

素粒子実験領域 22aDL-12

CTA大口径望遠鏡用40Gbps級超高帯域データ収集システム開発

Development and Evaluation of 40Gbps ultra high bandwidth DAQ System for the CTA Large-Sized Telescope

石尾一馬 A、中嶋大輔 A、大岡秀行 A、窪秀利 B、今野裕介 B、齋藤浩二 A、齋藤隆之 B、手嶋政廣 A,C、
花畑義隆 A、Daniela Hadasch A、林田将明 A、Daniel Mazin A、山本常夏 D、吉越貴紀^A、他 CTA-
Japan Consortium

東大宇宙線研 A、京大理 B、Max-Planck-Inst. fuer Phys. C、甲南大理工 D

2015年3月22日 日本物理学会春季大会 於 早稲田大学

宇宙ガンマ線のエネルギー領域とCTA計画

1GeV

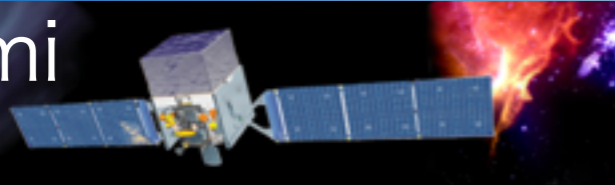
10GeV

100GeV

1TeV

10TeV

Fermi



ガンマ線光子統計の限界
(人工衛星の大型化に限界)

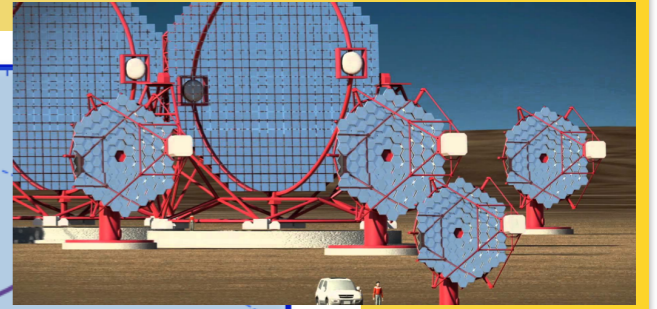
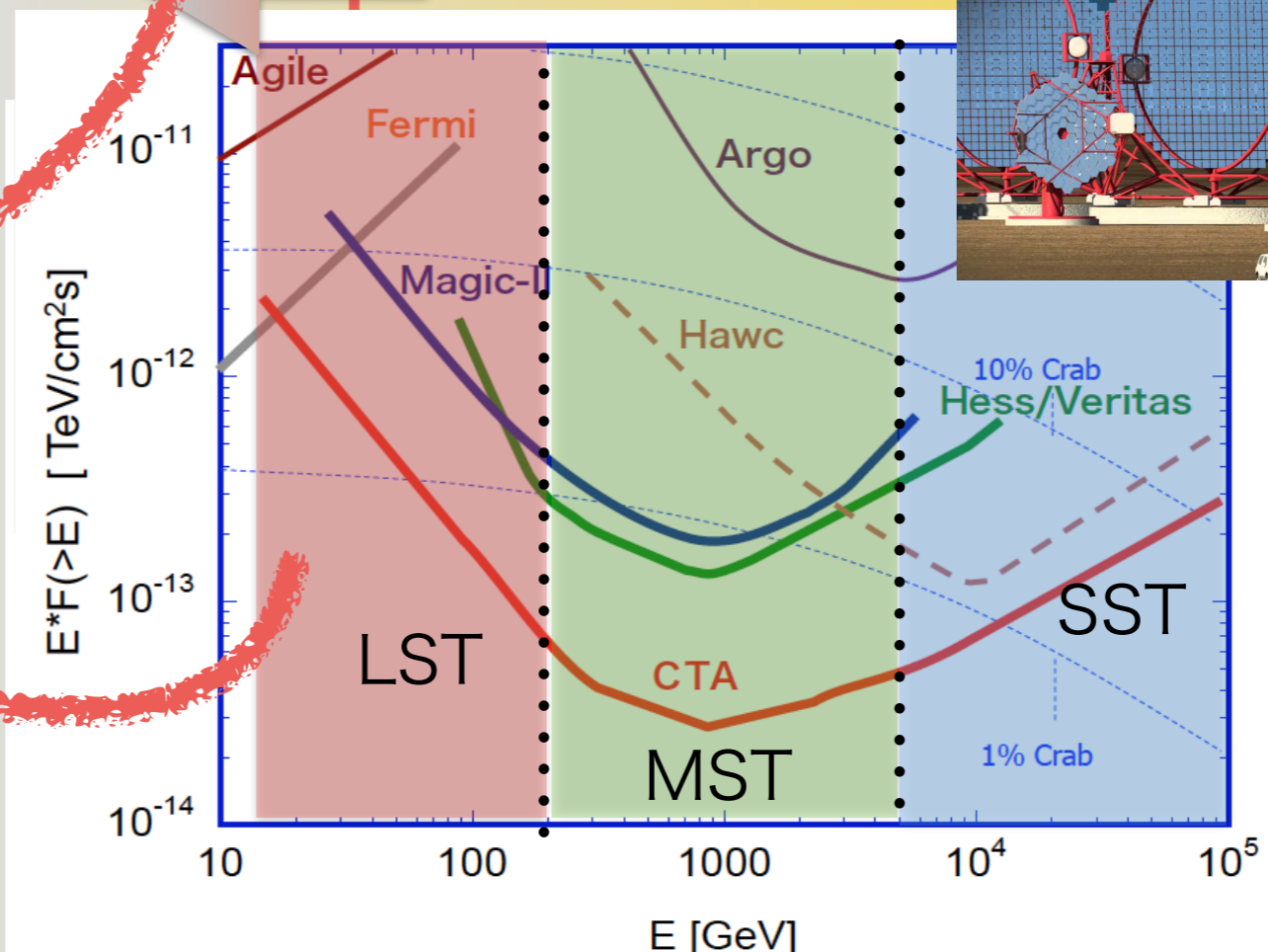
検出難

CTA：次世代チェレンコフ望遠鏡

チェレンコフ光子密度の減少



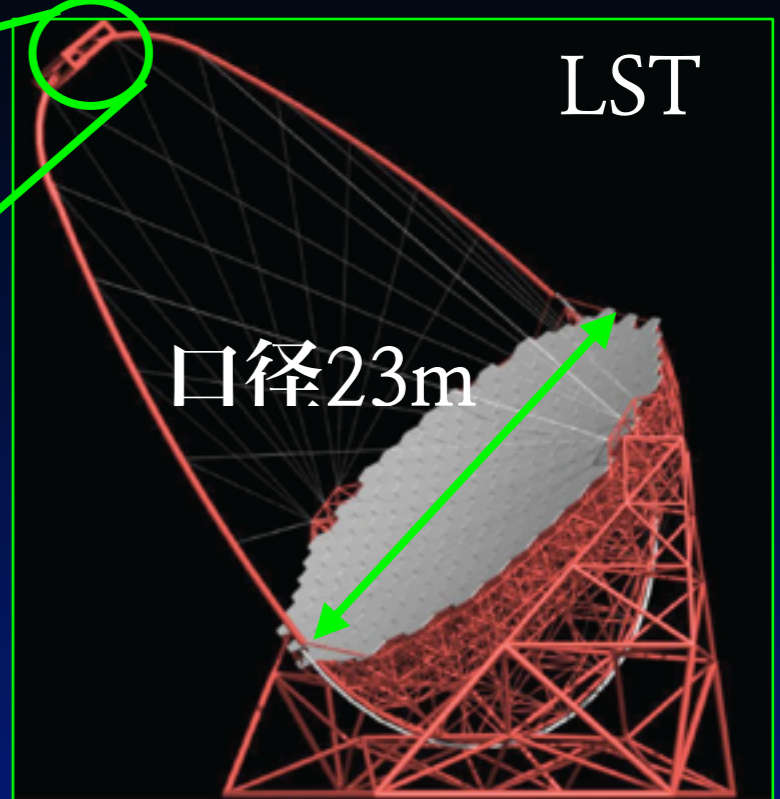
低エネルギー閾値
→高トリガレート



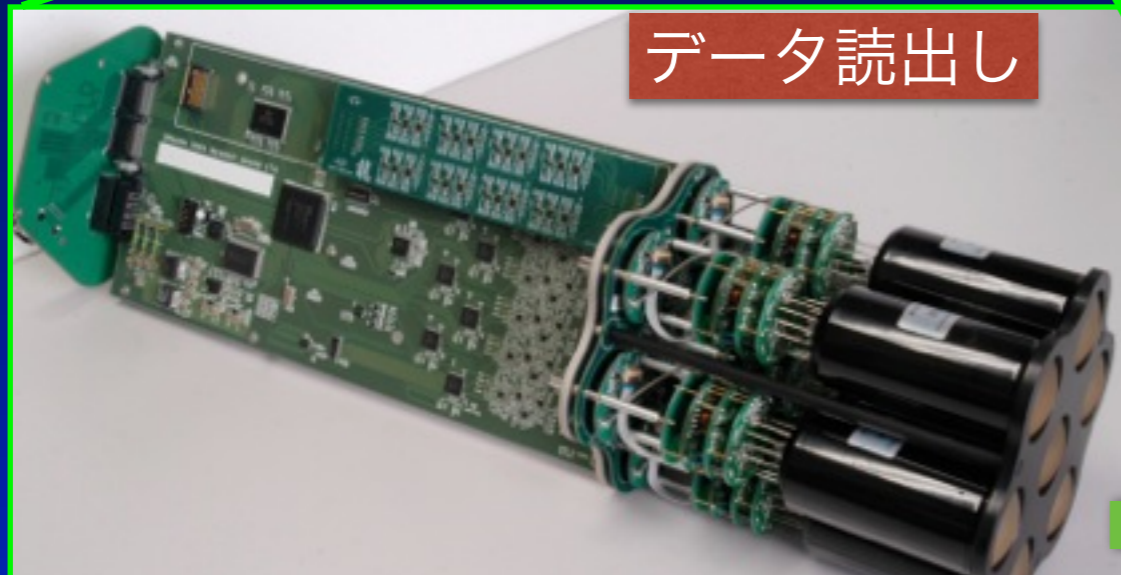
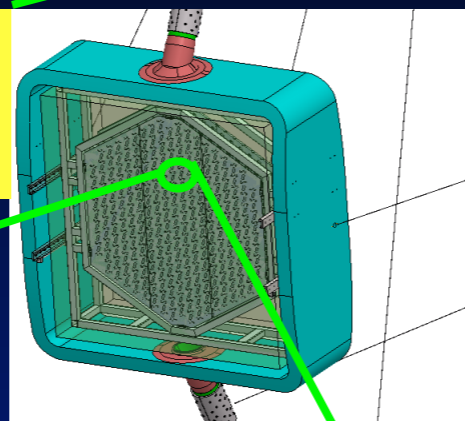
4桁のエネルギー領域で感度10倍にする

大口径望遠鏡LSTのカメラ・DAQ

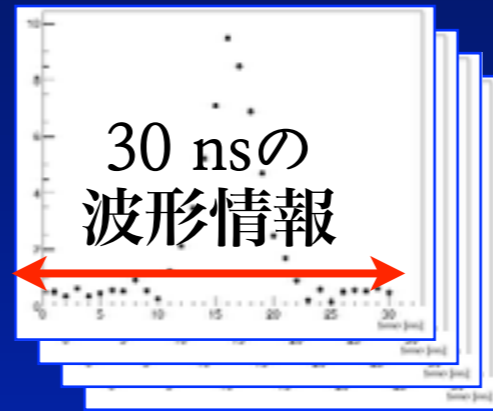
トリガ15kHz→32Gbps



焦点面に
1855本のPMT

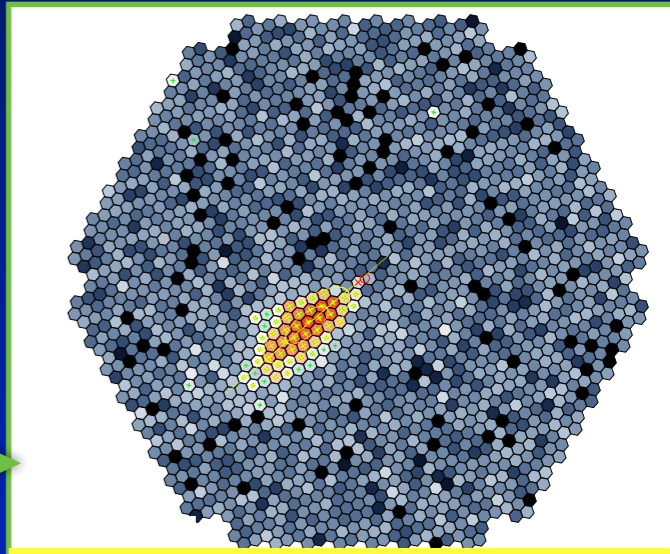


265枚の“Dragon” FrontEndBoard
1枚あたりPMT7本から波形読み出し



データ収集

SiTCP技術をFPGA内に実装し
TCP/IP通信でデータ伝送

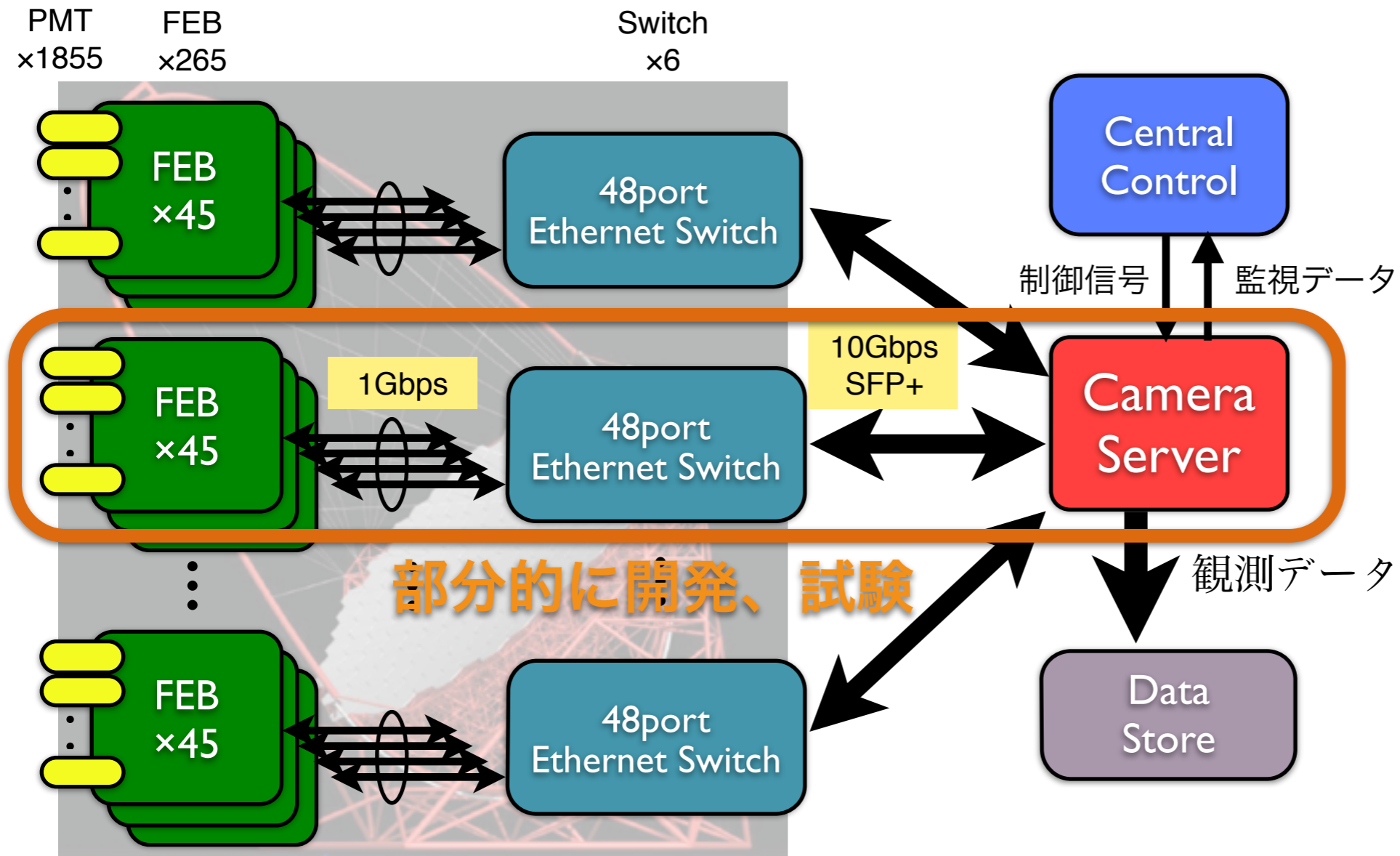


FEB1枚が1回のトリガで
送信するデータは約1kB
→265kB/camera/event

トリガ頻度15kHz

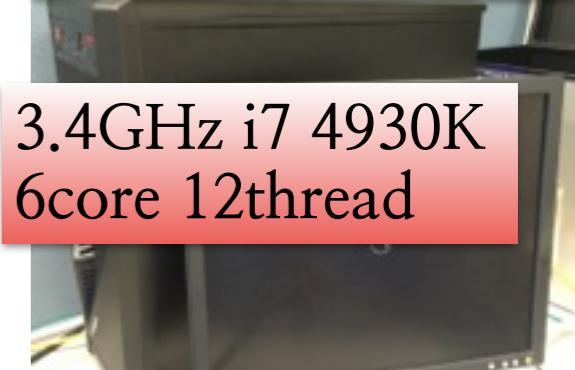
32Gbps/camera
(144TB/tel/night)

DAQハードウェア構成と開発環境



部分的に開発、試験

Camera Server



3.4GHz i7 4930K
6core 12thread

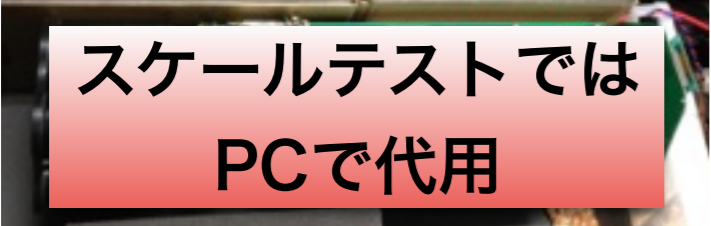
NIC



Intel X520DA2

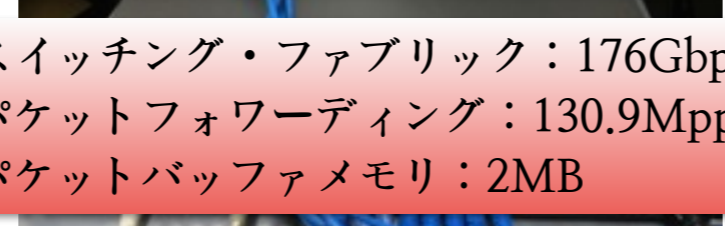
Chelsio T420CR

Dragon FEB



スケールテストでは
PCで代用

スイッチ



スイッチング・ファブリック：176Gbps
パケットフォワーディング：130.9Mpps
パケットバッファメモリ：2MB

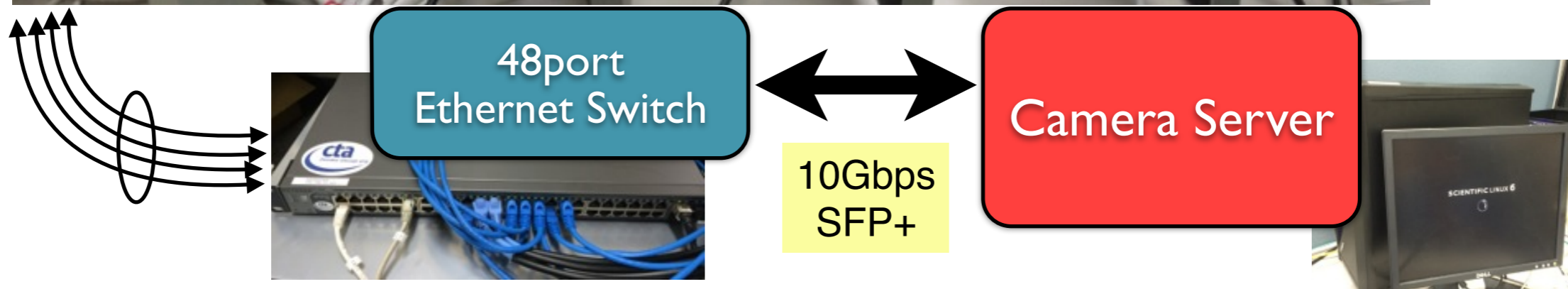
SFP+ケーブル



エミュレータを用いた試験の様子



エミュレータ(Max 26)
うち17台はiPMU大林先生提供
ありがとうございました。



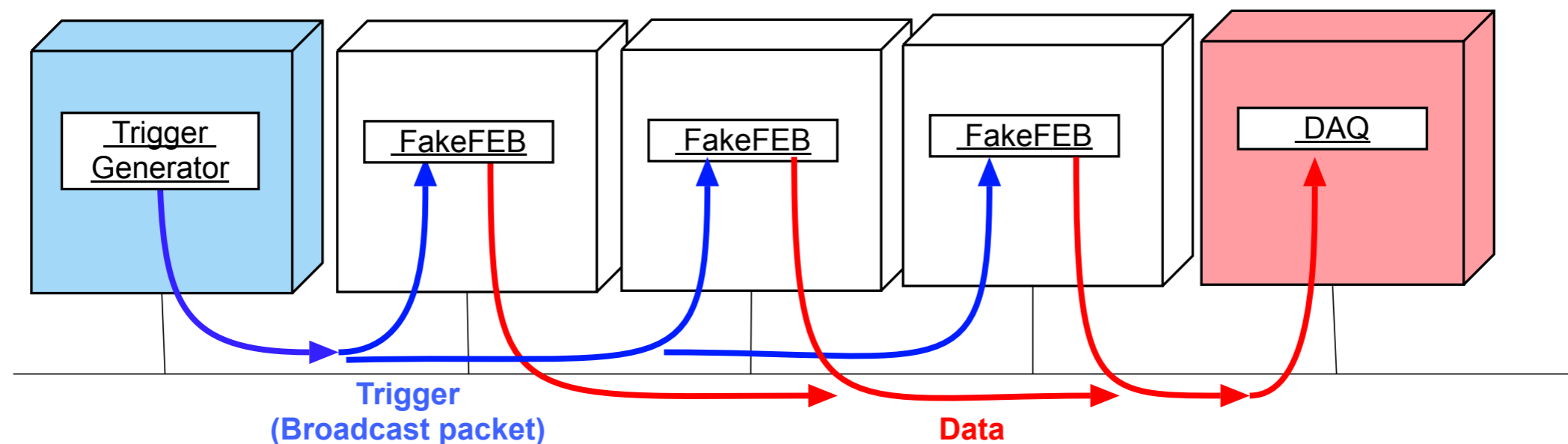
エミュレータ開発

- PCはDragonFEB同様、1Gbps接続が可能
→エミュレータとして使用できる
- データの流れと逆方向はネットワークに余裕がある
→トリガの伝播に使える（ブロードキャストパケット）
- トリガに付番（送付データに埋込）
→イベント結合に利用

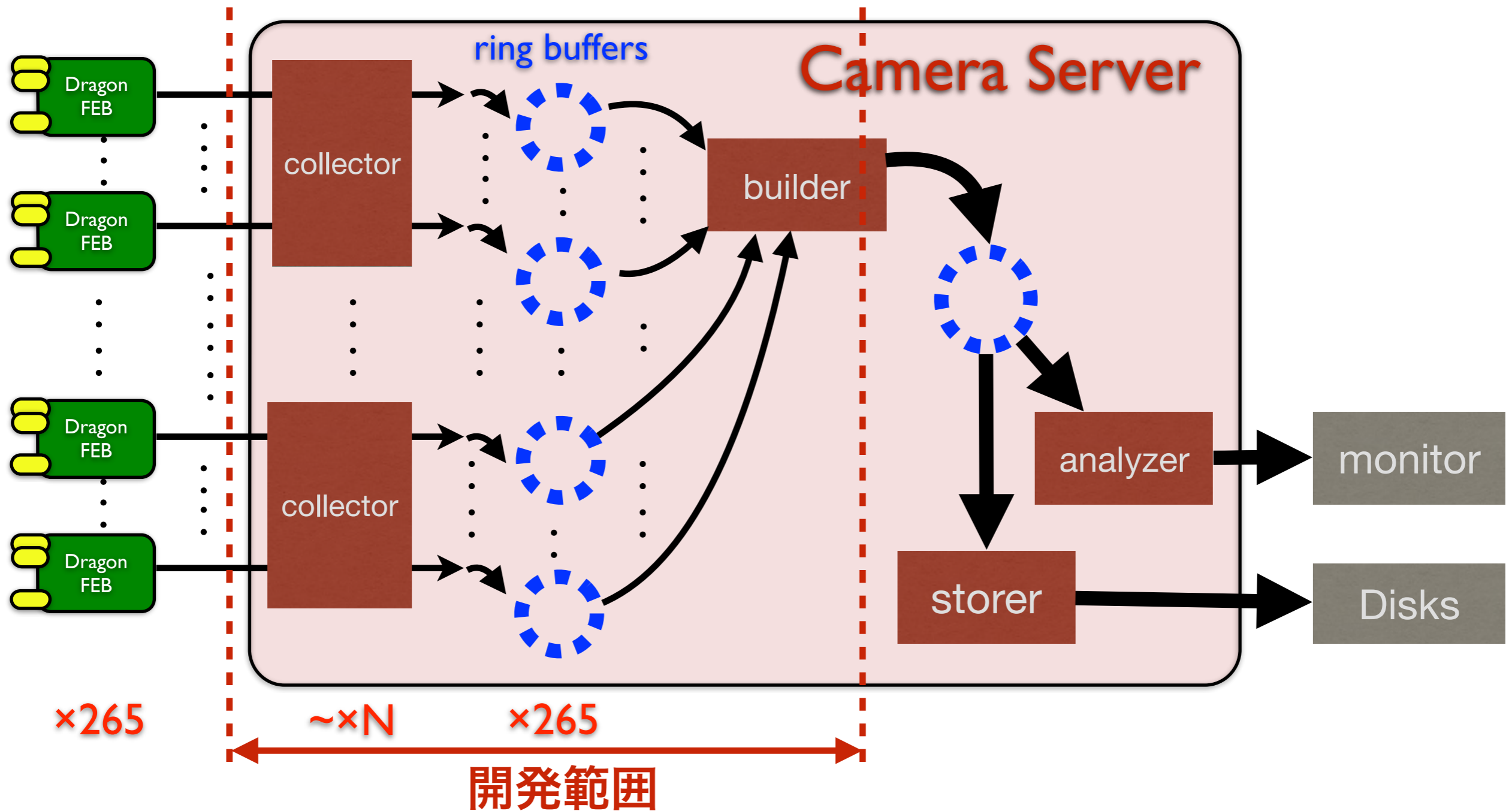
トリガ配布マシン

エミュレータマシン

データ収集マシン



データ収集プログラム構成



- ・マルチスレッド

- collector — TCP/IP通信でデータを取得
複数スレッドで収集可

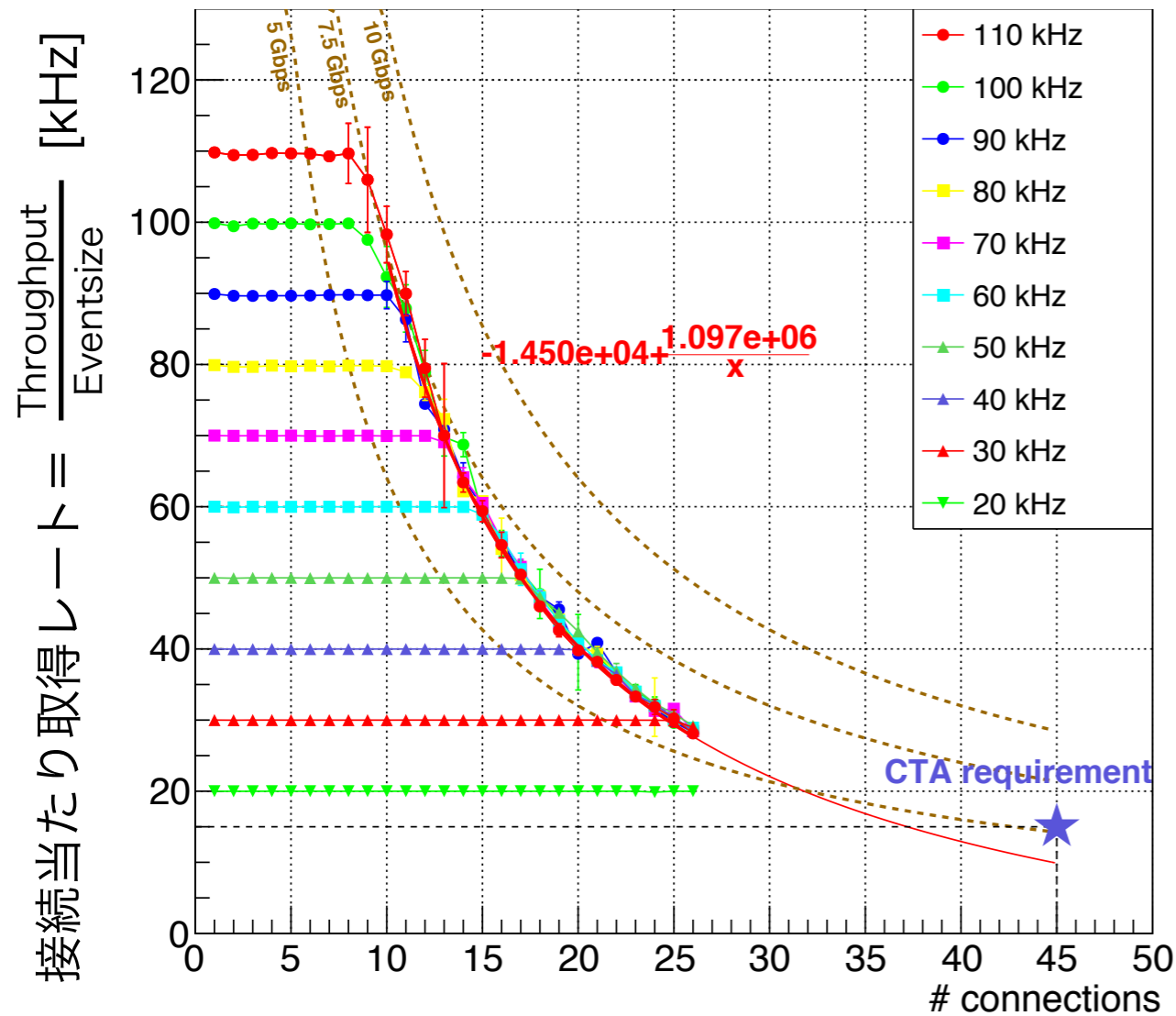
- builder — イベント結合

- ・リングバッファ

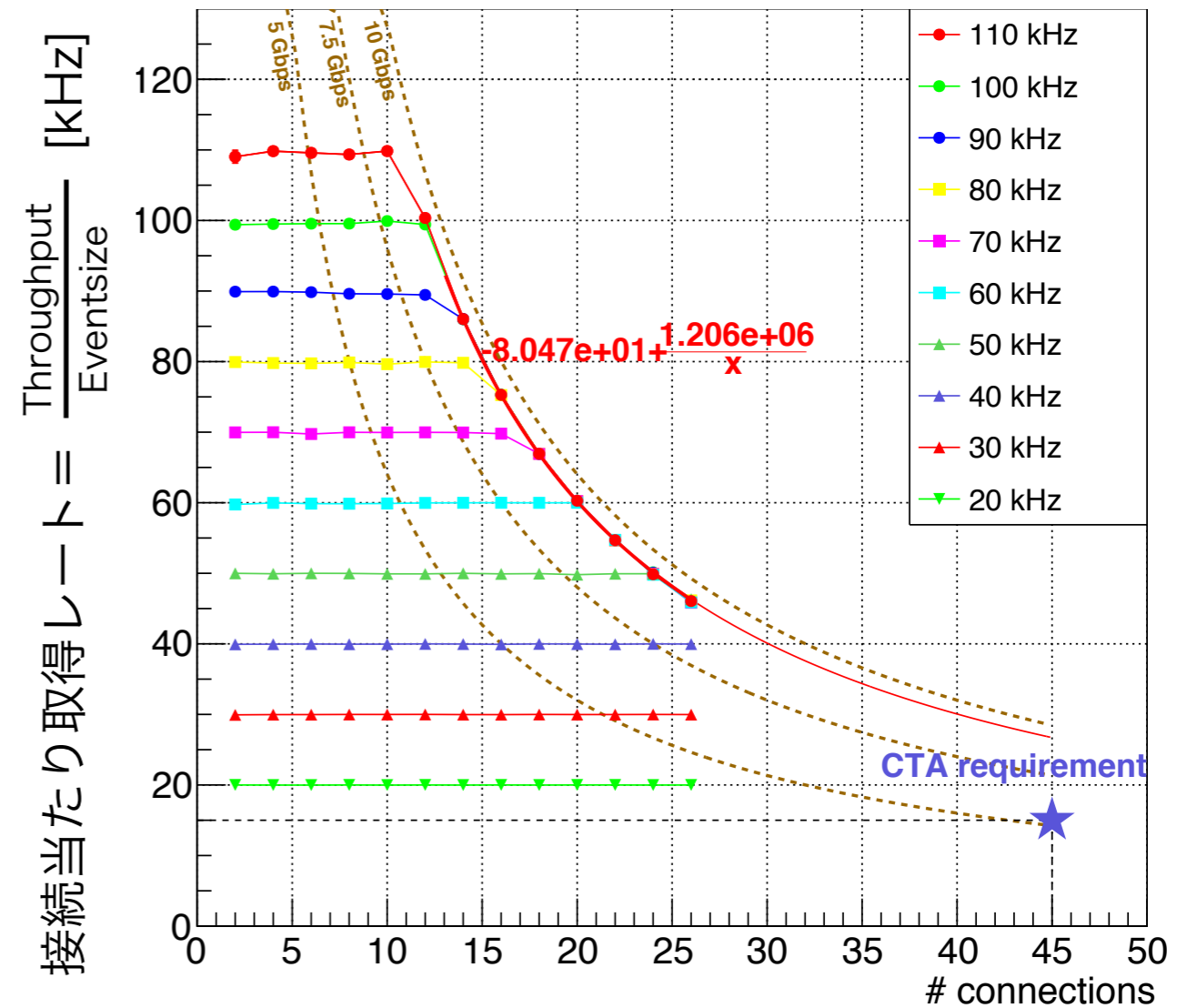
- データを一時保管し、
非同期通信による到着時間のずれを吸収

collectorスレッドを複数にした効果

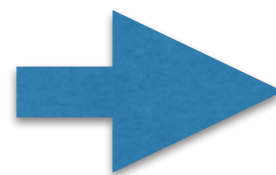
1スレッド



2スレッド



要求性能を満たさない



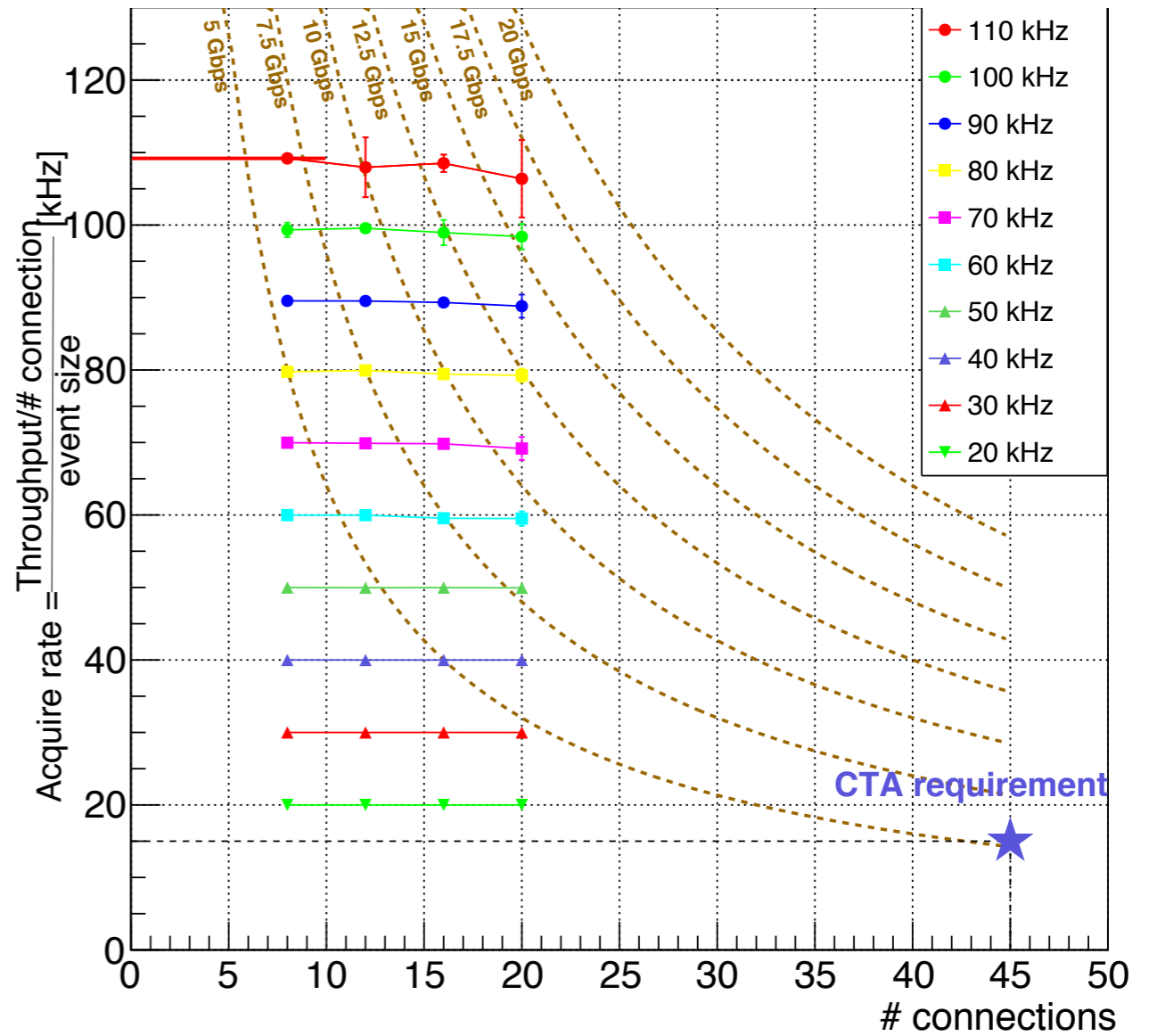
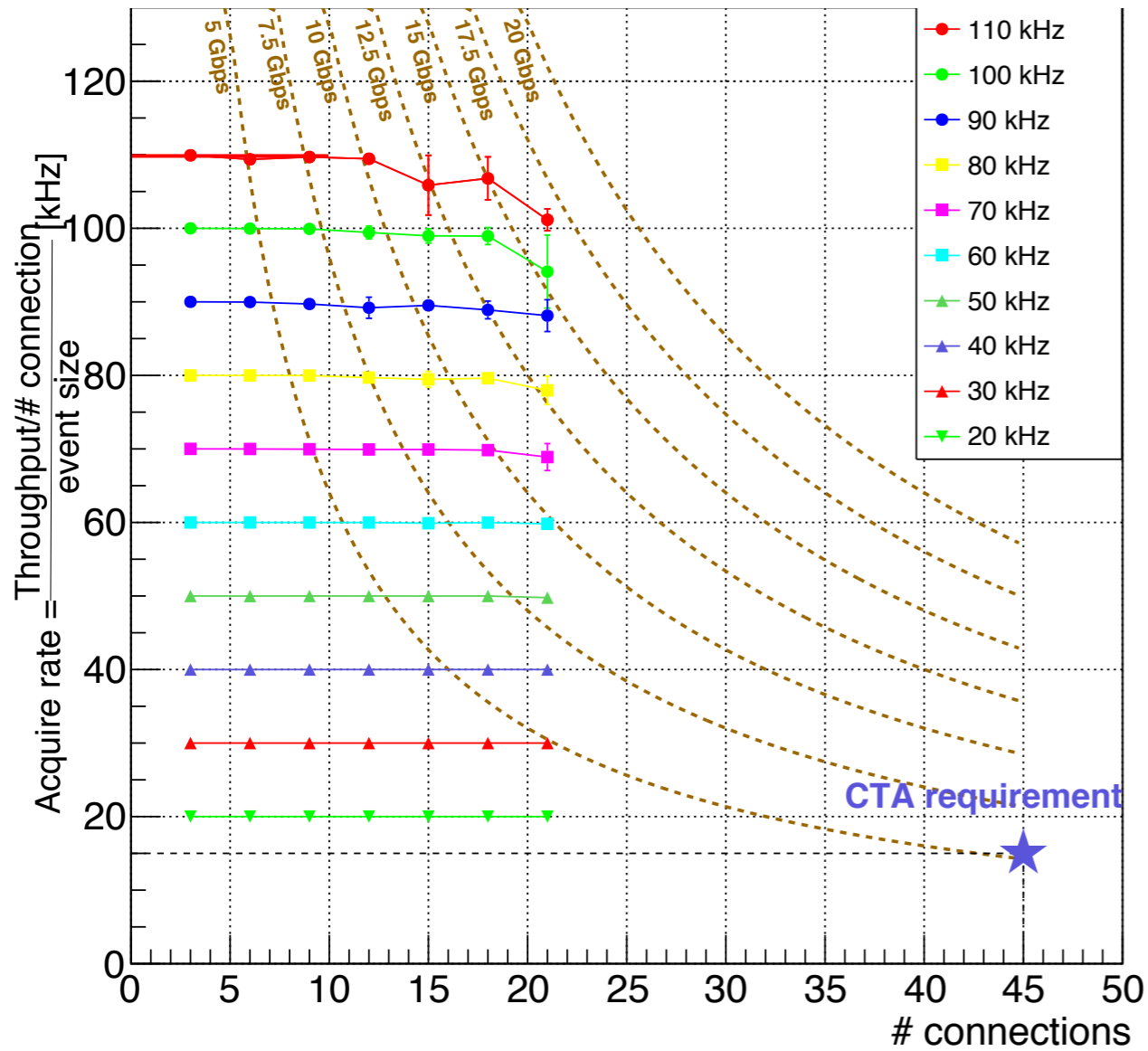
要求性能の約2倍が期待できる

(リングバッファ書込による性能低下を補えた)

bonding

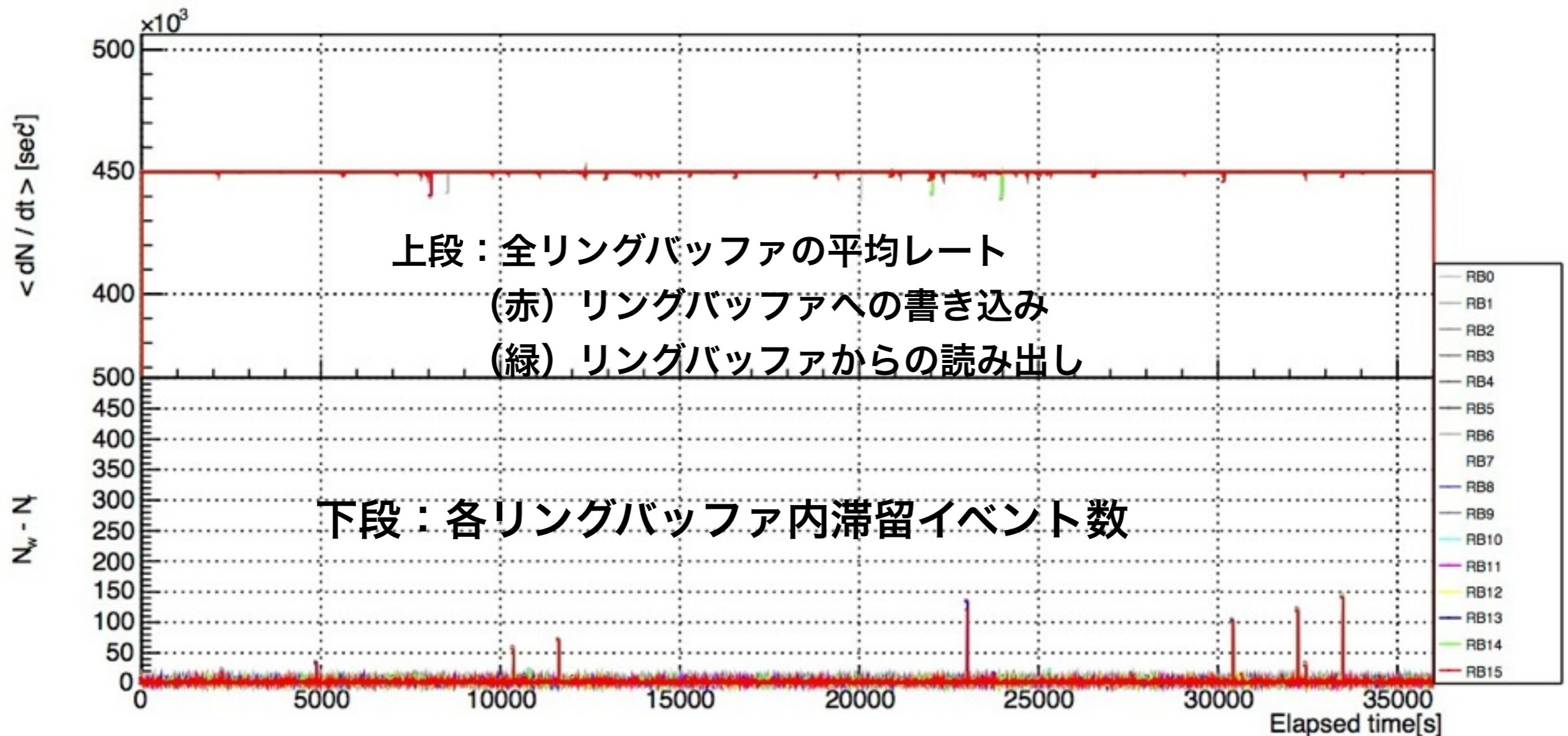
collector 3スレッド

collector 4スレッド



耐久試験結果

- ・ エミュレータ16台に45kHzでトリガ、10時間収集に成功
(collectorは2スレッド使用)
- ・ 結果の外挿により、15kHzで48接続が可能と予想



まとめ

- LSTはチェレンコフ望遠鏡による観測エネルギー閾値の限界に挑む。
そのため、15kHzのトリガレート、32Gbpsの超広帯域データ収集が必要
- ネットワークによるデータ収集プログラムを開発した。
- テスト結果の外挿より、要求性能を満たすと予想できる。
 - 2×Collectorスレッド+1×Builderスレッドにより
16接続から45kHzで10時間DAQ稼働
→詳細の仕様は合致していないが、
45接続から15kHzでのデータ収集と同様の負荷
 - スレッド数増やbondingによって性能の調整が可能

将来展望

エミュレータの調整

- ・ Dragon FEBのネットワーク特性を詳しく調査し、パラメータを揃える

実際のDragon FEBを用いたスケールテスト

- ・ データ構造の決定（トリガ番号、イベント番号の実装）が必要

後段処理の開発

- ・ カスケードビルド

builderを多段化して負荷分散する。

- ・ 低レベル解析

実際のデータを用いて解析が必要

データリダクションの影響調査が必要→シミュレーション

- ・ データ保存

ディスクの超広帯域書込は難度が高い。要注意

エラーハンドリング

- ・ トリガ番号エラー、受信エラー、処理能力超過など