

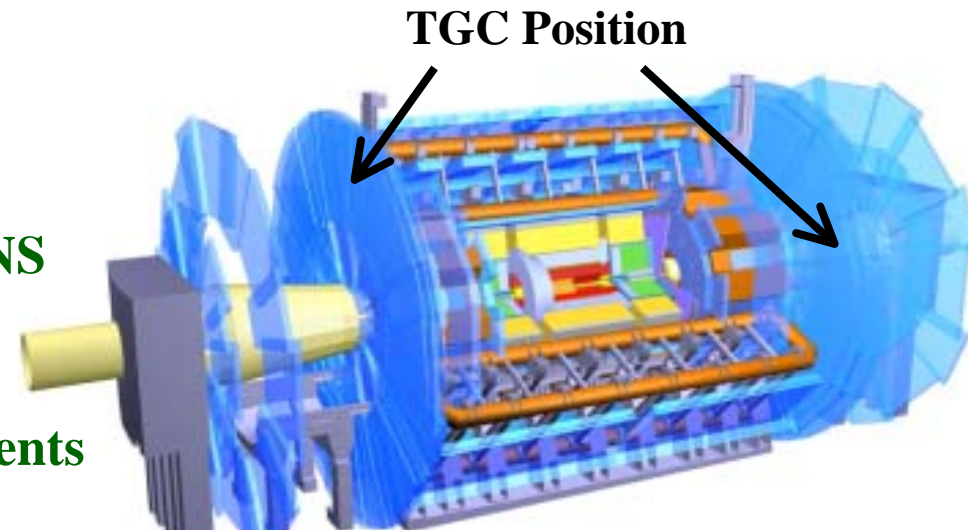
ATLAS用 大型TGCに対する 中性子照射試験

信州大理、神戸大自然^A、高工研^B、北大工^C、原研^D

大下英敏、竹下徹、越智敦彦^A、喜家村裕宣^A
岩崎博行^B、田中秀治^B、金子純一^C、落合謙太郎^D、
中尾誠^D、他ATLAS-TGCグループ

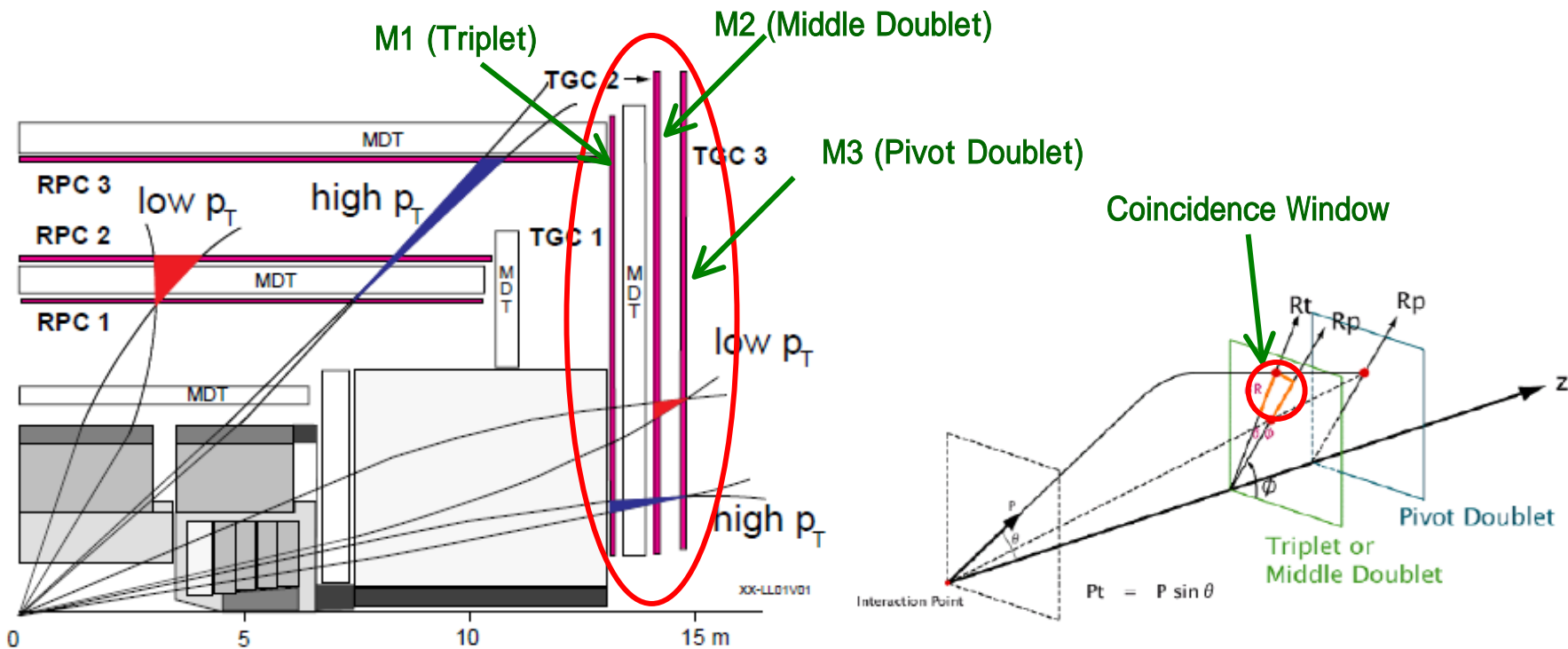
Outline:

1. LVL1 Muon Trigger
2. Thin Gap Chamber (TGC)
3. Problem of Large Size TGC
4. An Experimental Setup @ JAEA FNS
5. N- Separation
6. Raw Hits Distribution
7. Characteristics of the Cross-talk Events
8. HV, V_{th} Dependence
9. Fake Trigger Estimation
10. Summary



ATLAS検出器
高さ22m × 長さ44mの世界最大級の検出器！

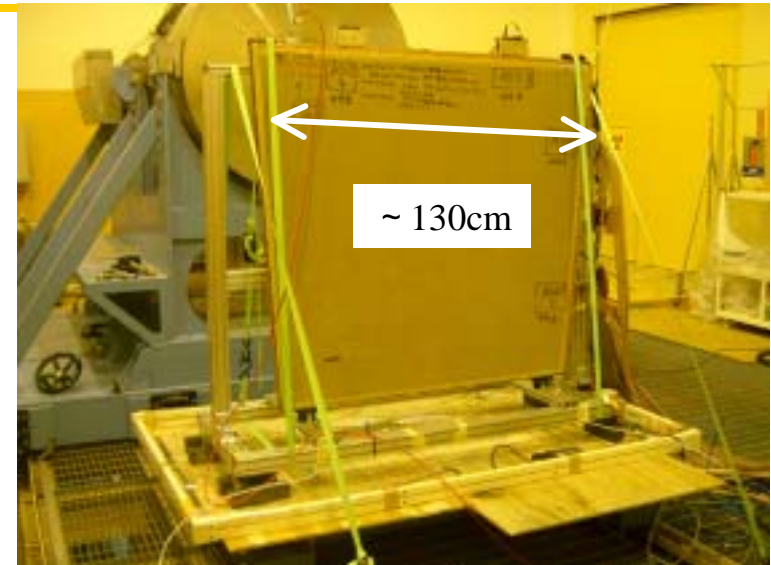
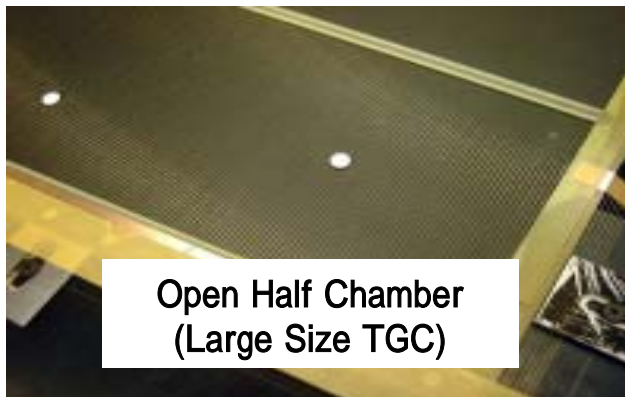
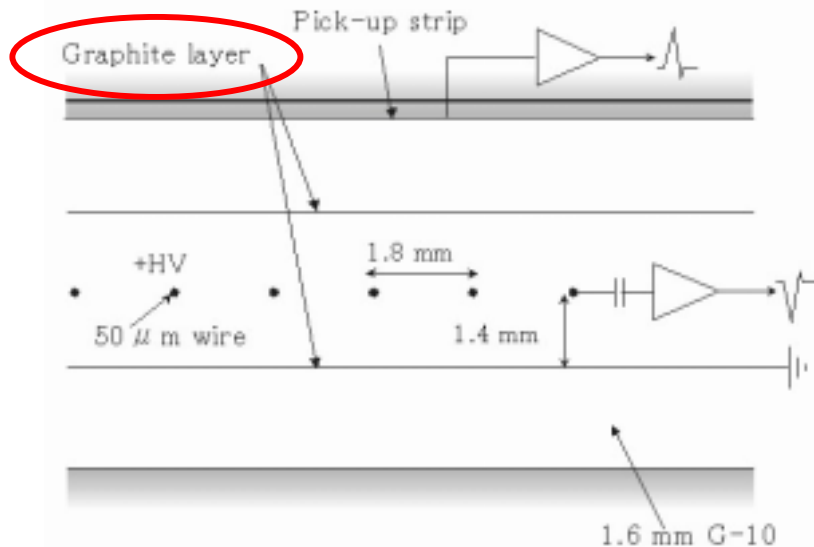
LVL1 Muon Trigger



- ✓ 7層 (3層 + 2層 + 2層) のTGCを設置
- ✓ TGCはエンドキャップ領域 ($1.05 < |z| < 2.4$) のLVL1ミュオントリガーをおこなう
- ✓ **LVL1トリガーでは興味あるイベントの発生領域の指定に加えて、
low- p_T ($> 6\text{GeV}$)、high- p_T ($> 20\text{GeV}$)の2種類の運動量弁別をおこなう**
- ✓ low- p_T 、high- p_T のトリガー条件で要求されるもの
wire出力 + strip出力
3/4層ヒット + 1/2層ヒット (for wire出力)、3/4層ヒット + 2/3層ヒット (for strip出力)
運動量に依存する領域 (coincidence window) にヒットがあること

Thin Gap Chamber (TGC)

- ✓ Similar to MWPC
(Multi Wire Proportional Chamber)
- ✓ wire space < anode to cathode distance
--> “Thin”



ATLAS TGC Parameters

- ✓ Wire potential: 2.9 – 3.0 kV
- ✓ Gas mixture: CO₂/n-C₅H₁₂ (55:45)
- ✓ Gas amplification: $\sim 10^6$
- ✓ **More than 99% detection efficiency to MIP within 25ns**
- ✓ Rate capability : ~ 1 kHz/cm²

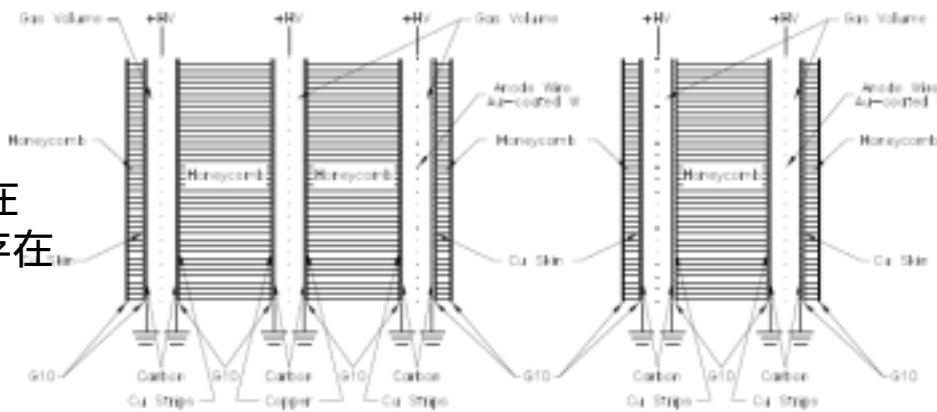
Problem of Large Size TGC

- ✓ 大型TGCは2次元読出し (wire出力、strip出力)
- ✓ ダブレット TGC2層モジュール
トリプレット TGC3層モジュール
- ✓ TGCは隣接する電極間に容量カップリングが存在
ダブレットはハニカム越しに容量カップリングが存在



これらの容量カップリングのため、シグナルのクロストークが発生

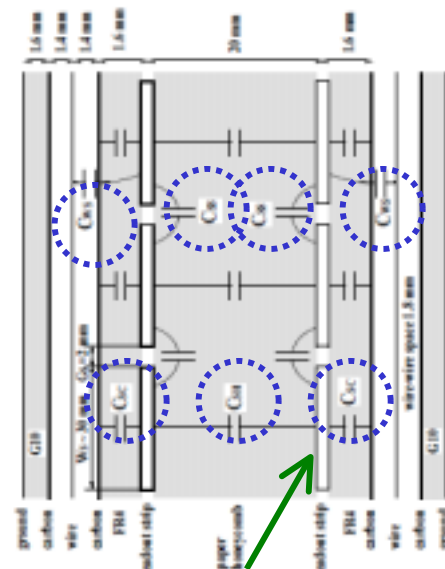
- ✓ クロストークの発生率は出力電荷量に依存する
- ✓ トリプレットではハニカム越しのクロストークは発生しない(シールド面が存在するため)



トリプレット

ダブレット

等価回路モデル



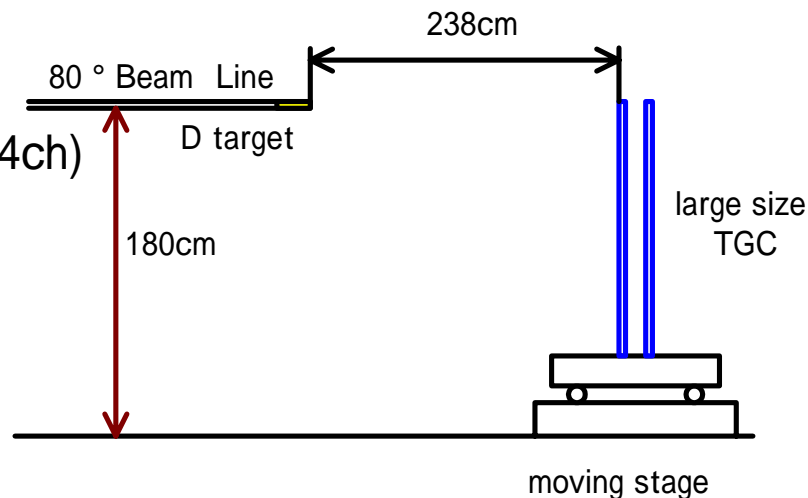
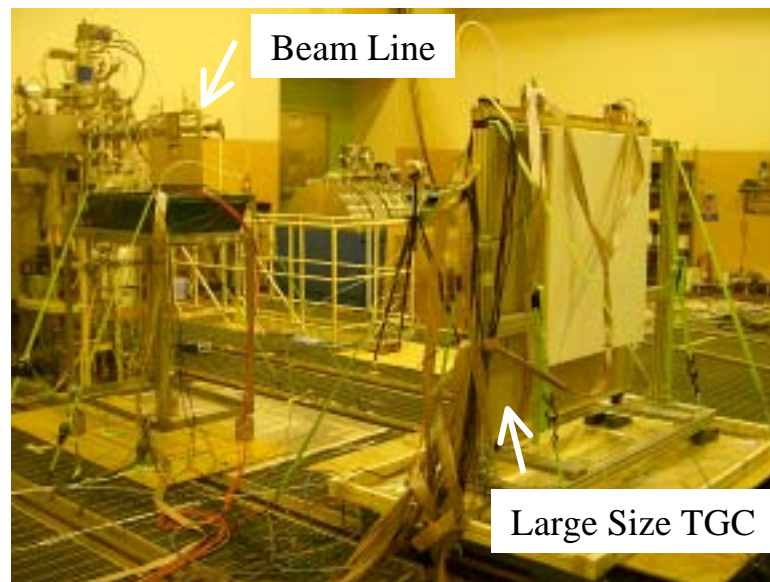
容量カップリング

ダブレットにおけるクロストークは偽トリガーの原因となる可能性がある

特に出力電荷量の大きい中性子ヒットでは、この影響が顕著にあらわれることが予想されたので、**大型TGC(ダブレット)に対する中性子照射試験をおこなった**

An Experimental Setup @ JAEA FNS

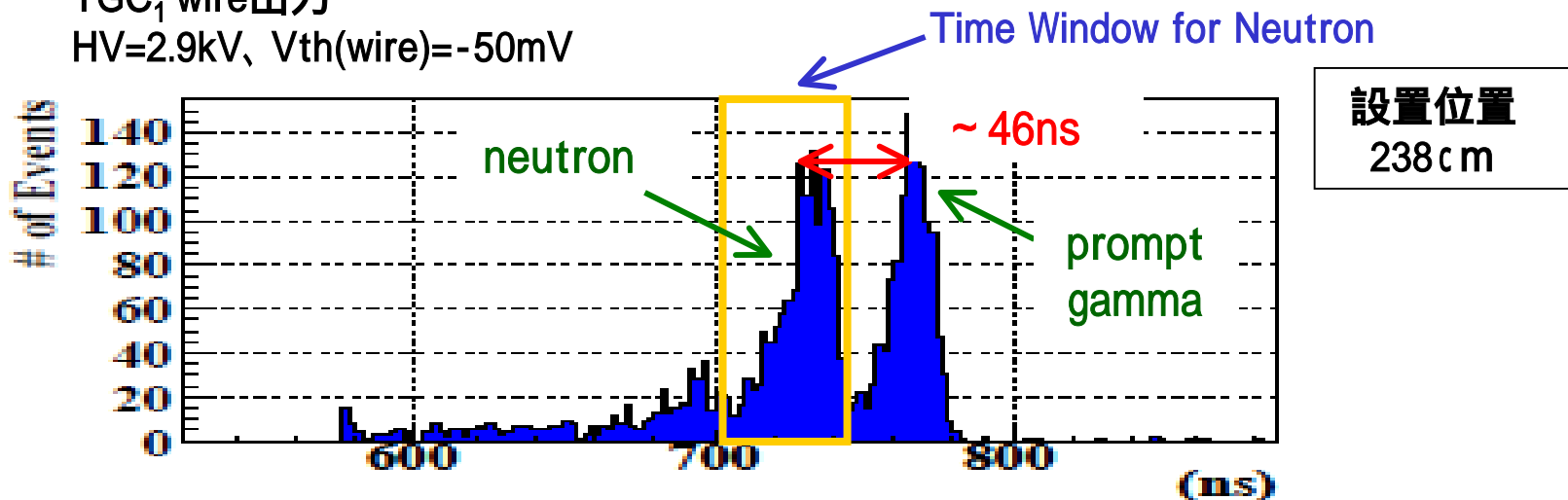
- ✓ DT反応による14MeV単色中性子
 $d + T \rightarrow n + {}^4\text{He} + 17.5\text{MeV}$
- ✓ 加速器はパルスモードで運転
- ✓ TOF法によるn - α 弁別
- ✓ TGCからの読出しはASDを使用
Vthの設定はASD Bufferを使用
- ✓ CAMAC TMCモジュール使用
コモンストップモードで使用
CAMAC TMCの時間分解能 $\sim 1\text{ns}$
- ✓ TGCはT7ダブレット(TGC₁+TGC₂)
TGC₁は2.85kV - 3.00kV、TGC₂は0kV (HVオフ)
全てのチャンネルから読出し (wire 64ch + strip 64ch)
チェンバーガスはCO₂/n-pentane(55:45)



照射試験をおこなった大型TGCはATLAS実験用と同じ方法で製造
動作条件(印加電圧、Vth、チェンバーガス)もATLAS実験と同一

N- Separation

TGC₁ wire出力
HV=2.9kV、Vth(wire)=-50mV



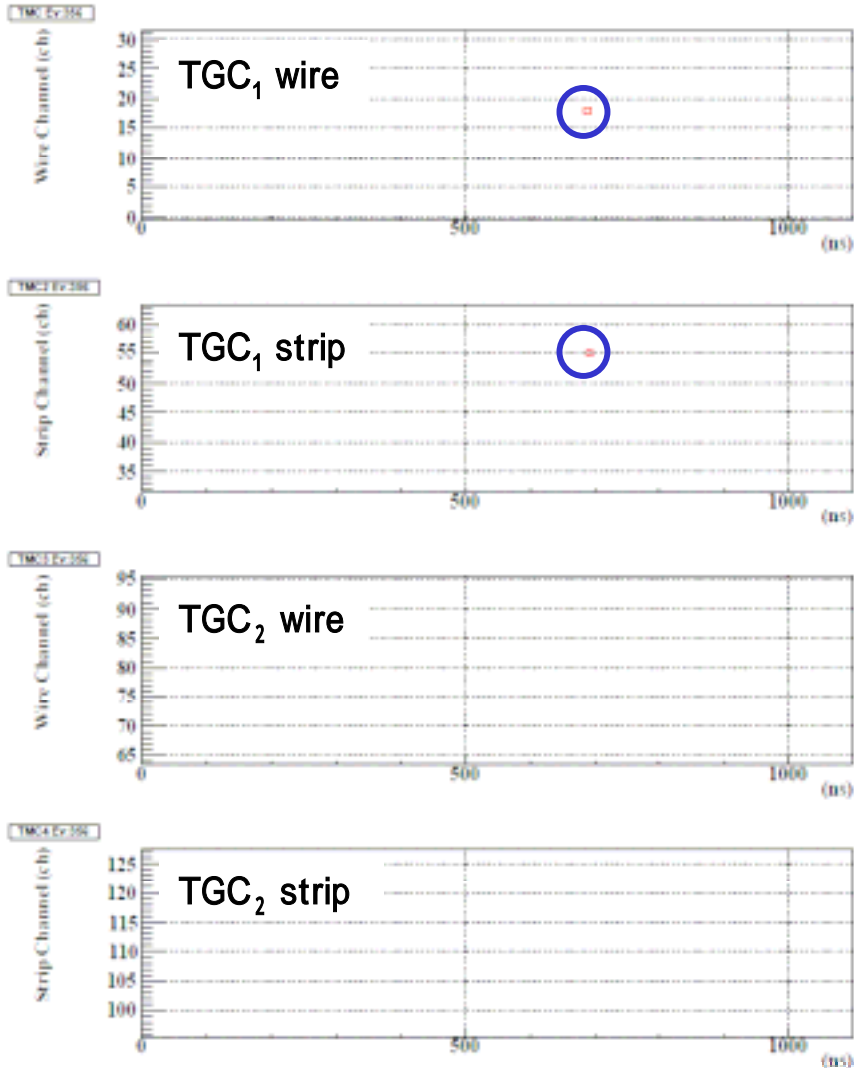
- ✓ TGC₁ wire出力のFirstヒットの到達時間分布
時間の大きい方が到達時間が早い
- ✓ 即発 によるピークと中性子によるピークが存在
中性子ピークはTGC設置位置によって変化することを確認 (@2005/05照射試験)
- ✓ TGCの設置位置はターゲットから238cm
14MeV中性子の到達時間 ~ 46ns (即発 と中性子のピーク間隔に相当)
- ✓ 放射化 の影響はほとんどない (> 800ns)
- ✓ 到達時間の遅い成分 (< 700ns) は散乱中性子

700-750nsのTime Windowを設けることで中性子ヒットを弁別できる

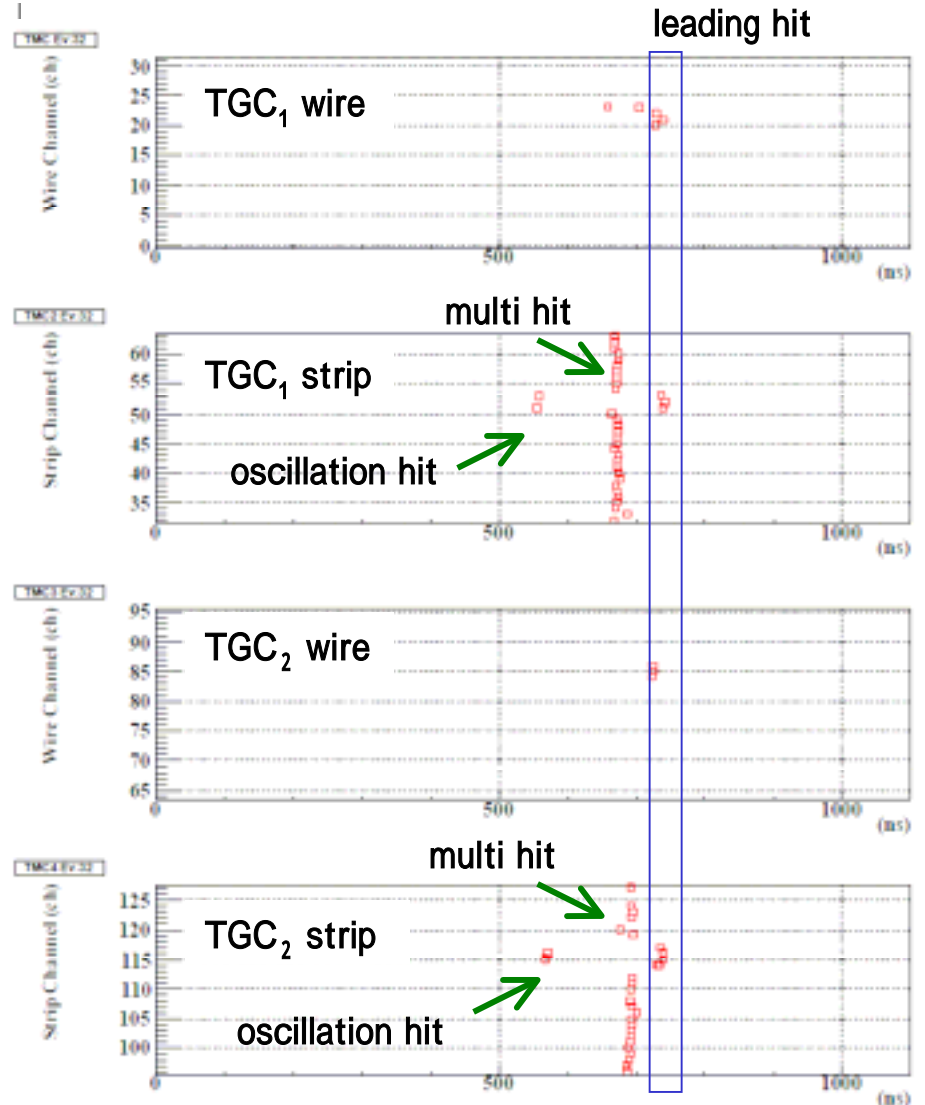
Raw Hits Distribution

TGC₁ HV=2.9kV, TGC₂ HV=0kV
Vth(wire)=-50mV, Vth(strip)=+70mV

通常のイベント



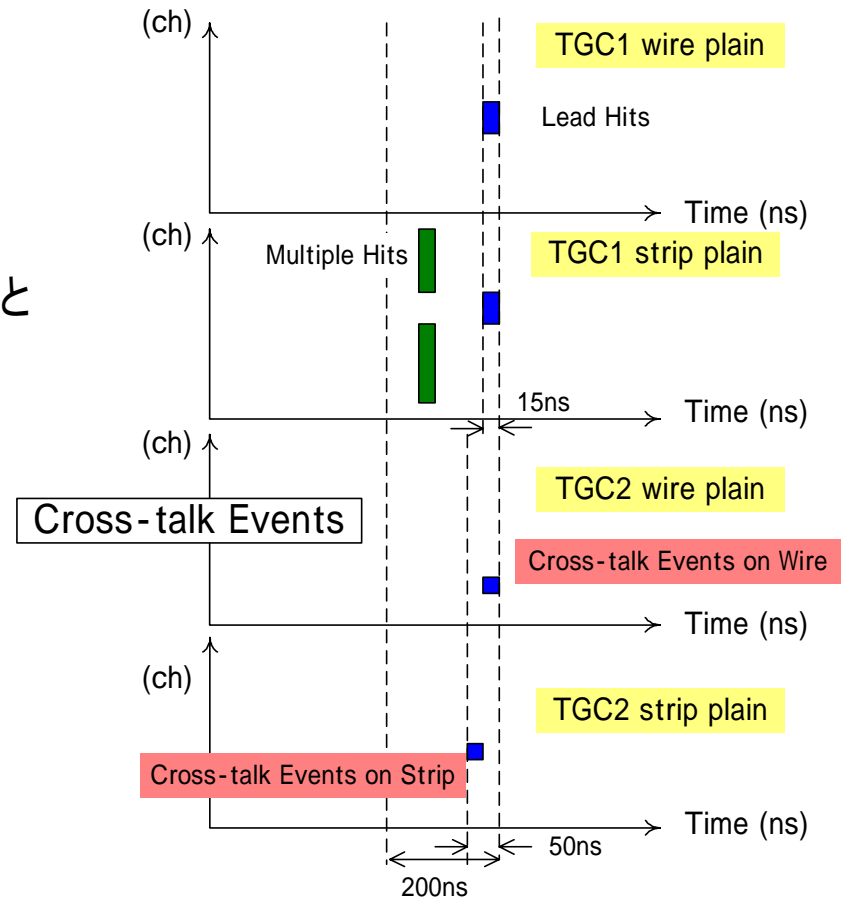
マルチヒットやクロストークイベントを伴うもの



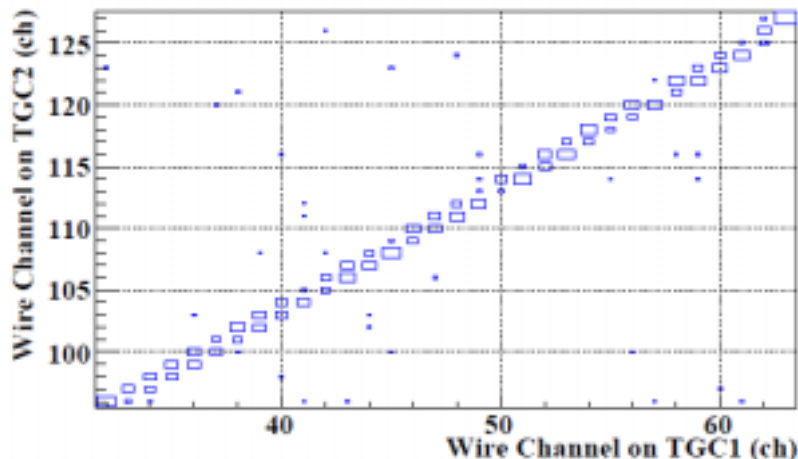
Characteristics of the Cross-talk Hit Events

- ✓ リーディングヒットのマルチプリシティ ~ 3ch
- ✓ strip出力にはマルチヒットが発生
- ✓ リーディングヒットからマルチヒットまでの遅延時間 50 ~ 100ns
- ✓ **出力電荷量の大きいヒットにより、ダブレットモジュール内でクロストークが発生**
- ✓ クロストークのタイミングはリーディングヒットとほぼ同時
- ✓ クロストークするチャンネルはリーディングヒットの位置と相関がある

TGC₁ HV=2.9kV, TGC₂ HV=0kV
 Vth(wire)=-50mV, Vth(strip)=+70mV

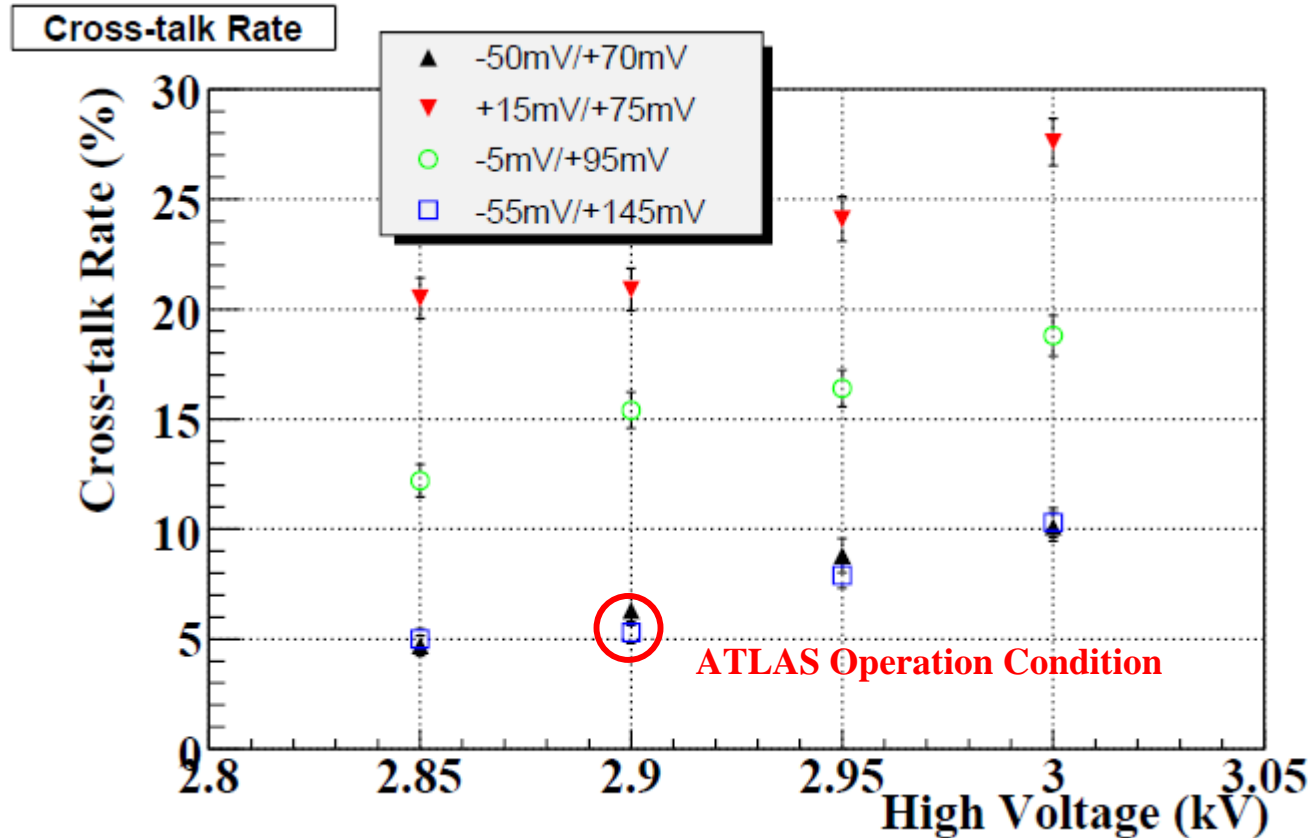


TGC₁ wire出力 - TGC₂ wire出力の相関



The Cross-talk Hit Events (HV, Vth Dependence)

- ✓ 誤差は統計誤差
- ✓ HVを上げるとクロストークイベントの発生率は増
- ✓ Vthを下げるとクロストークイベントの発生率は増



ATLAS動作条件において、クロストークイベントの発生率は6.3%
中性子ヒットのうち6.3%はクロストークによって2層のTGCを鳴らす

Fake Trigger Estimation

- ✓ FULKAシミュレーションの結果、TGC2層(ダブレット1層)を鳴らすバックグラウンド

~ 3.1Hz/cm²[1]

[1] ATLAS LVL1 Trigger Technical Design Report, 24 June 1998

- ✓ 中性子ヒットで発生するクロストークによって、TGC2層を鳴らす頻度

TGCの設置位置の中性子強度

1 ~ 10kHz/cm²

TGCの中性子感度@14MeV neutron

~ 0.1%

中性子入射によるクロストーク率@14MeV neutron

~ 6.3%

クロストークでTGC2層(ダブレット1層)を鳴らす頻度

= 0.1 – 1Hz/cm²

(= × × × 2)

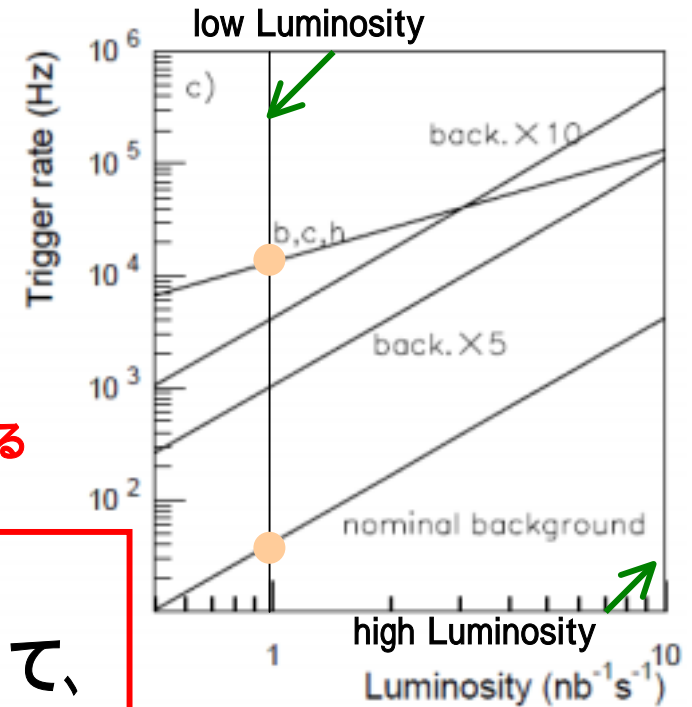
バックグラウンドの3 – 30%程度

- ✓ コインシデンス・ウィンドウを加味して、ダブレット2層に対するトリガーレートを考慮すると、バックグラウンドの~ 10%

TGC2層を鳴らすバックグラウンドは
中性子ヒットで発生するクロストークによって、
3 – 30%増

LVL1トリガーへの影響はほとんどない

ダブレット2層に対するトリガーレート



Summary

中性子ヒットに対するLVL1トリガーへの影響を評価するため
大型TGCに対する中性子照射試験をおこなった

照射試験をおこなった大型TGCはATLAS実験用と同じ方法で製造され、
動作条件も同一

中性子イベントを弁別するためにTOF法を用いた

ATLAS動作条件において、クロストークイベントの発生率は6.3%
中性子ヒットのうち6.3%はクロストークによって2層のTGCを鳴らす

2層のTGCを鳴らすバックグラウンド 3 - 30%増
LVL1トリガーへの影響はほとんどない

