

ニュートリノ振動実験OPERAの解析 —2009年度RUN CSの解析—

基本粒子(F)研究室

酒谷佳紀(M2)



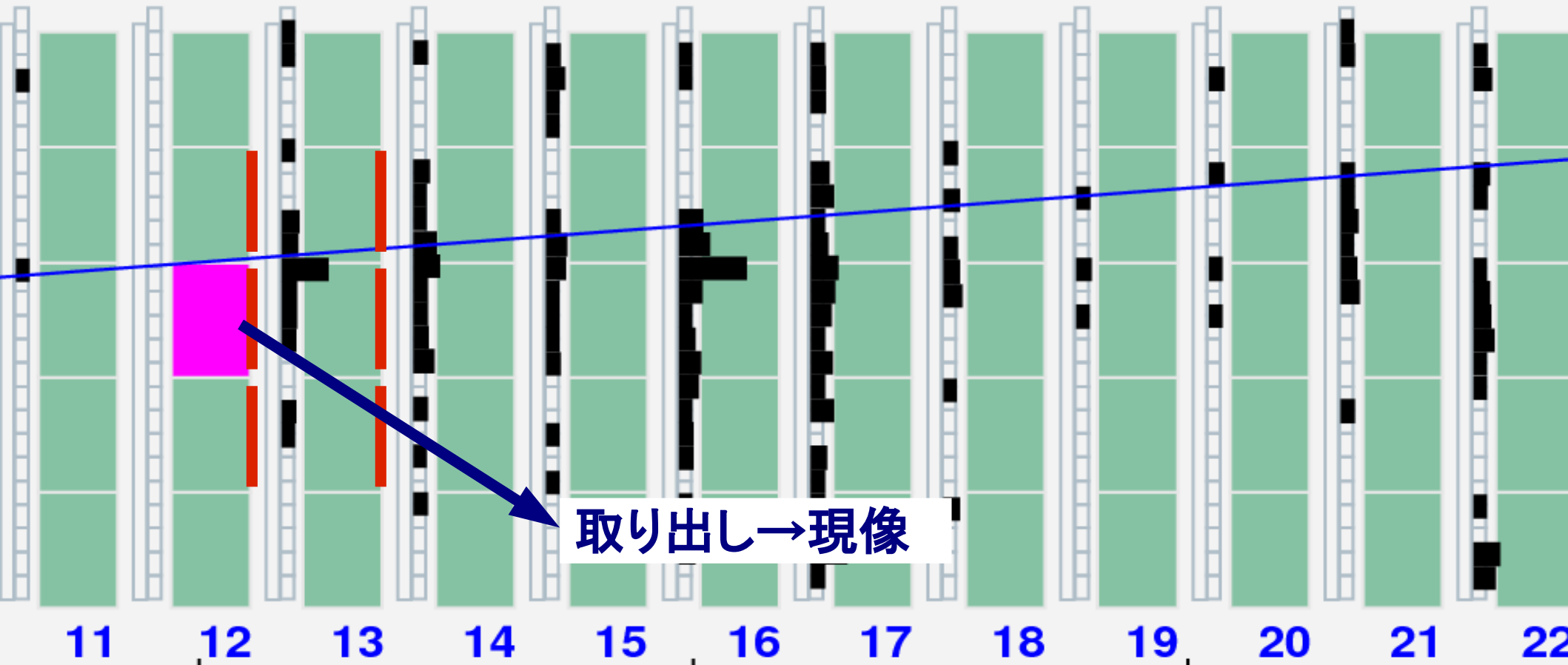
自分がOPERAの中でどのような役割を果たしてきたのか

The OPERA Detector @ Gran Sasso, Italy (1400m underground)



**15万個のECCのうち、どのECCでニュートリノ反応
が起こったのかを判断さえすれば良い。**



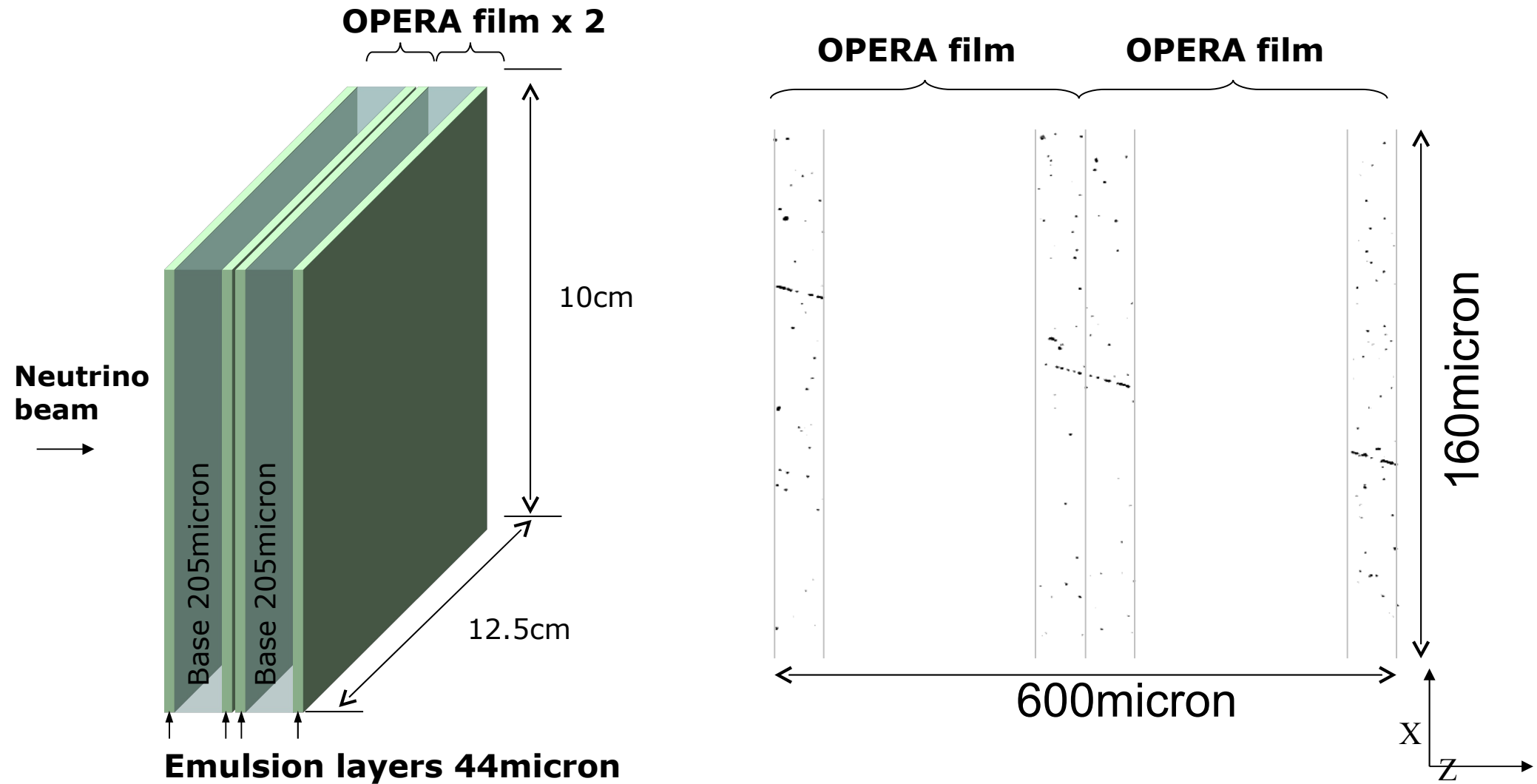


どこのECCでニュートリノ反応が起こったのか簡単には判断できない



ECCの直後にCS検出器を置き、CSでニュートリノ反応からの飛跡を検出する

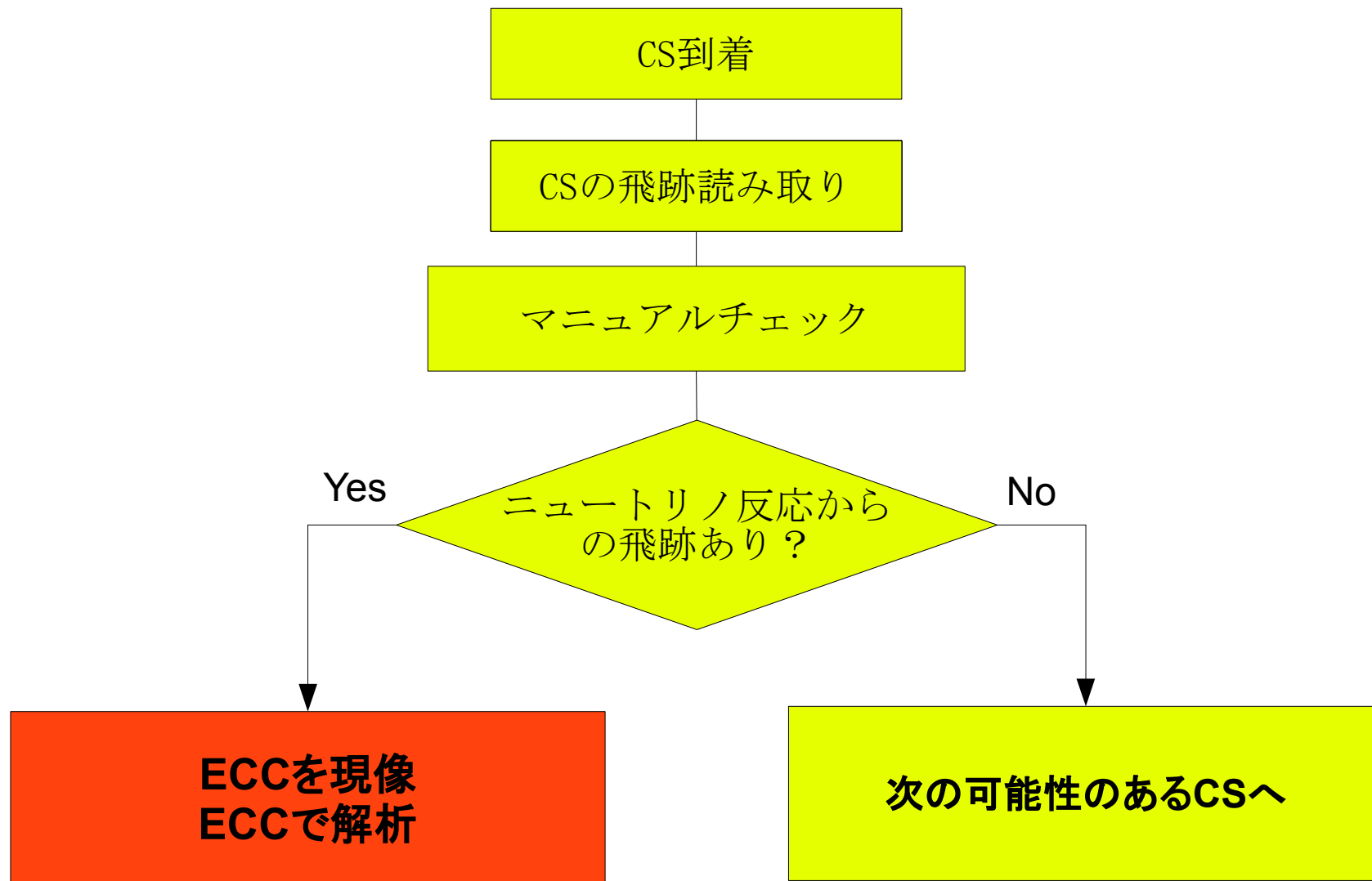
The Changeable Sheet (CS)





2008	4		F研に入る
	5		
	6		イタリアで最後のCS製造を任される
	7	RUN開始	帰国、ニュートリノイベントが日本に届く→解析開始
	8		
	9		
	10		解析のチーム編成→CSチームに
	11	RUN終了	マニュアルチェック三昧
	12		
2009	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6	RUN開始	
	7		
	8		
	9		CS解析を任される→09RUNを成立させるべく頑張る
	10		
	11	RUN終了	
	12		
2010	1		
	2		
	3		今に至る

CS解析～日々の仕事～



飛跡読み取り装置でCSを読み取る



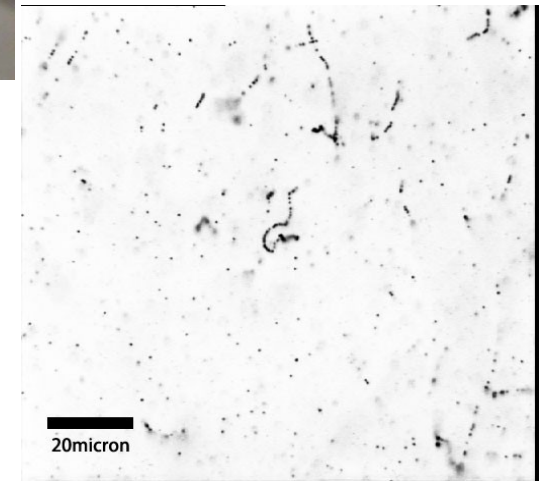
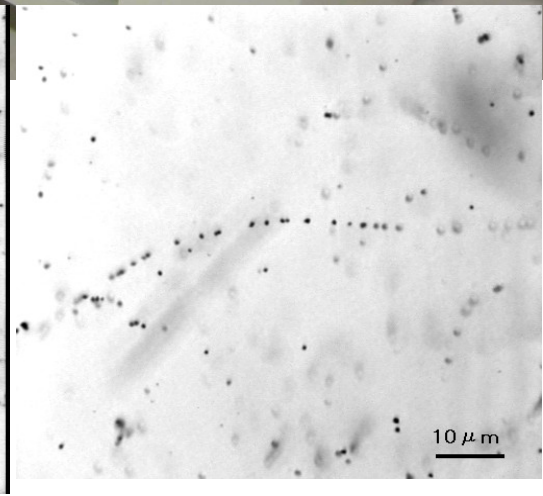
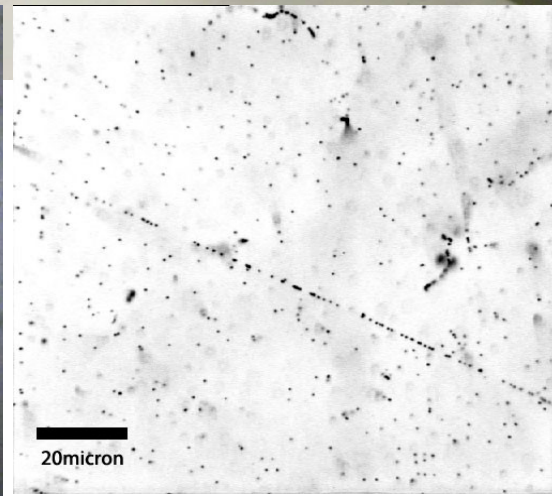
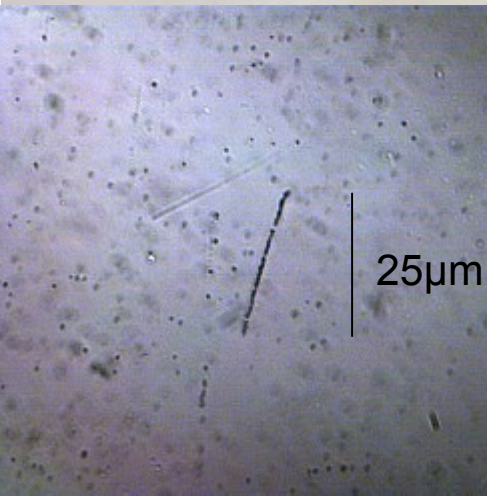
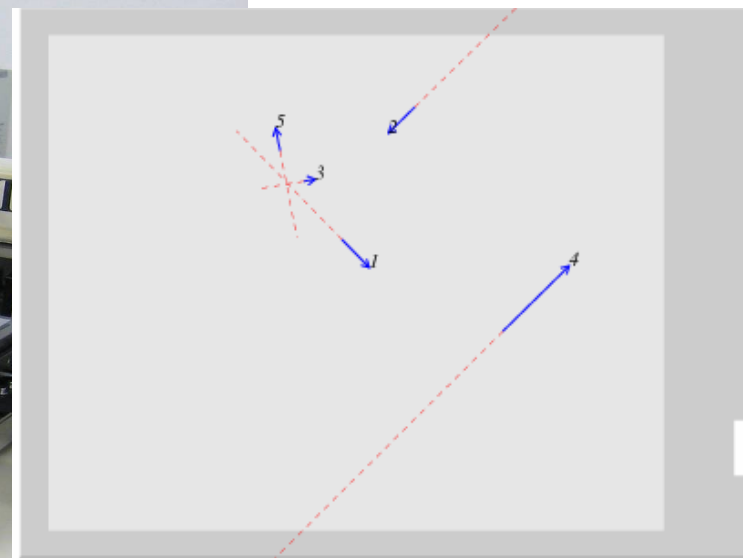
CS scanning shift

12月 22日 ~ 12月 28日

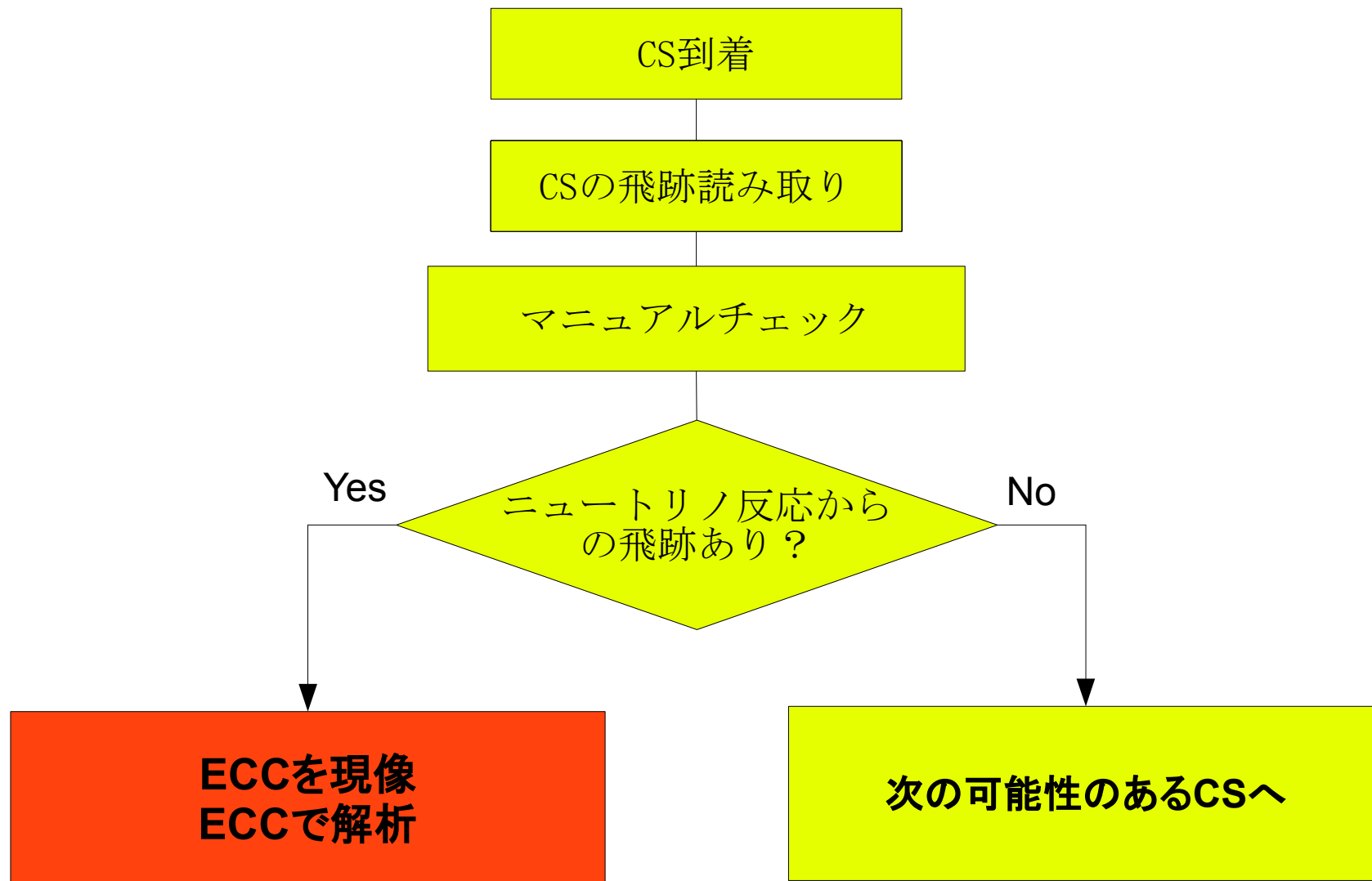
CS	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
9:00 – 16:00	Yoshida	Yoshida	Yoshida	Naka	Naka	Naka	Morishima
16:00 – 24:00	Umut	Umut	Umut	Kitagawa	Kitagawa	Kitagawa	Miyamoto/Yoshioka
24:00 – 9:00	Sato	Sato	Sato	Taira	Taira	Taira	Kubota
	Fukuda	Fukuda	Fukuda	Sakatani	Sakatani	Sakatani	Hamada

24hour : 8hour × 3shift

マニュアルチェックで本物の飛跡だけを選ぶ



CS解析～日々の仕事～

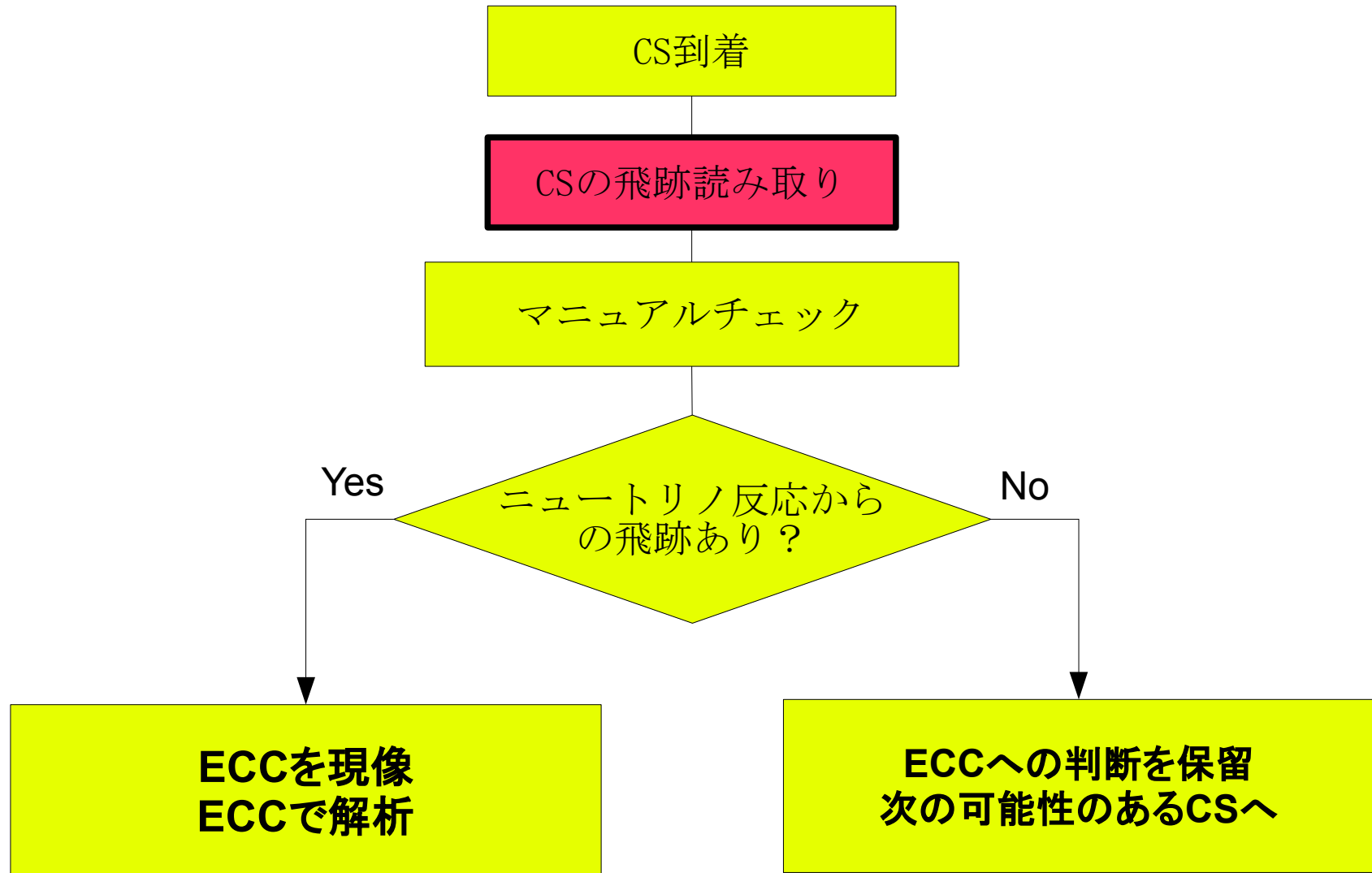


2009年9月

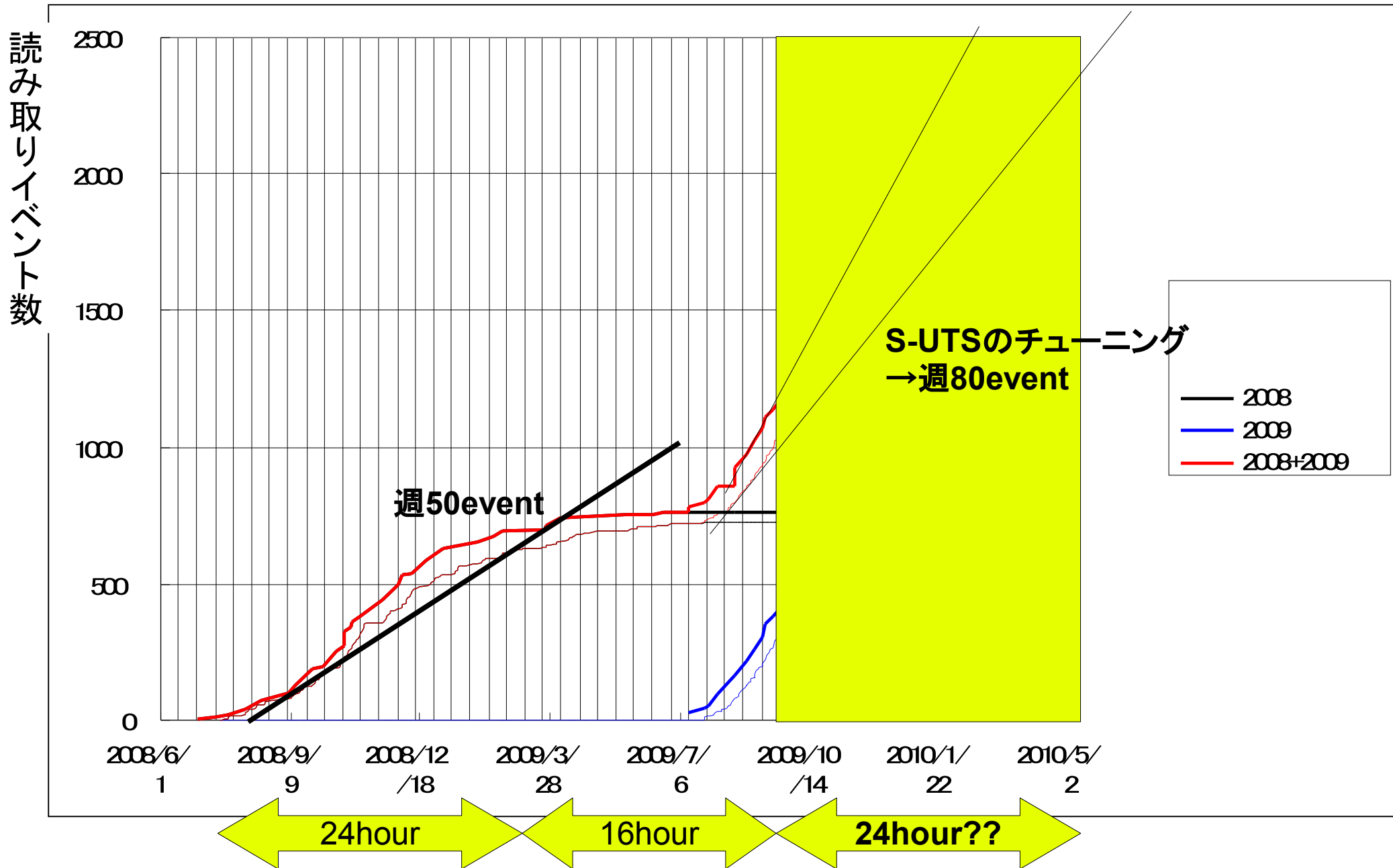
それまで4人で行ってきたCS解析を私を中心とした2人で行うことになった。

→09RUNを成立させるために現状の把握と改善を行った。

CS解析



OPERACS読み取り 2008年度RUN2009年度RUN

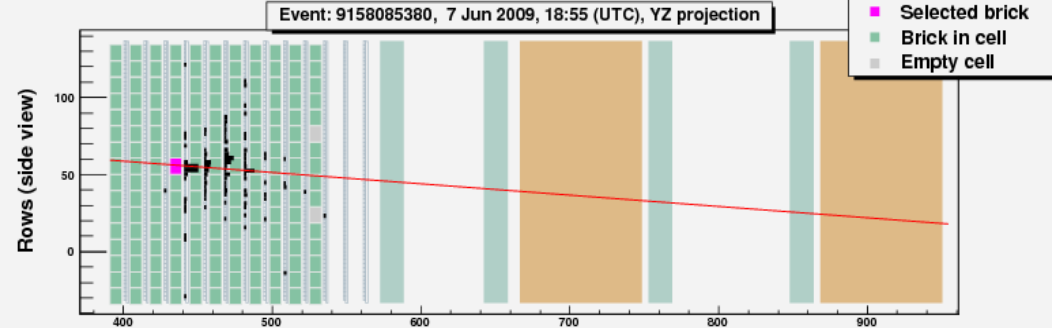
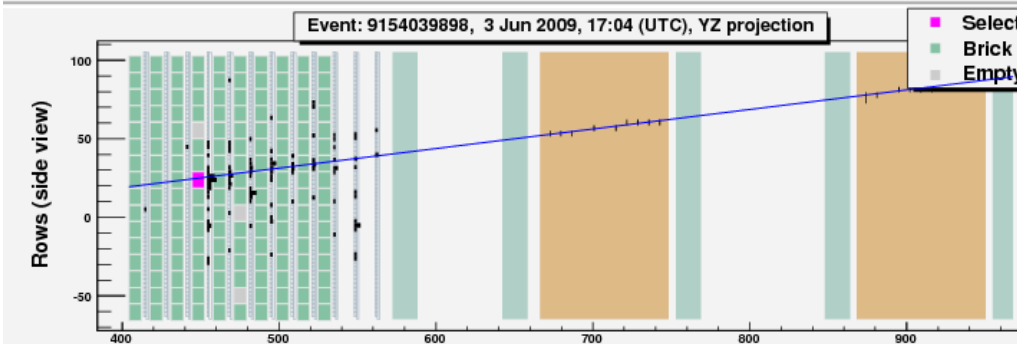
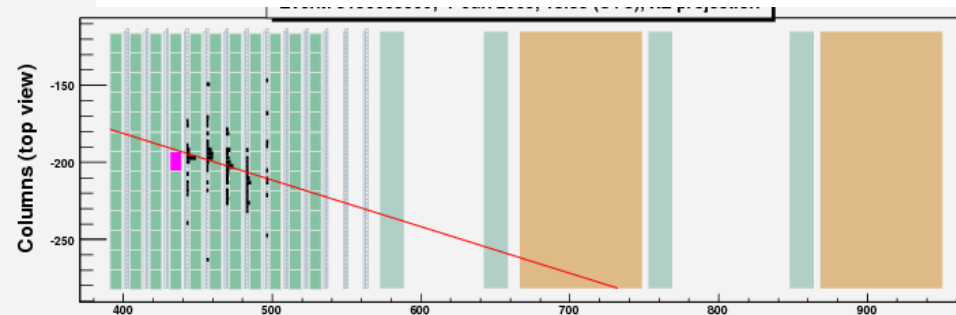
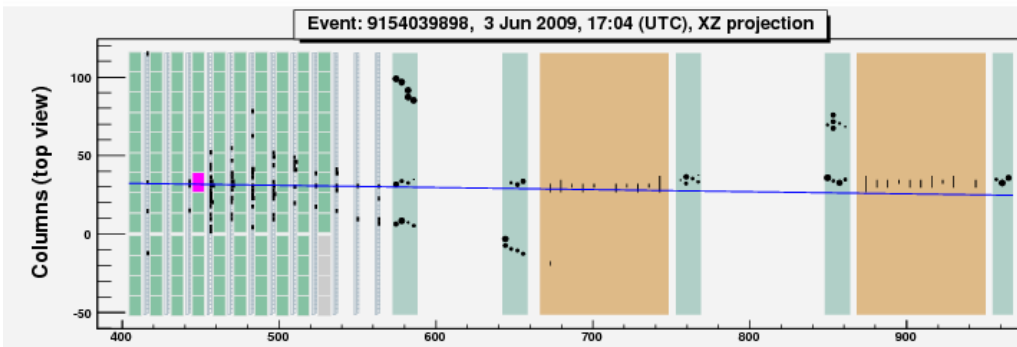


読み取り数の向上

→イベントに対する読み取り面積の最適化

CC反応における面積の最適化

- ニュートリノ反応のうちの7割を占めるCC反応に着目
- CC反応ではミュオンがリコンストラクションされる。
- ミュオンに着目し、ミュオンに絞った面積の設定を行う。



CC反応

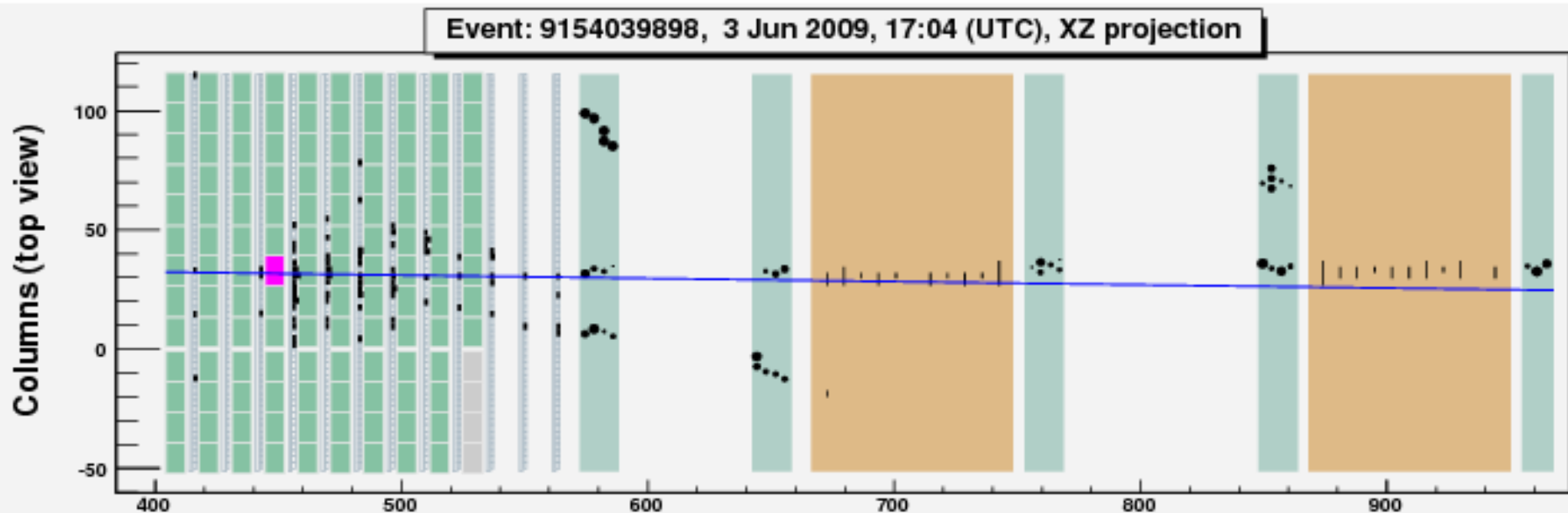
NC反応

CC反応の分類

ニュートリノCC反応を1反応ごとに目で確認し、

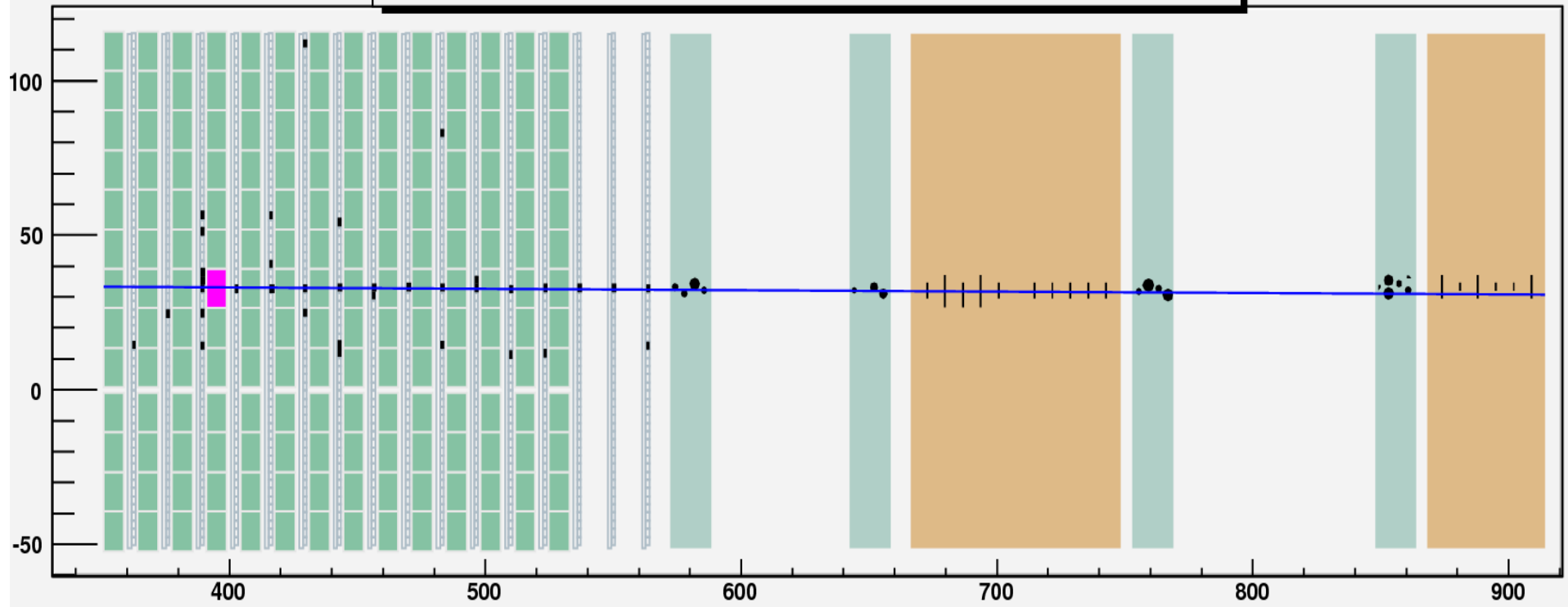
- ミューオンスペクトロメーターの情報から運動量を10GeV未満と10GeV以上の、2段階に分ける。
- シンチレーターの情報からヒットの激しさを大・中・小と、3段階に分ける。

予測場所と実際に見つかった場所との差を確かめた。



list

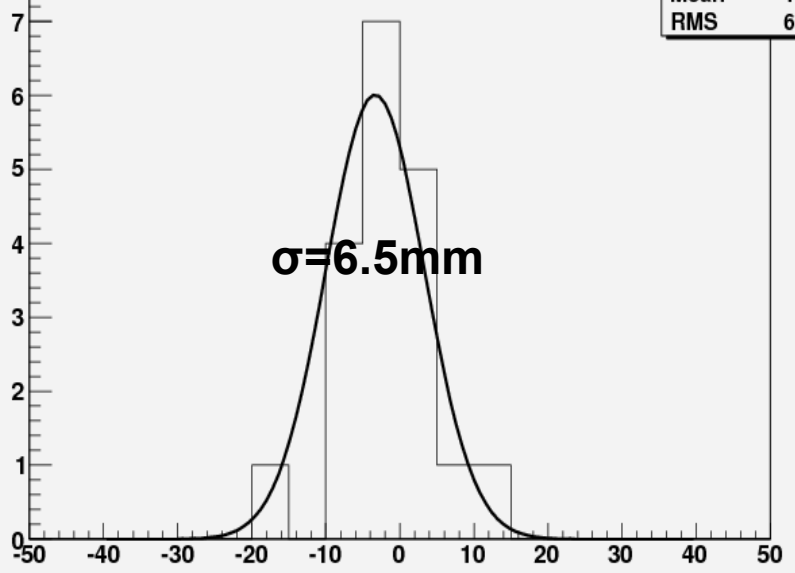
Event: 9252015386, 9 Sep 2009, 00:58 (UTC), XZ projection



pred

~10GeV

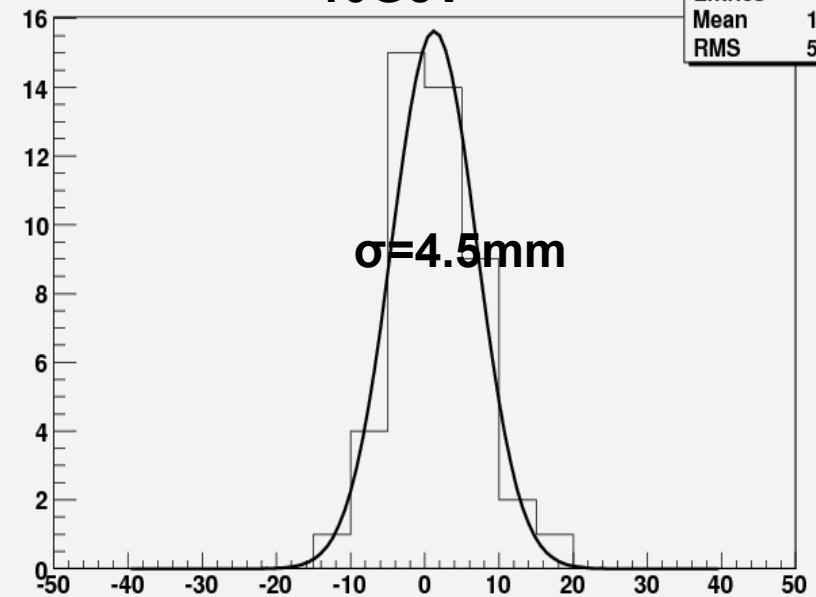
n	
Entries	19
Mean	-1.716
RMS	6.422



pred

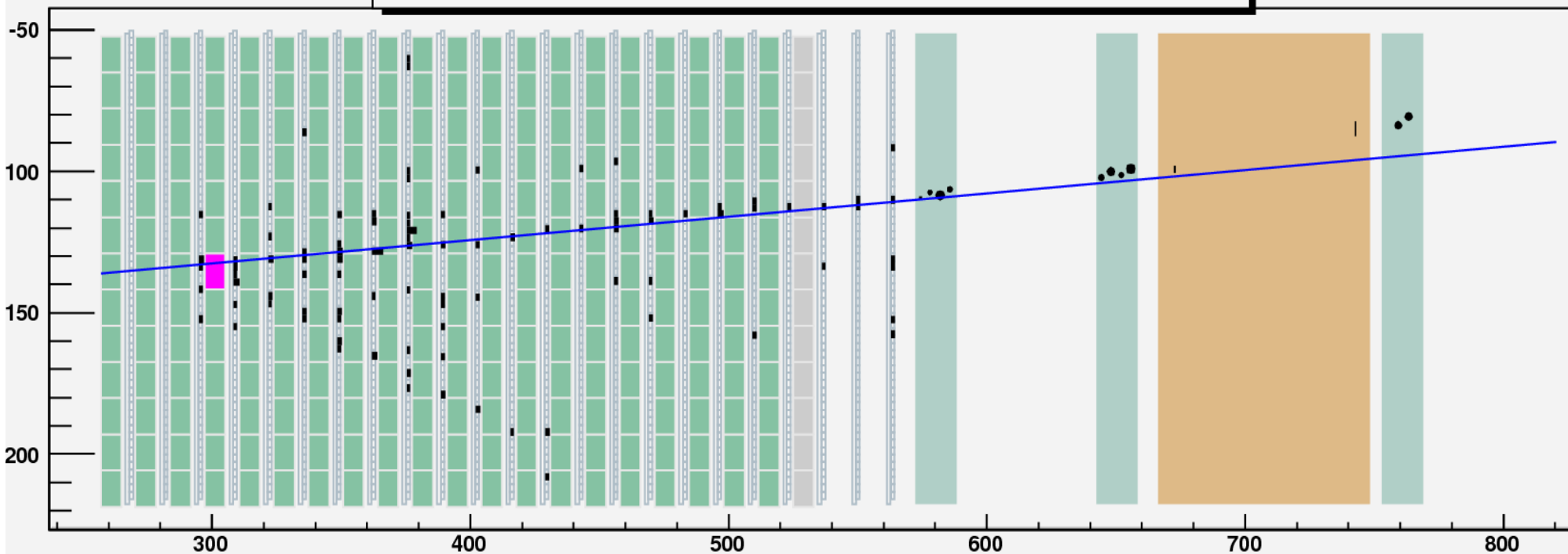
10GeV~

h2	
Entries	46
Mean	1.165
RMS	5.962

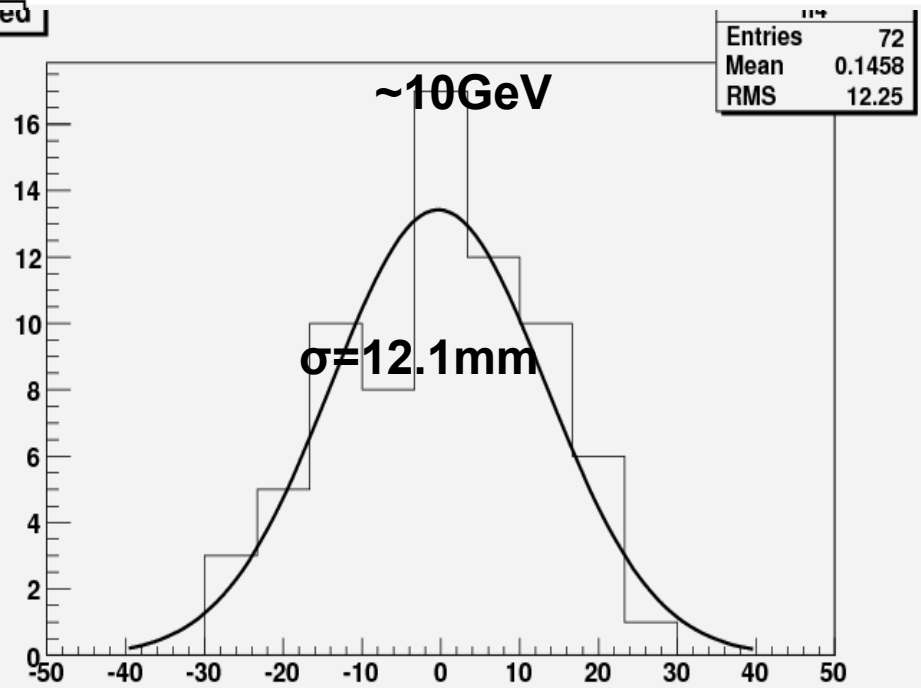


list

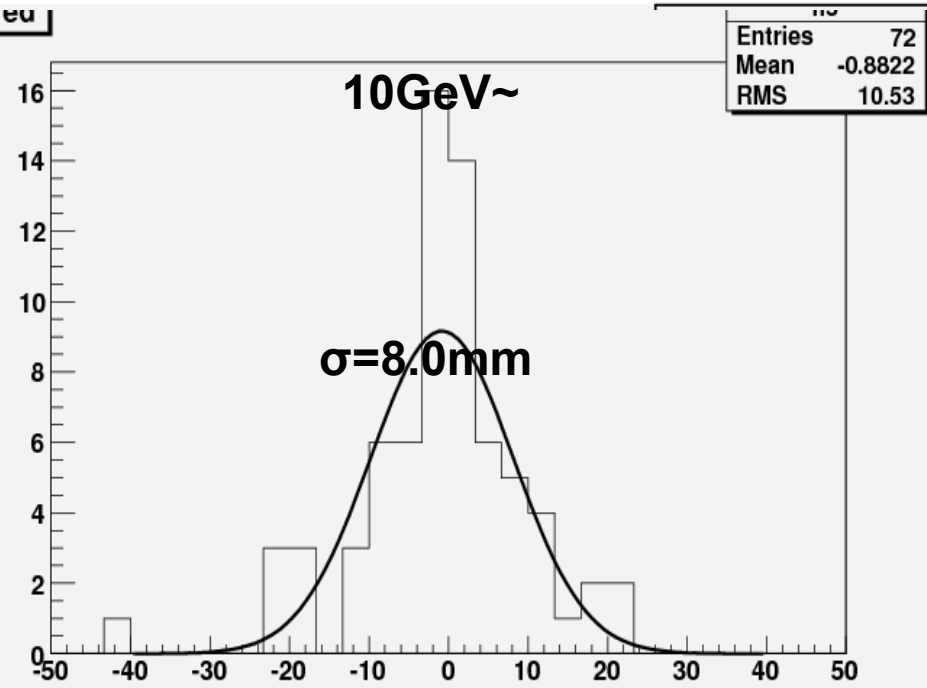
Event: 9302034950, 29 Oct 2009, 05:33 (UTC), XZ projection



pred

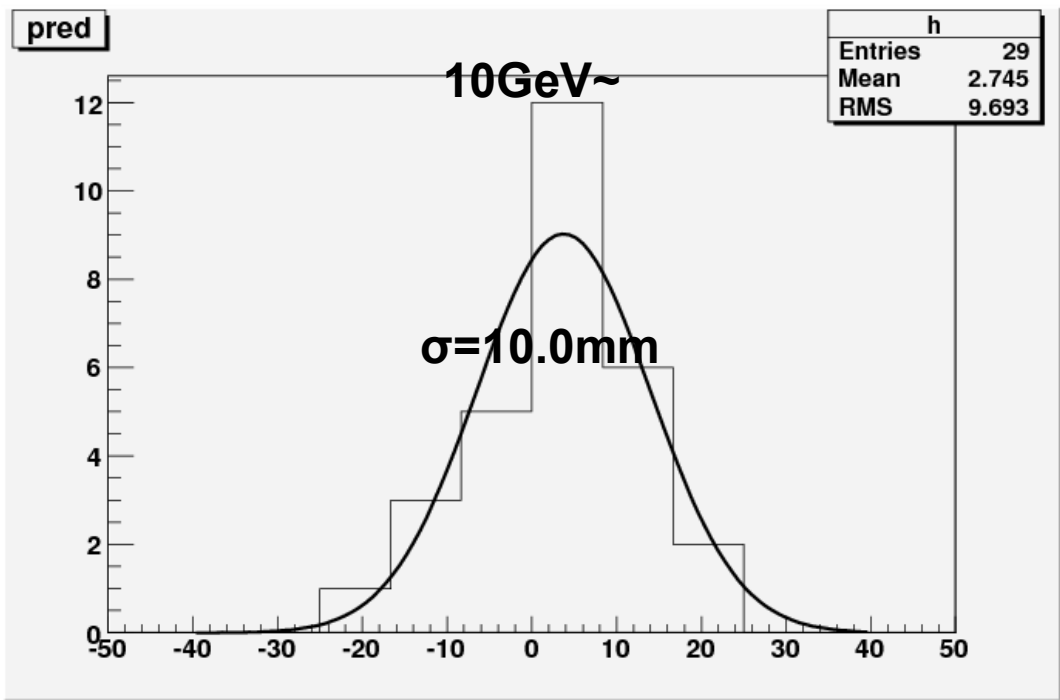
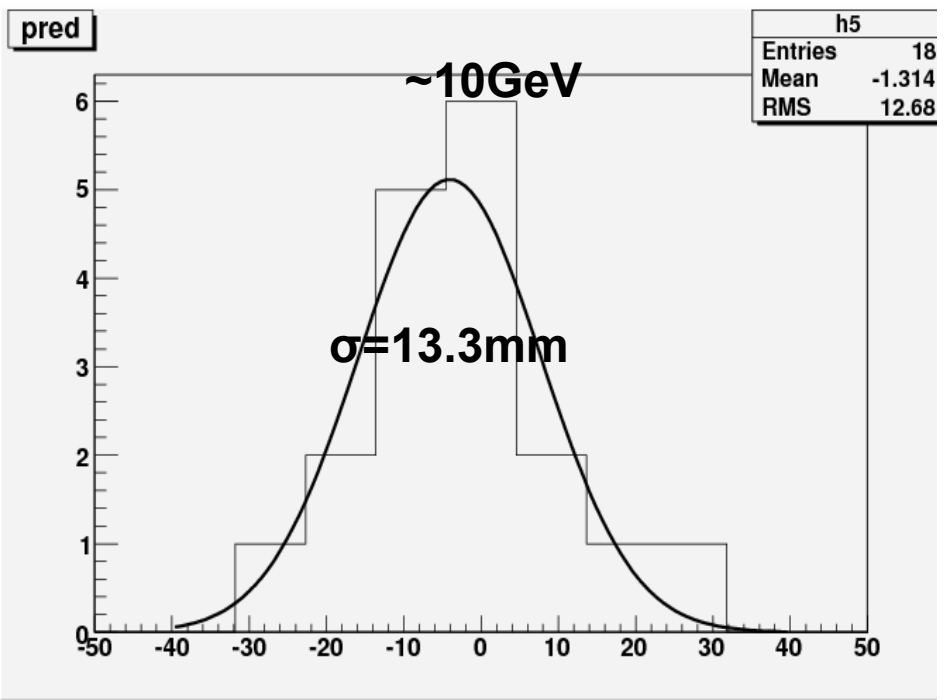
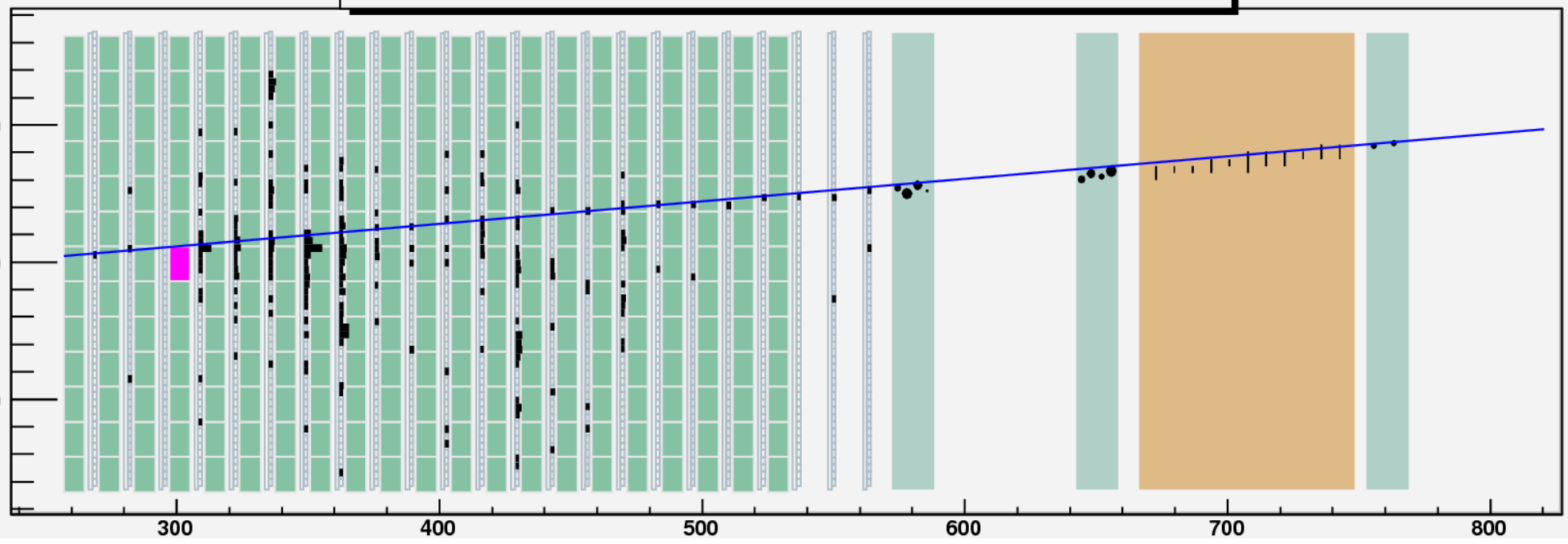


pred

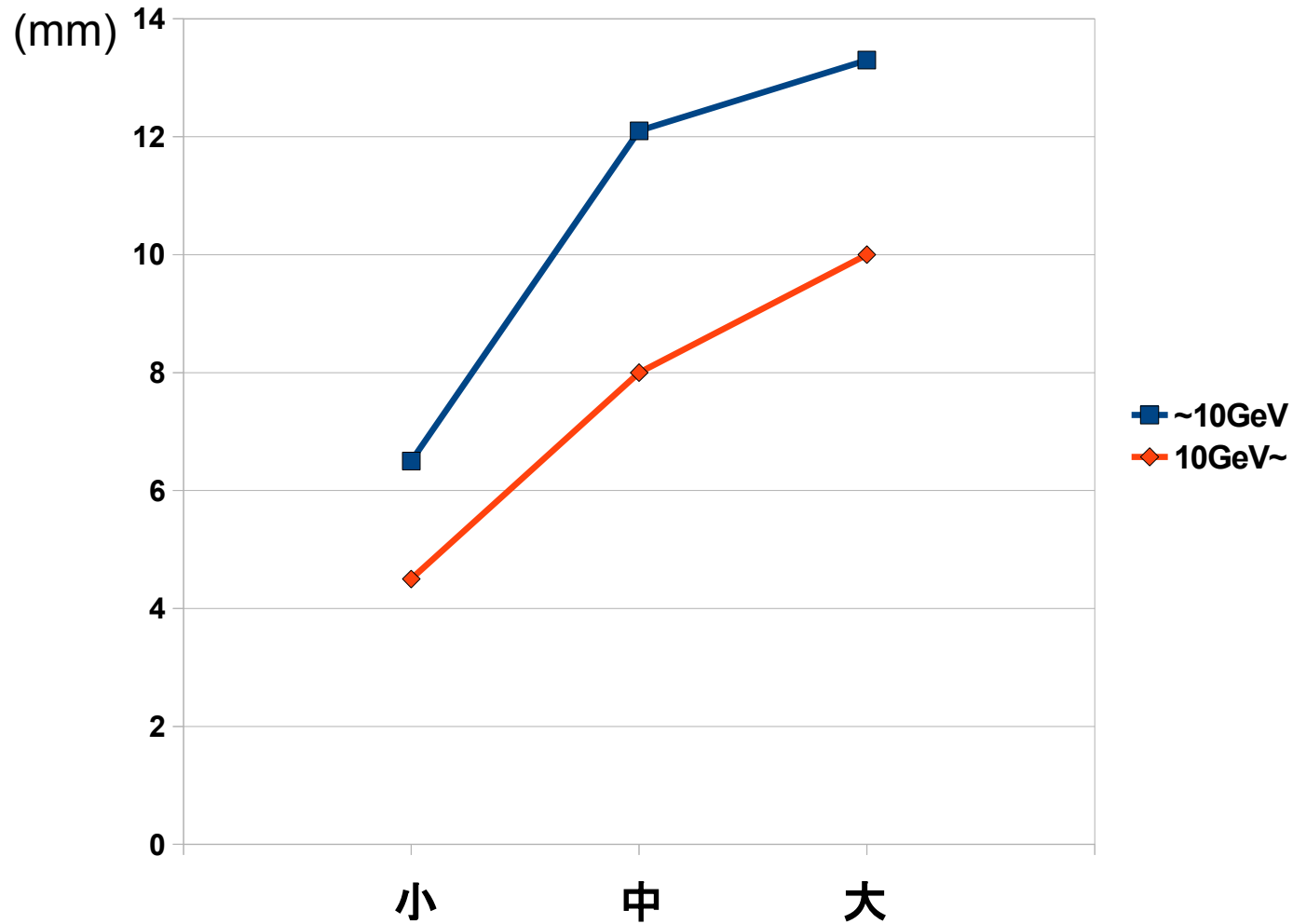


list

Event: 9214032894, 2 Aug 2009, 04:41 (UTC), XZ projection



各パターンごとの予測位置と観測位置のずれ(1 σ)



	Before (cm ²)	After (cm ²)	Reduction
All	60.1	37.1	38%
CC	53.0	25.1	53%
NC	81.6	70.8	13%

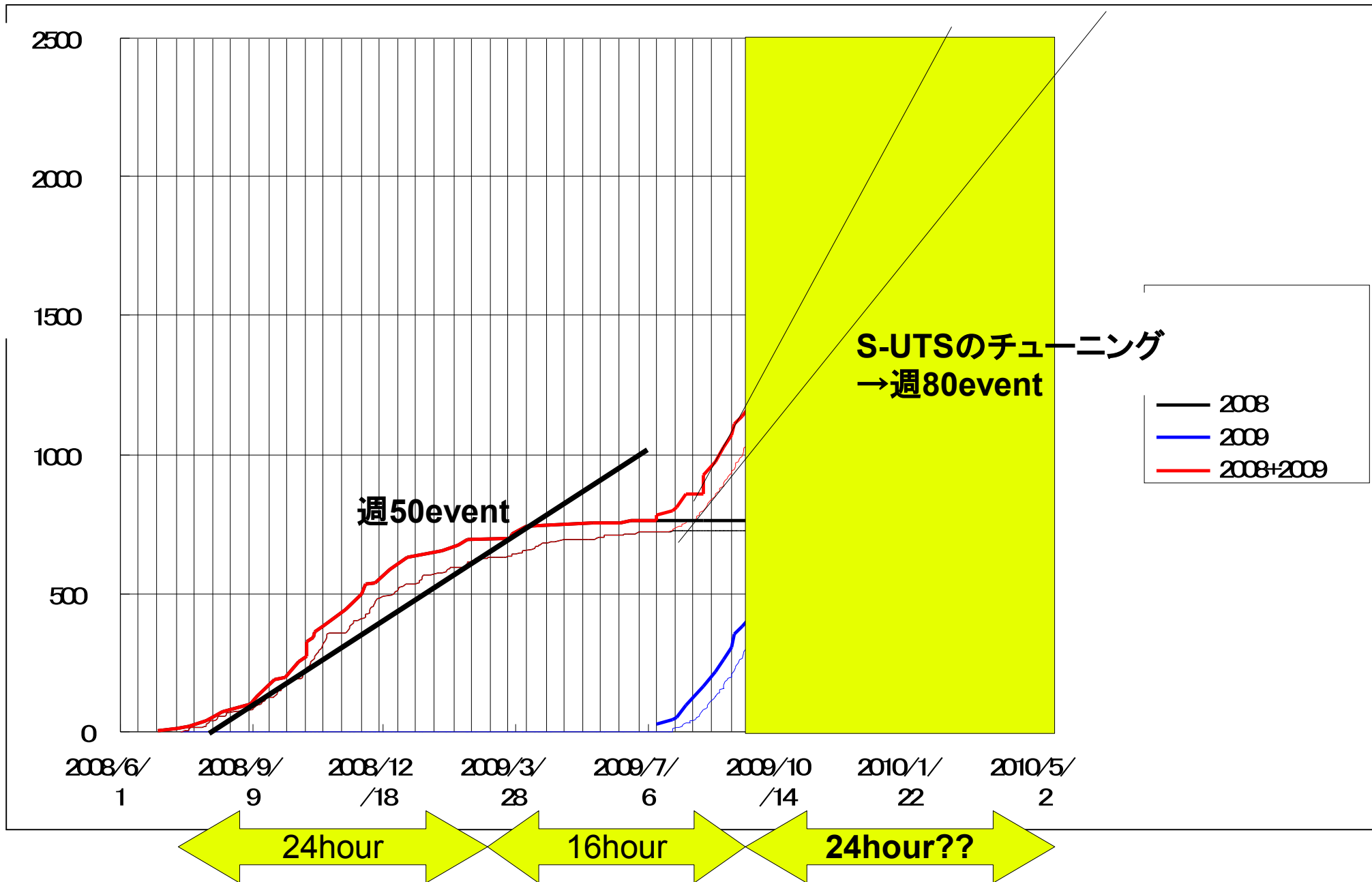
解析精度 (解析数に対するECC同定の数)

2008: 67% 2009: 70%

- **解析精度を落とさずに1.6倍の速さで運用**

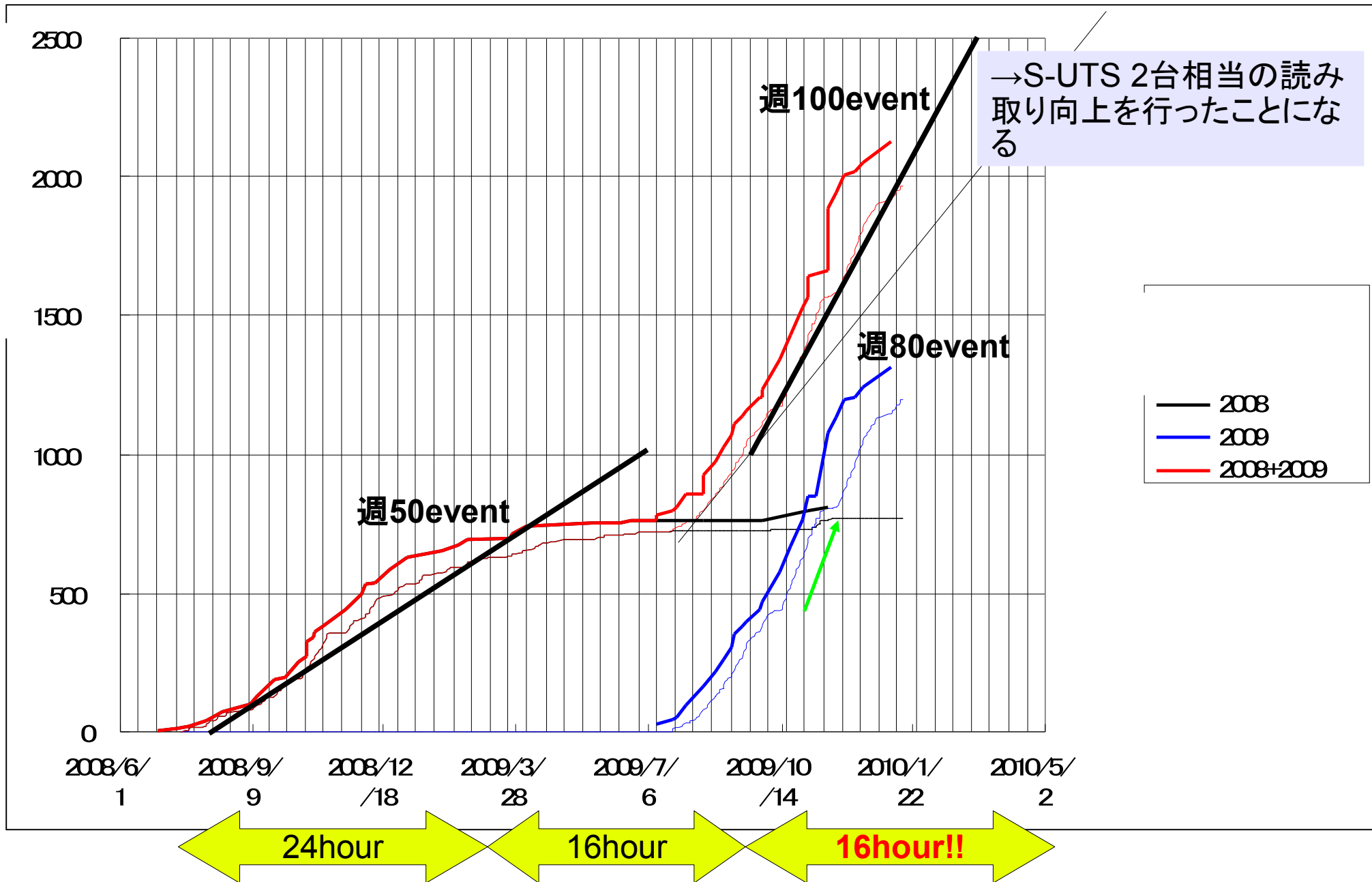
OPERACS読み取り 2008年度RUN2009年度RUN

読み取りイベント数



OPERACS読み取り 2008年度RUN2009年度RUN

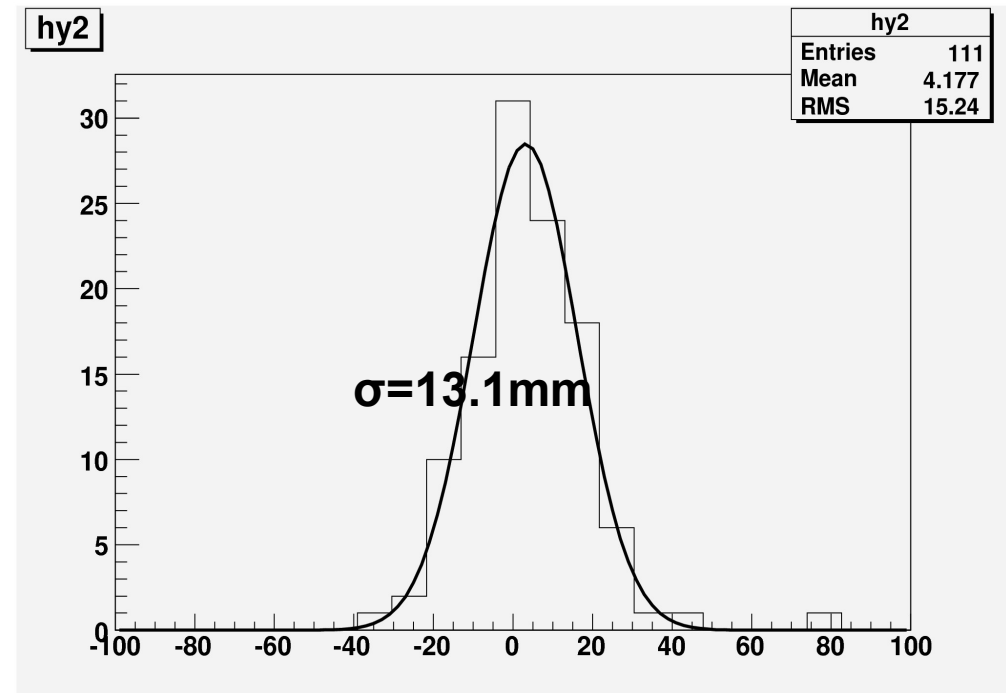
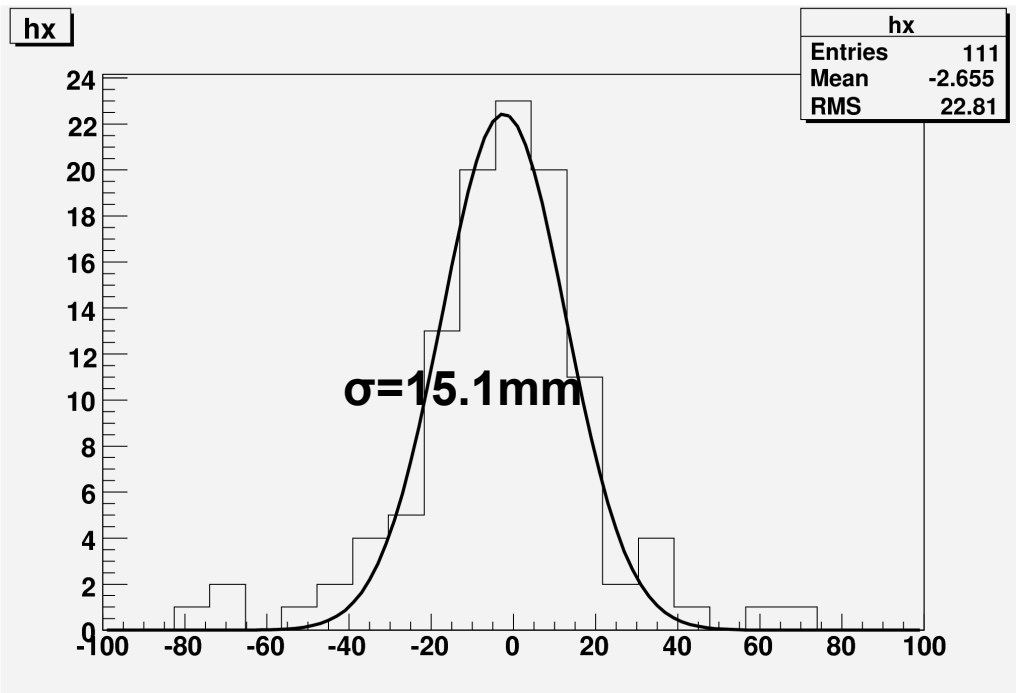
読み取りイベント数



NC反応について

面積最適化の第0段階: シャワーセンターとVTXの位置ズレ

→ イベントごとに詳細に解析していくことで面積最適化へ



CS到着

読み取り面積の設定

全てのニュートリノ反応に対して
読み取り面積の設定を行っている

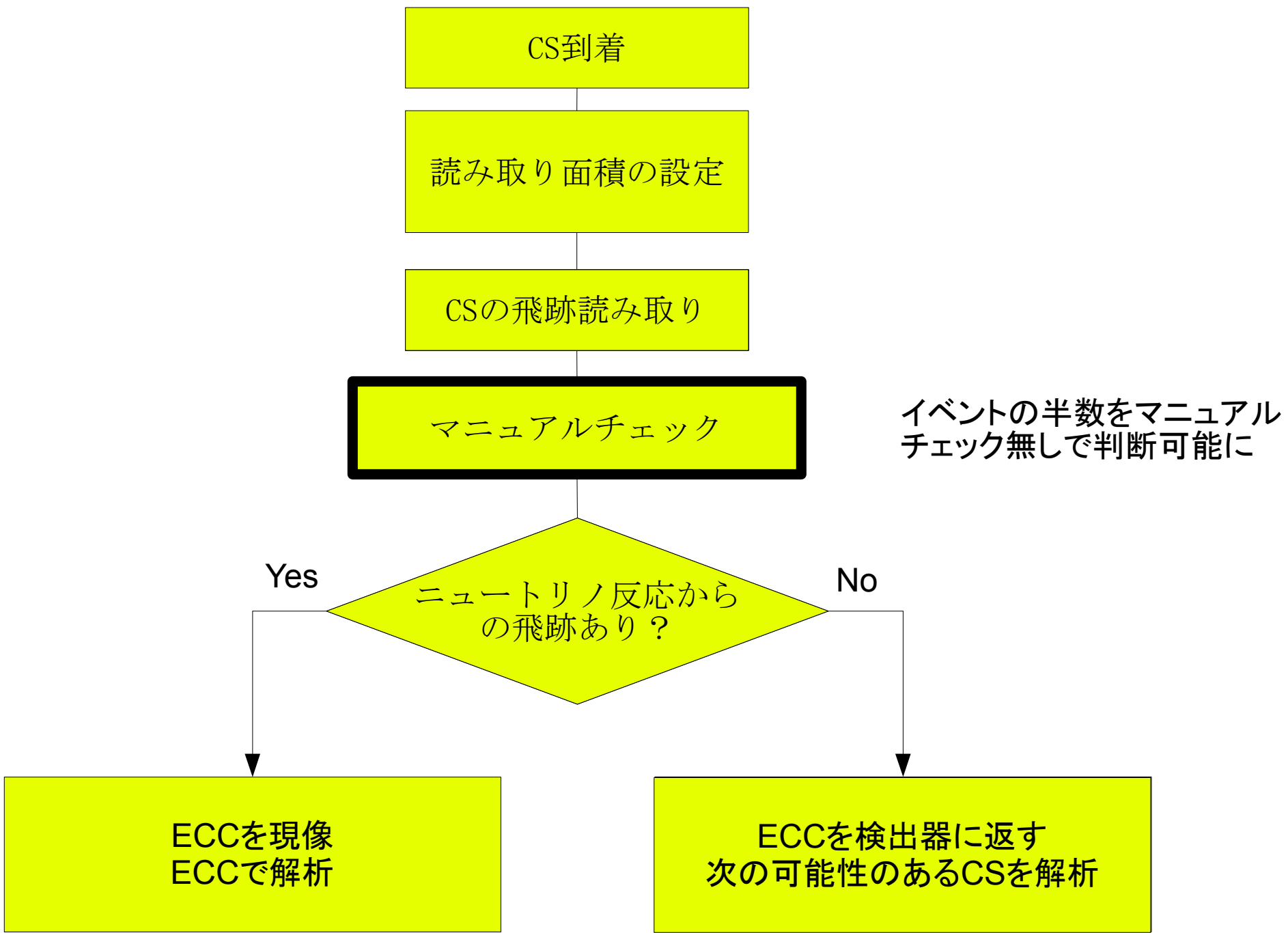
CSの飛跡読み取り

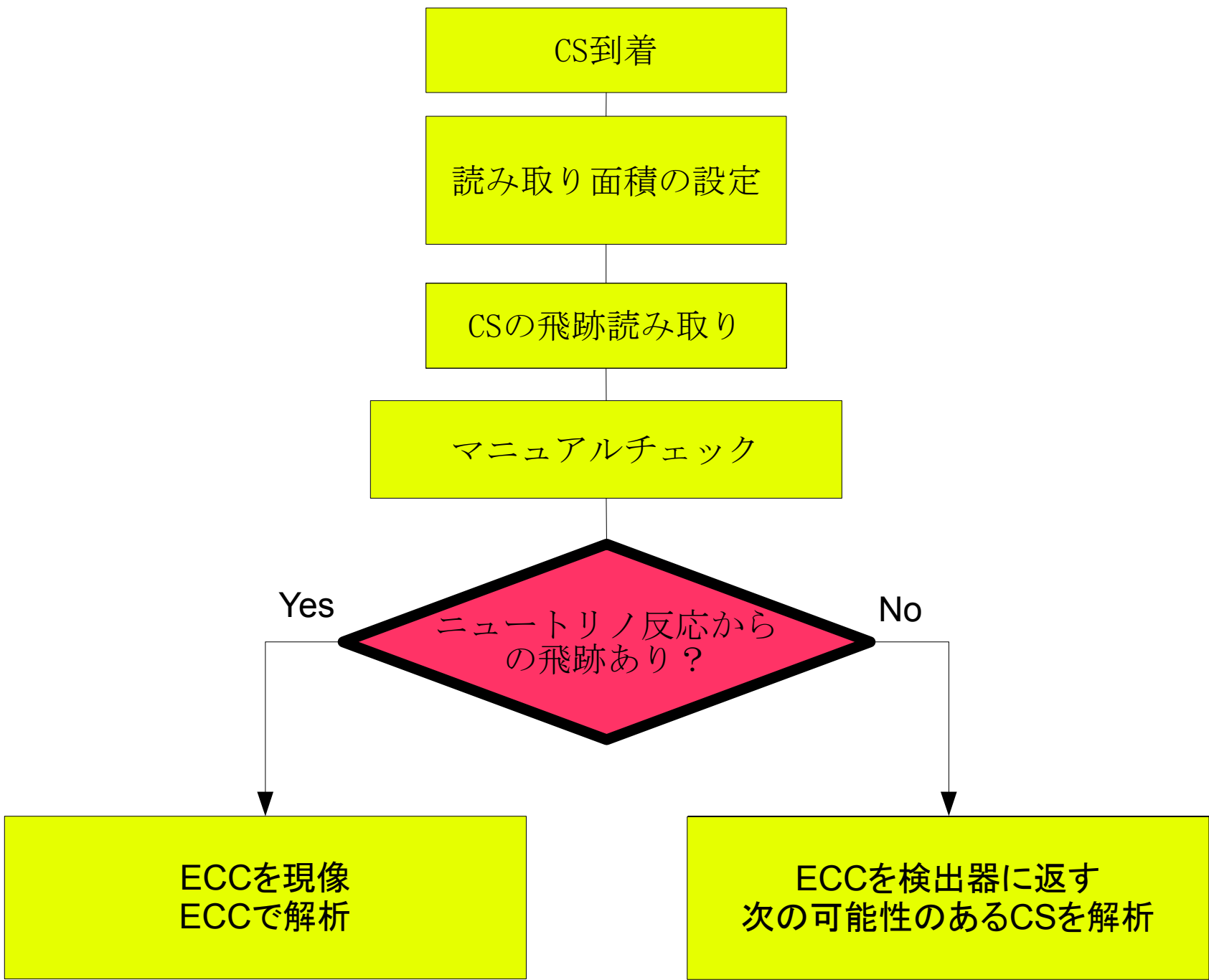
マニュアルチェック

Yes
ニュートリノ反応からの
飛跡あり?
No

ECCを現像
ECCで解析

ECCを検出器に戻す
次の可能性のあるCSを解析





CS到着

読み取り面積の設定

CSの飛跡読み取り

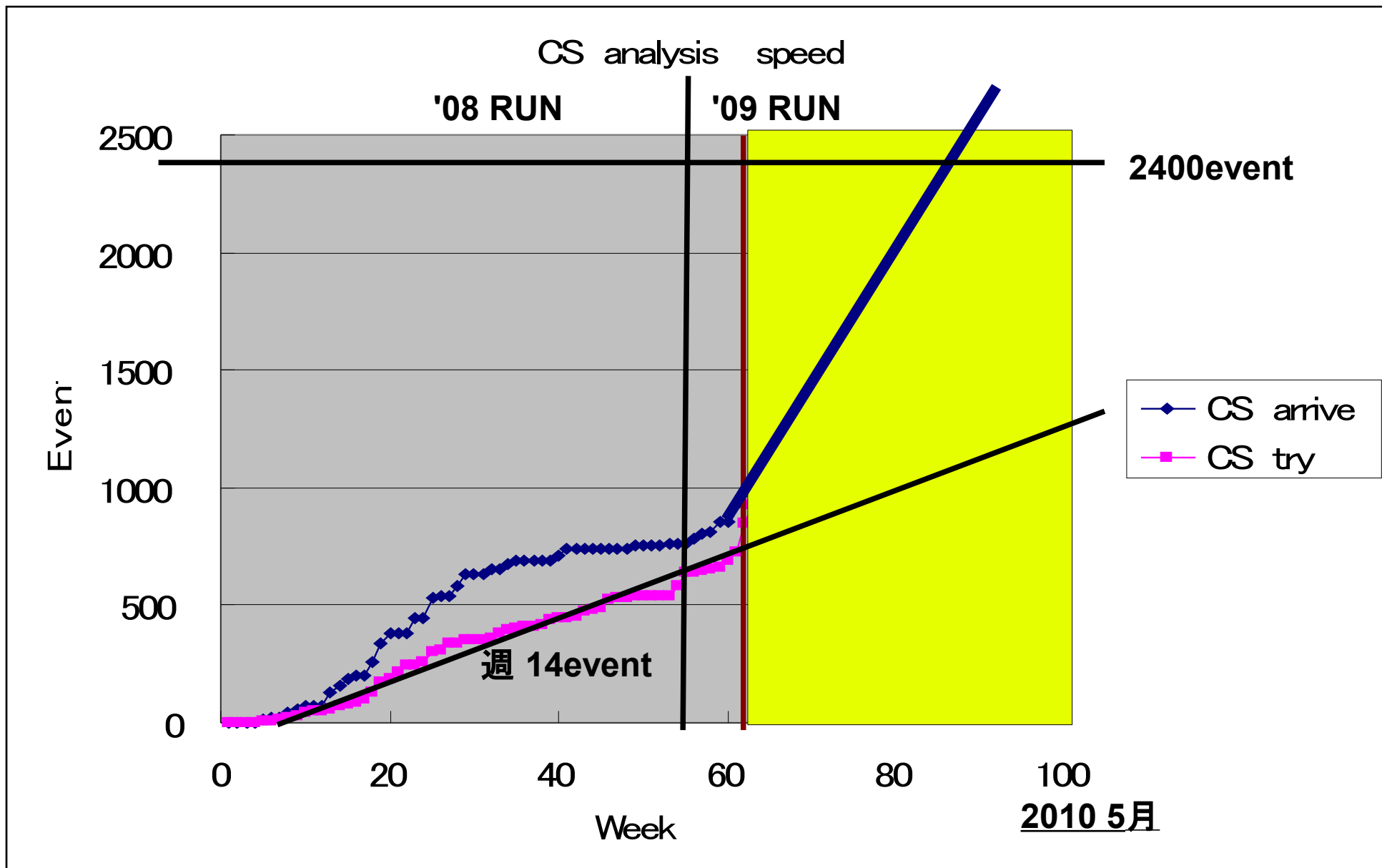
マニュアルチェック

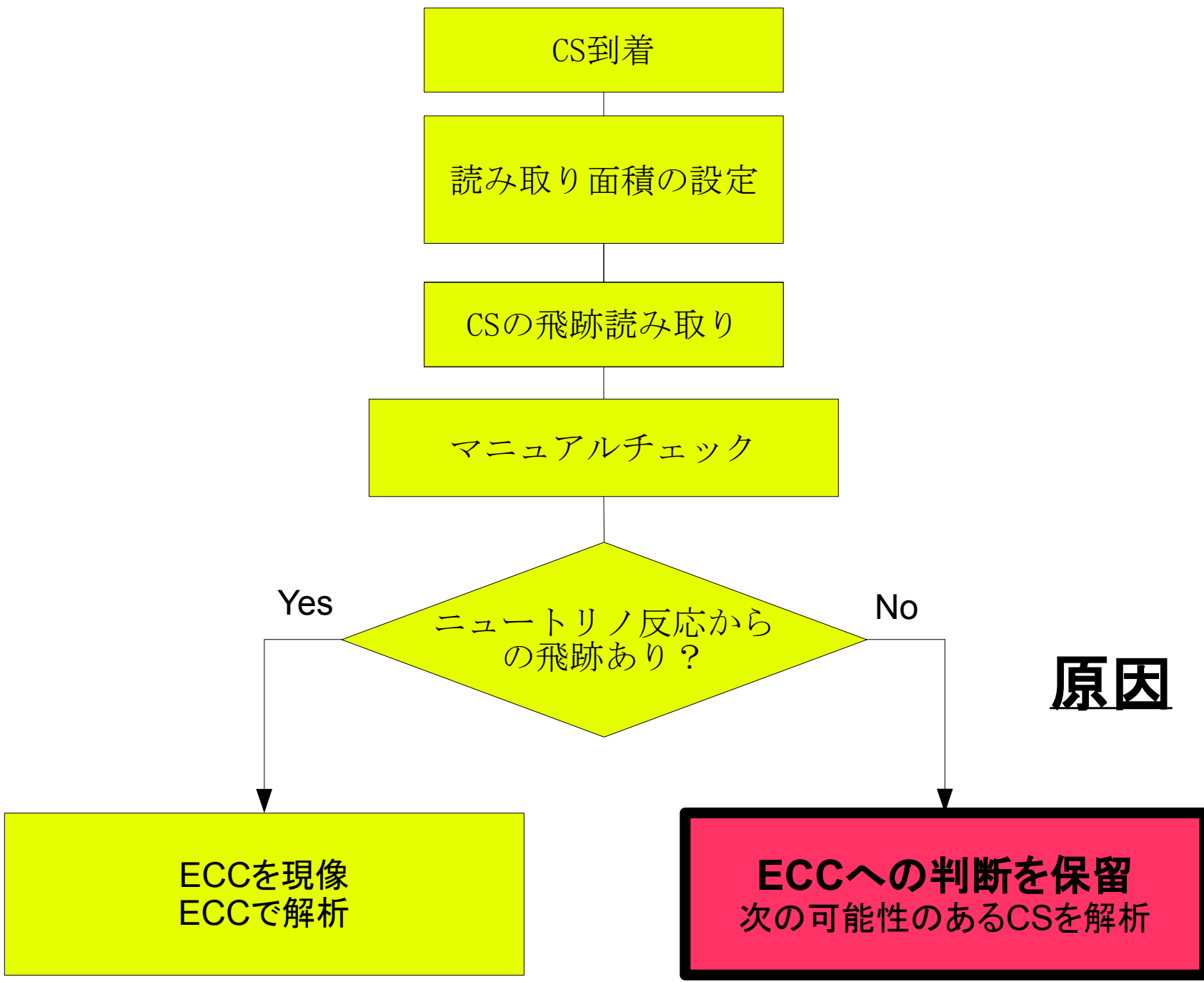
Yes
ニュートリノ反応からの飛跡あり?
No

ECCを現像
ECCで解析

ECCを検出器に戻す
次の可能性のあるCSを解析

CSで飛跡ありとするか判断する早さ





CS到着

読み取り面積の設定

CSの飛跡読み取り

マニュアルチェック

Yes

ニュートリノ反応からの
飛跡あり?

No

原因

ECCを現像
ECCで解析

ECCへの判断を保留
次の可能性のあるCSを解析

CS到着

読み取り面積の設定

CSの飛跡読み取り

・飛跡読み取りの信頼性向上

マニュアルチェック

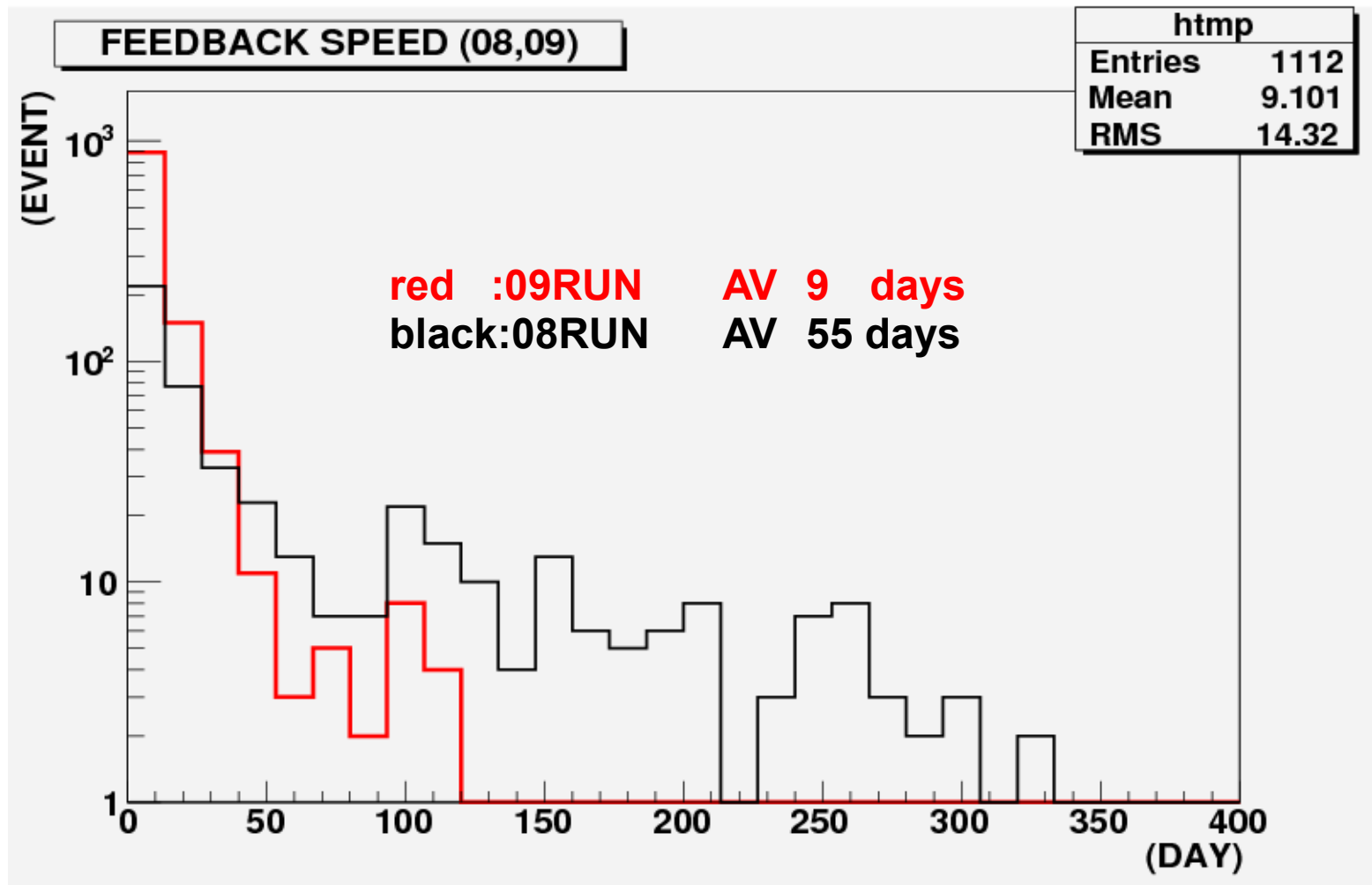
Yes
ニュートリノ反応からの飛跡あり？
No

判断を即決する
(判断を保留しない)

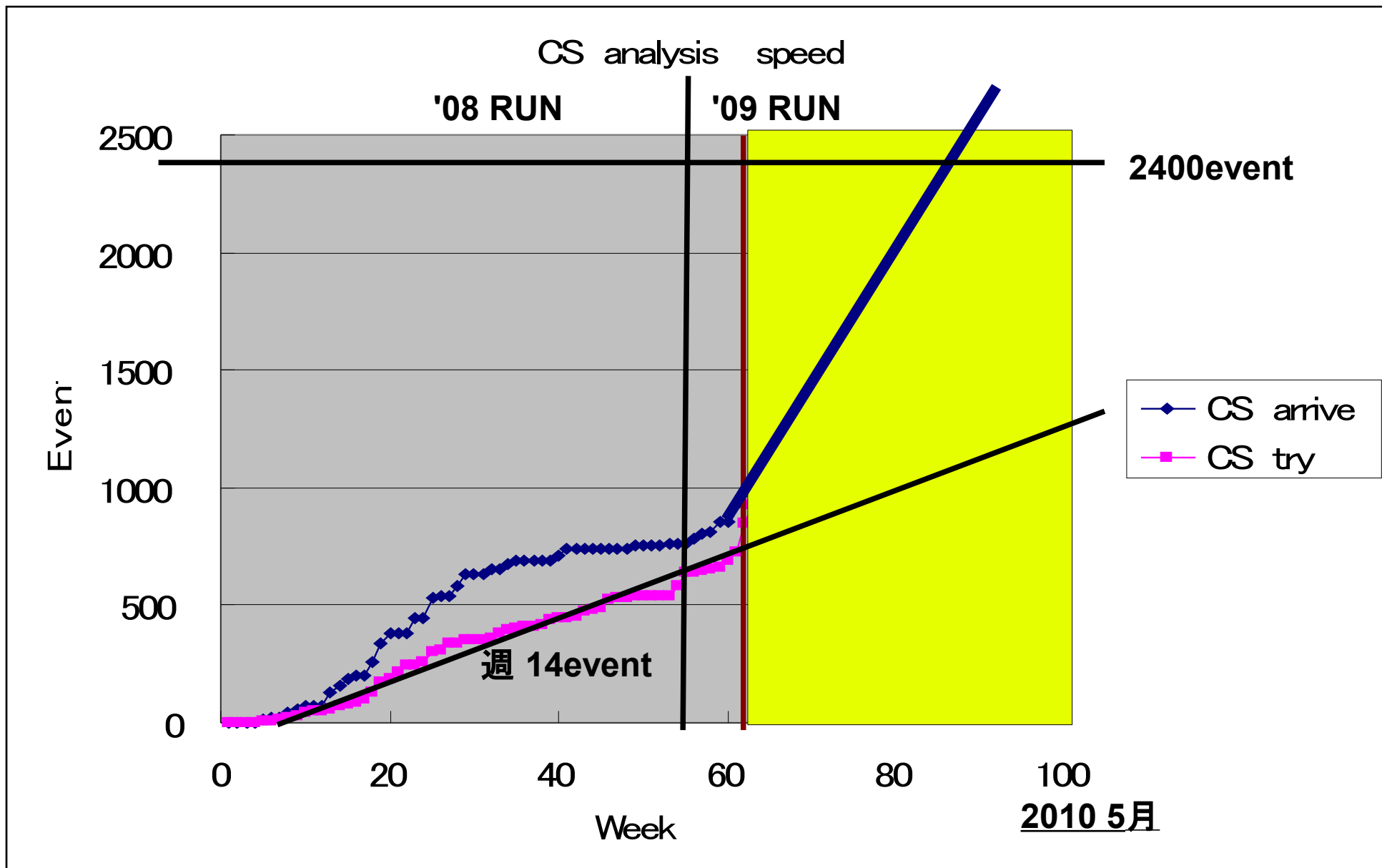
ECCを現像
ECCで解析

ECCを検出器に返す
次の可能性のあるCSを解析

CSで飛跡ありとするか判断する早さ

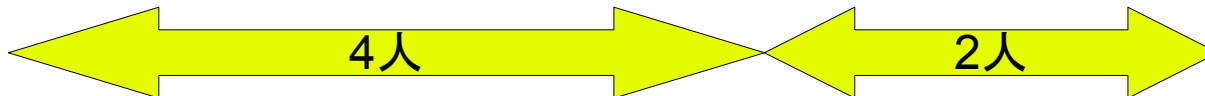
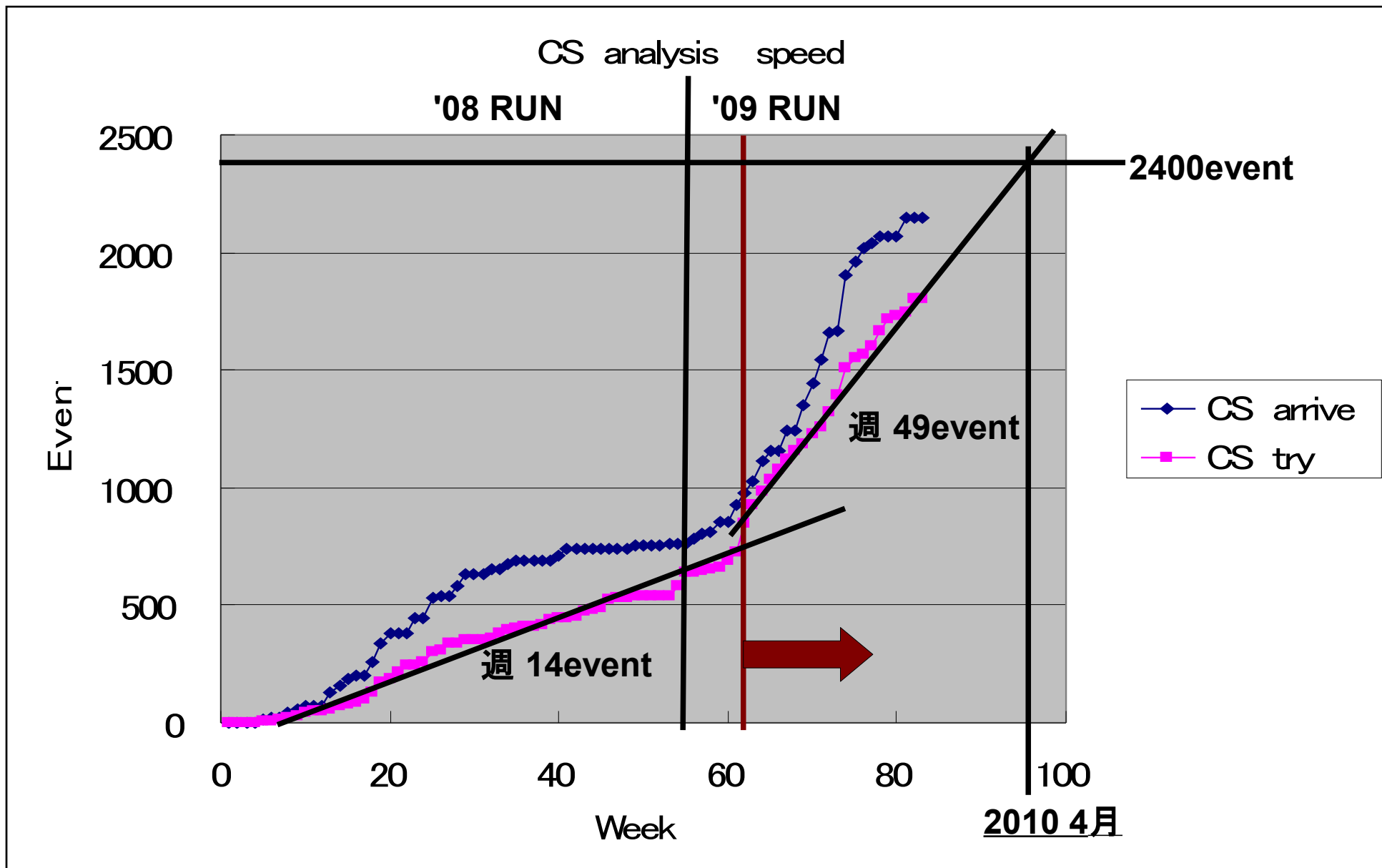


CSで飛跡ありとするか判断する早さ



← 4人 →

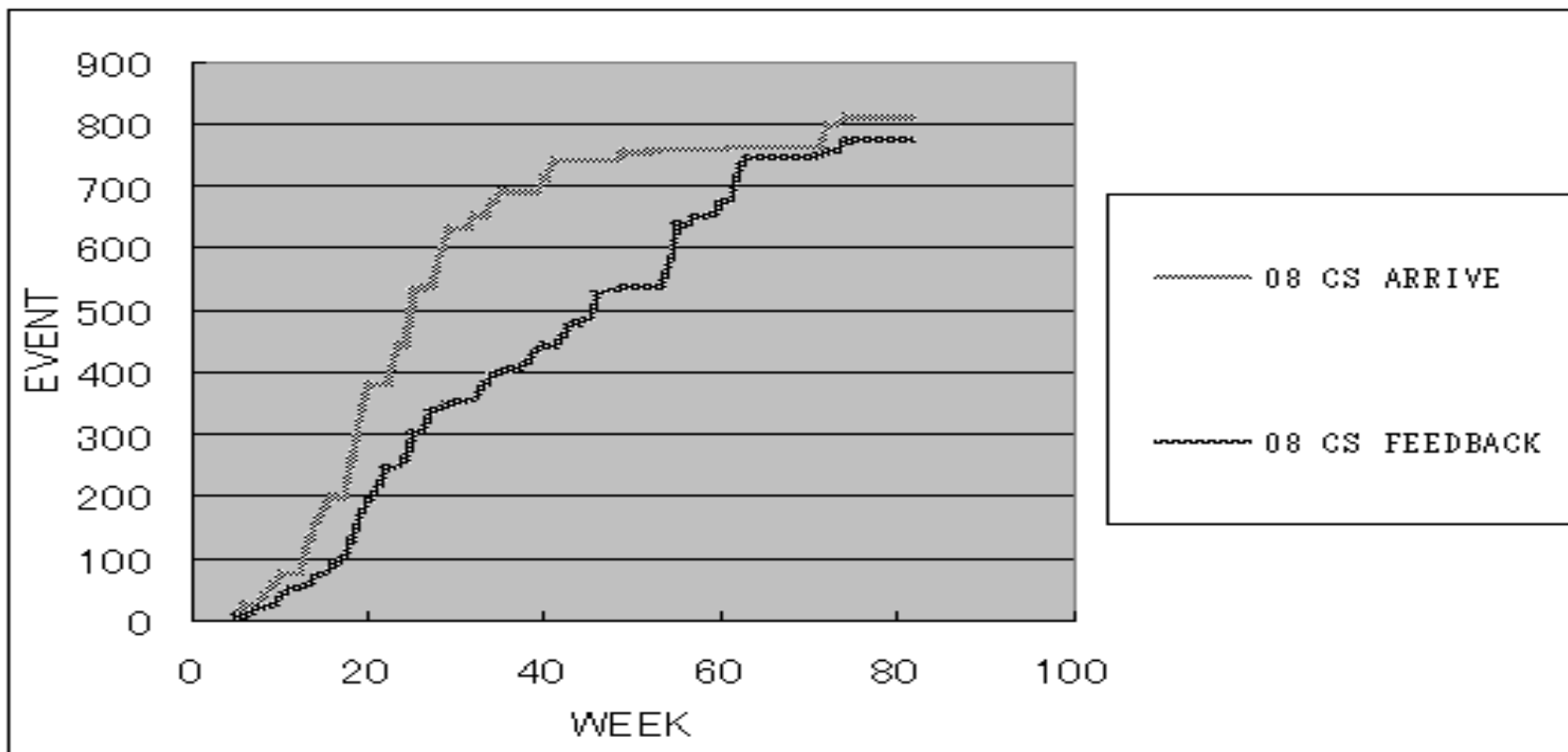
CSで飛跡ありとするか判断する早さ



Summary

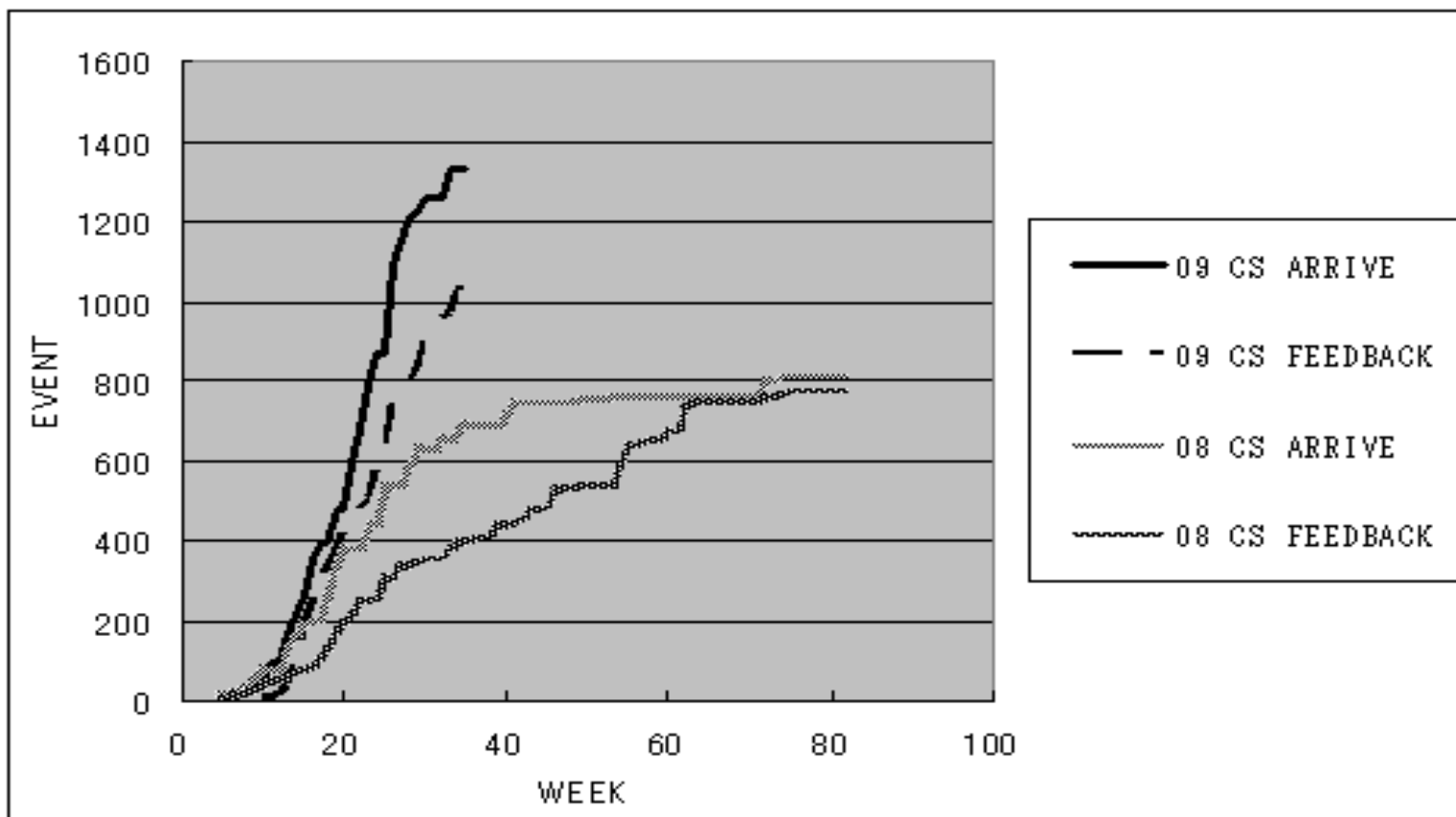
- OPERA実験の要の検出器であるCSの解析を行なってきた。
- **読み取り面積を最適化することにより、読み取り時間を1.6倍早めた。**
 - S-UTS2台相当のスキャンングパワーを増やしたことになる。
 - 全てのニュートリノ反応の読み取り面積を設定している。
- **CSの判断を即座に行うことで、スムーズに解析を行なった。**
- 2009年RUNのCS解析は2008年の3.5倍のスピードを達成し、今年の4月には09年RUNのCS解析を完了する。

2008年RUNのCS解析結果



2008年RUNのCS解析は4人で行ない、757反応に対し、947CSを解析し、444反応のニュートリノ反応ECCの同定を行った。

2009年RUNのCS解析結果



2009年RUNのCS解析を私が指揮し、2人で1120反応の1210CSに対し、738反応のニュートリノ反応ECCの同定を行った。

CSの判断(フィードバック)に要する時間 7 CS/day (2008年RUNの3.5倍)

→今年の4月には2009年RUNのCS解析が完了し、2010年RUNに移行する。

Form1

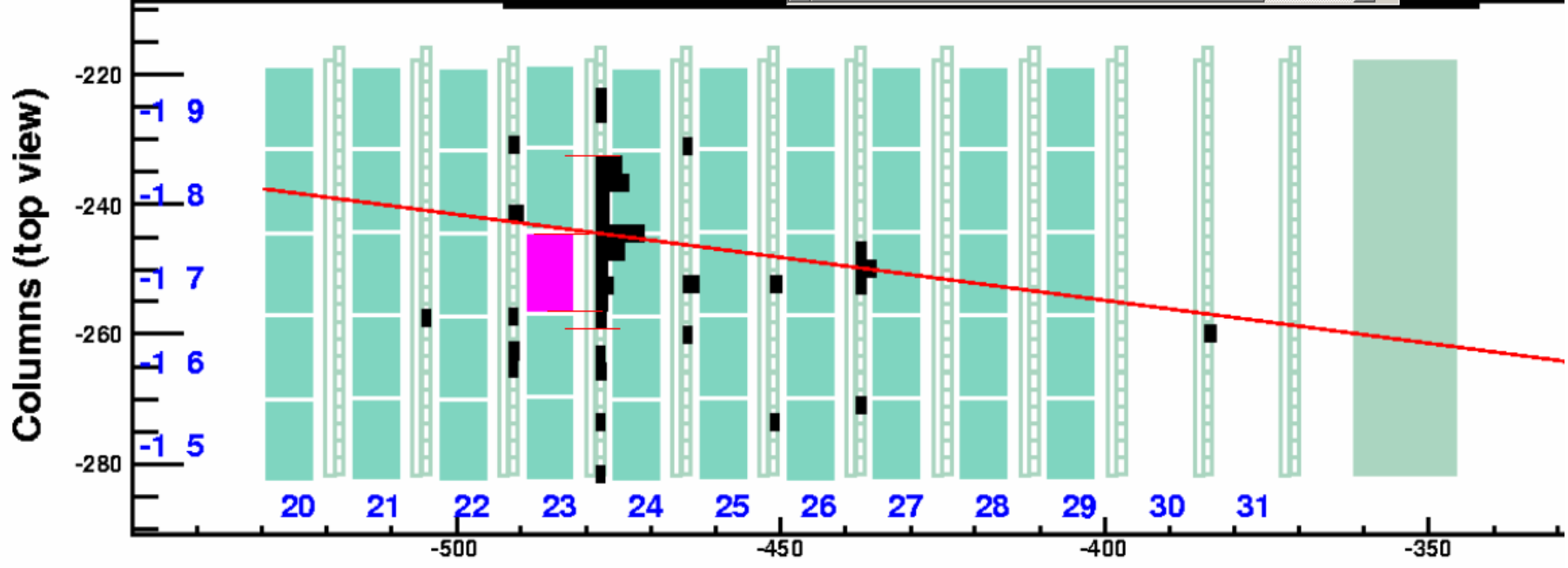
スキャンエリア
 トラッキングモード

717 -0.5 122.5 56.16 98.5 出 0.0485629 やりなおし

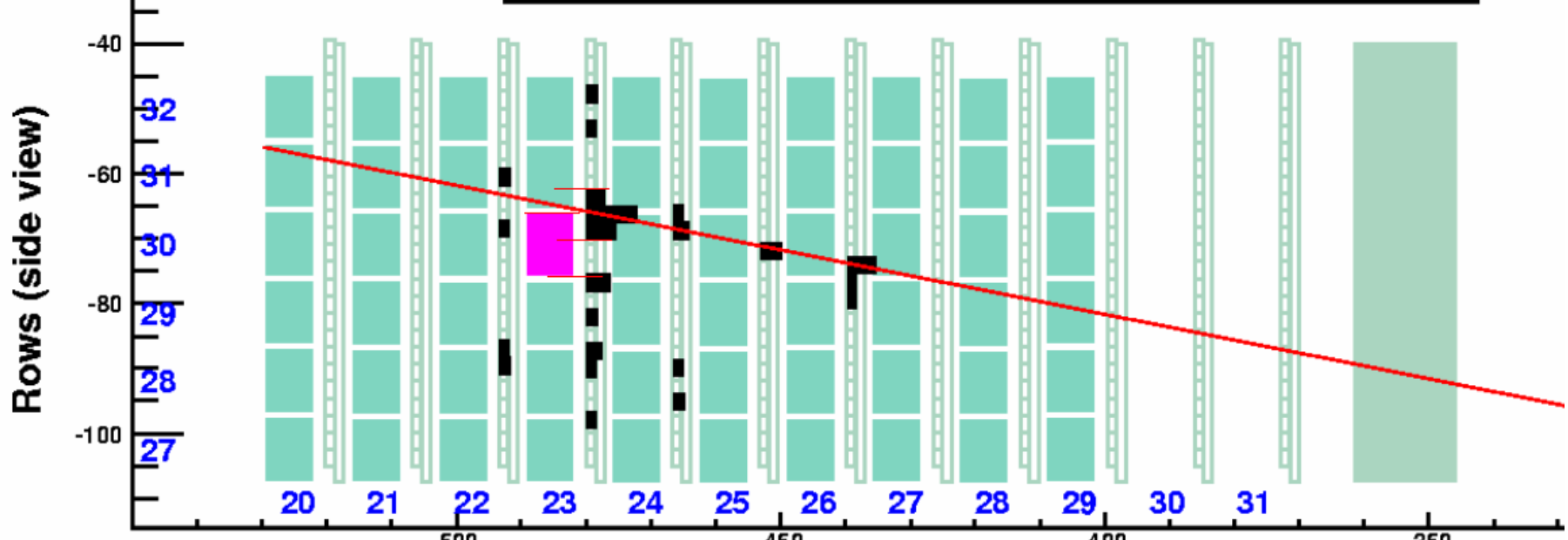
mmlに変更 R10Jan05#Artem_d Dir読み込

M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90: Event: 93180065

M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90215
 M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90215
 M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90215
 M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90215
 M\data\opera\work\sato\CentralDB\ARR10Jan05#Artem_disp\operaws1#bmp#Event90215



EnergyHist Event: 9318006598, 14 Nov 2009, 00:15 (UTC), YZ projection



4/4track muon Efficiency

- プレディクションが端から20mm以内
- フィッティングOK
- Black CS、C.A.×でない

- 期待値 rank cut 0.77 × mu cut 0.95 = 0.73
- 実測値 0.74 ± 0.05

- 4/4+3/4

$$0.73 + \{(1-0.73) \times 0.98 \times 0.95\} = \underline{\mathbf{0.98}}$$

ミューオンが一本いれば、3/4まで探すと98%のefficiencyで見つけることができる。

日々の仕事(2009.9月～)

- CS読み取り範囲の設定 60 CS/week 8hour/week
- CS読み取り 60 CS/week 2shift/day
(2008年 3shift/day)
- CSトラッククオリティの判断 60 CS/week 15hour/week
- マニュアルチェック 30 CS/week 15hour/week
- ECCへのフィードバック 60 CS/week 6hour/week
- 解析状況の監視 **ネグリジブル**

酒谷・大村

CSの解析に対し1週間で4日仕事をしている。

CS到着

読み取り面積の設定

CSの飛跡読み取り

マニュアルチェック

Yes
ニュートリノ反応からの
飛跡あり?
No

ECCを現像
ECCで解析

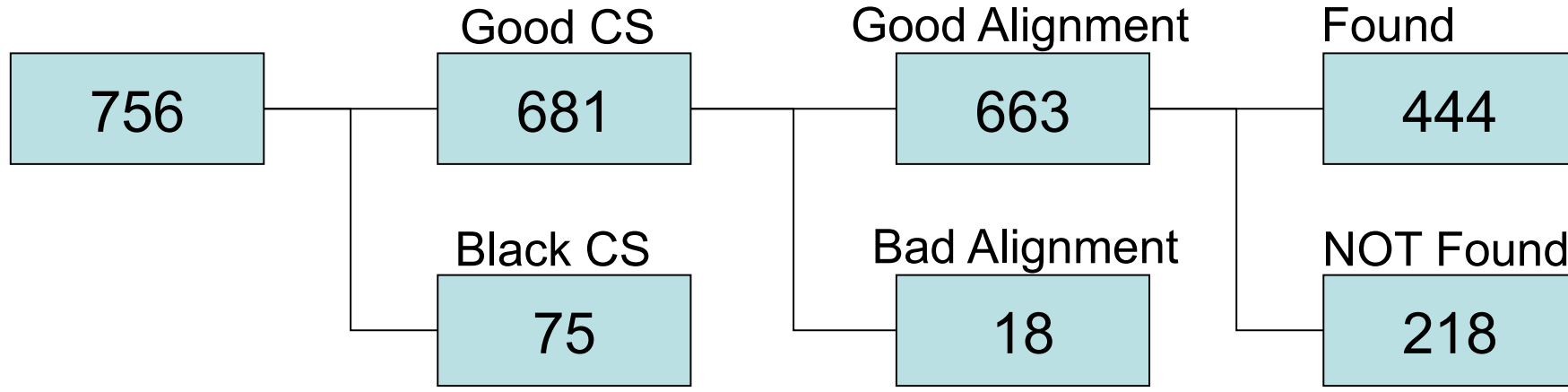
ECCを検出器に返す
次の可能性のあるCSを解析

スムーズに進行するように監視

- ・各段階での進行状況
- ・全イベントの監視

判断を即決する

'08 Run 1st CS (756events)

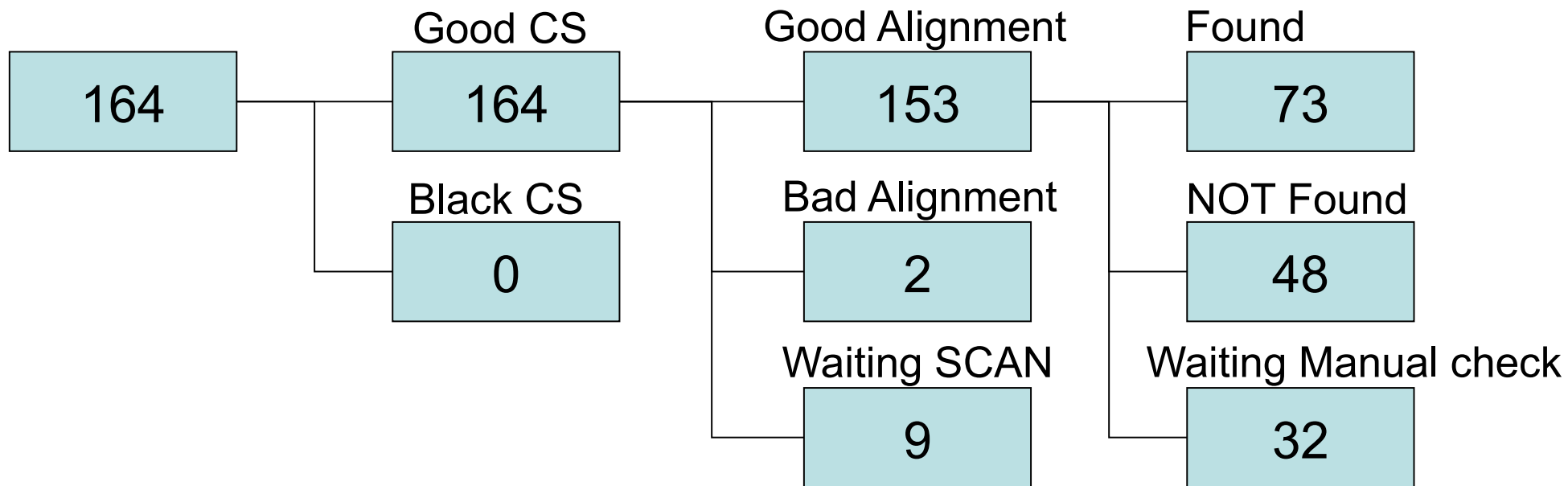


Special
process(1)

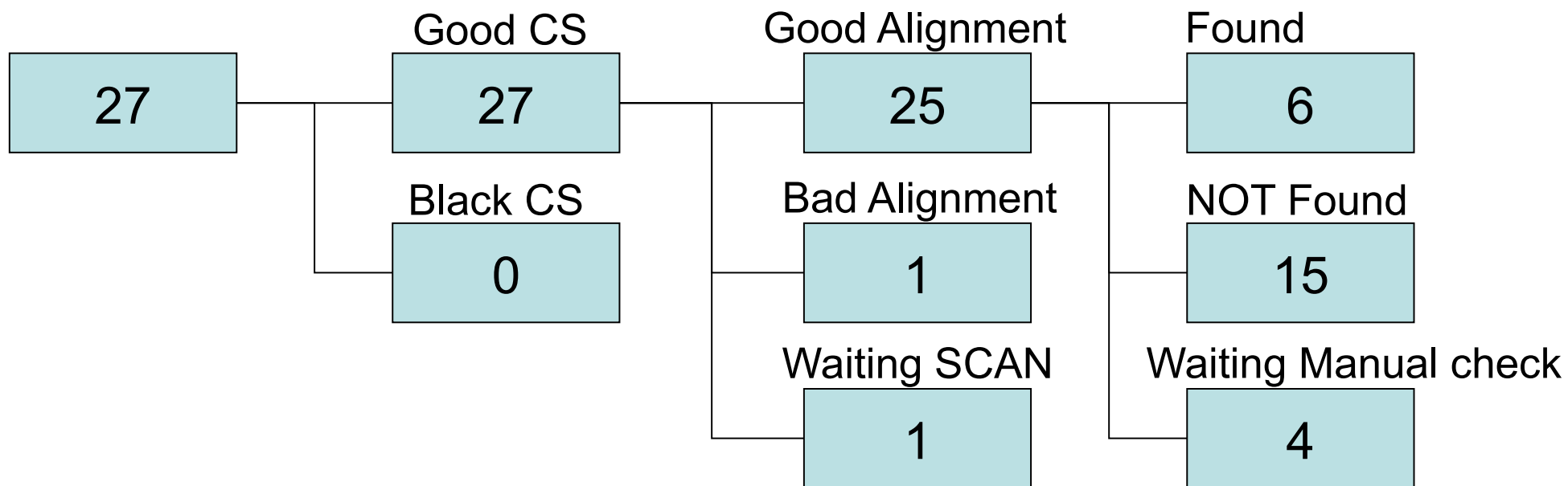
Special
process(2)

Brick finding rate@1stCS
=444/(444+218)~67%

'08 Run 2nd CS (218events; arrived 164events, not arrived:54events)

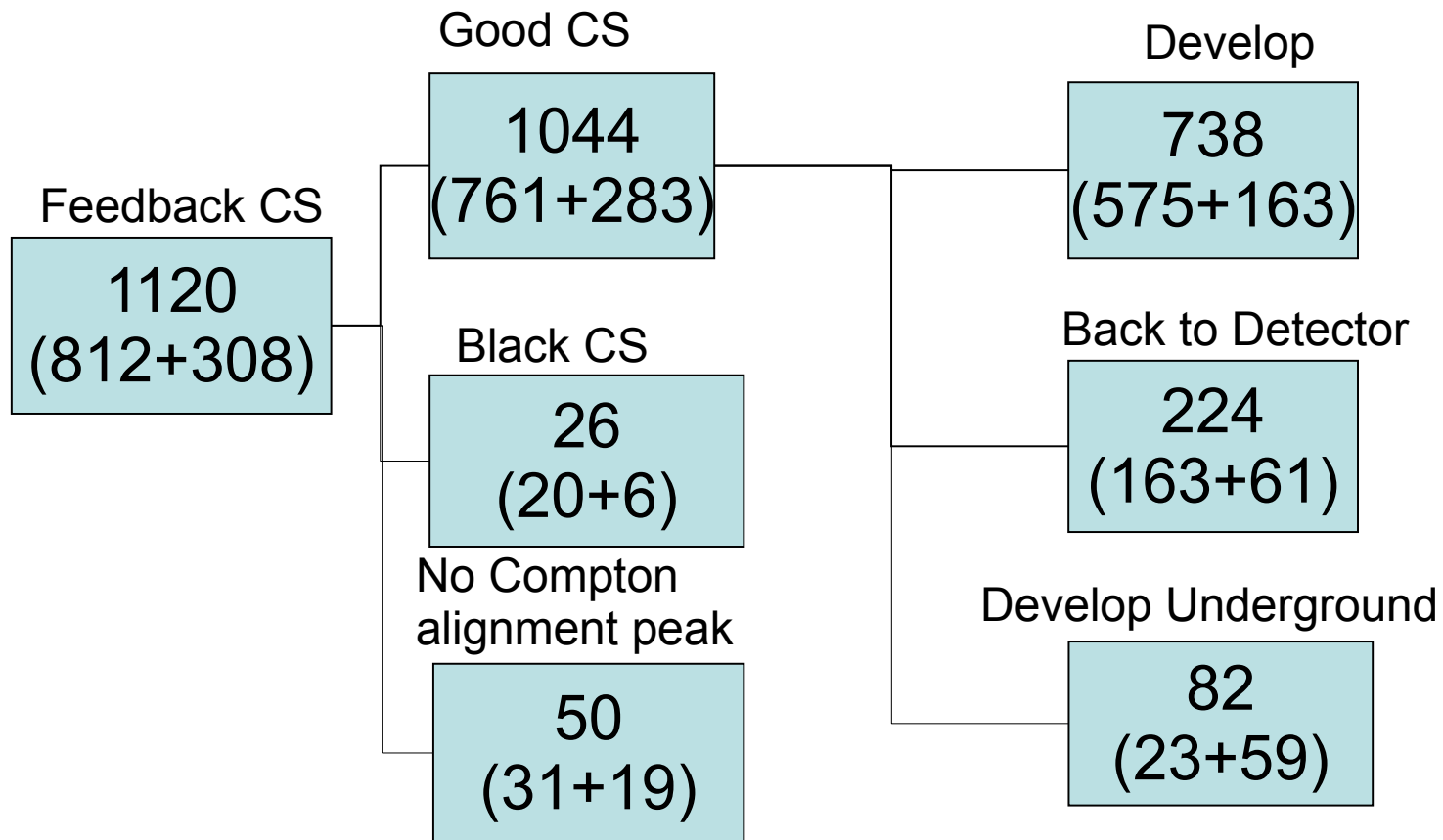


'08 Run 3rd CS (48events; arrived 27events)



CS feedback status @1st CS

'09 Run CS (1319 event ; Jan05 arrived)



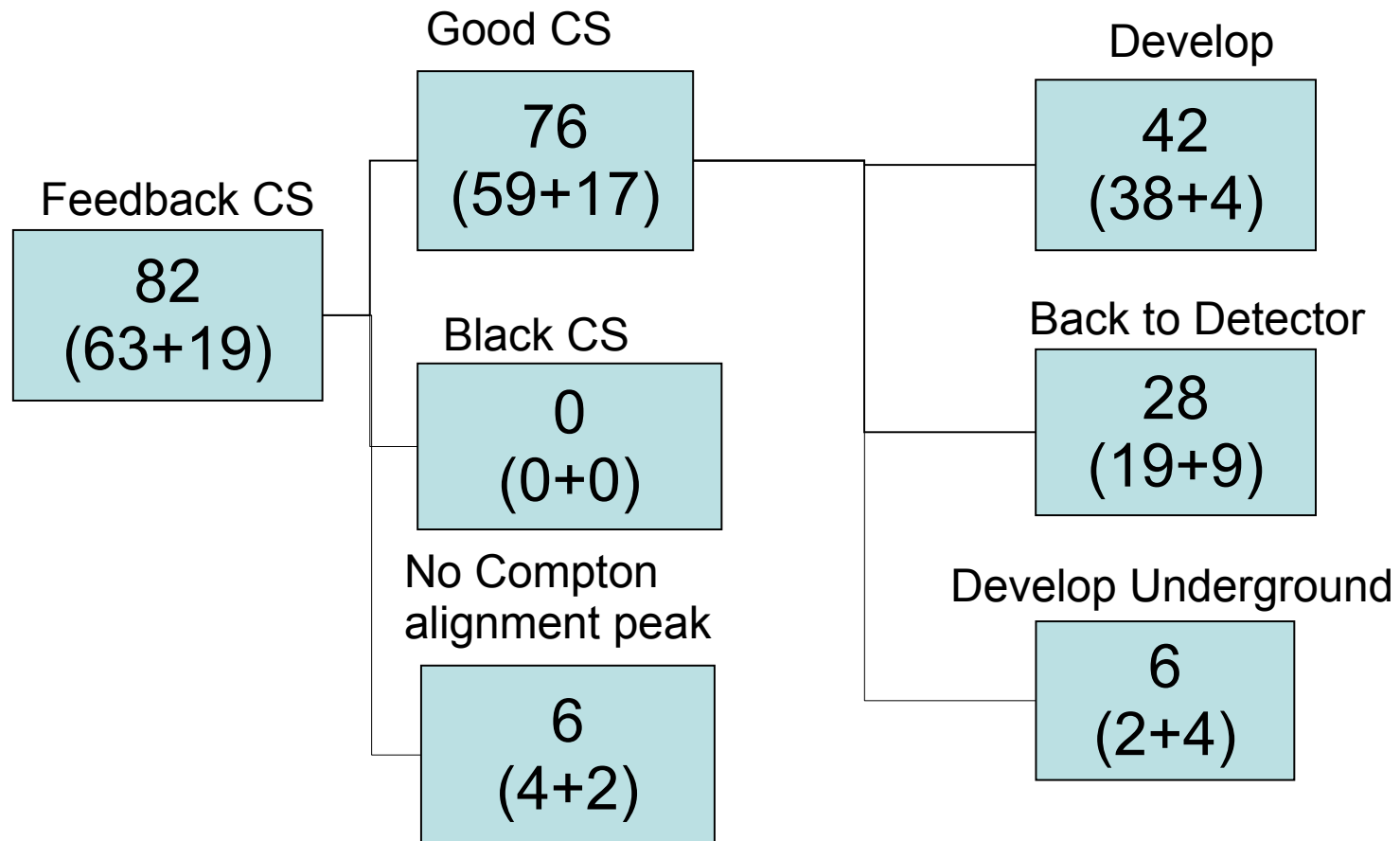
CS finding ratio @1st CS $738/1044 = 70.7\%$

CC : $575/761 = 75.6\%$

NC : $163/283 = 57.6\%$

CS feedback status @2nd CS

'09 Run CS (150 event ; Jan05 arrived)



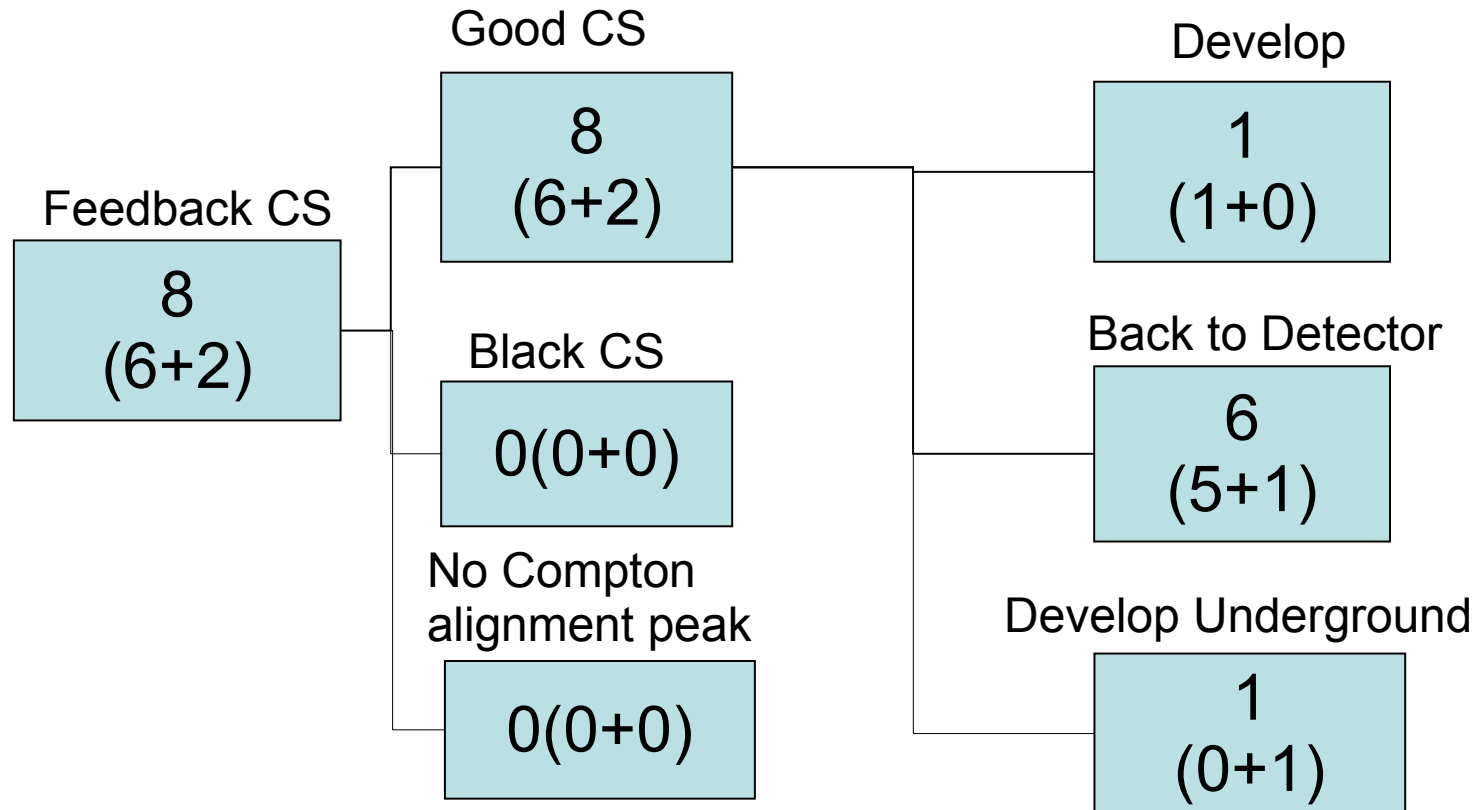
CS finding ratio @2nd CS $42/76 = 55.3\%$

CC : $39/59 = 64.4\%$

NC : $4/17 = 23.5\%$

CS feedback status @3rd CS

'09 Run CS (16 event ; Jan05 arrived)



ECC同定とする基準

08年RUNでECC同定とした飛跡を分析し、以下の6項目のいずれかに当てはまるものとした。

- ・ ミューオン(CC反応のみ)
- ・ 複数の飛跡が1点に収束する(VTXを作る)
- ・ Black, Greyの飛跡(ニュートリノ反応由来の陽子など)
- ・ 電磁シャワー、電子ペア
- ・ TTのヒットと一致する飛跡
- ・ ミューオンと組むような飛跡(CC反応のみ)

2ndCS以降で見つかったイベント

且つニュートリノ反応までたどり着いているイベントの中で、2ndCS以降で見つかっている52イベントに関して、1stCSに対してどの位置で見つかっているかを分析した。

同一wallでfound :24event	corner 7
	edge 17
	center 0
別wallでfound :28event	corner 0
	edge 14
	center 14

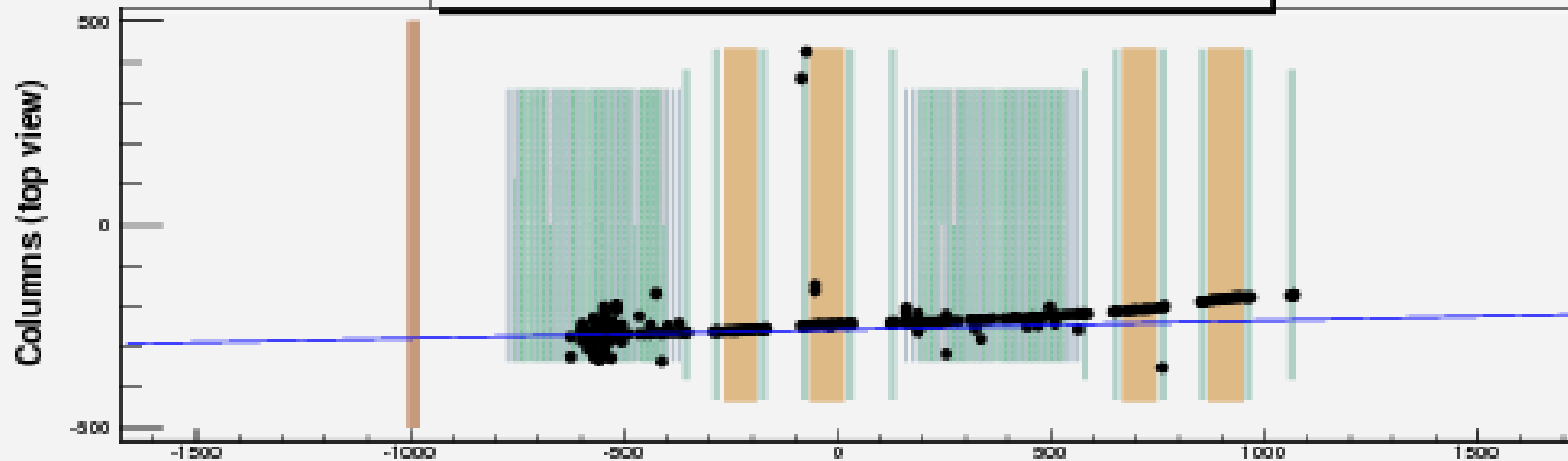


ECC同定と出来なかった場合には、

- centerイベント→別wallで解析
- edge,cornerイベント→隣を解析→別wallを解析

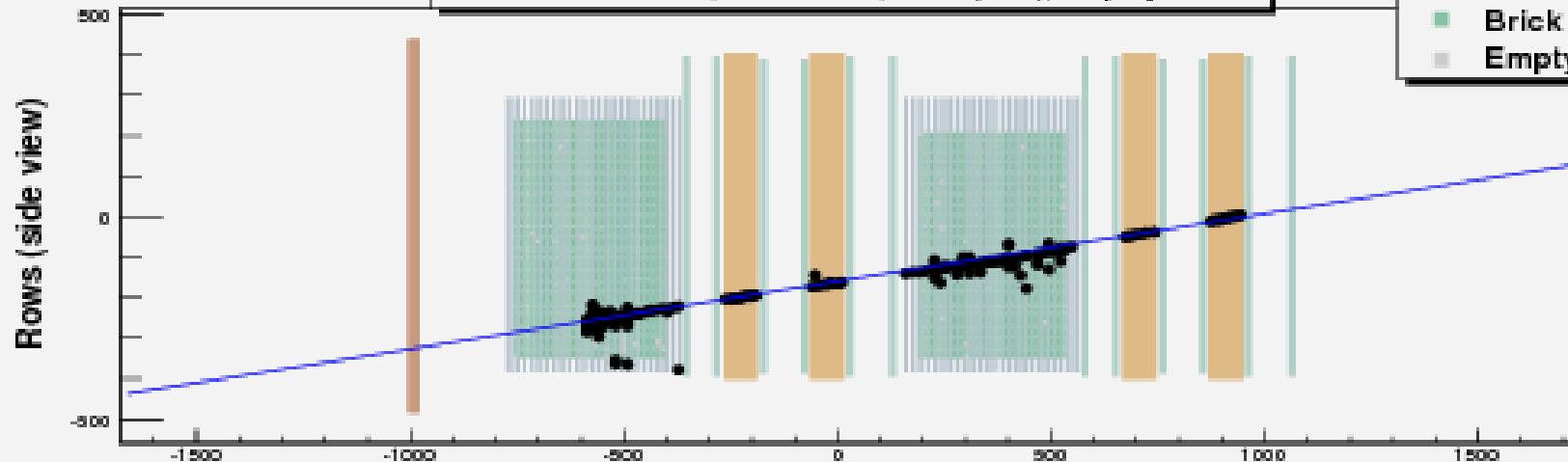
EnergyHist

Event: 9165038610, 14 Jun 2009, 07:12 (UTC), XZ projection



EnergyHist

Event: 9165038610, 14 Jun 2009, 07:12 (UTC), YZ projection



Previously defined brick information: Super module 1

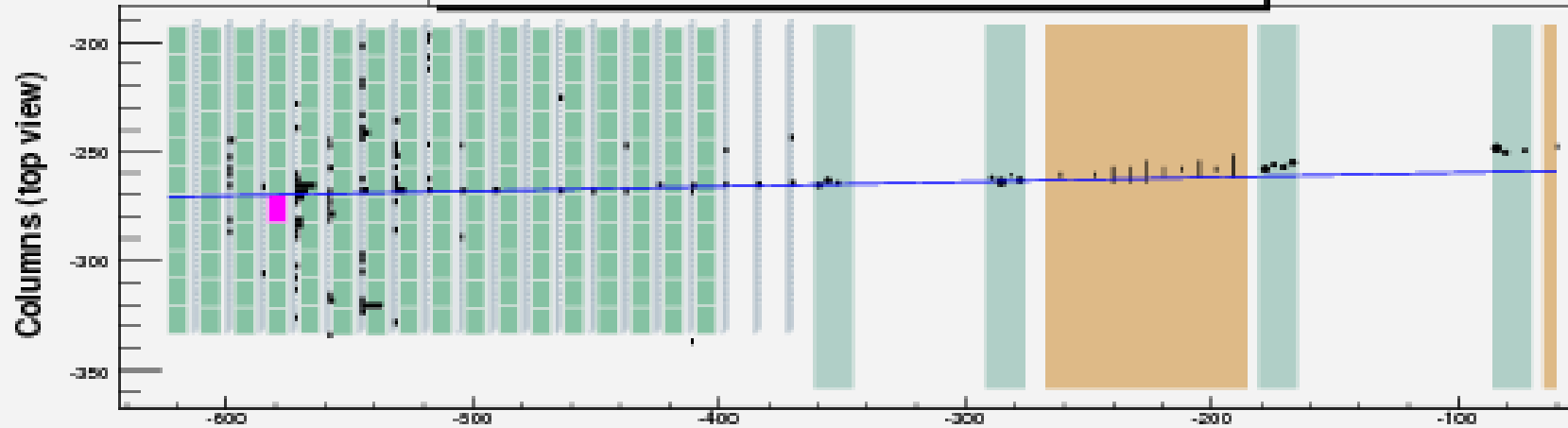
	BrickId	Wall	Side	Column	Row	Prob	CS x	CS y
brick 1:	1044065	16	-1	5	13	1.00	130.1	-4.0
brick 2:	1011224	16	-1	6	12	1.00	2.1	101.3

Muon track parameters: Mu-

Momentum: 10.162 GeV/c
Angle XZ (rad): 0.021
Angle YZ (rad): 0.165

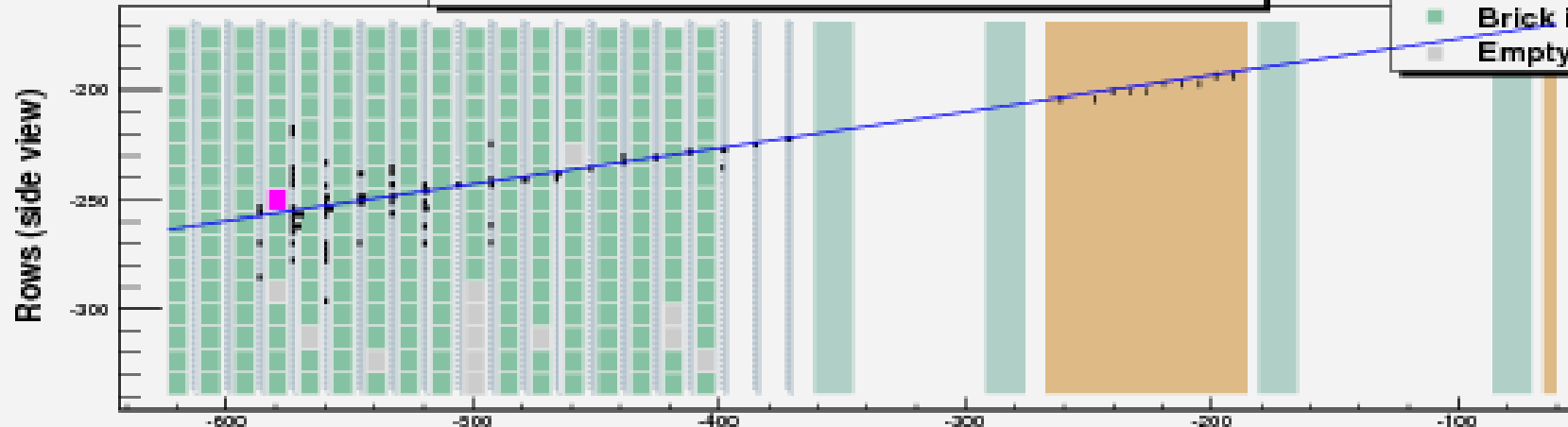
EnergyHist

Event: 9165038610, 14 Jun 2009, 07:12 (UTC), XZ projection



EnergyHist

Event: 9165038610, 14 Jun 2009, 07:12 (UTC), YZ projection



■ Selected brick
■ Brick in cell
■ Empty cell

Previously defined brick information: Super module 1

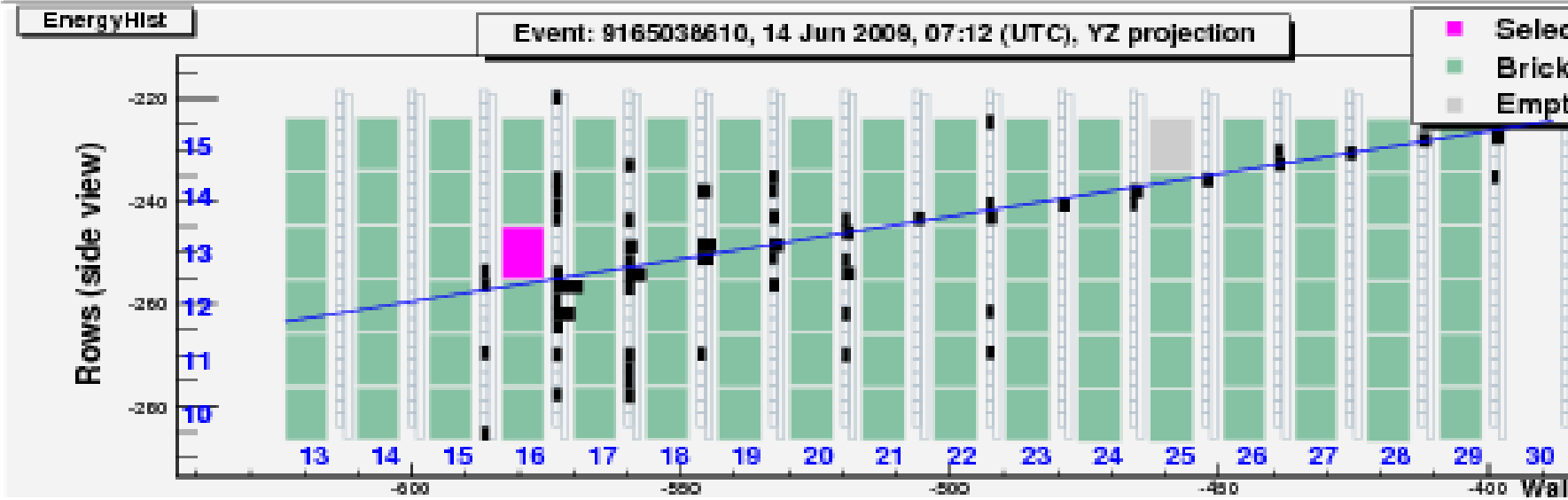
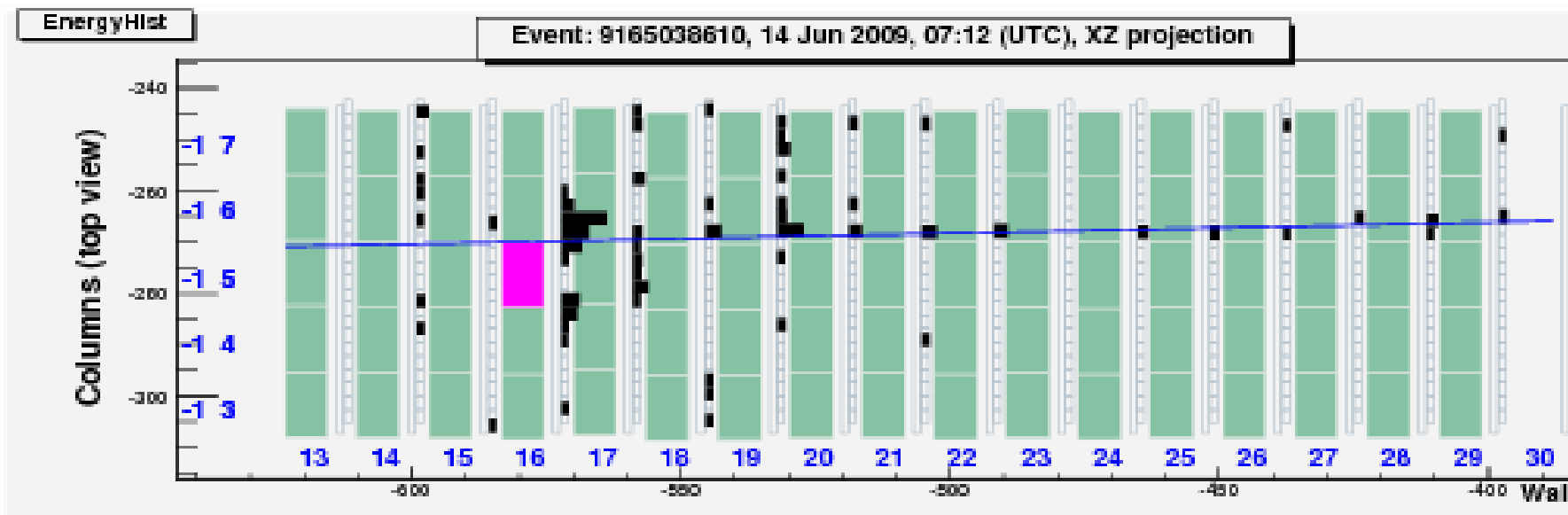
	BrickId	Wall	Side	Column	Row	Prob	CS x	CS y
brick 1:	1044065	16	-1	5	13	1.00	130.1	-4.0
brick 2:	1011224	16	-1	6	12	1.00	2.1	101.3

Muon track parameters: Mu-

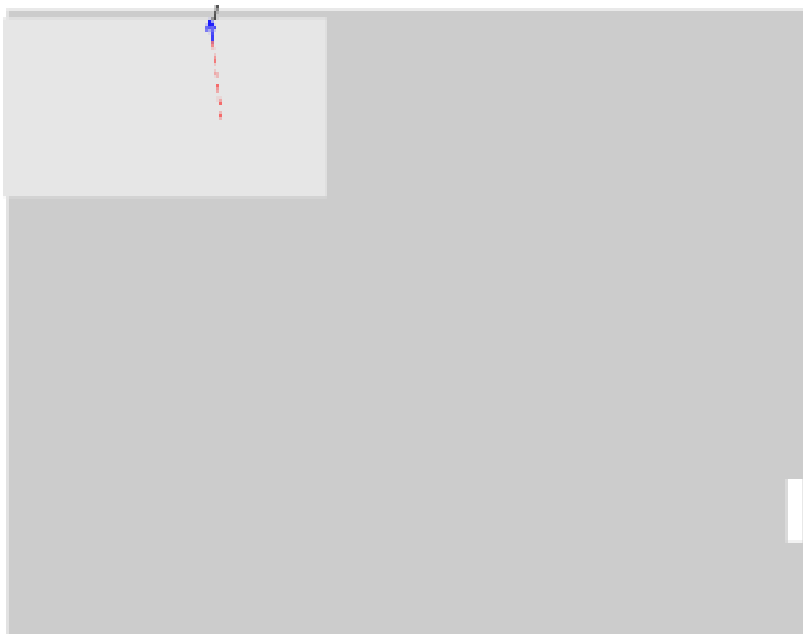
Momentum: 10.162 GeV/c

Angle XZ (rad): 0.021

Angle YZ (rad): 0.165



9165038610	12171	16	-1	5	12
9165038610	44064	16	-1	6	13
9165038610	11224	16	-1	6	12
9165038610	44065	16	-1	5	13



[Scan Quality]

SUTS 11 :

SUTS 12 :

SUTS 21 :

SUTS 22 :

UTS 11 :

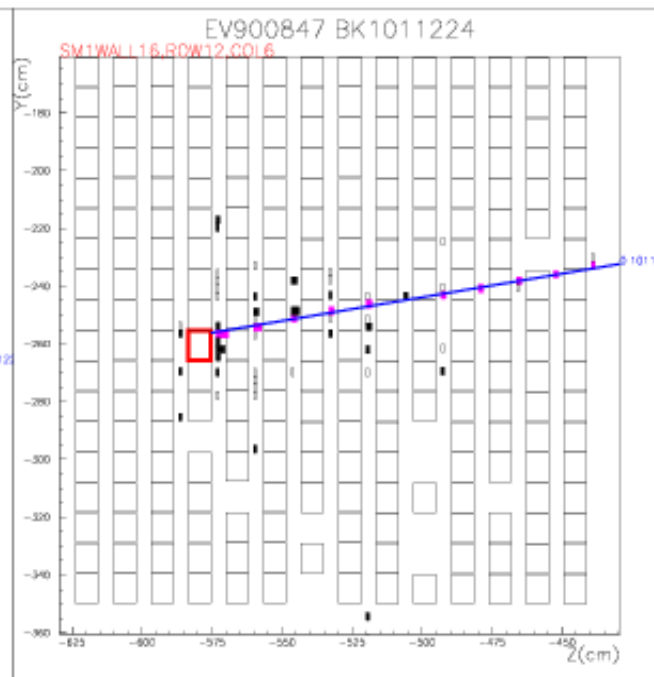
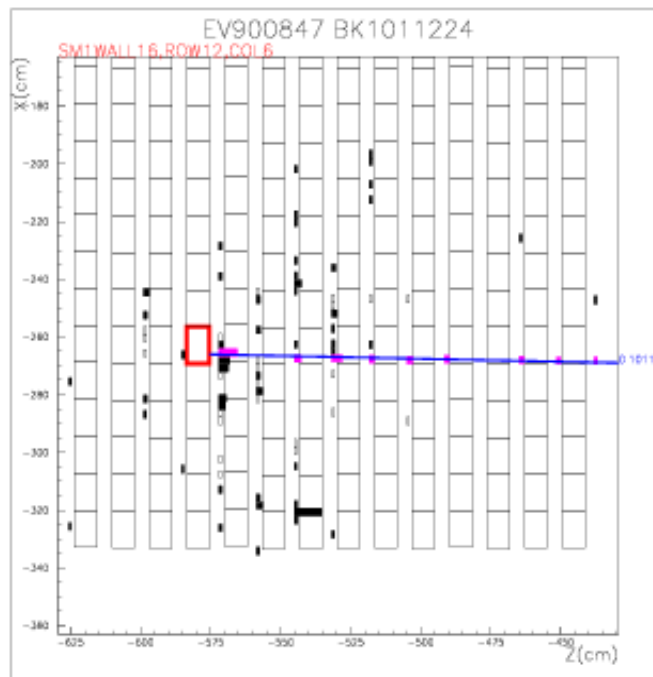
UTS 12 :

UTS 21 :

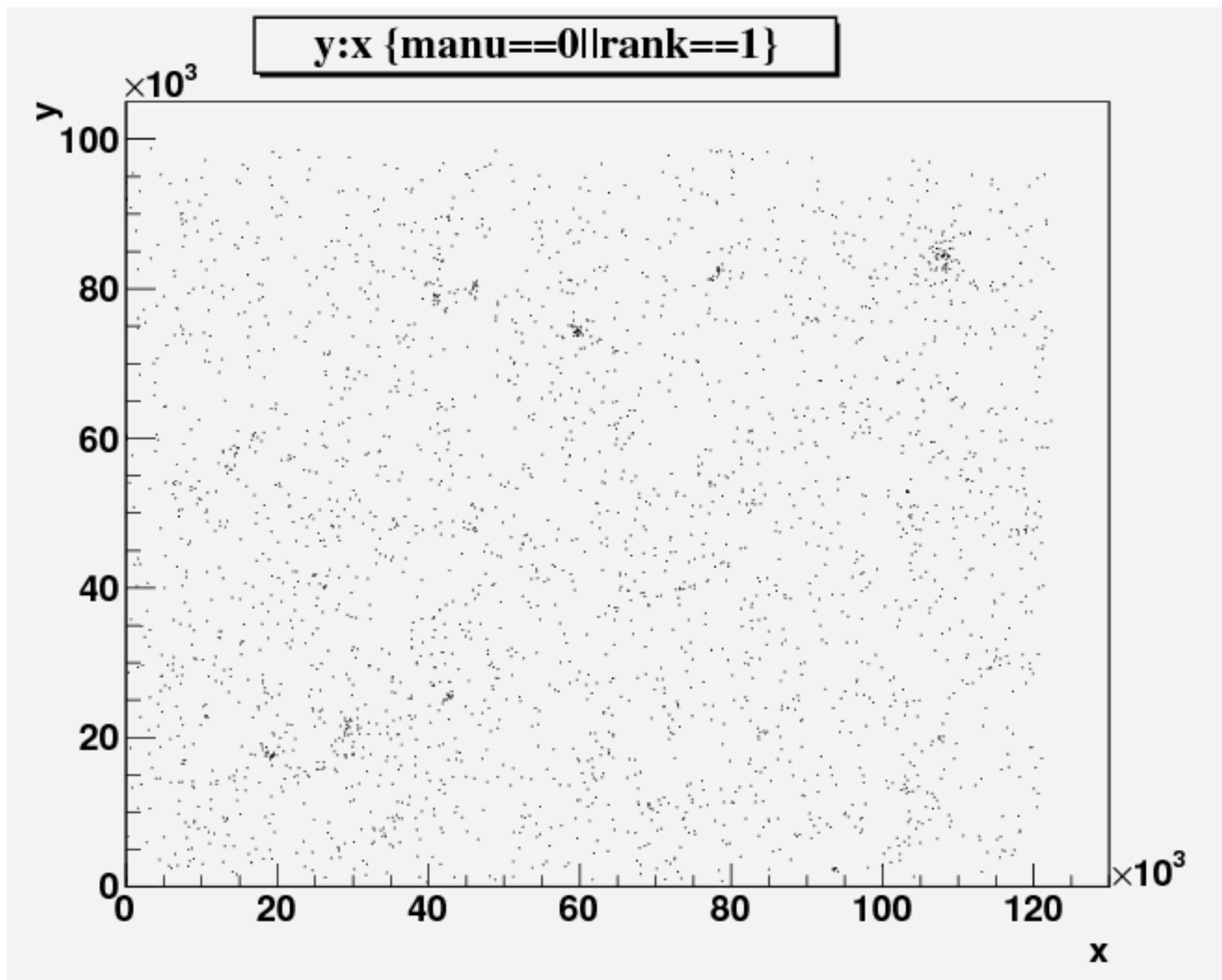
UTS 22 :

[Found Trk Information]

TrkID	ax	ay	?/4
	[mrad]	[mrad]	
1.	3400589	-19	163 4

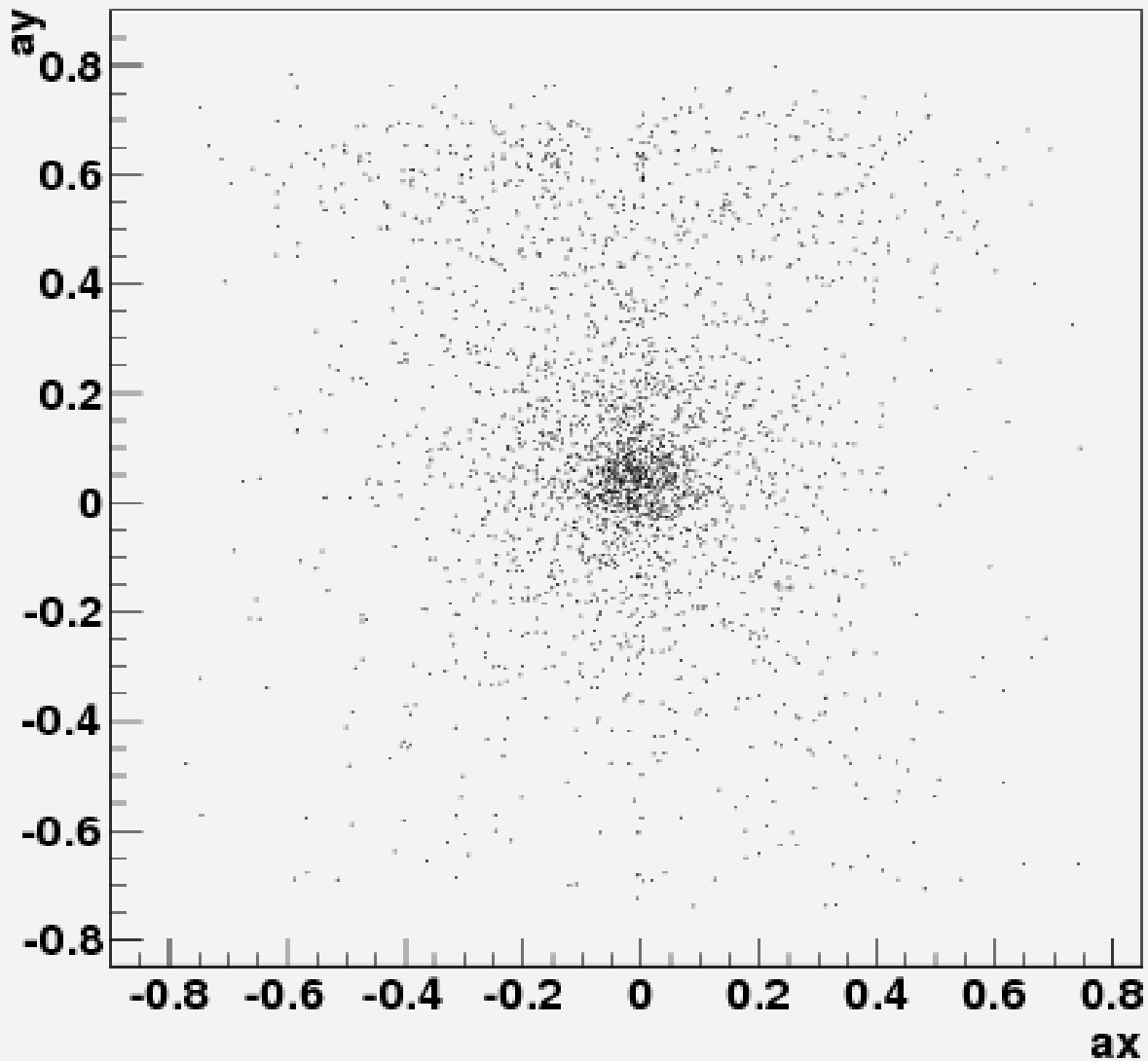


track position

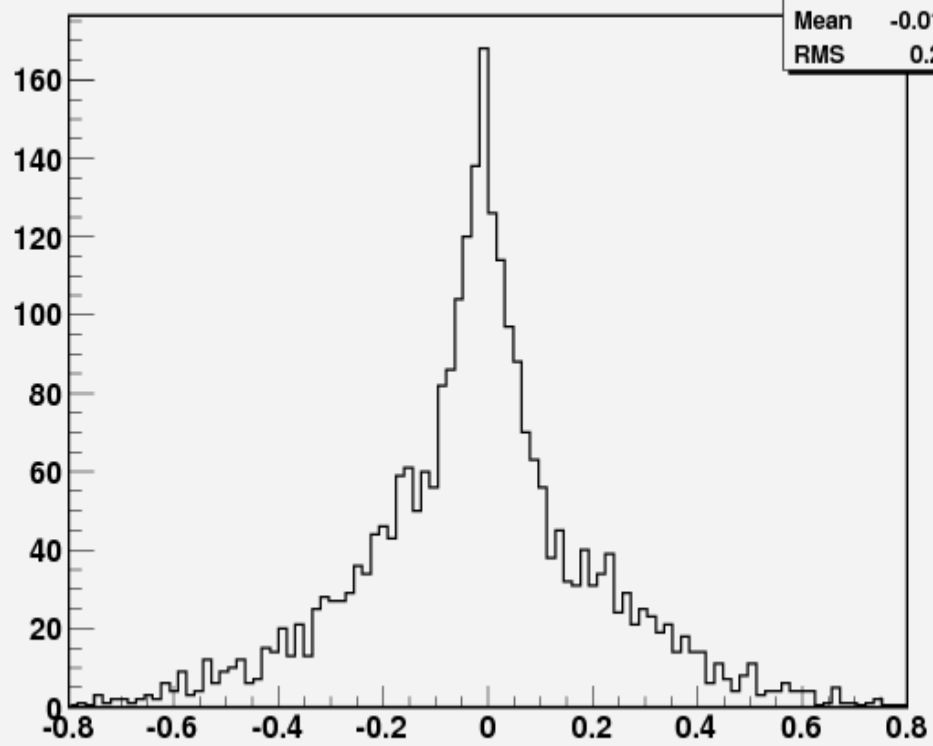


track angle

ay:ax {manu==0||rank==1}

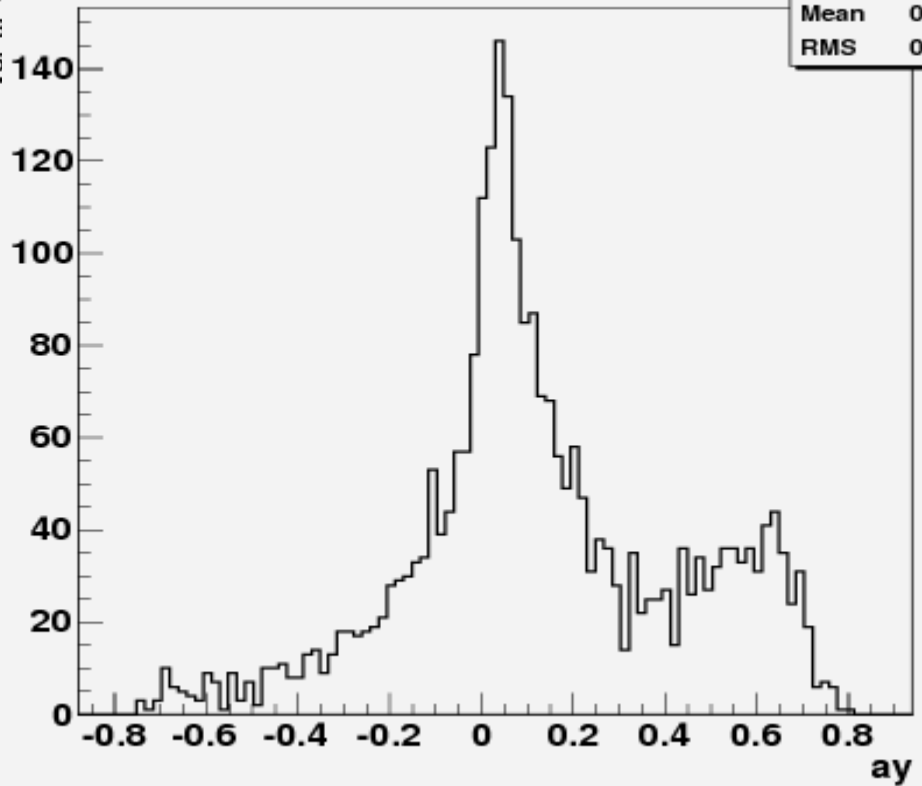


ax



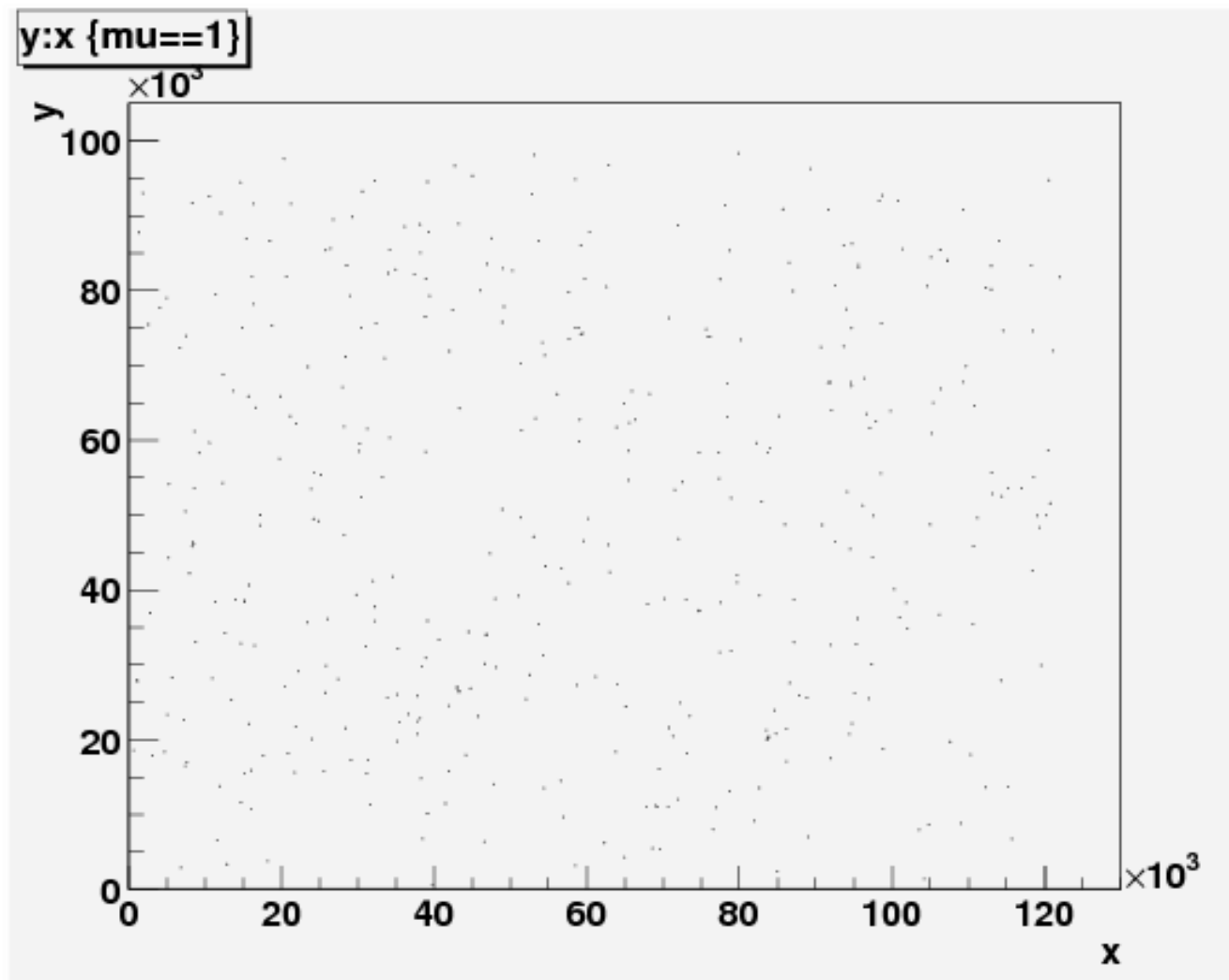
h	
Entries	2737
Mean	-0.01803
RMS	0.2205

htemp

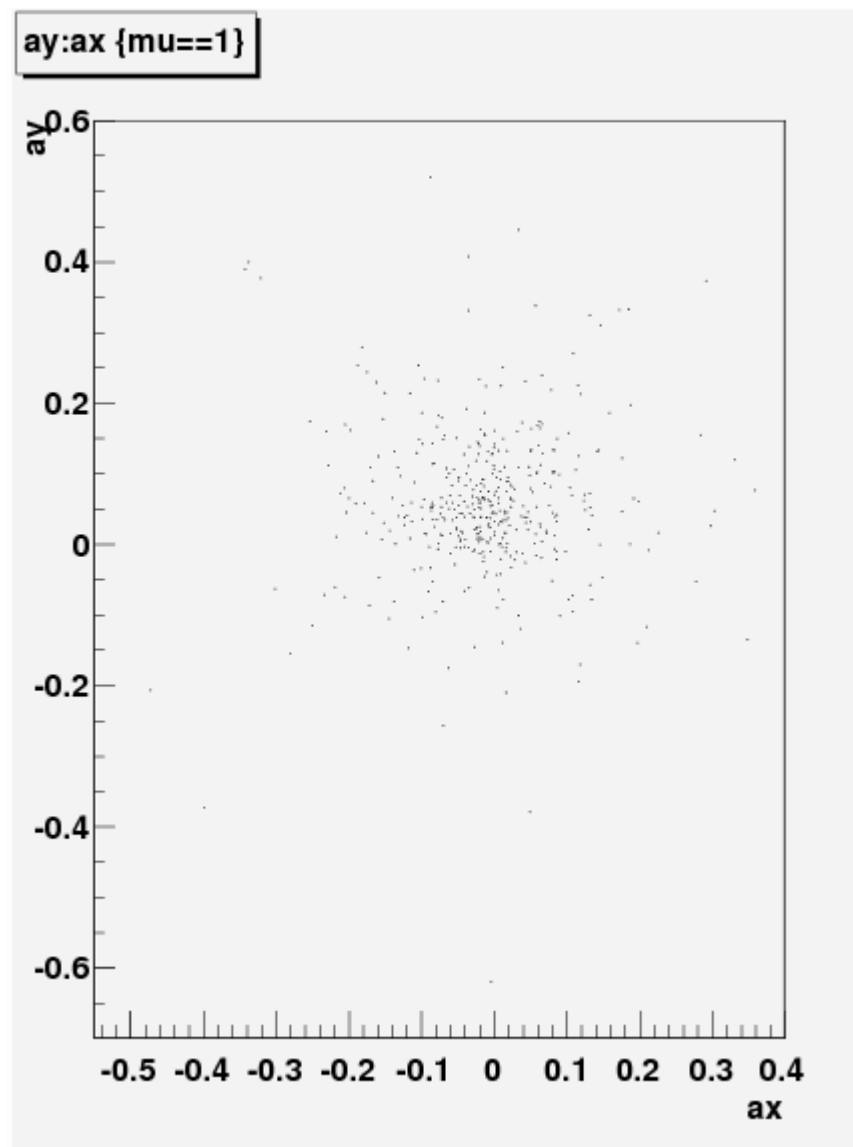


htemp	
Entries	2737
Mean	0.1305
RMS	0.2966

muon position



muon angle



NC反応について

total energy

wall後ろにまでヒットがあるものは、狭い領域で可能か？

wall数層で止まっているものは。

