr 線源による性能評価測定を試みた。シンチレータ板の上に線源を置き、シンチ板を挟んで反対側下流にトリガー用シンチレーションカウンターを設置した。図3にセットアップを示す。トリガー用カウンターは $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ のプラスチックシンチレータの側面にアクリルライトガイドが接続され両末端はPMTに接続されている。線源とトリガーの位置を変えて測定した。回路はPMT3と4が同時に電子を観測したとみなした事象についてPMT1と2の信号をADCによって測定する。このセットアップによるとトリガーで観測される事象はほぼ ^{90}Sr 線源からの電子を観測した事象であり、必ずシンチレータを通過した事象であることを保証する。

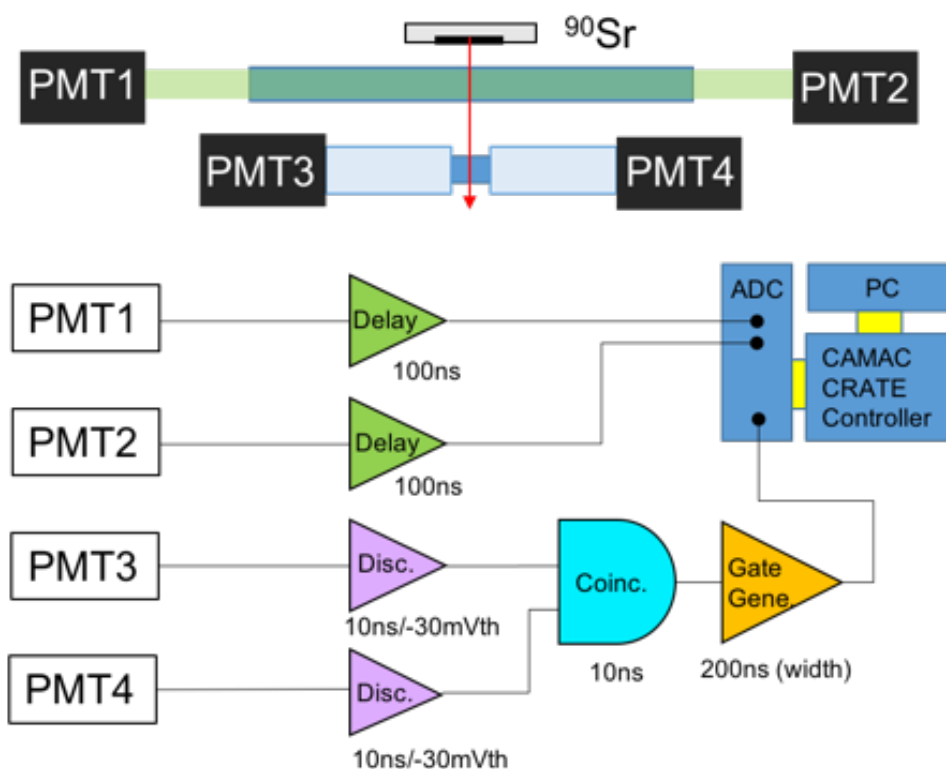


図3. セットアップ

4.2. 結果

3つのシンチの2側面に波長変ファイバーが貼り付けられており、それぞれの片側末端をPMTに接続した。中心に線源を置いたときのそれぞれの光電子数分布及びその和を図4.(左上)に示す。黒線がPMT1、赤線がPMT2、緑線がPMT1+2の光電子数をそれぞれ示す。線源の位置を徐々に変えていった時の平均光電子数の変化を図4.(右上)、(左下)、(右下)にそれぞれシンチレータ1,2,3の結果として示す。

シンチ1と3はサイズ400 mm × 50 mm × 5 mmで、合計の平均光電子数が9-10 p.e.に集中している。一方シンチ2はサイズ400 mm × 200 mm × 5 mmで、合計平均光電子数が14-16 p.e.に集中している。宇宙線除去のためには十分な光電子数を観測することができた。平均光電子数10 p.e.の場合、予想される Inefficiency は 4.5×10^{-5} と見積もることができる。

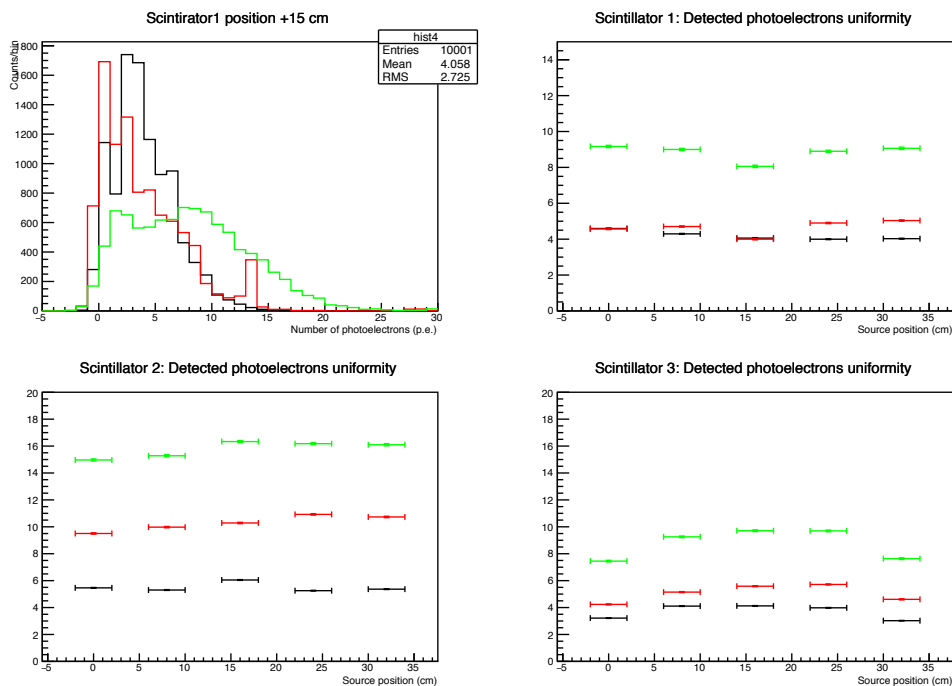


図4. 平均光電子数と線源位置の関係

5. まとめ

初号機アップグレードのためにベータカウンターを改良した。シンチ板3枚を波長変換ファイバーで接続して2つのPMTで読み出す方式を採用した。線源を用いて性能評価した結果、宇宙線ミュオン除去のためには十分な光電子数を観測することができた。

付録 A. ファイバー取り付けの様子



付録 B. この実験で使用した PMT

PMT は浜松ホトニクス社の R9880U-210 シリーズ、型番は BAF2829, BAF2123 を使用した。それぞれの増幅率を以下に示す。

	供給電圧[V]	増幅率
BAF2829	1100	$(1.31 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(2.10 \pm 0.02) \times 10^7$
	1300	$(2.91 \pm 0.02) \times 10^7$
BAF2123	1100	$(0.86 \pm 0.02) \times 10^7$
	1200	$(1.47 \pm 0.02) \times 10^7$
	1300	$(2.08 \pm 0.03) \times 10^7$
BAF2866	1100	$(0.88 \pm 0.02) \times 10^7$
	1200	$(1.35 \pm 0.01) \times 10^7$
	1300	$(2.01 \pm 0.02) \times 10^7$
BAF3142	1100	$(1.14 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(2.15 \pm 0.02) \times 10^7$
	1300	$(2.97 \pm 0.01) \times 10^7$
BAF3063	1100	$(1.46 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(1.81 \pm 0.02) \times 10^7$
	1300	$(2.60 \pm 0.01) \times 10^7$
BAF3145	1100	$(1.15 \pm 0.02) \times 10^7$
	1200	$(1.81 \pm 0.01) \times 10^7$
	1300	$(2.60 \pm 0.02) \times 10^7$
BAF3090	1100	$(1.07 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(1.64 \pm 0.01) \times 10^7$
	1300	$(2.23 \pm 0.01) \times 10^7$
BAF2965	1100	$(0.90 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(1.44 \pm 0.01) \times 10^7$
	1300	$(2.03 \pm 0.01) \times 10^7$
BAF3141	1100	$(0.92 \pm 0.01) \times 10^7$
	1200	$(1.47 \pm 0.01) \times 10^7$
	1300	$(2.05 \pm 0.01) \times 10^7$