

STE研宇宙線グループの
アクティビティ
LHCf・SciCR・雲核生成

名古屋大学太陽地球環境研究所

伊藤好孝

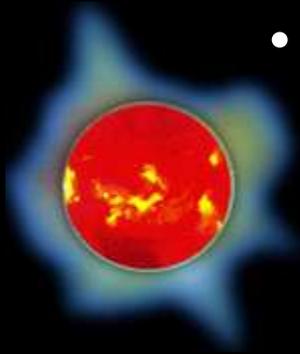
「CRC将来計画シンポジウム」

2010年9月17日

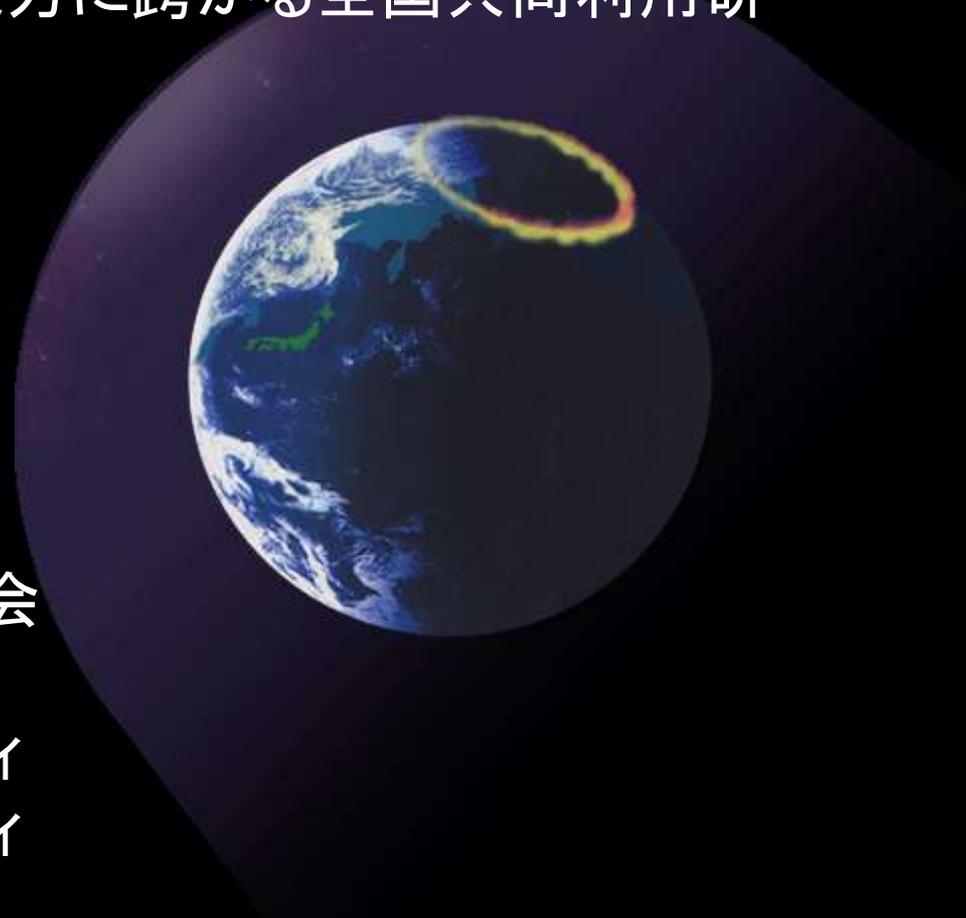
業界のガラパゴス(?)

- 名大の宇宙線研究は独自の進化
- 他との接点も少ない、小実験、divergent
- 今回の趣旨にはそぐわない(大型予算獲得?)
- 将来の萌芽にはなるかもしれない
- 太陽地球環境研究所(STE研)本体の事も余り知られていない

名古屋大学太陽地球環境研究所 (Solar-Terrestrial Environment Laboratory)



- 太陽と地球、その間の宇宙空間(太陽地球環境又)の構造とダイナミックな変動を研究する、宇宙科学と地球科学双方に跨がる全国共同利用研



- 関連コミュニティ
 - 地球電磁気学会
 - CRC
 - 太陽コミュニティ
 - 大気コミュニティ

太陽地球環境研究所

大学院 理学研究科
素粒子宇宙物理学専攻
宇宙地球物理系

太陽地球系化学講座

大気圏環境変動
AM

太陽地球相関理学講座

宇宙空間物理学観測
SSe

宇宙空間物理学理論
SSt

太陽地球系物理学講座

太陽圏プラズマ物理学
SW

太陽高エネルギー物理学
CR

太陽地球環境研究所

大気圏環境部門

電磁気圏環境部門
(豊川)

電磁気圏環境部門
(東山)

総合解析部門

ジオスペース
研究センター

太陽圏環境部門
(太陽風)

太陽圏環境部門
(宇宙線)

大学院 工学研究科
電子情報システム専攻
電気工学分野
宇宙電磁環境工学
(協力講座)

宇宙電磁観測グループ

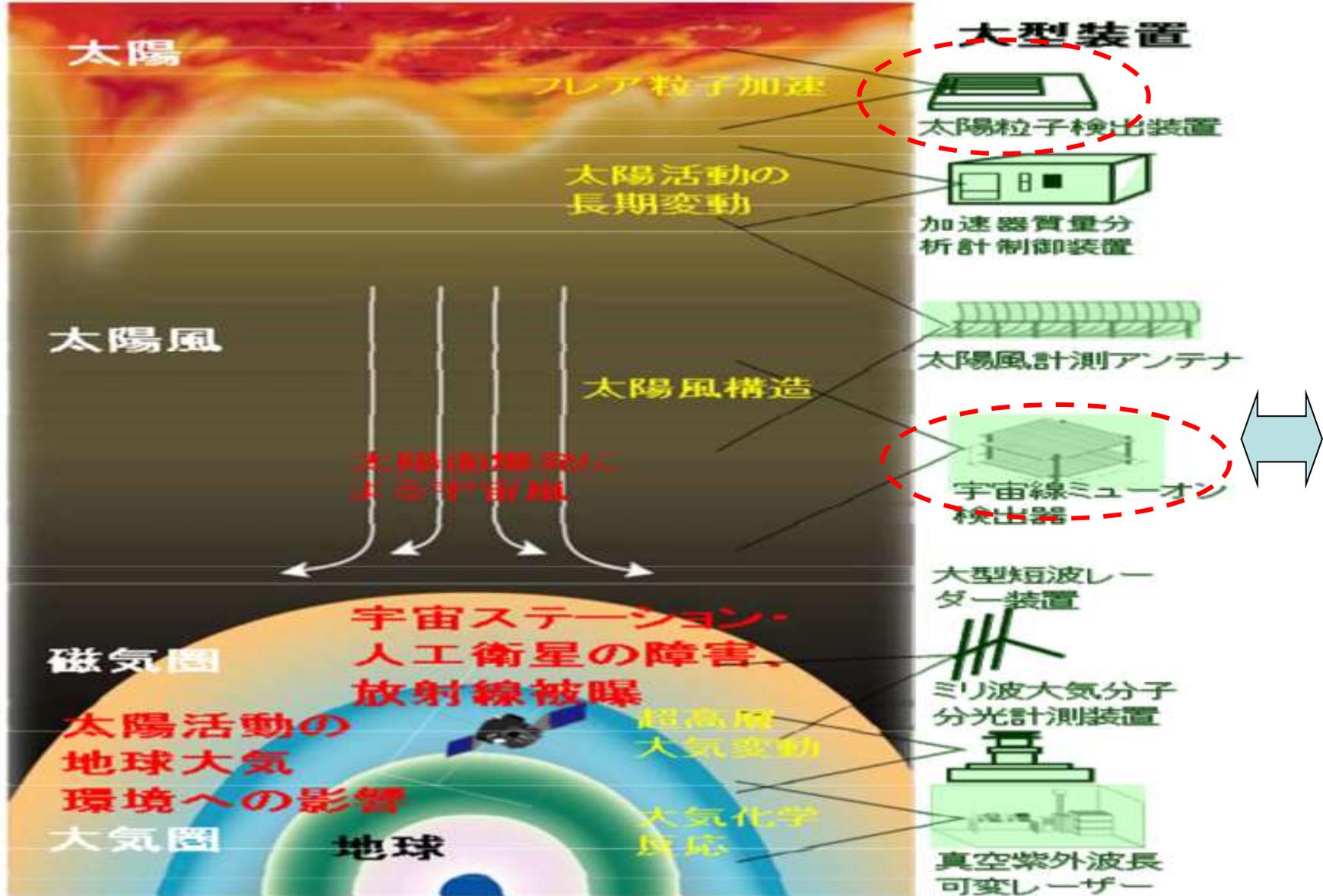
宇宙情報処理グループ

- 1958(宇宙線G)
理学部附属宇宙線望遠鏡研究施設
- 1990
空電研究所と合同で太陽地球環境研究所へ改組

教官28名

大気	P2, AP1, A2
電磁気圏G	P2, AP1, A2
太陽風G	P1, A1
宇宙線G	P2, AP2, A2
モデリング・太陽	P2, AP2, A2
ジオスペースセンター	P1, AP2, A1

「太陽極大期における宇宙嵐と大気変動に関する調査研究」 (特別教育研究経費 H22-H28)



図の説明：本事業の研究領域（左）と大型設備（右）

宇宙線研究室 (Cosmic Ray 研)

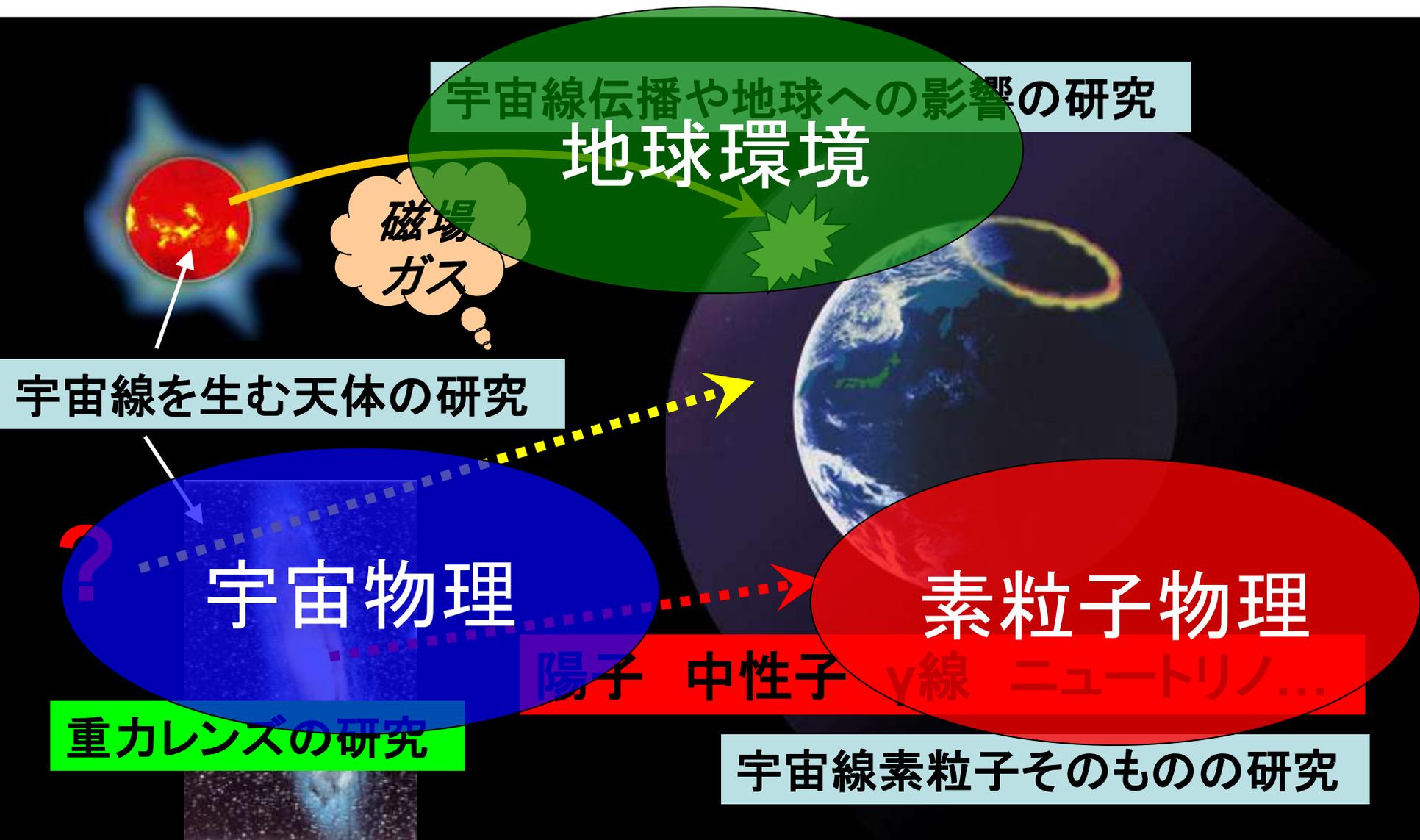


田島宏康教授
9月着任

教官	7名
PD	2名
D	8名
M	14名
P4	7名



宇宙線研究...3分野にまたがる研究領域



CR研での研究

- ・年輪中炭素14測定
- ・宇宙線による雲生成

(M2名D1名)

太陽宇宙線観測

- ・新型太陽中性子望遠鏡

SciCR

Yohkoh SXT, AIMg (M2名)
Mar. 18, 1999 16:40 UT

LHCf 実験

- ・宇宙線反応モデルの研究

(PD2名
D2名
M3名)

重力マイクロレンズ観測MOA

- ・天体的暗黒物質
- ・系外惑星

(D4名
M4名)

地下宇宙線実験

- ・Super-Kamiokande
- ・XMASS

(M2名D2名)

STE研宇宙線Gでの 小規模実験の現状と将来

- LHCf
- SciCR
- 「宇宙線と雲核生成」実験

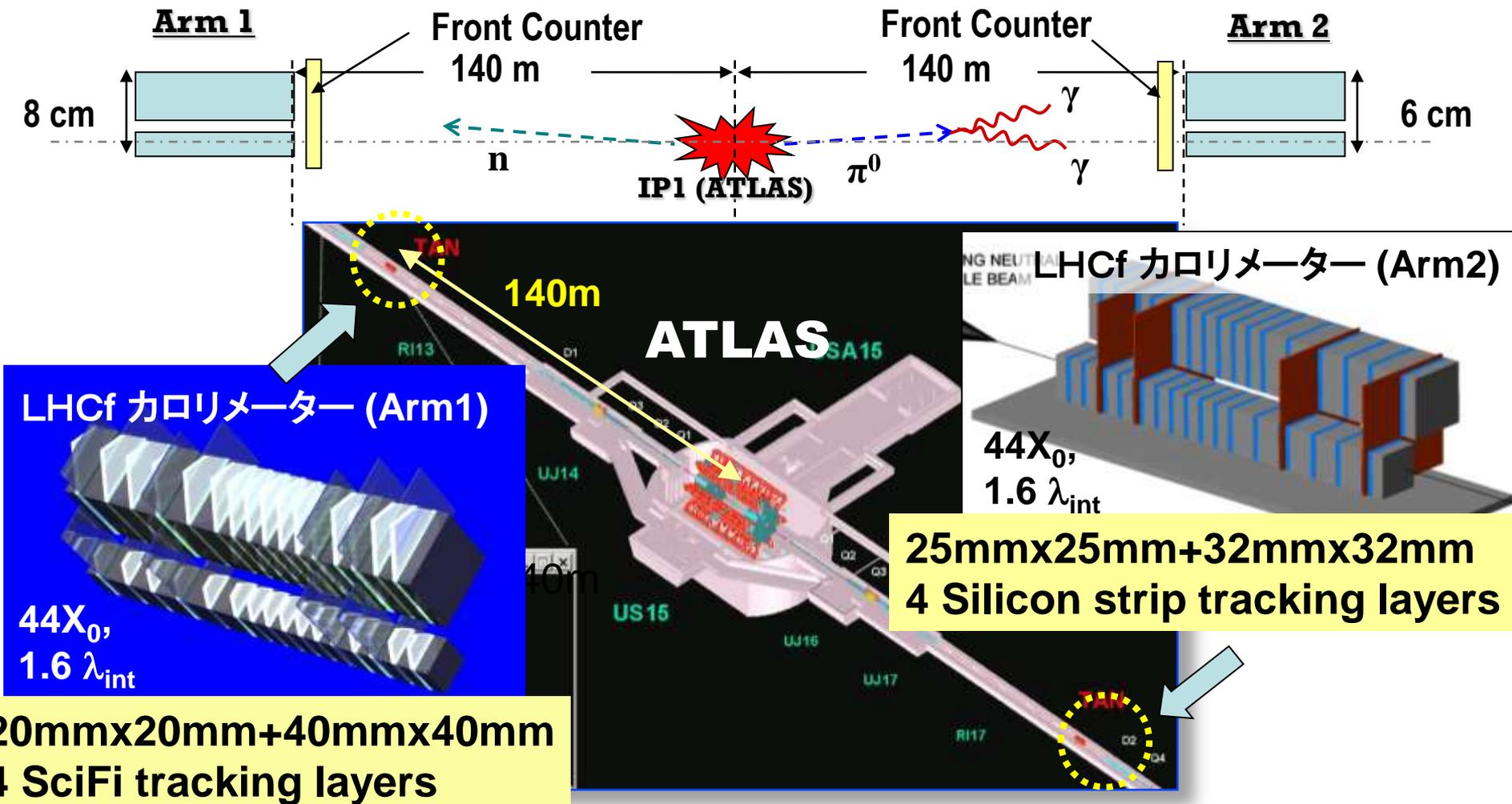
LHCf実験

10¹⁷eV宇宙線シャワーのハドロン相互作用を
LHCでの0度測定で検証する

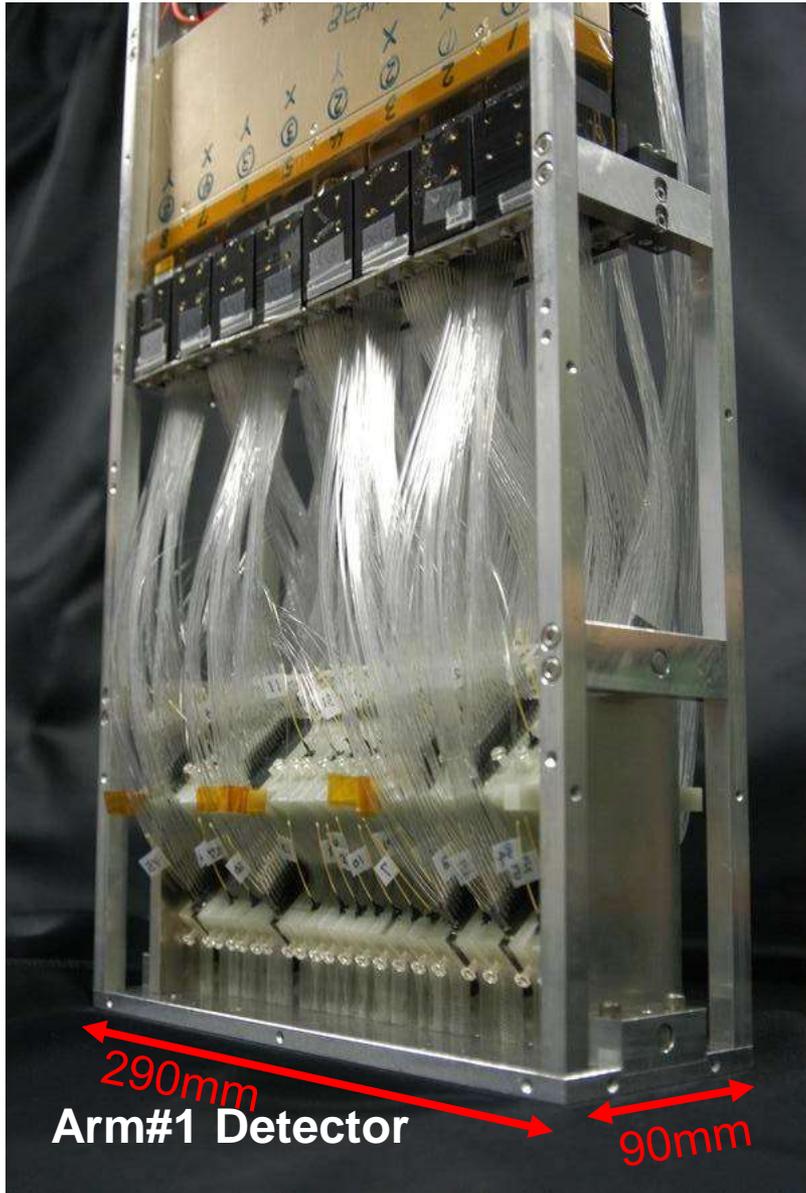
さこ隆志、伊藤、増田公明、他

LHCf 実験 LHCでの0度中性粒子測定

LHC14TeV衝突→ 10^{17} eV相当の宇宙線シャワー
シャワー発達に重要な超前方ハドロン反応モデルの検証



LHCf calorimeters



The LHCf Collaboration



**K.Fukatsu, Y.Itow, K.Kawade, T.Mase, K.Masuda,
Y.Matsubara, G.Mitsuka, K.Noda, T.Sako, K.Suzuki, K.Taki**

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Japan

K.Yoshida

Shibaura Institute of Technology, Japan

K.Kasahara, M.Nakai, Y.Shimizu, T.Suzuki, S.Torii

Waseda University, Japan

T.Tamura

Kanagawa University, Japan

Y.Muraki

Konan University, Japan

M.Haguenuer

Ecole Polytechnique, France

W.C.Turner

LBNL, Berkeley, USA



O.Adriani, L.Bonechi, M.Bongi, R.D'Alessandro, M.Grandi,

H.Menjo, P.Papini, S.Ricciarini, G.Castellini

INFN, Univ. di Firenze, Italy

A.Tricomi

INFN, Univ. di Catania, Italy

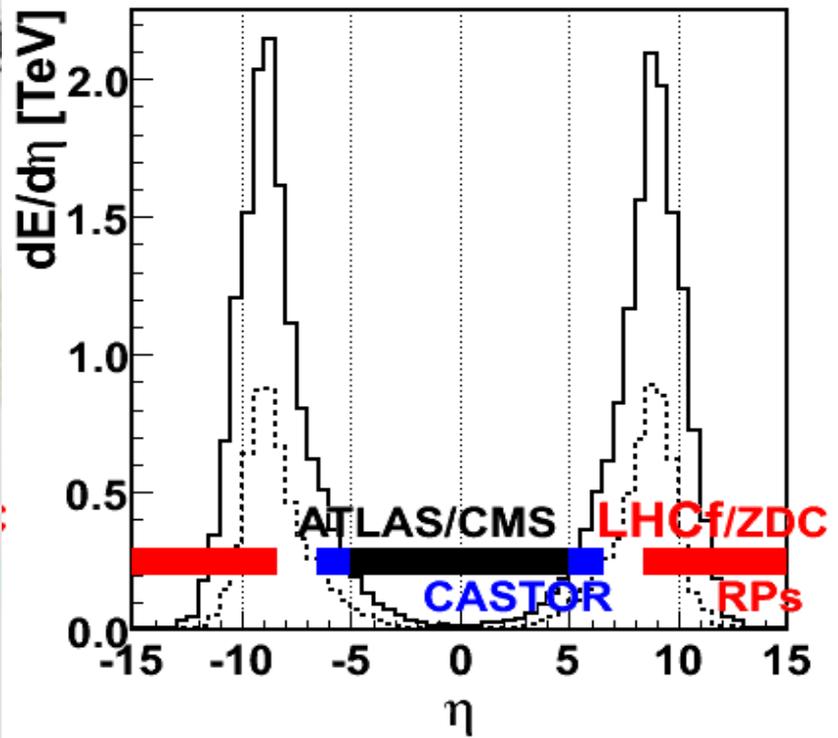
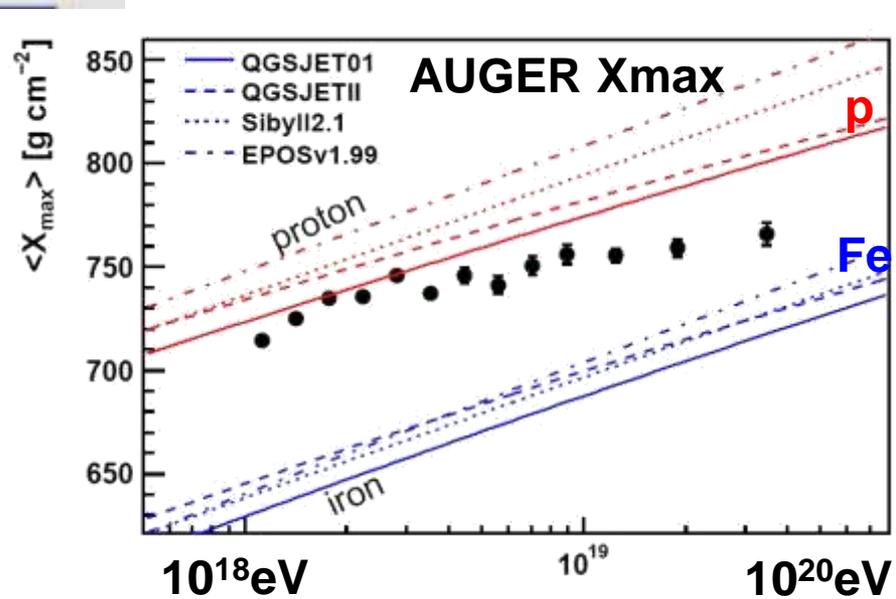
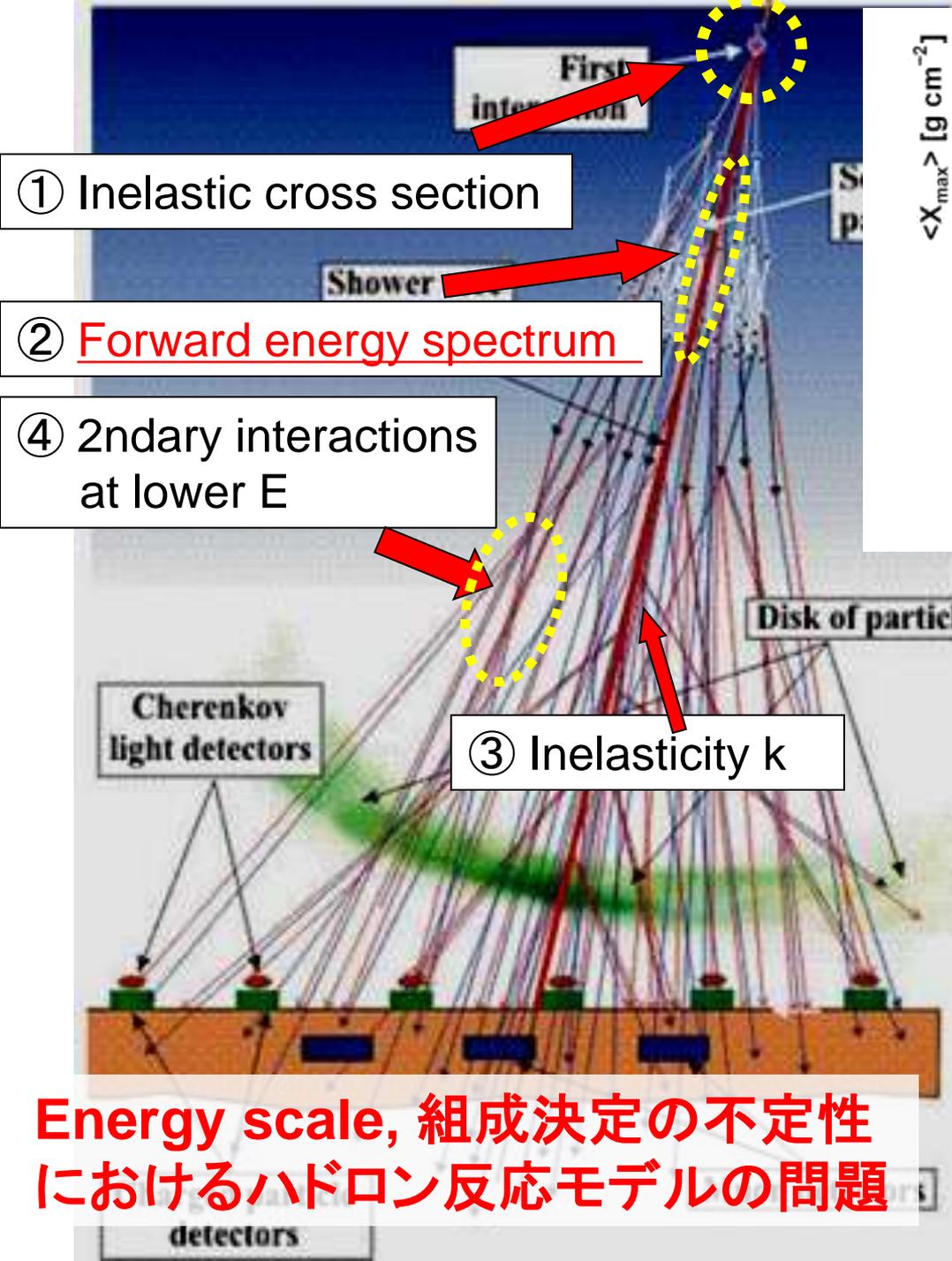
J.Velasco, A.Faus

IFIC, Centro Mixto CSIC-UVEG, Spain

D.Macina, A-L.Perrot

CERN, Switzerland

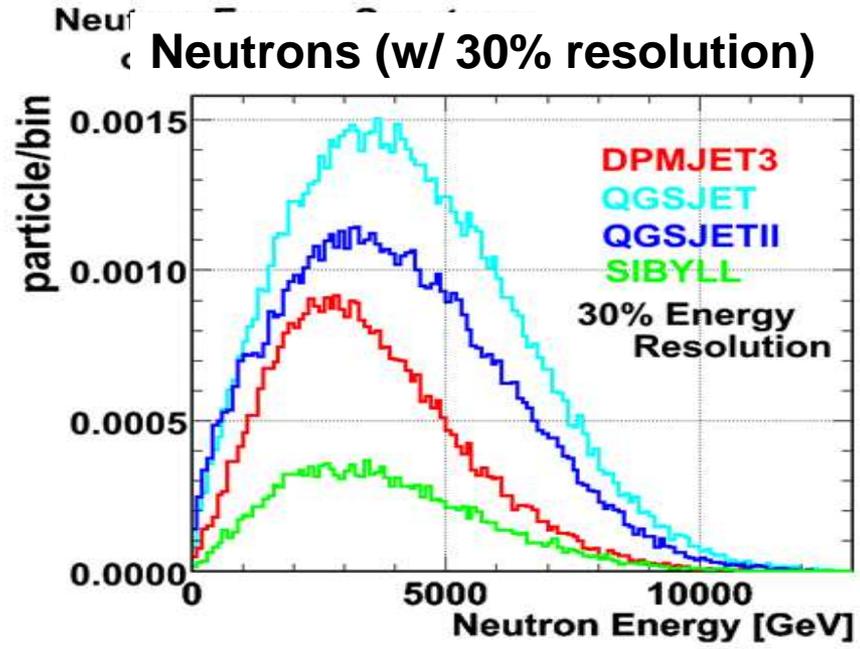
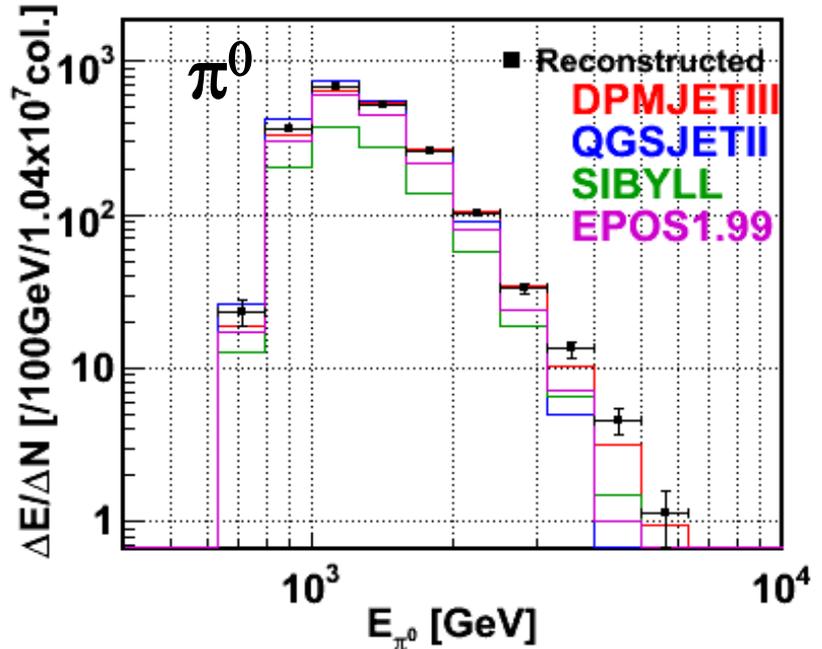
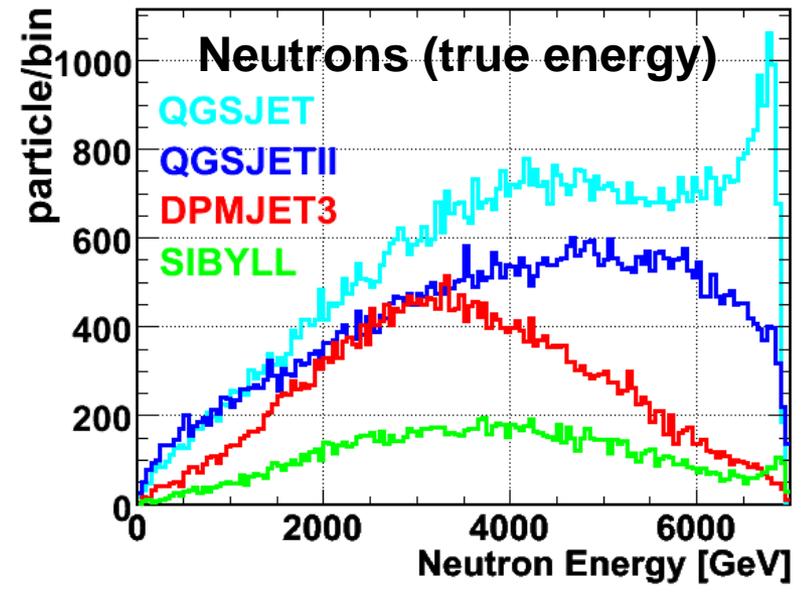
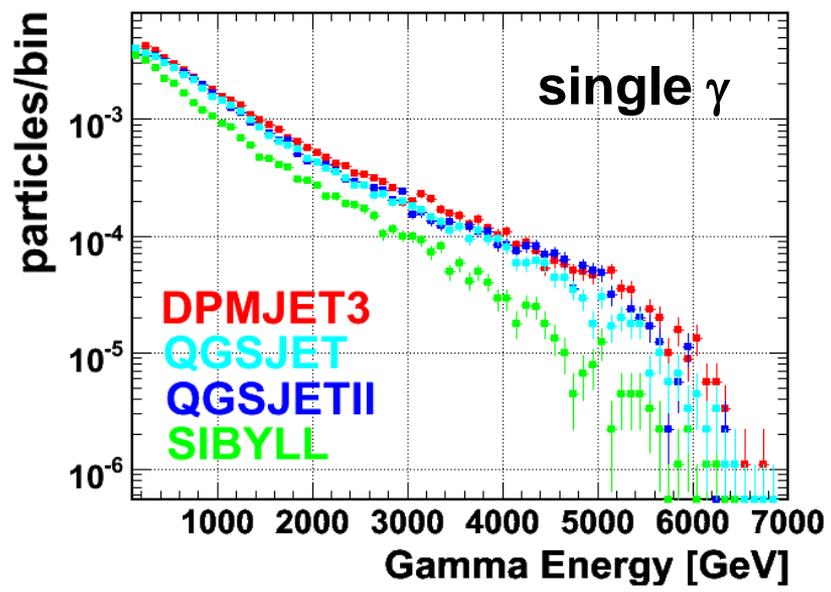




**Energy scale, 組成決定の不定性
におけるハドロン反応モデルの問題**

Forward E spectra by LHCf @ 14TeV (MC for $\sim 0.1\text{nb}^{-1}$)

of 20mm square at Beam Center



Brief history of LHCf

- May 2004 LOI
- Feb 2006 TDR
- June 2006 LHCC approved

Jul 2006
construction



Aug 2007
SPS beam test

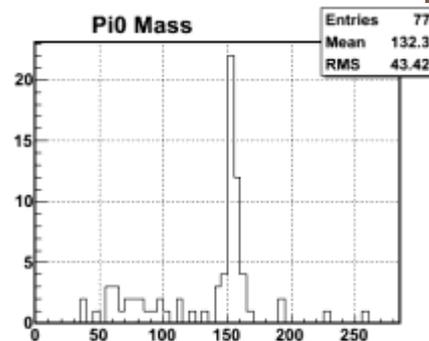
Jan 2008
Installation



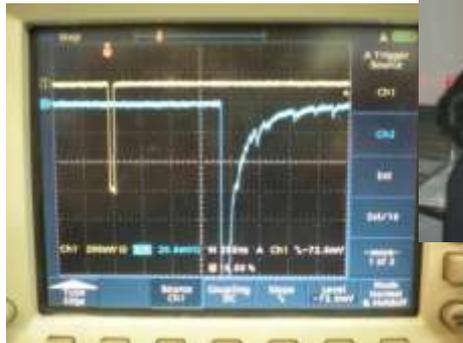
Sep 2008
1st LHC beam



Mar 2010
1st 7TeV run



Dec 2009
1st 900GeV run



Jul 2010
Detector removal

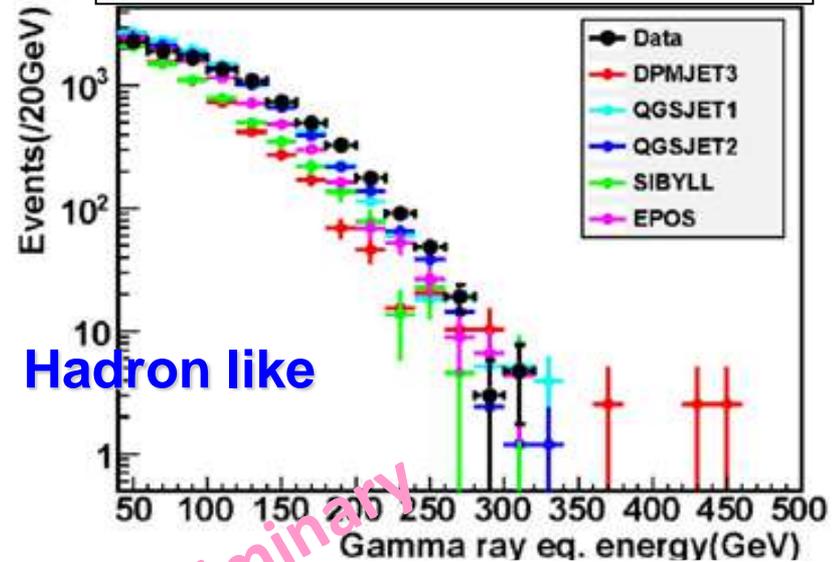
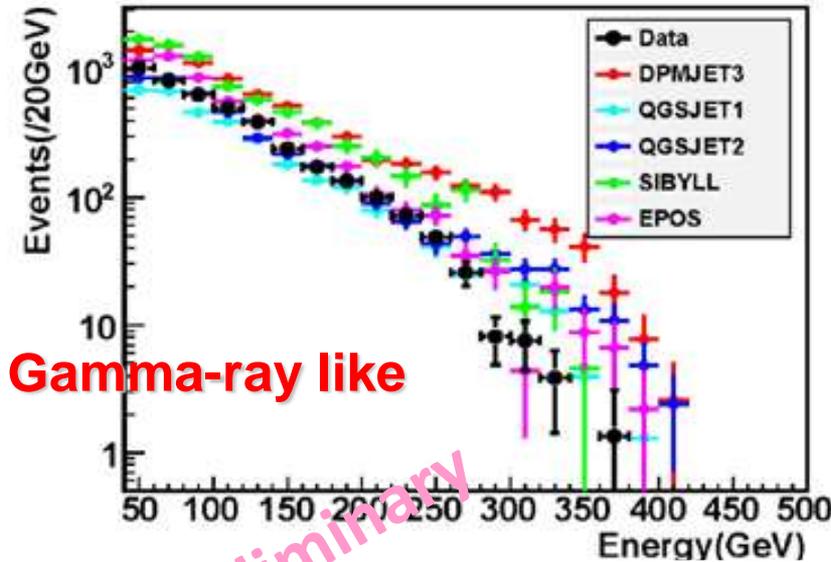
LHCf実験 2010 ラン 現状のまとめ

- 7TeV(3.5+3.5TeV衝突)ラン (total $\sim 0.3\text{pb}^{-1}$)
 - Low lumi ($L\sim 5\text{e}28\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), no crossing (3/30-6/5)
 - 40M / 55M single showers at Arm1 / Arm2
 - High lumi ($L\sim 1\text{e}30\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), 100 μrad crossing (6/24-7/19)
 - 154M / 138M single showers at Arm1 / Arm2
 - $\sim 1\text{M}$ π^0 at each Arm1 / Arm2 in total
- 900GeV(450+450GeV衝突)ラン
 - 5/2 – 5/3, 5/27 (15hrs, 5.5M collisions)
 - 44K / 63K single showers at Arm1 / Arm2
 - c.f. Dec09 run (27.7 hrs, 500K collisions)
- 検出器の取り出し完了 (7/20)

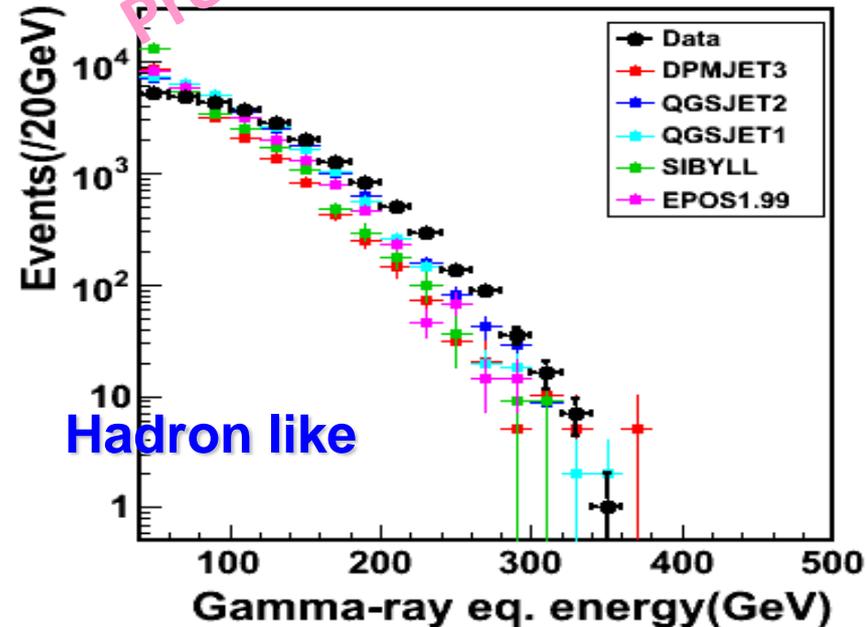
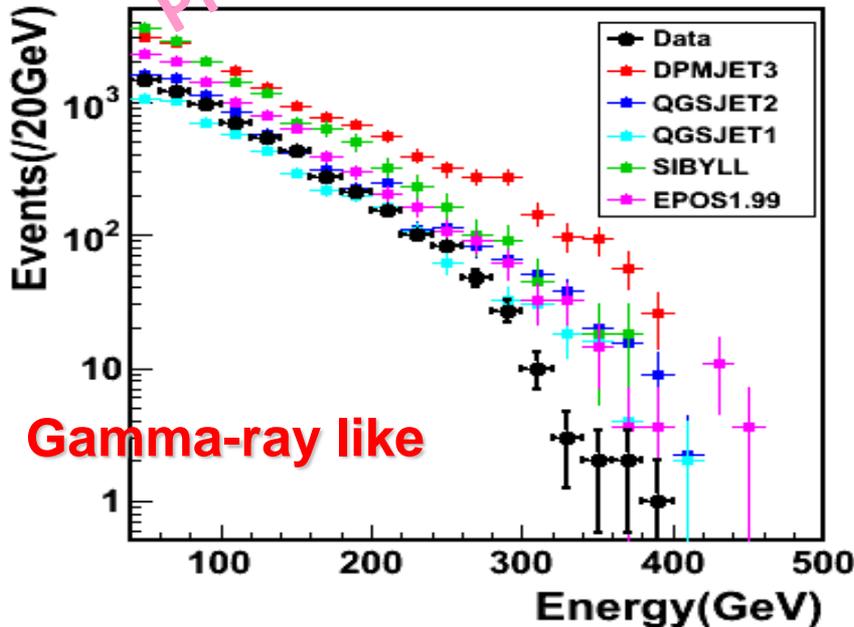
900GeV spectra

Eff. uncorrected, stat.error only
Normalized by total # of events.

Arm1



Arm2

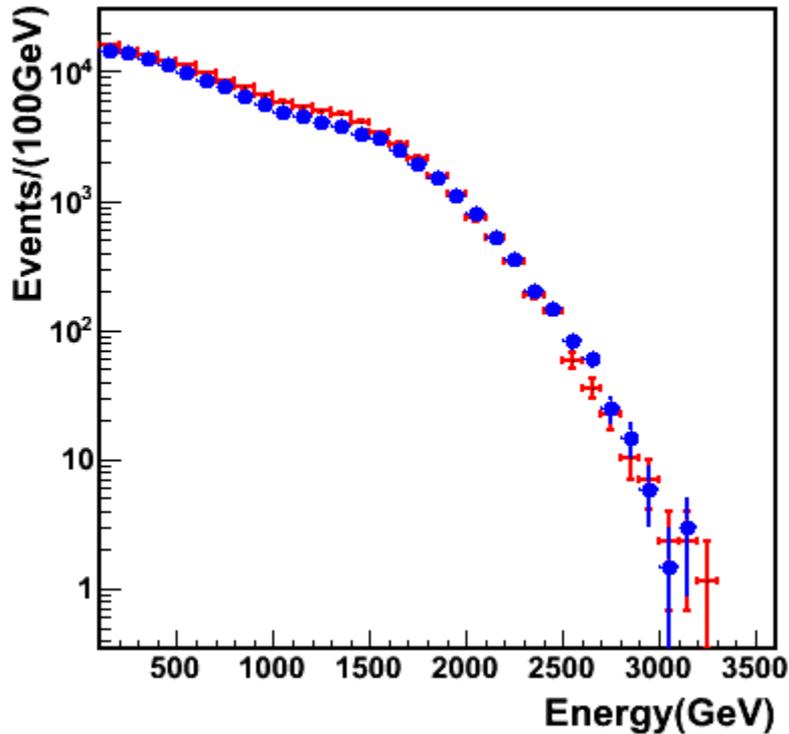


Preliminary

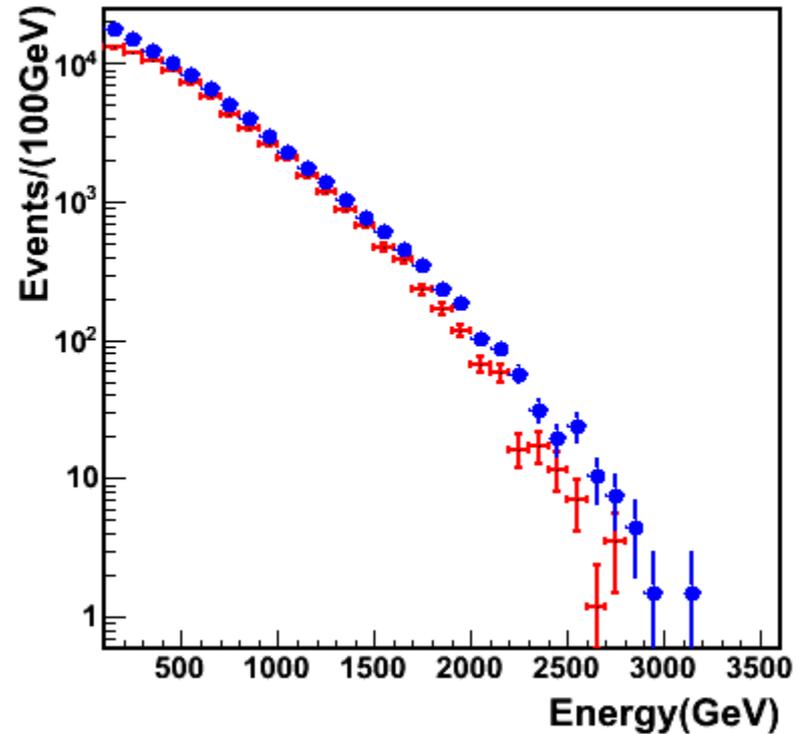
Preliminary

7TeV spectra (arm1 data vs arm 2 data comparison)

Gamma-like, Small tower

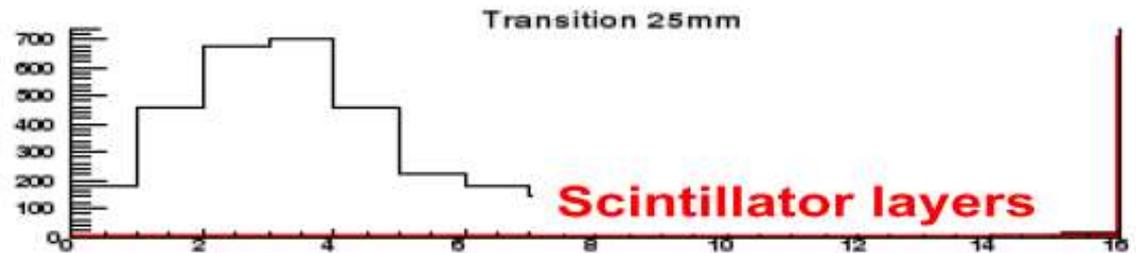
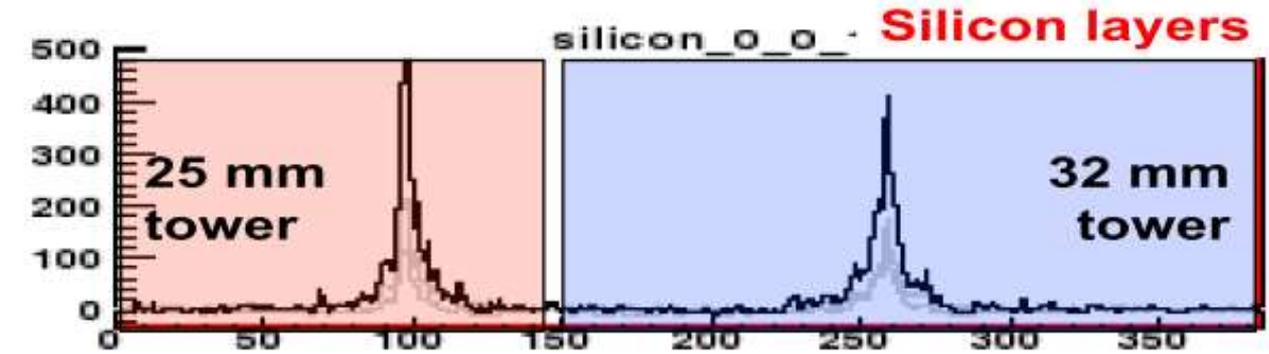
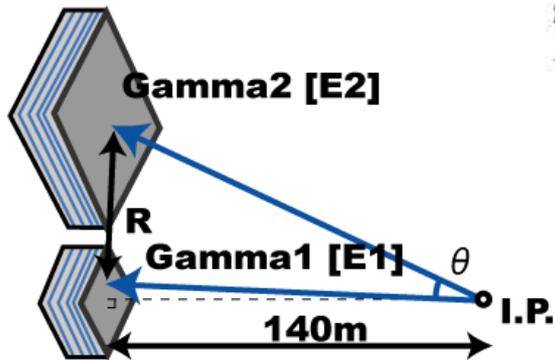


Gamma-like, Large tower

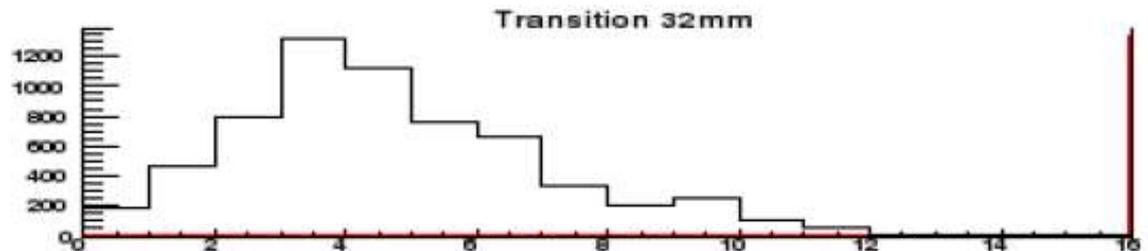


7TeV data: Typical π^0 event

“The world most energetic reconstructed particle”



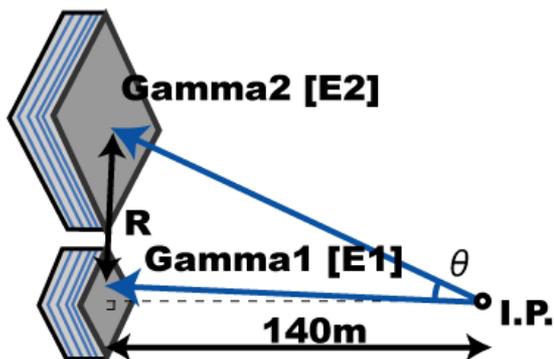
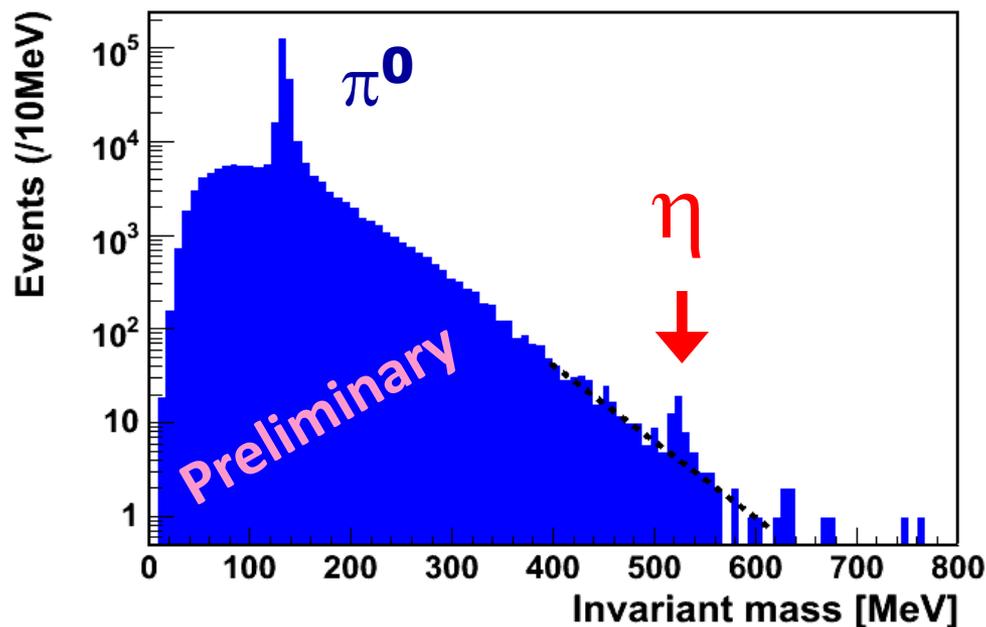
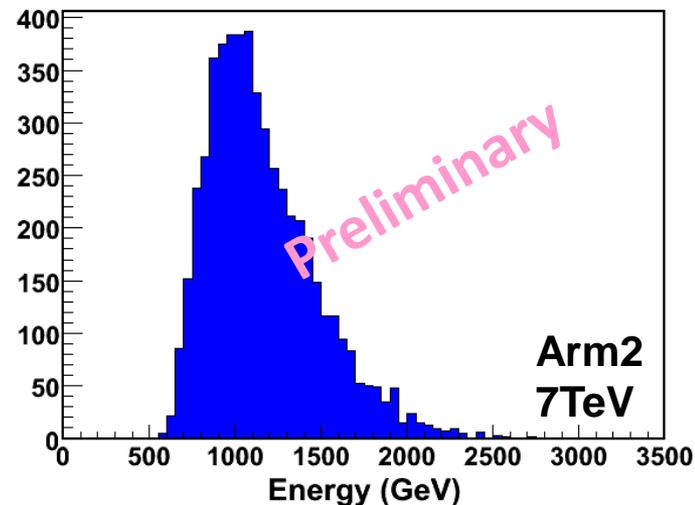
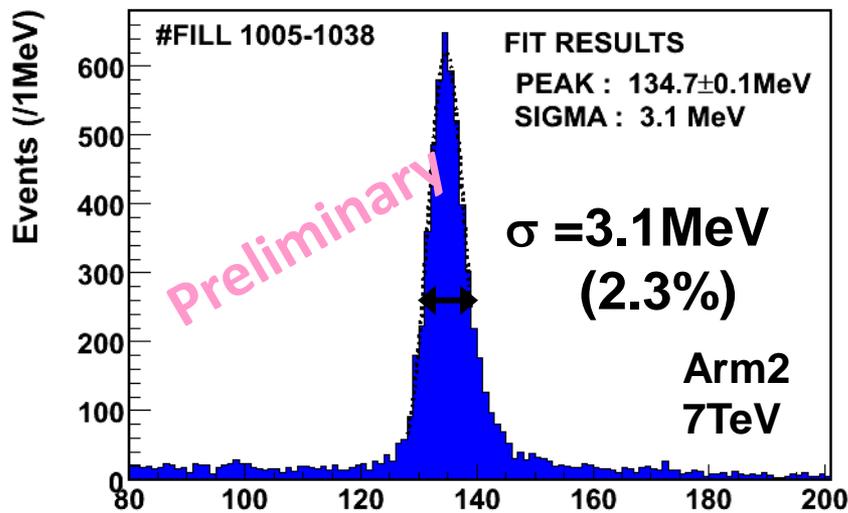
Tower
32mm 25mm



Accelerator-produced TeV γ を利用したLPM効果の検証が可能に

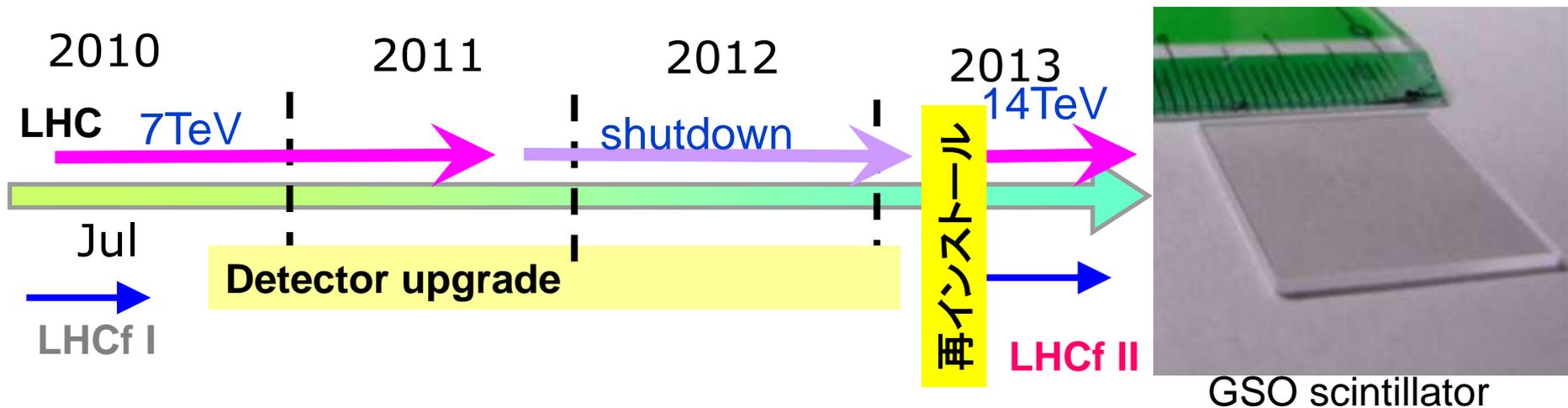
π^0 and η sample

π^0 massによるenergy scaleの更正

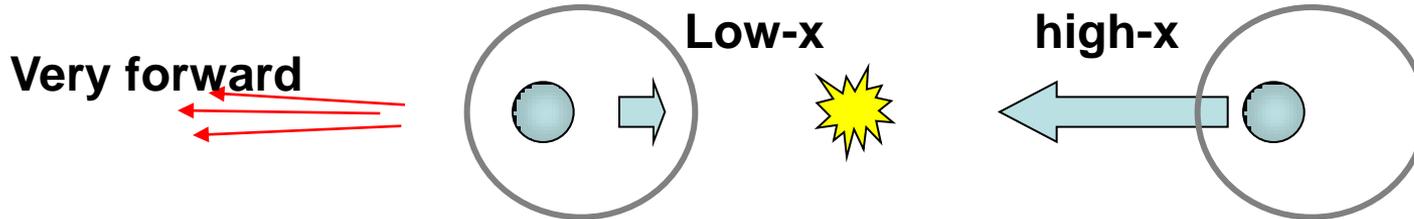


今後の予定と検出器アップグレード

- 検出器の事後更正(10月)
 - SPS (100-200GeV e, 150GeV mu)
- 2013年以降の次期LHC energy upgrade (i.e. 14TeV)へ向けた検出器upgrade
 - 耐放射線の改善(GSOシンチレーターへの置き換え)
- 将来の原子核衝突での0度測定スタディ(~5年)
 - LHCでは今秋Pb-Pb 衝突が予定(しかしmultiplicityが多すぎる)
 - 軽イオン衝突ランの可能性を探る
 - 高多重度に耐えるイメージングカロリメーター開発



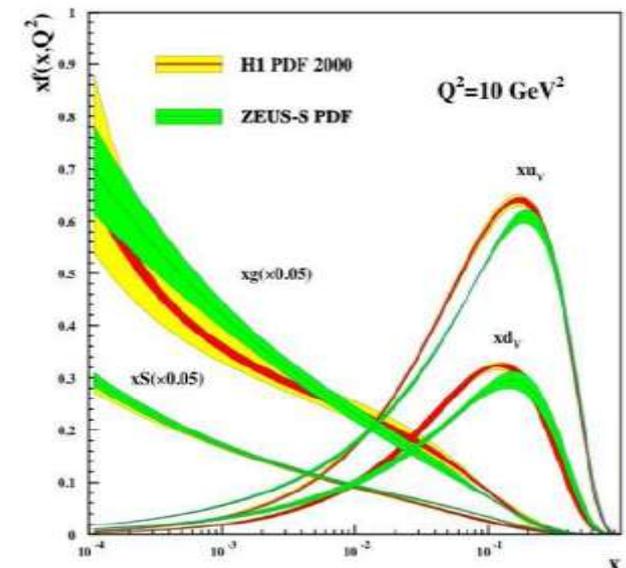
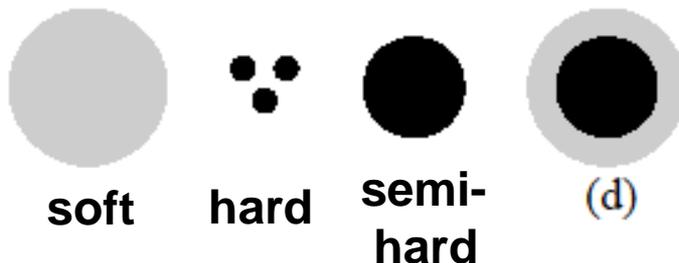
Very forward at LHC – New Era in low-x physics



- Very forward region : collision of a low-x parton with a large-x parton
- Small-x gluon become dominating in higher energy collision by self interaction.
- But they may be saturated (Color Glass Condensation)

Naively CGC-like suppression may occur in very forward at high energy

→ However situation is more complex (not simple hard parton collisions, but including soft + semi-hard)



LHCfのまとめ

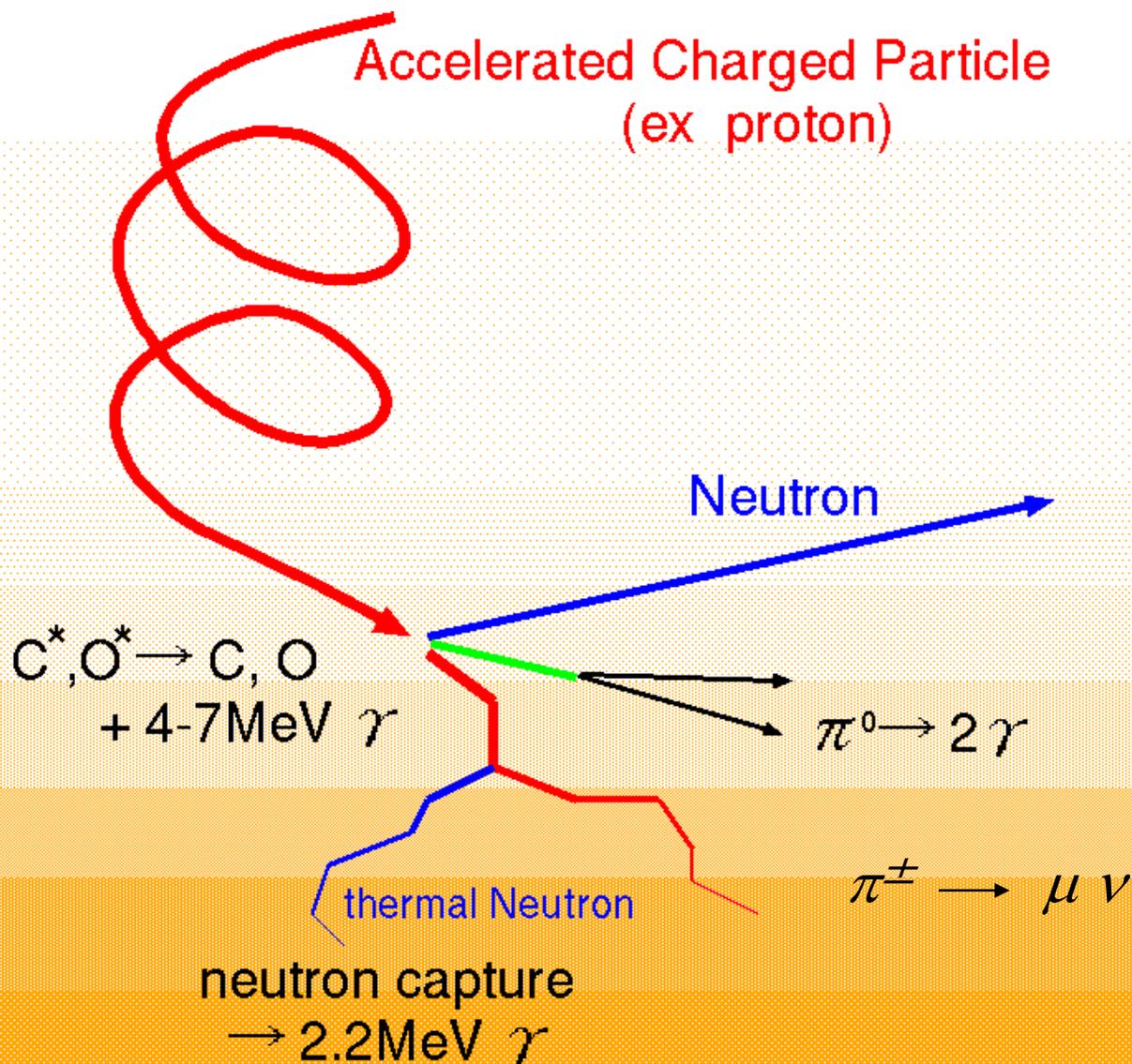
- LHCでの0度測定、宇宙線シャワーモデルの較正
- 900GeV,7TeV衝突でのデータ取得完了
- 3年後の14TeV衝突に向けて検出器アップグレード
- ?年後の軽原子核衝突のスタディ
- 宇宙線だけでなく、ハドロン物理への進展

SciCR

SciBar検出器を転用した
フルアクティブ太陽中性子望遠鏡

松原豊、さこ隆志、伊藤

加速陽子を中性子、ガンマ線、ニュートリノで見る



太陽中性子観測で知りたいこと

イオン(正電荷)の加速と、電子(負の電荷)の加速は同じか、異なっているか？

⇔ 宇宙線の大部分はイオン。

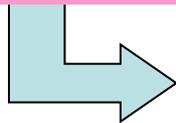
加速の効率はこのくらいいいのか？

フレアのエネルギーの何割が

加速に使われるのか？

エネルギー分布はどうなっているか？

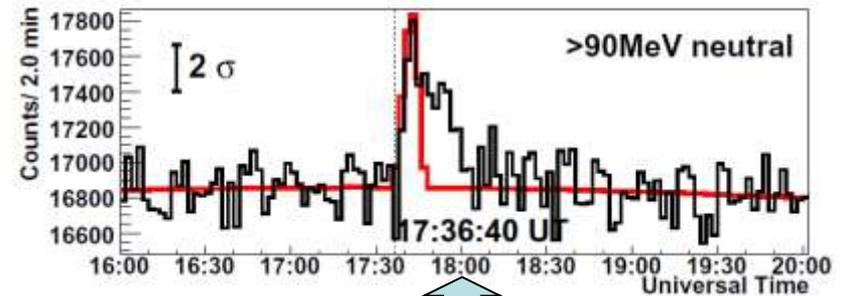
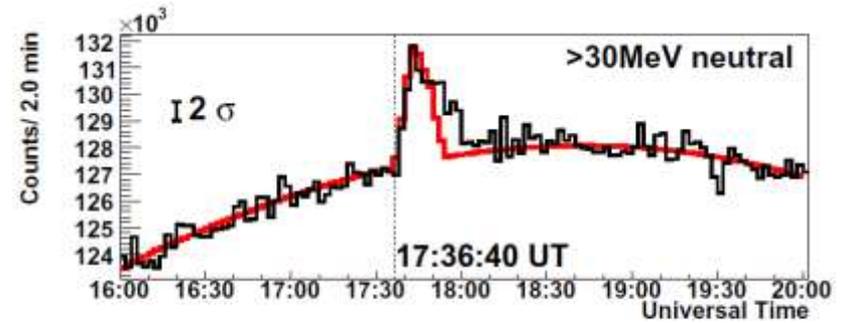
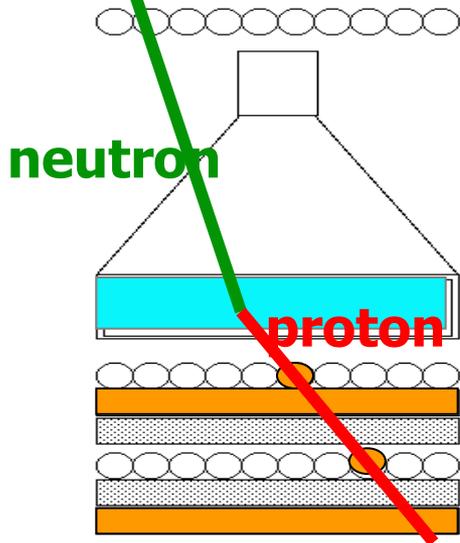
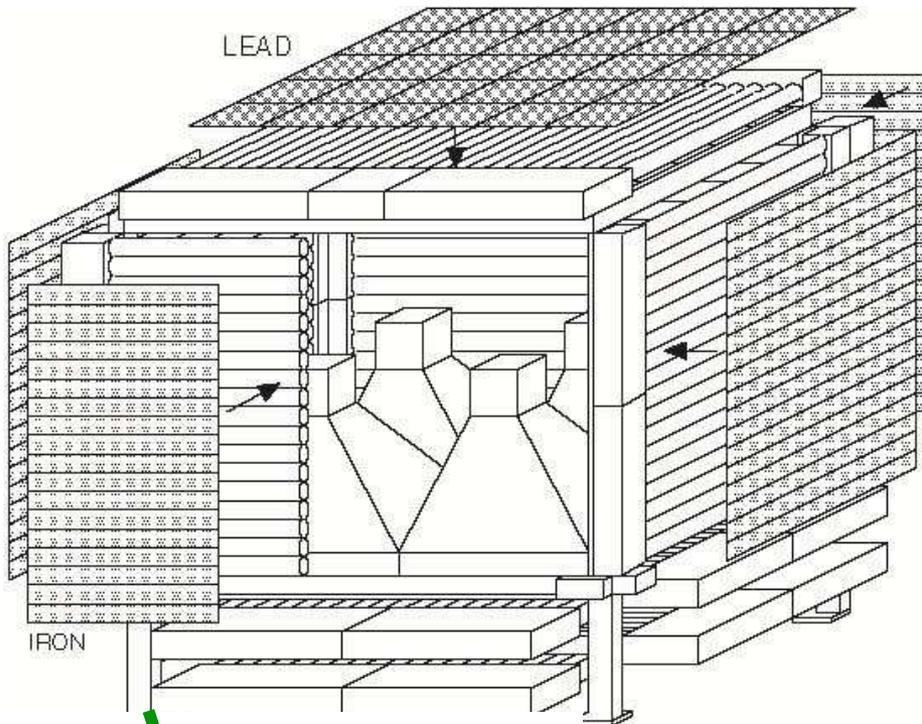
太陽中性子観測



- 中性子カウンターによるTOF法
- 反跳陽子測定による直接測定

しかし従来の観測例はO(10例)

従来の太陽中性子望遠鏡(メキシコ)

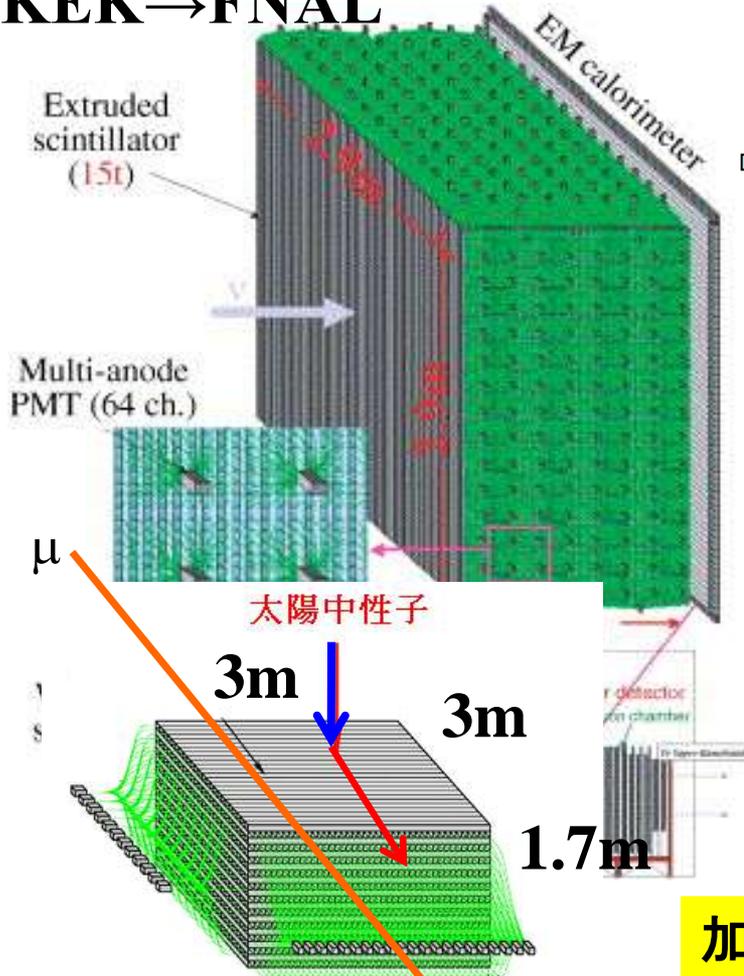


中性子の瞬間放出(赤)では時間分布が合わない

- シンチレータでの反跳荷電粒子を測定
- シンチレータ中でのエネルギー損失を測定可能
- 下層の比例計数管でエネルギーと方向を測定可能

SciCR計画 (SciBar検出器の転用)

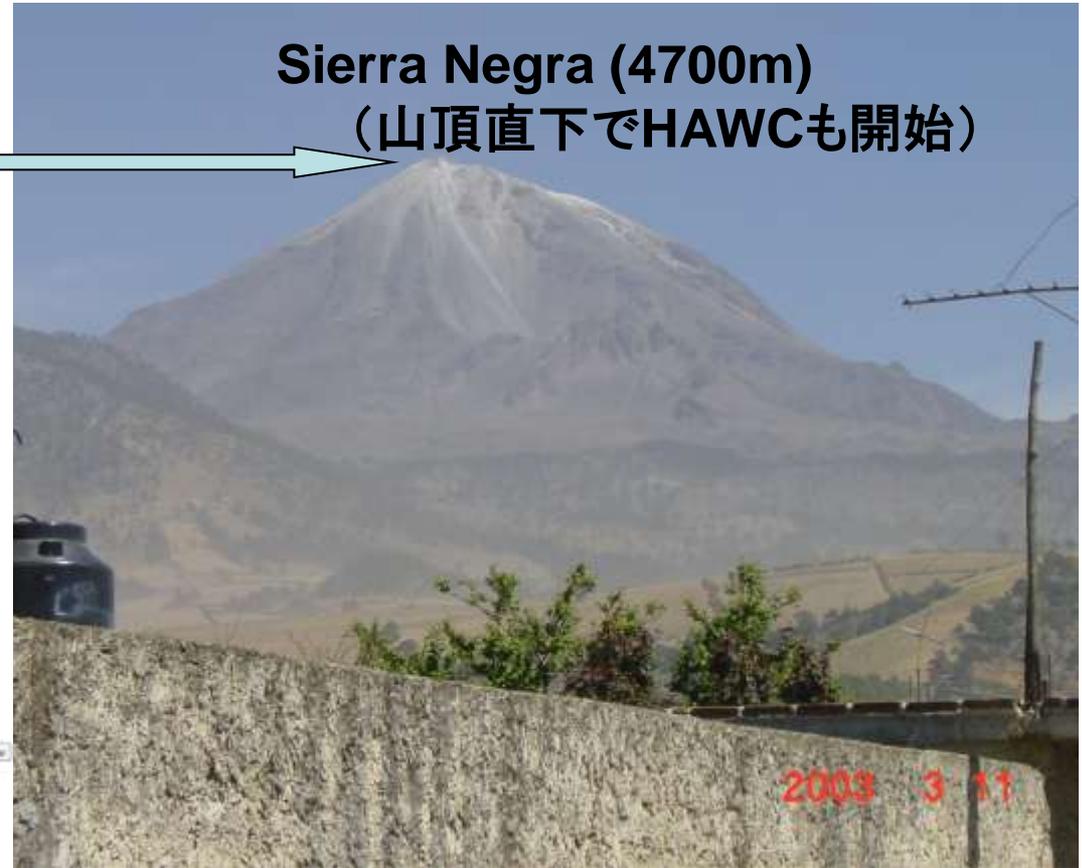
KEK → FNAL



シンチレータバー

2.6cm x 1.3cm x 3m

116 × 64 × 2 = 14848本



加速器実験で用いられていた SciBar 検出器 (3m x 3m x 1.7m) をメキシコ高山で宇宙線検出器へ転用。
→ 粒子弁別が可能。エネルギー分解能・方向決定精度がよい。
最上下層は独立読み出しでミュオン望遠鏡に

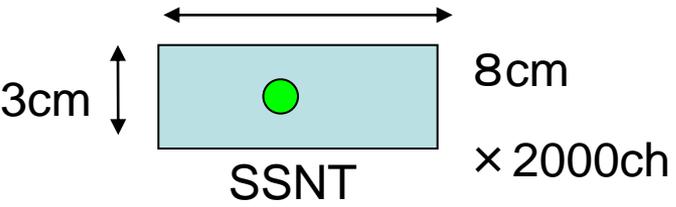
シェラネグラ(4,600m)に設置予定



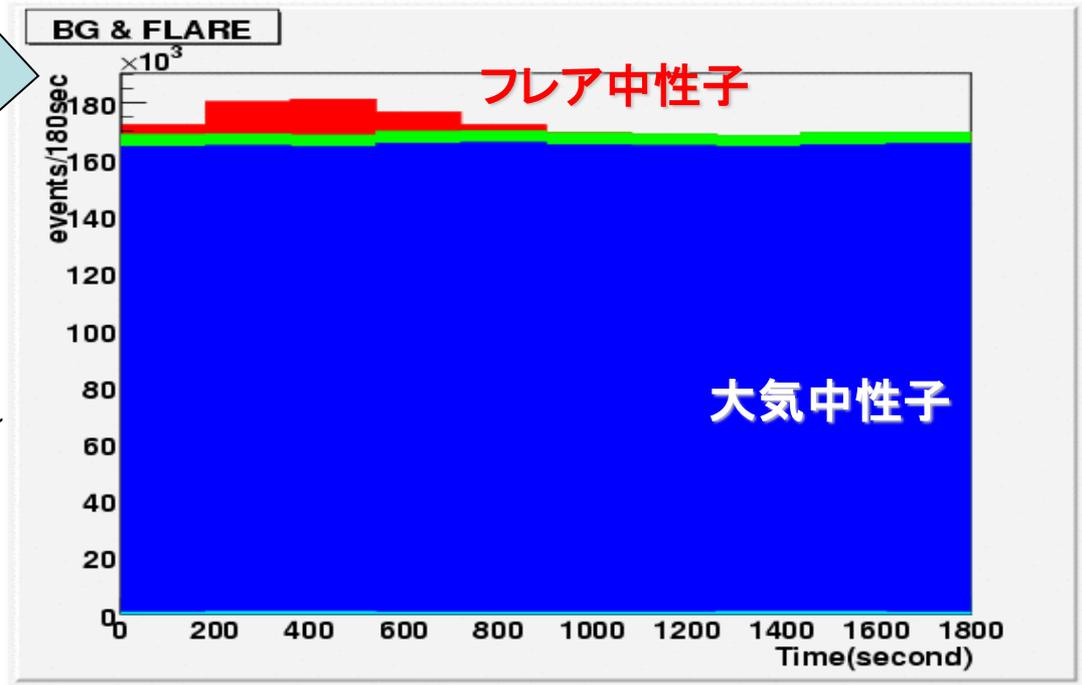
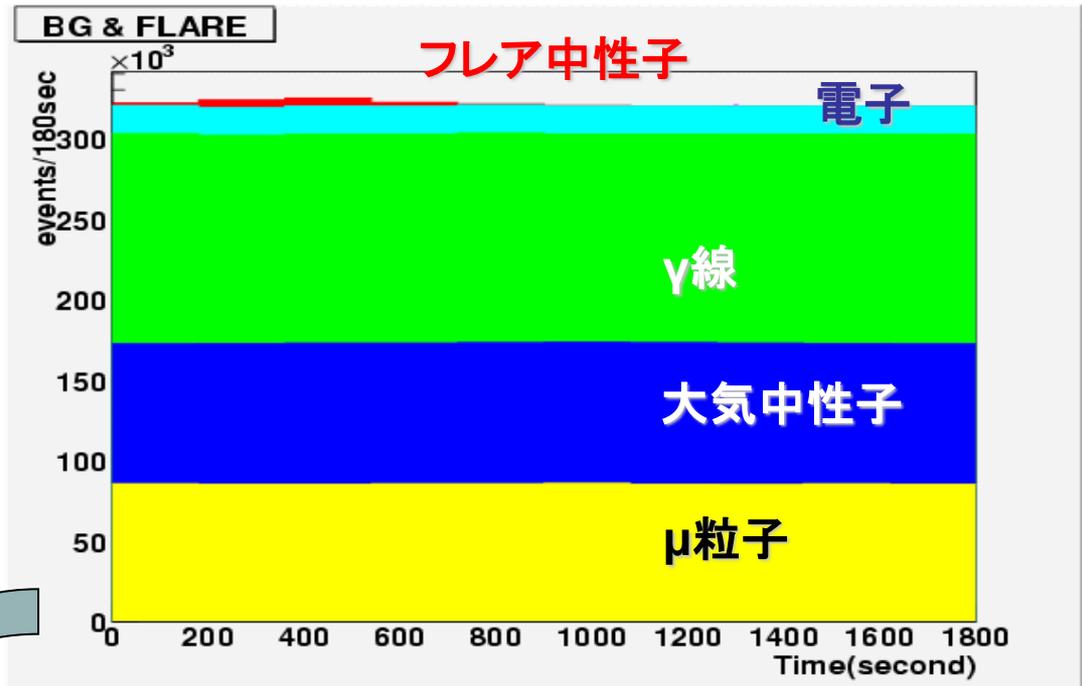
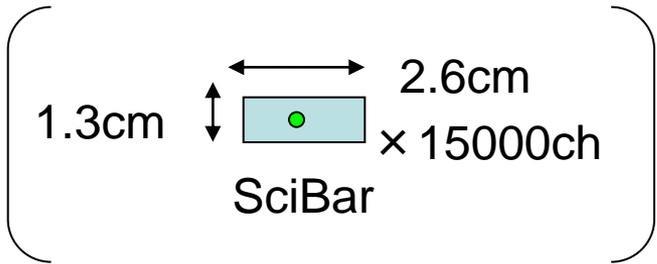
山の中腹に HAWC が建設される

Sensitivityの改善 (古いデザインでのMC)

現行太陽中性子望遠鏡



でのMC

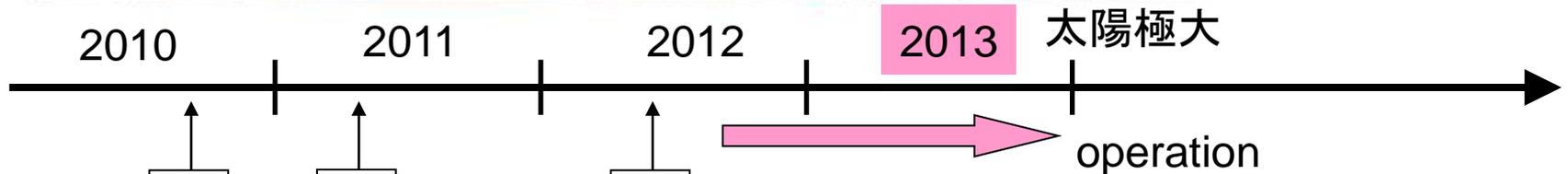
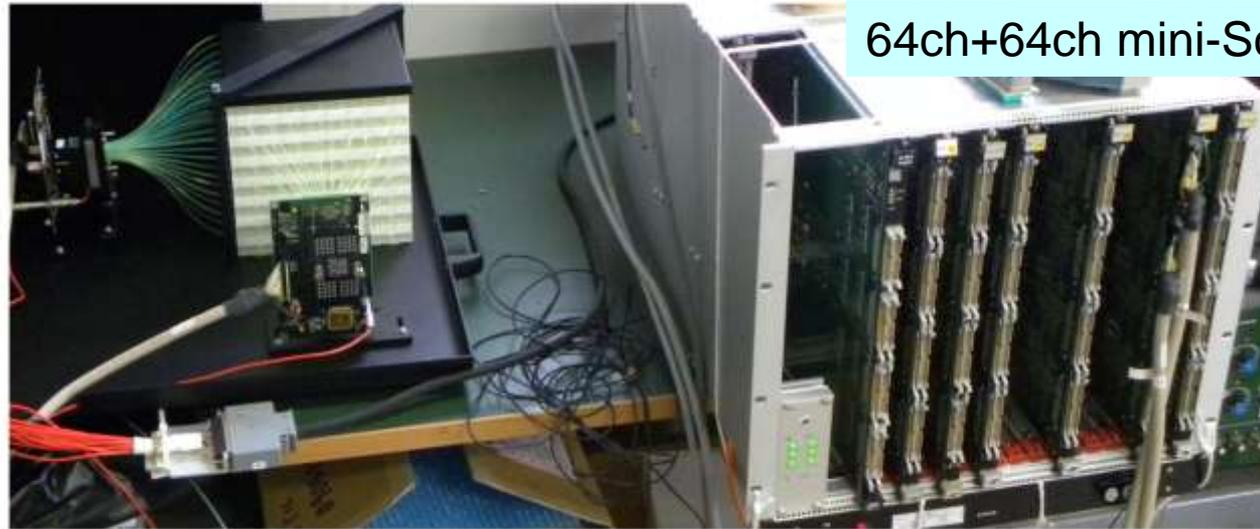


最低でもSN4倍の改善
(検出頻度で>4倍)

太陽方向と反跳陽子方向の
相関を取るともっとよくなる

IESSNT(3cm x 8cm)

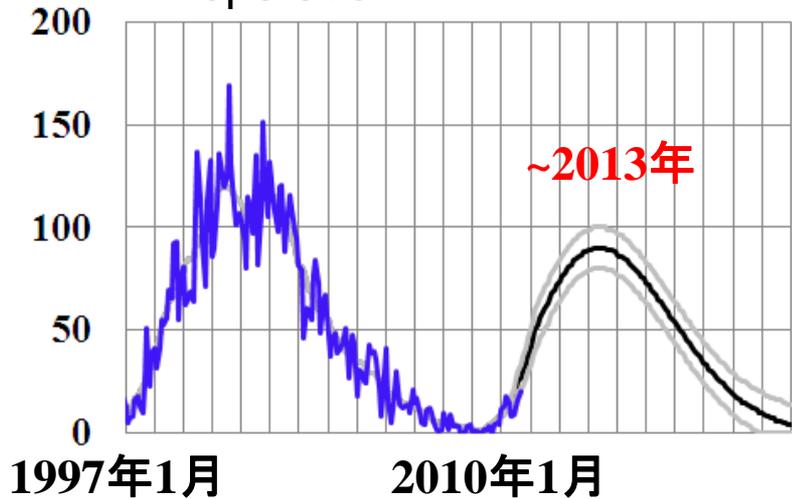
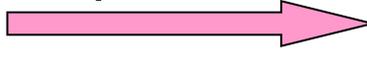
タイムスケール



Mini-SciCR設置

SciBar メキシコ移設

SciBar 山頂移設



「宇宙線による雲核生成」実験

- 放射線による雲核生成の増加を測定

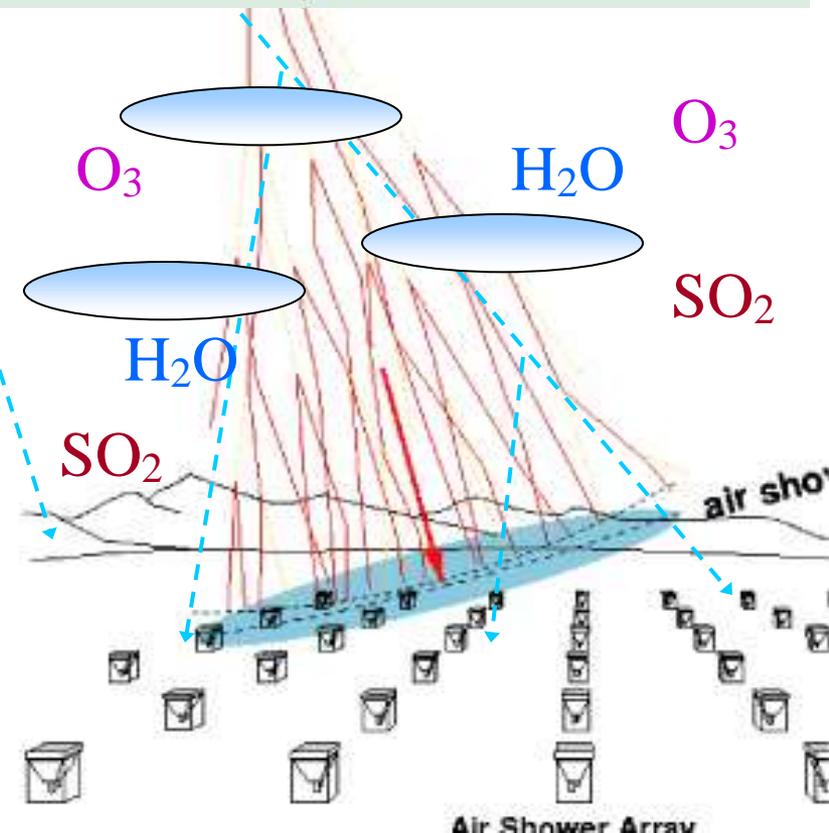
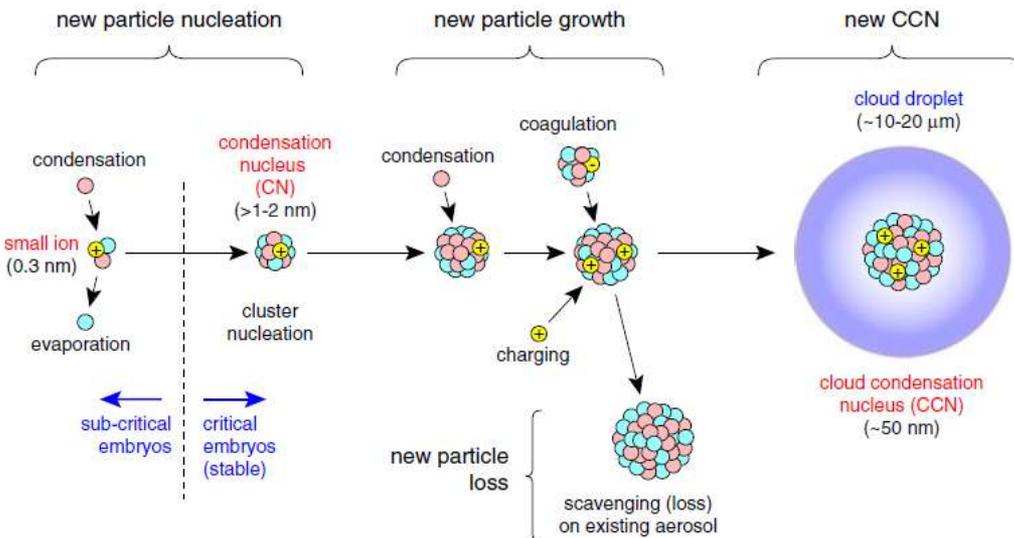
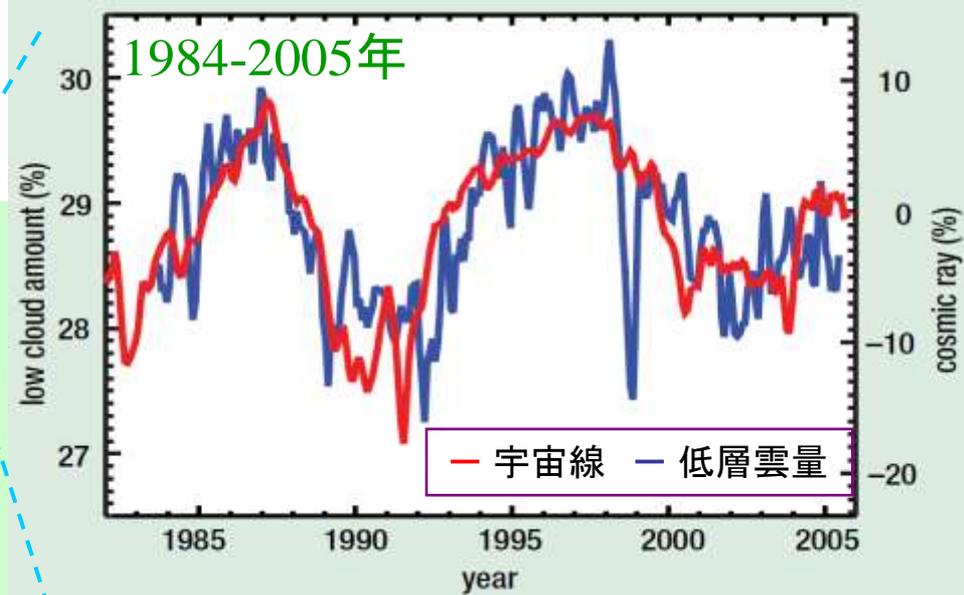
増田公明、さこ隆志

宇宙線による雲生成過程の検証

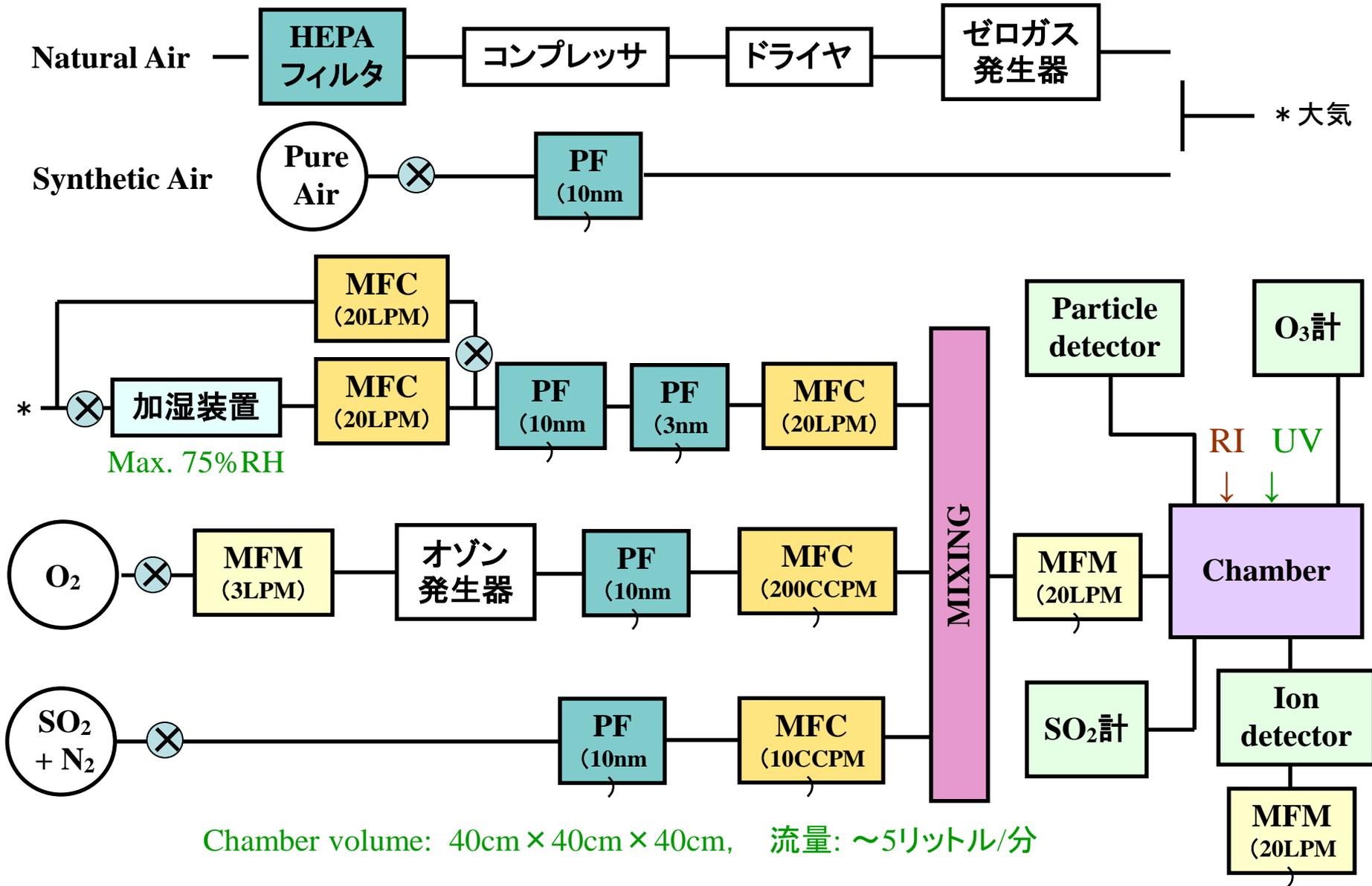
宇宙線が地球の気候を決めている!?

「宇宙線が大気中につくるイオンが、雲核のもとになるエアロゾル粒子の成長を促進するので、宇宙線強度が強いときは低層雲量が多くなり、地球の気候が寒冷化する」という仮説を検証する。

そのために、人工的に合成した微量気体(O₃, SO₂, H₂O等)を含む大気と、宇宙線に見立てた放射線を用いて、エアロゾルや雲ができるかどうかを調べる。



実験装置





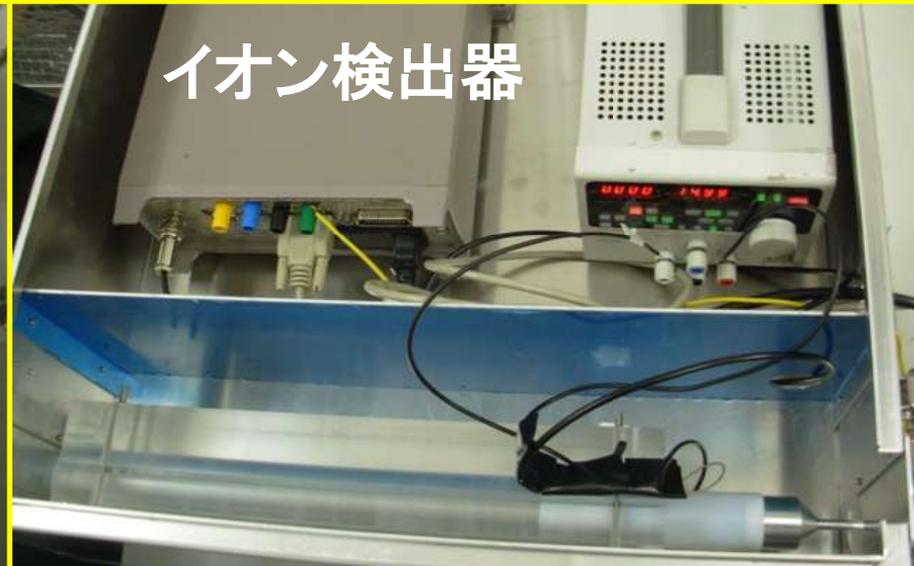
PET製反応容器



測定器(オゾン, 凝縮粒子等)

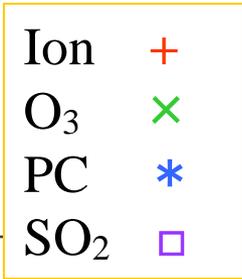


クリーンブース内での作業

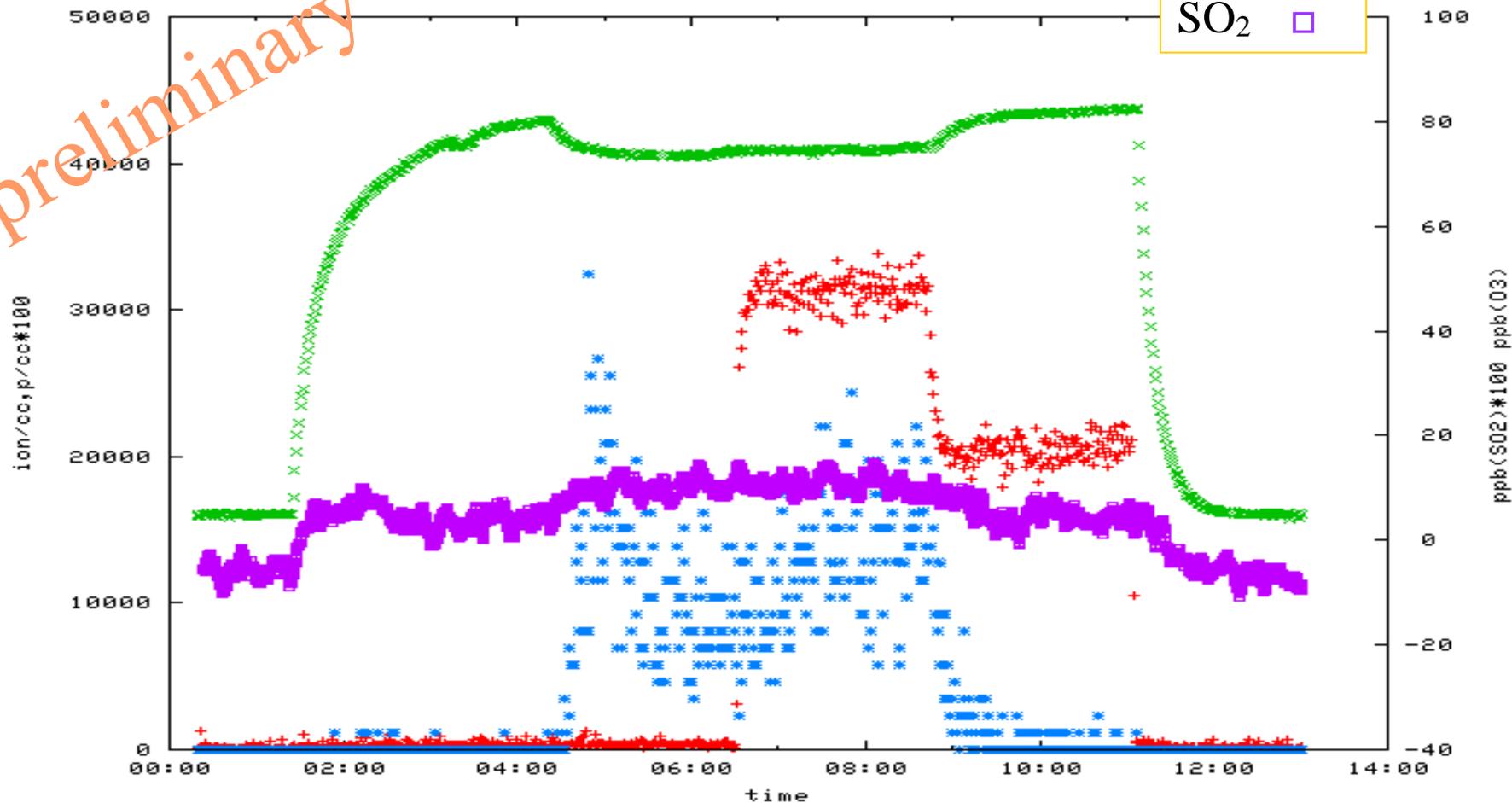


イオン検出器

湿度 (35%RH) + オゾン + SO₂



preliminary



UV分解ランプ ←————→

β線源 ←————→

まとめ

- ボーダーレスにいろいろやってみよう(お金をかけないで)
- Something strangeが見つかったらお金をかけよう