

ATLAS前後方 μ 粒子トリガー検出器 地上動作試験の最終報告

高橋 悠太 (名古屋大学大学院 理学研究科)

戸本誠, 杉本拓也, 奥村恭幸, 佐々木修^A, 安芳次^A, 池野正弘^A,
坂本宏^B, 川本辰男^B, 石野雅也^B, 野本裕史^B, 久保田隆至^B,
蔵重久弥^C, 門坂拓哉^C, 丹羽正^C,
長谷川庸司^D, 福永力^E, 菅谷頼仁^F, 他ATLAS 日本TGC エレキグループ

名大理, KEK^A, 東大素セ^B, 神戸大自然^C, 信州大理^D, 首都大理工^E, 阪大理^F

1. Introduction

- Motivation
- TGC electronics

2. 地上動作試験

- 試験項目
- テストパルス試験
- 宇宙線試験
- 結果

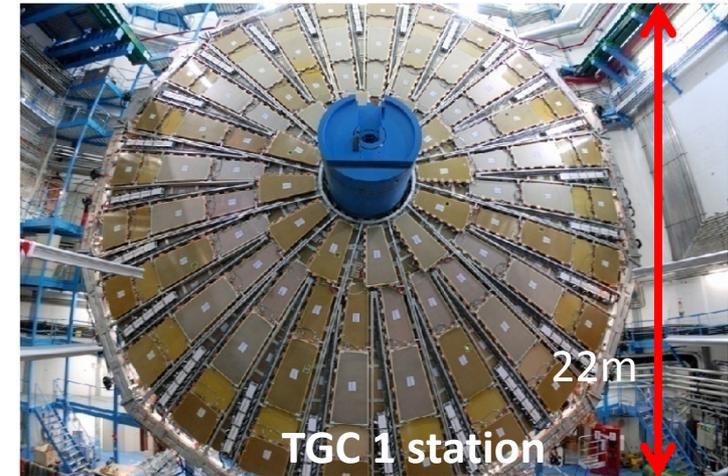
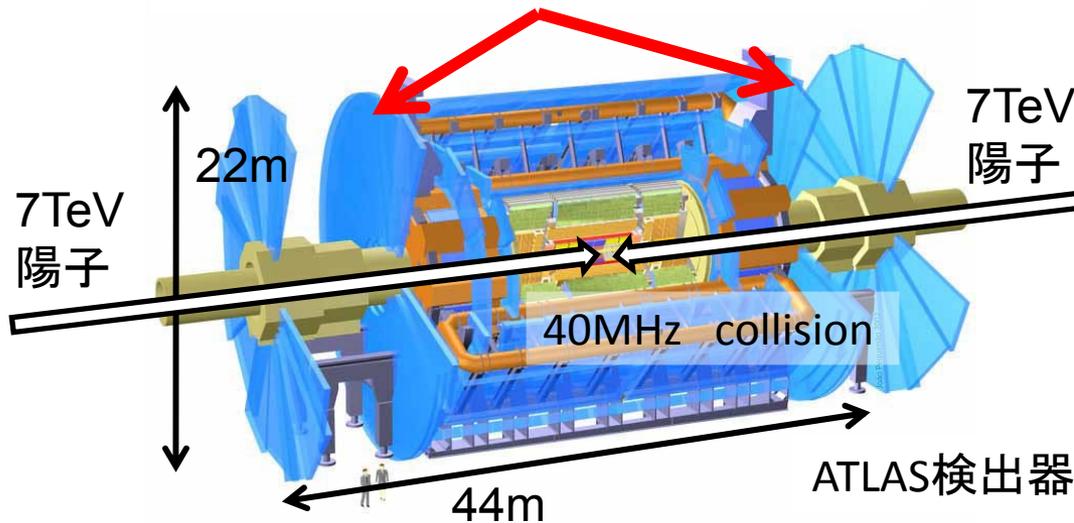


3. まとめ

Motivation

◆ TGCの役割 → $Pt > 6\text{GeV}/c$ の μ 粒子を含むEventを選別、Trigger信号を発行

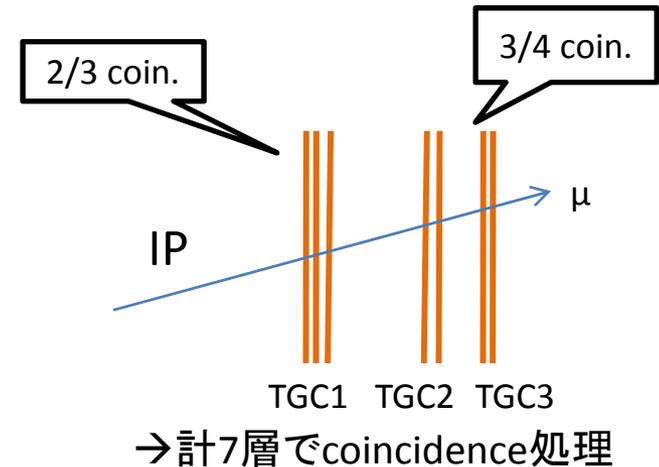
TGC(Thin Gap Chamber) → $1.1 < \eta < 2.4$



◆ TGCに要求されるperformance

- 検出効率99%以上
- 検出器の反応時間 $< 25\text{ns}$ (衝突間隔)

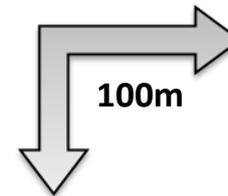
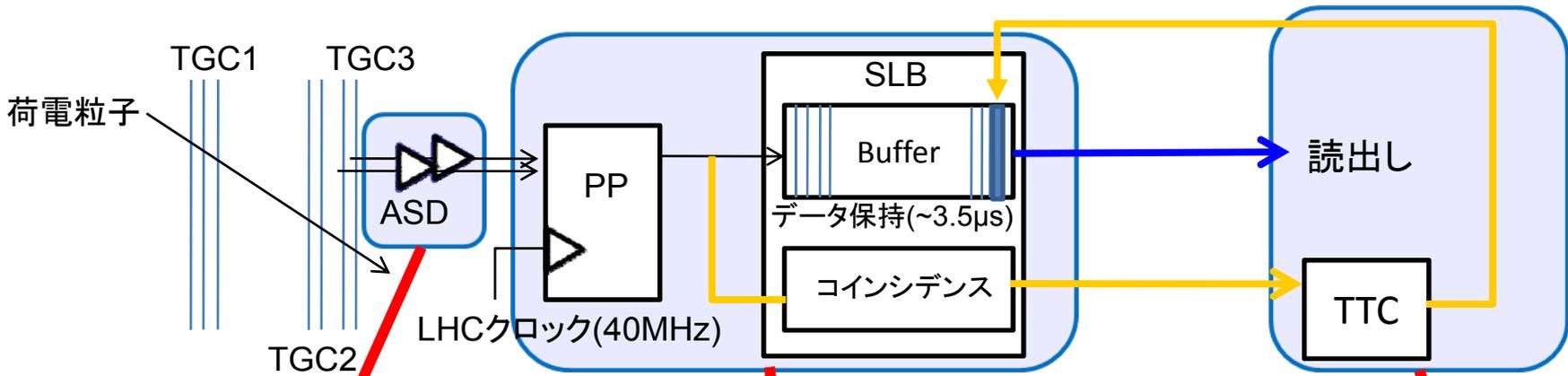
検出効率99%を保証するために、人為的ミス
(配線ミス、エレクトロニクスの不具合など)
によるDead channelを排除する必要あり！



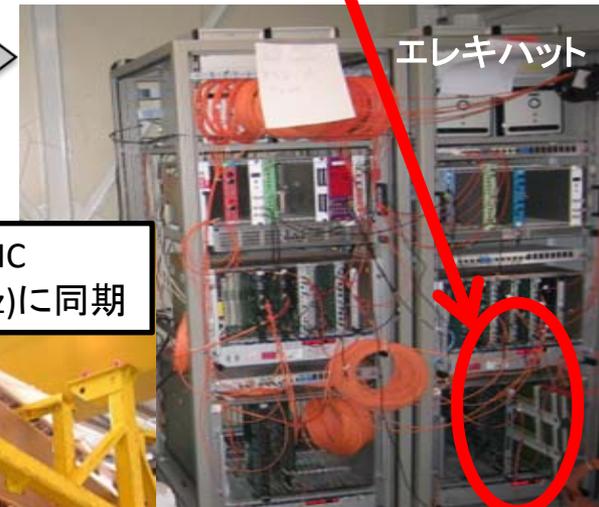
→ アクセス容易な地上で、動作試験手法を確立し、問題点の発見・修復を行う

TGC electronics

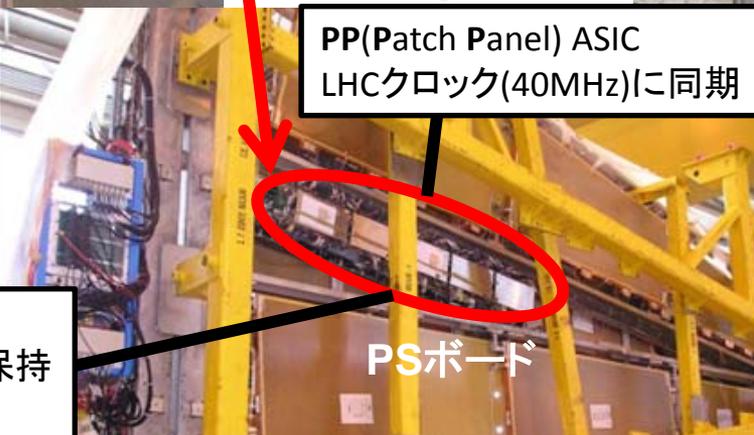
- TGC electronics:(1) **トリガー回路**: 粒子通過後 $2.5\mu\text{s}$ の間にトリガー判定($P_t > 6\text{GeV}/c$)
 (2) **読出し回路**: トリガーされたデータの読出し



PP(Patch Panel) ASIC
LHCクロック(40MHz)に同期



TTC(Trigger&Timing Control)
トリガー配布



SLB(SLave Board) ASIC
①トリガー発行までbufferにデータ保持
②コインシデンス回路

試験手法

ASDテストパルス試験、宇宙線試験の手法を確立

◆ ケーブルコネクション

- ①HV線
- ②ASD→PSボード間のケーブル

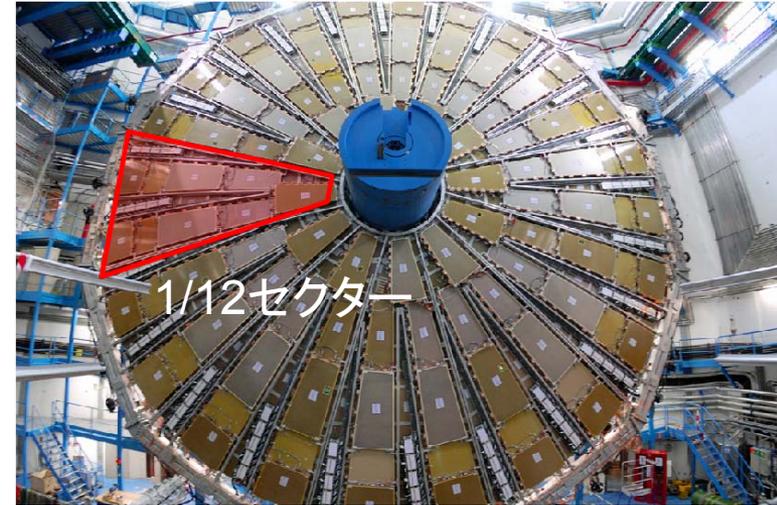
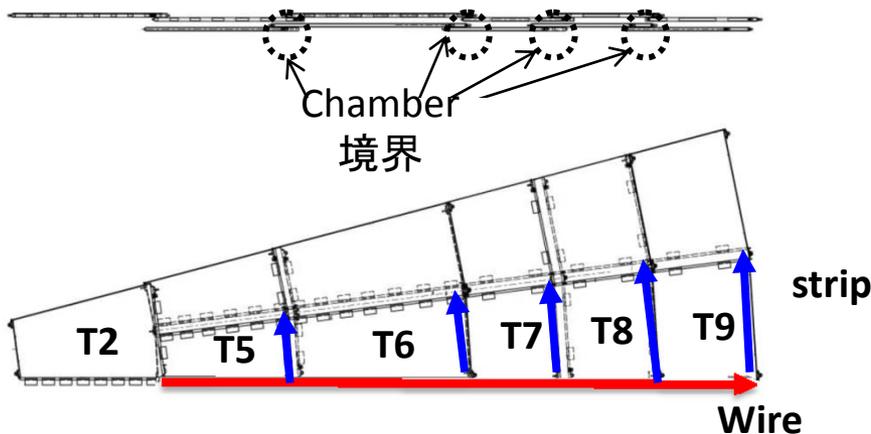
◆ エレクトロニクスの動作確認

- ③読出し回路
- ④トリガー回路

◆ Chamberの動作確認

- ⑤HV, ガス, 欠けチャンネル

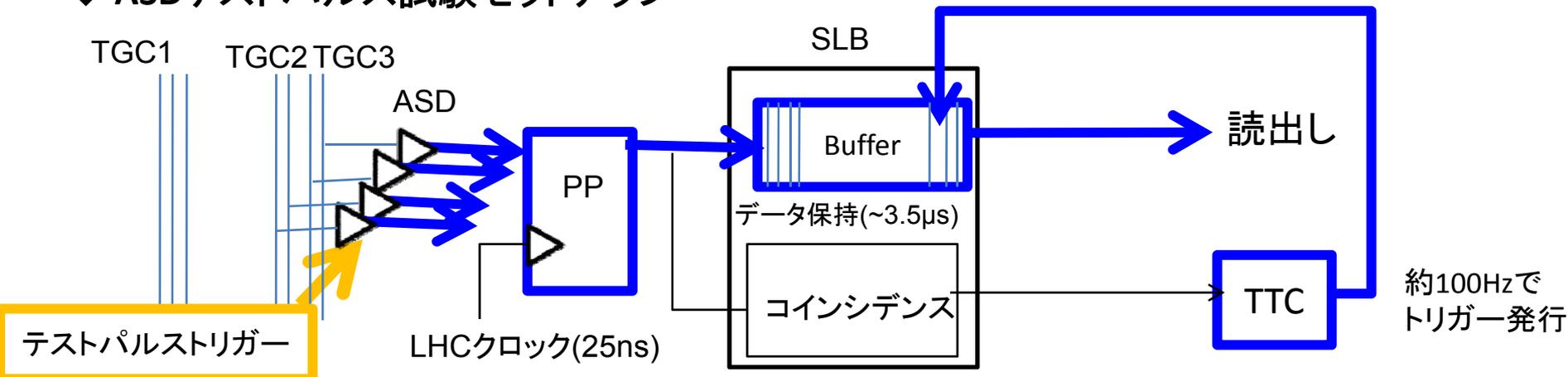
ASDテストパルス試験→②、③の試験
宇宙線試験→①、④、⑤の試験



	Station	Wire	Strip	Total
A-side	TGC1	36k	14k	50k
	TGC2	36k	17k	53k
	TGC3	34k	17k	51k
C-side	TGC1	36k	14k	50k
	TGC2	36k	17k	53k
	TGC3	34k	17k	51k
All(A+C)		220k	99k	320k

- ◆ 読出しチャンネル全て(約**32万**)を試験。試験単位は1/12セクター。

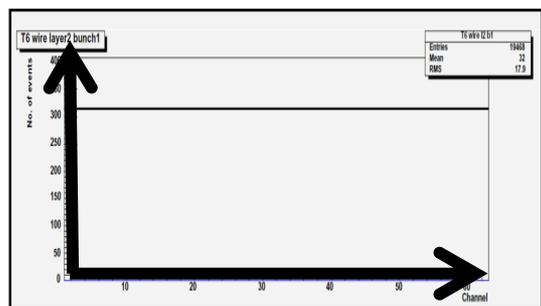
◆ ASDテストパルス試験セットアップ



◆ 試験項目

- ① ASD→PSボード間のケーブル接続
- ② 読出し回路の動作

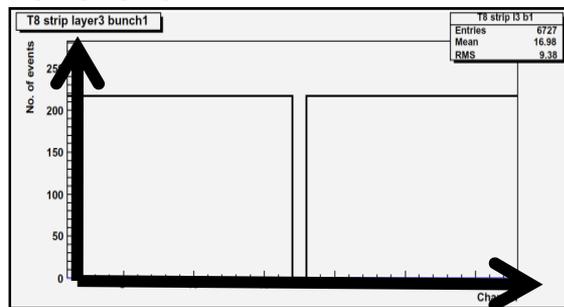
of event



Wire channel

正常な時
(欠けチャンネルなし)

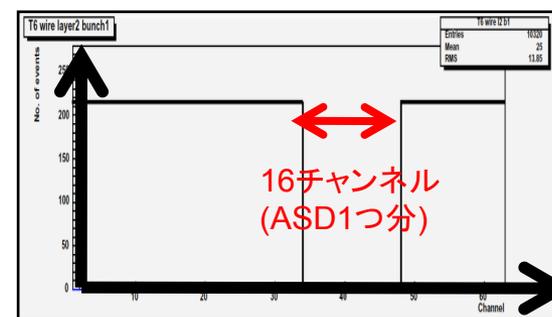
of event



Wire channel

1chの欠損チャンネルあり

of event

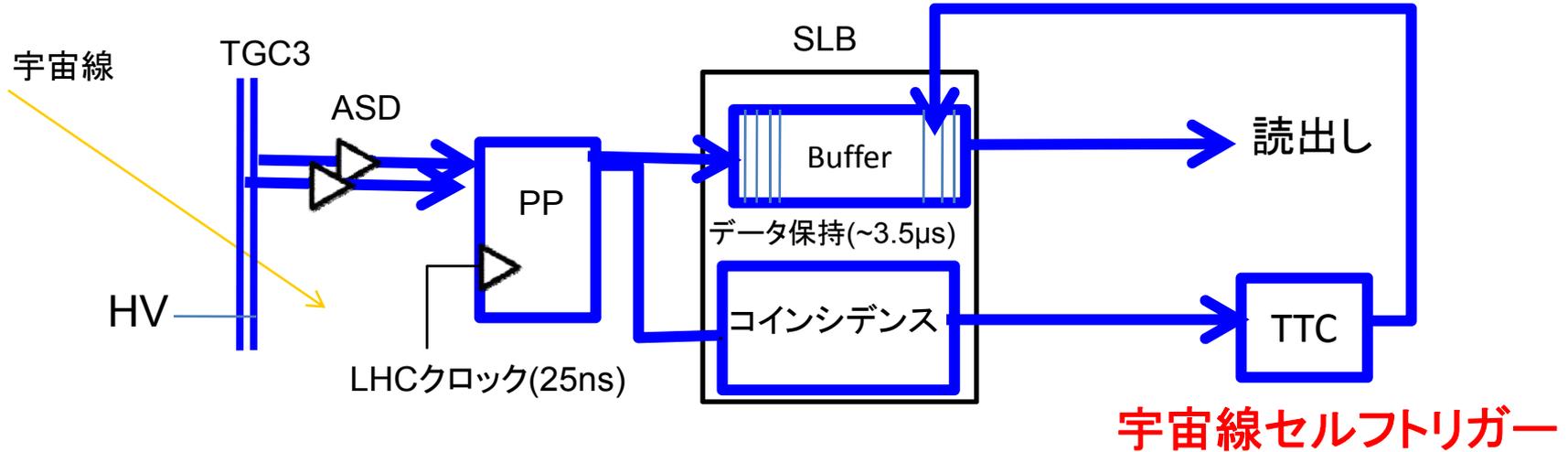


Wire channel

ASD→PSボード間の
ケーブル接続ミス

宇宙線試験

◆ 宇宙線試験セットアップ(TGC3の場合)



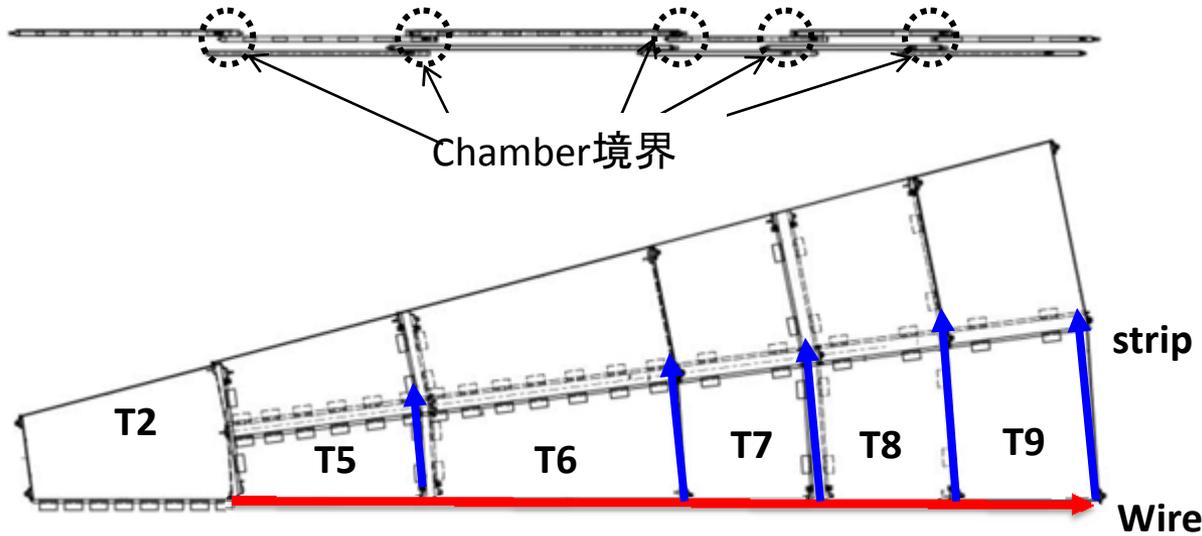
◆ 試験項目

- ① HV線の接続
- ② Chamber(HV、ガス、欠けチャンネル)の動作確認
- ③トリガー回路の動作

◆トリガー条件

- ①コインシデンスあり → 欠けチャンネルの発見・修正
- ②コインシデンスなし(1層だけHV on/off) → HVケーブル線の誤接続の発見・修正

宇宙線で得られるプロフィール(1)

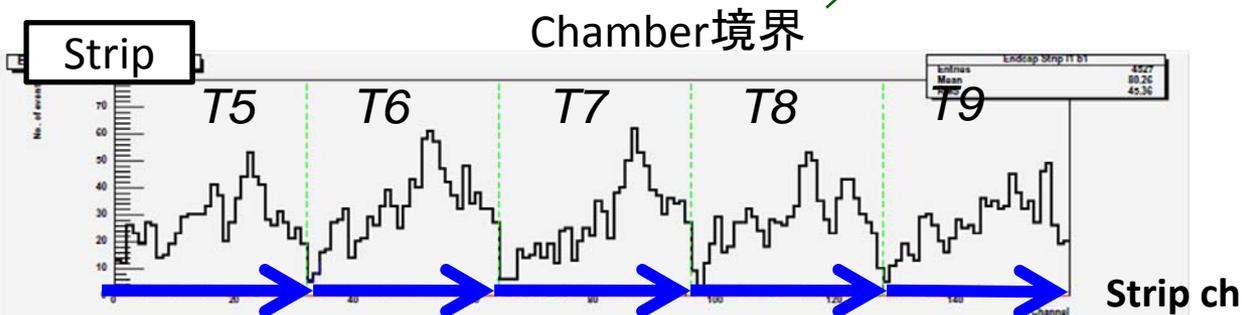
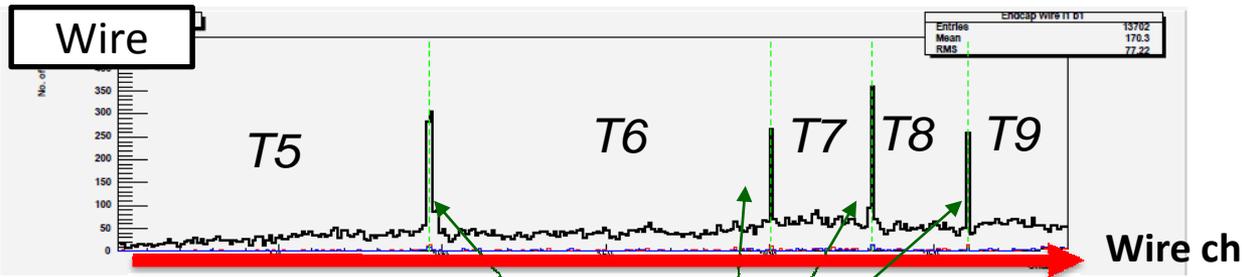


正常なprofileの特徴

①欠けチャンネルなし
HV印加→OK
配線→OK
読出し回路→OK

②妥当なhit rate(~20Hz)
で、データが取得できている
ガスリーク→なし
trigger回路→OK

◆正常なプロフィール



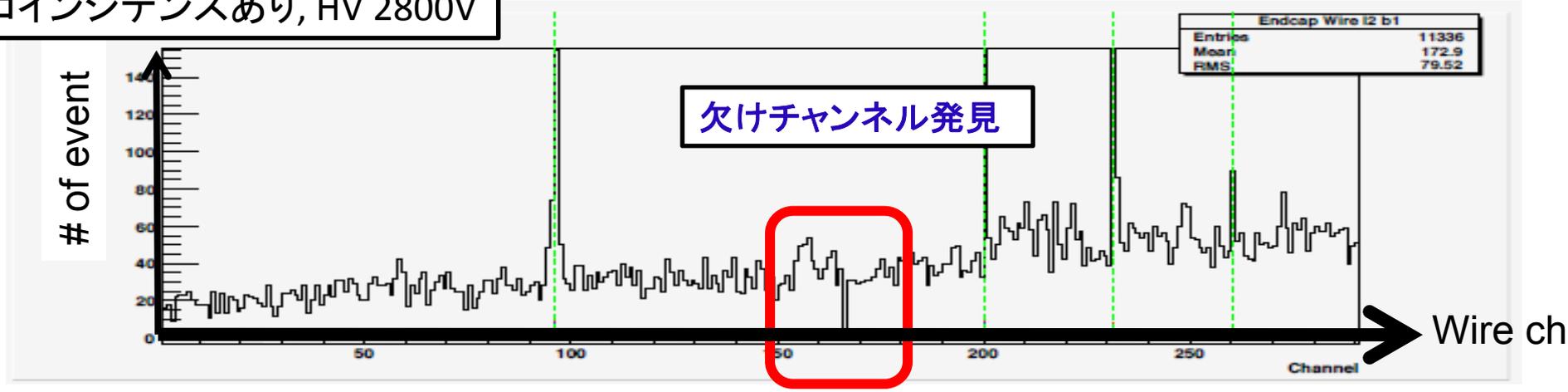
- 使用ガス→CO₂
- コインシデンスあり
- 両レイヤーHV 2800V on
- Trigger rate → 20Hz

宇宙線で得られるプロファイル(2)

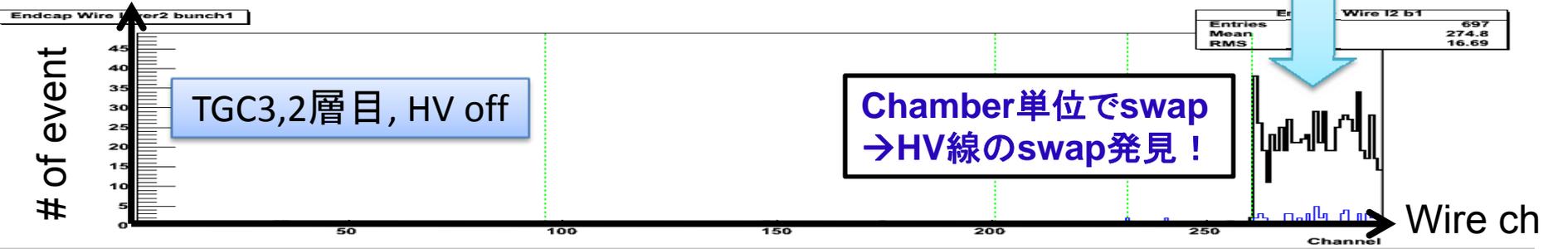
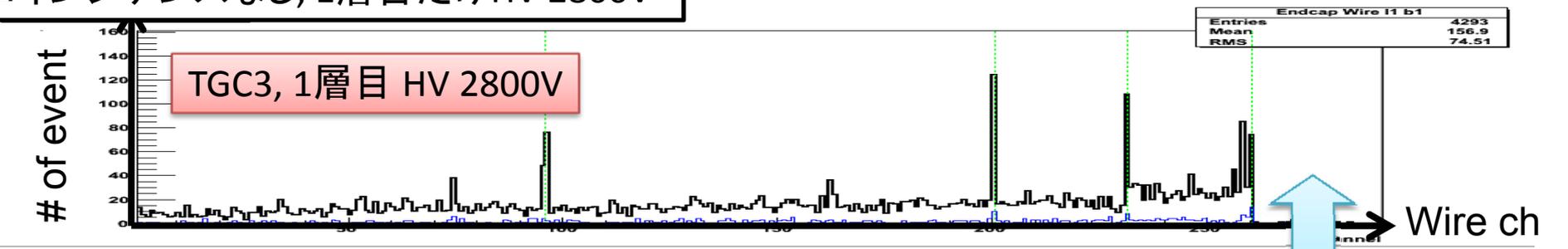
2007/9/22

第62回 日本物理学会

コインシデンスあり, HV 2800V



コインシデンスなし, 1層目だけHV 2800V

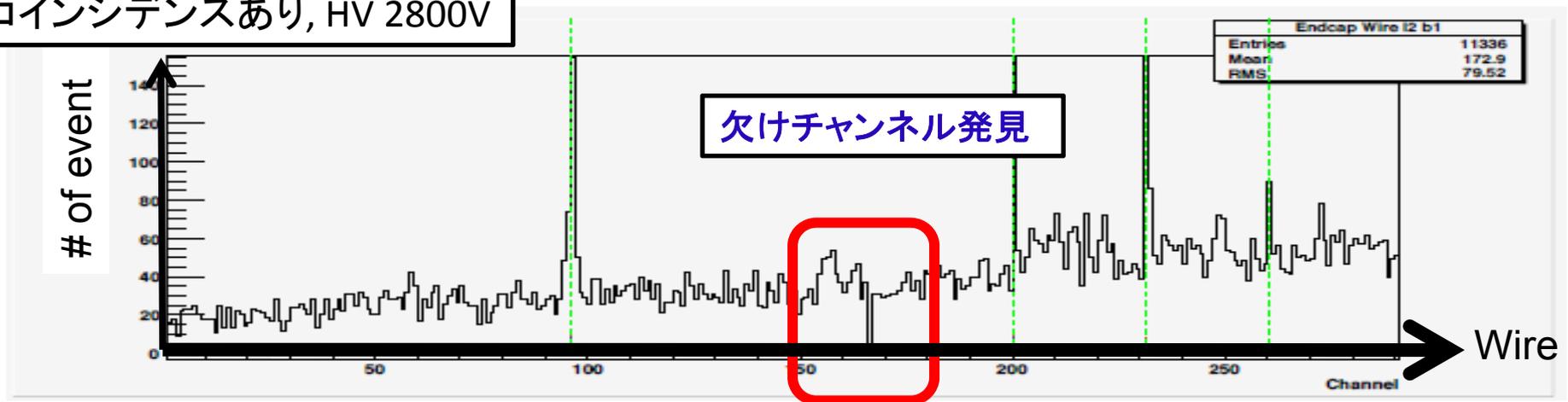


宇宙線で得られるプロフィール(2)

2007/9/22

第62回 日本物理学会

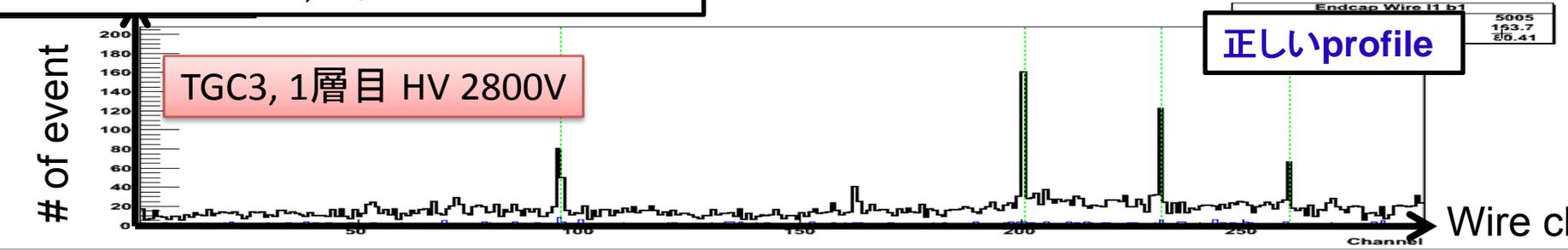
コインシデンスあり, HV 2800V



欠けチャンネル発見

Wire ch

コインシデンスなし, 1層目だけHV 2800V



TGC3, 1層目 HV 2800V

正しいprofile

Wire ch

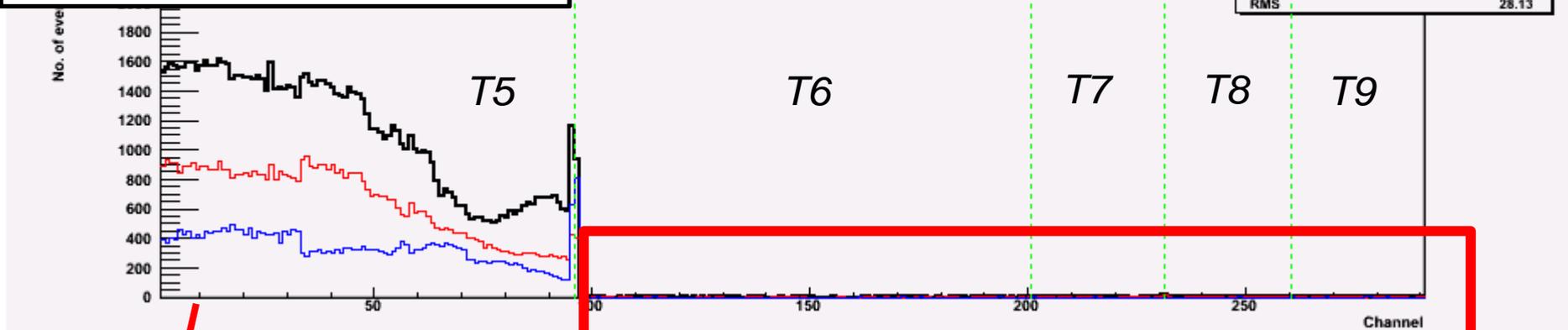


TGC3, 2層目, HV off

Coincidenceあり → 欠けチャンネル
Coincidenceなし(一層のみHV on/off)
→ケーブル線の誤接続を発見可能

宇宙線で得られるプロフィール(3)

Wire : TGC3, コインシデンスあり

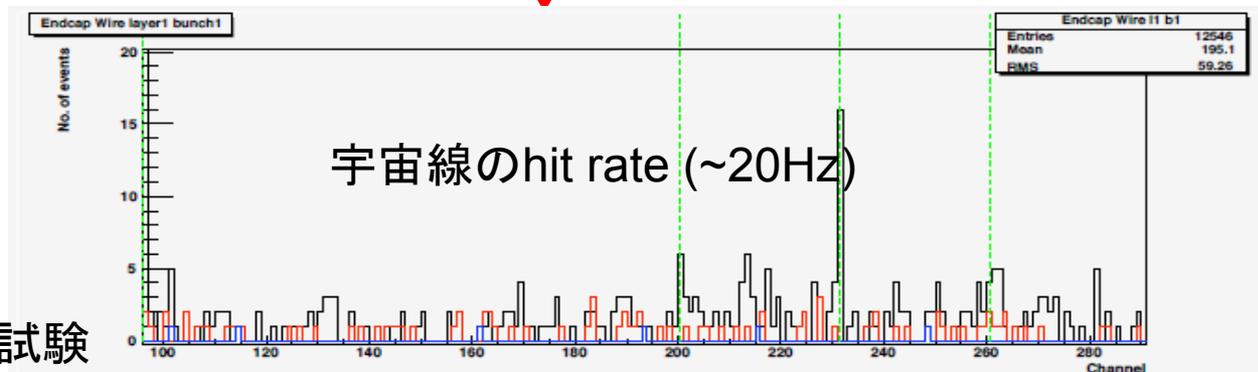


宇宙線のhit rateに比べ、
factor 100倍以上のhit rate
→不安定なグラウンド
→湿度
等が理由と考えられる。

グラウンド強化、日時を変えて試験

それでも変化しなければ、Chamberを交換。外したものは再テストし、原因特定

拡大



結果

◆日本が宇宙線試験を担当したTGC3に関して、発見した故障箇所と対処法

	HV線のswap	Chamber交換	PSボード交換
A side, TGC3	4/242	2/242枚	7/198枚
C-side, TGC3	4/242	4/242枚	17/198枚
対処	修正後、再テスト	交換後、再テスト	交換後、再テスト
ALL	8/484	6/484	24/396



◆欠損チャンネル

	Station	欠損channel
A side	TGC1	4 /50k
	TGC2	/53k
	TGC3	11 /51k
C-side	TGC1	5 /50k
	TGC2	3 /53k
	TGC3	10/51k
ALL		33/320k

全て修復(6608 channel=6%相当)

- 全てのElectronicsは正常に動作
- Dead channelを、

33 / 320k (ch) ~ **0.01%**
に抑えた。

まとめ

TGC全領域において、**検出効率99%**を達成したい！

人為的ミス(配線ミス、エレクトロニクスの不具合)などによるdead channelを排除する必要あり！

アクセス容易な地上にて、動作試験を行う
→**テストパルス、宇宙線試験の手法を確立：**

- ① 配線(HV線、ASD→PSボード間)
- ② エレクトロニクスの動作確認
- ③ チェンバーの動作確認

・**6%**のdead channelを修復
・欠損チャンネル→**33ch(0.01%)**

地上動作試験により、TGCのチャンネル実稼働率99.9%を達成した
→無事、地下実験ホールにinstallできた
→**検出効率99%を達成可能！**

Back up

Back up

Back up

Short review of TGC

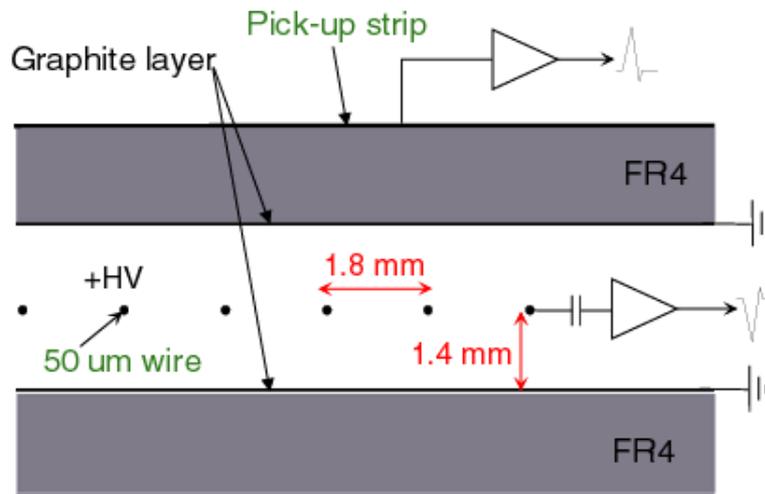


◆ TGCの満たすべきperformance

- ◆ 検出効率 > 99%
- ◆ Signalに対する反応時間 < 25nsec
- ◆ 放射線環境下($\sim 1\text{kHz}/\text{cm}^2$)での安定動作

◆ TGCの構造

- ◆ MWPCと類似
- ◆ Anode \rightarrow 50 μm タングステンワイヤー
- ◆ Cathode \rightarrow carbon グラファイト(1M Ω /□)
- ◆ Wire, cathodeによる2次元読み出し
- ◆ Wire間隔1.8mm, wire-cathode間隔1.4mm



◆ 動作モード

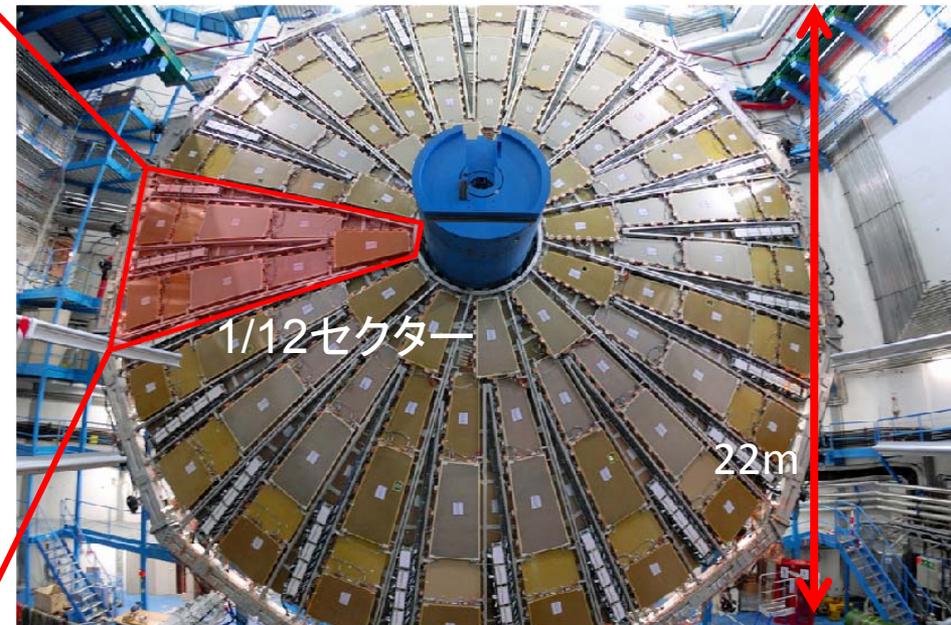
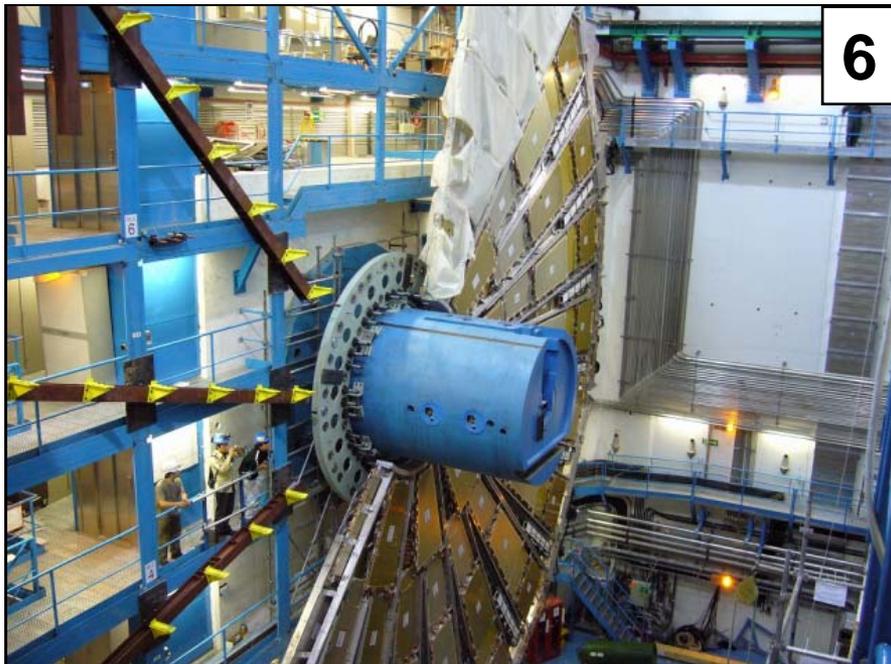
- ◆ Gas : CO₂ + n-C₅H₁₂ (55:45)
- ◆ Limited proportional mode (限定的比例領域)
- ◆ High Voltage : +2.9kV
- ◆ Gas Gain : $\sim 10^6$

Installation行程

>>地下実験ホールへのインストール行程

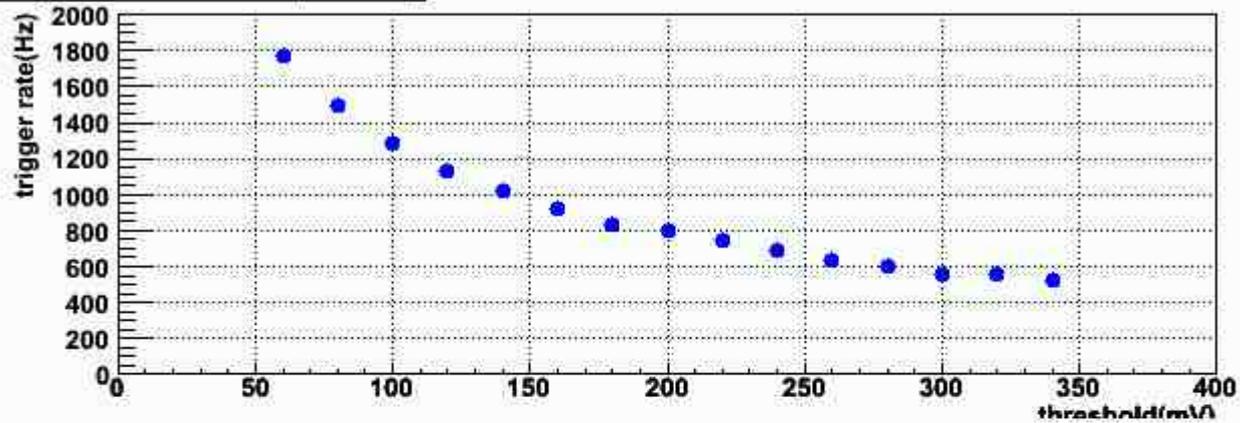
- ① TGCの制作(KEK, Israel)、組み立て(テクニシャン) → 1つ前の発表
- ② 地上におけるTGC動作試験(日本、イスラエル) → 本発表の主題
- ③ 地下実験ホールへの運送、インストール(テクニシャン)
- ④ 地下実験ホールでの動作試験(日本の研究者) → 後続の発表

※全作業は、1/12セクター単位で行う

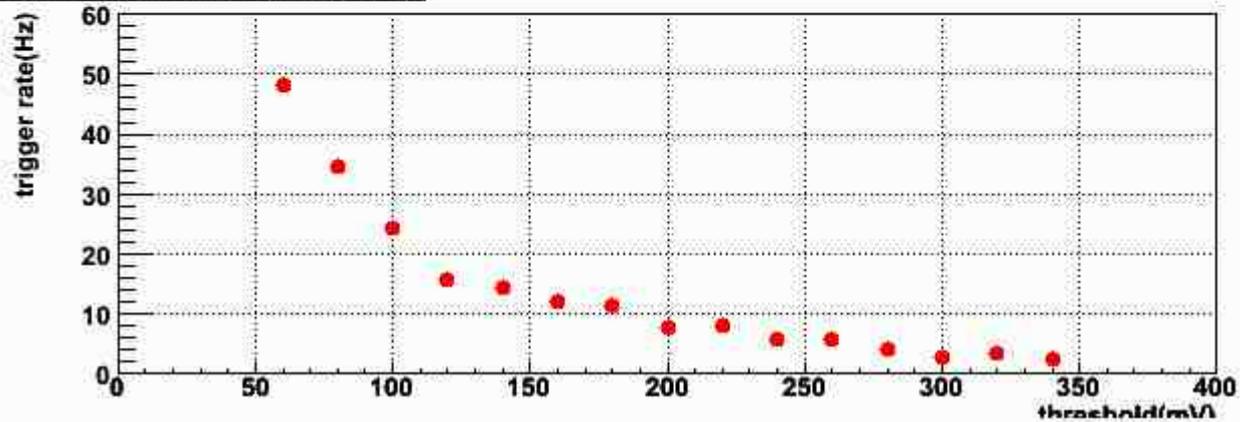


Trigger rate vs. V_{th}

Trigger Rate v.s. Threshold (1 out of 2)



Trigger Rate v.s. Threshold (2 out of 2)

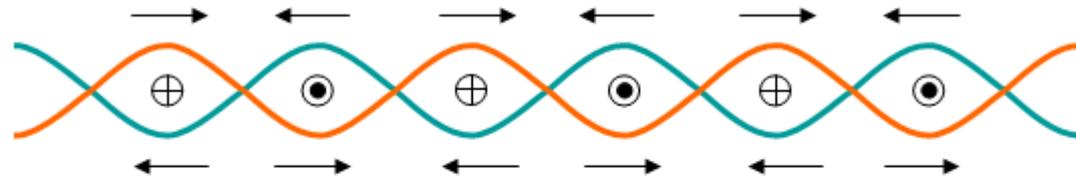


→ $V_{th} \sim 100 \text{ mV}$ is good for measuring !

Twistケーブル

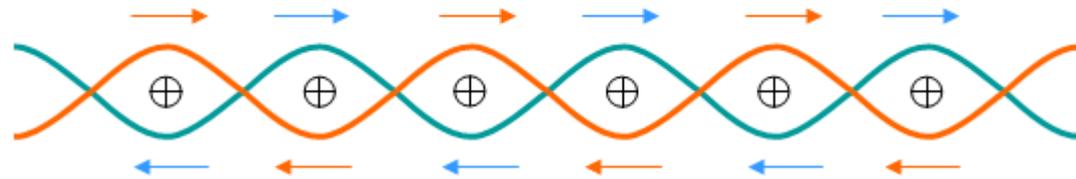
より対線を流れる信号電流で発生する磁束(\odot と \oplus)は、隣同士で反転しているので互いに打ち消しあう
 → 伝送する信号により、外部にノイズを出しにくい

外に出にくい



より対線を貫通する磁束により発生する電流の向き(\rightarrow と \leftarrow)は、隣同士で反転しているので互いに打ち消しあう
 → 伝送する信号は、外部からの影響を受けにくい

影響を受けにくい



磁束の向き \oplus 手前から奥向き \odot 奥から手前向き

出展: wikipedia



- Installation era has been finished.
- Integration era is now going on!