令和4年度(2022) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文: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

英文 : Cosmic ray interactions in the knee and the highest energy regions

研究代表者

毛受弘彰 (名古屋大学)

参加研究者

伊藤 好孝、村木 綏、大橋 健、近藤 萌、北上悠河(名古屋大学)、
笠原 克昌、(芝浦工大)、
櫻井 信之(徳島大学)、
塔 隆志、佐川 宏行(東大宇宙線研)

研究成果概要

本研究では、LHC および RHIC 加速器の最前方方向生成粒子を測定することによって、宇宙線と地球大気とのハドロン相互作用を理解することを目的とする LHCf 実験と RHICf 実験を推進する。これによって、宇宙線空気シャワーの観測結果から 一次宇宙線情報推定の系統誤差を低減することができる。

2022 年度には LHC 加速器での重心系衝突エネルギー13.6TeV 陽子-陽子の測定 を 9 月に実施した。測定は LHCf 実験に最適なビーム条件(低ルミノシティ、最大 のバンチクロッシング角)で実施され、3 日間の測定で 300M イベントを取得した。 2015 年度に衝突エネルギー13TeV で実施した測定では 40M イベントを取得した。 2015 年度に衝突エネルギー13TeV で実施した測定では 40M イベントであったこと から単純な統計でも 7 倍以上のデータを取得できたことになる。加えて、今回の測 定でターゲットとしている高エネルギー π^{0} 、 η に特化したトリガーを新規に導入し たことによって効率的なイベント取得を行うことができたため、解析に対する有効 統計は 20 倍以上となった。図1は、2 光子事象に対する再構成質量の分布である。 測定と同時に行ったクイック解析の結果ではあるが、 π^{0} と η の質量に相当するピー クがはっきりと見て取ることができる。この解析時は、CPU リソースの制限から取 得したデータの4分の1の統計しか解析に使われていないが、 π^{0} と η ともに 2015 年時の測定の数倍の統計数が取得できたことが確認できた。2015 年データを使った 両解析では統計誤差が主要な誤差となっているため、2022 年データの解析によって 測定精度の大きな向上が期待できる。 また、2022年の測定時にはこれま でと同様に ATLAS 実験との共同測 定を実施している。今回の測定のこ れまでとの大きな違いが、AFP と ZDC 検出器との共同測定と取得でき た統計数の2つである。AFP はロマ ンポット型検出器で回折事象によっ て散乱された陽子を直接測定するこ とができる検出器であり、これまで 行ってきた回折事象のより詳細な研 究が可能となる。ZDC 検出器はLHCf 検出器の後ろに設置されるカロリー



beam axis on the LHCf detector (beam center) is used in

by at least one additional background particle in the calorimeter used for π^0 identification are rejected.

8.8 < y < 10.8. The left and right panels of Fig. 2 show the メータ型検出器であり、LHCfとZDCの2つを組み命秘はG解析する正と高中継承 Arm2 small calo-のエネルギー分解能を40%から20%まで飛躍的に間上きやするできるできる。 ctively. The sharp peaks around 135 MeV are due to π^0 events. The distri-と ZDC の共同のビームテストを 2021 年に実施し Takidas 350 GeV 腸子aket chiを使 data from p+p collisions at 小石石石 Tey during LHC Fill 1104. Similar invariant mass distributions are obtained from other fills って分解能向上を確認している(2021年度報告)。 ATLAS のデータ取得側で LHCf トリガーに対して れていたが、今回の測定ではそれがなくなり、2015 using the photon energies and incident positions measured by the LHCf calorimeters and are used for producing the $p_{\rm T}$ 得ができた。 and p_z distributions. The projected position of the proton

最後に、毎年開催している「空気シャワー観測にで空気や目線の起源狭葉が低 p_z values of each event. The beam center position is obtained たのいて報告する。本年度は、3月27–28日の品語に必ず最大意になったAmfand Arm2 for each fill. ンでのハイブリット開催で実施した(https://indico.cet π^0 event selection criteria that are applied prior to the reconstruction of the π^0 kinematics are summarized in 採択いただいた研究費は、この研究会のハイブリット政体応機器の整備のためかい使用y at least one addi-した。研究会では、多くの学生、若手研究者からの れた。 れた。

学会発表等:

"Very forward particle measurement with LHCE and RHICE or there Manipection of the π⁰ sample.
 et al., 招待講演, ISVHECRI 2022 (Virtual, 23–28 May 2022) ype-I π⁰ events

• " Sta	atus of	the LHCf experiment"	K. Ohas	Energy threshold	$E_{\text{photon}}^{\text{Withan 2 mm from the}} = 100 \text{ GeV}$	edge of calorimeter
(L'Aquila, Italy, 3-7 Oct. 2022)				Number of hits	Single hit in each calor	imeter
			PID	Photonlike in each calo	rimeter	
					Type-II π^0 events	
				Incident position	Within 2 mm from the	edge of calorimeter
				Energy threshold	$E_{\rm photon} > 100 {\rm GeV}$	J
整理番号 F	F24			Number of hits	Two hits	
				PID	Photonlike	