

CTA報告44: CTA大口徑望遠鏡 読み出し回路の開発



萩原亮太、郡司修一、栗根悠介^A、池野正弘^{B,C}、上野遥^D、内田智久^{B,C}、
梅原克典^E、大岡秀行^F、折戸玲子^G、片桐秀明^E、株木重人^H、
岸本哲朗^A、窪秀利^{A,C}、今野裕介^A、小山志勇^D、田島宏康^I、
田中真伸^{B,C}、手嶋政廣^{F,J}、中森健之^K、畑中謙一郎^A、山本常夏^L、
他CTA-Japan Consortium

山形大理、京大理^A、KEK素核研^B、Open-It^C、埼玉大理工^D、
茨城大理^E、東大宇宙線研^F、徳島大総科^G、東海大医^H、名大STE研^I、
Max-Planck-Inst. fuer phys^J、早大理工^K、甲南大学理工^L、



今回の発表の概要・趣旨



山形大学はCTAの中で回路開発を担当してきた。今回はLST1号機建設開始(2013年)を視野に入れた回路の試験・調整について報告する。

1. 1p.e.の読み出し試験

2. メインアンプ回路の帯域改善

- 要求帯域(300MHz)を満たしていないことがわかった
- 帯域を落としている一番の原因を突き止め、対応策が実現可能か試験をしたので、その報告をする

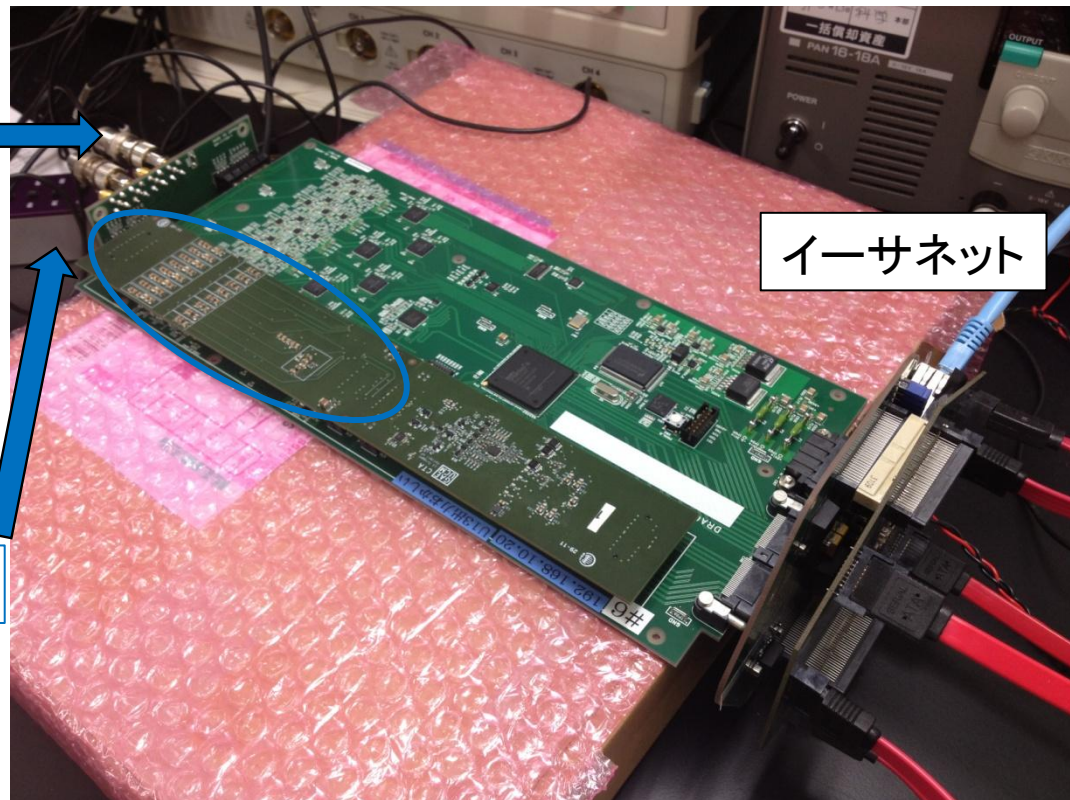
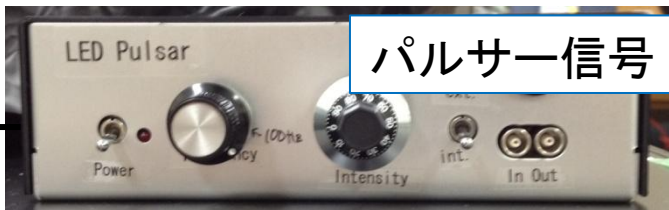
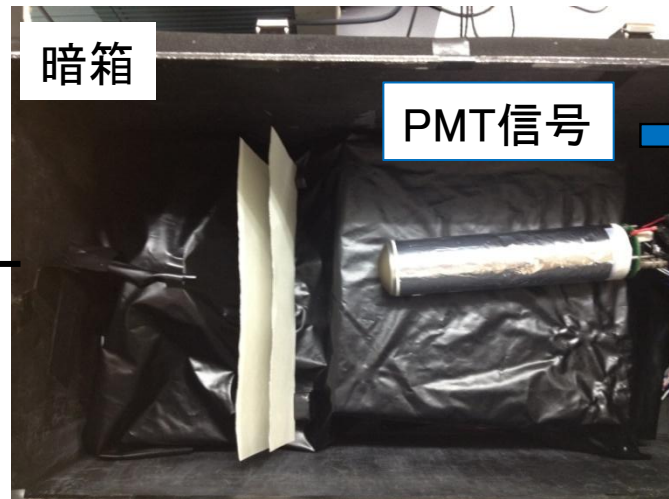
3. アナログトリガ通信試験

- 2クラスタでの通信試験を行った。特に片方のクラスタでしかトリガがなっていない場合でも、両方のクラスタからの信号が読み出せるのか試験した。

1 p.e.取得セットアップ



光ファイバー



読み出し回路には、LEDの光を受けたPMT信号とLEDを光らせているパルサー信号を同時に入れている。パルサーからの信号は大きいので、必ずトリガーがかかる。

1 p.e.取得ヒストグラム

ゲインを 1.0×10^5 まで上げれば、1 p.e.のピークがノイズとからうじて分離される事が分かった。



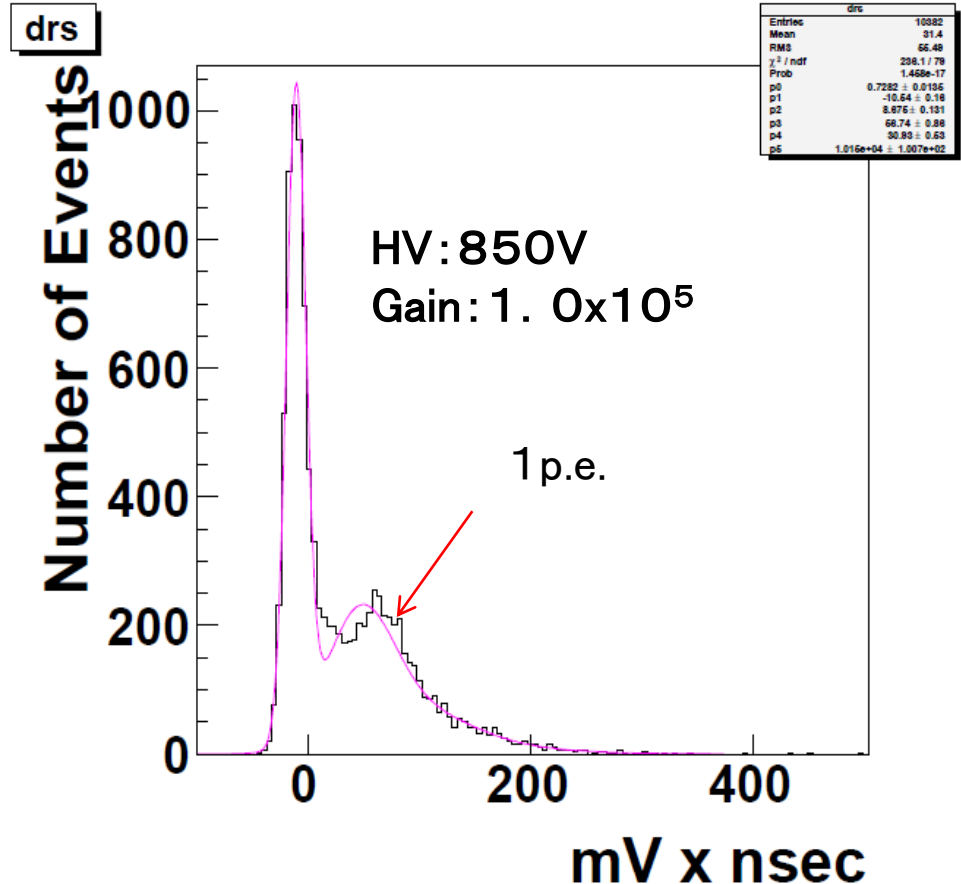
しかしできるだけPMTの寿命を長くしたいためにLSTでは 4×10^4 のゲインでオペレートしたい。そして、そのゲインでも1 p.e.を捕らえたい。



出来る限りノイズ対策の強化や信号の効率的な増幅を行う必要がある。

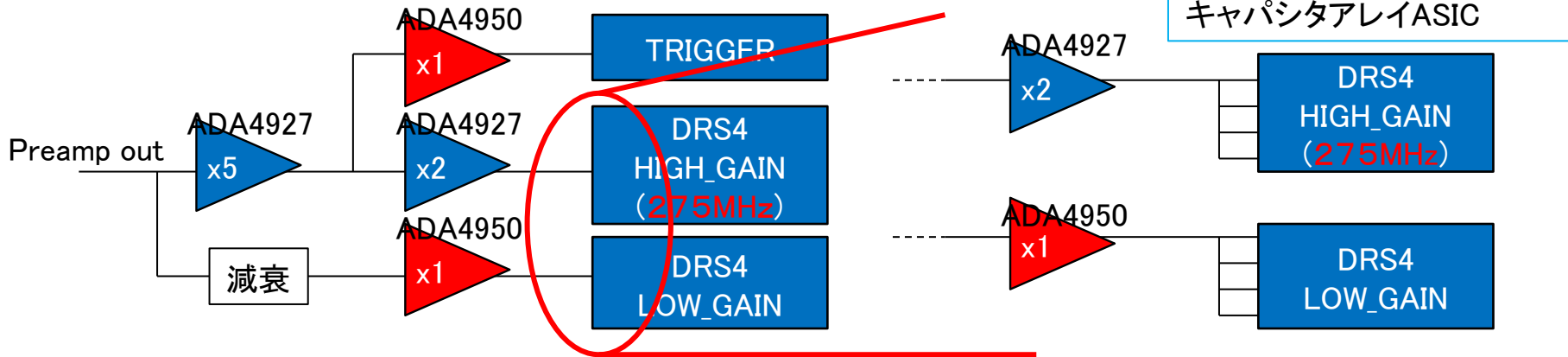


次に述べるメインアンプの帯域幅の改善がより有効に働く可能性がある。



読み出し回路の帯域改善

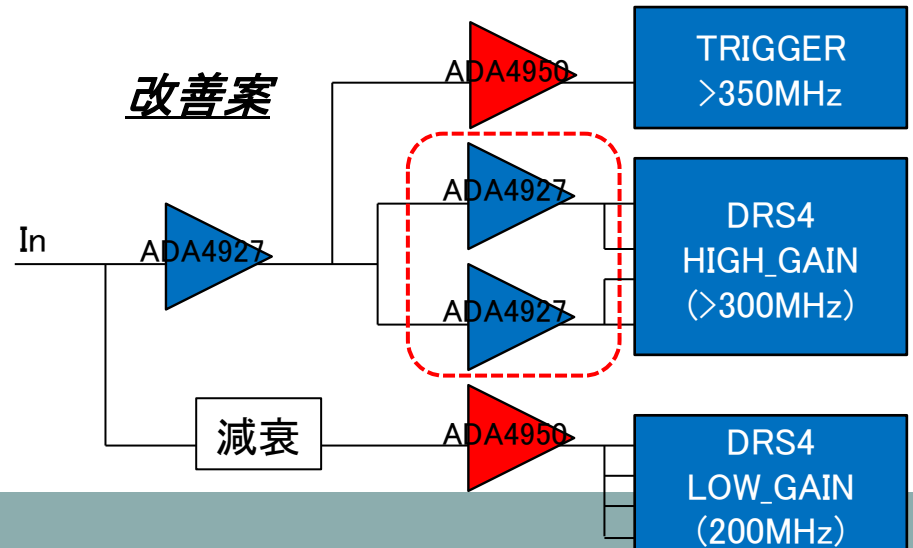
現状のメインアンプ回路



4並列に繋ぐ事で帯域幅が下がり、信号の振幅が落ちていた。

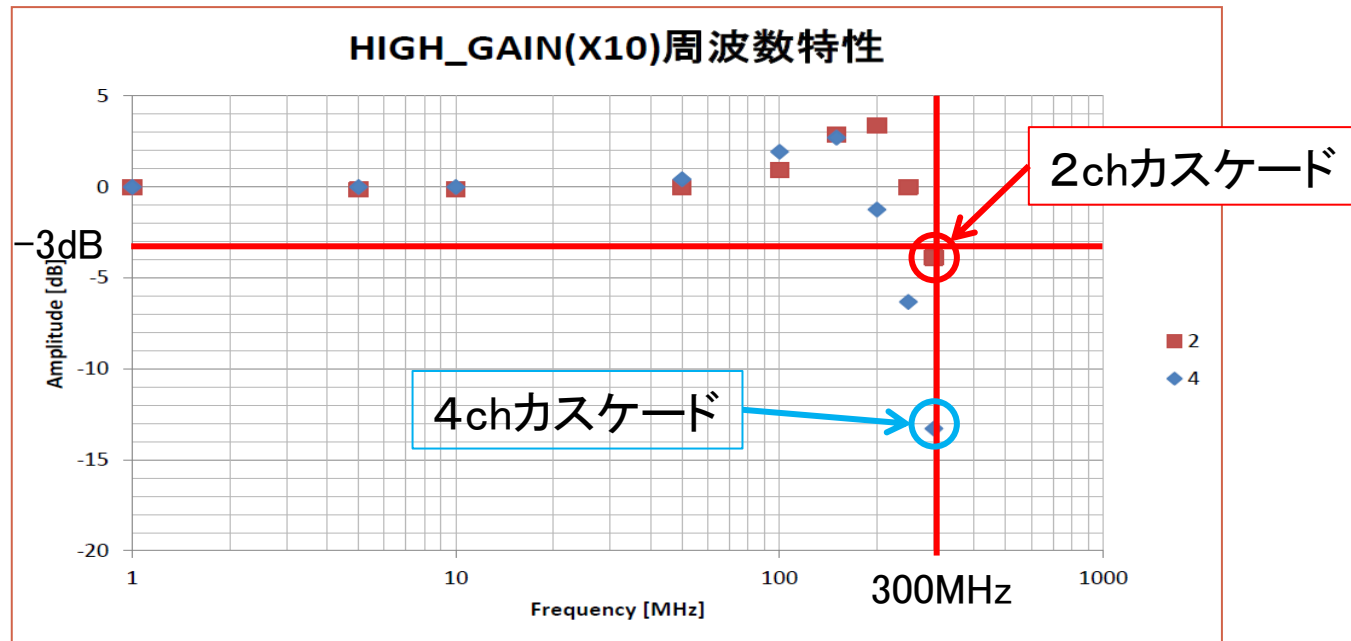
高速のICをバッファとして使えば、改善できるはずだが、消費電力が増える。そのため、必要最低限の部分だけ、バッファのICを付ける。430mWから575mWと少し電力が増えるが、それは妥協。

改善案



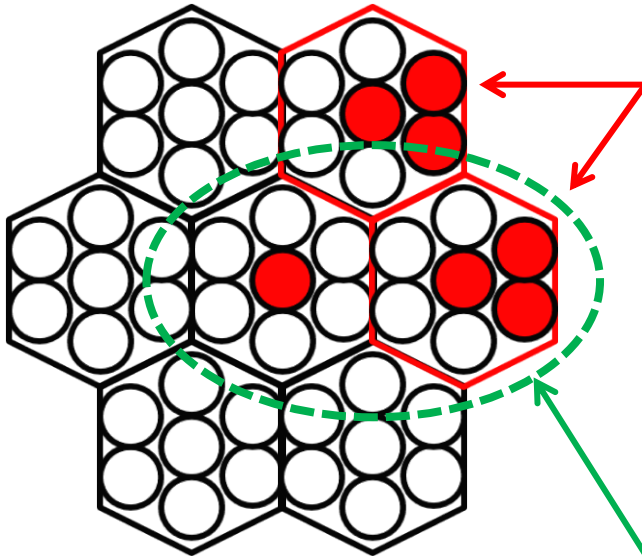
次バージョンのメインアンプの帯域幅

結果



➤HIGH_GAINの帯域幅は現状の-13デシベルから-3デシベルに上がると考えられる。これにより(300MHz辺りの)信号の増幅はx3からx10程度に上がると考えられ、ノイズが同程度であるならPMTゲインが 4×10^4 のゲインでも1p.eが見える可能性がある。

アナログトリガ通信試験概要



本来の動作

- A) 3ピクセル以上に入力があれば、**自分にヒットがあったことを隣接クラスタに知らせる。**
- B) そして中央のクラスタは隣接クラスタの2つがヒットしたということで**波形読み出しの命令を自分を含め隣接全てに出す。**

最終的には上記のような試験がしたいが、今回は**2クラスタのみ**での試験なので、Aでは全部自分に戻る(**隣接クラスタが全部なっている**)ようにケーブルリングしている。そしてBの読み出し命令だけを送信し、そのうえで本当に波形読み出しができるか試験した。

2クラスタ通信試験、セットアップ

セットアップ

1ピクセル入力
(テストパルス)



クラスタ ID:0
(中央のクラスタ)

読み出し開始



3ピクセル入力
(テストパルス)



クラスタ ID:1

読み出し命令

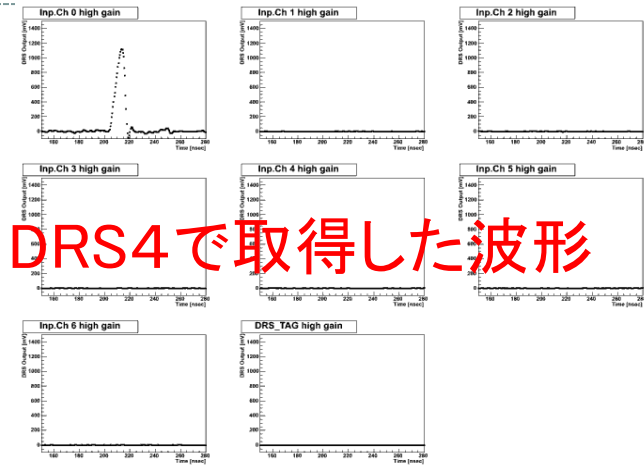


命令分配

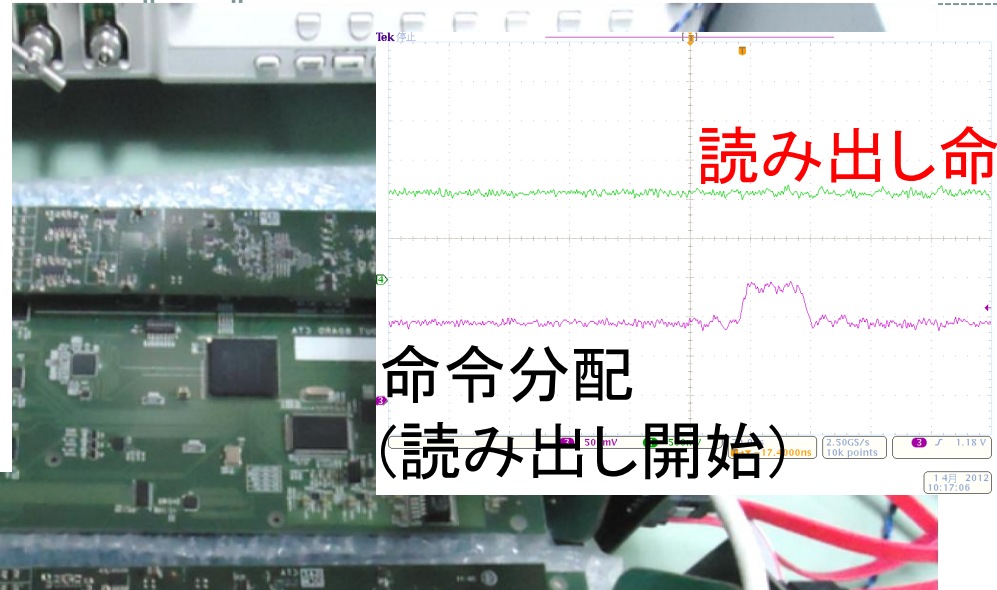
読み出し開始



2クラスタ通信試験、サンプリング結果

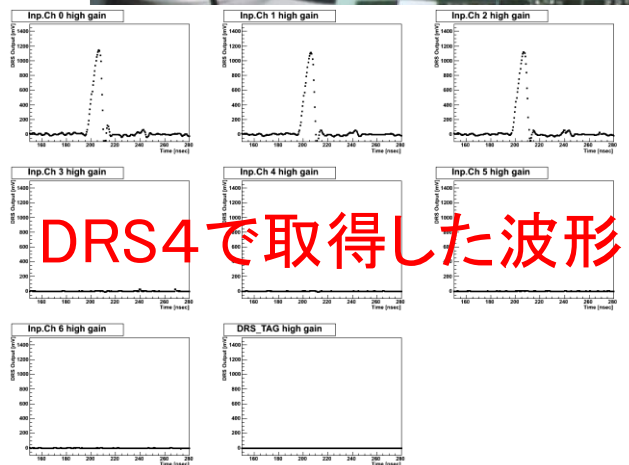


DRS4で取得した波形

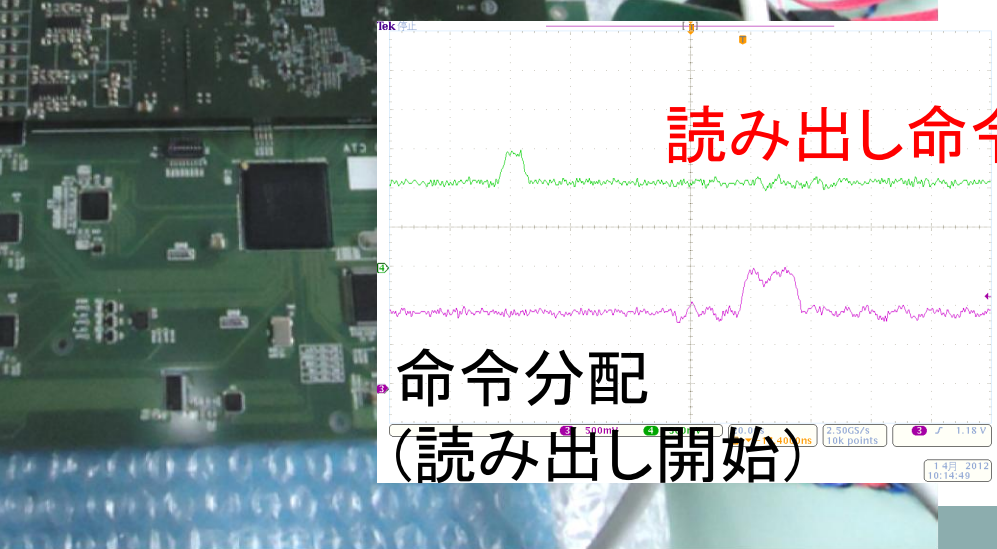


読み出し命令

命令分配
(読み出し開始)



DRS4で取得した波形



読み出し命令

命令分配
(読み出し開始)

“まとめ”と“これから”



まとめ

- 1p.e.読み出し
 - PMTゲイン1. 0×10^5 で1p.e.を取得した。
- メインアンプ回路の帯域改善
 - DRS4チップで4chカスケードしても要求帯域(300MHz)を満たすように、チップ直前を“アンプ2個/4chカスケード”にした。
- アナログトリガ通信試験
 - 2クラスタで通信して波形読み出しに成功

これから

- LEDトリガを使わずに1p.e.のデータを取得
- 現在はPMT1本での読み出ししか出来ていないが、LST1号機に向けて、PMT数を増やしてより実践的な条件下でトリガ試験をする