

第三回学術創成評価委員会

# ATLAS -TGC コミ ッ シ ョ ニ ン グ

N研究室  
長谷川 慧



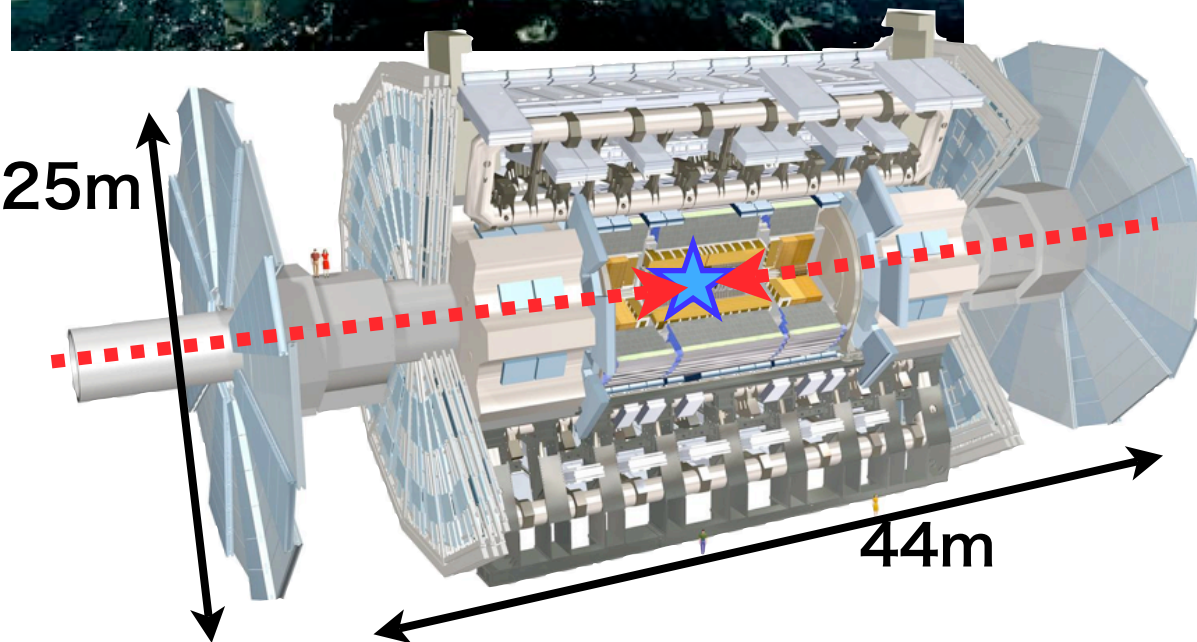
# LHC-ATLAS 実験

@スイス・CERN

LHC加速器

: 周長 27 km

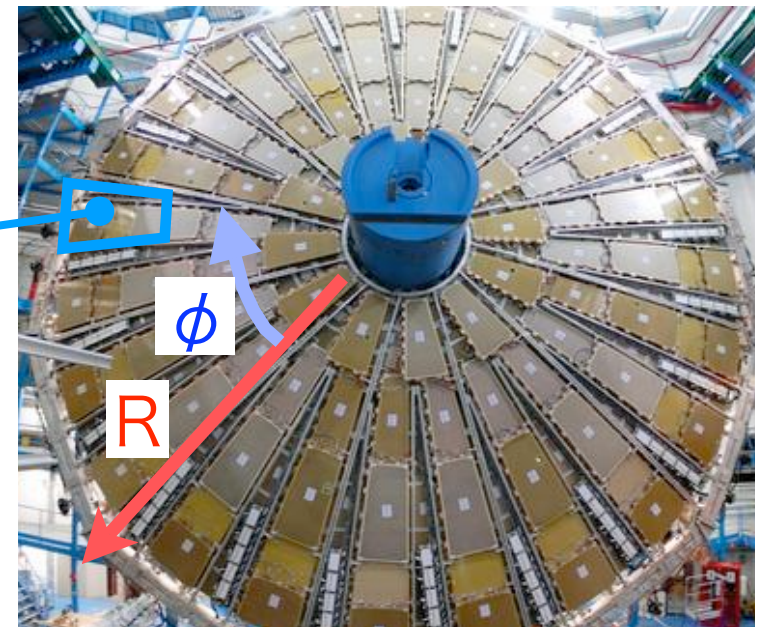
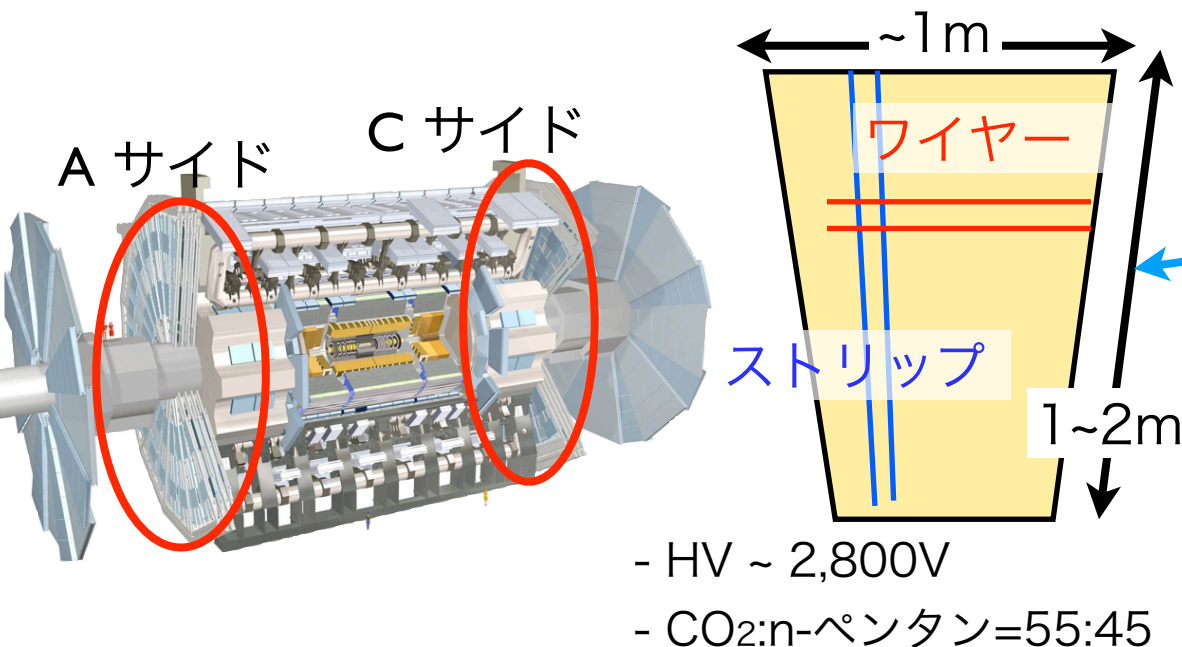
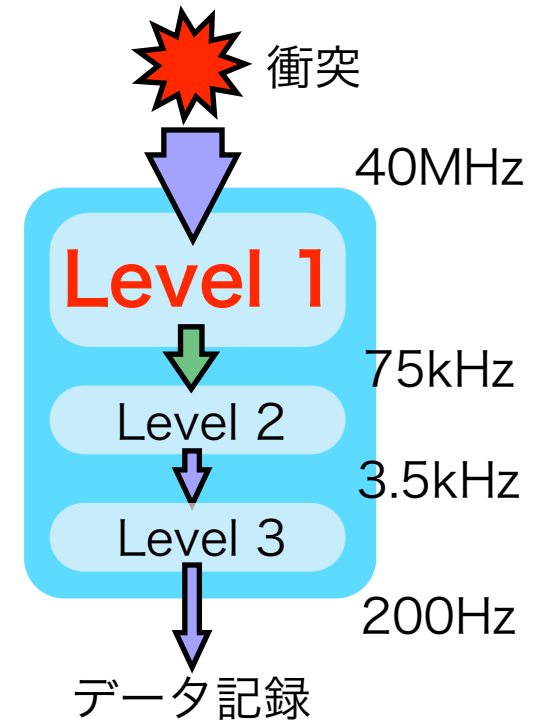
★  
ビーム衝突点



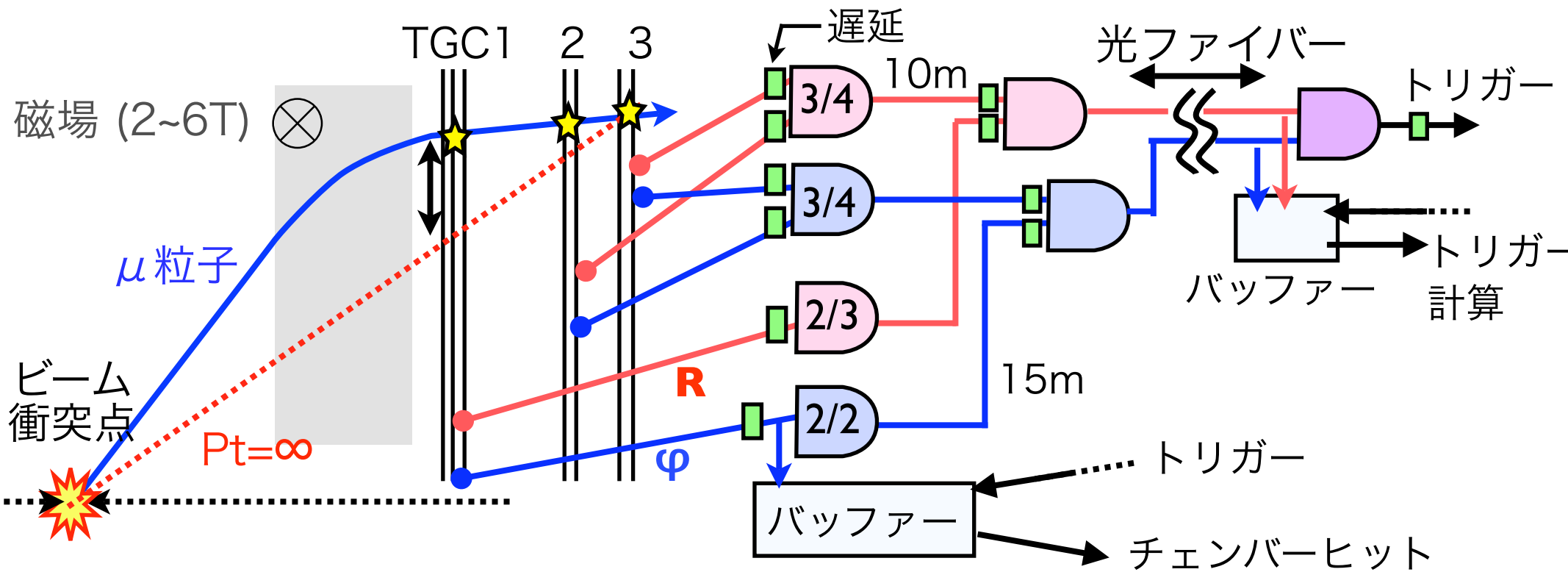
- Higgs 粒子の発見を目指す
- **L**arge **H**adron **C**ollider
  - 陽子-陽子衝突型加速器
  - 重心系エネルギー 14 TeV
  - 40MHz での衝突
- **A** **T**roidal **L**H**C** **A**pparatus **S**
  - 汎用検出器
  - Higgs 探索 S/N  $\sim 10^{-9}$ 
    - 衝突事象から事象選別が要
    - トリガーシステムを採用

# ATLASと $\mu$ 粒子トリガーTGCシステム

- 3段階のパイプライン・トリガーシステム
- TGC システム
  - 円筒底面部の Level 1  $\mu$ 粒子トリガーシステム
    - Pt > 6GeV/C の $\mu$ 粒子を対象
    - 位置情報, 6段階の運動量を持つトリガー
  - 全てハードウェア処理でレイテンシー $2.5\mu\text{s}$ 達成
  - Thin Gap Chamber 3,600枚 : R/ $\phi$ の二次元

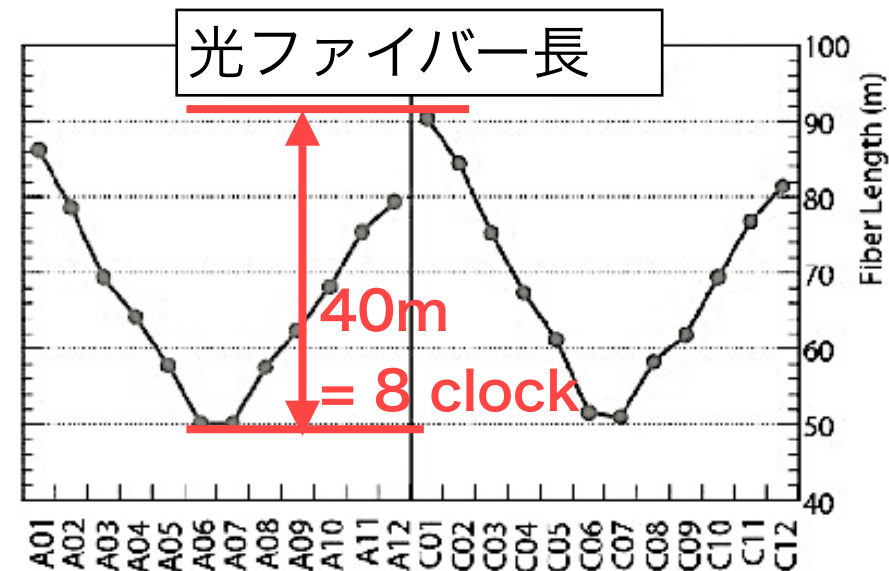


# TGC $\mu$ 粒子トリガーシステム



- TGC1,2,3のヒットから飛跡を再構成
- $P_t = \infty$ とのサジッタで運動量測定
- 興味事象を25nsの精度で特定する
- 遅延を用いて信号タイミング調整

宇宙線を用いて  
TGCシステムの試運転を進めた





# 宇宙線試運転でのTGCシステムの動作

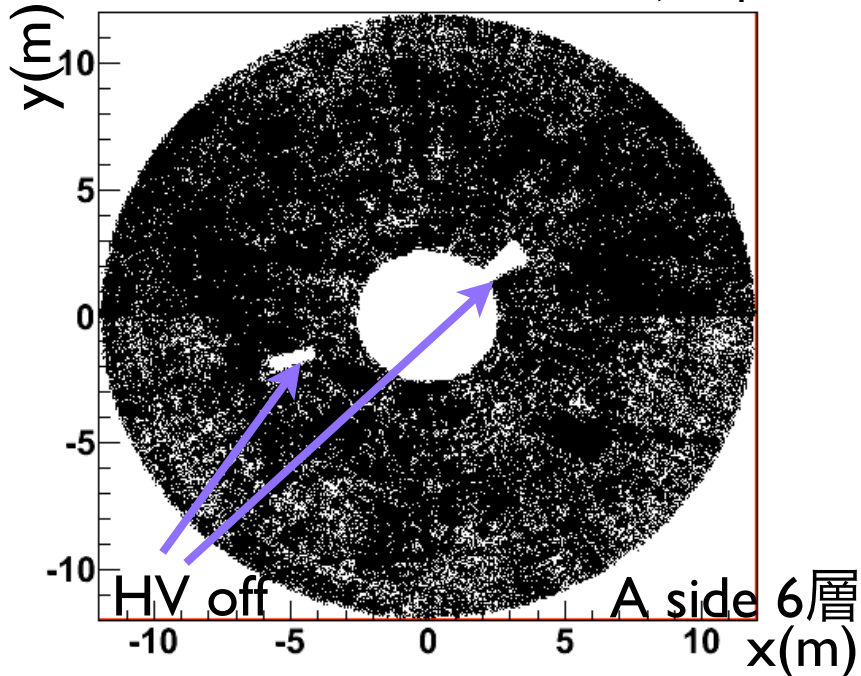
宇宙線トリガー用に特化したトリガー条件

	TGC 1		TGC2 + 3	
	R (wire)	$\phi$ (strip)	R (wire)	$\phi$ (strip)
実験本番	2/3	2/2	3/4	3/4
宇宙線試運転	-	-	<b>3/4</b>	-

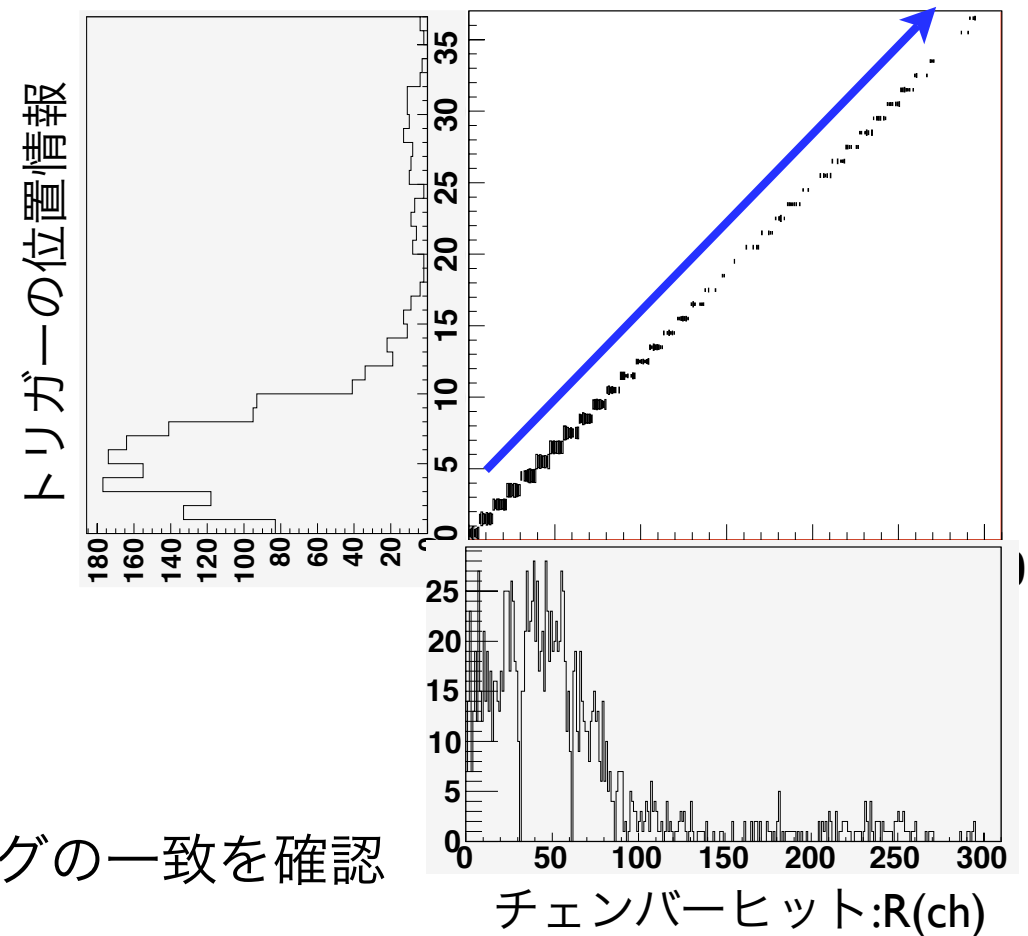
- 広いアクセプタンス

- 約40Hzで宇宙線をトリガー

TGCチェンバー・ヒット分布



チェンバーvsトリガー位置情報

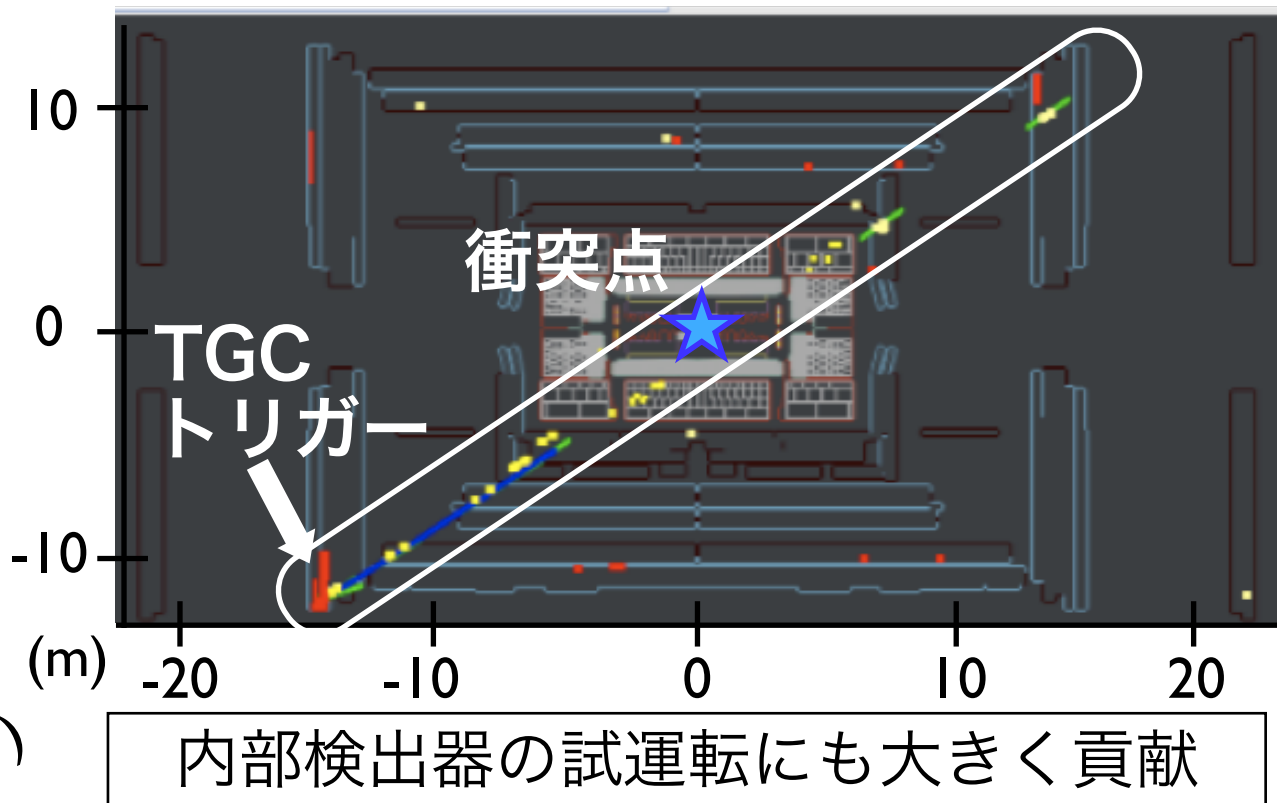
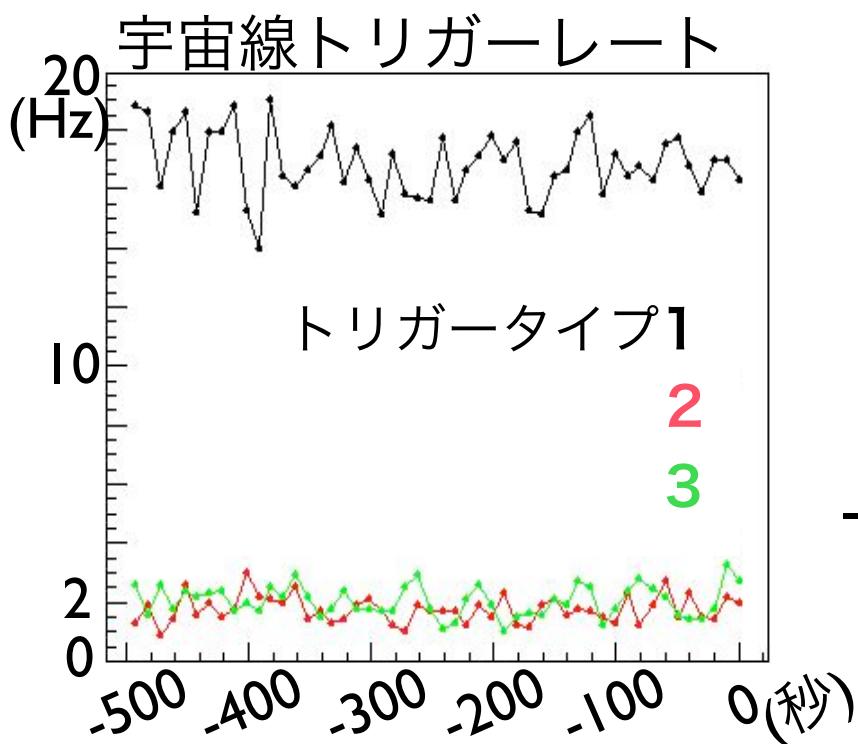
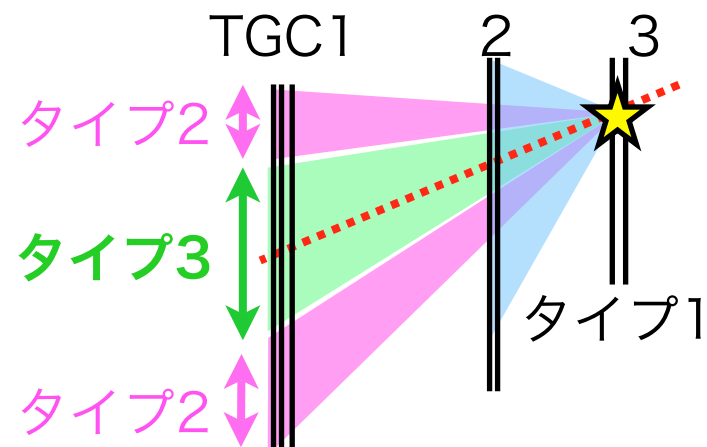


- チェンバー全域で宇宙線観測に成功
- 回路系の正常動作・読み出しタイミングの一致を確認

# 衝突点指向の宇宙線のトリガー

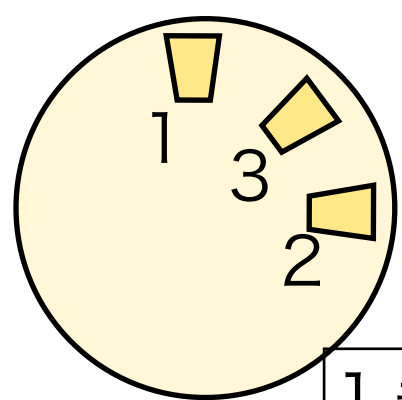
実験同様の衝突点指向の $\mu$ 粒子トリガー発行を目指す

トリガー タイプ	TGC 1		TGC2 + 3	
	R	$\phi$	R	$\phi$
1	-	-	3/4	3/4
2	2/3	-	3/4	3/4
3	2/3	-	3/4	3/4

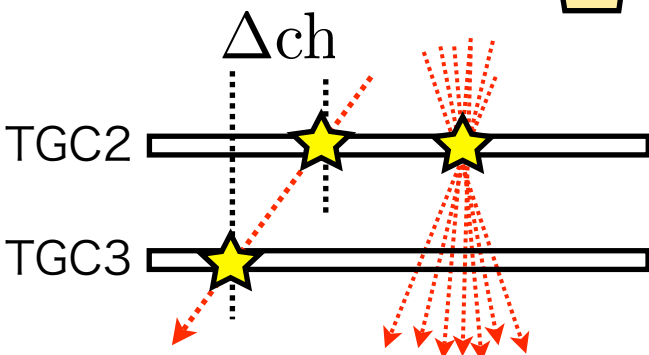
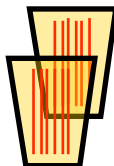


# 宇宙線検出のチェンバー配置角度依存検証

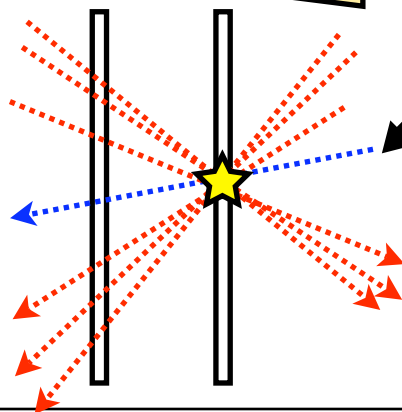
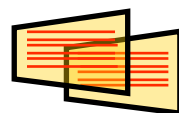
チェンバー間のストリップ( $\phi$ )の「 $\Delta ch$ 」で検証



1. 垂直

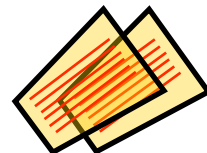


2. 水平

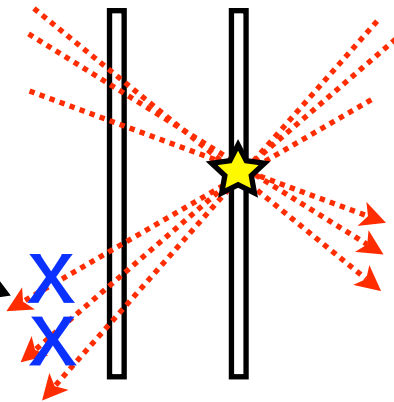


水平な  
宇宙線は稀

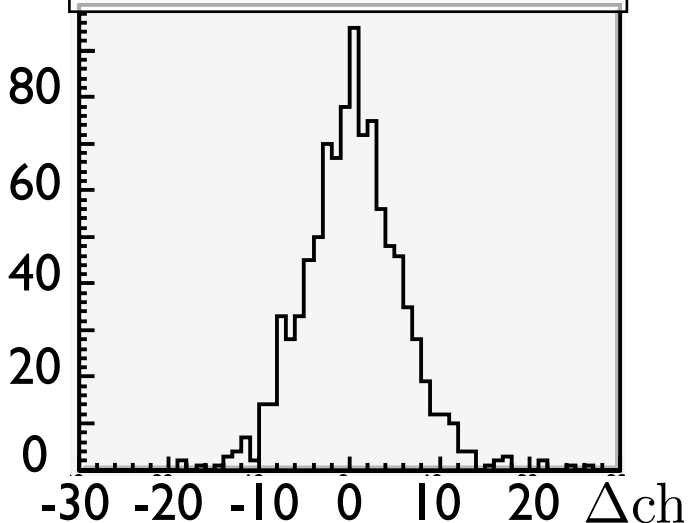
3. 斜め



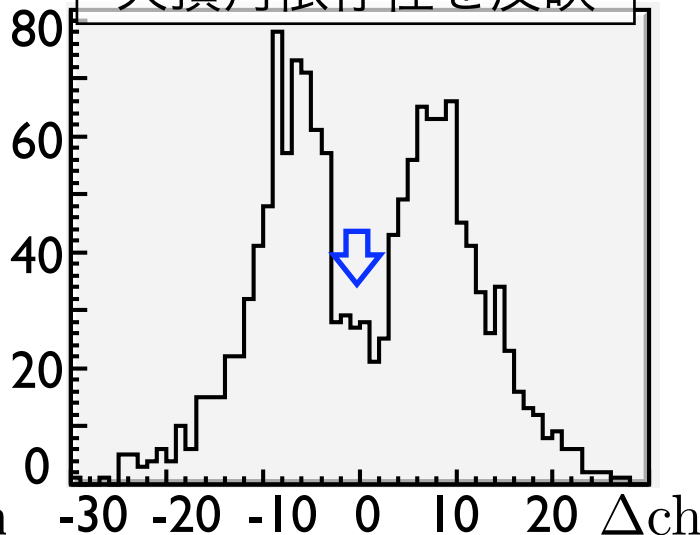
Rのトリガー  
条件から外れる



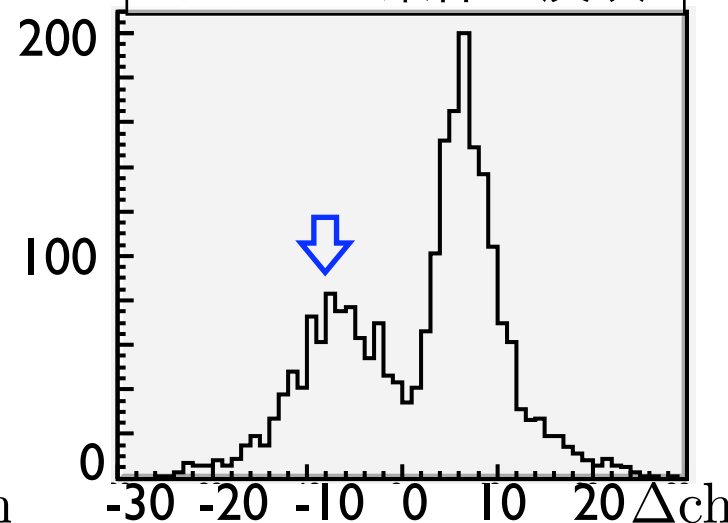
アクセプタンスを反映



天頂角依存性を反映



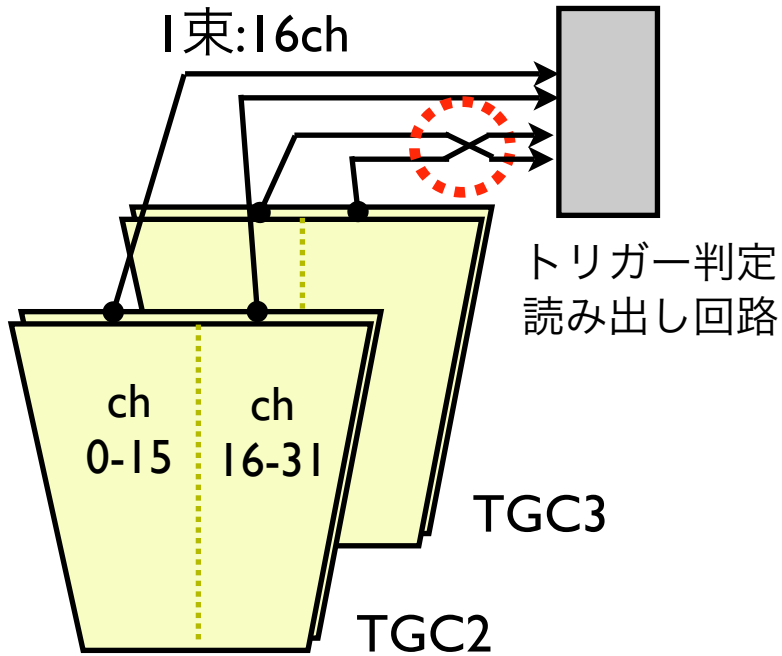
トリガー条件を反映



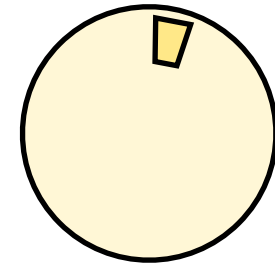
宇宙線を正しく捉えた動作を確認

# 宇宙線プロファイルからの配線検証

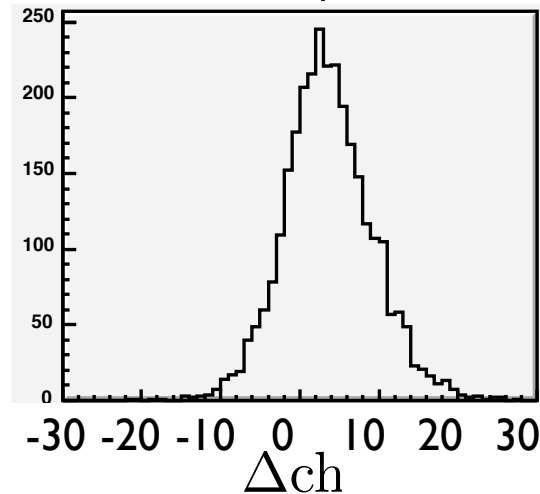
チェンバーからの読み出しケーブルの接続検証



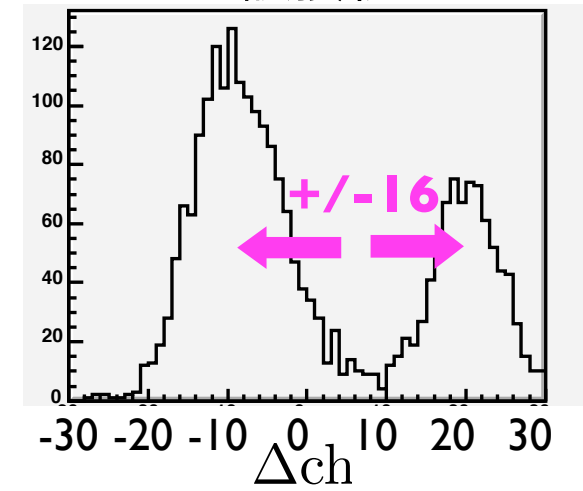
[例] TGC 上部のチェンバー



正常



誤接続



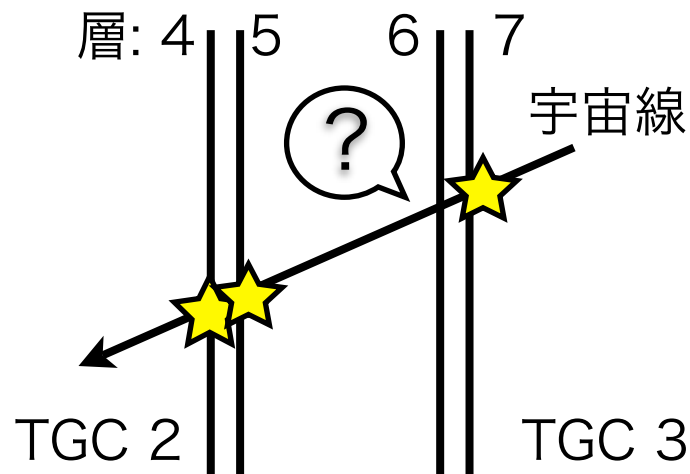
- チェンバーの読み出しは 16 ch 一束のケーブル
- 誤接続 → チャンネルに $+/-16$ のシフト  
→ 一つ山ピークは**二つに分裂**して見える
- 10,000ケーブルの接続を検証：40対に対して誤接続を発見し、修繕中

宇宙線データから配線検証が出来るまでに  
信頼できるシステムに昇華している



# チェンバーの検出効率評価

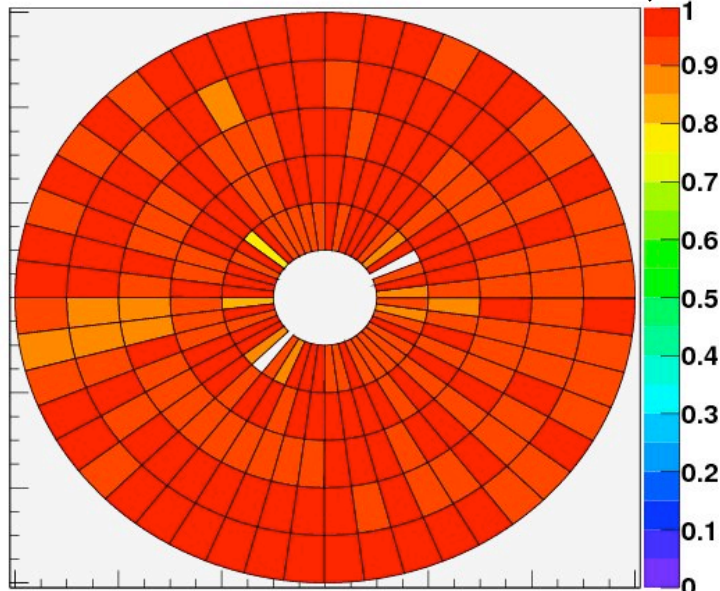
評価手法(層6の場合)



- 4,5,7 に1ヒットずつ
- それらがトリガー条件を満足  
→ トリガーバイアスを回避
- 層6のヒットの有無の割合を評価

$$\text{検出効率 } \epsilon_6 = \frac{\text{Hits on 4, 5, 6, 7}}{\text{Hits on 4, 5, 7}}$$

検出効率 : C サイド TGC3, 層6



各層の平均検出効率(%)

層	Aサイド	Cサイド
4	91.7 ± 0.1	91.2 ± 0.1
5	93.1 ± 0.1	92.4 ± 0.1
6	94.7 ± 0.1	93.9 ± 0.1
7	91.9 ± 0.1	90.3 ± 0.1

全域にて高い効率での  
宇宙線検出を実証

# まとめ

- 3ヶ月に渡るTGC長期宇宙線コミッションングを実施
  - **TGC全域での宇宙線検出・トリガー発行に成功**
    - 回路の正常動作・読み出しタイミングを検証
  - **本番同様の衝突点指向の $\mu$ 粒子に対するトリガー発行に成功**
  - 宇宙線の天頂角依存から、ケーブル40対に誤接続を発見
  - 検出効率を評価：全域で90%を越える高い検出効率

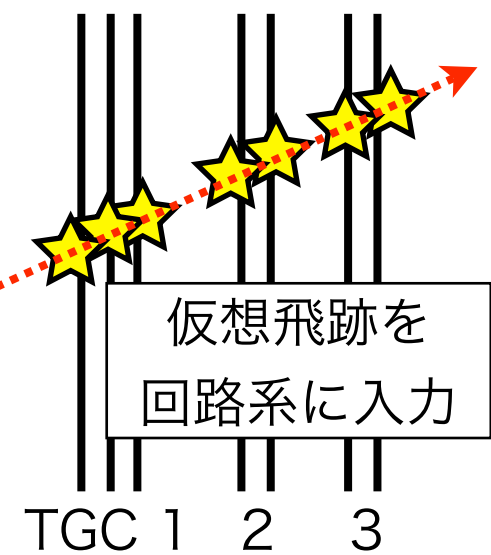
宇宙線試運転を通し

実験開始に向けシステムを完成させた

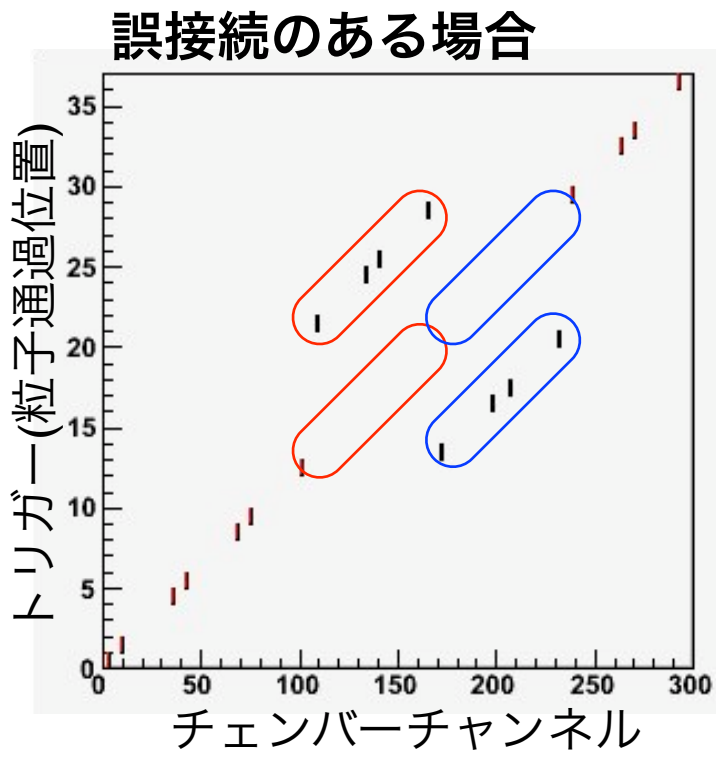
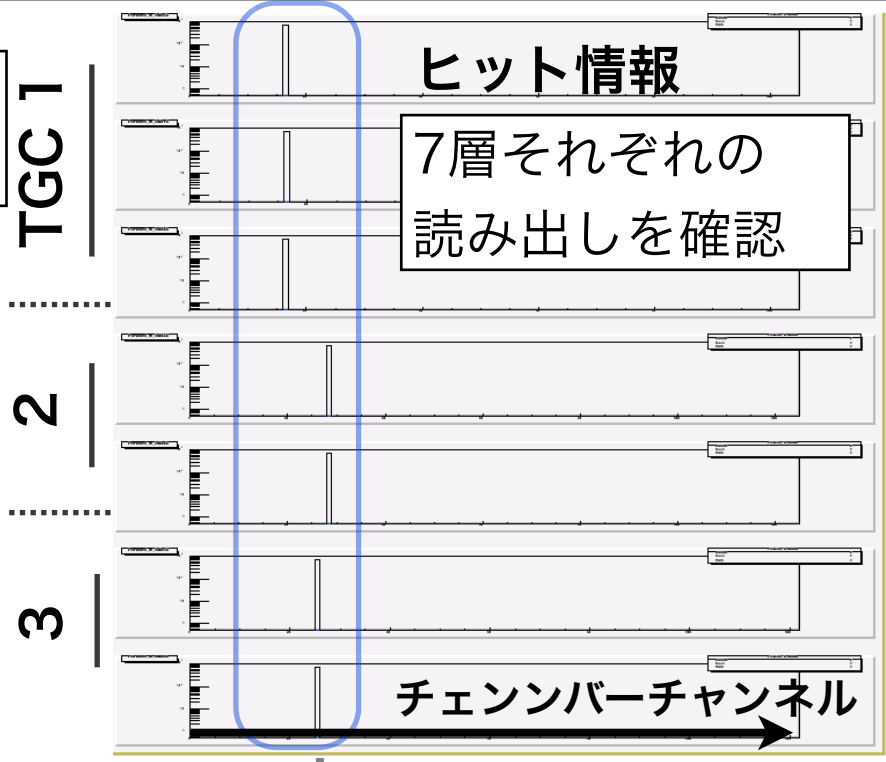


# (1) 電気回路系の動作検証

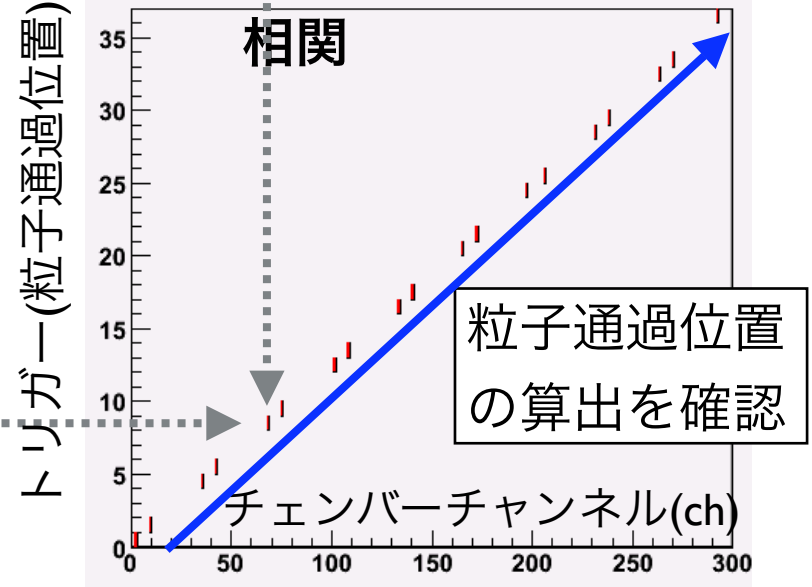
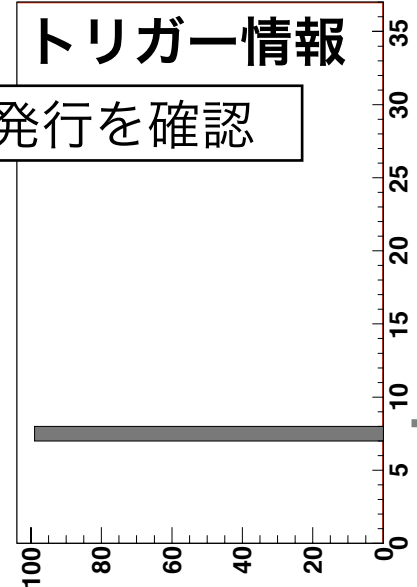
テストパルスで  
ヒットを適切に配置



仮想飛跡を  
回路系に入力



トリガー情報  
発行を確認



3,000種類の仮想軌跡で  
回路の動作・配線を検証、  
問題の洗い出しを行った

TGCシステムの  
電気回路系を完成