

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 実験)

増田公明(名大STE研)

LHCf collaboration

東大宇宙線研 福島正己 他

2007年12月15日

平成19年度 宇宙線研究所 共同利用研究発表会

共同利用研究課題

- LHCf 実験 - LHC加速器の7TeV陽子衝突によって生成される最前方中性粒子を測定し、ハドロン相互作用モデルの検証を行う。
- モデルの違いによる $10^{17} \sim 10^{20}$ eVの宇宙線観測データの解釈に関してTAグループ等と検討と議論を行う。

LHCf Japan

甲南大理工 村木綏*

名大STE研

伊藤好孝, 増田公明, 松原豊, 塔隆志**,
毛受弘彰, 間瀬剛, 渡邊泰典, 滝和也, 福井謙一

神奈川大学工 田村忠久

早稲田大学理工総研

鳥居祥二, 笠原克昌, 清水雄輝, 水石光紀

芝浦工大システム工 吉田健二

* spokesperson, ** technical coordinator

LHCf collaboration

LHCf Japan

Italy

(Univ. di Firenze)

O. Adriani, L. Bonechi, M. Bongi, R. D'Alessandro, P. Papini
(Univ. di Catania) A. Tricomi

Spain

(Centro Mixto CSIC-UVEG, Valencia) D.A. Faus, J. Velasco

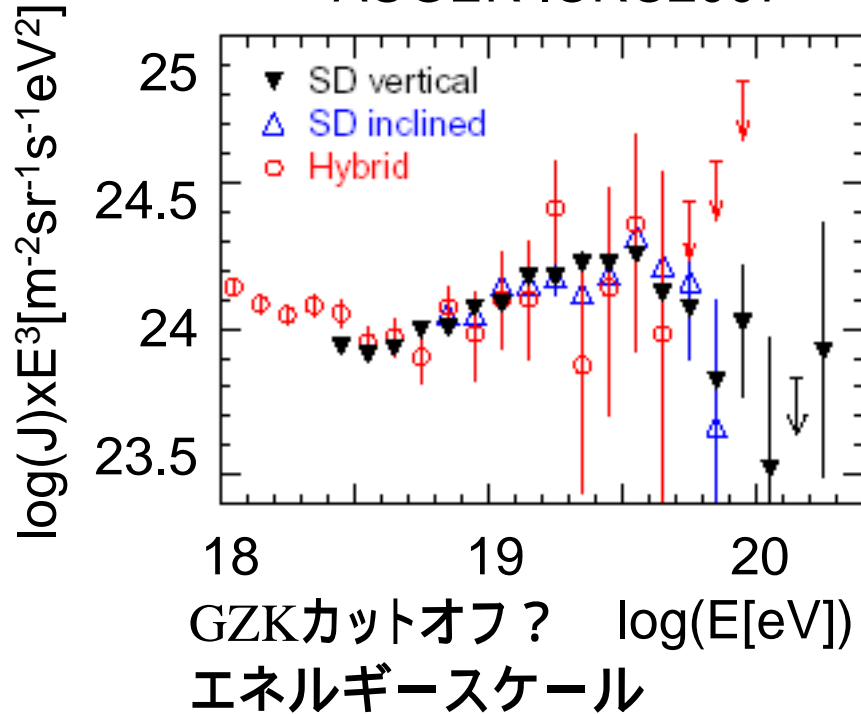
France (Ecole-Polytechnique, Paris) M. Haguenaer

USA (UC Berkeley) W.C. Turner

Switzerland (CERN) D. Macina, A.-L. Perrot

超高エネルギー宇宙線 (UHECR)

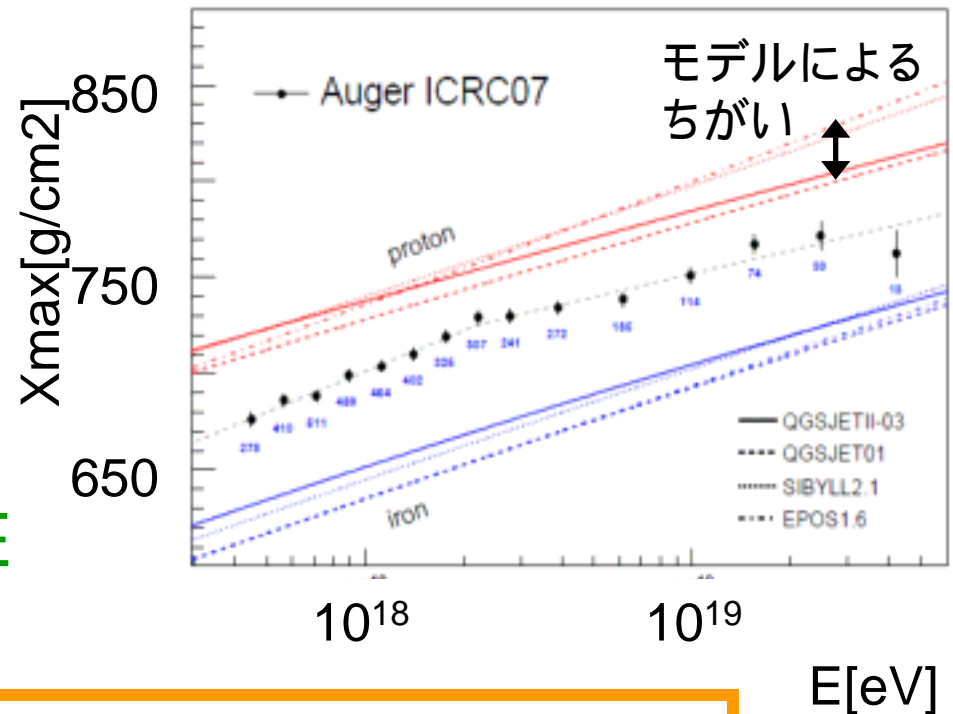
AUGER ICRC2007



Augerの観測

$10^{19.5} \text{eV}$ でスペクトルの折れ曲がりを観測

宇宙線の化学組成



ハドロン相互作用モデルの検証
を加速器で行う

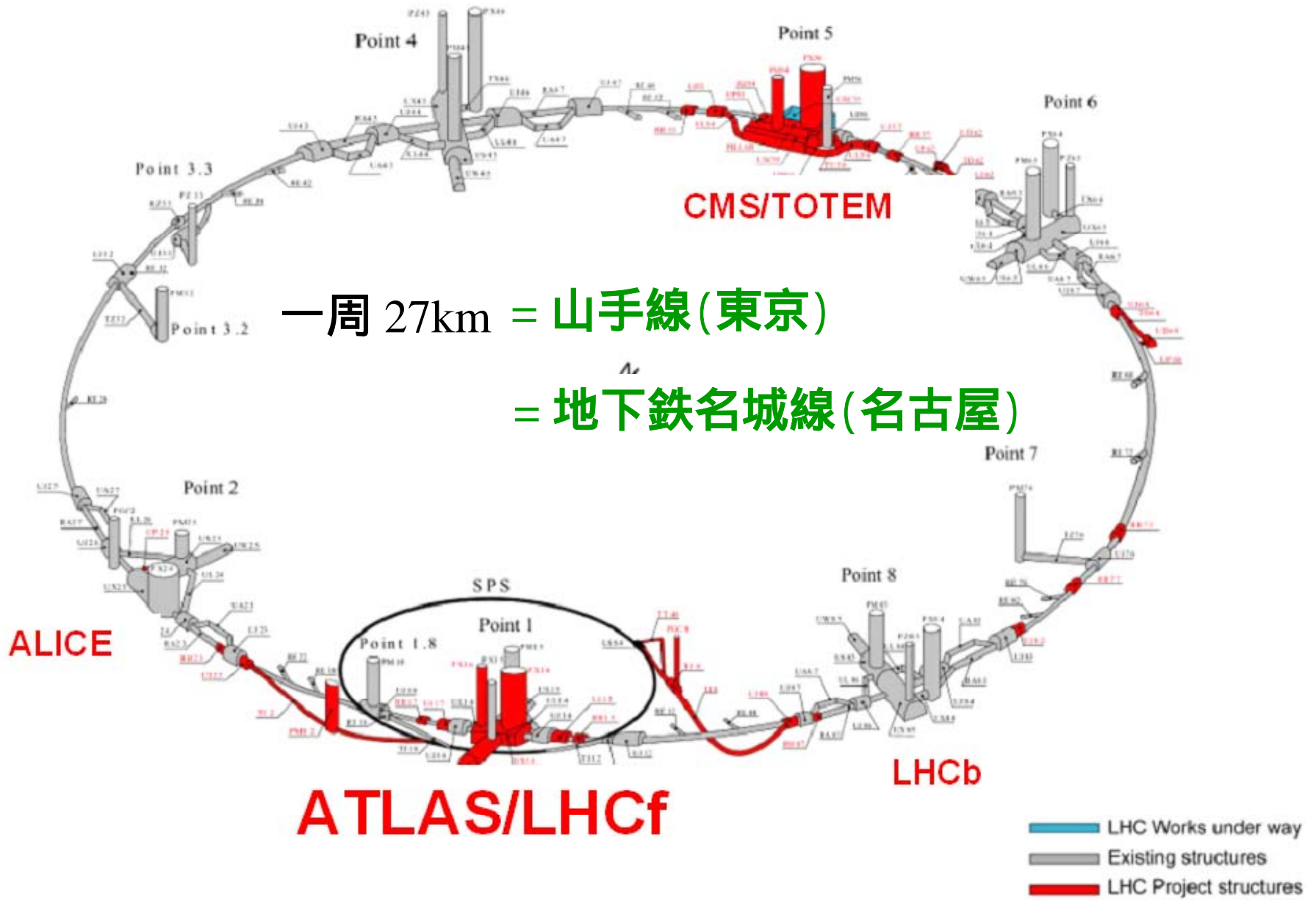


LHC加速器を用いた最前方粒子測定実験
LHCf

LHCf 実験の概要

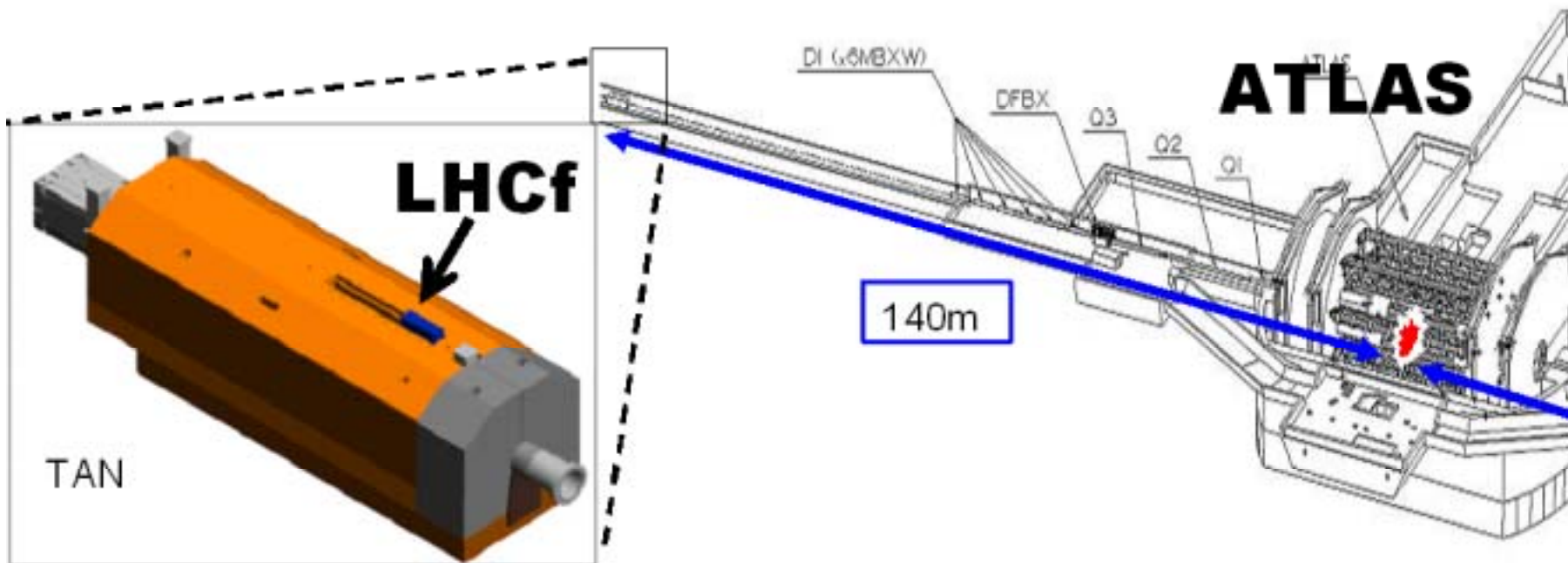
- 加速器実験でハドロン相互作用モデルを検証する
- CERNで建設中の最高エネルギー加速器 LHC (Large Hadron Collider) で, $7\text{TeV} \times 7\text{TeV}$ 陽子衝突実験を行い, 最前方放出中性粒子を測定する
- 実験室系 $1 \times 10^{17}\text{eV}$ の宇宙線反応と等価
- $10^{17} \sim 10^{20}\text{eV}$ の宇宙線観測データの解釈

LHC加速器

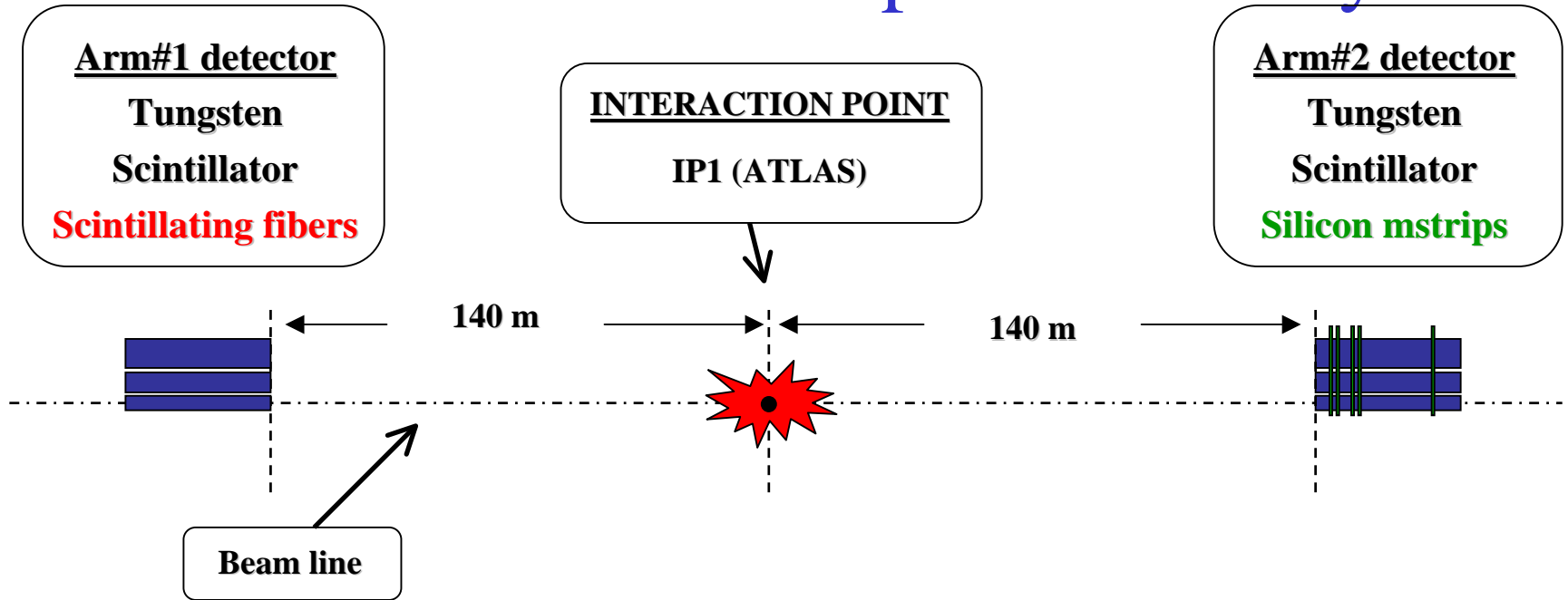



LHCf 実験

- 衝突点(IP1)から140m離れた場所 (TAN: 中性粒子吸収体) に検出器を設置
- 衝突によって生成された中性粒子(π^0 , n , 中性子)のエネルギーと P_t を測定
- 低 luminosity ($10^{28} \sim 10^{29} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$) で測定



LHCf: location and experimental layout



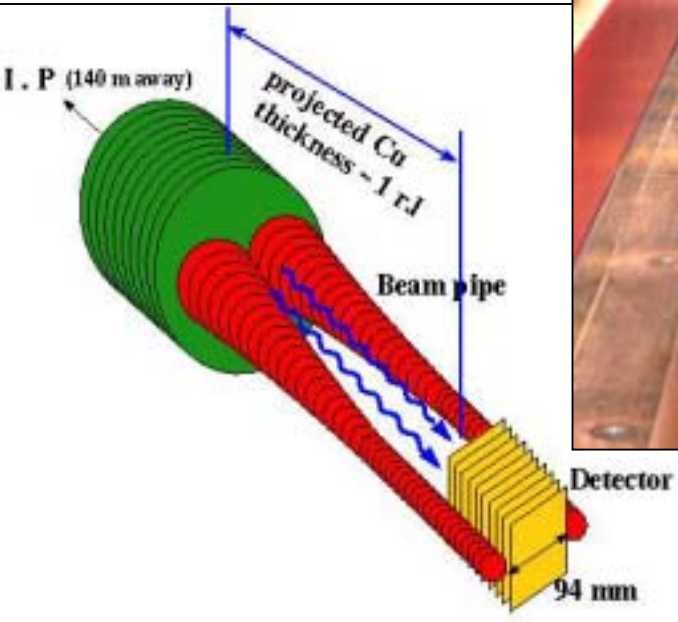
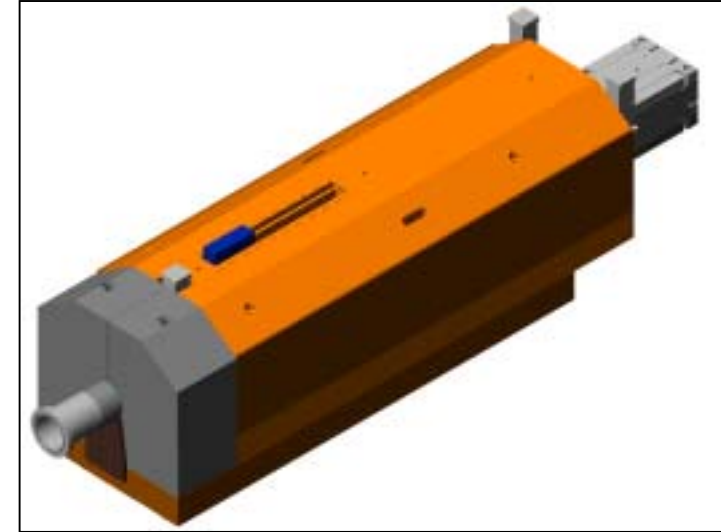
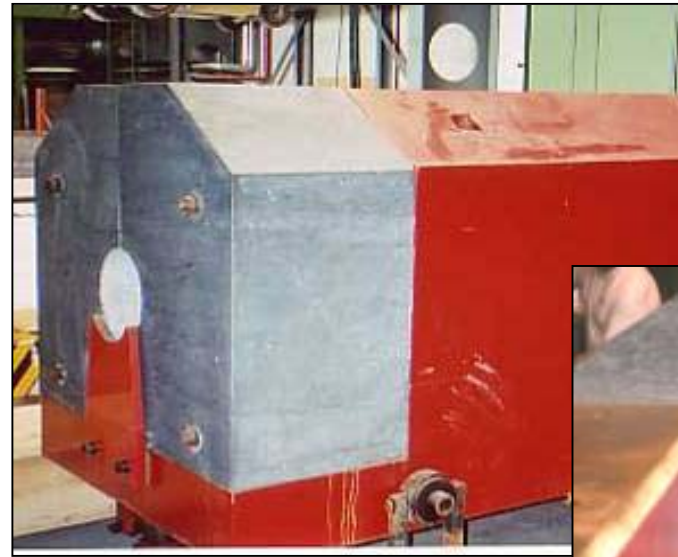
Detectors should measure energy and position of γ from π^0 decays  **e.m. calorimeters with position sensitive layers**

Two independent detectors on both side of IP1

- ✓ **Redundancy**
- ✓ **Background rejection (especially beam-gas)**

LHCf location

Detectors will be installed in the TAN region, 140 m away from the Interaction Point, in front of luminosity monitors



Here the beam pipe splits in 2 separate tubes.

Charged particles are swept away by magnets!!!

We will cover up to $y \rightarrow \infty$

2つの検出器はそれぞれ2つの
カロリメータータワーを持つ

Arm#1 20mm、40mm

Arm#2 25mm、32mm

2ガンマ線イベント 0再構成

Sampling Calorimeter

- W 44 r.l , 1.6 I
- Scintillator x 16 Layers

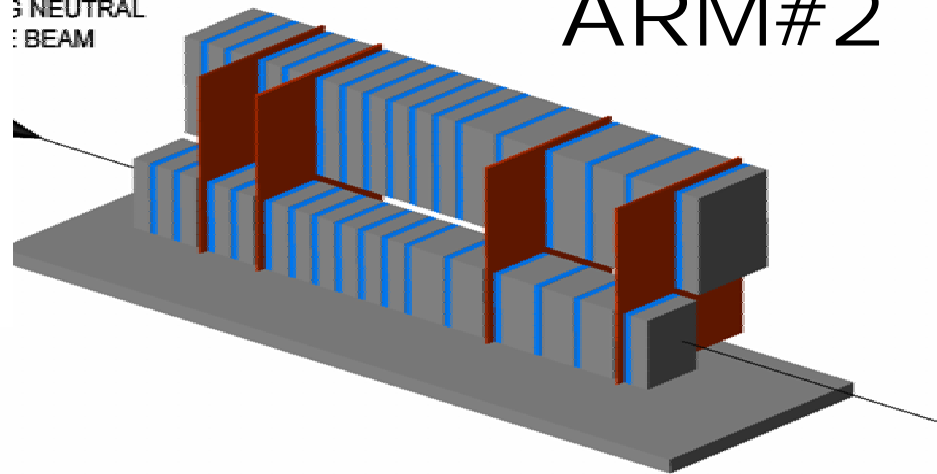
Position Detector

- Scifi x 4 (Arm#1)
- Silicon Tracker
x 4 (Arm#2)

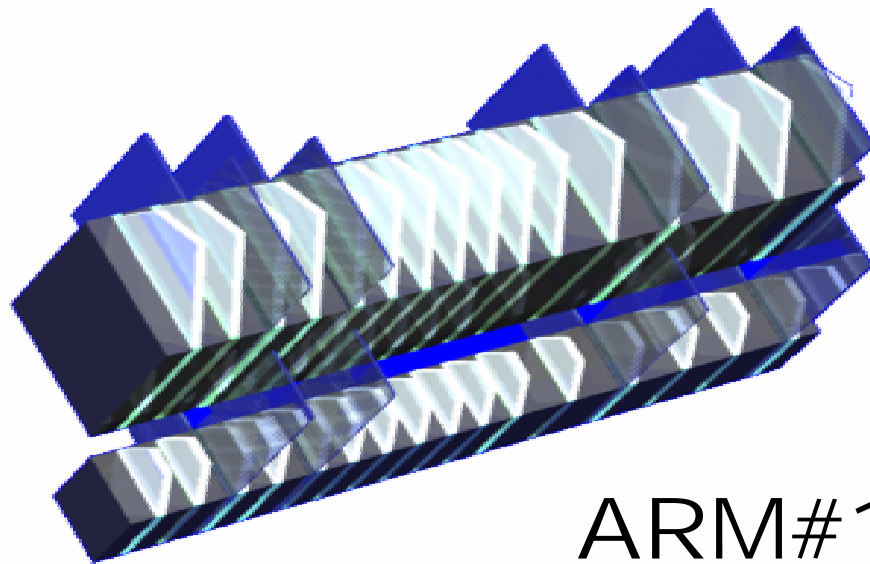
Energy Resolution

- <5% (gamma)
- 30%(hadron)

NEUTRAL
BEAM



ARM#2



ARM#1

Arm#1



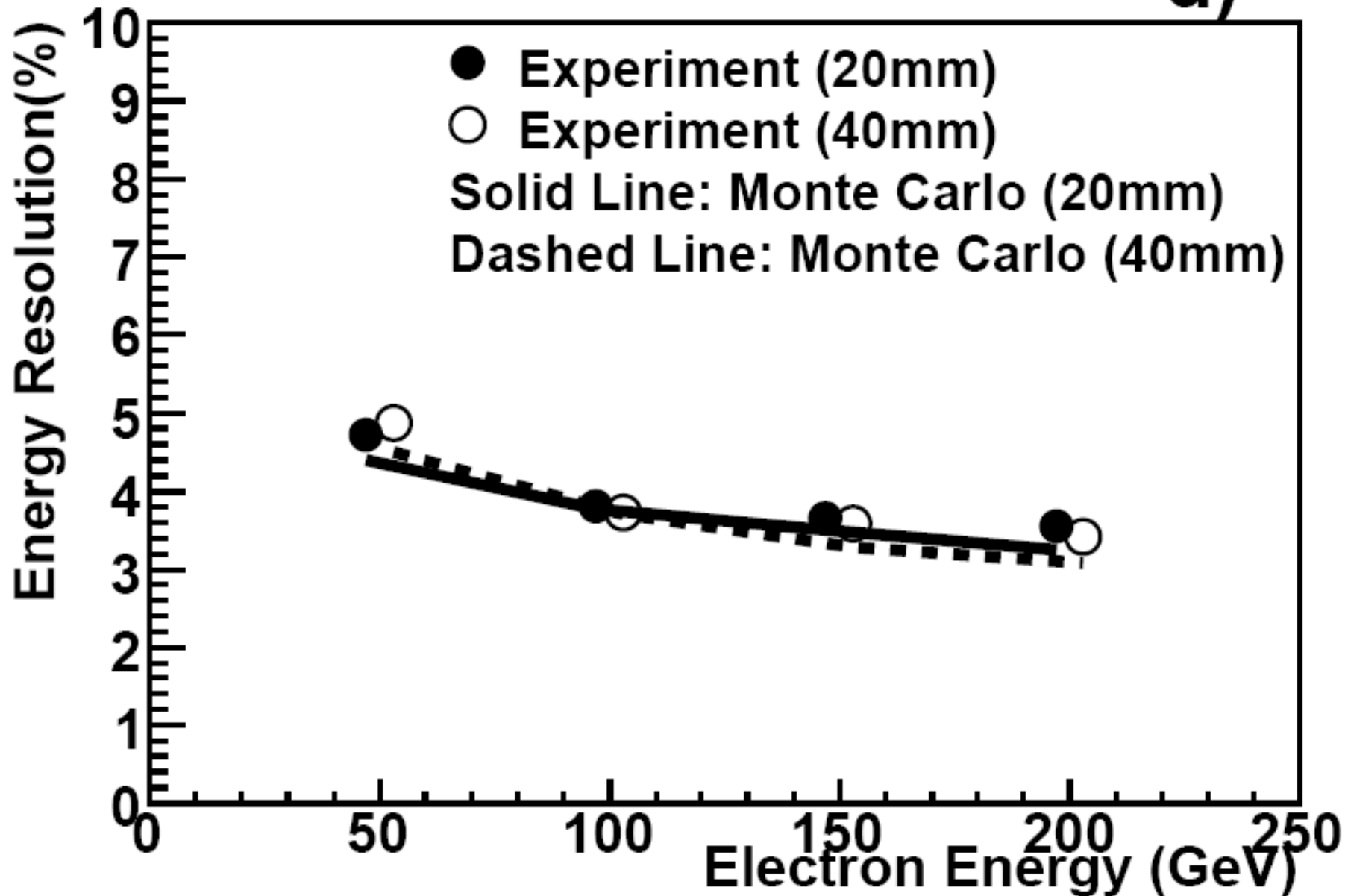
Arm#2



Energy resolution (SPS)

Resolution

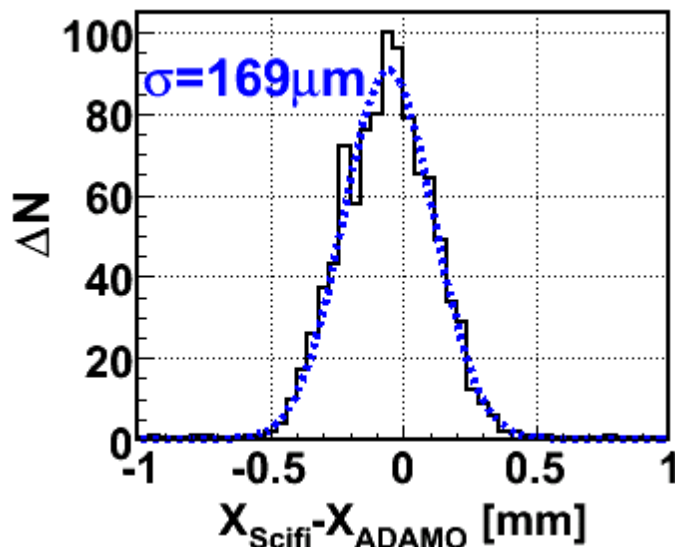
d)



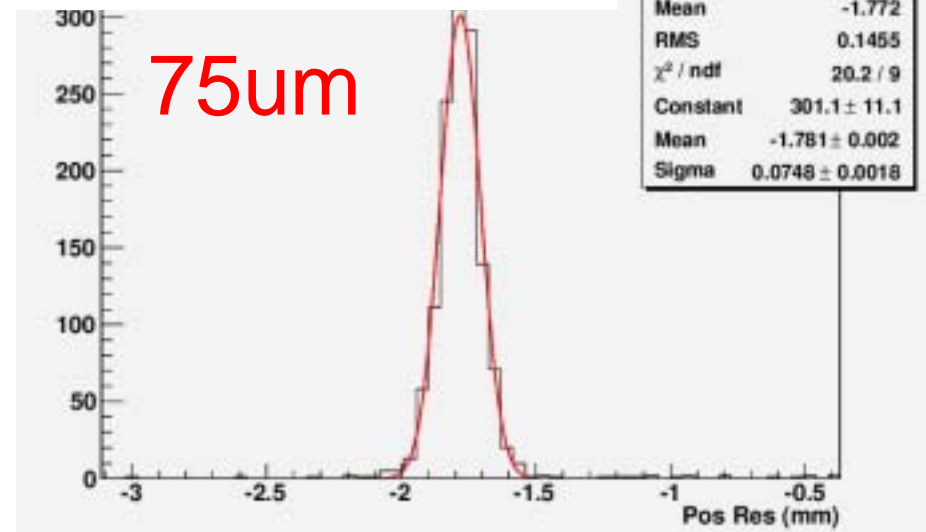
Position Resolution (SPS)

- Each detector has position sensitive layers (Arm#1:SciFi and Arm#2:Silicon) in the calorimeters.
- The position resolution of each detector is better than one of physics requirement : 200 μ m.

Position Resolution
of Arm#1 SciFi.

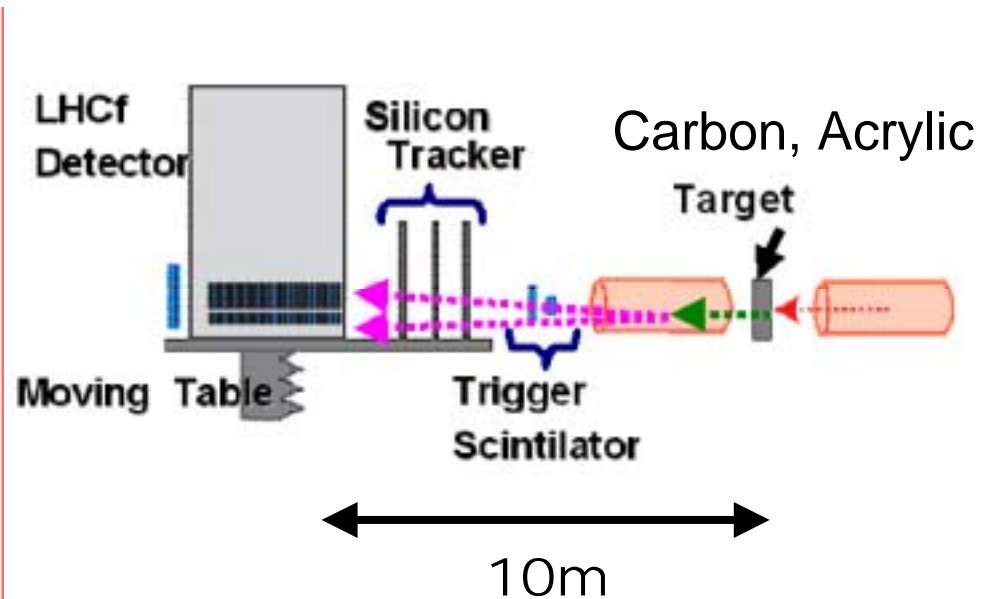
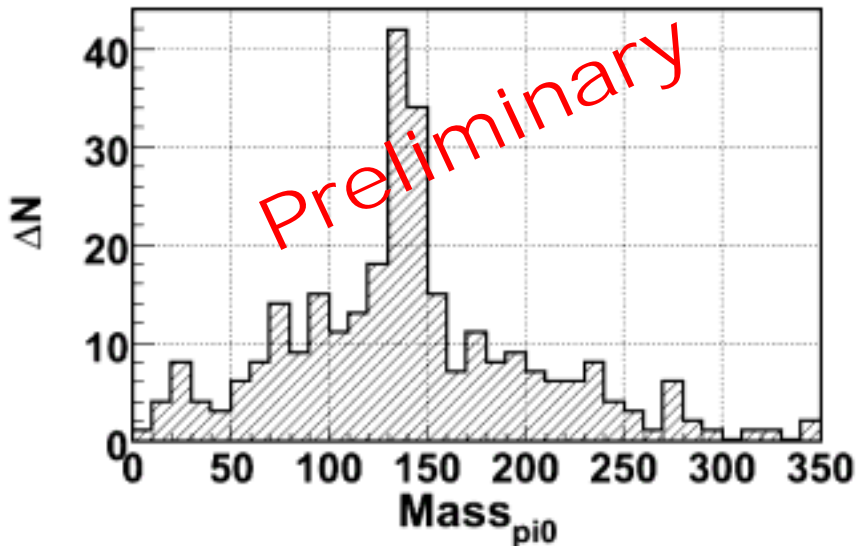


Position Resolution
of Arm#2 Silicon detector



π^0 Reconstruction (SPS)

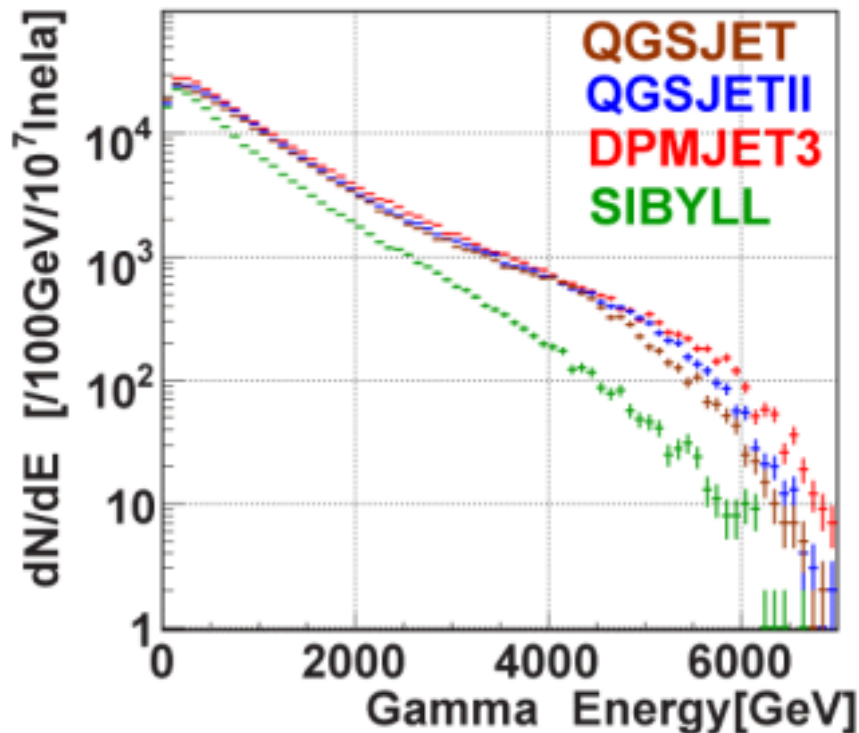
- LHCf detectors can reconstruct π^0 from 2 gammas which incident to each calorimeter tower.
- It was demonstrated in the beam test. We could reconstruct the invariant mass of π^0 s which was produced by 350 GeV/c protons collisions with carbon or acrylic target.



LHCf 検出器とモデル弁別 (simulation)

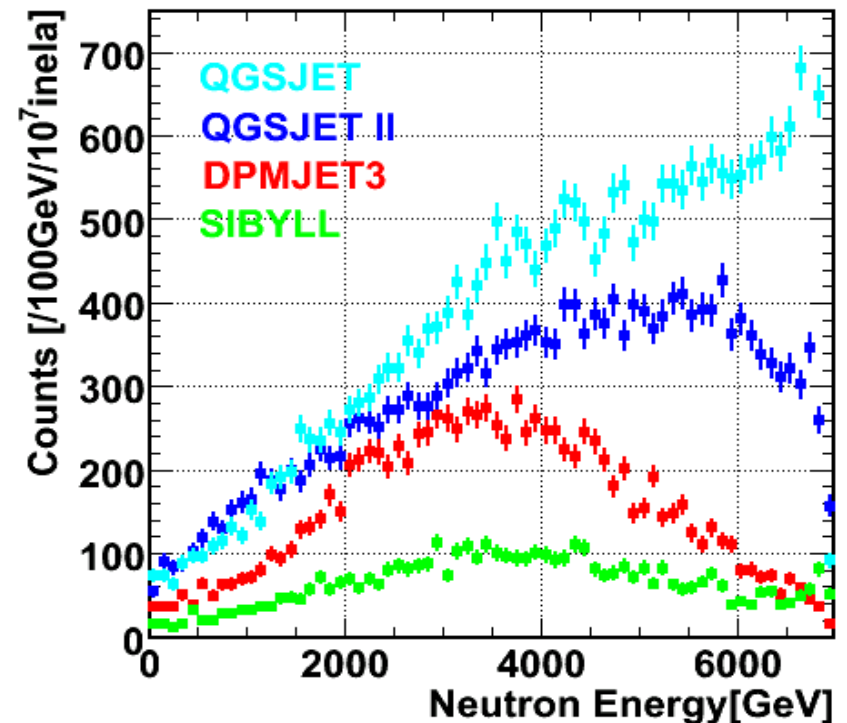
Simulationによる 20mm Calorimeterに入射する粒子のエネルギー分布

ガンマ線



中性子

Neutron Energy Distributions



LHCf 進行状況

- 2004年 5月 Letter of Intent
 - 2004年 7月 Prototype test with SPS/CERN
 - 2005年10月 Technical Report
 - 2006年 2月 Technical Design Report
 - 2006年 6月 LHC Committee で正式承認
 - 2006年 8月 Arm#1 calibration with SPS
 - 2007年 8月 Arm#1/#2 calibration with SPS
 - 2008年 1 ~ 2月 Arm#1/#2 最終インストール
 - 2008年 7月 LHCビーム commissioning
- LHCf 実験

LHCf 検出器の状況

2004年 7月 CERN/SPSでprototypeテスト実験
検出器の基本性能確認 Sako et al. NIMA

2006年 7月 Arm#1検出器完成

8月 CERN/SPSでArm#1検出器calibration

2007年 1月 Arm#1検出器インストールテスト

4月 Arm#2検出器完成, インストールテスト

8月 CERN/SPSでArm#1,#2検出器calibration

2007年11月 DAQテスト

2008年1～2月 Arm#1,#2の本インストール

2008年7月 LHCビーム衝突予定

(machine commissioning のビーム強度が弱い($L \sim 10^{29} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$)とき)

LHCf: 結論

- ✓ LHCf 実験は, 2006年6月に LHCC で承認
- ✓ 物理性能:
 - ✓ 5%の分解能で Λ^0 質量測定
 - ✓ Λ^0 と Σ^0 の測定でモデルの弁別が可能
 - ✓ 中性子の測定でモデルの弁別が可能
- ✓ 検出器:
 - ✓ Arm#1 & Arm#2 とも完成し, 仮インストールでチェック済み
 - ✓ 2004-2007年に性能確認, エネルギー較正のためのテストビーム実験
 - ✓ 最終インストール待ち(原則として, この後はトンネルに入れない)
- ✓ 実験条件:
 - ✓ 3段階の実験
 - ✓ Phase I: LHC 稼働開始直後の低 luminosity で実験 (43 bunches)
 - ✓ Phase II: TOTEM runs 又は専用 run
 - ✓ Phase III: 重イオン衝突実験 ?

平成19年度共同利用予算

- 旅費 15万円
- ICRRでTAグループ等と種々の議論を行う
- 検出器の最終インストールが完了した後の3月に、宇宙線研においてTAグループ等と議論のための検討会を行う予定

Arm#1 (仮)インストール

END

