

ATLAS実験用TGCの検査

神戸大学自然 杉本 拓也

神戸大自然	蔵重久弥、越智敦彦、大町千尋、緒方岳、喜家村裕宣、 稲田昌彦、一宮亮、本間康浩、野崎光昭、武田廣
高工研	岩崎博之、田中秀治、石井恒次
東大素セ	石野雅也、小林富雄、南條創
信州大	大下英敏、竹下徹
東大宇宙線研	横山千秋

ATLAS実験用TGCの検査

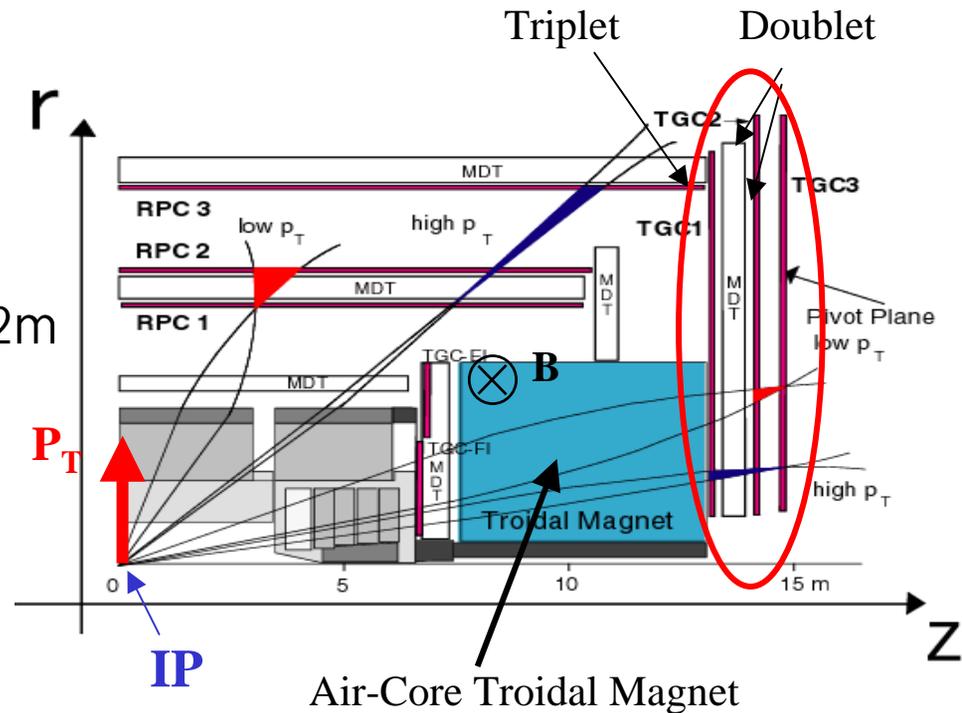
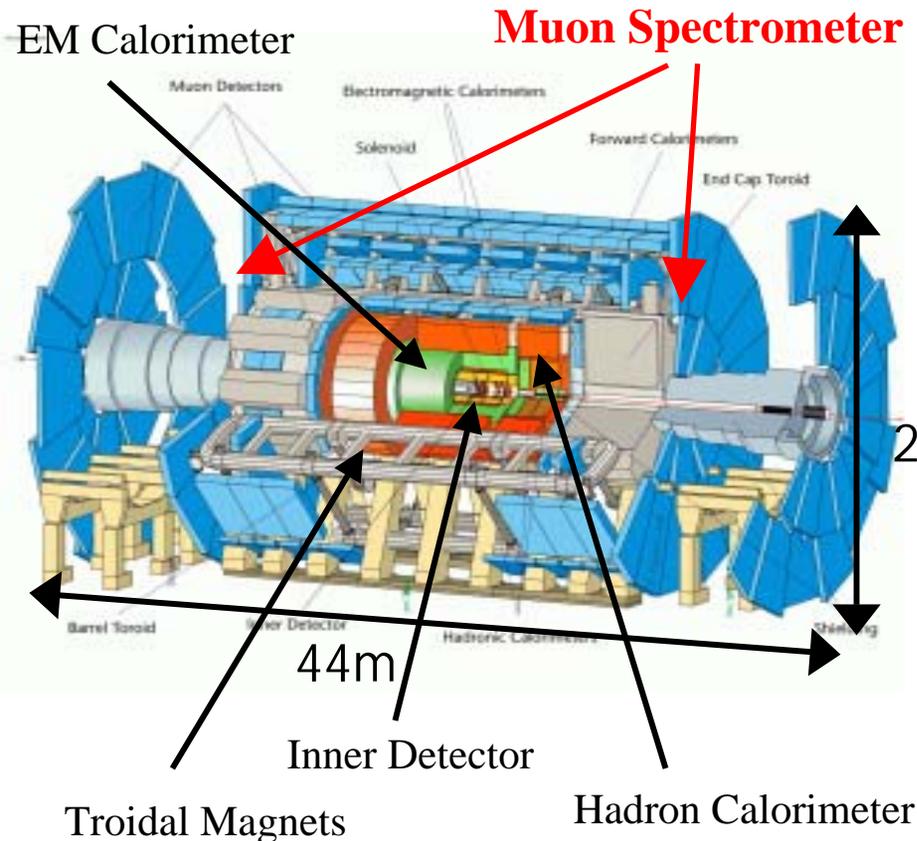
～ 目次 ～

- Introduction
- TGCの構造
- TGCの検査とその結果
 - Leak Test
 - HV Test
 - CosmicRay Test
- Summary

Introduction

- Thin Gap Chamber (TGC) とは

- ATLAS検出器のエンドキャップ・ミュオントリガーシステムの一つ
- Total: 3,600台 (日本、イスラエル、中国で製作)
- 読み出し数: 320,000 channel
- 総面積: $\sim 2,000\text{m}^2$



TGCの構造

要求される性能

検出効率 > 98% → Trigger

時間分解能 < 25nsec → BC ID

High Rate (~ kHz/cm²)環境下における

10年間の安定動作

放射線耐性 (~ 0.6C/cm)

構造

多線式比例計数箱(MWPC)

- ガス: CO₂+n-Pentane (55:45)
- 印加電圧: +3.0kV
- 動作領域: 制限比例領域
- ガス増幅率: 10⁶

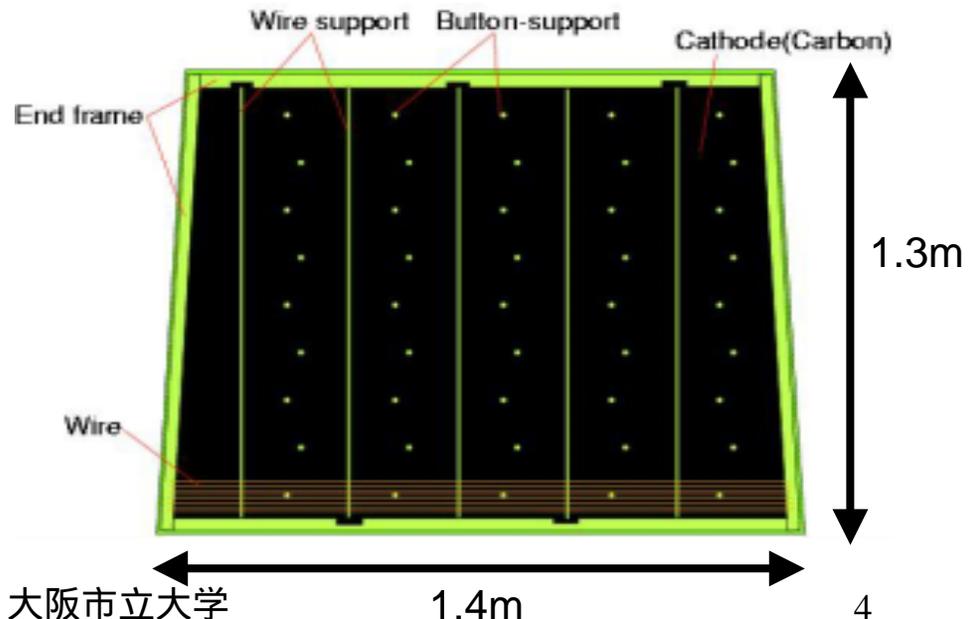
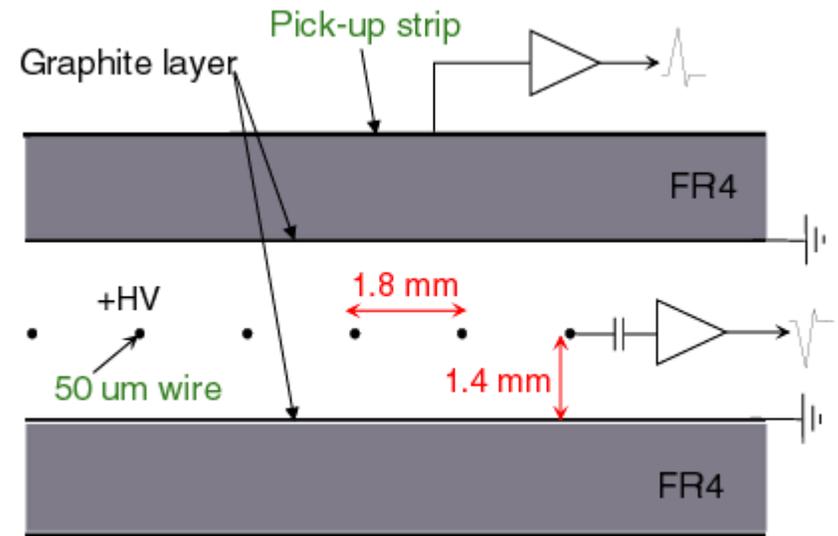
– Wire: 50μm 金メッキタンゲステン

– Anode-Cathode間隔: 1.4mm

– Wire-Wire間隔: 1.8mm

– Wire、Stripで2次元読み出し

– 強度、間隔を保つためのサポート
不感領域



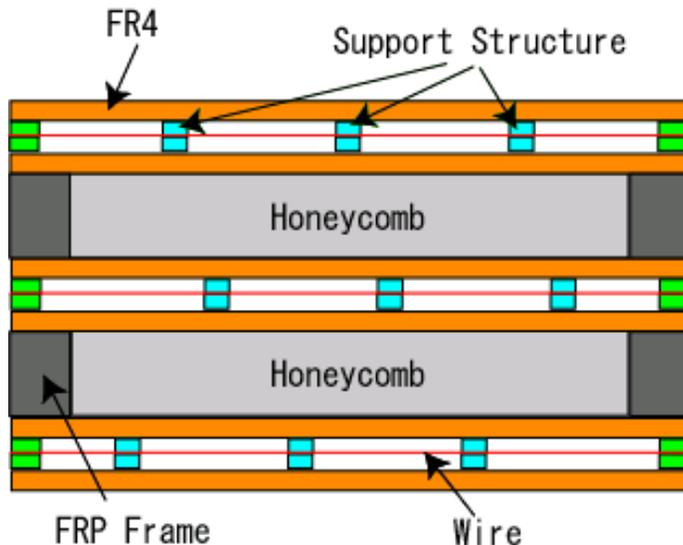
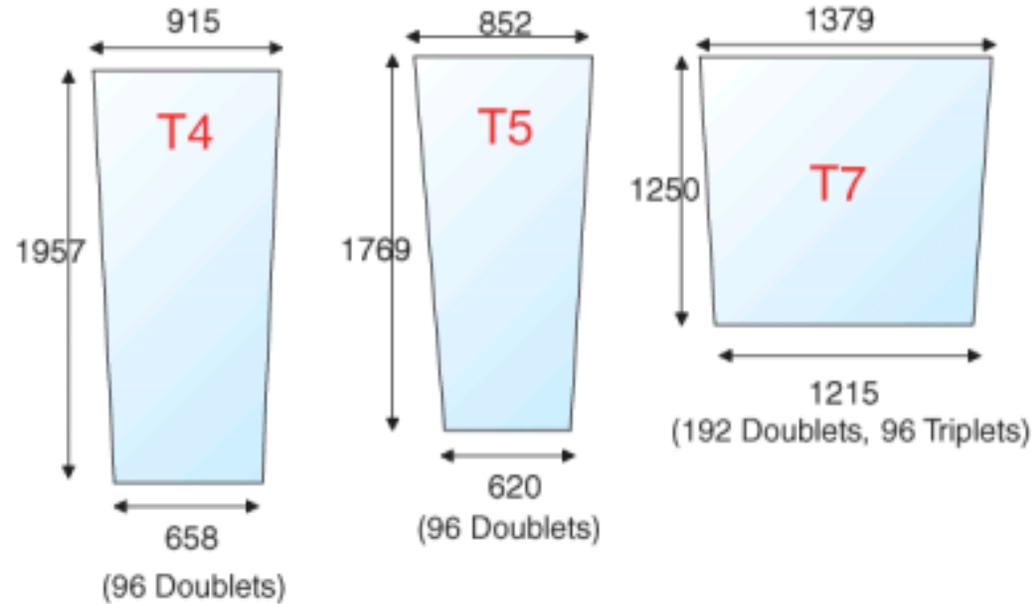
TGCの生産

- 3つのタイプを製作

- 場所: KEK 富士実験室B4
- 期間: 2001年 ~ 2005年2月
- 台数: 1,224 枚 (予備含む)

- 特徴

- 全て接着する事で製造
- TGCモジュール
 - 2層 (Doublet)
 - 3層 (Triplet)



TGC Type	TGC Wheel	Units Need for ATLAS	# of TGCs	# of Modules
T7 Triplet	M1	96	356	113
T7 Doublet	M2	96	218	106
T7 Doublet	M3	96	221	108
T4	M2	96	215	107
T5	M3	96	214	107
SUM		480	1224	541

TGCの検査

- 目的

- KEKで製作された**全てのTGC**が要求された性能を満たすかを検査。

- 検査期間

- 2001年5月～2005年7月 (40 months)

- 検査台数

- 541モジュール (予備含む)

- 検査項目

- **気密性試験 (Leak Test)**

- TGCの気密性の検査

- **高電圧印加試験 (HV Test)**

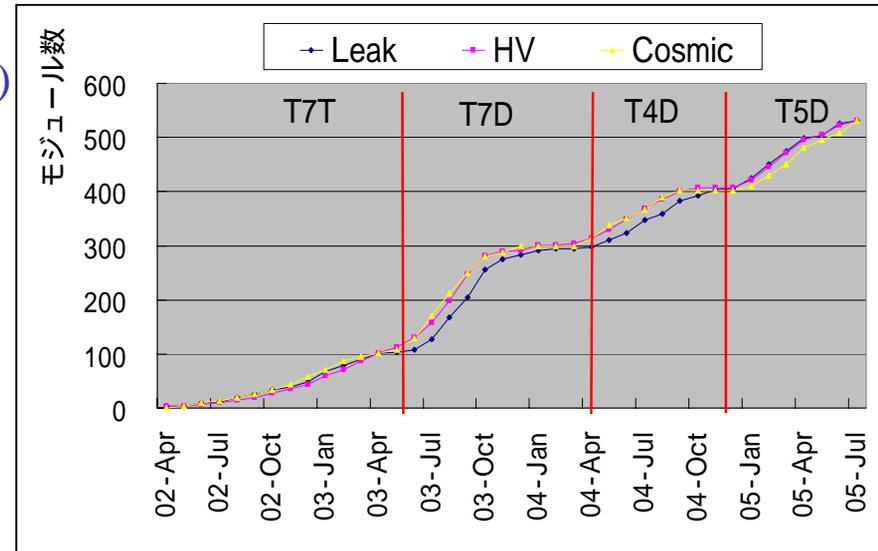
- 動作電圧での安定性の検査

- **宇宙線ミュオンを用いた検査 (CosmicRay Test)**

- **TGC全面**に渡っての検出効率とその一様性
 - 信号到達時間分布

- その他

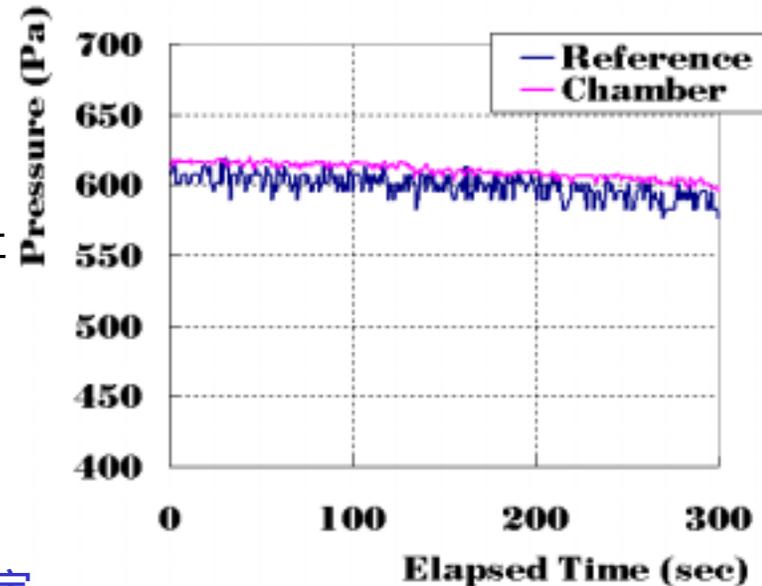
- 読み出しampの取り付け等の作業は、全て神戸で行った。(学生がメイン)
 - ampの総数:6,480枚、取り付け用のM3×10ネジ:25,920本



Leak Test

目的

- 気密性を調べる
 - 可燃性ガスを使用しているため
 - 酸素等の混入によるEfficiency低下の防止
- 構造的な理由
 - 接着により製作 → 耐圧が低く衝撃に弱い
 - 漏れが出来やすい

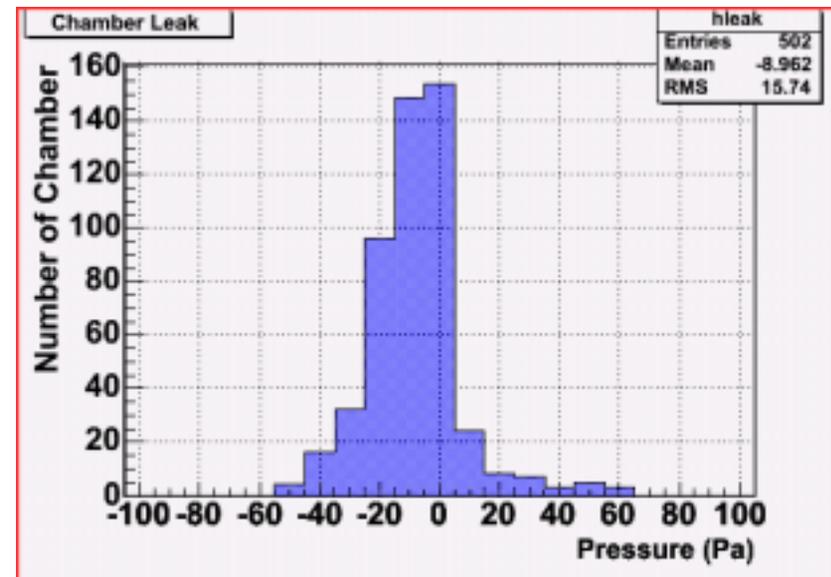


方法

- 600Paに加圧し、5分間での圧力降下で判定
- $P = 50\text{Pa}$ 以下で合格
 - TGCの容積 ~ 4,000cc
 - 漏れ量 ~ 2cc/min

結果

- Chamber Leak
 - 13モジュール不良 (入荷時)
- → 全て修理して出荷



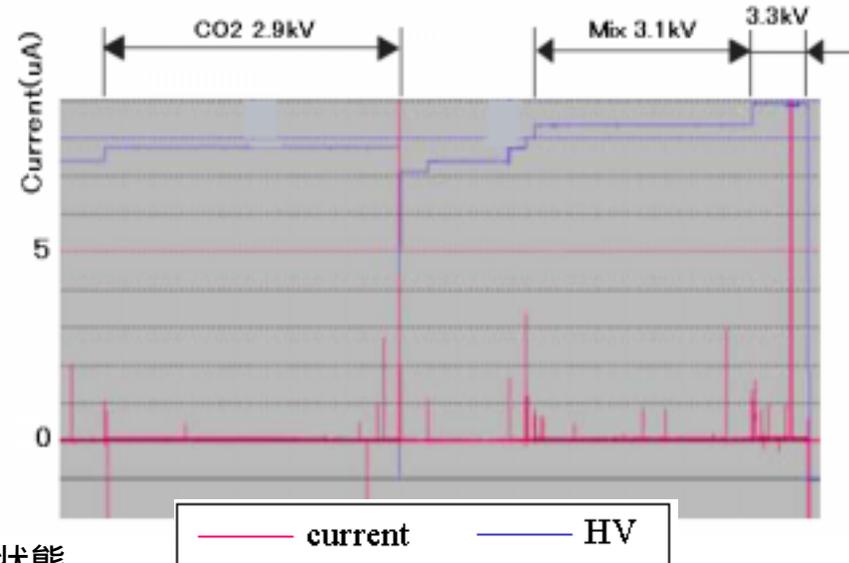
HV Test

目的

- HV印加時の安定性を検査
 - Currentの安定性で判定
- 長時間のHV印加による焼き出し
 - 化成効果による表面状態の均一化

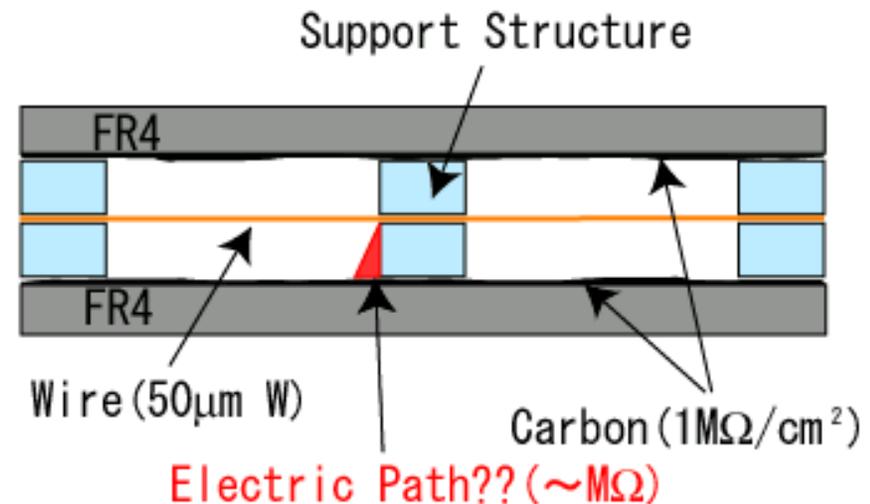
方法

- 混合ガス(CO₂ + n-Pentane)を使用。
- 3.1kVを8時間以上印加できれば合格。
 - 定常的に流れるCurrent: ~ 100nA
→ Leak Currentが大きい = 接着不良、表面状態



HVテスト中の導通現象

- Anode-Cathode間にパスが出来て shortする事がある。(断線ではない!)
 - Carbonの表面状態が原因か?
 - 液化したn-Pentaneがカーボンを溶かして放電をきっかけに柱が形成される?
- CO₂のみをflowさせてHVを印加し修理



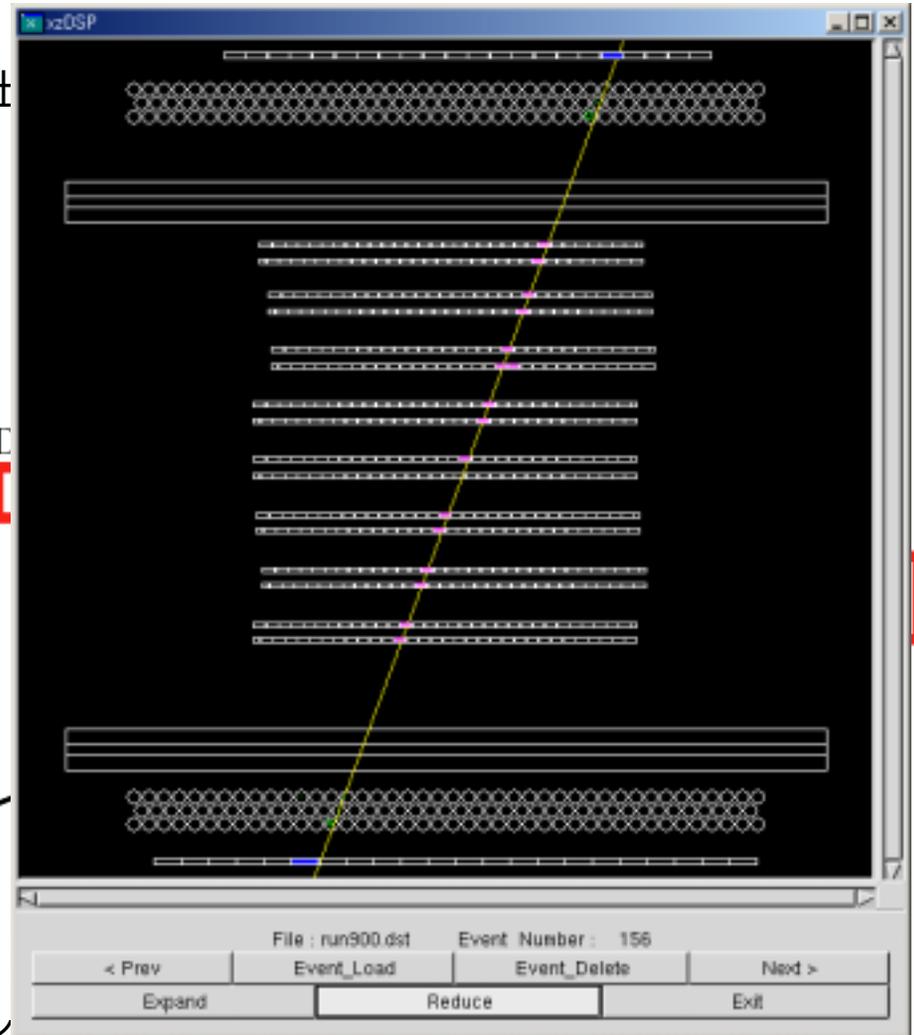
結果

- 合格: 531台 (平均: 7.3 days/module)
- うち、導通歴あり: 104台 (うち10台は復活せず)

CosmicRay Test ~setup~

• 検査用架台

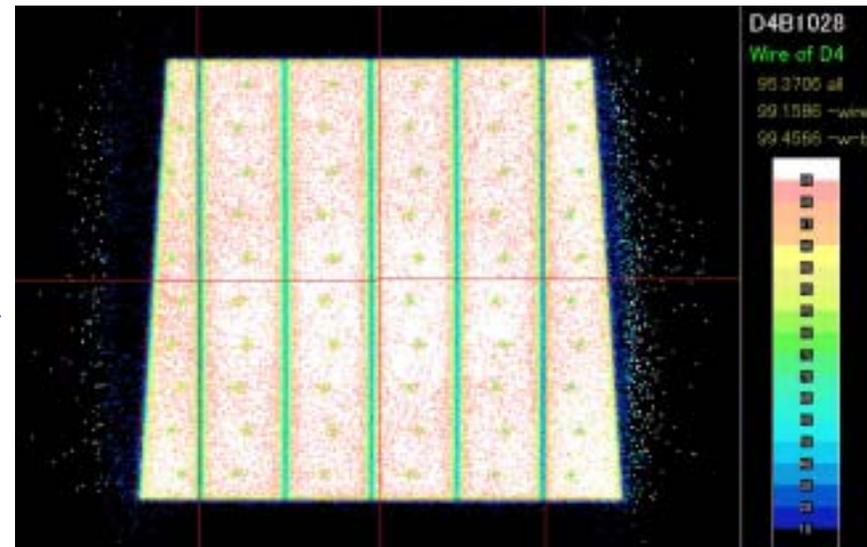
- Trigger: Scintillation Counter (1300mm × 2000mm, 96ch)
- Tracking: Drift Tube (上下XY 3層俵積み、428本)
- TGC
 - 全チャンネルのHit情報を読み出す
 - 約2300ch
 - 8モジュールを同時に検査
 - T7Doubletのみ12台
 - HV=3.0kV、Vth=100mV



CosmicRay Test ~解析方法~

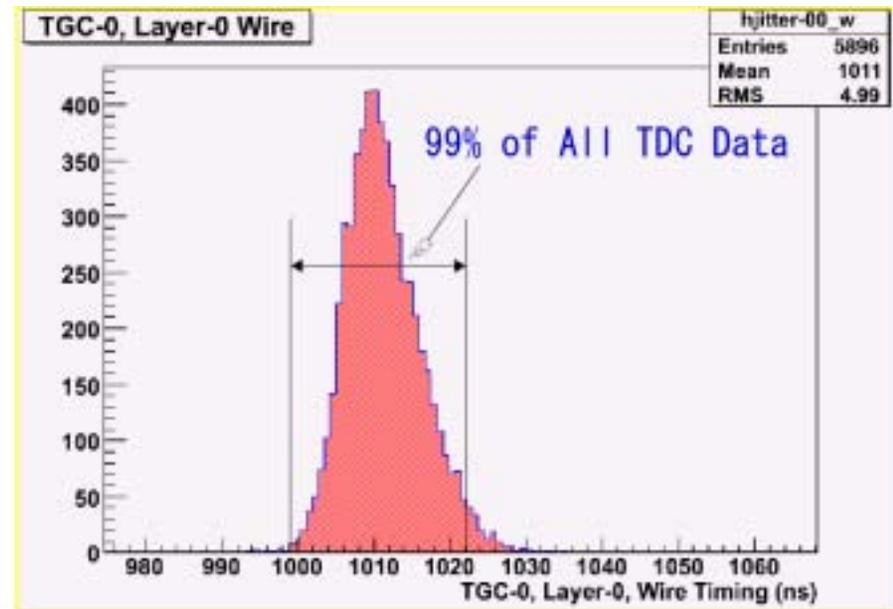
検出効率の測定

- 一様性の確認
- 5mm × 5mmで検出効率を測定
 - サポートの大きさ: 約7mm
- Track数: 1マスに100トラック程度を要求
 - 全面で2 ~ 3M tracks
- 検査にかかる期間
 - T7 = 2週間
 - T4/T5 = 1週間 → DAQの向上

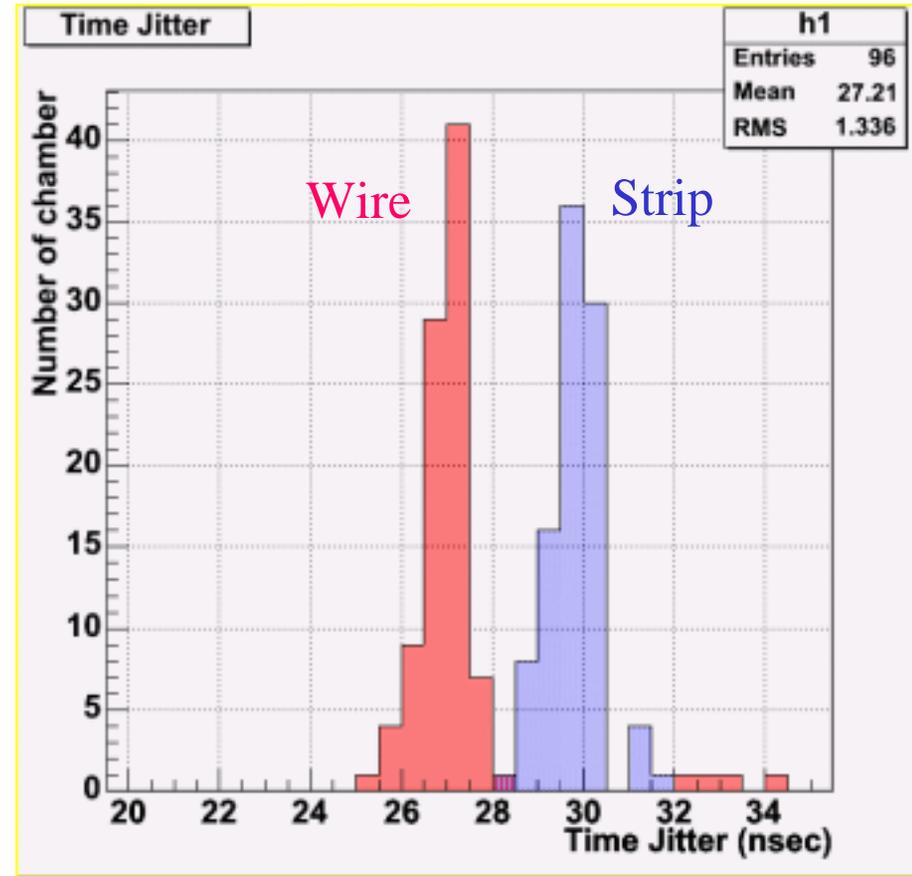
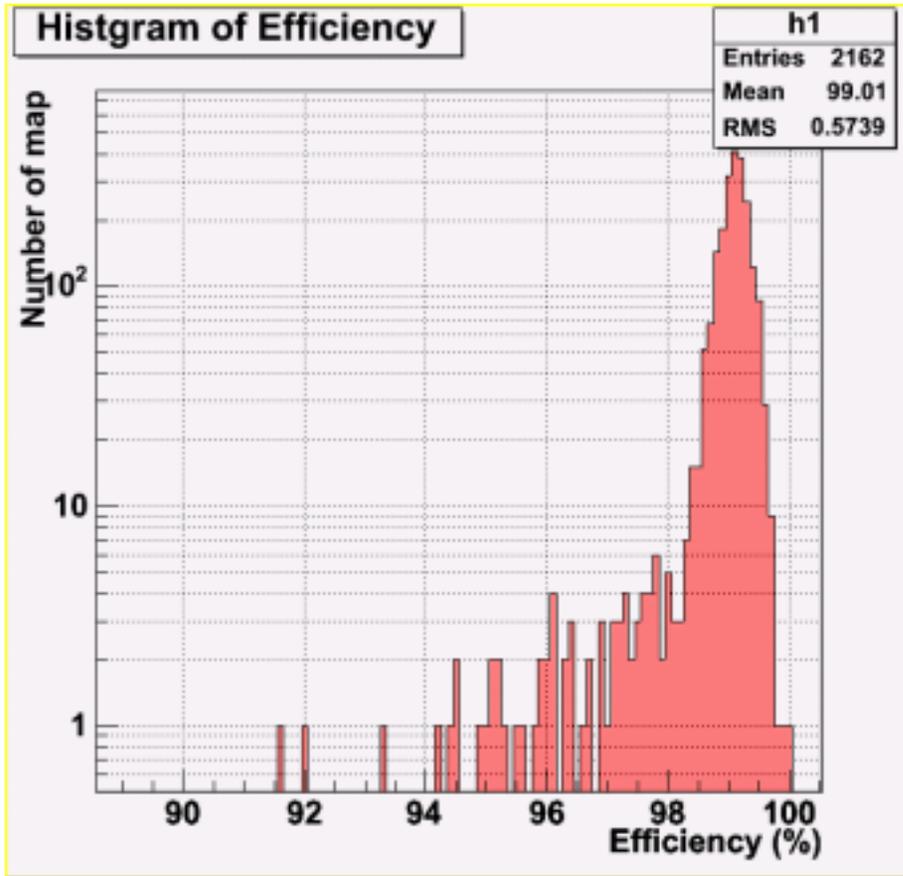


時間分解能

- 時間分布から判定
- Time Jitter
 - 全信号の99%が入る最小の時間幅



CosmicRay Test ~結果~



- Efficiency

- 2162枚のマップを作成
- 95%以下のもの:3枚
 - T7 Triplet:3枚 → 平面性が原因

- TimeJitter

- T4のみ調査

- Anode-Cathode間隔で決まる
- Strip → propagation delayが大
- TDC分布はラン毎に確認

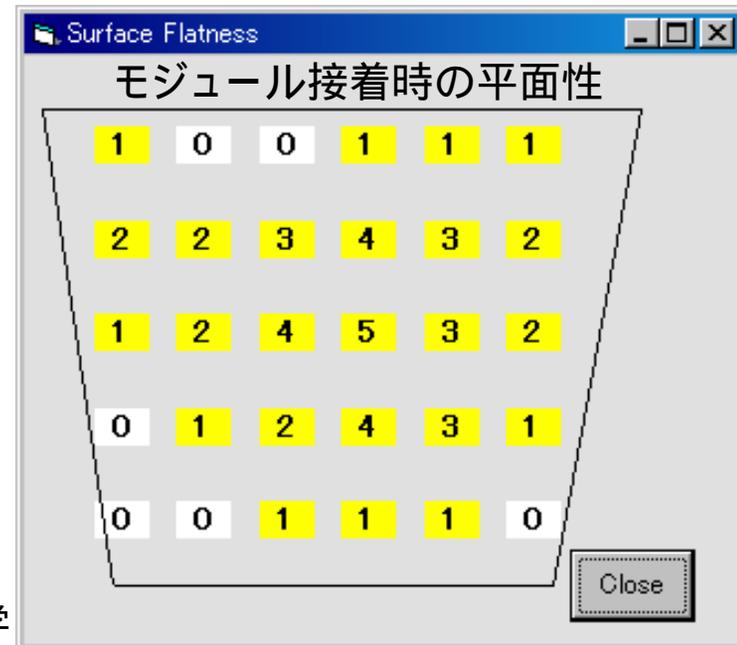
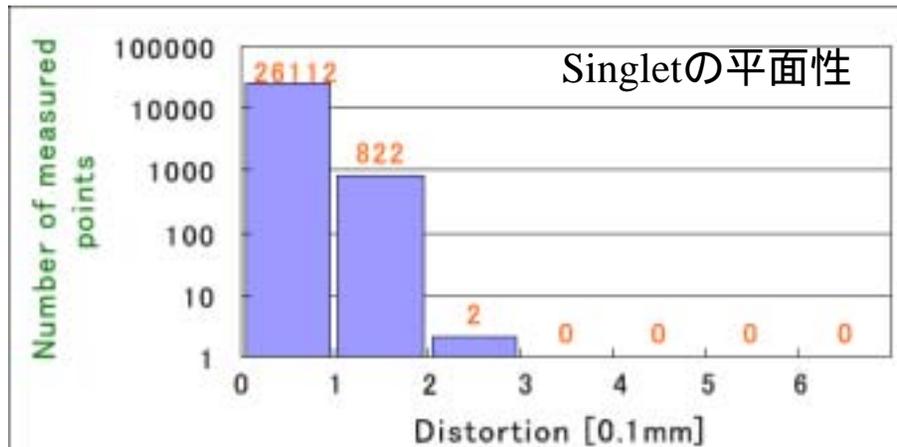
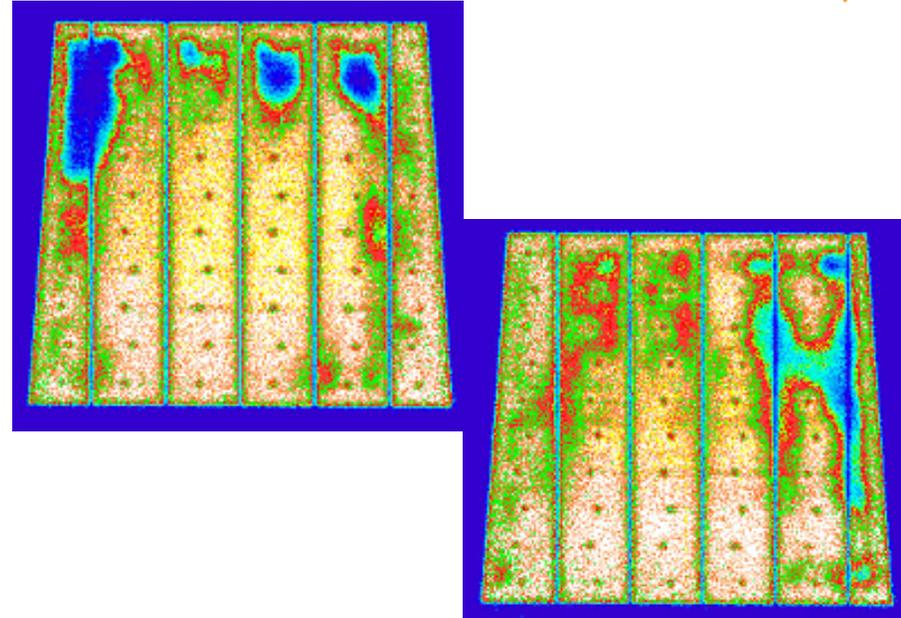
Efficiency低下の原因

Chamberの平面性に依存

- Gas gapが広がると、電場が下がり、ゲインが低下する。
 - 100 μ mで100Vに相当
- 製作時に100 μ mの精度で測定

平面性が悪くなる原因

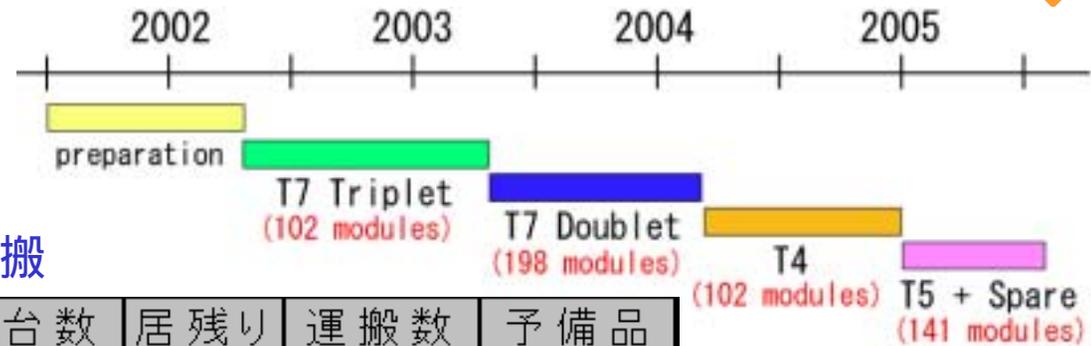
- 材料のクオリティ
 - 工作精度が悪い
 - 接着不良
 - 異なる接着剤を使用
- 製造時期の集中を確認 (T7Tの一部)



Summary

TGCの検査が完了

- 期間: 2001年 ~ 2005年
- 台数: 541台全て検査
- うち、532台をCERNへ運搬



Type	総数	必要台数	居残り	運搬数	予備品
T7T	113	96	1	112	16
T7D4	106	96	0	106	10
T7D6	108	96	3	105	9
T4D	107	96	3	104	8
T5D	107	96	2	105	9
合計	541	480	9	532	52

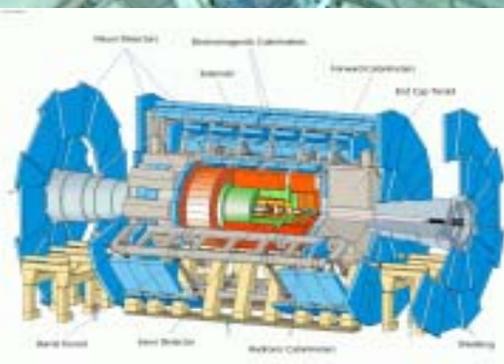
歩留まり率

	割合	原因
Efficiency不良	99.86%	chamberの平面性
導通	80.0%	carbonの表面状態に依存?
Chamber Leak	97.6%	接着不良

- 十分な予備品
- 1.7%が不良
- 全て修理

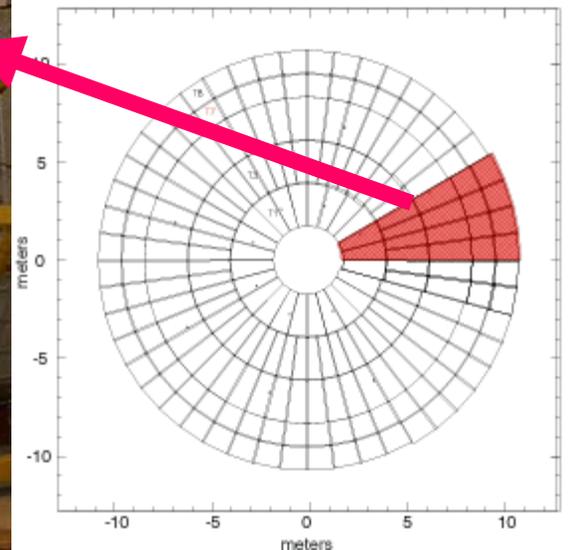
全てCERNへ輸送され、現在インストール中

→ 2007年 実験開始予定!





TGC M1 (active area of chambers)





KOMABI

OPERATION MANUAL

CONTROL PANEL