

KEK ARTBLにおける DuTIP1の性能評価の現状

奈良女子大学大学院

人間文化総合科学研究科数物科学専攻

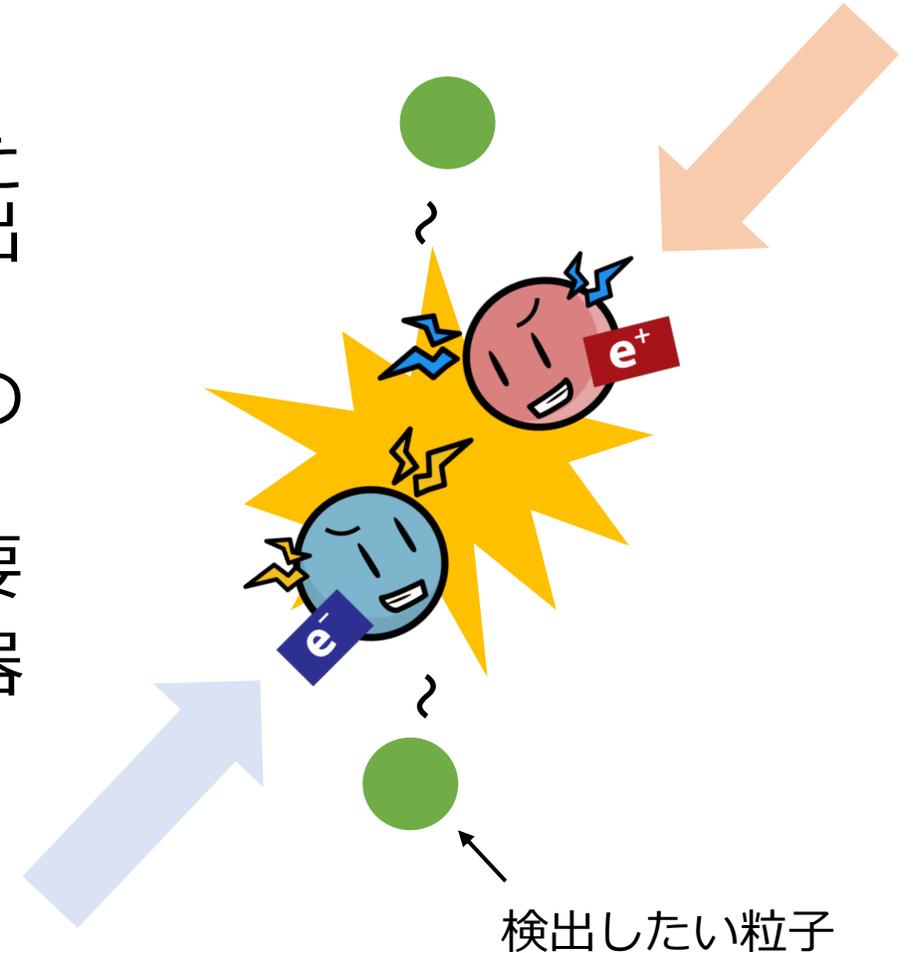
修士1年 尾崎恵美

2024/12/20

SOIPIX量子イメージング研究会2024

加速器実験

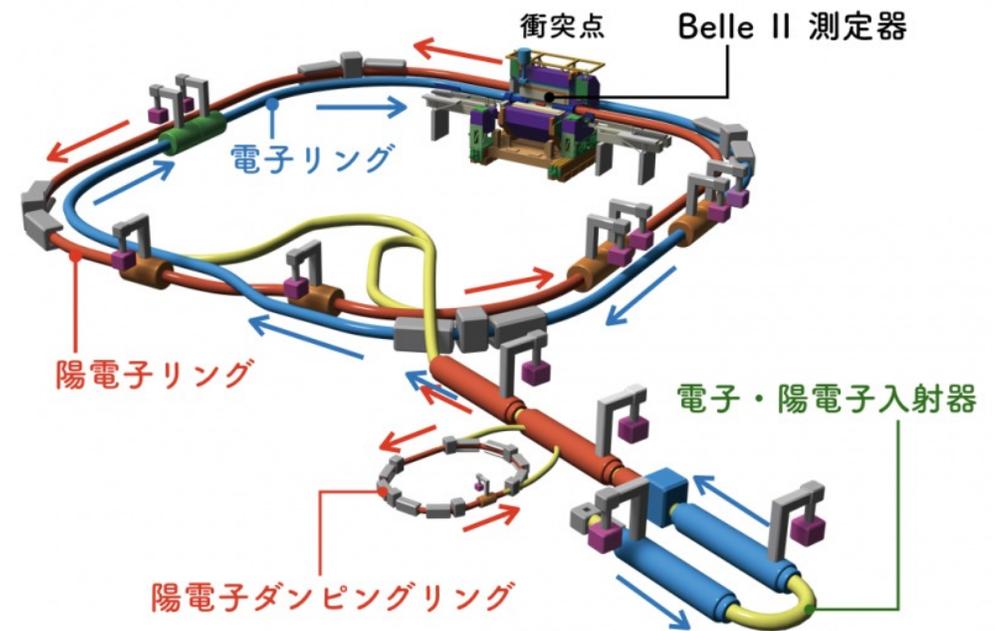
- 加速器を用いて高エネルギーに加速した粒子同士を衝突させ、出来た粒子を検出器を使って観測
- 実験結果から新たな物理法則や新粒子の探索を行う
- 加速器も大事だが、**検出器の性能**も重要
- 高レートかつ高放射線耐性を持つ検出器の開発が必要



Belle II 実験

茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構で行われている国際共同実験

- SuperKEKB加速器とBelle II 測定器で構成
- 7GeVの電子と4GeVの陽電子を高頻度で衝突させる
- 衝突によって生成するB中間子やタウレプトンの様子をBelle II 測定器で測定することで粒子・反粒子の対称性の破れや新しい物理法則を探索

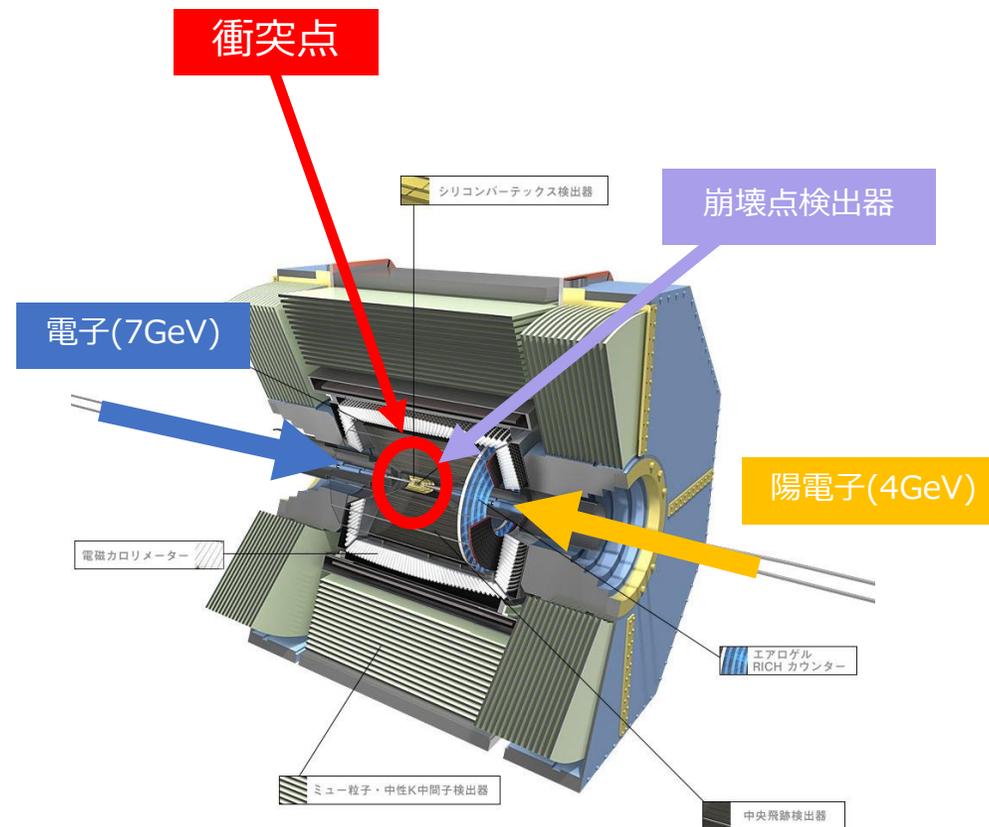


Belle II 測定器

- 衝突点を覆うように役割の異なる複数の検出器で構成
- 衝突後に様々な粒子が生成されるため、運動量やエネルギーの測定、飛跡の再構成、粒子の識別が必要

崩壊点検出器(VXD)

- Belle II 測定器の最内層に存在する半導体検出器
- 荷電粒子の通過位置を測定
- 崩壊点を再構成するのが目的

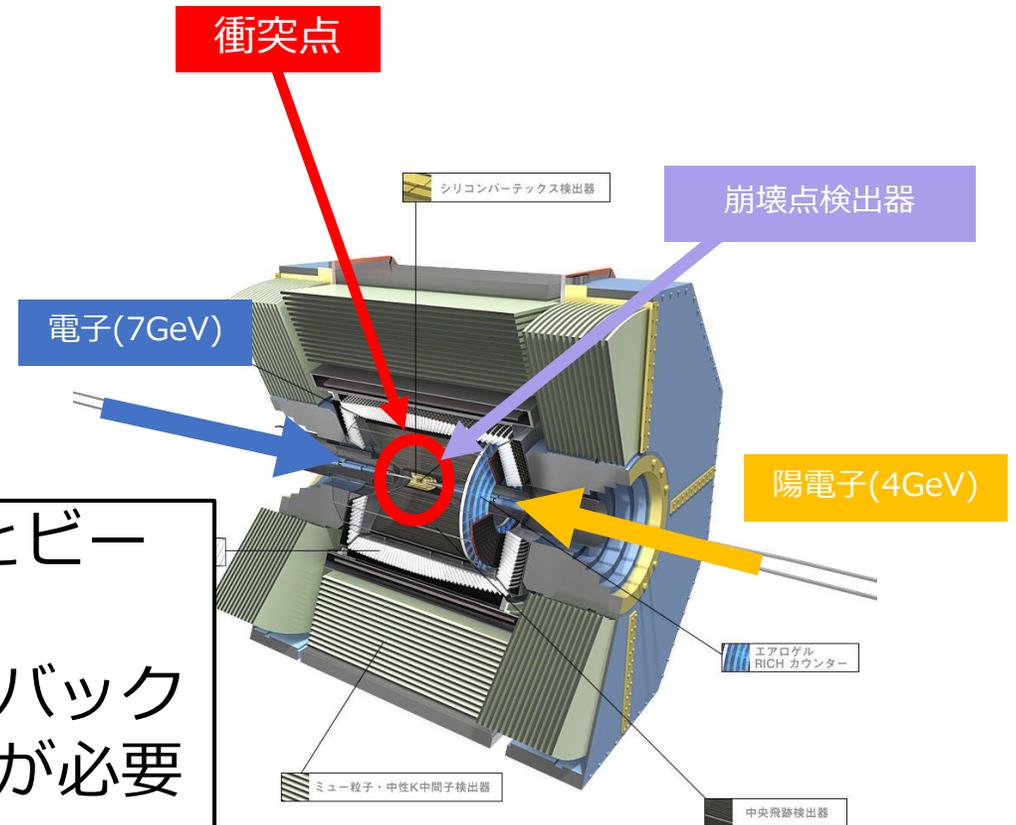


Belle II 測定器

- 衝突点を覆うように役割の異なる複数の検出器で構成
- 衝突後に様々な粒子が生成されるため、運動量やエネルギーの測定、飛跡の再構成、粒子の識別が必要

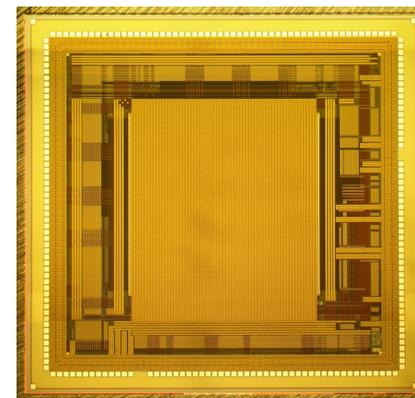
崩壊点検出器(VXD)

- SuperKEKB加速器がアップグレードするとビームバックグラウンドの量も増える
- 物理事象のデータを効率よく検出しつつ、バックグラウンド信号を除去するセンサーの開発が必要



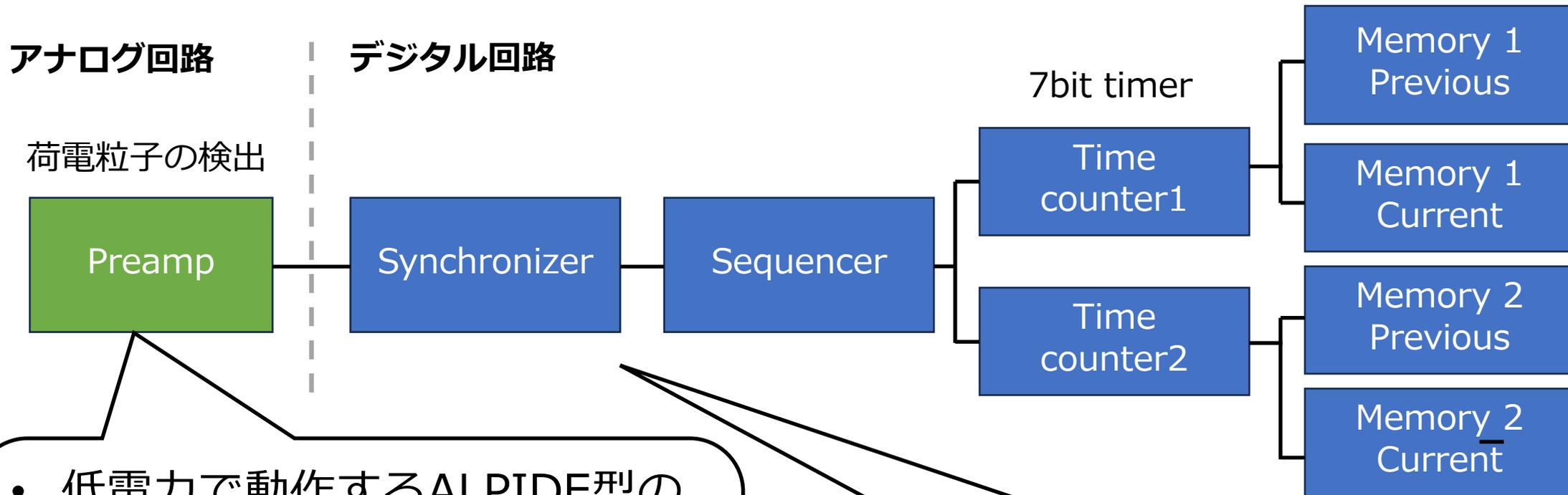
DuTiP1 (Dual Timer Pixel)

- Belle II 測定器の最内層にある vertex detector への設置に向けて開発中のSOIピクセル検出器
- ピクセル内にデジタル化に使う7bitのタイマーが2つ存在
- タイマーが二つあることで1つのタイマーが動作中でも次のヒットを検出することができる



チップサイズ	6.0mm×6.0mm
有感領域	2.7mm×2.7mm
ピクセルサイズ	45μm×45μm
ピクセル数	64×64
厚み	310μm
読み出し方法	バイナリー

DuTiPのコンセプト



荷電粒子の検出

Preamp

デジタル回路

Synchronizer

Sequencer

7bit timer

Time counter1

Time counter2

Memory 1 Previous

Memory 1 Current

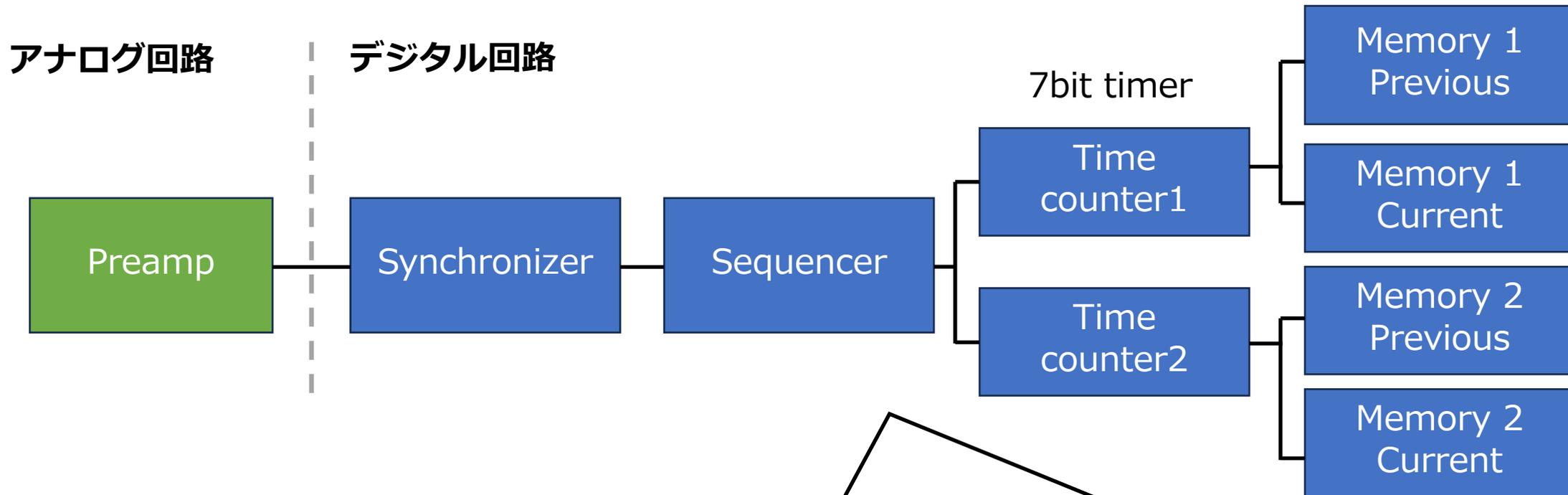
Memory 2 Previous

Memory 2 Current

- 低電力で動作するALPIDE型のアンプを使用
- シェイパーやディスクリミネーターの機能を含む
- センサーからの信号を受ける

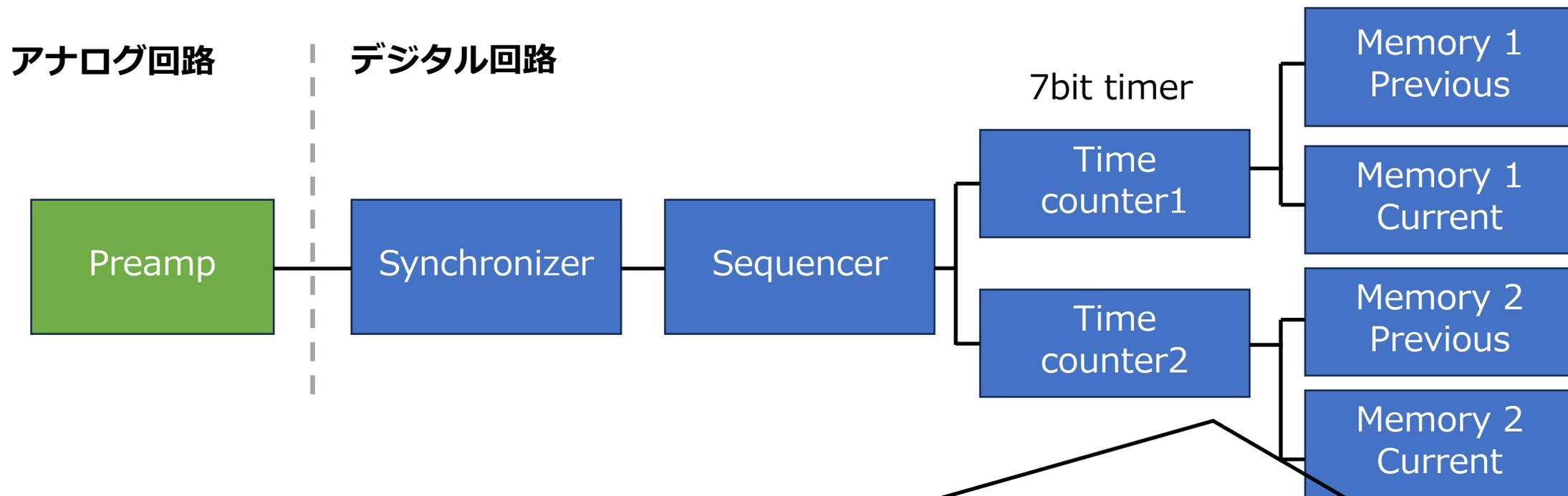
1CLK幅のHITパルスに成形

DuTiPのコンセプト



- Time counter1をスタートさせる
- すでに1が動いていればTime counter2をスタートさせる

DuTiPのコンセプト



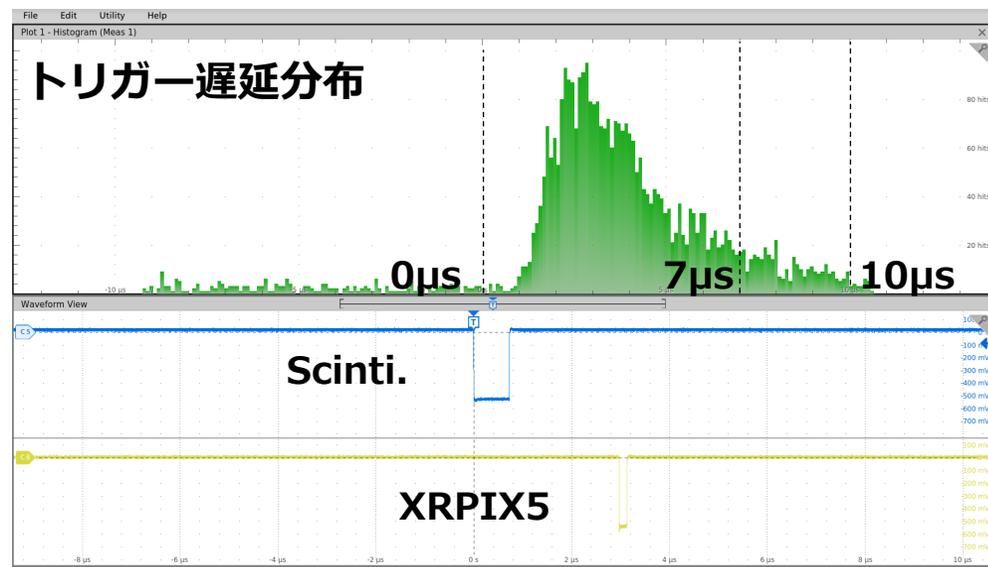
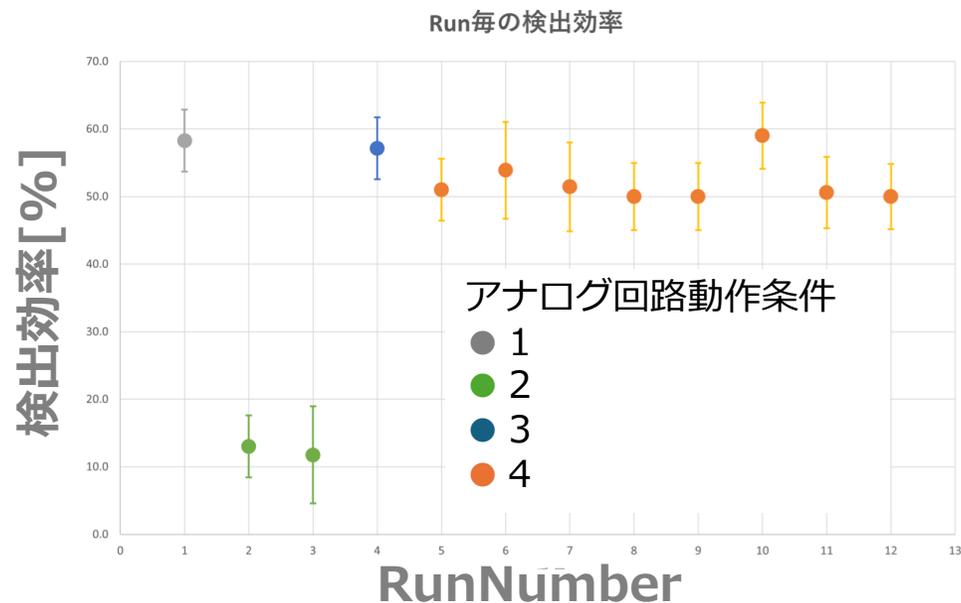
タイマーとトリガー信号が一致している場合はPrevious、1CLK遅延している場合はCurrentのタイミングとしてヒット情報が該当メモリに保存される

⇒トリガーと同期したヒットのみバイナリー読み出しすることにより、ローリングシャッター読み出しをする現行のBelle II ピクセル検出器よりもビームバックグラウンドによるヒットを低減できる

先行研究

- 昨年のテストビーム実験の結果：DuTiPの検出効率は60%程度であった
- プリアンプ回路のパラメータの最適化が必要
- 検出効率が低く見えた要因としてトリガーに使用したXRPIX5の遅延が影響していると考えられる
 - 最大で10 μ secの遅延
 - DuTiP1は7bitタイマーの127クロック目(6.7 μ sec)でコインシデンスをとるため10%ほど取り漏らしてしまっている

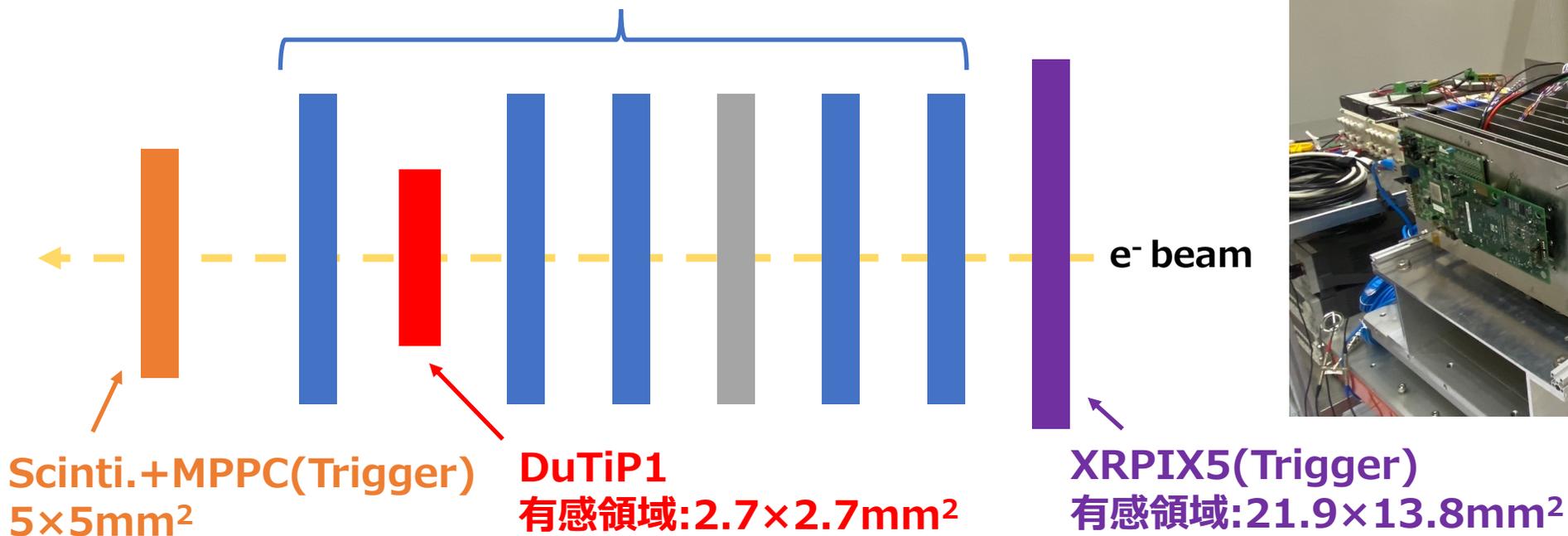
→今回のビームテストではシンチレーターで取ったデータで検出効率の評価を行う



KEK ARTBLでの電子ビーム試験

2024/12/5-10

INTPIX4NA(telescope)



実験の目的 …荷電粒子通過に対する検出効率を求める

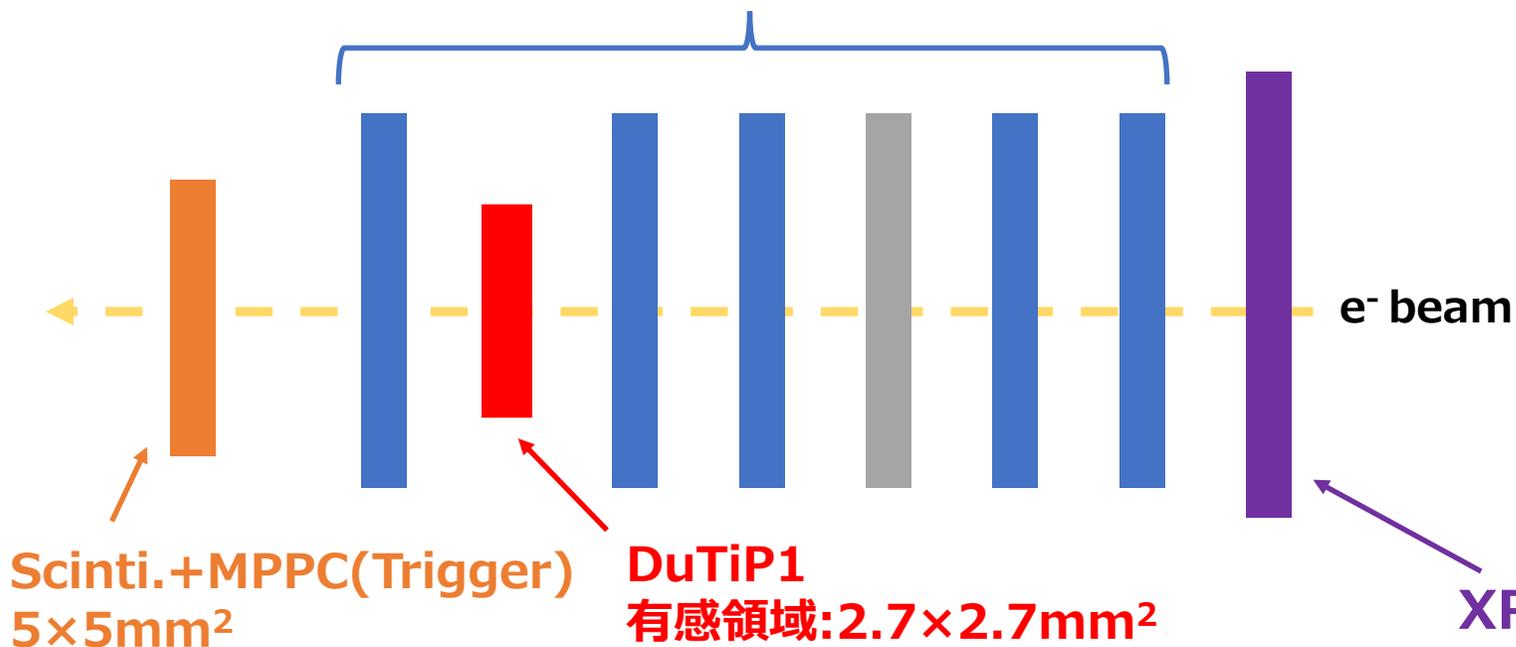
- ・まずXR5トリガーでDutipの位置を確認
- ・シンチレーターでトリガーしたデータで検出効率を評価
- ・アナログ回路のパラメータを変えて測定

←解析は今ココ

KEK ARTBLでの電子ビーム試験

2024/12/5-10

INTPIX4NA(telescope)



XRPIX5(Trigger)
有感領域:21.9×13.8mm²

Data Takingの流れ

Beam→Scinti. or XRPIX5からトリガー信号
→TLU→DuTiP→PC

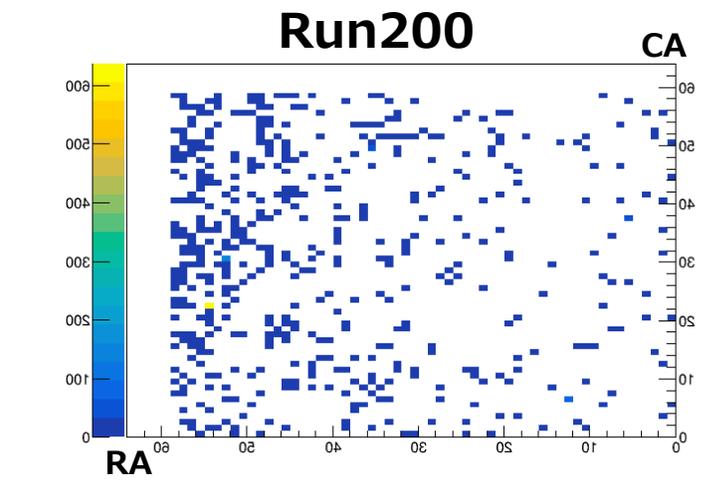
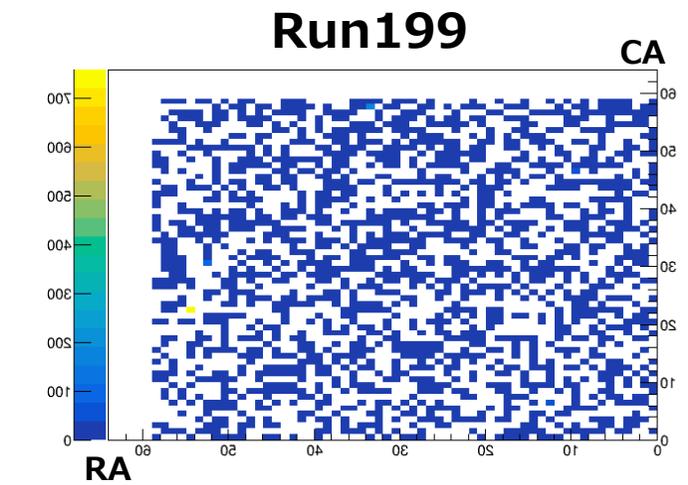
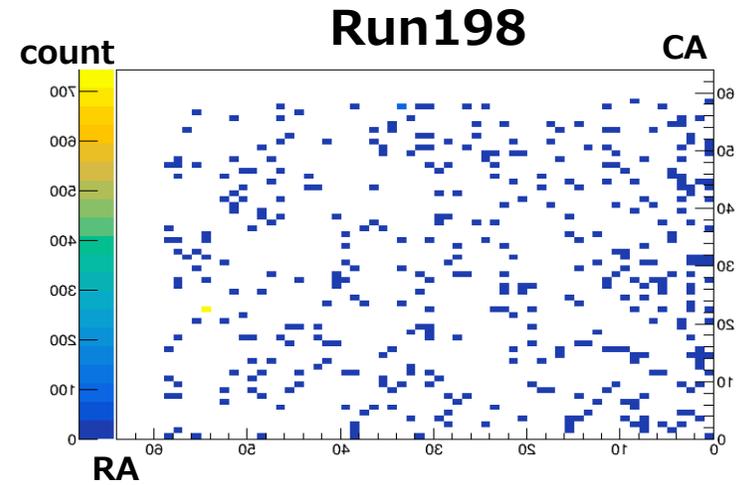
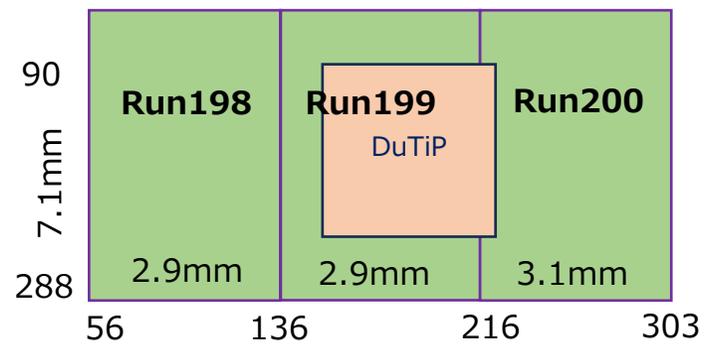
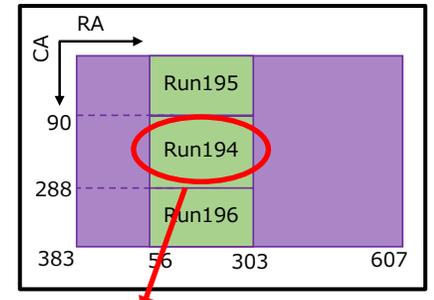
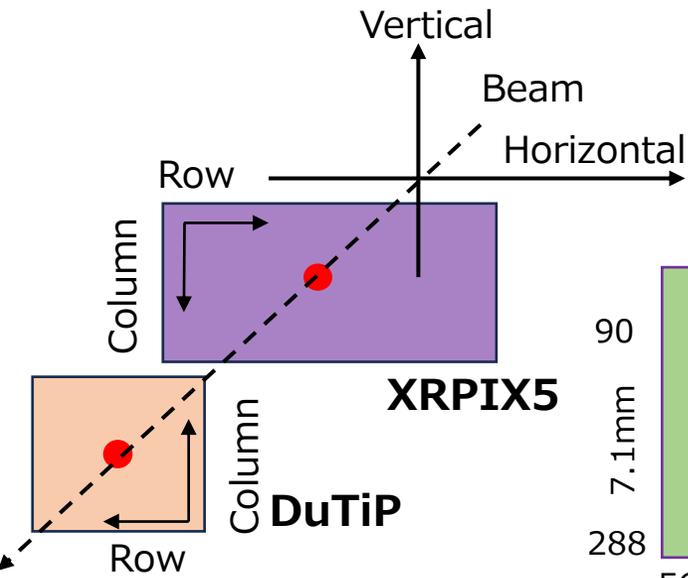
- ピクセルサイズ：36μm角
- 1ピクセル単位で読み出し領域を決めることができる

Trigger領域の違いによるhitmapの比較②

イベント数：10000

- RA:56~303,CA:90~288を更に3領域に分けて時のヒットマップを作成
- RA:136~216,CA:90~288に設定した際にカウント数の増加が見られた

→DuTiPは電子ビームを捉えていることがわかった

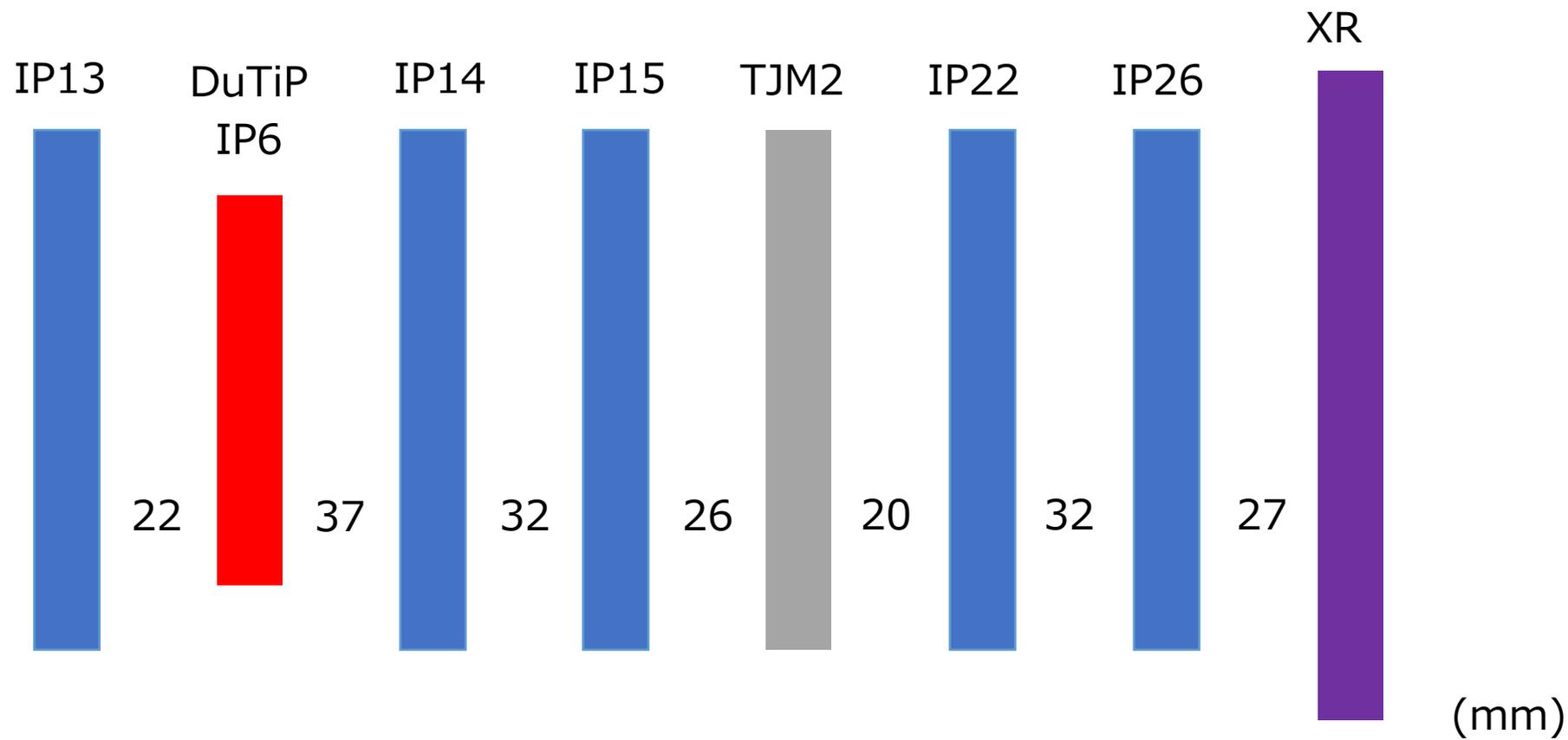


まとめ・今後

- Belle II vertex detector向けに開発されたDuTiPの動作試験を行っている
- KEK ARTBLでの電子ビーム試験の現段階の解析の結果として、DuTiPが電子ビームを捉えていることがわかった
- 今後の解析では、telescopeからのtrackの情報を用いて検出効率と位置分解能の評価を行う

BACK UP

セットアップ



Preamp

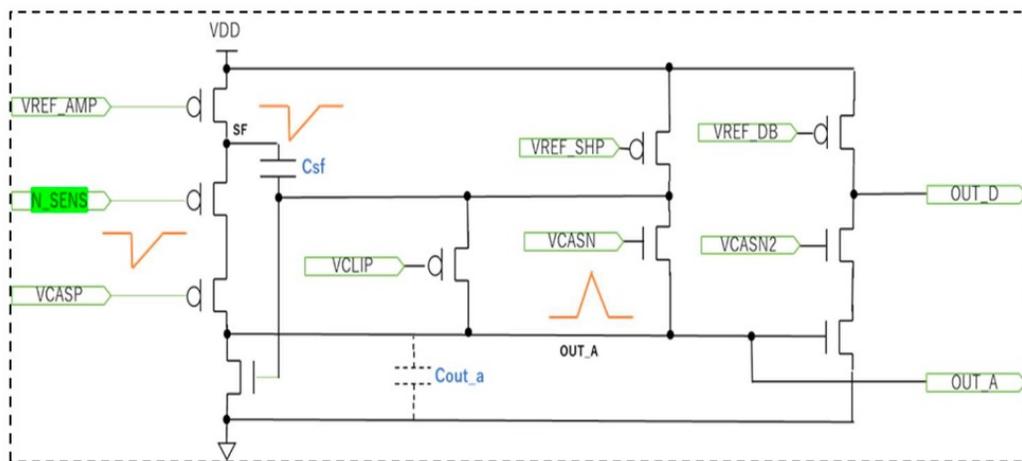


表 A.1: ALPIDE アンプ回路のパラメータ一覧。単位は [mV] である。

端子名 / 名称	Sim.v1	Sim.v2	Li	1	2	3
VDIODE	700	700	1300	1300	700	1300
VREF_RESET	1096	1096	750	750	1096	750
VREF_AMP	1166	1166	1166	1166	1166	1166
VCASP	400	400	50	50	400	400
VCLIP	300	500	308	308	300	308
VREF_SHP	1140	1140	1140	1140	1140	1140
VCASN	700	1100	1500	1100	1100	1500
VREF_DB	1166	1166	1166	1166	1166	1166
VCASN2	1000	1000	1800	1800	1000	1800

ALICE実験のアップグレード向けに開発されたALPIDEチップのアンプをSOIプロセス向けに改変したものの

端子名	機能
VDIODE	入力リセット電圧
VREF_RESET	入力リセット電流
VREF_AMP	初段電流
N_SENS	入力
VCASP	P オン電流
VCLIP	クリッピング電圧
VREF_SHP	フィードバック電流
VCASN	OUTA baseline
VREF_DB	スレッシュホールド電流
VCASN2	N オン電圧
OUT_B	デジタル出力
OUT_A	アナログ出力