

LHC-ATLAS実験SCTシリコン 飛跡検出器のコミッショニング - II

岡本敦志

岡山大学大学院自然科学研究科

岡山大, 高工研^A, 筑波大^B, 京都教育大^C, 阪大^D

田中礼三郎, 中野逸夫, 池上陽一^A, 海野義信^A, 高力孝^A,
寺田進^A, 原和彦^B, 高嶋隆一^C, 花垣和則^D, 他アトラスSCTグループ

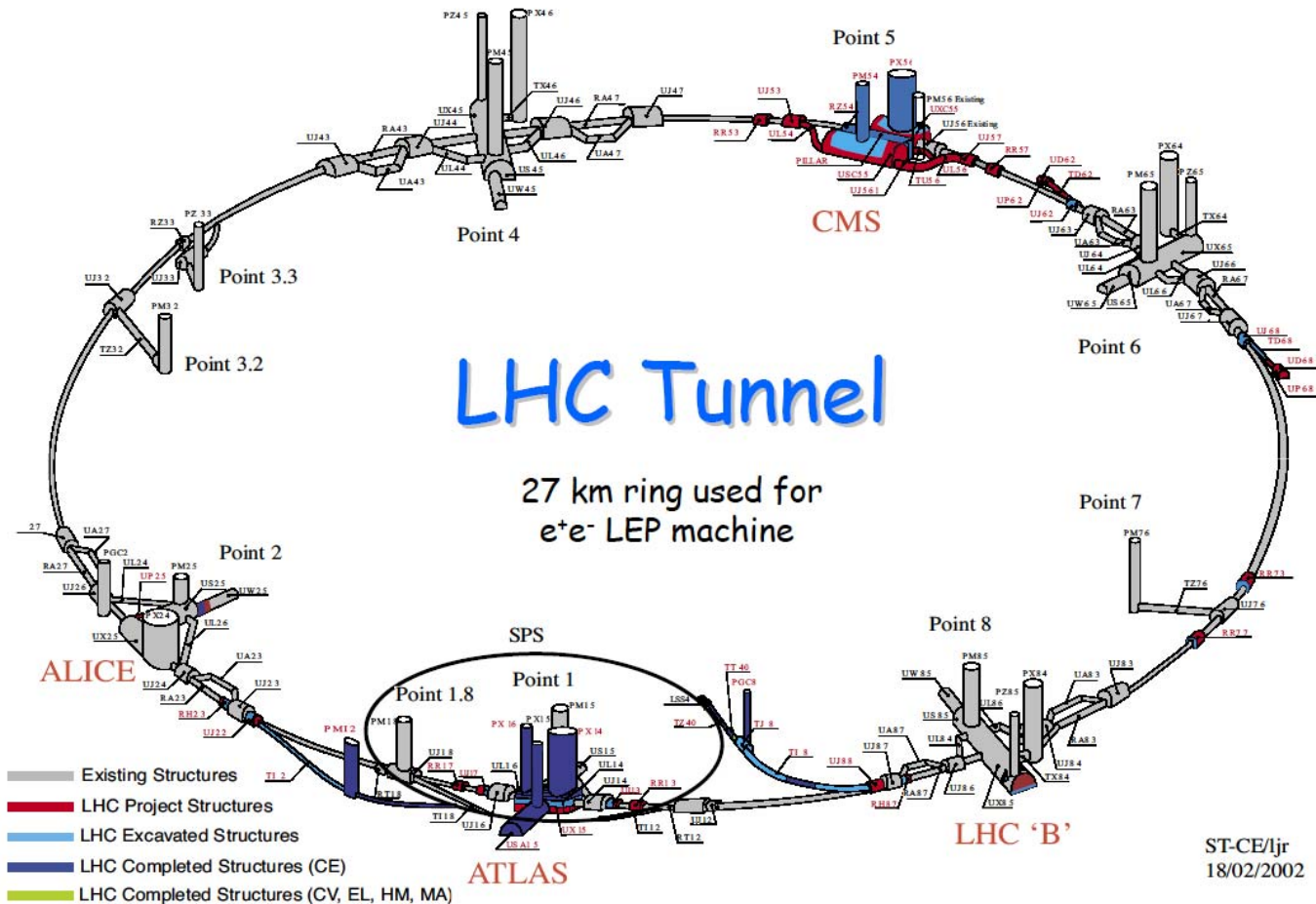
2008年9月23日

日本物理学会 山形大学

LHC-ATLAS実験SCTシリコン 飛跡検出器のコミッショニング-II

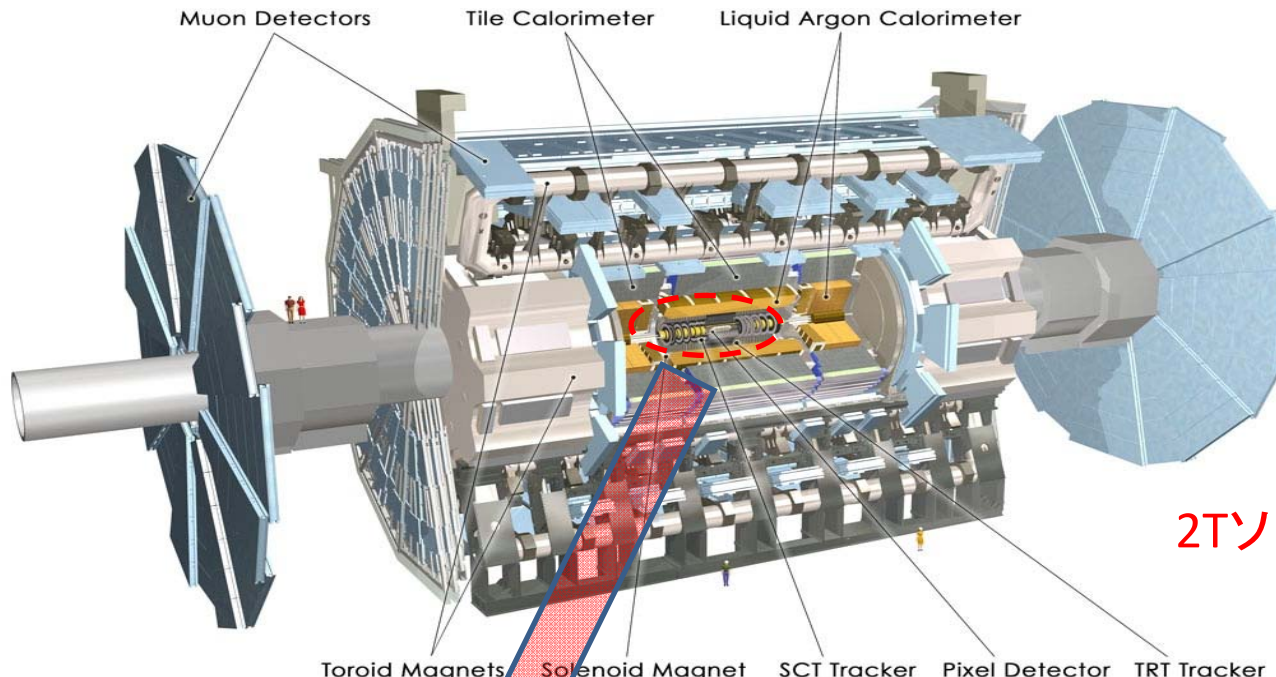
1. LHC実験
2. ATLAS検出器
3. SCT検出器
 - デジタイゼーション
 - クラスターサイズ
 - ホールアングル(ローレンツアングル)
4. 宇宙線データとシミュレーション
5. クラスターサイズの解析
6. まとめ

1. LHC(Large Hadron Collider)実験



- 重心系のエネルギーが14TeVの陽子・陽子衝突型加速器。
- 2008年9月10日にビーム入射が開始された。
- ヒッグス粒子、超対称性粒子、余剰次元の発見が主要な目的。

2. ATLAS検出器

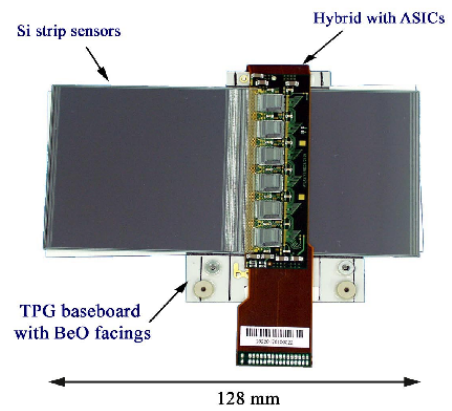
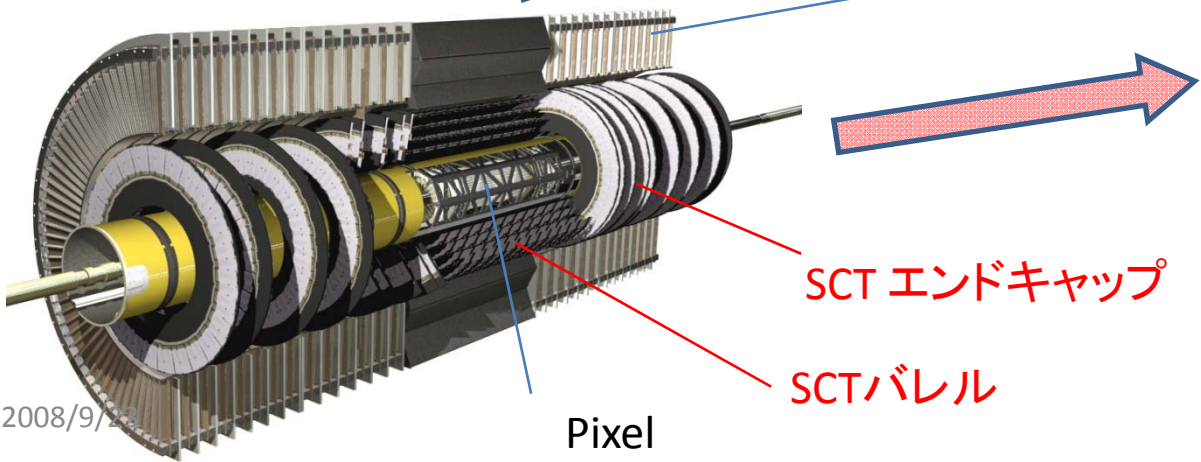


全長	43m
高さ	22m
質量	7000t

2Tソレノイド磁場

内部飛跡検出器

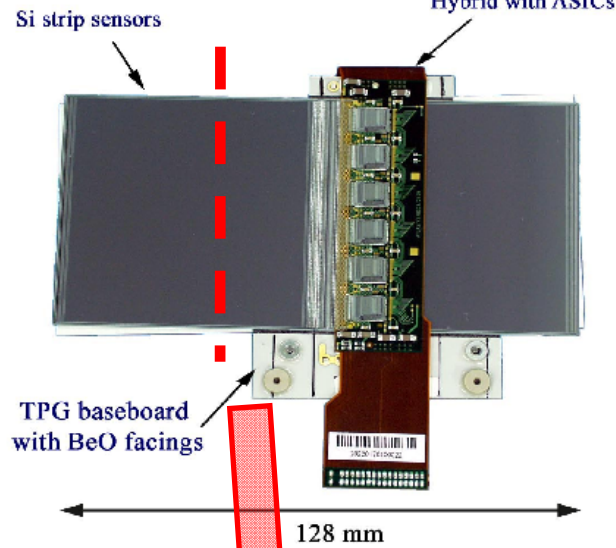
TRT



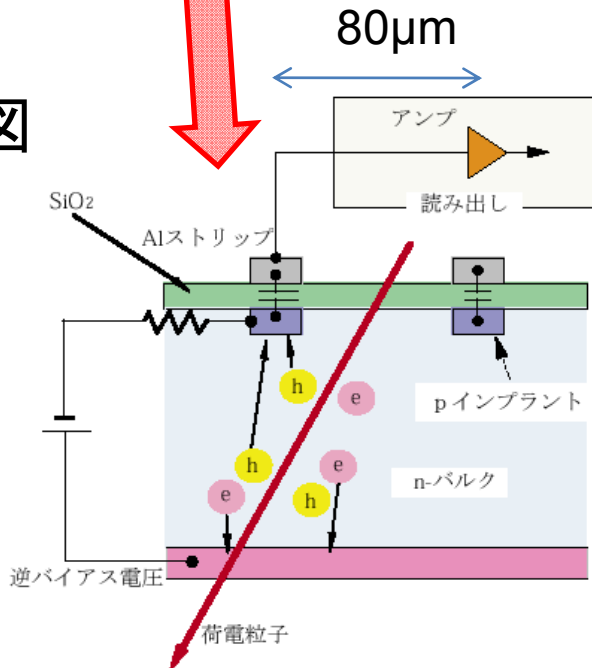
2112台のSCT
バレルモジュール

3. SCT飛跡検出器

SCTバレルモジュール



断面図

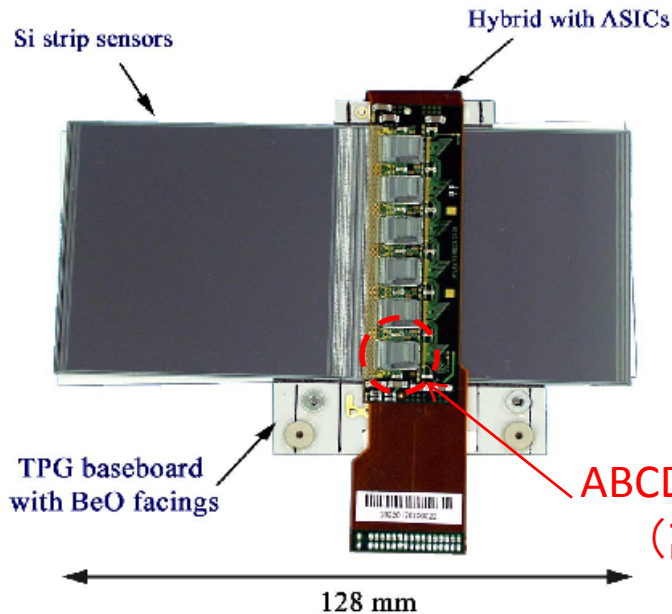


信号読み出しまでの流れ

1. 逆バイアス電圧 (150V) をシリコン半導体にかけることによって空乏層を作る。
2. 荷電粒子が通過した時に電子正孔対を作る ($80e-h/\mu\text{m}$)。
3. p型半導体 (Al電極) に電荷が収集され、信号が読みだされる。

荷電粒子(MIP)が通過したとき
 $80e-h$ 対/ μm \rightarrow $22800e$ (3.6fC)
 シリコンの厚さ $285\mu\text{m}$
 Threshold 1fC
 バイアス電圧 150Volts
 ストリップ間隔 $80\mu\text{m}$
 位置分解能 $d/\sqrt{12}=23\mu\text{m}$

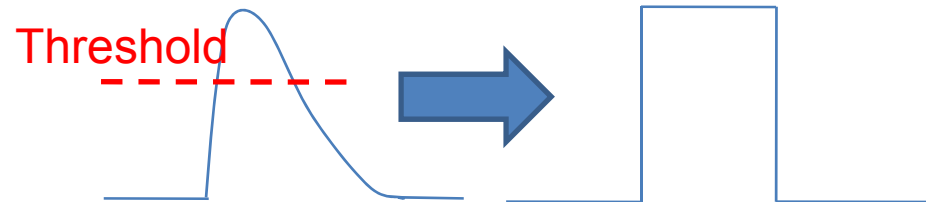
デジタイゼーション



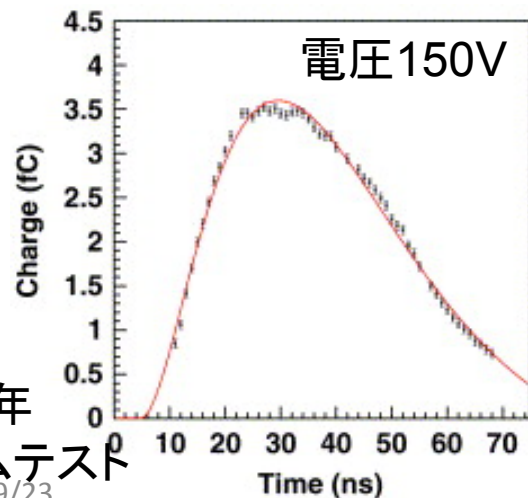
Threshold 1fC

アナログ

デジタル



（読み出し、アンプ→デジタル変換）



読み出される信号は0か1の情報
（Thresholdを超えるか超えないか）

アンプによってpeaking time
（立ち上がりからピークまでの時間）
が設定されている。 20~25ns

2000年
ビームテスト
2008/9/23

デジタイゼーション

シミュレーションの時に重要なパラメータ

•ABCD Peaking time	21ns
•隣のストリップへの電荷のロス	10%
•Back Planeへの電荷のロス	2%
•放射線損傷による電荷のロス	未導入
•ホールアングル	3~4 (degrees)



本研究の目的

これらのパラメータを**クラスターサイズ**で評価。
シミュレーションと実データで比較する。

クラスター: ビームが一度通過する際に複数のストリップが信号を出すこと。

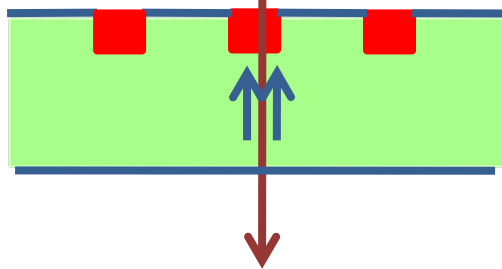
クラスターサイズ

クラスターサイズ: ストリップのヒットした数

磁場がないときの電荷収集

入射粒子

ストリップ

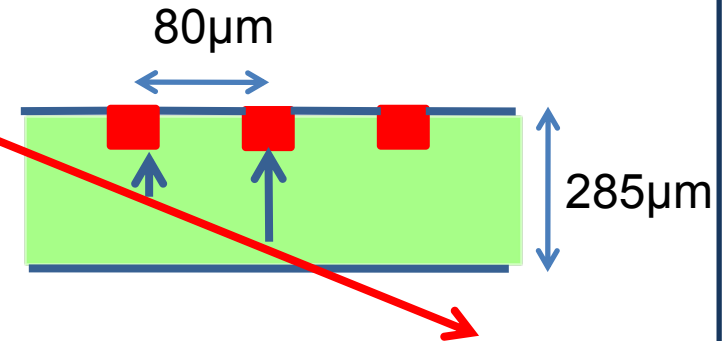


入射角 0° の時、
クラスターサイズ 最小 (1or2)

入射角 θ

↑電荷収集

角度をもって入射

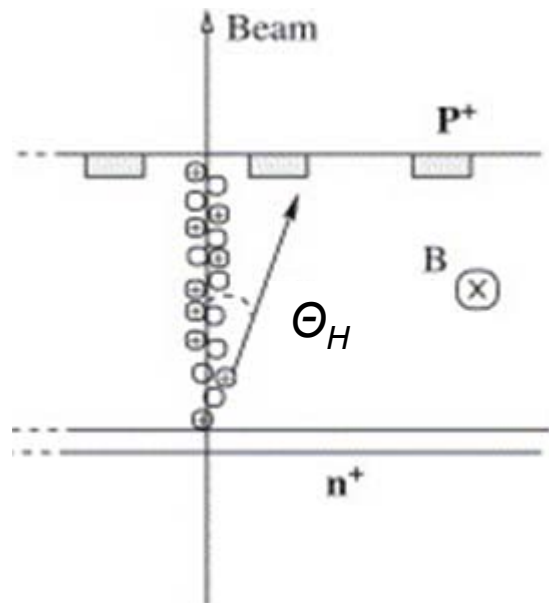


入射角が大きいとき
クラスターサイズ 大 (>2)

クラスターサイズは入射角に依存する。

ホールアングル

磁場があるときの電荷収集



ローレンツ力

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

B:磁場(2T)

E:電場

$$\tan \Theta_H = 10^{-4} \mu_H B$$

$$\vec{v} = \mu_H \vec{E}$$

\vec{v} : 物質中を移動するホールの速度

μ_H : Hall Mobility (cm²/Vs)

ホールアングル Θ_H

ホールアングルの効果によりクラスターサイズが最小になるときの入射角は0°からずれる

磁場があるときローレンツ力により電荷がある角度をもって収集される。

正確な飛跡を求めるためにはこれを補正する必要がある。

4. 宇宙線データとシミュレーション

宇宙線データ (M6)

- 2008年3月測定
- 宇宙線trigger (all triggers -scintillator, RPC,TGC & Tile+ HLT selecting events with TRT tracks pointing to SCT volume)
- Threshold 1.0fC
- 磁場なし

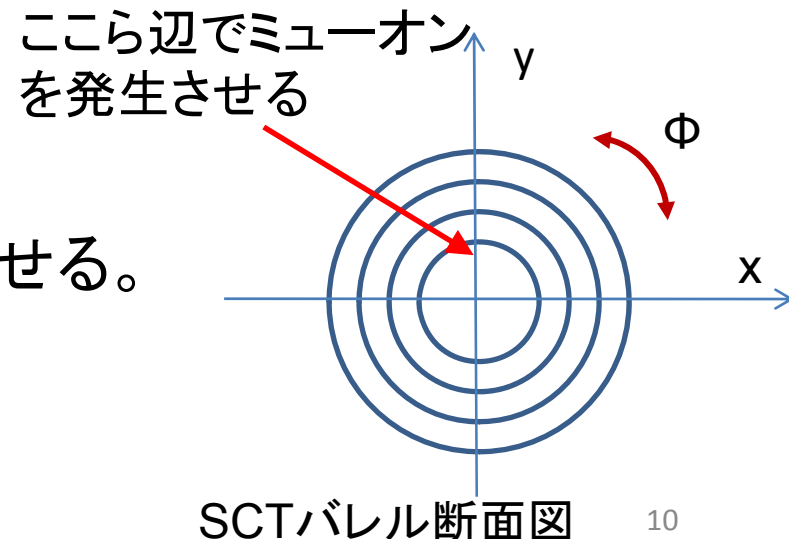
シミュレーション

磁場あり

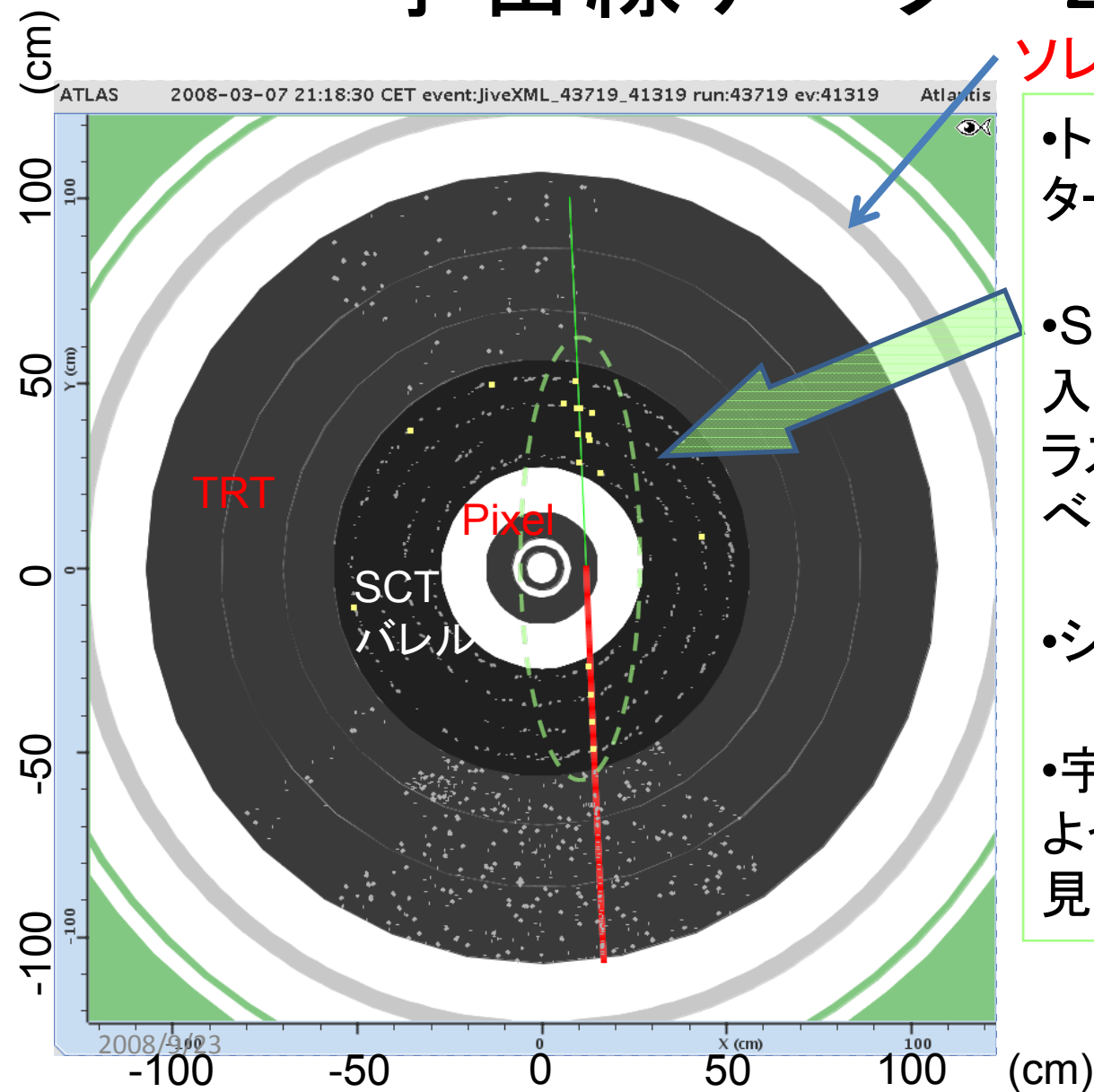
- $x=0, y=280(\text{mm})$ でミュオンを発生させる。
- Φ =一様

磁場なし

- 2008/9/23 宇宙線シミュレーション



宇宙線データ 2008.3

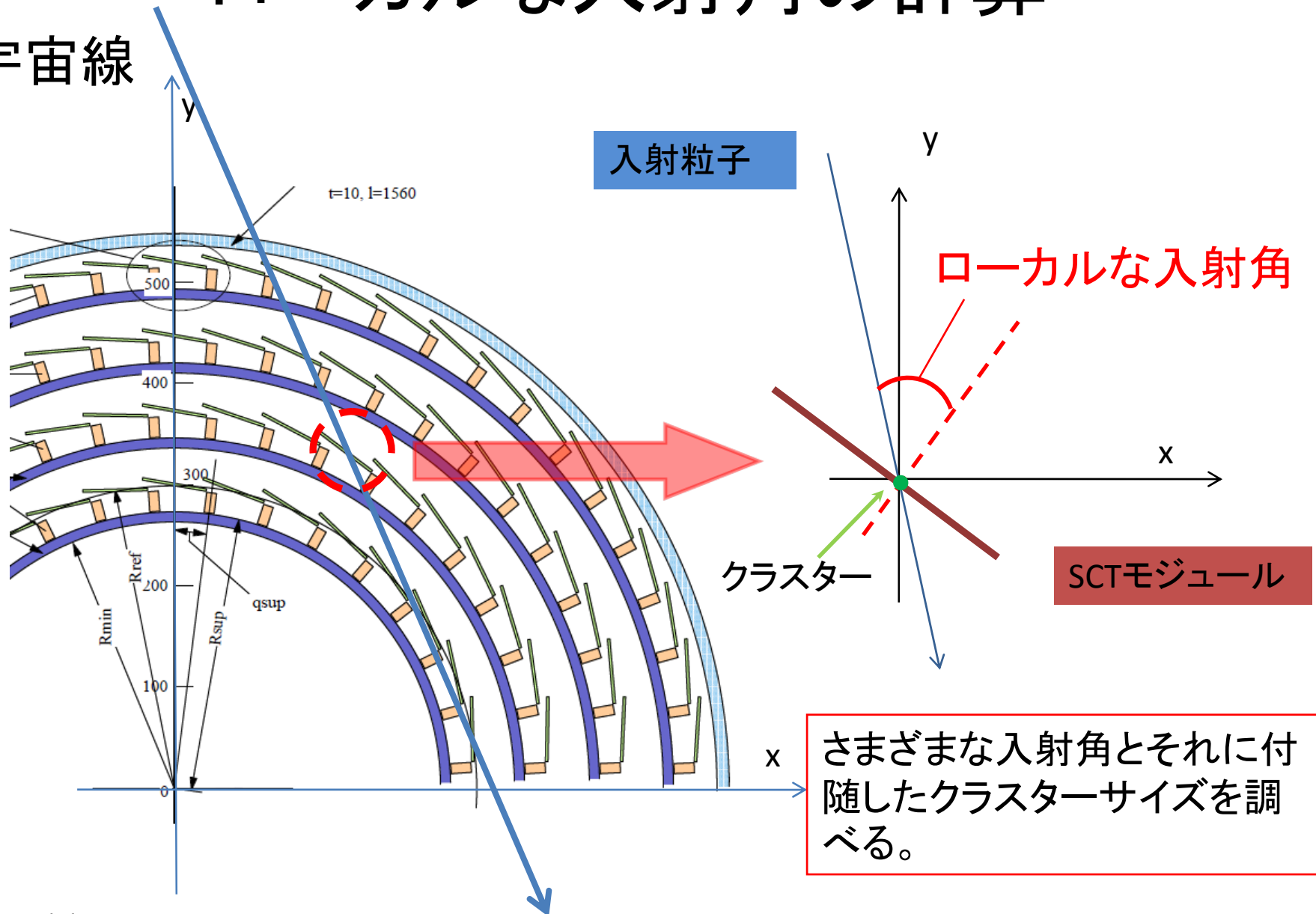


ソレノイド

- トラックに付随したクラスターサイズを調べる。
- SCTモジュールに対する入射角(ローカル座標)とクラスターサイズの関係性を調べた。
- シミュレーションと比較した。
- 宇宙線を解析することによってさまざまな入射角を見ることができる。

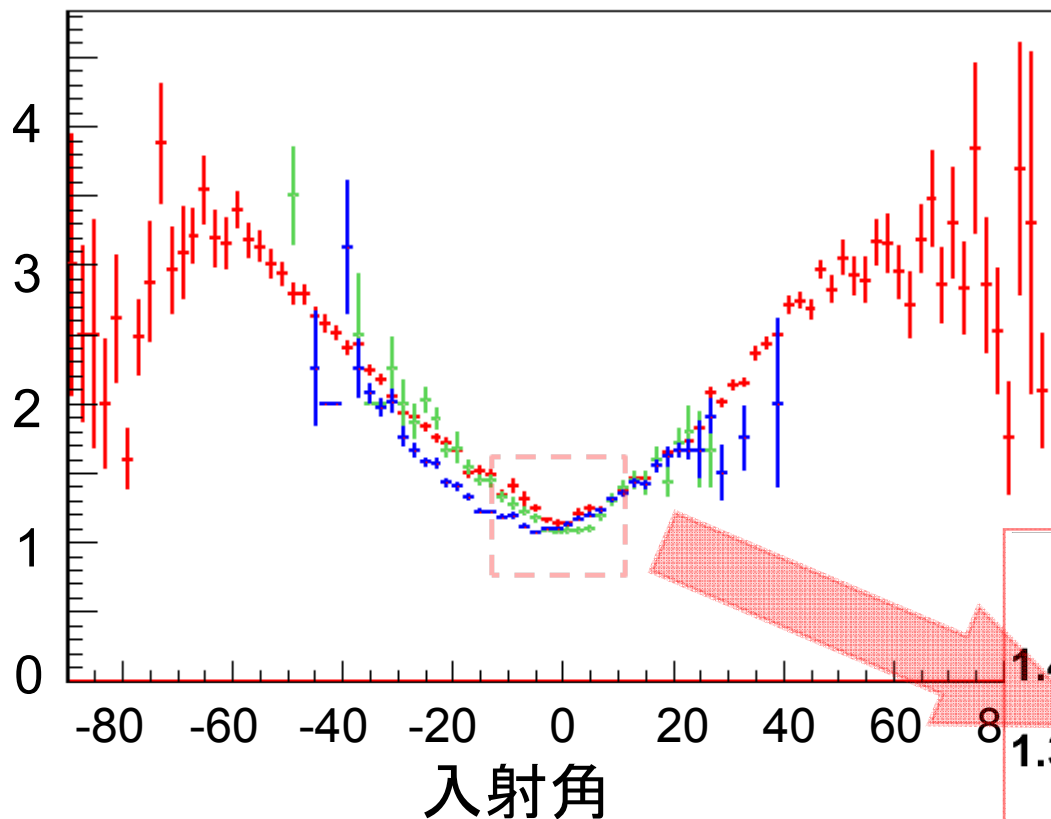
ローカルな入射角の計算

宇宙線



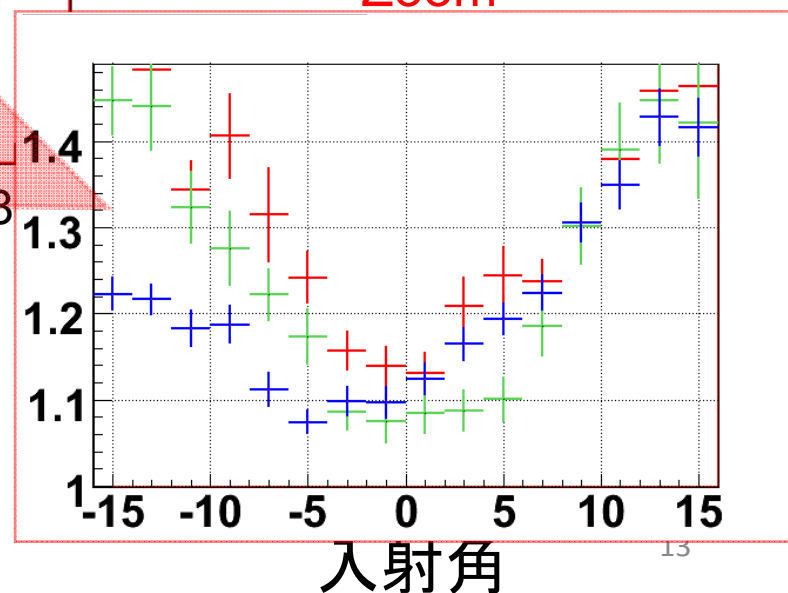
5. クラスターサイズの解析

クラスターサイズの平均



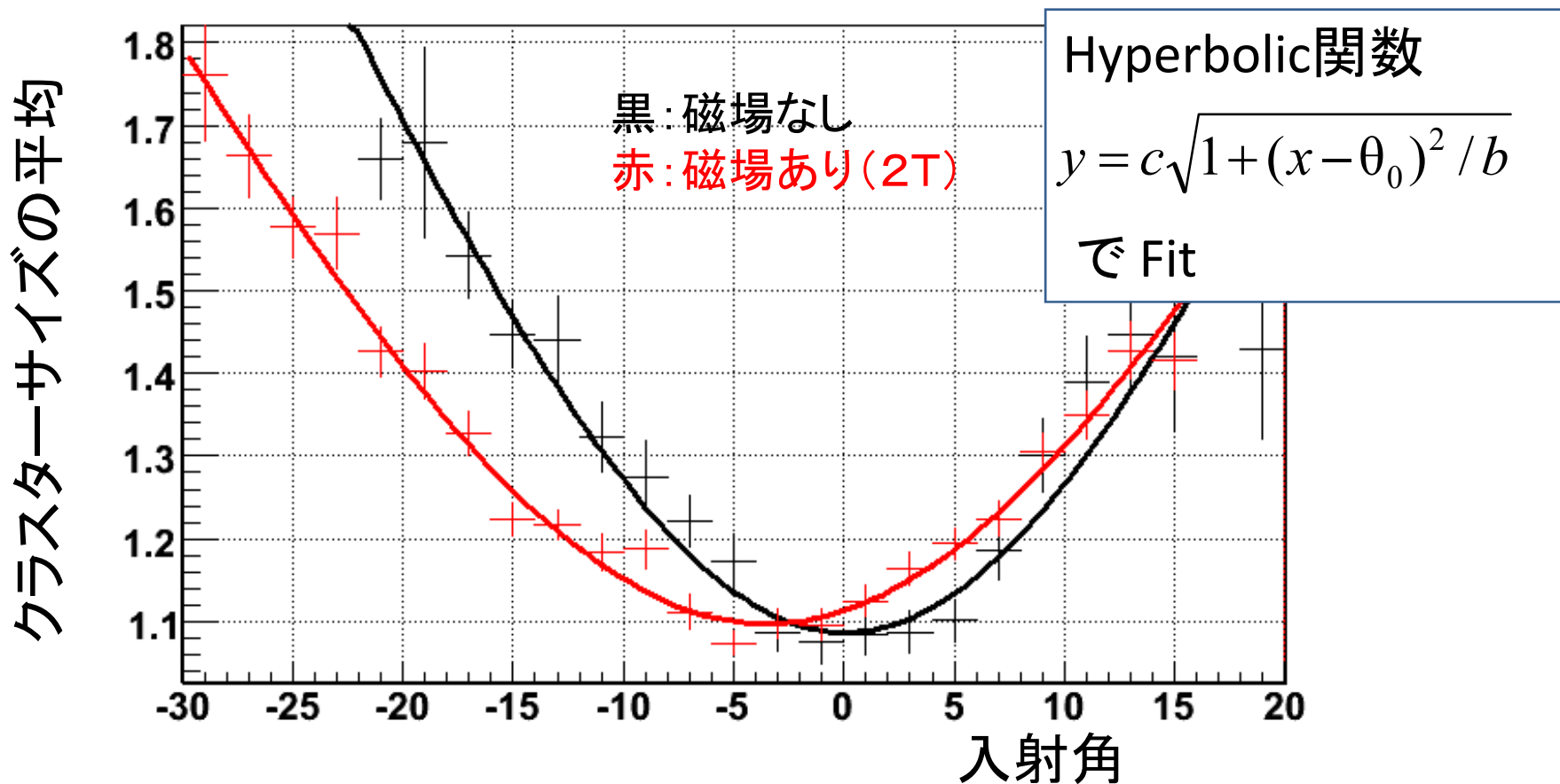
クラスターサイズが
最少のときの入射角
||
ホールアングル

Zoom



- 赤: 宇宙線データ(磁場なし)
- 青: シミュレーション(磁場あり)
- 緑: シミュレーション(磁場なし)

シミュレーションの結果



磁場あり

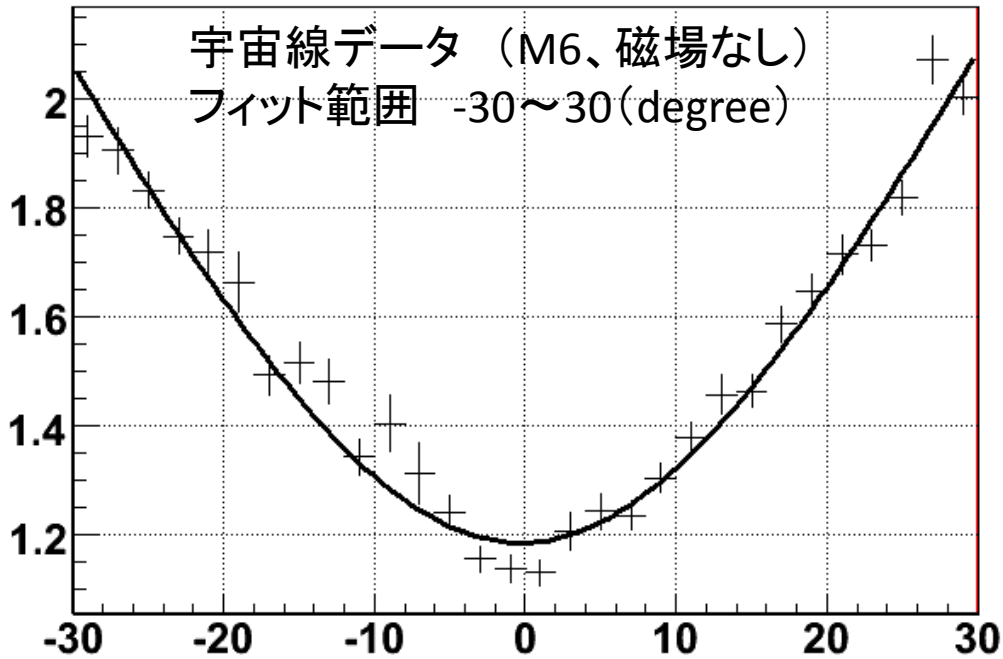
クラスターサイズの最小値 1.10 ± 0.01
ホールアングル -3.46 ± 0.22 (degree)
Fit範囲 $-30 \sim 20$ (degree)

磁場なし

クラスターサイズの最小値 1.09 ± 0.01
ホールアングル 0.08 ± 0.32 (degree)
Fit範囲 $-25 \sim 20$ (degree)

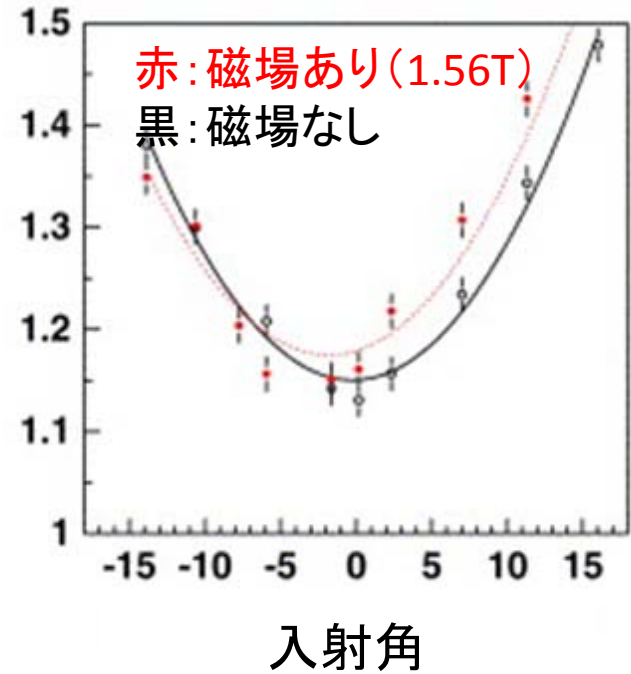
実データの結果

クラスタサイズの平均



入射角

クラスタサイズの平均



入射角

2000年に測定されたBeamTest

宇宙線(磁場なし)

クラスタサイズの最小値 = 1.18 ± 0.01
ホールアングル $0.27 \pm 0.19(\text{degree})$

Beam Test (磁場なし)

クラスタサイズの最小値 約 1.15
ホールアングル $0.4 \pm 0.2(\text{degree})$

5. まとめ

	シミュレーション		実データ (宇宙線データ)		実データ (2000 Beam Test)	
	磁場あり (2T)	磁場なし	磁場あり	磁場なし	磁場あり (1.56T)	磁場なし
クラスターサイズの 最小値	1.10 ±0.01	1.09 ±0.01	未解析	1.18 ±0.01	約1.17	約1.15
ホールアングル (degrees)	-3.46 ±0.22	0.08 ±0.32		0.27 ±0.19	-3.30 ±0.30	0.40 ±0.20

- クラスターサイズの最小値は約1.15。実データとシミュレーションの差は0.1以下である。
- 磁場なしではクラスターサイズが最小になるのは入射角0°、シミュレーション磁場あり(2T)ではホール角(Hall angle)は -3.46 ± 0.22 (degrees)になった。
- 磁場ありの宇宙線データを近々収集する予定。また、2008年に予定されている950GeVおよび10TeVでの衝突データを用いて解析する予定です。