

# ILC 衝突点ビームモニター(ペアモニター) のための読み出し回路の開発

佐藤優太郎, 池田博一<sup>A</sup>, 佐々木励,  
田窪洋介, 長嶺忠, 山本均

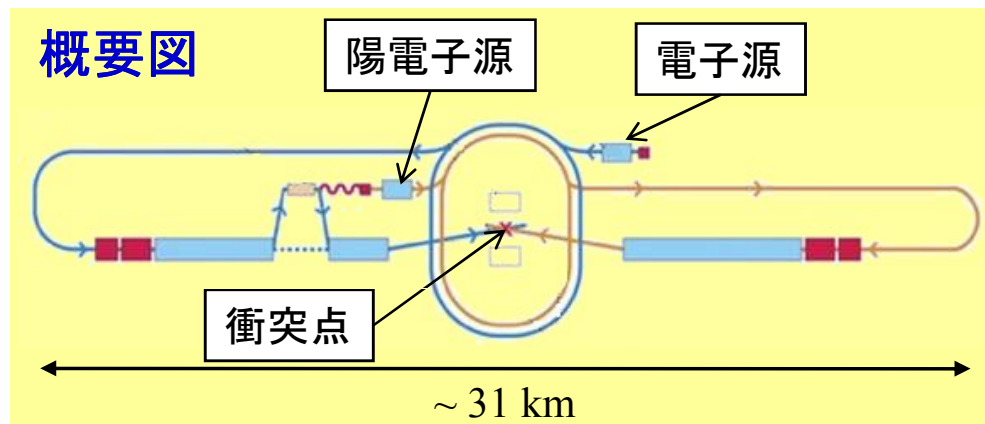
東北大学, JAXA(宇宙航空研究開発機構)<sup>A</sup>

## 講演内容

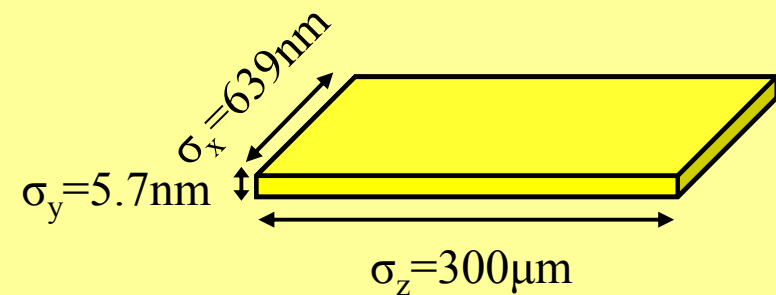
1. イントロダクション
  - ILC
  - ペアモニター
2. 読み出し回路の開発
  - デザイン・レイアウト
  - 動作確認
3. SOI 技術を用いた読み出し回路の開発
4. まとめ

## ILC ( International Linear Collider )

- 重心系エネルギー：最大 500 GeV (アップグレード → 1 TeV)
- 積分ルミノシティ(4年間)：500 fb<sup>-1</sup>



## ビームバンチサイズ



→ 高ルミノシティを保つためには衝突点でのビームサイズ測定が必要

## 衝突点ビームモニターへの要請

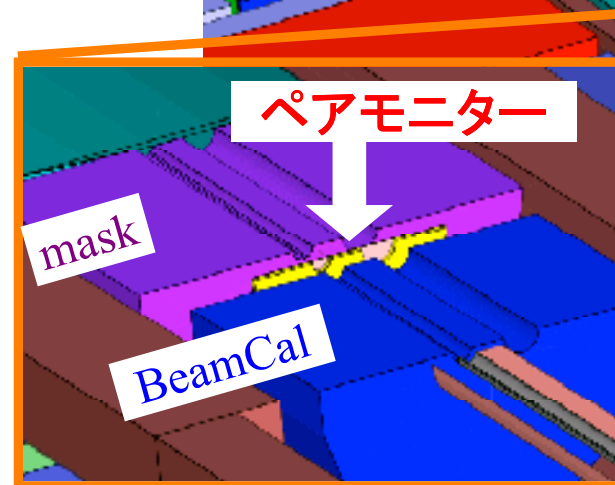
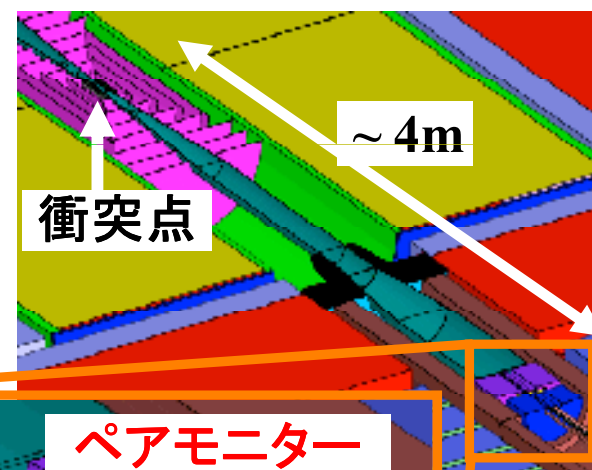
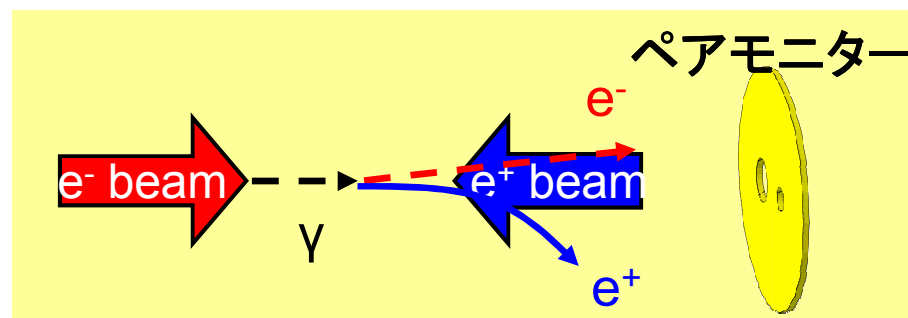
- ビームサイズ測定精度：< ~10%
- 他の粒子検出器の障害にならないこと
- 素早いフィードバック

→ **ペアモニター (ILD の基本デザインの検出器)**

## 測定原理

- ビーム衝突時に 電子・陽電子ペアが大量に生成
- 向かってくるビームと同電荷の粒子は大きく散乱
- 散乱粒子がビーム情報を持つ

→ 電子・陽電子のヒット分布を得て、ヒット分布からビーム形状を測定



## デザイン

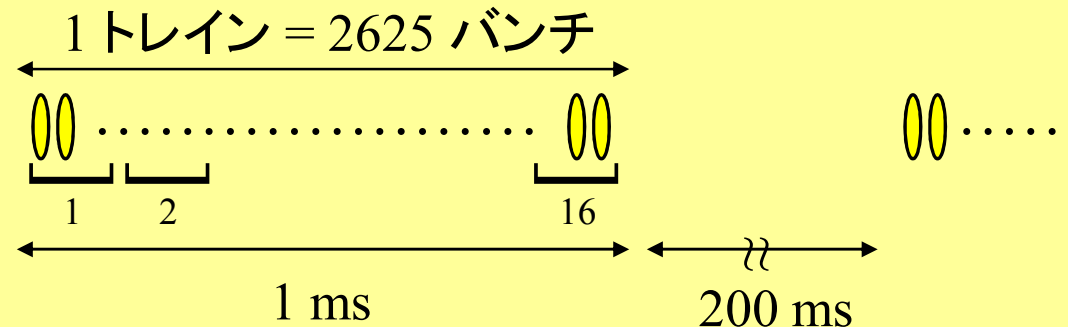
- シリコン・ピクセル・センサー
- 半径 : 10 cm
- 衝突点から ~ 4 m の地点に設置予定

ペアモニターのための読み出し回路を開発している。

## 読み出し回路への要求

- ペアモニター上の電子・陽電子のヒット分布を取得
- トレインを16分割して、それぞれの部分でヒット数をカウント
  - ピクセル当たり1バンチに1個までのヒット数をカウント
  - エネルギーの情報は必ずしも必要ではない
- トレイン間 (~ 200 ms) で全てのデータを転送

### ILC のビーム構造

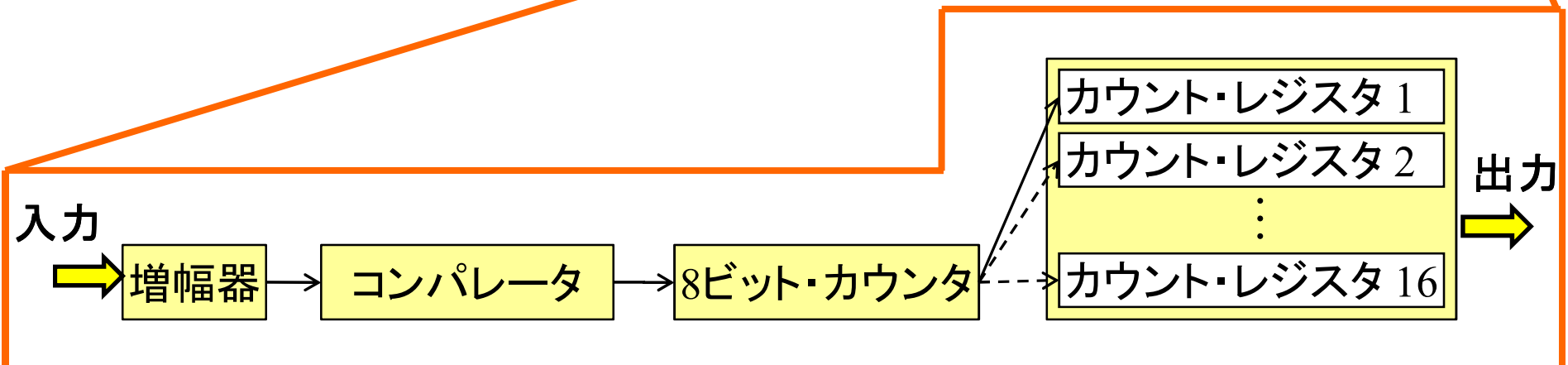
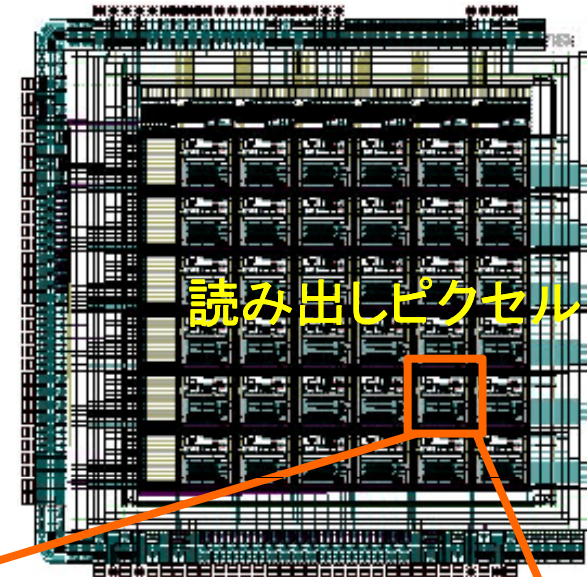


→ これらの要求を満たすように回路の設計・製作が行われた。

## 回路デザイン

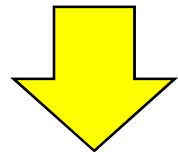
- 36 (6 x 6) 個の読み出しピクセル
  - 増幅器
  - コンパレータ
  - 8ビット・カウンタ (ヒット数をカウント)
  - 16個のカウント・レジスタ (ヒット数を保存)
- シフトレジスタ (読み出しピクセルを指定)

レイアウト

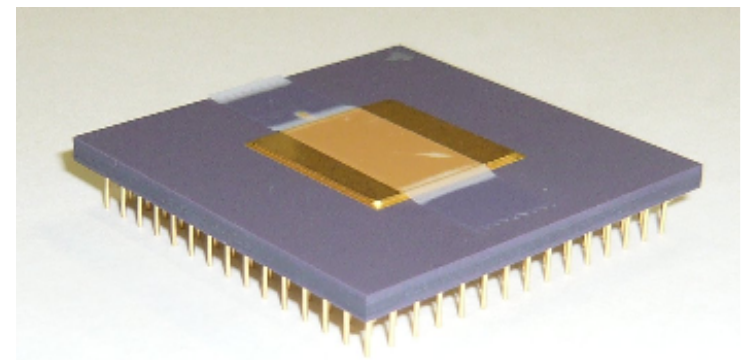
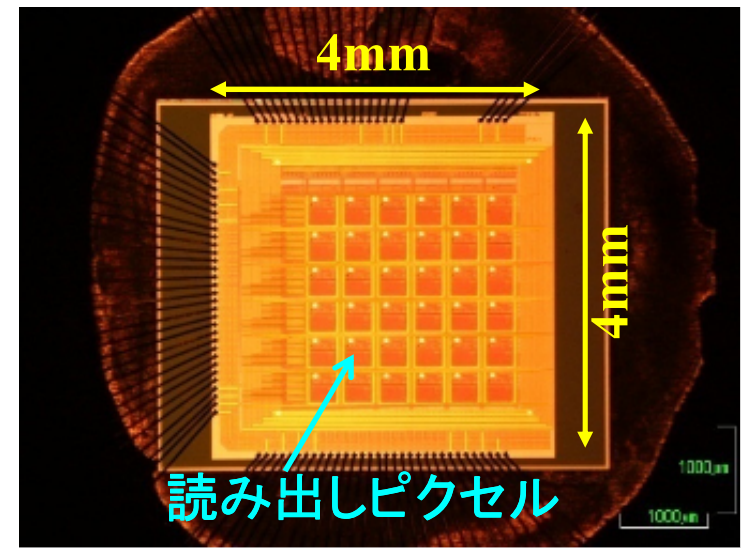


## プロトタイプ回路

- 製造プロセス : 0.25  $\mu\text{m}$  TSMC
- チップ・サイズ : 4 x 4mm<sup>2</sup>
- ピクセル数 : 36 (= 6 x 6)
- ピクセル・サイズ : 400 x 400  $\mu\text{m}^2$
- センサーに bumps ボンドで接続予定
- パッケージ : PGA144

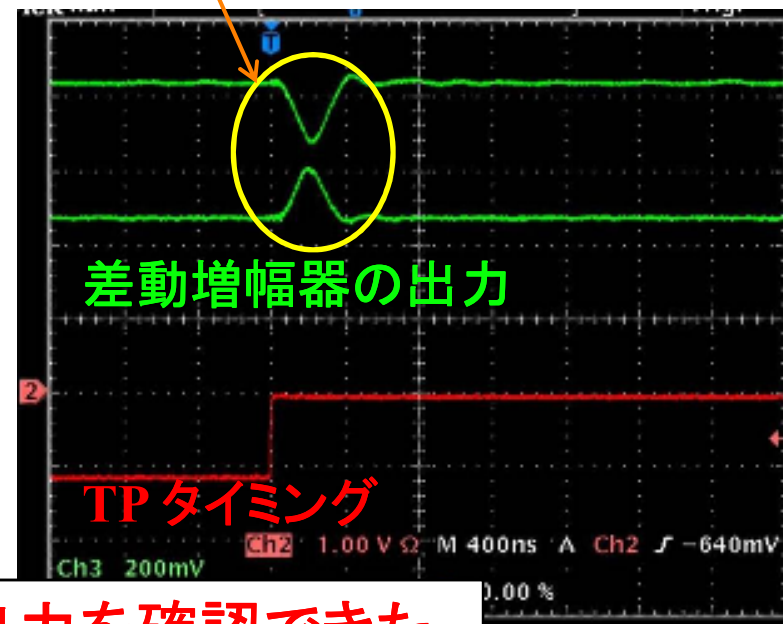
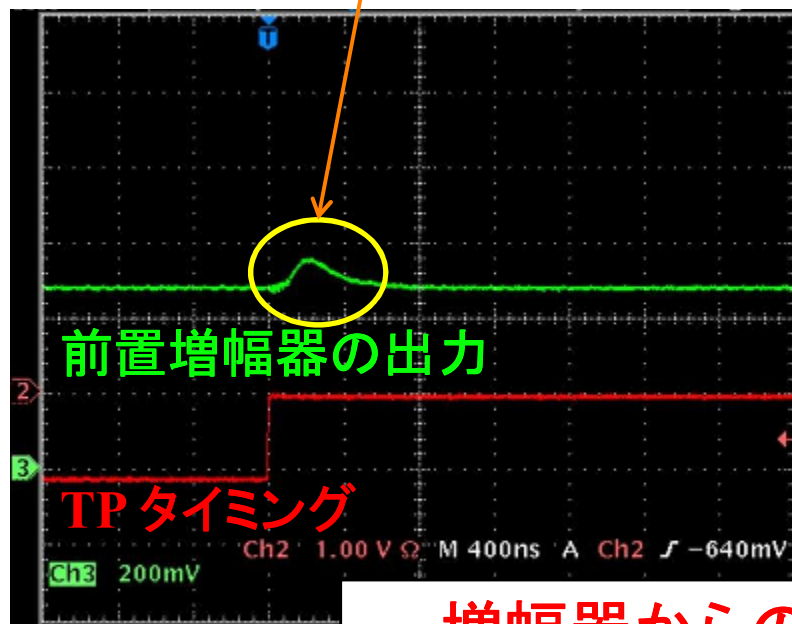
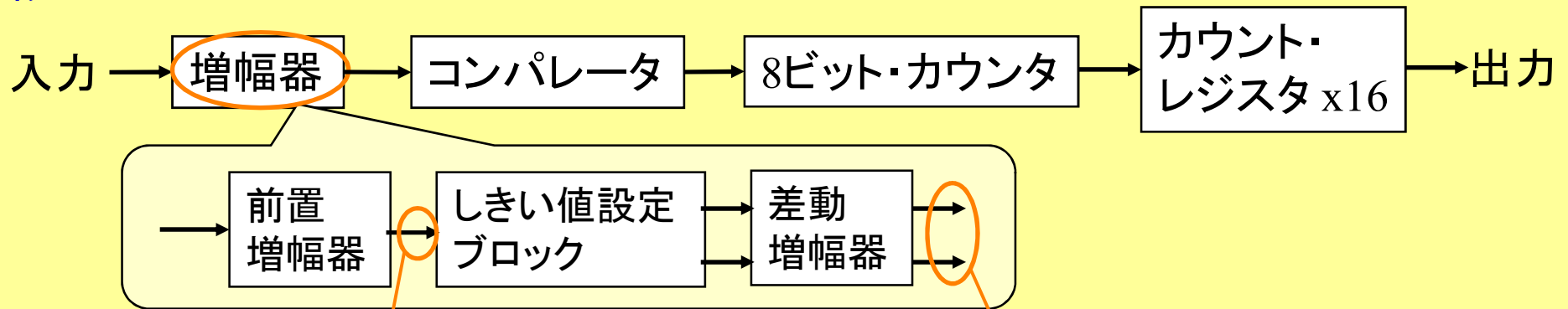


**2008年10月にプロトタイプ回路が完成。  
動作試験を実施した。**



前置増幅器・差動増幅器の出力を確認した。

## 読み出しピクセル

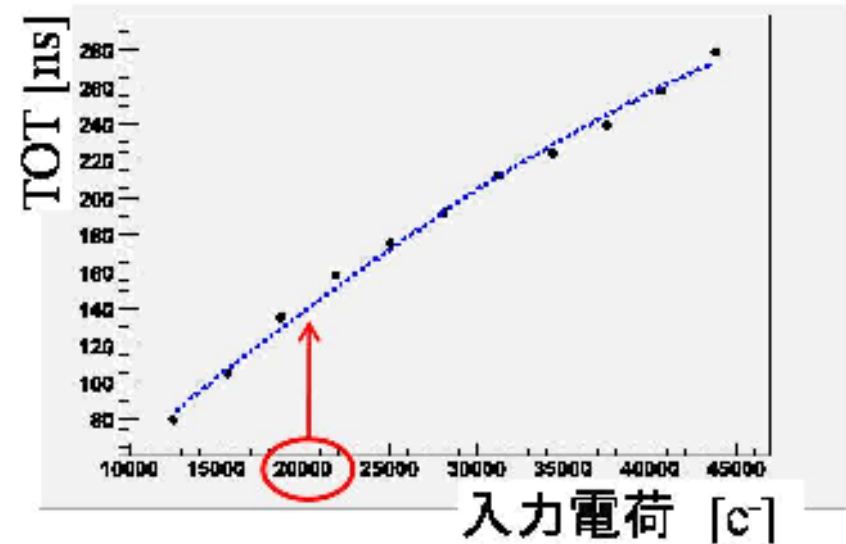
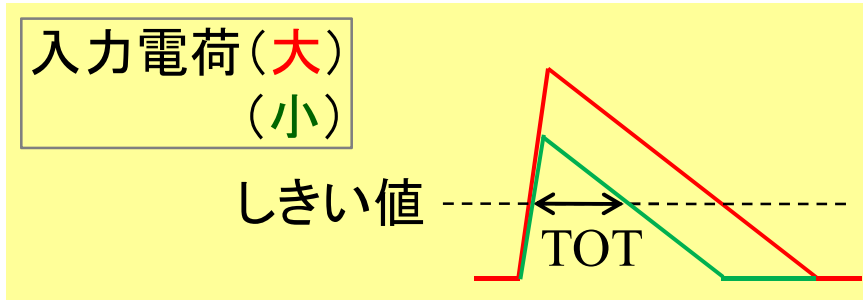


→ 増幅器からの出力を確認できた。

増幅器のTOT (Time Over Threshold) の特性を確認した。

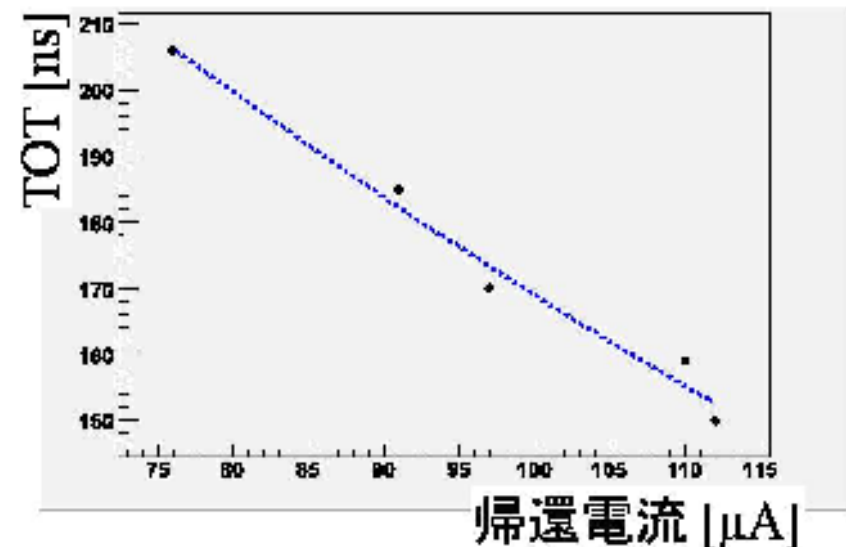
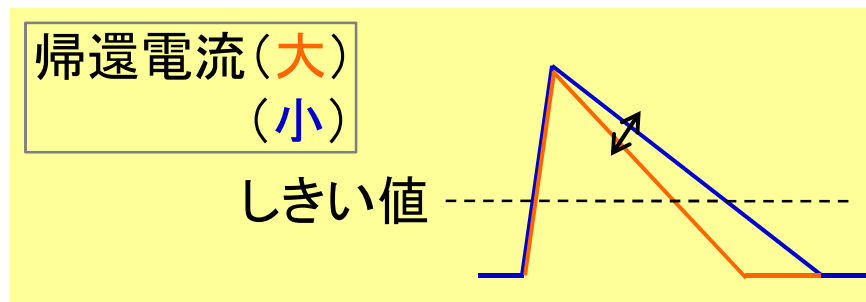
## 入力電荷の依存性

- 入力電荷が大きいほどTOTは大きくなる。



## 帰還電流の依存性

- 帰還電流が大きいほどTOTは小さくなる。

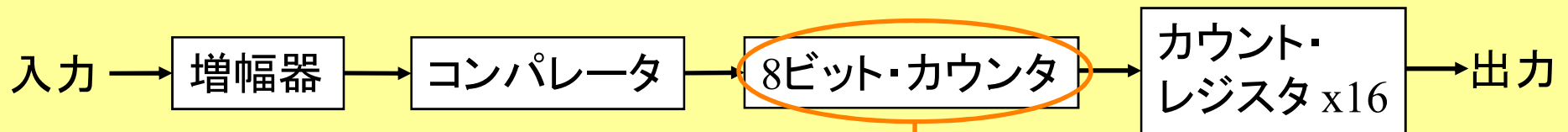


→ TOT の特性が確認できた。  
増幅器が正しく動いている。

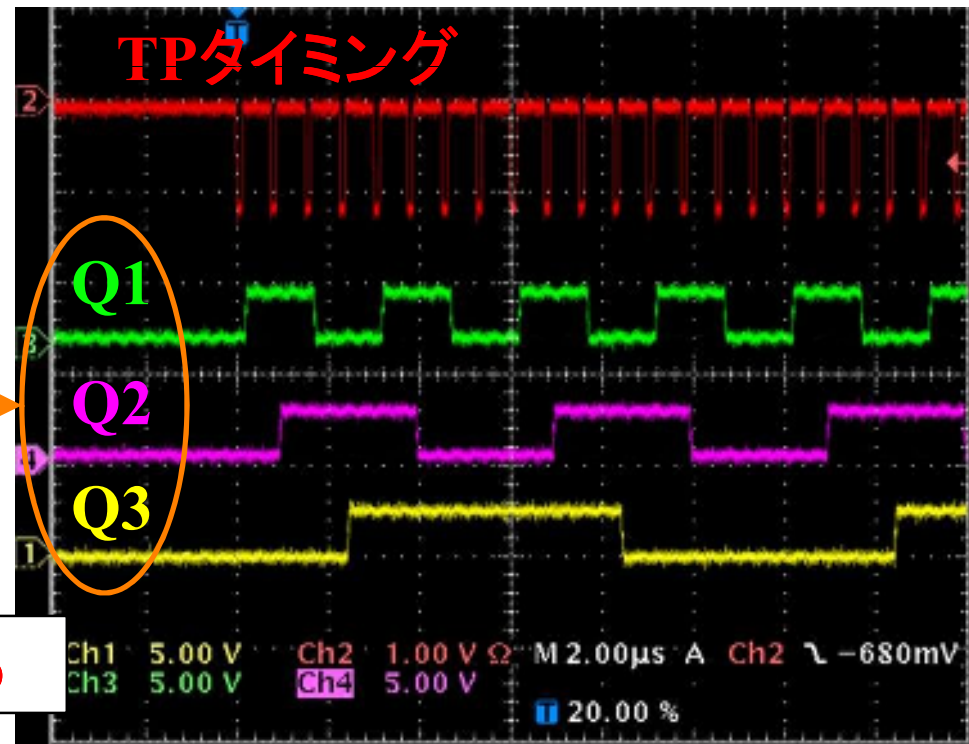


カウンタの応答を確認した。

## 読み出しピクセル



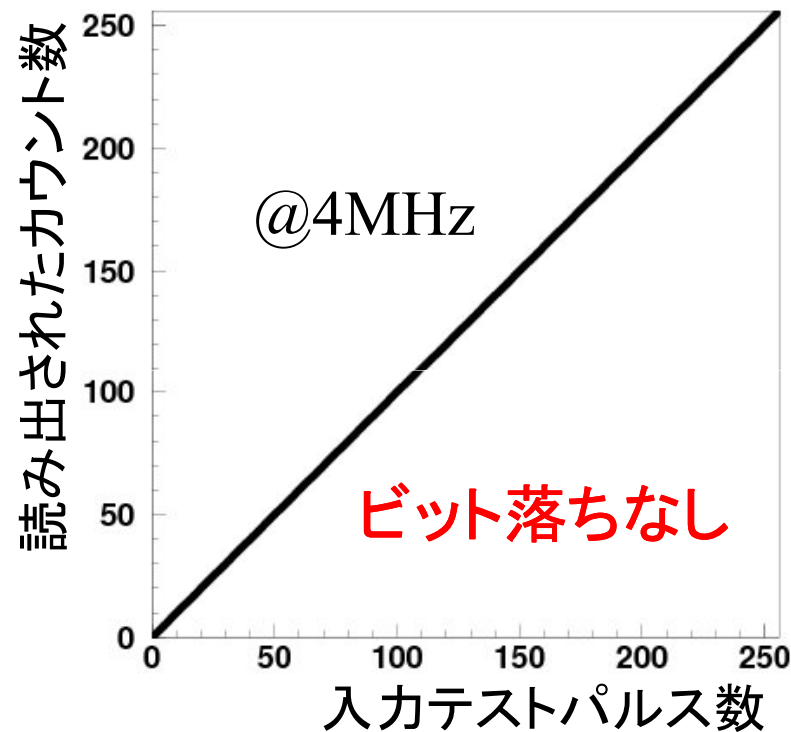
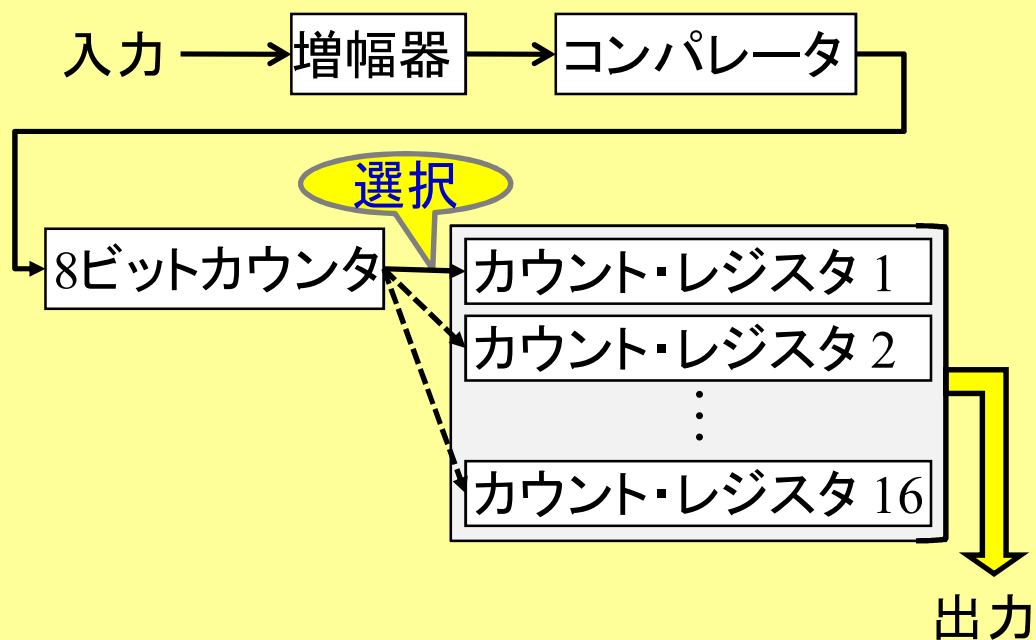
グレイコードを使用



→ カウンタが正常に動いている

4MHzでテストパルスを入力して、  
 カウント・レジスタの出力を確認した。

## 読み出しピクセル



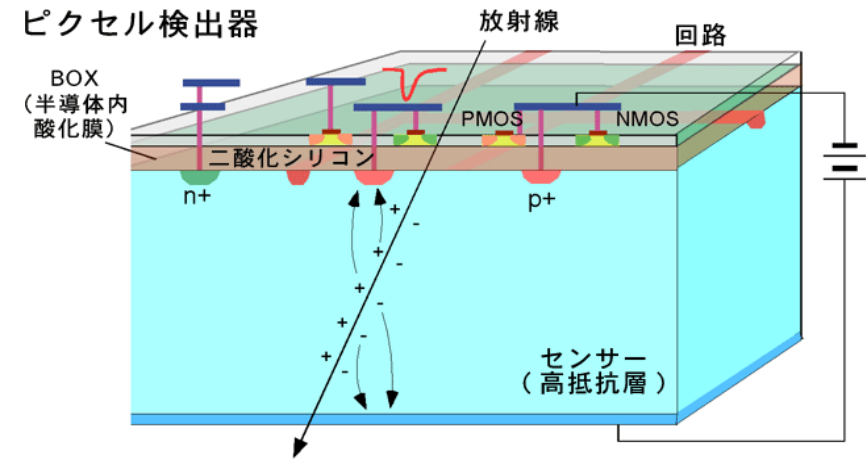
→ 指定したカウント・レジスタから、正しくカウント数が読み出された。

読み出し回路が要求性能を満たして、動作していることを確認できた。  
 今後は、模擬センサー (PIN ダイオード) と接続予定。

SOI (Silicon On Insulator) 技術を用いたペアモニターの開発をスタート

## SOI ピクセル検出器

- センサーと読み出し回路の一体化
  - 高速化
  - 低消費電力
  - 薄型化
  - 低物質質量



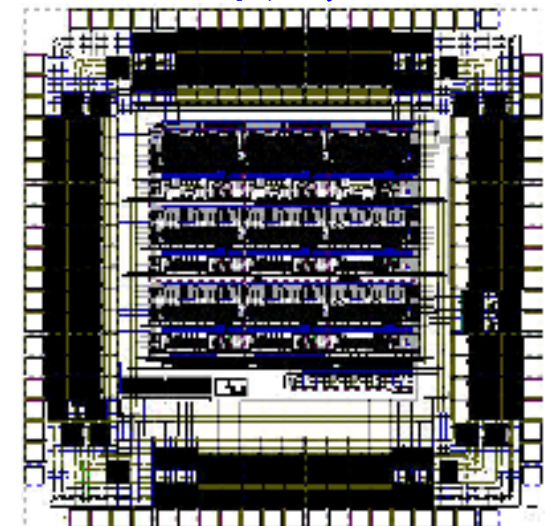
→ KEKのMPW(Multi Project Wafer) Runに参加して、  
ペアモニターの読み出し回路を製作中

レイアウト

## デザイン

- 製造プロセス : FD - SOI CMOS 0.2  $\mu\text{m}$
- チップサイズ : 2.5 x 2.5  $\text{mm}^2$
- ピクセル数 : 9 (= 3 x 3)

→ 2009年4月完成予定



- ILC では高ルミノシティ維持のために衝突点でのビームサイズ測定が必要。  
→ **ペアモニター** (ILD の基本デザインの検出器)
- ペアモニターのための読み出し回路の開発を進めている。
  - プロトタイプ回路を作成 (2008年10月に完成)  
**要求性能を満たして、正しく動作していることを確認。**
  - 今後は模擬センサー(PIN ダイオード)との接続予定。
- **SOI** を用いた読み出し回路の開発をスタート。
  - レイアウトが完成して、現在製造中 (2009年4月完成予定)