

J-PARC E16実験シリコンストリップ検出器の ための読み出し回路開発

2022/11/18 計測システム研究会2022@J-PARC

山口佳奈子(京都大学)

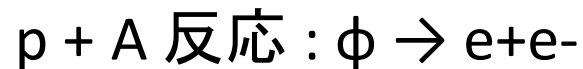
for the J-PARC E16 collaboration

outline

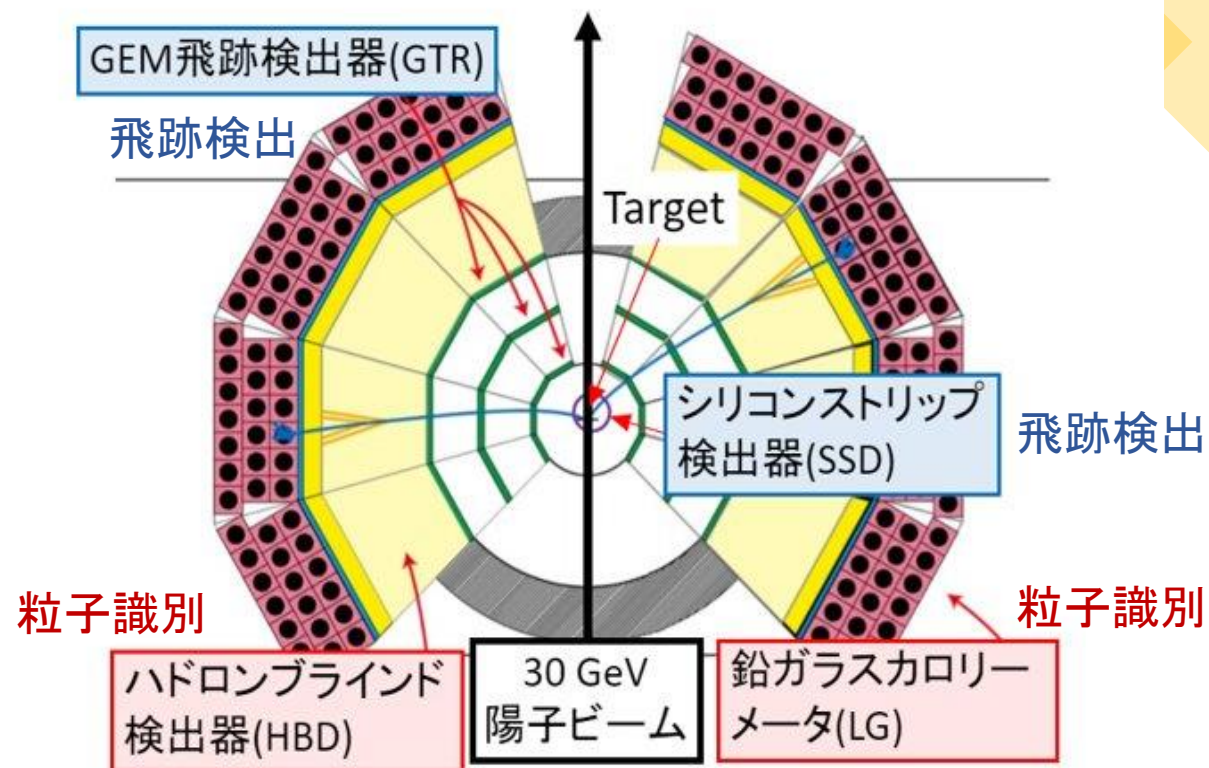
- J-PARC E16実験紹介
- SSD読み出し回路システム
- E16実験向け改造項目
 - 長距離伝送のためのケーブルの製作
 - データサイズの削減
 - トリガーの取り込み
- まとめ

J-PARC E16実験

- 原子核中でのベクター中間子の質量スペクトルの系統的な測定



- @J-PARC high-p beamline
 - Beam : 30GeV, 1×10^{10} proton/2s
 - Interaction rate : 10MHz@target
 - 2023年のコミッショニングラン(Run0d)では8モジュールをインストール(右図)
 - ※SSDは10台
 - シリコンストリップ検出器(SSD)
 - 検出器群の最内側で飛跡検出を担う
 - 想定レートは全体で 1Ghits/s
 - CBM実験(GSI-FAIR)のSSD及び読み出し回路を新たに導入
- E16実験に合わせた改造が必要



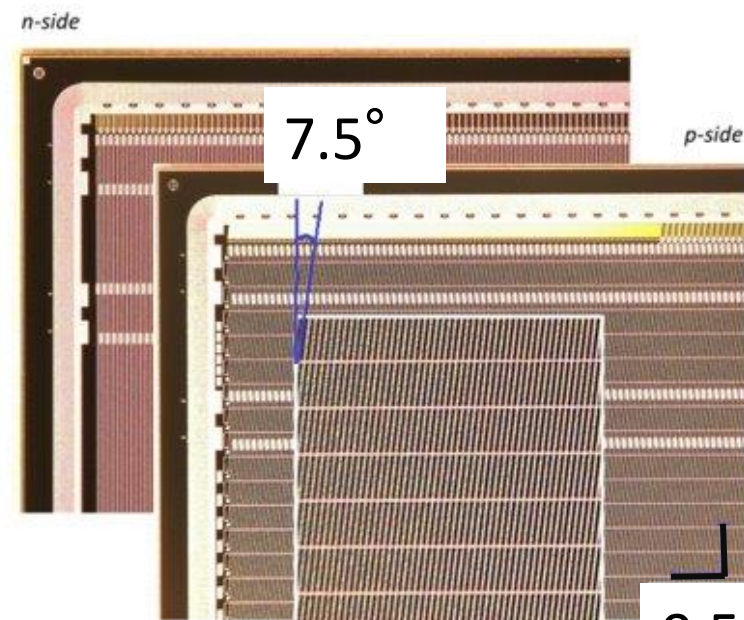
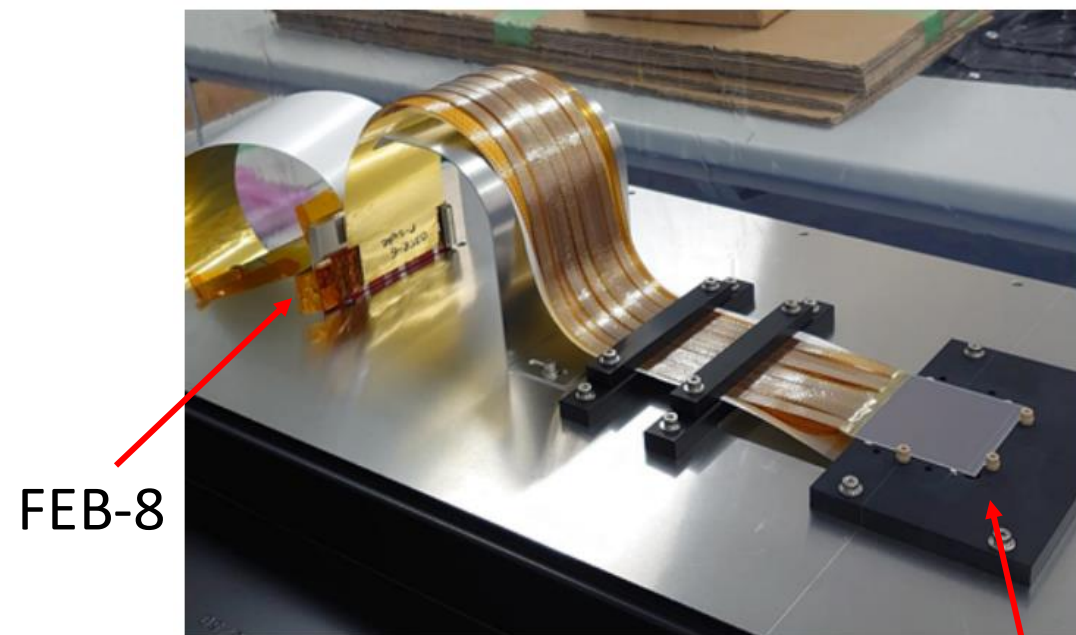
E16実験スペクトロメータの断面図

シリコンストリップ検出器(SSD)

- ・CBM実験(GSI)と共同開発
- ・両面(2次元)読み出し

有感領域	60 x 60 mm ²
厚さ	320μm
ストリップピッチ	58μm
ステレオ角	7.5°
ストリップ数	1024/片面
位置分解能	~15μm*
時間分解能	~6ns*

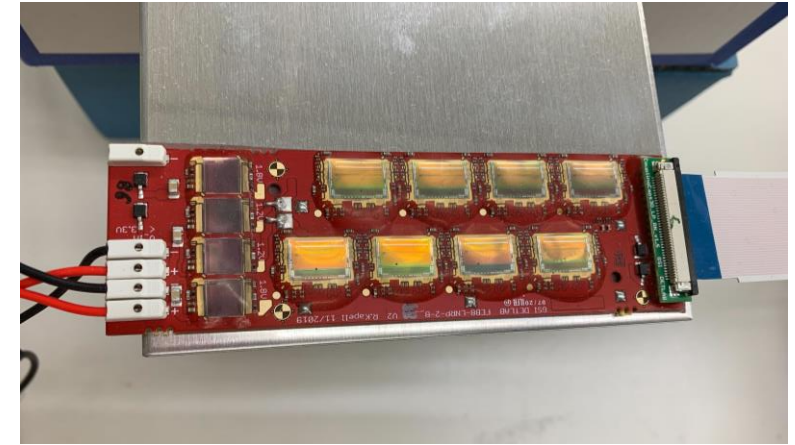
*Johann M.Heuser「The CBM experiment at FAIR –Overview of detector and technologies」より
<https://sites.google.com/view/j-parc-hi-evening/>



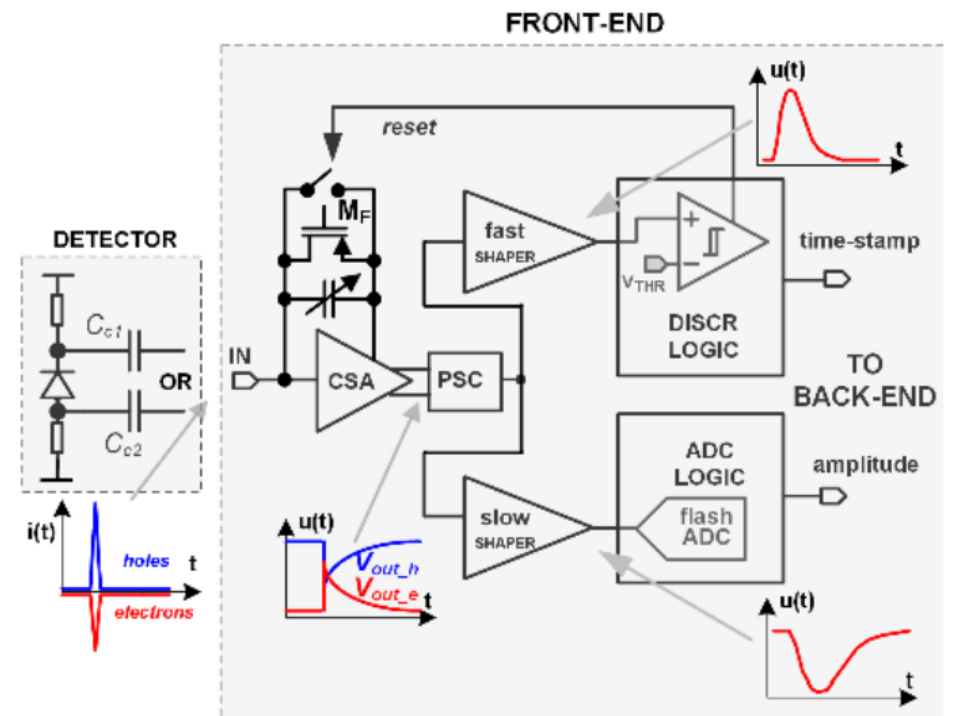
FEB -8

- SMX chipを8つ搭載したボード
- 1ボードでSSD片面(1024ch)に対応

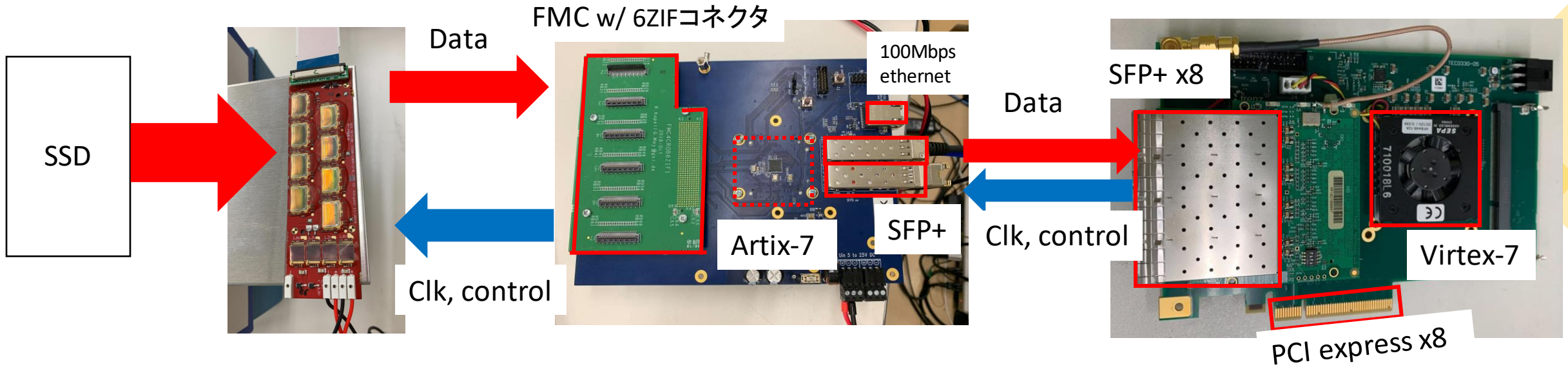
- SMX(STS/MUCH XYTER)
CBM実験でシリコンストリップ検出器と
GEM検出器用に開発された、セルフトリガー
で動作するASIC



性能	
チャンネル数	128/1 ASIC 1024(total)
ADC bits	5 bits
TDC bits	14 bits (LSB:3.125ns@160MHz)



CBMから導入した回路



FEB-8

- フロントエンドボード
- thresholdを超えたhitのADC amplitude, timestampのデジタル情報を送る

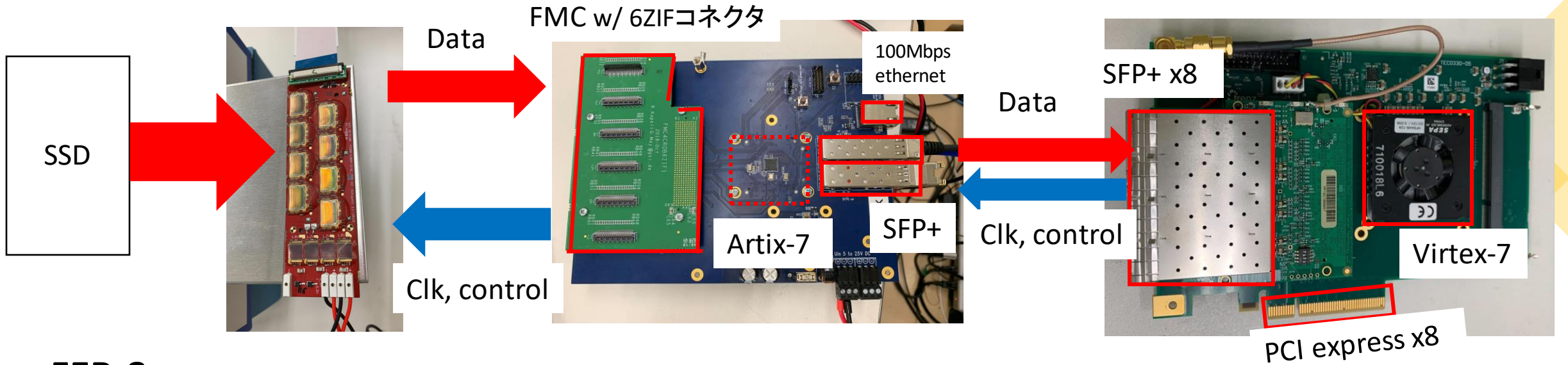
GBTxEMUlator

- FEB-8 2枚から送られてくるデータをシリアルライズし、GERIへ
- clk, controlをFEB8へ

GERI

- GBTx Emulator Readout Interface
- GBTxEMUからのデータを集約
- PCI expressでPCにデータを転送 (Gen3:8Gbps/lane)

E16実験に向けた改造



FEB-8

- フロントエンドボード
- thresholdを超えたhitのADC amplitude, timestampのデジタル情報を送る
- +GBTxEMUへの長距離伝送

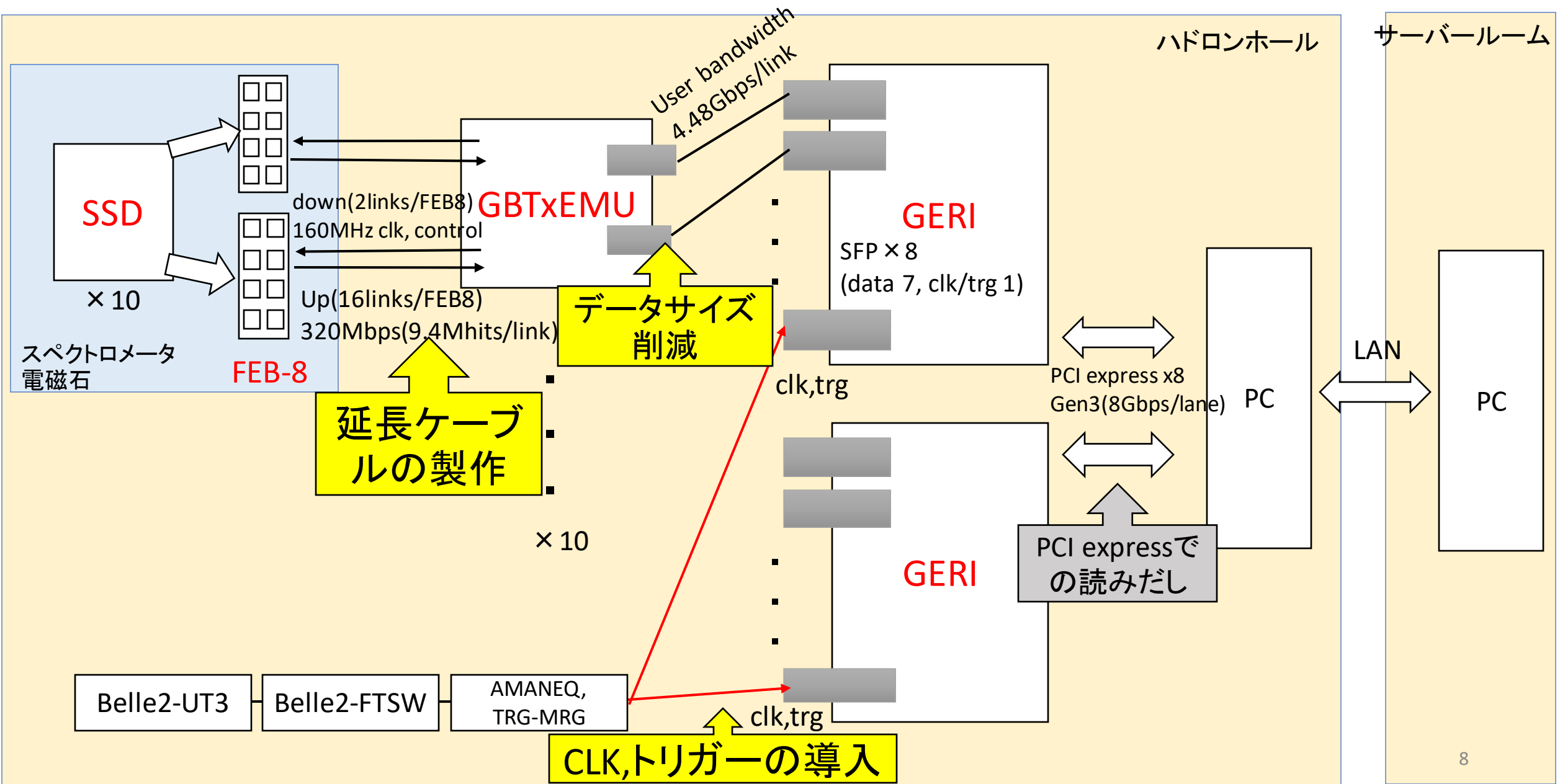
GBTxEMUlator

- FEB-8 2枚から送られてくるデータをシリアライズし、GERIへ
- clk, controlをFEB8へ
- +データサイズの削減

GERI

- GBTxEMUからのデータを集約
- PCI expressでPCにデータを転送 (Gen3:8Gbps/lane)
- +トリガーの取り込み

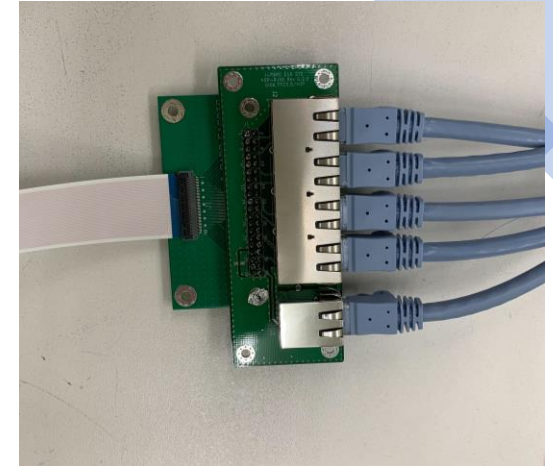
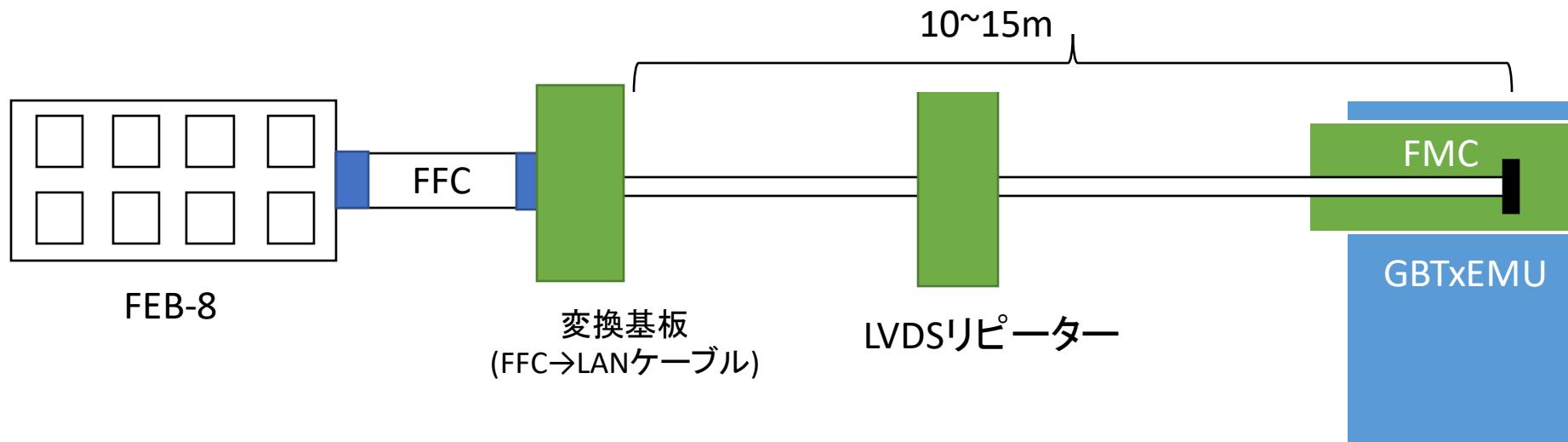
E16でのSSD読み出し回路



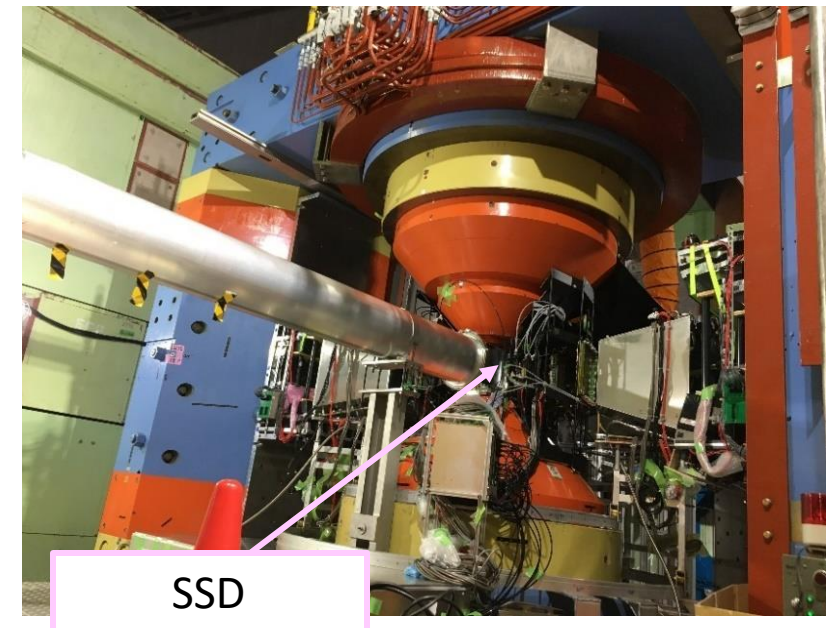
読み出し回路の改造

1. 長距離伝送のためのケーブルの製作
 - GBTxEMUボードを磁場の外に置く必要があるため、FEB-8とGBTxEMUの間に約10mのケーブルを入れる
2. GBTxEMUでのデータサイズ削減
 - SSDの想定レートはtotal 1Ghits / s (最も多いモジュールで86Mhits/s)
 - GBTxEMUでデコードしてデータサイズを削減
3. トリガーの取り込み
 - 他の検出器(GTR, HBD, LG)の回路はトリガーで動作しているため、SSDにも取り込む

1. FEB-8からGBTxEMUボードへのケーブル製作



- GBTxEMUボードは磁場の外に置く必要がある
 - 320Mbpsという高速で送れるケーブルを製作する必要がある
- cat6a LANケーブルを使い、LVDSリピーターで中継
- 変換基板は製作完了、リピーターは設計中

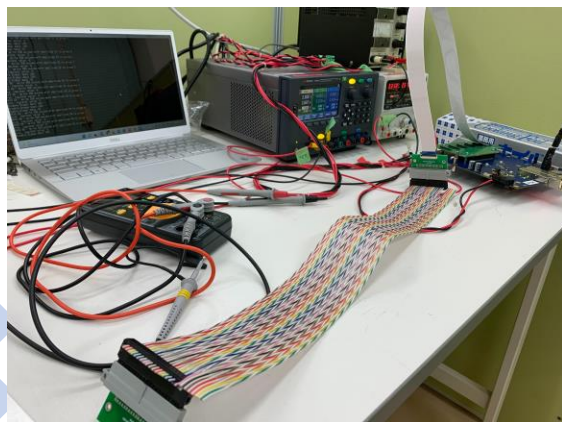


ケーブル選定

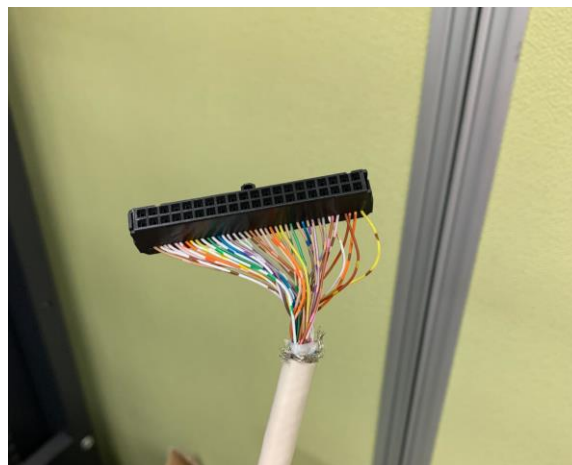
ケーブルの種類	信号伝達距離	欠点
フラットツイストペアケーブル	～5m	ノイズが多い
シールドツイストペアケーブル	< 5m	伝送距離が短い
◎ Cat6a ケーブル	> 5m	

Cat6aの特徴：伝送帯域500MHz

十字仕切り、ツイストのピッチが違う→クロストーク対策



フラットツイストペアケーブル

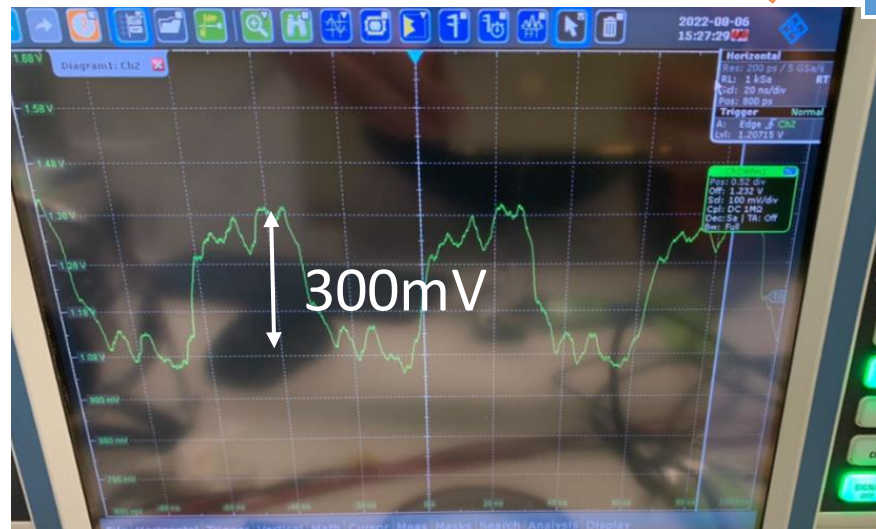
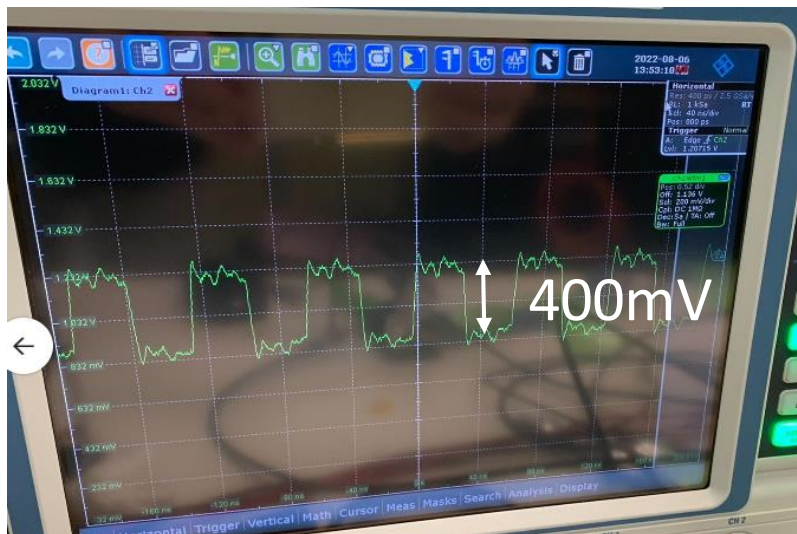
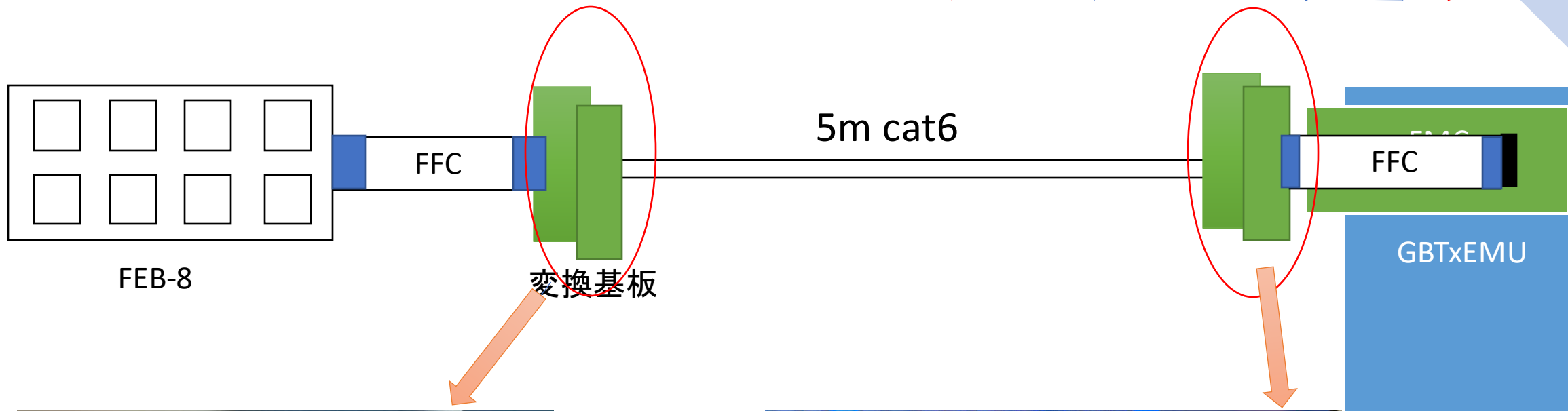
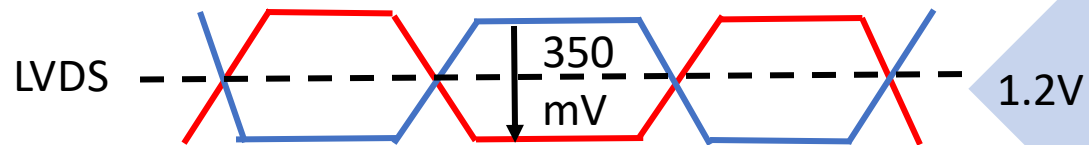


シールドツイストペアケーブル



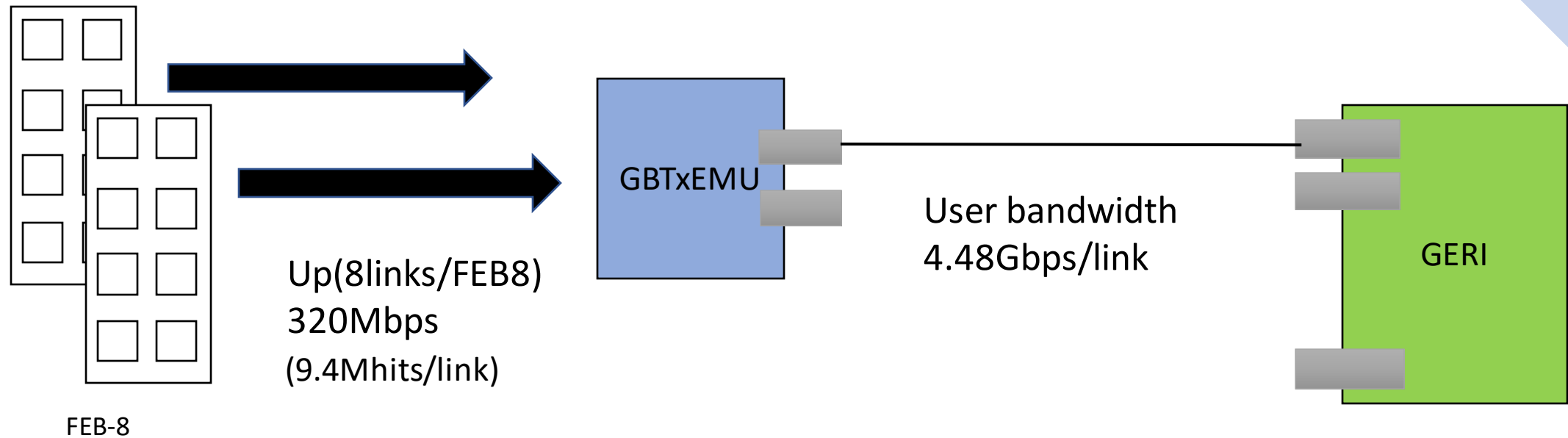
Cat6a ケーブル

5mの試作ケーブルでのテスト



10mでは通信が出来ず、5mであればOK

2. GBTxEMUでのデータサイズ削減



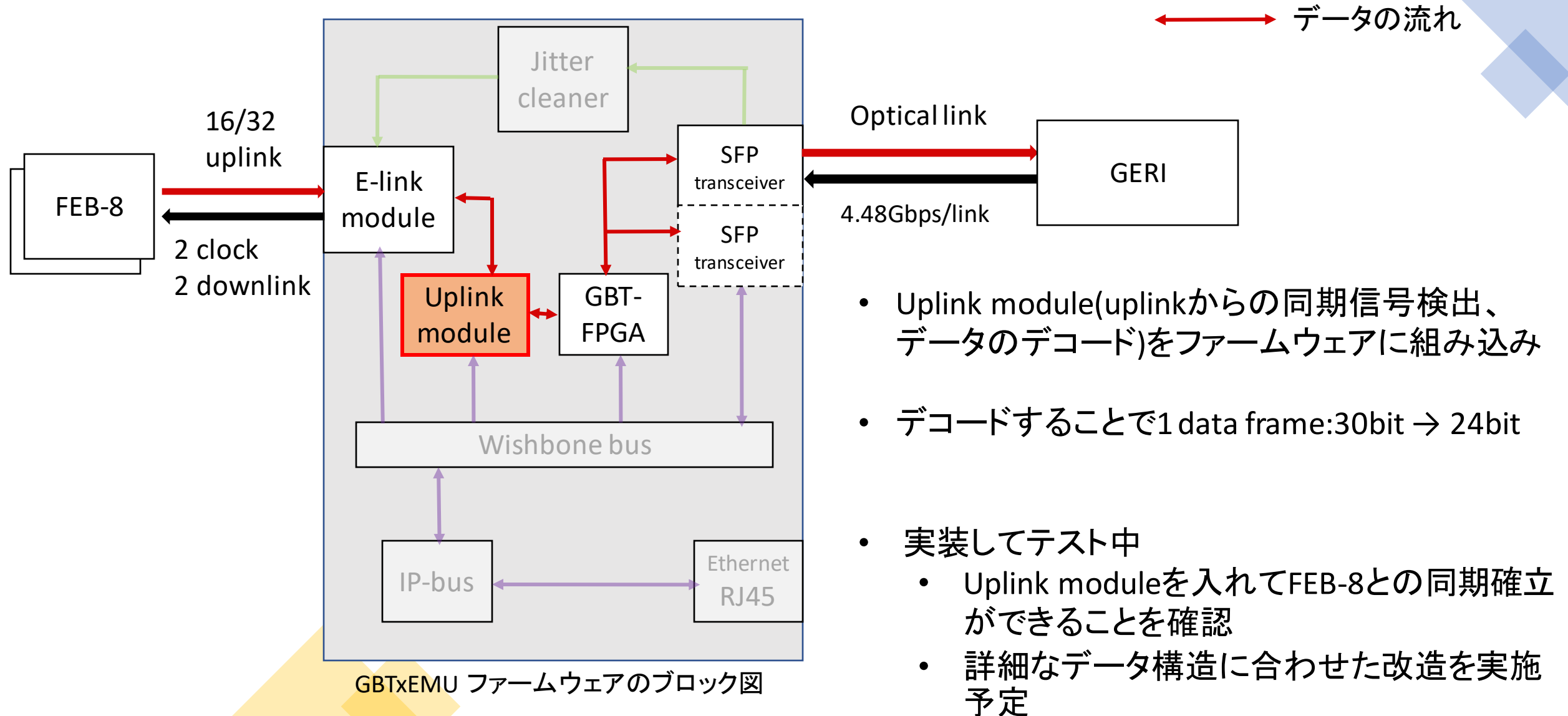
- GBTxEMU1台で2枚のFEB-8を読み出し
- 16uplinkからデータが送られてくる
- データ転送速度は320Mbps

- 最大 $320\text{Mbps} \times 16\text{link} = 5.12\text{Gbps} > 4.48\text{Gbps}$

➡ GBTxEMUでのデータ量削減が必要

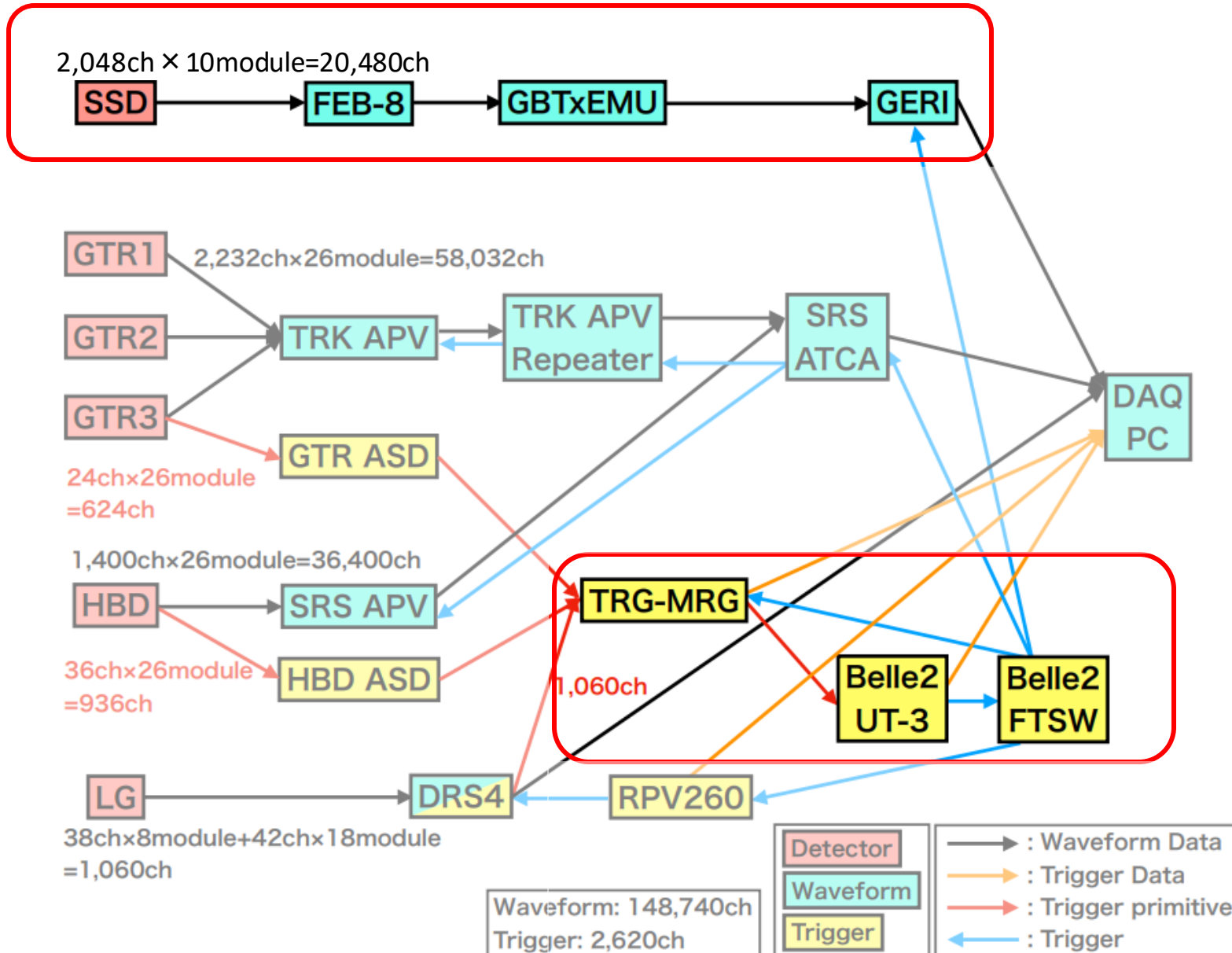
- 8b10b codingされたデータをデコード
 $5.12\text{Gbps} \rightarrow 4.1\text{Gbps}$

2. データサイズ削減



GBTxEMU ファームウェアのブロック図

3.トリガーの取り込み(未実装)



- ・他の検出器の読み出し回路はトリガーモードで動作

- ・SSD読み出しにもトリガーモードを実装
- ・トリガー前後一定時間のデータのみ転送することで、更にデータサイズ削減が可能

まとめ

- J-PARC E16実験で ϕ 中間子の質量スペクトルを測定
- Run0dから新たなシリコンストリップ検出器を導入予定
- それに伴い、読み出し回路をE16実験に合わせて改造中
 - 長距離伝送のためのケーブル → 製作中
 - データサイズの削減 → 実装、テスト中
 - トリガーモードの実装 → これから実装予定
- Run0d : SSD10台(GBTxEMU × 10, GERI × 2台)を使用
- 読み出し系を完成させ、Run0dへ