

PS-PMT: H8500C の読み出し回路設計

1. はじめに

チェレンコフ光は荷電粒子の進行方向に対して $\cos \theta_c = 1/n$ の角度 θ_c の円錐状に放射する。ここで n は輻射体の屈折率である。決まった運動量の荷電粒子においてスクリーン状に描かれる円の半径(直径)から粒子の質量を導き出す粒子識別装置をリングイメージングチェレンコフ検出器(RICH: Ring Imaging Cherenkov Counter) という。RICH のための光検出器は多数チャンネルが要求されるため浜松ホトニクス社の 64ch マルチアノード光電子増倍管(PS-PMT: H8500C)を使用する。千葉大に 16 ch ADC が 5 台確保できたことからアナログ信号処理で実験することができる。本稿は PS-PMT の読み出し回路設計進捗を報告する。

2. 試作①

信号を 5 m フラットケーブルに接続して LEMO コネクタに変換後、CAMAC ADC に入力する仕様を検討している。H8500C の背面ピン配置は付録に乗せるが 64 チャンネル分の SIGN と GND、そしてダイノード等含めて 2×17 列が 4 個設けられている。H8500C 背面のピンピッチは 2 mm でなので、従来使用しているフラットケーブルのコネクタ(34 ピン)のピッチ 2.57 mm から変換する必要がある。そこで図 1 のように 2 mm ピッチ to 2.57 mm ピッチの変化コネクタを設計した。

図 1 左上は失敗作でコネクタ出力端子 4 本が独立しているので、物理的に脆い設計となった。信号線(赤線)は複雑に絡み合っていて見栄えが良くない。そこで作り直したものが図 1 右上と左下だ。信号線は 1 列を接着剤で固定し見栄えを整えた。また黒線は GND で出力の GND 全てに通じている。4 つの出力端子を 1 つにまとめたことで物理的な圧力に強くなり、出力コネクタの接続端子とは反対の指で押す面を木材で補強することでコネクタ接続するときに信号線圧着部に力が加わらない。

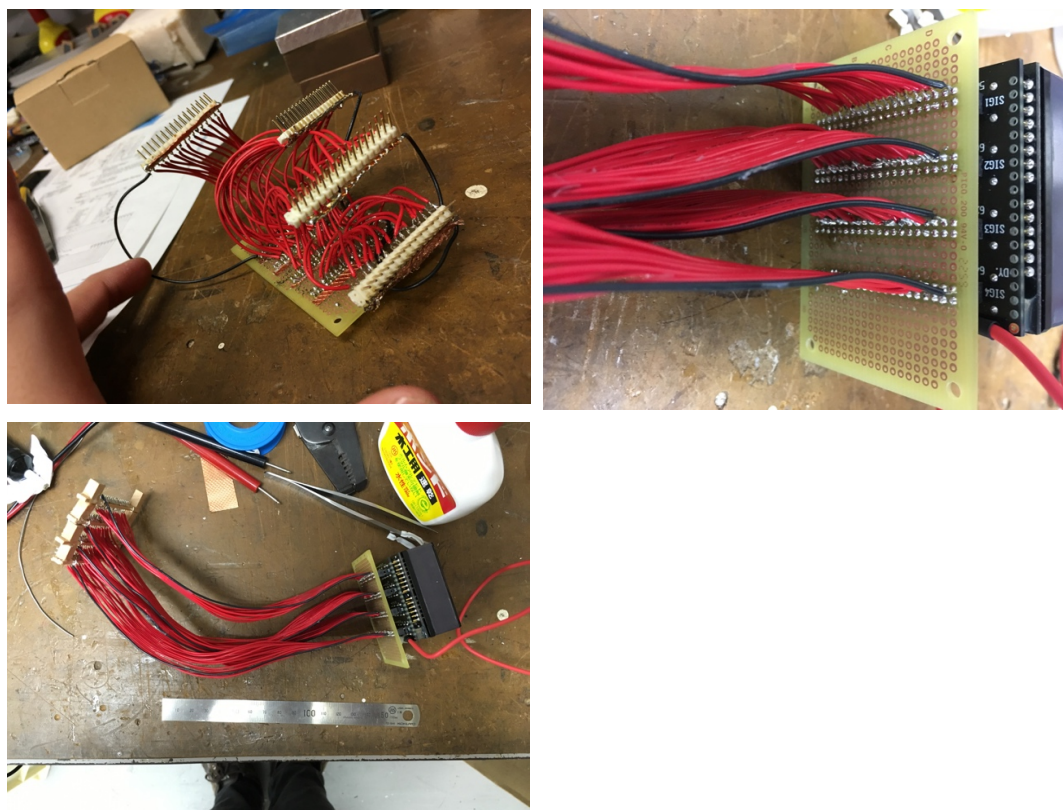


図 1. 読み出し回路の試作

3. 試作②と検証実験

64chのコネクタを試作したがノイズが多くて結局使い物にならなかった。なぜかという、フラットケーブルで5mも延長するので電気的反射が起こりADCで積分値を返すとペDESTALと1 p.e.が分離できなくなるからである。そこでPS-PMT回路設計の最初のステップとして1chあたりのコネクタ設計を試みる。

1端子あたりの検証実験としてLED光源における信号波形を基に回路設計をする。まずは何も考えず抵抗0Ωでケーブルにつなげた。Function GeneratorからLEDに電圧信号を送り発光させ、同時刻にsyncから出力されるTTL規格の信号をTTL-NIMで変換後オシロスコープのトリガーに入力した。セットアップを図2左に示す。

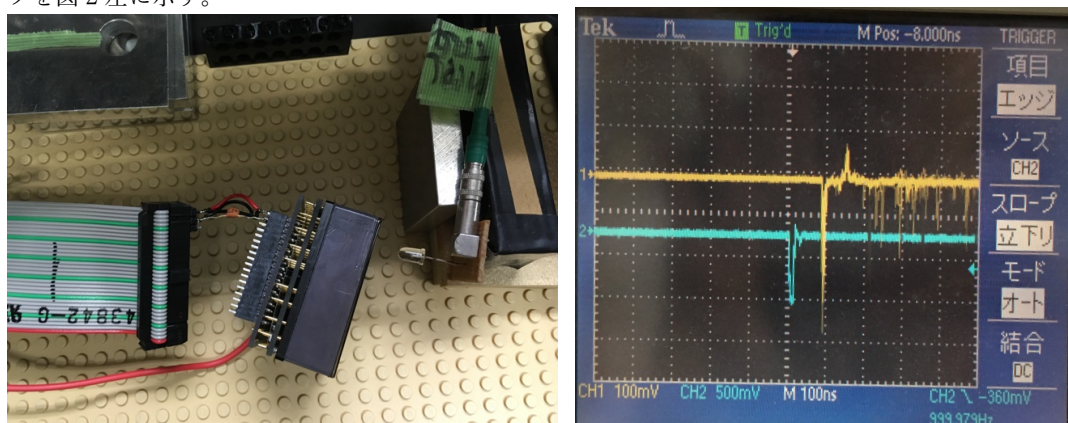


図2. 性能試験セットアップと信号波形

電波状のノイズが10mVしきい値のセルフトリガーにおいて数百kHzの頻度で観測された。アルミホイルで磁気遮蔽を試みたが、Flat Cable to LEMOコネクタ、PS-PMTコネクタについては無関係であった。暗箱とNIMモジュールのGNDが揺れている可能性を考慮し、GNDケーブルを伸ばしたところ数十kHzに抑制された。後にフラットケーブルの側面(ビニールでショートしない)が暗箱に触れているとなぜか電波ノイズが消える(しきい値10mVでは1Hz未満)ことがわかった。

アフターノイズ除去のためダイオードと抵抗39Ωの並列接続を設計した。図3に抵抗0Ω(改良前:黄色)とダイオード+抵抗(改良後:シアン)の信号を比較できるように示す。ダイオードを入れると逆流信号を抑えられるので反射信号を鈍らせることができるが、積分値は同等に見える。さらに改良後は立ち上がりの落ち込みを抑え、良い立ち上がり信号を整形していることが確認できた。



図3. ダイオード+抵抗並列回路の信号波形比較

4. まとめ

PS-PMT回路設計は試作①で失敗し、波形整形用の回路設計が必要であることがわかった。そこでダイオードと抵抗を加えて信号波形を見てみると立ち上がりはシャープになり、アフター信号は鈍って見えるようになった。しかし完全にアフターノイズが消えていないので今後は新たな設計を考案して試験する。