

E24: 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 (LHCf/RHICf, TAとの議論)

塔 隆志 (名大 ISEE/KMI)

共同研究者

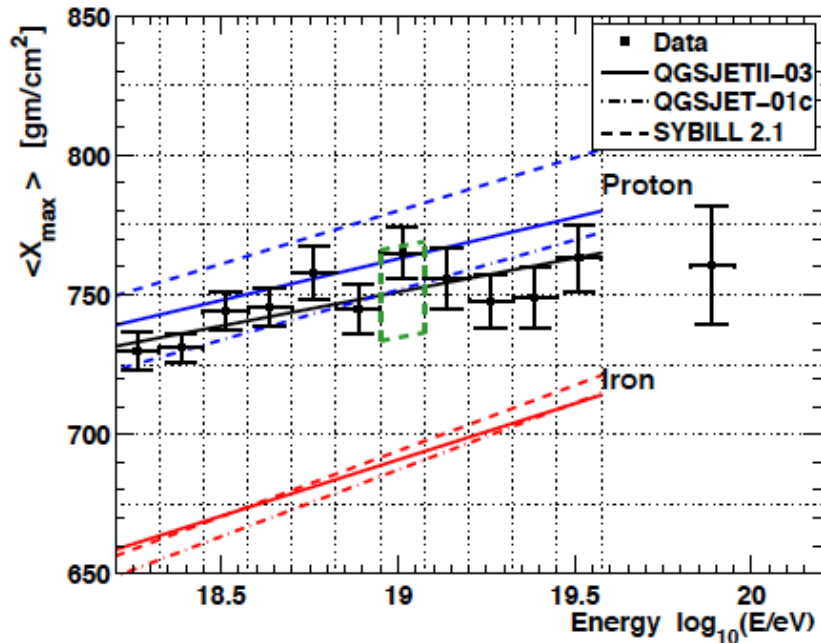
伊藤好孝、増田公明、村木綏、毛受弘彰、牧野友耶、松林
恵理、周啓東、上野真奈 (名大)
櫻井信之 (徳島大)
笠原克昌、鈴木拓也、岩田大祈 (早大)
佐川宏行 (東大)

共同利用による活動内容

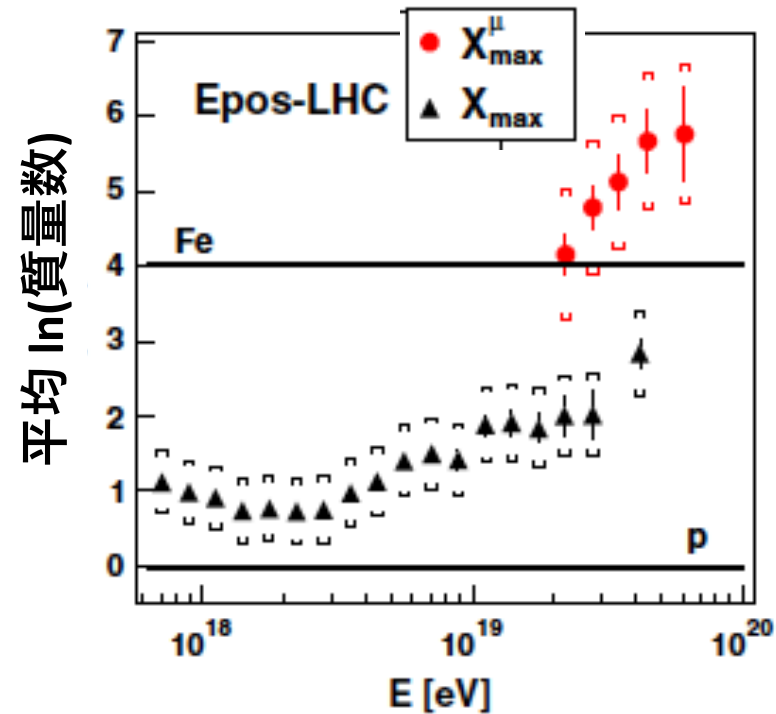
- 大型計算機利用
 - LHCf実験結果と比較するためのモデル予想スペクトルの full MC計算(DPMJET3, QGSJET II, EPOS, SIBYLL,等)
- TA-LHCfグループ勉強会（査定額15万円を旅費に使用）
 - 3月ごろ開催予定
 - 若手のグループ間議論の場を作る
 - TA以外の空気シャワー観測グループの参加も歓迎

ご支援ありがとうございます

空気シャワーデータ「解釈」におけるハドロン相互作用の影響



TA, APP 2015

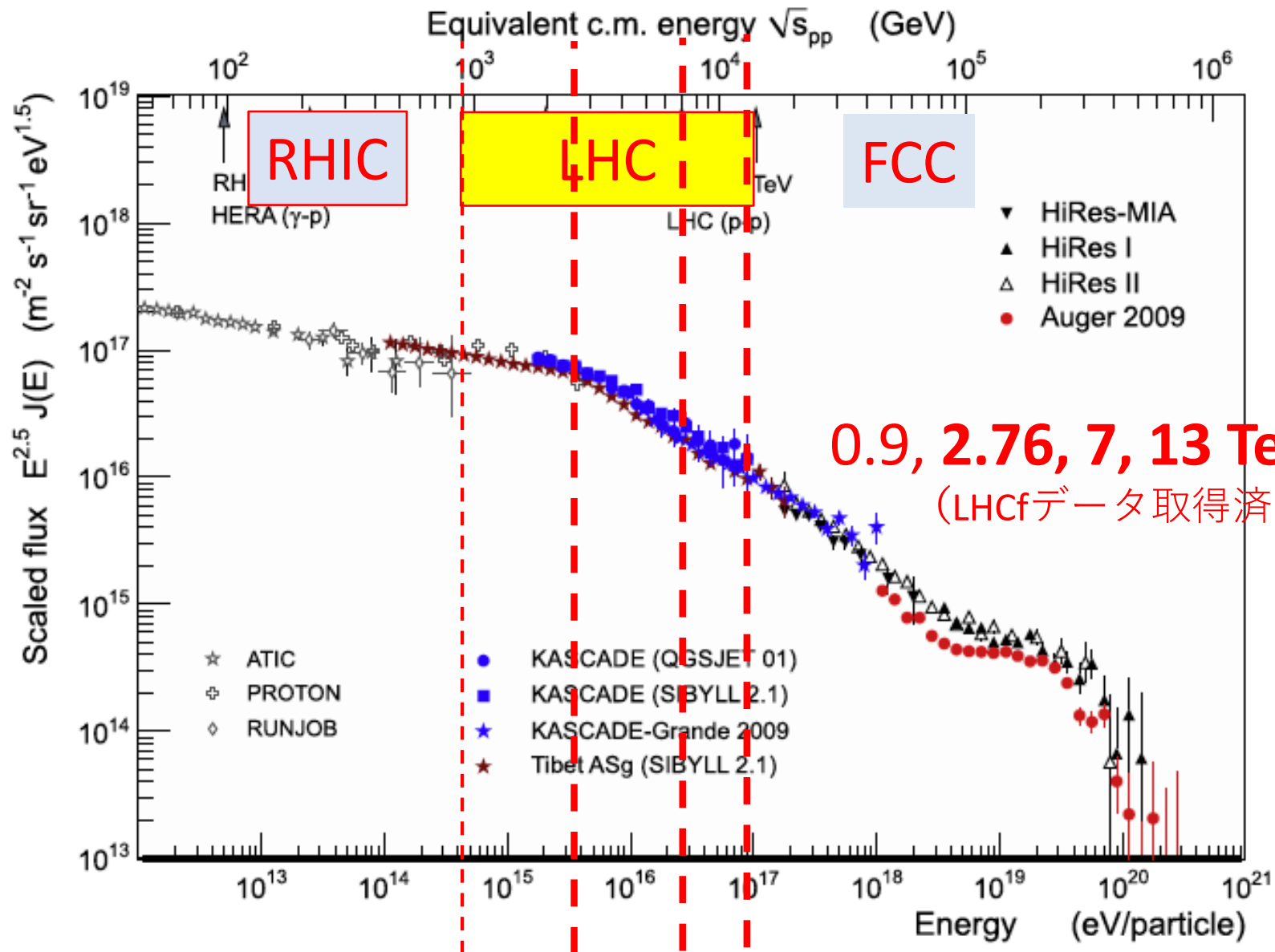


PAO, PRD 2014

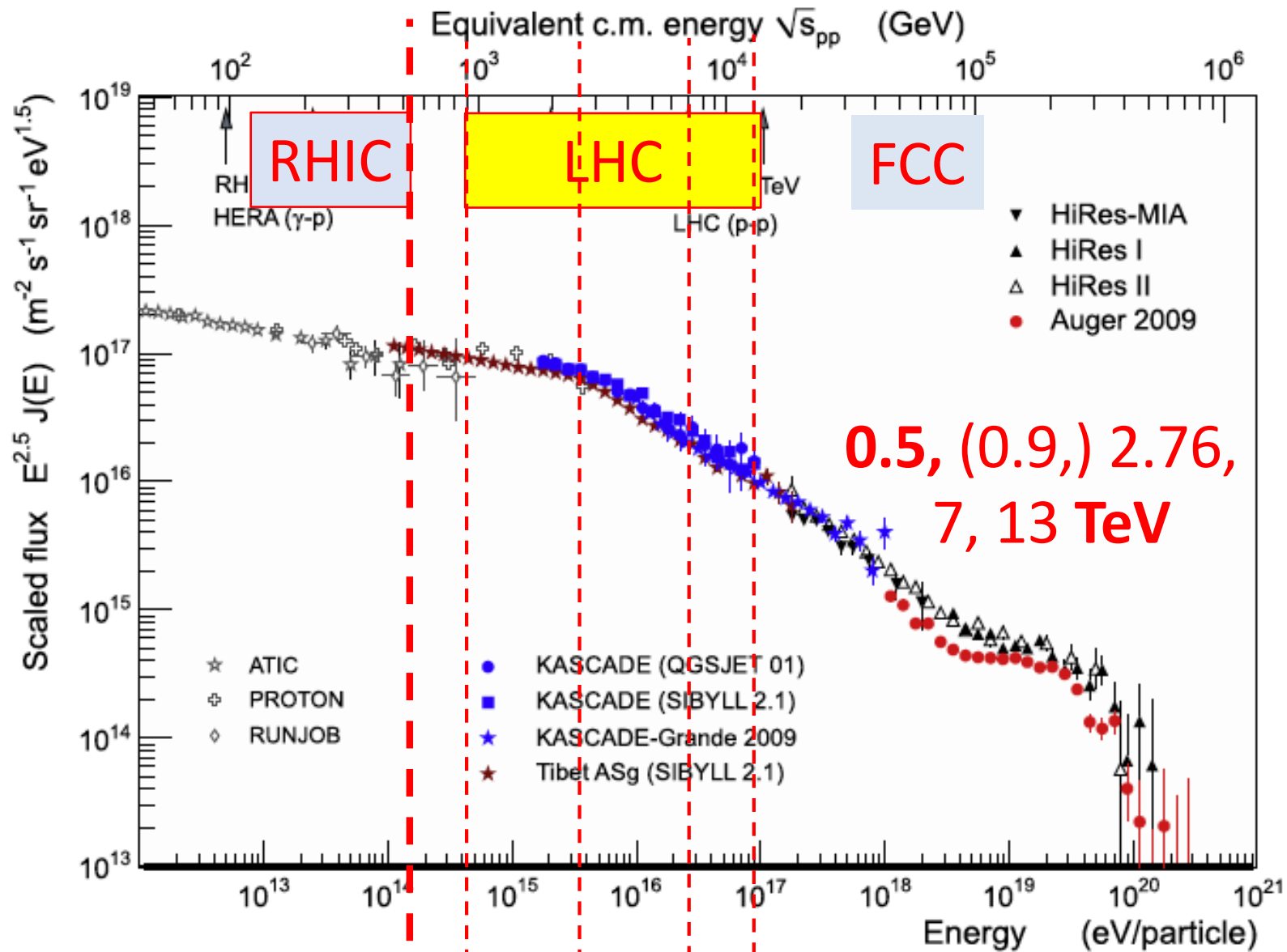
- $\langle X_{\max} \rangle$ による composition 決定は比較するモデルに依存する
- $\langle X_{\max} \rangle$ と $\langle X_{\max}^{\mu} \rangle$ による平均質量数推定に矛盾

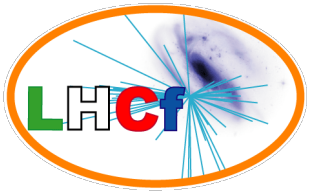
X_{\max}^{μ} : 最大muon発生高度

Collider (LHC)を用いた 相互作用モデルを検証・改良

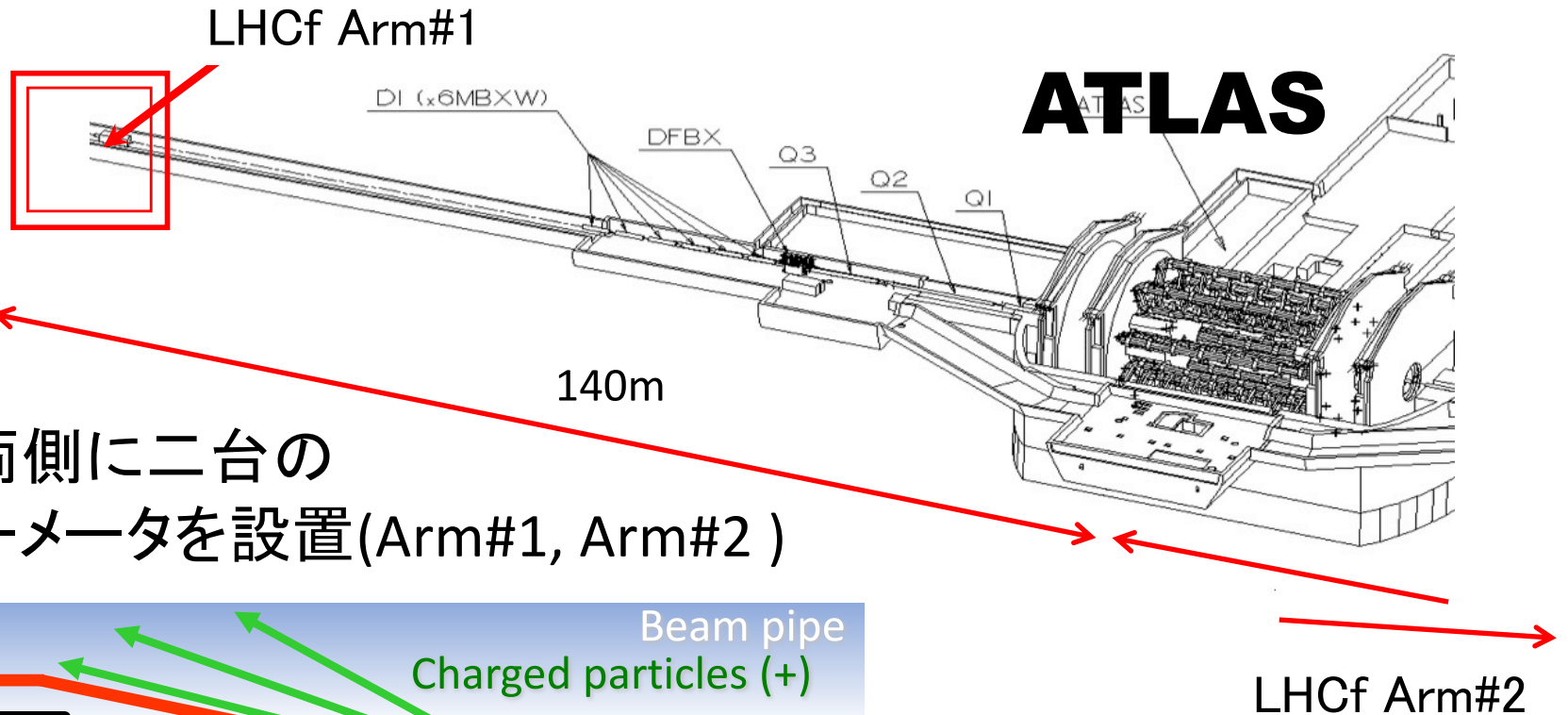


Collider (LHC+RHIC)を用いた 相互作用モデルを検証・改良

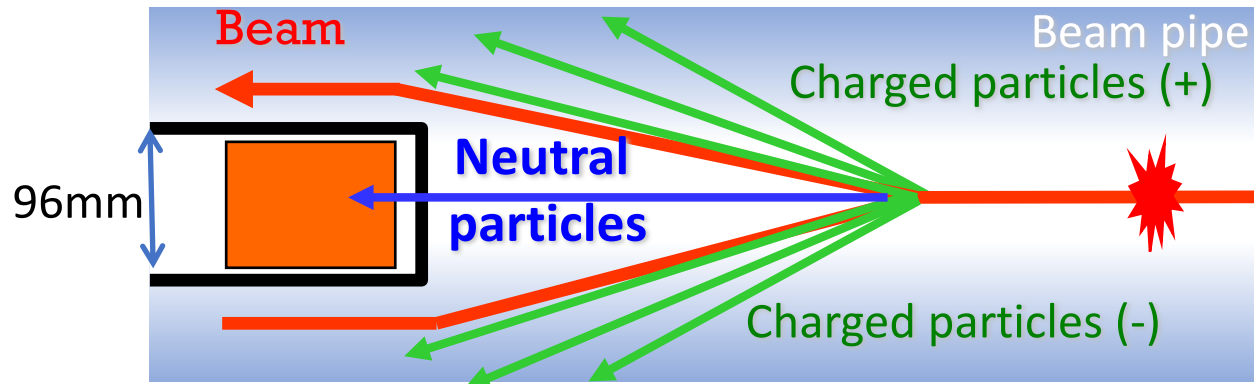




The LHC forward experiment



ATLAS実験両側に二台の
小型カロリメータを設置(Arm#1, Arm#2)

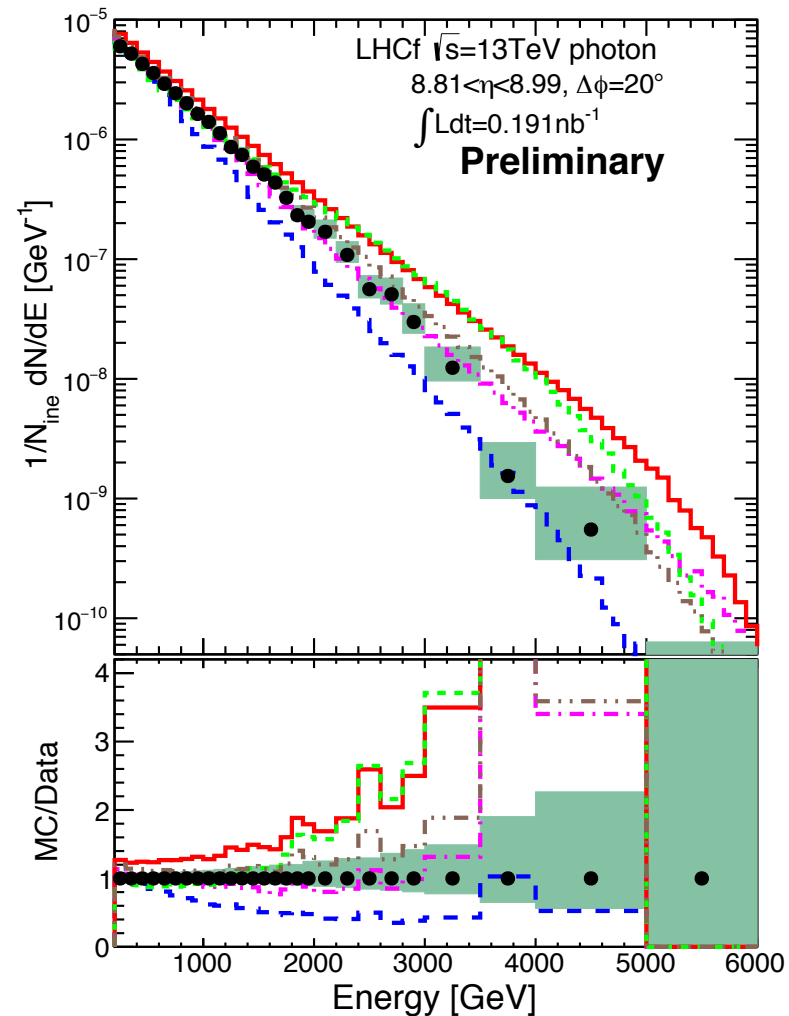
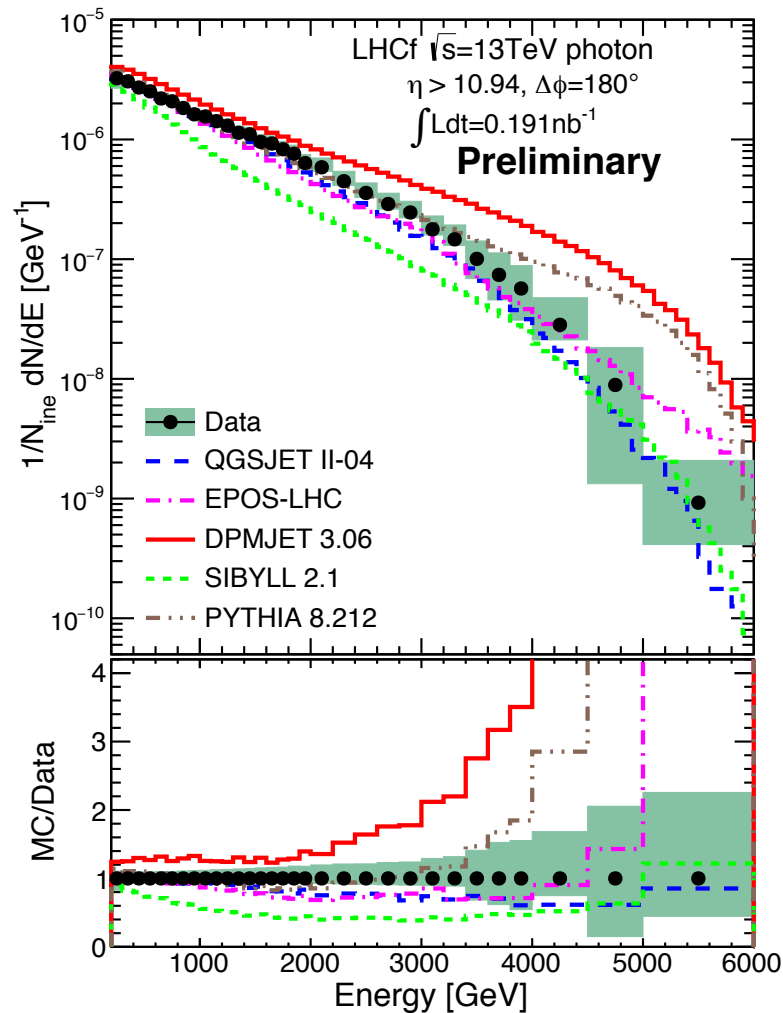


- 荷電粒子は途中のdipole磁石で除かれる
- LHCfは中性粒子（主に光子と中性子）を測定
- 擬ラピディティ $\eta > 8.4$ で測定

2016年度の成果

- 取得済みデータの解析
 - 7, 2.76TeV p-p衝突、5TeV p-Pb衝突: π^0 生成断面積の決定、スケーリングの検証 (PRD 94, 032007, 2016)
 - 13TeV p-p衝突: 前方光子スペクトルの導出 (paper in preparation)
 - 13TeV p-p衝突: 中性子スペクトル、 η 中間子生成量の導出 (preliminary results in LHCC, UHECR2016)
- 5.02, 8.16TeV p-Pb衝突データの取得
 - 11月にArm2検出器でデータ取得に成功
 - ATLASとの同時データ取得にも成功
- MC simulationによる ATLAS-LHCf共同解析の検討 (arXiv:1611.07483)
- 米国 Brookhaven National Laboratory, RHIC加速器における 510GeV p-p衝突 ($E_{CR}=1.4 \times 10^{14}$ eV)測定(2017年)準備の推進 RHICf

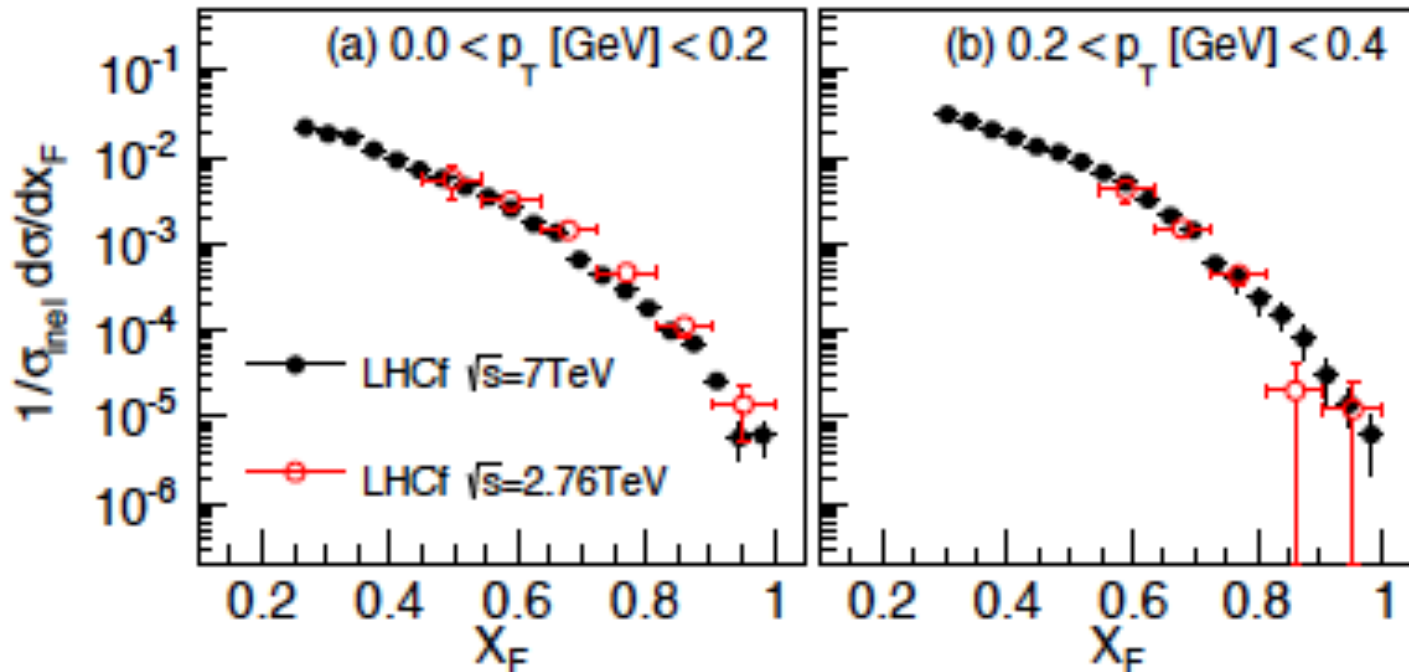
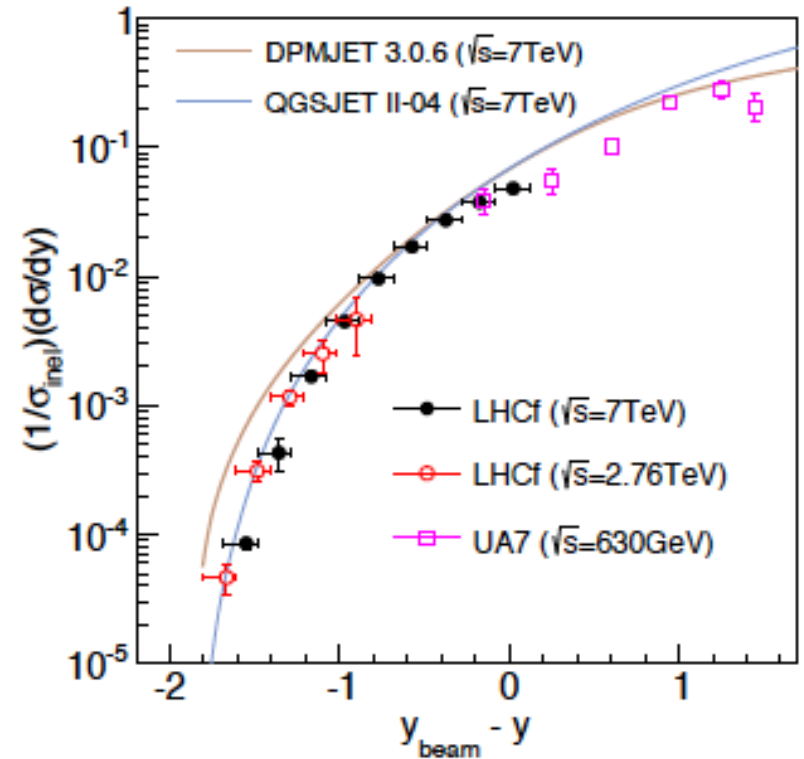
超前方光子エネルギースペクトル ($\sqrt{s}=13\text{TeV}$)



\sqrt{s} scaling of π^0 production

(PRD 94, 032007, 2016)

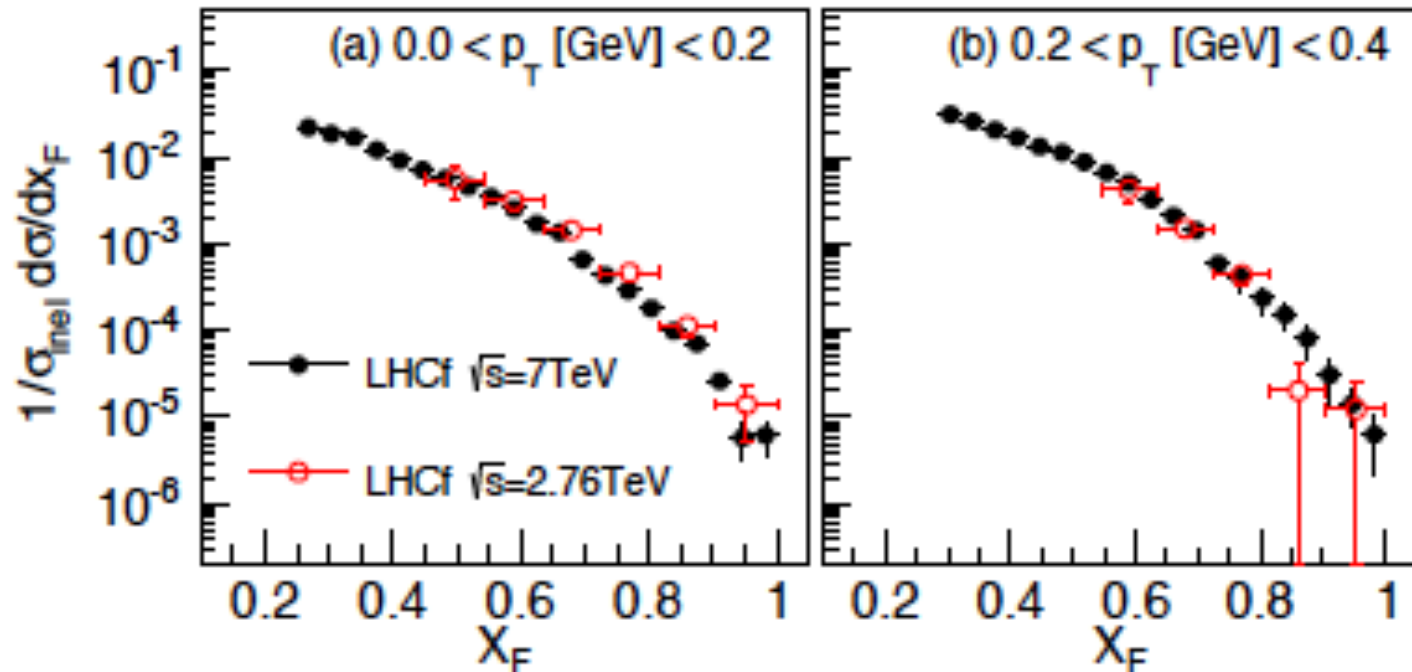
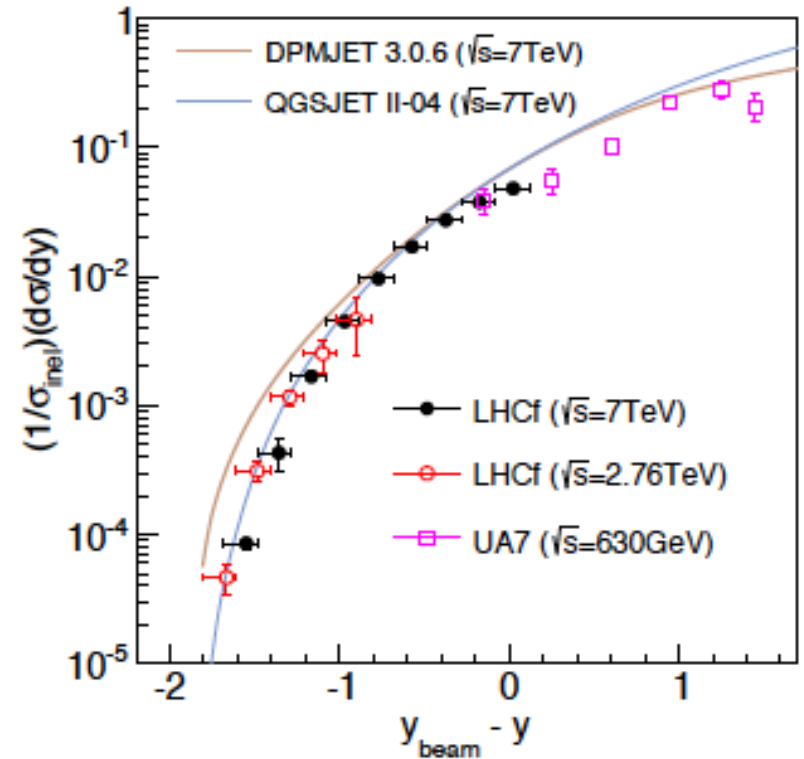
- (630GeV –) 2.76TeV – 7TeV
で scaling を確認 (角度、スペクトル形状)
- LHC 13TeV data でより広い \sqrt{s} , p_T , y
- 2017年の RHIC測定で $\sqrt{s}=510\text{GeV}$ をカバー
=> $10^{14}\text{-}10^{17}\text{eV}$ で検証し、LHCを超えるエネルギーへの外挿精度の向上



\sqrt{s} scaling of π^0 production

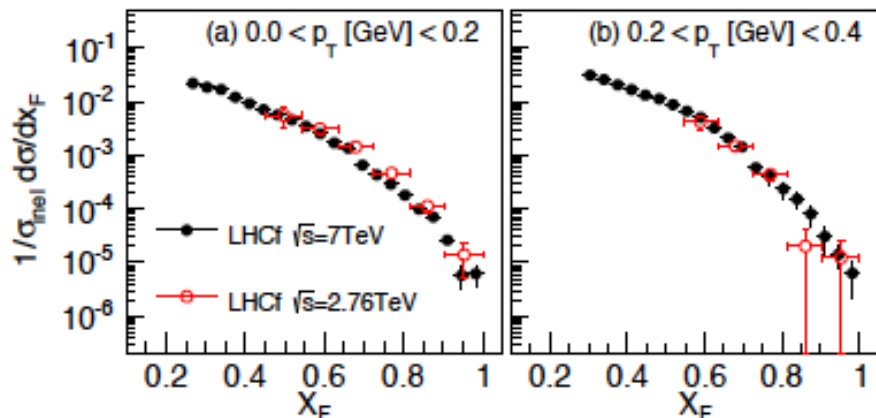
(PRD 94, 032007, 2016)

- (630GeV –) 2.76TeV – 7TeV
で scaling を確認 (角度、スペクトル形状)
- LHC 13TeV data でより広い \sqrt{s} , p_T , y
- **2017年の RHIC測定で $\sqrt{s}=510\text{GeV}$ をカバー**
=> 10^{14} - 10^{17}eV で検証し、LHC を超えるエネルギーへの外挿精度の向上



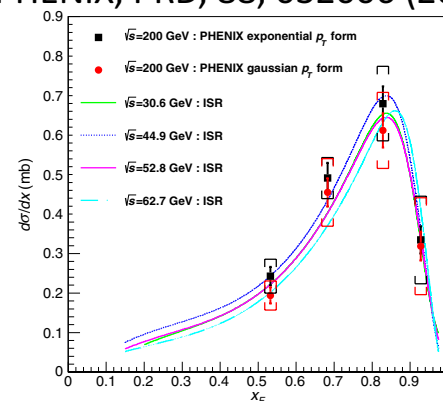
RHICf to test scaling

LHCf π^0 , PRD (2016)



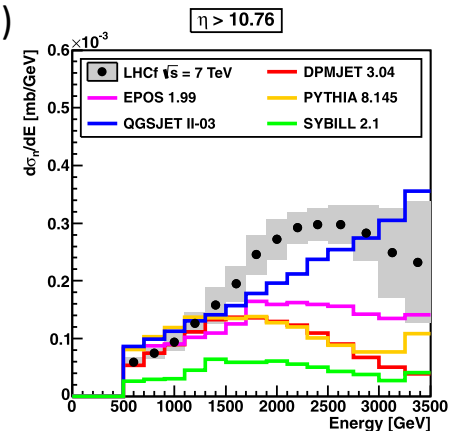
2.76TeVと7TeVでの π^0 生成断面積

PHENIX and ISR neutrons
PHENIX, PRD, 88, 032006 (2013)

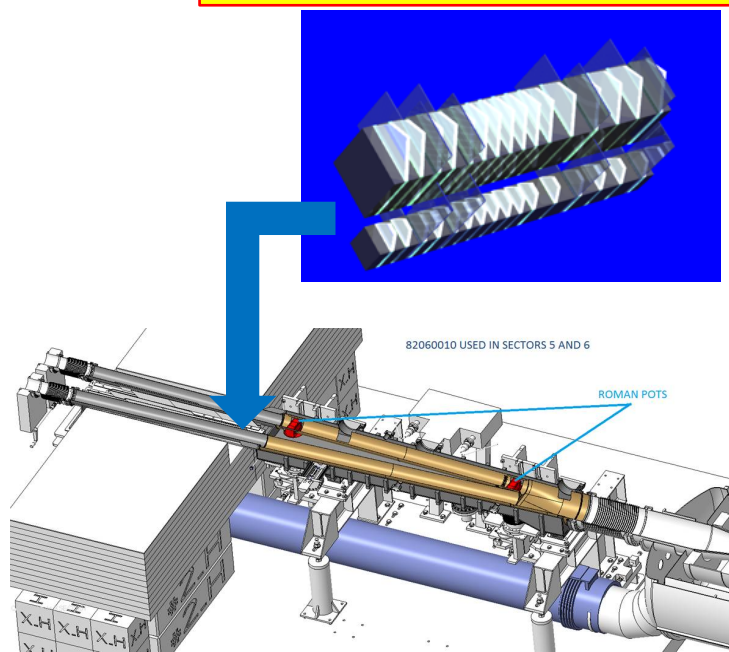


30-200GeVと7TeVでの中性子生成断面積

LHCf neutrons
PLB 750 (2015) 360-366



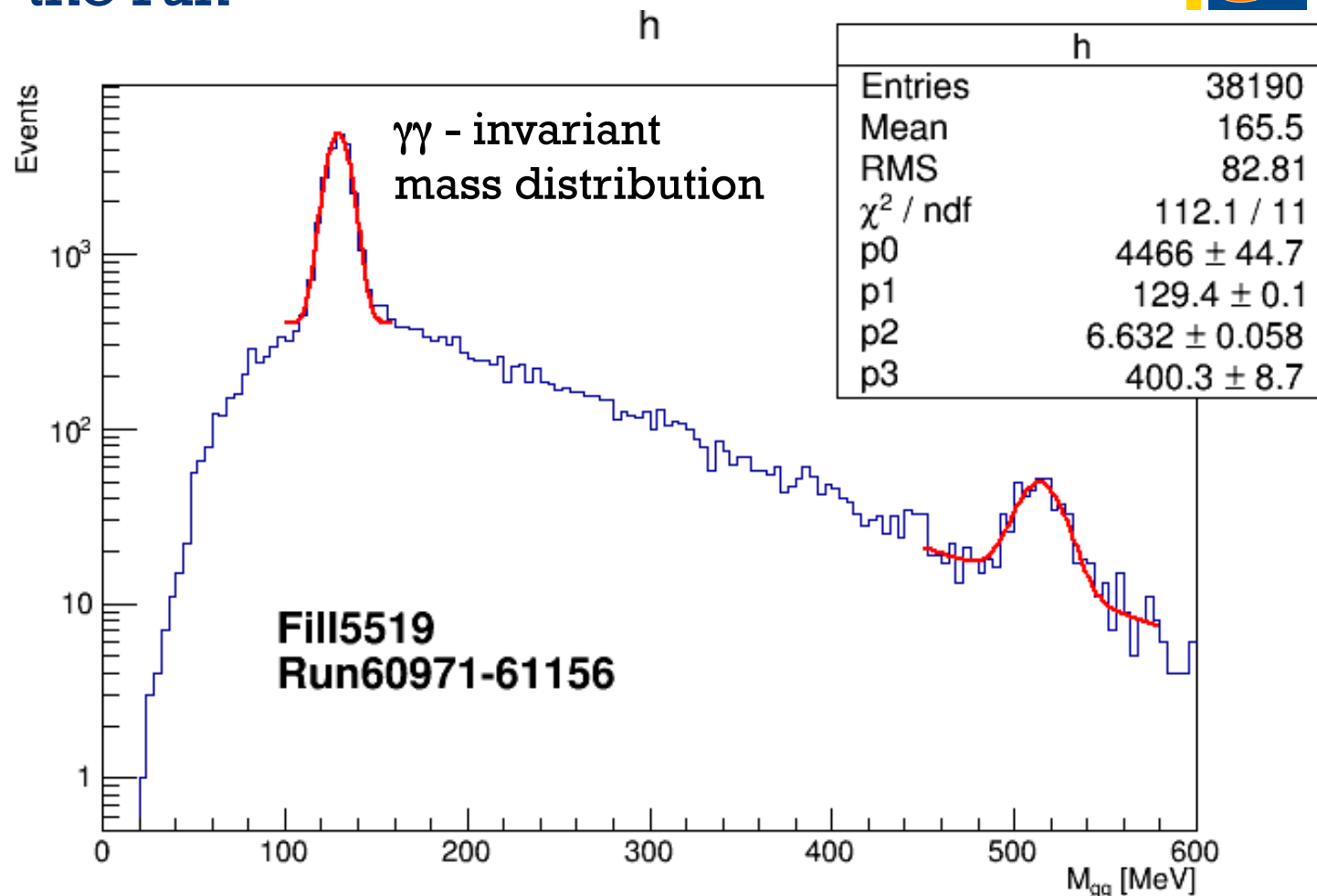
“scaling” is a key to extrapolate beyond the LHC energy



- ✓ LHCf Arm1検出器をRHICで使用
- ✓ 検出器の設置、DAQの動作試験は完了
- ✓ STAR実験との同時データ取得も準備中
- ✓ 2017年6月上旬に510GeVで一週間のデータ取得予定

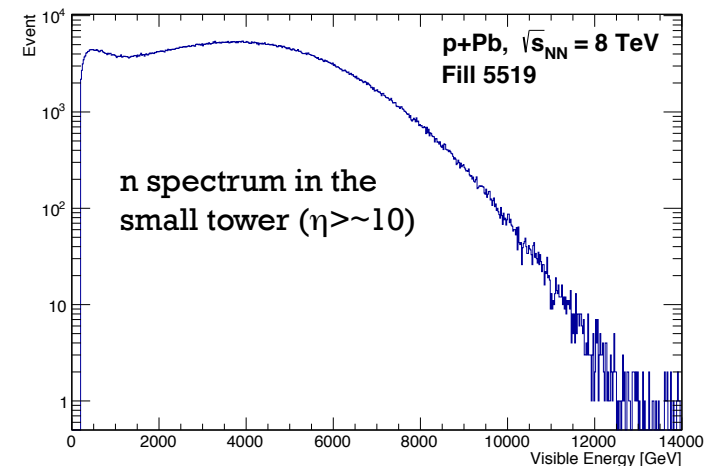
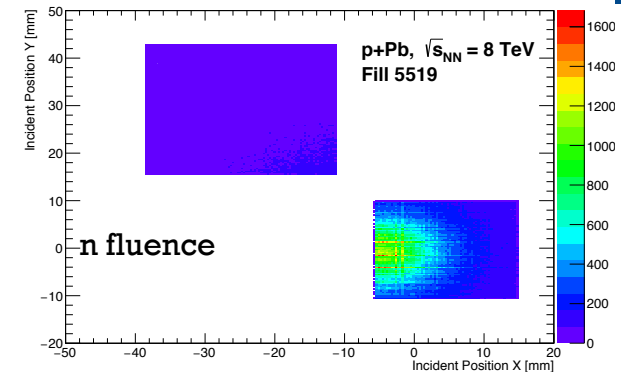
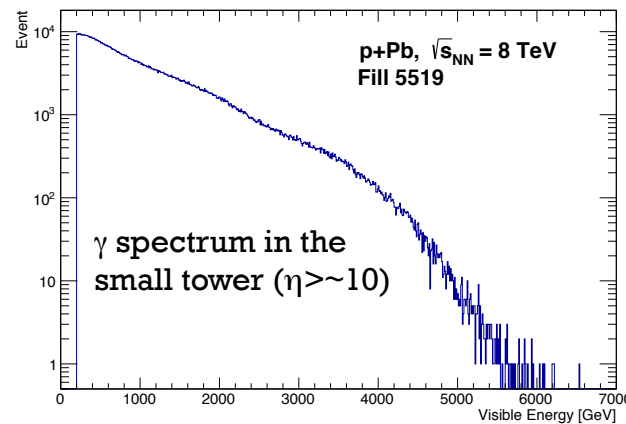
2016 LHC p-Pb衝突初期解析

+ LHCf – very preliminary overview of the run

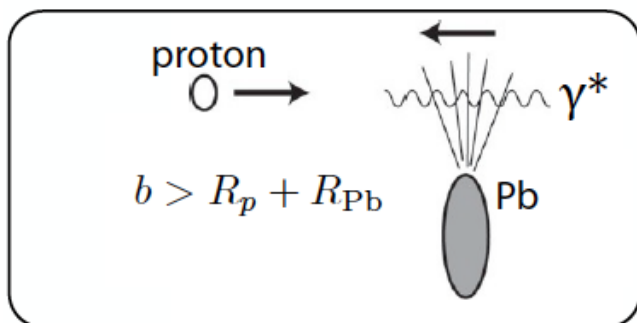


2016 LHC p-Pb衝突初期解析

+ LHCf – very preliminary overview of the run



Ultra peripheral collisions :
virtual photon from rel. Pb collides a proton.



UPC ($p\gamma$ 反応)による高エネルギー
中性子の前方集中を確認

!016

まとめ

- 高エネルギーハドロン反応超前方粒子生成を測定する実験LHCfを推進
 - 取得データの解析を継続(1-2 publications/年)
 - 新たに p-Pb衝突データを取得
- RHICf実験を立ち上げた
 - \sqrt{s} 範囲を 510GeV-13TeVに広げる。宇宙線のエネルギーにして 10^{14}eV - 10^{17}eV 。
 - 2017年6月の物理データ取得に向けて実験準備中
- LHCf/RHICf研究推進のため、ICRR計算機を利用
- TA（他グループも歓迎）との勉強会で空気シャワー観測と加速器実験の情報交換を進め、将来計画策定につなげる