

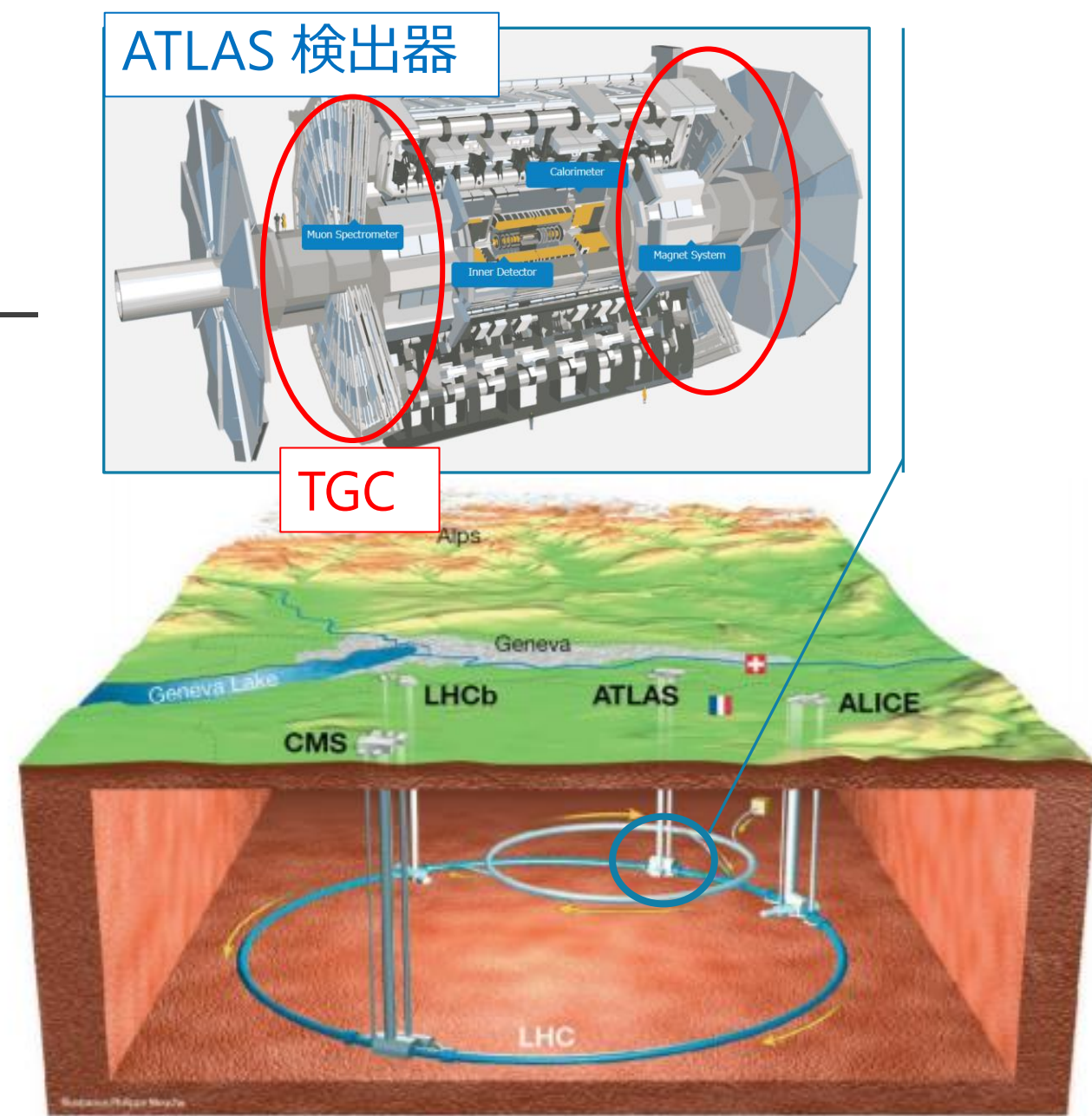
LHC-ATLAS 実験でのミューオン検出器前段回路 に実装する素子の放射線耐性試験

大隅悠矢

高エネルギー素粒子物理学研究室 N研 M1
指導教員 堀井泰之

LHC-ATLAS 実験

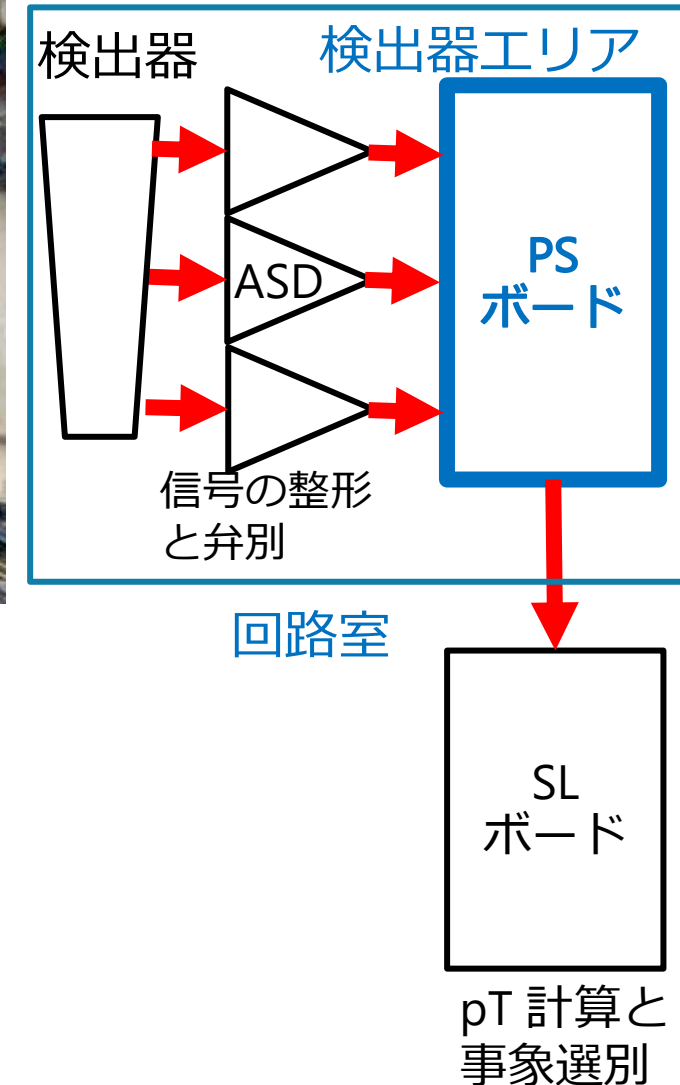
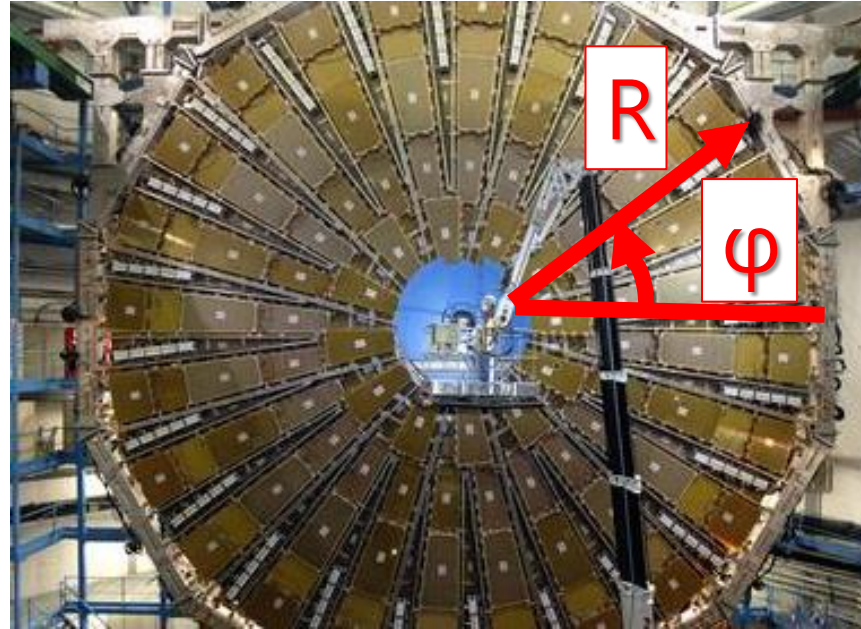
- Large Hadron Collider (LHC)
 - 周長約 **27 km** の大型加速器
 - 陽子-陽子を重心系エネルギー **13 TeV** で衝突
(世界最高エネルギー！)
 - 2012 年 **Higgs 粒子発見！**
- 標準模型を超える新物理探索を目指して、2027 年からさらにアップグレード
→ データ量が増える
- 検出器には、興味のある事象を素早く選別することが求められる



ATLAS ミューオン検出器 TGC (Thin Gap Chamber)

- 半径 R と角度 φ からミューオンの位置を読み出す比例計数管

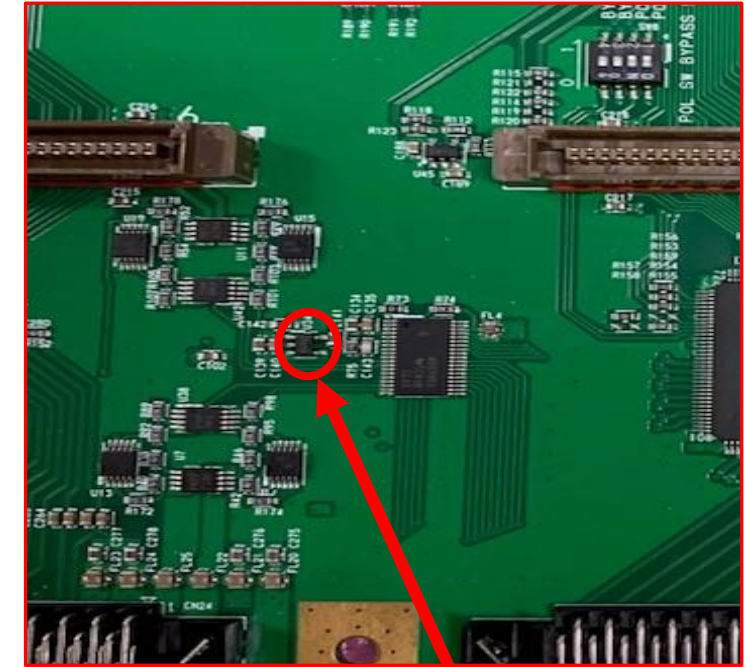
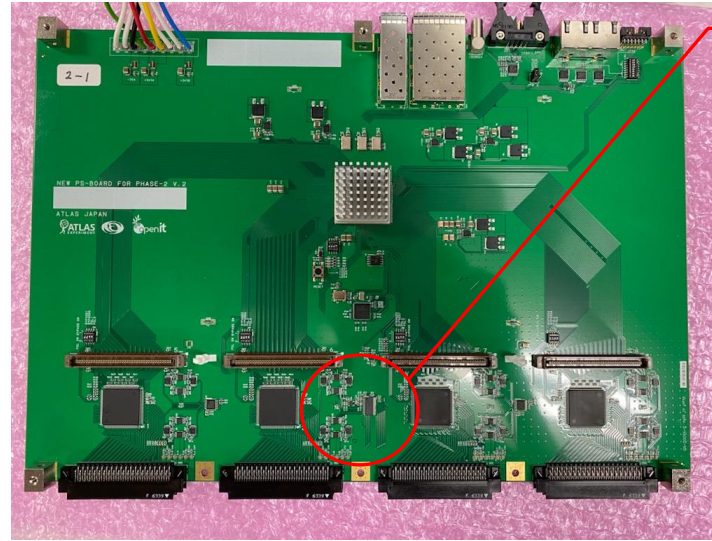
- PS ボード
信号のタイミング
調整とバンチ識別
- 動作試験を完了し、
PS ボード実機を
1500 枚量産
→ 完成 (My study)



- 検出器エリアにあるボード上の素子が受ける
中性子やガンマ線によるダメージが大きい
→ 高い放射線耐性が重要
→ 放射線照射試験を行う必要がある

PS ボードと放射線照射試験

- 照射試験を行った素子 : Voltage Reference
- 他の素子に参照電圧 (基準となる電圧) を供給
- PS ボードに実装されているもの
 $V_{ref} = 2.5\text{ V}$
 $V_{bias} = 1.25\text{ V}$ 出力
- 放射線耐性の試験
対象素子 10 個に定められた基準※以上の中性子数を照射
照射後に 2.5 V と 1.25 V 出力できていれば OK



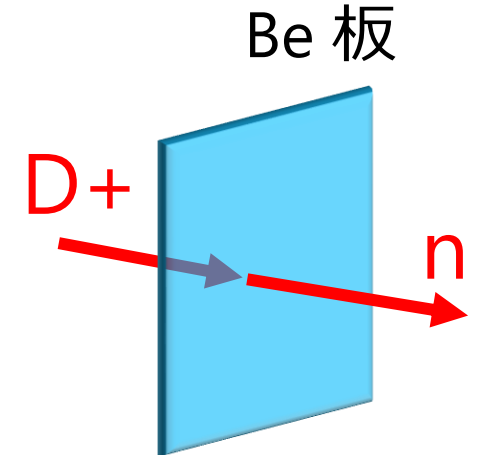
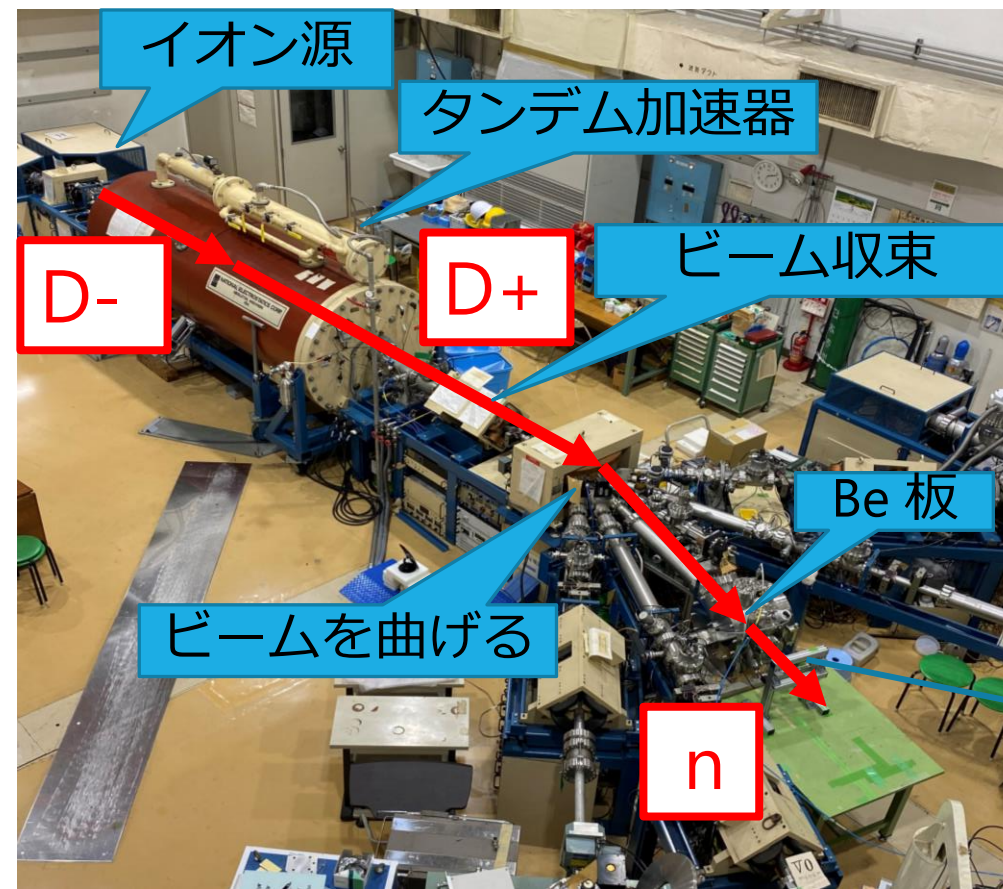
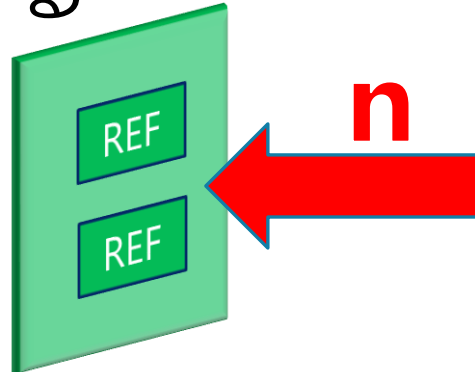
Voltage
Reference

※ 基準については後述

照射試験の様子

- 神戸大学にある
タンデム静電加速器
にて試験

- * タンデム加速器に
電圧を印加
- * 四重極磁石でビーム
を収束させる
- * 二重極磁石でビーム
を曲げる



- 加速器の運転、操作はすべて自分たちで行う！

試験結果

- 基準 (RTC) 以上の中性子数を照射 $4.4 \sim 8.6 \times 10^{11} \text{ neutrons/cm}^2$

$$\text{RTC} = \text{SRL}_{\text{niel}}(2.0 \times 10^{11} \text{ neutrons/cm}^2) \times SF_{\text{sim}}(1.5) \times SF_{\text{niel}}(1.3) \times SF_{\text{lot}}(1.0) \\ \rightarrow 3.9 \times 10^{11} \text{ neutrons/cm}^2$$

RTC : Radiation Tolerance Criteria
SRL : Simulated Radiation Level
SF : Safety Factor

- 出力電圧 : $V_{\text{ref}} = 2.5 \text{ V}$ と $V_{\text{bias}} = 1.25 \text{ V}$
照射前後の電圧の差が 10 % 以下であれば ○

No.	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13
出力 Vref	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Vbias	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 全ての素子が基準をクリアしていた

まとめ

- LHC のアップグレードに伴い ATLAS の TGC 検出器の回路等も刷新
→ 前段回路を 1500 枚量産段階まで完成させる ([My study](#))
- 検出器エリアの素子の放射線耐性が重要
→ 電源供給素子に対し中性子照射試験を行った
- 照射した素子が ATLAS が定める放射線耐性の基準をクリア