

東京大学宇宙線研究所 共同利用研究

トランジェント天体に同期した ニュートリノ事象の探索



毛受弘彰 (名大ISEE)



本研究課題の内容

- 研究目的

MeV-GeV領域で世界最高感度のスーパーカミオカンデを用いて突発天体現象に対するフォローアップ観測体制を構築すること。

- 共同研究者 13名

- 共同利用研究費 旅費10万円 (SKで共同執行)

SKでの突発天体観測体制

■ アラート発信

□ 重力崩壊型超新星爆発

- 銀河系内のイベントに対して100%の検出効率。
- 有意なニュートリノ事象数増加検出で自動でアラート配信。
- SK単体で方向決定が可能。

■ フォローアップ観測

□ SKは24時間観測、 4π アクセプタンス

→ どの突発事象に対しても解析可能!!

□ これまでの解析例

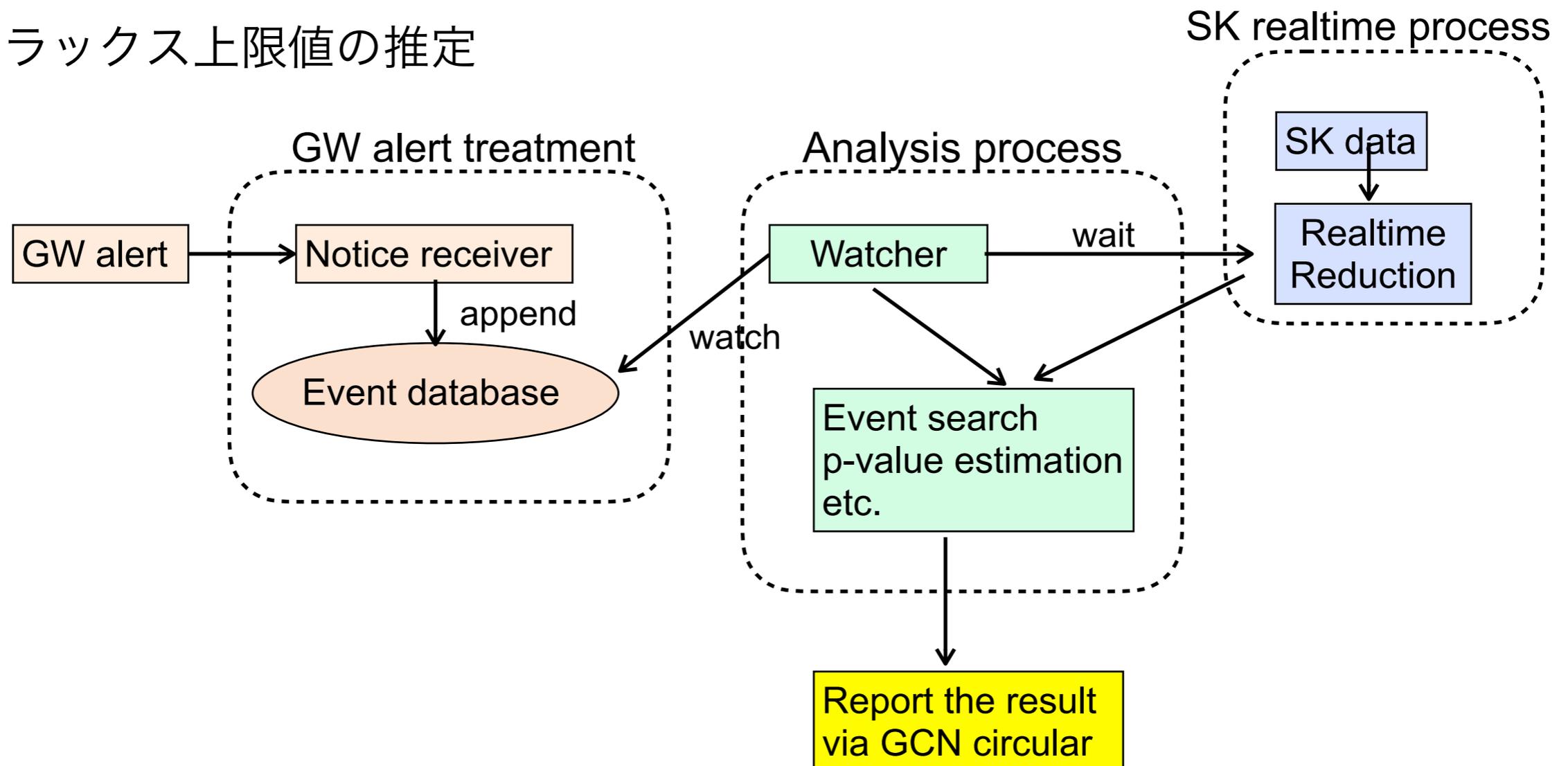
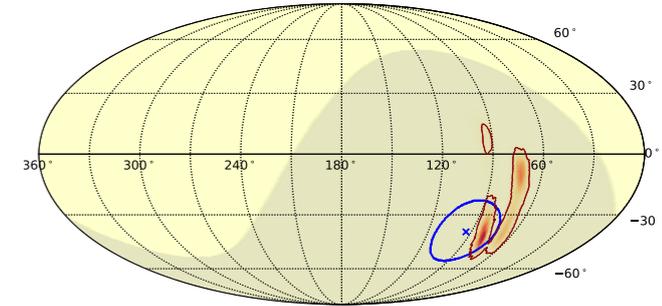
GRB、GW

Blazar TXS0506+056 (IceCube)、Solar flare

フォローアップ観測システム

1. NASA-GCNを通してGWのアラート受け取り
2. データリダクション、イベント再構成プロセス
3. 突発イベントとの同期事象探索
 - イベント時間から ± 500 秒内のニュートリノイベントを探索
 - バックグラウンドと比較しての優位度
 - フラックス上限値の推定

GW190602_175927



現状と課題

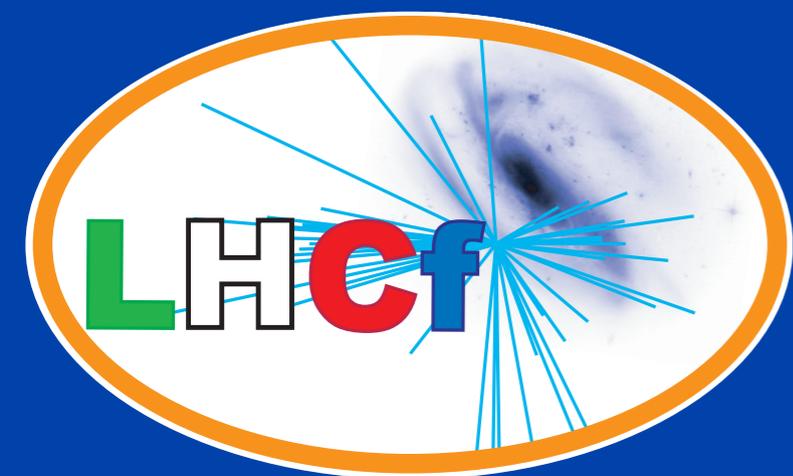
- 2023年5月GW 04開始に合わせて、自動フォローアップシステムを再稼働。ただ、まだ安定稼働できていない。
- GW以外の突発天体アラートに対応。
 - 現状では手動で解析（例、GRB221009A）
- 自動再構成プロセスの高速化
 - 独自の事象再構成パイプラインを導入することで、アラート受け取りから数時間内に解析を完了させることを目指す。

まとめ

- 本研究では、スーパーカミオカンデ検出器を用いた突発天体に対するフォローアップ解析体制を構築することを目標としている。
- 自動フォローアップシステムを構築。
GW 04に合わせて再稼働しているが安定稼働はまでできていない。
- GW以外のアラートへの対応や高速化が課題。

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

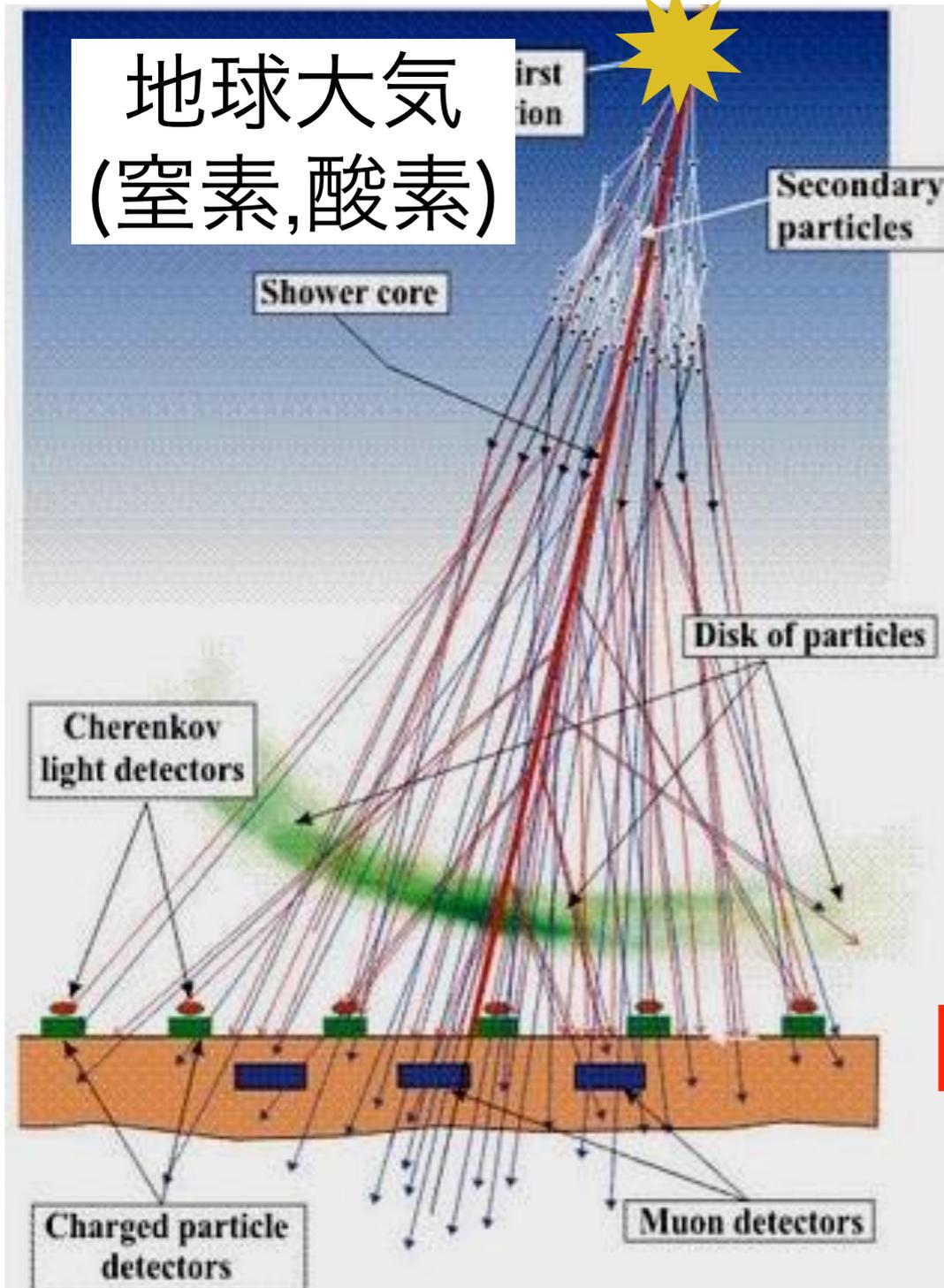
■ 大型計算機利用

■ 本年度の成果

- 陽子-酸素原子核衝突測定に向けた準備 → 後述
- データ解析結果 (LHCf η 中間子測定)
- 研究会を開催予定 (3/26,27@ICRR)

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

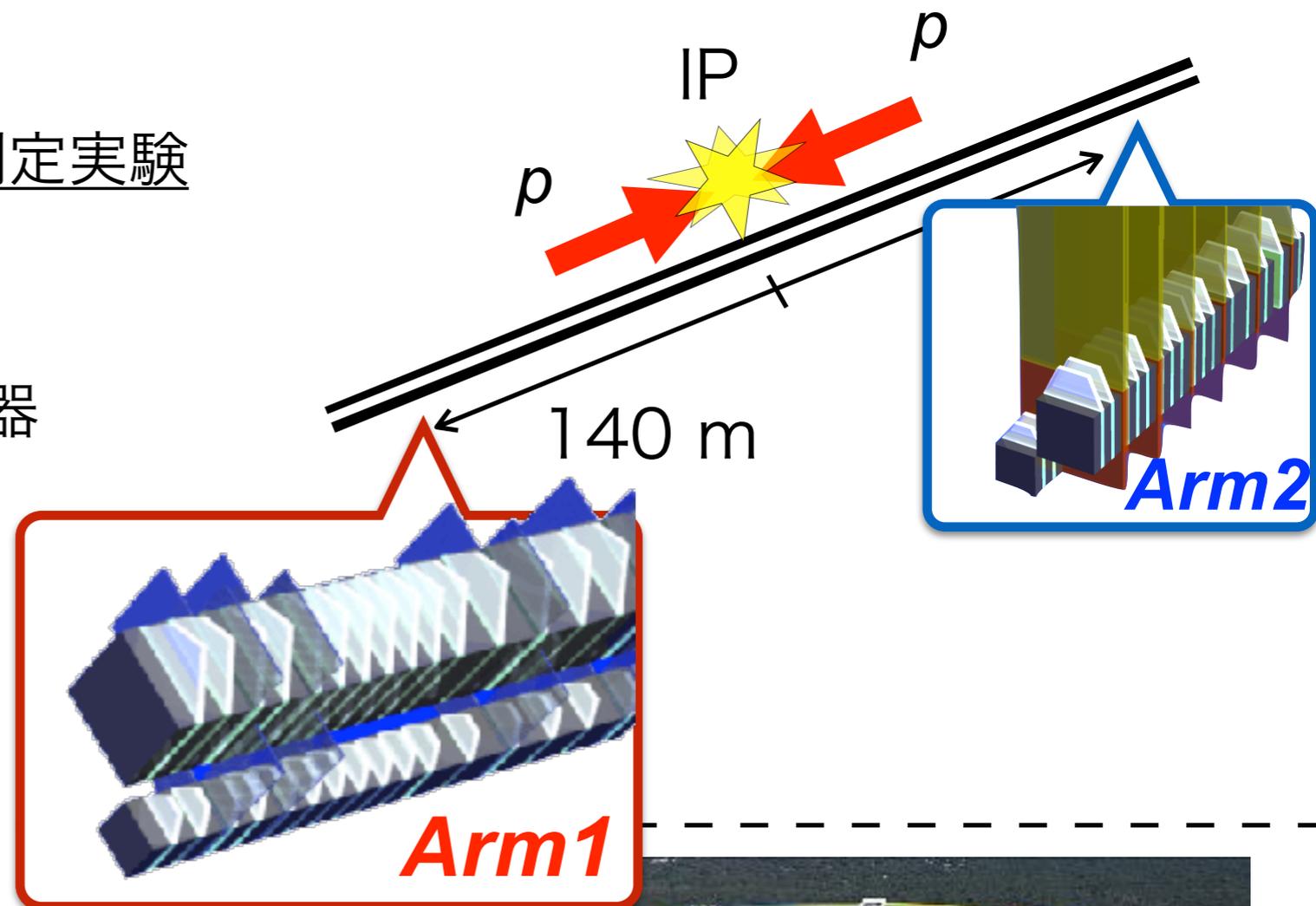
加速器実験によって

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

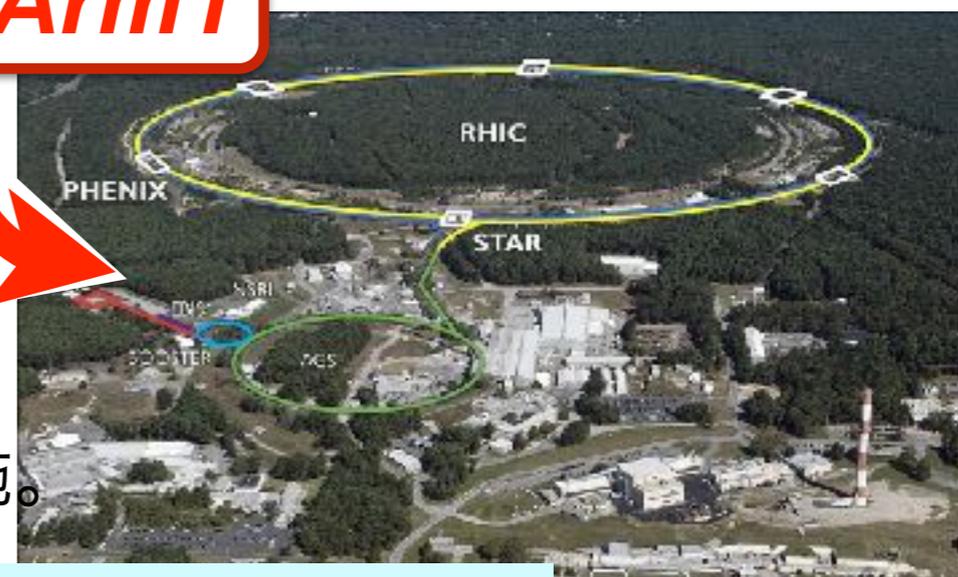
LHCf実験

- 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

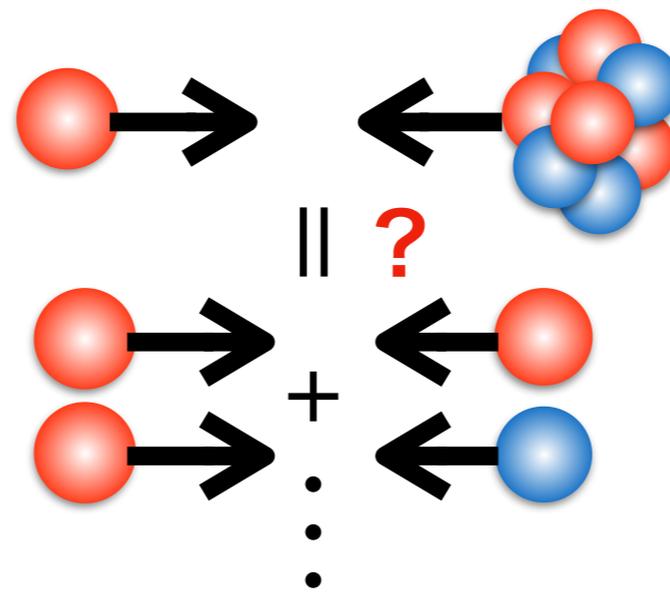
陽子-酸素原子核衝突

■ p-O衝突は宇宙線-大気相互作用を再現する理想的な条件 !!

- コライダーでの軽原子核衝突は世界初
- 原子核効果のモデリングの違いがモデル予測の違いの要因の1つ

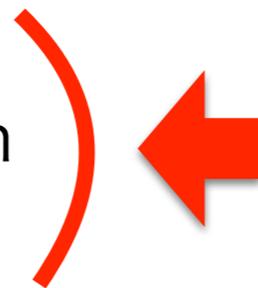
■ p-O相互作用

- Glauber理論
p-O衝突をp-p衝突の重ね合わせで記述
- 原子核効果



これまでLHCで測定が行われている陽子-陽子衝突で十分かどうかは自明ではない

- ▶ Nuclear Shadowing
- ▶ Limiting Fragmentation
- ▶ QGP (core-corona)



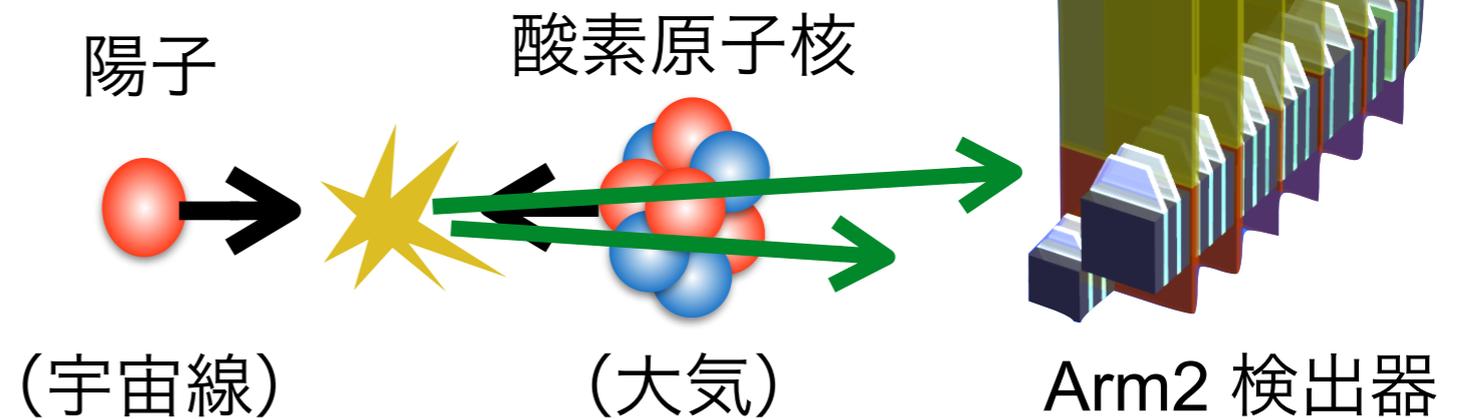
空気シャワー発達の違いを生む要因の1つと考えられている。

- データと実測の違い (ミュオン超過)
- 相互作用モデル間の違い

p-O測定準備状況

■ セットアップ

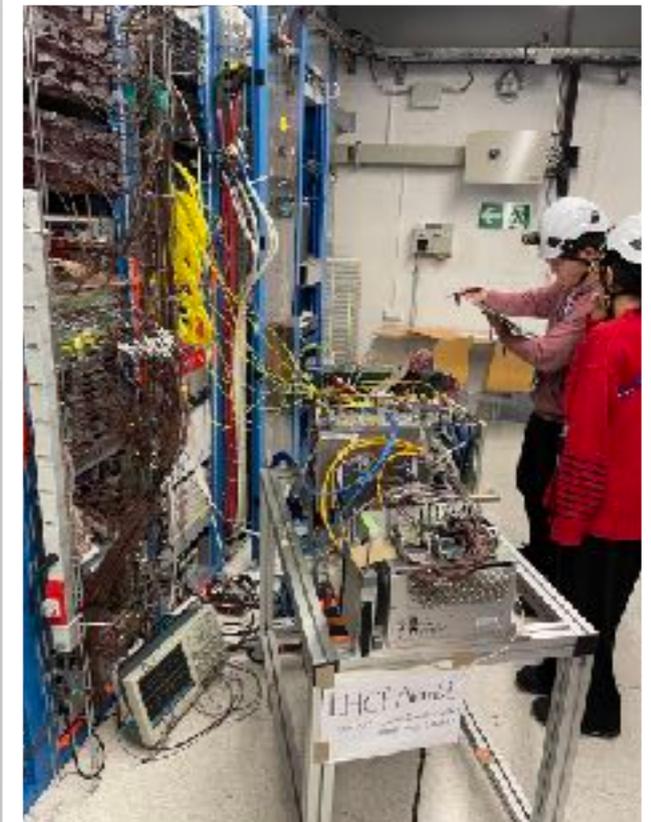
- Arm2検出器を陽子進行方向側に設置。



■ スケジュール

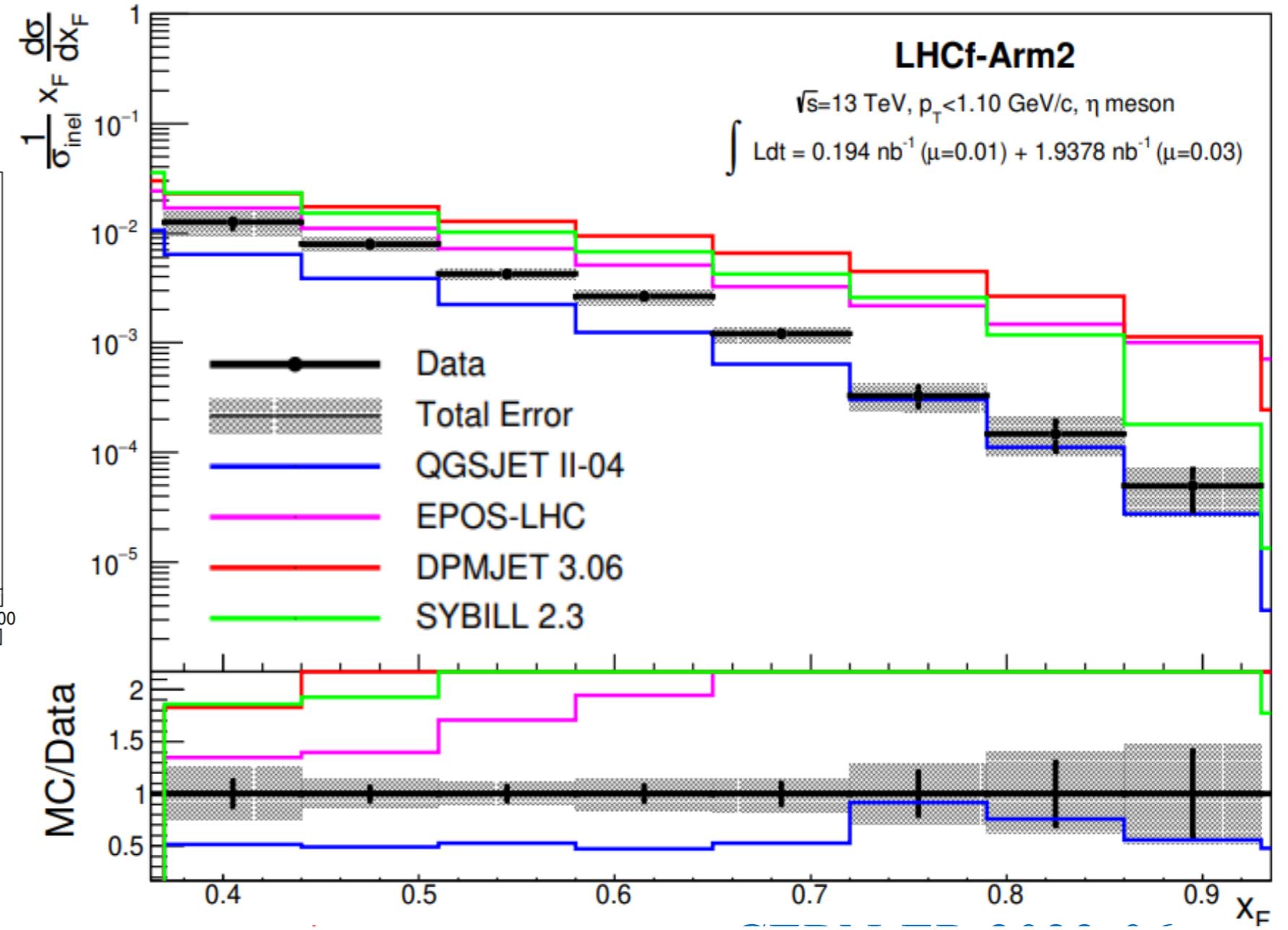
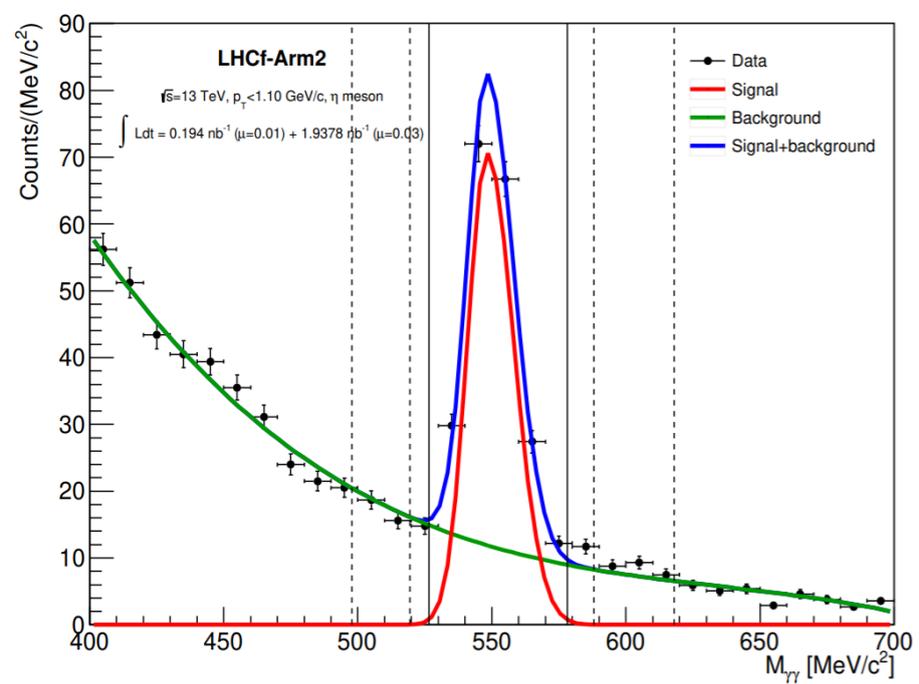
~~2024年6月にp-O測定予定~~ ⇒ 2025年6月に変更

- 2024年1,2月にCERNで準備作業を実施。
 - データ収集システムの再セットアップ。
 - データ収集速度を向上。
最大レート 1.6 kHz
→ 3.3 kHz



LHCf: η 中間子測定結果

2光子再構成質量($M_{\gamma\gamma}$)の分布



JHEP 10 (2023) 169

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-酸素原子核衝突に向けての準備を実施。
- データ解析も進展
- 研究会を3月26, 27日に開催

第七回 空気シャワー観測による宇宙線の起源探索研究会

📅 25 Mar 2024, 12:45 → 27 Mar 2024, 18:00 Asia/Tokyo

<https://indico.cern.ch/event/1358926/>

ハイブリット形式 (ICRR+ZOOM)

- さまざまな実験間での活発な議論
- 若手交流の場