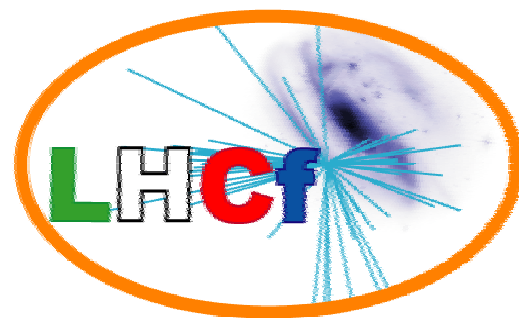


# Knee領域および最高エネルギー領域での 宇宙線反応の実験的研究 (LHCf 実験)

増田公明 (名大STE研)

LHCf collaboration

東大宇宙線研 福島正己 他



2008年12月20日

平成20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 450 GeV 及び 7 TeV 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  $10^{17} \sim 10^{20} \text{eV}$  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。**
- **実際にはハドロン相互作用モデルの研究会 (勉強会) を開き、これに参加した。**

# 平成20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**
- **宇宙線・原子核等のグループでハドロン相互作用研究会 (まずは勉強会)**
- **これまでに査定額の半分を使用 (名古屋ー柏往復3名分)。残りは次回の研究会 (12/26) で使用予定。**

# 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, 埤隆志\*\*,  
毛受弘彰, 間瀬剛, 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, 水石光紀, 中井幹夫**

**芝浦工大システム工 吉田健二**

**東大宇宙線研 清水雄輝**

\* spokesperson, \*\* technical coordinator

# LHCf collaboration

LHCf Japan

Italy

(Univ. di Firenze)

O. Adriani, L. Bonechi, M. Bongi, G.Castellini,  
R. D'Alessandro, M. Grandi, P. Papini, S. Ricciarini, A. Viciani  
(Univ. di Catania) A. Tricomi

Spain

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

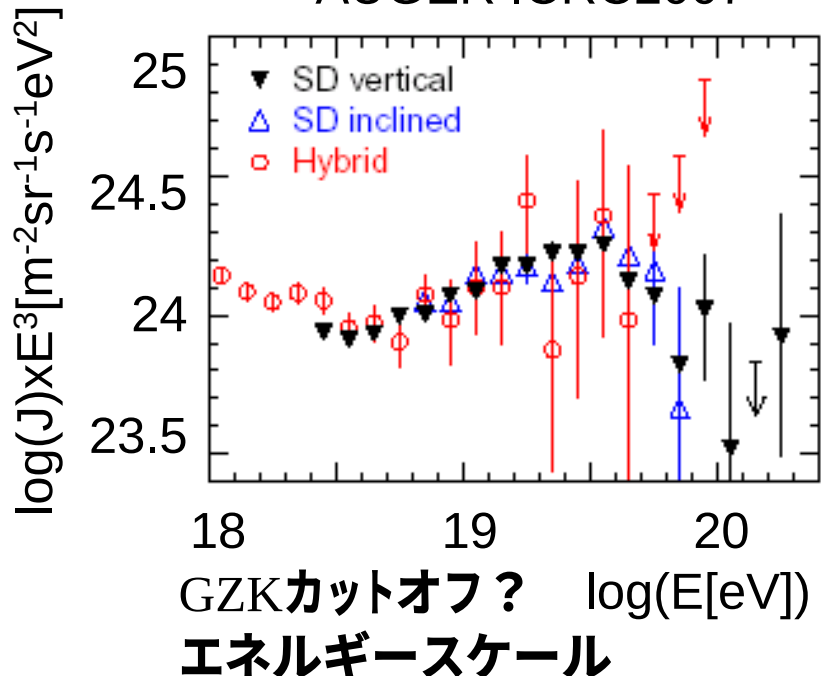
France (Ecole-Polytechnique, Paris) M. Haguenaer

USA (UC Berkeley) W.C. Turner

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

# 超高エネルギー宇宙線 (UHECR)

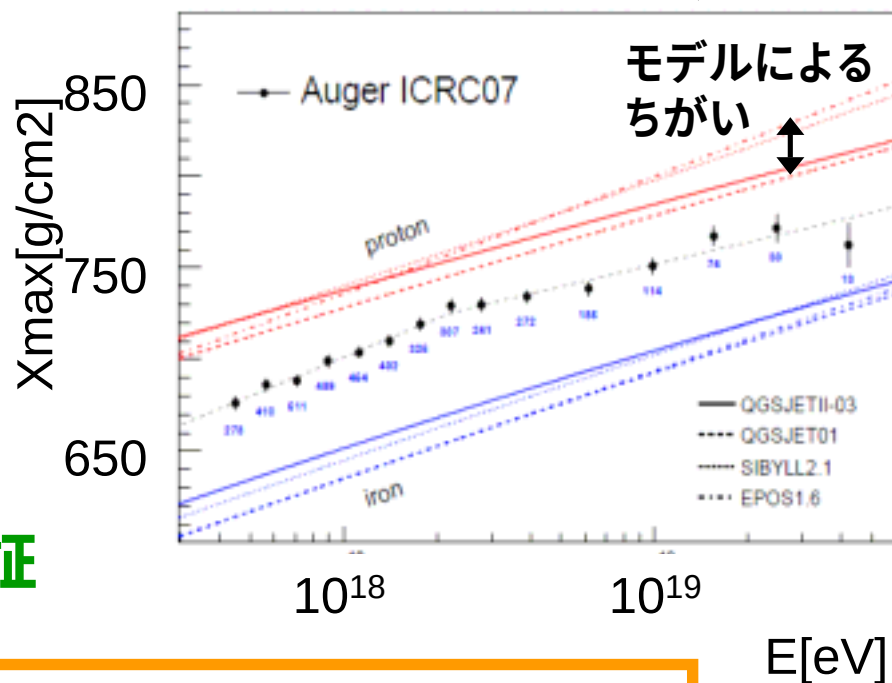
AUGER ICRC2007



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



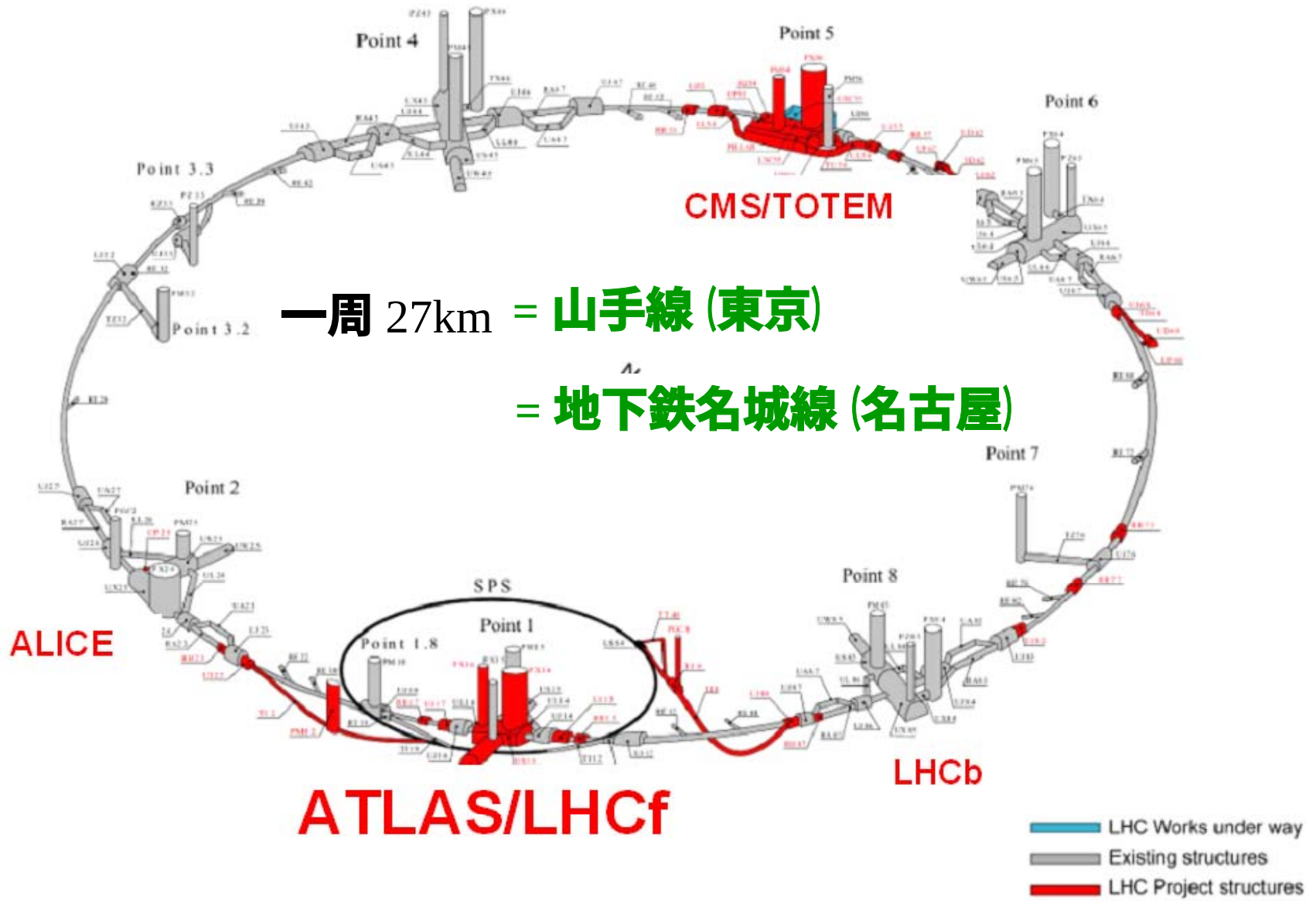
LHC加速器を用いた最前方粒子測定実験  
LHCf

# 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
- その結果から $10^{17}\text{eV}$ におけるハドロン相互作用モデルを検証し, 超高エネルギー宇宙線観測データの正しい解釈を行う

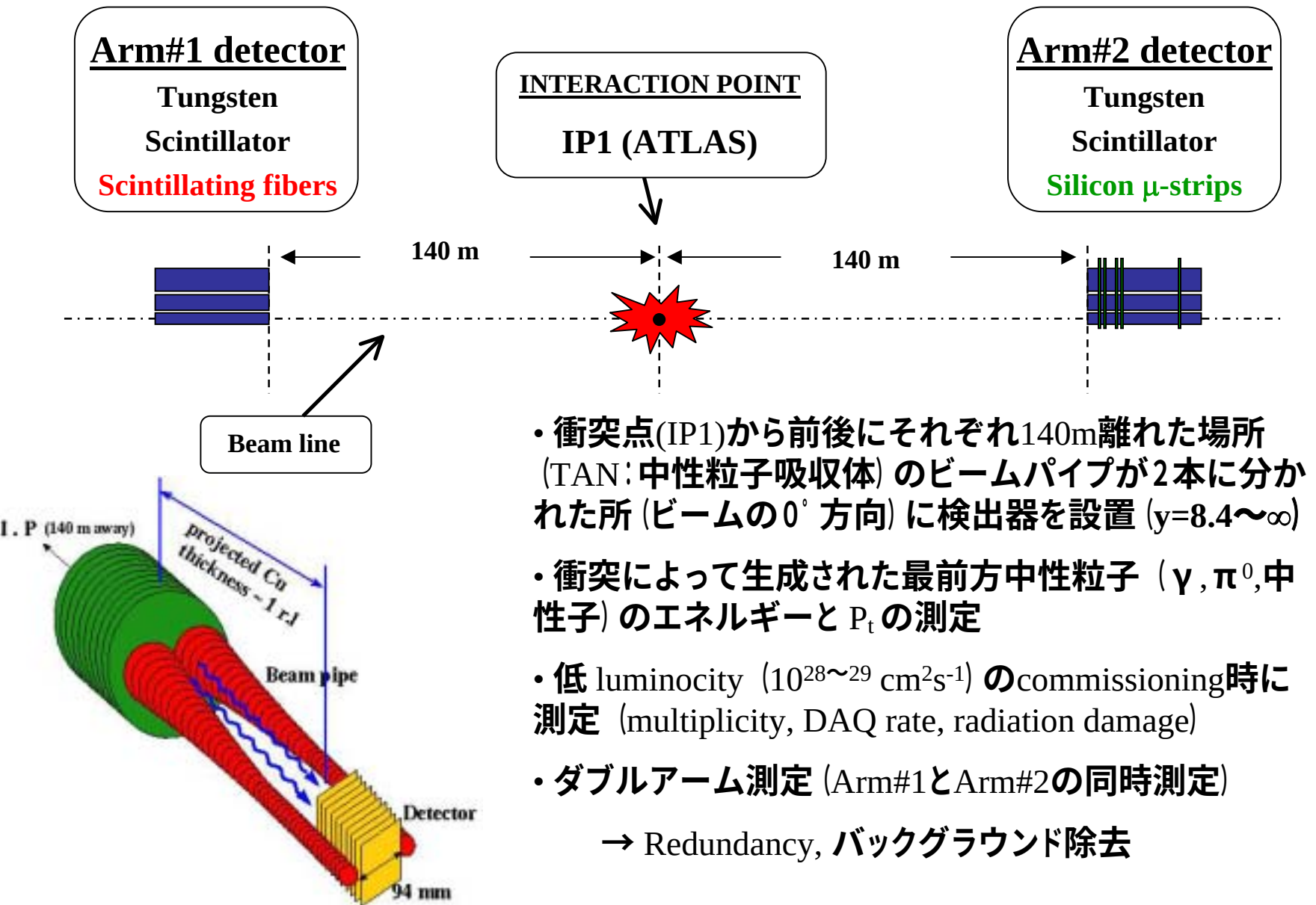
# LHC加速器

7TeV×7TeV 陽子衝突実験





# LHCf: location and experimental layout



# LHCf Detectors

2つの検出器はそれぞれ2つの  
カロリメータタワーを持つ

Arm#1 20mm◇, 40mm◇

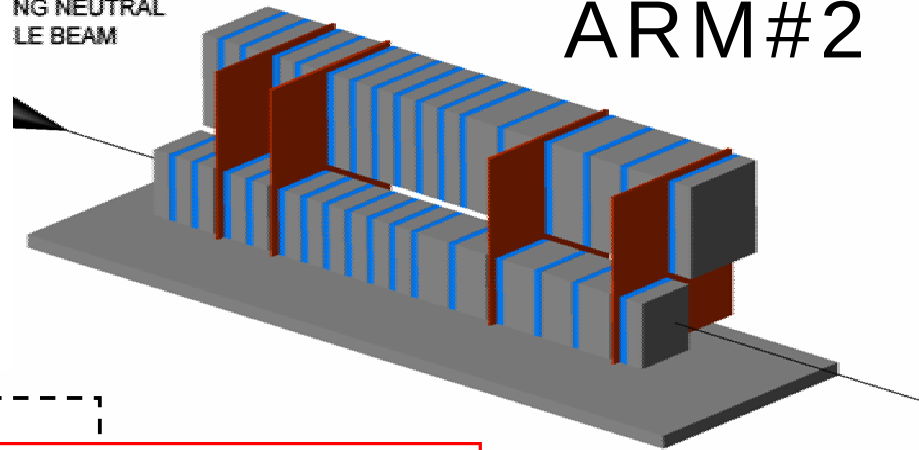
Arm#2 25mm□, 32mm□

2  $\gamma$  イベント  $\Rightarrow \pi^0$  再構成

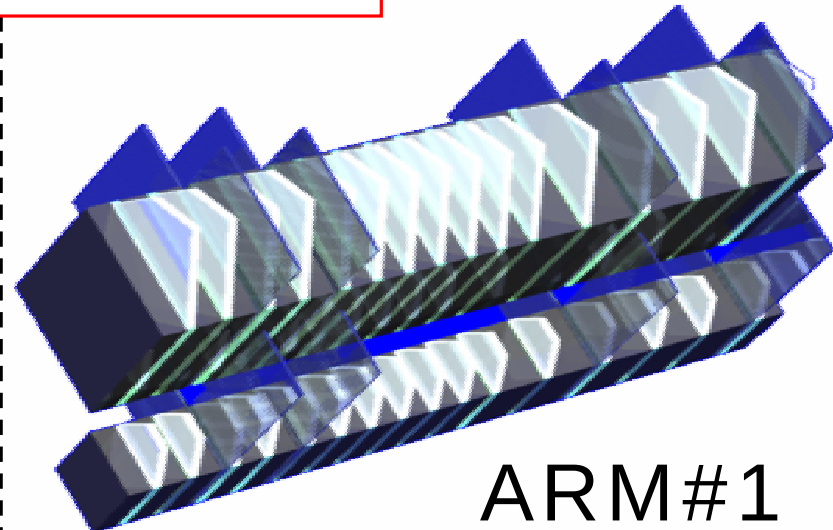
- Sampling Calorimeter  
W 44 r.l , 1.6  $\lambda_I$   
Plastic scintillator  $\times 16$  layers
- Position Detector  
Scifi  $\times 4$  (Arm#1)  $\sigma_x = 0.17\text{mm}$   
Silicon Tracker  $\times 4$  (Arm#2)  
 $\sigma_x = 0.05\text{mm}$
- Energy Resolution  
<5% (gamma), 30% (hadron)

NG NEUTRAL  
LE BEAM

ARM#2



CERN/SPS実験で検証済み



ARM#1

Arm#1



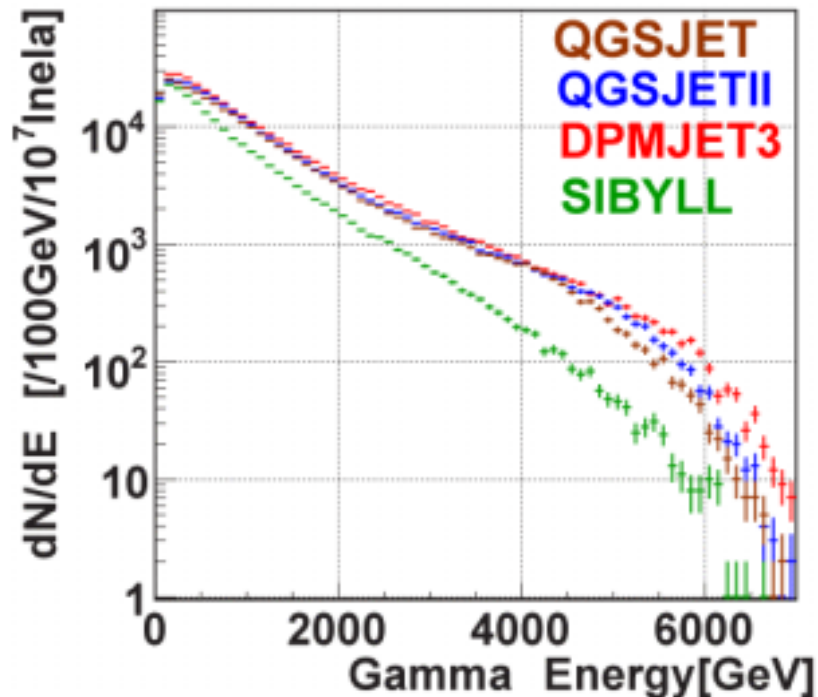
Arm#2



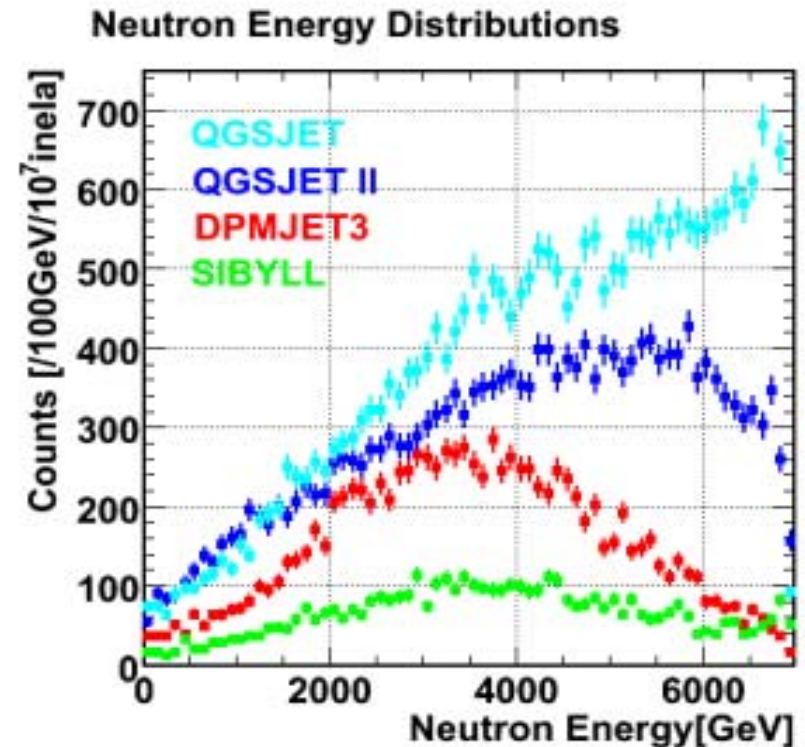
# LHCf 検出器とモデル弁別 (simulation)

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



# LHCf 準備經過

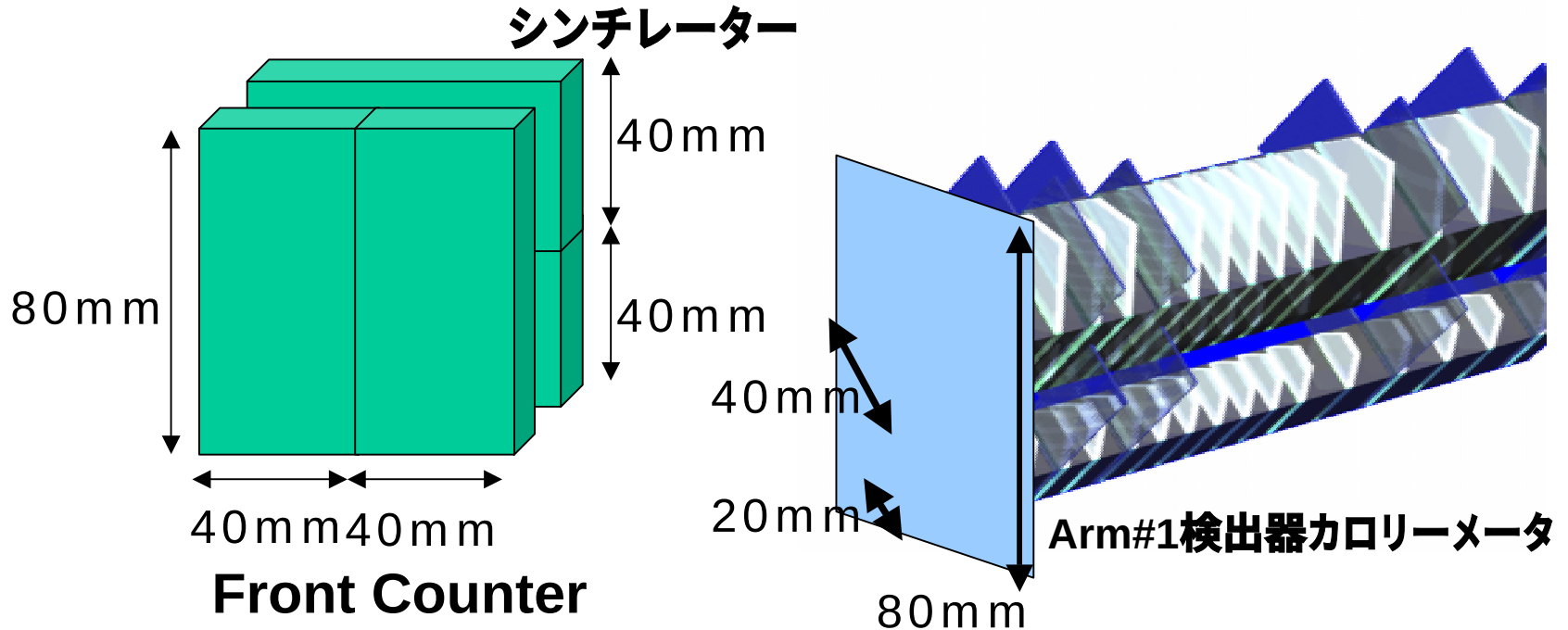
- 2004年 5月 Letter of Intent
  - 2004年 7月 Prototype detector test with SPS/CERN
  - 2005年10月 Technical Report
  - 2006年 2月 Technical Design Report
  - 2006年 6月 Approved at LHC Committee
  - 2006年 8月 Arm#1 detector calibration with SPS
  - 2007年 8月 Arm#1/#2 detectors calibration with SPS
  - 2008年 1月 Arm#1/#2 detectors final installation
- Waiting for beam ....

# 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実験
- 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実験  
11月 DAQテスト
- 2008年 1月 Arm#1,#2の最終インストール
- 2008年 2～8月 トリガシステム・DAQ調整  
Front Counterのインストール
- 2008年 9月 ビーム周回開始 (LHCfの信号が見えた)
- その後の予定 450 GeV衝突 → 5 TeV → 7 TeV

# Front Counter

カロリメータより大きい有効面積を持つシンチレーターで粒子を検出

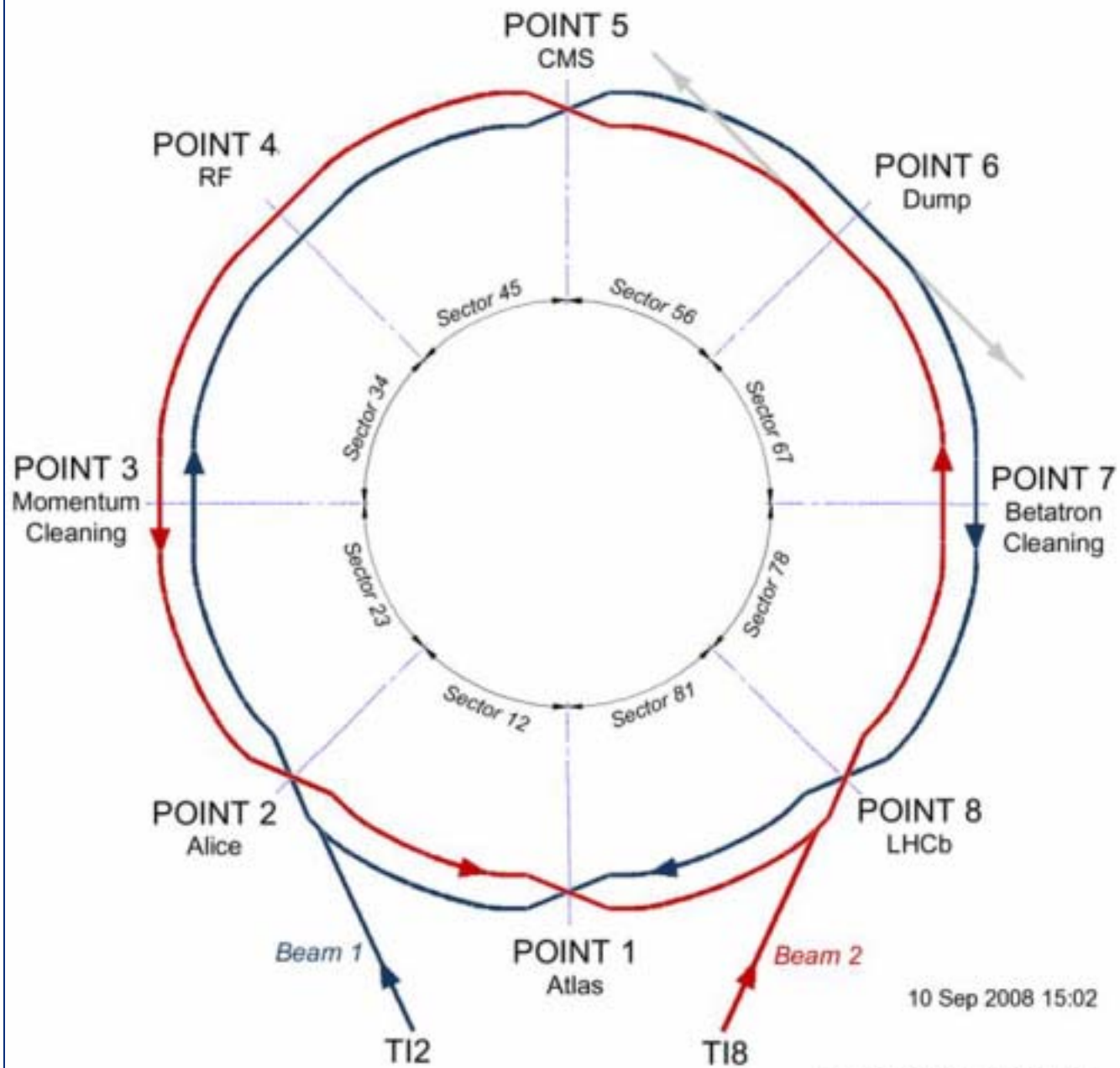


並んだ二枚を一層として二層構造 (各Arm4ch)

一層目左右2分割 & 二層目上下2分割で位置分解能をもつ

Arm1は2mm、Arm2は2.5mmの厚み



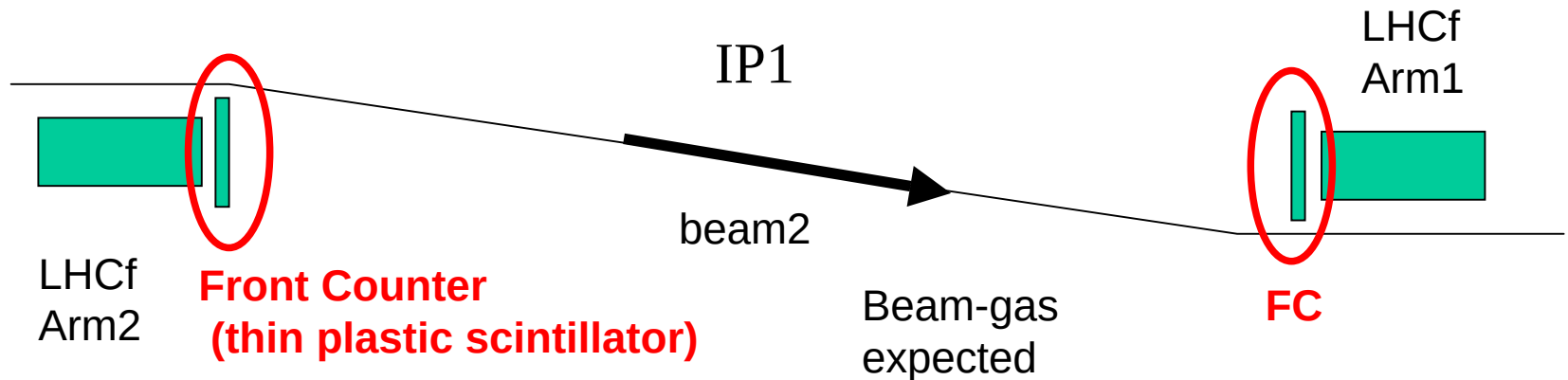


10 Sep 2008 15:02

Updated by Roberto Saban



# Search for BPTX synchronized signal in LHCf Front Scintillator

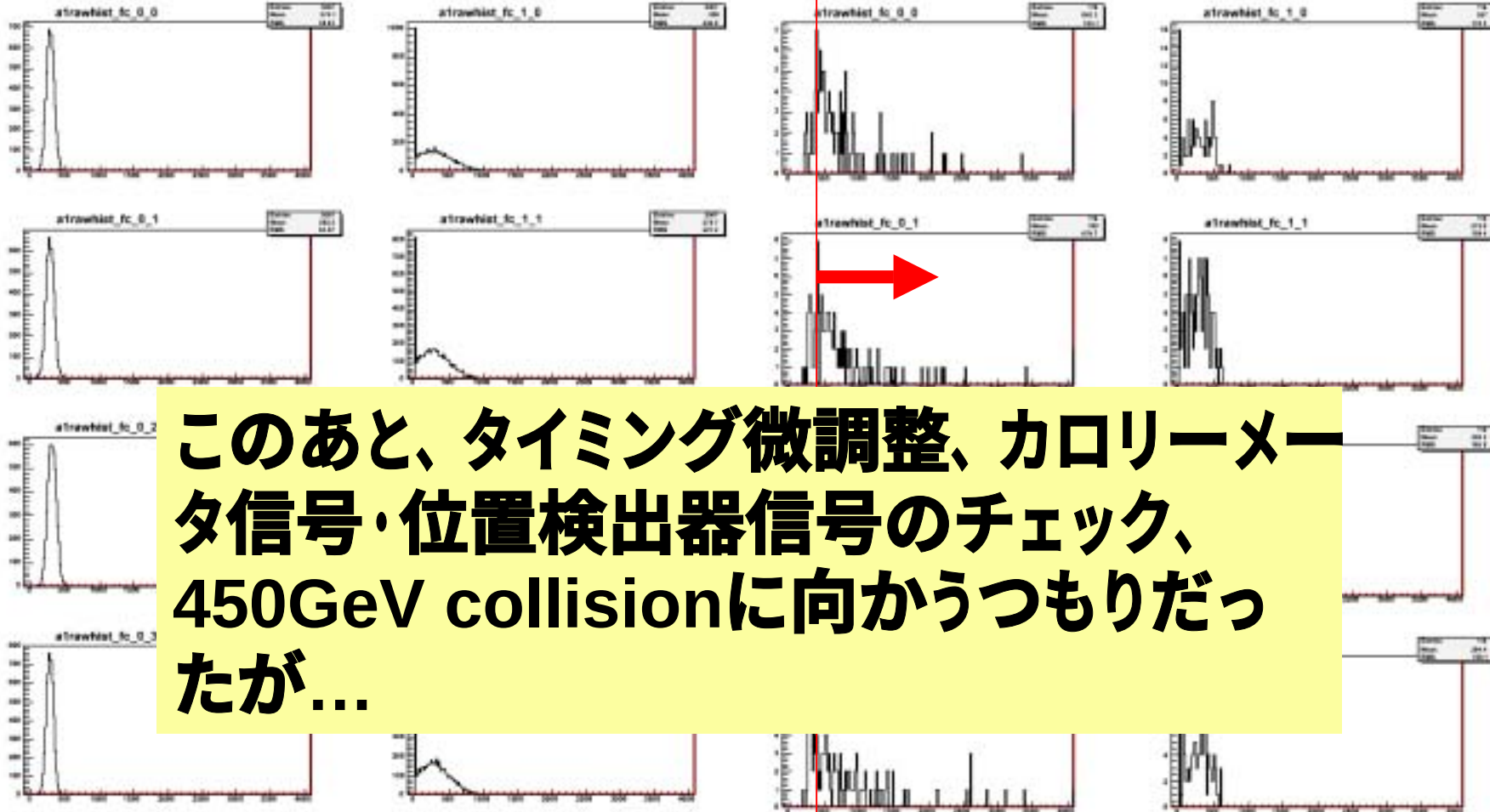


**12-Sep-2008**    ***By the LHCf collaboration***

# Front Counter

Pedestal Data

Data with Beam2



このあと、タイミング微調整、カロリメータ信号・位置検出器信号のチェック、450GeV collisionに向かうつもりだったが...

Arm1

Arm2

Arm1

Arm2

# LHCの状況

2008年9月10日 LHCビーム周回 (official)

2008年9月19日 Sect.3-4で超伝導マグネット事故  
放電, He漏出, 真空破れ...

2008年12月 原因解明, 対策

---

2009年6月末 修理完了予定

2009年7月～ LHCビーム commissioning

エネルギー 450 GeV, 5 TeV 衝突 → LHCf 実験

2010年 7 TeV 衝突

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

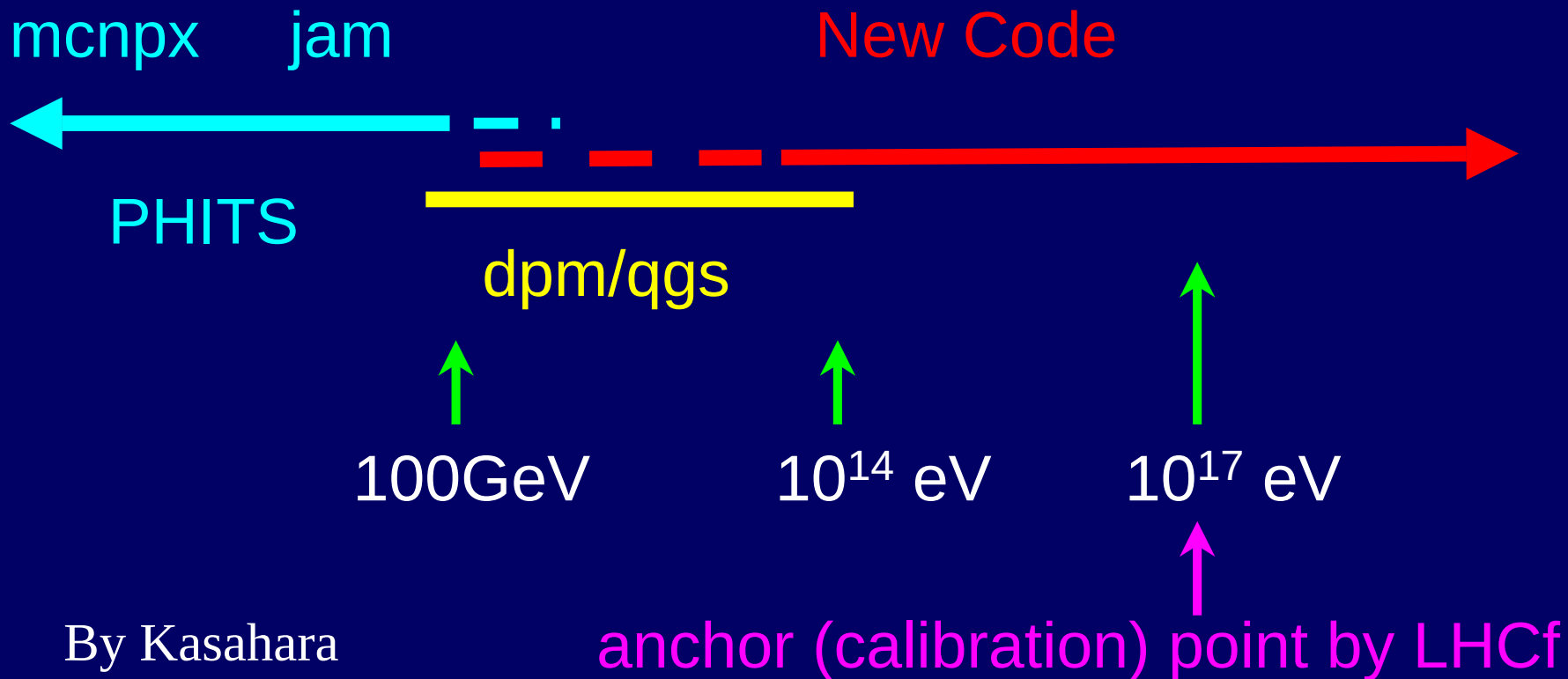
LHCfはいつでもOKの状態なので, ソフトウェア整備, 解析準備,  
シミュレーション計算, 将来の打ち合わせをしながら待つ。

# ハドロン相互作用モデル研究会

- 2008年3月15日 @ ICRR  
Air Shower MC Mini Workshop
- 2008年4月25-26日 @KEK  
「超高エネルギー宇宙線とハドロン構造2008」研究会
- 2008年5月31日 @ICRR  
ハドロン相互作用モデル勉強会
- 2008年9月21日 物理学会2008年秋季大会  
シンポジウム:「超高エネルギー宇宙線とハドロン構造」
- 2008年10月4日 @ICRR  
ハドロン相互作用モデル勉強会

# 研究会 (勉強会) の目標

- 現在の相互作用モデルは超高エネルギーでは適当でない (CGCを考えていないなど)
- あたらしいモデルをつくりたい



Arm#1

*END*

