

ATLAS Muon LVL1 Trigger Systemのコミッショニング (first beam result)

総研大

高エネルギー加速器科学研究科

鈴木 友

KEK(総研大)、名大理^A、東大素セ^B、神戸大自然^C、阪大理^D、首都大^E 佐々木修、池野正弘、田中秀治、戸本誠^A、杉本拓也^A、奥村恭幸^A、高橋悠太^A、長谷川慧^A、坂本宏^B、川本辰男^B、石野雅也^B、久保田隆至^B、金賀史彦^B、結束晃平^B、平山翔^B、越前谷陽佑^B、蔵重久弥^C、石川明正^C、越智敦彦^C、松下 崇^C、中塚洋輝^C、早川俊^C、菅谷頼仁^D、福永力^E 他ATLAS日本TGCエレキグループ

目次

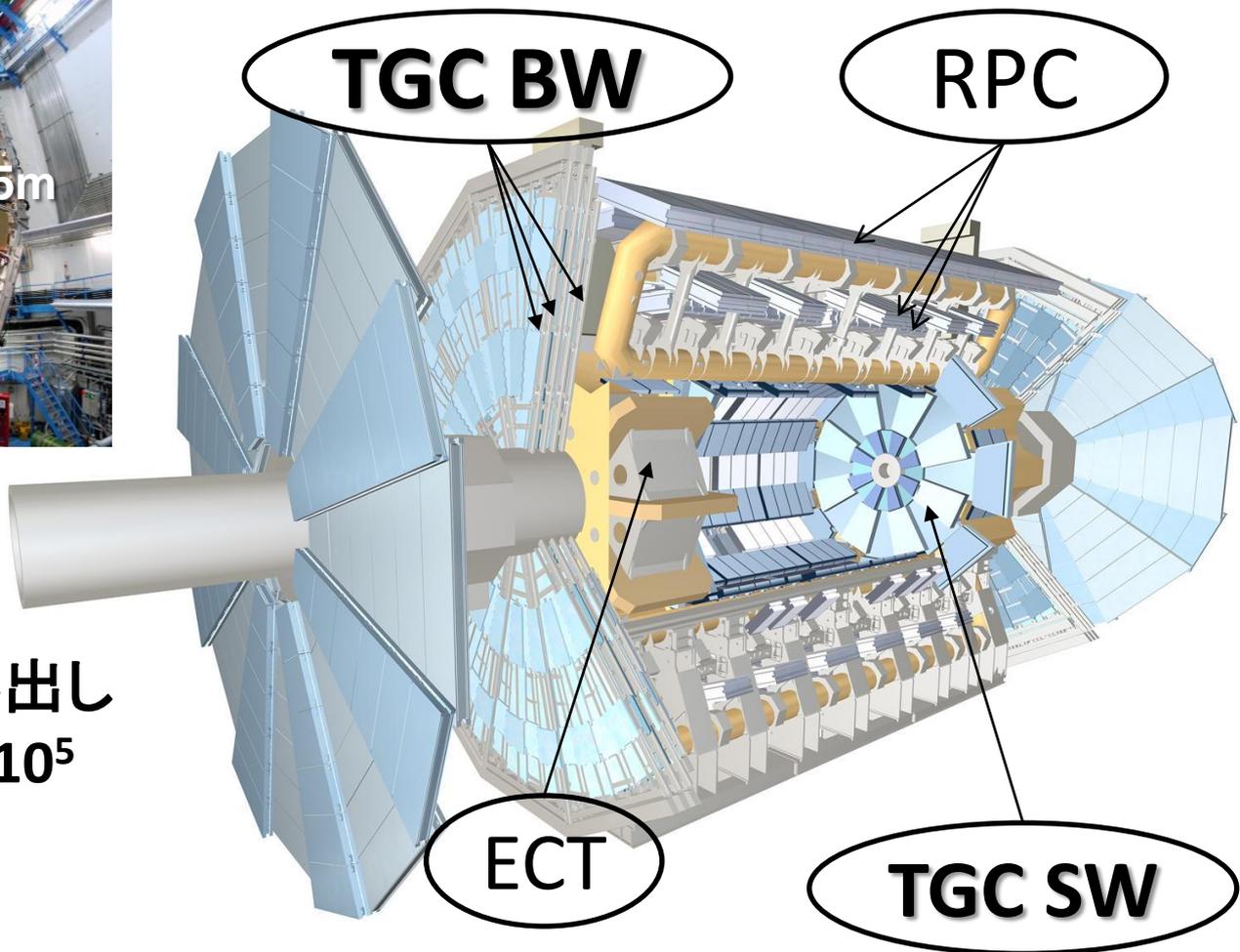
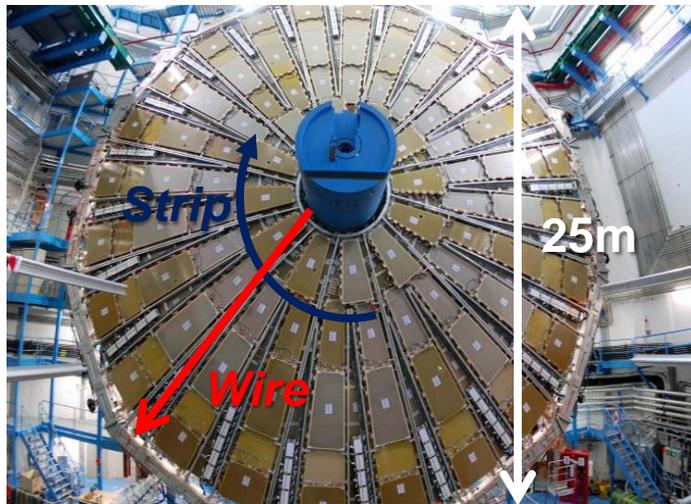
1. Muon Trigger System
2. TGC System
3. タイミング調整のスキーム
4. タイミングの検証

Muon Trigger System

•円筒部分:RPC(Resistive Plate Chamber)

•前後方部分:TGC (Thin Gap Chamber)

•トロイダルマグネット



チェンバー総数 3600枚

総面積 約6000m²

Wire-Stripの2次元読み出し

読み出しチャンネル 3.2×10^5

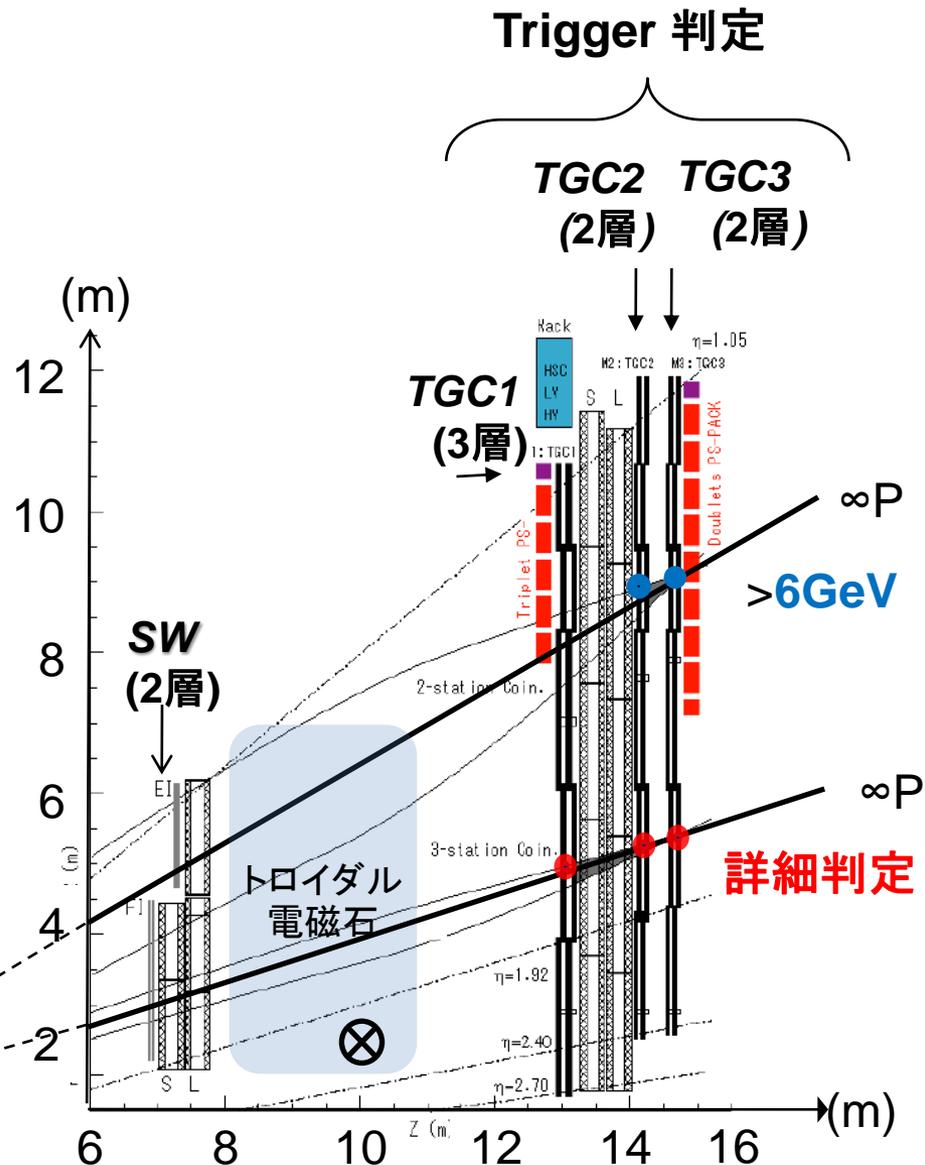
TGC System

TGCの役割

ミュオンのPt測定を行い
2.5 μ 秒以内レベル1トリガーを
ATLAS検出器全体に配布する

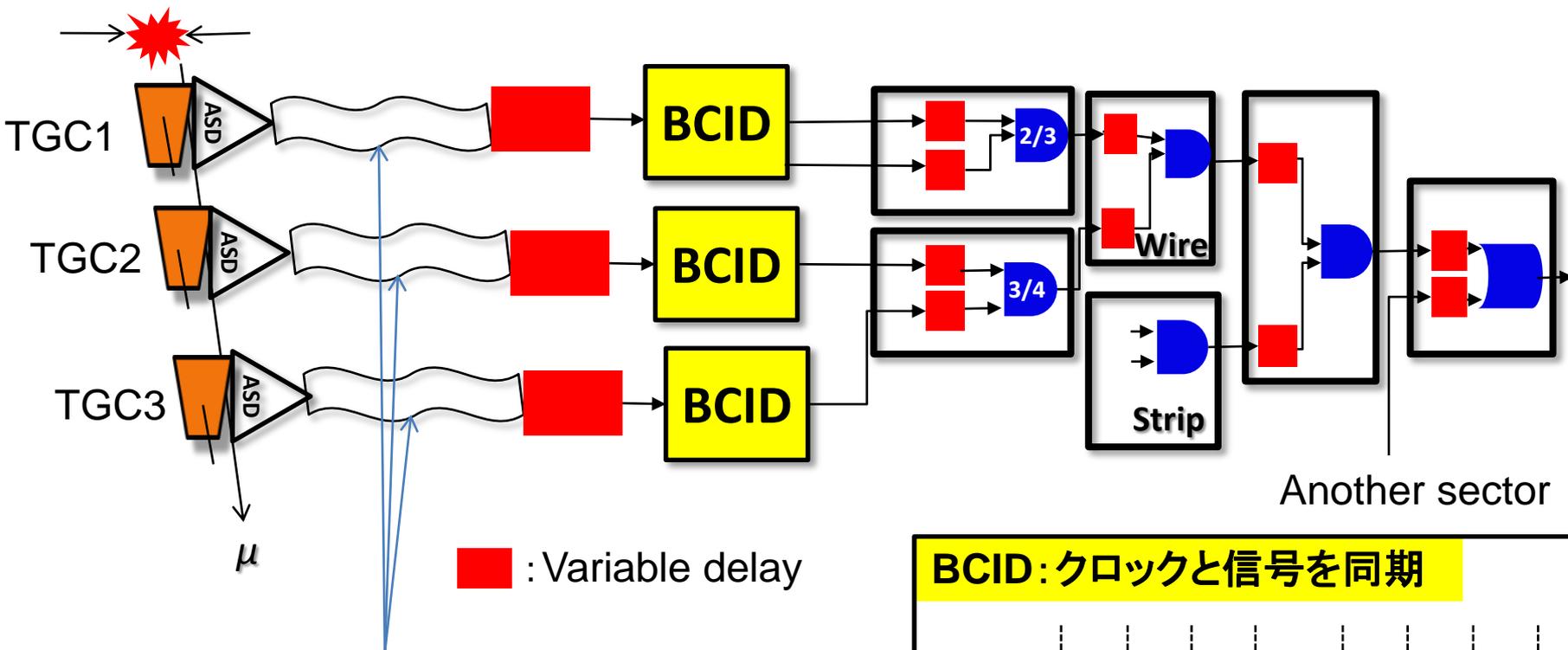
→25nsec間隔の衝突から
興味あるバンチを一意に特定

タイミング調整が必要不可欠

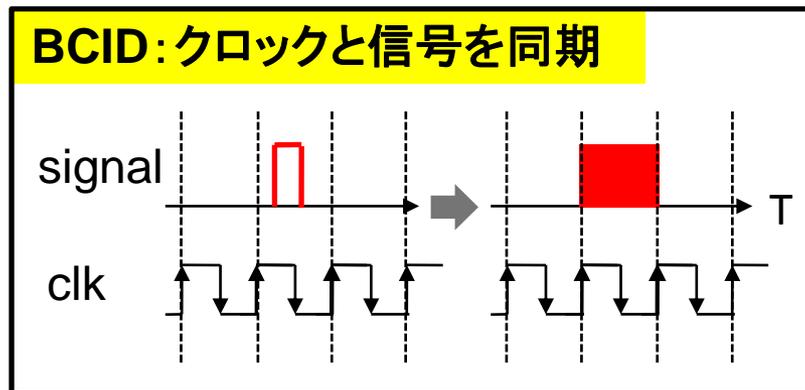


TGCシステム内の遅延回路

1. Muon Trigger System 2. TGC System
3. タイミング調整のスキーム 4. タイミングの検証



ケーブル 約10000本(418種類)
(調整が必要なパラメータ: **20016**個)



バンチ識別を行った後に複数段のコインシデンス処理

→ 正しくバンチ識別を行う事が重要

タイミング調整のスキーム

1. TOF (time of flight)

20nsecの差
(45~64nsec)



ケーブル

2. ケーブル

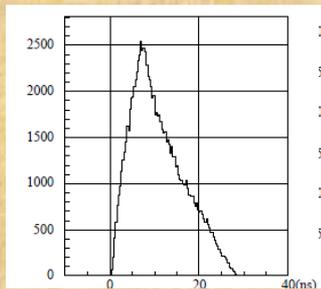
1.8m~12.5m
(9nsec~63nsec)

TOF&ケーブルによる差

50nsec(65~116nsec) → **Signal Delay**で吸収

3. ビーム衝突とクロックの位相差

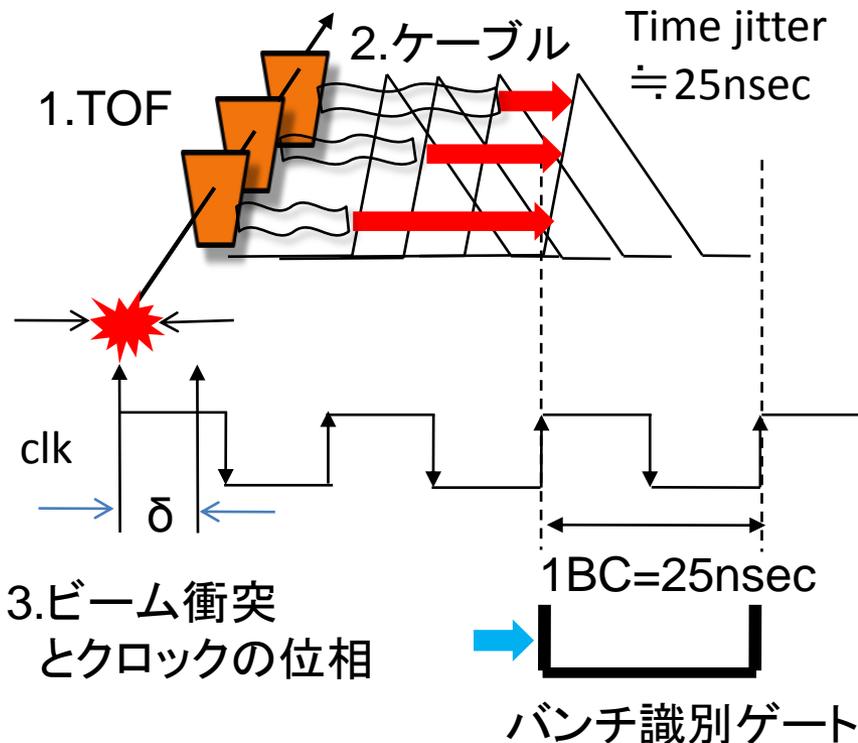
$\delta < 1BC \rightarrow$ **TTC Delay**で吸収
(ビーム衝突開始後に調整)



タイムジッターのシミュレーション
(入射角10度 w/propagation)

•Signal Delay (Signal timing)

0.83nsec/step: 0~30nsec



•TTC Delay (Gate timing)

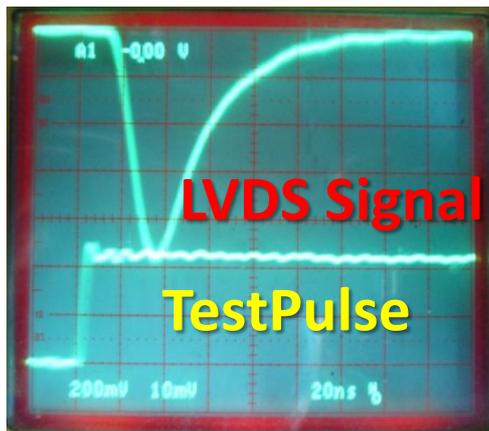
100psec/step: 0~25nsec

遅延値の決定

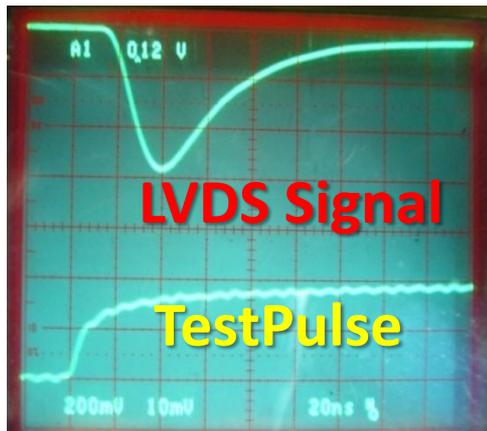
遅延値を決定するのに必要な要素

1. TOF → 測定器の配置から計算
2. ケーブル長(418種類) → 発注時のデータベース
3. 信号の伝搬速度 → 5.0nsec/m (実測値)
4. 信号の減衰による遅延効果

ケーブル長: 2.8m

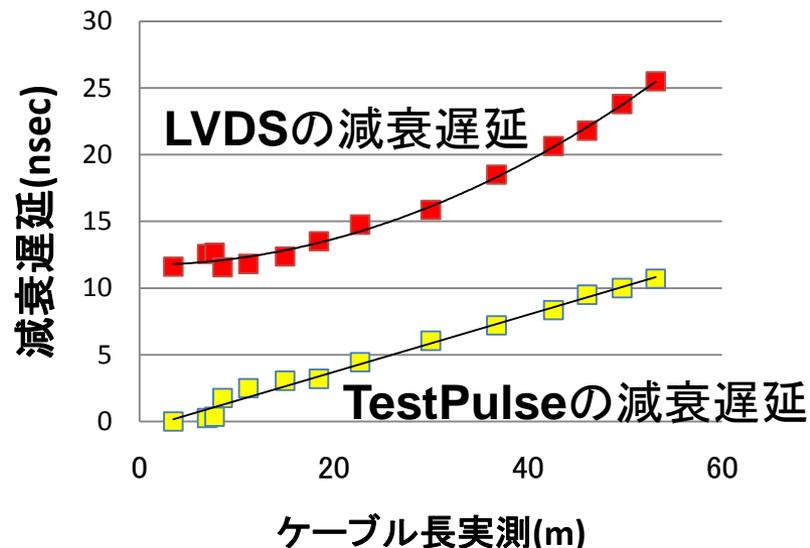


ケーブル長: 47.3 m



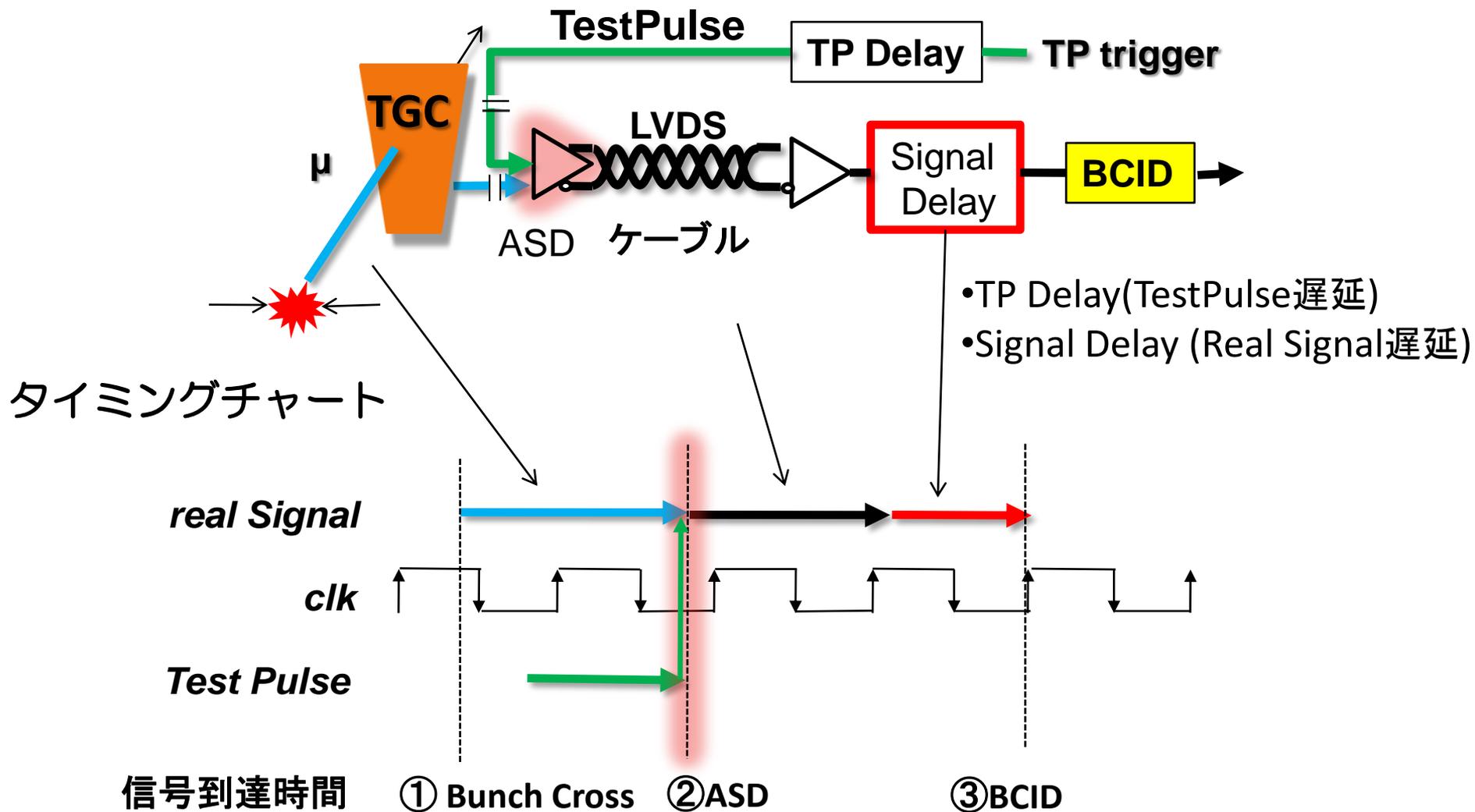
横軸: 20nsec 縦軸: LVDS 10mv, TestPulse 200mV

減衰による信号遅延



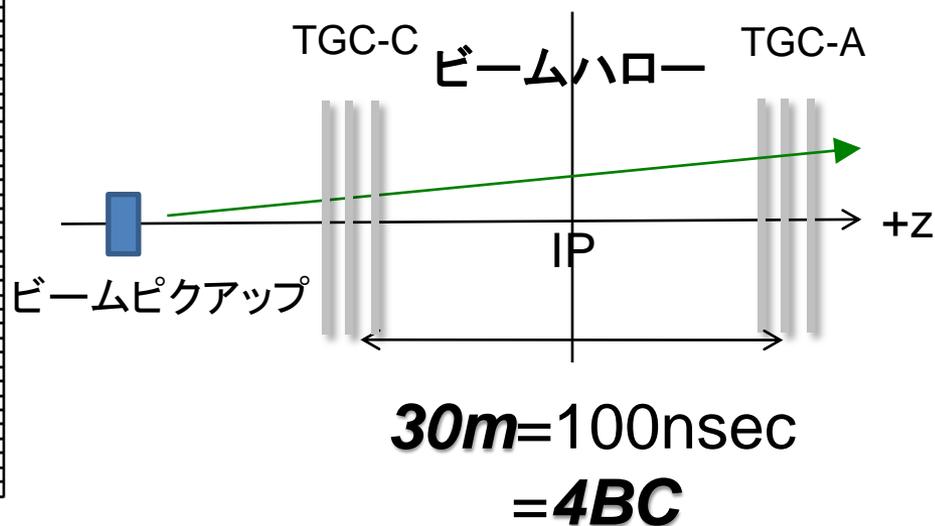
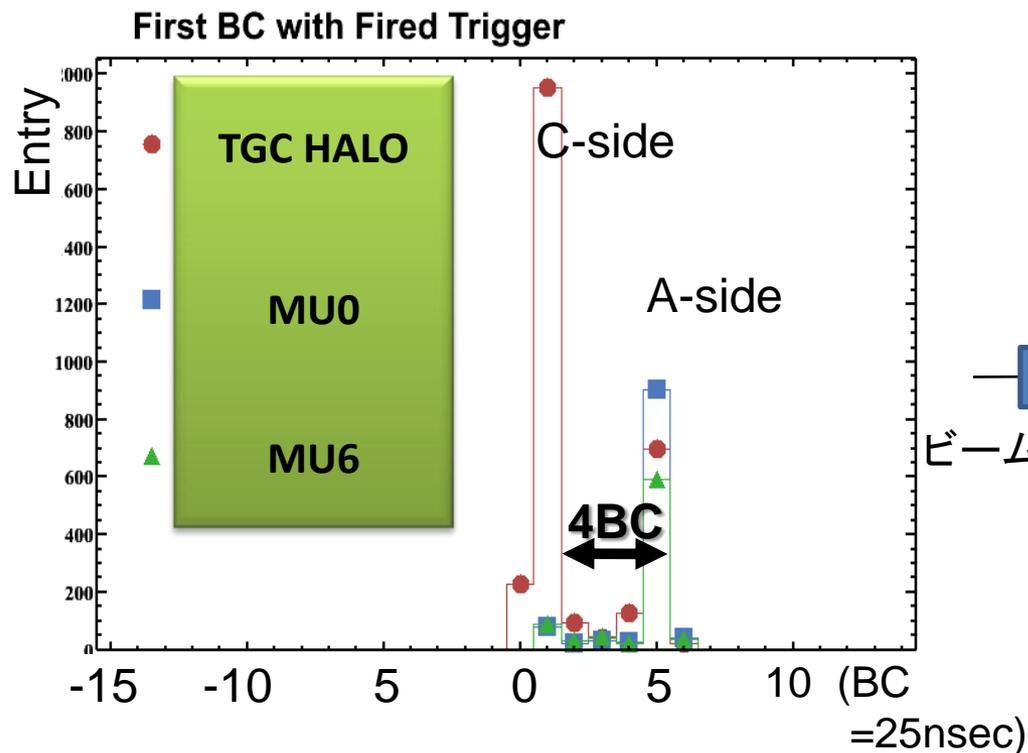
テストパルス

テストパルス機能 TP triggerを受け取るとASDに対してTestPulseを発行



実験開始前にビーム衝突のタイミングをシミュレート出来る

ビームハローがどのバンチでトリガーが発行されたか？



- 非常に良い精度でタイミング調整されている(w/TOF、ケーブル長)
- 現在 テストパルスを用いたタイミング検証を行った事でさらに良い精度でタイミングが揃えられている(w/減衰遅延、ケーブル長補正)

まとめと今後

1. タイミング調整のための遅延値を計算
2. シングルビームで得られた結果から**非常に良い精度でタイミング調整が行われている**事が実証された(2008年9月)
3. テストパルスを用いて**タイミングの検証を行いケーブル長を補正**
→2008年9月の状態より更に良い精度で遅延値を決定

今後の課題

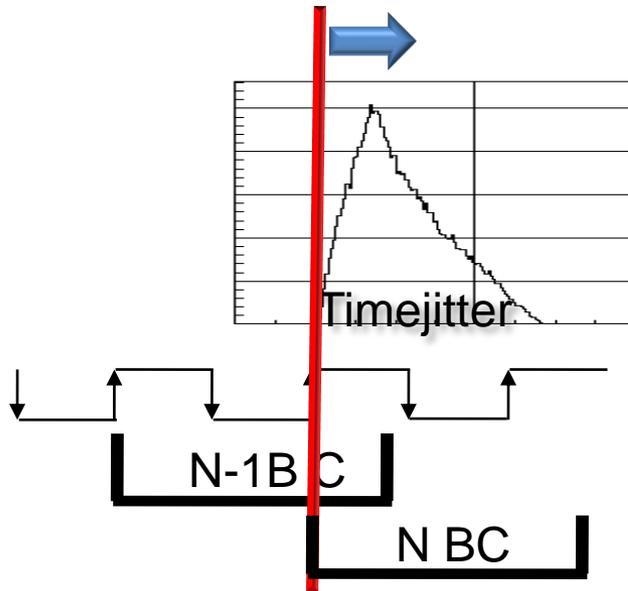
ビーム衝突開始後に必要なタイミング調整

→ビーム衝突とTGCシステム内クロックのタイミング調整
(phase adjust :TTC Delay)

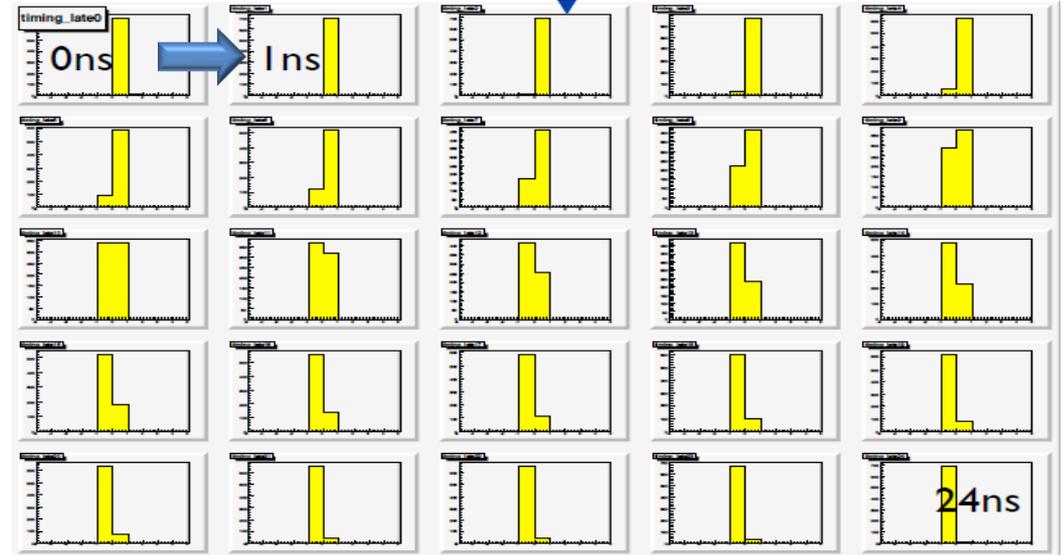
バンチ衝突クロックの位相調整

クロックの位相調整

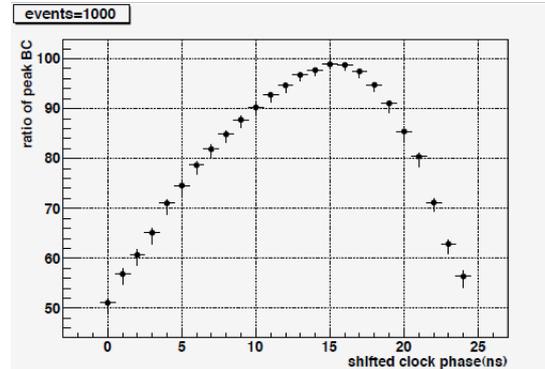
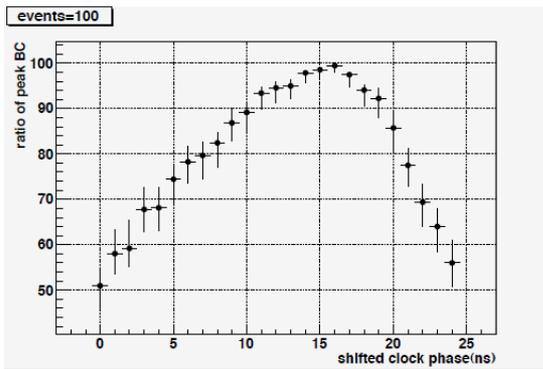
クロックの位相を変化させながらヒット数変化をスキャン



適切な位相



バンチヒット数の変化のシミュレート(横軸:BC Number)



必要な統計量

1step= **1000hit**必要

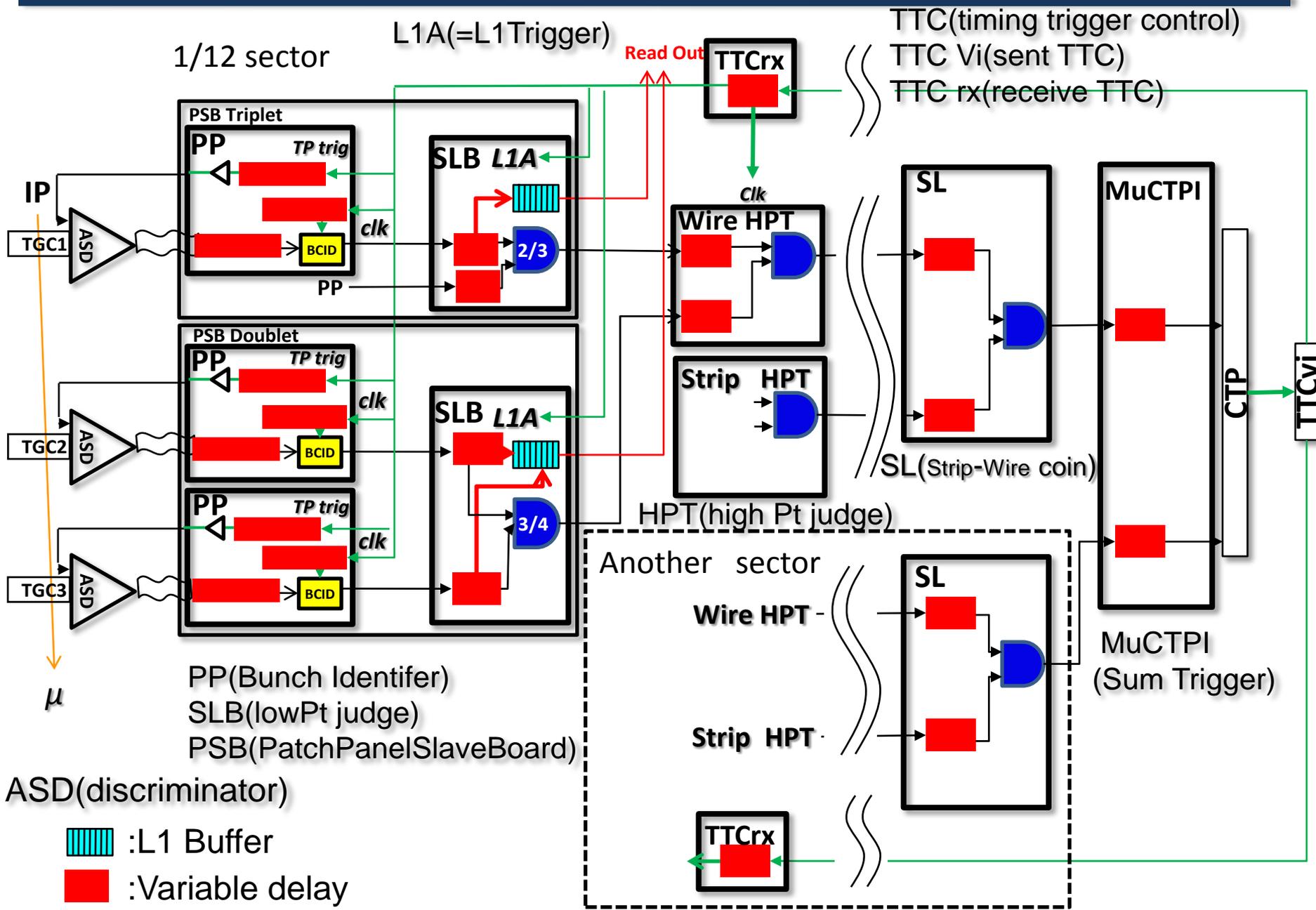
L=10³¹のトリガーレート:**500Hz**

実験開始後に速やかに位相調整を終わらせる事が可能

Nバンチヒットの割合 (100hit) Nバンチヒットの割合 (1000hit)

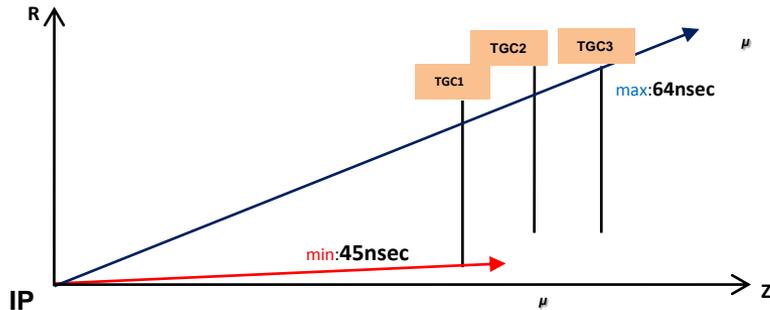
Back Up

TGCシステム内の全体像と遅延回路



遅延要素

•TOF



•Signal Cable

ASD to PP(418種類)

•CAT6

PSB to HPT(2種類)

Triplet:10m

Doublet:15m

•光ファイバー

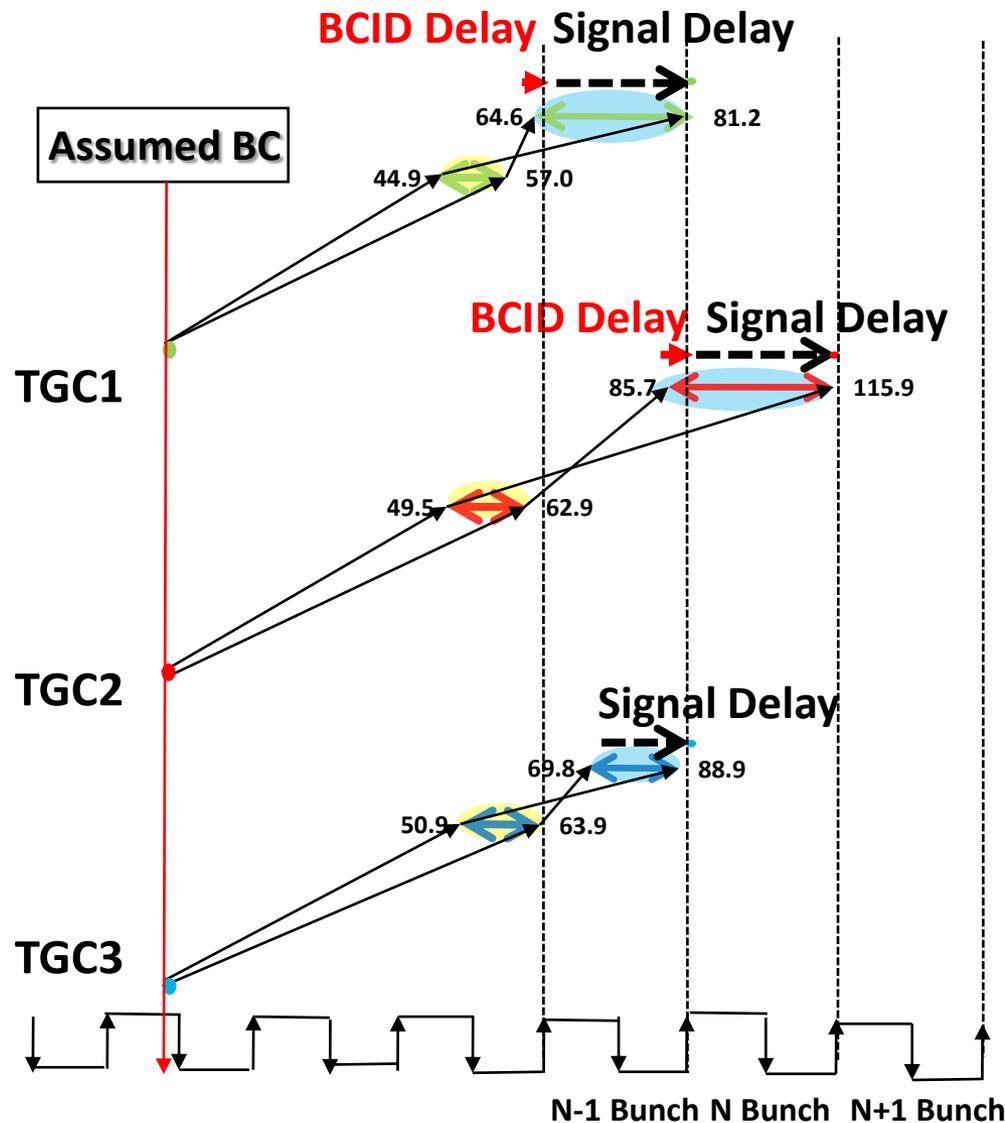
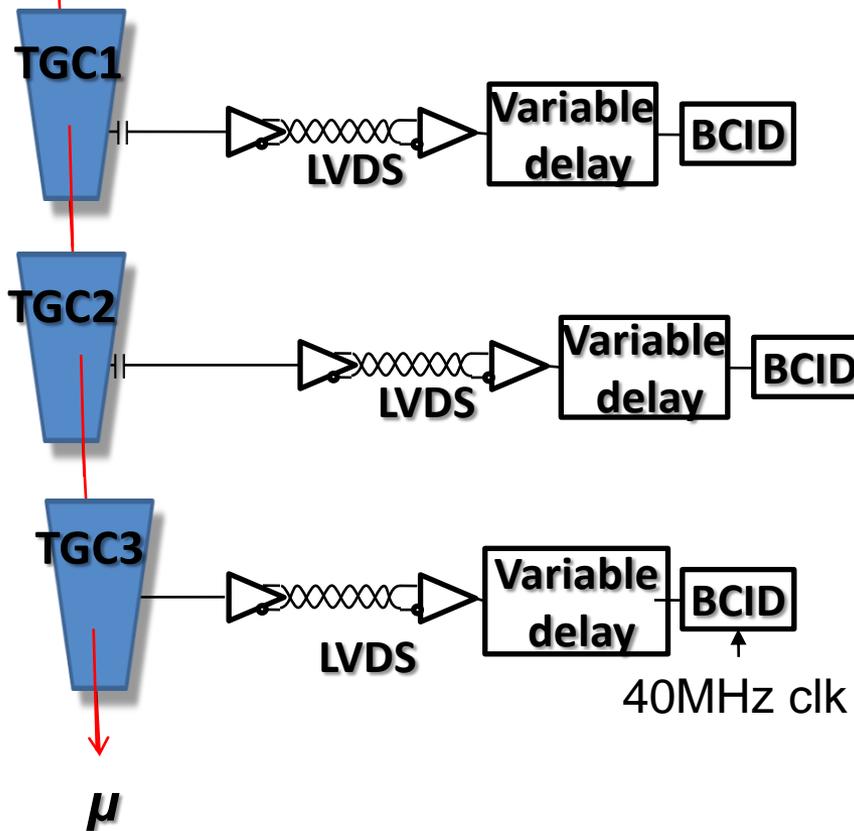
•USA15<->UX15(24種類)
50~90m

•HSC to TTCrx(2種類)
Triplet:10m
Doublet:15m

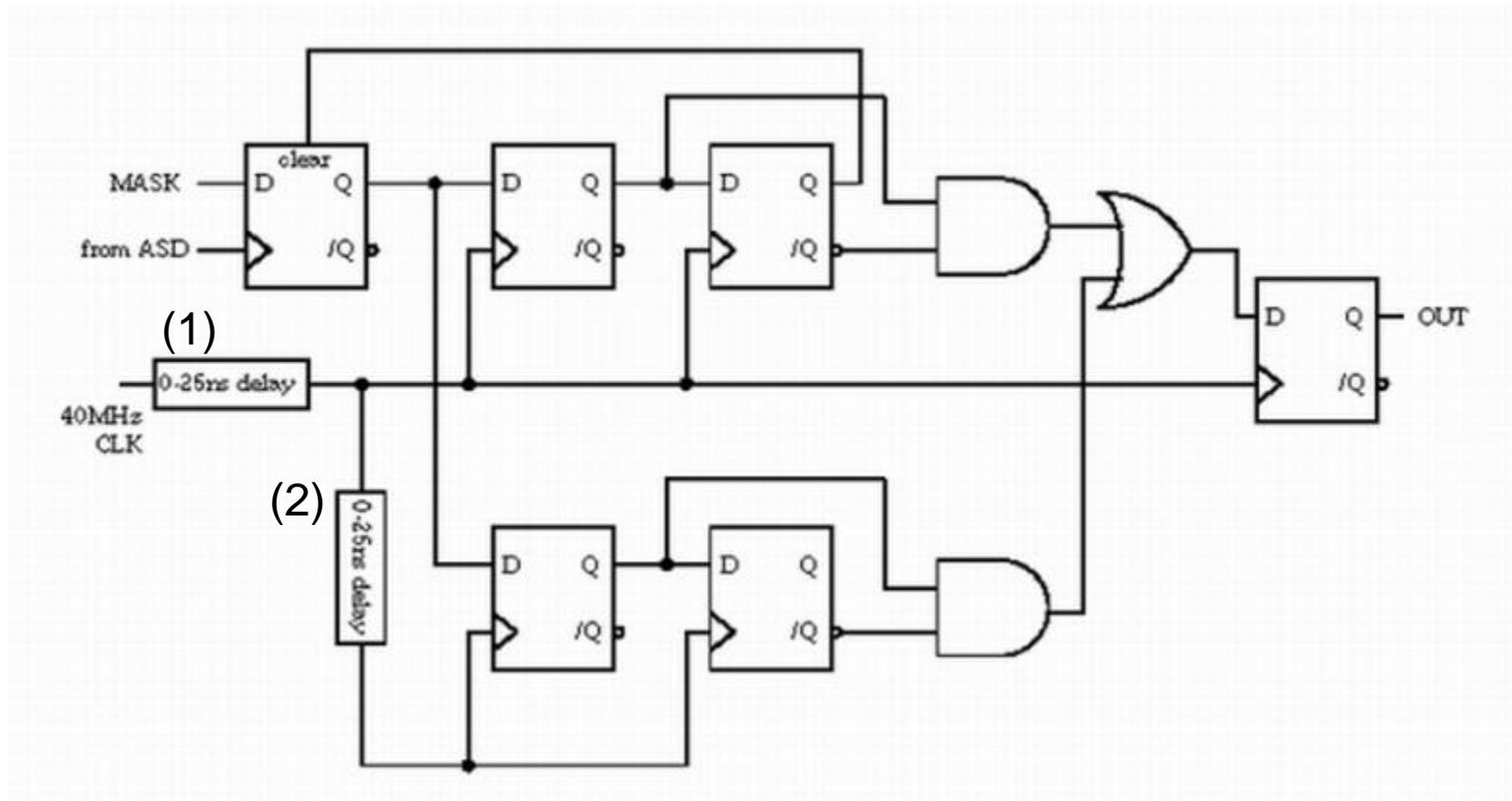
•TTCrx to PSB(2種類)
Triplet:3.5m
Doublet:5.2m

タイミングチャート

Bunch Cross



BCID回路



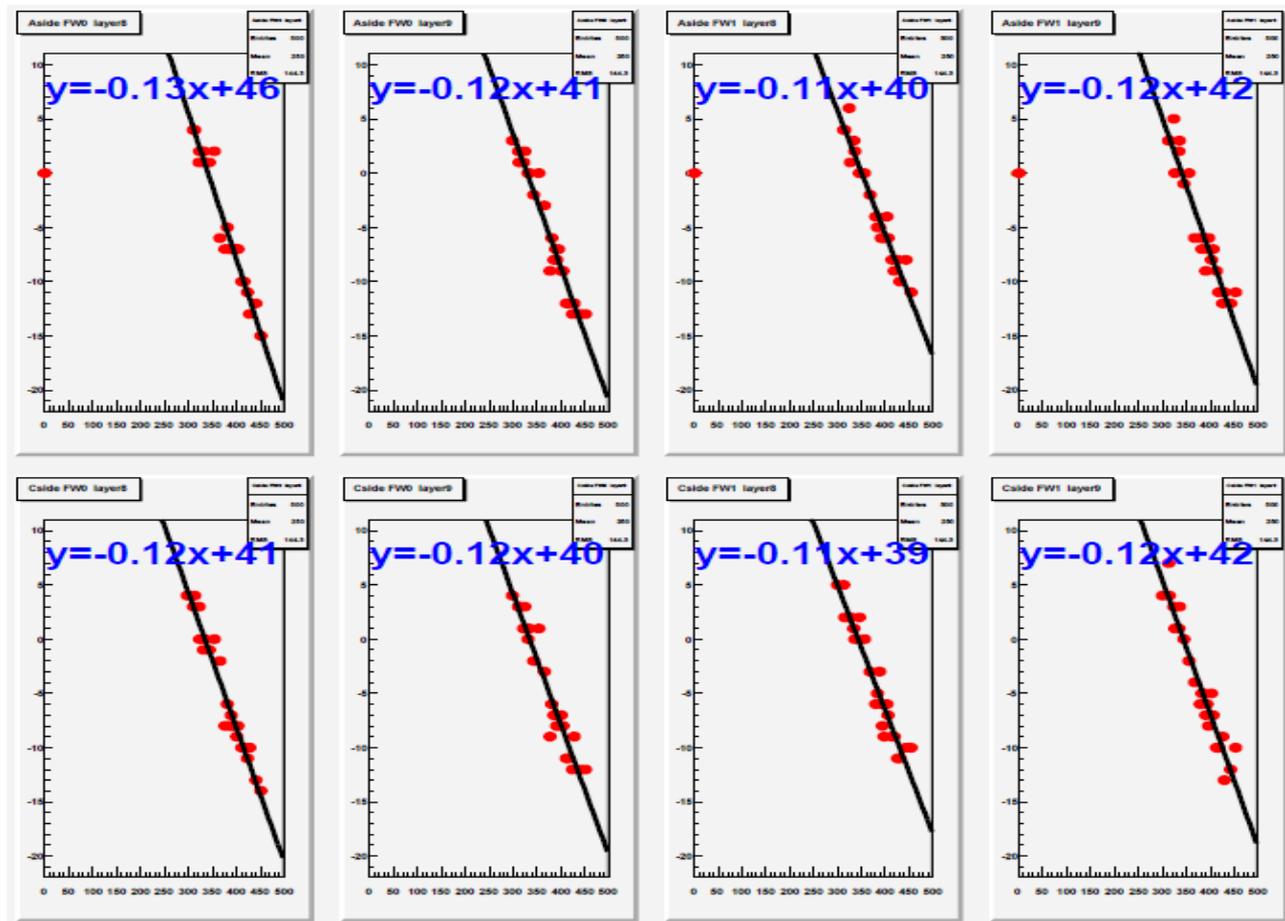
- (1) クロックの位相を遅らせる
- (2) 実効的なゲート幅を広げる

EIFIの減衰による遅延

ケーブル長が長いいため減衰による効果大

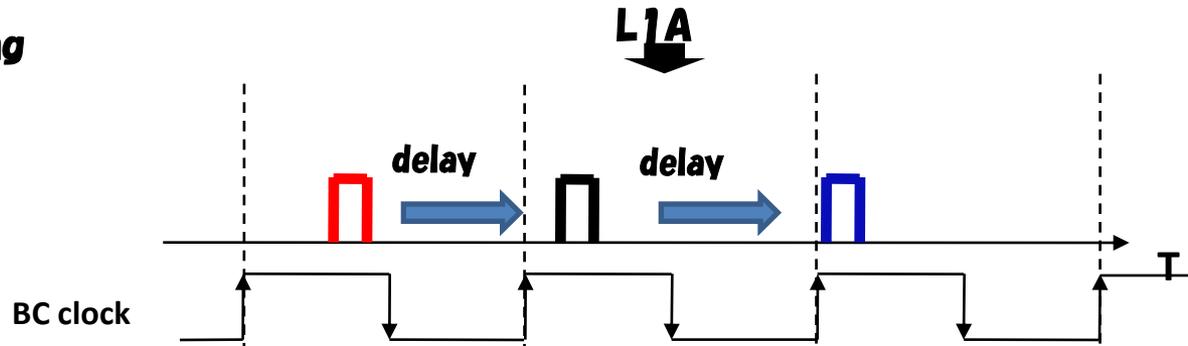
EIFI:172種類

(26.6m~46.9m)

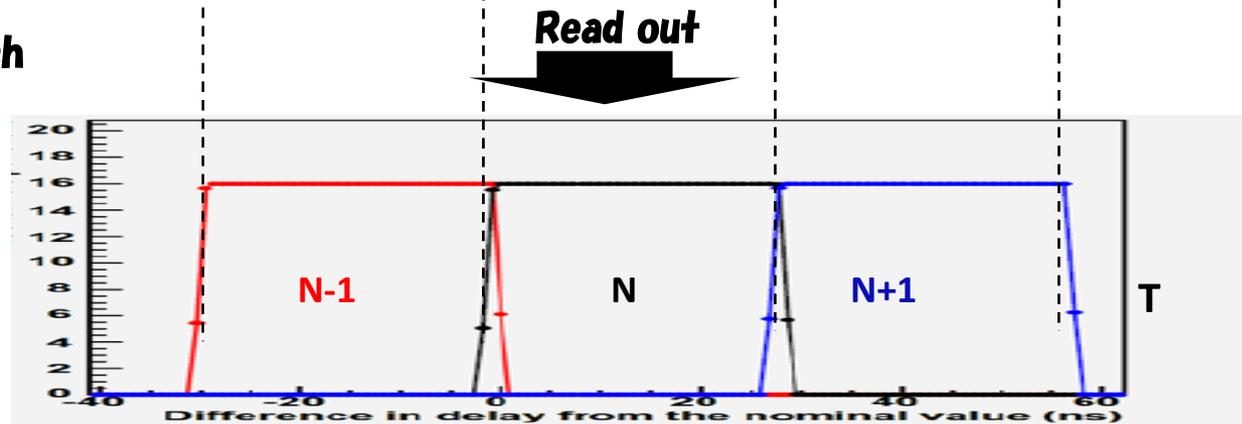


Delay scan

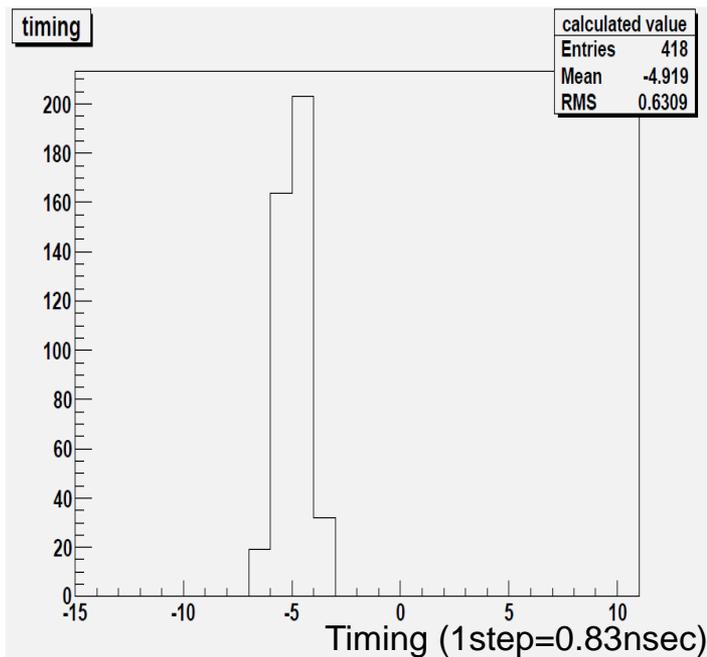
signal timing



read out bunch

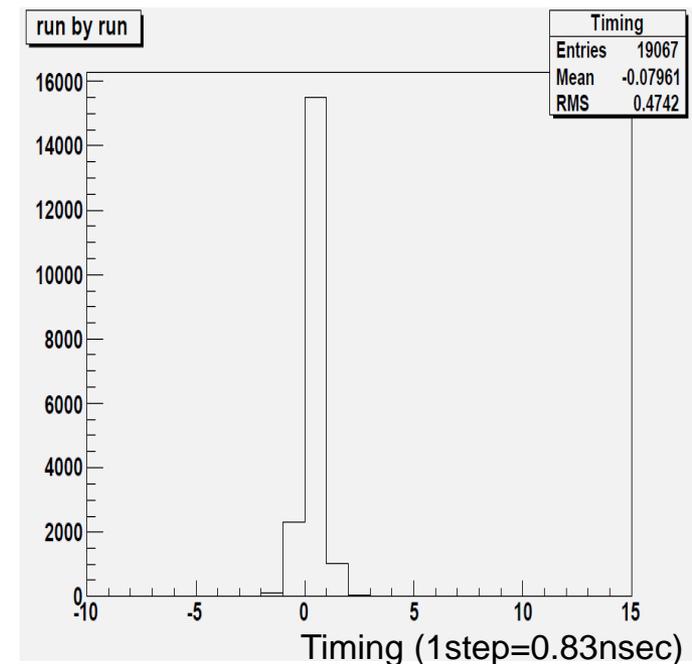


パラメータの決定精度、タイミングの測定精度



補正值から予想されるタイミングの分布

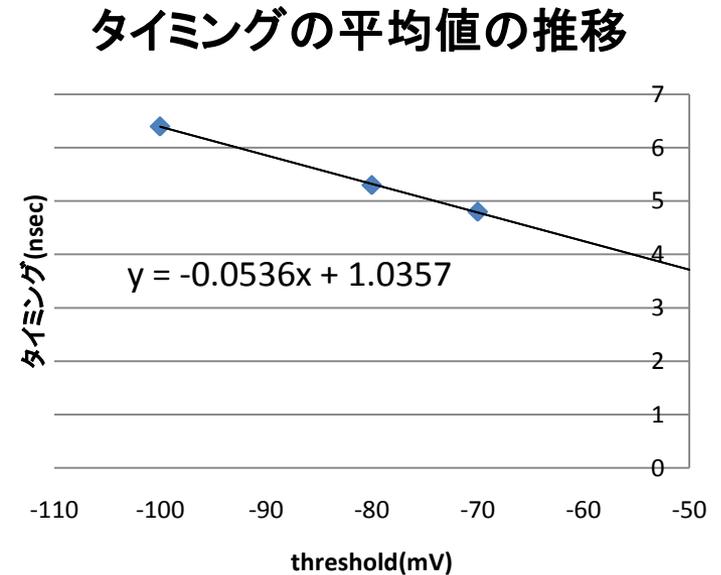
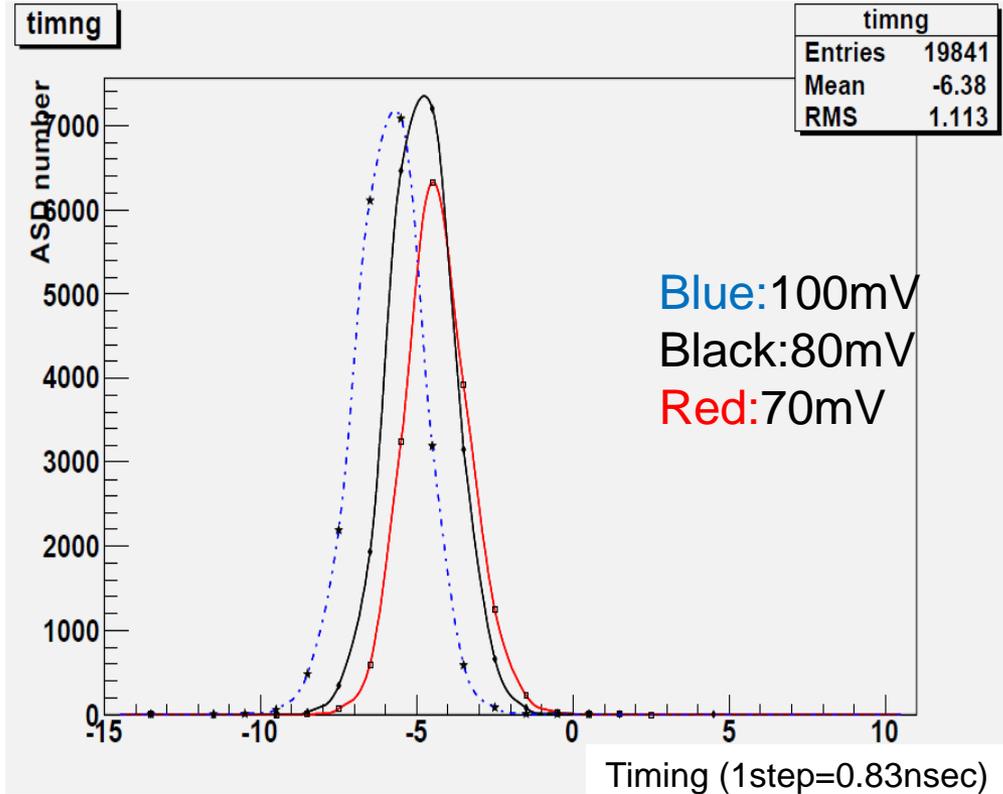
- 1nsec以下の計算を行う際に誤差が生じる
そのばらつきはRMS=0.6step=0.5nsec



二回のディレイスキャンのタイミング差

- 同じ日にthreshold 電圧や遅延の設定値を一切に変化させずに測定した。
→タイミングの変化
RMS=0.5step=0.4nsec

Threshold電圧によるタイミング変化

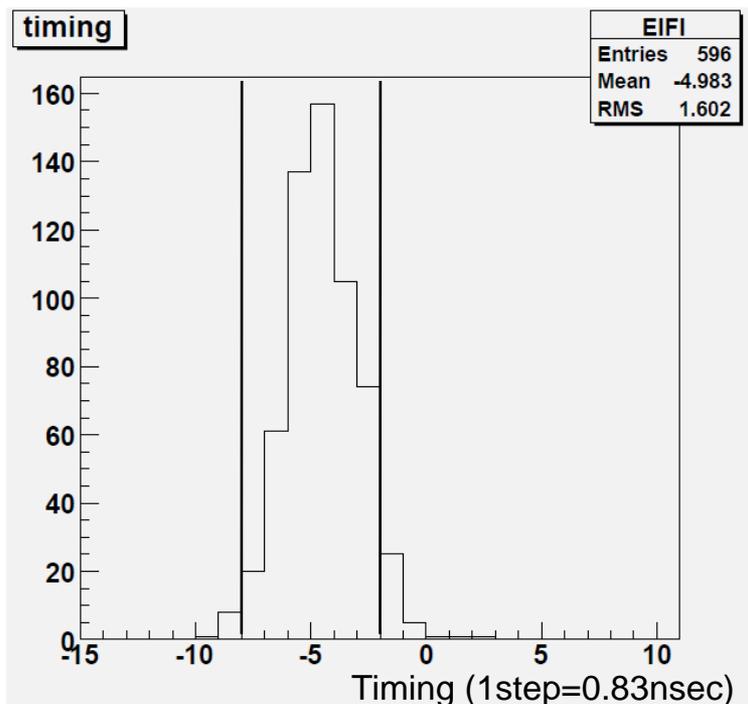


1step(0.8nsec)=20mvに相当

DCSシステムにより管理されているので10mV以上thresholdが変化することはほぼ無い

Threshold電圧によりタイミング変化の影響1step以下

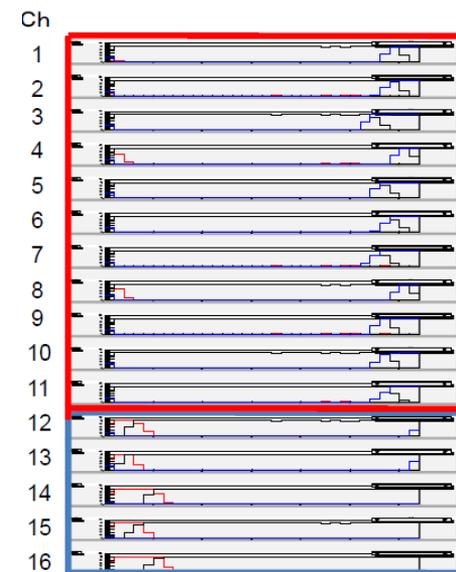
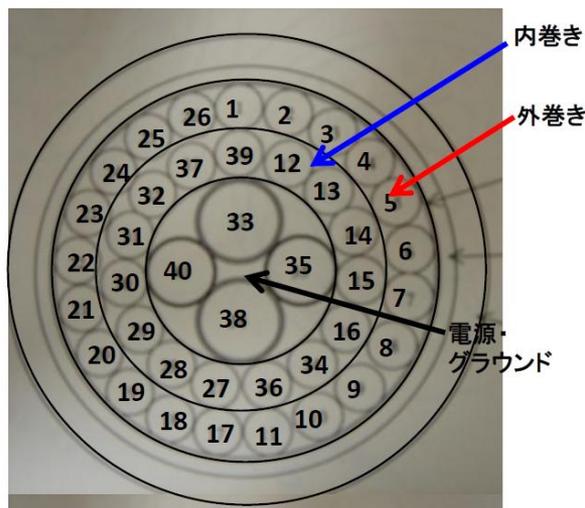
ディレイスキャンの結果 SW



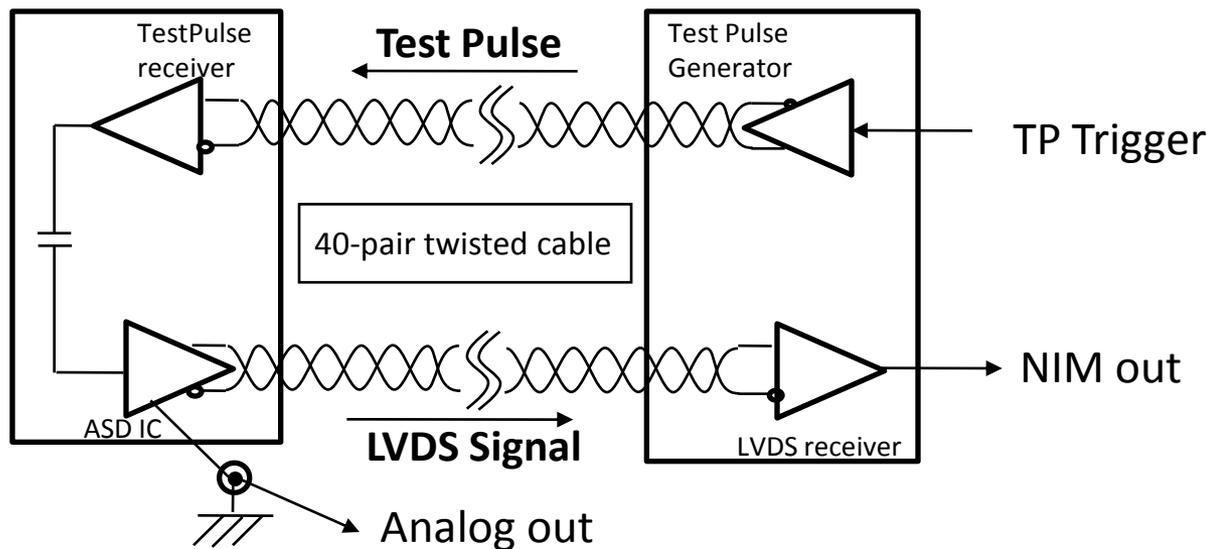
BWよりばらつきが大きい

→EIFIのケーブルは2重の構造になっており
タイミング差が生じる。

BWと同様に6step以内にタイミングが揃うように42個のパラメータを修正を行う

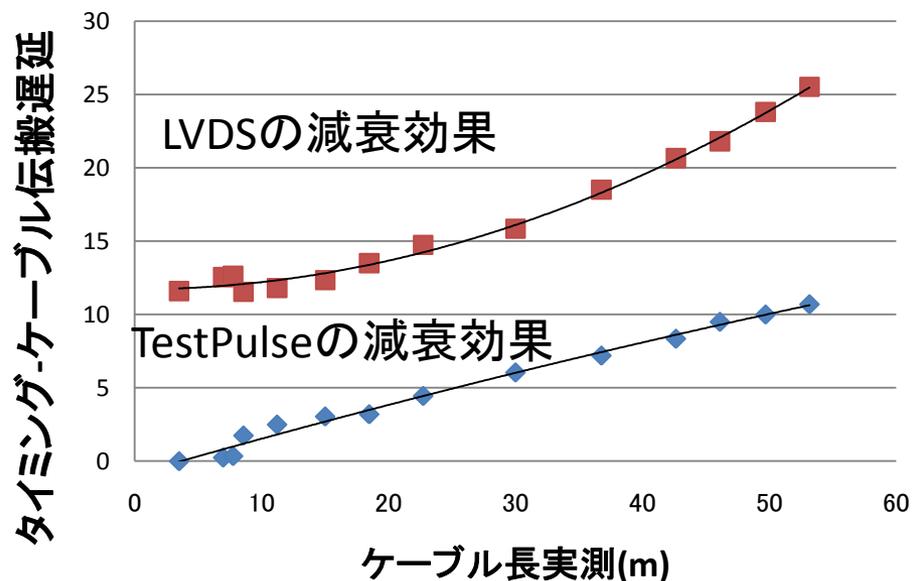


減衰による遅延効果の測定



シグナルケーブルの長さを変化させながらタイミングを測定

減衰による信号遅延



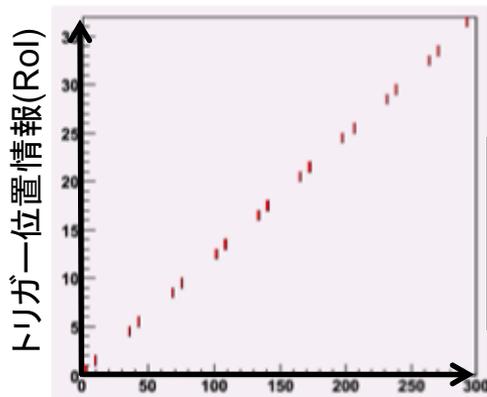
TestPulse の減衰遅延 = $1.3 \times 10^{-2} x - 6.0$ (n sec)

LVDS の減衰遅延 = $4.9 \times 10^{-3} x^2 + 1.0 \times 10^{-4} x$ (n sec)

(x :ケーブル長(m))

バンチ識別以降のタイミング調整

(1)

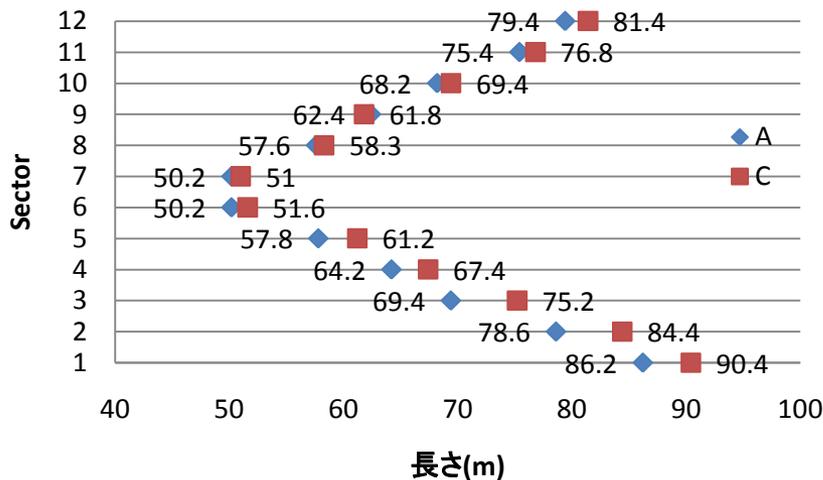


テストパルスで
正しくコインシデンス
が取れるかを確認

読み出しチャンネル

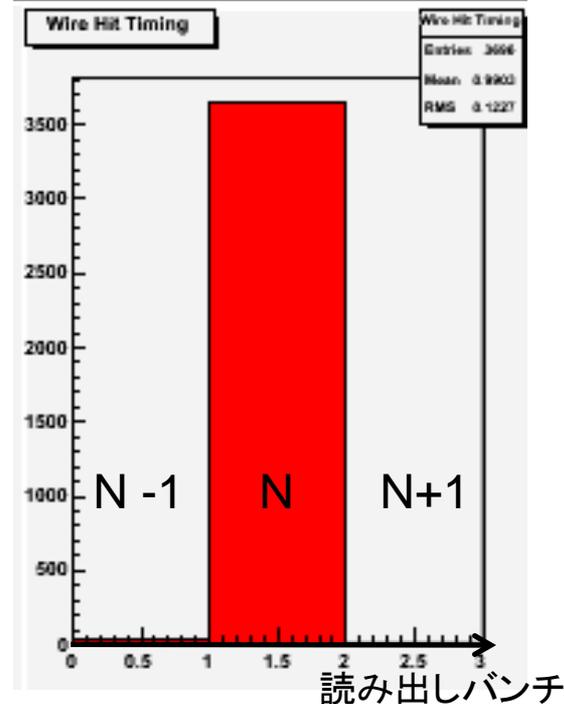
(2)、(3)

ファイバー長(USA15<->UX15)



オシロスコープを用いて全セクターの
ファイバー長を測定

宇宙線ランでのタイミング



•バンチのふらつきがなくコインシデンスが
行われている