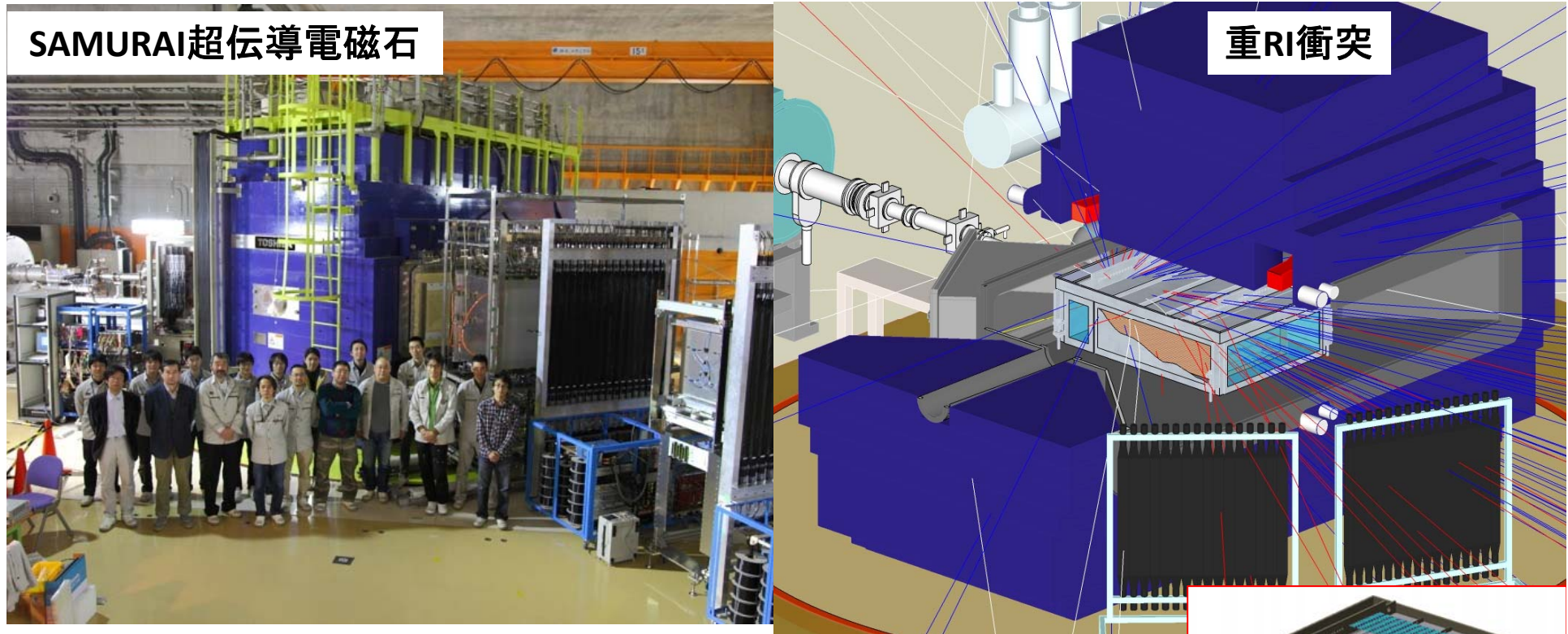




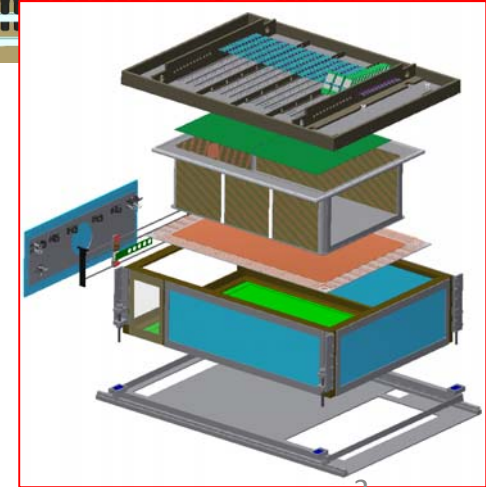
SpiRIT検出器の読み出し回路系

理研仁科加速器研究センター
磯部忠昭

RIBF-SPIRIT計画

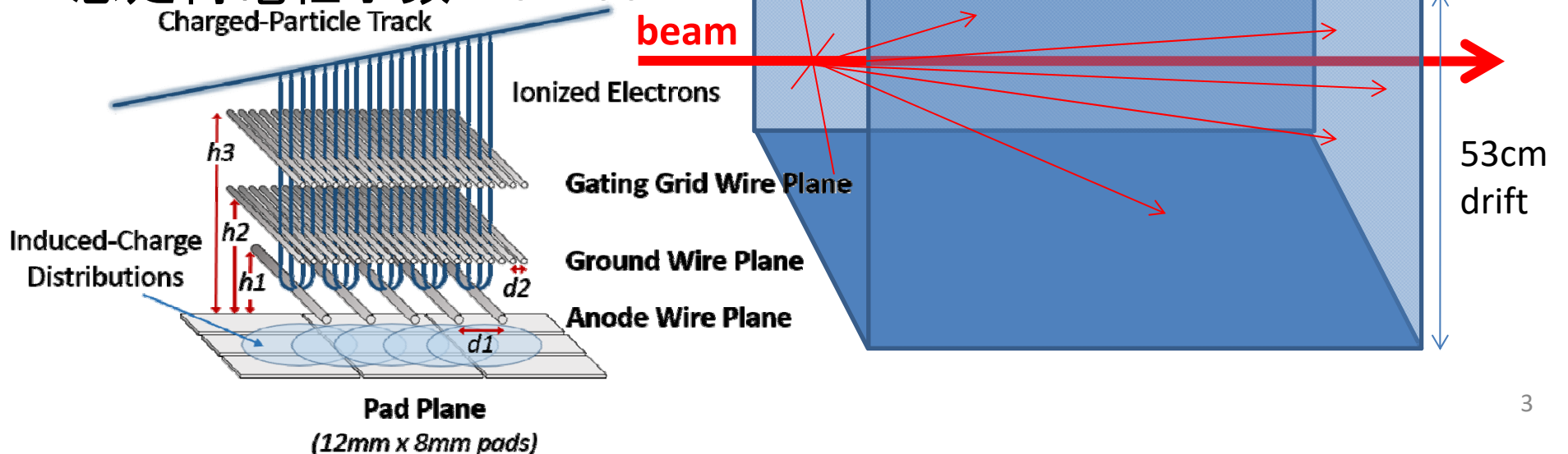


- 2009年ごろより、日米が中心となる重RI衝突実験計画が始動。
 - RIBF-SAMURAI基幹装置に多種多重粒子測定用の時間射影型3D飛跡検出器を設置。
 - DoEと新領域科研費の予算を使用。
- 2016年春に試運転+物理実験



SPiRIT TPC概要

- Bevalac EOS TPCがベース.
- TPC中を重イオンビームが通過する (10-20kHz)
- P10 gas (1atm) を使ったワイヤ増幅のパッド読み出し.
– 12000個のパッド
- TPC直前にターゲット.
- 2飛跡分離: 2.5cm
- 想定荷電粒子数: 10~100



SPiRIT-TPCの読み出しシステム:GET



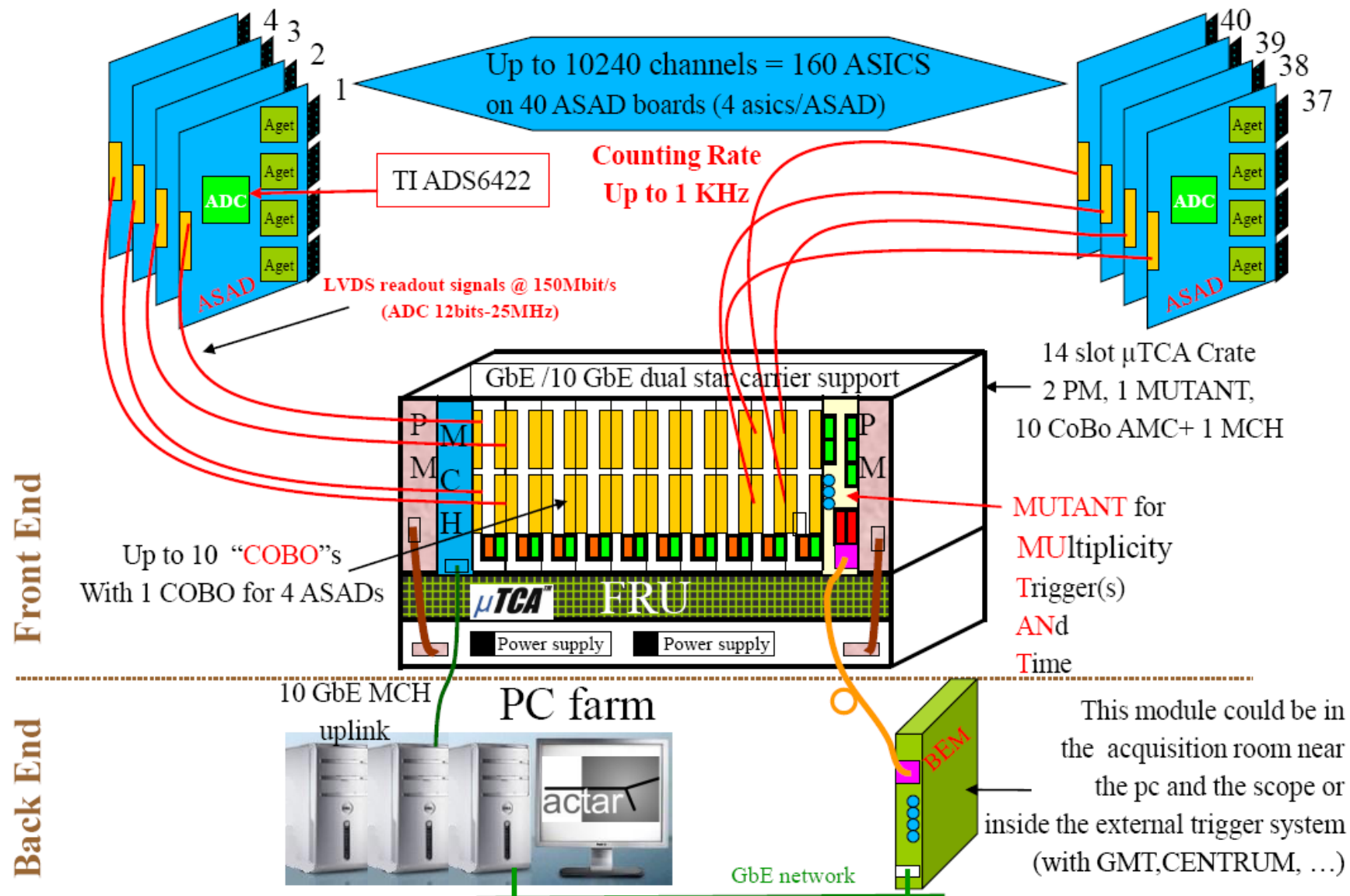
2009/10~2014/9

- 性能要求:
 - 高いDAQ rate ($\sim 1\text{kHz}$)
 - 広いADCレンジ ($>10\text{bit}$).
 - 重イオンが飛ぶ中で、 $Z=1$ 粒子をきちんと測定できる.
 - 低消費電力
- → **GET** systemを採用. General Electronics for TPC.
 - 次世代エレキとして主に米国・フランスにより開発された統合システム.
 - RIBFだけではなく、J-PARCや他原子核実験にて採用
 - readout 12bit ADC 512 samples from 12000 pads under 1kHz DAQ rate が可能に.
 - 消費電力は0.1W/ch
 - コミコミで $\sim 5000\text{JPY/ch}$

GET general meeting
at France CAEN



GET system on μ -TCA crate

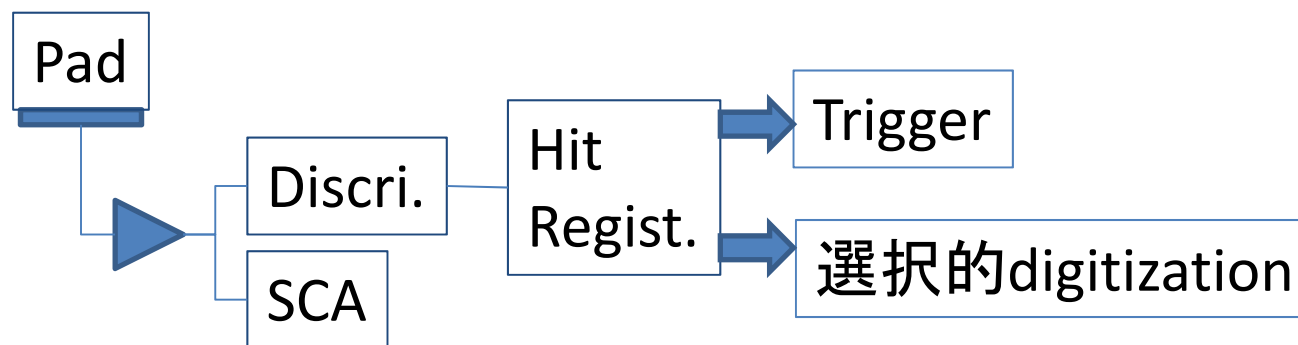


GETシステムについて

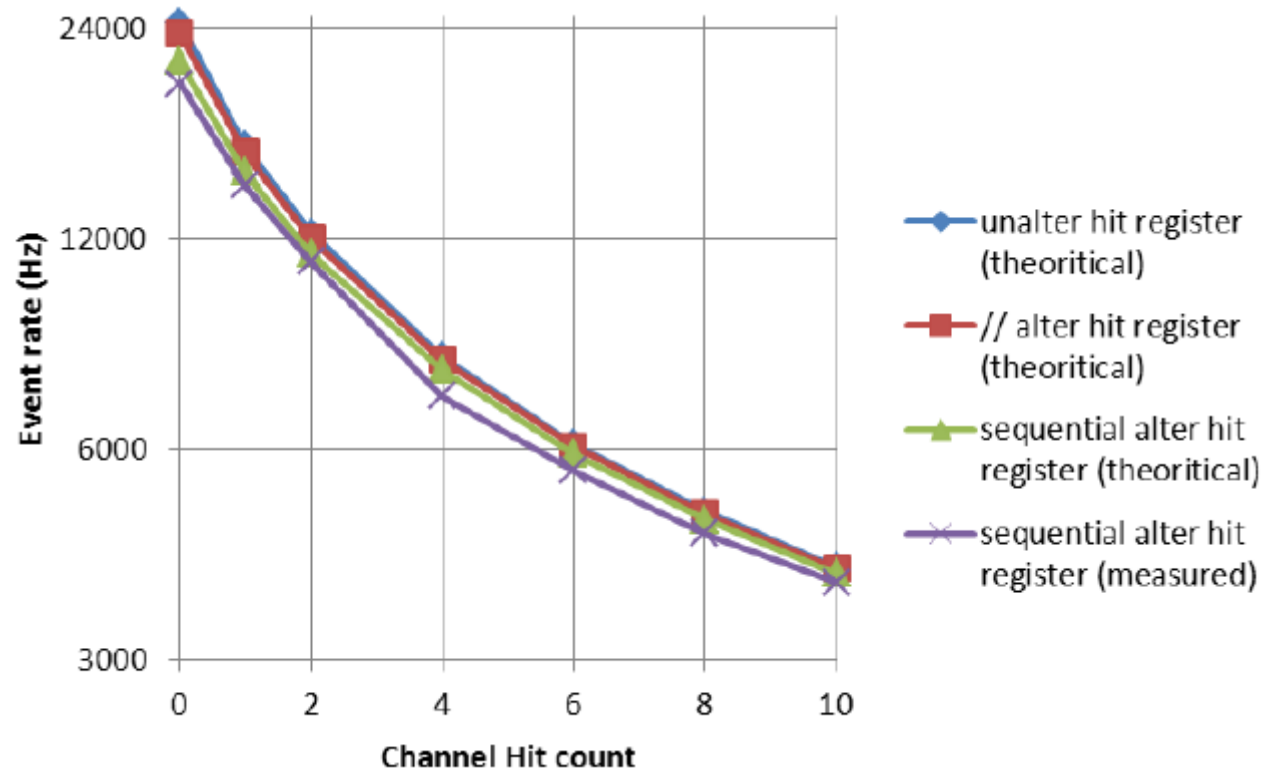
- ASICを含むフロントエンドハードウェアをフランスが開発(CEA, CENBG)
- コントロールハードウェアをアメリカが開発(MSU/NSCL)
- 日本はDebugモジュールの開発(RIKEN)
- ソフトウェアはフランス(CEA, GANIL)
- 主に原子核実験で使うTPCを対象としたシステムだが、汎用性が高い
 - Wire(+)にもGEM(-)にも使える
 - Pad by padで設定できるゲイン、シェーピングアンプ
- 汎用性が高い→あれもこれもできなければならない
- 実際SAMURAI-TPCを用いた実験は重イオン衝突実験のみならず、他の原子核実験にも応用が利く
- ただでさえ、欧米間のギャップがあるところでの開発で時間がかかるのに、安定したシステムとして確立し始めたのはプロジェクトが終わる頃だった。(正直まだR&Dが終わっているとは言えない)

2種類のzero-suppression

- デジタル-ゼロサプレス
 - Conversionされたデータに対し、閾値をかける→data reduction
- アナログ-ゼロサプレス:
 - Discriminatorでアナログ信号が閾値を超えたチャンネルだけADC→dead timeを短くする (up to 数kHz)
 - 25MHz 1ch FADC for 68 channels
 - STAR-FEEの場合、ADCをch数分準備。10 μ sec conv. Time ADC for 1 SCA-cell: 512cell ADCに>5msec →電力消費が大きい

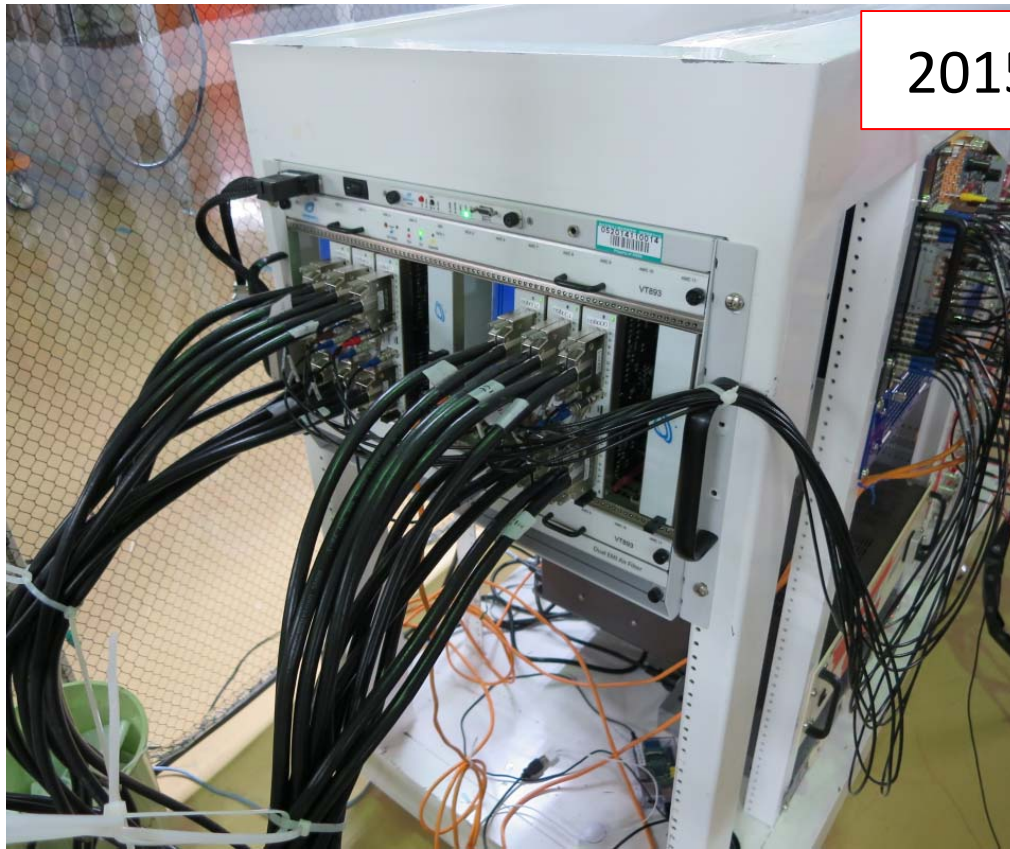


選択的digitization : DAQ rateの改善

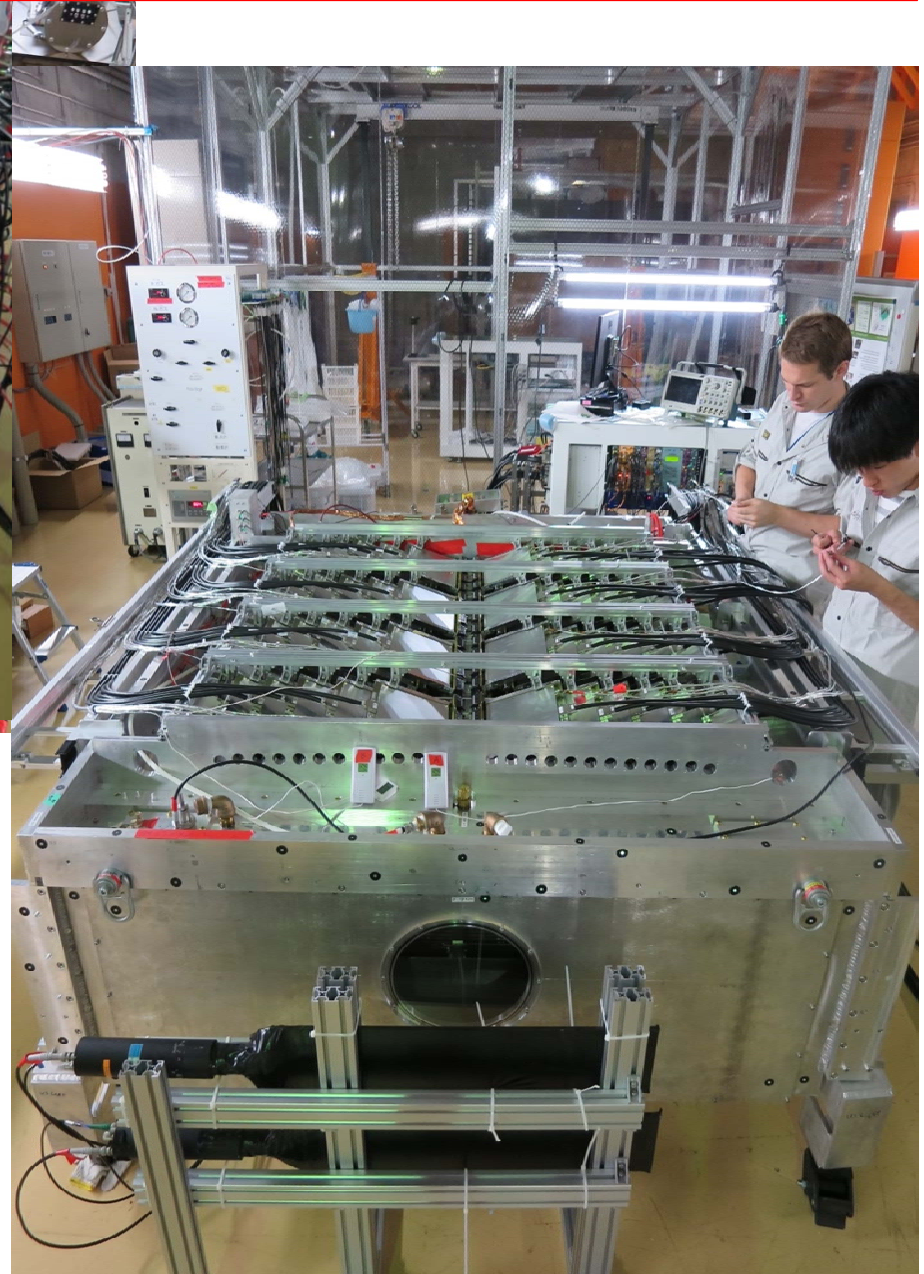
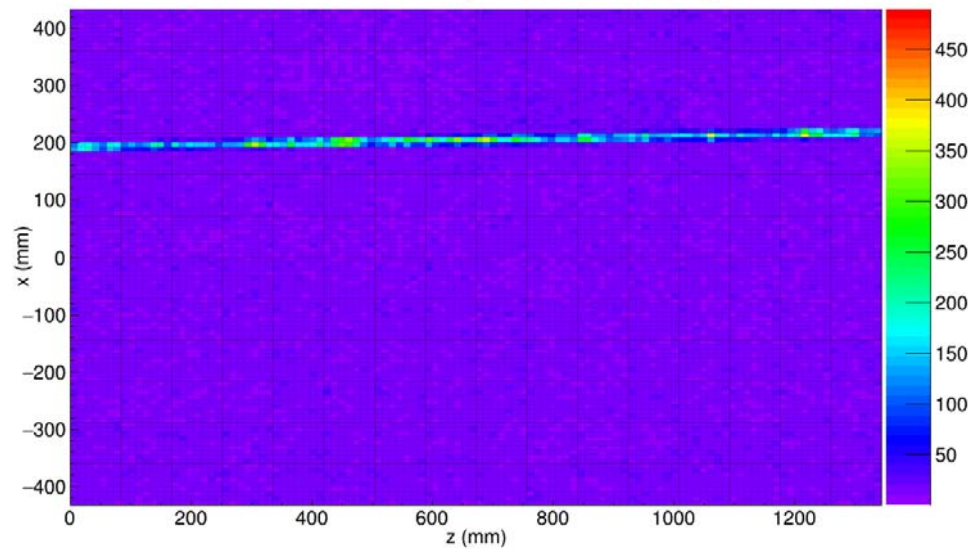


- ヒットがあったチャンネルのみDigitizeする。
 - Pedestalだけのチャンネルはdigitizaしない。
 - DACにかかる時間の短縮
- 例えば1ASIC(64ch)中8chヒットがあった場合は4500Hzでの読み出しが可能に

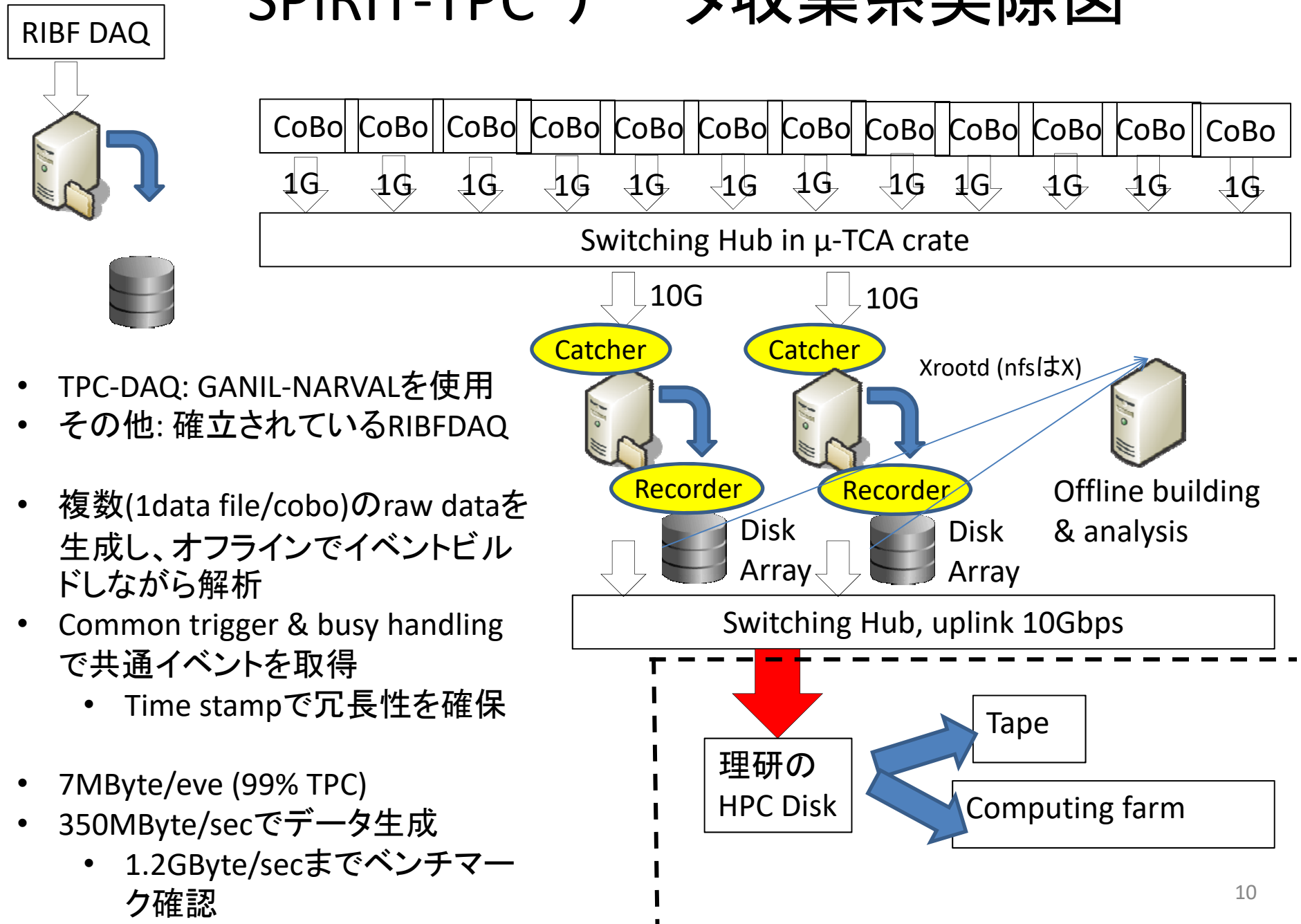
2015年8月に読み出し回路設置完了



Event ID: 152 (Gain not calibrated)

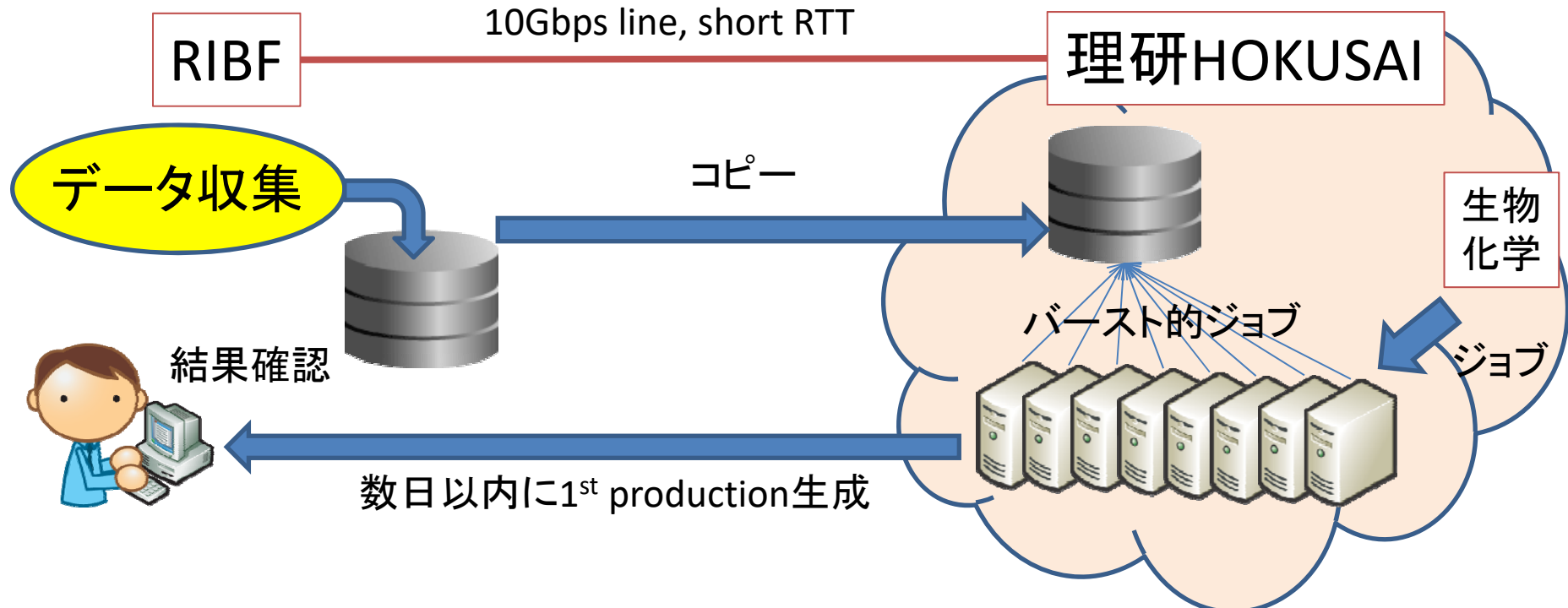


SPiRIT-TPC データ収集系実際図



理研計算機センターの一部へ ～戸建てからマンションの一室へ～

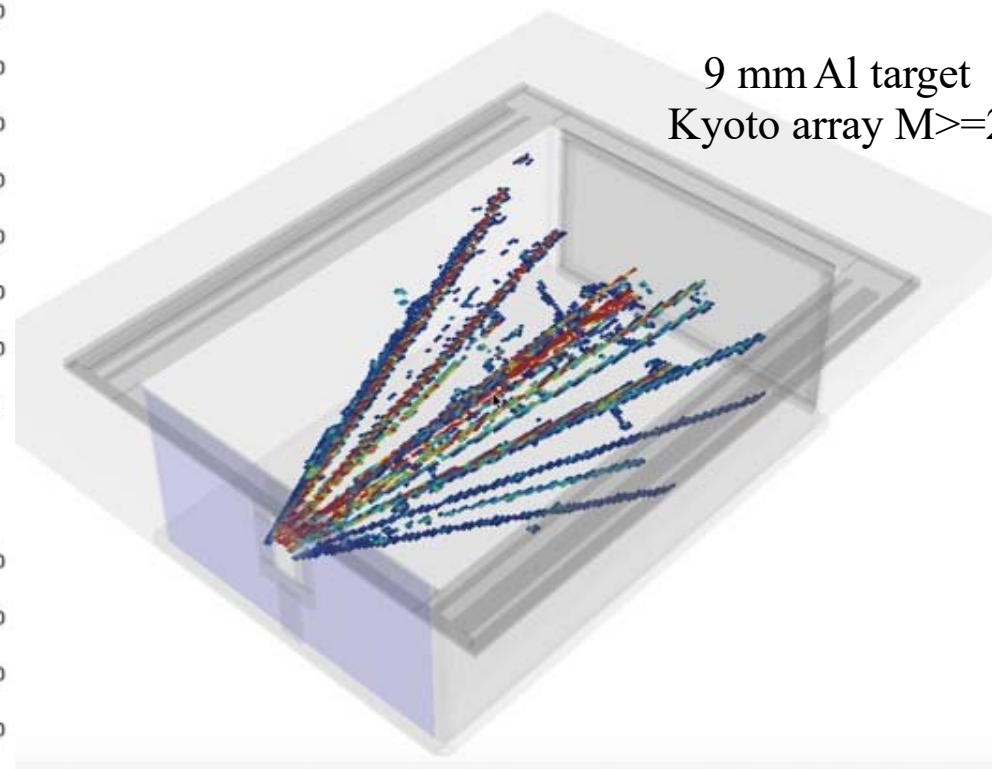
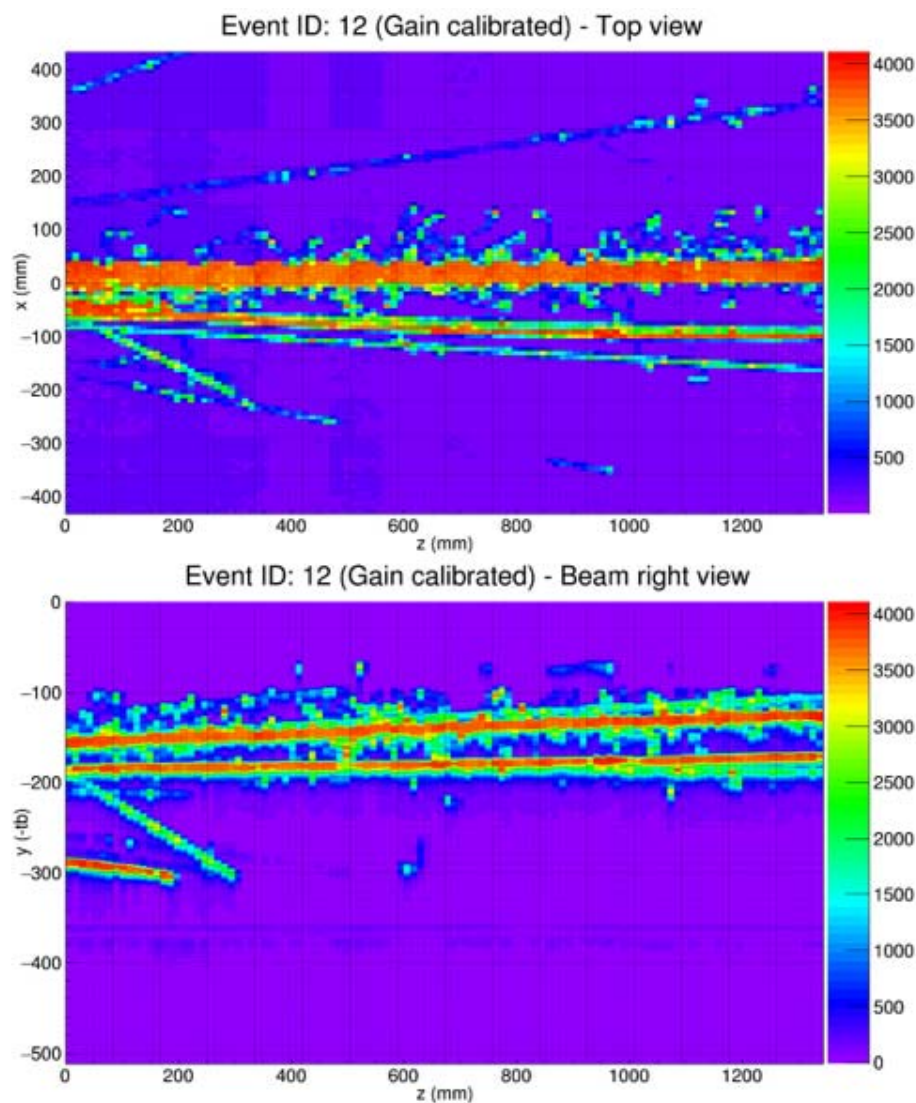
- 実験データ生成レート: 350MB/sec (1.2GB/sec Max)
- 個人レベルではComputingインフラの増強にも限界がある
 - これまではworkしていた
- 理研計算機センターへ計算処理を集める
 - 必要な時にバースト的計算処理(クラウド的インフラ)
 - HOKUSAI:京の10分の1程度の処理能力を持つ次期システム



run 946

9 mm Al target
Kyoto array out

実際のRIビームを使った試運転
一応きちんと動いている様だった



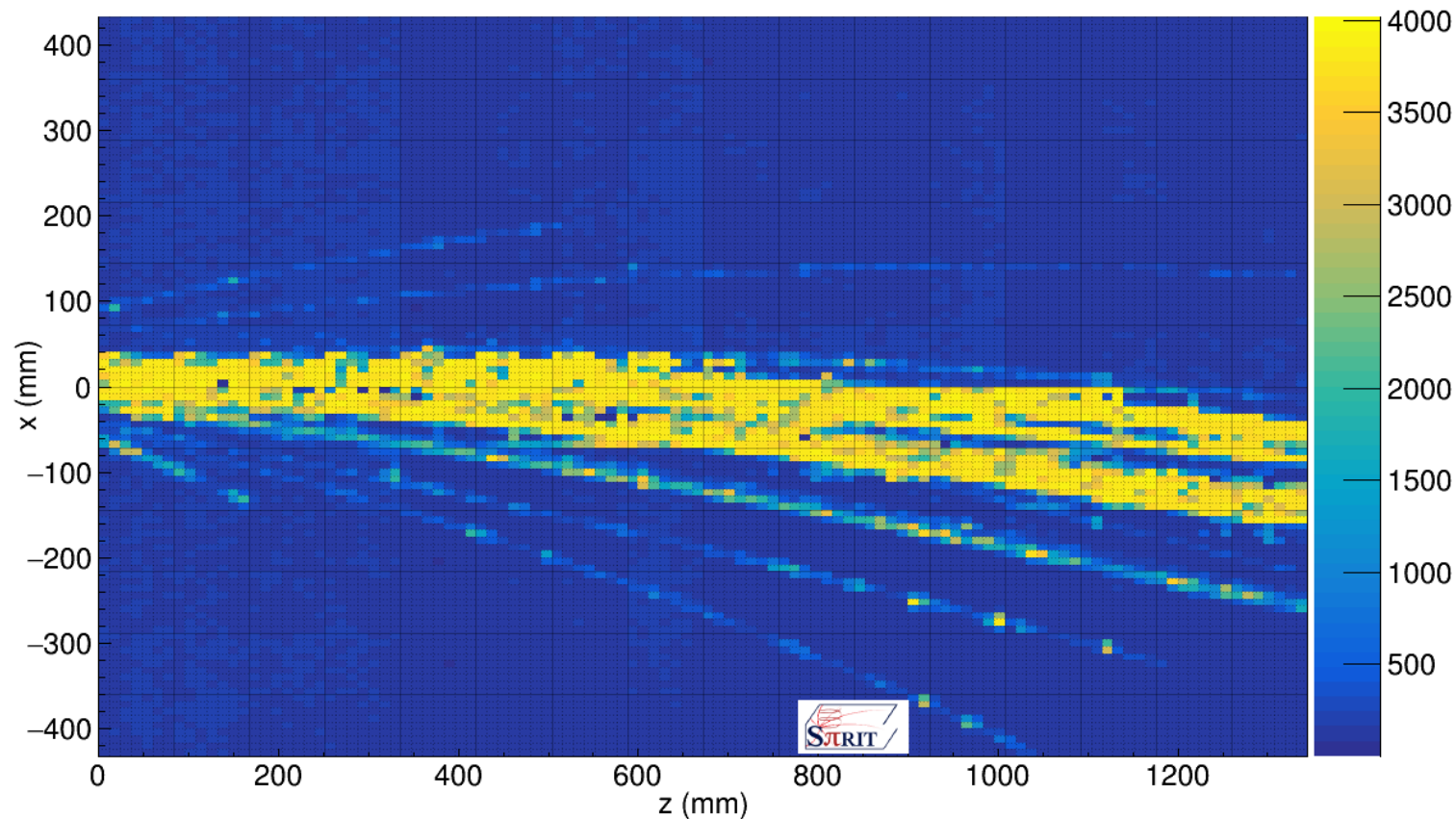
Beam rate: $\sim 10\text{kHz}$

Trigger rate: $\sim 60\text{Hz}$

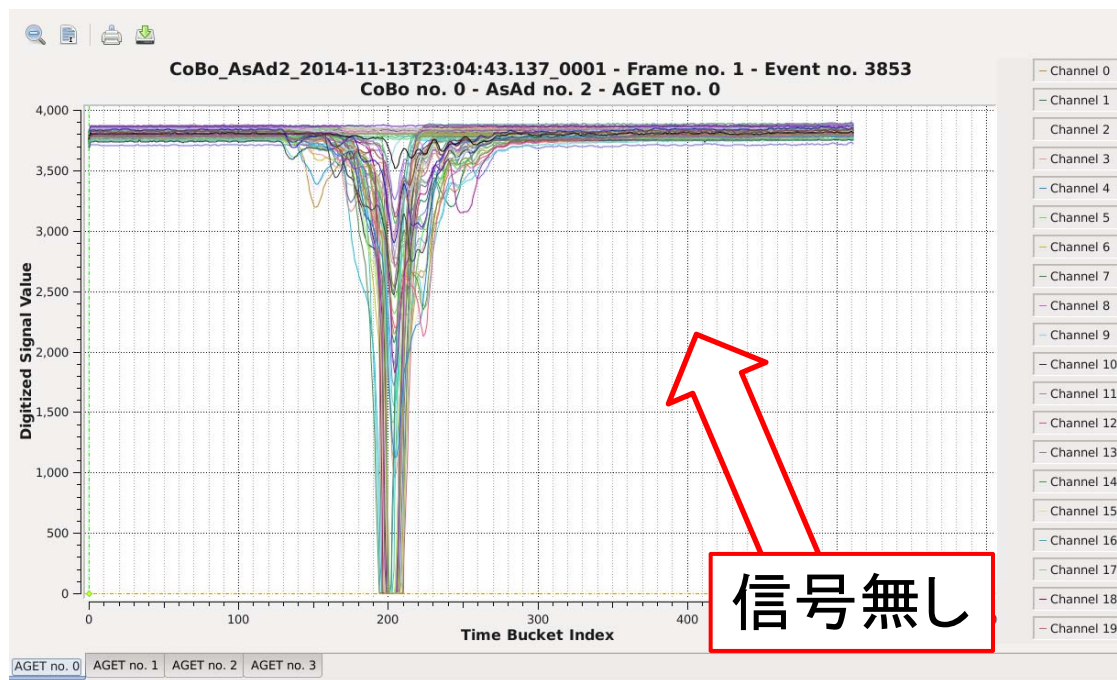
その他: 重イオンによる巨大なチャージが入ると複数のpadに信号がspread

- Saturation effectと呼ばれるもの

Run#1818 - Event ID: 6 (Gain not calibrated) - Top view



その他: 巨大なチャージが入ると該当pad がしばらくdeadに



Z	Q (fC)	不感時間 (μ -sec)
2.886751	50	0
4.472136	120	0
6.324555	240	65
6.879922	284	100
8.944272	480	255
Sn Beam	28398	22024.52
87.5595	46000	35800

回路不感時間

電荷アンプからの出力がsaturateするため

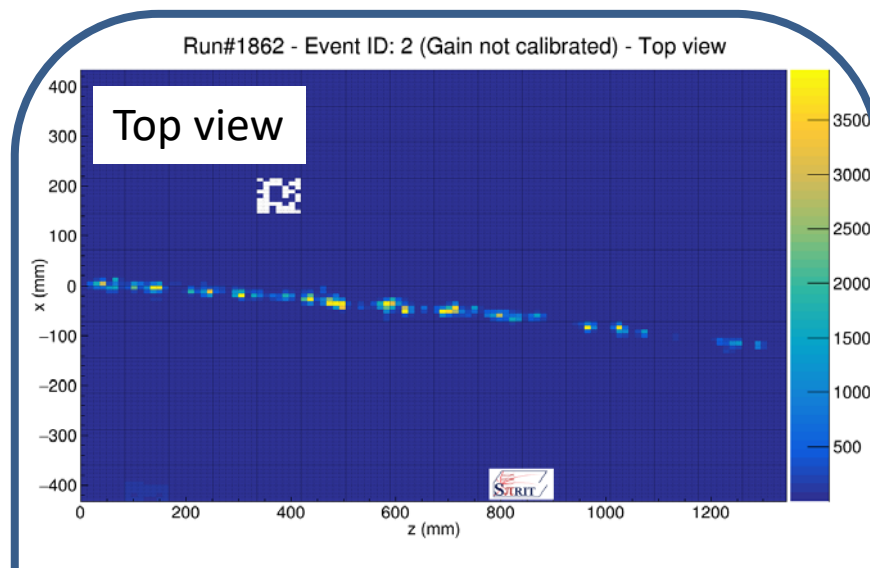
ビームrateは10kHz: 平均100 μ secに一発来る

→Z~7相当の電荷が1つのパッドに入ると次のイベントでは該当Padがdeadに

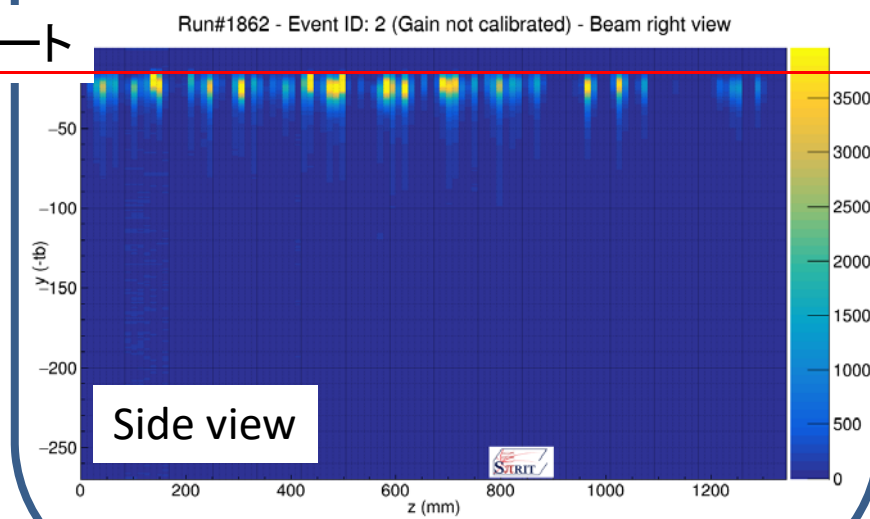
Gating Gridのprotectionは0.1%、最低でも1%必要

ILC-TPCより厳しめ

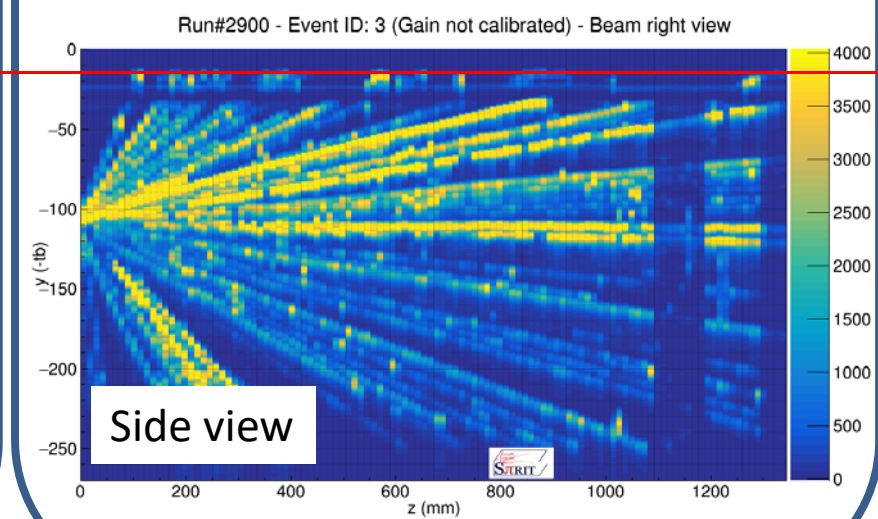
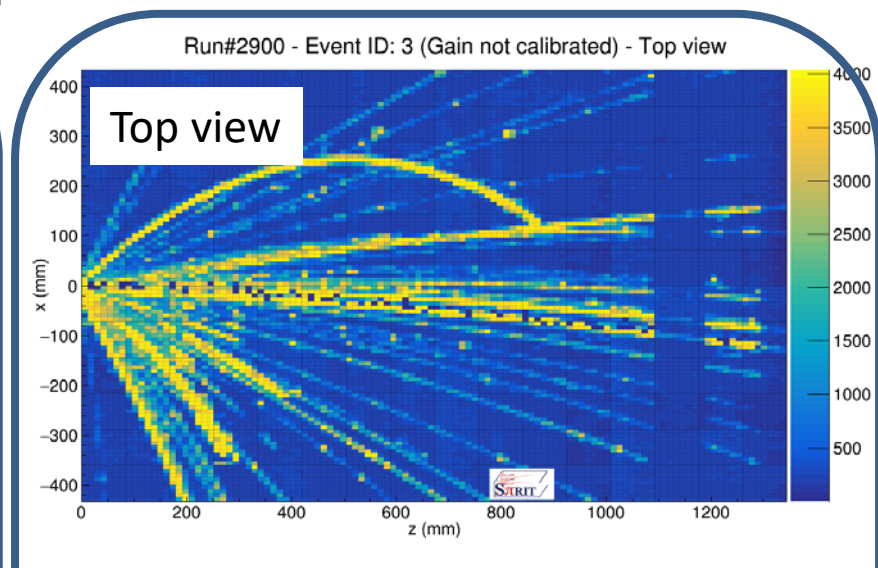
前のビームから発生する大量の δ -rayが原因 でdeadなpadが発生



ゲート



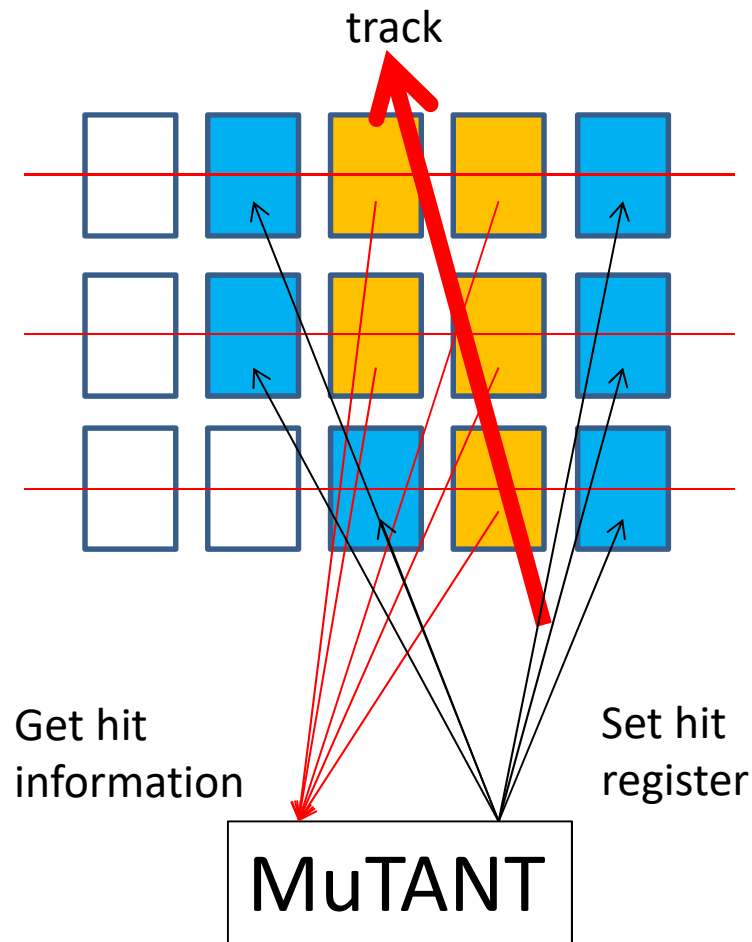
ゲートをcloseしたままでもビームからの δ -rayイベントが見える



衝突イベント

近い将来の改良点

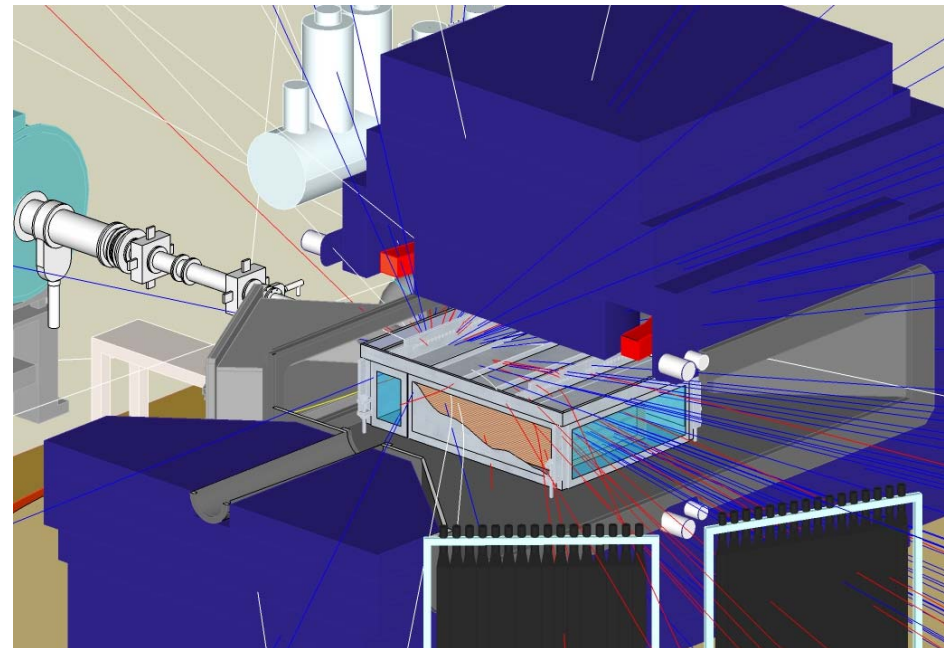
Hit pattern registerを故意に操作する



- MuTANT Triggerモジュールにより、故意にselective digitizeするチャンネルを広げる
- ディスクリの閾値設定がルーズで良くなる
 - ヒット位置を計算する上では大きい信号が見えるパッドとその周辺のパッドの波高を見る必要がある
 - 周辺のパッドに見える信号は小さく、ディスクリの閾値設定がシビア
- 故意にhit registerを操作するのを2msec以内に完了しなければならない
 - それ以降はSCA中のアナログ情報をロスする

TPCのactive target化

- Active target化: TPCのガスを検出器としてかつ標的として使う (d, d'), ($d, \text{He-3}$)
- 統計的には厚い標的の方が望ましい
 - $\Leftrightarrow$ バックグラウンド
- SPiRIT-TPCは大きいし、読み出し回路そのものはセルフトリガーを想定しているのでアップグレードとしてはアリ？
- Active target化する上での主な技術的課題は低圧下での使用
 - TPCそのものは低圧未対応。
 - 低圧中に回路をおけるか。
 - 標準気圧下だと可能か。



まとめ

- 理研RIBFにて、重イオン衝突実験用時間射影型3次元を構築した。
 - GET汎用読み出しシステムを導入
 - 2016年春期に磁場中での試運転後、物理ラン
- それまでRIBFではなかった、数100MByte/secのデータ生成を実現し、オフライン解析に理研スパコンを利用し始めた。
- 毎イベントにいくつかのdeadなpadが確認されたが、これはフロントエンドの特性とビームにより発生する大量の δ -rayによるものと考えられる。
- TPCのActive target化を意識した開発だったが、実現するにはいくつか超えるべきハードルが存在する。
- 新領域予算のおかげでproduction&実験までこぎつけられたのは明らか。
 - GET共同開発コミュニティの中で、プレゼンスを示せている。
 - HypTPCとの共同開発
- 確立した汎用読み出しの他検出器への汎用の話は実験が終わってから多く来ている。
 - DC/TPC/Si