

ATLAS実験 TGC検出器の試運転総括

名古屋大学高エネルギー物理学研究室

長谷川慧

戸本誠、杉本拓也、奥村恭幸、高橋悠太、佐々木修^A、池野正弘^A、鈴木友^A、川本辰男^B、石野雅也^B、織田勸^B、久保田隆至^B、平山翔^B、金賀史彦^B、結束晃平^B、蔵重久弥^C、山崎祐司^C、越智敦彦^C、松下崇^C、石川明正^C、早川俊^C、中塚洋輝^C、菅谷頼仁^D、福永力^E、他 ATLAS日本TGCグループ

名古屋大理、KEK^A、東大素セ^B、神戸大自然^C、大阪大理^D、首都大理工^E



Level 1 エンドキャップ μ トリガー試運転

TGC 検出器

MWPC 3600枚 が R, phi 方向に感度
円型にチェンバーを配置 x 3重構造
チェンバー3枚、layer 7の coincidenceトリガー

高いトリガー効率の為に

タイミング同期

ビーム衝突とのタイミング：トリガーが正しいBunch ID指す
ボード間のタイミング：正しいトリガー判定を行う

チェンバーの動作

検出効率が高い事

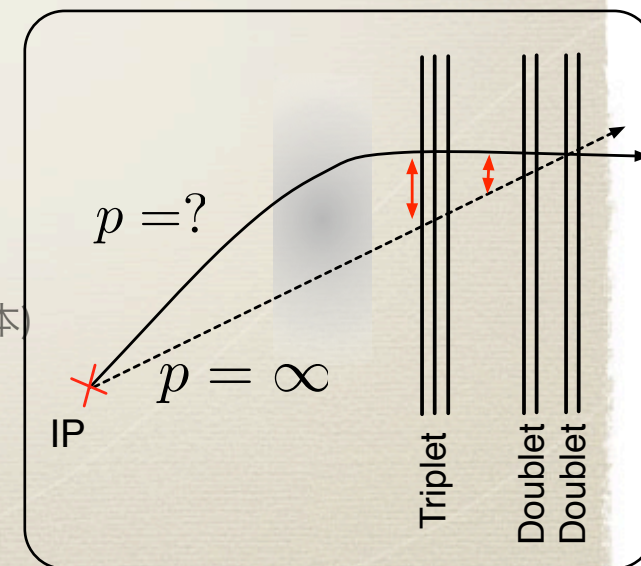
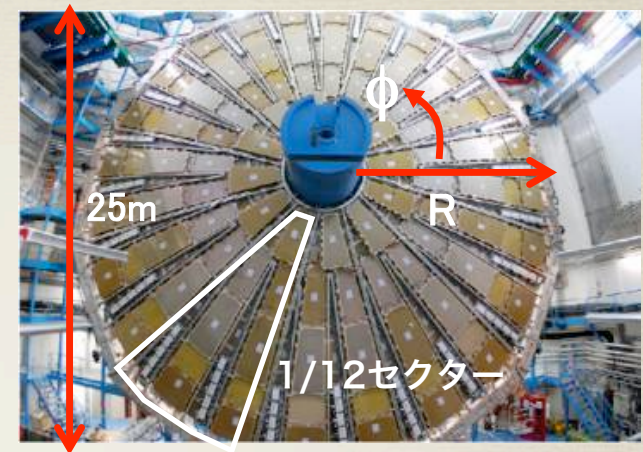
インストール前に95%以上を確認

欠損 ch が十分に少ない事

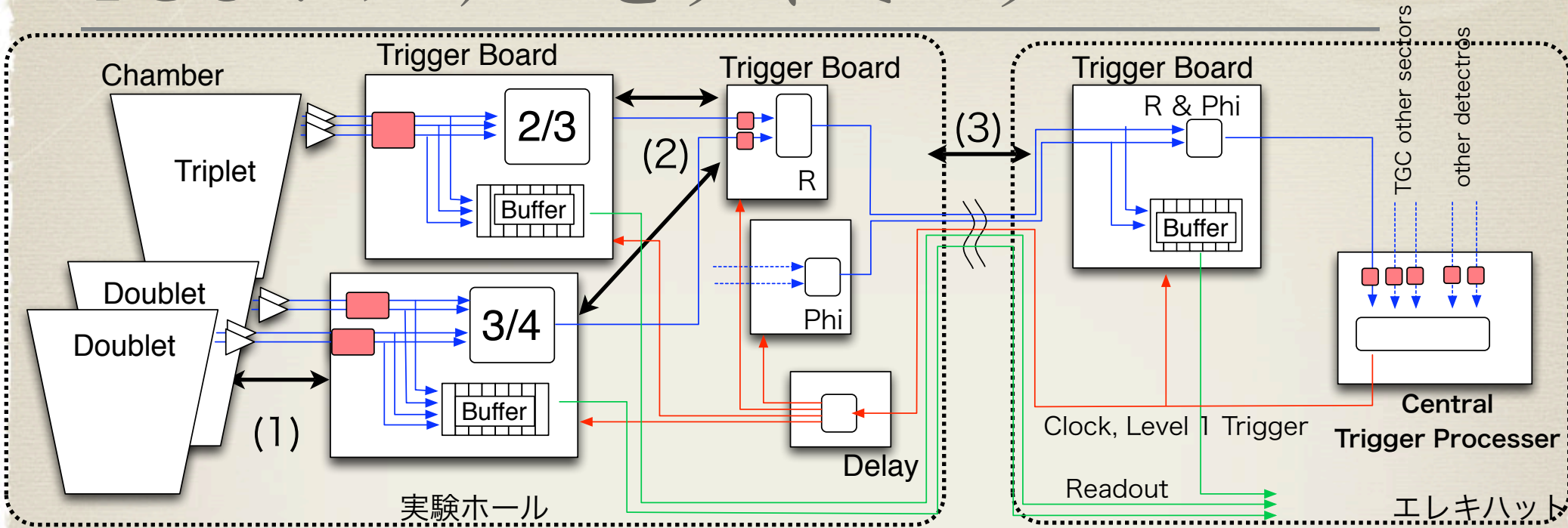
320,000 ch -> 欠損は 65ch(0.02 %) (前講演 杉本)

エレクトロニクスの動作

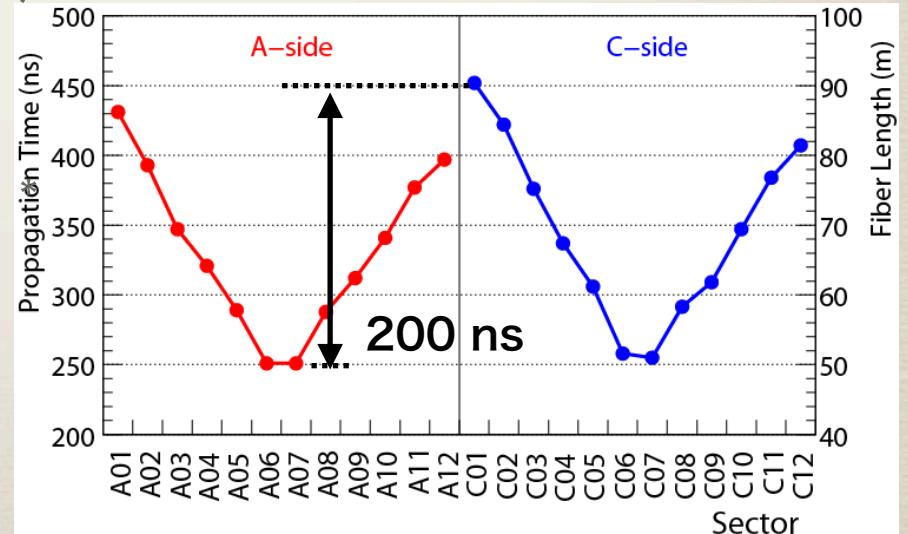
ボード約1200枚, ケーブル約4700本の確実な動作



TGC システムとタイミング



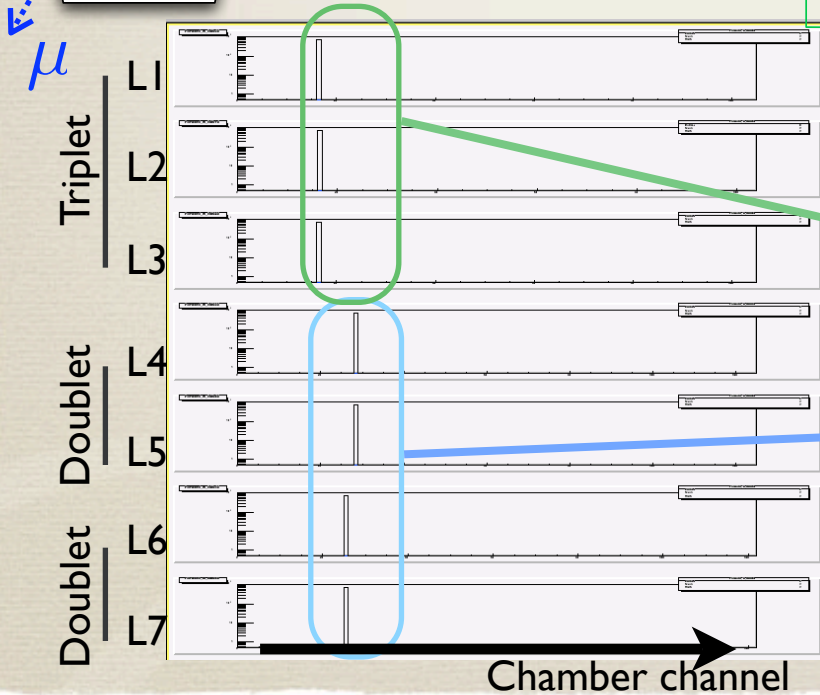
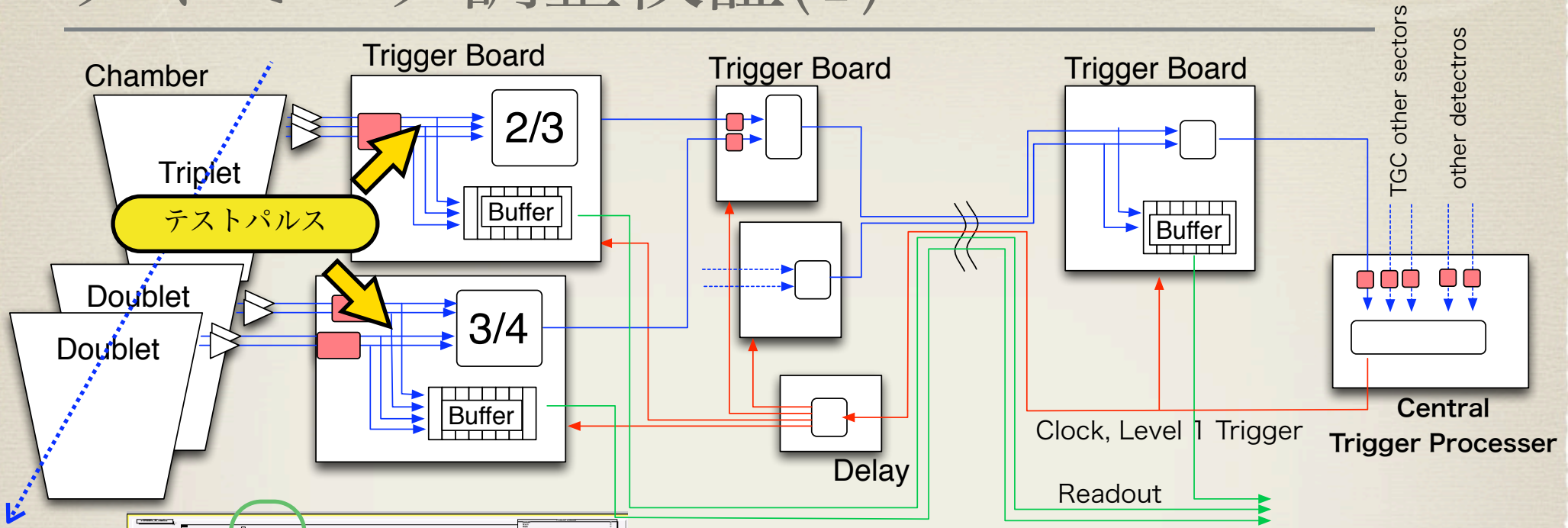
(3) 実験ホール - エレキハット間ファイバー



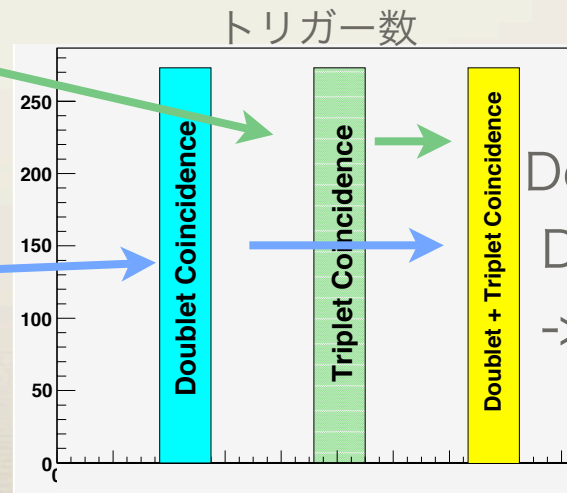
Delayを設定して以下のずれを吸収

- (1) TOF($O(10\text{ns})$) + signal cableの差($O(10\text{m})$)
- (2) ボード間ケーブル (10m, 15m)

タイミング調整検証(1)



テストパルスでトラックを作りトリガーを試験



Doublet & Triplet 事象が
Doublet, Triplet と同数
→ タイミング調整OK

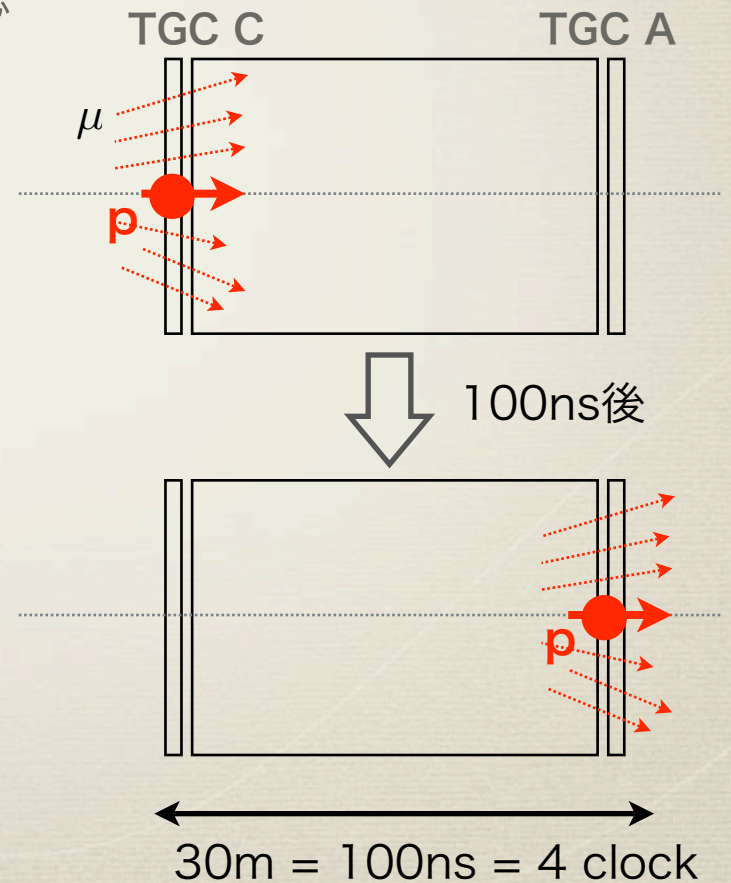
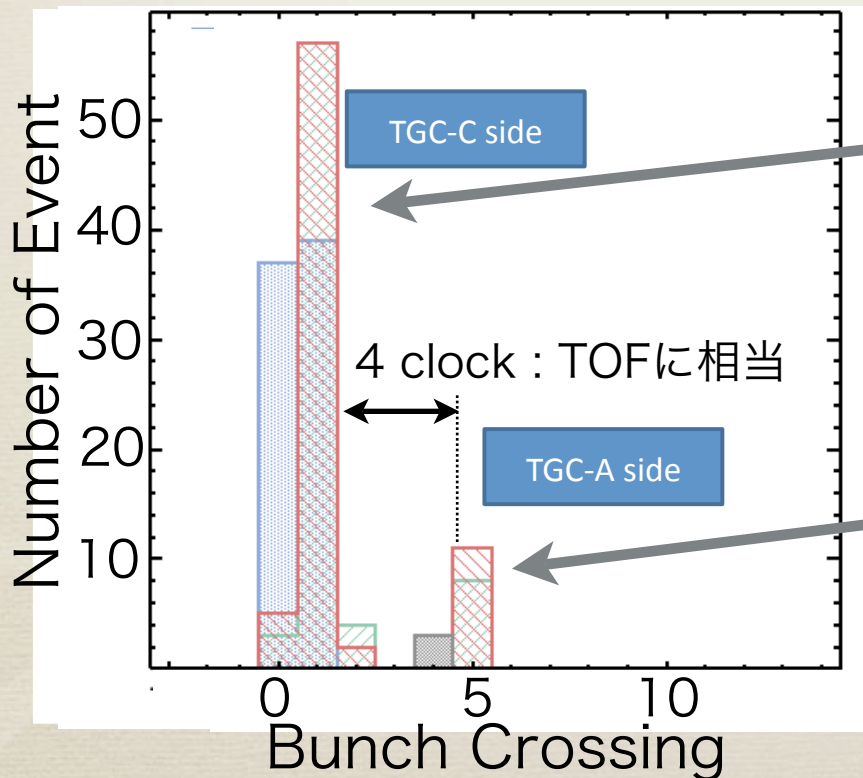
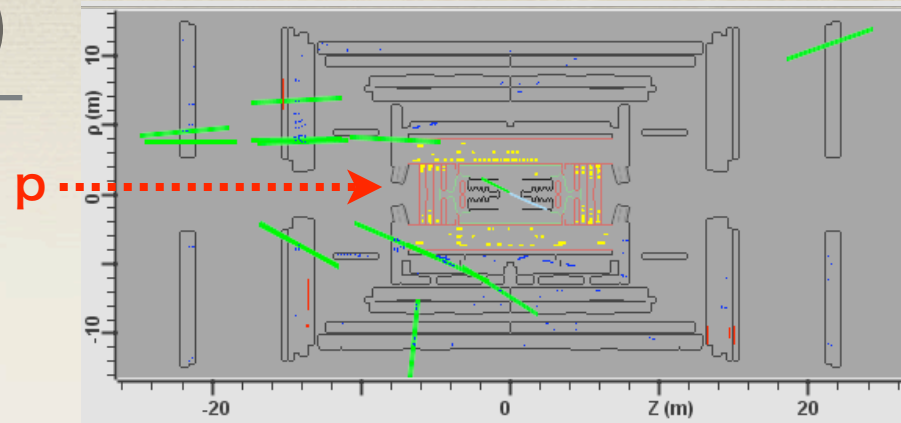
タイミング調整検証(2)

LHC ビームハローを検出

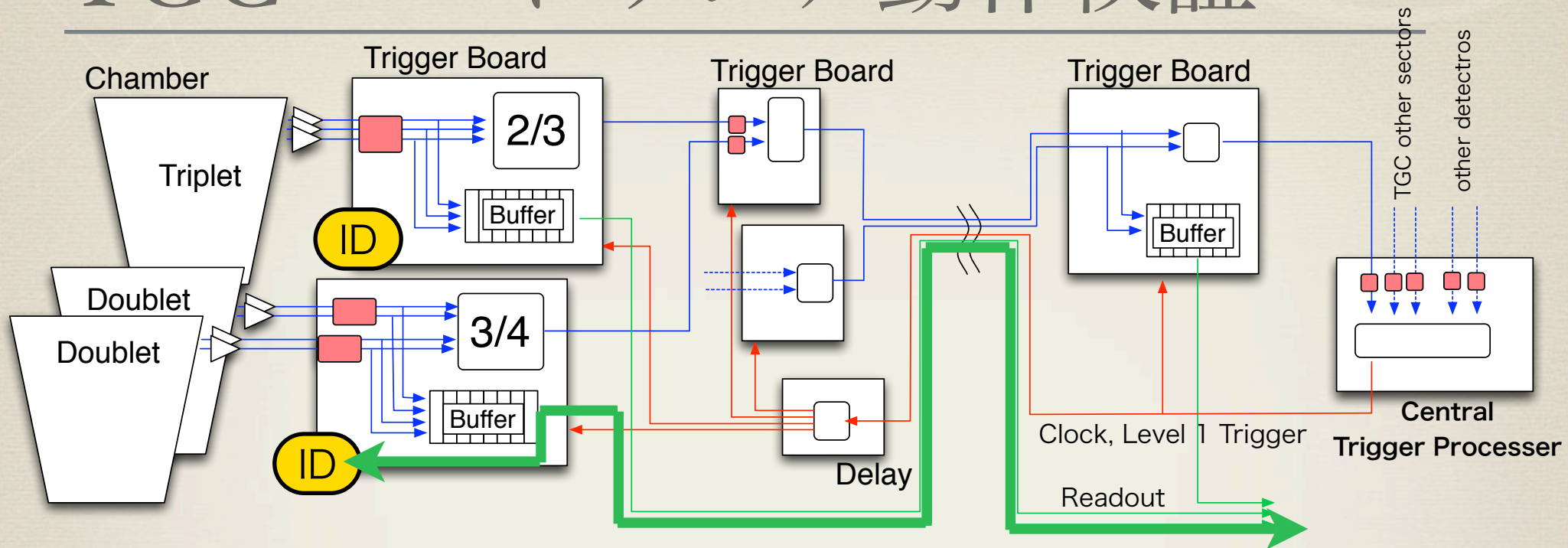
ビームは**一方向**に、**1 bunch**のみで運転

TGCトリガータイミングは鋭いピーク

→ セクター間でのタイミングが揃っている事を確認



TGC ハードウェア動作検証



ボード 約1200枚、ケーブル約4700本の動作検証

リードアウト検証

リードアウト配線：ボード固有のID読み出しで検証

リードアウトの動作：既に検証済み(前講演 杉本)

トリガーライン検証

トリガーの配線：トラックテストパルスでリードアウトと突き合わせ検証

TGC ハードウェア動作検証

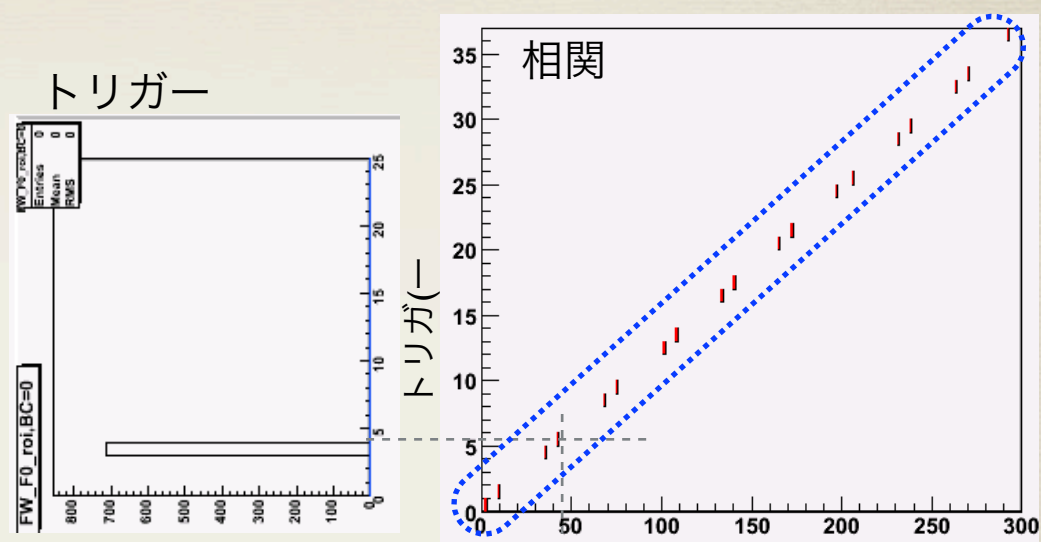
テストパルスでトリガーの動作を検証
チェンバーヒット vs トリガー相関

- トリガーが正しく発行される
- リードアウトが正しく読み出せる
- 両者のタイミングが揃っている

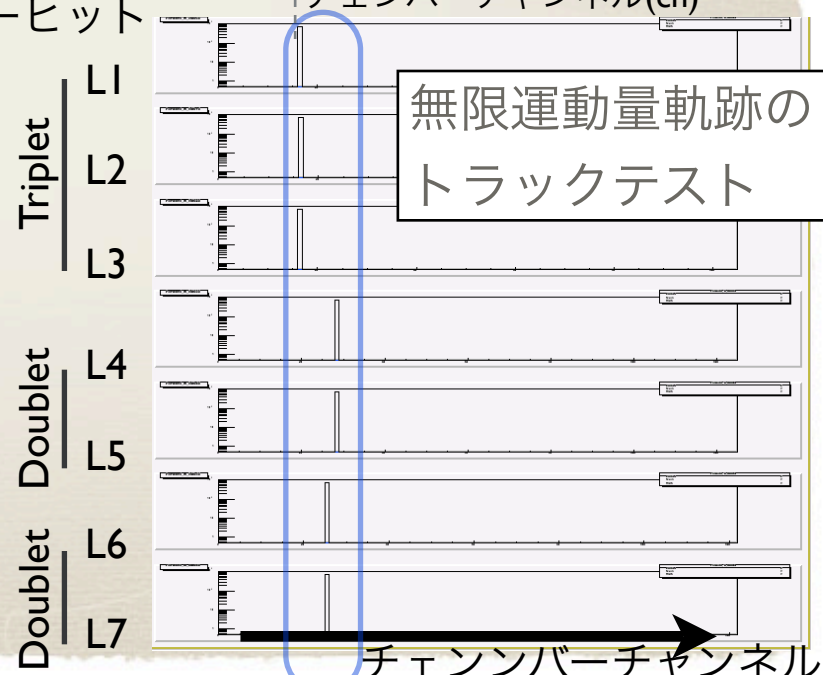
そのためには...

- 関わるボードが正常動作
- 配線が正しい (接続 / 生死)
- タイミング調節ができています

TGC 全ボード, 全配線検査のために
3000通りのパターンをテスト
全ての問題箇所を改善



チェンバーヒット



トリガー効率の評価

宇宙線検出データを用いた評価

まず層ごとの検出効率見積もり

(例)層7の検出効率

条件

層4,5,6に 1ヒットずつある

ノイズによる偶発事象を排除

層4,5のヒットは隣あうチャンネル

層4と6のチャンネル差は7以下

TGCトリガーの発行条件

検出効率 $\epsilon \equiv$ 層6 hit chの隣にHit がある割合

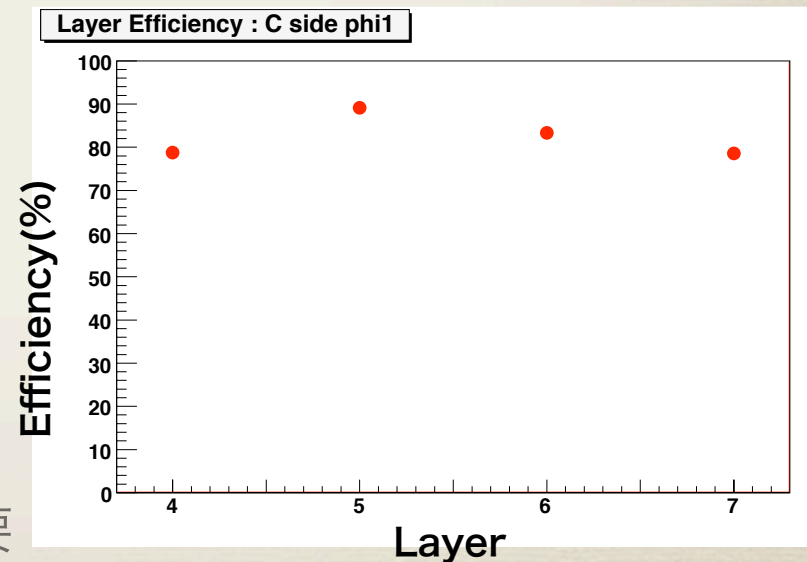
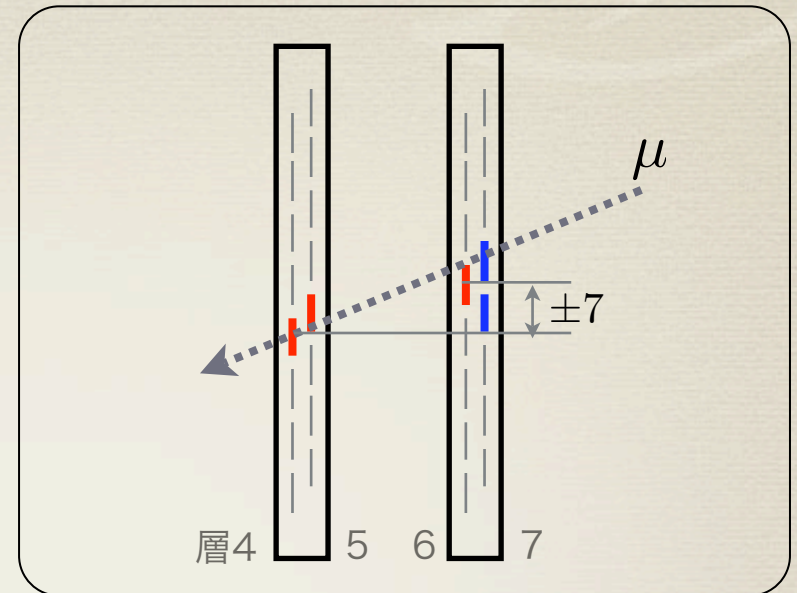
トリガー効率 (ϵ 一定として)

$$\text{Trigger efficiency} = {}_4 C_4 \epsilon^4 + {}_4 C_3 \epsilon^3 (1 - \epsilon)$$

$$\epsilon = 90\% \rightarrow \text{Trig eff } 95\%$$

HV, threshold, gate幅などパラメータ調整が必要

チェンバー間でのタイミング同期しての運転を再確認



まとめ

TGC トリガー効率にむけて

- モジュール間タイミング
ケーブル長差をdelayで補償
テストパルス, ビームハローにより動作を検証
- ハードウェアの動作検証

| ハードウェア仕様 | 現状 |
|-----------------------------|------------------------------|
| チェンバーチャンネル 320,000 ch | 欠損 65 ch (0.02 %) |
| トリガー, リードアウトボード 約 1200 枚 | 動作不良ボード 0枚 |
| モジュール間ケーブル 約 4700 本 | 動作不良ケーブル / 取り違え 0本 |

今後

- HV等の検出器パラメタの微調整によるシステムの最適化
- ビームへのタイミング調整(ビーム衝突後)

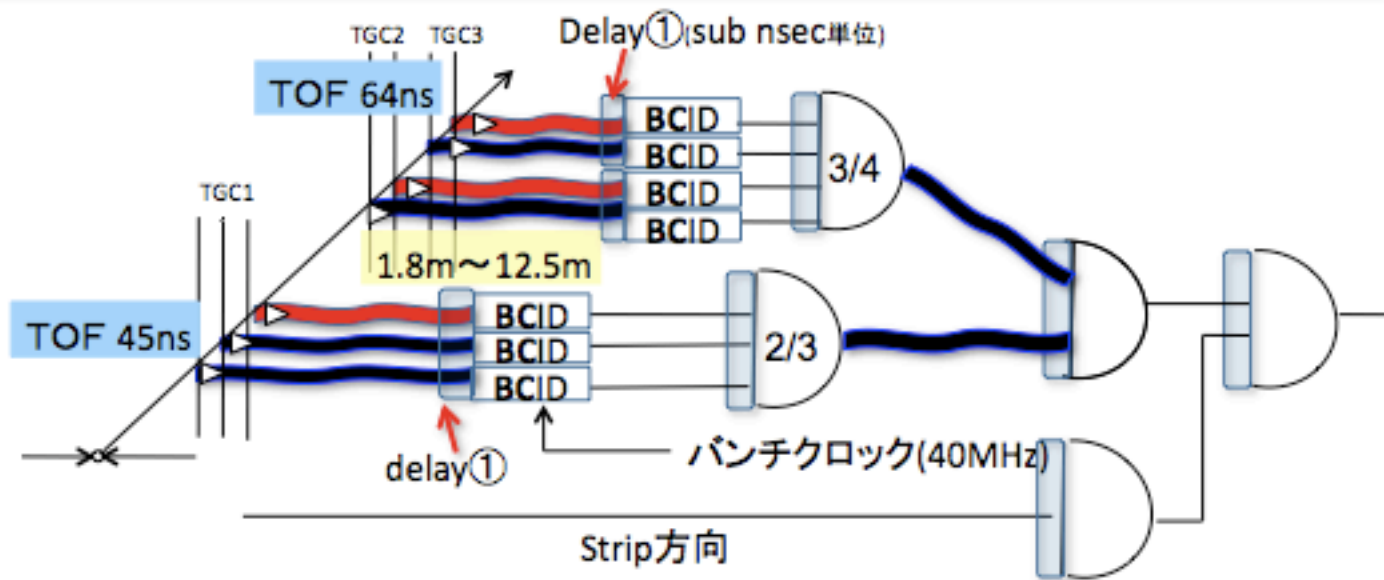
資料集

Additional slides

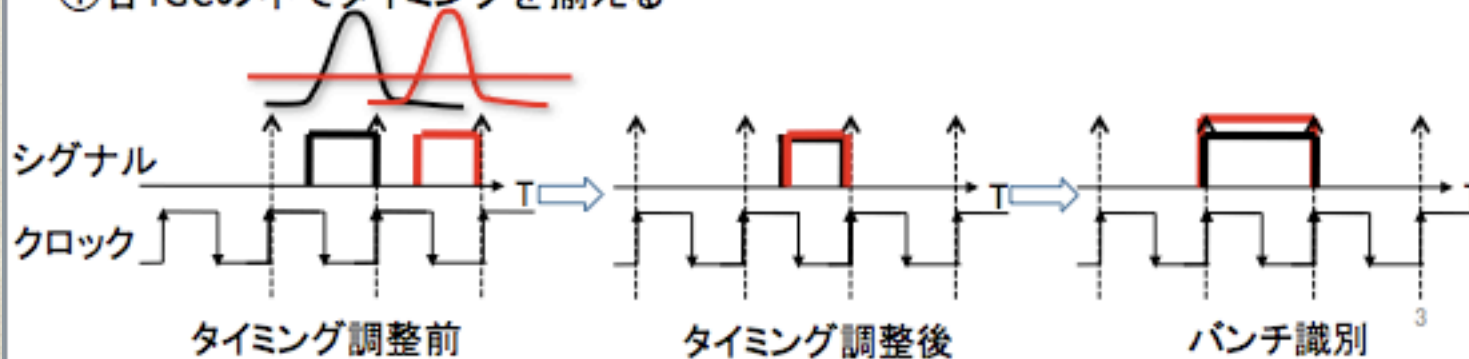
LHC衝突へのタイミング調整

2008年度春の学会 鈴木友 (24aZJ)

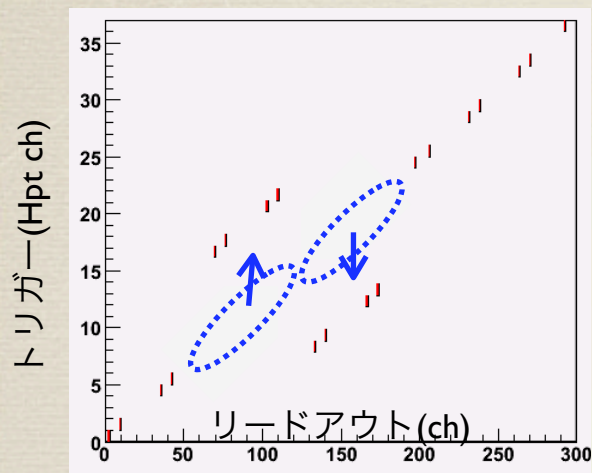
タイミング調整のスキーム



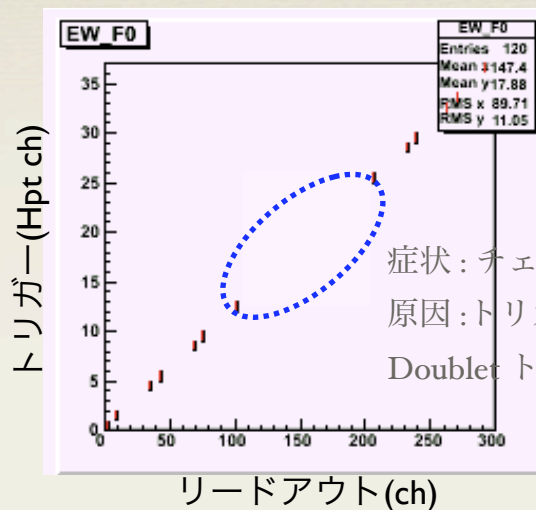
①各TGCの中でタイミングを揃える



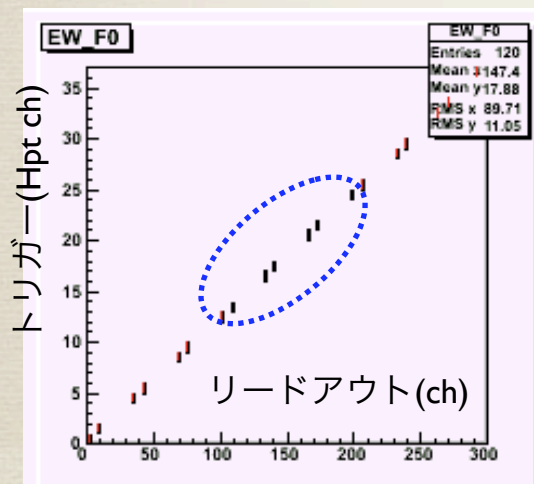
リードアウト・トリガー試験



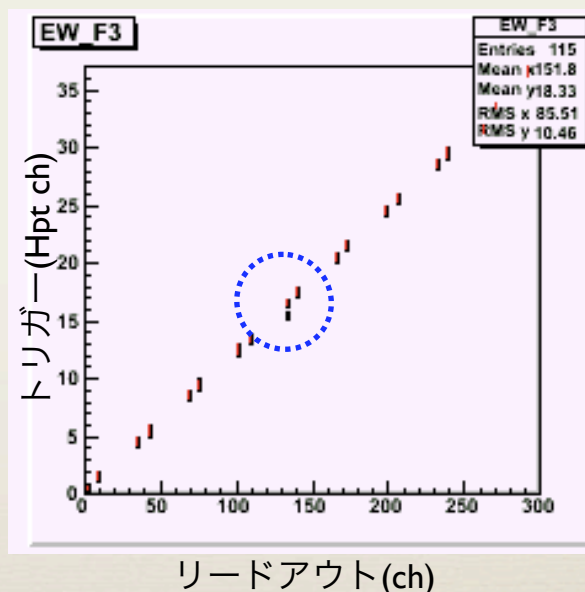
症状：発行されるトリガー位置がスワップ
 原因：トリガーラインのケーブル取り違い



症状：チェンバーヒットに対応するトリガーなし
 原因：トリガーのタイミングずれ(設定パラメタ、ケーブル等)
 Doubletトリガー不調(ケーブル、トリガーボード)



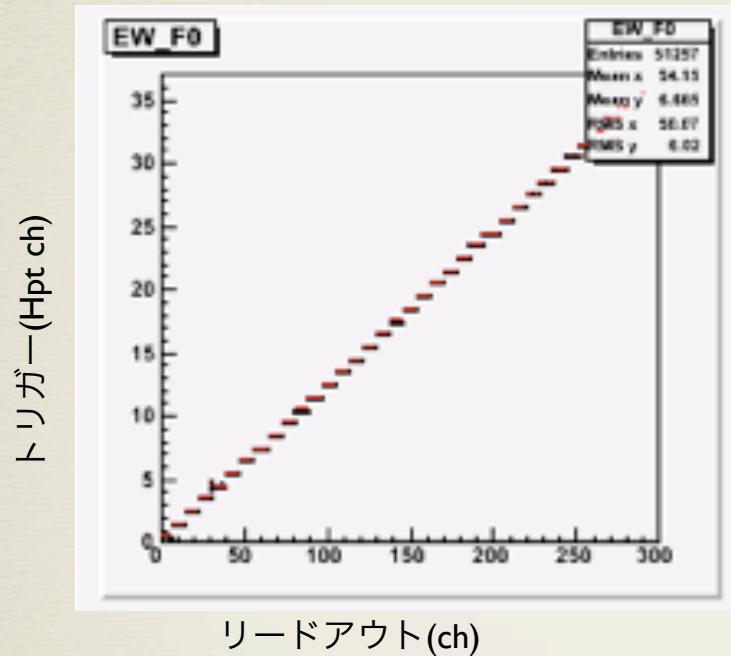
症状：Tripletとの相関が取れない(黒く表示)
 原因：Tripletトリガーボード不良
 ボード間ケーブル断線



症状：トリガー算出値にふらつき
 原因：ケーブル不良
 ボード不良

リードアウト・トリガー試験

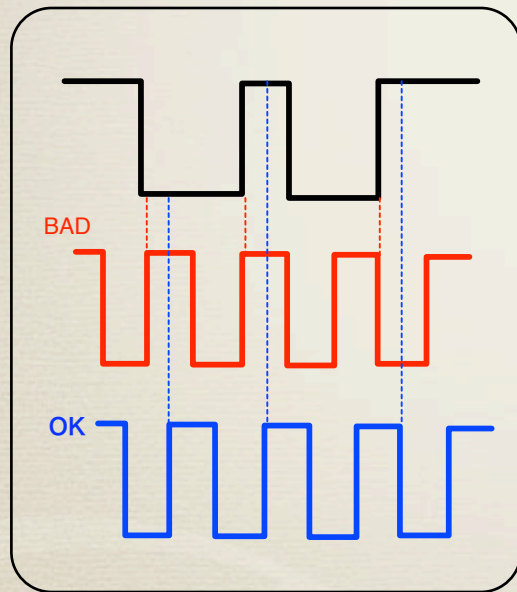
宇宙線試験データでの分析



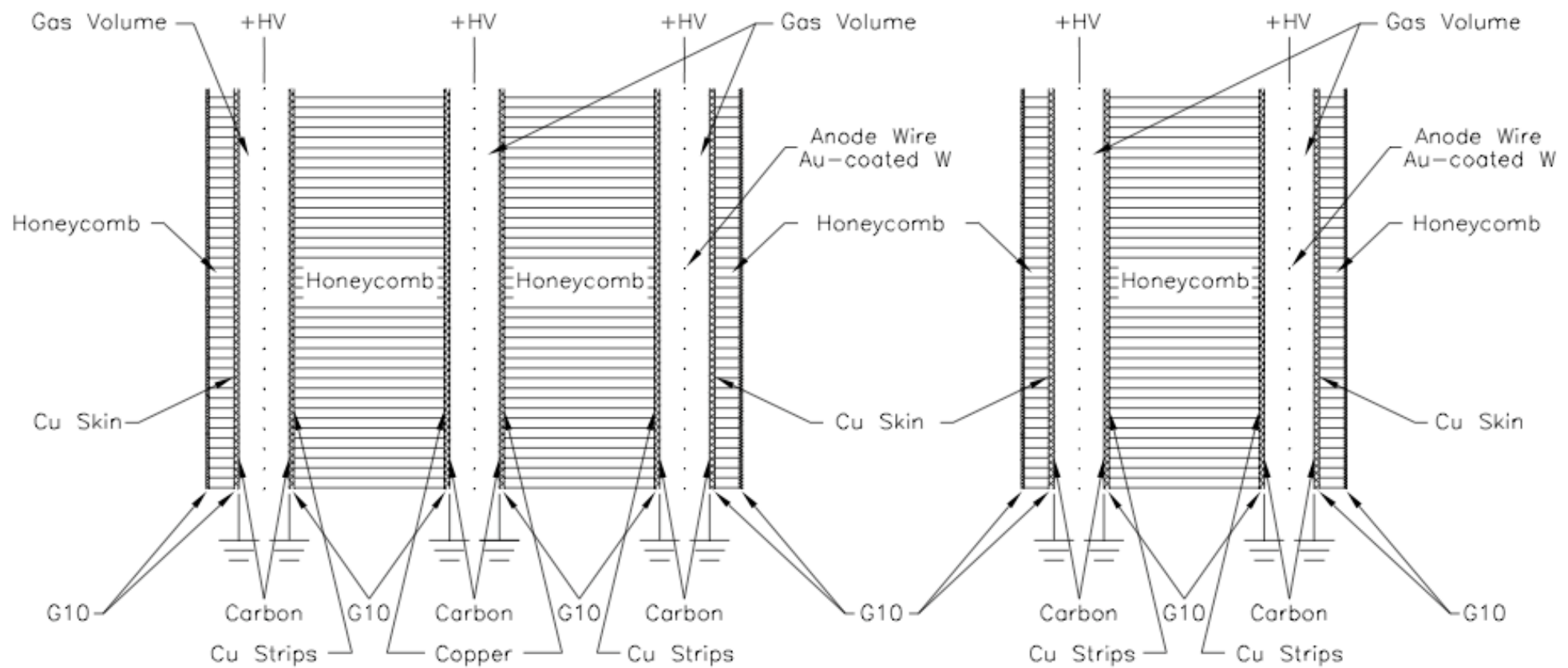
システムのタイミング調整

モジュール間の位相調整

送信と受信のclockの位相が揃っていると問題になる
受信側の読み出しを 0.5 clockずらす



TGC チェンバー構造



チェンバー検出効率

efficiency C_side

