



# LHCf実験の近況と概要

2010/08/05 夏の学校@豊橋

名古屋大学 M1

鈴木健太

# Table of contents

---

- LHCf実験の背景
- LHCについて
- LHCf実験の概要
- LHCf実験の近況と展望



# Introduction

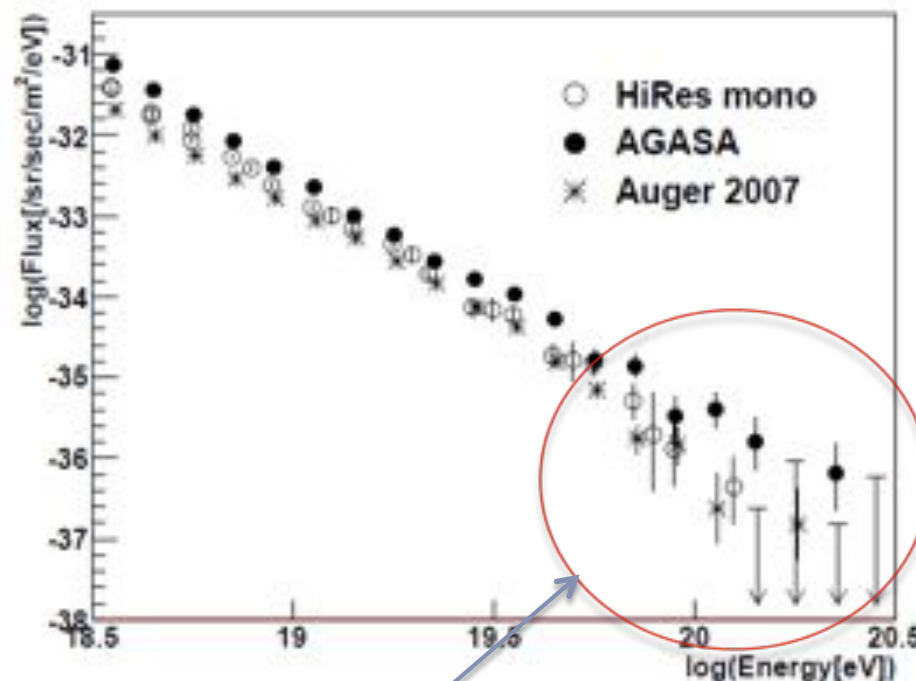
- ▶ 宇宙線とは宇宙から地球に飛来してくる高エネルギー放射線のことである。(Victor Franz Hessが気球実験によって発見)
- ▶ 宇宙線の到来方向、加速起源、エネルギースペクトル、化学組成などが研究されている。
- ▶  $10^{20}$ eVを超えるような最高エネルギー宇宙線が存在している。



# 最高エネルギー宇宙線問題

- ▶  $10^{20}$  eVを超えるような最高エネルギー宇宙線は宇宙背景放射(CMB)との相互作用によってエネルギーを失ってしまう。
- ▶ この効果によって50Mpcより遠くに起源を持つ最高エネルギー宇宙線は地球に届くことができないため、宇宙線のエネルギースペクトルに急激な折れ曲がりが存在するはず。

➡ **GZKカットオフ予想**



GZK領域でのエネルギースペクトルが実験によって違う。

宇宙線の計算方法に問題がある！

# 最高エネルギー宇宙線問題

▶ MCシミュレーションにより、一次宇宙線のエネルギーを計算

▶ ハドロン相互作用モデルによる不定性が生じる！

測定値に対する不定性

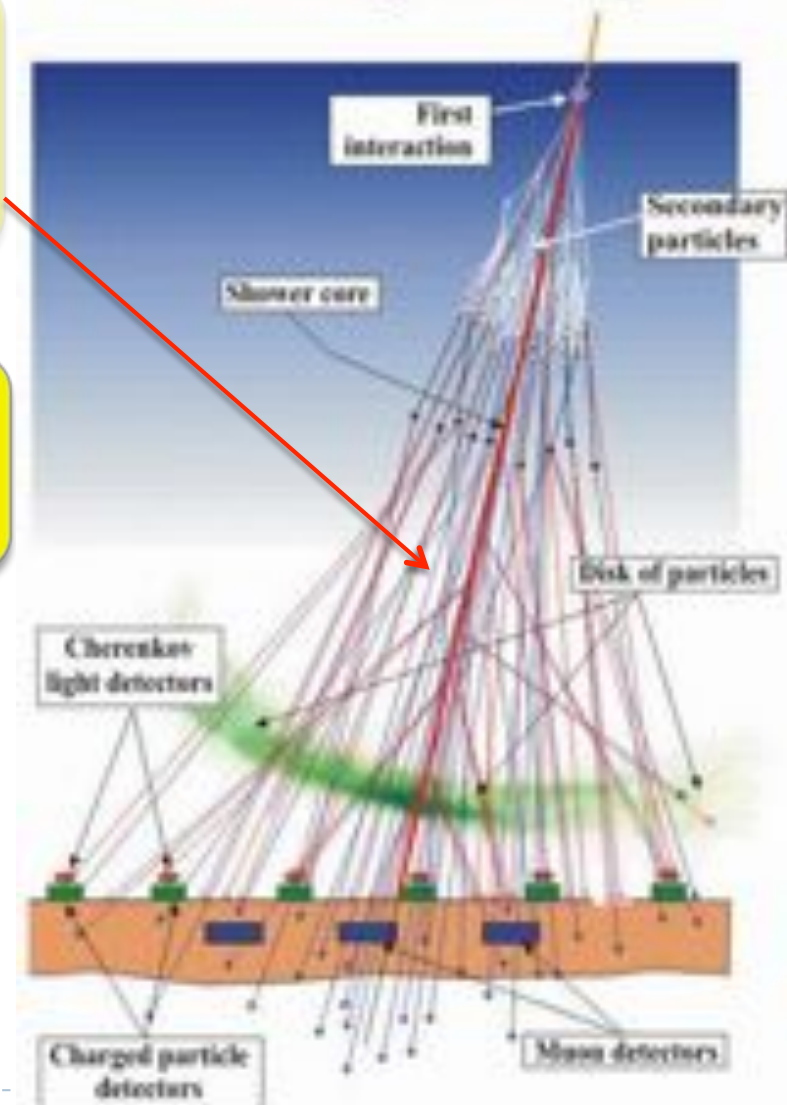
❖ 統計誤差

→ 今後の大型実験で解消

❖ モデルによる不定性

加速器実験による検証が必要

EAS of cosmic rays in atmosphere



# ハドロン相互作用モデル

QGSJET(I,II)

SYBILL

DPMJET



加速器実験で確かめられているのは $10^{14}$ eVのエネルギー領域までで、最高エネルギー宇宙線の領域ではその相互作用モデルを何桁も外挿しており、不定性が大きくなる。

最高エネルギー宇宙線問題だけでなく、宇宙線の化学組成などを議論する上でも、モデルの不定性を抑えることは重要。

## LHCf実験

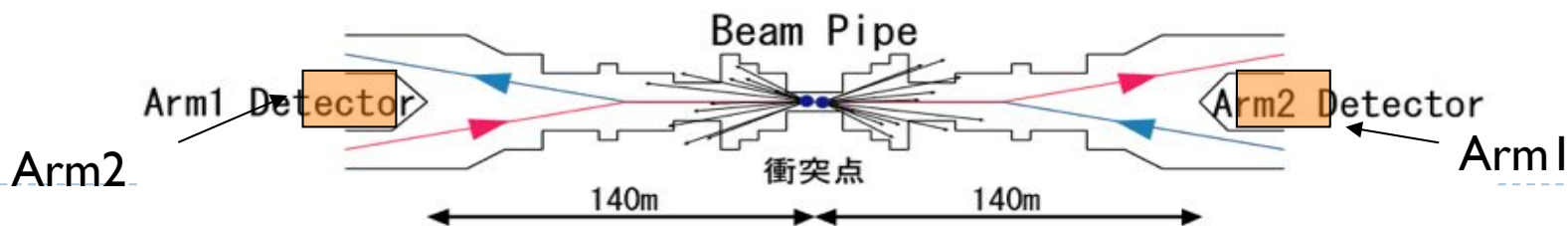
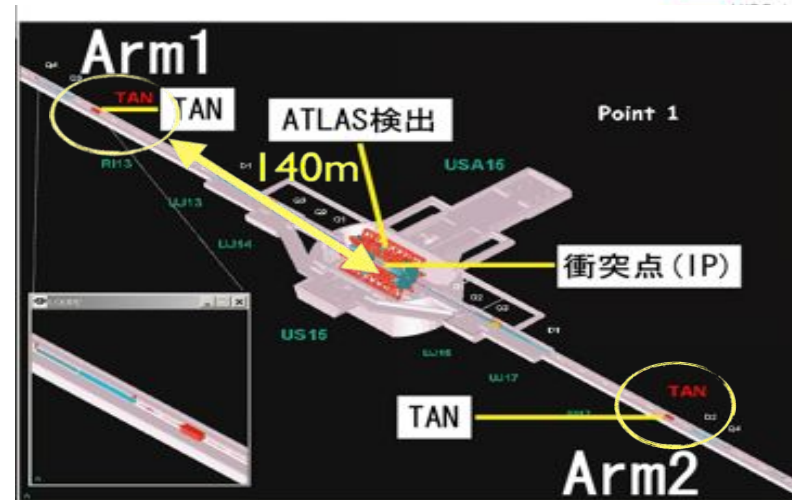
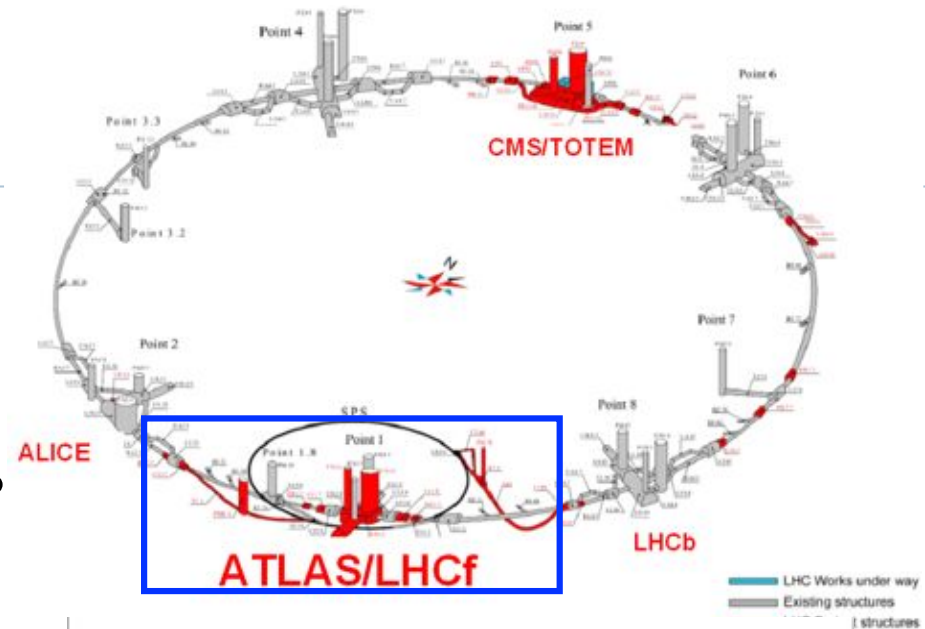
LHC加速器でハドロン相互作用モデルの検証を行う！

## LHCについて

- ▶ LHC(Large Hadron Collider)はスイスのCERN研究所に設置された世界最大の衝突型の粒子加速器。
- ▶ 周長26.6km、超伝導磁石を用いて陽子ビームを7TeVまで加速させることができる。
- ▶ 2009年から可動開始。順次エネルギー・ルミノシティを上げていく(450GeV→1TeV→3.5TeV(now)→5TeV→7TeV?)
- ▶ HiggsやSUSYの発見が期待されている。
- ▶ IPI(陽子衝突点の一つ)で生成され最前方に放出された粒子を用いて**LHCf**実験を行う。

# LHCf実験

- ▶ LHCを利用した7TeV+7TeV陽子衝突 (= 実験室系で $10^{17}$ eV)によりハドロン相互作用モデルの検証を行う。
- ▶ 衝突によって超前方に放出された粒子のエネルギー、運動量を測定することで宇宙線による空気シャワーの発達を理解することが出来る。
- ▶ 6カ国、30人以上が参加する国際実験となっている。



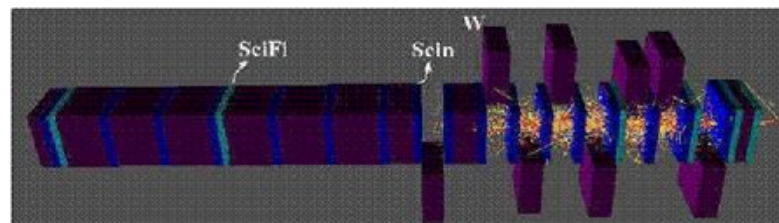


# LHCf測定器

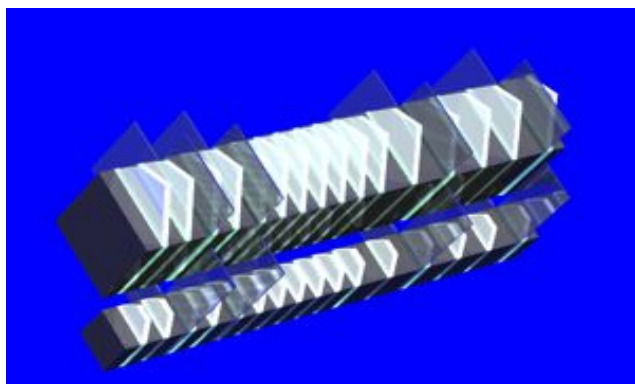


# LHCf測定器

## サンプリングカロリメータ & Front Counter



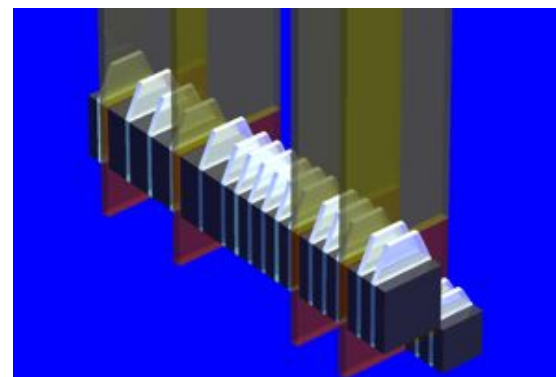
シンチレーター&タングステン&位置検出



Arm#1 Detector

$20 \times 20 \text{mm}^2$  &  $40 \times 40 \text{mm}^2$   
16 layers scintillator

4 position layers

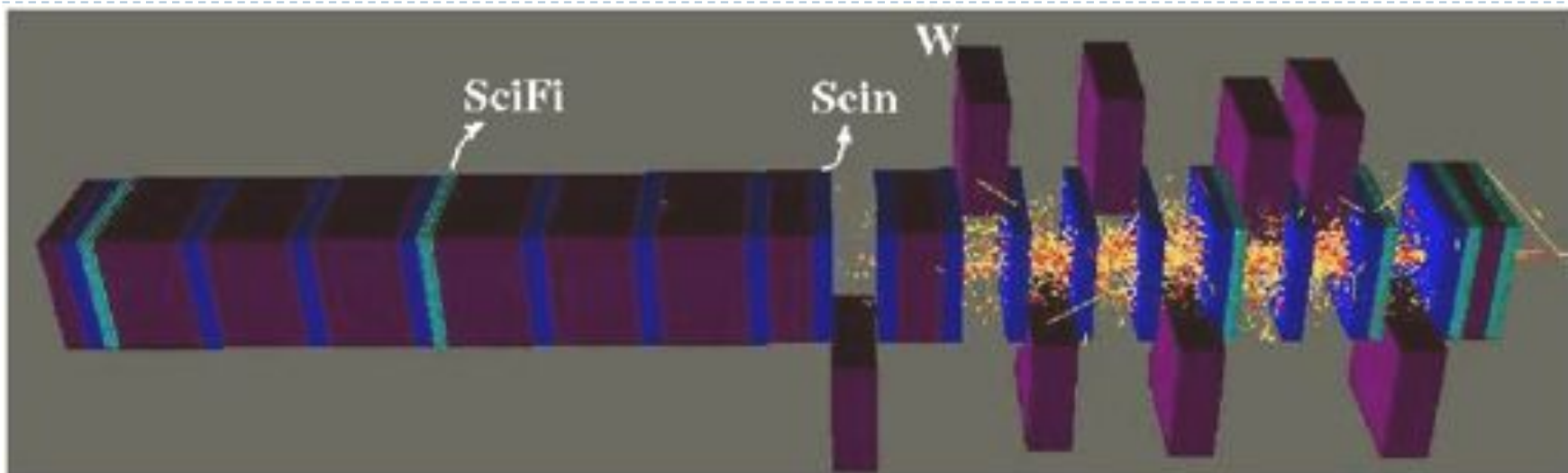


Arm#2 Detector

$25 \times 25 \text{mm}^2$  &  $32 \times 32 \text{mm}^2$  16  
layers scintillator

4 position layers

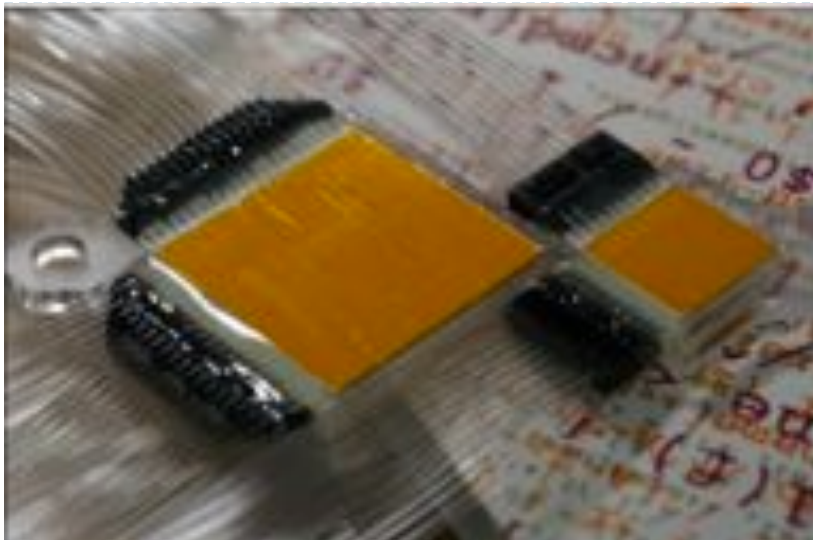
## LHCf測定器2



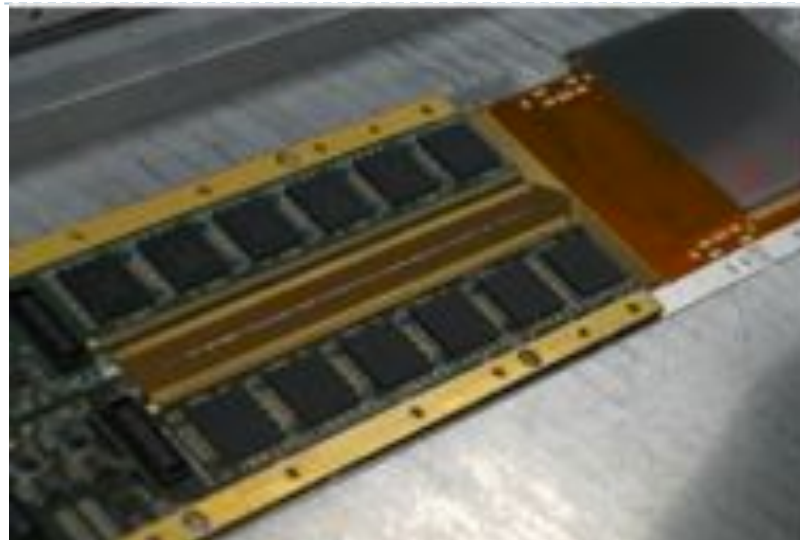
- ▶ W(タングステン)で発達した粒子がシンチレータを通過した際に出す光をライトガイドでPMTまで届けて光量を測定することで入射粒子のエネルギーを測定する。(Visible Energy) 入射粒子のエネルギースペクトルを見ることでモデル弁別が可能。



## LHCf検出器 3



Arm1 シンチレーションファイバー検出器



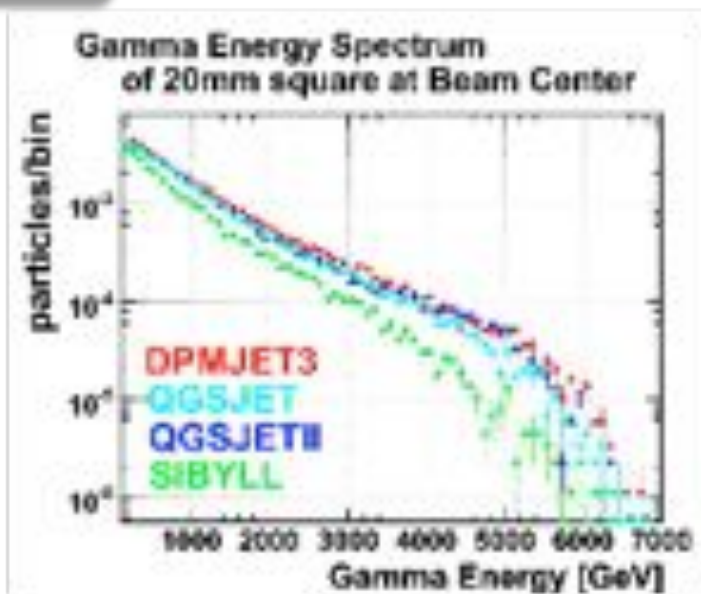
Arm2 シリコン検出器

- ▶ Arm1に設置されているSciFiはScintillation Fiberを利用した位置検出器である。これにより入射粒子の入射位置、横方向の運動量の測定が可能となる。またシャワーの中心位置を用いて検出器からのシャワー漏れを補正できる。
- ▶ Arm2ではシリコン検出器を用いている。

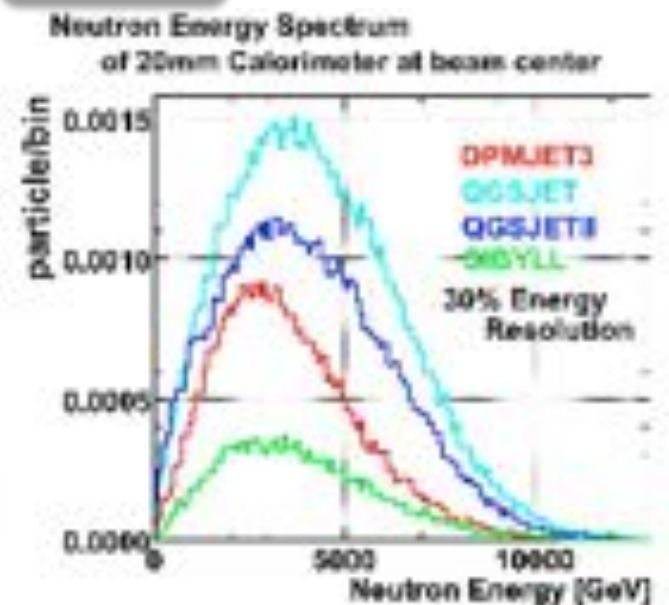


# ハドロン相互作用モデルの弁別

$\gamma$ 線



中性子



- ▶  $\gamma$ 線、中性子のエネルギースペクトルはシミュレーションによって計算されている。シミュレーションと測定されたデータを比べることでモデルの弁別を行う。

現在3.5TeV×3.5TeV衝突を解析中！

# LHC & LHCf History

---

2008

**LHC decided to start from 5TeV**

**Sep-12 ; LHC First injection and circulation**

**Sep-18 ; LHC Accident and long shutdown**

2009

**Nov-20; LHC beam circulation**

**Nov-23; LHC first collisions at injection beam energy  
(450GeV)**

**Nov-29; LHC first acceleration to 1.18TeV (world  
record)**

**Dec-6; LHC first stable beams\* (450GeV); LHCf first  
shower events**

**Dec-16; LHC winter shutdown**

---



# LHC & LHCf History

---

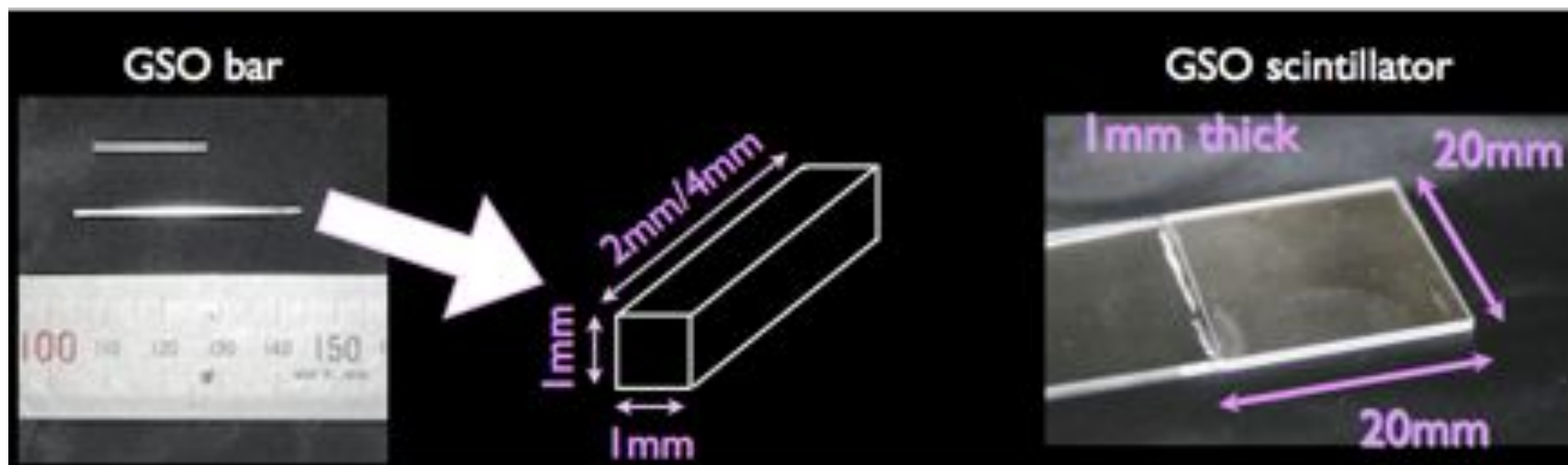
**2010** Jan; decision to restart from 3.5TeV  
Feb-27; LHC restart at 450GeV  
Mar-20; LHC acceleration to 3.5TeV  
Mar-31; LHC 3.5TeV collisions; LHCf started to take data

**2013** LHC acceleration to 7TeV?



## LHCf 近況と展望

- ▶ 3.5TeVでの実験を終え、LHCからディテクターを撤去
- ▶ 次のenergy upgradeまでに、現在使用しているプラスチックシンチレータ(EJ-260)よりも放射線耐性の強いGSOシンチレータを製作予定。
- ▶ 3.5TeV×3.5TeVでのデータを現在解析中。





## まとめ

---

- ▶ 最高エネルギー宇宙線のエネルギー決定にはハドロン相互作用モデルによる不定性が大きく関係している

**LHCf実験によりモデルを検証！**

- ▶ 現在はLHCからディテクターを撤去し、次のLHCの energy upgradeに向けて装置のR&D、及び3.5TeVデータを解析中。

**解析からモデル弁別が可能！**

**2013年には7TeV×7TeV衝突での実験？！**

---

