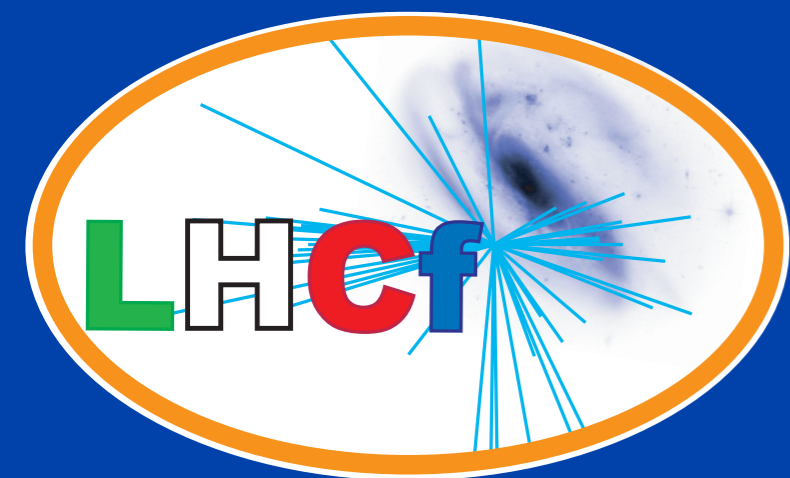


東京大学宇宙線研究所 共同利用研究

Knee領域および最高エネルギー領域での 宇宙線反応の実験的研究



毛受弘彰 (名大ISEE)



本研究課題の内容

■ 研究目的

加速器実験(LHCf, RHICf)を用いた宇宙線相互作用の理解を通して、ミューオン超過問題など空気シャワー観測結果とシミュレーション結果との不一致問題の解決を目指す。

■ 共同研究者 10名 (代表:毛受)

■ 共同利用研究費 15万円

毎年開催している空気シャワー研究会に使用

→**本年度は名古屋大学にてハイブリットで開催**

■ 大型計算機利用

■ 本年度の成果

□ データ取得@ $\sqrt{s}=13.6\text{TeV pp}$ → 後述

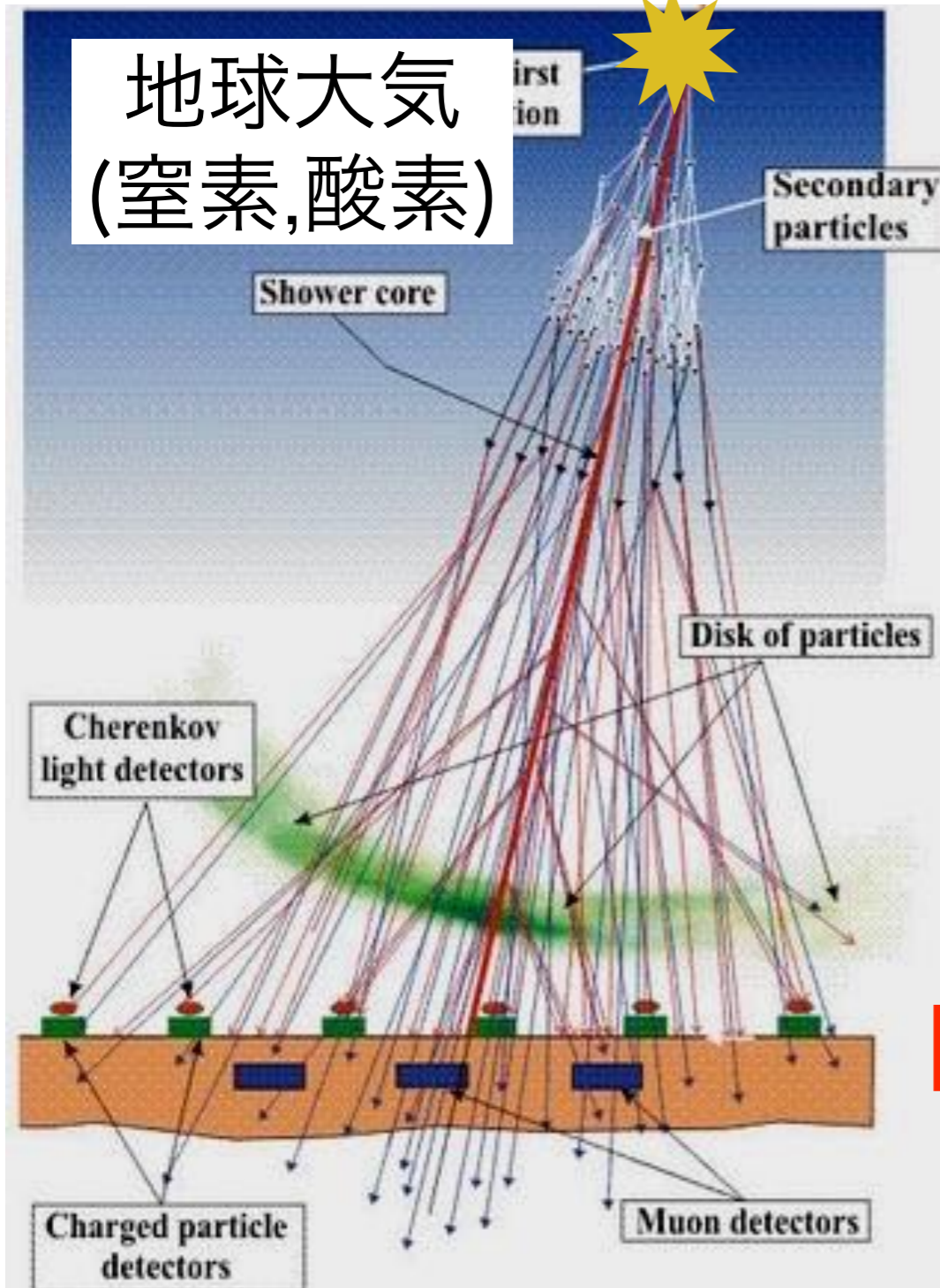
□ データ解析結果 (LHCf η 中間子測定、RHICf 光子解析)

□ 研究会(ハイブリット形式)を開催予定 (3/27,28@名古屋大学)

- 空気シャワーシミュレーション研究と共同で開催。詳細はさこの発表で

空気シャワーとハドロン相互作用

宇宙線(陽子,鉄など)



空気シャワーは、
高エネルギー粒子(宇宙線)と大気原子核衝突
2次生成粒子と大気原子核衝突
またその2次粒子と、、、
無数の電磁+ハドロン相互作用によって形成

高エネルギー領域での理解が重要

現在のハドロン相互作用モデルの問題

- ▶ 化学組成決定の不確定性
モデル間の差 > 実験誤差
- ▶ ミューオン超過問題
どのモデルも実験を再現できていない

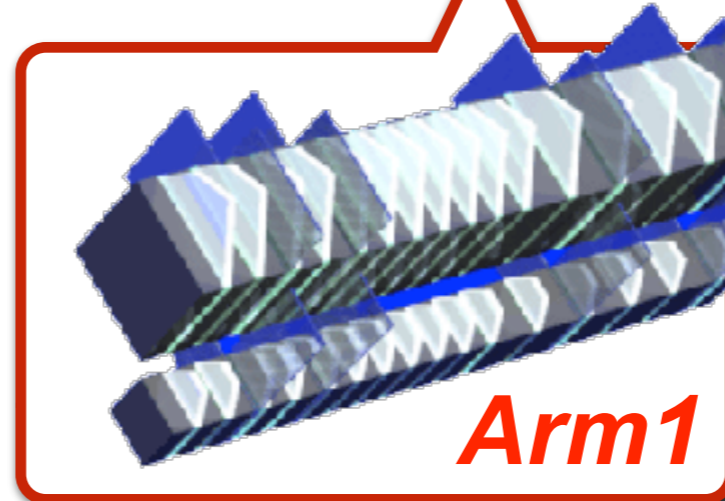
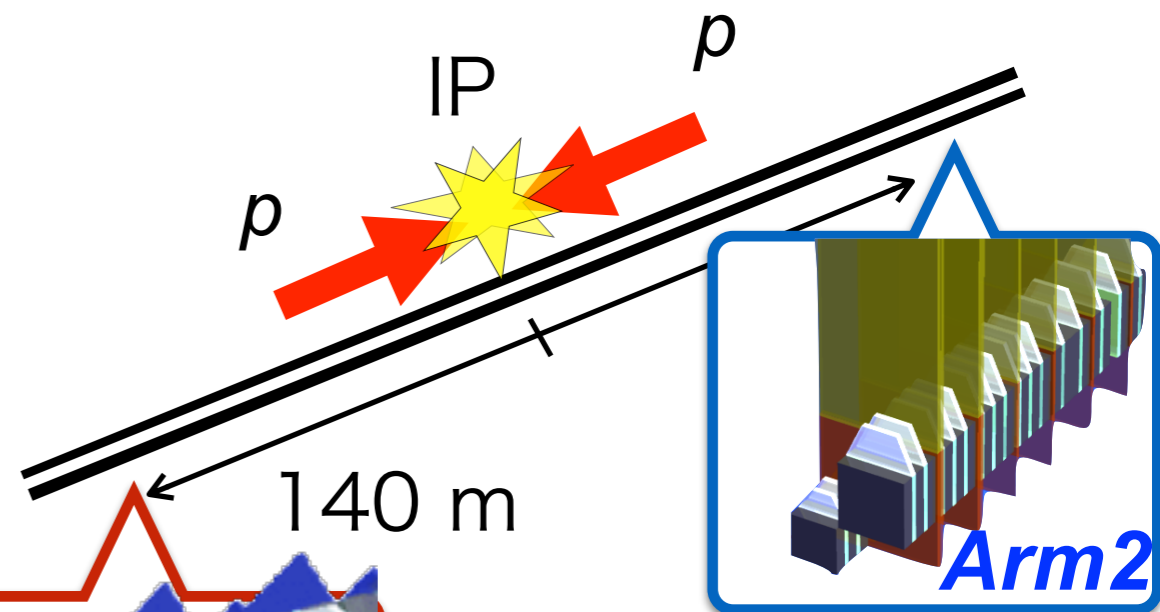
加速器実験によって

ハドロン相互作用の理解を進め、
高エネルギー宇宙線観測の課題を解決

LHCf/RHICf実験

LHCf実験

- CERN-LHC加速器の最前方領域測定実験
 - ATLAS衝突点の両側140mに検出器を設置 (Arm1、Arm2)
 - サンプリングカロリメータ検出器
 - ▶ タングステン(44 r.l.)
 - ▶ GSOシンチレータ 16層
 - ▶ 位置検出層 4層
- Arm1: GSOバーXYホドスコープ
Arm2: シリコンストリップ



RHICf実験

- BNL-RHIC加速器の最前方領域測定実験
- STAR実験衝突点の片側18mにLHCf-Arm1検出器を設置。
- 偏極陽子を用いており、スピン物理の測定も実施。



LHCf/RHICf これまでに陽子-陽子,陽子-鉛衝突を測定

pp $\sqrt{s}=13.6$ TeV測定

■ 最大エネルギーでのpp衝突測定

□ 重心系エネルギー $\sqrt{s} = 13.6$ TeV ($\Leftrightarrow 13$ TeV@2015)

→ Elab $\sim 10^{17}$ eV

□ 高統計データ x10 (π^0 , ATLASとの共同)

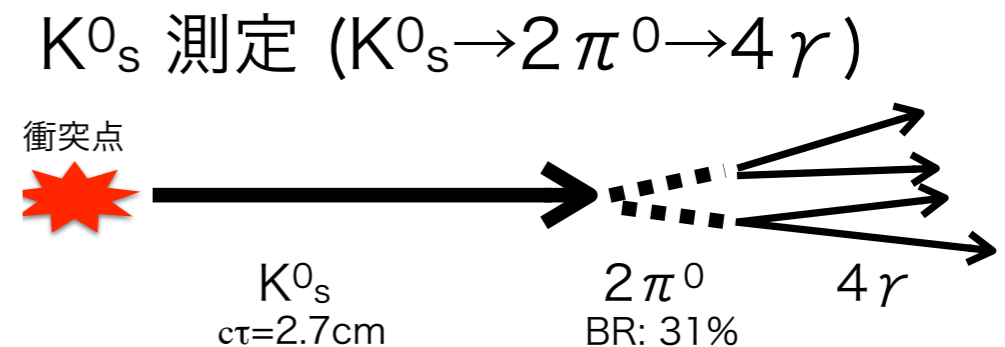
□ ストレンジ粒子測定 (K^0_s , Λ)

→ 大気ニュートリノフラックス
予測精度の改善

□ ATLAS ZDC, RPとの共同測定

→ より広い相互作用研究。

例、One-Pion Exchangeを通じた陽子-パイオン衝突の測定



測定に向けた準備

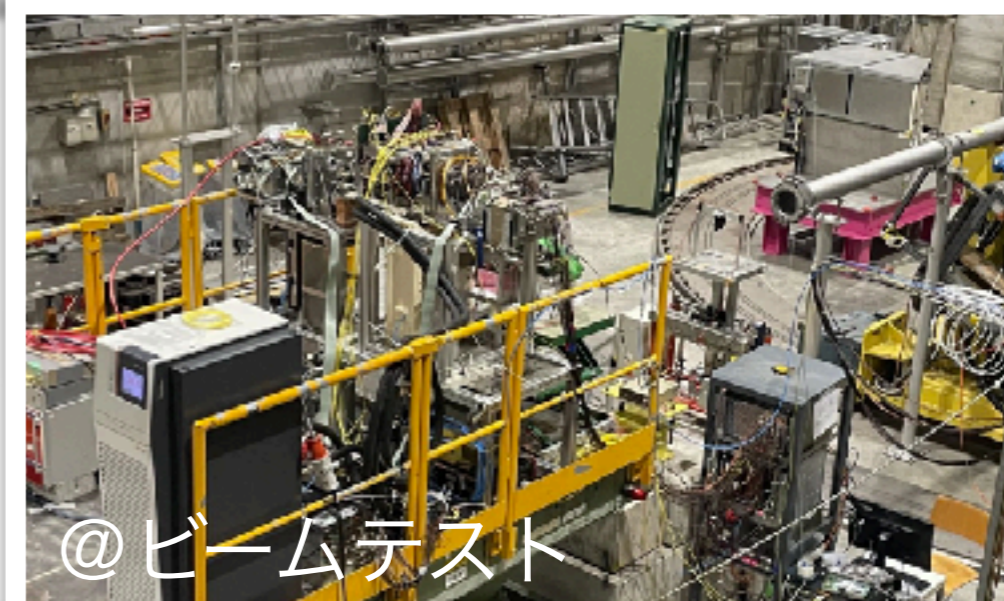
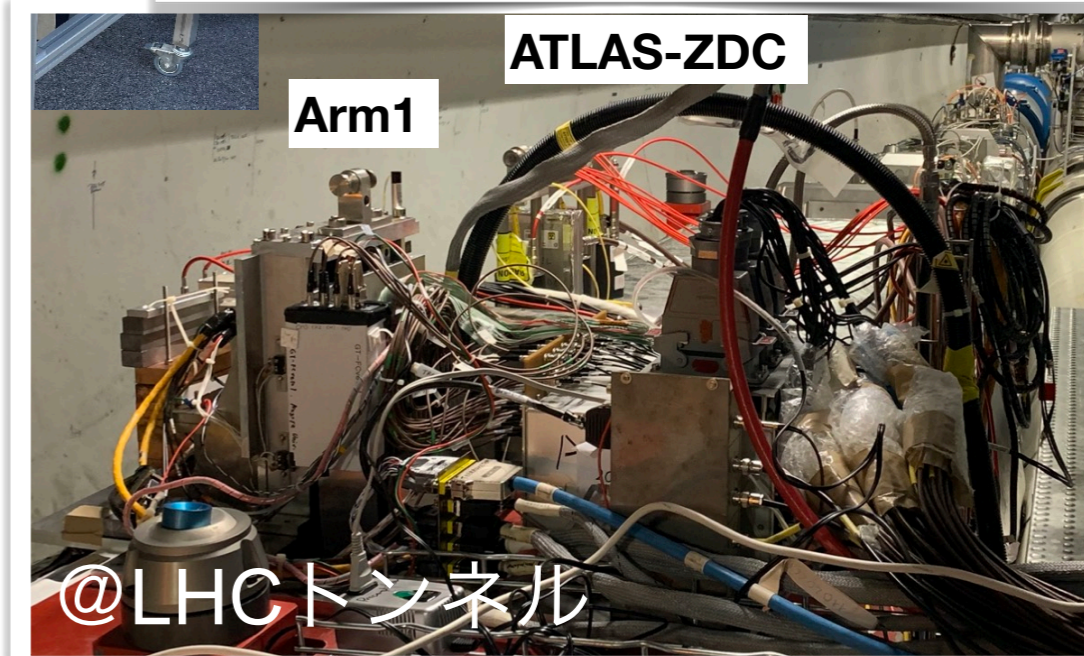
• DAQ読み出しの高速化 (シリコン読み出し速度x10)

• トリガーの最適化

• ATLAS ZDCとの共同ビームテスト@CERN-SPS, 2022

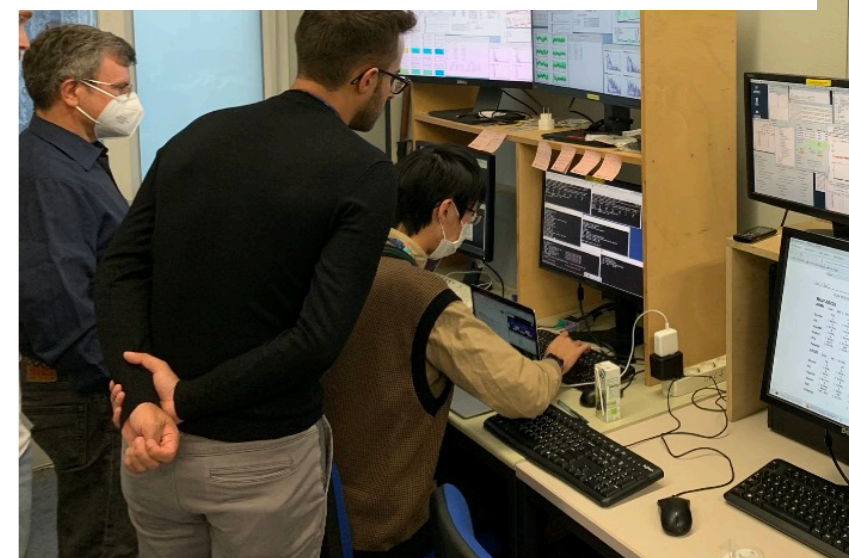
オペレーション in 2022

- 13.6TeV 陽子陽子測定
 - 9月23-26日の4日間
 - LHCf special run (低ルミノシティ)
 - ATLASとの共同測定
 - ZDC : LHCf検出器の後ろに設置
→中性子エネルギー分解能の向上
- ビームテスト
 - LHC測定終了後にCERN-SPSにて、電子(150-250GeV)、陽子(350GeV)ビームを照射
 - 検出器の精密キャリブレーション



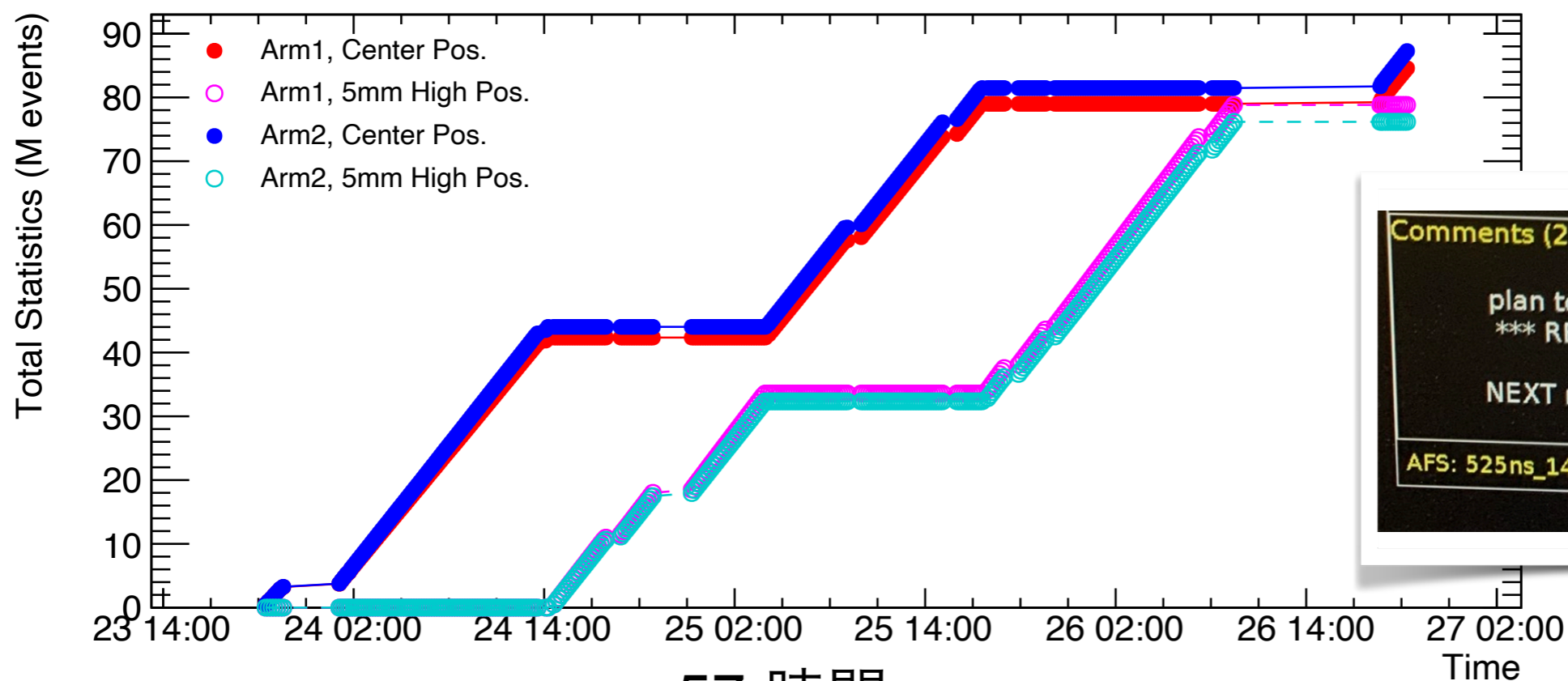
取得データ

コントロールルームでの
オペレーション風景



- 合計 300M イベントを取得 !!
⇔ 2015年取得イベント数: 40M (7倍)
- 全イベントで ATLASでもデータ取得
⇔ 2015年取得イベント数: 6M (50倍)

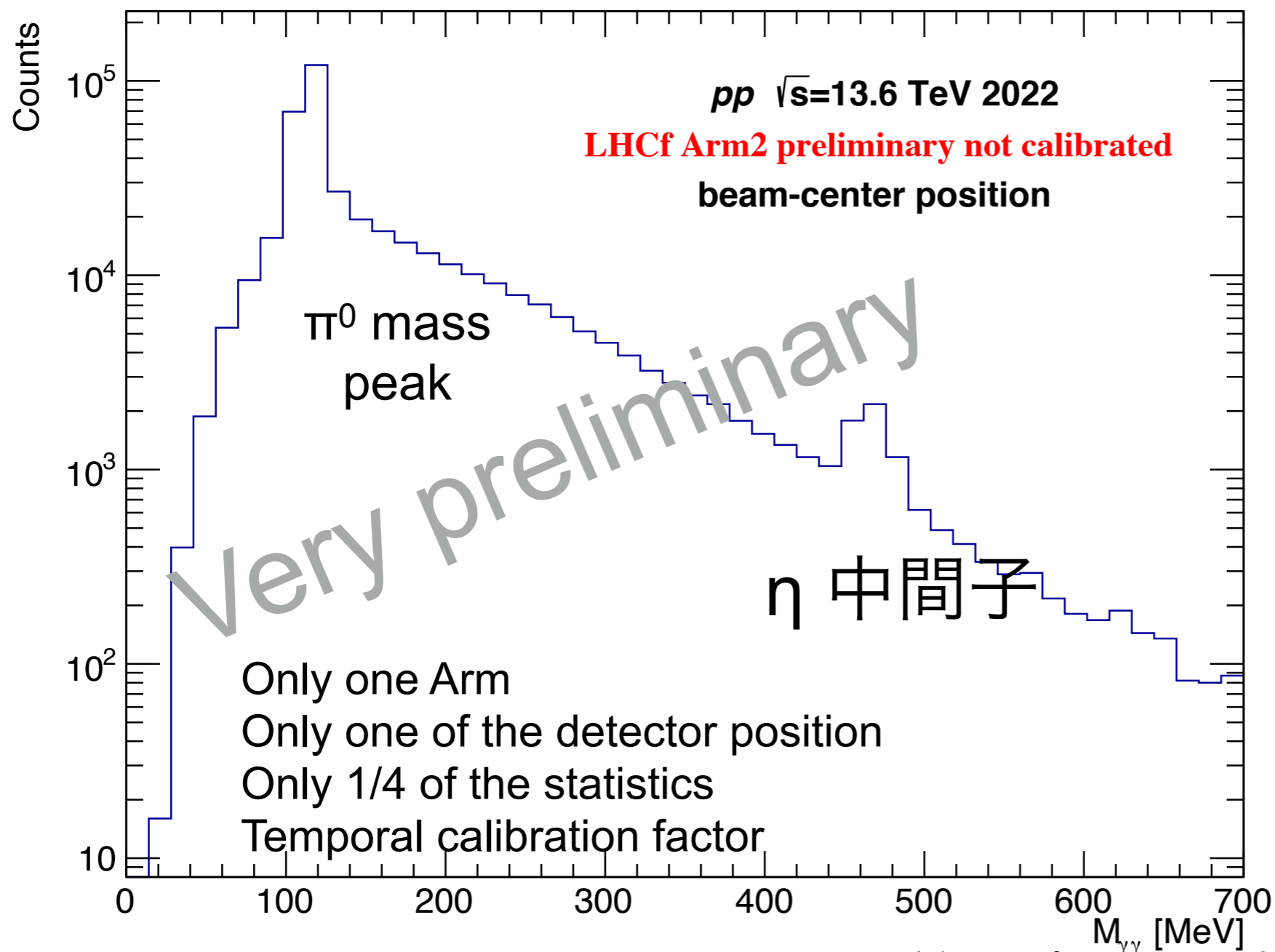
LHCf Operation in 2022



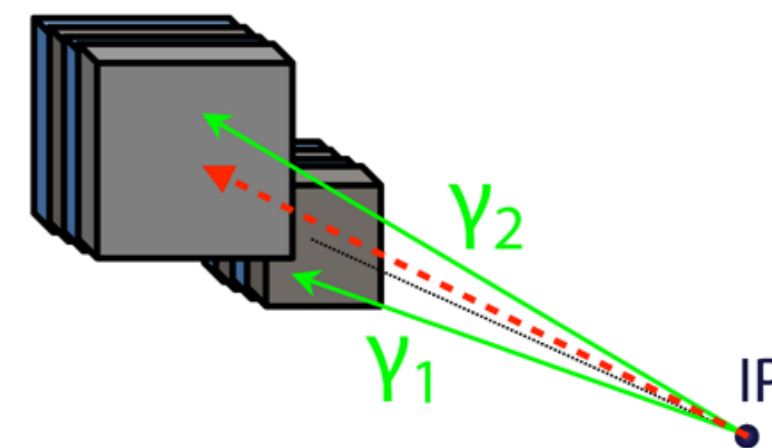
Comments (25-Sep-2022 14:12:06)
146b fill - stable beam
plan to keep this fill as long possible
*** RECORD LONGEST LHC FILL ***
NEXT morning meeting monday 9am
AFS: 525ns_146b_144_35_22_8bpi_20inj_nocloseLR

57 時間
← 過去のLHCのなかで最も長い
ビーム継続時間 →

オンライン解析結果



2光子事象の 再構成質量分布



π^0 中間子とともに η 中間子の質量ピークも確認

→ 検出器が正しく動作

→ レア粒子もトリガー改良により効率的にデータ取得

まとめ

- LHCf/RHICf実験は、宇宙線相互作用理解のためにLHCとRHIC加速器で最前方領域測定実験を実施している。
- 陽子-陽子 $\sqrt{s}=13.6\text{TeV}$ 衝突測定を9月に実施
 - 統計増加、 η, K^0 などレア粒子測定
 - 300 Mイベントを取得
 - 2015年に比べて5倍、ATLAS共同50倍
- データ解析も進展
 - LHCf η 中間子測定
 - RHICf 光子解析：Feynman スケーリングの検証
- 研究会を3月27,28日に開催
- 今後
 - 2024年にLHC 陽子-酸素衝突測定を実施
 - ↑ 宇宙線-大気の理想的条件