

# T2K実験

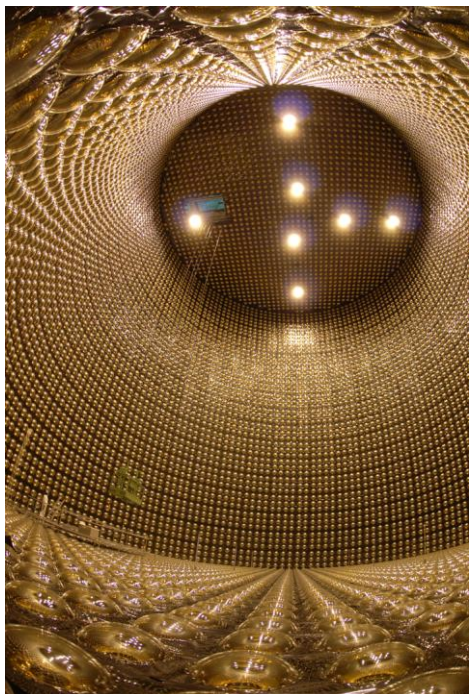
清水雄輝

東京大学宇宙線研究所

平成21年度共同利用研究成果発表研究会

2009年12月18日

# T2K実験



Super-K(神岡)

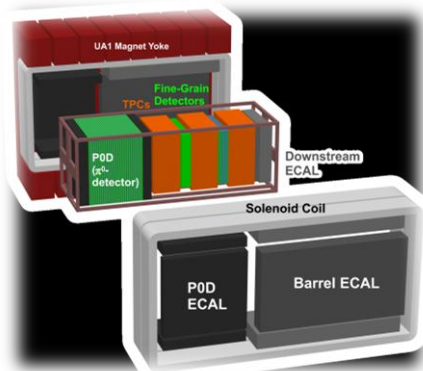
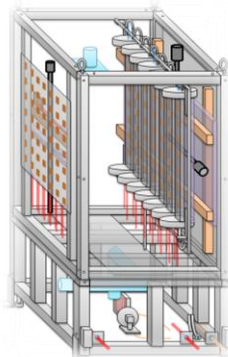


J-PARC(東海村)

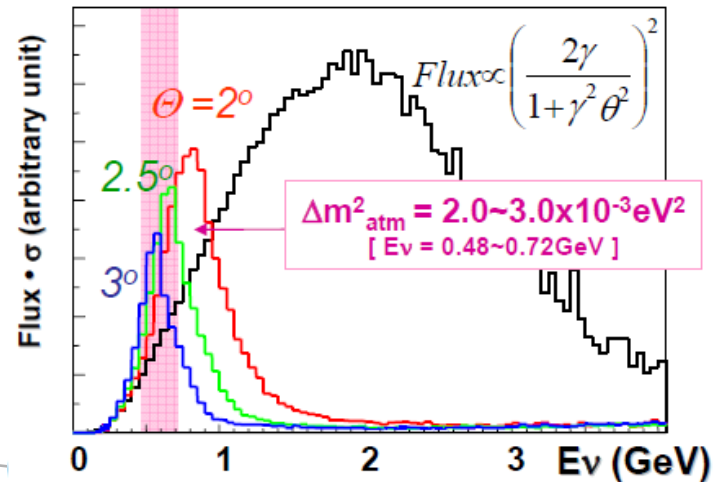
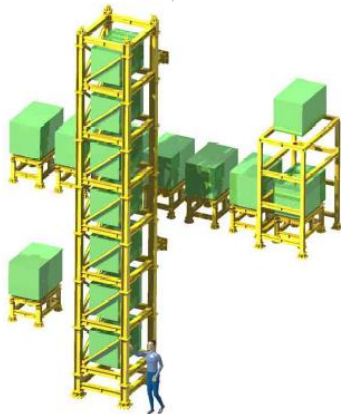
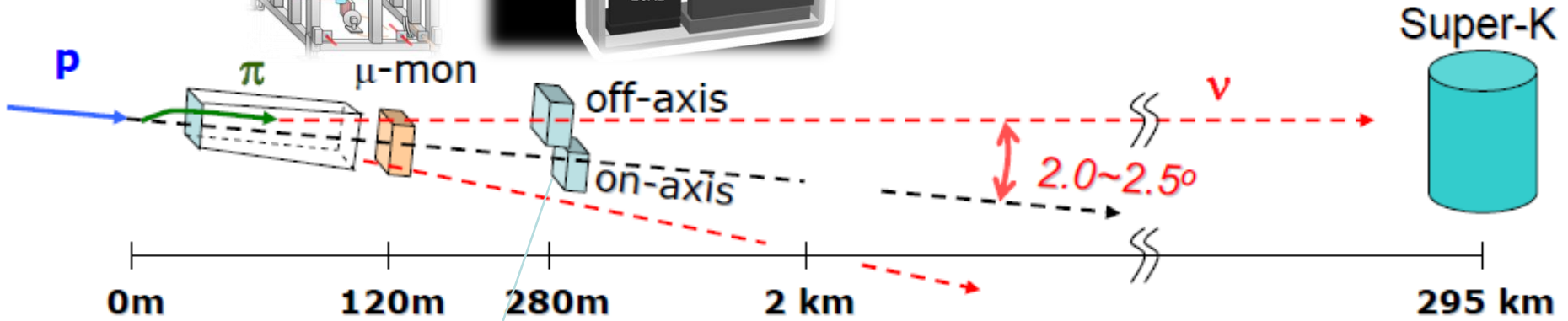
## J-PARC – Super-K間の長基線ニュートリノ実験

- $\nu_\mu$  disappearance ( $\nu_\mu \rightarrow \nu_x$ ):  $\theta_{23}$ ,  $\Delta m_{23}^2$ の精密測定
- $\nu_e$  appearance ( $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ ): non-zero  $\theta_{13}$ の発見

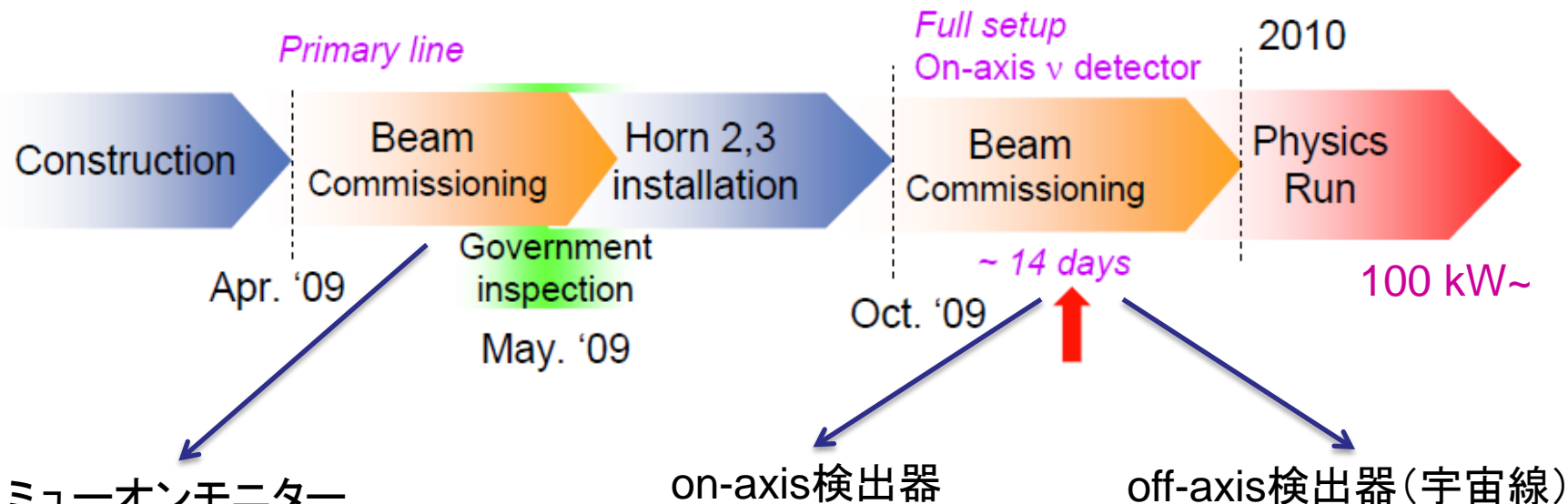
# T2K実験概要



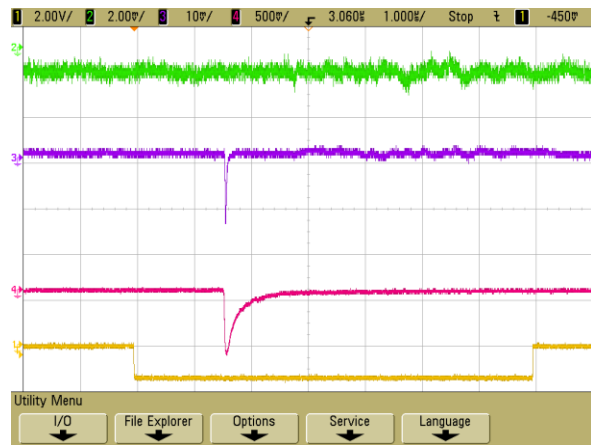
- 750 kW,  $\sim 10^{21}$  POT /  $10^7$  sec
- off-axis法により振動確率最大となるよう $E_\nu$ を調整



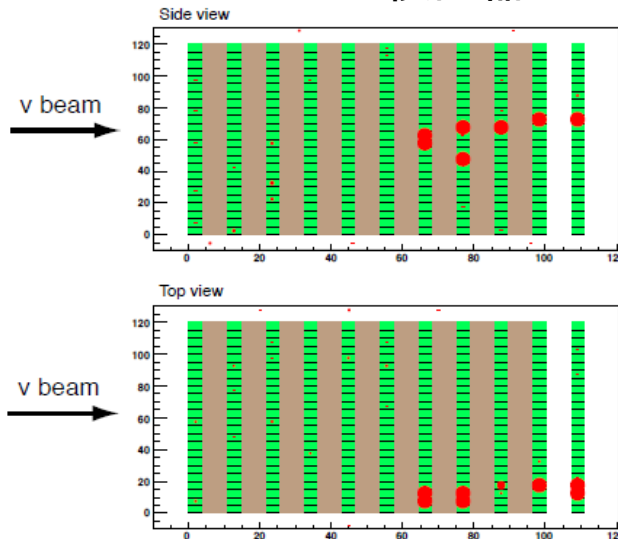
# これまでの流れと今後のスケジュール



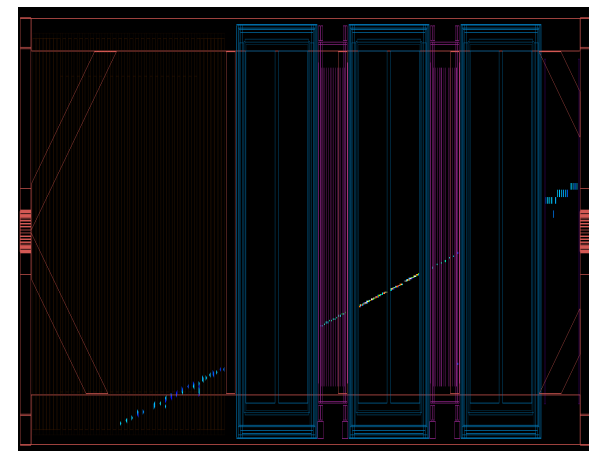
ミュオンモニター



on-axis検出器



off-axis検出器 (宇宙線)



最初のSKイベント発見を期待

# 2009年の活動

## データ取得方法の研究

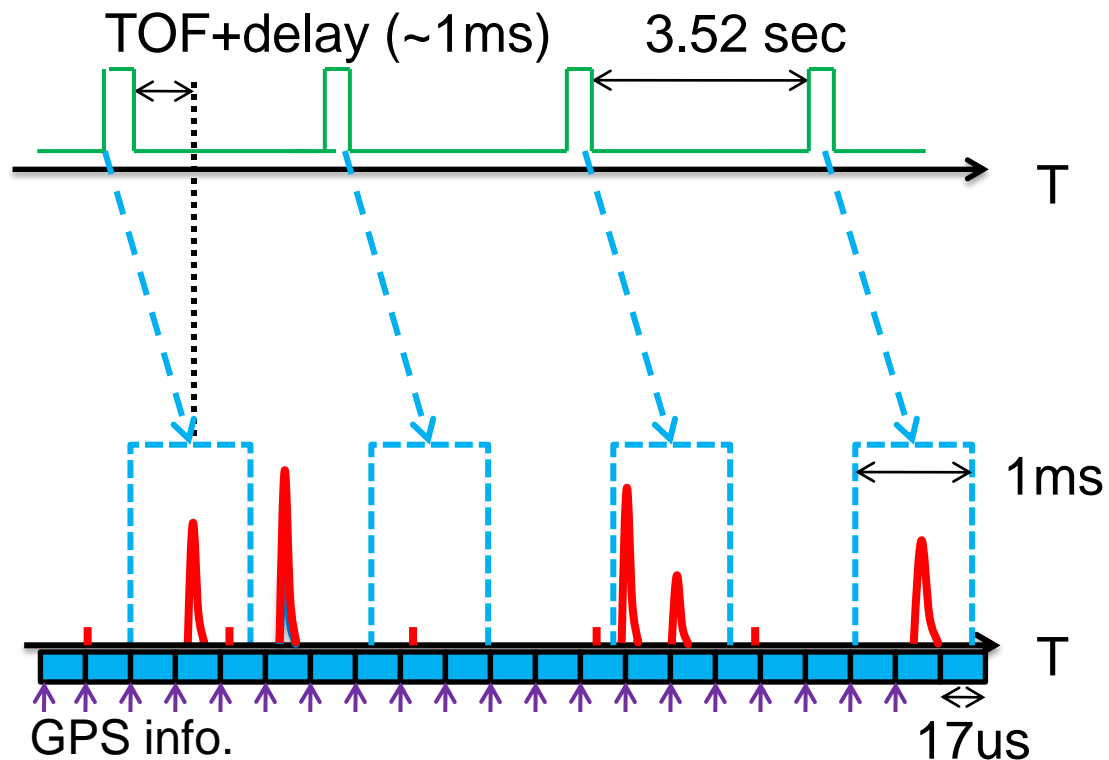
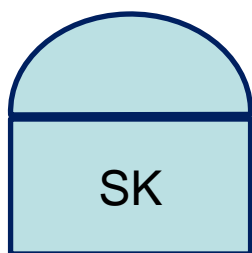
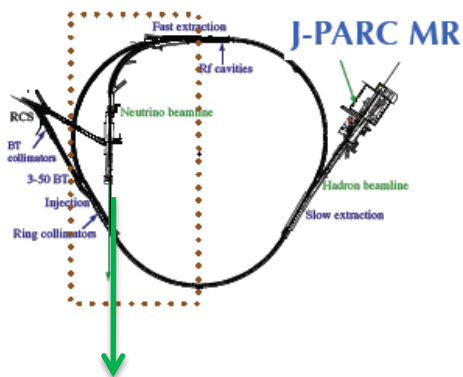
- スピルタイミング転送
- イベント分類

} ビームラン(2009年4, 5, 10, 11, 12月)、  
ダミースピル(2009年3月~)により  
動作を検証

## ニュートリノ振動解析のための準備研究

- 検出器シミュレーションの改良・検証
- $\nu_\mu$ 測定による $\theta_{23}$ ,  $\Delta m_{23}^2$ 測定の感度評価
- $\nu_e$ 測定のバックグラウンド

# T2Kデータの取得方法



- ビームラインからSKにビームタイミング情報を転送し、トリガーとして使用
- ニュートリノ到来予測時間の $\pm 500\mu\text{s}$ の信号を全て取得
- ビームニュートリノイベントはオフライン処理により探索  
→トリガーロジックによるバイアスをなくし、様々な条件により解析可能

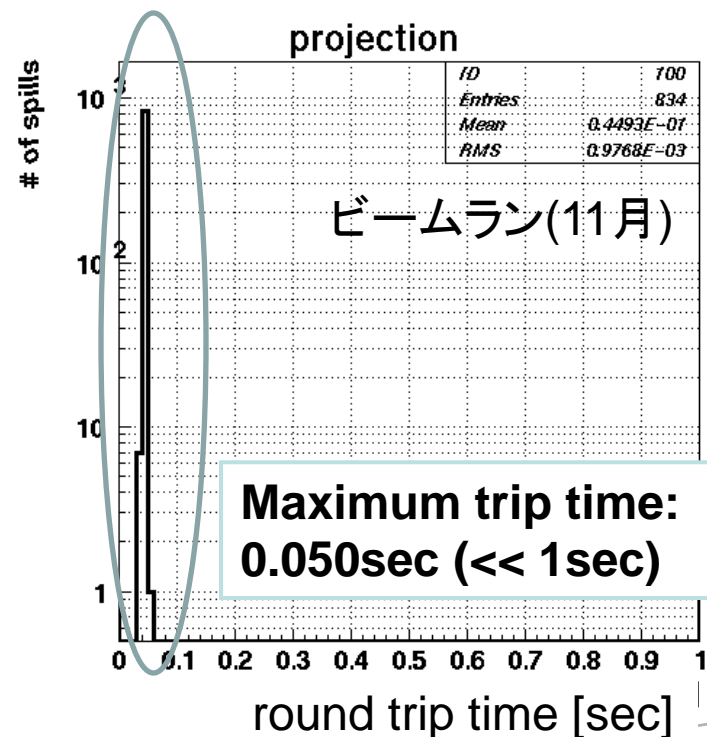
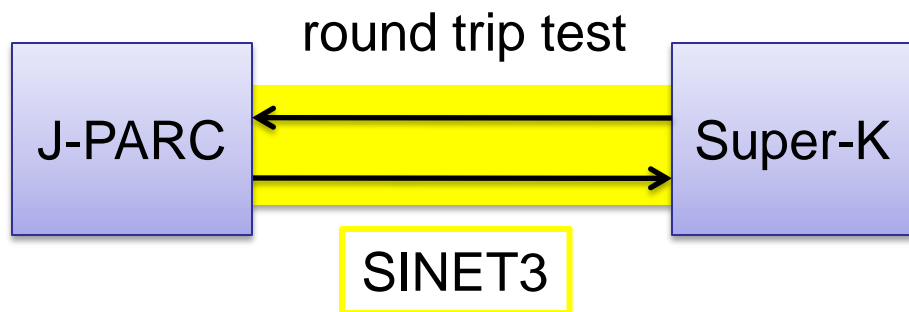


# ビームタイミング転送

T2Kイベントの取得は受信ビームタイミングに依存

- ビームタイミング情報(GPS時間)をリアルタイムに転送(SINET3)
- J-PARCから情報を受信後、受信情報をJ-PARCに返送(round trip test)
- 転送所要時間、データ破損の有無をスパイルごとに確認

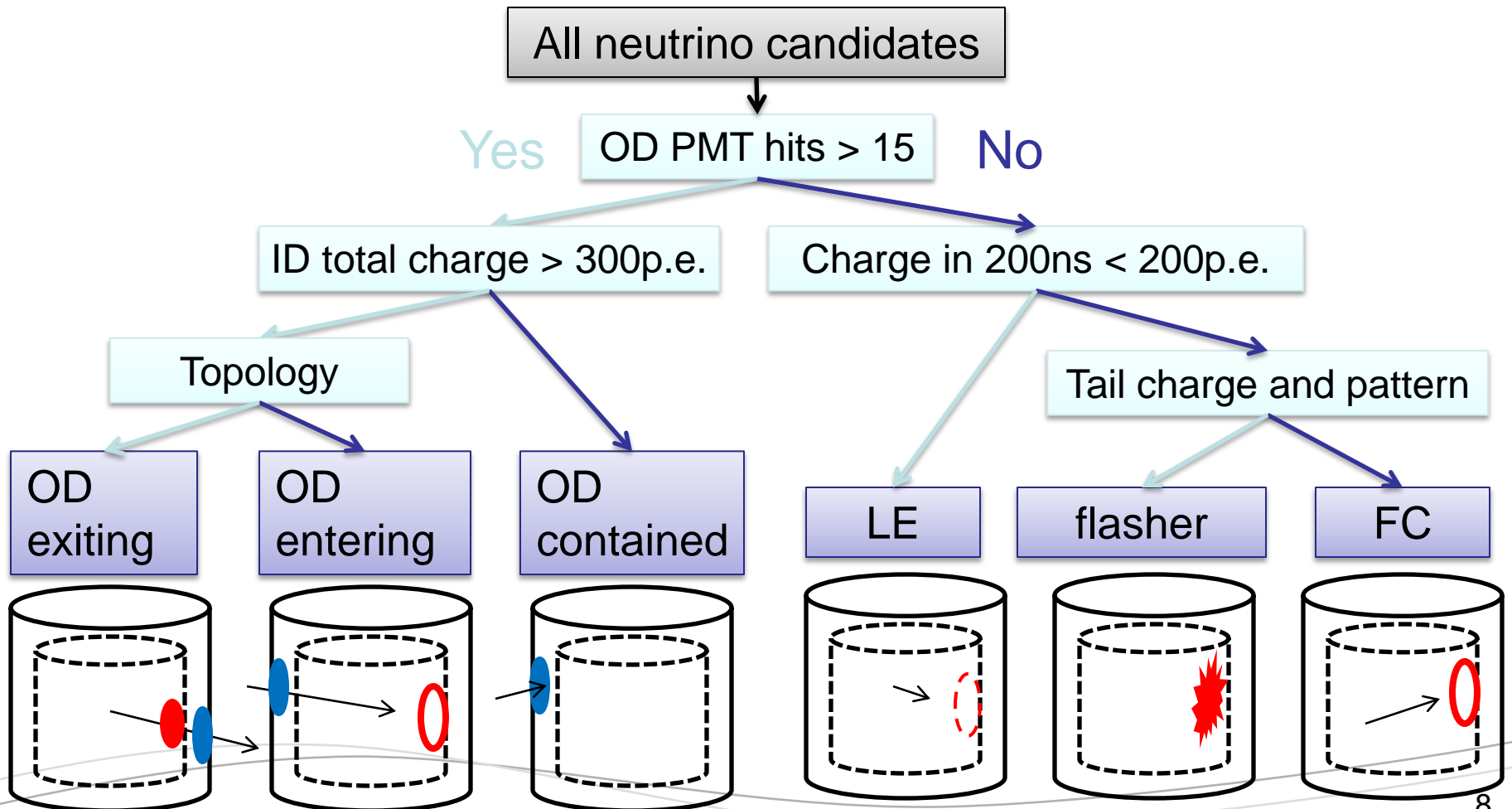
- ビームランにおいて全スパイル1sec以内
- ダミースパイル測定でSK-DAQの速度低下により1sec以上の遅延が3回発生(SINETメンテナンス、異常は除く)



# イベントの分類

オフライン処理で発見されたビームニュートリノイベント候補を分類

- FCイベントから低エネルギー( $E_{\text{vis}} < 30\text{MeV}$ )やPMT放電イベントを分離
- 外水槽(OD)に信号のあるイベントも最大限に利用



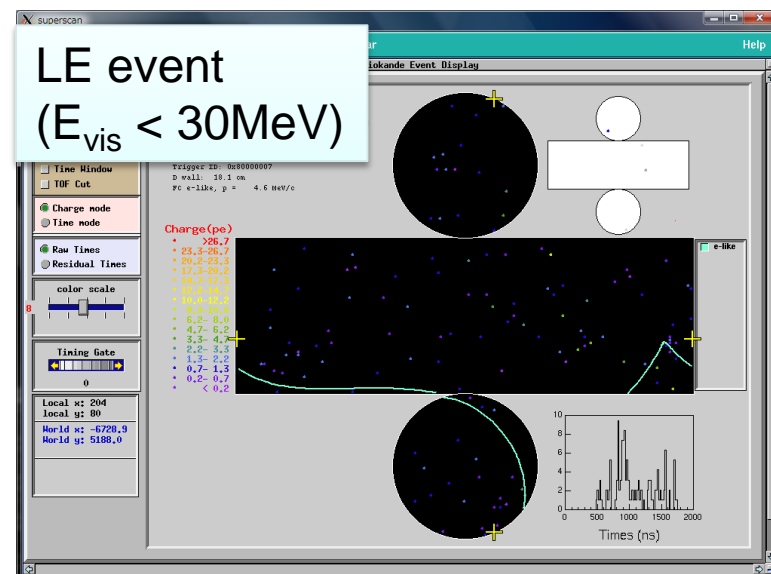
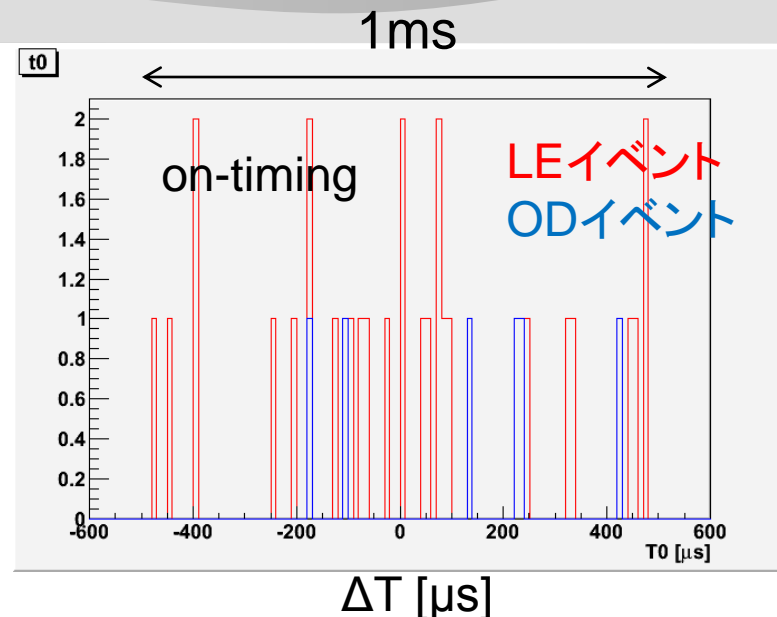


# ビームランの結果

- ビームタイミング転送は全スピルで成功
- 期間中SKは安定にデータを取得
- 1ms window内のイベントサーチを実施

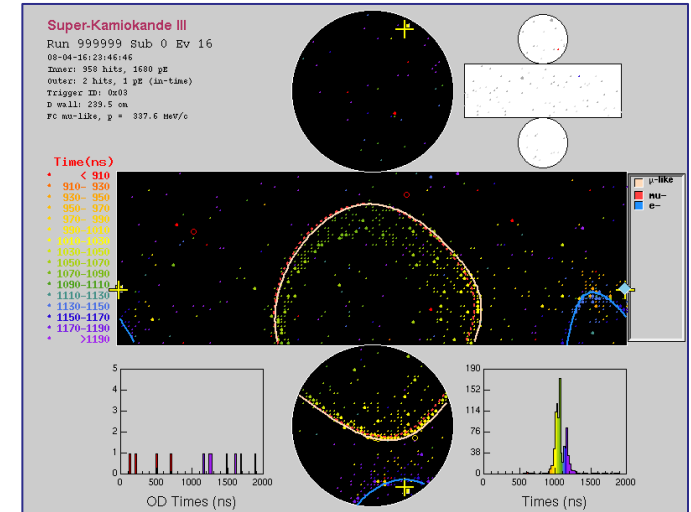
	12/12	12/13
期間	0:17-10:06	00:20-07:12
受信スピル数	754	234
スピル受信失敗	0	0
FCイベント(1ms)	0	0
LEイベント(1ms)	24	11
ODイベント(1ms)	5	0

accidental backgroundとconsistentな結果

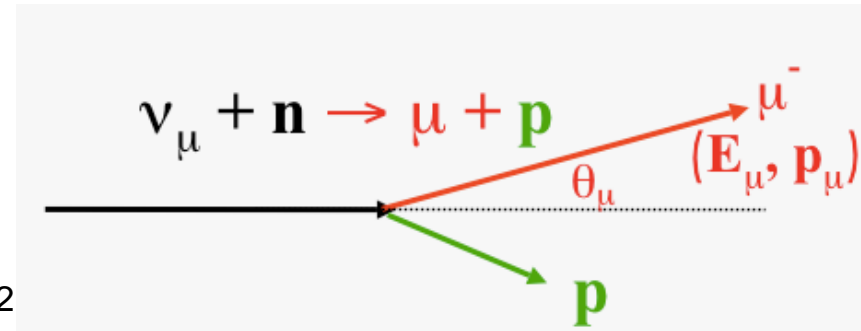
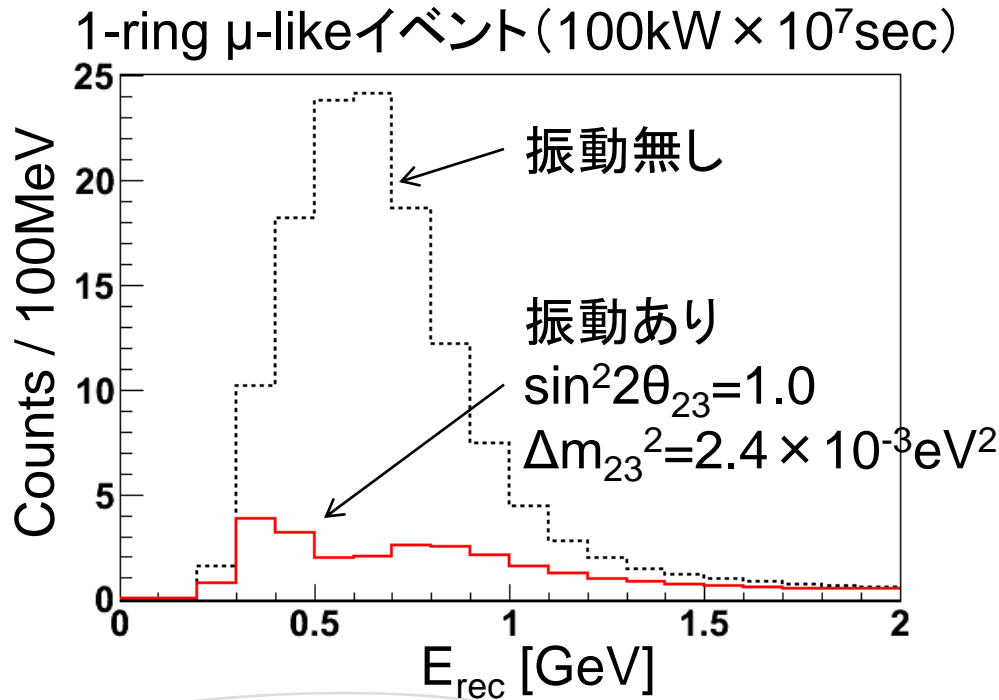


# T2K実験におけるSK

- 振動後のニュートリノスペクトルを測定
- 1-ringイベントの選択により $E_\nu$ を再構成可能なCCQE反応イベントを選択



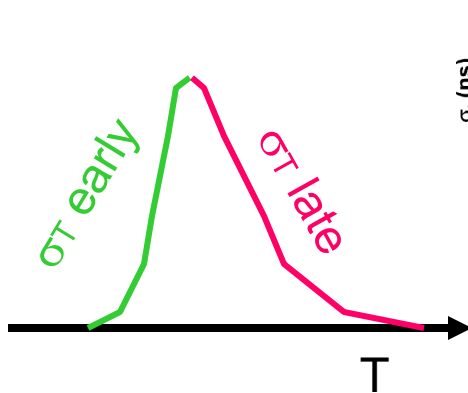
$\nu_\mu$  event (T2K MC, 1-ring)



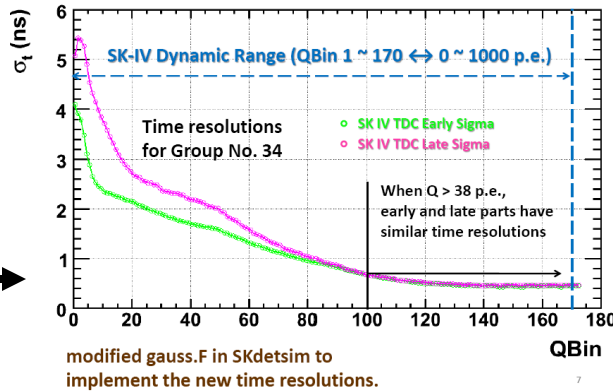
$$E_\nu = \frac{m_N E_\mu - m_\mu^2 / 2}{m_N - E_\mu + p_\mu \cos \theta_\mu}$$

# 検出器シミュレーションの改良・検証

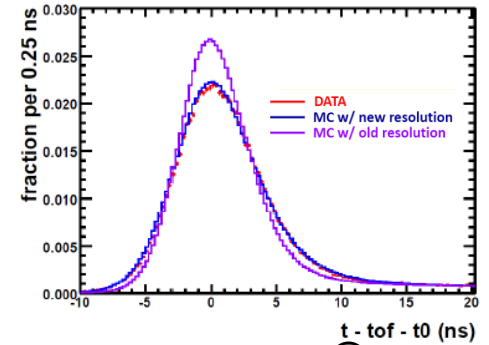
## 1. 時間分解能の非対称性を導入



SK-IV New MC Time Resolution Table

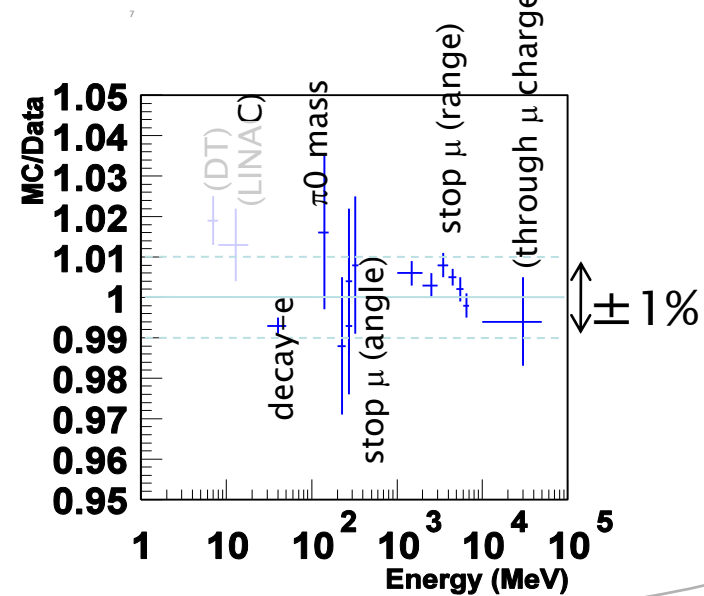
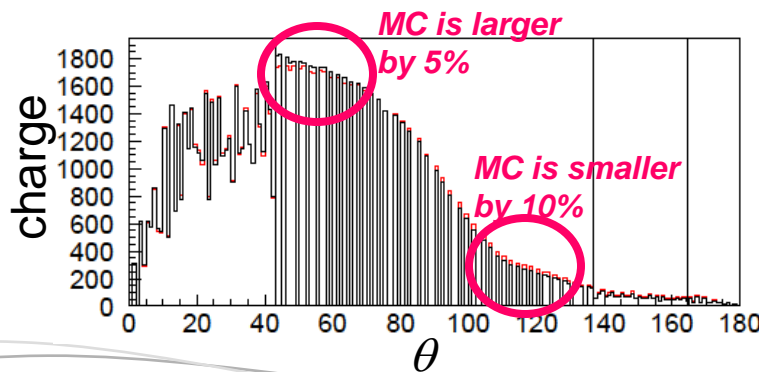
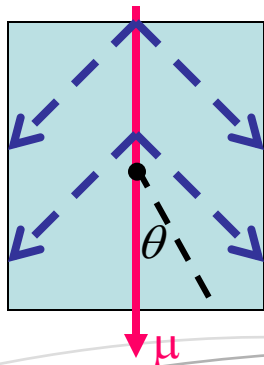


Linac data and MC



2. Energy scale error < 1%

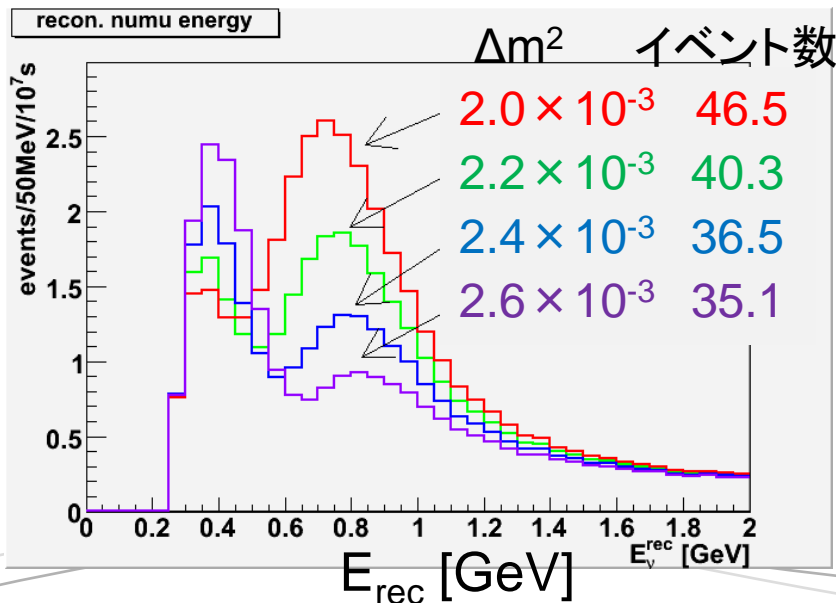
3. Angular dist. of muon Q ~10%



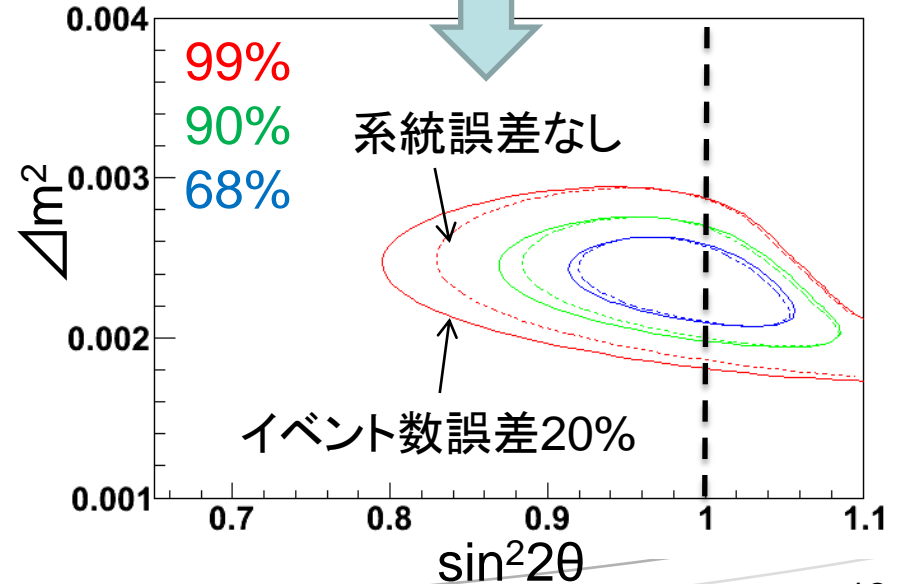
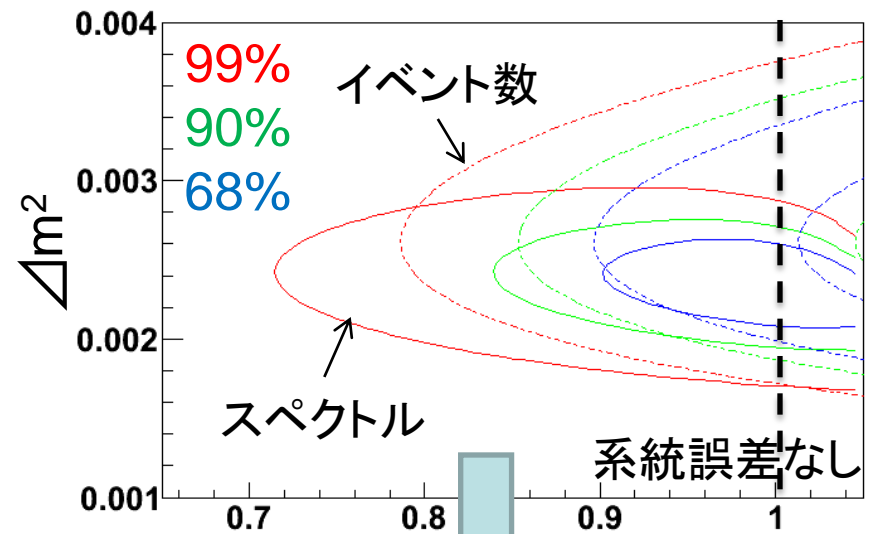
# $\nu_\mu$ disappearance

イベント数、スペクトルの形状により  
 $\theta_{23}$ ,  $\Delta m_{23}^2$ を決定

- 感度に影響の強い系統誤差を調査
- 感度をイベント数、スペクトル形状で独立に評価
- イベント数の感度への寄与が大きく、系統誤差の低減が必要

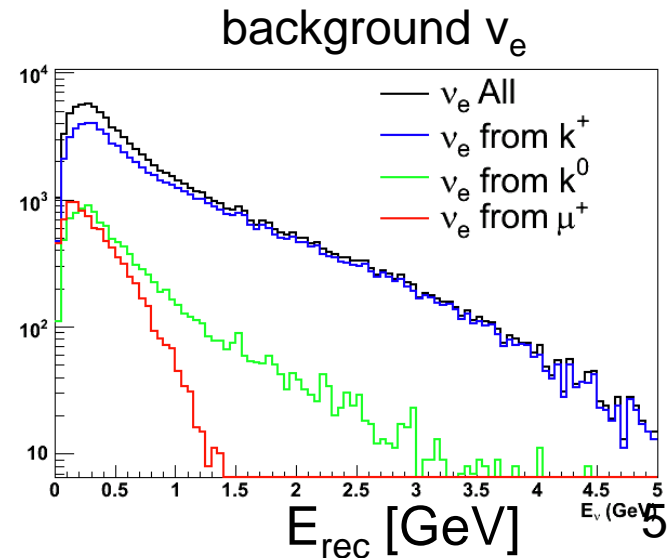
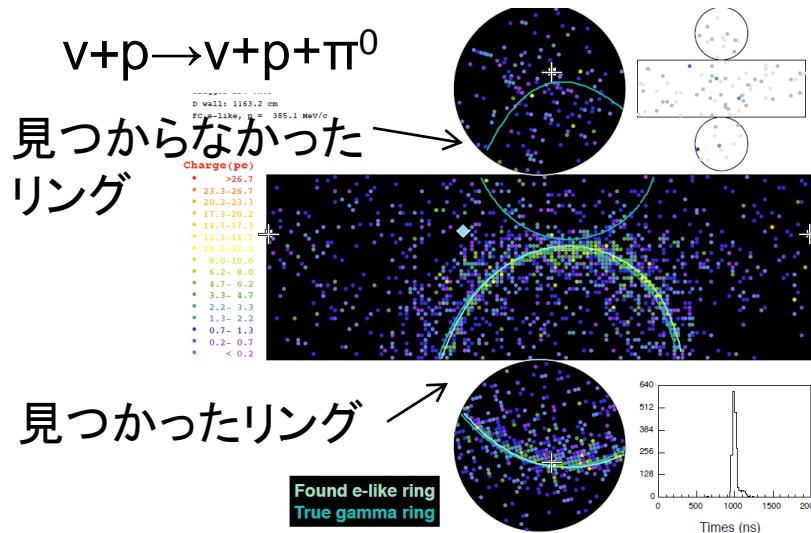


100kW × 1year  
 $(\sin^2 2\theta_{23}=1, \Delta m_{23}^2=2.4 \times 10^{-3} \text{eV}^2)$



# $\nu_e$ appearance

- $\theta_{13}$ が0でない場合、振動により $\nu_e$ が出現
- $\nu_\mu$ のNC $1\pi^0$ 相互作用イベント、ビーム由来 $\nu_e$ が主要なバックグラウンド
- $\pi^0$ 再構成のための複数の手法、系統誤差評価方法の検討が進行中



750kW × 5year (fiducial volume: 22.5kton)

	$\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu$		background $\nu_e$		$\nu_\mu \rightarrow \nu_e$
	CC	NC	CC	NC	CC
cutなし	3538	3644	165	61.6	316
all cut	0.432	9.70	15.4	0.212	143

$\sin^2 2\theta_{13} = 0.1$   
(Chooz limit)

# まとめ

- T2K実験はJ-PARCの大強度陽子ビームによりニュートリノを生成、世界最高感度での $\theta_{23}$ ,  $\Delta m_{23}$ 及び $\theta_{13}$ 測定を目指す
- SKにおけるビームニュートリノ測定のため、ビームタイミング転送、イベント分類方法を研究、開発
- 2010年以降のビームランによるニュートリノ振動測定のため、 $\nu_{\mu}$  disappearance,  $\nu_e$  appearance測定の感度評価
- 2009年のビームランによりミュオンモニター、on-axis検出器にて最初のイベントを観測、SKにおいても測定を実施